

TECHNICAL REPORTS OF THE METEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE NO.33

**INTERCOMPARISONS OF
METEOROLOGICAL OBSERVATION INSTRUMENTS**

BY

**METEOROLOGICAL SATELLITE AND
OBSERVATION SYSTEM RESEARCH DEPARTMENT**

気象研究所技術報告

第33号

各種気象観測機器による比較観測

気象衛星・観測システム研究部

気 象 研 究 所

METEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE, JAPAN

NOVEMBER 1994

Meteorological Research Institute

Established in 1946

Director—General : Dr. Akira Harada

Forecast Research Department	Director : Mr. Harushige Koga
Climate Research Department	Director : Mr. Hikomaro Muraki
Typhoon Research Department	Director : Mr. Shin Ohtsuka
Physical Meteorology Research Department	Director : Mr. Takenori Noumi
Applied Meteorology Research Department	Director : Dr. Tatsuo Hanafusa
Meteorological Satellite and Observation System Research Department	Director : Mr. Toyoaki Tanaka
Seismology and Volcanology Research Department	Director : Dr. Ki—iti Horai
Oceanographical Research Department	Director : Mr. Kenzo Shuto
Geochemical Research Department	Director : Dr. Koji Shigehara

1 - 1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

Technical Reports of the Meteorological Research Institute

Editor-in-chief : Harushige Koga

Editors : Masakatsu Kato	Shinji Nakagawa	Tatsuo Konishi
Hakaru Mizuno	Syunji Takahashi	Youzo Takayama
Kenji Kanjo	Masafumi Kamachi	Hidekazu Matsueda
Managing Editors : Shigeki Matsubayashi, Yoshiro Ohta		

The *Technical Reports of the Meteorological Research Institute* has been issued at irregular intervals by the Meteorological Research Institute since 1978 as a medium for the publication of survey articles, technical reports, data reports and review articles on meteorology, oceanography, seismology and related geosciences, contributed by the members of the Meteorological Research Institute.

The Editing Committee reserves the right of decision on acceptability of manuscripts and is responsible for the final editing.

© 1994 by the Meteorological Research Institute.

The copyright of articles in this journal belongs to the Meteorological Research Institute (MRI). Permission is granted to use figures, tables and short quotes from articles in this journal, provided that the source is acknowledged. Republication, reproduction, translation, and other uses of any extent of articles in this journal, that are not for personal use in research, study, or teaching, require permission from the MRI.

序

近年、電磁波または音波によるリモートセンシング技術を応用した観測システム、従来からの in-situ 観測手段の開発・改良に関する研究はめざましく発展している。これらは様々な気象現象解明のための観測的研究の進展、気象予測技術の高度化など気象観測に対する多様なニーズに対応するために進展してきた。また、新素材を活用したセンサ、高速プロセッサ、メモリなどの半導体技術の急速な進歩が大きく寄与していることも見のがせない。

気象研究所においては1987年度末にウィンドプロファイラ、ドップラーソーダなどの測風システム、オメガ航法を利用したオメガゾンデ、ドップラーレーダのデータ処理などいくつかの最新の研究用気象観測機器が整備された。これによって、新たな大気現象の究明などの諸研究が加速的に推進され、また、次世代の気象観測網の高度化に寄与する可能性が生まれた。このためには、各機器の機能、性能などを正当な手段で評価し、かつ、システムの改良・改善など完成度を高めるための研究が要求されている。

野外測器、特に上層の気象要素を測定するシステムを評価する場合、準器となる測定器のセンサをその‘場’に置くことが望ましいが困難をとまなう。したがって、複数のシステムによる比較観測を行って評価するのが一般的である。国際的にはWMOの測器・観測法委員会が全球気象観測網の高度化、標準化、維持などの面で中心的な役割を果たしており、加盟国の気象測器及び新たに開発された機器の相互比較観測を実施して観測精度の均一化などを重点項目の一つとしている。たとえば、地区毎のラジオゾンデ（過去に4回）、地上測器などの国際比較が実施されており、今後、現在天気自動観測システムの比較、ウィンドプロファイラ、地上及び宇宙からの鉛直探査法の評価などが計画されている。

このような状況をふまえ、1987年度末に整備した上層大気の観測機器による比較・評価を主たる目的として、高層気象台及び気象研究所の関連研究部の協力のもとに、各種気象観測機器による総合的な同時比較観測を1988年11月から1年間を4期（5日間／1期）に分けて実施した。その後、膨大で多種、多様にわたる取得データを可能な限り共通なフォーマットとしてデータセットを作成し、これをもとに、必須と考えられる観測データについて定量的な解析・考察を行ったので報告する。

本同時比較観測で取得したデータは大型計算機用のMTに保存しており、一部をグラフの形式で第二部に掲載した。このデータセットは容易に利用できるもので、大いに活用されたい。また、本観測ではライダー及び放射関係の観測をもお願いし、貴重なデータの提供を受けているが、筆者らの非力により本稿では取り上げることができなかった。関係官に深くおわびするとともに本データセットを活用するなどして、引き続き、独自の研究成果をあげられることを願ってやまな

い。

平成5年6月

上 田 真 也

[哀悼の辞]

上田真也さんは、昭和62（1987）年4月から平成5（1993）年3月まで気象研究所気象衛星・観測システム研究部第四研究室長として在職された後、同年4月から気象測器工場長としてご栄転になりました。ところが不幸なことに同年10月7日膵臓癌で急逝されました。病魔はご家族はもちろん医者にも直前まで発見されなかったということで、大変不幸で残念な事態であります。この紙面をおかりして関係者一同、衷心より哀悼の意を表します。

[追記]

故上田真也氏は、気象研究所に着任早々の昭和62年、これからの気象庁の高層観測を担う有力な手段として、ウィンドプロファイラの導入に尽力され、翌年の昭和63年から約1年間、機関にまたがる多くの担当官を組織し、主任研究者として各種測器の比較観測を実施された。観測の計画立案から実行、データの解析、技術報告書としての取りまとめまで、気苦労はいかばかりであったかと推察される。気象測器工場長としてご栄転になった後も、遅れがちな技術報告書の完成に大変気を使われていた。上に掲載した序文はそうした状況の中で書かれたものであり、絶筆となった。ここに謹んで序文として掲載させていただいた。

序文にこれ以上追加することは蛇足の感を免れないが、一般に原理の異なる測器は測定対象が同じであっても異なる側面を調べているものであり、データの違いはセンサーと現象との相互作用の違いによることが多い。この技術報告書はこうした測器相互の比較観測の特徴と限界をわきまえた上でまとめられており、信頼のおけるものになっている。観測データの単純な相関関係ではなく物理過程に着目した検討によってはじめて現象の本質を見極めることができるものであり、必要に応じて生のデータに立ち帰れるよう配慮されている。

この比較観測はそれぞれの段階でたいへん多くの方々のご尽力をいただいた。次頁に一覧表としてまとめてはみたが人事異動等に伴う錯綜した状態から不注意にも漏れた方々があるかもしれない。その節はどうかご容赦いただきたい。報告書の出版が予想以上に手間取った背景には、人

事異動と膨大なデータの入念なチェックなどがある。この技術報告のまとめを担当した松浦主任研究官を中心とした関係各位の継続的な努力に感謝したい。

多くの方々の協力を得て遅ればせながらも、こうして技術報告書の出版を見るに至ったことを故上田真也気象測器工場長の御霊にご報告し、この技術報告書が、テープに保存された生のデータと共に、有効に活用されることを期待したい。

平成6年11月

気象衛星・観測システム研究部長 田 中 豊 顕

各種観測方法による同時観測への参加者

表記観測への参加者は次のとおりである。内多数の方々に観測データの解析などの面で協力をお願いした。なお、官職名、敬称は省略し、また、順不同とさせていただいた。

気象研究所

気象衛星・観測システム研究部

鯉沼正一	黒崎明夫	鈴木修	横山辰夫
内野修	田端功	甲斐憲次	水野芳成
上田真也	松浦和夫	永井智広	葦沢浩

台風研究部

岡村博文	山崎信雄	原昌弘	高橋清利
石原正仁			

気候研究部

塩原匡貴

応用気象研究部

高橋俊二	三上正男	吉川友章	佐藤純次
------	------	------	------

高層気象台

観測第一課

辻雅彦	遠藤邦明	小倉英二	伊藤真人
外崎均	成田修		

観測第二課

新井芳水	中村忠	大胡田輝信	八木晃
小野寺慎一	茂林良道	小城良友	阿部寛
宮川幸治	鈴木恒雄	岩崎明	上部ウィリー
大野恭治	荻原裕之	田中裕吉	小林正人
菊池勝敏	木津暢彦	川上勝弘	

観測第三課

廣田道夫	伊藤朋之	他課員一同
------	------	-------

目 次

序	
概要	1
Abstract	3
第一部 比較観測の方法と結果	5
第1章 観測	7
1.1 観測方法及び期間	7
1.2 観測機器	11
1.2.1 ラジオゾンデ	12
1.2.1.1 レーウィンゾンデ (RS 2-80)	12
1.2.1.2 オメガゾンデ (RS80-15N)	13
1.2.2 ウィンドプロファイラ	14
1.2.3 ドップラーレーダ	15
1.2.3.1 C-バンドドップラーレーダ	15
1.2.3.2 X-バンドドップラーレーダ	16
1.2.4 ドップラーソーダ	17
1.2.5 係留気球	18
1.2.6 気象観測用鉄塔	19
1.2.7 比較観測に使用した各種測器の写真	21
第2章 観測データ	25
2.1 データの処理の方法	25
2.2 処理結果と比較の事例	26
第3章 データの比較と考察	35
3.1 レーウィンゾンデとオメガゾンデ	35
3.1.1 飛揚方法による比較	35
3.1.2 気圧計の相互比較	35
3.1.3 温度計の比較	38
3.1.4 湿度計の比較	38
3.1.5 風向・風速の比較	42
3.2 ウィンドプロファイラとゾンデ	45

3.2.1	測定原理の差異による観測値の取扱上の注意	45
3.2.2	データの相互比較	45
3.3	ウィンドプロファイラとドップラーレーダ	51
3.4	ドップラーレーダ	62
3.5	ドップラーソーダと鉄塔	70
3.6	係留気球	75
	参考文献	82
第二部	データ集	85
1.	レーウィンゾンデとオメガゾンデ	87
	高度軸表示	90
	風向・風速	90
	温度・湿度	123
	時間軸表示	156
	風向・風速	156
	温度・湿度	171
	気圧・高度	186
2.	ウィンドプロファイラとレーウィンゾンデ	201
	風向・風速	204
3.	レーウィンゾンデとC-バンドドップラーレーダ	229
	風向・風速	232
4.	C-バンドドップラーレーダとウィンドプロファイラ	255
	風向・風速	258
5.	C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダ	279
	風向・風速	282
6.	ドップラーソーダと鉄塔	287
	風向・風速	290
7.	係留気球とドップラーソーダ	323
	風向・風速	326
8.	鉄塔と係留気球	347
	風向・風速	350
	温度・湿度	370

概 要

Summary

概 要

1988年11月から1年間を4期に分けて(5日間/1期)高層气象台, 気象研究所の関連研究部の協力のもとに, 2官署構内において, 各種気象観測機器による同時比較観測を行った。主な観測機器としては, レーウィンゾンデ, オメガ航法を利用したオメガゾンデ, ウィンドプロファイラ, C-バンドドップラーレーダ, X-バンドドップラーレーダ, ドップラーソーダ, 係留気球, 気象観測用鉄塔等である。いずれの機器も共通して風向, 風速の鉛直プロファイルの測定ができ, ゾンデ, 係留気球, 鉄塔については温度, 湿度の測定も可能である。

第一部では, 観測の方法, 機器の概要, 取得データのフォーマット, 観測結果の一部と観測結果に対する考察を述べる。

観測値の特性を調べるために, それぞれの観測の組み合わせの内, 測定範囲が重なっている二種の観測データを相互比較して解析を行った。

レーウィンゾンデとオメガゾンデの観測は, 1個の気球で2種のゾンデを連結飛揚させる観測と個別の気球で, それぞれのゾンデを同時に放球する観測を行い, 風向, 風速, 温度及び湿度について高度別の比較を行った。さらに連結飛揚によるデータについては, 2個のゾンデが同一空間を上昇することから放球後の経過時刻を共通軸にして関係を調べ, さらに気圧及び高度についても比較した。比較の結果, 風速については, レーウィンゾンデの低仰角観測域に対応した14000~19500mでは2.1~2.7m/sの風速差となっている。これを除く高度500mから2950mまでは2m/s以内である。風向については, 平均風速の大きい高度8000~14000mでは2°以内の風向差で良くあっている。一方, 平均風速が10m/s以下である高度2000m以下と高度22500m以上では, 約10~20°の風向差となっている。温度については, 飛揚後500秒から3000秒で500m毎の相関係数は0.99以上あった。また4000秒で0.98と良くあっている。湿度については, 飛揚後500秒, 1000秒, 1500秒における相関係数は0.96~0.99で良くあっていた。しかし, 降水中を通過した後及び上空での20%以下の低湿層を通過する際などにおいては系統的な差がみられる。

ウィンドプロファイラとレーウィンゾンデの比較では, 高度750~6000mについて風速に関しては, 1~1.6m/sの風速差であり, レーウィンゾンデとオメガゾンデの同高度における風速差1~1.3m/sとほぼ近い値となっている。風向に関しては, 平均風速が10m/s以下である高度2000m以下では, 7~15°の風向差になっている。一方, 大気の流れが比較的安定している高度3000~6000mでは約4~5°の風向差であり, 同高度におけるゾンデ同士の風向差約2~6°とほぼ近い値になっている。

ウィンドプロファイラとドップラーレーダの比較では, 高度2900mでは風速差が±1m/s以内, 風向差が±10°以内で高度4000mでは, 風速差が±1~2m/s, 風向差が±5°以内であっ

た。風速の相関係数は0.9となっている。

ドップラーソーダと鉄塔の比較では、高度50mごと200mまでの風速の相関係数はそれぞれ50mで0.70、あとは0.85以上である。風向別に分類して比較すると、気象研本館にあたる方向の風速の相関係数は低く、特に高度50mにおいては、0.54と低くなっており、建物の影響を受けていると考えられる。また、降水時でも毎時3.5mm以内の降雨では、良好なデータが得られている。

係留気球とドップラーソーダの比較では、高度50mから300mのあいだ50m毎に風速の相関係数は、それぞれ50mで0.44、その他は0.71以上あった。風向差の平均は、高度50mでは 35° 、その他の高度では $20\sim 29^\circ$ である。ここでも50mでは、余り高い相関は得られなかった。

係留気球と鉄塔の比較では、高度50mから200mまで50m毎の風速の相関係数はそれぞれ0.81から0.92の範囲にあった。風向差の平均が $14\sim 18^\circ$ 、温度の相関係数は0.99以上、湿度の相関係数は0.87～0.89である。

第二部には、観測全期間のデータセットから、代表的な2種の観測機器による測定データとその差を示す比較図を載せた。

Abstract

Simultaneous measurements of vertical profiles of wind, temperature and humidity were carried out with various techniques at Tsukuba from November, 1988 to October, 1989. The techniques used in the comparisons were the rawinsonde, omega sonde, wind profiler, Doppler radar, Doppler sodar, tethered balloon and in situ sensors installed on a 200m observational tower.

This report is composed of two parts. In part 1, the method of the comparison, the outline of the instruments, the characteristics of the instruments and the results of the comparisons are discussed. In part 2, the data used in the comparisons are presented.

The difference of wind speeds measured by the rawin sonde and the omega sonde were 1-1.5, 1.5-2, and 2.1-2.7m/s at altitudes 500, 11000-13500 and 20000-29500m, respectively. The differences of the wind directions were less than 2 degrees for the layer from 8000 to 14000m in which the wind speed was pretty high. For layers lower than 2000m and higher than 22500m, however, the difference of the wind direction was as large as 10-20 degrees because the average wind speed was weaker than 10m/s in these layers. The temperatures measured by the two instruments were in good agreement. The correlation coefficients were 0.99 for 500, 1000, 1500, 2000 and 3000 seconds after the launch of the sondes, and 0.98 for 4000 seconds. The humidities measured by the two instruments were also in good agreement. The correlation coefficients were 0.96-0.99 for 500, 1000, and 1500 seconds after the launch. However, there were biases immediately after the sonde passed through a precipitation layer and during its passage through a layer of low humidity, that is below 20%.

The differences of the wind speed measured by the rawinsonde and the wind profiler were 1-1.6m/s for 750 to 6000m, which are almost identical with the differences between the rawinsonde and the omega sonde (1-1.3m/s) for the same layer. The difference of the wind direction was 7-15 degrees below 2000m in which the mean wind speed was smaller than 10m/s. From 3000 to 6000m, the difference decreased by as much as 4-5 degrees because of less fluctuation of wind in the layer. The value of the difference is almost equal to that between the rawinsonde and the omega sonde.

The difference of the wind speed measured by the wind profiler and the Doppler radar was smaller than ± 1 and 1-2m/s at altitudes of 2900 and 4000m, respectively. The

difference of the wind direction was smaller than ± 10 and ± 5 degrees at altitudes 2900 and 4000m, respectively. The correlation coefficient of the wind speed was 0.9.

The correlation coefficients of the wind speed measured by the tethered balloon and the Doppler sodar were 0.44, 0.80, 0.87, 0.79, 0.75 and 0.71 at 50, 100, 150, 200, 250 and 300m, respectively. The mean difference of the wind direction was 35 degrees at 50m and 20-29 degrees at other altitudes.

第一部 比較観測の方法と結果

第1章 観測	7
1.1 観測方法及び期間	7
1.2 観測機器	11
1.2.1 ラジオゾンデ	12
1.2.1.1 レーウィンゾンデ (RS 2-80)	12
1.2.1.2 オメガゾンデ (RS 80-15N)	13
1.2.2 ウィンドプロファイラ	14
1.2.3 ドップラーレーダ	15
1.2.3.1 C-バンドドップラーレーダ	15
1.2.3.2 X-バンドドップラーレーダ	16
1.2.4 ドップラーソーダ	17
1.2.5 係留気球	18
1.2.6 気象観測用鉄塔	19
1.2.7 比較観測に使用した各種測器の写真	21
第2章 観測データ	25
2.1 データの処理の方法	25
2.2 処理結果と比較の事例	26
第3章 データの比較と考察	35
3.1 レーウィンゾンデとオメガゾンデ	35
3.1.1 飛揚方法による比較	35
3.1.2 気圧計の相互比較	35
3.1.3 温度計の比較	38
3.1.4 湿度計の比較	38
3.1.5 風向・風速の比較	42
3.2 ウィンドプロファイラとゾンデ	45
3.2.1 測定原理の差異による観測値の取扱上の注意	45
3.2.2 データの相互比較	45
3.3 ウィンドプロファイラとドップラーレーダ	51
3.4 ドップラーレーダ	62
3.5 ドップラーソーダと鉄塔	70
3.6 係留気球	75
参考文献	82

第1章 観 測

1.1 観測方法及び期間

すべての観測は、つくば市（茨城県）の気象研究所及び高層気象台敷地内において、1988年11月から1989年9月にかけて、1期5日間の連続観測を4期に分けて行った。

期間内の観測は、高層気象台のラジオゾンデのルーチン観測に合わせ、基本的には月曜日の9時（JST）から6時間毎としたが、内1日は、強化観測日として3時間毎とした。各期間の観測開始日は準備などの都合上5日前に、強化観測日は前日までに、たとえば、前線の通過など興味のある気象現象を予想して担当者間で協議のうえ実施した。

表1.1a～eに観測機器及び実施期間と取得データの関係及び図1.1に観測時の機器の配置状況をまとめた。観測機器の概要は表1.2にある。

本観測の実施にあたっては、ウィンドプロファイラなど自動観測が可能なシステムは、期間を通して可能なかぎり連続観測を実施することとし、人手を要する観測は、設定した観測時刻に従うものとした。しかし、気象条件や人的な制約などがある場合は、その観測担当者の裁量で実施の可否、時間などを決定することとした。また、高層気象台のラジオゾンデの観測は、オゾンゾンデ以外のレーウィンによる風観測時間帯は、すべてレーウィンゾンデによって行った。

しかしながら、実際の観測においては、当初計画に比し、他の研究計画との重複、機器の障害などがあったために、次に示すようにいくつかのデータは取得できなかった。

表1.1a 観測時間と観測装置の一覧（凡例）

レーウィンゾンデ	×：データなし	○：観測あり	C：連結飛揚
オメガゾンデ	×：観測なし	S：同時飛揚	C：連結飛揚
ウィンドプロファイラ	X：データなし（高々度モード）		
Cバンドドップラーレーダ	--：データ収集開始時刻	x：データなし	-- データ収集終了時刻
Xバンドドップラーレーダ	--：データ収集開始時刻	x：データなし	-- データ収集終了時刻
ドップラーソーダ	--：データ収集開始時刻		-- データ収集終了時刻
係留気球	データ収集開始時刻 最高々度到達時刻		
気象観測用鉄塔	--：データ収集開始時刻		-- データ収集終了時刻

表1.1b 観測時間と観測装置の一覧(1988年11月)

1988年11月 日時	14			15			16			17											
	09	15	21	03	09	15	21	03	09	15	18	21	03	06	09	12	15	18	21		
レーウィンゾンデ (RS2-80)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
オメガゾンデ (RS80-15N)	S	S	S	×	S	C	S	×	S	×	S	S	×	S	S	S	C	S	S		
ウインドプロファイラ	1時間毎																				
Cバンドドップラーレーダ	10:48			6分毎			21:19			8:56			23:30~00:02			12分毎			23:53		
Xバンドドップラーレーダ	10分毎																				
ドップラーソーダ	08:59 to 11/18 02:57																				
係留気球	08:15 14:40			08:03 15:28			08:37 14:64			09:18 15:20			08:49 14:24			17:25 20:43			08:37 17:48		
気象観測用鉄塔	09:00			10分毎			17:58			18:06			to 11/18 09:00								
天気概況	気圧の谷の通過後、 一時的に弱い冬型。 晴時々曇。																				
	高圧部。 朝弱いにわか雨、 後晴。						低気圧が日本海を東進、 寒冷前線通過。 曇一時晴						西から気圧の谷接近。 日中晴、 夜一時雨。								

表1.1c 観測時間と観測装置の一覧(1989年3月)

1989年3月 日時	13			14			15			16			17											
	09	12	15	18	21	00	03	09	15	21	03	09	15	21	03	09	15	21						
レーウィンゾンデ (RS2-80)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
オメガゾンデ (RS80-15N)	S	×	C	S	C	S	S	S	C	C	S	S	C	C	×	S	S	C	×					
ウインドプロファイラ	1時間毎																							
Cバンドドップラーレーダ	8:49			12分毎			20:48			8:51 不定期			20:58			8:50 不定期			20:46					
Xバンドドップラーレーダ	17:50			13分毎			2:59			9:17			17:05			不定期								
ドップラーソーダ	14:37 to 3/18 9:05																							
係留気球	8:30 9:06			11:34			17:37			8:30 14:30			20:29			8:34			20:33					
気象観測用鉄塔	8:43 9:19			11:53			17:43			9:01 14:49			20:56			8:52			20:39					
天気概況	西から低気圧接近、 日中曇一時晴、 夜雨																							
	低気圧東に抜け、 気温上がる。晴れ						弱い冬型。晴れ						弱い冬型。晴れ。						冬型強まる。晴れ時々曇。 未明と午後弱いにわか雨					

表1.1d 観測時間と観測装置の一覧 (1989年6月)

1989年 6月 日時	19			20			21			22			23										
	09	15	21	03	09	15	21	03	09	15	21	03	09	12	15	18	21	00	03	09	15	21	
レーウィンゾンデ (RS2 - 80)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
オメガゾンデ (RS80 - 15N)	S	C	C	x	S	C	C	x	S	C	C	x	S	S	C	S	C	S	S	S	C	x	
ウインドプロファイラ	1時間毎																						
Cバンドドップラーレーダ	8:36			12分毎			20:54			8:33不定期 20:54			8:49 6分毎			19:35 19:51			12分毎 to 6/24 5:15				
Xバンドドップラーレーダ	10分毎																						
ドップラーソーダ	9:55 ----- 15:22																						
係留気球				8:48 14:42 20:22			14:33 20:34			8:27 12:08 14:20													
気象観測用鉄塔	8:30			9:35 15:02 20:48			15:07 21:01			8:52 12:51 15:03									TO 6/24 9:00				
天気概況	日本海に寒気渦。雨。			日本海に寒気渦。曇。朝弱いわか雨。			梅雨前線南下。曇時々晴れ。			梅雨前線北上。曇一時晴れ、夜雨。						台風6号発生、前線活性化。雨。							

表1.1e 観測時間と観測装置の一覧 (1989年9月)

1989年 9月 日時	25			26			27			28			29														
	09	15	21	03	09	15	21	03	09	12	15	18	21	00	03	09	15	18	21	03	09	15					
レーウィンゾンデ (RS2 - 80)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
オメガゾンデ (RS80 - 15N)	S	x	C	x	S	C	C	x	x	x	x	x	C	C	C	S	C	C	C	x	S	C					
ウインドプロファイラ	1時間毎																										
Cバンドドップラーレーダ	8:46			16:18 10分毎			8:42 20:46			8:58 11:54 14:47 17:47			21:48 23:55 0:42 8:57 9:17 17:45 20:30			15分毎			30分毎								
Xバンドドップラーレーダ	10分毎																										
ドップラーソーダ	9:02 ----- 0:0																										
係留気球	8:49 14:30 20:23			8:21 14:26 19:59			8:21 11:08 14:08 17:07 20:07			8:22			14:17			9:21 15:14 21:03			8:58 14:58 20:21			9:05 11:40 14:39 17:32 20:26			8:32		
気象観測用鉄塔	8:30						1分毎															TO 9/29 0:0					
天気概況	寒冷前線の通過。晴れ。深夜に弱いにわか雨			移動性高気圧。晴れ			日本海を低気圧東進。曇。弱いにわか雨。			寒冷前線通過。晴れ時々曇。午後弱いにわか雨						北高型。曇一時晴れ。											

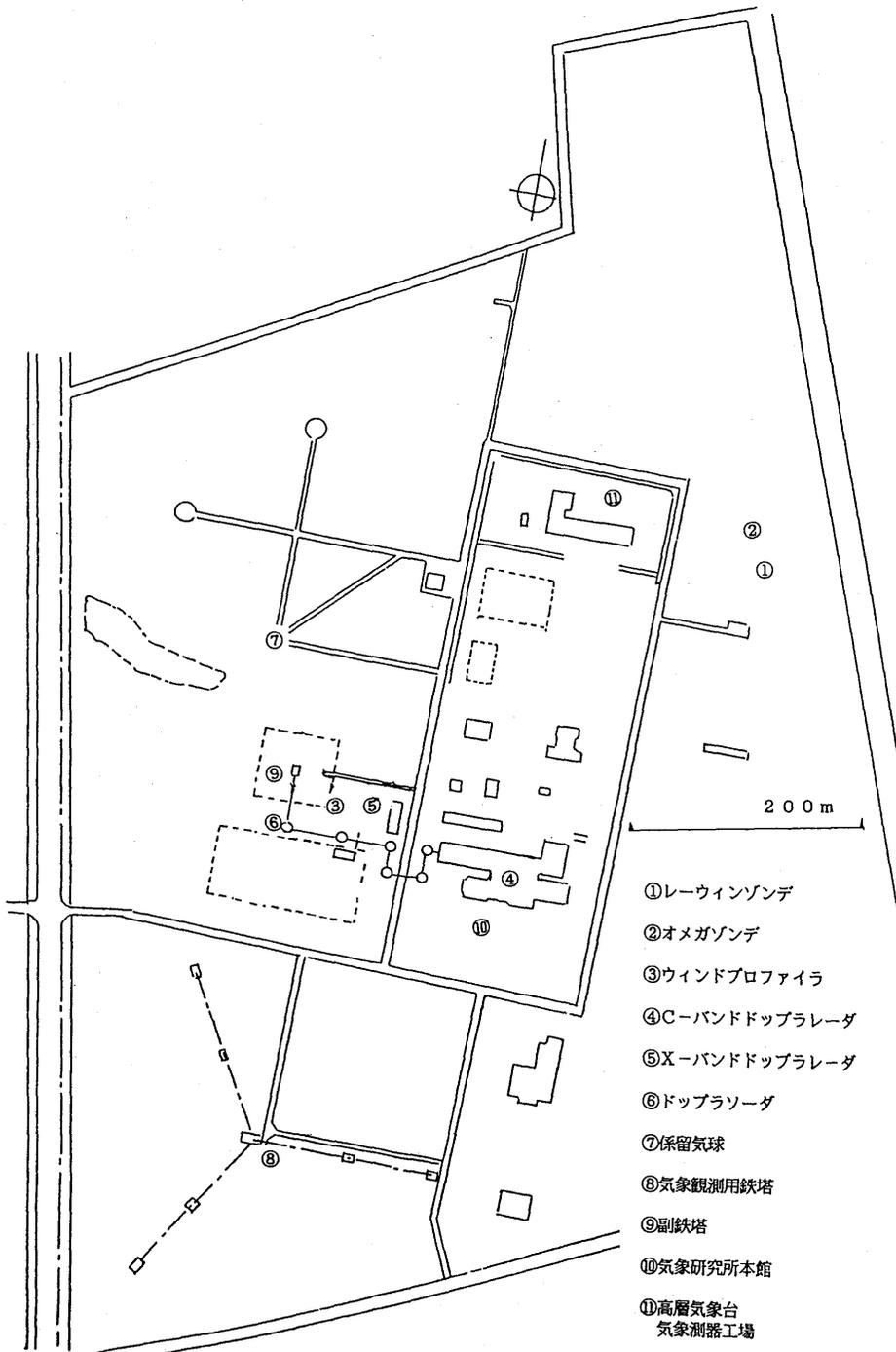


図1.1 構内図と測器配置図

表1.2 測器の概要

	高度範囲	高度分解能	風観測の方法	温度センサ	温度センサ	備考
レーウィンゾンデ (RS2-80)	地上~30 Km	400, 800, 1600 m	各々、1分法、重複2分法、 重複4分法の1分移動値	半導体 サーミスタ	カーボン	
オメガゾンデ (RS80-15N)	地上~30 Km	1600 m	10秒間移動平均	可変容量式 セラミック球	可変容量式 高分子薄膜	
ウィンドプロファイラ	0.5~16 Km	250 or 1000 m	6分間平均 (内訳) (1分+1分) X 3方向	—	—	観測可能高度範囲は 気象条件による。
Cバンド ドップラーレーダー	0.2~10 Km	*1 100 *2 ~ 250 m	瞬間値、ただし 0.5 or 1分/1走査 (VAD法による)	—	—	*1: 降水粒子のある 場合。 *2: 仰角による。
Xバンド ドップラーレーダー	0.2~10 Km	*1 100 *2 ~ 250 m	瞬間値、ただし 1分/1走査 (VAD法による)	—	—	同 上
係留気球	地上~1.3 Km	—	瞬間値 (30秒毎のサンプル値)	サーミスタ (乾球)	サーミスタ (湿球)	観測可能最高高度は 気象条件による。
ドップラーソーダー	50~700 m	50 m	10分間平均値(3方向)	—	—	観測可能高度範囲は 気象条件による。
鉄塔観測	10~213 m	—	瞬間値 (1分毎のサンプル値)	白金抵抗	可変容量式 高分子薄膜	

①接地気象観測装置：観測計画に組み込まれていたが、期間中に整備が完了しなかった。

②気象研究所の係留気球：第2期の観測の際、気球が突風にあおられ、地面に落下して測器が破損した。また、第1期のデータは気圧計の不良により、高度データの分解能が不足し、有効なデータは得られなかった。

③Xバンドドップラーレーダ：沖縄及び成田空港に移設して観測が行われたため、第2期のデータのみ取得した。

④ウィンドプロファイラ：オメガゾンデとの電波干渉を避けるために、いくつかのデータに欠落がある。

その他、ドップラーレーダの測定原理から降水時のデータ取得に限定される（ただし、晴天エコーによる観測例はいくつかある）など気象条件及びオメガゾンデなどの一時的な機器障害によるなどの欠測がある。

1.2 観測機器

各観測機器の機能、性能などの概略は次のとおりである。なお、ここで紹介する機器は同時観測を行った時点での機能、性能などであり、その後の研究・開発により改良・改善された観測機器が多数あることに留意されたい。

1.2.1 ラジオゾンデ

気球に吊るした気象計器を地表面より毎分300～400mの上昇速度で飛翔させ、成層圏下部までの各層の温度、湿度及び気圧の計測値をテレメトリ信号として地上に無線伝送するとともに、気球の単位時間あたりの水平移動距離より風ベクトルを算出する。この方式のラジオゾンデを一般的にレーウィンゾンデという。この他、風ベクトルの測定のみを使用するレーウィン、オゾン量を測定する特殊ゾンデなどがある。レーウィンゾンデを使用した観測システムには様々な種類があり、それぞれ独自の搭載センサ、測風方式、伝送方式及び地上のデータ処理施設などが採用されている。

本稿では、便宜上、気象庁が1980年に採用したRS 2-80型レーウィンゾンデ、1986年に高層気象台に整備された高層気象資料自動処理装置及びその関連装置からなる観測システムを総称して、単に「レーウィンゾンデ」または「レーウィンゾンデ (RS 2-80)」と標記することにする。

また、風ベクトルの測定にオメガ航法を利用し、RS 80-15N型レーウィンゾンデ、地上データ処理装置 (DigiCORA) 及び関連装置からなる観測システム (フィンランド、ヴァイサラ社製) を、特に「オメガゾンデ」または「オメガゾンデ (RS 80-15N)」と呼び区別している。このシステムは過去4回行われたWMOの国際比較に参加しており、比較基準としてリンクゾンデの一つとなっている。

1.2.1.1 レーウィンゾンデ (RS 2-80)

RS 2-80型レーウィンゾンデにはアネロイドの伸縮を抵抗アレイの切り換えで気圧を測定する気圧計、サーミスタ抵抗温度計、カーボン薄膜抵抗式湿度センサが搭載されており、これらの測定値は基準信号とともに約8秒周期 (気圧、温度、湿度の各要素及び基準信号のサンプル周期は各々2、4、8及び8秒) で地上に向け送信される。ゾンデ信号は回転偏心カップ式自動追跡型方向探知機 (D55B) で受信・復調後、方向探知機のアンテナ角度 (方位角及び高度角) 信号とともに高層気象自動処理装置に転送される。ゾンデ信号は0.1秒毎に、アンテナ角度信号は1秒毎のデジタル信号に変換後、時刻信号とともにミニコンピュータベースのデータ処理装置で解析・処理され気圧、気温、湿度及び風ベクトルを算出して観測データが作成される。

RS 2-80型レーウィンゾンデの主要諸元は以下の通りである。

・発信器

中心周波数	1680 MHz (± 4 MHz)
出力	400mW 以上
変調方式	AM

・気圧センサ

形式	接点抵抗式アネロイド
測定範囲	1040～5 hPa
精度	1 hPa 以下
・ 温度センサ	
形式	半導体サーミスタ
測定範囲	+45～-90℃
精度	0.3℃以内
時定数	4.5sec以下
・ 湿度センサ	
形式	カーボン抵抗
測定範囲	0～100% RH
精度	7% RH 以内 (10～100% RH)
時定数	5 sec 以下 (常温, 常圧, 6 m/s)
・ 測風精度	
風向	±10°
風速	±1 m/s (10m/s 未満)
	±10% (10m/s 以上)
高度	±1% (500hPa まで)
	±2% (500～100hPa)
	±5% (100hPa より上)

1.2.1.2 オメガゾンデ (RS 80-15N)

RS 80-15N型オメガゾンデにはアネロイドの伸縮を容量変化で表す気圧計, 二つの電極に挟まれたセラミックチップの温度変化が容量変化としてとりだせる温度計, 高分子薄膜に吸着する水分による容量変化を検出する湿度センサ及び気圧計測値補正用の温度センサが搭載されている。これらは全て容量変化を利用するセンサである。これらの測定値は2種類の基準信号(測定予測値の上限及び下限)とともに1.2～1.8秒周期でサンプルされて周波数変調($\Delta f = 6 \sim 10 \text{ kHz}$)される(これらをPTU信号と呼ぶ)。また, この信号に, 地上のオメガ送信局(最大8局)から順次送信される電波(13.6 kHz)を受信・混合して地上に向け送信される。この多重変調信号は固定型指向性アンテナを有する処理装置(DigiCORA)で受信・復調後, PTU信号とオメガ信号に分離して気圧, 温度及び湿度を算出するとともに各オメガ信号の位相差よりゾンデの位置を求めて風ベクトルを算出し, 観測データを作成する。

RS 80-15N型オメガゾンデの主要諸元は以下の通りである。

・送信機

中心周波数	400~406MHz (403MHz Nominal)
出力	250mW (Minimum)
変調方式	FM

・気圧センサ

形式	可変容量式アネロイド
測定範囲	1060~3 hPa
分解能	0.1hPa
確度 (標準偏差)	±0.5hPa

・温度センサ

形式	可変容量式セラミックビーズ
測定範囲	+60~-90℃
分解能	0.1℃
確度 (標準偏差)	±0.2℃
時定数	2.3sec (1000 hPa, 風速 6 m/s 時)

・湿度センサ

形式	容量性薄膜ポリマー
測定範囲	0~100% RH
分解能	1% RH
確度 (標準偏差)	±2% RH
時定数	1 sec (1000 hPa, 25℃, 風速 6 m/s 時)

・データサンプリング間隔 1.2~1.8sec

・風向・風速測定方式 多周波数オメガ方式
 確度 (速度標準偏差) 0.5m/sec以下 (風ベクトル)

・データ出力間隔 0.5~2.5sec

1. 2. 2 ウィンドプロファイラ

404.37MHzの電波パルスを上空3方向(鉛直方向, 天頂角15°・方位角51°及び天頂角15°・方位角231°)に向けて発射し, 大気の渦や乱れあるいは降水粒子から散乱する電波のドップラーシフトを検出して上空の風ベクトルの鉛直プロファイルを得る。アンテナはフェズドアレイ型で多数のアンテナに異なった位相の給電を行い, 合成の結果電波ビームの方向を変える。ウィンドプロファイラ本体をコントロールするCPU及び3個のデジタル信号処理プロセッサ(DSP)によってFFTスペクトル演算を行い風向, 風速などを算出する。この時グラウンドクラッタの除去も

行う。これらの結果は研究所本館にあるワークステーションに通信回線を使って転送されデータ蓄積、グラフィック表示などの処理を行う。時間最小分解能は6分であり、それを平均して1時間のデータとする。本装置は「ある高度での大気の流れは時間的、空間的に一様である」と仮定している。平均操作は毎正時でデータを区切って行い、表示時刻はその開始時刻である。

ウィンドプロファイラの主要諸元は以下の通りである。

・アンテナ系

形式	パッシブフェイズドアレイ型
素子	同軸コリニア, 156素子
ビーム幅	4.1° (−3 dB, One Way)
開口面積	125m ² , (実効面積 87.2m ²)

・送受診系

中心周波数	404.37 MHz
送信電力	35 kW (Peak, Nominal)
パルス幅	1.67 μs (低高度モード), 6.67 μs (高高度モード)
パルス周期	100 μs (低高度モード), 153.5 μs (高高度モード)

・総合性能

測風範囲	約0~100m/s (水平方向), 0~24 m/s (鉛直方向)
測風精度	約1~1.5m/s (水平方向), 0.25m/s (鉛直方向)
測風高度	0.5~9 km (低高度モード), max 16 km (高高度モード)
高度分解能	250m (低高度モード); 1000m (高高度モード)
時間分解能	6 min (観測周期)

1.2.3 ドップラーレーダ

1.2.3.1 C-バンドドップラーレーダ

5260 MHz のマグネトロンによる電波パルスを上空に向けて発射するとともにアンテナを回転させ、大気中の降水粒子、電波屈折率の揺らぎ等からの反射波の強度あるいはドップラーシフトの分布を測定し、観測領域のドップラー速度を観測する。ドップラー速度はパルスペアと呼ばれる専用デジタル処理装置によって求める。パルスペアは二つのパルス間の受信電波ベクトルの位相差を検出する事によりドップラーシフトを求める装置である。この装置の入力にデジタルハイパスフィルタをつける事によりグラウンドクラッタを除去している。

得られるデータの主たるものは、降水強度、ドップラー速度及び1回転の間に得られるPPIデータから算出されるVAD (Velocity Azimuth Display) 法による上空の風の鉛直プロファイルなどである。VAD測定は、アンテナ仰角を固定して全方位操作を行い、得られたドップラー速度

の分布に最小2乗法を適用してサイン曲線をあてはめて風向・風速を求める。このとき雨粒子の鉛直速度も求めることができる。この方法も大気の流れは時間的、空間的に一様であると言う仮定を必要とする。この観測の時はVAD法はリアルタイムでは求められなかった。ウィンドプロファイラのように理論的には3方向のデータがあればVAD法が可能であるが、C-バンドレーダの場合、最大256方位のデータを使うことができる。

C-バンドドップラーレーダの主要諸元は以下の通りである。

・アンテナ系

形式	パラボラアンテナ
直径	3 m ϕ
ビーム幅	1.4°

・送受信系

中心周波数	5260 MHz
送信出力	250 kW (Peak)
パルス幅	0.5 μ s
パルス繰返周波数	1120 Hz
最小受信感度	-112dBm

・データ処理系

処理項目	エコー強度、ドップラー速度及びスペクトル幅
最大折返し速度	16m/s
速度分解能	0.125m/s
距離分解能	250mまたは500m
方位分解能	1.4°
処理距離範囲	64kmまたは128km (ドップラー時)
グラウンドクラッター除去機能あり	

・総合性能 (VAD法による)

測風高度	150m～〈降水の存在する高度〉
測風精度	約1 m/s (データの品質による)
高度分解能	100～250m (仰角による)
時間分解能	5～15 min (仰角による)

1.2.3.2 X-バンドドップラーレーダ

9810 MHzのクライストロンによる電波パルスを上空に向けて発射するとともにアンテナを回転させ、降水粒子からの反射波のドップラー効果を利用して上空の風を測定する。この装置もパ

ルスペアを使っている。なお、この装置は可搬型であることと、使用周波数の違いなどを除けば、C-バンドドップラーレーダと、ほぼ同様な機能を有する。

X-バンドドップラーレーダの主要諸元は以下の通りである。

・アンテナ系

形式	パラボラアンテナ
直径	2.0m ϕ
ビーム幅	1.0°

・送受信系

中心周波数	9810 MHz
送信出力	50 kW (Peak)
パルス幅	1.0 μ s
パルス繰返し周波数	2000 Hz
最小受信感度	-110dBm

・総合性能

方位角分解能	1.0°
距離分解能	250m
測風精度	約 1 m/s

1.2.4 ドップラーソーダ

1,600 Hzの音波パルスを上空3方向（鉛直、天頂角30°・方位角45°，天頂角30°・方位角315°）に交互に発射し、大気からの反射波あるいは散乱波を受信、音波信号の強度とドップラー効果を検出して大気の成層状態並びに風ベクトルの鉛直プロファイルを得る。音波は25個のホーンスピーカーに位相の変わった電力を給電し方向を変える。なお、この装置は音波と電波の違いはあるものの、FFTによるスペクトル算出など、ウィンドプロファイラの動作と基本原理は同じである。

ドップラーソーダの主要諸元は以下の通りである。

・アンテナ系

形式	トリモノスタティックフェーズドアレイ型
素子数	25
ビーム幅	6.5° (3 dB, Two way)
アレイ傾斜角	22°

・送受信系

最大出力	1,200W (Electrical)
------	---------------------

	240W (Acoustical)	
使用周波数	1,600Hz	
パルス幅	200ms	
・総合性能		
最大測風高度	～1,457m	(700m)
最低測風高度	37m～	
高度分解能	17m～	(50m)
パルス繰返周期	5～10sec	(5 sec)
スペクトル積分時間	60～120sec	(120sec)
平均化時間	可変	(10 min)

注) 以上の値は、全て Operating Menu によって選択できる。また、() 内の値は標準的な設定値である。

最大測定可能水平風速	35m/s
風速測定分解能	0.30m/s (水平方向), 0.20m/s (鉛直方向)
風向測定分解能	±5°

1.2.5 係留気球

地上高度0～1,500mの間で、係留気球に吊り下げられたセンサ部から得られる気象観測値(サーミスタ温度計, サーミスタ湿球温度計, 容量可変型磁気方位計による風向, 三杯風速計の風速及びIC圧力計による気圧)を地上に向け無線送信する。このうち、風向センサは気球の方向が風上を向く事を利用してコンパスとの差を容量の変化として測定するものである。IC圧力センサは薄い半導体基板をダイヤフラムとして圧力によるたわみによる基板上に形成された抵抗の変化をブリッジで測定するものである。一方、地上では、この信号を受信・復調して、パソコン処理によって高度(気圧と気温により求める)、気温、湿度、混合比、風向及び風速の観測値を得る。

係留気球の主要諸元は以下の通りである。

・気球

素材	塩化ビニル製
容積	40m ³ (ヘリウム)
純浮力	18kg

・係留索

素材	テクミロン 1,700m, 3mmφ
強度	500kgまで(静加重)

・送信部

中心周波数	1,687MHz
送信電力	0.1W
変調形式	FM-FM (5チャンネル多重)

・気圧センサ

形式	IC 圧力センサ
測定範囲	840~1040 hPa
測定精度	0.2hPa

・温湿度センサ

形式	サーミスタ温度センサ
測定範囲	-20~+40℃
測定精度	±0.2℃

・風向センサ

形式	容量可変型磁気方位センサ
測定範囲	0~360°
測定精度	±4°

・風速センサ

形式	小型3杯光電パルス式 (8パルス/1回転)
測定範囲	0~15m/s
測定精度	±2%

1.2.6 気象観測用鉄塔

高度213mの鉄塔に測器を取付るためのアーム (長さ6m) が、6カ所のステージ (各々、地上高、10、25、50、100、150及び200m) に3方向 (北東、南及び北西向き) に設けられ、各アームには風車型微風向風速計 (MV-110型) が設置されている。北東側には白金抵抗温度センサ、容量変化湿度センサが設置されている。なお、最上階 (213m) にも各アームと同種な測器が設置され、この階の風向によって各ステージの風向・風速は風上側に近いアームのセンサが選択されて出力される。

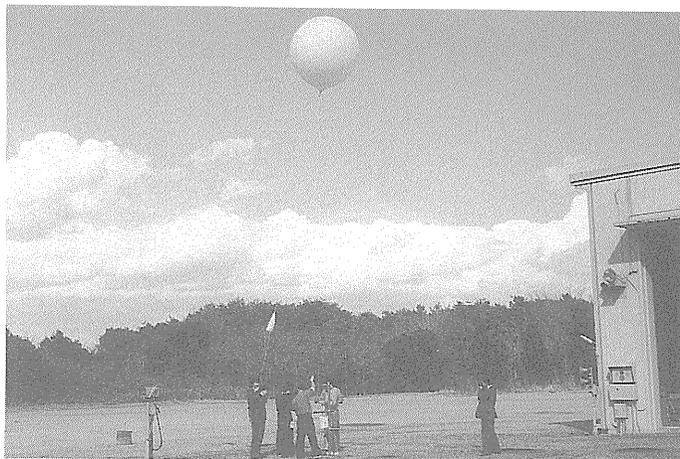
各測器からの信号は、自記記録されるとともに、A/D変換され、デジタルカセットMTに収録される。また、これらの信号は瞬時値であり、平均化は行っていないが、A/D変換の前でローパスフィルタ (10 Hz) によって短周期の変動は除去している。

気象観測用鉄塔の主要諸元は以下の通りである。

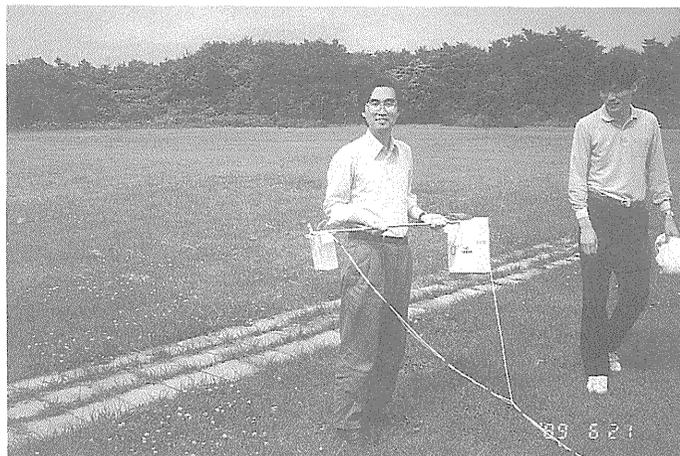
・温度センサ

形式	白金抵抗3線ブリッジ方式 (円筒形金属シェルタに内蔵)
観測範囲	-20~+40℃
確度	±0.3℃
通風速度	7 m/s
・湿度センサ	
形式	可変容量型薄膜ポリマー
観測範囲	0~100% RH
測定精度	±3% RH
・風向・風速センサ	
形式	プロペラ型微風向風速計 (MV-110)
風速発信部	直流発電式
風向発信部	交流シンクロ式
風速測定範囲	0.4~50m/s
風速測定精度	0.3m/s (10m/s 以下) ±3% (10m/s 以上)
風向測定精度	±3°
・データ収録装置	
入力チャンネル数	64 (最大)
サンプリング周期	1/2/5/10/30/60 min (手動切換え)
A/D変換出力	BCD 4桁+符号ビット

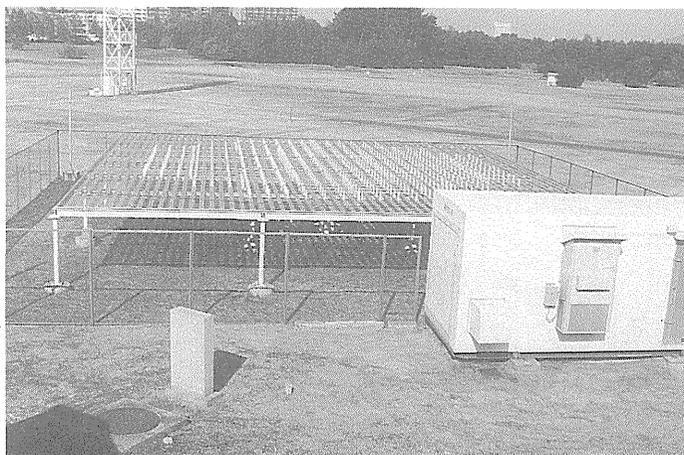
1.2.7 比較観測に使用した各種測器の写真



ラジオゾンデの飛場準備



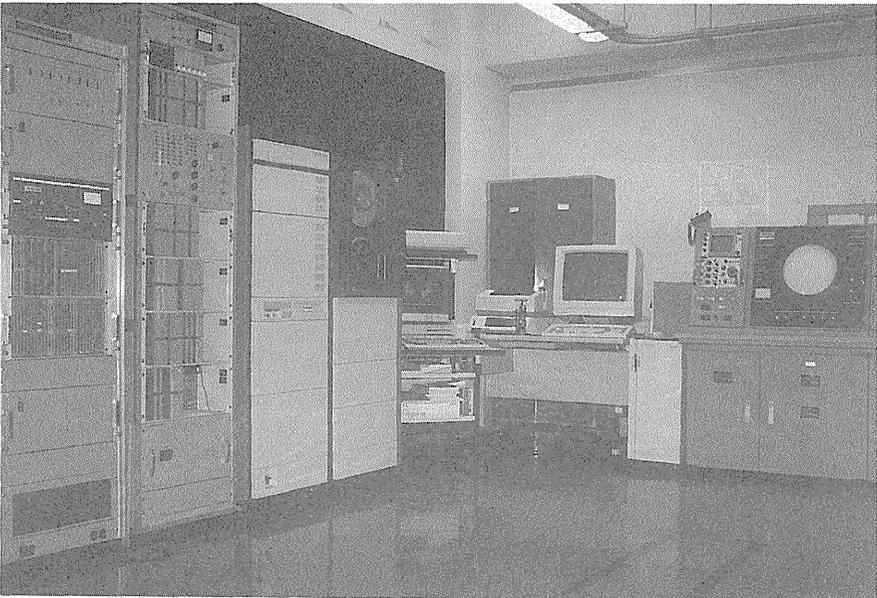
ラジオゾンデ連結 (左オメガ, 右レーウィン)



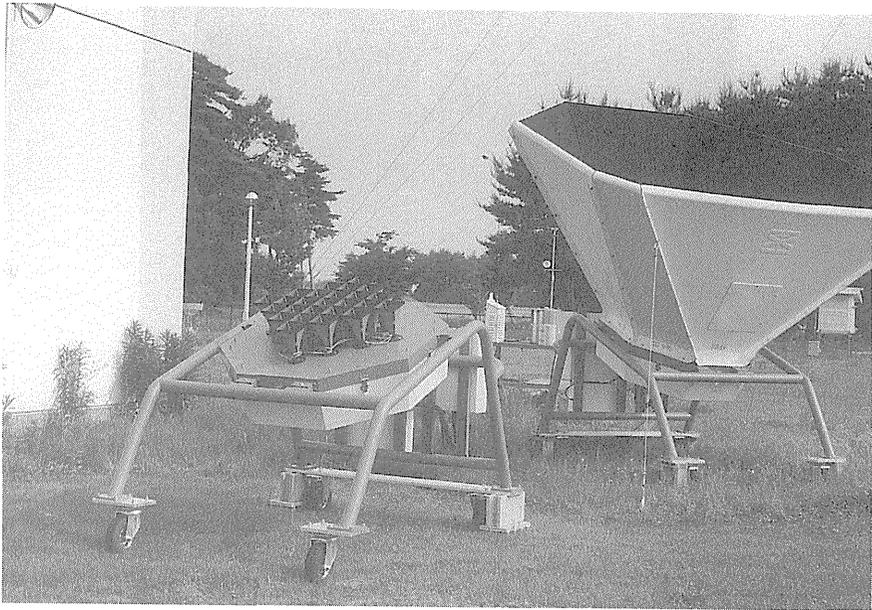
ウィンドプロファイラ



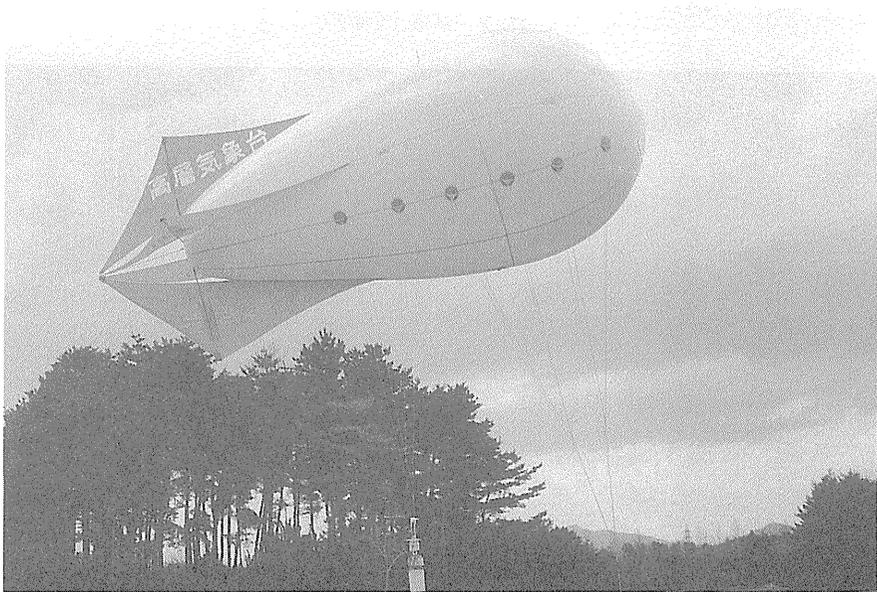
C-バンドドップラレーダ (レドーム)



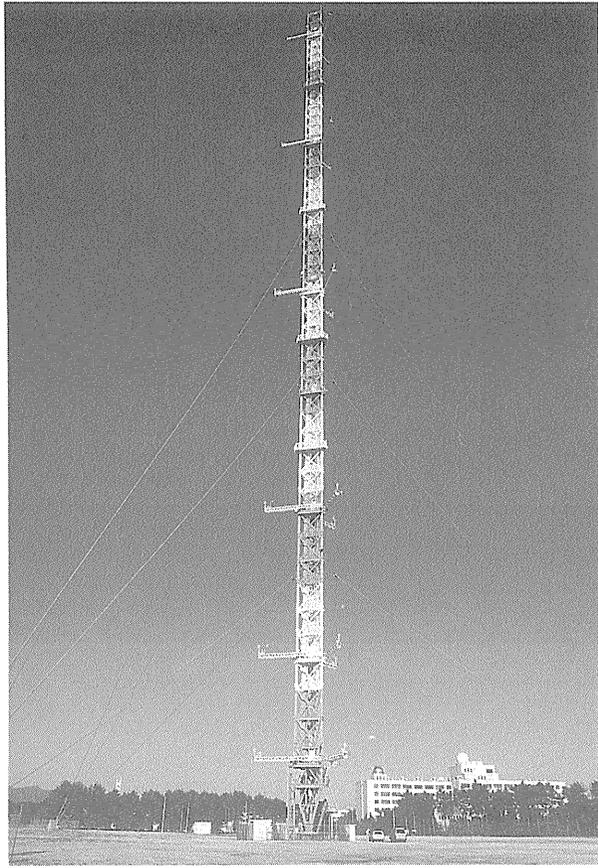
C-バンドドップラレーダ (表示装置)



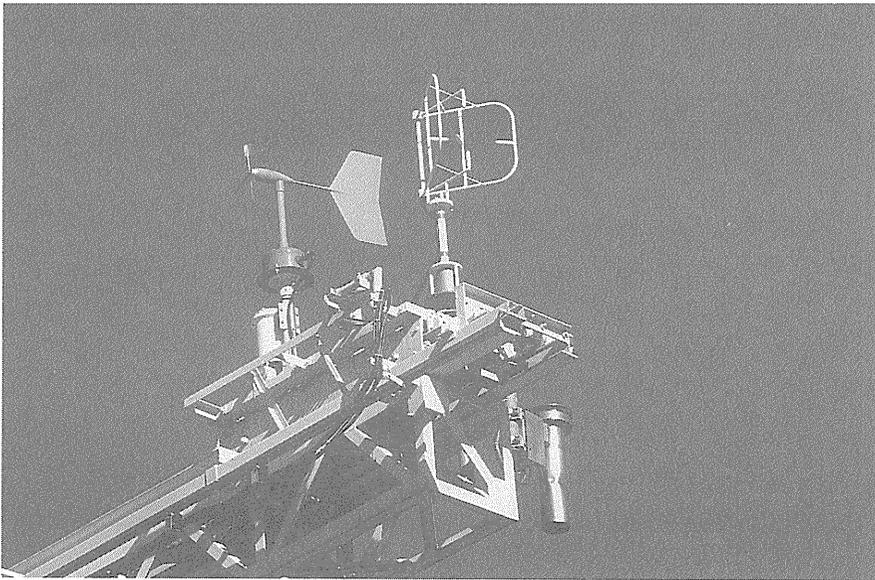
ドップラソナー2台（手前シールドを外したもの）



係留気球



気象観測用鉄塔（全景）



気象観測用鉄塔（センサ部）

第2章 観測データ

2.1 データの処理の方法

各種観測機器のデータフォーマットや媒体は、それぞれ異なっている。そこで、それらのデータから必要最小限の共通する観測種目のデータを取り出して共通フォーマットを作った。フォーマットは表2.1の通りであり、大型汎用電子計算機（日立M280D）上の固定長のキャラクターデータである。

利用したラジオゾンデデータは1986年から高層気象台で使われていたミニコンベースの高層気象観測資料自動処理装置のデータで、観測期間中は全てレーウィンゾンデによる観測値である。データ磁気テープの風向風速は、第14～20レコードの風観測記録1分毎のデータである。気圧、気温、湿度は第1～8レコードにあるゾンデ観測記録を使った。これらのデータで気圧、気温、湿度は1分毎の値ではないので、異なる共通データセットを作った。これは放球後の時刻を秒単位に含むデータセットを使う。元データはバイナリ16ビットであるが、キャラクターデータに変換する事になる。

オメガゾンデは2秒毎の気圧、高度、風向、風速、気温、湿度などを出力したデータによった。これは3.5インチ2DDフロッピディスクキャラクターデータであるが、MS-DOS、2HDに変換して大型電子計算機に入力する。共通フォーマットは、特異点などは十分多くサンプリングしたデジタルデータより再現できると思われるので省いているが、この他の全ての元データを含んでいる。

表2.1 共通フォーマット

1行目	測器名	観測時刻	測器による						
	A 8	I 1 2	A 6 0						
n行目	観測時刻	高度(m)	気圧(hPa)	水平風向(°)	水平風速(m/s)	鉛直風速(m/s)	温度(°C)	湿度(%)	測器による
	I 1 2	F 8.1	F 8.1	F 7.1	F 7.1	F 7.1	F 7.1	F 7.1	A 1 7
データの終り	SPACE	測器による							
	A 1 2	A 6 8							

8 0 B Y T E

注1：測器名は OMEGA, RS2-80, PROFILER, C-RADAR, X-RADAR, SODER, KYTOON, TOWERのいずれか。

注2：観測時刻は、例えば 1988年11月26日20時30分であれば 8811262030 等となる。1行目の観測時刻はデータのとりはじめである。

注3：n行の数は測器、観測時刻により変化する。

注4：データはFBである。欠測は9999.0がはいる。

ウィンドプロファイラには低高度モードと高々度モードがある。今回はデータのある限り低高度モードを使い、それに高々度モードをつないで共通フォーマット化した。低高度モードでは分解能は250mであり、高々度では1000mである。データは磁気テープに収録出来る。

ドップラーレーダではミニコンにより磁気テープにデータが収録できる。レーダでは、一定仰角1回転分のデータをVAD法により大型電子計算機により処理して風向、風速、鉛直速度を求めている。これを編集し直して共通フォーマット化する。

ドップラーソーダでは、パソコンベースのフロッピーディスクに50m毎に700mまでのデータが取れる。これをMS-DOSデータフロッピーに変換し、処理は大型計算機によって行う。全ての指定した高度でデータがいつも得られているわけではないが、観測の全体を見ると観測値のある数は11月が最も多く、78%である。他の時期も70%台にある。

係留気球は観測高度0~1500m程度で、気球に釣り下げられたセンサ部から無線でデータ伝送し、気圧、気温、湿度、風向、風速の処理をパソコンによって行う。この値は瞬間値で30秒毎のデータである。得られるデータはBASICのフォーマットであり、これをMS-DOSのフォーマットに変換する。MS-DOSから、大型電子計算機のOSに対応するデータに変換する機能を使い入力して、共通フォーマットに編集する。上昇時のデータだけを使った。

気象観測用鉄塔では、高さ10, 25, 50, 100, 150, 200mの6ヶ所のステージに取り付けられた風向、風速、温度、湿度をデジタル化してカセットMTに収集して、大型機の磁気テープに変換して処理する。第1期では10分毎、第2, 3, 4期では1分毎のデータがある。温度、湿度は南側と北東側があるが、原則として南側を採用した。一部北東側を取ったものもある。風向、風速は3方向の内風上側を取り共通フォーマットにする。

2.2 処理結果と比較の事例

測定範囲の似ているデータを比較する事を試みた。2つの測器の組み合わせを一図面に表示して比較する。以下に第二部に掲載するデータの例を示す。

図2.1はレーウィンゾンデとオメガゾンデの例である。観測日時は1988年11月15日15時のものである。2つの時間はゾンデ飛揚時から終了までの時間を表しているが、風の平均方法が違うので終了時刻は必ずしも一致しない。縦軸に高度を取り、左から風速、風向、風速の偏差、風向の偏差を表示している。ここで偏差とはオメガゾンデからレーウィンゾンデの値を引いたものである。図2.2は縦軸に時間を取った例である。図2.3は高度軸に沿って温湿度を表示したものである。図2.4は時間軸表示の温度湿度である。いずれも温度、温度の偏差、湿度、湿度の偏差を表示している。図2.5は気圧と高度である。高度はどちらのゾンデも気圧と温度から算出されるので時間軸表示だけになる。全体として時間軸表示は連結観測の場合だけに意味がある。

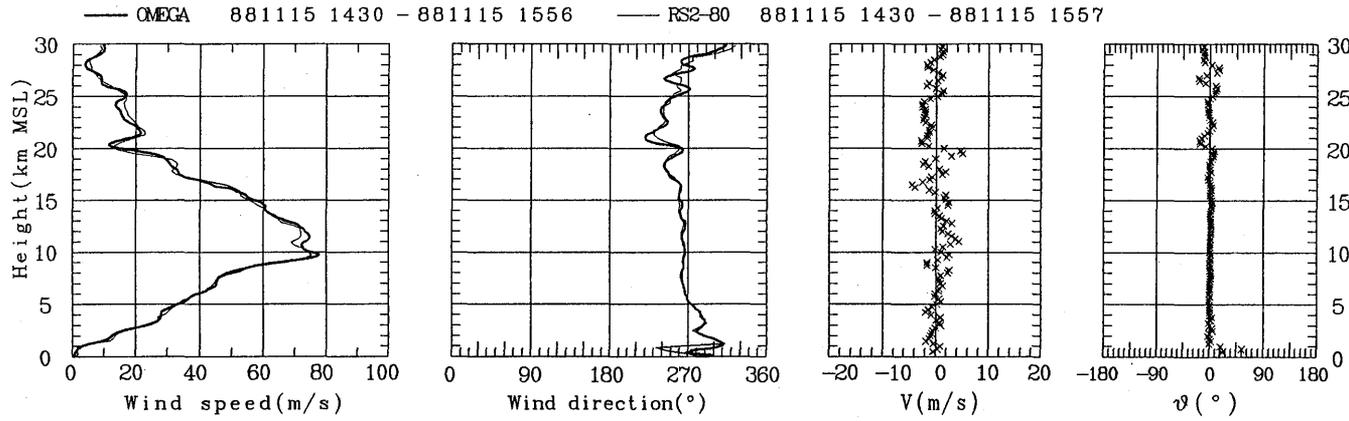


図2.1 レーウィングゾンデとオメガゾンデの観測例 (風速・風向)

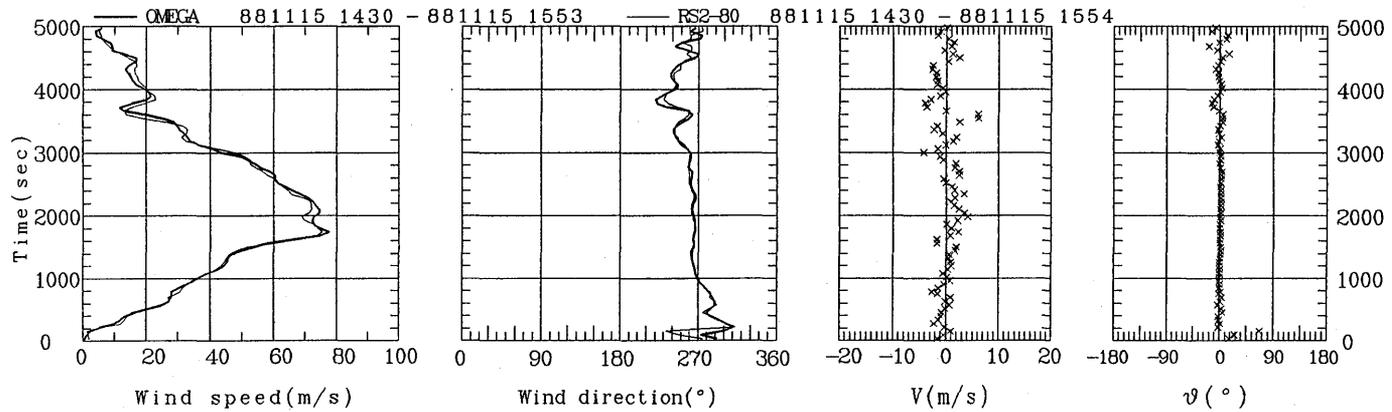


図2.2 レーウィングゾンデとオメガゾンデの比較例 (時間を縦軸に取ったもの、風速・風向)

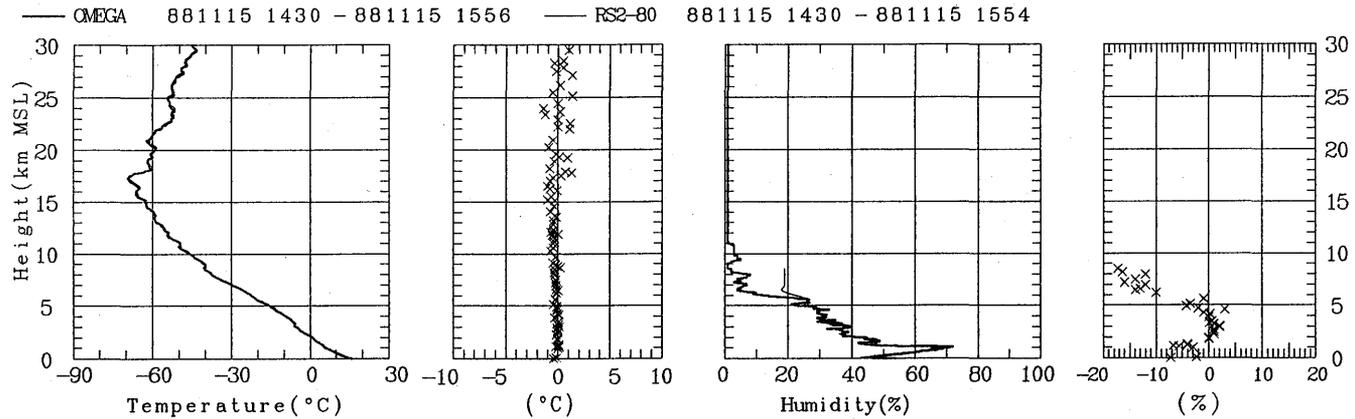


図2.3 レーウィンゾンデとオメガゾンデの比較例 (温度・湿度)

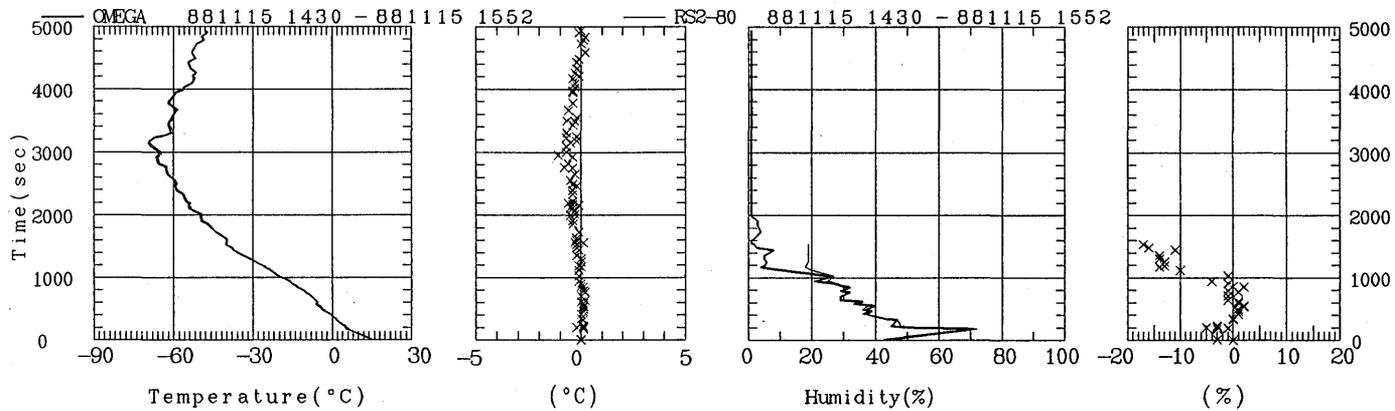


図2.4 レーウィンゾンデとオメガゾンデの比較例 (時間を縦軸に取ったもの、温度・湿度)

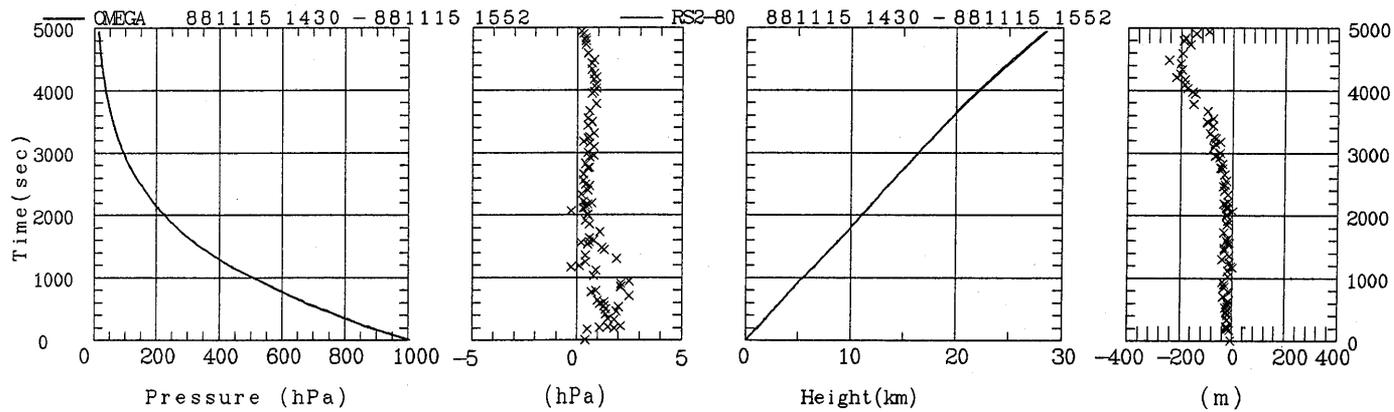


図2.5 レーウィンゾンデとオメガゾンデの比較例 (時間を縦軸に取ったもの、気圧・高度)

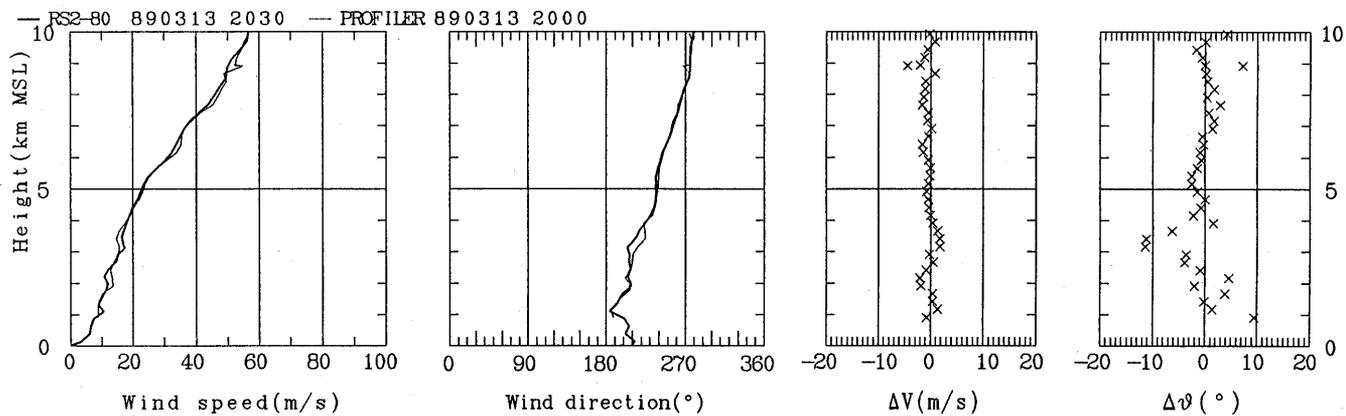


図2.6 レーウィンゾンデとウィンドプロファイラの比較例 (風速・風向)

図2.6はレーウィンゾンデとウィンドプロファイラの比較である。時刻は、レーウィンゾンデは1989年3月13日21時のデータである。ウィンドプロファイラは20時のデータである。ここで、ウィンドプロファイラの20時とは20時から20時59分までのデータなので、この時刻を選んだ。ウィンドプロファイラの観測で、データが上空で孤立して存在することがある。このとき、データが所定の1高度以上にわたって得られない場合は、データプロット線（高度分布）を切断する。偏差は250m毎のサンプル値であり、孤立点の評価も行う。偏差はレーウィンゾンデからウィンドプロファイラを引いたものである。

図2.7はレーウィンゾンデとC-バンドレーダの比較である。時刻は1989年3月13日21時近辺とした。レーウィンゾンデはオメガゾンデより観測回数が多いので、レーウィンゾンデのデータを使っている。偏差はレーウィンゾンデからC-バンドレーダを引いたものである。

図2.8はC-バンドレーダとウィンドプロファイラの比較である。時刻は1989年3月13日21時近辺を選んだ。C-バンドレーダは1時間平均である。偏差はC-バンドレーダからウィンドプロファイラを引いたものである。

図2.9はC-バンドレーダとX-バンドレーダ風速風向の比較である。降水時のデータであり、X-バンドのデータがあるのは3月の期間だけである。時刻は1989年3月13日21時近辺を選んだ。偏差はC-バンドレーダからX-バンドレーダを引いたものである。

図2.10は鉄塔とソーダの風向風速の観測例である。時刻は1989年3月17日9時5分である。高度50m毎の比較を行っている。偏差は鉄塔からX-バンドレーダを引いたものである。

図2.11はソーダと係留気球のデータである。1989年6月20日20時22分頃である。偏差はソーダから係留気球を引いたものである。

図2.12は鉄塔と係留気球の風速風向の比較である。1989年3月14日8時30分のデータである。偏差は鉄塔から係留気球を引いたものである。

図2.13は鉄塔と係留気球の温度、湿度の比較である。1989年3月14日8時30分のデータである。偏差は鉄塔から係留気球を引いたものである。

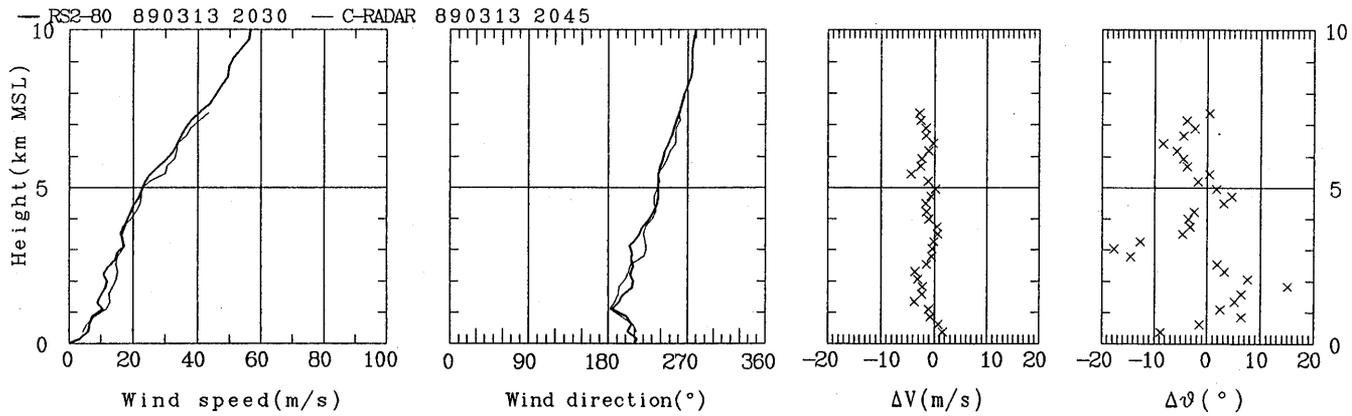


図2.7 レーゾンゾンデとC-バンドドップラーレーダの比較例 (風速・風向)

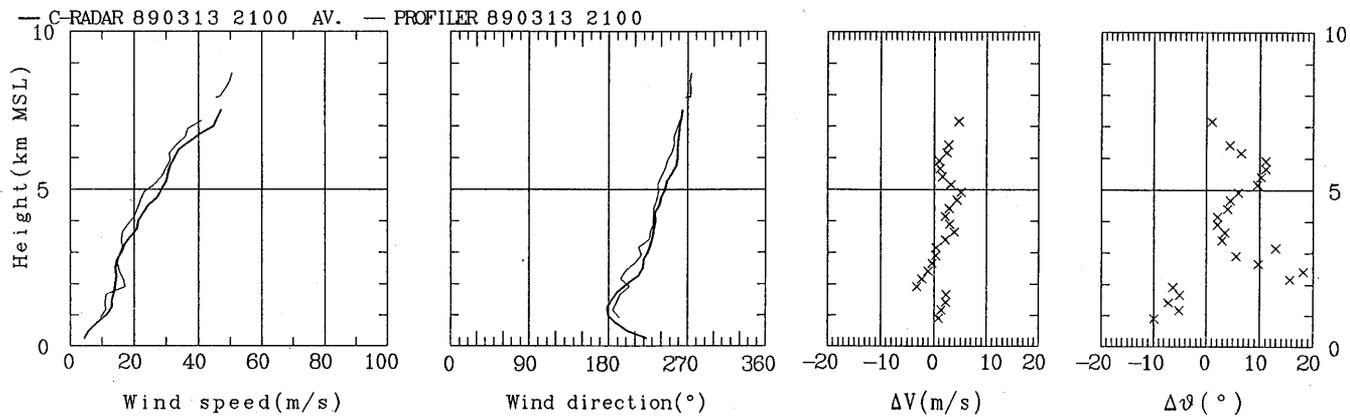


図2.8 C-バンドドップラーレーダとプロファイラの比較例 (風速・風向)

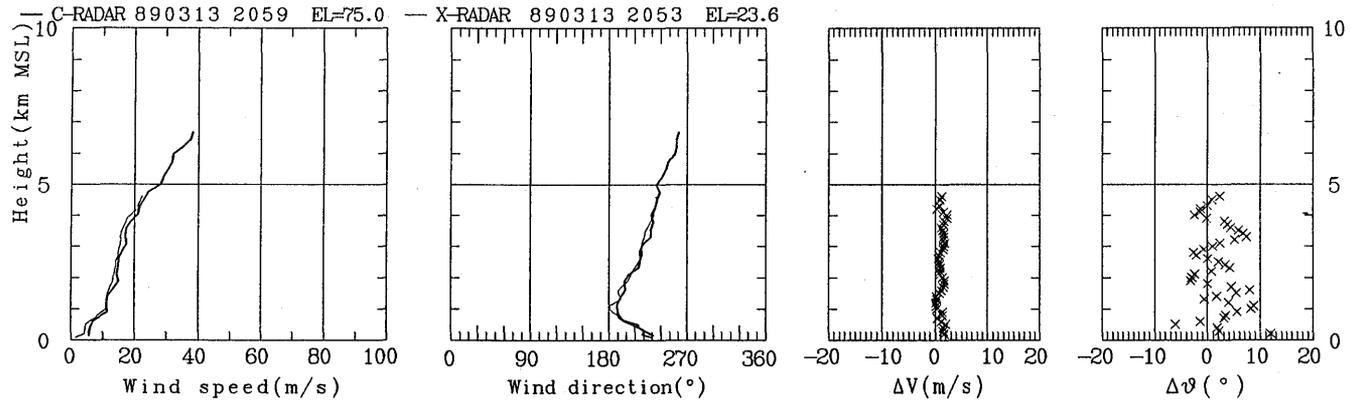


図2.9 C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの比較例(風速・風向)

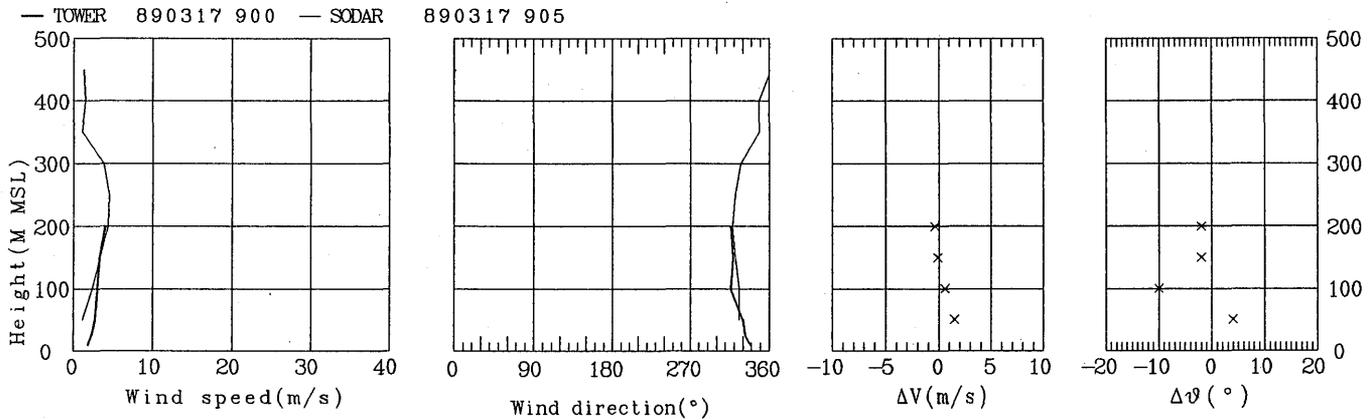


図2.10 鉄塔とソーダの比較例(風速・風向)

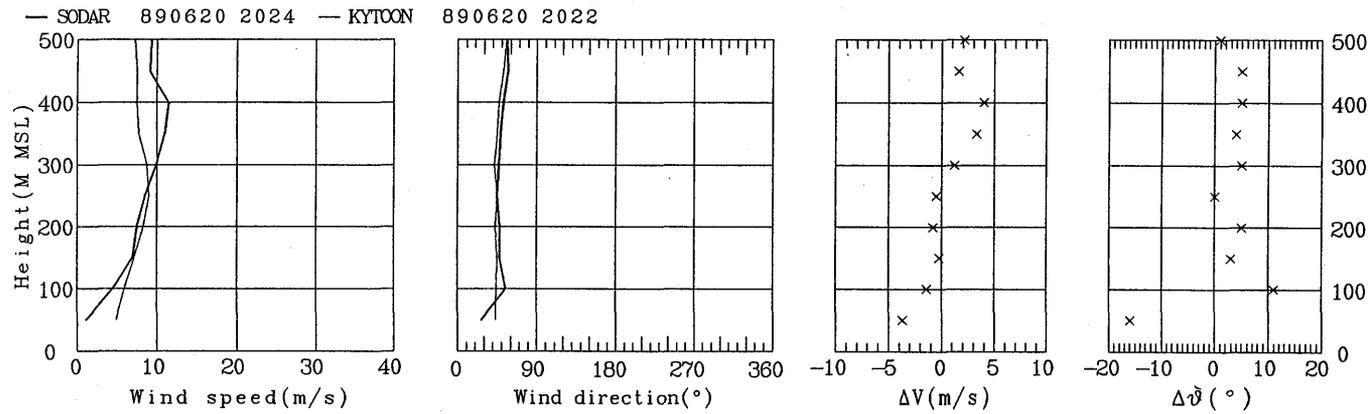


図2.11 ソーダと係留気球の比較例（風速・風向）

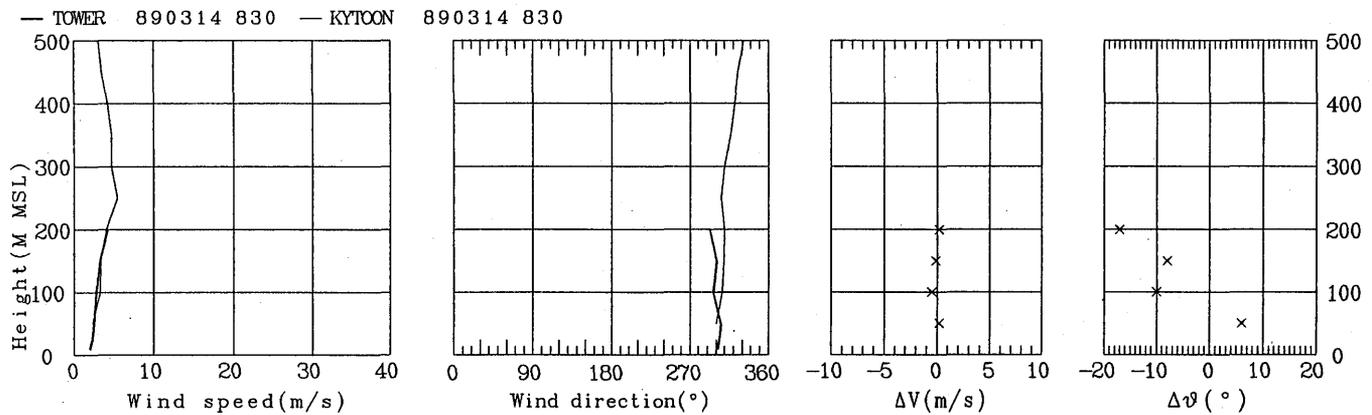


図2.12 鉄塔と係留気球の比較例（風速・風向）

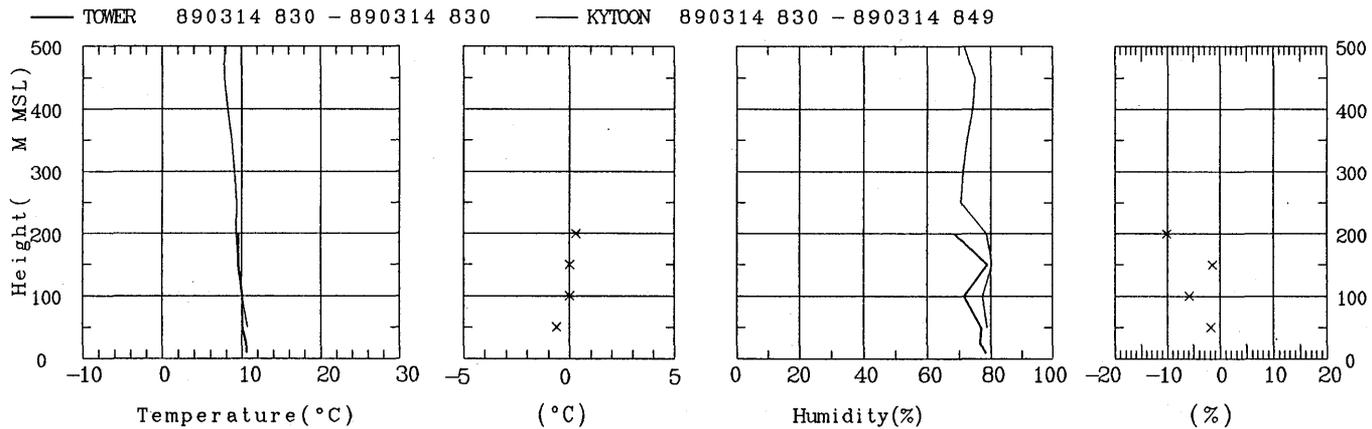


図2.13 鉄塔と係留気球の比較例 (温度・湿度)

第3章 データの比較と考察

3.1 レーウィンゾンデとオメガゾンデ

3.1.1 飛揚方法による比較

同時観測の方法として二通りの飛揚の仕方をした。一つは別々の気球につなげて同時飛揚する方法とゾンデ同士を約1mの棒に固定して一つの気球であげる連結飛揚である。4期にわたる観測の中で、連結飛揚と同時飛揚がほぼ同数の第2期と第3期のデータで比較する。偏差の絶対値の平均で言うと、時刻はレーウィンゾンデの観測記録の全てのデータを使いオメガは対応する時刻の補間したデータを使うが、風向差は連結が約8.6°，同時が約10°，風速は約1.6m/s，約2.2m/sとなり、ともに連結飛揚の方が良くなっている。温度差と湿度では温度が0.3℃と1.1℃，湿度が差5.9%と6.5%となり、それぞれ連結の方がよい(表3.1)。

このことは二つのゾンデが同時飛揚では上空に行くにしたがって、異なった空間に達してその場所の大気の状態を測定するのに対して、連結飛揚では同じ空間の大気の状態を測定するためと考えられる。

表3.1 ゾンデの2通りの飛揚法による観測値の差の絶対値の平均

	風向の差(°)	風速の差(m/s)	温度の差(℃)	湿度の差(%)
連結飛揚	8.6	1.6	0.3	5.9
同時飛揚	10	2.2	1.1	6.5

3.1.2 気圧計と相互比較

ゾンデの高度は気圧と温度によって求められているので、気圧計の比較は連結観測の時間軸での比較が適当である。連結飛揚のデータを見ると、飛揚直後にマイナス偏差になる場合とプラスの偏差になる場合があるが、飛揚後200秒から2000秒にかけては、プラスの偏差がめだってくる。さらに上空に行くにつれて、偏差はマイナス側にシフトして、ある一定の値に収束する場合が多かった。この偏差の大きさは数hPaになる。図3.1に例を示す。この例で、14時31分の観測では約0.8hPa、20時30分の例では約0.5hPaになる。全連結飛揚観測のうち約3/4の観測は飛揚後約1500秒から約1800秒の間にそれぞれの一定値に収束しているが、この時間は地上気温との差が50℃から70℃となる高度に達して、それ以後の温度変化が少なくなる状況に対応している。例えば、第二部131ページ1989年3月13日14時30分のデータで、約2000秒で気温の傾きが変わっているが、

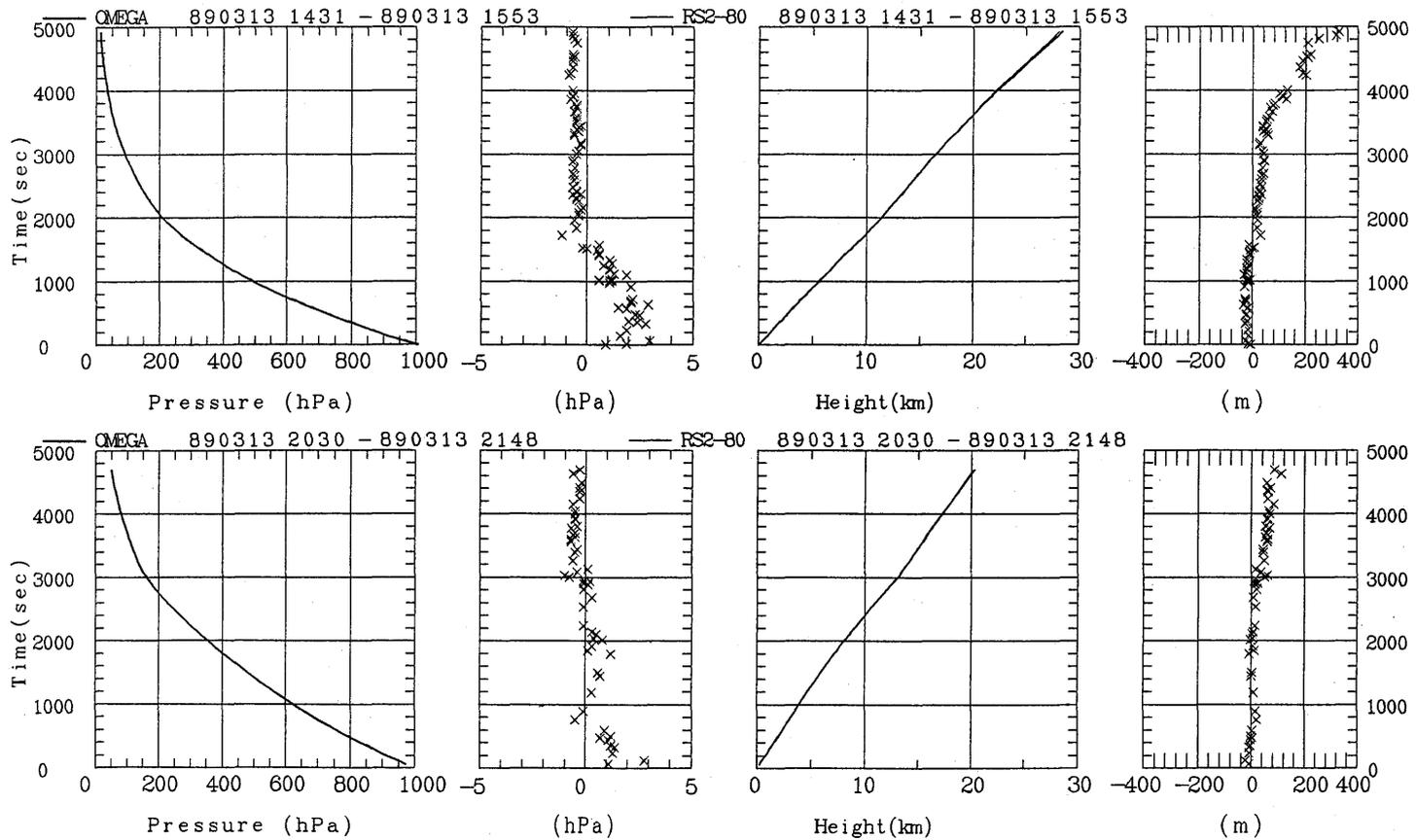


図3.1 連結飛揚の時間軸による気圧・高度の観測例

187ページの約2000秒で気圧の偏差が一定値になっているのと良い対応関係にある事が判る。以上のことから、気圧計を相互比較した結果は、飛揚直後の数分間を除けば、気圧計の偏差量は気温との間に良い相関関係があることを示唆している。

この気圧計の数 hPa に及ぶ系統的偏差を解明する一助とするために、オメガゾンデの気圧計を検定槽に入れて、検定を行った。4 個のオメガゾンデの結果からは、振動式気圧計と比較して最大で 0.5hPa の差となっている。これはオメガゾンデの方が低い値であり、大多数の気圧面で 0.0hPa から 0.3hPa 低い傾向にある。ちなみに、水銀気圧計と振動式気圧計の比較結果によると、振動式は 0.1hPa と 0.3hPa の範囲でやや高めであり、常温でテストしたかぎりオメガゾンデの気圧計の精度は良好である。表3.2に検定の一例を載せた。オメガゾンデの気圧がレーウィンゾンデと比較して 1 から 3hPa 低くなる系統的なズレの生ずる理由は、このオメガゾンデの気圧計検査の結果からは説明する事ができないと思われる。レーウィンゾンデは温度による気圧補正をしておらず、低温時に問題がある可能性はのこる。そのほか、レーウィンゾンデの気圧計のメーカーによって、高い高度の偏差の値の大きさが一定の傾向がある事がわかっている。すなわち、ある特定のメーカーの偏差が大きい。

表3.2 振動式気圧計とオメガゾンデの気圧計の比較例 (1989年8月22日10時30分～, 現地気圧1015.4 hPa, 気温26.0℃)

指定気圧	振動式	オメガゾンデ	補正值(1hPa 単位)
850	850.7	850.6	+0.1
500	499.9	500.1	-0.2
300	300.0	300.1	-0.1
200	200.1	200.1	0.0
100	99.8	100.0	-0.2
70	70.0	70.3	-0.3
50	50.0	50.3	-0.3
30	30.2	30.5	-0.3
20	20.0	20.3	-0.3
15	15.0	15.2	-0.2
10	10.1	10.3	-0.2
8	8.0	8.2	-0.2
7	7.1	7.3	-0.2
6	6.0	6.2	-0.2
5	5.0	5.2	-0.2
last	4.7	4.9	-0.2

※参考までに 8月21日に実施した水銀気圧計と振動式気圧計の比較結果は、-0.1~-0.3hPa の範囲で振動式気圧計はやや高めである。

3.1.3 温度計の比較

第二部123～155ページの全データの図によると、温度計は上空に行くほど偏差は大きくなる事が多い。29例の連結観測の結果では、高い高度で偏差がプラス側にふれる例が20例と多かった。これ以外に、マイナスになるのが4例、その他が5例あったが、全て15時のデータであった。プラスになるのはオメガの方が大きいという事である。これは二種のゾンデの温度計の放射特性の違いによるものであると考えられる。温度の高度別相関係数を表3.3に示す。また時間軸上での温度の相関係数を表3.4に示す。かなり高い相関値が得られている。

表3.3 ゾンデの温度・湿度の高度別相関係数

高度 (m)	500	1,500	3,000	5,000	10,000
温度	0.997	0.998	0.998	0.999	0.966
湿度	0.984	0.982	0.985	0.989	0.586

表3.4 ゾンデの連結飛揚の時間軸上での温度・湿度の相関係数と分散

放球後の 時間 (秒)	温度の 相関係数	温度の データ数	湿度の 相関係数	湿度の データ数	温度差 の分散	湿度差 の分散
500	0.9988	29	0.9856	29	0.1457	18.71
1000	0.9996	29	0.9761	28	0.07800	68.12
1500	0.9993	29	0.9629	23	0.1104	95.59
2000	0.9985	29		2	0.1156	
3000	0.9940	29		0	0.1973	
4000	0.9818	28		0	0.4402	

3.1.4 湿度計の比較

大部分の湿度偏差は、高湿度でプラス側であるが、低湿度域では逆にマイナス側になっている。特に雨天の観測時地上付近の100%近い高湿度層を10分以上も通過する場合には、プラスの湿度偏差が時間とともに増大する(図3.2)。また、上空で20%以下の低湿度層を通過する際には、オメガゾンデの湿度計が0%近い乾燥状態を示している場合でも、レーウィンゾンデの湿度計は20%以下にはならずデータが追従せず、偏差が逆転する観測がめだっている。これらの原因としては、レーウィンゾンデのカーボン式湿度計が下層の高湿度通過の際にカーボン面が高湿度により変質した場合に、その湿度特性が大きく変化して高湿度に対しては乾燥側に、また低湿度に対しては湿潤側にシフトするためであると考えられる。高度別の湿度の相関を調べてみた(表3.3)。時間軸で連結観測のデータを処理すると(表3.4/図3.3a～f)となる。500秒は観測毎に異なるが、約

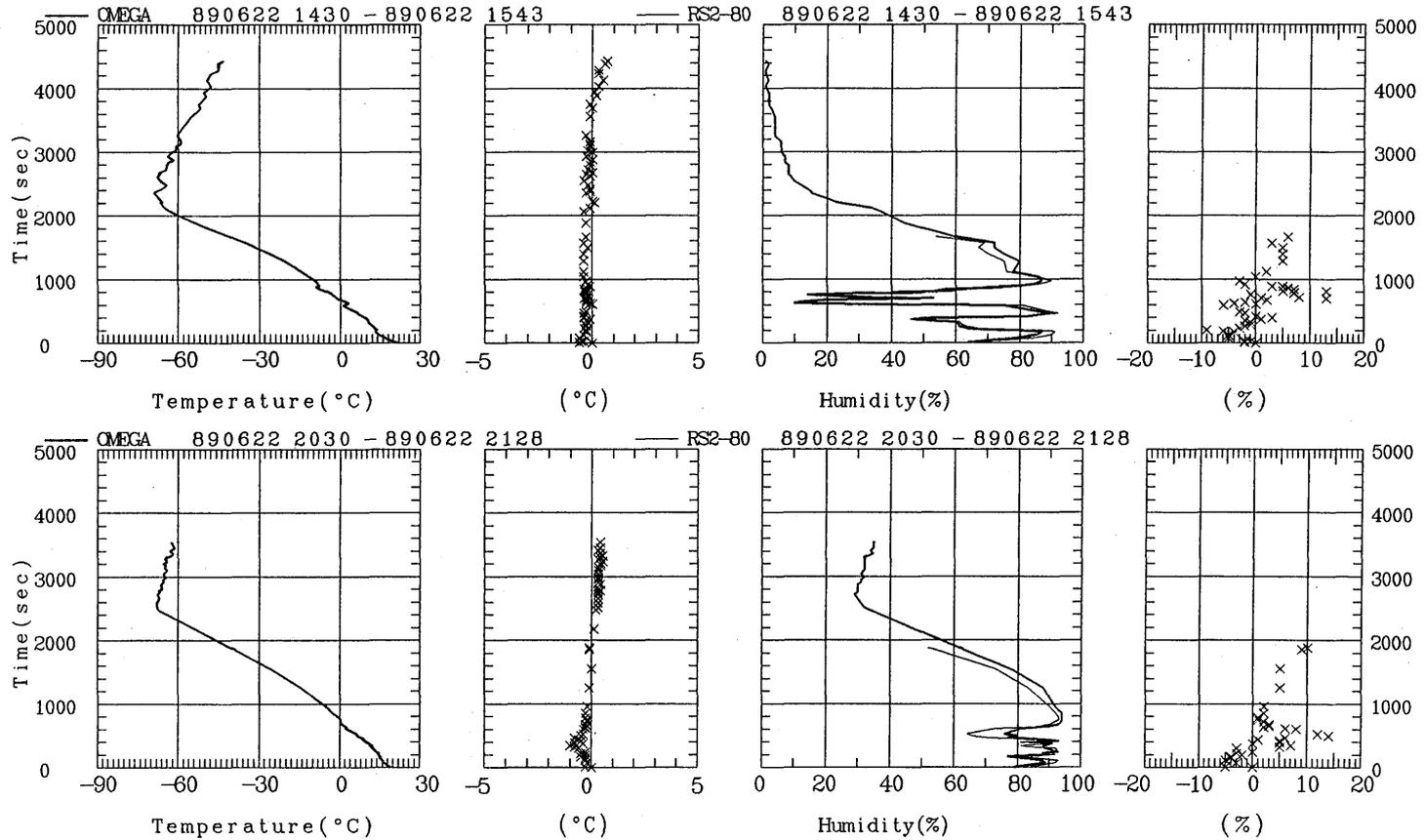


図3.2 連結飛揚の時間軸による温度・湿度の観測例

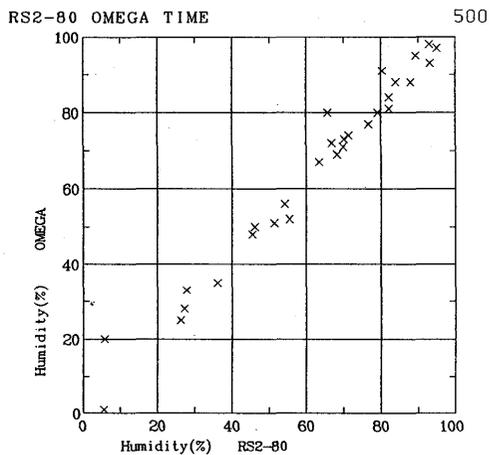
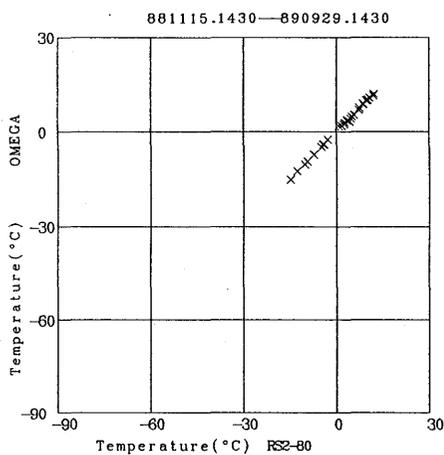


図3.3a ゾンデの連結観測、時間軸での温度・湿度の相関図 (500秒)

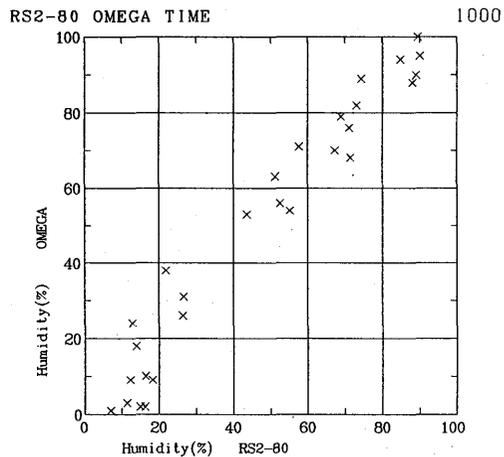
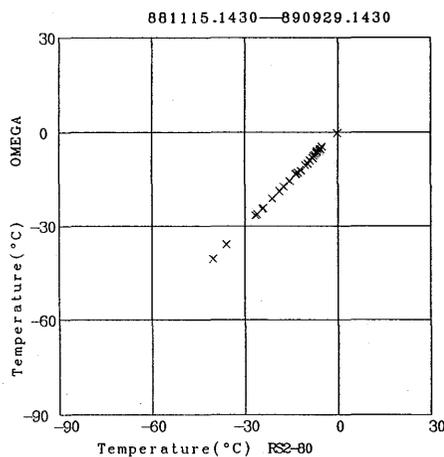


図3.3b ゾンデの連結観測、時間軸での温度・湿度の相関図 (1000秒)

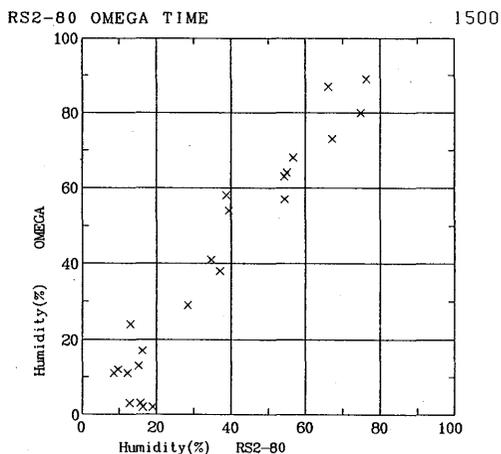
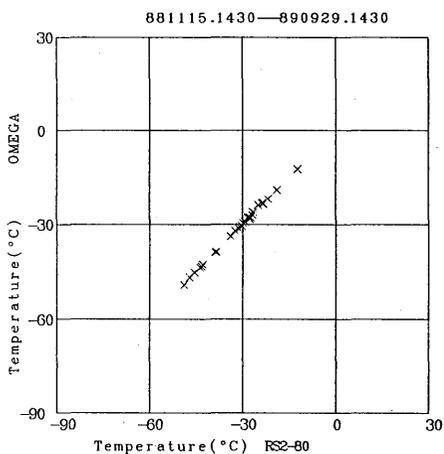


図3.3c ゾンデの連結観測、時間軸での温度・湿度の相関図 (1500秒)

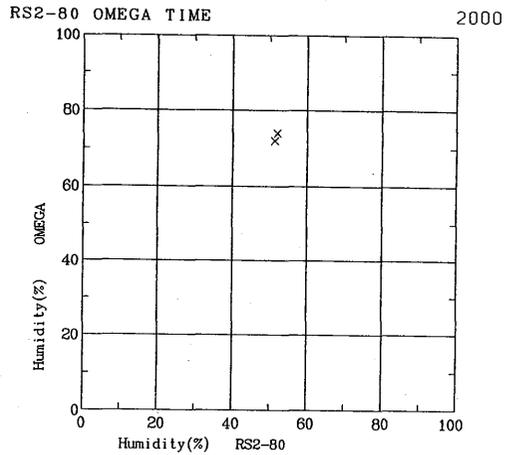
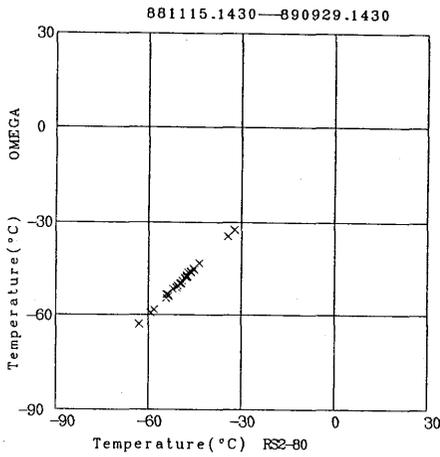


図3.3d ゾンデの連結観測、時間軸での温度・湿度の相関図 (2000秒)

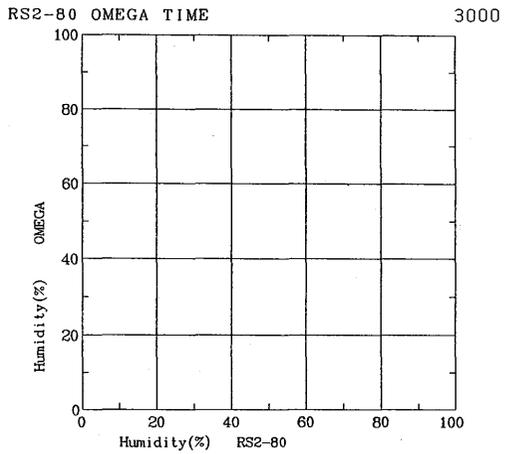
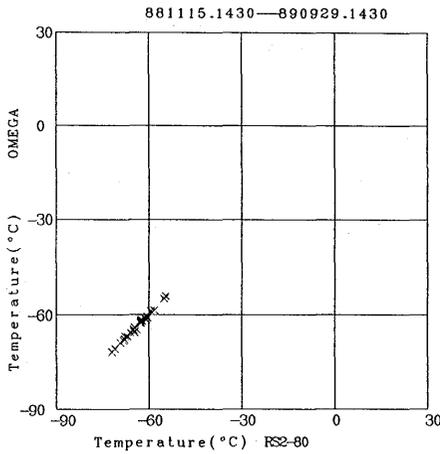


図3.3e ゾンデの連結観測、時間軸での温度・湿度の相関図 (3000秒)

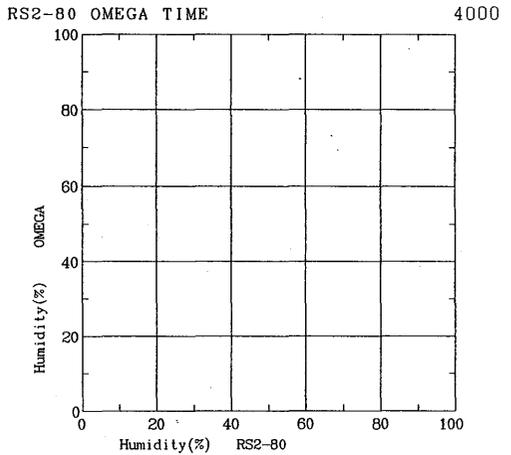
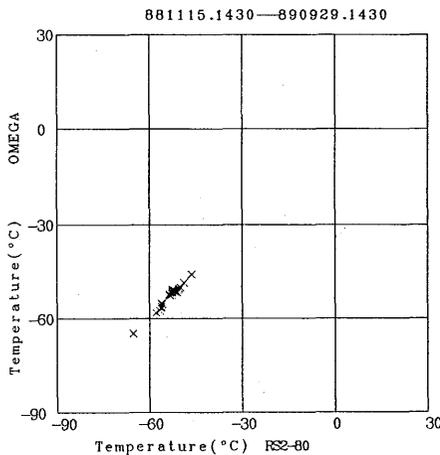


図3.3f ゾンデの連結観測、時間軸での温度・湿度の相関図 (4000秒)

3 kmの高度であり、温度湿度の相関値は高度（つまり気圧）によるものと大体同じである。

3.1.5 風向・風速の比較

全データ65例のデータ（第二部90ページから122ページ）のうち明らかにおかしい例2個（1例はオメガゾンデの時間が異常になっていて、高度で処理すると正常と思われる）を除いて比較した、各高度における風速差の絶対値の平均、風向差の絶対値の平均、風速の相関係数を表3.5に示す。これらを図に示したのが、図3.4 a～dである。風速については、図3.5 bに示すとおり、高度500m～10500mでは1～1.5m/s、11000～11500m及び20000～29500mでは1～2 m/s、14000～19500mでは2.1～2.7m/sの風速差になる。14000～19500mでの偏差が特に大きくなっているのは、平均風速の最も大きいところが11000～12000mで、高度19000m位のところから風が弱くなっている事からゾンデが流されて水平距離が大きくなり、観測点からみたゾンデの仰角が低くなるのが偏差の原因ではないかと思われる。参考に1988年11月14日9時のゾンデの仰角の変化を図3.6に示す。

風向については、平均風速の大きい高度8000～14000mでは2°以内の偏差で良くあっている。一方、平均風速が10m/s以下である2000mより下の高度と22500m以上では、約10～20°位の偏差となっている（図3.5 a）。

表3.5 全ゾンデ観測の高度毎の風速の相関係数と分散

高 度	デ - タ 数	風速偏差の絶対値の平均(m/s)	風向偏差の絶対値の平均(°)	風速の相関係数
500m	63	1.18	15.54°	0.908
1000m	63	1.08	10.82°	0.920
1500m	63	1.15	10.80°	0.928
2000m	63	1.14	9.26°	0.944
3000m	63	1.13	5.86°	0.967
4000m	63	0.96	3.82°	0.985
5000m	63	1.12	2.59°	0.979
10000m	62	1.45	1.31°	0.996
20000m	57	1.40	15.65°	0.975

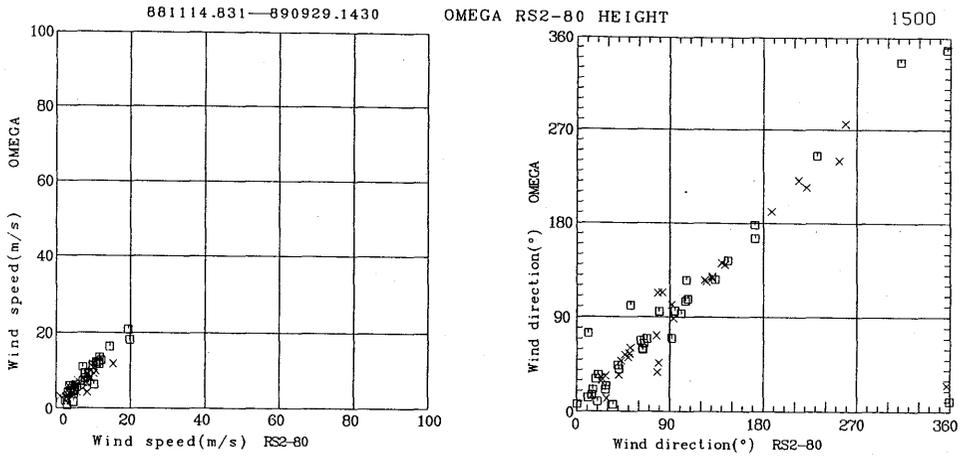


図3.4 a ゾンデの高度別の風速・風向の相関図1500m (□：同時飛揚，×：連結飛揚)

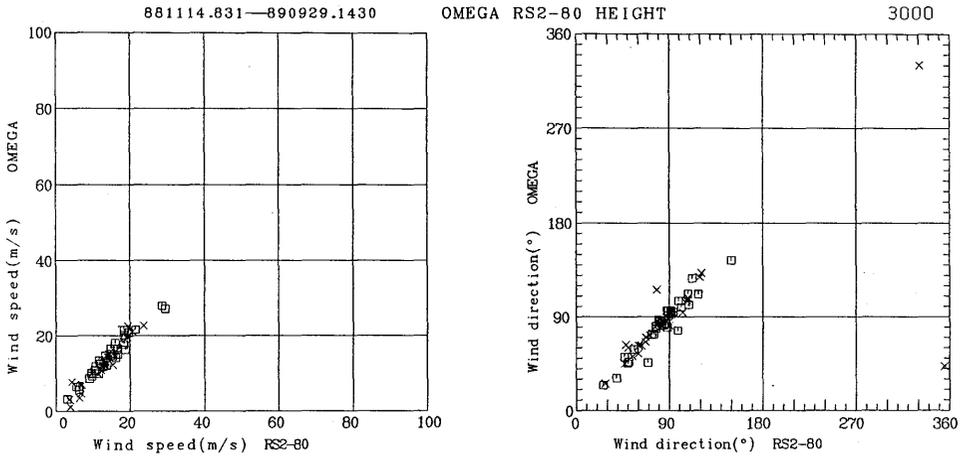


図3.4 b ゾンデの高度別の風速・風向の相関図3000m (□：同時飛揚，×：連結飛揚)

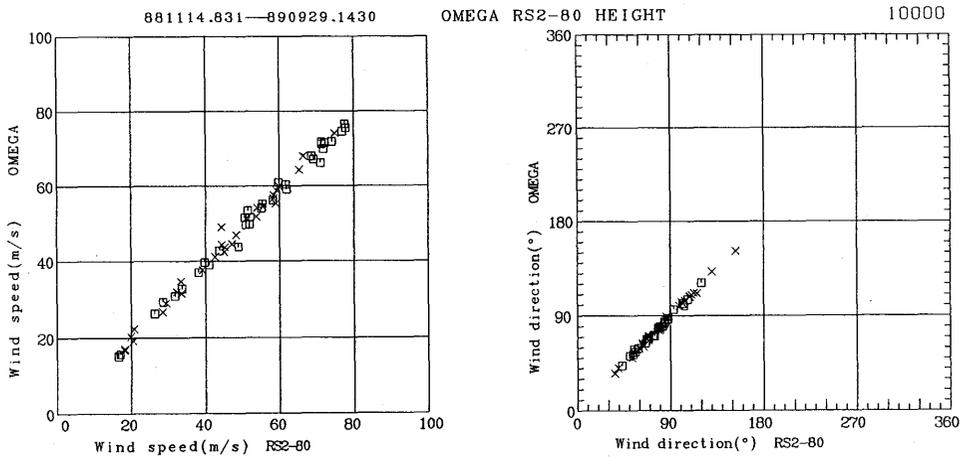


図3.4 c ゾンデの高度別の風速・風向の相関図10000m (□：同時飛揚，×：連結飛揚)

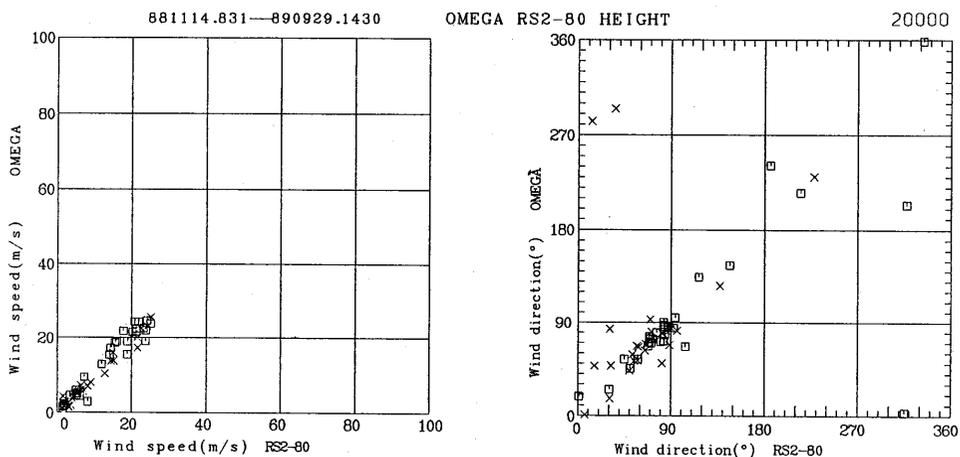


図3.4 d ゾンデの高度別の風速・風向の相関図20000m (□：同時飛揚，×：連結飛揚)

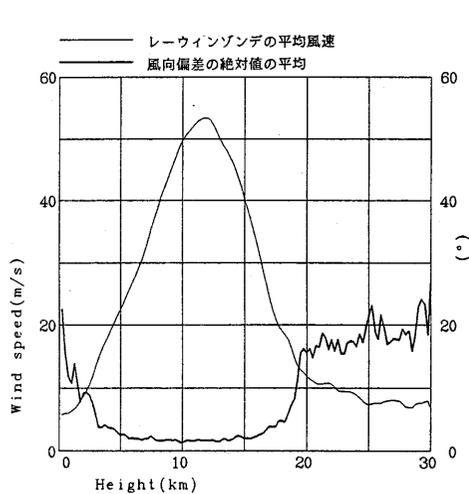


図3.5 a レーウィンゾンデの平均風速と風向差の絶対値の平均

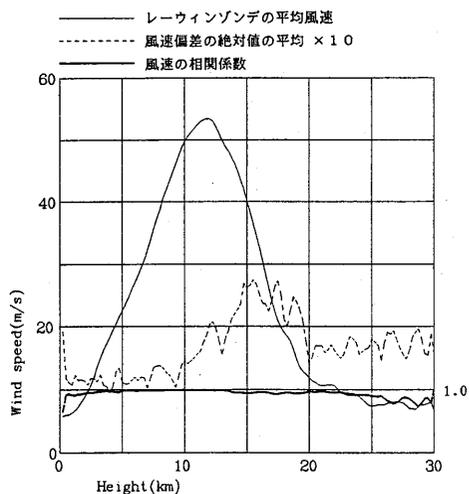


図3.5 b レーウィンゾンデの平均風速と風向差の絶対値の平均と風速の相関係数

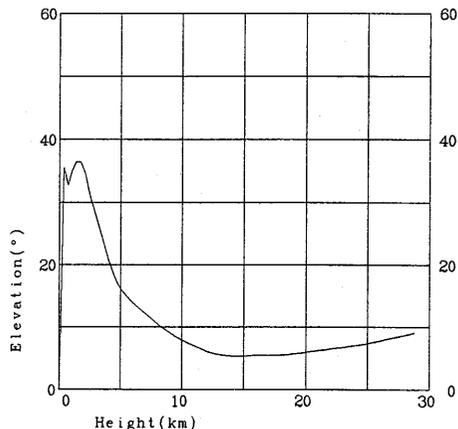


図3.6 レーウィンゾンデの高度とアンテナ仰角の例 (1988年11月14日9時の観測)

3.2 ウィンドプロファイラとゾンデ

3.2.1 測定原理の差異による観測値の取扱上の注意

レーウィンゾンデとウィンドプロファイラでは、測定の方法が異なる。したがって、両データを比較する際に、以下のような両者の違いがある事を念頭に置いて置く必要がある。レーウィンゾンデは風に流される気球を追跡して、その移動量より風向風速を求めるラグランジュ的な測定になる。それに対してウィンドプロファイラでは、大気中の渦や水蒸気や圧力の乱れ等から散乱する電波のドップラーシフトより風向風速を求める。気象研究所のウィンドプロファイラは、地上に固定されたアレイアンテナにより三方向の速度成分を求め、水平風と鉛直風速を求める。したがって、いつも同じ空間の風成分を見ていることになり、オイラー的測定になる。このことは時間の分解能が高い事もあり、ウィンドプロファイラは風に関していえば、数値予報の初期値になじみ易いのではないと思われる。なお、研究所の400MHzのウィンドプロファイラは、性能的には0.5kmから16kmまでの高度を測定できるが、この比較観測中には、ウィンドプロファイラシステムが完全な状態ではなかったため、10km程度の観測にとどまっている。今回利用したウィンドプロファイラのデータは、1時間の平均風である。ウィンドプロファイラは毎正時から1時間の平均をその正時の観測値としている。ただし、高度500mなど明らかに異常な測定データは、人間の判断によって取り除いてある。一方、ゾンデは正時前30分に放球し、約80分間かけて観測する。

3.2.2 データの相互比較

観測例を示す。比較的一致している例(図3.7a)、比較的一致していない例(図3.7b)。観測期間中に比較的安定してデータが取得できた高度750mから6000mまでのデータについて比較した。全期間の82観測データについて、各高度毎の風速の差の絶対値の平均、風向差の絶対値の平均、風速の相関係数、及びレーウィンゾンデ観測による平均風速を表3.6に示す。これらを図にしたものが、図3.8a, bである。風速については、1~1.6m/s程度の差であり、レーウィンゾンデとオメガゾンデ観測の高度750mから6000mまでの風速差1~1.3m/sとはほぼ近い値になっている。風向については、平均風速が10m/s以下である高度2000m以下では、7~15°位の風向差になっている。一方、大気の流れが比較的安定して一定時間大気の流れが一様であるとするウィンドプロファイラの仮定を良く満たす高度(図3.10a, b参照)3000~6000mでは、約4~5°の風向差であり、同高度におけるゾンデ相互の風向差約2~6°にはほぼ近い値となっている。

高度1000m, 1500m, 2000mの各高度における風速、風向の相関図を図3.9に示した。

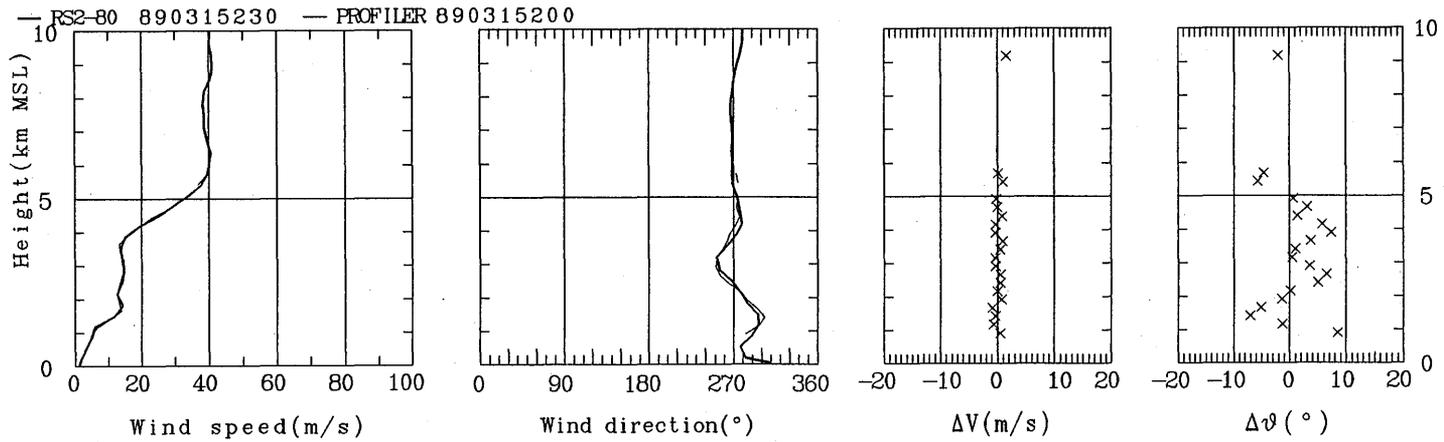


図3.7a ウィンドプロファイラとレーウィンゾンデの比較 (良くあっている例)

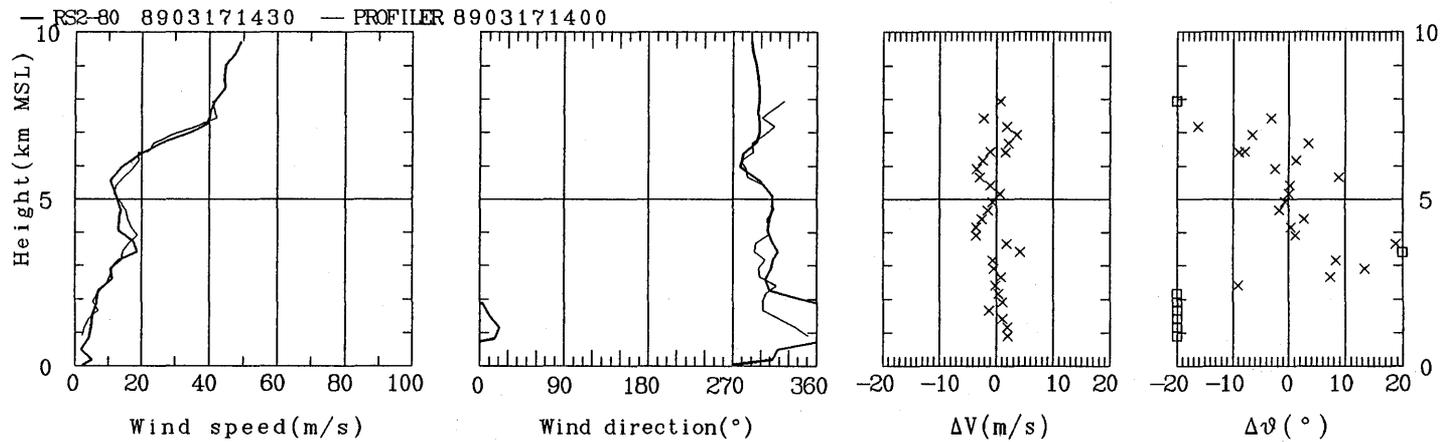


図3.7b ウィンドプロファイラとレーウィンゾンデの比較 (余りあっていない例)

表3.6 ウィンドプロファイラとレーウィンゾンデ (風速差：偏差の絶対値平均, 風向差：偏差の絶対値平均, 風速相関：風速の相関係数, 平均風速：レーウィンゾンデの風速平均)

高度 (m)	風速差(m/s)	風向差 (°)	風速相関	平均風速(m/s)	データ数
750	1.1	15	0.87	5.3	40
1000	1.3	13	0.88	6.1	82
1500	1.4	12	0.84	7.4	82
2000	1.1	7.4	0.92	9.1	79
2500	1	7.7	0.93	11	77
3000	0.9	4.5	0.97	13	67
3500	1	5.3	0.98	15	59
4000	1	3.9	0.98	18	52
4500	1	4.1	0.98	20	44
5000	1.1	4.6	0.98	22	43
5500	1	3.5	0.99	24	44
6000	1.6	4.1	0.98	26	44

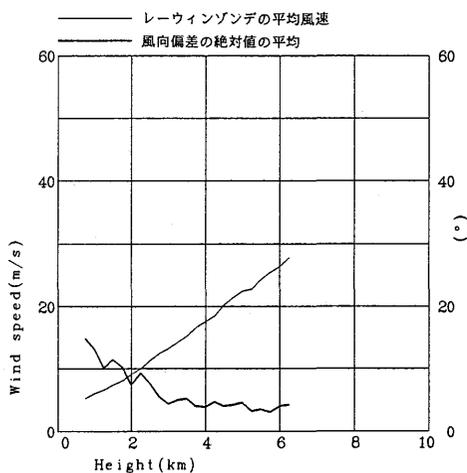


図3.8 a レーウィンゾンデの平均風速と風向偏差の絶対値の平均

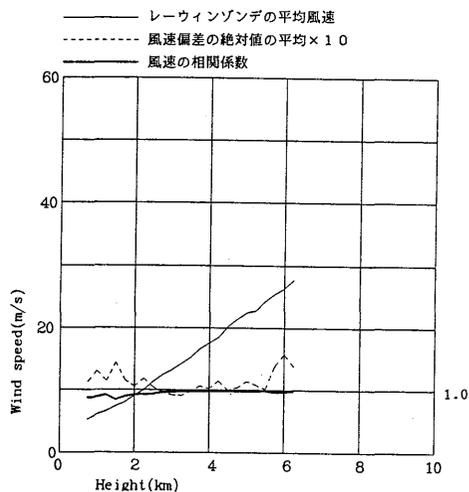


図3.8 b レーウィンゾンデの平均風速と風速差の絶対値の平均と風速の相関係数

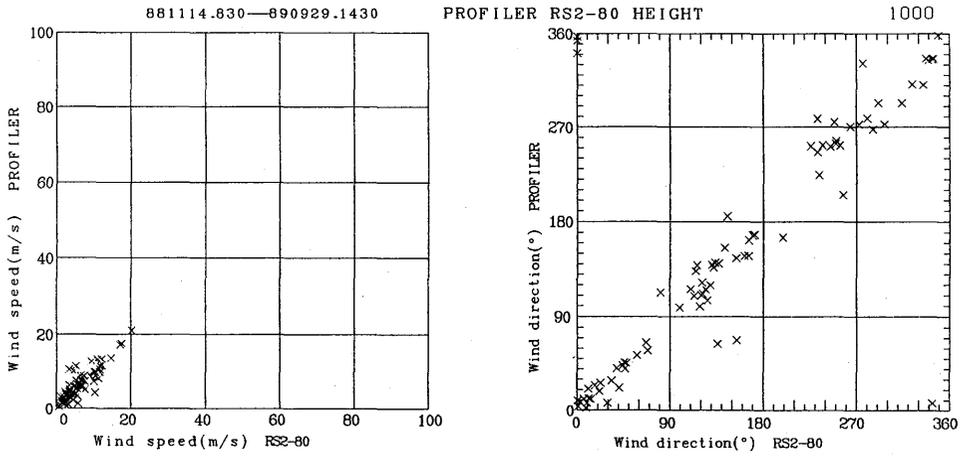


図3.9a レーウィンズンデとウィンドプロファイラの風速・風向の相関 (1000m)

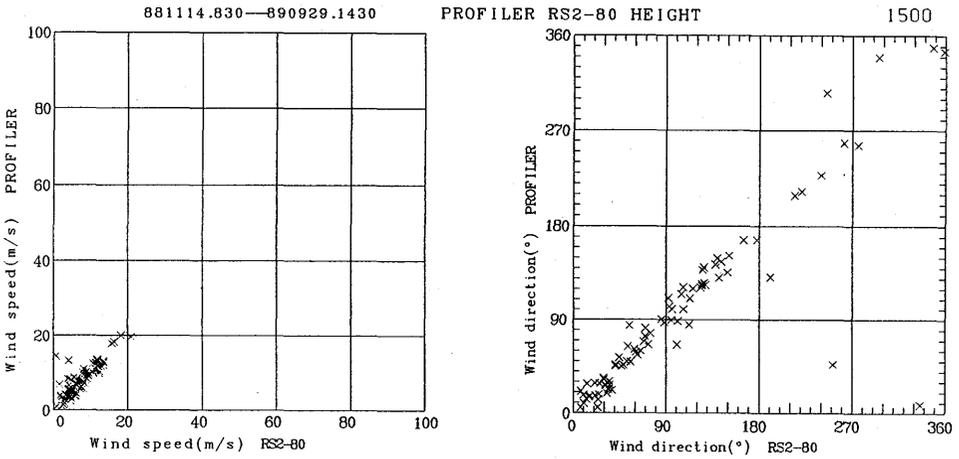


図3.9b レーウィンズンデとウィンドプロファイラの風速・風向の相関 (1500m)

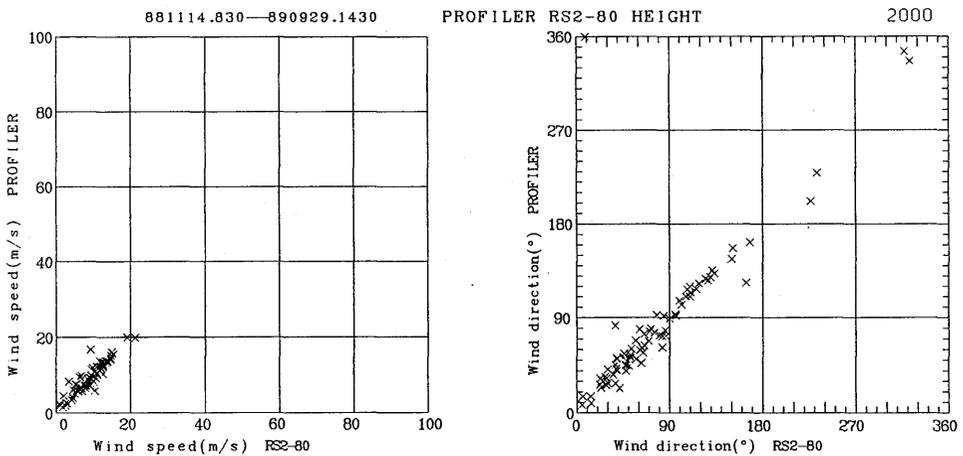


図3.9c レーウィンズンデとウィンドプロファイラの風速・風向の相関 (2000m)

03/13/89 GMT
 36.05 N
 140.12 W
 27 m MSL
 Frq. = 404.37 MHz
 Acq. Mode = LOW
 PRP = 100.0 us
 Vert. Res. = 250 m
 Vert. Spac. = 250 m
 Lowest Hgt. = 201 m AGL
 Data Type = 6 Min. Avg.

KEY TO SPEED IN M/S

0	2.5	5	10
15	20	25	30
35	40	45	50

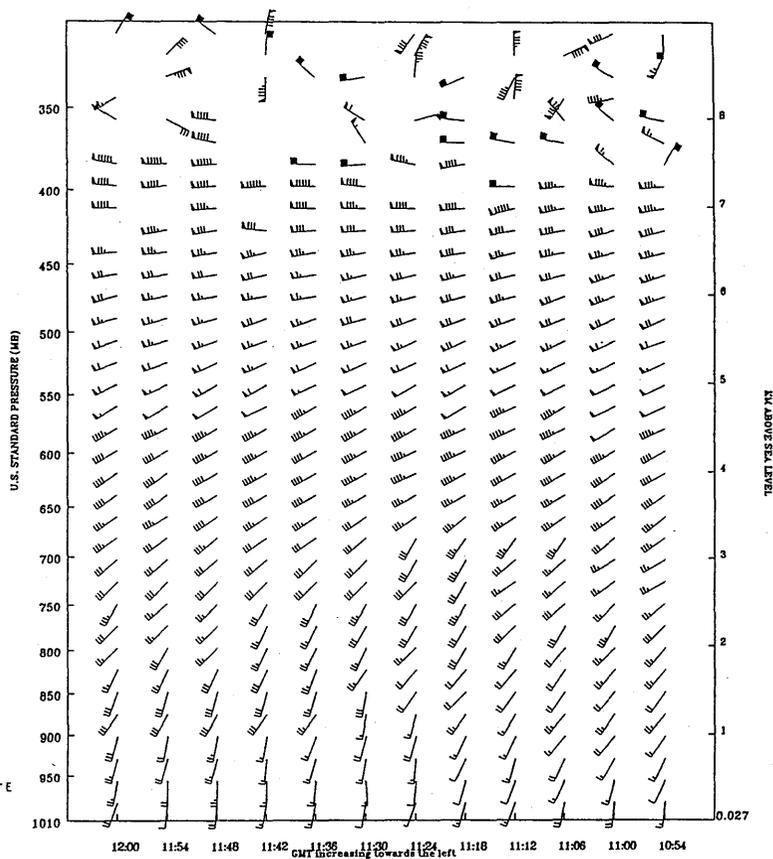
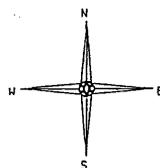


図3.10 a ウィンドプロファイラによる風のプロフィール (日本時間1989年3月13日19時54分から21時0分まで6分毎のデータ)

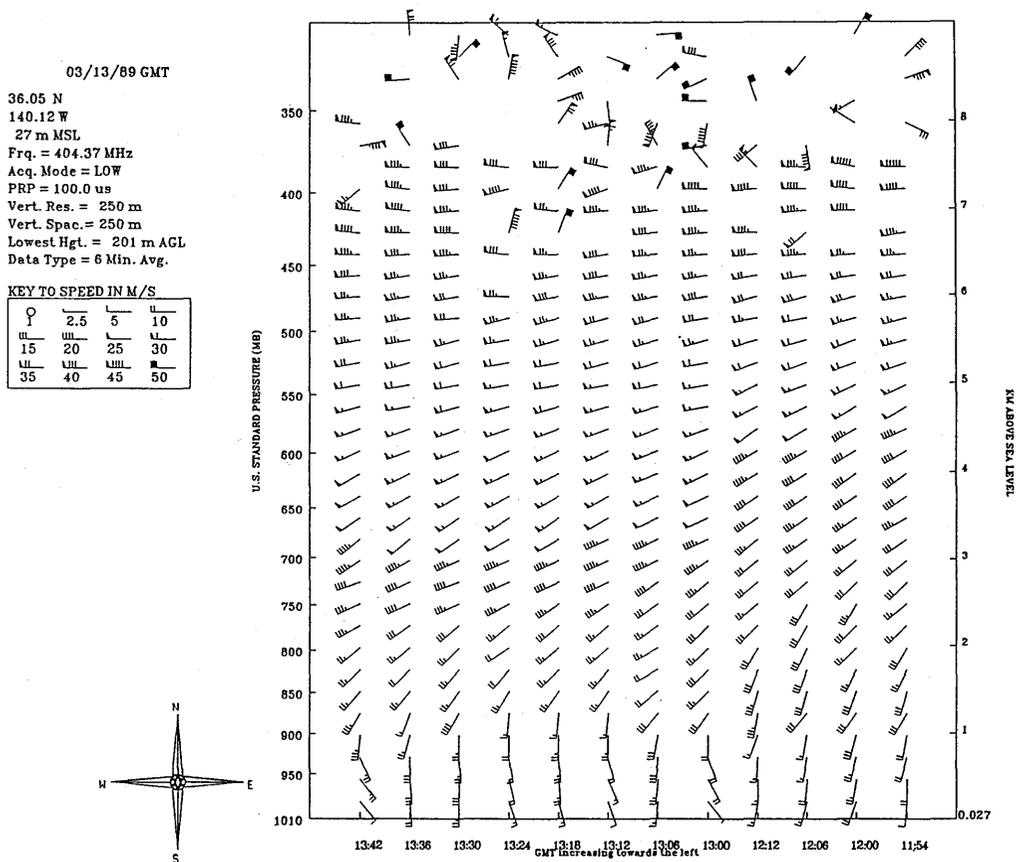


図3.10b ウィンドプロファイラによる風のプロファイル (日本時間1989年3月13日20時54分から22時42分まで6分毎のデータ)

3.3 ウィンドプロファイラとドップラーレーダ

ウィンドプロファイラもドップラーレーダの一種であり、その風の測定原理はCバンドレーダ、Xバンドレーダと同様である。レーダの上空の風速が水平方向に一樣と仮定して通常のドップラーレーダでは、鉛直プロファイルを求めるために、VADと呼ばれる方法で、多方向のデータを使うのに対して、同様な仮定によりウィンドプロファイラでは、3方向のデータを利用して風向、風速を測定する。ドップラーレーダでは、1回転1分間のデータを使う。

気象研のウィンドプロファイラは、周波数400MHzであるが、大気の流れによる散乱のほかに、降水粒子の影響も受ける。この時大気の動きが降水粒子の動きと混じりあって測定され、ドップラースペクトルにダブルピークが見られる事もある。比較的高い周波数のレーダでは、大気への反射は降水粒子の後方散乱に対して無視できるので、Cバンドレーダでは、降水粒子の速度を主として測定していることになる。

風が一樣に近いと思われる1989年3月13日20時から21時30分の間で、レーダ約13分毎のデータ、6分毎のウィンドプロファイラのデータを比較した。この時のウィンドプロファイルは図3.10 a, bであり、ほぼ一樣の風が吹いていると思われる高度を比較する。この時の約2900m高度の風向、風速、鉛直速度を表示したのが図3.11 a, b, cである。鉛直速度はほぼ -1 m/s であり、21時のゾンデ温度データを見ると、この高度約2900mでは $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下で、 -1 m/s は雪氷

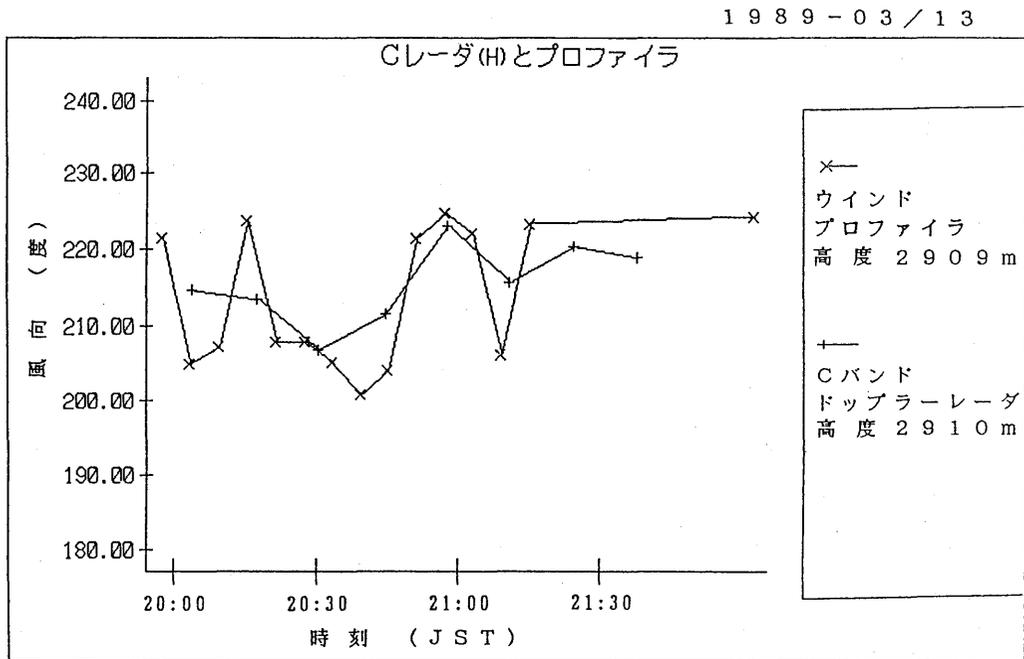


図3.11 a ウィンドプロファイラとCバンドドップラーレーダの高度2900mの比較 (風向)

粒子の落下速度であると思われる。風向は $\pm 10^\circ$ 程度の差、風速は ± 2 m/s程度であり、偏差について特別な傾向はないようである。

1989-03/13

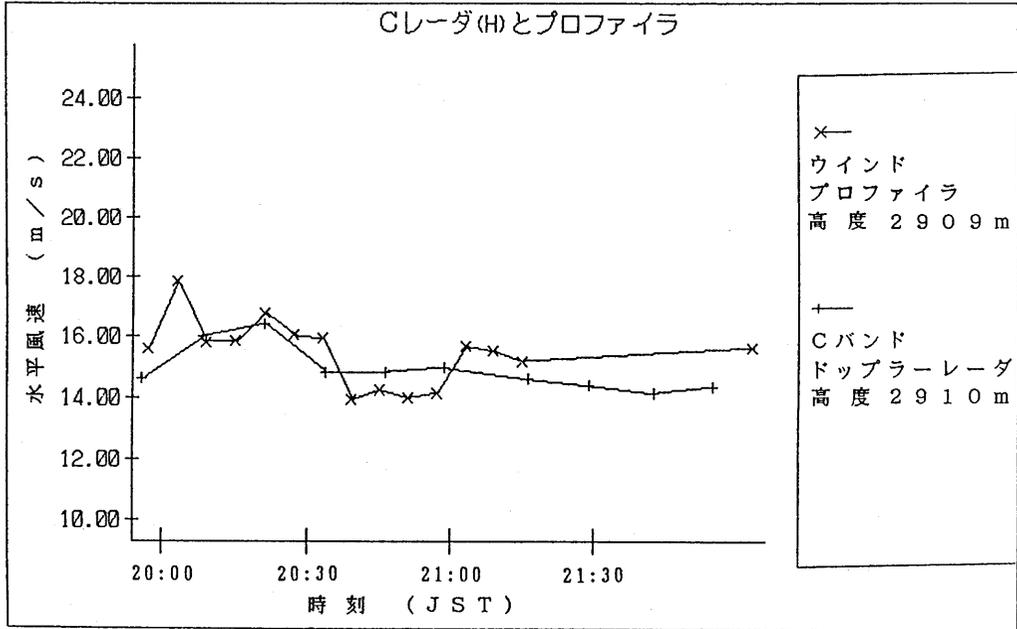


図3.11b ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの高度2900mの比較 (風速)

1989-03/13

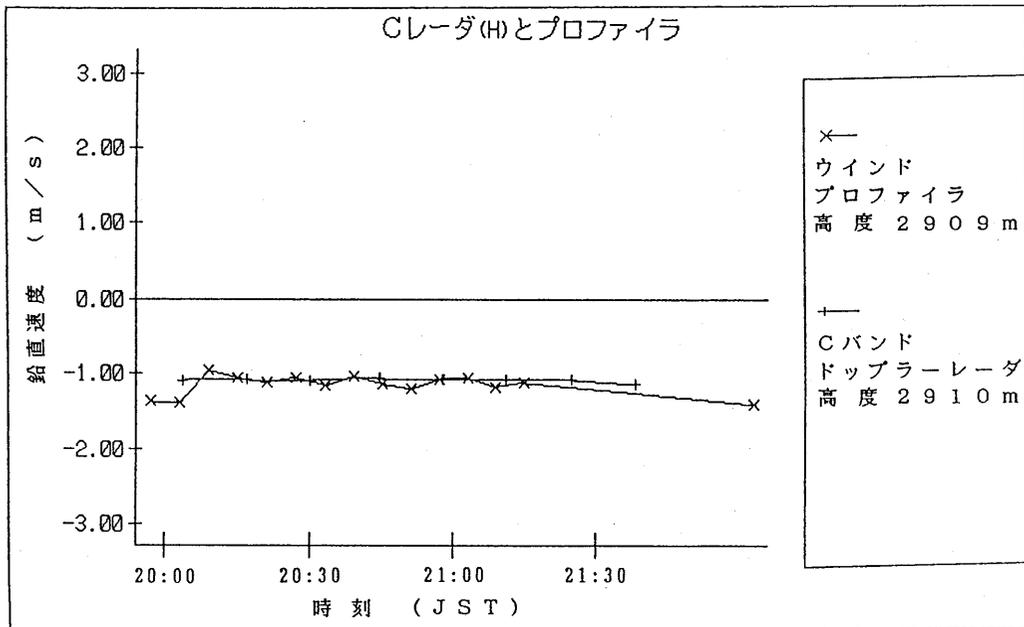


図3.11c ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの高度2900mの比較 (鉛直風速)

同様に1989年6月22日20時から22時のデータをプロットしてみる。この時の風のプロファイルは、図3.12 a, bとなる。一様風と考えられる約4000mの高度は、ゾンデの温度によると、0℃以上であり、鉛直速度は主に雨滴の落下速度であると思われる。21時で鉛直速度は、 -2.5m/s ぐらいになる(図3.13 a, b, c)。鉛直流の偏差は、 $\pm 0.5\text{m/s}$ 以内にある。風向は細かい変動を繰り返すが、変動幅は若干ウィンドプロファイラの方が大きい。水平風速はウィンドプロファイラの方が小さめである。

一方、ドップラーレーダの1時間平均風とウィンドプロファイラの1時間平均風について、250m毎に風速の相関を取ってみると、3500mから7500mまで0.87~0.99程度になっている。1000mから1750mでは、0.33~0.60になる。(図3.14 a~e) 高度の低いところで相関係数が悪い(表3.7 a)。高度の低いところでは、風が弱く、また、風向の変化が図3.10より判るように大きいと思われる。表3.7 bに高度差250mで 150° 以上、風向変化があったデータを取り除いて、

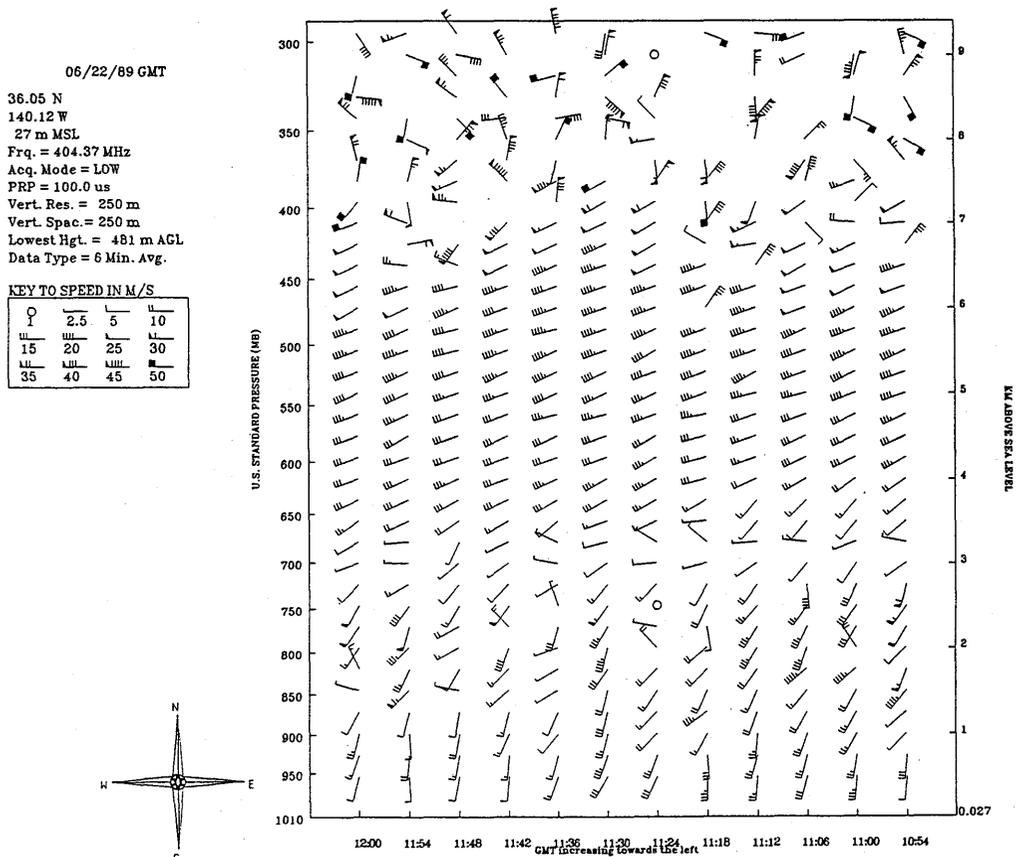


図3.12 a ウィンドプロファイラによる風のプロファイル (日本時間1989年6月22日19時54分から21時0分)

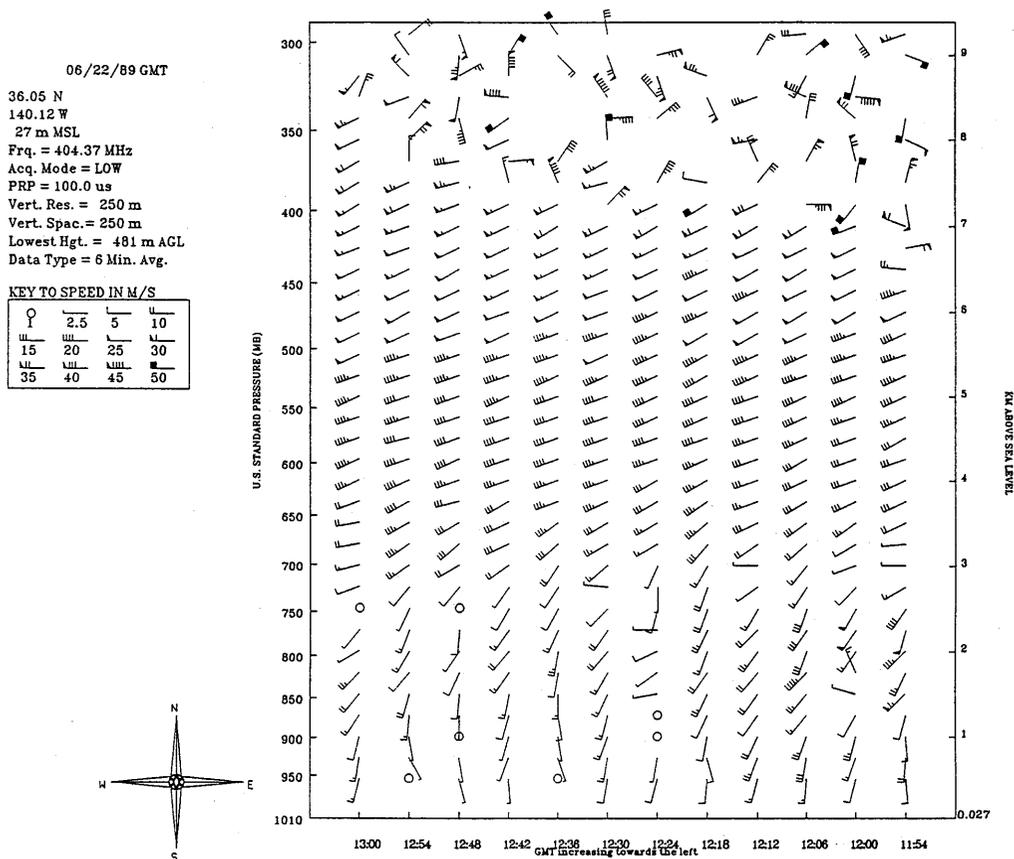


図3.12 b ウィンドプロファイラによる風のプロファイル (日本時間1989年6月22日20時54分から22時0分)

1時間平均したC-バンドレーダとウィンドプロファイラの1時間平均の相関係数を載せた。若干相関係数は良くなる。

X-バンドレーダの場合、観測データは他の研究計画の都合により、約1日分のデータしか得られなかった。またRFアンプの故障により受信感度が下がっているため、余り高い高度のデータは得られていない。1989年3月13日のデータを図にしたのが図3.15 a, bである。風向は、 $\pm 10^\circ$ 、風速は $\pm 1 \text{ m/s}$ 程度の差になっている。C-バンドレーダとの比較とほぼ同じ様な結果である。

1989-06/22

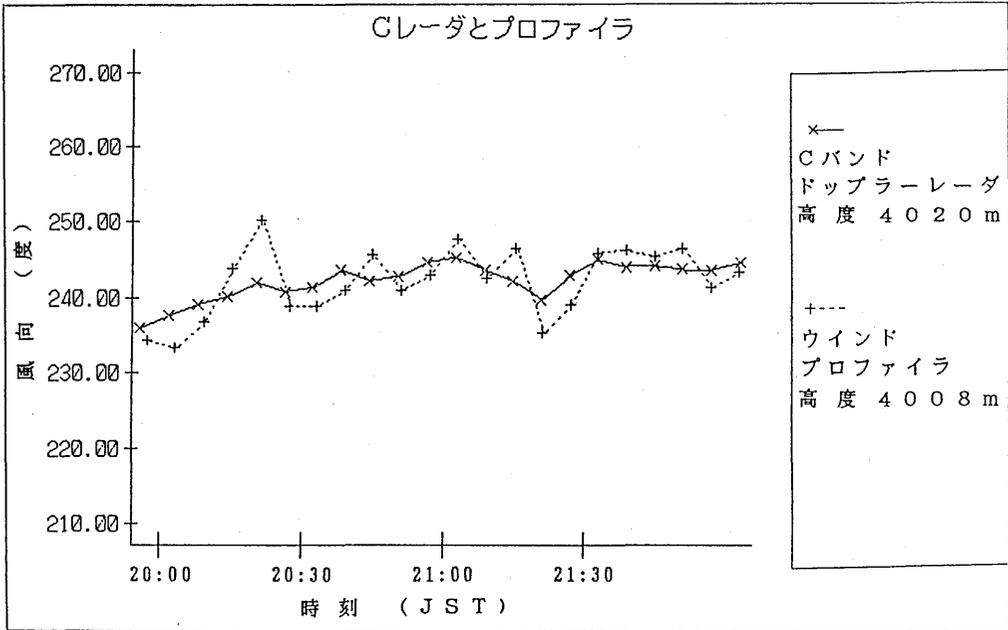


図3.13a ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの高度4000mの比較 (風向)

1989-06/22

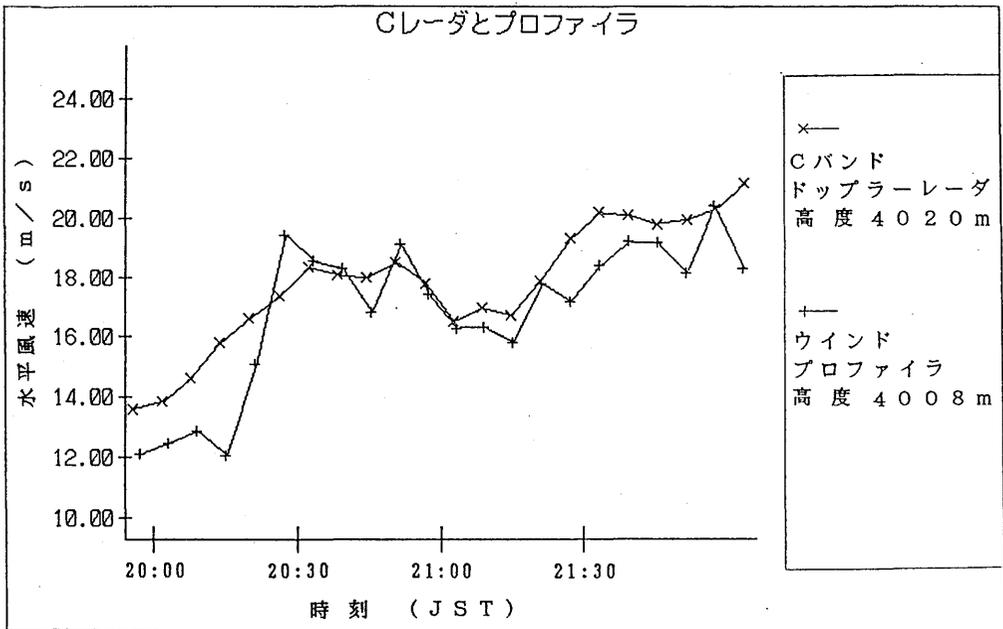


図3.13b ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの高度4000mの比較 (風速)

1989-06/22

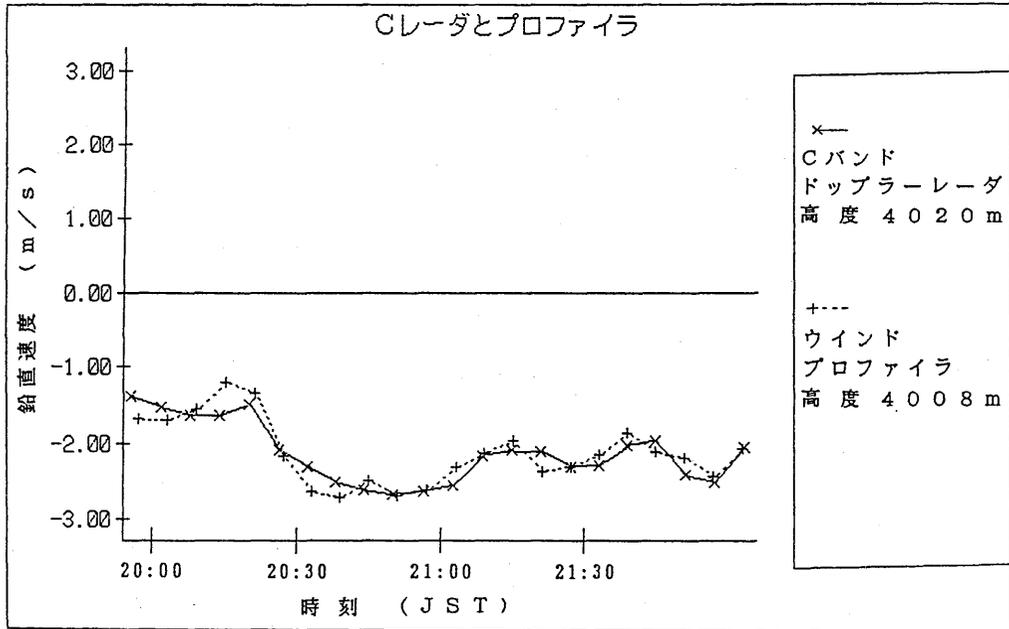


図3.13c ウィンドプロファイラとCバンドドップラーレーダの高度4000mの比較 (鉛直風速)

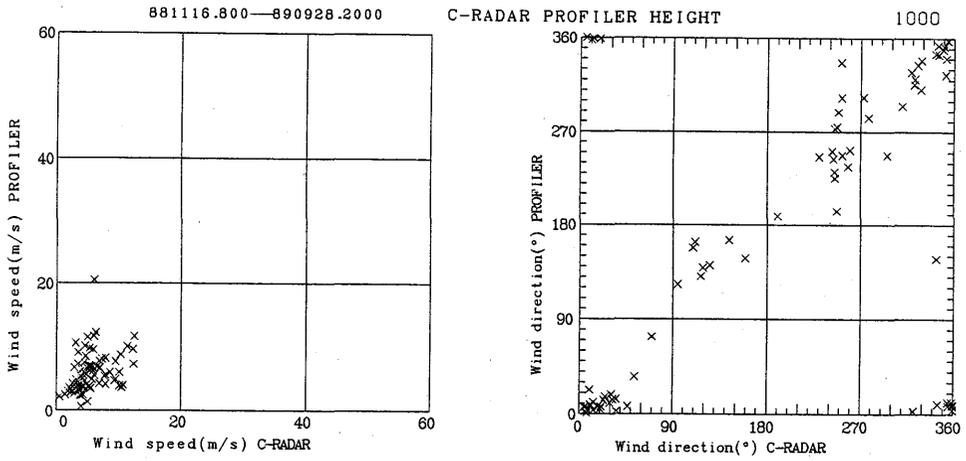


図3.14a ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの相関図 (1000m)

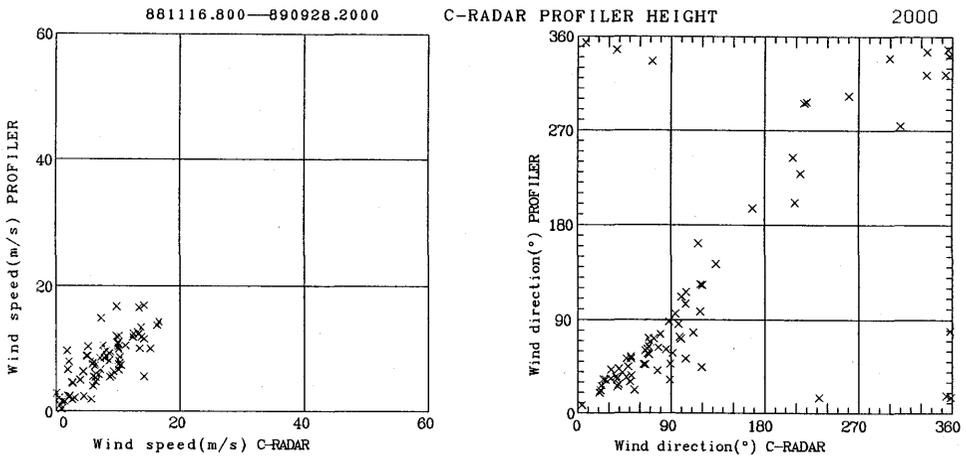


図3.14b ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの相関図 (2000m)

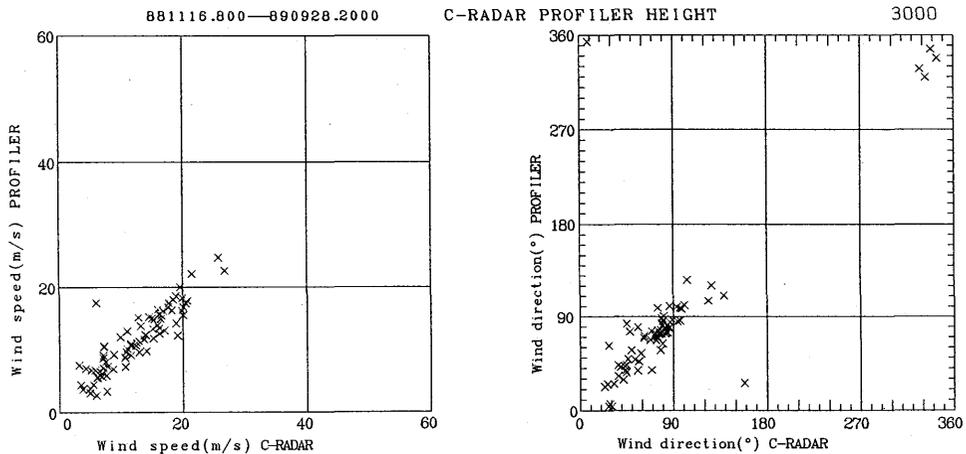


図3.14c ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの相関図 (3000m)

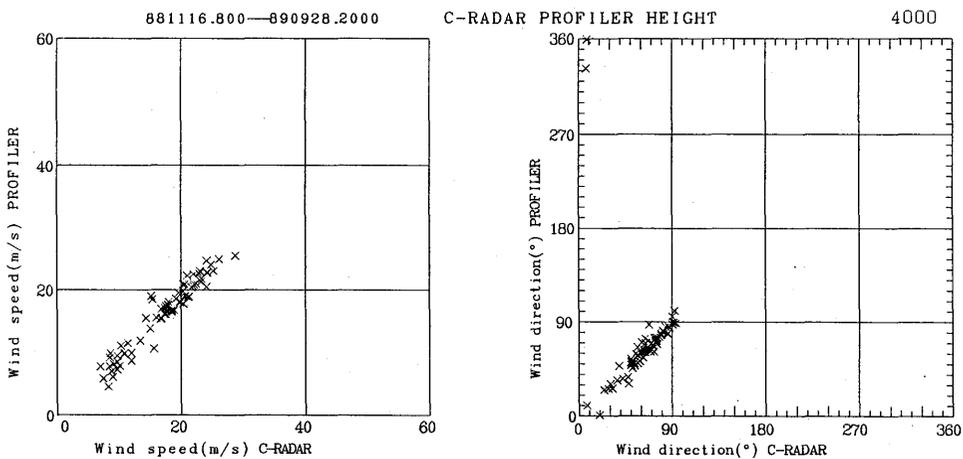


図3.14d ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの相関図 (4000m)

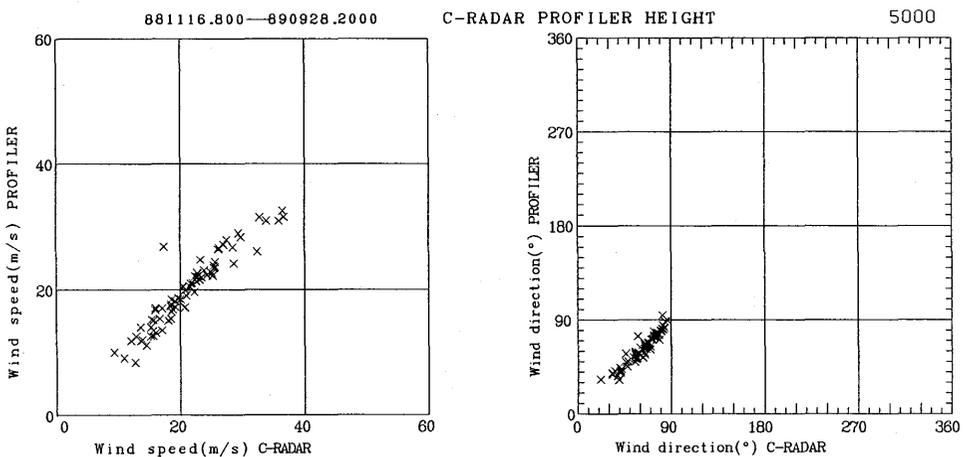


図3.14e ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの相関図 (5000m)

表3.7a ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの風速とその相関係数(全データ)

高 度 (m)	データ数(個)	風速の平均 (m/s) (C-レーダ)	風 速 の 相 関 係 数
750	55	5.0	0.38
1000	70	5.6	0.33
1250	68	5.9	0.54
1500	69	6.0	0.48
1750	71	7.5	0.60
2000	70	7.3	0.82
2250	66	8.0	0.80
2500	67	9.3	0.86
2750	71	10.6	0.90
3000	73	12.0	0.87
3250	72	14.0	0.62
3500	70	15.0	0.94
3750	70	15.8	0.98
4000	69	16.9	0.97
4250	70	17.6	0.96
4500	72	18.7	0.94
4750	74	19.9	0.93
5000	73	21.3	0.97
5250	72	22.1	0.97
5500	72	23.4	0.97
5750	71	24.7	0.97
6000	73	25.9	0.97
6250	70	27.0	0.98
6500	66	28.5	0.98
6750	65	30.2	0.99
7000	61	31.0	0.97
7250	53	31.1	0.93
7500	45	29.6	0.87
7750	40	28.9	0.79
8000	34	27.8	0.99
8250	32	27.5	0.98
8500	24	25.0	0.96
8750	22	25.4	0.97
9000	16	25.9	0.98

表3.7b ウィンドプロファイラとC-バンドドップラーレーダの風速とその相関係数（高度差250mで150°以上風向変化のあるものを除した場合）

高度 (m)	データ数 (個)	風速の平均 (m/s) (C-レーダ)	風速の相関係数
750	49	4.6	0.59
1000	60	5.4	0.45
1250	60	5.7	0.59
1500	60	5.5	0.57
1750	61	6.1	0.62
2000	60	7.1	0.82
2250	59	8.0	0.80
2500	59	8.9	0.86
2750	58	10.1	0.89
3000	59	11.6	0.88
3250	59	13.0	0.97
3500	60	14.4	0.97
3750	60	15.7	0.98
4000	59	15.9	0.97
4250	59	18.5	0.96
4500	58	19.6	0.96
4750	58	20.8	0.97
5000	58	21.8	0.97
5250	58	22.7	0.98
5500	58	23.5	0.97
5750	58	24.3	0.97
6000	59	25.5	0.97
6250	56	27.0	0.98
6500	52	26.9	0.98
6750	51	28.0	0.99
7000	47	28.0	0.97
7250	40	28.0	0.95
7500	34	27.0	1.00
7750	32	26.6	1.00
8000	29	24.6	0.99
8250	28	24.8	0.98
8500	23	24.5	0.96
8750	21	23.9	0.79
9000	15	23.8	0.77

1989-03/13

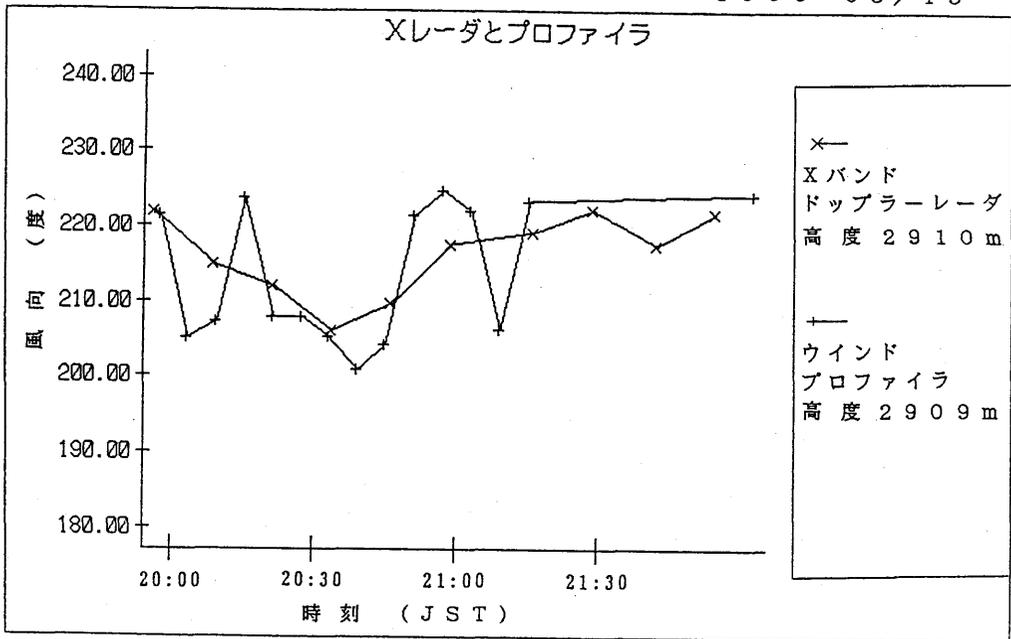


図3.15 a ウィンドプロファイラとX-バンドドップラーレーダの高度2900mの比較 (風向)

1989-03/13

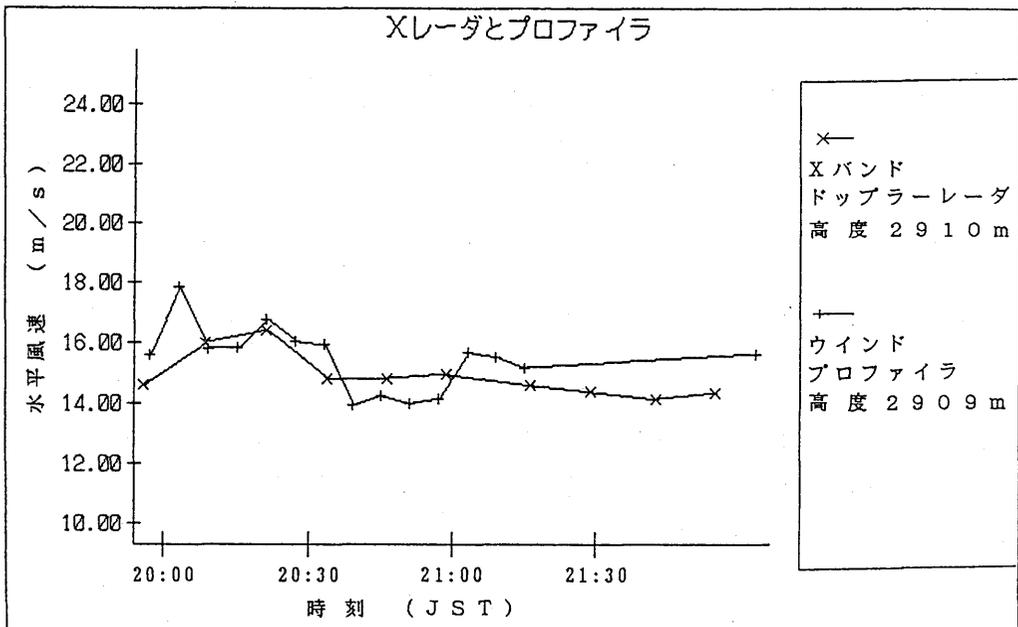


図3.15 b ウィンドプロファイラとX-バンドドップラーレーダの高度2900mの比較 (風速)

3.4 ドップラーレーダ

C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダのVAD法による比較を行う。VAD法は、仰角を一定にして収集した全方位（X-バンドレーダで360方向、C-バンドレーダで256方向）のドップラー速度のデータを、各高度（使用するデータは、水平な円周上に分布している）での風の間が一様であるとして理論曲線を当てはめることにより、風向・風速・鉛直速度などを算出する方法である。この場合、高度が高くなるに従って、レーダからの水平距離も大きくなることから、VAD法で得られる風向・風速等はその高度に対応する水平距離のスケールで平均した値とみなせる。

VAD法により得られた水平風のデータを使って、対応する時刻での高度プロファイルの比較および対応する高度での時間変化傾向を見る。

1989年3月13日の時点では、C-バンドレーダが地形エコー除去フィルターを備えているのに対して、X-バンドレーダは備えておらず、地形エコーの影響を受けている。

比較にあたっては、両レーダとも、仰角23.6度のものを使用した。

1) 理論的な誤差評価

VAD法の誤差の要因としては

- ①測定値に含まれる偶然誤差。ターゲットが多数の粒子からなることにより、ドップラースペクトルが広がりを持つために生じる測定誤差も含む。
- ②観測値が有限桁で表現されることによる量子化誤差
- ③ターゲットの鉛直速度の不均一
雲内の複雑な気流によるものと、落下速度の不均一によるものがある。
- ④風の間の一様性（時間、空間）
発散や渦、前線、その他の原因による風の間の一様性の時間・空間的な変化。

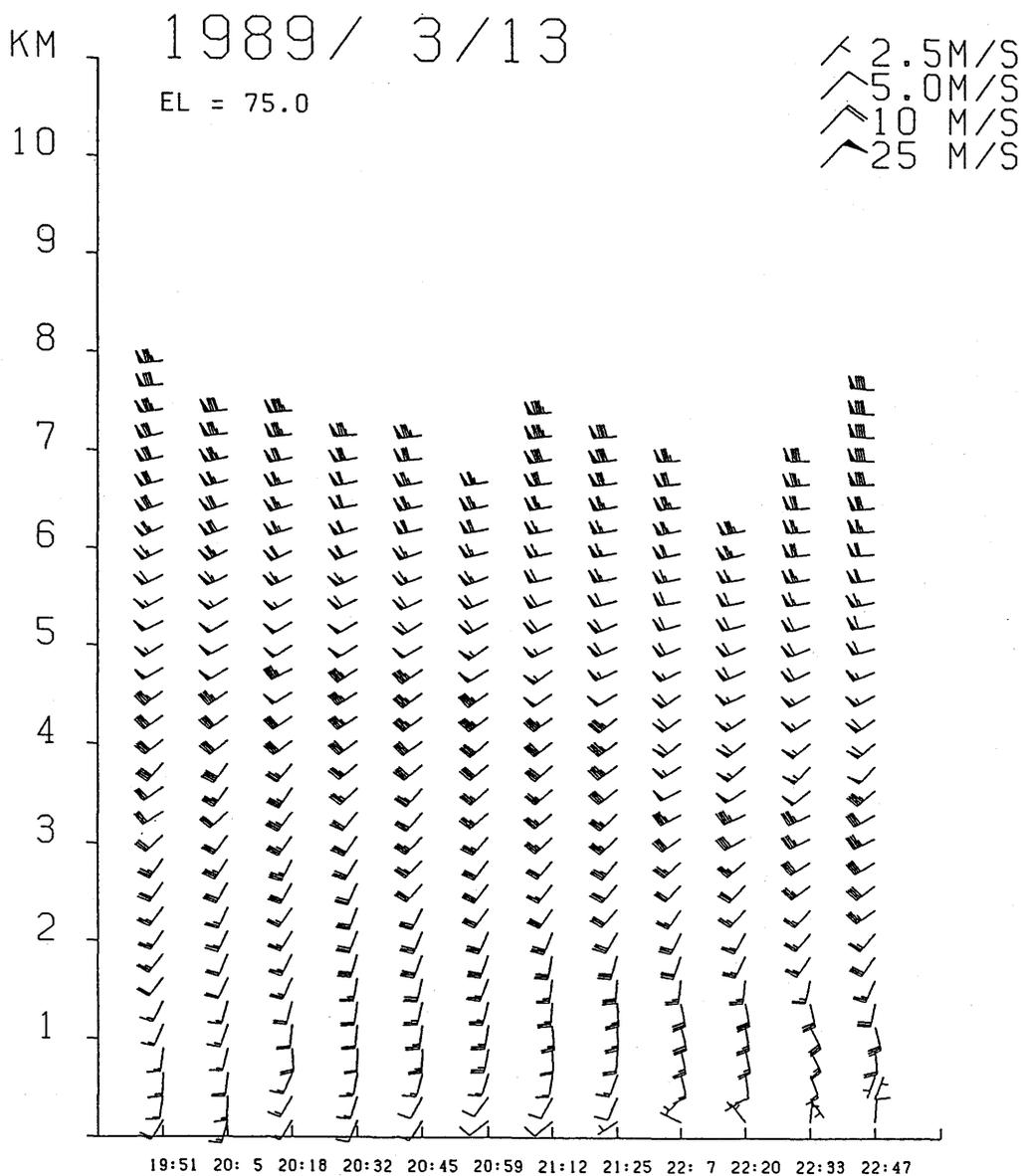
2) 観測データからの見積り

1989年3月13日の20～22時の間に得られたデータにより比較する。ウィンドプロファイルの時系列からみて、この時の風の変化は比較的穏やかであった（図3.16）。

この時間帯では、高度2km付近にブライトバンドがあり、これより上空ではターゲットは雪（落下速度約1m/s）、下では雨（落下速度約6m/s）である（図3.17）。

①高度プロファイルでみた差

地上から4.5km付近までの風のプロファイルによると、風速は単調に増加して4km付近で20m/sを越える（図3.18）。X-、C-バンドレーダ間の差を見ると、風速は平均値で0.18m/s程度C-バンドレーダによる観測値の方が大きく、標準偏差は0.45m/sとなっている（図3.19a）。風向では、平均値で約1度、標準偏差でも約1度の差が生じている（図3.19



WIND PROFILE

図3.16 1989年3月13日のC-バンドドップラーレーダによる風のプロファイル

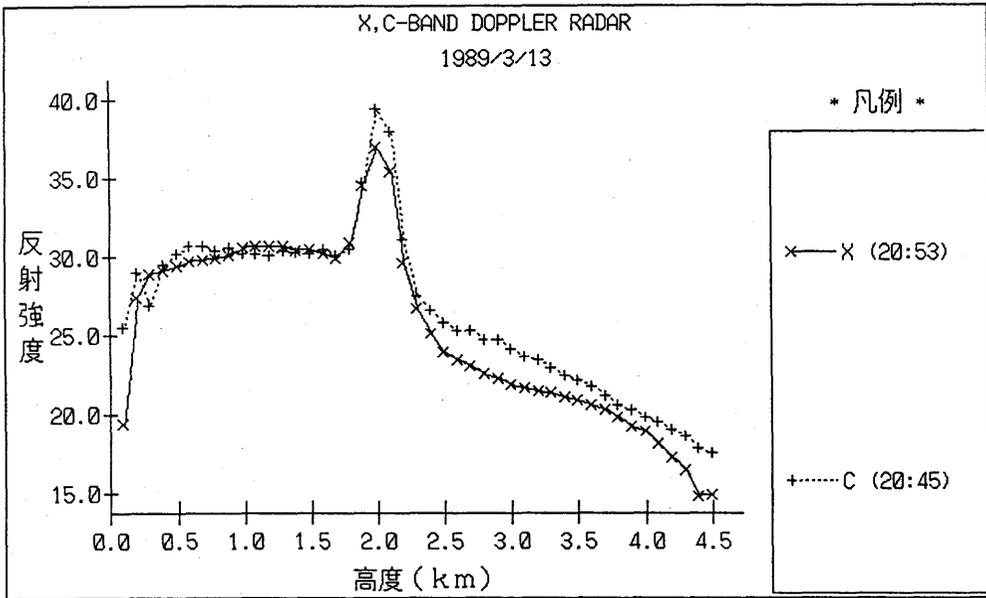


図3.17 C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの高度別反射強度

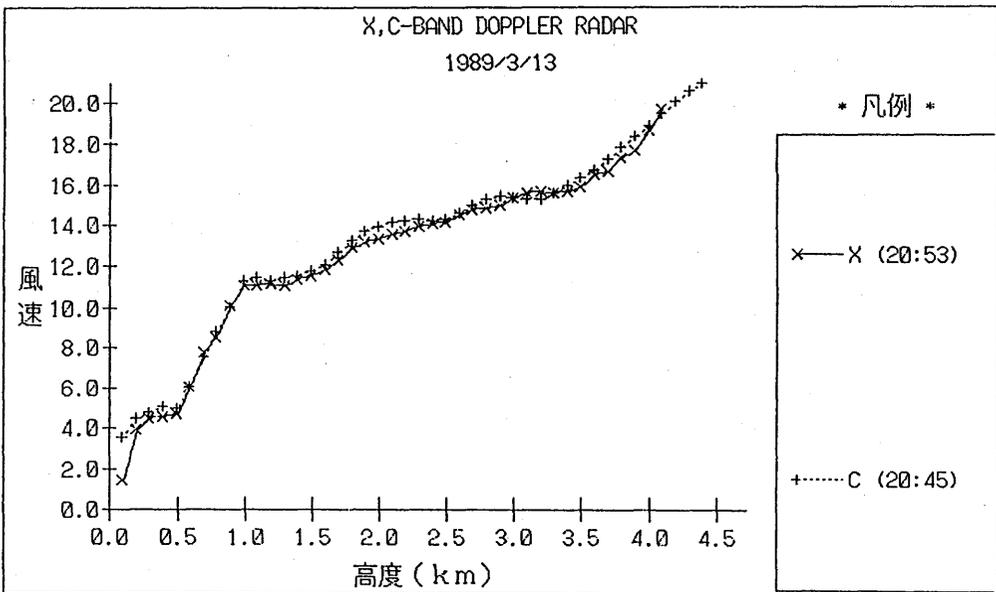


図3.18 C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの1989年3月13日20時50分頃の高度軸上での比較 (風速)

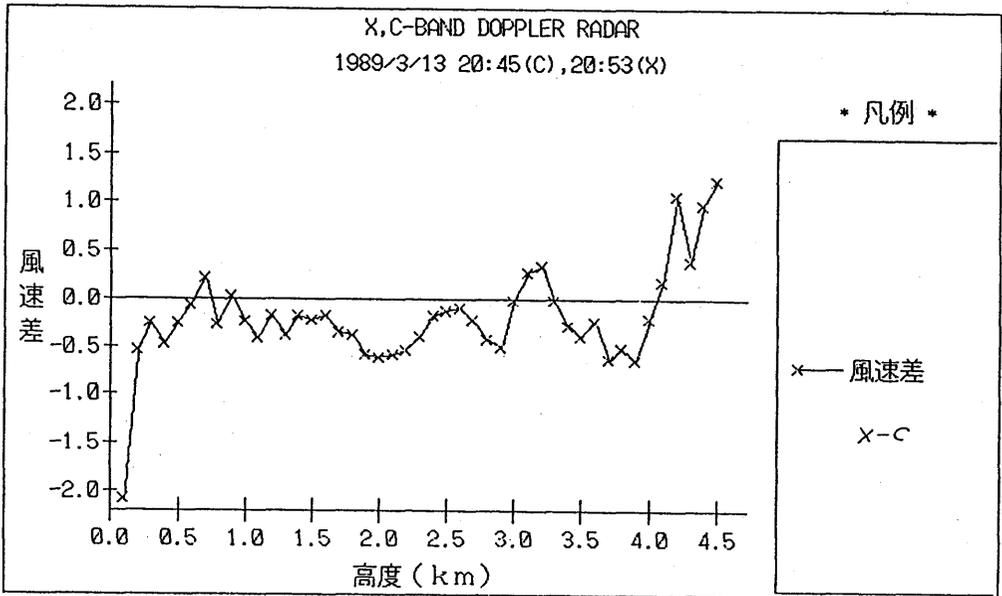


図3.19 a C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの高度軸の1989年3月13日20時50分頃の比較（風速）

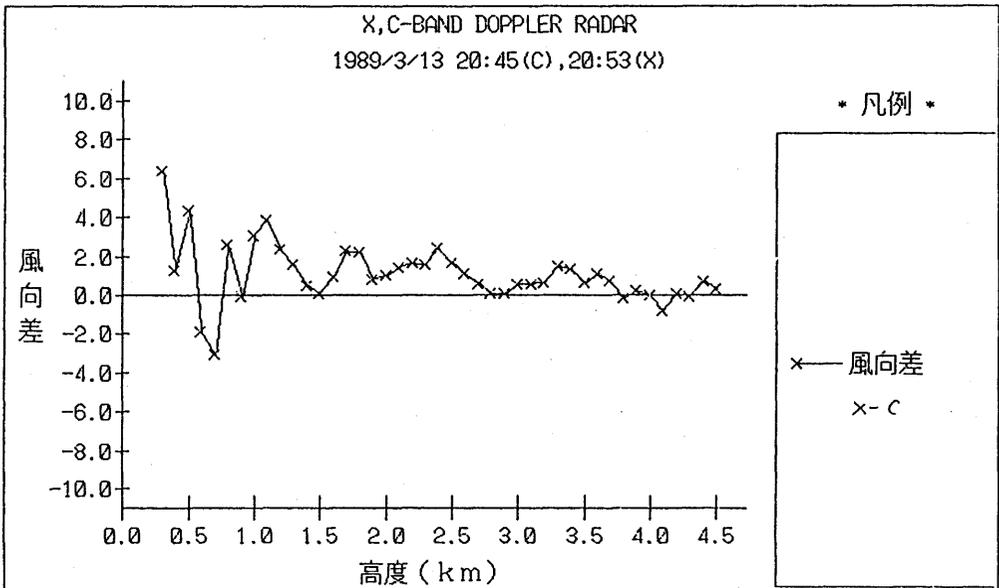


図3.19 b C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの高度軸の1989年3月13日20時50分頃の比較（風向）

b)。

地上から0.5km付近までの差が大きいのは、この観測の際にはXバンドレーダのデータが地形エコーの影響を受けていることによる。

以上から、比較的一様な風の場合では、実際の観測で0.5m/s程度の差で風速が測られているとみてよい。

②時間変化でみた差

気象研究所のC-、Xバンド両レーダを研究所構内において比較した結果、風の場合が一様な場合の両レーダによる観測値の差の標準偏差は観測では0.5m/s程度であった。穏やかな時でも結構変化が多いことが見て取れるが、10分程度の時間変化の項が差のオーダーと同じ位であるため、実際の差はもっと小さいはずである。

比較的長時間変化の穏やかな高度(2.9kmを採用)で、時系列を見た(図3.20 a, b)。20~22時のデータでは、前項①と同様な値が得られる。時間変化傾向も当然ながらよく一致している。

図3.21 a~eに風速、風向の相関図を示した。高度の高いところほど変化が少なくなる。250m毎のデータ、サンプリングで対応する高度がない場合、上下データの内挿によってデータを得ている。最多で36個のデータがあるが、500mから2250mまで0.9程度の相関がある。

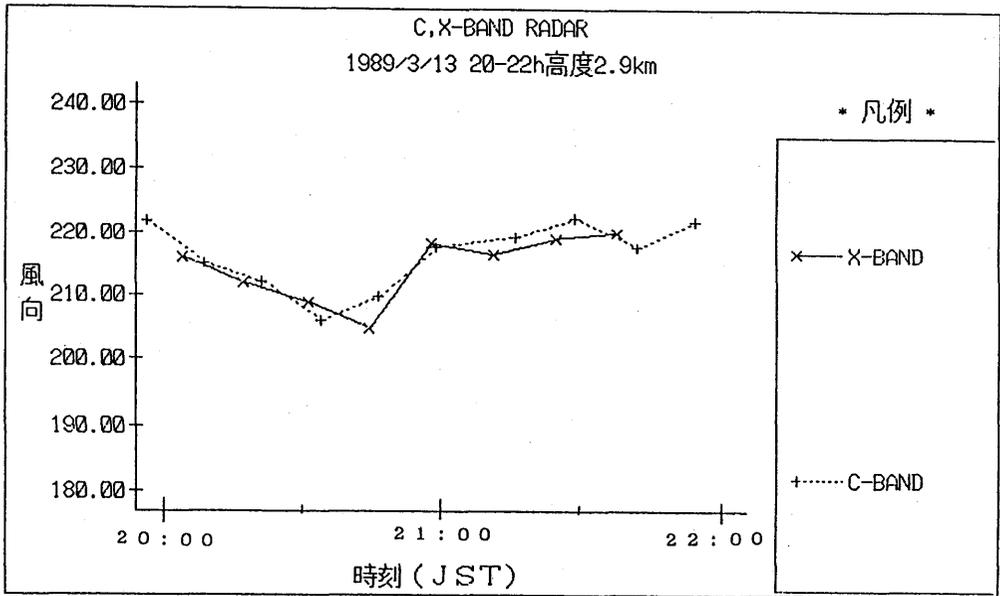


図3.20 a C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの高度2900mの1989年3月13日20時から22時までの時間変化(風向)

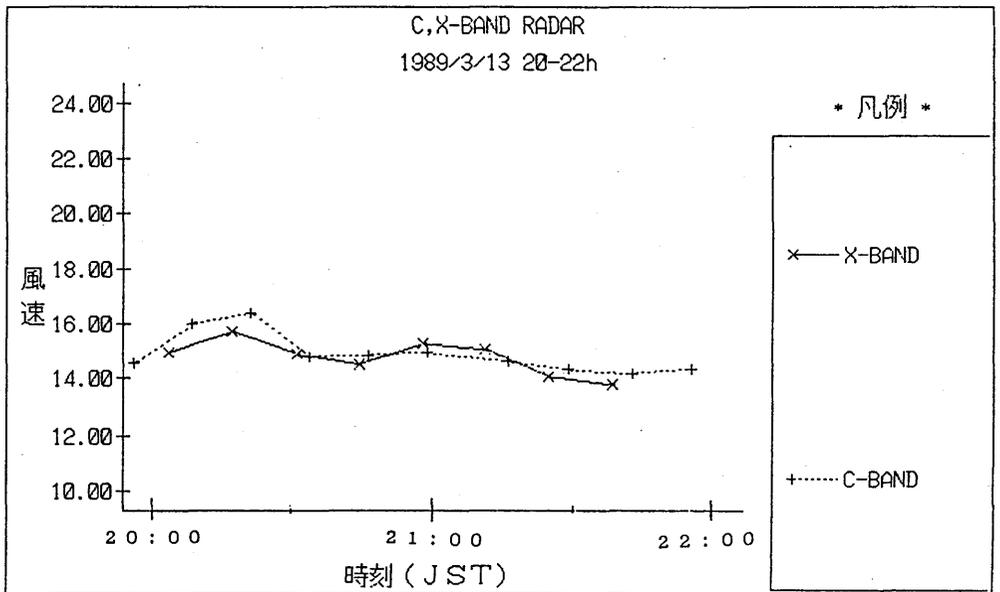


図3.20 b C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの高度2900mの1989年3月13日20時から22時までの時間変化(風速)

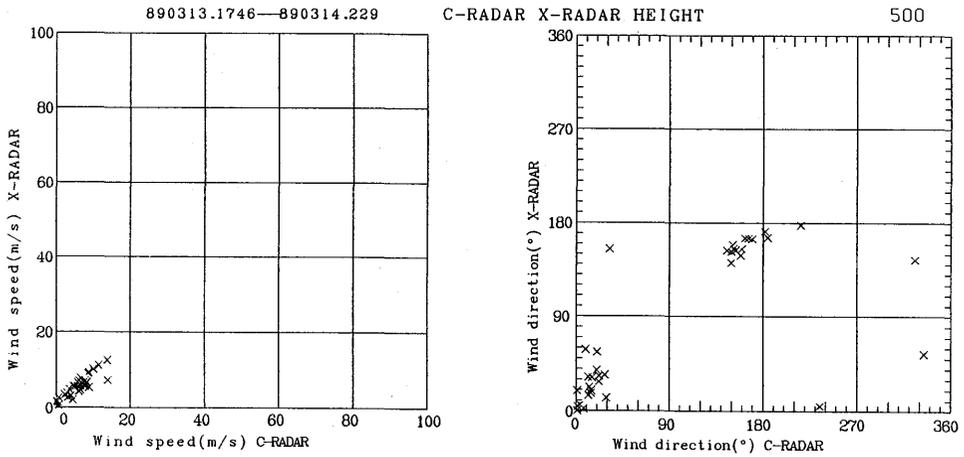


図3.21 a C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの風向・風速の相関図 (500m)

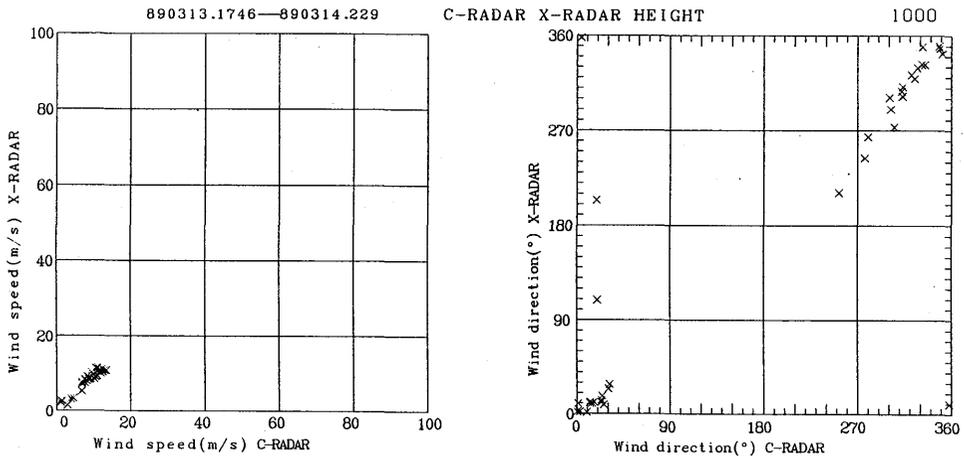


図3.21 b C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの風向・風速の相関図 (1000m)

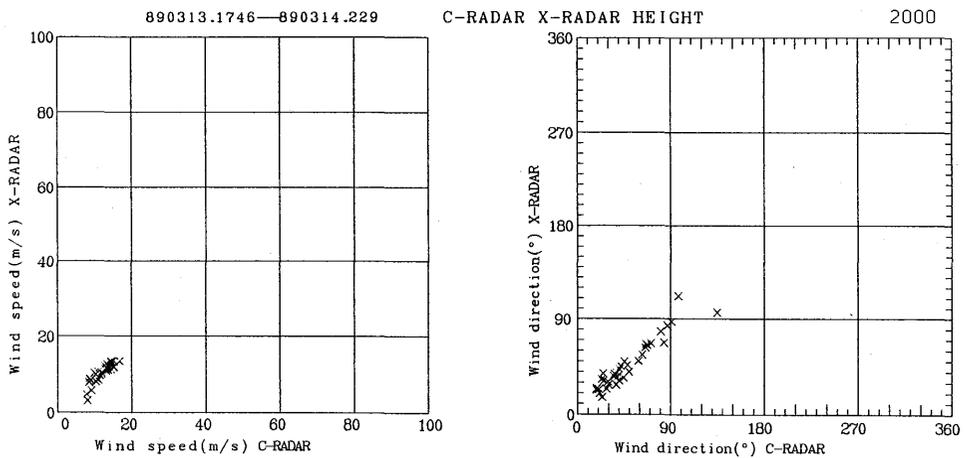


図3.21 c C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの風向・風速の相関図 (2000m)

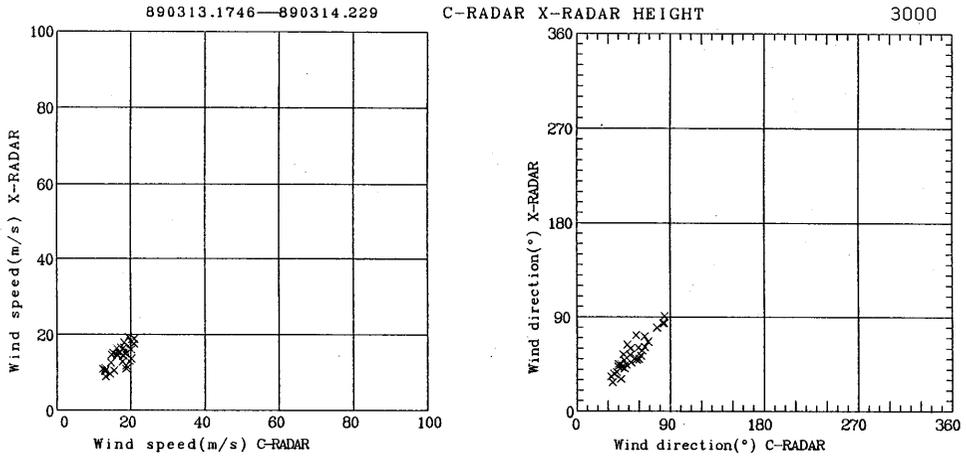


図3.21 d C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの風向・風速の相関図 (3000m)

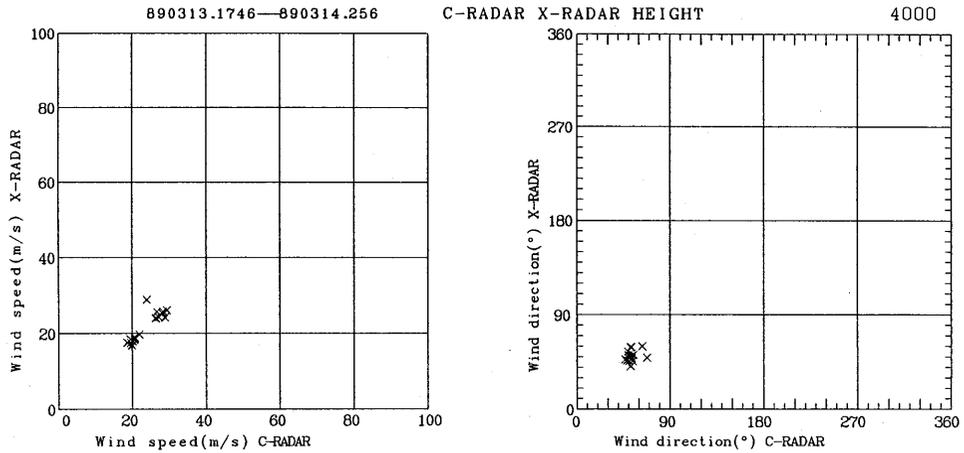


図3.21 e C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダの風向・風速の相関図 (4000m)

表3.8 ドップラーソーダと鉄塔の風速の相関係数、風向の差の絶対値の平均

方位	0~90°			90~180°			180~270°			270~360°		
	風速の 相関係数	風向の 差の平均	データ数									
50m	0.65	25.5	560	0.54	37.3	122	0.83	43.6	184	0.71	23.5	321
150m	0.94	8.6	584	0.90	20.0	135	0.96	18.4	114	0.91	15.9	341

3.5 ドップラーソーダと鉄塔

ドップラーソーダは鉛直方向と水平面から60度の仰角で3方向に1600Hzの音波のパルス(幅0.2秒)を5秒間隔で送信している。空気密度の揺らぎから来る散乱音波ドップラシフトから風の3方向の成分を求める。測定高度は50m間隔で最高700mになるように観測パラメーターを設定した。高度の増加にしたがって、音波面が広がり、測定空間が大きくなると同時に2本の60度傾いたビームの中心は、鉛直軸と高度700mで約400m離れる。従って、それだけ大きな空間を一樣の風が吹いているという仮定を置く事になる。更に今回の場合、ソーダは鉄塔と約250m離れていて、しかも反対の方向を見ているのでかなりの異なった空間を測定している。しかし、ソーダのデータは10分間平均なので、ある程度の卓越風が検出できる。鉄塔との比較は50m, 100m, 150m, 200mの各高度について安定したデータが得られた第2期と第3期について行う。

鉄塔のデータは10分間平均を使う。各高度毎の相関図は図3.22 a～dに示すとおりである。図3.22 aの50m高度は相関係数は0.70になり、かなりばらついている。図を見ると特にソーダが低くでている。50mでソーダと鉄塔のデータをソーダの方位角90°毎のデータを部分表示すると、方位角によりばらつきが異なる事が分かる(図3.23 a～d)。風速の相関係数でいうと、表3.8で90°～180°が0.54で特に低い。150mでもこの傾向が残っている。また風向の差の平均も多少大きくなっている。この方向はソーダからみて、研究本館に当たる。

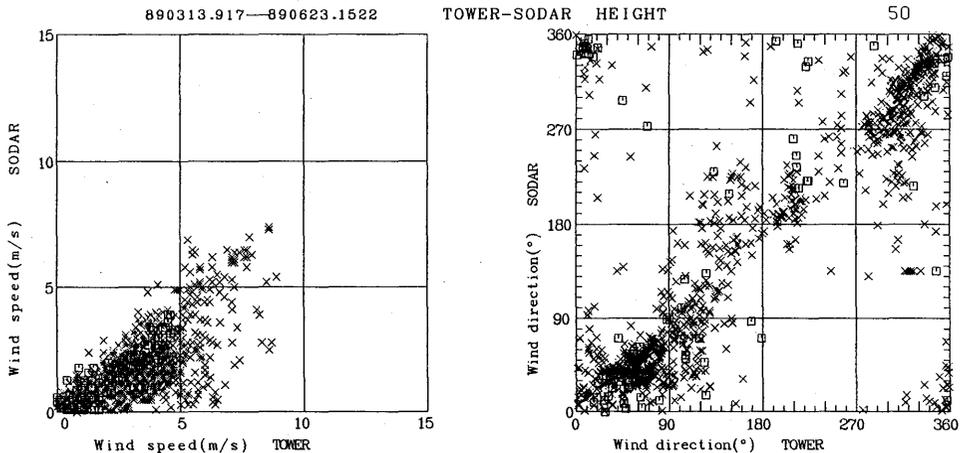


図3.22 a ドップラーソーダと鉄塔の風向・風速の高度別の相関図50m (□:降水時, ×:非降水時)

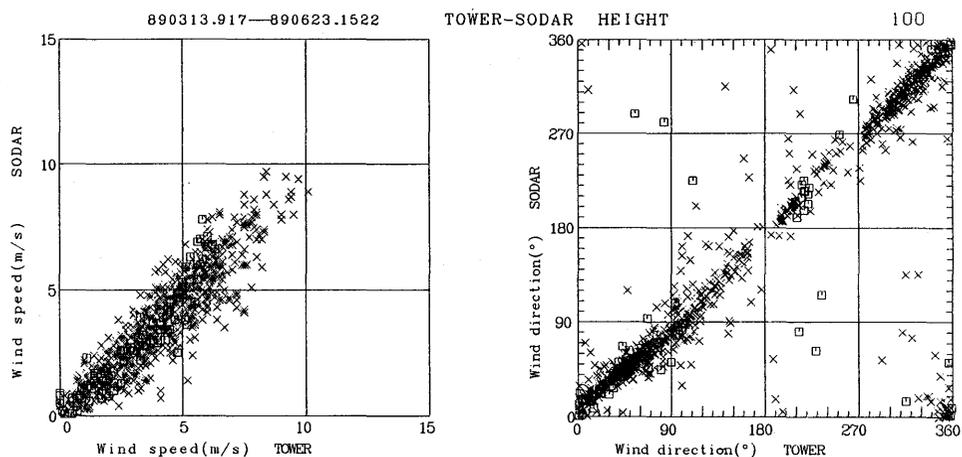


図3.22 b ドップラーソーダと鉄塔の風向・風速の高度別の相関図100m (□:降水時, ×:非降水時)

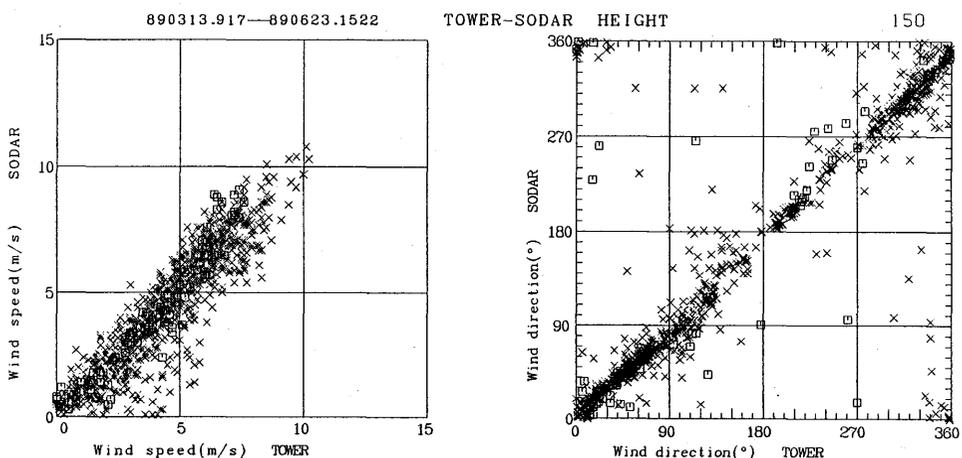


図3.22 c ドップラーソーダと鉄塔の風向・風速の高度別の相関図150m (□:降水時, ×:非降水時)

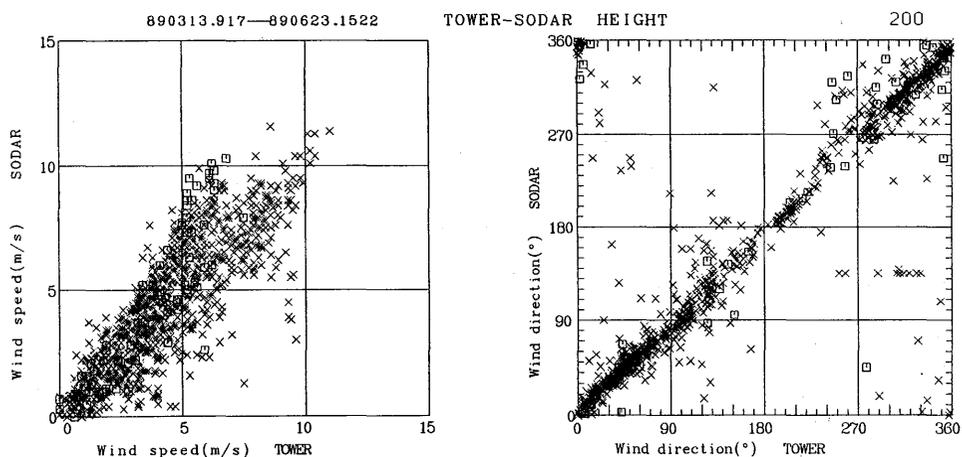


図3.22 d ドップラーソーダと鉄塔の風向・風速の高度別の相関図200m (□:降水時, ×:非降水時)

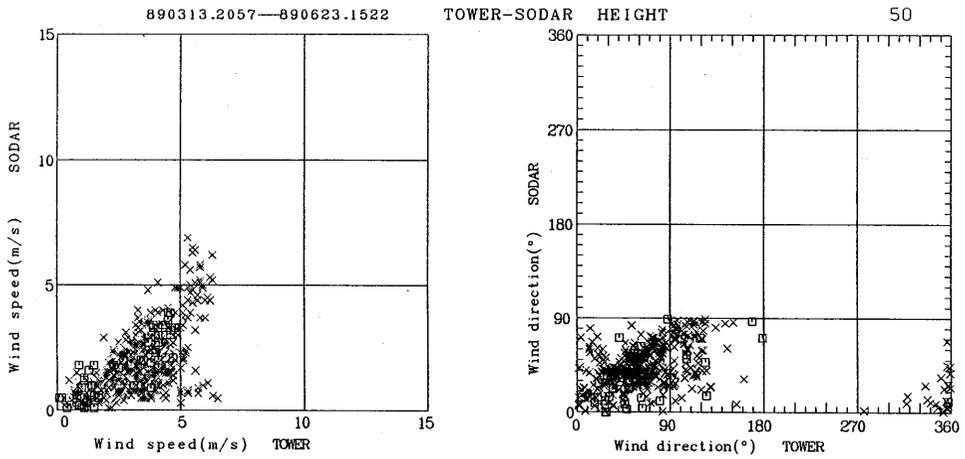


図3.23 a ドップラーソーダと鉄塔でソーダ方位角90° 毎の風向だけ取りだした相関図 (0° ~90°)

(□:降水時, ×:非降水時)

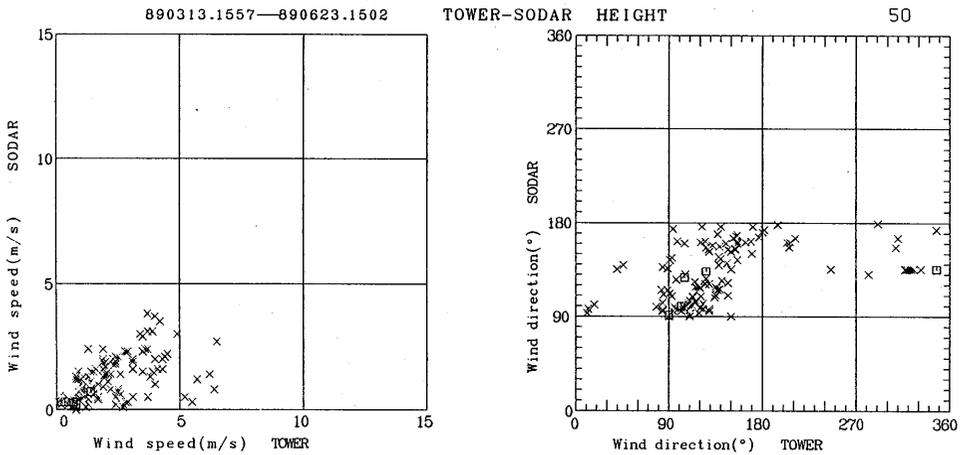


図3.23 b ドップラーソーダと鉄塔でソーダ方位角90° 毎の風向だけ取りだした相関図 (90° ~180°)

(□:降水時, ×:非降水時)

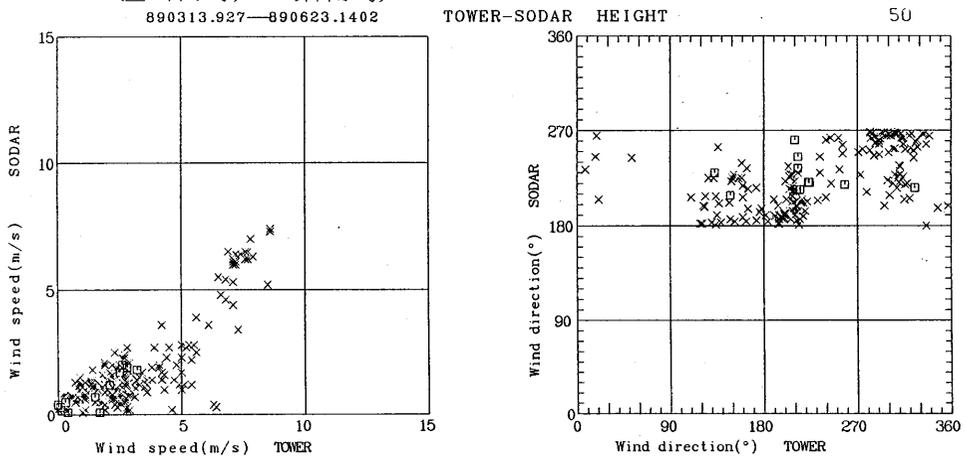


図3.23 c ドップラーソーダと鉄塔でソーダ方位角90° 毎の風向だけ取りだした相関図 (180° ~270°)

(□:降水時, ×:非降水時)

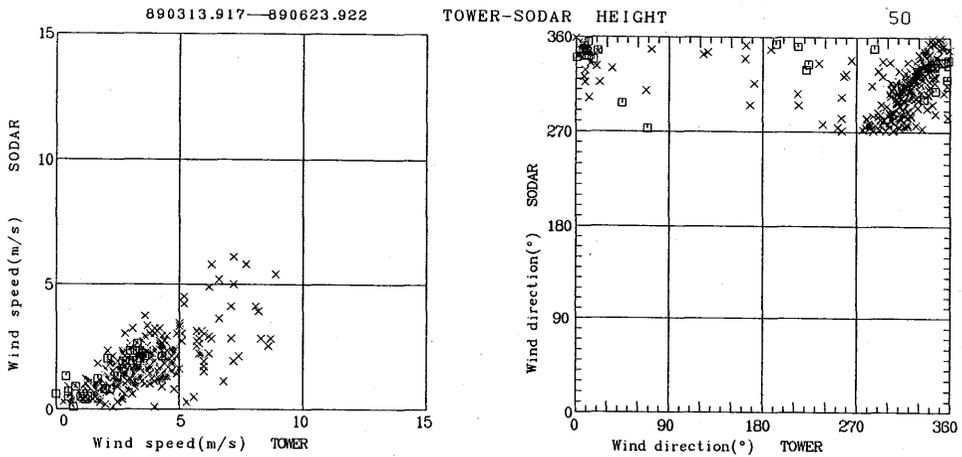


図3.23 d ドップラーソーダと鉄塔でソーダ方位角90° 毎の風向だけ取りだした相関図 (270° ~360°)
 (□:降水時, ×:非降水時)

表3.9 ドップラーソーダと鉄塔の高度別全データの風速の相関と降水時の風速の相関係数

高 度	全 デ ー タ		降 水 時 だ け	
	風速の相関係数	データ数	風速の相関係数	データ数
50 m	0.70	1189	0.88	99
100 m	0.92	1189	0.94	99
150 m	0.93	1185	0.96	94
200 m	0.85	1164	0.91	75

降水時のデータだけを取り出してみると、図3.24 a ~ d の様になる。表3.9によると雨だけの方が風速の相関が高い。観測期間中では雨は最高1.0mm/10分間が1回であった。その他の期間の10分間雨量は0.5mm以下である。この程度の雨ならば、200mにまでに限って言えばソーダ観測は可能であるといえる。

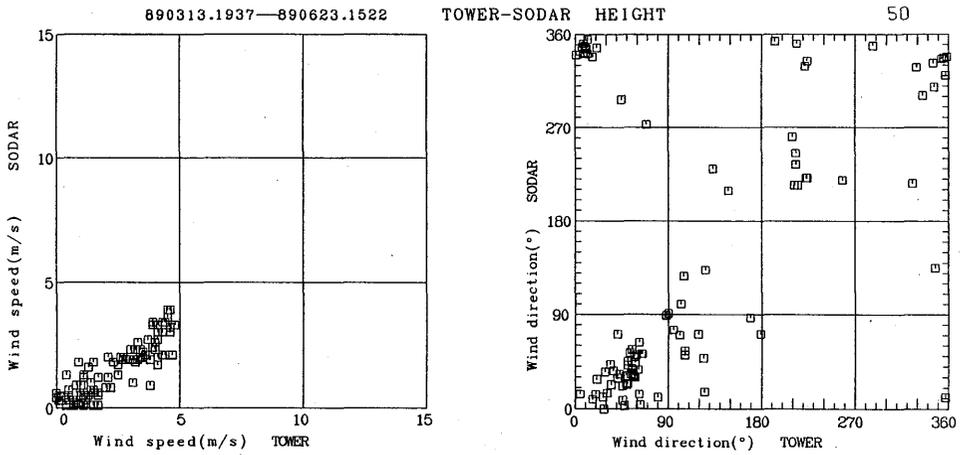


図3.24 a ドップラーソーダと鉄塔で降水時だけを選んだ高度別の図 (50m)

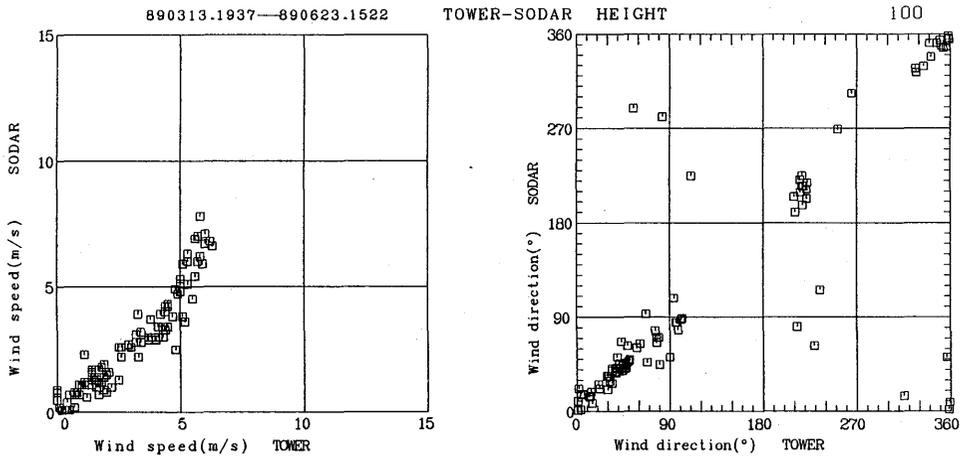


図3.24 b ドップラーソーダと鉄塔で降水時だけを選んだ高度別の図 (100m)

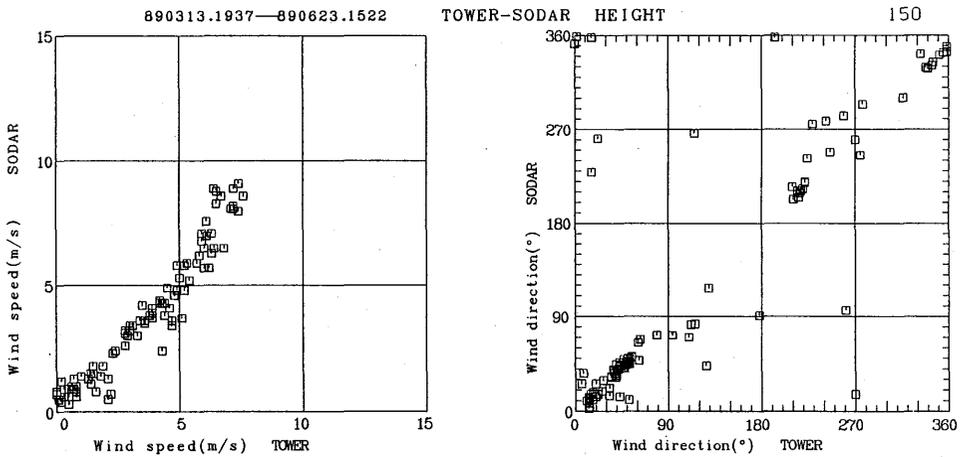


図3.24 c ドップラーソーダと鉄塔で降水時だけを選んだ高度別の図 (150m)

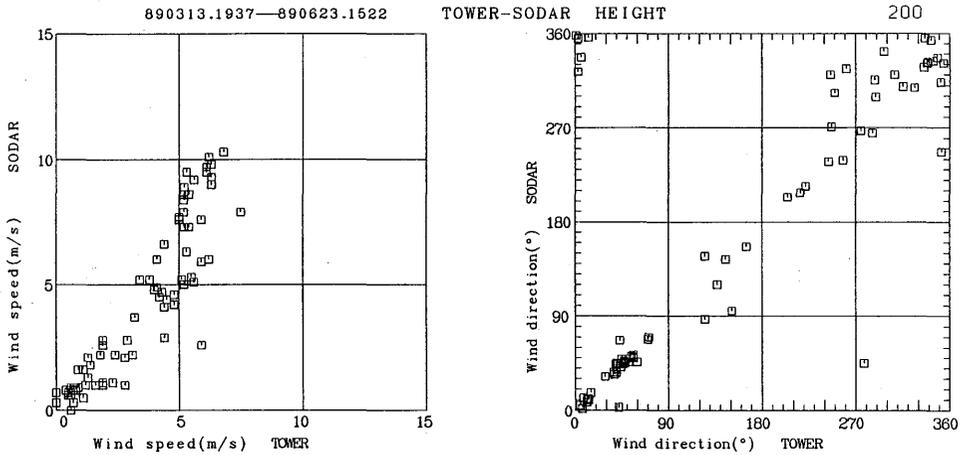


図3.24d ドップラーソーダと鉄塔で降水時だけを選んだ高度別の図 (200m)

3.6 係留気球

係留気球の全データについて考える。ソーダは10分毎の平均データがあるので対応するデータと比較する時に、係留気球の観測開始時刻に近いソーダのデータを選んだ。相関は図3.25 a～fとなる。この時、高度50mの係留気球とソーダの風速の相関係数は0.44である(表3.10)。相関図を見ると、係留気球の方が風速が大である。一方、鉄塔の10分平均と係留気球の場合、高度50mの風速の相関係数は0.81(表3.11)。観測時刻が多少違うが、鉄塔とソーダの風速では0.70となっているので、50mのソーダのデータに問題がありそうである。ちなみに、鉄塔と副鉄塔の高度25mの風速の相関係数は、約300m離れているにもかかわらず、0.92ある(図3.26)。地表面の影響がより大きいと思われる25mでこの程度なので、50mでは鉄塔はあまり周囲の影響を受けていないと思われる。200mまでのソーダと係留気球の風速の相関係数は50m以外の高度で0.79から0.87ぐらいで、鉄塔と係留気球が0.85から0.92であるのに比較して、多少低くなっている(図27 a～d)。係留気球と鉄塔の温度は相関係数が0.99台できわめて高い(図3.26)。湿度も0.87から0.89で比較的高い(図3.28 a～d)。プロファイルからも分かるが、係留気球の方が湿度は10%程度高い事が多い。50mから200mにかけて湿度が回帰直線から大きくずれている1点があるが、このデータは、ある同一時刻のデータからくるものであり、このデータをのぞけば相関係数はもっと高くなると思われる。

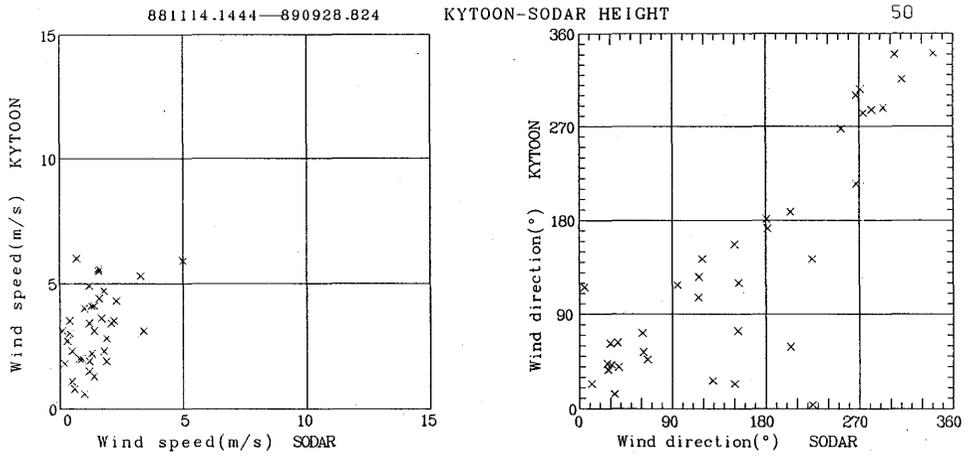


図3.25 a 係留気球とドップラーソダの高度別の相関図 (50m)

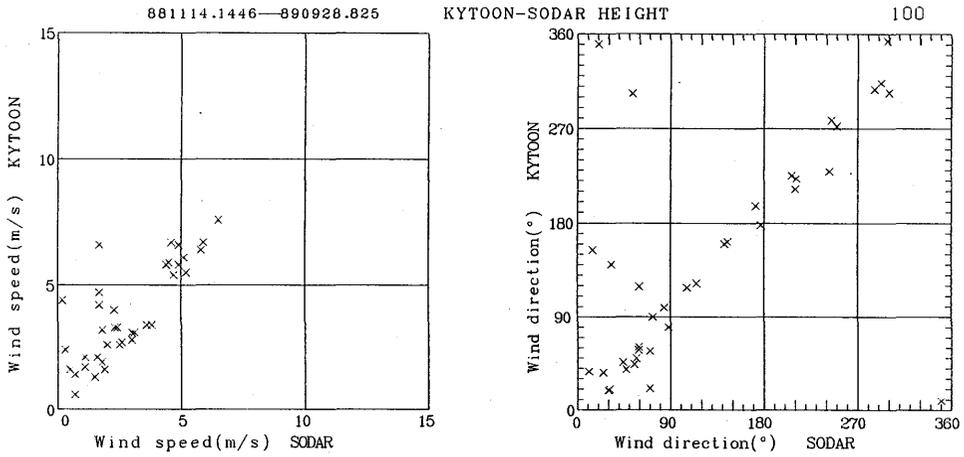


図3.25 b 係留気球とドップラーソダの高度別の相関図 (100m)

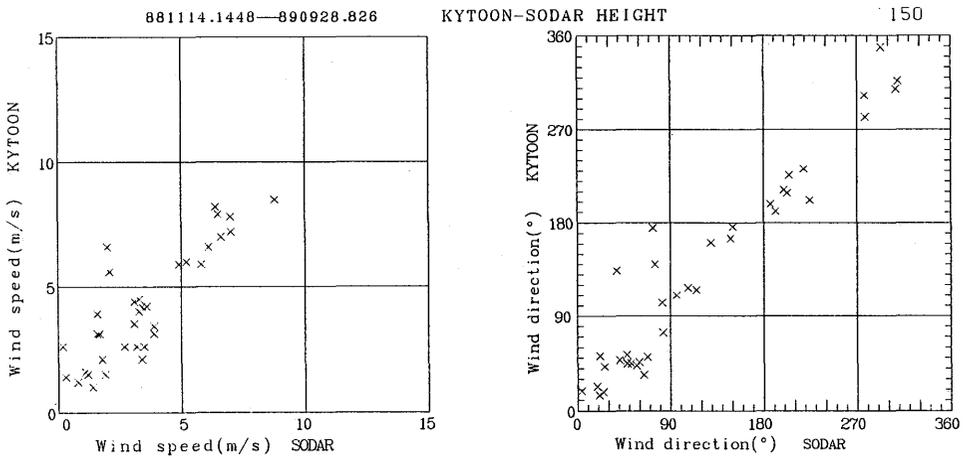


図3.25 c 係留気球とドップラーソダの高度別の相関図 (150m)

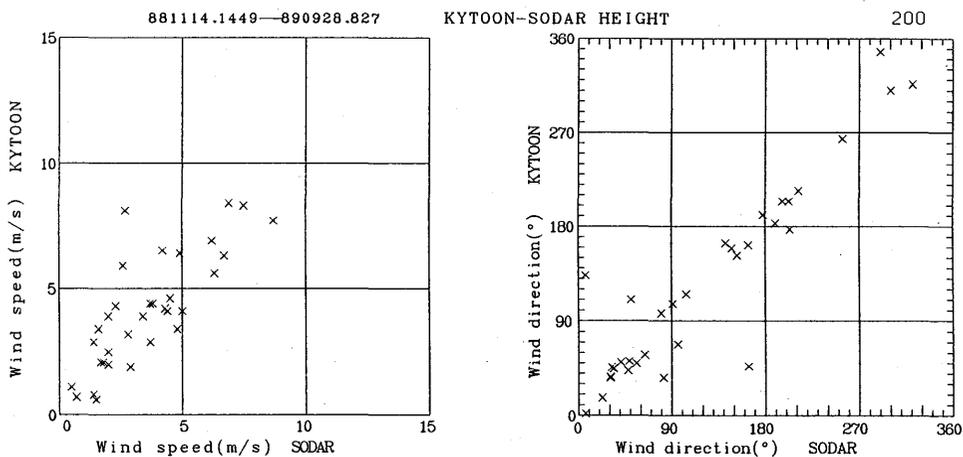


図3.25d 係留気球とドップラーソーダの高度別の相関図 (200m)

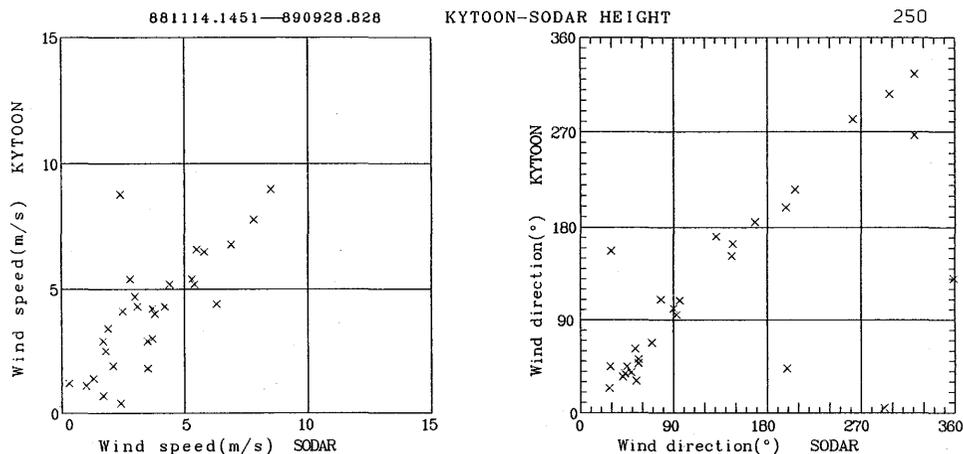


図3.25e 係留気球とドップラーソーダの高度別の相関図 (250m)

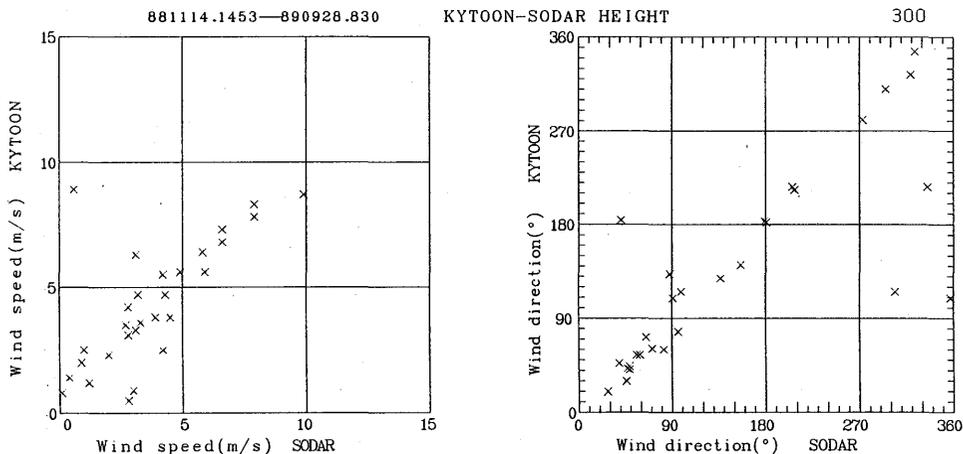


図3.25f 係留気球とドップラーソーダの高度別の相関図 (300m)

表3.10 係留気球とドップラーソーダの風速の相関係数と風向の差の絶対値の平均

データ種別 高度	風速の相関係数	風向の差の絶対 値の平均 (°)
50m	0.444	34.5
100m	0.796	25.3
150m	0.865	20.3
200m	0.794	20.3
250m	0.753	27.9
300m	0.711	28.7

表3.11 係留気球と鉄塔の風向・温度・湿度の相関係数と風向の差の絶対値の平均

データ種別 高度	風速の相関係数	風向の差の絶対 値の平均	温度の相関係数	湿度の相関係数
50m	0.813	14.3	0.997	0.869
100m	0.923	14.4	0.998	0.872
150m	0.880	15.5	0.996	0.890
200m	0.848	18.2	0.996	0.891

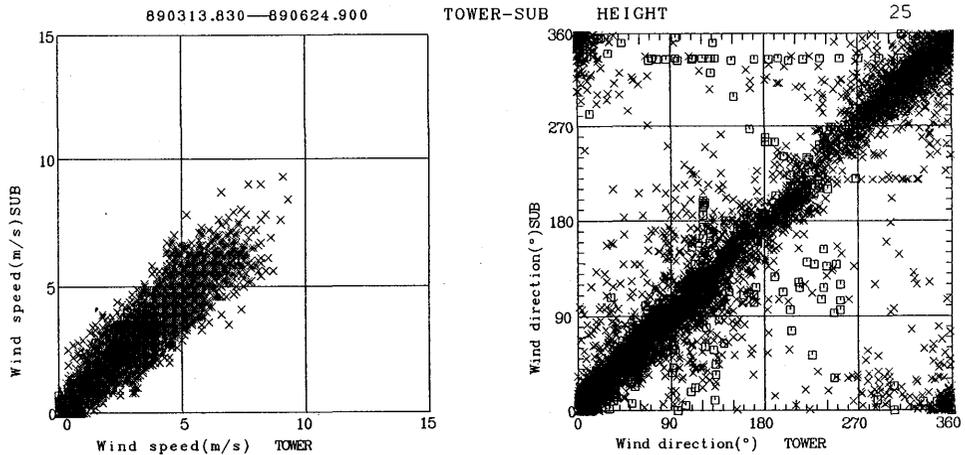


図3.26 鉄塔と副鉄塔の高度25mの風速・風向の相関図 (□：降水時，×：非降水時)

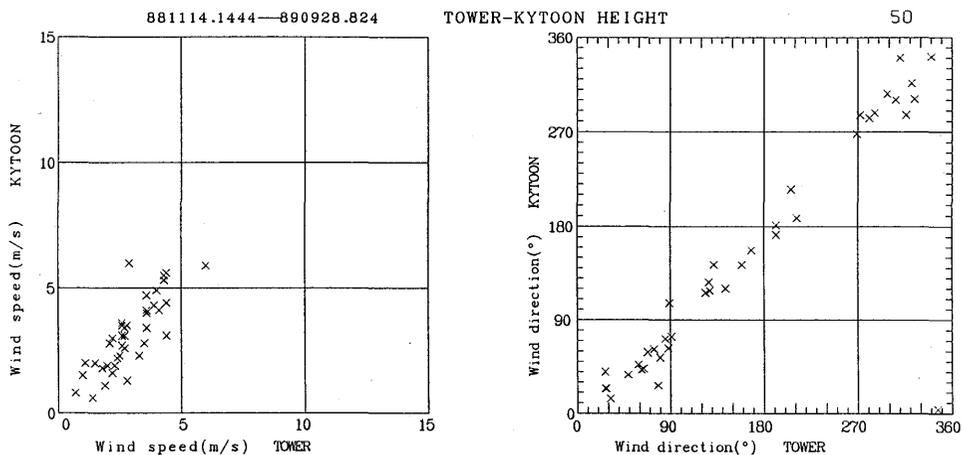


図3.27 a 鉄塔と係留気球の高度別の風速・風向の相関図 (50m)

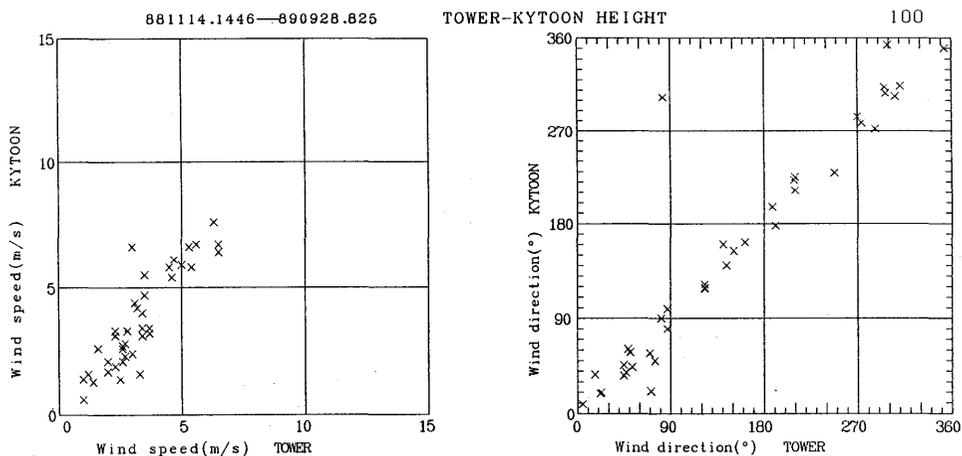


図3.27 b 鉄塔と係留気球の高度別の風速・風向の相関図 (100m)

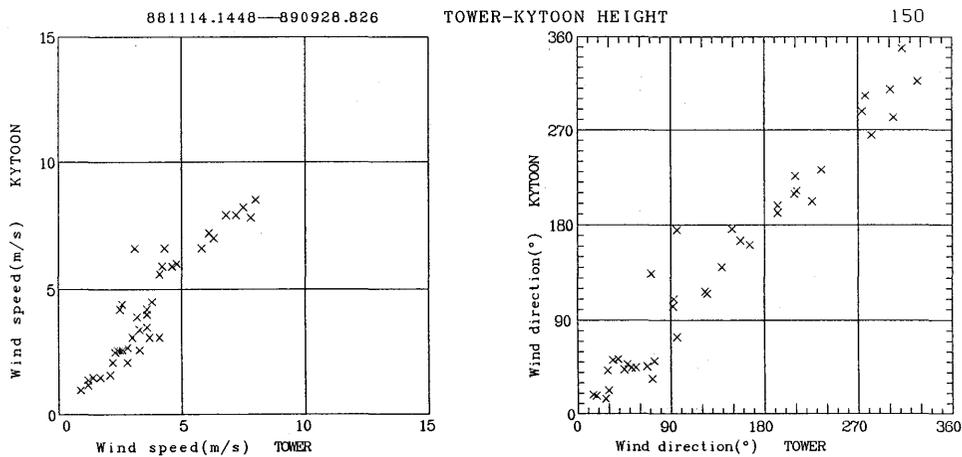


図3.27 c 鉄塔と係留気球の高度別の風速・風向の相関図 (150m)

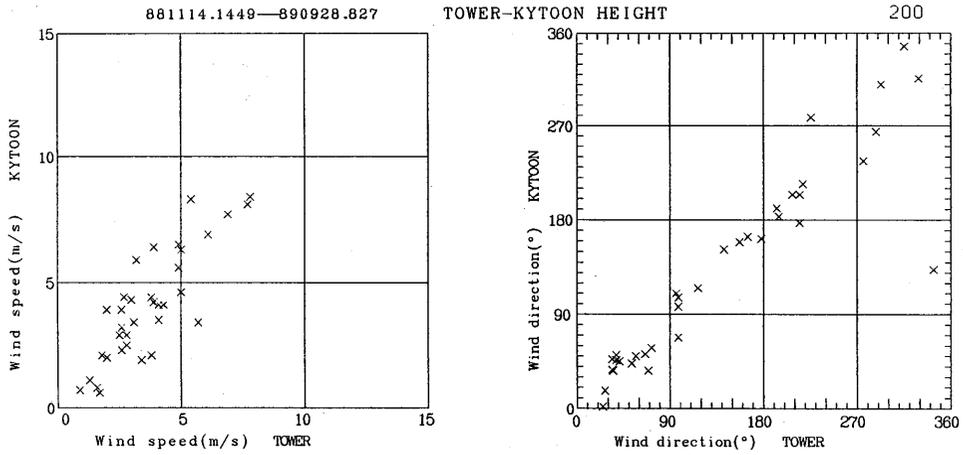


図3.27 d 鉄塔と係留気球の高度別の風速・風向の相関図 (200m)

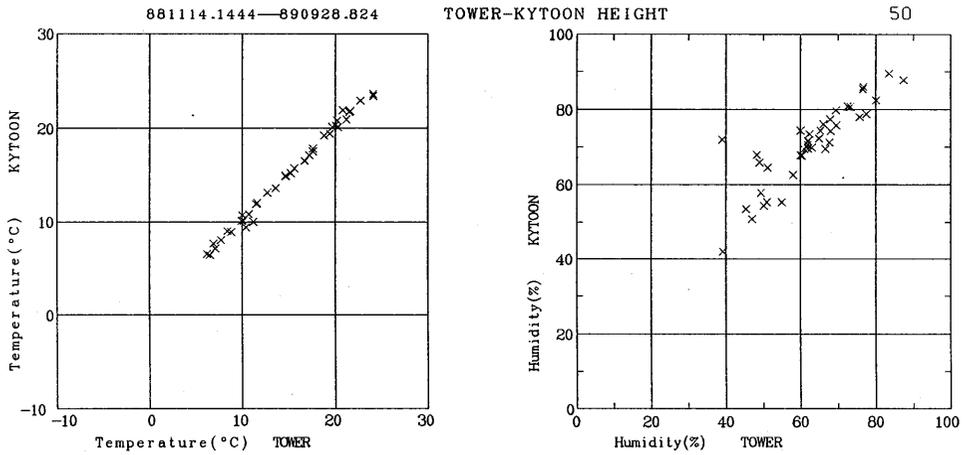


図3.28 a 鉄塔と係留気球の高度別の温度・湿度の相関図 (50m)

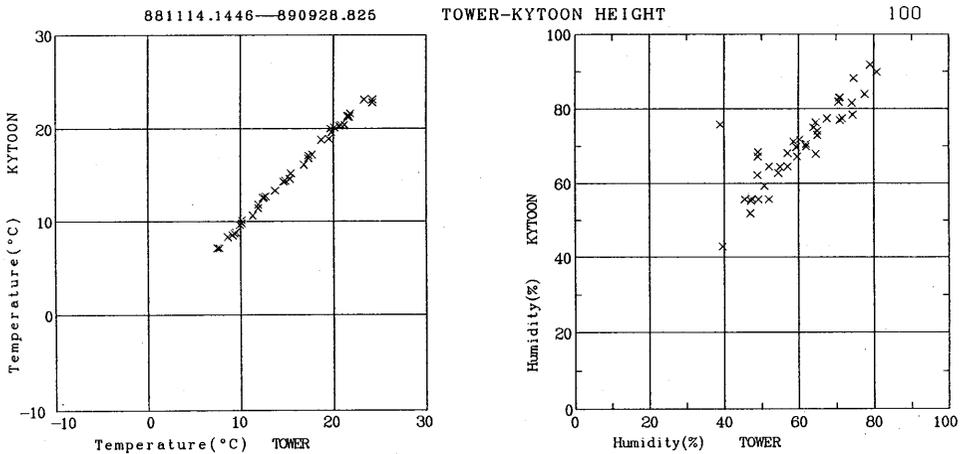


図3.28 b 鉄塔と係留気球の高度別の温度・湿度の相関図 (100m)

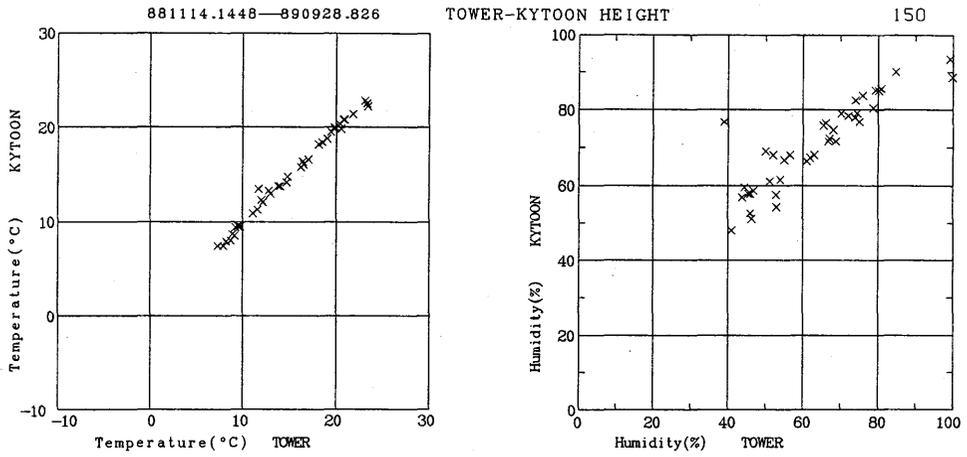


図3.28 c 鉄塔と係留気球の高度別の温度・湿度の相関図 (150m)

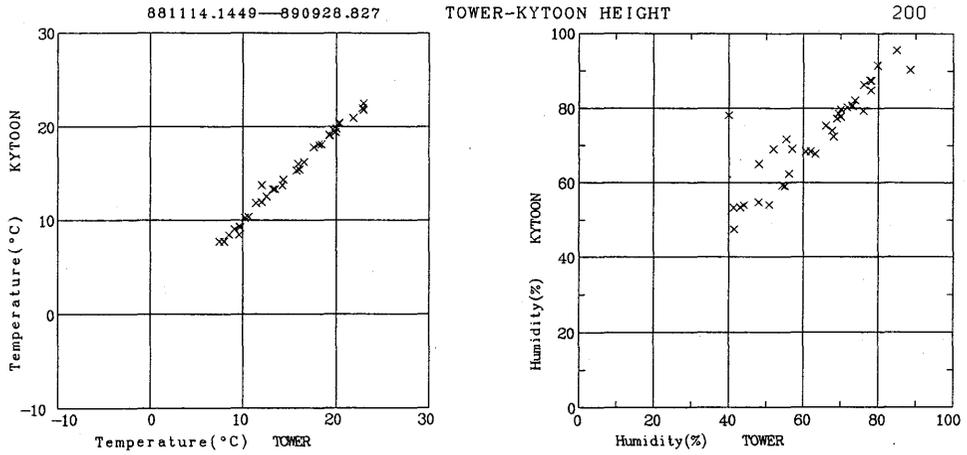


図3.28 d 鉄塔と係留気球の高度別の温度・湿度の相関図 (200m)

参 考 文 献

- 気象研究所, 1990: 各種観測方法による同時観測について. 測器技術資料第0215号.
- 観測部高層課, 1987: 高層気象観測の自動化. 測候時報, 551. 501. 7.
- 海洋気象部海上気象課, 1987: 新長風丸の船用自動高層気象観測装置の概要. 測候時報, 551. 46. 07: 551. 508. 8.
- 渡邊清光, 1990: わかる気象機械. 定文堂, pp. 440.
- 村山信彦, 1983: これからの気象観測. 東京堂出版, pp. 212.
- 日本気象学会, 1992: シンポジウム「新しい観測システム」資料. pp. 84.
- Balsley, B. B. and D. T. Farley, 1976: Auroral zone winds detected near the tropopause with the Chatanika UHF Doppler radar. *Geophys. Res.Lett.*, **3**, 525.
- Chintawongvanich, P., R. Olsen and C. A. Biloft, 1989: Intercomparison of wind measurements from two acoustic Doppler sodars, a laser Doppler lidar, and in situ sensors. *J. Atmos. Oceanic Tech.*, **6**, 785.
- Farley, D. T., B. B. Balsley, W. E. Swarts and C. La Hoz, 1979: Tropical winds measured by the Arecibo radar. *J. Appl. Meteor.*, **18**, 227.
- Fukao, S., T. Sato, N. Yamasaki, R. N. Harper and S. Kato, 1982: winds measured by a UHF Doppler radar and rawinsondes: Comparisons made on 26 days (August–September 1977) at Arecibo, Puerto Rico. *J. Appl. Meteor.*, **21**, 1357.
- Kitchen, M., J. Nash and J. F. Ponting, 1985: Evaluation of temperature, pressure and geopotential measurements obtained during Phase I of the WMO international radiosonde comparison. *Instruments and observing methods*, Report No.22 (WMO/TD-No.50), pp.13.
- Larsen, M. F., 1983: Can a VHF Doppler radar provide synoptic wind data? A comparison of 30 days of radar and radiosonde data. *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 2047.
- Lawrence, T. R., B. F. Weber, M. J. Post, R. M. Hardesty, R. A. Richter, N. L. Abshire and F. F. Hall, Jr., 1986: A comparison of Doppler lidar, rawinsonde, and 915MHz UHF Wind Profiler measurements of tropospheric winds. *NOAA Tech. Memo.*, ERL WPL-130, Boulder, Colorado, pp.36.
- Nash, J., 1990: WMO radiosonde comparison Phase III: Dzhambul, USSR. *VAISALA News*, **121**, 20.
- Nash, J. and F. Bond, 1989: An operational evaluation of wind measurements by two Doppler sodars. *Instruments and observing methods*, Report No.35 (WMO-No.303), pp.407.
- Robitaille, F. E., S. D. Whitaker, D. L. Holladay and D. B. Call, 1989: An intercomparison of angular tracking performance between radar and radiotheodolite. *Instruments and observing methods*, Report No.35 (WMO-No.303), pp.401.
- Schmidlin, F. J., and F. G. Finger, 1985: Report of Phase 2 of the CIMO international radiosonde comparison conducted from Wallops island, Virginia, U.S.A.. *Instruments and observing methods*, Report No.22 (WMO/TD-No.50), pp.19.
- Strauch, R. G., 1981: Radar measurement of tropospheric wind profilers. Preprints, 20th Conference on

- Radar meteorology. *Boston, Amer. Metero. Soc.*, pp.430.
- Uddstrom, M. J., 1989 : A comparison of Philips RS4 and Vaisala RS80 radiosonde data. *J. Atmos. Oceanic Tech.*, **6**, 201.
- Weber, B. L. and D. B. Wuertz, 1990 : Comparison of rawinsonde and wind profiler radar measurements. *J. Atmos. Oceanic Tech.*, **7**, 157.
- WMO, 1982 : Manual of the global observing system. Vol. 1 (Annex V to the WMO technical regulations), 1981 edition, WMO-No.544.
- WMO, 1983 : Guide to meteorological instruments and methods of observation. Fifth edition, WMO-No.8.
- WMO, 1988 : Commission for basic systems. *Abridged final report of the ninth session*. WMO-No.699.
- WMO, 1990 : Commission for instruments and methods of observation. *Abridged final report of the tenth session*. WMO-No.727.

第二部 データ集

1. レーウィンゾンデとオメガゾンデ	87
高度軸表示	90
風向・風速	90
温度・湿度	123
時間軸表示	156
風向・風速	156
温度・湿度	171
気圧・高度	186
2. ウィンドプロファイラとレーウィンゾンデ	201
風向・風速	204
3. レーウィンゾンデとC-バンドドップラーレーダ	229
風向・風速	232
4. C-バンドドップラーレーダとウィンドプロファイラ	255
風向・風速	258
5. C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダ	279
風向・風速	282
6. ドップラーソーダと鉄塔	287
風向・風速	290
7. 係留気球とドップラーソーダ	323
風向・風速	326
8. 鉄塔と係留気球	347
風向・風速	350
温度・湿度	370

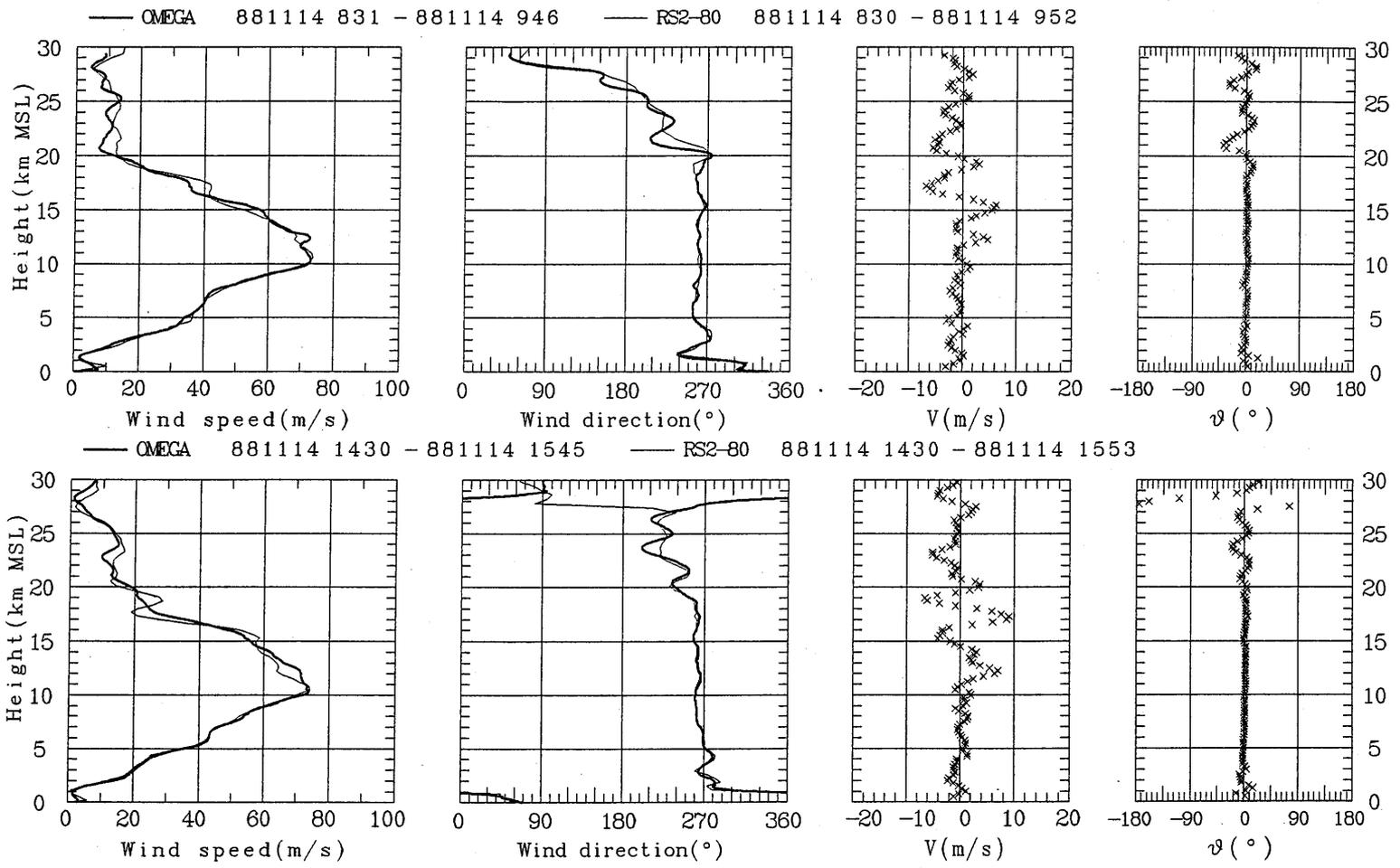
1. レーウィンゾンデとオメガゾンデ

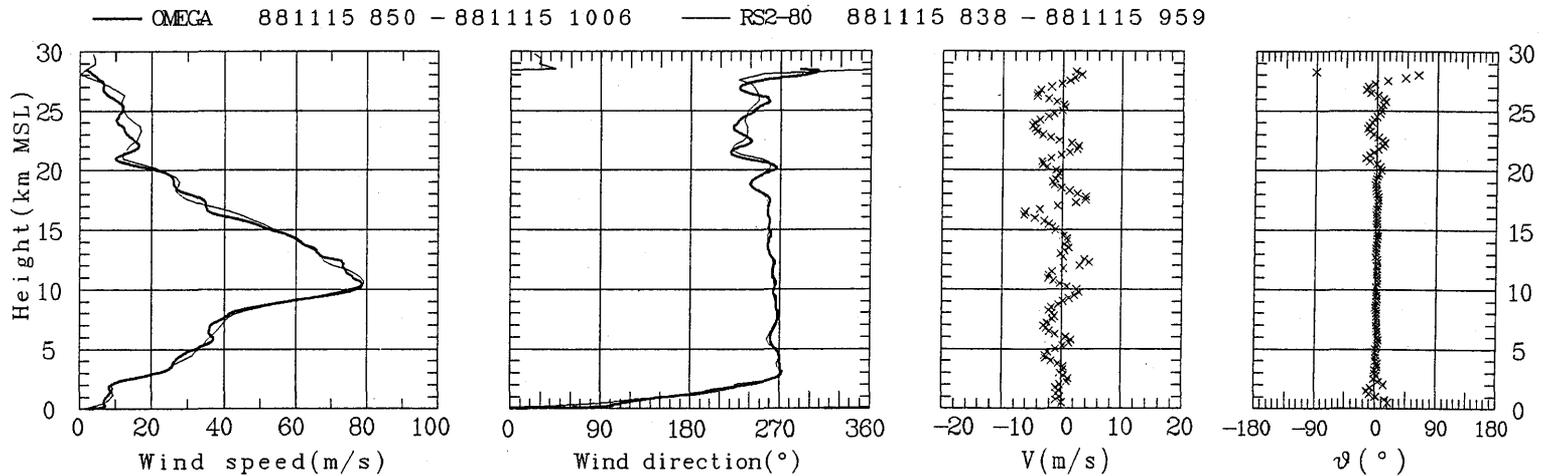
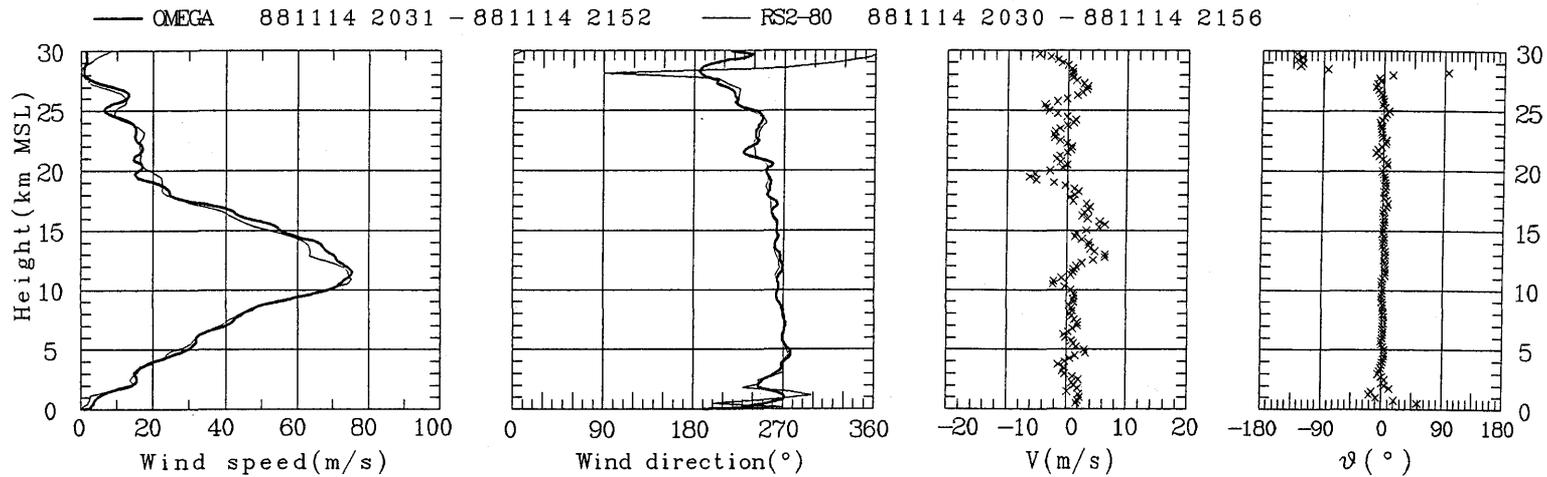
1. レーウィンゾンデとオメガゾンデ

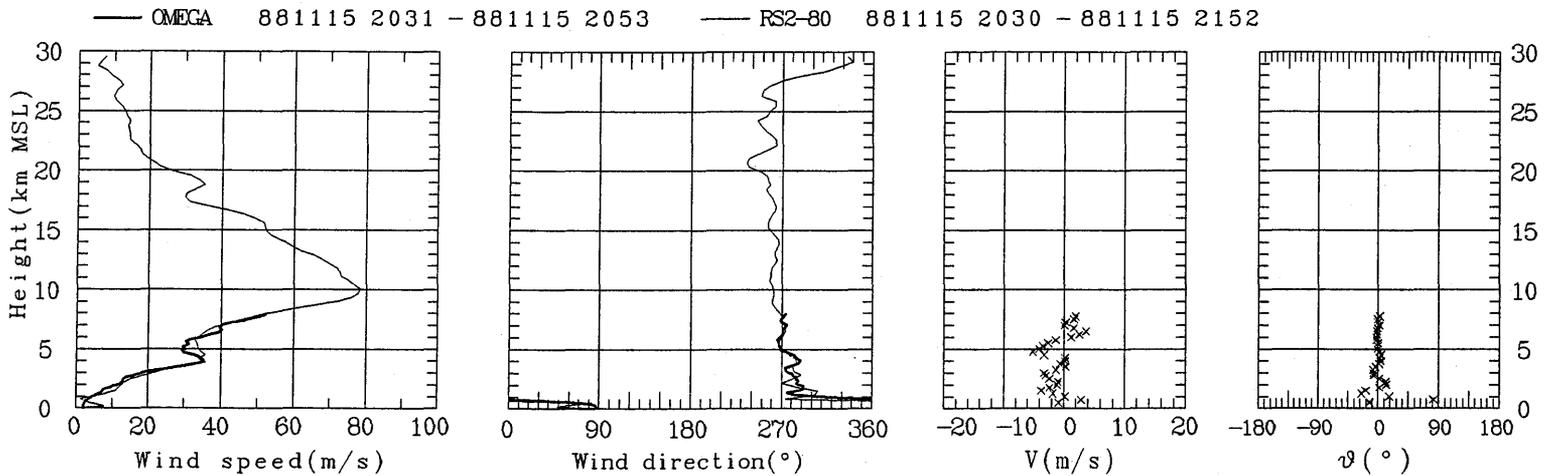
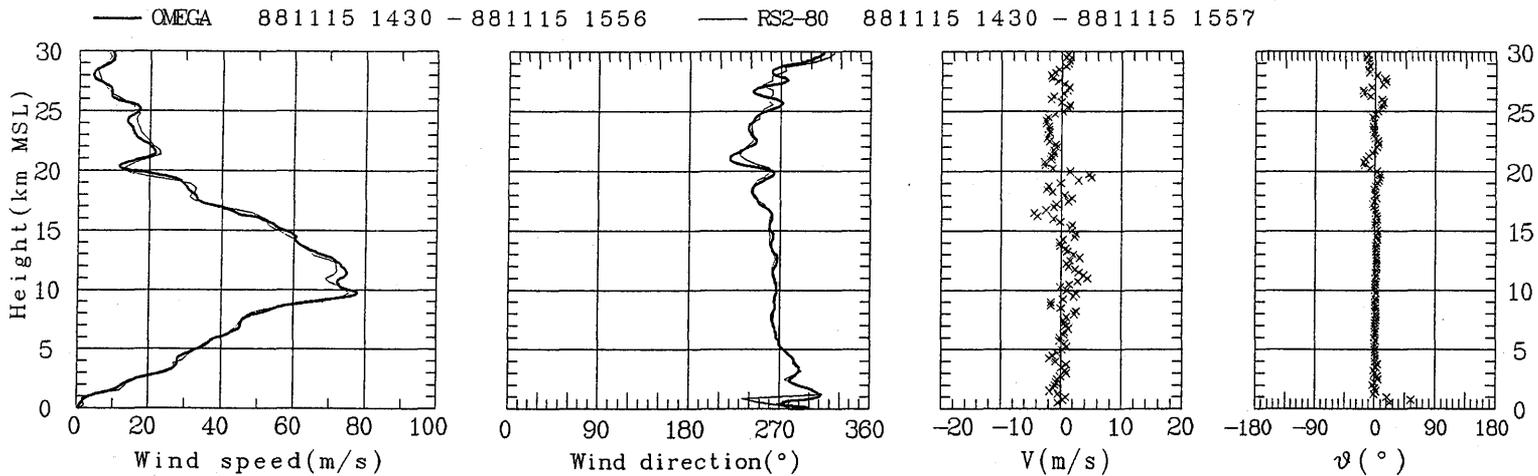
2つのゾンデの高さは気圧と温度によって算出されるが、2つのゾンデから得られる独立の高度を縦軸として風速、風向、風速の偏差、風向の偏差、温度、温度の偏差、湿度、湿度の偏差などを横軸に取ったデータを90～155ページに示す。ここで言う偏差とは、オメガゾンデによる測定値からレーウィンゾンデを引いたものである。風の図では左から順に風速、風向、風速の偏差、風向の偏差となっている。偏差は高度の分解能の低い方を基準にとり、レーウィンゾンデのデータに対応するオメガのデータを内挿して算出する。レーウィンのデータは高層観測MTデータの内風観測記録を使い、温度と湿度はゾンデ観測記録を使った。温度、湿度の図では左から順に温度、温度の偏差、湿度、湿度の偏差となっている。オメガは2秒毎に出力されるデータを使った。

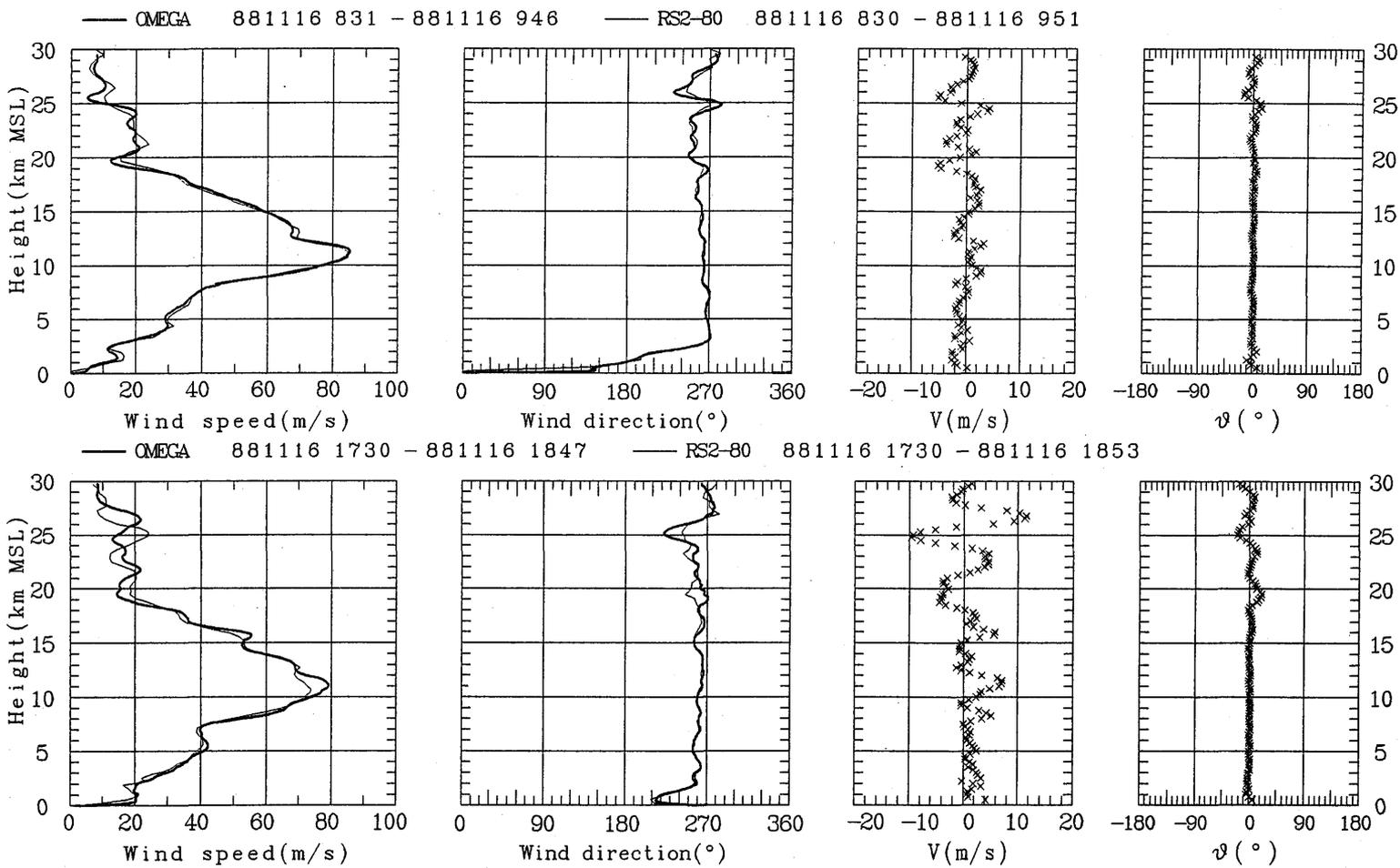
縦軸を放球後の時間にとったデータが時間軸156～200ページである。高度軸のデータ種目の他に気圧と高度がある。図では気圧、気圧の偏差、高度、高度の偏差という順になる。このデータは気圧と温度で高度を求める事をする必要がないので、2種のゾンデがほとんど同じ場所にあると考えられる連結観測の場合に、気圧や高度等の比較をする事ができる。したがって、時間軸表示では連結観測のデータしか表示していない。

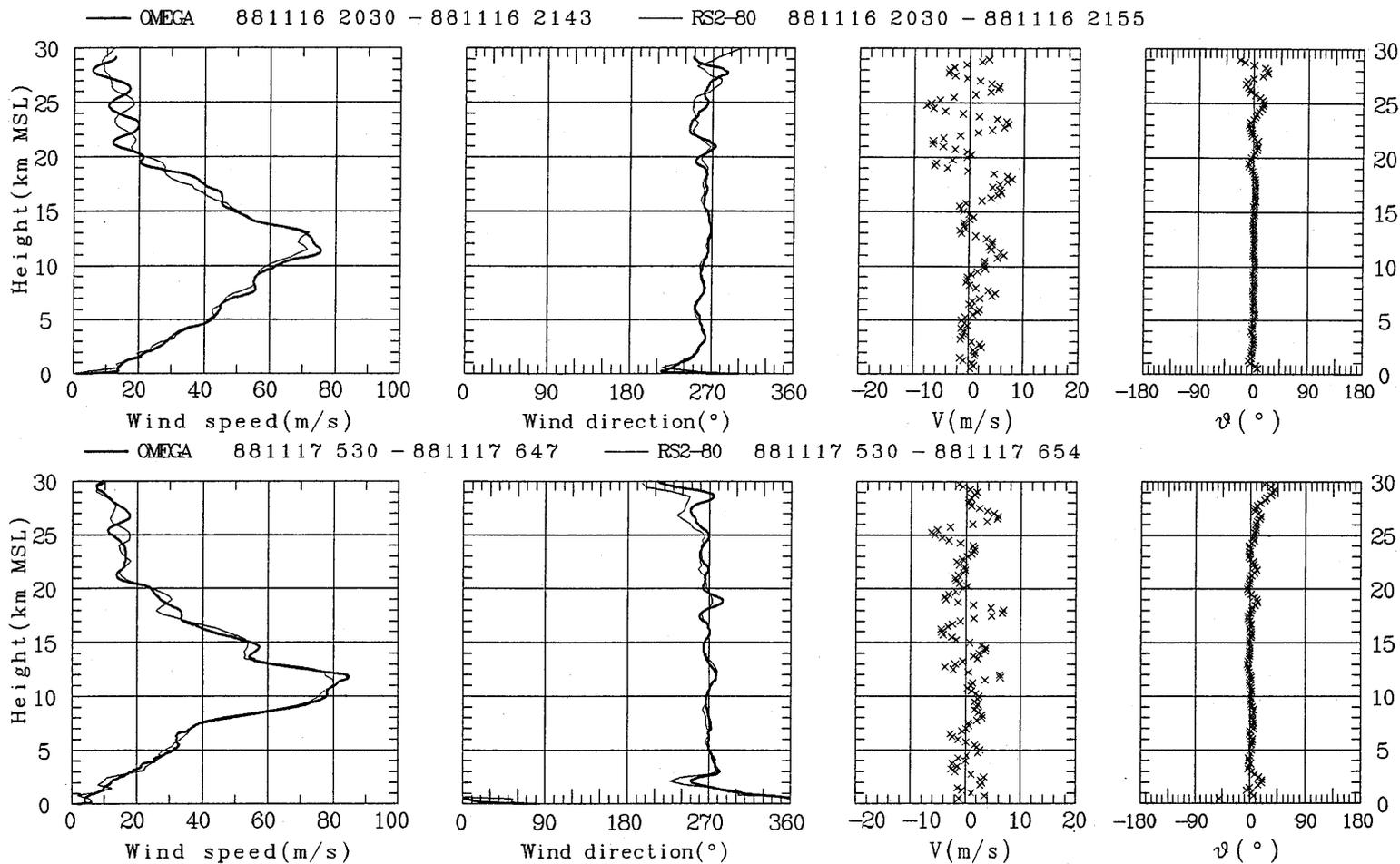
偏差の表示はレーウィンゾンデのデータのあるところをサンプリングしているので、一定間隔では必ずしもない。

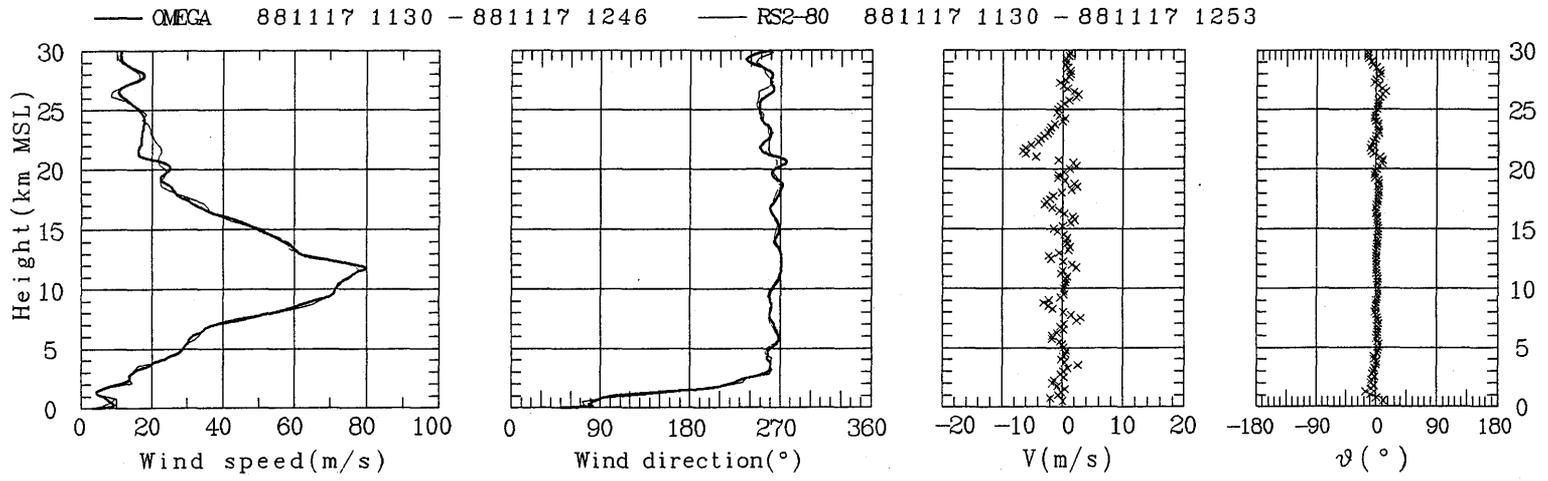
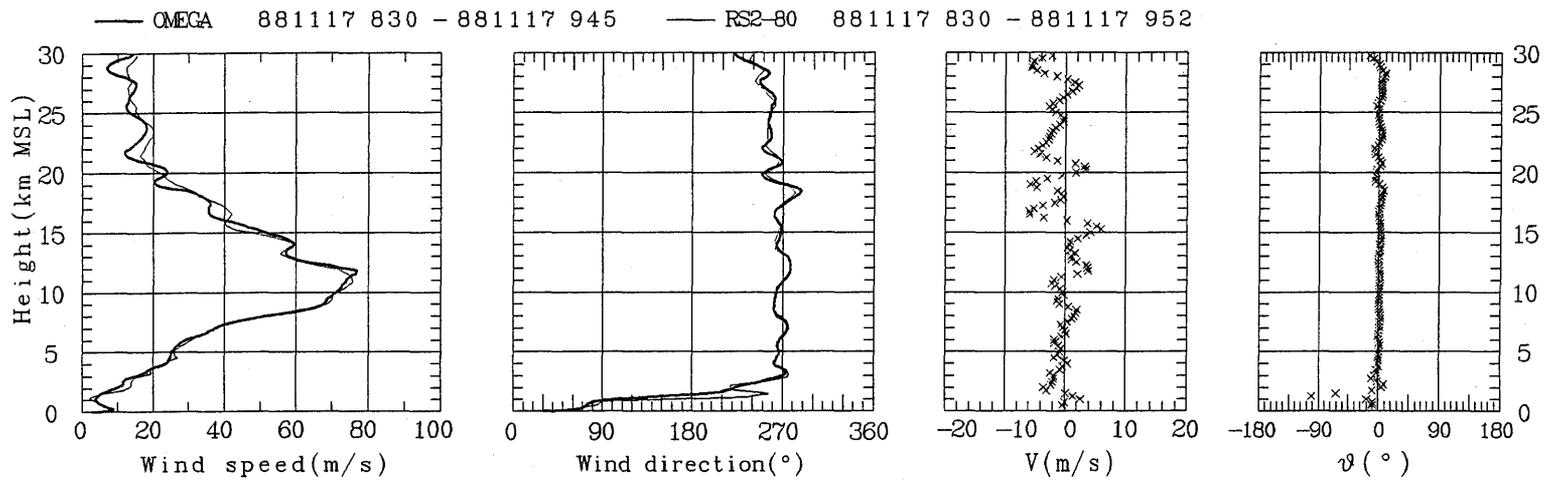


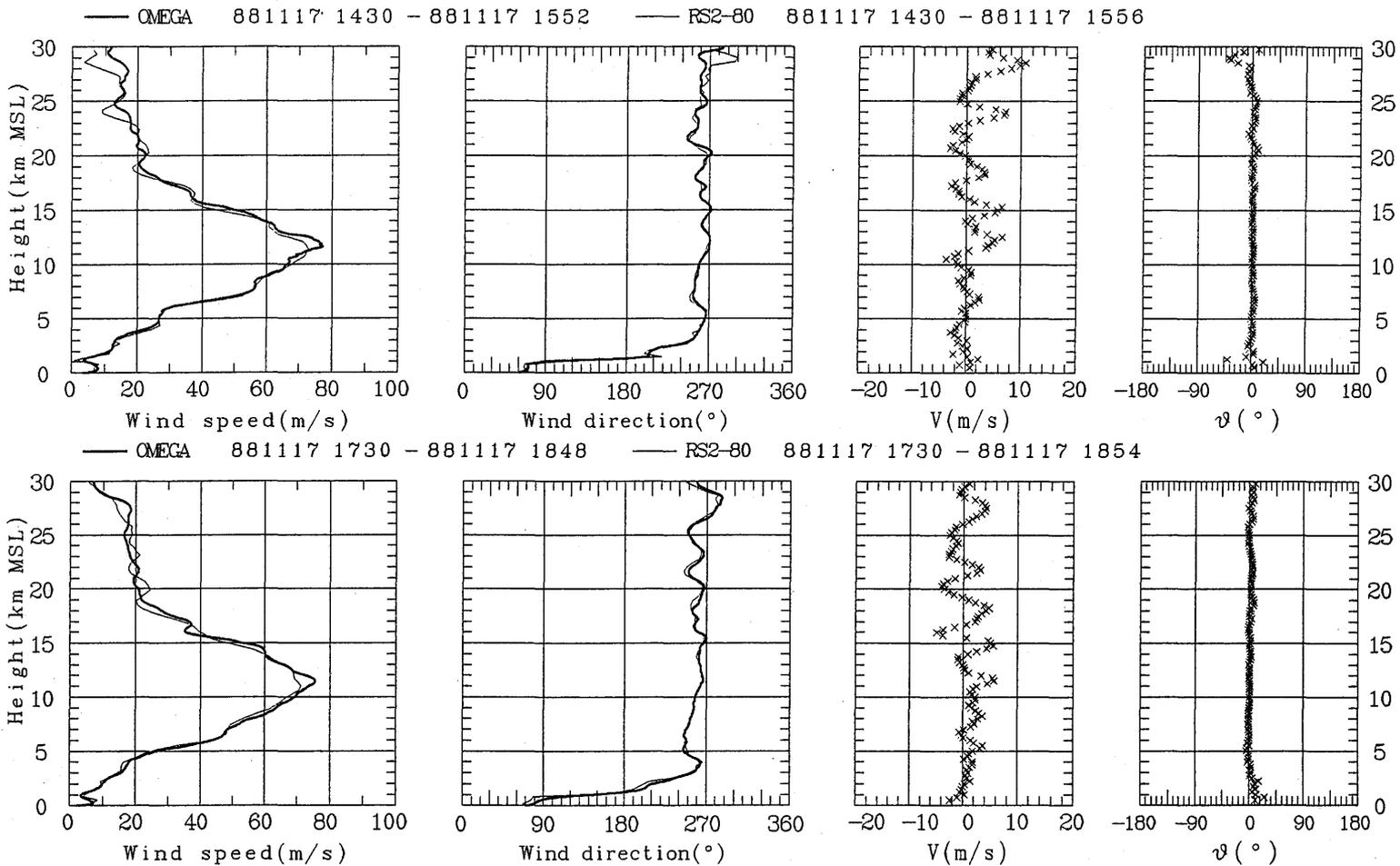




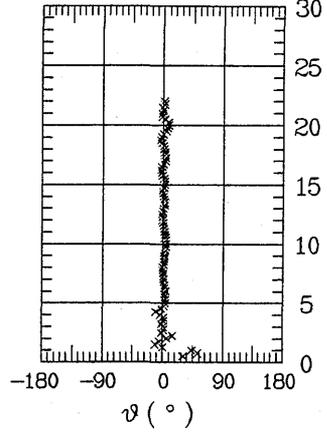
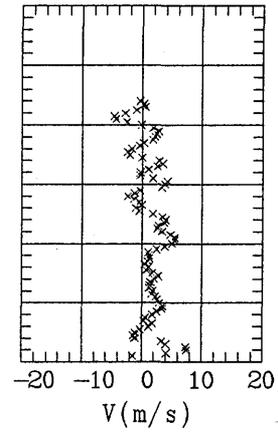
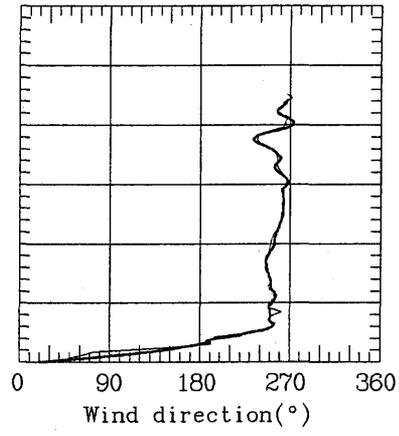
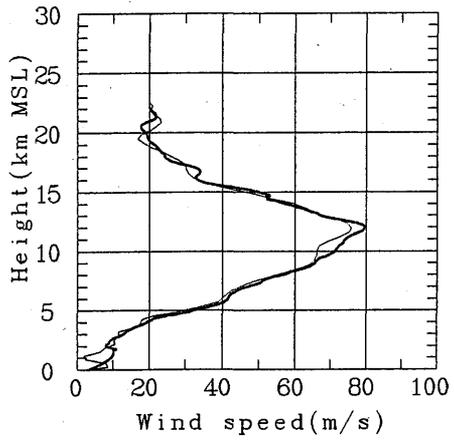


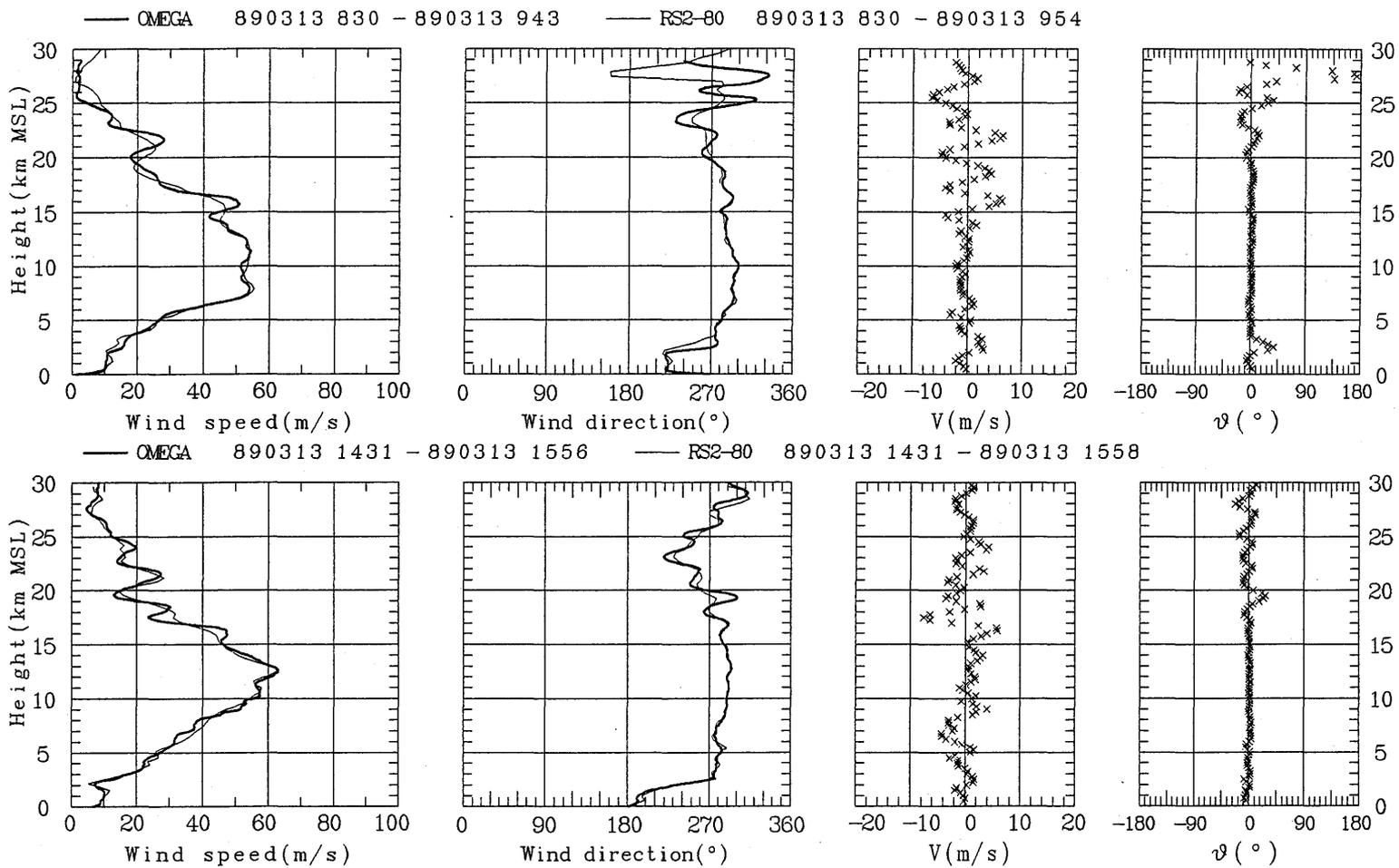


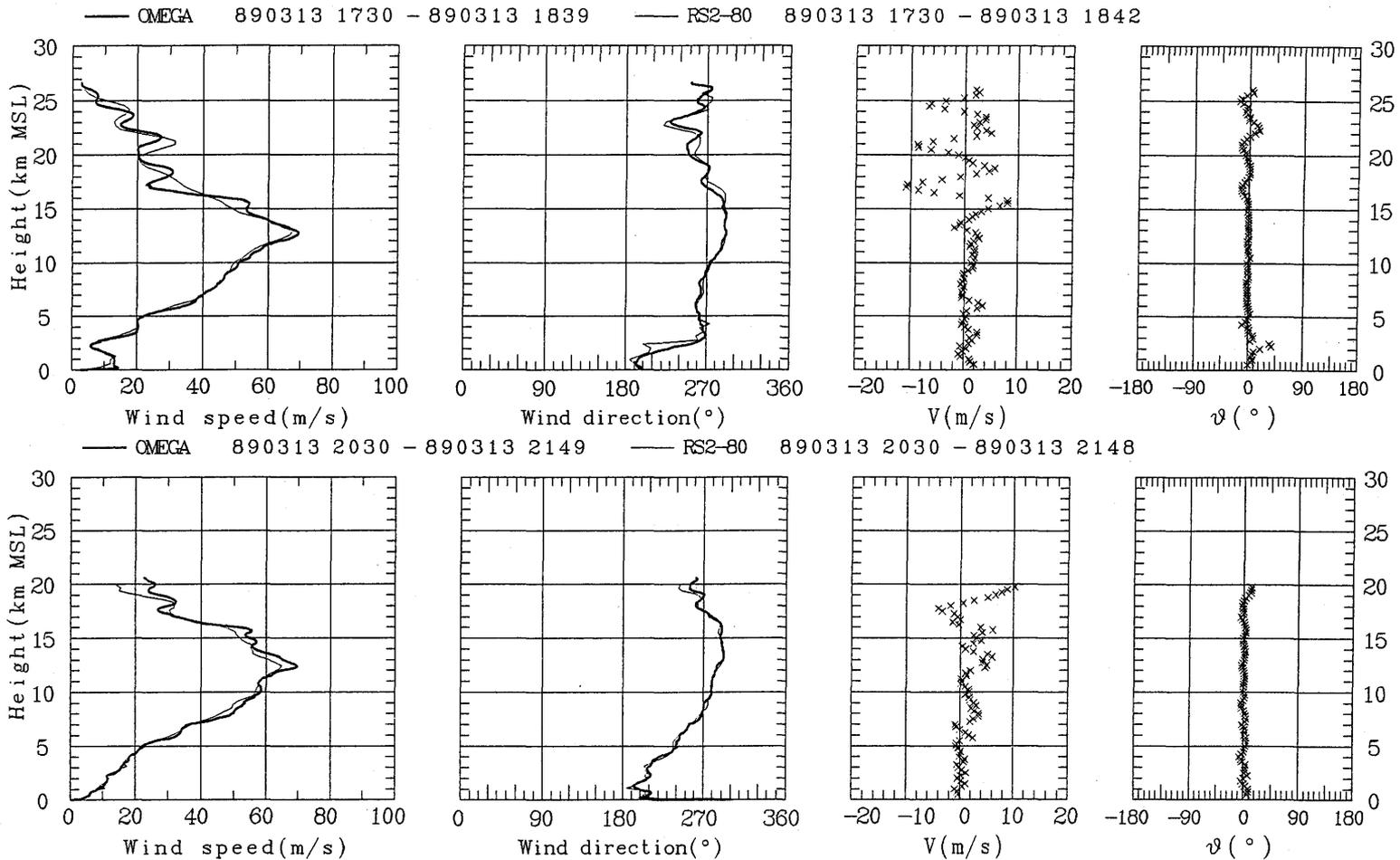


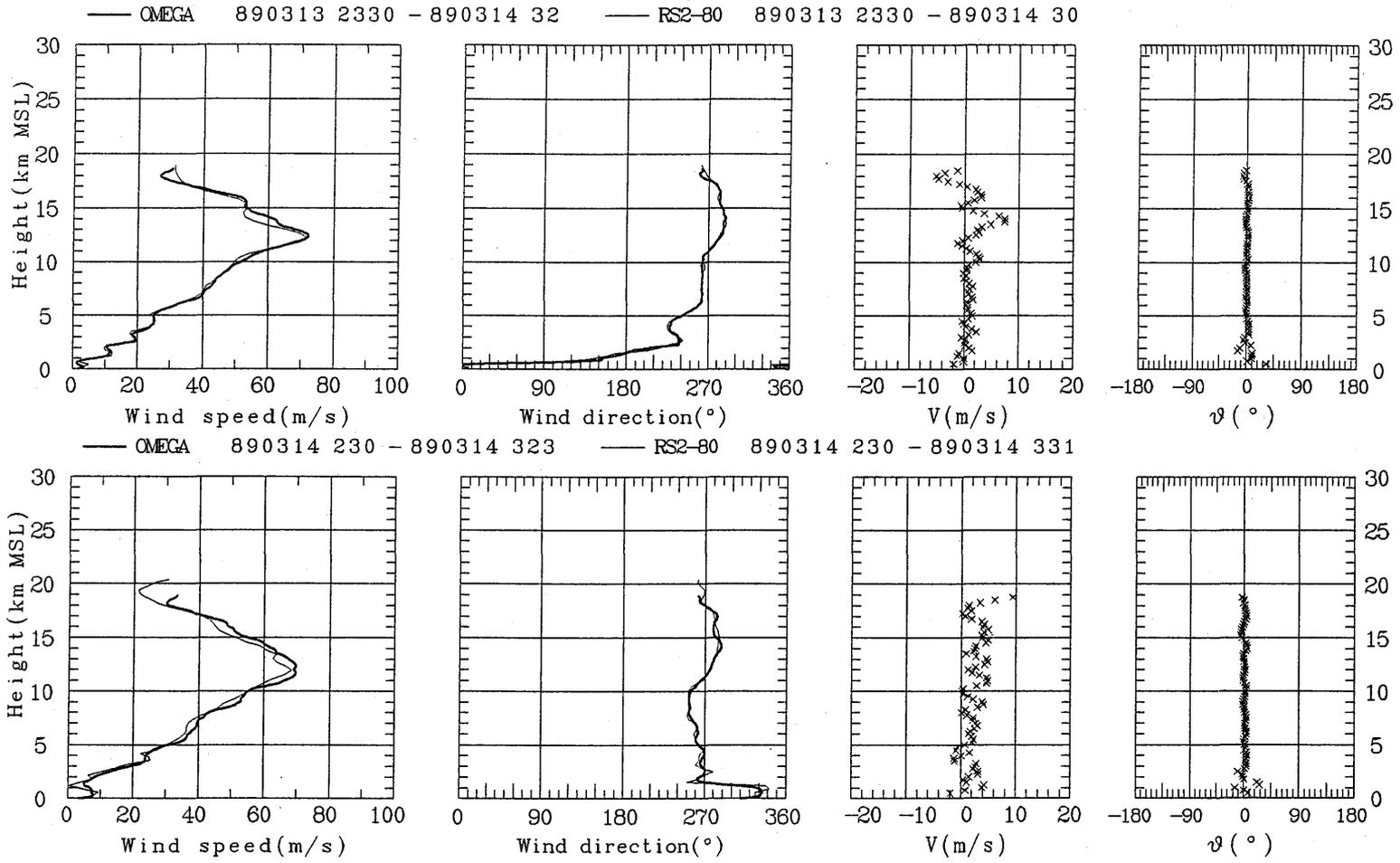


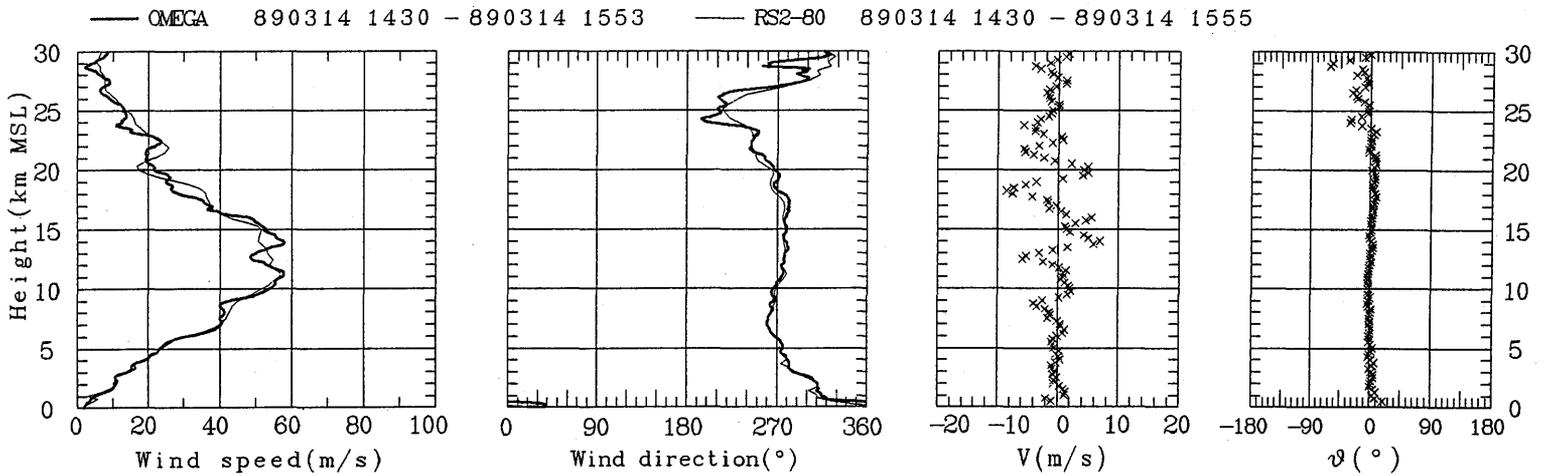
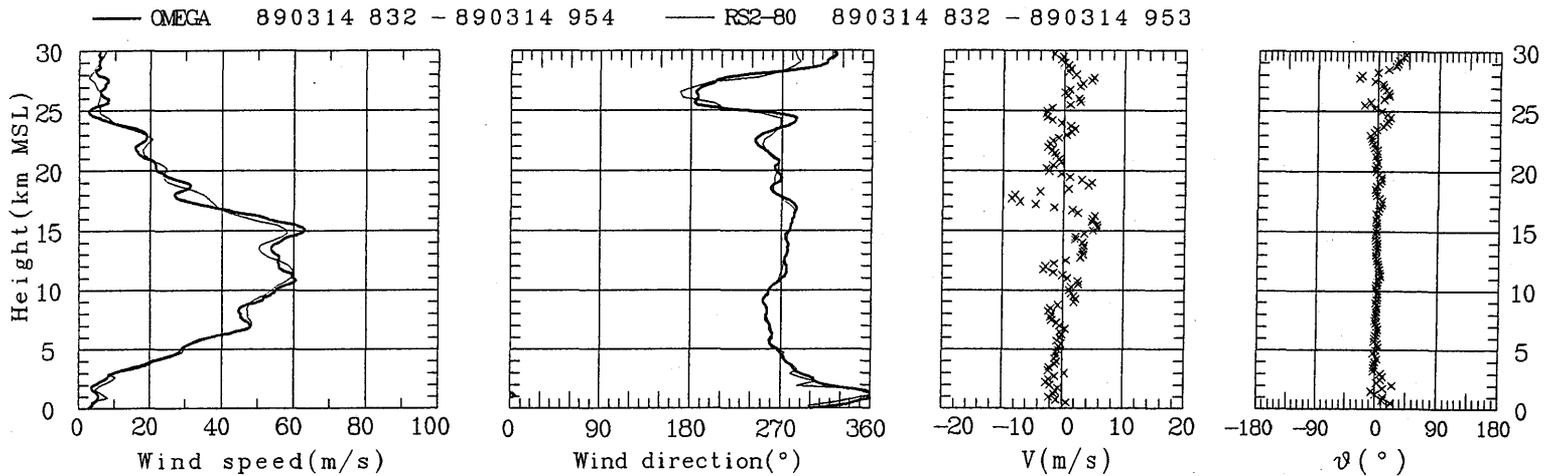
— OMEGA 881117 2030 - 881117 2131 — RS2-80 881117 2030 - 881117 2135

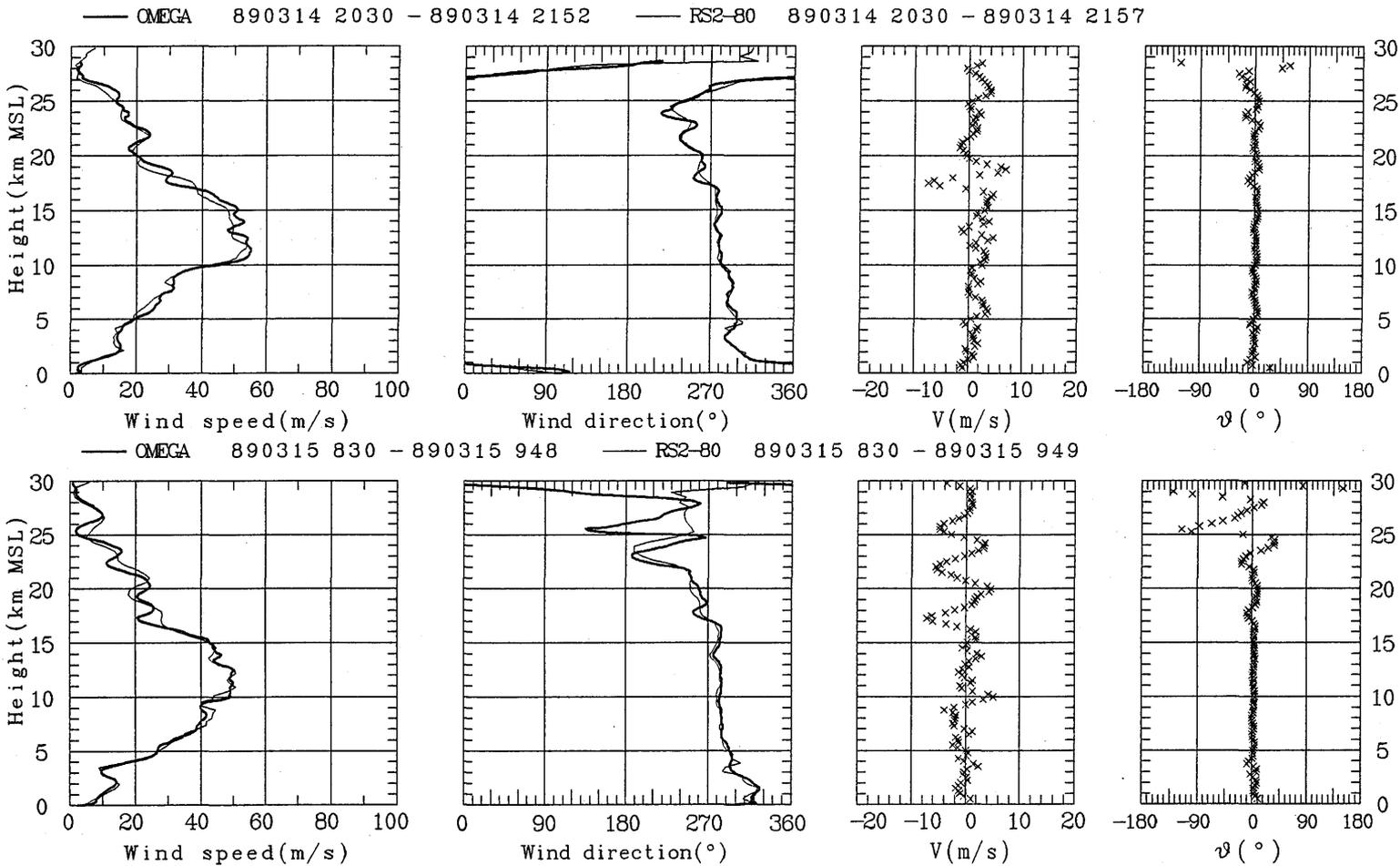


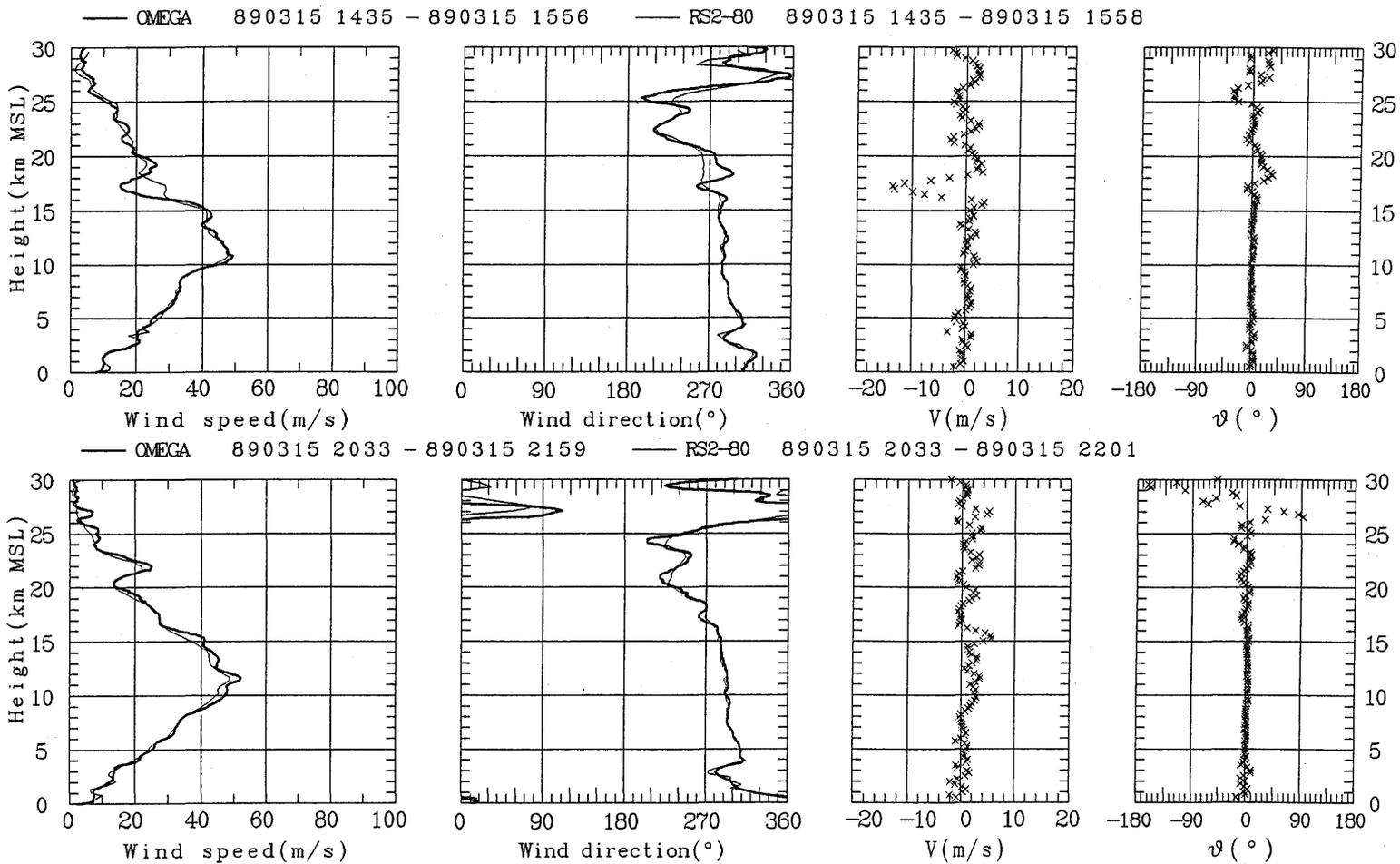


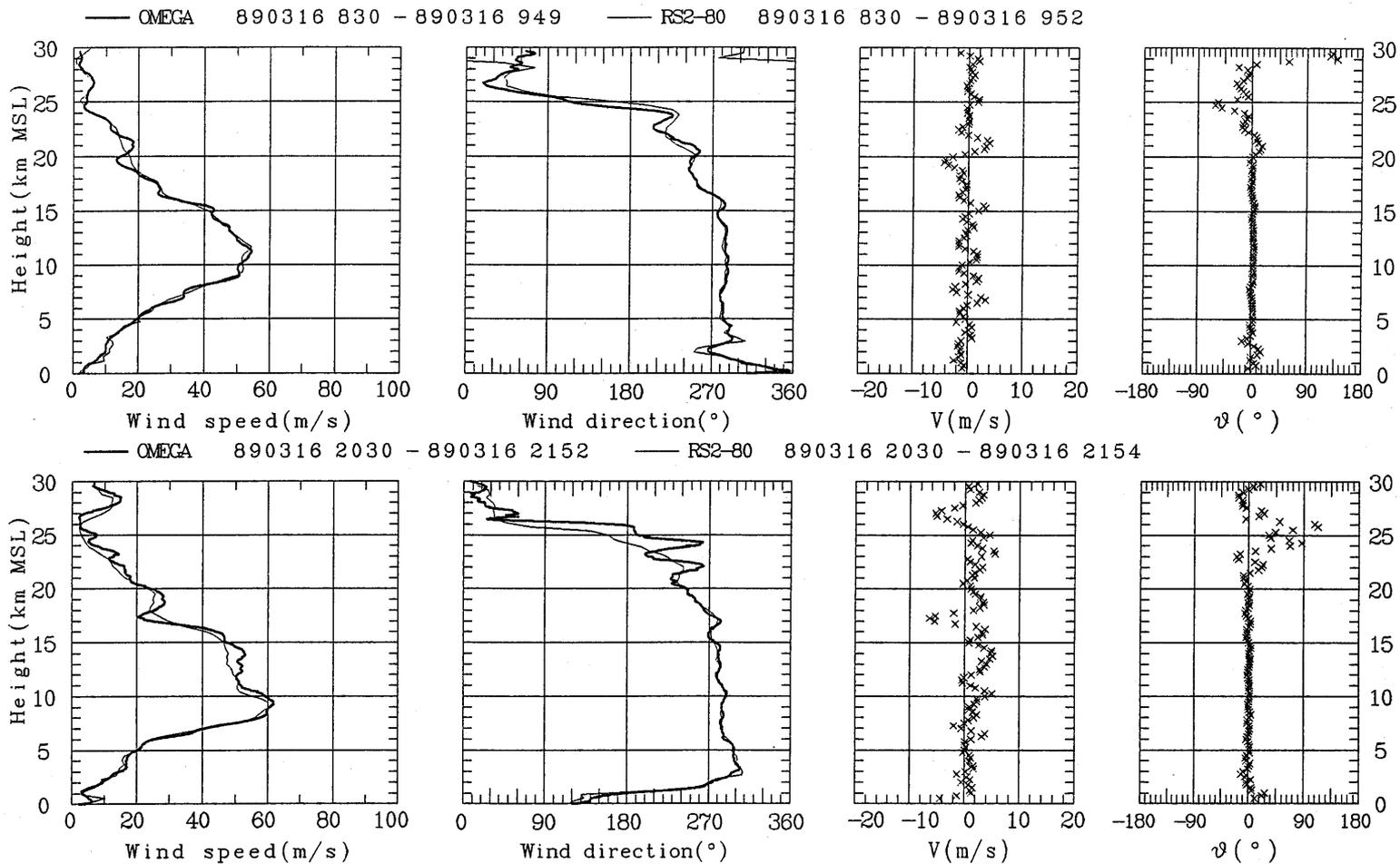


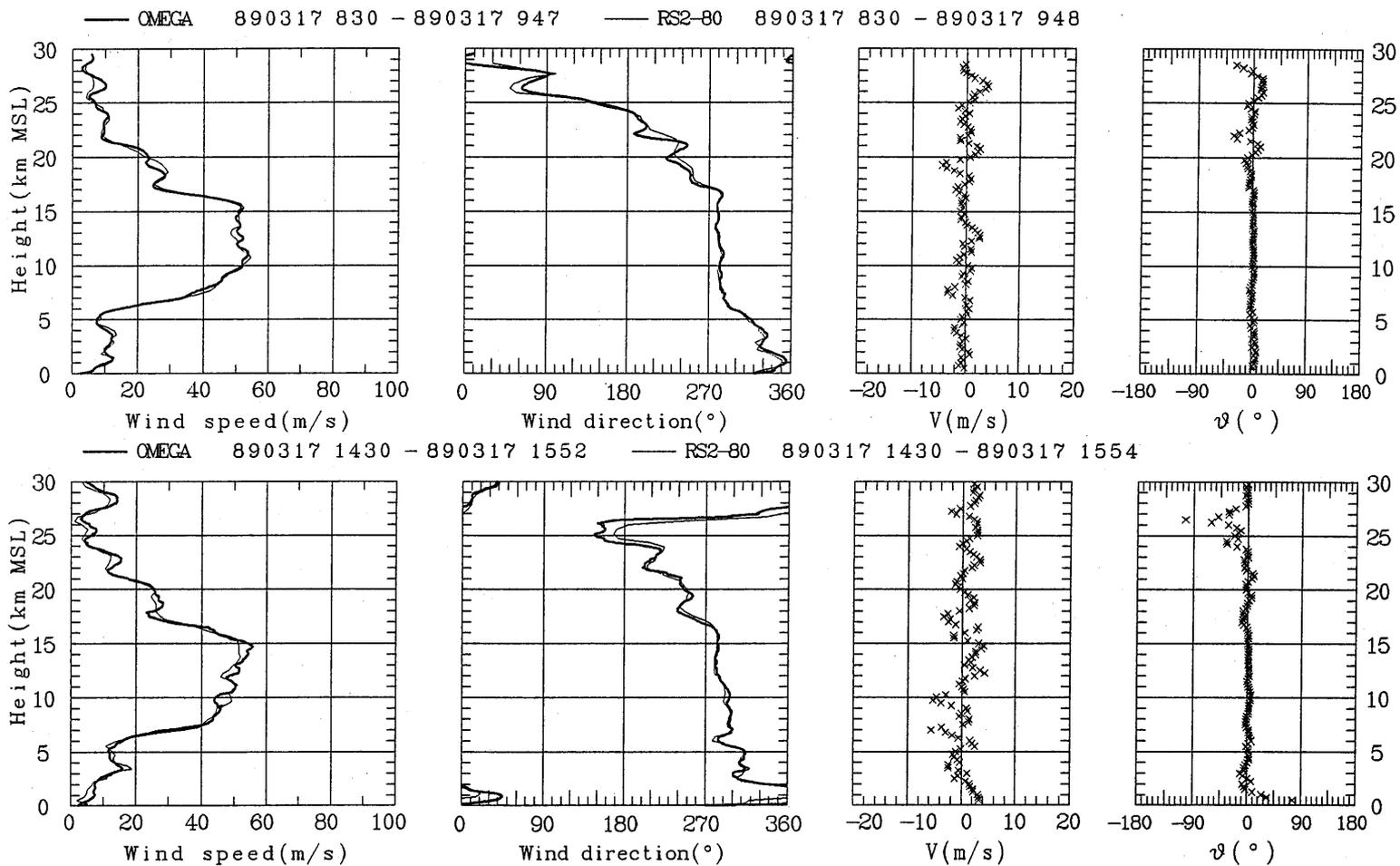


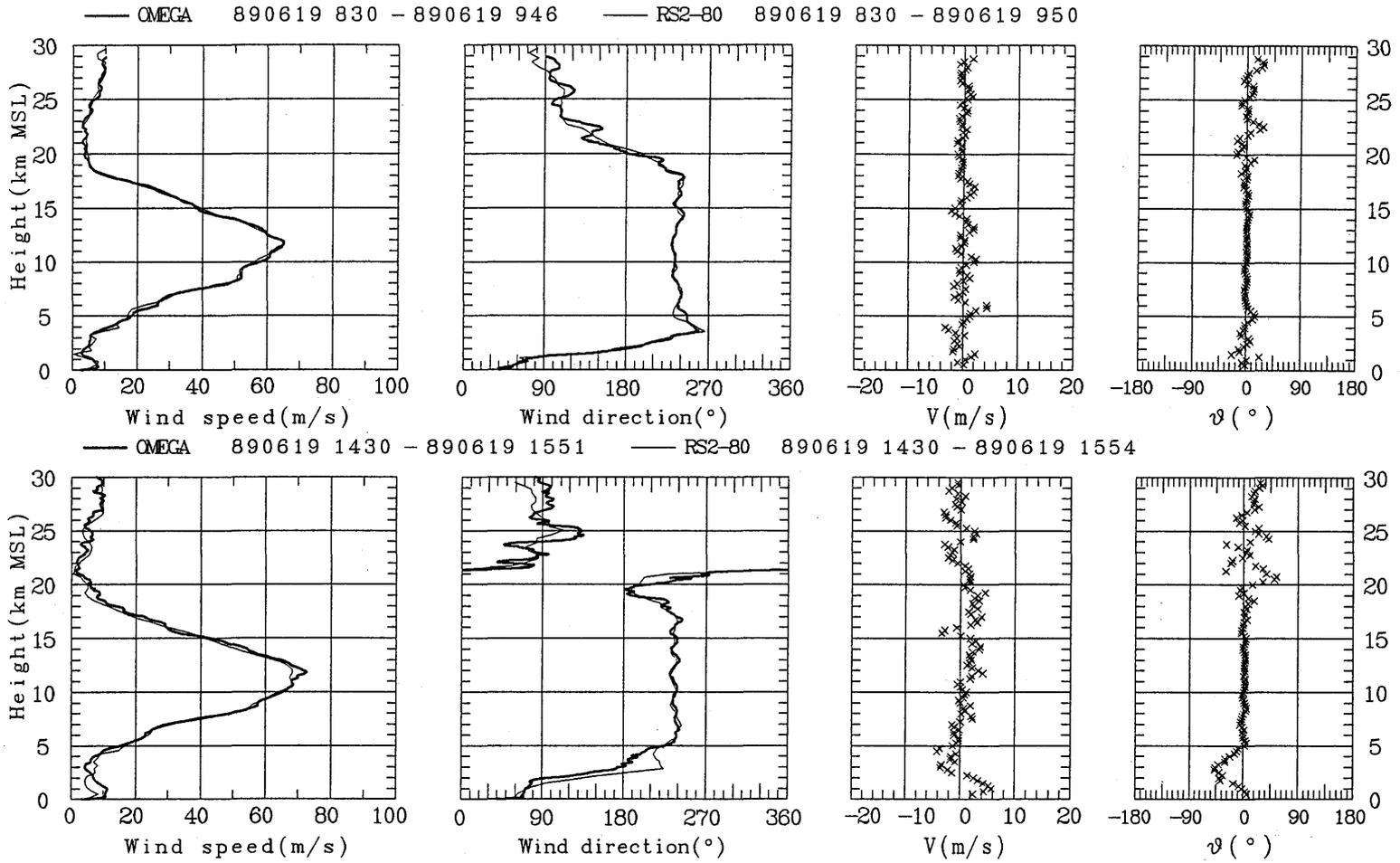


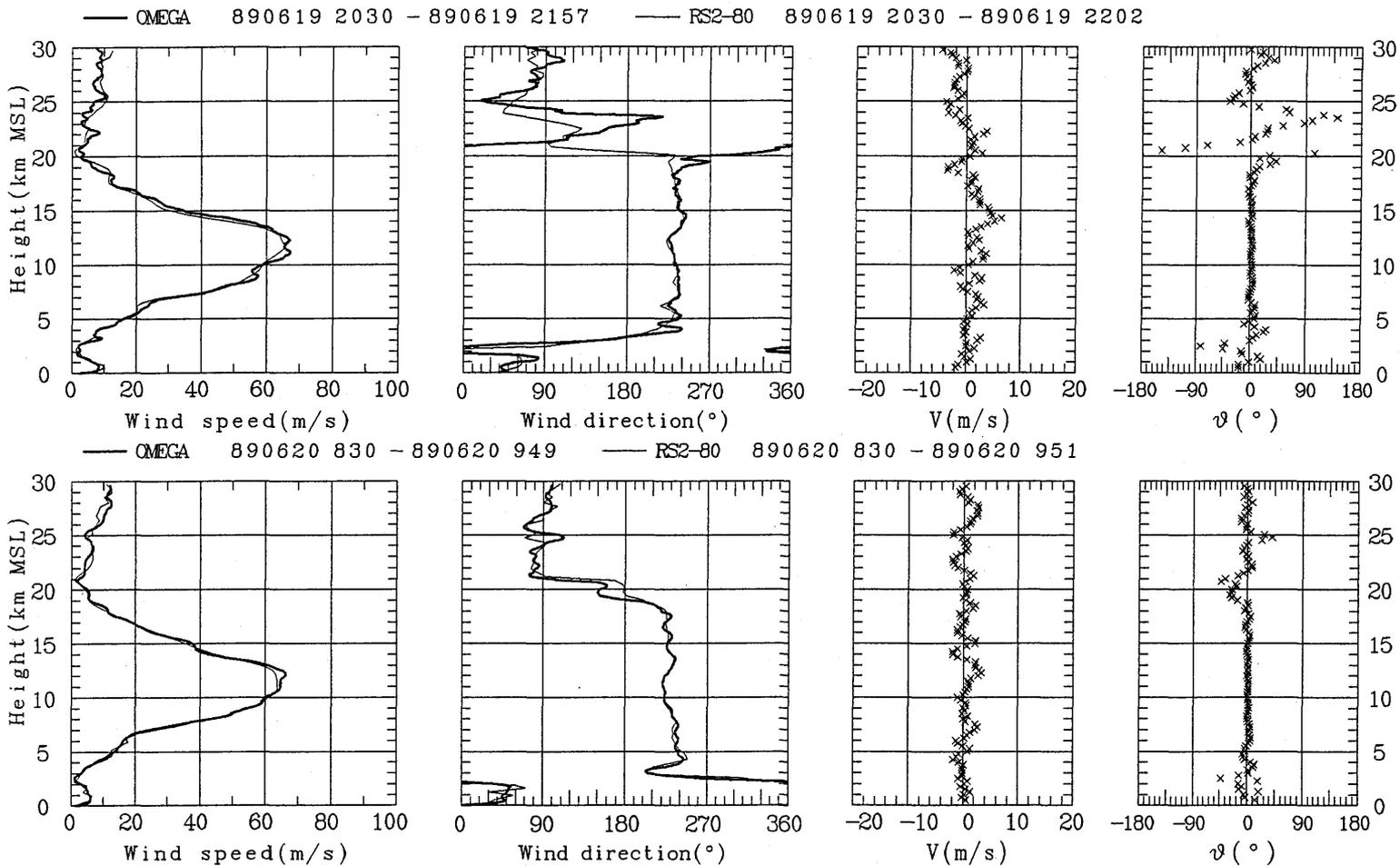




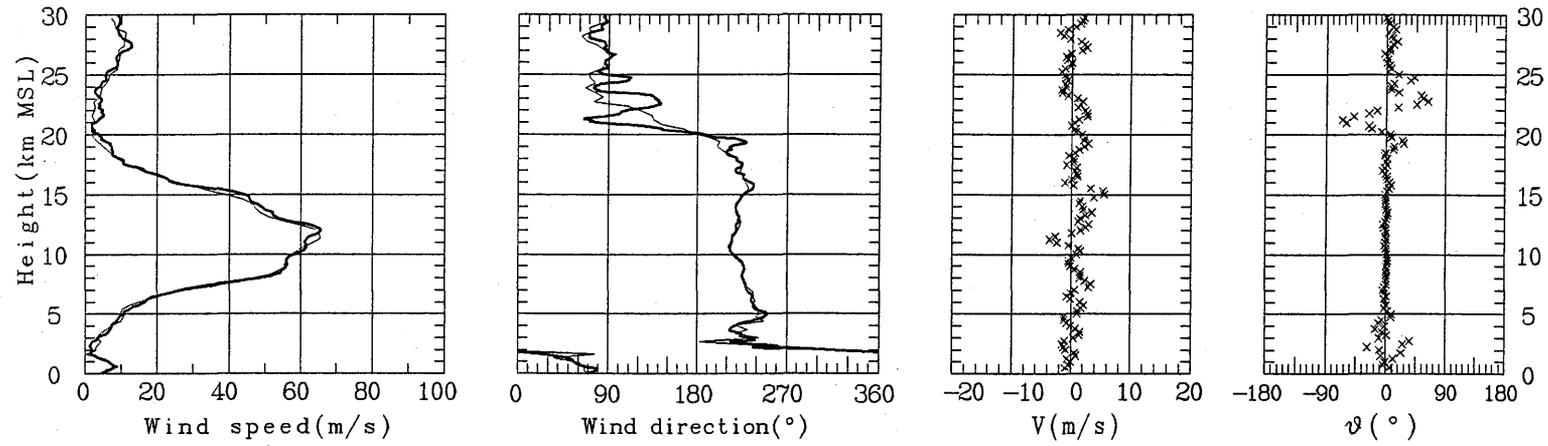




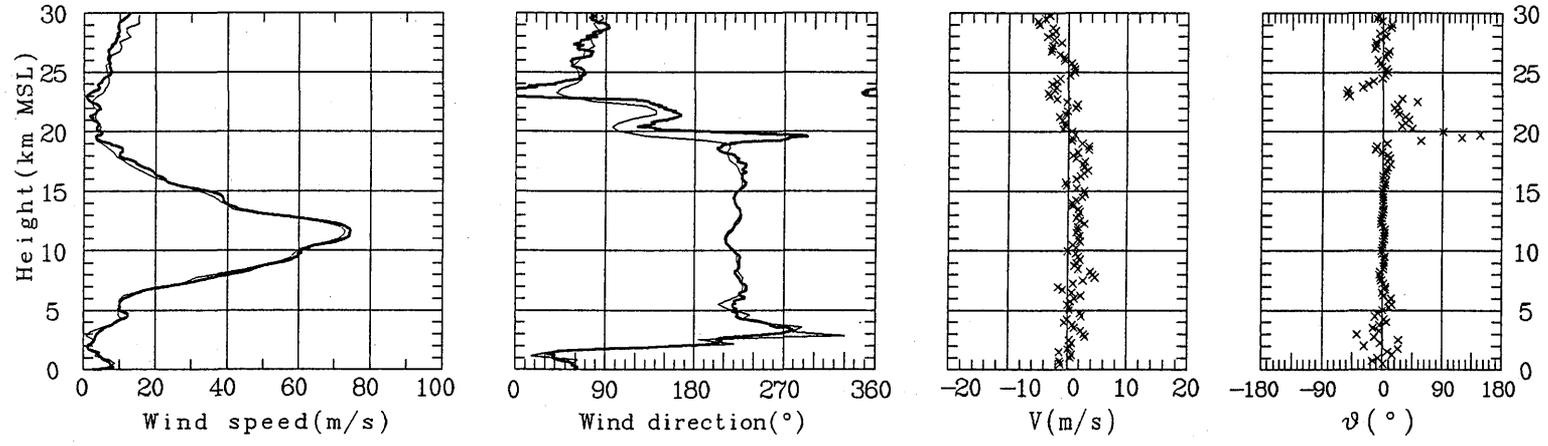


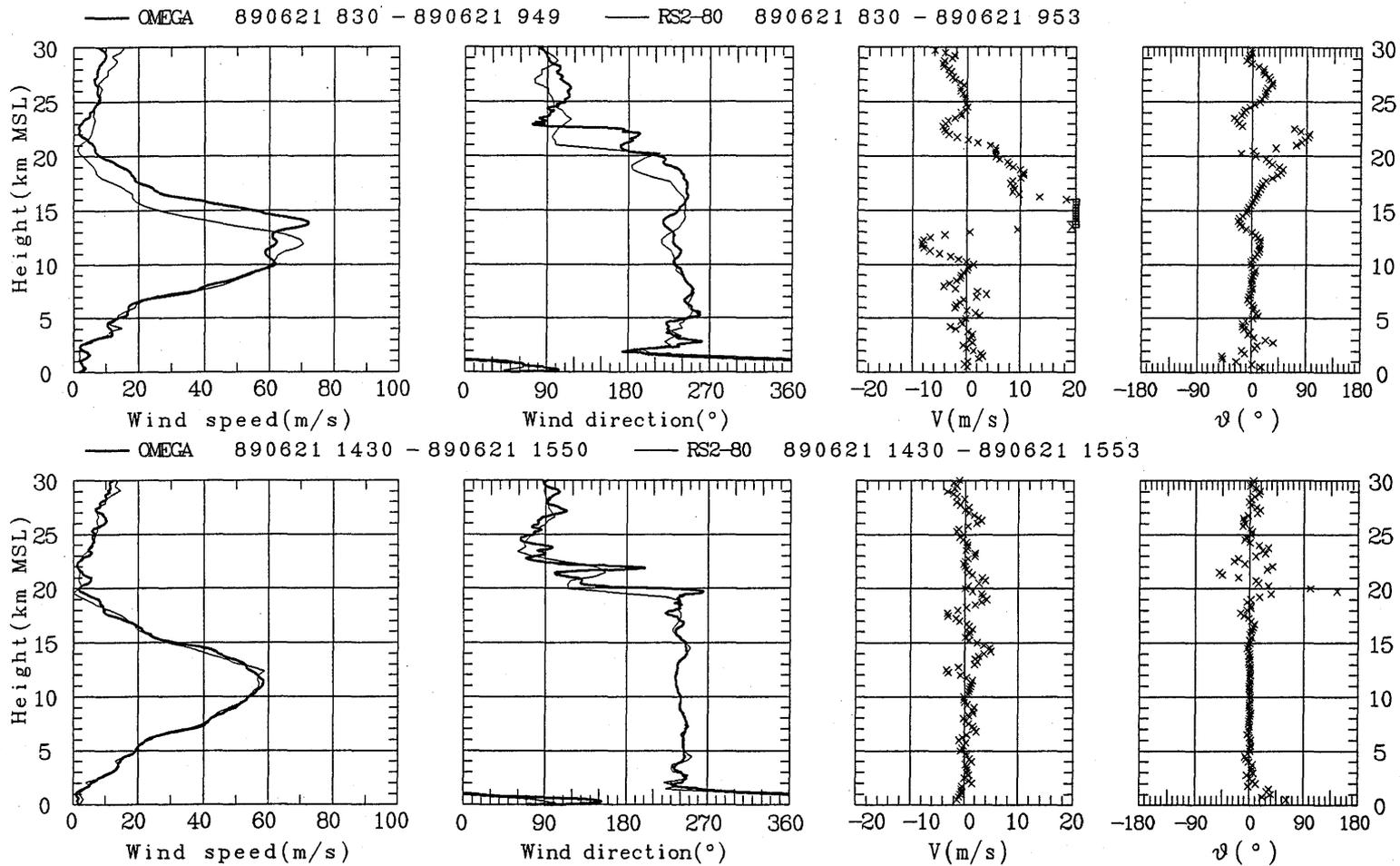


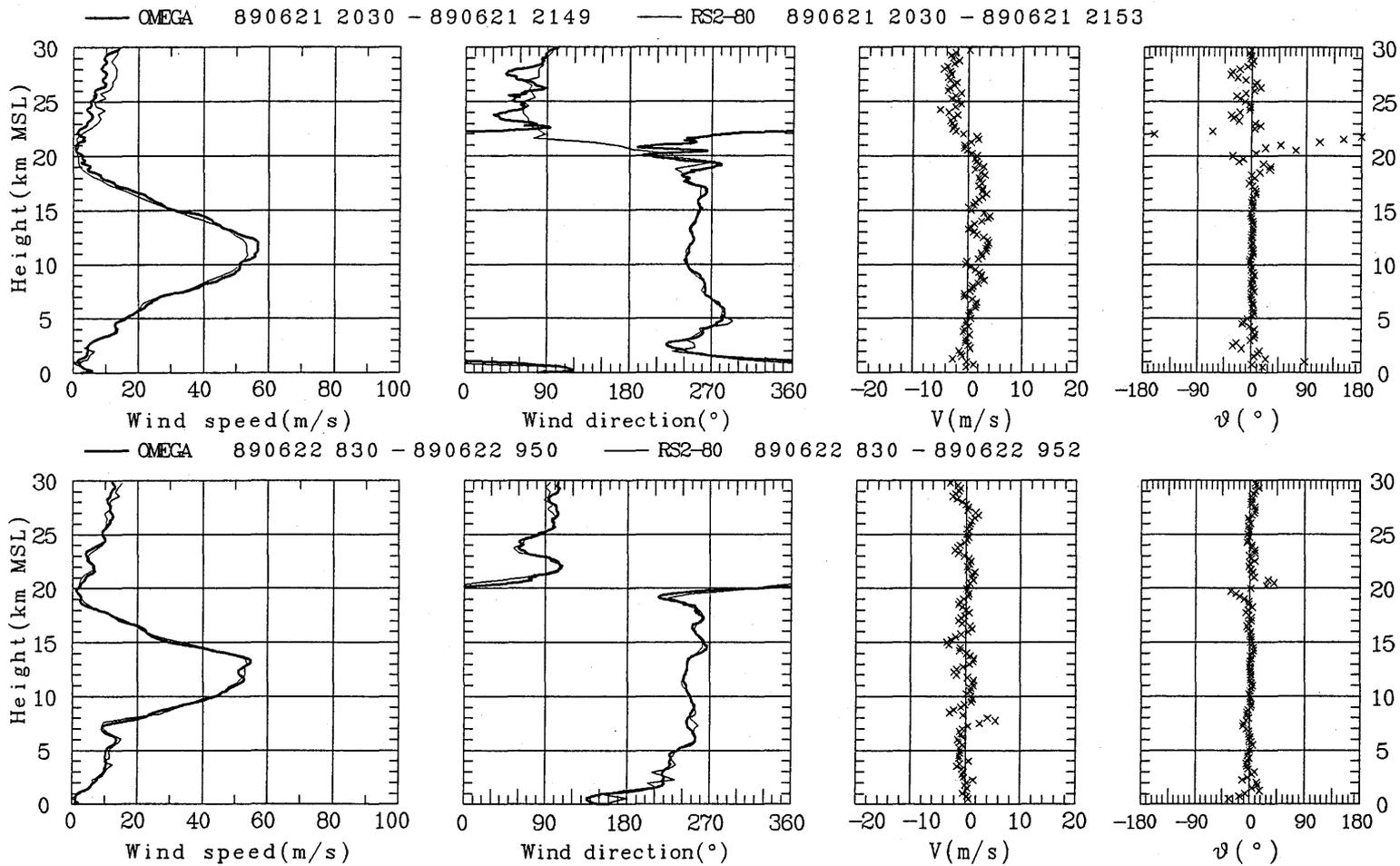
— OMEGA 890620 1430 - 890620 1548 — RS2-80 890620 1430 - 890620 1552

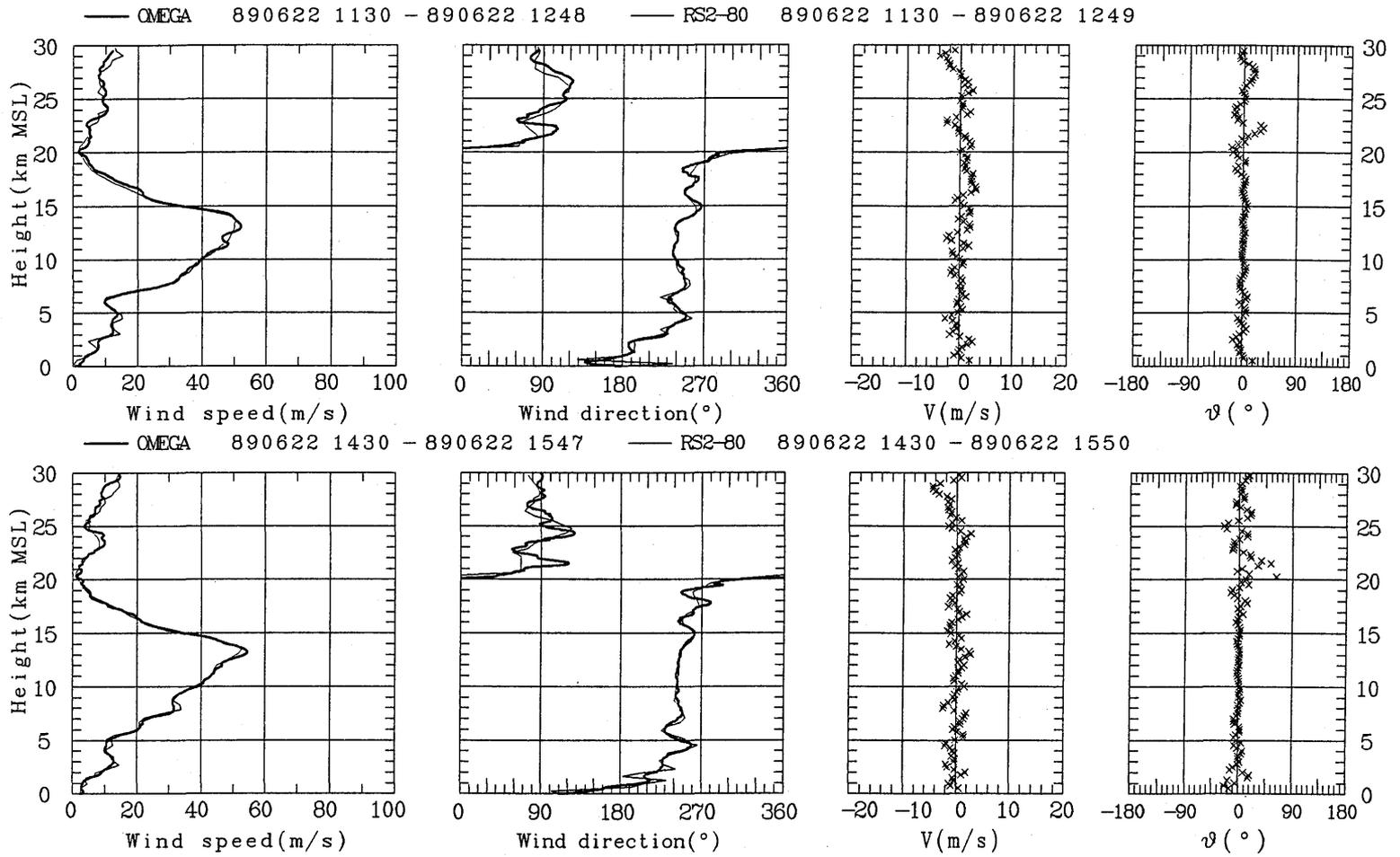


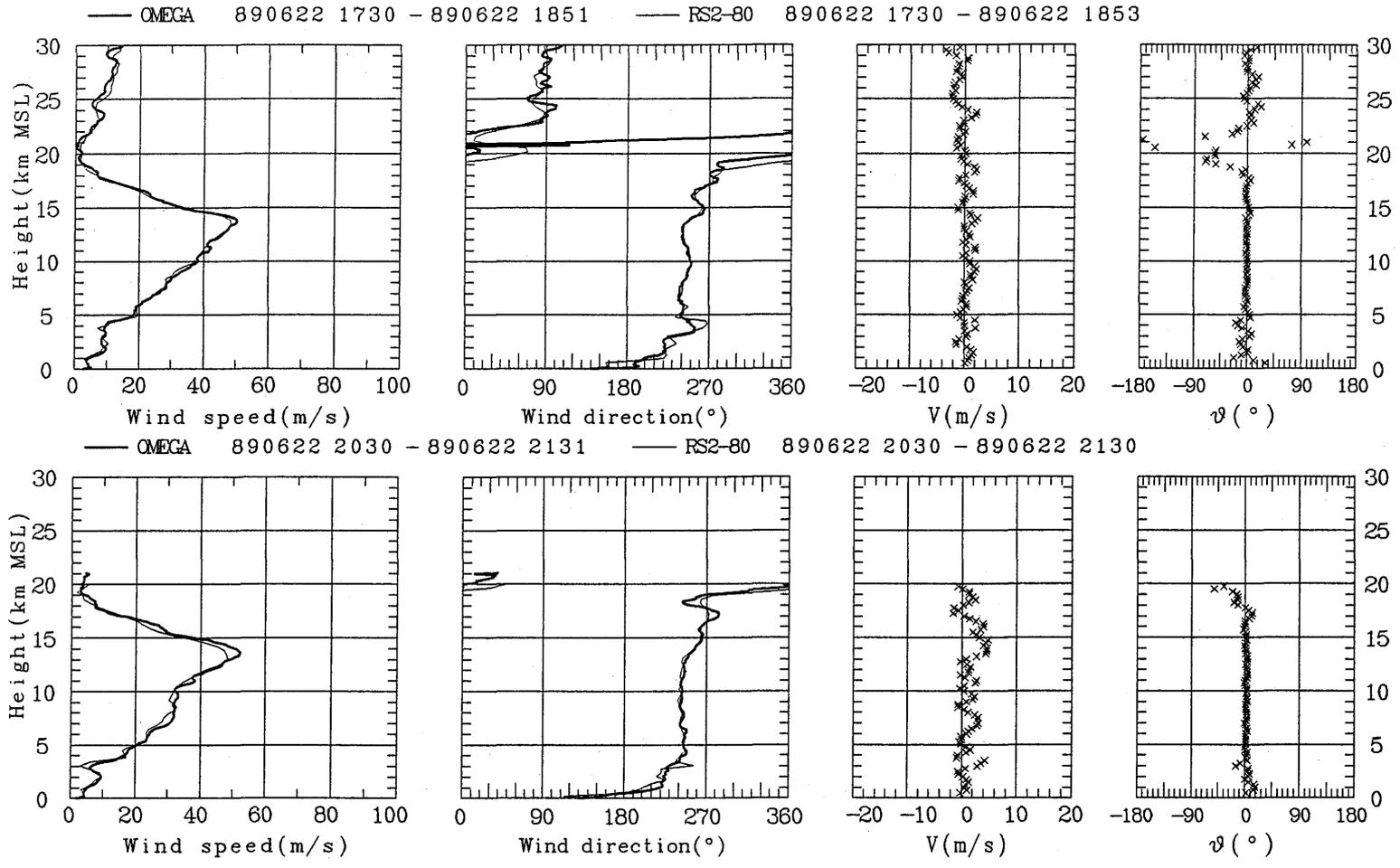
— OMEGA 890620 2030 - 890620 2151 — RS2-80 890620 2030 - 890620 2155

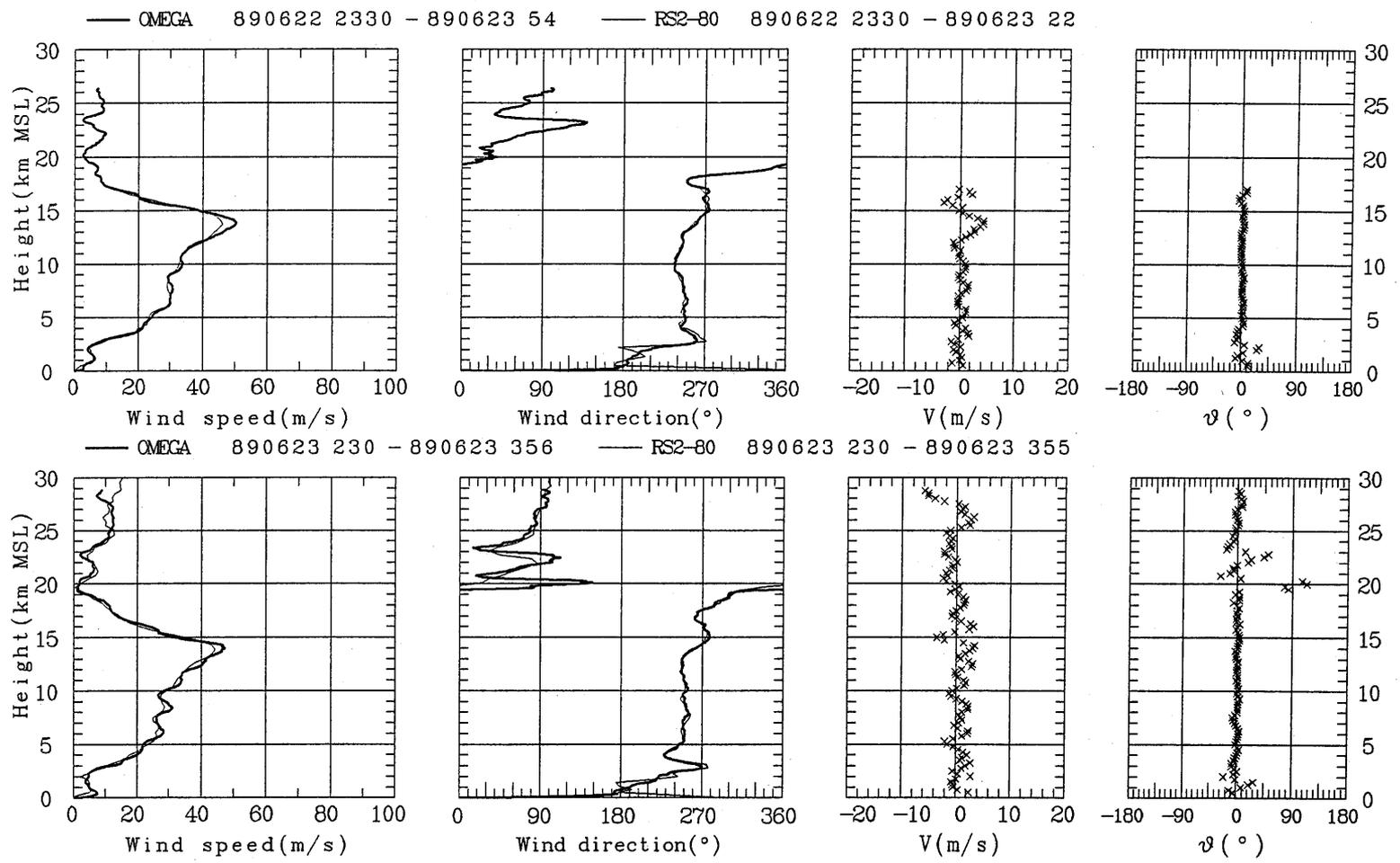


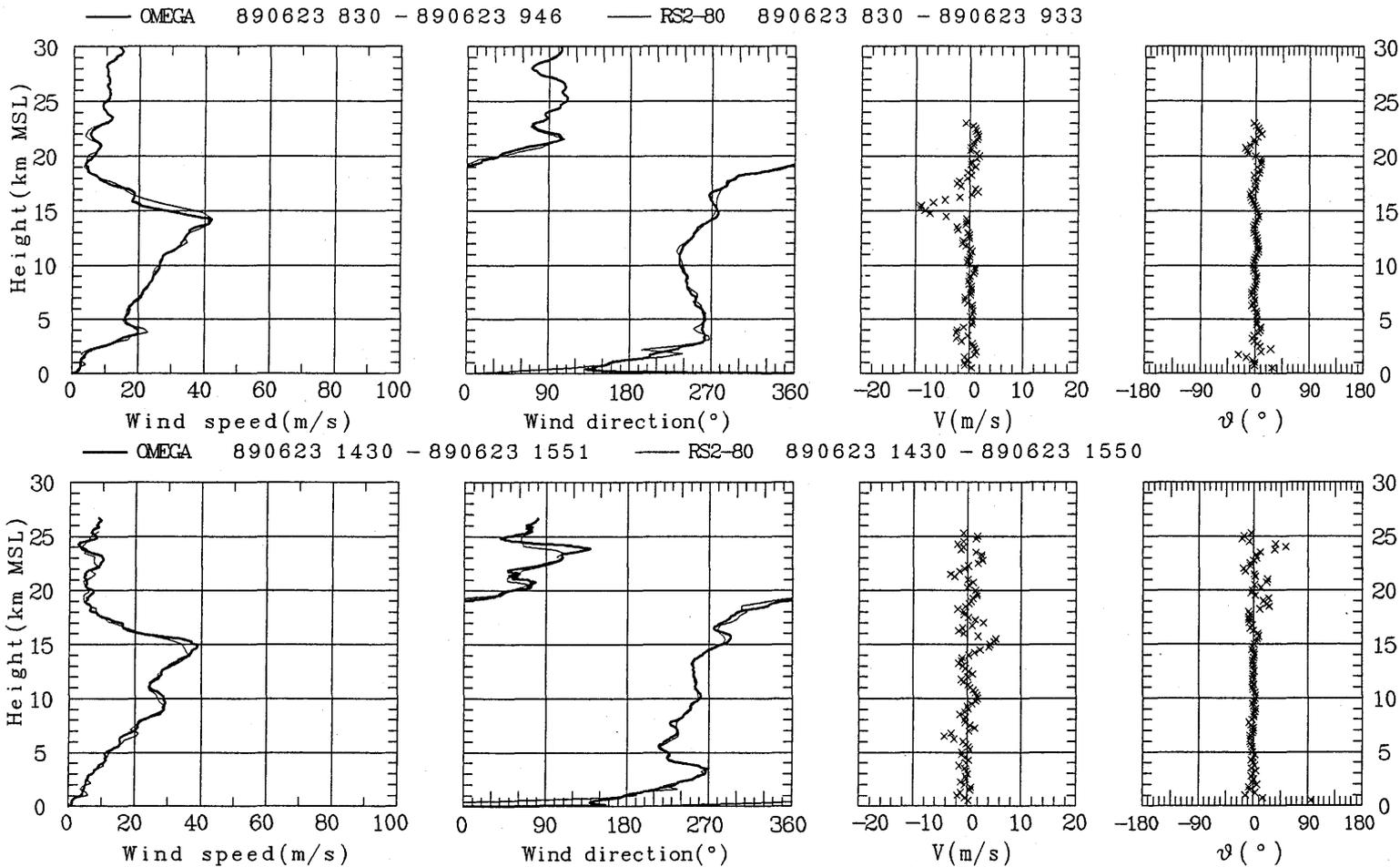


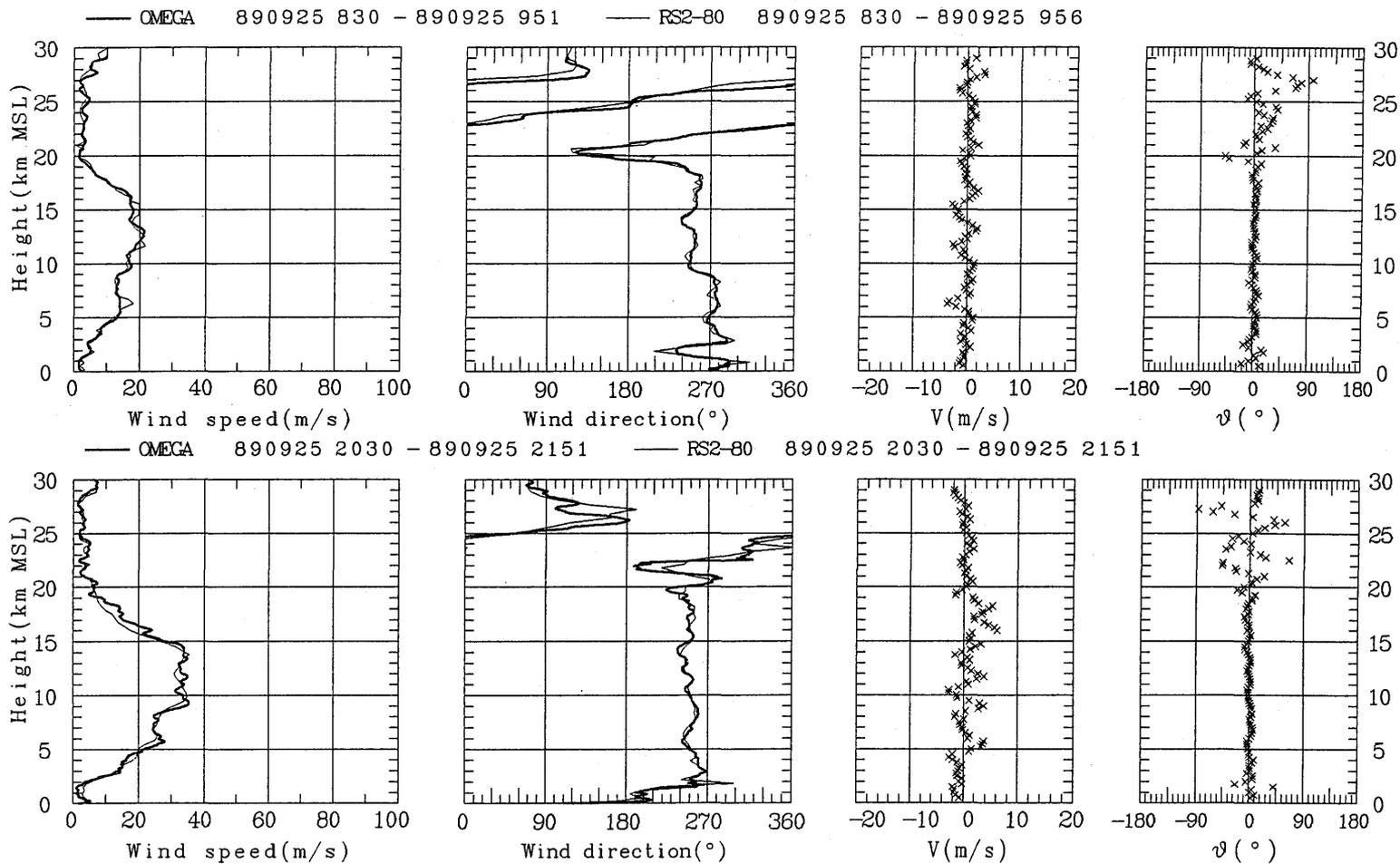


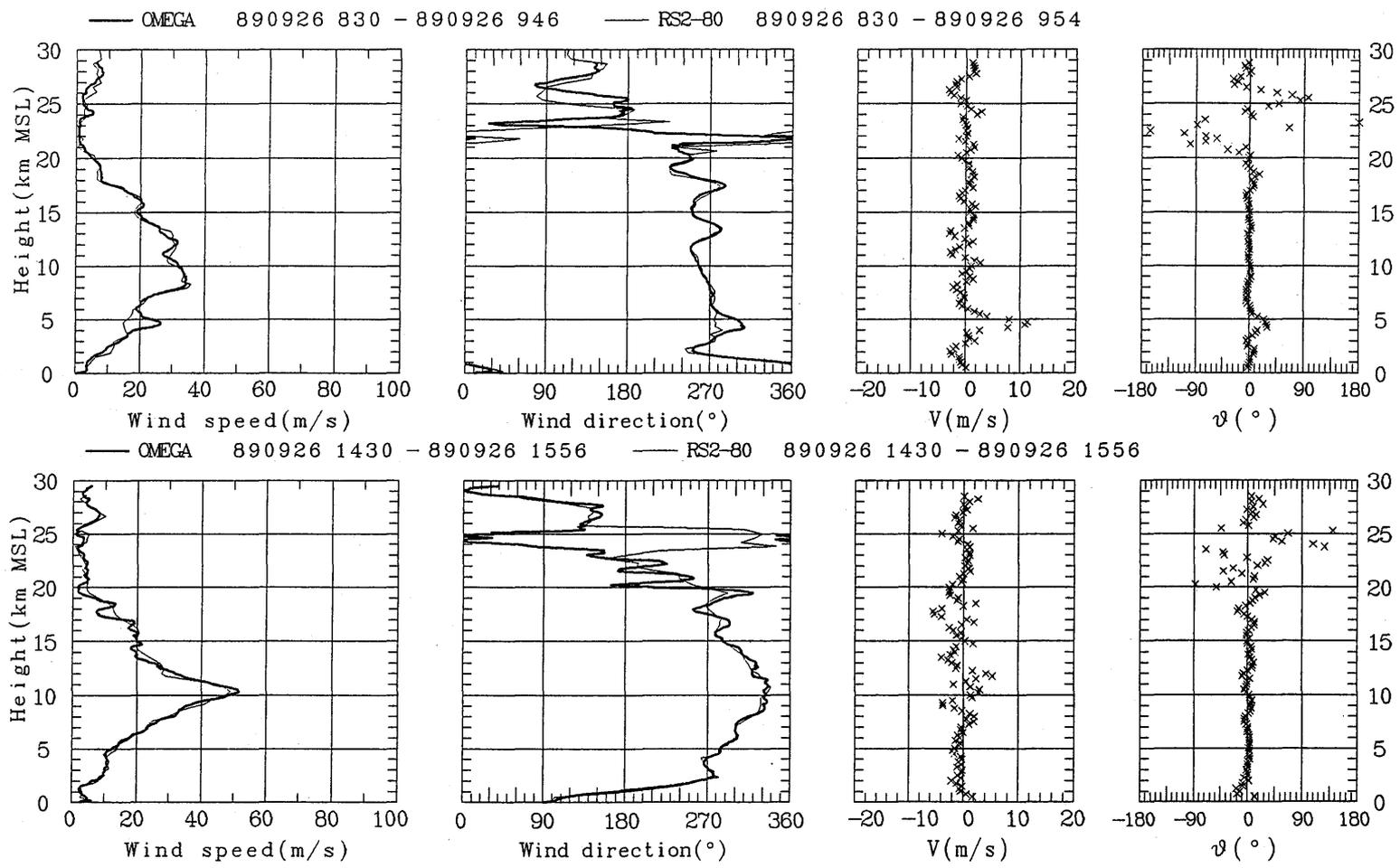


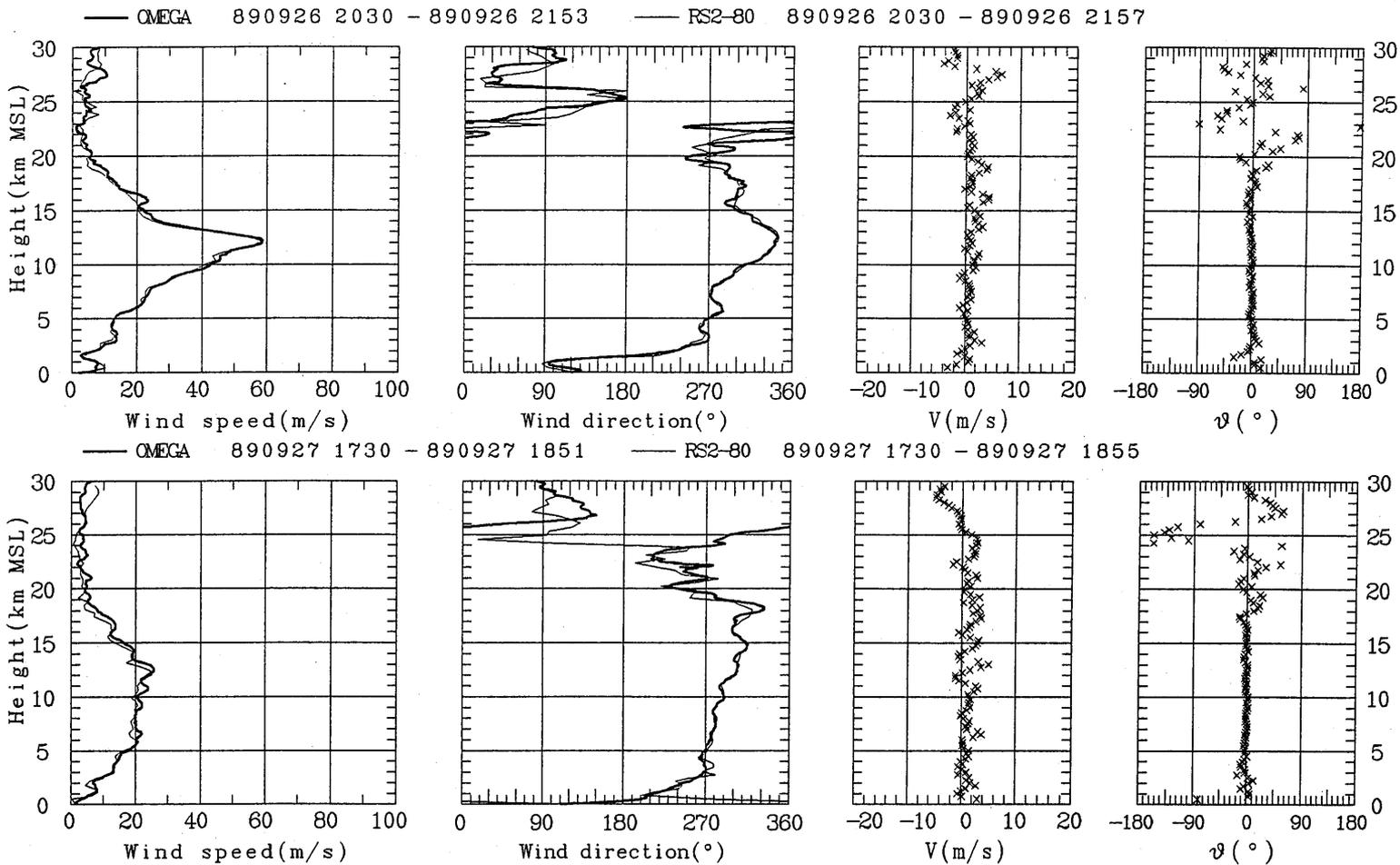


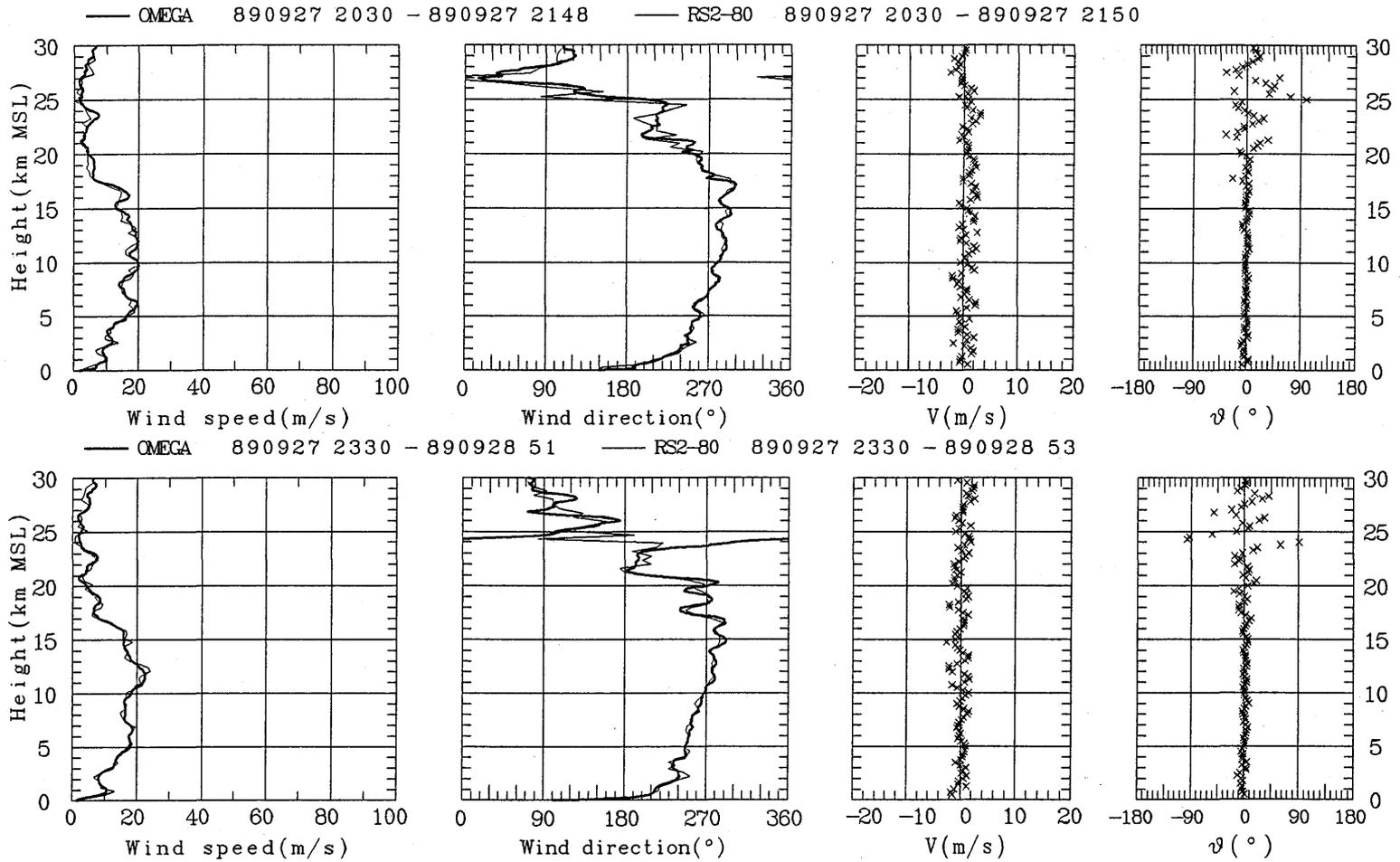


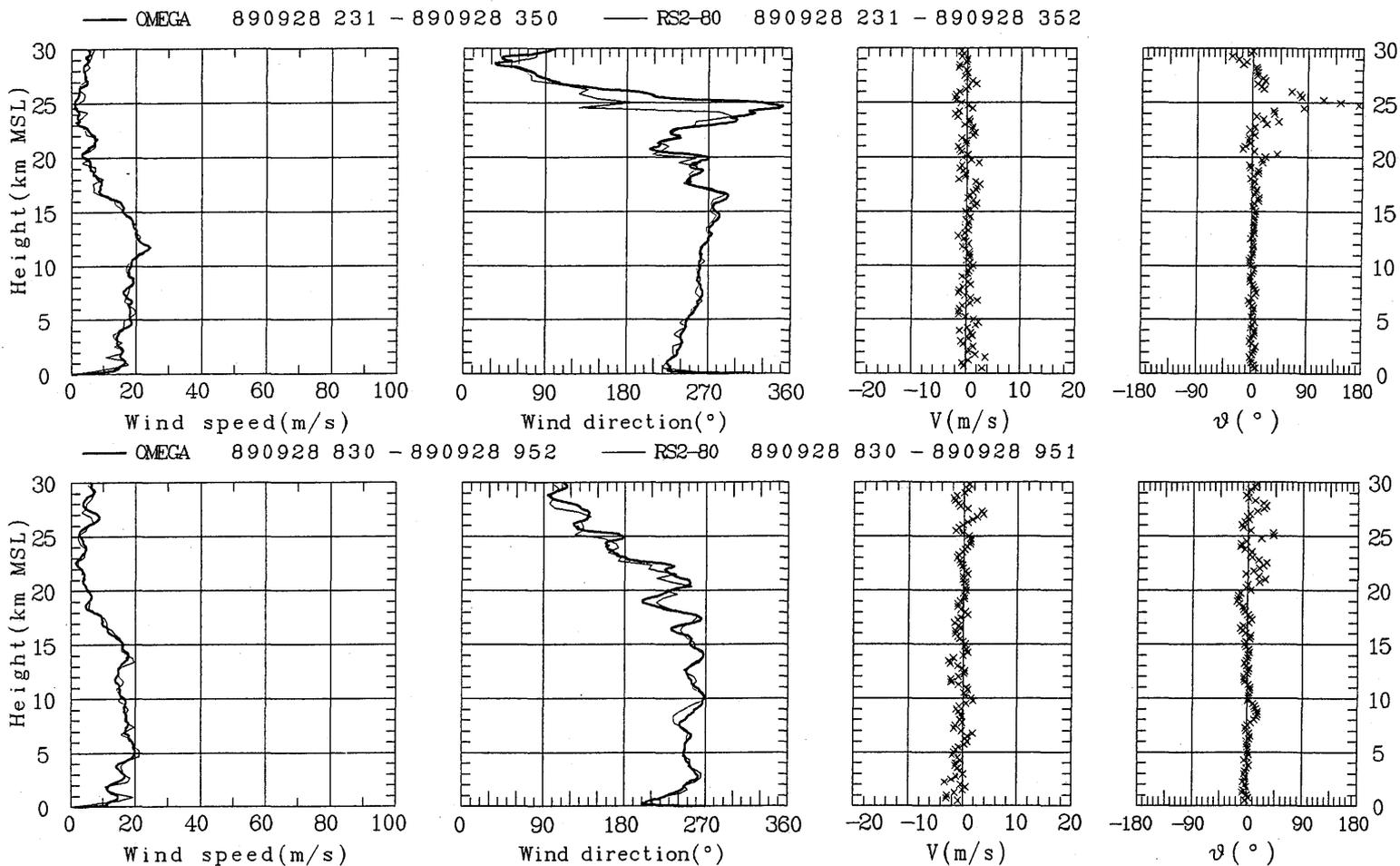


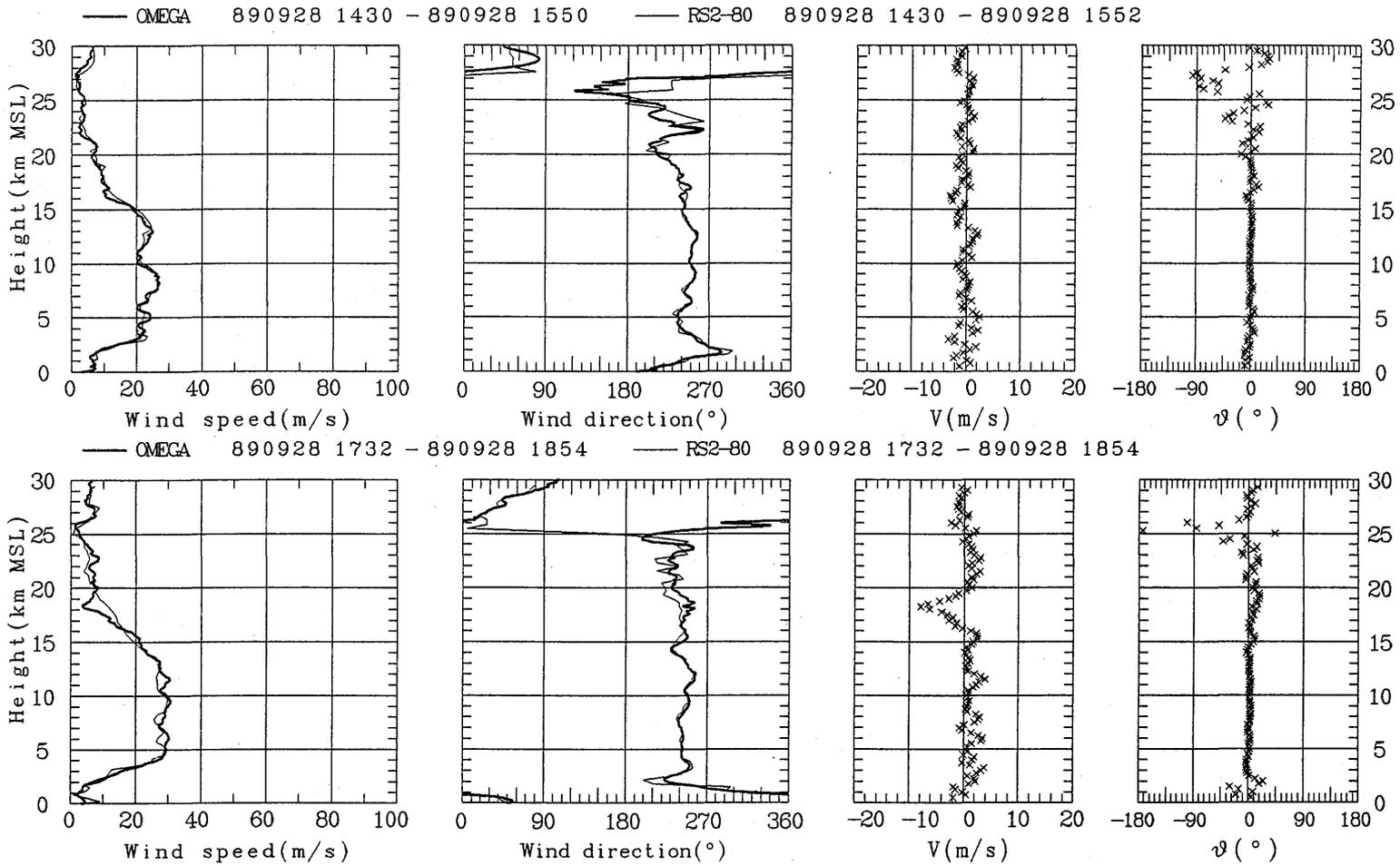


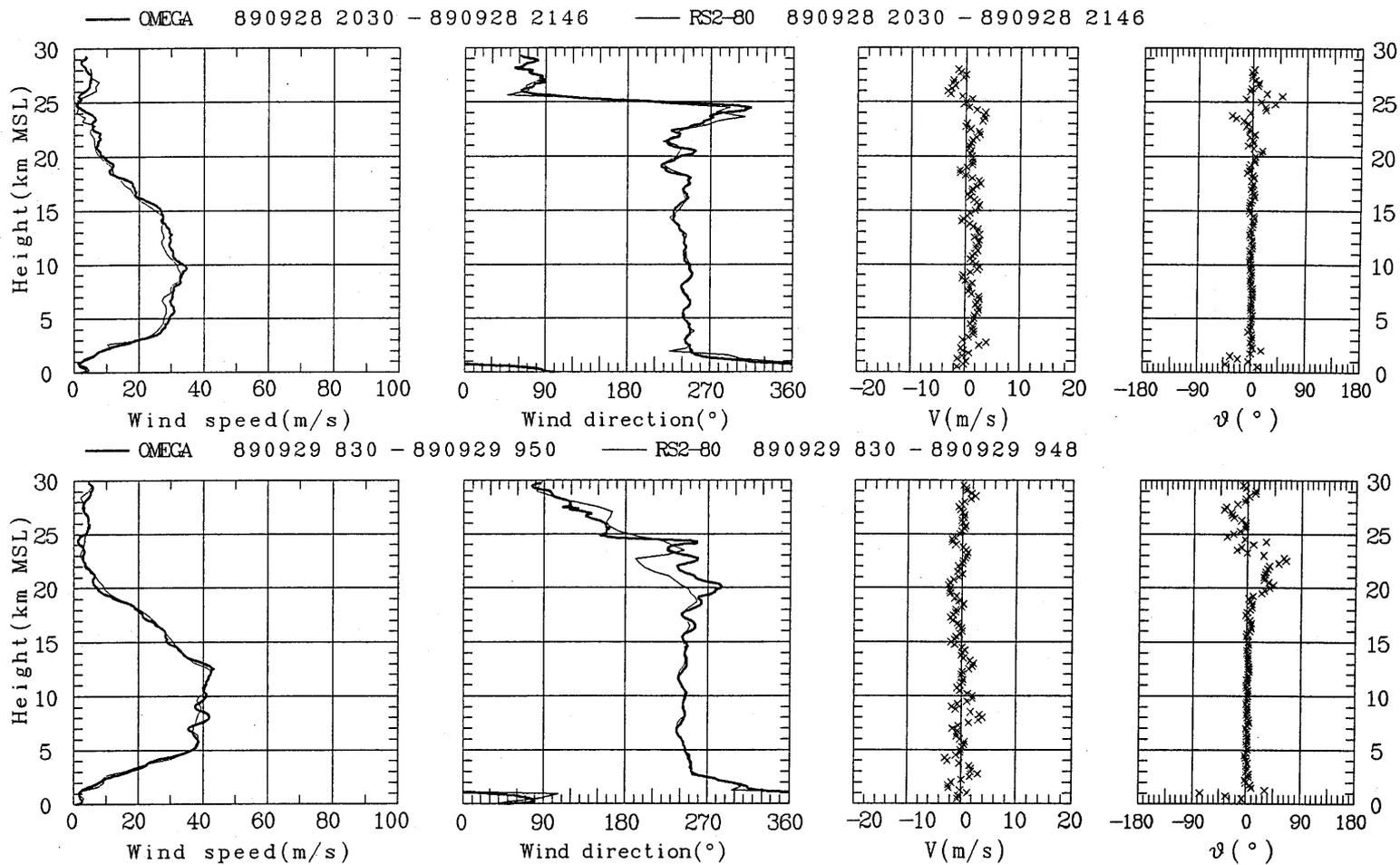




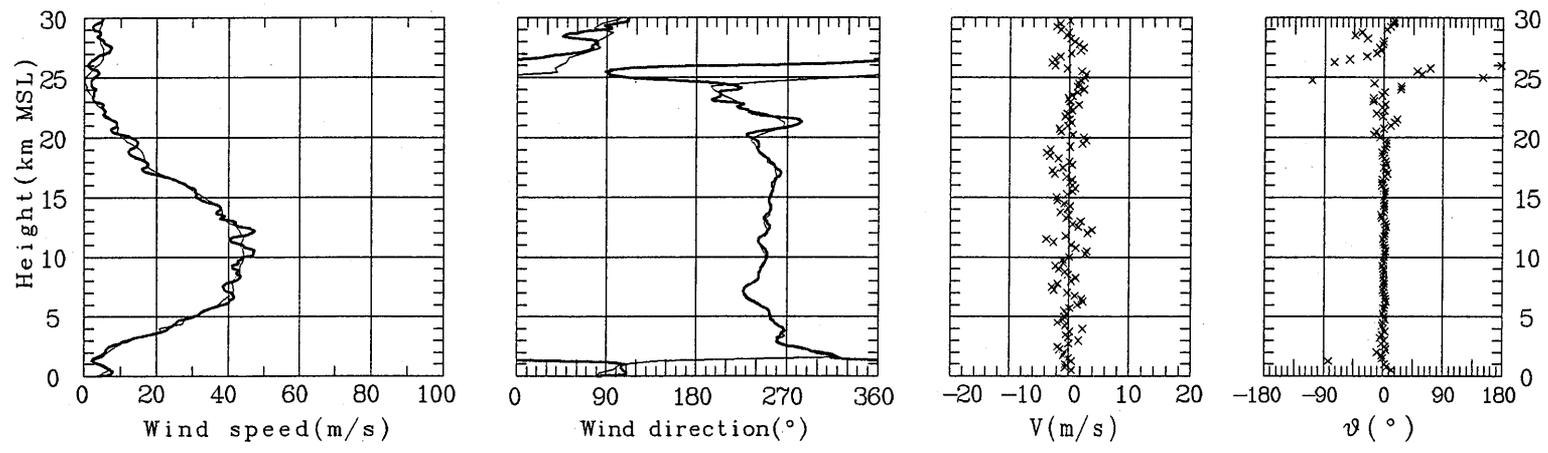




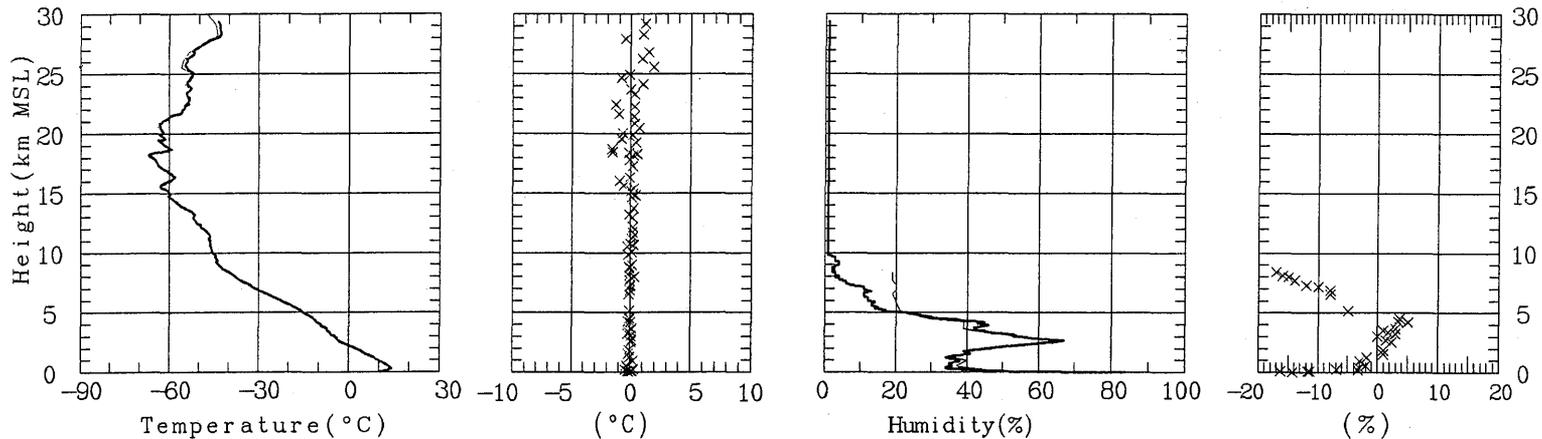




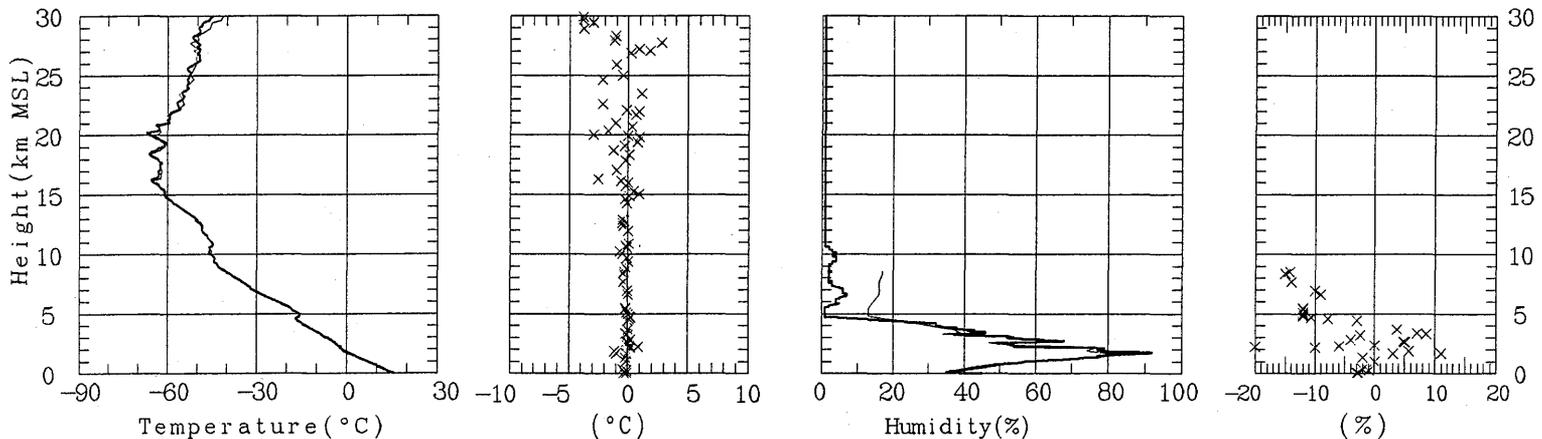
— OMEGA 890929 1430 - 890929 1551 — RS2-80 890929 1430 - 890929 1554

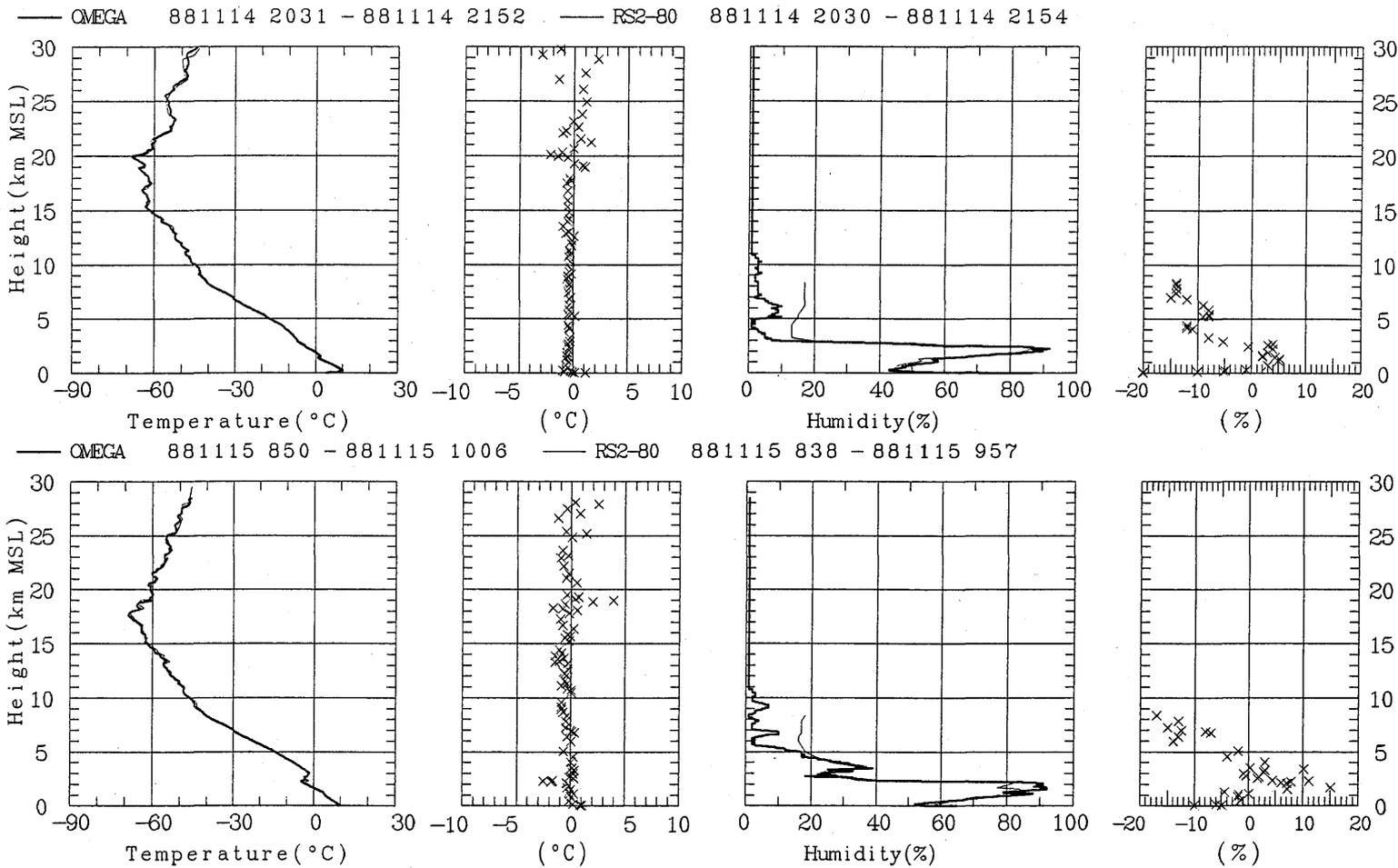


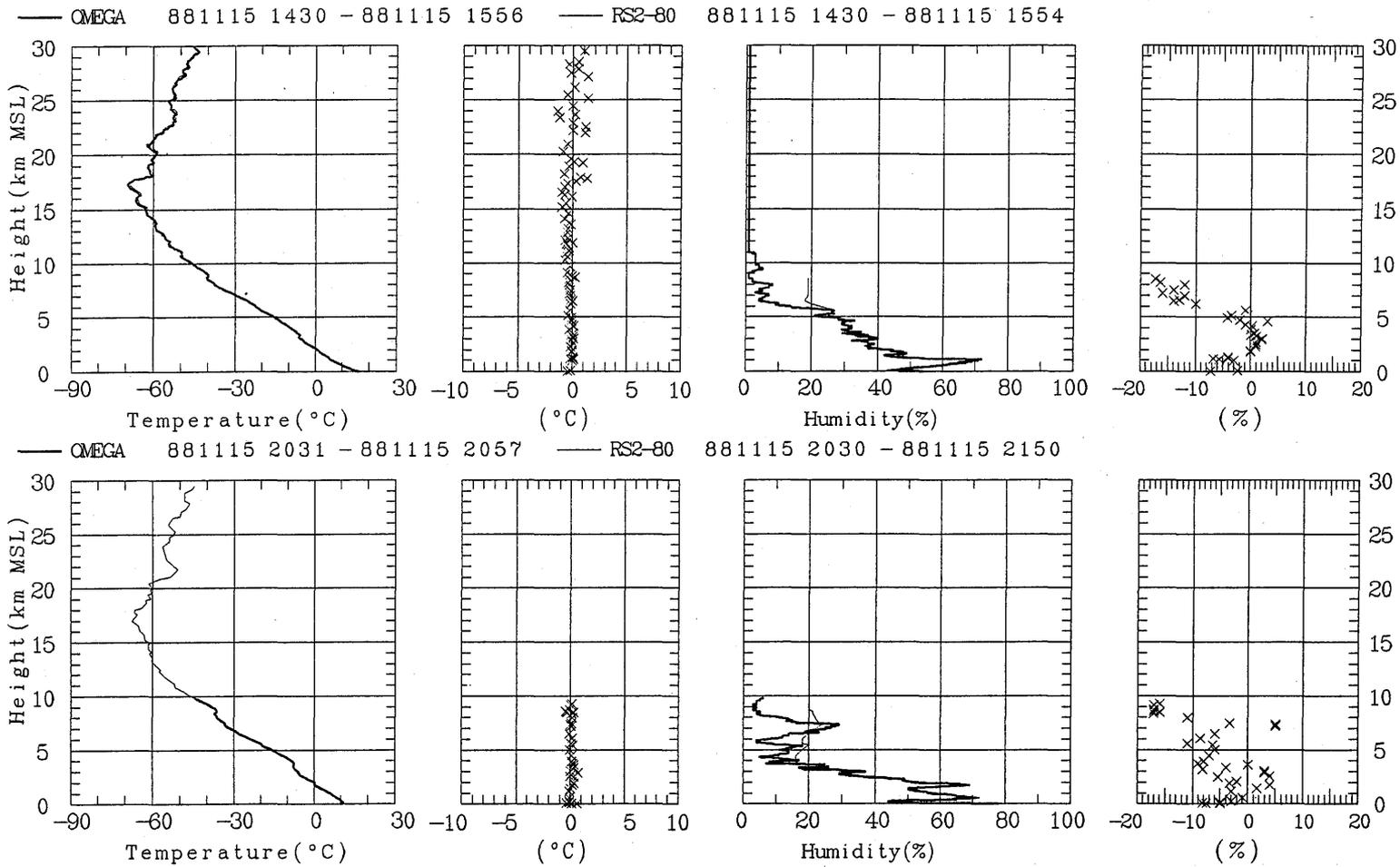
— OMEGA 881114 831 - 881114 946 — RS2-80 881114 830 - 881114 951

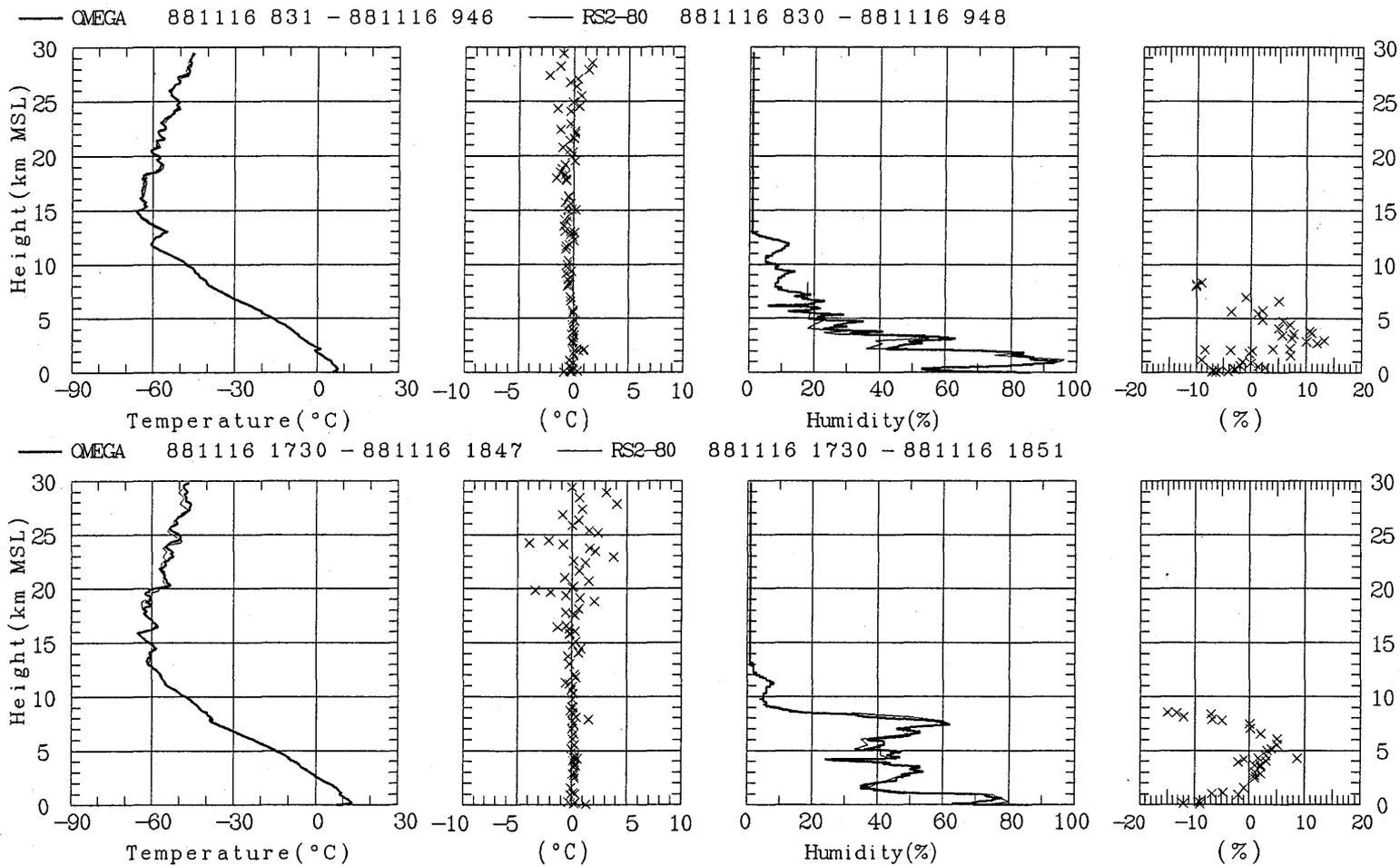


— OMEGA 881114 1430 - 881114 1545 — RS2-80 881114 1430 - 881114 1552

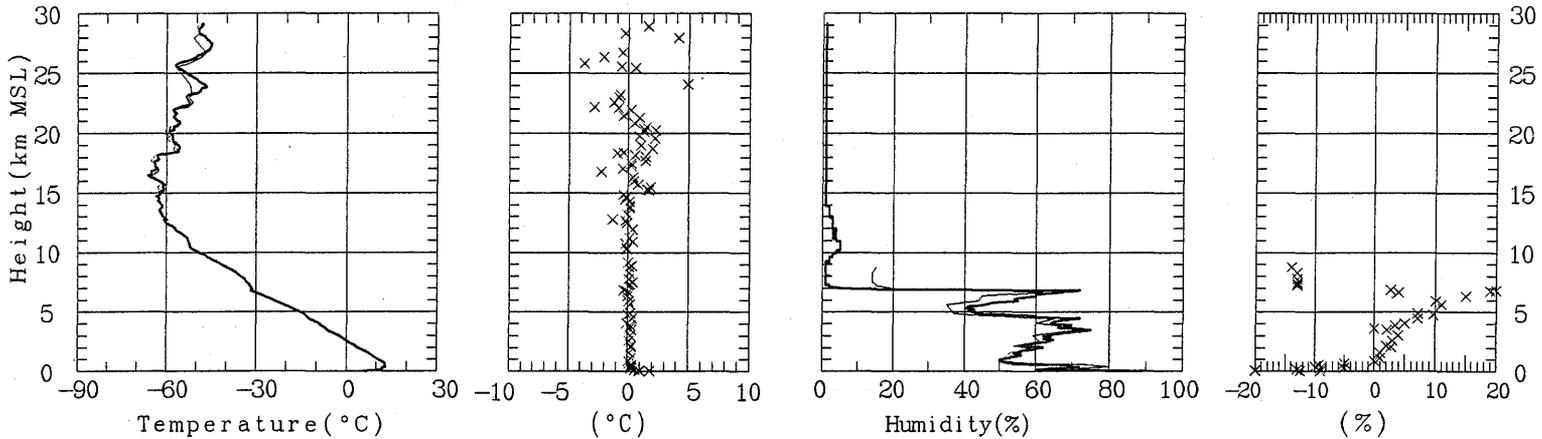




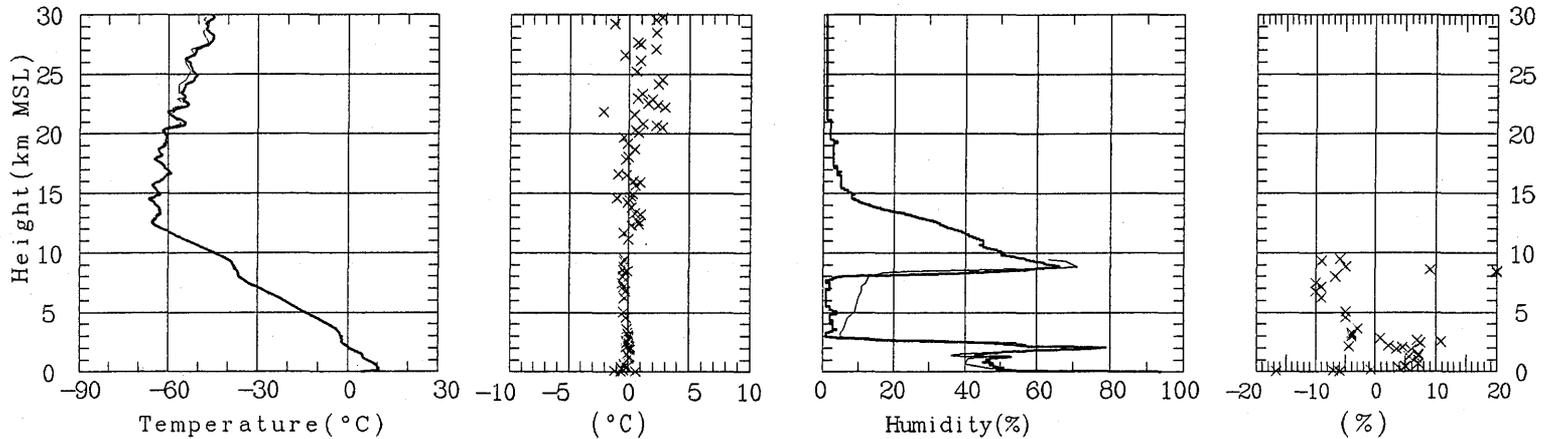


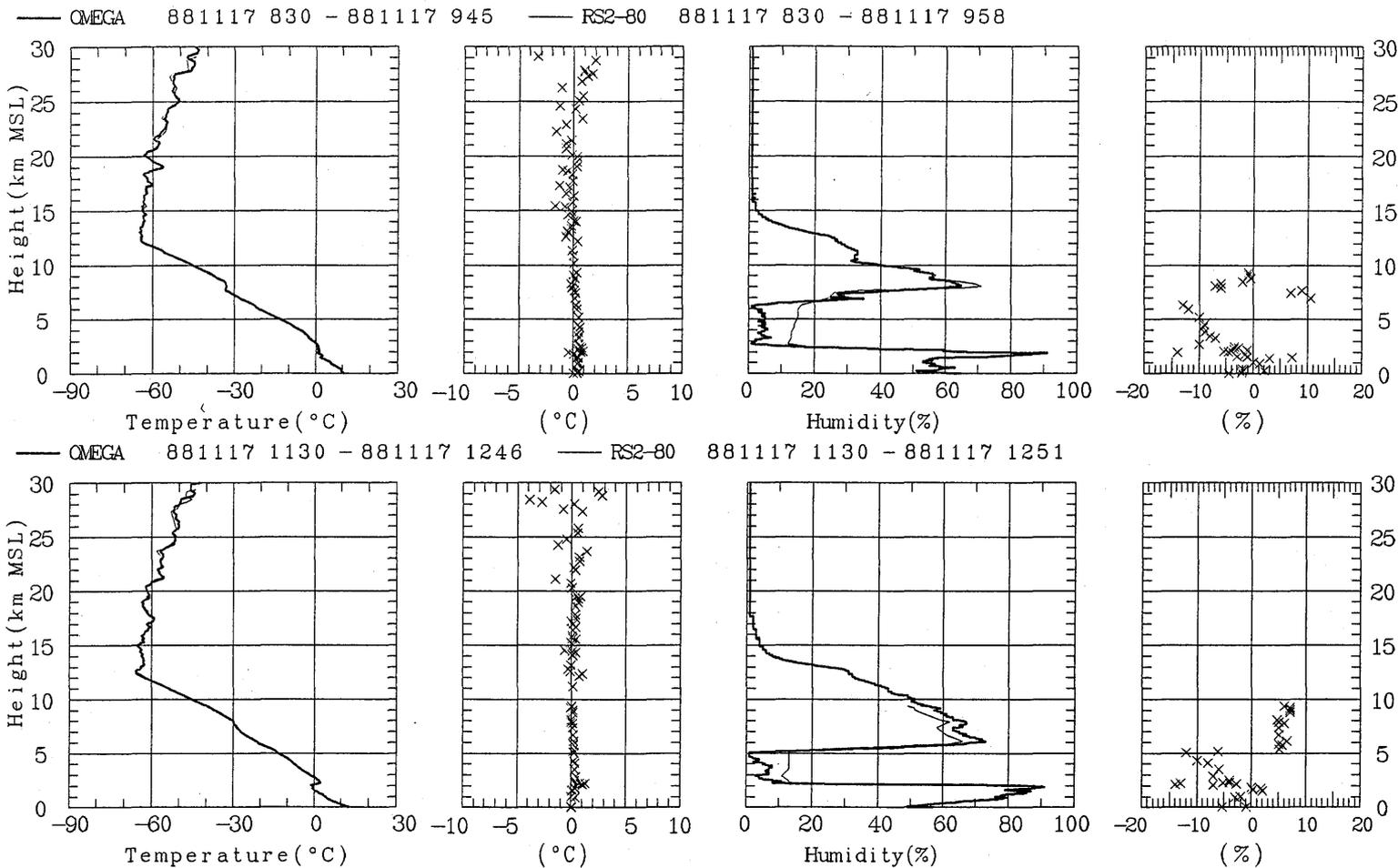


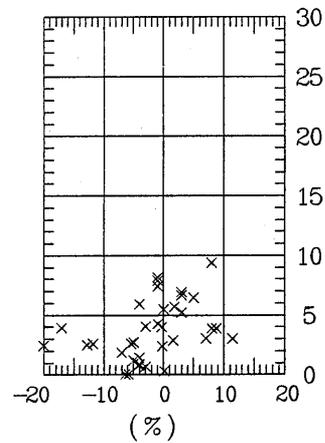
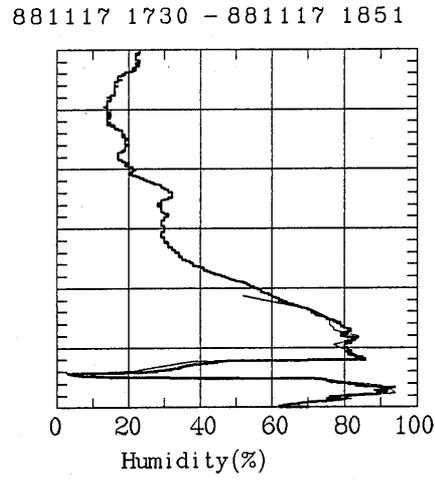
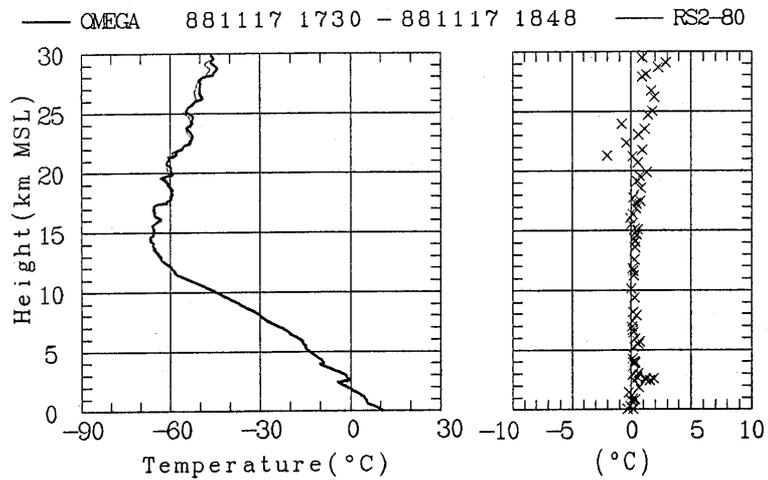
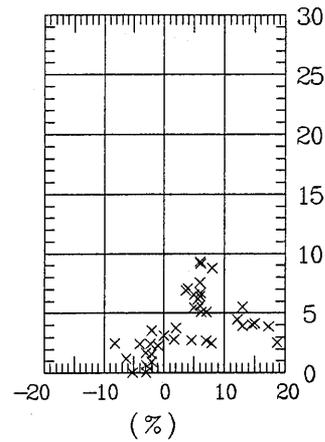
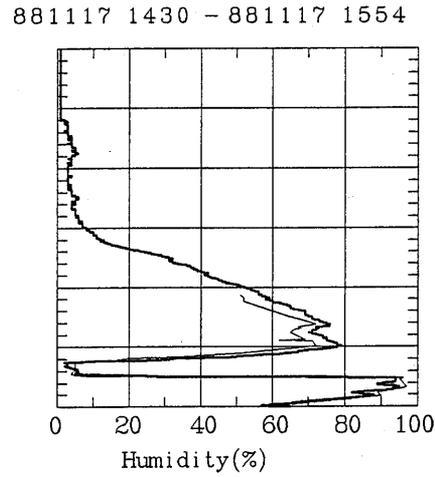
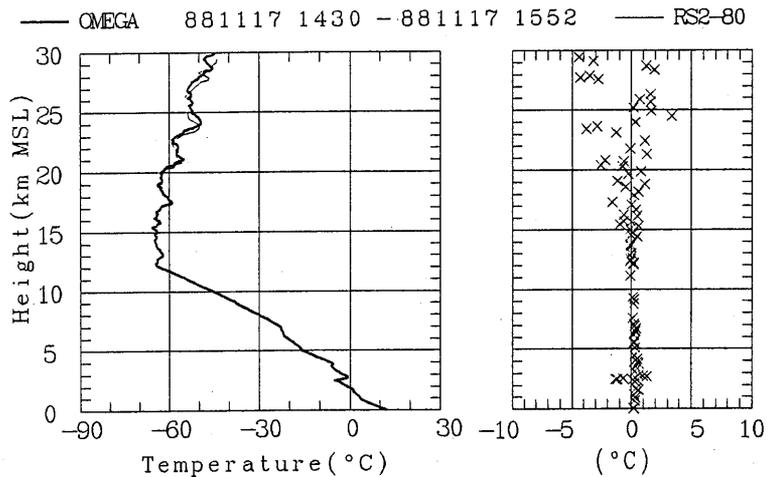
— OMEGA 881116 2030 - 881116 2143 — RS2-80 881116 2030 - 881116 2152



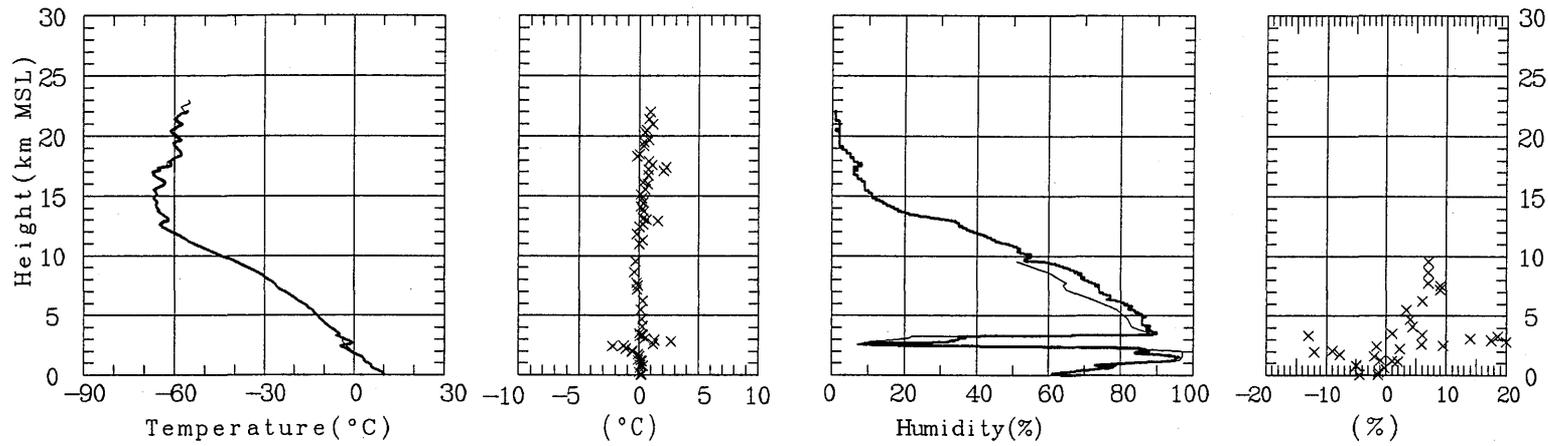
— OMEGA 881117 530 - 881117 647 — RS2-80 881117 530 - 881117 652



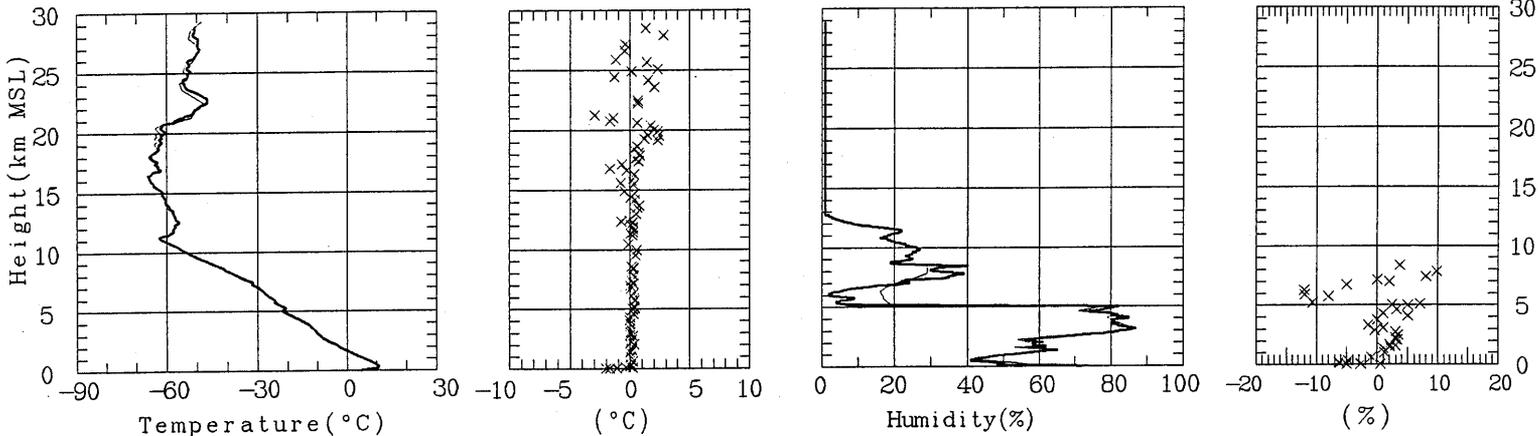




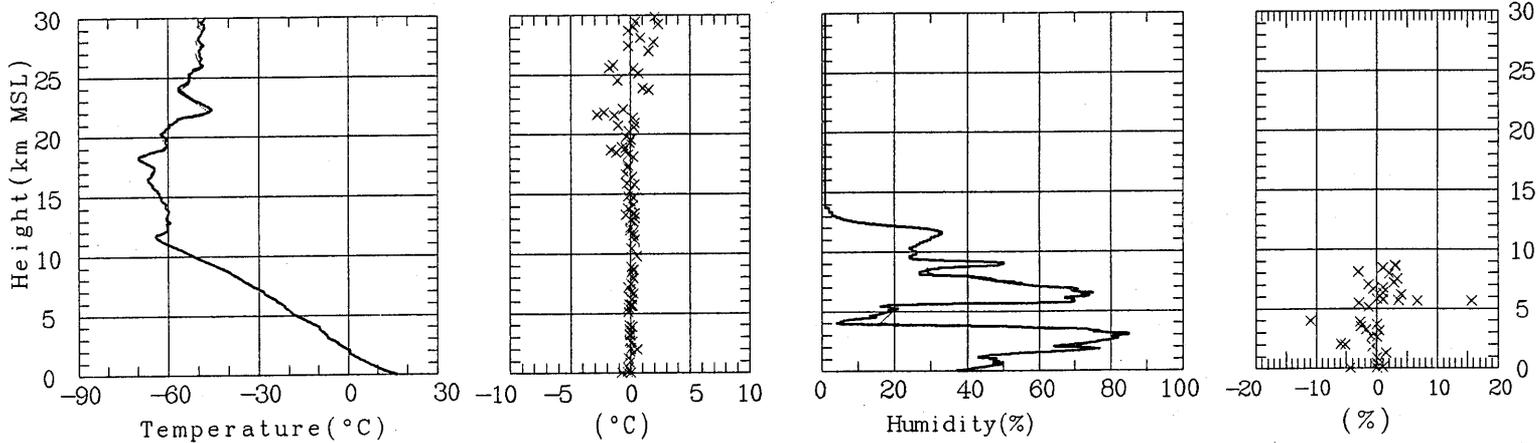
— OMEGA 881117 2030 - 881117 2131 — RS2-80 881117 2030 - 881117 2135



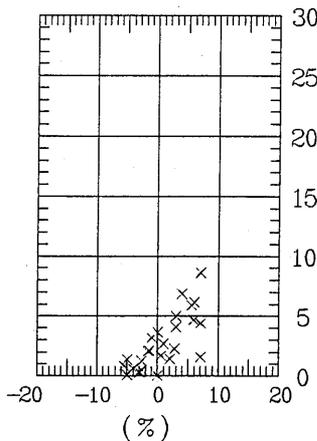
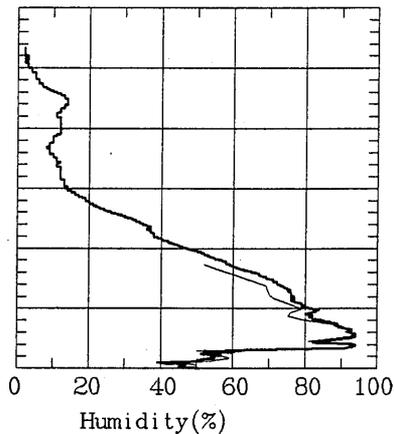
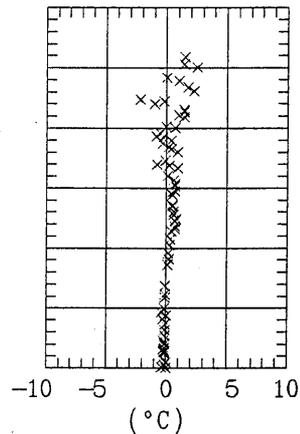
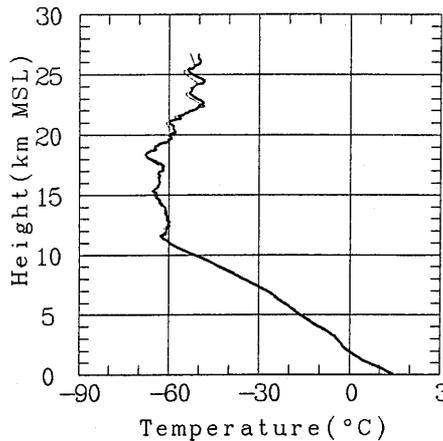
— OMEGA 890313 830 - 890313 943 — RS2-80 890313 830 - 890313 951



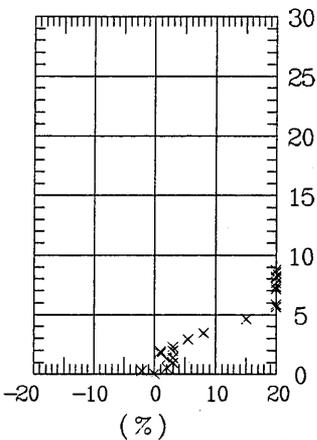
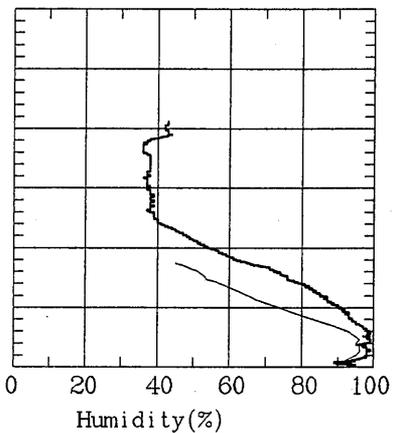
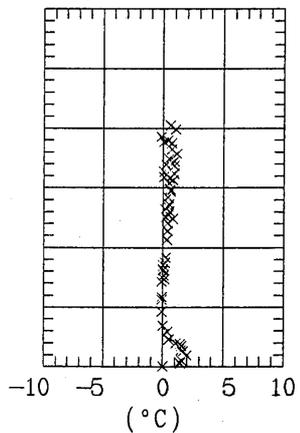
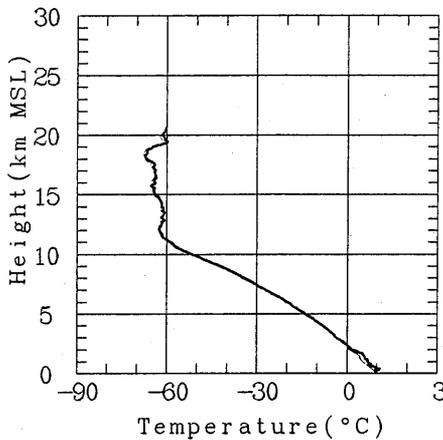
— OMEGA 890313 1431 - 890313 1556 — RS2-80 890313 1431 - 890313 1557



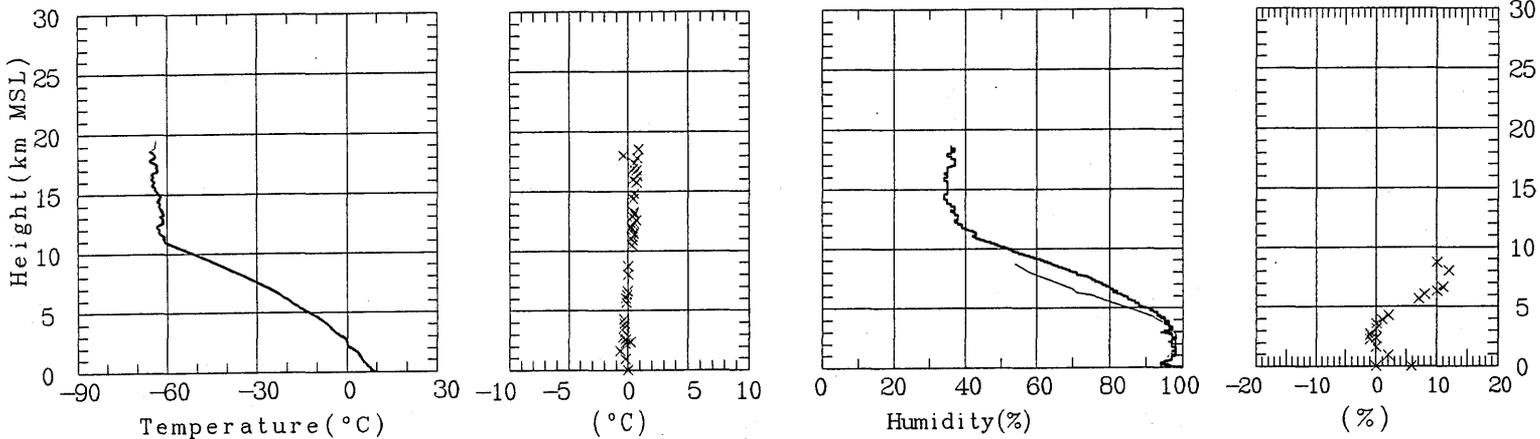
— OMEGA 890313 1730 - 890313 1839 — RS2-80 890313 1730 - 890313 1842



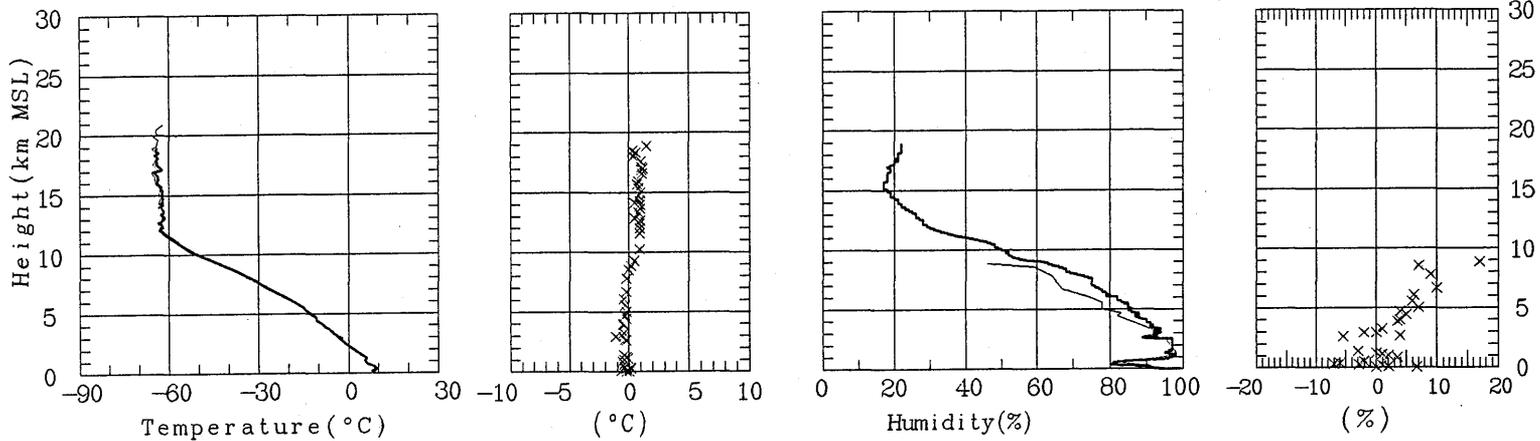
— OMEGA 890313 2030 - 890313 2149 — RS2-80 890313 2030 - 890313 2148

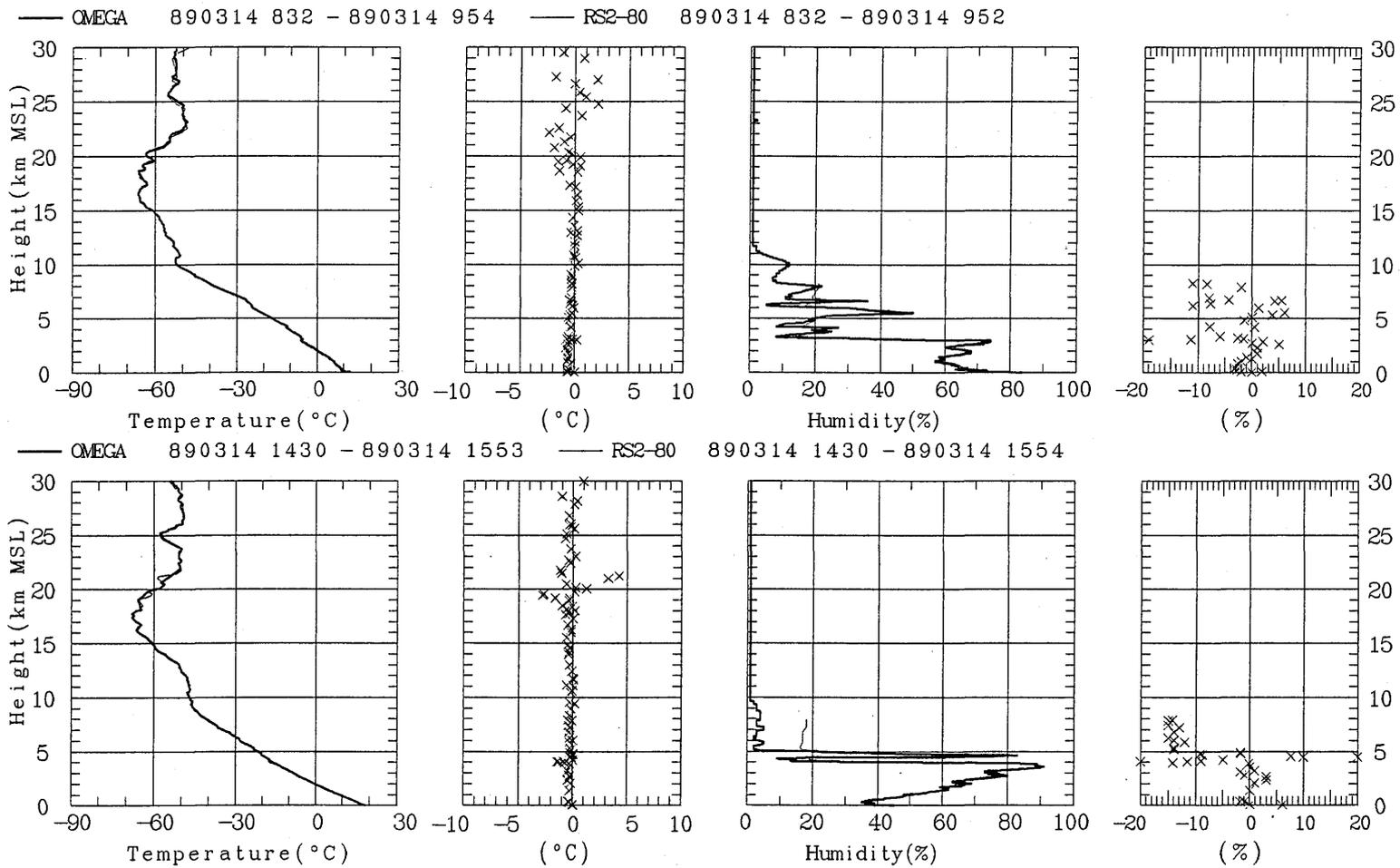


— OMEGA 890313 2330 - 890314 32 — RS2-80 890313 2330 - 890314 30

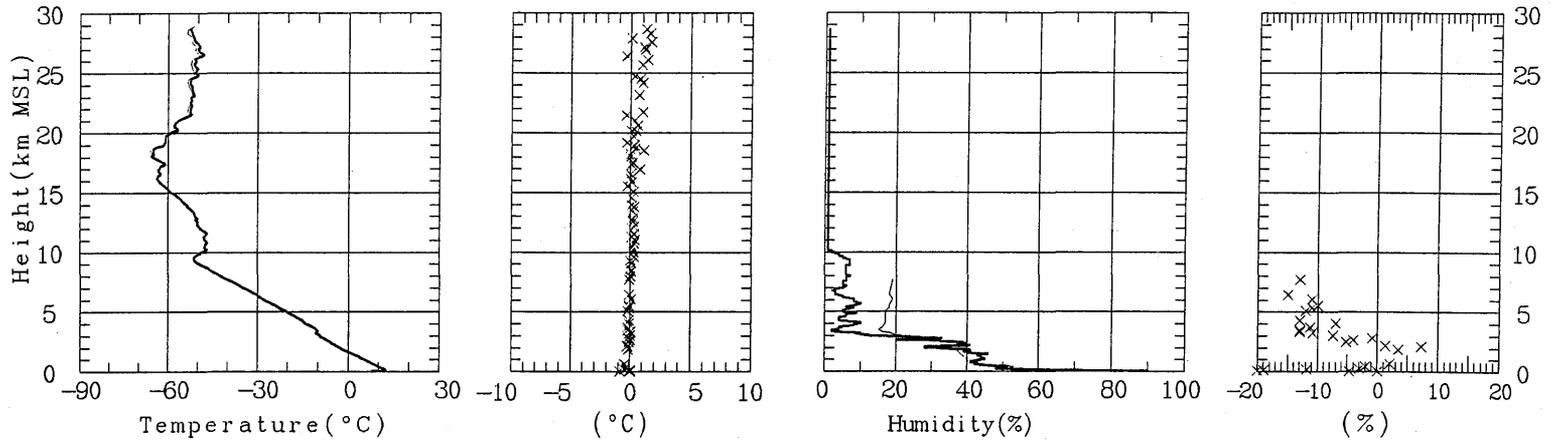


— OMEGA 890314 230 - 890314 323 — RS2-80 890314 230 - 890314 331

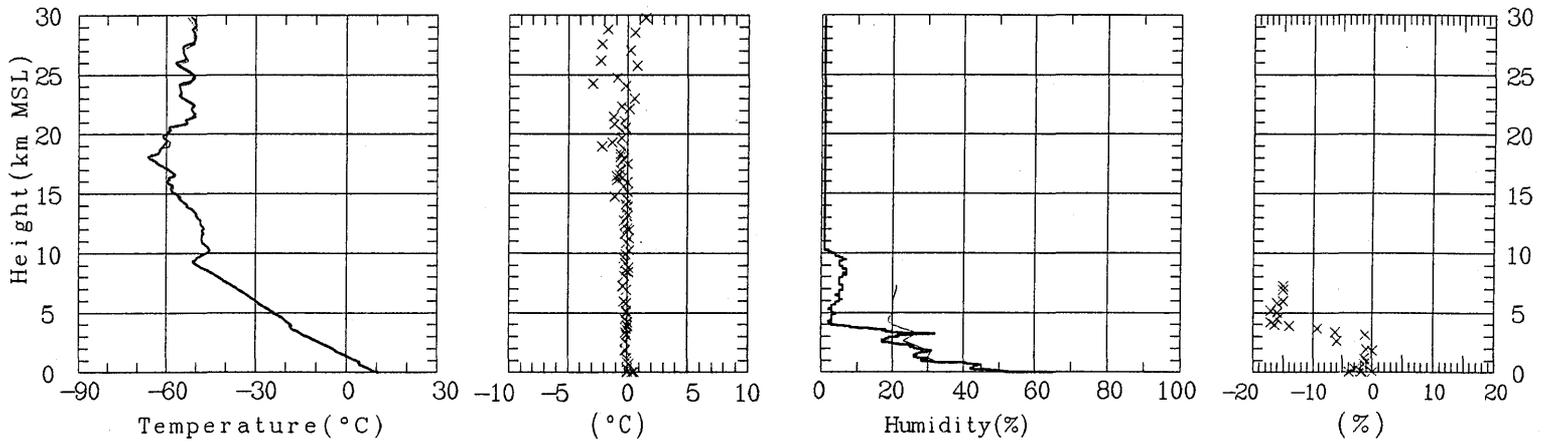


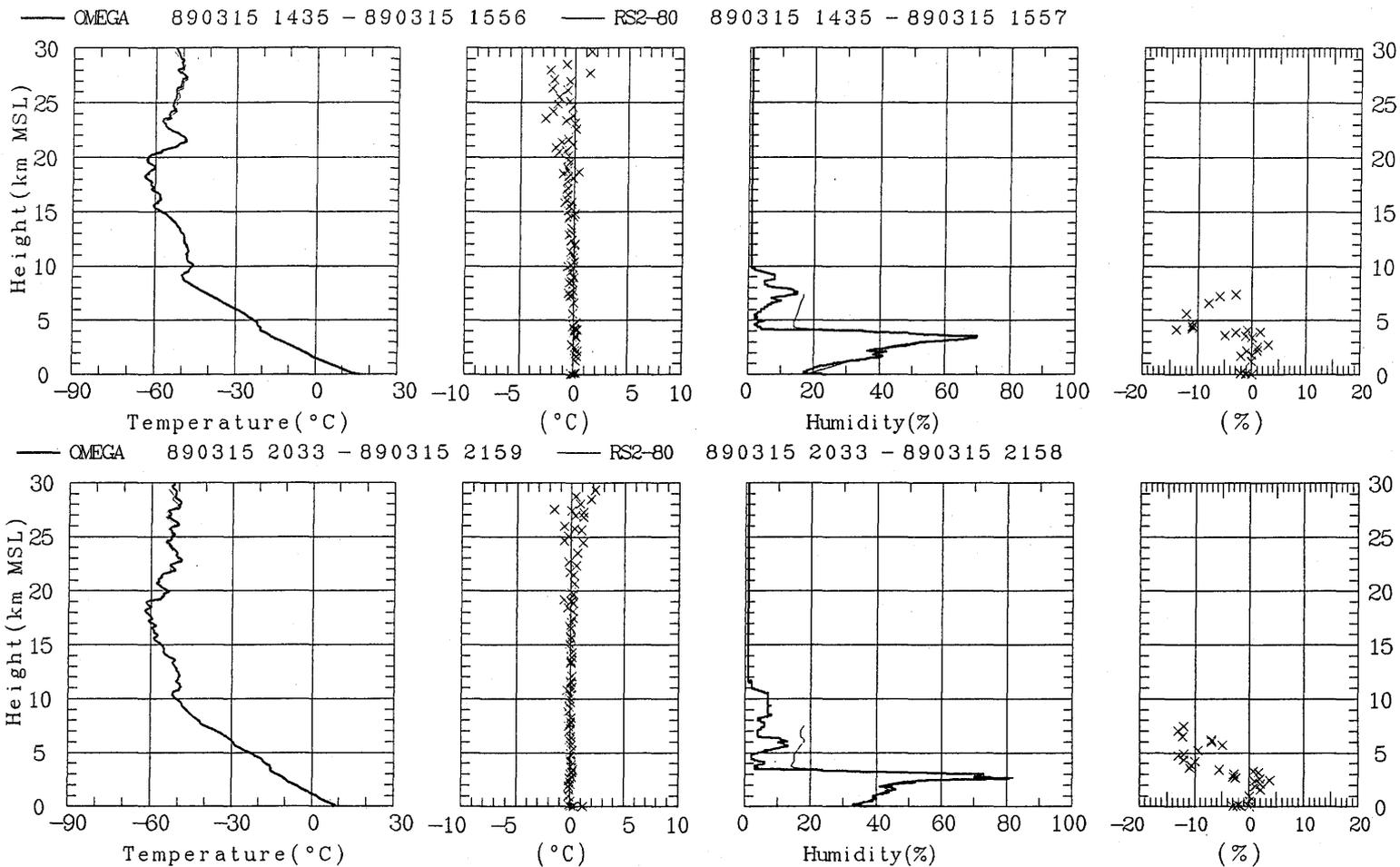


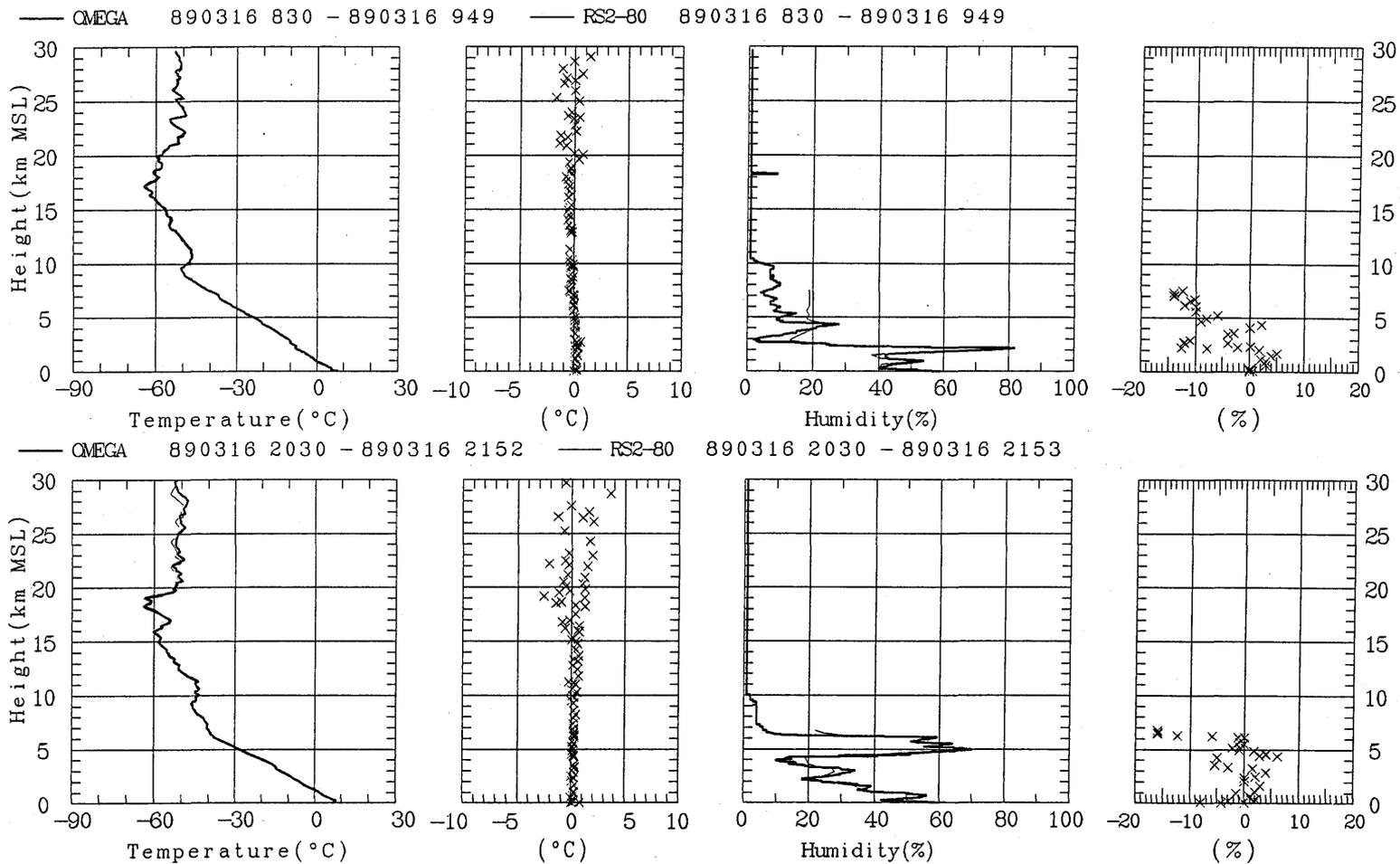
— OMEGA 890314 2030 - 890314 2152 — RS2-80 890314 2030 - 890314 2153



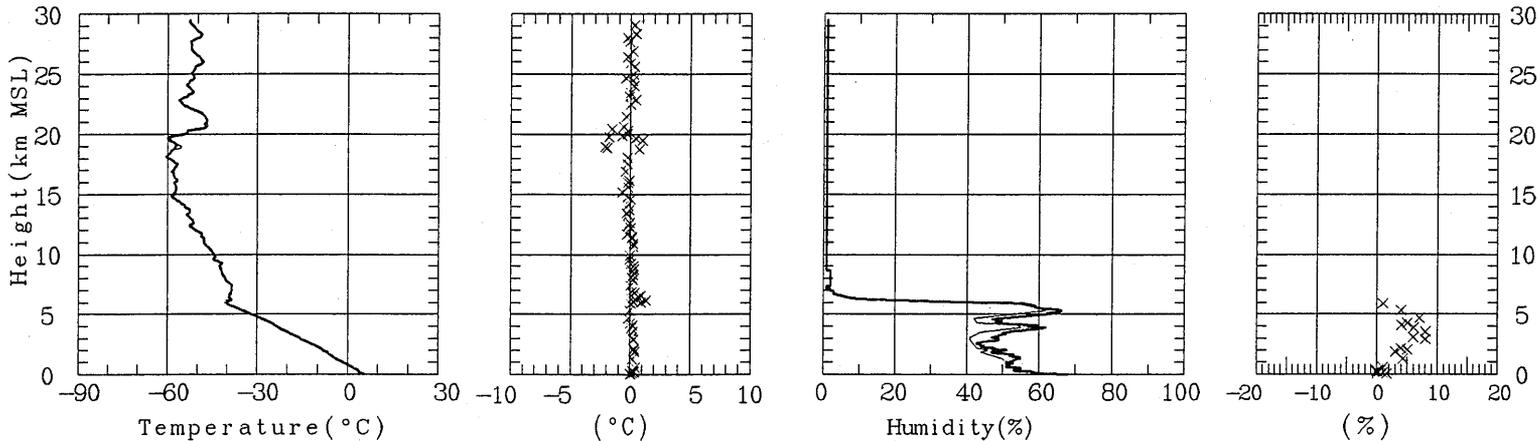
— OMEGA 890315 830 - 890315 948 — RS2-80 890315 830 - 890315 947



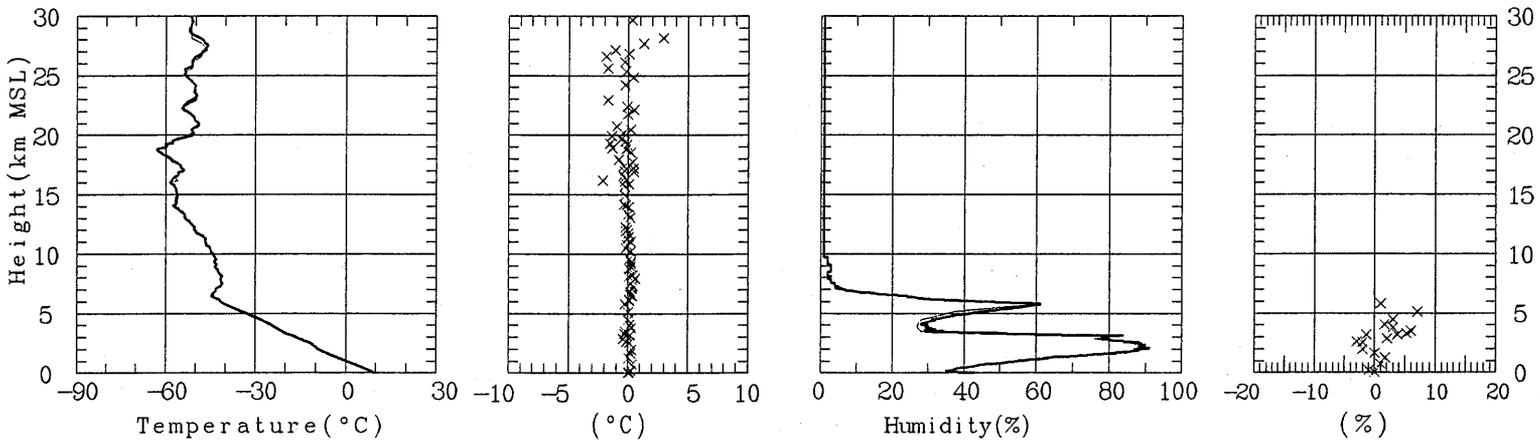


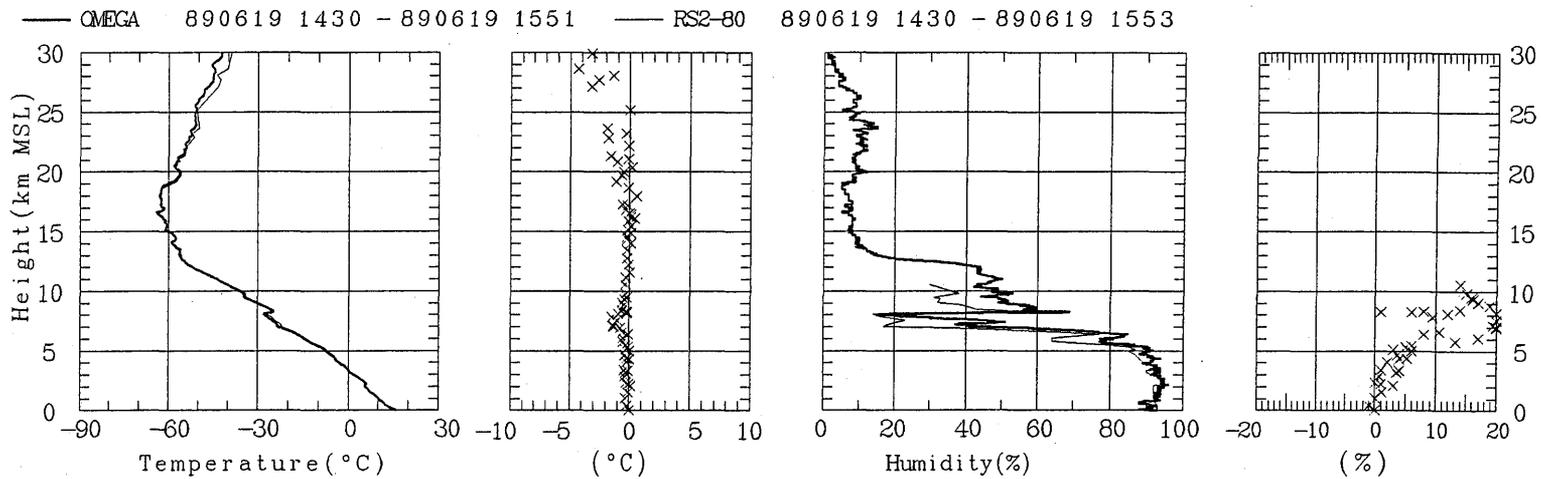
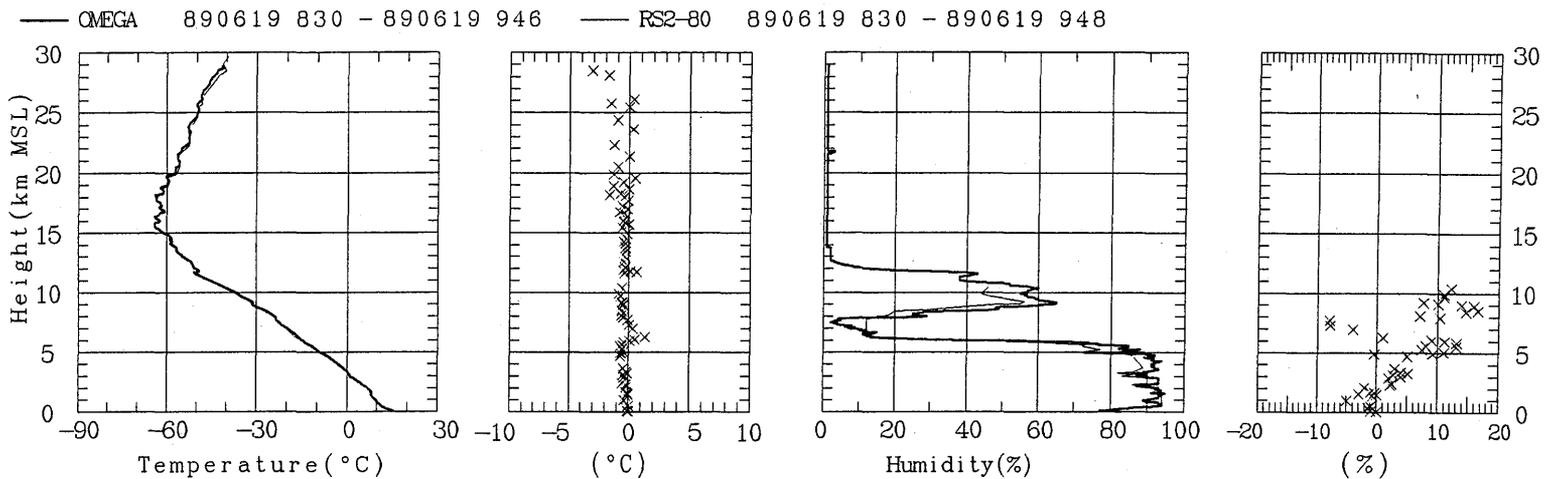


— OMEGA 890317 830 - 890317 947 — RS2-80 890317 830 - 890317 948

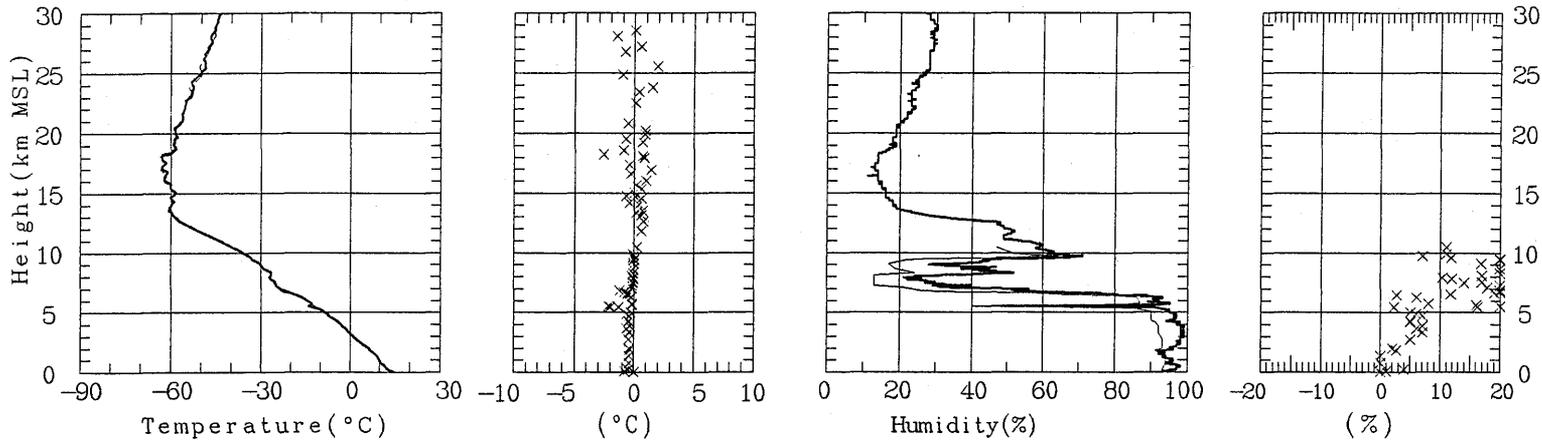


— OMEGA 890317 1430 - 890317 1552 — RS2-80 890317 1430 - 890317 1552

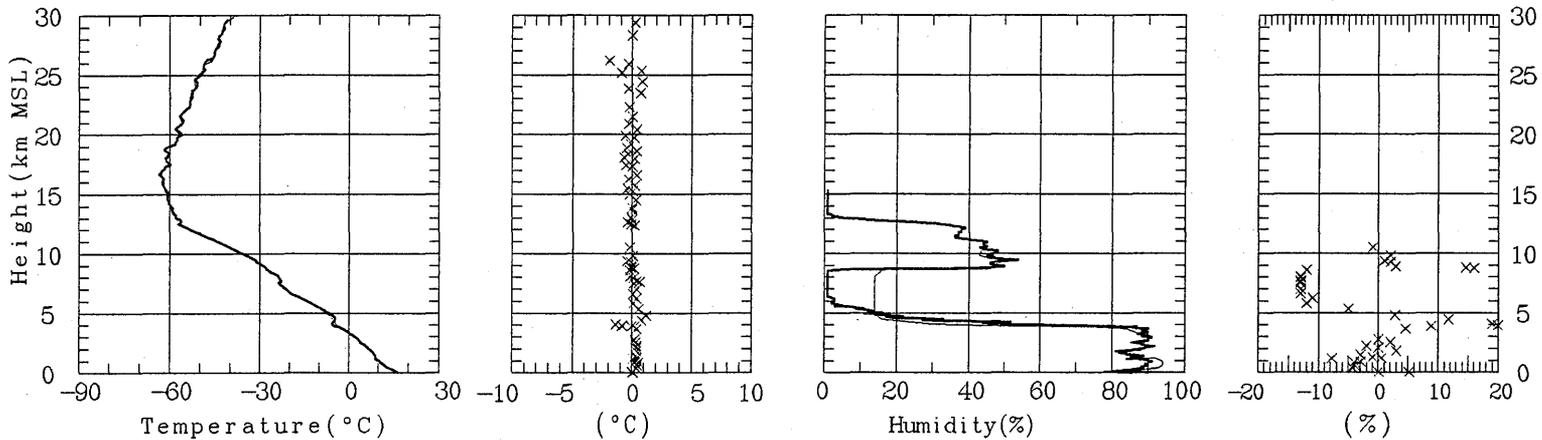


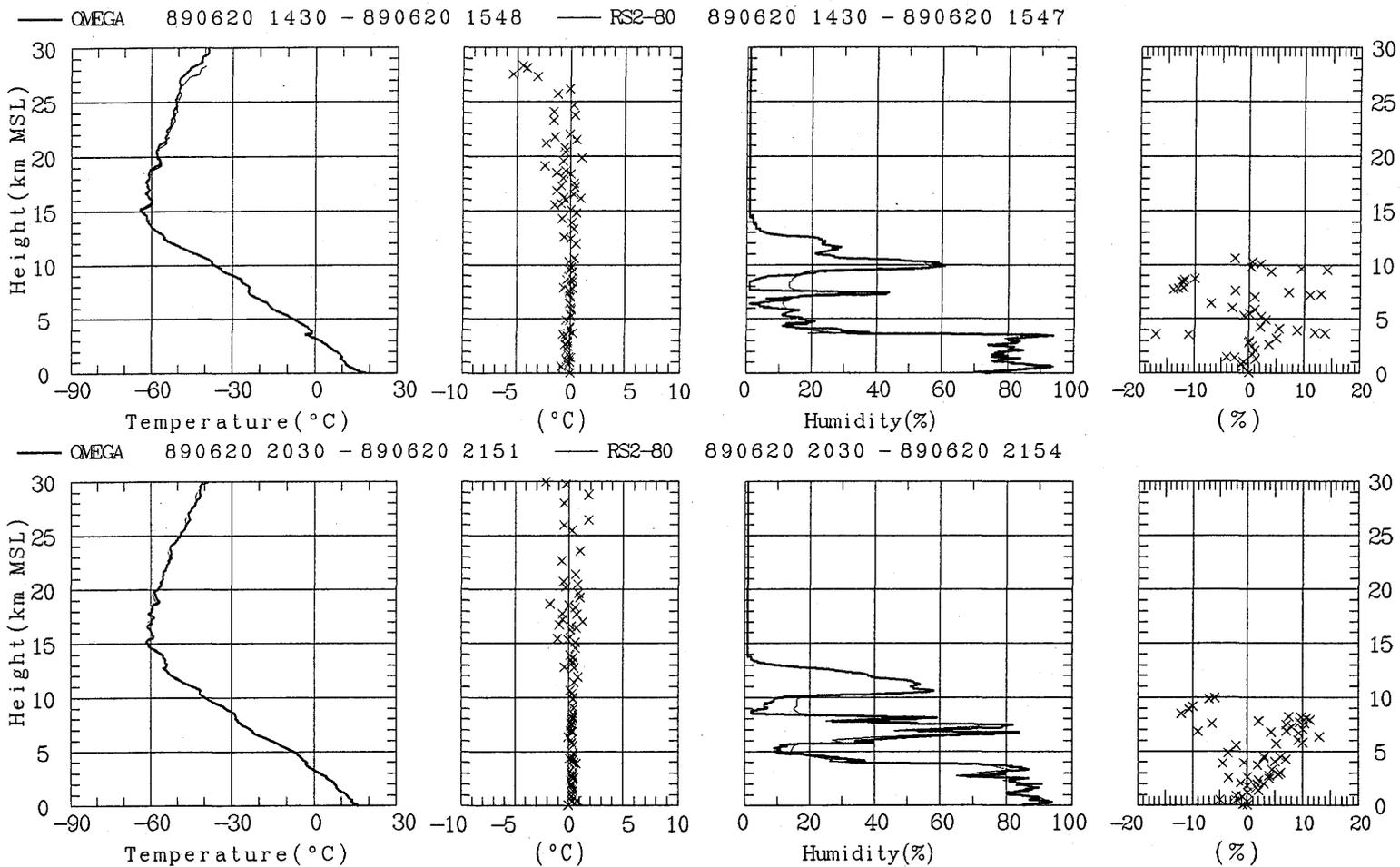


— OMEGA 890619 2030 - 890619 2157 — RS2-80 890619 2030 - 890619 2157

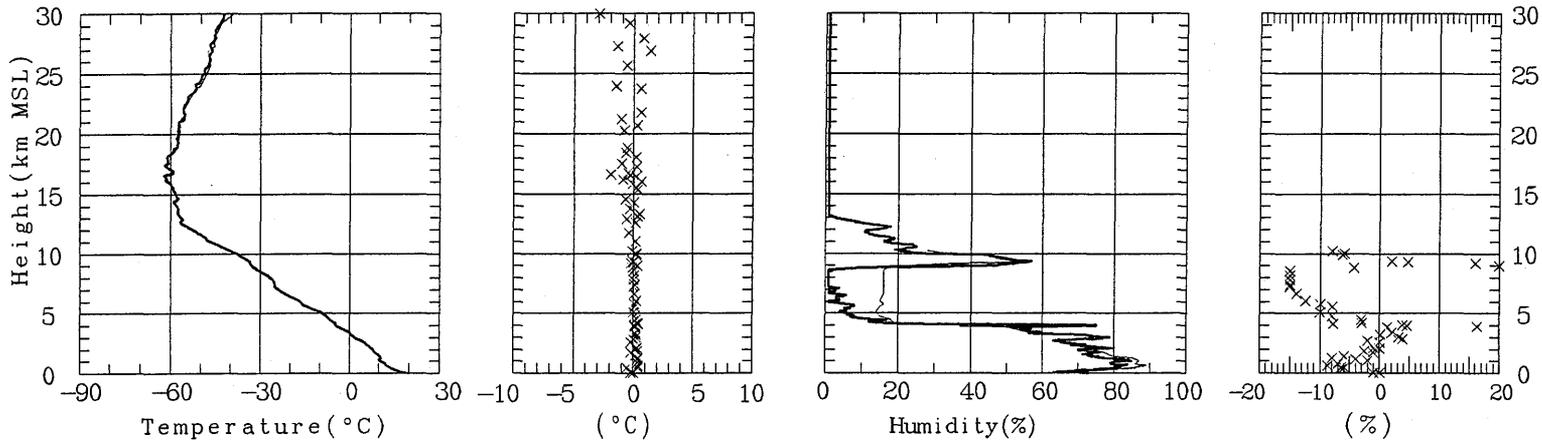


— OMEGA 890620 830 - 890620 949 — RS2-80 890620 830 - 890620 950

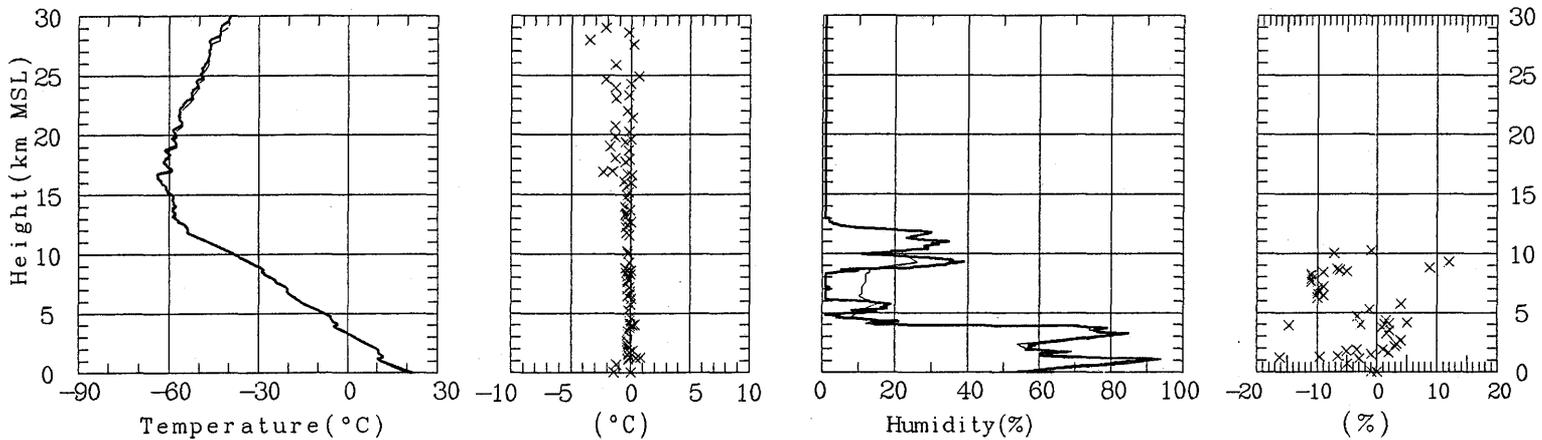




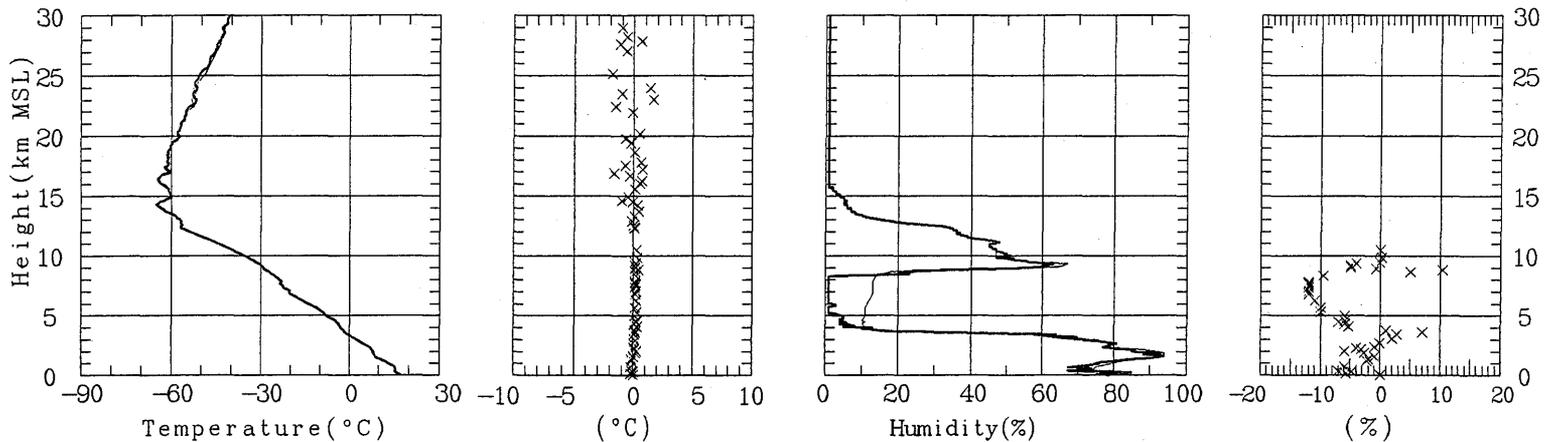
— OMEGA 890621 830 - 890621 949 — RS2-80 890621 830 - 890621 952



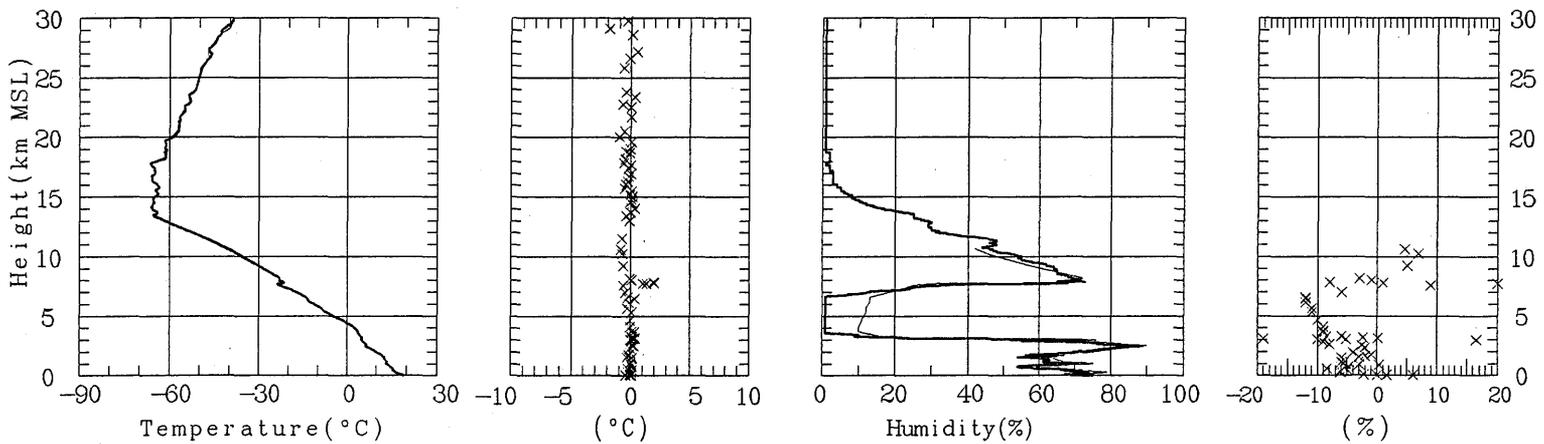
— OMEGA 890621 1430 - 890621 1550 — RS2-80 890621 1430 - 890621 1549

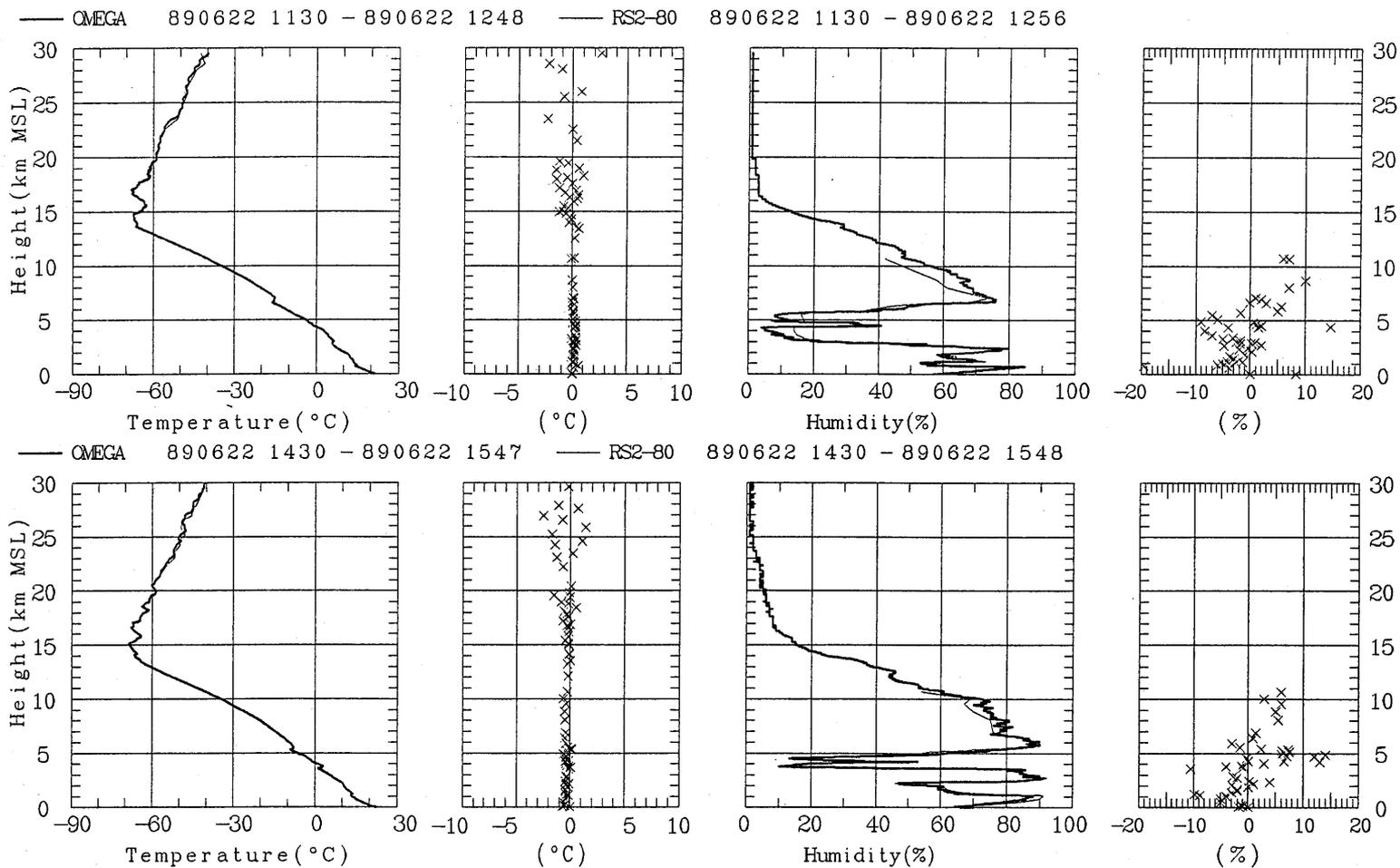


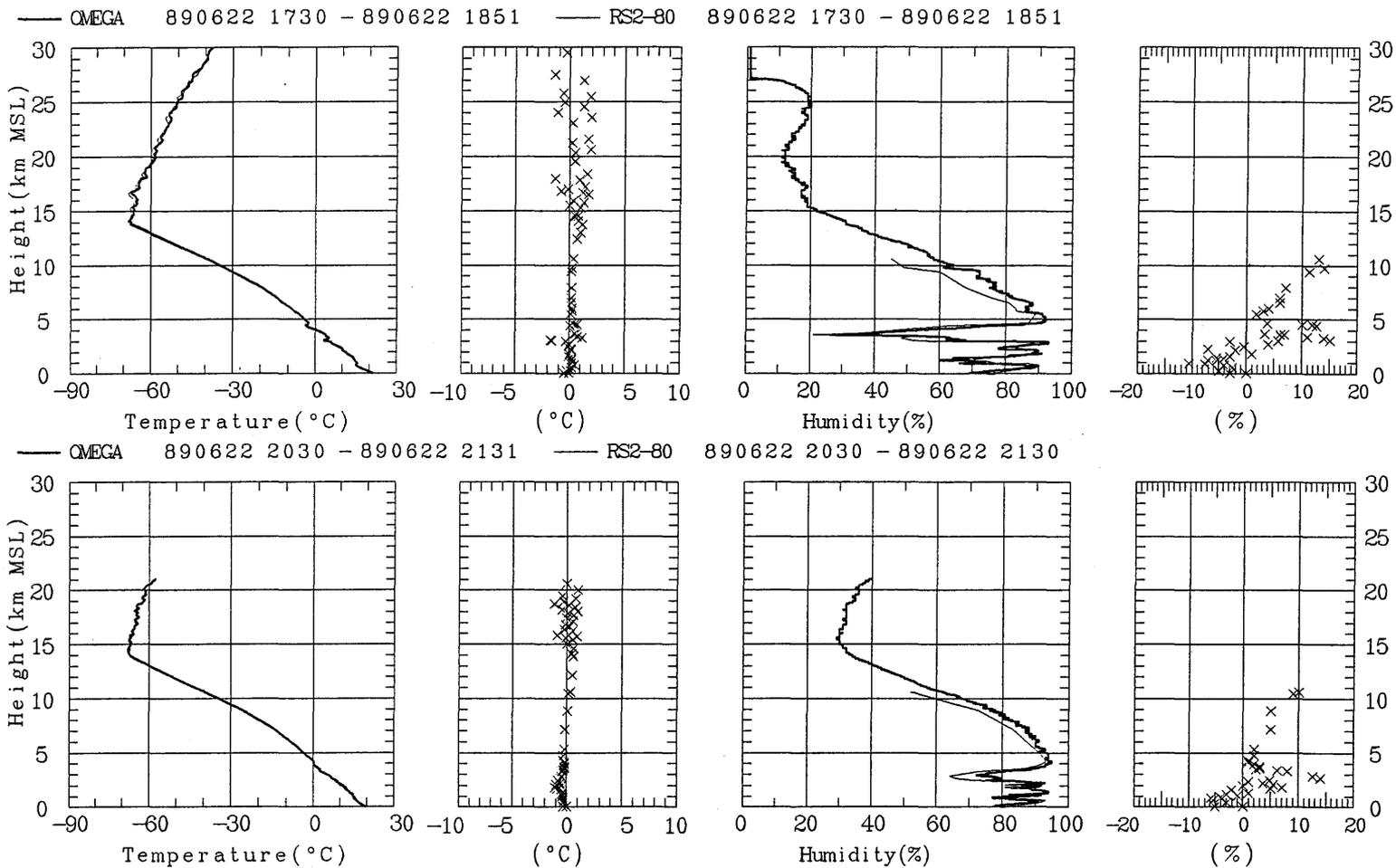
— OMEGA 890621 2030 - 890621 2149 — RS2-80 890621 2030 - 890621 2149

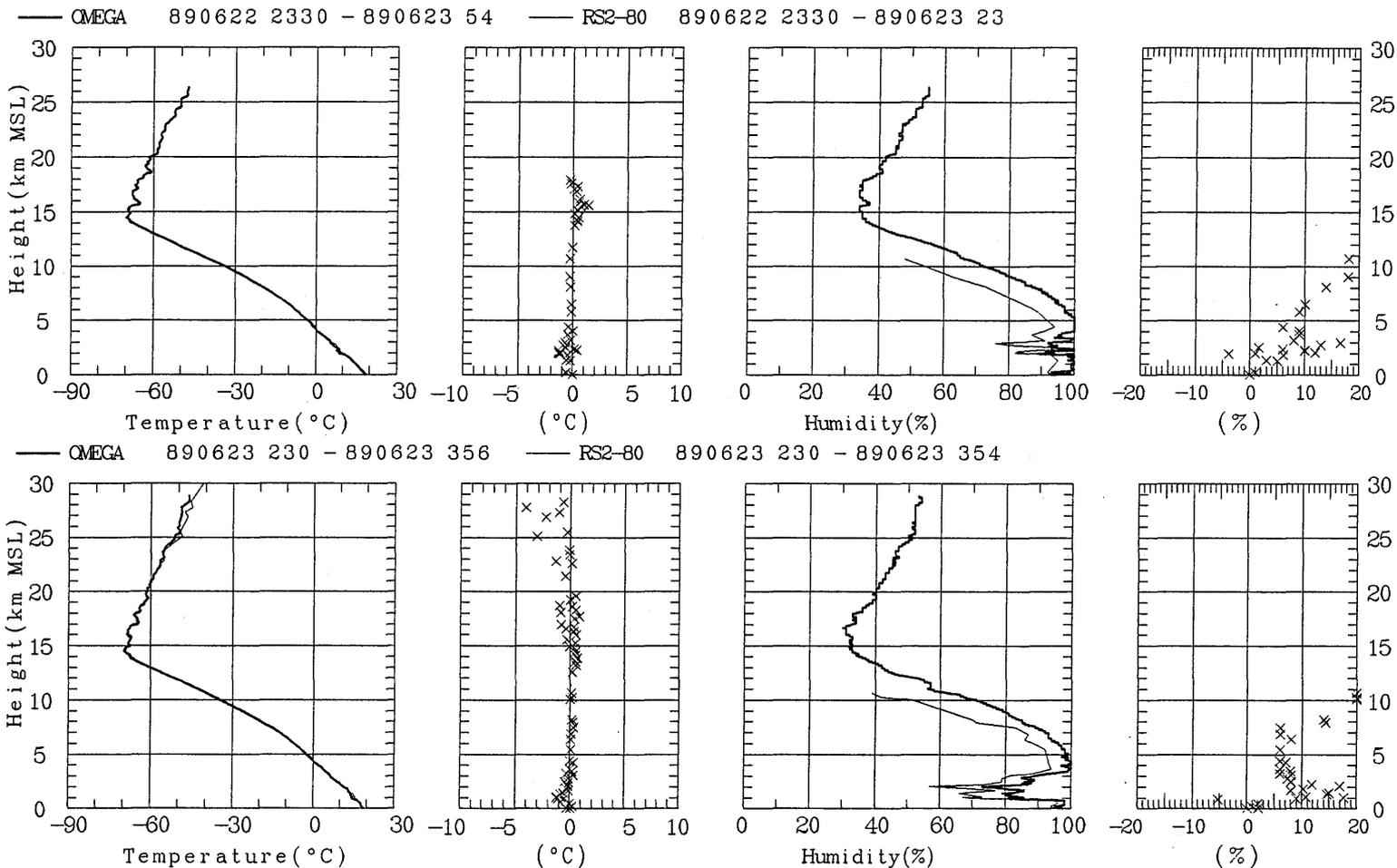


— OMEGA 890622 830 - 890622 950 — RS2-80 890622 830 - 890622 951

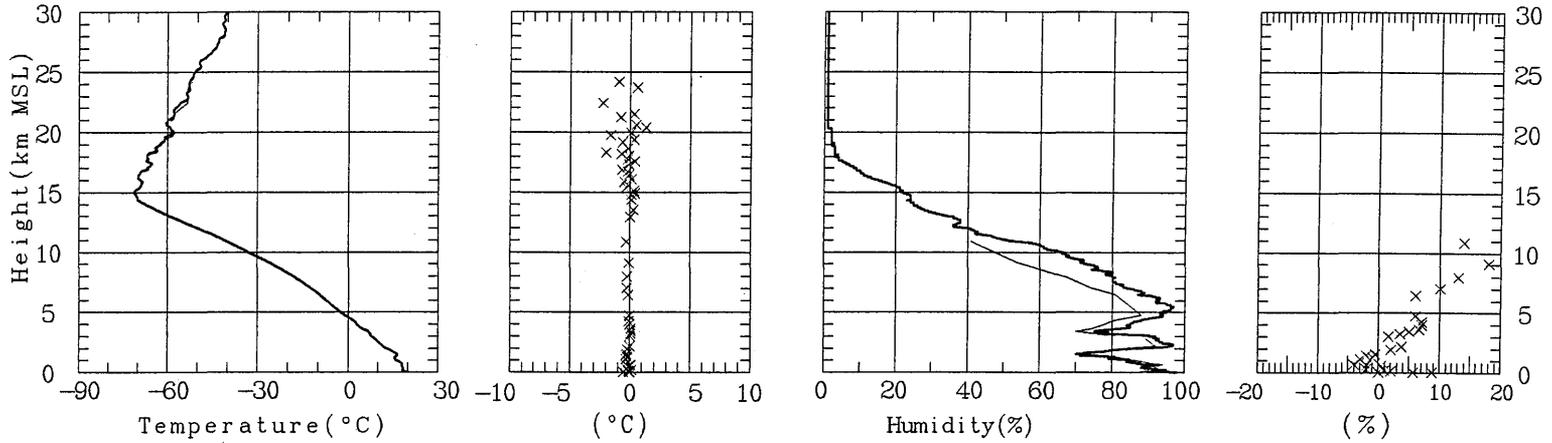




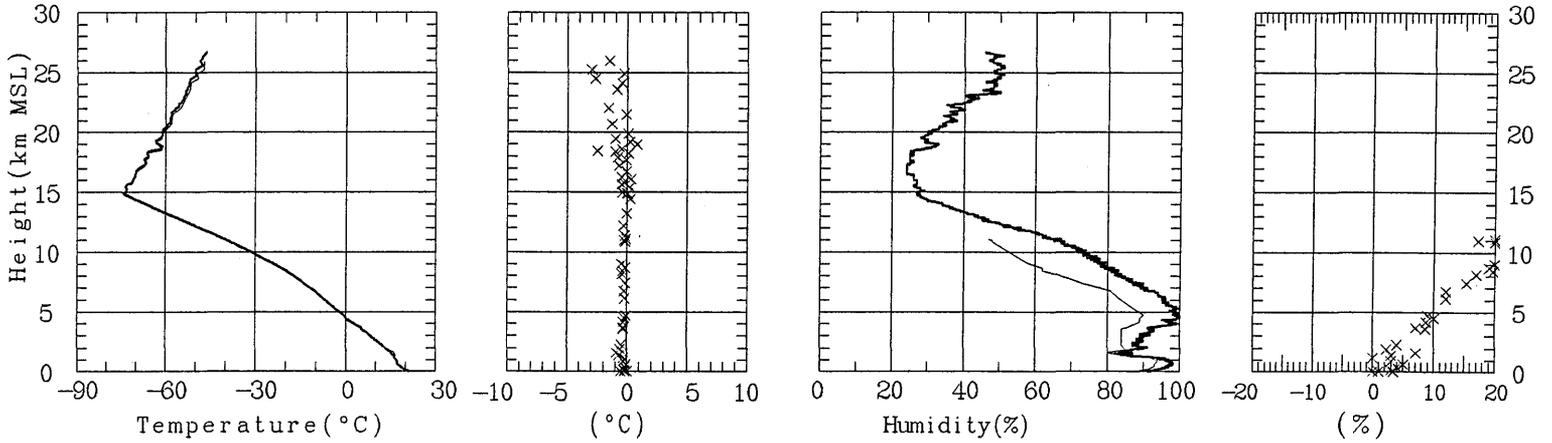


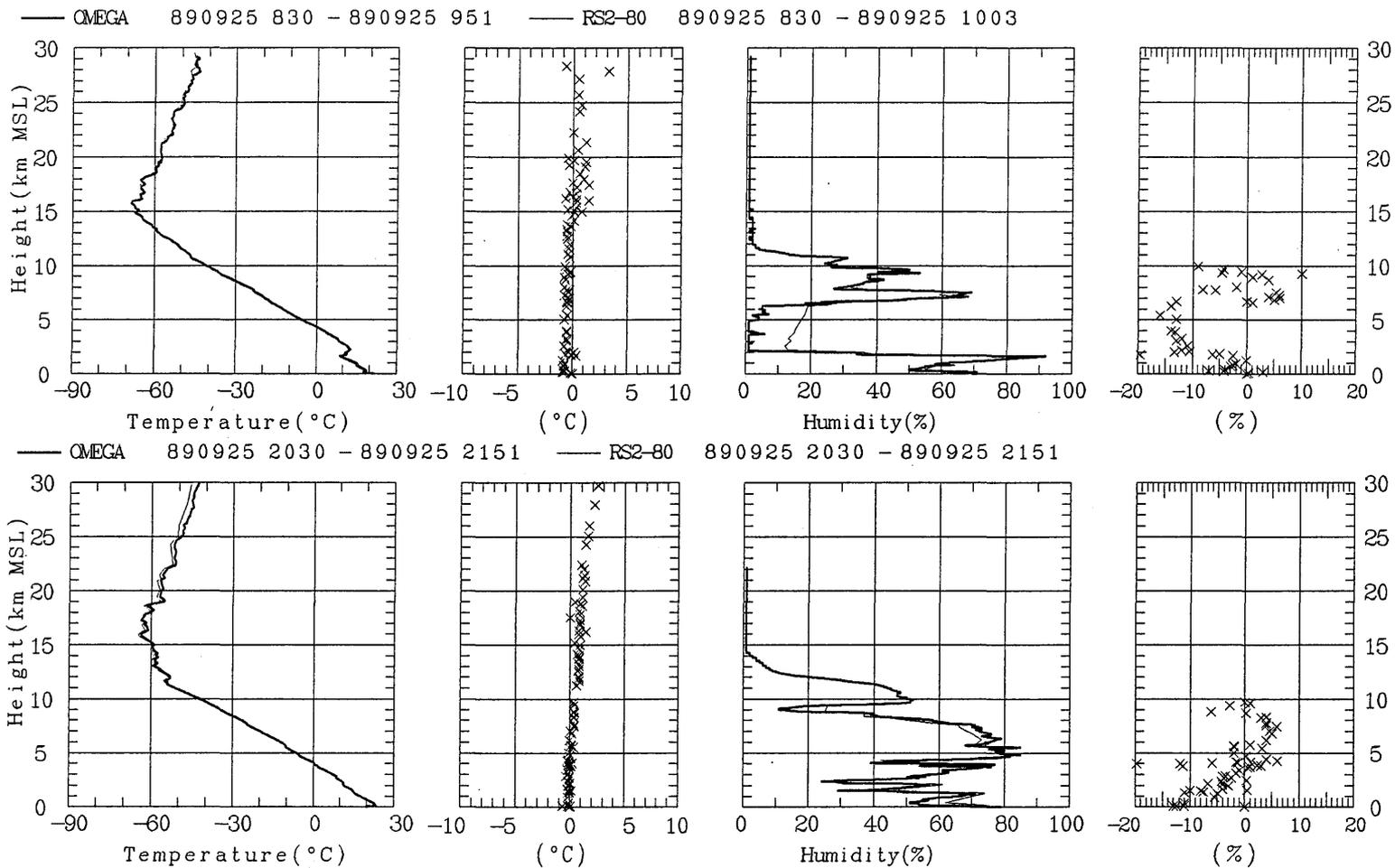


— OMEGA 890623 830 - 890623 946 — RS2-80 890623 830 - 890623 934

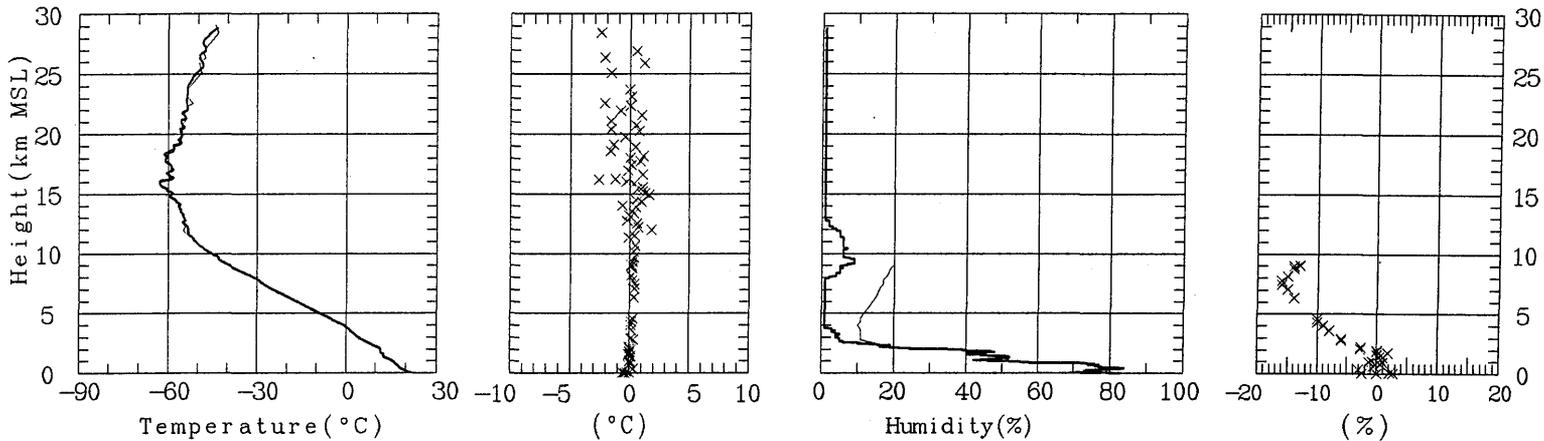


— OMEGA 890623 1430 - 890623 1551 — RS2-80 890623 1430 - 890623 1550

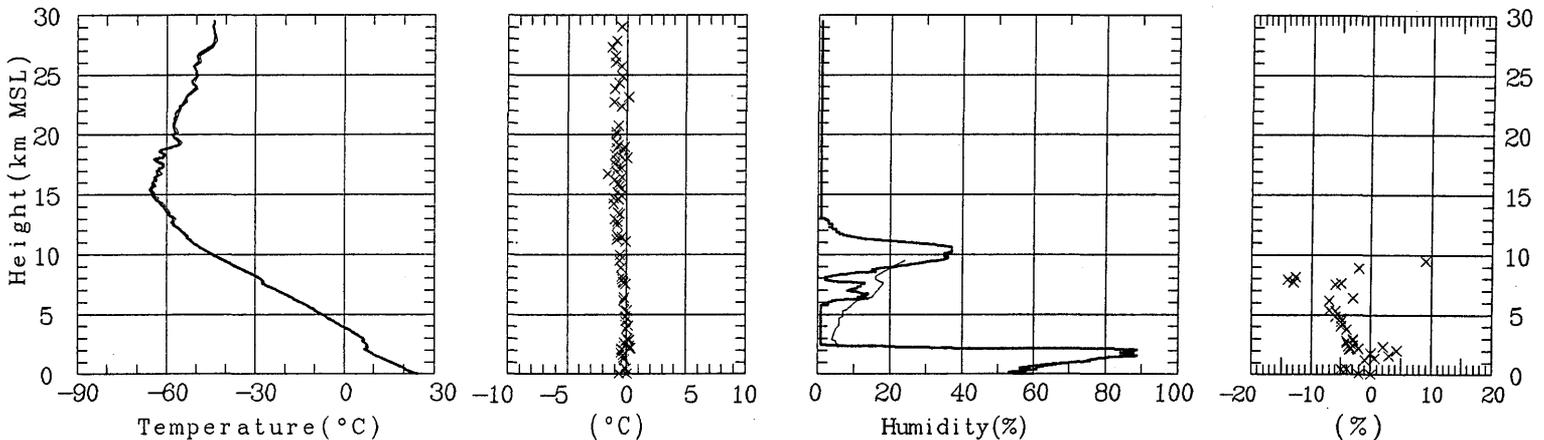


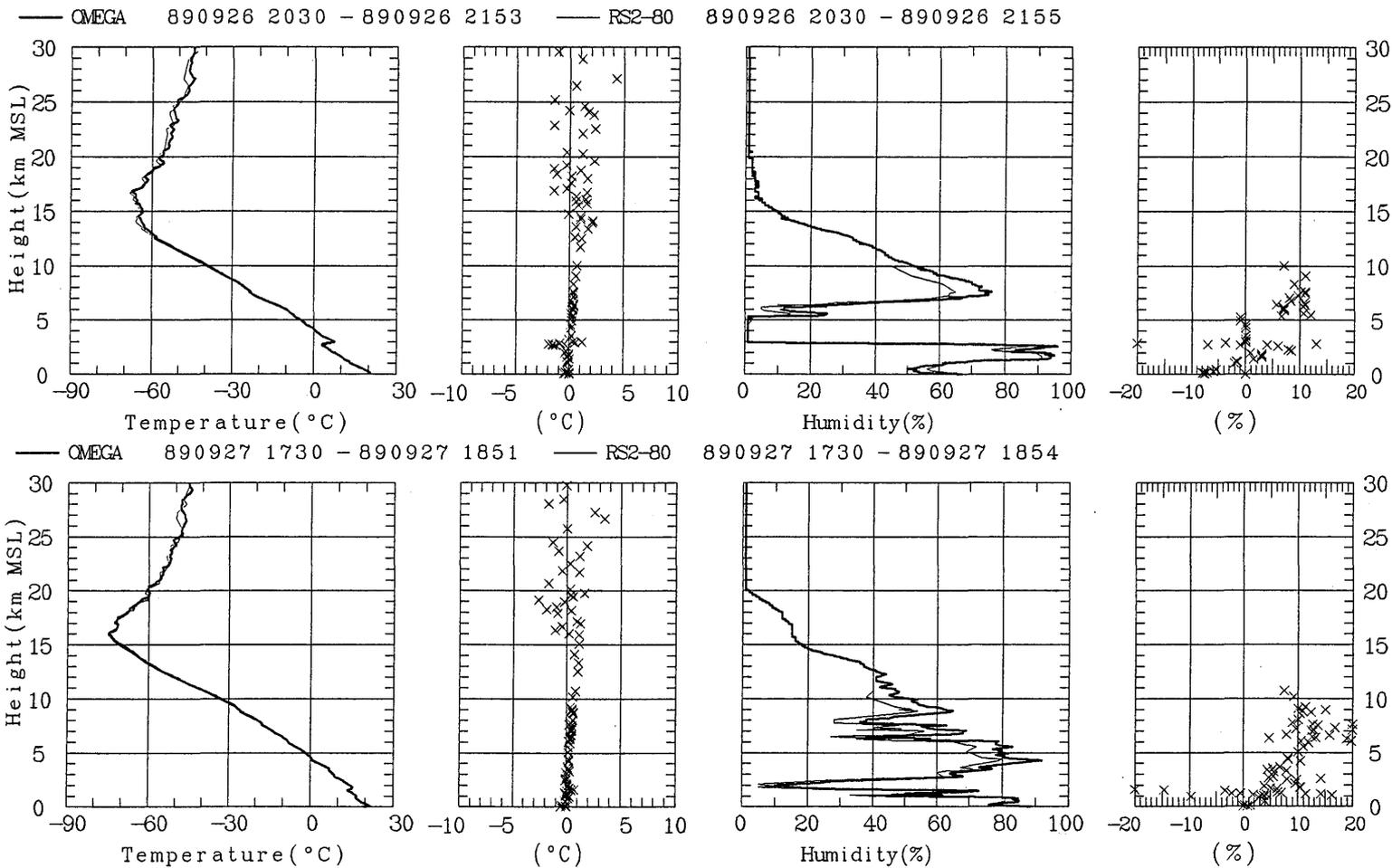


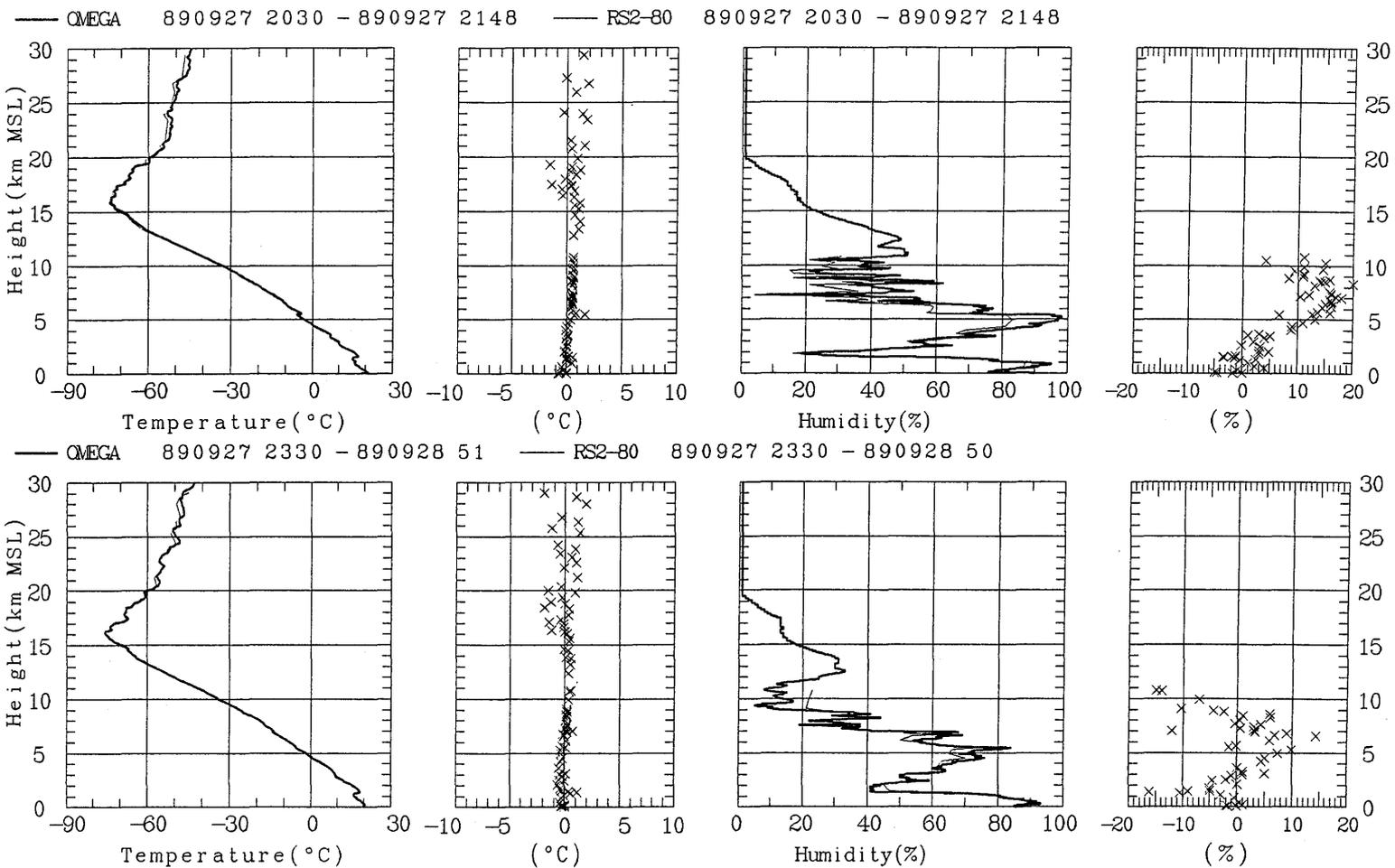
— OMEGA 890926 830 - 890926 946 — RS2-80 890926 830 - 890926 951

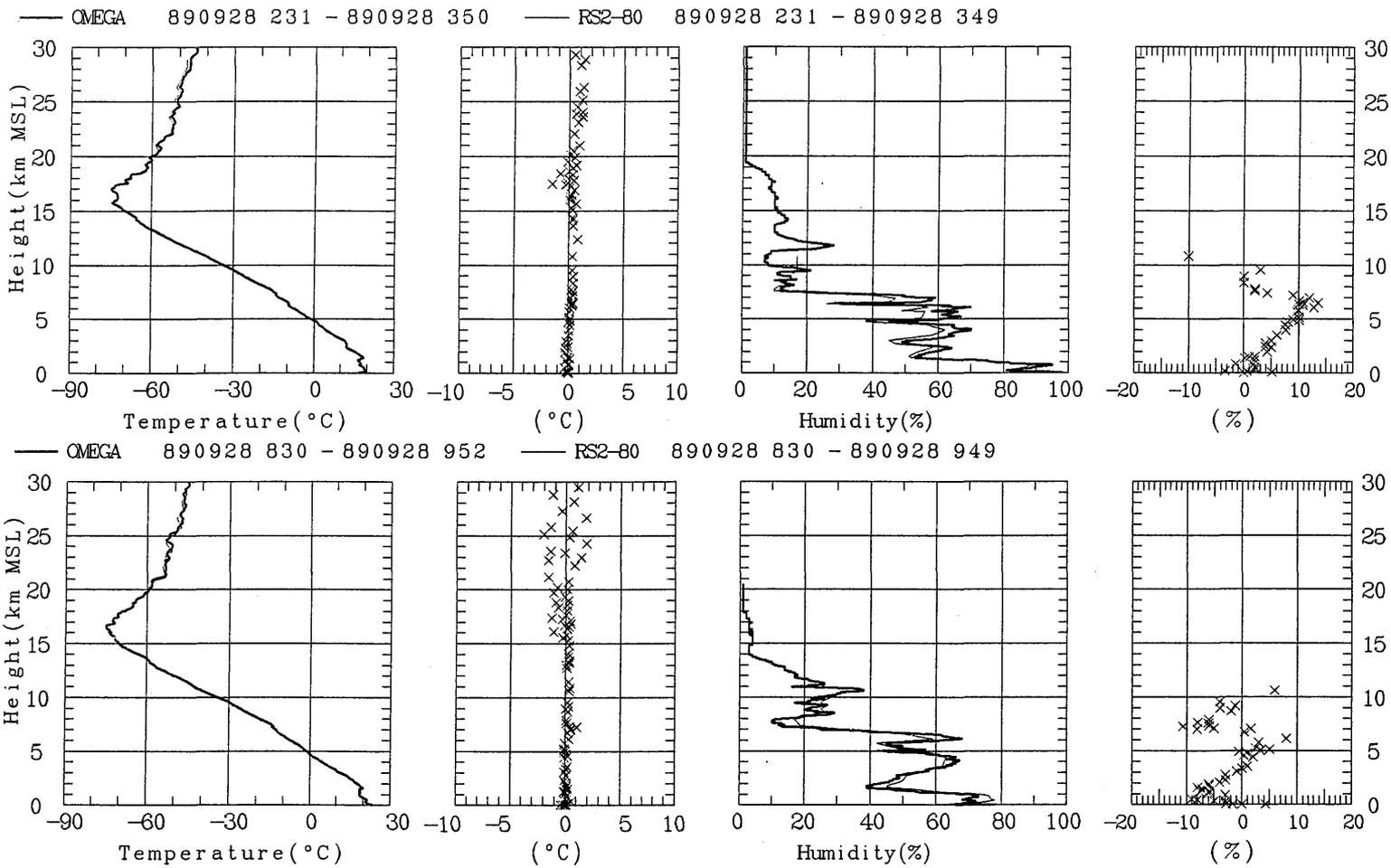


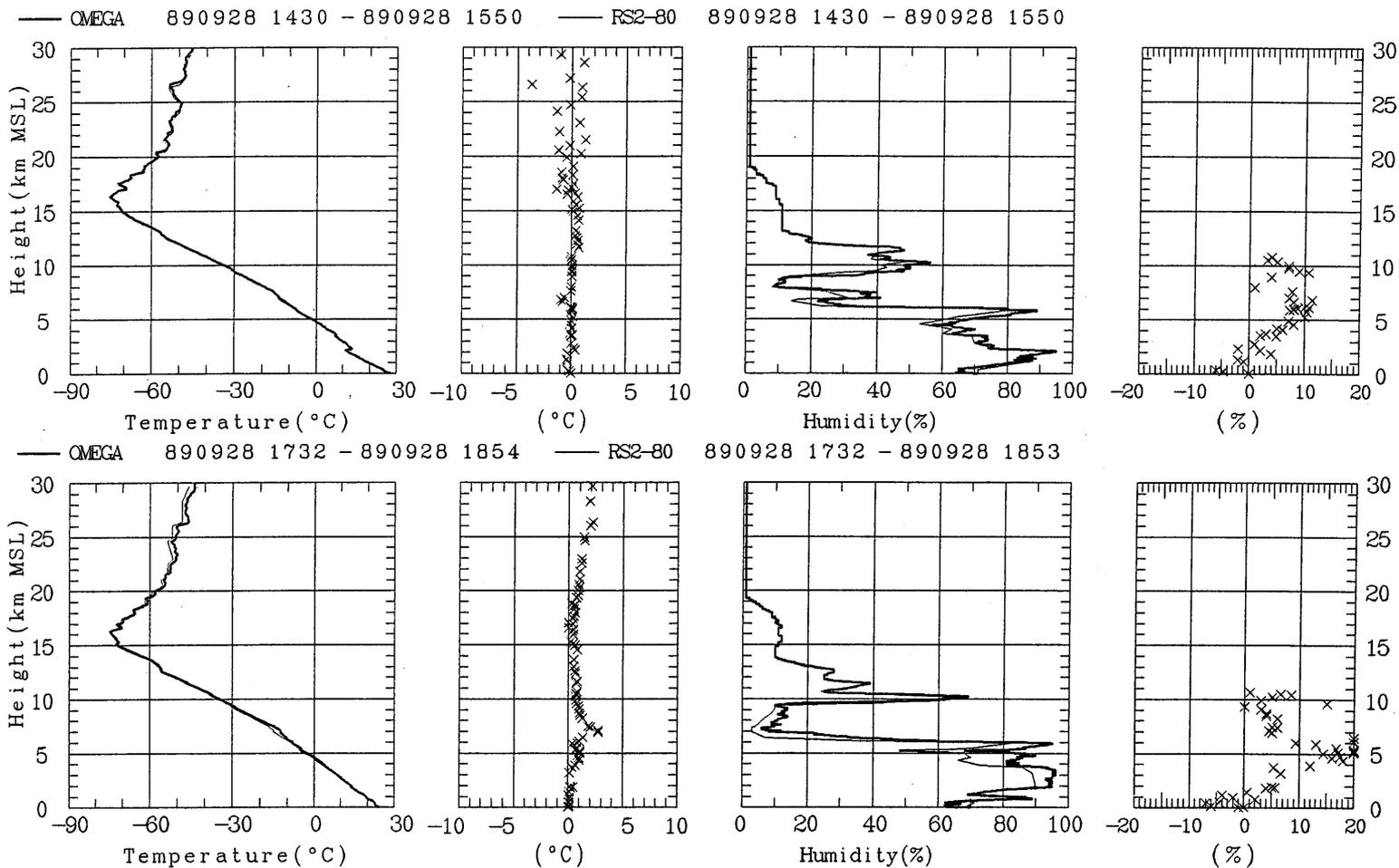
— OMEGA 890926 1430 - 890926 1556 — RS2-80 890926 1430 - 890926 1556

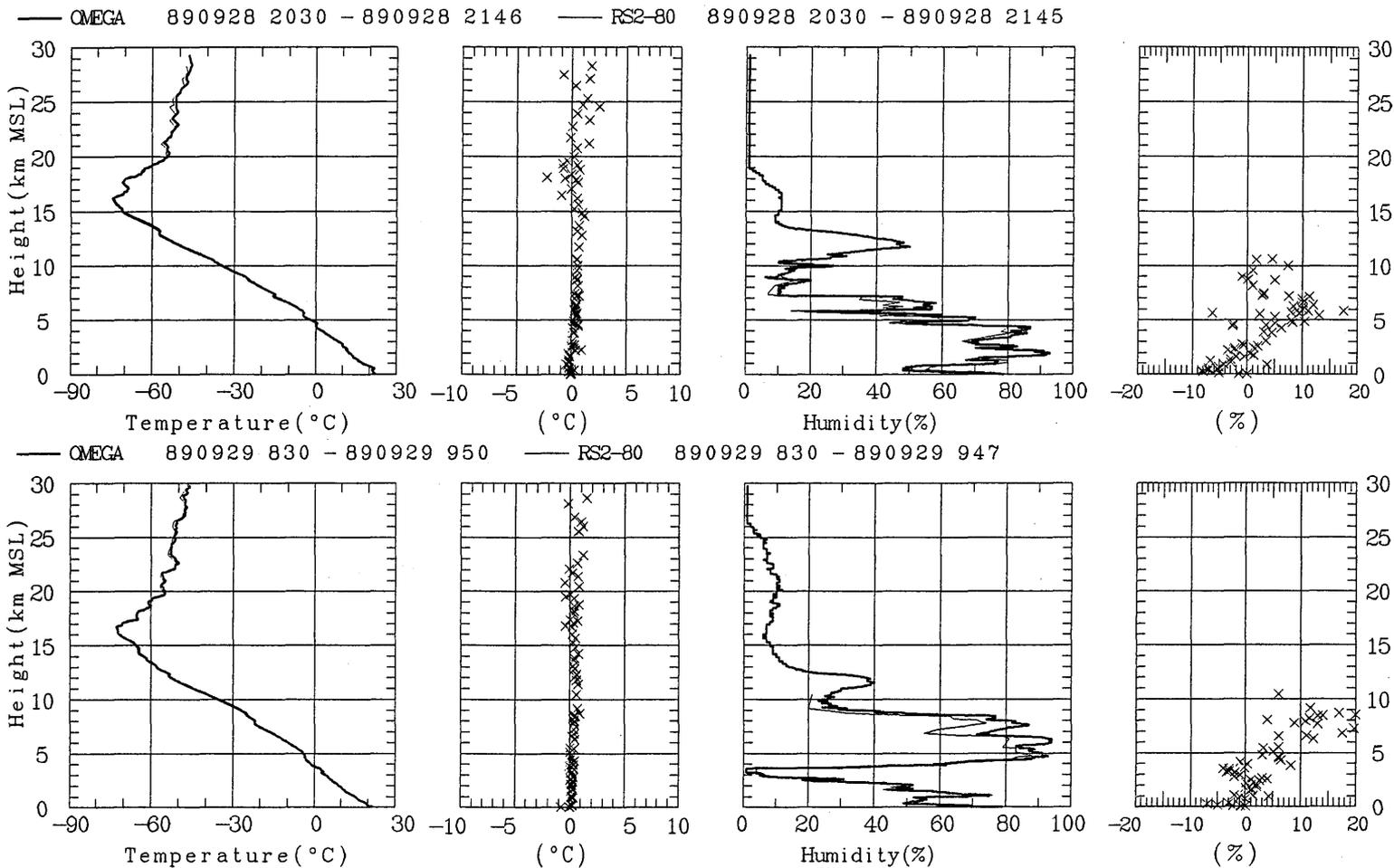


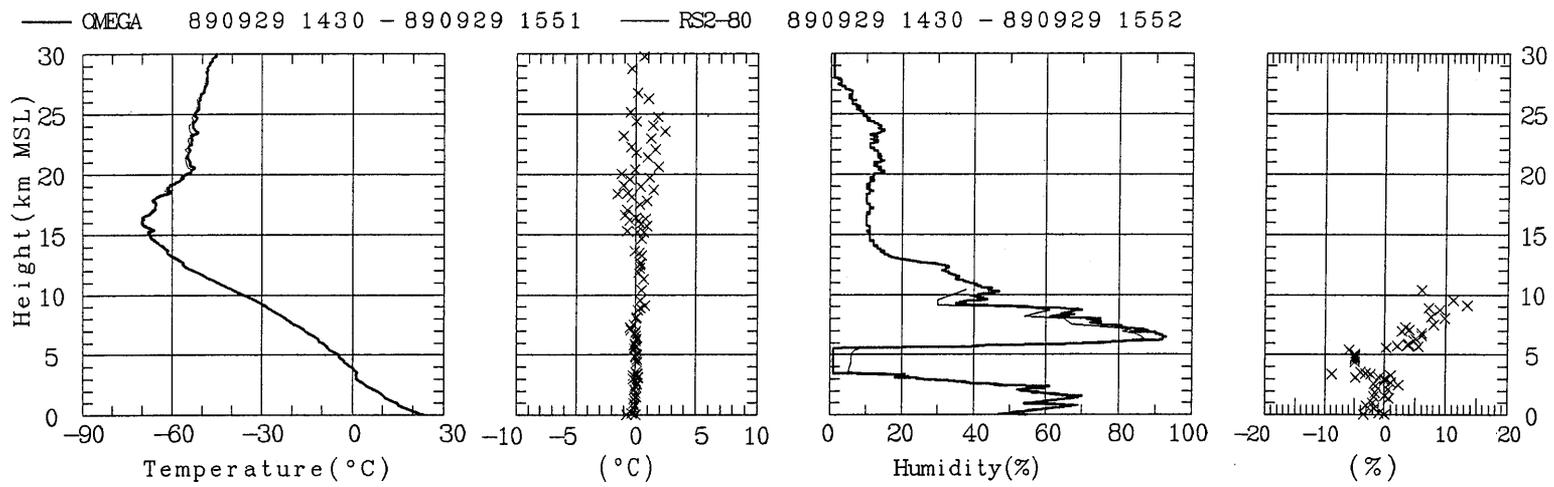


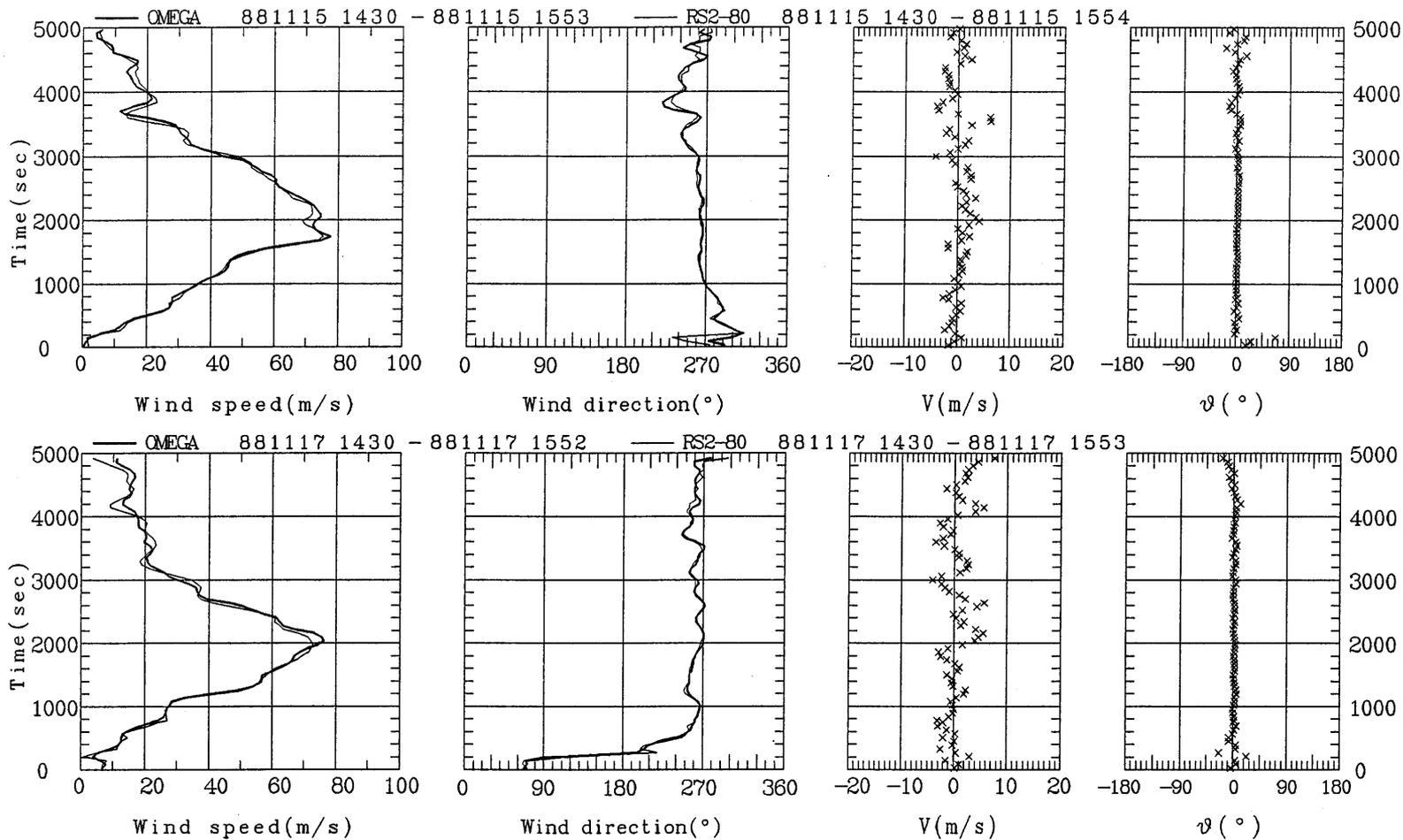


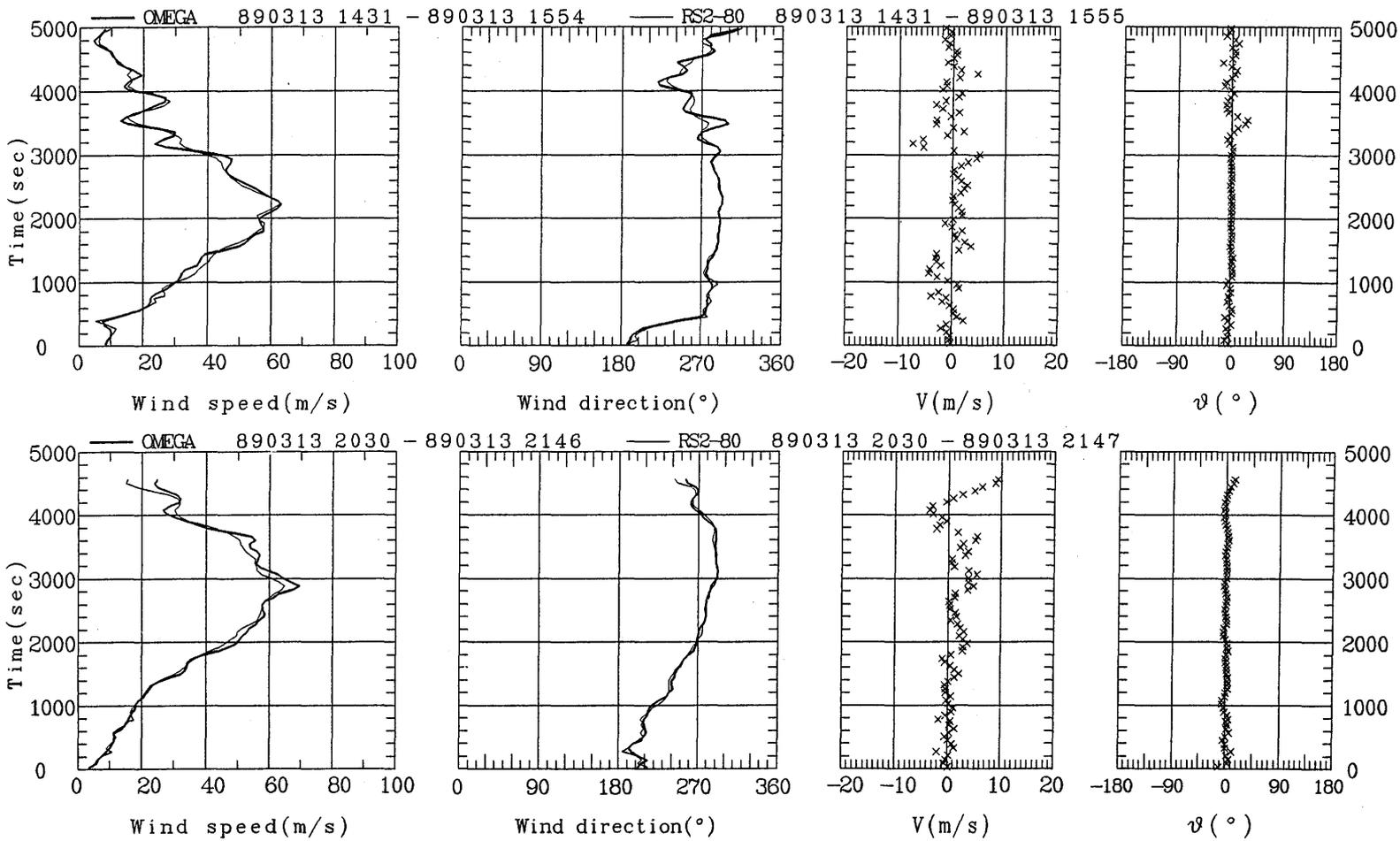


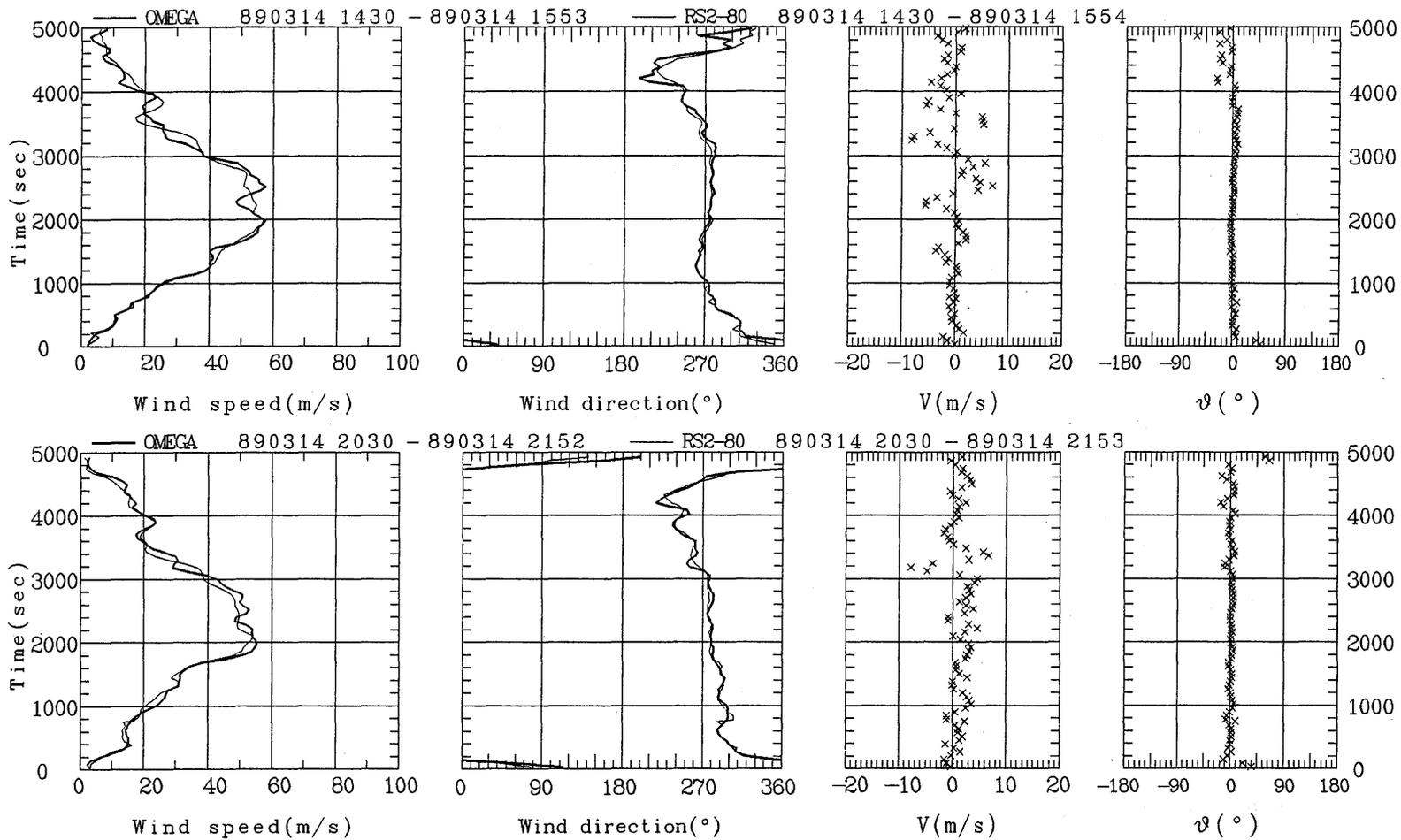


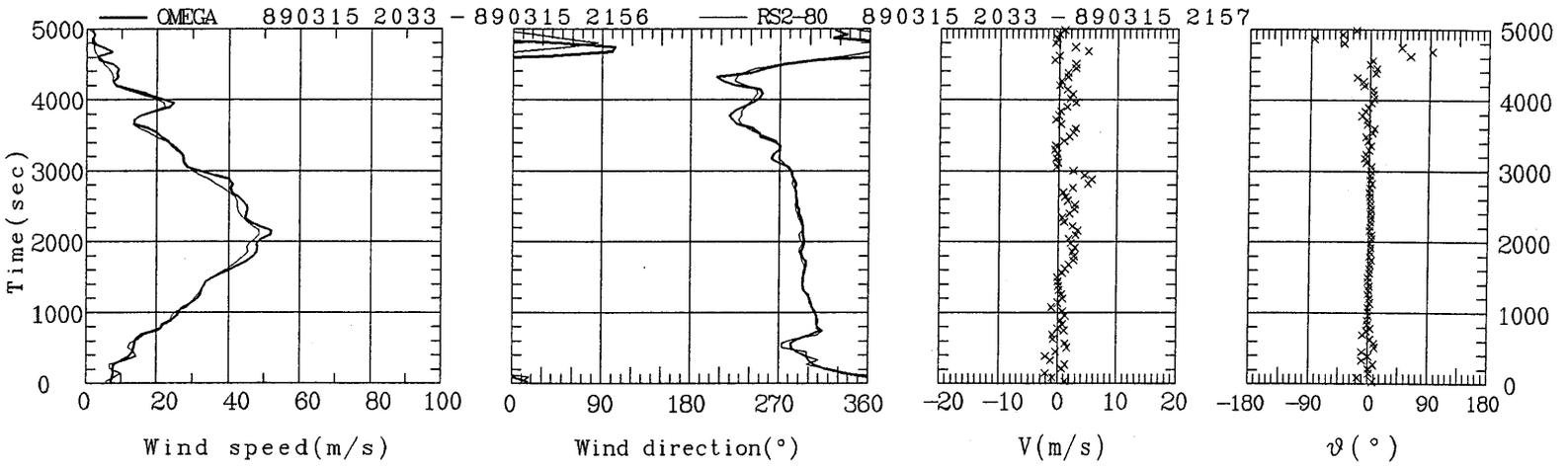
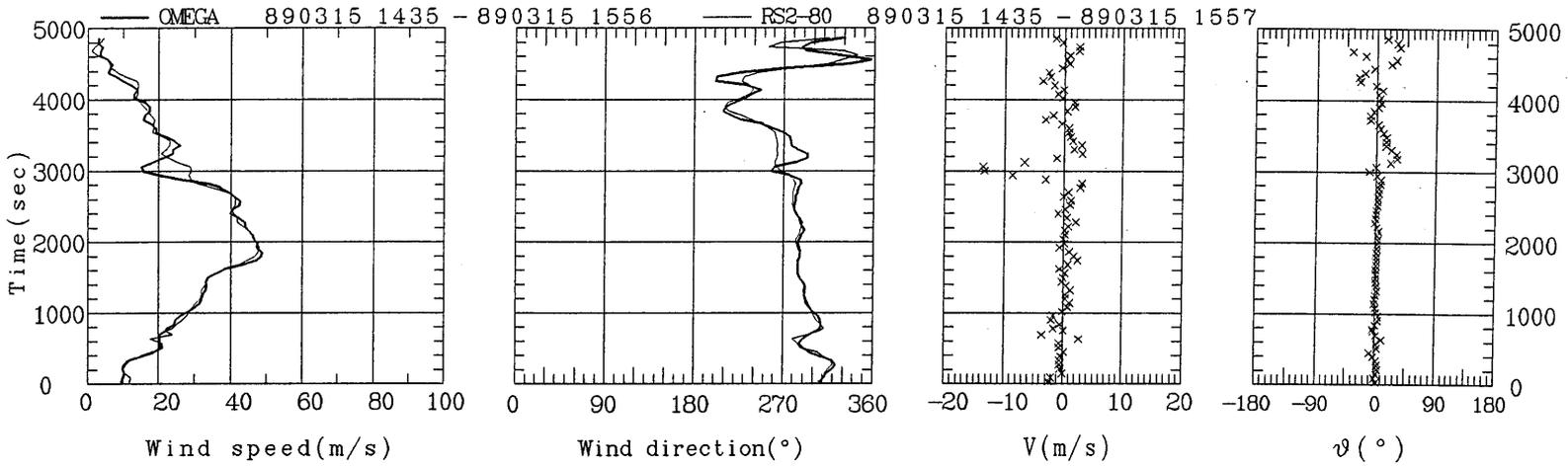


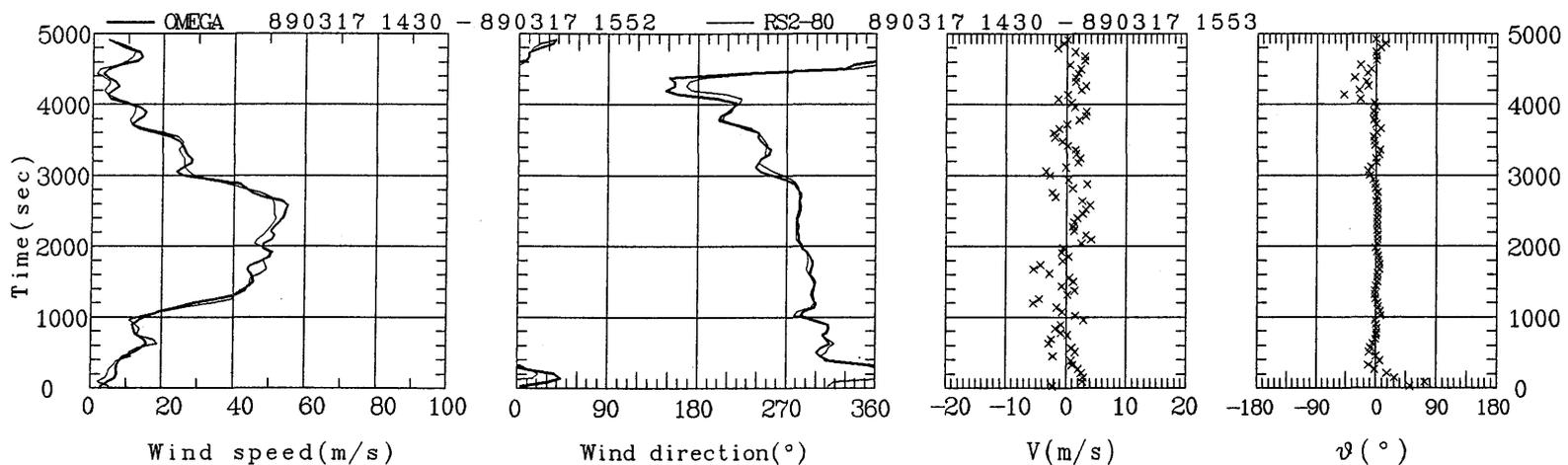
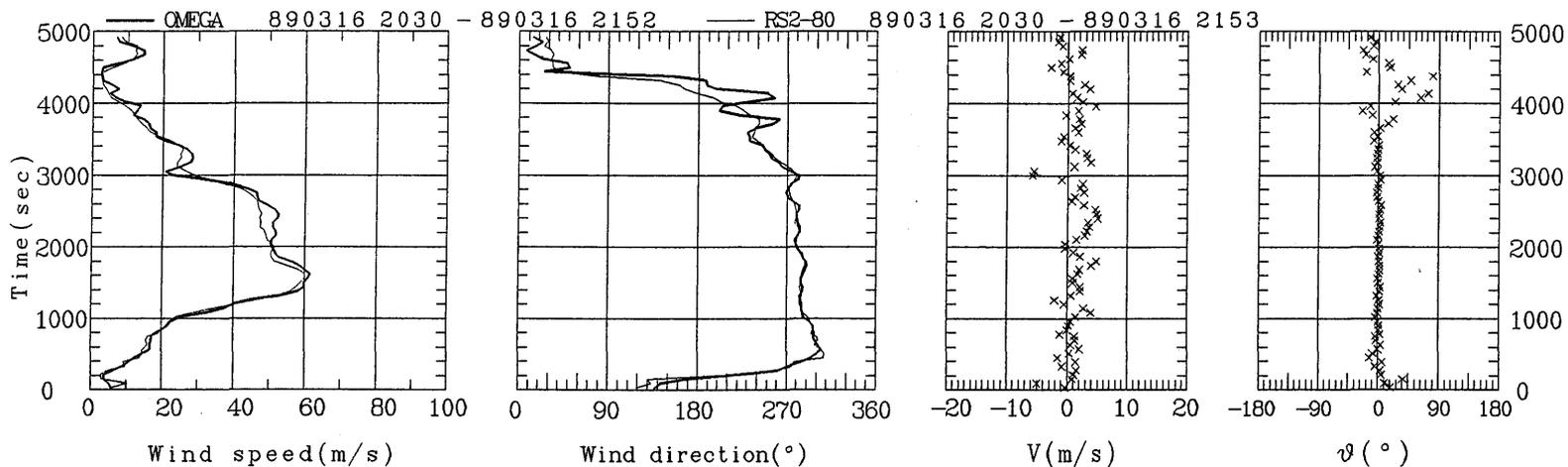


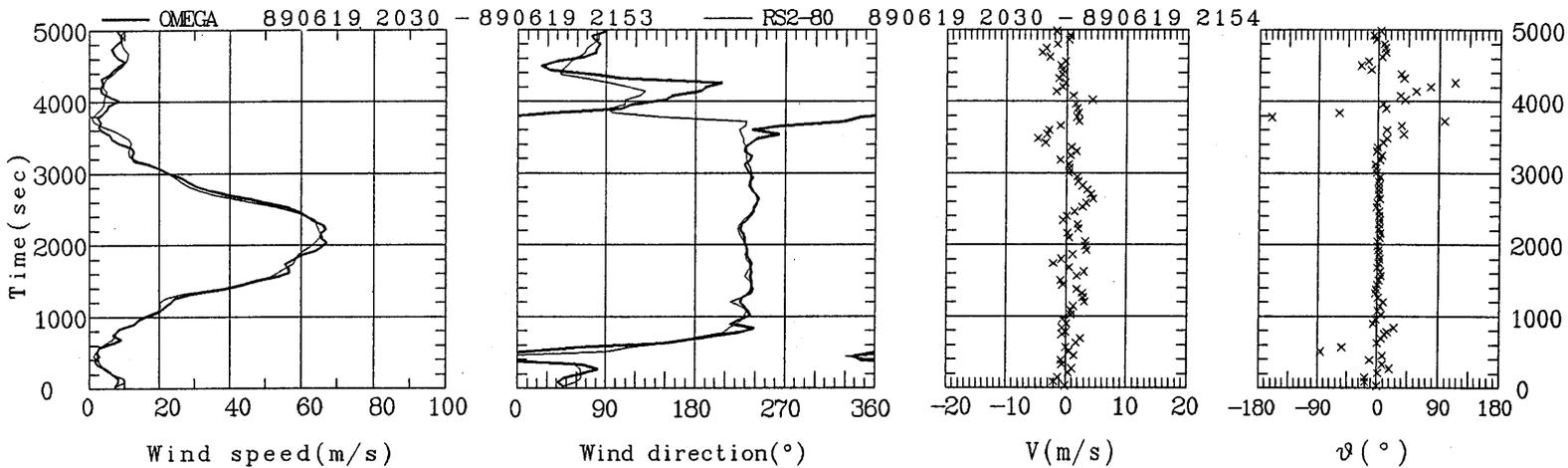
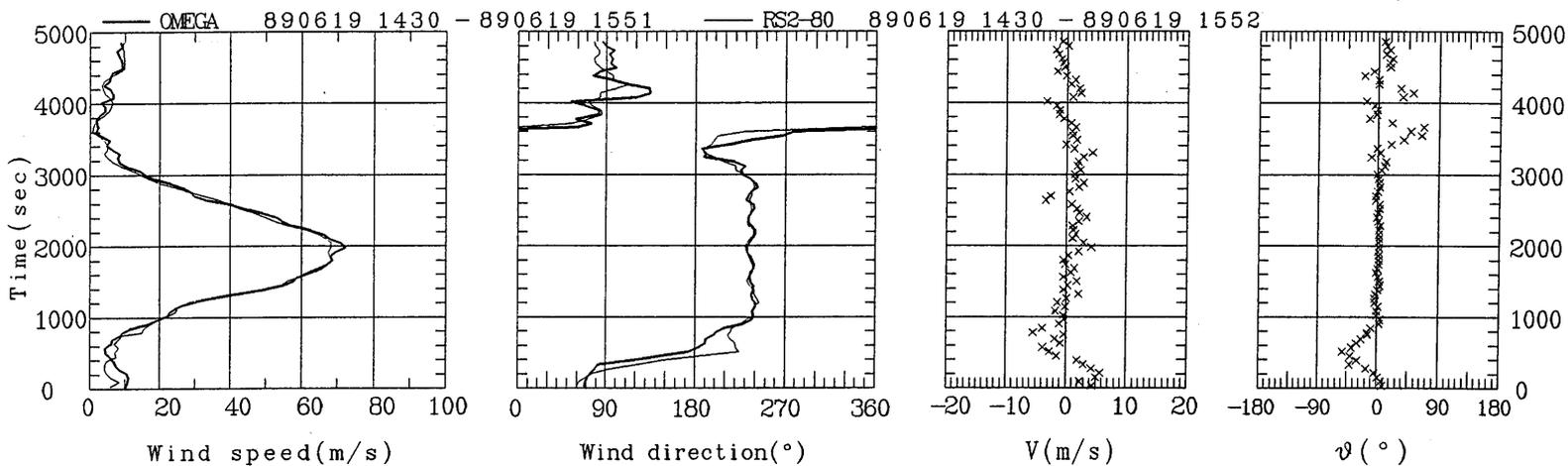


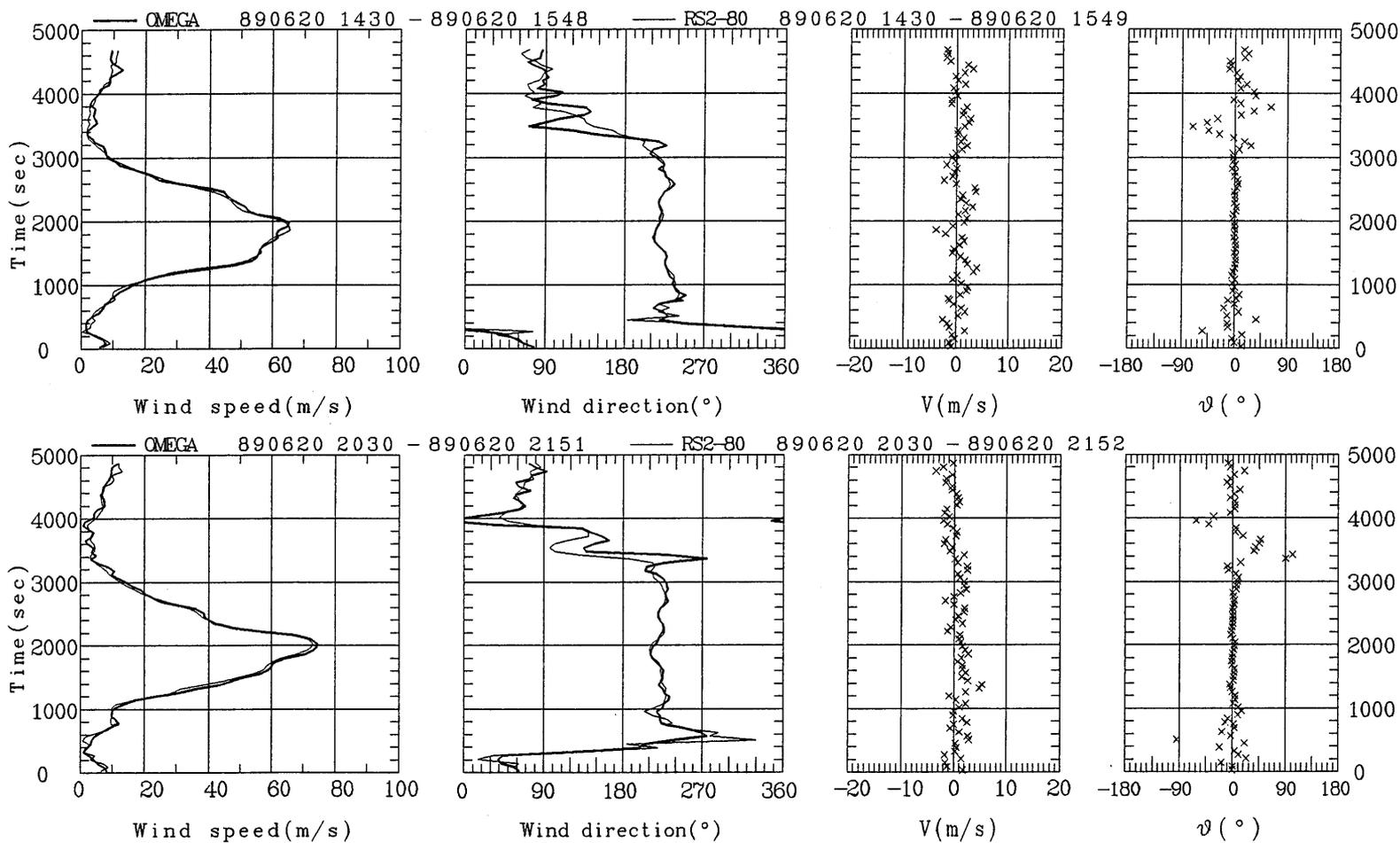


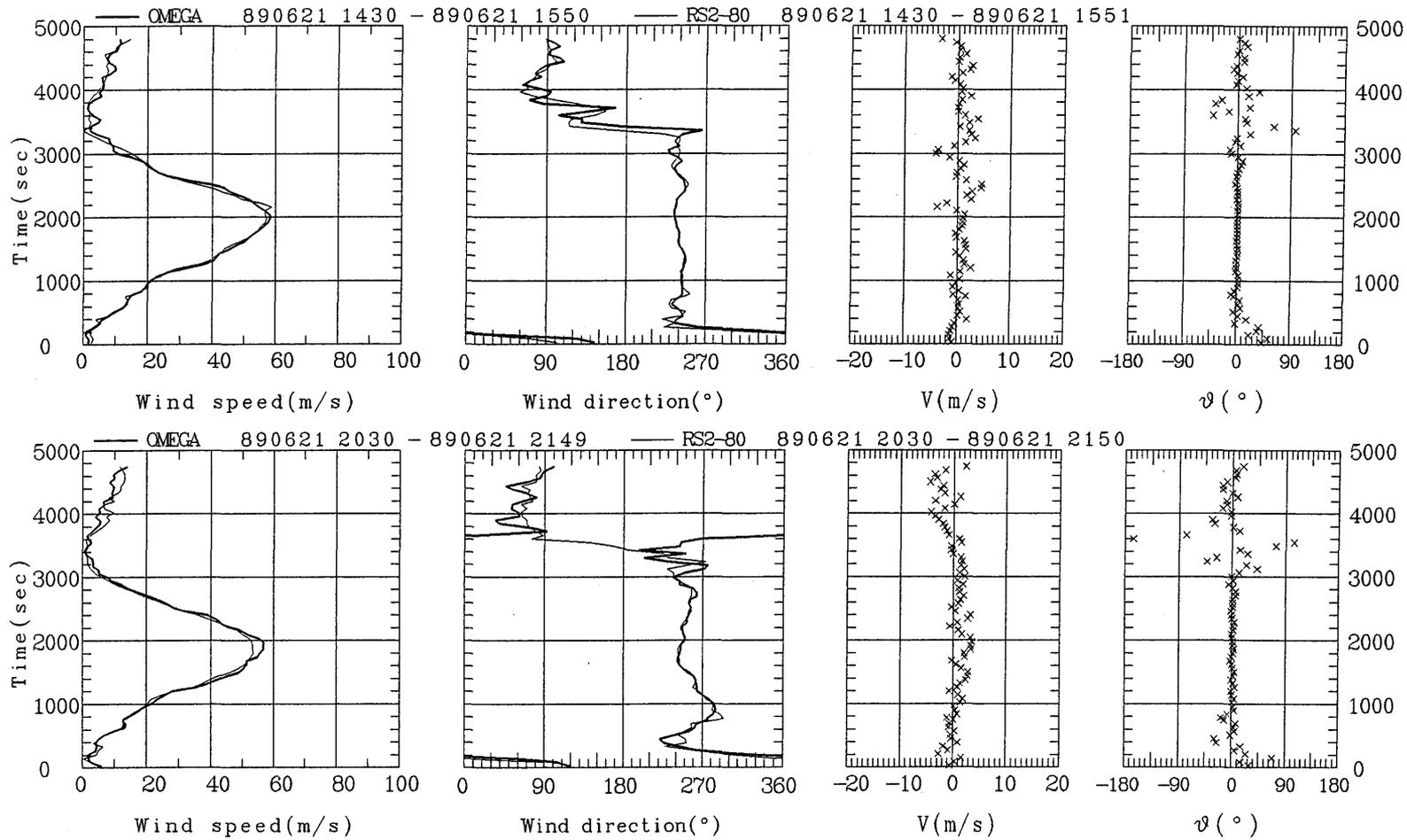


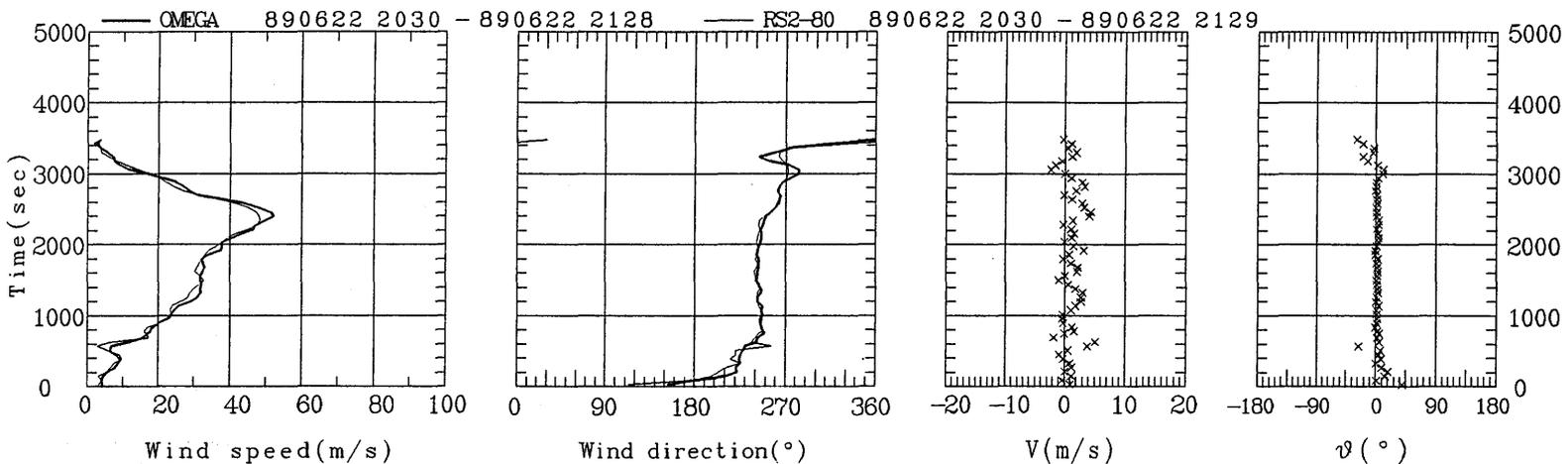
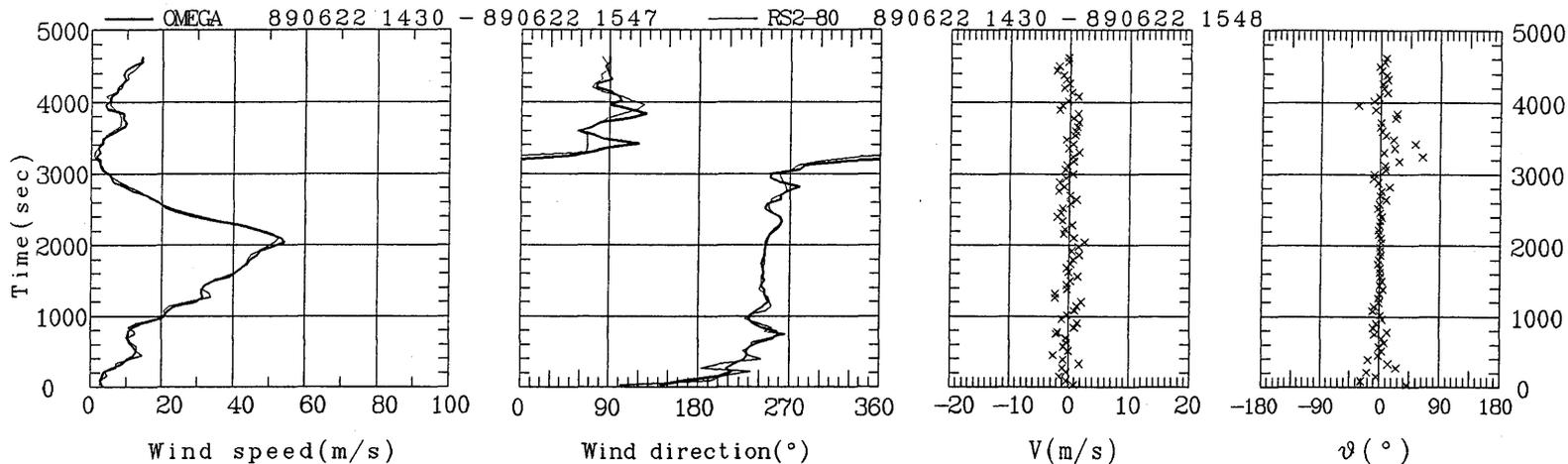


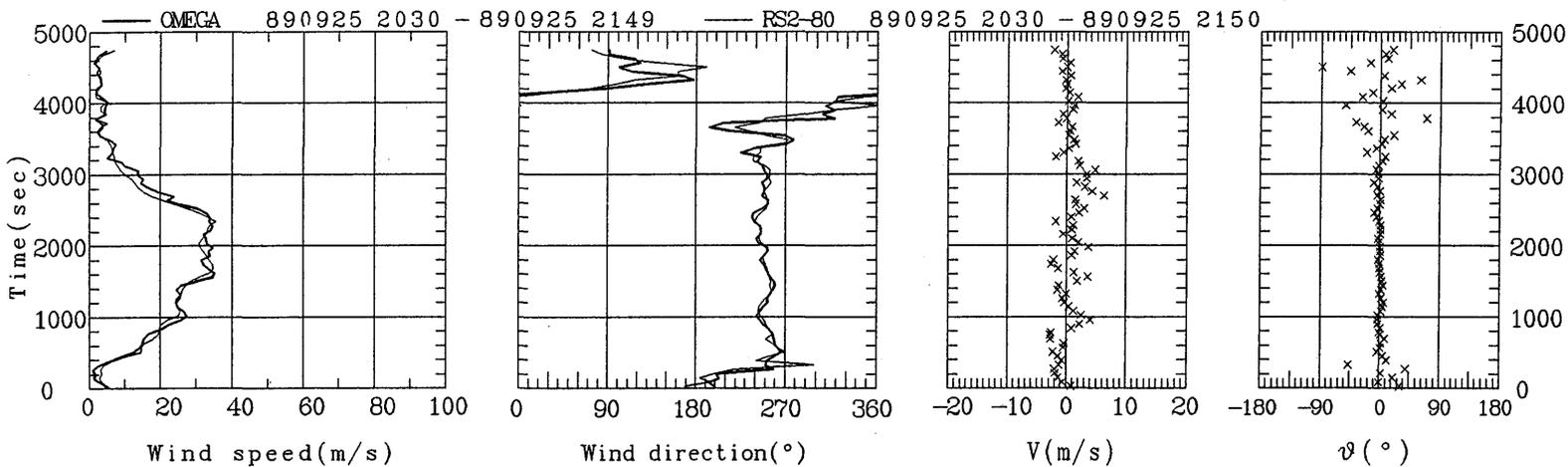
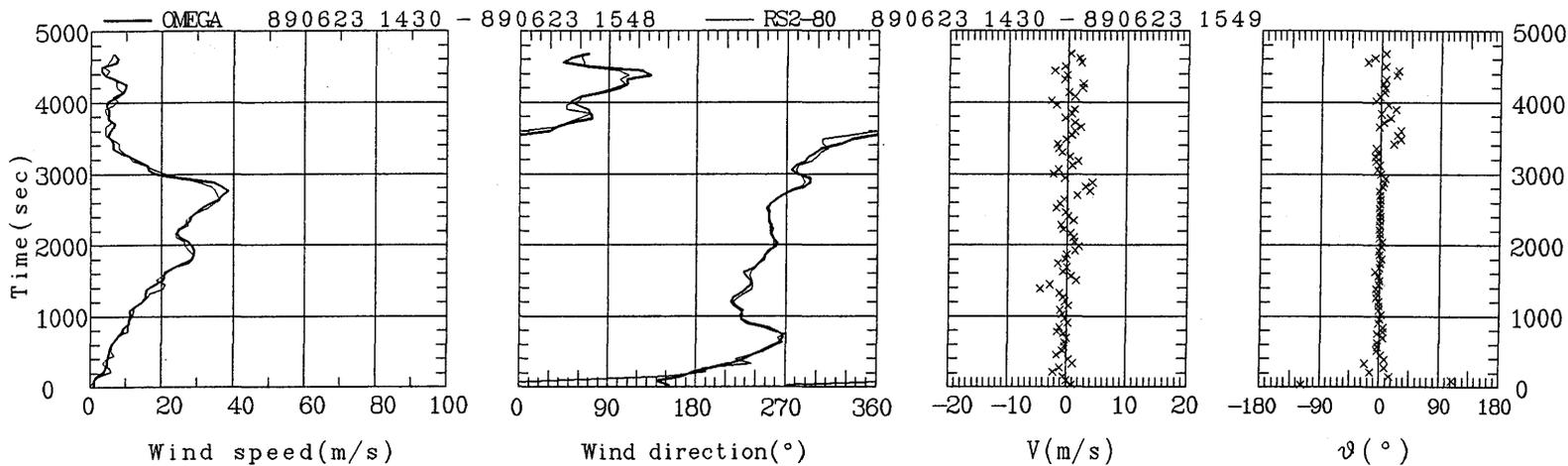


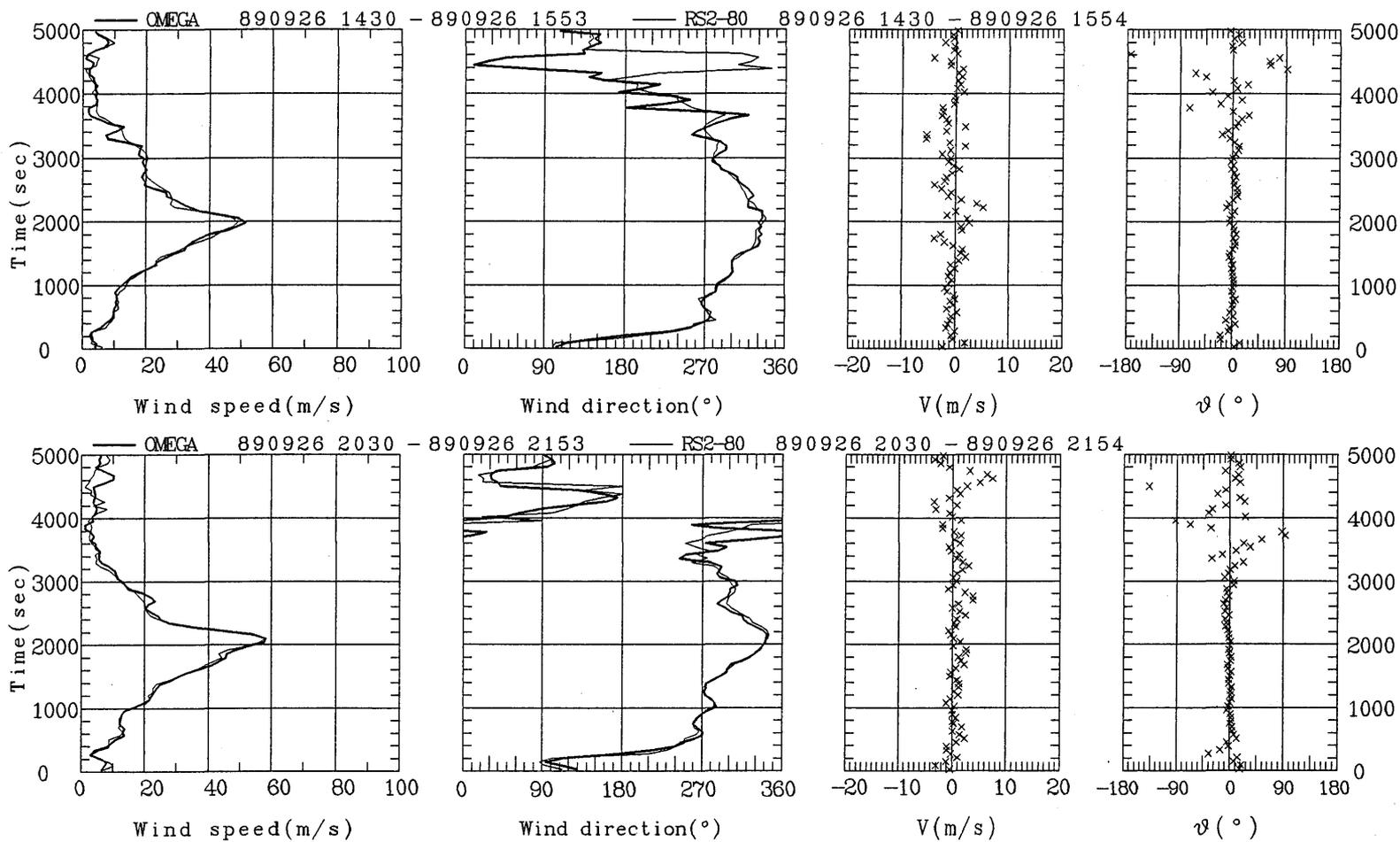


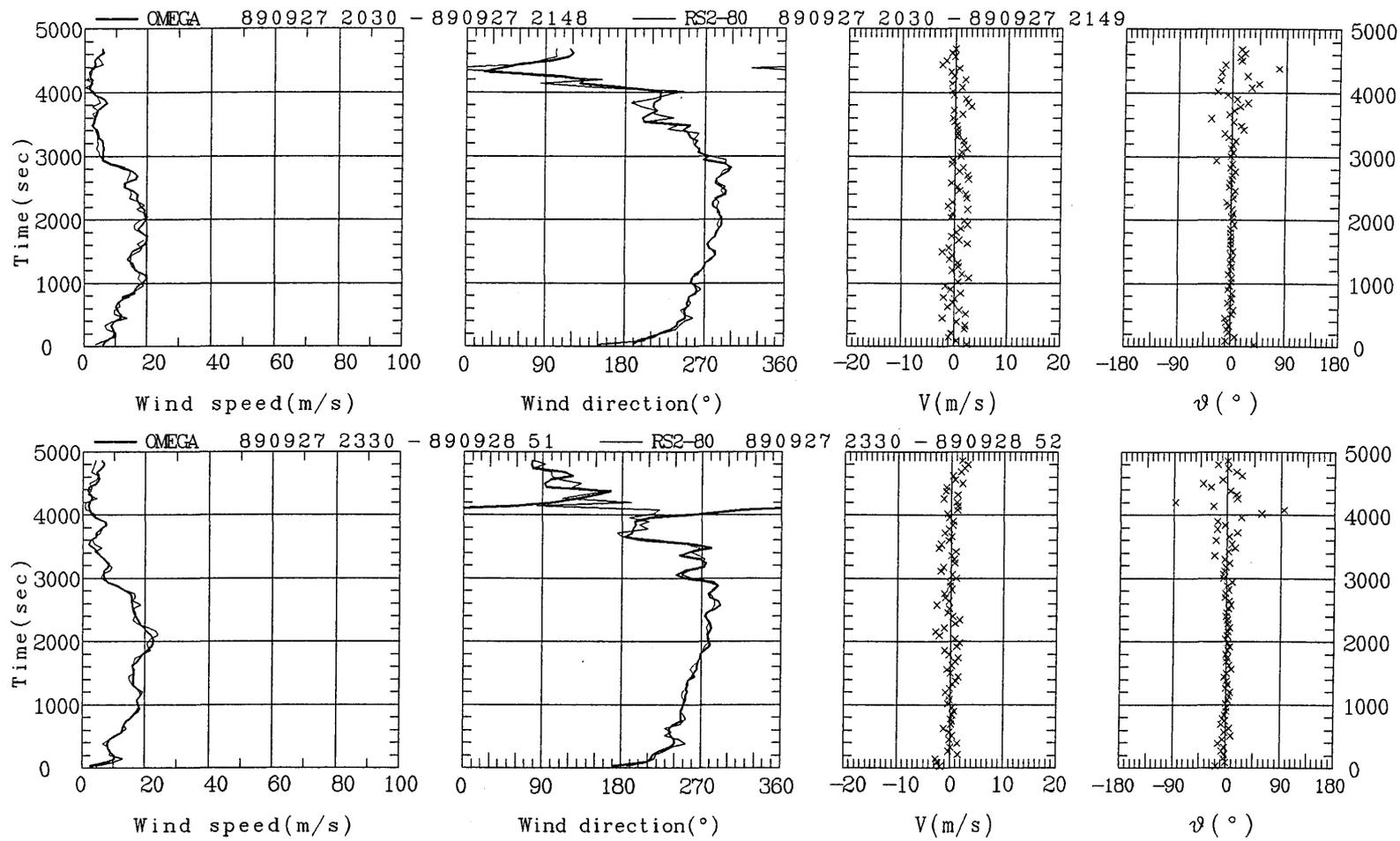


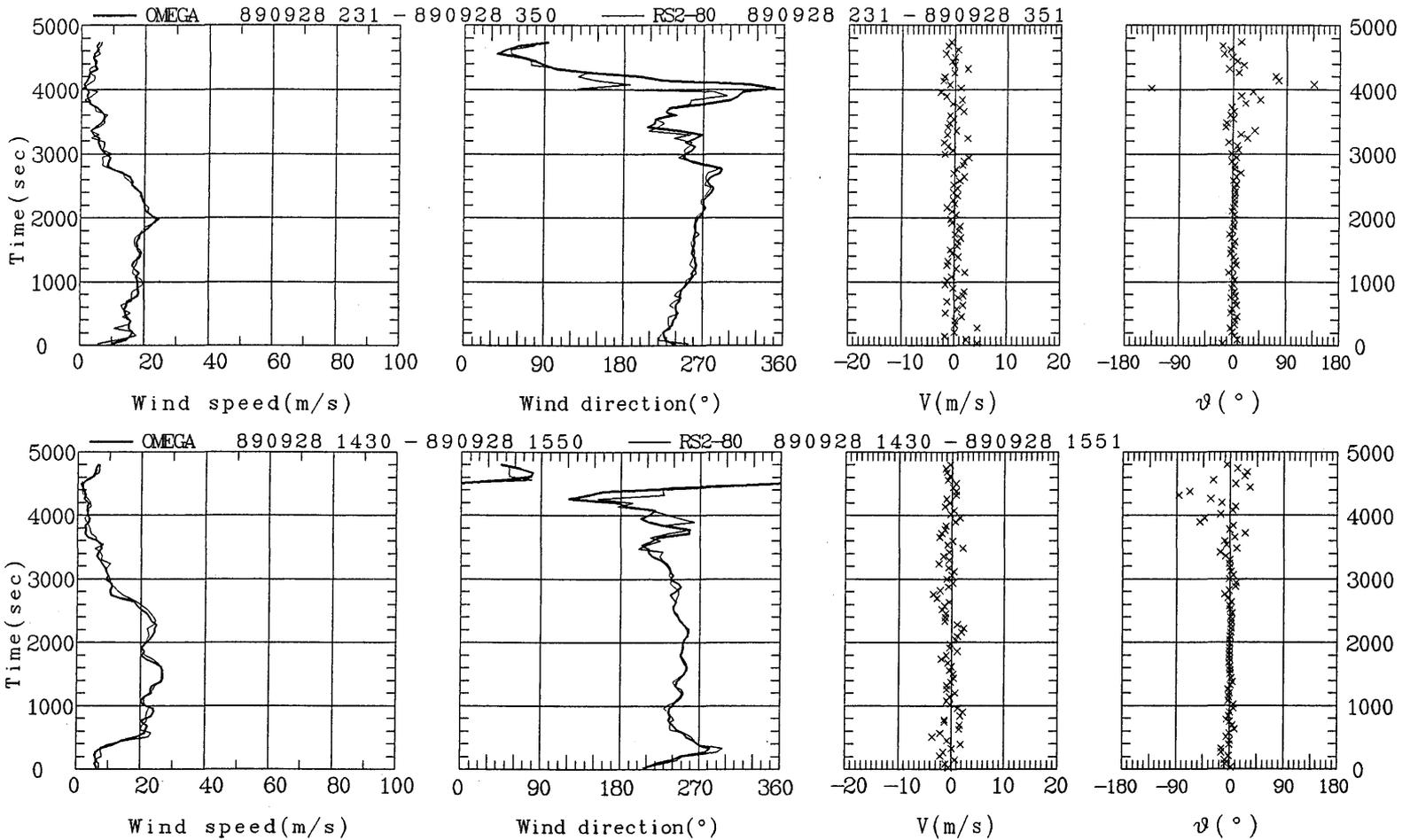


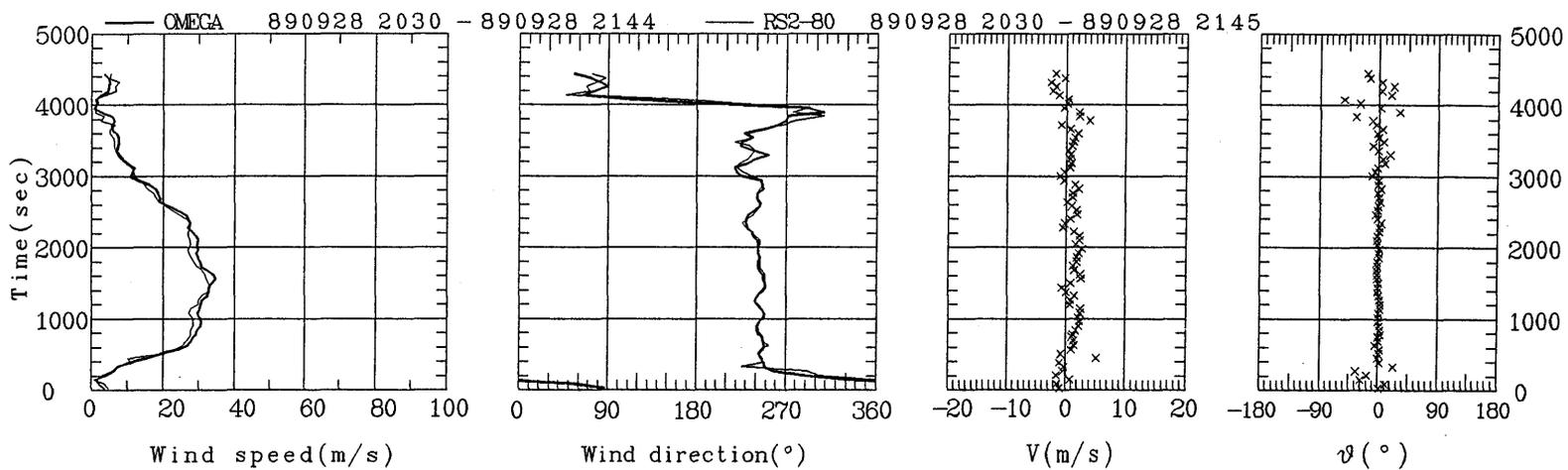
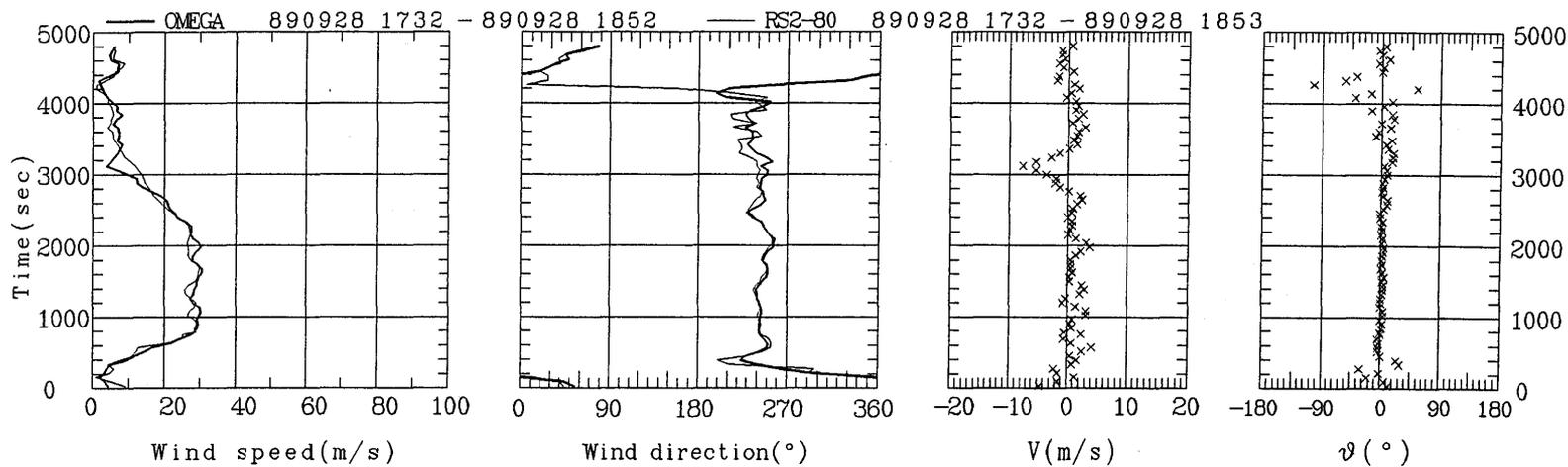


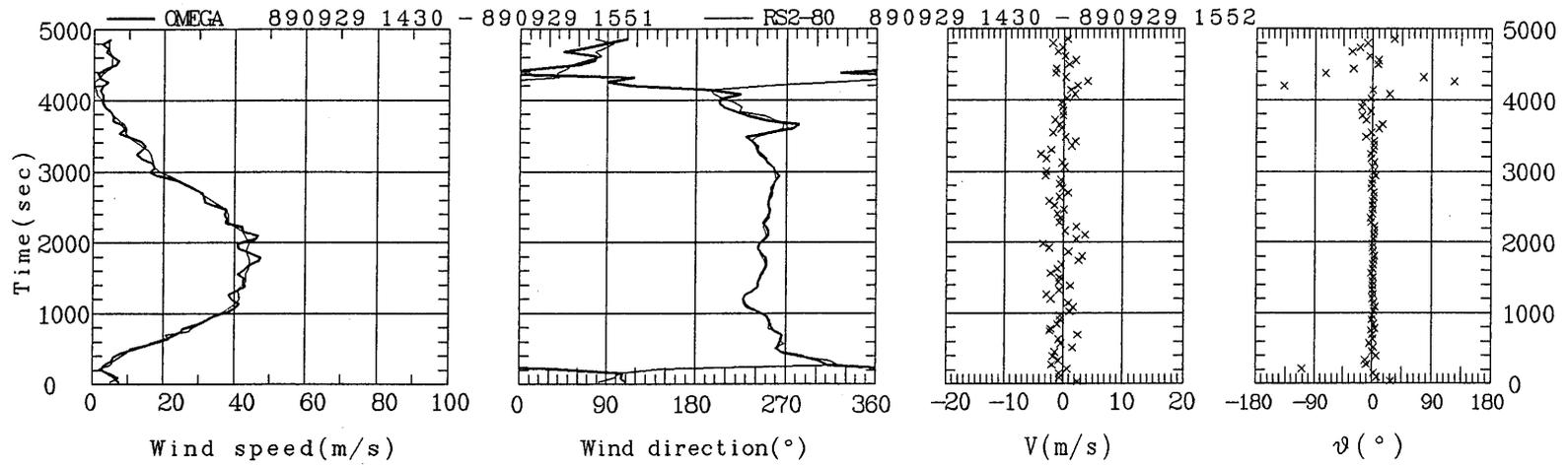


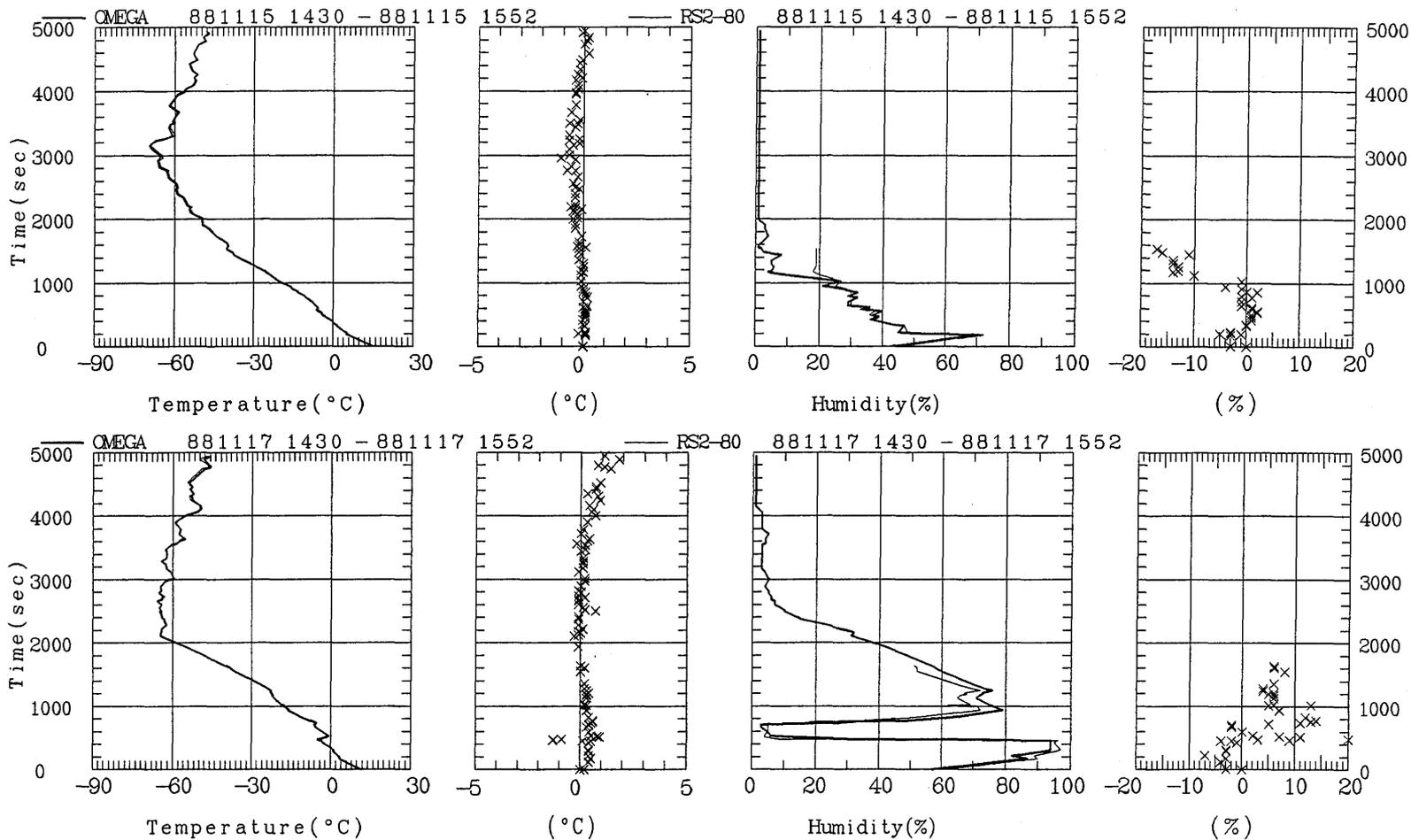


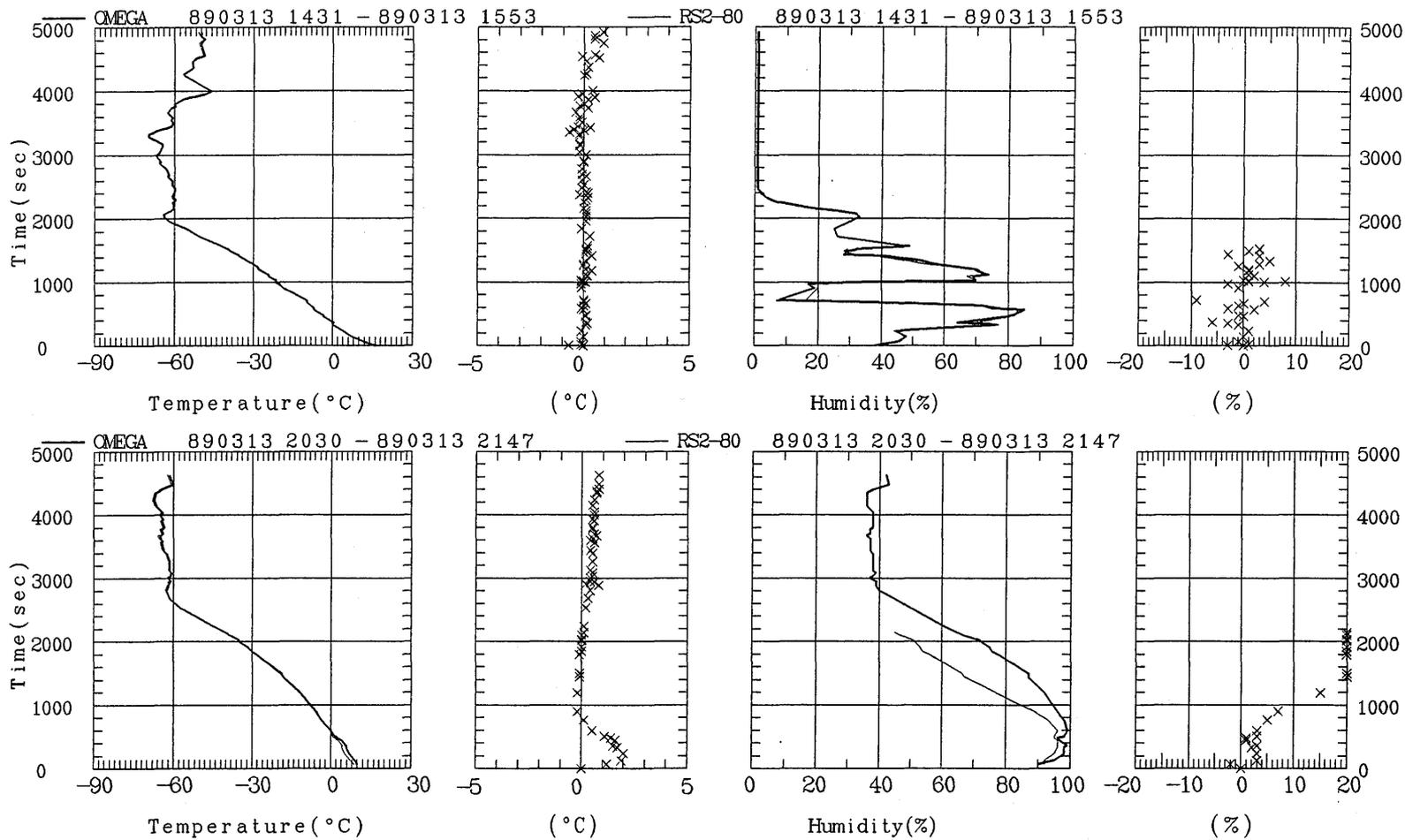


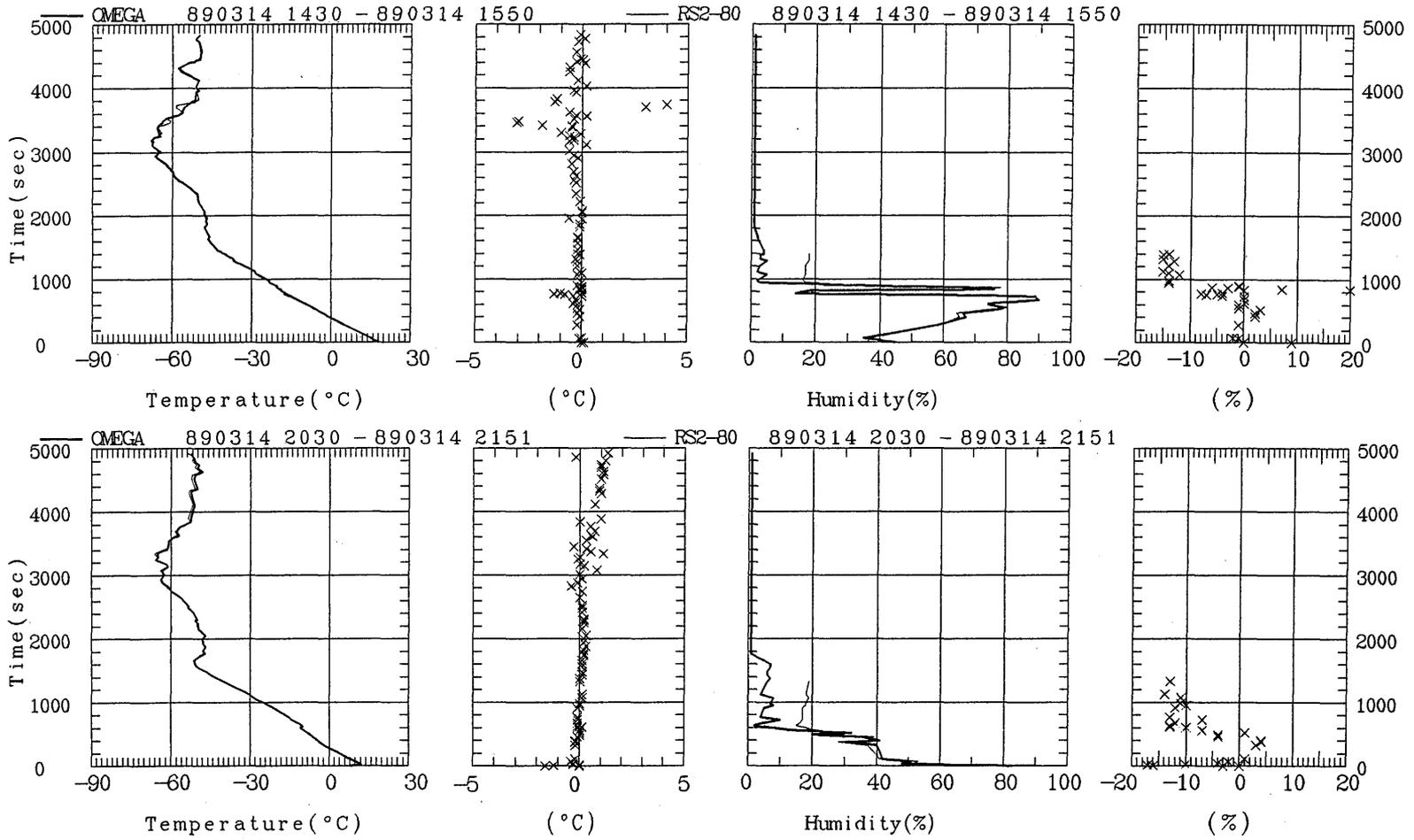


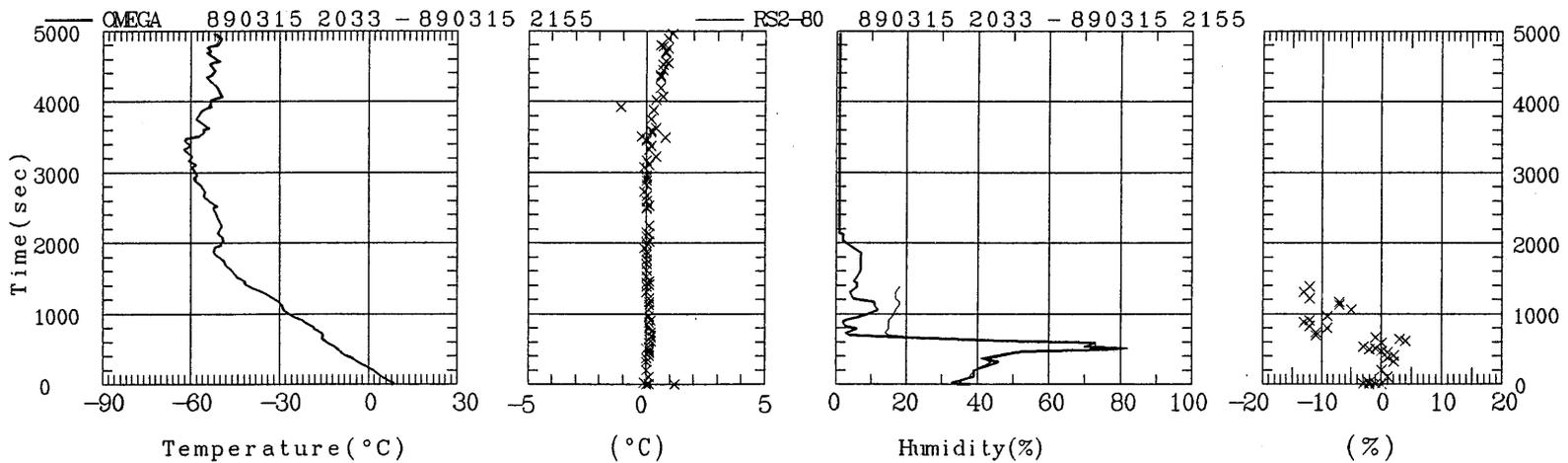
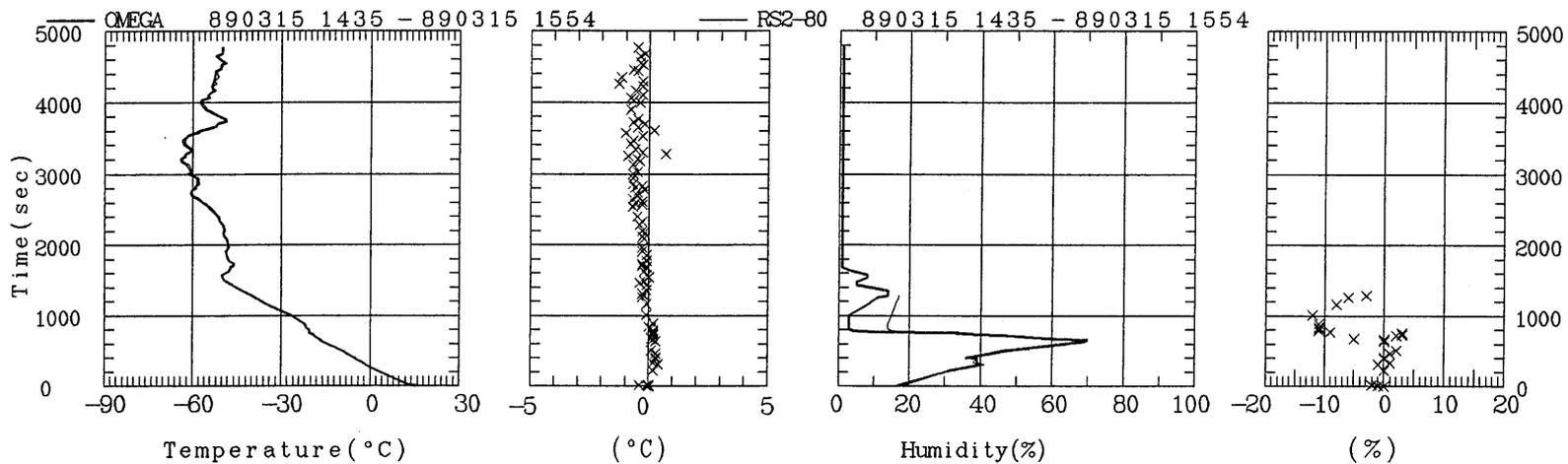


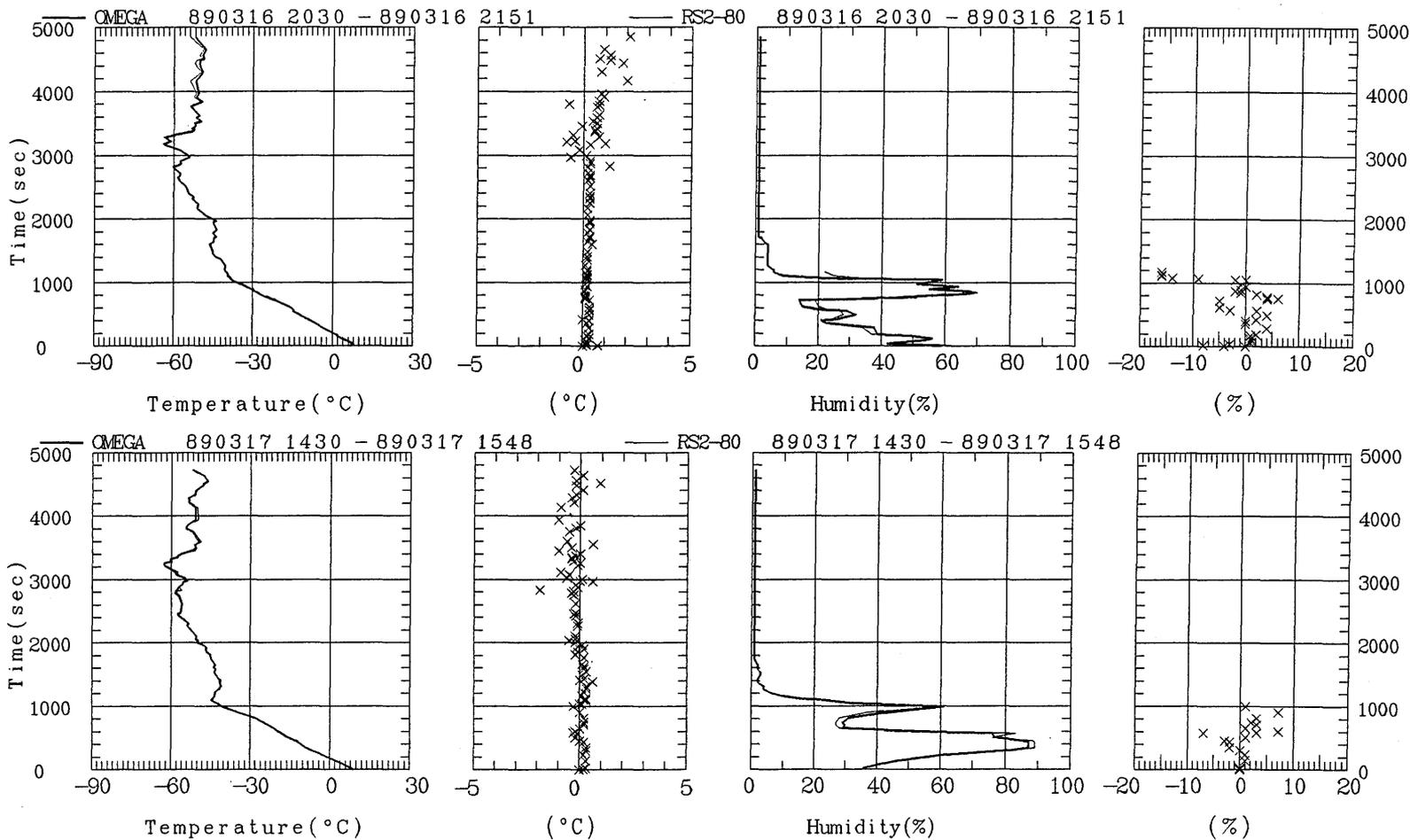


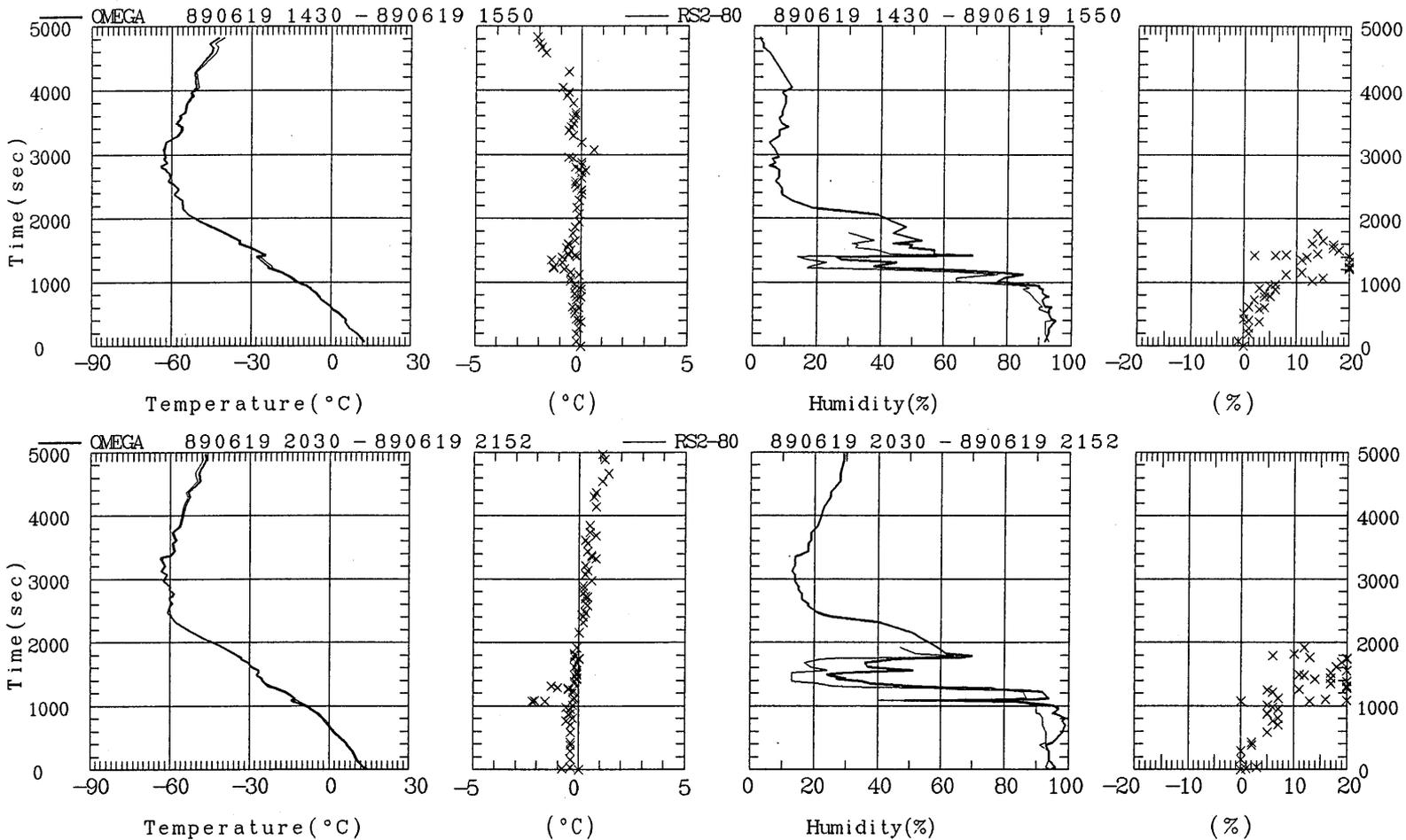


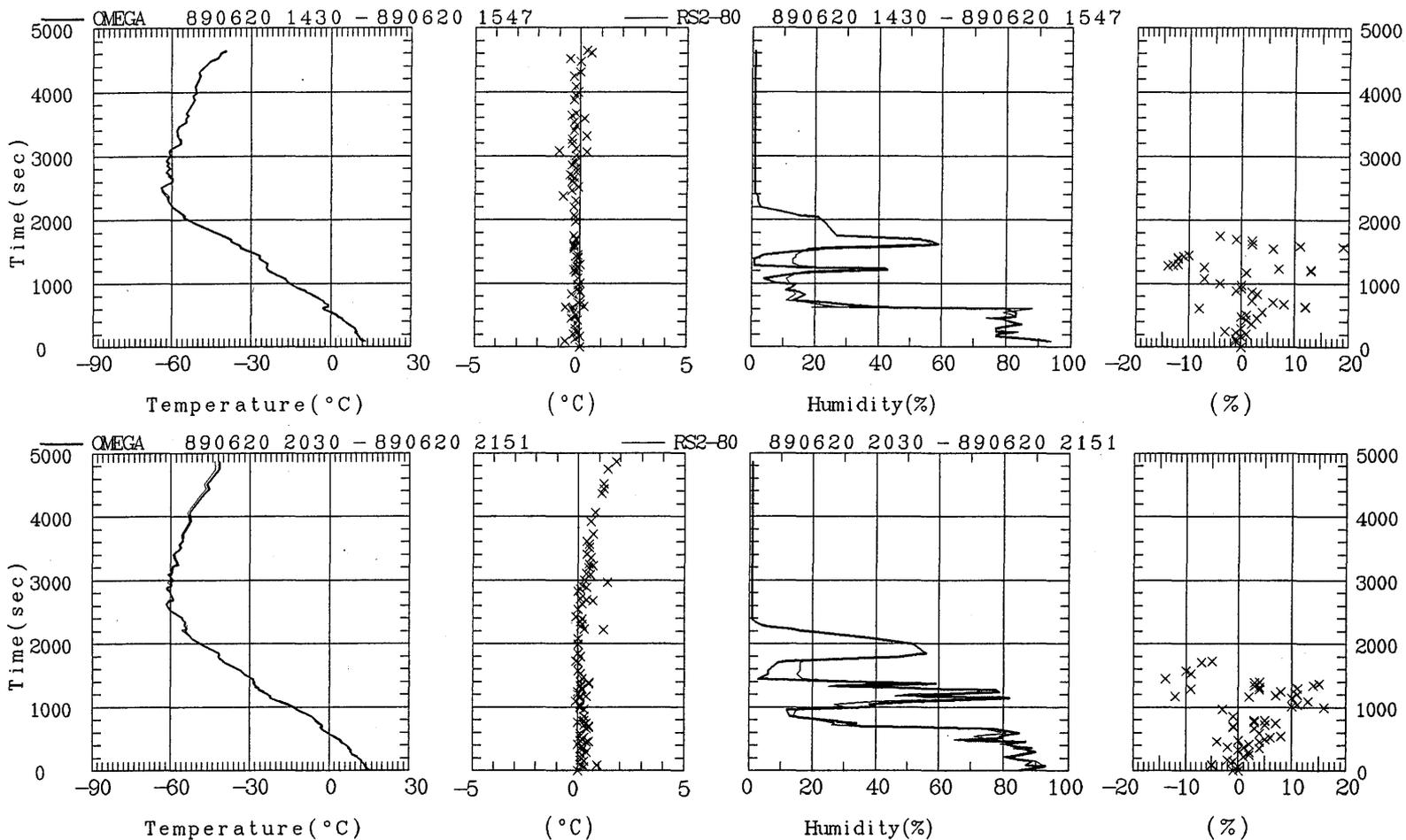


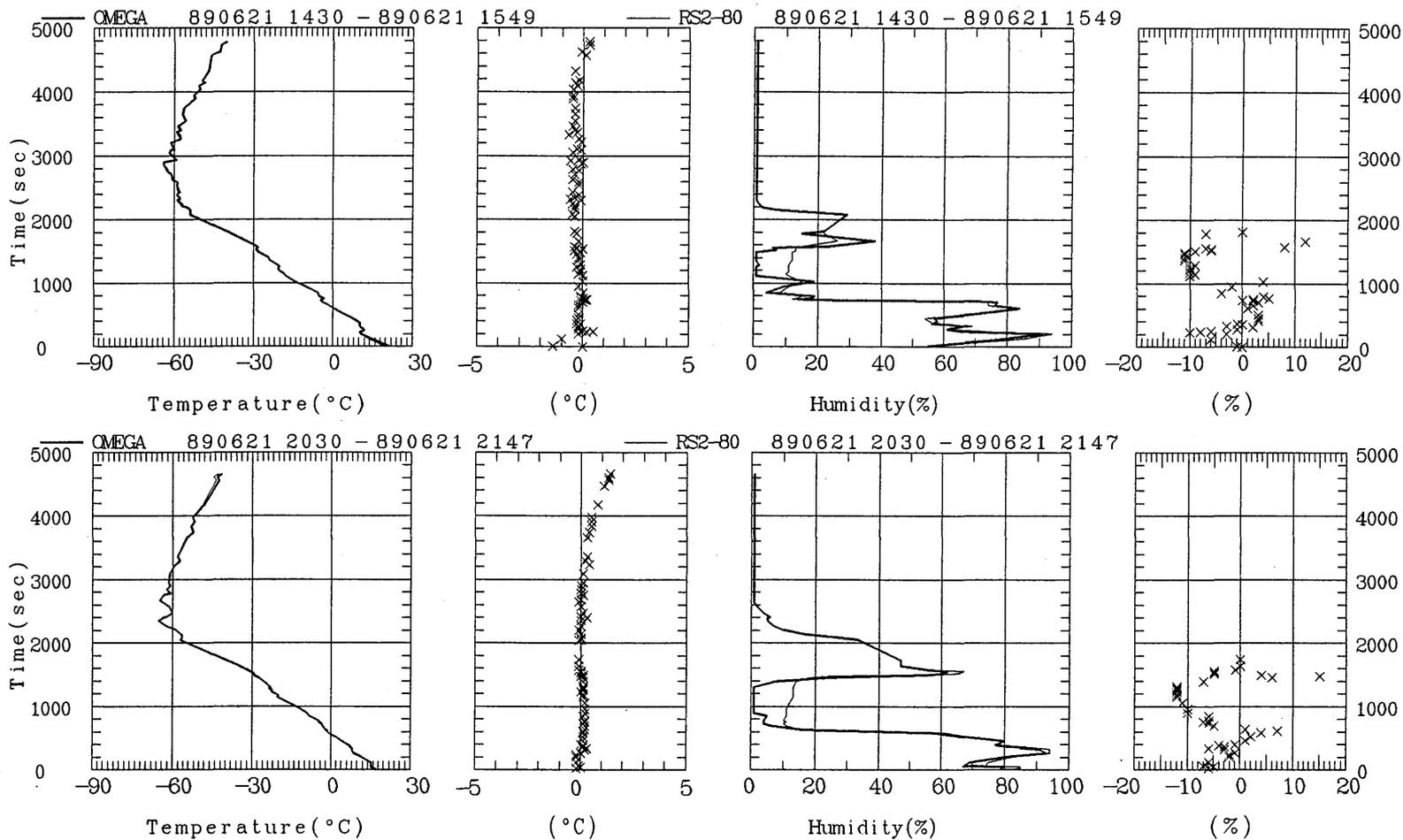


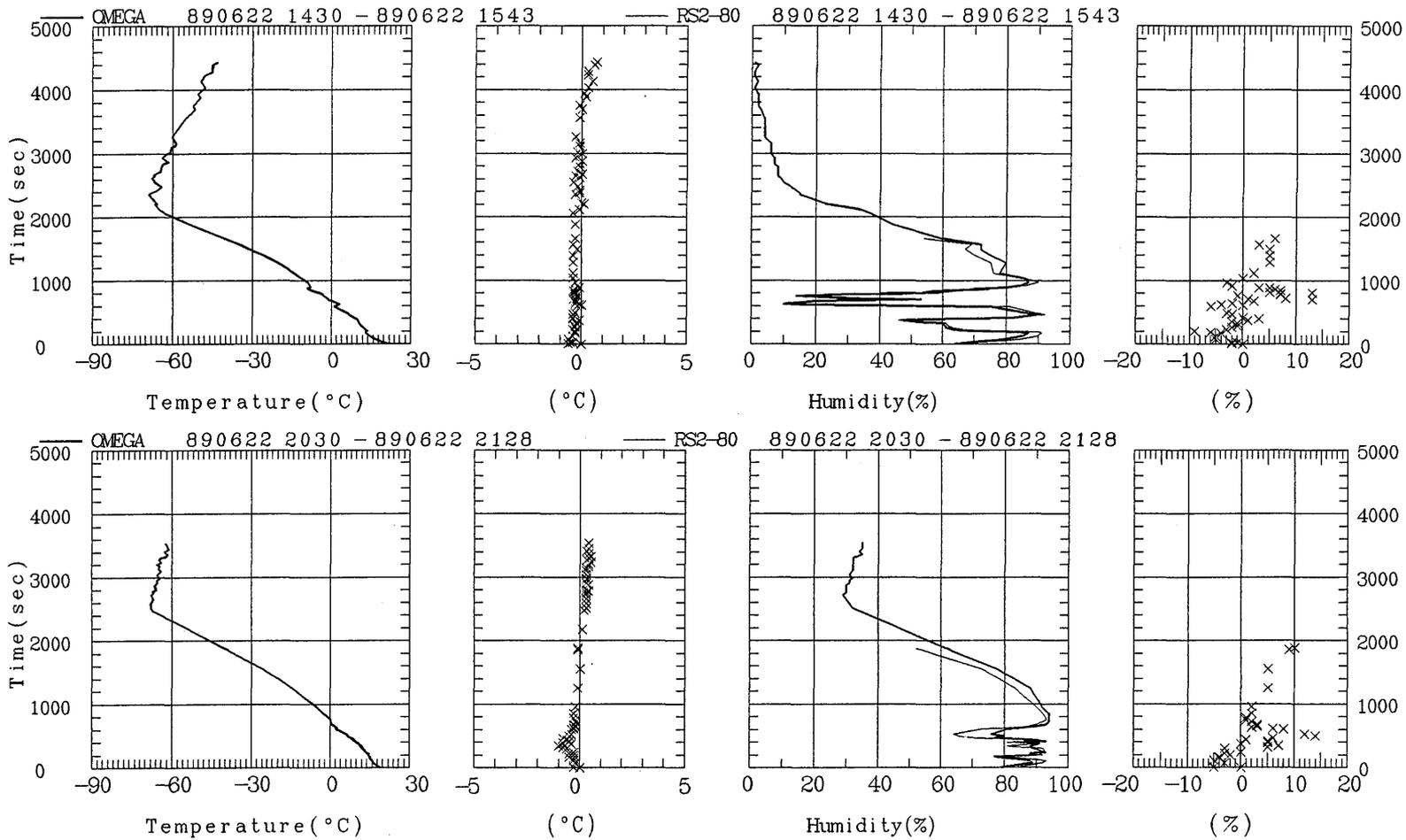


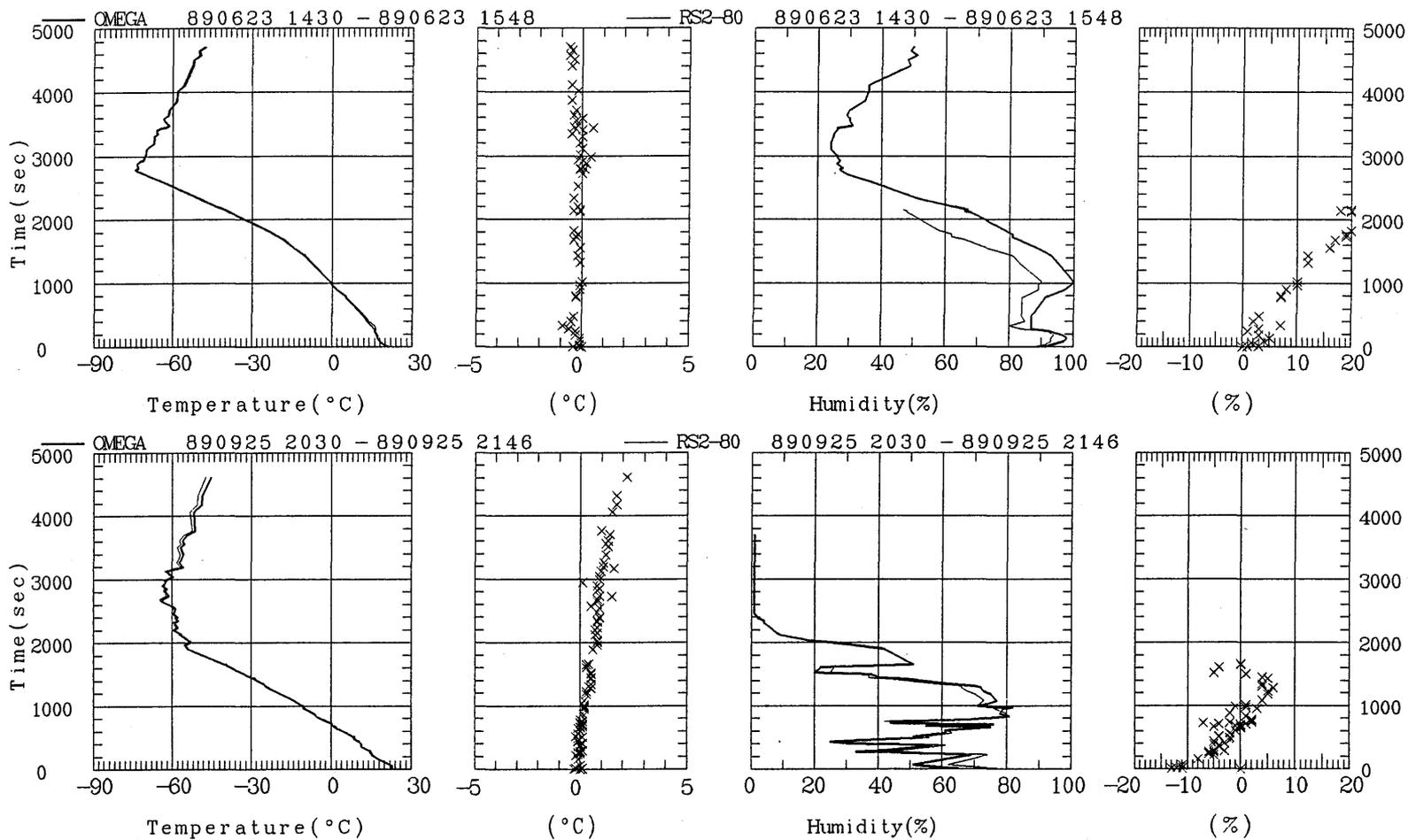


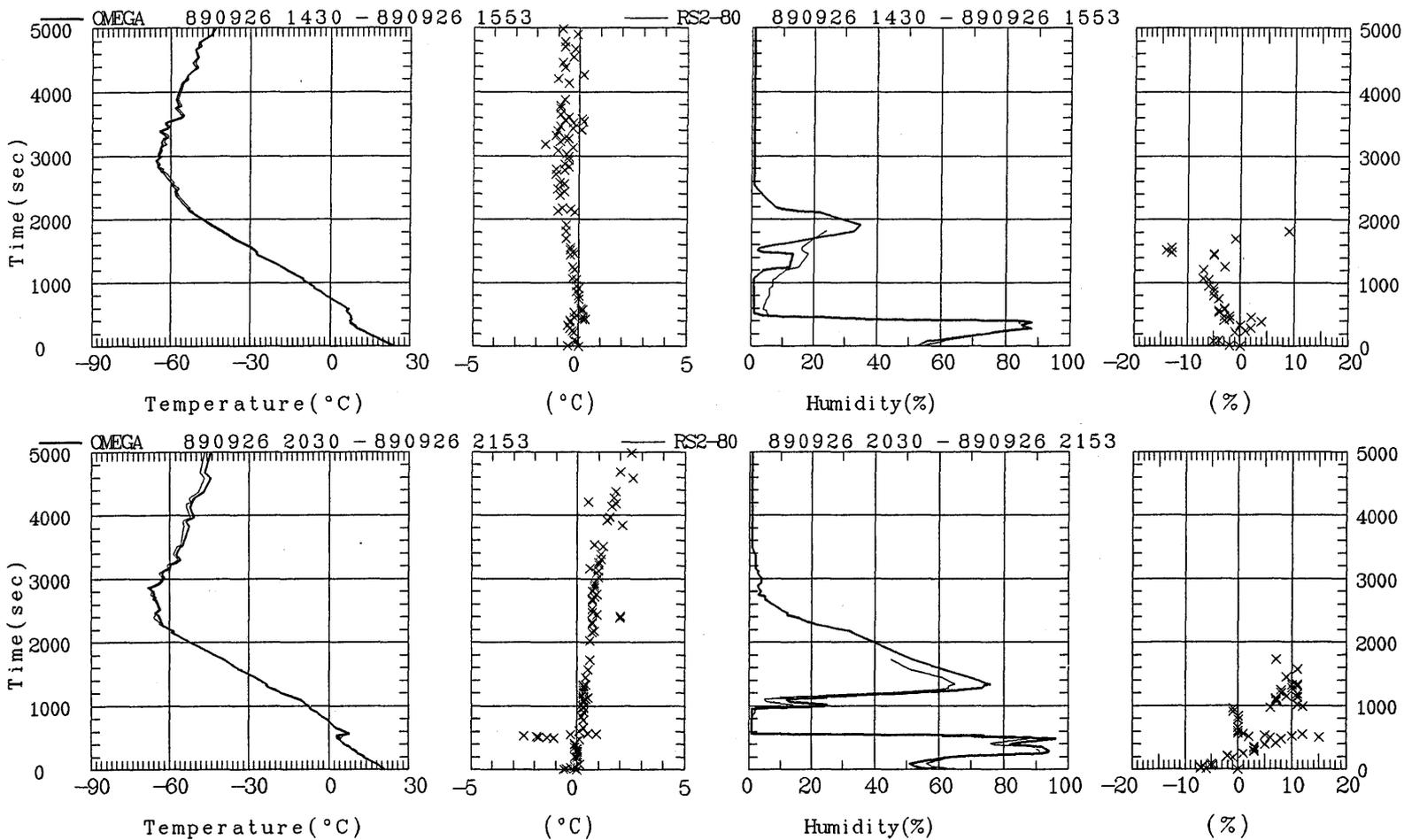


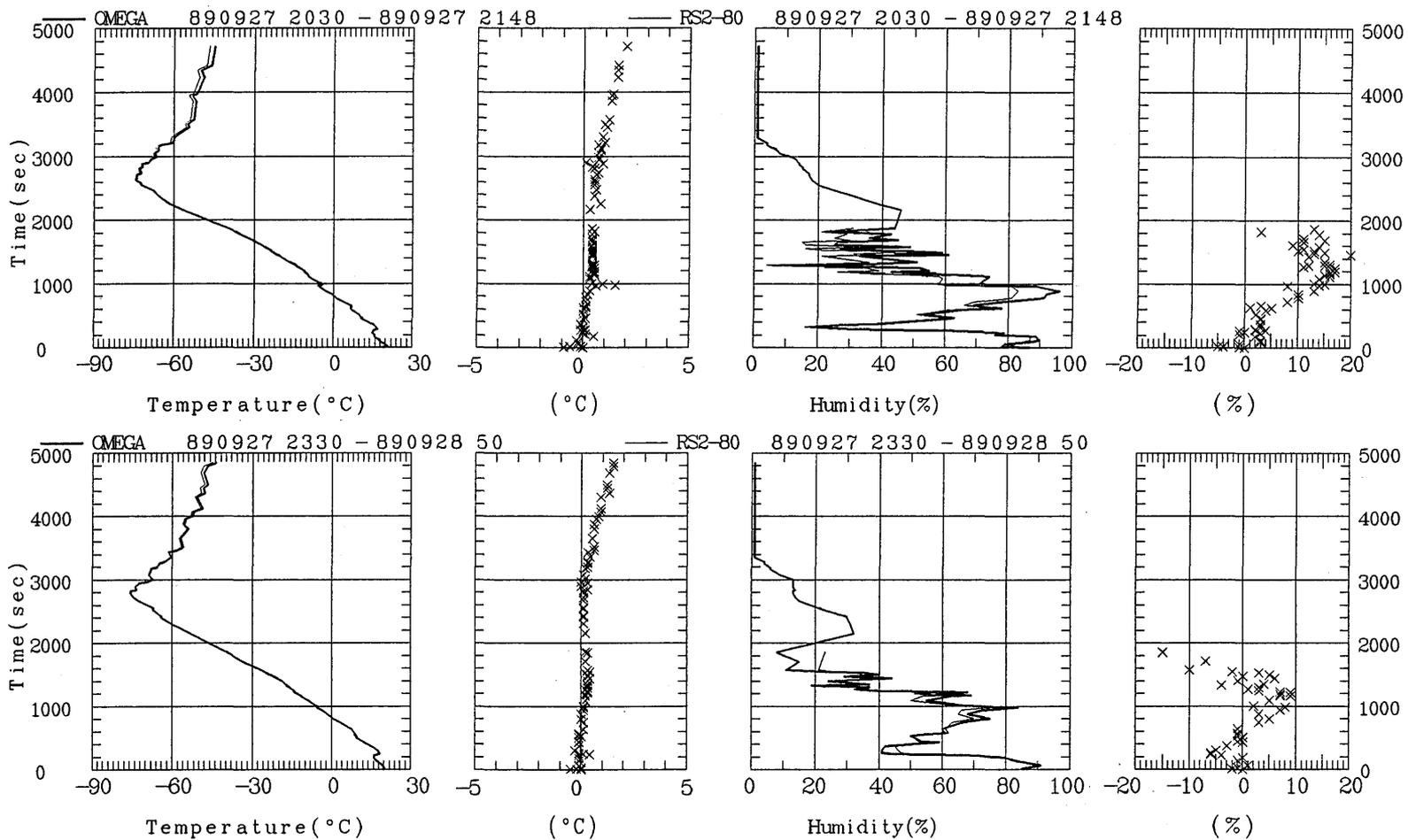


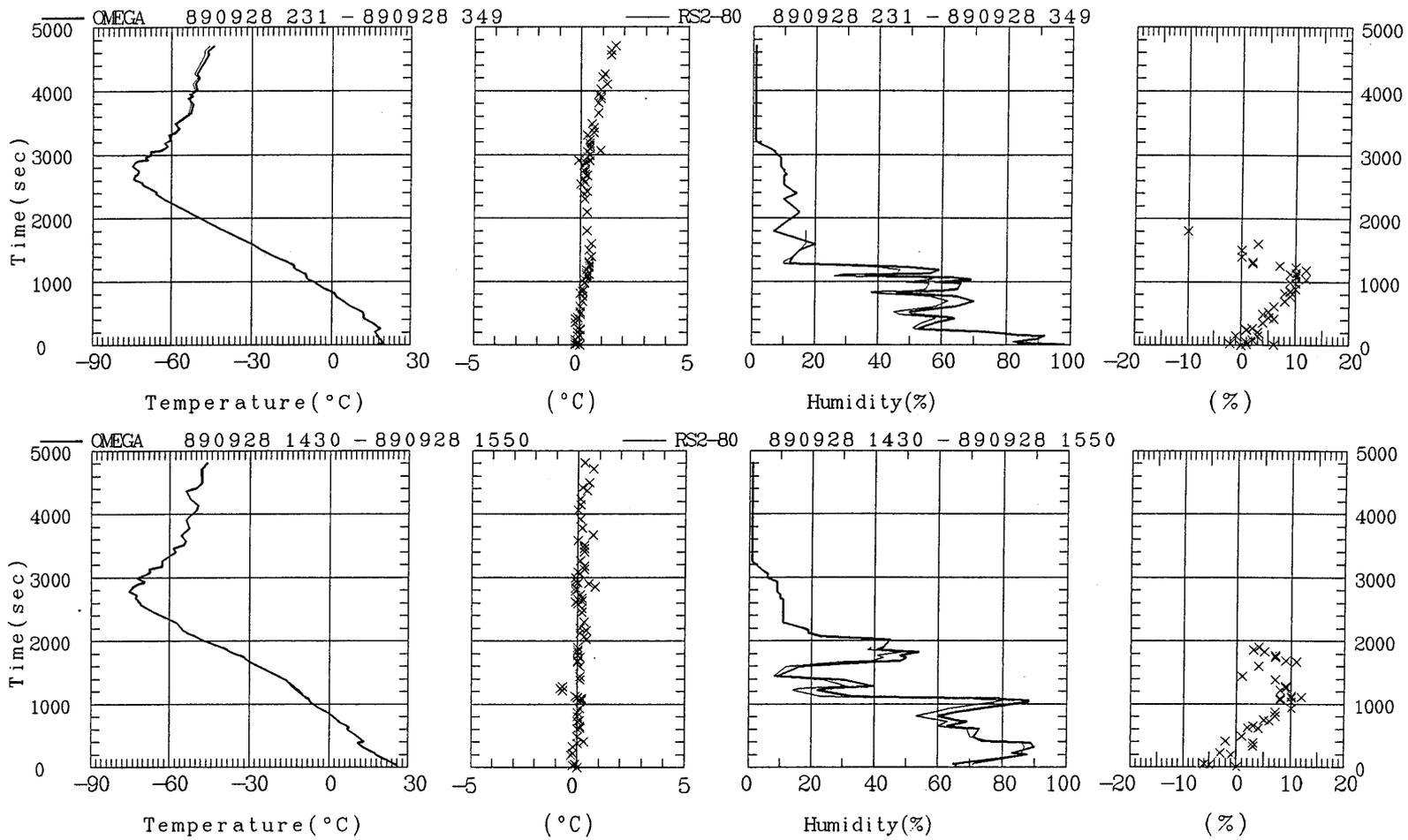


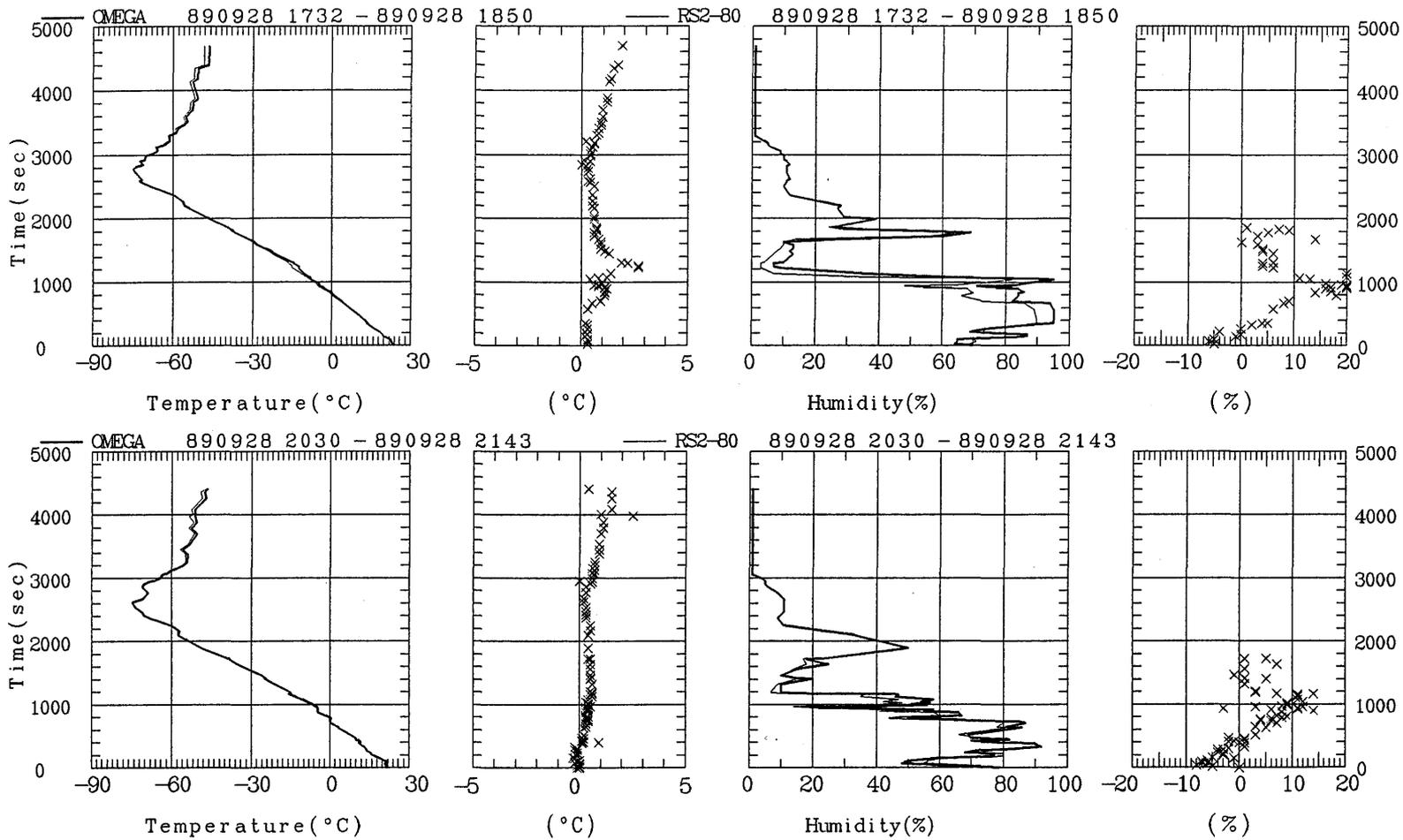


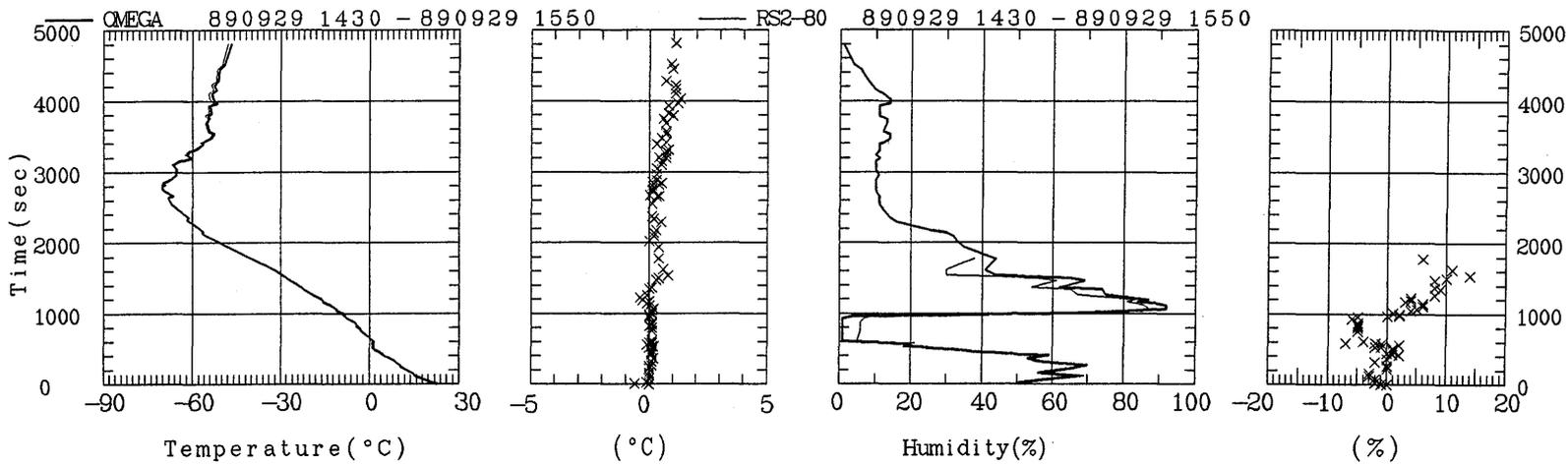


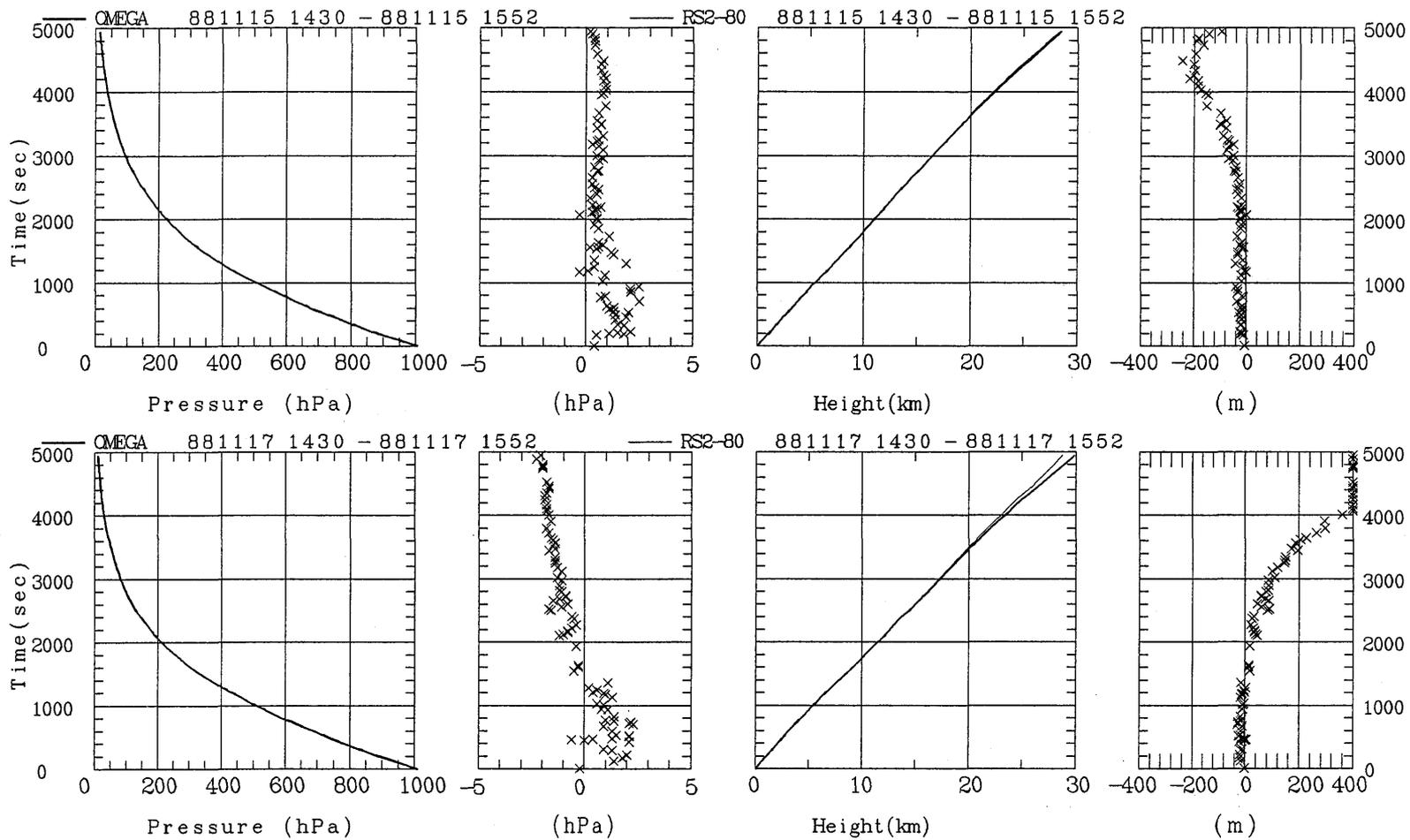


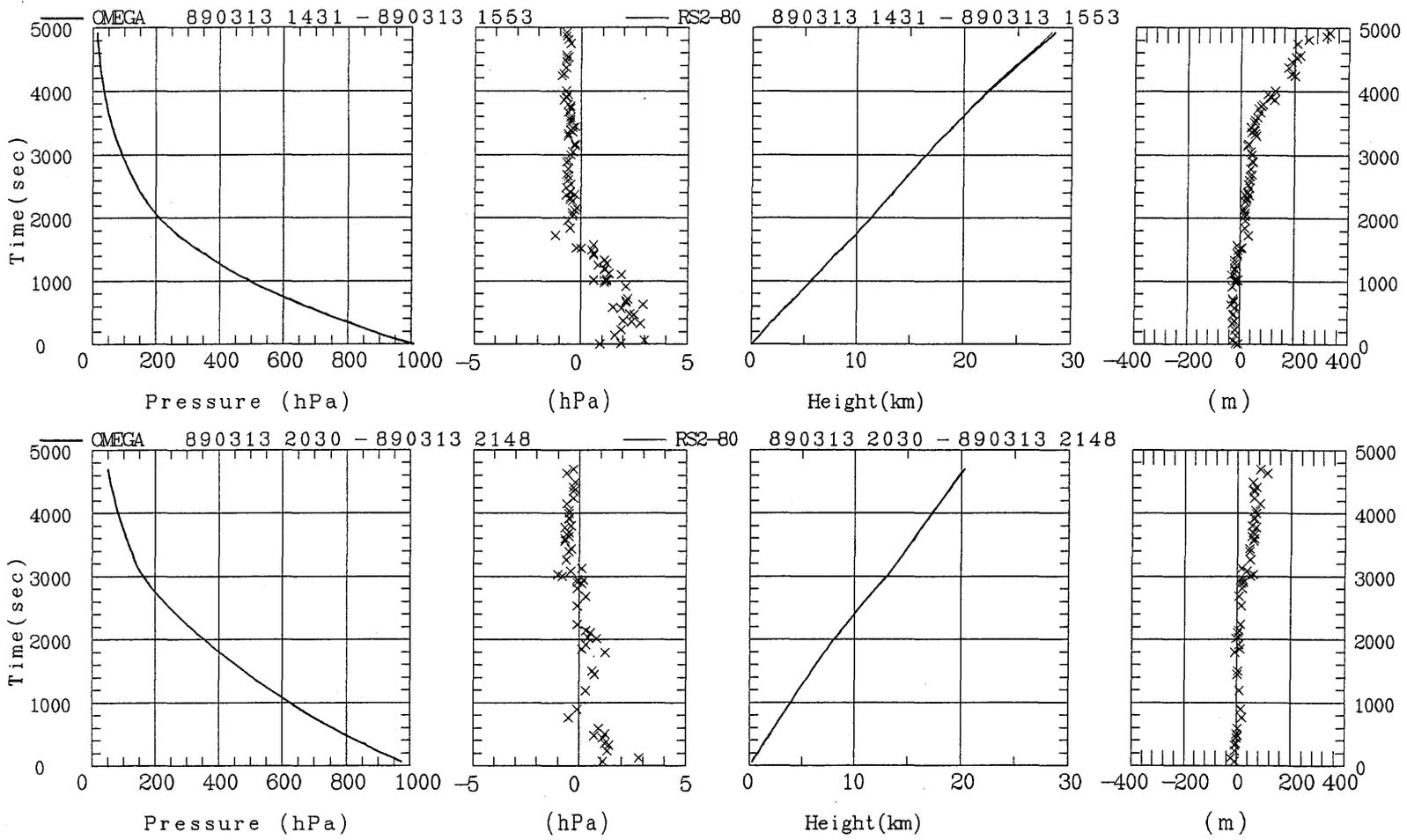


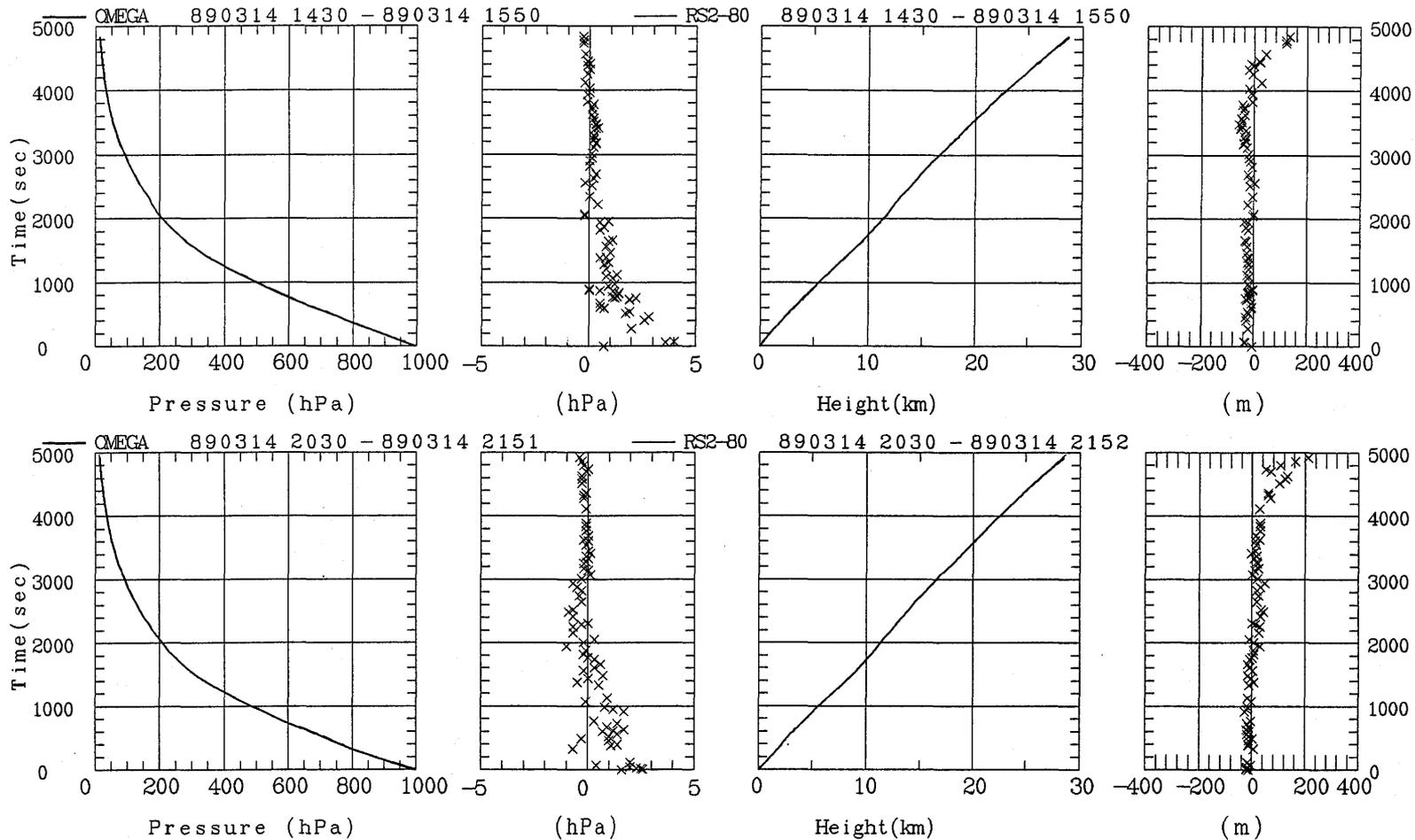


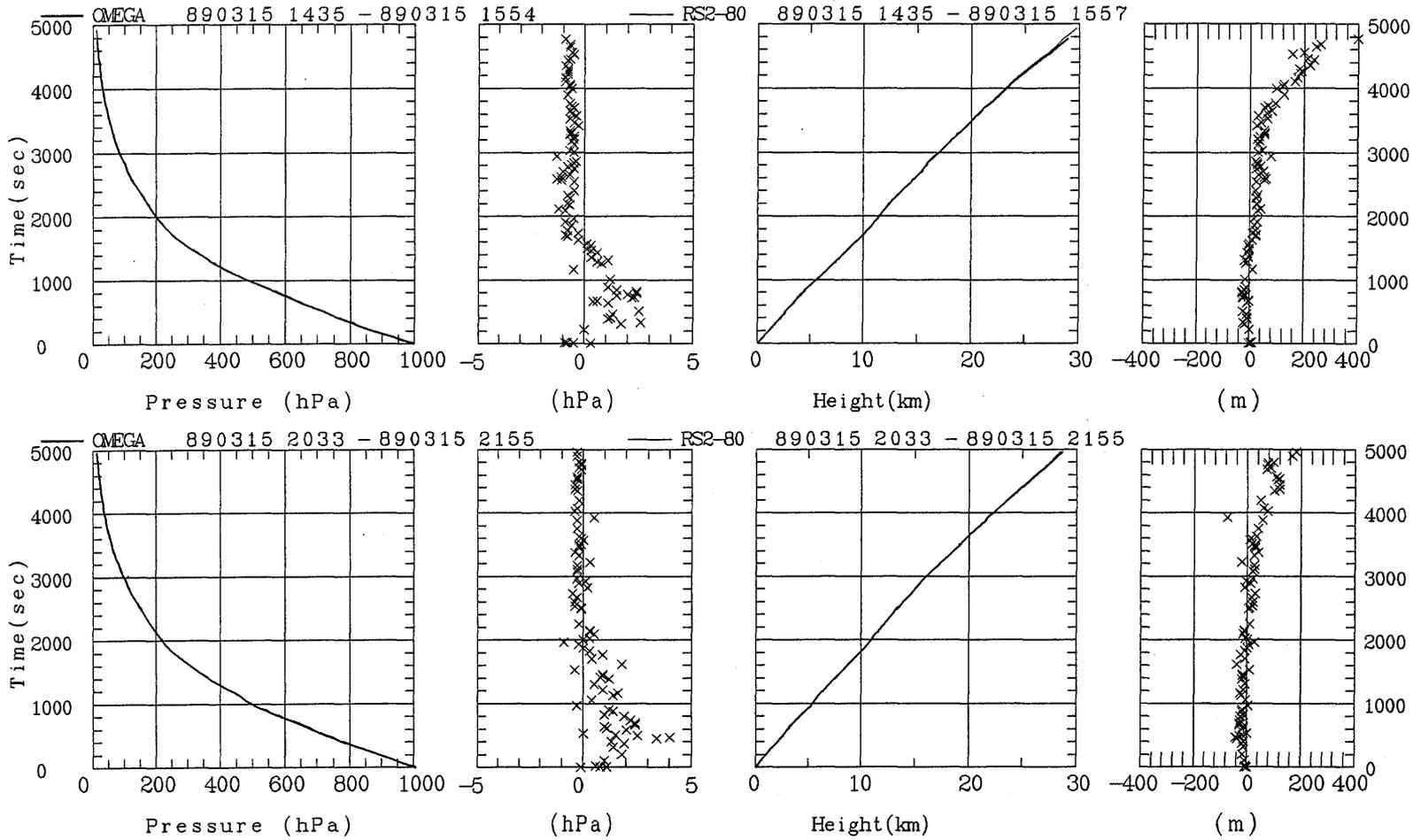


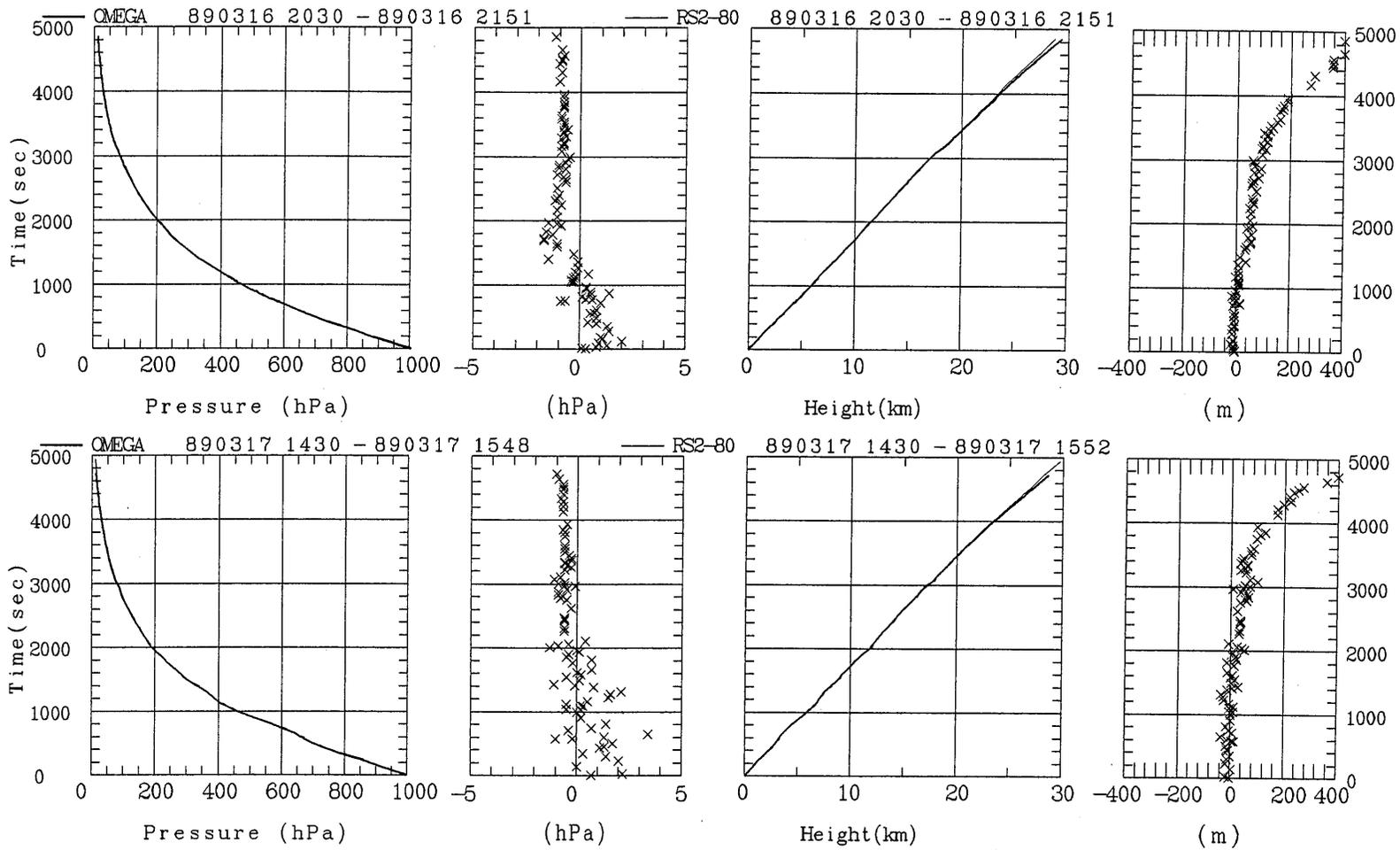


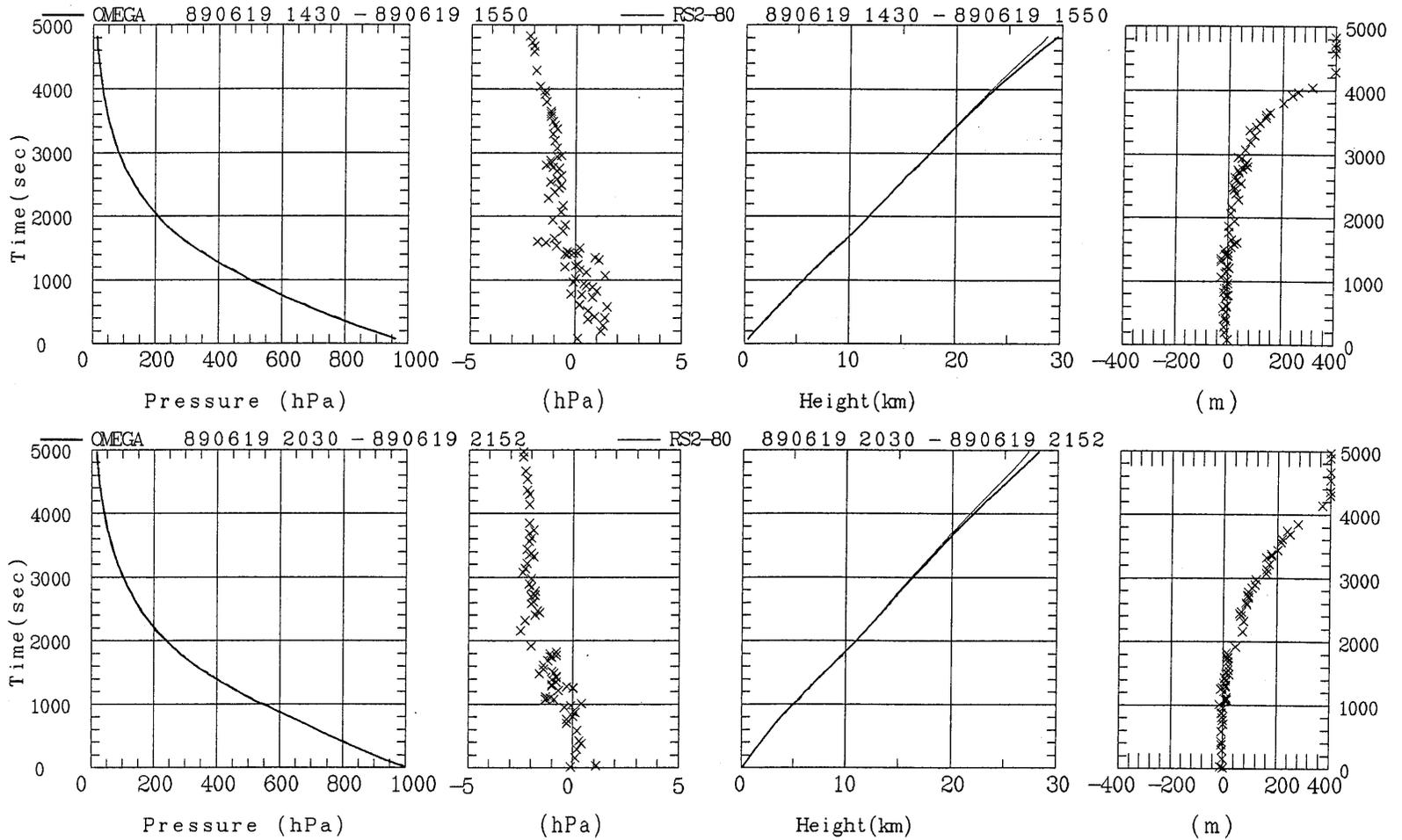


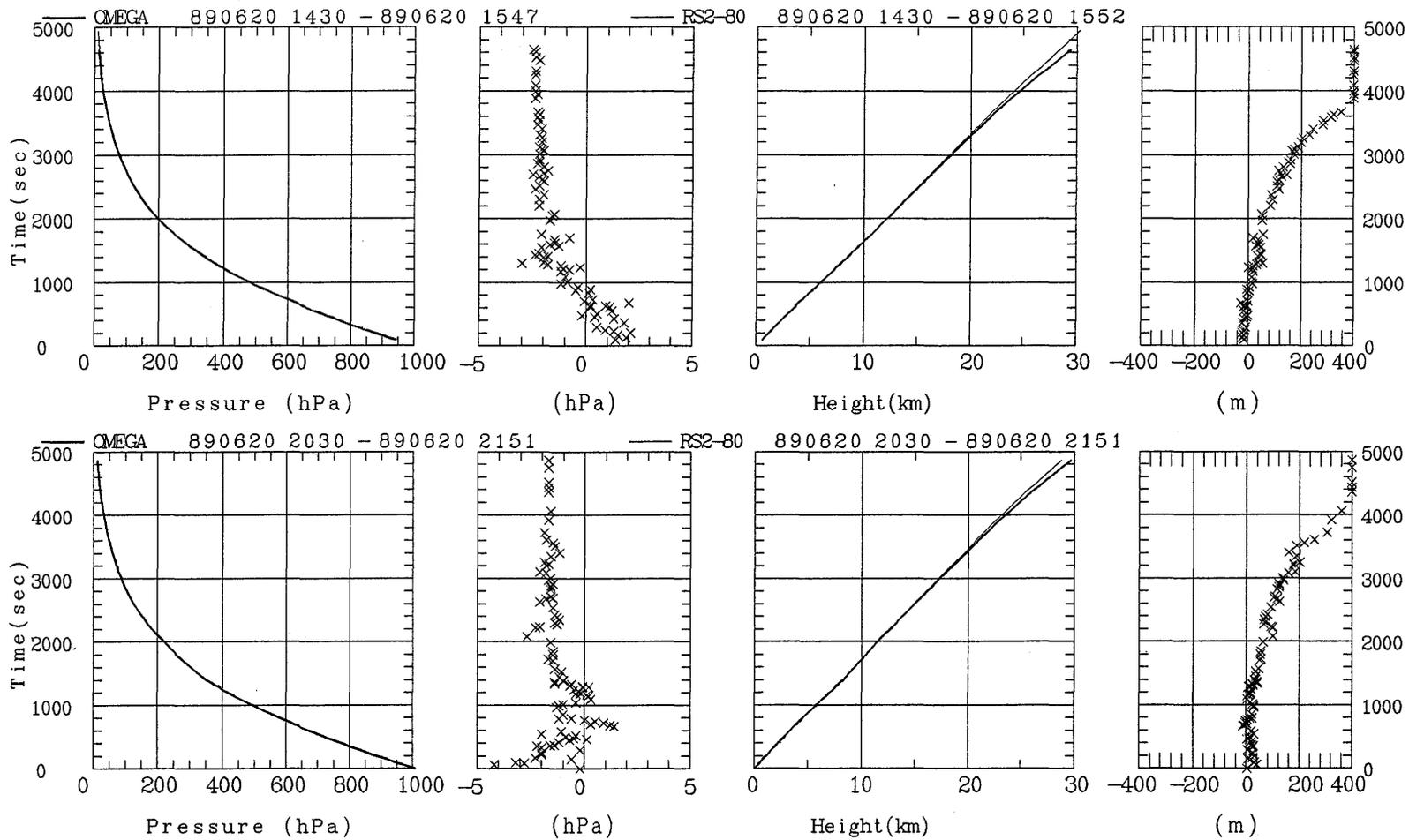


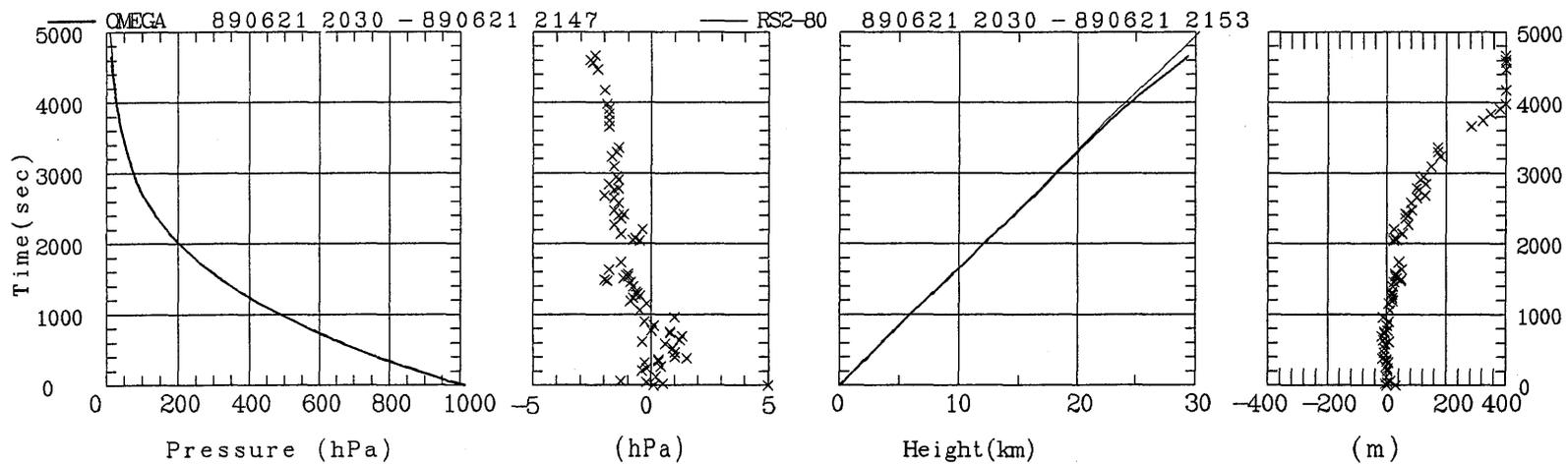
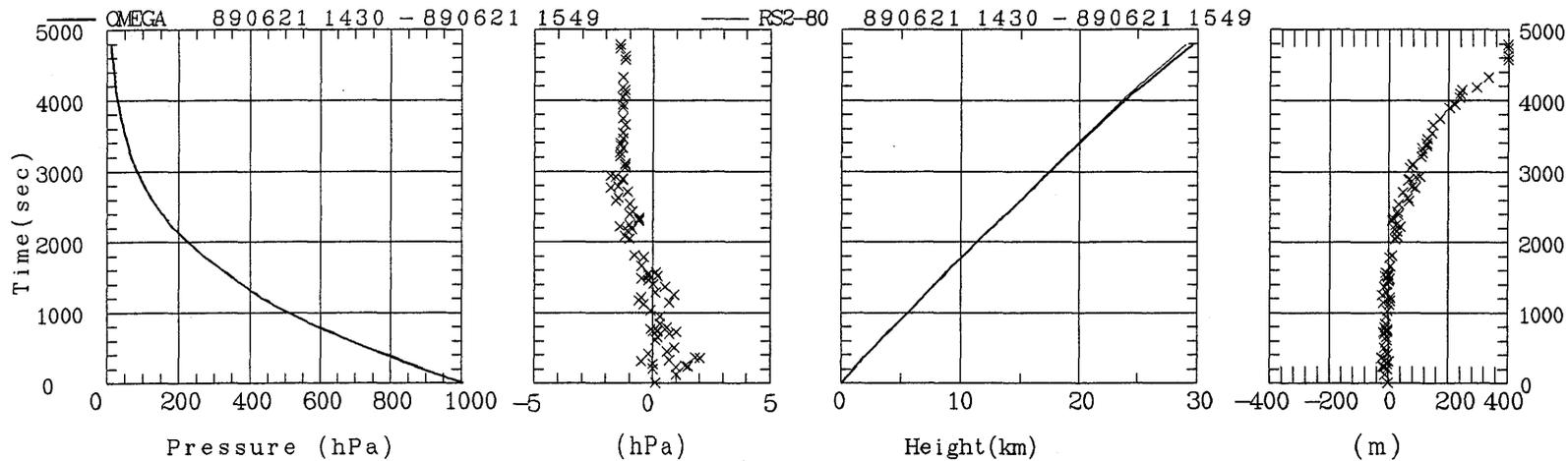


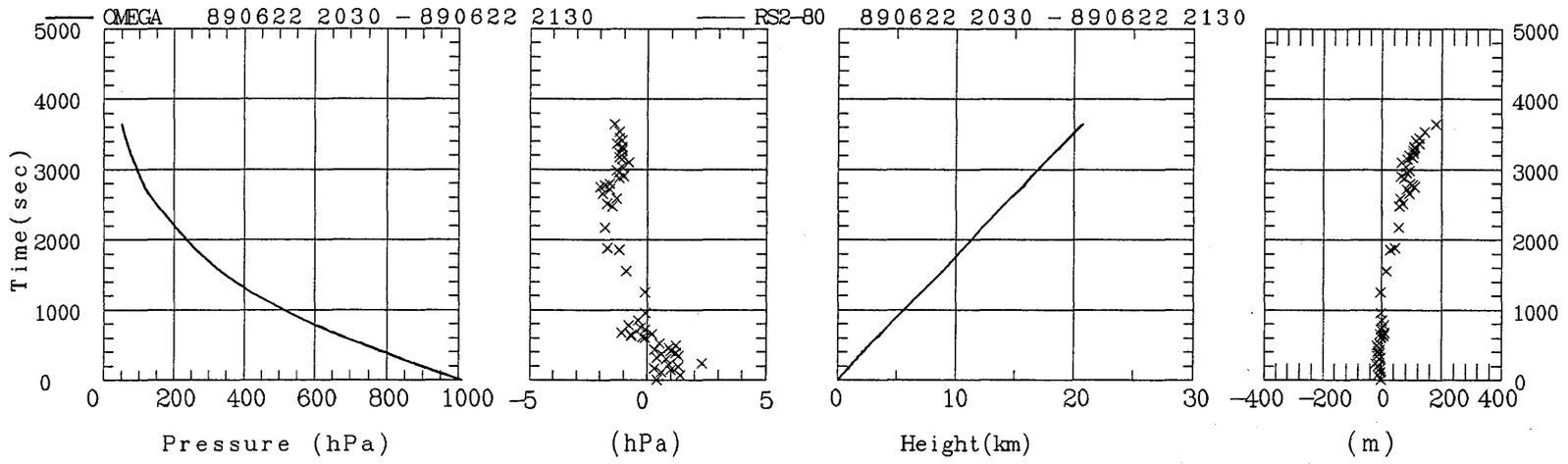
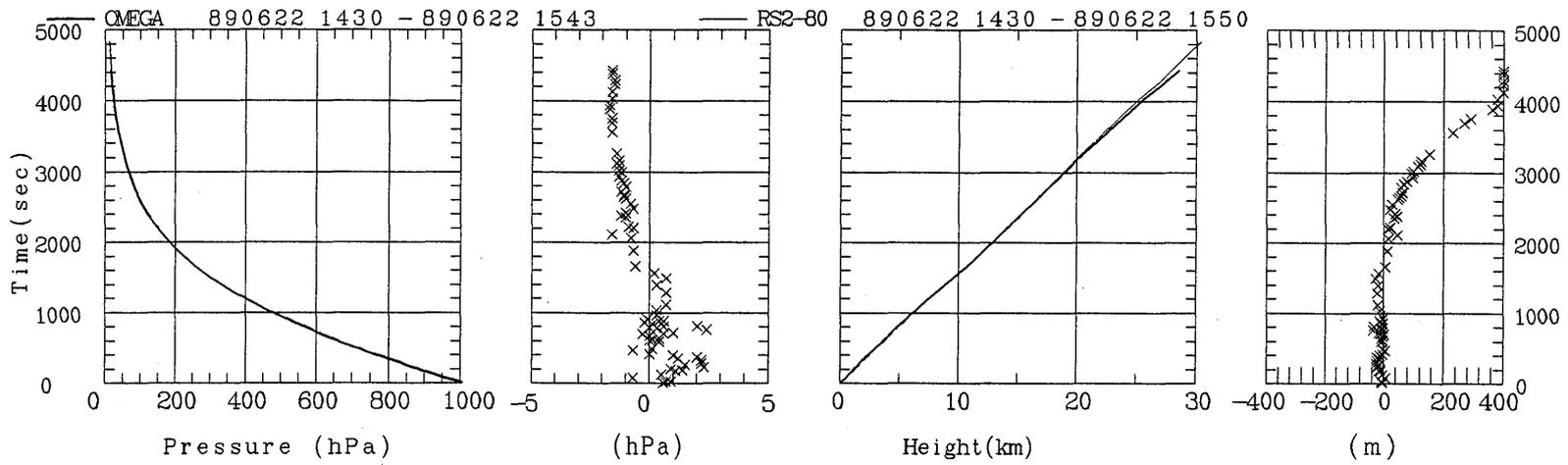


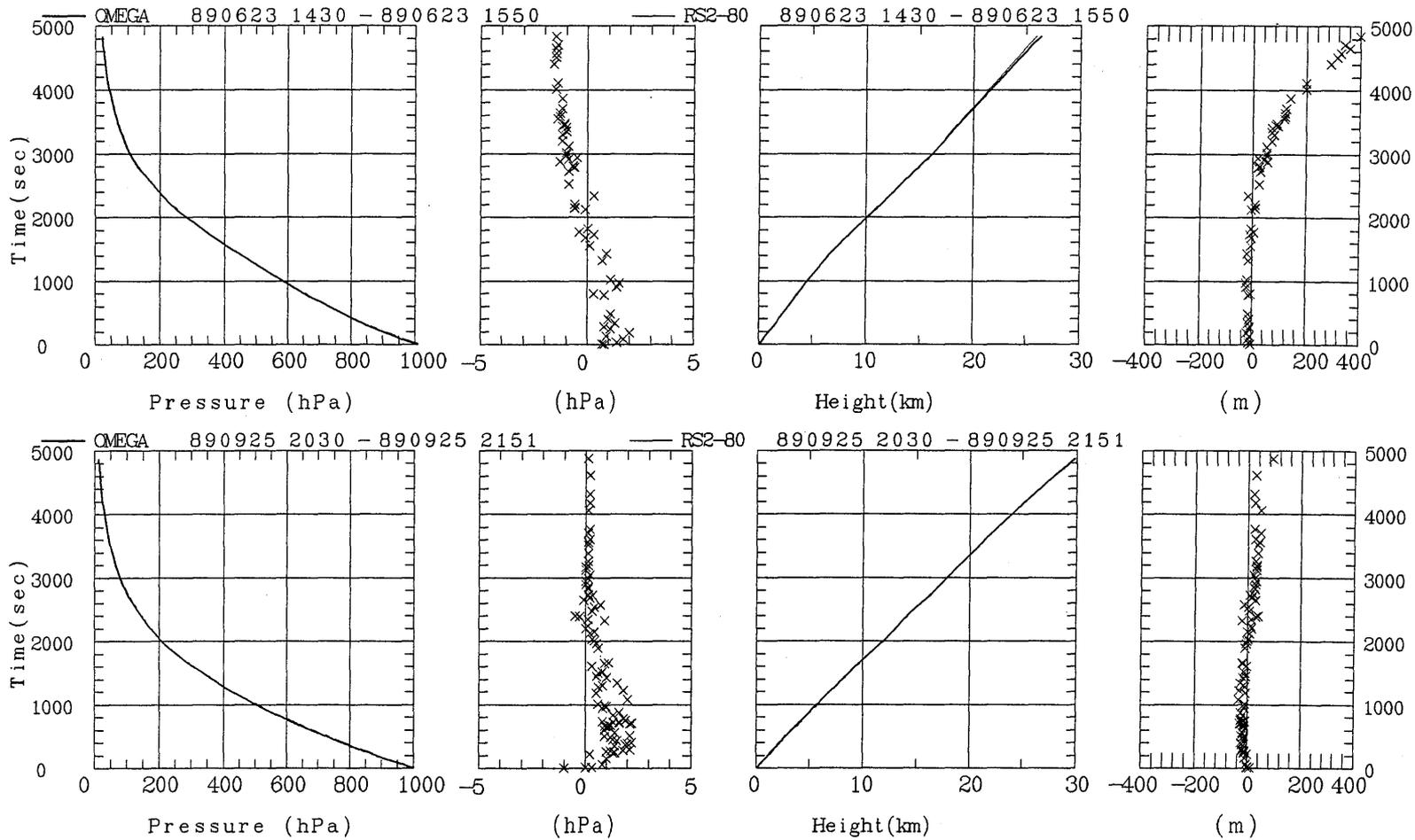


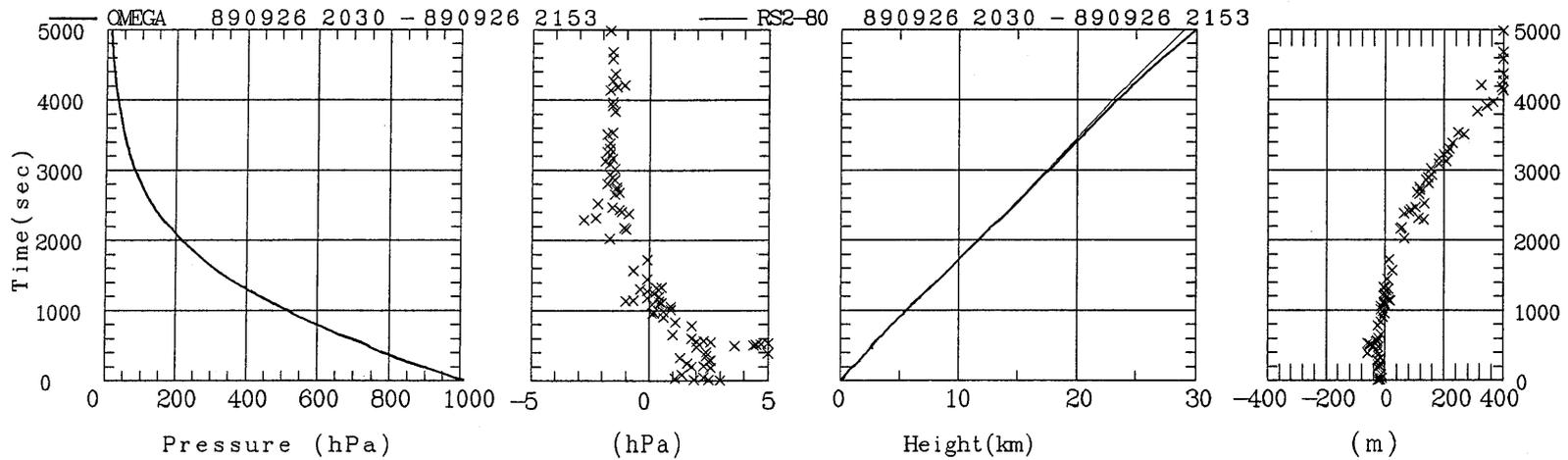
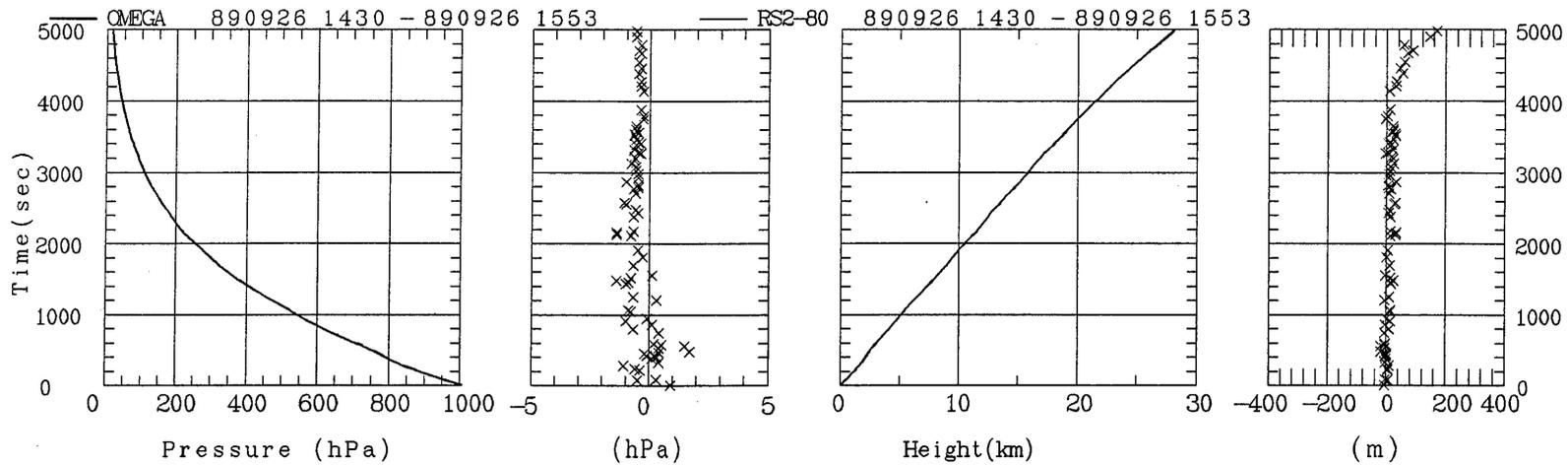


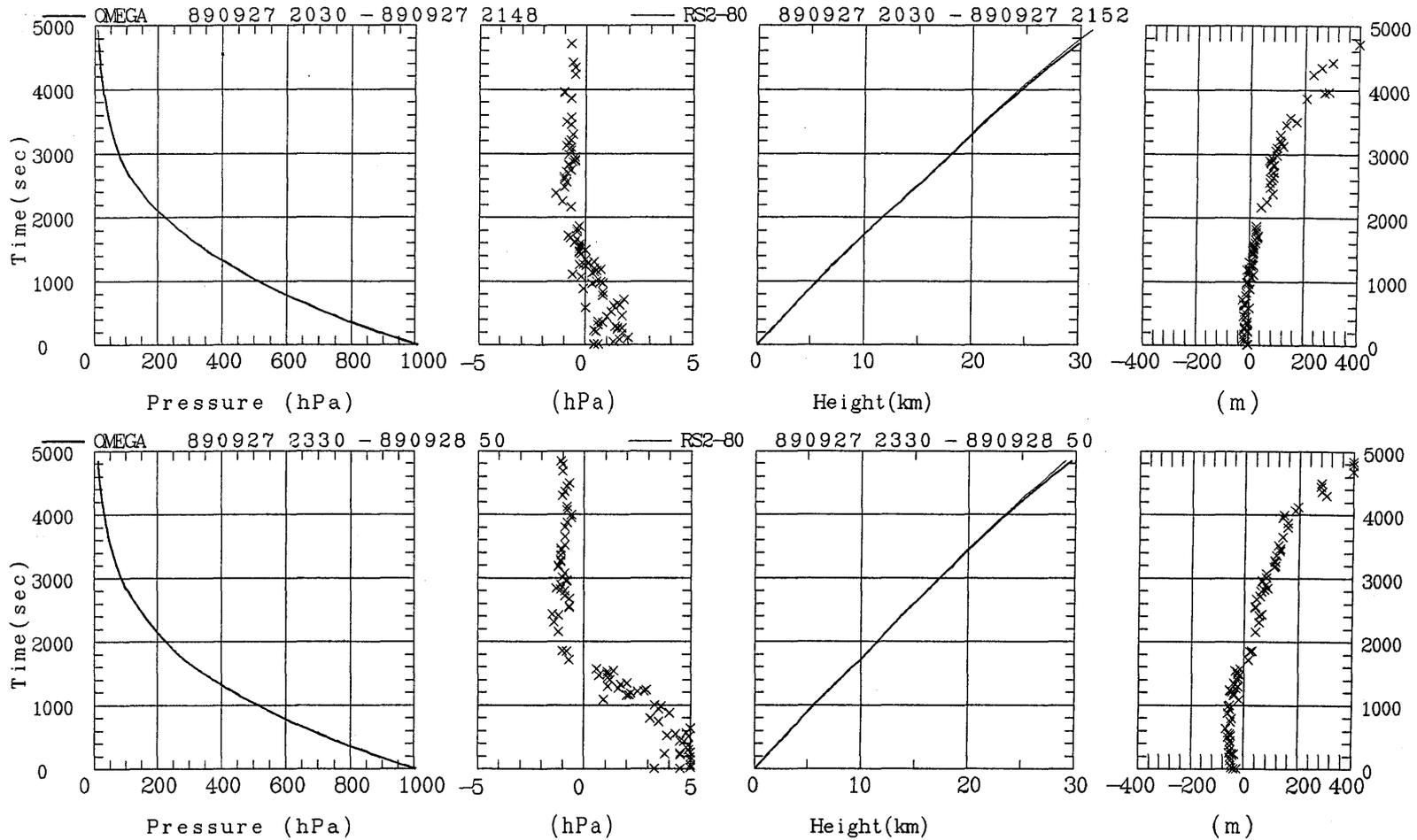


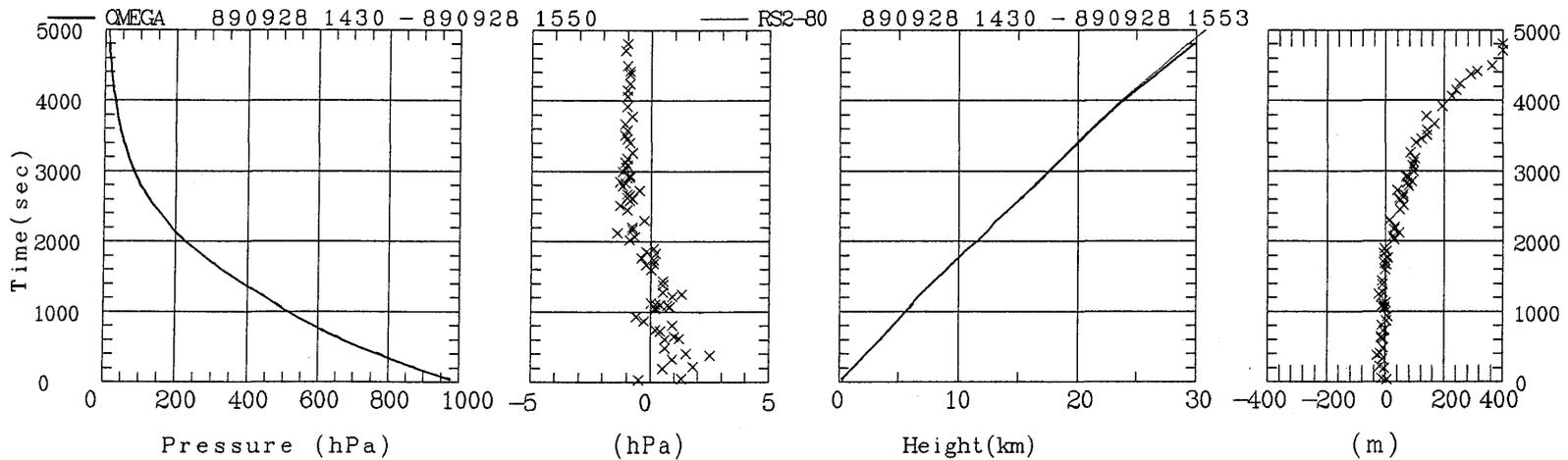
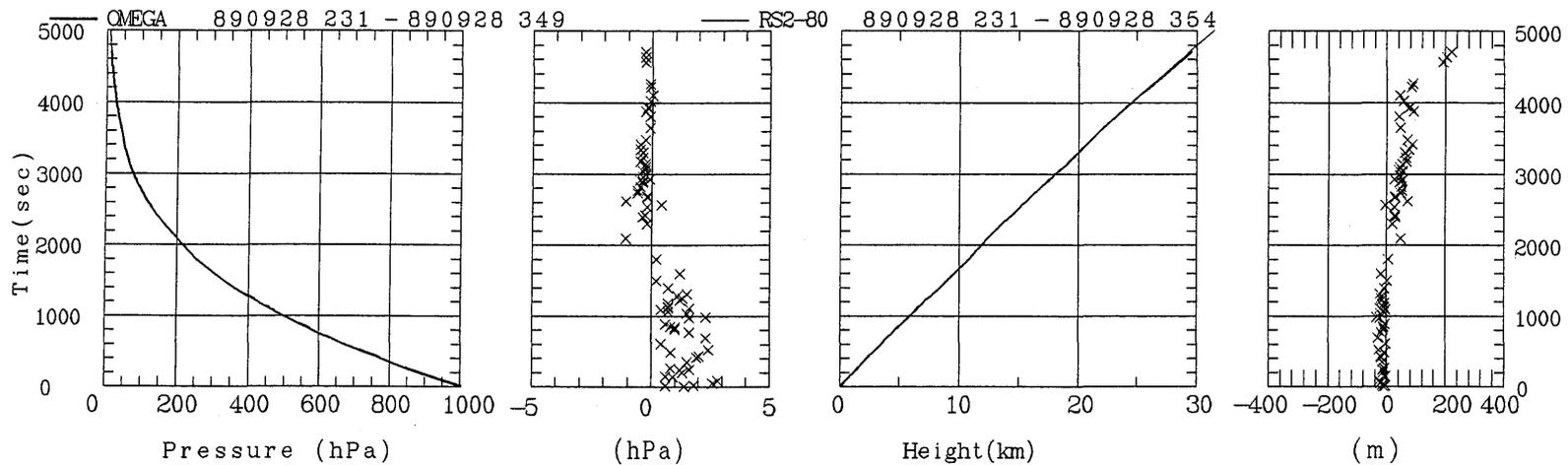


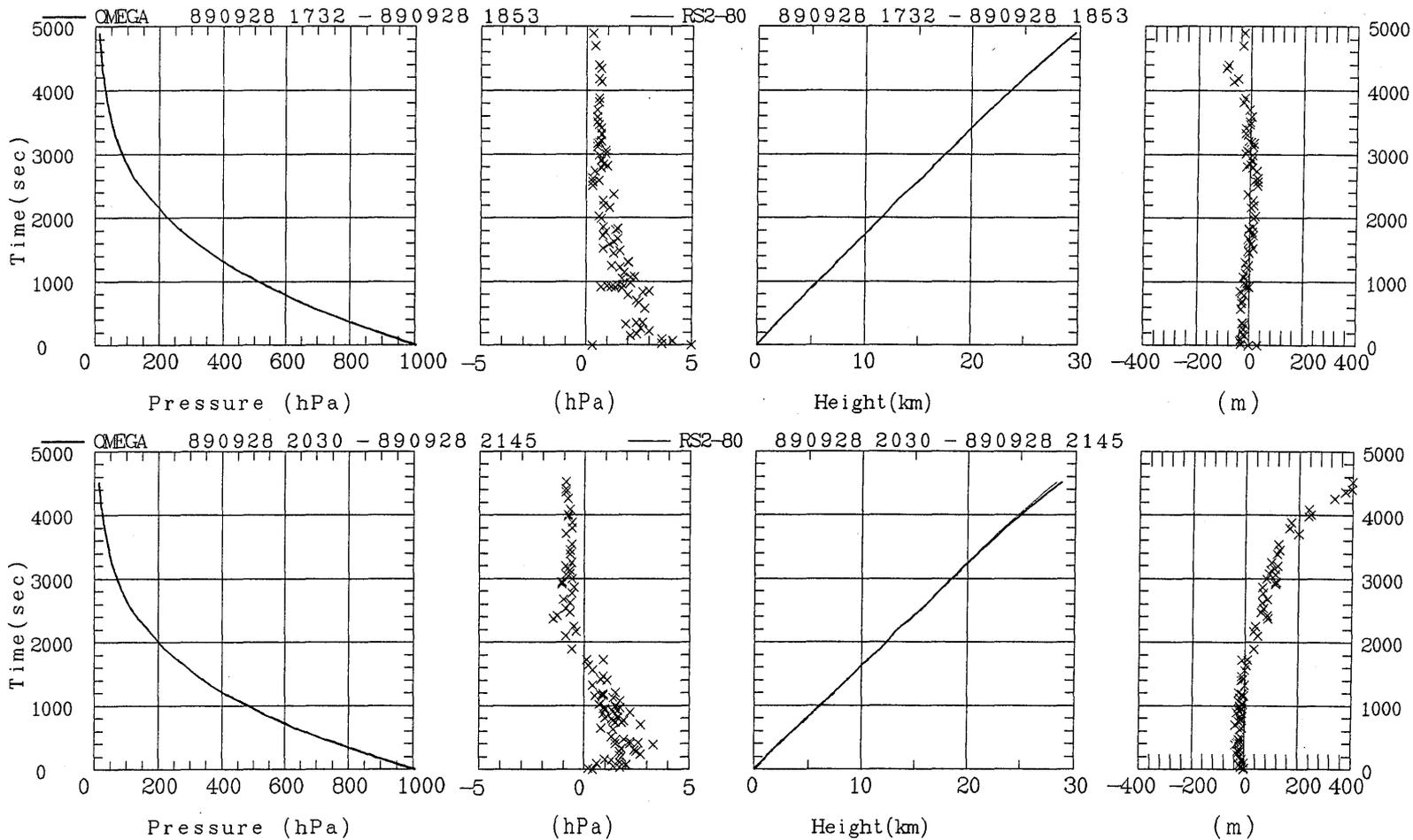


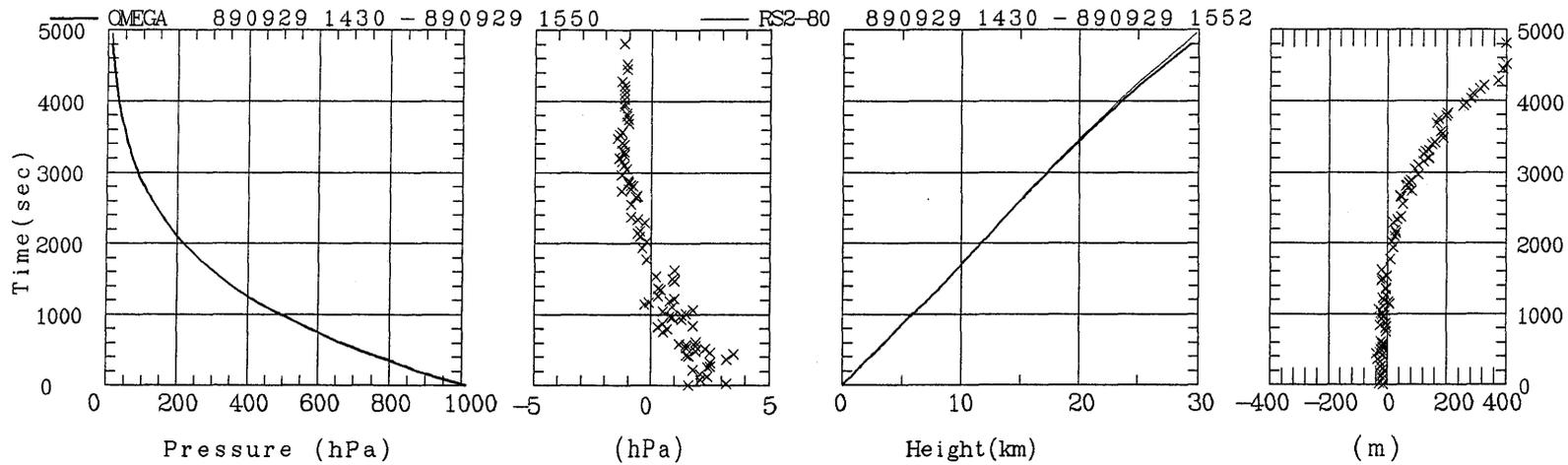










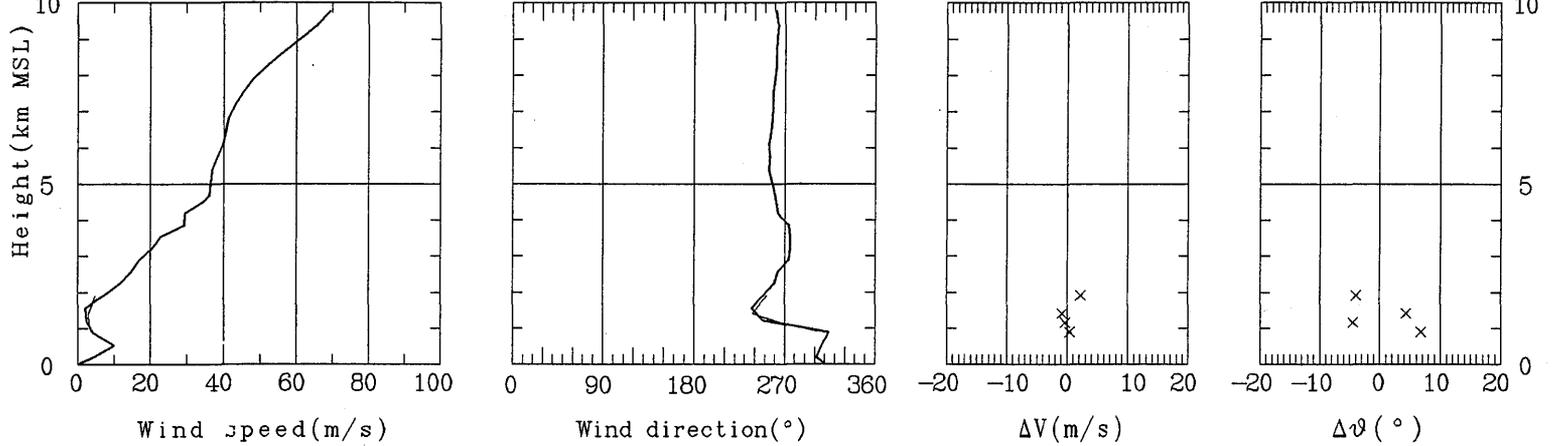


2. ウィンドプロファイラとレーウィンゾンデ

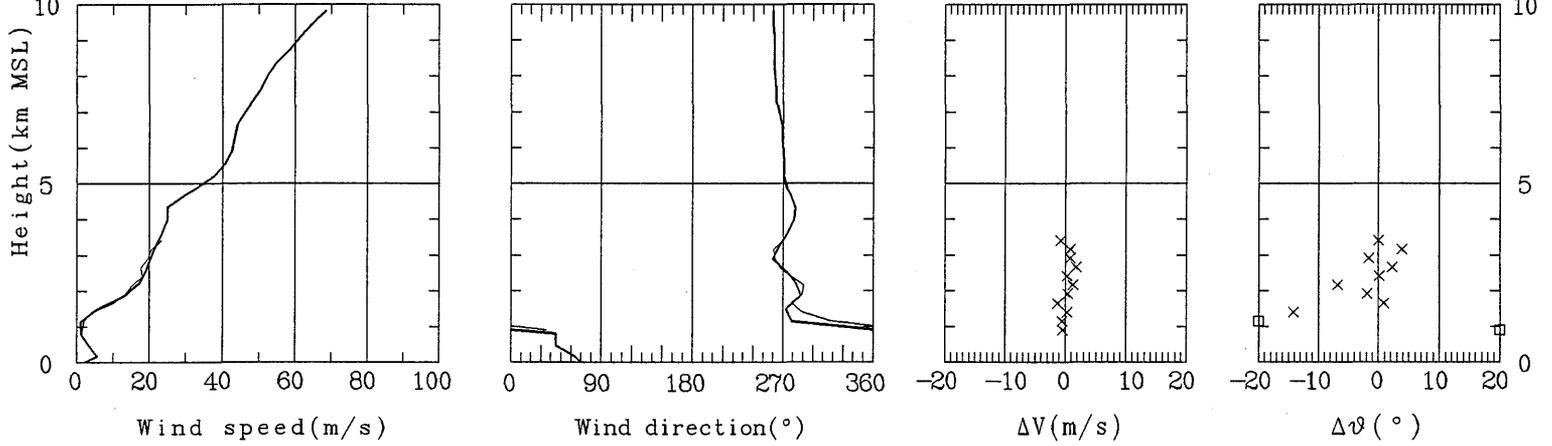
2. ウィンドプロファイラとレーウィンゾンデ

図は左よりウィンドプロファイラとレーウィンゾンデの風速，風向，風速の偏差，風向の偏差である。ウィンドプロファイラは1時間平均であり，毎正時から1時間間の平均がその時刻のデータとなる。例えば，レーウィンゾンデの9時の観測データ（8時30分飛揚）と比較するときはウィンドプロファイラは8時の観測データ（8時から9時までの1時間平均）を使った。レーウィンゾンデの全ての観測についてのデータを載せた。偏差はレーウィンゾンデからウィンドプロファイラを引いたものである。

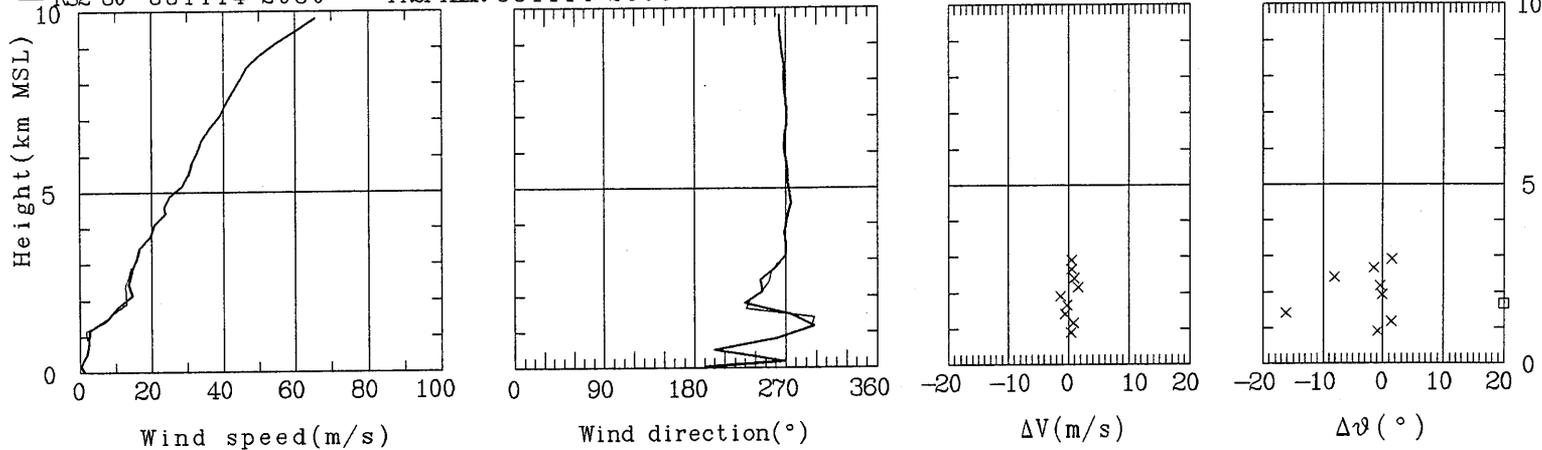
RS2-80 881114 830 — PROFILER 881114 800



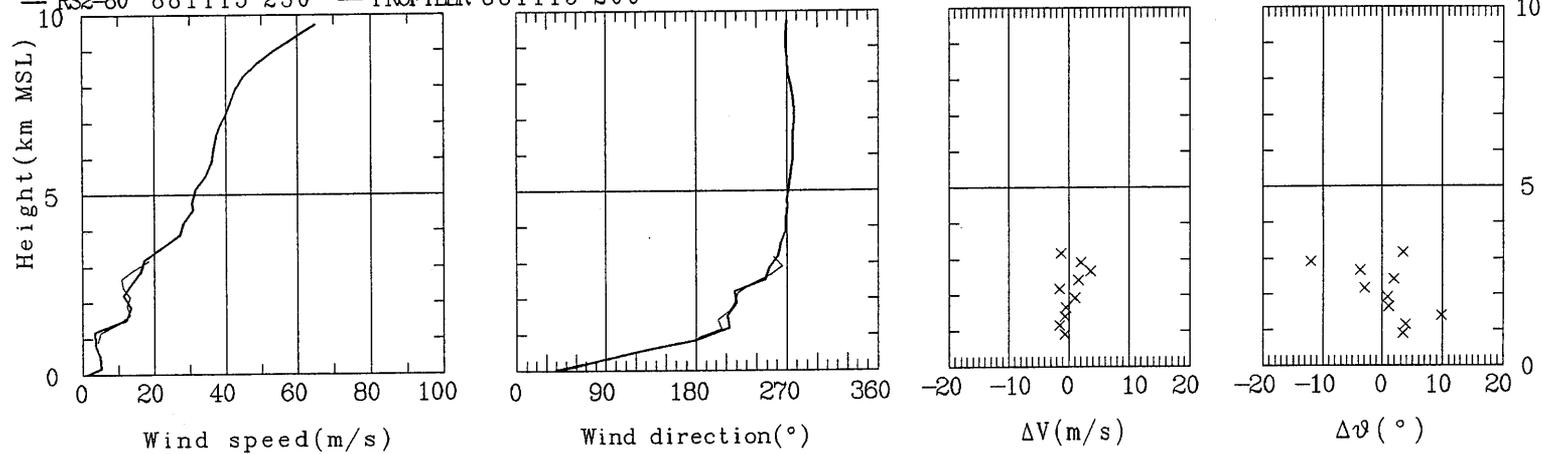
RS2-80 881114 1430 — PROFILER 881114 1400



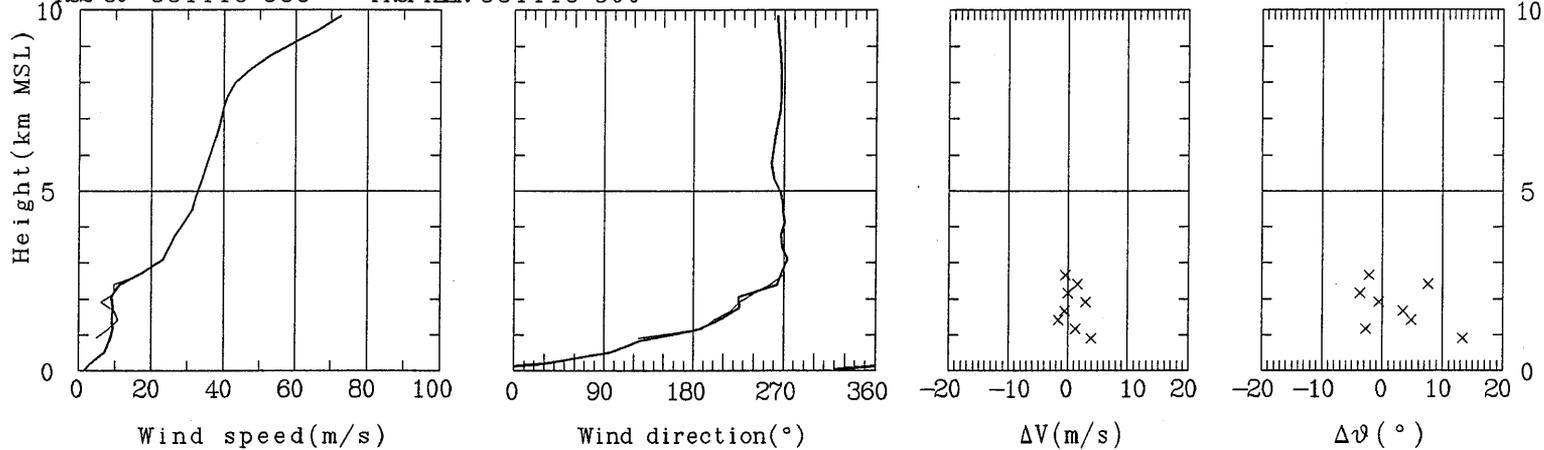
RS2-80 881114 2030 — PROFILER 881114 2000



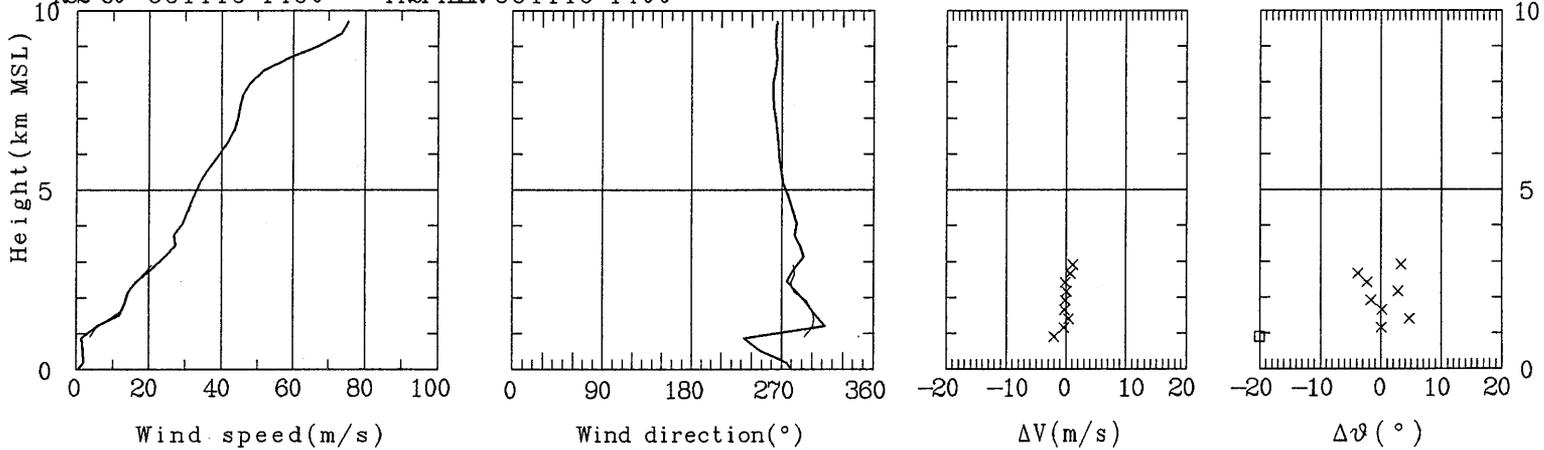
RS2-80 881115 230 — PROFILER 881115 200



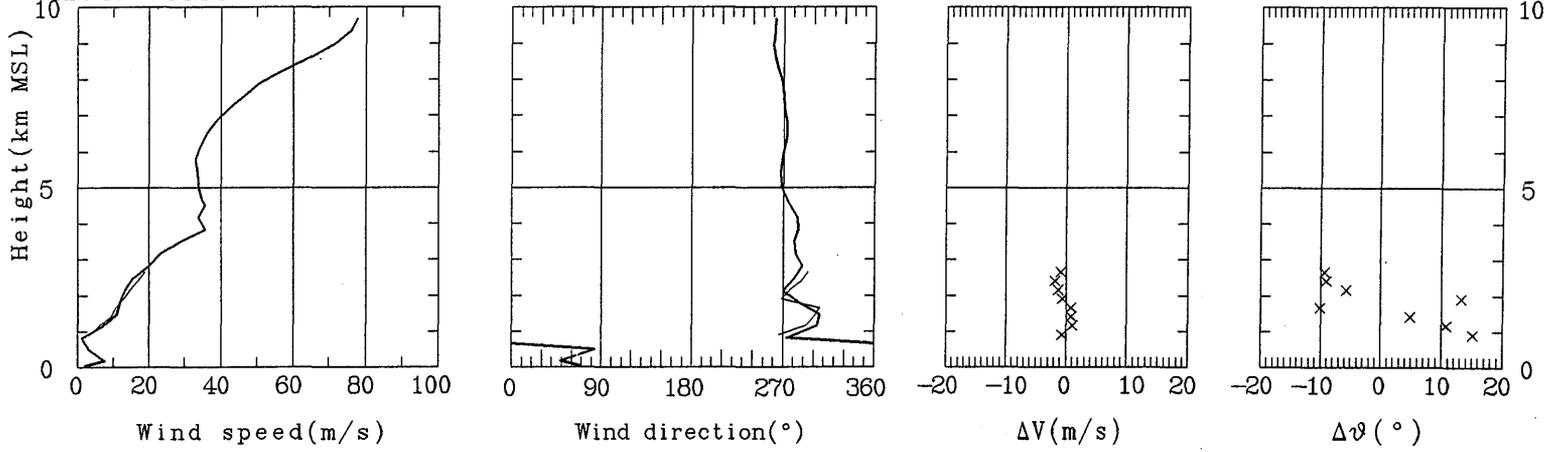
RS2-80 881115 838 — PROFILER 881115 800



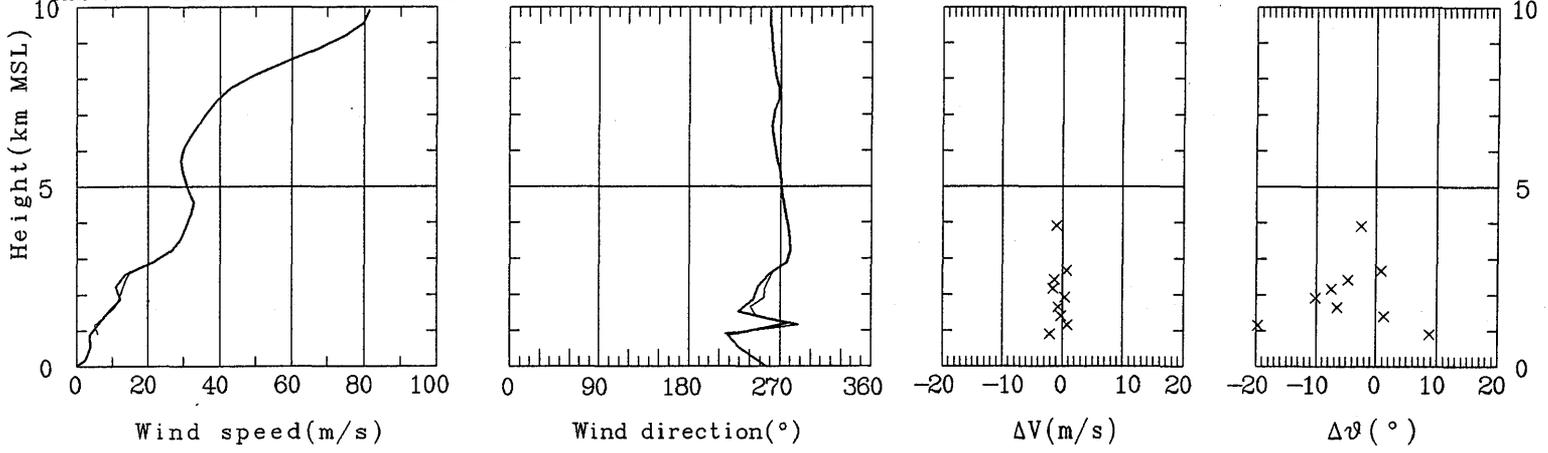
RS2-80 881115 1430 — PROFILER 881115 1400

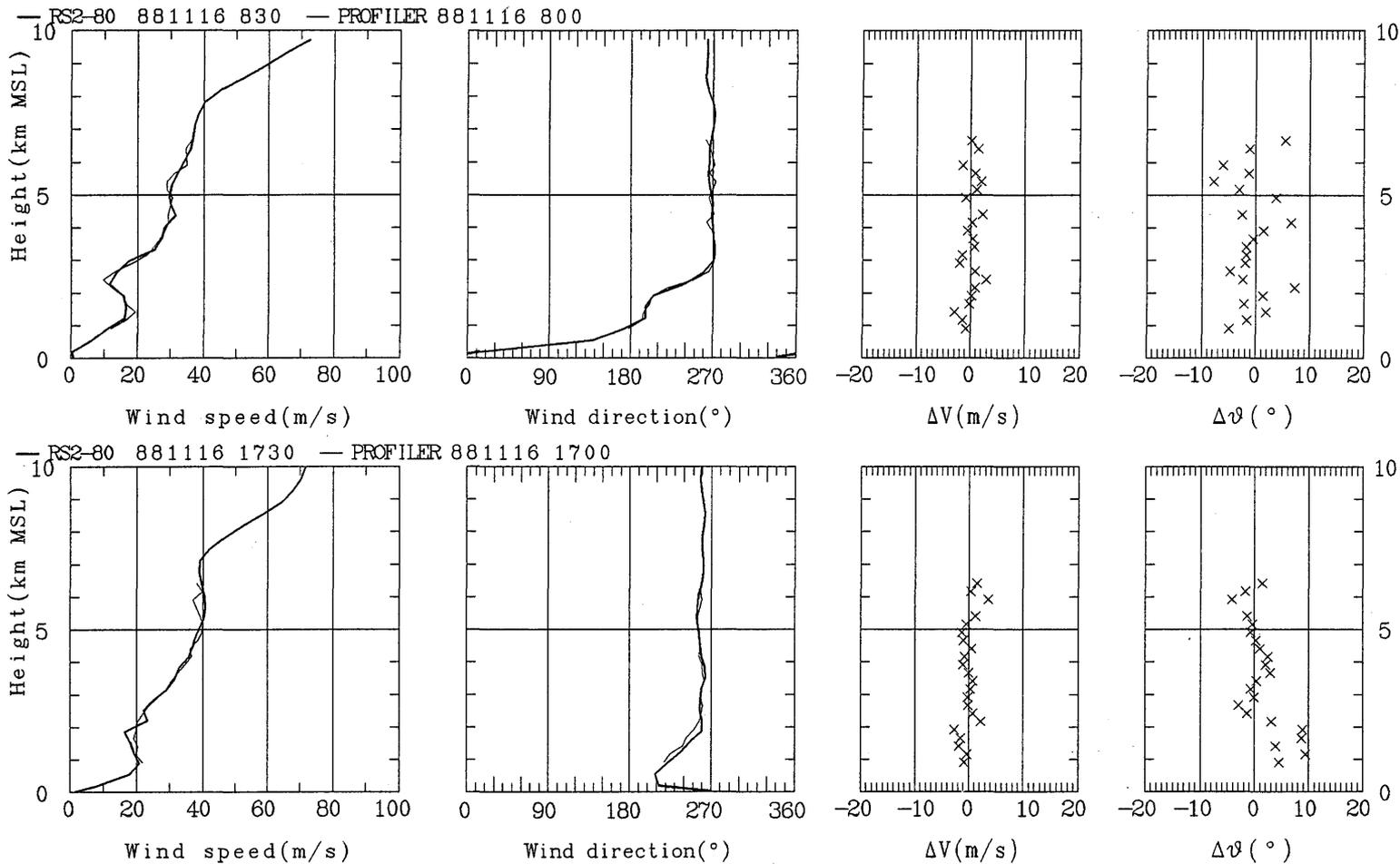


RS2-80 881115 2030 — PROFILER 881115 2000

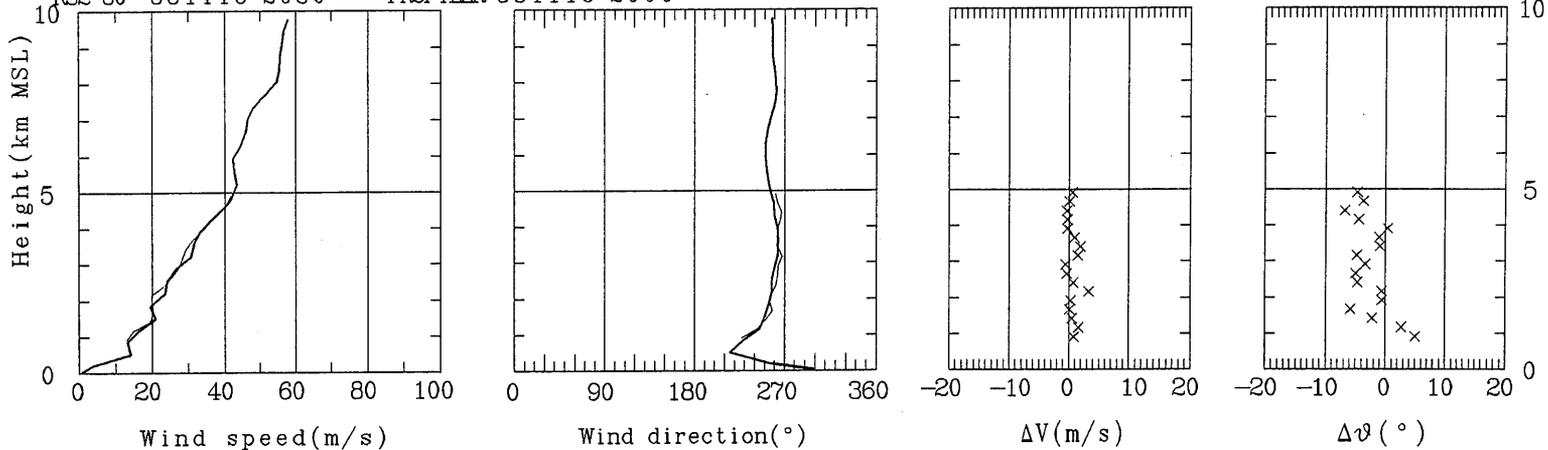


RS2-80 881116 230 — PROFILER 881116 200

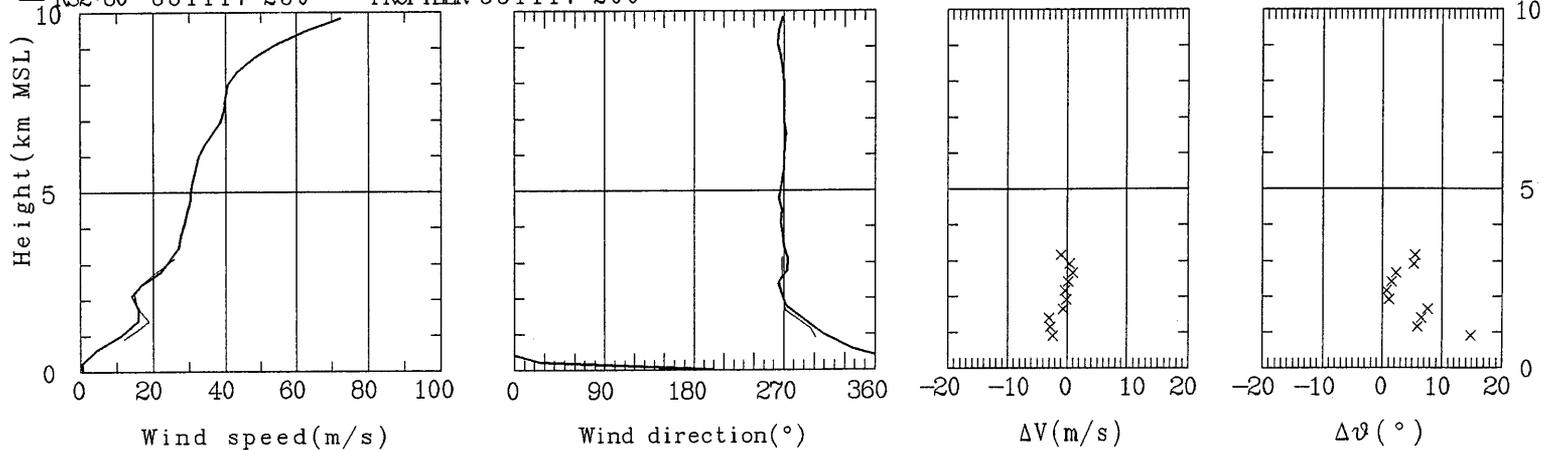




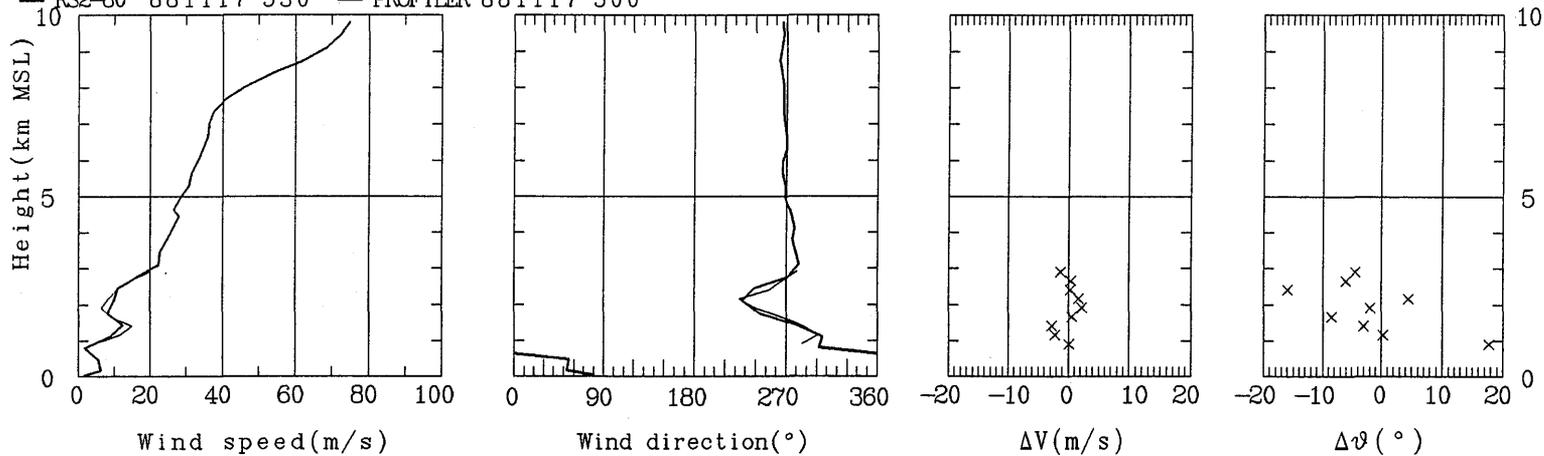
RS2-80 881116 2030 — PROFILER 881116 2000



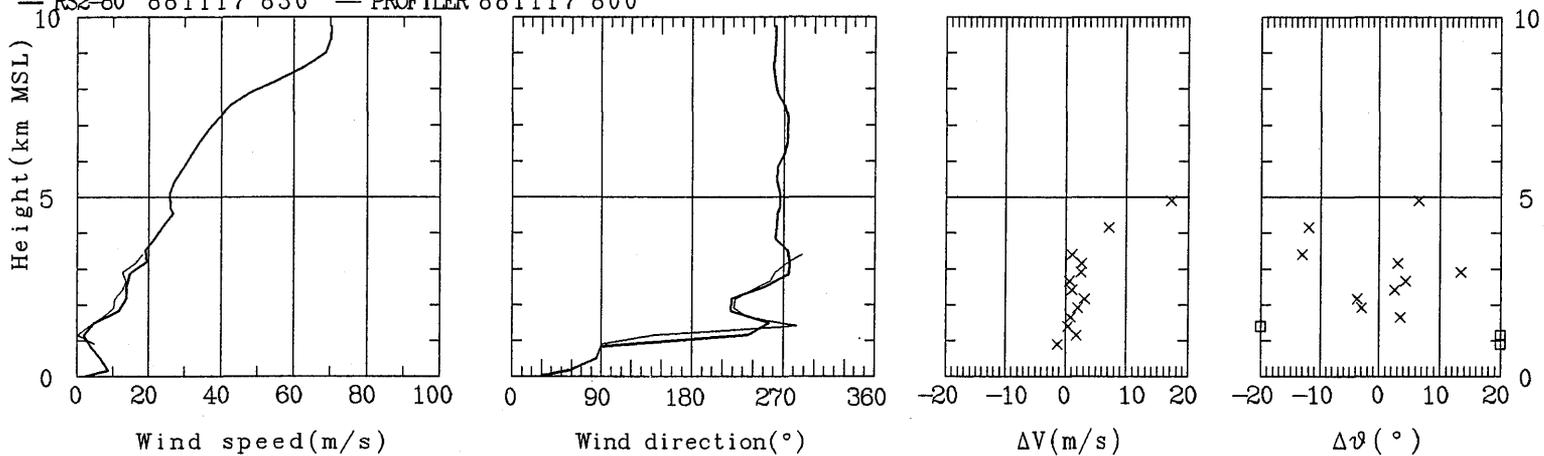
RS2-80 881117 230 — PROFILER 881117 200



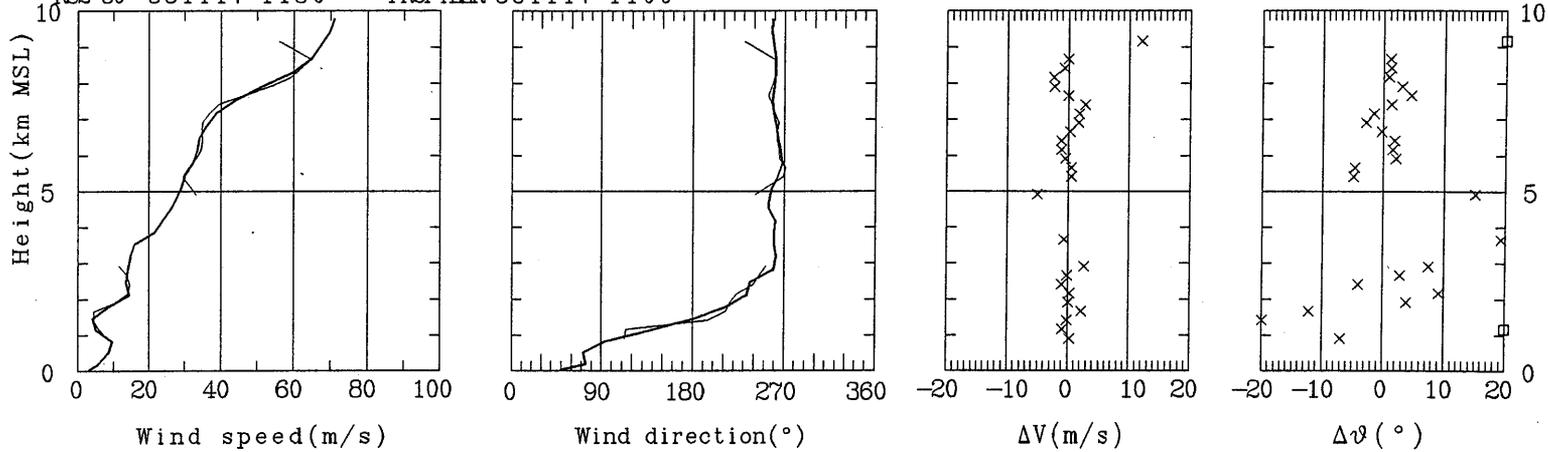
RS2-80 881117 530 — PROFILER 881117 500



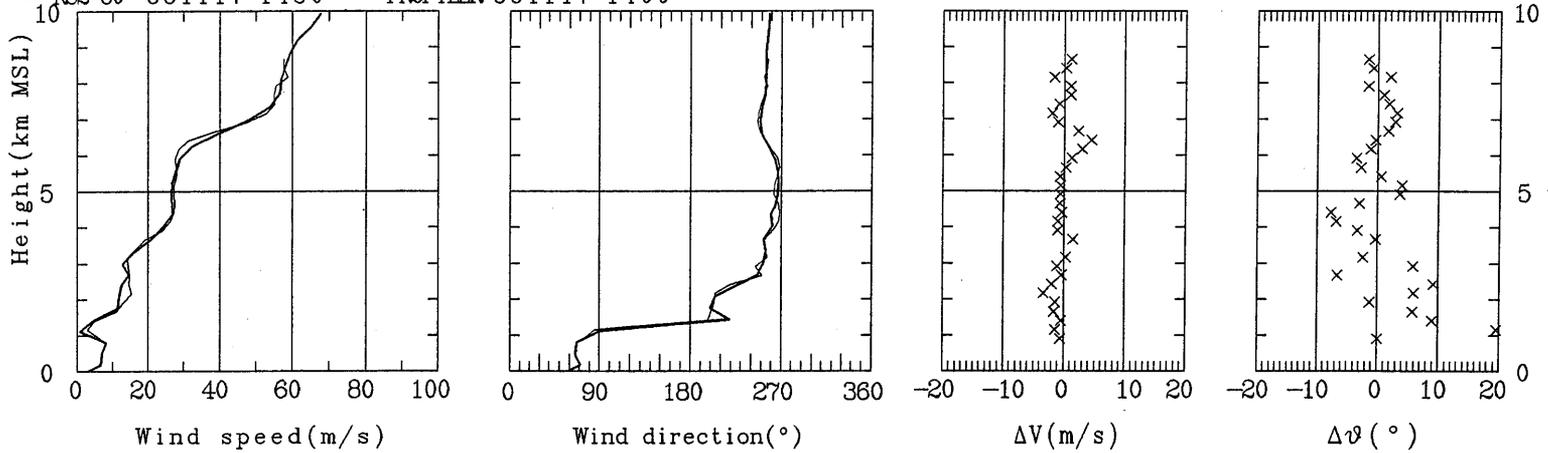
RS2-80 881117 830 — PROFILER 881117 800



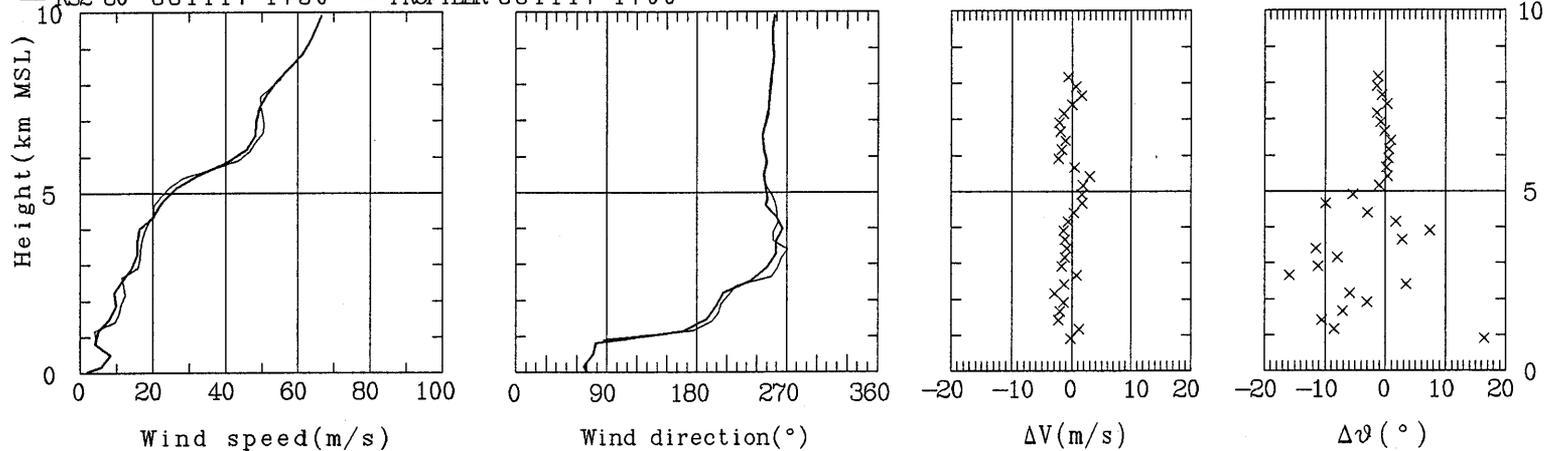
RS2-80 881117 1130 — PROFILER 881117 1100



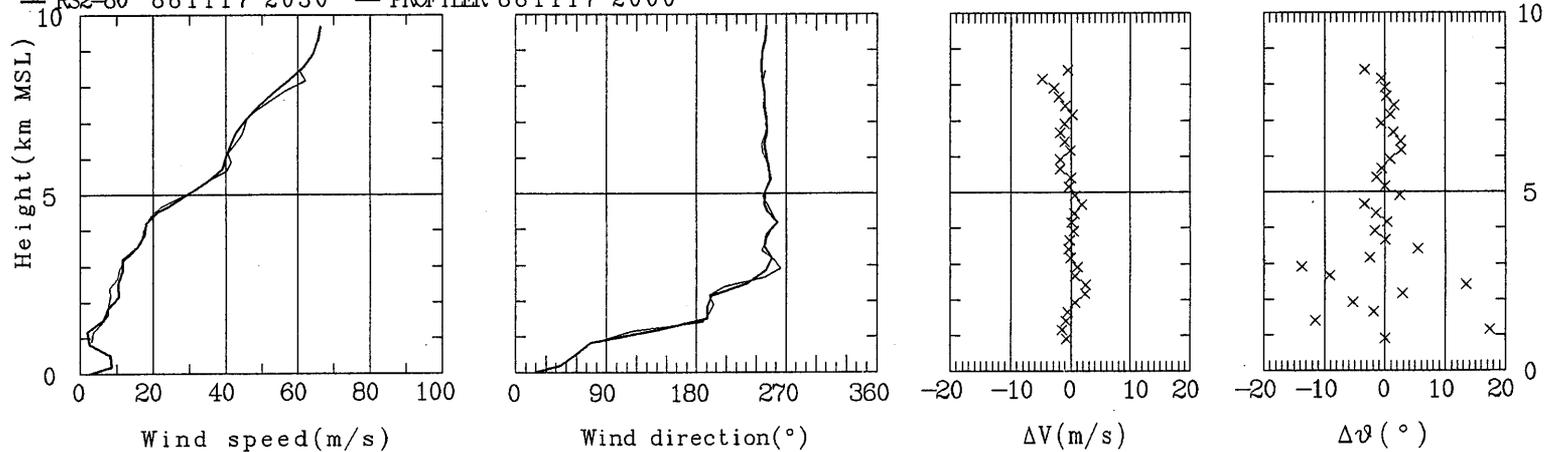
RS2-80 881117 1430 — PROFILER 881117 1400



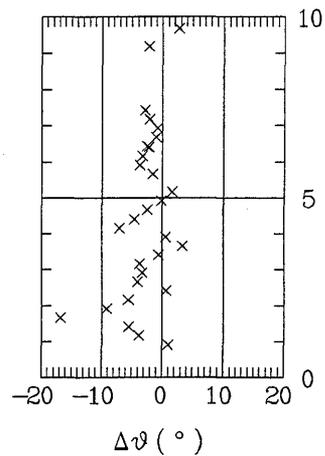
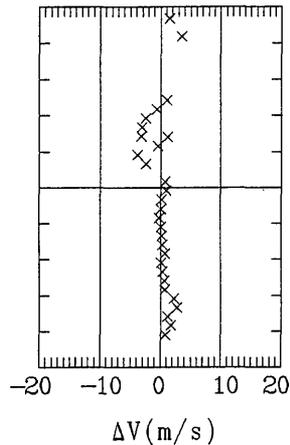
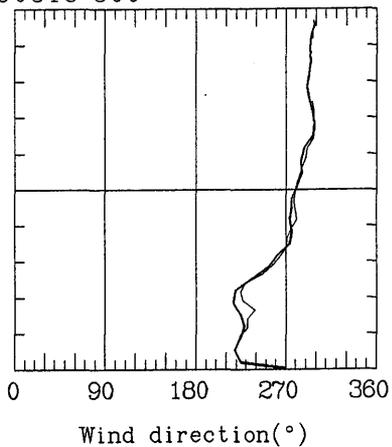
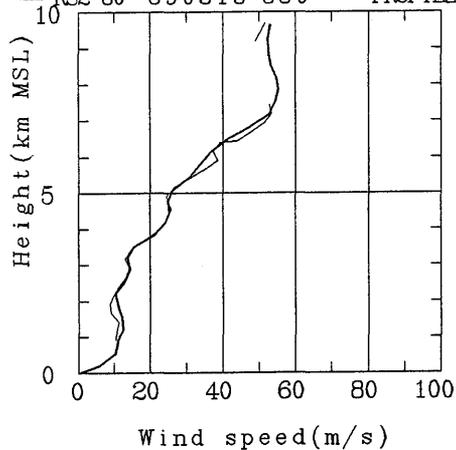
RS2-80 881117 1730 — PROFILER 881117 1700



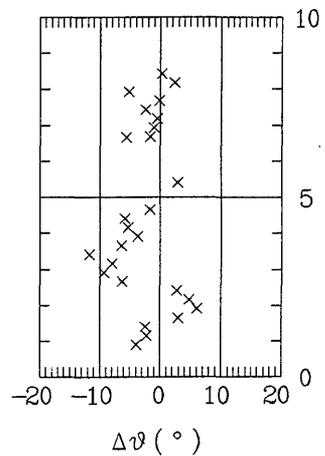
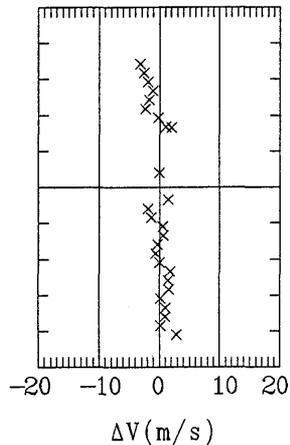
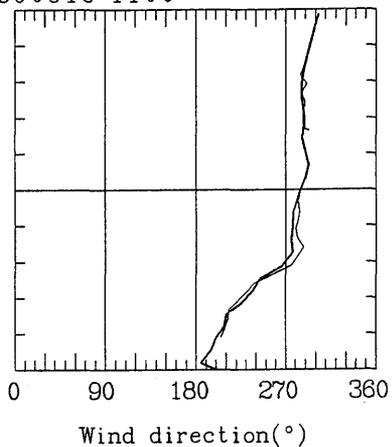
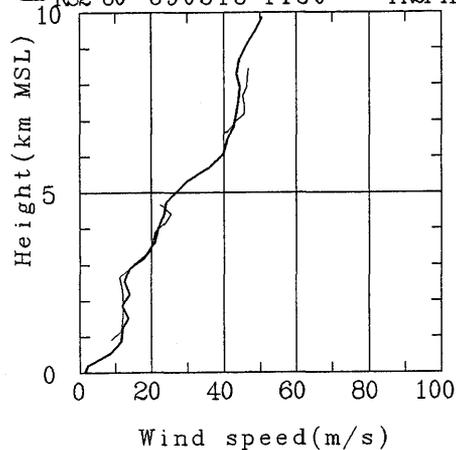
RS2-80 881117 2030 — PROFILER 881117 2000

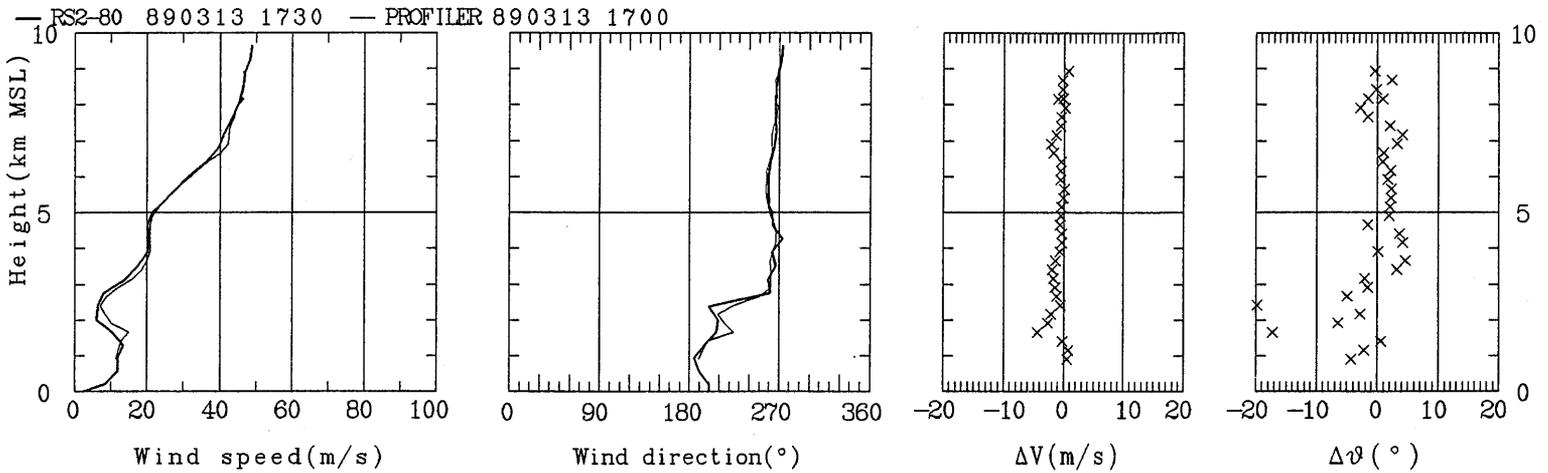
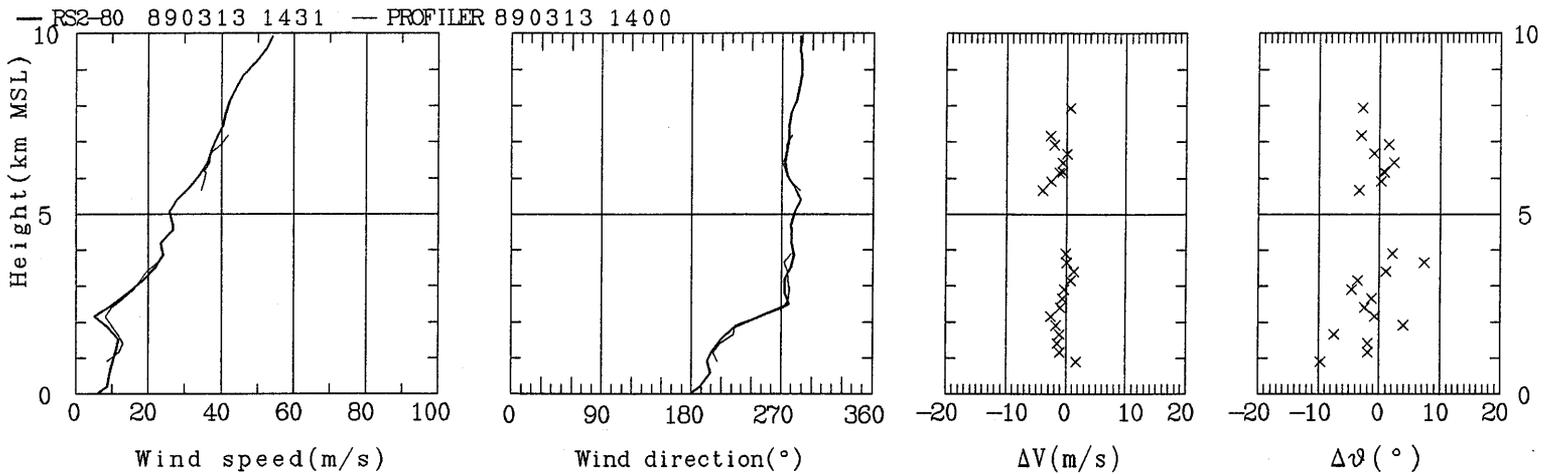


RS2-80 890313 830 — PROFILER 890313 800

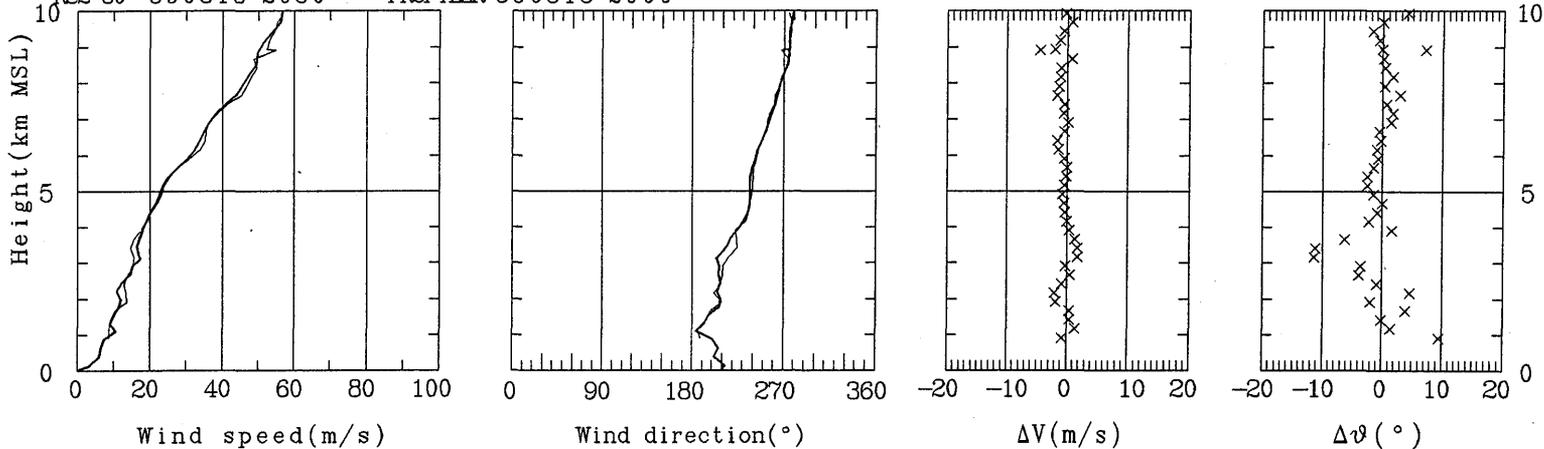


RS2-80 890313 1130 — PROFILER 890313 1100

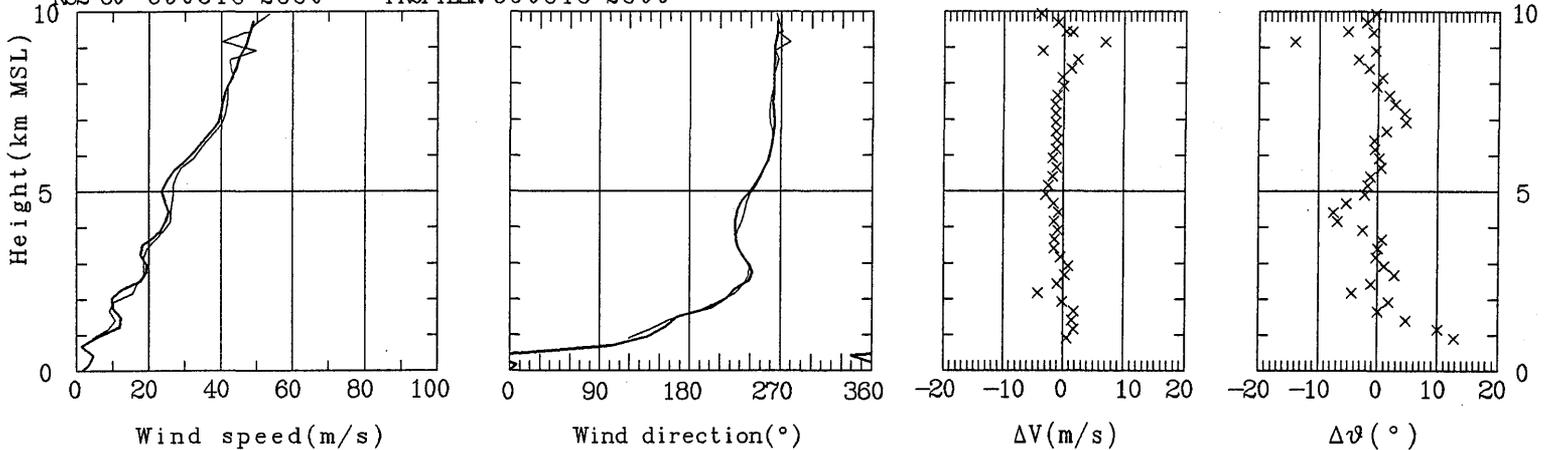


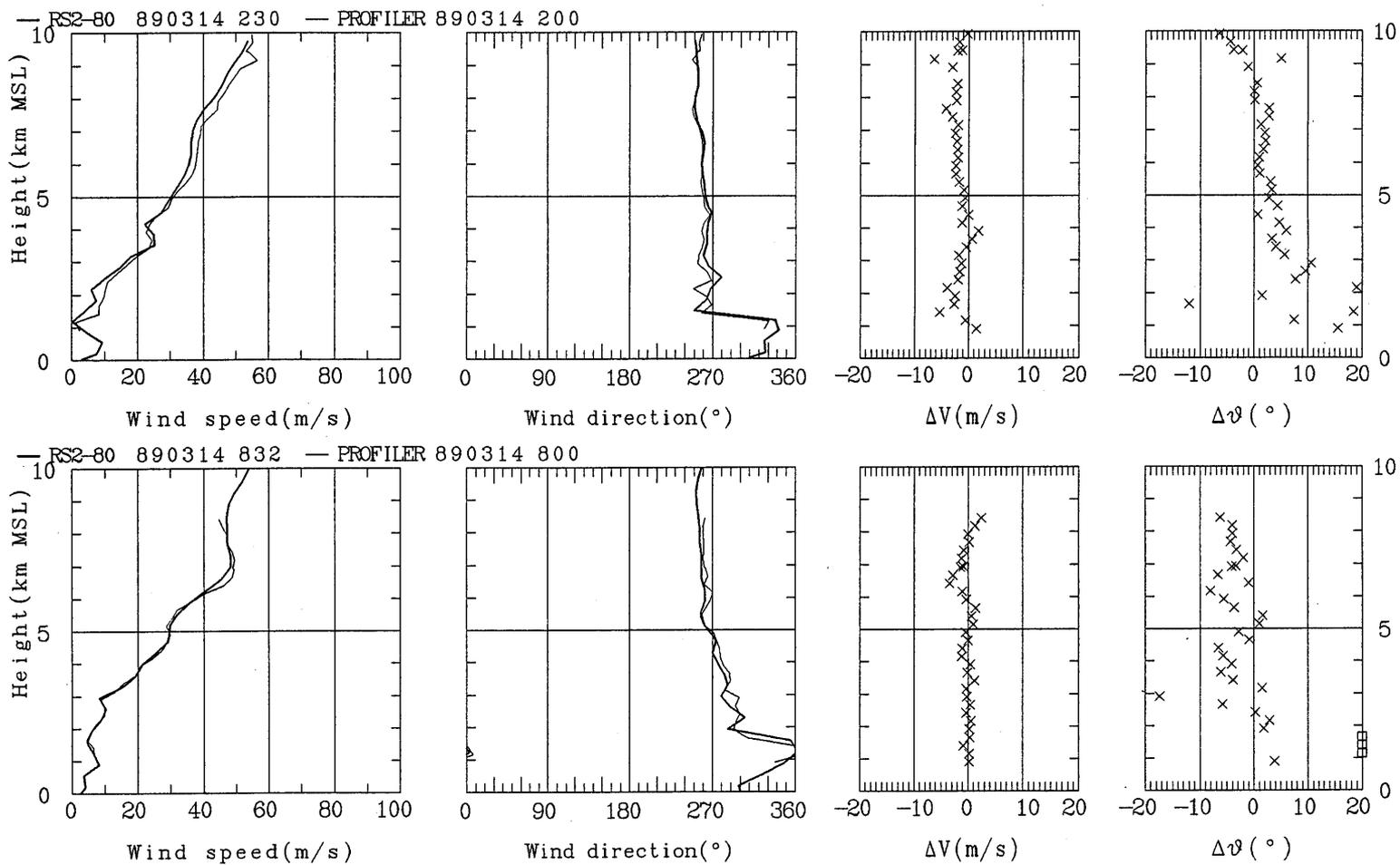


RS2-80 890313 2030 — PROFILER 890313 2000

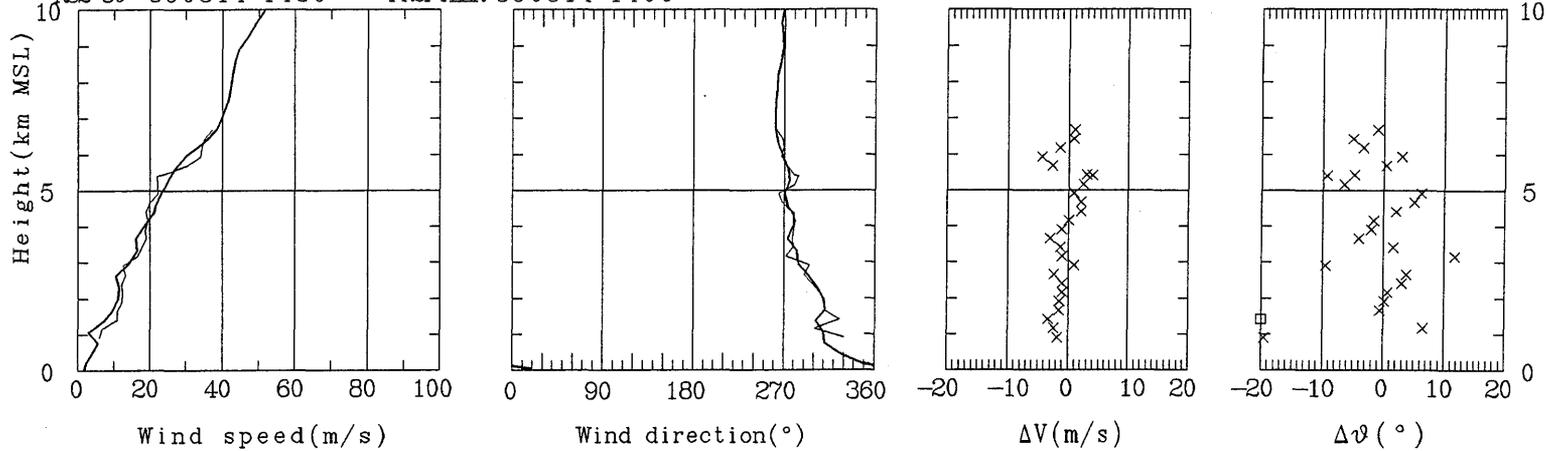


RS2-80 890313 2330 — PROFILER 890313 2300

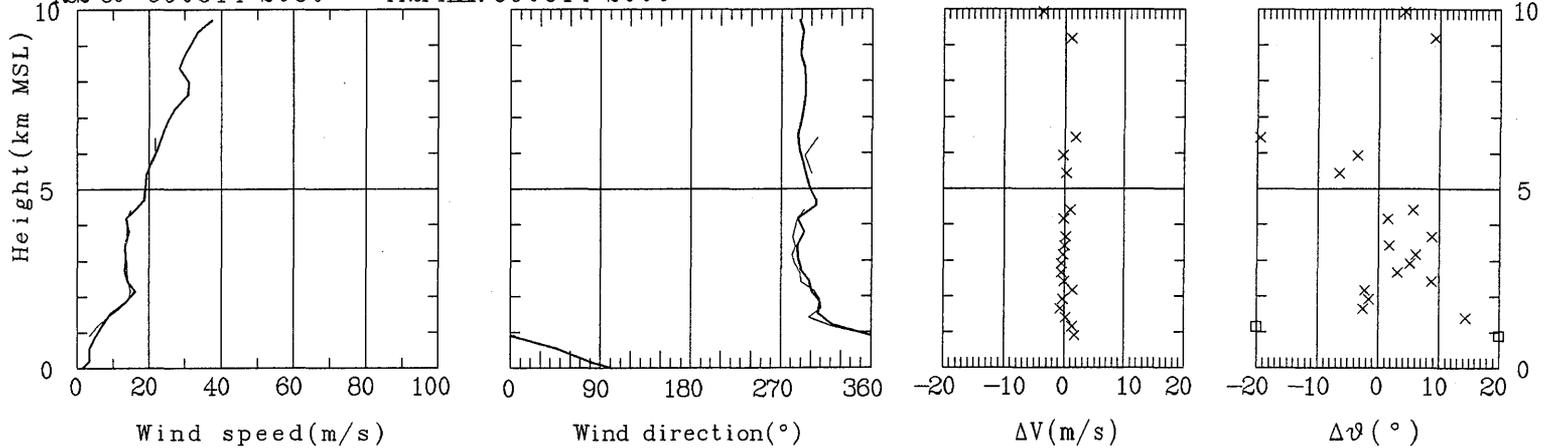




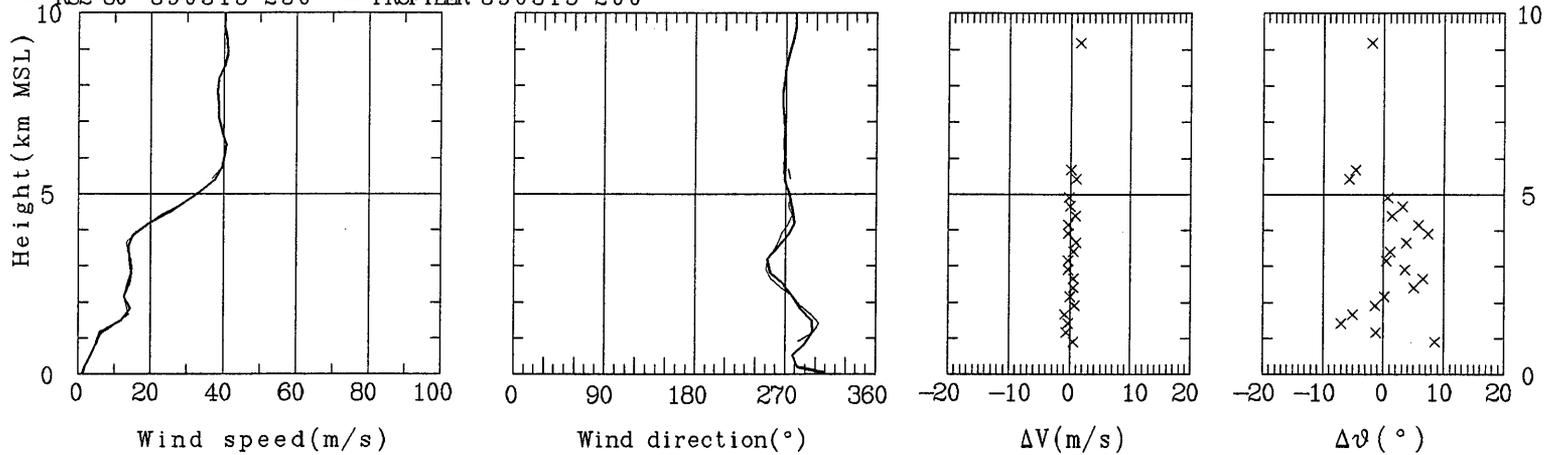
RS2-80 890314 1430 — PROFILER 890314 1400



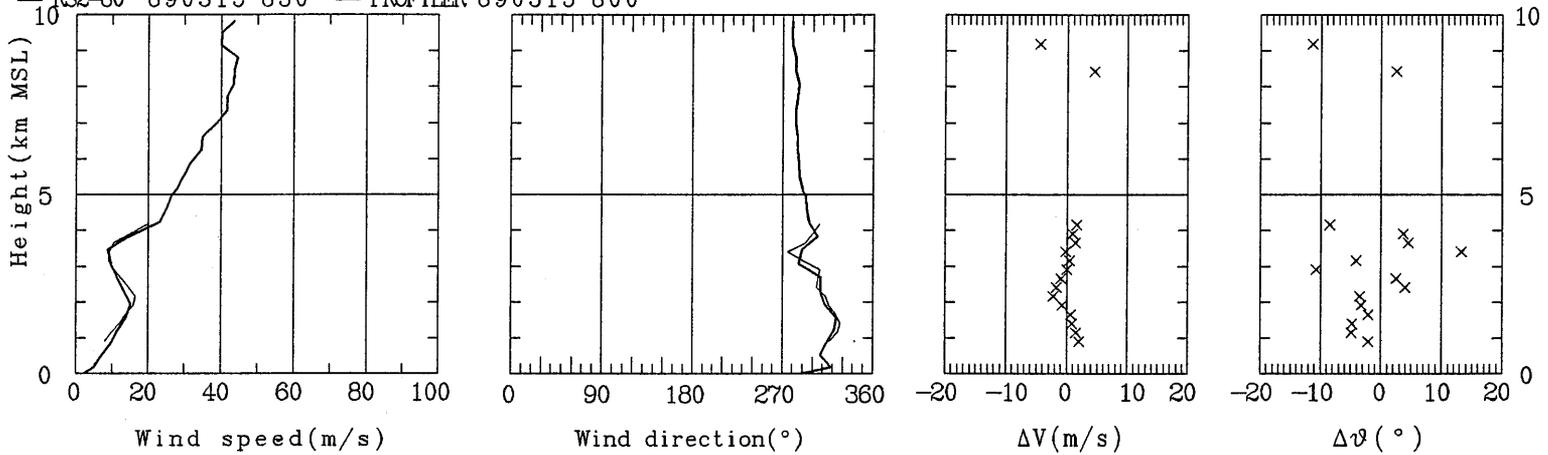
RS2-80 890314 2030 — PROFILER 890314 2000



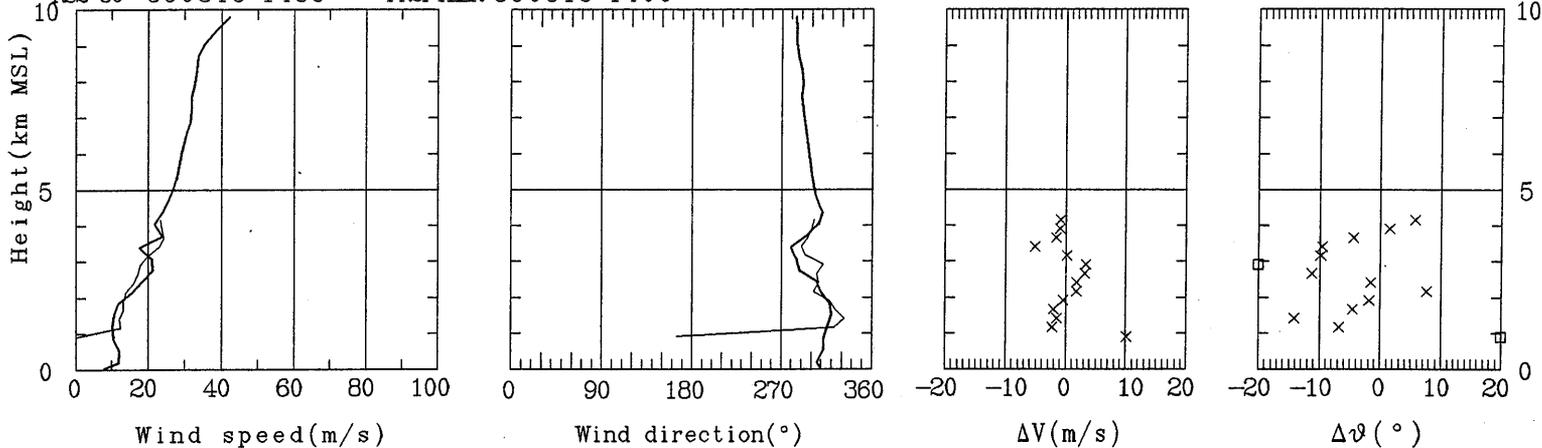
RS2-80 890315 230 — PROFILER 890315 200



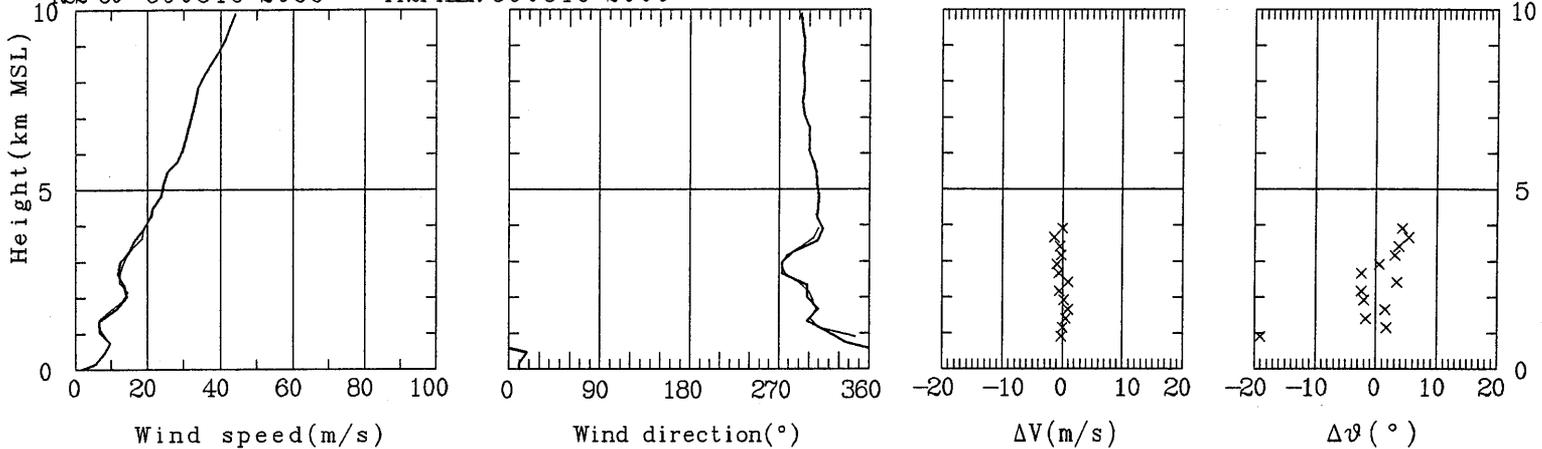
RS2-80 890315 830 — PROFILER 890315 800



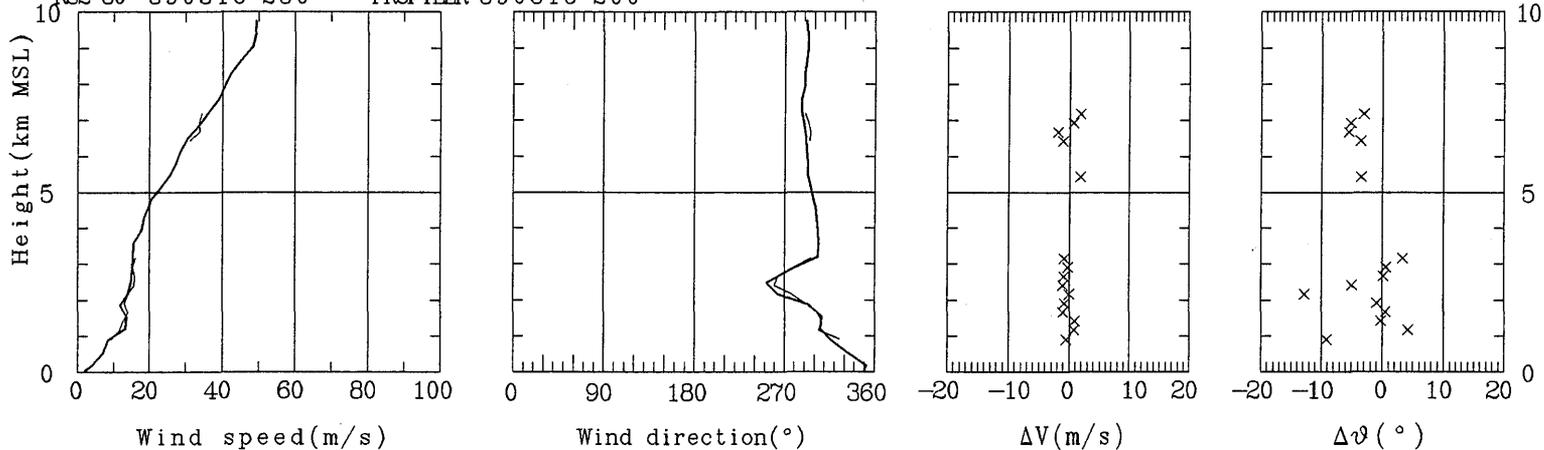
RS2-80 890315 1435 — PROFILER 890315 1400



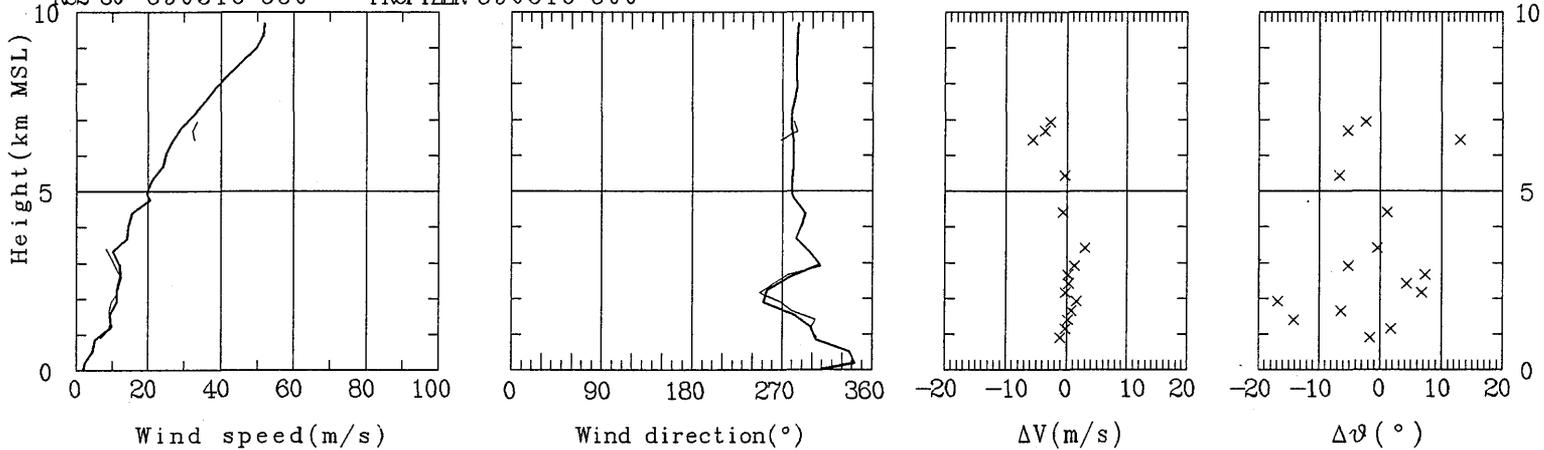
RS2-80 890315 2033 — PROFILER 890315 2000



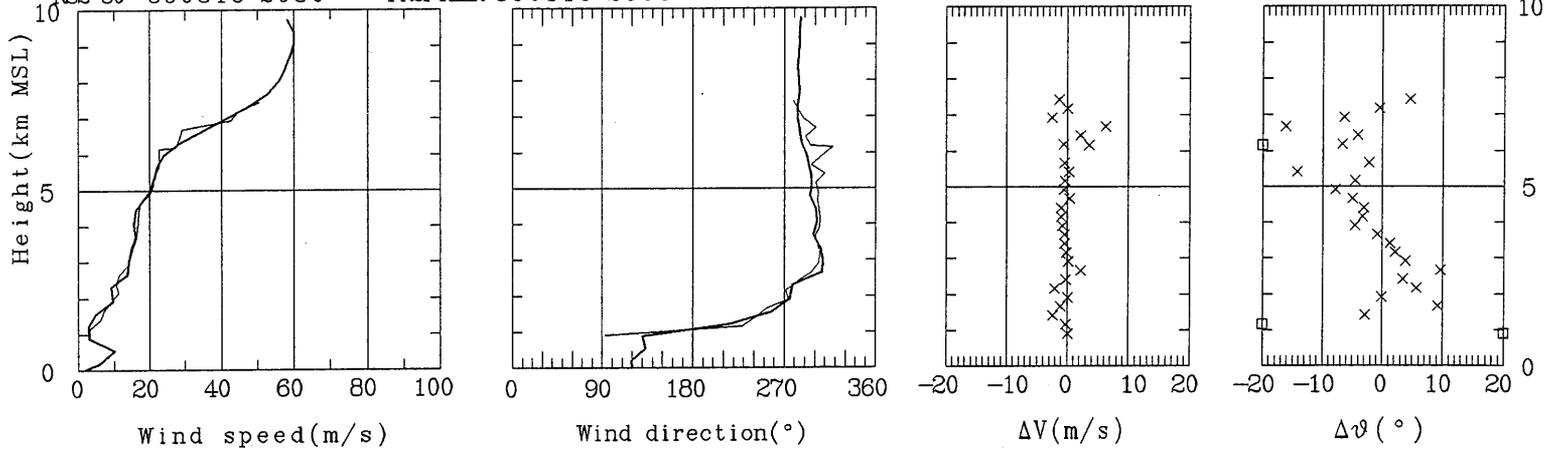
RS2-80 890316 230 — PROFILER 890316 200



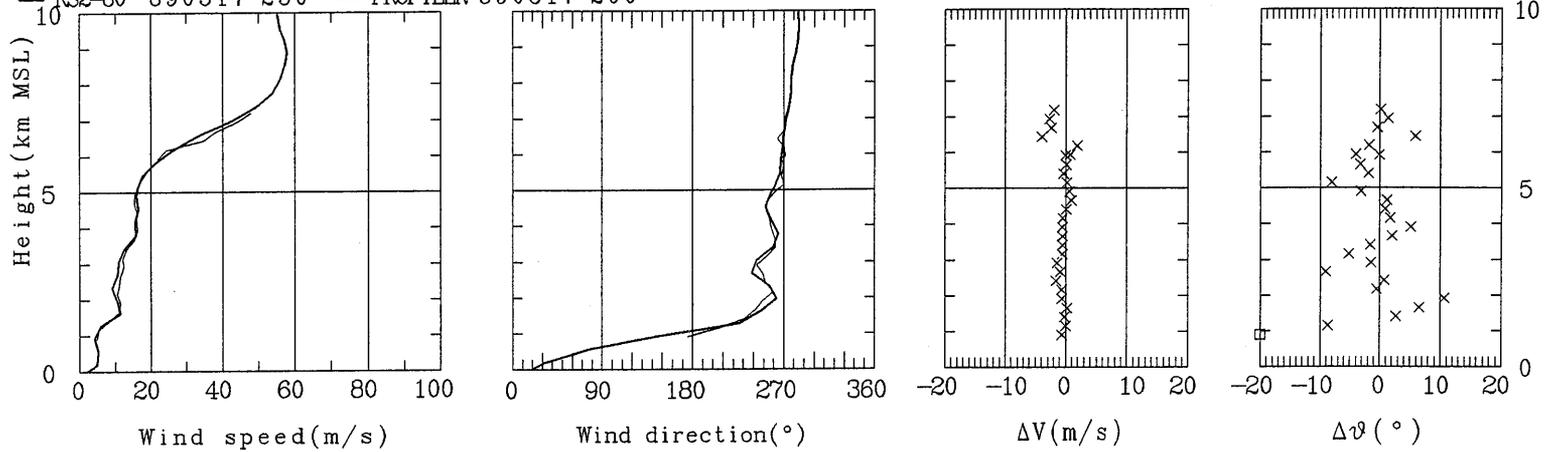
RS2-80 890316 830 — PROFILER 890316 800



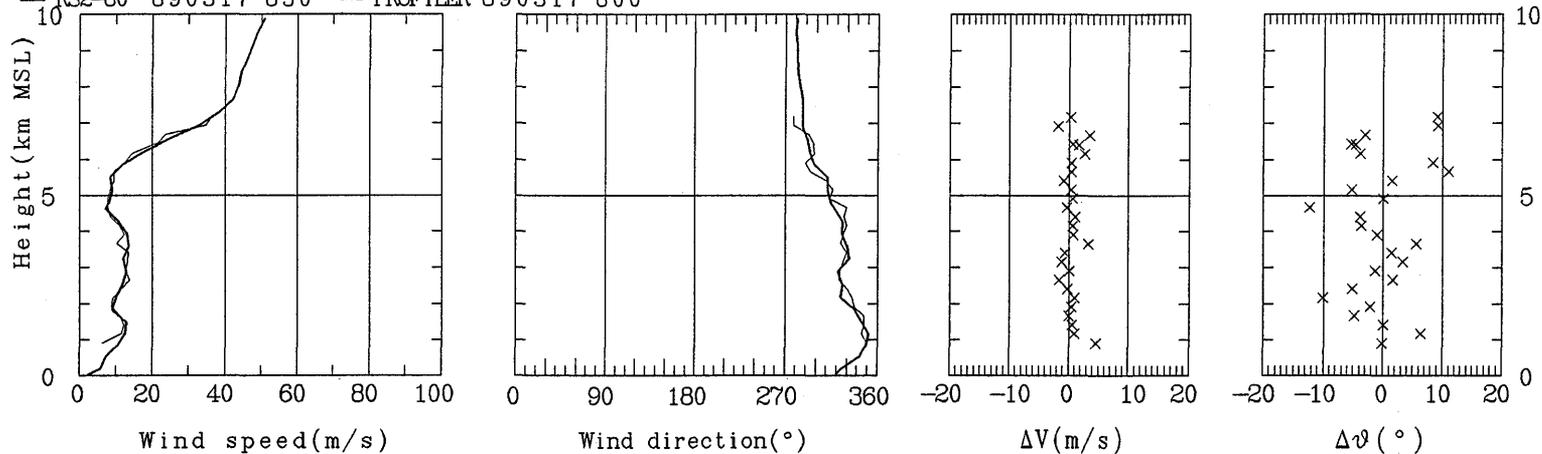
RS2-80 890316 2030 — PROFILER 890316 2000



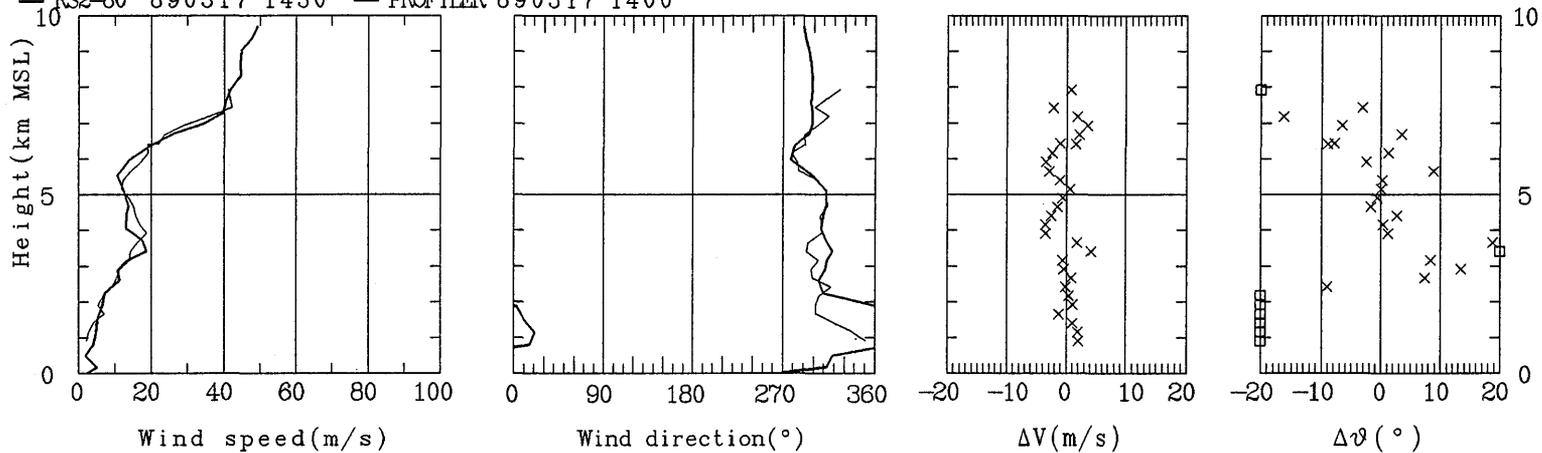
RS2-80 890317 230 — PROFILER 890317 200



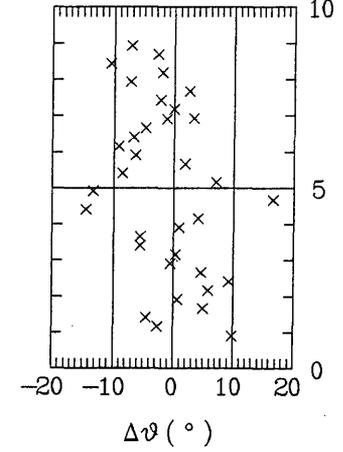
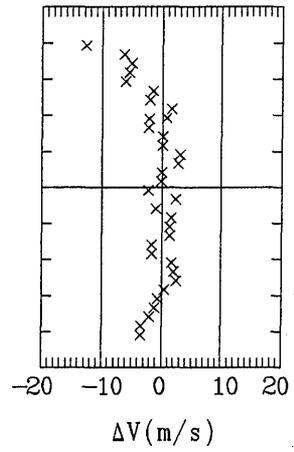
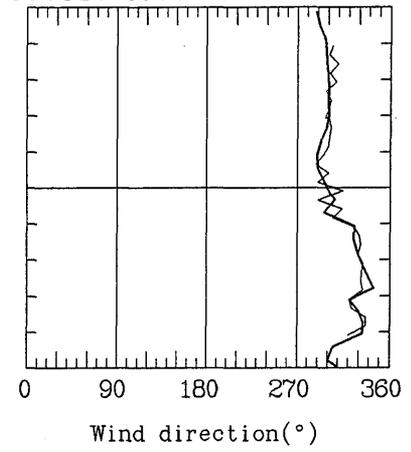
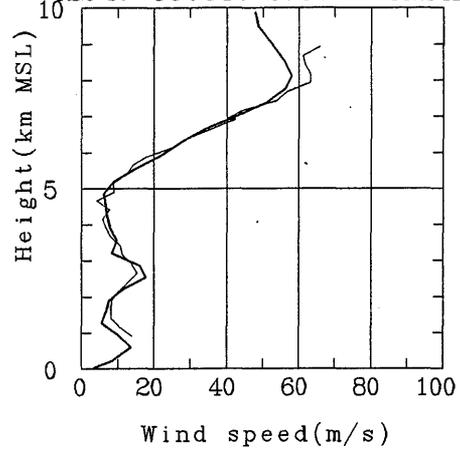
RS2-80 890317 830 — PROFILER 890317 800



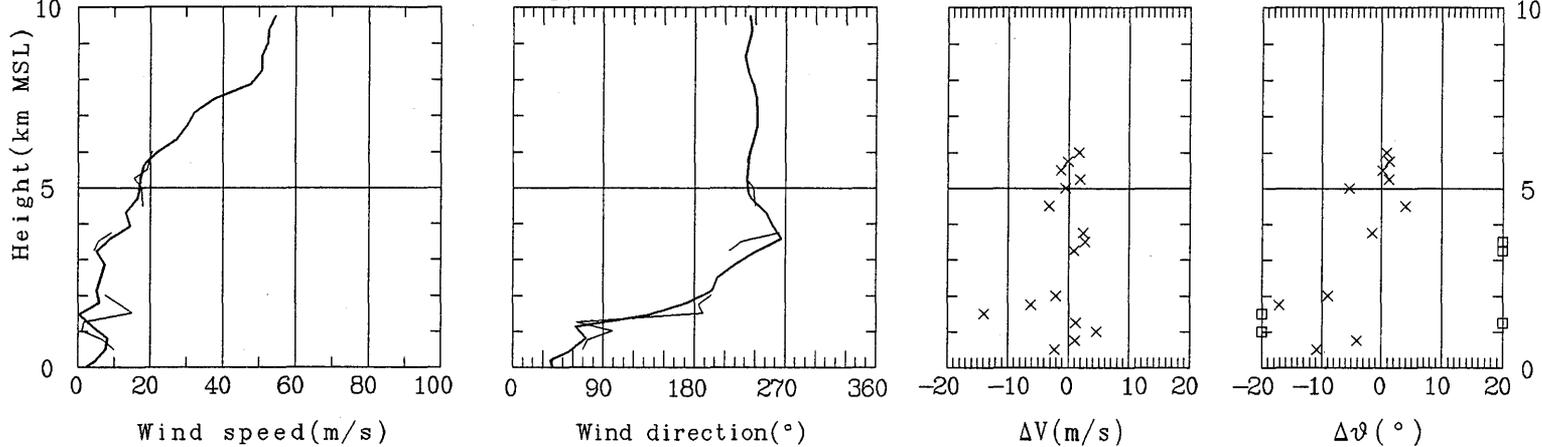
RS2-80 890317 1430 — PROFILER 890317 1400



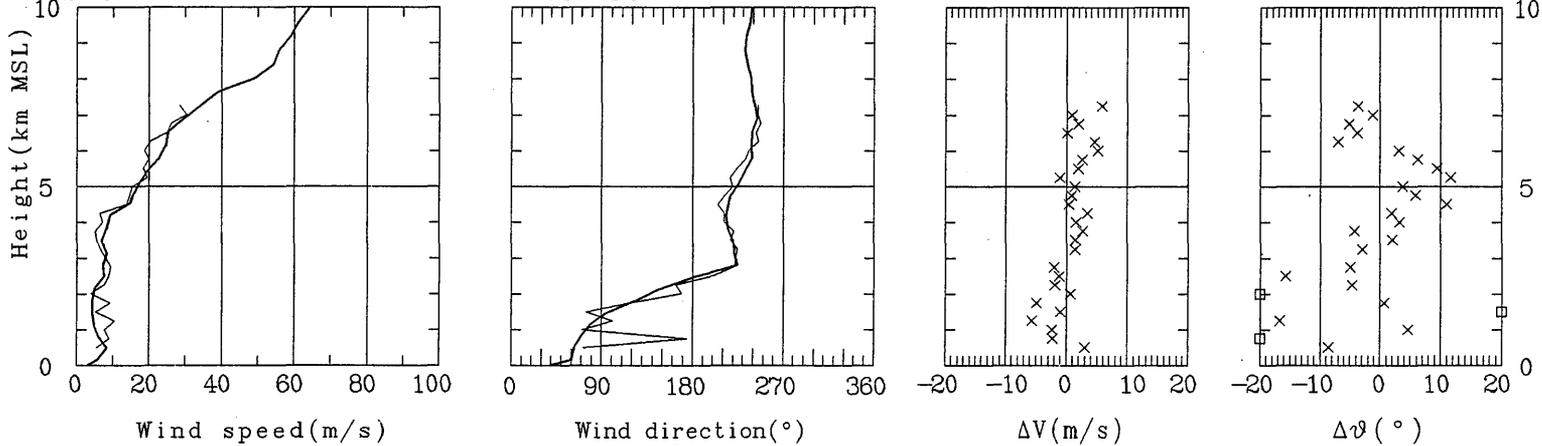
RS2-80 890317 2030 — PROFILER 890317 2000



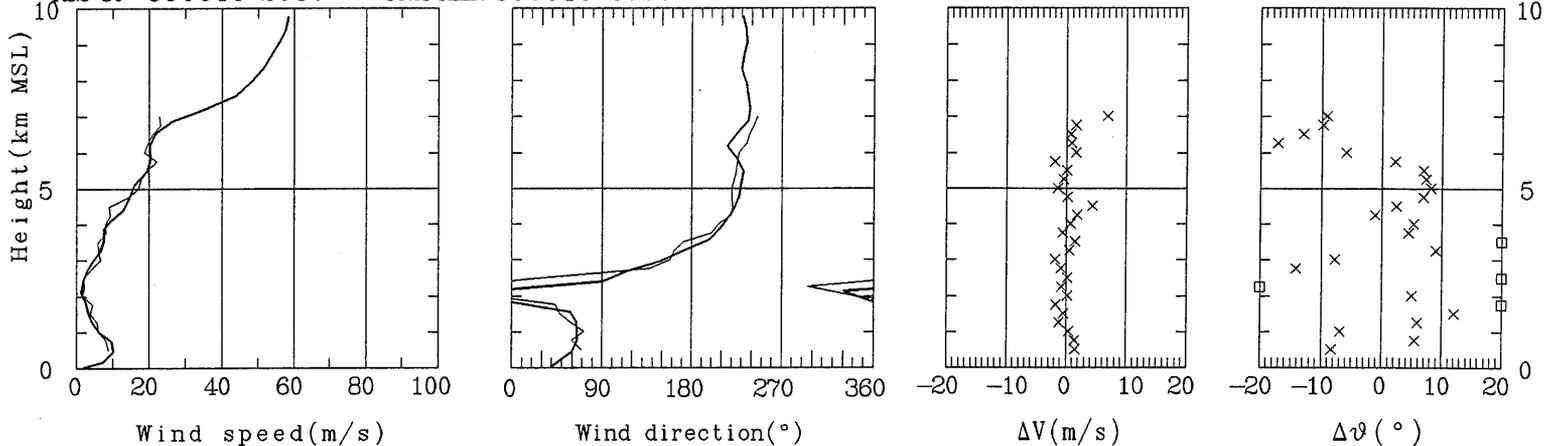
RS2-80 890619 830 — PROFILER 890619 800



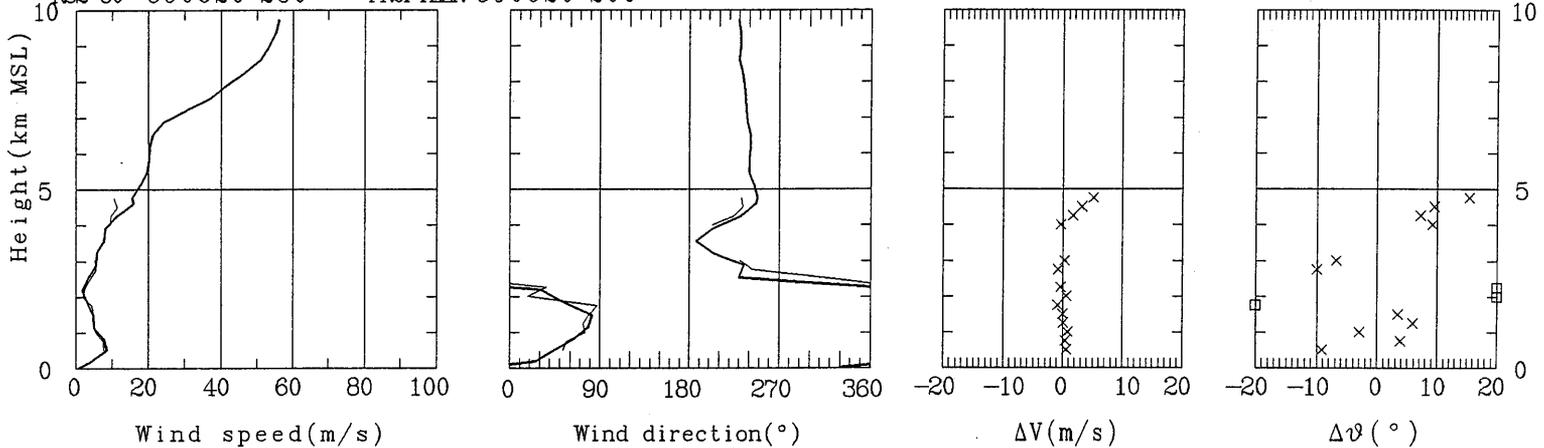
RS2-80 890619 1430 — PROFILER 890619 1400



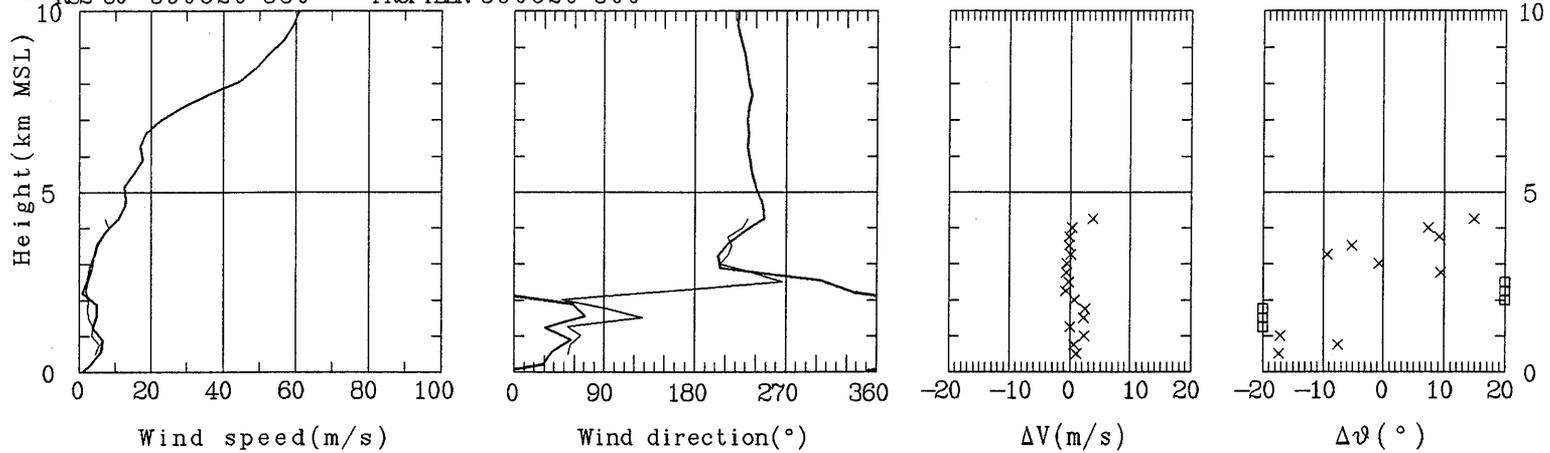
RS2-80 890619 2030 — PROFILER 890619 2000



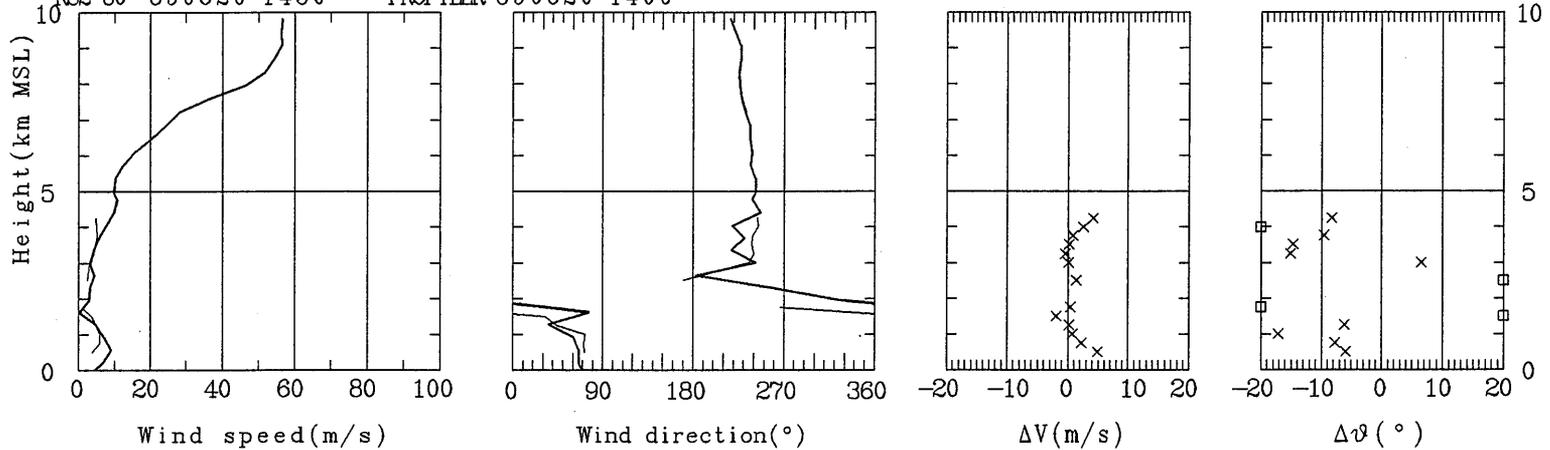
RS2-80 890620 230 — PROFILER 890620 200



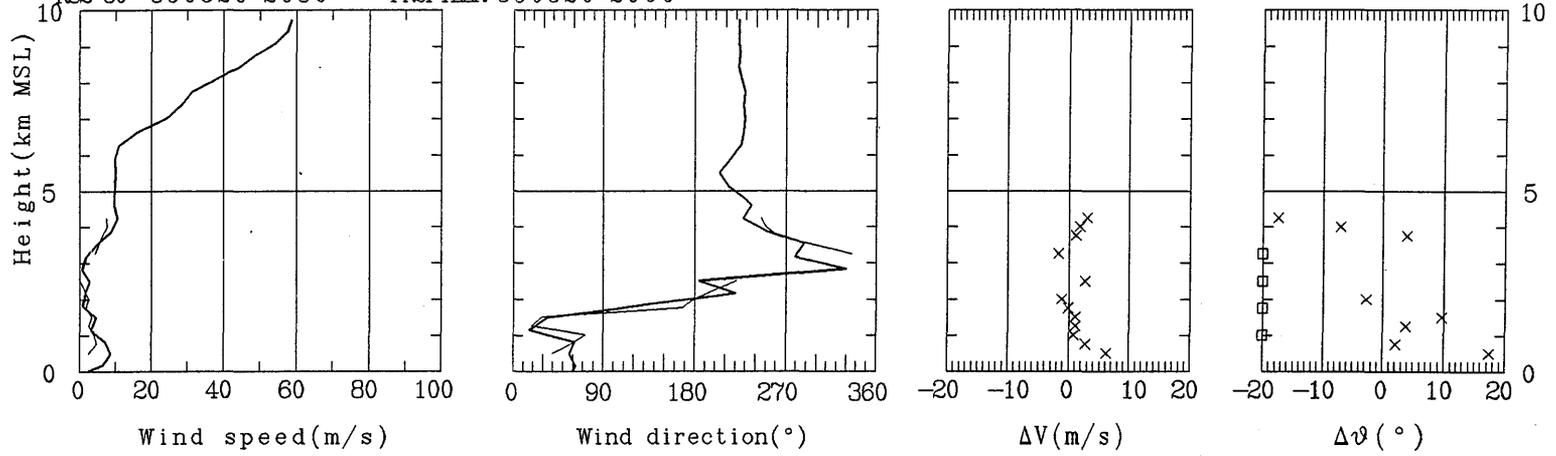
RS2-80 890620 830 — PROFILER 890620 800



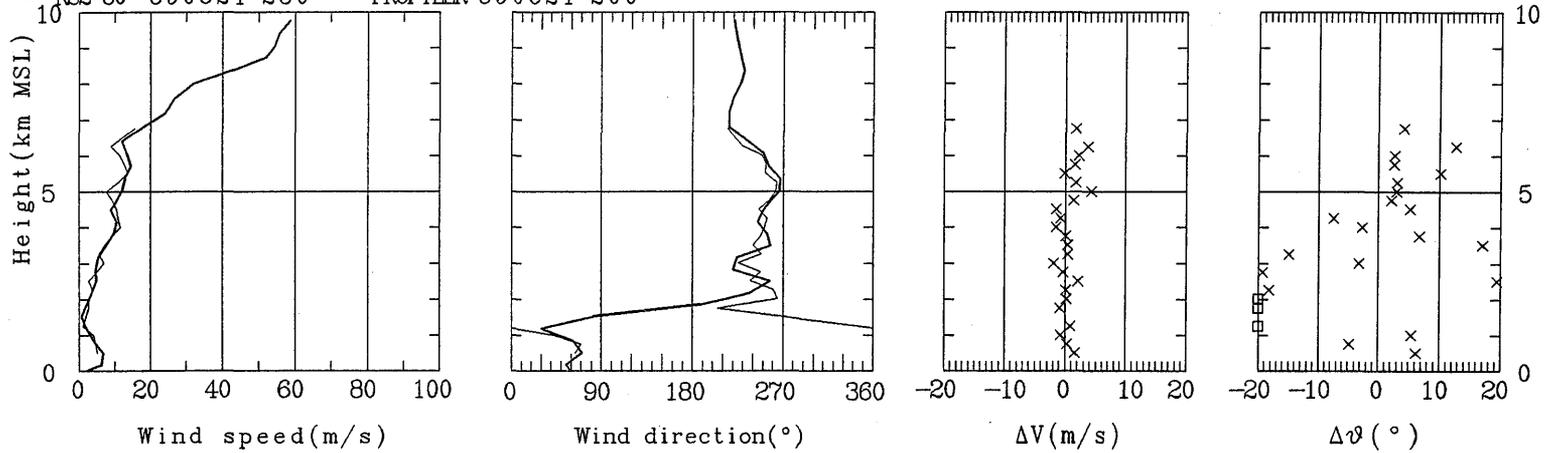
RS2-80 890620 1430 — PROFILER 890620 1400



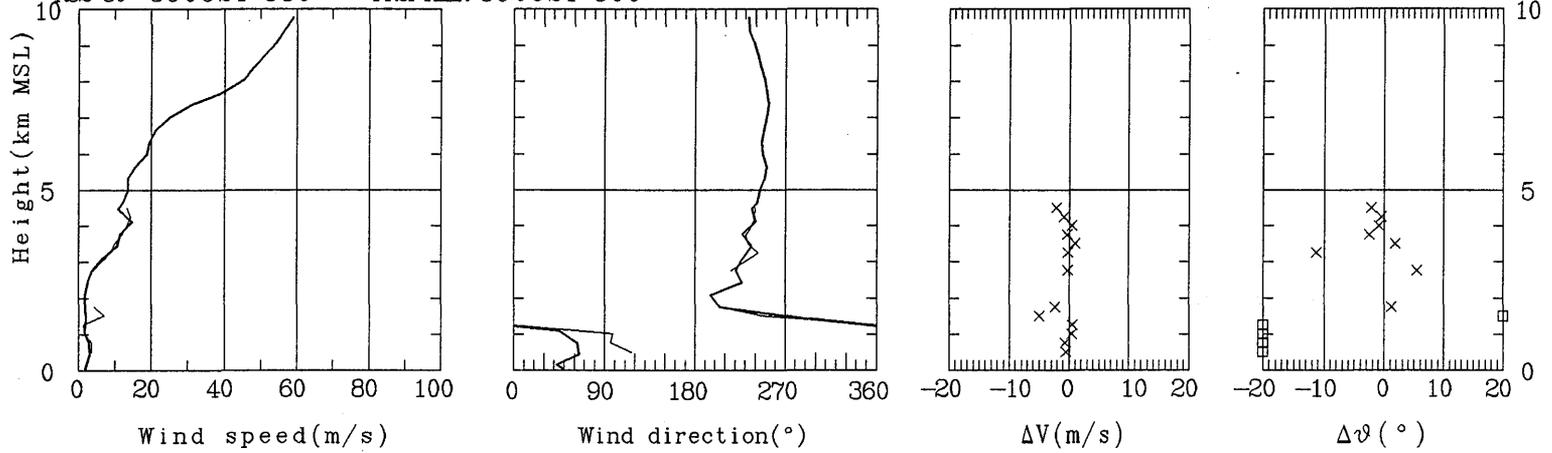
RS2-80 890620 2030 — PROFILER 890620 2000



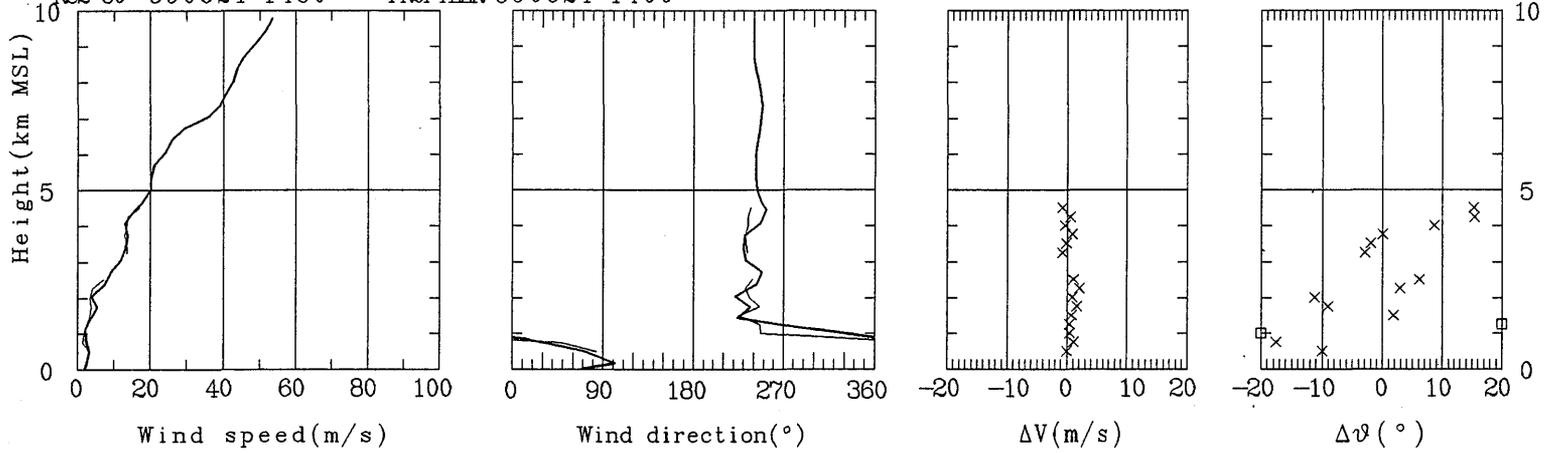
RS2-80 890621 230 — PROFILER 890621 200



RS2-80 890621 830 — PROFILER 890621 800



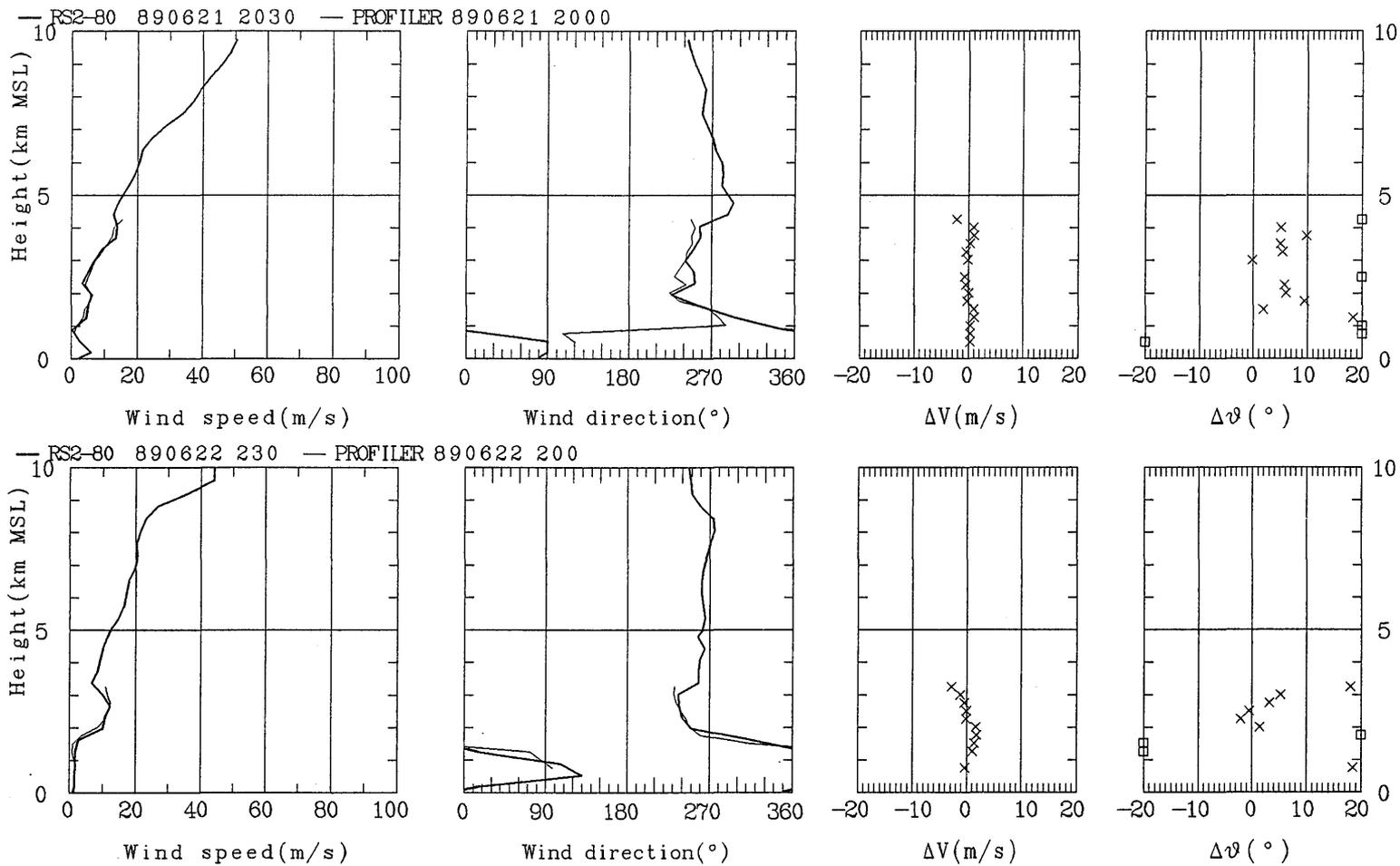
RS2-80 890621 1430 — PROFILER 890621 1400



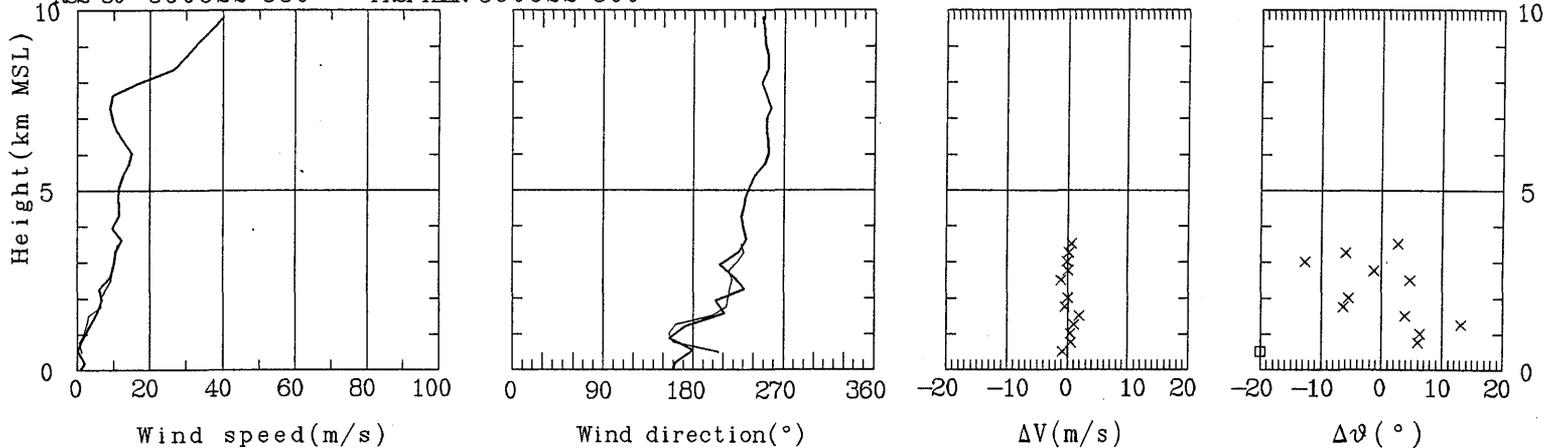
3. レーゾンデとC-バンドドップラーレーダ

3. レーゾンゾンデとC-バンドドップラーレーダ

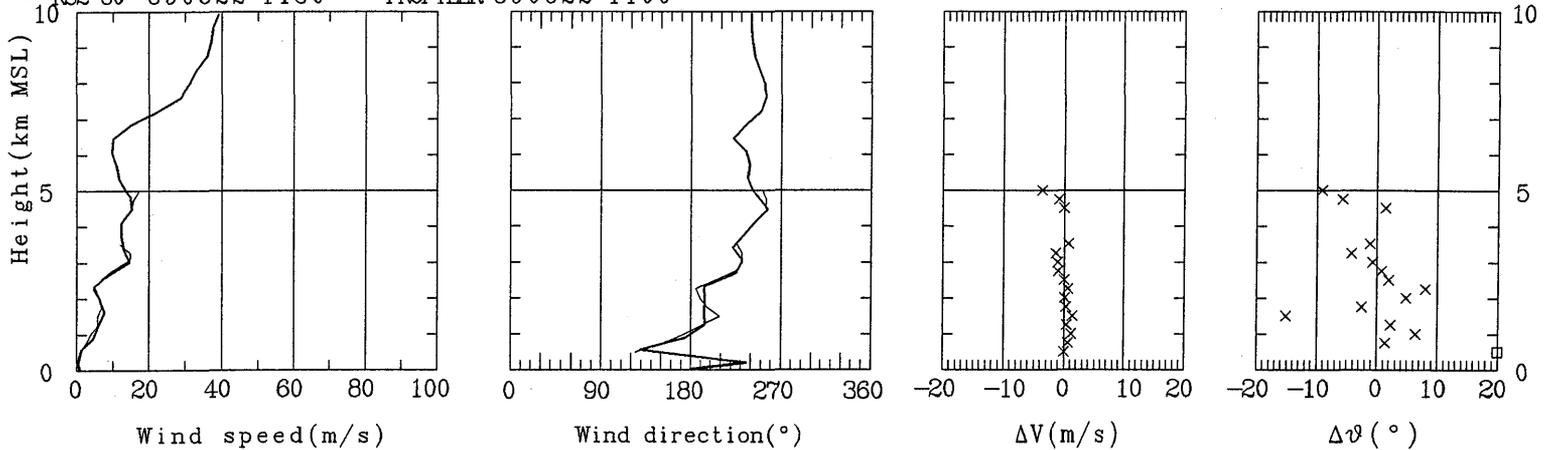
図は左よりレーゾンゾンデとC-バンドドップラーレーダの風速，風向，風速の偏差，風向の偏差を示している。降雨時のデータでレーゾンゾンデの観測のある時間帯を選んで比較している。偏差はゾンデからC-バンドドップラーレーダを引いたものである。

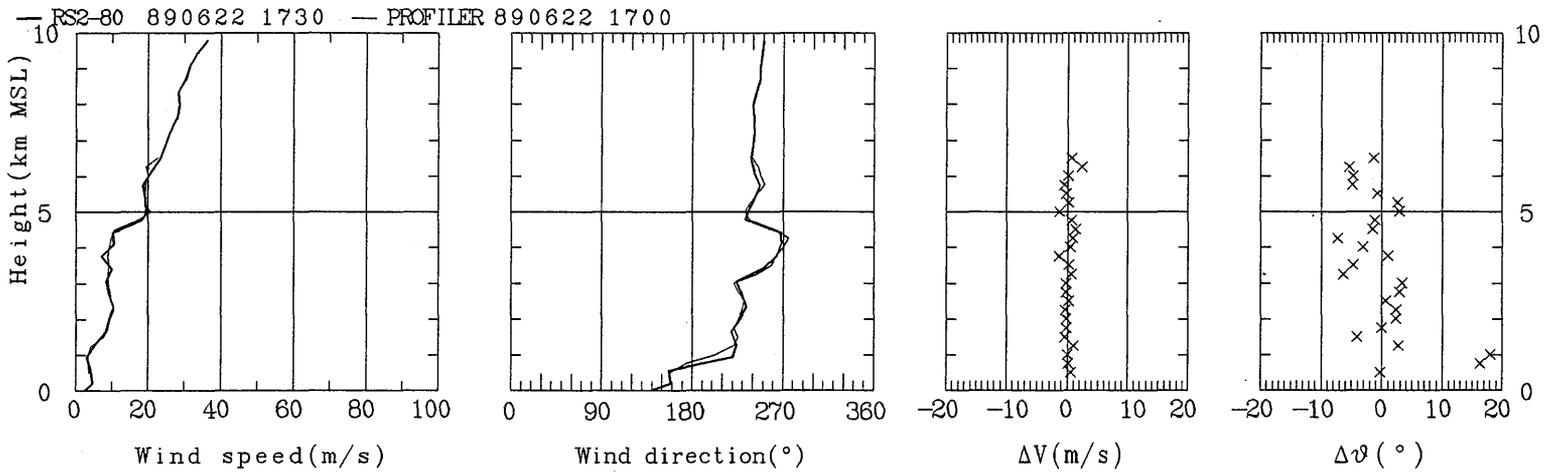
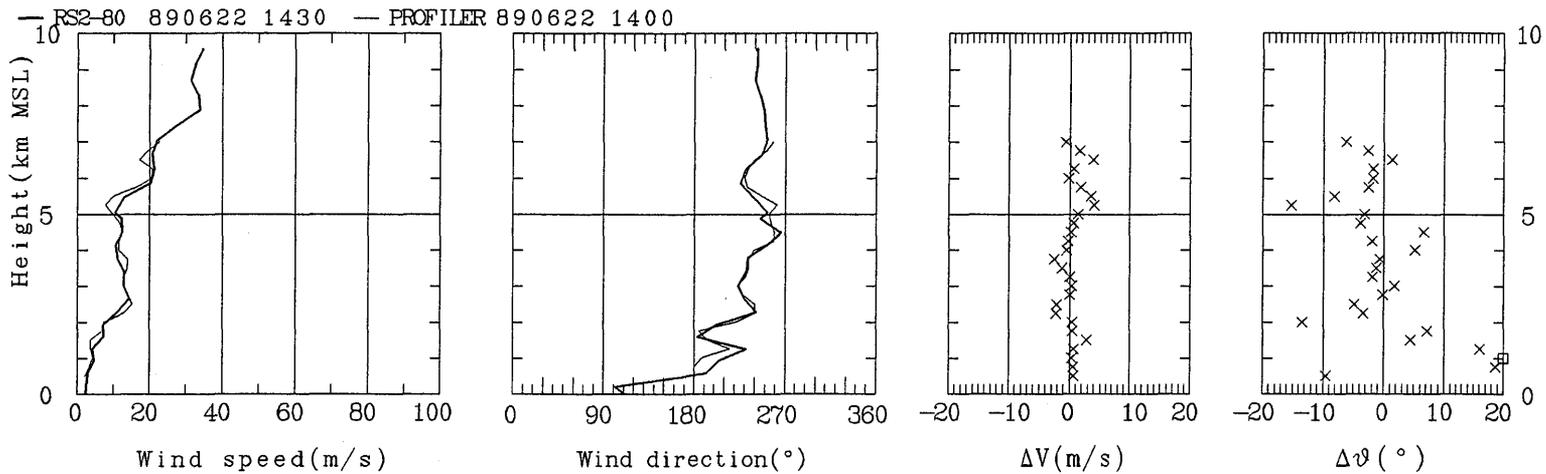


RS2-80 890622 830 — PROFILER 890622 800

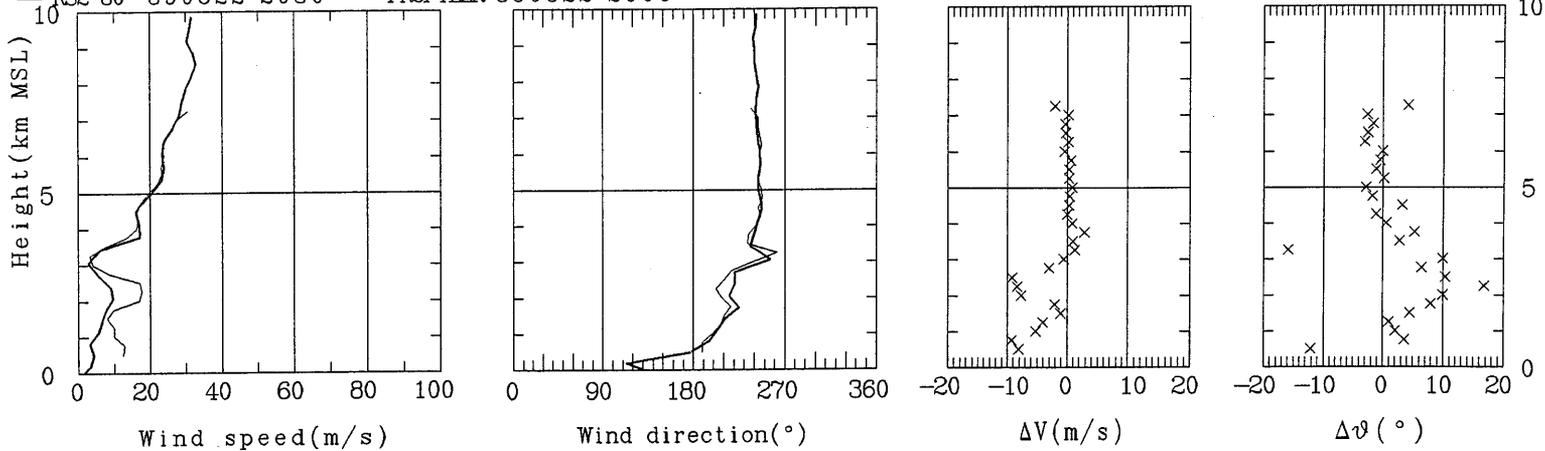


RS2-80 890622 1130 — PROFILER 890622 1100

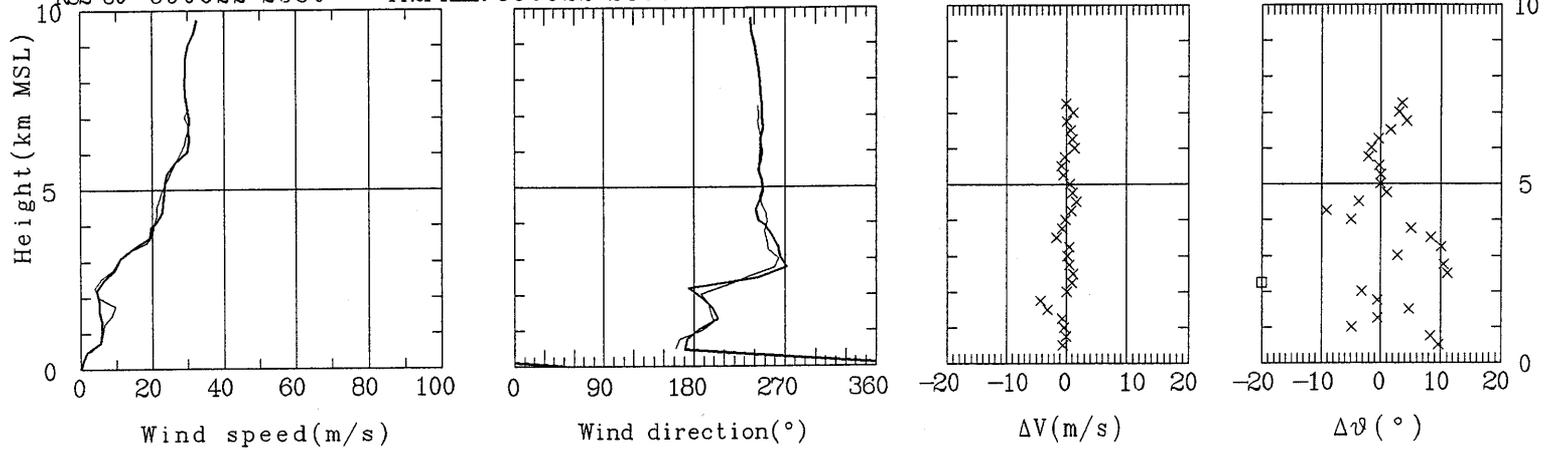




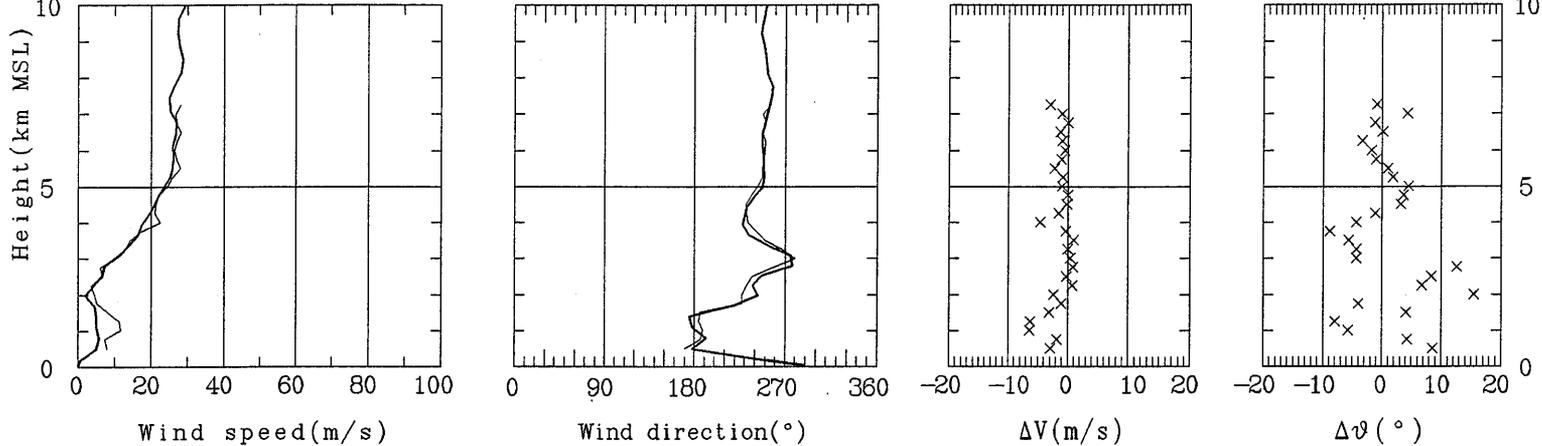
RS2-80 890622 2030 — PROFILER 890622 2000



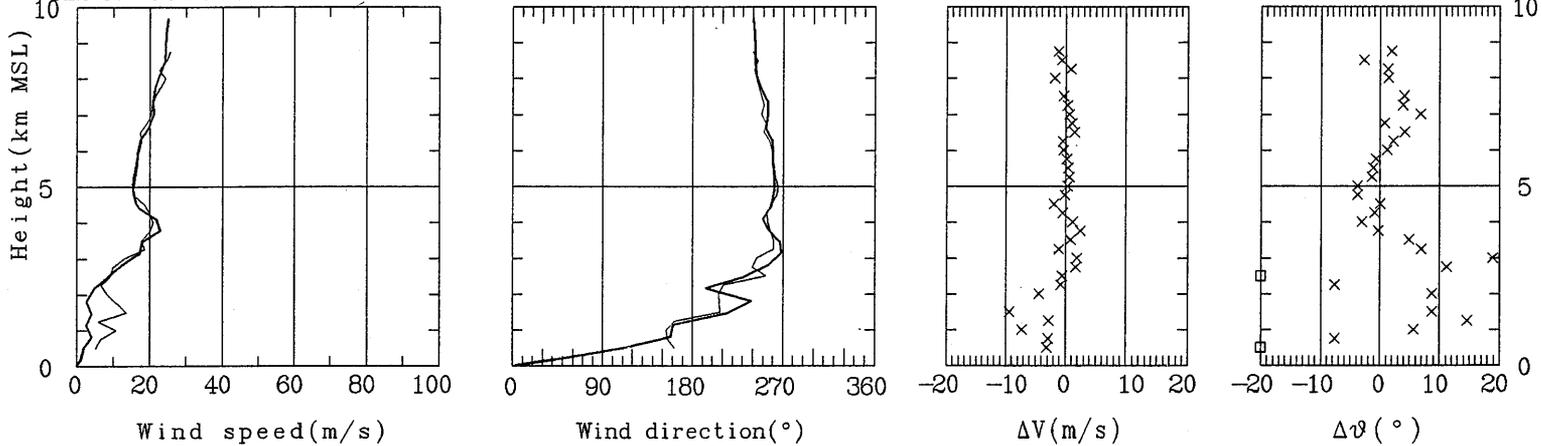
RS2-80 890622 2330 — PROFILER 890622 2300



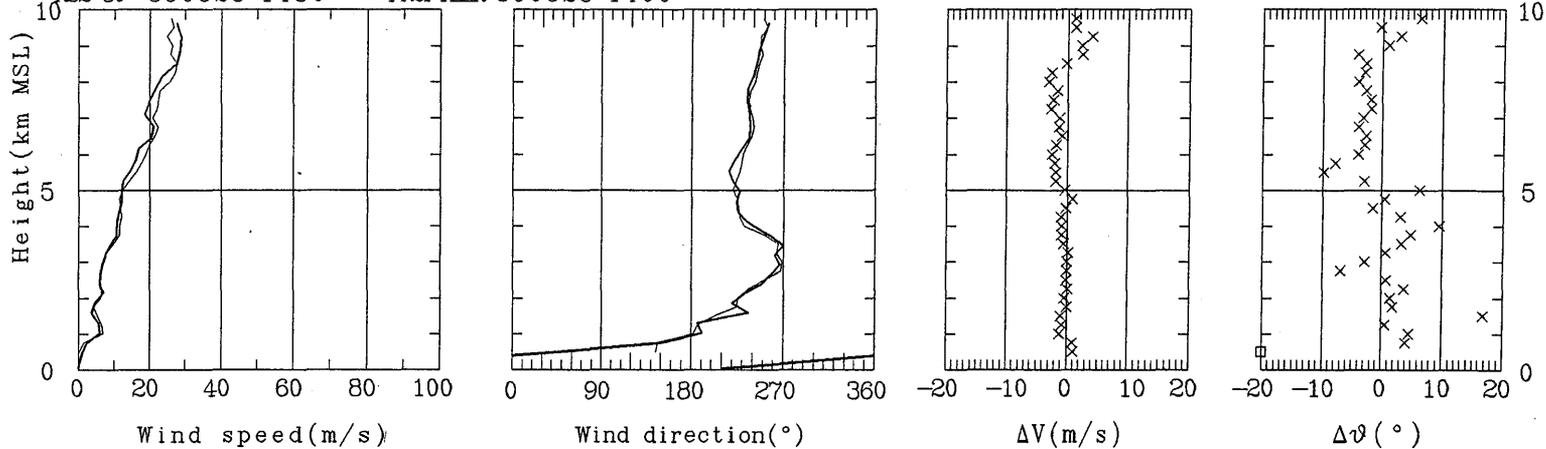
RS2-80 890623 230 — PROFILER 890623 200



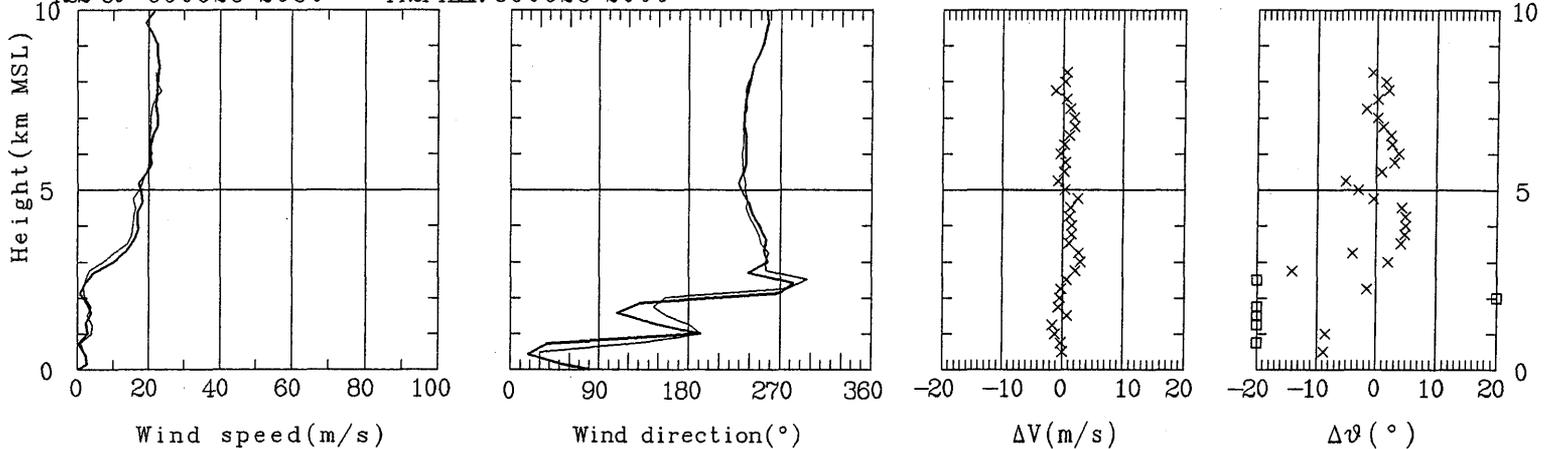
RS2-80 890623 830 — PROFILER 890623 800



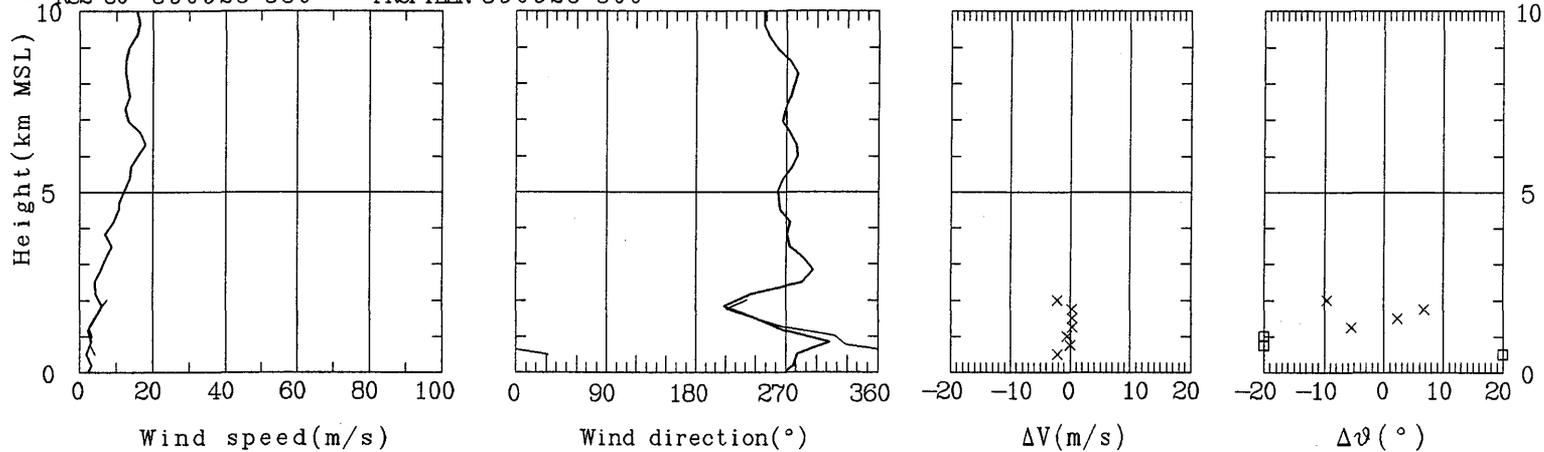
RS2-80 890623 1430 — PROFILER 890623 1400



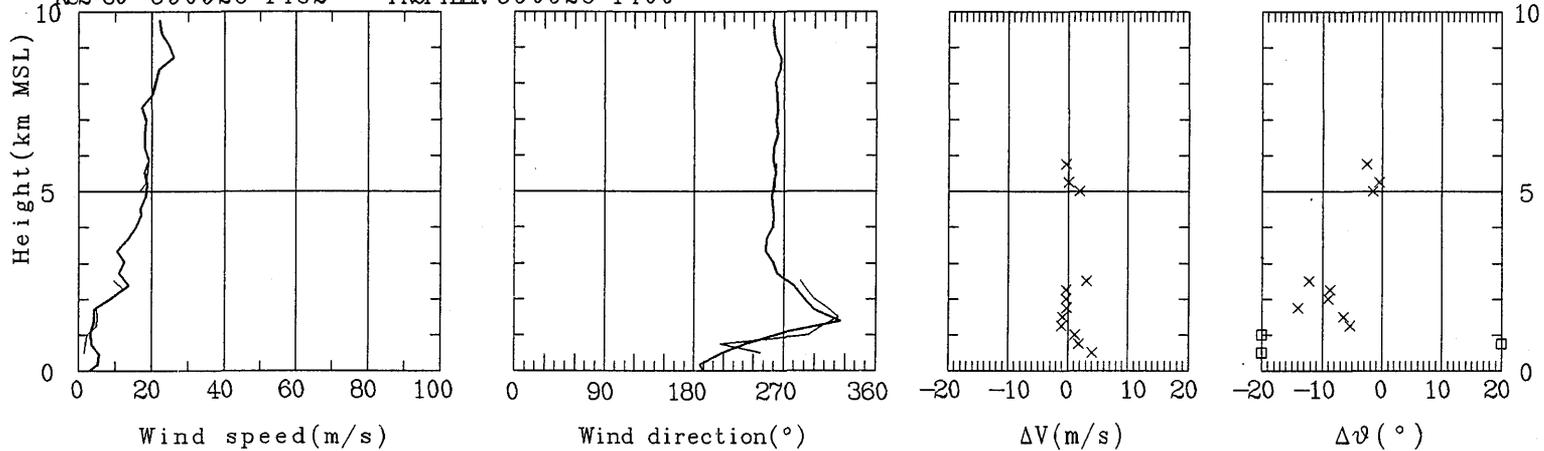
RS2-80 890623 2030 — PROFILER 890623 2000



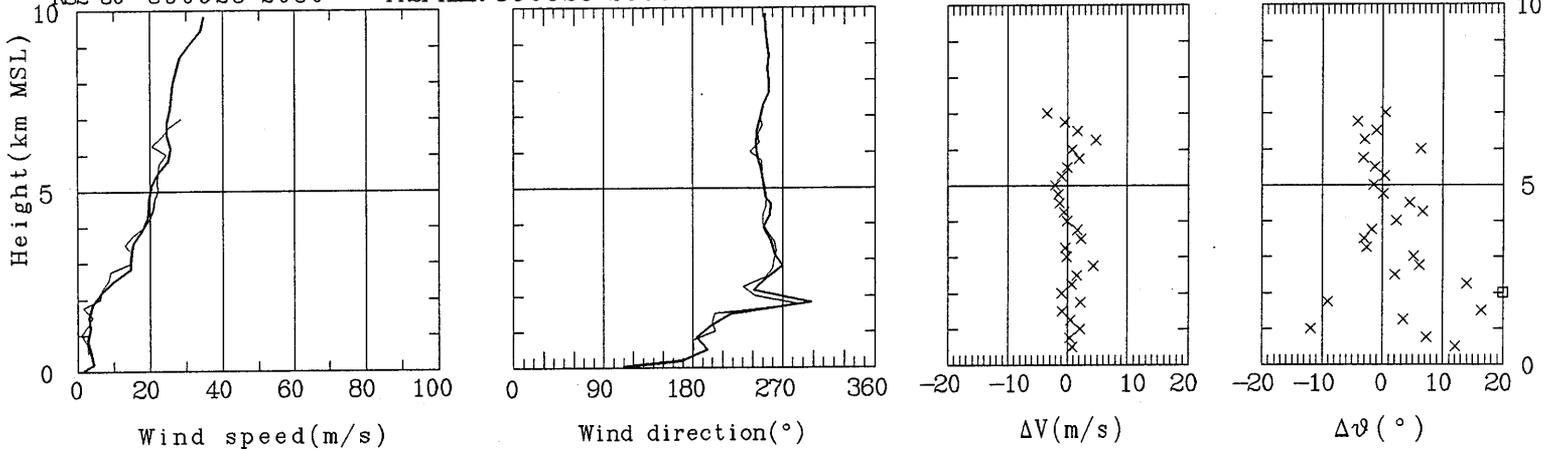
RS2-80 890925 830 — PROFILER 890925 800



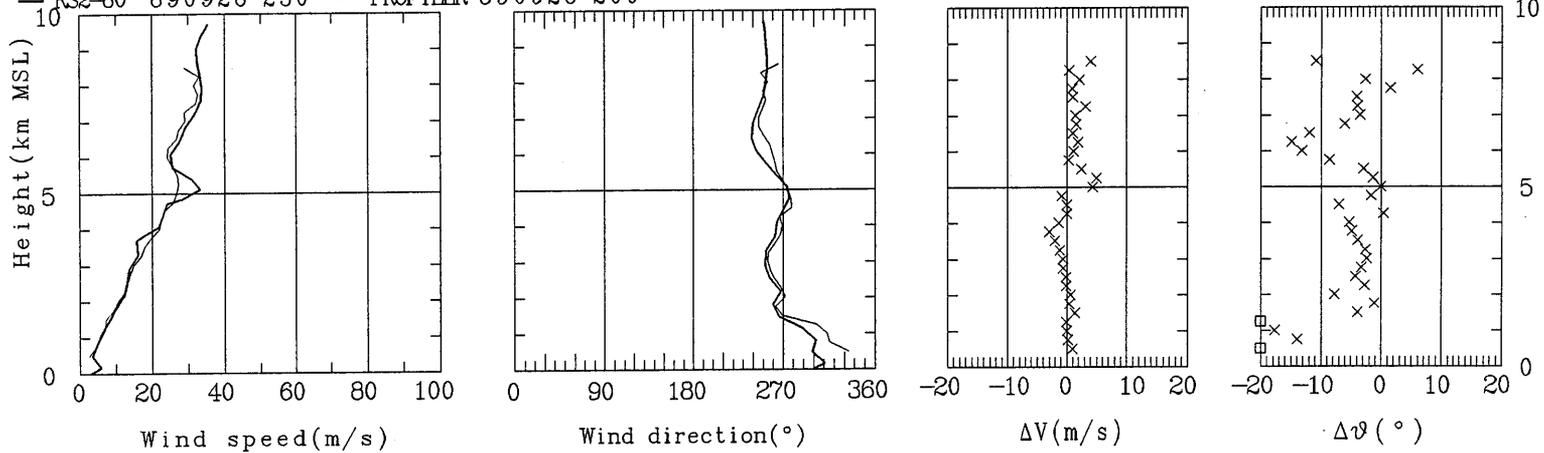
RS2-80 890925 1432 — PROFILER 890925 1400



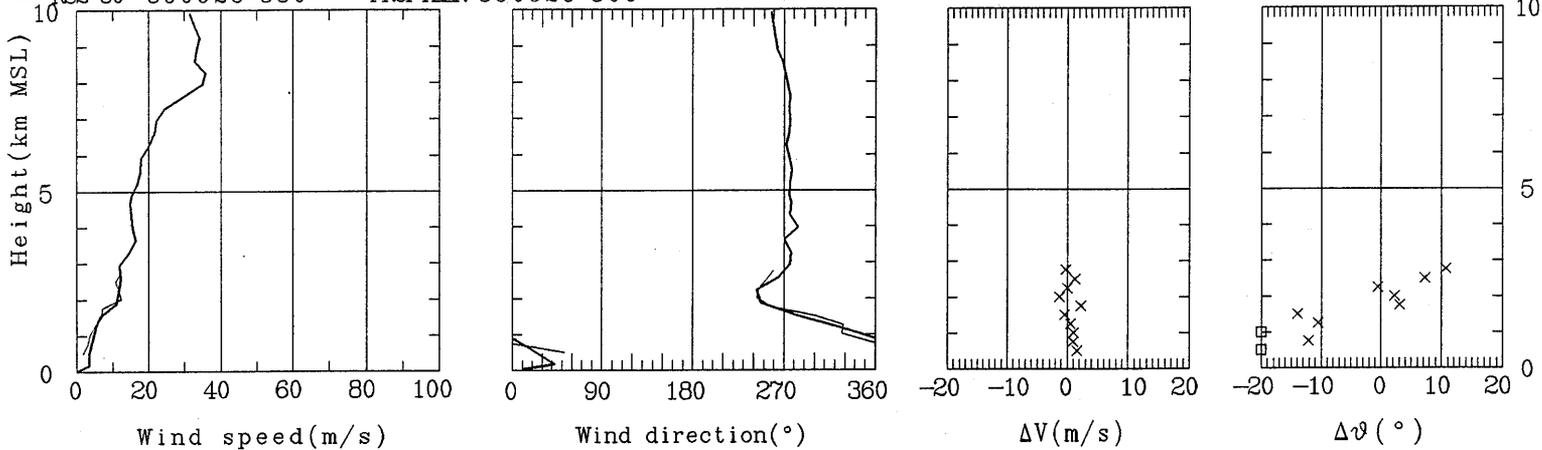
RS2-80 890925 2030 — PROFILER 890925 2000



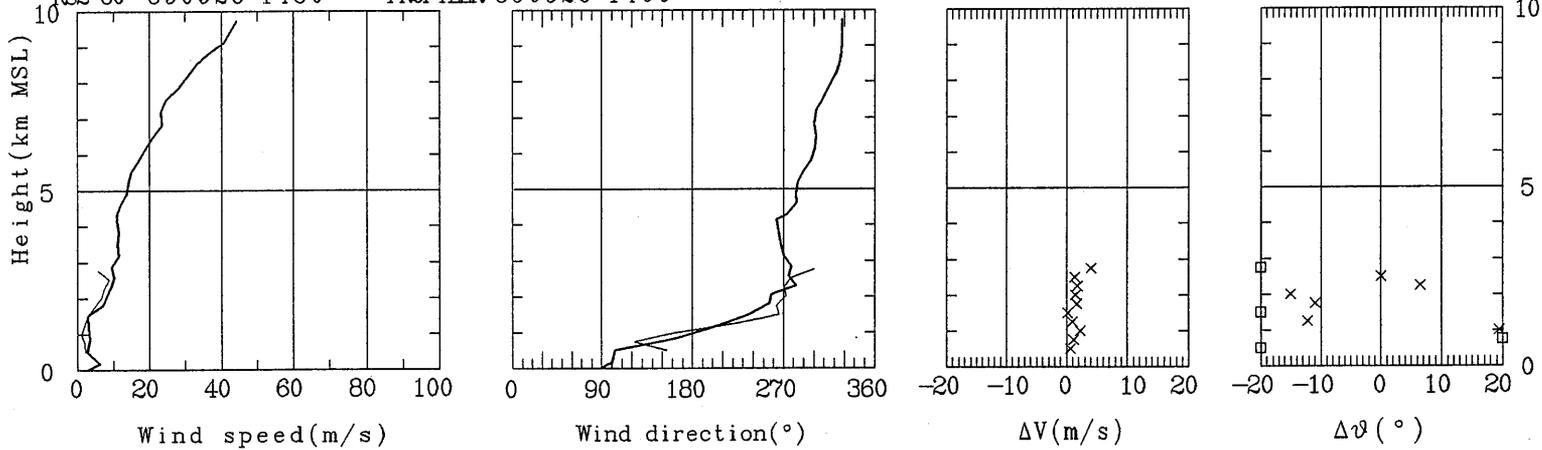
RS2-80 890926 230 — PROFILER 890926 200



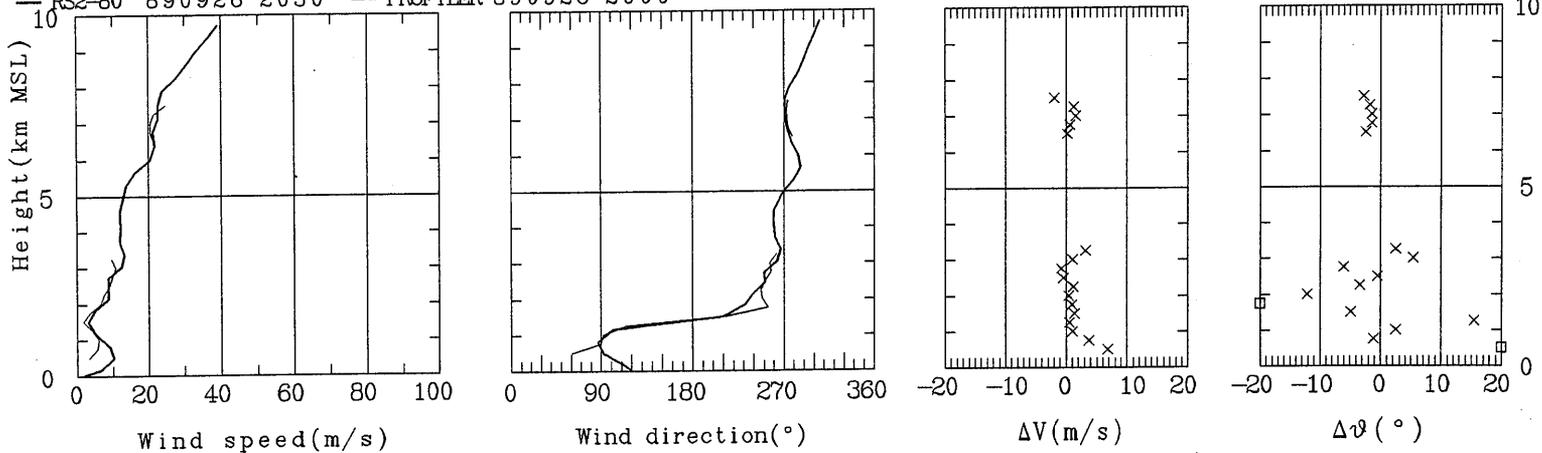
RS2-80 890926 830 — PROFILER 890926 800



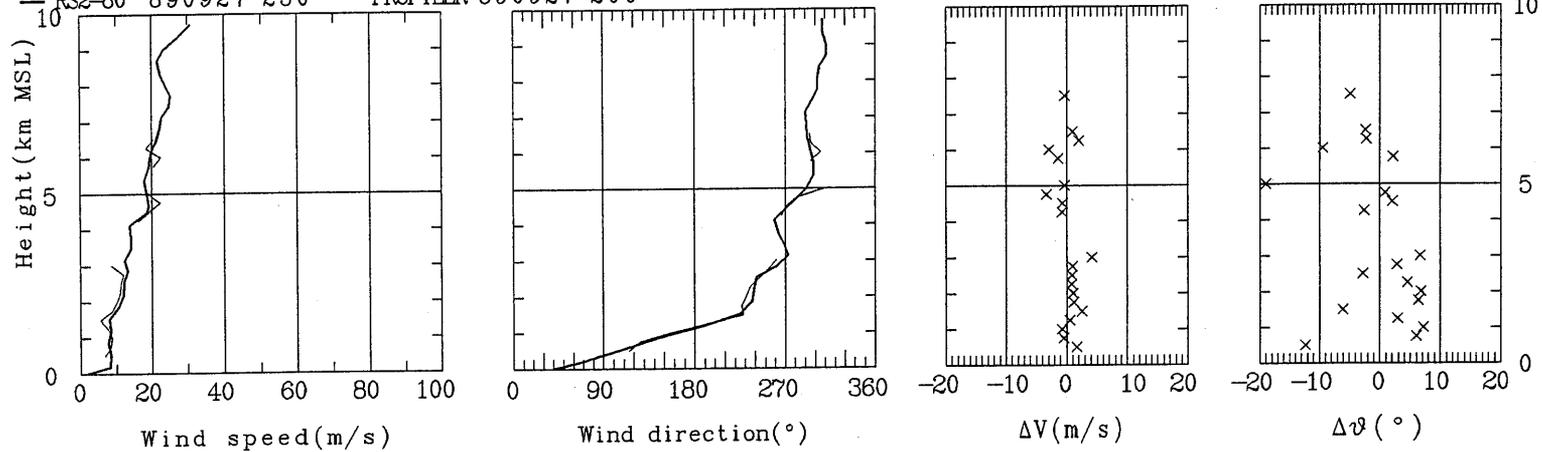
RS2-80 890926 1430 — PROFILER 890926 1400



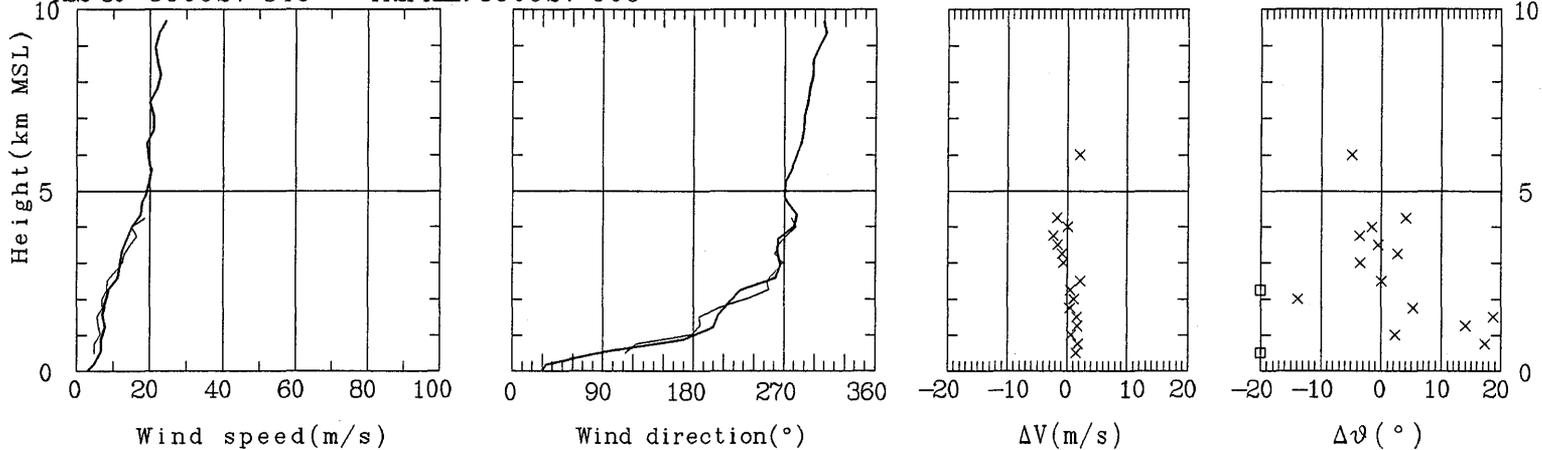
RS2-80 890926 2030 — PROFILER 890926 2000



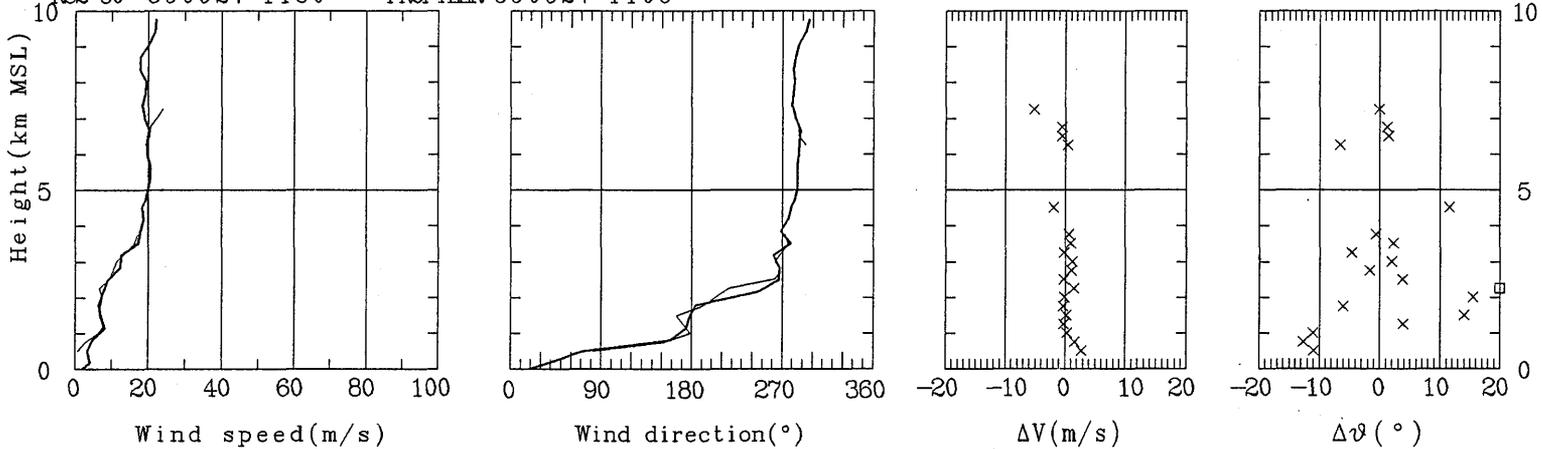
RS2-80 890927 230 — PROFILER 890927 200



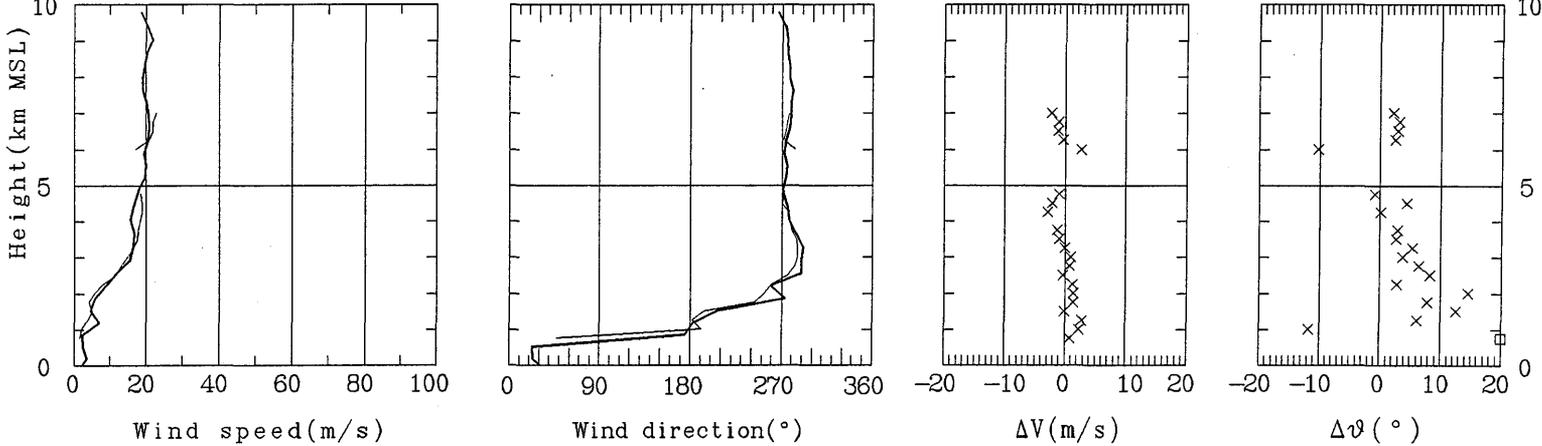
RS2-80 890927 845 — PROFILER 890927 906



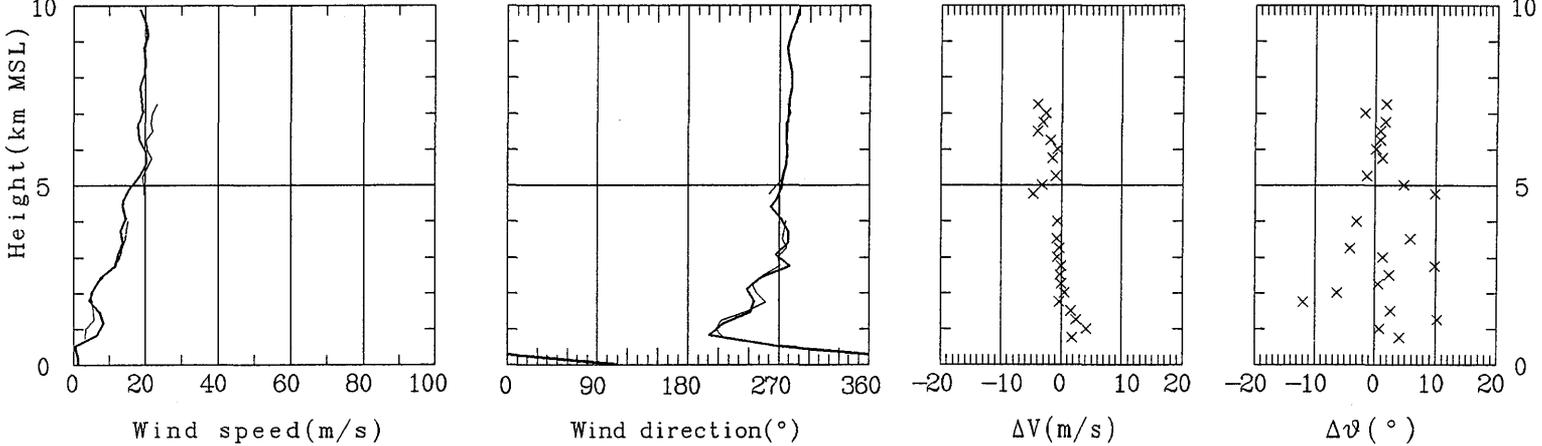
RS2-80 890927 1130 — PROFILER 890927 1106

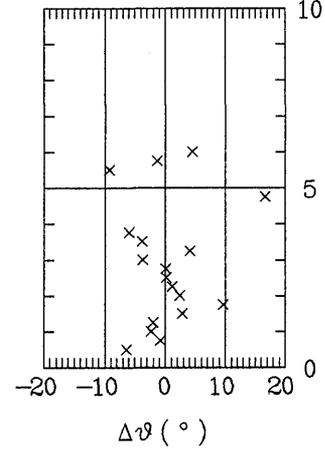
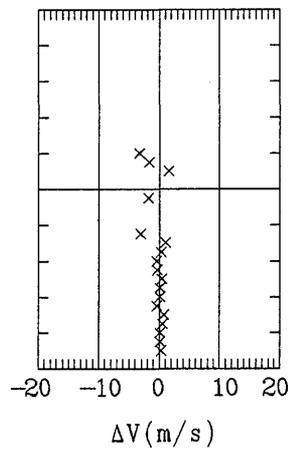
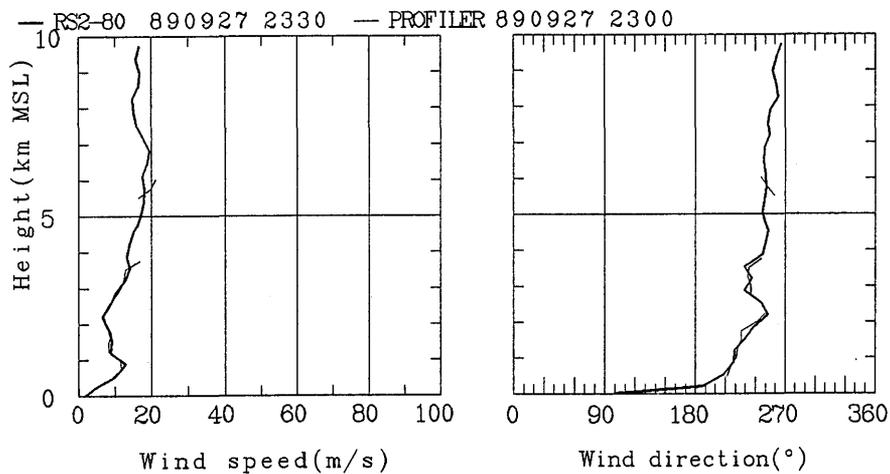
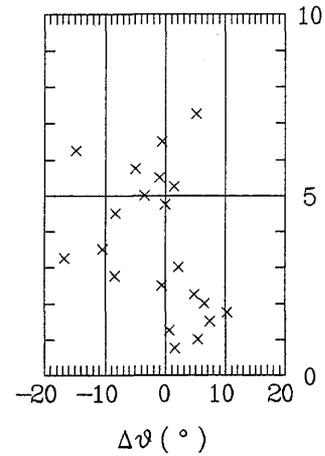
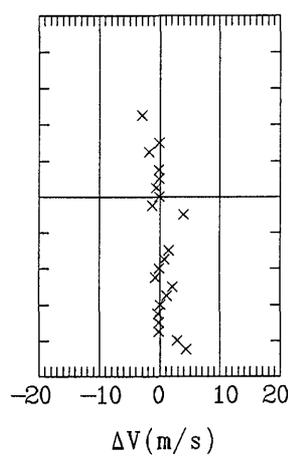
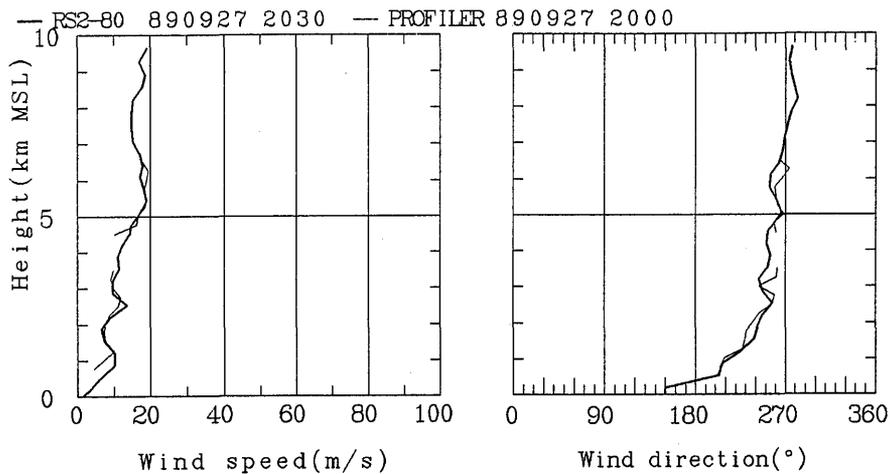


RS2-80 890927 1430 — PROFILER 890927 1400

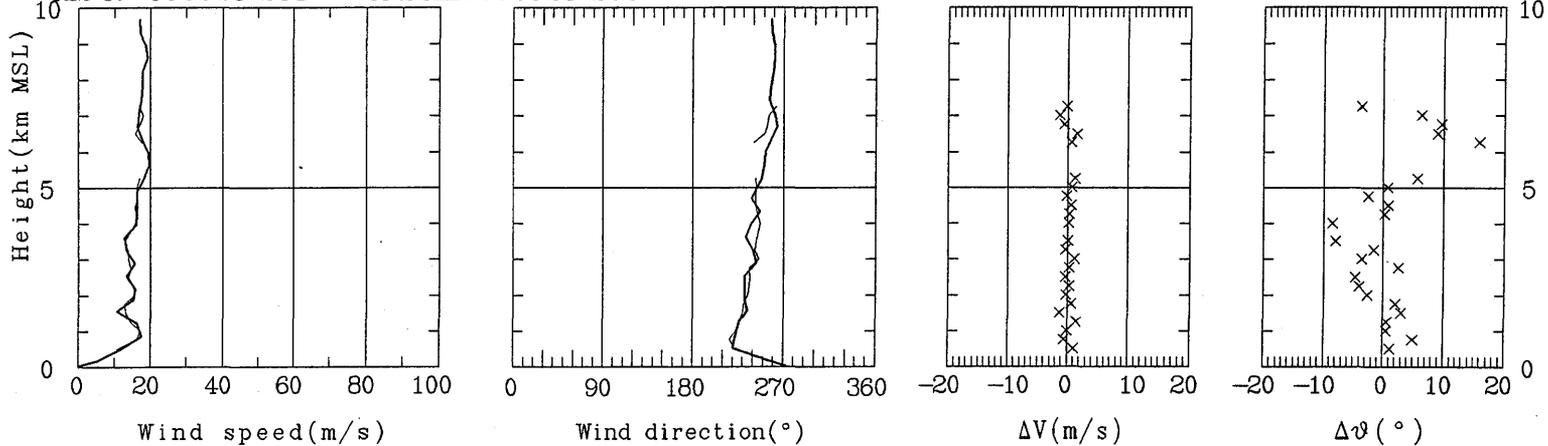


RS2-80 890927 1730 — PROFILER 890927 1700

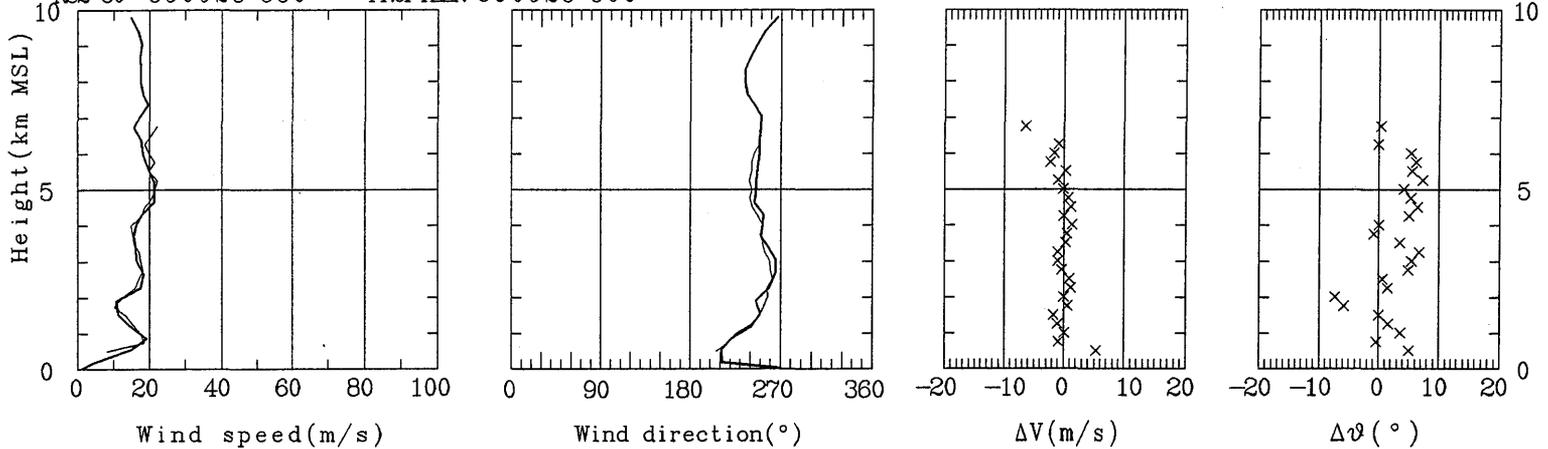




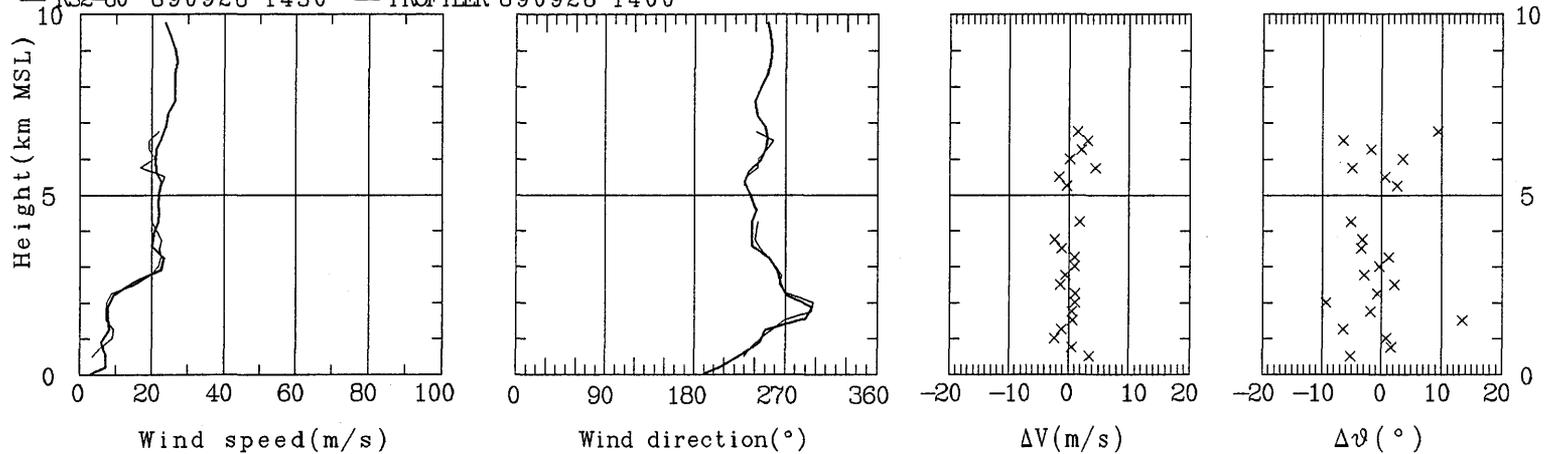
RS2-80 890928 231 — PROFILER 890928 200



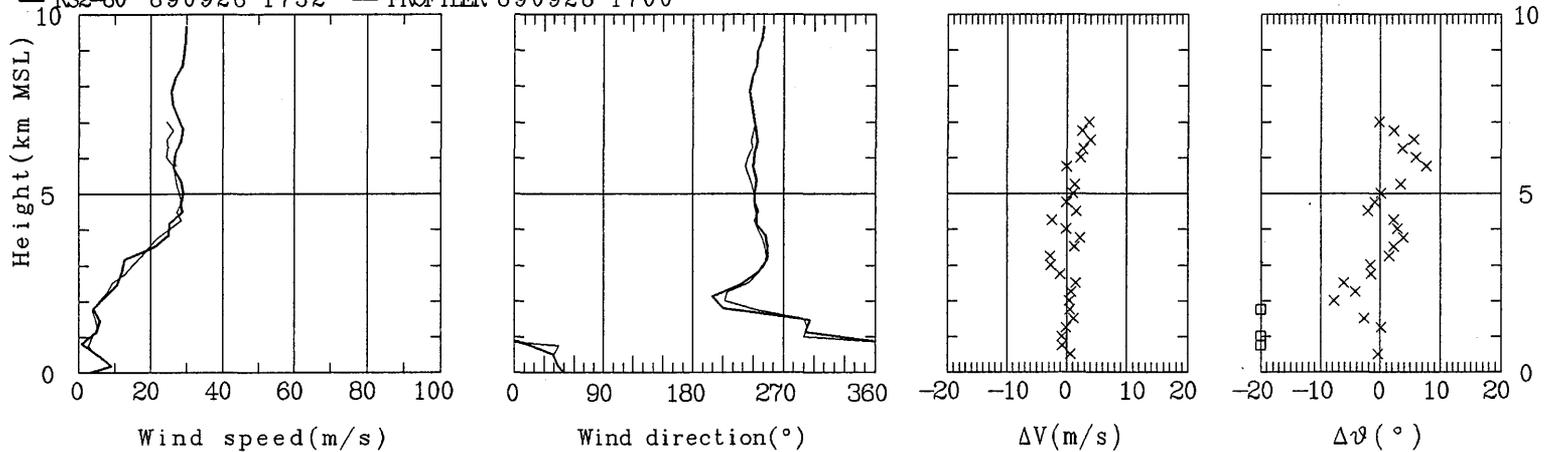
RS2-80 890928 830 — PROFILER 890928 800



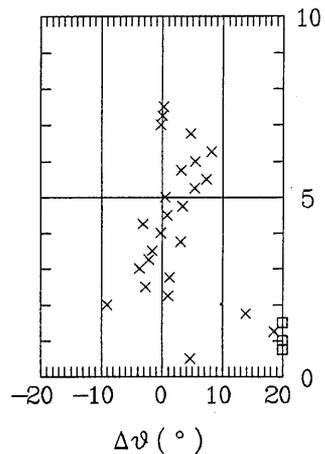
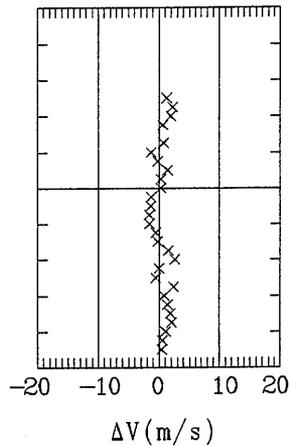
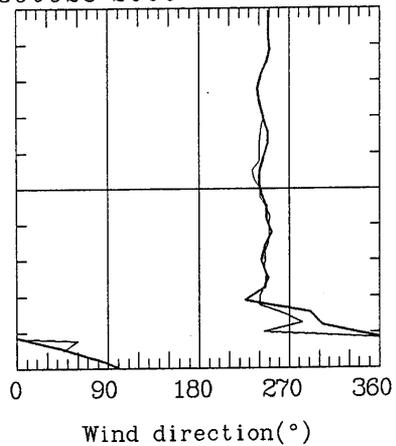
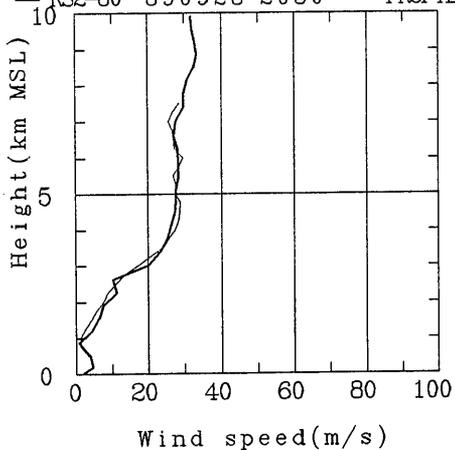
RS2-80 890928 1430 — PROFILER 890928 1400



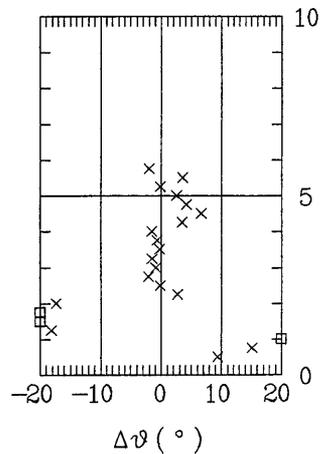
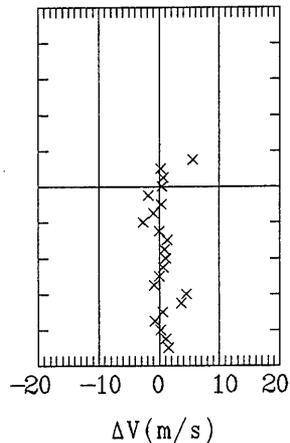
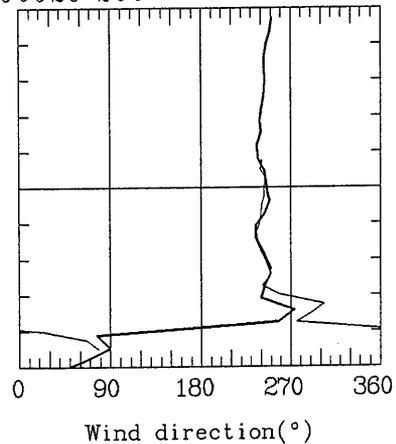
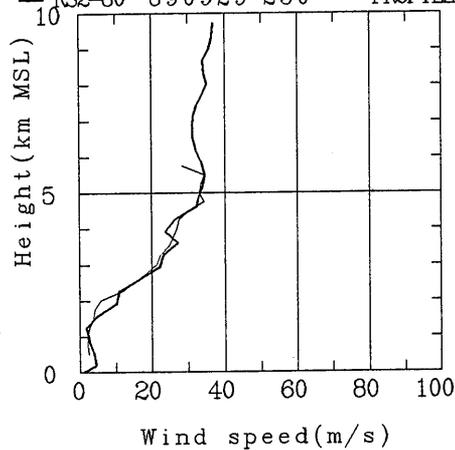
RS2-80 890928 1732 — PROFILER 890928 1700



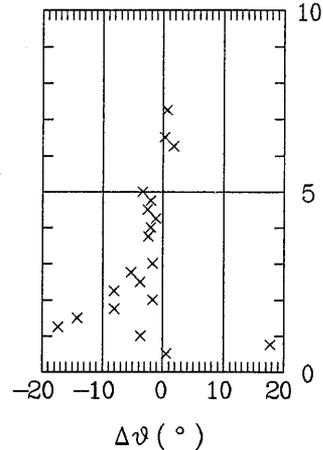
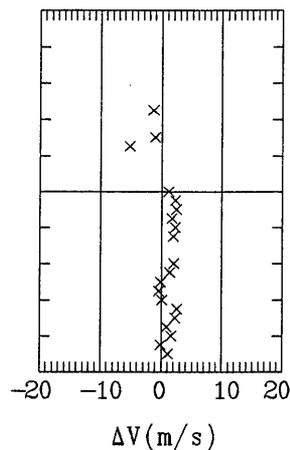
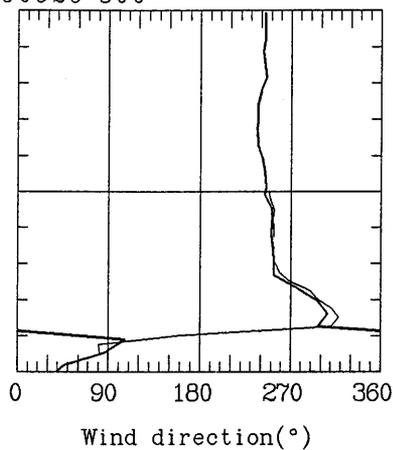
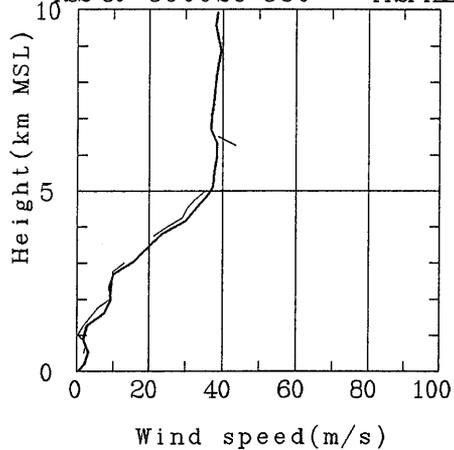
RS2-80 890928 2030 — PROFILER 890928 2000



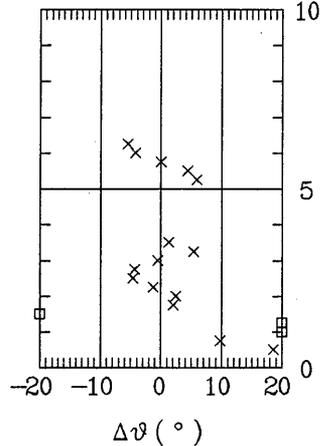
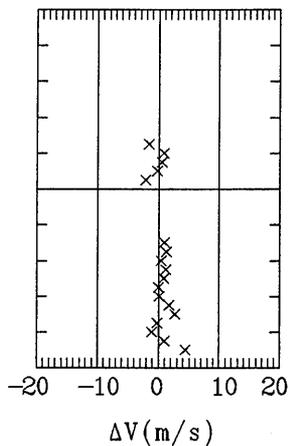
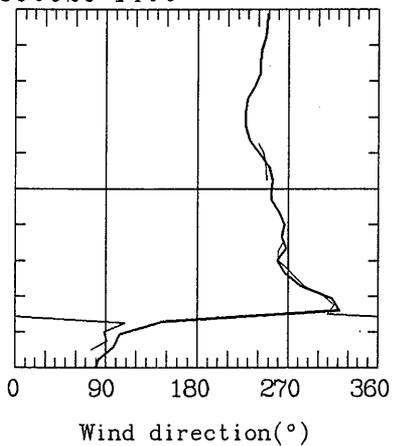
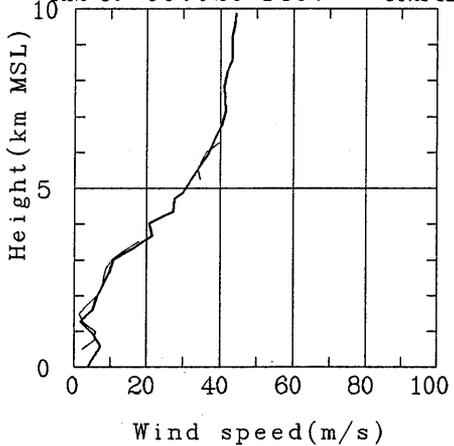
RS2-80 890929 230 — PROFILER 890929 200

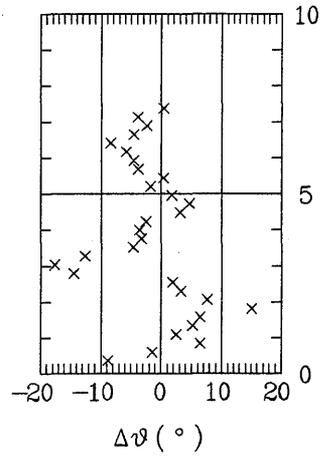
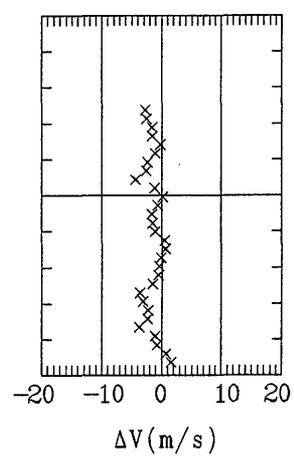
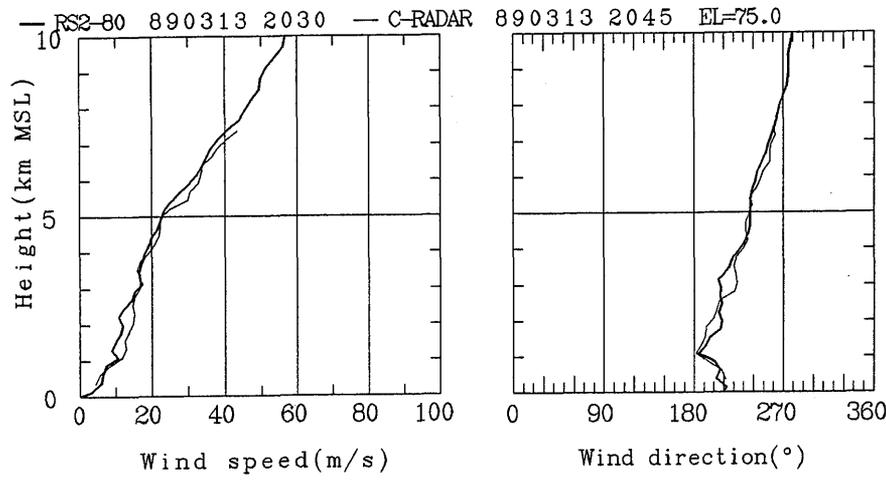
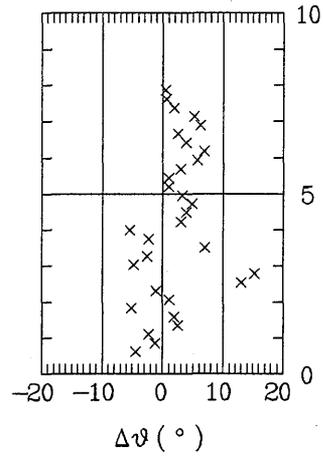
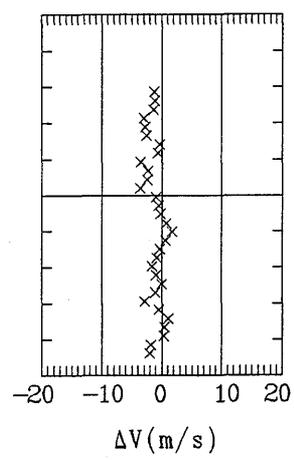
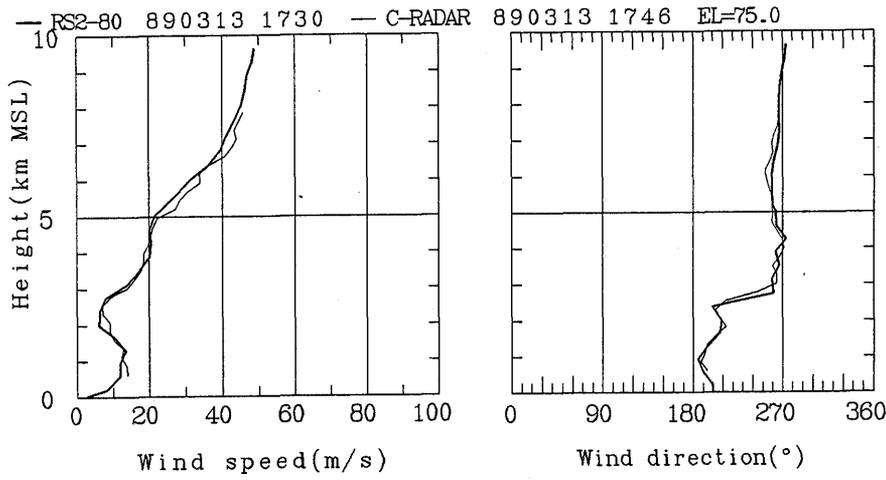


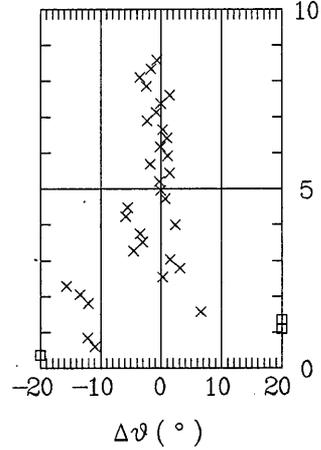
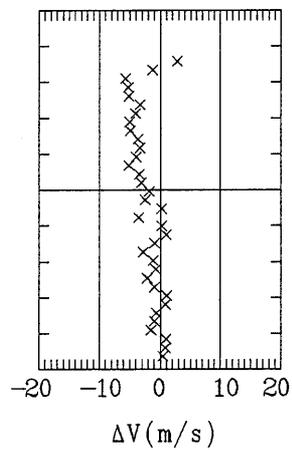
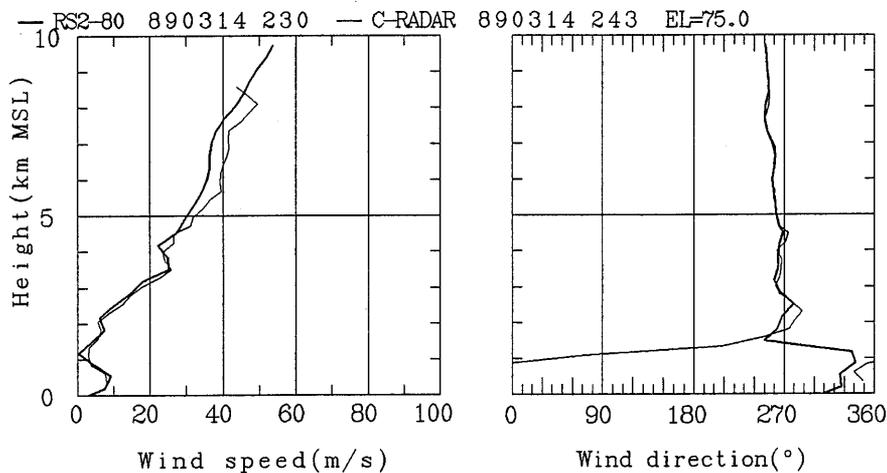
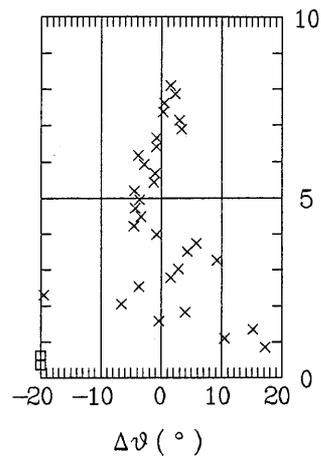
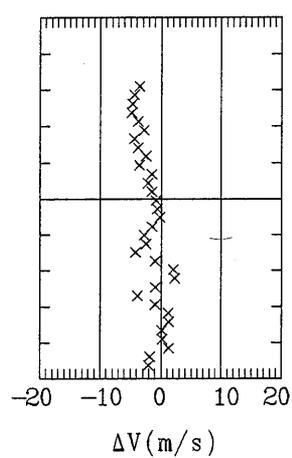
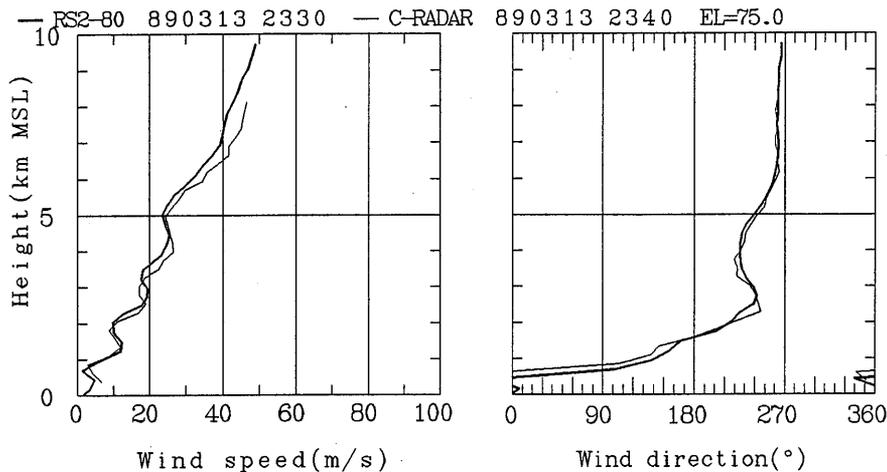
RS2-80 890929 830 — PROFILER 890929 800

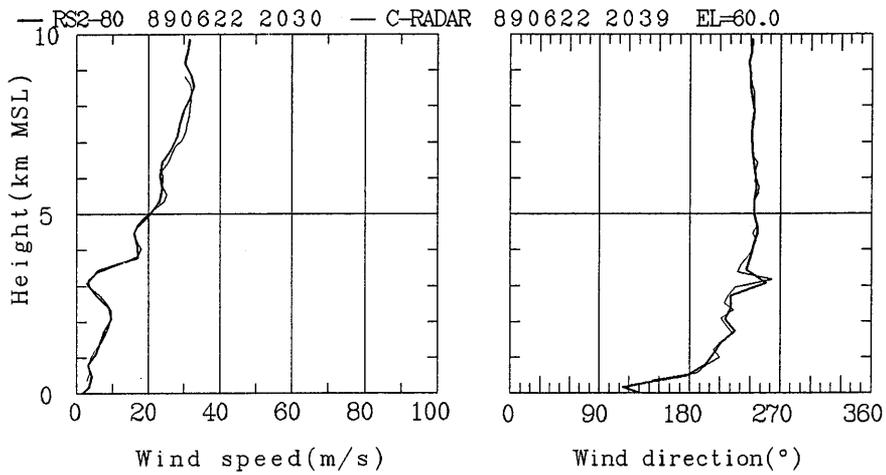
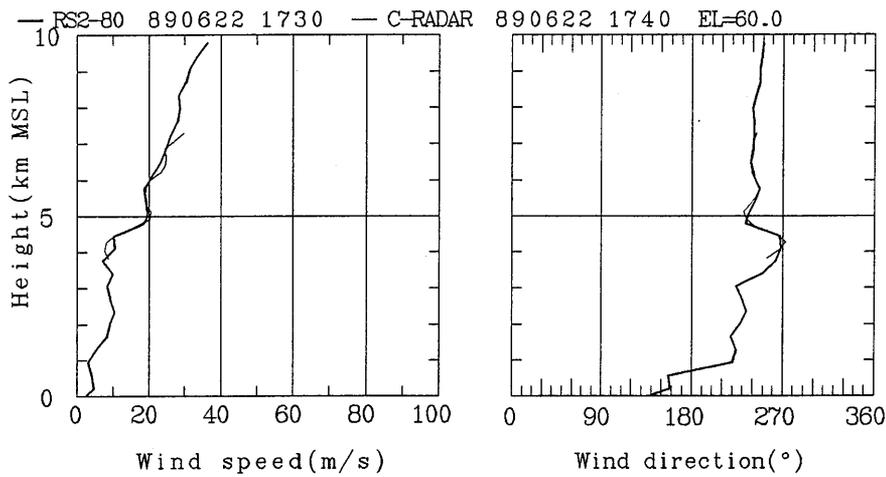


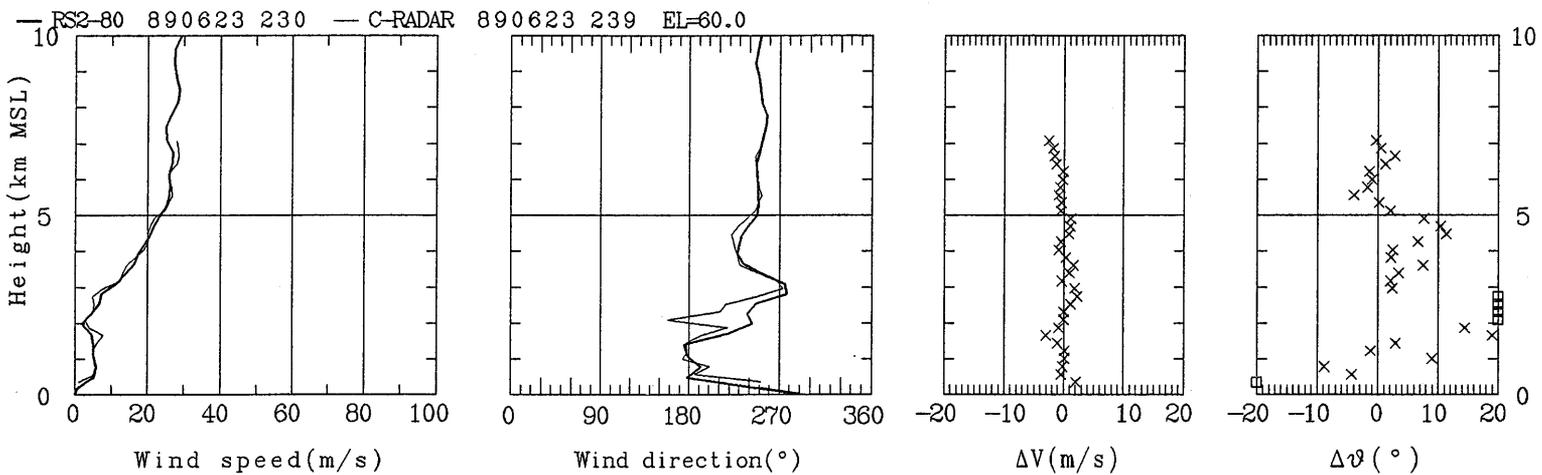
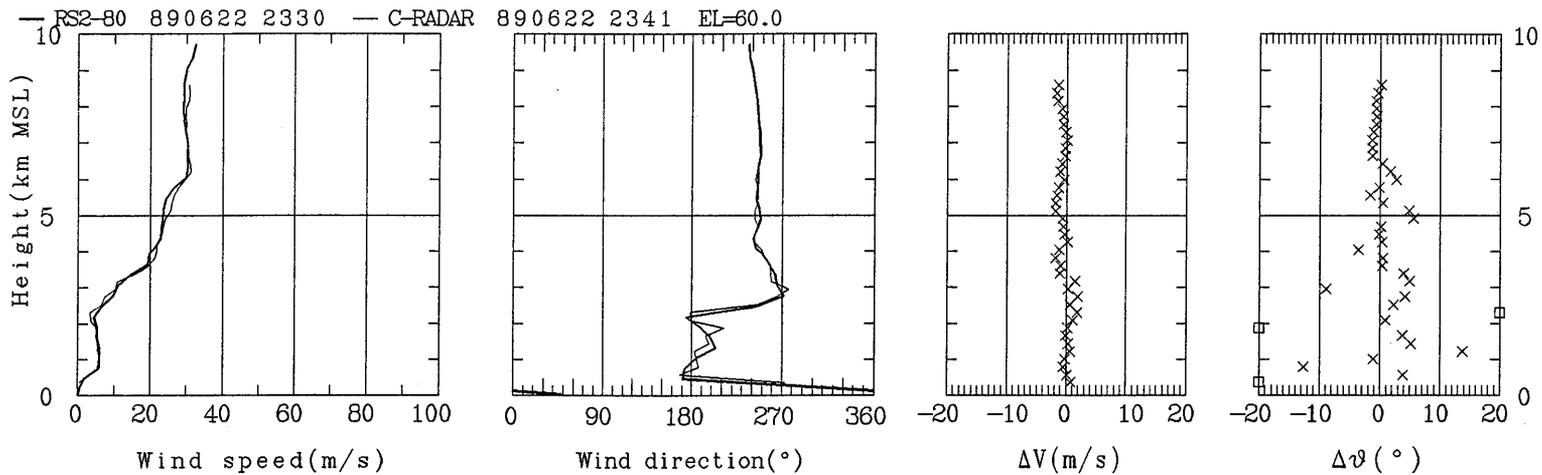
RS2-80 890929 1430 — PROFILER 890929 1400



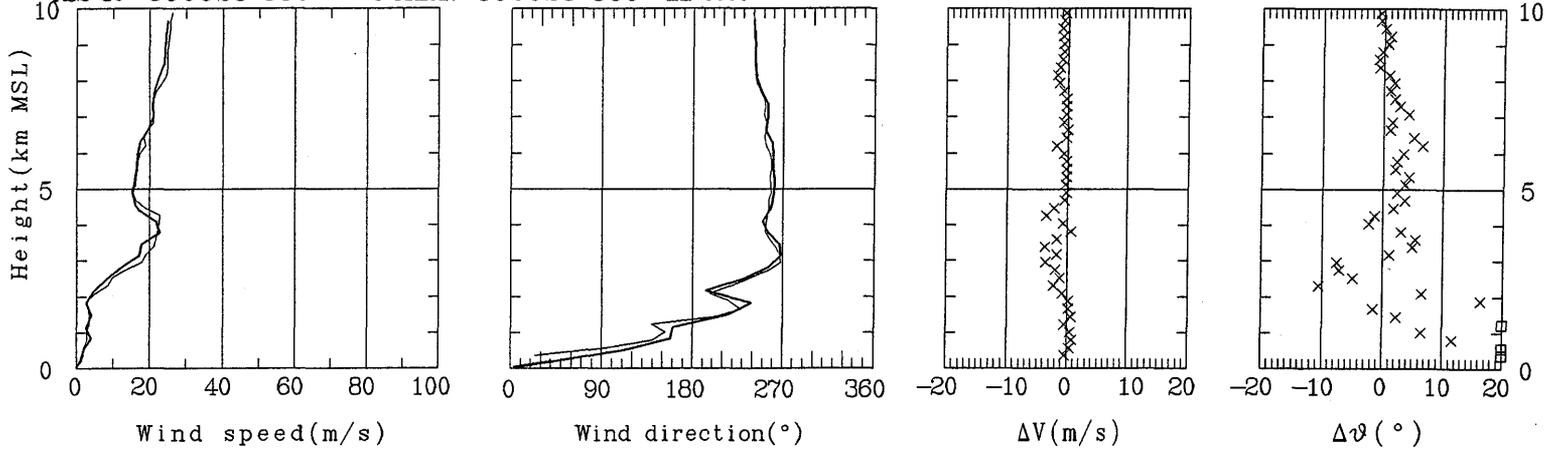




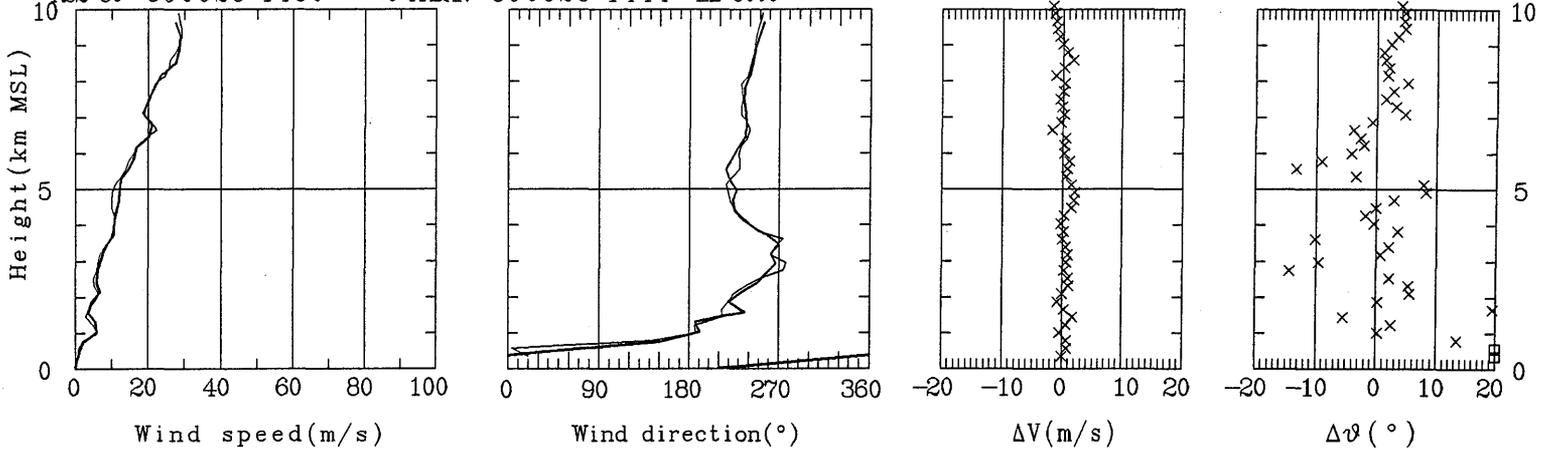


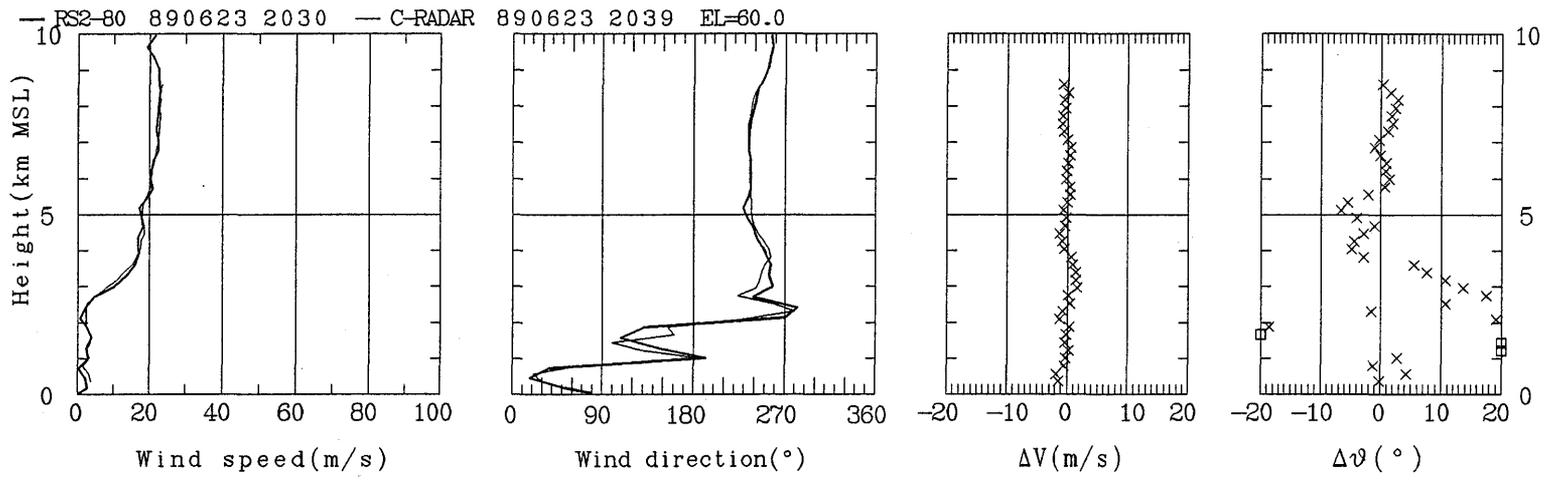


RS2-80 890623 830 — C-RADAR 890623 839 EL=60.0



RS2-80 890623 1430 — C-RADAR 890623 1444 EL=60.0

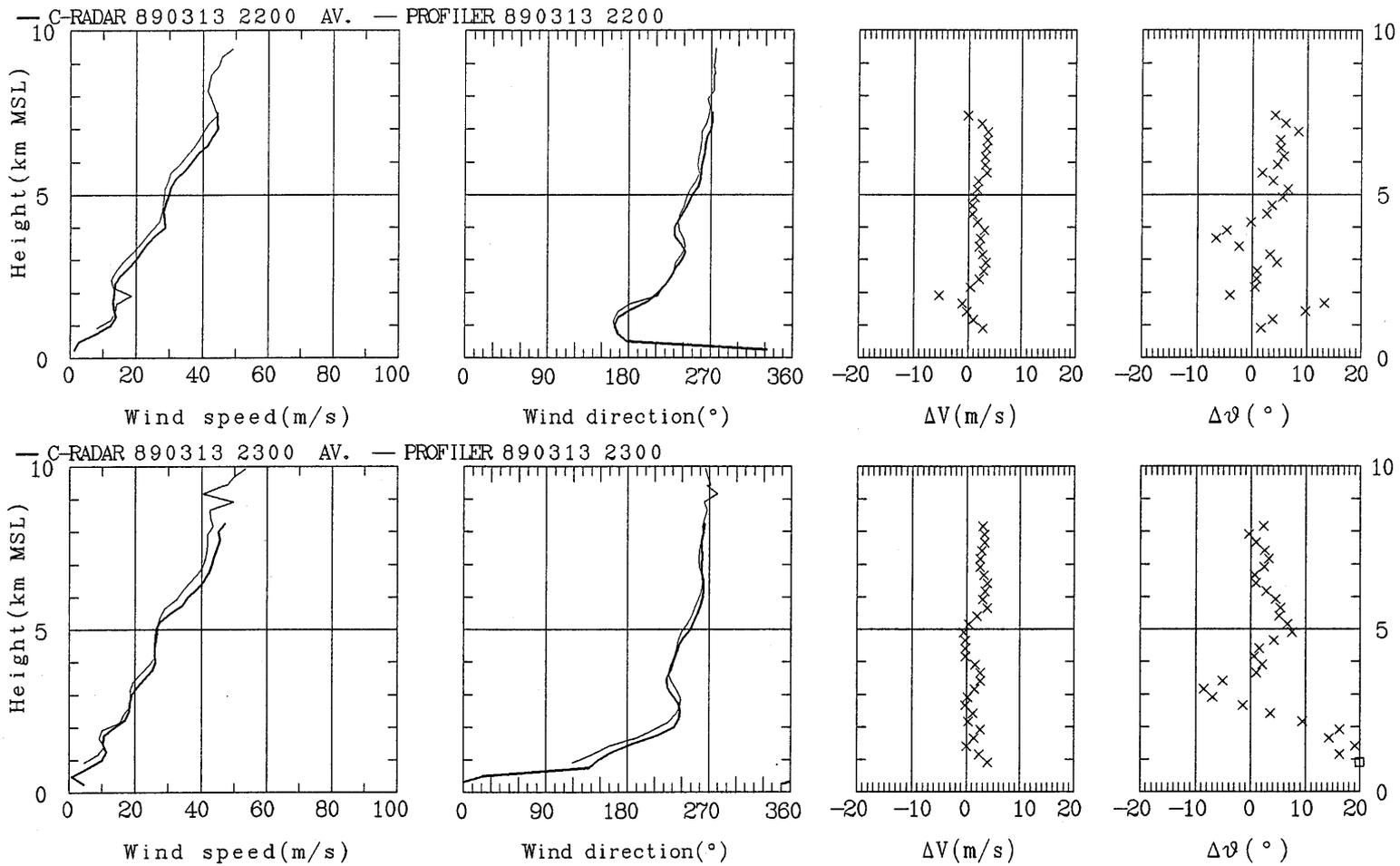




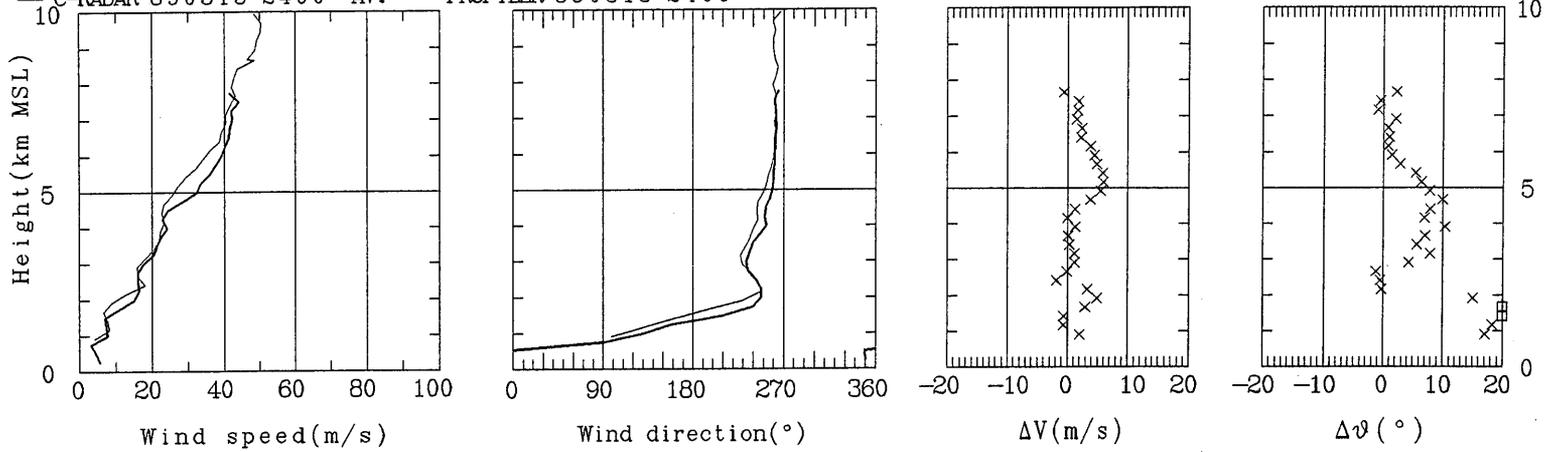
4. C-バンドドップラーレーダとウィンドプロファイラ

4. C-バンドドップラーレーダとウィンドプロファイラ

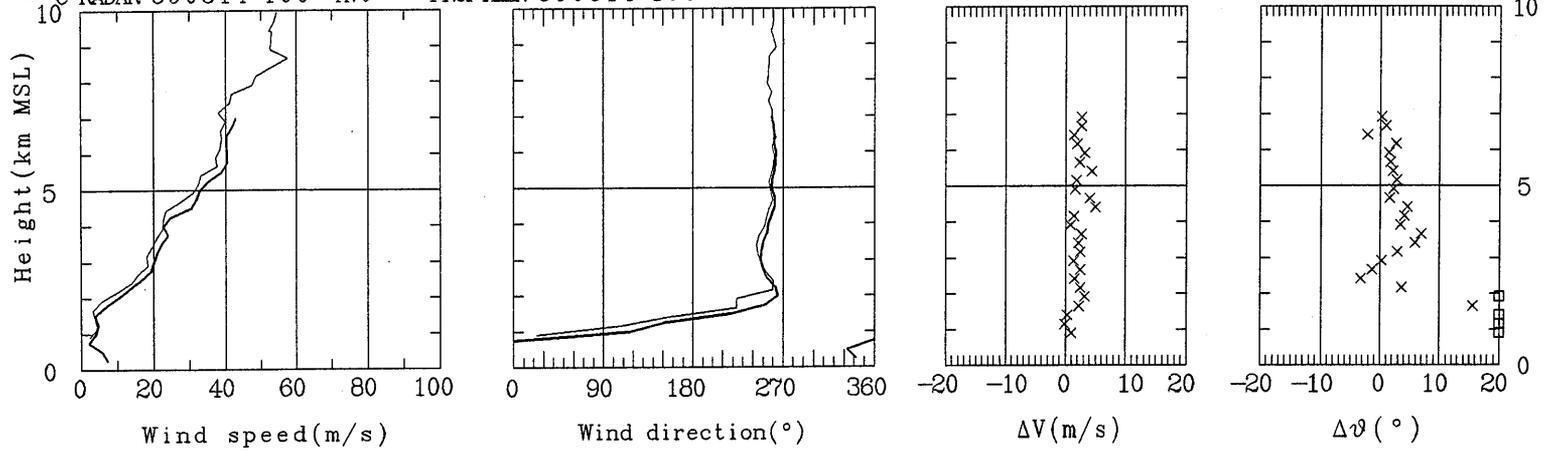
図は左からC-バンドドップラーレーダとウィンドプロファイラの風速，風向，風速の偏差，風向の偏差となっている。ウィンドプロファイラは毎正時から1時間の間の平均をその時刻のデータとする。対応するレーダのデータは1時間平均のデータを使った。降水時の1時間毎のデータを載せた。なお，C-レーダのデータは最も頻度の高い時刻では約6分間隔のデータが取得されている。偏差はC-バンドドップラーレーダからウィンドプロファイラを引いたものである。



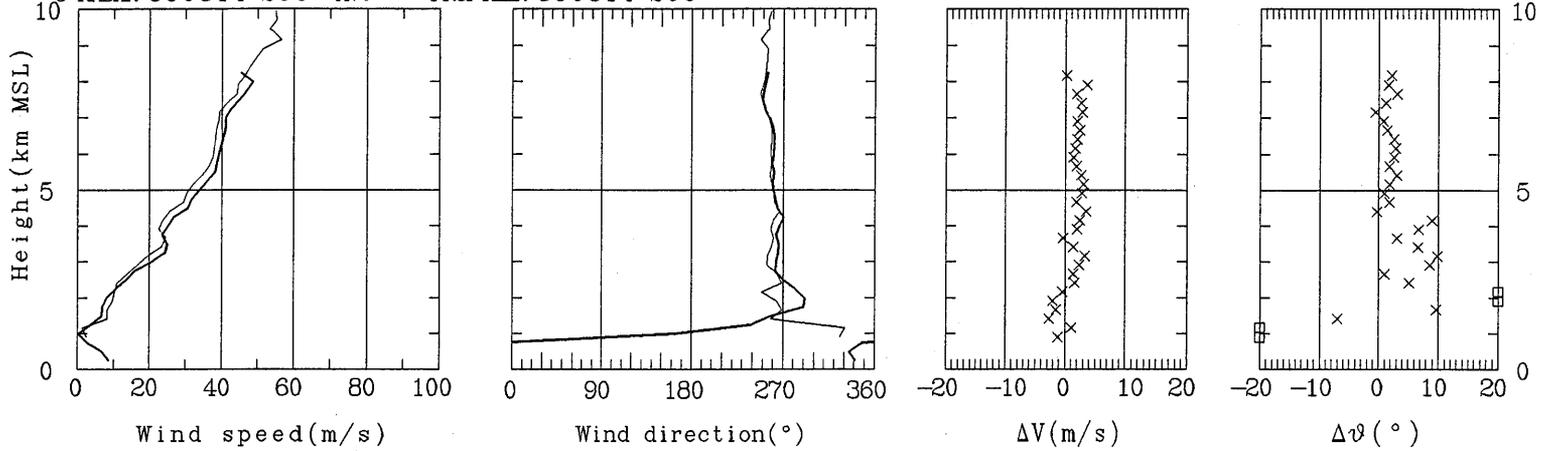
C-RADAR 890313 2400 AV. — PROFILER 890313 2400



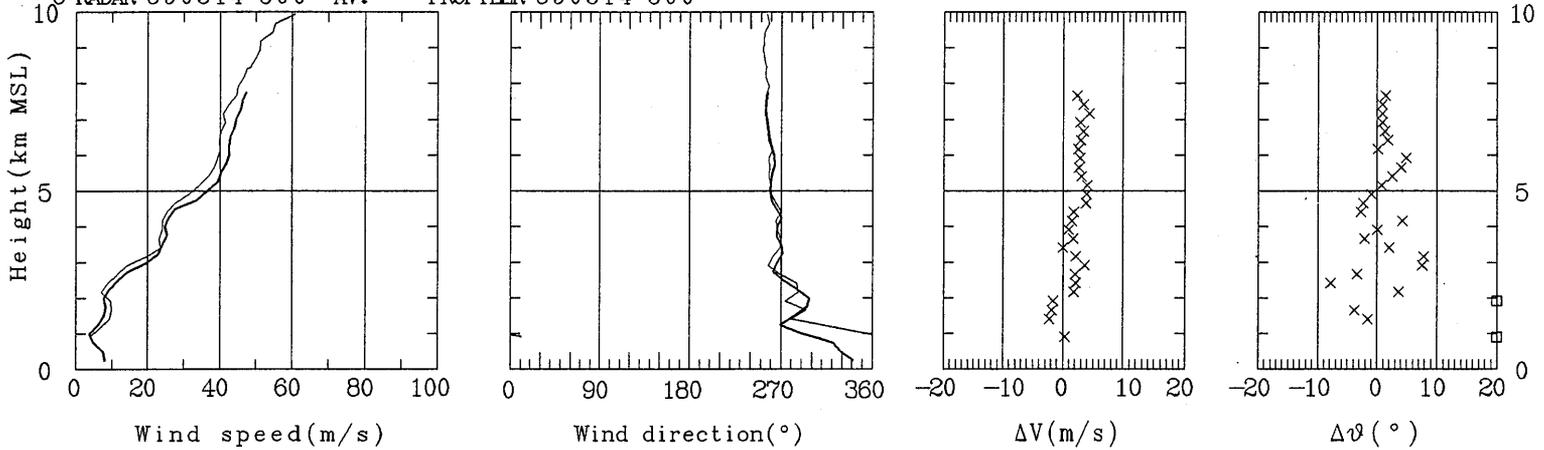
C-RADAR 890314 100 AV. — PROFILER 890314 100



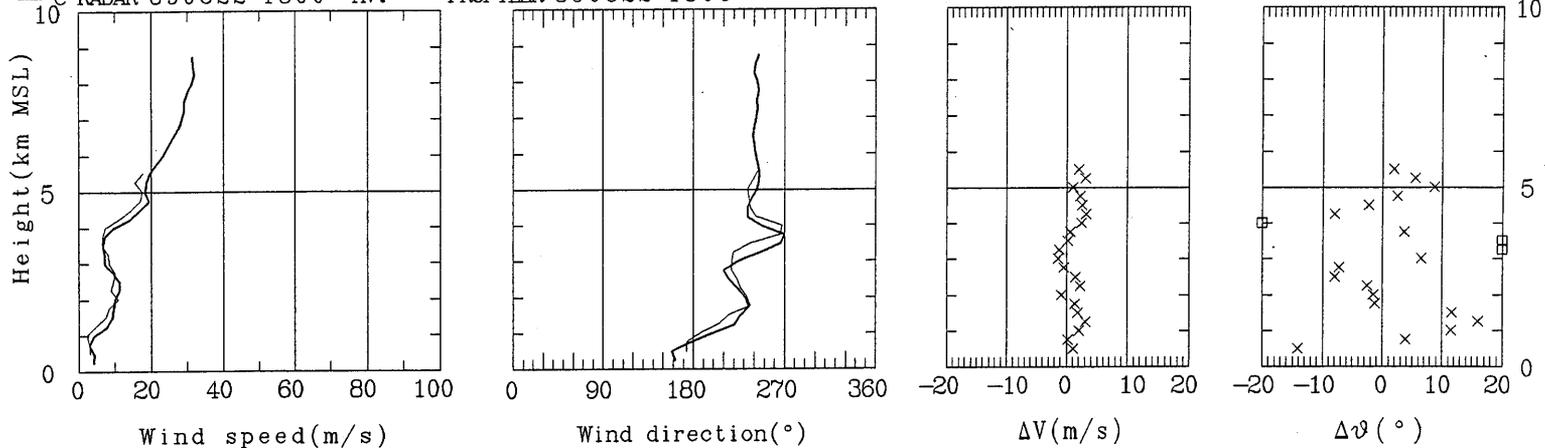
C-RADAR 890314 200 AV. — PROFILER 890314 200



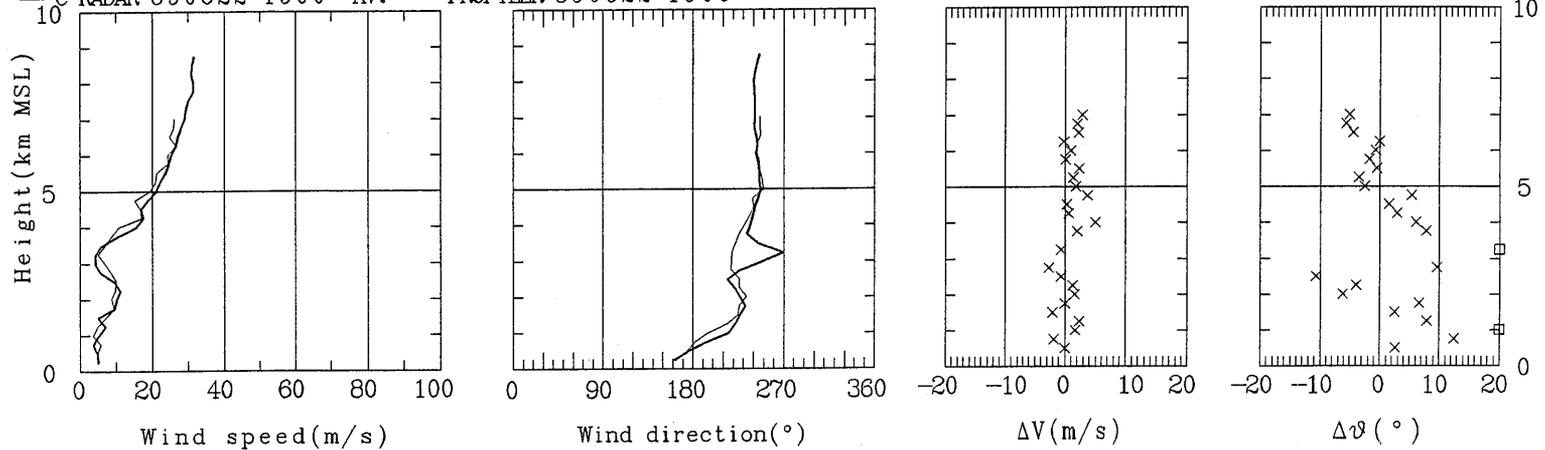
C-RADAR 890314 300 AV. — PROFILER 890314 300



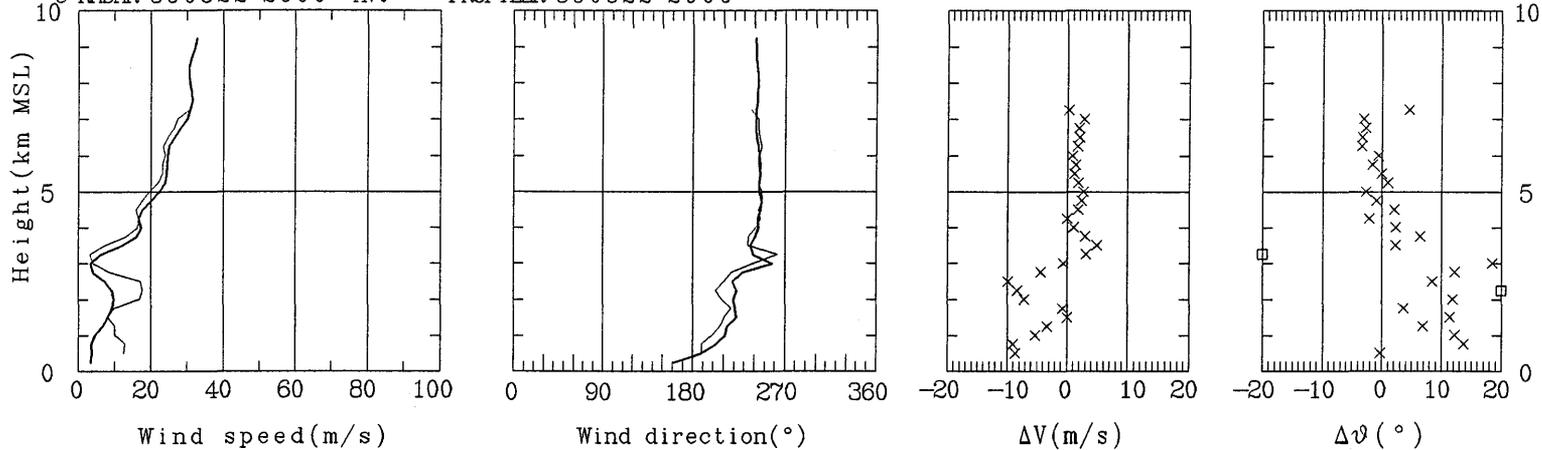
C-RADAR 890622 1800 AV. — PROFILER 890622 1800



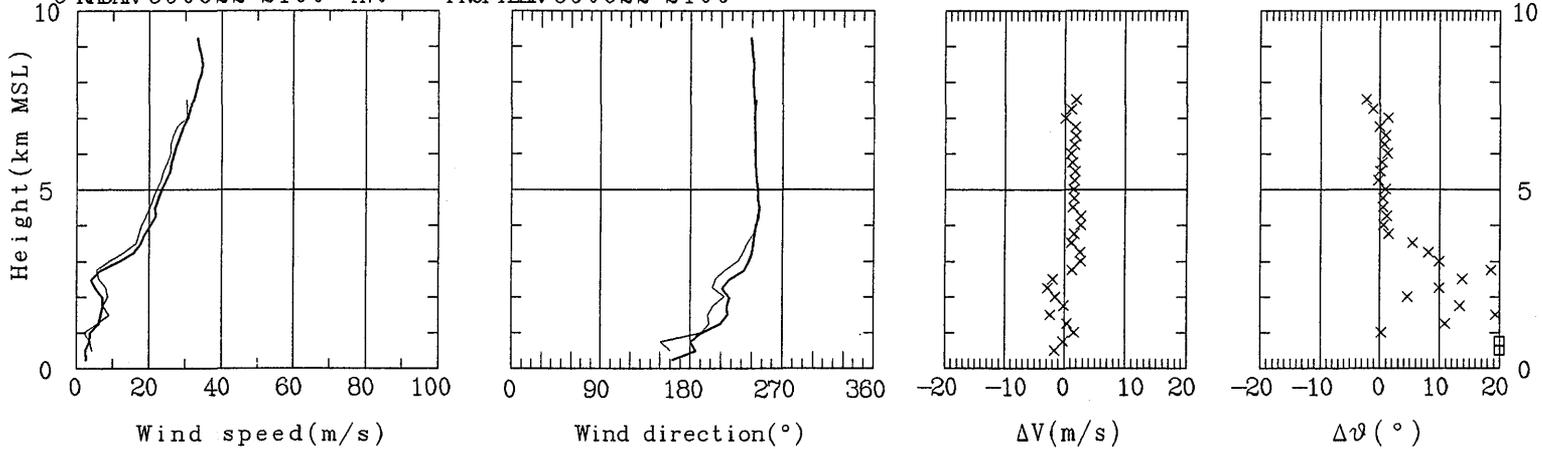
C-RADAR 890622 1900 AV. — PROFILER 890622 1900



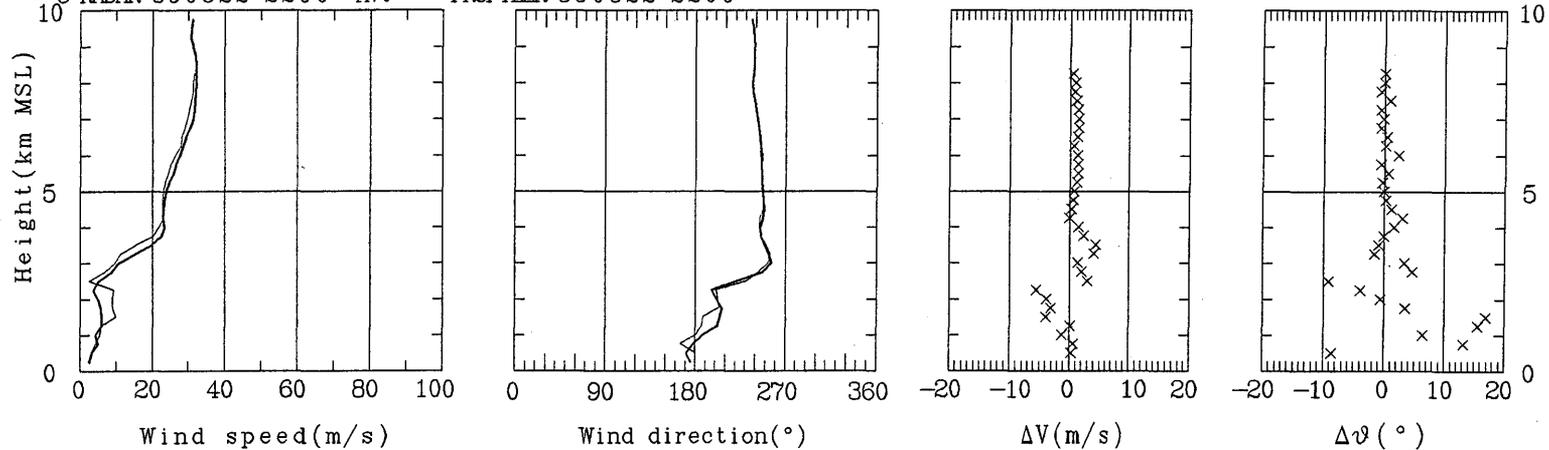
C-RADAR 890622 2000 AV. — PROFILER 890622 2000



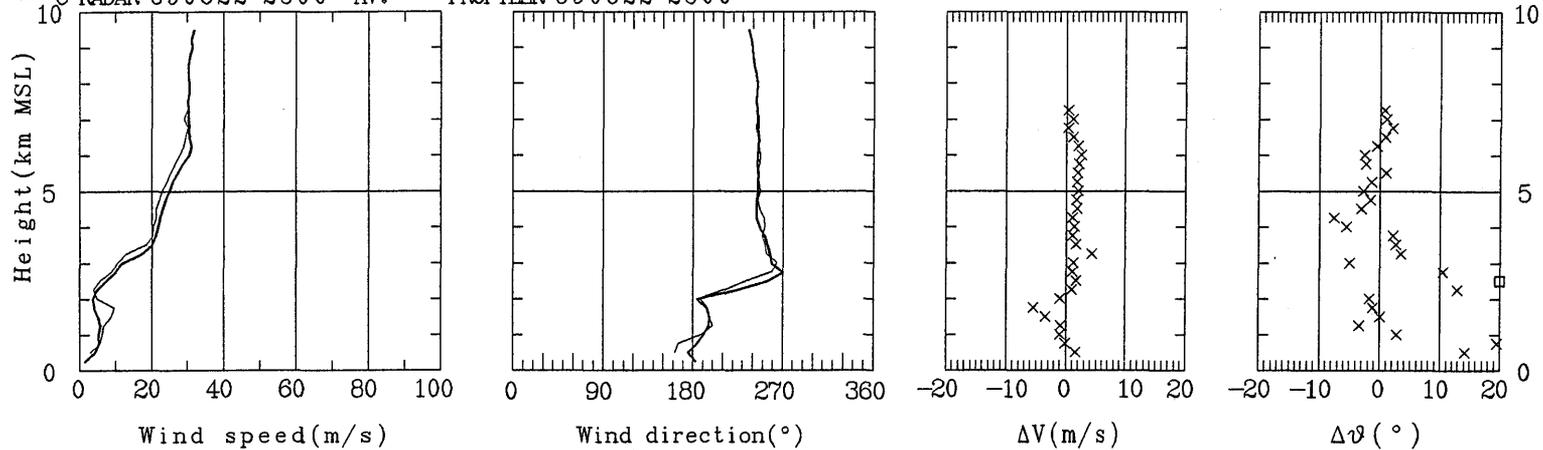
C-RADAR 890622 2100 AV. — PROFILER 890622 2100

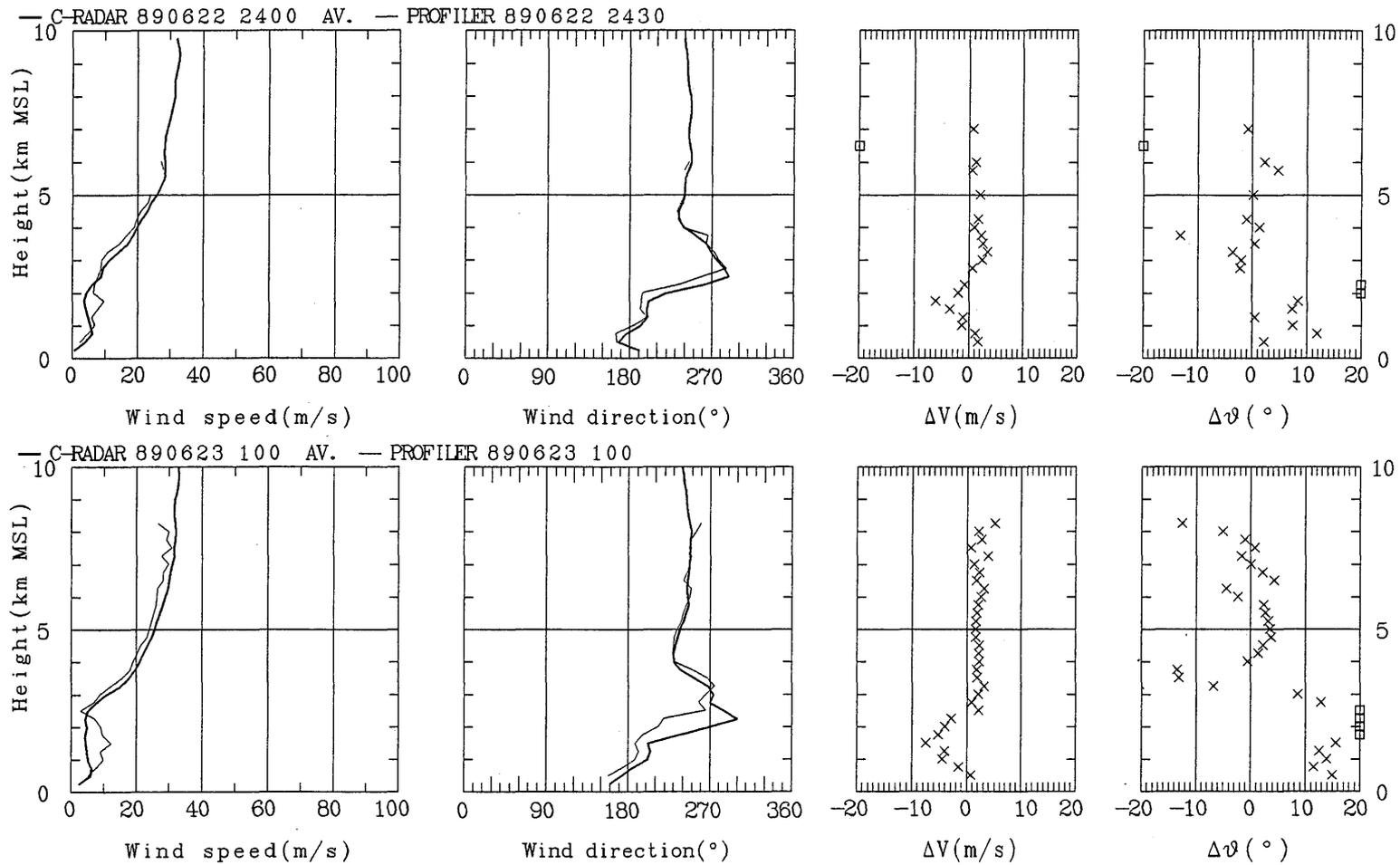


C-RADAR 890622 2200 AV. — PROFILER 890622 2200

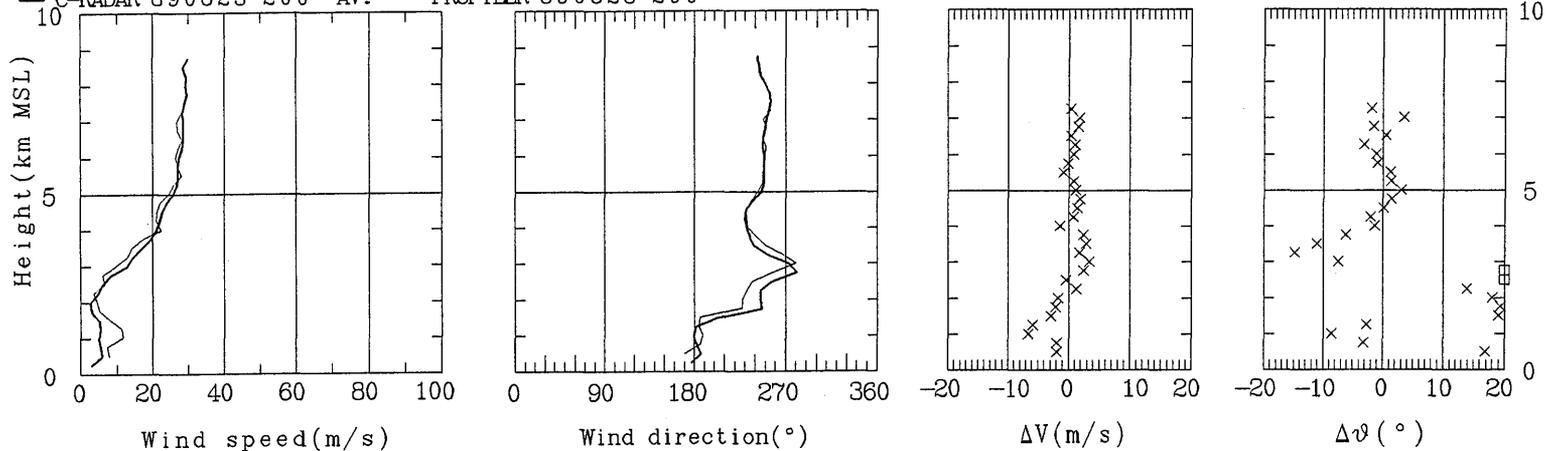


C-RADAR 890622 2300 AV. — PROFILER 890622 2300

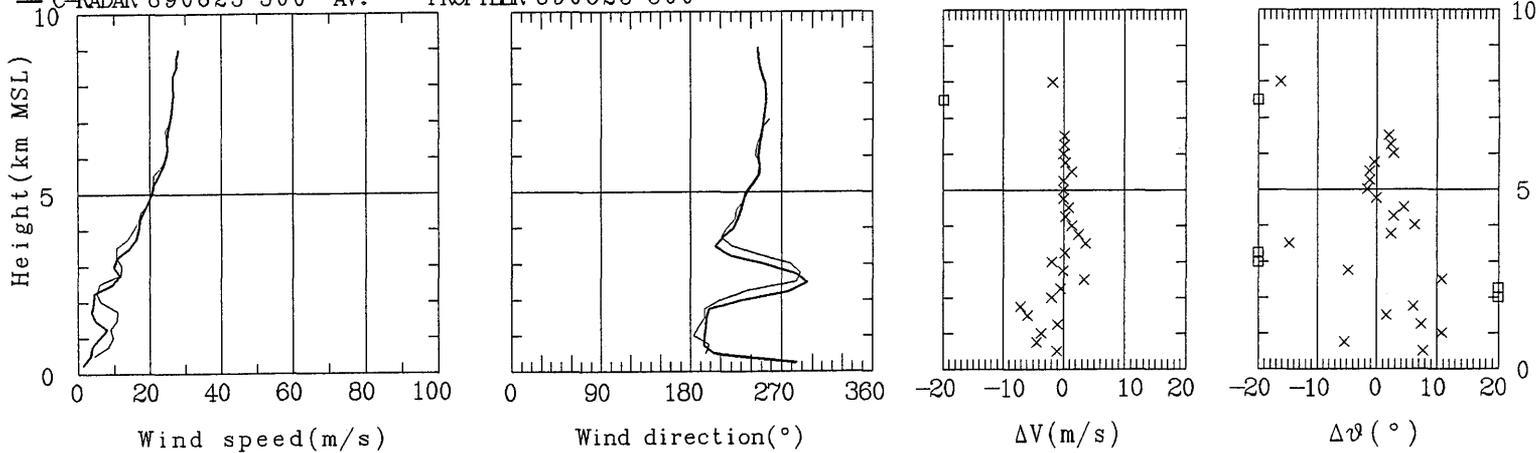




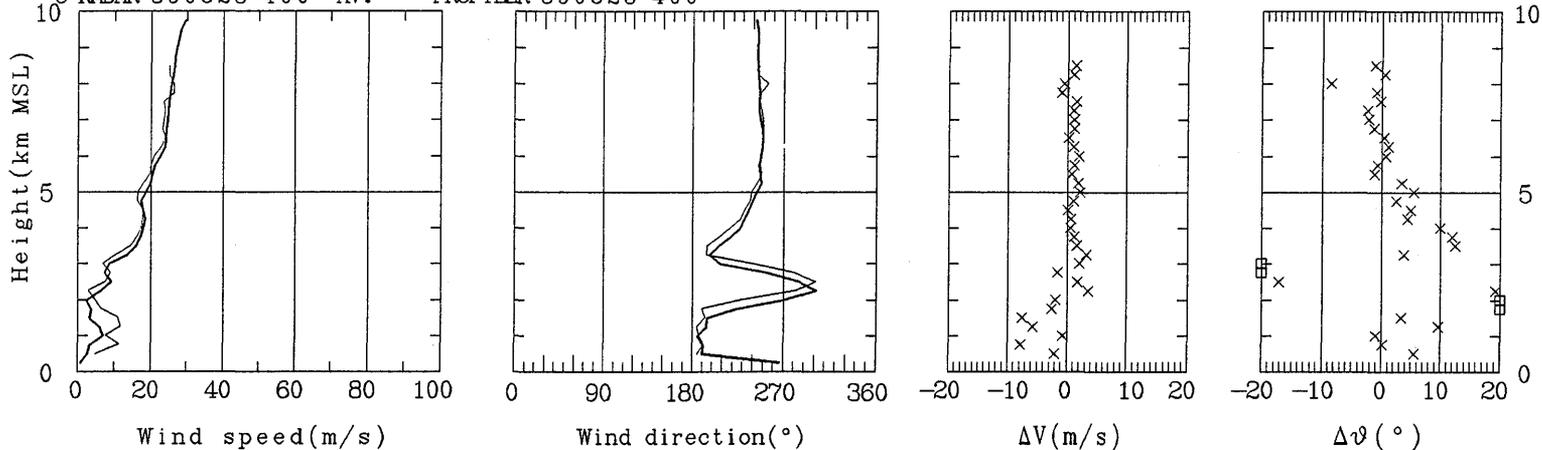
C-RADAR 890623 200 AV. — PROFILER 890623 200



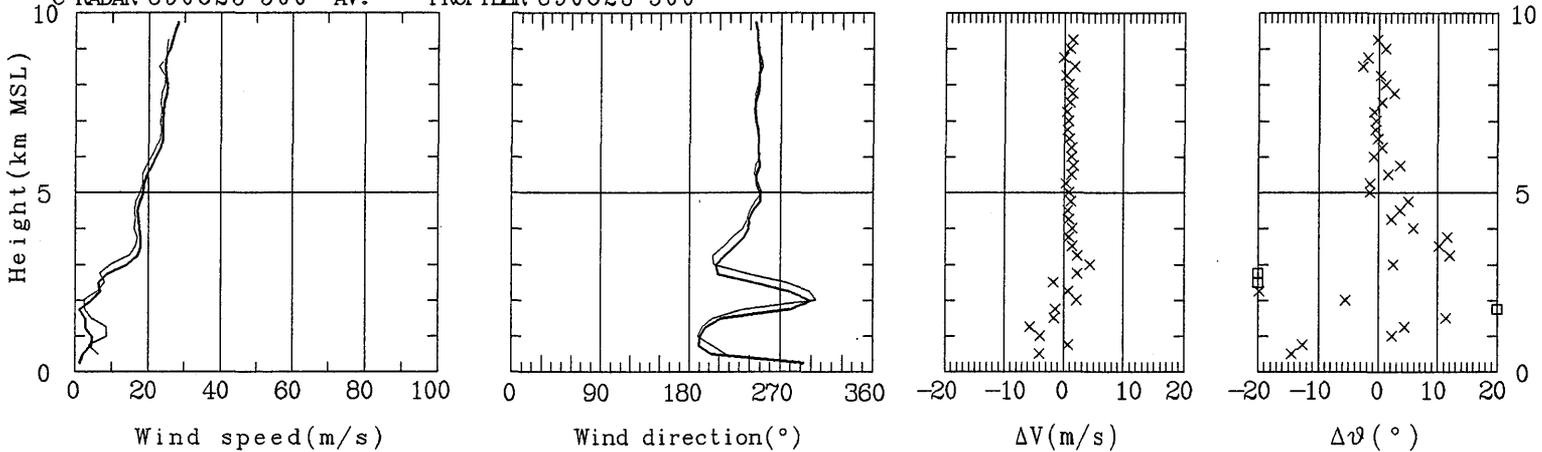
C-RADAR 890623 300 AV. — PROFILER 890623 300



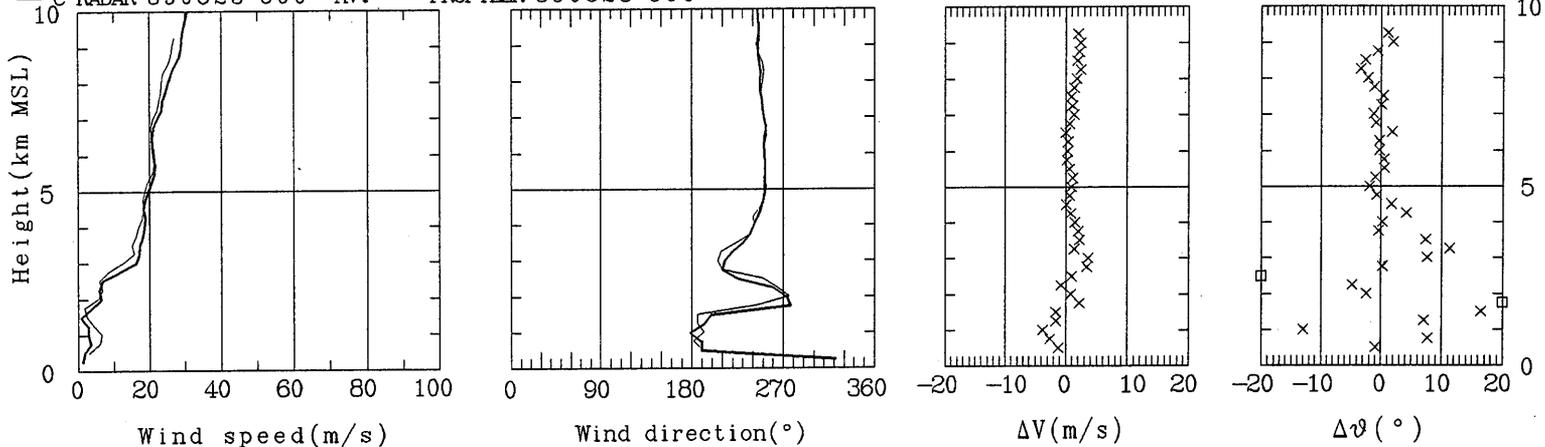
C-RADAR 890623 400 AV. — PROFILER 890623 400



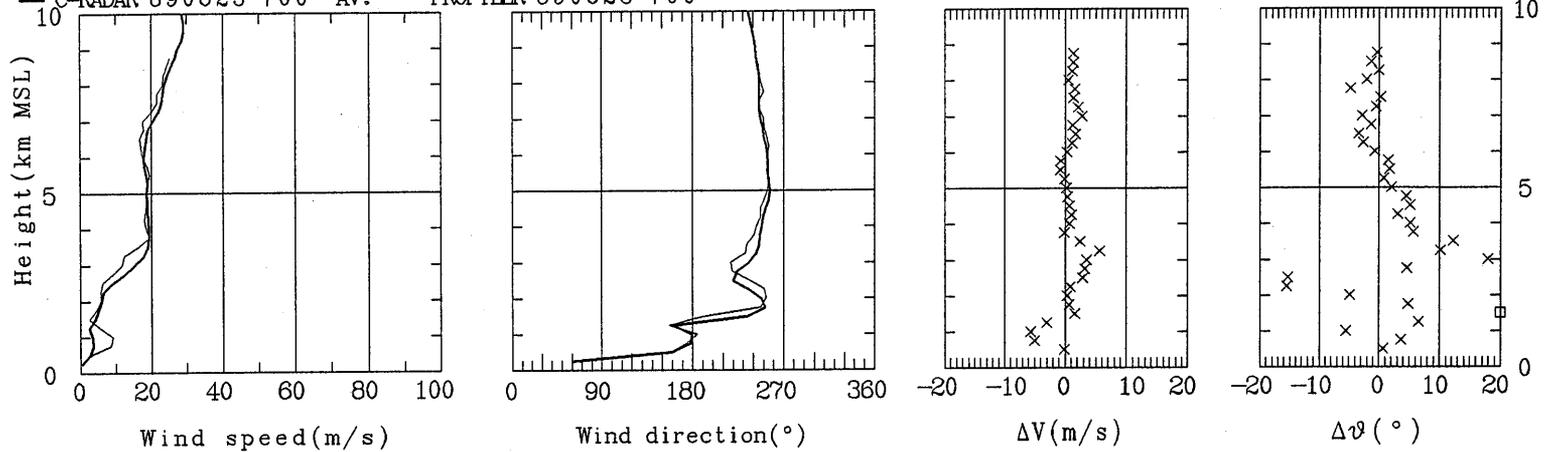
C-RADAR 890623 500 AV. — PROFILER 890623 500

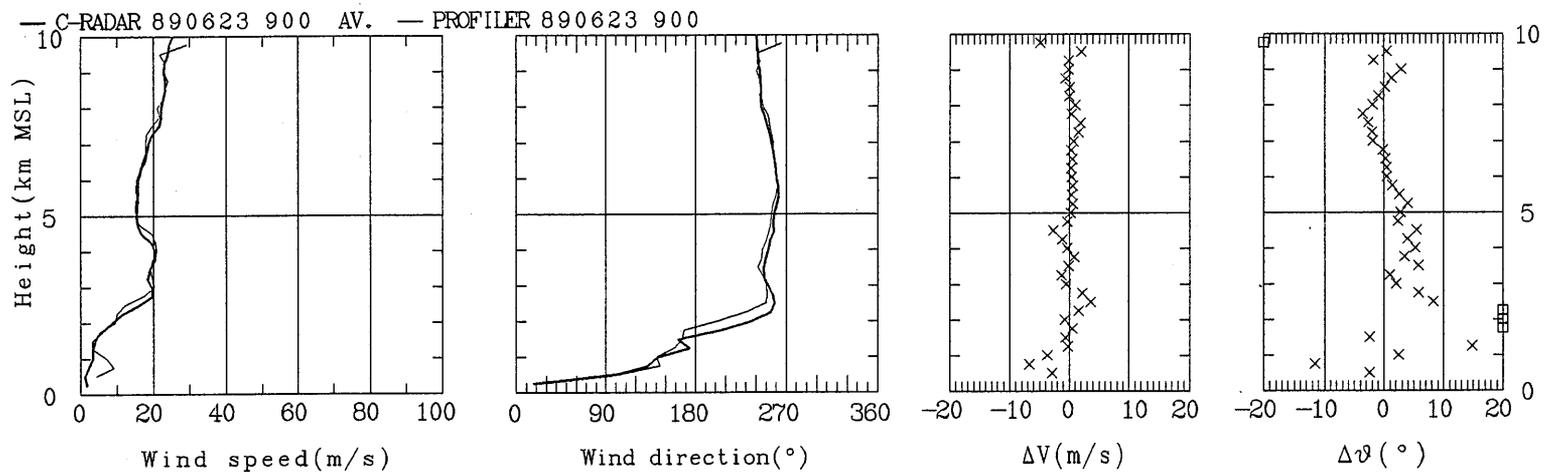
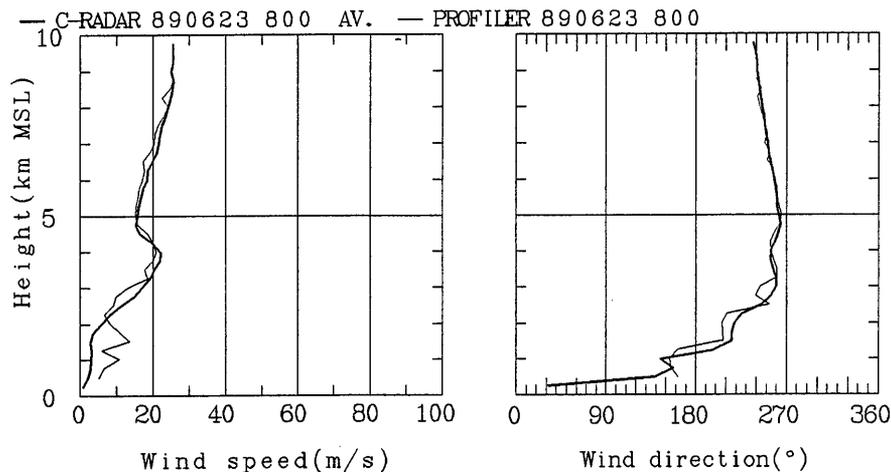


C-RADAR 890623 600 AV. — PROFILER 890623 600

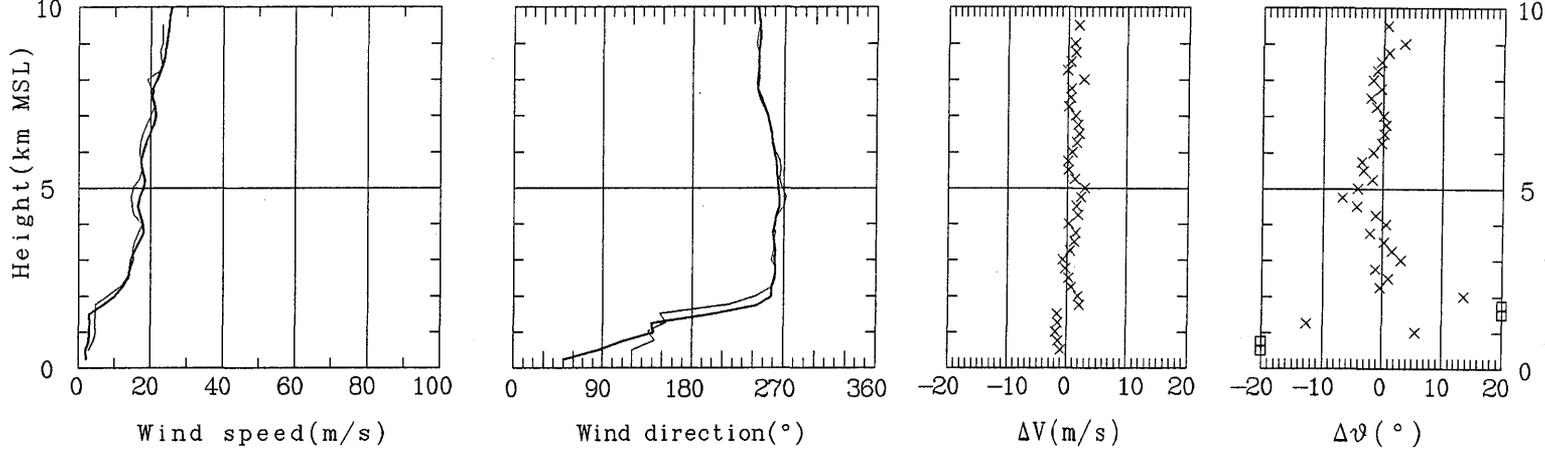


C-RADAR 890623 700 AV. — PROFILER 890623 700

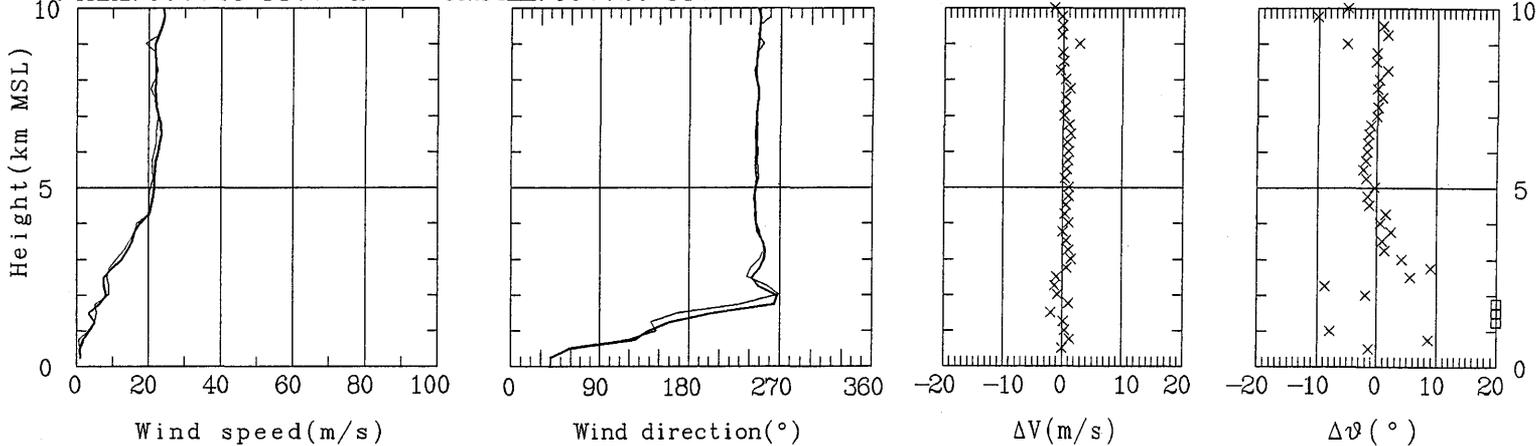




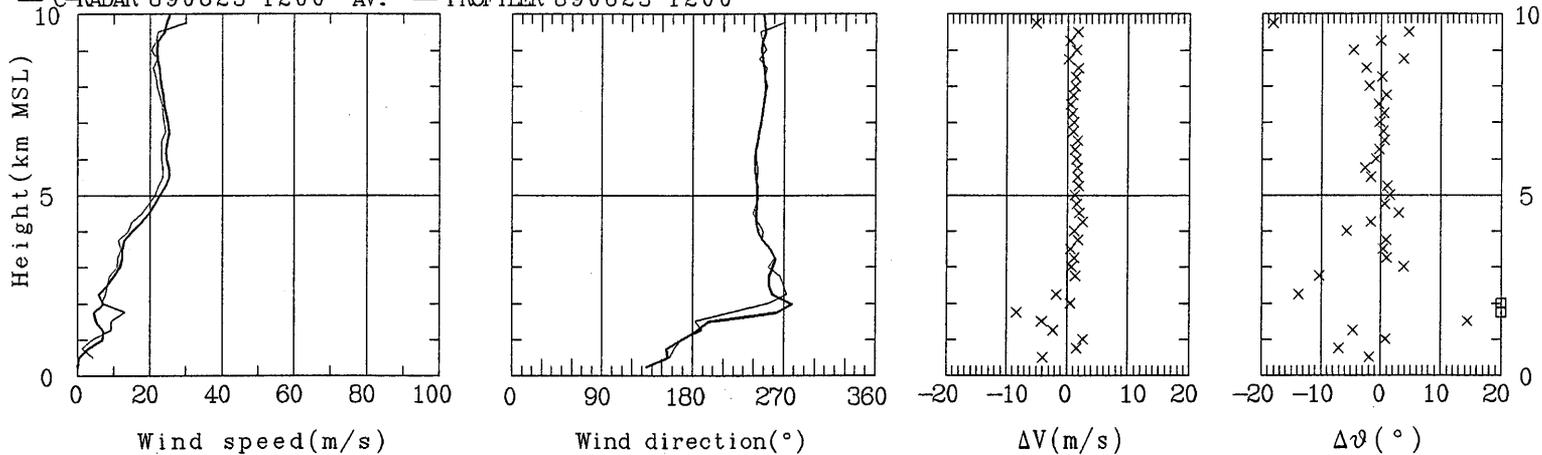
C-RADAR 890623 1000 AV. — PROFILER 890623 1000



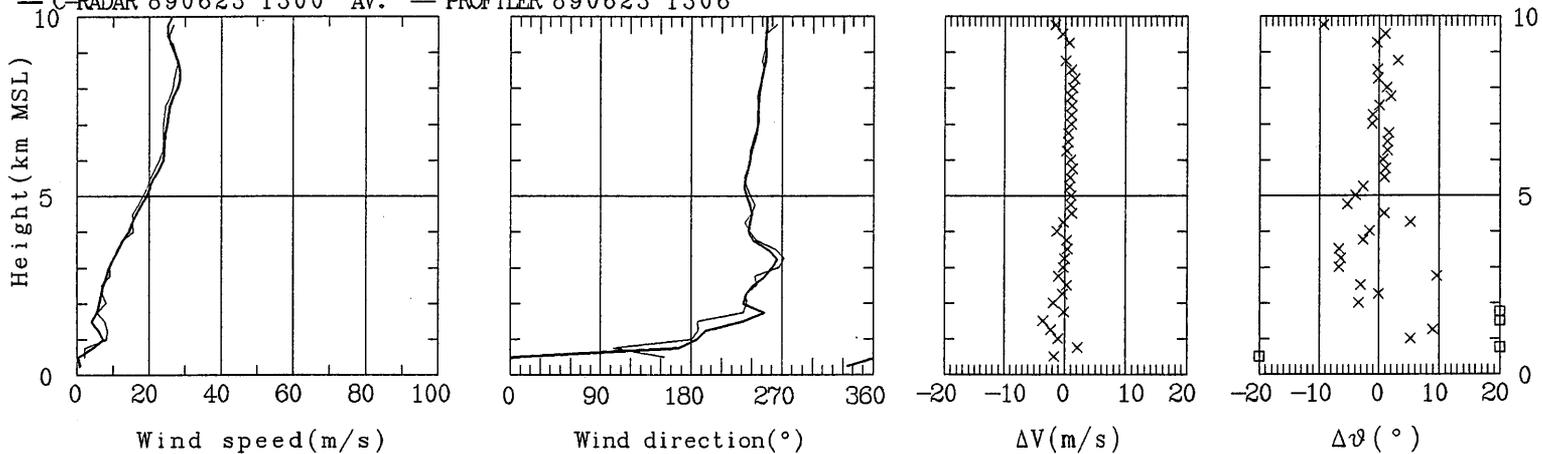
C-RADAR 890623 1100 AV. — PROFILER 890623 1100



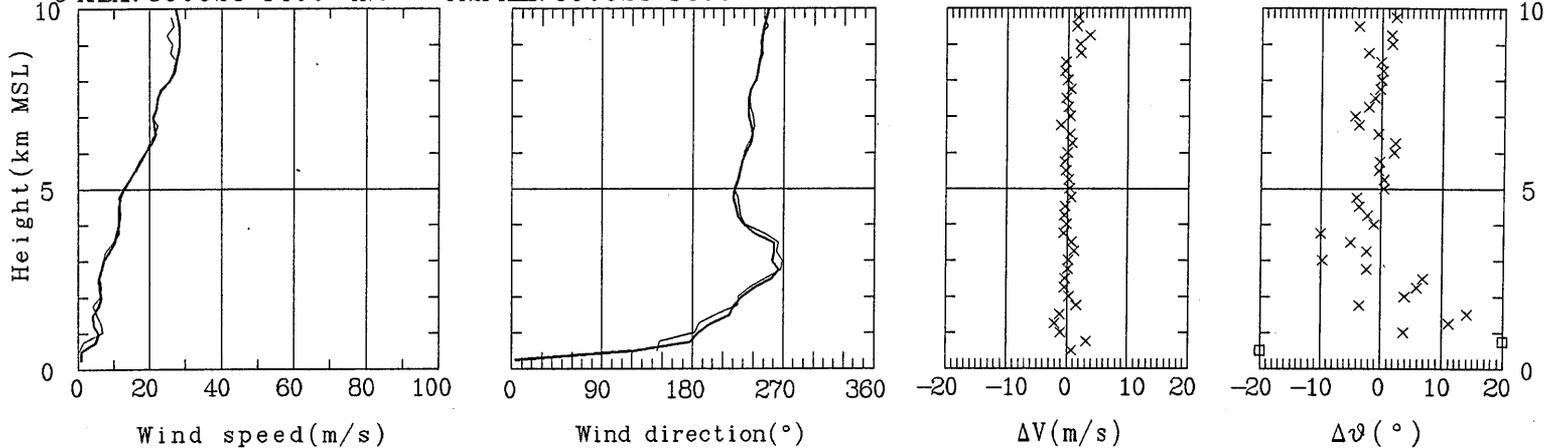
C-RADAR 890623 1200 AV. — PROFILER 890623 1200



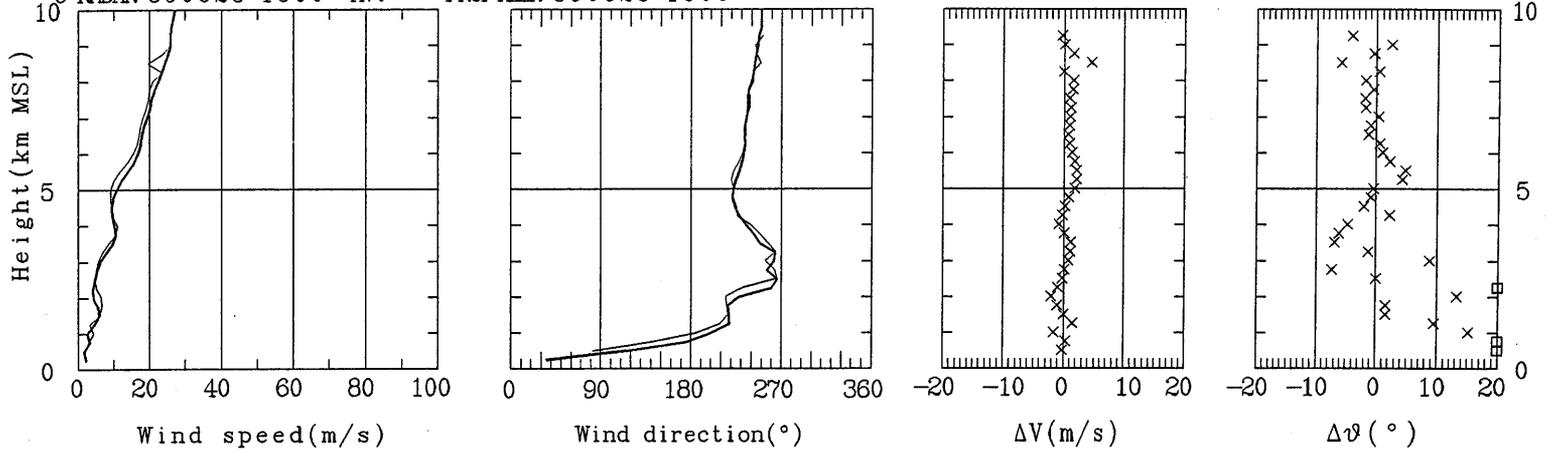
C-RADAR 890623 1300 AV. — PROFILER 890623 1306

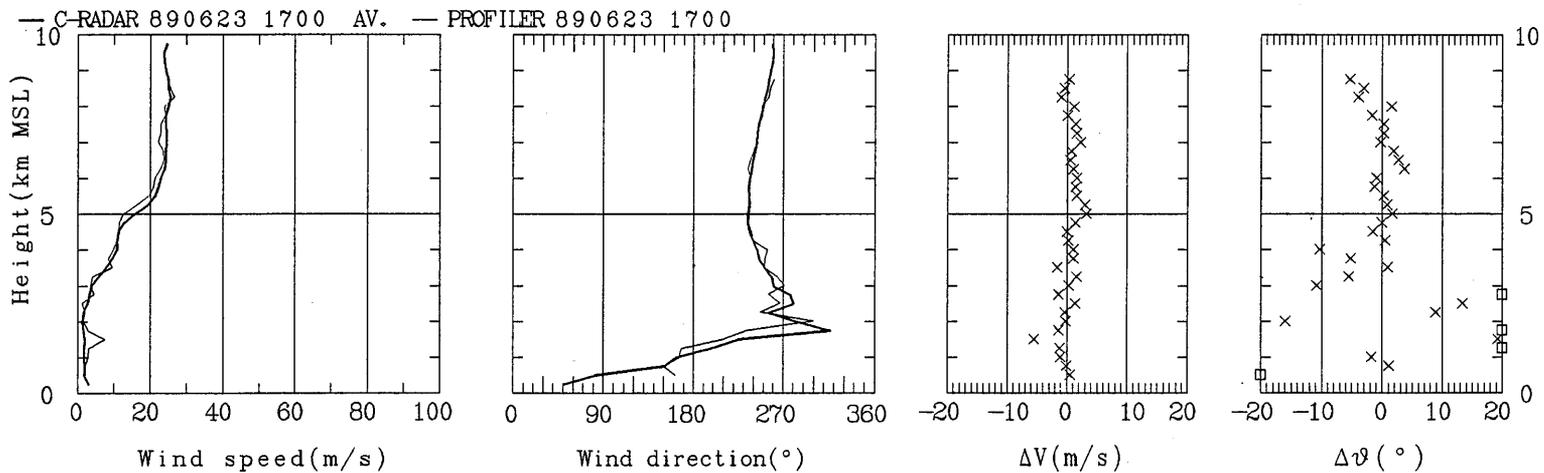
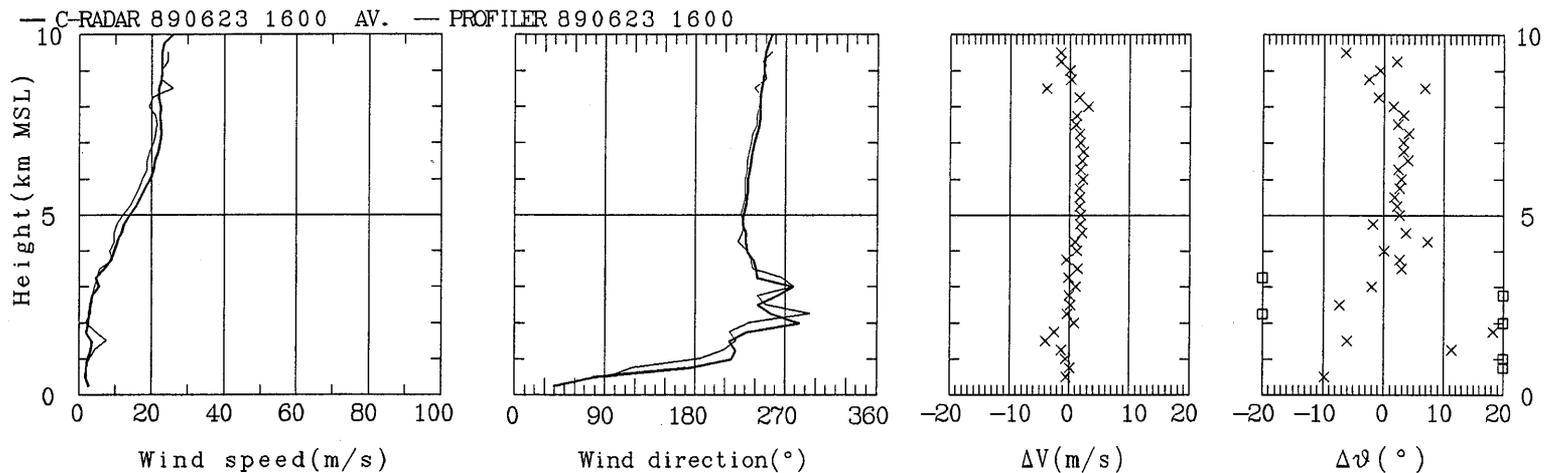


C-RADAR 890623 1400 AV. — PROFILER 890623 1400

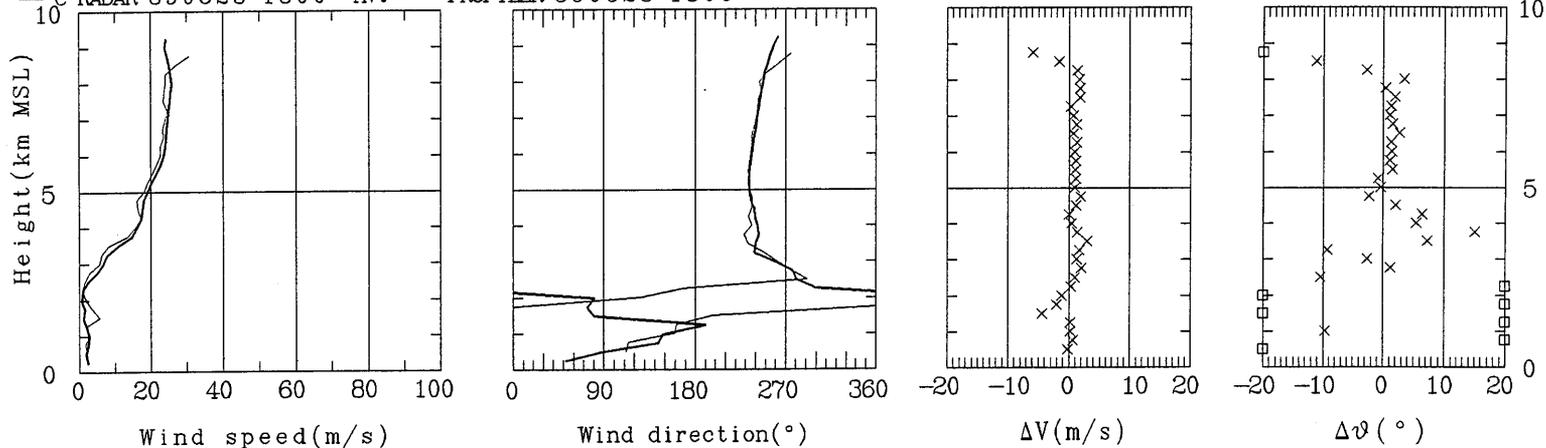


C-RADAR 890623 1500 AV. — PROFILER 890623 1500

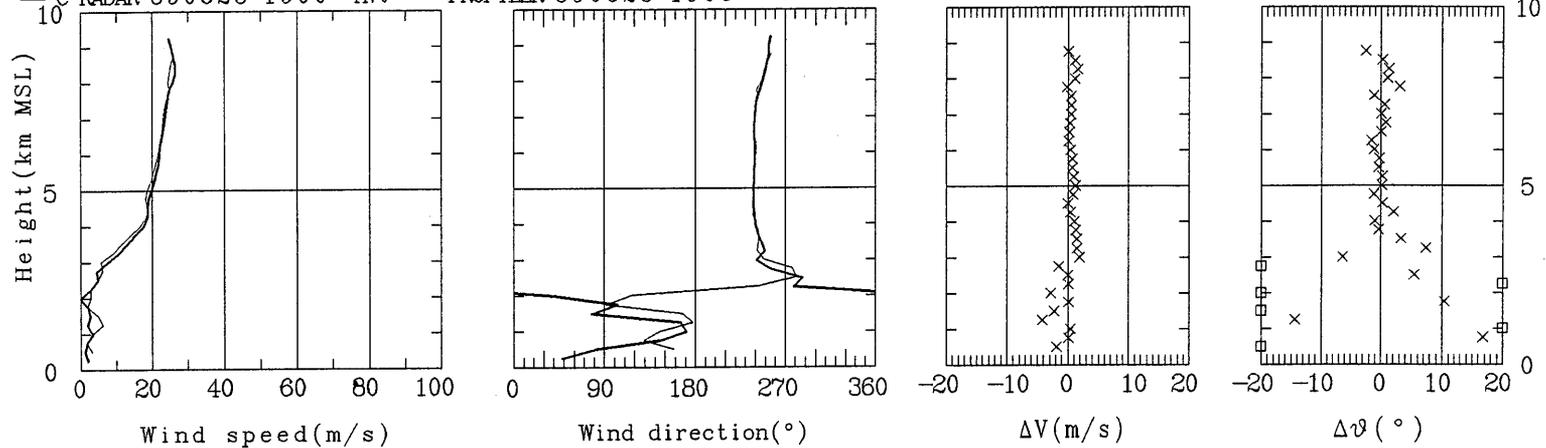




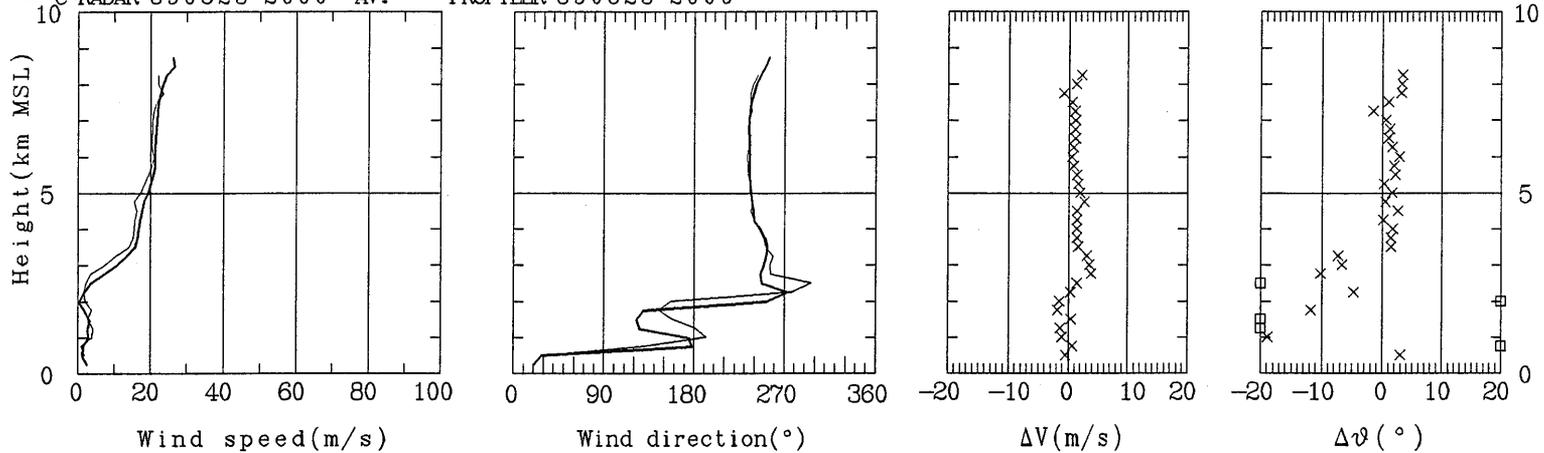
C-RADAR 890623 1800 AV. — PROFILER 890623 1800



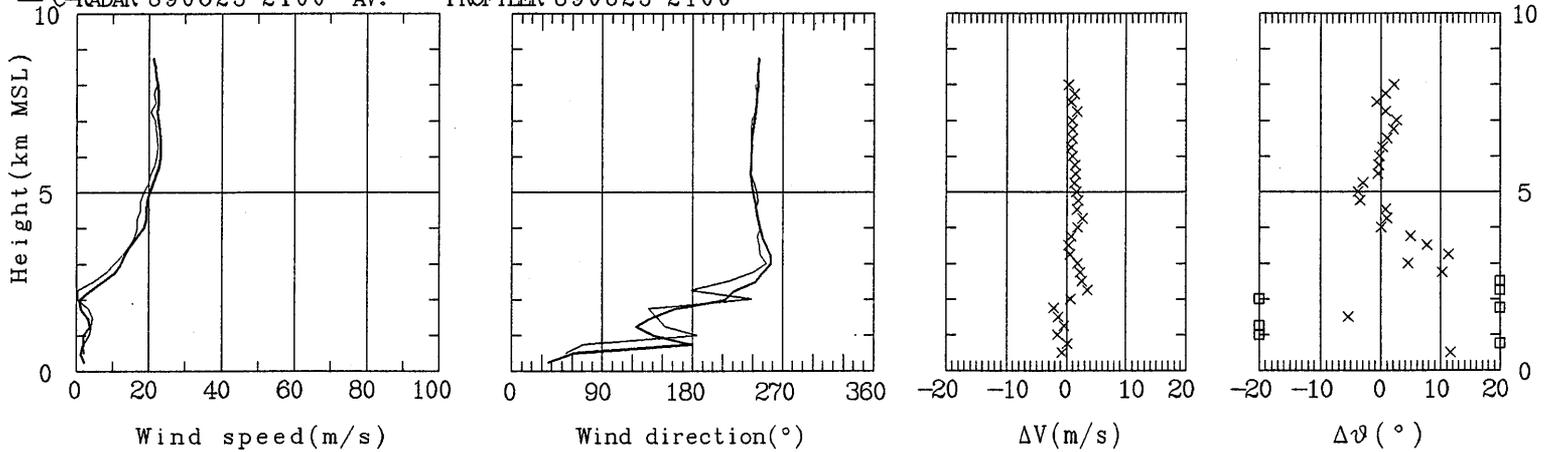
C-RADAR 890623 1900 AV. — PROFILER 890623 1900



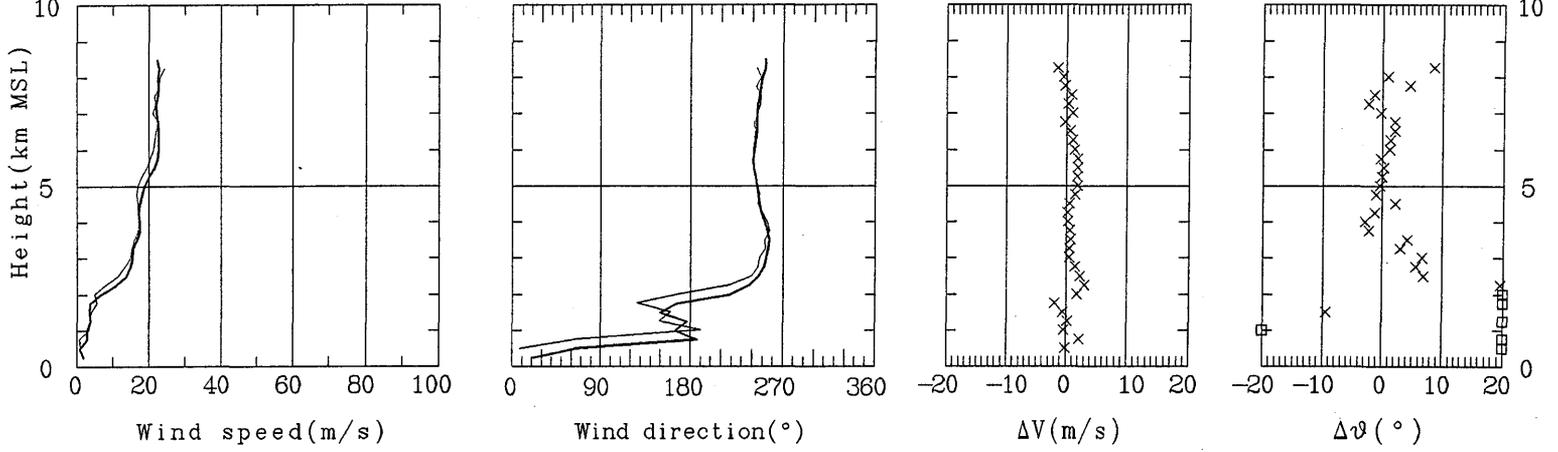
C-RADAR 890623 2000 AV. — PROFILER 890623 2000



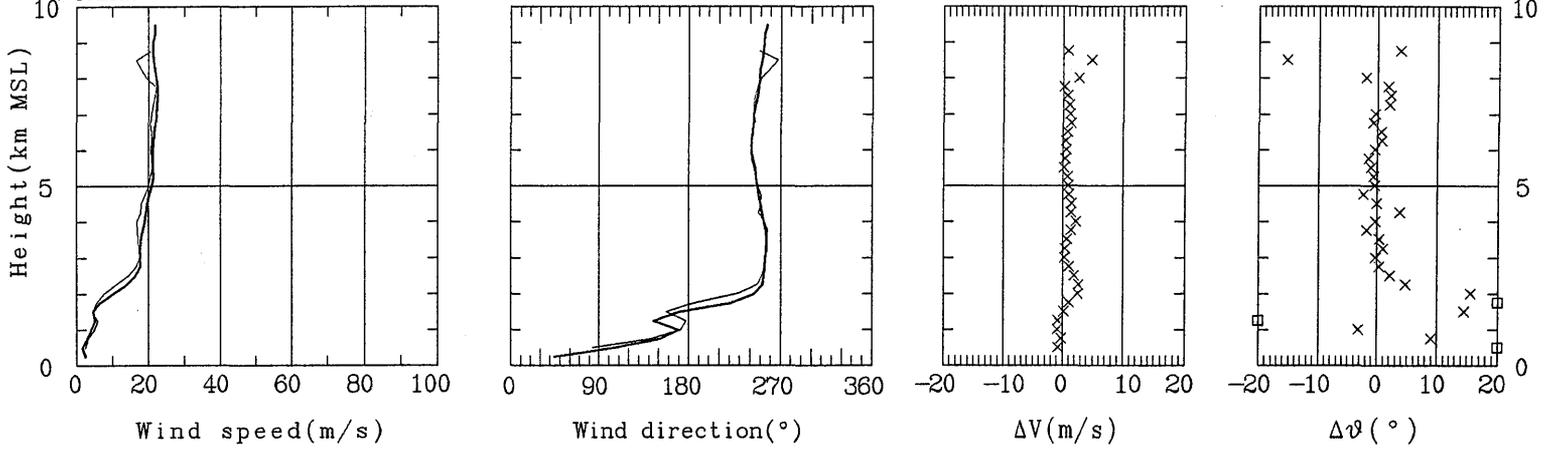
C-RADAR 890623 2100 AV. — PROFILER 890623 2100



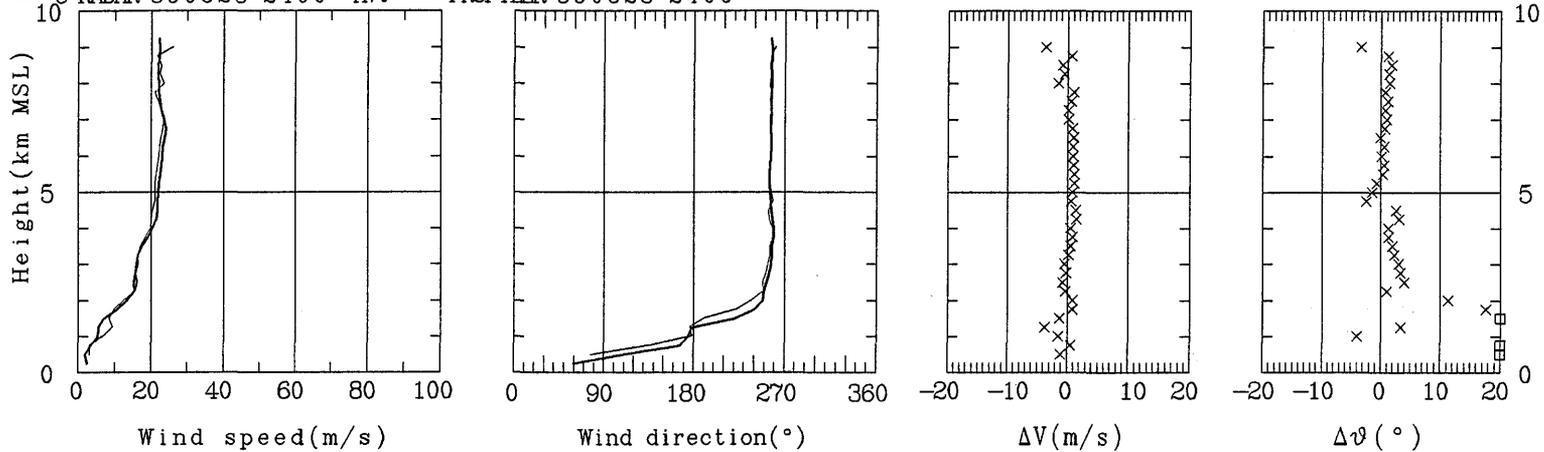
C-RADAR 890623 2200 AV. — PROFILER 890623 2200



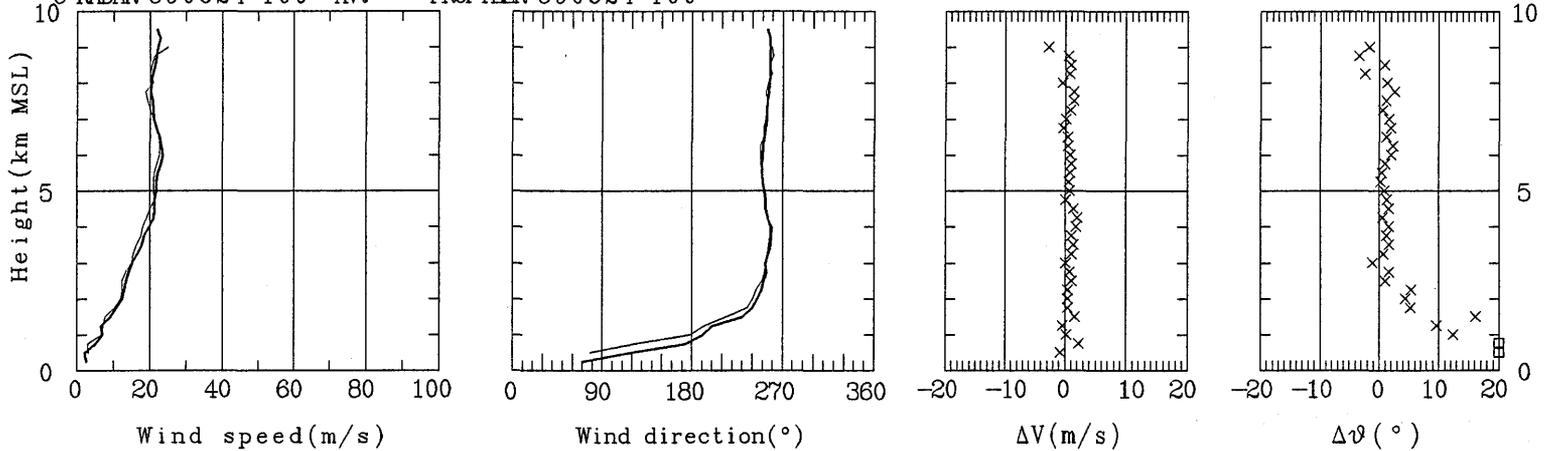
C-RADAR 890623 2300 AV. — PROFILER 890623 2300



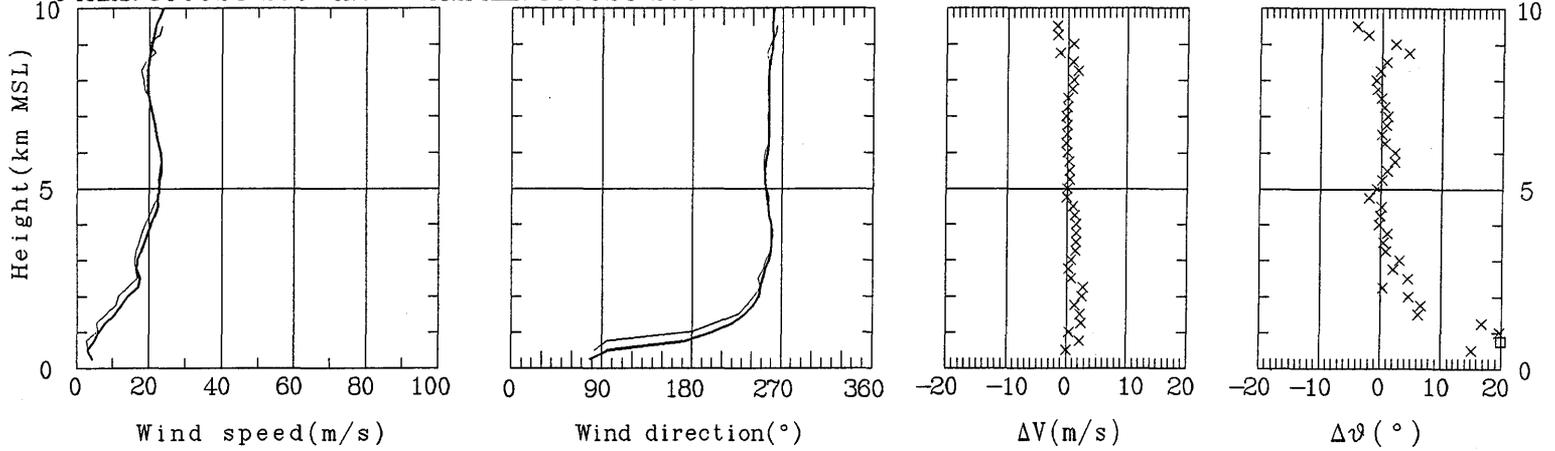
C-RADAR 890623 2400 AV. — PROFILER 890623 2400



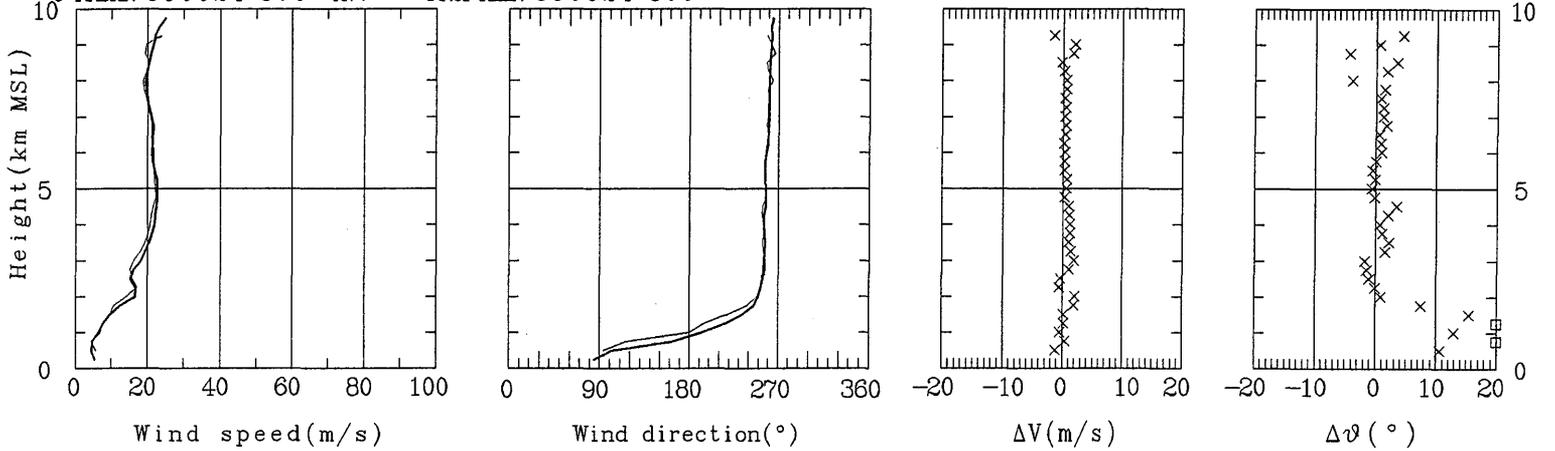
C-RADAR 890624 100 AV. — PROFILER 890624 100



C-RADAR 890624 200 AV. — PROFILER 890624 200



C-RADAR 890624 300 AV. — PROFILER 890624 300

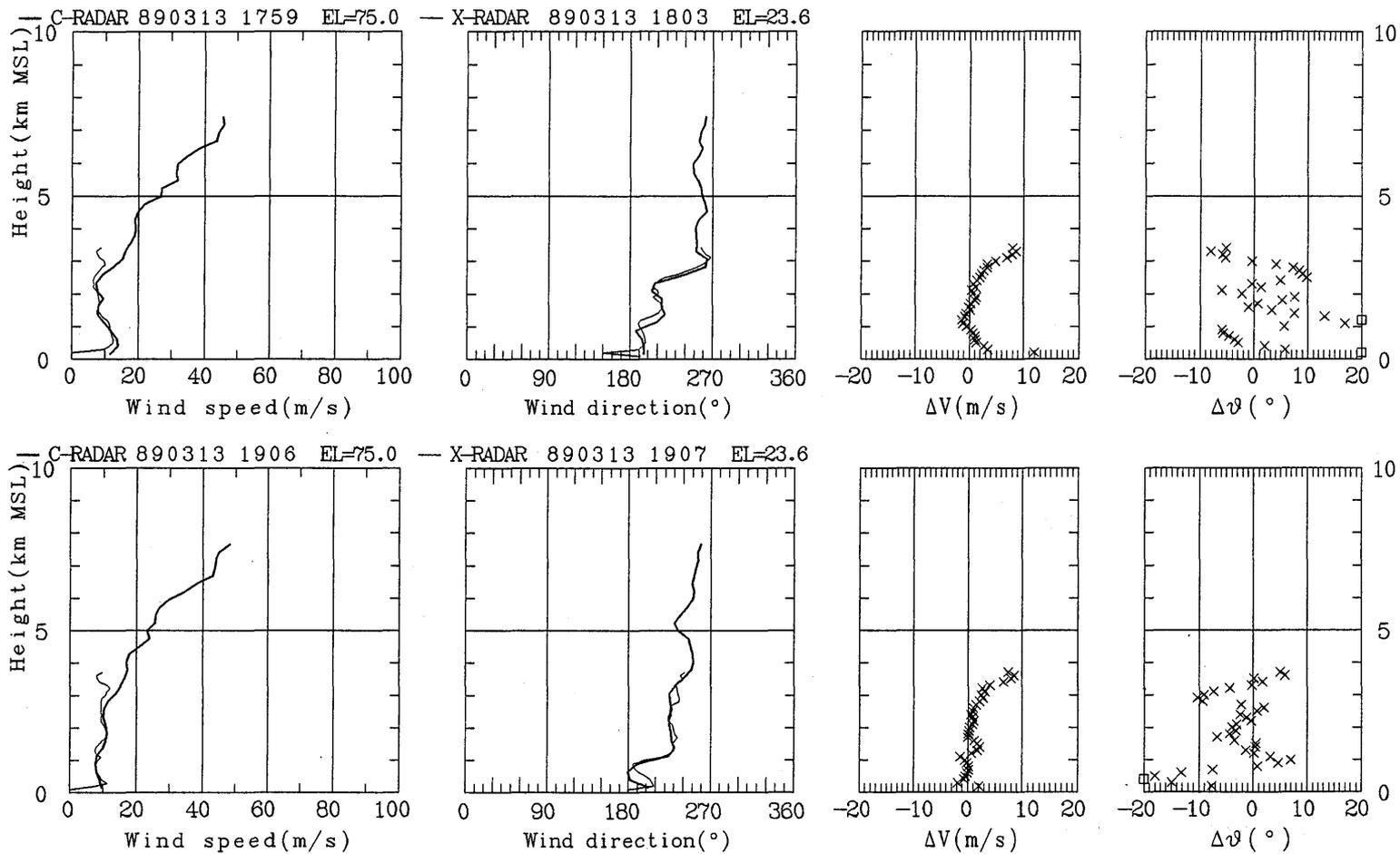


5. C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダ

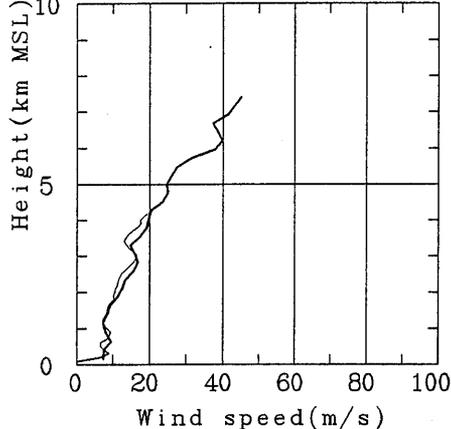
5. C-バンドドップラーレーダとX-バンドドップラーレーダ

3月13日18時頃から3月14日3時頃までの降雨時の約1時間毎のデータを比較して載せている。偏差はC-レーダからX-レーダを引いたものである。

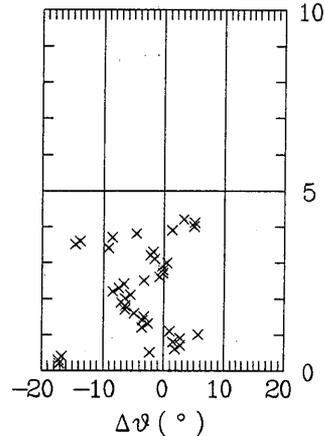
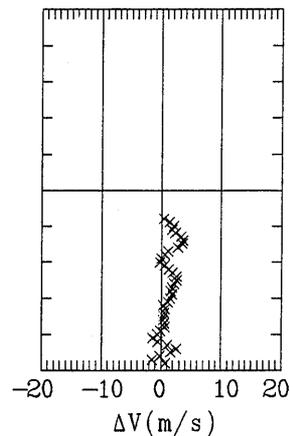
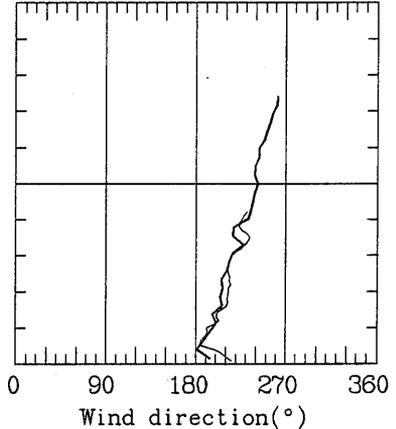
図は左から風速，風向，風速の偏差，風向の偏差となる。



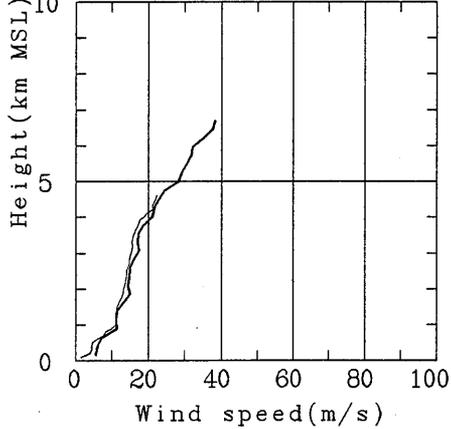
C-RADAR 890313 2005 EL=75.0



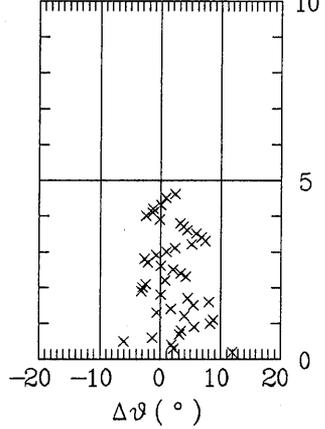
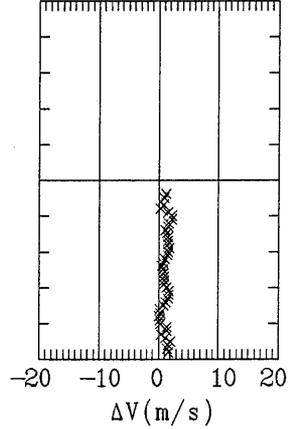
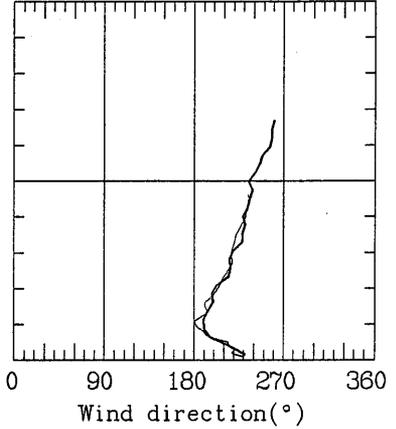
X-RADAR 890313 2002 EL=23.6

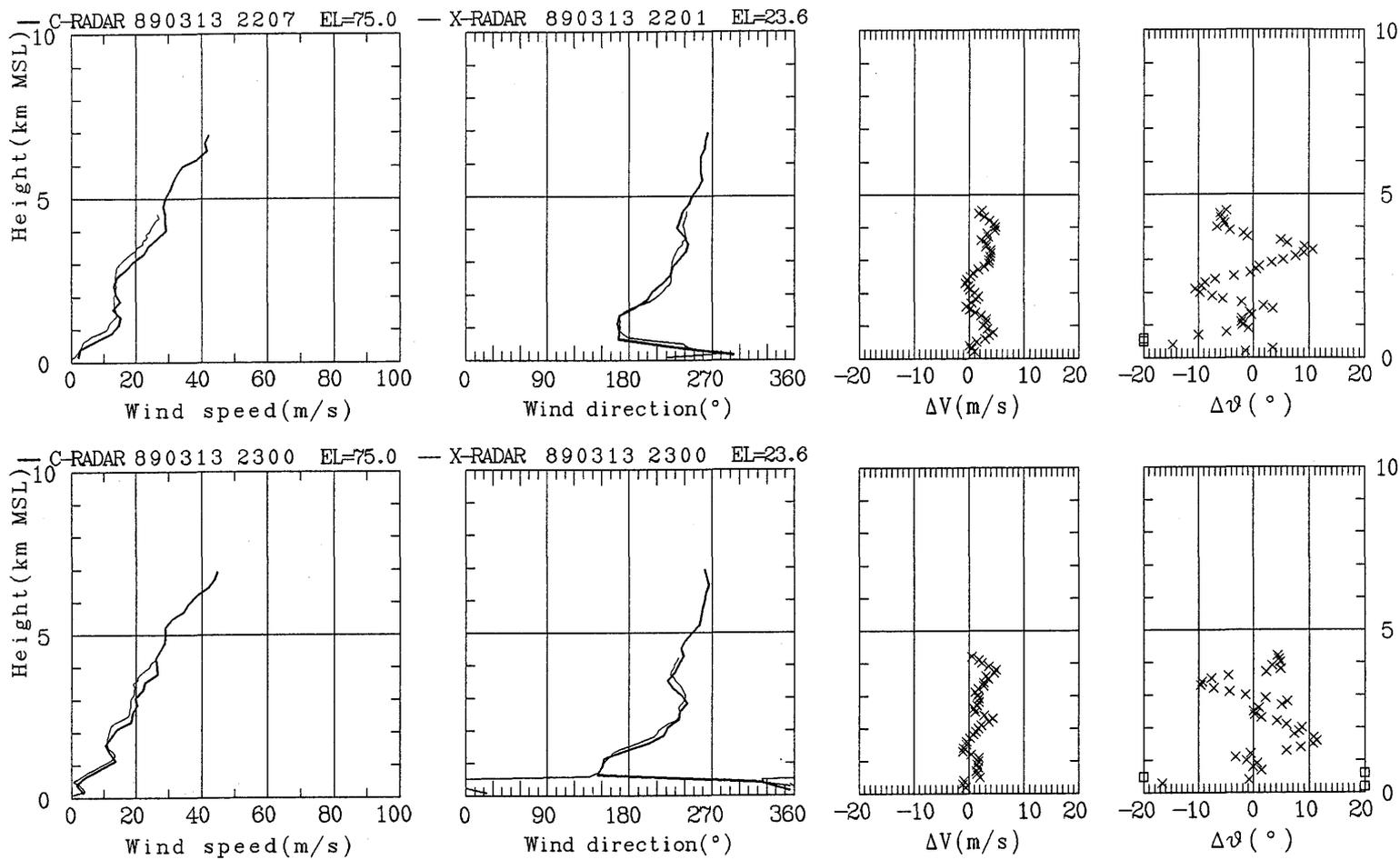


C-RADAR 890313 2059 EL=75.0

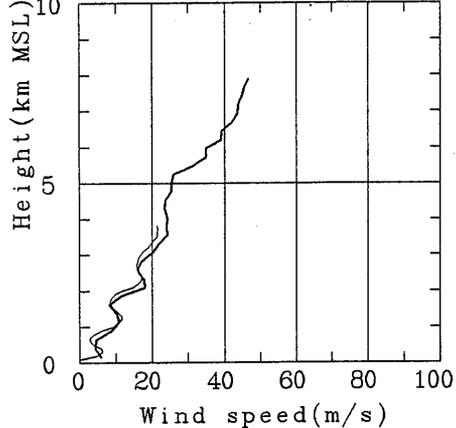


X-RADAR 890313 2053 EL=23.6

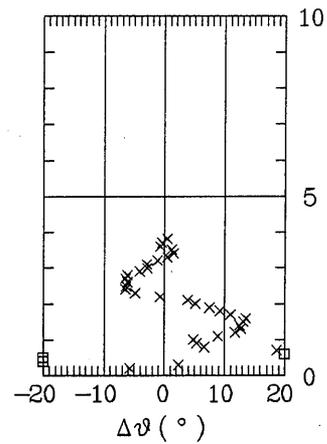
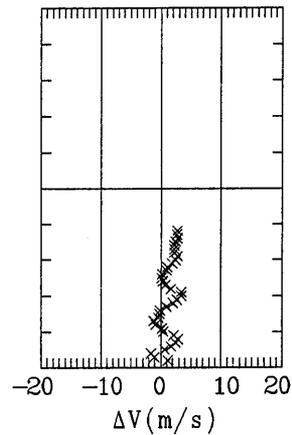
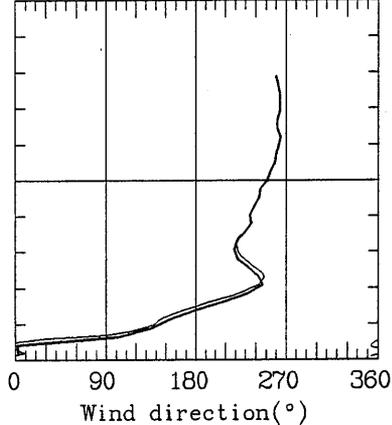




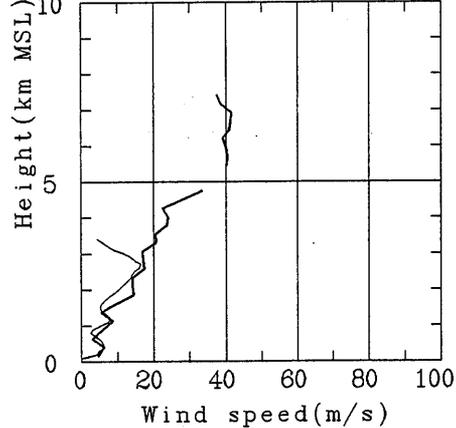
C-RADAR 890313 2354 EL=75.0



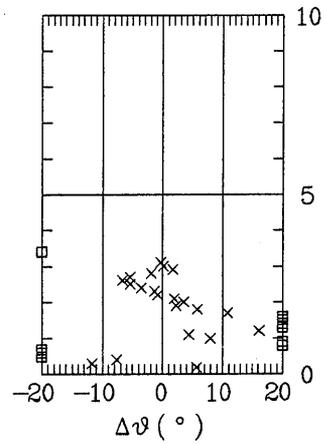
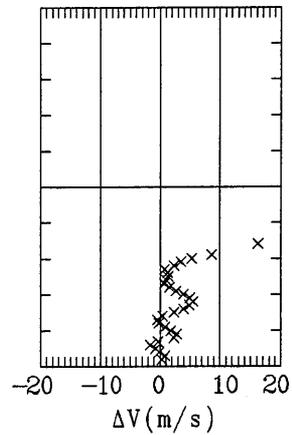
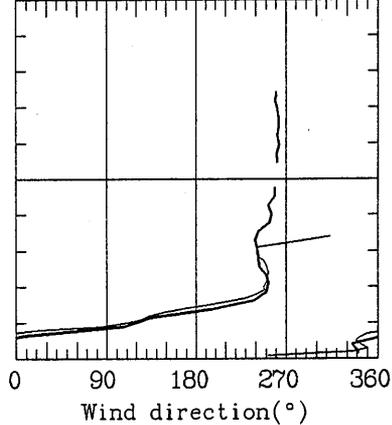
X-RADAR 890314 0 EL=23.6



C-RADAR 890314 55 EL=75.0



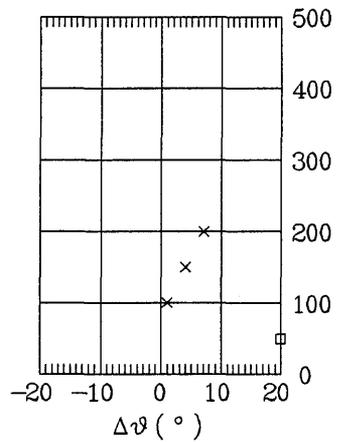
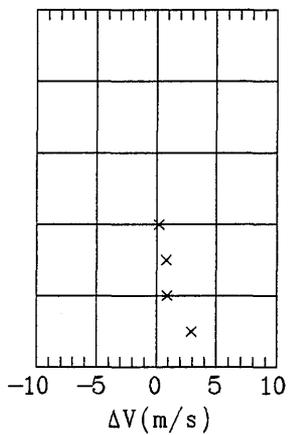
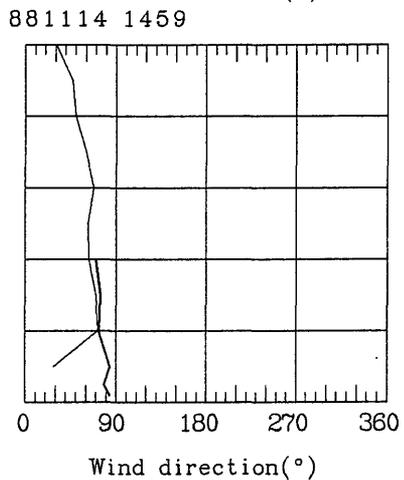
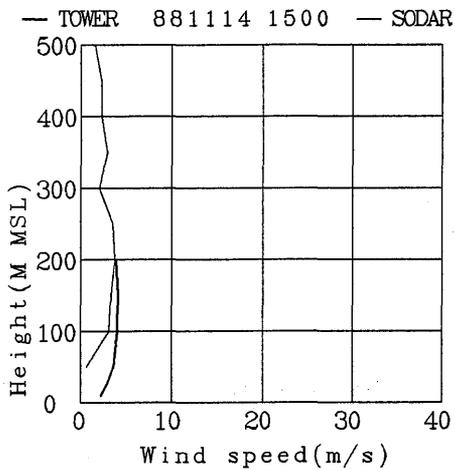
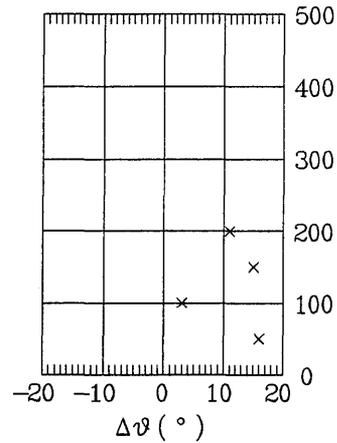
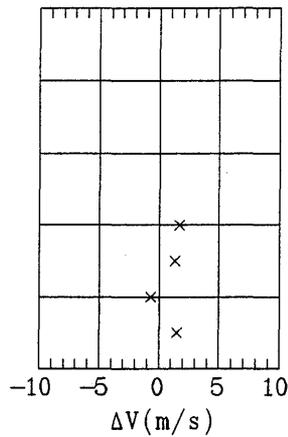
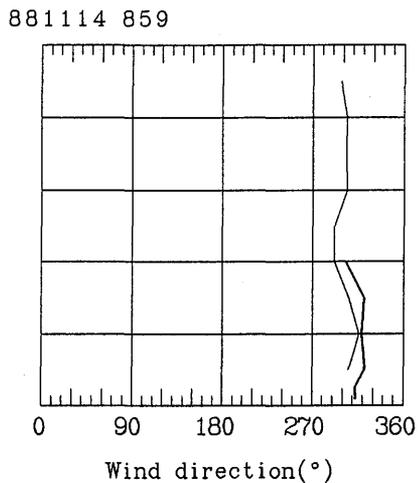
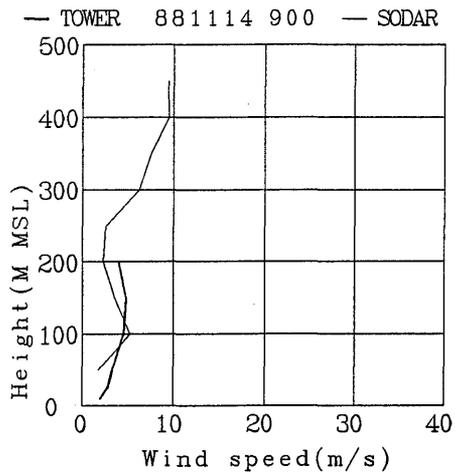
X-RADAR 890314 103 EL=23.6



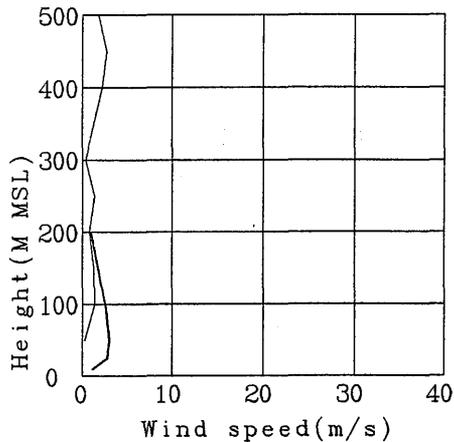
6. ドップラーソーダと鉄塔

6. ドップラーソーダと鉄塔

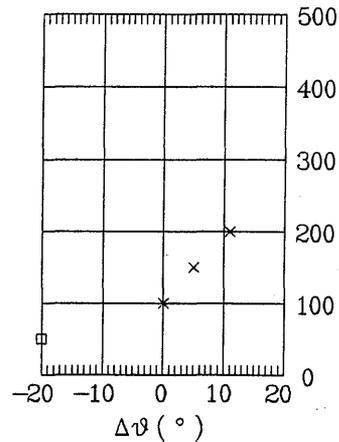
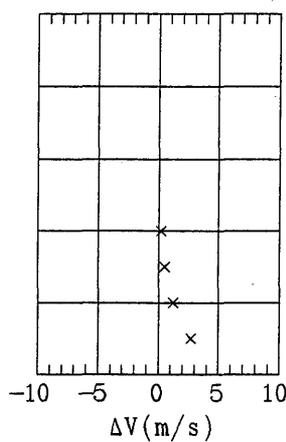
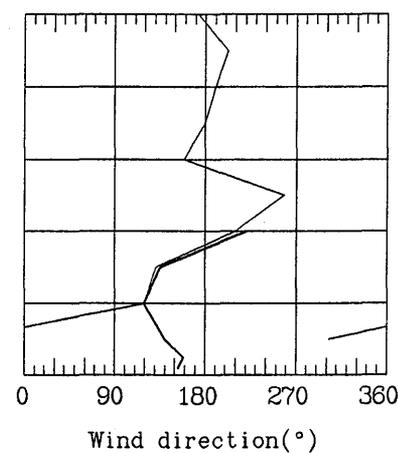
図は左から風速，風向，風速の偏差，風向の偏差となっている。ソーダ (SODAR) の風向，風速の算出時間は10分間の平均である。鉄塔 (TOWER) は第1期観測 (1988年11月) では10分間毎の瞬時値であり，2期から4期までは1分間毎の瞬時値の10分間平均である。6時間毎のデータを載せた。偏差は鉄塔からソーダを引いたものである。



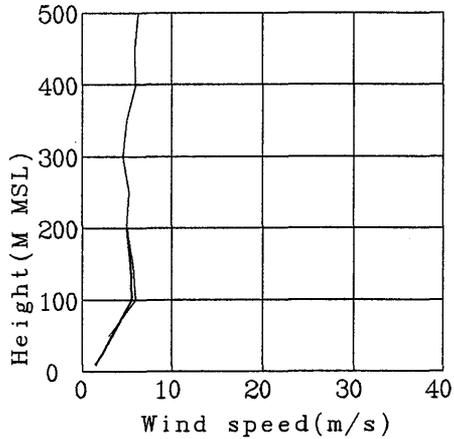
— TOWER 881114 2100 — SODAR



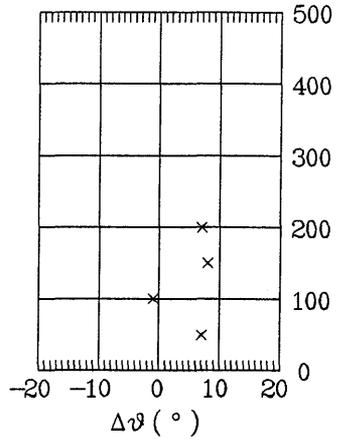
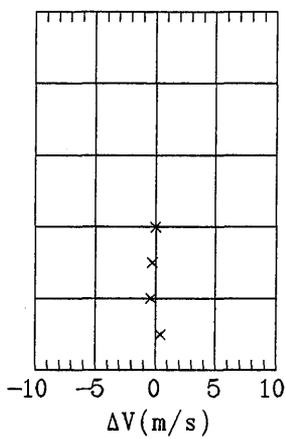
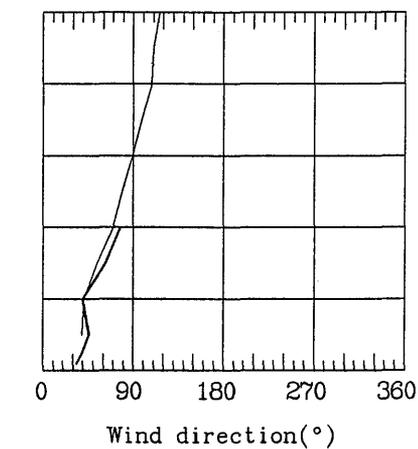
881114 2059



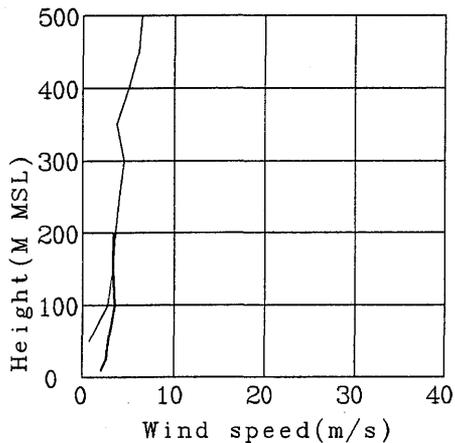
— TOWER 881115 300 — SODAR



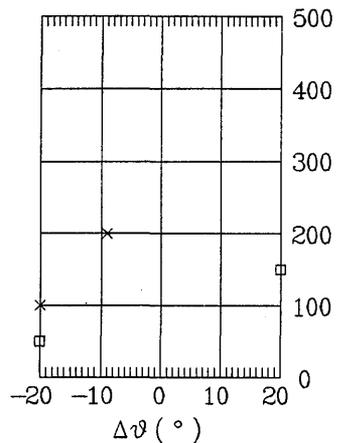
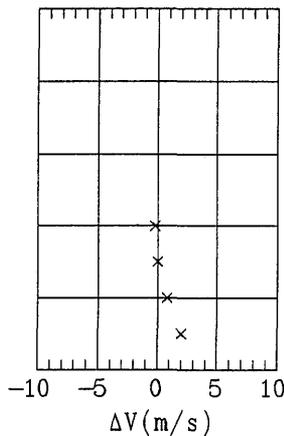
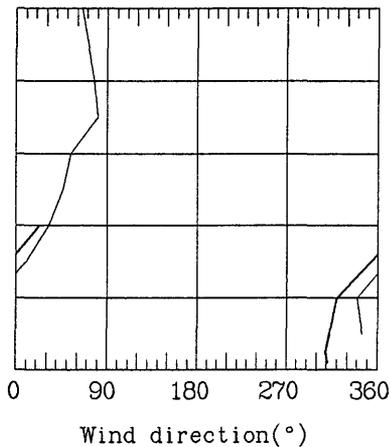
881115 259



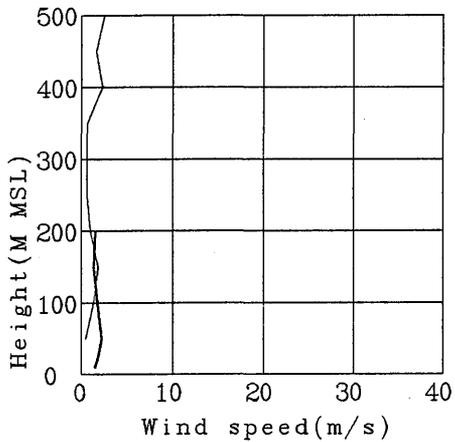
— TOWER 881115 900 — SODAR



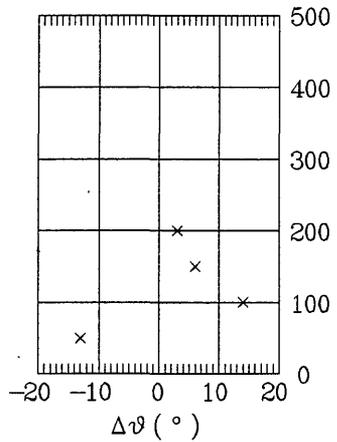
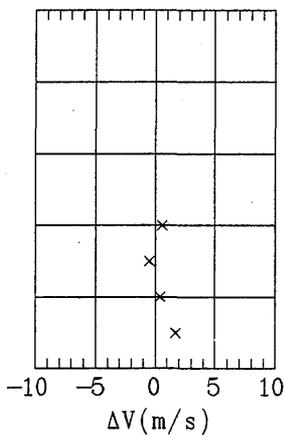
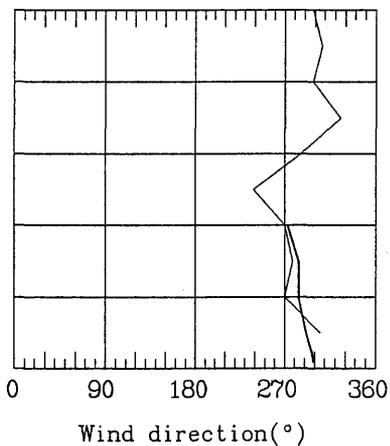
881115 858



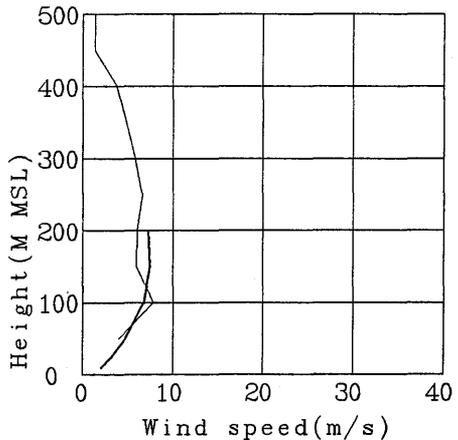
— TOWER 881115 1500 — SODAR



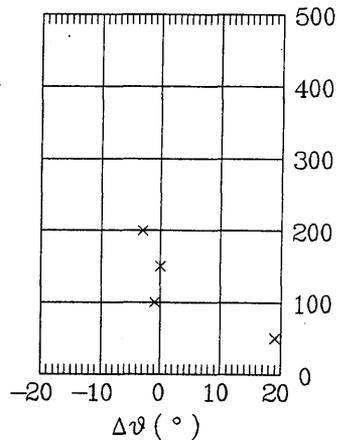
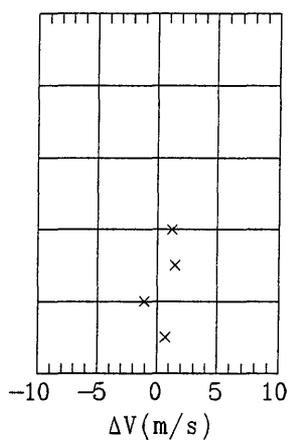
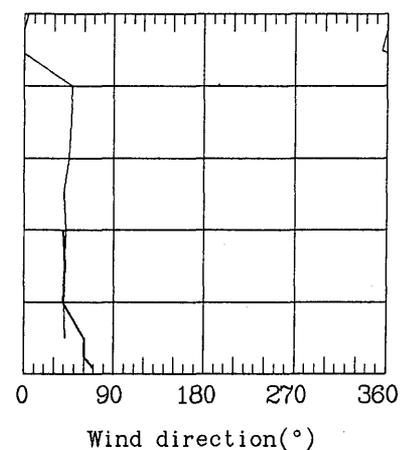
881115 1458



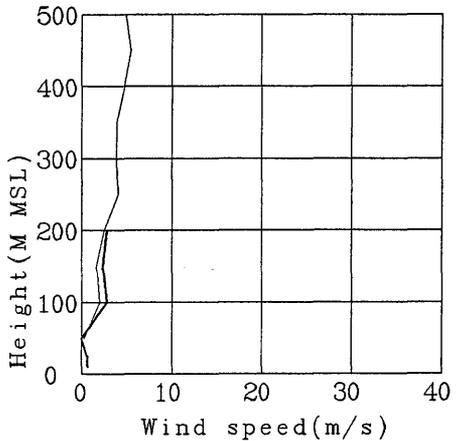
— TOWER 881115 2100 — SODAR



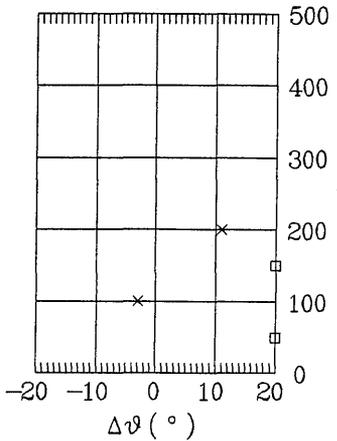
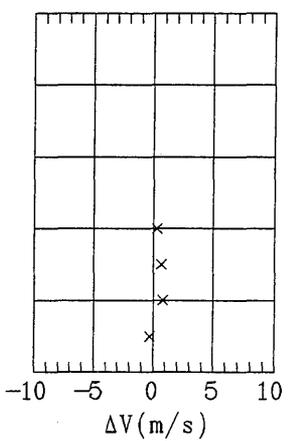
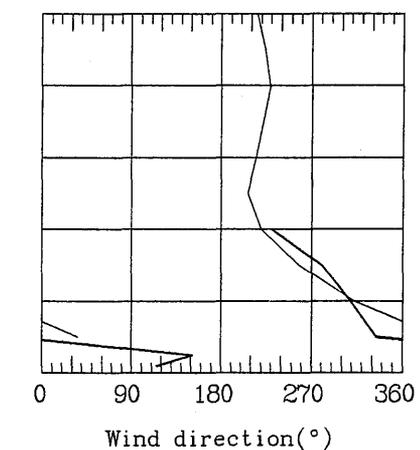
881115 2058

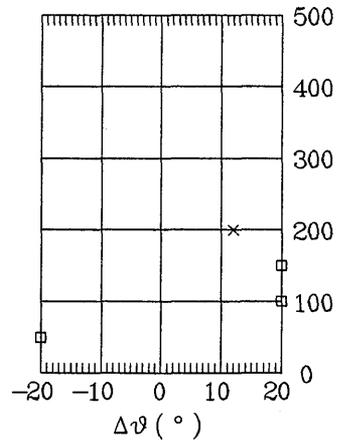
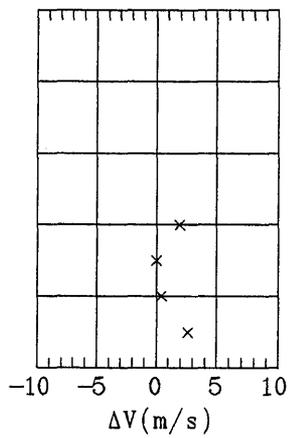
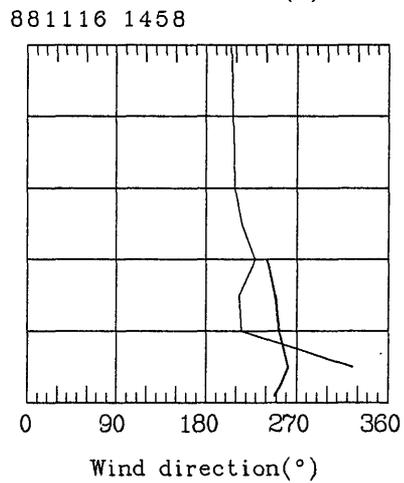
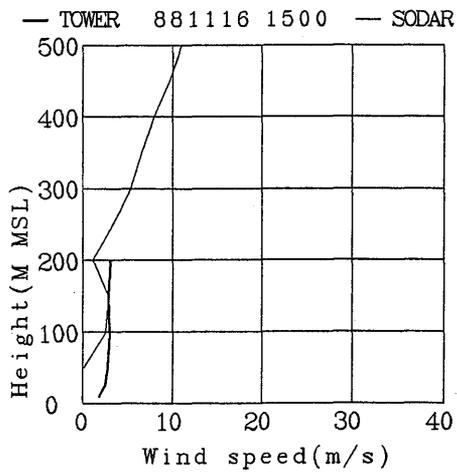
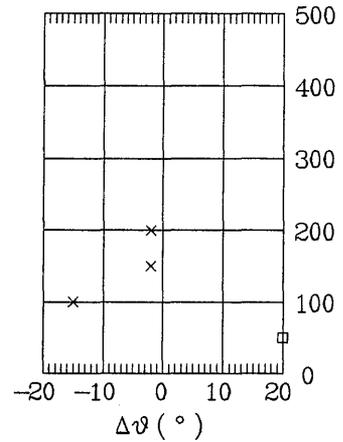
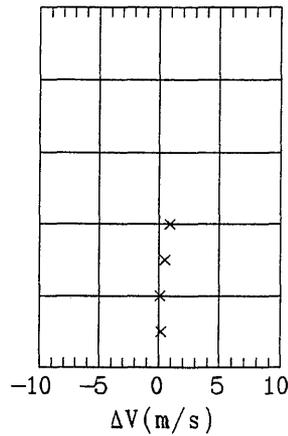
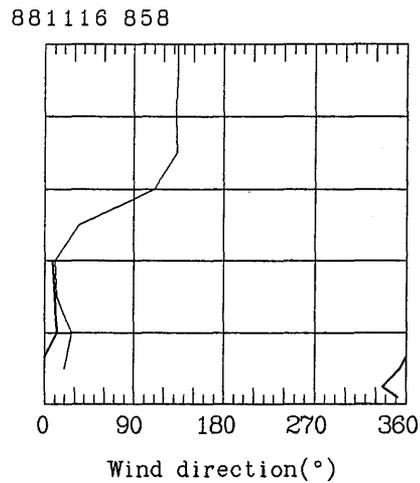
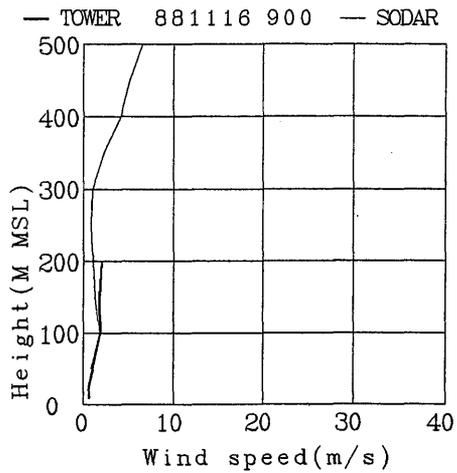


— TOWER 881116 300 — SODAR

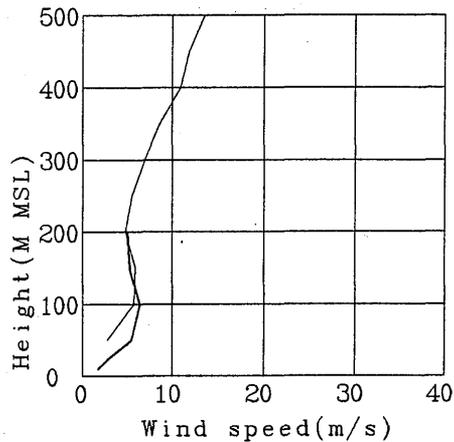


881116 258

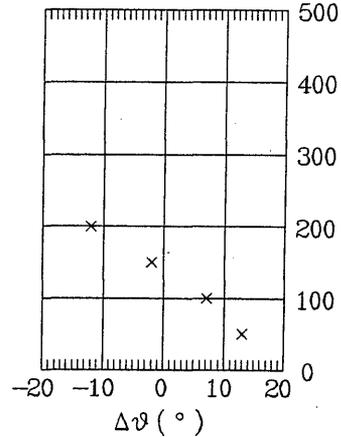
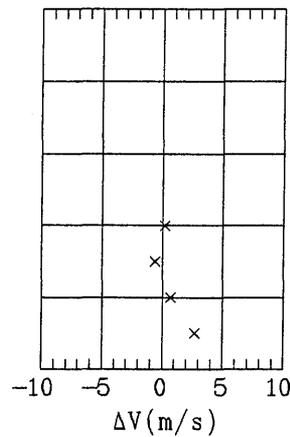
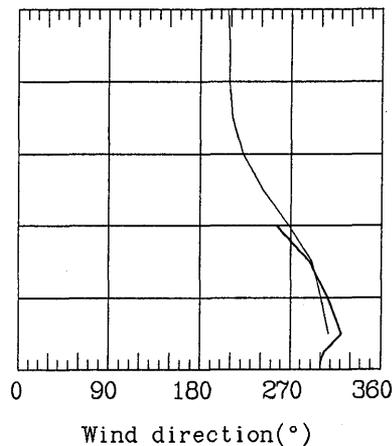




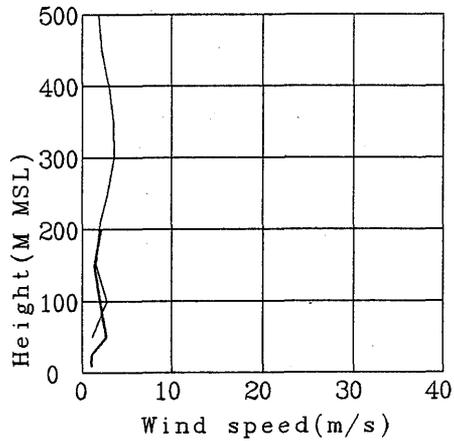
— TOWER 881116 2100 — SODAR



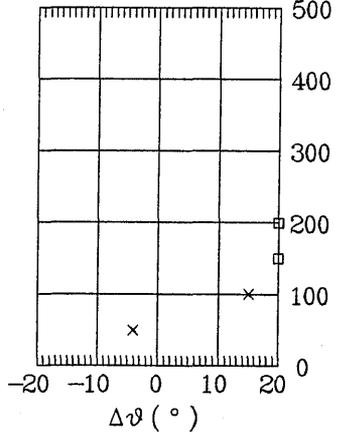
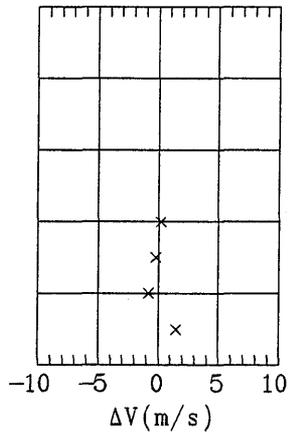
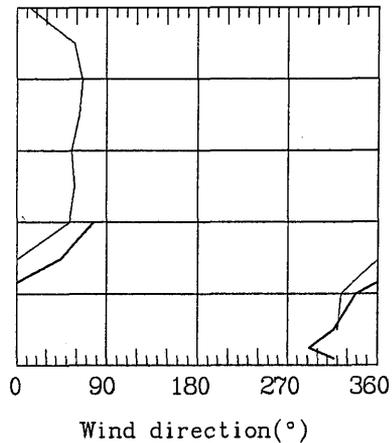
881116 2058

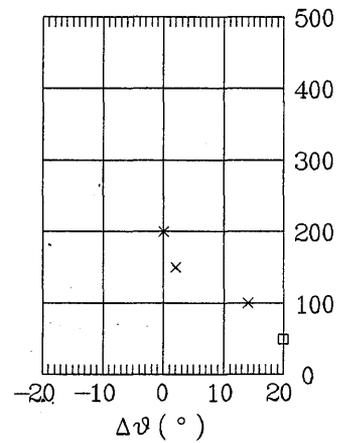
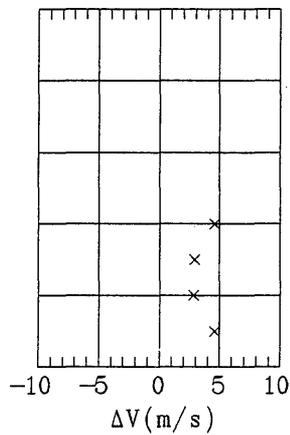
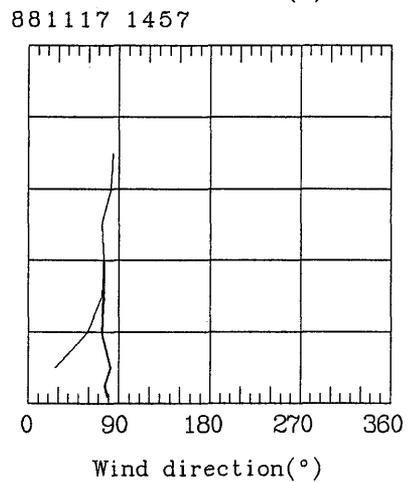
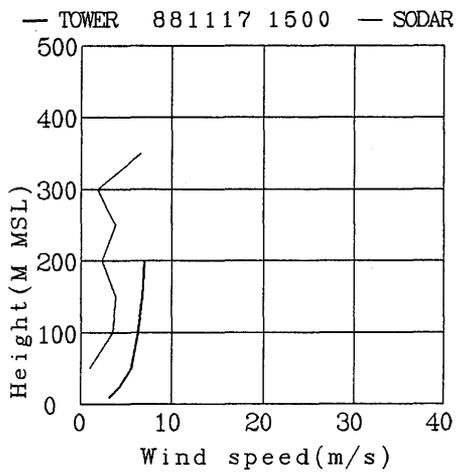
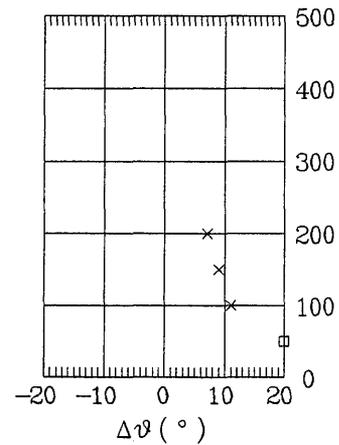
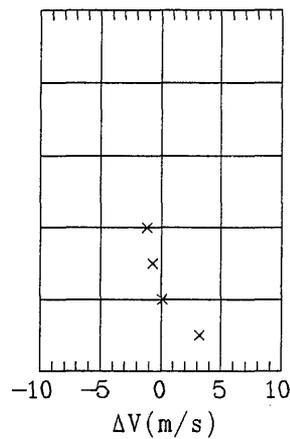
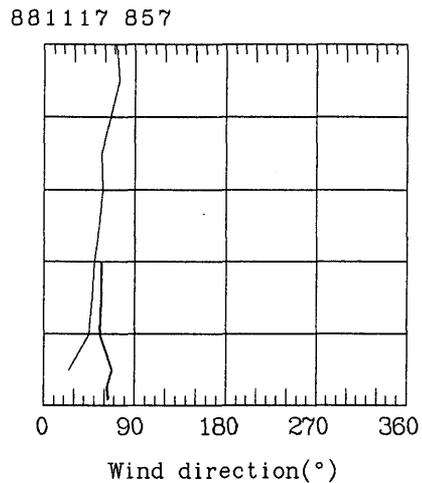
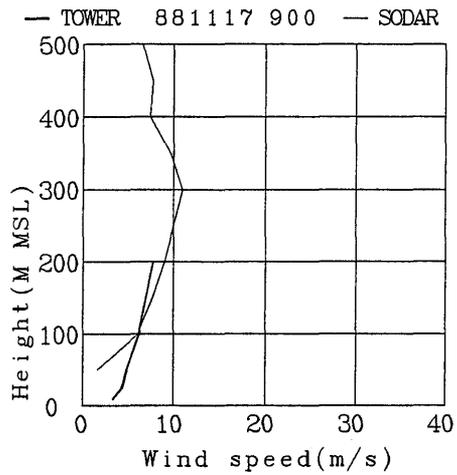


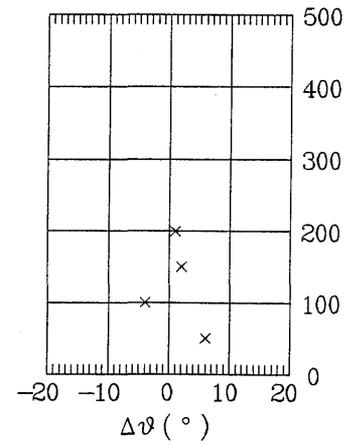
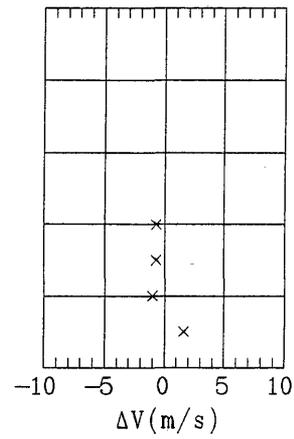
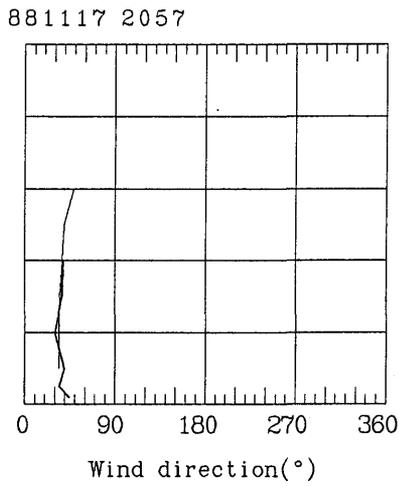
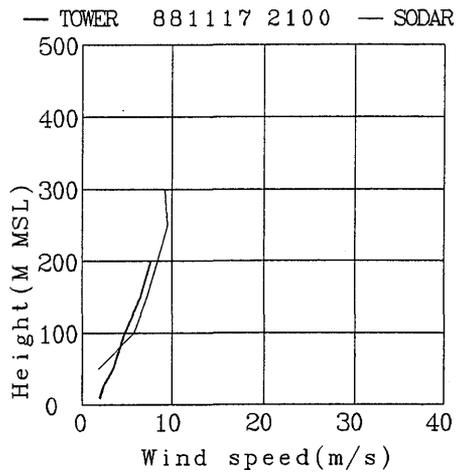
— TOWER 881117 300 — SODAR

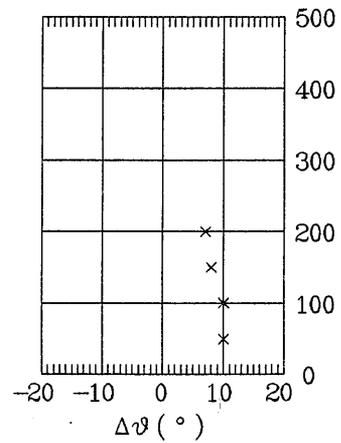
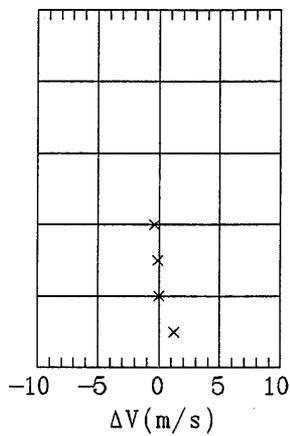
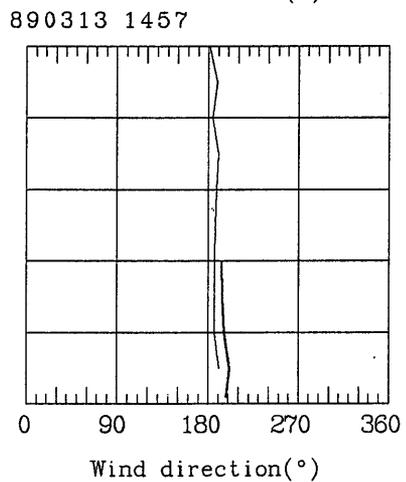
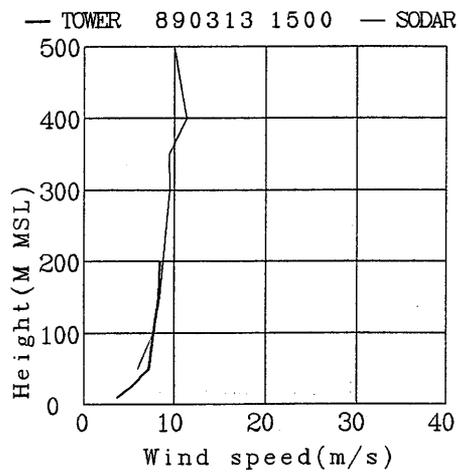
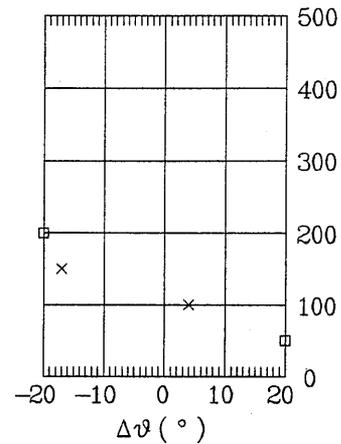
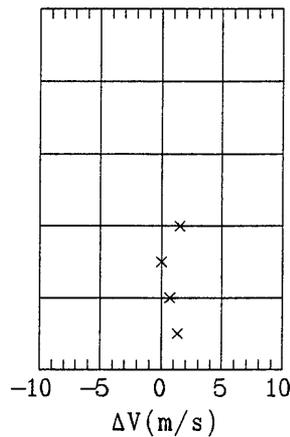
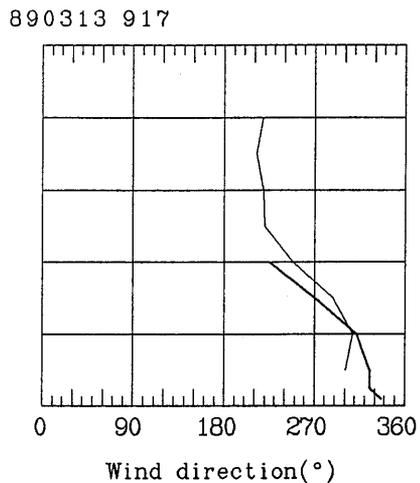
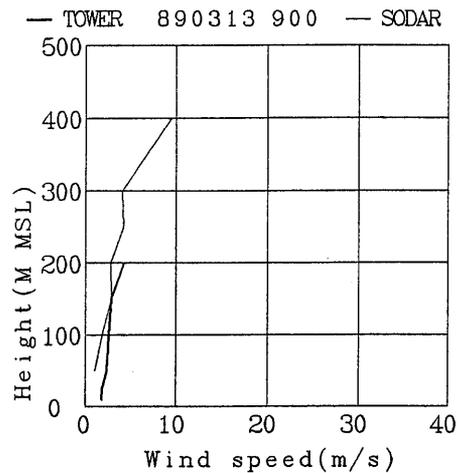


881117 258

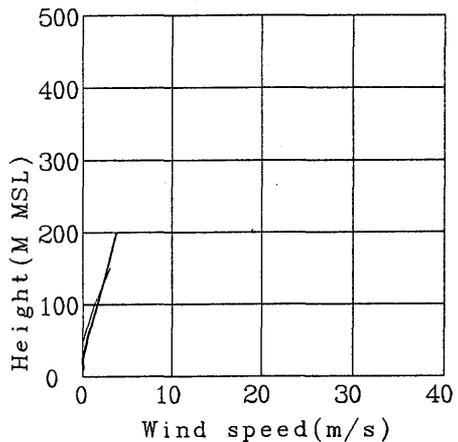




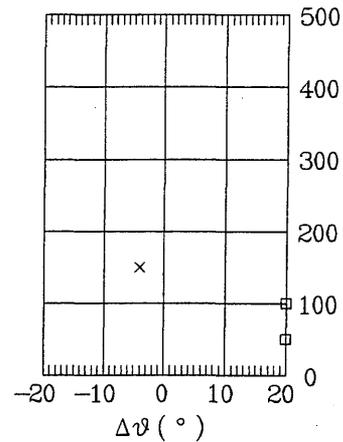
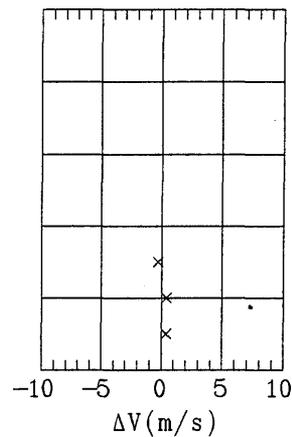
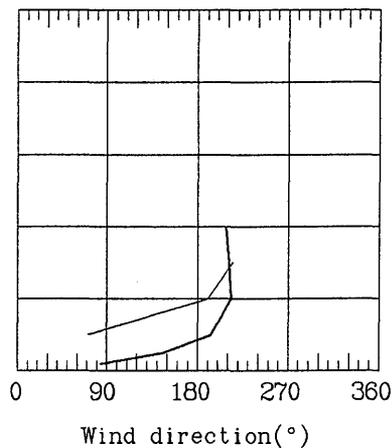




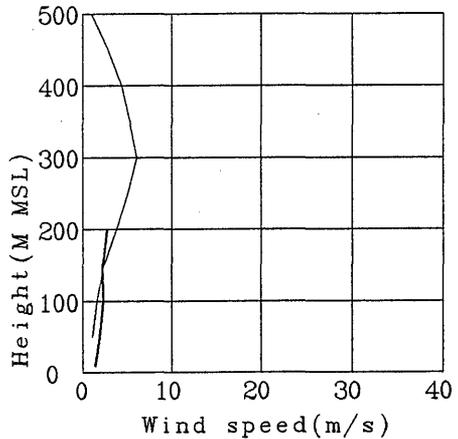
TOWER 890313 2100 SODAR



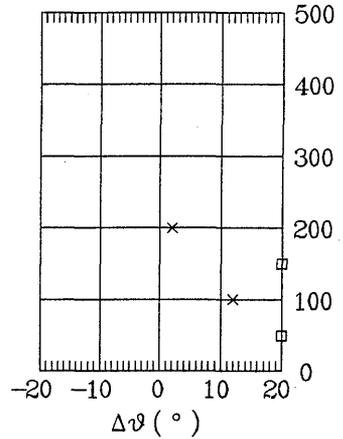
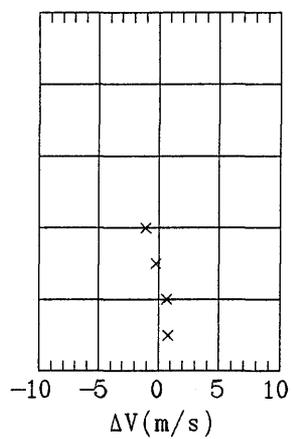
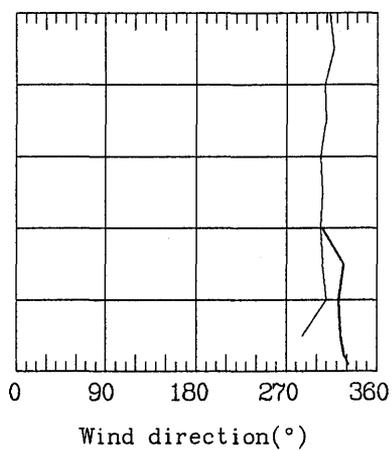
890313 2057



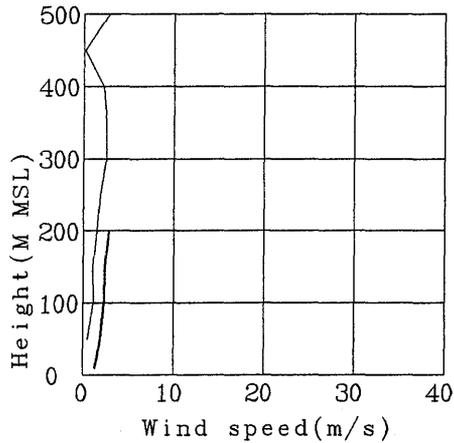
TOWER 890314 900 SODAR



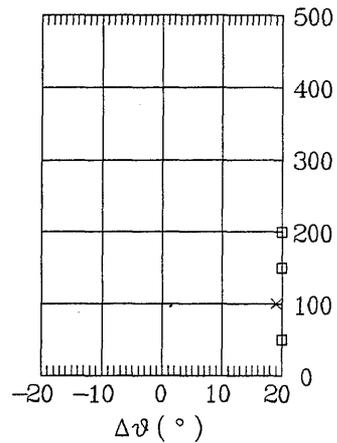
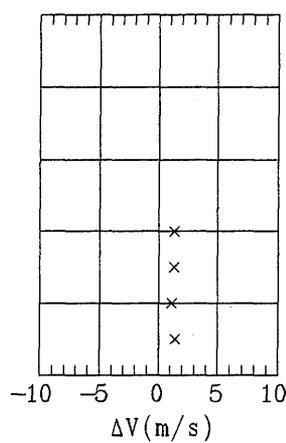
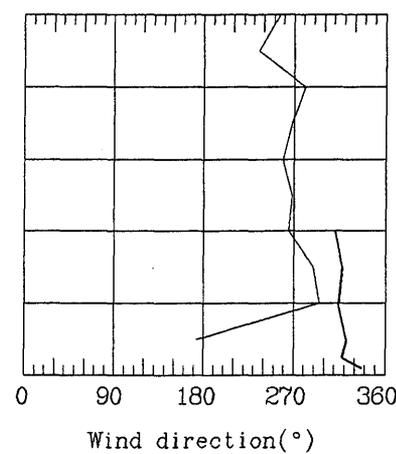
890314 857



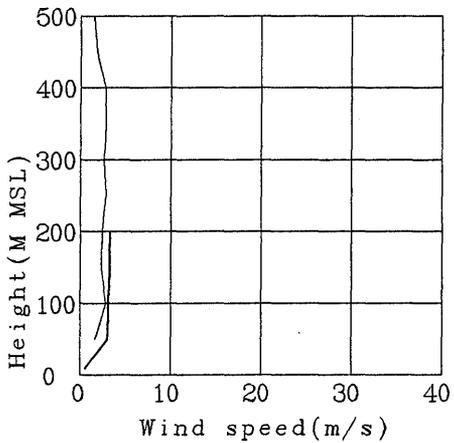
— TOWER 890314 1500 — SODAR



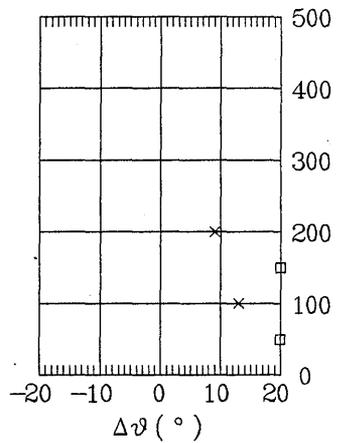
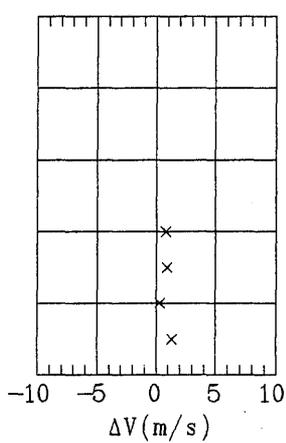
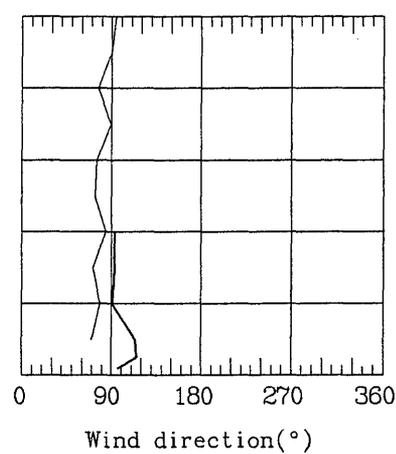
890314 1456



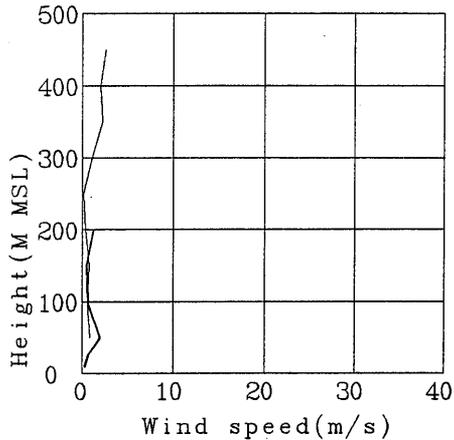
— TOWER 890314 2100 — SODAR



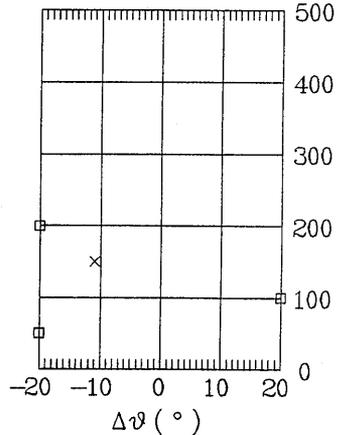
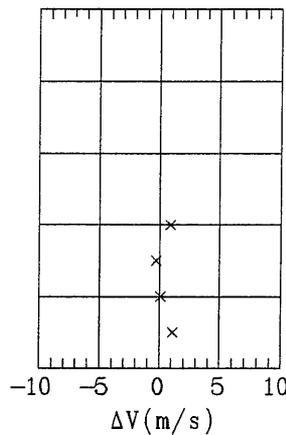
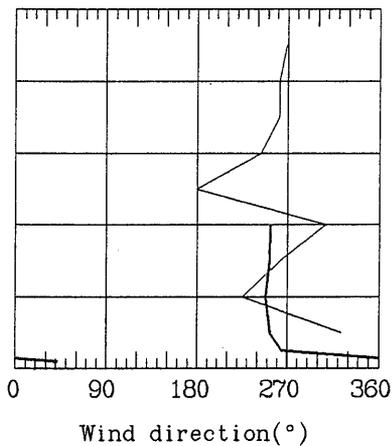
890314 2056



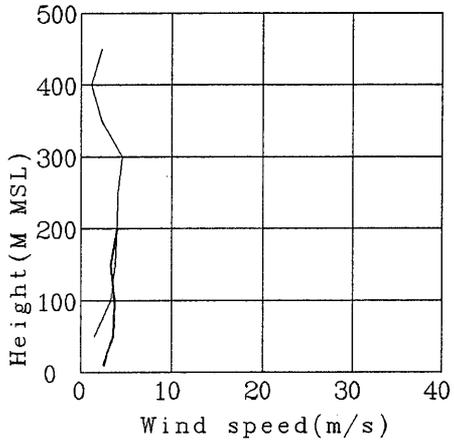
TOWER 890315 300 SODAR



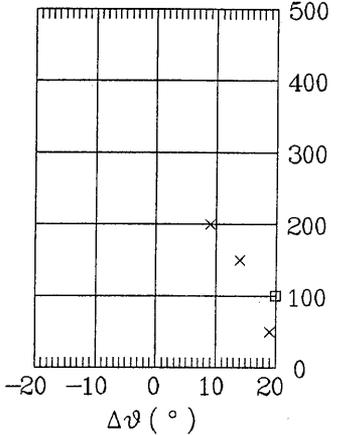
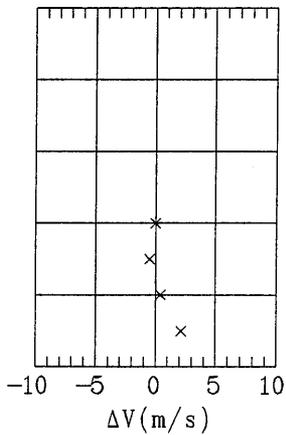
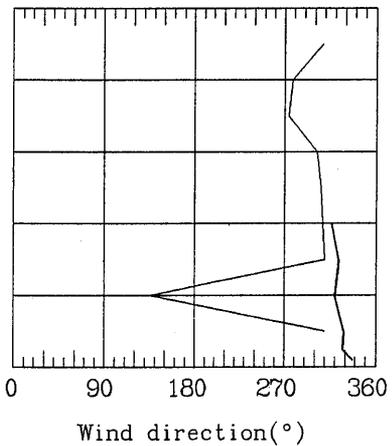
890315 256



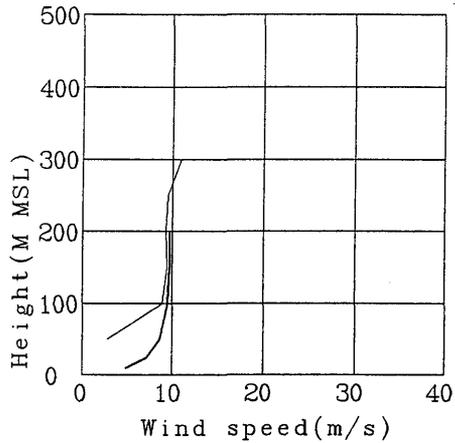
TOWER 890315 900 SODAR



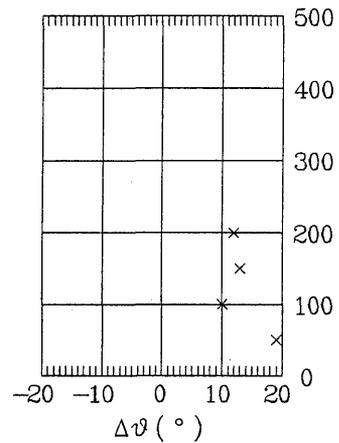
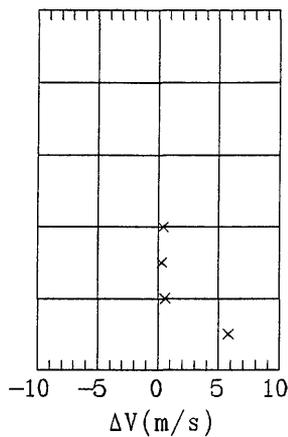
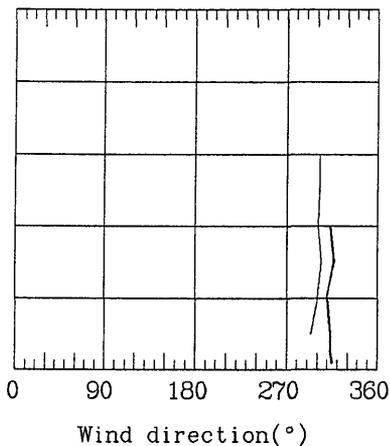
890315 856



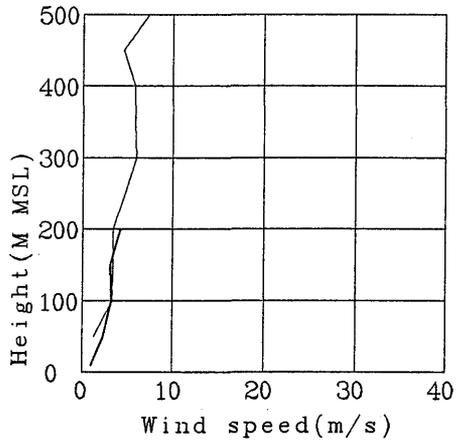
— TOWER 890315 1500 — SODAR



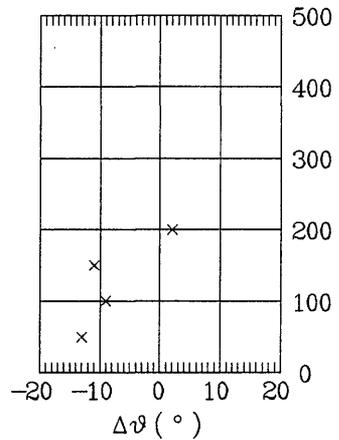
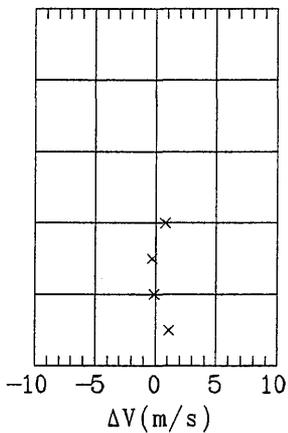
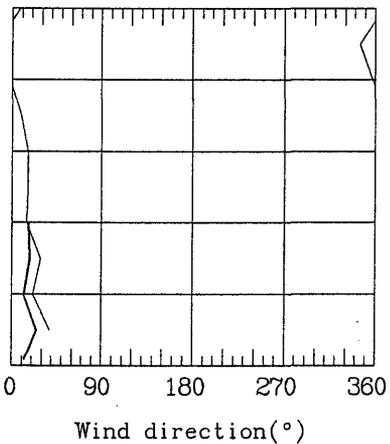
890315 1456



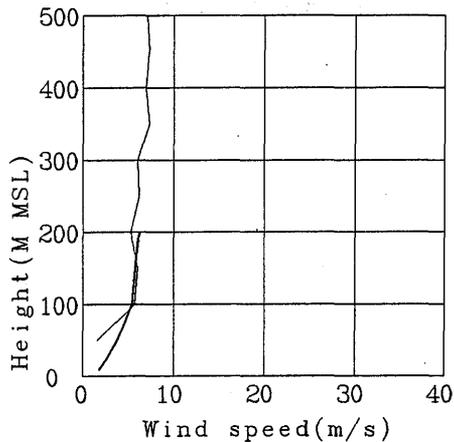
— TOWER 890315 2100 — SODAR



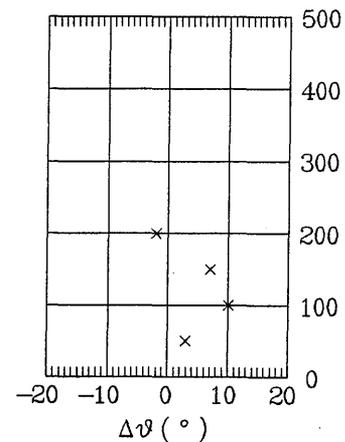
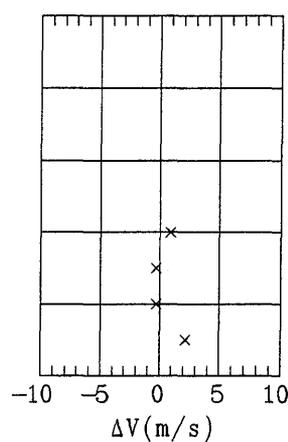
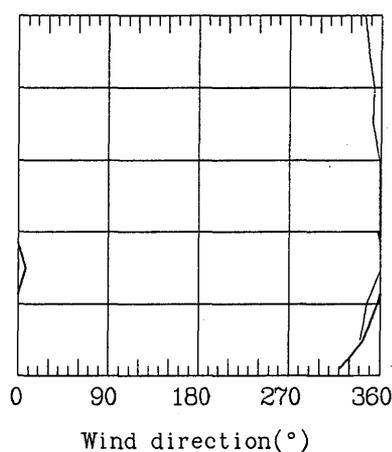
890315 2056



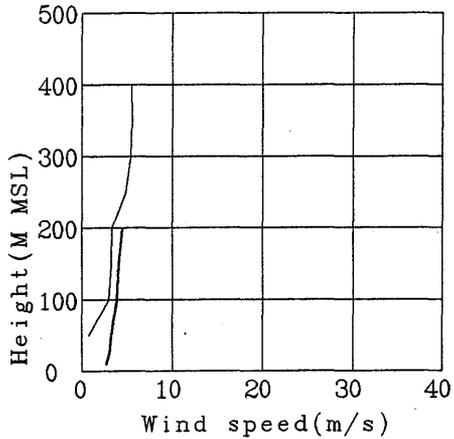
— TOWER 890316 300 — SODAR



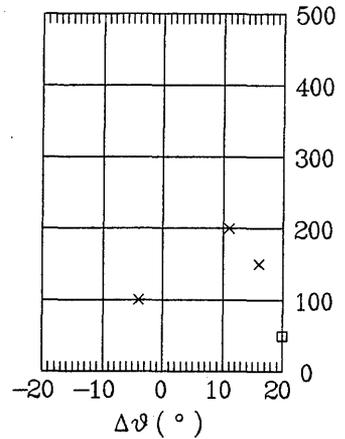
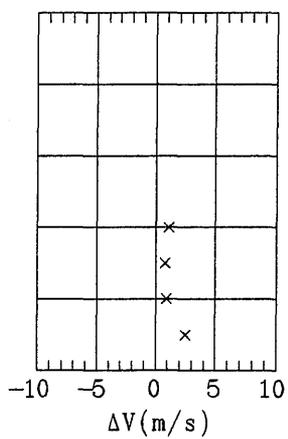
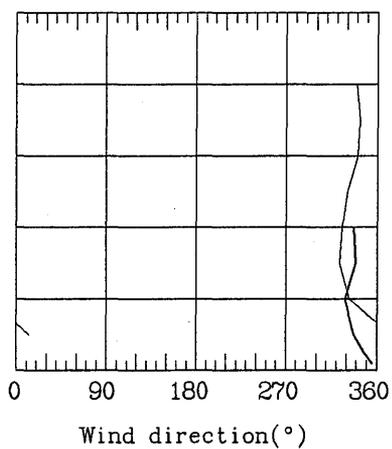
890316 256



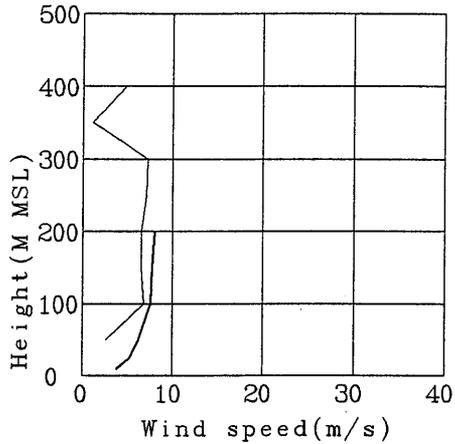
— TOWER 890316 900 — SODAR



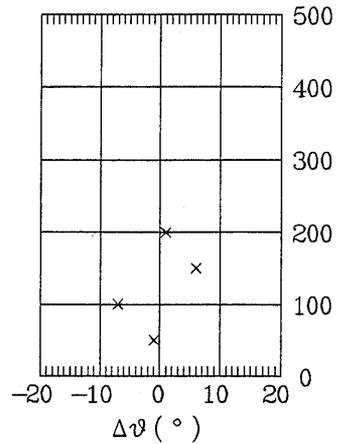
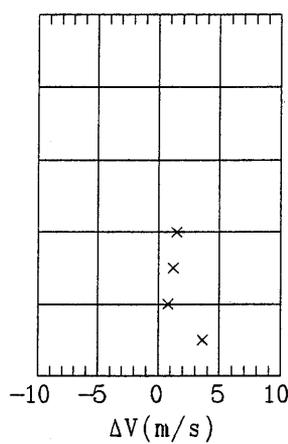
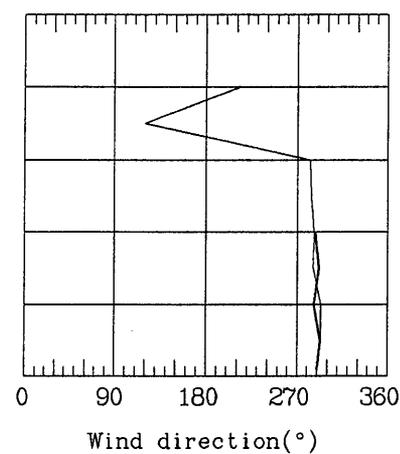
890316 856



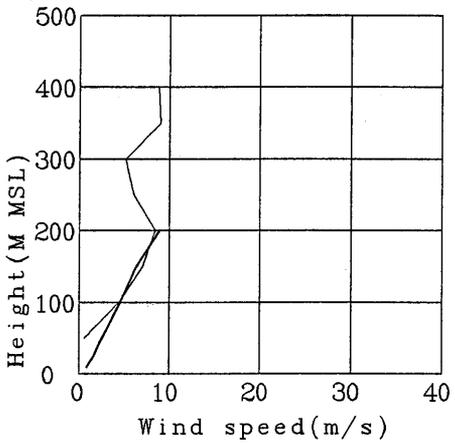
— TOWER 890316 1500 — SODAR



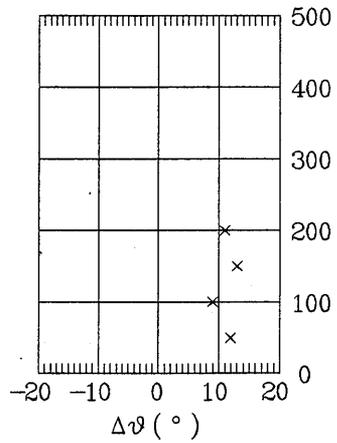
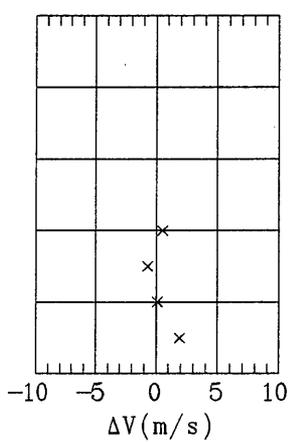
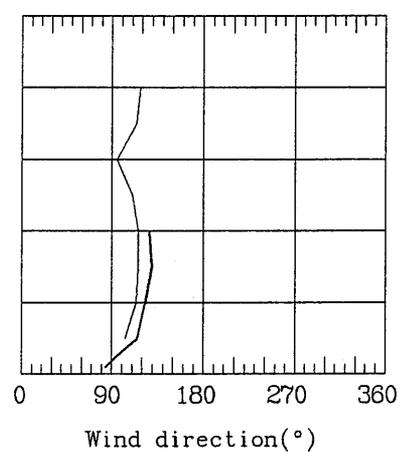
890316 1505



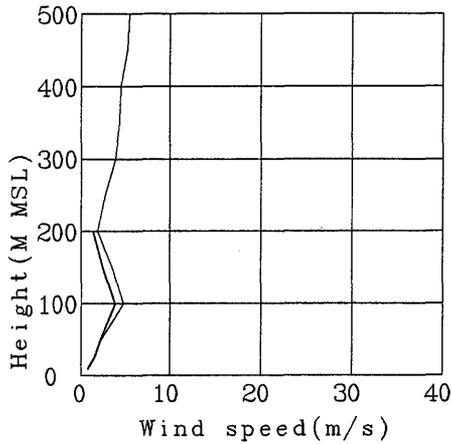
— TOWER 890316 2100 — SODAR



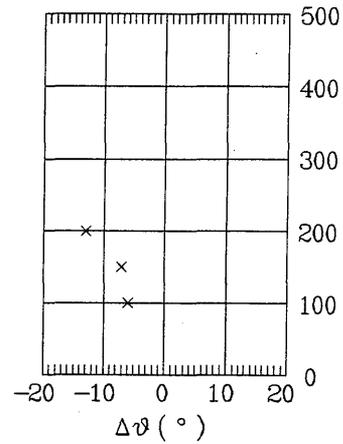
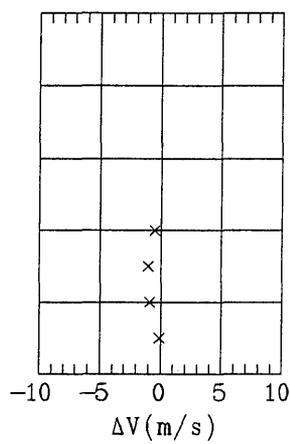
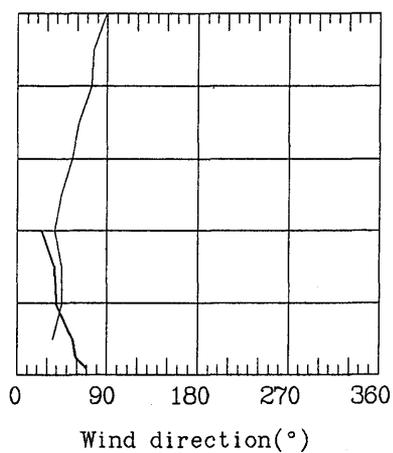
890316 2105



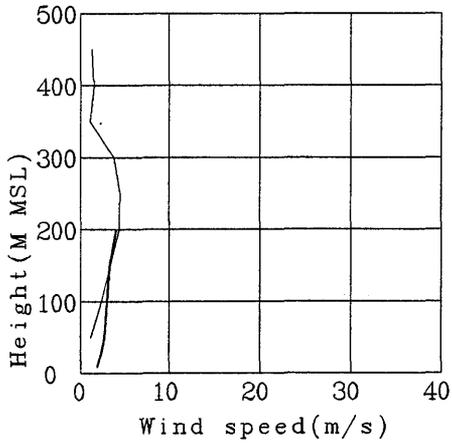
— TOWER 890317 300 — SODAR



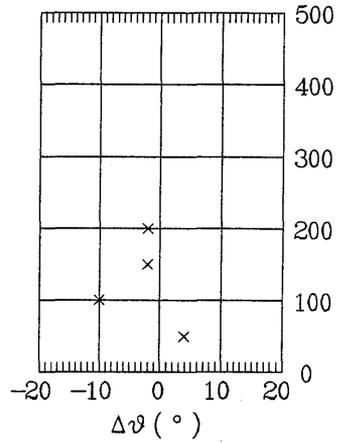
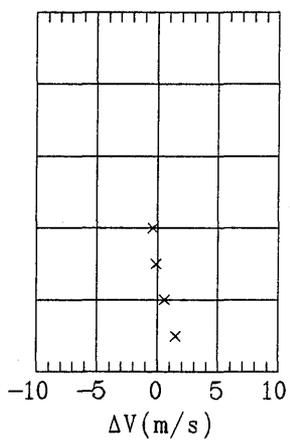
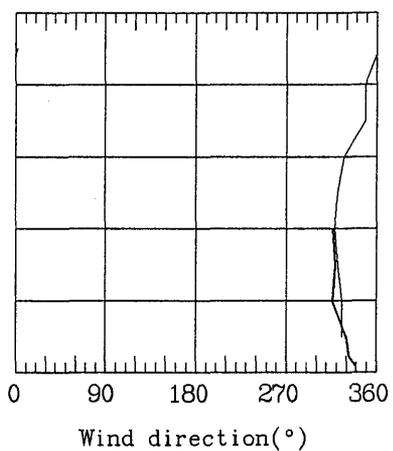
890317 305

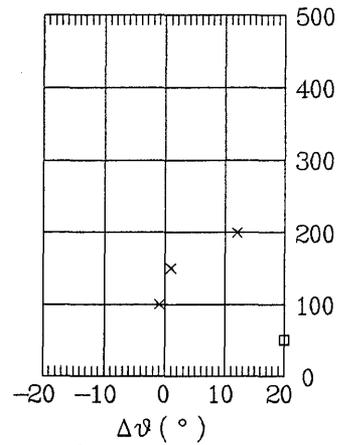
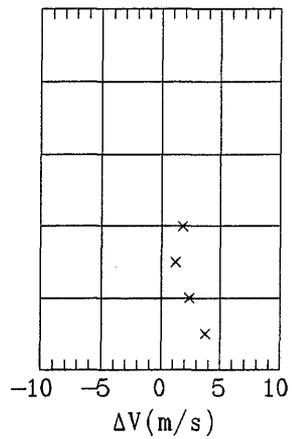
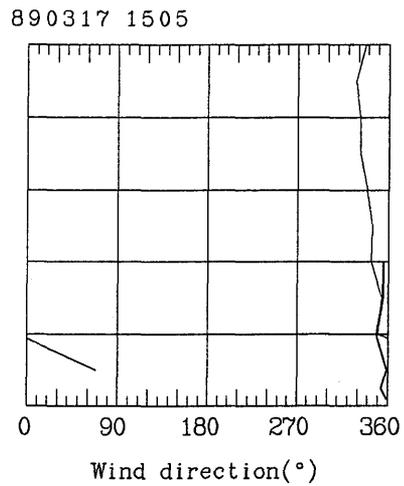
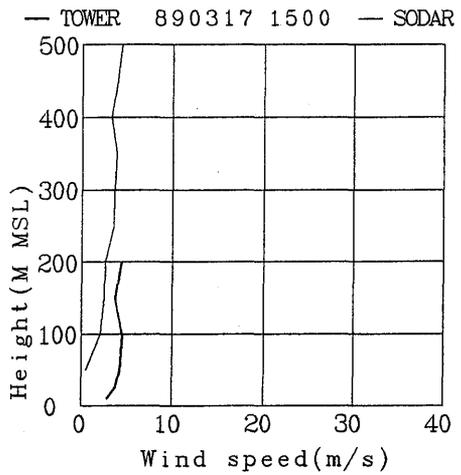


— TOWER 890317 900 — SODAR

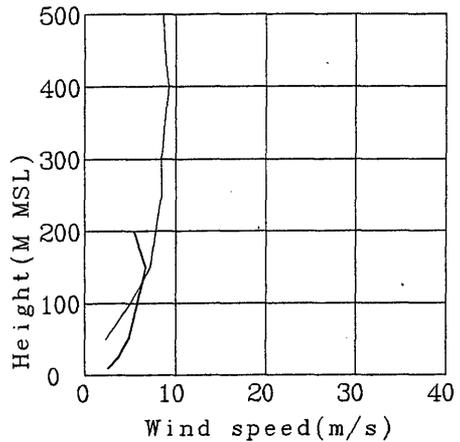


890317 905

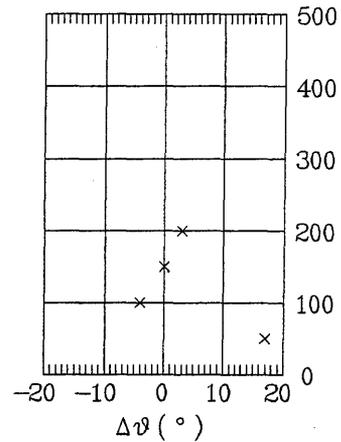
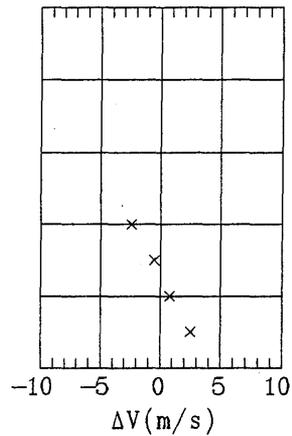
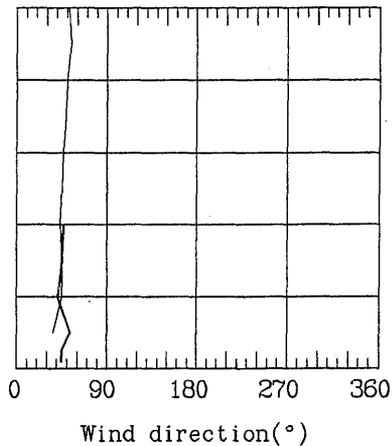




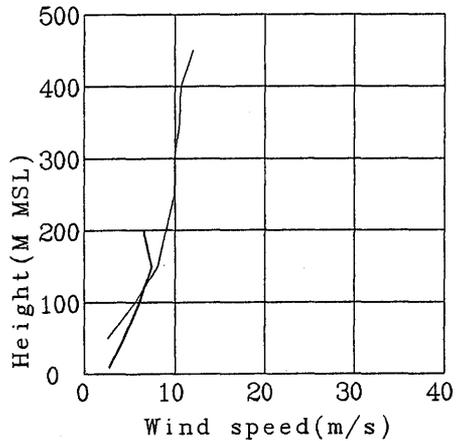
— TOWER 890619 1500 — SODAR



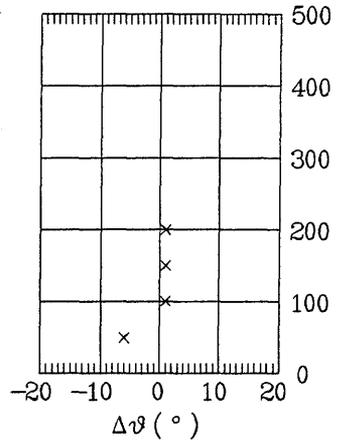
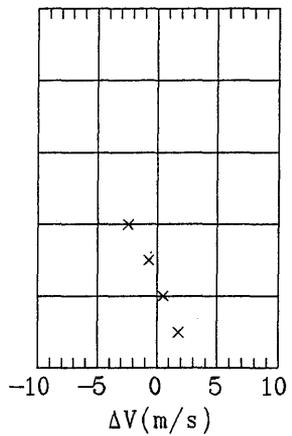
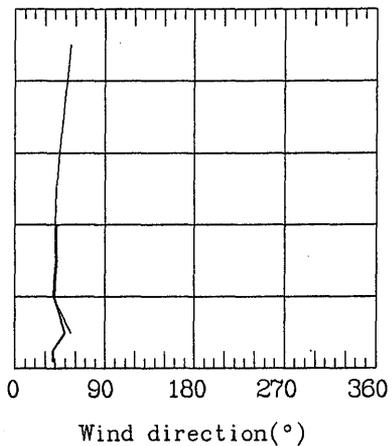
890619 1504



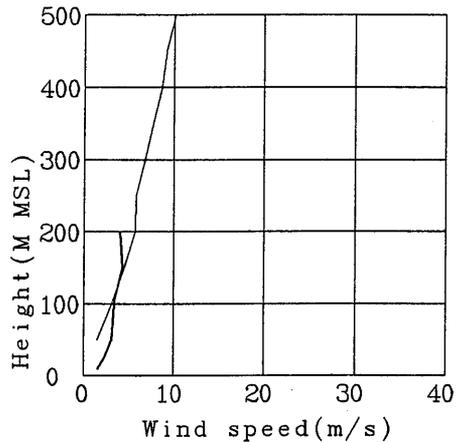
— TOWER 890619 2100 — SODAR



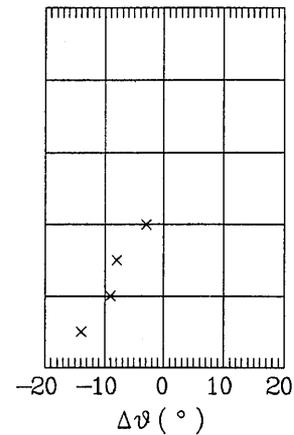
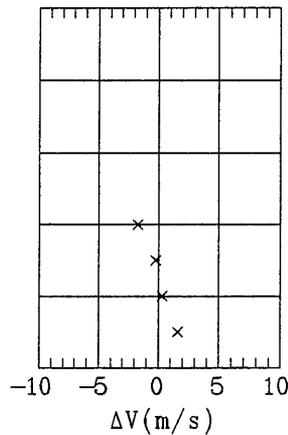
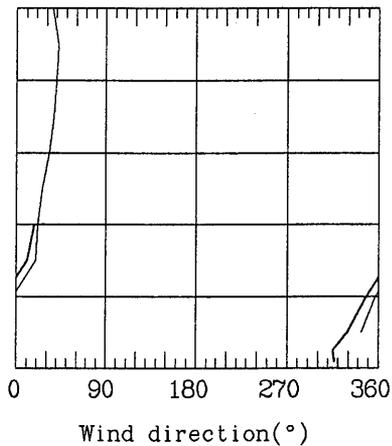
890619 2104



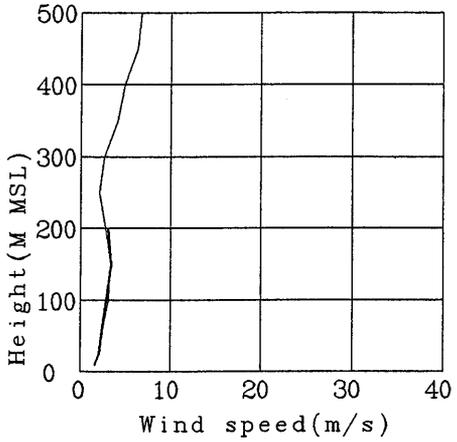
— TOWER 890620 300 — SODAR



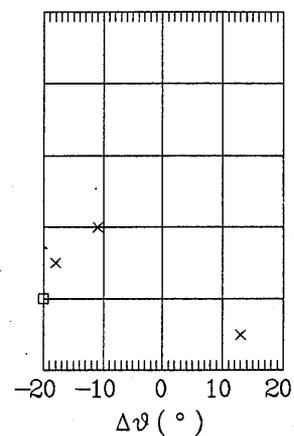
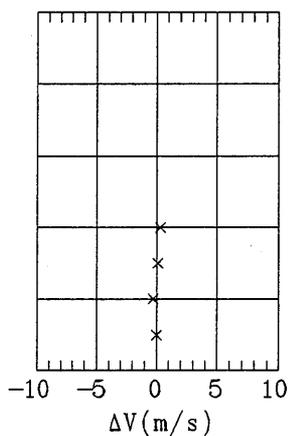
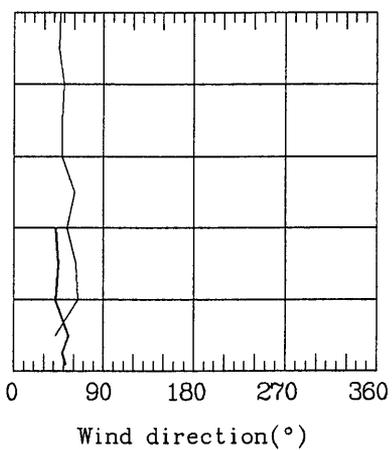
890620 304



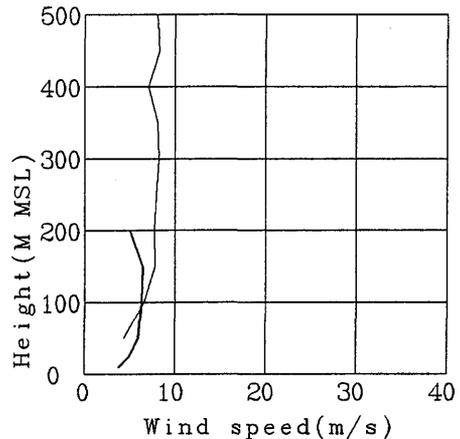
— TOWER 890620 900 — SODAR



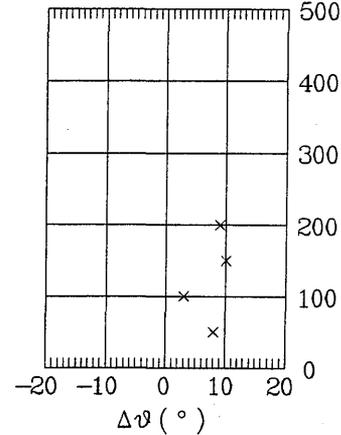
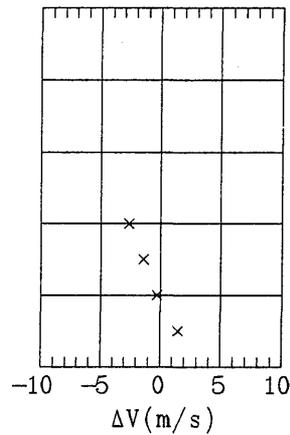
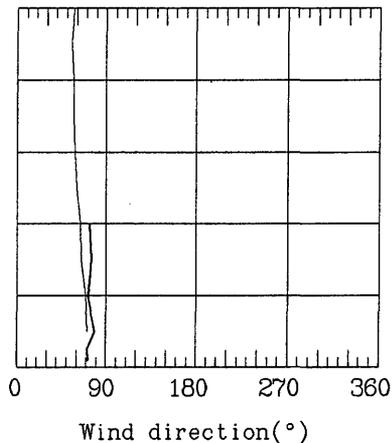
890620 904



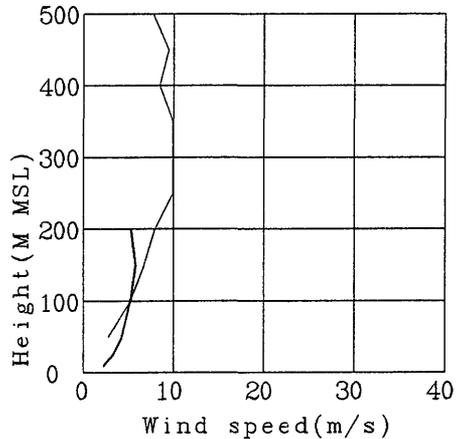
— TOWER 890620 1500 — SODAR



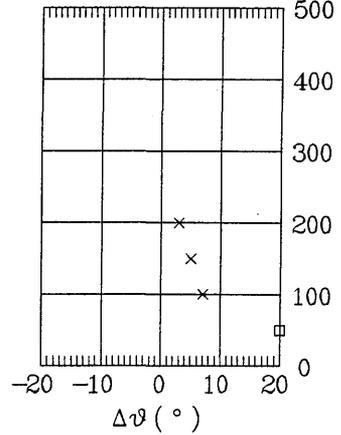
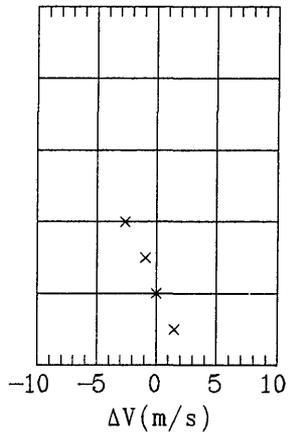
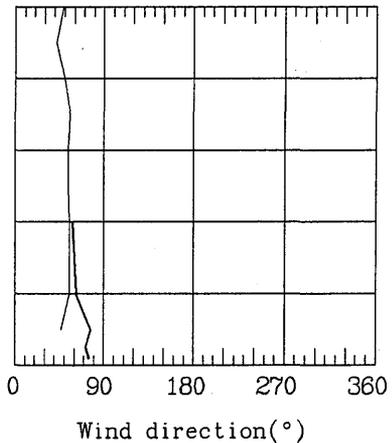
890620 1504

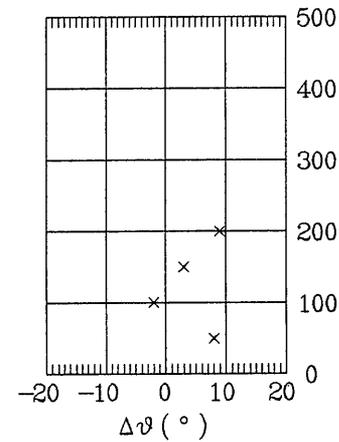
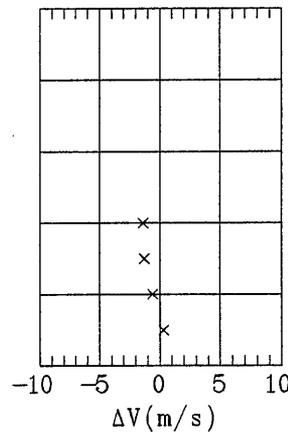
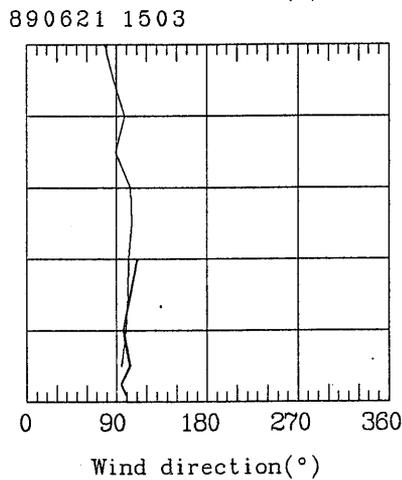
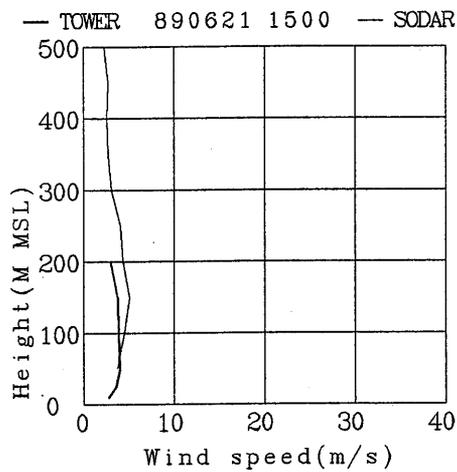
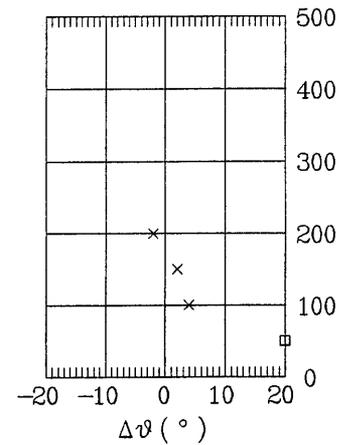
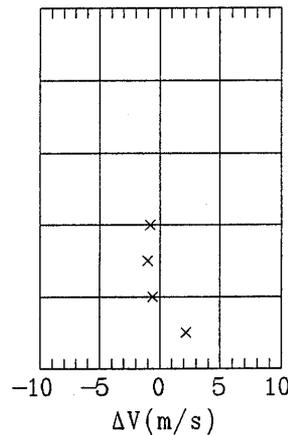
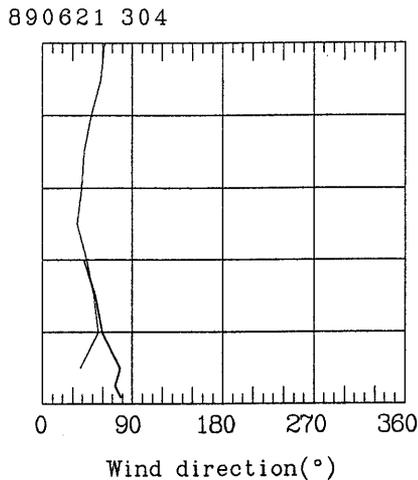
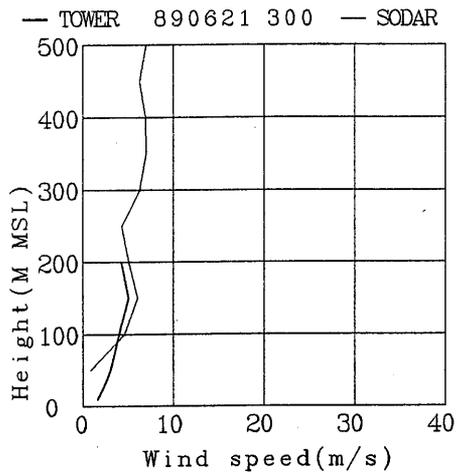


— TOWER 890620 2100 — SODAR

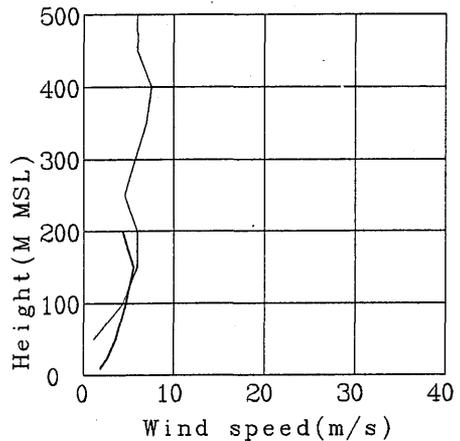


890620 2104

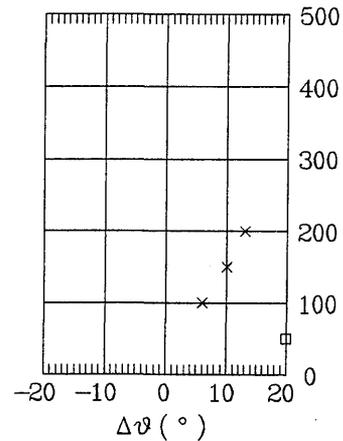
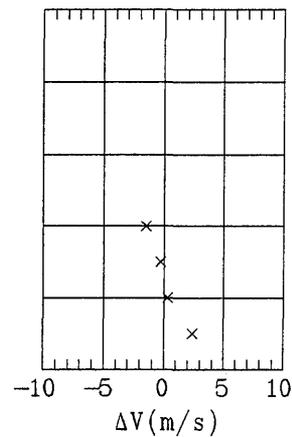
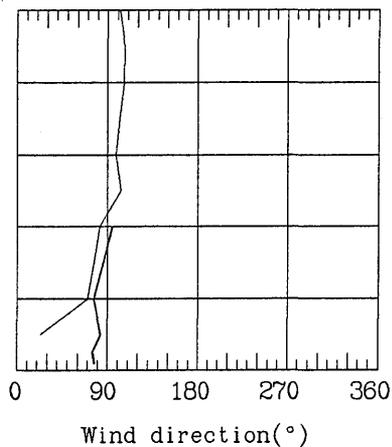




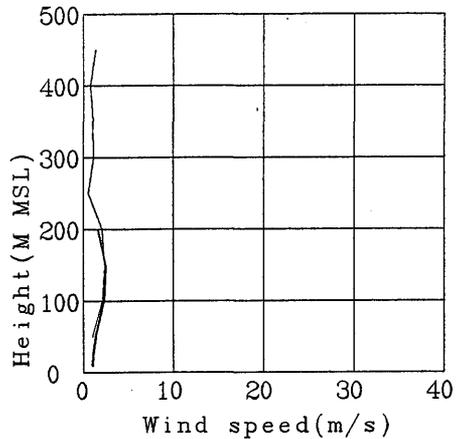
— TOWER 890621 2100 — SODAR



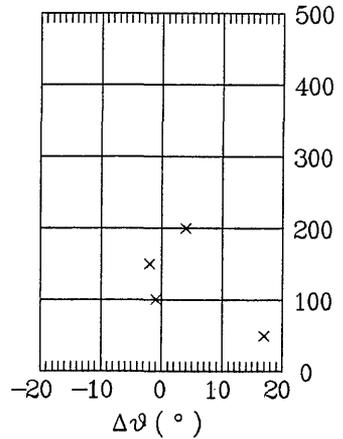
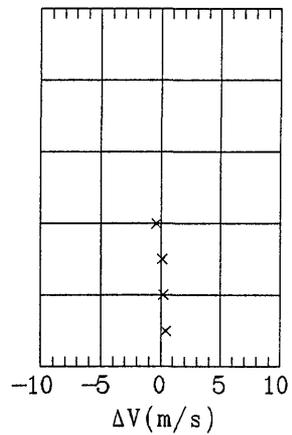
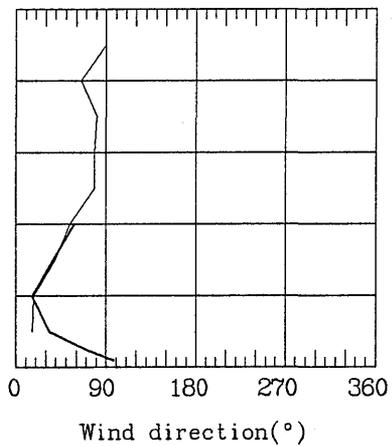
890621 2103

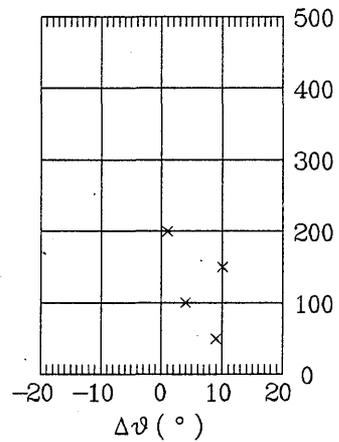
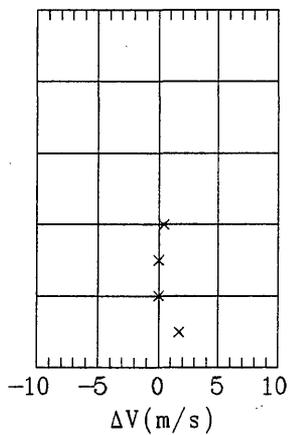
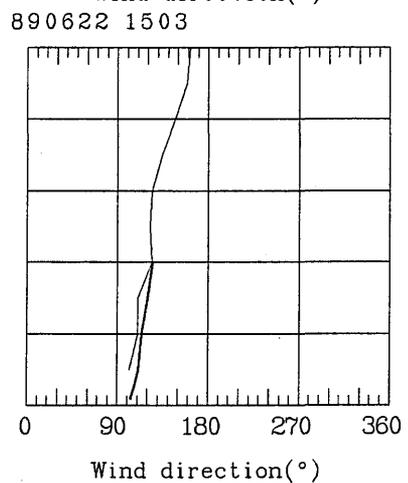
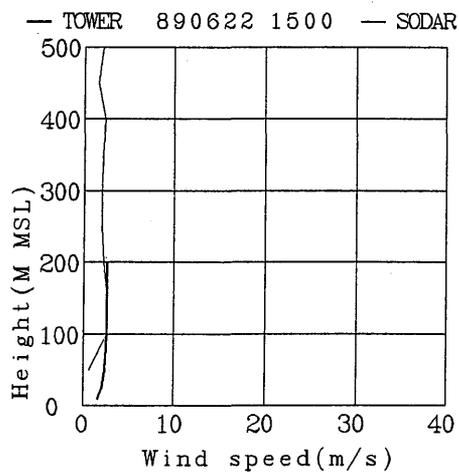
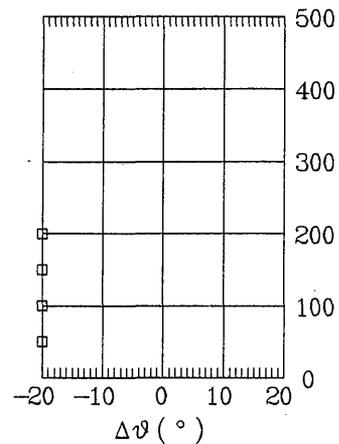
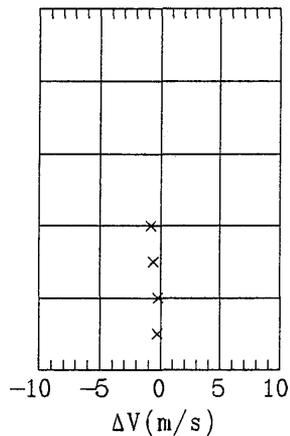
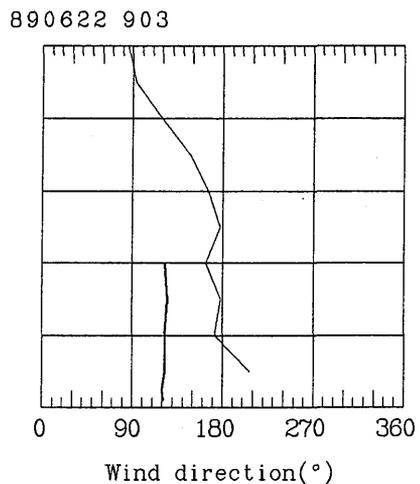
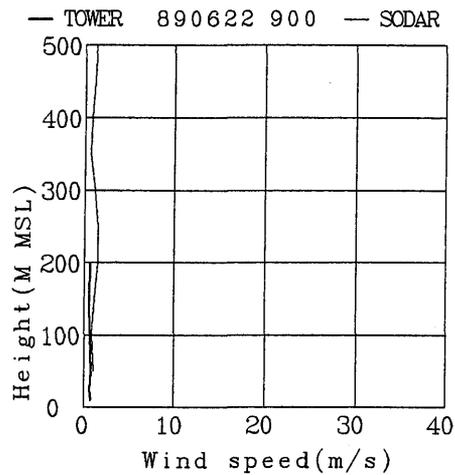


— TOWER 890622 300 — SODAR

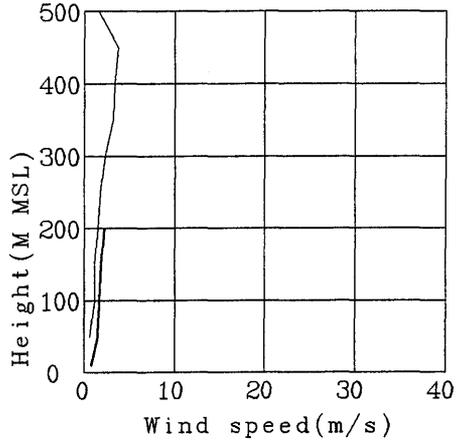


890622 303

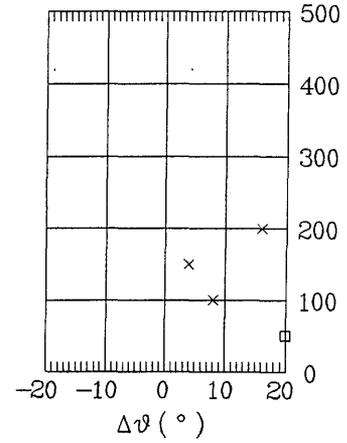
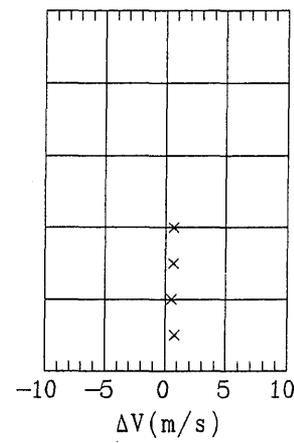
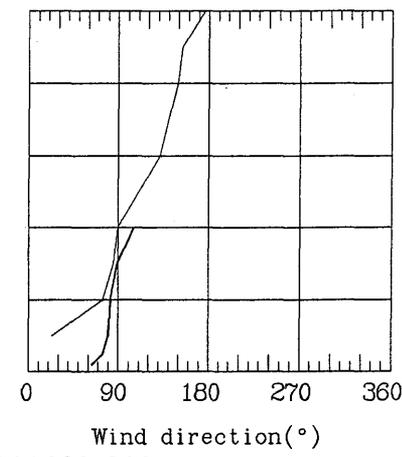




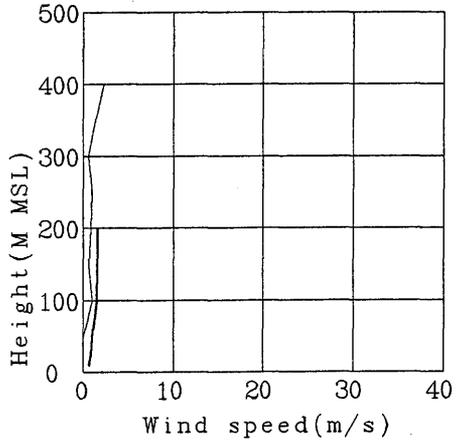
— TOWER 890622 2100 — SODAR



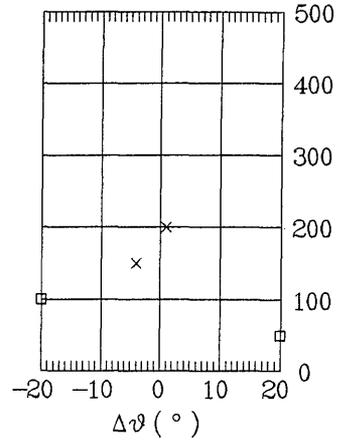
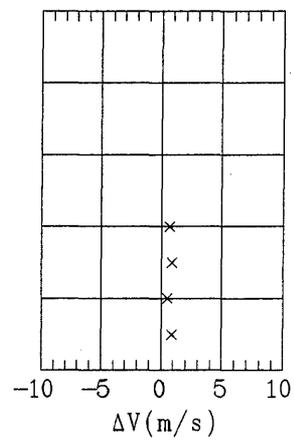
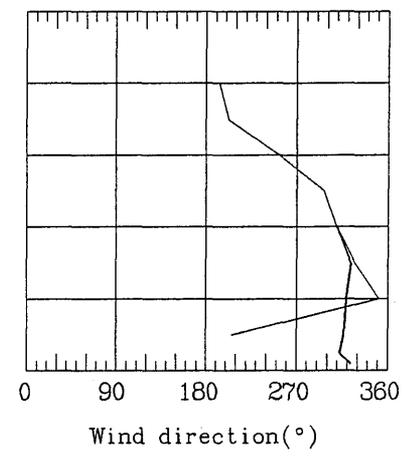
890622 2103

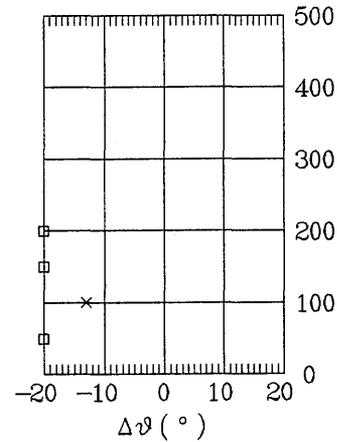
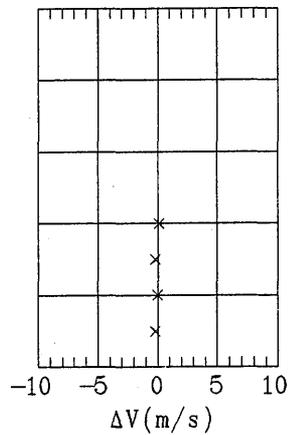
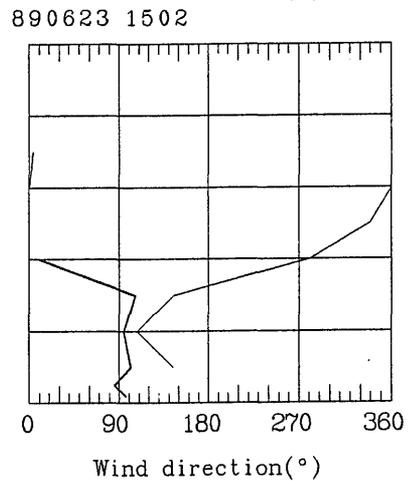
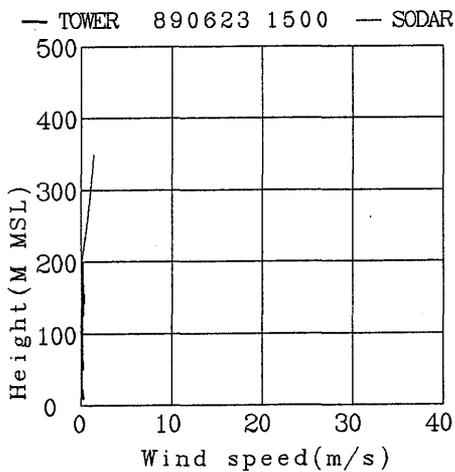
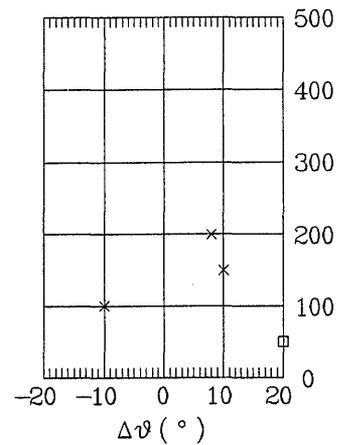
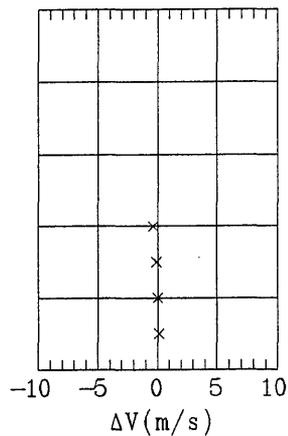
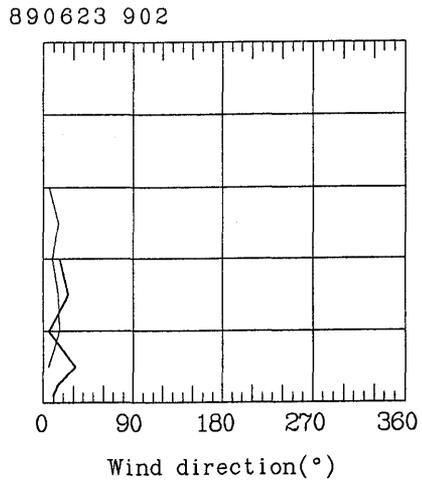
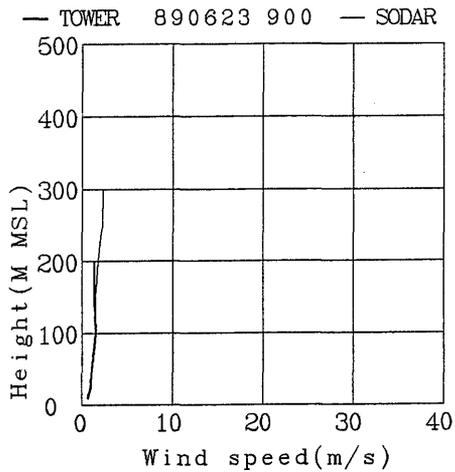


— TOWER 890623 300 — SODAR

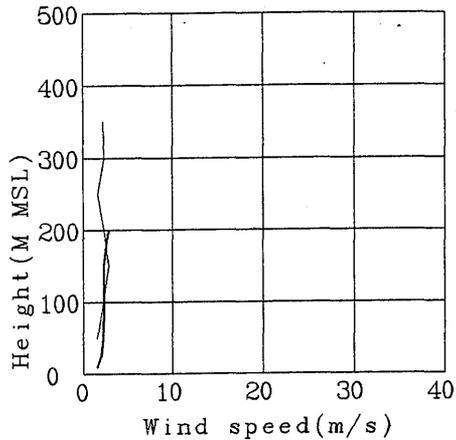


890623 303

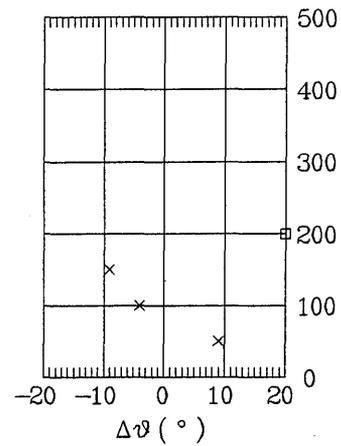
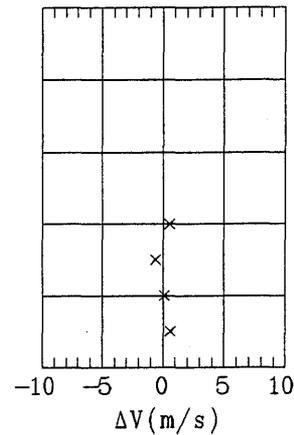
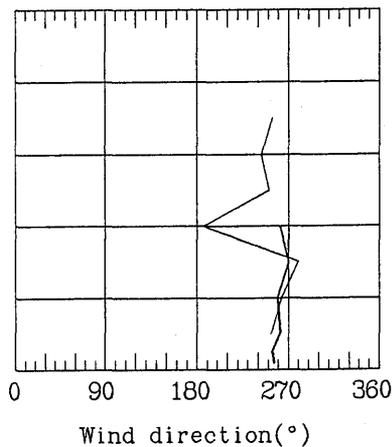




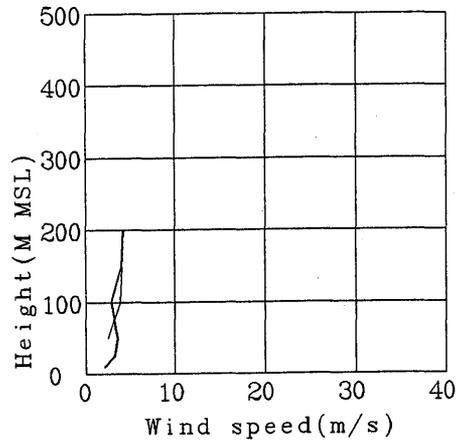
TOWER 890925 900 SODAR



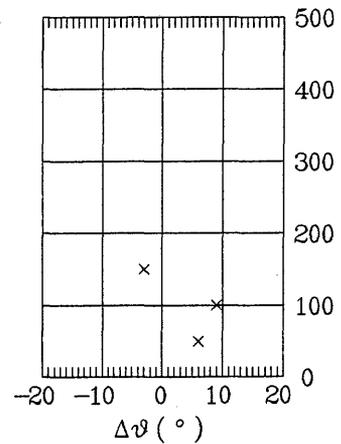
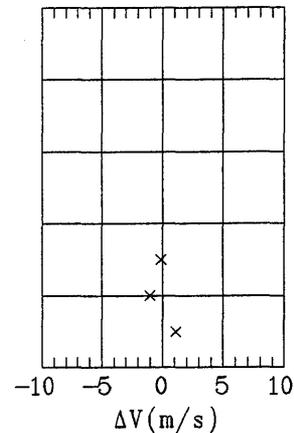
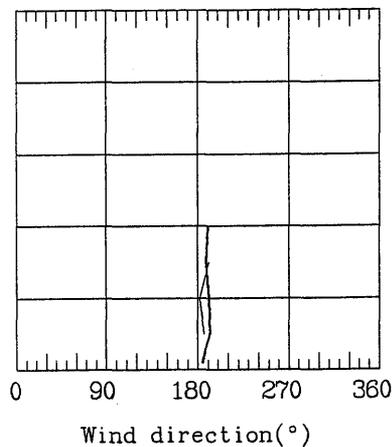
890925 902



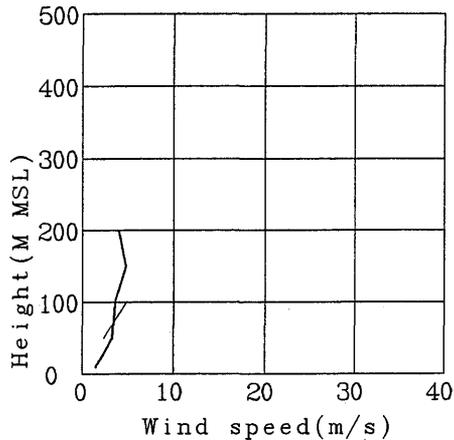
TOWER 890925 1500 SODAR



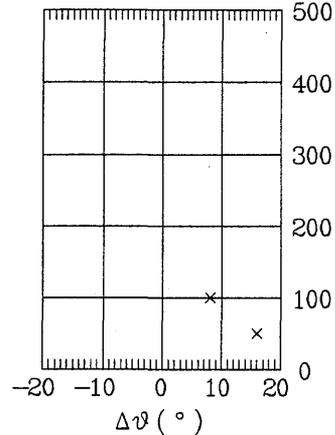
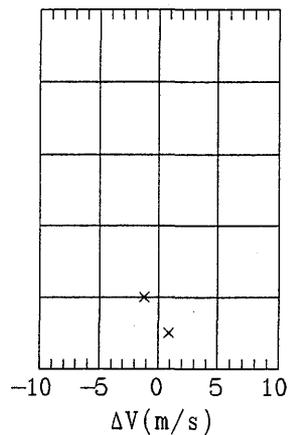
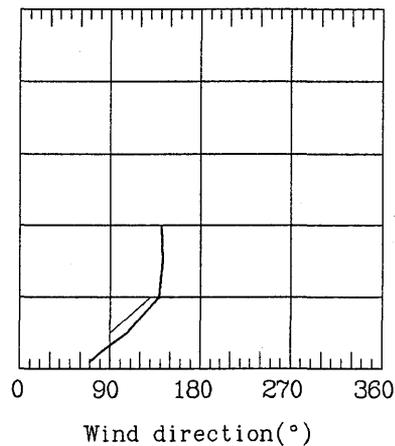
890925 1502



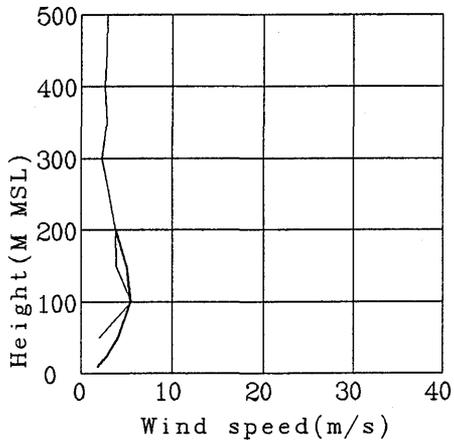
— TOWER 890925 2100 — SODAR



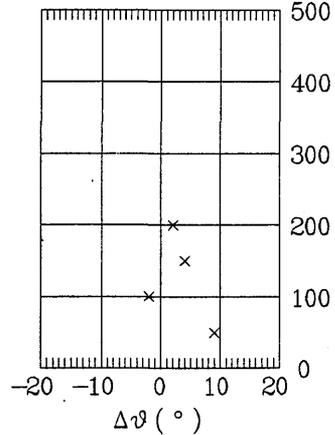
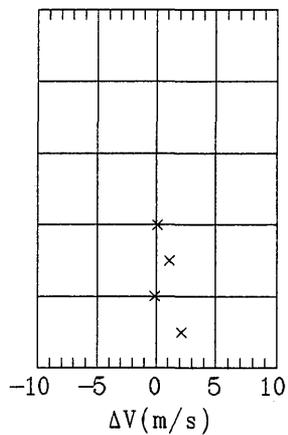
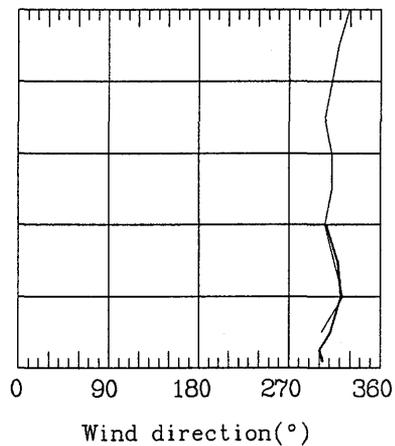
890925 2102



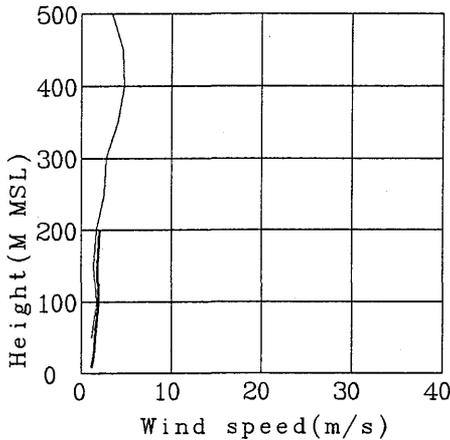
— TOWER 890926 300 — SODAR



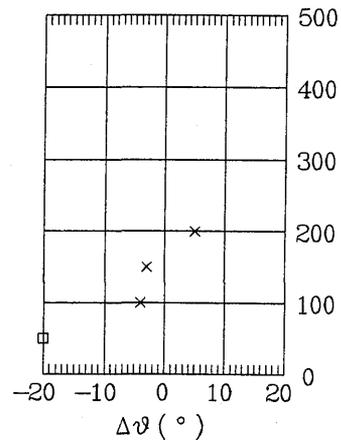
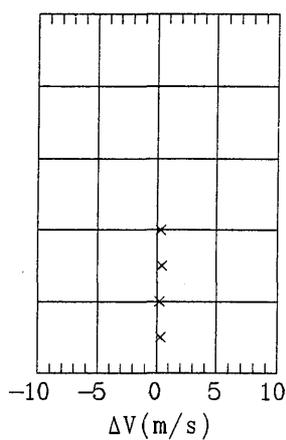
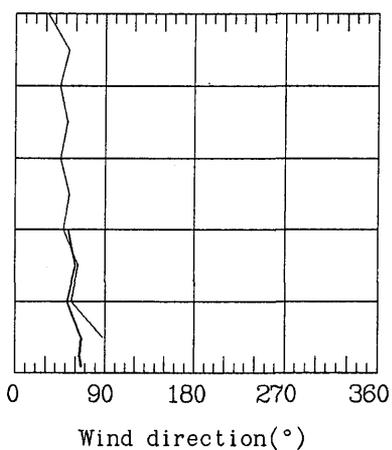
890926 302



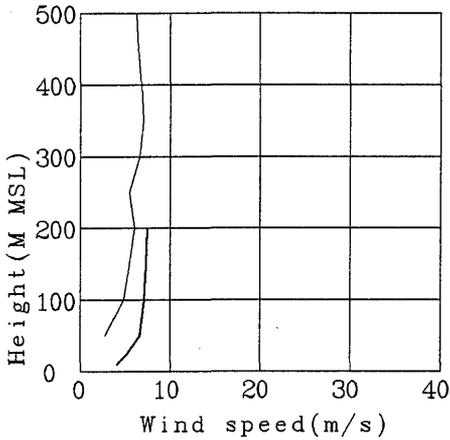
TOWER 890926 900 SODAR



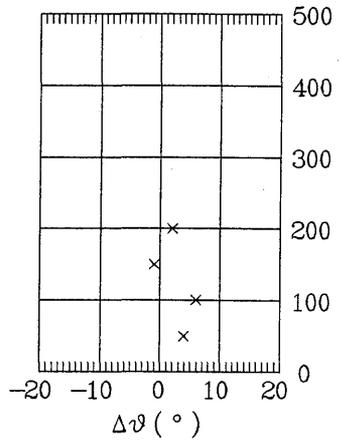
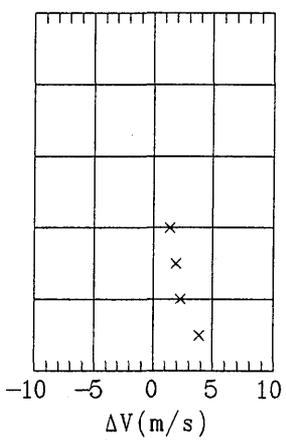
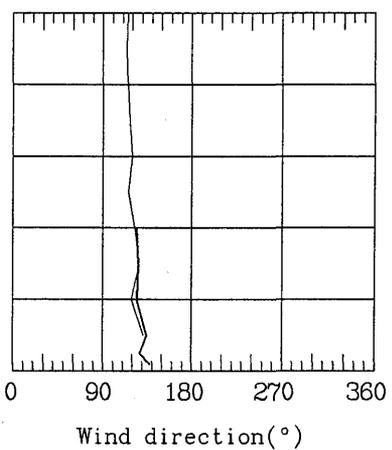
890926 902

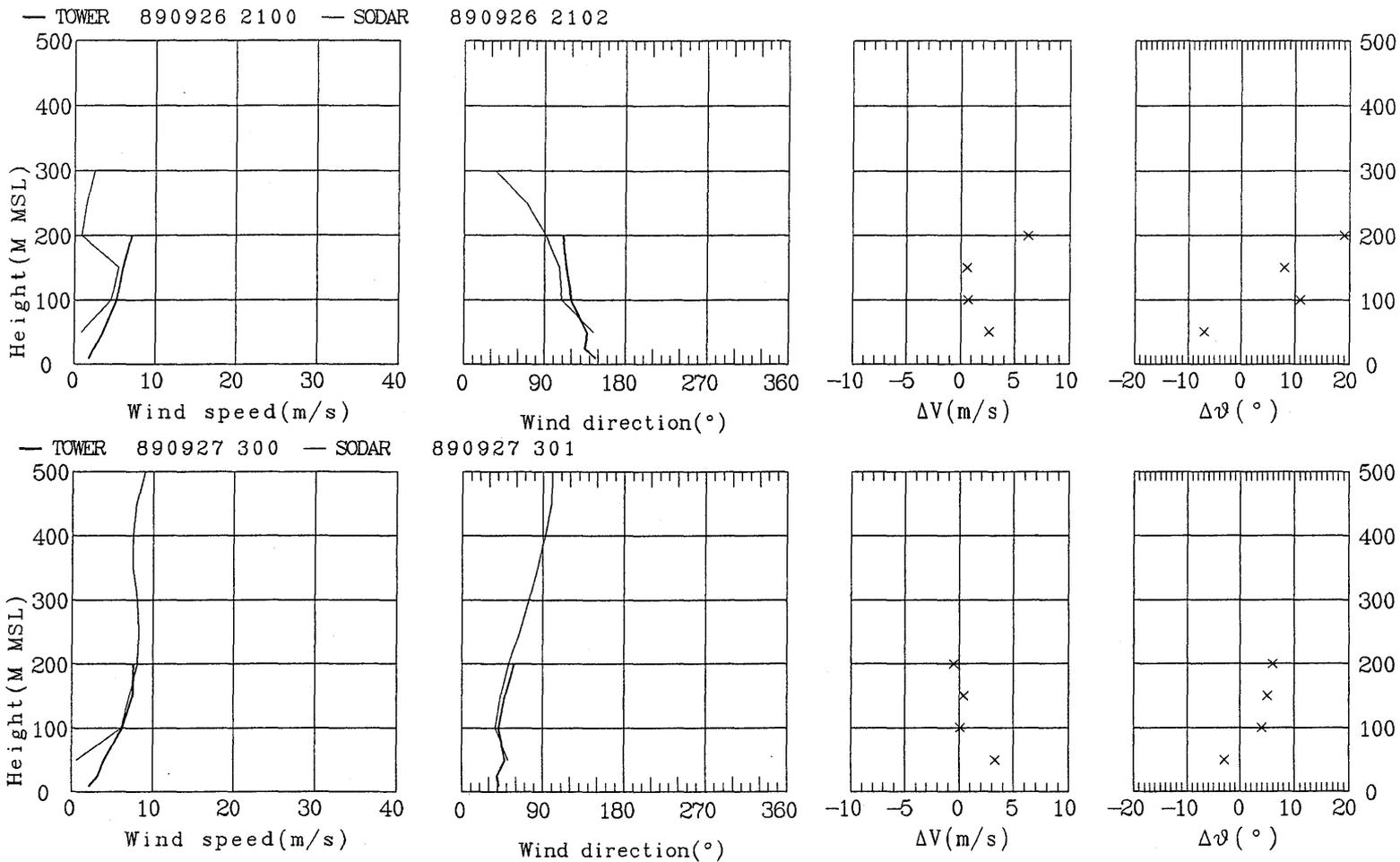


TOWER 890926 1500 SODAR

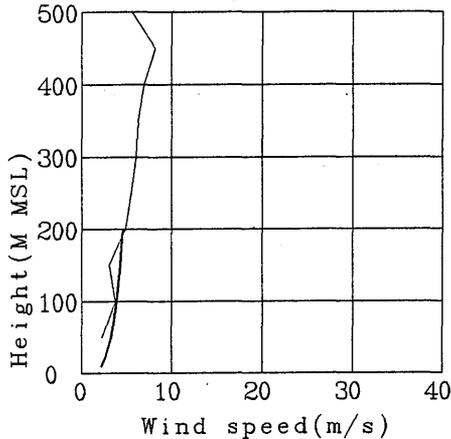


890926 1502

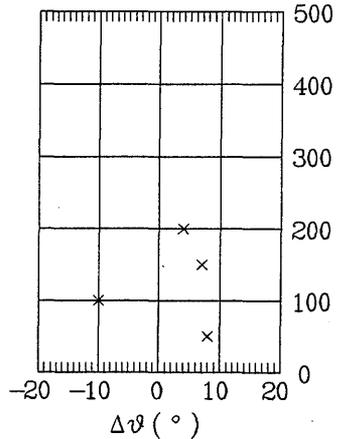
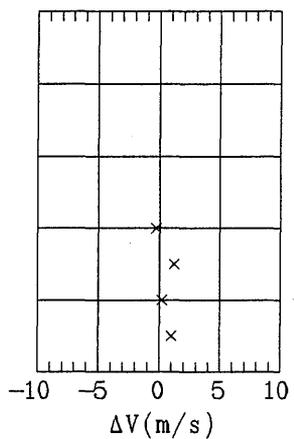
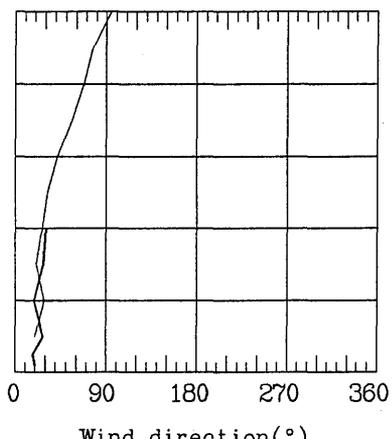




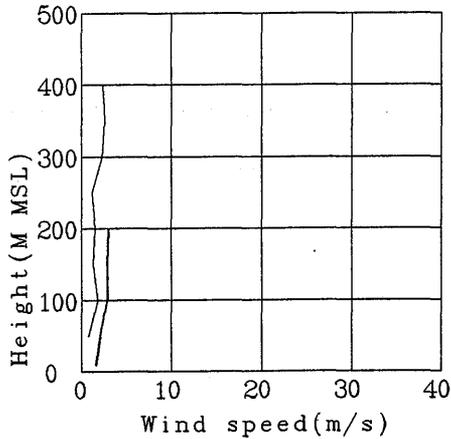
— TOWER 890927 900 — SODAR



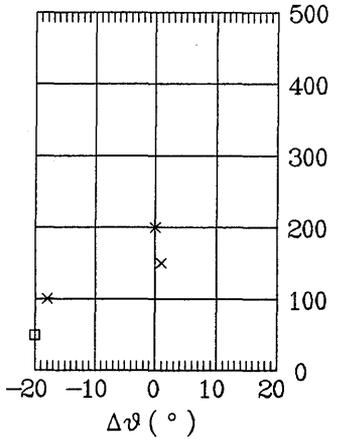
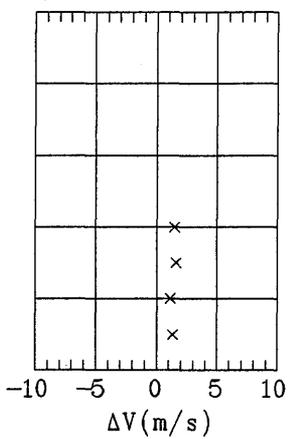
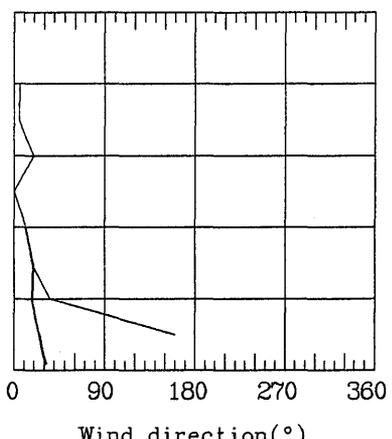
890927 901



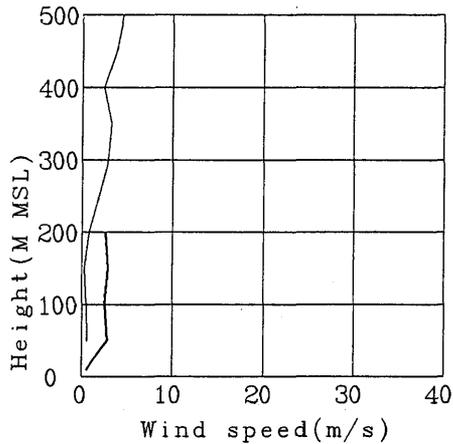
— TOWER 890927 1500 — SODAR



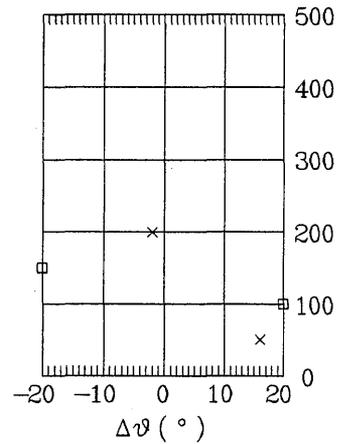
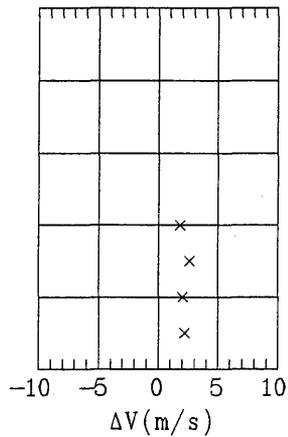
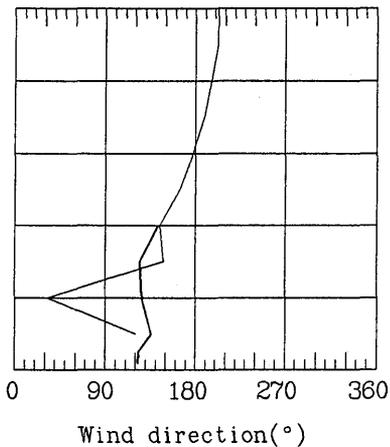
890927 1501



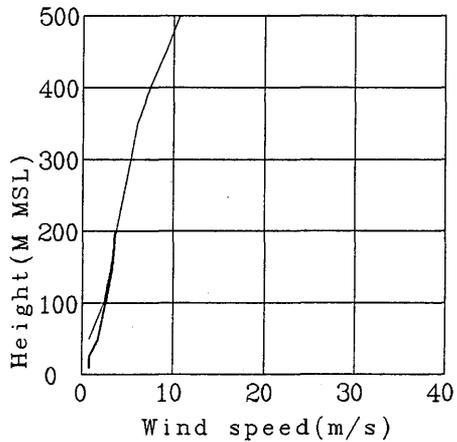
TOWER 890927 2100 SODAR



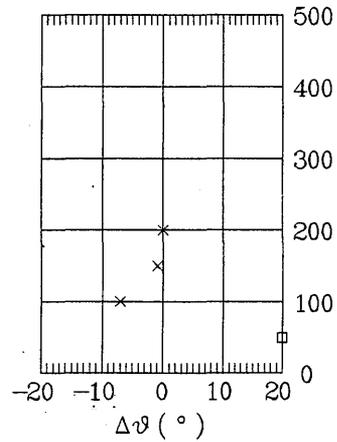
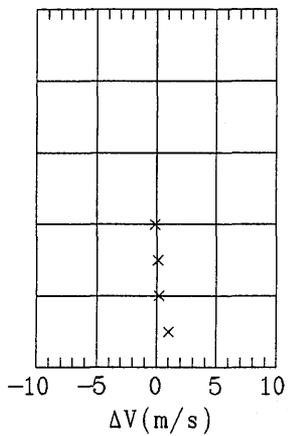
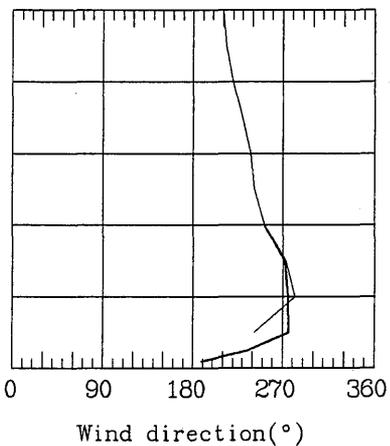
890927 2101



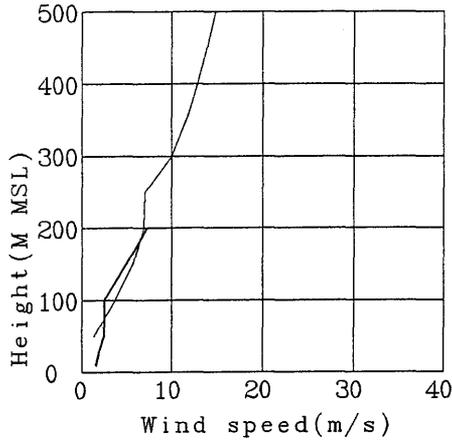
TOWER 890928 300 SODAR



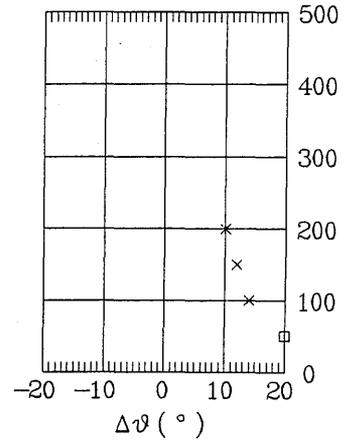
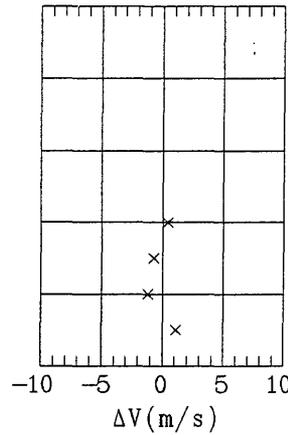
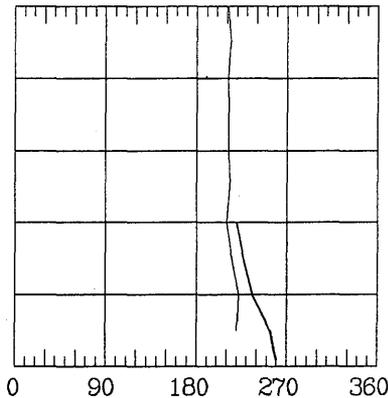
890928 301



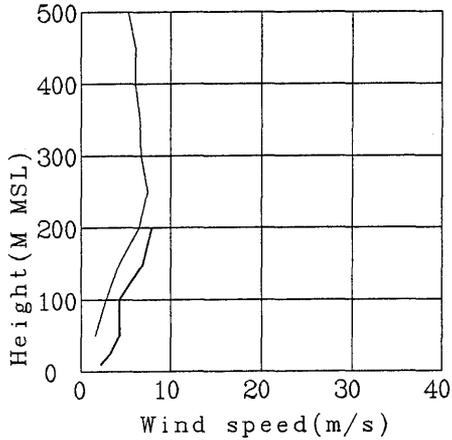
— TOWER 890928 900 — SODAR



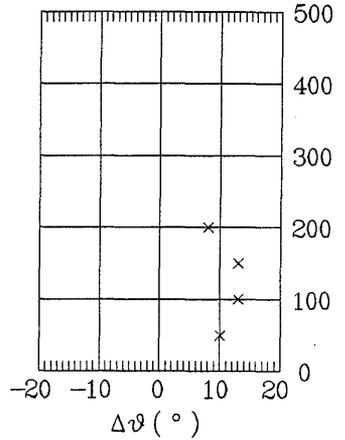
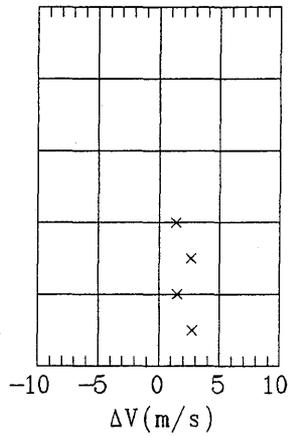
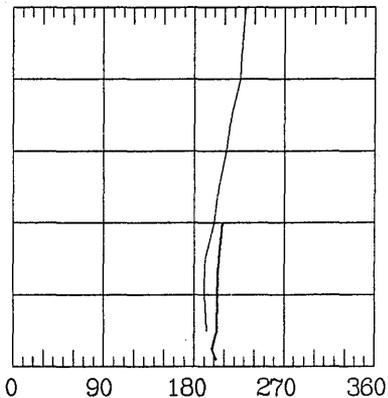
890928 901



— TOWER 890928 1500 — SODAR



890928 1501

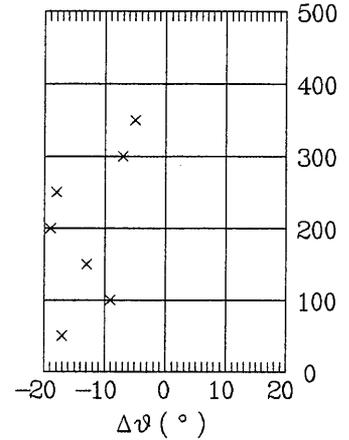
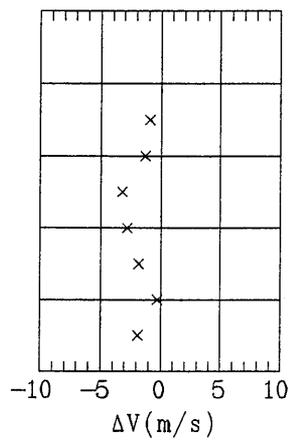
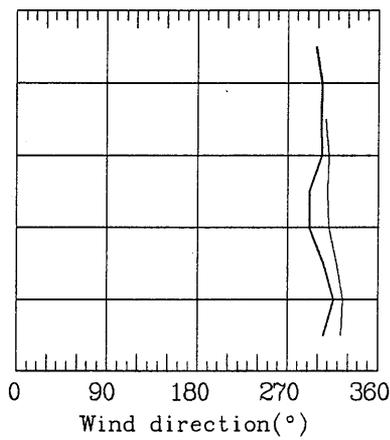
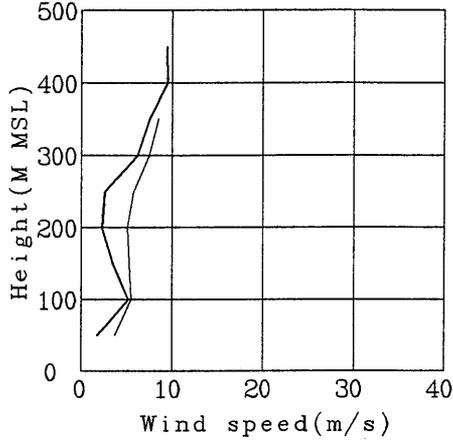


7. 係留気球とドップラーソーダ

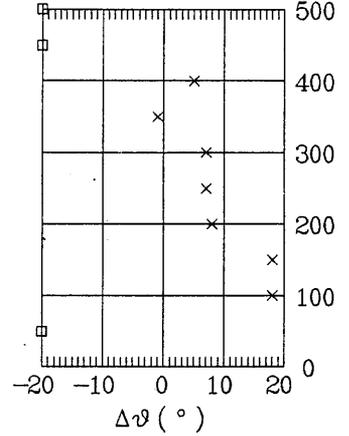
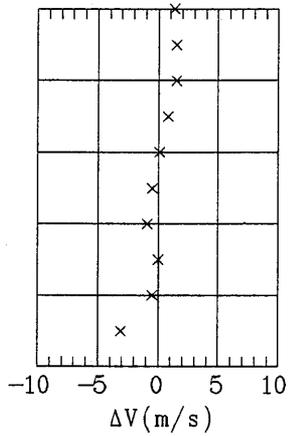
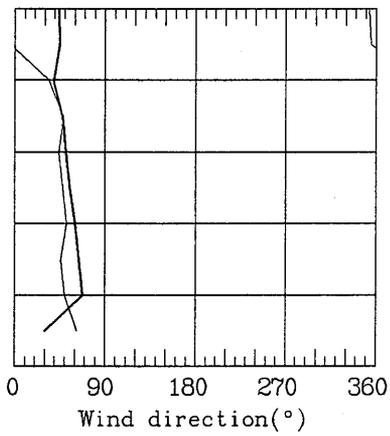
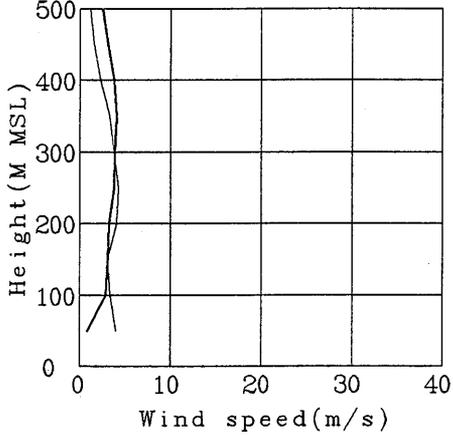
7. 係留気球とドップラーソーダ

係留気球は上昇時の値を使ってソーダの観測高度に対応するデータを内挿して比較する。左から風速，風向，風速の偏差，風向の偏差となる。係留気球の観測開始時刻に近い時刻のソーダの観測値を載せた。偏差はソーダから係留気球を引いたものである。

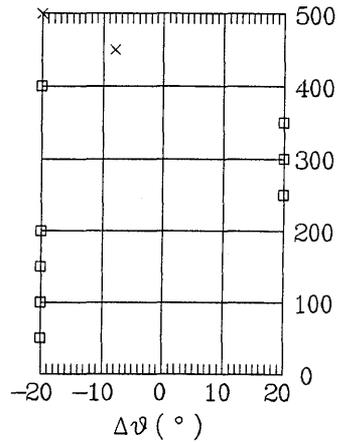
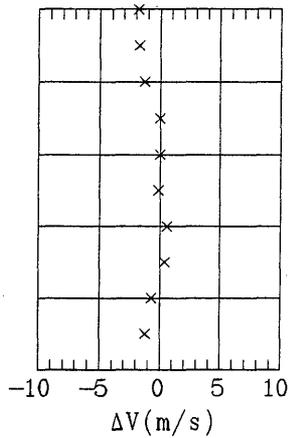
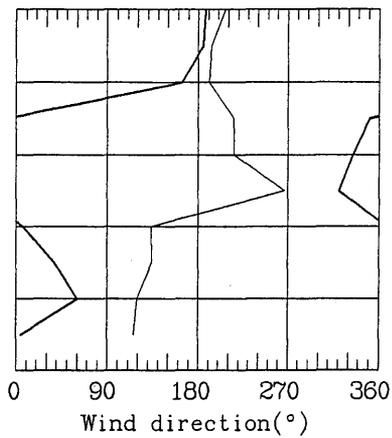
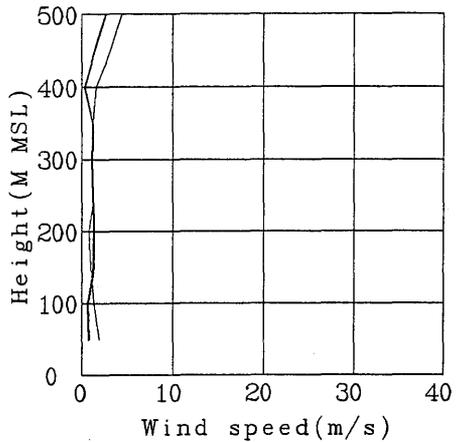
— SODAR 881114 859 — KYTOON 881114 845



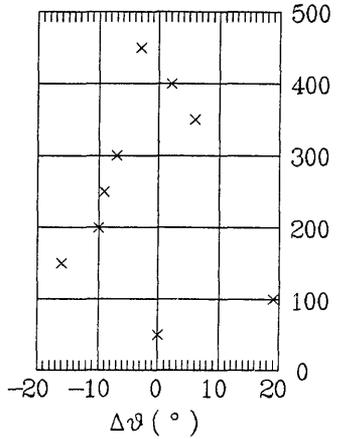
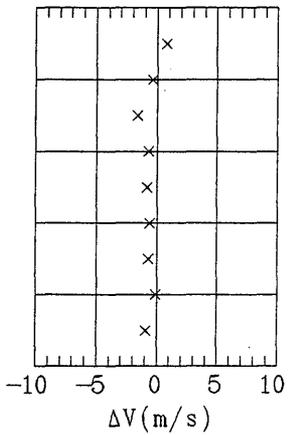
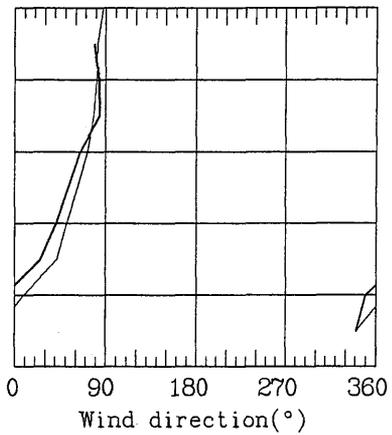
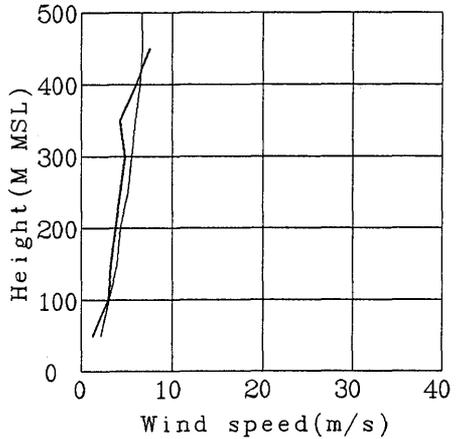
— SODAR 881114 1449 — KYTOON 881114 1440



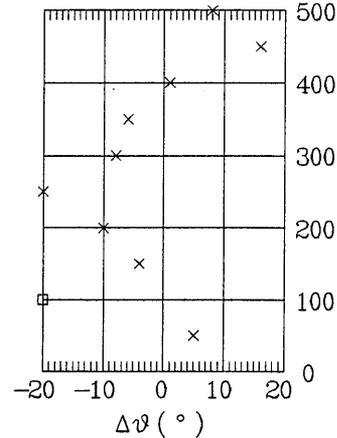
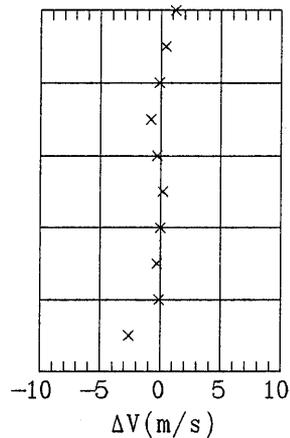
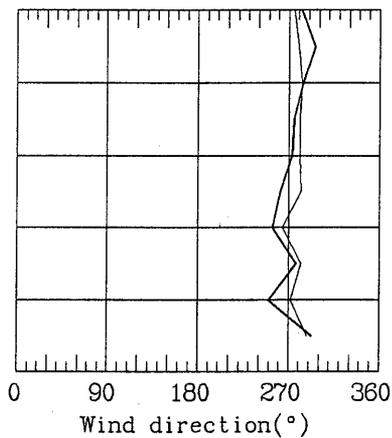
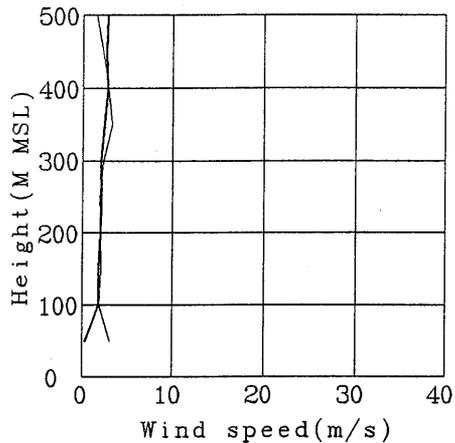
— SODAR 881114 2029 — KYTOON 881114 2031



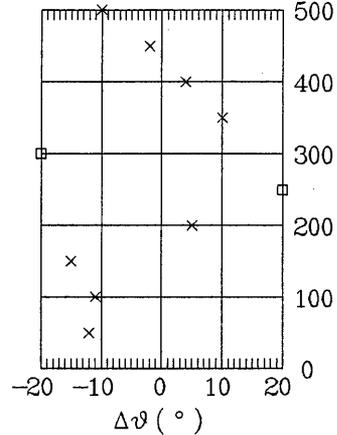
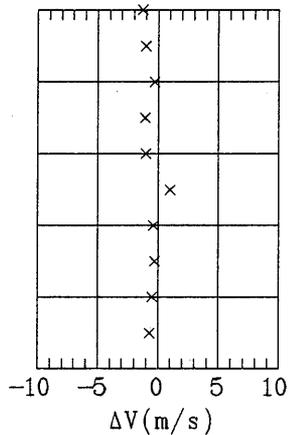
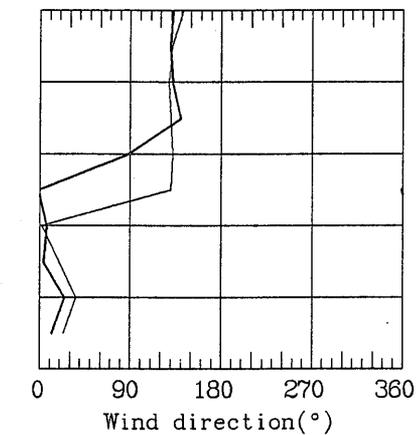
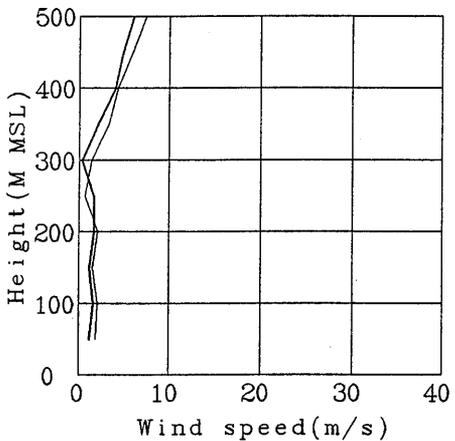
— SODAR 881115 838 — KYTOON 881115 837



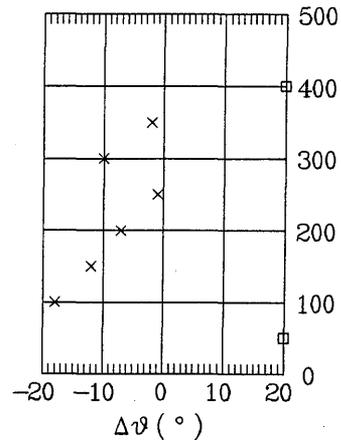
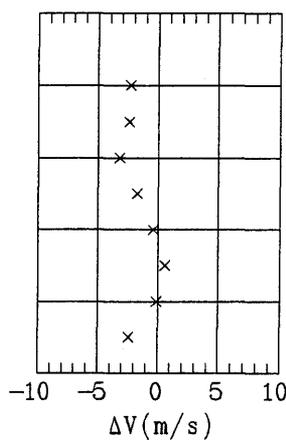
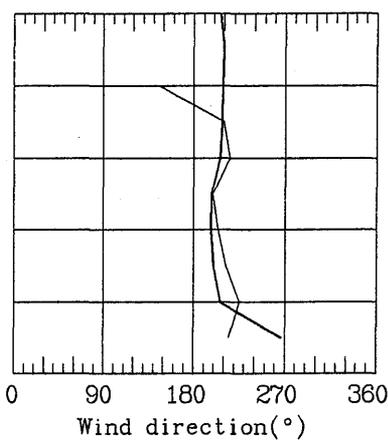
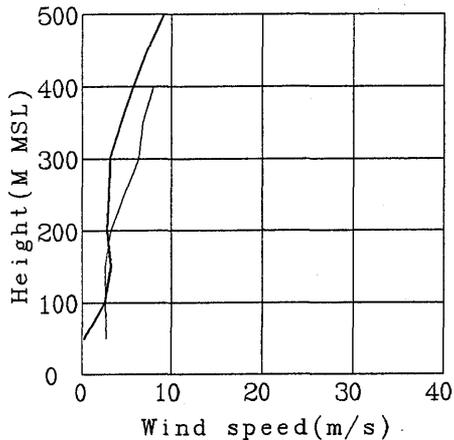
— SODAR 881115 1448 — KYTOON 881115 1446



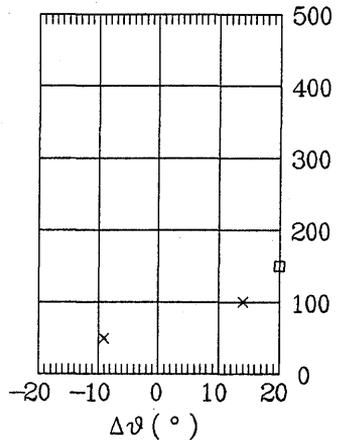
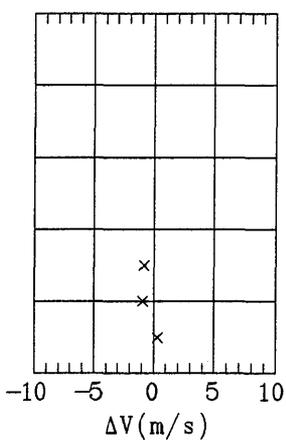
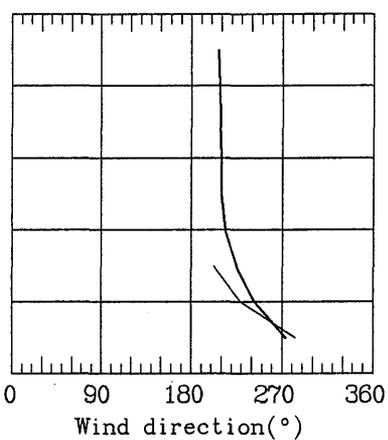
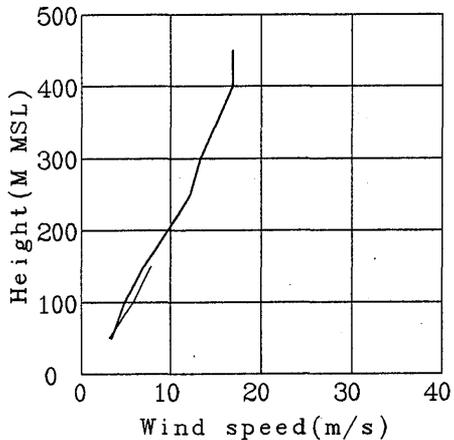
— SODAR 881116 848 — KYTOON 881116 849



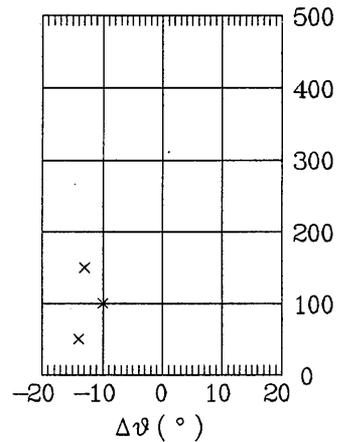
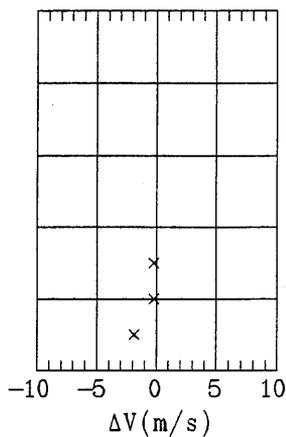
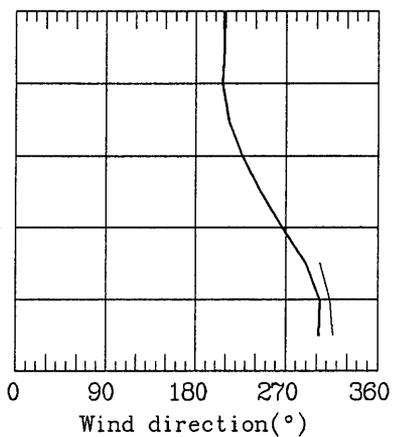
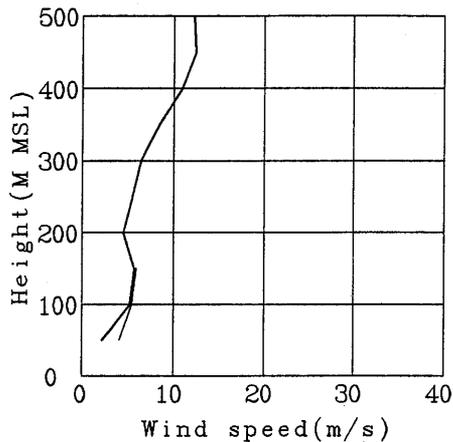
— SODAR 881116 1428 — KYTOON 881116 1424



— SODAR 881116 1758 — KYTOON 881116 1758

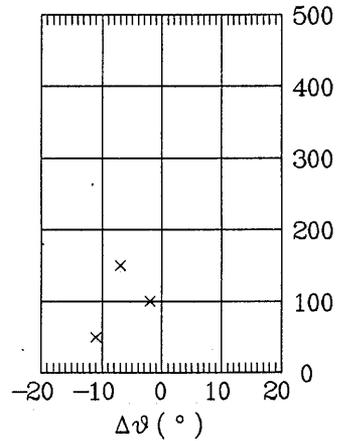
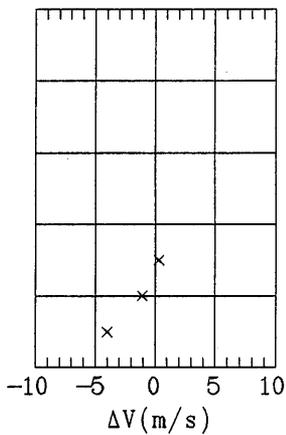
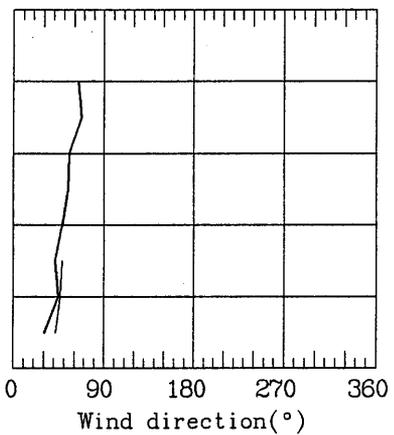
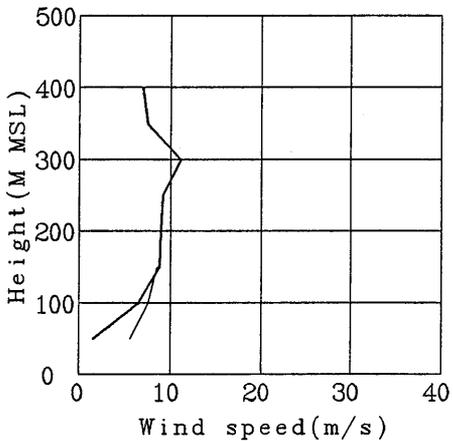


— SODAR 881116 2048 — KYTOON 881116 2043

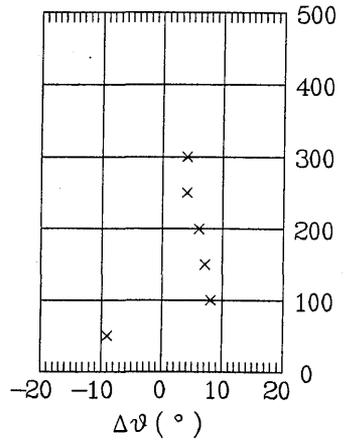
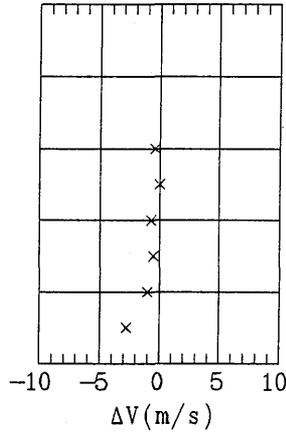
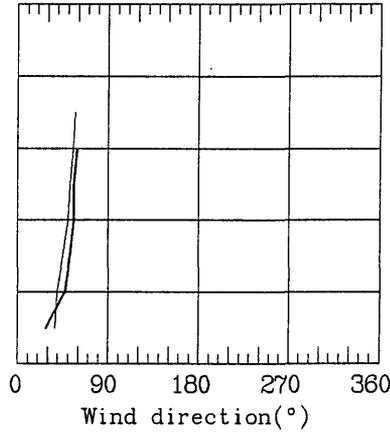
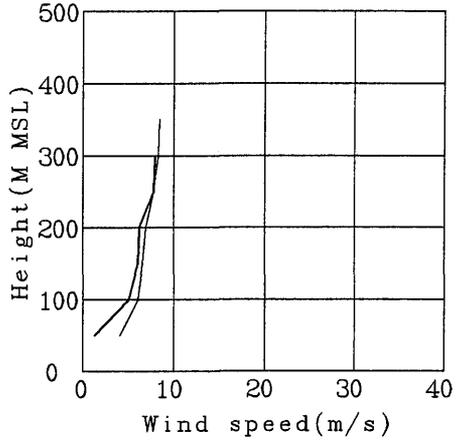


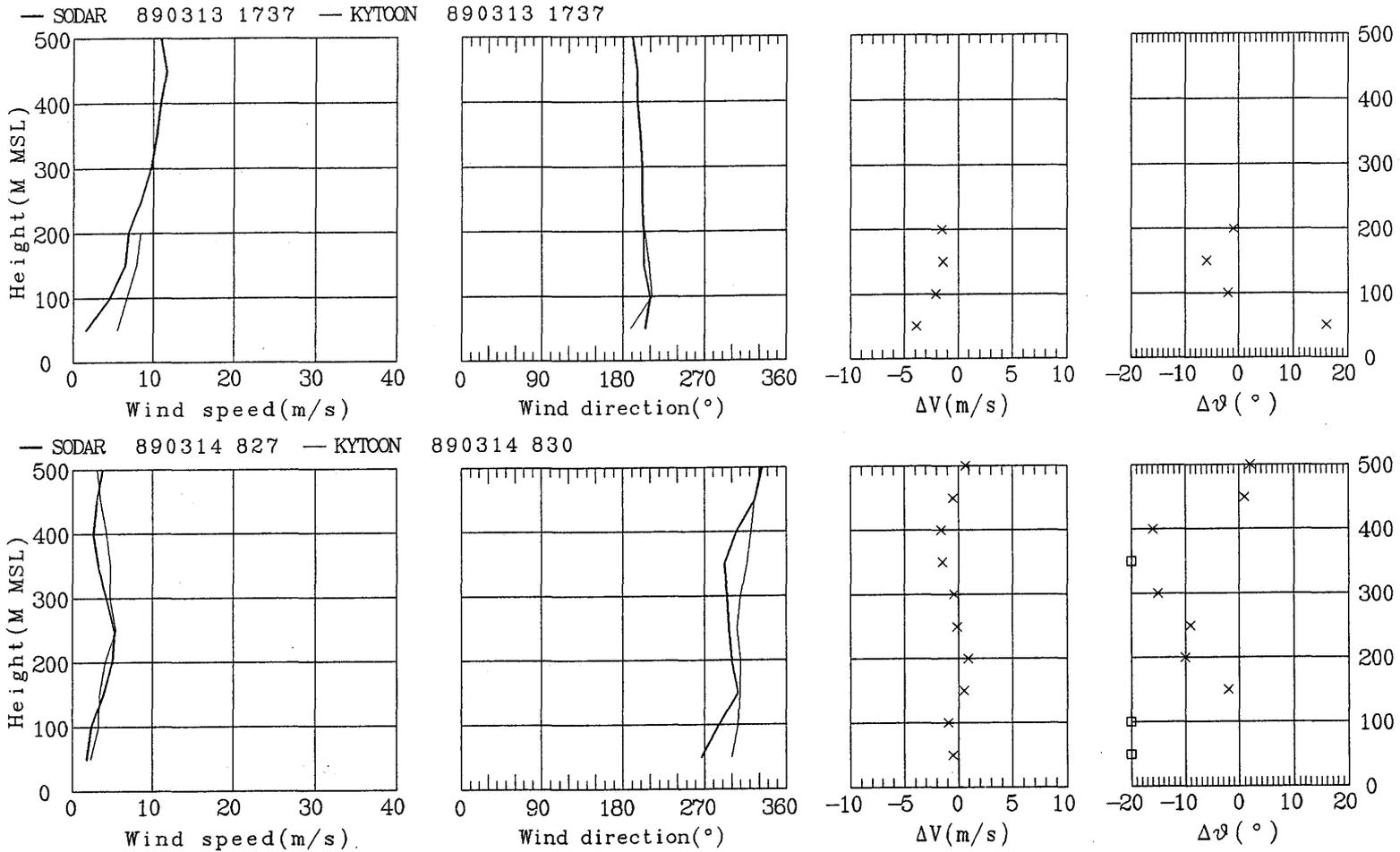
— SODAR 881117 837 — KYTOON 881117 837

881117 837

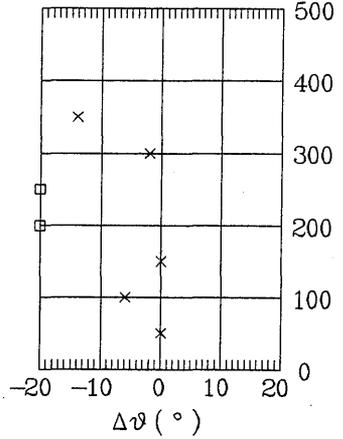
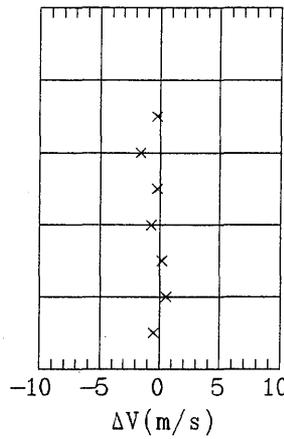
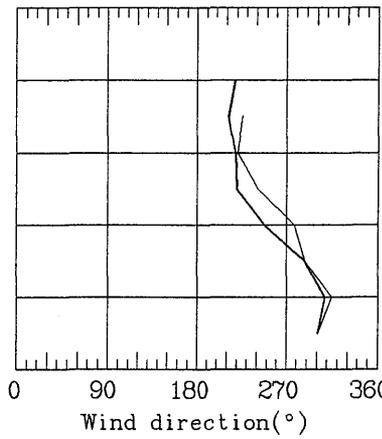
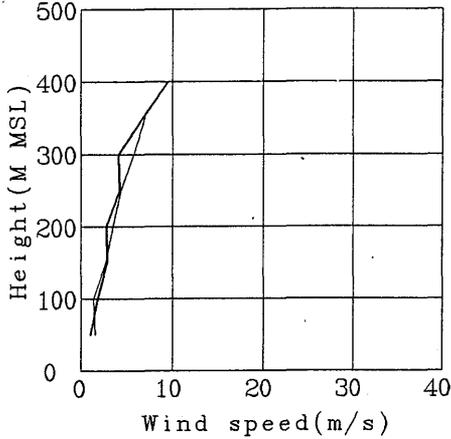


— SODAR 881117 1747 — KYTOON 881117 1748

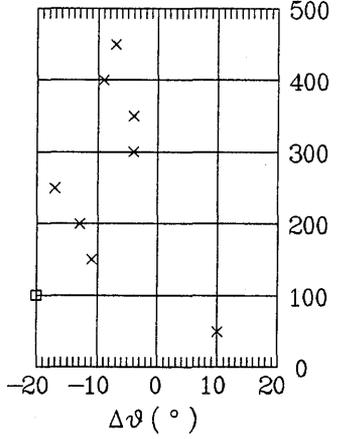
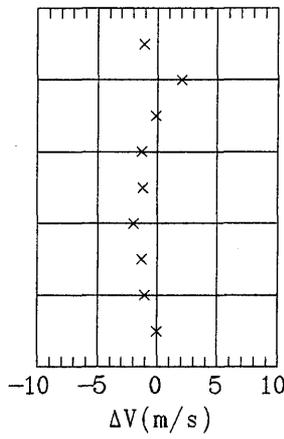
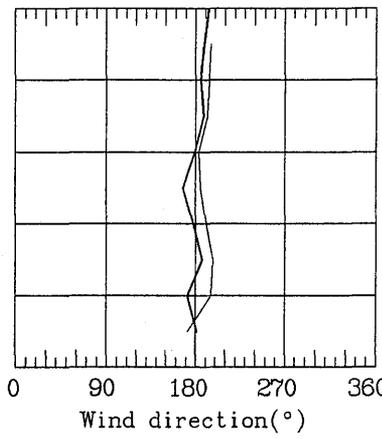
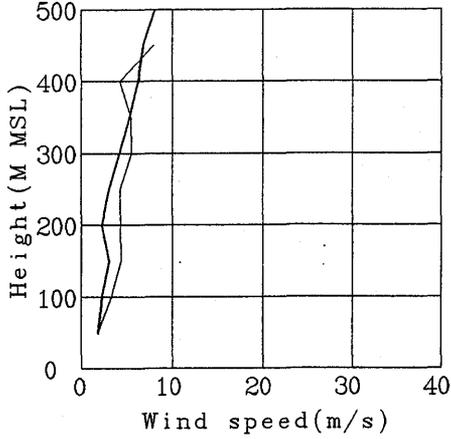




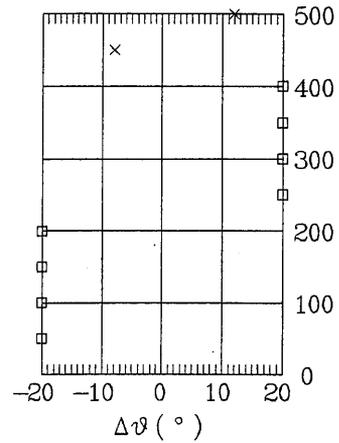
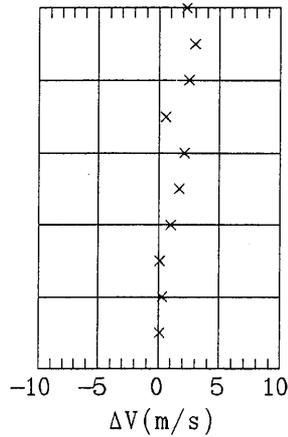
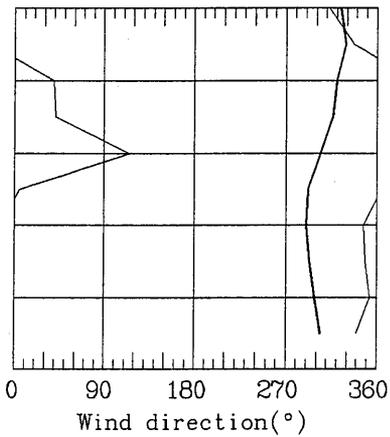
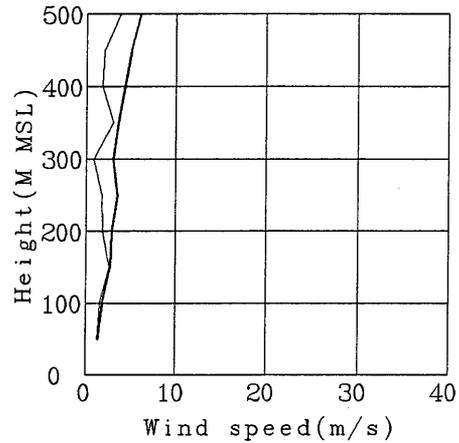
— SODAR 890313 917 — KYTOON 890313 906



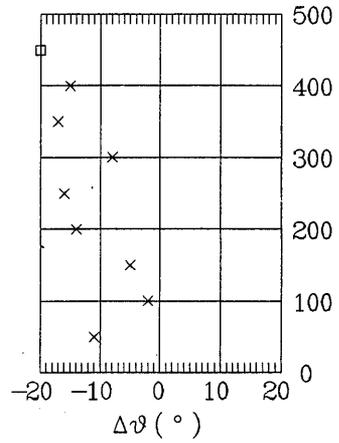
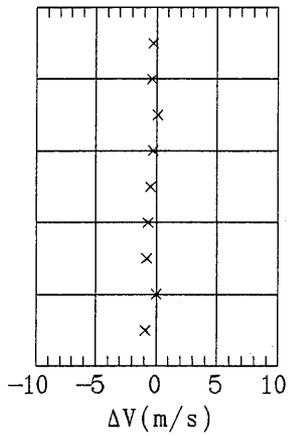
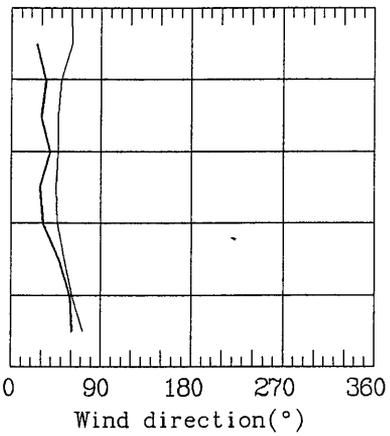
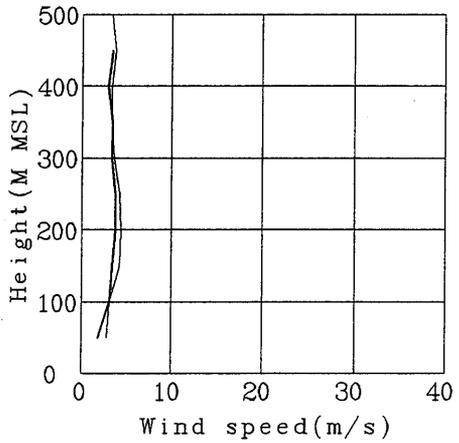
— SODAR 890313 1137 — KYTOON 890313 1134



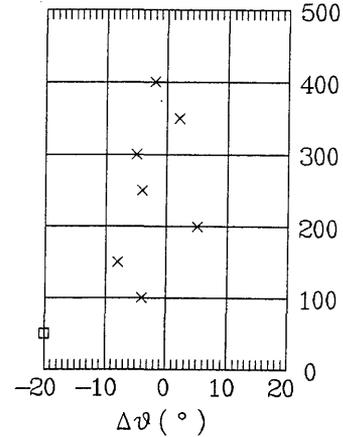
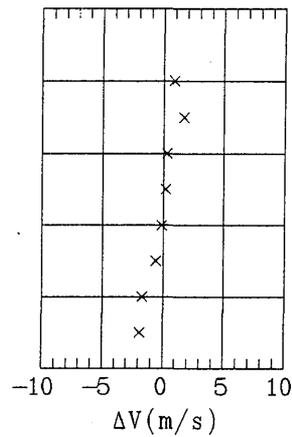
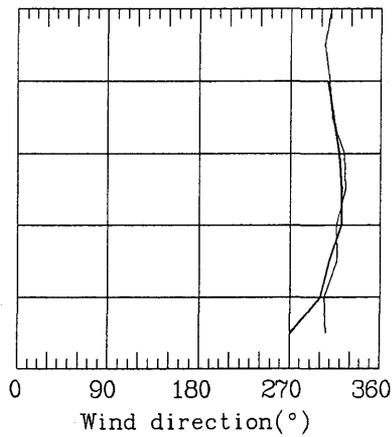
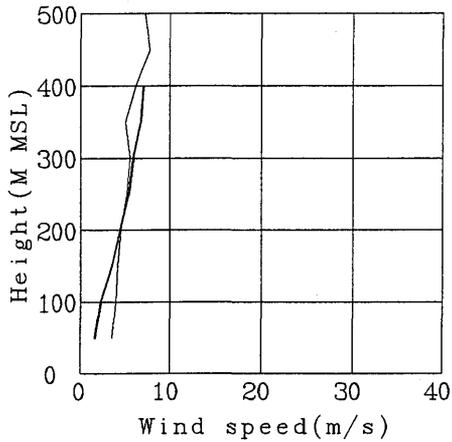
— SODAR 890314 1426 — KYTOON 890314 1430



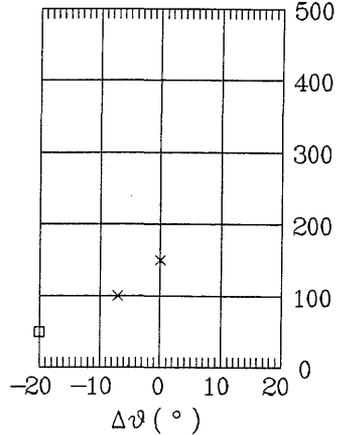
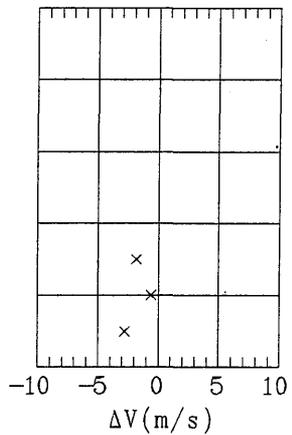
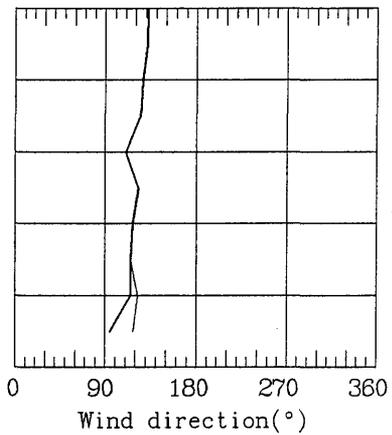
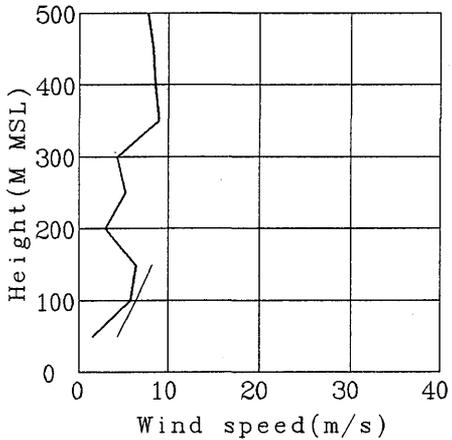
— SODAR 890314 2026 — KYTOON 890314 2029



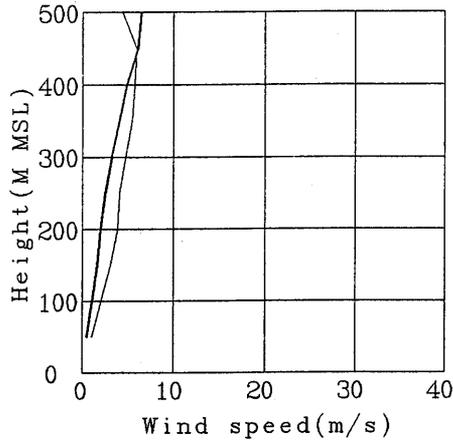
— SODAR 890315 836 — KYTOON 890315 834



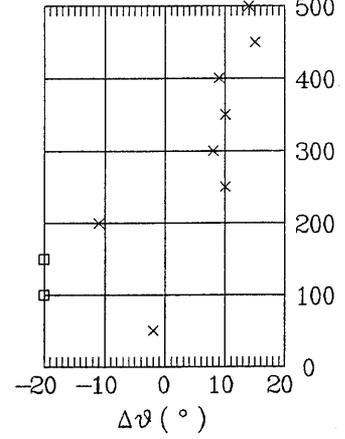
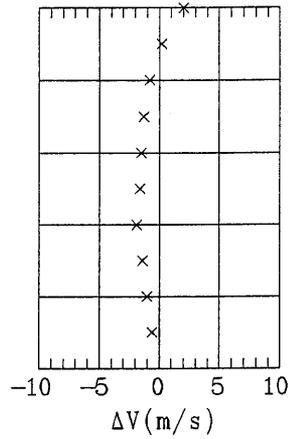
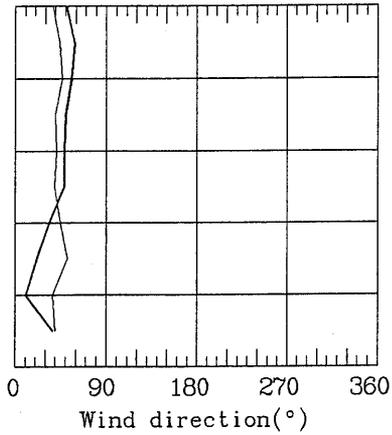
— SODAR 890316 2035 — KYTOON 890316 2033



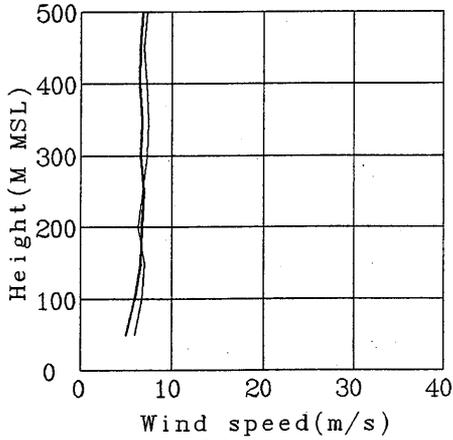
— SODAR 890620 844 — KYTOON



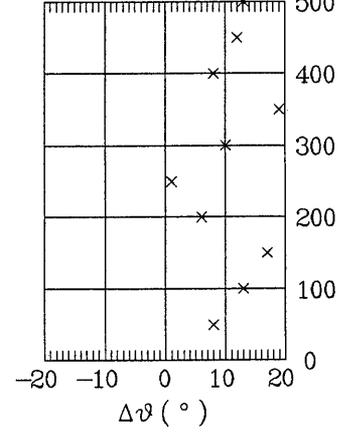
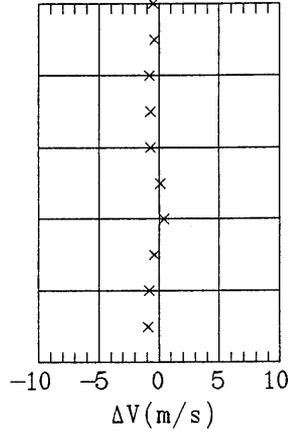
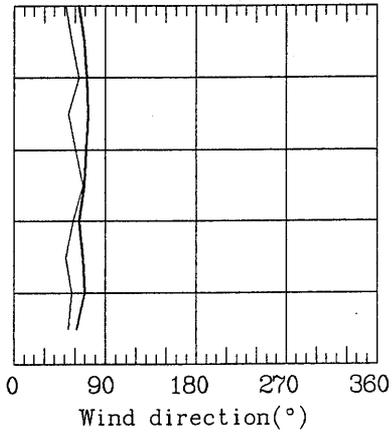
890620 848



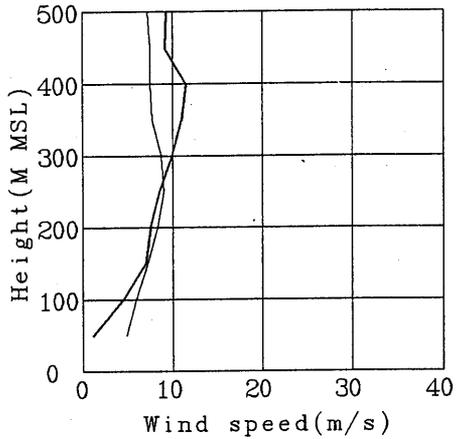
— SODAR 890620 1444 — KYTOON



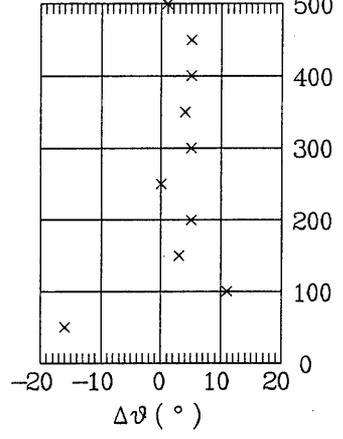
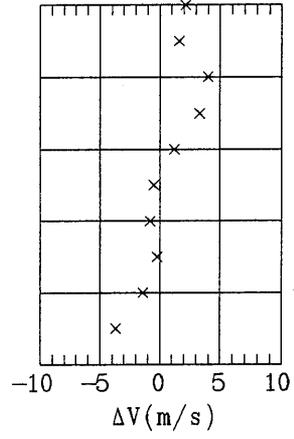
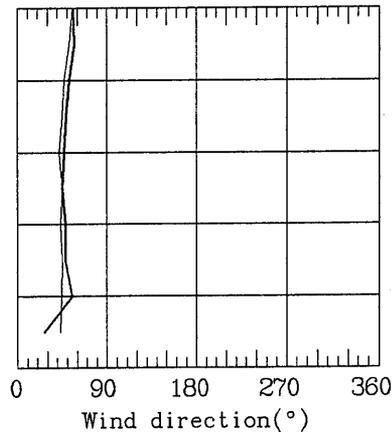
890620 1442



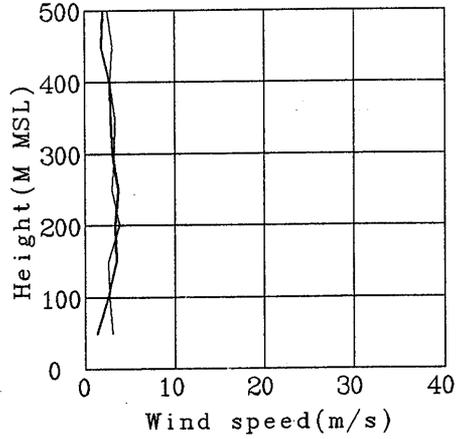
— SODAR 890620 2024 — KYTOON



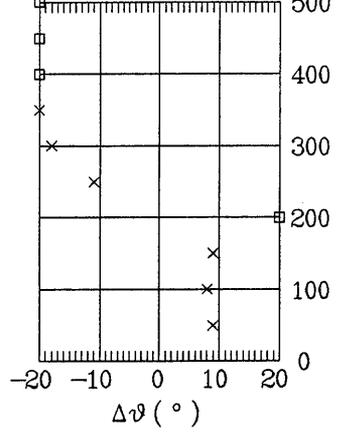
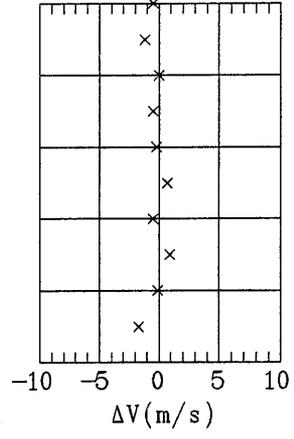
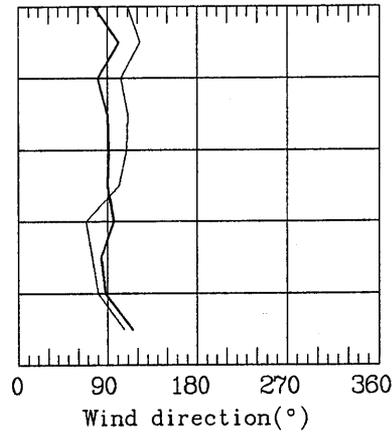
890620 2022



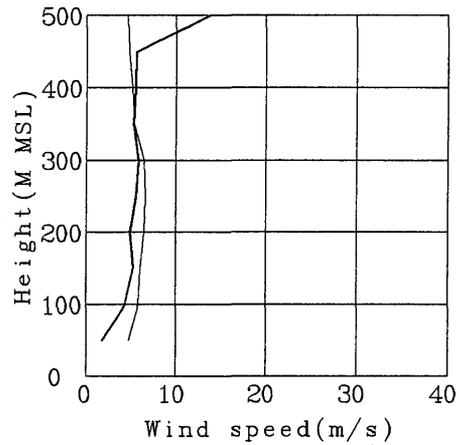
— SODAR 890621 1433 — KYTOON



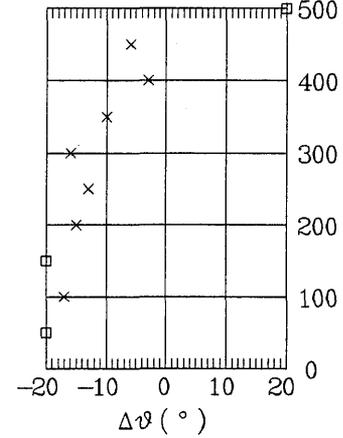
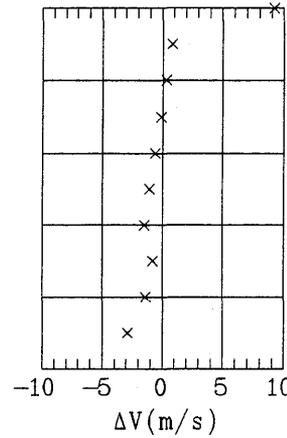
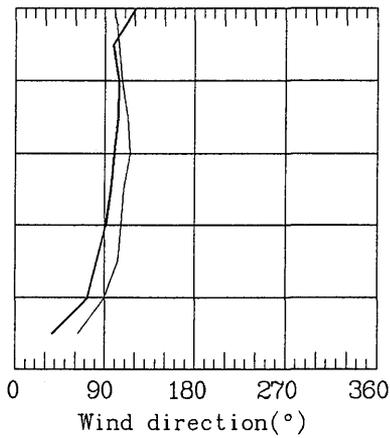
890621 1433



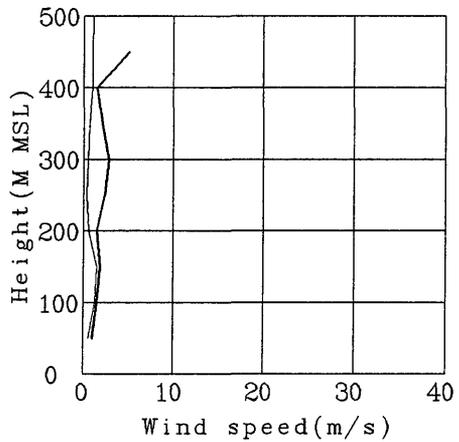
— SODAR 890621 2033 — KYTOON



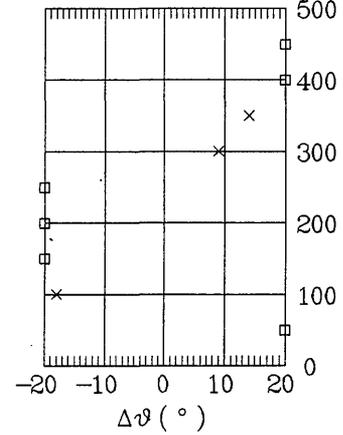
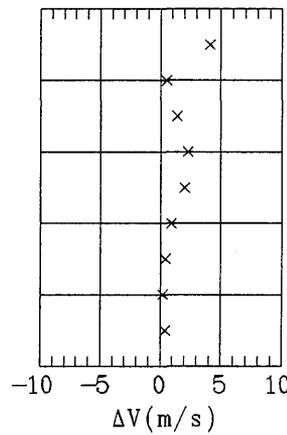
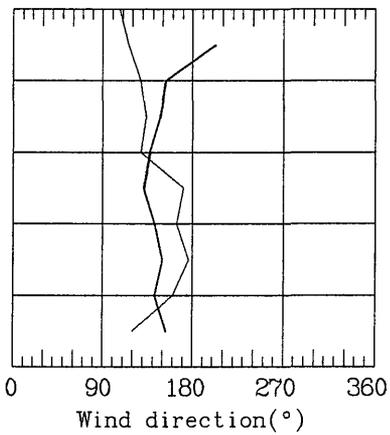
890621 2034



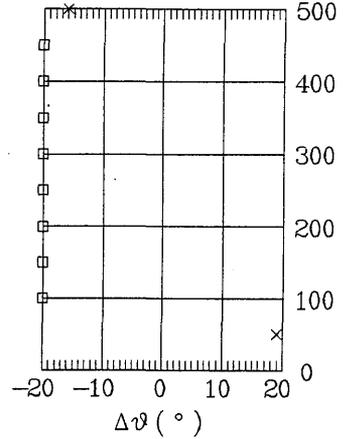
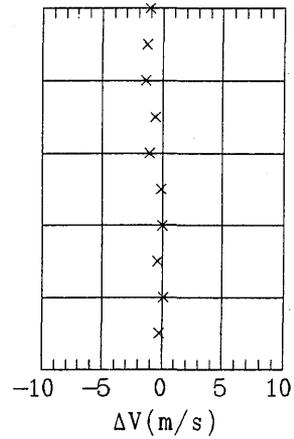
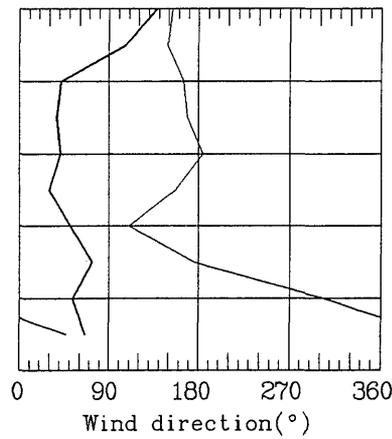
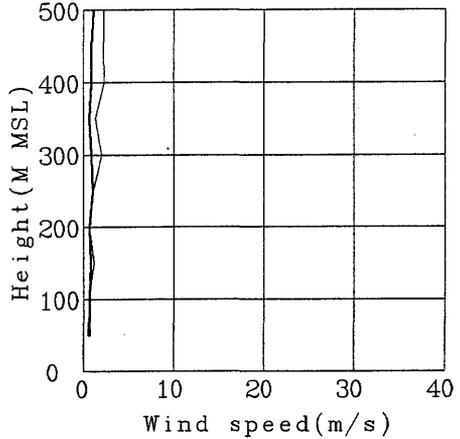
— SODAR 890622 823 — KYTOON



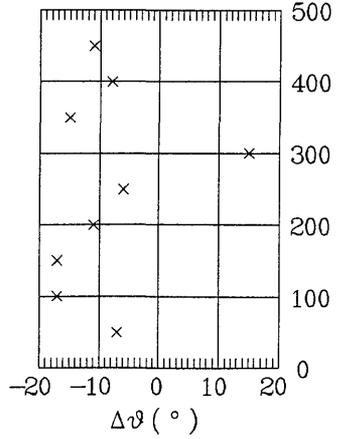
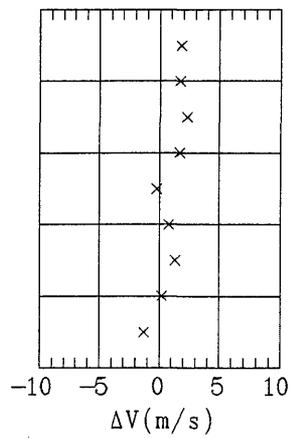
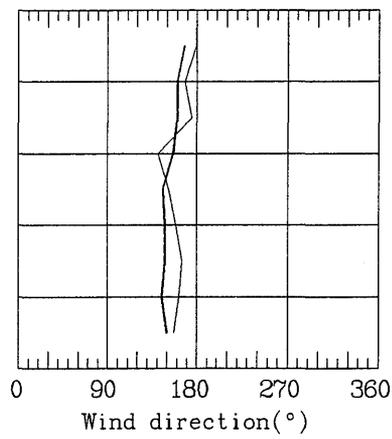
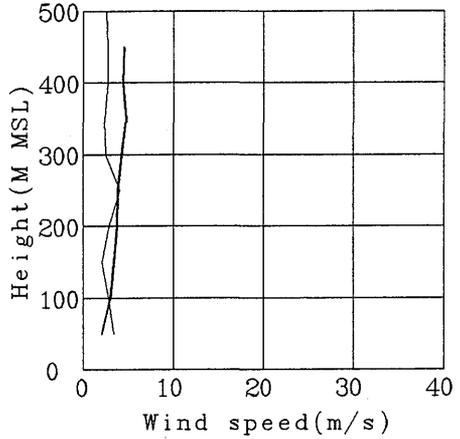
890622 827



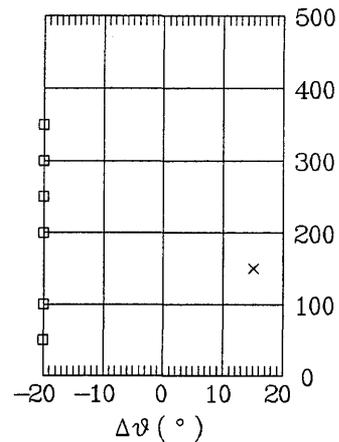
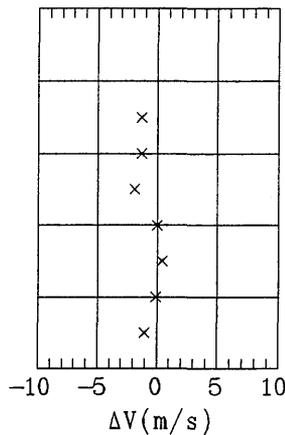
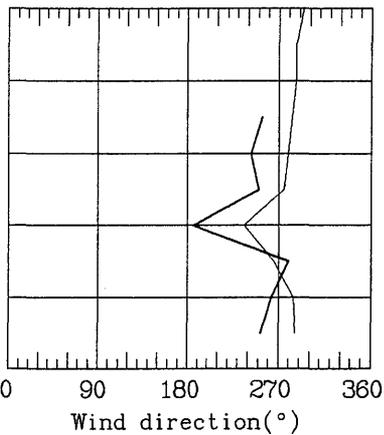
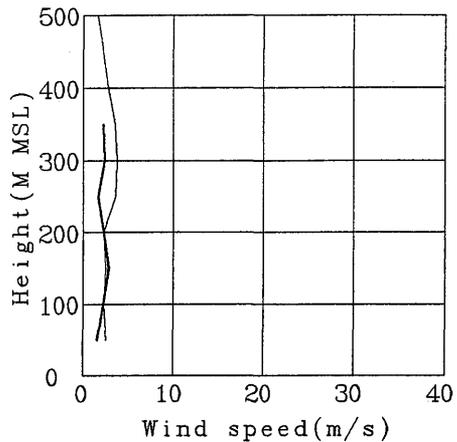
— SODAR 890622 1203 — KYTOON 890622 1208



— SODAR 890622 1423 — KYTOON 890622 1420

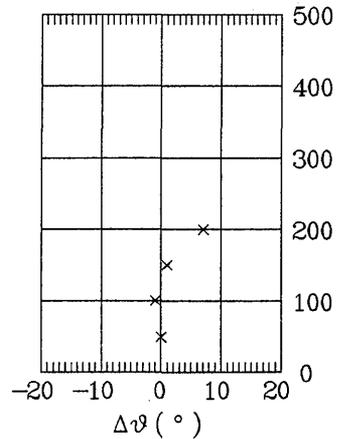
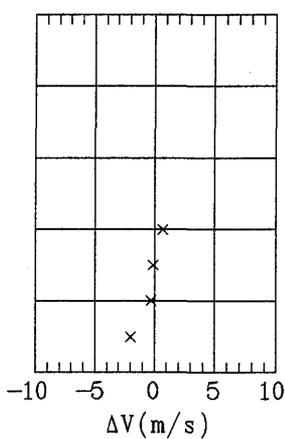
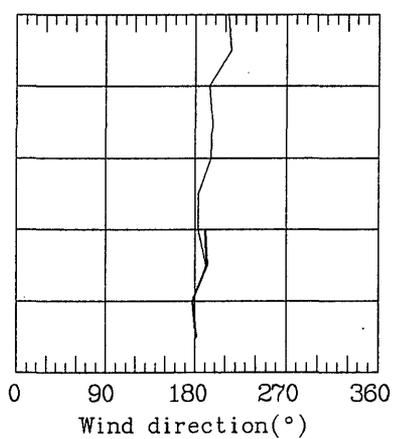
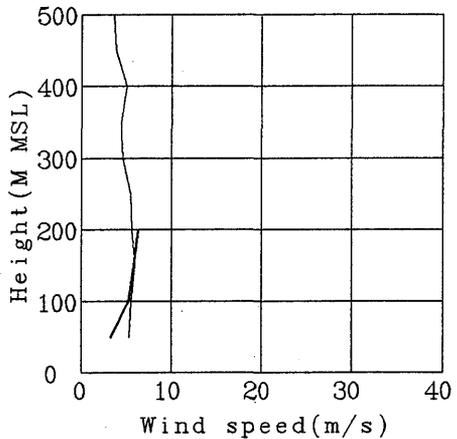


— SODAR 890925 902 — KYTOON 890925 849

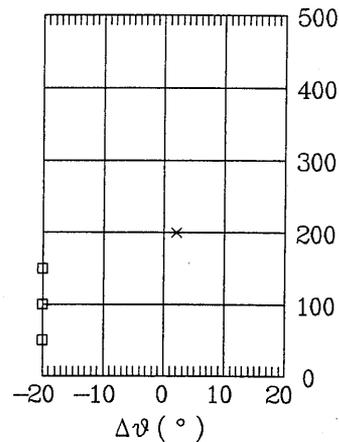
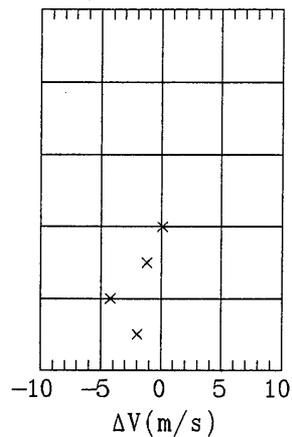
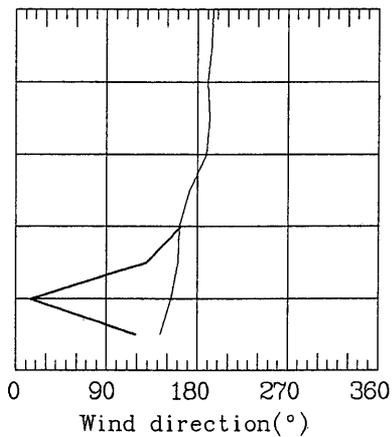
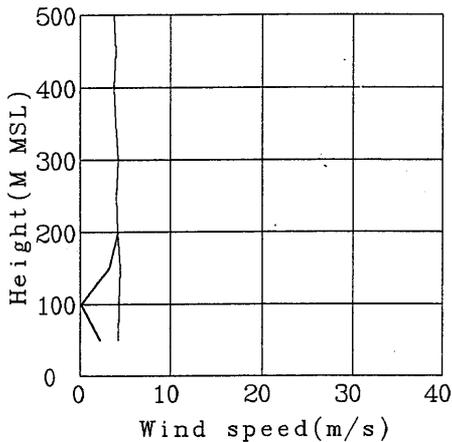


氣象研究所技術報告 第33号 1994

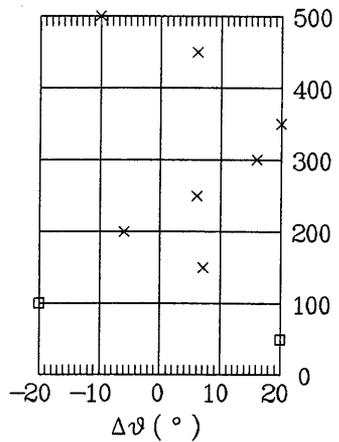
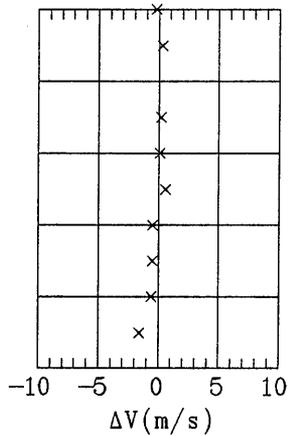
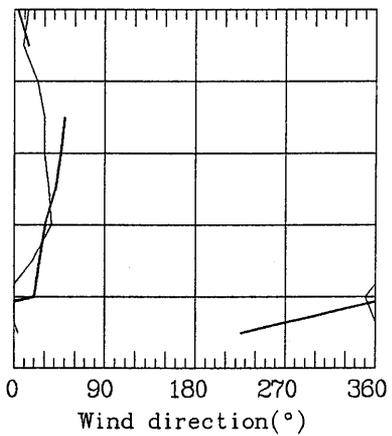
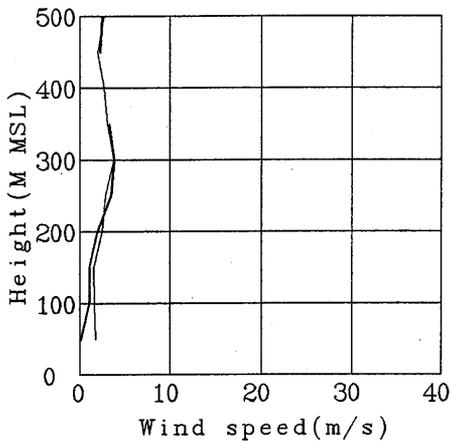
— SODAR 890925 1432 — KYTOON 890925 1430



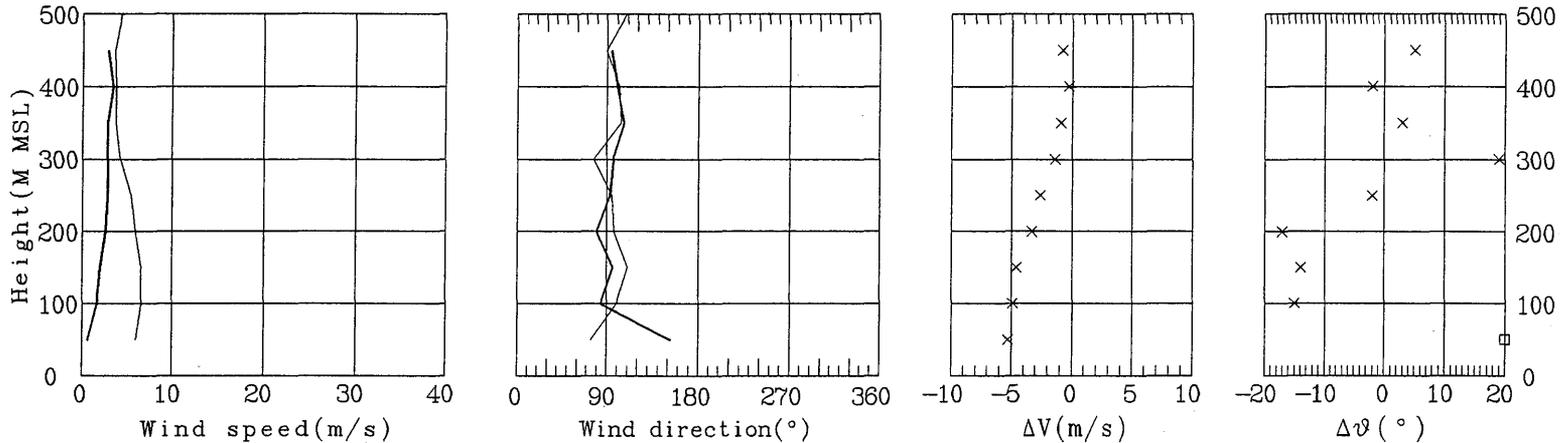
— SODAR 890925 2022 — KYTOON 890925 2023



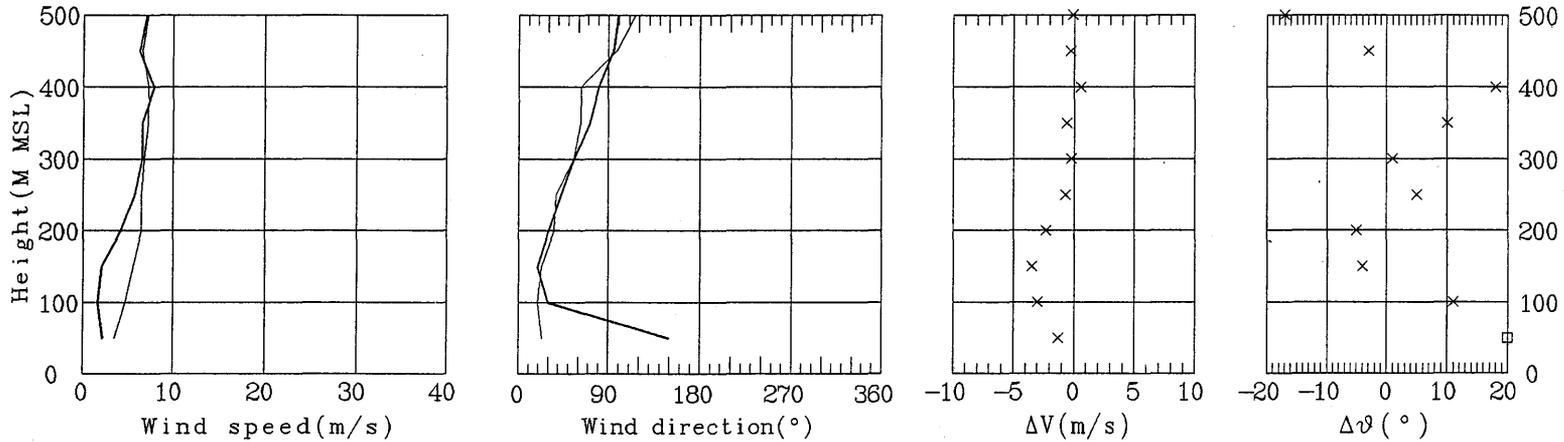
— SODAR 890926 822 — KYTOON 890926 821



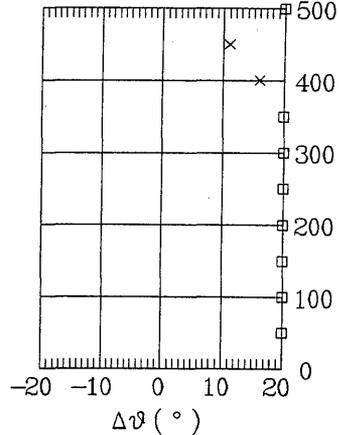
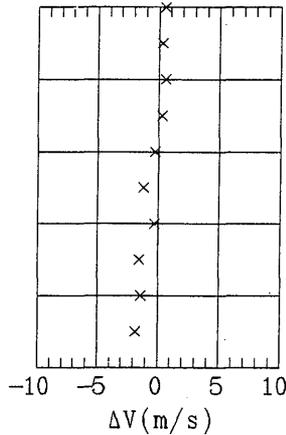
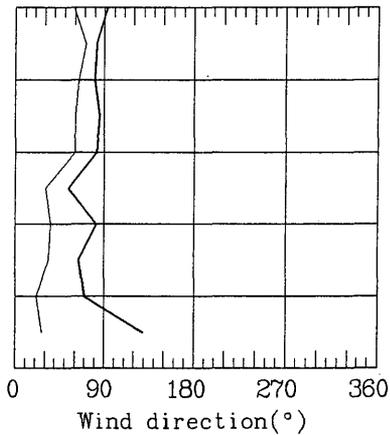
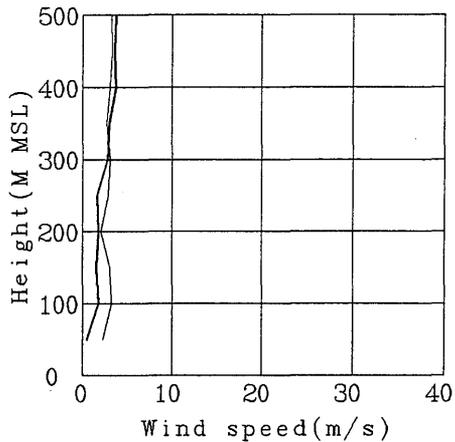
— SODAR 890926 1422 — KYTOON 890926 1426



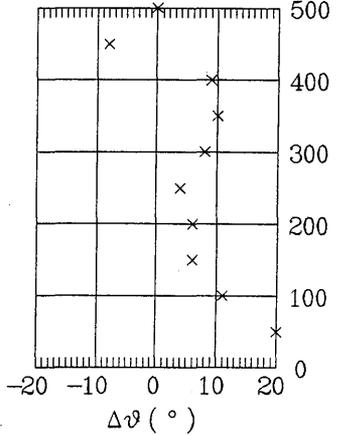
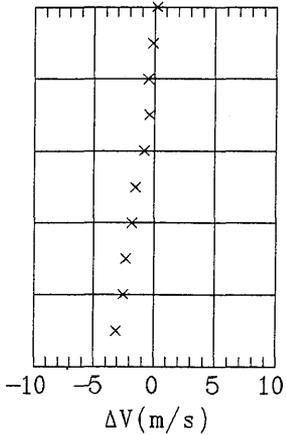
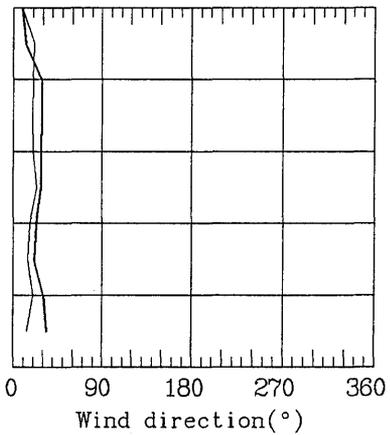
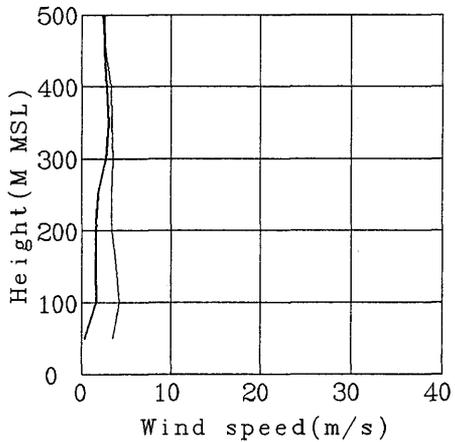
— SODAR 890927 821 — KYTOON 890927 821



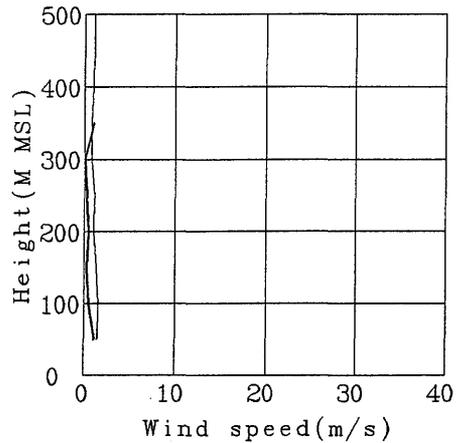
— SODAR 890927 1111 — KYTOON 890927 1108



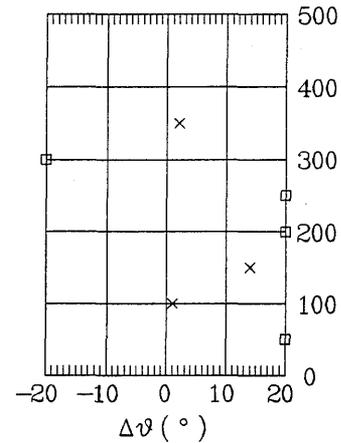
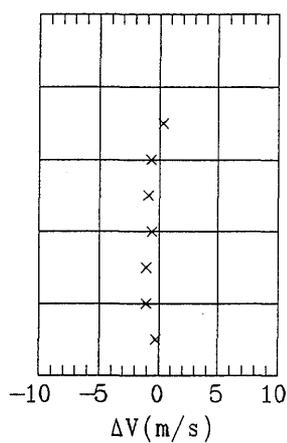
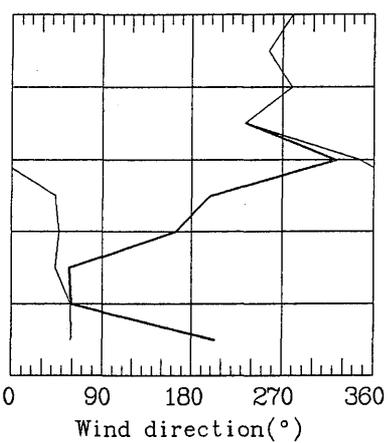
— SODAR 890927 1411 — KYTOON 890927 1408



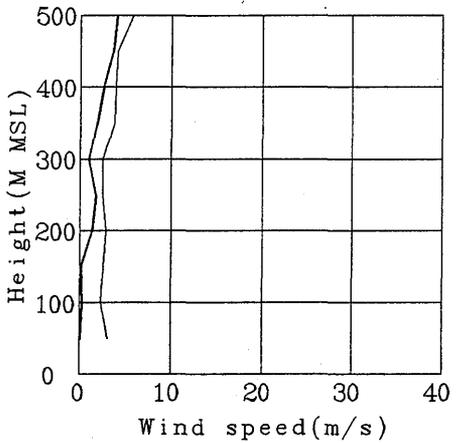
— SODAR 890927 1711 — KYTOON



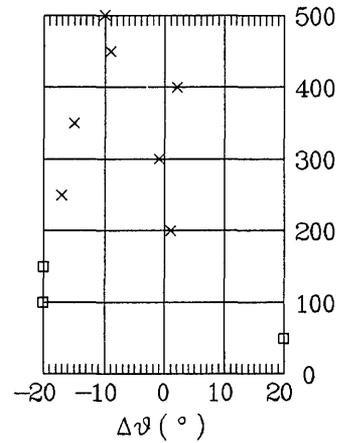
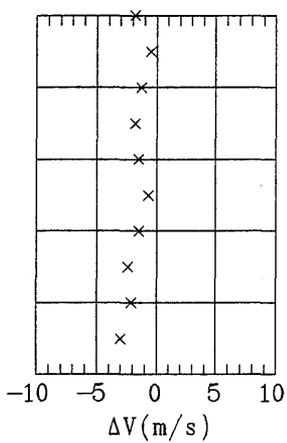
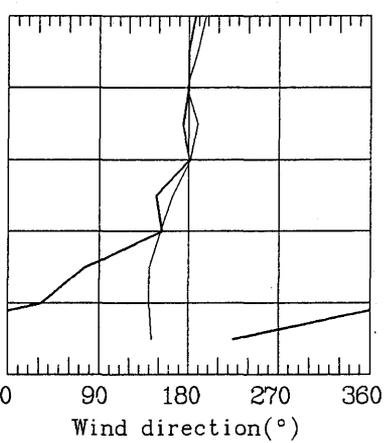
890927 1707



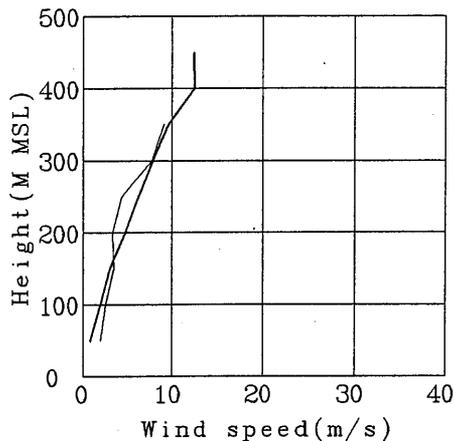
— SODAR 890927 2011 — KYTOON



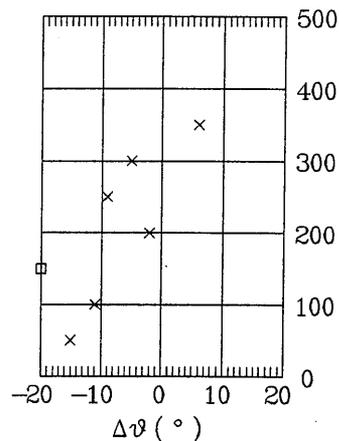
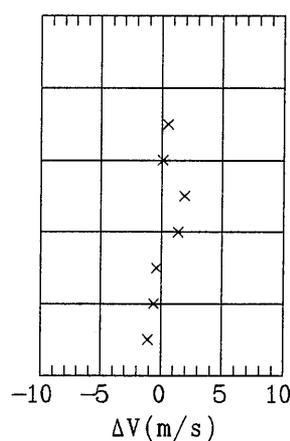
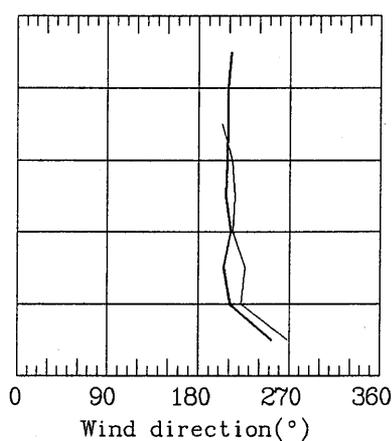
890927 2007



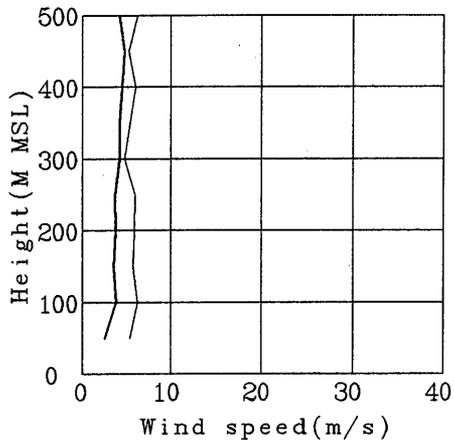
— SODAR 890928 821 — KYTOON 890928 822



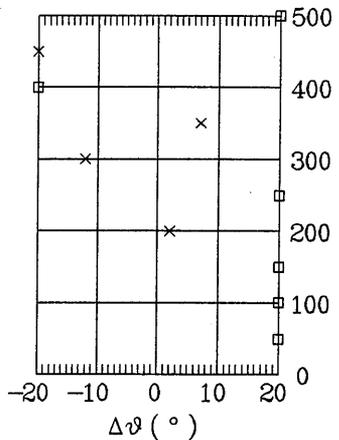
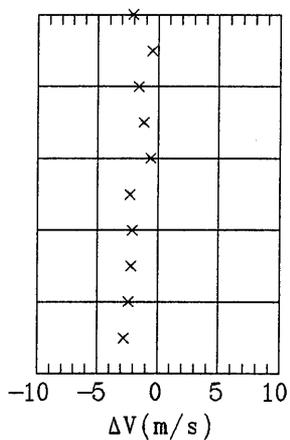
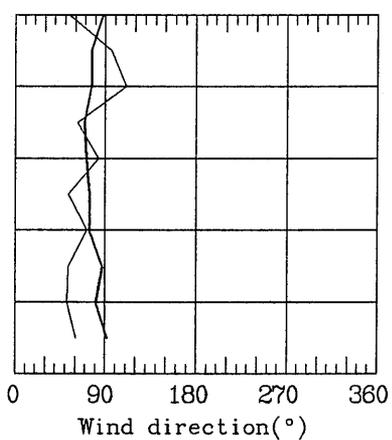
— SODAR 890928 821 — KYTOON 890928 822



— SODAR 890929 1400 — KYTOON 890929 1417



— SODAR 890929 1400 — KYTOON 890929 1417



8. 鉄塔と係留気球

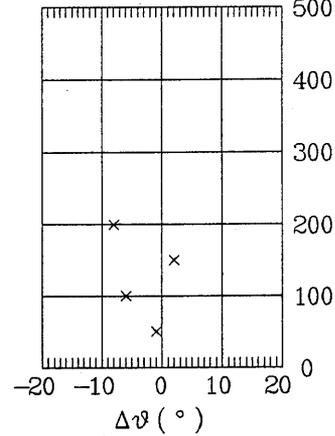
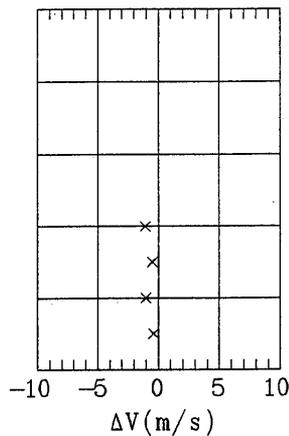
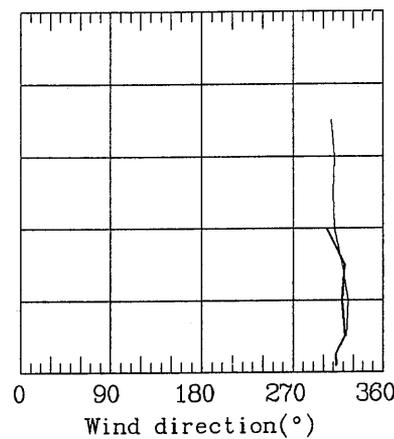
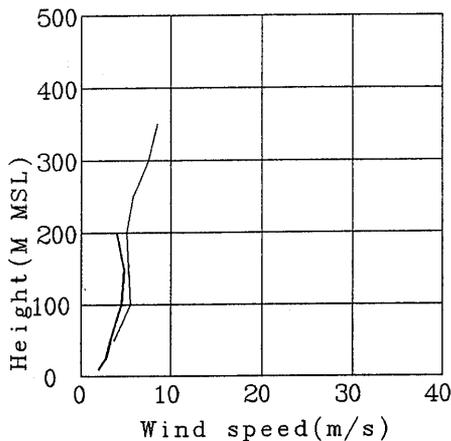
8. 鉄塔と係留気球

係留気球は上昇時の値を使って鉄塔の観測高度に対応するデータを内挿して比較する。

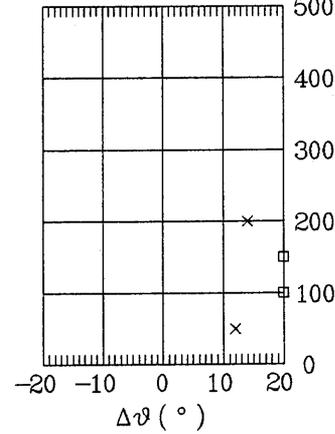
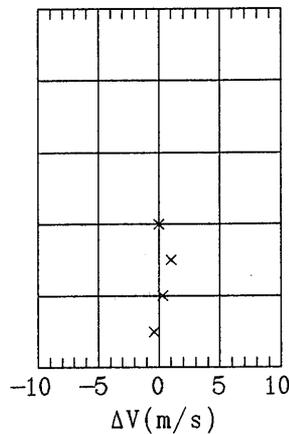
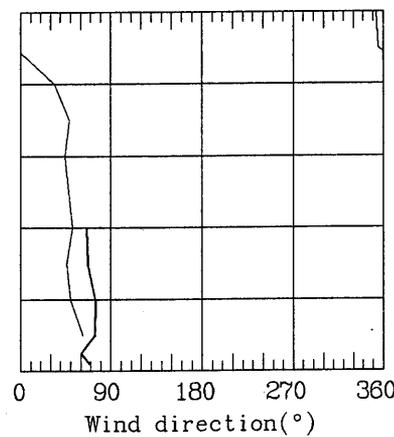
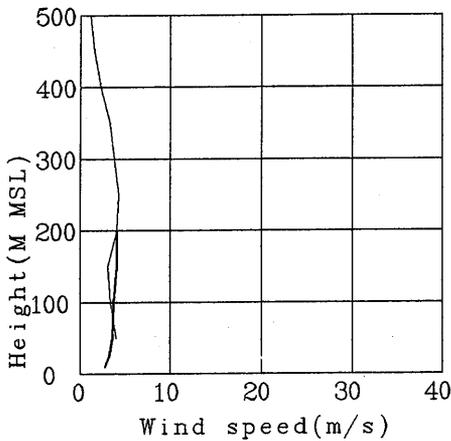
風の図は左から風速，風向，風速の偏差，風向の偏差となる。係留気球の観測開始時刻に近い時刻の鉄塔の観測値を比較した。偏差は鉄塔から係留気球を引いたものである。

温度と湿度の図では左から温度，温度の偏差，湿度，湿度の偏差となる。

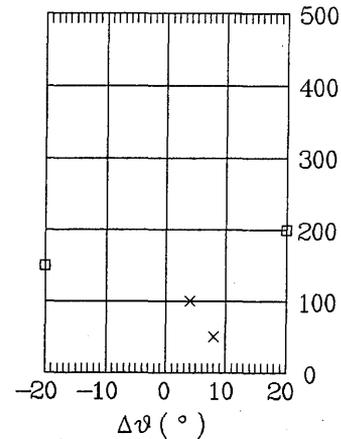
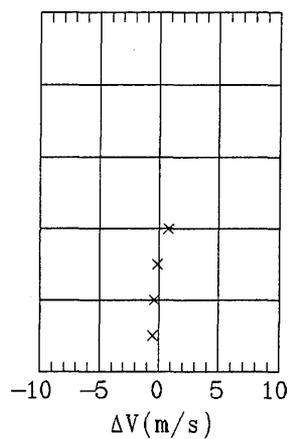
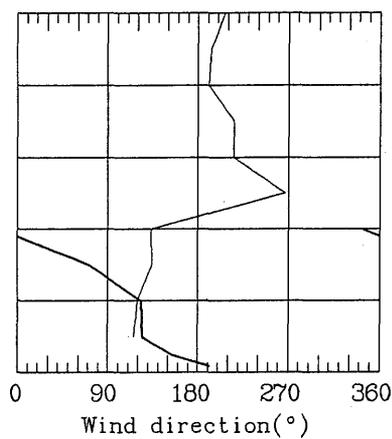
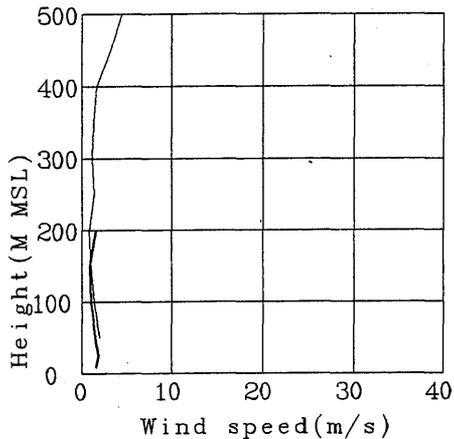
TOWER 881114 900 — KYTOON 881114 845



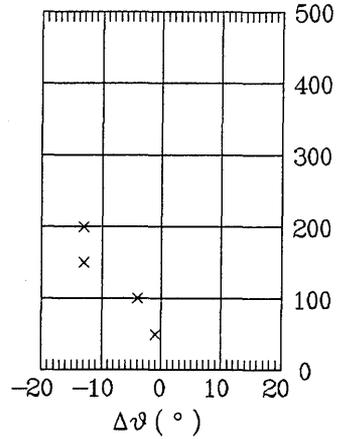
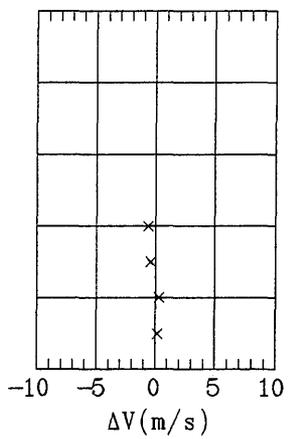
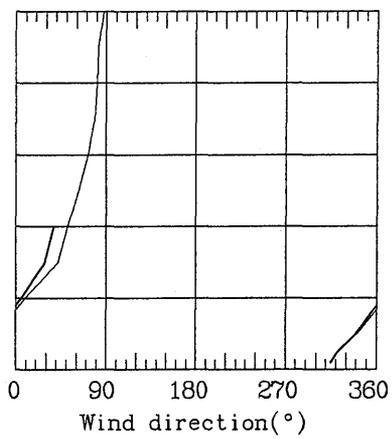
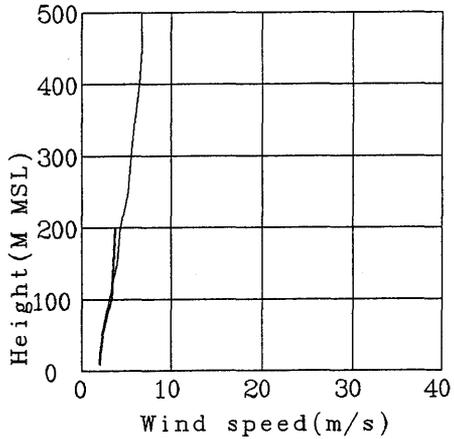
TOWER 881114 1440 — KYTOON 881114 1440

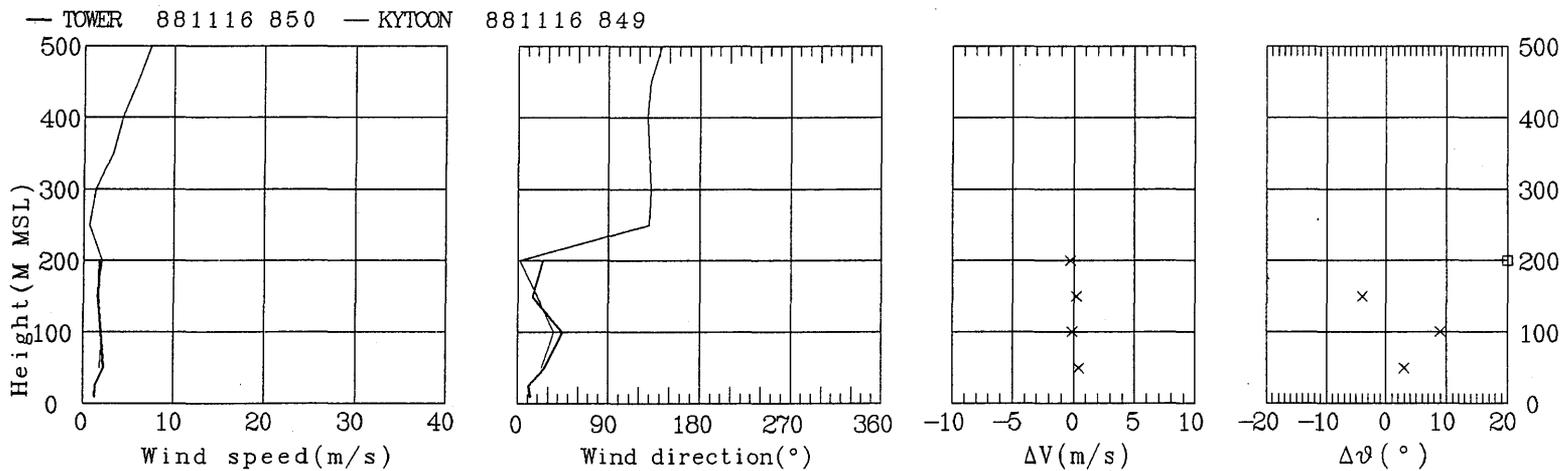
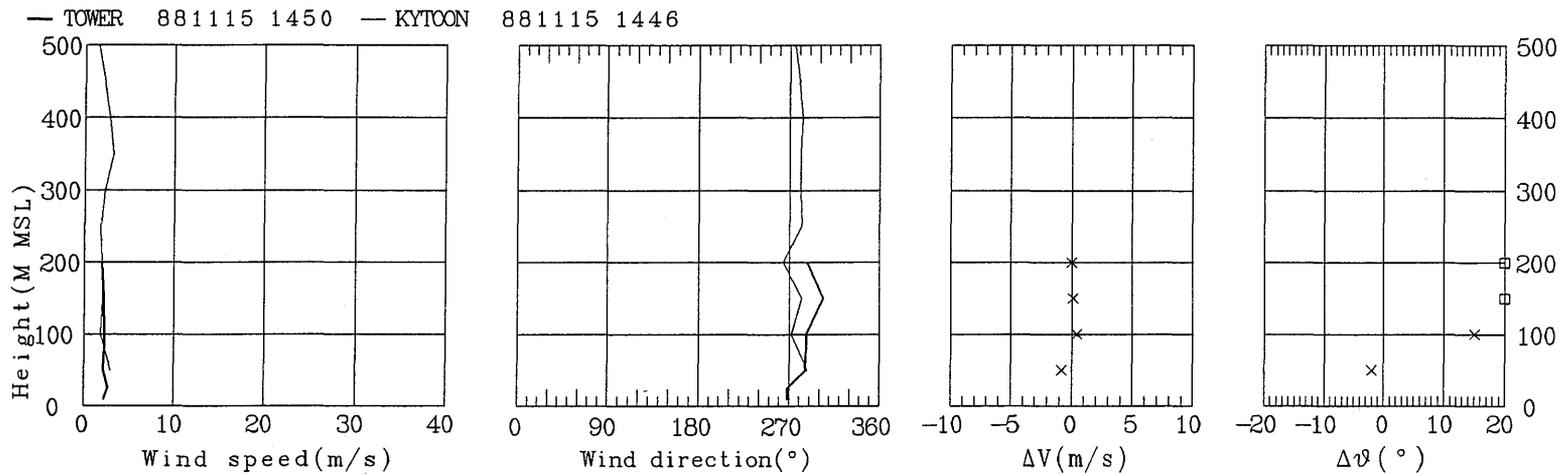


— TOWER 881114 2030 — KYTOON 881114 2031

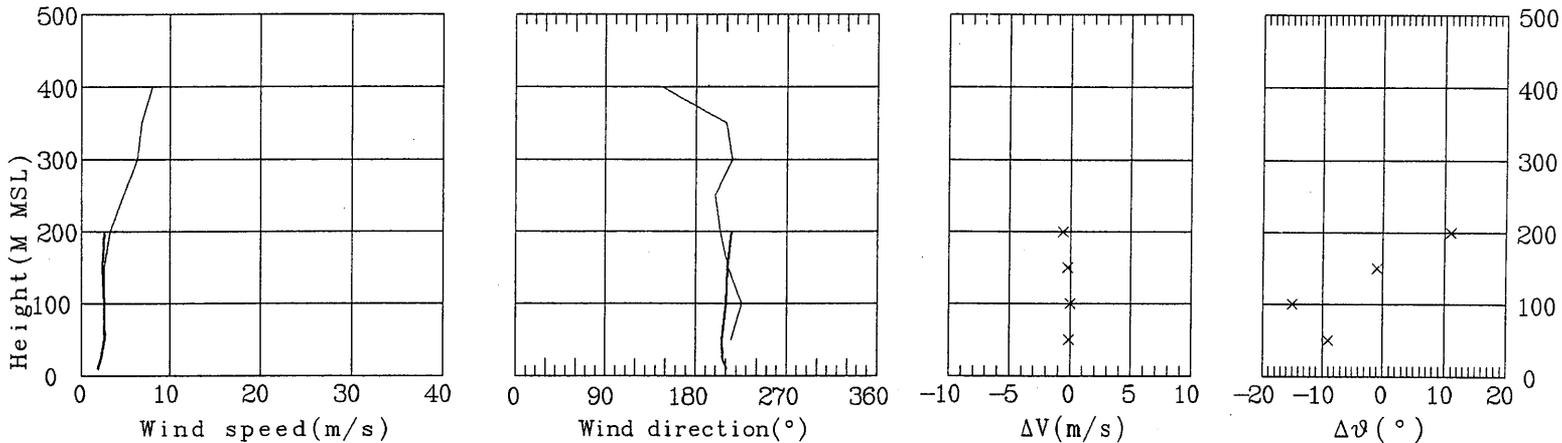


— TOWER 881115 840 — KYTOON 881115 837

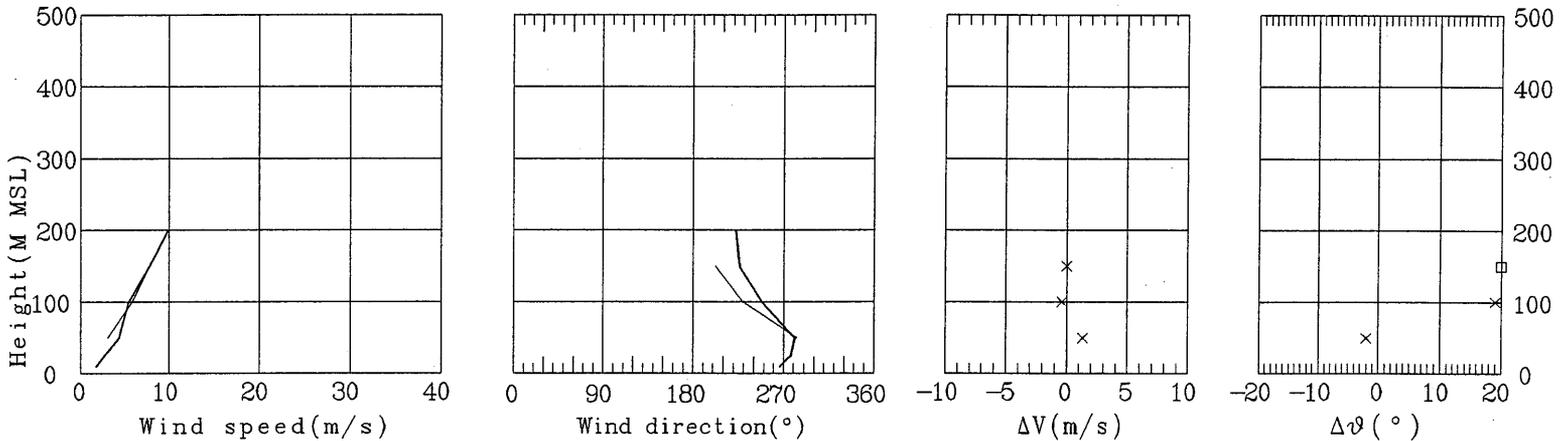


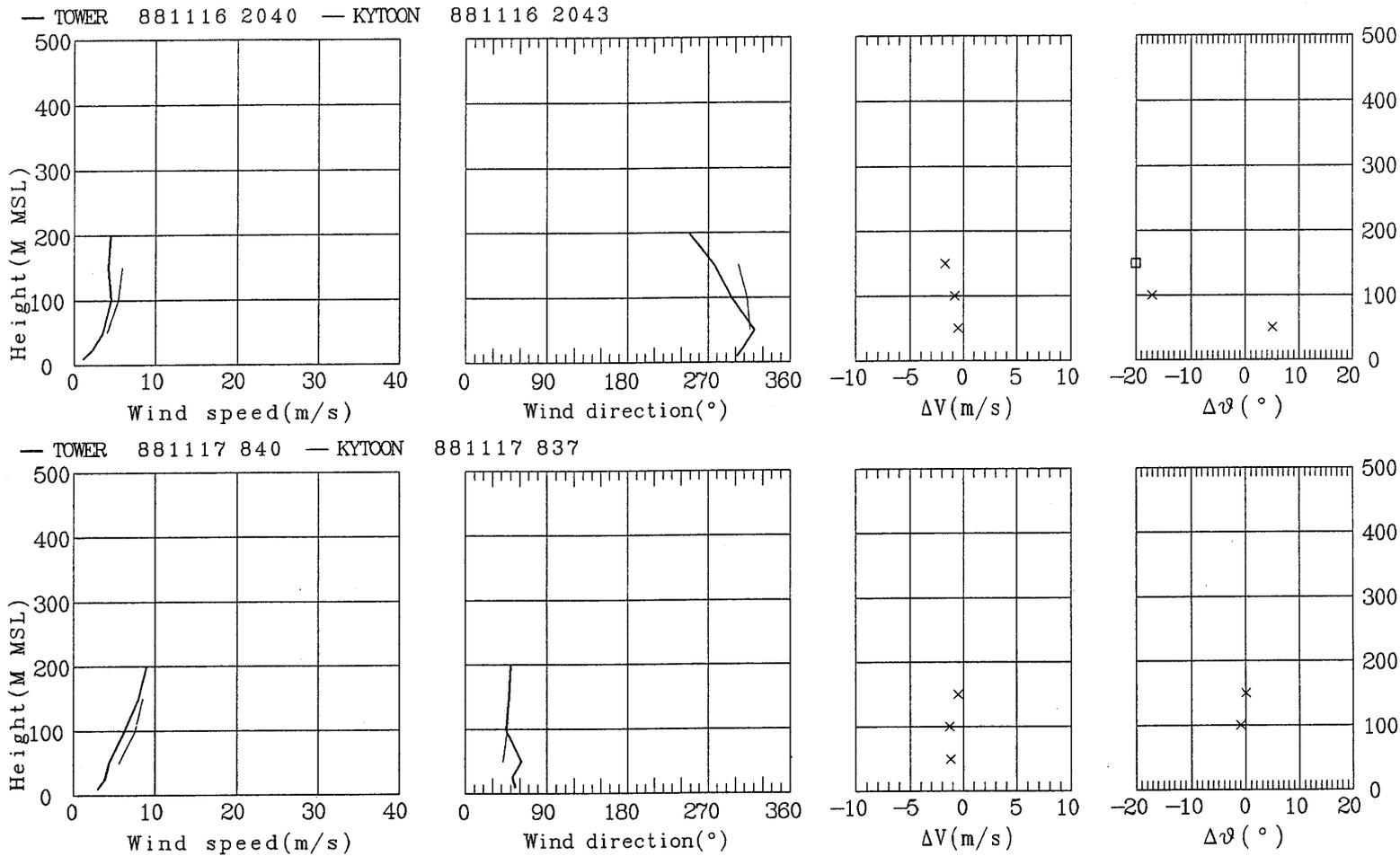


— TOWER 881116 1420 — KYTOON 881116 1424

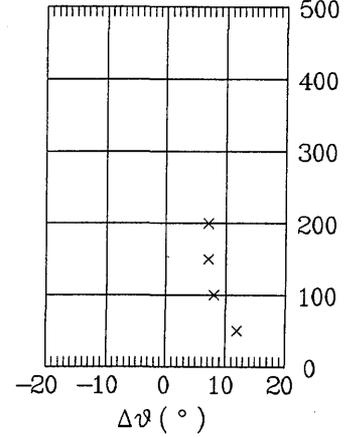
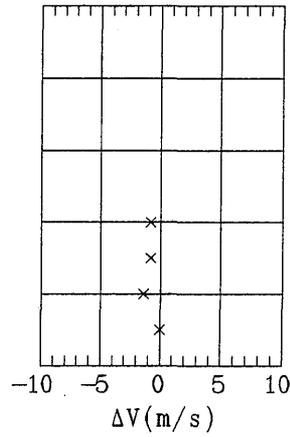
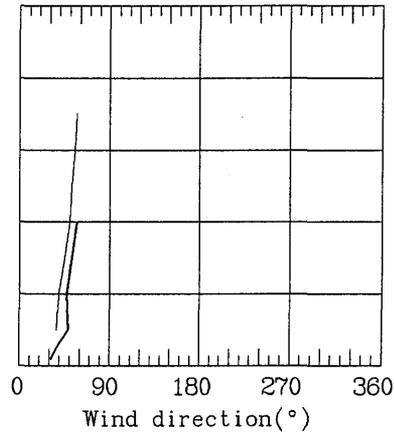
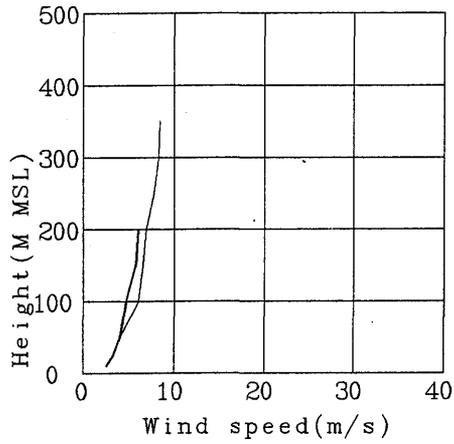


— TOWER 881116 1800 — KYTOON 881116 1758

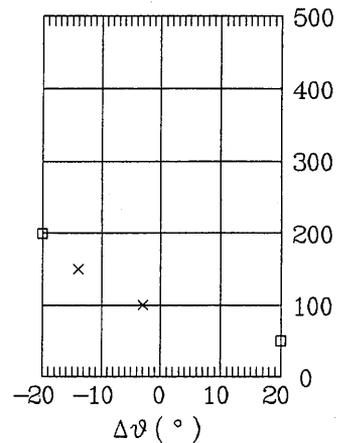
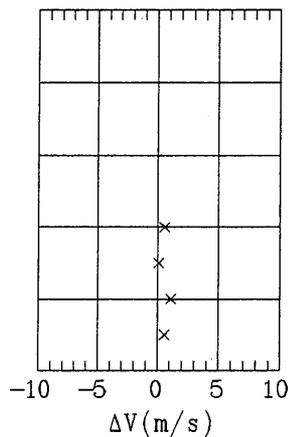
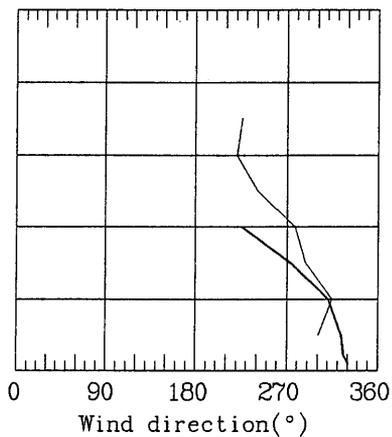
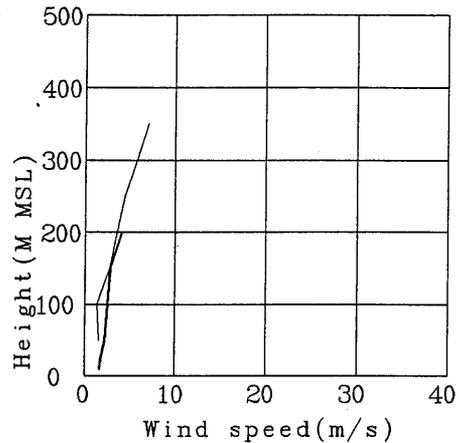




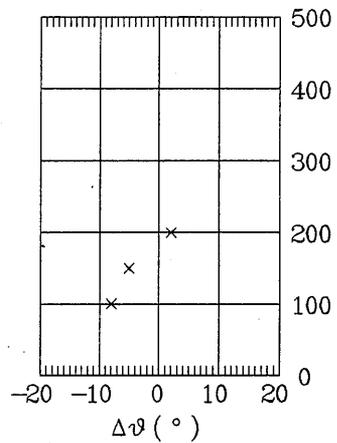
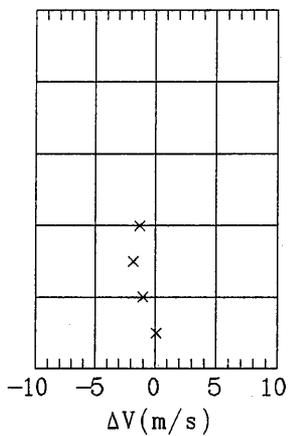
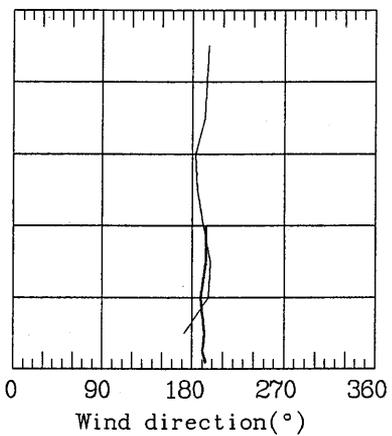
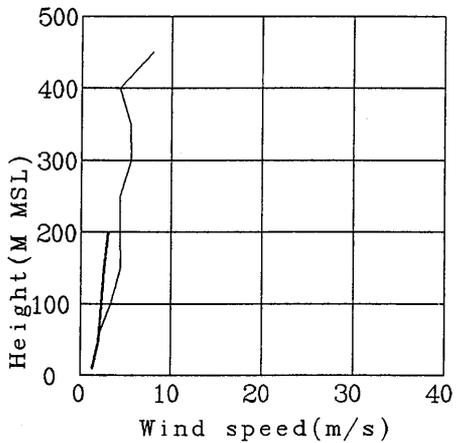
— TOWER 881117 1750 — KYTOON 881117 1748



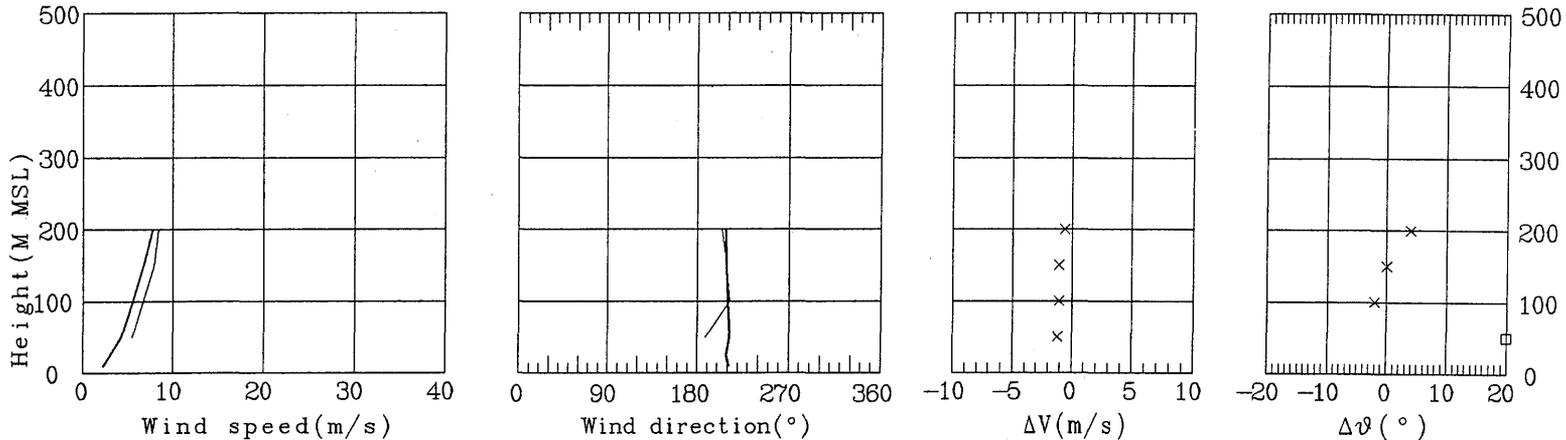
— TOWER 890313 906 — KYTOON 890313 906



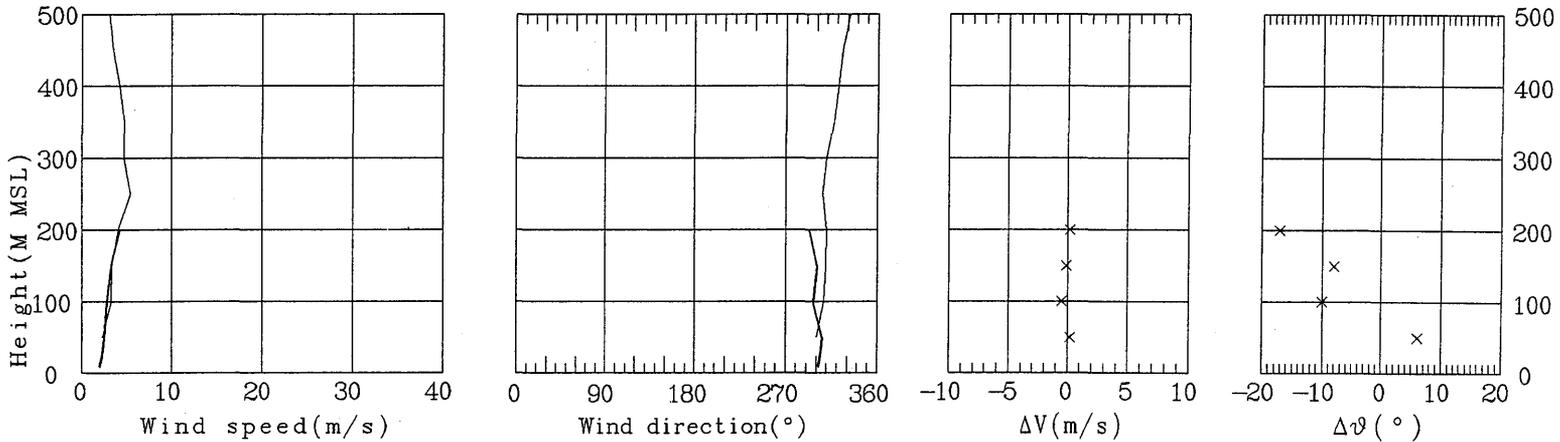
— TOWER 890313 1134 — KYTOON 890313 1134



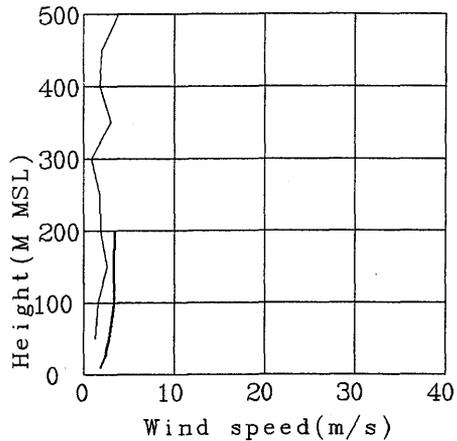
— TOWER 890313 1737 — KYTOON 890313 1737



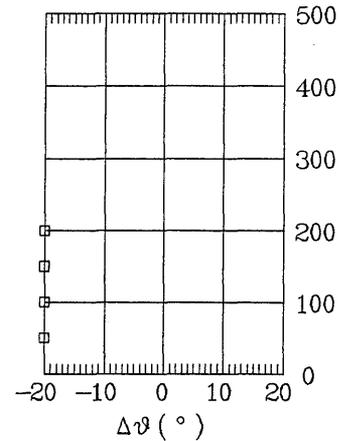
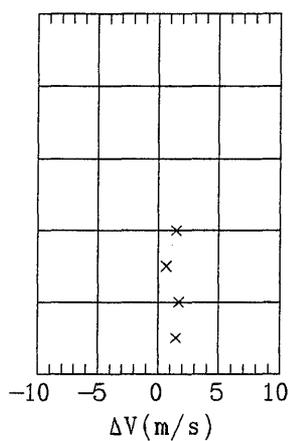
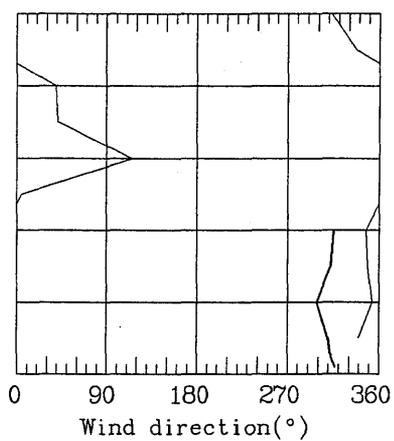
— TOWER 890314 830 — KYTOON 890314 830



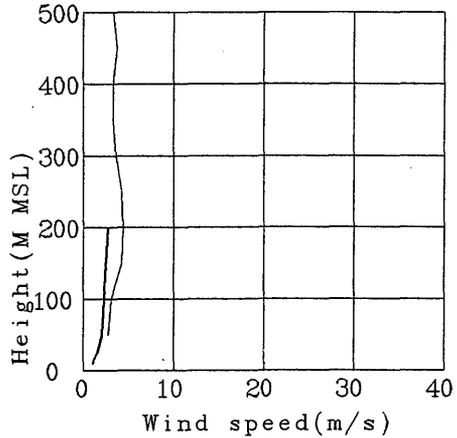
TOWER 890314 1430 — KYTOON 890314 1430



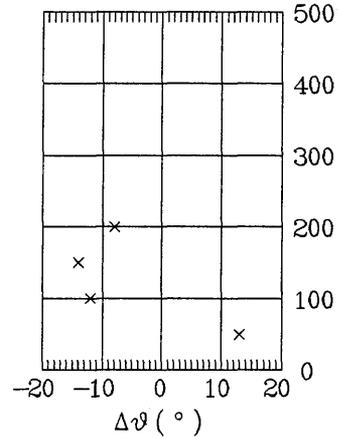
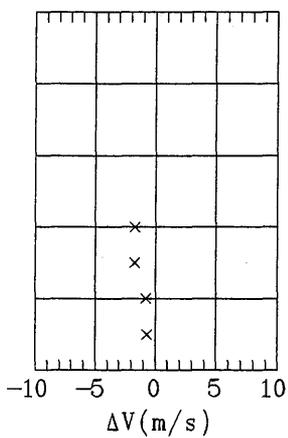
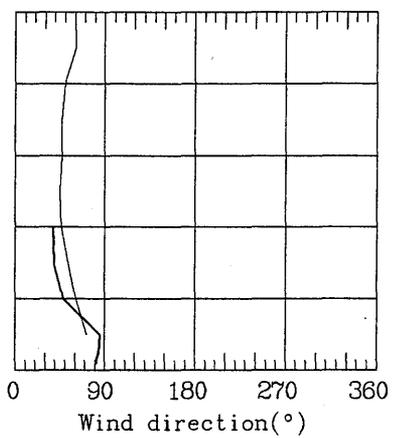
KYTOON 890314 1430

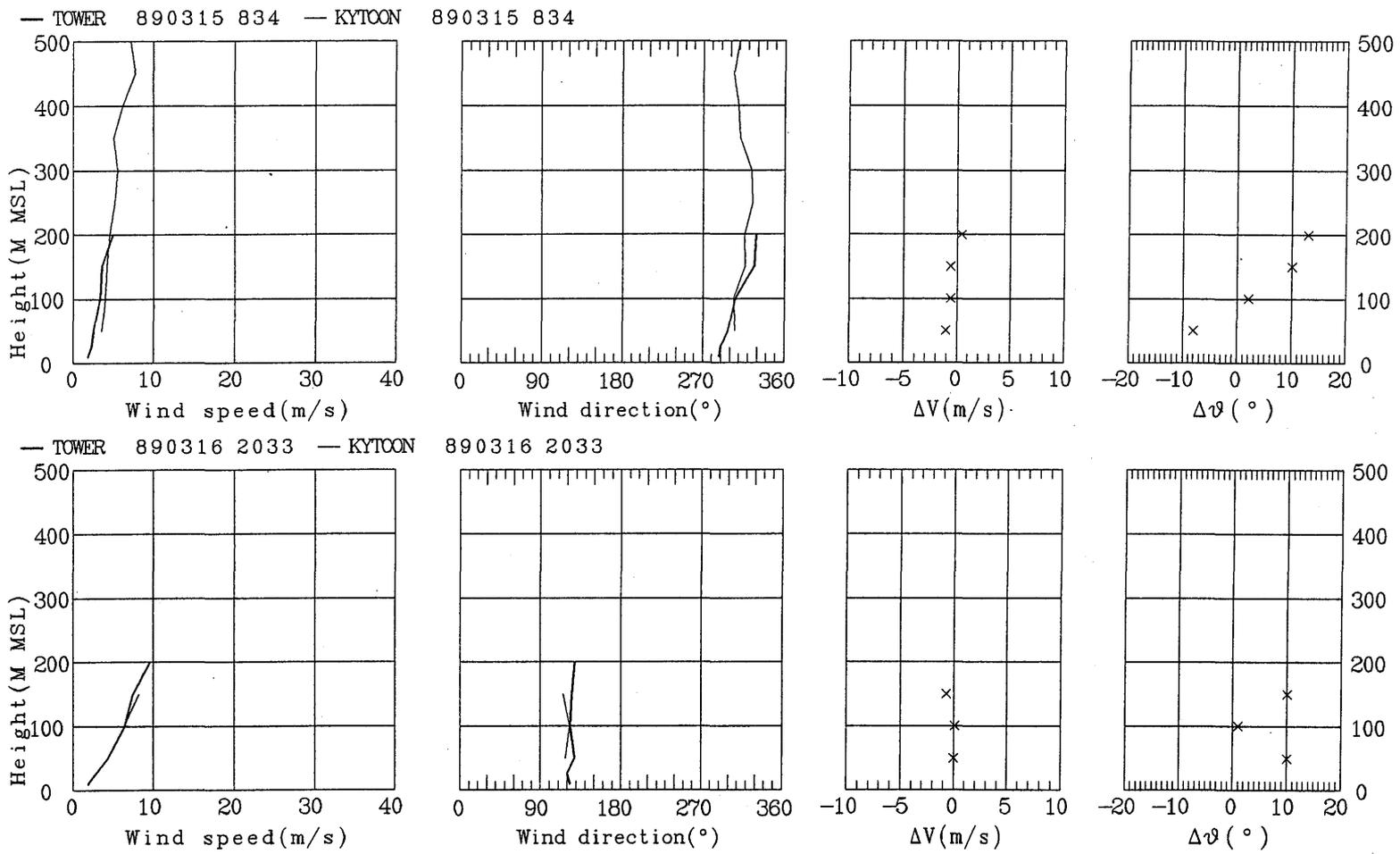


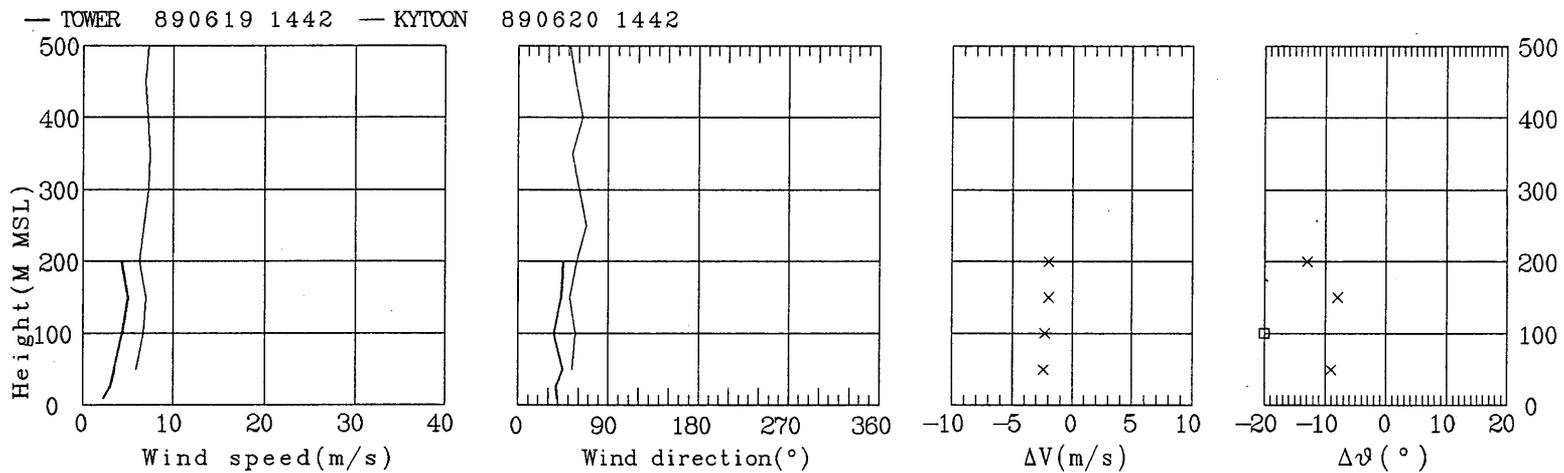
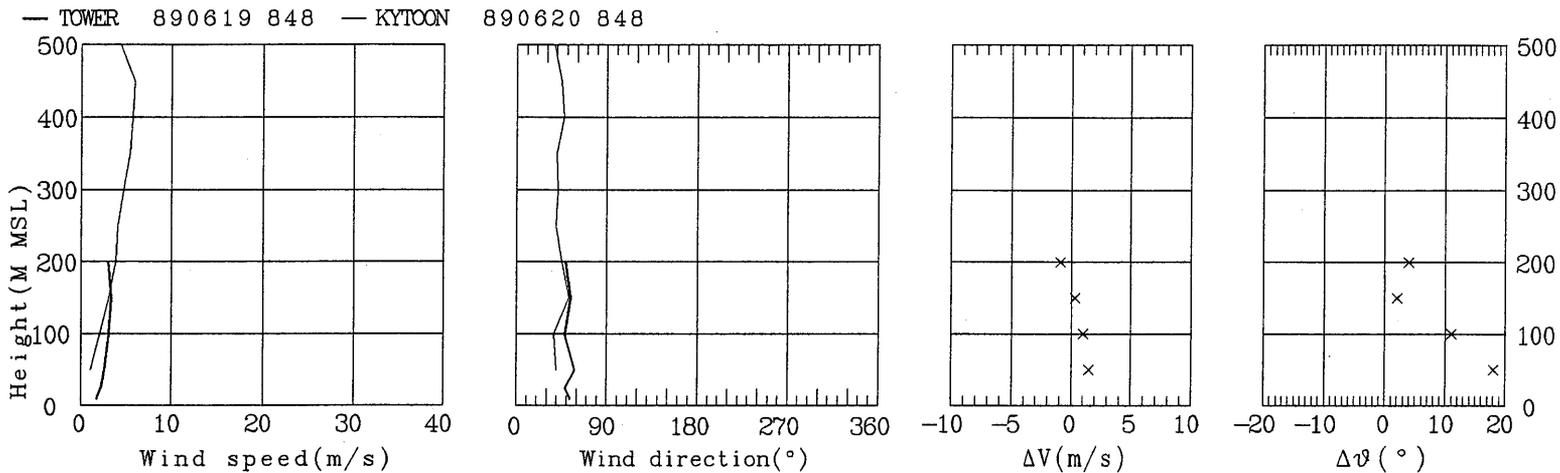
TOWER 890314 2029 — KYTOON 890314 2029

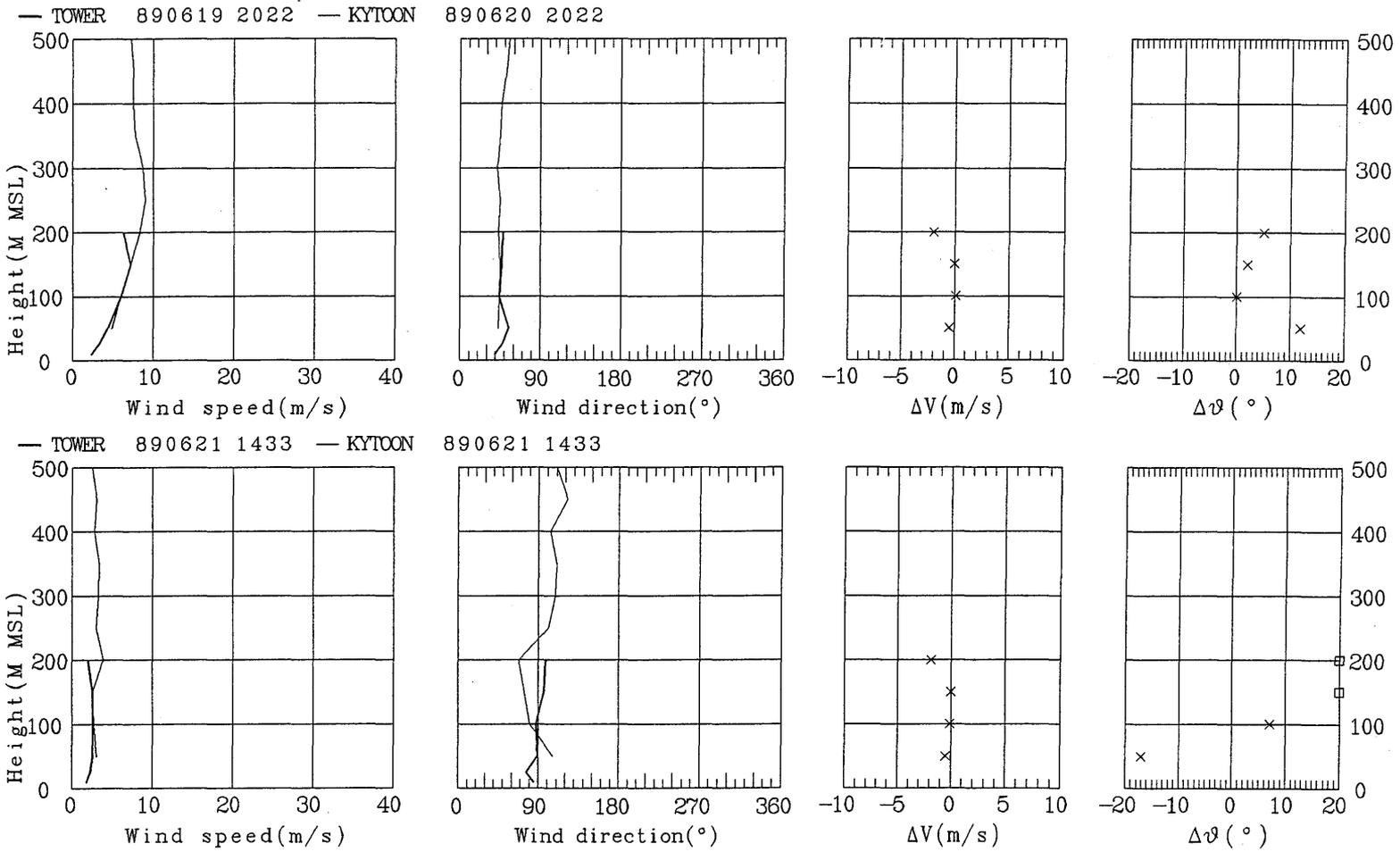


KYTOON 890314 2029

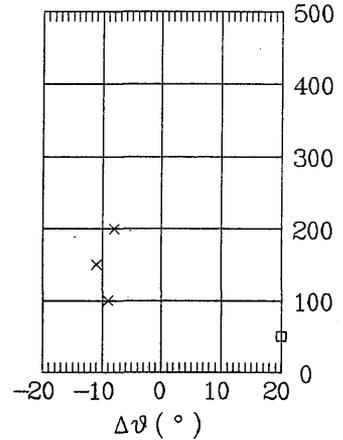
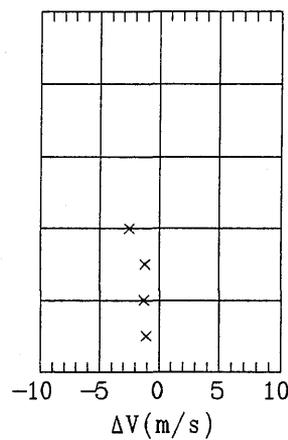
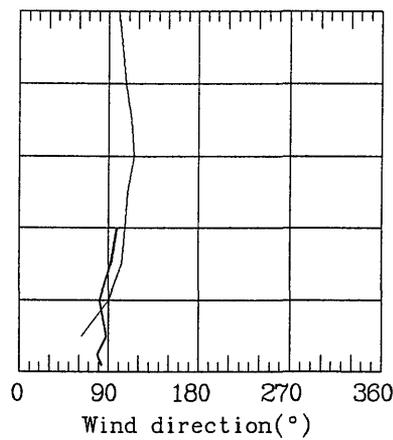
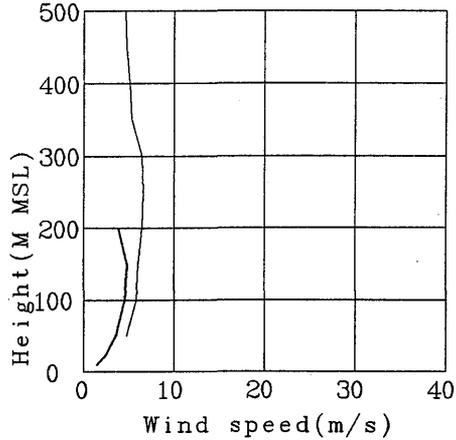




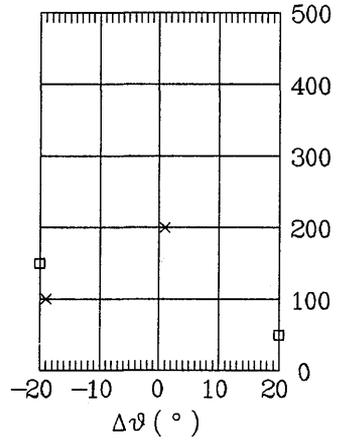
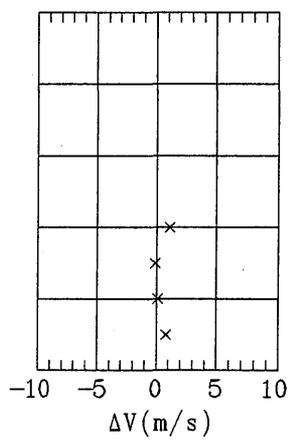
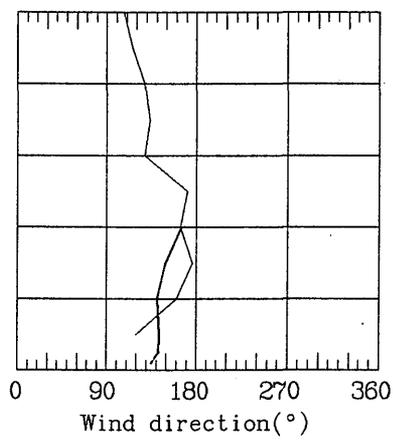
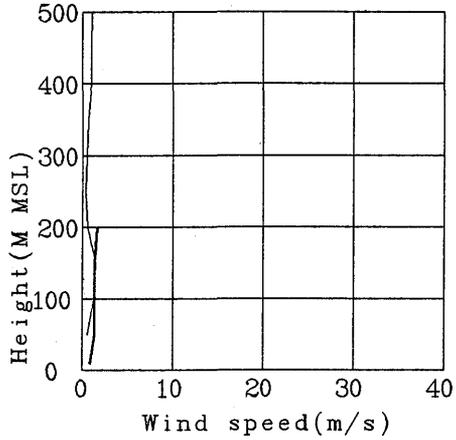




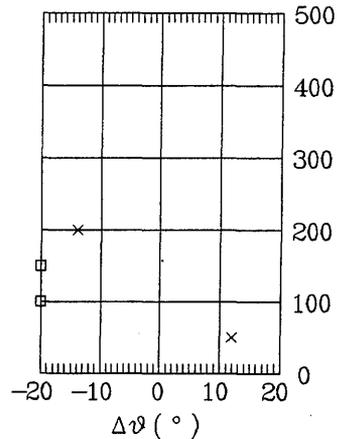
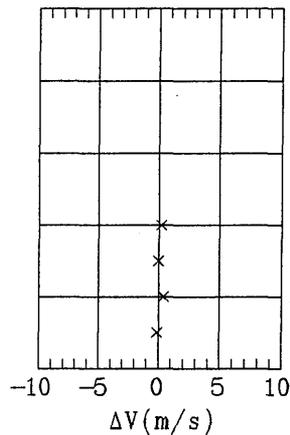
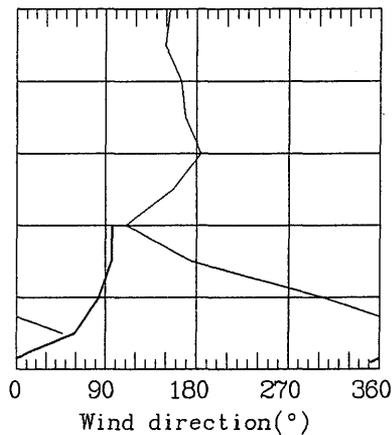
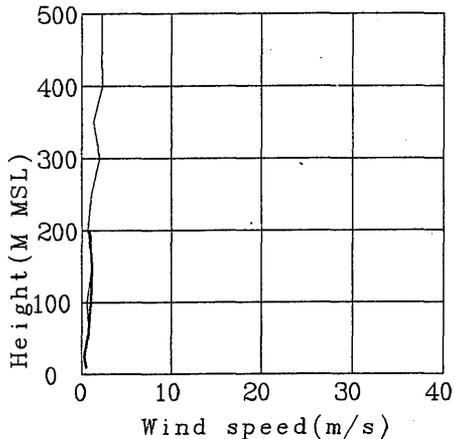
TOWER 890621 2034 — KYTOON 890621 2034



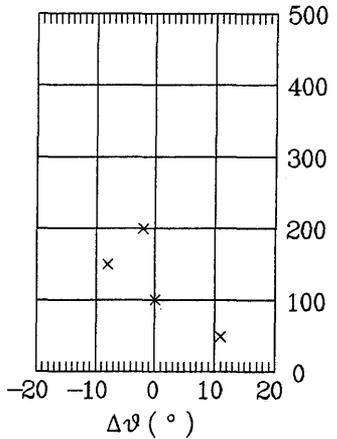
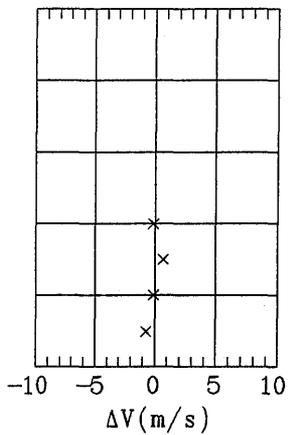
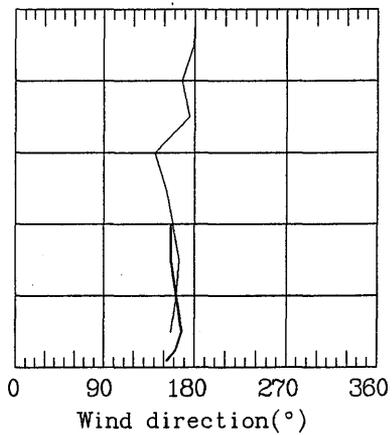
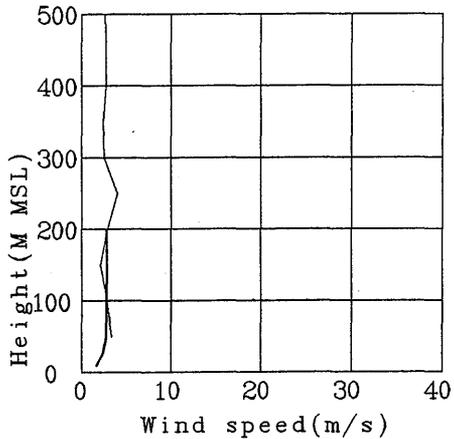
TOWER 890622 827 — KYTOON 890622 827



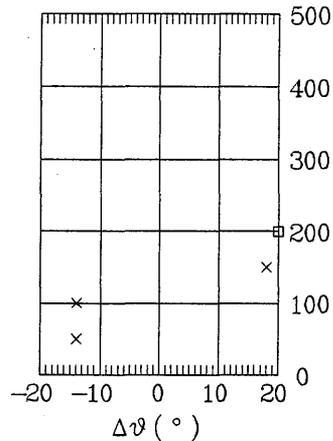
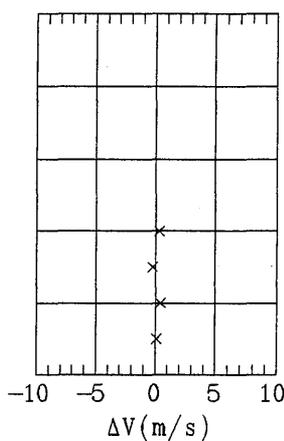
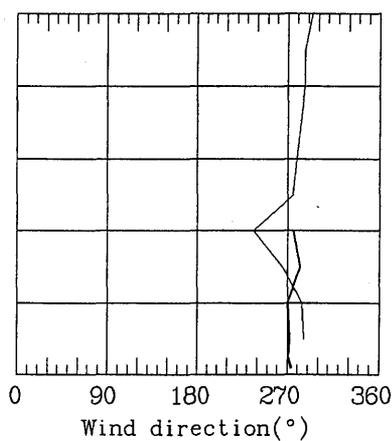
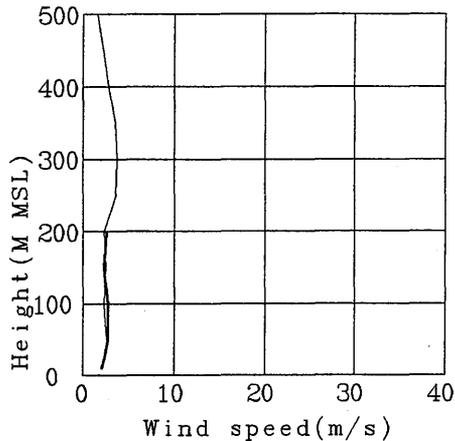
TOWER 890622 1208 — KYTOON 890622 1208



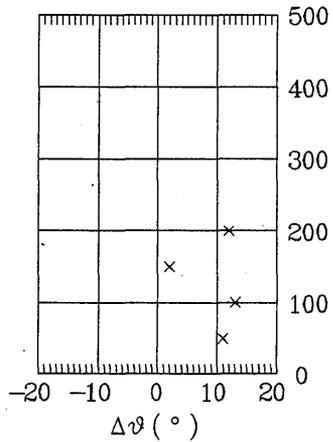
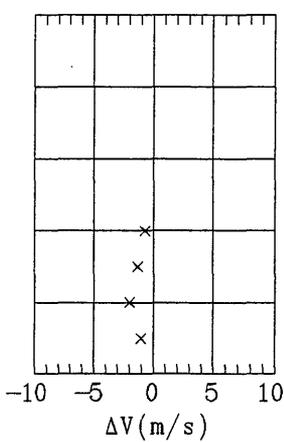
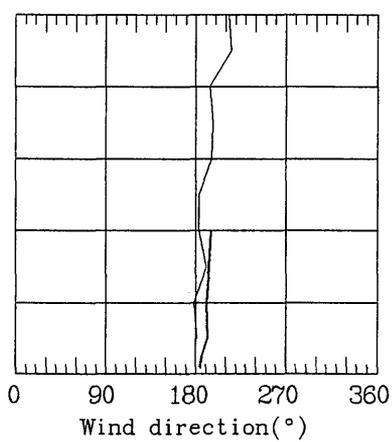
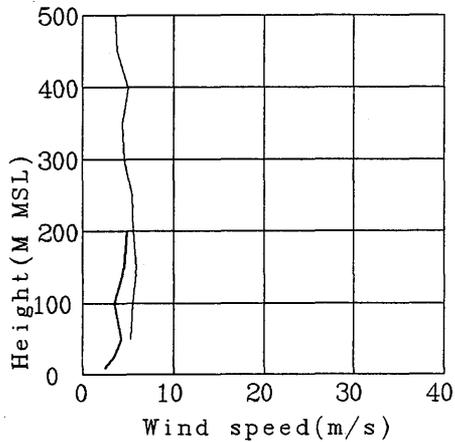
TOWER 890622 1420 — KYTOON 890622 1420



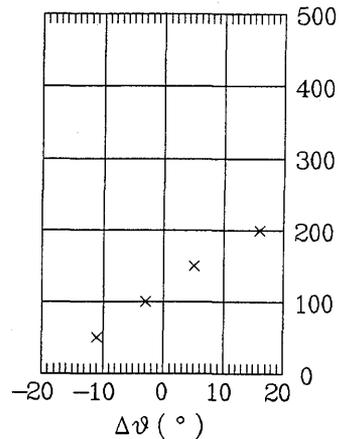
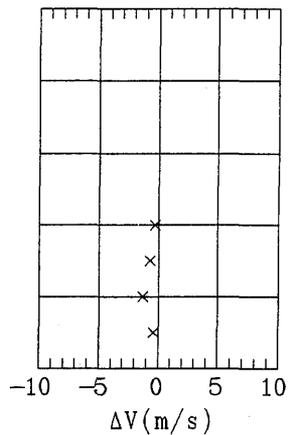
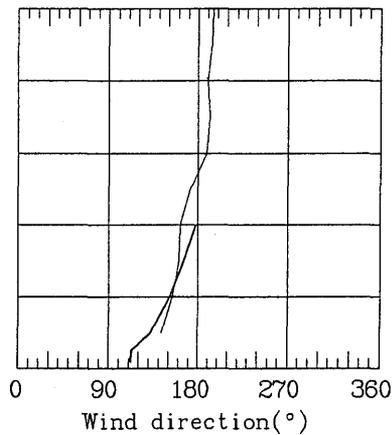
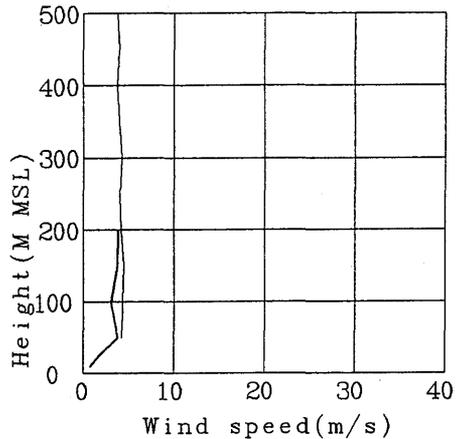
— TOWER 890925 849 — KYTOON 890925 849



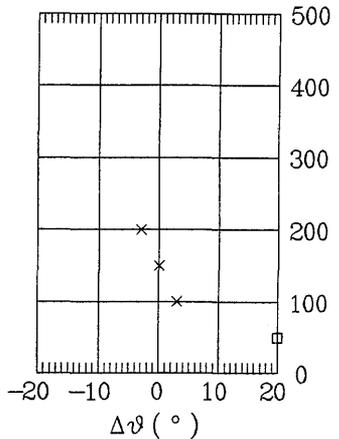
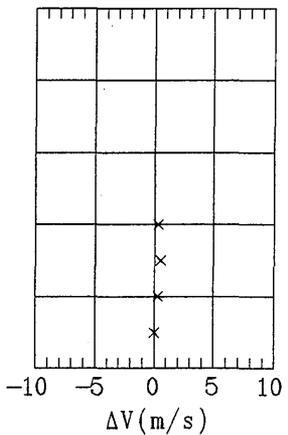
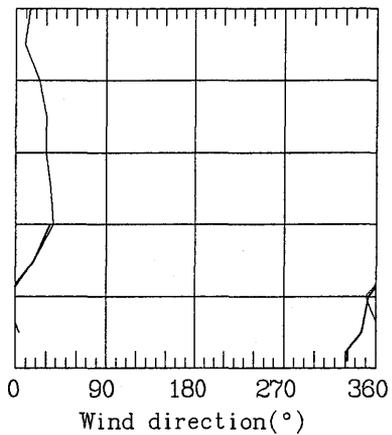
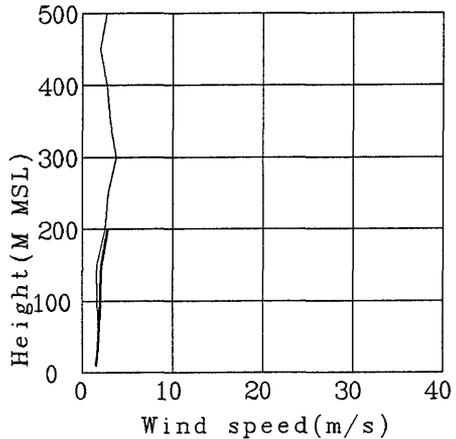
— TOWER 890925 1430 — KYTOON 890925 1430



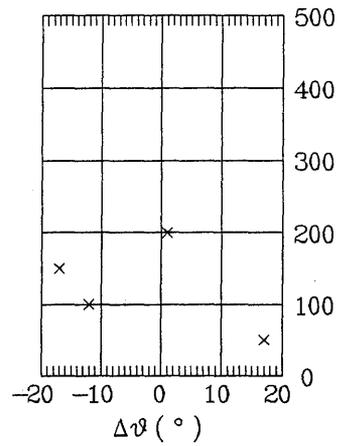
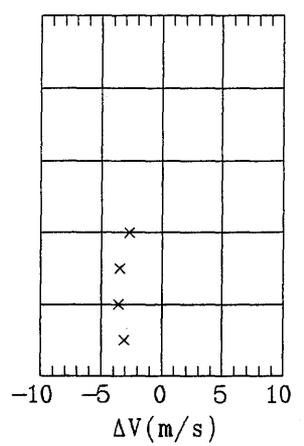
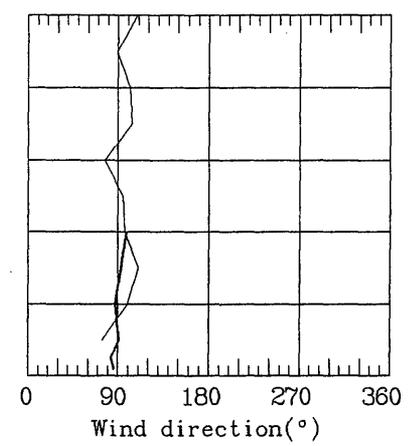
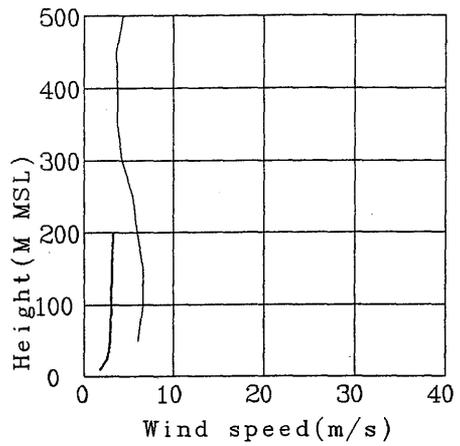
— TOWER 890925 2023 — KYTOON 890925 2023



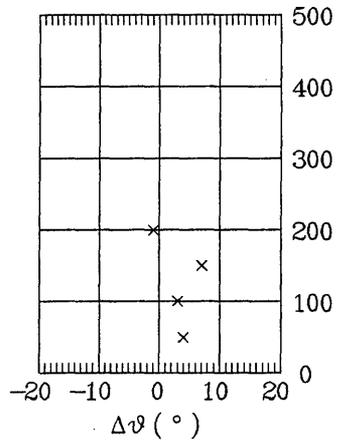
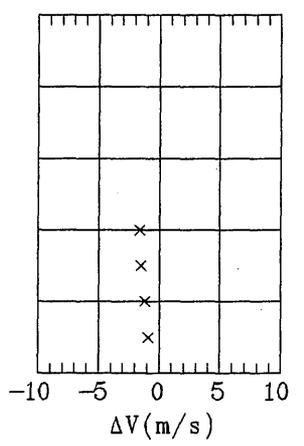
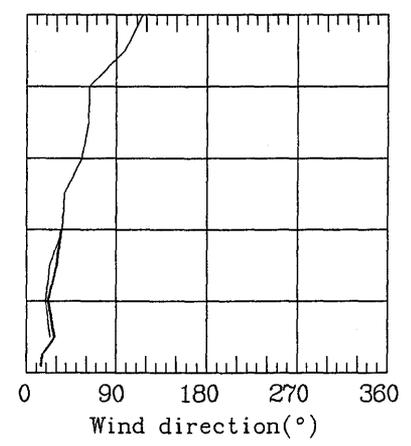
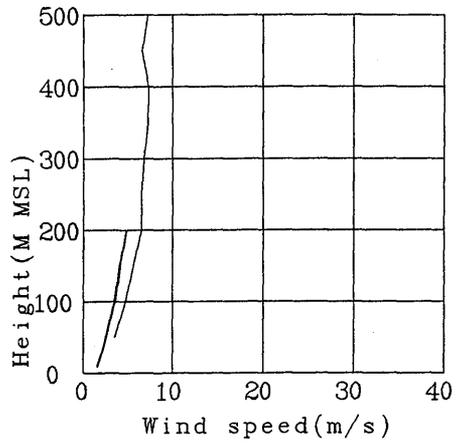
— TOWER 890926 821 — KYTOON 890926 821

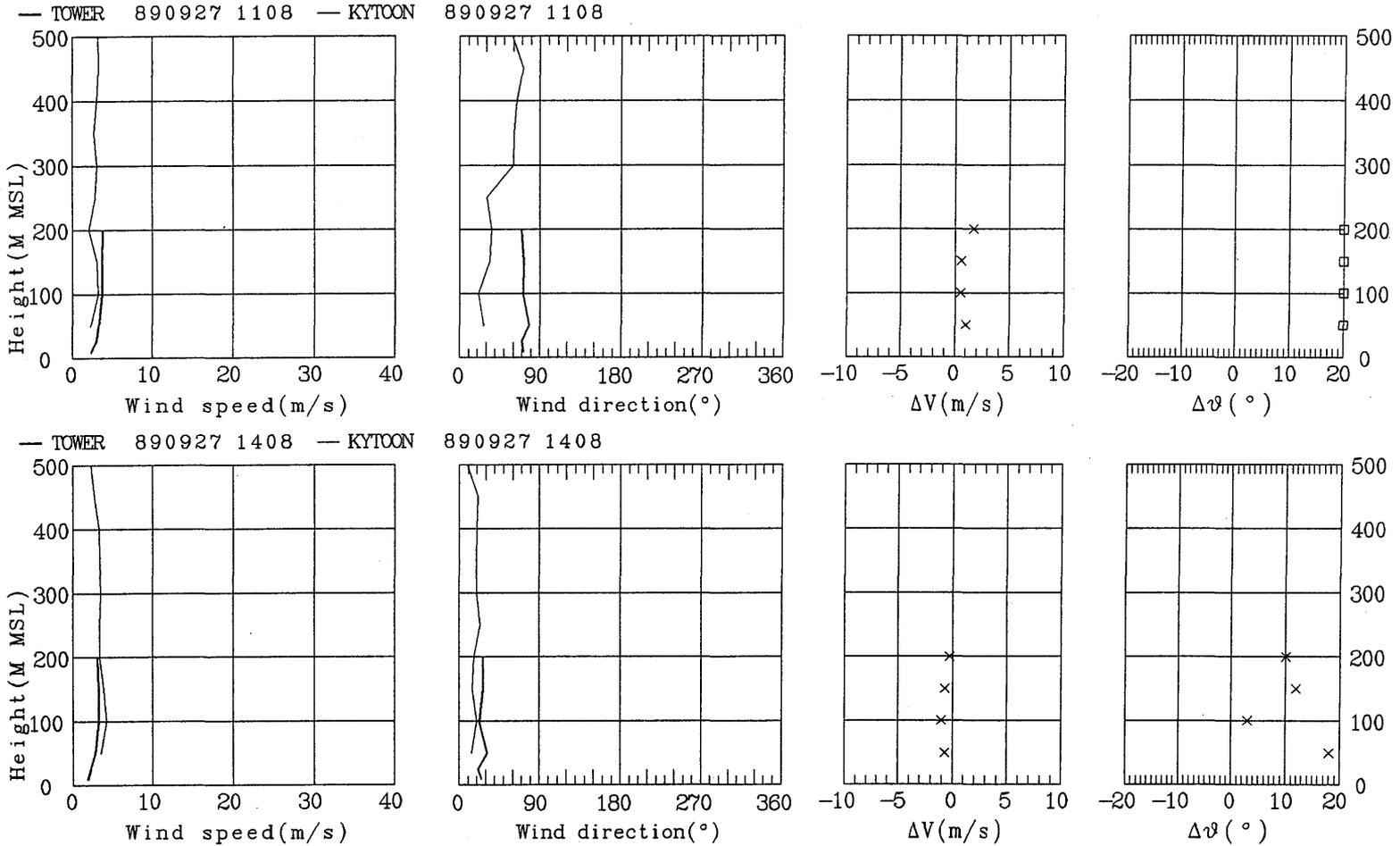


— TOWER 890926 1426 — KYTOON 890926 1426

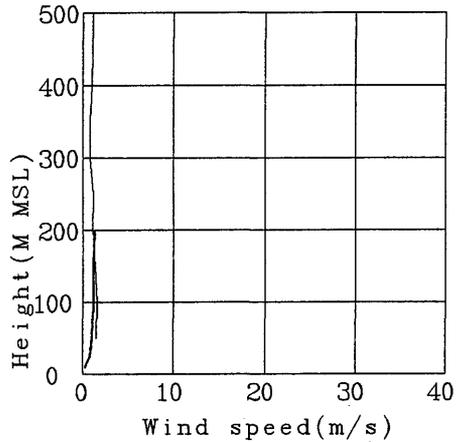


— TOWER 890927 821 — KYTOON 890927 821

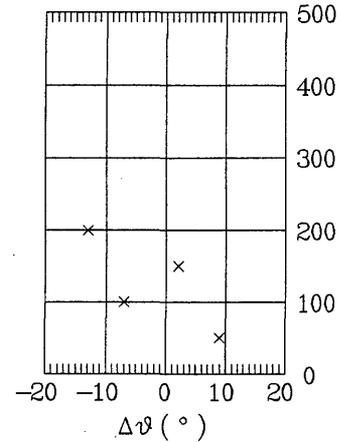
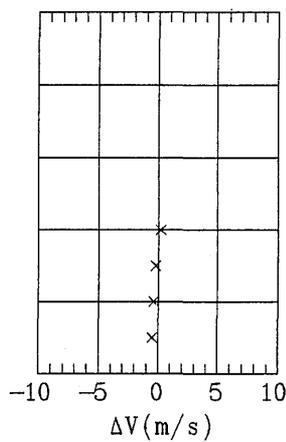
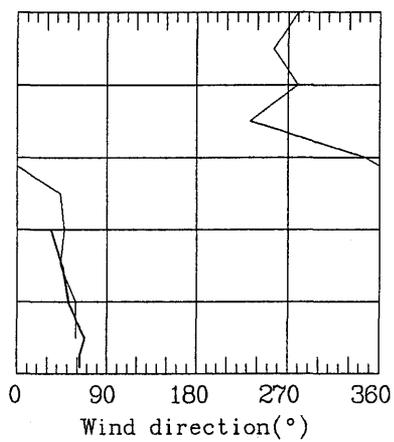




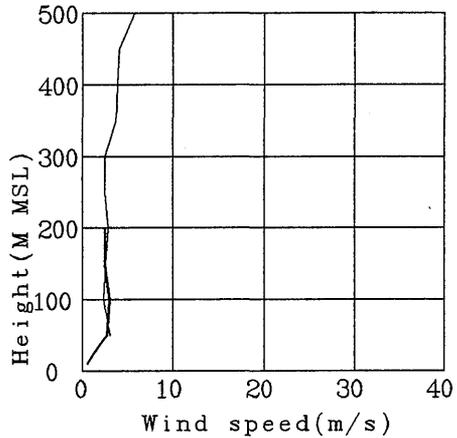
TOWER 890927 1707 — KYTOON 890927 1707



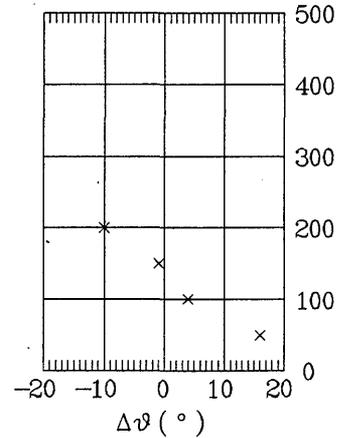
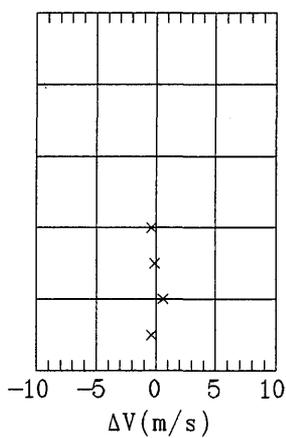
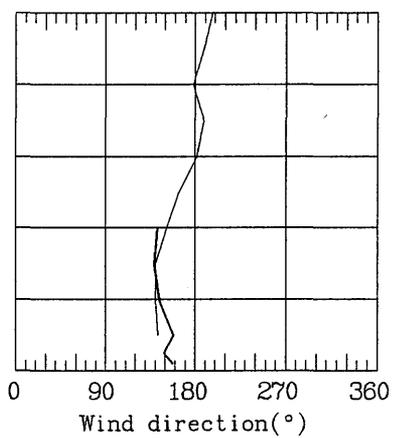
KYTOON 890927 1707



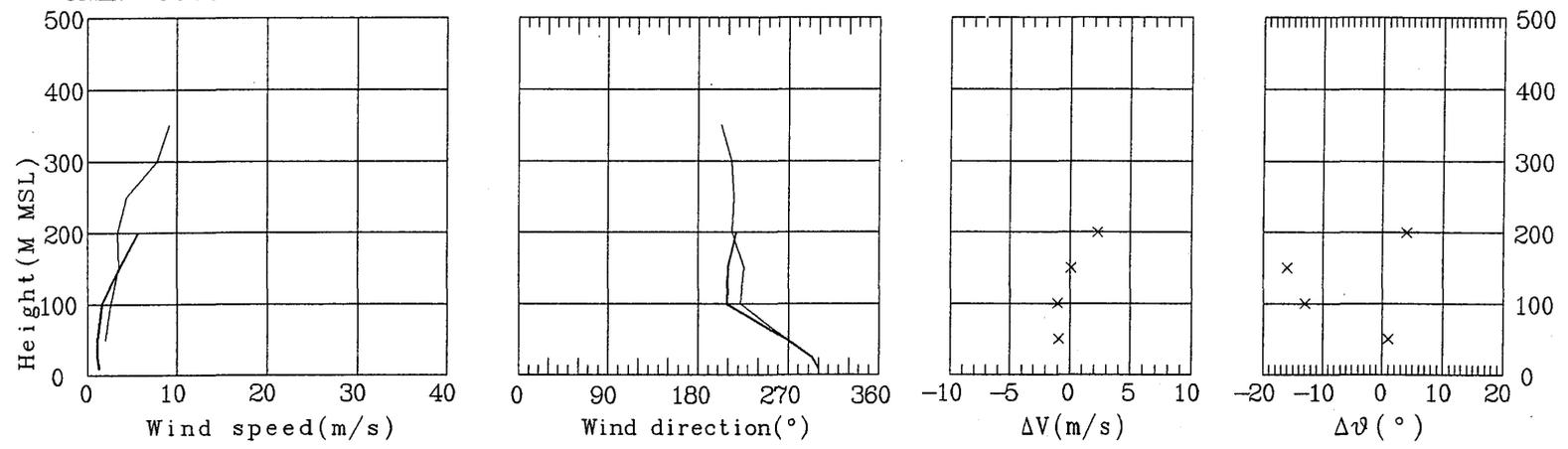
TOWER 890927 2007 — KYTOON 890927 2007

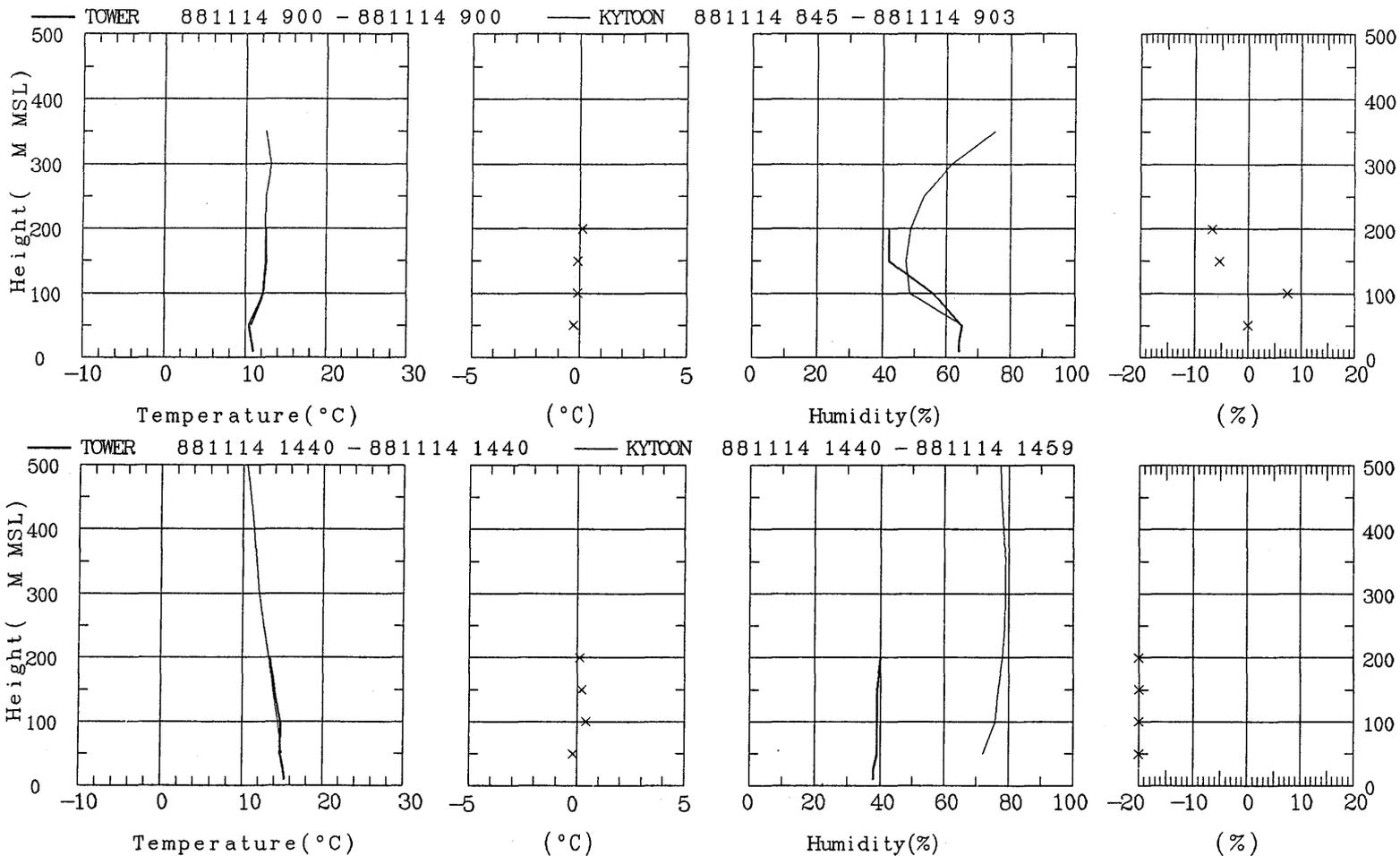


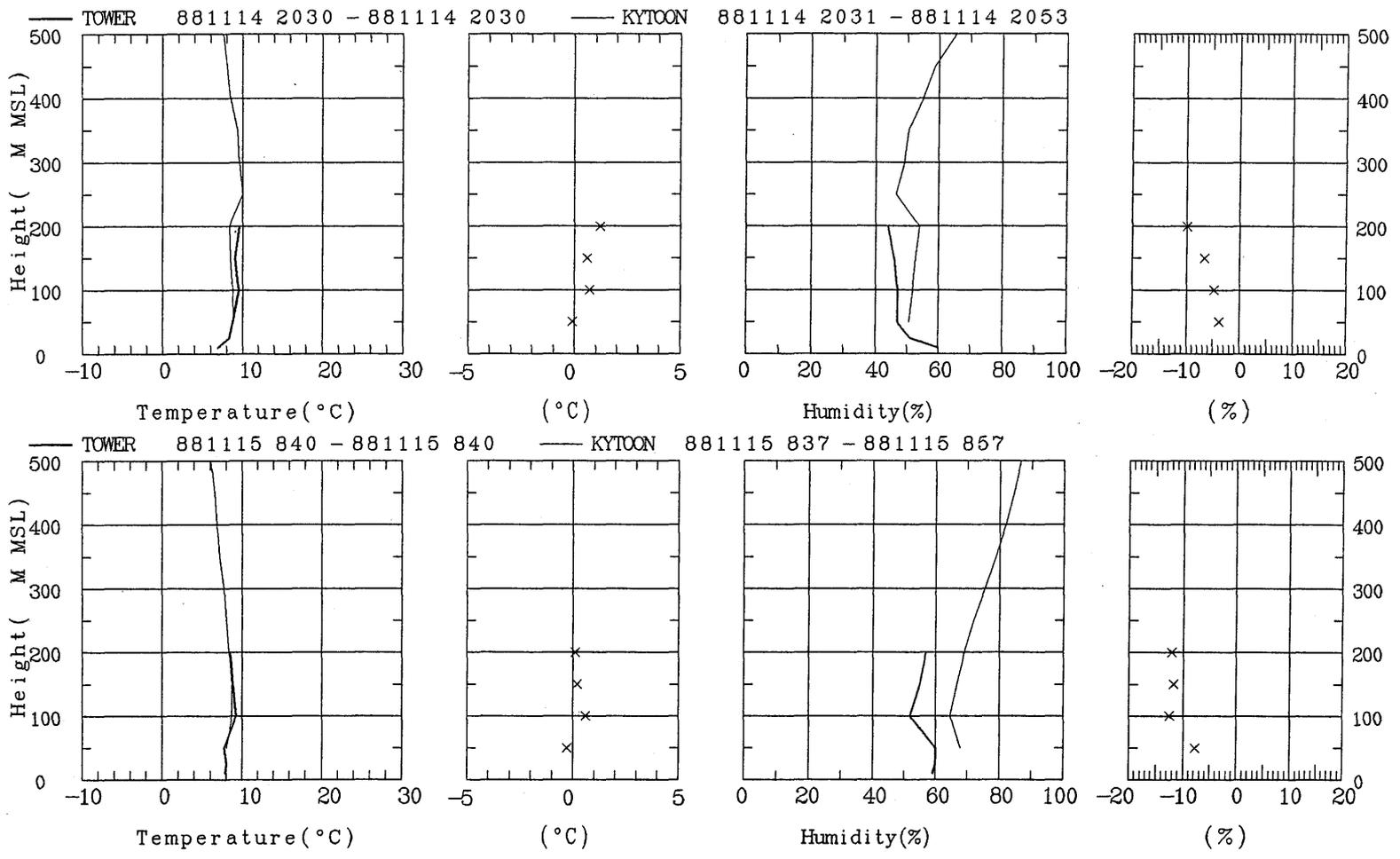
KYTOON 890927 2007

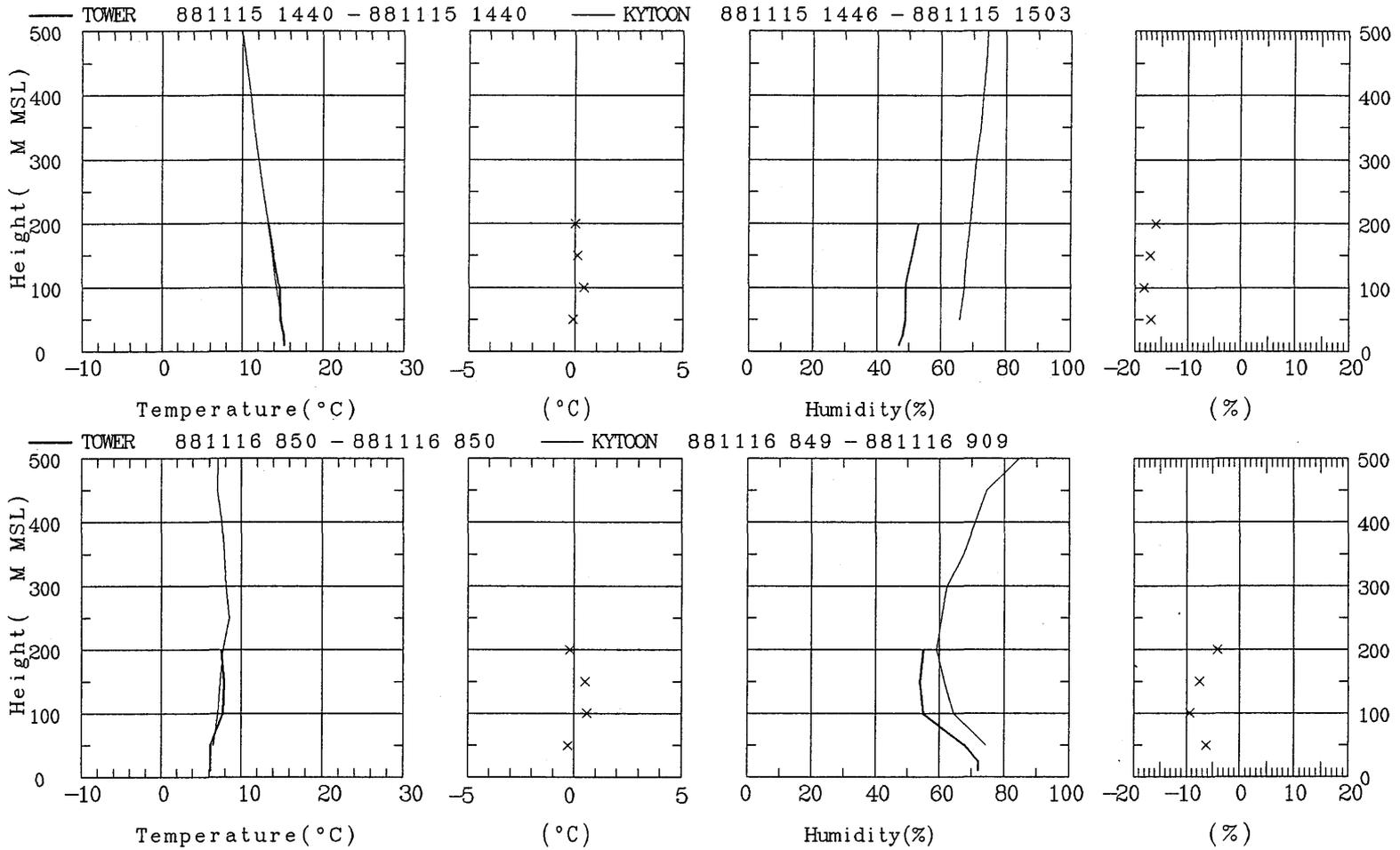


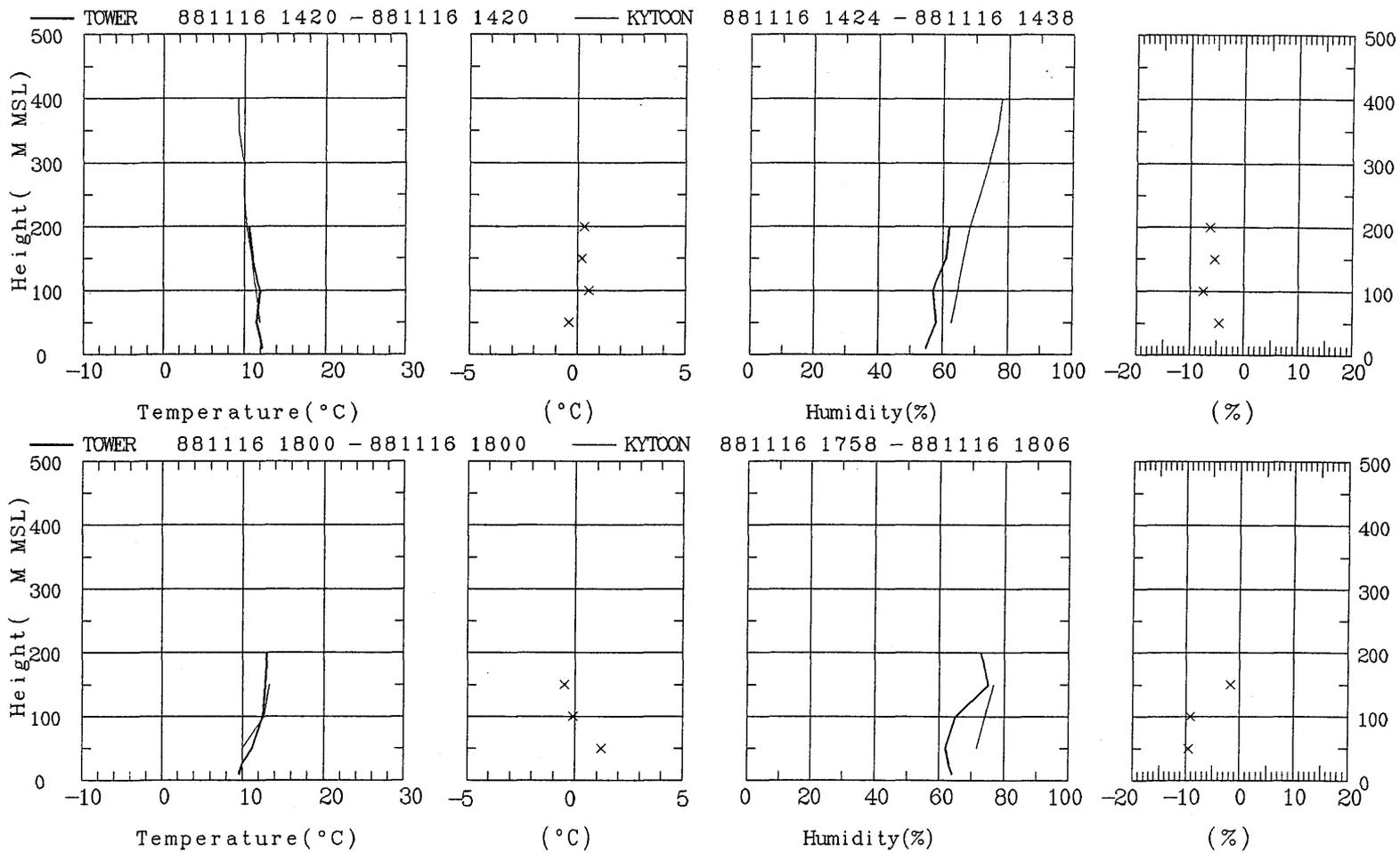
— TOWER 890928 822 — KYTOON 890928 822

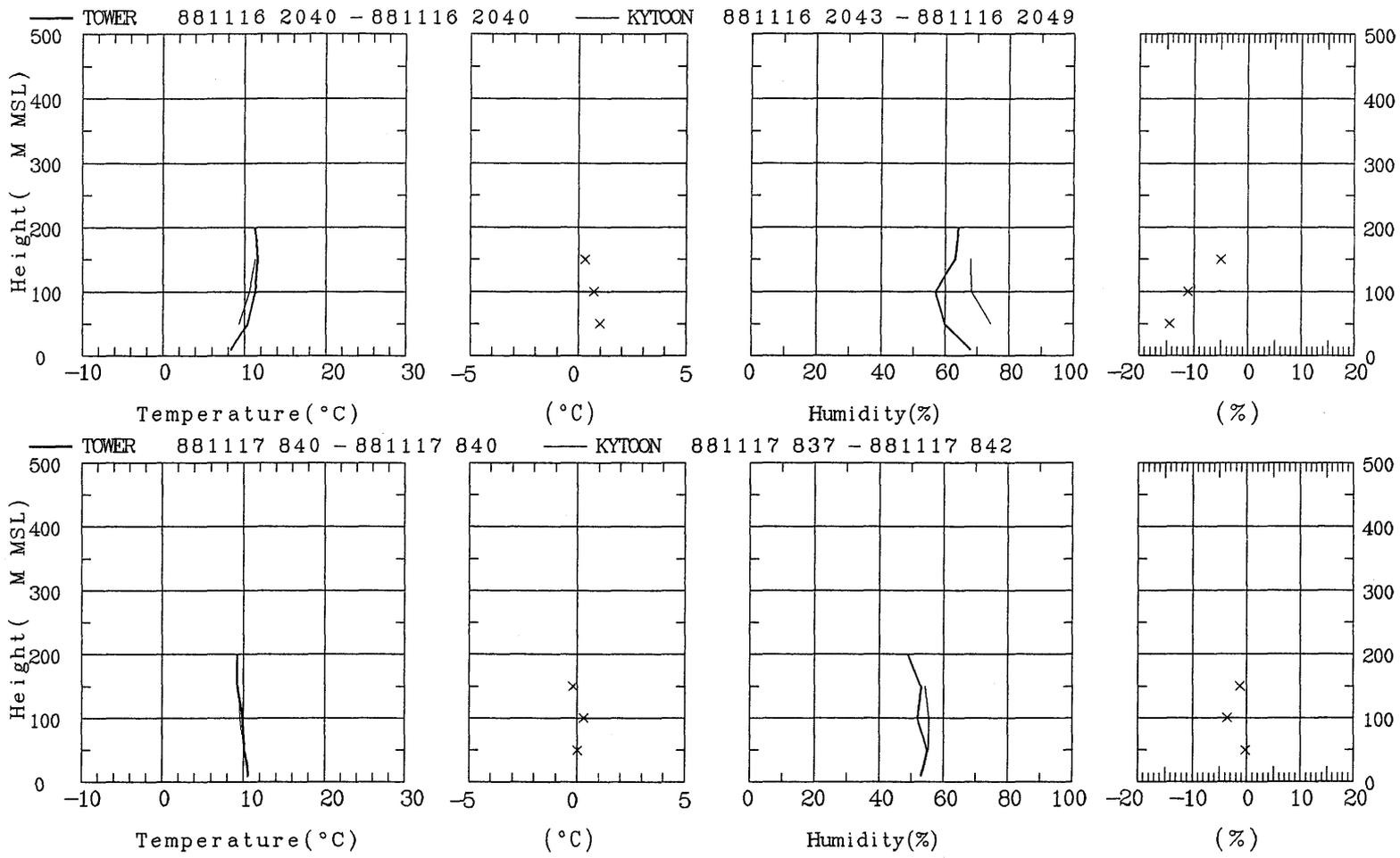


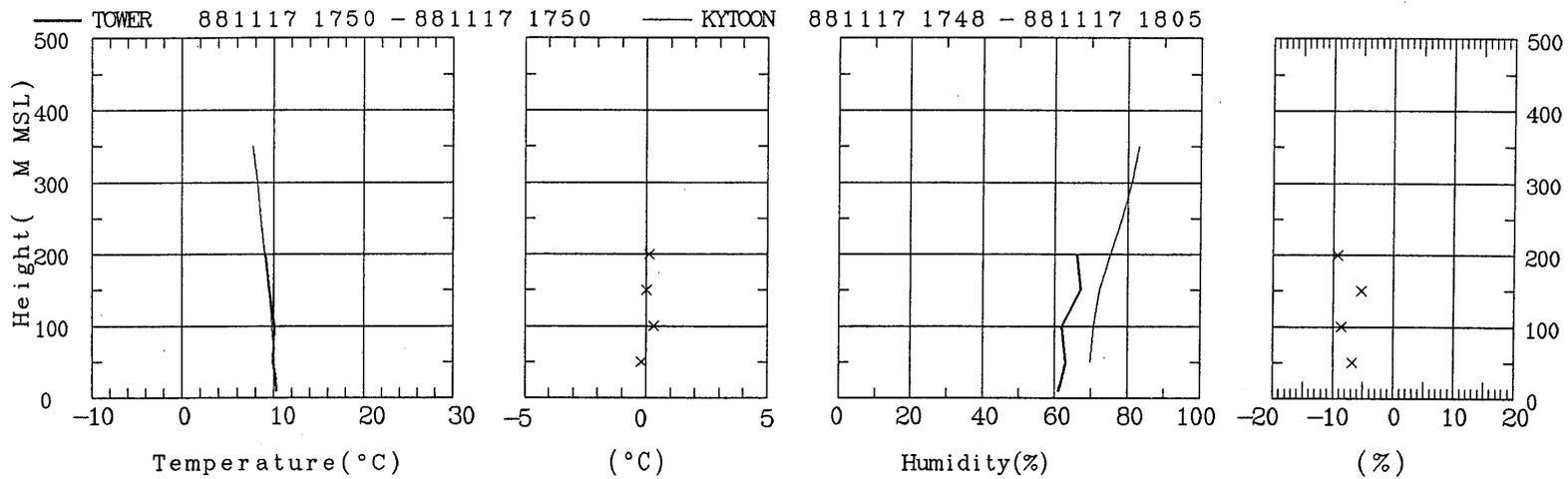


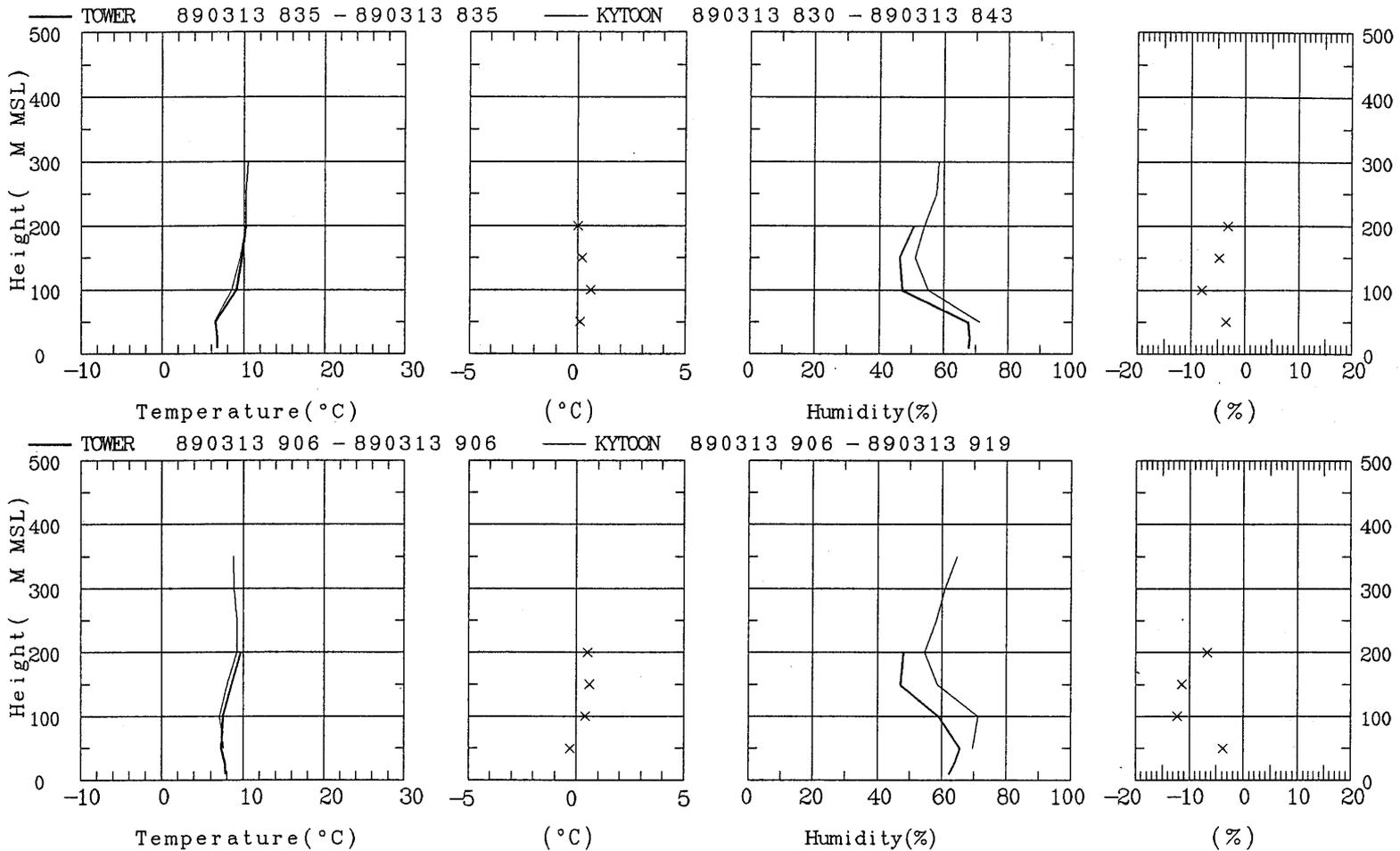


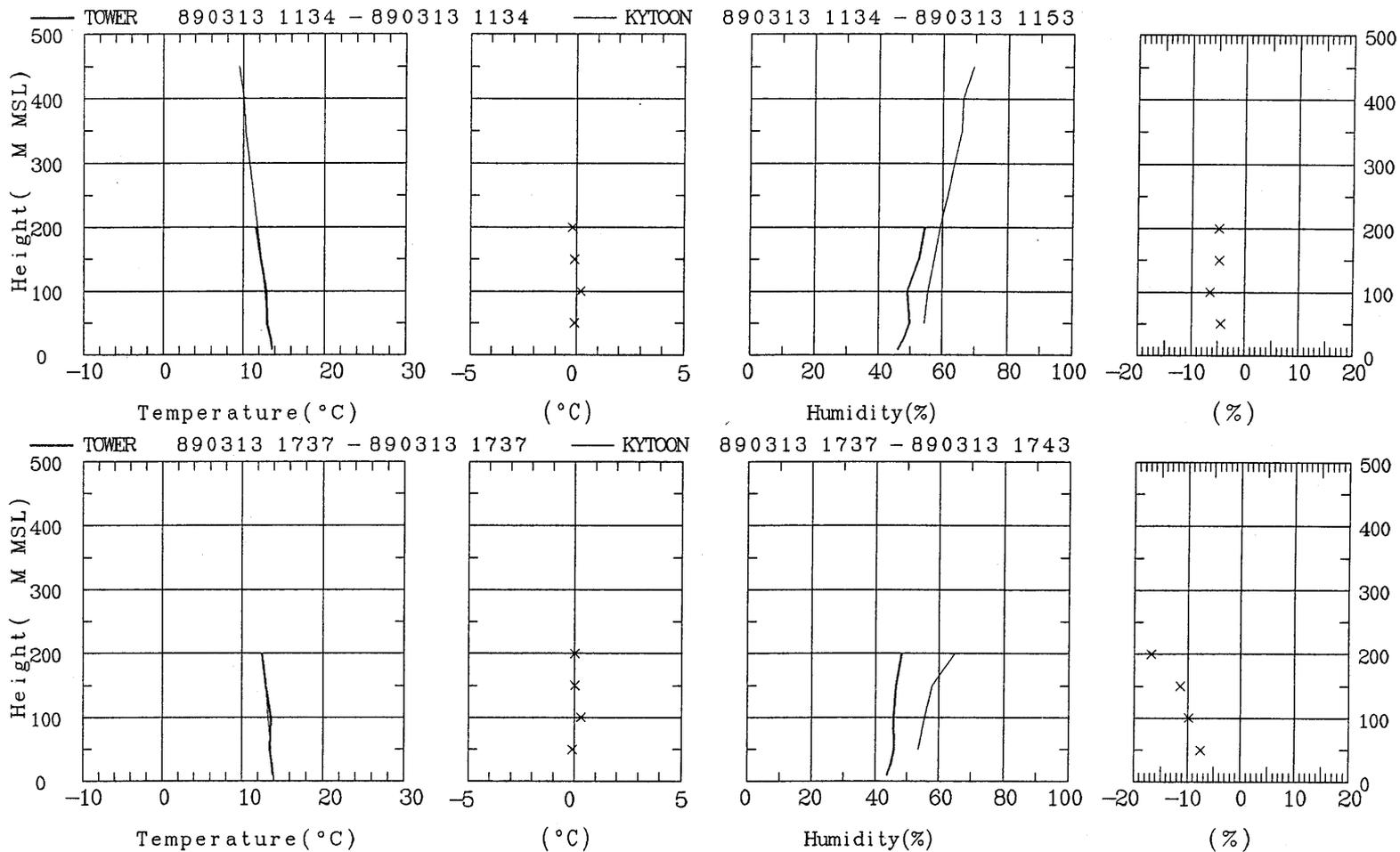


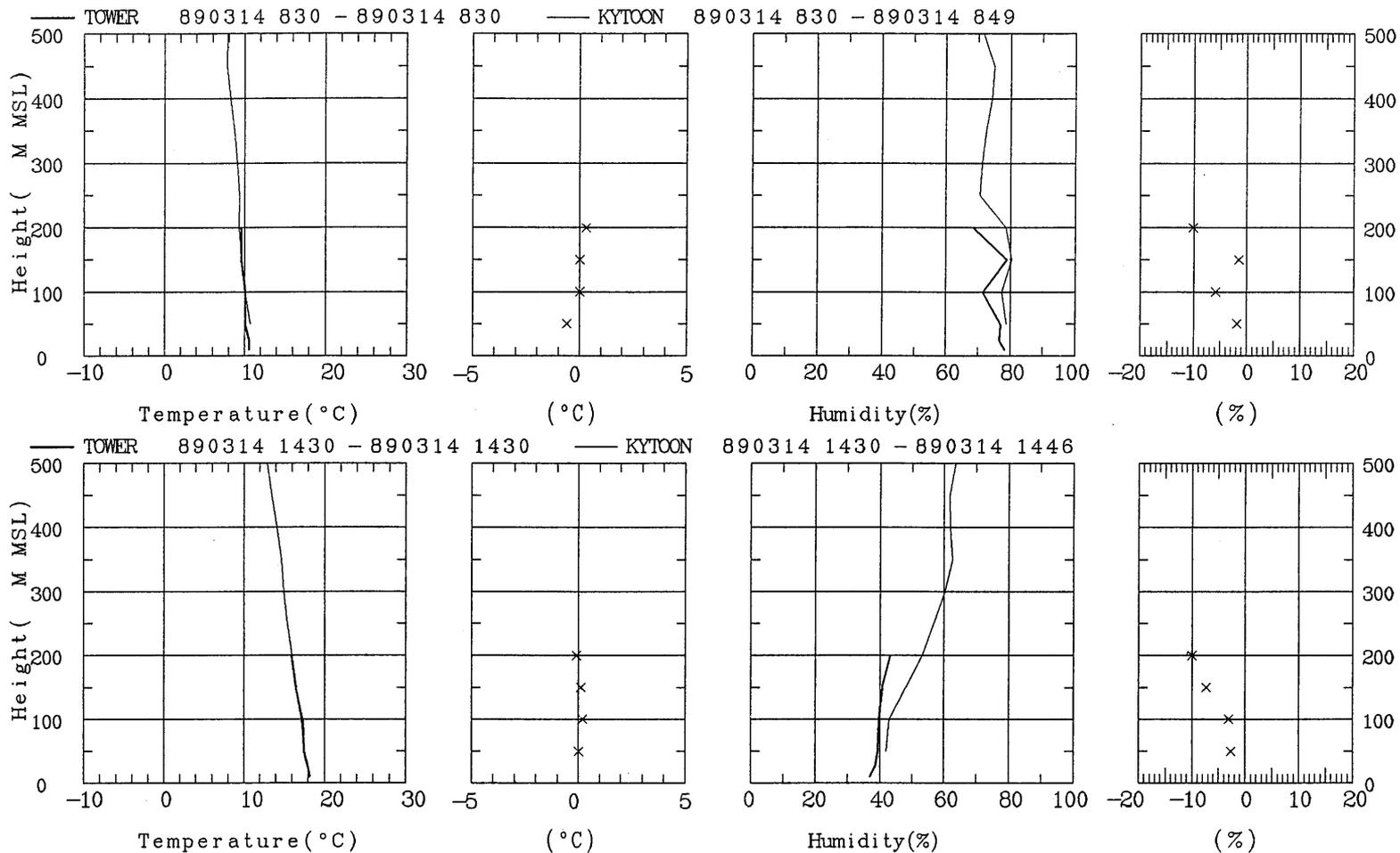


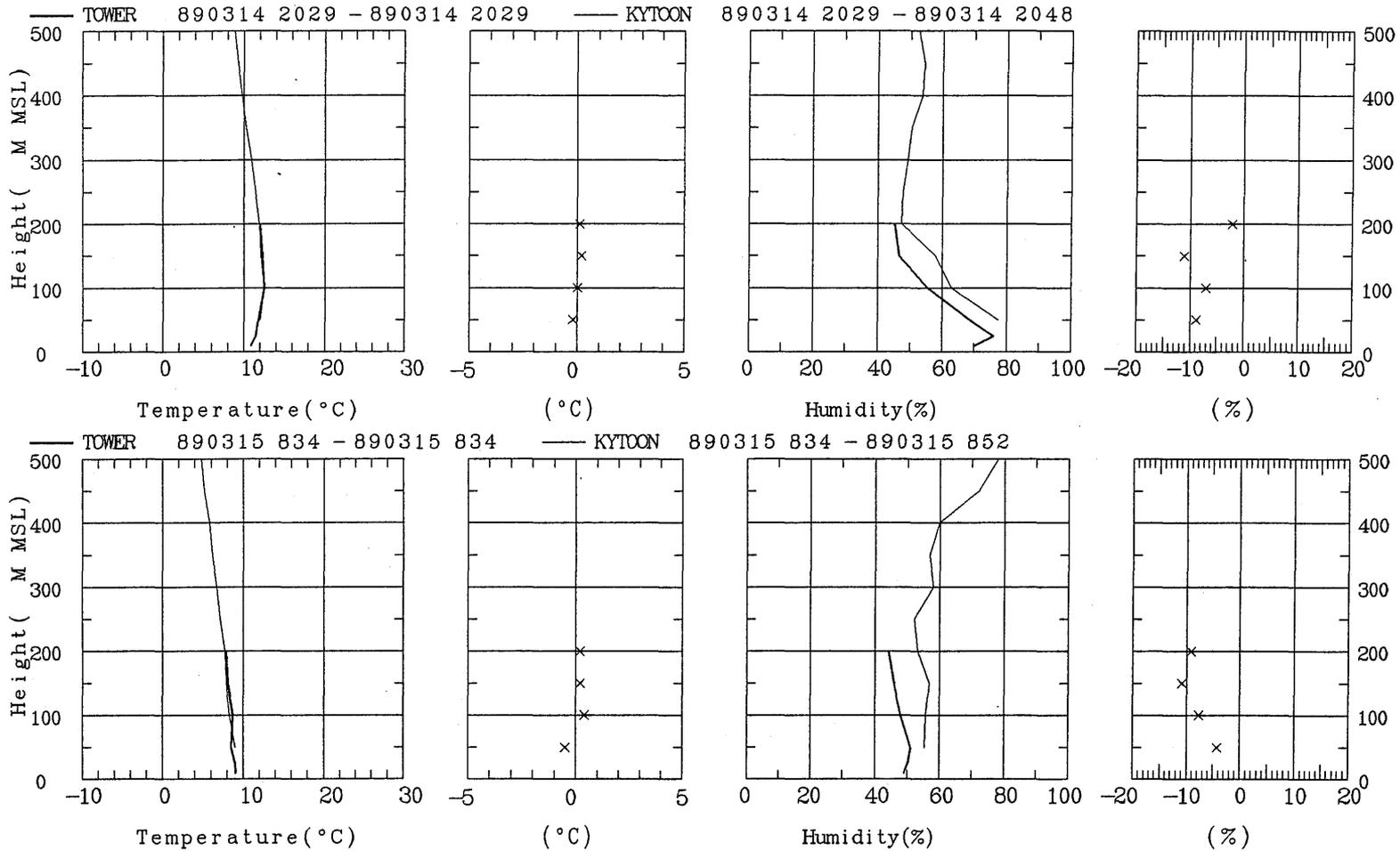


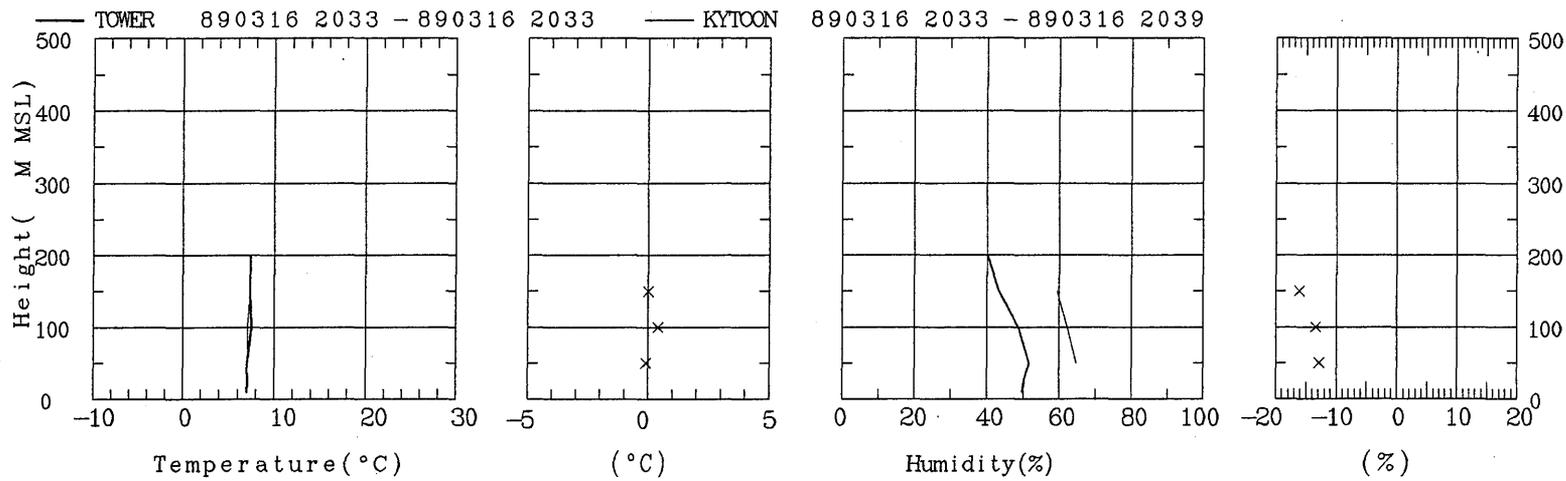


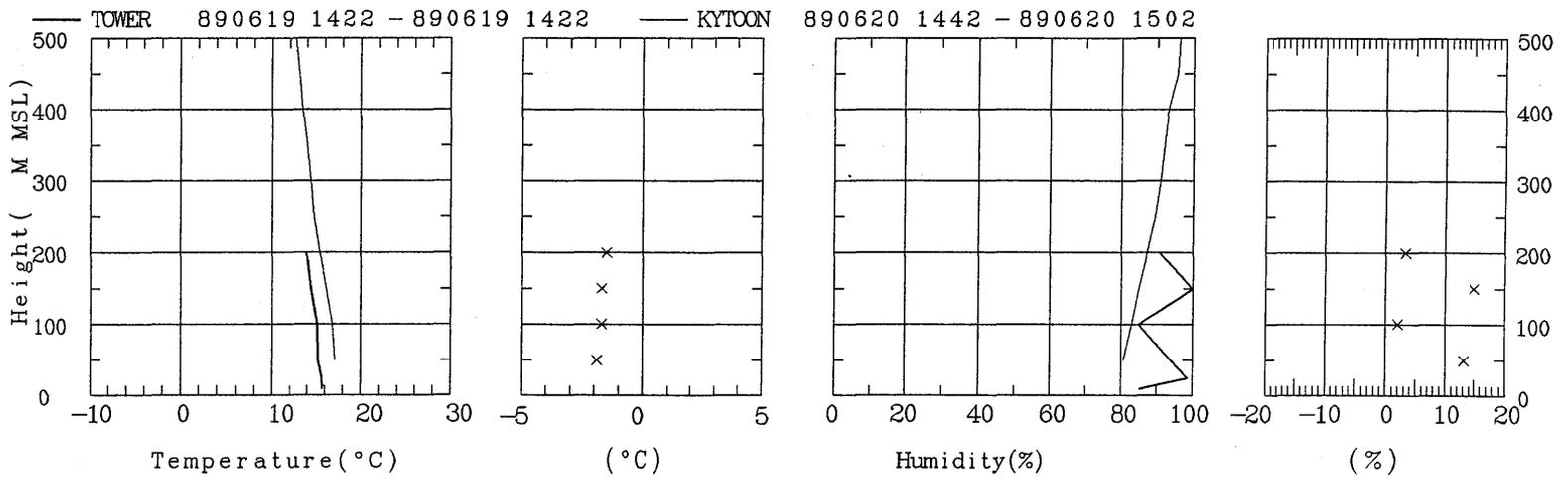
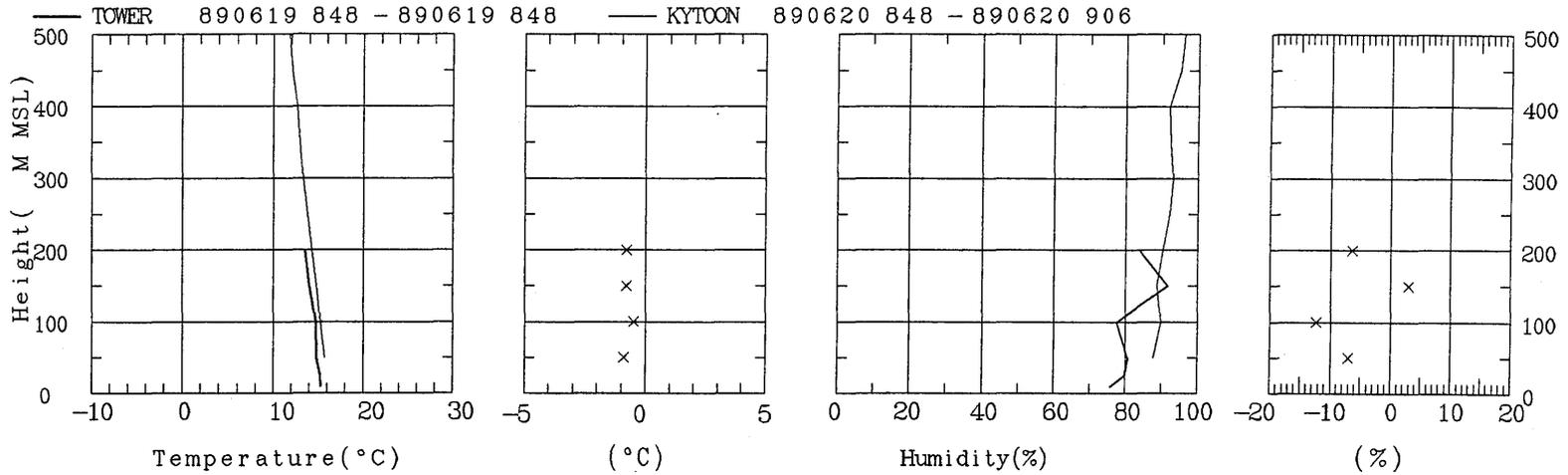


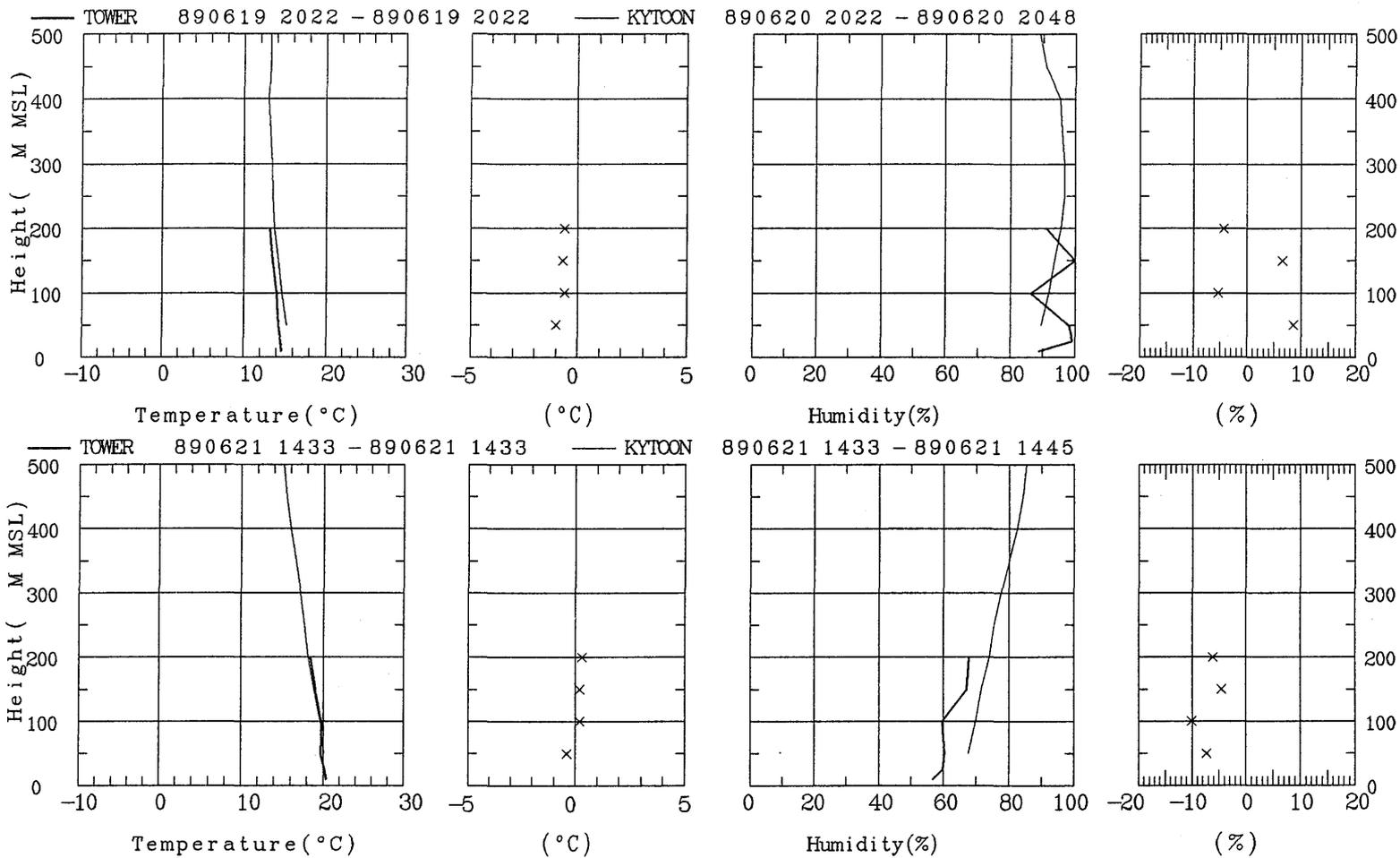


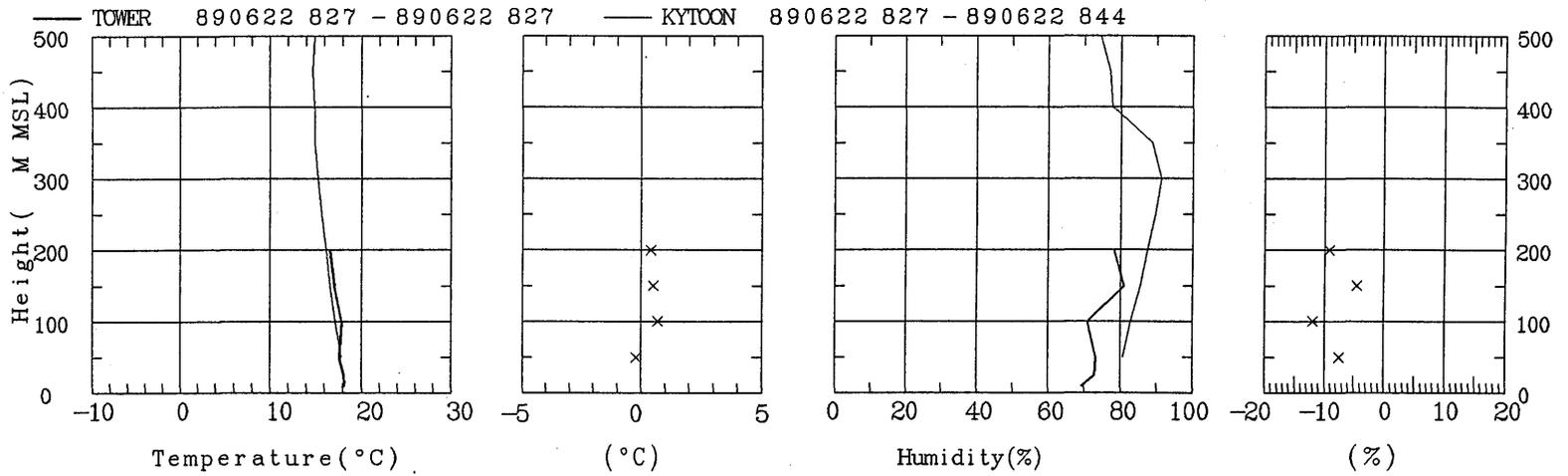
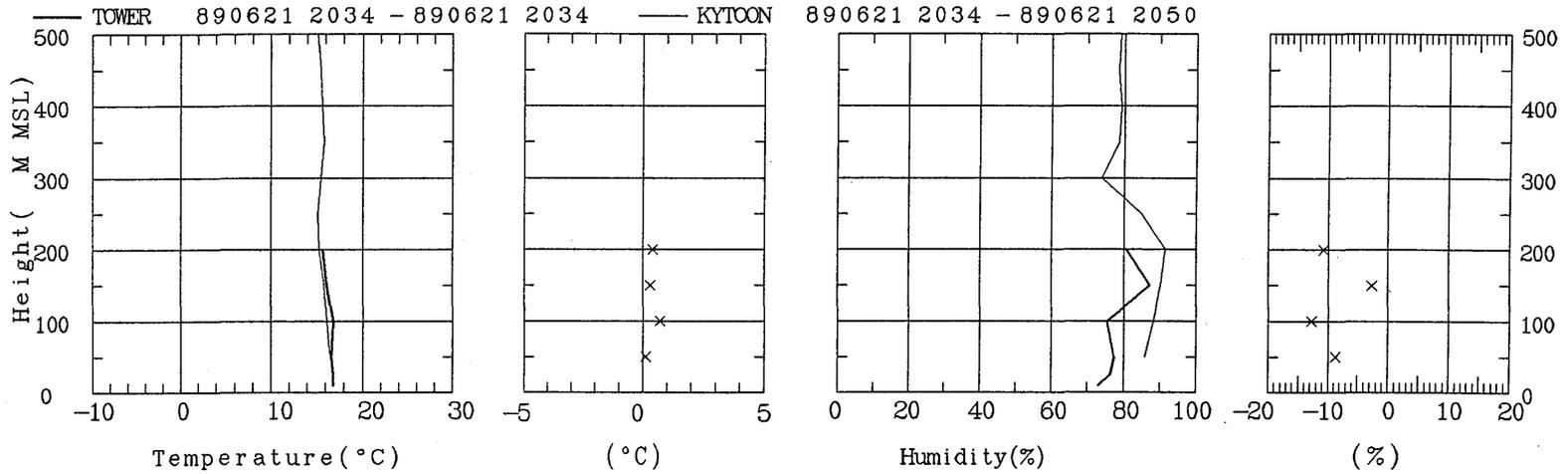


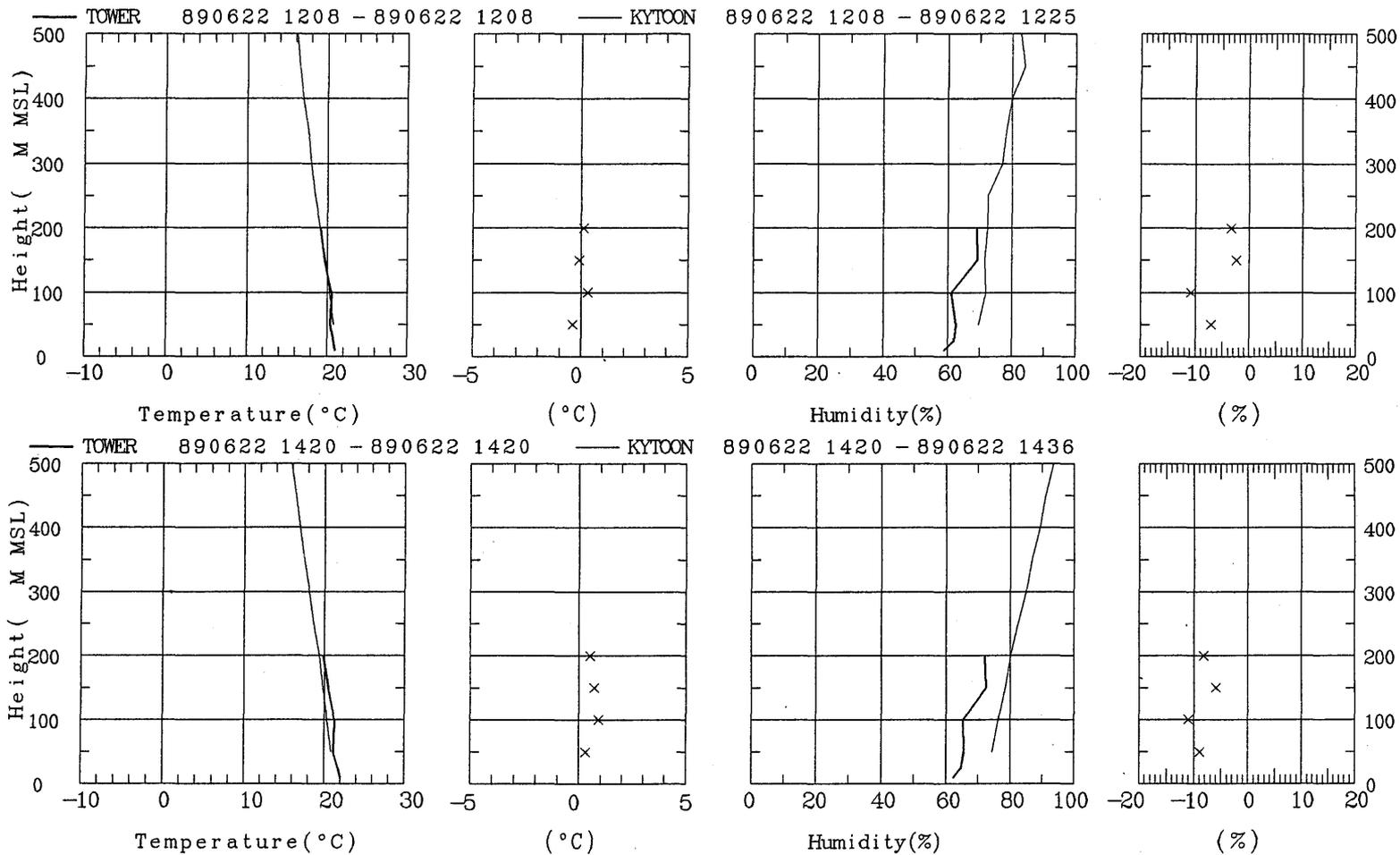


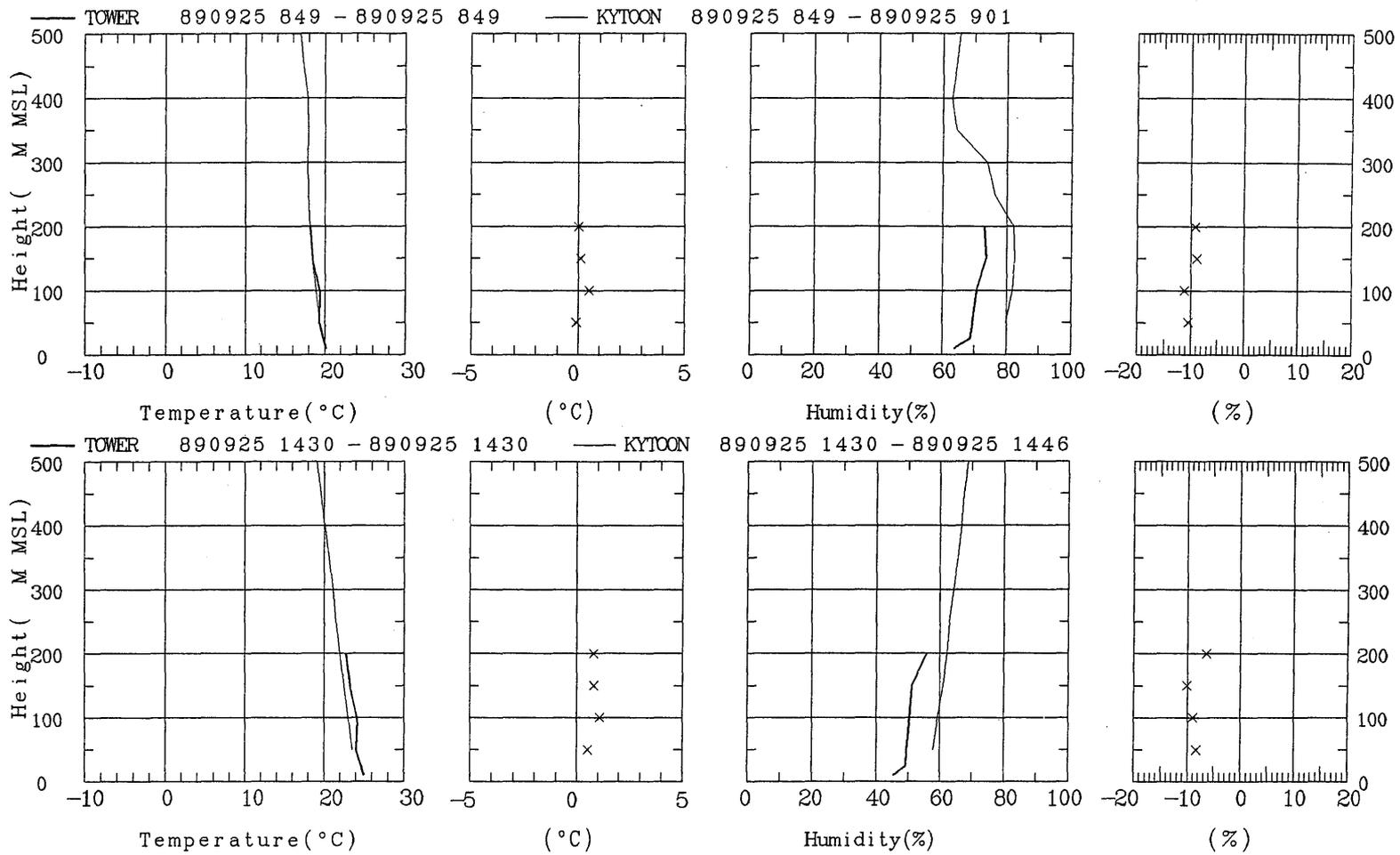


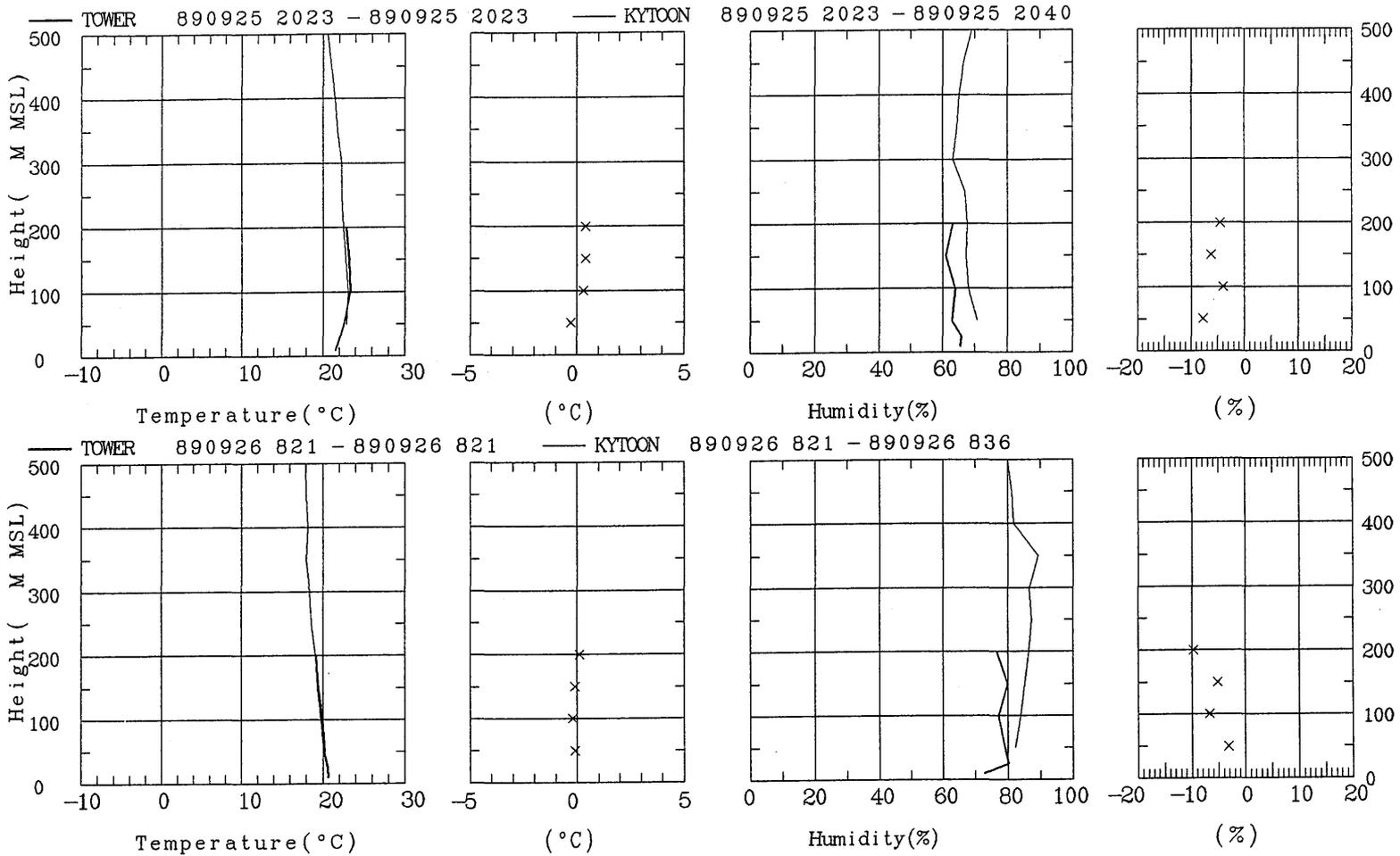


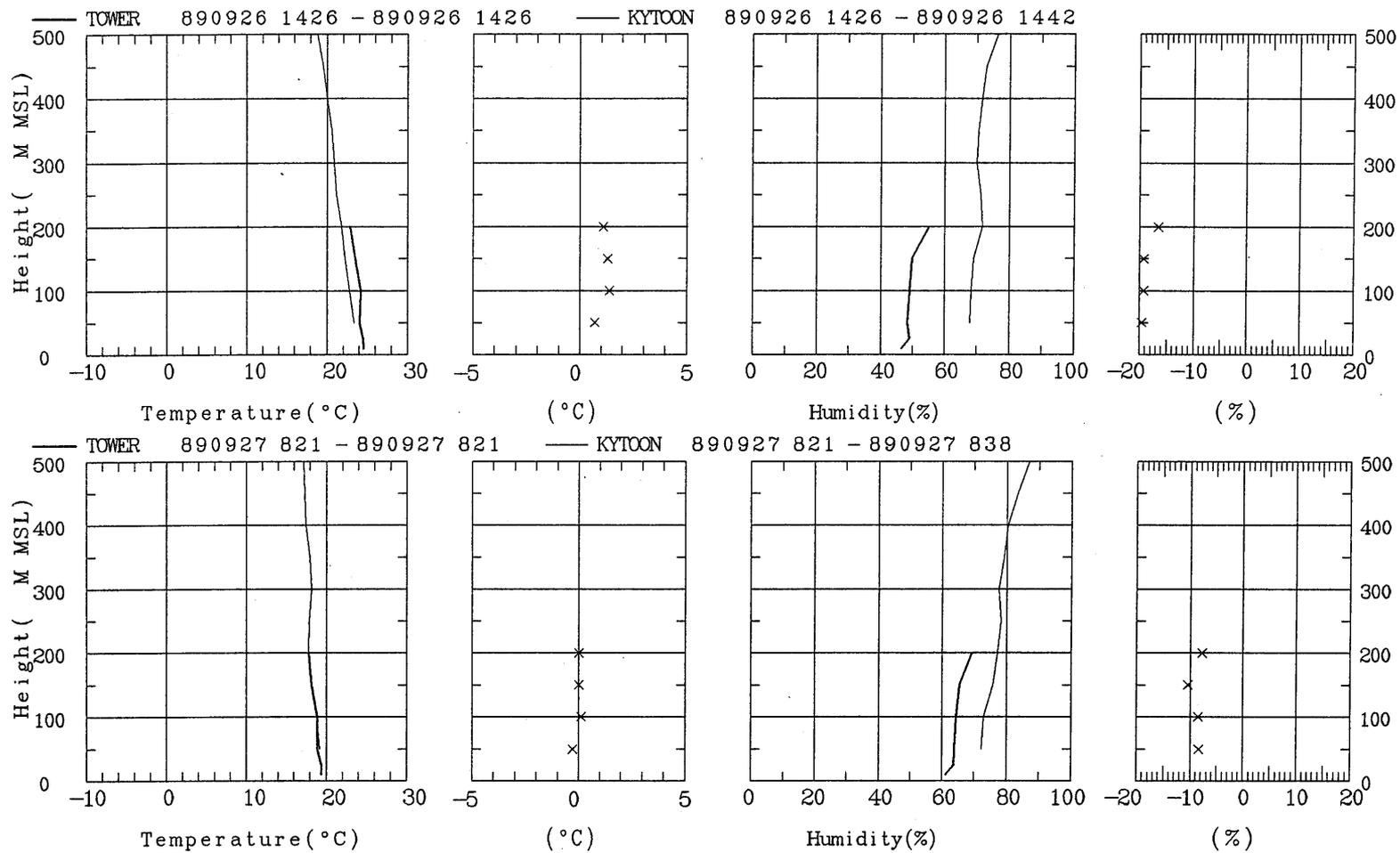


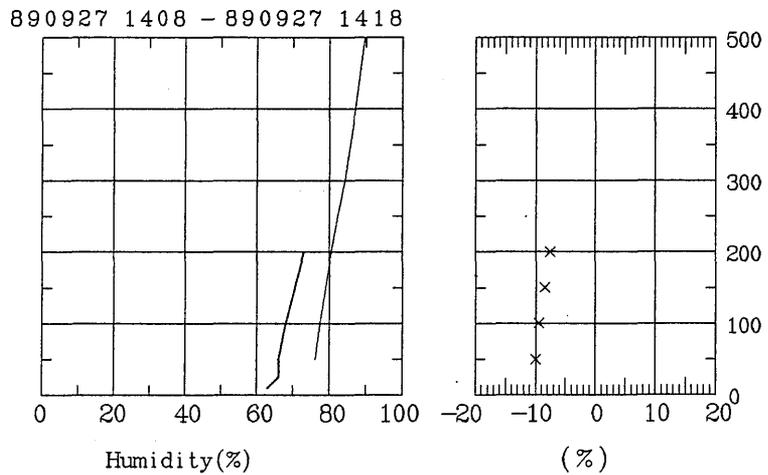
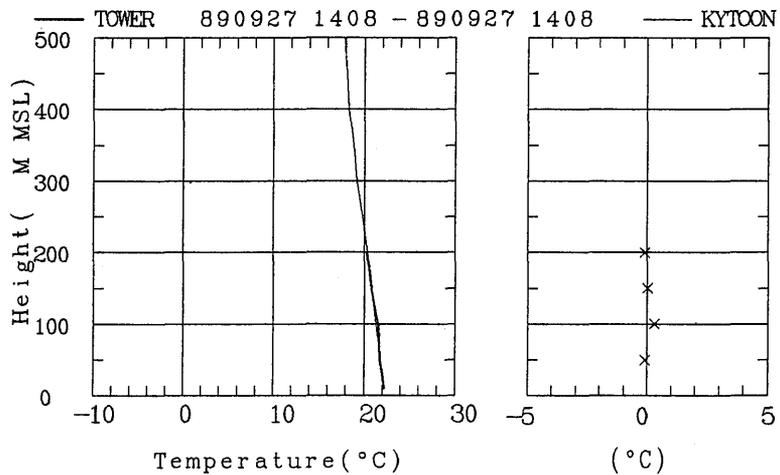
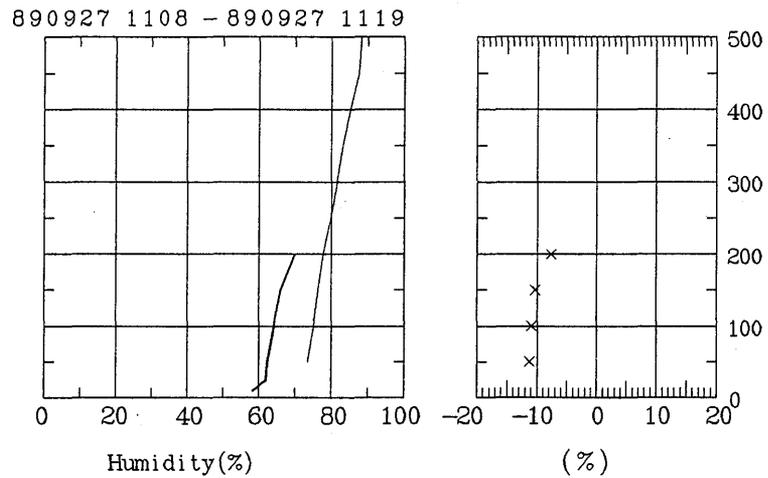
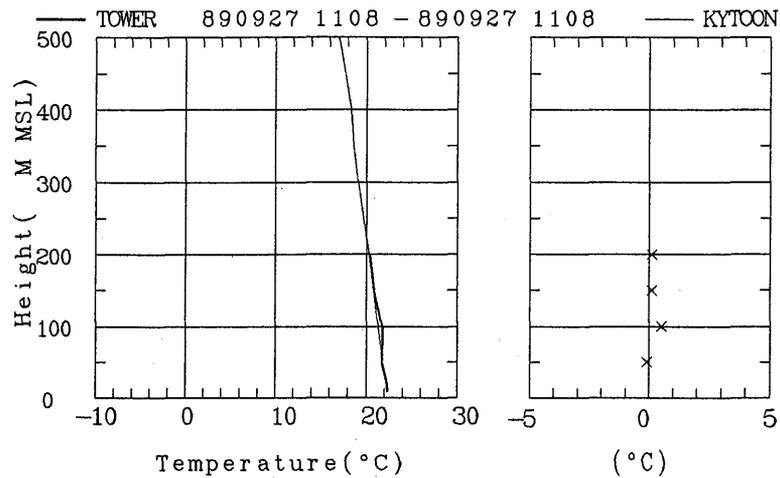


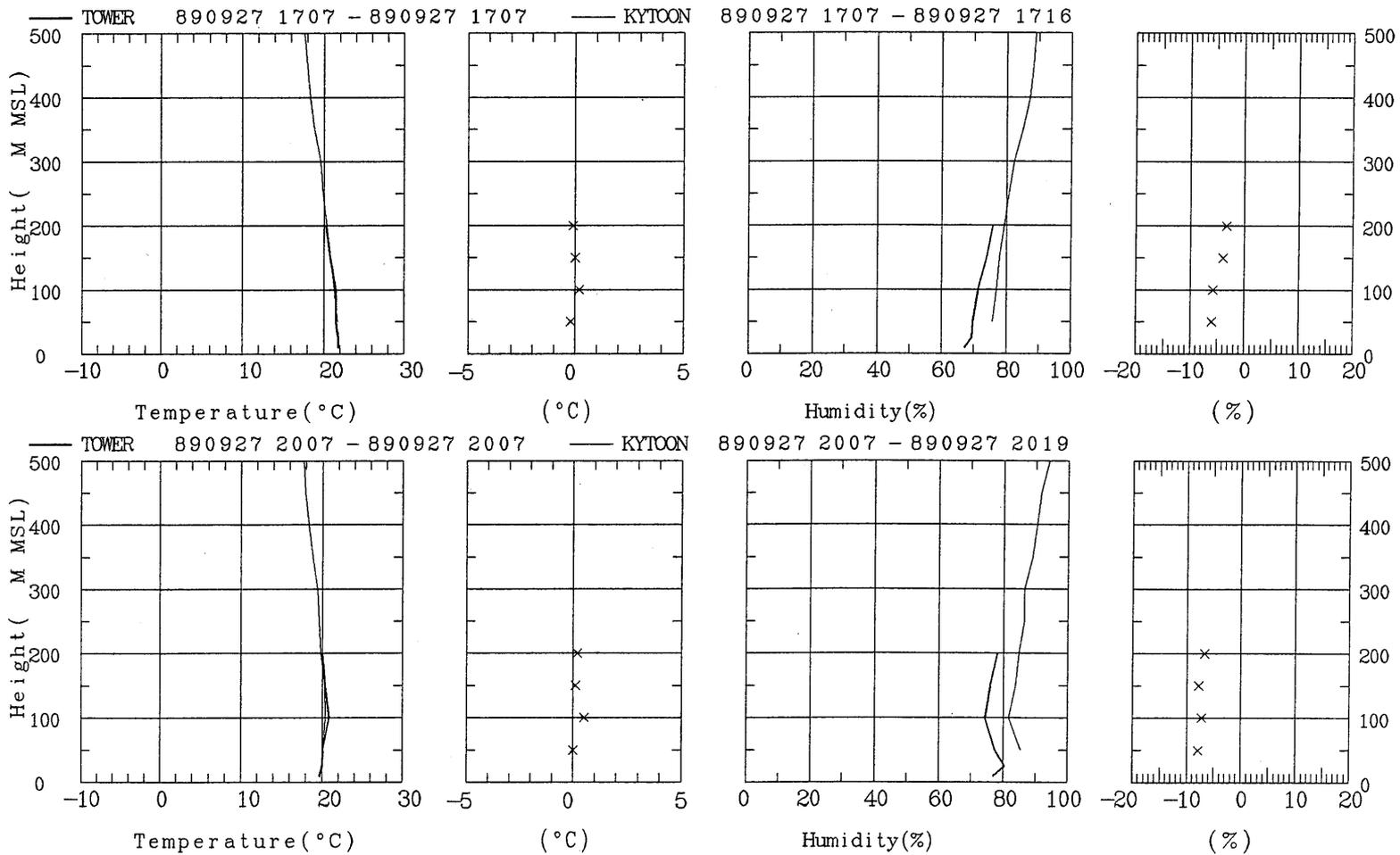


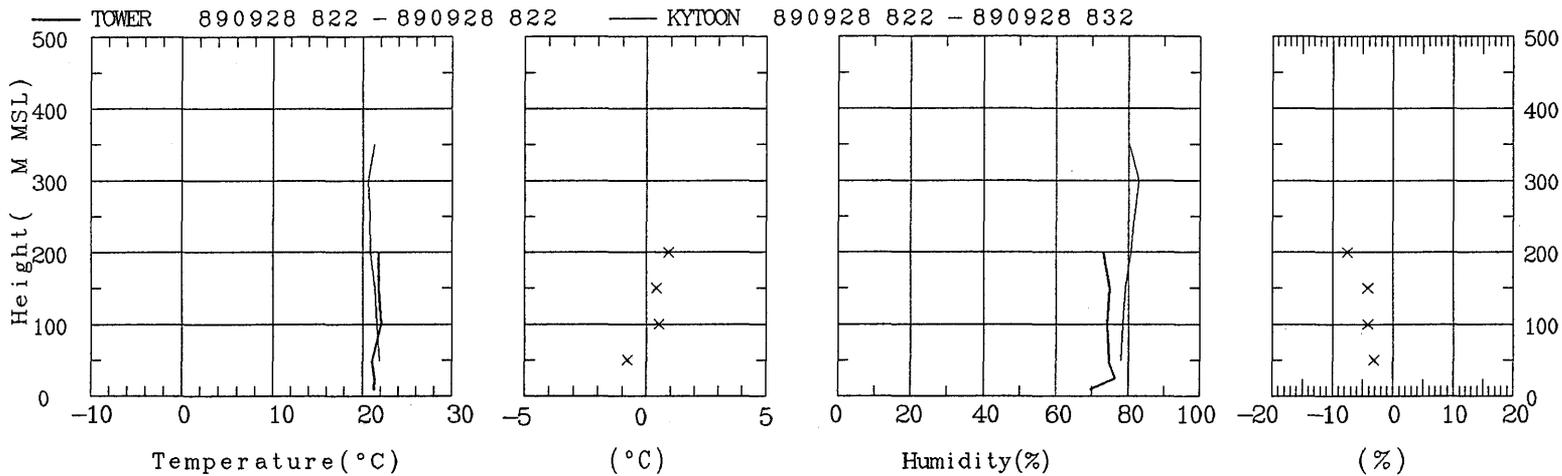












気象研究所技術報告一覧表

- 第1号 バックグラウンド大気汚染の測定法の開発（地球規模大気汚染特別研究班，1978）
Development of Monitoring Techniques for Global Background Air Pollution (MRI Special Research Group on Global Atmospheric Pollution, 1978)
- 第2号 主要活火山の地殻変動並びに地熱状態の調査研究（地震火山研究部，1979）
Investigation of Ground Movement and Geothermal State of Main Active Volcanoes in Japan (Seismology and Volcanology Research Division, 1979)
- 第3号 筑波研究学園都市に新設された気象観測用鉄塔施設（花房龍男・藤谷徳之助・伴野 登・魚津 博，1979）
On the Meteorological Tower and Its Observational System at Tsukuba Science City (T. Hanafusa, T. Fujitani, N. Banno and H. Uozu, 1979)
- 第4号 海底地震常時観測システムの開発（地震火山研究部，1980）
Permanent Ocean-Bottom Seismograph Observation System (Seismology and Volcanology Research Division, 1980)
- 第5号 本州南方海域水温図——400m（又は500m）深と1000m深——（1934-1943年及び1954-1980年）（海洋研究部，1981）
Horizontal Distribution of Temperature in 400 m (or 500 m) and 1000 m Depth in Sea South of Honshu, Japan and Western-North Pacific Ocean from 1934 to 1943 and from 1954 to 1980 (Oceanographical Research, 1981)
- 第6号 成層圏オゾンの破壊につながる大気成分および紫外日射の観測（高層物理研究部，1982）
Observations of the Atmospheric Constituents Related to the Stratospheric Ozone Depletion and the Ultraviolet Radiation (Upper Atmosphere Physics Research Division, 1982)
- 第7号 83型強震計の開発（地震火山研究部，1983）
Strong-Motion Seismograph Model 83 for the Japan Meteorological Agency Network (Seismology and Volcanology Research Division, 1983)
- 第8号 大気中における雪片の融解現象に関する研究（物理気象研究部，1984）
The Study of Melting of Snowflakes in the Atmosphere (Physical Meteorology Research Division, 1984)
- 第9号 御前崎南方沖における海底水圧観測（地震火山研究部・海洋研究部，1984）

- Bottom Pressure Observation South off Omaezaki, Central Honshu (Seismology and Volcanology Research Division and Oceanographical Research Division, 1984)
- 第10号 日本付近の低気圧の統計 (予報研究部, 1984)
Statistics on Cyclones around Japan (Forecast Research Division, 1984)
- 第11号 局地風と大気汚染物質の輸送に関する研究 (応用気象研究部, 1984)
Observations and Numerical Experiments on Local Circulation and Medium-Range Transport of Air Pollutions (Applied Meteorology Research Division, 1984)
- 第12号 火山活動監視法に関する研究 (地震火山研究部, 1984)
Investigation on the Techniques for Volcanic Activity Surveillance (Seismology and Volcanology Research Division, 1984)
- 第13号 気象研究所大気大循環モデル- I (MRI-GCM- I) (予報研究部, 1984)
A Description of the MRI Atmospheric General Circulation Model (The MRI-GCM- I) (Forecast Reserach Division, 1984)
- 第14号 台風の構造の変化と移動に関する研究——台風7916の一生—— (台風研究部, 1985)
A Study on the Changes of Three-Dimensional Structure and the Movement Speed of the Typhoon through Its Life Time (Typhoon Research Division, 1985)
- 第15号 波浪推算モデル MRI と MRI- II の相互比較研究——計算結果図集—— (海洋研究部, 1985)
An Intercomparison Study between the Wave Models MRI and MRI- II——A Compilation of Results——(Oceanographical Research Division, 1985)
- 第16号 地震予知に関する実験的及び理論的研究 (地震火山研究部, 1985)
Study on Earthquake Prediction by Geophysical Method (Seismology and Volcanology Research Division, 1985)
- 第17号 北半球地上月平均気温偏差図 (予報研究部, 1986)
Maps of Monthly Mean Surface Temperature Anomalies over the Northern Hemisphere for 1891-1981 (Forecast Research Division, 1986)
- 第18号 中層大気の研究 (高層物理研究部・気象衛星研究部・予報研究部・地磁気観測所, 1986)
Studies of the Middle Atmosphere (Upper Atmosphere Physics Research Division, Meteorological Satellite Research Division, Forecast Research Division, MRI and the Magnetic Observatory, 1986)
- 第19号 ドップラーレーダによる気象・海象の研究 (気象衛星研究部・台風研究部・予報研究部・応用気象研究部・海洋研究部, 1986)

- Studies on Meteorological and Sea Surface Phenomena by Doppler Radar (Meteorological Satellite Research Division, Typhoon Research Division, Forecast Research Division, Applied Meteorology Research Division and Oceanographical Research Division, 1986)
- 第20号 気象研究所対流圏大気大循環モデル (MRI・GCM- I) による12年間の積分 (予報研究部, 1986)
- Mean Statistics of the Tropospheric MRI-GCM- I based on 12-year Integration (Forecast Research Division, 1986)
- 第21号 宇宙線中間子強度1983-1986 (高層物理研究部, 1987)
- Multi-Directional Cosmic Ray Meson Intensity 1983-1986 (Upper Atmosphere Physics Research Division, 1987)
- 第22号 静止気象衛星「ひまわり」画像の噴火噴煙データにもとづく噴火活動の解析に関する研究 (地震火山研究部, 1987)
- Study on Analyses of Volcanic Eruptions based on Eruption Cloud Image Data obtained by the Geostationary Meteorological Satellite (GMS) (Seismology and Volcanology Research Division, 1987)
- 第23号 オホーツク海海洋気候図 (篠原吉雄・四竈信行, 1988)
- Marine Climatological Atlas of the Sea of Okhotsk (Y. Shinohara and N. Shikama, 1988)
- 第24号 海洋大循環モデルを用いた風の応力異常に対する太平洋の応答実験 (海洋研究部, 1989)
- Response Experiment of Pacific Ocean to Anomalous Wind Stress with Ocean General Circulation Model (Oceanographical Research Division, 1989)
- 第25号 太平洋における海洋諸要素の季節平均分布 (海洋研究部, 1989)
- Seasonal Mean Distribution of Sea Properties in the Pacific (Oceanographical Research Division, 1989)
- 第26号 地震前兆現象のデータベース (地震火山研究部, 1990)
- Database of Earthquake Precursors (Seismology and Volcanology Research Division, 1990)
- 第27号 沖縄地方における梅雨期の降水システムの特徴 (台風研究部, 1991)
- Characteristics of Precipitation Systems during the Baiu Season in the Okinawa Area (Typhoon Research Division, 1991)
- 第28号 気象研究所・予報研究部で開発された非静水圧モデル (猪川元興・斉藤和雄, 1991)

Description of a Nonhydrostatic Model Developed at the Forecast Research Department of the MRI (M. Ikawa and K. Saito, 1991)

第29号 雲の放射過程に関する総合的研究 (気候研究部・物理気象研究部・応用気象研究部・気象衛星・観測システム研究部・台風研究部, 1992)

A Synthetic Study on Cloud-Radiation Processes (Climate Research Department, Physical Meteorology Research Department, Applied Meteorology Research Department, Meteorological Satellite and Observation System Research Department and Typhoon Research Department, 1992)

第30号 大気と海洋・地表とのエネルギー交換過程に関する研究 (三上正男・遠藤昌宏・新野宏・山崎孝治, 1992)

Studies of Energy Exchange Processes between the Ocean-Ground Surface and Atmosphere (M. Mikami, M. Endoh, H. Niino and K. Yamazaki, 1992)

第31号 降水日の出現頻度からみた日本の季節推移——30年間の日降水量資料に基づく統計—— (秋山孝子, 1993)

Seasonal Transition in Japan, as Revealed by Appearance Frequency of Precipitating -Days——Statistics of Daily Precipitation Data During 30 Years——(T. Akiyama, 1993)

第32号 直下型地震予知に関する観測的研究 (地震火山研究部, 1994)

Observational Study on the Prediction of Disastrous Intraplate Earthquakes (Seismology and Volcanology Research Department, 1994)

気 象 研 究 所

1946 (昭和21) 年 設 立

所 長 : 理 博 原 田 朗
予 報 研 究 部 部 長 : 古 賀 晴 成
気 候 研 究 部 部 長 : 村 木 彦 磨
台 風 研 究 部 部 長 : 大 塚 伸
物 理 気 象 研 究 部 部 長 : 能 美 武 功
応 用 気 象 研 究 部 部 長 : 理 博 花 房 龍 男
気象衛星・観測
シ ス テ ム 研 究 部 部 長 : 田 中 豊 顯
地 震 火 山 研 究 部 部 長 : 理 博 宝 来 帰 一
海 洋 研 究 部 部 長 : 周 東 健 三
地 球 化 学 研 究 部 部 長 : 理 博 重 原 好 次

気 象 研 究 所 技 術 報 告

編 集 委 員 長 : 古 賀 晴 成

編 集 委 員 : 加 藤 政 勝 中 川 慎 治 小 西 達 男
水 野 量 高 橋 俊 二 高 山 陽 三
神 定 健 二 蒲 地 政 文 松 枝 秀 和
事 務 局 : 松 林 繁 樹 太 田 貴 郎

気象研究所技術報告は、1978 (昭和53) 年の初刊以来、気象研究所が必要の都度発行する刊行物であり、気象学、海洋学、地震学その他関連の地球科学の分野において気象研究所職員が得た研究成果に関し、技術報告、資料報告および総合報告を掲載する。

気象研究所技術報告の編集は、編集委員会が行う。編集委員会は原稿の掲載の可否を判定する。

本誌に掲載された論文の著作権は気象研究所に帰属する。本誌に掲載された論文を引用する場合は、出所を明示すれば気象研究所の許諾を必要としない。本誌に掲載された論文の全部又は一部を複製、転載、翻訳、あるいはその他に利用する場合は、個人が研究、学習、教育に使用する場合を除き、気象研究所の許諾を得なければならない。

気象研究所技術報告 I S S N 0386-4049

第 33 号

平成 6 年 11 月 25 日 発行

編 集 兼
発 行 者 気 象 研 究 所

〒305 茨城県つくば市長峰 1-1

TEL. (0298) 53-8535

印 刷 所 株 式 会 社 エ リ ー ト 印 刷

〒300-12 茨城県牛久市柏田町3269