

4. 観測機器の概要

鉄塔に設置した機器による測定項目は次の3項目に大別される。

- (A) 気象要素（風向，風速，気温，湿度）の平均的プロファイルの測定
- (B) 乱流統計量の測定
- (C) 大気放射の測定

今回の報告では(A)(B)について述べ，(C)については別の機会に述べることにする。

4.1 気象要素の平均的プロファイルの測定

風向風速，気温および湿度の平均的プロファイルの測定を行なうもので，測定高度および設置機器の名称を第4.1表に示す。

第4.1表 測定機器名と設置高度

高度 (m)	測定項目	測定機器名	備考
213	平均風向風速	プロベラ型風向風速計 (FF-3R) " (MV-110)	風向切換用
	風向風速および風の乱れ	超音波風速計 (DA-200)	風向切換用
	平均気温	白金抵抗温度計	
	平均湿度	容量型湿度計	
200	平均風向風速	プロベラ型風向風速計 (MV-110)	感部は3方向に設置
	風向風速，風の乱れおよび 気温変動	超音波風速温度計 (DAT-200)	感部は3方向に設置
	平均温度	白金抵抗温度計	NE, S側に設置
	平均湿度	容量型湿度計	NE, S側に設置
	気温および湿度変動	熱電対乾湿計	1個のみ設置
150	200mに同じ		
100	200mに同じ		
50	200mに同じ		
25	200mに同じ		
(10)	200mに同じ (54年度に完成の予定)		

以下に各測定機器の概要について記述する。

(i) 風向風速の測定

前にも述べたように，鉄塔の頂部（地上高213m）に高さ2mのポールを3本設置して，それぞれの頂

部にプロベラ型風向風速計 (FF-3R), 微風向風速計 (MV-110), 2次元超音波風向風速計 (DA-200) を第3.2図に示すような位置に配置した。

200 m, 150 m, 100 m, 50 m, 25 m および 10 m 高度に設置した微風向風速計 (MV-110) は鉄塔から三方向に出ている支柱の測定設置台車から約 1 m 高くなっている設置台に取りつけられており, プロベラの高さは各ステージの床面から約 1.5 m 高くなっている。

第3章で述べたように塔体の陰になった風向風速計の感部は, 塔の影響を受けて真の風向風速を示さないで常時観測では, 鉄塔の影響の最も少ない発信器を選択する必要がある。200 m までの層の中では, 風向の変化は小さいと考えて, 213 m に設置した微風向風速計の風向信号を基準として 200 m, 150 m, 100 m, 50 m, 25 m および 10 m の高度にある各々 3 個の微風向風速計の感部のうちの 1 個を選択する方式を採用したが, その詳細は次のようなものである。

213 m の微風向風速計の風向発信器内部のトルクシンクロ発信器 (TX) からの風向信号を発振切換装置の制御シンクロ受信器 (CT) にて受信し, サーボ機構により, 零追従させ, 風向を検出するようになっている。

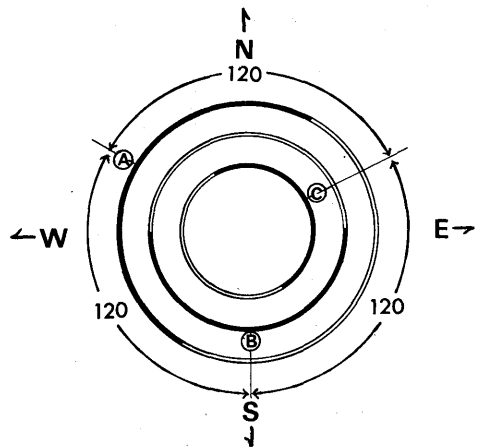
今, 仮りに発信器 (TX) と受信器 (CT) との間に角度偏差があると, CT のロータ巻線に電圧が発生し, その偏差電圧をサーボ増巾器で増巾し, サーボモーターを駆動して TX と CT の位置が一致すると偏差電圧は零となり, サーボモーターは停止する構造になっている。さらに風向検出用のカム軸は CT と 1 対 1 の回転比で機械的に結ばれているので, サーボモーターの回転と一緒に回転することになる。

回転軸には第 4.1 図に示されているように, 方位検出用の①②③ 3 組のカムが取付けられており, カム②を風向計の南の位置とし, ①③を各々 120° 間隔の位置を中心にしてそれぞれのカム共 ± 90° の動作範囲を持つように調整されている。

南を中心にして ± 90° の範囲の方向の風が吹いているときは②のカムにより近接スイッチが作動し, マイクロリレーを介して②発信器に切換えてその信号を風速の平均装置および記録計に送るようになっている。

①②③のカムは各々 180° の動作範囲を持っているため各々のカムには 60° のオーバーラップの範囲がある。このオーバーラップを過ぎてから次の発信器に切り換わるようになっている。さらに風向信号に関係なく, 手動で①②③発信器に切換えられるように手動切換スイッチが附属されている。

感部からの信号は, そのまま記録器で記録することも可能であるが, 第 4.2 図のような周波数特性を持った平均化回路を通して記録することもできるようになっている。この平均化回路の時定数は約 120 秒で



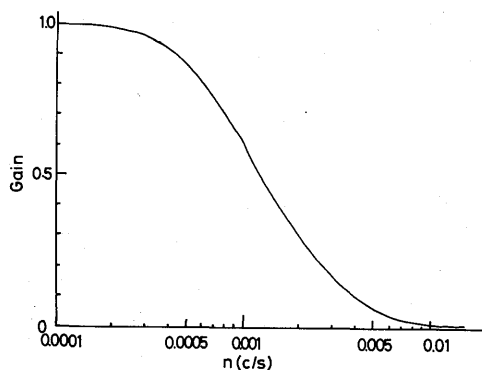
第 4.1 図 風向切換装置のカムの構造

ある。

感部および記録器の特性は第4.2表に示す通りで、エーロペン型風向風速計（FF-3R）と微風向風速

第4.2表 プロペラ型風向風速計の仕様

型 名		FF-3R	MV-110
項 目	風速発信部	交流発電式	直流発電式
	風向発信部	交流シンクロ式	交流シンクロ式
	起動風速	2 m/sec 以下	0.4 m/sec 以下
	測定範囲	2 ~ 90 m/sec	0.4 ~ 50 m/sec
	耐風速	100 m/sec 以上	60 m/sec 以上
	測定精度	風速 10 m/sec 以下 ± 0.5 m/sec 風速 10 m/sec 以上 $\pm 5\%$ 風向 $\pm 5^\circ$	風速 10 m/sec 以下 0.3 m/sec 風速 10 m/sec 以上 $\pm 3\%$ 風向 $\pm 3^\circ$
発 信 部	プロペラ回転数	60 m/sec で 2,500 R.P.M	20 m/sec で 2,400 R.P.M
	無負荷起電力	60 m/sec で AC 33V	20 m/sec で DC 680 mV
記 録 部	記 録 器	自動平衡式 2 ペン 3 段 切 換	自動平衡式 2 ペン 3 段 切 換
	風速記録範囲	2 ~ 35 m/sec, 2 ~ 70 m/sec, 2 ~ 90 m/sec	0.4 ~ 10 m/sec, 0.4 ~ 25 m/sec 0.4 ~ 40 m/sec
	風 向 記 録	0 ~ 540°, 360°シフト方式	0 ~ 540°, 360°シフト方式
	記録紙送り速度	30 mm/h, 3,600 mm/h	30 mm/h, 3,600 mm/h

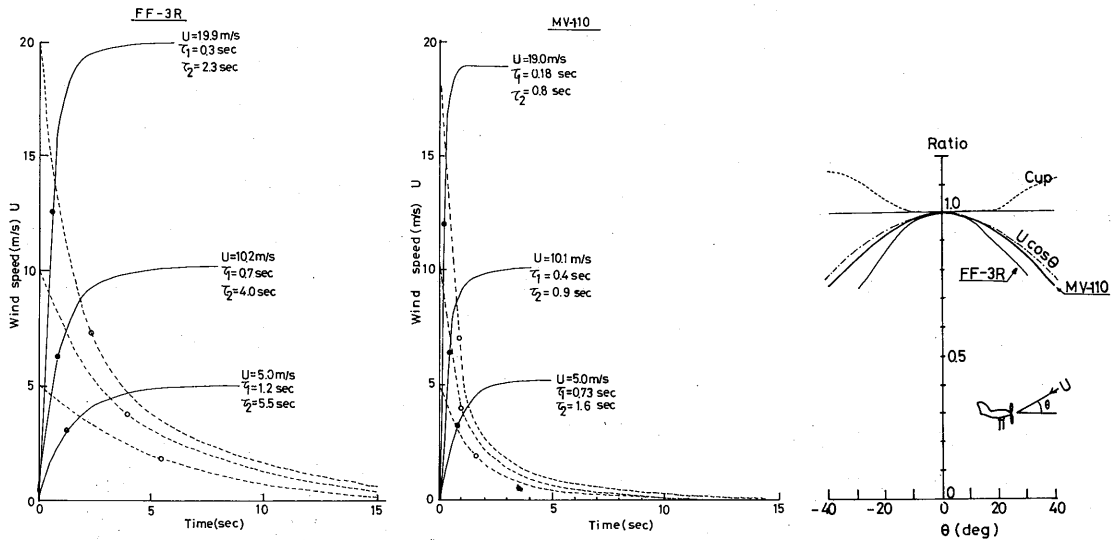


第4.2図 平均化回路の特性

計（MV-110）の特性は第4.3図に示すようなものである。この図において τ_1 は、風速計が始動してから風洞風速の0.67倍になるまでの時間で、 τ_2 は急に風洞風速を0にしてから風洞風速の0.33倍に減少するまでの時間である。微風向風速計（MV-110）がエーロペン型風向風速計に比較して τ_1 について約 $\frac{1}{2}$ 、 τ_2 については $\frac{1}{4}$ と応答がよくなっている。

(iii) 気温の測定

気温測定用感部として白金抵抗体を用いているが、この抵抗体は日本工業規格の仕様にあったもので、気温0℃における電気抵抗は100.0Ωである。また、この抵抗体の温度による抵抗値の変化は第4.3表に



第4.3図 プロペラ型風向風速計の特性曲線の比較

第4.3表 白金抵抗体の温度による抵抗変化

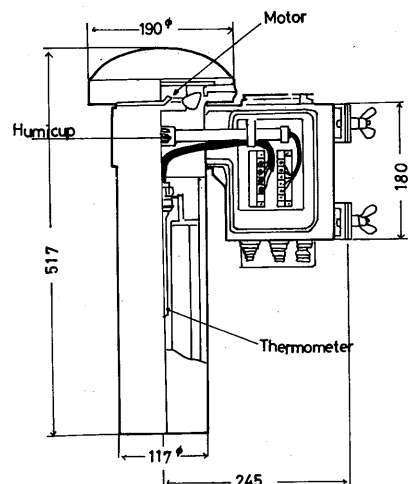
温度(℃)	抵抗(Ω)	温度(℃)	抵抗(Ω)
-30	88.02	10	103.97
-20	92.03	20	107.93
-10	96.02	30	111.87
0	100.00	40	115.81

示す通りである。感部はステンレス鋼製の2重の通風シェルター(第4.4図)に納められ、気温の変化によって変化する白金抵抗体の抵抗値の変化をブリッジによって電圧変化に変換し、プリアンプで増巾

した後、観測室の記録計で記録するとともに、データ収録装置に伝送される構造になっている。

気温の測定は、213, 200, 150, 100, 50, 25および10mの高さで実施されているが、213mを除き南方向と北東方向に突き出た水平支柱の端に設置されている。

頂部のものは、鉄塔の中央に床から1.5mのポールを建て、その頂部に設置されているが、他のステージのものは、水平支柱の先端から50cm離れた位置にとりつけられており、シェルターの風の吸込口の高さは各ステージの床面から約50cm下である。この温度計の仕様を第4.4表に示す。



第4.4図 通風シェルターの詳細図

第4.4表 白金抵抗温度計の仕様

項 目	
測 定 方 向	3線ブリッジ方式
測 定 範 囲	-20°C ~ 40°C
精 度	± 0.3 °C
シエルター内風速	7 m/sec
出 力 信 号	DC 0~1V (データ収録装置用) DC 0~10 mV (記録器用)
記 録 器	自動平衡式 6打点式
記録紙送速度	3段切換 15mm/h, 30mm/h, 60mm/h

(iii) 湿度の測定

定常的に湿度の測定を精度良く実施することは、現在の段階では非常に困難なことである。古くから熱電対乾湿計、毛髪湿度計、露点計等が使用されているが、いずれも保守や精度の点において問題がある。特に乾湿球温度から湿度を算定する方式は、冬期には湿球が凍結することもあるため定常的には使用できない。

鉄塔には試験の意味もあって、Visala社製の

ヒューミキャップ (Humicap) と呼ばれている容量型湿度計を使用した。この湿度計の感湿部は、湿度によって電気容量が変化するポリマー (重合体) を使用しており、その構造の概略を示したものが第4.5図である。ポリマーの厚さは約 1μ であり、この上部の電極は水蒸気に対しては浸透性であり、電極の厚さは $10^{-2}\mu$ である。水蒸気の吸収過程において水の分子はポリマーの分子と結合するが、その結合力は結合するタイプによって異なることが知られている。

Suntola (1973) によるとポリマーでの水分子の結合の相対数 θ は、次式で示される。

$$\theta = \frac{\frac{RaP_0}{b'(2\pi mkT)^{1/2}} \exp\{q(\theta) - q_0\}}{1 + \frac{RaP_0}{(2\pi mkT)^{1/2}} \exp\{q(\theta) - q_0/kT\}}$$

ここで、 R : 周囲の相対湿度 ($0 < R < 1$)

a : 結合に効果的な面積

P_0 : 飽和水蒸気圧の分圧

q : ポリマーにおける水分子の結合エネルギー

q_0 : 水中の水分子の結合エネルギー

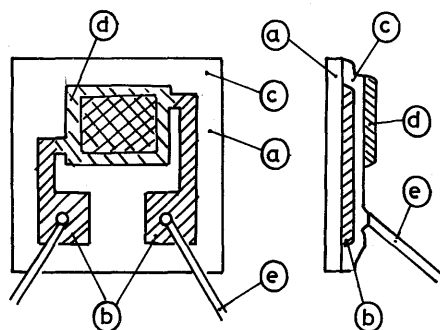
b' : 水分子の放散確率

T : 絶対温度

k : ボルツマン定数

m : 水の質量

上式から、 $\theta < 1$ で、 $\theta < R < 1$ ならば θ と R は直線関係となり、 $q(\theta) = q_0$ すなわちポリマーにおける水分子の結合エネルギーと水中における結合エネルギーが等しいとすれば吸収の湿度依存の項は消え



第4.5図 容量型湿度計の構造

- (a) Glass substrate (b) Lower electrode
(c) Polymer film (d) Upper electrode
(e) Leads

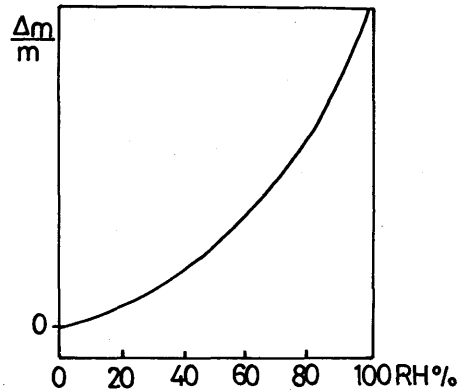
ることになる。以上の条件を満足するようなポリマーを選ぶと3%以内の直線性と0.05%RH/°Cの温度係数を持つ感湿部が得られることになる。

しかし、実際の感湿部は上に述べたように簡単ではなく非常に複雑である。例えば、ポリマーの水吸収は第4.6図に示すように直線的でないこと、長い間、感湿部を高い湿度中にさらしておくと、その湿度特性が変化すること等があげられるが、開発されて間がないので、その経年変化等についての詳しい資料は得られていない。

この湿度計の感湿部は、先に述べた温度計と同じシェルターの中に入れられて強制通風されている。湿度計の仕様を第4.5表に示す。

第4.5表 容量型湿度計の仕様

項 目	仕 様
測定方式	ポリマー薄膜の容量変化
測定範囲	0～100%
測定精度	±3%
温度係数	0.05%/°C
出力信号	DC 0～1V(データ収録装置用) DC 0～10mV(記録器用)
記録器	自動平衡 6打点式
記録紙送速度	3段切換 15mm/h, 30mm/h, 60mm/h



第4.6図 ポリマー(重合体)の水吸収の典型的な例 (Δm/mは水吸収の割合)

(Ⅳ) データ収録装置

平均的プロファイル観測用のデータ収録装置として、YODAC-80 Type Iが設置されている。

この装置はマスターコントローラ、入力スキャナユニットおよびプリンターコントロールユニットから成り立っている。マスターコントローラは、この装置の中核で、演算処理および各入出力機器の制御を行なうもので、A/D変換部、インタフェース部、メモリー部、表示部およびコントロール部から構成されている。平均的プロファイル測定器からの入力信号は、入力スキャナユニットを通してA/D変換部、インタフェース部を経由し、メモリー部のRAMに一時的に格納される。RAMに格納されたデータは、ROMに記憶されているプログラムによって、測定レンジのスケージングおよび出力機器のフォーマットに合うように制御部で演算され、表示部に表示されるとともにプリンターおよびさん孔機で出力されるようになっている。

測定間隔は1分から999分までの間で1分単位に任意に設定でき、設定時間外でも手動によって任意に測定を行なうことが可能である。

現在プリンターには1時間毎に、時刻、アイテム番号、チャンネル番号、風向切換番号、7高度の風向風速(213mの高度のみ2種類)7高度2方位の温度および湿度が出力されるようになっている。第4.6表にデータ収録装置の仕様を示す。

第4.6表 データ収録装置 (YODAC-80) の仕様

項 目	仕 様
チャネル数	最大50チャンネル
直流電圧測定範囲	0 ~ ± 20 / 50 / 100 mV / 1 / 5 V
精度	± 0.04 %
ゼロドリフト	フルスケールの ± 0.02% / 10 °C / Min
走査速度	0.5 sec
測定チャンネル設定	FIRST / LAST (任意設定)
測定周期	1 min. ~ 999 min. まで1分単位で連続可変
時刻	任意設定
表示部	時刻 4桁 アイテム 3桁 チャンネル番号 3桁 データ 5桁 極性 負極性のみ表示
使用環境	温度 0 ~ 45 °C 湿度 45 ~ 75 % RH
電源	AC 100 V ± 10 V 50 / 60 Hz
消費電力	約 200 VA

4.2 乱流統計量の測定

大気境界層中における運動量、熱量および水蒸気量等の物理量の鉛直乱流輸送量およびそれに関連する乱流統計量の測定は、境界層の研究に必要不可欠な要素であるが、測定を必要とする主な項目を第4.7表に示す。

これらの諸要素を比較的長期間にわたって測定するためには、測定器の開発と共にデータ処理方式の開発が必要とされる。

ここでは、風速の3成分および気温変動の測定には3次元超音波風速温度計、温度、湿度の測定には熱電対乾湿計を利用するものとし、以下に各測定器の概要とそれらの機器で測定された資料のデータ処理方式について述べる。

(i) 超音波風速温度計

設置した新型の超音波風速温度計の詳細については、Hanafusa et al.(1979)に述べられているのでここではその概要についてのみ記述する。

超音波パルスの送受波素子(ヘッド)を2個向い合わせて一定距離(今回の場合は20 cm)をおいて固定し、ヘッドから一定時間(50 msec)毎に交互に繰返して超音波パルス(100 kHz)を発射させる。すなわち、伝播方向が互いに逆向きの超音波パルスが2系統、交互に伝播することになる。それらの伝播時

第4.7表 測定を必要とする乱流統計量

項 目	要 素
平均値	風向, 風速, 気温, 湿度
標準偏差	"
共分散	運動量(風速変動 u' と w' の相関) 顕熱(風速変動 w' と温度変動 T' の相関) 潜熱(風速変動 w' と湿度変動 q' の相関)

間 T_1 , T_2 と風速との関係は次式で示される。

$$T_1 = \frac{L}{C + V_x} , \quad T_2 = \frac{L}{C - V_x} \quad (1)$$

$$\frac{L}{T_1} - V_x = \frac{L}{T_2} + V_x$$

$$\therefore V_x = \frac{L}{2} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right) \quad (2)$$

ここで V_x は風速の超音波伝播軸成分, C は空気中の音速, L は送受波素子間の距離 (スパン) である。

(1)式から音速 C は次式で表わされる。

$$C = \frac{L}{2} \left(\frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2} \right) \quad (3)$$

空気中の音速 C は, 気圧, 温度, 湿度の影響で変化するが, それらの間の関係は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} C &= 20.067 \sqrt{T \left(1 + 0.3192 \frac{e}{p} \right)} \\ &= 20.067 T_{sv}^{1/2} \end{aligned} \quad (4)$$

ここで T_{sv} は音仮温度 (Sound virtual temperature) と呼ばれるものである。

温度の変動周期に比較して, 気圧や湿度の変動周期が十分に長く, かつその振巾が小さければ, 空気中の音速は, 空気の絶対温度の平方根に比例することになり, (3)式と(4)式から

$$T_{sv} = K \left(\frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2} \right)^2 \quad (5)$$

ここで $K = \left(\frac{L/2}{20.067} \right)^2$ で定数である。

したがって, T_1 と T_2 の演算結果から空気中の温度変動を求めることができる。

この新型超音波風速温度計は, 旧型の超音波風速計に比較して次のような利点が考えられる。

- (1) ワンヘッド方式なので, 機械的な零ドリフトがなく, さらに構造がシンプルなので風場があまり乱されない。
- (2) 風速測定の際に, 温度, 湿度, 大気圧の影響を全く受けない。
- (3) 演算がデジタル方式になったため精度が向上した。

超音波風速温度計の設置に際しては, 測器の鉛直性が測定値に大きく影響するので, 充分の配慮が必要である。このため, 今回の超音波風速温度計のプロープのブリアンプの中には傾度計の感部が組み込まれており, 常時, 設置状態がモニターできるとともに, その出力を記録できる構造になっている。超音波風速温度計および傾度計の仕様を第4.8表および第4.9表に示してある。プロープは, 風の影響をできるだけ

第4.8表 新型超音波風速温度計 (DAT-300) の仕様

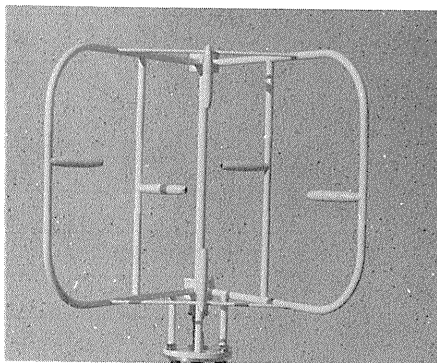
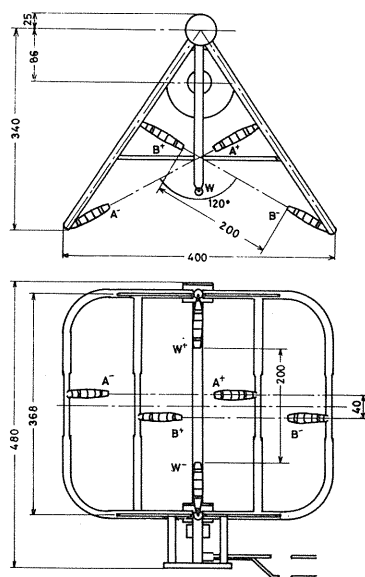
項 目		風 速		温 度	
測 定 方 式		時 分 割 送 受 切 換 型 超 音 波 パ ル ス 方 式			
測 定 範 囲		A , B	W	T	
	1	0 ~ ± 5 m / sec	0 ~ ± 1 m / sec	温 度 T	変 動 値 T'
	2	0 ~ ± 10 m / sec	0 ~ ± 2 m / sec	- 10 ~ 40 °C	T ₀ ~ ± 5 °C 中心温度 T ₀ は 手動設定
	3	0 ~ ± 25 m / sec	0 ~ ± 5 m / sec		
	4	0 ~ ± 50 m / sec	0 ~ ± 10 m / sec		
分 解 能	0.005 m / sec		0.025 °C		
精 度	± 3 %				
直 線 性	± 1 %				
測 定 回 数	約 20 回 / 秒				
指 示 方 式	メ ー タ ー 指 示				
出 力	1	1 m / sec 当り 0.1 V (max : ± 8 V)		T	- 0.2 ~ 0.8 V
	2	各レンジ共レンジ風速に対し±1V(max:±1V)		T'	0 ~ ± 1 V
出 力 抵 抗	1 Ω 以下 (5 mA max)				
較 正 信 号	- 1 V , 0 V , 1 V (前面パネルスイッチにて切換)				
座 標 変 換	入 力	A	0 ~ ± 1 V		
		B	0 ~ ± 1 V		
	出 力	X	$0 \sim \pm 1 \text{ V } (\pm 1.1 \text{ 55 V max }) \text{ X} = \frac{1}{\sqrt{3}} (\text{ A } - \text{ B })$		
		Y	$0 \sim \pm 1 \text{ V } (\pm 2 \text{ V max }) \text{ Y} = \text{ A } + \text{ B}$		
プ ロ ー プ	T R - 61 A (120° 交叉型)				
接 続 箱	O A - 60 (傾度計センサーを内蔵)				
プ ロ ー プ ス パ ン	20 cm				
デ ィ ジ タ ル 出 力	風速 : sign + 14 bits			温度 : sign + 11 bits	
使 用 温 度 範 囲	- 10 °C ~ + 40 °C (本体は 0 ~ + 40 °C)				
電 源	A C 100 V ± 10 % , 50 / 60 H z , 30 V A				

第4.9表 傾 度 計 仕 様

項 目	仕 様
測 定 方 式	差 動 ト ラ ン ス 検 出 型 (X - Y 2 成 分)
最 大 検 出 角 度	± 5°
精 度	± 1 %
指 示	メ ー タ 指 示 1.5 級
最 小 目 盛	10'
応 答 速 度	2 秒
出 力	0 ~ ± 5° 対し 0 ~ ± 1 V
使 用 温 度 範 囲	- 10 °C ~ 40 °C
電 源	A C 100 V ± 10 %, 50 / 60 Hz 15 VA
本 体 重 量	約 6 kg

小さくするために、水平成分は 120° 交叉となっている（第4.7図）。

TR-61 Probe



第4.7図 3次元超音波風速温度計（DAT-300）用プローブ

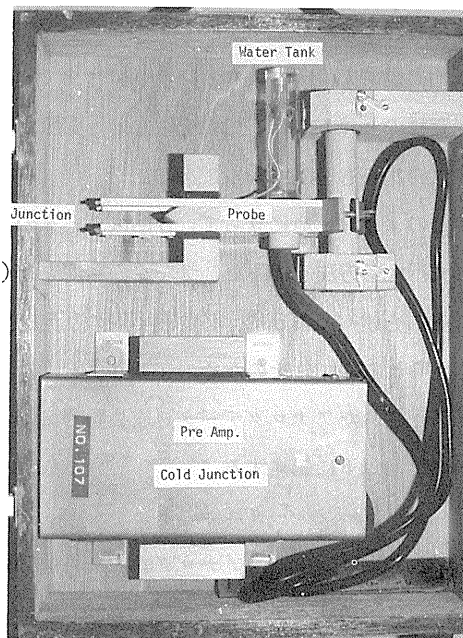
(ii) 熱電対乾湿計

感温部には直径 80μ の銅-コンスタンタン熱電材を使用した。湿球の感部には、ガーゼをほぐした糸を脱脂して巻きつけ、細いビニールチューブを通して水タンクに直結してある。

センサーユニットには、熱電対の基準温度を測定するために小型のトランジスタ温度計がシールして埋め込まれている。さらに湿球の水タンクに給水タンクから一定時間毎（20分～12時間）に自動的に給水するための装置が内蔵されている。

熱電対からの出力（乾球および湿球温度と基準温度出力）は、センサーユニット内のチョッパーアンプで各々の出力を正確に1,000倍し、接続ケーブルを通して本体に送られる。本体では、乾球温度、湿球温度の出力が $\times 1$ 、 $\times 5$ 、 $\times 10$ の倍率で得られるとともに乾湿球の温度差が直接得られる構造になっている。

熱電対乾湿計の感部の概観を第4.8図に示し、その仕様を第4.10表に示す。



第4.8図 熱電対乾湿計の感部の概観

第4.10表 熱電対乾湿計の仕様

項 目	様	
測 定 方 式	80 $\phi_{\mu\text{m}}$ 銅-コンスタンタン熱電対	
プリアンプ利得	$\times 1,000$	
本体アンプ利得	$\times 1, \times 5, \times 10$ (乾球温度, 湿球温度について動作)	
出 力	T_0 : トランジスタ式基準温度計 $-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ に対して $-1\text{ V} \sim +1\text{ V}$	
	T_w : 乾球と T_0 との温度差	$0 \sim \pm 10\text{ V}$ (max)
	T_w : 湿球と T_0 との温度差	
	$T_D - T_w$: 乾球と湿球の温度差	
出 力 抵 抗	$1\ \Omega$ 以下 (5 mA まで)	
L. P. F. 遮断周波数	10 Hz	
指 示	メーター式	
ア ラ ー ム	揚水ポンプモータ過負荷に対し赤ランプ燈点灯	
揚水時限タイマー	20分～12時間設定 (マニュアル揚水スイッチ付)	
タ ン ク 容 量	4 ℓ	
使用温度範囲	$-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$	
電 源	AC 100 V $\pm 10\%$, 50 / 60 Hz	

(iii) データ前処理装置

大気乱流に関する統計量を算定するには、非常に数多くの資料を解析する必要がある。例えば、風速の信号を0.1秒毎にsampleして1時間観測するとすれば、その数は36,000個になり、今回のように多点で多要素観測ではばう大な数になり、今までのようなデータ処理では能率が非常に悪くなる。さらにある程度資料のreal time処理を行ない、実際の大気の状態を把握しながら観測を行なうことは、データ処理の立場から有効な手段である。

このような見地に立って、今回はデータの前処理をアナログ的に実行し、その後の演算をデジタル的に実行する方法を採用し、データの精度とその処理のための操作の簡素化をはかった。

前にも述べたように、必要最小限の乱流統計量は、気象要素の平均値、標準偏差および共分散であると考えられるので、そのためのアナログデータ処理装置を考案すればよいことになる。

計画されたアナログデータ処理装置の概要は、第4.11表に示すようなものであるが、それぞれの機能については以下に記述する。

a) ミーンメータユニット

このユニットは、アナログ的に入力信号の平均値を求めるもので、原理的には2段のアクティブローパスフィルターを応用したものである。

入力信号Yが、種々の正弦波から成り立っているとすると、ある周波数nを持つものは次式で示される。

第4.11表 アナログデータ処理装置の概要と仕様

名 称	仕 様	原 理	個 数
ミーンメータユニット	入力信号の平均値を算定する	アクティブ2段低域フィルターを使用し、約60秒の移動平均値を出力する。	1高度あたり6個
シグマメータユニット	入力信号の標準偏差を算定する。	0.0073～10 Hzの周波数帯の変動の標準偏差を出力する。	1高度あたり5個
フラックスメータユニット	2つの入力信号の共分散を算定する。	0.0073～10 Hzの周波数帯の変動の乗算を行いアクティブ2段低域フィルターを通して約60秒の移動平均値を出力する。	1高度あたり3個
ベクトルシンセサイザー	風速の水平2成分を合成して風速と風向を算定する。	$U = \sqrt{X^2 + Y^2}$, $\theta = \tan^{-1} \frac{Y}{X}$ の演算を行う。	1高度あたり1個

$$Y = a \sin 2 \pi n t \quad (6)$$

ここでaは振巾、tは時間である。平均化時間SでのYの値を $\bar{Y}_s$ とすると

$$\bar{Y}_s = \frac{1}{S} \int_{t-s}^t Y dt = \frac{\sin \pi n S}{\pi n S} a \sin 2 \pi n t \quad (7)$$

すなわち、平均値 $\bar{Y}_s$ の変化はYと同じ形であるが、振巾はもとの $\frac{\sin \pi n S}{\pi n S}$ 倍に減少していることになる。

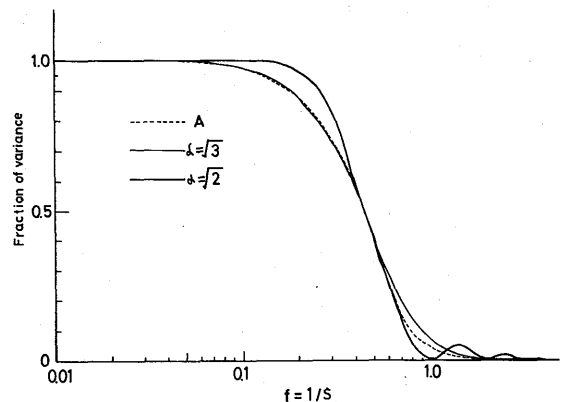
ここでエネルギー伝達率 ϵ を考えると

$$\epsilon = \left(\frac{\bar{Y}_s}{Y} \right)^2 = \left(\frac{\sin \pi n S}{\pi n S} \right)^2 \quad (8)$$

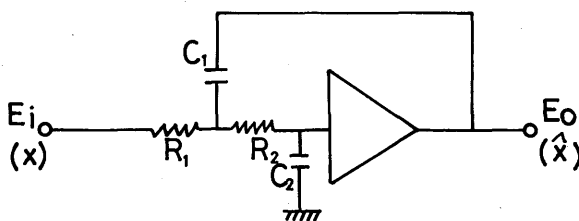
ϵ とnとの関係は第4.9図のAのようになる。したがって(6)式で示されるような種々のYの合成量である変動量xの平均化時間Sに対する平均値 $\bar{x}_s$ は元のxの各周波数のY成分を第4.9図のAのような周波数特性で減衰させたものと同等になる。

この曲線を電氣的なローパスフィルター（低域濾波器）の特性で近似しようとするのがミーンメータの原理である。

第4.10図に示すようなアクティブRC 2段のローパスフィルターを考えた場合、そ



第4.9図 エネルギー伝達率と周波数の関係



第4.10図 アクティブローパスフィルター（ミーンメータユニット）のブロックダイアグラム

の伝達関数は次式で示される。

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{A}{C_1 C_2 R_1 R_2 q^2 + (R_1 + R_2) C_2 q + 1} = \frac{A}{q^2 + \lambda q + 1}$$

$$\lambda = \frac{(R_1 + R_2) C_2 + C_1 R_1 (1 - A)}{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}} \quad (9)$$

ここで E_i , E_o はそれぞれ入出力電圧, $q = 2\pi n j$, A は増巾器の利得である。

ここでエネルギー伝達率 $\epsilon \left(= \left(\frac{E_o}{E_i} \right)^2 \right)$ が 0.5 となる周波数を f_c (遮断周波数) とすると

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}} \quad (10)$$

λ は増巾器の利得 A を含むので A を変えることによって ϵ の周波数による変化の形を任意に変えることができる。

第4.9図に示されたBおよびCの曲線がそれぞれ $\lambda = \sqrt{2}$, $\sqrt{3}$ に対応するもので $\lambda = \sqrt{3}$ がAの曲線に最も良く近似されていることがわかる。

したがって第4.9図から $\epsilon = 0.5$ となる周波数は $0.44 / S$ なので $f_c = 0.44 / S$ となるように設計したアクティブローパスフィルターを使用すれば(8)式をよく近似できることになる。

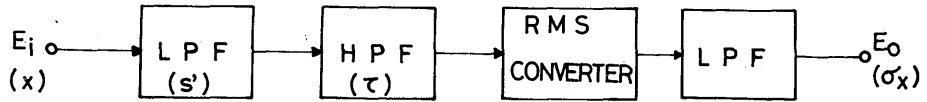
このように設計されたローパスフィルターに刻々変化する量 X を入力すると, その出力は $S = 0.44 / f_c$ なる平均化時間によって与えられる平均値 $\bar{X}_\tau$ が出力され, 刻々変化する $X(t)$ に対して, 同じく刻々変化する移動平均値 $\bar{X}_\tau(t)$ を得ることができる。

今回のミーンメータユニットでは $f_c = 0.0073 \text{ Hz}$ としたので, その出力は入力に 60 秒の移動平均操作をほどこしたものにほぼ等しいものと考えられる。

b) シグマメータユニット

このユニットは入力信号の特定の周波数帯の変動成分の r. m. s. を求めるためのもので, そのブロックダイアグラムを第4.11図に示す。

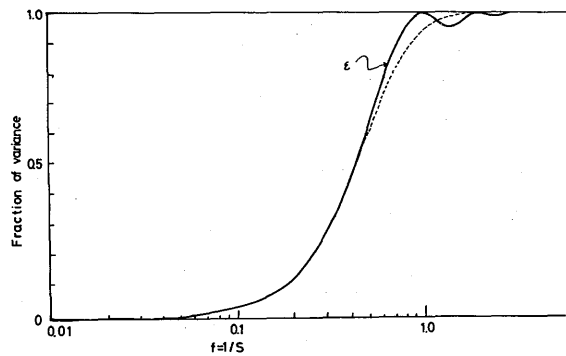
ミーンメータユニットの場合に考えたと同様の方法で, τ を平均化時間と考えた $\bar{x}_\tau$ のエネルギー伝達率は, $(\sin \pi n \tau / \pi n \tau)^2$ であるから, 逆に平均化時間を τ にした場合の $\bar{x}_\tau$ からの偏差 x' のエネルギー伝達率は次式で与えられる。



第4.11図 シグマメータユニットのブロックダイアグラム

$$\epsilon = 1 - \left(\frac{\sin \pi n \tau}{\pi n \tau} \right)^2 \quad (11)$$

この関係を図示すると第4.12図のようになり、 x より $\bar{x}\tau$ を引いた変動成分 x' を得るためには、その構成成分 Y を(11)式のような関係で減衰させれば良いことになる。これは電氣的なハイパスフィルター（高域濾波器）の特性で近似できることが知られている。

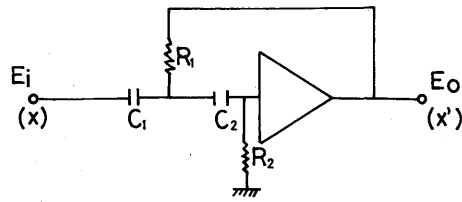


第4.12図 有限サンプリングに近似するハイパスフィルターの特性

第4.13図に示すようなアクティブRC2段ハイパスフィルターを考えたとき、その伝達関数は次式で与えられる。

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{C_1 C_2 R_1 R_2 q^2}{C_1 C_2 R_1 R_2 q^2 + (R_1 + R_2) C_2 q + 1} \quad (12)$$

$$q = 2 \pi n j$$



第4.13図 アクティブRC2段ハイパスフィルターのブロックダイアグラム

ここで、このフィルターのエネルギー伝達率 $\epsilon' = (E_o/E_i)^2$ が 0.5 となる点の周波数を遮断周波数 f_c' とすると

$$f_c' = 1 / (2\pi\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}) \quad (13)$$

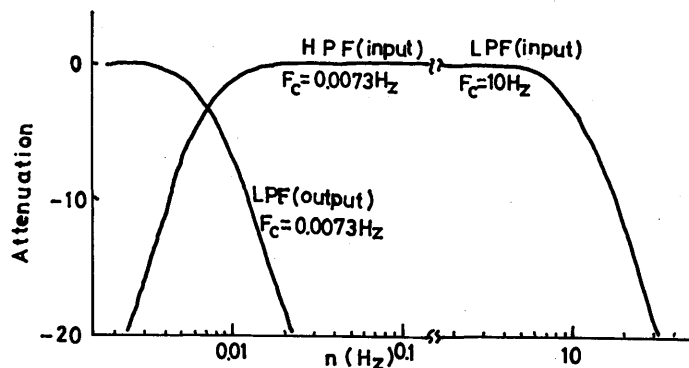
したがって $\epsilon = 0.5$ となる周波数は $0.44 / \tau$ なので

$$f_c' = 0.44 / \tau \quad (14)$$

ゆえに、第4.13図に示した f_c' なるハイパスフィルターに刻々変化する量を入力すると、その出力には $\tau = 0.44 / f_c'$ なる平均時間の平均値からの変動値 $X' (= X - \bar{X}_\tau)$ が連続的に得られることになる。今回は $f_c' = 0.0073 \text{ Hz}$ とした。

この出力をこのまま実効値検波回路へ入れて r. m. s. を求めても良いが、通常の場合は乱れのエネルギーは高域側では比較的小さく、さらに高域側の雑音を避ける意味もあるので $f_c = 10 \text{ Hz}$ なるローパスフィルターを附置した。

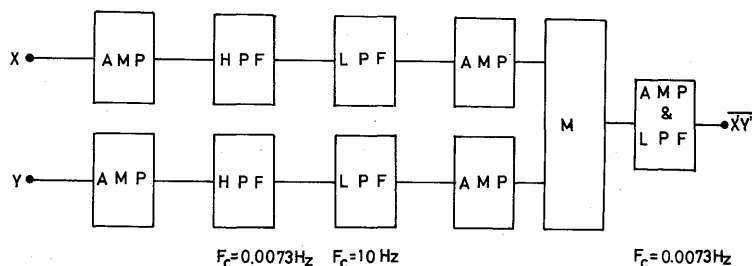
したがって、最終的には、シグマメータユニットの実効値検波回路の入力には第4.14図に示すようなバンドパスフィルターを通った信号が入り、検波された後、さらに $f_c = 0.0073 \text{ Hz}$ のローパスフィルターを通して平滑化されて出力されることになるので、得られる値は 0.0073 Hz から 10 Hz までの変動成分による標準偏差となる。



第4.14図 シグマメータユニットの入力に対するバンドパスフィルターの特性

c) フラックスメータユニット

2つの信号の共分散を求めるためのユニットでバンドパスフィルター（帯域濾波器）、乗算器および増巾器より構成されている（第4.15図）。



第4.15図 フラックスメータユニットのブロックダイアグラム

HPF：ハイパスフィルター LPF：ローパスフィルター M：マルチプライヤー
AMP：アンプリファイア

バンドパスフィルターはシグマメータユニットで使用したのと同じ特性を持っているものを使用した。

このユニットを使用して2つの信号の間の共分散を求める際には次のような注意が必要である。

今ある物理量の変動量X，風の沿直成分Wの共分散から，その物理量の鉛直輸送量（フラックス）は次式で与えられるとする。

$$F = \overline{\rho W' X'} \quad (15)$$

ここでダッシュは平均からの偏差を示すもので，—は観測時間にわたる平均を意味する。

W' ， X' を算定するには，シグマメータユニットのところで述べたように，信号をいわゆるハイパスフィルターを通せば，連続的に求められるが， f_c' 以上の低周波数帯の変動は必然的にcutされることになる。

輸送に貢献する主な周波数帯は，測定高度，大気の安定度，輸送される物質等によって変わるものであると考えられるので必ずしも観測前に決定できるものではない。さらに研究目的とするスケールが大きさによって，いわゆる sampling duration（観測時間）を観測終了後に変更する必要があることが起ることも考えられる。このような見地からフラックスメータユニットの低周波数側の限界 f_c' は，考えられる最小の sampling durationと対応できるものとし，それ以上の sampling durationについては補正項として追加する方法をとるのが最良と考えられる。最終的には $f_c' = 0.0073 \text{ Hz}$ （この値は約1分の移動平均に相当する）を採用し，この1分以上の sampling durationに対しては補正項として追加する方法とした。この方法については次節で述べる。

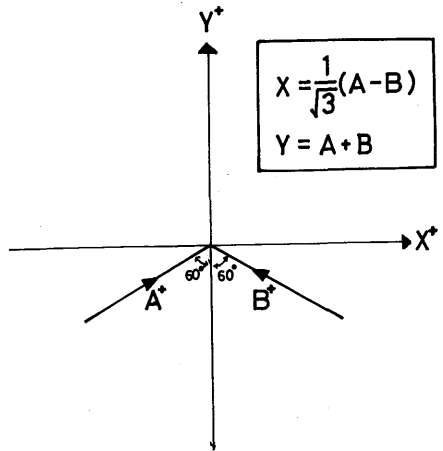
d) ベクトルシンセサイザユニット

超音波風速温度計の項で述べたように，今回使用したプローブは，プローブによる風の場の影響をな

るべく小さくするために、水平成分は第4.7図に示すように120°交差となっているため、データ処理には次のような座標変換が必要である。

超音波風速計の水平二成分の出力をそれぞれA, Bとし、互いに直交する水平二成分をX, Yとすると(第4.16図)

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{1}{\sqrt{3}} (A - B) \\ Y &= A + B \end{aligned} \right\} \quad (16)$$



第4.16図 水平風速成分の座標変換

A⁺ : スパンAに平行な水平成分(吹き込みを⊕ととる)
B⁺ : スパンBに平行な水平成分(")
X, Y : 直交成分

超音波風速計には上式の演算回路がすでに組み込まれており、アナログ出力としてとり出せるようになっている。

アナログ的に風速Uと風向θを求めるために次のような方法を採用した。

風速の直交する水平二成分がそれぞれX, Yであるから風速Uと風向θは次のように表わすことができる。

$$\left. \begin{aligned} U &= \sqrt{X^2 + Y^2} \\ \theta &= \tan^{-1} \frac{X}{Y} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

(17)式の演算は実際には次のようにして行われる。

基準発振器からの信号($\sin \omega t$, $\cos \omega t$)でX, Yを振巾変調して

$$\left. \begin{aligned} f(X) &= X \cos \omega t \\ f(Y) &= Y \cos \omega t \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

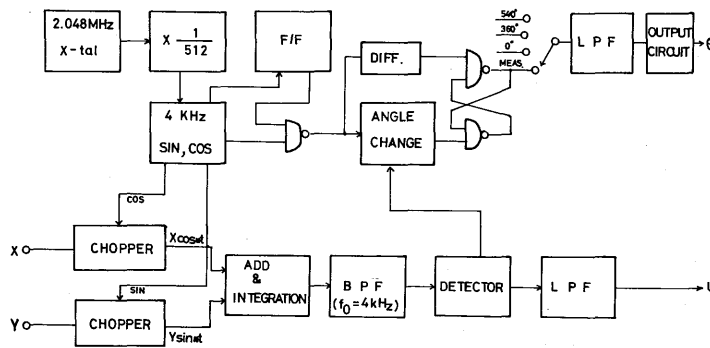
とし、この2つの信号の和を求めると

$$\begin{aligned} f(X) + f(Y) &= \sqrt{X^2 + Y^2} \sin(\omega t + \tan^{-1} X/Y) \\ &= U \sin(\omega t + \theta) \end{aligned} \quad (19)$$

となり、この振巾を検出すれば風速Uが得られ、位相を検波すれば風向θが得られることになる。この装置をベクトルシンセサイザーと呼んでいる。ブロックダイアグラムを第4.17図に示す。

(Ⅳ) データ前処理装置を使用した乱流統計量算定法

風速の3成分の測定には、超音波風速計、温度、湿度変動の測定には熱電対乾湿計(あるいは温度変



第4.17図 ベクトルシンセサイザのブロックダイアグラム

動のみに対しては超音波温度計)を利用して観測を行なう場合の乱流統計量の算定法について述べる。

a) 平均値

ミーヌメータユニットからの出力は入力に60秒の移動平均操作をほどこしたものにほぼ等しいことがわかっているから、ある一定の観測時間 (sampling duration) 中のある物理量 X の平均値 $\bar{X}$ を求めるには約一分毎にミーヌメータユニットからの出力をサンプルした値をデジタル的に平均すればよいことになる。すなわち

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (20)$$

ここで $\hat{X}$ はミーヌメータユニットからの出力で、 $-$ はその観測時間の平均を意味する。

したがって第4.7表に示した平均値は次のようにして求めることができる。

$$\begin{aligned} \bar{U} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i \\ \bar{\theta} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \theta_i \\ \bar{T}_d &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{d,i} \\ \bar{q} &= q_s(\bar{T}_w) - \frac{c_p}{L} (\bar{T}_d - \bar{T}_w) \end{aligned} \quad (21)$$

ここで $q_s(\bar{T}_w)$ は湿球温度 $\bar{T}_w$ における飽和比湿、 L は蒸発の潜熱、 c_p は空気 の定圧比熱である。さらに、熱電対乾湿計から $\bar{T}_d$ 、 $\bar{T}_w$ を算定するには基準温度 $\bar{T}_0$ が必要となるので6個のミーヌメータが必要となる。

b) 標準偏差

シグマメータユニットの項で述べたようにこの装置で得られるものは0.0073Hzから10Hzの周波数帯に含まれる変動による標準偏差である。したがって10Hzより高周波領域にあるエネルギーは小さいとして無視するとしても0.0073Hzより低い周期の変動は必ずしも無視できないのでシグマメータユニットからの出力だけでは過少評価となり補正が必要である。

Pasquill (1974)によれば、観測時間 (sampling duration) D 内における瞬間値の分散は

次のように表わすことができる。

$$\sigma_{D,0}^2(x) = \sigma_{D,\tau}^2(x) + \frac{\sigma_{T,0}^2(x)}{\tau} \quad (22)$$

ここで $\sigma_{D,\tau}$ は観測時間 (sampling duration) D にわたって資料の平均化時間 (averaging time) を τ としたときの標準偏差を示すものである。

ここで添字 0 はシグマメータユニットのバンドパスフィルタの高周波数側の f_0 ($= 10\text{Hz}$) と等価であると考えたと式 (22) の右辺の第 2 項はシグマメータユニットの出力の 2 乗平均値に置き換えることができる。

一方式 (22) の右辺の第 1 項は先に述べたミーンメータユニットからの出力の分散として算出される。

したがって、任意の観測時間にわたる変動量の分散は、シグマメータユニットの出力の 2 乗平均値とミーンメータユニットの出力の分散の和として求めることができることになる。

したがって第 4.7 表に示した必要とする気象要素の分散は、それぞれ次のようにして求められる。ここで $\sigma^2(\hat{X})$ はミーンメータユニットの出力の分散で $S(\hat{X})^2$ はシグマメータユニットの出力の 2 乗平均値である。

$$\begin{aligned} \sigma_u^2 &= \sigma^2(\hat{u}) + S(\hat{u})^2 \\ \sigma_{Td}^2 &= \sigma^2(\hat{T}_d) + S(\hat{T}_d)^2 \\ \sigma_w^2 &= \sigma^2(\hat{w}) + S(\hat{w})^2 \\ \sigma_q^2 &= A^2 \sigma_{Tw}^2 + 2AB \overline{T_w' T_d'} + B^2 \sigma_{Td}^2 \\ &= A^2 \{ \sigma^2(\hat{T}_w) + S(\hat{T}_w)^2 \} + 2AB \overline{T_w' T_d'} + B \{ \sigma^2(\hat{T}_d) + S(\hat{T}_d)^2 \} \end{aligned} \quad (23)$$

ここで A, B は定数で平均乾湿温度の関数である { Hanafusa (1970) }。

したがって 6 個のシグマメータユニットとミーンメータユニットが必要となり、さらに比湿の分散の算定には 1 個のフラックスメータが必要となる。

c) 乱流輸送量

運動量、顕熱および潜熱の鉛直乱流輸送量は一般に次のように表わすことができる。

$$\tau = - \overline{(\rho w)' u'} \quad (24)$$

$$H = C_p \overline{(\rho w)' T_d'} \quad (25)$$

$$E = \overline{(\rho w)' q'} \quad (26)$$

フラックスメータユニットでは 0.0073 Hz ~ 10 Hz までの変動によるものは算定されることを示したが、高周波側の変動はエネルギーが小さいとして問題はないと考えられるが低周波数側はフラックスメータユニットからの出力を平均したのでは過少評価となる可能性があるので次のような補正を行なうこ

とした。

sampling durationをSとした場合のフラックスの値を $F_s (= \overline{w'x'})_s$ とすると

$$F_s = \overline{w'x'} + \overline{w} \cdot \overline{x} \quad (27)$$

ここで、 $\overline{w'x'}$ はフラックスメータユニットからの出力の観測時間Sにわたる平均を意味し、(27)式の右辺第二項は、先に述べたミーンメータユニットからの出力の積の観測時間Sにわたる平均値を意味するものである。

接地境界層においては(27)式の右辺の第二項は第一項に比較して充分小さいとされているが、測定高度が高くなるにつれて、気象現象のスケールが大きくなることもあって、必ずしも無視できなくなる。観測時間とフラックスの値の変化については第5章で実際の結果について述べる。以上のことから観測時間が1分以上の場合の乱流輸送量は次のような演算により求めることができる。

$$\tau = \overline{(\rho w)' u'} = \rho \left[\overline{w' u'} + \overline{w} \cdot \overline{u} \right] \quad (28)$$

$$H = c_p \rho \overline{w' T_d'} = c_p \rho \left[\overline{w' T_d'} + \overline{w} \cdot \overline{T_d} \right] \quad (29)$$

$$E = \overline{(\rho w)' q'} = \rho \{ A [\overline{w' T_w'} + \overline{w} \cdot \overline{T_w}] - B [\overline{w' T_d'} + \overline{w} \cdot \overline{T_d}] \} \quad (30)$$

Eの算定方法についてはHanafusa (1970)によった。

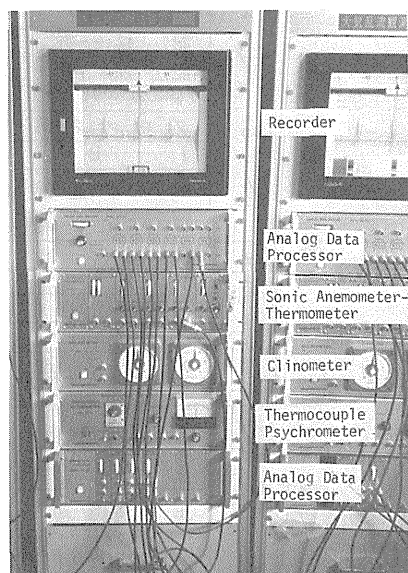
したがって4個のフラックスメータと4個のミーンメータが必要となる。3次元超音波風速計、熱電対乾湿計およびアナログデータ処理装置を装備したシステムの概観を第4.18図に示す。

(V) データ収録装置

気象要素の平均値、標準偏差、および共分散等の乱流統計量は、データ前処理装置によってreal timeで演算され、その出力は打点式記録計に記録されるsystemになっている。しかし、資料の解析にあたっては、観測時間あるいは特定の現象に注目してさらに解析を進める必要もあり、前処理をした資料のみならず、スペクトル等の算定には素データの収録が必要不可欠である。このためのデータ収録装置としてオープンリール磁気テープ収録装置(GP-1500)とカセット磁気テープ収録装置(GP-800)が用意されている。

a) GP-1500 データ収録装置

このデータ収録装置は100チャンネルのアナログ信号(0~±2.0V)を符号+11ビットでディジタル



第4.18図 大気乱流特性観測装置の概観

ルに変換し、800あるいは1600BPIの記録密度で8½インチリールの磁気テープに収録するものである。プログラムは、カセットテープ装置から入力でき、コマンドはCRTのキーボードから入力し、CPUと会話型で処理が行なえる。

収録データはCRT上に表示または、XYレコーダ上に作図することができる。また、この装置は後で述べるGP-800を用いて、カセットテープに記録したデータを規定のフォーマットで½インチ磁気テープに変換する機能も有している。GP-1500データ収録装置の仕様を第4.12表に示し、その概観を第4.19図に示す。

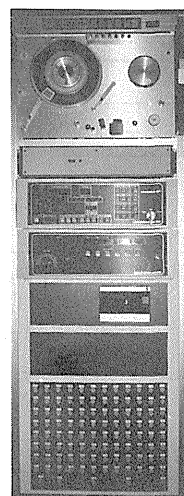
第4.12表 GP-1500 データ収録装置の仕様

項 目			仕 様
入 力 チ ャ ン ネ ル 数			100 チ ャ ン ネ ル
入 力 型 式			不 平 衡 入 力 (片 側 接 地)
入 力 電 圧			± 2 V (± 1.999 V)
チャンネル間のスキャン遅れ			100 μ sec 以 内
サ ン プ リ ン グ 周 期			0.05秒 0.1秒 0.2秒 0.5秒 1秒 2秒 5秒 10秒 30秒 1分 2分 5分 10分 30分 60分
A / D 変 換 方 式			逐 次 比 較 方 式
A / D 変 換 器 出 力			B C D 4 桁 (± 1999)
出 力 形 式			E B C D I C
記 憶 素 子			I C メ モ リ ー
時 計 表 示			年, 月, 日, 時, 分, 秒 2桁LED表示 自動うるう年補正
時 計 用 基 準 発 振 器			水晶発振器 (精度 日差±15 秒)
時 計 用 停 電 対 策			計数部バッテリーバックアップ
記 録 装 置	オ ー プ ン リ ー ル	テ ー プ 幅	½ イ ン チ
		リ ー ル	8½ イ ン チ (1200 フ ィ ー ト)
		記 録 方 式	P E , N R Z I 切 換 え
		記 録 密 度	1600 B P I / P E , 800 B P I / N R Z I
		ト ラ ッ ク 数	9
		ブ ロ ッ ク 構 成	時刻12キャラクタ+20 レ コ ー ド
		I B G	0.6 イ ン チ
		ビ ッ ト 記 録 順	ビット重 P 2 ⁷ 2 ⁶ 2 ⁵ 2 ⁴ 2 ³ 2 ² 2 ¹ 2 ⁰ トラックNo 4 7 6 5 3 9 1 8 2
	カ セ ャ ッ ト テ ー プ	挿 入 冗 長 検 査	V R C : O D D , L R C : E V E N C R C 付 加
		使 用 テ ー プ	フィリップスタイプデジタルカセットテープ
		記 録 方 式	P E
		記 録 密 度	800 B P I
		記 録 容 量	5.4 メ ガ ビ ッ ト
		テ ー プ 速 度	15 I P S
スタートストップ時間		平均 40 m sec	
キ ャ ラ ク タ デ ィ ス プ レ ー	文 字	英 数 字 お よ び 記 号	
	使 用 コ ー ド	J I S コ ー ド	
	文 字 数	16 桁 × 40 列	
	表 示 機 能	プ ロ テ ク ト 機 能 フ リ ッ カ ー 機 能	
	入出力の位置決め	カ ー ソ ル に よ る 。	
キ ー ボ ー ド	キ ー 数	63 キ ー	
	仕 様	A S C I I	
	英 文 字	52	
	数 字	10	
	記 号	32	
使 用 温 度			5 ° C ~ 45 ° C
使 用 湿 度			20 % ~ 95 % (結 露 し な い 事)
電 源			A C 100 V ± 10 % , 50 / 60 H z

この装置を利用してデータ収録を行う際の操作手順を第4.13表に、またこの装置に附加されているXYプロッターによる作図手順を第4.14表に示すとともに、その作図例を第4.20図に示す。この装置の特徴はデータを収録しながらreal timeで解析をし、対象とする現象の把握をしつつ、観測ができることにあり、時々刻々変化する大気境界層の観測には非常に有効な収録装置である。

b) GP-800 データ収録装置

本装置は48チャンネルのアナログ入力信号($0 \pm 2V$)をディジタルに変換し、フィリップス型カセット磁気テープに収録する装置で、その主たる機能を第4.15表に示しその概観を第4.21図に示す。



第4.19図 GP-1500 データ収録装置の概観

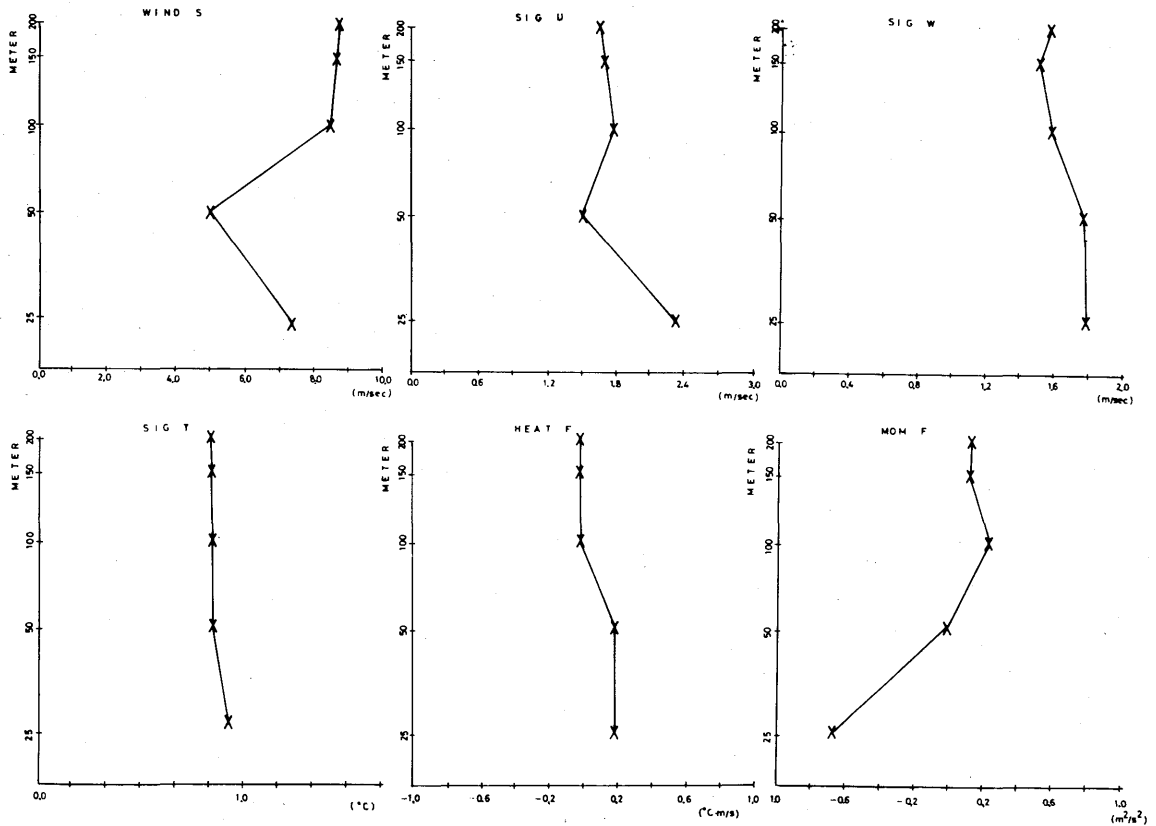
第4.13表 GP-1500 データ収録装置によるデータ収録操作法

操作順	メ ッ セ ー ジ	内 容	操 作
1	PROGRAM No.1 LOADING No.2 PROGRAM WRITE	1を打鍵すればカセットに入っているプログラムをLOADする。 2を打鍵すればprogramをテープに書き込む。	1を打鍵してプログラムをLOADする。
2	GATHERING PROGRAM START ? Y/N KEY-IN (X)	データ収録のプログラムをスタートさせるか否かを質問している。	Y : 次へ進む N : 1へもどる
3	MT WRITE MODE NRZ I. 1 PE. 2	磁気テープの書き込み方式をNRZ IにするかPEにするかの指定を行う	1: 800BPIのどちらかを打鍵する。 2: 1600BPI
4	ラベルコード (XXXXXX)	ラベル用のパラメータの入力要求	6桁の数字を打鍵する。
5	チャンネルスウ (XX)	集録するチャンネル数を指定する。	指定は00~99までの2桁でおこない"00"は100チャンネルを意味する。
6	AUTO/MANUAL A/M (X)	AUTOとは指定された収録ブロック数で自動的に収録を終了することを意味する。	AUTOの場合は'A'をMANUALの場合は'M'を打鍵する。
7	ブロックスウ (XXXXXX)	'A'の場合のブロック数を指定する。	6桁の数字を打鍵する。
8	メ モ (XXXXXX...X)	50文字以内のメモを指定する。	英文字及び特殊記号が使用できるがカナ文字、カナ記号は使用できない。
9	SAMPLE TIME (n)	A/Dコンバータのロータリースイッチで指定されたサンプル周期がnに表示される。	'Y'を打鍵すると資料の収録が開始される。
10	HTAB (END) STOP PAUSE	収録の終了 磁気テープの掛けかえを行うときに使用する磁気テープの巻もどしは行わずPAUSEのメッセージが出て"GO"キイを打鍵すると4に戻る。	

第4.14表 GP-1500 データ収録装置によるX-Y PLOTTER 操作法

操作順	質 問	回 答	備 考
1	データ収録操作法の1と同じ		
2	X-Y PLOTTER PROGRAM START? Y/N KEY-IN(X)	X-Y PLOTTER のプログラムをスタートさせるかどうかを質問しているのでYを打鍵する。	
3	Q. (Questionの略) AUTO OR MANUAL PLOTTING ? 自動的に連続した作図か否かの指示を要求する。	A. AUTO: 自動的に連続した作図が得られる。 A. MANUAL: 1回だけの作図で終了する。	
4	Q. OVERLAP WRITING ? 3でAUTOの場合の重ね書きか否かの指定する。	A. YES: ただしMANUALの場合は必ず"NO"である。	
5	Q. PROCESSING METHOD 何回の平均をとって作図するかを指定する。	A. 10 この解答の場合は10回ごとの平均を作図することになる。	最高60回まで可能である。
6	Q. Y-AXIS LINEAR OR LOGARITHMIC ? Y軸を直線目盛にするか対数目盛とするかを指定する。	A. LINEAR Y軸が直線目盛となる A. LOG Y軸が対数目盛となる	
7	Q. TITLE ? 図面に印字すべきタイトル名を入力する。	A. TEMPERATURE 上位6文字のみが入力される。	
8	Q. CHANNEL 当該作図平面にどのチャンネルが対応するかを指定する。	現在では次のような組合せになっている。 25m 50m 100m 150m 200m 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	
9	Q. VOLTAGE RANGE A/D コンバータの出力電圧と計測範囲との対応づけを行う。	A. +FULL SCALE 50.0 ZERO -FULL SCALE 0.0 上の例は例えば風速計が接続されると仮定すると-FULL SCALE 0m, +FULL SCALE 50m が対応づけられていることになる。	計測範囲は整数部3桁、小数部1桁で指示する。
10	Q. X-AXIS SCALE X軸の目盛を指定する。	A. LEFT 10.0 METER RIGHT 20.0 METER RIGHT 側と指定された単位は(この場合METER)は6文字まで有効とし作図面のX軸の右端部分に記録される。前のVOLTAGE RANGE の単位とここでの単位は一致する必要がある。	目盛値は整数部3桁以内、小数1桁で表わす。

以上のようにして各作図面制御情報はNo.1～No.6まで6面分入力する。



第4.20図 XY-プロッターによる作図例

WIND S: 平均風速, SIG. U: 風速の標準偏差, SIG W: 風の鉛直成分の標準偏差, SIG. T: 温度変動の標準偏差, HEAT F: 顕熱の鉛直輸送量, MOM F: 運動量の鉛直輸送量

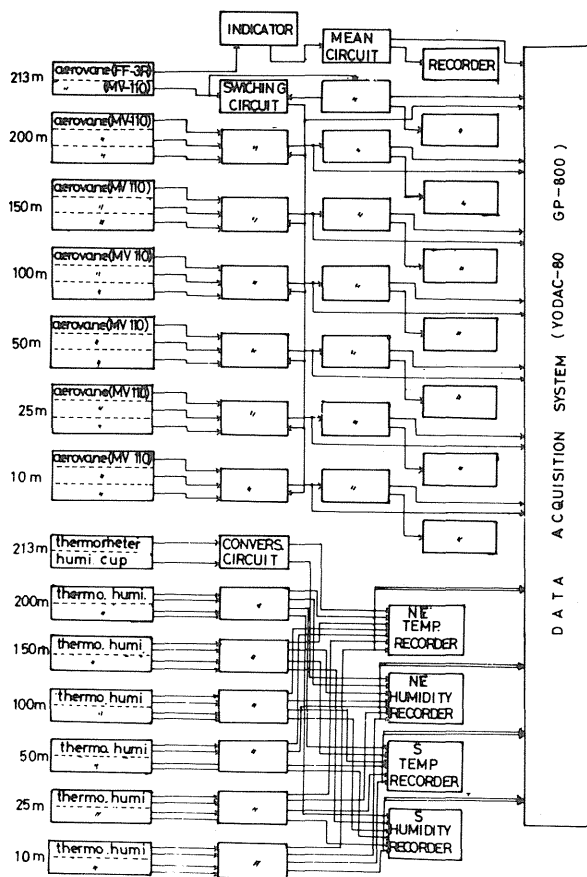
第4.15表 GP-800 データ収録装置の仕様

項 目	仕 様
入 力 チ ャ ン ネ ル 数	4 8
入 力 型 式	不平衡入力(片側接地)
入 力 電 圧	± 2 V
サ ム プ リ ン グ 周 期	1, 2, 5, 10, 30, 60分
A / D 変 換 方 式	逐 次 比 較 方 式
A / D 変 換 出 力	BCD 4桁 + sign
出 力 形 式	EBCDIC
記 録 装 置	
使 用 テ ー プ	フィリップスタイプデジタルカセットテープ
記 録 方 式	PE
記 録 密 度	800 BPI
記 録 容 量	5.4 メガビット
テ ー プ 速 度	15 IPS
スタートストップ時間	平均 40 m sec

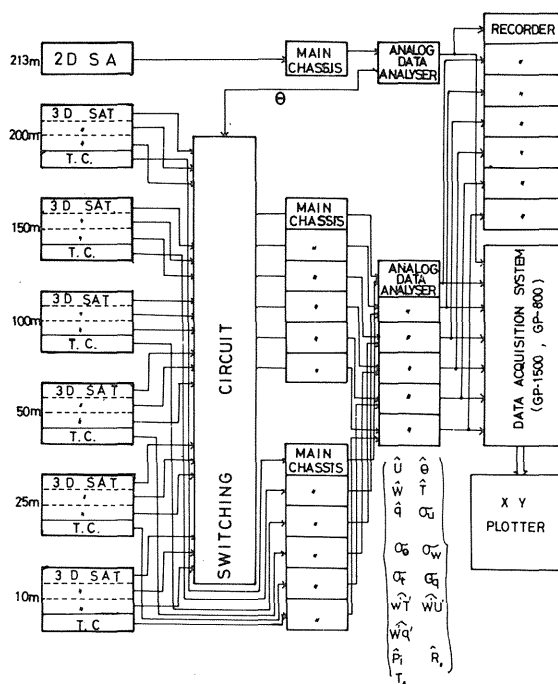
気象要素の平均的プロファイル観測のブロックダイアグラムを第4.22図に、乱流統計量の観測およびデータ処理に関するブロックダイアグラムを第4.23図に示す。なお今後汎用小型計算機を設置し、データ処理の迅速化を図る予定である。



第4.21図 GP-800データ収録装置の概観



第4.22図 気象要素の平均プロファイル観測のブロックダイアグラム



第4.23図 乱流統計量の観測およびデータ処理のブロックダイアグラム

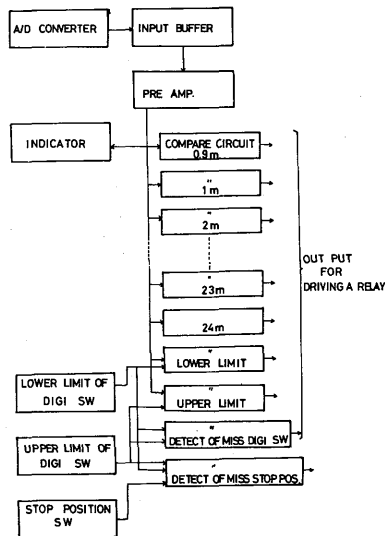
2 DSA : 2次元超音波風速計 3 DSA T : 3次元超音波風速温度計 TC : 熱電対乾湿計
 T_0 : 熱電対乾湿計の基準温度 P_1 : 傾斜計によるピッチング角 R_0 : 傾斜計によるローリング角

4.3 移動式測定装置

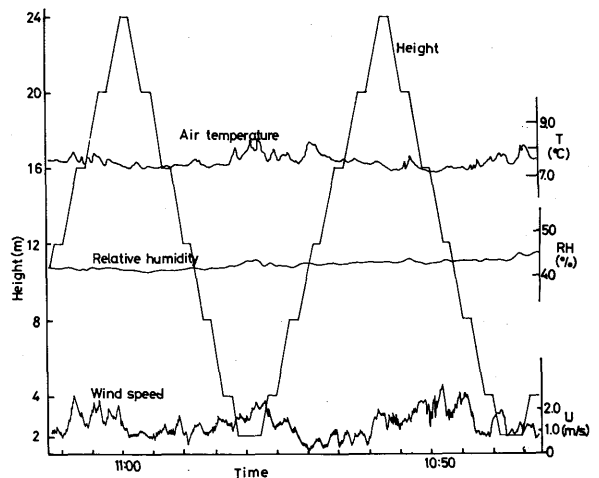
高さ213mの気象観測用鉄塔の下部では鉄塔の基部のコンクリート等の影響のため、接地境界層下部の精密な測定が実施できないこともあって、この気象観測鉄塔の北、約300mの位置に、高さ25mの観測塔を建設した。この鉄塔には測定器昇降用のエレベータが装備されており、同一の測定器で高さ24mまでの測定が可能である。この移動するエレベータに搭載できる測定器の重量は約20kgである。

移動エレベータの速度は0～15m/minまで任意に設定することができ、さらに1mから24mの高さまで1m毎に任意の高さで停止することもできる。この停止時間は3秒から3分30秒までの任意の時間が設定でき、また連続運転も可能である。第4.24図に移動式エレベータの仕様を示し、第4.25図にこのエレベータに小型3杯風速計、サーミスタ温度計、容量型湿度計を設置して測定を行なった例を示す。一高度における停止時間は20秒である。

副鉄塔の頂部にはエレベータに設置している測定器と同種同型の測定器が設置されていて、エレベータが上下する間に起こる時間的変化を観測するシステムになっている。



第4.24図 移動式エレベータのブロックダイアグラム



第4.25図 移動式測定器による測定例