

## 第6章 非前線系降水システムの概要\*

第4章で述べたように、前線に関連せず発生する中規模降水システムは沖縄地方の梅雨期の降水を特徴付ける現象のひとつである。この節ではこの非前線系の中規模降水システムについてその形態の概要を議論する。今回は非前線系の中規模降水システムを「面積  $10,000 \text{ km}^2$  以上、寿命3時間以上の組織化されたひとかたまりの降水域」と定義し、以後単に「中規模降水システム」と呼ぶ。小規模な Cu および Cu 群については今回は取り扱わない。第6章では、これらのシステムの概要を述べ、第7～9章では、いくつかの代表的なシステムについての詳しい事例解析を行いその構造について議論する。

### 6.1 発生状況

4.2節では1987年の梅雨期において沖縄地方では非前線系の中規模降水システムは3つの期間に発生したことを示した。すなわち cluster period I (5/20-5/22), cluster period II (5/24-5/26), cluster period III (6/3-6/7) である。表6.1はこの3期間に3つの現業レーダーの観測範囲内に発生または現れた中規模降水システムの一覧表である。 $3.2 \times 10^5 \text{ km}^2$  の観測範囲内においてこれら3つの期間中に20個の中規模降水システムが領域内に発生または現れた。cluster period I には5個、cluster period II には5個、cluster period III には10個であった。このような降水システムの発生する総観場の状況は4.3節で述べた。

### 6.2 発生環境

表6.1は期間中に発生した20個の中規模降水システムの一覧であり、付録6.1～6.19はそれらが最盛期にある時のレーダーエコー図とGANALデータによる地上と850 mbの流線、さらにGMSの $T_{BB}$ 分布図である。これらの中規模降水システムの発生時には沖縄地方には梅雨前線は存在せず太平洋気圧の圏内にある。850 mbの流線図を見ると前述のようにこの付近は南西モンスーンと太平洋高気圧の西端の南～南南西流の大規模収束場であるが、地上天気図上には中規模降水システムに対応するじょう乱は解析されない。4.2節で述べたように、 $\nabla T_{350}$ の値が小さいことでも示されるように、傾圧性が弱い総観場の中でこれらの中規模降水システムは発生した。

### 6.3 形態

20個の降水システムはエコーの形状と移動によって次の3種類に分類される。図6.1では3種

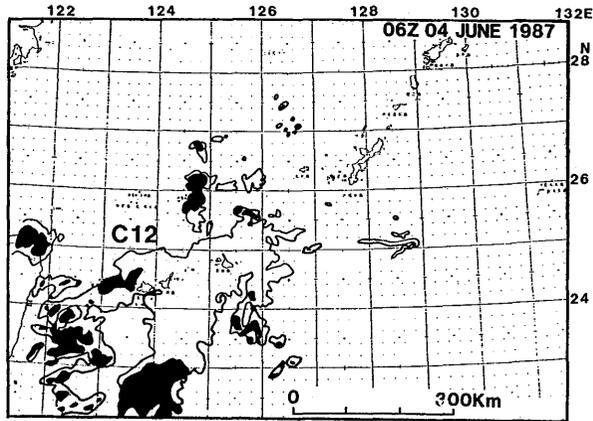
\* 担当：石原正仁・田畑 明

表6.1 1987年の沖縄地方の梅雨期に発生した非前線系降水システム

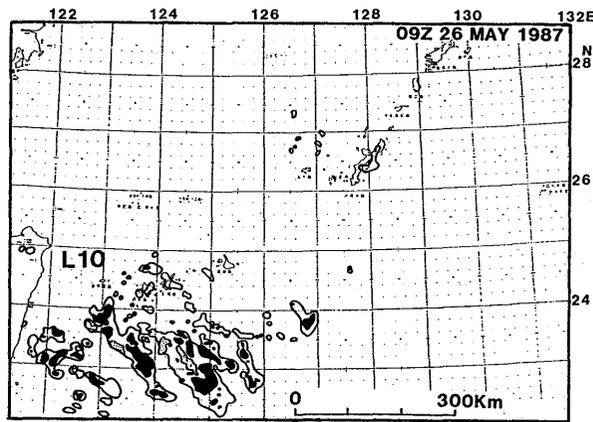
No.	発生-消滅 1987	寿命 hr	最盛期の場所	同echo面積 km <sup>2</sup>	移動方向, m/s	分類
1	181800-190600Z May	12	石垣SE200km	14718	75°, 25.1	不定形クラスター
2	191200-200900	21	石垣付近	49506以上	70°, 8.3	不定形クラスター
3	200300-200900域外	> 6	石垣のNNE150km	28544	50°, 9.4	不定形クラスター
4	200600-210300	21	那覇のSE	46384	125°, 6.0	スコールクラスター
5	210300-210900	6	宮古のN200km	20962	40°, 11.1	不定形クラスター
6	240300-241200	9	石垣のW	20070	定まらず	不定形クラスター
7	240900-250900域外	>24	石垣のS	74036以上	定まらず	不定形クラスター
8	250900-251200	3	那覇のW100km	18286	340°, 5.6	不定形クラスター
9	251600-252100	5	石垣のS	28990	定まらず	不定形クラスター
10	260600-262100	15	石垣のS	30328	定まらず	列状クラスター
11	021800-031200 June	18	那覇のS200km	42370	定まらず	不定形クラスター
12	031800-041200	18	石垣, 宮古のS	84294以上	定まらず	不定形クラスター
13	041500-050600	15	那覇上空	24976	80°, 5.1	スコールクラスター
14	041500-050600	15	石垣, 宮古上空	57088	60°, 5.6	不定形クラスター
15	041800-150000	6	那覇NW150km	10258	180°, 6.9	スコールクラスター
16	050300-051200域外	> 9	石垣, 宮古のS	74928以上	定まらず	不定形クラスター
17	051800-061500域外	>21	石垣のSW	42370以上	定まらず	列状クラスター
18	052100-060600	9	那覇のE	24530	130°, 4.4	不定形クラスター
19	070300-071200	9	石垣上空	16948	50°, 7.9	列状クラスター
20	071200-080000	12	石垣, 宮古	50398以上	75°, 6.9	不定形クラスター
平均		12.7		38000		

類のクラスターの代表的な例を示し、さらに章末にはすべてのクラスターの形態と周囲の環境を付録として掲載する。

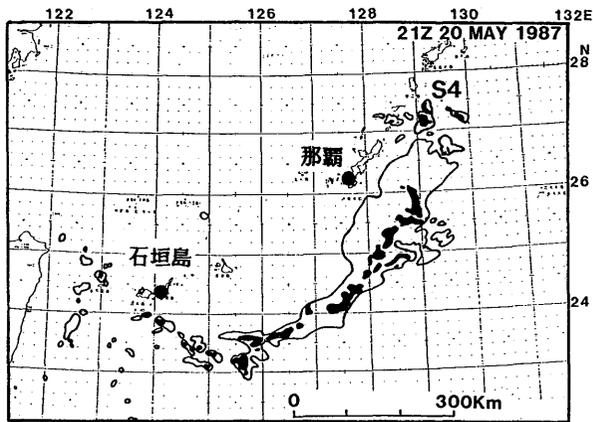
(1) 不定形クラスター：層状性降水域と対流性降水域からなる降水システムである。層状性降水域の中に対流性降水域が含まれるが対流性降水域の分布は不定形である。この降水システムは850~700 mb 付近の風と一致して移動する。期間中最も数多く発生し、付録中のシステム 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 18, 20 の 14 個がこれに該当する。このタイプのクラスターは GATE 期間中に観測された non-squall cluster (Leary and Houze, 1979) に形態が類似している。



(a) 不定形クラスター



(b) 列状クラスター



(c) スクールクラスター

図6.1 1987年の沖縄地方の梅雨期間内(5/13~6/26)に発生した非前線系降水システムの不定形クラスター(a), 列状クラスター(b), スクールクラスター(c)の例。

(2) 列状クラスター：いくつかの線状エコーが列をなして並ぶ降水システムで、付録中のシステム 10, 17, 19 がこれにあたる。線状エコーの走行は下層風に沿うことが多く、いわゆる下層風に対して「longitudinal mode」の降水帯を形成する。個々の線状エコーの持続時間は短い。これらは台湾の東や石垣島の南の海上に発生し、システム全体としての移動速度は小さいか停滞する。Chen (1978) は梅雨期には台湾の南東近海にメソスケール低気圧が発生しやすいと述べている。これは大気下層の南西モンスーン流が台湾の高い山岳の影響を受けてその風下側に低圧部を生じさせるからである。列状クラスターの発生位置とほぼ停滞するという性質から考えて、このタイプのクラスターの発生はこのメソスケール低気圧と関連があるかも知れない。

(3) スコールクラスター：反射強度の強い対流性降水域が線状に組織化され長続きするシステムであり、線状降水域の走行は地上付近の流れにほぼ直角であり、下層風に対して「transverse mode」の降水帯を形成する。全体の形状は熱帯や米国中西部のスコールライン (Zipser, 1977; Ogura and Liou, 1980) に類似する。システムは地上付近の風の風上に向かって移動する。周囲にはシステムの移動と一致する高層風がなく、いわゆる“steering level”を持たない。おもに対流性降水域の進行方向後面に層状性降水域を有する。付録のシステム 4, 13, 15 がこれに該当する。システム 4 は長さ 460 km, 寿命 21 時間に達する大型のスコールクラスターであり、これについては第 7 章で詳しい事例解析を行う。システム 13 は線状の降雨帯があまり明瞭でない比較的小型のシステムであったが、移動の特性からスコールクラスターに分類された。第 9 章で解析を行う。

#### 6.4 面積

レーダーエコーから求めた 20 個の中規模降水システムの降水域の最大到達面積(それぞれのシステムの一生の間に達した最大の面積)は  $10,300 \text{ km}^2$  から  $84,300 \text{ km}^2$  以上(「以上」とは降水システムの一部がレーダーの観測範囲にあってシステム全体の面積が求められないことを示す)の範囲である。仮にこの「以上」の面積をシステムの最大到達面積とすると 20 個の中規模降水システムの面積の平均値は  $38,000 \text{ km}^2$  である。図 6.2 は面積別の発生頻度を表している。 $20,000 \sim 30,000 \text{ km}^2$  に 6 個のピークがあり、 $70,000 \text{ km}^2$  以上にも 3 個のピークがある。面積に関してはタイプによる系統的な差異は見出せない。

#### 6.5 寿命

図 6.3 は中規模降水システムの発生から消滅までの寿命の頻度分布である。寿命は 3 時間から 24 時間以上に分布しており、とくに際だったピークはない。平均寿命は 12.7 時間である。図 6.4 の面積と寿命の散布図は、一般に面積の増加とともに寿命が増加することを示している。 $30,000 \text{ km}^2$  以下の降水システムは 18 時間以上の寿命を持つことはなく、 $50,000 \text{ km}^2$  以上の降水システ

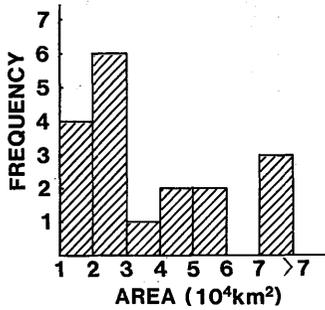


図6.2 1987年の沖縄地方の梅雨期間内(5/13~6/26)に発生した非前線系降水システムの最大レーダーエコー面積の頻度分布。

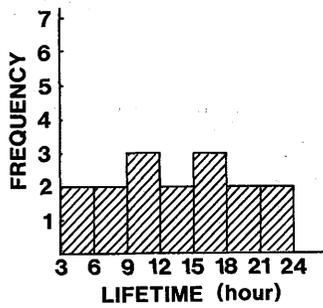


図6.3 1987年の沖縄地方の梅雨期間内(5/13~6/26)に発生した非前線系降水システムの寿命の頻度分布。

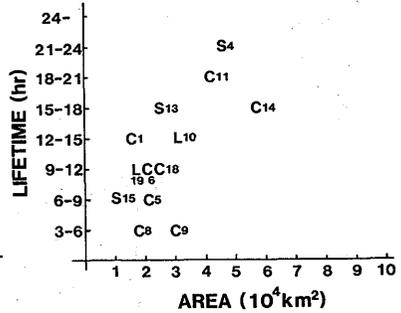


図6.4 1987年の沖縄地方の梅雨期間内(5/13~6/26)に発生した非前線系降水システムの寿命-最大レーダーエコー面積の散布図。

ムは15時間以上の寿命を保っている。不定型クラスターの面積-寿命の相関は明瞭ではない。一方、スコールクラスターは同じ面積の不定型クラスターにくらべ寿命が長いという傾向が見られる。

### 6.6 発生場所と移動

図6.5は中規模降水システムの発生場所の移動を示している。全期間をとおして発生場所は3つのsub-areaに分けられる。石垣島を中心とする半径200kmの円内(12個, 沖縄地方南西部A領域), 沖縄本島の西(4個, 沖縄地方北部B領域), 北緯26°東経124°付近(2個, 沖縄地方北西部C領域), その他(1個)である。A領域に発生した降水システムは停滞または北東~東北東に移動した。また観測範囲の限界からレーダーでは降水システムの一部しか観測されずその移動が不明なものもあった。列状クラスター(10, 17, 19)はA領域に限って発生した。列状クラスターはシステムとしてはほぼ停滞していた。B領域で発生した降水システムの移動方向は2つは南東であり, 北, 東, 南がそれぞれ1つであった。スコールクラスター(4, 13, 15)はB領域で観測された。領域Cの2つの降水システムの移動方向は北東~東北東であった。全領域では北東~東北東に移動したものが7個, 東が1個, 南東が2個, 南が1個, 北が1個であった。移動速度は停滞ないし不明が8個であり, 残り12個は4.4 m/sから11.1 m/sの範囲にあった。全体として北東~東北東への移動が多いことは, おもに対流圏下層の流れがシステムの移動を決定していることを示している。一方, 東~南東~南への移動方向を持つ降水システムは, 熱帯のスコールラインに似た構造を持ち, 降水セルの伝播がシステムの移動に大きく寄与していたことが第7章の事例解析で示される。

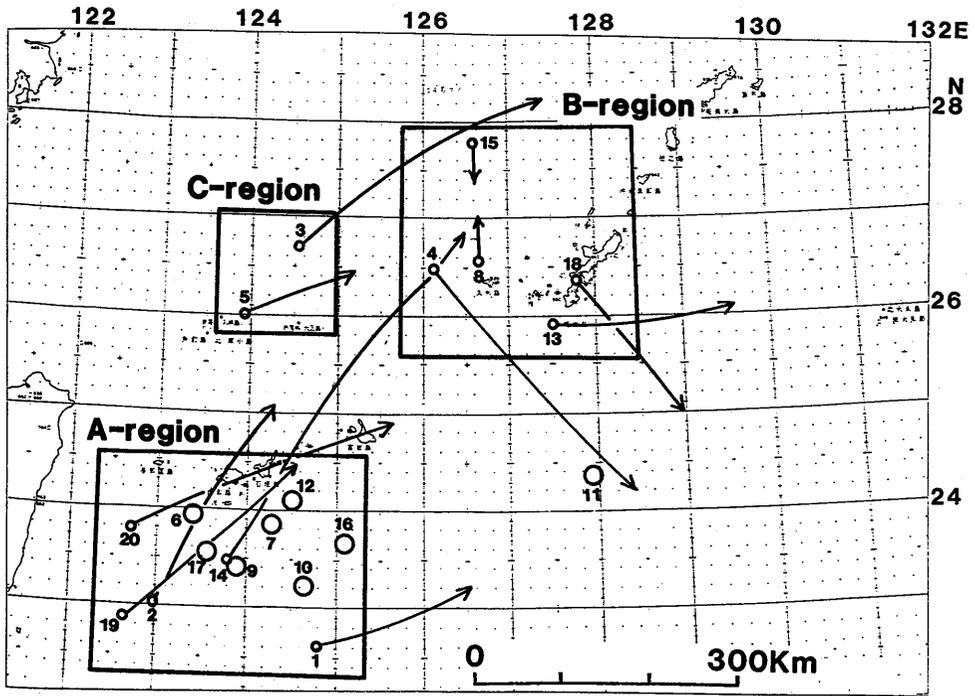


図6.5 1987年の沖縄地方の梅雨期間内(5/13~6/26)に発生した非前線系降水システムの発生から消滅までの移動。○印は停滞ないし移動不明のもの。

### 6.7 他の降水システムとの比較

中規模降水システムの代表的な例は、北米大陸の Mesoscale Convective Complex (MCC) と GATE 期間中に観測された熱帯クラスターである。McAnelly and Cotton (1989) は、雨量計のデータをもとに 122 の MCC の統計を取り、MCC の降水域の平均面積として  $9 \times 10^4 \text{ km}^2$  を得た。今回の沖縄地方の中規模降水システムのモード(最頻値)は 6.3 図に示すように  $2 \sim 3 \times 10^4 \text{ km}^2$  であるから、北米の MCC よりサイズは小さい。GATE については、Pestaina-Haynes and Austin (1976), Zipser (1981), Leary (1984) が、クラスターのサイズについて議論している。それらによると、沖縄の降水システムは GATE の熱帯クラスターと同程度ないし、それよりやや大きいサイズを持っていた。

Akiyama (1978), Ninomiya *et al.* (1988a) は九州、本州地方の梅雨前線上に発生する 700~1,000 km の規模のメソ  $\alpha$  スケールのクラウドクラスターがいくつかのメソ  $\beta$  スケールの対流システムから成っていることを示した。このメソ  $\beta$  スケールの対流システムの水平規模は 100~200 km であり、沖縄地方の非前線系システムの規模とほぼ同じである。しかし、前者は前線付近の傾圧帯に、後者はそれよりはるかに傾圧性の小さい場の中に発生するという性質において両者は異なっている。

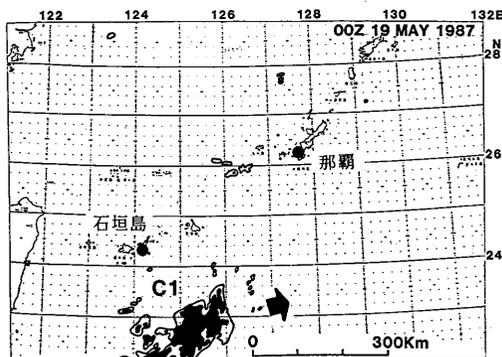
## 参 考 文 献

- Akiyama, K., 1978 : Mesoscale pulsation of convective rain in medium-scale disturbances developed in Baiu front. *J. Meteor. Soc. Japan*, **56**, 267-282.
- Chen, G. T.-J., 1978 : On the mesoscale systems for the Mei-Yu regime in Taiwan. Proceedings, Conference on Severe Weather in Taiwan area., 27-28 May 1978, National Science Council, Taipei, 150-157 (in Chinese).
- Leary, C. A., 1984 : Precipitation structure of the cloud clusters in a tropical easterly wave. *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 313-325.
- Leary, C. A. and R. A. Houze, Jr., 1979 : The structure and evolution of convection in a tropical cloud cluster. *J. Atmos. Soc.*, **36**, 437-457.
- McAnelly, R. L. and W. R. Cotton, 1989 : The precipitation life cycle of mesoscale convective complexes over the central United States. *Mon. Wea. Rev.*, **117**, 784-807.
- Ninomiya, K., T. Akiyama and M. Ikawa, 1988a : Evolution and fine structure of a long-lived meso- $\alpha$ -scale convective system in Baiu frontal zone. Part 1. Evolution and meso- $\beta$ -scale characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 331-349.
- Pestaina-Haynes, M. and G. L. Austin, 1976 : Comparison between maritime tropical (GATE and Barbados) and continental midlatitude (Montreal) precipitation lines. *J. Appl. Meteor.*, **15**, 1077-1082.
- Zipser, E. J., 1977 : Mesoscale and convective-scale downdrafts as distinct components of squall-line structure. *Mon. Wea. Rev.*, **105**, 1568-1588.
- Zipser, E. J., R. J. Meitin and M. A. LeMone, 1981 : Mesoscale moiton fields associated with a slowly moving GATE convective band. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 1725-1749.

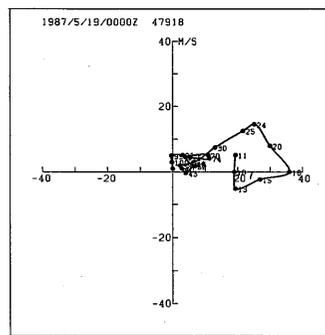
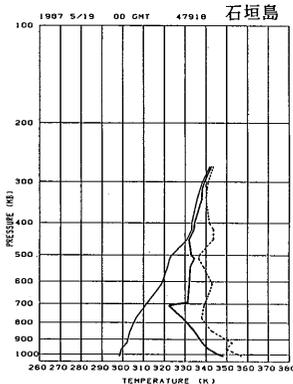
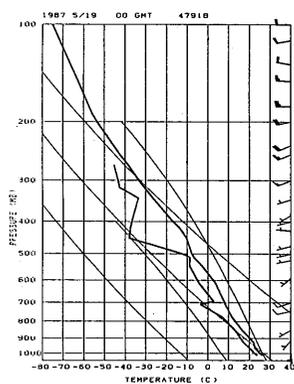
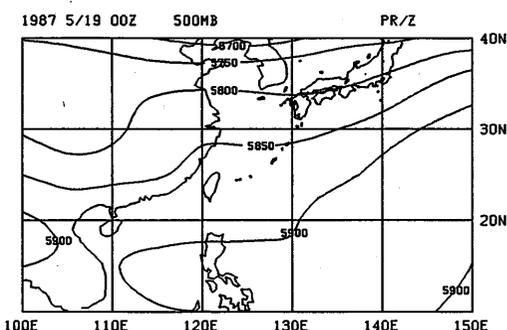
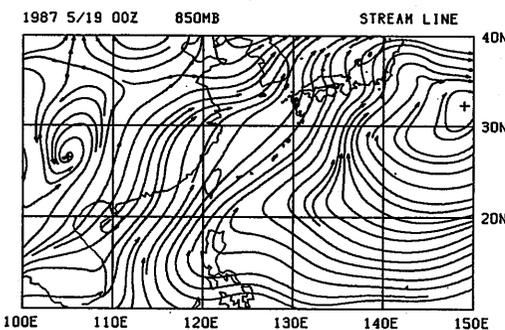
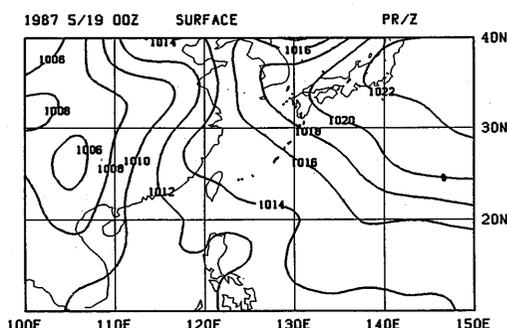
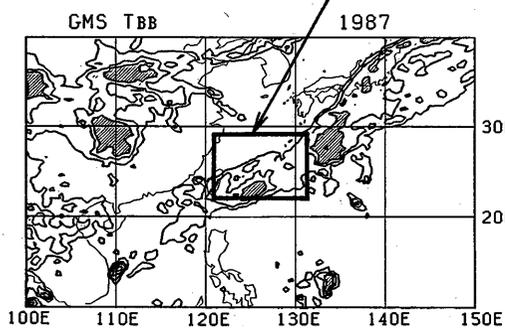
### <付録 6.1~6.19>

1987年の沖縄地方の梅雨期間内(5/13~6/26)に発生した20個の非前線系降水システムのレーダーエコーと発生時の周辺の様子。GMS,  $T_{BB}$ , 地上天気図, 850 mb 流線, 500 mb 等高度線と, 最も近い高層観測地点におけるエマグラム,  $\theta$ ,  $\theta_e$ ,  $\theta_e^*$  分布, ホドグラフ。

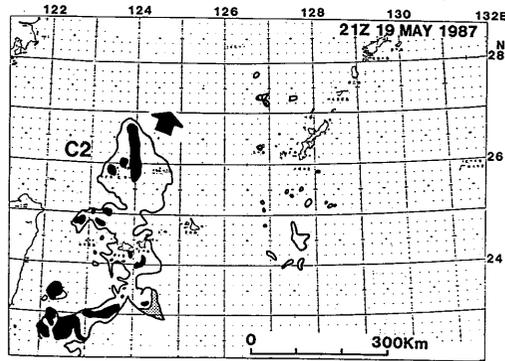
<付録6.1>



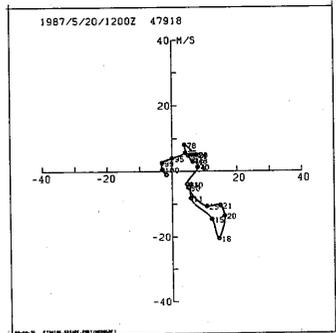
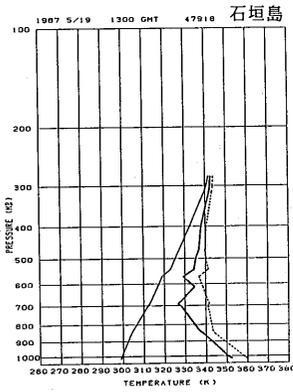
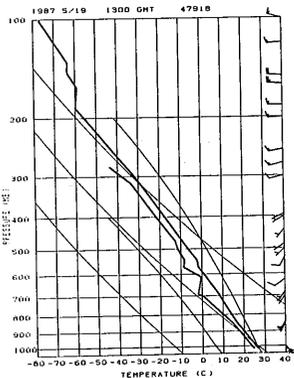
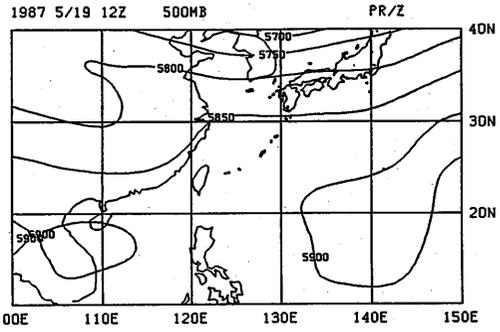
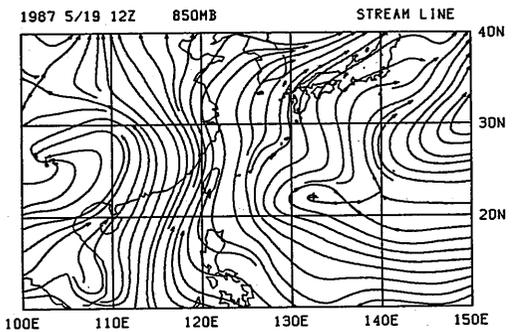
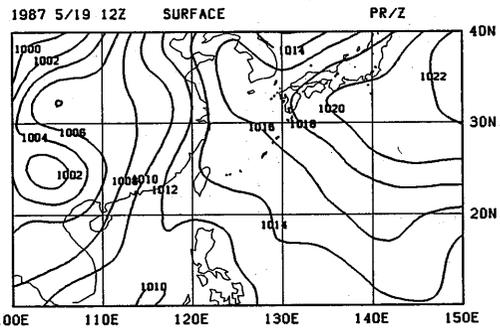
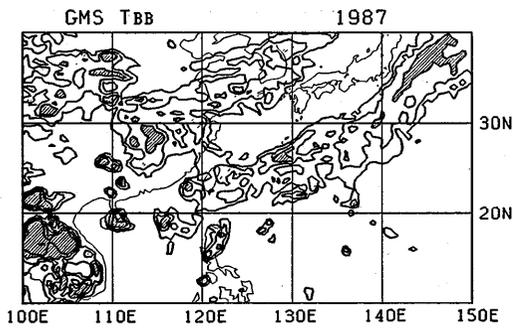
C1 : 不定形クラスター



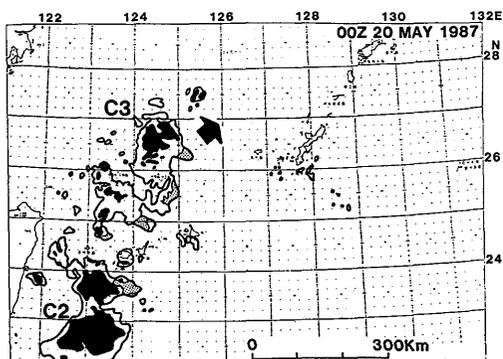
<付録6.2>



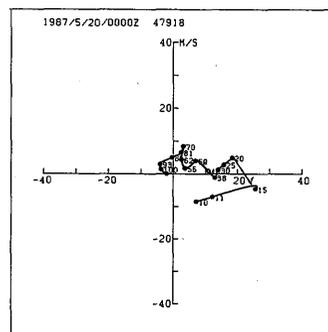
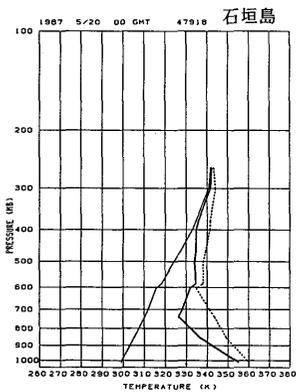
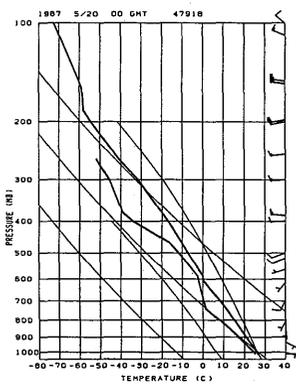
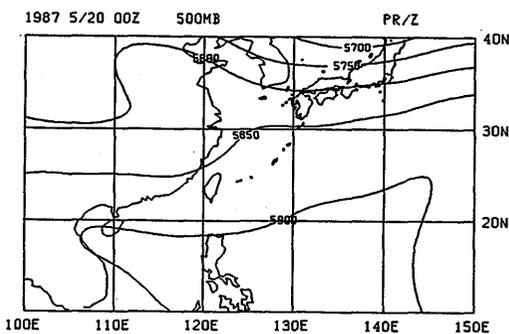
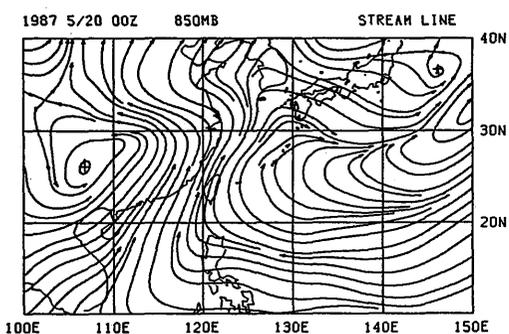
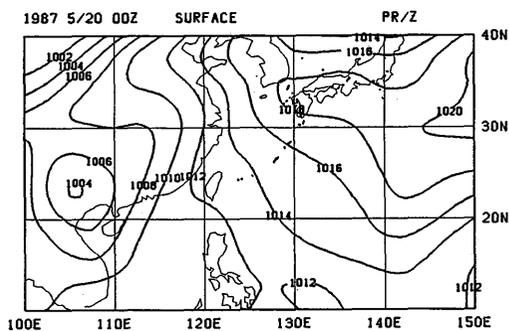
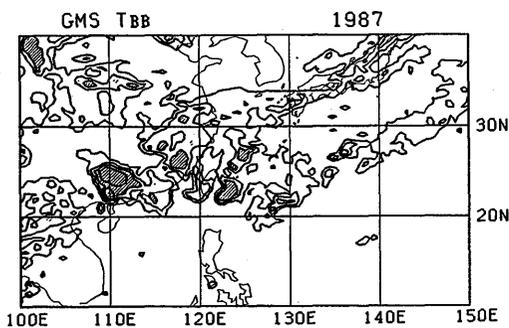
C 2 : 不定形クラスター



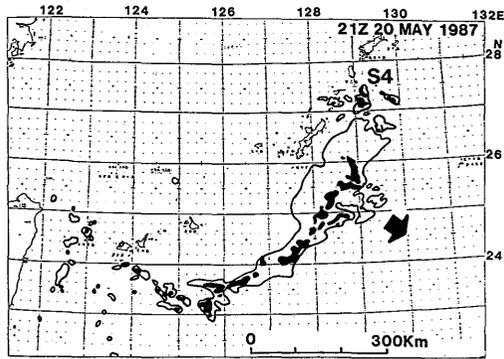
〈付録6.3〉



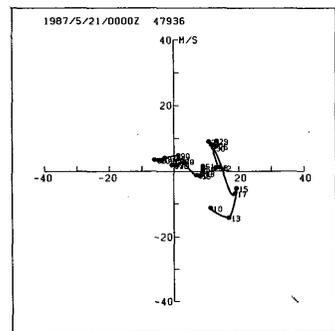
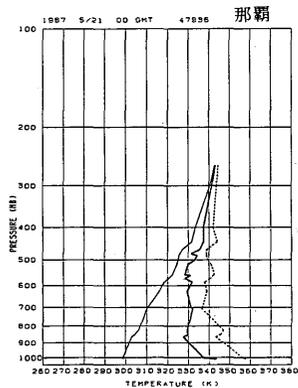
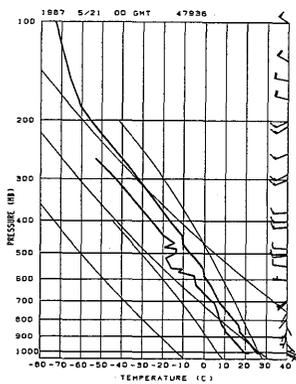
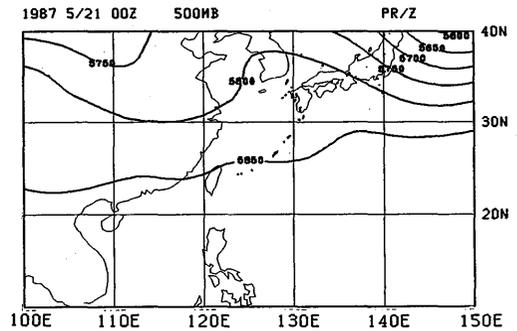
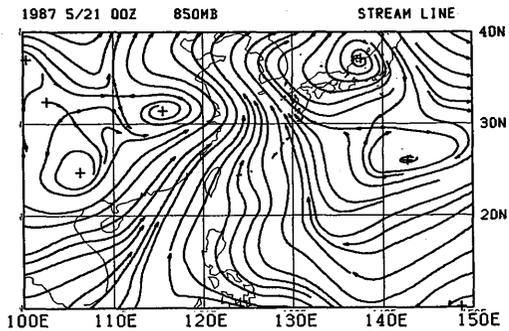
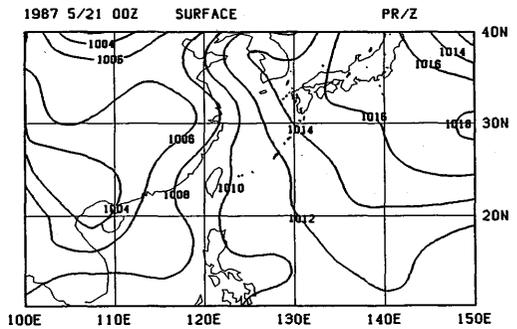
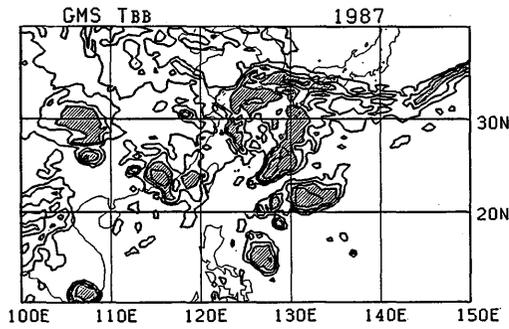
C3 : 不定形クラスター



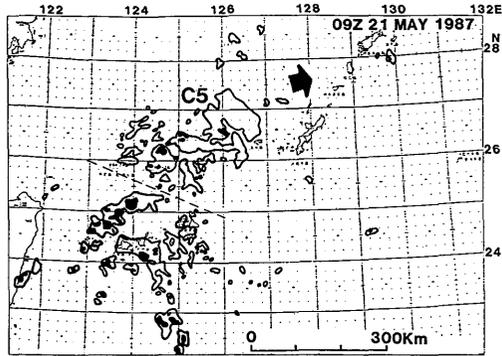
<付録6.4>



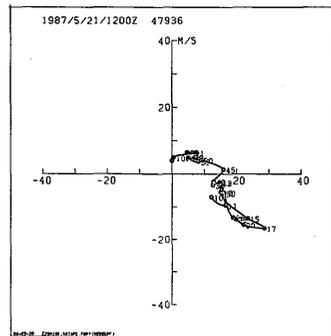
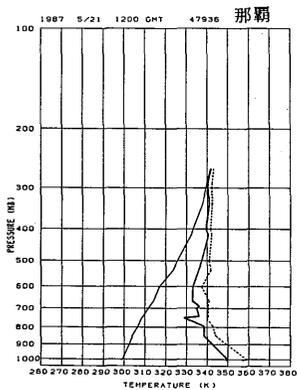
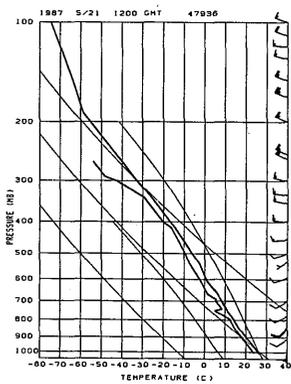
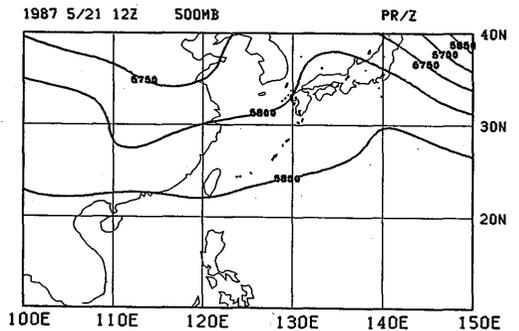
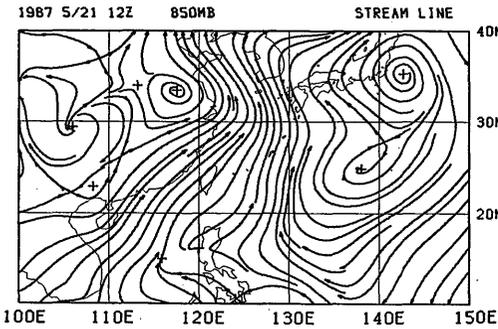
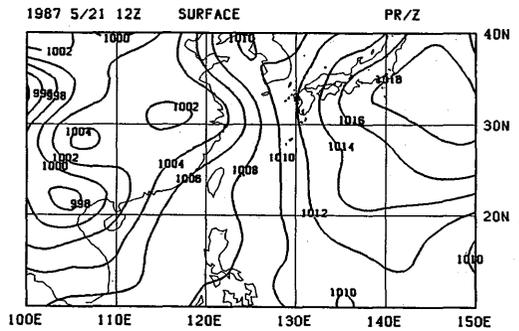
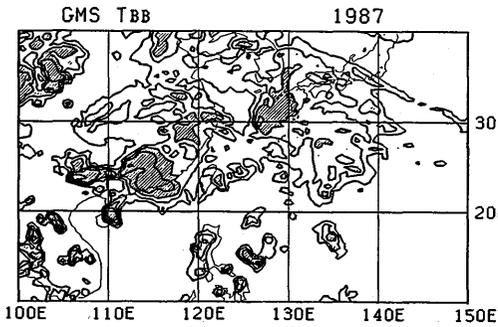
S 4 : スコアクラスター



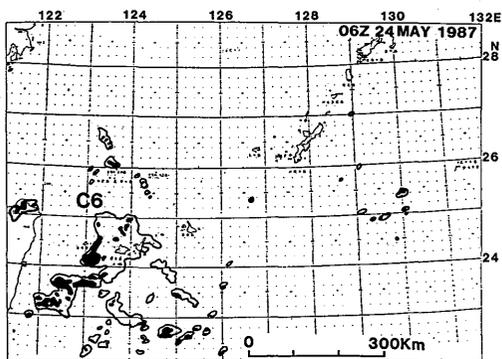
<付録6.5>



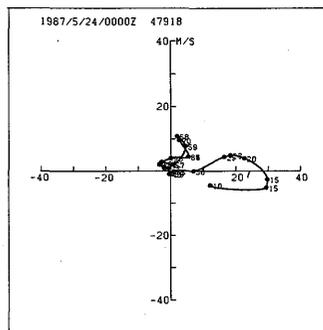
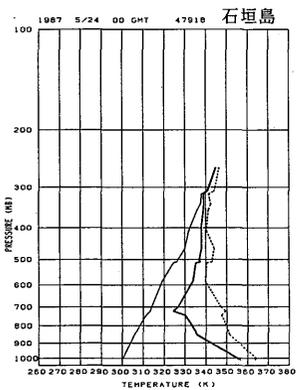
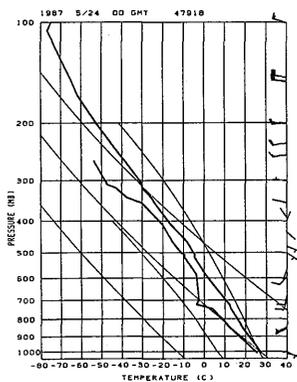
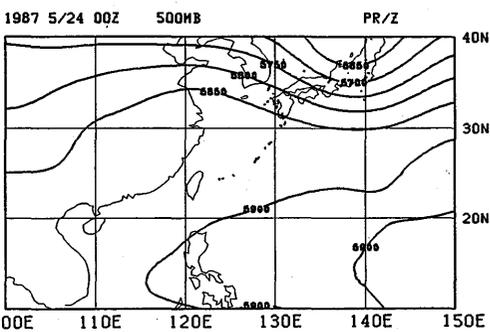
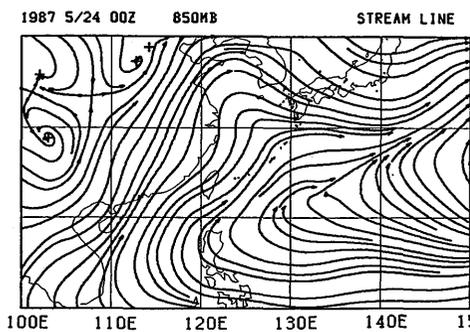
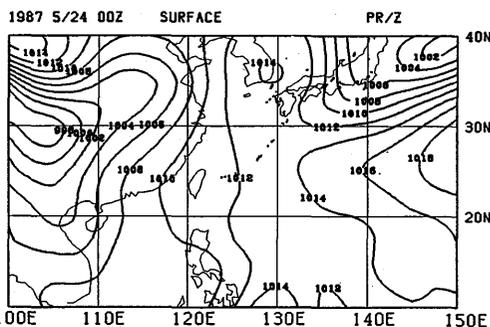
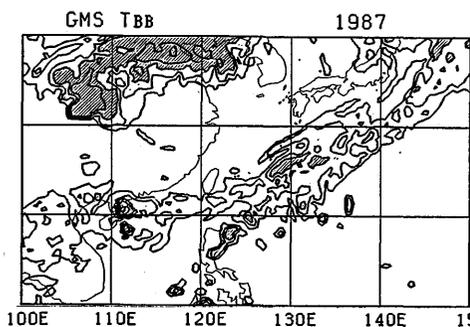
C.5 : 不定形クラスター



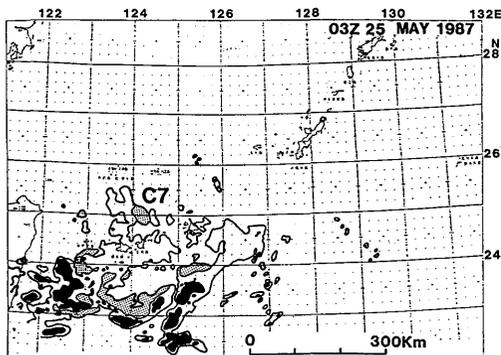
<付録6.6>



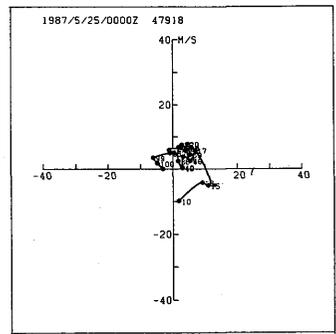
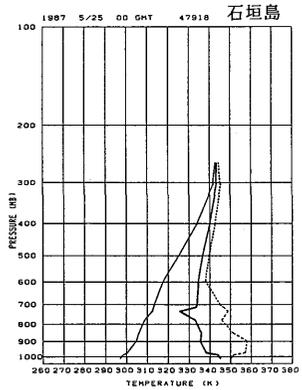
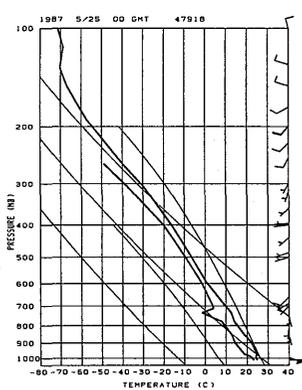
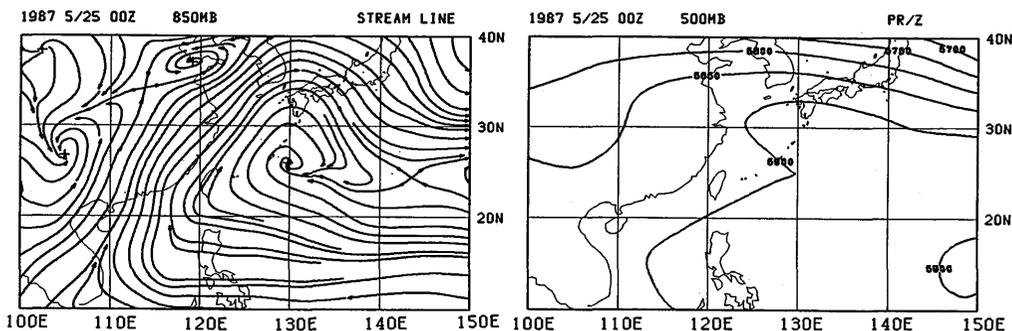
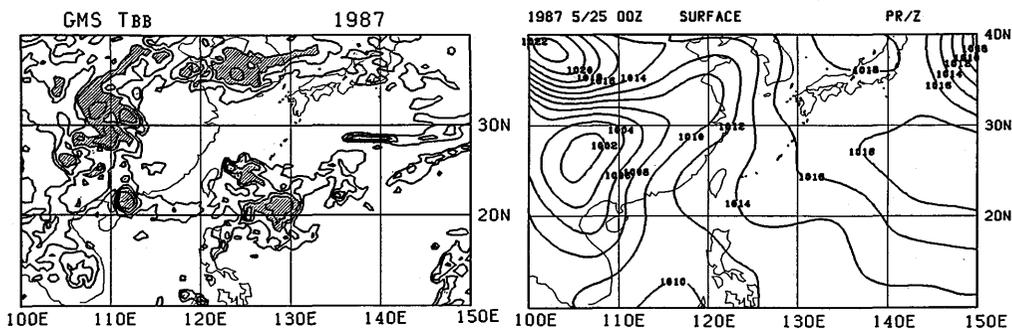
C 6 : 不定形クラスター



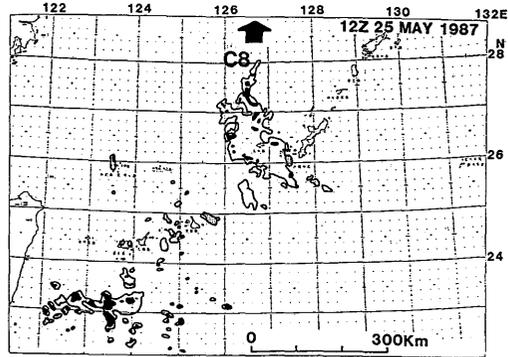
<付録6.7>



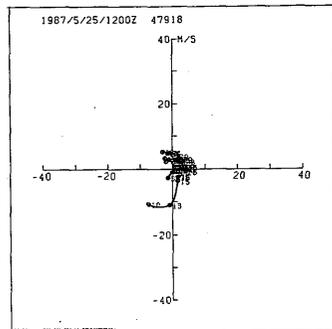
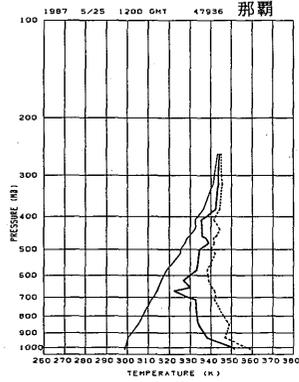
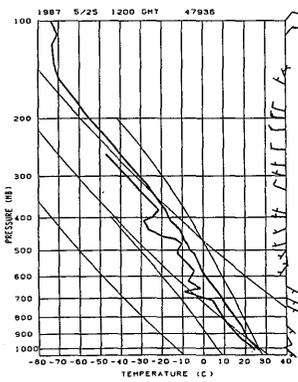
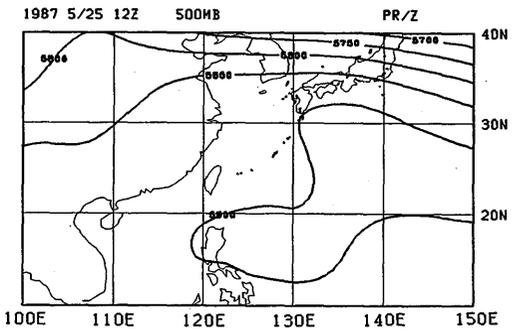
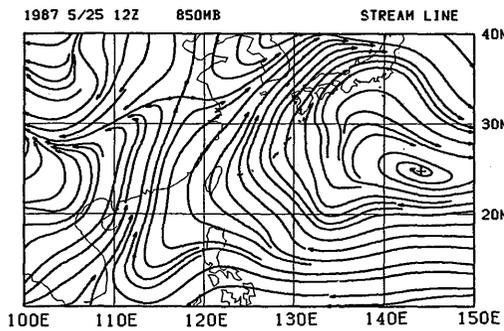
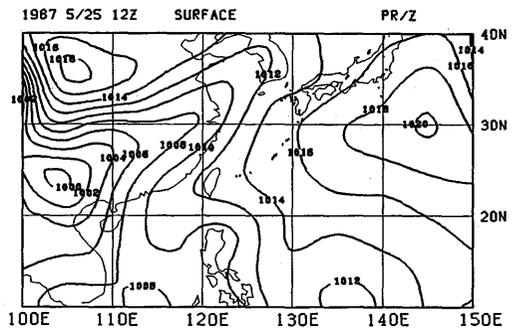
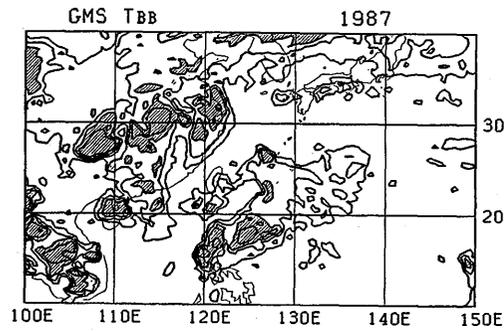
C7: 不定形クラスター



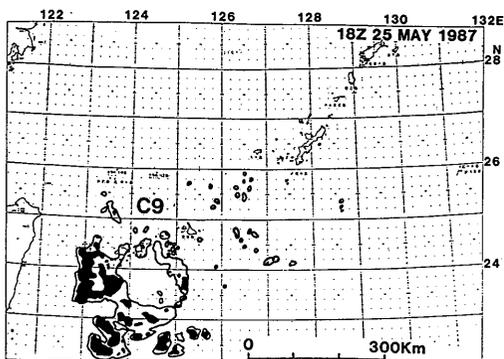
〈付録6.8〉



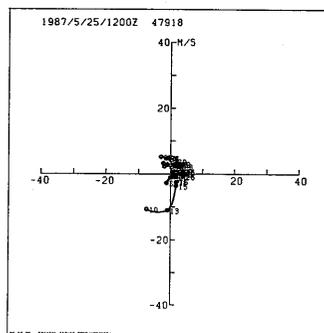
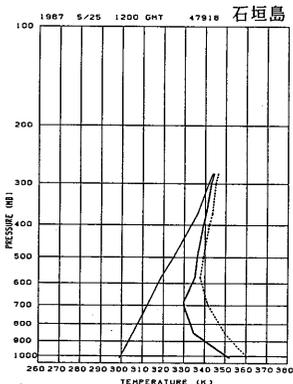
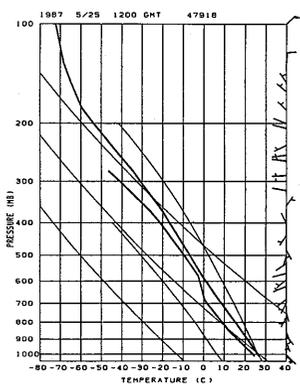
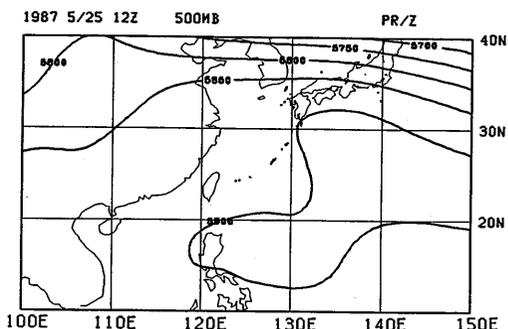
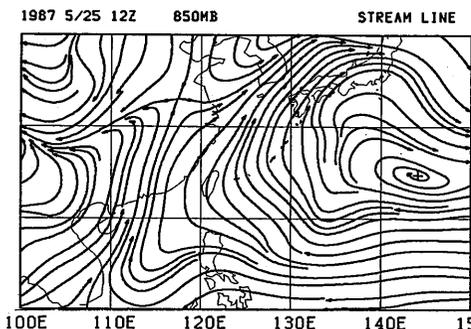
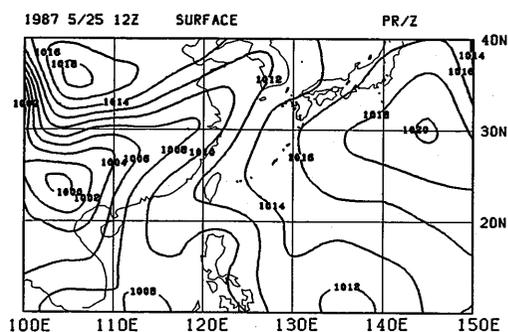
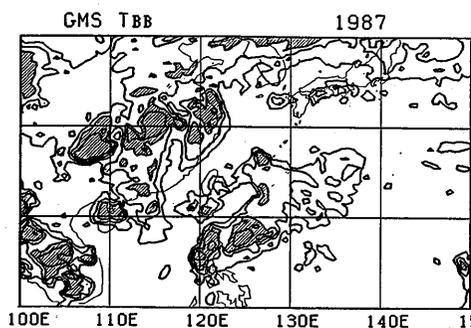
C 8 : 不定形クラスター



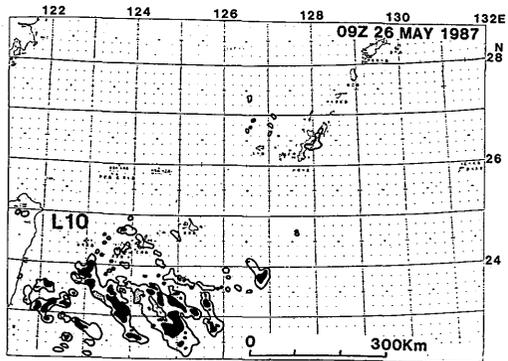
<付録6.9>



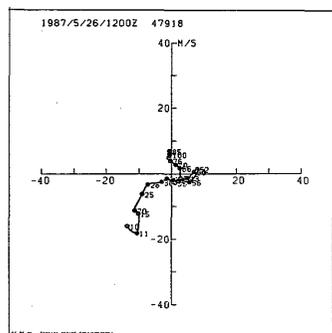
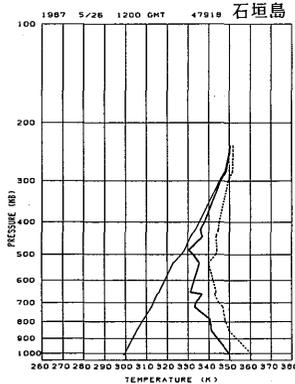
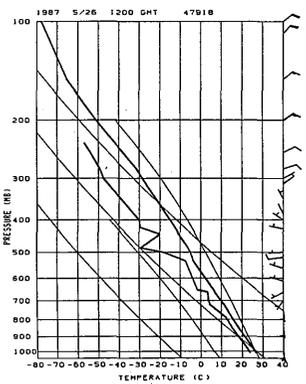
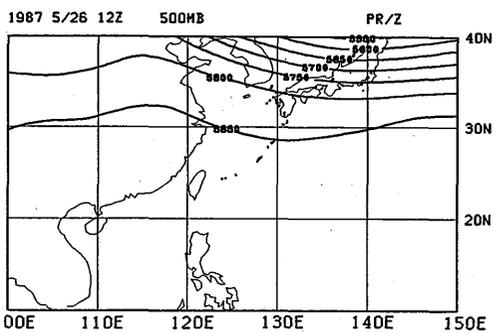
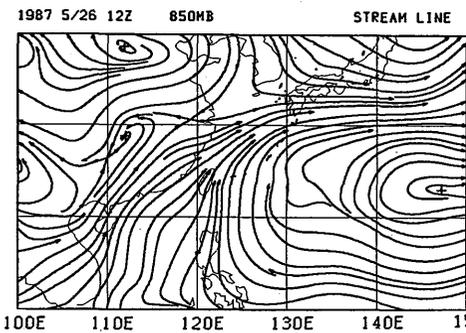
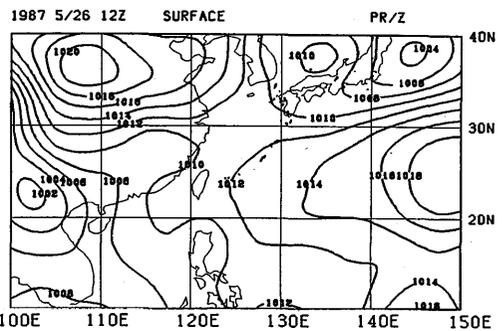
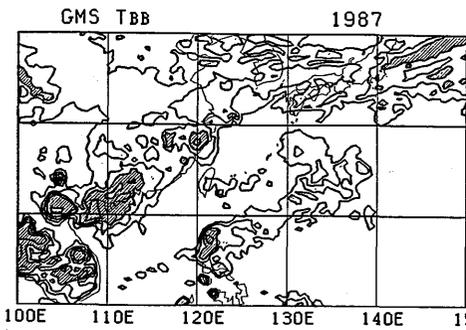
C 9 : 不定形クラスター



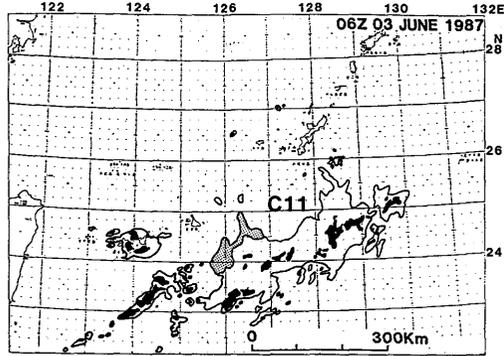
<付録6.10>



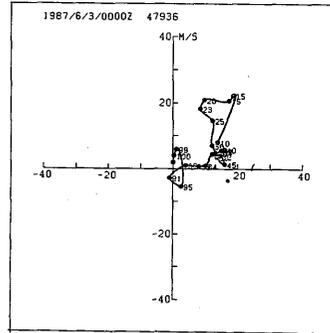
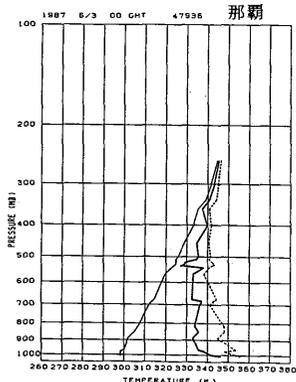
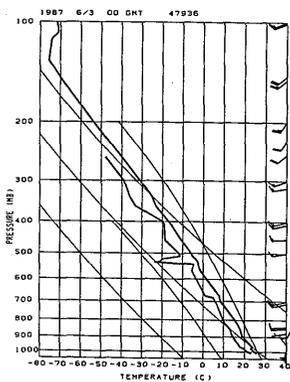
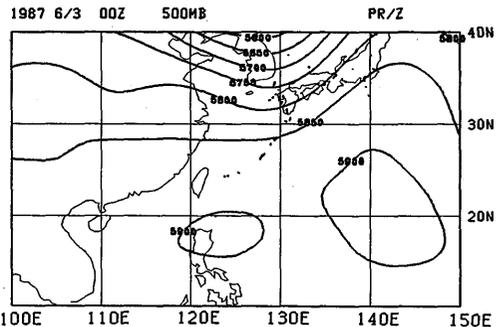
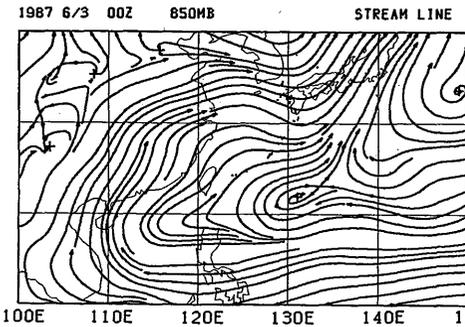
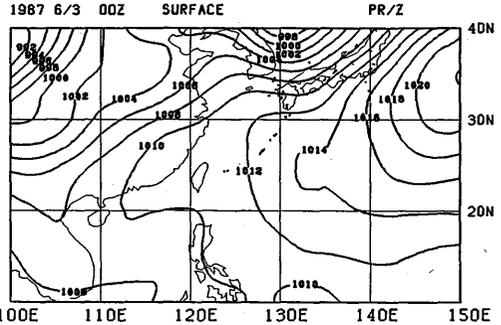
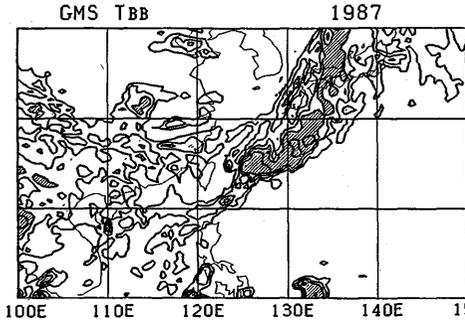
L10 : 列状クラスター



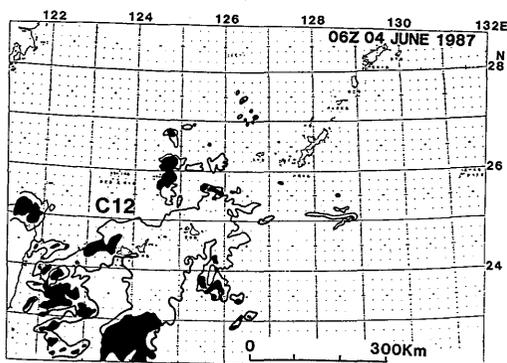
<付録6.11>



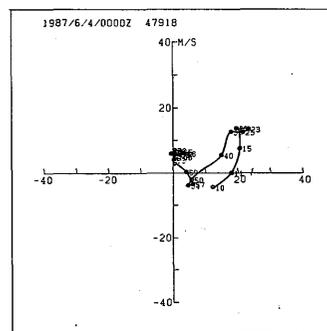
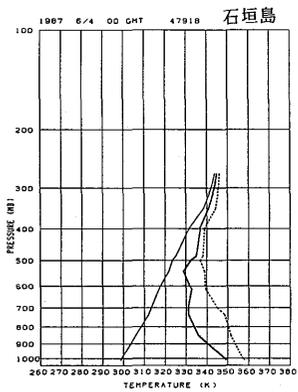
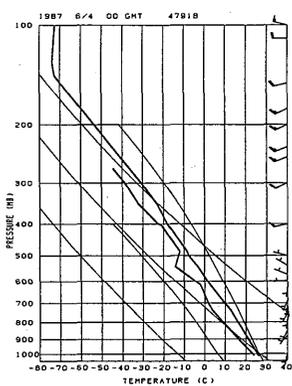
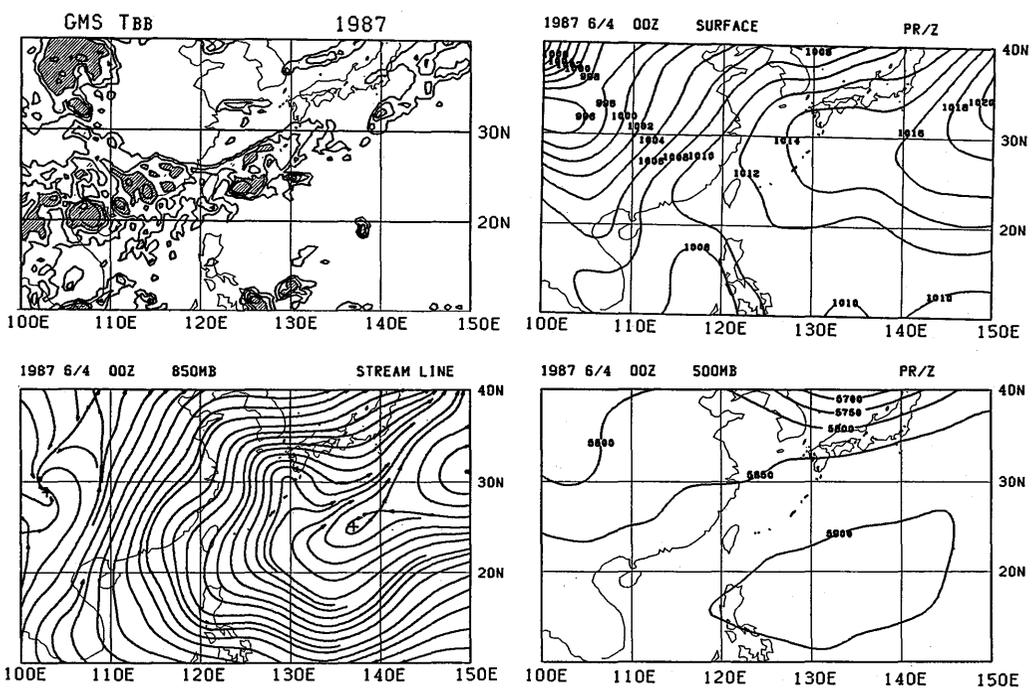
C11 : 不定形クラスター



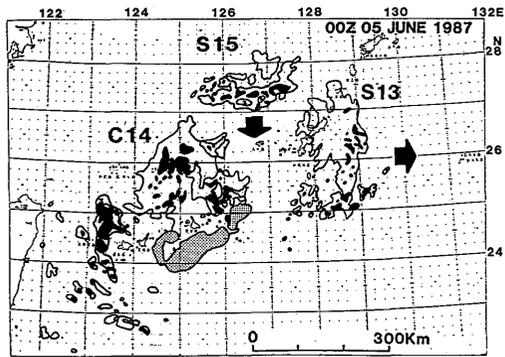
〈付録6.12〉



C12 : 不定形クラスター

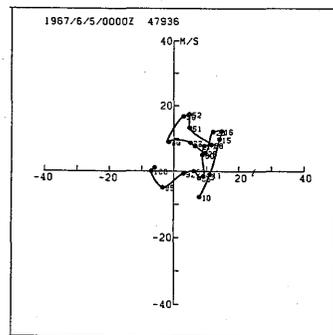
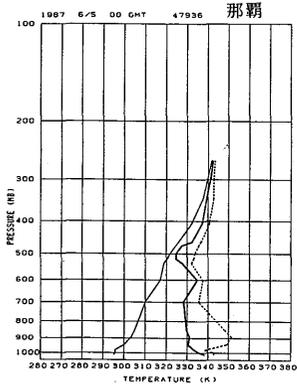
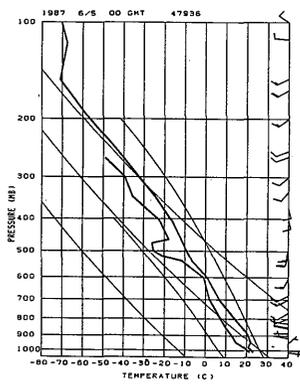
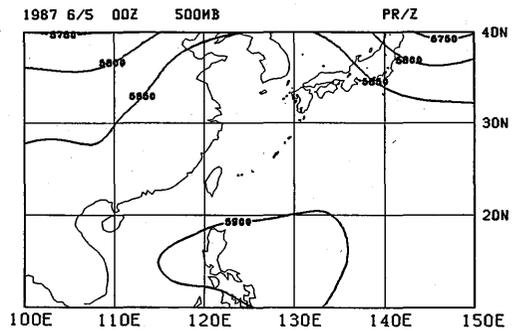
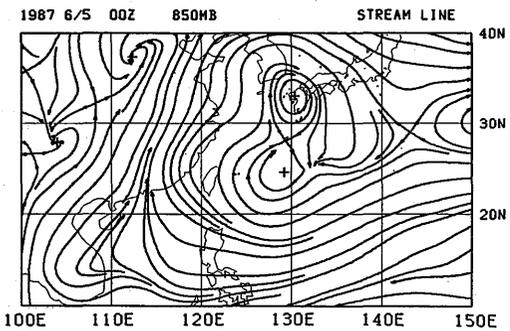
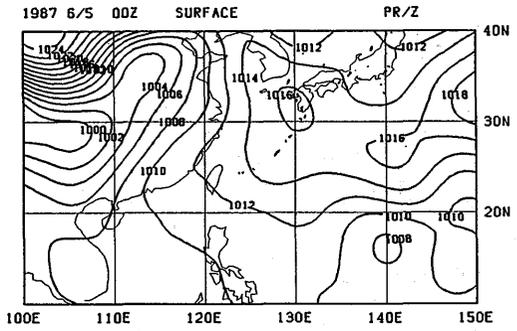
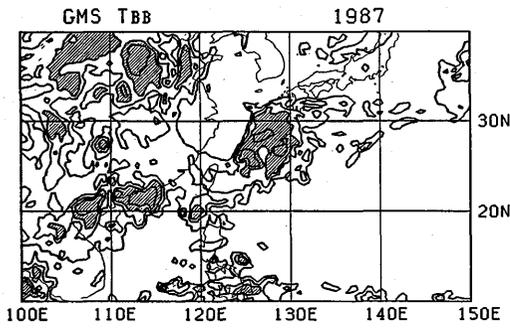


<付録6.13>

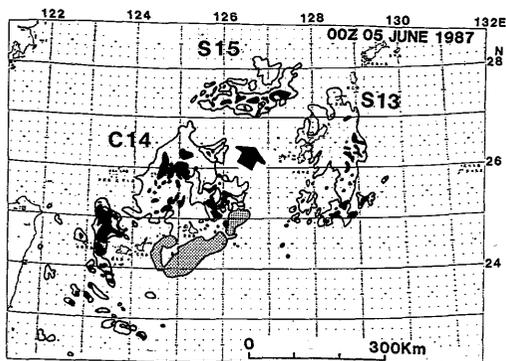


S 1 3 : スコールクラスター

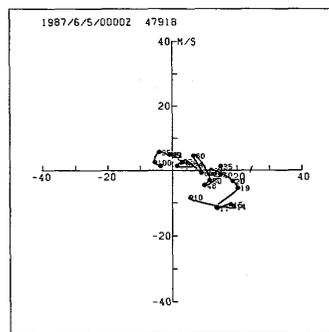
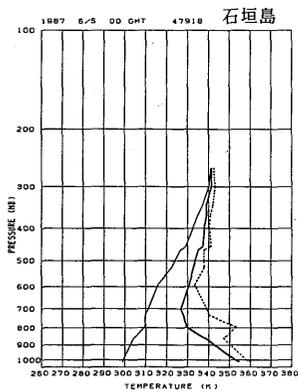
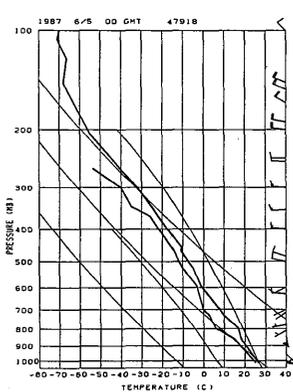
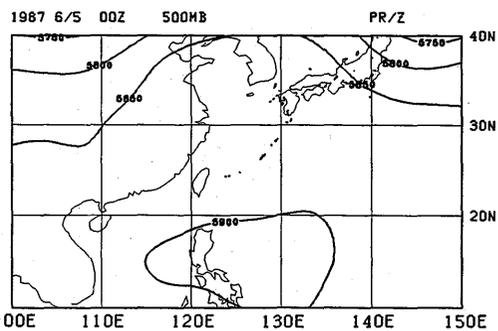
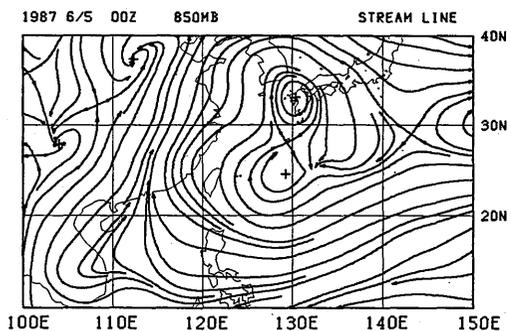
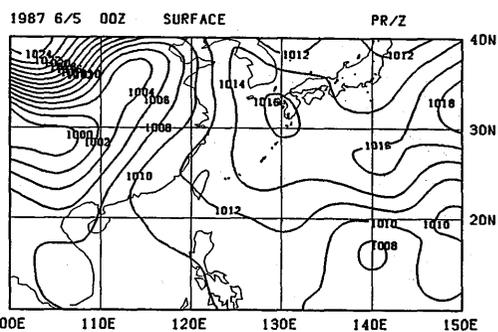
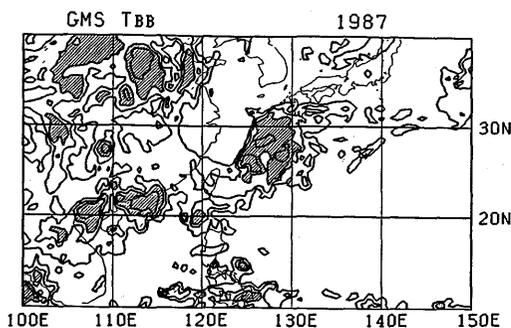
S 1 5 : スコールクラスター



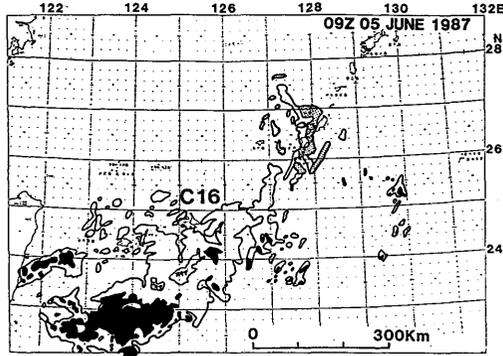
〈付録6.14〉



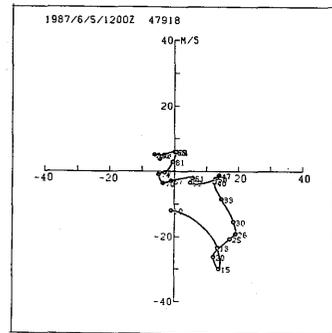
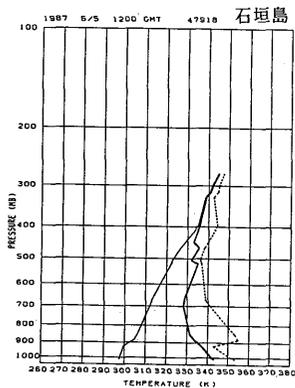
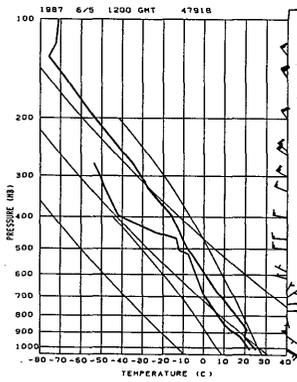
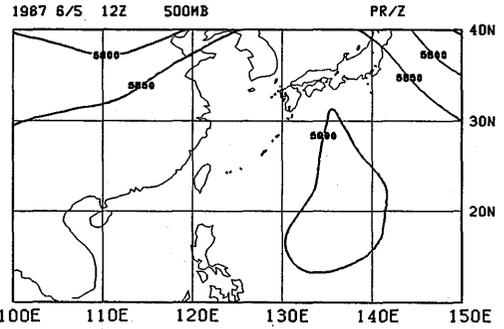
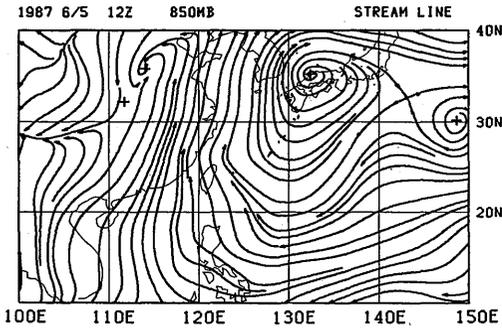
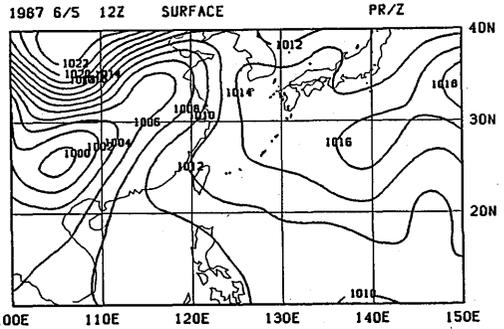
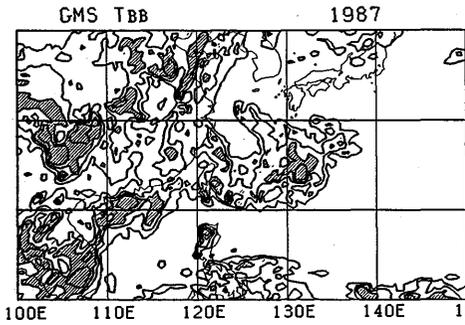
C14 : 不定形クラスター



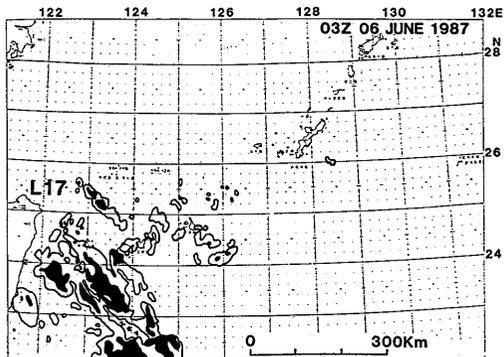
<付録6.15>



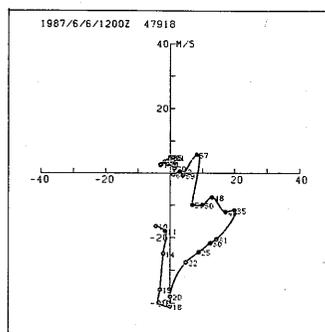
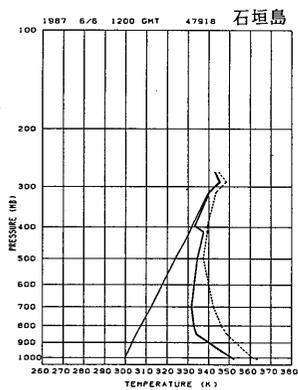
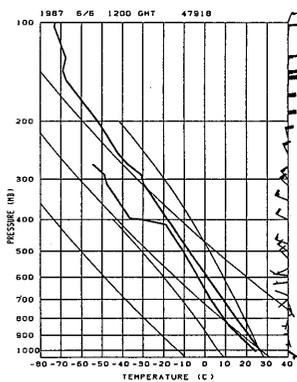
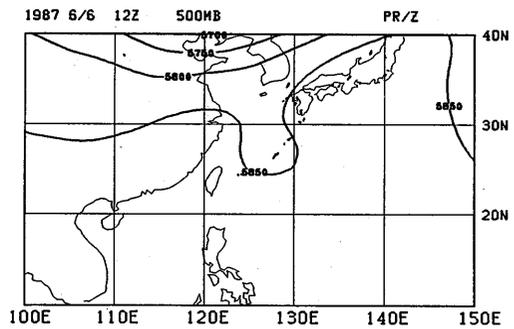
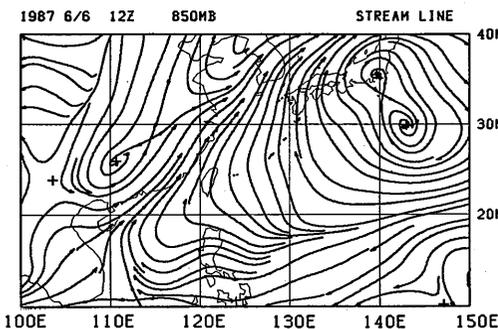
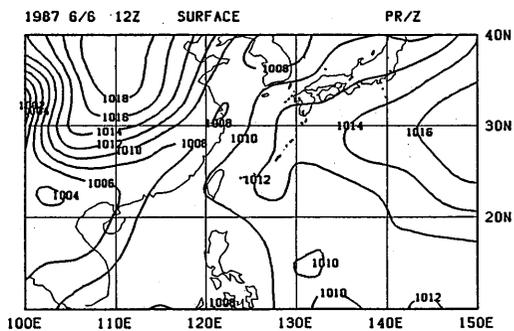
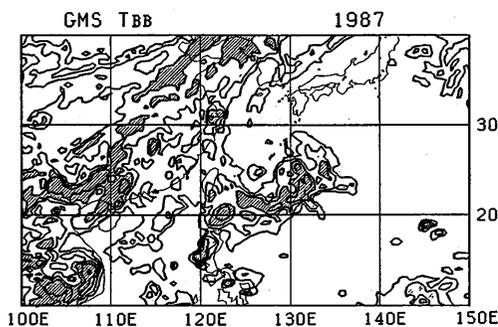
C16: 不定形クラスター



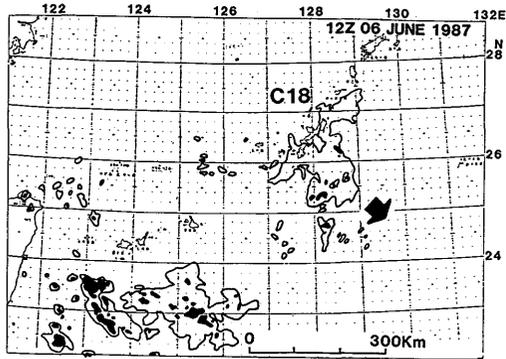
<付録6.16>



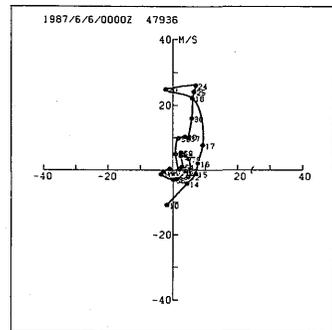
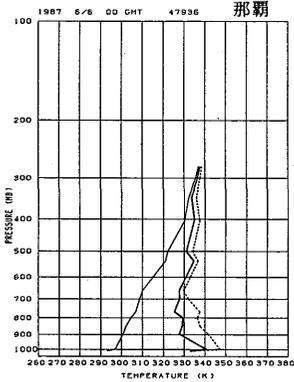
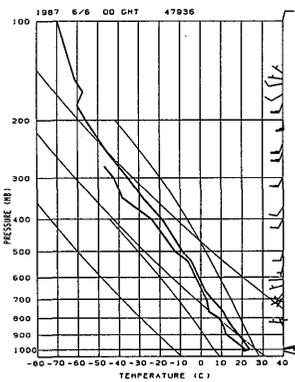
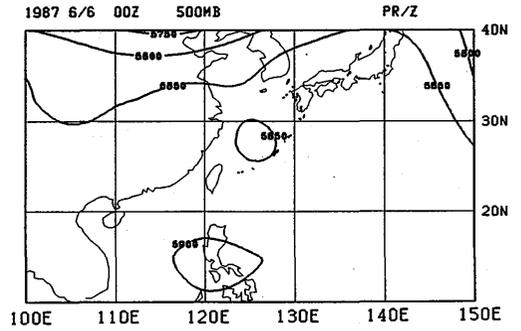
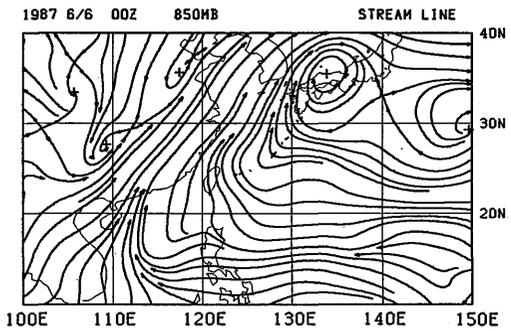
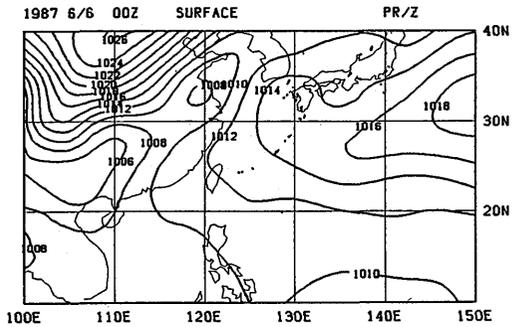
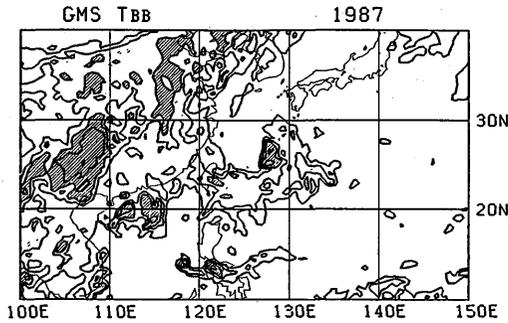
L17: 列状クラスター



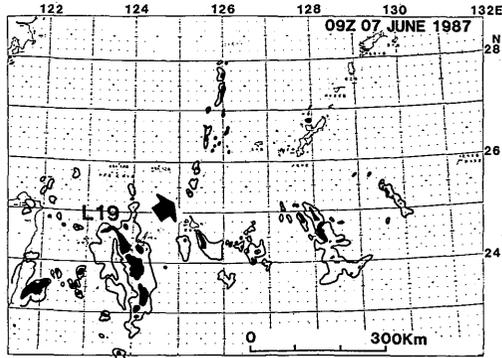
<付録6.17>



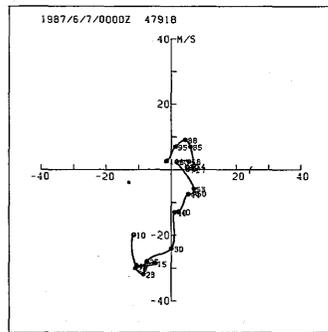
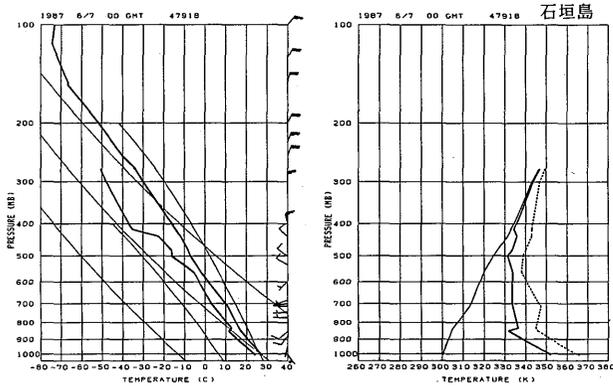
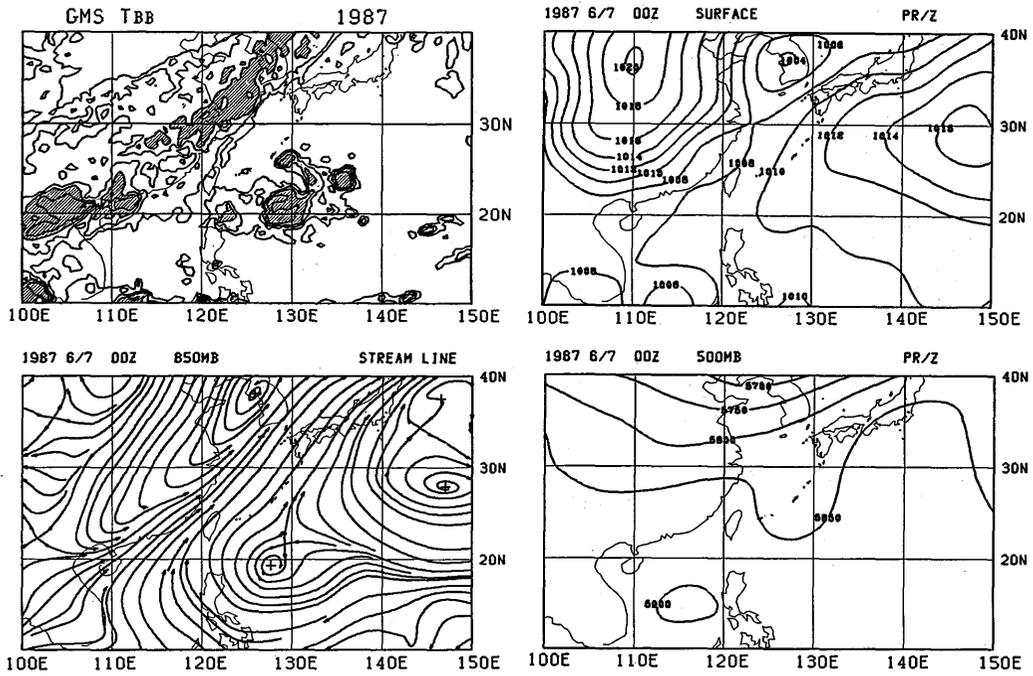
C18 : 不定形クラスター



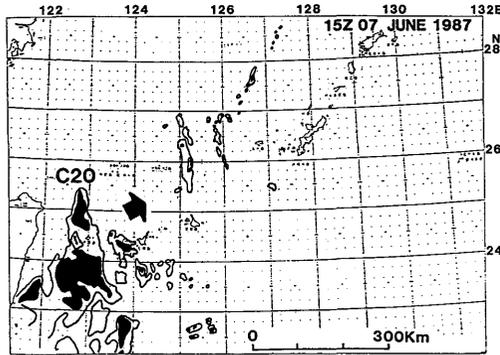
<付録6.18>



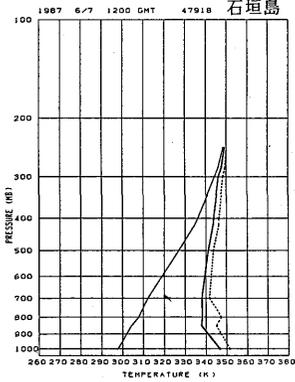
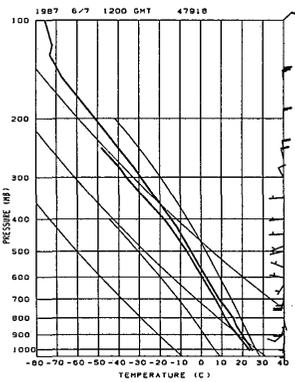
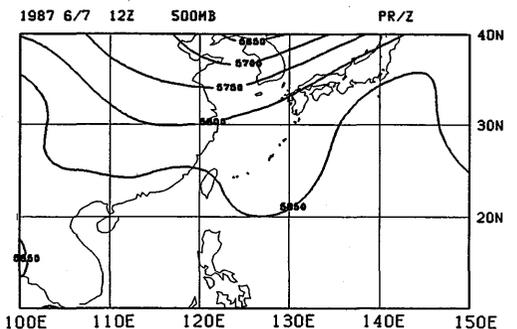
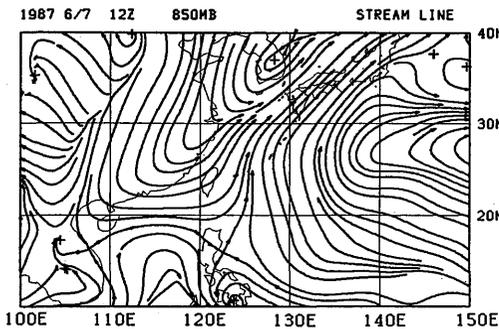
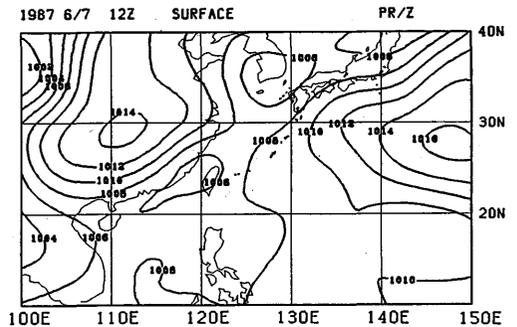
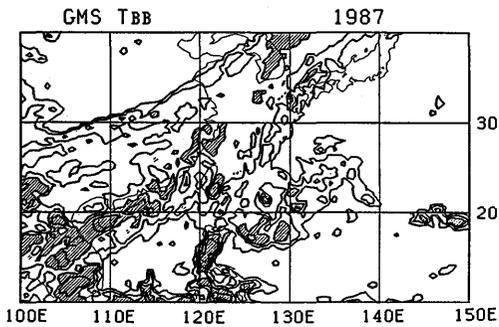
L19: 列状クラスター



〈付録6.19〉



C 2 0 : 不定形クラスター



石垣島

