# 日本周辺の雲クラスターの出現特性\*

## - 1985年から1988年の梅雨期について -

# 岩 崎 博 之\*\*•武 田 喬 男\*\*\*

#### 要旨

1985年から1988年の梅雨期についてメソスケール雲クラスターの出現特性の調査を行った.

雲クラスターの平均寿命は14時間未満,最大直径の平均は 170 km であった.最大直径の大きな雲クラスターほど,長寿命(>12時間)のものの割合が増えた.

華北地方では総観規模の低気圧と低気圧との間に位置した相対的に気圧が高い期間に、また、華南地方では亜熱帯高気圧の西進に伴う気圧が高い期間に雲クラスターの出現個数が増加した。日本の南海洋上では、雲量の30日周期変動に伴う雲量の多い期間に、梅雨前線近傍で出現個数が増加した。

大陸上の雲クラスターは午後から夕方にかけて出現し易く、雲量の多い華南地方に比べて雲量の少ない華北地方では午後から夕方にかけて出現する頻度が高かった。海洋上の雲クラスターは夜間から早朝に出現し易かった。

寿命が12時間を超える雲クラスターは短期間( $5\sim10$ 日)に集中して現れる傾向があり、その中で移動速度の遅いものは東経 $110\sim140$ 度の範囲の梅雨前線付近に比較的多く観測された。

#### 1. はじめに

メソスケール雲クラスターとは積乱雲群とその周辺に円形状に広がった低温な雲域からなる空間スケールが中規模(数10~数 100 km)の雲群を指し、熱帯から中緯度にかけて頻繁に観測される。人工衛星からの観測により日本周辺の梅雨前線付近でもメソスケール雲クラスターが頻繁に出現することが知られるようになった。

梅雨前線帯上では中間規模〜総観規模 (1000 km 〜数 1000 km) の擾乱に伴う雲域が次々と東進する (例えば Ninomiya, 1989; Akiyama, 1990a と b). 本研究で対象とする規模の雲塊は, それら東進する雲域の構造の一部として認められる場合も多く, その幾つかは, 大陸から日本列島上まで移動する長寿命雲クラスター (Ninomiya ら, 1981, 1988 a と b; Akiyama, 1984a とb) や低気圧の暖域内で移動速度が低下した

- \* Characteristic features on meso-scale cloud clusters around Japan in the Baiu-season from 1985 to 1988.
- \*\* Hiroyuki Iwasaki, 名古屋大学水圏科学研究所. 現在の所属:科学技術特別研究員(気象研究所).
- \*\*\* Takao Takeda, 名古屋大学水圈科学研究所.

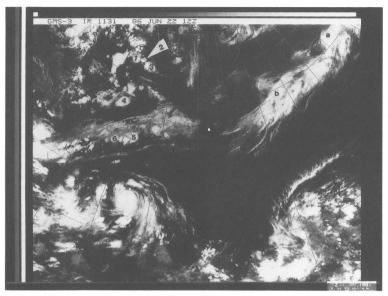
----1991 年 6 月 13 日受領----

──1992 年 10 月 28 日受理──

雲クラスター (Akaeda ら, 1987) として報告されている. また, Iwasaki and Takeda (1989, 1993) は梅雨前線付近の移動速度の遅い雲クラスター内部の積乱雲群の振舞を解析した結果, 東進する既存の積乱雲群の西側に新しい群が形成される特徴を指摘している.

- 一方、Takeda and Iwasaki (1987) (以後、T&I) は、6 時間毎の赤外画像を用いて1980年暖候期における雲クラスターの出現特性を調査して、次の結果を得ている:
- ①3月から10月までに日本周辺では509個の雲クラスターが確認され、平均寿命は17時間未満、平均最大直径は約150kmであった。
- ②大陸の北部 (C<sub>N</sub> 領域), 南部 (C<sub>S</sub> 領域) と日本南方の海洋上 (O<sub>S</sub> 領域) で出現個数が多かった.
- ③雲クラスターは大陸上で午後から夕方に、海洋上では夜間から早朝に出現し易い。 $C_s$  領域と  $O_s$  領域では出現個数の変動に30日周期が卓越していた。
- ④寿命が明らかに12時間以上の雲クラスターが30個見 出された

しかし、1980年の日本は記録的な冷夏の年で、亜熱帯から中緯度にかけての梅雨前線帯に伴う上層雲域の南北変動も他の年と傾向を異にしており(Tanaka, 1992)、これらの出現特性について検証する必要がある



第1図 1986年6月22日21時(日本時間)の GMS 赤外画像 記号  $1\sim 6$ の雲塊が解析領域内で雲クラスターの基準を満たしている.

本研究では1985年から1988年の梅雨期について、 T&Iの結果を考慮に入れて雲クラスターの出現特性 と雲クラスター出現時の大気場の特徴を調べる。

#### 2. データ

解析には 6 時間毎(日本時間 3, 9, 15  $\ge$  21 時)の気象衛星ひまわり(GMS)のマイクロフィルムの赤外画像を用いた、フィルムには放射輝度温度( $T_{BB}$ )の分布が濃淡で記録され,グレイスケールを利用して  $T_{BB}$  を大まかに評価できる

大気場の解析には気象庁数値予報課で作成された客観解析データを用いた。解析期間は1985年から1988年の6月1日~7月31日。解析領域はT& I と同じ北緯20~50度,東経100~160度の範囲である。

# 3. メソスケール雲クラスターの選択基準

対象とするメソスケール雲クラスターの基準はT& I と同じである、即ち;

- ① $T_{BB}$  が $-50^{\circ}$ C以下の雲域が円形ないし楕円形を呈し、その直径が  $100~\mathrm{km}$  以上であること。
- ②雲塊の縁(特に西側)で  $T_{BB}$  の勾配が大きいこと。 ③中緯度帯で発生したこと。

雲塊が上記の3つの基準を満した時刻を雲クラスターの出現時刻, その地点を出現地点とする. 逆に,

何れかの条件から外れた場合は雲クラスターが消滅したと定義する。6時間毎の画像を用いているために、12時間以上の寿命を持つ雲クラスターは、マイクロフィルム上で少なくとも2回以上見出される。その場合は、3時間毎(1985年と1986年)または1時間毎(1987年と1988年)の赤外画像を利用して、周囲の雲域の移動も参考に雲クラスターを同定した。

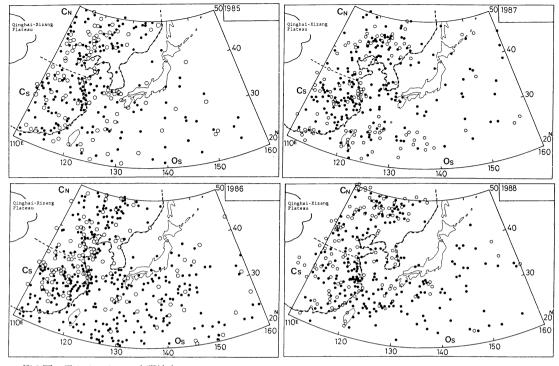
第1図にメソスケール雲クラスターの例を示す.赤外画像上の雲塊1~6が雲クラスターの基準を満たしている.低気圧に伴う上層雲や前線に伴う雲域も低温な雲塊として観測されるが,前者は非対称で雲域の縁の  $T_{BB}$  は緩やかに変化し(雲塊a),後者はバンド状(雲域b)のため雲クラスターの基準を満たしていないことになる.

# 4. 梅雨期の出現特性

### 4.1 出現地点

解析期間に観測された1366個の雲クラスターの出現地点を最大直径と共に第2図に示す。年による出現状況の変動は大きく、特に海洋上の小さなもので著しい。しかし、次の共通する特徴が各年の梅雨期に見出される:

- ①大陸上での出現個数は海洋上のものに比べて多い。
- ②海洋上では黒潮域などの海面温度が高い領域で出現



第2図 雲クラスターの出現地点 ○は最大直径が 200 km 以上, ●は 200 km 未満の雲クラスターの出現地点である. 解析領域は T & I に従って C<sub>N</sub> 領域, C<sub>s</sub> 領域と O<sub>s</sub> 領域に分けてある.

第1表 最大直径 200 km 以上の雲クラス ターの割合 日本列島や孤島上は海洋上に分類 している.

	1985	1986	1987	1988
大陸上	67%	70%	65%	54%
海洋上	36%	20%	42%	21%

第2表 雲クラスターの観測回数

	1985	1986	1987	1988	割合
観測回数1回	243個	385個	246個	287個	85%
観測回数3回以上	14個	16個	15個	14個	4%

第3表 長寿命雲クラスターの占める割合 括狐内の数字は長寿命雲クラスターと全雲ク ラスターの個数を示す

	最大直径			
	200 km 未満	200 km∼250 km	250 km 以上	
割合	1 % (7/905)	5 % (15/295)	22% (37/166)	

第4表 15時と21時の画像に出現した雲クラ スターの割合

	1985	1986	1987	1988
C <sub>N</sub> 領域	71%	76%	76%	72%
C <sub>s</sub> 領域	64%	60%	57%	58%
Os 領域	27%	40%	35%	38%

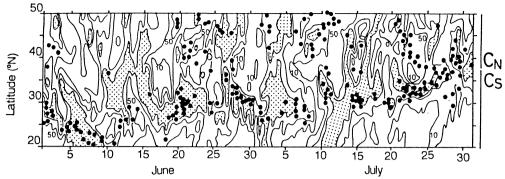
頻度が比較的高い.

- ③日本海, オホーツク海や解析領域の東部と南東部で 出現頻度が低い。
- ④最大直径が 200 km 以上の大きな雲クラスターの割合は大陸上で高く, 200 km 未満の小さなものの割合は海洋上で高い (第 1 表).

海面温度と雲クラスターの出現個数の関係から,海面からの熱や水蒸気の供給が雲クラスターの形成に寄与し,逆に低い海面温度と,オホーツク海高気圧や太平洋高気圧下の大規模沈降流に起因する安定な成層状態が雲クラスターの出現を抑えていると考えられる.

#### 4.2 寿命 (観測回数)

マイクロフィルムデータの時間分解能が6時間と粗



第3図 1986年6月から7月について東経115~125度で平均した雲量の時間緯度断面図 1986年6月から7月の GMS 赤外データを基に1×1度の領域毎に評価された雲量を用いた。等値線は雲量10,50と80%を示し、影域は雲量80%以上の領域を示す。●はこの経度帯で出現した雲クラスターの緯度を示す。

いため、ここでは同一の雲クラスターが見出された回 数を寿命の代用とする(第2表). 観測回数1回(寿命< 12時間)のものが全体の85%を占め、3回以上(寿命> 12時間)のもの(以後,長寿命雲クラスター)は各梅 雨期に14~16個見出されるが、全体の5%に満たない。 熱帯の GATE 領域でのメソスケール雲クラスターの 平均寿命が28時間であること (Martine and Schreiner, 1981) と比べると、日本周辺の雲クラス ターは短寿命である また、雲クラスターの最大直径 が大きくなるに連れて長寿命雲クラスターの占める割 合は増す(第3表)、GATE領域の雲クラスターでも 同様の傾向が認められるが(Martine and Schreiner、 1981),日本周辺では大きな雲クラスターであっても短 寿命のものが著しく多い。また、平均最大直径は170 km で、熱帯 GATE 領域の 450 km (Martine and Schreiner, 1981) に比べ、小さいものが著しく多い(第 3表参照).

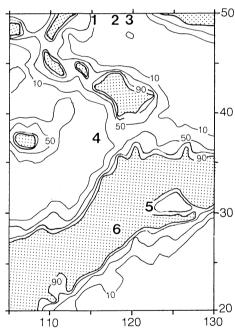
#### 5. メソスケール雲クラスターの出現時の特徴

大陸上の解析領域をT&Iに従って、 $C_N$ 領域と $C_S$ 領域に区分するが、それぞれ大まかに温帯性大陸気候区と亜熱帯湿潤気候区に対応する。海洋上の雲クラスターの出現個数が多い領域を、やはりT&Iに従い $O_S$ 領域とする。また、梅雨前線帯では傾圧性や安定度が東西方向で大きく異なるため、解析領域の大気条件は場所により大きく変わる。ここでは $O_S$ 領域で興味ある特徴が見られた1986年について、各領域の特徴を調べる。

#### 5.1 雲クラスターの出現時刻

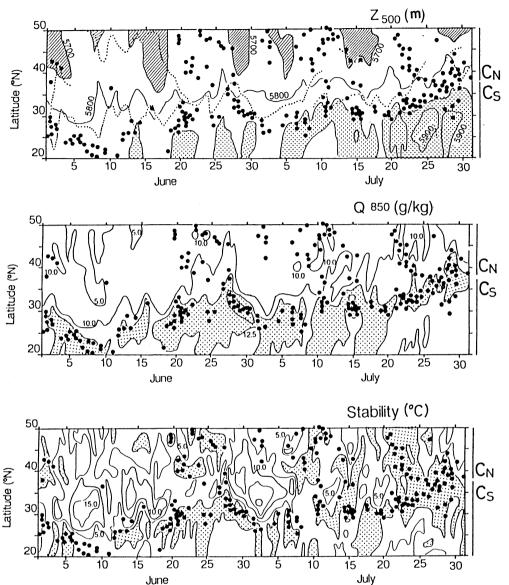
第4表は午後から夕方(15時と21時の画像)に出現

9.00,22 Jun. 1986



第4図 1986年6月22日9時の雲量分布 等値線は雲量10,50,80と90%を 示し、影域は雲量90%以上の領域 を示す、1~6の数字は第1図に 示した雲クラスターの出現地点で ある。

した雲クラスターの全体個数に対する割合である. 大陸上, 特に  $C_N$  領域の雲クラスターは午後から夕方に出現する割合が多く, この傾向は出現個数の多い期間で顕著である. 例えば, 1986年6月19日~23日と7月8日~20日の期間(第3図と第5図を参照)では,  $C_N$ 



第5図 1986年6月から7月の東経115~125度で平均した大気状態の時間緯度断面図 ●はこの経度帯で出現した雲クラスターの緯度を示す。

a : 平均 500 mb 高度

斜線域は平均高度 5700 m 以下,影域は 5850 m 以上の領域を示す.点線は 850 mb 面での相当温位の勾配の最大軸である.

b:平均比湿 (g/kg)

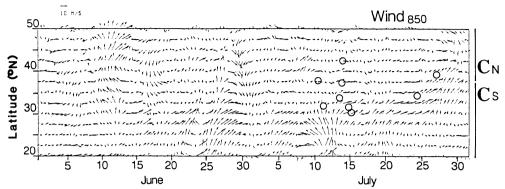
等値線は,それぞれ,5.0,10.0,12.5と 15.0 g/kg を示し,影域は 12.5 g/kg 以上の領域 を示す.

c :平均安定度( $\theta_{e500}$ \* $-\theta_{e850}$ )

等値線は0℃から5℃毎に引かれ、影域は対流不安定の領域を示す.

領域で90%以上,  $C_s$  領域でも70%の雲クラスターが午後から夕方に出現している. 一方, 海洋上の  $O_s$  領域では夜間から早朝に雲クラスターが出現し易い.

同じ大陸上でも、 $C_N$  領域と梅雨前線帯に位置する  $C_s$  領域では午後から夕方に出現する割合に有意な差が見られる。第3図は1986年について東経115~125度



第6図 1986年6月から7月の東経115~125度で平均した850mb 面風の時間緯度断面図 ○は対象領域で長寿命雲クラスターの出現した緯度を示す.

で平均した雲量の時間緯度断面図と各雲クラスターの出現緯度である。第1図の赤外画像(1986年 6 月22日 21時)に見られる様に、 $C_N$  領域では雲クラスター以外の雲量が少なく、 $C_S$  領域では梅雨前線に伴う雲域が広がっている。この傾向を反映して  $C_N$  領域で出現頻度が高い期間は  $C_N$  領域の雲量が少ない(大まかに50%以下)、 $C_S$  領域で出現頻度が高い期間は  $C_S$  領域で出現頻度が高い期間は  $C_S$  領域で雲見からい(大まかに80%以上)傾向にある。第4図の雲量分布を見ると、この12時間後に  $C_N$  領域で雲クラスター1~4が出現した地点では、雲量が10~40%と低い。一方、12時間後に  $C_S$  領域で雲クラスター5と6が出現した地点では雲量は90%を超え、広い雲域内で雲クラスターが形成されていた。

雲量が多い梅雨前線帯の $C_s$  領域では、日射による地面加熱が、雲量の少ない $C_N$  領域に比べて弱いと考えられる。また $C_N$  領域では日射による強い地面加熱が期待され、 $C_s$  領域と比べて午後から夕方の出現頻度が増加すると推測される。

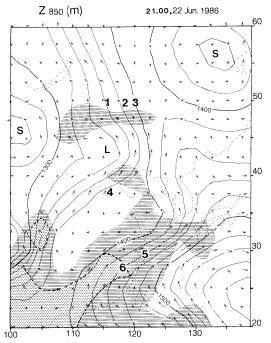
海洋上では夜間から早朝(3時と9時の画像)に雲クラスターが出現する割合が多い,熱帯では Gary and Jacobson (1977) や McBride and Gary (1980) が述べている様に、雲域と晴天域の長波放射の差により、夜間に雲域へ収束するメソスケールの循環が強化され易い。梅雨期の  $O_s$  領域でも同じ機構が働き、夜間から早朝に雲クラスターが形成され易くなると考えられる。

5.2 雲クラスター出現時の  $C_N$  領域と  $C_s$ 領域の大気の特徴

大陸上では北緯25~50度の間で広く雲クラスターの 出現地点が分布する. 第5図は東経115~125度の範囲 で平均した大気状態の時間緯度断面図である。相当温位の勾配の最大軸を狭むように北側と南側に  $C_N$  領域と  $C_s$  領域の雲クラスターの出現地点が分かれている(第5図a). しかし,2つの領域とも出現個数が増加した期間は 500 mb 面高度が上昇すると共に(第5図a),下層の比湿が増加するために(第5図b)不安定の度合が増す(第5図c)という共通性を持つ。多くの雲クラスターが出現した6月20日頃を例に2領域での総観場の差異を調べる。

 $C_N$  領域で出現個数が増加した 6月20日頃、7月8日頃と23日頃の前後の  $C_N$  領域は、総観規模の低気圧が通過してから次の低気圧が通過するまでの相対的に 500 mb 面高度の高い期間である. 同じ経度帯で平均した 850 mb 面の風の時間緯度断面図を第6図に示す. 第5図と比較すると、6月20日頃の  $C_N$  領域では 850 mb 面で比湿が増加する期間に南風成分が見られる. 第7図に示したように、この6月22日の南風成分は総観規模の低気圧の前面の風に対応する. 2つの総観規模の低気圧(S)に挟まれたL地点では低気圧性の循環が見られ、500 mb では中間規模( $\sim$ 1000 km)の低気圧が解析される. 850 mb 面高度において、この中間規模の低気圧の前面で南風成分が強まっている。これらの風系が比湿の大きな空気を  $C_N$  領域の大気下層に輸送し、対流不安定の程度を強めたと考えられる.

一方、C。領域でも出現個数が増加した期間に 500 mb 面高度が増加している。この高度の増加は亜熱帯高気圧に対応する高圧域の西への移動による。850 mb 面では高気圧性循環に伴い南〜南西風が数日間にわたり卓越し(第6図)、水蒸気移流により下層の比湿が増加する。これにより対流不安定が強められたと考えら



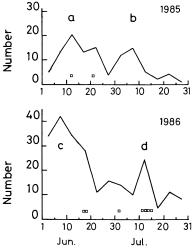
第7図 1986年6月22日21時の 850 mb 面高度と 風の分布 影域は比湿 16 g/kg 以上, 横線域は 14 ~16 g/kg の領域を示す. 雲クラスター の出現地点を1~6で, 総観規模の低気 圧の中心をSで示す.

れる.

# 5.3 Os 領域の特徴

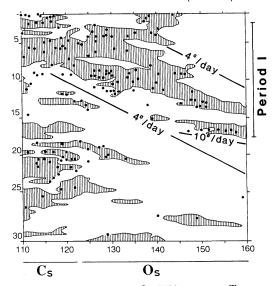
第8図は  $O_s$  領域で雲クラスターの出現個数が少なかった1985年と多かった1986年について、5日間毎に積算した出現個数の時系列である。約30日の間隔で出現個数が多い期間( $a \ge b$ ,  $c \ge d$ )が見られる。これらの期間では日本南方海洋上(北緯25~29度一東経128~132度)の雲量の30日周期変動成分の偏差は正であった(池山・武田、1989)。雲量の30日周期変動と雲クラスターの出現個数の変動は時間的に一致している。

1986年 6 月について北緯20~30度の範囲で平均した  $T_{BB}$  -30°C以下の雲域の移動を時間経度断面図で第 9 図に示す。 $O_{s}$  領域に見られる10~15度/日の速度で東進する低温域は低気圧に伴う雲域の移動に対応する。この低気圧の周辺で雲クラスターが出現している。雲クラスターの出現個数が増加した期間 I に注目すると,低気圧の移動よりも遅い 2 ~5 度/日の速度で低温

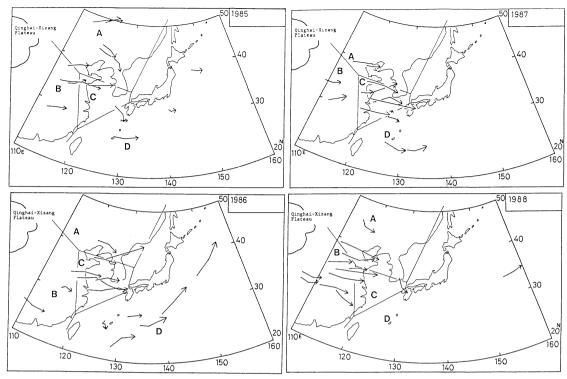


第8図  $O_s$  領域における雲クラスターの5日積算した出現個数の時系列 $a\sim d$ の記号は出現個数が増加した期間を、 $\square$ は  $O_s$ 領域内で移動速度の遅い長寿命雲クラスターが観測された時刻を示す。

June 1986 (20-30 N)



第9図 1986年6月の $O_s$  領域における $T_{BB}$ -30°C以下の時間経度断面図 平均 $T_{BB}$ -30°C以下の領域を縦線で示してある。lacktriangleはこの緯度帯(北緯20 $\sim$ 30度)で出現した雲クラスターの経度を,期間 I は雲量の30日周期変動に対応して雲クラスターの出現個数が増加した期間(第8図のC)を示す.



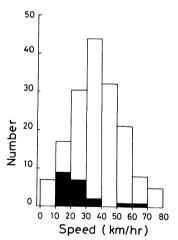
第10図 長寿命雲クラスターの軌跡 T&Iに従ってA~Dの4つの群に分類してある。

な雲域全体が位相として伝播している. これに同期して雲クラスターの出現頻度の高い領域の伝播も認められる. Takeda and Ikeyama (1985) は雲量の30日周期変動が顕著な期間において北緯30度帯の東経130~180度の範囲で正の偏差域が2~3度/日で東に伝播することを示している. 第9図に見られる低温域の遅い伝播は、この現象に対応すると考えられる. 雲クラスターの出現頻度の高い期間と領域は共に雲量の30日周期変動を引き起こす大規模な大気変動の影響を受けていると考えられる.

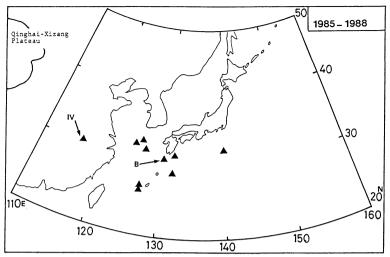
# 6. 長寿命雲クラスター

各梅雨期に $14\sim16$ 個の長寿命雲クラスターが観測された(第2表). 第10図はそれらの幾何学的中心で定義した軌跡で、T&Iが示した4つの群 ( $A\sim D$ ) に分類してある. 梅雨期は総ての群が出現するのではなく、年により出現し易い群が異なる.

第6図に1986年の東経115~125度について長寿命雲 クラスターが出現した緯度が重ねてある。7月11日か



第11図 長寿命雲クラスター の6時間毎の移動速 度の分布 黒塗は直径が 200 km 未満, 白抜きは 200 km 以上の期間 の移動速度を示す.



第12図 移動速度が 15 km/hr 以下の雲クラスターが観測された地点 BとIVは Iwasaki and Takeda (1989) と (1992) で述べられている Cluster BとIVである。

ら15日の5日間に6個の長寿命雲クラスターが出現している。また、1987年7月3日から10日には6個のC群、1988年7月15日から18日には5個のB群の長寿命雲クラスターが出現し、同一群の長寿命雲クラスターは数日から10日の短い期間に集中する傾向がある。長寿命雲クラスターの6時間毎の移動速度を幾何学的中心で定義し、その頻度分布を第11図に示す。長寿命雲クラスターの移動速度は0~85 km/hr と様々であるが、直径が200 km よりも小さい期間の移動速度は遅い傾向にある

移動速度の遅い10例の雲クラスター (15 km/hr 以下)が観測された位置を第12図に示す.移動速度の遅い長寿命雲クラスターの多くが東経115~140度の梅雨前線帯に分布している.第8図に□で示したように、雲クラスターの出現個数が増加した期間に移動速度の遅い長寿命雲クラスターが観測され易い.また,1986年6月18日から19日,7月11日から14日や Iwasaki and Takeda (1989)の Cluster AとB (Fig. 7参照:1985年6月11日)では、東シナ海上で移動速度の遅い長寿命雲クラスターが同時に複数みられた.

雲クラスターの移動速度は、積乱雲群の移動と雲クラスター内部での新しい群の形成、及び周辺の雲域の移動によって決まる。第12図の矢印で示した事例では、新しい積乱雲群が既存の群の後方に形成されたため、長寿命雲クラスターの移動速度が低下した(Iwasaki

and Takeda, 1989, 1993). また, 9事例が海洋上で観測されている. Iwasaki and Takeda (1989) が指摘したような地形効果が直接関与しない雲クラスターの停滞が起きていたと考えられる.

## 7. まとめ

梅雨期の日本周辺で現れたメソスケール雲クラスターの出現特性には、次の特徴が見出された.

①雲クラスターの平均寿命は14時間未満(平均観測回数は1.3回),最大直径の平均は170kmであった.最大直径が大きくなるにつれて,長寿命雲クラスターの占める割合が増した.

②最大直径が 200 km 以上の大きな雲クラスターは大陸上に、小さな雲クラスターは海洋上で多く形成される傾向にあった。

③大陸北部の  $C_N$  領域(華北地方)では, 2 つの総観 規模の低気圧に挟まれた相対的に気圧の高い領域で出 現個数が増加した.

大陸南部の $C_s$  領域(華南地方)では,亜熱帯高気圧の西進に伴う気圧が高い期間に雲クラスターの出現個数が増加し,その期間に下層への水蒸気の移流が増加していた。

海洋上の  $O_s$  領域では、雲量の30日周期変動で雲量の多い期間に、梅雨前線近傍で出現個数が多かった。 ④雲クラスターは大陸上では午後から夕方に、海洋上

- では夜間から早朝に出現し易かった。雲量の多い  $C_s$  領域に比べて雲量の少ない  $C_N$  領域では雲クラスターが午後から夕方に出現する頻度が高かった。
- ⑤寿命が12時間以上の雲クラスターは短い期間に集中 して現れる傾向があった。
- ⑥移動速度の遅い長寿命の雲クラスターは東経 100~140度の範囲の梅雨前線付近で多く観測された.

### 謝 辞

この解析をするにあたり気象庁より客観解析データとゾンデデータを提供して頂きました. 関係者の方々に感謝致します. また,名古屋大学水圏科学研究所の加藤内蔵進氏には有意義な助言と議論をして頂きました. ここに厚く感謝致します.

## 参考文献

- Akaeda, K., K. Ninomiya and T. Takeda, 1987: Case study of a long-lived cloud cluster. J. Meteor. Soc. Japan, 65, 129-144.
- Akiyama, T., 1984 a: A medium-scale cloud cluster in a Baiu front. Part I: Evolution process and fine structure. J. Meteor. Soc. Japan, 62, 485-504.
- Akiyama, T., 1984b: A medium-scale cloud cluster in a Baiu front. Part II: Thermal and kinematic fields and heat budget. J. Meteor. Soc. Japan, 62, 505-521.
- Akiyama, T., 1990a: Large, synoptic and meso scale variations of the Baiu front, during July 1982. Part II: Frontal structure and disturbances. J. Meteor. Soc. Japan, 68, 557-574.
- Akiyama, T., 1990b: Large, synoptic and meso scale variations of the Baiu front, during July 1982. Part III: Space-time scale and structure of frontal disturbances. J. Meteor. Soc. Japan, 68, 705-727.
- Gary, W. M., and R. W. Jacobson, 1977: Diurnal variation of deep cumulus convection. Mon. Wea. Rev., 105, 1171-1188.
- 池山雅美,武田喬男(1989):日本周辺海洋上域に出現する雲の分布の時間変化の特徴、天気、36、43-53.
- Iwasaki, H., and T. Takeda, 1989: Behavior of cumulonimbus-cloud groups in a slow-moving meso

- -scale cloud cluster over the ocean. J. Meteor. Soc. Japan. 67, 575-586.
- Iwasaki, H., and T. Takeda, 1993: Structure and behavior of a meso-scale cloud cluster traveling over the Baiu-frontal zone. J. Meteor. Soc. Japan, 71, 投稿中
- Ninomiya, K., M. Ikawa and T. Akiyama, 1981: Long-lived medium-scale cumulonimbus cluster in Asian subtropical humid region. J. Meteor. Soc. Japan, 59, 564-577.
- Ninomiya, K., M. Ikawa and T. Akiyama, 1988a: Evolution and fine structure of long-lived meso- $\alpha$  scale convective system in Baiu frotal zone. Part I: Evolution and meso- $\beta$  scale characteristics. J. Meteor. Soc. Japan, 66, 331-350.
- Ninomiya, K., M. Ikawa and T. Akiyama, 1988b: Evolution and fine structure of long-lived meso- $\alpha$  scale convective system in Baiu frontal zone. Part II: Meso- $\beta$  scale characteristics of precipitation. J. Meteor. Soc. Japan. 66, 351-371.
- Ninomiya, K., M. 1989: Cloud distribution over the East Asia During Baiu Period of 1979, J. Meteor. Soc. Japan, 67, 639-658.
- Martin, D. W., and A. J. Schreiner, 1981: Characteristics of West Africa and East Atrantic cloud cluster. Mon. Wea. Rev., 109, 1671-1688.
- McBride, J. L., and W. M. Gary, 1980: Mass divergence in tropical weather system. Part I: Diurnal variation. Quart. J. R. Met. Soc., 106, 501-538.
- Takeda, T., and M. Ikeyama, 1985: Time variation of cloud amount with about 30-day period in the Western Pacific region. J. Meteor. Soc. Japan, 63, 997-1012.
- Takeda, T., and H. Iwasaki, 1987: Some characteristics meso-scale cloud clusters observed in East Asia between March and October 1980. J. Meteor. Soc. Japan, 65, 507-513.
- Tanaka, M., 1992: Interseasonal and interannual oscillation and the onset and retreat dates of the summer monsoon over East, Southeast Asia and the Western Pacific region using GMS high cloud amount data. Proceedings of International symposium on Asian Monsoon. 151–155.