

GMS 赤外資料による熱帯雲域の雲頂高度別 雲量の日変化

上 田 文 夫*

1. はじめに

熱帯に限らず雲量や降水頻度などが日変化することは、すでに各種の調査研究で明らかにされている。静止気象衛星による観測が可能になってからは、資料の少ない海洋上の調査も行なえるようになった。

熱帯では台風に伴う雲の日変化が「ひまわり」の赤外画像でははっきりわかる場合がある。口絵写真1 a)~d)は1978年の台風26号の雲の日変化である。写真1 a)の15 LST** では最も白い対流雲域の面積は小さく、1 b)の06 LST で大きくなり、1 c)の15 LST で再び小さくなり、1 d)の06 LST で大きくなっている。村松・小佐野(1980)は、台風に伴う雲の面積の極大は、130 mb層(-70°C)よりも上層では早朝(06~09 LST)に起こっており、下層に行くにしたがって極大の起時が遅れてくると報告している。これは今回の調査の結果と一致

し、熱帯海洋上の雲量の日変化に共通する特徴と思われる。このような日変化は、Dvorak 法により台風の強さを見積る場合に影響を与える。

熱帯以外では口絵写真2 a)~d)に示したチベット高原上の雲の日変化が顕著である。写真2 a)は03 LSTのもので、Bで示した灰色の広い領域がチベット高原の地形であり、雲が全くない。ところが12時間後の15 LST(写真2 b))には、Aで示したように雲頂高度の高い(写真では白く現われている)雲がチベット高原上に広がる。さらに12時間後の03 LST(写真2 c))には雲がなくなる。このようにチベット高原上では15 LSTに雲の面積が最大になり03 LSTで最小になる。

このように「ひまわり」の画像で目に見える日変化もあるが、組織化されていない熱帯対流雲のように目では日変化がよくわからないようなものもある。この調査では、目に見えないような日変化に着目して、「ひまわり」の赤外資料を使って熱帯の海洋上と陸上の雲域の日変化を高度別にスペクトル解析および調和解析した。

2. 海洋上の日変化

解析領域は第1図に示した2つの領域である。領域Aは海洋上にある。この領域を第4図に示したように雲頂温度で+40°C~-90°Cを15の層に分け、各層ごとの雲域の面積の調和解析およびスペクトル解析を行なった。なお、スペクトル解析については-47°C~-90°Cの各層の資料数が少ないため、これらを1つの層として解析した。「ひまわり」の3時間ごとの赤外資料を用い、雲域の面積を解析領域に対する百分率の形で求めた。期間は1979年1月の1カ月間である。第2図は領域Aの-47°C~-90°Cの層のスペクトルである。24時間および12時間周期にピークが出ているが、有意なピークは24時間周期のもののみである***。

第3図は、-47°C~-90°Cの最上層と-31°C~-39°Cの層とのコヒーレンスと位相差****である。こ

* Fumio Ueda, 気象衛星センター解析課。

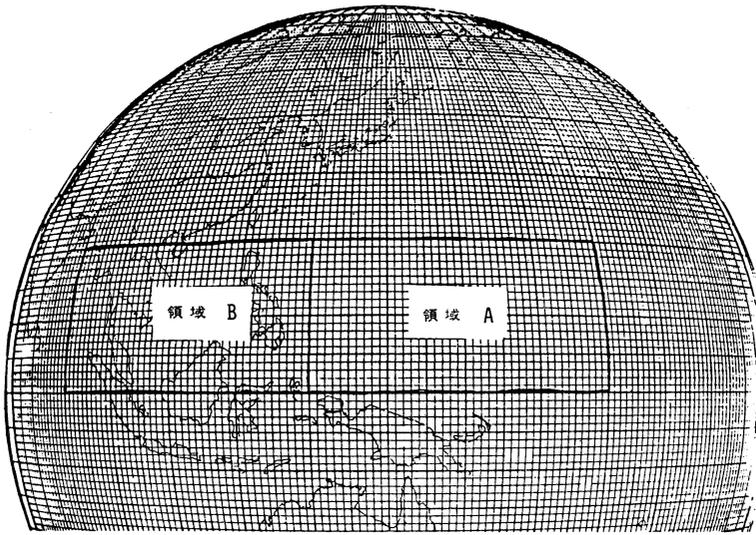
** Local Standard Time の略。

*** 有意なものと雑音との区別は、まわりの値よりも3.59倍以上の値をもつピークを有意なピークとした。これはパワースペクトルが結局は分散であるので、観測値から求めた分散を1とした場合の母集団の分散の存在範囲を、自由度および信頼度を変数として求めたものである。すなわち、自由度(相当自由度) n は

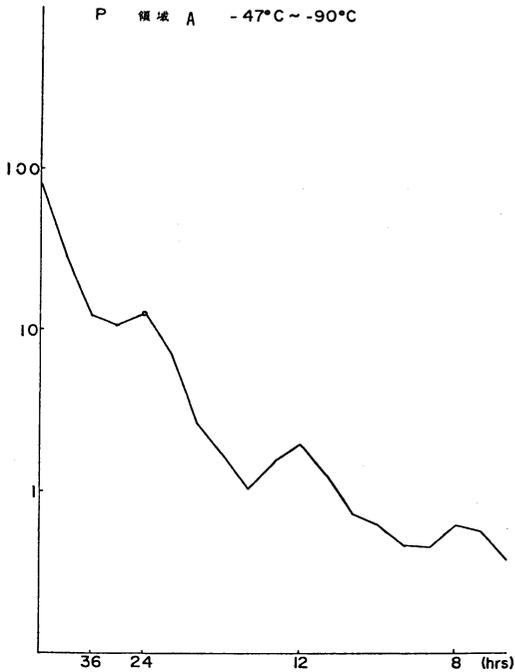
$$n \approx \frac{2.0N}{M}$$

で求められる。ここで N は時系列データの個数、 M は最大ラグ数である。 $N=248$, $M=24$ としたので $n \approx 20$ となる。信頼度を95%とすると、カイ2乗分布の表から3.59という臨界値が求まる。ゆえに、まわりの値よりも3.59倍以上の値をもつピークが95%の信頼度で有意なものと推定できる。

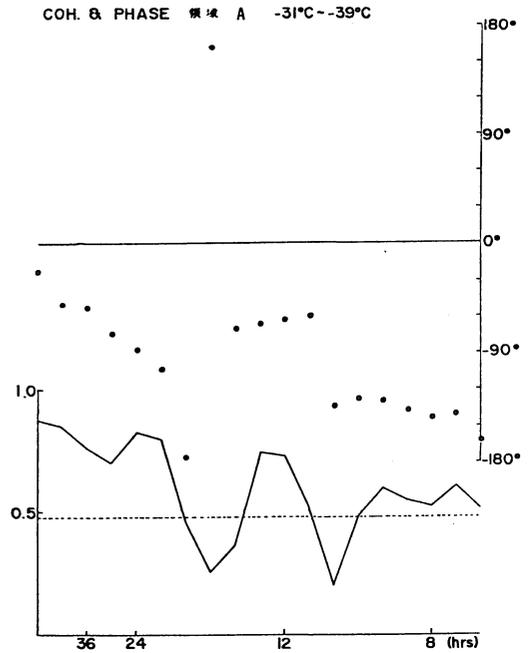
**** コヒーレンスは2種類の振動の類似性をみる尺度であり、ここでは1%の危険率で0.48以上の値のピークをもつものを類似性ありとした。位相差は2種類の振動の位相角の差である。



第1図 解析領域. 領域Aは 0°N~20°N, 130°E~170°E. 領域Bは 0°N~20°N, 90°E~130°E.



第2図 領域Aの最上層(-47°C~-90°C)のパワースペクトル. 有意なものは○印で示す. 縦軸はパワースペクトルで無次元. 横軸は周期.

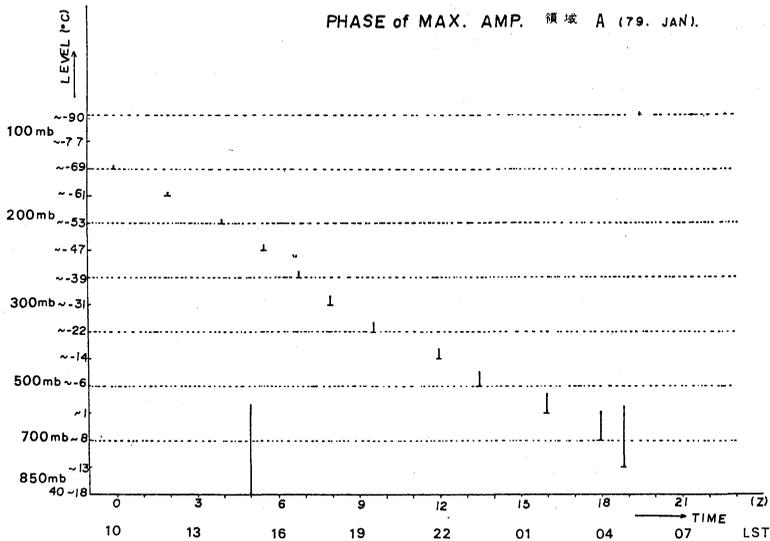


第3図 領域Aの最上層と-31°C~-39°C層とのコヒーレンス(実線)と位相差(○印). 破線は危険率1%で相関ありとする臨界値0.48を示す.

第1表 領域Aのスペクトル解析, 右端の欄は最上層(-47°C~-90°C)と各層とのコヒーレンスおよび位相差.

'79. JAN. 領域 A

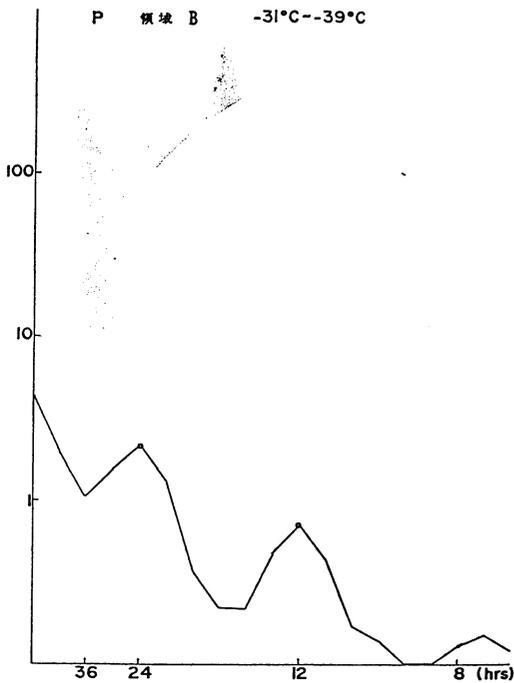
LEVEL		FREQ. OF POWER PEAK (HR)	FREQ. OF COH. PEAK (HR)	
TEMP. (°C)	HEIGHT (MB)		PHASE (°)	
-47 ~ -90	< 200	24		
-39 ~ -47	250	24 12	24 12	-70 -42
-31 ~ -39	300	24 12	24 12	-88 -66
-22 ~ -31	350	24	24 12	-107 -88
-14 ~ -22	400	24	24	-144
-6 ~ -14	500	24	24	-168
+1 ~ -6	550	24	24	+171



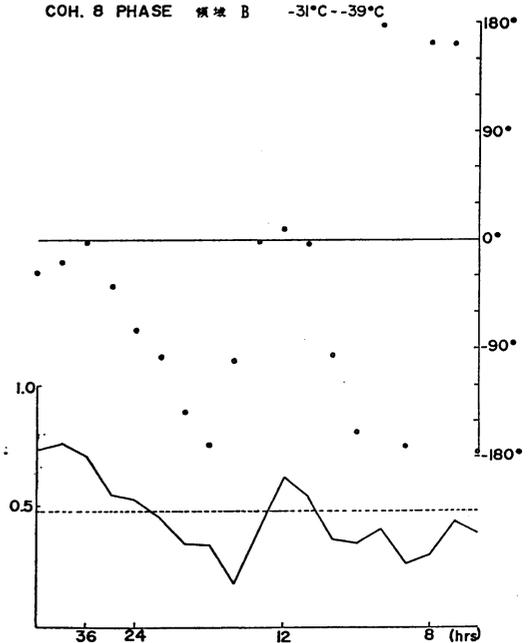
第4図 領域Aの調和解析による24時間周期の起時。(棒の長さが面積の相対的振幅を表わす.)

れをみると, 有意なコヒーレンスは24時間, 12時間周期にあり, 位相差はそれぞれ -88°, -66°である。すなわち, -31°C~-39°Cの層の24時間周期の面積極大の起時は最上層のそれよりも時間にして約6時間遅れて現われ, 12時間周期については約2.2時間遅れて現われることを意味している。同様に各層ごとに計算した結果を第1

表に示す。これによれば, すべての層で24時間周期がある。コヒーレンスも全層で24時間のものに有意なピークがみられ, その位相差は下層へ行くほど遅れ, 20°~30°/50 mbの割合で遅れている。すなわち, 面積極大の起時が1.3~2.0時間/50 mbの割合で下層ほど遅れている。また, 第4図の調和解析の結果をみると, やはり全層



第5図 領域Bの $-31^{\circ}\text{C}\sim-39^{\circ}\text{C}$ 層のパワースペクトル。表示は第2図と同じ。



第6図 領域Bの最上層と $-31^{\circ}\text{C}\sim-39^{\circ}\text{C}$ 層とのコヒーレンス(実線)と位相差(○印)。図の表示は第3図と同じ。

にわたって24時間周期がみられ、圏界面付近の -90°C 、 -77°C 付近で早朝05~08 LST頃極大となり、下層ほど極大の起時が遅れ、500 mbで23 LST、800 mbで05 LSTとなっていることがわかる。これは日中の深い対流雲の残網雲が早朝まで残り、時間とともに薄くなり、下層の雲として観測されるため、時間とともに下層へ面積極大が移る結果と考えられる。なお、15 LSTに最下層で極大が現われているが、これは太陽により海面が熱せられたためか、あるいは浅い対流雲が発生するためと思われる。同様の現象が領域Bにも現われている。

3. 陸上の日変化

第1図の領域Bは約60%海洋が含まれているが、陸地を代表する領域と考えた。

第5図は領域Bにおける $-31^{\circ}\text{C}\sim-39^{\circ}\text{C}$ の層(約300 mb層に相当)のスペクトルである。ここでは第2図の領域Aのものよりも12時間周期が明瞭に現われている。第6図は最上層と $-31^{\circ}\text{C}\sim-39^{\circ}\text{C}$ 層とのコヒーレンスと位相差である。コヒーレンスのピークは24時間よりもむしろ12時間のほうが明瞭である。

各層について領域Aと同様に解析し、まとめたのが第2表である。これによると、250 mb~350 mbの層と $+13^{\circ}\text{C}\sim+8^{\circ}\text{C}$ より下層で24時間周期はみられるが、400 mb~500 mbの中層ではみられない。12時間周期についても同様に、上層と下層でみられるが中層ではみられない。コヒーレンスについては、12時間のものについて上層、下層で相関があるが、中層ではみられない。24時間周期のコヒーレンスはどの層にも存在しない。

第7図の調和解析の結果をみると、250 mb~350 mb、500 mb~850 mbで24時間周期がみられ、前者については16~18 LST、後者については04~07 LSTに極大がある。また、領域Aと同様に16 LSTに最下層で極大が起きている。午後から夕方にかけての上層の極大は、午後の対流雲の発達に対応し、早朝の極大はRuprecht・Gray (1974)などに示されている早朝の対流雲、降水頻度の極大に一致している。

4. まとめと考察

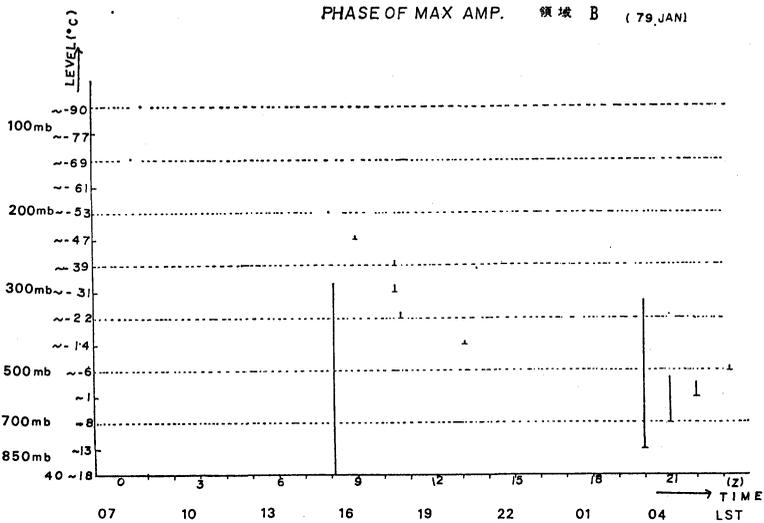
解析結果をまとめると次のようになる。

(1) 領域Aでは全層にわたって24時間周期がみられる

第2表 第1表に同じ、但し領域B.

'79, JAN. 領域 B

LEVEL		PHASE OF POWER PEAK (HRS)	PHASE OF COH. PEAK (HRS)
TEMP. (°C)	HEIGHT (MB)		
-47 ~ -90	< 200		
-39 ~ -47	250	24	12 +14
-31 ~ -39	300	24 12	12 +8
-22 ~ -31	350	24 12	
-14 ~ -22	400		
-6 ~ -14	500		
+1 ~ -6	550		
+8 ~ +1	700	12	12 +22
+13 ~ +8		24 12	12 -10
+18 ~ +13		24 12 8	12 -20



第7図 第4図に同じ、但し領域B.

が、領域Bでは上層と下層だけにみられる。

(2) 領域Aでは全層にわたって24時間周期の最上層とのコヒーレンスのピークがみられるが、領域Bでは全くみられない。

(3) 領域Aの24時間周期の位相差は、下層へ1.3~2.0時間/50 mbの割合で遅れることを示している。

(4) 領域Bでは16~18 LSTに250 mb~350 mb, 04~06 LSTに850 mb~500 mbで面積極大がみられるだけで、領域Aのような全層にわたる極大の推移がみられない。

以上のことから次のようなことが考察できる。

第7図の陸上の16~18 LSTの極大は、McGarry・

Reed (1978) による熱帯陸上の雷雨回数の午後から夕方の極大に一致しており、対流雲の午後の発達に対応している。一方、第7図の04~07 LST の極大は、Riehl・Miller (1978) による陸上の対流雲の雲頂高度が朝高くなるという調査と一致している。第7図の早朝の極大が時間とともに上層へ移っていくことは、浅い対流雲が早朝にゆっくり発達していくことを示していると推定される。第4図の領域Aの解析結果は、日中の深い対流雲の残絹雲が早朝から24時間かかって薄くなっていく過程を示していると思われる。

文 献

McGarry, M.M. and J.R. Reed, 1978: Diurnal

Variation in Convective Activity and Precipitation During Phases II and III of GATE, Mon. Wea. Rev., 106, 101-113.

村松照男, 小佐野慎悟, 1980: GMS で観測された台風の雲域の日変化, 1980年春季大会講演予稿集, 164.

Riehl, H. and H.A. Miller, 1978: Differences between Morning and Evening Temperatures of Cloud Tops over Tropical Continents and Oceans, Quart. J. Roy. Met. Soc., 104, 757-764.

Ruprecht, E. and W. Gray, 1974: Analysis of Satellite-Observed Tropical Cloud Clusters, Colorado State University Paper.