

温帯低気圧に伴う Cloud Band 付近の大気運動の特徴*

渡 辺 明**・住 明 正***・吉 沢 宣 之****

1. はじめに

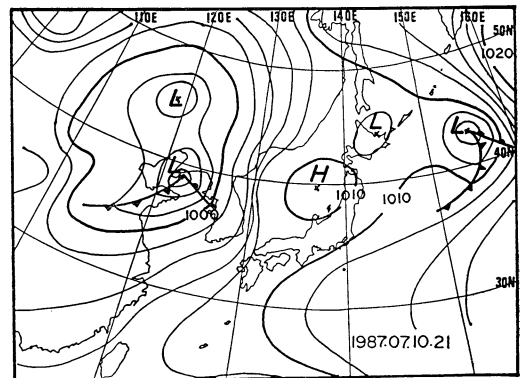
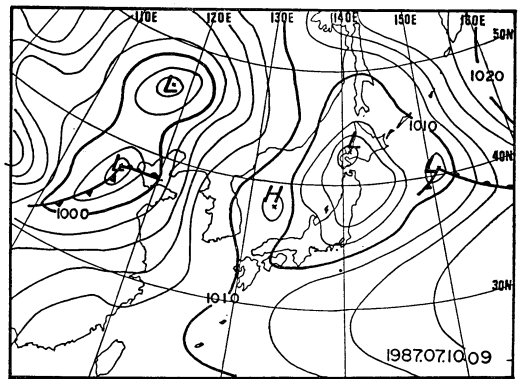
1987年7月10日15時頃、京都大学超高層電波研究センター信楽 MU 観測所上空を温帯低気圧に伴う Cloud Band が通過した。この Cloud Band は温帯低気圧に伴う雲塊の進行方向前面から伸びており、温帯低気圧に伴う Spiral Band と思われる。この Cloud Band は GMS (Geostationary Meteorological Satellite) の可視画像よりも赤外画像でより顕著に認められ、比較的上層雲によって形成されているものと考えられる。

ここでは MU レーダーで観測した約2分30秒ごとの風の資料をもとに、この温帯低気圧に伴う Cloud Band 通過時の大気運動の特徴について報告する。

2. Cloud Band 通過時の総観場の特徴

第1図は1987年7月10日9時と21時の地上天気図である。9時に日本海中央にあった高気圧が東進し、21時にはその勢力が拡大し、弱いながらも日本付近は気圧の峰に位置している。一方、北京南西部にあった低気圧は発達しながら北東進し、21時には遼東半島東側まで移動している。この温帯低気圧に伴う前線は、温暖前線が温帯低気圧の中心からソウル付近に伸び、寒冷前線が河南付近に伸びている。日本付近には、温暖前線の延長上に位置する北九州付近に、弱い気圧の谷が存在するものの、前線らしいものは存在していない。

第2図は1987年7月10日14時36分（日本上空付近の撮影時間で示す）と15時36分の GMS の赤外画像を示したものである。赤外画像で確認できる Cloud Band 全体の



第1図 1987年7月10日9時と21時の地上天気図。
(実線は等圧線を示す、2 mb 間隔)。

幅は約500 km あり、その前面は10日10時ごろから信楽上空にさしかかっていた。Cloud Band は画像の濃淡によってさらにいくつかの Band で構成されていることが分かる。このうち特に赤外画像で顕著に認められる Cloud Band が14時頃から16時頃にかけて通過した。第3図は赤外画像から求めた信楽付近の10日14時36分、15時36分、16時36分の TBB (Temperature of Brack Body)

* Characteristics of Atmospheric Motion around a Cloud Band with an Extratropical Cyclone.

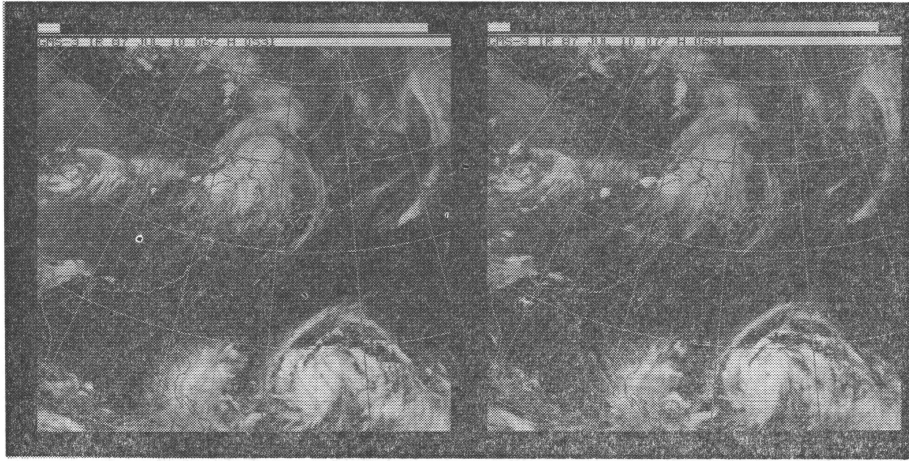
** Akira Watanabe, 福島大学教育学部。

*** Akimasa Sumi, 東京大学理学部。

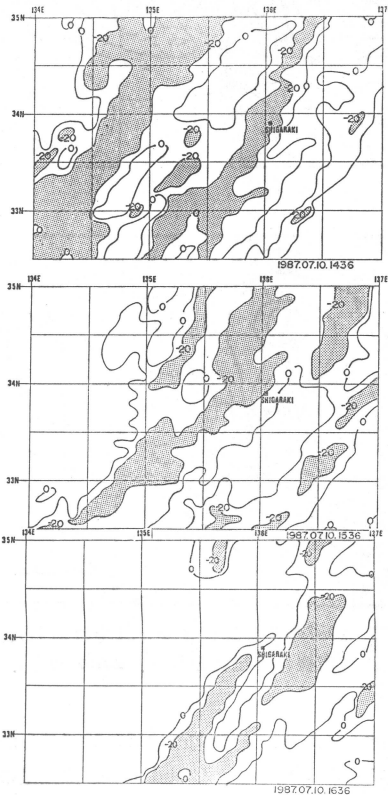
**** Nobuyuki Yoshizawa, 大分高専。

—1989年9月4日受領—

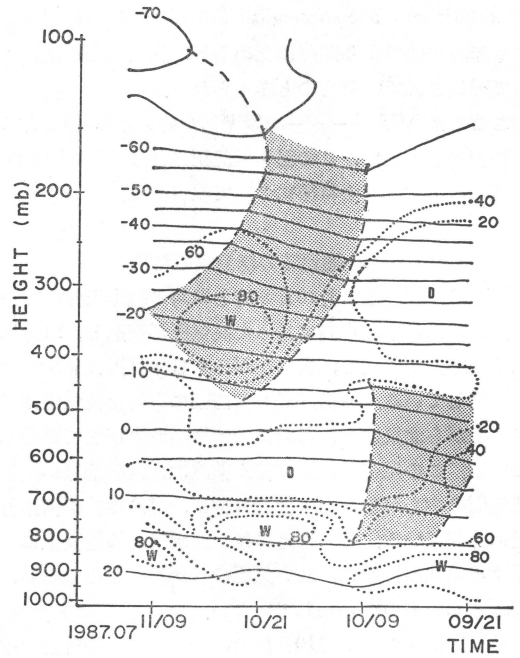
—1989年12月18日受理—



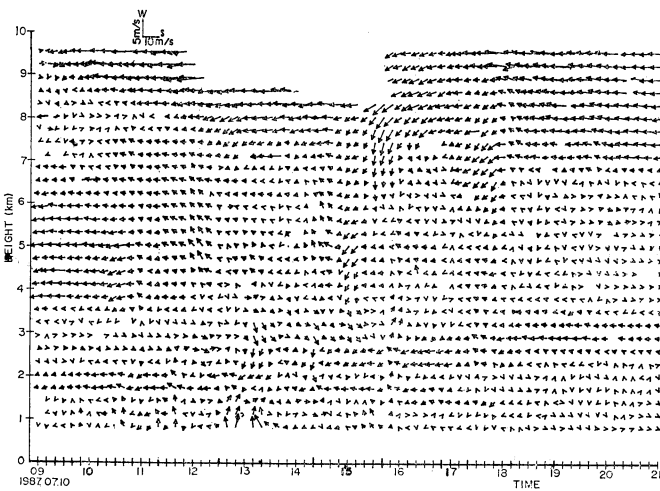
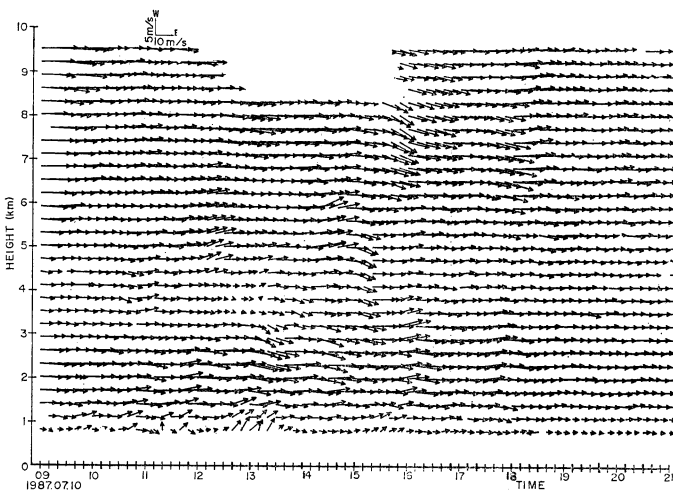
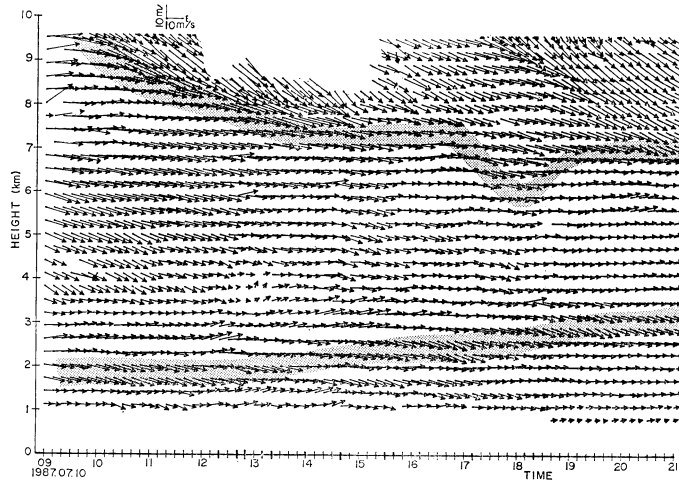
第2図 1987年7月10日14時36分, 15時36分のGMSの赤外画像.



第3図 1987年7月10日14時36分, 15時36分, 16時36分のTBBの分布. 陰の部分は -20°C 以下を示す.



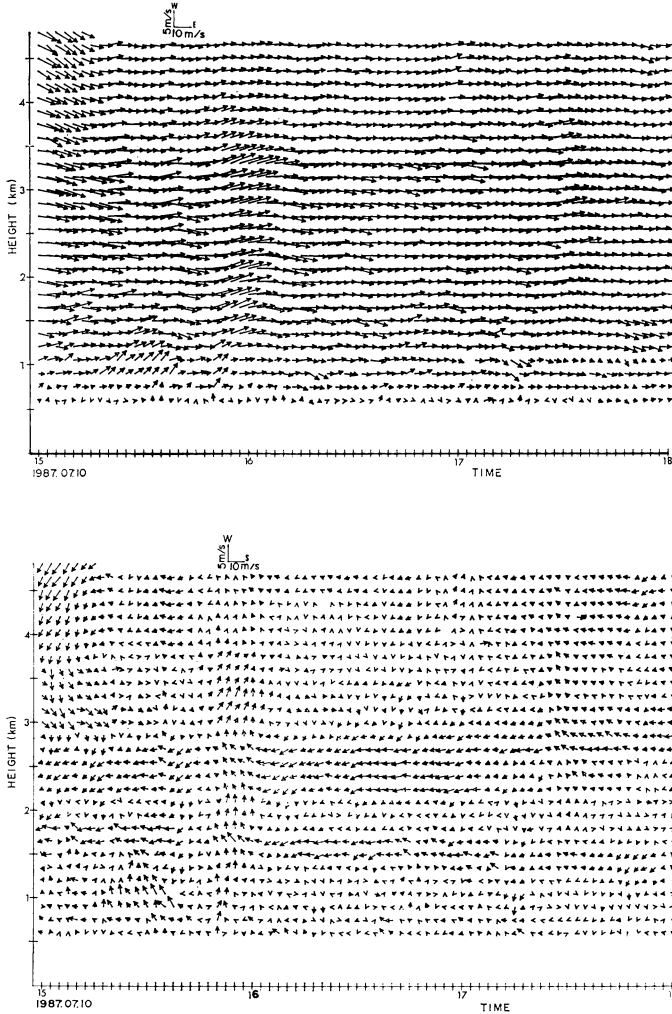
第4図 1987年7月9日21時から11日9時までの鉛直一時間断面. 実線は等温線, 点線は等相対湿度線, 破線に囲まれた領域は不連続帯を示す.



第5図 MUレーダーで測定した10分間平均風の鉛直一時中断面。

- a. 東西—南北成分
 - b. 東西—鉛直成分
 - c. 南北—鉛直成分
- a図のハッチは本文中のshear領域を示す。

温帯低気圧に伴う Cloud Band 付近の 대기運動の特徴



第6図 MUレーダーで測定した
2分30秒毎の風の鉛直一
時間断面。
a. 東西—鉛直成分
b. 南北—鉛直成分

の分布である。-20°C以下の温度領域は北東から南西に伸びるBand構造をしており、それらが東西方向約50kmから70km程度の間隔で並んでいる。このCloud Bandの移動速度はおおよそ100km/hで南東方向へ進行している。

第4図はラジオゾンデを用い、信楽において12時間毎に測定した気温、湿度の時間—鉛直断面図である。これによれば、信楽上空にCloud Bandがかかり始めた10時ごろから約200mb付近に温暖前線性の不連続線がかかり始め、15時頃その高度は約400mbで、気温-20°C付近に位置していることが分かる。特に、Band構造が顕著だった-20°Cの等温線が位置するところでは、この不連続線通過に伴い多湿な領域が存在している。ま

た、その下層750mb付近にも多湿な領域が出現している。これらの多湿な領域の間の600mb付近は相対湿度20%以下の乾燥した層が挟まっている。

以上のことを考慮すると、ここで対象としている温帯低気圧に伴うCloud Bandは、主に上層350mbから400mb付近に出現した温暖前線性の不連続線に伴って出現したものと考えられ、このうち下層雲は750mb付近を中心に出現しているものと考えられる。

3. MUレーダーで測定した風の鉛直分布の特徴

第5図に7月10日9時から21時までのMUレーダーで測定した風の東西—南北(a図)、東西—鉛直(b)、南北—鉛直(c)成分の10分間平均値の時間—鉛直断面

を示す。

第5a図では第4図に示した下層700 mb付近の多湿領域に対応して、1 km から3 kmの間に風向変動を伴った大きな鉛直 shear のある層が存在し、約5時間の周期でかつ約3.3 cm/sec程度で鉛直方向に伝搬しているように見える。

一方、その上層7 kmまでは約10数 m/secの西ないし北西の風が比較的定常的に吹いている。また、さらに上層では約20数 m/secの北西風が卓越し、その下層との間に大きな shear を形成している。この北西風領域を第4図と比較すると両者の解析時間スケールには大きな差異があるにもかかわらず、上層の温暖前線性の不連続線の出現とほぼ対応している。第5図bでは、第5図aで高度1 kmから3 km付近の鉛直 shear が存在していたところに、約1時間周期の波動が認められる。この波動現象は第2図で比較的顕著に Cloud Band が出現し始めた13時から16時頃まで特に顕著に認められる。この波動の波長は平均風速(10 m/sec)をかけるとおおよそ40 kmから50 kmになる。また、高度3 kmから7 kmの間にもあまり明確ではないが、比較的組織的な上昇流域や下降流域が存在し、波動的運動が認められる。しかし、これは高度3 km以下の層の波動現象と同位相ではない。5 km付近の上昇流の出現時刻の周期(約60分)と平均風速(13 m/sec)から波長を計算すると約47 kmとなる。さらに、第5c図では高度2 kmから3 km付近の12時から16時にかけて、3ないし4個のロール状循環と見えるものが存在している。これらの運動は第6図に示した平均化しない風の鉛直分布で、より鮮明に出現している。ただし、この波動現象の周期は25分から30分程度であり、それとほぼ対応したロール状循環が認められる。

4. まとめ

温帯低気圧に伴う Cloud Band 通過時の大気運動の特徴について調べた結果、Cloud Band は上層の温暖前線性の不連続線通過に伴って出現していることが分かった。しかもこの不連続線通過に伴い、上層から20数 m/secの強い北西風が下降しており、その下層との間に強い鉛直 shear を形成していることが分かった。10日21時のラジオゾンデの観測では400 mbから450 mbにかけて等温層が存在し、その上下層でも気温減率が0.3~0.4 C/100 mと比較的安定している。こうした観点から、今回対象とした温帯低気圧に伴う Cloud Band が Kelvin-Helmholtz 波であると仮定して、400 mbと450 mbと

の資料から波長(λ)を

$$\lambda = \frac{2\pi(U_1^2 T_2 + U_2^2 T_1)}{g(T_2 - T_1)}$$

で計算すると、[400 mbの風速(U_2) 22 m/sec, 温位(T_2 337 K, 450 mbの風速(U_1) 15 m/sec, 温位(T_1) 334 K] 約50 kmとなり、おおよそ第2図の -20°C 以下の Cloud Band の波長に対応する。

また、第5c図や第6b図にはロール状運動が認められ、Asai (1972)などが指摘している重力不安定に起因する増幅率最大のロール状対流運動とも見える。しかし10日15時の観測はないが、9時、21時の観測結果から類推する限り、前述の通り対流不安定になっていない。従って今回の Band は、対流不安定時 shear 流中に出現するロール状運動とみることは困難である。

また、Sumi (1989)は MU レーダーを用いて、降水現象中に1時間程度の周期的な風向変動がある事を指摘し、特に降水量の多い時間に対応して南北 shear が大きくなる事を報告しているが、成層状態から考えて、今回とは別な周期変動と考えられる。さらに、Fukao *et al.*, (1988)は梅雨前線付近で、上昇流域が22時間周期で出現することを指摘し、中立対称運動であることを示しているが、今回とは周期が大きく異なっている。また、Sato (1989)は気圧の谷が21時間程度の慣性重力波を発生させることを明らかにしているが、やはり今回の Cloud Band の周期とは大きく異なっている。以上から、ここに示した温帯低気圧の Band は Kelvin-Helmholtz 波によって形成されているものと考えられる。

最後に、気象衛星資料のご指導をいただいた気象衛星センター伊藤秀喜氏に感謝申し上げます。また、ここで利用した MU レーダーは京都大学超高層電波研究センターによって運営されている全国共同利用研究設備である。なおこの研究は、文部省科学研究費重点領域研究(1)課題番号[62601009]、[63601010]の一部を使用した。

参考文献

- Asai T., 1972: Thermal instability of a shear flow turning the direction with height, J. Met. Soc. Japan, 50, 525-532.
 Fukao, S., Yamanaka, D.M., Sato, T., Tsuda, T. and Kato, S., 1988: Three-dimensional air motions over the Baiu front observed by a VHF-band doppler radar: A case study, Mon. Wea. Rev., 116, 281-292.
 Sato, K., 1989: An internal gravity wave associated with asymptotic-scale pressure trough observed

by the MU radar, J. Met. Soc. Japan, 67, 325-334.

lower tropospheric winds observed by MU-radar, J. Met. Soc. Japan, 67, 167-175.

Sumi, A., 1989: Short-period fluctuation of the

日本気象学会誌 気象集誌

第II輯 第67巻 第6号 1989年12月

松田佳久・高山 大：球面上における擾乱の時間発展と地衡風調節

藤部文昭：本州中部におけるひと雨降水量の分布型—ファジーC—平均法による分類

坪木和久・藤吉康志・若濱五郎：北海道西岸帯状収束雲のドップラレーダー観測

(II)：寒冷前線型

鬼頭昭雄：500 mb 高度場偏差の持続性

渡辺 明：下層ジェットによる都市域汚染質の長距離輸送

浅野正二：対流圏エアロゾルの放射効果の航空機観測

第2部 光学的性質の推定

Ruby Krishnamurti・T.N. Krishnamurti・H.S. Bedi：積雲対流による運動量輸送のパラメータ化による全球モデルの系統的誤差の減少

柴田清孝：大気放射伝達式の鉛直積分のエコノミカルスキーム

要報と質疑

野田 彰・時岡達志：大気・海洋混合層モデルで得られた二酸化炭素倍増が対流性・非対流性降水に及ぼす効果

和方吉信・山形俊男：大気・海洋結合モデルにおける局所海面水温アノマリーの時間発展

小室 肇：綾里における気象ロケットにより観測された成層圏の長期低温化

第67巻(1989) 総目次

索引：A. 著者別索引

索引：B. 主題別索引