

寒冷前線に伴う Carrot-shaped cloud

長谷川 隆 司* 中 村 和 信**

1. はじめに

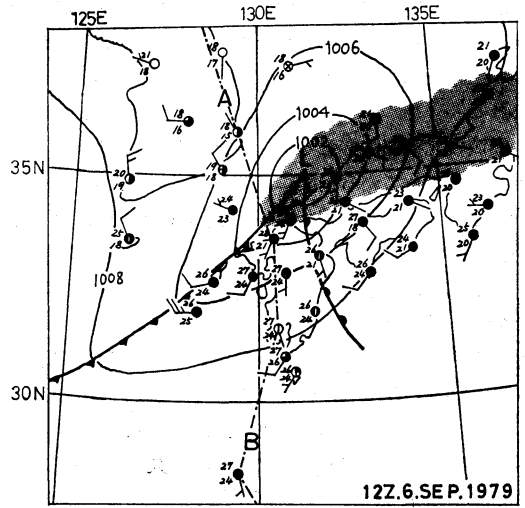
気象衛星写真にみられる特徴的な雲パターンの1つとして Carrot-shaped (or tapering) cloud がある。「活発なスコール・ラインに伴った tapering cloud system は severe weather 発生の危険性の最も大きい地域をあらわしている」として、アメリカでも注目されているものである。この種の雲パターンについては「ひまわりの画像から」のシリーズでも過去にとりあげられており、猪川(1980)は「にんじん」状雲パターンとして AMe-DAS およびレーダー資料より解析を行い、柴田(1980)は tapering cloud に伴う severe weather として乱気流との関連について調査している。ここでは1979年9月6日夜、九州地方にみられた Carrot-shaped cloud について調査したものについて報告する。

2. 総観場と Carrot-shaped cloud

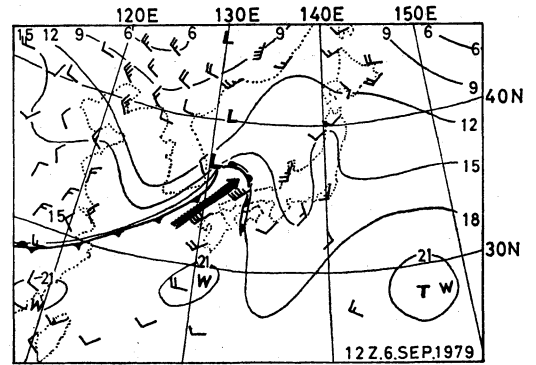
9月6日00Z東支那海にあった低気圧は東北東に進み、6日12Zには山陰沖にあって中心から南西にのびる寒冷前線が対馬海峡をへて東支那海方面に達している(第1図)。低気圧の移動に伴い、寒冷前線は毎時約20kmで南下し、7日00Zには九州南海上に出ている。この寒冷前線の前面に口絵写真1~3にみられるような Carrot-shaped cloud が存在し、発達して九州を南下している。この雲の通過に際し、雷を伴った強雨が観測された(口絵第3図参照)。

上層の天気図をみると、中国東北区に寒冷うず(500mbで -24°C)がみられ、6日12Zには朝鮮半島から東支那海にかけて気圧の谷となっている。

850mbでは露点温度 17°C 以上をもつ暖湿気流が寒冷前線の前面に下層ジェットとして存在しており(第2図)、この下層ジェットの走向は雲域のそれにほぼ一致



第1図 1979年9月6日12Zの地上天気図と Carrot-shaped cloud (点彩域)。鎖線(A-B)は断面図解析(第5~7図)に用いた断面を示す。



第2図 850mb天気図, 1979年9月6日12Z。点彩の矢印は露点温度が 17°C 以上の領域の先端部を示す。

* Ryuji Hasegawa, 気象庁予報課。
** Kazunobu Nakamura, 気象衛星センター解析課。

している。

3. 雲パターンの特徴

口絵写真に示した雲は西端部がくさび状をした典型的な Carrot-shaped cloud で、顕著に発達した対流雲と考えられる。さらにこの雲域の延長上にあたる西方(風上側)に対流雲が点在している。雲頂温度(相当黒体温度 T_{BB} で表現してある)は極めて低く、最低温度は -70°C 以下に達している。

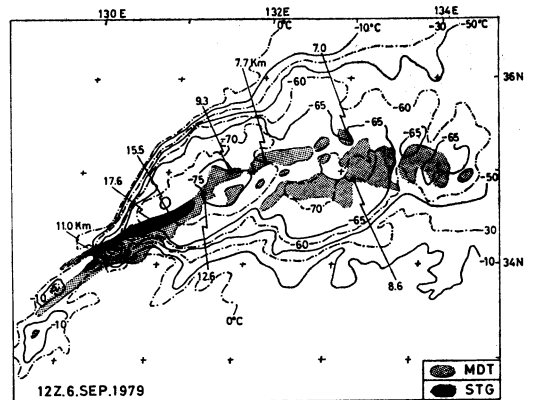
口絵第3図には6日16Zの T_{BB} 分布が示してあるが、雲域の中央部に温度の低い領域があり、縁辺部は非常に温度傾度大きい。風上端にあたる西端では特に著しい。中央部の低温域内にさらにいくつかの極小域がみられる。

雲域の北東部にあたる中国地方東部は積乱雲から吹き出して広がっている網雲におおわれているため、夜間の赤外写真だけでは詳細な雲分布を知ることは困難である。

口絵第3図に破線で示したアメダス・データによる1時間降水量分布では、九州から広島県にかけて4つの強雨域が雲域の中央部にある低温域に沿って線状に並んでいる。詳しく見ると、低温域内の極小域のやや南に偏して存在しているように見える。これらの強雨域は地上風のシア・ライン位置にもあたり、長久(1979)の地上風による収束が強まった近傍で強雨が対応しているとの報告に一致している。

中国地方の東部での T_{BB} はかなり低温を示しているが、強雨はみられず、 1mm/h の領域が広がっているにすぎない。このことは対流雲が発達して雲頂温度の低温域(網雲)が上層風に流され、風下側に広がって T_{BB} の分布に反映した結果と思われる。

第4図は雲域に近い福岡、広島レーダーのエコー域を合成したものと T_{BB} 分布とを対比させたもので、エコー域は STG ($R \geq 16\text{mm/h}$) と MDT ($4\text{mm/h} < R < 16\text{mm/h}$) の領域を示してある。エコー域は2本のライン構造をなして低温域の軸に沿っており、第3図の降水量分布とはほぼ同様な位置関係にある。なお、地上風のシア・ラインも 132°E 付近を境に2本みられる。STGのエコー域は雲域の西端部付近にあり、さらに風上方向に向ってエコー域がのびていることが注目される。竹村(1979)は対流性エコーの成長に先立って地上風の収束の強化がみられることを指摘し、また里見(1979)は発達期の雷雲が風上側の T_{BB} の温度勾配の大きい所に強



第4図 T_{BB} 分布と MDT 以上のレーダー・エコー分布との対応。1979年9月6日12Z。矢印で示した数値はエコー頂高度。

いエコー域としてみられ、猪川(1980)も強エコー域の位置が T_{BB} 極小域の風上側にずれていることを報告している。

Newton(1962)は新しい積乱雲の発生に適した場所は、雲バンドの風上端にあり、そこにはまだ成熟していない積乱雲があり、成熟した積乱雲はもっと風下側(すなわち、雲バンド内)にあると述べている。

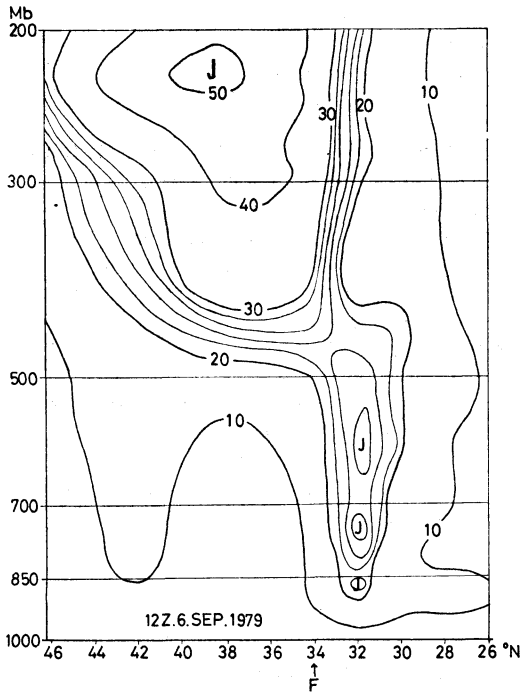
4. Carrot-shaped cloud の構造

6日12Zにおける Carrot-shaped cloud を含む断面図(第1図ラインA-B* 参照)を示したものが第5~7図である。

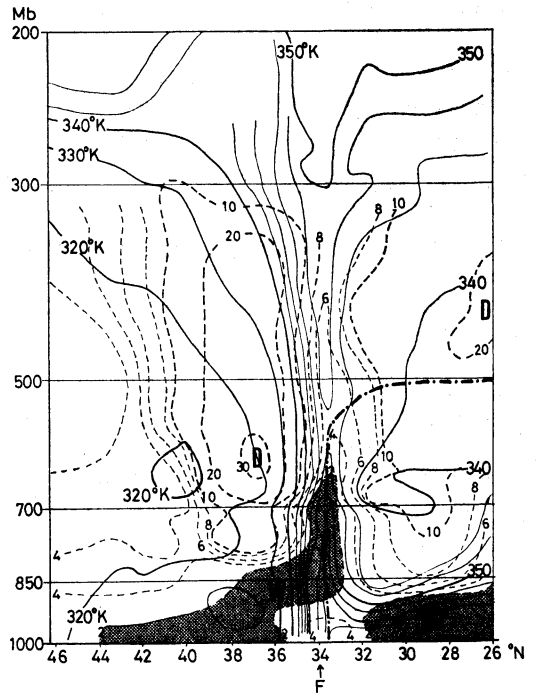
第5図は風速の分布で、地上寒冷前線(図中Fで示してある。以下同様)のすぐ前面の、880, 750, 600 mb 付近に下層ジェットに伴う強風核がみられる。特に最下層の 880 mb 付近では強い南風成分 16m/s がみとめられる。また、 39°N 付近には上層の Polar Jet がみられる。

第6図は相当温位 θ_e と $T - T_d$ の分布で、相当温位傾度は前線の北(雲域の北でもある)で著しく大きく、湿潤中立の状態になっている。前線の南側では大気中層付近まで対流不安定(ただし、700 mb 以上では乾燥している)となっている。前線の前後面の下層では湿潤域がみられ、($T - T_d \leq 2^{\circ}\text{C}$ の領域は点彩で示してある)

* 断面図A-Bは 130°E に沿ったイェカテリノニコルスク(31707)、ウラジオストック(31960)、咸興(47041)、浦項(47138)、福岡、鹿児島、名瀬、南大東島を結んだ線。



第5図 第1図A—Bに沿った風速 (m/s) の断面図. 1979年9月6日12Z. Fは地上寒冷前線の位置を示す(以下同様).



第6図 A—Bに沿った相当温位 θ_e と気温・露点温度差 ($T-T_d$) の断面図. 1979年9月6日12Z. θ_e は実線で, $T-T_d$ は破線で示し, $T-T_d \leq 2^\circ\text{C}$ の領域には点彩がつけてある. 鎖線で囲まれた領域は対流不安定域を示す.

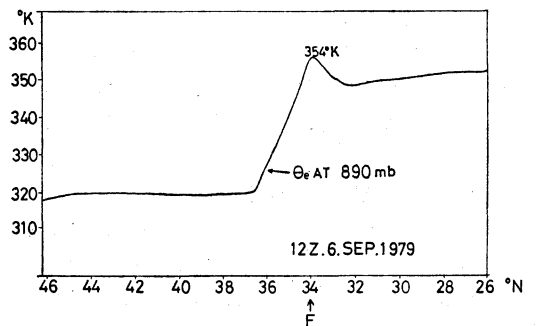
前線近傍での湿潤域はかなり上層までのびて強い対流雲の形成に適した場になっているといえよう.

柴田 (1980) はテイパリングクラウド内の対流雲は暖湿な気団の中に維持されており, この雲域の北側では相当温位傾度は南北に急になることを指摘している.

また雲域の前後面の 700 mb より上層では非常に乾燥しており, 特に後面の 600 mb 付近では顕著で, これは猪川 (1980) の例にもみられ, この種の雲の形成時の1つの特徴といえるようである.

890 mb 面での相当温位 θ_e の断面図を示したのが第7図で, 地上寒冷前線の直前にある下層ジェット内で θ_e が極大値をもち, 後面では急激に減少している. これは湿潤暖気の tongue としてみられ, 第2図に示されているように, 850 mb 相当温位線が北側に突入した形の環境の中でテイパリングクラウドが出現している (柴田, 1980).

これらの構造は Browning and Pardoe (1973) が述べている line convection と下層ジェットとの関係とよく似ているので, 最後に彼らの説明を要約して引用してみよう.



第7図 A—Bに沿った 890 mb 面での相当温位. 1979年9月6日12Z.

下層ジェットは対流境界層内に埋められており, 900 ~ 850 mb に極大値をもつ. line convection の前面に沿って下層ジェットが存在し, 下層ジェット内のメソ・スケールの “right-hand corkscrew circulation” (右ネジの方向にまわる循環) の一部とみなされる. 下層ジェット内に狭い湿球温位 θ_w の極大域がみられる. ここは水蒸

気の輸送量の大きな belt である。

5. おわりに

一口に Carrot-shaped cloud あるいは tapering cloud といってもスケールはスモールからメソまでであるようである。ここで述べたものはメソ・スケールのものであるが、衛星写真ではもっとスケールの小さいものもしばしば目にするので、スケール別の詳細な調査が要請されよう。

文 献

Anderson, R.K., *et al.*, 1974: Application of meteorological satellite data in analysis and forecasting, ESSA Tech. Rep. NES-51.
Browning, K.A. and C.W. Pardoe, 1973: Structure of low-level jet streams ahead of mid-

latitude cold fronts, Quart. J.R. Met. Soc., 99, 619-638.

長久昌弘, 1979: 前線に伴う大雨 (アメダスの検討), 昭和53年度全国予報技術検討会資料, 気象庁予報部, 99-102.

猪川元興, 加藤一靖, 中島 忍, 1980: 1978年4月6日, 「ひまわり」の画像にみられた「にんじん」状雲パターン, 天気, 27, 219-224.

Newton, C.W., 1962: Dynamics of Severe Convective Storms, National Severe Storms Project Report Number 9, U.S. Weather Bureau, Washington, D.C., 44.

里見 穂, 1981: 「ひまわり」画像, レーダー及びアメダス雨量の重ね合せ, 天気, 28, 381-384.

柴田 宣, 1980: 雲画像による乱気流の予測とタイプリングクラウドの監視, 天気, 27, 593-596.

竹村行雄, 1979: アメダス観測値に基づく地上風場の計算, 昭和53年度全国予報技術検討会資料, 気象庁予報部, 108-111.

(864頁より続く)

これに対し

a) 「気象集誌」の特別号 (Vol. 60-1号) は, 昭和56年度に発行されるので特別会計でないかと不都合ではないか。

b) 「天気」「気象集誌」共に記念号の増刷を何冊とするか。

c) 記念号に特別のカバーをする。等の意見が出され, 来年度の予算案については次の常任理事会で更に検討し, 記念事業については準備委員会を開いて具体案を細かく検討することになった。

2. 秋季大会懇親会の整理券について

当番である中部支部から, 懇親会の際に整理券によって人数を確認したいとの申し出があったので, 領収書 (ネームプレート兼ねている) の下に整理券として印刷し, 切りとって呈示してもらおうようにすることが了承された。

3. 第19回理工学における 同位元素研究発表会の共同主催について, 共同主催とすることを了承した。なお, 運営委員に 気象研究所応用気象研究部 矢野直会員を推薦することにした。

4. 100周年記念事業について

(1) Regional Technical Conference on Tropical Meteorology の運営について

ア) 気象庁へ正式文書で依頼する。

イ) 新田 尚会員が WMO へ出張されるので Dr. R. Czelnai への文書を依頼する。

ウ) 準備委員会を発足させることを申し合わせた。

(2) Ocean Impact Study Conference

参加人員のリストがきた。なお, 記念式典の招待状については次回常任理事会で検討する。

5. その他

(1) 各委員の交代について

講演企画 磯野良徳→松田能臣

(東京管区気象台)

奨励金・各賞 宇田川和夫→市川信夫

(")

矢花和→岡林俊雄

(気象大学校)

気象集誌 岩嶋樹也→吉住禎夫

(")

(2) 水資源シンポジウムの運営委員

古川武彦 (気象研究所) を追加推薦

(3) 文部省の科学研究費審査員の交代について

浅井富雄→菊地勝弘 (九州大学)

以上3件とも了承

承認事項 長崎勝己ほか47名の新入会員を承認