

静止気象衛星 GMS-5 「ひまわり」 から見た台風が発生形態と
二つの台風の相互運動

渕田 信敏*

河野麻由可*

Initiation of Typhoons, and Mutual Interaction of Two Tropical
Cyclones from Observations by the GMS-5

FUCHITA Nobutoshi*

KOUNO Mayuka*

Abstract

A few cases of mutual interactions of typhoons observed with Geostationary Meteorological Satellite (GMS) have been reported. However, they did not utilize channels as the enhancement of the previous GMSs for the discussions.

Recent numerical typhoon forecast has been improved along with numerical prediction development. The extended channels to the GMS-5, IR2 (12 μ m) and WV (6.7 μ m) made possible to obtain infrared split imagery (11 μ m-12 μ m) and water vapor imagery. This research aims to report a growth and decay of the Pacific high-pressure system, initiation of typhoons, and mutual interaction of two tropical cyclones from observations by the GMS-5. Brightness temperature product and so on were used for the discussion.

要 旨

静止気象衛星 GMS から見た台風の相互運動については、これまでに数例の報告があるが、GMS-5 から新たに追加されたチャンネルを使用して調査された報告はなかった。

近年、数値予報の精度が向上し台風の進路予想も格段に良くなっている。また、静止気象衛星 GMS-5 では、新しく赤外 2 (12 μ m) チャンネル、水蒸気 (6.7 μ m) チャンネルが追加され、赤外差分画像 (11 μ m-12 μ m) や水蒸気画像を取得できるようになった。このような状況の下、GMS-5 の画像で二つの台風の相互運動が認められた。ここでは、新しく追加された水蒸気チャンネルや、輝度温度分布図等のプロダクトを使用し、台風の発生形態と二つの台風の相互運動について、事例解析を行ったので報告する。

1. はじめに

静止気象衛星 GMS から見た台風の相互運動については、これまで渕田 (1983) や鈴木 (1991) の報告がある。特に、渕田は三つの台風の 3 体運動について台風の強さとその距離の関係から台風の進路を図表化し、台風モデルの進路予想と三つの台風の相互運動に

よる進行方向の違いについて指摘している。

近年、数値予報の精度が向上し台風の進路予想も格段に良くなった。また、静止気象衛星 GMS-5 から、新しく赤外 2 (12 μ m) チャンネル、水蒸気 (6.7 μ m) チャンネルが追加され、赤外差分画像 (11 μ m-12 μ m) や水蒸気画像を取得できるようになった。このよ

* 気象衛星センター解析課

2002 年 10 月 17 日受領 2003 年 2 月 10 日受理

うな状況の下、2002年7月23日00UTCから27日00UTCにかけて、衛星画像から台風0209号(以下第9号)と台風0211号(以下第11号)の相互運動が認められたので、新しく追加された水蒸気チャンネルや、輝度温度分布図等のプロダクトを使用し、台風の発生形態と二つの台風の相互運動について、事例解析を行ったので報告する。

2. 衛星画像から見た台風の発生形態

熱帯低気圧は偏東風波動や波形状になったITCZ(熱帯収束帯)の波頭部、上層寒冷低気圧近傍に発生して発達する。低層の強い水平シヤーまたは収束によって強い上昇気流が発生すれば、熱帯気団の多湿な気塊が上昇凝結過程によって多量の潜熱を放出する。これによって昇温した気柱は地上気圧を低下させるから、下

層大気ではこの地点に向かって周囲から空気が流れ込むようになる。コリオリの力と摩擦力が作用しなければ、周囲の空気は気圧中心に向かってまっすぐに流れ込む(孤立型のCbの発生)。しかし、赤道から緯度5度以上離れた場所ではコリオリの力と摩擦力が作用するので、北半球では反時計回りに気流が吹き込み弱い熱帯低気圧を形成するようになる。偏東風内に渦動が形成された最初の徴候は、これまで偏東風が卓越していた地域の中層以下に西よりの風が現れることである(鈴木, 1978)。

気象庁予報部(1990)は、台風の発生形態を下記の3つの型に分類している。

- ①上層偏東風波動とITCZのクラウドクラスターとのカップリング型
- ②下層シヤー型
- ③上層寒冷渦近傍型

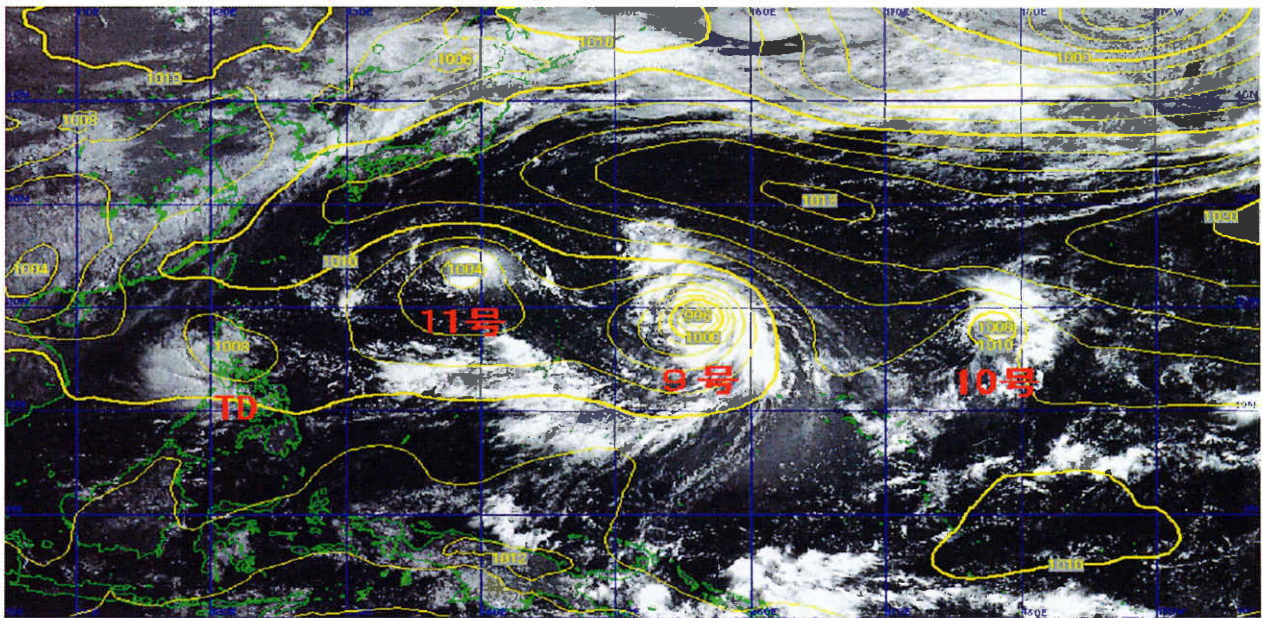


図1 2002年7月21日00UTCの可視画像と地上等圧線図

図1は第11号発生時の7月21日00UTCの可視画像と地上等圧線図である。ウェーク島東海上にあった低圧部は、7月14日06UTCにTDとなり、同日

21UTCに第9号となった。これより1週間後、父島南海上の積乱雲域が7月20日12UTCにTD、7月21日00UTCに第11号となった。図1で台風番号を付し

た位置の北側にある雲域が熱帯擾乱に対応する雲域である。これより見ると、西側から TD (ルソン島付近)、第 11 号、第 9 号、第 10 号 (7 月 20 日 12UTC に発生) と、約 2,000km おきに熱帯擾乱が発生している。

図 2、3、4、5 に水蒸気画像から見た熱帯擾乱と上層の偏東風波動擾乱(ここでは上層寒冷低気圧を指す)と 200 hPa 等高線の重ね図を示す。

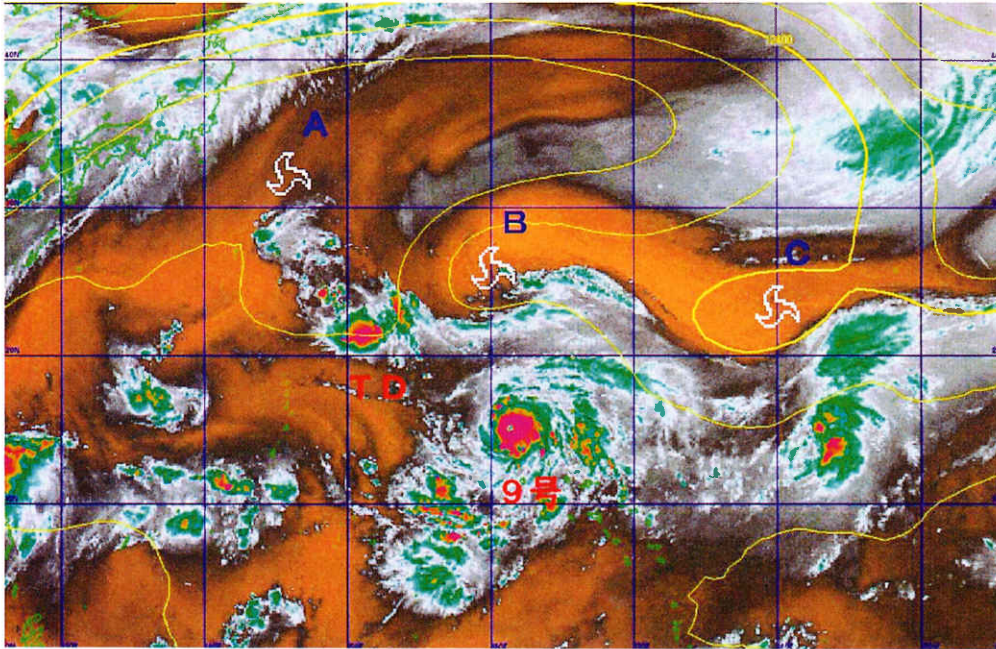


図 2 2002 年 7 月 19 日 00UTC の水蒸気画像、200 hPa 等高線の重ね図
(白色中空きの渦マークは上層寒冷低気圧対応の雲渦)

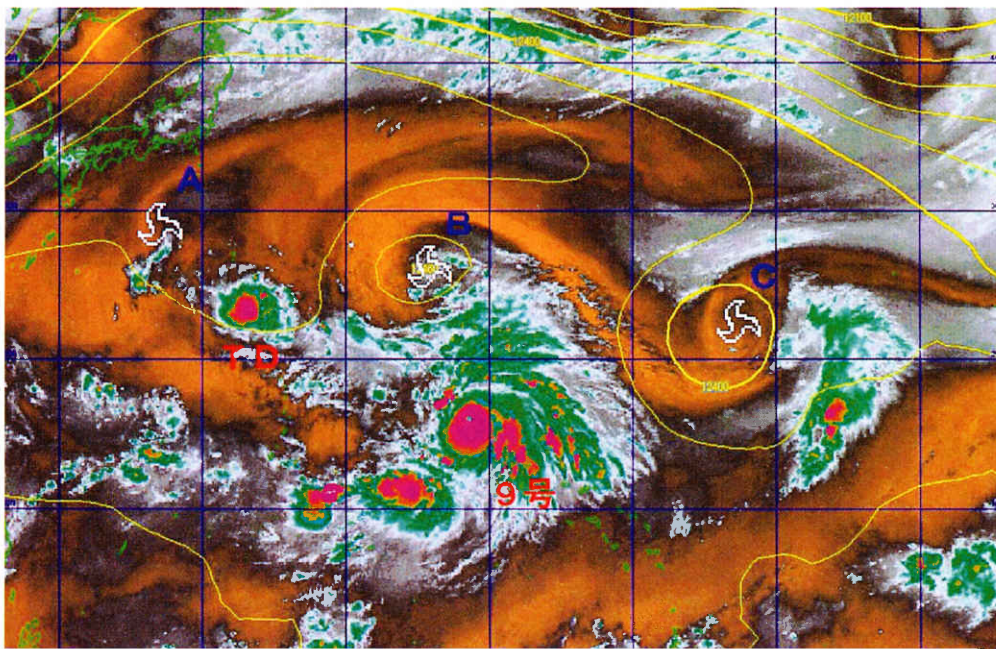


図 3 2002 年 7 月 20 日 00UTC の水蒸気画像、200 hPa 等高線の重ね図
(白色中空きの渦マークは上層寒冷低気圧対応の雲渦)

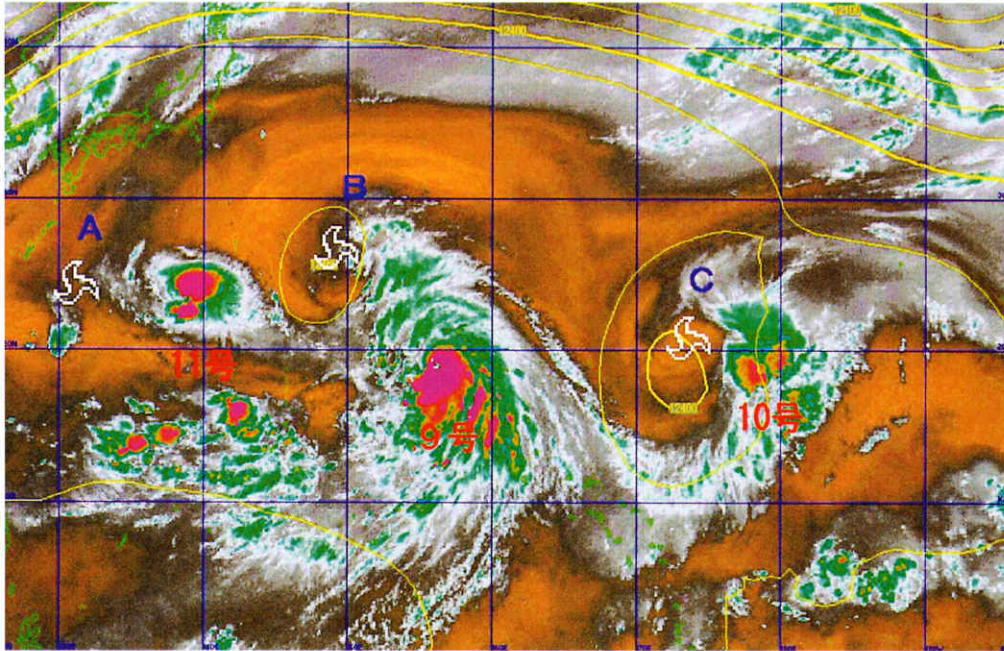


図4 2002年7月21日00UTCの水蒸気画像、200 hPa 等高度線の重ね図
 (白色中空きの渦マークは上層寒冷低気圧対応の雲渦)

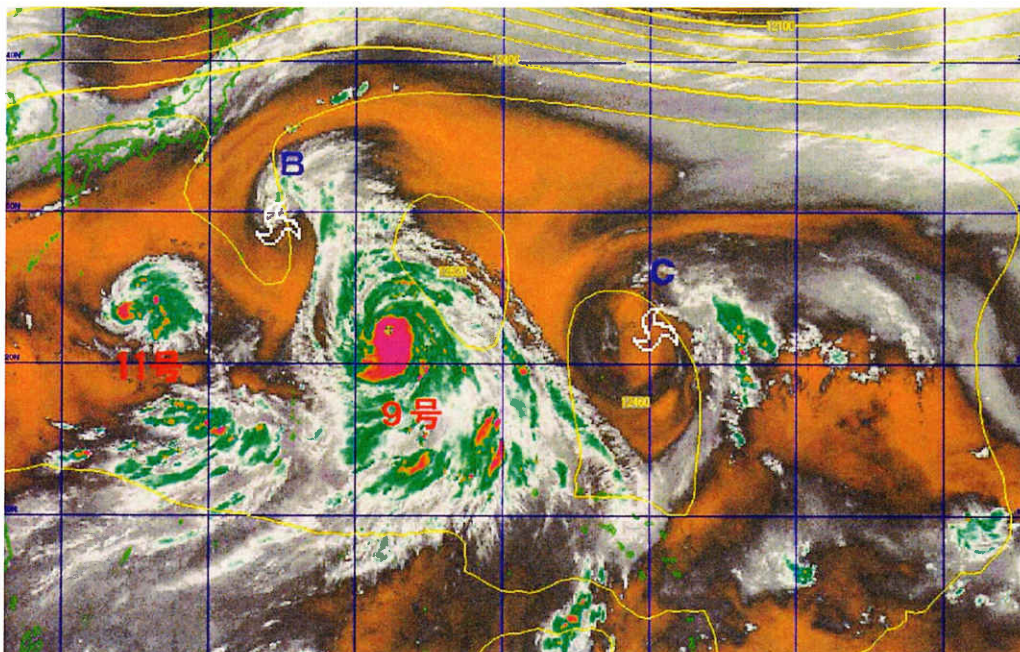


図5 2002年7月22日00UTCの水蒸気画像、200 hPa 等高度線の重ね図
 (白色中空きの渦マークは上層寒冷低気圧対応の雲渦)

水蒸気画像は水蒸気による吸収が支配的なので、画像の明暗は上・中層の水蒸気が多寡に対応する（気象衛星センター；2000）。上・中層で水蒸気量の少ない

乾燥した部分は、より下層からの放射量が多く寄与するので温度が高く、白黒画像では暗く見える。この部分を「暗域」という。図2から図5では、暗域を橙色

に、上・中層の水蒸気量が最も少ない部分をさらに明るい橙色に表示している。また、水蒸気量の多い部分は（白黒画像では明るく見える）白から緑、最も水蒸気量の多い積乱雲の部分は桃色から赤色に見えるよう表示している。太平洋高気圧の勢力範囲はこの橙色（暗域）の部分にあたるので、この橙色の拡がりから太平洋高気圧の盛衰も見るができる。

本事例で、水蒸気画像を時系列に並べて見ると、第 11 号、第 9 号、第 10 号の各熱帯擾乱（図 2 から図 5 の図中に付した台風番号または「TD」の北側にある雲域）の北西方向から西方向には上層寒冷低気圧に対応する雲渦（図中に付した白色中空きの渦マーク）A、B、C が解析できる。第 11 号には A、第 9 号には B、第 10 号には C の上層寒冷低気圧の雲渦がそれぞれ対になって西進し、相互作用をおこしている。この相互作用により熱帯擾乱が発達しているのが、図 2 から図

5 で見てとれる。

この発生形態は、北緯 8 度～10 度帯を西から西南西に進むクラウドクラスターと北緯 20 度～30 度帯を西から西南西に進む上層偏東風波動擾乱との相互作用により発生し発達する①の「上層偏東風波動と ITCZ のクラウドクラスターとのカップリング型」にあたる。このパターンは上層と下層の位相の条件が揃うと、台風の発生に周期性が現れ一定間隔で 2～3 個の台風が発生することもある。図 1 でも説明したように、画像では約 2,000km おきに熱帯擾乱が発生している。通常、上層の偏東風波動擾乱は波長 3,000～4,000km、周期 4～5 日で西進するといわれている（気象庁予報部、1990）が、本事例の上層偏東風波動（上層寒冷低気圧対応の雲渦）は波長約 2,000 km で、通常いわれている周期よりも短波の波動であった。

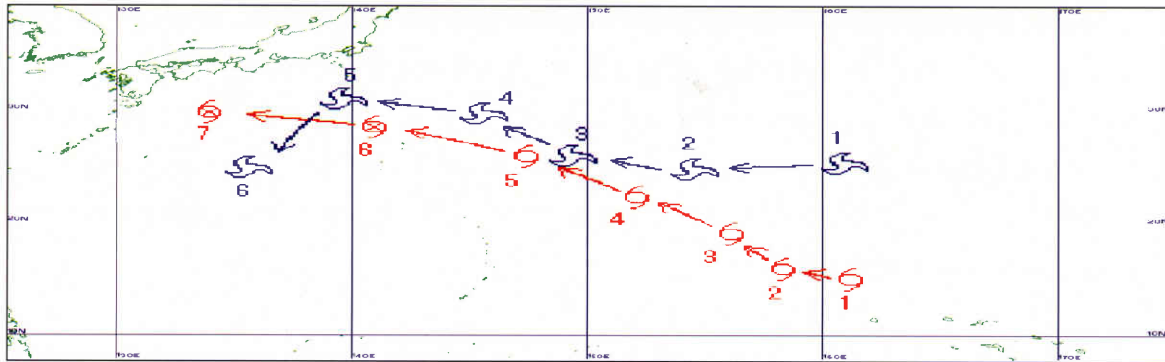


図 6 第 9 号と上層寒冷低気圧対応の雲渦の経路図

（赤色の台風マークが第 9 号、青色中抜けの渦マークが上層寒冷低気圧対応の雲渦、番号は表 1 と一致する。）

表 1 第 9 号と上層寒冷低気圧対応の雲渦間の距離、第 9 号の勢力の時間変化

番号	1	2	3	4	5	6	7
日時(UTC)	19/00	20/00	21/00	22/00	23/00	24/00	25/00
距離	約 1070km	約 1000km	約 1000km	約 1000km	約 900km	約 430km	×
中心気圧(hPa)	925	930	930	920	940	955	975

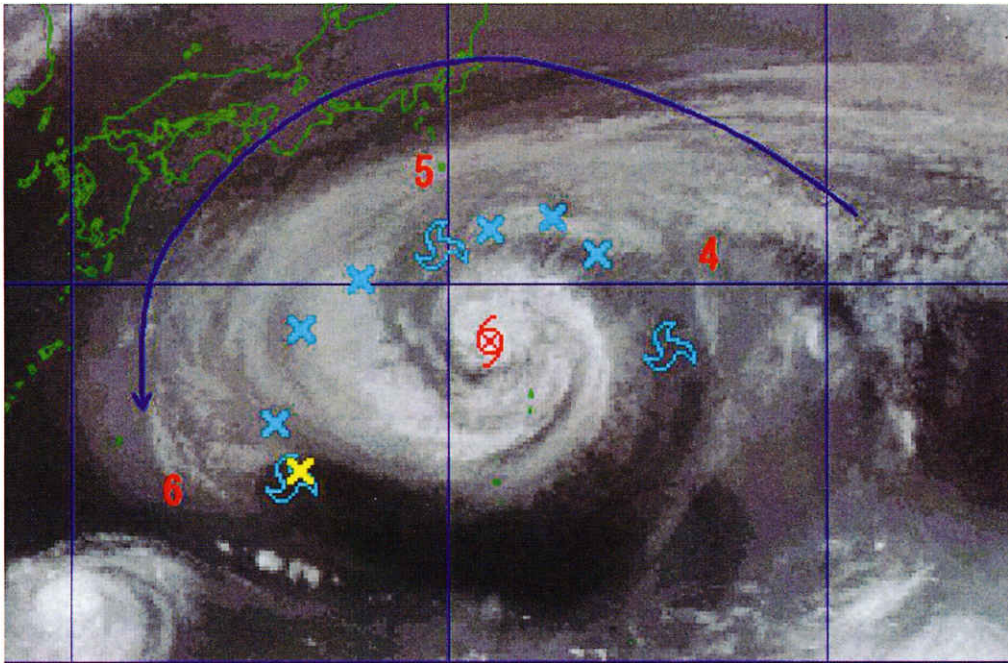


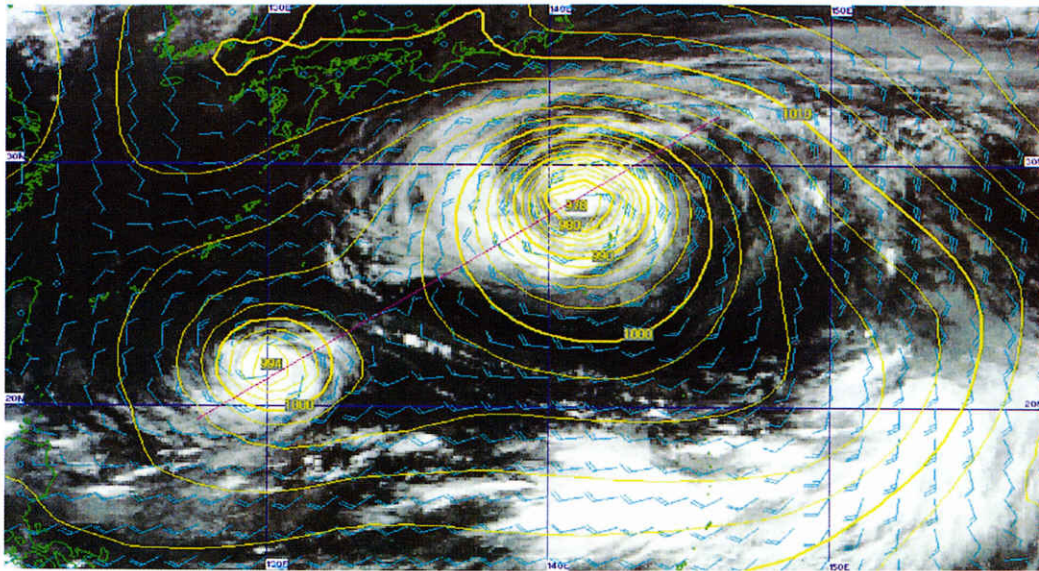
図7 第9号の周辺を回る上層寒冷低気圧対応の雲渦の移動

(図中の「6」と同じ時刻(7月24日00UTC)の水蒸気画像。台風マークは画像時刻における第9号の中心を示す。水色中抜けの渦マークは22～24日の各00UTCにおける上層寒冷低気圧に対応する雲渦の位置で、数字4～6は表1と同じ日時に対応する。水色の×マークは00UTC以外の6時間毎の位置、黄色の×マークは24日06UTCの位置を示す。)

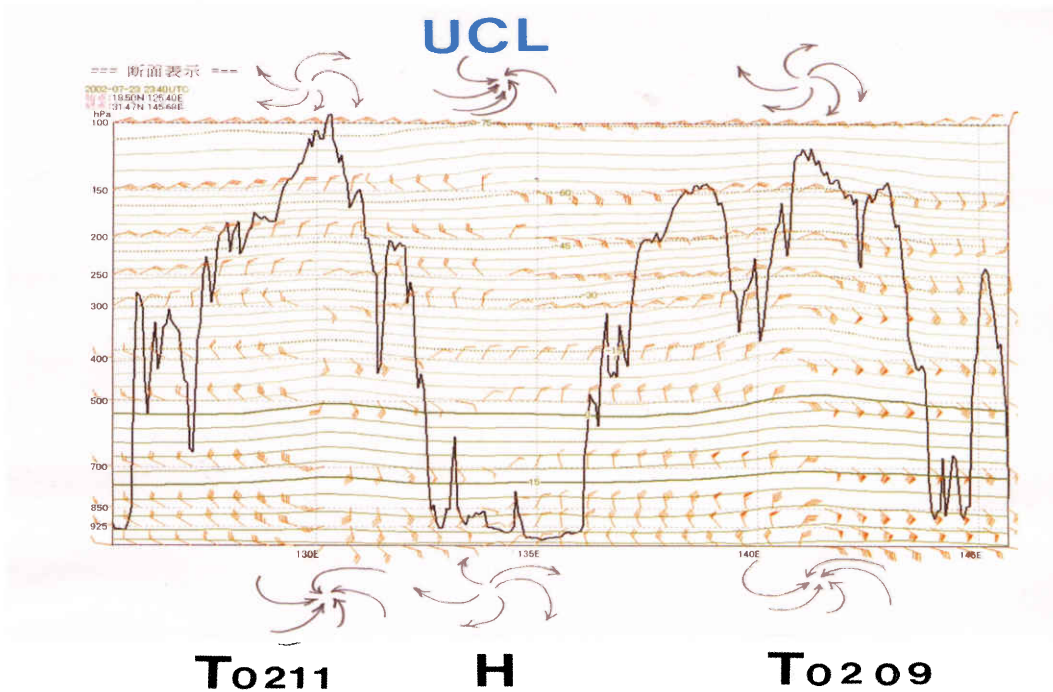
第9号と上層寒冷低気圧対応の雲渦の経路を図6に、第9号と上層寒冷低気圧対応の雲渦間の距離、第9号の勢力の時間変化を表1に、上層寒冷低気圧対応の雲渦が第9号の周りを回る詳細な様子を図7に示す。第9号と上層寒冷低気圧対応の雲渦の軌跡を追うと、この二つは対となって西進している。その距離は表1で見られるように時間を追うごとに狭くなり、第9号が北緯30度付近に達し、その距離が約1,000km以下になると上層寒冷低気圧対応の雲渦は第9号の周りを回りだす。そして、最終的には消滅してしまう。また、第9号の勢力は双方の距離が1,000kmから900kmに縮まる間(22日00UTC)が920hPaと最も強くな

り、上層寒冷低気圧対応の雲渦が消滅した後の勢力は975hPaから996hPa(27日00UTC)に急速に衰弱している。台風と対になった上層寒冷低気圧の存在や台風中心からの距離の変化が、台風の勢力の変化に及ぼす関係については、この1事例だけでは断言できない。今後、調査を重ねて関係を示したい。

図7は、図6の上層寒冷低気圧対応の雲渦が第9号の周りを回り始めて(22日00UTC)から消滅する(24日06UTC)までの詳細な移動図で、1時間毎の画像から動画を作成し上層雲渦を抽出したものである。番号6(24日00UTC)以降、上層雲渦は不明瞭となり24日06UTC過ぎに消滅している。



(ア) 赤外面像と地上等圧線、地上の風向・風速の重ね図



(イ) 第 9 号と上層寒冷低気圧（及び第 11 号）を貫く雲頂高度断面と各指定面高度の風向・風速図
 (UCL:上層寒冷低気圧、T0211:第 11 号、T0209:第 9 号、H:鞍部、X 軸:(ア)に示す紫色の線に沿う経度、
 Y 軸:各指定面高度、黒の折れ線:赤外面像より求めた雲頂高度、赤の矢羽根:各指定面高度の風向・風速、
 緑線:各指定面高度の等温線、流線:地上と上層の大まかな気流の様子を示す。)

図 8 赤外面像と断面図 (2002 年 7 月 24 日 00UTC)

これまで、画像から解析できる第9号と上層寒冷低気圧対応の雲渦との関係を平面的な観点から述べてきたが、図8に示す、第9号と上層寒冷低気圧（図8（イ）で「UCL」と表記）が相互運動中の赤外画像と双方及び第11号を貫く方向の鉛直断面図により、立体的な関係を考察する。

図8（イ）を解析すると、図中UCLの150hPa付近には低気圧性回転が認められる。しかし、この回転下の下層から地上にかけては鞍部となっている。この150hPa付近に見られる低気圧性回転は、水蒸気画像で上層雲渦として解析できる上層寒冷低気圧に対応するもので、鉛直断面図を作成することにより、台風近傍に存在する上層寒冷低気圧の回転を明瞭に確認することができる。また、この図で150～200hPaに着目すると、上層寒冷低気圧（図中UCL）と第9号の間で南東風が強まり、上層寒冷低気圧に流れ込んでいる様子が判る。これは近傍に上層寒冷低気圧が存在することで、第9号の上層で高気圧性発散が促進されており、台風の勢力維持に寄与していることを示すものと考えられる。

この他、本題ではないが、個々の台風の東側（図8（イ）の下に「T0211」、「T0209」と表記した位置の右側）では南東風が卓越し、逆に西側では北から北西風が卓越して反時計回りの回転をしている。ここで注目すべきことは両台風の下層からの南寄りの風の進入の違いである。第9号の方は150hPa上空まで南から東南東の風が進入しているのに対して、第11号の方は300hPaの高さにまでしか達していない。等温線で見ても第9号の方が上空まで暖気が進入している。これから、第9号の雲域の方が上層まで対流不安定で背の高い積乱雲を含んでいたと推察される。

3. 衛星画像から見た台風の相互運動

二つの台風が存在し、指向流がないとすれば、強い台風（中心気圧がより低い、最大風速がより強い台風）の近くに弱い台風があると相互作用は一方的になり、弱い台風は強い台風の周りを大きく振り回されるように低気圧性に回転する経路をとる。しかし、弱い

台風が発達して強い台風と勢力に差がなくなってくると、二つの台風の重心を作用中心として相互に同じ速度で低気圧性に回転する経路をとり始める。この運動は「藤原の効果」とも言われる。相互運動が現れ始める距離は、二つの台風の中心間が800海里（約1,500km）くらいからで、400海里（約750km）以下になれば回転運動をしながら相互の距離を縮めることが多い（Fujiwara, 1921）。淵田（1983）も、3つの台風が相互運動を始めた距離は中央に位置した台風からそれぞれ1,544 kmと1,415 kmであったとしている。

本事例では、後から発生した第11号は第9号の西南西約1,790kmの地点にあり、発生期の時点では偏東風に乗り西進していたが、両台風間の距離が約1,590kmになった7月23日00UTC頃から相互運動を始めている。

(1) 第9号と第11号の移動経路

図9は第9号と第11号の12時間毎の移動経路である。この経路の変化から推定すると、両台風の相互運動が始まったのは第11号の西進成分がなくなった7月23日00UTC頃（図9に太字で示す時刻）からで、両台風は相互の重心を中心として互いに引き合いながら反時計回りの経路をとっている。

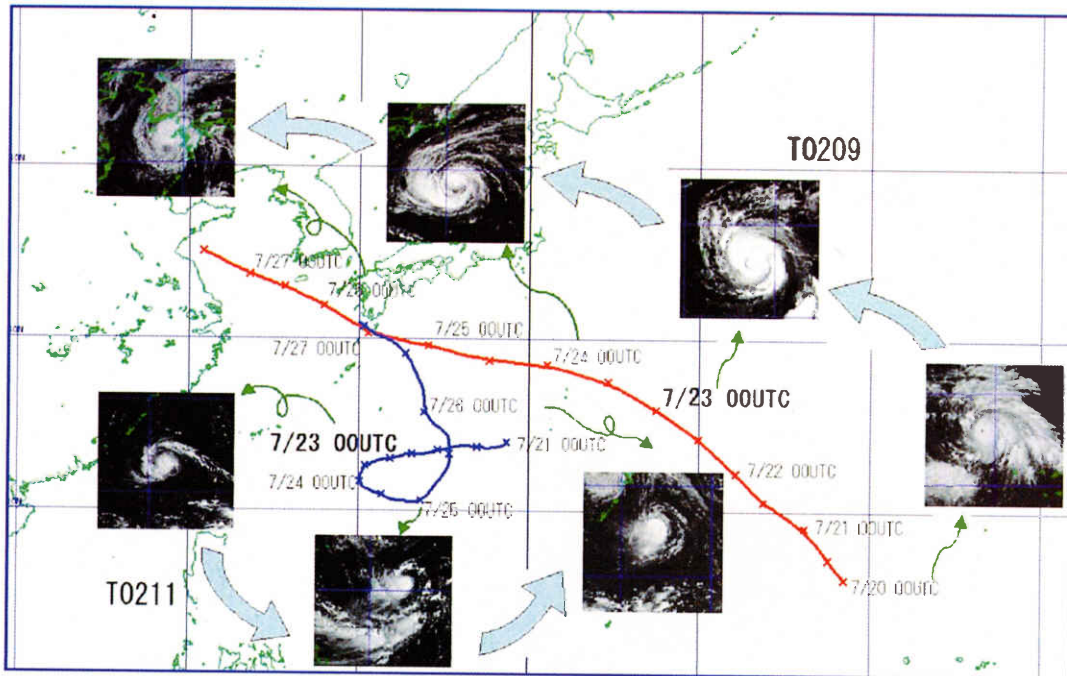


図 9 第 9 号（赤線：7 月 20 日 00UTC ～ 7 月 27 日 12UTC）と第 11 号（青線：7 月 21 日 00UTC ～ 7 月 27 日 00UTC）の移動経路と対応する可視画像

(2) 衛星画像から見た相互運動

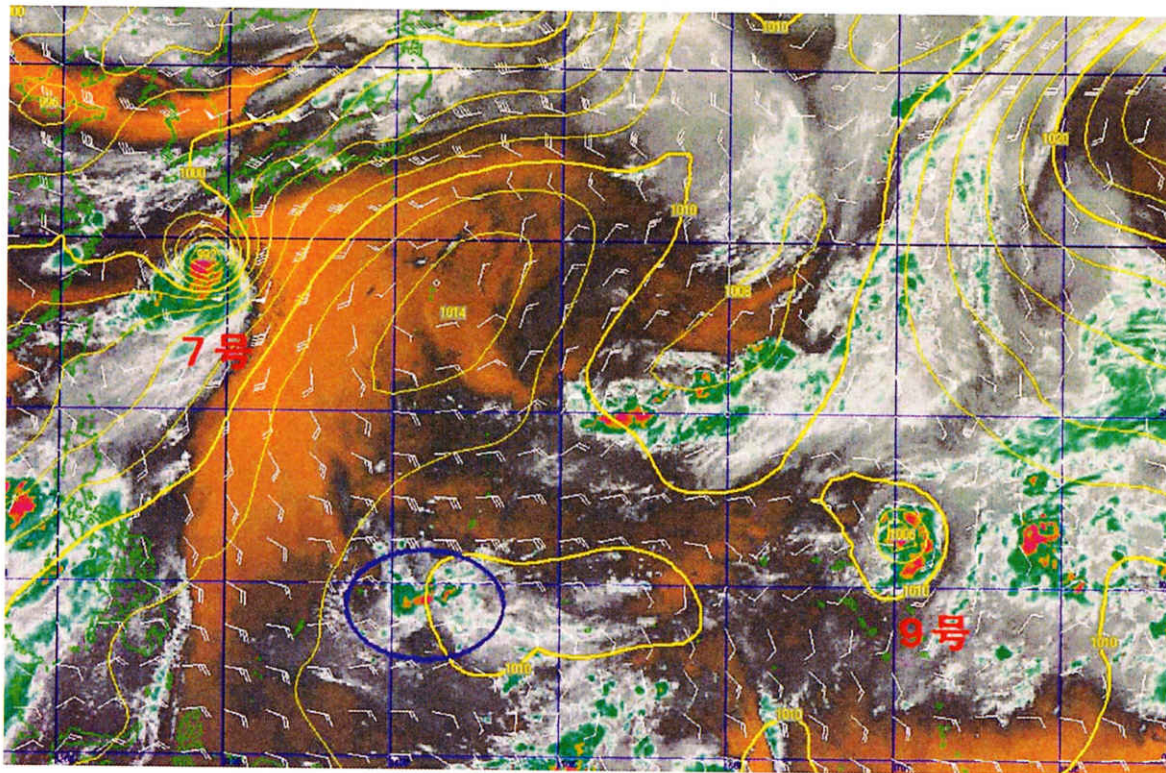


図 10 第 11 号発生前の水蒸気画像（2002 年 7 月 15 日 00UTC）

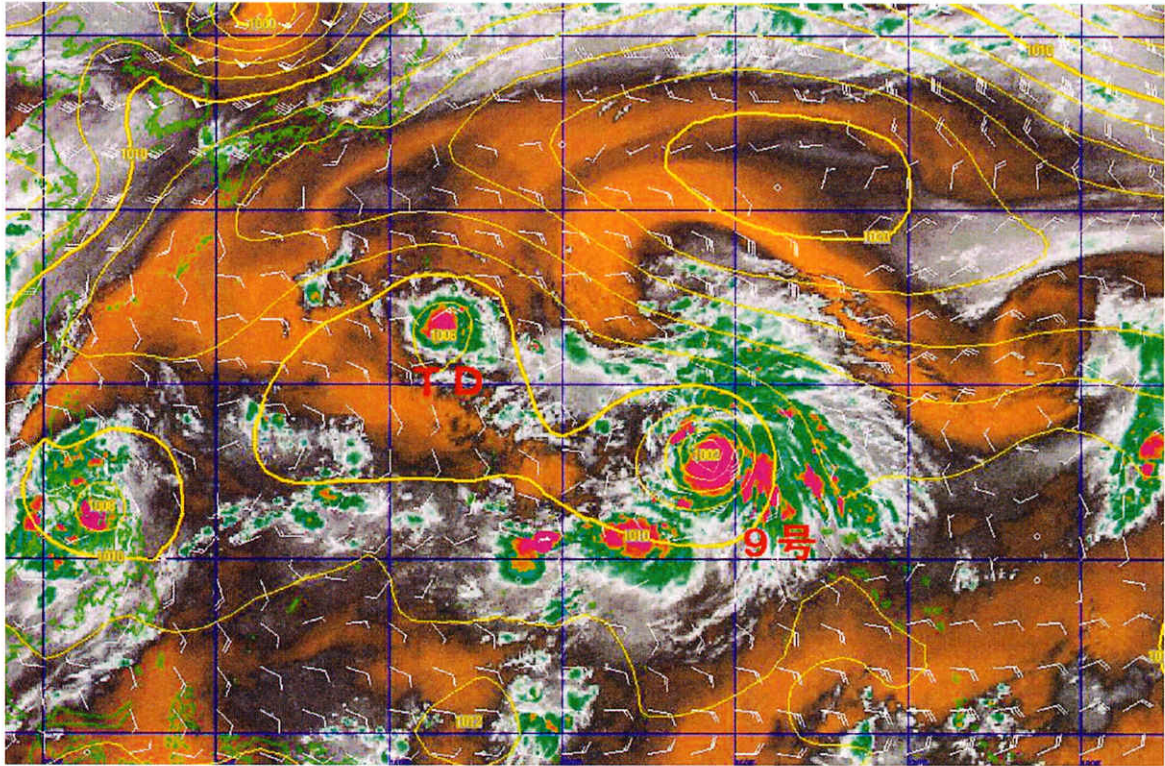


図 11 第 9 号と第 11 号の相互運動開始前の水蒸気画像 (2002 年 7 月 20 日 00UTC)

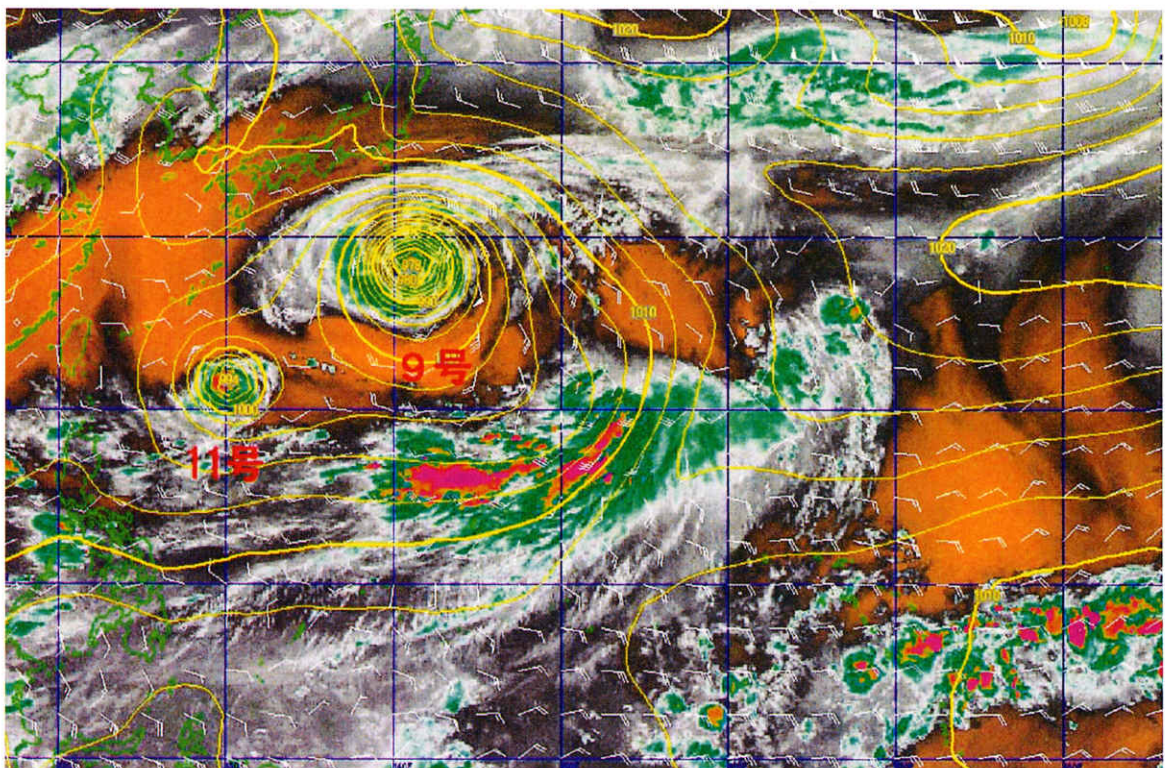


図 12 第 9 号と第 11 号の相互運動中の水蒸気画像 (2002 年 7 月 24 日 00UTC)

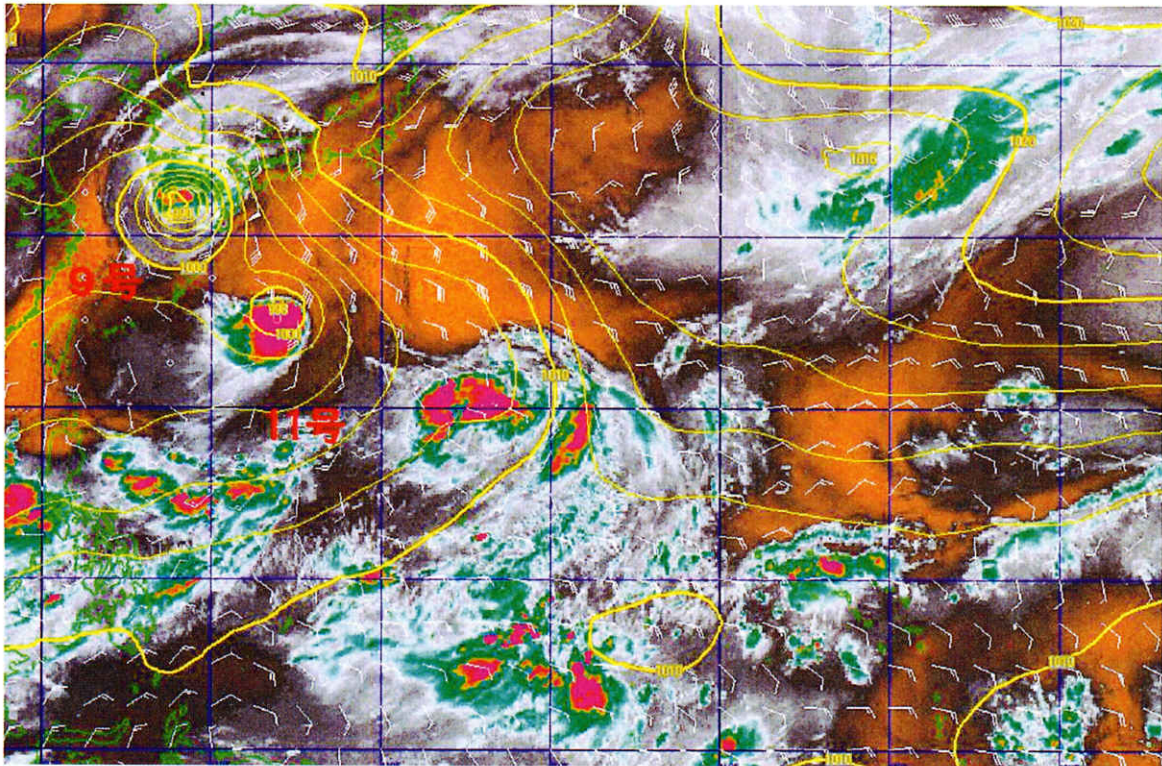


図 13 第 9 号と第 11 号の相互運動終了間近の水蒸気画像 (2002 年 7 月 26 日 00UTC)

図 10 から図 13 には、第 11 号発生前、第 9 号と第 11 号の相互運動開始前、相互運動中、相互運動終了間近の水蒸気画像と地上の等圧線を示す。通常、台風周辺の指向流の解析には 500hPa の風向・風速が用いられる。本事例では、指向流を加味した解析は行っていないが、参考までに 500hPa の風向・風速データ (矢羽根) を重ねて表示している。

図 10 の北緯 10 度、東経 150 度付近にある低圧部の西端にある積乱雲群 (楕円の部分) が後に第 11 号になる雲域である。この時、沖縄近海には第 7 号に伴う雲域も見えている。太平洋高気圧はこの第 7 号の東縁から日本の南岸に張り出している。しかし東経 160 度付近は偏西風帯が大きく蛇行して中緯度の寒気が亜熱帯に流入し、低圧場となっている。

7 月 20 日 00 UTC (図 11) になると、図 10 で東経 160 度付近にあった低圧場は偏西風帯から切離され、

太平洋高気圧の強まりとともに上層寒冷低気圧 (北緯 28 度、東経 155 度付近の上層雲渦で、画像では灰色に見える。) のみとなっている。太平洋高気圧は東経 165 度付近を中心として、東日本から西日本、沖縄付近を覆う長大な高圧帯となっている。北緯 24 度、東経 143 度付近にある TD が、後に第 11 号となる雲域である。

7 月 24 日 00UTC の画像 (図 12) を見ると、第 9 号は太平洋高気圧の中を北西に移動している。一方、第 11 号の西進成分はなくなり、南南東進している。20 日と 24 日の画像 (図 11 と図 12) を比較すると、明らかにこの二つの台風は相互運動しているのが判る。

7 月 26 日 00UTC (図 13) になると第 9 号は東経 130 度線を越えている。第 11 号はこの後を追うように西進している。

(3) 二つの台風の最大風速より求めた重心を中心とした相互運動

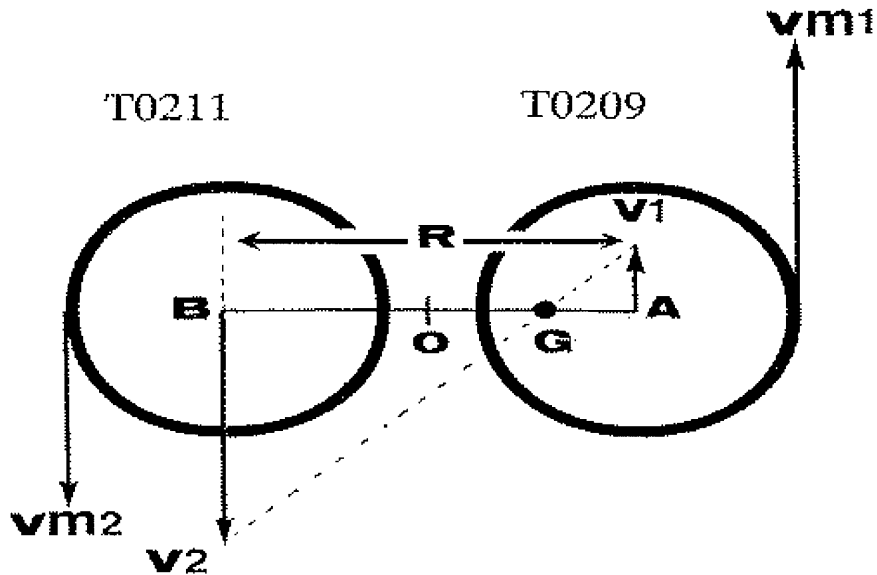


図 14 相互の風速場によって生ずる二台風移動の模式図 (気象庁予報部, 1974)

G: 両台風の重心 V1, V2: 両台風の移動方向・速度 vm1, vm2: 両台風の最大風速
 O: 両台風間の中間点 R: 両台風間の距離

図 14 は、相互の風速場によって生ずる二つの台風の移動を模式的に示したものである。図中 A は第 9 号に、B は第 11 号に相当する。二つの台風は重心 G を中心としてその勢力の違いによって互いに影響し合い、反時計回りの軌跡をとる。

最大風速が入手できる場合、両台風の重心 G は次式より求められる。

$$\overline{GA} = \frac{V_{m2}}{V_{m1} + V_{m2}} \cdot R$$

\overline{GA} は台風 A (本事例では第 9 号) の中心から重心までの距離を示し、その計算結果を表 2 に示す。また、この結果を図 15 に図示する。

表 2 は両台風の相互運動開始から温低化までの両台風の中心気圧から求めた最大風速及び第 9 号から重心までの距離と両台風間の距離である。時間間隔は 6 時間毎に表示している。

表 2 によると、最初 1,590km あった両台風間の距離は次第に近づき、7 月 25 日 12UTC には 830km までになった。その後は、互いの進行方向の違いから距離が開き、第 9 号の温低化時には再度 840km まで接近している。両台風の勢力を比較すると、第 11 号発生時には第 9 号が最大風速 85kt (中心気圧 940hPa)、第 11 号が最大風速 50kt (中心気圧 985hPa) で第 9 号の勢力の方が強かったが、第 9 号が温帯域に入り始めた 24 日 00UTC 頃からほぼ同じ勢力となっている。

表2 両台風の相互運動開始から温低化までの中心気圧から求めた最大風速 (kt)、重心までの距離と台風間の距離 (km)

日時	7/23 00	06	12	18	7/24 00	06	12	18
T0209Vm1:A (kt)	85	80	80	80	70	70	65	65
GA (T0209) (km)	589	669	705	687	650	565	505	442
T0211Vm2:B (kt)	50	60	70	75	70	70	65	60
R (km)	1590	1560	1510	1420	1300	1130	1010	920

日時	7/25 00	06	12	18	7/26 00	06	12	18	7/27 00
T0209Vm1:A (kt)	60	60	55	55	55	50	45	40	35
GA (T0209) (km)	435	435	415	420	465	417	445	440	420
T0211Vm2:B (kt)	60	60	55	55	55	45	45	40	35
R (km)	870	870	830	840	930	880	890	880	840

T0209Vm1 : A - 第9号の最大風速、T0211Vm2 : B - 第11号の最大風速

GA (T0209) - 第9号から重心までの距離 (km)、R (km) - 両台風間の距離

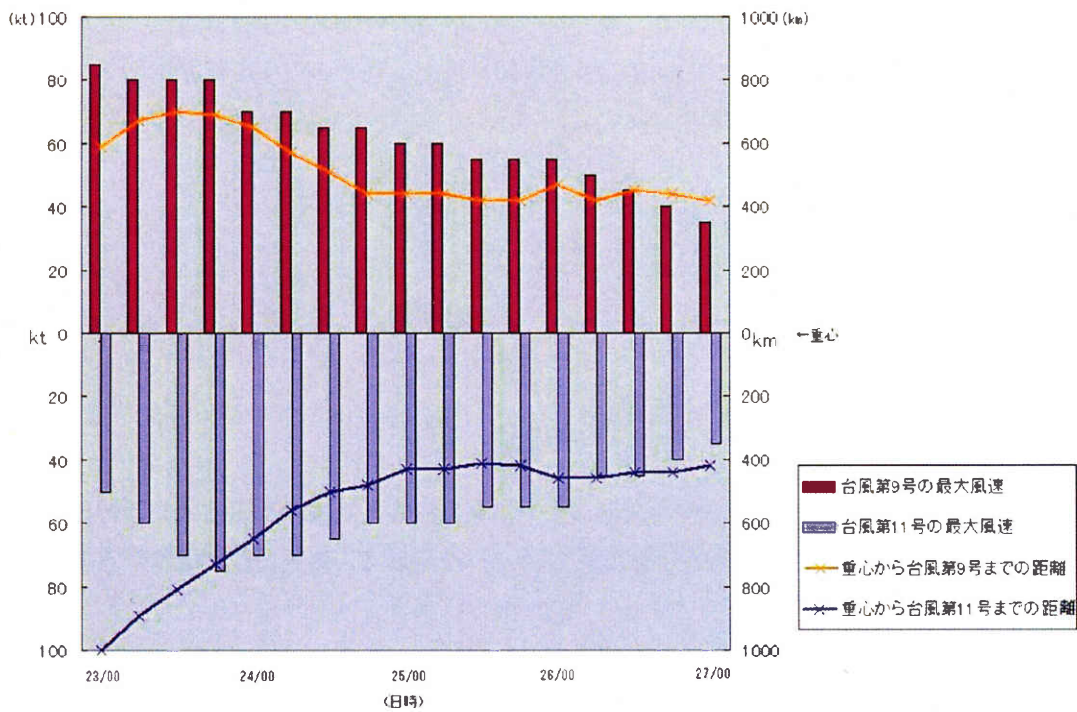


図15 両台風の相互運動開始から温低化までの最大風速 (kt) 及び重心までの距離 (km)

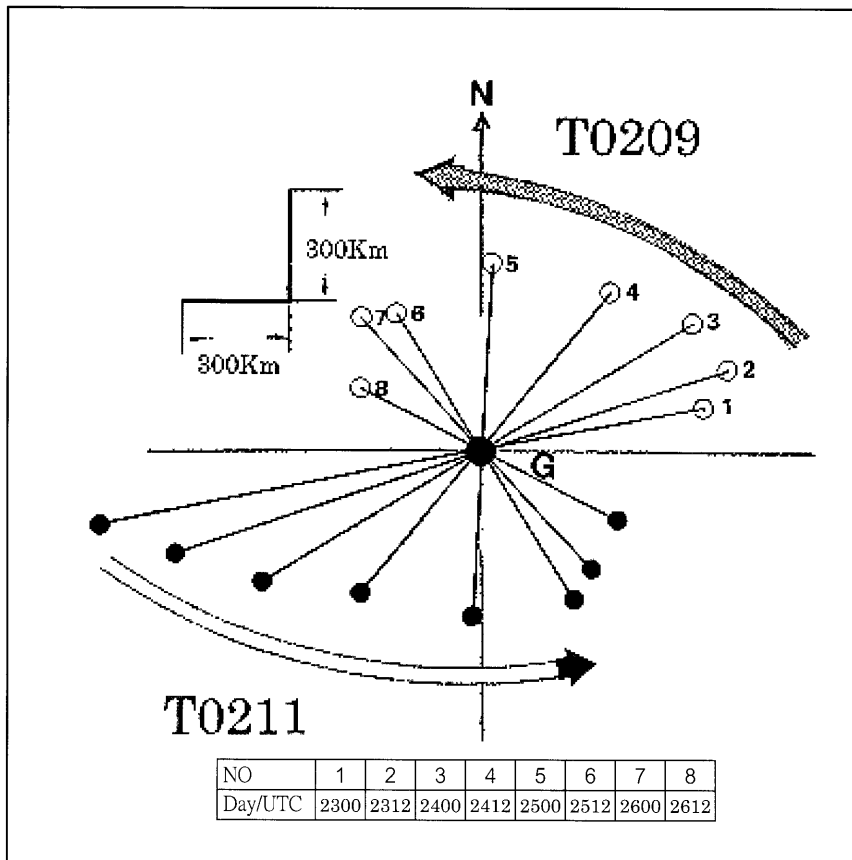


図 16 第 9 号と第 11 号の重心を一点に固定した場合の相互運動
 G：重心 白丸：T0209 の中心位置 黒丸：T0211 の中心位置

図 16 は第 9 号と第 11 号の重心を一点に固定して示した相互運動の様子である。第 11 号発生時には第 9 号の勢力の方が強かったため、第 11 号は第 9 号に比べて大きな動きをしながら第 9 号に接近している。しかし、勢力に差がなくなった 24 日 00UTC 頃から両台風の動き（移動の角速度）は変わらなくなり、その距離に大きな変化がなくなった。この図から見ると第 9 号は重心に対して西進、第 11 号は東進しており、二つの台風の相互運動の様子が良く判る。

4. まとめ

①台風の発生形態

本事例解析を行った台風の発生形態は、上層偏東風波動擾乱との相互作用により発生し発達する「上層偏

東風波動と ITCZ のクラウドクラスターとのカップリング型」であった。この発生形態は上層と下層の位相の条件が揃うと、台風の発生に周期性が現れ一定間隔で 2～3 個の台風が発生することもあるが、この事例でも約 2,000 km 間隔で熱帯擾乱が発生していた。

②熱帯擾乱と上層偏東風波動擾乱の関係

この型では、熱帯擾乱と上層偏東風波動擾乱は対の関係にあり、西進するに従って二つの擾乱の距離は縮まる。また、熱帯擾乱が北緯 30 度付近まで北上し、互いの距離が約 1,000km を下回ると上層偏東風波動擾乱は熱帯擾乱の周りを回り始め、最終的には消滅してしまう。本事例では第 9 号と上層偏東風波動擾乱の振る舞いだけを報告したが、第 11 号も同じようなパター

ンを示していた。しかし、第 10 号については台風と
なつて僅か一日で消滅したため、これを検証すること
はできなかった。第 9 号の勢力の盛衰に限っていえば、
双方の距離が 1,000km から 900km に縮まる間が最も
強くなり、上層寒冷低気圧対応の雲渦が消滅した後の
勢力は急速に衰弱している。台風と対になった上層寒
冷低気圧の存在や台風中心からの距離の変化が、台風
の勢力の変化に及ぼす関係については、この 1 事例だ
けでは断言できないので、今後、調査を重ねて台風の
発達、衰弱との関係を示したい。

③台風の相互運動

第 9 号と第 11 号が相互運動を始めた時間帯は、第
11 号発生から 2 日後の 23 日 00UTC 頃からであり、
その時点で二つの台風間の距離は約 1,590km であつ
た。このことは Fujiwara (1921) のいう相互運動が現
れ始める距離関係とほぼ一致する。相互運動は、両台
風の重心を中心とした反時計周りの軌跡をもたらし、
その運動は第 9 号の消滅まで続き、消滅時には 840
km の距離まで近づいた。

気象庁で区分けしている“台風が二つ並んだ時の経
路モデル”を引用すると、本事例の相互運動は第 11
号の方が殆ど停滞かゆっくり東南東進しているのに対
して、第 9 号はその北東側を速いスピードで西進して
いる。経路モデルでいう指向型であつた。

なお、各チャンネル帯の画像から相互運動時の特徴
を抽出できないか試みたが、本事例ではこれを見出す
ことはできなかった。今後の課題としたい。

参考文献

- 測田 信敏, 1983: 台風 8305 号と 8306 号, 8307 号に
見られた相互運動, 気象衛星セン
ター技術報告 10 号
- Fujiwara, S., 1921: The natural tendency towards
symmetry of motion and its
application as a principle in
meteorology. Quart. J. Roy.
Meteor. Soc., 47, ibid., 49
- 気象庁予報部, 1974: 予報作業指針 その 5 (台風予
報)
- 気象庁予報部, 1990: 予報作業指針 台風予報
- 気象衛星センター, 2000: 気象衛星画像の解析と利用
- 鈴木 精一, 1978: ANA AVIATION WEATHER
(応用編), 第 2 編 (特論); 全
日空
- 鈴木 達也, 1991: 相互作用を起こした台風 21 号と
22 号, 気象 11 月号