

洞爺丸台風の温帯低気圧化について*

村松 照 男**

要 旨

偏西風帯へ侵入し加速した台風が温帯低気圧化とともに再発達する場合、移動速度が急激に減少する(村松, 1983)。この事実に基づき、洞爺丸台風(T5415)の温低化問題を考察した。この結果、台風は日本海南部で急速に温低化が進行し、北海道南西海上へ進んだ9月26日15~18時の間に温低化が完了するとともに、閉塞期の温帯低気圧として急激に再発達し移動速度が急激に減少した、という点が解明された。洞爺丸等の船舶はこの温帯低気圧の南象限にあった30m/sを越す南西風極大域で遭難した。

また、洞爺丸台風と非常に類似した台風8017を解析し、その共通性を明らかにし、GMS画像上での温低化過程を解析した。

1. はじめに

1954年9月26日、日本海を北上した台風5415は北海道南西方海上で急速に再発達するとともに、速度を約半分落到した。この未曾有の暴風雨の中で青函連絡船洞爺丸をはじめ多くの船舶が遭難した。台風5415は“洞爺丸台風”と呼ばれることになった。

洞爺丸台風については、気象庁彙報(1956)一昭和29年台風第15号報告一で詳しく報告されている。特徴点を整理すると、

- イ) 台風は南方洋上では弱かったが北上するにつれて発達し、北海道西方海上で急激に発達し最も強大となった(26日21時前後)、
- ロ) 西日本を縦断して日本海中部に至るまでは100km/hrと速度が非常に速く、北海道西海上で半分以下に減速した、
- ハ) 北海道地方では記録的な風害となり、洞爺丸をはじめ船舶の大量遭難が発生し、台風の中心近くで岩内大火が起こった。

特に北海道南西方海上での急激な再発達と同時に起こった移動速度の急減速の謎が未解明のまま残った。

村松(1983)は、成熟した台風が十分勢力を保ちながら中緯度偏西風帯へ侵入し、深いトラフの前面を北東—北北東進する場合、台風の温帯低気圧化(略して“温低化”と呼ぶ)の進行に伴い、移動速度が次のような特徴的な変化パターンを示すことを明らかにした。すなわち、1) 偏西風帯へ侵入することによる急加速期、2) 温低化完了直前の速度極大期、3) 温低化の最終段階での偏西風じょう乱との相互作用・再発達による急減速期、4) 温低化完了後、閉塞期の温帯低気圧としての成熟過程における速度極小期、5) 偏西風じょう乱の温帯低気圧としての移動期;という温低化一再発達と移動速度の急加速後急減速という関係を明らかにした。

この因果関係は先に述べたように、洞爺丸台風の変化の特徴である急速な再発達と移動速度の急減少という現象にきわめてよい類似性が見出される。本報では、村松(1983)の解析をもとに、洞爺丸台風の移動速度の変化パターンと温低化過程との関係を議論し、データの非常に少ない中ではあるが、地上・高層データをもとに裏づけを行う。また台風5415と非常によく似たケースである台風8017についてGMS画像で調べ、共通性を議論する。

2. 移動速度の変化から見た洞爺丸台風の温低化

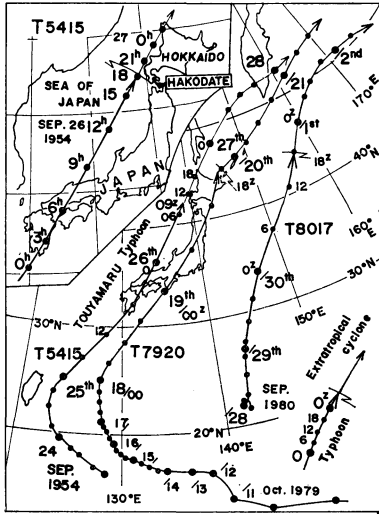
台風が偏西風帯へ侵入し、深いトラフの前面を北東進する場合、温低化とともに再発達する過程で移動速度が加速後減速という系統的な変化をすることが解析されて

* On the transformation of the Touyamaru typhoon into the extratropical cyclone.

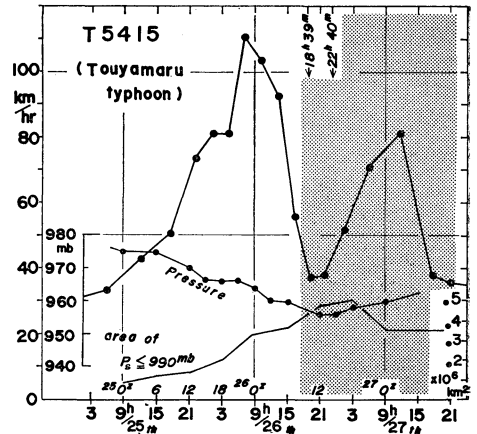
** Teruo Muramatsu, 気象研究所台風研究部.

—1983年3月15日受領—

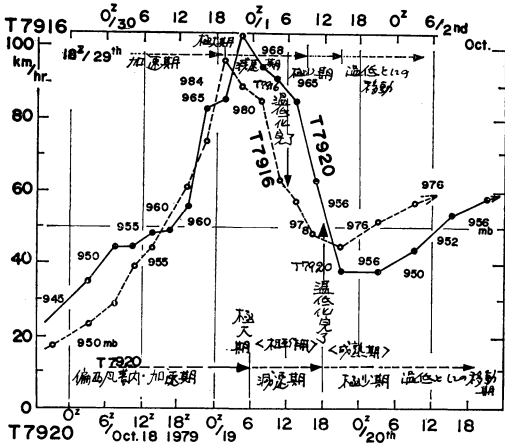
—1983年6月25日受理—



第1図 台風5415(洞爺丸台風), 台風7920, 台風8017の移動経路(実線)と温帯化後の経路(細線).



第3図 台風5415(洞爺丸台風)の移動速度・中心気圧及び990mbの等圧線の領域の時間変化。1954年9月25~27日, 点影の部分は温帯低気圧の期間。



第2図 台風7916及び台風7920の温帯化に伴う移動速度の変化, 偏西風帯加速→極大→減速→極小→再加速の各段階に分けたもの。

いる(村松, 1983)。その代表的な例である台風7920の経路と本報で議論する台風5415(洞爺丸台風)の経路を第1図に示した。偏西風帯で加速しながら北東進し、北海道周辺で急減速した経路上の特徴がよく似ている。

気象庁彙報(1956)に詳しく述べられているように、台風5415は1954年9月23日に発生し、24日12Zには台湾沖の23°N付近で北から北北東へ転向し、東シナ海を北東進した。25日17Z(26日02時)には九州へ上陸、26日00Z(09時)には日本海南部を加速しながら北東進し、

06Z(15時)頃から急激に減速し、27日早朝オホーツク海へ抜け、28日00Zにはカムチャッカ半島南部で温帯低気圧になったと報告されている。

温帯化とともに再発達した台風7920および7916について、この移動速度の変化を村松(1983)による解析で第2図に示した。両台風とも偏西風帯で加速後急減速という移動速度の特徴的な変化が共通して見られ、1978~1981年の4年間の統計的分類でも同様な特徴的な変化パターン例が温帯化する台風例32例中7例に共通していた(村松, 1983)。

第3図は台風5415(洞爺丸台風)の移動速度の変化および中心気圧・地上天気図の990mbの領域の時間変化を示している。台風は中国地方から日本海へ抜けた直後に100km/hrを越す非常に速い速度(26日6~9時)となり、この時を境に速度が急激に減速した。また同時に P_s (地上気圧) ≤ 990 mbの領域で見ると拡大し、中心気圧も減少し再発達過程に入ったことを示している。この $P_s \leq 990$ mbの領域は、台風循環が同心円状に明瞭に観測されていた九州南部(26日03時、以下時刻は他の論文および洞爺丸台風の解析のため主に日本標準時を使い、世界標準時を使った場合Zと記す)を進行中の時に比べ、減速過程に入った日本海中部での15時には約1.7倍、北海道西海上の21時には2倍と拡大し続けた。中心気圧も同時に15時960mb、21時には956mbと減速過程の中で低気圧循環の領域の拡大と中心気圧の深まりという急速な再発達過程を進んだことを示している。

台風5415の移動速度の変化パターンを台風7916および台風7920(第2図)のそれと比較すると、3台風とも明白な共通点をもつことがわかる。

イ) 転向したあと 偏西風帯のトラフの前面を北東進し、急な加速期に入り、速度は極大で100km/hr前後となっている。ロ) 速度の急減速期間と低気圧循環の再発達が同時現象であり、速度は極大時に較べ半分以下となった。

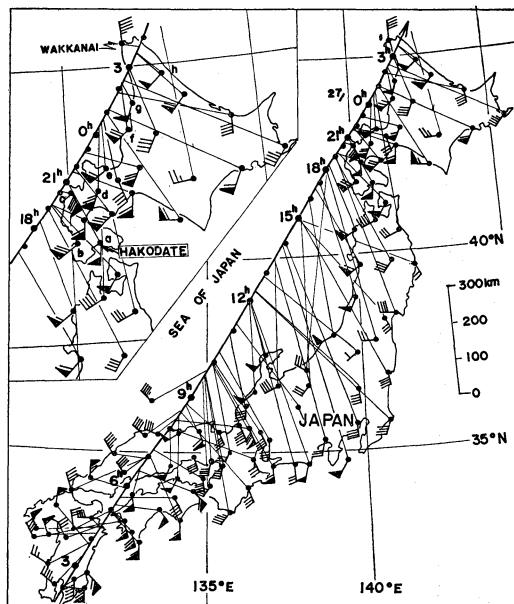
台風7916および7920では偏西風帯での急加速と温低化完了の9~12時間くらい前の速度極大が起こり、急減速とそれに続く速度極小期に温帯低気圧として再発達し、その後再加速期となった。すなわち、第2図と第3図の特徴的な変化パターンから見て、台風5415(洞爺丸台風)は26日15時から遅くとも18時の間に温低化が完了したと推論されよう。

以上述べたように、26日15時から18時の間に温低化が完了したと結論を下すと、洞爺丸台風における未解明な部分であった“北海道西方海上での急激な減速過程と再発達;両者の同時現象”が演繹的に説明できる。すなわち、台風は日本海で急速に温低化が進行し、26日9時を境に減速過程に移るとともに再発達し、21時、積丹半島付近で閉塞期の低気圧として成熟し、中心示度が956mbまで発達し速度極小期となり、990mbの等圧線の閉じた領域の拡大で見られる水平方向への強風域の拡大をもたらした。後で解析して述べるが、発達した温帯低気圧特有の非常に強い南西風が中心から70~150kmの南象限にベルト状に存在している点も、温低化の完了、成熟段階への移行を裏付けている。この南西風の最強域で洞爺丸等の遭難事故が起こっている。一方、岩内大火(26日20時頃出火)についても温帯低気圧の中心の南象限に存在する乾燥域内での事象として捕えれば説明がつくであろう。

3. 地上・高層観測データから見た温低化

前章では、移動速度の特徴的な変化と温低化との関連から演繹して、台風5415の温低化は日本海へ入って急激に進行し、26日15~18時の間には温低化が完了したことを示した。この過程を昭和29年当時のデータで推論してみよう。

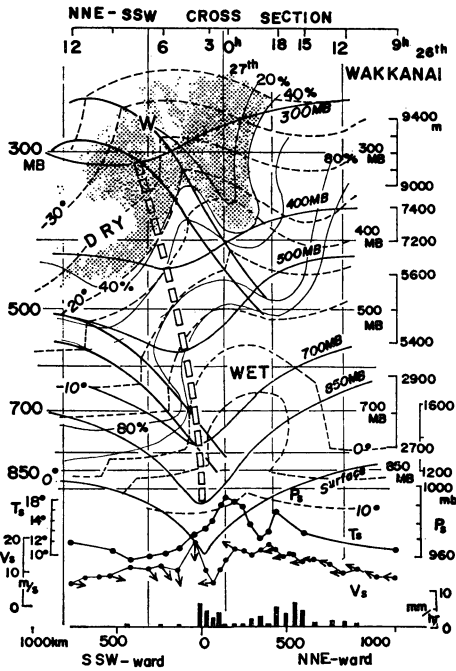
昭和29年には衛星写真もなく、気象データもきわめて粗であった。特に、イ) 日本海のデータは皆無であった。ロ) 高層風データは現在行われている自動追尾方式による風観測ではなく、等感度方式の時代で高層風の誤差は非常に大きく、高層気象観測は通常1日2回しかなかつ



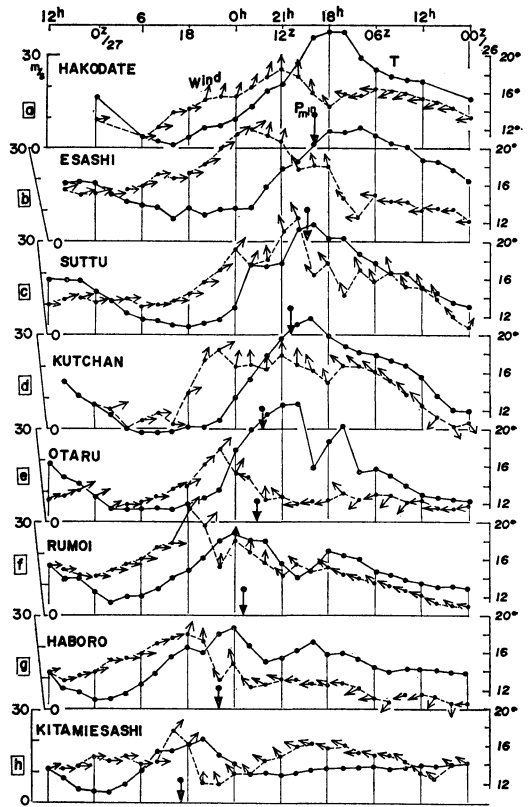
第4図 台風5415の通過による各観測点での極大風速とその時の台風との相対位置. a, b, ..., hは第6図の観測点。

た。ハ) 中国のデータは全く入らず、朝鮮半島およびソ連のデータも極めて少なかった。この様な状況下であるが台風の温低化問題を議論してみよう。

まずはじめに最も密な観測網である地上風で検討する。第4図は台風5415の通過による各観測点ごとの最大風速と、その最大風速が起こった時の台風の中心との相対位置を示したものである。九州へ上陸し中国地方を縦断している期間の最大風速は、台風の東から南象限でかつ中心が最も接近した位置で起こっている場合が多い。風速は50~70ノット(26~36m/s)と強く、風向は主に南~南東であった。一方、日本海へ抜けたあと、10時を境に、それまでの最大風速の風向が南~南東であったのが明らかに南~南西へ変化した。偏西風場の中を移動する台風による風の場合は両者の合成されたものとなり、この台風の場合のように北東進する台風でかつ台風循環自体の循環が強い場合は移動のベクトルが加わり、南東象限で極大風速となる。また温低化の進行とともに台風循環自体の循環が弱まると、温低化の特徴的な形状でも明らかのように、南象限を主として南西風向の極大風速が現われると考えられる。このことから、この極大風の風向が急変した10時を境に台風の特性を急速に失いつつ、温低化が進行したことを物語っている。



第5図 稚内の高層観測データのタイムシーケンスで見たT5415(既に温帯低気圧)の鉛直構造。稚内付近通過は27日03時半。



第6図 台風(温帯低気圧)の移動にほぼ沿う地上観測点における風と気温のタイムシーケンス、函館→北見枝幸、a, b, ..., hの位置は第4図に示す。

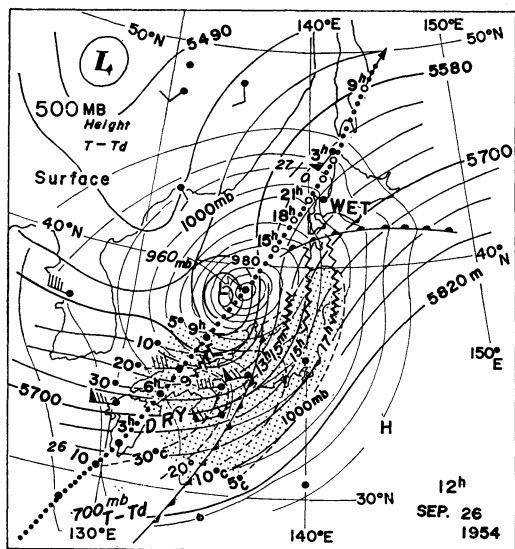
北海道西方海上で急速に再発達し、最低気圧 956mb を記録した 26日21時には、南象限の中心より 100~200 km 付近に南西風の極大強風域(25~35m/s)が顕著に観測され、そのあとも持続的にこの傾向が続いた。このことは、既に閉塞期の温帯低気圧として成熟しつつあることを示す中心域の拡大、強風域ベルトの外側への拡がりドーナツ化現象を示し、温低化完了とともに再発達したことを意味する。

次に、台風5415が27日04時頃に稚内の高層観測点付近を通過したので、この時点で台風特有の構造を有しているか否かを解くため鉛直構造を調べよう。台風との相対距離を横軸に時空間変換した高層の断面図を第5図に示す。観測は図中細線で示した時刻で行われ、地上は毎時データを用い、循環の NNE から SSW の断面を示している。特徴点としては、

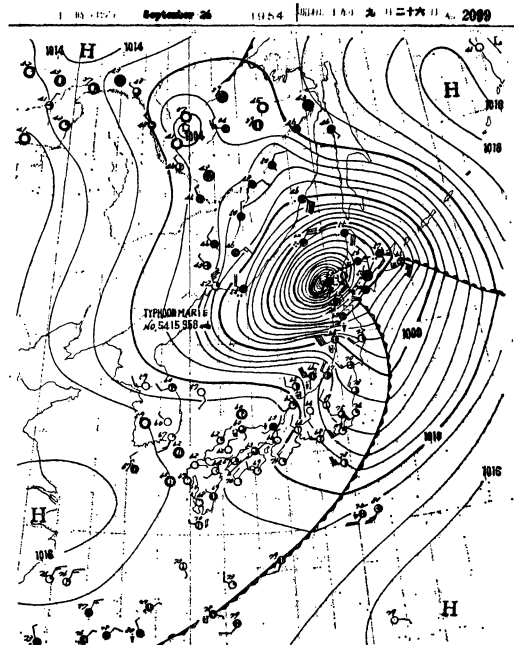
- イ) 渦管の軸は上層ほど進行方向後面へ傾き、温度場では進行方向後面の南西象限に寒気が存在し、北東-南西のコントラストが強い、ロ) 700mb 付近の大气中層の安定層が循環中心付近に存在し、乾燥域もほぼ中心域まですでに到達している、ハ) 一方、地上の降雨は 500

km 以内では循環中心前面でも最大 6mm/hr 以下と少なく、中心通過後はほとんど無降水となっている、ニ) 地上温度も進行前面で 18°C と高く、その後急速に低下し前線の通過を示唆している、ホ) 中心付近の台風特有の極大風速の集中性はない、の 5 点である。イ)~ホ) の特徴点から見て、稚内通過の時点で温帯低気圧の構造的特徴のみで台風特有の形状はなく、27日04時にはすでに温帯低気圧の構造であったと言えよう。

次に、この26日10時から27日04時の間の構造変化を調べる。日本海上のデータは皆無であったので、函館から稚内までの台風の移動に沿うような観測点の地上データの時間変化をとり、第6図に示した。地上気圧の極小の起時を太矢印で示した。函館で26日18時55分に気圧が極小となったが、気温の極大は17時で、気圧の極小の起時より2時間先行し、風速の極大は21時と2時間遅れて



第7図 温低化直前の26日12時の、500mb高度場と風及び $T-T_d$ (陰影域は $T-T_d \geq 5^\circ\text{C}$ の乾燥域)、地上等圧線；寒冷前線(折れ線は寒冷前線の移動)及びドットラインは台風及び台風から変わった温帯低気圧の経路。



第8図 地上(印刷)天気図, 1954年9月26日21時。

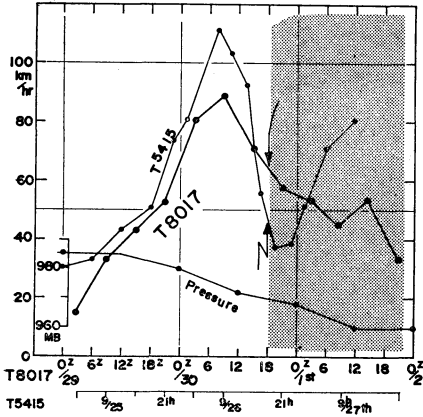
いるのが注目される。函館の西方50kmの江差では、より循環中心に近いにもかかわらず、気圧の極小が19時20分、風速の極大の起時は23時で南西の36m/sであった。30m/sを越す風速は21時から01時の間に観測され、台風との相対距離で80~180kmの南~南東象限のベルト状の領域で起こっている。台風の北東進に伴いこの傾向は続き、循環中心が最も近づいた時と見られる気圧極小の起時と極大風の起時は約2時間遅れて観測され、最強風域は中心付近よりおよそ100~200kmのドーナツ状に分布し、卓越風向は南西であった。第4図で台風の中心から50kmの寿都で南東風70ノット(36m/s)が吹いているが、これは南東-北西走向の地溝帯という地形の特性を強く受けているものである。これらを除く南西風の強風域は稚内通過まで追跡でき、地上観測で函館で南西風の極大風を記録した26日19時にはすでに温低化していることが推論される。同様に、東北地方の日本海側の観測点でも14~18時の間に、台風の最も接近した時より2~3時間遅れて風速の極大が起こり、台風の南象限で南西風の50ノット(26m/s)以上の強風となっている。これらを総合してみると、26日18時以前に台風は温低化が完了していると推察され、矛盾なく説明できる。

次に温低化が急激に進行した26日12時の500mb高度

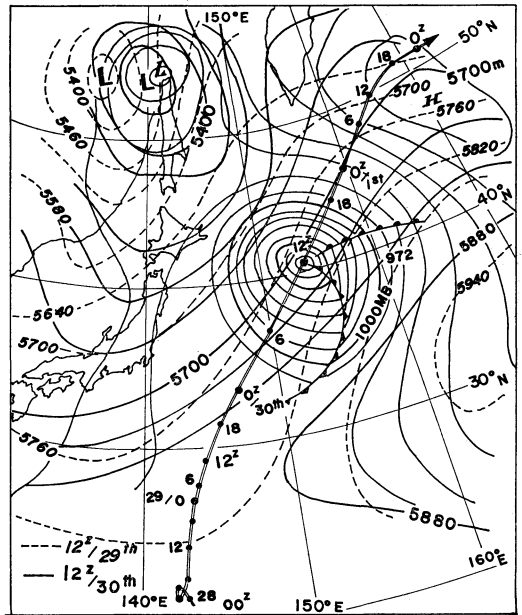
場、 $T-T_d$ および地上の天気図を第7図に示す。大気中層500mbでの $T-T_d$ 分布を見ると、非常に乾燥した領域が九州から近畿地方へ拡がり、台風の南西から南東象限まで $T-T_d \geq 5^\circ\text{C}$ 域が侵入したことがわかる。輪島のデータがないが、地上の降雨分布や前線の位置、雲の分布から見て、ほぼ循環中心近くまでdry slot(乾舌)状となり、温低化完了の条件になりつつあることを示している。

一方、内海他(1950)によれば、この台風5415は日本海へ抜けた26日09時すぎには、台風の南西象限の、中心より100km足らずの所で寒冷前線の通過を示す気温の急降下(26~20°C)の現象が記録され、13時40分には新潟、次いで日本海沿いの東北地方の観測点で、南西から西への風向の急変、約10°Cにも及ぶ気温の急低下、湿度の低下という顕著な寒冷前線の通過が連続的に観測された。第7図の中に顕著な急変を折れ線の連続で示し、前線の移動を示した。中心のすぐ南まで寒冷前線が顕在化したことと、大気中層の乾燥域の侵入とから見て、台風は9時以後急速に温低化が進行し、12時には完了直前まで到達していたと見られよう。

第8図は洞爺丸遭難直前の26日21時の印刷天気図である。前線を伴い、南~南西象限には無降水域や晴天域が



第9図 台風8017及び台風5415の移動速度の変化、及び台風8017の中心気圧の変化。矢印は温低化完了。



第10図 台風8017の温低化完了直前の500mb高度(太線)及び地上等圧線(細線),1980年9月30日12Z;及び前日29日12Zの500mb高度(破線)と経路(2重線)。

現れ、進行方向前面への降雨域の移行、等圧線の変形など、すでに閉塞期の温帯低気圧の特性となっていると言えよう。

以上解析したごとく、移動速度の変化から見て、洞爺丸台風(T5415)は洞爺丸出航(18時39分)、遭難(22時40分)時にはすでに温低化が完了し、再発達中の温帯低気圧であったと結論できる。急激に再発達中の温帯低気圧の南-南東象限にあるベルト状の30m/sを越す南西強風域の通過と、温低化における速度の急減速による暴風雨継続の長期化という悪条件下の遭難であった。温低化過程はデータが少ないが、前述のように高層・地上データで裏付けられた。

4. 洞爺丸台風と類似した台風8017

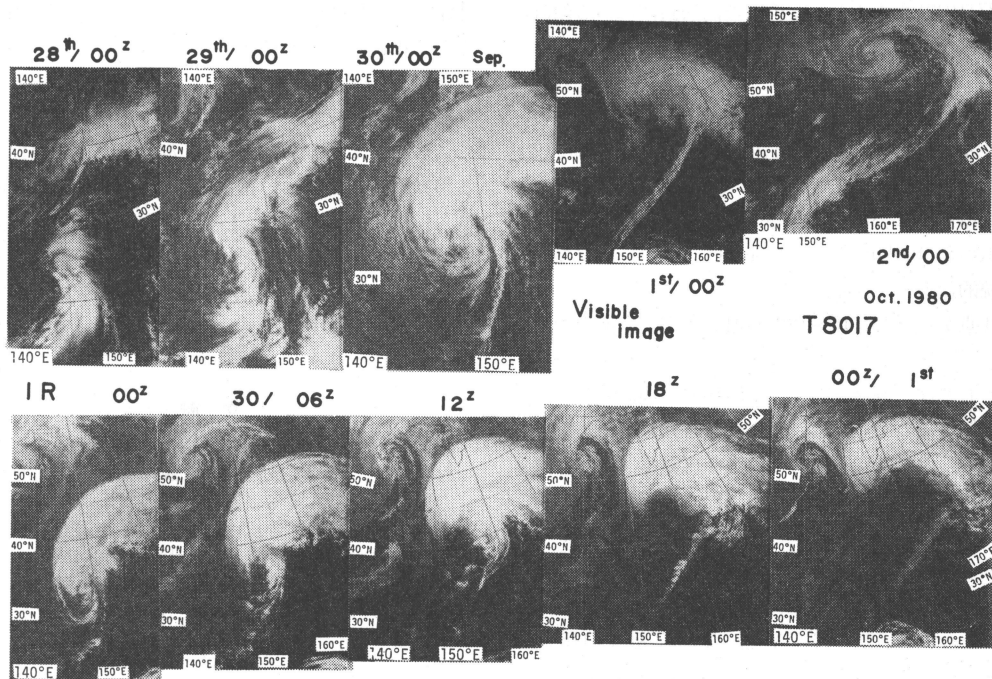
洞爺丸台風(T5415)は非常に稀なケースであると言われている。しかし、GMSの画像がルーチンの得られた1978年以後、このような温低化と再発達と移動速度の減速という系統的な構造の変化を持つケースが1978~1981年の4年間で32例中7例解析された(村松,1983)。このケースの中で、台風8122のように温低化後、急速に発達し、寒冷渦の周辺を廻りながら温帯低気圧として、45°Nで946mb、47°Nで940mbまで猛烈に発達したケースも観測された。

また、台風8017については、第1図の経路図で示したように、1980年9月27日に発生し、28日には転向し、北北東→北東進し、次第に発達しながら30日18Zには温低化が完了した。18時間後に960mbと最低気圧を示し、洞爺丸台風と経路・中心気圧の変化とも酷似している。

洞爺丸台風(第3図)と同様に、台風8017の移動速度の変化を第9図に載せた。変化パターンの類似性は非常によく、速度の極大の起時から約6~9時間後に温低化が完了し、温低化一再発達過程ともよい一致をした。

第10図に、温低化直前30日12Zの地上等圧線および500mbの高度(太線)と29日12Z(破線)および台風経路を合成して示した。樺太北部の55°Nを中心をもつ500mbの寒冷渦から南へ延びる深いトラフの前面を北東→北北東進し、28°Nで速度をはやめ、29日12Zには30°N付近で急加速となった。これらの点は洞爺丸台風の特徴とよい一致を示し、500mbの高度場も非常によい類似性を示している。

この温低化過程をGMSの6時間間隔の画像シリーズで解析してみよう。台風発生直後の28日00Zから、温帯低気圧として再発達し中心気圧の極小期となった10月2日00Zまでの可視画像を第11図上段に示した。30日00Zのみ部分拡大画像であり、他の全ての画像はポラステレオ投影画像である。台風は28日00Zには台風発生初期の弱い渦状パターンを示している。しかし下層循環がdense overcast(DO)へ侵入する寸前で、発達の兆候を見せている。29日には中心気圧も985mbとなり、台風



第11図 GMS 画像上での台風8017の温帯化過程；上段は28日00Z～2日00Z，可視；下段は30日00Z～1日00Z，赤外画像シリーズ。

の中心付近の渦状パターンも明瞭化し、直径 1000km を越す循環となり、30日00Z には中心付近の CDO (Central Dense Overcast) やスパイラルバンド構造が明瞭となり、台風特有の成熟期の構造となった。またこの時刻には、下段の赤外画像で明らかなように、53°N 付近の寒冷渦に伴うコマ状の雲システムが明瞭化し、そのトラフ前面の領域で、台風の雲システムの北側の雲域が高気圧性曲率をもった鋭い縁をもち始めた。台風の雲システムが温帯低気圧構造への遷移を始めたことを意味している。

第11図下段の赤外画像のシリーズは30日00Zから最終的な温帯化過程を見たものである。30日12Zには台風の中心から約 2000km の範囲で未だ台風循環による渦状パターンと深い対流雲域が残っている。しかし18Zに至って、それら台風特有の形状は消失し、温帯化の定義である大気中層の乾燥域の循環中心までの侵入を示唆する、背の低い雲域または海面温度を示す暗灰色の領域が中心まで到達した。すなわち18Zには温帯化が完了している。10月1日00Zには直径 2000km を越す温帯低気圧の雲システムとなっていることが可視・赤外両画像から明らかである。形状から見て閉塞期の成熟しつつある温帯

低気圧の雲システムとなっている。

以上解析したように、台風8017は洞爺丸台風の経路、偏西風場、それとの相互作用など温帯化過程において共通性を有していることがわかった。100年に1回くらいと言われた“洞爺丸台風”のような特異な台風を現代の観測システムである GMS で捕えると、第 11 図の様な変化過程を呈すると推論できよう。

5. まとめ

偏西風帯の深いトラフの前面を北東進し、温帯化とともに再発達し、偏西風帯加速のあと温帯化による減速という移動速度の特徴的な変化パターンをもつ(村松, 1983)、という事実をもとに、台風 7916 および 7920 と台風 5415 (洞爺丸台風) の移動速度の変化を比べた。その結果、洞爺丸台風は26日15～18時の間に北海道南西海上で温帯化が完了したと推論された。

また、この温帯化過程は地上・高層データの解析結果から裏付けられている。すなわち、

- 1) 各地上観測点の極大風速の起こった時の台風との相対位置からして、26日10時以後に急激に温帯化が進行した。

2) 27日04時を中心とした稚内の高層観測による鉛直構造では、すでに閉塞期の温帯低気圧の構造となっていた。

3) 大気中層の乾燥域の侵入が循環の南～南東象限の中心近くまで及んでいることが26日12時の高層観測で認められた。

4) 寒冷前線は台風が日本海へ抜けた26日9時に、すでに台風の南100km付近まで到達し、その後顕著な前線が連続的に追跡できる。

以上4点からも26日15～18時の温帯化完了が推定できる。

結論としては、洞爺丸台風(T5415)は洞爺丸など連絡船の遭難事故の時点では、すでに温帯低気圧化が完了し、閉塞期の温帯低気圧として急激な再発達、それと同時現象である移動速度の急減速の過程にあったことが明らかになった。

一方、この非常に稀な台風と言われているT5415の類似台風としてT8017が解析された。経路、移動速度、温帯化過程とその各段階の緯度など、T8017とT5415は

非常によい類似性を見せた。T8017のGMS画像上で温帯化過程を解析した。

6. あとがき

この論文は、前報、「台風の温帯低気圧化過程における移動速度の変化」と密接に関連した内容のものであり、村松(1983)といっしょに解析されたものである。本論文をまとめるにあたり、気象庁予報課 山下主任予報官ならびに気象研究所台風研究部 山岬第1研究室長に謝意を表します。

文献

- 気象庁彙報, 1956: 昭和29年台風15号報告, 1~234.
 村松照男, 1982: 成熟した台風の温帯低気圧化の過程について, 天気, 29, 1199-1212.
 ———, 1983: 台風の温帯低気圧化過程における移動速度の変化(I), 30, 447~460(468).
 内海徳太郎・中沢鈴子, 1956: 5415号台風の寒冷前線について, 研究時報, 8, 1-7.

(460頁より続く)

- synoptic structure of typhoon Cora, 1969, as the compound system of tropical and extratropical cyclones, J. Met. Soc. Japan, 49, 282-295.
 ———, and ———, 1971 b: Some aspects of the extratropical transformation of a tropical cyclone, J. Met. Soc. Japan, 49, 736-743.
 Miller, B.I., 1958: The three dimensional wind structure around a tropical cyclone, National Hurricane Research Project Report, No. 15, U.S. Weather Bureau, 41 pp.
 村松照男, 1982 a: 台風7916 (owen) の成熟期の構

造, 天気, 29, 1115-1128.

- , 1982 b: 成熟した台風の温帯低気圧化の過程について, 天気, 29, 1199-1212.
 Sekioka, W., 1956: A hypothesis on complex of tropical and extratropical cyclones for typhoon in the middle latitude, I. Synoptic structure of typhoon Marie passing over the Japan Sea, J. Met. Soc. Japan, 34, 276-287.
 ———, 1970: On the behavior of cloud patterns as seen on satellite photographs in the transformation of a typhoon into an extratropical cyclone, J. Met. Soc. Japan, 48, 224-233.