

台風進路外挿法の検証結果*

饒村 曜**

要旨

1951年から1977年までの北緯15度以北にある台風について、過去12時間の単純外挿によって求めた24時間後の予報位置と実況との差を求めた。台風は、外挿予報点のまわりにはほぼ円形に分布することを用いて、70%の台風が入る円の半径で、予報誤差の大小を論じた。

台風が西から北西へ進んでいる場合が予報誤差がもっとも小さく、北北西から北北東へ進んでいる時がもっとも大きい。また、速度が速くなるにつれ予報誤差は大きくなるが、進んだ距離に比べて相対的には小さくなる。

予報誤差を緯度・経度5度毎の海域で求めてみると、全体的に高緯度ほど予報誤差は大きい。同じ緯度でも、西から北西に進む台風では135~140°というように、台風の進行方向によって予報誤差の小さい所が出てくる。

現在の台風予報は扇形表示をしている。そこで、70%の台風が入るように外挿法で扇形角度を計算してみると、一般的には予報誤差の大きい時は、扇形角度は大きくなるが、例外も多い。たとえば、東シナ海から南大東島および東海地方の南海上を北東から東へ進む台風では、予報誤差は大きいのに扇形角度は大きくない。これはこの付近では、加速する台風が多いことになると思われる。

台風は運動を持続する傾向があるといっても、進行方向や進行速度、存在している場所によって大きな差があり、この差の理由の解明が、重要な研究課題となると思われる。

1. はしがき

『台風には運動の持続性がある』ということは古くから知られており、これを利用した台風予報（つまり外挿法）は、昔から行なわれている。現在でも、台風経路の気候学的性質を考慮した主観的外挿法（Persistence-Climatology Method 略して PC 法）として、空間平均法（Space Mean 法）、力学的予報法（現在は Balance Barotropic Method 略して BB 法）、パーフェクトプログラム方法による重回帰式法（Statistical Numerical forecasting Technique 略して SNT 法）とともに、気象庁で行なっている台風予報の柱となっている。このうち、力学的予報法の占める比重が年々重くなっており、将来

は中心的予報法になるものと思われるが、まだ残された問題が多く、それ以外の方法もいまだ捨てることはできない。

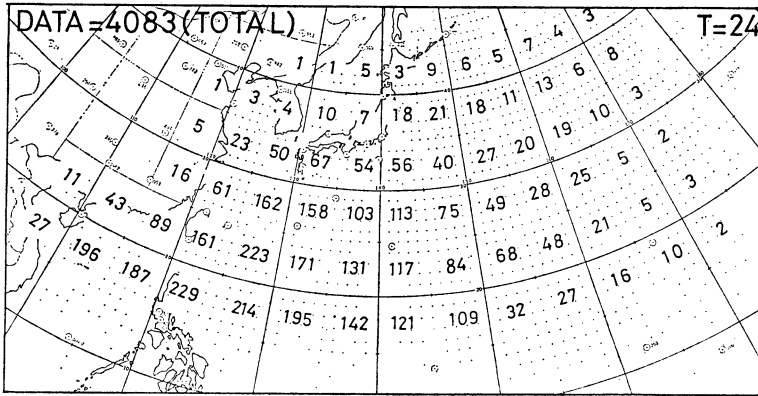
力学的予報法の問題は、大きく見て広い太平洋上での資料不足による初期値作成の問題と、現在かなり解明しつつある台風の物理過程を組み込むための計算機の能力の問題の二つである。初期値作成の問題は、現在の観測データのみからルーチ的に適切な初期値を得るのは難かしく、将来は、台風パターンのモデル化や、4次元解析、気象衛星データの充実により、実際の台風初期値が得られることが期待されている。計算機の能力の問題は、新型計算機の導入と並んで、台風の移動に伴ってファインメッシュ計算の領域を移動させる多重格子系（Moving Fine Mesh）の利用や、タイムステップを大きくとれるセミインプリシット法（Semi-Implicit Method）の併用とかが考えられており、近い将来実現される見込みである。

* Results of verification of an extrapolation method for the typhoon track prediction.

** Yho Nyoumura, 気象庁予報課。

—1979年10月15日受領—

—1979年12月24日受理—



第1図 検証した資料数.

外挿法の有効な理由は、簡単に求められるという最大の理由のほか、気象衛星資料の入手できる現在では、広い太平洋上の良質の観測資料のない場所でもある程度の精度の予報が出せる点である。広い太平洋上での資料不足は、力学的予報法をはじめ他の予報法でも同様な欠点となっている。しかし、外挿法は、台風の周辺の詳細は必要なく、ただ中心位置だけが必要であり（PC法では中心気圧が2次的に必要となる）、予報精度は中心位置をどの位正確に出せるかに依存しているため、静止気象衛星で迅速に割合正確に台風の中心が求められるようになった現在では、昔に比べて、外挿法の精度がかなり良くなってきている。むしろ、外の場との関係を全く考えていない方法であるから、正確な資料が多くある場所では、この関係の入っている他の予報法にはかなわない。

このように、外挿法は有効な台風予報法の一つであるが、最近では、外挿法による予報誤差の大きさが台風予報精度を規格化しようとする考え方が、Jarrell *et al.* (1978) によって出されている。外挿予報誤差の小さい台風は、予報しやすい台風であるということで、外挿予報をベースラインとして他の予報法を考えてみるというやり方である。

このように、外挿法は、台風予報においてある種の位置を占めているにもかかわらず、これまで調査はほとんどされていない。竹永 (1974) による「1967年にグアムのJTWC (Joint Typhoon Warning Center) では、外挿法が他の予報法に比べて特別に劣っていない」という結果や、野本 (1976) が、1973年の日本に接近または上陸した台風について「12時間以内では極めて有効であるが、36時間以上になると極めて誤差が大きくなる。ま

た、24時間予報では緯度・経度も誤差の平均は1.7度である」という結果位しか得られていない。また、いずれも、「場の変動の少ない時に有効である」とか、「低緯度で資料の少ない時には有効である」という定性的な結論で終わっている。

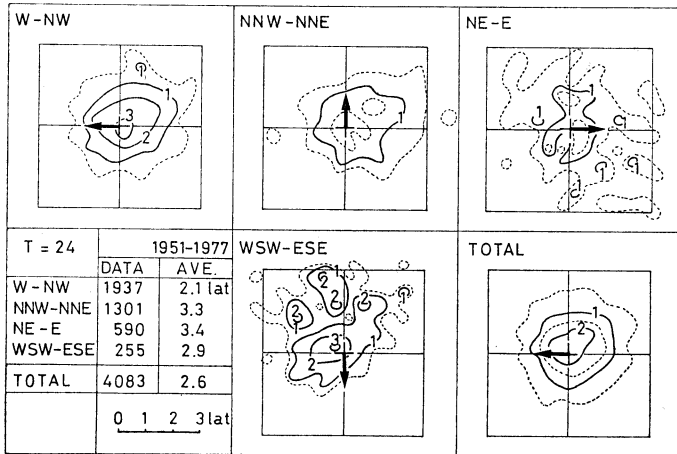
2. 資料と方法

今回使用した資料は、1951年から1977年までの27年間に15度以北に存在した台風である。また、ここで検証した外挿法は、過去12時間の単純外挿法を用いた。1日に2回、09時と21時について、その時刻より12時間前からの進行方向・速度を、そのまま24時間後まで外挿し、24時間後の実際の位置とを比べた。ここで、12時間前に台風でないものおよび24時間後ではもはや台風ではなくなったものは、検証できないので省いてある。検証数は4,083であり、この緯度・経度5度毎の検証数は第1図のようになる。以後、台風の進行方向・速度は、すべて過去12時間についてのものである。

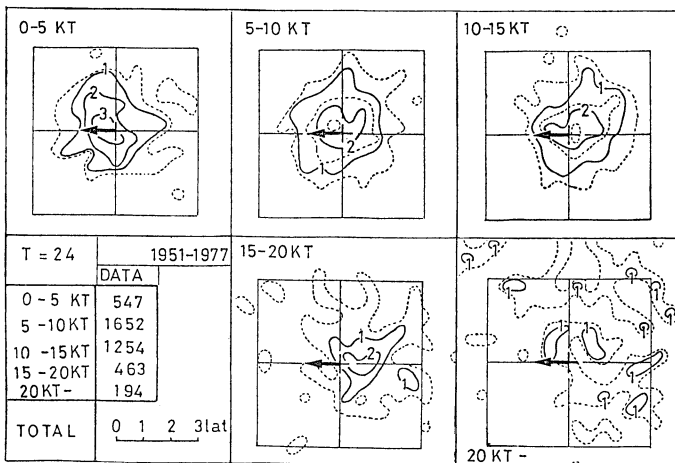
12時間予報についても同様な調査をしたが、今回は誌面の都合で省略した。

3. 外挿位置と実況の位置

第2図は、24時間後の単純外挿の位置と実況位置との関係を図示したものである。過去12時間の進行方向を矢印の方向にそらえたとき、実況位置が、外挿予報点（図の中心部）のまわりにどのように分布するか、0.5緯度平方に含まれる数の全体の数に対する割合（%）で示した。あらゆる進行方向についてまとめた結果（TOTAL）の他に、過去12時間の進行方向を西～北西、北北西～北北東、北東～東、西南西～東南東の四つに分けて分布を



第2図 24時間後の単純外挿位置(図の中心)に相対的な実況位置の分布(単位は、0.5緯度平方に含まれる数の全体の数に対する割合%)で、等値線は1%毎、破線は0.5%毎に引いてある。付表のAVEは、その進行方向の台風の予報誤差の平均である。



第3図 進行速度別、24時間後の単純外挿位置(図の中心)に相対的な実況位置の分布(図の書き方は第2図と同じ)。

調べたものも示す。

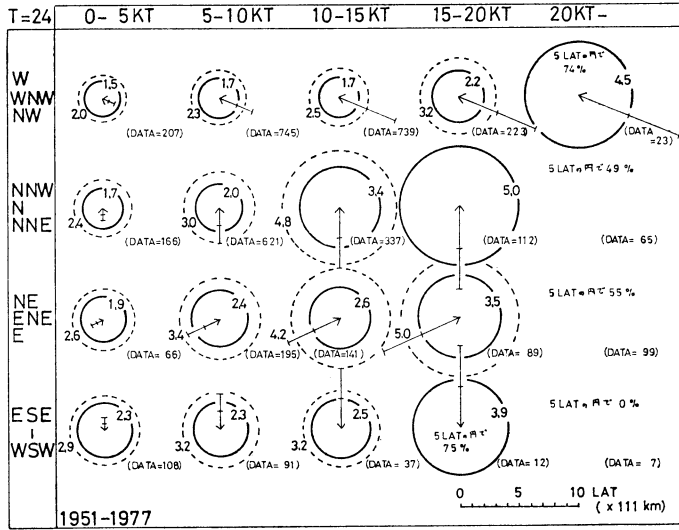
24時間後の実況位置と過去12時間の単純外挿を用いた24時間後の予報位置との直線距離を誤差の大きさとする、平均誤差は2.6緯度(156海里)となる。前述の竹永も、同じ方法で151海里という結果を得ている。

第3図は、進行速度別に同様な図を書いたものである。わずかであるが、進行速度が遅い時には外挿位置より前に(速度を速める)、速い時には逆に後に(速度を

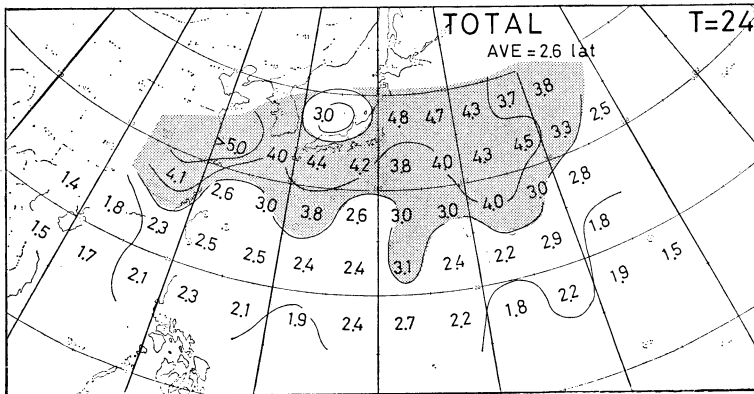
落とす)実況値が存在する。大ざっぱに言って、10ktより速い速度の台風は速度が落ち、遅い台風は速度を上げ、速度が10ktに近づくような速度変化をする。この傾向は、西から北西へ進んでいる台風で著しい(図省略)。

第4図は、第2図および第3図をモデル化したものである。外挿点のまわりの実況の分布はほぼ円形に分布している、60%(実線)または80%(破線)の台風が

台風進路外挿法の検証結果



第4図 外挿点を中心にして60% (実線) および80% (破線) の台風が含まれる円の半径と、進行方向・速度との関係。

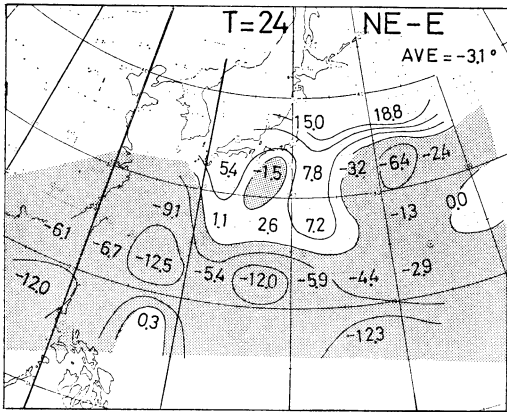


第5図 外挿点を中心として70%の台風が含まれる円の半径の地理的分布。

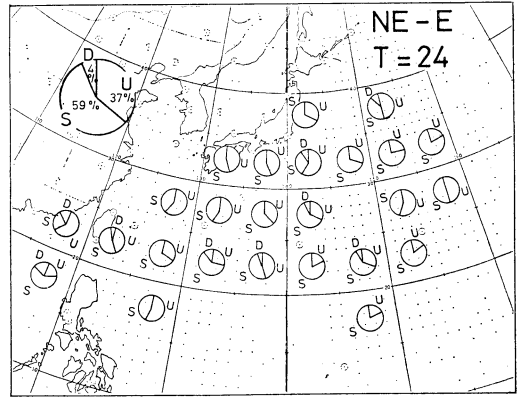
含まれる範囲を円で近似し、円の半径で外挿法による予報結果の評価をする。ここで、実線の円が5緯度(555 km)より大きくなる場合は図示していない。また、矢印の長さはほぼ進行速度に見合うように記入してある(たとえば、5~10 kt では、7.5 kt で24時間に進む距離を矢印の長さにしてある)。

「外挿点のまわりの実況点の分布が、ほぼ円形である」という仮定は、普通は成り立っている。しかし、特別な海域(進行方向によって決まる)では、前後左右にかたよって成り立たないことがある。このことは次章で述べる。

第5図は、外挿点を中心として、70%の台風が含まれる円の半径の地理的分布である。緯度・経度5度毎に計算し、この半径が3緯度(333 km)以上の海域にはハッチをつけてある。また、5度毎に区切られた海域で10例に満たない所は図示していない。高緯度ほどこの円の半径は大きくなると言えるが、経度的にも大きくなる所がある。東経140度から145度である。進行方向別に同様な図を書いてみると、いずれの進行方向も、高緯度ほど円の半径は大きくなるが、円の半径の大きくなる経度は、進行方向によって異なる。西から北西に進む台風では、125度から135度、145度から150度が大きいのに対して、



第6図 外挿の進行方向と実際の台風の進行方向との差（北東から東へ進む台風）。



第7図 北東から東へ進む台風のうち、速度を40%以上増す台風の割合（図中U）、40%以上落とす台風の割合（図中D）、また、どちらにも属さない台風は図中Sで表わしてある。

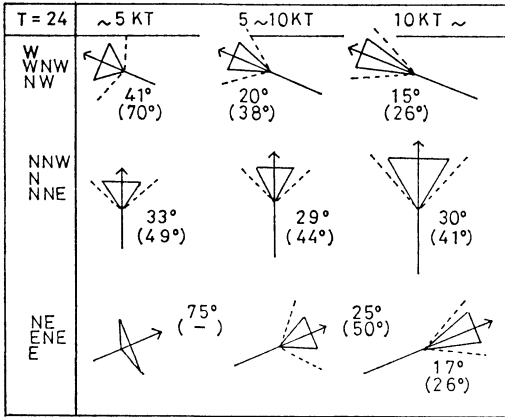
北北西から北北東に進む台風では、120度から125度と140度から145度が大きい。さらに、北東から東へ進む台風では、125度から140度と、進行方向によって少しずつずれている（図省略）。

4. 外挿の進行方向と実際の台風の進行方向との差および台風の加速減速

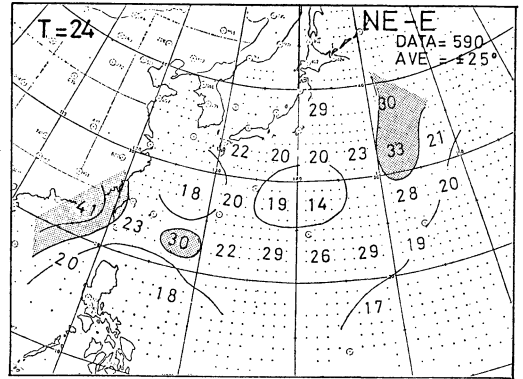
平均的にいうと、外挿点のまわりの実況点の分布がほぼ円形であるが、進行方向によっては、右へかたよったり左へかたよったりする場所がある。第6図は、外挿の進行方向と実際の進行方向に対して実況の方向がどの位差があるかを、北東から東へ進む台風について図示したものである。ここで、外挿方向に対して実況の方向が左側なら（-）に符号がとってある（ハッチ部分）。図より、一般に高緯度では南向きの成分を増す（符号が正）が、低緯度では逆に北向きの成分を増している。これは、同じ東から北東に進む台風でも、低緯度ではまだ外挿方向より北上成分を持つが、ある程度緯度が高くなると、もう北上せずしだいに進行方向が東向きへ近づいてくる（南分を持つ進行方向の台風数が高緯度ではほとんど0なので、東からさらに東南東にまでは向きをかえない）。ここで、特異な現象として、日本の南海上は、他の経度のところと異なってかなり南（北緯25度）まで（+）域であるが、中部地方のすぐ南の海域だけは（-）となっている。つまり、ここだけはその周辺部と異なり、外挿より北上しやすいことを示している。他は、進むにつれてしだいに偏西風に乗って東向きになる。この、海域によってかたより方が異なるということは、台風が他の進行方向を持っている時にも表われる。西から

北西へ向う台風では、ほとんどが外挿方向に対して右側、つまり、北上成分を増す。全体的に高緯度ほど強くなるが、南鳥島近海のように、他より北上成分を増す海域がある。北北西から北北東へ向う台風は、ほとんどが外挿方向に対して右側、つまり東向きの成分が増加している。これも、高緯度ほど東向きの成分増加が大きく、偏西風に乗りやすいものと思われる。また、120°E～125°E、140°E、および150°E～155°Eでは、東向きの成分増加が特に大きくなる。

同様に、台風の進行方向によって、外挿点より前（加速したり）後（減速したり）する場所がある。第7図は、北東から東へ進む台風について、加速する台風と減速する台風の割合を、緯度・経度5度毎にまとめたものである。図中“U”は過去12時間の速度に比べ、今後24時間の速度が40%以上加速した台風の割合、“D”は40%以上減速した台風の割合、“S”はどちらでもない台風の割合を表わしている。図より、北東から東へ進む台風は、一般に加速するものが多いといえる。必ずしも高緯度ほど加速するものが多いとはいえず、南シナ海から日本の南海上では加速する台風が非常に多いのに対して、これより高緯度の日本の東海上では、少なくはないが前記の海域よりは少ない。西から北西に進む台風は、関東の南海上では加速しやすく、その西の東海沖では減速しやすく、さらに西の東シナ海北部では加速も減速もせず一定の速度を保ちやすい。北北西から北北東に進む台風は、大ざっぱにいうと高緯度では加速しやすく、低緯度では一定の速度を保ちやすい。中間緯



第 8 図 60%の台風が入るために、外挿方向につける扇形角度(実線)と、80%の台風が入るためにつける扇形角度(破線)。



第 9 図 70%の台風が入るために外挿方向につける扇形角度の緯度・経度分布(北東から東へ進む台風)。

度では、加速したり減速したりさまざまである。

このように、台風の進行方向によって、外挿点のまわりの実況点の分布が、円形ではなく、前後左右どちらかに偏る場所があるが、その偏りは、ごく一部の例外を除いて大きくはない。

5. 扇形角度

台風予報には、この角度内に予報期間後の台風が存在するとして扇形で表現している。第 8 図は、比較のため、60% (実線) または 80% (破線) の台風が含まれる範囲の扇形を図示したものである。0~5 kt の速度で北東から東へ進む台風は、80%の台風が含まれるためには扇形角度が±90度より大きくなってしまったため、図示していない(±90°でとって63%しか含まれない)。

第 9 図は、北東から東に向う台風について、70%の台風が入る扇形角度を緯度・経度 5 度毎に計算したものである。70%の台風が含まれる円の半径の大きさの分布図と、70%の台風が入る扇形角度の分布図を比べてみると、傾向は似ている。細かく比べてみると、「北東から東へ向う台風で、東シナ海から南大東島および東海地方の南海上では、円の半径はまわりに比べて大きいのに、扇形角度ではそれほど大きくなっていない」などのように差が出てくるところがある。この付近が加速する台風

の多い場所であることを考えると、この原因は、台風の加速にあることが推定される。

6. まとめ

外挿法による予報誤差は、進行方向により大きく変わるが、一般に高緯度ほど大きくなる。細かくみると、まわりより予報誤差が小さい特定の海域が存在する(それまでの進行方向・速度が大きく変わらない海域が存在する)。

逆に、外挿による予報誤差が大きい海域では、偏西風帯に乗って加速しやすい場所であるなどといった進行方向・速度を変える要因があると考えられる。この要因を調べるのが、台風の進路に関する重要な研究課題であると思われる。

文 献

Jarrell, J.D., S. Brand and D.S. Nicklin, 1978: An Analysis of Western North Pacific Tropical Cyclone Forecast Errors, Mon. Wea. Rev., 106, No. 7.
 野本真一, 1976: 台風進路の予報, 気象研究ノート(台風特集), 515~548.
 竹永一雄, 1974: 予報作業指針(その5), 台風予報, 気象庁予報部, 111.