

# 台風進路の数値予報について

—日本気象学会賞受賞記念講演—

佐々木 嘉和\* 都田 菊郎\*

## はしがき

私共は此の度『台風の進路予報の研究』に対して、日本気象学会賞を頂きました。これは身に余る光栄であります。私共が調べたことは、台風は一般流によって流されること、それに少しく目新しいことは数値予報の方法を台風予報に結びつけたことです。考えて見れば、これらはごく当り前のことで、内心まことに面映い感じがするのであります。

しかも、この種の研究はそれが実際の予報に適用され厳しい批判を受けるのを常としております。この台風の数値予報についても、それが現業にとり入れられ、一步一步改善されて行ったのでありますが、それには中央気象台予報課の人達および東京数値予報グループの方々の異常な努力によって支えられてきたのであります。いやむしろ、これらの人達により台風の進路予報が発展したといった方が正しいでしょう。その意味で、この仕事は多くの人達によって作られた共同研究であります。

そういう訳で、この仕事がどのように進められてきたか、いわば楽屋裏のお話をして見たく思います。

## その当時

さきほど、私共は極めて当り前のことを研究したと申しました。全くその通りであります。しかし、研究を始めた当時は思い出してみますと、私共としては当り前ではなかったのであります。と申しますのは、1952年頃といえ、その前に低気圧移動の研究が花々しく展開されていた時であります。すなわち、Rossby, Yeh, Syōno, Kuo, Takeuchi, Yoshitake, Bjerkness および Holmboe 等により力学に基礎をおいた研究が続々と発表されておりました。そして、ある人は低気圧を剛体の円柱と仮定し、さらにある人は特殊な流線を与えたりして議論が行われていました。一方、台風を実際に解析した結果から、その複雑な構造が示されました。

この頃は、今にして思えば気象力学が基礎を固めていた時代で、実際の気象を定量的に説明することはほとんど行われていなかったようです。むしろ、気象力学は実際の気象には適用できないとさえ考えられていたかも知れません。このことは、台風に関してはなおさらのことです。単純な力学など使えたものでないという考えが一般だったようです。

しかし、一方では着々と気象力学を実際の予報に使う

準備が行われていました。つまり、Charney その他による数値予報がそれです。当時、東京大学の岸保博士はプリンストン研究所にあって、この創成期に立ち会い、つぶさにその状況を手紙によって、連絡をされておりました。その手紙には具体的な技術も書いてよこしてあります。そして、こちらではその手紙と首っ引で計算の演習をやってみたりしていました。当時を思い出しますと、何かよく判りませんが、ともかく、Jacobian だの Relaxation だの数値計算をやりますと、天気図のパターンの変化が出てきます。しかも、それが実際のものとよく似ているわけですから、面白くもあるし、不思議でもあったわけです。そして、これはよくあることでしょうか、やがて私共は盲信するまでになっていました。間もなく岸保博士は帰国されました。そして、何かの話のついでに、台風の移動が数値予報で出来ないかということになったと記憶します。そこで、たまたまこれに興味をもったのが私共だったのです。

低気圧の移動は Charney その他により、かなり精確に予報できることが判っていますが、台風は一寸話が違います。何処が違うかということ、台風の中で吹いている風は地衡風のように単純なものではないということ、それに数値予報の対象とするスケールは 300km あるいはそれ以上の大規模のものですが、台風はそれと同じ程度の大きさです。計算に使う格子の間隔を台風を表現できるぐらいにとって、計算安定度の理論から時間微差の間隔を推定しますと10分のオーダーになります。これでは、いかに電子計算機をもってしても到底追いつかないと考えました。しかも、その前に、今も述べたような地衡風の問題もありますし、さらに気を廻せば、渦度方程式そのものが台風に適用できるかどうかということもあります。しかし、ともかく、やってみること——これが、私共のモットーでした。いや、これは数値予報が現在までに取ってきたやり方かも知れません。やってみて駄目ならば、始めて他の効果の考慮をするというのが、数値予報をやっている人達のとっている態度のようです。

そこで、まず model research ——私共はこう言っていますが——をやってみました。それは仮想的な低気圧の、パターンを初期条件に与えて、渦度方程式の計算からその移動がでるかどうかを調べてみるのです。これを数値計算にしたのでは微小な時間内では目にみえてきま

\* 東京大学理学部

せんから函数でやる必要があります。そこで、最初には exponential 型の低気圧を考えたわけです。ここでさらに問題になったのは、これまで数値予報では等圧面高度の変化を算出する仕組になっていますが、調べたいのは低気圧の移動です。従って、移動ということを定義しなければなりません。そのために持ってきたのが kinematical analysis のやり方でした。さて、これで exponential 型の低気圧に対する方程式の函数解がでるかどうかです。この点で、私共は現在シカゴ大学にいる笠原博士のお世話になったことを忘れません。当時は何しろ数値計算一点張りのときでした。というのは、数値計算にならざるを得なくなった原因が渦度方程式が非線型という宿命をもっていたからです。ですから函数解が求まる筈はないと早合点していました。これはよく考えてみると、時間微分を微差におきかえることによって、実は線型になっていたのですが、私共の頭はすでに盲信のとりこになっていたのです。笠原博士は函数解が求まることを示して呉れたわけです。

大へんくドクドと書いて来ましたが、以上のような状態が私共のこの仕事にかかった当初の状況です。この頃は、それ以前の先輩の方々の研究には目をつぶり。ちょうど、革命直後の熱病的な人々のように、ひたすら数値予報を信じてやっていたのです。ですから、ある時分には、台風は一般流と逆向きに流れるという結果がでると、それを信じたこともありました。

しかし、ともかく最後に出た結論は台風は一般流に流されるということ、つまりこれまでと言われていたことを再確認したことです。ある先輩は『気象学の進歩は螺旋階段のようなものだ。同じ結果が新たに証明されたときは、ステップは一段と進んでいる。』といって慰めて呉れます。しかし、私共としては、大騒動して単一匹の感がいたします。

#### 共同研究

しかし、単一匹でもそれで実際の予報を出すということになりますと、おろそかにはできなくなります。そして、これが現在までに発展してきたことについては多くの人々の共同研究によっていることを強調したいと思います。この研究を進めている時、私共の先生である正野教授は丁度外国におられました。その間、教授は終始手紙で指導して下さいました。例えば、一般流が時間的に変化するわけですが、この問題に対しては、一応一般場と台風の相互作用は無視したがよかろうといった調子です。

また、中央気象台予報課の方々、特に寺内、鍋島両氏をはじめ、高層当番の人達は予報の方式を少しづつ改良して行きました。私共にはよく判りませんが、現業に新しい方法を取り入れることは、なかなか困難なことだろうと思います。殊に、それを試験し、さらに改良の研究を加えるということは、時間的にも労力の上からも大へ

んであったろうと想像されます。

この研究において、現業と大学が相互の機能を発揮して共同研究の成果をあげたことは大きな特徴であります。一般的に言って、大学はややもすると観念的になり勝ちですし、現業は余りにも現実的になります。別の言い方をすれば、大学は現業を卑下しますし、現業は日本人の研究に対して冷淡であります。これでは相方にとって不利益であることは申すまでもありません。しかし、この研究ではこの点に関してかなり円滑に行ったように思います。例えば天気図から台風を取り去って一般場を求めますと、どうしても残りの一般場がガタガタの曲線になります。その結果、予報がうまくいかなかったのですが、大学の岸保博士の助言でスームズ・アップすることにより、この難点を除去しました。逆に大学における研究も、現業との密接な接触により、取り上げる問題が真剣にもなり、必然性をもってきたように思います。

#### 今後の問題

私共の示した予報法は台風と一般場を分離することが特徴になっています。これは数値予報が他の問題でとっているやり方と違うように思います。つまり数値予報の目指しているのは大気運動の正確な把握と天気予報のオートメーション化です。最初に初期条件が与えられまると、それが機械に抛り込まれ、極度に一般化された方程式の演算を通して、やがて自動的に結果が出てくるわけです。したがって、ここには人間の頭脳が発揮します不可思議な判断力が入ってはいけません。換言しますと、方式はどのような初期条件に対しても順応できる扱い方であればなりません。台風であろうと、一般場であろうと、その間には何等の差別もない筈です。

ですから、最も正しいやり方は両者を分離しないでいきなり計算にくり込むことです。このようにしますと、それまで数学的困難さのため省略していた効果も同時に考慮することができます。

実を申しますと、このような方法の検討が現在予報課および気象研究所で行われております。これには、もちろん、高速度の計算機を必要とします。今度の試みでは、幸いなことに電気試験所の 200 個の記憶装置をもつリレー計算機が使われることになっています。しかも、このプロジェクトでは、台風の指向層として特定一層だけでなく、立体的にデータを採用する研究が進められています。このように立体的な考慮をした大気をパロクリニック・モデルと呼んでいます。この種のモデルでは発達とか衰弱までわかります。しかし、プロジェクトの当初は、そこまで望むのは無理かも知れません。恐らく計算に用いる時間微差、空間微差をどの程度にとればよいかということが最初の問題になるでしょう。これまでに明かになったことは、昨年(23号)台風の例など、ごく下層の大気が指向層になっていることだと聞いております。

ともかくこのようなプロジェクトが現在強力に進めら

れていることは、台風の数値予報の正常化の意味から、まことに喜ばしいことだと考えています。

最後に付加いたしますと、これとは別に、台風の進路予想にとって重要な北緯 20° 以下の大気運動の研究も必要です。著者の一人はこの問題を少しずつ調べております。何しろ低緯度では地衡風が使えなくなって参りますので、その点の追求を現在行っています。

あとがき

聞くところによりますと、アメリカ合衆国においても、最近ハリケーンに対する大規模のプロジェクトが計

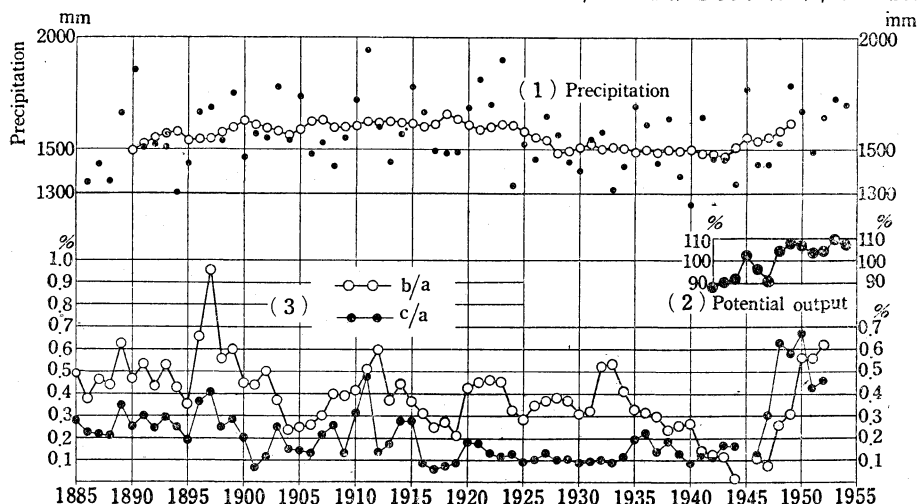
画されているということです。シカゴ大学では笠原博士が Platzman と一緒にハリケーンの数値予報を研究しておられます。もちろん、台風であろうとハリケーンであろうと区別はないわけですが、あちらと日本と違う点は一方が電子計算機を使い、こちらではリレー計算機を使うことです。このようにして、台風に対する本格的な数値予報がやっと始まったような感じがします。(以前、Charney 等がやりましたが、失敗に終わったようです。)そして、両者からどのような結果がでるか、私共は大きな期待をもって見ております。

## 雨量の増大と水災の増加

荒川 秀俊\*

筆者はさきに年総雨量が極東全般にわたって増大しつつあることを指摘した(本誌第3巻第5号164~165頁)。この事実は吉本・高橋(浩)両氏の主張とも軌を一にするものである。筆者はさらに建設省小林泰課長の好意により、明治11年以來の毎年の河川砂防事業費 b と災害復旧費 c を国民所得 a の百分率で表わした資料(河川経済統計集表中の“河川砂防事業費と国民所得との関係”並びに“災害復旧費と国民所得との関係”の両項)入手することができた。\*

\* いま長崎・京都・東京・新潟・宮古・函館の年降水総量を明治19年(1886年)から年を逐つて図示したものが、第1図上段の(1)に記入されてある。ただし黒い点は毎年の値を表わし、圏点は10カ年移動平均の雨量を示す。また通産省公益事業局の資料にもとずいて、昭和17年から昭和29年までの全国の既設発電所(昭和31年4月現在)可能発電々力量の逐年の値を第1図中段の(2)に記入しておいた。さらに建設省河川局計画課の資料にもとづいて、 $b/a = (\text{河川砂防事業費}) / (\text{国民所得})$  並びに



$c/a = (\text{災害復旧費}) / (\text{国民所得})$  を明治11年(1878年)以降の分について逐年図示したものを、第1図下段の(3)に記入しておいた。

第1図によると、明治20年代と昭和20年代とは、日本では全体として雨量の増大期であつたが、明治20年代の末期から30年代の始めにかけてと、昭和20年代とは、

全国各河川の砂防事業費並びに災害復旧費が著増していることが目をひく。ここに河川砂防事業費と災害復旧費とは国民所得との比で表わされているから、ある程度まで国民経済の変動の影響はとりのぞかれているとみてよからう。すなわち日本における年総雨量の増大は、水害の増加という国民経済と重大な関連をもつ面にもあらわれて来ているわけである。

\*気象研究所 — 1956年7月3日受理