

大規模スケールの力学に関するシンポジウム*

岸 保 勸 三 郎**

1. はしがき

去る6月23日から6月30日まで、International Symposium on Dynamics of Large-Scale Processes in the Atmosphere という長い題名のシンポジウムが、モスコウ大学で開かれた。この会は、最近の大規模スケールの力学に関する問題を主なテーマとして開かれたシンポジウムである。

1960年11月に、日本ではじめて、力学としてはまとまった数値予報のシンポジウムが開かれたが、上記シンポジウムは、日本でのシンポジウムのつづきと考えてよい。1960年に開かれた日本でのシンポジウムには、外国から約50名の参加者があったが、この会につづいて、1963年3月にはオスローで同じようなシンポジウムが開かれた。

本年度のモスコウのシンポジウムは、1963年のオスローの会の中で問題になった、大規模スケールの問題のみをとりあげた。この会には西欧から20名、東欧から12名、北米から20名***、中近東、アジアから6名、それにソヴェットから50名約100名の人が参加して開かれた。日本からは相原、村上、荒川(照)、岸保、小倉等が出席を予定されたけれども、旅費その他の関係で岸保、小倉の2名しか出席できなかった。シンポジウムは討論を主としたものにしたという準備委員会の方針に従い、1日平均7つの論文に限定され、提出された論文

数は30ばかりであった。

2. 大規模スケールとは何か

ここで少しばかり大規模スケールとはどういうことかをのべてみたい。1960年の日本におけるシンポジウムをまとめたプロシーディング(気象学会発行)の題目をみると、大別して

- (1) 短期予報
- (2) 熱帯性低気圧
- (3) メソ・スケール現象
- (4) 大循環及び長期予報

の4項目にわかれている。従って論文の種類も多岐にわたり、これからどうすればよいかというより、私はこういうことを研究していますといった感がする。簡単な言葉でいえば、1960年の現状で、世界各国で行われている研究の概略をしりえたシンポジウムといつてよいのではなかろうか。

短期予報の例でみると、断熱大気を用いても、地衝風モデルでなく非地衝風モデルでやった例、それとは立場を異にして地衝風モデルでも断熱大気より非断熱大気を用いる提案等多種の論文が散見されている。

次の熱帯性低気圧では、台風、ハリケーンの生成を数値実験で試みる論文が沢山提出されているが、いずれも台風、ハリケーンができなくて、単純な対流の数値実験になっている。最後の大循環では、1956年に行われたPhillipsの二層モデルの数値実験を何とか拡張しようという意図は示されているが、Phillipsの数値実験以上の新しいものを見出していない。

このような日本でのシンポジウムにつづいて開かれた1963年のオスローの会では、問題が少し具体的になりこれからどうすればよいかということがはっきりした。即ち主な点をひろいあげてみると

* Report of International Symposium on Dynamics of Large-Scale Processes in the Atmosphere

** Kanzaburo Gambo, 気象庁予報部
—1965年9月1日受理—

*** 在米日本人として笠原(ホルダー大気物理研究所) 大山(ニューヨーク大学)の両氏が参加された。



モスコウ大学（シンポジウム会場）

(1) 短期予報では、非断熱大気の取扱いによる予報は断熱大気による予報よりもかなりよいという具体例が示された。例え大規模スケールのものであっても、凝結による潜熱の放出効果、大気と海洋との間に行われる顕熱のやりとりは無視しえないことが示された。

(2) 熱帯性低気圧については、今迄の重力波を基本にした数値実験の追跡ではなく、地上摩擦によって収斂した水蒸気が、はげしい対流によって大気中に凝結熱を放出するという機構で、台風、ハリケーンの発生を説明する例が示された。

(3) 大気大循環では、数値計算の誤差が段々大きくなって、それまでは何十日先の予報が出来なかった問題が一挙に解決され、計算上の問題はあつた点でなくなった。次の問題は、大気中の熱収支のことになった。初歩的な長期予報への第一歩がふみだされた会でもあつた。

以上のような背景で、今度のモスコウシンポジウムは開かれたわけである。特に1963年のオスローの会で目新しかった大気大循環のことが主な題目にえらばれたのは、その発展性及びこれからの長期予報の新しい研究のすすめ方に大切なヒントを与えるだろうと考えられたからである。

3. 大循環に関する論文

主なものを拾ってみると、Leith（カリフォルニア大学、パークレイ）Mintz（カリフォルニア大学、ロスアンゼルス）Smagorinsky（米気象局）Marchuk（ノビシビスク計算センター）Blinova（世界気象センター、モスコウ）Robert（カナダ気象局）Charney（マサチューセット大学）Davis（ウォーレス大学、英国）Corby（英

国気象局）それに筆者のもの等があつたが、本文ではひとつひとつのこまかい紹介が目的ではないので、代表的なCharneyの講演の趣旨を紹介して、これからの大循環及び長期予報の数値実験のあり方というものをのべてみたい*。

大規模スケールの運動に関する主な研究題目として、

(1) 現在行われて中緯度における大規模スケールの運動について、より深い理解をたかめること。

このことについては、現在、3日予報、5日予報といった具体的な例があげられているが、果して何日位先迄個々の高低気圧の運動を追跡できるであろうかといった問題がある。例えば初期値として観測に誤差があつた時、その誤差は何日位先で予報精度を無意味なものとするであろうかという問題である。Charneyは現在最もよいとされているMintz-Arakawaのモデルを用いて、その限界は2~3週間位迄である例を示した。果してそうであろうか、またもしそうであれば、それから先の予報対象はどのようなものをえらぶべきであろうかといった研究がある。

(2) 南半球での大循環及びそれと北半球の循環との干渉。数日の予報では南半球での流れは、北半球の中緯度の運動に直接影響を及ぼすとは考えられない。しかし最近の大循環の数値実験では、10日、20日といった予報期間では、両半球の干渉は無視しえないことがはっきりしてきた。しかし、現状では南半球について観測資料は充分でなく、また物理的な性質もよくしらべられていない。長期間の予報を科学的に考えると、南半球の循環をこれから系統的に研究すべき段階にきたといえるのではなからうか。

(3) 赤道地帯における大循環

最近の大循環では、赤道地方における熱源——対流性の上昇流による凝結熱の放出——が大気の流れを支配する原動力であり、これの評価をどのように見積るかによって、中緯度における擾乱の強さもきまってくるということが明らかになってきた。不幸にして赤道地方の観測は皆無に等しい。従つて、この観測網の不備をそのままにして研究をおしすすめるならば、単なる学生の演習問題に終る危険性が多いという点も指摘できるわけである。

また上述のような大気運動の熱源という立場だけではなく、赤道地方の循環の研究も大切である。最近長期予報上の立場から26か月週期という問題がとりあげられているが、これと赤道地方の循環は切り離せないものである。

* Charneyの論文のくわしい報告及びそれに関するICSU（国際学術連合）の決議等はOMEGA（1965年 No. 5）を参照されたい。

(4) 長期予報の問題

これを、以上のような研究の集積として考える時、長期予報ということ、非等方性で一様でない乱流の統計的な性質としての研究分野と考えられる。

以上のような観点にたつて大規模スケールの運動を考えると、これに支配される(であろう?)小規模スケールの運動に関する研究も大切になってくる。その主なものを列記すると

(1) 大規模スケールの大気運動とそれに接する地表面に関係したパラメーターで、熱、運動量、水蒸気の流れをきめること。

(2) 大規模スケールの運動に関連して、前線、ジェット等の生成を再現すること。

(3) 小規模スケールの対流が、大規模スケールの運動に、エネルギーを補給する問題。

Charney は以上のようなことを念頭において、これからの数値実験が試みられる必要があるとのべたけれども、モスコウのシンポジウムでは、これらのうち、一、二の問題については具体的な提案もあった。

例えば、赤道地方の対流によって大気に与えられる熱源について、Leith, Smagorinsky 等は夫々自分の仮定をのべ、それによって大気の流れがどのように変わったかという数値実験例を示した。また Mintz はヒマラヤの地形が、冬の月平均図(例えば地上天気図)にどのような影響を及ぼしているか、また冬と夏とで太陽高度のちがいが、大循環の流れにどのような変化を与えるかという数値実験例を示した。

上述のような数値実験とは別に、Charney の強調した観測網のことで、二、三の提案も行われた。Fritz(米国気象局)は Tiros による雲の活用で、電子計算機によって解析された太平洋の高度を修正し、それを用いて数値予報をやり直した例を示した。Gandin(レーニングラード地球物理研究所)は太平洋、赤道地方に最小限どの位の観測値があれば、もっともらしい天気図がえられるかを具体例で示した。これに似た例ではあるが、Mensing(ベルグラード大学)、Mintz 等は、初期に各緯度、各経度毎(5°おき)に constant volume balloon を均等においた時、このバルーンは時間と共にどのように分布するだろうかという数値実験例を示した。両者の

実験は、共にバルーンが時間と共に中緯度に集中してしまふ結果をしめした。

4. むすび

1960年に日本で数値予報シンポジウムが開かれてから5年の歳月が流れたけれども、大気循環に関する知識は徐々にあるがかなり進歩してきた。あれも大切である、これも必要であるといった初歩的な気象力学の段階から、メソ・スケールと大規模スケールの相互作用、南北両半球にわたる流れとして大循環は理解されはじめ、その方向はかなりはっきりしてきた。そのいきつく先は必然の帰結として長期間の予報というものになってきている。しかし、これらの研究と同時に、太平洋、南半球、赤道地帯といった所の観測網の確立が気象力学を行っている研究者からも強調しはじめされたてきた。Charney の言葉をかりれば、“imbalance between theory and observation”ということが強調されてきたわけである。昔のように、観測をしておけばいつかは使えるとか、観測それ自体が大切といったことではなく、大循環に対する我々の知識の拡大と共に、それを背景として観測網の整備が必要になってきた。最近いわれている WMO の WWW (World Weather Watch) という言葉の裏付けの大切なひとつは上述のことを基礎にしたものと筆者は理解している。

本文は大規模スケールの力学的予報の面から書いたために、シンポジウムの終りに提出された26カ月周期の解析例(Reed(ワシントン大学)、Lindzen(オスロー大学)、Böhme(ポツダム地球物理研究所)、Godson(カナダ気象局)、Labitzke(ベルリン気象研究所)等)については何もふれなかった。Labitzke の論文の概略は既に天気に掲載されているが、筆者には専門外のせいかどれも似たような解析であるような印象をうけた。といって全部きいたわけではない。毎日朝から夕方迄ぎっしりつまった講演、それに観劇、見学といった夜のスケジュールにくたびれた筆者は、後半はとかくモスコウ大学の外で休養をとらざるをえなかった。夜11時頃日がくれて朝方3時頃にはもう窓がしらむといったホテル・オスタンキノでの生活になれなかったせい、会期の後半になるとすっかりくたびれてしまった。そんなわけで26カ月周期の解析の話は本文から除外した。