

GARP の数値実験実施プログラム*

新 田 尚**

1. はじめに

GARP の国際的な観測と実験計画の方は、1973年からのGATE (GARP Atlantic Tropical Experiment, 最初 TROMEX といわれていた熱帯実験計画で、大西洋で行なわれるについてこのように命名された) と1976年から予定されているFGGE (First GARP Global Experiment) に対して着々と準備がすすめられているようである。その中で、最近活潑にすすめられているのが数値実験プログラムである。本年4月下旬に Princeton で開かれた4次元的数据同化作用 (4-dimensional data assimilation) に関するシンポジウムに焦点をあわせながら、GARP の数値実験プログラムの紹介をしてみよう。

2. GARP と数値実験

GARP の主要な目的は、国際的な協力態勢の下に全球的に観測網を展開し、地球大気の大循環や物理的過程をより一層明らかにする一方、多くの実験を行なって気象学研究をすすめる、また予報可能性の限界 (predictability) をきわめる所にあると思う。所で、観測網を展開するにしても、限られた費用と観測技術を最大限度有効に活用するにはどうすればよいか、どういう気象要素に重点をおくべきか、といった問題があるし、手に入れたデータの処理と解析や実験予報のこころみ、ひいては予報可能性の限界をさぐるについても、具体的な実行手段が必要である。そこで注目されるのが数値実験である。

実際の大気とモデル大気とは依然としてひらきはあるにしても、近年の数値実験や数値シミュレーションの手法の進歩にはいちじるしいものがある。上述の問題に対処し、GARP の計画を決定し具体化する上で、数値実験が重視されることとなった。そして、GARP の JOC (Joint Organizing Committee) では、特に数値実験

に関する作業グループ (Working Group on Numerical Experimentation) を組織することを決め、NOAA の GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Princeton University) の所長 Smagorinsky 教授をグループの長に選んだ。この作業グループは、1967年ノールウェーの首都 Oslo で第1回の会合を開き、GARP の数値実験実施プログラム (The GARP Numerical Experimentation Programme) を発足させた。

3. GARP の数値実験実施プログラム

このプログラムでは、現在まで次のような仕事をしてきた。

(a) GARP に関連した数値実験の調査書

これは、現 JOC 議長 Döös 教授が consultant として委託されてまとめたもので、GARP Publications Series No. 6 として発刊されている。前節で述べたような GARP にとっての数値実験がもつ重要性について、詳しく述べてある。

(b) 大気モデルに用いられている数値解法に関する調査書

これは、JOC の依頼をうけて、現在 Kreiss 教授がまとめているもので、近く GARP Publications Series No. 8 として発行される予定である。

(c) 数値実験実施に関する研究グループ会議

これは、1970年5月に Oslo で開かれた研究集会で、日本からは東大の岸保さんと筆者が参加したが、在米日本人の笠原さん、都田さんも参加された。この会議の報告は、前 JOC 議長だった Garcia 教授がまとめているが、ごく最近前記 Series の No. 7 として発行された。もし興味のある読者がおられたら、正式のもの の要旨を示すものとして、新田 (1970) を参照されたい。

(d) 研究調整および計画グループ (RCPG と略称、Research Coordination and Planning Groups のこと)

これは現在活躍中のサブ・グループの集りで、次の6

* Numerical Experimentation Related to GARP

** T. Nitta 気象庁予報部電子計算室

—1971年6月21日受理—

つの題目に取り組んでいる。紙数の関係で構成メンバーは省略するが、それぞれのサブ・グループに日本人の顔がみられるのは心強い。

題目1：4次元的数据同化作用 非定時観測資料を利用する方法の開発。初期状態作成 (initialization) 法も含む。

題目2：観測体系のシミュレーション 相異なる観測手段を用いた最適の観測体系の設計。

題目3：スペクトル別にみた予報可能性の限界 予報可能性が如何に現象の時間と空間のスケールによるかの研究。大気および水理の変数の初期状態に対する、予報可能性の限界の従属性。

題目4：数值計算法 粗い格子網の中に細かい格子網をうめこむ問題、差分法とスペクトル法を含んだ計算スキームの問題等の研究。

題目5：GARP実験のためのリアル・タイムの処理 GARPの全球および熱帯実験中のリアル・タイムでの解析と予報のために必要な総合的な体系の設計

題目6：熱帯での運動系の力学 cloud clusters, 種々のスケールの運動間の相互作用, 両半球間のエネルギー交換, 熱帯と中, 高緯度間の相互作用等の研究。

(e) 準GARP研究センター 上記サブ・グループに関連して、ある程度の研究者の集団と計算能力を備えた研究機関に委託して、GARPに関する数值実験のどれかを受持ってもらおうというもの。東大、気象庁本庁や気象研究所も候補にあがっている。

(f) GARP研究員制度 もし世界中から何人かの研究者を選んで、どこかの研究機関で共同研究を実施した方が良い場合は、そのための研究員派遣制度を設けよう、という考え。

(g) GARPのための4次元的数据同化作用に関する国際シンポジウム、次節で詳しく述べる。

(h) GARPの計画をたてる目的で、基礎資料群をつくらうという案。(Basic Data Set Project, 略してB DSP)

(i) 第1回GARP全球実験(FGG E)の立案に必要な数值実験の実施。第5節で少しふれる。

4. 4次元的数据同化作用に関する国際シンポジウム

本年4月に、アメリカのニュー・ジャージー州プリンストンにおいて、このシンポジウムが開かれた。筆者も、東大の岸保教授、気象庁の有住企画課長と共に日本から出席の機会を得たし、この問題の重要性も考えてここにや

や詳しく報告を行ないたい。

このシンポジウムは、そのテーマの特殊性から限られた専門家だけの集りかと考えていたが、いざ蓋をあけてみると50~60人位の大きい会議となり、しかも皆が熱心に4日間の発表や討論に出ている。Charney や Phillips のような人々も顔を出して、どちらかといえば技術的なテーマの基礎論を展開していたのは印象的であった。GARPの目的が、単に個々の専門分野の集合でなく、大気の循環を立体的にとらえて、一方では新しい事実の発見や特殊な問題を深めてゆき、他方では総合的な物理像をくみだてるための実験を行う所にあるのだとすれば、その方向での努力が実際になされてきたのだと筆者は考える。また、カナダをはじめとして、活発な活動を行なっているいくつかのグループが、若い新進の力で発展してきているのも新しい刺激であった。

シンポジウムは、次の5つのテーマの下にくりひろげられた。

1. Dynamic redundancy (力学的重複性) 座長 Dr. K. Miyakoda
2. Three-dimensional analysis — interpolation and filtering (3次元解析——内挿と除去) 座長 Prof. V. A. Bugaev
3. Three-dimensional analysis — diagnostic constraints (3次元解析——診断的拘束条件) 座長 Dr. F. G. Shuman
4. Four-dimensional assimilation — intermittent (4次元同化作用——間歇的) 座長 Prof. A. Eliassen
5. Four-dimensional assimilation — continuous (4次元同化作用——連続的) 座長 Prof. J. G. Charney

これらのテーマ自身なじみのうすい読者が多いことと思う。そこでシンポジウムの紹介をする前に、簡単な説明をしておくことにしたい。必要のない方は、この部分を飛ばして本節後半のシンポジウムの内容の所へ進んで頂きたい。

先づ dynamic redundancy のことであるが、われわれが観測する気象要素の中で、その種類によっては他の要素から推測できるもの、あるいは他の要素がきまると大体それに対して付随的にきまるものがあると考えられる。あるいは、同じ要素でも高さによって重要度がちがうかもしれない。しかし、こういうことは一般的にいえるわけではなくて、われわれが対象とする現象に応じて

いえる。GARPが主として対象とするものは、全球的のひろがりでの大規模運動で、波長が数千キロメートル以上の波動である。このように、力学的にみてある気象要素をエッセンシャルとし、他の要素は副次的（無為的あるいは重複している）と考えることを、力学的重複性という。何故こうした関係が生れてくるのだろうか。その鍵は、実は大規模波動の特性にある。周知の如く、地球大気中の長波、超長波はほぼ平衡状態にあってゆっくりと変化している。そこで釣り合っているのは、近似的にいうとひと組は浮力と重力、もうひとつ別の組はコリオリ力と気圧傾度力である。いいかえれば、鉛直には気圧と高度の間に静力学の関係、水平には風場と気圧場の間に地衡風の関係が良い近似で成立している。従って、後者から温度風の関係も成立つ。地球大気では、前者はきわめて良い近似で成立っているのので、ここでは後者についてみていこう。もしこうした平衡状態からはずれてくると、地衡風（あるいは温度風）調節作用が働いて、再び平衡状態にもどる。この調節作用は単純ではなく、緯度、スケールによって異なる様相を示す。簡単にいうと、ある臨界値よりも大きい規模で平衡状態からの偏倚が生じると、主として気圧場に従うように風場が変って地衡風を実現し、逆の場合は風場に従うように気圧場が変る。この臨界値は Rossby の変形半径 (radius of deformation) に関係し、調節作用に伴って生起する重力慣性波の位相速度に比例し、コリオリ・パラメーターに反比例する。中、高緯度では、通常この臨界値は数千キロメートルとなり、偏倚のスケールと同じ位なので、調節作用の主導権は特にどちらかへいくことなく、風場と気圧場の間で相互調節作用をくり返す。しかし低緯度へいくと臨界値は大きくなって、風場が常に主導権をもつ傾向が出てくる。実際には、地衡風よりももっと複雑な平衡状態であるが、大体の所はこの筋書に従う。（もっと詳しいことに興味のある読者は、Phillips (1963) や新田 (1968, 69) を参照されたい）

もし、気圧場か、風場のどちらか一方が正確に観測されるならば、他の要素はこの調節作用でかなりよく推測できる可能性がある。このことは、後でもう一度ふれる。また、地衡風の準平衡状態にある運動では、うず度が発散より大きいから、大勢は運動の回転成分でできまり、二次的な特長が発散成分の影響をうけることになる。従って、後でも述べるが、地上気圧分布の大きい特長は上層の気圧場や風速分布からきまるために、redun-

dant であるといえる。また、水蒸気の配分も大体運動状態によるから、蒸発を除いては副次的ともいえる。

次に3次元解析にうつろう。これは、従来客観解析とよばれてきたもので、気圧場や等圧面高度場、気温場、水蒸気場、風速場などの3次元分布を求める問題である。気象要素の数値的処理には、普通格子網が用いられるが、観測点は一般にはこの格子点とは一致しない。観測点で与えられたデータから、どのようにして格子点上で最も正確な気象場の分布が得られるか、ということが客観解析の問題である。観測データそのものの精度というものがあるが、この場合はいろいろな時間、空間スケールの現象を含んだデータの精度ということになる。一方、客観解析の場合の精度というものは、少し意味が違うので、この場合には、先づわれわれが、特にどういう時間、空間のスケールをもった現象を対象としているのか、ということをはっきりさせ、観測データから正しく自分の対象とする現象をとり出す、という意味である。それでは、実際にはどうすればよいのか、という問題であるが、今日迄考え出された方法や現在使用中のものをまとめると、次のようになる。

(1) 多次曲面による表現。何百キロメートルと離れた格子点のデータに、最もよく適合した2次元曲面を決めれば、格子点上の値も出るし、観測点の分布に応じたスケールの現象をとり出せるわけだが、どうしても曲面を決定する係数が観測値に敏感すぎて、小さいスケールの変動を強調させすぎる傾向がある。

(2) 前日の24時間予報値（それがなければノルマル値）を先づ最初の解析値と仮定し、観測値とのくい違いを順次補正していく方法で、補正法とよばれている。この方法の方が、安定しており、対象とする現象のスケールを損なわずに解析できる。現在、気象庁ではこの方法を採用している。なお、格子点上の値を、観測点上の値から推定するとき、いろいろな内挿法が用いられるが、Gandin (1965) の提唱した optimum interpolation がよく使われている。これは、対象とする現象の空間スケールを考慮に入れている点で、単なる代数的、統計的議論よりすぐれていると思う。すなわち、先づ気候的な分布を考え、観測値と気候値との差について最小自乗法を適用するものである。

(3) 先に述べた地衡風調節に代表される所の、準平衡状態 (quasi-balanced state) という大規模運動の力学的特性を利用するものである。考えの筋道として最も簡単なのは、Sasaki (1970) のアイディアで、気圧場と風速

場が平衡状態を満足しているという条件の下で、観測値と解析値の差が最小になるように変分的にきめよう、とするものである。Sasaki等は更に一般化して扱っている。この方向をもっとすすめて、数值モデルそのものについて、より一般的な平衡状態を求め、それを満足する質量場と風速場をとり出そうとする考えがある。MiyakodaとMoyer(1968)、NittaとHovermale(1968)、論文にはなっていないが岸保と岡村は、それぞれ具体案を出した。この場合、モデル大気と現実の大気のくい違いがあるが(つまり model dependent であるが)、他方大規模運動に適わしい質量場と風速場がきまる。プリミティブ方程式モデルの初期値を求める上からも有効なので、initialization(初期状態作成)の方法といわれている。

このように、力学的特性としての準平衡状態を取扱うことは、データの空間3次元分布のみならず、時間についても大規模運動の特長である slowly changing(何故なら、準平衡状態にあるから、急激な変動をもたらす重力慣性波がおさえられているから)ということが実現されて、時間の次元も加えた4次元解析という概念を生むにいたる。更に、GARPで実験され、WWWでルーチン化される気象衛星からの気温をはじめとする気象要素の観測、定圧面をとぶ気球の報告をとり入れだすと、従来の定時(synoptic)観測のほかに、非定時(asynoptic)観測も大いに利用することになる。ここに4次元のデータをどううまく処理して、気象解析にとりこむか、すなわち4次元資料同化作用の問題がクローズ・アップされてくるわけである。

前置きの説明が冗長すぎて退屈された読者もおられるに違いない。ともあれ、今回のシンポジウムが注目されたのには、こうした背景があったことを御諒承願いたい。また、この一連のテーマは、一見技術的な話のようであるが、気象観測、気象解析、そして大気の力学的特性が関係した、いかにも気象学らしいテーマであることも強調しておきたい。

今回のシンポジウムの話にうつろう。各 session の座長は、それぞれ30分位の持時間を与えられて、各テーマについてこれまでの研究の総まとめと問題点の整理を行った。それを参照しながら、筆者なりに5つのテーマの下に発表をまとめてみよう。内容中心にみているから、実際に発表したのとは違う session の所に入る論文もある点、御諒承願いたい。

dynamic redundancy を直接とりあげた論文は少なかったが、その中で、GFDLのMiyakoda等のグルー

プとNCARのJulianとBaumhelfnerが組織的に調べた結果の一部を話した。GFDLのグループは、Smagorinsky et al. (1970)の続きとして、9層モデルで順番にそれぞれの層の気象要素を忘れたとして14日間予報し、誤差の拡がり具合をみた。まだ途中までしか行っていないが、実況値を用いており、verificationをRMS(Root Mean Square) error でみつもっている。いわば、気象要素の相対的重要性を総ざらえしようとしているようである。この部分は、session 1の座長のMiyakoda博士が、総合報告の一部として報告した。NCARのも同じ方向の仕事であるが、制御実験の結果を用いてテストしており、重点を気象要素の3次元分布をある限られた参照面(reference level; 直接の観測値がある面)のデータから推定する場合、地上面と12km面とではどちらが参照面としてすぐれているか、においた。今回の発表に関しては、地上を参照面とした方が誤差の拡がりが少ないという結論であったが、GFDLが中、上層を強調するのと対照的で、今後一層研究がすすむにつれて、更に高い立場からまとめられることが望まれる。既に指摘されているように(Nitta, 1969; Smagorinsky et al. 1970), dynamic redundancyの問題には、大規模な気象場が変動して新しい準平衡状態に到達するとき、調節過程がどのように進行するのか、どの要素が主導権をもつのか、という問題がその基底にある。そういう意味で、ある面のある気象要素に誤差が含まれるとき、その誤差が時間と共にどう変動するか、気象要素の分布はどうなっていくか、をある特定のモデルについて調べていくことも必要である。いわば初期状態問題としての approach で、Nittaは3層モデルの誤差に対する力学的反応として調べた。ひとりで結果をいうと、同じような誤差を与えても、大気的全気柱が同じ程度に変動するパロトロピック的な影響(例えば地上気圧や鉛直の気温分布全体に及ぶ誤差)の場合、その誤差は急速に分散してすばやく新しい平衡場が出現し、殆んどもとの場が再現しているが、大気中層に限られたバロクリニック的な影響(例えば、500mb面の誤差)の場合、場の回復は遅く、かつ、いつまでも誤差が消えないで残る。

中、高緯度の大規模運動では、速度場と質量場とがほぼ相互調節過程にあるが、質量場に関連した気温や気圧の観測の方が、風の観測より相対的に精度が高いから(低緯度では日変化以外の気圧の変動は、じょう乱の中心付近を除いて一般に小さいから、風の観測の方が相対的に精度が高くなるので事情は逆になるが)気圧やジオポ

テンソルの情報から風の情報をとり出そうとする試みが以前からなされている、この試みは、dynamic redundancy の知識を利用する一方、数值モデルを介した4次元解析や初期状態問題にも通じるものである。今回のシンポジウムの発表では

(1) ある時刻のジオポテンシャルのデータを常に全領域で用いながら、数值モデルを通じた一般的平衡状態への調節作用(地衡風調節作用よりも一般的な)によって、風場を求める研究(初期状態問題として考える場合と、予報と解析とを兼ねた場合がある。Mesinger(ユージ)、Rutherford と Asselin(カナダ)、Holland(アメリカ))

(2) (1)と同じことを、ある限られた場所だけで時々行なう。丁度、気象衛星の進路にあたる付近でだけ、ある時間間隔をおいて行なうようなもの。ある時刻の解析に重点をおくもので、解析する時刻の中間の情報は、何らかの方法で解析する時刻までもちこす。(図1参照)(4次元資料同化作用の一種)。Morel(フランス) Talagrand(フランス)、Fux-Rabinovich と Fjodorova(ソ連)、Gauntlett(オーストラリア)、Sasaki(アメリカ)、Kidson(ニュージーランド)

(3) (2)と同じことを連続的に行なうもの。従って、予報と解析の両方の性質を兼ね備えている。(4次元資料同化作用の一種)。Jastrow と Halem(アメリカ)、Tadjbakhsh(イラン)、Phillips(アメリカ)、Williamson と Kasahara(アメリカ)、Bengtsson と Gustavsson(スウェーデン)、Shuman(アメリカ)、Dobryshman(ソ連)の3つの approach の方向がみられた。(2)は session 4: Four-dimensional assimilation — intermittent で、(3)は session 5: 同 — continuous で発表された。

(1)の方向の基本的な議論は、Miyakoda と Moyer(1968)、Nitta と Hovermale(1968)によってなされており、(2)と(3)の方向については、UCLAの Mintz のグループ、Charney et al.(1970)が基礎的調査を行なっている。今回行なわれた発表は、それぞれ限られた範囲内ではあるが、実際的な問題を応用例によって調べたものであった。詳しいことは後で紹介するとして、会議後の印象はまだ群象を撫でる感じで、今後総合的にとらえられるのが楽しみである。

さて、(1)の内容は、Session 1で発表されたので、ここで紹介しておこう。

Mesinger は、UCLAの開発した Mintz-Arakawa の2層大循環モデルを用いてジオポテンシャルをくり返

し与えて風場をつくり出す実験をした。制御実験の結果を用いたので、風について『完全な観測』があるわけだが、今、急に風場を忘れたとしてジオポテンシャルだけをとりこみながら予報を続け、『完全な観測』に対する RMS error をみつめた。Mesinger は、時間積分における damping 効果が大きい程、又、とりこむ回数が頻繁な程、早く風場が求まるといっているが、最終的な結論とは思えない。前にもいったが、Mesinger 等の実験では、常に全領域でジオポテンシャルの情報をとりこんでいるが、Charney, Jastrow, Halem 等は気象衛星を念頭においた、限られた領域でのみとりこんでいる点で、大きい違いである。

Rutherford と Asselin の研究も同様のものだが、彼等の用いたのは1層拡散パロトロピック・モデルである。

一方、Holland は海洋の問題に初めてこの手法を適用した。海洋力学にとっては記憶されるべき仕事だと思ふ。彼は密度分布が与えられているとして、流れと水圧の分布を求めたが、30日位で大体 steady state に達した。

さて、4次元解析にいく前に、少し3次元解析に関する発表をみておこう。今回の発表に共通した特長は、これ迄の単なる3次元客観解析から一歩出て、非定時のデータをなんとか利用しようとする工夫が出てきた点である。ひとつには、このシンポジウム全体のテーマに近づけようとしたためでもあろうが。

3次元解析の前半(session 2)は、いろいろな測器や観測手段から集められた相異なるデータを、統計的手法で処理する場合の内挿法(interpolation)や不用な情報の除去(filtering)の問題を扱っている。主流はどうかやら Gandin の提唱する optimum interpolation ということになりそうであるが、この方法で用いる気候学的分布の選択を、実際問題としてどうするかがまだ任意性を含んでいるように筆者には感じられる。また、気候学的分布からの偏差の処理については、気象場の準平衡状態に関する制約を考慮した最小自乗法が望ましいのではなからうか。Alaka と Elvander, Dixon, Gandin のやや統計的色彩のかった仕事から、Petersen, Rutherford, Bradley にいくにつれてその傾向がみられるように思う。そして、後半(session 3)に入ると、気象学的要請がよくなってきて、診断的制約(diagnostic constraints)が前面に出てくる。こういった方向の基礎は、Sasaki によって最も一般的に取扱われてきたように思う。3次元解析もま

た、総括的な議論が要求されているように思われた。しかし、筆者の不勉強のために、まだ充分研究の全ぼうをつかんでいない。

最後に、4次元解析の問題をみることにしよう。先にもふれたように、この問題には資料を間欠的 (intermittent) にとり入れる場合と、連続的 (continuous) にとり入れる場合とがある。(所でこの観測資料のとり入れ、場合によっては同じデータをくり返しとり入れることを retrieval, restoration, recovery などという)。

session 4の座長 Eliassen 教授は、図1と図2に示したようにして、先づ間欠的な場合と連続的な場合の違いを説明した。つづいて Morel は、初期状態問題に用いる forward/backward の方法を、例えば12時間位の期間に対して適用することを論じたが、われわれが同じ数値モデルを用いて、制御実験のデータで誤差の拡がりを検定するのは、identical twin (一卵性双生児) のようなものであると警告した。数値モデルが完全でない以上、検定は数値モデルと独立した形で行なわれるのが望ましい。

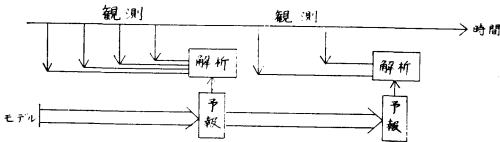


図1 4次元的数据同化作用 (間欠的の場合; intermittent)

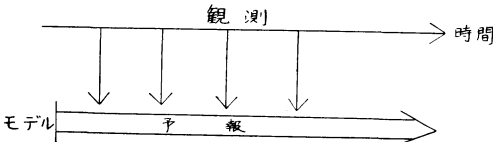


図2 4次元的数据同化作用 (連続的の場合; continuous)

Talagrand や Fux-Rabinovich と Fjodorova は、簡単なモデルによる数値実験で間欠的なデータのとり入れに対する同化作用を調べた。重要な結論のひとつは、とり入れの時間間隔にはある適当な値があって、それより頻繁だと、場がいつも調節を充分しおえない内に新しい情報が入ってくるために、いつまでも落ち着かず、反対に余り間があきすぎると、新しい情報の与えるショックが大きすぎてこれまた調節に暇がかかりすぎることになる。このことは、Jastrow と Halem, Williamson と Kasahara が連続の場合についても指摘しており、大体6~12時間位の間隔が optimum だといわれている。

Sasaki は、これ迄の方法の集大成をこころみている。

本質的には、数値モデルを直接用いる方法と同様な approach であるが、最小自乗法によって統計的に処理する方法のため、用いている拘束条件が明確である代償として、極めて複雑な関係式を解かねばならない。

さて、session 5では、先づ Charney が、先の Charney et al. で提唱したアイディアの証明のようなことをしたが、少々ラフな話であったため、にぎやかな論議のまこととなった。要するに、気温の観測値、その1階および2階時間微分を与えれば、中、高緯度では地衡風調節作用から風場がきまってくる、ことを証明したかったようである。数値実験としては、Jastrow と Halem, Williamson と Kasahara, Bengtsson と Gustavsson が発表している面白い内容のものがあつたが、ここでは数値モデルの分解能 (resolution, 水平および垂直の格子間隔の大きさ) の影響にのみふれることにしよう。ある誤差を与えておいて調節作用をしらべていくと、分解能の粗いモデルの方が早く終了し、RMS 誤差が早く小さくなるが、それは分解能が粗い程自由度が少いために、誤差に対してより sensitive となってより速く調節するからで、逆にいうとそれだけ単純だ、ということになる。

一方、Tadjbakhsh は統計的にこの問題を処理することを考え、Phillips は実例を示した。数値方法とこの統計的手法とは、いずれ統一される方向に向うかもしれない。

Shuman は、余りこつたことをせずとも、大規模運動場はそれ程急激な変動を示すものではないから、解析する時間の間に入ってきた資料は、適当に前か後へ外挿してやるだけで充分利用できることを、実例で示した。

論文それ自身としては面白いが、今回のシンポジウムの主テーマには必ずしもそぐはないものの紹介は省略した。

5. あとがき

従来、世界の各所でバラバラに行なわれていた仕事、一堂にあつめられて、皆の賑やかな討論にさらされながら少しずつまとめられていく、というのが、シンポジウムというもの、ひとつの特徴であり価値ある所であろう。そういう意味で、今回のシンポジウムは充分成功であったと思う。内容も豊富な方であろう。しかし、Charney が I am well confused. といったように、問題点の自覚、得られた結果の整理、これからの研究の方向も含めた総合化へのまとめ、といったものが宿題として残されたように筆者は考える。

GATEやFGGEに備えて、早くもいろいろな要請が数值実験に対して出されている。更に、そこで求められた特別観測の資料を用いた数々の“実験”や“予報”の仕事もある。さて、日本としてどう対処してゆけばよいか、ということが筆者には大切な課題に思える。

この一文が、そういう意味でGARPの一つの顔を紹介し、国際的な研究計画に対する具体的な問題提起の一助になれば幸いだと思う。

参考文献

本文の参考文献は多岐にわたっているが、ここでは直接関係したものの中から選んだ。

- 1) Charney, J., M. Halem, and R. Jastrow, 1969 : Use of incomplete historical data to infer the present state of the atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, 26, 1160-1163.
- 2) Döös, B.R., 1970 : Numerical experimentation related to GARP. GARP Publications Series, No. 6. ICSU/WMO.
- 3) Gandin, L. S., 1965 : Objective Analysis of Meteorological Fields. Israel Program of Scientific Translations.
- 4) Jastrow, R. and M. Halem, 1970 : Simulation studies related to GARP. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 51, 490-513.
- 5) Miyakoda, K., and R. W. Moyer, 1968 : A method of initialization for dynamical weather forecasting. *Tellus*, 20, 115-128.
- 6) Nitta, Ta, 1968 : Initialization and analysis for the primitive equation model. WMO/IUGG Sym. Num. Wea. Pred. 気象庁技術報告 No. 67, VI/11-20.
- 7) Nitta, Ta., and J. B. Hovermale, 1969 : A technique of objective analysis and initialization for the primitive forecast equations. *Mon. Wea. Rev.*, 97, 652-685
- 8) 新田 尚, 1968, 69 : 予報モデルと初期値について, (I) OMEGA, 6, 3-4 合併号, 28-32, (II)同, 7, 1, 26-40, (III)同, 7, 2, 23-30 (IV)同, 7, 3-4 合併号, 20-28. 気象庁予報部電計室有志発行.
- 9) 新田 尚, 1970 : GARP と数值実験. OMEGA, 8, 4, 20-32.
- 10) Phillips, N. A., 1963 : Geostrophic Motion. *Rev. Geophys.*, 1, 123-176.
- 11) Sasaki Y., 1958 : An objective analysis based on the variational method. 気象集志, 36, 77-88.
- 12) Sasaki, Y., 1970 : Some basic formalisms in numerical variational analysis. *Mon. Wea. Rev.* 98, 875-883.
- 13) Smagorinsky, J., K. Miyakoda, and R. F. Strickler, 1970 : The relative importance of variables in initial conditions for dynamical weather prediction. *Tellus*, 22, 141-157.
- 14) Thompson, T., 1971 : The planning of basic data set in GARP (GARP における基礎資料群計画 : 天気, 18, 7月号, 本母利広氏の訳)

気候変動シンポジウム

日時 11月10日(水) 13時—17時

会場 京都大学防災研究所

京都駅から奈良線のりかえ黄ばく駅下車徒歩5分

1. 大内正夫(京都学芸大) : 台風発生の長期変動と発生域の海況
2. 荒川秀俊(東海大) : 異常に早く進行する台風や低気圧
3. 山本武夫(山口大) : 極東地域の気候帯の南北振動と降水量の長期変動
4. 吉村稔(山梨大) : モンスーンアジアの降水量の地域変動について
5. 福井英一郎(教育大) : 70年間における豪雨の増加傾向
6. 中島暢太郎(京大) : 干ばつの機構
7. 樋口敬二(名大) : IUGG氷河シンポジウムの紹介
8. 福井英一郎(教育大) : 最近の気温の下降傾向について
9. 佐藤功(大阪管区) : 最近の気候変動と西日本の天候
10. 根本順吉(気象庁) : 極地の寒冷化の実態の紹介
11. 朝倉正(気象庁) : 寒冷化と大規模な環流の変化

1971年10月