

## GARP の全地球実験計画

(2)\*

—主として FGGE を中心に—

新 田 尚\*\*

## 4. データ処理体系

前節にみた観測体系は、様々なデータを多量にもたらしことになる。観測技術とデータの収集・処理システムが基本的に異っていても、全データの流れは単一の枠組の中にあると考えねばならない。というのは、全地球実験のアウトプットは、初期状態パラメータについての完全で内部的に首尾一貫したデータ・セットでなければならないからである。そういう意味で、データ処理に関する計画も全地球実験に欠かせないものである。

更に JOC の考えでは、全地球実験の諸研究計画、中でも予報体系のためには、データ処理は準リアル・タイムに行われる必要があるとしているが、同感である。ここで再び WWW と深い関連が生じてくることになる。

所で、データ処理体系を考える上で、処理の流れにおけるデータの水準を次のように分類すると便利である。

水準 (level) I: 生のデータ。測器の読取値や感部からの信号。気象のパラメーターへの変換が必要。例: レディアンスのような情報を与える気象衛星の感部からの遠隔計測信号、定高度気球の位置など。

水準 (level) II: 気象のパラメーター。多種の簡単な測器で測られるもの(気圧、気温など)、あるいは水準 I のデータから導かれたもの(定高度気球の順次の位置から推定した平均風など)。世界気象センター(WMC)でのデータ処理の回数を考慮して、気象のパラメーターは次の2つのカテゴリーに分けられる。(i) データ・セット IIa: オペレーショナルな打切り時間内に集められた WWW オペレーショナル・データ・セット。(ii) データ・セット IIb: 完全な全地球的データ・セットを得るために、打切り時間を延長した全地球実験用研究データ・セット。

水準 (level) III: 初期状態パラメーター。水準 II の

データから4次元同化技術(four-dimensional data assimilation)で求めた、内部的に調和したデータ・セットで、格子点状の値として与えられている。(i) データ・セット IIIa: 水準 IIa のデータから求めた WWW オペレーショナル解析結果。(ii) データ・セット IIIb: 水準 IIb のデータで24時間ぐらい打切り時間を延ばして求めた全地球実験解析結果。

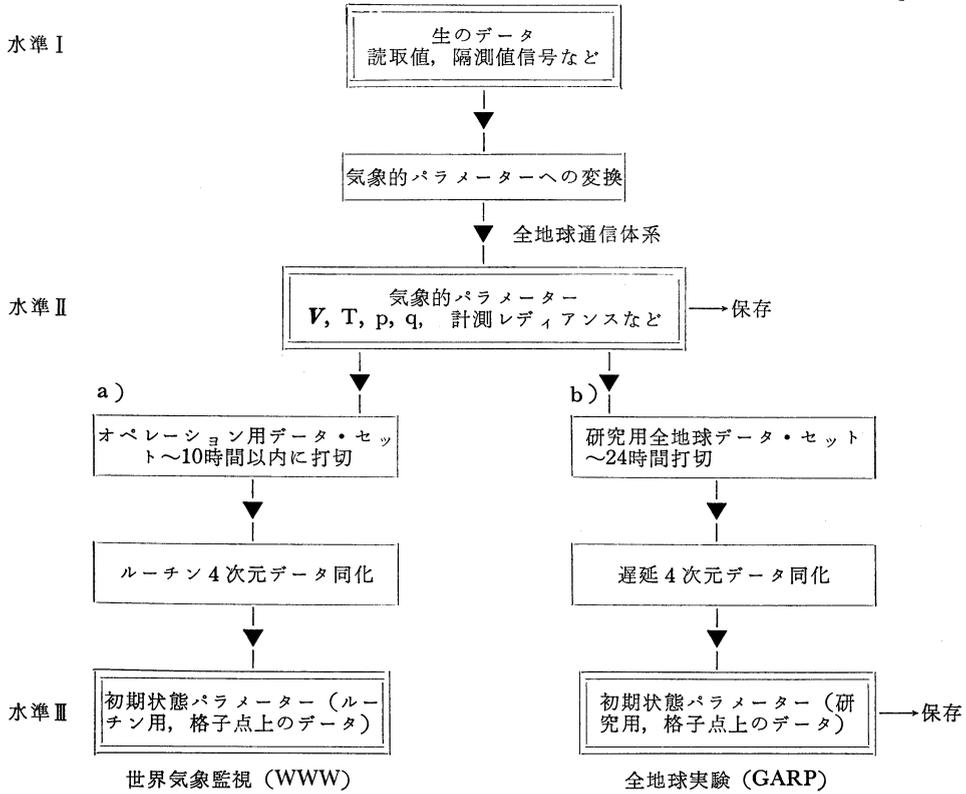
以上の分類をまとめて第3図に掲げる。この分類に基づいて、各段階のデータの分析、配布の仕方、伝達方法などについて、JOC は詳しい検討を行っている。本文では、FGGE の意味を理解して頂くという観点から、水準 III で用いる4次元データ同化と4次元解析について述べておこう。

ひと口にいうと、4次元データ同化とは気象衛星や定高度気球などから非定時に観測された各種のデータを取り込んで、ある定時における大規模運動場を表現するデータ・セットとして時間的、空間的に一貫したものにとりそろえることである。4次元解析とは、定時のデータ(ラジオゾンデ・データなど)に同化した非定時のデータを加え、十分チェックを施した後、気象要素の3次元分布を求めることである。

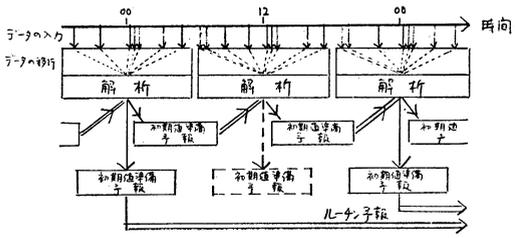
4次元データ同化のスキームには、2つの大きい流れがある。ひとつは力学的方法で、もうひとつは統計的方法である。現在世界の大半は両者を結合し、力学的方法を基礎とし、それに統計的方法の助けを加えた方向にすすんでいる。それには大別して、間欠的スキーム(intermittent scheme)、連続的スキーム(continuous scheme)、前方-後方スキーム(forward-backward scheme)の3つがある。間欠的スキームは、第4図に示したように、現行の天気図解析に近いものである。解析を等時間間隔(たとえば6時間とか12時間)に行うとして、ある時刻の解析から初期値を準備して数値予報する。その予報結果は、次の時刻  $T_1$  の解析にも用いる。次に、またまの時刻に観測された各種データを、 $T_1$  に移行する。

\* Global Experiment of GARP with Special Emphasis on FGGE, Part 2.

\*\* T. Nitta: 気象庁予報部電子計算室



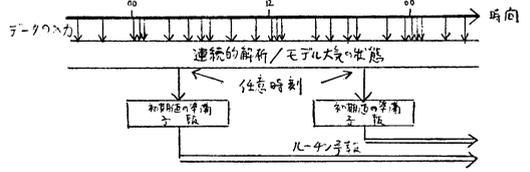
第3図 データ処理体系におけるデータの水準の分類



第4図 間欠的データ同化スキーム

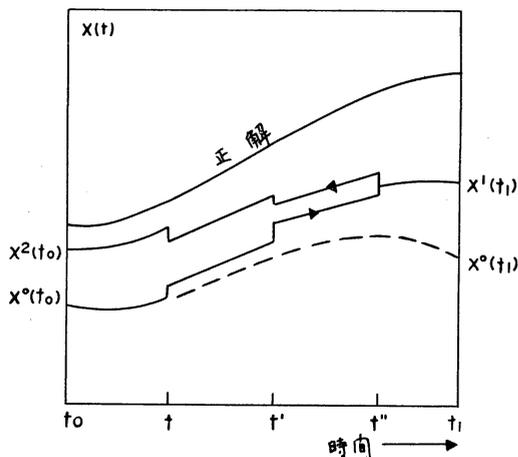
移行のさせ方が問題だが、時間差を無視する、変化傾向を解析して観測データを修正する、観測点を動かして時間補正する、などの方法が考えられる。移行したデータには、そのデータの質に応じた重みをかけてもよい。こうして、非定時に観測されたデータも定時のデータとなり、先の子報値も用いて3次元のデータ同化スキーム(たとえば客観解析の補正法)を用いて新しい時刻  $T_1$  の解析がなされる。

連続的スキームでは、各種データは実際に観測されたのと同じ時刻に対応するモデル大気中の時刻にとり込ま



第5図 連続的データ同化スキーム

れるが、処理上は通信やチェックなどに要する時間だけ遅れて実行される。場合によっては、モデルの時間積分を途中で止めて新しいデータを入力し、計算をやりなおすこともありうる。第5図にみるように、このスキームでは各種データをそれぞれの観測時刻に応じて連続してとり込むわけだから、モデル大気の状態としては常に観測に適合するよう調節されていることになる。それ故、任意の時刻に解析がなされているともいえるし、子報も任意の時刻からスタートできるともみなせる。しかしながら、この方法の場合新しい気温とか風のデータがとり込まれると、それに適合するため地衡風調節作用がはじまる。従って、とり込みの頻度が問題となる。このスキ



第6図 連続的前方-後方データ同化スキームを模式的に示したもの。X-軸は3N次元空間をあらわし、 $t_0 \sim t_1$ はくり返し積分過程の時間間隔をあらわす。 $t, t', t''$ は観測データを取り込む時刻。数値実験で、このスキームが正解に近づいていく様子を示す。

ームは、用いた数値モデルに対する依存性が非常に強いが、柔軟性に富み将来性もみこまれている。

前方-後方スキームは、連続的スキームで頻繁にデータのとり込みが行われた場合、調節のための十分な時間的余裕がないときの困難を回避するために提案された。

この方法では、前向きと後向きの時間積分（いいかえれば未来予測と過去推測）のある時間間隔、たとえば24時間の間くり返し、その間同じ非定時観測のデータを何度も数値モデルの中へ同化しようとするものである。このようにして、地衡風調節過程で生じた高周波の重力-慣性波が消えてしまう迄の、十分な時間をとろうとするわけである。ただし、この方法は、非断熱効果とか摩擦効果といった非可逆過程を含む大気モデルに直接適用することはできない。第6図には、このスキームを用いた数値実験で、次第に正解に近づく様子を模式的に示した。これらの方法で、解の収束をはやめる為に種々の統計的考慮が導入されている。

これまででは、あるデータを与えられたとして、それをどのように4次元的に同化するかについてみてきた。その間に解析という言葉が出てきて、同化と解析とが同じようなものとみなされたかもしれない。気象場の3次元分布の決定という意味では、確かに同じ趣旨のものである。しかし、同化という場合には手段として解析を使うが、本来はデータのとり込み方に主眼がある。ところ

が、解析という場合には、決定した分布そのものに主眼がある。それ故、データの品質管理が重要となる。そしてGARPで最終的に必要としているものも、この4次元解析の結果である。

4次元解析においては、先ず入電してくる各種データのチェックと選別を行う。たとえば気象衛星による気温の鉛直プロファイルや風速データは、今の所余り精度がよくなく、アメリカのGFDL/NOAAの都田等のテストでは、入電データの約40%がチェックの段階ではじき出されてしまったという。もちろん、これはチェックの仕方にもよるし、衛星からのデータや処理の精度は日進月歩で改良されているので、遠からず事情は改善されるだろう。次に、種類別に選別されたデータには、観測手段に応じて必要な重みが与えられる。最後に、上述の4次元データ同化スキームのいずれかひとつを用いることによって、4次元解析の過程が完了する。

## 5. 通信体系

GARPにとって実際上の重要な課題のひとつに、多量情報の伝達の問題がある。FGGEの期間中に観測されたデータは、主として既存の気象通信網を使用して送られることになっている。ここにもWWWとの密接な連けがみられる。データの流れをつかさどる通信系統をGTS(Global Telecommunication System)とよぶが、FGGE期間中に送られる各種データの通信量を推定したものが第7図である。

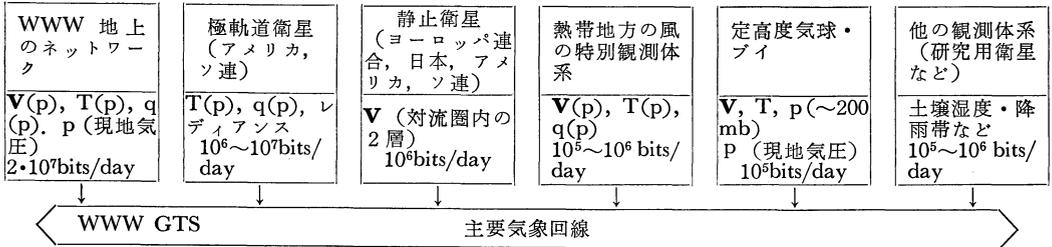
水準IIのデータは、既に述べたような各種の観測手段で測定されGTSにのせられるが、通信量の総量は $3 \times 10^7$ bits/dayの推測でそれ程多くない。これに対し、WMC(World Meteorological Center, 北半球ではワシントンとモスクワ、南半球ではメルボルン)で処理された、3次元の格子網上の水準IIIのデータについては、1桁多い情報量がみこまれている。

大勢としては、FGGEの時期までに整備される気象用幹線通信網で、ルーチン業務を妨げずに処理できる見通しであるが、観測体系との連絡がうまくとれない場合には混乱をもたらす恐れもある。

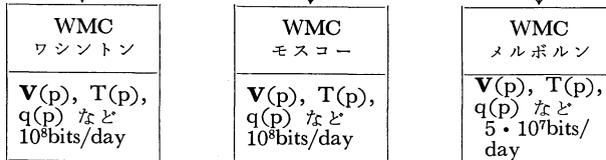
水準IIのデータは、WMCで使用するほか、各国の研究機関も利用できる。その場合には、日本の場合は気象庁が窓口になるものと考えられるが、詳細は決っていない。また、水準IIIのデータも、自分の希望するWMCから受取ることができるが、実際にはWMCと国際通信線で結ばれている気象庁を通すことになるだろう。

これらのデータは、準実時間的に受取ることが可能な

水準Ⅱのデータ：気象的パラメーター



水準Ⅲのデータ：  
初期状態パラメーター



第7図 GTS で伝送される FGGE の観測データの流れと推定される通信量。

ものだが、基礎的データ・セットについては磁気テープ等による保存も考えられている。既にテスト的に、そうしたデータがつけられている。

6. 予報体系

FGGE の全地球観測データは、WMC で4次元解析して初期状態パラメーターとして3次元の格子網の格子点上に与えられる。この水準Ⅲのデータをもとにして、いろいろな力学解析を行うことも大切な仕事であるが、延長予報を目的とした実験予報を試みる絶好の機会でもある。

予報に用いる大気モデルとしては、北半球領域あるいは全地球領域のモデルが望ましいが、世界中の該当するモデルの一覧表づくりが現在進行中である。やがて JOC の報告書として刊行される予定だが、既に実際に積分結果を出しているモデルが中心である。実験予報では、予報可能性の限界を調べたり、突然昇温などの特定の現象のシミュレーションを対象としたり、あるいは実用的な予報精度をチェックしたりするのみならず、各モデルの物理的、計算的差異による積分結果のちがいの検討も行われるだろう。

はじめにも述べたように、大気モデルを用いた数値実験は FGGE を支えているバックボーンのようなものであるから、やはり使い慣れたモデルを少くともひとつ用意した上で、それぞれの実験計画をたてる必要がある。

7. FGGE と日本の研究者、技術者

筆者が拙いペンをとって FGGE の概要の紹介に努めようとした最大の目的は、FGGE が日本の研究者、技

術者に及ぼすインパクトについて、それぞれの研究グループで検討をはじめて頂けたらとの願いによるものである。GARP の国内委員会の要請もあって、先ず FGGE の現状をみわかし、観測・通信・解析・予報の各分野の準備状況と四者を有機的に結びつける実験計画の全貌を現在わかっている範囲内で説明してきた。

具体的に各個人ないし各研究グループが、FGGE をどう受けとめて、どのようにそれに参画するか、しないかということは、各個人ないし各研究グループ自身で決定されるべきものであることはいう迄もない。いずれの結論が出るにしても、FGGE が気象学の歴史で最初の大規模な国際協力事業となる意義の大きさを、十分理解されている必要がある。FGGE は、大気大循環、数値予報、気候学関係の研究者、技術者にとっては最も密接な実験計画であるが、更に気象衛星による観測とデータ処理、定高度気球の問題、ブイの関係等新しい測器の開発、利用の面でも多くの実験計画がある。

巨大科学の一環として、大気物理現象や気象現象をマクロにとらえる立場からみて FGGE が重要なことはいふ迄もない。しかし、ミクロな分野の専門家にとっても、一見関係が薄そうにみえても、気象現象の総合性を考えるとき、やはり FGGE は無関係なことだとはいふきれないのではないかと思う。

8. あとがき

前後2回にわたって、FGGE の内容を紹介してきた。FGGE は GARP の中心になる実験計画であるが、浅井 (1973) も説明しているように、GARP は FGGE のほかに GATE, AMTEX, MONEX 等多くのサブ・プ

プログラムを含んだ大きい研究計画である。従って、各個人や各研究グループの研究計画、技術開発計画と GARP の関係は単純ではない。その中で FGGE をどのようにとらえるか、そろそろ煮つめるべき段階にさしかかっているのではないかと思う。また、将来の展望として、現在の GARP は気候変動を主テーマとした second GARP へと発展しようとしている。そうした大きい時間スケールでのみとおしの下に、日本でも FGGE についての活発な議論が展開されていくことを期待したい。

#### 謝 辞

本文の原稿に目をとおり、種々の示唆や助言を賜っ

た、気象庁観測部高層課長 清水逸郎氏に深く感謝致します。

#### 文 献

- 浅井富雄, 1973: GARP に関する最近の動向. 天気, **20**, 364-368.  
 Joint Organizing Committee (JOC), 1973: The First GARP Global Experiment, Objectives and Plans. GARP Publications Series No. **11**.  
 Thompson, T. (本母利広訳), 1971: GARP における基礎資料群計画. 天気, **18**, 413-415.

## 第17期第4回理事会議事録

日 時 昭和48年10月29日 17. 30~19. 00

場 所 仙台市グランドホテル会議室

出席者 磯野, 小平, 中山, 窪田, 河村, 大井, 神山, 川村, 二宮, 丸山, 駒林, 伊藤, 北川, 各常任理事  
 竹内, 岸保, 孫野, 佐々木, 山本, 中島, 山元, 坂上, 沢田, 各理事  
 藤田監事

#### 議 題

1. 次期選挙管理委員長について  
 気象研究所宮崎正衛会員が決定した。
2. 支部設置の検討について  
 東海地方に支部を設けることが提案され原則は了承されたが  
 (イ) 今後の支部設置についての基本方針  
 (ロ) 名称をどうするか  
 を次の常任理事会で検討することになった。
3. 学生会費の取り扱いについて  
 前納者は翌年一年分は学生会員として取り扱うことに決定した。
4. 学会財政について  
 学会財政を健全なものにするためには約40%会費を値上げしなければならないが、値上げを30%程度に抑えたいので、集誌のページチャージによる増収、大会参加

費の大幅値上げなどが検討された。次の常任理事会までに具体案を作る。

5. 東レ科学技術研究助成の候補者推薦について  
 次の2件を推薦することに決定した。

石川晴治(名大空電)ほか5名: 日本列島より発生する微粒子汚染質の動向とバックグラウンド汚染の研究  
 角皆静男(北大水産)ほか3名: 大気圏および海洋における化学物質(人類起源物質含む)の挙動と循環に関する研究

6. 学術雑誌の印刷用紙の確保と価格引き下げについて

声明を出したらとの提案があったが検討の結果関係方面に要望書を提出することに決定した。

7. その他

(1) 賛助会員に札幌市がなった。これについて同市よりなぜ、他の政令指定都市が賛助会員の対象にならないかの質問を受けたので、至急候補者名簿を改定し該当の地方理事には勧誘を依頼することになった。

(2) 天気の表紙および内容の変更について編集委員長より説明があった。

(3) 外国文献集の経理状況について報告があった。

#### 承認事項

新入会員狐塚正夫ほか12名および賛助会員札幌市の入会を承認