

GARP 組織委員会第一回会合報告*

小 倉 義 光**

1. JOC の発足

これまで GARP は ICSU/IUGG の Committee on Atmospheric Sciences によって企画立案されてきた。しかし、その計画も次第に具体化してきたこと、WMO が推進しつつある WWW 計画と GARP とは密接な関係にあることなどから、1967年秋 CAS は発展的に解消し、新たに ICSU と WMO の両者にまたがる Joint Organizing Committee for GARP (略称 JOC) が設立された。今後はこの JOC が GARP に関連したすべての提案について勧告を行う機関となる。すなわち、そこで定められた事項は直ちにそれぞれの母体である ICSU と WMO に送られ、その承認を得たものから実行に移されることになる。JOC の委員は次の 12 名である。Bolin (委員長), Bugaev (ソ), Möller (西独), Monin (ソ) Morel (フ), 小倉 (日), Pisharoty (イ), Priestley (オ), Sawyer (英), Smagorinsky (ア), Stewart (カ), 副委員長), Suomi (ア)。

JOC の第一回会合は 1968 年 4 月 16 日から 20 日までジュネーブの WMO 本部建物を会場として開かれた。以下のべるのは、その簡単な報告である。なお、この会議の報告書は同年 5 月の WMO の第 20 回の Executive Committee (以下 EC と略称) で審議された。そこで決定したことについては、この報告の中で脚注として述べることにする。

会議は WMO の Davies 事務局長の挨拶で始まり、彼は非政府機関たる ICSU と政府機関たる WMO が共同でこの委員会を組織し、協力して大気大循環を解明しようとするこの画期的な意義を強調した。続いて、ICSU を代表して IUGG 会長の Coulomb 教授が挨拶し、JOC から勧告される計画に対して ICSU の支援を得るための努力をおしまない旨のべた。

そして、議題に入ったが、先ずこの委員会の委員は個人として選ばれたものであって、どのような団体・機関を代表するものでないことが確認された。ついで会議の

進めかた。決定のしかたなどについて定められたが、このようなことは一切省略して、重要なことだけ列記することにする。

2. GARP の意義と目的

これについては、CAS の頃から討議されてきたが、まだ不明瞭な点があり、かつこれに関連して、sub-programme, project, experiment など、いろいろの言葉が用いられているので、それを統一するため、以下次のように定義することになった。

「世界気象界はすでに観測システムを実施しているが、充分先までの正確な天気予報をだすという点においては、まだ社会の要求に充分には応じていないのが現状である。しかし新しいシステムは可能であり、これによってはるかによい天気予報をだせる希望がある。この新しいシステムは大気の数学モデルの予報能力並びに衛星の全地球的観測能力に基づくものであって、1970年代の終り、あるいは1980年代の初めごろに可能となろう。大気の状態がモデルの必要とするだけ充分に観測できれば、予報の実質的な改良が可能であることは、今や明白である。だからこそ、真に全地球的な観測システムが必要とされる。しかしながら、2～3日以上一週間あるいはそれ以上先まで、モデルで予報しようとするとき重要なことは、大気の運動の基本的な物理過程を一層よく理解し、それによって地球表面並びに宇宙空間との解決困難なしかし重要なエネルギー交換を適切にモデルにとり入れることである。このような観測システムとモデルの改良をもたらすための計画が GARP と呼ばれるものである。この計画の最終目的は、科学的にしっかりした長期天気予報の物理学的基礎づけである。現在および将来において、operational system をつくることは、WMO を通じて WWW を実施する世界各国の責任である。GARP の努力は operational な計画ではなく、研究計画であり、これには多くの国の大学、政府の研究およびサービス機

† GARP の定義の冒頭からここに至るまでのテキストについて、WMO の EC は別の表現を与えている。それについては本文末の付記参照。WMO が数値予報をどう評価しているかの点からも興味深い。

* Report on the 1st meeting of JOC.

** Y. Ogura 東京大学海洋研究所
—1968年10月25日受理—

関、民間会社に属する多くの大気科学研究者が関係することとなろう。この活動は JOC によって coordinate される。GARP の目指すものが完成され実現されるにつれて、必要に応じ所要経費に応じて、WWW の operational system は変更され拡大されるのであろう。

このように GARP というものは、次のことを理解するのに必要不可欠な、対流圏および成層圏内の物理過程を研究するための計画である。

(a) 天気の変化は大気の大規模な運動の変動によって支配されるが、その大気の時間変化のふるまい。これは 1 日乃至数週間の予報の精度向上をもたらすであらう。

(b) 大気大循環の統計的性質を決定する因子。これは気候の物理的基礎を一層よく理解するのに資するであらう。

GARP は二つのちがった、しかし密接に関連しあう部分からなる。

(i) 数値的方法によって、大気のさまざまな重要な運動の理論モデルを作り、それをテストすること。これによって重要な物理過程及びその相互作用が一層正確に記述されることになるだろう。

(ii) このような理論モデルを作り、その正当性を検証するのに必要なデータを得るための、大気の観測並びに実験的研究」。

次に用語の定義としては、次のものが採択された。

GARP の副計画 (sub-programme) : 大気の大規模な循環のモデルを作るために、その物理学的力学的基礎を一層よく理解し、さらに GARP の目的に沿った観測システムを決定するためには、いくつかの副次的な計画をたてる必要があるとなろう。これが GARP のサブ・プログラムといわれるもので、理論と実験の両者の性格をもったものから成るだろう。この計画は、本来国際的な性格をもつものであり、JOC の supervision の下に立案される。各々のプログラムはいくつかのプロジェクトから成るもので、個々のプロジェクトは国際的なこともあろうし、一国でなされることもあろうし、また個々の研究機関の責任でなされることもあろう。サブ・プログラムの例をあげれば、境界層内のエネルギー輸送、放射伝達過程、熱帯大気中の輸送過程を扱うものがあろう。

GARP の実験 (experiment) : これは、全大気のふるまい、あるいは特定のサブ・プログラムにとって重要な大気の一部のふるまいを決定するための大規模な観測計画である。GARP の全地球の実験 (Global Experiment)

ment) は、1年のオーダーの年月にわたって、大気の大循環を十分に調べるのに必要なデータが得られるように企画されるであらう。この基礎にたつてこそ、大気の数値モデルが適切かどうかテストされ得るだろう。

同じように、他の GARP の実験、たとえば現在提案されている熱帯観測実験や成層圏昇温実験なども、それぞれの物理過程をあらわすモデルを作りテストするのに必要なデータが得られるように企画される。そのモデルが、GARP から導かれる大気大循環の最終的な記述及びそれに基づく予報方式の中に、やがてはくみ入れられることを見こしてのことである。

3. GARP の Global experiment

1972年か73年ごろに、前述の意味の全地球の観測実験を行うことが望ましいということについては、すでに CAS の第一回会合 (1965年3月) において議論され、第二回会合 (1966年4月) においてはもっと明確な形をとっている。1967年夏、ストックホルムでの GARP 研究会議* においても活発に討論された。

JOC はこの問題を再吟味し、GARP 研究会議で述べたところと意見は一致した。但し結論としては、最初の全地球実験に必要なとされる観測システムが1973年に出来あがるかどうか、現在の状態ではなんとも決めかねた。それで、次の二つのことを決定した。

まず観測システムについては、COSPAR (Committee on Space Research) のワーキング・グループ VI に対し、1968年末までに報告書を提出してくれるよう依頼する。この報告書は人工衛星による観測について、(すでに開発されたもの、企画の段階にあるもの、将来開発される可能性のあるものまでを含む) 検討評価した結果を報告するものである。同時にまた、1973年の全地球実験の際には、どんな人工衛星及び人工衛星と結びついた観測システムが可能になると期待できるか、またかりに実験が1974年、1975年あるいは1976年に延期されたとしたら、どんな観測法をつけ加えることができるだろうか、ということについてもワーキング・グループ IV の意見を徴する。人工衛星に関係のない測器については、CIMO の委員長に同じ趣旨の検討報告を依頼する。

全地球実験を立案企画するにあたって、更に重要なことは、大気大循環の数学モデルはどれだけのデータを必

* この研究会議については、小倉 : GARP 研究会議印象記、天気 14 (1967), 379 を参照されたい。また研究会議報告書の全訳は日本気象学会事務局にて実費販売中であるからお申し込み下さい。

要とするかを確立することである。GARP の研究会議においては、次の二つの目的のため種々の数値実験を行うことを勧告した。その目的の一つは、あるモデルについて、これだけの観測システムによるデータがあれば、これだけの結果がだせるという評価をすること。もう一つの目的は、ふつうの格子間隔では表現できないようなメゾおよびマイクロ・スケールの物理過程の理論を深め、その影響をパラメータで表現する最善の方法を求めること。

JOC はこの勧告について討論した結果、まず Smagorinsky, Gandin, Eliassen の三氏から成る数値実験ワーキング・グループを作った。このグループは出来るだけ早い機会に会を開いて、上述の目的を達成するためにはどんな数値実験をすればいいかと考え、次に充分進歩した大循環モデルをもっている世界中のグループに連絡して、この数値実験の仕事を分担してやってもらえるかどうか問い合わせることとなった*。

このような数値数値実験の結果、および観測システムについての報告書とてらして、JOC は次回会合において全地球の実験についてもっと具体的な提案をすることができるであろう。

4. GARP の熱帯気象副計画 (tropical sub-programme)

熱帯海域で特別気象観測を行う計画については、すでに WMO のワーキング・グループ及び GARP の研究会議の勧告がある。JOC はこの両者を含めて討論した結果、積雲程度以上のスケールをもつ熱帯地域の擾乱について、われわれの知識がまだ極めて不十分であること、その反面、気象衛星の写真によって、この種の現象の時間及び空間スケールの統計的性質の調査がなされつつあること。この二つの事情から次の処置をとった。すなわち、Pisharoty, 藤田, 柳井三氏からなるワーキング・グループを作る。このグループの役目は熱帯擾乱の統計結果を吟味し、上述の二つの勧告を参照しつつ、熱帯サブ・プログラムの scientific requirement について、1968年10月末までに JOC に報告書を提出することである**。

これに関連して、熱帯サブ・プログラムにかぎらず、

* このワーキング・グループは 1868 年 7 月会合を開いた (Gandin 欠席)。また、上述の問い合わせは既にわが国にも到着している。

** このグループの会合は 1968 年 10 月から 11 月にかけて Wisconsin 大学にて開かれることになった。

一般に GARP のサブ・プログラムは次のような段階を経て実施されることとなった。***

A 段階, Scientific requirements: この段階の目的は GARP のサブ・プログラムが解決したいと目指している特定の問題を明確に設定することである。この段階の結果として、野外実験をデザインするのに必要なすべての情報(たとえば開始の時期、実験継続期間、観測項目、観測密度など)が提供されることになる。A 段階のおもな責任者は JOC である。

B 段階, 観測計画の立案: この段階の仕事は、A 段階でできた要請を満たすのに必要な、すべての観測システム(WWW の既存の施設や設備を含めて)を含む総合的な観測案を作ることである。この仕事は JOC の事務局と WMO の事務局との協力でなされるべきである。JOC は supervisory な役目をするわけで、観測案は WMO と ICSU の EC に提出され、その承認を得なければならない。

C 段階, 実施計画の立案: 立案の母体となるために政府機関に関係したメンバーからなるワーキング・グループあるいは国際的な委員会を設立することになるであろう。

D 段階, 実施: 実施段階の期間の責任者は参加国である。JOC は助言機関となる。

E 段階, 研究及び評価: 大学、気象官署に属する研究グループが各々のサブ・プログラムの研究面をひきうけるものと期待されている。JOC はその研究を coordinate する役をもち、かつ総合報告及び今後なすべきことの勧告を EC に提出する責任がある。

特に熱帯サブ・プログラムについての予定表として JOC の考えたものは、A は 1968 年 10 月、B は 1969 年初め、C は 1969 年末、D は 1972 年か 1973 年、E は 1973 年か 1974 年とする。

5. その他の GARP の副計画

これについては、JOC はこれまで提案されていたサブ・プログラムやプロジェクトについて討論した。特にかねてから WMO のワーキング・グループで案をねっていた成層圏昇温実験 (Stratospheric warming experiment, WMO の Bulletin, 17 巻 2 号, 87 頁参照) については、専門家として招待されていたグループ委員長 Godson が紹介し、討論の後、この実験が GARP のサブ・プログラムと考えられるよう勧告することとなった。

*** 以下のべる 5 段階は WMO の EC の承認を得たものである。

た。そして、上述のA段階は既に WMO のワーキング・グループでなされたとの見解をとった。

海洋と大気相互作用については、GARP のためには海洋表面のどんな量を測定すべきか、また必要とされる観測密度やブイ・システム等について、IAMAP-IAPSO の Air-Sea Interaction Committee の助力を求めることになった。

さらに、大気海洋相互作用について、研究会議報告書にあるようにいくつかの国がそれぞれ計画もっているが、その結果はなるべく速やかに他の国の人が利用できるようにしてほしいと勧告した。それによってある一つの事業が他の計画の立案に役立つようになるであろう。

大気放射の分野においては、IUGG の Radiation Commission に GARP のサブ・プログラムの重要な問題についての諮問機関の役を果たすよう要請した。

6. その他

(i) JOC に対応する国内委員会について、わが国におけるように、既にいくつかの国において国内委員会が設立されているが、国によっては、ICSU, IUGG あるいは IAMAP に対応する国内委員会がその役目をしている。GARP の国内委員会を作るかどうかは各国の事情によるものだから、JOC としてはこれについて何も勧告しない。但し、国内委員会が設立されている国においては、その国内委員会(わが国では学会会議地物研連 GARP 小委員会)が JOC の事務局との連絡の窓口となるべきである。

(ii) 今後 GARP についての出版物をだすこと。予定されているものは、(i) GARP の性格と目的、(ii) 大気大循環の数値実験についての Smagorinsky の報告、(iii) GARP についての各国の計画、(iv) 各種のワーキング・グループの報告書。

付記 WMO の EC による GARP の定義

大気を一種の流体力学系として扱い、その運動を物理的数学的にモデル化すること、および高性能の計算機を

用い熱力学流体力学の方程式を積分し、大気の運動を再現し予報することにおいて、近年顕著な進歩がみられた。これに並行して、気象衛星の進歩により画期的な新しい観測手段が得られるようになった。現在、数か国において2~3日先までの天気変化の客観的数値予報がだされ少くとも中緯度地帯では、気圧、気温、風の場のおもな様子を予報する従来の予報方法は、数値予報によって急速にとって代えられつつある。大気大循環の複雑なモデルを用いることによって、世界の気候の主な特性を再現し数値実験を行うことが可能となった。このことは、少くとも一週間先の信頼できる予報が可能ならばであることを強く示すものである。

しかし、これが実現されるためには、海域および熱帯地域を含む全地球をおおう適当な気象観測網が無ければならない。WMO はすでに観測システムを実施しているが、現在のシステムは上述の目標を達成するのに不相当である。改善されたシステム、すなわち WWW がこの要請に答えるべく出現しつつある。この WWW は、衛星観測をふくむ全地球観測システム、全地球の通報システム、いくつかの世界及び地域センターに基づく全地球的データ処理システムから成る。これらのセンターでは一般に高性能計算機を用いて全地球的及び地域的な観測データの処理、数値天気解析、数値予報を行うことになろう。

しかしながら、2~3日以上先の信頼できる予報を出すためには、一週間またはそれ以上の時間スケールをもつ天気変化を決定する大気の物理過程をもっとよく理解すること、そしてこの物理過程をもっと実際と合うように数値モデルにくみ入れることが必要であろう。また、要請を満足するために、どんな観測網を展開すべきか、多くの研究が必要とされよう。大気の物理モデルを作り、観測システムをデザインすることが、WMO と ICSU の共同事業である GARP の主な目的である。(以下は前述の JOC のものとほとんど同じである)。