

## GARP に関する最近の動向\*

浅井 富雄\*\*

## 1. はしがき

日本が中心となって立案した GARP 副計画の一つ AMTEX (Air Mass Transformation Experiment, 南西諸島周辺における気団変質観測計画) がいよいよ1973年度から3ヶ年計画として実施される運びとなった。この経過や内容については学会講演会やシンポジウム、「天気」誌上などを通してしばしば報告されているが、GARP 全般の最近の動向については一部の人を除きあまり知られていないのではないかと思う。AMTEX が軌道に乗りだしたのを契機に、最近の国際的な活動状況を逐次紹介していきたい。今回は、最近1~2年の全般的な計画をごく簡単に概観するとどめ、個々の詳細については次回以降、それぞれ適当な関係者に紹介をしていただく予定である。多くの資料や見聞をもとに要約する際、筆者の個人的な見解、解釈や取舍選択の入ることは避け難い。従って、これらは、必ずしも GARP 国内委員会の公式の報告や見解でないことを付言しておく。

## 2. GARP の三本柱

GARP は一連の研究および観測計画からなっているが、これらは次の三つ、すなはち、数値実験計画、全球のおよび地域的な研究観測計画に大別される(第1表参照)

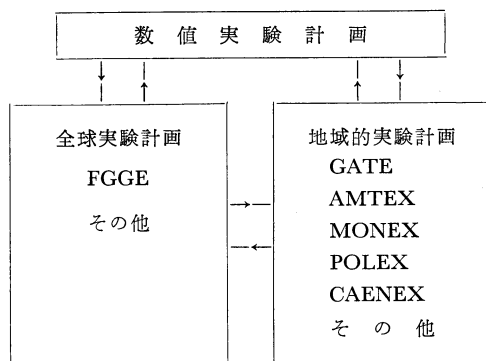
## 2.1 数値実験計画

全体の計画のコアと見做されるもので、世界中の研究グループが協力して各種 GARP 実験のデザインやそれに関連した問題の解決、モデルの改良にあたることである。次のような問題分野があり、多くの研究グループや作業委員会が分担して調整しながら研究を進めている。

(i) データの問題：全球的な観測体系のデザイン、気象衛星資料の有効な利用法、4次元解析法、観測網の不備な点を明確にすることなどが含まれる。

(ii) 物理過程に関する問題：大気中で生起する種々の物理過程を数値モデルに導入する適当な方式(パラメ

第1表 GARP の三本柱



タリゼーション)を開発することが主な内容となる。

(iii) 数値計算に関する問題：数値計算法とそれに伴う諸問題

(iv) 予測とシミュレーション：数値モデルの応用に関することで、天気予報、その検証法、予報可能性(Predictability)、気候や大循環のシミュレーションなどである。

## 2.2 全球的な研究計画

GARP の目的からいって、数値実験計画と共に最も重要な部分である。

## 2.2.1 FGGE (First GARP Global Experiment)

第一次 GARP 全球実験 FGGE はこの研究計画の主要な観測計画である。GARP 発足当初から全球実験は GARP の焦点であったが、計画の具体化の段階では、学問的目標、技術的問題、予算・人員・測器等のバランスを考えつつ、最新の技術・学問的進歩をとり入れた最適の計画をつくるために多大の努力と国際協力が要請された。1972年9月ジュネーブで開かれた計画会議で、ようやくその全体像が明確になった。それによると実施予定期間は1977年の約1年間で、その間2度、各1ヶ月間の強化観測期間が設けられている。

FGGE の狙いはとりもなおさず GARP そのものの目標でもある。すなはち、(i) 予報期間延長のため数値モデルを改良すること、とりわけ超長波、中緯度帯に

\* Recent Progress of GARP

\*\* T. Asai 東京大学海洋研究所

おける偏西風ブロッキング、熱帯や南半球の大規模運動や南北両半球相互作用、大規模運動に重要な影響を及ぼす中小規模運動の取扱い(パラメタリゼーション)、(ii) 天気系の予測可能性の限界の評価、(iii) 大規模運動の予報のための基礎として、気象観測資料、特に定時以外の観測資料の利用法の開発、初期条件の改良、(iv) 大規模運動の数値予報のための観測体系の最適化などである。

WWW 観測体制および2個の極軌道衛星、5個の静止衛星(そのうち1個を日本が分担)などの気象衛星群を基礎としてそれに定高度気球、ブイなどによる熱帯や南半球の観測強化、地域的な GARP 副計画などで組み立てられた観測体系、なまのデータから数値モデルに必要な初期条件を設定するまでのデータ処理体系が数値実験と共に FGGE の重要な柱である。

### 2.3 地域的な実験計画

地域的な或は特定の物理過程に焦点を合わせた問題についての研究観測であって、次のようなものが計画されている。

#### 2.3.1 GATE (GARP Atlantic Tropical Experiment)

熱帯の副計画のなかで最も重要な計画であり非常に大がかりなものである。当初、マーシャル群島付近が熱帯実験の候補地となったが、熱帯大西洋上を中心に1974年6月—9月の期間、観測が展開されることになった。1969年カリブ海東方で実施された米国の BOMEX (Barbados Oceanographic and Meteorological Experiment) はこの先駆的試みであり、1967年の米国の LIE (Line Islands Experiment) も一つの予備実験というべきであろう。これらの経験が GATE の立案に生かされている。

熱帯地方は全球的な大気運動のエネルギー源であるが、我々の知識の最も乏しい地域の一つであり、また、そこでは積雲対流活動が活発で大規模運動と中小規模運動の相互作用が不可欠となる地域でもある。この見地から GARP 全体としても GATE は最重要視されている。欧米諸国を中心に、アフリカ、南米諸国も加わり、静止衛星を中心に、観測船や航空機を多数動員して各種スケールの現象とそれらの相互作用の解明を狙っている。

#### 2.3.2 AMTEX (Air Mass Transformation Experiment)

省略

1973年7月

### 2.3.3 MONEX (Monsoon Experiment)

AMTEX とほぼ時を同じくしてインドが提案した計画で、当初、6月—9月の南西モンスーン期間中、アラビア海上での気団変質研究が主な課題であったが、その後の検討の過程で多少内容に変更が見られる。1973年3月、ソ連のエレバンで、インド、カナダ、米国、ソ連の専門家を集め MONEX の計画をつめるための研究会議が開かれ、そこでまとめられた報告がその直後ロンドンで開かれた JOC 第8回会議で論議され大筋が承認された。それによると、MONEX の主目的はモンスーン地域の大規模大気運動の力学的過程を明らかにしその数値モデルを改善することであり、そこでは(イ)その地域の熱と水の収支、(ロ) ITCZ とその変動、南西アジア上の熱帯偏東風ジェット、アフリカ東岸沿いの気流などの大規模な現象、(ハ) ソマリア海流、赤道海流系、西アラビア海上の大気下層の逆転の発達を支配するらしい大規模湧昇流などの海洋の現象が問題となる。

FGGE を考慮して観測期間を1977年5月—6月に予定し、特に FGGE の二つの強化観測期間の一つをこのモンスーンの開始時期に合わせて両者の実験の相補を狙っている。

さらに MONEX にさきだち、次の計画の実施が提案されている。

(i) モンスーンの時間、空間スケールや力学的性質をより明確にし、それにもとづいて実験計画を練るために、過去の気象資料をさらに収集解析する。

(ii) IGOSS の一部として、南緯15度以北のインド洋海域での海洋観測資料の収集を WMO は IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO) と共に調査する。

(iii) 数値実験作業委員会はモンスーンの数値モデルの開発とシミュレーションに伴う問題点を調べ、FGGE 期間中の MONEX 観測計画の立案を援助する。

(iv) 広くモンスーン地域の諸国の専門家を集めて第2回目の研究会議を1973年9月ニューデリーで開く。

(v) モンスーンに関するシンポジウムを1974年末—1975年中頃の間を開く。

### 2.3.4 POLEX (Polar Experiment)

ソ連により提案された POLEX の主目標は温帯と極地域とのエネルギー交換を評価することにある。1972年9月レニングラードで開かれた ICPM (International Commission on Polar Meteorology, IAMAP) は、POLEX 計画によって氷でおおわれた地域における中

第2表 GARP 観測計画の時間表

|        | 1973  | 1974  | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 全球実験   |       |       |       |       | ————— |       |
| GATE   |       | ————— |       |       |       |       |
| AMTEX  |       | —     | —     |       |       |       |
| POLEX  |       | ————— | ————— | ————— | ————— | ————— |
| MONEX  |       |       |       |       | —     |       |
| CAENEX | ————— | ————— | ————— | ————— |       |       |

小規模過程のパラメタリゼーションに必要なデータの入手が期待されることを認め、POLEX が多くの国々からの参加を得て国際的な実験計画に発展されるべきであるとした。1973年3月のJOC第8回会議は数値実験作業委員会にデータについての要求や助言を求めて計画の内容をさらにつめることを勧告している。実験を1974年から数年間継続し、FGGE 期間中にその観測を最大限強化することになっている。

### 2.3.5 CAENEX (Complex Atmospheric Energetics Experiment)

ソ連によって提案されたこの計画は、大気中におけるあらゆる種類のエネルギー輸送とその発散を調べ、それにもとづいて大気大循環の非断熱項の評価を目的としている。CAENEX 計画は1970—1975年の期間にわたる一連の観測からなっており、種々の力学的物理学的特性をもつ表面上で水平スケール 200~300 km の対流圏の閉じた領域内のエネルギー収支についてのデータを提供するのである。1970年10月、1971年6—7月、第1次、第2次 CAENEX がそれぞれともにソ連で実施され、それらの結果はすでに Kondratyev らによって報告されている。

CAENEX は放射観測に重点がおかれ、これによって解明の期待される問題は、(i) 太陽常数とその変動、(ii) 波長別、方向別の放射、エアロソルの濃度、粒度分布、化組学成、光学的性質など、(iii) 雲の放射におよぼす効果、(iv) 放射場と大気組成・構造・雲量との統計的關係、(v) 表面での熱収支、(vi) 地球—大気系の熱収支などである。

上記各種副計画の時間表が第2表に示されており、POLEX、MONEX の期間は FGGE のそれと部分的に重複するよう計画されていることがわかるであろう。

以上の他にも、各国が個々に実施している観測計画が

いくつかある。例えば、IFYGL (International Field Year on the Great Lakes, 米国とカナダが1972—1973年オンタリオ湖地域で局地的な気団変質の研究をするため)、JASIN (Air-Sea Interaction Project, 英国が1972—1975年大西洋で大気・海洋境界層の構造と各種物理量の鉛直輸送を測定、第1回の観測は1972年9月熱帯太平洋上で米国の参加も得て実施された) を挙げることができる。日本の1968—1972年九州およびその西方海上での梅雨末期集中豪雨特別観測もその一例といえる。

### 3. Second GARP—気候

1971年ストックホルムにおける国際連合の人間環境会議で、WMO は ICSU と協力して GARP の実施を継続し、必要ならば大気大循環や気候変動、それに及ぼす人間活動の影響についての理解を増進するための新しい計画を設定するよう勧告された。そして、気候やその変動を決定する要因についての我々の知識はまだ乏しいが、GARP はそれに必要なすべてではないが多くの情報を提供するであろうことが強調された。

1973年3月、JOC 第8回会議は、気候とその変動の研究に対する GARP の役割と将来計画について論議し、そこで Second GARP の目標を気候やその変動の物理過程の理解を深めることにおき、そのため大気大循環の統計的性質を決定する要因の理解に導く物理的数値モデルを発展させることが同意された。その第一歩として、気候のモデル化に関する研究会議を1974年5~6月頃ストックホルムで開くよう WMO と ICSU に勧告した。研究会議の主要な目的は大気と海洋、地面との相互作用を表現し得る総合的なモデルを開発することで、次の題目がとりあげられる。(i) 大気—海洋—大陸結合系の長期の力学的応答を計算する数値的方法、(ii) アルベドや放射過程一般におよぼす雲の効果のパラメタリゼーション、(iii) 海や陸上の氷の力学と熱力学、

(iv) 放射過程に影響をおよぼす大気微量成分の分布を算定するための物理的・化学的・生化学的過程, (v) 地表面や植被の性状に影響をおよぼす過程などである。

予報期間の延長から、さらに気候を対象とする Second GARP の段階に入ると、今後一層海洋の重要性が浮かびあがってくるであろう。

#### 4. むすび

GARP 副計画の一つ AMTEX は我国を中心として実施されることは周知の通りである。また、FGGE に対しては、その観測体系の重要項目の一つである5個の静止衛星のうちの1個を日本が分担すること、通常観測網の整備・強化、数値実験計画などを通しての寄与が既に決定された。その他、研究者が個人的にそれぞれの専門分野で活躍していることはいうまでもない。GARP の進展に伴って、各種の研究観測計画にも日本の参加が強く要請されるであろう。各人各機関が、主体的にそれぞれの研究を進展させる方向で貢献することが望まれる。

最後に、読者の便宜のため、「天気」に掲載された GARP 関係の文献のリストを示しておく。

#### GARP ニュース

窪田正八・伊藤 宏・新田 尚, 1969: 日本における大気大循環の数値実験計画, 第16巻, 521-524.

松本誠一, 竹田 厚, 1969: 梅雨末期集中豪雨特別観測 (GARP), 第16巻, 559-562.

柳井迪雄, 1970: GARP 計画の経過と最近の情況, 第17巻, 131-133.

GARP 大循環部会, 1970: 大気大循環研究計画会議, 第17巻, 409-410.

GARP 国内委員会, 1970: 大陸周辺における気団変質の研究計画 (第2次案 1970年9月), 第17巻, 585-592.

GARP 国内委員会, 1971: 南西諸島海域における気団変質に関する特別観測計画——AMTEX—— (第一次案 1970年12月), 第18巻, 75-84.

GARP 国内委員会, 1971: 気団変質に関する副計画について, 第18巻, 290-300.

Thompson, T. (本母利広訳) 1971: GARP における基礎資料群計画, 第18巻, 413-415.

GARP 国内委員会, 1971: AMTEX 第二次案「日本海における気団変質に関する特別観測計画」——JOC-V の勧告に沿った中間試案, 1971年5月一, 第18巻, 549-554.

GARP 大循環部会, 1972: 大気大循環と関連分野の問題に関する会議, 第19巻, 37-38.

竹田 厚, 1973: 実施第1年度を迎えた AMTEX, 第20巻, 237-238.

#### 解説・シンポジウム・報告

山本 孜, 1966: 世界気象監視 (World Weather Watch-WWW) について, 第13巻, 1-10.

小倉義光, 1966: 地球大気研究計画 (Global Atmospheric Research Programme-GARP) について, 第13巻, 225-230

柳井迪雄, 浅井富雄, 窪田正八, 渡辺和夫, 1967: 熱帯気象に関するシンポジウム, 第14巻, 73-108.

小倉義光, 1967: 「地球大気開発計画 (GARP) 研究会議」印象記, 第14巻, 379-388.

小倉義光, 1968: GARP 組織委員会第1回会合報告, 第15巻, 473-476.

柳井迪雄, 1969: GARP 組織委員会熱帯擾乱研究グループ報告, 第16巻, 87-95.

小倉義光, 1969: GARP 組織委員会第2回会合報告, 第16巻, 415-421.

関原 疆, 1969: 気象衛星の将来計画, 第16巻, 167-173.

小倉義光, 1970: GARP 組織委員会第3回会合報告, 第17巻, 228-230.

小倉義光, 1970: GARP 立案会議報告, 第17巻, 389-391.

竹田 厚, 光田 寧, 武田喬男, 藤原美幸, 浅井富雄, 二宮洸三, 新田 尚, 田中正之, 嘉納宗靖, 1971: 日本 AMTEX 計画—夏季講演会シンポジウム予稿一, 第18巻, 325-340.

新田 尚, 1971: GARP の数値実験実施プログラム, 第18巻, 521-527.

GARP 国内委員会, 1972: 気団変質観測計画 (AMTEX) に関する研究会議について, 第19巻, 107-111.

山本義一, 片山 昭, 光田 寧, 1972: AMTEX の観測計画, 第19巻, 563-574.

片山 昭, 光田 寧, 根本 茂, 横山長之, 島貫陸, 1972: プラネタリー境界層に関するシンポジウムの報告, 第19巻, 633-663.

浅井富雄, 1973: 大規模大気運動に影響を及ぼす中小規模物理過程のパラメタリゼーション—JOC/GARP 研究会議 (レニングラード) の報告一, 第

20巻, 7-28.

#### 用語解説

- 関口理郎, 1971: GATE. 第18巻, 642.  
 関口理郎, 1972: BOMEX. 第19巻, 94.  
 村井潔三, 1972: CENEX. 第19巻, 204.  
 新田 尚, 1972: FGGE. 第19巻, 277.  
 樋口敬二, 1972: AIDJEX. 第19巻, 298.

その他

#### ◎雑誌「科学」

- 山本義一, 1967: 地球大気開発計画. 第37巻, 22-23.  
 柳井迪雄・小倉義光・山本義一・岸保勘三郎, 1967: シンポジウム. 大気大循環研究の展望, 第37巻, 132-147.

#### ◎雑誌「海洋科学」

- 山本義一, 1970: 地球大気開発計画 (GARP). 第2巻, 225-230.  
 山本義一・岸保勘三郎・二宮洸三・浅井富雄・光田寧・竹田 厚・永田 豊・片山 昭, 1972: 海洋上の気団変質, 第4巻, 655-707.

- ◎日本学術会議地球物理学研究連絡委員会大気科学小委員会, 1968: 報告「地球大気開発計画 研究会議」35 pp, ICSU/IUGG Committee on Atmospheric Sciences, 1967: Global Atmospheric Research Programme (GARP). Report of the Study Conference, Stockholm, 28 June—11 July, 1967 の抄訳.

(以下 363 ページの続き)

オキシダントのように光化学反応を伴う二次汚染質では、さらに天気の状態の予想が必要で、とくに晴れ間が出るかどうか、晴れるとすれば何時頃かと言った日射に関するかなり細かい予想が必要で、「くもり一時晴れ」と言った漠然とした表現では不十分です。

ここでは紙面の関係で、技術的な問題に立入ることはできませんが、大気汚染気象予報は、予報期間の短い当日予報については、かなりきめ細かく予報が出せます。今後の大気境界層の気象学の研究の進歩が、大気汚染気象予報については大気汚染予報の精度の向上と直接結びついているといつてよいでしょう。(河村武)

### 秋季大会宿泊予約について

10月29日～31日に仙台市において開催される秋季大会の宿泊案内が4月号に掲載されています。同期間は、各種の大会が予定されていて、宿泊施設の混雑が予想されますので、はやめに、各自が直接お申し込みくださるよう、再度御案内いたします。

### 天気アンケートについてのお願い

本誌6月号に綴込のアンケート葉書をまだ投函してない方は、至急発送して下さいようお願いします。天気は来年1月号(21巻1号)から多少体裁をかえて内容をできるだけ充実するよう、検討しております。皆様の御意見をとり入れるために、ぜひ御協力下さるようお願いします。