

気象学長期計画委員会資料

6月12日の気象学長期計画委員会から

窪 田 正 八*

以下のようなことが話し合われた、

1. 長期計画作成時間表

- 7月 長期計画ニュースを天気のにせること、
- 10月 インフォーマル・ミーティング, 10月7日夜**)
- 11月 長期計画草案作成、
- 2月 各支部, 各機関の意見聴取、
- 3月 長期計画原案作成、

2. 起草委員を小野, 丸山, 新田勅 三氏に委嘱, 問題に応じ増強することができる。

* S. Kubota 気象庁電子計算室

** 秋のインフォーマルミーティングの主題: 気象技術と研究の後継者の養成とその水準の向上に関する諸問題 スピーカー (丸山, 駒林)

3. 常任理事会の討議に付すべき事項

- 1) 特別講演会, 学会, 管区研究会, 管区技術検討会を利用し, 地域の要望に応えるような計画を進める、
- 2) 管区単位毎のプロジェクト (グループ) 研究を推進するとき, 気象研究所, 海洋研究所, その他各大学の参加を要望する、
- 3) 内地留学, 流動研究員制度, その他研究者の活発な交流を進める、
- 4) 電子計算機の管区气象台の利用、
- 5) 若い研究者の気象庁への受け入れの要望。

(1971年6月14日)

気象学における教育と後継者の養成に関する長期計画について

駒 林 誠***

学校教育と、職場教育とに比べると、気象学会ならびに会員に関係のある教育上の問題は、前者については、小・中学校の理科、高等学校の地学、大学、大学院、気象大学校大学の専門科目の教育がある。後者については、制度化されたものとしては、気象庁の入校研修 (気象大学校研修部)、管区レベルの集中的な実務研修、勤務先での個別の実務研修である。

制度化されないものとしては、学校においても、学校以外の職場においても、先輩、同僚、後輩の中において、いくつかの実例をみながら、有形無形の影響を受けたり与えたりして、一人前の技術者として、あるいは研

究者として、あるいは教育者として成長する過程がある。

上記のどの項目についても、深刻な問題が山積しているが、それらの諸問題が、'65年の長期計画の中には、具体的な形にまで煮詰められていない。そこで、ヴィジョンや理念ではなく、計画と名を付けることができるほどに、実行可能な具体的な提案なり勧告に絞る作業が必要である。討論の材料として若干の問題を述べてみたい。これは、草案ではなく、会員の活発な意見を見、よせられる種として、ならべるものである。

- (1) 小・中学校の理科教育において、気象の部分の学年ごとの配分が適当かどうか、こま切れになりすぎていないか、

*** M. Komabayashi 気象大学校

1971年7月

- (2) 高等学校地学の教科書を2つに分割して、大気水圏の科学を主とするコースと、固体地球の科学を主とするコースにわけ、いずれか一方を選択することにしたかどうか、このようにして、上すべりをやめて、今までより深い内容を教授する。
- (3) 大学、大学院、気象大学校の出身者の、職場の開拓と職場の研究環境について、学会ないしは日本学術会議の委員会が、常に、アフタ・ケアをつづける必要はないか。
- (4) 入校研修の収容能力を増大させるとともに、気象学会支部、大学校、管区の共催になる講師団が、地方気象台を、巡回して、約1週間ていどの講習会を開いてまわる必要はないか。この講師団の中に大学院生が参加してはどうか。
- (5) 職場における自発的な技術開発と研究の気風を、より発展させるために、学会支部、大学、管区気象台は、内地留学、流動研究員、共同プロジェクトな

どについて、もっと協力すべきではないか。

以上の5点の詳しい内容については、今秋の札幌での大会3日目の夜に、インフォーマル・ミーティング(学会員は誰でも自由に参加できる)を開いて「気象技術と研究の後継者の養成と水準の向上に関する諸問題」を討論するときに、発表する予定です。このミーティングは、長期計画委員会(委員長窪田正八会員)が主催するもので、ぜひ、多数の会員が活ばつたご意見を、お寄せ下さることを期待します。

会員諸氏の中には、学会が特定の機関(たとえば気象庁)に口出しするのは遠りよすべきだとお考えの方も、あるいはあるかも知れませんが、気象庁は元来ユーザーのために存在する機関であり、ユーザーの代表的な集団である気象学会員の意見を、なるべく沢山に聞くことは、推しよられるべきことであり、しかも必要なことですから、遠りよなく発言していただきたいと思ひます。

(1971年6月12日)

雲物理の長期計画について

駒 林 誠*

雲物理の研究は、大学、気象研究所、防災センターでおこなわれている。各グループとも強力であり、自らの路線を計画的に進んでいる。したがって、そのグループの中から声が出るまでは、少なくとも基礎研究に関する雲物理の長期計画を、学会としてとりまとめる必要があるように見えない。声が上がったら、学会として支援すればよいと思う。

むしろ、問題は応用面の研究に存在するように思われる。雲物理学が、ベルジェロンの氷晶説発表の頃から、気象庁の中においてさえ、40年間の研究歴をもっているにもかかわらず、ルーチン業務に定着できなかった理由は、次の2つが考えられる。

1つは、あす、あさっての天気予報にどう役立ててよいか、わからなかったこと。もう1つは、雲物理学のロジックに、何となく趣味的な面があって、現業的センスとかみ合わない点である。

したがって、雲物理学の進歩は、最近まで、結晶学的な側面と、物理化学的側面にあった。しかし、書齋派にとどまっていたわけではなく、人工降雨の研究および豪雨、豪雪、雷雨などの研究において、また氷晶核、海塩核の観測において、野外観測をも活発におこなってきたことも事実である。ただ、ルーチン業務の中に入らないことから、豪雨の降水要素の粒径分布、電荷、化学成分にしても、断片的な事実を明らかにしたにすぎないし、日本付近の地上と高層の氷晶核マップとか、凝結核マップと言ったものはもちろんのこと、氷晶核の10年間にわたる1地点での長期変動と言ったものも、わからないのが現状である。これが悪循環して、現場にとり入れにくい形になっているものと思われる。梅雨期豪雨とか、台風性の降雨について、雲物理の知識から、色々推察をめぐらすことはできても、多数の観測事実に立脚して発言することができない。これが、雲物理学が現場において指導性と有効性を発揮することをさまたげるとともに、逆に雲物理の中から趣味的な要素を押しよくすることをさ

* M. Komabayashi 気象大学校

またげてきたように思われる。現場から見ると、雲物理は教養にすぎなかったと言えるだろう。

そこで、雲物理を、ルーチン業務の中に活用する分野を開拓し、現場に耐える雲物理を育てる必要がある。具体的には、次の2つの方向が考えられる。

(1) レーダー・エコーの短時間予報の技術開発

(2) 長期予報における氷晶核データの活用の2つである。まだほかにも沢山あるけれども、70年代前半にルーチン化しようと思えばできるものは、焦点を絞ると、この2つであると思う。

(1) においては、レーダー気象学、メソじょう乱、雲物理、雲力学、対流の研究が応用されなければならないし、もしロボット観測網の中に、空中電場と雨滴電荷の観測点を含めることが、できれば、豪雨の予測にとって、極めて有効な指標になるだろう。(2) については、氷晶核数が、いたるところで、降水効率を持続的に支配することを通じて、じわじわと気候を偏奇させて行くメカニズムを、観測にもとづいて、定量的に明らかにすることと、その理論的な定量的モデルをつくることである。ルーチン業務に耐える測器の開発と、普及に関する

努力が必要である。

設備的な面としては、(1) と (2) に共通に、ビーム幅のせまい研究用レーダー、降雨塊の中のあらゆる高度の水平風、垂直風を連続的にはかることのできるドップラーレーダー、500mb と 300mb の氷晶核数を毎日、日本の北の端から南の端まで測定して歩く観測用飛行機または飛行艇(水陸両用)が必要である。飛行観測では、氷晶核の他に雲頂高度、高層大気中の汚染濃度も観測できる。飛行艇であれば、ときどき着水して、胴体から採水器をおろし、色々の深さの海水を採水することによって、1日のうちに何1,000kmにわたって海洋汚染の観測をも兼ねることが出来る。今の飛行艇は荒天でも容易に着水できるから、離島観測点の人員の交代、物資の補給にも威力を発揮できるだろう。

このようにして、雲物理的な観測技術が、現場に耐えられるようにきたえられたならば、その次の目標は、いうまでもなく、日本をおとずれる台風の雲物理的構造を隅から隅まで徹底的に観測して、その実体を明らかにすることである。(1971年6月12日)

湿潤大気物理学の開拓

——対流に関する研究計画(討論資料)——

浅井 富雄*

今世紀初頭、V. Bjerknes 等が天気予報は流体力学にその基礎を置くべきであることを説いて以来、半世紀を経た今日ようやくその花を咲かせた。すなわち、観測網の充実や諸技術の進歩の背景のもとで気象力学はその基礎・骨組みをほぼ確立したと見られるであろう。ところで、大気はいうまでもなく熱的に活性な混合気体である。なかでも水蒸気は極めて活発に相変化を伴い大気の運動に重要な役割を演じている。咲き揃った花を实らせるのが1960年代に本格的に始まった湿潤大気的气象学である。大気熱対流に関する研究もほぼ時を同じくして活発になりつつある。

気象学会の長期計画は研究の長期計画がその根幹になければならないことはいうまでもない。しかしながら研

究は多くの場合研究者の興味に強く立脚し、しかも所属や専門分野の異なる研究者集団が統一的な研究の長期計画を立案することは容易ではない。実施段階での研究費、研究組織、人員、他の関連専門分野の研究者や機関との協力等の難関に如何に対処するかという具体的な問題では学問的な見地以外の配慮が不可避になるであろう。以下は、「対流」に関する研究とその推進についての計画を主として研究者レベルで立案し、1980年代への展望をきり開くための一つの討論資料である。これは単に骨組みの一部を示すメモであり、たたき台として内容を深め、肉をつけ血を通わせていただくための素案である。

I. 主要な目標

1. 力学・微物理学を統一した雲力学を開拓し、大気科学における対流物理学を発展させる。

1960年代にスタートしたわが国での大気熱対流の研究

* T. Asai 京都大学理学部地球物理学教室

は、研究者数は少ないが、幸い実験、観測、理論的研究が併行して進められ、基礎的研究と同時に他分野の研究との接触も当初から活発であった。そのことは総合科学としての性質上極めて自然であり好ましいことである。しかし一方、他分野からの強い要求や大きな期待が先行して基礎的な研究がおろそかになる危険性があり、ひいては気象学の着実な発展にとってもマイナスとなりかねない。これは研究者の余りにも少ないことが決定的であり、研究課題、研究方法の多岐にわたっていることがこれに拍車をかけている。力学・雲物理学両面の素養をもつ新しい研究者、観測・実験に新技術を開発・導入しうる研究者・技術者を養成し、1980年代に期待される熱的に活性な湿潤大気物理学に寄与しうる下地を準備しなければならぬ。

2. 地球物理学、宇宙物理学、流体物理学、情報科学の分野へ研究対象を広げる。

地球大気中での対流に関するわれわれの研究成果や手法を、海洋や地球内部はもとより、太陽や地球以外の惑星大気中の同種の諸現象の研究にも活用し、又そこから学びとらねばならない。気象学の他の多くの分野と同様、対流の研究においても数値実験は極めて有力な研究方法となっているが、非線型微積分方程式の数値解法の単なる利用者として受動的な立場にとどまらず、応用数学、情報科学の分野への進出も推奨されるべきである。

3. 基礎理論の応用、気象業務への導入に関する研究を促進する。

(i) 大・中規模じょう乱、台風、大気大循環等における対流のパラメタリゼーション。対流理論の単なる応用ではなく、それを通して対流自体の基礎理論の向上にも資するというフィードバックの側面にも注目すべきである。

(ii) 観測と解析に関する研究

対流活動の取扱いをルーチン気象業務の中に導入するためには「何を」測定し、「如何に」処理すべきかを明確にしなければならない。特にメソ解析の客観化、ルー

チン化のなかで考えられるべき重要な問題である。気象衛星、レーダー、ライダー、航空機等はそれぞれの機能に応じた有効な観測資料を提供するであろうし、気象庁の業務としても、今後、その観測、通信、解析、予報システムのあり方にかかわるであろう。

(iii) 対流雲の人工制御

単に雲物理学過程の人工制御のみにとどまらず、マクロな力学過程のそれへの研究に発展させねばならない。これも(i)と同様、理論の応用としてだけでなく、研究の一手法として、実験、解析、理論が協力する自然の実験室として位置づけられるべきであろう。

II. 研究課題

I に掲げた3つの主要な目標実現のために推進すべき研究課題を列記する。

1. 温度や風のプロファイルのある一般流中での対流
2. ミクロな物理的素過程を総合して雲のスケールで把握した積雲対流
3. 大・中規模運動と積雲対流との相互作用。
4. 対流、対流群の観測法と解析法。
5. 物性や環境の非常に異なった流体中での対流。

各課題についての細目、それぞれの意義、研究の現状、問題点、相互の関係、解決を要する前提条件、実施の順序等については詳述しない。

具体化の段階で

III. 研究施設・設備・大型機器（たとえば大型電子計算機、研究用レーダー、観測用航空機、成層風洞等）、共同観測等の組織や運用、

IV. 研究者の養成（大学院生、気象庁職員を含む研究者の交流、流動研究員、内地留学、研究集会、協同研究等）が不可避の問題となる。これらは他分野と共通の問題を多く含んでいるので関連研究者のご意見をうかがってきたい。

討論資料をまとめるに際し、木村竜治、二宮洗三、武田喬男の諸氏から多くの参考意見をいただいたことを付記して感謝する。

気象衛星の研究開発計画

小平 信彦*

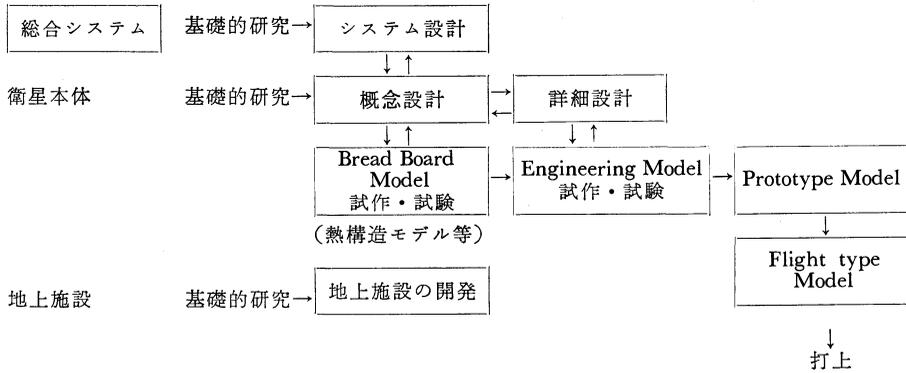
1. 気象衛星開発の目的、必要性

広範囲の大気状態を連続観測により常時把握し、海洋

* N. Kodaira 気象研究所

砂漠気象資料空白地帯の気象観測をすることにより予報の精度向上と期間延長を図る。また国際的には WWW 計画の一環として GARP の推進のため、日本として東

第1表 衛星の開発手順



(注：Bread Board Model とは衛星の機能を試験するため大きさ・重量等を考えないで試作する。Engineering Model とは信頼性部品を使わないで実際と同じ形のものを作って各種の試験を行なう。Prototype Model は総ての点で飛揚させるものと全く同じものを作って試験を行なう。Flight type Model は実際に打上げる衛星である。通常打上げに失敗したときの予備のため2機製作する。

経 120° 付近に静止気象衛星を打上げることが強く要請されている。

2. 静止気象衛星の機能

赤道を中心として南北約50°，東西約50°の範囲の雲分布を赤外および可視カメラにより常時観測を行ない，さらに雲の移動から上層風の観測，また船，ブイ，無人観測所などからの気象資料の収集と資料の利用局への配布を行なう。

3. 計画

昭和50～51年に打ち上げることを想定して本年から明年にかけて system design を行ない 47年後半～48年より製作に取りかかりたい。主要な Mission である可視および赤外放射計 (VISSR) に関してはわずかの年月で国産化をするには種々の困難が予想されるので衛星の開発と共に国産化できる部分を十分検討の上時間的に間に合う限り国産技術により製作してゆく必要がある。

地上施設 (CDA 局，データ処理，位置測定局など) の整備は48～49年頃より開始し，衛星の寿命をおよそ3年とすると第2号機についても開発を考えねばならないので，国産技術を十分にとり入れた2号機を考えてゆく。

4. 宇宙開発事業団との関係

わが国の宇宙開発の基本方針として衛星の研究は利用機関がそれぞれ利用の実態をふまえて研究を進め，これらが開発段階に達したときには宇宙開発事業団において開発を行なうこととなっている。一般衛星の開発は次表のような段階を経て行なわれ気象庁の担当の範囲としてはやや不明確な点があるが，概念設計ぐらいまでが入る

ものと思われる，それ以後は事業団に移行し，打上げロケットと共に事業団で担当することとなる。

5. GMSS の主な Mission

i) VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer)

a) 可視による雲分布の測定

分解能：衛星直下で約2 km，全地球を観測する時間約18分。

階調範囲：32～64，この範囲を写真で表現することはできないので，必要な部分を強調して現わす。

雲の動きから風向風速を求めるには計算機のみによるものから途中で人間が入って雲の区別を行なうものなど種々の方向がテストされている。

b) 赤外による雲分布，表面温度の測定

分解能：衛星直下で約10km

階調範囲：256，温度測定するとき雲に隙間があると雲の表面と地面の平均の温度を示すこととなる。

c) 姿勢制御：分解能を良くするときそれに応じて衛星の姿勢が安定でなければならない。姿勢の検出が正確でないとデータ処理が非常に複雑となる。

ii) データ収集

400MHz を用いてブイ，船舶，離島の観測所，自動気象計などからの観測結果を集める。

iii) データの配布

衛星で観測した結果を処理したものを衛星中継で利用者へ放送する他天気図等一般気象情報の配布を行なう。主に 1700 MHz 帯を用いるが，船に対しては 400MHz

帯が用いられる。

iv) 宇宙環境センター

太陽活動の観測として低エネルギーのプロトンの測定を行なう。

6. まとめ

衛星に関する技術は米国等より10年近い遅れがあり、

これからの開発には技術の導入が必要となる。したがって将来の開発の基礎となるような形で導入した技術を生かし、新しいものへ発展させてゆかねばならない。

(1971年6月28日)

大気大循環研究の長期計画について

片 山 昭*

1. まえがき

昭和46年度気象学会春季大会に際して開かれた、長期計画非公式討論会で「大気大循環の将来計画」が一つの議題にのせられた。その時の討論対象は、大循環の数値実験を行なうにはどれだけの研究者を必要とするか、この種研究を遂行するには優秀なプログラマーを研究補助者として必要であるが現状ではその確保がきわめて困難でありどうしたらよいかなどの研究環境の問題が主となり、研究計画の内容について活発な討論はなされなかった。そのため、ここではその時提出した資料をそのまま示す事にする。これは現状分析に基く将来的展望であり、今後の一つの討論素材としてあえて書いたものである。大気大循環の研究にたずさわる、あるいはたずさわろうとする研究者の集まりを通じて、納得のゆく長期計画がつくられる事を期待する。

2. 研究の目標

人間活動の活発化による自然環境変化は、現在世界的規模に拡がりつつあり、これが将来の気候に及ぼす影響を予測し、事前の策をほどこすことは、人類にとって一つの重大問題になってきた。また長期予報の確立は気象学者の長年の夢であり、社会的要請は加速度的に強まりつつある。世界的規模で計画されている地球大気開発計画(GARP)は、大気大循環の機構の解明と長期予報の基礎の確立に主目的を置いているが、この研究の成果は明らかに人工汚染と気候変化の問題の解明に寄与する。

日本における大気大循環の長期計画も、GARP計画の一環としてたてられるべきであり、したがって研究の

目標は、大気大循環およびその変動の機構を理論的解析的に究明し長期予報の基礎を確立するとともに、他気象分野の研究との密接な関連のもとに、大気(および海洋)の大循環モデルを開発し精密化し、長期数値予報の実現と気候変動予測の基盤をつくる事に置く。一方未開拓の分野への発展を考え、超高層大気、惑星および太陽大気などの大循環研究の芽を育ぐくむことにも努力すべきであろう。

3. 1960年代の成果

1950年代を、短期天気予報の芸術から科学への脱皮の時代とすれば、1960年代は大気大循環研究にとっての芸術から科学への時代であった。

大循環の数値実験の障害であった計算不安定が克服され、大循環の主要な特性のシミュレーションに成功した。また2週間の実験予報も試みられ延長予報の将来に明るい見通しを与えた。さらに fine mesh による実験は、1,000kmスケールの現象の重要性を認識させる事となった。

解析と理論の分野でも数々の成果が得られ、特に未開拓な領域であった成層圏や熱帯を対象とした研究においてはめざましいものがあった。主要なものを列挙すれば

(i) 熱帯成層圏での準2年周期の発見とその理論的解明への努力。

(ii) 熱帯におけるじょう乱の理論的予測とそれに基づく解析からの種々のじょう乱の存在の検出。

(iii) 高緯度成層圏での突然昇温の大循環的解析とその機構の理論的解明。

(iv) 大循環のエネルギー・サイクルの確立。

(v) 超長波の重要性の認識。

* A. Katayama 気象研究所

さらに、新しい試みとして、大気力学と光化学反応を融合させた上部成層圏の大循環の理論的研究、火星大気の大循環の数値実験も試みられた。

以上の研究の発展において、日本の気象学者の果たした役割は非常に大きく、例えば熱帯じょう乱の理論と解析における先駆的研究とその後の発展において常に主導的位置を保ち、またアメリカにおける大循環の数値実験の成果に占める寄与もいちじるしいものがある。しかし、ここで考えねばならぬことは、主として計算機の不足から1960年代には日本において大循環の数値実験は遂に行なわれず、その間、能力ある多くの研究者の海外流出をきたし、日本のこの分野のポテンシャルが低下の一途をたどったことである。

4. 大気大循環研究の位置づけと将来の対象

大気大循環研究のおかれた位置を模式的に示せば第1図のようになる。2重線で囲んだ部分が大循環研究の主要対象であり、大循環モデルの精密化とそれによる数値実験、大規模運動力学の解明および数値解析の3つに大別できようが、将来の健全な発展を期するには、これらの間での密接な連携が是非とも必要である。大循環モデ

ルの精密化には種々の物理過程のパラメタリゼーションの開発改良が必要であり、そのため境界層・積雲対流・放射・雲物理など第1図の左側に示された諸分野の研究の発展と支援がえられねばならない。このことは、短期数値予報の発展についても同様で、将来は大循環モデルと融合するであろうことから、協同の地盤の上で開発を進めるべきである。

1960年代の成果の分析から、1970年代の研究対象を具体的に示せば、次のようなものになるであろう。

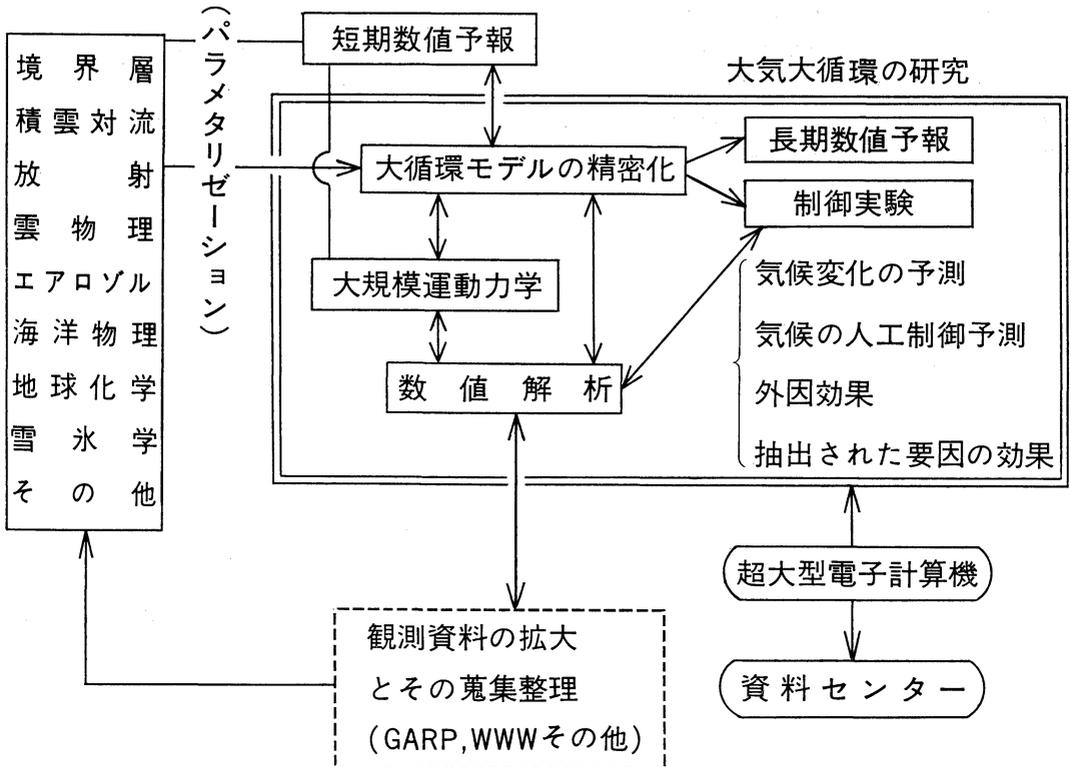
a. 理論と解析

(i) いままでの大気力学は乾燥大気に対するもので、水蒸気は付加的に取扱われてきた。大循環における積雲対流や雲の効果の重要性の認識に伴い、水蒸気の役割を本質的とみる湿潤大気力学の確立が必要である。

(ii) 超長波の本質はまだ明確でない。今後の理論的解析的研究の続行が必要である。

(iii) 熱帯じょう乱の機構およびその大循環に果たす役割の総合化がなされるべきである。

(iv) 低緯度と中高緯度、北半球と南半球および成層圏と対流圏の間の相互作用の研究。



第1図 大気大循環研究の位置づけ

(v) 南半球の大循環的数値解析の開始。

(vi) 世界的気候変動の総合的解析と他要素との関連性の研究。

上記 (iii) (iv) および (v) の研究は、GARP および WWW 計画の実施による観測網の展開からえられる全球的な観測資料の飛躍的増大によって促進される。

b. 大循環の数値モデルの精密化と数値実験

(i) 各種物理過程のパラメタリゼーションの研究。

(ii) 計算スキームの研究。

(iii) 長期数値予報の確立を指向する実験予報の遂行。

(iv) 制御実験を通じての気候変化の予測、気候の人工制御の可否、外因効果の研究。

(v) 四次元解析法の開発など。

c. 新分野の開拓…自転速度・大気組成・基礎方程式などの差異から生ずる異質な大循環の研究。

(i) 超高層大気大循環 (ii) 惑星大気大循環 (iii) 太陽大気大循環。

以上は世界的動向をのべた一般論である。日本での現状は、(b) に対する研究は、既にのべたように、そのポテンシャルと意欲をもちつつも、計算機の制約から実現がはばまれてきた。長期予報の確立や自然環境汚染にともなう気候変化など全地域的規模の問題の解明に、この研究は不可欠なものである。日本でも当然数値モデルの開発に着手すべきであろう。(c) の研究にたずさわる気象学者は日本では皆無に近い。魅力ある大気科学の

分野として、また気象学の可能性と包含性を追求するため、その基盤をつちかうことは重要なことである。

5. 必要な研究環境

a. 研究専用の超大型電子計算機存在…大循環の数値実験および全球的な数値解析を行なうのに不可欠である。

b. 観測資料の収集・整理・利用のための資料センターの確立。

c. 研究者層拡大のための教育・養成機関の拡充。

6. あとがき

この問題について、数値予報グループでは一度討論を行なった。その中で多かった意見は、現在の気象学の指向する問題をビジョンとし、それを専門外の人々にも理解できる言葉でかかげ、その必要性をアピールすることに努力すべきであるとするものであった。しかし、学会がその内容まで立入った研究の長期計画を立てることの意義を疑問視する声も多く、それよりも、たとえば各大学毎、気象研究所および気象庁電計などの研究ユニット毎にまとめ、手に着けうることから着実に実行し、その成果を積み重ねて行くことが先決であり、その成果の上にとって次への発展のために欠けているものを要求する方が説得力があるとする意見である。もっともな意見であり、各研究ユニット毎に長期計画を作成し、それを総合したものを学会の計画とするタイム・スケジュールが必要である。