

## 動き出した MAP (中層大気国際観測計画)\*

廣 田 勇\*\*

## 1. はじめに

地球をとりまく大気の構造や振舞いをその高度に応じたながめてみると、それぞれに独自の特徴を持っていることがわかる。大気下層に当る対流圏の循環は、日々の天気や天候を直接支配している点において、我々に最も馴染みが深い。そこに卓越する様々な現象は古くから気象学の中心的課題として良く調べられ、現在ではある程度の子測さえ可能になっている。

一方、電離大気が主役を演ずる超高層大気に関しては、電波伝播や反射、太陽活動と地球磁場の関係などの諸現象を手がかりに、近年の飛翔体観測の進歩と相俟って、研究の急速な進展が見られている。

ところがこれに反して、丁度この両者の中間に位置する成層圏・中間圏・下部熱圏における大気の様相は、むしろ依然として多くの未知の問題を残しているのが現状である。

現象の理解の程度は必ずしも地上観測者と対象との距離に比例していない。その最大の理由は、ひとつにこの高度領域の大気現象が従来の観測手段にかかりにくいものであったことによると言えよう。

このような事情を背景に、高度 10~100 km 領域を中層大気 (middle atmosphere) としてとらえ、そこに生起するさまざまな物理過程を、新しい観測手段により解明してゆこうという国際的な動きが気象学者と超高層物理学者との間に生れてきた。それが本文の主題の MAP (Middle Atmosphere Program) であり、1980年代の大気物理学の進むべきひとつの明確な方向を示すものと言ってよからう。

去る5月に、オーストリアのインスブルックにおいて、MAP Steering Committee の第1回会合が開かれ、

\* Present status of the Middle Atmosphere Program.

\*\* I. Hirota, 京都大学理学部.

筆者もその委員会メンバーのひとりとして討論に参加する機会を得たので、MAP の現状に関する簡単な報告を記してみたいと思う。もとより本文はこの国際委員会や対応する国内委員会の正式なレポートではない。むしろ、中層大気の一研究者として、私見を交じえつつ、運営上の問題点と scientific interest の両面で話を進めたいと思う。この小文を通して、気象学会員諸賢に、中層大気研究の学問的意義や重要性を御理解いただければ幸いに思う次第である。

## 2. MAP とは

まず最初に MAP の歴史的経緯について簡単にふれておこう。中層大気研究の重要性に対する認識が深まってきた1970年代の初めに、東独の E. A. Lauter 博士は SESAME (Structure and Energetics of the Stratosphere and Mesosphere) という国際研究計画を提案した。このプランは1975年に SCOSTEP (Special Committee on Solar-Terrestrial Physics) によって正式に受け継がれ、その名も現在の MAP に改められた。当初の MAP 委員会の主たる仕事は、IAGA, IAMAP, COSPAR, IUPAP, IAU, URSI 等の団体\*を通じて、この分野の世界中の研究者間の関心を喚起し、具体的な研究上の問題点を survey することにあつた。その目的に沿って、1976年の初夏、アメリカのイリノイ大学で S. A. Bowhill 教授や J. B. Gregory 博士らが中心となつて MAP Planning Conference が開催された。これは

\* IAGA : International Association of Geomagnetism and Aeronomy

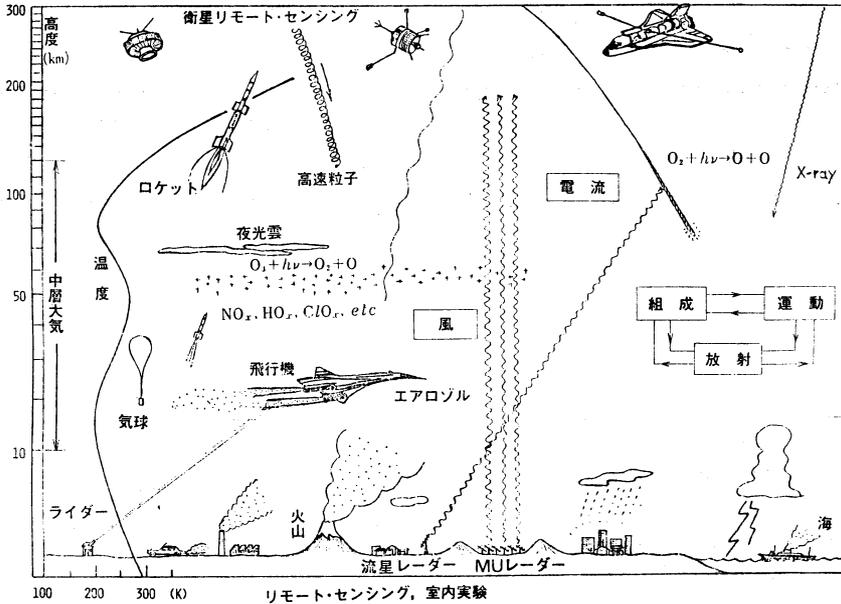
IAMAP : International Association of Meteorology and Atmospheric Physics

IAU : International Union of Astronomy

COSPAR : Committee on Space Research

IUPAP : International Union of Pure and Applied Physics

URSI : International Union of Radio Science



第1図 MAPの概念図(京都大学工学部 加藤研究室作製)

計画会議というより、学問的興味を中心とした勉強会の色彩の濃いもので、世界各国より百名を超える専門家が集まり、以下に述べるようなMAPの骨格を作りあげた意義深い集会であった。(尚、この会議には日本から故等松隆夫教授が参加した。)

イリノイ会議の成果は“MAP Planning Document”として1977年に印刷配布されている。以下にこのdocumentの内容を簡単に紹介しておこう。

序文でGregoryはMAPの概要を一般的な質問に答える形で述べている：

### (1) MAPとは何か?

それはオゾン量増加などの人為的影響や気候及び気候変動に対する中層大気のみならず、更には太陽活動が中層大気を通じて天候に関与する物理過程、等々の重要な諸問題を理解するために必要な科学的知識を集積することを目的とする。

### (2) 何故今は始めるのか?

それにはいくつかの理由が挙げられる。上に述べた諸問題の重要性が最近とくに強く認識されてきたこと、それに対し我々の知識は定量的な答えを与えるにはまだ不十分であること、一方、従来の断片的な中層大気研究から国際的に組織化されたプロジェクトへ移行する機が熟してきたこと、気象衛星に代表される新しい観測技術が

可能になってきたこと、大型計算機による大気モデリングが進展し、より多くの精しい観測データを必要とするに至ってきたこと、などである。

### (3) MAPの主たる研究目標は?

中層大気(気温気圧分布)や組成(微量物質)を決定すること、太陽・地球・上下層大気と中層大気間の放射過程を測定すること、上下層大気との相互作用も含め、あらゆるスケールの運動を恒常的に観測し解析すること、などである。

### (4) 他の国際研究計画との関連は?

すでに実施されている大きなプロジェクトの例としてGARPやIMS(International Magnetospheric Study)があるが、前者は主として天気天候に関係する対流圏に限られており、一方後者は超高層の磁気圏を主対象としている。従ってMAPは明らかに前二者とは別個の対象領域を持ち、かつ超高層及び下層大気の研究成果をも生かして地球大気についての新しい知識理解を増すものと考えられる。

これらの事情は第1図に象徴的に描かれている。どうかこの図を良く眺め、各自の興味に応じて中層大気の問題に想いを駆けてほしい。

Gregoryのまとめにあるような基本的認識をふまえ、

document の第2章以降では、応用、観測実験計画、理論的研究、組成と構造、運動、放射の各項目にわたって専門作業委員会によるレビュー、問題点の指摘、MAPへの要請と勧告、等の scientific なまとめがなされている。しかし、ここにその詳細を述べる余裕はないので、興味をお持ちの方は是非この document (俗称 green book; 日本国内にも関連研究者間に数十部配布されている) を参照していただきたい。尚、日本学術会議国際協力事業特別委員会 STP 分科会の MAP 作業部会では本年1月にこの抄訳を参考資料として国内関係者に配布したので、目にとまる折もあろうかと思われる。

この研究集会後、世界各国での MAP に対する関心が高まり、程度の差こそあれ、National Committee に相当する組織が動き出し、それぞれの立場での研究計画が具体的に立案され始めた。その一部は1977年8月のシアトルにおける IAGA/IAMAP 特別集会の席上で各国代表から報告された。(天気1978年1月号の IAMAP 報告を参照のこと。)

### 3. インスブルック会議

シアトル会議の後、SCOSTEP は Bowhill 教授を chairman とする MAP Steering Committee を構成し、その第1回目の会合を COSPAR 総会に先立って本年5月23日から3日間オーストリアのインスブルックで開催した。この委員会メンバーは関連団体及び専門分野のバランスを考慮して選ばれた次の12名から成っている。

R.D. Bojkov (WMO Liaison), A.D. Danilov (COSPAR), J.C. Gille (COSPAR), J.B. Gregory (SCOSTEP), I. Hirota (IAMAP), J. W. King (URSI), K. Labitzke (COSPAR), L. R. Megill (IAGA), R. Murgatroyd (IAMAP), P.C. Simon (IAU), J. Taubenheim (IAGA), M. Wada (IUPAP)

この他に数名の observer が出席し、日本の国内委員会の代表として加藤進教授(京大・工)も参加した。

この委員会の主な仕事は、研究テーマの見直し、参加各国の国内事情、特に観測年次計画の確認等に基づいて MAP の time schedule を決定すること、それに応じて各テーマ遂行の具体案を作ること、及び国際観測から得られる多種多様なデータの利用方法を検討すること、そしてそれらのまとめを SCOSTEP 総会の決議を経て ICSU (International Commission of Scientific Union) に建議すること、などであった。

まえがきにもふれたように、MAP の最も重要なポイントは、未知の要素の多い中層大気を新しい観測手段に

より明らかにしてゆくことにある。この見地から、rocket 等による in situ observation, satellite や Space Lab. 等の飛翔体及び各種 radar 等の地上測器による remote sensing の現状と近い将来の可能性とを検討した結果、国際協同観測として足並みのそろそろ時期を1982年と想定し、正式な MAP の期間 (intensive period) を1982~1985年の4年間とすることに決定した。(余談になるが、欧米人は年号に敏感で、1982年とは First International Polar Year (1882) から丁度一世紀、IGY (1957) からは四半世紀後に当たる記念すべき年になる、との声も聞かれた。)

しかしながら、1978年9月打上げ予定の Nimbus-G やルーチン的な TIROS など、1982年の本番前にすでに利用可能な衛星観測を活用する意味からも、早速1979~1981年を preparatory period としてさだめ、その期間に実行可能な次の4つの Pre-MAP project (PMP) が提案された。

#### PMP-1. 冬季中層大気の振舞い

成層圏中間圏のプラネタリー波動と平均場との相互作用や循環場における物質輸送を調べることを目的とし、100~0.01mb (高度約15~80km) の各レベルにつき高度・温度・風の synoptic map を少なくとも weekly basis に作成し、種々の budget 計算を行なう。

#### PMP-2. 赤道波動の力学

従来の観測では殆ど検出されなかった中層大気中の大規模赤道波動を Nimbus-G を中心とする新しい観測により解析し、帯状流の半年周期振動の機構を明らかにする。

#### PMP-3. 中層大気中の化学過程

O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, HO<sub>x</sub>……等々の光化学過程を、その目的に沿って設計された衛星、ロケット、バルーン、及び地上観測により測定し、中層大気の放射過程に果たす役割を解明する。

#### PMP-4. 中層大気中の climatology

将来の様々な研究の background となる情報を与えるために、種々の気象量及び微量大気組成の観測値を集積し、それらに関する monthly mean zonal cross section を作成する。すなわち、CIRA モデル等の大幅な改良を目ざす。

これらの研究は現在でも充分下地が出来ており、また現実に着手されつつある部分も少なくない。従って、ここ一、二年の間に、次々と MAP の前駆的な仕事の発表されることが期待されている。この点を考慮し、SCO-

STEP では1979年12月にオーストラリアのキャンベラで開かれる IUGG 総会中に“MAP シンポジウム”(con-  
vener: Hirota, Megill)を開き, PMP の研究速報とそ  
れに続く観測計画についての討論を行なう予定になっ  
ている。

さて, これらのプロジェクトを見ても直ちにわかるよ  
うに, MAP のもうひとつの重要なキーポイントは, 多  
種多様な観測結果を, 如何に集積し効率よく解析に役立  
てるか, という点にある。即ち, MAP の data mana-  
gement の問題である。この事情は GARP や IMS で  
も同様であろうが, 加うるに MAP の場合, 計画中の新  
しい観測内容の多くが, 特定の研究グループによる個性  
的な実験観測なので, そのデータの取り扱いにはいろい  
ろな困難がつきまとうことを覚悟しておかなければなら  
ない。つまり, 確立されたルーチン観測とは違い, デー  
タの記録形式が一定しないこと, 観測立案者の priority  
の問題, raw data から analysis に至る変換過程での時  
間と労力をどうするかということ, 更にはそれらの国際  
的な流通機構 (Data Bank) 等々の諸問題である。しか  
し, MAP 本来の目的を遂行するためには, 観測そのも  
のから大気物理学的に意義のある解析結果を生み出すこ  
とこそが最も重要な課題であり, data management の  
諸問題は, それが如何に困難であろうとも避けて通るわ  
けにはゆかない。

MAP Steering Committee ではこの目的のための  
panel (chairman, Hirota) を構成し, NOAA-NGSDC  
(National Geophysical and Solar-Terrestrial Data Cen-  
ter) の Allen 氏らの協力を得て, まず MAP に関係の  
ある観測グループから MAP データに関する情報を蒐集  
する作業を開始した。同時に解析グループの側からの要  
請もとりまとめ, 当面は各種観測の現状と将来計画の内  
容を News Letter の形で周知をはかる予定になっ  
ている。上に列挙した特殊事情による難点のため, 一挙に完  
全な Data Bank を確立することは難かしかろうが, ま  
ず基本的な気象量 (グローバルな気温・気圧・風など)  
から始めて, 順次化学組織等の特殊データを加えてゆ  
く, という基本方針も確認されている。

#### 4. 日本における MAP の現状

国際的な MAP の動向に対応して, 我が国においても  
昭和51年以降, 活発な計画作業及び研究活動が続けら  
れてきた。日本学術会議国際協力事業委員会の STP 分科  
会では昭和51年3月に MAP 作業部会を設け, 国内の関  
連分野の研究者に呼びかけて研究計画の立案に着手し

た。その中間報告は翌年夏の前記シアトル会議の席上で  
発表され, 国際的な注目を集めた。一方, それに先立っ  
て昭和51年秋には東大宇宙航空研究所において MAP 計  
画会議が, 文部省科学研究費による“成層圏中間圏大気  
の変動と汚染の影響”に関する特別シンポジウムと共催  
で開かれ, この問題に関心を持つ多くの気象学会関係者  
も参加して, 中層大気研究のレビュー及び将来計画の討  
論が活発に行なわれた。

その後, MAP 作業部会委員長等松教授の急逝とい  
う不測の事態があったが, その任務は京都大学の加藤教授  
の手に引き継がれ, 更に数回の検討を経て, 日本の  
MAP 計画はより具体的なものに固まってきた。

国内計画は次の6つの課題より成る。

#### I. 中層大気風の風と波動

京都大学工学部で計画中の MU レーダによる中層大  
気運動の総合観測。流星風レーダによる下部電離圏運動  
の観測。標準電波トッパー, マイクロバロムス, 静止  
衛星電波フラディ, ライダー等による電離圏大気波動  
観測。音波レーダを用いた下部成層圏擾乱の検出。ルー  
チンデータ (ロケット, バルーン) の活用。

#### II. オゾン層とD層

ドブソン法及びゾンデによるオゾンの測定。各種飛翔  
体による中性大気・イオン組成のサンプリング。室内実  
験による大気化学素過程の研究。大気電場・電流のバル  
ーン及び地上観測。東大宇宙研の人工衛星 EXOS-C に  
よる大気組成の総合観測。

#### III. エアロゾルと放射

ライダー, 航空機およびバルーンによるエアロゾルの  
測定。インターフェロメータを用いた大気光スペクトル  
観測。太陽放射スペクトルのロケット及びバルーン観  
測。

#### IV. 南極中層大気総合観測

掃天フォトメータを用いたオーロラエネルギー測定。  
オゾン・エアロゾル・電場・磁場・自然電波の観測。衛  
星テレメトリー (オゾン分布観測)。

#### V. 太陽活動と気候変動

宇宙環境モニター (衛星による高速粒子の観測)。中  
層大気気象要素測定。地磁気データの多量自動処理。

#### VI. データ総合解析・シミュレーション・理論解析

気象衛星観測資料に基づく中層大気温度運動の解析。  
中層大気モデリング (力学, 放射)。資料解析センターの  
整備・充実。

このプランの概要は英文パンフレットも作られインス

グルック会議で配布された。筆者の聞いたかぎりにおいて、日本の計画は、そのテーマ、方法、準備の進め方など、アメリカの計画とならんで、非常に優れていると好評であった。

現在 MAP 作業部会では、これらの各課題につきそれぞれ数名の専門家より成る Working Group を作り、研究推進の方法・担当者担当機関・予算等に関してよりキメ細かい検討を急いでいる段階である（従って前記国内計画の課題 I～VI は最終的なものではない）。

ところで、我が国の気象界に話を限ってみると、これまでのところ、国際的にも国内的にも、比較的少人数の中層大気スペシャリスト達が個人ペースで夫々の課題に参加するという形を取っていたにすぎない。しかし、MAP が SCOSTEP から ICSU を経て国際協力研究として正式に動き出したことに対応し、気象分科会と GARP 分科会では STP 分科会からの要請に答えて合同の専門委員会をスタートさせた。メンバーは、

沢田龍吉（委員長，九大），小野晃（幹事，名大），  
田中正之（東北大），三崎方郎（気象研），関口理郎（気象庁），片山昭（同），内田英治（気象研），廣田勇（京大）

の 8 名である。

##### 5. むすび

以上、駆け足で MAP の概要と準備活動の現状を紹介した。最後にこれに関連したいささかの私見を述べてこの小文のしめくくりとしたい。

すでに再三にわたって強調してきたように、中層大気は一見身近なようでいながら、多くの知られざる要素を内在している領域である。それ故、中層大気はまた象徴的に “Ignoresphere”（未知圏？）とも呼ばれている。特にこれから大気物理学の発展をみざす若い世代の研究者にとって、これは大きな魅力であるにちがいない。思い起こせば、曾って四半世紀前の IGY が戦後から現代までの地球科学の発展に果たした役割の大きさは測り知れないものがあつたと言えよう。もちろん、科学の研究は、旗印や掛声のみで進展するものではない。しかし大きなプロジェクトが動機となって次の世代の新しい研究者群を育て上げてきた好例はいくつも数え上げることが出来る。たとえば気象学の場合、IGY に続く 1960 年代のはじめに、当時指導の立場にあった諸先輩が、熱帯と成層圏研究の重要性を強調し自ら陣頭指揮を取った結果、それに続く世代の中から突然昇温や準二年周期に関し多くのすぐれた研究成果の生み出されたことは高く評

価されて良いであろう。GARP また然り、日本国内における GARP の意義と成果については、今のところ毀誉褒貶相なかばする感もあるが、少なくとも AMTEX によって境界層の観測の研究が飛躍的に発展したことは万人の等しく認めるところであろう。

このような意味において、1980年代の大気物理学にとって MAP の持つ意義はすこぶる大きい。これを飛躍台として、“未知への挑戦”をみざす若い研究者が一人でも多く育つことを期待したいものである。一方、その為には、単なる掛声だけではなく、具体的な条件作りの面においても充分の配慮が必要である。たとえば、これまで日本国内の GARP 等で時折見られた如き、年功序列的或いは総花的な運営による、administration と science とを混同したような行き方は厳に謹むべきである。若い研究者が存分に仕事の出来るようなポストや設備を確保すること及びそれに伴う予算折衝等のビジネスと、プロ研究者としてこれまでの実績に基き研究テーマの見通しを立て実地の指導に当ることとは明確に区別しなければならぬ。何事につけても wide interest を持つことの大切なのは言うまでもないが、しかし、一方、単に役職や地位の肩書きだけで学問の出来る時代はとうに過ぎたことも忘れてはなるまい。

話を本題に戻そう。すでにお気づきの読者もあろうが、Middle Atmosphere Program という MAP の原題には日本語訳にあるような“観測”という言葉は入っていない。だからと言って、観測の重要性を無視したり、逆に MAP とは観測中心のプロジェクトだから自分には関係がない、などと考えたりするのは誤りである。中層大気の場合にかぎらず、現代の気象学大気物理学の大きな特徴のひとつは、観測による実体の把握と理論や数値モデルによる物理的理解とが相補う形で進んでいることである。すなわち、ここで言う観測とは、単にデータを集積することではない。明確な問題意識のもとに組織化された観測システムから得られるデータを、物理的解釈の出来るような方法で解析を加えるところまで含めてこそ、測定した価値が生れる。従って、MAP におけるグローバルデータの解析作業や数値モデリングの意義は非常に大きい。事実、我が国における成層圏研究のパイオニア達は、理論解析の分野で過去多くの優れた足跡を留めてきた。その実績と経験はこれから MAP でも大いに生かされることが期待されよう。

しかし同時に反省を要することは、我が国気象界の観測そのものに対する取り組み方である。MAP の観測デ

ータとはどこかの国の気象衛星が飛ばば自動的に天から降ってくるというものではないし、また気象庁業務の副産物でもない。新しい観測には、それぞれ、手作りの実験から始まる永年の努力が秘められている。前節の国内計画を見て気がつくように、我が国のMAP観測はMURレーダにしろEXOS衛星にしろ、エアロノミーの側からのものが中心である。中層大気研究という学問の見地からすれば、分野や所属に拘泥する必要は全くないが、やはり長い目で見て、我が国の気象界の中に自らの手で測器を開発し自前の観測データを提供する可能性が育っ

てほしいものである。

観測といい、解析・理論といい、もちろん一人ですべてを行なうことは不可能に近い。要は、研究の進め方自体に大きなバランスが取られていれば良いわけである。重複を承知で敢えて繰り返せば、バランスのとれた研究体制を整えてゆくのは指導者の責務であり、自己の最も得意とする分野を開拓してゆくのは個々の研究者の仕事である。1980年代を間近に控え、MAPではまさにそのことが問われようとしている。

### 気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所
第15回自然災害科学総合シンポジウム	昭和53年10月20日～21日		九州大学記念講堂
気象衛星データの学術利用に関するシンポジウム	昭和53年11月3日～5日		気象庁 学士会館分館
昭和53年度日本気象学会秋季大会	昭和53年11月14日～16日	日本気象学会	宮城県民会館
理化学研究所設立20周年記念 科学講演会	昭和53年11月18日	理化学研究所	経団連会館
第4回リモートセンシングシンポジウム	昭和53年11月21日～22日	計測自動制御学会	機械振興会館
第25回風に関するシンポジウム	昭和53年11月28日		東京大学宇宙航空研究所本館講堂
MAP シンポジウム	昭和53年11月28日～30日		東京大学宇宙航空研究所講堂
第1回南極気水圏シンポジウム	昭和53年12月5日		国立極地研究所
構造物の耐風性に関する第5回シンポジウム	昭和53年12月5日～6日	日本気象学会	気象庁
気候変動シンポジウム	昭和53年12月7日		気象庁
月例会「レーダ気象」	昭和54年2月23日	日本気象学会	気象庁