

COSPAR 特別部会に出席して

小平 信彦*

去る3月末に英国 Reading (London 郊外, rédin と発音) の European Center for Medium Range Weather Forecaster で開催された COSPAR (Committee on Space Research) の気候問題に関する W. G. (Working Group) に出席した。この W. G. は Prof. P. Morel (Directeur Général Adjoint, C. N. E. S.) の提案による将来の気候問題の解明に気象衛星の果たす役割と最適システムを討論するのが目的である。GARP/FGGE において静止気象衛星ネットワークを提案し大きな成果が得られたが、同じ様な考えから気候問題に取り組みたいと言う主旨である。

会議の始る前に Prof. Morel は Meteosat が昨年11月末に故障し、以来ヨーロッパの静止気象衛星が空白になっていることについて、システムを保護するためにつけた電源の安全回路が裏目に働いて、一本の抵抗の故障からシステム全体を殺すことになって大変皮肉なことであるとなげいていた。Meteosat-2 の Ariane rocket による打ち上げに大きな期待を持っている。また3号機以降の経費について ESA で賄ってきた予算を気象関係機関で支出するよう要請されて困っていると言う話も聞かされ、人ごとと思えず、身につまされる思いがした。

会議は Prof. Morel が司会を行ない、Prof. V. Suomi (University of Wisconsin), D. Atlas (NASA), H. Yates (NOAA), W. L. Smith (NOAA), Bretherton (NCAR), H. Bolle (Austria), E. Raschke (R. F. A.), D. Staelin (M. I. T.), S. Ruttenberg (NCAR), Th. Vonder Haar (Col. U.) 等々この分野での expert が集り、1980年代と1990年代の2つに分けて現在の衛星システムの継続で観測できること、あるいは若干の改良を加えるべきことと将来の構想に分けて討論が行なわれた。

現状での最大の関心事は上層風の全球的観測で、FGGE における最大の成果が5個の静止気象衛星による全球的風向風速の観測に成功したことであると同時に、最大の失敗もまた雲ベクトルの高さの決め方を軽視したことであったとの認識に意見が一致した。雲ベクトル自体

の測定精度は十分であったが、主な誤差が高度の推定誤差から来る結果となったことは非常に残念であった。

この点に関して雲のステレオ観測に大きな注意が払われており、西と東の GOES, GMS と GOES との組合せのように間隔の広い場合と GMS-1 と2の間のように狭い場合の精度の相違にも関心をもたれている。GMS と GOES では同期に若干の差が生ずる程度であるが Meteosat との間では走査が逆(南から北へ走査)になっていて同期がとれない。いずれにしても全球をカバーできないのでルーチン観測に使うのは困難である。

可視のアクティブセンサーである Lidar について非常に有力なシステムであるが、現在はレーザ管の寿命が500万回程度で衛星搭載用としては短かすぎ実用化には若干の年月を必要とする。スペースシャトルに搭載して高層の微量ガス成分の観測を行うのが1980年代の中頃と思われる。

静止気象衛星の全球的ネットワークが現在は2ヶ所穴があいているが、INSAT は1981年始めに打ち上げられる予定で現在米国の Ford Aerospace & Communication Corp. で製作中でありその寿命は7年を目標としている。INSAT は大型の3軸安定衛星で通信と放送と気象の複合衛星である。可視赤外放射計の距離分解能は可視2.75km, 赤外11kmで、GMSと同様に30分に1回全球の観測を行なう他、南北5°×20°(6分)の部分走査が可能である。南北20°の全球を1,137回で走査し、1回の走査で赤外1本、可視4本の走査線が得られる。衛星の姿勢安定度は1フレーム間で1pixel (76.8 μ m/30分), 0.2pixel/line となっている。

米国を除く各静止気象衛星は十分な予備衛星の保証がなく、穴のあいた場合の対策が必要でありその一つとして低高度の赤道衛星の構想が示された。即ち TIROS-N 程度の高さで赤道を廻る衛星で傾斜角を $\pm 15^\circ$ 位にしたものを2個1組で打ち上げると赤道地帯の風ベクトルの観測ができる他、次のような各種の観測が赤道を中心とした範囲で可能である。

- 1) 約1時間間隔の低緯度地方の雲分布
- 2) ステレオによる雲頂高度
- 3) Solar radiation, IR radiation

* (財)リモートセンシング技術センター (元気象衛星センター所長)

4) 気温, 水蒸気等の垂直分布

5) 海面の状況

問題はいずれにしても打ち上げ国の上空を通らないので, CDA 局をどこに設置するか, データの伝送をどのようにするか, 最後に費用の分担をどうするかで, 具体的な話にはならなかった。

長期的な技術動向は今後の衛星システム並びに気候問題を考えていく上に重要である。ここでは1990年代に実現するために必要な研究を促進できる可能性の大きい重要な観測項目の概要を述べる。

概括的に言って従来のパッシブの放射計に加えてアクティブのレーダ, レーザ, 合成開口レーダなどが大きな可能性を持ってきた。これは衛星の大型化にともない大電力の電源を使えるようになった事が大きく関係している。レーザ管の寿命が短いことが可視域のアクティブ方式の開発を妨げる大きな要因となっているが, マイクロ波レーダでは技術開発にともなって大型の経済的な Phased array の実現により高分解能と高感度のものが用いられるようになってきた。Seasat の SAR (合成開口レーダ, 波長 23.5cm) では $10.7 \times 2 \text{ m}$ のアンテナを展開することに成功しており, 25m と言う高い距離分解能により地形や波浪の観測が可能である他, 地面の含水量, 氷の厚さ, 年齢, 形状, などの観測が期待されている。

可視赤外の分野では CCD の開発により高分解能の観測が可能となり, また立体観測の実用により雲頂高度の推定, 風の測定精度の向上が考えられる。

これら低高度衛星からの観測は高緯度地方を除いて将来は静止軌道からも観測可能になるだろう。大型の3軸安定静止気象衛星によれば複数個のカメラにより多くの現象(台風, 雷, 熱帯じょう乱など)を同時に別々に観測することが可能となり, また短周期の部分走査を多波長で実施できるだろう。低高度軌道からは高緯度地方の観測とアクティブセンサーの観測に主力が移っていくものと思われる。

これらミッションの達成には非常に情報量が多くなるため, 広帯域の伝送と, 機上でのデータの一部処理および地上でのデータ処理, データ管理について十分の考慮を払う必要がある。Seasat SAR のデータは処理速度が観測速度より遅いため, もし3ヶ月で故障しなかったらデータの山に埋れてしまっただろう。“Zero back rock”の処理方式の開発が急がれている。

データ収集の分野でも期待は大きく, 複数個の静止気象衛星を用いて位置の連続測定を精度 100m 程度で経済的に実施することが可能である。上層風の測定に雲ベクトルの代りとしてレーウィン, 定高度気球の衛星による

追跡などが考えられる。

長期的方策として一度気候のシステムを解明してパラメータ化の方法が定まれば, 気候観測自体はより単純になり経済的に実施できるだろう。

各項目について1990年代の展望をまとめると,

1 風

a) Doppler Lidar

対流圏から下部成層圏に至る総ての高度の風を全球的に測定する唯一の方法は $9.1 \mu\text{m}$ の Doppler Lidar であろう。問題は発振管の寿命の短かいことなど技術的事項である。

b) Doppler Interferometry

太陽反射光の吸収線のドップラ偏移から風を求める方式でスペースラブによる実験の前に気球による試験が行なわれている。Limb-scan 方式で高度 5~70km を 3~5 km の垂直分解能, 200km 水平分解能で 3~5 m/s の精度で測定することを考えている。

2 海面気圧, 海面温度

a) 60GHz レーダの吸収の差の測定

60GHz の O_2 の吸収帯で 2 波長の海面反射の吸収の差を用いて $\pm 2 \text{ mb}$ の精度で測定可能で, 航空機による実験を始めるところである。但し降雨域を除かねばならない。

b) Lidar の吸収差

Lidar を用いてエーロゾルからの反射を用いて気圧と気温を $\pm 1 \sim 2 \text{ mb}$, $\pm 1^\circ\text{C}$ の精度で測定する。Lidar は雲の上のみの測定となる。

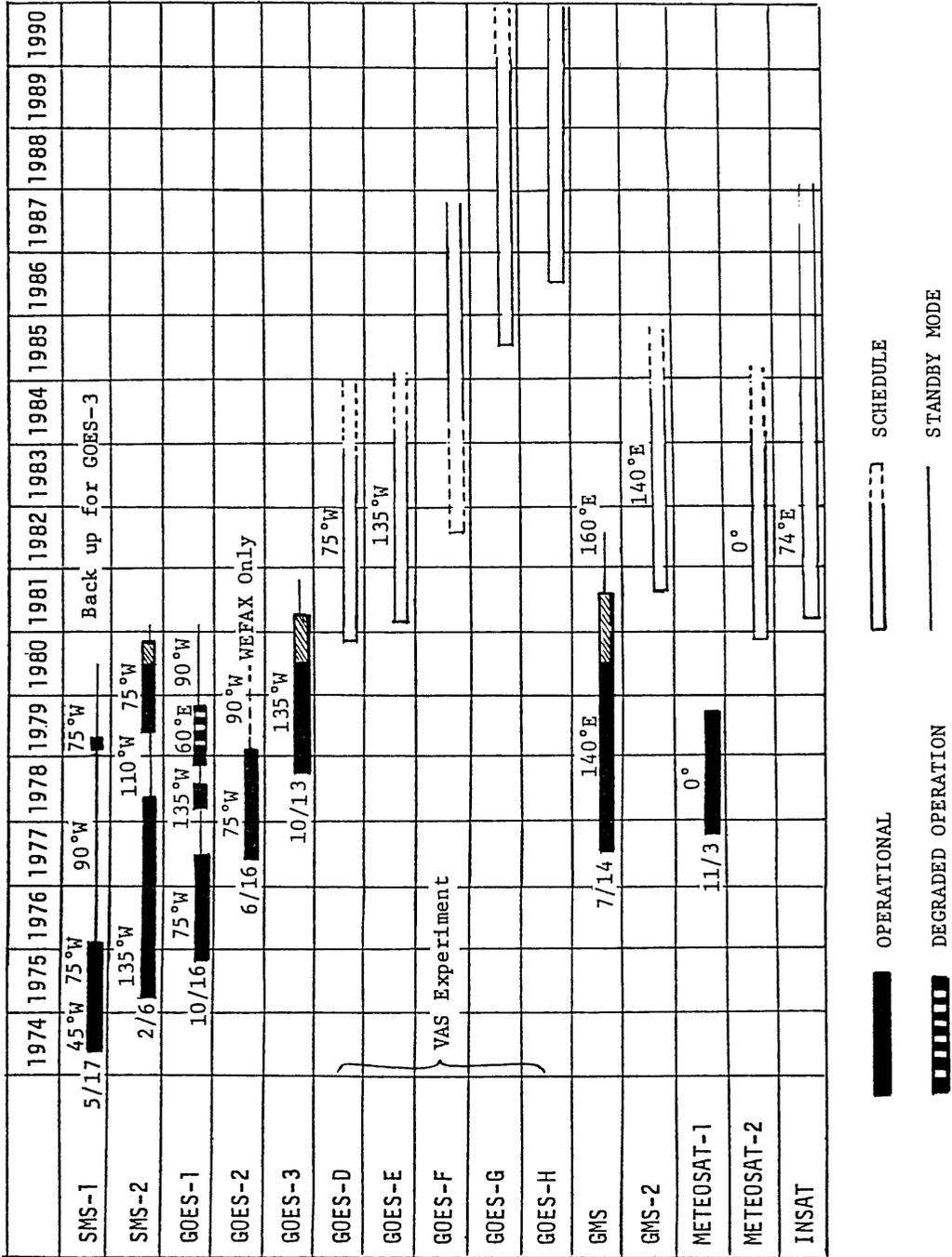
3 降雨

気候の問題としては降雨強度よりもむしろ平均した総降水量が必要である。

対流性降雨に対しては可視と赤外画像の時間的変化から降水の推定をある程度できるが本質的には水滴からの情報を直接測定できる マイクロ波センサーが必要である。

海上の降雨を 1.5 cm のマイクロ波放射計で測定し, (NIMBUS-5 の ESMR) $\pm 25\%$ の精度が得られた。計画中の LAMMR ($4 \text{ m}\phi$ のアンテナ) では更に良い精度が期待できる。NIMBUS の放射計での問題点は以下の通りである。

- 1) 雲量と湿度に対するマイクロ波減衰が分からないための誤差がある。
- 2) 雨域の高さが不明のため輝度温度に対する効果が誤差となる。
- 3) 距離分解能が悪いため広範囲の平均となるが雨の輝度温度の非直線性のため歪が生ずる。
- 4) 1日1~2回の観測では代表性が悪く24時間の積



第1図 最近の静止気象衛星の状況

算雨量に対しては±300%の誤差が見込まれる。

パッシブ方式では陸域の降雨は測定できないが、地面の含水量の変化から降水量の推定が可能である。現在考えられている唯一の方法は気象レーダを衛星に搭載することで、この場合減衰定数が降雨の粒径分布に感度の悪い波長1 cm 前後の2波長を用いて降雨減衰をもとに降雨強度を求めるのがZ-R関係の誤差を除くよい方法であらう。

4 海流など

Seasatのマイクロ波高度計は±10cm以上の高い精度が得られ、Geoidや海流の測定を行なって良い結果が実証された。衛星の軌道精度はこれより悪いので、測定値

は相対的な値となるが、メキシコ湾の測定ではWarm Coreの観測に成功している。

我々は3軸安定の大型静止衛星により、十分な電力の供給が得られ、大型の光学系およびアンテナを採用し、複数個のセンサーによる観測に大きな期待をもっている。

衛星システムは計画から実現までに10~15年の歳月がかかるのが通常で、1980年代の終りから1990年代のわが国の気象衛星システムの構想を決めるのは今から始めても決して早すぎることはないだろう。

最後に最近の静止気象衛星ネットワークの状況を第1図に示す。