

$X_i(T_0) > C$  のとき,

$$\hat{X}_i(T) = \hat{X}_i(T_0 + l) = C$$

とする.

(ii)  $C \leq 0$  の場合,

直接回帰法では

$$\hat{X}_i(T) = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^n \left( \frac{1}{\hat{X}_i(t)} \right)^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^n \left( \frac{1}{\hat{X}_i(t)} \cdot \frac{1}{\hat{X}_i(t+1)} \right)} \right]^i \cdot X_i(t_0)$$

ウェイト法では

$$\hat{X}_i(T) = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^n w(X_i(t)) \frac{1}{(\hat{X}_i(t))^2}}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^n w(X_i(t)) \frac{1}{\hat{X}_i(t)} \frac{1}{\hat{X}_i(t+1)}} \right]^i \cdot X_i(t_0)$$

この方法で第1図で示した喫煙者のたばこ平均全銘柄の購買価格を計算した(値上げ以前)。これをかかげておく(第5図)。この場合の時間軸についてはもはや時間の概念をもっていないで単に「ずらし尺」の意味しかない。

最後に貼り合せ法については、国際比較による予測法などにも適用して成功しているが、気象関係についても参考になればと思って筆をとった次第である。

## 電子計算機と天気予報\*

新 田 尚\*

### 1. はしがき

シンポジウムが終了後、しゃべった内容をまとめるように依頼されて、もう一度今回のシンポジウム全体をふり返って考えてみた。大規模気象現象の予測について、学会の立場からいろいろ話題を提供し、それを材料にして各方面から議論を盛上げてゆくというのが本来の趣旨であったかと思う。事前の話題提供者の打合せでも、その点で意志統一がなされていたと考えていたつもりだったが、実際は

- i) 全体的にみて science の立場に重点をおくのか、engineering の立場に重点をおくのか明確でなかった。
- ii) 特に筆者分担の「電子計算機と天気予報」というテーマの趣旨を、筆者自身十分消化していなかった。
- iii) 全般に討論が中途半端であった。

という印象を筆者は抱いた。

そこで、本稿では実際に当日会場でしゃべった内容に若干加筆修正して、筆者なりに上記の欠点を補っておきたいと思う。なお、筆者は今回の予測の問題を engineering の立場に重点をおいて、10年ぐらい先の将来をみとおしながら、なるべく学問的に扱ったつもりである。

### 2. 電子計算機の性能と将来のみとおし

今後10年ぐらいの間に、電子計算機の性能がどの程度進歩するかを一応確認しておきたい。勿論、これは予想

第1表 代表的な電子計算機の処理能力比較表  
(MIPS: million instructions per second)

電子計算機	処理能力
IBM-360/65	1 MIPS
360/91	5
360/195	8~9
360/95-371/165	15
CDC-6500	1.5
6600	2.5
7600	8
HITAC-8800	3~4
VESNA	1
TI-ASC	60

(註) 他の国産機種については、HITAC との比較で考えて頂きたい。また、TI-ASC は1974年3月現在まだ本格的運用に入っていない。

であるからはずれるかもしれないが、大規模気象現象の予測の研究を行うためには電子計算機は欠かせぬ道具であるので、まずそれに関するみとおしをたてておきたいと思う。第1表に現在世界中で用いられている代表的な電子計算機の処理能力を示した。これをみると、現用の計算機は大体 5 MIPS 前後といえよう。最近の hardware と software の進歩の度合からみて、1980年に現実的に使用可能な電子計算機の処理能力は、おおよそ10~25MIPS とみこまれる。この性能の向上によって、1

\* Electronic computer and weather forecast

\*\* T. Nitta 気象庁予報部電子計算室

～2週間の数値予報は現業的に可能になるだろうし、実験予報としては多様な試みが実現するだろう。

### 3. 気象情報の種類、その通報伝達及び資料処理

GARP と WWW の進展に伴ない、気象観測体系の变革、気象情報の種類の増加と入電形態の変更、通信体系の整備充実、資料処理の4次元化といった殆んど革命的ともいえる変化が、気象技術の面で起こりつつある。この変化の提供する多彩な情報は、大気の大規模運動や大循環を中心に大気科学の面にも深い影響を及ぼすだろう。

このことについての一通りの説明は、既に新田(1973)で行ったからここでは繰り返さない。ただ簡単に要約しておこう。

気象情報の水準(level)を大別して3つにわけらる。

水準Ⅰ：測器の感部でうける信号。

水準Ⅱ：気圧、気温、湿度、風といった気象要素の値。

水準Ⅲ：4次元解析などで処理された気象場の3次元分布値(第1図参照)。

これらの情報の通報伝達には GTS (Global Telecommunication System) が用いられるが、将来予想される多種多様な大量情報の処理には十分な通信網となるみ通しである。

水準Ⅲの情報が、気象技術や理論研究への input として用いられる。その情報作成の基盤をなすものが、4次元資料同化(4-dimensional data assimilation)と4次元解析(4-dimensional analysis)である。前者は統

計的拘束条件や力学的拘束条件の下に、時間的にも空間的にもバラバラに観測されたデータを、ひとつの気象状態の決定過程にとりこもうとするものである。後者はデータの選別も含めて質の高い気象状態の決定をめざすものである。

具体的な方法については、目下各国の第一線で研究中であるが、気象庁の電子計算室でも連続法に基づいたテストをはじめようとしている。ここでは数多くある possibility の中から、最も将来性の高い方法をみつけていくことが重要である。

### 4. 大規模運動の予測

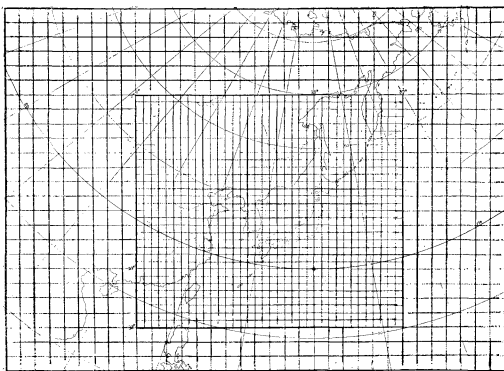
予測の手法としては、力学モデルを用いるもの、統計-力学モデルを用いるもの、統計モデルを用いるものの3つに大別される。

力学モデルを用いた代表的な手法は数値予報である。数値予報では、初期値としてある時刻での観測値(いわば瞬間の値)を用い、それに基づいて将来の気象場を数値積分して求める。即ち、初期値問題として解く。数値予報をはじめとして、予報期間を延長した場合の予報可能性の限界(predictability)については、別に話題が提供されるのでここではふれないが、電子計算機を用いた天気予報の一資料をなす現業の数値予報の成績をみてみよう。

第2表には、気象庁電計室の現業用モデルによる500mb(12Zのデータ)予報に関して、その24時間高度変化量：

$$\Delta Z = Z^{t=24} - Z^{t=0}$$

を予測値と実況値の間の相関係数で検定したものである。領域は大体アジア地区であるが、モデルによって多少面積の大小がある。また1～12月の年平均を中心としたが、モデルの変更などにより1年未満のものもある。特に、夏期間の相関係数はいずれのモデルも系統的に悪いので、夏期間を含むかどうかで平均値がかなり変わる可能性がある。この表では、北半球バランス・パロトロピック・モデル(NH-BB)、アジア4層準地衡風近似モデル(4L-QGM)、北半球3層バランス・パロクリニック・モデル(3L-BCM)の3つのモデルを比較しているが、あくまで参考資料の域を出ない。ただ、表を一べつしていえることは、パロクリニック・モデルの場合、現業化して改良を重ねると、年と共に成績が向上してきたことである。10年余りの間に、確実に0.05ぐらいの相関係数のアップがあったことは、今後の努力に対するはげみにもなる。



第1図 水準Ⅲの情報の水平分布の一例。気象庁6層プリミティブ方程式モデルの水平格子網(細かい格子間隔)。周囲の粗い格子間隔の網は、プリミティブ・モデルの側面境界を与える6層準地衡風モデルの格子網。

第2表 現業的数値予報の成績の1例。気象庁電計室のモデルによる500mb (12Zのデータ) アジア地区年平均の24時間高度変化量の相関係数の変遷

	NH-BB	4L-QGM	3L-BCM
1963		(0.78)	
64	0.79	0.77	
65	0.77	0.78	
66	0.78	(0.60)	
67	(0.76)	(0.77)	
68	(0.72)	(0.73)	
69		0.80	
70		(0.81)	(0.79)
71			0.81
72			0.85
73			0.83

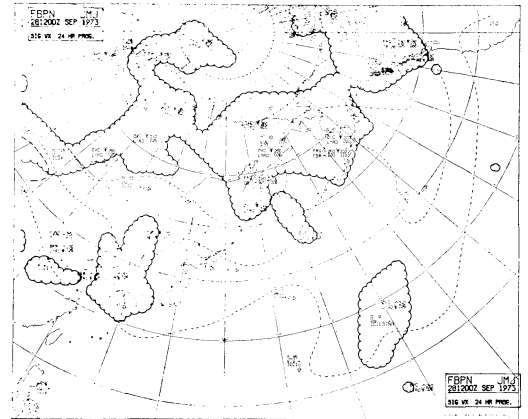
(註) NH-BB: 北半球バランス・パロトロピック・モデル, 4L-QGM: アジア4層準地衡風近似モデル, 3L-BCM: 北半球3層バランス・パロクリニック・モデル。( )内は1年以下の平均(モデル変更のため)。相関係数を計算した領域も、必ずしも全サンプル同一ではない。

統計-力学モデルは、統計的な取扱いに力学的拘束条件(大気の力学モデルに対応)を加えた手法で、stochastic-dynamic methodがよく引用される。この方法を実行する上で、計算量が莫大となる欠点が指摘されているが、今後注目していくべきだと思う。最近「中国科学」に面白い試みが報告された。これは、過去の多くの時刻の観測値(multiple-instant observation data)を用いて、時間レベルの情報を空間レベルの情報に変換し、力学的拘束条件の下に発展問題(evolutional problem)として解く方法である(Cheng and Tu, 1973)。具体例がついており、過去4日間のデータを用いた96時間予報を行っている。中国の電子計算機DJS-6を用いて96時間予報に2時間かかったと報じられているが、詳細は不明である。

統計モデルは、気象の状態量間の統計的拘束条件に基づいて予測する手法だが、筆者は不案内なのでふれないことにする。

### 5. 気象要素の分布と天気現象との関係

今回のシンポジウムの主テーマは大規模な気象現象の予測にあり、天気現象は直接対象とはされていない。まして天気と密接な関係にある中小規模現象は取上げられ



第2図 悪天予想天気図の一例(股野, 1973)

ていない。ただ、筆者に与えられた話題に天気予報が含まれているので、大規模気象現象と天気現象を結びつける関係についてふれておきたい。

この関係をつけるものには、力学的扱いと統計的扱いとがある。前者はつきつめれば大気の力学モデルでのparameterizationの問題となり、者は大気の大規模モデルにいたる。

最近、気象庁電計室で開発された、主として航空気象予報のための悪天予想天気図は、後者の1例といえよう。股野と協力者(1973)は、予測された比湿、風速、気温の分布図を用いて、雲分布図や悪天現象の発生場所(悪天予想天気図)を求めた(第2図)。

用いた関係式は、雲分布図に対してはSmagorinskyのもので、oktas(0.0~0.8)であらわしたcloudinessをCとして

$$C_4 = 1.80H_4 - 0.50 \quad \text{for } 400\text{mb}$$

$$C_6 = 2.00H_6 - 0.70 \quad 600$$

$$C_9 = 3.25H_9 - 1.95 \quad 900$$

なる経験式を採用した。ここにHは相対湿度(0.0~1.0)で、 $H_4$ はhigh cloud,  $H_6$ はmedium cloud,  $H_9$ はlow cloudをそれぞれ代表するとしている。こうした経験式はuniqueなものではないから、実用上一番便利で、より実況を表現しているものを用いるようにすべきであろう。

悪天予想天気図については、晴天乱流(CAT)は250mbと550mbの鉛直風速シアが3.0kt/1000ft以上の場所(CATの上限と下限の高度についても関係式をきめる)、雲中の乱流は上記シアが1.5kt/1000ft以上の場所、雲域は上述のSmagorinskyの経験式、航空機着氷は

-8D 法を 550mb と 850mb の両面に適用, 雷雨とひょうは Showalter's index をそれぞれ用いている。

実験的にはじめられたこの悪天予想天気図も, 今後改良されて従来の manual に描いていた予想図にとって代っていくであろう。大規模運動場と広域の天気分布の関係が, かなりよく表現されてきたのは注目に値すると思う。

### 6. あとがき

電子計算機は, いう迄もなく人間の指示した通りに動くから, 常に人間の方が優位に立っているといえる。しかし, それをはじき出す結果は, 量的に人間の能力を越えているばかりか, 質的にこれ迄考えつかなかった情報をもたらす。その情報が, われわれの文化に及ぼす影響は測りしれないと思う。

電子計算機は, 単に有能な「人間の代役」ではない。もっと大きい impact を人間の社会や文化に与えている。その impact の深さを知るために, なるべく多くの人々が電子計算機に接する必要があると思う。

更に, 話を気象技術に限っていうならば, 今後現場の技術にとって電子計算機は不可欠である。しかし, 現業

技術の改善に際しては, ただ時間にまかせた静かなゴリ押しではなく, 問題を深く掘り下げ, また常に新しい技術を創造的に開発していく姿勢を樹立する必要があるろう。すべての人が主体的に, 意欲をもってとりくんでいけるように。

### 文 献

- Cheng Ching-Lin (鄭庆林) and Tu Hsing-Yuan (杜行远), 1973: A new numerical weather prediction model, utilizing multi-instant observation data, *Scientia Sinica* (中国科学), XVI, 3, 396-406.
- 股野宏志, 1973: 計算機による悪天予想天気図の作成について. 航空気象ノート, 第7号 (1973年9月), 3-14.
- 新田尚, 1973: GARP の全地球実験計画—FGGE を中心に—(2) (GARP News), 天気, 20, 648-652.
- Wiin-Nielsen, Aksel, C., 1972: Atmospheric predictability. *ND News, Special Issue on Meteorology*, 26-39.

## 第17期, 第18期, 理事, 監事合同会議議事録

日 時 昭和49年7月15日 (月) 14.00~15.00

場 所 気象庁予報部会議室

出席者 °浅井, °朝倉, 磯野, 大井, °奥田, 神山, 川村, 河村, 北川, 小平, °高橋, °田中, 中島, 二宮, °野本, 丸山, °三谷, \*山本各理事

藤田, °小林各監事

\* 印は, 第17期理事, °印は, 第18期理事, 監事, 無印は, 第17期第18期理事監事

### 報 告

[庶務]

1. 6月29日, 文部大臣あて, 定款変更認可申請をした。
2. 6月29日, 内閣総理大臣, 科学技術庁長官, 環境庁長官に環境放射能監視機関の設置にあつての要望書を提出した。

3. 7月11日, 神山, 高橋両会員に日本科学会議第10期会員候補者推薦書を交付した。

4. 第18期役員選挙開票結果の報告によると, B封筒に入れなかったり無記名のため無効投票となったものが多数あった。

### 議 題

#### 1. 引継ぎ事項

- (1) 事務局体制を強化すること。
- (2) 学会財政の健全化を検討する会計委員会を設けること。

#### 2. 退任役員に記念品贈呈について

4,000円~5,000円程度のものを贈ることとし, 品物の選定は一任する。

#### 3. 日本科学会議25周年記念事業費寄付について

1口応募する。