

〔講座〕

Synoptic meteorology I 及び II について

—気象学外国文献集紹介—

大井正一*・新田尚**

1. 綜観気象の意味

Sawyer (1964) [1] の中にも書かれているが、気象学はもともと天気予報を目的としたものである。まず、気圧と天気とが密接に関係しているらしいという事実が判り、次に電信の発達に伴って、気圧系の移るよりも早く気圧の報知が走ることから、天気図による天気予報が行われはじめ、それが百年以上も継承されてきている。その間に、気圧のみでなく、気温、雲、天気、雨量等を書き込んだ綜観天気図の概念が形成された。綜観、即ち Synoptic というのは、いろいろな要素を総合的に見るという概念なのである。第一次大戦前までは、この概念は、一地点における気圧の変化等単一のものを見るという概念に対立して綜観といつたわけであるが、その後理論気象学が発達するにつれて、第二次大戦前までは、理論気象学に対立する概念に変化した。然しこの理論気象の概念にも若干の誤解があった。

Geb (1970) [2] はこの点について言及している。V. Vjerknes 等多くの気象学者は、気象学は物理学の一分科の如く考え、大気現象は古典流体力学の法則を用いて、数学を利用すれば完全に記述すること、従って予報出来るものと考えた。そして、それが実際出来ないのは例えば Richardson のように、数値計算が複雑、大になり実行困難なために解明されないのだと考えていた。第二次大戦後になって、電子計算機の発達により、数値計算の困難性は大幅に解消された。そこで数値予報によって、予想天気図が計算されるにいたった。

Berlin map には毎日、ヨーロッパ各国によって計算された予想天気図が比較のために掲載されているが、それらは決して同じにはなっていない。そこで大気現象は古典流体力学の法則のみでは解明し得ないものである、という事が次第に明らかになって来たのである。そこにパラメタライズという概念が入って来た。これは純粋に古典的な物理法則ではなく、いわば経験的法則、あるいは統計的法則ともいべきもので、計算された結果は方

式の中の定数の値で変り、その数値は物理法則のみではなく、計算された結果が実際の大気とあうかどうかによってのみ決められるようになっていく。従って、もはや気象学は純粋な物理学ということではできなくなり、多くの経験則を盛り込んだ大気現象解明のための独特の学問であると定義すべきことになった。

さて、そこで大気の実体は何であろうか。それは解析によって明かにしなければならぬのだが、これが又多くの物理現象のように、実験的に再現可能でもなく、隅から隅まで解明し得ないものであることも次第に明らかになって来た。Newton 等 (1961) [3] は、どんな一つのモデルでもジェット気流の構造を代表し得るものはないといっているが、有限距離の観測網である以上は、断面図は畢竟一つの断面図であって、大気の真の実体は把握不可能なものである。然し、上述の数値計算の当否を決めるものは、物理法則のみではだめで大気の実体なのだから、ここで実体把握のための解析を中心とした綜観気象として、綜観気象は戦前とは違った新しい意義を見出したことになる。Geb (1971) [2] は大気現象は極めて複雑なものであり、その把握は単に無方針に研究を行ってもだめで、どうしても認識論的立場に立った綜観的な実体でなければ学問的に発展させることは不可能である、と述べている。この複雑さという点でもいろいろな記述があるが、1970年代に入っては気象衛星など新しい観測技術が急速に発達したので、大気の構造はますます複雑に把握されるようになってきた。この点で Fortak (1972) [4] 等は興味ある読みものであろう。

この複雑さと把握の困難さに加えて、Thiine (1971) [5] は更に次のような不確定性をあげている。大気現象の把握には、例えば天気図に対して、洋上の観測点の欠除のような不確かさ、数値解析における切断誤差のような数学的な不確かさのほか、大気現象そのものの不確定性がある。例えば、過飽和状態が広く存在している場合に雲がどこから発生するか、どの雲が発達するか等ということは、凝結核の有無等いろいろなものに左右されるであろうが、究極において、偶然性を伴い、統計的に

* 気象研究所予報研究部

** 気象庁予報部電子計算室

しか把握し得ないのではないか。低緯度に見られる多数の雲の渦にしても、どれが台風になるかということには、確率的、偶然的な要素も含まれるのではないか。

そこで現象の把握ということが極めて難かしいので、従来の多くのモデルや解析の概念は弁証法的な認識論の立場から再検討が必要で、そうして初めて概念の発展的止揚による発展が可能である、と Geb (1970) [2] は主張している。そして認識論からいっても、永遠に正しく発展さるべき概念は、V. Bjerknes のフロント低気圧説と J. Namias の気団説等であるとしている。

一方では解析の方法、即ち把握の仕方も、戦前は温度、湿度などであったが、戦後になって、発散、渦度など物理量の分布状況による数値解析法が行われるようになって来た。この方面では斎藤 (1969) [6] などが述べ、その前から気象庁予報部電計室から多くの文献が出されている。以上のようにして、綜観気象の概念は時代と共に変遷をとげ今日にいたった。数値予報の目ざましい発達と共に、一時解析的な研究が減って来たが、最近になって再び急増しつつある。これは観測技術の発展にも起因するが、又上述の如き概念と意義の変遷にも依るものであり、Geb (1970) [2]、Thiine (1971) [5] は、気象学はその現象の解明が直ちに予報であるという点で、他の科学に類を見ない特徴をもっている、と述べている。このような点で、綜観気象学は数値予報の発展と共に新しい脚光を浴びているわけで、今後の予報技術の発展はこの両分野の協力にかかっている、といえよう。綜観気象をこれから学ばんとする方には、是非これだけのことは知っていただきたい。

2. 文献の選択について

今度の選択に当って、私はまず1960年代に発表されたこの分野での文献を通覧してみた。その内訳は次の如くである。

A 成層圏の解析について	32篇
B 天気図解析 断面図解析等について	26篇
C 物理量の分布による数値解析について	19篇
D 予報を目的とした解析について	23篇
E その他一般	多数
計	116篇

更に細かく内容を見ると

- A 突然昇温、26カ月週期、季節変化、波数分析、南半球、オゾン、水蒸気、等
- B ブロッキング、極前線、寒冷前線、雷、トルネド、ハリケーン、モンスーン、海陸風、等

C ω , ζ , div , ρv , ρgZv , $\text{Cp}\rho T v$, エネルギー収支、等による成層圏、モンスーン、台風、サイクロン、雷、下層ジェット等の機構。

D 雨量予報、週間予報、低気圧発生発達、台風、天気図分類、週期統計、波数分析、等

E Met. Abh. には多数の短報があり、また日本の長期予報資料に相当するもので、特に成層圏の気候について、月別、四季別、年別、気候値別にまとめた記述が多数ある。

これらの中から、歴史的に意義のあるもの、しばしば引用されるもの、広範な基礎的な内容のもの、他に類のないもの等を選ぶことにした。これらの中で、基本的ともいえるもの、他に類の少ないものは Met. Abh. に多く、ほとんどが50~100頁近いものであり、本文献抄には不適當である。そこで、更に改めて十数頁程度のもので各分野で代表的のものを一篇づつ探すことにした。このようにして選んだら A7, B6, C7, D5 計25篇となった。更に頁数の関係を考えて A1, B6, C6, D4, 計17篇とした。振り返って見ると、始めに重要文献と指定したものは頁数の関係でほとんど落ちてしまった。従ってここに選ばれたものは各分野の研究例の羅列に過ぎないものとなったのは止むを得ぬことである。それでもこれから勉強される方にとっては良い参考になると思う。この文献抄二巻に収められたものは次のものである。

- A Finger (成層圏上部の解析)
- B Newton (ジェット気流) Newton (寒波) Eliassen (前線と低気圧) Bonner (下層ジェット) Ponomalenko (上昇流と雲) Frizzola (海陸風)
- C Anderssen (波数分析) Eliassen (球函数分析) Bradley (波数分析) Deland (波数分析) Dixon (ζ と低気圧) Elliot (エネルギーと前線) Hastenrath (閉区域のエネルギー)
- D Sowyer (天気予報) Lund (天気図分類)

3. その他重要な文献

前にも述べたように、特にこの方面に力を入れたいという方々には、以上の文献の他に [1]~[7] の参考文献は是非必要であろう。現象の把握という点では、Met. Abh. に多数の文献が載っているから、せめてモデル的な説明図でもよいから目を通して頂きたい。また E で述べたものもいろいろの点で参考になることが少なくない。数値解析については10年来気象庁電子計算機室より出ている多くの解説書はこの上もない良い指導書であるから是非読んで頂きたい。猶本文献抄について一部はこの方

面での大先輩である新田尚君に担当して頂いたので、それについて以下に述べて頂くことにする。

(大井正一)

引用文献

- 1) Sawyer, J.S., 1964: 文献抄 5-11.
- 2) Geb, M., 1970: Eine vom erkenntnis theoretischen Standort her entwickelte Darstellung aktueller Probleme der Synoptischen Meteorologie. Met. Abh. 111-3, pp1-114.
- 3) Newton, C. W., 1962, 文献抄 5-56.
- 4) Fortak, H., 1972: Meteorologie. Carl Habel Verlag Berlin.
- 5) Thüne, W., 1971: Hat die synoptischen meteorologie noch eine Zukunft? Met. Abh. 114, pp1-4.
- 6) 斎藤直輔, 1969: 総観解析の歴史についての小論, 測候時報, 36, pp 367-379.
- 7) Tagung über Probleme der Wettervorhersage am Ostseebad Kuhlungsborn 1969. Zeit. für Met. 22., 1-146.

1. 総観解析の最近の動き

Synoptic Meteorology Part 1 および 2 について, 大井氏が前記の経過で論文を選択しておられたが, Dynamic Meteorology や Numerical Weather Prediction に選ばれた論文の中にも, Synoptic Meteorology に含める方が適当と思われるものがあつたので, 話し合いの上で編集しなおして頂いた。ここで, 簡単にその点の説明をしておきたいと思う。

気象現象の総観解析の最近のひとつの発展は, 現象の構造や維持の機構を理論的に探っていくとする傾向である。従来からも, 勿論そういう試みは行われてきたが, どちらかといえば運動学的な色彩が強かった。それに対して, 最近の方向は力学的といえよう。数値解析, 力学解析などとよばれている。具体的には, 現象を模した大気の数値モデルをつくり, 直接測定できない気象要素(上昇流など)を求め, これらの要素からエネルギーや加熱・冷却量を推定する。エネルギー収支やスペクトル解析を通じて, 注目している現象が存在し, 展開している必然性を理解しようというわけである。

これらの過程を分類してみると, 次のようになる。

1. 未知の現象を発見しようとする。
2. ある程度知られている現象を, より深く解明し, 他の現象との物理的な違いを明らかにする。
3. かなり知られている現象でも, 従来とちがった観

点, 特に物理的な立場から理解しようとする。そして, 他の現象との相互作用も明らかにしていく。

4. ある仮定を含んだモデルが正しいとして, 直接観測可能な気象要素から間接的に気象要素や物理量を求める。これは, 上の 1~3 に適用される。
5. 解析の方法を客観化し, 電子計算機で処理させる。本解説文では, 具体的な説明を避けるが, その詳細は文献集であたって頂きたい。

2. 文献集の論文について

Part 1 では, 熱収支の論文, 特に南半球でのそれを伝えるものとして Rasool と Prabhakara (1965), 中間規模じょう乱を展望するものとして Eliassen (1966) を入れることにした。総観解析と理論を結ぶひとつのポイントとして, 主として, 大規模じょう乱の客観解析の概要を伝えるものとしては, Panofsky (1949), Cressman (1959), Gandin (1965) を収めた。いずれも古典的な論文である。今回の文献集編集の趣旨からいって, ごく最近のものが省かれているが, まず基本的な考えをしっかりと頂く上からも, これらの論文は大変役立つと思う。Gandin エルで行われた英訳に不満のようで, 自作の訂正表を送は, イスラってきた。参照されたい。

Part 2 では, 波数解析, 特に超長波に焦点をおいて, Anderson (1965), Eliassen と Machenhauer (1965), Bradley と Wiin-Nielsen (1968), Deland と Johnson (1968) を収録した。また, シカゴ大学の研究報告としてのみ出され, 正式には印刷されなかった Miyakoda (1963) は, 成層圏の突然昇温を例にとった力学解析のよい例として入れることにした。少々長いのだが, 入手困難なものだし要望が強いようなので, 大いに利用されることを望んでいる。

頁数の制約から, 多くの価値ある論文を落さねばならなかったのは残念である。最後に, 今回収録の論文を通して, synoptic meteorology の新しい発展に, 少しでも多くの人々の関心がむかうことを切望している。

(新田尚)

収録論文リスト

Synoptic Meteorology and Weather Forecasting (Part 1)

1. Lund, A., 1963: Map pattern classification by statistical methods. J. Appl. Meteor., 2, 56-65.
2. Sawyer, J. S., 1964: Meteorological analysis—a challenge for the future. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 90, 227-247.

3. Sawyer, J. S., 1967: Weather forecasting and its future I. *Weather*, **22**, 350-360.
 4. Sawyer, J. S., 1967: Weather forecasting and its future II. *Weather*, **22**, 400-411.
 5. Newton, C. W., and A. V. Persson, 1962: Structural characteristics of the subtropical jet stream and certain lower stratospheric wind systems. *Tellus*, **14**, 221-241.
 6. Frizzola, J. A., and E. L. Fischer, 1963: A series of sea breeze observation in the New York City. *J. Appl. Meteor.*, **2**, 722-739.
 7. Rasool, S. I., and C. Prabhakara, 1965: Heat budget of the southern hemisphere. *Problems of Atmospheric Circulation*, edited by R. V. Garcia and T. F. Malone, Spartan Books, Washington, D.C., 76-92.
 8. Newton, C. E., 1965: Variations in structure of subtropical current system accompanying a deep polar outbreak. *Mon. Wea. Rev.*, **93**, 101-110.
 9. Eliassen, A., 1966: Motions of intermediate scale: fronts and cyclones. *Advances in Earth Science*, The M.I.T. Press, 111-138.
 10. Bonner, W.D., S. Esbensen and R. Greenberg, 1968: Kinematics of the low level jet. *J. Appl. Meteor.*, **7**, 339-347.
 11. Ponomarenko, I. N., and A. M. Koshenko, 1968: The cloud systems of fronts as related to the vertical motion distribution. *Izvestiya, Atmos. Oceanic Phys.*, **4**, 532-538.
 12. Panofsky, H. A., 1949: Objective weather map analysis. *J. Meteor.*, **6**, 386-392.
 13. Cressman, G.P., 1959: An operational objective analysis system. *Mon. Wea. Rev.*, **87**, 367-374.
 14. Gandin, L. S., 1965: Objective analysis of meteorological fields. *Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. Chapter 3*, §1-4, 57-86.
- Synoptic Meteorology and Weather
Forecasting (Part 2)
1. Riehl, H., T. C. Yeh, J. S. Malkus, and N. E. LaSeur, 1961: The north-east trade of the Pacific ocean. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **77**, 598-626.
 2. Anderssen, E. C., 1965: A study of atmospheric long waves in the southern hemisphere. *Notos*, **14**, 57-65.
 3. Eliassen, E., and B. Machenhauer, 1965: a study of the fluctuations of the atmospheric planetary flow patterns represented by spherical harmonics. *Tellus*, **17**, 220-238.
 4. Finger, F.G., H.M. Woolf, and C. E. Anderson, 1966: Synoptic analysis of the 5-, 2- and 0.4mb surface for the IQSY period. *Mon. Wea. Rev.*, **94**, 651-661.
 5. Bradley, J.H.S., and A. Wiin-Nielsen, 1968: On the transient part of the atmospheric planetary waves. *Tellus*, **20**, 533-544.
 6. Deland, R.J., and K. W. Johnson, 1968: A statistical study of the vertical structure of travelling planetary scale waves. *Mon. Wea. Rev.*, **96**, 12-22.
 7. Miyakoda, K., 1963: Some characteristic features of winter circulation in the troposphere and lower stratosphere. *Tech. Report, No. 14*, Dept. of Geophys. Sci., The Univ. of Chicago. 1-60.
 8. Dixon, R., 1964: The deepening of wave depression in return to geostrophic vorticity advection at 300mb. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **90**, 175-190.
 9. Elliot, R.D., and E. Hovind, 1965: Heat, water and vorticity balance in frontal zones. *J. Appl. Meteor.*, **4**, 196-211.
 10. Hastenrath, S.L., 1966: On general circulation and energy budget in the area of the central America Seas. *J. Atmos. Sci.*, **23**, 694-711.