



## 気象解析の手引き

二 宮 洸 三\*

率直に言えば、筆者は「天気」誌の「気象学入門講座」の企画に疑問を持つ。なぜなら、プロフェッショナルな気象技術者・研究者がいまさら「手引き」など必要とするはずがないし、専門家になるための勉強中の人は教師の指示を受けているはずだからである。また、ノンプロフェッショナルな教養書の紹介のためなら、このような大げさな講座は不要である。強いて言えば、大きな専門の組織に所属しておらず気象学的情報の入手に不便を感じられる方々のために書くべきものであろうか？ 読書量の少ない筆者がこの一項目を分担するのは苦痛であるが、上記した方々のために少しは参考になるように、文献のカタログ的な列挙は避けて、気象解析の手助けになる若干の書物と文献に触れたい。

筆者の分担は「総合気象学」であったが、正確には今日このような気象学の体系や分野はないように思われる。そもそも、synopticには総合的という意味があり、観測データに基づいて総合的に大気現象を把握することだったのが転化して、今ではsynopticは「同一時刻」を示すことになった。同一時刻のデータがsynoptic dataでそれを記入したのがsynoptic mapである。synoptic mapはいわば一つの手段または表現法にすぎず、したがって、synoptic mapを使ったからといって「総観気象学」があるはずがない。ちょうど、フーリエ分析やスペクトル解析はあっても、「フーリエ気象学」や「スペクトル気象学」がないと同様に、過去において気象学でsynoptic mapが第一義的に重視されたのは、それなりの意味があった。大規模擾乱については、その振舞いが準定常的である上、温度場、高度場、運動場の関係は静力学、地衡風、渦度保存の関係で結ばれ、人による分析でも物理的内容のある解析ができ、さらにある程度の子測も可能だったからである。

1957年刊行の **Godske, Bergeron, Bjercknes.**

\* K. Ninomiya, 気象研究所 (現在 気象庁電計室)

**Bundgaard : Dynamic Meteorology and Weather Forecasting, Part IV (Climatological and Synoptic Models 467-616 P) と Part V (Weather Forecasting 619-790 P)** は、上記したような立場での「総観気象」のまとめであろう。Part V の Chapter 17 (620-722 p), Synoptic Weather Analysisは、はっきりと天気予報のための analysis と意識されている。

その後の急速な気象学の進歩は、このような総観気象の考え方を一変させた。大規模現象の予測については数値予報が主力となった。観測データの解析もより物理的内容に向けられるようになった。Wallace・Hobbs: **Atmospheric Science** (1977)の序節には、「……方程式に基礎をおく気象力学と観測に基づく総観気象との差は急速になくなりつつある……」という意味の文章があるし、この本の中には、synoptic meteorology という章もない。Palmen・Newton: **Atmospheric Circulation Systems** (1969)でも「総観気象」なる言葉は表立って使われていない、論文のタイトルにも、1960年以降……synoptic analysis……というものほとんど現われていない。観測データに基づく論文は、observational study……か、解析法を冠して、~al analysis と呼ぶのが普通である。

上述した状況は、本来の意味での総観気象の凋落を意味するものではない。観測データと物理的法則を使用して大気現象を分析し、分析した結果から総合的な大気現象の物理的全体像を作り上げる仕事はますます重要になっている。このような、内容の多様化のために、「伝統的な synoptic map の表現」の比重が低下したということである。

このような意味で、この項の名称を「総観気象学」から「気象解析」としたのである。気象解析の勉強のためには、まず、一般的・基礎的な気象の知識をつけるべきである。私たちは、日ごろ耳学問で断片的にはかなり大量の情報を得ているけれども、系統的な勉強も必要であ

ろう。新しく勉強を始めるなら、**Wallace・Hobbs: Atmospheric Science**(1977)が非常に平易・親切に書かれているので適当であろう。(外国語で書かれた書物を毛嫌いしたり、逆に崇拜したりしないで下さい。)同じような書物に**正野:気象学総論**(1958)があるが、**Atmospheric Science**の方が楽しく読めるように思われる。

次に、かなり実的な気象解析の教科書として、**Peterssen: Weather Analysis and Forecasting Vol. 1** (1956), **Vol. 2** (1956)を挙げたい。これは、前述した**Godske**等の書物と同じ世代の書物で、**Vol. 1**は主として大規模擾乱の解析とその予測を扱ったものである。この書物には実例が多く説明は具体的である。どんな書物にも批判はあるものだが、発刊後すぐに、気象解析と予報を一体としているこのような書物は気象学の勉強をつまらなくするものだとときびしく批判した先生がおられたことを記憶している。また、発刊後年月が経っているので不必要・不相当と思われる部分—3章の一部分、8章の一部分など—のあることはいたしかたない。この書物の使い方としては、通読するにとどめず、各節章の実例に相当するケースのデータを実際に集めて自分で解析の実習をされることが望まれる。

この書物の**Vol. 2**はweather systemに関するもので、けなす人もあるが筆者には立派な教科書であると思われる。前半のweather systemを実体的に扱えようとする努力は参考になる(現在では気象レーダや衛星資料が活用できる)。27, 28章の統計的解析、Tschebyscheffの直交関数展開などは、その後の統計予測法(たとえばMOS)や、主成分分析などに思想的につながってくるものであり、今でも十分参考となるだろう。

解析の手法とは離れ、主として解析的研究の成果によって、いろいろな大気循環系の事実を記述した書物として**Palmen・Newton: Atmospheric Circulation Systems** (1969)が教科書として適当であろう。この書物では、大気大循環の観測的側面、大規模擾乱、organized convective systemや熱帯気象にも一通りは触れている。実際のデータ、図なども豊富なのであるが、たとえば、第6章(extratropical disturbances……)などあまり読み易くはないような気もする。この書物も、通読するのみならず具体的ケースで検討されると良い。

上述したような書物を読むと、気象擾乱や天気系は地球上のどこでも同じようだと思いがちである。地球上の海陸分布や緯度によってもものごとがどう違うかを知っておくことも必要であろう。このためには、**Trewartha:**

**An Introduction to Climate** (1969)をお勧めする。この本は数式は一つもなく、文章も平易すぎて(しつこく説明しすぎて)馬鹿にされたような気がするけれども、地球の上の日本列島を意識するためには読むべき書物(流し読みでもかまわないので)だと筆者には思われる。これとは逆に日本の気象に重点を置いた本に、**高橋: 動気候学** (1955)がある。同じ著者の**総観気象学** (1969)もあるけれど、前者の方がはるかに個性的な書物である。発刊後20年以上も経ったので古くなった部分も多いが、それは読者が自分で補って勉強し、新しい日本の気象を体系づけてほしい。

以上の何冊かを読まれると、現象の物理的説明に、なにか不足を感じられるに違いない。その時には、**Holton: An Introduction to Dynamic Meteorology** (1972)を読まれるとよい。大規模擾乱の解析のために必要な基礎知識は、これによって得られるはずである。**小倉: 最近の気象力学** (1966)はもっと広い範囲をカバーしているが、**Holton**の書の方が、独習するにはより親切だと思われる。(なお、**小倉: 気象力学通論** (1978)が最近発刊されたが、これも立派な教科書である。) **正野: 気象力学** (1960)も広く用いられた教科書であるけれども、大気現象との具体的関連の説明では**Holton**あるいは**小倉**の書の方が、はるかに適切であるように筆者には思われる。

中小規模の現象についての教科書は、筆者はよく知らない。かなり(相当?)古いものでは、**Meteorological Monographs, Vol. 5, No27: Severe Local Storms** (1963)があり、**Fujita, Ogura, Newton**など数人の総合報告がなされている(あとは個々の文献で勉強してほしい)。

気象解析はもちろん個々の擾乱のみを研究の対象としているわけではなく、大循環も対象となる。前出の**Palmen・Newton** (1969)のかなりの部分もそれにあてられているが、この分野での総合報告**The Global Circulation of the Atmosphere** (1969)のいくつかの章の方がより適切のように思われる(現在では古くなっているかも知れないが)。成層圏の現象に関しては、**Holton: The Dynamic Meteorology of the Stratosphere and Mesosphere** (1975)の第1章、**The observational basis**が短かいけれども適切なものであろう。

総合報告や教科書は、言わば完成された地図のようなもので、今までの知識をまとめて学ぶ事ができるが、その半面地図を完成させるための労苦やそれに先だつ探

検家の労苦を知ることはできない。極前線の存在, jet stream の存在, 突然昇温の現象, 台風の発達過程, 赤道成層圏波動の存在, 大気大循環のエナジェティクス等々, 教科書ではすでに常識として語られており, それらの研究の成果が, どのような研究者の頭脳のなかの思考過程を経て (しかも試行錯誤の繰り返しを経て) 実現したかの内面的経過は, 教科書の一通りの通読から知ることはできない。どんなに小さな気象解析でも (研究と呼ばれるものも調査と呼ばれるものでも) それが有意識に完成されるためには, その人の思想が必要で, それは労働 (データ解析はなまけ者にはこなせない) と思考を通じてのみ得られるものである。知識はその基礎として必要だが, それだけで良いというものではない。筆者の周囲をみても, おびたしい文献のコピーを集めながら (読んでいないのかも?) 創造的活動のない人もいるが, それは労働も思考もできない人なのだろう。

解析すべき対象が (あるいは目的が) 決まれば, それにふさわしい方法が使用されなければならない。なにか非常に便利な方法があってそれを使いさえすれば良いと思う人がおられるけれども誤まりである。解析法の原理そのものは必ずしも複雑ではなく, どの方法を組み合わせるかはその人の思考による。前記した書物でもいろいろな解析法が説明されているが, 特に数値的な解析をする時には, たとえば, **Haltiner: Numerical Weather Prediction** (1971) のうちいくつかの節が有用であろう。最近, 気象学とは限らず多方面でデータ解析の手法に関する書物がたくさん市販されているので不自由なはずであるし, 後述する専門誌の論文にもいくらかでも具体例が見られる。われわれの注意すべきことは, 目的の設定と, 手法の物理的理解と計算結果の気象学的考察であり, 解析の成果はそれによる。

この講座では, 文献をも紹介することが企画されている。しかし, 冒頭に記したようにこの小文の目的からして個々の文献を列挙することは意味がないだろう。そのかわり, 定期刊行物にみられる傾向を記したい, **Journal of the Atmospheric Science** は文字通り大気物理学の専門誌であり, これに載る気象解析の論文 (年間十数編) も大気物理的な観点からのものである。 **Monthly Weather Review** はその性格上, 気象解析の論文は年間50編にのぼる。いろいろなレベルの論文が載るのでその全部は参考にすべきではないが, 目的, データ, 手法は多様で興味深い。 **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society** に載る気象解析は年間十数編の

程度であるが, その学問的範囲は広く, われわれに参考になる好論文が多い。かつては **Tellus** にも重要な気象解析の報告がしばしば載ったものであるが, 最近あまり魅力ある解析を見ないと感ずるのは筆者の誤解であろうか?

これらの外国専門誌の全体的傾向から見ると, その研究の対象が, 中小規模から全球的 (気候変動まで) にまで及んでいる。データソース (観測の種類) も多様かつ総合的となっている。多くの研究は, 特別な研究観測 (field experiment) のデータによるか, 長期間あるいは広範囲について編集されたデータに基づいていて, これは解析的研究の上での主要な傾向である。研究の手法としては, 比較的単純なものもないわけではないが, 定量解析の傾向はますます強く, 複雑な手法の解析もあり, あるものは気象力学の分野に密着している。従来は定量解析や diagnostic の解析は大規模現象について行なわれていたのが, このごろでは中小規模現象にも用いられるようになってきた。また, 最近は全球的な気候変動を解析した報告がいくつか目につく。大量のデータから本質的成分を抽出するためには, 主成分分析など多変量解析の手法も多用されている。また, 純粋な予測技術 (数値予報は別項にまかせるが統計的予測など) の報告もいくつかあるが, その論文では, 気象予測を主要目的に据え, 実体論的解析とごちゃごちゃに論ずるような愚は行なわれていない。 (**Journal of Meteorological Society of Japan**)

日本気象学会の学会誌 **気象集誌** の気象解析の論文は年間やはり十数篇である。日本近傍の気象現象を主題としたものが多い点, この小文の読者には参考にし易いであろうけれども, その反面, 投稿者の層が薄く, 目的, 手法, データソースなどの多様性に乏しいのが欠点である。(たとえ専門誌であってもそこに載る論文がすべて高水準とは限らないのは, 外国でも日本でも同じことである。)

本稿の前半で紹介した書物 (教科書) を読んだだけでは専門誌にとりつきにくいと感ずる人が多いのは, むしろ当然である。教科書の書かれて以後の数年の間にも気象学はどんどん進むからでもあり, また, 論文では記述が圧縮して書かれているからでもある。新しい気象学的事実, 目的意識, 解析手法, データソースなどについての知見を得るためには, 苦しくともやはり上述したいくつかの専門誌 (全部ではなくとも) の関係論文に目を通すことが望まれる。

## 文 献

本稿の本来の読者のためには、もっと日本の文献を紹介すべきかも知れない。たとえば、**気象研究ノート**、**天気誌**上の解説、シンポジウム報告、各賞記念講演の要約などは一般に有用であろうし、気象庁発行の**研究時報**、**気象庁技術報告**のシリーズなども役立つものもある。

(どんな印刷物でもそうであるが、ここに挙げた印刷物の場合でも、そのすべてが立派であるとは限らない。わけの分からないものが印刷されていることもある。それは読者が判断すべきことである。)

以上、教科書や文献による知識の習得を強調しすぎたきらいがある。本稿の本来の読者のためには、一見高級な解析手法にまどわされず、実際の気象現象に素直な目を向けて自分自身で興味を持てる新しい問題点を見つけることが読書とならんで(むしろそれ以上に)大切であることを強調すべきであろう。気象官署に関係する会員ならば、その機会にはこの上なく恵まれておられるはずである。

最後に一言、本稿が気象業務における気象解析に触れない理由を述べよう。学問に基礎を置く点では研究解析も業務としての解析も差異はないのであろうが、次の点では性格の差がある；研究解析の場合では研究者(グループ)の責任において研究目標が決められ、それに最適な手法が採用される。業務の場合には、組織としての目標があり、技術の標準化がなされるはずである。そのような問題は、その組織のなかで議論され研修教育が行なわれるべきことがらである。したがって、学会誌の天気誌上の入門講座とは別の次元のことがらであるからである。

<付記>教科書や文献と異なるが実際の解析作業上、**Smithsonian Meteorological Tables** が便利なことがある。また、術語の正確な定義や公式などを知るには、**Glossary of Meteorology** が大変に便利である。

(本文の紹介順)

- Godske, Bergeron, Bjerknæs and Bundgaard, 1958: *Dynamic Meteorology and Weather Forecasting*, Ame. Met. Soc., 800 pp.
- Wallace and Hobbs, 1977: *Atmospheric Science*, Academic Press Inc, 467 pp.
- Palmen and Newton, 1969: *Atmospheric Circulation Systems*, Academic Press Inc, 603 pp.
- 正野, 1958: *気象学総論*, 地人書館, 356 pp.
- Petterssen, 1956: *Weather Analysis and Forecasting*, 1, McGraw-Hill Book Co., 428 pp.
- 1956: *Weather Analysis and Forecasting*, 2 McGraw-Hill Book Co., 266 pp.
- Trewartha, 1969: *An Introduction to Climate*, McGraw-Hill Book Co., 408 pp.
- 高橋, 1955: *動気候学*, 岩波書店, 316 pp.
- , 1969: *総観気象学*, 岩波書店, 385 pp.
- Holton, 1972: *An Introduction to Dynamic Meteorology*, Academic Press Inc., 319 pp.
- 小倉, 1966: *最近の気象力学*, 気象研究ノート, 17, 61 pp, 日本気象学会.
- , 1978: *気象力学通論*, 東大出版会.
- 正野, 1960: *気象力学*, 岩波書店, 284 pp.
- (論文集) 1963: *Severe Local Storms*, Met. Mono., 5, No. 27, Ame. Met. Soc.
- (論文集) 1969: *The Global Circulation of the Atmosphere*, Royal Met. Soc., 257 pp.
- Holton, 1975: *The Dynamic Meteorology of the Stratosphere and Mesosphere*, Met. Monographs, 15, No. 37, 218 pp, Ame. Met. Soc.
- Haltiner, 1971: *Numerical Weather Prediction*, John Wiley & Sons. Inc., 317 pp.
- Smithsonian Institution, 1958: *Smithsonian Meteorological Tables*, 527 pp.
- Glossary of Meteorology, 1959: Ame. Met. Soc., 638 pp.