



気象の観測と測器

清水 逸 郎*

1. はしがき

気象学においても、他の自然科学と同じように、そこで取り扱われる現象の理解はそれらの観測から始まる。ある現象について研究しようとするとき、その目的に合うように、特定の場所を選び、適当な期間を定め、適当な方法を用いてそれらを観測するのが普通で、これは研究観測と呼ばれている。

これに対して、日々の天気の変化を知りたいという一般の要望に対応するため気象業務が行なわれており、そのために、定められた場所で定められた時刻に定められた方法によって定常的な気象観測が続けられている。こうして観測された結果は、気象業務に使用されるとともに、天気変化の機構などのまだよく解明されていないものについての調査研究にも使用されている。この定常観測は、量からいえば研究観測よりはるかに多いものであり、また、研究観測を計画するときの基礎ともなるものであるから、ここでは定常観測を中心に述べることにしたい。研究観測についてはそれぞれの研究題目に関連して述べられることになっている。

2. 気象観測

気象観測は気象現象に関する新しい情報を得るために行なわれるものであるから、観測の勉強を始めるに当たっては、これまでに理解されている現象について一通りの知識を身につけておくことが大切である。この点からいえば、大野 (1970): **日本のお天気** は手頃な解説書と思われる。四季それぞれの天気の特徴についてよく説明してある。次に、そのような現象の物理的意味を理解する上で、斎藤 (1968): **気象の教室** は親しみやすい本で自学自習するのに適している。同じような目的のために教科書風に書かれたものとしては、伊藤 (1976): **気象 I, II**, バタン (安田訳, 1976): **気象学入門** などがある。さらに進んだ教科書としては、山本 (1976): **新版気象学概論** がある。

気象現象には、高低気圧のように数千 km 以上もあるような大規模の現象から、雷雨のように数十 km 程度の小規模のもの、さらには、建物の近くでちりを巻き上げている渦巻きのごく小さいものまで、大小さまざまな規模のものがある (廣田, 1972 ; 片山, 1972)。

小規模の現象は別として、大規模の現象は多くの国々にまたがることが多いので、このような現象を正しく観測するためには、各国で行なわれる気象観測の方法が統一されたものでなければならない。そのため、各国の気象庁で構成されている世界気象機関 (World Meteorological Organization, WMO と略す) では、各国の合意に基づいて、気象測器と観測方法の基準を **Guide to Meteorological Instrument and Observing Practices** として発行している。この中に、気象観測の一般論と各気象要素の標準的な観測方法と代表的な測器とが示されている。

わが国においても、これを受けて、気象庁は **地上気象観測法**、**船舶気象観測指針**、**航空気象観測指針**、**高層気象観測指針** を発行している。気象庁で行なわれている気象観測はこれらに基づいている。

地上気象観測法には、観測の基礎的な事項や、気圧、気温、湿度、風、降水量、日射などの気象要素についての定量的な測定方法とともに、雲などについての定性的な観測方法についても述べている。このような定性的な観測は、定量的な測定を行なうことはできないけれども、その部分がどのような気象状態になっているかを理解するため、きわめて大切な部門である。大田・篠原 (1963): **実地応用のための気象観測技術** はこれから気象観測を始めようとする人に親しみやすいように書かれた手引書である。船舶気象観測指針には、船の上で行なわれる風、気圧、気温、雲、視程などの観測方法について述べてある。航空気象観測指針には、航空機の運航のために飛行場で行なわれる風、視程、雲などの観測を中心にして述べられている。高層気象観測指針には、高層の気圧、気温、湿度、風を観測するための器材や方法に

* Itsuro Shimizu, 東京管区気象台。

について述べている。なお、気象ロケットを用いて行なわれている気温と風の観測については、**気象ロケット観測指針**（暫定版）に述べられている。

観測の実施に当たってはいろいろな問題点が提出され、それらについては常に検討され印刷されている。**気象庁**（1974）：**観測の近代化に伴う諸問題**は、観測方法が近代化されてゆく過程で生ずる各種の問題点について、現場の技術者の意見を主としてまとめたもので、示唆に富んだ特集号である。

地上気象観測で周囲の影響をもっとも受けやすいのは、風の観測であろう。**大阪管区気象台**（1962）：**室戸岬測候所の乱流**は、台地上にある測候所のまわりの風が地形によって乱れることをよく調査している。**股野**（1974）：**測風地点と地形**には、断崖の上に生ずる風の不連続面を小形気球を用いて目に見えるようにしている。**村木**（1972；1974）は、富士山頂における同様の問題を詳しく調査している。

気温の測定において、日射による誤差を防ぐために百葉箱が用いられていたが、最近では通風筒が用いられるようになってきた（**気象庁**，1971）。しかし、通風装置の維持保守に困難な場合には百葉箱が有用である。その点から、**上代**（1959）の開発した、よろい戸をはなして二重にした百葉箱の発展が期待されている。

周期的な現象をどの程度の時間間隔で測定すべきかについては、**磯野**（1956）の教科書に述べられているが、気象庁の地域気象観測システム（Automated Meteorological Data Acquisition System, AMeDAS と略す）に関連して小規模の現象をいかに観測すべきかについて、**木村**（1973；1973）が詳細に論じている。

気象観測を大きく分けると、空気の流れについての測定と、水分の状態の変化についての観測ということになる。前者は、風、気圧、気温などの測定である。後者は、水分の循環の観測といってよいであろう。海面で蒸発した水蒸気は、空気に含まれ、その動きによって上空に運ばれる。そこで雲粒になり、さらに雨滴となって地上に落下してくる。水蒸気の段階は湿度計で測定し、雲粒は気象衛星で、雨滴は気象レーダでそれぞれ観測される。地上に落下した雨は雨量計で測定される。気象衛星やレーダについてはそれぞれの項目で詳しく述べられているが、**門脇**（1978）はそれらをまとめて説明している。いつでも、空気の運動とその中に起こっている水分のサイクルとが対応して理解できるように観測が行なわれることが望ましい。

教科書には、一般に気象現象の代表的な状態を示している。しかし、日々繰り返される実際の現象は、このような代表的な状態とは違っていることが多い。観測を行なうことによって実際に得られた結果と、一般的な知識から予想される状況とを比較して、それらの相異についての経験を集積してゆくことは最も大切なことである。

天気の変化をもたらす雲は、水平方向に数千 km の広がりを持つこともあるが、鉛直方向にはせいぜい十数 km の高さに達するにすぎない。雲の存在する範囲の大気はいわば紙のように薄いものである。さらに、鉛直方向については約 16 km 上昇するごとに気圧が 1/10 になってゆくという、きわめて特殊な気体である。このため、大気中に起こる現象を実験によって再現することは、他の自然科学の分野におけるよりもはるかに困難が多い。観測によって現象を認識することが、いっそう大切になっているわけである。

3. 気象測器

気象測器にとって最も大切なことは、

- (1) 信頼性が高いこと
- (2) 必要な精度を持っていること
- (3) 構造が簡単なこと
- (4) 取扱いや保守が容易なこと
- (5) 充分な耐久力のあること

などである。(1)と(2)については、長い間一定の精度を維持していることが大切であって、感度が初めにはよいけれども次第に悪くなってゆくようなものは好ましくない。気象測器は通常長期間連続的に使用され、しかも修理工場が近くにないことが多いので、測器は単純な構造でしかも取扱いが容易であることが望ましい。また、外気にさらされるような測器については、耐久力は特に重要な要素である。

気象測器について勉強する場合には、このような基本的な事項を常に念頭におく必要がある。

気象測器の教科書としては、前回の気象器械の手引きにも述べたところであるが、まず、**佐貫**（1953）：**地上気象器械**がある。風、気圧、気温、湿度、降水量の各要素の測器と遠隔測定とを中心に記述しているが、この中で風と降水量の測定の章に特色がある。また、付録の気象器械序説に述べられている著者の考えは、気象測器を勉強しようとする者にとっては貴重な意見である。

磯野（1956）：**気象器械**は、序説、測器の動特性、温度測定エレメント、気圧測定エレメント、湿度測定エレ

メント、変換装置、テレメタリング、雑論の8章から成っており、この中に示されている測定の基本事項と各気象要素の測定エレメントについての記述に特色がある。

これらの教科書によって、各気象要素がどのように測定されるかをしっかりとつかむ必要がある。

気象測器も計測器の一種である以上、一般の計測器の具えている特性を持っているものであるから、それらについて勉強しておくことも大切である。そのためには多くの著書があるが、佐藤(1972):計測概論は手頃な本と思われる。この中では、基礎的事項に始まって、誤差の問題、測定の基本である検出、変換、伝送の各段階のことや、各種の変換器の機構について説明してある。

現在気象庁が定常観測に使用している測器については、気象庁、気象測器取扱指針として、地上気象測器編(1971)、航空気象測器編(1974)、地上気象観測装置編(1978)、地域気象観測測器編(1979)の4分冊が発行されている。この中では、各測器や装置の原理や構造、取扱い方法などについて詳しく説明している。

気象測器の論文については、前回の気象器械の手引きに紹介した以後のものに限ることにした。総合的なものとしては、小平・村山(1976):最近の気象観測測器では、1963年の気象器械特集号(気象研究ノート)以後の気象測器の状況について概観し、気圧、気温、湿度、風、降水、雲、視程の測器と、総合観測システムやリモートセンシングについて述べている。安斎(1973):地域気象観測網とそのシステムについては、AMeDASシステムの測定系や伝送系の基本について説明している。里見(1976):富士山頂の気象観測施設には、現在山頂で働いているテレメーターシステムと問題点が述べられている。

湿度の測定

佐橋(1978)は、乾湿計の湿球に塩分が付着するときの誤差について検討している。地迫(1972):通風乾湿計の実地的研究は、WMOの測器観測法委員会で決めた基準乾湿計を試作して比較測定の結果を報告している。

風の測定

徳植・染谷(1977)は、風車型風向風速計の特性について風洞で試験した結果からそれらの経年変化を調査し、観測に及ぼす影響について調査している。神野・福永(1973)は、伊吹山で現用の風向風速計に外から赤外線電球による熱線を照射して着氷を防止することを研究した。これは、現用のものを改造することなく着雪地でも使えるようにした方法である。

降水量の測定

矢崎(1974)は、雨量計の観測上の問題点について検討し、最近の雨量計について述べている。

日射・放射の観測

関根・志村・鈴木(1973)は、現在進められている日射と放射の観測の国際的な基準化について説明し、主な測器について解説している。矢崎(1976):日照計と日照のしきい値については、各種の日射計の最小感度について調査したものである。

海上気象観測

赤松(1972)、河野(1974)、河野(1975)は、それぞれ、パイロポットの開発と概要、それによって得られた結果と観測船のデータとの比較を報告している。

高層気象観測

岡田(1973)は、ラジオゾンデに用いられる空ごう特性について、実験値をも含めてまとめて解説している。

この他、気象庁の測候時報には各種測器の開発状況などが多く報告されている。

4. 国際単位系 SI

気圧の単位は、気象観測では mb が用いられているが、mmHg を用いているところもある。気温については、わが国では °C が用いられているが、°F を用いている国もある。このように、分野により国によって測定単位が別々になっていると不便なことが多いので、計量単位の国際的統一を計ろうとする動きは以前からあった。このとき、各国が用いている単位を持ちよってそれらの間の妥協点を求めようとしたが、うまくいかなかった。そこで、国際的に合意された理想的な単位系をまず作って、各国が採用できるようになったらこれを順次採用してゆくという方法がとられるようになった。国際単位系(Le Système Internationale d'Unités, SI と略す)は、このために作られたもので、MKS 単位系から発展して整備された実用単位系である。わが国でも、日本工業規格を1974年から SI に切り換えた。

SI になると、これまで約 $2 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ であった太陽常数が、約 1.4 kWm^{-2} ということになり、 1 m^2 で受ける日射が 1.4 kW の電熱器に相当するという比較が、すぐできるようになる。気圧の単位は、パスカル(Pa)を用いなければならぬようになる。わが国ではすでに MKS 単位がよく普及しているので、それほど大きな問題はないと思われる。

SI については、清水(1976)の紹介があり、詳しく

は 日本規格協会(1975) : 国際単位系の手引 を参照することが望ましい。

文 献

- 赤松英雄, 1972: プイロボット, 測候時報, 39, 80-87.
- 安齋正直, 1973: 地域気象観測網とそのシステムについて, 天気, 20, 335-344.
- 磯野謙治, 1956: 気象器械, 地人書館, 135頁.
- 伊藤 博, 1976: 気象 I, II, 東海大学出版会, 150頁, 153頁.
- 大阪管区気象台, 1962: 室戸岬測候所の乱流, 関西気象協会, 77頁.
- 大田正次, 篠原武次, 1963: 実地応用のための気象観測技術, 地人書館, 270頁.
- 大野義輝, 1970: 新版日本のお天気, 大蔵省印刷局, 245頁.
- 岡田芳隆, 1973: ソンデ用空ごう(I), (II), 天気, 20, 229-246, 289-293.
- 片山 昭, 1972: AMTEX の研究目的とその意義, 天気, 19, 564-568.
- 門脇俊一郎, 1978: 気象観測の新しい方法—大気のリモートセンシングについて, 天気, 25, 57-68.
- 上代英一, 1959: 小型百葉箱について, 測候時報, 26, 538-540.
- 河野幸男, 1974: プイロボット 3号機, 測候時報, 41, 143-150.
- 河野幸男, 1975: プイロボット (3号機) 観測値の吟味, 測候時報, 42, 278-285.
- 気象庁, 1971: 地上気象観測法, 266頁.
- 気象庁, 1975: 船舶気象観測指針, 119頁.
- 気象庁, 1970: 航空気象観測指針, 54頁.
- 気象庁, 1973: 高層気象観測指針, 278頁.
- 気象庁, 1972: 気象ロケット観測指針 (暫定版), 213頁.
- 気象庁, 1974: 観測の近代化に伴う諸問題, 研究時報, 26, 1-113.
- 気象庁, 1971: 気象測器取扱指針, (地上気象測器編), 188頁.
- 気象庁, 1974: 気象測器取扱指針, (航空気象測器編), 203頁.
- 気象庁, 1978: 気象測器取扱指針, (地上気象観測装置編), 164頁.
- 気象庁, 1979: 気象測器取扱指針 (地域気象観測測器編), 129頁.
- 木村耕三, 1973: 気象観測への目下の課題 (特にメソ現象について), 天気, 20, 279-287.
- 木村耕三, 1973: 地域気象観測網, 特にその争点について, 測候時報, 40, 333-347.
- 小平信彦, 村山信彦, 1976: 最近の気象観測測器, 気象研究ノート, 128, 252-274.
- 斎藤錬一, 1968: 気象の教室, 東京堂, 492頁.
- 佐藤 朗, 1972: 計測概論, コロナ社, 312頁.
- 里見 穂, 1976: 富士山頂の気象観測施設, 天気, 23, 75-83.
- 佐貫亦男, 1953: 地上気象器械, 共立出版, 252頁.
- 佐橋 謙, 1978: 湿球温度計に付着する塩分の影響, 天気, 25, 43-48.
- 清水逸郎, 1976: 国際単位系(SI)について, 天気, 23, 117-121.
- 神野 武, 福永伝一, 1973: 赤外線電球による風速計着氷防止について, 天気, 20, 97-103.
- 関根正幸, 志村英洋, 鈴木宣直, 1973: 日射・放射観測の基準化と観測網の展開, 天気, 20, 653-679.
- 地迫良一, 1972: 通風乾湿計の実験的研究, 天気, 19, 523-528.
- 徳植 弘, 染谷 清, 1977: 風車型風向風速計の特性と観測値についての考察, 研究時報, 29, 299-305.
- 日本規格協会, 1975: 国際単位系(SI)の手引, 202頁.
- 日本工業規格, 1974: 国際単位系およびその使い方, JIS Z 8203, 日本規格協会 (1978年改訂).
- ボタン, L.J. (安田敏明訳), 1976: 気象学入門, 共立出版, 138頁.
- 廣田 勇, 1972: 大気現象における時間・空間・エネルギー, 測候時報, 39, 163-171.
- 股野宏志, 1974: 測風地点と地形, 研究時報, 26, 9-11.
- 村木彦麿, 1972: 富士山頂における風向風速の記録 (1970年8月~1971年8月) について, 研究時報, 24, 235-241.
- 村木彦麿, 1974: 富士山頂の風の観測, 気象研究ノート, 118, 65-73.
- 矢崎敬三, 1974: 雨量計について, 天気, 21, 13-28.
- , 1976: 日照計と日照のしきい値について, 測候時報, 43, 282-300.
- 山本義一, 1976: 新版気象学概論, 朝倉書店, 235頁.
- WMO 1971: Guide to Meteorological Instrument and Observing Practices, 378 pp.