



気象の観測と測器一般および自動気象観測通報システム

清水 逸 郎*

1. はしがき

気象の観測と測器について、基本的なことは既に述べた（清水，1979）が、ここでは、さらに勉強を進めようとする人々の参考になると思われるものをまとめてみた。この場合、前回の入門講座にある**気象器械の手引**（清水，1970）をもあわせて見ていただきたい。

昔は、気象現象も細かく観測すればするほどよく理解されるものであるという考え方があったので、何でも観測しておくのがよいとされていたけれども、量子論や乱流理論の発展、さらには気象現象には大小さまざまな規模のものが含まれているということが理解されてから、個々の観測結果を蓄積しておくよりも、目的を定めて、計画的組織的に観測をするようになってきた。その点をよく理解するために、現在国際的に進められている地球大気開発計画（Global Atmospheric Research Programme, GARP と略す）に注目するとよいと思う。

2. GARP

GARP は、WMO と ICSU（国際学術連合, International Council of Scientific Unions）とが共同で推進している研究計画で、対流圏や成層圏の中に起る現象の変化の過程を研究し、

- (a) 大気の大規模な変動に現われて天気の移り変わりを支配する過渡的な特性（これがわかると1日から数週間までの期間の天気予報の精度が向上する）と
- (b) 大気の大循環の統計的特性を決定する要素（これによって気候の物理的な根拠をよりよく理解することになる）

とを理解することを主な目的とするものである。

そのためにこの計画は2つの部分、すなわち、

- (a) 計算機を用いて大気の重要な物理的变化の過程と

- それらの相互作用をできるだけ詳細に記述することのできる理論モデルを作り、テストすること
- (b) それら理論モデルを作りその正しさをテストするのに必要な資料を得るために観測し実験することより成り立っている。

GARPの全地球的な研究計画については、小倉(1966)、山本(1967)、浅井(1973)、新田(1973, 1977)などの解説がある。また地域的な研究計画として南西諸島海域で行なわれた気団変質に関する特別観測計画については、山本他(1972)や**GARP 国内委員会**の報告に述べられている。モンスーン実験計画はアジアにおける季節風を取り扱う計画で、**MONEX 作業委員会**(1978)が詳しく説明している。これらはいずれも研究目的を明らかにし、それに必要な観測計画について述べているので、なにを観測すべきかについて考えるときのよい参考になる。

3. 観測と測器一般

GARP で取り扱っている現象をはじめ、大規模な気象現象は多くの国々にまたがることが多いので、これらを観測するためには各国の協力が必要である。このため WMO では各国の合意に基づいて、気象測器と観測方法の基準として Guide to Meteorological Instrument and Observing Practices を発行している。この Guide の改訂をはじめ、気象測器と観測方法を取り扱う専門委員会として WMO の中に測器観測法委員会（Commission for Instruments and Methods of Observation, 略号は CIMO）が設置されている。この委員会は4年に1度各国から代表者が集って会合（session）を開き、その時々の問題点について討議している。この session の report にはその時の会議で検討した事項や今後のための勧告などが記録されているので、国際的にどのようなことが問題になっているかがよくわかる。第1回のトロン

* Itsuro Shimizu, 気象庁予報部。

トに始り、パリ、ニューデリー、東京、ベルサイユ、ヘルシンキ、ハンブルグと第7回まで進んでいる。この中で第4回の東京の時から関連のシンポジウムも開かれるようになり、その論文集も発行されている。これらにはその時々のできた論文が多く集められていて、貴重な論文集であり、よい参考になるものである。東京の論文集 (**WMO-JMA**, 1965) ははじめてのもので、気象庁で編集したものであるが、それ以後のもの (**WMO**, 1969; **WMO**, 1973; **WMO**, 1977) はいずれも **WMO** で印刷発行している。

これらとは独立に、アメリカの気象学会 (**AMS**) でも観測と測器に関するシンポジウムを3年毎に開いている。これには米国内ばかりでなく、世界の各国からそれぞれのエキスパートが集って主題を持ちよっている。第1回は1969年に首府ワシントンで開かれ、その時の論文集 (**AMS**, 1969) は事前によく計画された上に会のあと十分に時間をかけて編集したもので、観測と測器の問題点を広くとらえていて充実している。第2回以後のものはシンポジウムの前刷集である。このシンポジウムとは別に、アメリカ気象学会の *Bulletin* の毎年の9月号は測器の特集号として、新しい測器や観測のことについての解説がのっている。

観測と測器の一般的事項として、**Gandin** (1970) は、観測網を計画するための客観的な方法を提案している。また、**Pike** (1974) は、ソリッドステイト技術が観測システムの中に利用される傾向が強まってきたことを説明し、その状況を分析している。**斎藤** (1976) は、最近の気象測定の特徴について論じ、自動化、定量化の方向を述べ、測定の限界と経済性についても論じている。**CIMO** の委員長である **Treussart** (1977) は、地上気象測器、高層観測、日射、自動気象観測所に言及し、これからの気象観測についての見通しを述べている。

気温の測定において日射の影響を防ぐことは大切なことであるが、**Sparks** (1972) は、**CIMO** の報告者として、世界各国の百葉箱の実状を調査し、測定に影響する要素について検討している。

風の測定においては風向風速計の動特性の重要性が増しつつあるが、**Mazzarella** (1972) と **Monna** 他 (1979) は、これらについて調査してまとめている。

ラジオゾンデによる気温の測定に日射の影響があることを統計的調査によって **McInturff・Finger** (1968) は示している。これに対して **鈴木・旭** (1978) はゾンデのつりひもを長くすることで日射の影響が小さくなるこ

とを示している。

オメガ航法援助システムを利用した高層風観測の方法は海上における観測手段として注目され、各方面で開発されてきたが、**Nybo** (1973), **Acheson** (1974), **浅井** 他 (1979) などに詳しく述べられている。

高層観測の改良については、**CIMO** もこれを重要なことと考え、1969年にはパリで高層の測器と観測方法についての大規模なシンポジウムを開き、高層観測全般にわたる討論を行った (**WMO**, 1969)。これとは別に、**Hawson** (1970) は、高層観測における誤差を検討し、各要素の測定に必要な性能についてまとめている。また、**Hooper** (1975) は、ラジオゾンデの誤差の分析、検定の安定性、日射の影響、**CIMO** の行った気温基準ゾンデの国際比較の結果の検討などについて報告している。

観測部高層課 (1974, 1975) は、近い将来に現業用として使用するための新型ゾンデを組織として開発する段階において種々検討した結果を述べている。

4. 自動気象観測通報システム

自動気象観測の考えは、はじめは人手を省略するためにということであったが、次第に、人ではできないところの観測をするためにということにかわってきた (**Treussart**, 1977) といわれている。自動観測には各国とも早くから注目していたので、今から約20年前には **CIMO** で作業委員会を作って各国で開発している自動気象観測所の実情の調査と要望仕様を作った (**WMO**, 1963)。1966年にはジュネーブで自動気象観測所に関する技術会議が開かれ、各国で開発された自動気象観測所の発表や、センサー、変換機構、伝送方式、電源、寒冷地での対策などについて論じられた (**WMO**, 1967)。さらに、1975年には、ワシントン市で、自動気象観測システムに関するシンポジウムが開かれ、一般論、設計上の問題点、自動観測のための新しいセンサー、目視などを自動化する方法、実際に作って使用してみた経験などについて意見の交換が行われた (**WMO**, 1975)。

気象庁観測部 (1979) がまとめた熱帯低気圧監視における自動気象観測所の役割については、熱帯低気圧を監視するためにどのような気象要素を観測すべきかにはじまり、測器の選択、陸上、海上、船上の自動観測所の構成、資料の伝送や記録方法等について詳しく述べており、自動気象観測通報システムの集大成といってよいであろう。

自動気象観測所を寒冷地で運用するためには、着氷の問題など解決すべきことが沢山あるが、Alexeiev 他 (1974) は、測器やその他の施設に氷が付着する問題を検討し、その防止方法について述べている。

遠方の観測資料を集めるために静止気象衛星を利用することは望ましいことであるが、Kodaira 他 (1976) は GMS システムの中に組み込むための自動観測所 (DCP) について提案している。ここではシステムの概要、気象観測センサー、電源の問題などを論じている。

Pike 他 (1976) はアネロイド気圧計を用いて自動観測のためのデジタル気圧計について述べ、その性能について検討している。

飛行場の近くの強いウィンドシアアは飛行機の運航にとってはきわめてやっかいな存在で、航空事故の主な原因であった。Hardesty 他 (1977) は米国のワシントン市郊外のダレス飛行場に設置された音波とマイクロ波を用いた風の鉛直分布を測定する装置について述べている。

また、Bedard 他 (1977) は同じ飛行場に設置された気圧の急変を測定する装置について述べている。雷雨の下降気流に伴う寒気の急激な流出は気圧の急変とともに強いウィンドシアアを形成するので、気圧の急変を測ることによって強いウィンドシアアを測定しようとするものである。

大気と海洋の相互作用を研究するために海上の資料は不可欠のものであるが、Sethu Raman 他 (1978) は、海岸から 5 km のところに係留されたブイに取りつけてある自動気象観測装置について述べている。この装置は海上での環境に耐えるよう設計されており、ブイが傾いたときの測定誤差についても論じている。

Day 他 (1974) はイギリスの気象局で開発した自動気象観測所について述べている。ここに使用されている測器は気象局で一般に使用してきたものをできるだけそのまま採用するようにしていることをはじめ、保守上の問題点についても述べている。Axford (1979) は、この自動気象観測所が英国の観測網の中で実用になっている状況について書いている。

5. むすび

以上は、気象の観測と測器および自動気象観測所について概要を紹介した。気象観測において、各要素の検出変換、伝送について考えるとき、変換や伝送の技術については外部で進歩している計測技術を利用することができる。しかし、たとえば風があるときの降雪をいかに捕

捉するかというように、気象要素の検出のところに最も多くの問題があり、しかもこの点は気象界以外のところで研究される可能性はきわめて少い。このような問題の本質に多くの人々の目が向けられてゆくことを期待するものである。

文 献

- 浅井富雄, 1973: GARP に関する最近の動向, 天気, 20, 364-368.
- 浅井富雄他, 1979: オメガ高層風観測システムの予備実験, 26, 361-370.
- 小倉義光, 1966: 地球大気研究計画について, 天気, 13, 225-230.
- 観測部高層課: 高層気象観測の近代化計画について,
I (1974), 測候時報, 41, 39-88.
II (1975), 測候時報, 42, 83-129.
- GARP 国内委員会: AMTEX 研究会議,
第1回 (1971), 天気, 19, 107-111.
第2回 (1973), 天気, 20, 369-374.
第3回 (1974), 天気, 21, 527-533.
第4回 (1975), 天気, 23, 139-150.
- 気象庁観測部, 1979: 熱帯低気圧監視における自動気象観測所の役割について, 測候時報, 46, 313-337.
- 斎藤 実, 1976: 気象測定論, 気象研究ノート, 130, 1-17.
- 清水逸郎, 1970: 気象器械の手引, 天気, 17, 567-570.
- 清水逸郎, 1979: 気象の観測と測器, 天気, 26, 711-714.
- 鈴木 茂, 旭 満, 1978: ラジオゾンデのつりひもの長さの変化における日射の気温に及ぼす影響, 研究時報, 30, 93-97.
- 新田 尚, 1973: GARP の全地球実験計画一主として FGGE を中心に一, 天気, 20, 622-627, 648-652.
- 新田 尚, 1977: FGGE 観測体系と研究計画の現状, 天気, 24, 751-768.
- MONEX 作業委員会, 1978: モンスーン実験計画, 天気, 25, 579-590.
- 山本義一, 1967: 地球大気開発計画, 科学, 37, 22-25.
- 山本義一, 片山 昭, 光田 寧, 1972: AMTEX の観測計画, 天気, 19, 563-574.
- Acheson, D.T., 1974: Omega windfinding and GATE, B.A.M.S., 55, 385-398.
- Alexeiev, Ju. K., et al., 1974: Instrument and observing problems in cold climates, WMO Tech. Note, No. 135, x+30 pp.
- American Meteorological Society: Symposium on meteorological observations and instrumentation,

- I. Washington, D.C., 1969, *Met. Mongr.*, 11, v+455 pp.
- II. San Diego, Cal., 1972, Preprint, vi+280 pp.
- III. Washington, D.C., 1975, Preprint, vii+218 pp.
- IV. Denver, Col., 1978, Preprint, xiv+563 pp.
- Axford, D.N., 1979: The use of automatic weather stations in the observational networks of the United Kingdom, *Met. Mag.*, 108, 1-10.
- Bedard, A.J., *et al.*, 1977: The Dulles Airport pressure jump detector array for gust front detection, *B.A.M.S.*, 58, 920-926.
- Day, G.J., *et al.*, 1974: The Meteorological office weather observing system (MOWOS), Mk 2. *Met. Mag.*, 103, 329-337.
- Gandin, L.S., 1970: The planning of meteorological station networks, WMO Tech. Note, 111, vii+35 pp.
- Hardesty, R.M. *et al.*, 1977: The Dulles Airport acoustic-microwave radar wind and wind shear measuring system, *B.A.M.S.*, 58, 910-918.
- Hawson, C.L., 1970: Performance requirements of aerological instruments, WMO Tech. Note, No. 112, x+90 pp.
- Hooper, A.H., 1975: Studies on radiosonde performance, WMO Tech. Note, No. 140, 109 pp.
- Kodaira, N., N. Murayama, Y. Takayama, and E. Kamishiro, 1976: The data collection platform of the GMS system, *Pap. Met. Geophys.*, 27, 63-73.
- Mazzarella, D.A., 1972: An inventory of specifications for wind measuring instruments, *B.A.M.S.*, 53, 860-871.
- McInturff, R.M. and F.G. Finger, 1968: The compatibility of radiosonde data at stratospheric levels over the northern hemisphere, U.S. Weather Bureau Tech. Mem. WBTM DATA C2.
- Monna, W.A.A., and A.G.M. Driedonks, 1979: Experimental data on the dynamic properties of several propeller vanes, *J. Appl. Met.*, 18, 699-702.
- Nybo, L.W., 1973: Omega wind finding system designed to meet accuracy requirement of GATE, *B.A.M.S.*, 54, 926-932.
- Pike, J.M., 1974: Atmospheric instrumentation: the impact of solid state technology, *B.A.M.S.*, 55, 1091-1094.
- Pike, J.M., and D.W. Bargaen, 1976: The NCAR digital barometer, *B.A.M.S.*, 57, 1106-1111.
- Sethu Raman, S., *et al.*, 1978: Instrumentation and data acquisition system for air-sea interaction buoy, *B.A.M.S.*, 59, 1102-1112.
- Sparks, W.R., 1972: The effect of thermometer screen design on the observed temperature, WMO, No. 315, 106pp.
- Treussart, H., 1977: Meteorological observing—today and tomorrow, WMO Bull., 26, 248-254.
- WMO, 1963: Automatic weather stations, WMO Tech. Note, No. 52, x+19pp.
- WMO, 1967: Automatic weather stations, WMO Tech. Note, No. 82, xii+364pp.
- WMO, 1969: Upper air instruments and observations, WMO, No. 284, 661pp.
- WMO, 1973: Observation and measurement of atmospheric pollution, WMO, No. 368, xx+656pp.
- WMO, 1975: Automated meteorological systems, WMO, No. 420, xviii+380pp.
- WMO, 1977: Technical conference on instrument and methods of observation, WMO, No. 480, viii+264pp.
- WMO-CIMO Session report:
- I. Toronto, 1953, WMO, No. 19, 134pp.
- II. Paris, 1957, WMO, No. 64, v+79pp.
- III. New Delhi, 1961, WMO, No. 116, ix+57 pp.
- IV. Tokyo, 1965, WMO, No. 185, x+75pp.
- V. Versailles, 1969, WMO, No. 252, xi+69pp.
- VI. Helsinki, 1973, WMO, No. 363, xiv+98pp.
- VII. Hamburg, 1977, WMO, No. 490, xiv+124pp.
- WMO-JMA, 1965: Proceedings of the Scientific Session of CIMO-IV, JMA, vi+244pp.