

第6章 まとめ

ウィンドプロファイラーの原理、構成、観測方法そして種々な観測結果から検討したプロファイラーの特性を述べてきた。ウィンドプロファイラーにより有効な風の観測が可能なが実証されたものと考えられる。ただ、ウィンドプロファイラーは従来の高層風観測方法とは大きく異なるためデータの質も異なり、また気温や湿度の観測をすることはできない。ゾンデでは数十kmまでの観測が行われていることを考えると最大16kmの観測高度も十分とはいえない。このためゾンデ観測に完全に代わり得るものではない。しかし、風向風速の鉛直プロファイルの高い鉛直分解能および時間分解能で測定できるため、大気の研究や、実態の把握そして気象予報に非常に有用なものと考えられる。米国においては、すでに準オペレーショナルな観測を行うウィンドプロファイラーのネットワークもできている。しかし、日本においては研究面でわずかに用いられているのみであり本格的な運用は成されていない。

400MHz帯のウィンドプロファイラーには、風向風速の観測に関してはかなり完成に近づいた測器だが、大気屈折率変動が小さい場合に観測できないことがある。特に高い高度ではS/Nが低下することもあり必ずしも常時観測できていない。このような場合の品質管理手法やデータ処理手法は、開発者により様々なアルゴリズムが用いられている。このため、性能評価でもばらついている。どのような手法で性能を評価するかは今後の重要な課題である。また、小さいスケールの対流時における観測の問題、その他、通常のドップラーレーダーと比較して、アンテナをスキャンできないことおよび観測に時間がかかることなどが将来の課題として挙げられる。

ウィンドプロファイラーは、風のみならずその他様々な気象要素の推定もできる。構造パラメータ、フラックス、また音波と併用することにより気温の鉛直プロファイルも観測可能である。上述した課題と共にこれらのデータ処理法やS/Nの改善などにより一層の研究が必要である。

謝 辞

1988年ウィンドプロファイラーが気象研究所に整備されて以来、多くの人が研究に携わってきた。特に導入初期は、ウィンドプロファイラーの開発初期ということもありハードやソフトの技術面で多くの研究者並びにメーカー、代理店の方々にお世話になった。この紙上を借りて謝意を表したい。

本報告を記すに当たり、ウィンドプロファイラーとゾンデの比較研究においては高層気象台から多くのデータの提供を受け、またウィンドプロファイラーの構成の説明においてTycho社(ヴァイサラ社)から図の提供を受けた。また、通信総合研究所増田悦久氏および気象研究所花房龍男

氏から有益なコメントを頂いた。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 青柳二郎, 1986: ドップラー信号処理とレーダ装置, 7-34, 気象研究所技術報告, 19号.
- 上田真也, 1988: 測風用 UHF レーダー (I), 気象庁測器専門委員会, 測器技術資料第 6306 号.
- 加藤 進, 福山 薫, 若杉耕一郎, 佐藤 亨, 深尾昌一郎, 1982: 大型レーダーによる中層大気の観測, 気象研究ノート, 第 144 号, 1-56.
- 小平信彦, 1980: 気象レーダーの基礎, 気象研究ノート, 第 139 号.
- 小平信彦, 立平良三, 1972: 気象ドップラーレーダ, 気象研究ノート, 第 112 号.
- 坂井武久, 葦澤 浩, 永井智広, 水野 量, 1992: ウィンドプロファイラーによる大気現象の解析. 気象研究所平成 4 年度研究発表会誌, 11-16.
- 坂井武久, 葦澤 浩, 1994: ウィンドプロファイラーによる観測データの評価, 気象庁測器専門委員会, 測器技術資料第 0604 号.
- _____, 1993: 電波で風を測る「ウィンドプロファイラー」, 超音波 TECHNO, 6, 19-26.
- 島貫陸, 1982: 乱流と気象, 東京堂出版.
- 竹内清秀, 近藤純正, 1981: 地表に近い大気, 東京大学出版会.
- 永井智広, 上田真也, 1988: 測風用 UHF レーダー (II), 気象庁測器専門委員会, 測器技術資料第 0104 号.
- 日野幹雄, 1977: スペクトル解析, 朝倉書店.
- 増田悦久, 井原俊夫, 中村健治, 岡本謙一, 大西 勉, 1992: 低層大気観測用レーダの開発と初期観測結果, 通信総合研究所季報, 第 38 巻, 15-33.
- 吉田 孝, 1983: レーダ技術, 電子情報通信学会.
- 気象研究所技術報告, 1994: 各種気象観測機器による比較観測. 33号.
- Atlas, D., R. C. Srivastava, and R. S. Sekhon, 1973: Doppler radar characteristics of precipitation at vertical incidence. *Rev. Geophys.*, **11**, 1-35.
- _____, and C. W. Ulbrich, 1977: Path-and area-integrated rainfall measurement by microwave attenuation in the 1-3 cm band. *J. Appl. Meteor.*, **16**, 1322-1331.
- Balsley, B. B., D. A. Carter, A. C. Riddle, W. L. Ecklund, and K. S. Gage, 1991: On the potential of VHF wind profilers for studying convective processes in the tropics. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **72**, 1335-1360.
- _____, and K. S. Gage, 1982: On the use of radars for operational wind profiling. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **63**, 1009-1018.
- Barton, D. K., 1985: Land clutter models for radar design and analysis. *Proc. IEEE*, **73**, 198-204.
- Batchelor, G. K., 1953: *The theory of homogeneous turbulence*, Camb. Univ. Press, 197pp.
- Bean, B. R., and E. J. Dutton, 1966: *Radio Meteorology*, Dover, New York. 431pp.
- Beard, K. V., and H. R. Pruppacher, 1969: A determination of the terminal velocity and drag of small water drops by means of a wind tunnel. *J. Atmos. Sci.*, **26**, 1066-1072.
- Becker, J. E., J. C. Sureau, 1966: Control of radar site environment by use of Fences. *IEEE*

- Trans. Antenna Propagation*, **14**, 768-778.
- Blackman, R. B., and J. W. Turkey, 1958: *The measurement power spectra from the point of view of communication engineering*, Dover.
- Chadwick, R. B., and E. E. Gossard, 1983: Radar remote sensing of the clear atmosphere—review and applications. *Proc. IEEE.*, **71**, 738-753.
- _____, 1986: Wind profiler demonstration system. Handbook of MAP, Vol. 20, June 1986.
- Chu, Y. H., 1993: Theoretical study of the VHF radar echo statistics. *Radio Sci.*, **28**, 13-22.
- Currier, P. E., S. K. Avery, B. B. Balsley, K. S. Gage, and W. L. Ecklund, 1992: Combined use of 50MHz and 915MHz wind profilers in the estimation of raindrop size distribution. *Geophys. Res Lett.*, **19**, 1017-1020.
- Doviak, R. J., and D. S. Zrnic, 1984: Reflection and scatter formula for anisotropically turbulent air. *Radio Sci.*, **19**, 325-336.
- _____, and D. S. Zrnic, 1992: *Doppler radar and weather observations*. Academic Press.
- Ecklund, W. L., D. A. Carter, and B. B. Balsley, 1988: A UHF wind profiler for the Boundary layer: Brief description and initial results. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **5**, 432-441.
- _____, _____, 1979: Continuous measurement of upper atmospheric winds and turbulence using a VHF doppler radar: preliminary results. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **41**, 983-994.
- _____, W. L., K. S. Gage, B. B. Balsley, R. G. Strauch, and J. L. Green, 1982: Vertical wind variability by VHF radar in the Lee of the Colorado Rockies. *Mon. Wea. Rev.*, **10**, 1451-1457.
- Foote, G. B., and P. S. du Toit, 1969: Terminal velocity of raindrops aloft. *J. Appl. Meteor.*, **8**, 249-253.
- Frisch, A. S., B. L. Weber, R. G. Strauch, D. A. Merritt, and K. P. Moran, 1986: The altitude coverage of the Colorado wind profiler at 50, 405 and 915MHz. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **3**, 680-692.
- Fritt, D. C., and T. E. VanZandt, 1987: Effects of Doppler shifting on the frequency spectra of atmospheric gravity waves. *J. Geophys. Res.*, **92**, 9723-9732.
- Fukao, S., T. Sato, N. Yamasaki, R. M. Harper, and S. Kato, 1982: Wind measured by a UHF doppler radar and rawinsondes: Comparisons made on twenty-six days (August-September 1977) at Arecibo, Puerto Rico. *J. Appl. Meteor.*, **21**, 1357-1363.
- Gage, K. S., and B. B. Balsley, 1978: Doppler radar probing of the clear atmosphere. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **59**, 1074-1093.
- _____, _____, 1980: On the scattering and reflection mechanisms contributing to clear air radar echoes from the troposphere, stratosphere, and mesosphere. *Radio Sci.*, **15**, 243-256.
- _____, _____, and J. L. Green, 1981: Fresnel scattering model for the specular echoes observed by VHF radar. *Radio Sci.*, **16**, 1447-1453.
- _____, _____, 1983: Advances in remote sensing of the atmosphere. *Rev. Geophys and Space Phys.*, **21**, 955-965.

- ___, K. S. McAfee, W. G. Collins, D. Soderman, H. Bottger, A. Radford, and B. B. Balsley, 1988: A comparison of winds observed at Christmas Island using a wind-profiling doppler radar with NMC and ECMWF analysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **69**, 1041-1046.
- Gossard, E. E., 1977: Refractive index variance and its height distribution in different air masses. *Radio Sci.*, **12**, 89-105.
- ___, 1988: Measuring drop-size distributions in cloud with a clear-air sensing doppler radar. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **5**, 640-649.
- ___, and N. Sengupta, 1988: Measuring gradients of meteorological properties in elevated layers with a surface-based doppler radar. *Radio Sci.*, **23**, 625-639.
- ___, R. G. Strauch, D. C. Welsh, and S. Y. Matrosov, 1992: Cloud layers, particle identification, and rain-rate profiles from ZRV_i measurements by clear-air doppler radars. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **9**, 108-119.
- Gun, R., and Kinzer, 1949: The terminal velocity of fall for water drops in stagnant air. *J. Meteor.*, **6**, 243-248.
- Harris, F. J., 1978: On the use of windows for harmonic analysis with the discrete fourier transform. *Proc. IEEE*, **66**, 51-83.
- Hildebrand, P. H., and R. S. Sekhon, 1974: Objective determination of the noise level in doppler spectra. *J. Appl. Meteor.*, **13**, 808-811.
- Hocking, W. K., 1983: On the extraction of atmospheric turbulence parameters from radar backscatter Doppler spectra. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **45**, 103-114.
- Klostermeyer, J., 1986: Experiments with maximum entropy and maximum likelihood spectra of VHF radar signals. *Radio Sci.*, **21**, 731-737.
- Larsen, M. F., 1983: Can a VHF doppler radar provide synoptic wind data? A comparison of 30 days of radar and radiosonde data. *Mon. wea. Rev.*, **111**, 2047-2057.
- ___, and J. Rottger, 1982: VHF and UHF radars as tools for synoptic research. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **63**, 996-1008.
- ___, ___, 1989: The spaced antenna technique for radar wind profiling. *J. Atmos. Oceanic Tech.*, **6**, 920-938.
- ___, S. Fukao, O. Aruga, M. D. Yamanaka, T. Tsuda, and S. Kato, 1991: A comparison of VHF radar vertical-velocity measurements by a direct vertical-beam method and by a VAD technique. *J. Atmos. Oceanic Tech.*, **8**, 766-776.
- Liu, C. H., and K. C. Yeh, 1980: Scattering of VHF and UHF radar signals from the turbulent air. *Radio Sci.*, **15**, 277-282.
- Marshall, J. S., and W. M. Palmer, 1948: The distribution of raindrops with size. *J. Meteor.*, **5**, 165-166.
- ___, A. M. Peterson, and A. A. Barnes, Jr., 1972: Combined Radar-acoustic sounding system. *Appl. Opt.*, **11**, 108-112.
- Martner, B. E., D. B. Wuertz, B. B. Stankov, R. G. Strauch, E. R. Westwater, K. S. Gage, W.

- L. Ecklund, C. L. Martin, and W. F. Dabberdt, 1993: An evaluation of wind profiler, RASS, and microwave radiometer performance. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **74**, 599-613.
- Mason, B. J., 1971: *The physics of clouds*, Clarendon Press, Oxford.
- May, P. T., R. G. Strauch, and K. P. Moran, 1988: The altitude coverage of temperature measurements using RASS with wind profiler radars. *Geophys. Res. Lett.*, **15**, 1381-1384.
- _____, _____, 1989: An Examination of wind signal processing Algorithms. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **6**, 731-735.
- _____, 1993: Comparison of wind-profiler and radiosonde measurements in the tropics. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **10**, 122-127.
- _____, 1991: Recent developments and performance of radar wind and RASS. *Aust. Met. Mag.*, **39**, 237-245.
- _____, T. Sato, M. Yamamoto, S. Kato, T. Tsuda, and S. Fukao, 1989: Errors in the determination of wind speed by doppler radar. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **6**, 235-242.
- Miller, P. A., T. W. Schlatter, D. W. van de Kamp, M. F. Barth, and B. L. Weber, 1994: An unfolding algorithm for profiler winds. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **11**, 32-41.
- Ottersten, H., 1969a: Atmospheric structure and radar backscattering in clear air. *Radio Sci.*, **4**, 1179-1193.
- Ottersten, H., 1969b: Mean vertical gradient of potential refractive index in turbulent mixing and radar detection of CAT. *Radio Sci.*, **4**, 1247-1249.
- Pruppacher, H. R., and K. V. Beard, 1970 1962: A wind tunnel investigation of the internal circulation and shape of water drops falling at terminal velocity in air. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **96**, 247-256.
- Provert-Jones, J. R., 1962: The radar equation in meteorology. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **88**, 485-495.
- Rajopadhyaya, D. K., P. T. May, and R. A. Vincent, 1993: A general approach to the retrieval of raindrops size distributions from wind profiler doppler spectra: modeling results. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **10**, 710-717.
- Rodgers, R. R., D. Baumgardner, S. A. Ethier, D. A. Carter, and W. L. Ecklund, 1978: Comparison of raindrop size distributions measured by radar wind profiler and by airplane. *J. Appl. Meteor.*, **32**, 694-699.
- Rottger, J., 1978: Partial reflection and scattering of VHF radar signals from the clear atmosphere. *Geophys. Res. Lett.*, **5**, 357-360.
- _____, 1980: Reflection and scattering of VHF radar signals from atmospheric refractivity structures. *Radio Sci.*, **15**, 259-275.
- _____, 1990: UHF/VHF radar techniques for atmospheric research and wind profiler applications. *Radar in Meteorology*, 235-281.
- Russel, C. A., and J. R. Jordan, 1991: Portable clutter fence for UHF wind profiling radar. *Preprint, Seventh Symposium on Meteorology Observation and Instrumentation.*, 1991, Jan.

J152-J156.

- Sato, T., and R. F. Woodman, 1982 : Spectral parameter estimation of CAT radar echoes in the presence of fading clutter. *Radio Sci.*, **17**, 817-826.
- ___, H. Doji, H. Iwai, I. Kimura, S. Fukao, M. Yamamoto, T. Tsuda, and S. Kato, 1990 : Computer processing for deriving drop-size distributions and vertical air velocities from VHF doppler radar spectra. *Radio Sci.*, **25**, 961-973.
- Schroeder, J. A., E. R. Westwater, P. T. May, and L. M. McMillin, 1991 : Prospects for temperature sounding with satellite and ground-based RASS measurements. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **8**, 506-512.
- Silverman, R. A., 1956 : Turbulent mixing theory applied to radio scattering. *J. Appl. Physics*, **27**, 699-705.
- Skolnik, M. I., 1962 : *Introduction to Radar System*, McGraw-Hill, 648pp.
- Smith, S. D., and R. M. Rabin, 1989 : Considerations in estimating horizontal wind gradients from an individual doppler radar or a network of wind profilers. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **6**, 446-458.
- Strauch R. G., D. A. Merritt, K. P. Moran, K. B. Earnshaw, and D. van de Kamp, 1984 : The Colorado wind profiling network. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **1**, 37-49.
- ___, B. L. Weber, A. S. Frisch, C. G. Little, D. A. Merritt, K. P. Moran, and D. C. Welsh, 1987 : The precision and relative accuracy of profiler wind measurements. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **4**, 563-570.
- Tatarski, V. I., 1961 : *Wave propagation in a turbulent medium*. McGraw-Hill, pp. 285.
- ___, 1971 : *The effects of the turbulent atmosphere on wave propagation*, pp. 472, Jerusalem.
- Theiss, J. B., and A. R. Kassandra, 1963 : A new pulsed-Doppler radar for cloud observations. Proc. 10th Radar Meteor. Conf., Boston, 355-359.
- Tsuda, T., P. T. May, T. Sato, S. Kato, and S. Fukao, 1988 : Simultaneous observations of reflection echoes and refractive index gradient in the troposphere and lower stratosphere. *Radio Sci.*, **23**, 655-665.
- Van de Kamp, D. W., 1988 : Principles of wind profiler operation. *Profiler training Manual No.1* NOAA/ERL/FSL, 49pp.
- VanZandt, T. E., J. L. Green, K. S. Gage, and W. L. Clark, 1990 : Vertical profiles of reflectivity turbulence structure constant: Comparison of observations by the Sunset radar with a new theoretical model. *Radio Sci.*, **13**, 819-829.
- Wakasugi, K., A. Mizutani, M. Matsuo, S. Fukao, and S. Kato, 1986 : A direct method for deriving drop-size distribution and vertical air velocities from VHF doppler radar spectra. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **3**, 623-629.
- ___, A. Mizutani, M. Matsuo, S. Fukao, and S. Kato, 1987 : Further discussion on deriving drop-size distribution and vertical air velocities directly from VHF doppler radar spectra. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **4**, 170-179.

- Weber B. L., and D. B. Wuertz, 1990: Comparison of rawinsonde and wind profiler radar measurements. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **7**, 157-174.
- _____, D. B. Wuertz, D. C. Law, A. S. Frisch, and J. M. Brown, 1992: Effects of small-scale vertical motion on radar measurements of wind and temperature profiles. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **9**, 193-209.
- _____, D. B. Wuertz, and D. C. Welsh, 1993: Quality controls for profiler measurements of winds and RASS temperatures. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **10**, 452-464.
- _____, D. B. Wuertz, R. G. Strauch, D. A. Merritt, K. P. Moran, D. C., Law, D. Van de Kamp, R. B. Chadwick, M. H. Ackley, M. F. Barth, N. L. Abshire, P. A. Miller, and T. W. Schlatter, 1990: Preliminary evaluation of the first NOAA demonstration network wind profiler. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **7**, 909-918.
- Woodman R. F., 1985: Spectral moment estimation in MST radars. *Radio Sci.*, **20**, 1185-1195.
- Wuertz, D. B., B. L. Weber, R. G. Strauch, A. S. Frisch, C. G. Little, D. A. Merritt, K. P. Moran, and D. C. Welsh, 1988: Effects of precipitation on UHF wind profiler measurements. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **5**, 450-465.
- Yamamoto, M, T. Sato, P. T. May, T. Tsuda, S. Fukao, and S. Kato, 1988: Estimation error of spectral parameters of mesosphere-stratosphere-troposphere radars obtained by least squares fitting method and its lower bound. *Radio Sci.*, **23**, 1013-1021.
- Yoe, J. G., M. F. Larsen, and E. J. Zipser, 1992: VHF wind-profiler data quality and comparison of methods for deducing horizontal and vertical air motions in a mesoscale convection storm. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **9**, 713-727.

気象研究所技術報告一覧表

- 第1号 バックグラウンド大気汚染の測定法の開発 (地球規模大気汚染特別研究班, 1978)
Development of Monitoring Techniques for Global Background Air Pollution (MRI Special Research Group on Global Atmospheric Pollution, 1978)
- 第2号 主要活火山の地殻変動並びに地熱状態の調査研究 (地震火山研究部, 1979)
Investigation of Ground Movement and Geothermal State of Main Active Volcanoes in Japan (Seismology and Volcanology Research Division, 1979)
- 第3号 筑波研究学園都市に新設された気象観測用鉄塔施設 (花房龍男・藤谷徳之助・伴野 登・魚津 博, 1979)
On the Meteorological Tower and Its Observational System at Tsukuba Science City (T. Hanafusa, T. Fujitani, N. Banno and H. Uozu, 1979)
- 第4号 海底地震常時観測システムの開発 (地震火山研究部, 1980)
Permanent Ocean-Bottom Seismograph Observation System (Seismology and Volcanology Research Division, 1980)
- 第5号 本州南方海域水温図——400m (又は500m) 深と1000m深—— (1934-1943年及び1954-1980年) (海洋研究部, 1981)
Horizontal Distribution of Temperature in 400m (or 500m) and 1000m Depth in Sea South of Honshu, Japan and Western-North Pacific Ocean from 1934 to 1943 and from 1954 to 1980 (Oceanographical Research Division, 1981)
- 第6号 成層圏オゾンの破壊につながる大気成分および紫外日射の観測 (高層物理研究部, 1982)
Observations of the Atmospheric Constituents Related to the Stratospheric Ozone Depletion and the Ultraviolet Radiation (Upper Atmosphere Physics Research Division, 1982)
- 第7号 83型強震計の開発 (地震火山研究部, 1983)
Strong-Motion Seismograph Model 83 for the Japan Meteorological Agency Network (Seismology and Volcanology Research Division, 1983)
- 第8号 大気中における雪片の融解現象に関する研究 (物理気象研究部, 1984)
The Study of Melting of Snowflakes in the Atmosphere (Physical Meteorology Research Division, 1984)
- 第9号 御前崎南方沖における海底水圧観測 (地震火山研究部・海洋研究部, 1984)

- .Bottom Pressure Observation South off Omaezaki, Central Honshu (Seismology and
Volcanology Research Division and Oceanographical Research Division, 1984)
- 第10号 日本付近の低気圧の統計 (予報研究部, 1984)
Statistics on Cyclones around Japan (Forecast Research Division, 1984)
- 第11号 局地風と大気汚染物質の輸送に関する研究 (応用気象研究部, 1984)
Observations and Numerical Experiments on Local Circulation and Medium-Range
Transport of Air Pollutions (Applied Meteorology Research Division, 1984)
- 第12号 火山活動監視法に関する研究 (地震火山研究部, 1984)
Investigation on the Techniques for Volcanic Activity Surveillance (Seismology and
Volcanology Research Division, 1984)
- 第13号 気象研究所大気大循環モデル-I (MRI・GCM-I) (予報研究部, 1984)
A Description of the MRI Atmospheric General Circulation Model (The MRI・GCM-
I) (Forecast Research Division, 1984)
- 第14号 台風の構造の変化と移動に関する研究——台風7916の一生—— (台風研究部, 1985)
A Study on the Changes of the Three-Dimensional Structure and the Movement Speed
of the Typhoon through Its Life Time (Typhoon Research Division, 1985)
- 第15号 波浪推算モデルMRIとMRI-IIの相互比較研究——計算結果図集—— (海洋研究部,
1985)
An Intercomparison Study between the Wave Models MRI and MRI-II —— A
Compilation of Results—— (Oceanographical Research Division, 1985)
- 第16号 地震予知に関する実験的及び理論的研究 (地震火山研究部, 1985)
Study on Earthquake Prediction by Geophysical Method (Seismology and Volcanology
Research Division, 1985)
- 第17号 北半球地上月平均気温偏差図 (予報研究部, 1986)
Maps of Monthly Mean Surface Temperature Anomalies over the Northern
Hemisphere for 1891-1981 (Forecast Research Division, 1986)
- 第18号 中層大気の研究 (高層物理研究部・気象衛星研究部・予報研究部・地磁気観測所,
1986)
Studies of the Middle Atmosphere (Upper Atmosphere Physics Research Division,
Meteorological Satellite Research Division, Forecast Research Division, MRI and the
Magnetic Observatory, 1986)
- 第19号 ドップラーレーダによる気象・海象の研究 (気象衛星研究部・台風研究部・予報研究部・
応用気象研究部・海洋研究部, 1986)

Studies on Meteorological and Sea Surface Phenomena by Doppler Rader
(Meteorological Satellite Research Division, Typhoon Research Division, Forecast
Research Division, Applied Meteorology Research Division and Oceanographical
Research Division, 1986)

第20号 気象研究所対流圏大気大循環モデル (MRI・GCM-I) による12年間の積分 (予報研究部,
1986)

Mean Statistics of the Tropospheric MRI・GCM-I based on 12-year Integration
(Forecast Research Division, 1986)

第21号 宇宙線中間子強度 1983-1986 (高層物理研究部, 1987)

Multi-Directional Cosmic Ray Meson Intensity 1983 - 1986 (Upper Atmosphere
Physics Research Division, 1987)

第22号 静止気象衛星「ひまわり」画像の噴火噴煙データに基づく噴火活動の解析に関する研究
(地震火山研究部, 1987)

Study on Analyses of Volcanic Eruptions based on Eruption Cloud Image Data
obtained by the Geostationary Meteorological Satellite (GMS) (Seismology and
Volcanology Research Division, 1987)

第23号 オホーツク海海洋気候図 (篠原吉雄・四竈信行, 1988)

Marine Climatological Atlas of the Sea of Okhotsk (Y. Shinohara and N. Shikama,
1988)

第24号 海洋大循環モデルを用いた風の応力異常に対する太平洋の応答実験 (海洋研究部,
1989)

Responce Experiment of Pacific Ocean to Anomalous Wind Stress with Ocean General
Circulation Model (Oceanographical Research Division, 1989)

第25号 太平洋における海洋諸要素の季節平均分布 (海洋研究部, 1989)

Seasonal Mean Distribution of Sea Properties in the Pacific (Oceanographical
Research Division, 1989)

第26号 地震前兆現象のデータベース (地震火山研究部, 1990)

Database of Earthquake Precursors (Seismology and Volcanology Research Division,
1990)

第27号 沖縄地方における梅雨期の降水システムの特性 (台風研究部, 1991)

Characteristics of Precipitation Systems during the Baiu Season in the Okinawa Area
(Typhoon Research Division, 1991)

第28号 気象研究所・予報研究部で開発された非静水圧モデル (猪川元興・斉藤和雄, 1991)

Description of a Nonhydrostatic Model Developed at the Forecast Research Department of the MRI (M. Ikawa and K. Saito, 1991)

第29号 雲の放射過程に関する総合的研究 (気候研究部・物理気象研究部・応用気象研究部・気象衛星・観測システム研究部・台風研究部, 1992)

A Synthetic Study on Cloud-Radiation Processes (Climate Research Department, Physical Meteorology Research Department, Applied Meteorology Research Department, Meteorological Satellite and Observation System Research Department and Typhoon Research Department, 1992)

第30号 大気と海洋・地表とのエネルギー交換過程に関する研究 (三上正男・遠藤昌宏・新野宏・山崎孝治, 1992)

Studies of Energy Exchange Processes between the Ocean-Ground Surface and Atmosphere (M. Mikami, M. Endoh, H. Niino and K. Yamazaki, 1992)

第31号 降水日の出現頻度からみた日本の季節推移——30年間の日降水量資料に基づく統計—— (秋山孝子, 1993)

Seasonal Transition in Japan, as Revealed by Appearance Frequency of Precipitating-Days —— Statistics of Daily Precipitation Data During 30 Years —— (T. Akiyama, 1993)

第32号 直下型地震予知に関する観測的研究 (地震火山研究部, 1994)

Observational Study on the Prediction of Disastrous Intraplate Earthquakes (Seismology and Volcanology Research Department, 1994)

第33号 各種気象観測機器による比較観測 (気象衛星・観測システム研究部, 1994)

Intercomparisons of Meteorological Observation Instruments (Meteorological Satellite and Observation system Research Department, 1994)

第34号 硫黄酸化物の長距離輸送モデルと東アジア地域への適用 (応用気象研究部, 1995)

The Long-range Transport Model of Sulfur Oxides and Its Application to the East Asian Region (Applied Meteorology Research Department, 1995)

気象研究所

1946 (昭和21)年 設立

所長 : 理博 山 岸 米二郎

予報研究部 部長 : 古賀晴成
気候研究部 部長 : 村木彦磨
台風研究部 部長 : 大塚伸
物理気象研究部 部長 : 能美武功
応用気象研究部 部長 : 理博 花房龍男
気象衛星・観測
システム研究部 部長 : 田中豊顯
地震火山研究部 部長 : 望月英志
海洋研究部 部長 : 周東健三
地球化学研究部 部長 : 理博 伏見克彦

気象研究所技術報告

編集委員長 : 古賀晴成

編集委員 : 加藤政勝 内山明博 赤枝健治
水野量 高藪出 廣田道夫
神定健二 蒲地政文 松枝秀和
事務局 : 松林繁樹 西井久人

気象研究所技術報告は、1978 (昭和53)年の初刊以来、気象研究所が必要の都度発行する刊行物であり、気象学、海洋学、地震学その他関連の地球科学の分野において気象研究所職員が得た研究成果に関し、技術報告、資料報告および総合報告を掲載する。

気象研究所技術報告の編集は、編集委員会が行う。編集委員会は原稿の掲載の可否を判定する。

本誌に掲載された論文の著作権は気象研究所に帰属する。本誌に掲載された論文を引用する場合は、出所を明示すれば気象研究所の許諾を必要としない。本誌に掲載された論文の全部又は一部を複製、転載、翻訳、あるいはその他に利用する場合は、個人が研究、学習、教育に使用する場合を除き、気象研究所の許諾を得なければならない。

気象研究所研究報告 ISSN 0386-4049

第35号

平成7年12月25日 発行

編集者 気象研究所
発行者

〒305 茨城県つくば市長峰1-1

TEL. (0298)53-8535

印刷所 谷田部印刷株式会社

〒305 茨城県つくば市大字谷田部1979-1