

大型レーダーによる高層大気波動の研究*

—昭和63年度堀内基金奨励賞受賞記念講演—

深尾昌一郎**

堀内基金奨励賞の第一回受賞者の一人に選んで頂き有難うございます。この賞の趣旨が気象学の“周辺”で頑張っている研究者を励ますことと伺い、そうしたささやかな努力をして参った者として、大変うれしく存じます。私が大型レーダーというハイテクもどきの技術ひとつを頼りに中層大気の研究をはじめて10数年になります。当初は中層大気は地球大気の上の端、宇宙空間の下の端ということで、どちらかといえば影が薄い領域でありました。しかし、1982年～1985年に実施されました中層大気国際協同観測事業 (Middle Atmosphere Program, 略して MAP) を契機に事情は一変し、その存在は上下の大気圏を理解する上で欠くべからざるものとの認識が広くなされるようになりました。この間、大型レーダーが中層大気運動観測の主役に浮かび上がってきたことは渦中に居る研究者の一人として甚だ幸運でありました。

さて、この数年の間に、大型レーダーによる高層大気観測は研究と実用の両面で著しい発展を見ました。我国の気象研究者の間にも風速測定が可能という大型レーダーの側面を捉えた「ウインド・プロファイラー」という概念が次第に定着しつつあります。しかしその能力と限界はまだまだ十分に理解されているわけではありません。この機会をお借りして私自信が係わって参りました大型レーダーによる高層大気波動の研究の現状を概観させて頂くことは大変意義があらうかと存じます。なお、関連の文献は一部末尾にとりまとめて記してありますので御参照下さい。

1. 大型レーダーの原理

大型レーダーは波長数 m から数 10 cm の電波を利用

* A study on high altitude atmospheric waves by the MST radar technique.

** Shoichiro Fukao, 京都大学超高層電波研究センター。

した高層大気運動の観測を主たる目的としたレーダーです。これは小さな大気の乱れに電波を当て、戻ってくる散乱波を受信してこの乱れを押し流している背景風そのものを測定します。雲や雨の有無によらず直接中層大気（運動）を、三次元的に、広い高度範囲で時間的に連続に、しかも極めて高い分解能で測定し得る点で、従来の散発的なロケットや気球観測等とは異なる有力な観測手段であります。

電波は誘電媒質中をその媒質の屈折・減衰特性に従いながら伝搬していきますが、誘電率（または屈折率）のゆらぎがあれば、そのゆらぎのスペクトル中のブラッグ (Bragg) 波数成分によって散乱されます。大型レーダーの後方散乱に対しましては、送信電波の半波長の空間スケールを持つゆらぎ成分が散乱に寄与致します。中層大気では、乱流によって生じる屈折率の不均一が電波の散乱をもたらしており、散乱体は、下部では中性分子の電気分極によって生じる双極子モーメント、上部では自由電子であります。乱流の最小スケールは高度とともに著しく大きくなり、数 cm スケールの乱流は数 km 以上には存在しません。このためマイクロ波帯（波長数 cm）の気象レーダーでは中層大気の観測が出来ませんが、50 MHz 帯の大型レーダーでは中層大気ほぼ全域にわたって観測が可能となります。

散乱エコーの受信信号から得られる統計的な物理量は、周波数スペクトルのドップラー偏移、エコー強度、ドップラー幅等です。散乱体積内部の誘電率のゆらぎは、大気より大きなスケールの平均的な運動とともに移流することが確かめられております。従って、このゆらぎを“トレーサー”と考えれば、ドップラー偏移から視線方向の運動が算定されます。運動の三成分は、天頂付近の3つ以上の異なる方向で視線方向運動を測定し、その領域内での運動の一様性を仮定して推定されます。これから得られた風速は当然、レーウィンゾンデやロケット

により測定された風速と極めて良く一致しています。

2. ヒカマルカ/アレシボ IS レーダーによる観測

対流圏乱流 (CAT) のマイクロ波レーダーによる観測は1960年代から盛んに行われておりましたが、中層大気の CAT を利用して初めて風速を推定することに成功したのは気象研究者ではありませんでした。それは、ペルーのヒカマルカ (Jicamarca) レーダーで長い間高度 100 km 以上の電離圏の観測をしていた R.F. Woodman (1974) でした。彼の卓越した能力はもとより、彼の用いていた巨大なレーダー (IS レーダー; アンテナ開口: 300 m × 300 m; 送信電力: 1 MW) が 50 MHz であったことが誠に幸い致しました。

以前から大型レーダー建設の準備を進めていた私共も、1977 年以降数回にわたってヒカマルカや、プエルト・リコのアレシボ (Arecibo) IS レーダー (430 MHz) に滞在して実際に観測をする機会を得ました。これらはレーダーシステムの調査をかねた訪問であり、レーダーハードウェアや信号処理の勉強をしつつ、自らの観測ソフトウェアを手探りで作る日々でした。この際試みた観測は今から見ると甚だプリミティブなものでしたが、まだ大型レーダーに注目する人も少ない時代であり、平均風系の季節変化、大気潮汐波、重力波、乱流等に関して興味ある観測結果が多く得られました。最近話題になっている重力波の砕波や重力波と平均流の相互作用を示す根拠らしいものを見つけたのもこれらの観測でした。しかし、これらの発見の多くは実は日本気象学会力学研究グループの方々の示唆によるところが大でした。学際領域で成果を挙げていく上で異なる分野間の有機的な協力がいかに重要か身を持って体験致しました。

3. MU レーダーの開発

ヒカマルカ/アレシボ IS レーダーを実際に使ってみて実感させられましたことはこれらのレーダーが余りに大きすぎて「小回り」がきかないことでした。言い換えると、観測方向 (アンテナビーム方向) を高速に変えることが事実上不可能であり、ダイナミックに変動する高層大気運動を 3 次元的に観測することが容易でないことでした。従って、MU レーダーではまず高速ビーム走査可能なシステムの実現を設計の大目標におきました。

MU レーダーのような 50 MHz 帯のレーダーでは一般にアレイアンテナが使われます。高速ビーム走査のためにはアンテナ一本一本の位相を高速に変えなければな

りません。従来の大型レーダーシステムでは巨大な送信機の出力を一本一本のアンテナに分配しますからアンテナ入力端では 1 kW 程度の電力となり、位相を変えることは大仕事です。このため MU レーダーでは巨大な送信機は持たず、1 mW (1/1,000ワット) 程度の“種”信号のみを分配してアンテナ入力端で増幅するという方法を世界で初めて開発致しました。この方式では約 500 本のアンテナ一本一本に小型の送信機が接続された構成になっておりシステムはきわめて複雑ではありますが位相器は簡単な構造になる上、コンピューターによる完全制御が可能であり、しかも大変安定に動作する等の大きな利点が得られました。

4. MU レーダーによる大気運動の観測

MU レーダーの能力は中層大気観測に必要な能力よりは若干余裕があるため、地上 500 km までの電離圏観測も行われています。また、音波送信機と併用して地上 20 km までの温度プロファイルを時間的に連続に測定することも行われています。さらに散乱エコー強度やパワースペクトルの形状を利用して乱流等の研究も行われています。他にも様々な使い方が今後可能と考えられています。以下では、それらの点については触れず、高層大気波動観測の一部に限って簡単な紹介をしましょう。

4.1. 風速ベクトルの研究

先に述べましたように大型レーダーではお天気によらず高層の風ベクトルを時間的に連続に観測できます。概ね水平風速観測精度は対流圏・下部成層圏で 0.5 ms^{-1} 、中間圏で 1 ms^{-1} と言えます。鉛直風については 10 cms^{-1} 程度です。山岳波や準定在波の存在で長時間等温位面 (従って流線) が傾く場合には水平風と鉛直風に誤差を生じることが観測によって示されています。また、一般に大規模スケール運動の鉛直成分を測定することは広大な平地上でなければ容易ではないこともわかっています。

4.2. 運動量束の研究

MU レーダーは水平運動量の鉛直束を気象レーダーの VAD 法と似た双ビーム法で直接観測できます。中層大気の風速変動は主として重力波に起因していることから測定される量には重力波の寄与が卓越しているものと思われ、一般に中間圏では周期 1 時間以下の重力波成分、下部成層圏以下では周期数時間以上の重力波の寄与が卓越していることが報告されています。中間圏ではこの量はいわゆるレーレー摩擦を与えるのに十分な大き

さです。しかし風速変動のベースラインを如何に定めるか未解決の問題もまだ多く残されています。

4.3. 準単色重力波の研究

MU レーダー 観測の高時間分解能・長時間連続性を生かして周期1分程度から数日にもわたる広い範囲で大気運動が議論されています。しかし地上に固定された大型レーダーの観測では観測周波数は背景風によりドップラー偏移を受け固有周波数とは異なることに注意しなければなりません。準単色重力波が鉛直風/水平風中にしばしば見られます。特に中部対流圏で鉛直風にプラント振動が卓越します。より長周期の重力波が明らかにある高度範囲に捉えられている例も多くみられます。捕捉波が卓越する多くの場合、その波は背景風と逆方向に伝搬する(固有周波数はプラント振動数に近くなる)ことが示されています。これらの波はおそらく観測地点からはなれたところで励起され伝搬途中で捕捉されたものと考えられています。慣性重力波もアレンボレーダーやMU レーダーでしばしば観測されています。特に中間圏では周期約10時間、鉛直波長10数kmのものがかかり普遍的に見られます。MU レーダーにより下部成層圏で観測されるものは強いジェット気流の上部に存在し、鉛直波長は2~3km程度です。これらの波動は中層大気の力学に重要な役割を果たすものと言われています。

4.4. 重力波周波数スペクトルの研究

(見掛け)周波数スペクトルはプラント周期から慣性周期迄の広い範囲で非干渉的運動のスペクトル $f^{-5/3}$ を示すことが提唱され、それが中層大気のほぼ全域で観測的にも実証されています。しかしこれを準二次元乱流で説明しようという立場もあり決着はついていません。テイラー仮説に基づき水平波数 k に関するスペクトルに変換して航空機観測等の結果と比べると 10^3 km程度のスケール迄よく一致することが示されています。鉛直風の周波数スペクトルは鉛直風が比較的静穏な場合プラント周期で若干持ち上がった平坦なスペクトル形状になることが知られています。また、ドップラー偏移のため観測スペクトルでは高周波側にエネルギーが漏れ込むことがあり、MU レーダーでも確認されています。

4.5. 重力波波数スペクトルの研究

局所不安定により鉛直スケールの小さい側でエネルギーが制限を受け水平風の鉛直波数(k_z)スペクトルが k_z^{-3} に比例することが多くの大型レーダーで確かめられつつあります。しかし鉛直風の鉛直波数スペクトルには

こうした飽和が見られないことも報告されています。これにはより短周期の成分が寄与していることが推察されます。また、波が飽和している証拠として中間圏で風速変動値が高度と共にほとんど増大しない観測例が多数提示されています。さらに k_z -スペクトルには若干の方向依存性が見られることもあり興味を持たれています。

4.6. 対流圏気象現象の観測

最近では台風、寒冷前線や寒冷渦等様々な気象擾乱もMU レーダーの重要な観測対象になってきました。対流圏界面の推定も可能であることが確かめられています。また、降水がある場合、雨滴や氷晶によるレーダー散乱も同時に観測され、これを利用して粒径分布の正確な推定もなされています。

5. まとめ

メソスケールの大気運動スペクトルはメソスケールの輸送・拡散、あるいは数値モデルにおけるサブグリッドスケールの諸過程のパラメタリゼーションの理解に欠くことができません。私共は極めて近い将来には長期間のデータから速度場をはじめとする気象諸パラメータの気候学を是非行う必要があると考えています。また、風速変動は地球物理的“ノイズ”であり、このノイズの中から大規模スケールの風速場を合理的に抽出することも大型レーダー観測技術にとって大きな挑戦といつてよいかと思えます。

もう少し遠い将来には、私共の大型レーダー技術を赤道大気研究に生かしたいと考えています。MU レーダーの10倍の規模でMU レーダーと同じ優れた性能を持った巨大なレーダーを赤道上に建設する計画です。これにより初めて、地上から高度1000km以上の超高層大気を一つの連続体として捉えることが出来ると確信しています。

謝辞

MU レーダー建設プロジェクト発足当初からこれに参画させて頂き全人格的な御指導を頂いております京都大学超高層電波研究センター長加藤進教授に心から御礼を申し上げます。新しい装置を作り、その装置から自然について教えられるという極めて貴重な体験をさせて頂きました。また、私共のグループがまだMU レーダーを持たない頃から外国の大型レーダーを用いて次々と新しい観測が可能であったのは日本気象学会大気力学研究者の強力なサポートがあったことによります。特に京都

大学理学部廣田勇教授にはいろいろ御教示を頂きました。厚く御礼を申し上げます。さらに、私と一緒にやってくれました当センターの若い研究者の方々の力がなければこのような大きなプロジェクト研究は動きませんでした。改めてこれらの方々に感謝致します。

文 献

- Fukao, S., S. Kato, S. Yokoi, R.M. Harper, R.F. Woodman, and W.E. Gordon, 1978: One Full-Day Radar Measurement of Lower Stratospheric Winds Over Jicamarca. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **40**, 1331-1337.
- , T. Sato, S. Kato, R.M. Harper, R.F. Woodman, and W.E. Gordon, 1979: Mesospheric Winds and Waves Over Jicamarca on May 23-24, 1974. *J. Geophys. Res.*, **84**, 4379-4386.
- , S. Kato, T. Aso, M. Sasada, and T. Makihira, 1980: Middle and Upper Atmosphere Radar (MUR) Under Design in Japan. *Radio Sci.*, **15**, 225-231.
- , K. Wakasugi, and S. Kato, 1980: Radar Measurement of Short-Period Atmospheric Waves and Related Scattering Properties at the Altitude of 13-25 km Over Jicamarca. *Radio Sci.*, **15**, 431-438.
- , T. Sato, R.M. Harper, and S. Kato, 1980: Radio Wave Scattering from the Tropical Mesosphere Observed with the Jicamarca Radar. *Radio Sci.*, **15**, 447-457.
- , T. Sato, I. Hirota, and S. Kato, 1980: A Preliminary Radar Observation of Long-Period Waves in the Tropical Mesosphere Over Jicamarca. *J. Geophys. Res.*, **85**, 1955-1957.
- , T. Sato, N. Yamasaki, R.M. Harper, and S. Kato, 1980: Radar Measurement of Tidal Winds at Stratospheric Heights Over Arecibo. *J. Atmos. Sci.*, **37**, 2540-2544.
- , K. Aoki, K. Wakasugi, T. Tsuda, S. Kato, and D.A. Fleisch, 1981: Some Further Results on the Lower Stratospheric Winds and Waves Over Jicamarca. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **43**, 649-661.
- , Y. Maekawa, and S. Kato, 1981: A Semidiurnal Wind Oscillation with Short Vertical Wavelength Observed in the Tropical Lower Stratosphere. *J. Geomag. Geoelectr.*, **33**, 421-427.
- , T. Sato, N. Yamasaki, R.M. Harper, and S. Kato, 1982: Winds Measured by a UHF Doppler Radar and Rawinsondes: Comparisons Made on Twenty-Six Days (August-September 1977) at Arecibo, Puerto Rico. *J. Appl. Meteorol.*, **21**, 1357-1363, 1982.
- , Y. Maekawa, T. Sato, and S. Kato, 1985: Fine Structure in Mesospheric Wind Fluctuations Observed by the Arecibo UHF Doppler Radar. *J. Geophys. Res.*, **90**, 7547-7556.
- , K. Wakasugi, T. Sato, T. Tsuda, I. Kimura, N. Takeuchi, M. Matsuo, and S. Kato, 1985: Simultaneous Observation of Precipitating Atmosphere by VHF-Band and C/Ku-Band Radars. *Radio Sci.*, **20**, 622-630.
- , K. Wakasugi, T. Sato, S. Morimoto, T. Tsuda, I. Hirota, I. Kimura, and S. Kato, 1985: Direct Measurement of Air and Precipitation Particle Motion by Very High Frequency Doppler Radar. *Nature*, **316**, 712-714.
- , T. Sato, T. Tsuda, S. Kato, K. Wakasugi, and T. Makihira, 1985: The MU Radar with an Active Phased Array System: 1. Antenna and Power Amplifiers. *Radio Sci.*, **20**, 1155-1168.
- , T. Tsuda, T. Sato, S. Kato, K. Wakasugi, and T. Makihira, 1985: The MU Radar with an Active Phased Array System: 2. In-House Equipment. *Radio Sci.*, **20**, 1169-1176.
- , T. Sato, T. Tsuda, M. Yamamoto, and S. Kato, 1986: High Resolution Turbulence Observations in the Middle and Lower Atmosphere by the MU Radar with Fast Beam Steerability: Preliminary Results. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **48**, 1269-1278.
- , M.D. Yamanaka, T. Sato, T. Tsuda, and S. Kato, 1988: Three Dimensional Air Motions Over the Baiu Front Observed by a VHF-Band Doppler Radar: A Case Study. *Mon. Weather Rev.*, **116**, 281-292.
- , T. Sato, T. Tsuda, S. Kato, M. Inaba, and I. Kimura, 1988: VHF Doppler Radar Determination of the Momentum Flux in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere: Comparison Between the Three- and Four-Beam Methods. *J. Atmos. Oceanic Tech.*, **5**, 57-69.
- , M.D. Yamanaka, H. Matsumoto, T. Sato, T. Tsuda, and S. Kato, 1989: Wind Fluctuations near a Cold Vortex-Tropopause Funnel System Observed by the MU Radar. *Pure Appl. Geophys.*, **130**, 463-479.
- Fritts, D.C., T. Tsuda, T. Sato, S. Fukao, and S. Kato, 1988: Observational Evidence of a Saturated Gravity Wave Spectrum in the Troposphere and Lower Stratosphere. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 1741-1759.
- , T. Tsuda, T.E. VanZandt, S.A. Smith,

- T. Sato, S. Fukao, and S. Kato, 1988: An Investigation of the Momentum Flux Due to Gravity Wave Motions in the Troposphere and Lower Stratosphere Using the MU Radar. *J. Atmos. Sci.*, In press.
- Hirota, I., Y. Maekawa, S. Fukao, K. Fukuyama, M.P. Sulzer, J.L. Fellous, T. Tsuda, and S. Kato, 1983: Fifteen-Day Observation of Mesospheric and Lower Thermospheric Motions with the Aid of the Arecibo UHF Radar. *J. Geophys. Res.*, **88**, 6835-6842.
- Kato, S., T. Ogawa, T. Tsuda, T. Sato, I. Kimura, and S. Fukao, 1984: The Middle and Upper Atmosphere Radar: First Results Using a Partial System. *Radio Sci.*, **19**, 1475-1484.
- , T. Tsuda, M. Yamamoto, T. Sato, and S. Fukao, 1986: First Results Obtained with a Middle and Upper Atmosphere (MU) Radar. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **48**, 1259-1267.
- Maekawa, Y., S. Fukao, T. Sato, S. Kato, and R.F. Woodman, 1984: Internal Inertia-Gravity Waves in the Tropical Lower Stratosphere Observed by the Arecibo Radar. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 2359-2367.
- , S. Fukao, I. Hirota, Sulzer, and S. Kato, 1987: Some Further Results on Long Term Mesospheric and Lower Thermospheric Wind Observations by the Arecibo UHF Radar. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **49**, 63-71.
- , S. Fukao, and S. Kato, 1987: Vertical Propagation Characteristics of Internal Gravity Waves Around the Mesopause Observed by the Arecibo UHF Radar. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **49**, 73-80.
- Matsuura, N., Y. Masuda, H. Inuki, S. Kato, S. Fukao, T. Sato, and T. Tsuda, 1986: Radio Acoustic Measurement of Temperature Profile in the Troposphere and Stratosphere. *Nature*, **323**, 426-428.
- Muraoka, Y., K. Kawahira, T. Sato, T. Tsuda, S. Fukao, and S. Kato, 1987: Characteristics of Inertial Gravity Waves in the Mesosphere Observed by the MU Radar. *Geophys. Res. Lett.*, **14**, 1154-1157.
- , T. Sugiyama, K. Kawahira, T. Sato, T. Tsuda, S. Fukao, and S. Kato, 1988: Formation of Mesospheric VHF Echoing Layers due to a Gravity Wave Motion. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **50**, 819-829.
- , T. Sugiyama, K. Kawahira, T. Sato, T. Tsuda, S. Fukao, and S. Kato, 1988: Cause of a Monochromatic Inertia-Gravity Wave Breaking Observed by the MU Radar. *Geophys. Res. Lett.*, **15**, 1349-1352.
- , T. Sugiyama, T. Sato, S. Fukao, T. Tsuda, and S. Kato, 1988: Interpretation of the Mesospheric VHF Echoes Observed with MU Radar as Fresnel Scattering. *Radio Sci.*, In press.
- Sato T., T. Tsuda, S. Kato, S. Morimoto, S. Fukao, and I. Kimura, 1985: High-Resolution MST Observations of Turbulence Using the MU Radar. *Radio Sci.*, **20**, 1452-1460.
- Takahashi, K., Y. Masuda, N. Matsuura, S. Kato, S. Fukao, T. Tsuda, and T. Sato, 1988: Analysis of Acoustic Wave Fronts in the Atmosphere to Profile the Temperature and Wind with a Radio Acoustic Sounding System. *J. Acoust. Soc. Am.*, **84**, 1061-1066.
- Tsuda, T., M., Yamamoto, T. Sato, S. Kato, and S. Fukao, 1985: Comparison Observations Between the MU Radar and the Kyoto Meteor Radar. *Radio Sci.*, **20**, 1241-1246.
- , T. Sato, K. Hirose, S. Kato, and S. Fukao, 1986: MU Radar Observations of the Aspect Sensitivity of the Backscattered VHF Echo Power in the Troposphere and Lower Stratosphere. *Radio Sci.*, **21**, 971-980.
- , P.T. May, T. Sato, S. Kato, and S. Fukao, 1988: Simultaneous Observations of Reflection Echoes and Reflective Index Gradient in the Troposphere and Lower Stratosphere. *Radio Sci.*, **23**, 655-665.
- , Y. Masuda, H. Inuki, K. Takahashi, T. Takami, T. Sato, S. Fukao, and S. Kato, 1989: High Time Resolution Monitoring of Tropospheric Temperature with a Radio Acoustic Sounding System (RASS). *Pure Appl. Geophys.*, **130**, 497-507.
- , T. Inoue, D.C. Fritts, T.E. VanZandt, S. Kato, T. Sato, and S. Fukao, 1989: MST Radar Observations of a Saturated Gravity Wave Spectrum. *J. Atmos. Sci.*, In press.
- VanZandt, T.E., S.A. Smith, T. Tsuda, D.C. Fritts, T. Sato, S. Fukao, and S. Kato, 1989: Anisotropy of the Velocity Fluctuation Field in the Lower Stratosphere. *J. Atmos. Sci.*, In press.
- Wakasugi, K., S. Fukao, and S. Kato, 1980: Depolarization of a 50-MHz Radio Wave Backscattered from the Middle Atmosphere. *Radio Sci.*, **15**, 439-445.
- , S. Fukao, S. Kato, A. Mizutani, and M. Matsuo, 1985: Air and Precipitation Particle Motions Within a Cold Front Measured by the MU VHF Radar. *Radio Sci.*, **20**, 1233-1240.
- , 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 Tech.* **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 Tech.*, **4**, 170-179.
- Yamamoto, M., T. Tsuda, S. Kato, T. Sato, and S. Fukao, 1987: A Saturated Inertia Gravity Wave in the Mesosphere Observed by the Middle and Upper Atmosphere Radar. *J. Geophys. Res.*, **92**, 11993-11999.
- , T. Tsuda, S. Kato, T. Sato, and S. Fukao, 1988: Interpretation of Structure of Mesospheric Turbulent Scattering Layers in Terms of Inertial Gravity Waves. *Physica Scripta*, **37**, 645-650.
- , T. Tsuda, T. Sato, S. Fukao, and S. Kato, 1989: Full-Correlation Analysis of Turbulent Scattering Layers in the Mesosphere Observed by the MU Radar. *Pure. Appl. Geophys.*, **130**, 605-615.
- Yamanaka, M.D., S. Fukao, H. Matsumoto, T. Sato, T. Tsuda, and S. Kato, 1989: Internal Gravity Wave Selection in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere Observed by the MU Radar: Preliminary Results. *Pure and Appl. Geophys.*, **130**, 481-495.



吉野正敏著

風の世界

東京大学出版会 1989年3月

224頁, 2,400円

御存知のように著者は学生時代から40年このかた風を主とした小気候の研究にたづさわってきた気候学者である。著者によるこの方面の研究を大系づけた著者, “新版小気候”(地人書館), “Climate in a small area”(東京大学出版会)については御存知の方も多いことと思う。

さて本書は旧著の焼き直しなどでは決してなく, 新構想の下に組み立てられた別のスタイルの本である。恐らく大学でのある講義ノートに基づいて章立てしたものと思われるが, 研究から得たエピソード, 特に現地を踏んだ者でないと書けないことが豊富にもり込まれていて楽しい。本書中の写真はほとんど著者の撮影したものだそうである。それだけリアルに話が伝わってくる。

本書はつぎのように8章から組立てられている。すなわち, 1. 風の四季, 2. 局地風, 3. 偏形樹, 4. 風の民俗学, 5. 都市の風, 6. 風のエネルギー, 7. 風と災害, 8. 大気の循環などである。

内容紹介に代えて本書中興味をひいた2, 3の事柄を紹介しよう。

1. ロッキー山脈の東の山麓に冬から春にかけて吹く西風強風は, チヌックでなく正しくはシヌックと呼ぶそ

うだ。カルガリオリンピックの際シヌックのため一夜のうちに雪が溶けて関係者が大あわてした話。ボールダーに NCAR が建てられ, 第一級の気象力学の研究者らがここへ集って来たのだが, 毎冬強いシヌックに悩まされた結果, シヌックの研究をすることとなった話。など興味ある話が本題の中に挿入されている。

2. Sutcliffe 教授は前掲書への書評において“偏形樹の研究は吉野教授のペットサブジェクト”と述べているようで, 著者は“これは決してペットなんてものでなくとても重要なテーマなのですよ”と言いたいのだが, まだその機会に恵まれてないようだ。第3章では偏形樹を指標とした日本及び世界各地の山岳の局地風のことが生き生きと紹介されている。なお偏形樹は風力エネルギーの位置決定の指標として役立つことが, アメリカで開かれた風力エネルギーに関する学会において指摘されている(第6章)。

このような楽しい話題が随所に出てくるので, 読者は著者の講義を一度聞いてみたい衝動を持つにちがいない。勿論本書は上のようなトピックスを集めた随筆といったものではなく, 本書全体を通して“風”に関する大系づけがなされていることを強調しておく。

なお, 文章に無駄がなく読み易く, よく推敲された様子が伺われる。旧2著書のような専門書としてではなく, 一般人, 学生を対象とした教養書として広い読者に一読をお薦めしたい。

(気象庁海洋気象部・荒川正一)