

理学博士加藤 進君の「大気潮汐並びに大気重力波に関する研究」
に対する授賞審査要旨

地球大気は地表面より順次、対流圏、成層圏、中間圏、および電離圏（又は熱圏）に大別される。主として対流圏現象を考究する気象学は約二〇〇年の研究歴史を持ち、また電離圏現象の研究も六〇年以上の歴史を持つ。然し中間圏を含む地球大気全体の総合的研究、特にその動力学的研究は加藤進君の先駆的研究に始まり最近約三〇年間に加藤君等を中心にして急速に進展しつづつあると言っても過言ではない。

加藤君の大きな業績の一つは大気潮汐を含む地球大気定常重力波の基本的性質を統一的に理解する理論的基礎を確立したことにある。

古くから知られている地表の大気潮汐は赤道上振幅 10m 程度の太陽時半日周期成分が卓越している。この現象の理論的解釈として Lord Kelvin が提唱した地球大気共鳴説（一八八二）が最も有力とされ、一九五〇年頃までは多くの数理物理学的研究が行われてきた。しかしその後大気温度の高度分布が実測された結果は共鳴理論の基本仮定を覆えすものであったので、Kelvin 流の共鳴論は否定されるに至った。他方、地球磁場の静穏日日周変化の Dynamo 理論より予想される電離圏下部の風系では一日周期成分が卓越していることが一九五〇年代に加藤君によって明らかにされていた。

加藤君の大気潮汐理論は、地球の形状、重力、自転及び大気温度鉛直分布を条件として、地球大気の固有振動を初めて正確に求めたものである。その結果、一日潮の固有波動は鉛直波長 30 km 程度の正モード波と Evanescent 波動の負モード波より成立しているが、半日潮は鉛直波長 200 km 程度の正モード波のみが成立する。すなわち鉛直伝播波長の長い半日潮波は電離圏から容易に対流圏まで到達するのに対し、伝播波長の短い一日潮波は成層圏および対流圏内で発生する種々異った位相の重力波群との干渉によって、地表に到達するまでに大きく減衰されてしまう。他方、電離圏内においては Evanescent 一日潮波の風が駆動する電流によって地球磁場の日周変化を生じていることになる。加藤君はこの一連の研究によって、地球磁場日周変化の動力学的発生機構と長年の懸案であった地球大気潮汐の特性との二問題を解決した。

加藤進君の大きな貢献は中間層（中間圏及び成層圏）と電離圏を主とし、対流圏をも含む全地球大気層域を観測対象とする MU (Middle and Upper atmospheres) レーダー観測システムを新たに開発して、地球大気物理現象の観測、解析、理論的研究の総合分野に飛躍的な進歩をもたらしたことにある。

さきに開発されて電離圏プラズマ層の構造及び変動の研究を大きく進展させた IS (Incoherent scattering) レーダーが天頂域観測用固定アンテナ方式であるのに対して、加藤君の MU レーダーでは十九箇のアンテナ素子を一単位とする二五組のアンテナ系の任意の組合せが 500 ms の変換時間をもって自動的に稼働し得る。従って天頂角三〇度内の範囲において任意の方向への電波ビーム発射、受信による中間圏、成層圏現象の同時観測が可能であり、また全アンテナ系の単一ビームによって IS レーダーと同等に電離圏プラズマ現象の観測も可能である。

加藤君及び共同研究者はこの高感度、高精度で且つ時間分解能の高いMUレーダーを駆使して、高度2km以上の対流圏をも含む地球大気層全域の各高度における運動を連続的に（一分間隔）観測することに成功している。特に各高度に存在する重力波群の諸特性を初めて総体的に明らかにすると共に、重力波が不安定となって碎波し乱流雲に転化する過程を詳しく追跡することにも成功している。これ等諸現象の特性の測定結果と理論との総合研究に関しては、大気力学理論による予想が先行した場合と、逆に観測結果に基いて新理論が構築された場合とがあるが、現在までに得られた主要な結論の要旨を列記すれば次の如くなる。

- (i) 大気重力波の波数スペクトルの鉛直分布様式。
- (ii) 大気重力波の大気中鉛直方向伝播の様相。
- (iii) 上方伝播する重力波の高度 5000m における不安定碎波乱流化に起因する中間層季節風の風速減衰現象、及び冬半球極域中間層の高温化現象の解明。

またMUレーダーは気温及び雨滴の測定にも次の方式を用いて極めて有効であることが証明されている。

- (i) 音波パルス伝播速度をMUレーダーによって連続的に追跡する方式による気温鉛直分布の常時観測。
- (ii) 雨滴及び背景風の三次元運動を独立に測定する方式による雨滴三次元分布の完全な常時観測。

右記のように加藤君のメートル波パルスを用いるMUレーダーは高層気象観測システムとして、その精度、連続的繰返し測定性能、多目的適合性のいずれの点についても従来のシステムに比べて画期的に進歩した方式であることが広く国際的に認識された結果、現在高層大気の世界観測網改善の基本案として、MUレーダーを各地域基点に設置

し、その間を固定式小規模アンテナ方式による小型の MSTレーダーを密に配置して埋める計画が米國を中心として進められている。加藤進君の高性能大気観測用レーダーの開発に対する卓抜した貢献と、中層大気並びに電離圏力学に関する際立った業績に対しては、一九八七年度の国際電波科学連合総会をキックオフ Royal Society of London 及び Appleton 賞賞与を予定している。

主編 國澤博雄 次編 田邊 隆

4' 論文

1. Horizontal Wind Systems in the Ionospheric E Region Deduced from the Dynamo Theory of the Geomagnetic Sq Variation Pt. II Rotating Earth. *J. Geomag. & Geoelectr.*, Vol. 8, 24-37 (1956).
2. Horizontal Wind Systems in the Ionospheric E Region Deduced from the Dynamo Theory of the Geomagnetic Sq Variation Pt. IV. *J. Geomag. & Geoelectr.*, Vol. 9, 107-115 (1957).
3. Diurnal Atmospheric Oscillation, 1, Eigenvalues and Hough Functions. *J. Geophys. Res.*, Vol. 71, 3201-3209 (1966).
4. Diurnal Atmospheric Oscillation, 2, Thermal Excitation in the Upper Atmosphere. *J. Geophys. Res.*, Vol. 71, 3211-3214 (1966).
5. Diurnal and Semi-diurnal Atmospheric Tidal Oscillation, Eigenvalues and Hough Function. *Rep. Ionosph. Space Res.*, Japan, Vol. 20, 448-463 (1966).
6. A Consideration on the Tidal Wave Transmission through the Ionozed Atmosphere. *J. Geomag. &*

- Geoelectr., Vol. 21, 471-478 (1969). (Co-author; S. Matsushita)
7. Possible Hydromagnetic Coupling between the Perturbations of the Neutral and the Ionized Atmosphere. *J. Geophys. Res.*, Vol. 75, 2540-2550 (1970). (Co-authors; C. A. Reddy and S. Matsushita)
 8. Wave Dynamics in the Thermosphere: I: Tidal Motion. *Space Science Reviews*, Vol. 12, 421-445 (1971).
 9. Uniqueness on Ionospheric Wind Deduced from Geomagnetic Sq Variation. *J. Geomag. Geoelectr.* Vol. 26, 559-561 (1974).
 10. Theory of Gravity Wave Emission from Moving Sources in the Upper Atmosphere. *J. Atmosph. Terr. Phys.*, Vol. 39, 581-588 (1977). (Co-authors; T. Kawakami and D. St. John)
 11. One Full-day Radar Measurement of Lower Stratospheric Winds over Jicamarca. *J. Atmosph. Terr. Phys.*, Vol. 40, 1331-1337 (1979). (Co-authors; S. Fukao, H. Yoko, R. M. Harper, R. F. Woodman and W. E. Gordon)
 12. Meteor Radar Observations at Kyoto University. *J. Atmosph. Terr. Phys.*, Vol. 41, 517-525 (1979). (Co-authors; T. Aso and T. Tsuda)
 13. Mesospheric Winds and Waves over Jicamarca on 23-24 May 1974. *J. Geophys. Res.*, Vol. 84, 4379-4386 (1979). (Co-authors; S. Fukao, T. Sato, R. M. Harper, R. F. Woodman and W. E. Gordon)
 14. Observations of Lower Ionospheric Wind by the Kyoto Meteor Radar. *J. Geophys. Res.*, Vol. 85, 177-184 (1980). (Co-authors; T. Aso, T. Tsuda, Y. Takashima and R. Ito)
 15. A Preliminary Radar Observation of Long-period Waves in the Tropical Mesosphere over Jicamarca. *J. Geophys. Res.*, Vol. 85, 1955-1957 (1980). (Co-authors; S. Fukao, T. Sato and I. Hirota)

16. Radio Wave Scattering from the Tropical Mesosphere with the Jicamarca Radar. *Radio Science*, Vol. 15, 447-457 (1980). (Co-authors; S. Fukao, T. Sato and R. M. Harper)
17. Seasonal Variation of Diurnal Tide due to Ozone Heating. *J. Meteorol. Soc. Japan*, Vol. 58, 292-297 (1980). (Co-author; T. Tsuda)
18. Radar Measurement of Tidal Winds at Stratospheric Heights over Arecibo. *J. Atmosph. Sci.* Vol. 37, 2540-2544 (1980). (Co-authors; S. Fukao, T. Sato, N. Yamasaki and R. M. Harper)
19. Lunar Tides at Meteor Heights. *Geophys. Res. Letters*, Vol. 8, 191-194 (1981). (Co-authors; T. Tsuda, J. Tani and T. Aso)
20. Tidal Dynamo in the Upper Atmosphere, Validity and Limit of the Conventional Theory. *J. Geomag. Geoelectr.*, Vol. 33, 383-397 (1981). (Co-author; T. Tsuda)
21. Numerical Simulation of Semidiurnal Atmospheric Tides. *J. Geophys. Res.*, Vol. 86, 11388-11400 (1981). (Co-authors; T. Aso and T. Nonoyama)
22. Thermal Excitation of Non-migrating Tides. *J. Atmosph. Terr. Physl.*, Vol. 44, 131-146 (1982). (Co-authors; T. Tsuda and F. Watanabe)
23. Seasonal Variation of Solar Atmospheric Tides at Meteor Heights. *J. Geomag. Geoelectr.*, Vol. 35, 65-86 (1983). (Co-authors; T. Tsuda and T. Aso)
24. Fifteen-Day Observation of Mesospheric and Lower Thermospheric Motions with the Aid of the Arecibo UHF Radar. *J. Geophys. Res.*, Vol. 88, 6835-6842 (1983). (Co-authors; I. Hirota, Y. Maekawa, S. Fukao, K. Fukuyama, M. P. Sulzer, J. L. Fellous and T. Tsuda)
25. An Overview on Tidal Observation. "Dynamics of the Middle Atmosphere Edited" by J. R. Holton

- and T. Matsumo, 163-172 (1984). (Co-authors; T. Aso and R. A. Vincent)
26. Long Period Oscillation in the Meteor Winds Observed over Kyoto during 1978-1983. *J. Geomag. Geoelectr.*, Vol. 36, 173-188 (1984). (Co-authors; R. Ito, T. Tsuda and T. Aso)
 27. Internal Inertia-Gravity Waves in the Tropical Lower Stratosphere Observed by the Arecibo Radar. *J. Atmos. Sci.*, Vol. 41, No. 15 (1984). (Co-authors; Y. Maekawa, S. Fukao, T. Sato and R. F. Woodman)
 28. Fine Structure in Mesospheric Wind Fluctuations Observed by the Arecibo UHF Doppler Radar. *J. Geophysical Research*, Vol. 90, No. A8, 7547-7556 (1985). (Co-authors; S. Fukao, Y. Maekawa and T. Sato)
 29. Gravity Waves Observed by the Kyoto Meteor Radar in 1983-1985. *J. Atmosph. and Terr. Phys.*, Vol. 48, No. 6, 597-603 (1986). (Co-authors; M. Yamamoto and T. Tsuda)
 30. First Results Obtained with a Middle and Upper Atmosphere (MU) Radar. *J. Atmosph. and Terr. Phys.*, Vol. 48, Nos. 11-12, 1259-1267 (1986). (Co-authors; T. Tsuda, M. Yamamoto, T. Sato and S. Fukao)
 31. Some Further Results on Long Term Mesospheric and Lower Thermospheric Wind Observation by the Arecibo UHF Radar. *J. Atmosph. and Terr. Phys.*, Vol. 49, No. 1, 63-71 (1987). (Co-authors; Y. Maekawa, S. Fukao, I. Hirota and M. P. Sulzer)
 32. Vertical Propagation Characteristics of Internal Gravity Waves around the Mesopause Observed by the Arecibo UHF Radar. *J. Atmosph. and Terr. Phys.*, Vol. 49, No. 1, 73-80 (1987). (Co-authors; Y. Maekawa and S. Fukao)
 33. A Saturated Inertia Gravity Wave in the Mesosphere Observed by the Middle and Upper Atmosphere

Radar. J. Geophys. Res., Vol. 92, No. D10, 11993-11999 (1987). (Co-authors; M. Yamamoto, T. Tsuda, T. Sato and S. Fukao)

参考文献

1. "Dynamics of the Upper Atmosphere". Center for Academic Pub. Japan and D. Reidel Pub. Co. (1980).