

とを定量的に評価し、成層圏大循環の力学的特性に詳細な検討・考察を加えた。その際、GCM内の物理過程を簡略化して1000年にわたる長期積分を可能にし、年々変動の統計的議論の信頼度を高めることに成功した。

論文の第1部では、周期1年の放射強制の下、GCM下端に東西波数1の理想化された地形の起伏を加え、長期間の数値積分を行なった。実験パラメータである地形振幅の増加に伴って惑星規模波動の振幅も増大し、冬季成層圏循環の変動がより顕著となる明瞭な傾向が見出された。更に、成層圏の極域気温や極夜ジェット強度の季節変化や経年変動、突然昇温の発現などを観測データと比較して、GCMの成層圏循環が、地形振幅が1000 mの場合は北半球的、500 mの場合は南半球的に振舞うことも見出した。

こうした成果を踏まえて第2部では、現実の両半球に対応するパラメータについて1000年間の長期積分を実施した。その結果、i) 突然昇温の発現がPoisson分布に従うこと、ii) 冬季の惑星規模波動の強度差を反映して季節進行の様相が南北両半球で有意に異なること、iii) 惑星規模波動の平均流減速効果の影響で極成層圏気温偏差の頻度分布が正規分布とは異なり、平年値の周りに非対称性(歪度)を持つなどの諸特性を、統計的信頼性をもって示すこと

に初めて成功した。

このように、本論文において田口会員は、簡略化したGCMによる長期積分という斬新な枠組で、論理的に良く練られた数値実験を行ない、成層圏の循環変動の基本的な特性に関する重要な知見を得ることに成功した。これらの特性は、限られた観測データからでは得難い統計的信頼性を有するものであり、田口会員によるGCM長期積分の有用性が遺憾無く発揮されたものと言える。本論文の実験結果は、成層圏循環の基本的特性に関する以下の新しい解釈を強く示唆する。即ち、強制外力が年に依らず一定であっても、対流圏から伝播する惑星規模波動の影響下において、成層圏循環はそれ自身が内包する非線型性に起因する自己内部変動として経年変動を持ち得るというものである。本研究の成果を受けて、成層圏・対流圏循環の結合系の年々変動に関する研究が今後一層進展することが期待される。

なお、本論文は田口会員の京都大学における学位論文の中核をなすものである。共著者である余田成男教授がGCM実験の大枠を示唆したことを受けて、田口会員が実験手法のデザイン、計算結果の統計解析及びそれに基づく力学的解釈を全面的に主導したものである。

以上の理由から、日本気象学会は、田口正和会員に今年度の山本・正野論文賞を贈るものである。

2004年度堀内賞の受賞者決まる

受賞者: 福西 浩 (東北大学理学研究科)

業績: 雷雲から超高層大気への上方放電発光現象の研究

選定理由: 1980年代末に雷雲から上方の中層大気・超高層大気に向けた放電現象が発見され、その科学的な観測研究が始まった。福西 浩会員は高い先見性を持って極めて初期の段階から、スプライト、エルプス等と呼ばれるこの上方放電発光現象に着目した。1995年から継続して米国での国際共同観測に参加して、この発光現象の総合的かつ先駆的研究を推進し、放電発光現象の素過程の解明、ならびに大気層間の結合過程に果たす役割の理解に多大な貢献を行った。

福西会員は高時間・空間分解能を有する観測装置(50 m 秒の時間分解能を有するアレイ型フォトメータ)を独自に開発し、世界に先駆けてエルプスを発

見するとともに、エルプスとスプライトの時間・空間構造及びスペクトル特性の研究を行った。また、従来、主として米国で集中的に行われていた地上光学観測を日本でも実施し、正極性落雷から上方への放電発光現象が発生することを実証するとともに、この現象のグローバルな分布や発生頻度を研究した。

さらに、北極等での海外観測を展開しているのに加えて、台湾宇宙開発局が実施するROCSAT-2人工衛星計画に東北大学グループが開発した光学観測を搭載し、地上や航空機からでは観測できない紫外線領域のスペクトル情報を得ることを目指している。これらの観測的研究により将来、発光現象のよりグローバルな分布や頻度に対する定量的な情報が得られるものと期待される。

一方、光学観測だけでなく、ELF/VLF帯電磁放射観測を日本はもとより南極昭和基地等の多点で実

施し、電波伝搬の情報をもとに上方放電発光現象のグローバルな分布を推定する手法を開発した。また、MUレーダー等を用いて、この放電現象が電離圏に与えるエネルギーを定量的に見積る観測も開始している。これにより高いエネルギーの電子加速の情報を得て、放電メカニズムの解明が進むことが期待される。

以上、独創性のある機器開発を含めた総合的観測を主導し、この放電発光現象の機構解明および対流圏から超高層へ至る電磁氣的結合過程の理解を進めてきた功績は大きい。また、1996年の「天気」に掲載された解説記事をはじめとする多くの著述を通じて日本気象学会員を含む若手研究者に大きな影響を与えている。

福西会員は既に超高層物理学の分野で顕著な研究業績を挙げているが、過去約10年間に新たな研究対象である上方放電発光現象に関する独創的な研究を進めた。気象学と超高層物理学との境界領域における福西会員の研究は、今後、両分野の連携と発展のための新たな視点を与えるものであり、その研究業績は大きいと考える。

以上の理由から、日本気象学会は、福西 浩会員に今年度の堀内賞を贈るものである。

参 考 文 献

- Fukunishi, H., Y. Takahashi, M. Kubota and K. Sakanoi, 1996 Elves: lightning-induced transient luminous events in the lower ionosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 2157-2160.
- 福西 浩, 1996:「雷放電に伴う中間圏・電離圏の発光現象」, *天気*, 43, 756-760.
- 福西 浩, 1997:「雷雲上方の放電現象の発見」, *科学*, 67(9), 671-677.
- Fukunishi, H., Y. Takahashi, M. Sato, A. Shono, M. Fujito and Y. Watanabe, 1997: Ground-based observations of ULF transients excited by strong lightning discharges producing elves and sprites, *Geophys. Res. Lett.*, 24, 2973-2976.
- Hobara Y, N. Iwasaki, T. Hayashida, M. Hayakawa, K. Ohta and H. Fukunishi, 2001: Interrelation between ELF transients and ionospheric disturbances in association with sprites and elves, *Geophys. Res. Lett.*, 28(5), 935-938.
- Fukunishi, H, 2002: Lightning effects in the ionosphere, *Review of Radio Science 1999-2002*: ed. W. R. Stone, pp. 775-799.

Fukunishi, H., Y. Watanabe, A. Uchida and Y. Takahashi, 2002: Spatial and temporal structures of sprites and elves observed by array photometers, *Space Weather Study Using Multipoint Techniques*, ed. L.-H. Lyu, pp. 283-288, Pergamon, Amsterdam.

Miyasato, R., M. J. Taylor, H. Fukunishi and H. C. Stenbaek-Nielsen, 2002: Statistical characteristics of sprite halo events using coincident photometric and imaging data, *Geophys. Res. Lett.*, 29(21), Art. No. 2033.

Su, H. T., R. R. Hsu, A. B. Chen, Y. C. Wang, W. S. Hsiao, W. C. Lai, L. C. Lee, M. Sato and H. Fukunishi, 2003: Gigantic jets between a thundercloud and the ionosphere, *Nature*, 423(6943), 974-976.

Sato, M. and H. Fukunishi, 2003: Global sprite occurrence locations and rates derived from triangulation of transient Schumann resonance events, *Geophys. Res. Lett.*, 30(16), Art. No. 1859

福西 浩, 2004: 超高層大気に突き抜ける雷, *パリティ*, 19(1), 63-65.

受賞者: 若土正暁 (北海道大学低温科学研究所)

業績: オホーツク海での大気・海水・海洋相互作用の総合研究の推進

選定理由: 海水は、その生成過程において塩分濃度が高く重い海水を生成することを通して、海洋循環を駆動する。また、アイス・アルベドフィードバック効果により、気候に大きな影響を与える。このように、海水は気候システムの主な要素のひとつであり、重要な研究課題である。最近では、地球温暖化に伴う海水の変動も緊急の研究課題となっている。とりわけ、オホーツク海の海水は北太平洋中層水の起源とされており、また日本の気候にも大きな影響を与える。しかし、観測の困難さや関係国の政治的状況により、オホーツク海での海水・海洋・大気観測は近年までほとんど行われてこなかった。

若土正暁氏は北海道大学低温科学研究所において、長年、主に南極海やオホーツク海での海水・海洋の観測的研究を推進し、海水によるブライン排出やポリニア形成機構などについて優れた業績を上げてきた。特に、オホーツク海南端部の海洋循環と渦の形成に関する研究により、日本海洋学会から1994年に日高論文賞を受賞している。さらに、若土氏はソ連の政治体制が大きく変化した1991年以前は観測が困難であったオホーツク海の中央部に関する研究

をロシア・米国との国際共同で立ち上げた。同氏は卓抜した指導力と行動力を発揮し、1997年から2002年の5年間に科学技術振興事業団の戦略的基礎研究「オホーツク海水の実態と気候システムにおける役割の解明」の代表者を努め、「データ空白域」であったオホーツク海の実態把握と、同海における大気・海洋・海水システムの相互作用に関する研究を推進した。ロシアの協力を得て、これまで立ち入りが不可能であった北西部大陸棚域を含めたオホーツク海のほぼ全域において、本格的な海洋観測、航空機を用いた海水上での大気・海水観測、砕氷パトロール船「そうや」による海水域観測など、いずれもオホーツク海では最初の現地観測を実施した。その結果、これまで定性的にしか知られていなかった東樺太海流の実態が、流量や構造を含めて定量的に明らかになった。また、航空機観測により大気・海水境界における潜熱・顕熱フラックスが評価された。夏にはオホーツク海は高気圧に覆われるが、現場観測によりオホーツク海高気圧の詳細な鉛直構造が観測された。さらに、若土氏の研究グループでは衛星データを用いた海水の運動の解析や数値モデルシミュレーションも行っている。これらの研究成果は、50編以上の原著論文として、気象集誌を含む地球物理関係の雑誌に掲載され、世界的な評価を得ている。以上の一連の研究により、オホーツク海における海洋・海水・大気の実態解明が画期的に進展した。

若土氏は、現在、南極における研究プロジェクトを立ち上げ、南極域における海水研究をもリードしており、今後の研究の発展が期待される。氏が切り拓いた海水研究は、気候システムの重要な分野としてますます重要性がましてゆくのは間違いない。

以上の理由から、日本気象学会は、若土正暁氏に今年度の堀内賞を贈るものである。

参 考 文 献

- Wakatsuchi, M. and N. Ono, 1983 : Measurements of salinity and volume of brine excluded from growing sea ice, *J. Geophys. Res.*, 88(C3), 2943-2951.
- Wakatsuchi, M. and S. Martin, 1991 : Water circulation in the Kuril Basin of the Okhotsk Sea and its relation to eddy formation, *J. Oceanogr. Soc. Japan.*, 47, 152-168.
- 若土正暁, 1997 : 凍る海—世界気候における海水の役割一, 「極地の科学」(福田・高橋・香内編, 179pp), 北海道大学図書刊行会, 15-26.
- Watanabe, T. and M. Wakatsuchi, 1998 : Formation of 26.8-26.9 °C water in the Kuril Basin of the Sea of Okhotsk as a possible origin of North Pacific Intermediate Water, *J. Geophys. Res.*, 103(C2), 2849-2865.
- Kimura, N. and M. Wakatsuchi, 2000 : Relationship between sea-ice motion and geostrophic wind in the Northern Hemisphere, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 3735-3738.
- Toyota, T., T. Kawamura and M. Wakatsuchi, 2000 : Heat budget in the ice cover of the southern Okhotsk Sea derived from in-situ observations, *J. Meteor. Soc. Japan.*, 78, 585-596.
- Baba, K. and M. Wakatsuchi, 2001 : Eastward propagation of the intraseasonal variability of sea ice concentration and the atmospheric field in the marginal ice zone in the Antarctic, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3669-3672.
- Gladyshev, S., L. Talley, G. Kantakov, G. Khen and M. Wakatsuchi, 2003 : Distribution formation and seasonal variability of the Okhotsk Sea Intermediate Water, *J. Geophys. Res.*, 108(C6), 3186, doi : 10.1029/2001JC00087,.
- Wakita, M., Y. W. Watanabe, S. Watanabe, S. Noriki and M. Wakatsuchi, 2003 : Oceanic uptake rate of anthropogenic CO₂ in a subpolar marginal sea : The Sea of Okhotsk, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 30, No. 24, 2252, doi : 10.1029/2003GL018057,.
- Ohshima, K. I., D. Shimizu, M. Itoh, G. Mizuta, Y. Fukamachi, and M. Wakatsuchi, 2004 : Sverdrup balance and cyclonic gyre in the Sea of Okhotsk, *J. Phys. Oceanogr.*, 34, 513-525.
- Kimura, N. and M. Wakatsuchi, 2004 : Increase and decrease of sea ice area in the Sea of Okhotsk : ice production in coastal polynyas and dynamical thickening in convergence zones, *J. Geophys. Res.*, 109, doi : 10.1029/2003JC001901. (in press).