

2009年度日本気象学会賞・藤原賞の各受賞者決まる

日本気象学会賞受賞者：中西幹郎

(防衛大学校地球海洋学科)

新野 宏

(東京大学海洋研究所)

業績：ラージ・エディ・シミュレーションに基づく改良 Mellor-Yamada Level 3 乱流クロージャーモデル (MYNN モデル) の開発と大気境界層の研究

選定理由：

地表面に吸収される太陽放射エネルギーの60%は、顕熱・潜熱フラックスの形で大気境界層を通じて地表面から大気中に輸送される。大気境界層は、地表面近くの温度や湿度など人類の生活環境を左右するとともに、境界層雲の生成や対流雲の励起を通して、放射収支や自由大気の運動と平均構造にも大きく関わっている。

このような境界層過程は、その重要性の一方で、通常の気象モデルや気候モデルでは表現できない小さなスケールの乱流による輸送過程である。現在の数値予報モデルの不確定性のもう一つの大きな要因となっている積雲対流過程が、雲解像非静力学モデルではある程度陽に表現されるようになったのに対し、境界層乱流は大循環モデルから局地モデルに至るさまざまなスケールの気象モデルで、現在も何らかのパラメタリゼーションが避けられない。そのために、信頼できる境界層乱流パラメタリゼーションモデルの構築は、気象モデルの性能を向上させるための大変重要な課題である。

新野氏は、1980年代より、海陸風循環の線形論 (Niino 1987) や水平対流非線形レジームの研究 (Mori and Niino 2002; Niino *et al.* 2006)、乱流境界層の深さや熱フラックスについての研究 (Kinoshita and Niino 1990; Chuda *et al.* 2008) をはじめとする、大気境界層や乱流境界層に関する研究に取り組んできた。また、竜巻や Dust Devil などの現象についてもその発生要因と大気境界層との関係を統計的、解析的、数値的に明らかにしてきた (Niino *et al.* 1993 a, b, 1997; Suzuki *et al.* 2000; Noda and Niino 2005 など)。このような研究を通して、中西氏と新野氏は、乱流のパラメタリゼーションの改善においては、特に乱流の特徴長さのスケールと非局所的輸送の表現が重

要であると考え、Mellor-Yamada 乱流クロージャーモデルの改良に取り組んだ。

現在の気象モデルの多くは、境界層乱流モデルとして、1次のクロージャー仮定のモデル、あるいは2次のクロージャー仮定のもとに乱流運動の局所平衡を仮定した Level 2 モデルを用いているが、対流混合層において境界層全体の構造を反映して生ずる輸送を表現するためには、別途非局所的輸送のパラメタリゼーションを必要としてきた。Mellor and Yamada は、非局所的輸送も表現可能な Level 3 や Level 4 のモデルも提案しているが、予報変数が増え計算負荷が大きくなることに加えて数値的な安定性に劣るという理由により、現業数値予報に用いられることはなかった。一方、近年発展してきた雲解像モデルでは、1次のクロージャー仮定に乱流運動エネルギーの予報を加えた乱流スキームが多く用いられているが、水平格子間隔が大きいときには、乱流の長さスケールを適切に表現できないことが指摘されている。

Nakanishi (2000) では、乱れが弱くスケールも小さいために、従来不得手と言われていた安定成層での計算を可能にした LES モデルを独自に開発し、LES を用いた放射霧の再現に成功した。これを受けて Nakanishi (2001) では、この LES モデルで作成したデータベースに基づき、乱流長さスケールの評価において安定成層の抑制効果を新たに考慮した式を提案するとともに、これまで定式化が不十分であった Mellor-Yamada モデルの圧力共分散項のパラメタリゼーションに浮力の効果を導入した。Nakanishi and Niino (2004) では、Nakanishi (2001) で提案した乱流モデルに、乱流統計量に基づいてサブグリッドの凝結を考慮した湿潤過程を加え、Level 2.5 と Level 3 を切り替え可能な湿潤境界層乱流モデル (MYNN: Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino モデル) を構築した。さらに、Nakanishi and Niino (2006) では、MYNN モデルのうちやや計算安定性に劣っていた Level 3 を改良するため、特異値と現実性の解析を通して乱流の時間スケールとスカラー量の分散に制限を加えることで安定性を確保し、3次元の領域モデルに組み込んで、再現性が良く、実用化が可能なモデルであることを示した。

中西・新野両氏によって開発された MYNN モデ

ルは、2007年5月から気象庁の現業数値予報モデルである非静力学メソスケールモデルMSMに世界初のLevel 3クロージャーモデルの現業実用化として導入され、MSMの境界層の表現を大幅に改善するとともに、部分凝結過程に基づく確率密度関数による雲量の評価を通じて大気放射の改善にも寄与し、日本の短期数値予報の精度を世界最高水準に押し上げた。現在、MYNNモデルは、そのソースコードがHP上で公開されており、東京大学気候システム研究センターなどの大気・海洋結合モデルMIROCに導入され、過度の気候感度を緩和することが明らかになったほか、地球環境フロンティア研究センターなどで開発されている正20面体格子全球非静力学モデルNICAMにも導入されており、今後の日本の気候研究の発展への寄与が期待されている。さらに米国のコミュニティメソモデルWRFや、英国気象局現業数値予報モデルUMにも導入する計画が進んでいるなど、境界層乱流モデルの新しい世界標準として、日本のみならず世界の気象学の発展に貢献しようとしている。

これら、中西・新野両氏のMYNNモデルの開発と大気境界層に関する研究は、大気数値モデルの予測性能向上と大気境界層の理解を通じて、気象学の発展に大きく寄与している。

以上の理由により、日本気象学会は中西幹郎・新野宏の両氏に日本気象学会賞を贈呈するものである。

主な関連論文 (年代順)

- Niino, H., 1987: The linear theory of land and sea breeze circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 901-921.
- Kinoshita, N. and H. Niino, 1990: On the depth of the surface layer of the turbulent Ekman layer. *J. Meteor. Soc. Japan*, **68**, 747-751.
- Niino, H., O. Suzuki, H. Nirasawa, T. Fujitani, H. Ohno, I. Takayabu, N. Kinoshita and Y. Ogura, 1993 a: Tornadoes in Chiba Prefecture on 11 December 1990. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 3001-3018.
- Niino, H., O. Suzuki, H. Nirasawa, T. Fujitani, H. Ohno, I. Takayabu, N. Kinoshita, T. Murota and N. Yamaguchi, 1993 b: An observational study of the Mobara Tornado, In *The Tornado: Its Structure, Dynamics, Prediction, and Hazards*. *Geophys. Monogr.*, **79**, 511-519.
- Niino, H., T. Fujitani and N. Watanabe, 1997: A statistical study of tornadoes and waterspouts in Japan from 1961 to 1993. *J. Climate*, **10**, 1730-1752.
- Suzuki, O., H. Niino, H. Ohno and H. Nirasawa, 2000:

- Tornado-producing mini supercells associated with Typhoon 9019. *Mon. Wea. Rev.*, **128**, 1868-1882.
- Nakanishi, M., 2000: Large-eddy simulation of radiation fog. *Bound.-Layer Meteor.*, **94**, 461-493.
- Nakanishi, M., 2001: Improvement of the Mellor-Yamada turbulence closure model based on large-eddy simulation data. *Bound.-Layer Meteor.*, **99**, 349-378.
- Mori, A. and H. Niino, 2002: Time evolution of nonlinear horizontal convection: Its flow regimes and self-similar solutions. *J. Atmos. Sci.*, **59**, 1841-1856.
- Nakanishi, M. and H. Niino, 2004: An improved Mellor-Yamada Level-3 model with condensation physics: Its design and verification. *Bound.-Layer Meteor.*, **112**, 1-31.
- Noda, A. T. and H. Niino, 2005: Genesis and structure of a major tornado in a numerically-simulated supercell storm: Importance of vertical vorticity in a gust front. *SOLA*, **1**, 5-8.
- Nakanishi, M. and H. Niino, 2006: An improved Mellor-Yamada Level-3 model: Its numerical stability and application to a regional prediction of advection fog. *Bound.-Layer Meteor.*, **119**, 397-407.
- Niino, H., A. Mori, T. Satomura and S. Akiba, 2006: Flow regimes of nonlinear heat island circulation. *J. Atmos. Sci.*, **63**, 1538-1547.
- Chuda, T., H. Niino, K. Yoneyama, M. Katsumata, T. Ushiyama and O. Tsukamoto, 2008: A statistical analysis of surface turbulent heat flux enhancements due to precipitating clouds observed in the tropical Western Pacific. *J. Meteor. Soc. Japan*, **86**, 439-457.

日本気象学会藤原賞受賞者：秋元 肇

(独立行政法人 海洋研究開発機構
地球環境フロンティア研究センター)

業績：日本における新しい大気化学の推進

選定理由：

秋元 肇氏は1962年東京工業大学理工学部を卒業後大学院に進学、物理化学に関する研究に携わり、1967年博士課程を修了し、東京工業大学より理学博士の学位を取得した。1967年東京工業大学理学部助手となり、引き続き光化学反応の素過程に関する研究に従事した。その後、米国カリフォルニア大学リバーサイド校で研究を続けた。1974年に国立公害研究所大気化学研究室長に着任、同大気環境部長を経て、1993年東京大学先端科学技術研究センター教授に就任し、2000年

3月定年退官した。2000年4月より地球フロンティア研究システム大気組成変動予測研究領域領域長となり、現在はその後継組織である（独）海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター大気組成変動予測研究プログラム、プログラムディレクターとして、研究に従事している。

天気や気候への関心から発展してきた気象学においては、大気の組成やその変化は主たる研究対象ではなく、長い間気象学は大気物理学と同義とされてきた。1960～70年代、産業の発展に伴った大気汚染問題が生じ、さらに成層圏オゾン層の人為的变化が懸念されるようになった。こうした背景の下で、これらの課題に応える新しい大気化学が急速に発展し、その象徴として国際気象学・大気物理学連合（IAMAP）は1995年より気象学・大気科学連合（IAMAS）へと改称された。

秋元氏は1960年代末米国に滞在中に米国西岸の大気汚染研究に接し、その重要性を認識し、1974年設立直後の国立公害研究所に着任、研究室を率いて当時急速に拡大しつつあった光化学スモッグの発生機構解明に着手した。当時として世界最高レベルの光化学スモッグチャンバーを建設して実験を行い、健康影響のある炭化水素の二硝酸エステルが、汚染大気中の光化学反応により二次汚染物質として生じることを世界で初めて明らかにするなどの成果をあげた。一方、光化学反応の素過程に関して、先端的手法を駆使して研究を推進し、大気汚染解明の基礎となる多くの優れた成果を得た。

人為起源の物質による地域環境・地球環境の変化という新しい課題に対応するため、1990年国立公害研究所は国立環境研究所へと改組された。大気環境部長として秋元氏は、グループを率いて広域の大気汚染の問題に取り組み、化学反応のみならず、原因物質の放出・輸送を含む総合的な大気汚染研究を推進した。この研究はその後大きく発展し、「大気微量気体の高感度測定法の開発と地球大気化学観測研究」として1997年に島津科学技術振興財団より島津賞が授与された。また、アジア域における人間活動による窒素酸化物、硫黄酸化物等の排出源分布の算出を行い、この研究に対して2002年ハーゲン・シュミット賞が授与されている。

秋元氏は、宇宙開発事業団による地球観測衛星計画の一環として、1996年に地球観測プラットフォーム技術衛星（ADEOS）に搭載されることとなる、極域成層

圏オゾン層の観測・監視のための改良型大気周縁赤外分光計（ILAS）に関するプロジェクト体制の構築に貢献し、プロジェクト成功への基礎を築いた。

1993年東京大学先端科学技術研究センターへ移り、東京大学定年退官後は、地球フロンティア研究システム大気組成変動予測研究領域長に就任し、現在に至るまで若手を指導し、大気微量成分の化学に関する総合的研究を進めている。その重要な成果として全球化学輸送モデル（CHASER）の開発があり、大気化学素過程の基礎が確かなモデルとして、国際的コミュニティの間で評価が確立している。さらに、社会・経済モデルに基く排出量の将来予測を含むアジア域大気汚染物質排出インベントリ（REAS）を完成させるとともに、化学輸送モデルと組み合わせて、大気汚染に関する将来予測を行っている。また、中央アジア・シベリアから中国にかけてオゾンその他の通年観測を行い、この地域の大気汚染の現状を明らかにした。

このように、秋元氏は排出量統計整備、モデリング研究、野外・衛星観測研究という大気化学研究の体制を整え、大気化学を地球温暖化や環境変化という今日の社会問題と結びつけて捉え、多くの成果を生み出している。秋元氏の広い視野とリーダーシップは研究実績とともに国際的なコミュニティでも高く評価され、1998-2002年の期間、IAMASの大気化学・地球規模汚染委員会委員長を務めた。このような秋元氏の活動は、日本の大気化学研究の推進に多大な貢献をしている。

以上の理由により、日本気象学会は秋元 肇氏に藤原賞を贈呈するものである。

日本気象学会藤原賞受賞者：深尾昌一郎

（京都大学名誉教授、
福井工業大学工学部）

業績：大気レーダーの開発と活用による気象学・気象技術の発展への貢献

選定理由：

深尾昌一郎氏は1967年京都大学工学部を卒業後大学院に進学、電波工学の研究に携わった。大学院修士課程終了後、1969年京都大学工学部助手に着任し、1974年にプラズマの研究で京都大学より工学博士の学位を取得した。その後、京都大学工学部講師、助教授を歴任し、1988年京都大学超高層電波研究センター教授に就任した。さらに、超高層電波研究センター長、宙空

電波科学研究センター長、生存圏研究所教授を歴任し、2007年3月に定年退職し、名誉教授となった。現在は福井工業大学に工学部教授として勤務している。

深尾氏は1970年代に始まったUHFあるいはVHF帯の電波の散乱を利用した大気レーダーによる高層大気観測に注目し、海外の大型レーダーを使用した観測に参画、その技術を修得するとともに高層大気力学の研究を推進し、大気潮汐波や重力波等に関する観測解析結果を発表した。1980年代には中層大気国際共同観測計画(MAP)に参画し、京都大学のMUレーダーの実現に尽力するとともに、中層大気研究の推進に貢献した。これらの功績に対して、1988年に日本気象学会より第1回堀内基金奨励賞(現堀内賞)が授与されている。

1990年代末、気象庁は業務の高度化のため、高層観測の強化を計画し、それまで専らラジオゾンデに頼っていた高層気象観測に、対流圏中・下層の風を高精度・高密度で観測可能なウィンドプロファイラを導入することを計画していた。2000年度に気象庁はこのウィンドプロファイラ観測網に、1990年代に深尾氏が開発したアクティブ・フェーズド・アレイ方式の「下部対流圏レーダー」を採用した。現在、このウィンドプロファイラ観測網(WINDAS)によって得られる時間的・空間的に高密度の風向・風速データは、数値予報業務に不可欠なデータを提供し、従来、予報が困難であった局地的な集中豪雨・豪雪の予報精度向上に寄与し、わが国の気象業務の発展に大きく貢献している。なお、この下部対流圏レーダーに関して深尾氏は、共同開発者とともに、平成18年度の文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)を授与されている。

また、深尾氏は、地球規模の気象と気候に大きな影響を与えている赤道大気の研究にも多くの成果を残し

ている。1992年に境界層レーダーをインドネシア共和国ジャカルタ郊外に設置し、従来の気球観測や衛星観測のみでは捉えることができなかった、熱帯大気下層に固有の擾乱の特性に関する新事実の発見をもたらした。2001年には、直径110mのアンテナを有する大型の「赤道大気レーダー」をインドネシア・スマトラ島の赤道直下に設置・稼働させることに成功した。これによって、観測が少なく断片的であった赤道域において、積雲対流が励起する大気波動の伝搬・砕波を捉えるなど、赤道域の大気擾乱の解明が進展し、さらにこの「赤道大気レーダー」を中核設備とする文部科学省特定領域研究「赤道大気上下結合」を組織、その領域代表者として赤道大気力学の発展に目覚ましい貢献をした。

深尾氏は、これらの研究成果を、400編以上の学術論文として国内外の学術誌に発表するとともに、これらの集大成として、2005年に「気象と大気の大気レーダーリモートセンシング」(大川出版賞受賞)を刊行し、工学と物理学の学際領域にある当該研究を、レーダー大気物理学という視点で、初めて、体系的・統一的に論じた。

このように深尾氏は、永年にわたって大気レーダーによる大気物理学の研究と教育に努めるとともに、大気レーダーを気象業務に実用化する基礎を築き、さらに、従来観測の乏しかった赤道域における大気中の波動や擾乱に関して多大な研究成果を挙げるなど、気象学及び気象技術の両面の発展に多大な貢献をした。これら一連の功績に対して、紫綬褒章、島津賞、日経地球環境技術賞等が授与されている。

以上の理由により、日本気象学会は深尾昌一郎氏に藤原賞を贈呈するものである。