

## 2006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：三上正男

(気象庁気象研究所)

業績：風送ダストの発生機構に関する研究

選定理由：

三上正男氏は、1990年代に砂漠化機構の解明を目的として、中国タクラマカン砂漠で長期にわたる観測を行い、砂漠乾燥域における気象要素の基本的特徴や、地表面熱収支の長期変動、山脈とタリム盆地間の局地循環に伴う特徴的な風系の日変化などを明らかにした(Mikami *et al.*, 1995)。その後、IPCCの第三次報告において風送ダストの放射強制力が不明であることが指摘され、その解明は気候変動を予測する上で喫緊の課題となった。三上氏は、このような背景を元に、中国との共同による風送ダストの気候インパクトに関する研究(ADEC)を提案し、2000年より日本側研究代表者として、中国西北部の砂漠から日本に至る広大な領域を対象とした風送ダストの発生・輸送・沈着並びに気候インパクト評価に関する研究を推進した(Mikami *et al.*, 2005a)。この研究において、三上氏は風送ダストの発生機構に関して先進的な研究成果をあげた。

従来は、現実の砂漠において粒径別の飛砂の飛散数やダスト粒子のフラックスを精密に測定する事が出来なかつたため、ダストによる気候インパクト評価に必須である風送ダスト発生過程のパラメタリゼーションと、それに基づくダストモデルの精度が不十分であったが、Mikami *et al.* (2005b)では、飛砂とダスト粒子の粒径と飛散量を精密(多チャンネル、毎秒)に測定する装置の開発を行い、タクラマカン砂漠南部(策勒)の砂礫沙漠(gobi)と砂沙漠(sand dune)において、粒径毎の粒子飛散過程を気象要素と同時に精密測定することに世界で初めて成功した。その結果、飛砂発生量は砂沙漠よりも砂礫砂漠の方が遙かに多いことや、飛砂フラックスが顕著な粒径別の高度依存性をもつことなどを明らかにし、飛砂フラックスの粒径分布が高さによらず一様とする従来の飛砂飛散理論の前提を覆す結果を得た。この新しい観測データを用いてShao and Mikami (2005)では、観測結果を統合的に説明する新しい非一様飛砂飛散理論を提案した。また、こうした観測と並行して、砂漠地表面の土壌水分量の精密測定を行い、飛砂フラックスの土壌水分依存性が

臨界風速の差として現れることや、それが粒径に依存することを観測によって初めて裏付けた(Ishizuka *et al.*, 2005)。

さらに、三上氏は、これまで不明であった東アジアにおける風送ダストの発生域、発生の季節変化や年々変動、積雪や植生などの地表面条件及び気象条件との関係を明らかにするため、1993年から2002年の地上気象観測(SYNOP)データを用いた統計的解析を行い、ダスト発生頻度の地域別、季節別特徴を把握すると共に、ダスト発生頻度の年々変動が風速 $6.5 \text{ ms}^{-1}$ 以上の強風発生頻度によりほぼ説明できる事を示した(Kurosaki and Mikami, 2003)。また、風送ダスト発生の臨界風速が雪面や植生等の地表面条件にも依存することを明らかにし、臨界風速値の雪面効果についてのパラメタリゼーションを提案した(Kurosaki and Mikami, 2004)。

以上で述べたように、三上氏は、これまで観測条件や観測技術上の理由から困難であった砂漠でのダストの精密観測を世界に先駆けて成功させ、気候システムの因子として近年注目されている風送ダストの発生の実態と定量的評価に関する研究を飛躍的に前進させた。

これらの業績により、日本気象学会は、三上正男氏に2006年度日本気象学会賞を授賞するものである。

## 主な関連論文

- Mikami, M., G.-Y. Shi, I. Uno, S. Yabuki, Y. Iwasaka, M. Yasui, Te. Aoki, T. Y. Tanaka, Y. Kurosaki, K. Masuda, A. Uchiyama, A. Matsuki, T. Sakai, T. Takemi, M. Nakawo, N. Seino, M. Ishizuka, S. Satake, K. Fujita, Y. Hara, K. Kai, S. Kanayama, M. Hayashi, M. Du, Y. Kanai, Y. Yamada, X.-Y. Zhang, Z. Shen, H. Zhou, O. Abe, T. Nagai, Y. Tsutsumi, M. Chiba and J. Suzuki, 2005a: Aeolian Dust Experiment on Climate Impact: An Overview of Japan-China Joint Project ADEC, Global Planetary Change, accepted.
- Mikami, M., Y. Yamada, M. Ishizuka, T. Ishimaru, W. Gao and F. Zeng, 2005b: Measurement of saltation process over gobi and sand dunes in the Taklimakan desert, China, with newly developed sand particle counter, *J. Geophys. Res.*, **110**, D18S02,

- doi : 10.1029/2004JD004688.
- Ishizuka, M., M. Mikami, Y. Yamada, F. Zeng and W. Gao, 2005 : An observational study of soil moisture effects on wind erosion at a gobi site in the Taklimakan Desert, *J. Geophys. Res.*, **110**, D18S03, doi : 10.1029/2004JD004709.
- Shao, Y. and M. Mikami, 2005 : Heterogeneous Saltation : Theory, Observation and Comparison, *Boundary-Layer Meteorol.*, **115**, 359-379.
- Mikami, M., T. Aoki, M. Ishizuka, S. Yabuki, Y. Yamada, W. Gao and F. Zeng, 2005 : Observation of Number Concentration of Desert Aerosols in the South of the Taklimakan Desert, China, *J. Meteor. Soc. Japan*, **83A**, 19-30.
- Kurosaki, Y. and M. Mikami, 2004 : Effect of snow cover on threshold wind velocity of dust outbreak, *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L03106, doi : 10.1029/2003GL018632.
- Kurosaki, Y. and M. Mikami, 2003 : Resent frequent dust event and their relation to surface wind in East Asia, *Geophys. Res. Lett.*, **30** (14), 1736. doi : 10.1029/2003GL017261.
- Mikami, M., T. Fujitani and X. Zhang, 1995 : Basic Characteristics of Meteorological Elements and Observed Local Wind Circulation in Taklimakan Desert, *J. Meteor. Soc. Japan*, **73**, 899-908.

日本気象学会賞受賞者：伊藤久徳

(九州大学大学院理学研究院)

業績：大気循環のカオスの振舞いに関する力学的基礎研究

選定理由：

大気大循環は、極めて大きな自由度を有する流体としての力学系、水の相変化に関する熱力学、放射過程、海洋や陸面との相互作用等が絡み合った複雑系のグローバルな運動形態と解釈でき、様々な時間・空間スケールで変動することが知られている。伊藤久徳氏は、これらの変動の中でも数十日よりも短い時間スケールを持つ対流圏中高緯度循環の変動に注目し、これを多くの自由度を持つ流体力学系の非線型性に由来する自励の変動として捉え、この力学系のカオスの振舞いの解明に向けた研究を進展させてきた (Itoh *et al.*, 1996, 1997, 1999)。伊藤氏は、中緯度対流圏循環変動の表現に十分な自由度を持つ準地衡予報方程式系を用い、大気大循環を駆動する赤道-極間の温度差や静的安定度

などの基本パラメータ値を広い範囲で変化させ、それに対する循環変動の特質の依存性について調べた。その結果、南北温度差の増大などで乱流性が増すとともに、大気循環は定常解、周期解、さらには位相空間の狭い部分にアトラクターが局在するカオス解へと遷移していくことや、1つのパラメータ値に対し複数の解が存在することなどを明らかにし、これら多自由度系の解の複雑な性質が解の分岐理論に従って解釈できることも指摘した。そして、系の不安定性が一層増加するにつれて安定なアトラクターは消滅し、解の軌道が位相空間の広い領域を巡るようになるものの、系は依然として元のアトラクターの存在を記憶していることも明らかにした。このように、解の軌道が複数の「アトラクターの廃墟」の間を遷移する性質（カオスの遍歴）は、現実の天候レジームの振舞いと類似しており、その力学的根拠となり得ることを提案した。その一方で、系の不安定性が増すことで解の位相構造が「平坦化」され、その線型的様相が顕在化することを反映し、系の平均状態の周りに線型化された方程式系において特に小さな特異値を持つ「中立モード」により変動の主要パターンが解釈されることも示した。これは、現実の大気変動の大局的振舞いが少数の卓越変動パターンによって記述できるという事実にも力学的根拠を与え得るものである。さらに、これらの解の性質がプリミティブ方程式系でも再現されることや、南半球で観測されるシングルジェットとダブルジェット間の遷移も上記の観点から解釈可能なことも呈示した (Itoh *et al.*, 1999)。

最近では、こうした成果を背景に研究対象を拡大し、北半球中高緯度の循環変動に対する経験直交関数展開で定義される「北極振動」の実在性に関して批判的検証を行ない、データの統計解析のみに基づく安易な現象論的研究に警鐘を鳴らした (Itoh, 2002)。また、北大西洋・北極域、及び北太平洋・北米域にそれぞれ冬季に卓越する対流圏循環変動に対応する下部成層圏の循環変動パターンを同定した (Itoh and Harada, 2004)。

伊藤氏が大気循環系の非線型力学系としての振舞いに関する基礎的理解を大きく進展させ、その後のブロッキングや天候レジーム、卓越変動パターンの理解へ向けて新たな研究の道を開いた業績は高く評価できる。

これらの業績により日本気象学会は、伊藤久徳氏に2006年度日本気象学会賞を授賞するものである。

### 主な関連論文

- Itoh, H. and M. Kimoto, 1996: Multiple attractors and chaotic itinerancy in a quasi-geostrophic model with realistic topography: Implications for weather regimes and low-frequency variability, *J. Atmos. Sci.*, **53**, 2217-2231.
- Itoh, H. and M. Kimoto, 1997: Chaotic itinerancy with preferred transition routes appearing in an atmospheric model, *Physica*, **D109**, 254-292.
- Itoh, H. and M. Kimoto, 1999: Weather regimes, low-frequency oscillations, and principal patterns of variability, *J. Atmos. Sci.*, **56**, 2684-2705.
- Itoh, H., M. Kimoto and H. Aoki, 1999: Alternation between the single and double jet structures in the Southern Hemisphere. Part I: Chaotic wandering, *J. Meteor. Soc. Japan*, **77**, 399-412.
- Itoh, H., 2002: True versus apparent Arctic Oscillation, *Geophys. Res. Lett.*, **29**(8), doi: 10.1029/2001GL013978.
- Itoh, H. and K., Harada, 2004: Coupling between tropospheric and stratospheric leading modes, *J. Climate*, **17**, 320-336.

日本気象学会藤原賞受賞者: 中村健治

(名古屋大学地球水循環研究センター)

業績: 気象衛星による降水過程の観測的研究に関する功績

選定理由:

地球は水の惑星といわれている。その理由として、地球表面の7割が水が占めている事実、また、地球の自然現象や生命現象の多くが水なしでは基本的に成り立たないことなどが上げられよう。中でも、大気現象における水の役割は極めて大きく、放射効果や降水過程を通して、地球の気象や気候の本質的特徴をつくり出している。しかしながら、地球にとって重要な水がどれだけ深く理解されているかといえば、まだまだ不十分と言わざるを得ない。降水過程については、全球的にみると陸上はまだしも海上ではほとんど明らかでない。こういう状況の大幅な改善は、世界中の気象研究者の夢であり、また地球をより深く理解するための不可欠なテーマである。

中村健治氏は、東京大学大学院地球物理学専攻で大気物理学を研究した後、郵政省電波研究所(現通信総合研究所)に勤務し衛星通信の研究に従事した。それ以降、名古屋大学への異動も含めて約30年にわたり、地

球研究の最も重要な課題の1つといえる降水過程の研究について、特に衛星観測の面からの研究を中心に尽力してきた。その研究の果実として、全球規模、特に中緯度・熱帯での降水分布の特徴を明らかにするとともに、降水雲の3次元的構造を解明するなど、降水について新しい視野から知見を深めた。これらは、大気科学における極めて価値ある先駆的成果である。これにより、降水についての長年の懸案であった問題が初めて明らかにされ、地球上の未知圏が大幅に縮小されたといえる。しかし、その一方で数多くの意外な事実も発見されるなど、大気科学に新たな研究の地平を拓いている。例えば、気候モデルで示されている降水の日変化と観測事実の日変化とは大いに様相が異なることなど指摘している。このような成果から、気候モデルの改良に大きなヒントが得られるものと期待できる。

降水過程のそのような観測的研究を可能にさせた1つの要因は、熱帯降水観測衛星(TRMM)プロジェクトと中村氏との深い係わりである。米国主導ではあるが国際的なそのプロジェクトの主要メンバーとして初期の段階から中村氏は参加しており、研究開発や実務面の中核的活動を長年続けてきた。中村氏がこのプロジェクトにおいて示した研究成果や果たした貢献は、多方面にわたっているが、特に観測技術上の数々の困難を克服して、研究レベルの今日の高水準化を先導した点などが注目される。その代表的な業績として、衛星から降水観測を精度よく行うための基本的なアルゴリズムを開発し実用化したことは特筆に値する。また、次世代の全球降水観測ミッション(GPM)に向けても、2周波数降水レーダに関する新たな技術開発を率先して行っている。

降水の衛星観測の結果に基づき、数多くの研究者が降水過程の研究を推進し、それらの成果として世に出た論文は、数百編に上るとみられる。そして、このような活発な研究活動の中から優秀な若手研究者が数多く育っていて、この面での中村氏の大気科学発展に果たした役割も大きいといえる。また、アジア地域の水の大型研究プロジェクトであるGAME計画の国内事務局の中核としても中村氏はその発展を支えている。

以上のように、中村健治氏は、個の研究者として、また、研究グループのリーダーとして、国内はもとより国際的に活発な研究活動を行い、地球気候の中心テーマである降水過程の理解を着実に前進させた。

この功績を高く評価し、日本気象学会は中村健治氏

に2006年度藤原賞を授賞する。

日本気象学会藤原賞受賞者：牧原康隆

(気象庁予報部)

業績：レーダー利用による短時間降水・土砂災害予報の技術開発

選定理由：

牧原康隆氏は、1980年に気象庁予報課勤務となり、現在予報課長の職にあるが、その間一貫して気象レーダーの予報への利用、特に目先数時間の降水予報の開発に従事してきた。降水実況の詳細な把握、さらにそれに基づく降水短時間予報は、集中豪雨に対する気象防災情報として強く要望されてきたところである。牧原氏は開発チームのリーダー的存在として尽力し、「レーダー・アメダス解析雨量」「降水短時間予報」を実用化することによって、雨の詳細かつ定量的な把握とその予測の業務化に貢献した。

「レーダー・アメダス解析雨量」は、従来の雨量計網では見逃されることの多かった局地的大雨を的確に把握するために開発された。これは、気象レーダーによって推定された雨量（レーダー雨量）をアメダス雨量で較正することにより、2.5 km 格子の正確な1時間降水量分布を解析するものである。「レーダー・アメダス解析雨量」の精度は、局地的な集中豪雨の把握に十分であることが確認されており、この開発により集中豪雨の見逃しは皆無になったといえる。

さらに牧原氏は、アメダス雨量計のない海上におけるレーダー雨量の較正アルゴリズムを開発し、海上から接近する豪雨に対する予報精度の向上に寄与した。「レーダー・アメダス解析雨量」はまた、数値予報の初期値としても利用されるなど、高い地域分解能の気象データとして各種の研究・調査にも利用されている。

詳細な降水状況の把握には、1時間雨量だけでなくレーダーエコーによる10分ごとの監視も不可欠である。エコー強度から推定される降雨強度は誤差が大きいことは周知のことであるが、牧原氏は「レーダー・アメダス解析雨量」算出の手法を応用してエコー強度を較正し、精度向上を図った。10分ごとの全国のレー

ダーエコー分布は、「レーダー・アメダス解析雨量」とともにインターネットのウェブサイトで見ることができ、その降雨強度は実用上十分な精度にまで高められている。

レーダーエコーの移動を外挿して目先数時間の降水分布を予測しようとする計画はレーダー設置当初からあったが、日本のように地形の複雑なところでは、大きな誤差が生じた。牧原氏は、停滞性の地形性降雨の混在する降雨域の移動速度を推定する技術を確認し、また降雨域の地形による発達・衰弱アルゴリズムを導入することで、「レーダー・アメダス解析雨量」に基づく目先3時間の詳細な1時間降水量予測「降水短時間予報」を実用化した。

集中豪雨による災害には河川の洪水と並んで、がけ崩れや土石流のようないわゆる土砂災害がある。土砂災害は降雨量のほか土壌水分量にも密接に関係する。牧原氏は「レーダー・アメダス解析雨量」や「降水短時間予報」を入力として、タンクモデルを全国5 km 格子ごとに設定し、土壌表層の水分量を推定する「土壌雨量指数」を開発した。土砂災害の予測には、豪雨の実況・予測のほかに数週間前までに遡る先行雨量が密接に関係する。この指数はこのような過去から将来にわたる降雨による土砂災害の危険度を統一的に的確に表現するものである。さらに、「斜面崩壊の免疫性」を考慮するため、過去10年間に遡り5 km 格子で計算した土壌雨量指数と比較する手法を開発した。

この指数を利用して気象庁・国土交通省が共同開発し、一部の県で業務化された「土砂災害警戒情報」は、全国展開が進展しており、土砂災害防止への効果が期待される。「土壌雨量指数」の実用性については、砂防学会からも高く評価されている。

以上のように、牧原氏は詳細な降水量の把握、さらにその目先数時間の予報の技術開発に一貫して中心的な役割を果たした。また、これらを利用して、土砂災害発生に対しても実用的な予測手法を開発し、災害予防に大きく貢献した。

この功績を高く評価し、日本気象学会は牧原康隆氏に2006年度藤原賞を授賞する。