

2008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：岩崎俊樹

(東北大学大学院理学研究科)

業績：温位面上での質量重み付き帯状平均を用いた
大気大循環の研究

選定理由：

オイラー平均に基づく大気子午面循環は、波動擾乱により実際の大气微量成分や質量輸送とは大きく異なる構造を示す。Andrews and McIntyre (1976) により提案された変形オイラー平均 (Transformed Eulerian Mean) 方程式系は、波動に伴う熱フラックス収束と平均鉛直風に伴う断熱冷却を一体として扱うことで、この問題の解決を図り、ラグランジュ的な流れを表現するのに成功した。しかし、擾乱の微小振幅を仮定するなどの限界があり、また、下部境界の扱いに困難があった。これに対し、岩崎氏は、有限振幅の断熱擾乱を正確に扱える温位座標系で質量の重みを付加して東西平均をとることで、下部境界条件が容易に扱える温位面上での質量重み付き帯状平均 (Mass-weighted Isentropic Zonal Mean ; MIM) を考案した (Iwasaki 1989, 1998, 2001)。温位面で帯状平均した気圧を鉛直軸に用いることで、温位座標系のように座標系そのものの季節変化を考慮する必要がなく、気圧座標系や対数気圧座標系と同様に実空間での運動に近い解釈を与える (Iwasaki 1992)。この座標系を用いれば、たとえば、中緯度対流圏に卓越する傾圧擾乱に伴う、ラグランジュ的直接循環の対流圏下部の低緯度向きの流れもうまく表現できる (Iwasaki 1990)。岩崎氏は、MIM における擾乱の角運動量輸送 (Eliassen-Palm Flux) が、微小擾乱と地衡風平衡を仮定したときに TEM 系の EP Flux と一致することを示し、TEM 系の拡張であることを明らかにした (Iwasaki 2001 ; Tanaka *et al.* 2004)。また、実データを用いた TEM 系と MIM 系の比較解析により、有限振幅の取り扱いは成層圏極渦付近で有効であることも示した。MIM は温位が基本であることから物質輸送も容易に取り扱える (Miyazaki and Iwasaki 2005 ; Miyazaki *et al.* 2005a, b)。オイラー平均方程式系においては、拡散行列が非対称で、低濃度から高濃度への負の拡散が現れるが、温位座標系と同様、MIM 系では断熱過程に対しては厳密に対称となり、擾乱による拡散効果がより直観的に表現できる。

さらに、岩崎氏は、ローレンツのエネルギーサイクルを参考に、MIM 系を用いた大気大循環を議論した。MIM 系では、東西平均有効位置エネルギーから擾乱の有効位置エネルギーへの流れは完全に消える (Iwasaki 2001)。そして、擾乱の有効位置エネルギーと運動エネルギーをまとめることで、東西平均有効位置エネルギー、東西平均運動エネルギー、擾乱エネルギーを一列に結ぶエネルギーの流れが描けることを示した (Uno and Iwasaki 2006)。ここにはローレンツのエネルギーサイクルで問題となっていた閉じた回路が現れない。岩崎氏の提案した MIM 系は、このように、波動擾乱を含めた大気大循環の力学の解釈を明確にし、今後様々な発展、応用 (Kodama *et al.* 2007) が考えられる方程式系である。

以上の理由により日本気象学会は岩崎俊樹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)

- Iwasaki, T., 1989 : A diagnostic formulation for wave-mean flow interactions and Lagrangian-mean circulation with a hybrid vertical coordinate of pressure and isentropes. *J. Meteor. Soc. Japan*, **67**, 293-312.
- Iwasaki, T., 1990 : Lagrangian-mean circulation and wave-mean flow interactions of Eady's baroclinic instability waves. *J. Meteor. Soc. Japan*, **68**, 347-356.
- Iwasaki, T., 1992 : General circulation diagnosis in the pressure-isentrope hybrid vertical coordinate. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 673-687.
- Iwasaki, T., 1998 : A set of zonal mean equations in a pressure-isentrope hybrid vertical coordinate. *J. Atmos. Sci.*, **55**, 3000-3002.
- Iwasaki, T., 2001 : Atmospheric energy cycle viewed from wave, mean-flow interaction and Lagrangian mean circulation. *J. Atmos. Sci.*, **58**, 3036-3052.
- Tanaka, D., T. Iwasaki, S. Uno, M. Ujiie and K. Miyazaki, 2004 : Eliassen-Palm flux diagnosis based on isentropic representation. *J. Atmos. Sci.*, **61**, 2370-2383.
- Miyazaki, K., T. Iwasaki, K. Shibata, M. Deushi and T. Sekiyama, 2005a : The impact of changing meteorological variables to be assimilated into GCM on ozone simulation with MRI CTM. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83**, 909-918.

Miyazaki, K., T. Iwasaki, K. Shibata and M. Deushi, 2005b : Roles of transport in the seasonal variation of the total ozone amount. *J. Geophys. Res.*, **110**, D18309, 1029/2005JD005900.

Miyazaki, K. and T. Iwasaki, 2005 : Diagnosis of meridional ozone transport based on mass-weighted isentropic zonal means. *J. Atmos. Sci.* **62**, 1192-1208.

Uno, S., and T. Iwasaki, 2006 : A cascade-type global energy conversion diagram based on wave-mean-flow interactions. *J. Atmos. Sci.*, **63**, 3277-3295.

Kodama, C., T. Iwasaki, K. Shibata and S. Yukimoto, 2007 : Changes in the stratospheric mean meridional circulation due to increased CO₂ : Radiation- and sea surface temperature-induced effects. *J. Geophys. Res.*, **112**, D16103.

日本気象学会賞受賞者：青木輝夫

(気象研究所物理気象研究部)

業績：積雪の光学特性とリモートセンシングに関する研究

選定理由：

積雪の光学特性に関する研究は1970年代後半から80年代前半に大きく進歩し、積雪粒子による散乱過程を比較的簡単な放射伝達モデルによって再現することにより、積雪粒径と積雪中の不純物（不溶性固体粒子）濃度が積雪アルベドを支配する重要な要素であることが理論的に予測されていた。また、積雪アルベドは大気条件によっても変化することが観測から指摘されていたが、その影響がどの程度か定量的には見積もられていなかった。青木氏は1990年代に地球観測衛星 ADEOS-II の光学センサーGLI チームの一員として、大気-積雪系の放射伝達モデルの開発に取り組み、大気中の気体成分、エアロゾル、雲が積雪の波長別・広帯域アルベドに与える影響を定量的に示した (Aoki *et al.* 1999)。また、雪氷面上における衛星検証観測を実施し、精密な分光放射観測と積雪断面観測から、波長別のアルベドや衛星観測に重要な双方向反射率が、大気と積雪層を適切にモデル化することにより精度良く再現できることなどを明らかにした (Aoki *et al.* 2000)。

青木氏はその後、雪氷圏の将来予測のためには、従来の経験的な積雪アルベドモデルを物理モデル化する必要があると考え、北見で二冬期間の連続放射収支観測と高頻度の積雪断面観測を行った。その結果から降

雪後、経過時間と共にアルベドが低下する効果 (aging 効果) が雪質や汚れに依存することを示し、更に大気-積雪系の放射伝達モデルを用いて、冬期間全体を通じて、可視域及び近赤外域のアルベドがそれぞれ積雪粒径及び不純物濃度により支配されていることを明らかにした (Aoki *et al.* 2003)。さらに、同種の観測を新庄や札幌でも実施し、積雪不純物とその起源である大気エアロゾルとの関係 (Motoyoshi *et al.* 2005) や、積雪不純物の粒径分布が大気エアロゾルの乾性沈着と湿性沈着の割合で決まること (Aoki *et al.* 2006)、札幌のアルベド低下が積雪不純物に含まれる黒色炭素及びダスト濃度に依存していること (Aoki *et al.* 2007a) などを明らかにした。

青木氏は同時に、上記積雪物理量のリモートセンシングのためのアルゴリズム開発や地上検証観測にも取り組み、ADEOS-II 打ち上げ前の航空機観測から、氷に対する吸収特性の異なる近赤外域の複数のチャンネルを用いることにより、積雪粒径の鉛直分布情報が抽出できることを示した (Tanikawa *et al.* 2002)。その後、MODIS 及び GLI 観測と同期してアラスカや北海道で数多くの衛星検証観測を行い、積雪粒子を非球形粒子で近似した場合の双方向反射率への効果 (Kokhanovsky *et al.* 2005) や非球形粒子の等価積雪粒径の検証 (Tanikawa *et al.* 2006)、GLI のセンサー校正値の基礎データを提供した衛星相互比較校正観測 (Nieke *et al.* 2004)、赤外窓領域における雪氷面の波長別射出率が積雪粒径と表面構造に依存する観測結果 (Hori *et al.* 2006) などの成果を挙げた。そしてこれらを利用して、世界で初めて全球規模の積雪物理量の抽出に成功した。これらの GLI 雪氷プロダクトの生成に関する研究は、3編のシリーズとなる論文：理論的背景 (Stamens *et al.* 2007)、地上検証観測結果 (Aoki *et al.* 2007b)、衛星抽出物理量の解析結果 (Hori *et al.* 2007) として発表した。

青木氏の開発した放射伝達モデルは上記の分野にとどまらず、紫外線モデル (Aoki *et al.* 2002) として、気象庁の紫外線情報予測業務に利用され、また、GLI 放射輝度シミュレータ (T. Y. Nakajima *et al.* 2003) の雪氷計算スキームや、雪氷面上の大気中ダストによる放射強制力の見積もり (Aoki *et al.* 2005) などにも利用されている。

以上述べたように、青木氏は積雪を対象とした放射伝達モデルを大気との相互作用を考慮しながら実用的なレベルにまで高度化し、条件の厳しい雪氷面上での

独自開発装置を用いたキャンペーン観測や連続観測を地道に続けることにより、積雪の光学特性に関する多くの新しい知見を得ると同時に、衛星リモートセンシングの新しい分野を開拓した。

以上の理由により、日本気象学会は青木輝夫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)

- Aoki, Te., Ta. Aoki, M. Fukabori and A. Uchiyama, 1999 : Numerical simulation of the atmospheric effects on snow albedo with a multiple scattering radiative transfer model for the atmosphere-snow system. *J. Meteor. Soc. Japan*, **77**, 595-614.
- Aoki, Te., Ta. Aoki, M. Fukabori, A. Hachikubo, Y. Tachibana and F. Nishio, 2000 : Effects of snow physical parameters on spectral albedo and bidirectional reflectance of snow surface. *J. Geophys. Res.*, **105**, 10219-10236.
- Aoki, Te., Ta. Aoki, M. Fukabori and T. Takao, 2002 : Characteristics of UV-B irradiance at Syowa Station, Antarctica : Analyses of the measurements and comparison with numerical simulations. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, 161-170.
- Tanikawa, T., Te. Aoki and F. Nishio, 2002 : Remote sensing of snow grain-size and impurities from Airborne Multispectral Scanner data using a snow bidirectional reflectance distribution function model. *Ann. Glaciol.*, **34**, 74-80.
- Aoki, Te., A. Hachikubo and M. Hori, 2003 : Effects of snow physical parameters on shortwave broadband albedos. *J. Geophys. Res.*, **108**, 4616, doi : 10.1029/2003JD003506.
- Nakajima, T. Y., H. Murakami, M. Hori, T. Nakajima, Te. Aoki, T. Oishi and A. Tanaka, 2003 : Efficient use of an improved radiative transfer code to simulate near-global distributions of satellite-measured radiances. *Appl. Opt.*, **42**, 3460-3471.
- Nieke, J., Te. Aoki, T. Tanikawa, H. Motoyoshi and M. Hori, 2004 : A satellite cross-calibration experiment. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, **1**, 215-219.
- Kokhanovsky, A. A., Te. Aoki, A. Hachikubo, M. Hori and E. P. Zege, 2005 : Reflective properties of natural snow : approximate asymptotic theory versus in situ measurements. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, **43**, 1529-1535, doi : 10.1109/TGRS.2005.848414.
- Motoyoshi, H., Te. Aoki, M. Hori, O. Abe and S. Mochizuki, 2005 : Possible effect of anthropogenic aerosol deposition on snow albedo reduction at Shin-jo, Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83A**, 137-148.
- Aoki, Te., T. Y. Tanaka, A. Uchiyama, M. Chiba, M. Mikami, S. Yabuki and J. R. Key, 2005 : Sensitivity experiments of direct radiative forcing caused by mineral dust simulated with a chemical transport model. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83A**, 315-331.
- Aoki, Te., H. Motoyoshi, Y. Kodama, T. J. Yasunari, K. Sugiura and H. Kobayashi, 2006 : Atmospheric aerosol deposition on snow surfaces and its effect on albedo. *SOLA*, **2**, 13-16, doi : 10.2151/sola.2006-004.
- Hori, M., Te. Aoki, T. Tanikawa, H. Motoyoshi, A. Hachikubo, K. Sugiura, T. J. Yasunari, H. Eide, R. Stordvold, Y. Nakajima and F. Takahashi, 2006 : In-situ measured spectral directional emissivity of snow and ice in the 8-14 μ m atmospheric window. *Remote Sens. Environ.*, **100**, 486-502, doi : 10.1016/j.rse.2005.11.001.
- Tanikawa, T., Te. Aoki, M. Hori, A. Hachikubo, O. Abe and M. Aniya, 2006 : Monte Carlo simulations of spectral albedo for artificial snowpacks composed of spherical and nonspherical particles. *Appl. Opt.*, **45**, 5310-5319.
- Aoki, Te., H. Motoyoshi, Y. Kodama, T. J. Yasunari and K. Sugiura, 2007a, Variations of the snow physical parameters and their effects on albedo in Sapporo. *Japan. Ann. Glaciol.*, **46**, 375-381.
- Aoki, Te., M. Hori, H. Motoyoshi, T. Tanikawa, A. Hachikubo, K. Sugiura, T. J. Yasunari, R. Stordvold, H. A. Eide, K. Stamnes, W. Li, J. Nieke, Y. Nakajima and F. Takahashi, 2007b : ADEOS-II/GLI snow/ice products : Part II : Validation results using GLI and MODIS data. *Remote Sens. Environ.*, **111**, 274-290, doi : 10.1016/j.rse.2007.02.035.
- Stamnes, K., W. Li, H. Eide, Te. Aoki, M. Hori, and R. Stordvold, 2007 : ADEOS-II/GLI snow/ice products : Part I : Scientific basis. *Remote Sens. Environ.*, **111**, 258-273, doi : 10.1016/j.rse.2007.03.023.
- Hori, M., Te. Aoki, K. Stamnes and W. Li, 2007 : ADEOS-II/GLI snow/ice products : Part III : Retrieved results. *Remote Sens. Environ.*, **111**, 291-336, doi : 10.1016/j.rse.2007.01.025.

日本気象学会藤原賞受賞者：松本誠一

(元気象庁気象研究所)

業績：日本における豪雪・豪雨等のメソ気象学の総合的研究の推進

選定理由：

松本誠一氏は、1945年東京帝国大学理学部卒業後、中央気象台研究部に勤務、気象研究所の設置に伴い、理論気象研究室において主に予報関係の理論的研究を行った。その後、予報研究部第一研究室長として北陸豪雪や梅雨末期集中豪雨に関する研究プロジェクトを推進した。この間、アメリカ合衆国及びカナダにおいて研究を行うとともに、1957年に傾圧大気中の擾乱の研究によって、東京大学より学位を取得した。1970年福岡管区気象台技術部長となり、その後、気象庁予報部予報課長、仙台管区気象台長、東京管区気象台長、気象庁海洋気象部長、気象衛星センター所長、気象研究所長を歴任し、1983年退官した。

1960年代、各地に豪雨や豪雪による災害が頻発した。豪雨や豪雪を引き起こす中規模擾乱は、天気現象を支配する重要な因子であることが明らかであったにもかかわらず、その本格的な研究は遅れていた。これは、ルーチン気象観測やレーダー観測資料のみでは、中規模擾乱の構造などを詳細に捉えることが出来ず、主に定性的議論に留まっていたからである。気象庁では気象研究所を中心に豪雨・豪雪の特別研究を実施することとなり、1962年から5年間にわたって北陸豪雪特別研究、さらに1968年から5年間にわたって梅雨末期集中豪雨特別研究を実施した。いずれも当時としては非常に大規模でかつ組織的な観測研究プロジェクトであった。現在では、メソスケールの現象は気象学の主要な研究分野になっており、研究観測プロジェクトは極めて基本的な研究手段として広く行われている。しかし、1960年代の日本においては初めての試みであり、その実施には多くの困難が伴った。気象研究所予報研究部第一研究室長であった松本氏は、研究プロジェクトを実質的に指揮し研究を成功に導いた。

松本氏はこの特別観測資料を種々の角度から解析し、豪雪を伴う中規模擾乱およびそれに関連した現象の研究を推進した。これは日本における、新しい総観気象学及びメソスケール気象学の始まりであった。松本氏は、豪雪に関連する寒冷渦・寒気ドームの構造と変化を明らかにし、上層に侵入した寒気は、海面からの著しいエネルギーの補給とあいまって、成層状態を不安定にし、対流活動のみならず中規模擾乱発達のための条件を作り出すことを示した。さらに、日本海上における気団変質の様相や積雲対流の組織化、特定地点から発現する積雲列が、集中豪雪に関連を持つ場合のあることなど、日本海沿岸の豪雪の実態を明らかに

した。さらに、メソスケールの擾乱が重力波の性質を示すことなど、先駆的な研究を行った。1969年にこれら降雪に伴う中規模擾乱に関する研究により日本気象学会賞を受賞した。

さらに、梅雨末期集中豪雨特別研究のデータに基づいて、梅雨前線豪雨の総合的・本格的な研究を行った。この一連の研究により、①豪雨と下層ジェットを伴う梅雨前線の構造と変化、②梅雨前線上に発生する中間規模擾乱の実態、③メソスケールの降水群の変化等の多くの知見を得た。これらの研究成果は今日では常識的な知識として広く理解されているが、当時においては、独創的な成果であり、その後の豪雨・豪雪研究の基礎を築いた。

これら二つの研究プロジェクトを組織し成功させた松本氏の貢献は特筆すべきものである。また、このプロジェクトを通じて多くの研究者がメソ気象学の分野に取り組み、多くの成果が得られたことも、松本氏の指導力によるところが大である。

松本氏は気象庁の管理職として気象業務に貢献するとともに、東京大学や九州大学において気象学の講義を担当し、教育にも貢献した。また、総観気象学に関する教科書を執筆するなど、気象学の発展にも貢献した。このほかにも、日本学術会議委員、各種審議会委員を歴任し、日本の地球物理学の発展に貢献した。

以上の理由により、日本気象学会は松本誠一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：廣田 勇

(京都大学名誉教授)

業績：中層大気力学研究の推進並びに大気力学研究者の育成及び日本気象学会の運営への貢献

選定理由：

廣田 勇氏は、1961年東京大学理学部を卒業後大学院に進学、カルマン渦列の数値的研究、傾圧不安定波に関する理論的研究、さらに成層圏循環に関する研究に携わった。1966年東京大学理学部助手となり、1968年に傾圧不安定に関する研究で東京大学より学位を取得した。その後、気象庁気象研究所主任研究官、京都大学理学部助教授を歴任した他、米国大気科学研究センター及び英国オックスフォード大学においても研究を行った。1983年京都大学理学部教授に就任し、2001年3月定年退官し名誉教授となった。

廣田氏は、中層大気におけるプラネタリー波、赤道

波、内部重力波などの大気波動に関する研究分野において、気象衛星データ、気象ロケットデータ、さらに気象ゾンデデータを駆使した現象解析に基づき、新たな知見を提示するとともに、観測事実から理論へと発展させる現象解明型の研究手法を構築した。1976年にはこれら中間圏・成層圏におけるプラネタリー波の研究により日本気象学会賞を受賞した。その後も、成層圏突然昇温の立体構造に関する研究、プラネタリー波の非定常伝播に関する解析的・理論的研究、赤道帯状風の半年周期振動(SAO)に果たす高速東進ケルヴィン波の重要性の発見、中層大気におけるノーマルモードロスビー波の発見、中層大気重力波に関する一連の解析的研究、さらに、対流圏界面付近における中間規模東進波動の発見など、多くの研究業績を挙げ、日本における大気波動に関する研究を大いに発展させた。

また、廣田氏は京都大学在職中、多数の大学院生を指導し、多くの若手研究者を学界に送り出した。彼ら

は、現在の日本における気象学研究の中核を担っている。優れた研究者を多数生み出した氏の教育業績は特筆に値する。さらに、優れた教科書や解説書を多数執筆し、大気物理学、大気波動に関する研究の啓発にも尽力した。

廣田氏は1998年から2006年までの4期8年間にわたり、(社)日本気象学会理事長として学会の運営に貢献した。この間、理事長学術講演や日本・中国・韓国気象学会共催の国際シンポジウムを開催するなど多くの新しい学会活動を展開した。また、日本地球惑星科学連合評議会の初代議長に就任し、日本における地球惑星科学研究の振興にも貢献した。さらに、中層大気国際共同観測計画(MAP)運営委員会委員などを歴任し、1984年の京都国際MAPシンポジウム開催に際してはその運営の中心を勤め、日本の大気科学ひいては世界の気象科学の発展に貢献した。

以上の理由により、日本気象学会は廣田 勇氏に藤原賞を贈呈するものである。