

## 2002年度山本・正野論文賞の受賞者決まる

**受賞者：**竹村俊彦（九州大学応用力学研究所 助手）

**対象論文：**Single-scattering albedo and radiative forcing of various aerosol species with a global three-dimensional model. *J. Climate*, 15, 333-352 (Feb, 2002) (by Toshihiko Takemura, Teruyuki Nakajima, Oleg Dubovik, Brent N. Holben, and Stefan Kinne)

**選定理由：**人為起源エアロゾルが引き起こす放射強制力は、温室ガスによる温室効果を相殺するメカニズムとして注目されており、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第3次報告書でも詳細に検討されている重要な研究テーマである。本論文は、全球大気大循環モデルにエアロゾル輸送・大気放射モデルを結合することによって、地球温暖化問題の主要研究課題であるエアロゾルの光学的パラメーター（光学的厚さ、オンゲストローム指数、単散乱アルビード）の全球分布をシミュレーションするとともに、エアロゾルによる放射強制力を評価したものである。

エアロゾルは、間接効果を加味するとCO<sub>2</sub>などの温暖化ガスの放射強制力を上回る可能性が指摘されている。これまでは、エアロゾル分布の空間的・時間的不均一性、化学組成・粒径分布の多様性が、温暖化効果のシミュレーションの障害となってきた。竹村氏は、主要4種のエアロゾル（硫酸塩、炭素性、土壌起源、海塩起源）を同時に扱うことのできるエアロゾルモデルを開発し、そのモデルを大気循環モデルと結合して、エアロゾルの発生・移流・拡散・硫黄系の化学反応・除去過程を計算している。特に、太陽・赤外領域にわたる放射場に対するエアロゾルの効果が導入されており、人為起源・自然起源エアロゾルの増減に伴う気候変動をシミュレートできるモデルを構築している。

本論文では、竹村氏が開発したモデルを基に、個々のエアロゾル種ではなく、気柱全体の総体としてのエアロゾル濃度の光学的パラメーターを算出した。これと、NASA/AERONET 日射観測ネットワークによって得られた最新の観測値とを詳細に比較することによりモデルを検証し、放射強制力の地域分布と季節変化を計算した。計算された直接効果の全球平均値は $-0.2 \text{ W/m}^2$ で、IPCCの評価 ( $-0.1 \sim -1.6 \text{ W/m}^2$ ) の下限に近い値を示したが、本モデルは

観測値と比較・検証された光学的パラメーターに基づいており、信頼度の高い値を算定する新たな手法を提案している。また、感度実験を行い、雲が存在する大気では、エアロゾルと雲層の高度分布やエアロゾルの種類の違いによって、直接効果の符号や大きさが異なることも示している。

このように、本論文は、地球温暖化に関するエアロゾルによる放射効果の不確実性の評価に多大の寄与をしており、気象学の発展に貢献が大である。

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

**受賞者：**高谷康太郎（地球フロンティア研究システム 研究員）

**対象論文：**A formulation of a phase-independent wave-activity flux of stationary and migratory quasi-geostrophic eddies on a zonally varying basic flow. *J. Atmos. Sci.*, 58, 608-627 (March, 2001) (by Koutarou Takaya and Hisashi Nakamura).

**選定理由：**ロスビー波の伝播の様子を明らかにすることは、大気循環変動を理解する上で非常に重要である。例えば、エル・ニーニョ等に伴うテレコネクションやブロッキング高気圧など異常気象をもたらす停滞性循環偏差の形成には、定常ロスビー波束の伝播が重要である事が知られている。また、移動性高低気圧波の時間発展における移動性ロスビー波束の重要性も近年指摘されている。このようなロスビー波束の伝播は「波の活動度フラックス」により表現できる。「活動度フラックス」の例として、伝統的な Eliassen-Palm フラックスや、1986年 Plumb の提案によるものが挙げられる。だが、フラックスの各項が含む強い半波長成分を除去するために、前者においては東西平均を施したが故に波束の東西伝播が表現できず、後者においては時間平均を施したが故に定常ロスビー波束に適用不能という適用上の制約が各々存在した。一方、1985年に Plumb は定常ロスビー波束の3次元伝播を表現可能なフラックスを提案したが、かなり発見的な導出法ゆえ、基本流として東西一様な西風を仮定せざるを得ず、かつフラックス各項の物理的意味が不明確という点で不満が

残った。

これらのフラックスは何れも、ロスビー波の力学的保存量の1つである「偽運動量」を波のエンストロフィーを用いて表現し、その保存則から導出がなされている。本論文では、この量の東西非一様基本流中での近似保存則を導くと共に、東西非一様流における波のエネルギーの近似保存則に基づき、「偽運動量」の別表現の保存則も得た。そして、それらの和として、「偽運動量」の新しい表式とそのフラックスを合理的に導出することに成功した。この「活動度フラックス」は、時間平均場として定義される東西非一様な基本流中を3次元的に伝播するロスビー波束の様子を、停滞性・移動性に限らず、任意の瞬間において平均操作無しに表現できる。波源特定の信頼性が従来のもものと比較して向上したことや、導出に用いたWKB的近似の妥当性は、数値モデルの結果や観測データへの適用から論文の中で確認されている。

また、本論文では関連する Transformed Eulerian Mean 方程式系を東西非一様基本流へ合理的に拡張し、ロスビー波束から平均流へのフィードバックの3次元場を、任意の瞬間において評価することに初めて成功した。更に、フラックス各項の物理的

解釈を通じ、定常ロスビー波束の伝播機構を明示した。即ち、波束に伴う気圧偏差の「節」では運動量や熱の輸送に伴い基本流の西風運動量が波源方向へ輸送される一方、「山」・「谷」においてジオポテンシャルフラックスが必ず仕事が必ず東向きであり、これが群速度の向きに反映されることを明確に示した。

これまで、本論文で提案されたもの以外にも、東西非一様基本流に適用可能で、より厳密な保存則に従う「活動度フラックス」が提案されているが、その適用性は非常に限定されていた。一方、本論文のフラックスは、線型論に根ざしたものであるが、過去3年にわたる気象庁月例気候診断での活用実績からも明らかのように、その有効性・実用性の高さは線形論の限界を補って余りあるものである。

このように、物理的解釈を明確にしながら、現実的なロスビー波束の伝播とそのフィードバックを表現し得る力学診断法の導出に初めて成功した本論文の成果は、理論的に優れたものであり、気象学の発展ばかりではなく地球流体力学に対しても重要な貢献を為し、今後の幅広い活用が期待される。

以上の理由から、日本気象学会は、高谷康太郎会員に、今年度の山本・正野論文賞を贈るものである。

## 2002年度堀内賞の受賞者決まる

受賞者：河村公隆（北海道大学低温科学研究所）

業績：大気中の有機エアロゾルの化学に関する研究

選定理由：エアロゾル中の有機物は太陽光を反射するだけでなく、凝結核として雲の形成に深く関わる大気成分である。近年、水溶性の有機酸が、硫酸塩とともに、大気中に高い濃度で存在することが明らかとなるにつれ、有機エアロゾルの持つ放射への直接的・間接的効果の重要性が指摘される様になった。こうした点はIPCCの報告(2001)でも取り上げられている。

河村会員は、大気中の水溶性有機物の研究がほとんどなかった80年代から有機酸に着目し、その測定法を開発してきた。それらを都市大気に応用した結果、酢酸など低分子モノカルボン酸は気相として高い濃度で存在するのに対し、シュウ酸など低分子ジカルボン酸は大部分がエアロゾルとして存在することを明らかにした。更に、これら有機酸は一部が化石燃料の燃焼などによって大気中に直接放出される

ものの、大部分は光化学反応により大気中で二次的に生成することを明らかにした。また、雨の分析を通して、有機酸が降雨中の主要な有機物であることも見出した。特に低分子ジカルボン酸は、親水性の官能基であるカルボキシル基を2つ持つために蒸気圧が低いことから、大気中でのそれらの高い濃度はエアロゾルの持つ雲凝結核能力を高めると提案した。

90年代に河村会員は有機エアロゾルの研究をグローバルへと展開した。北極の春期において、シュウ酸など低分子ジカルボン酸の濃度が太陽が昇る前に比べて10数倍に増加することを見いだした。これは、冬期に低・中緯度から大気輸送された有機物が春のポーラーサンライズ期に光化学的に酸化された結果、ジカルボン酸が生成されたものである。また海洋大気中に、シュウ酸を主成分とするジカルボン酸が広く分布し、人間活動の影響の強いアジア大陸近傍および西部北太平洋で高い濃度を示すことを明