

2013年度山本・正野論文賞の受賞者決まる

受賞者：山崎 哲（独立行政法人海洋研究開発機構地球シミュレータセンター）

対象論文：Yamazaki, A. and H. Itoh, 2013: Vortex-vortex interactions for the maintenance of blocking. Part I: The selective absorption mechanism and a case study. *J. Atmos. Sci.*, **70**, 725-742.

Yamazaki, A. and H. Itoh, 2013: Vortex-vortex interactions for the maintenance of blocking. Part II: Numerical experiments. *J. Atmos. Sci.*, **70**, 743-766.

選定理由：ブロッキングとは、対流圏の中高緯度偏西風帯において大規模で準定常的な高気圧が発達し、偏西風を持続的に蛇行させる現象であり、熱波や異常低温、豪雪などの異常気象を引き起こす主要因である。しかし、ブロッキングの形成・持続メカニズムを包括的に矛盾無く説明する堅牢な理論は未だ存在しない。特に、ブロッキング高気圧の特筆すべき特徴である、散逸の時間スケールを上回る持続性をもたらすメカニズムの解明は、依然として気象力学における重要な研究課題として残されている。

従来の研究では、ブロッキングによって東進が阻害される移動性高低気圧が、渦度輸送を通じてブロッキングの維持に重要な役割を果たし得ることが指摘されてきた。しかし、既存の理論ではブロッキング高気圧と移動性高低気圧との非線形相互作用は適切に表現されていなかった。対象論文において山崎 哲氏は、こうした非線形相互作用を説明する「ブロッキング高気圧による低渦位の選択的吸収メカニズム (Selective Absorption Mechanism: SAM)」という新しいメカニズムを提唱し、ブロッキングの維持に SAM が本質的な役割を果たしていることを実証した。

まず、山崎氏は Part I において SAM の提案に当たり、ブロッキングの持続メカニズムを力学的保存量である渦位の供給メカニズムとして捉え直した。すなわち、ブロッキング高気圧に伴う低渦位は散逸過程によって失われようとするが、移動性渦擾乱による低渦位の供給があればブロッキング高気圧は維持されるという考えである。この供給過程においては、同じ極性を持つ渦同士は互いに引き合っ

ておこす「渦-渦相互作用」が働く。このため、ブロッキング高気圧は、同じく低渦位を持つ移動性高気圧が接近してくると、それを引き寄せて吸収する。一方、高渦位を持つ移動性低気圧はブロッキング高気圧には近づけず、むしろ遠ざかる傾向を示す。こうして低渦位の移動性高気圧がブロッキング高気圧へ選択的に吸収されることで、低渦位のブロッキング高気圧が持続できると考察した。

この SAM の有効性を検証するため、山崎氏は観測された10個のブロッキングイベントについて前方および後方流跡線解析を行った。その結果、ブロッキングの上流側に存在する移動性高気圧から出発した低渦位をもつ粒子がブロッキングに吸収されることや、逆に持続しているブロッキング高気圧内部に存在する粒子は、時間を遡って追跡すると、そのほとんどが上流側の移動性高気圧を起源とすることが確認された。この事実は、SAM の妥当性を実証している。

さらに、対象論文 Part II においては、中緯度ベータ平面あるいは球面上での非線形等価順圧モデルを用いた数値実験により SAM の有効性の検証が行われた。これらの実験では、現実のブロッキング高気圧やそれを模したいくつかの厳密解を初期場に与え、その上流域で移動性高低気圧を模した総観規模の波状擾乱を発生させた場合とさせない場合とで、ブロッキング高気圧の振る舞いを比較した。その結果、ブロッキングの振幅や形状、移動性高低気圧の強度や伝播経路の緯度などのパラメータに大きく依存することなく、SAM を介した移動性高低気圧との相互作用によってブロッキング高気圧の持続性が高まる傾向が明らかとなり、SAM の堅牢性が確認された。

このように、山崎氏が本論文で提唱した SAM は、ブロッキングの維持過程を矛盾無く説明する堅牢な理論であり、これまでの研究とは一線を画す独創的なものである。なお、対象論文は伊藤久徳氏との共著であるが、SAM 理論の考案やその有効性検証のための解析や数値実験は全て山崎氏の主導により行なわれている。

以上の理由により、日本気象学会は山崎 哲氏に2013年度山本・正野論文賞を贈呈するものである。

受賞者：茂木信宏（東京大学大学院理学系研究科）

対象論文：Moteki, N., Y. Kondo, N. Oshima, N. Takegawa, M. Koike, K. Kita, H. Matsui, and M. Kajino, 2012: Size dependence of wet removal of black carbon aerosols during transport from the boundary layer to the free troposphere. *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L13802, doi:10.1029/2012GL052034.

選定理由：大気中のエアロゾルは、太陽放射を散乱・吸収する（直接効果）あるいは雲の物理特性を変える（間接効果）ことにより、地球の放射収支に大きな影響を与える。直接・間接効果において特に重要なものは直径0.1～1 μmの累積モードのエアロゾルである。境界層内の累積モードのエアロゾルは、雲-降水過程で大部分が除去される。除去されなかった残りの部分は自由対流圏に輸送される。自由対流圏のエアロゾルは長距離輸送され、極域を含めグローバルな大気環境・気候に影響を及ぼす。そのため、境界層から自由対流圏への鉛直輸送効率を支配するメカニズムを理解することは非常に重要である。エアロゾル-雲微物理モデルを用いた過去の研究によれば、エアロゾルが雲凝結核として作用する効率（雲凝結核能）が、エアロゾルの湿性除去の効率を支配すると推定されている。従って、鉛直輸送効率は雲凝結核能が小さなエアロゾルほど大きいと推測される。エアロゾルの雲凝結核能には強い粒径依存性があることはケーラー理論として知られているため、雲凝結核能がエアロゾルの鉛直輸送効率に及ぼす影響を明らかにするためには、鉛直輸送効率と雲凝結核能が互いに整合的な粒径依存性をもつかどうかを調べる必要がある。しかし、これまでこの整合性を実大気の観測データから直接示した例は皆無であった。なぜなら、雲-降水過程において、エアロゾルの主成分である硫酸塩や有機エアロゾルは、湿性除去されると同時に液相反応により効率的に生成し、それに伴い粒径分布が変化するため、観測可能なパラメータからエアロゾルの鉛直輸送効率とその粒径依存性を定義することが極めて難しかったためである。

茂木氏は、雲-降水過程におけるエアロゾルの鉛直輸送効率とその粒径依存性を、モデルを介さず純

粋に観測データに基づいて評価するために、大気中で二次生成しないブラックカーボン（BC）を利用する方法を新たに考案した。この解析においては、茂木氏らが確立したエアロゾル混合状態によらずにBC粒径分布を高速測定できる方法が重要な鍵となっている。茂木氏は、黄海・東シナ海上空において航空機観測で取得したBC核を内部に含むエアロゾルのデータについて、境界層内の汚染空気のデータと、雲-降水を伴って自由対流圏に鉛直輸送された汚染空気塊のデータを比較した。その結果、内部のBC核が小さなエアロゾルほど鉛直輸送効率が大きいことを高い統計的有意性で示した。境界層内の汚染空気では、内部のBC核が小さなエアロゾルはそれ自身の粒径も小さい傾向があるため、観測された鉛直輸送効率とBC核サイズとの間の負相関は、ケーラー理論による雲凝結核能の粒径依存性と整合的であるといえる。これは、エアロゾルの雲凝結核能がその鉛直輸送効率に強く影響している証拠を示した初めての観測結果である。

このように、茂木氏は境界層から自由対流圏へのエアロゾルの鉛直輸送効率が、雲凝結核能によって強く支配されていることを、純粋な観測的手法により現実大気で直接示すことに世界で初めて成功した。この研究は、先端的な測定技術と新たなデータ解析の方法論を導入することにより、複雑な大気物質科学と気象学の境界領域にある重要な現象の発見に成功したという意味で学術的に価値が高い。さらに、自由対流圏のエアロゾルの粒径別数濃度を数値モデルで再現するためには、まず境界層エアロゾルの雲凝結核特性を再現することが重要であることを示す観測的証拠となっており、将来のモデル開発の方向性への示唆も与えている。当該論文は大規模な航空機観測に基づくものであるため共著論文となっているが、研究の核心部分である高精度なBCの観測、解析の着想・実行、さらには論文の取りまとめに至るまで、茂木会員が主体となって行っている。このため候補者の貢献は極めて大きい。

以上の理由により、日本気象学会は茂木信宏氏に2013年度山本・正野論文賞を贈呈するものである。