

## 2011年度山本・正野論文賞の受賞者決まる

**受賞者：**三瓶岳昭（会津大学先端情報科学研究センター）

**対象論文：**Sampe, T. and S.-P. Xie, 2010: Large-scale dynamics of the Meiyu-baiu rainband: Environmental forcing by the westerly jet. *J. Climate*, 23, 113-134.

**選定理由：**梅雨期に中国東部から日本にかけて形成される降雨帯は、盛夏期の水資源量を左右するとともに、前線帯に発生するメソ擾乱が集中豪雨をひき起こすなど、東アジアの自然環境および経済・社会活動に大きな影響をもたらしている。従来の多くの研究はこの観点からなされ、メソ擾乱や集中豪雨をもたらす降水系の実態や下層ジェットによる水蒸気輸送の役割が解明され、領域数値モデルによる再現性は大いに進展した。一方、「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」の最新報告書（2007）でも指摘されたように、地球温暖化に伴う梅雨の降水量変化や梅雨明けの遅れの可能性についての将来予測も関心を呼んでいる。全球気候モデルにおける梅雨前線の再現性の評価やその将来変化の力学的解釈を得るためには、大規模場としての前線帯の形成要因を気候力学的見地から解明する必要がある。上空の亜熱帯ジェット気流と梅雨前線との関連性は従来から指摘されてはきたものの、その具体的なメカニズムは未解明のままであった。

対象論文で三瓶氏は、梅雨降水帯が毎年ほぼ決まった時期に同じような地域に形成される事実から、降水帯を作り出す環境場の力学的強制が存在するはずと考え、観測に基づく平年の梅雨前線に伴う循環場を、環境場強制に対する応答と降水帯の潜熱放出からのフィードバックとに分離することを試みた。この際、後者が対流圏上層・下層で逆符号をもち中層では弱い「第1傾圧構造」を有する傾向を考慮し、前者として降水加熱への応答の影響を受けにくい対流圏中層の亜熱帯ジェット気流に着目した。その結果、5月後半から8月に至るまで、対流圏中層でジェット気流が暖気移流をもたらす領域に梅雨前線帯が位置する傾向を見出した。そして、熱力学方程式を用いた診断から、「梅雨期にチベット南縁付近に発達する対流圏中層の温暖域の下流において、ジェット気流がもたらす暖気移流が力学的強制

となって上昇流を励起し、これが対流活動を励起することで梅雨降水帯が形成される」というメカニズムを明らかにした。また、線型バランスモデルを用いた数値実験により、過去の研究において梅雨前線の形成要因と捉えられがちであった下層の低気圧性循環とそれに伴う水蒸気収束などの一部は、梅雨降水に伴う非断熱加熱への大気応答であることも示した。さらに、中国大陸上の前線帯での非断熱加熱への大気応答として対流圏中層の気温が高まり、これが亜熱帯ジェット気流により移流されることで、日本上空の前線帯での上昇運動がさらに強化されるという可能性も指摘した。

三瓶氏はさらに、平均的な潜在不安定性は小さいにも拘らず、梅雨前線帯にて対流性降雨が起きやすい要因も、6時間毎の解析データの詳細な解析から探求した。その結果、対流性降水の発現にとって重要なのは、ジェット気流に伴う対流圏中層の暖気移流による上昇流強制と潜在不安定とが同時に起こることであり、頻繁に通過する低気圧性擾乱の影響によりその同時発生頻度が亜熱帯ジェット気流に沿って特に高いことを見出した。

亜熱帯ジェット気流に沿って梅雨前線帯が形成される傾向は以前から経験的に知られていたが、三瓶氏の研究は両者に対応関係が生じる必然性を明確にただけでなく、5月の沖縄方面での梅雨入りから7月後半の本州での梅雨明けまでの季節変化に一貫した説明を付与するものである。実際、観測された梅雨前線帯の経年変動にも、上記のメカニズムがはたらくことがその後の研究で確認されている。気候現象としての梅雨前線帯の形成要因に統一的解釈を与えた本論文は、現実大気や気候モデルにおける梅雨前線帯の形成と変動、さらには将来変化を理解・予測する上で重要な基本的知見を提示するもので、東アジア気候の研究に大きなインパクトを与えるものである。

以上の理由により、日本気象学会は三瓶岳昭氏に2011年度山本・正野論文賞を贈呈するものである。

**受賞者：**河谷芳雄（独立行政法人海洋研究開発機構）

**対象論文：**Kawatani, Y., K. Sato, T. J. Dunkerton,

S. Watanabe, S. Miyahara and M. Takahashi, 2010a: The roles of equatorial trapped waves and internal inertia-gravity waves in driving the quasi-biennial oscillation. Part I: Zonal mean wave forcing. *J. Atmos. Sci.*, **67**, 963-980.

Kawatani, Y., K. Sato, T. J. Dunkerton, S. Watanabe, S. Miyahara and M. Takahashi, 2010 b: The roles of equatorial trapped waves and internal inertia-gravity waves in driving the quasi-biennial oscillation. Part II: Three-dimensional distribution of wave forcing. *J. Atmos. Sci.*, **67**, 981-997.

**選定理由:** 赤道域成層圏には準2年振動(QBO)と呼ばれる大規模な振動現象が存在する。QBOは中緯度プラネタリー波の伝播特性を変化させ、極渦の強さや中・高緯度の地表面気圧に影響を及ぼす。またQBOによる波の選択的フィルタリングは中間圏へ伝播する波の特性を変える。更にQBOに伴う2次循環はオゾン・水蒸気・メタン等の化学組成にも影響を与える。このようにQBOの影響は対流圏～成層圏～中間圏、極域までの広範囲の力学・化学過程にまで及んでいる。QBOは東進する長周期ケルビン波と西進するロスビー重力波によって駆動されると考えられてきたが、1990年代半ばの観測データ解析や数値モデル実験結果から、重力波による運動量輸送が主にQBOを駆動しているという認識に変わりつつある。しかし赤道に捕捉された重力波モード(赤道波)と3次的に伝播可能な慣性内部重力波の役割分担については理解されていない。

低分解能の大気大循環モデル(AGCM)でQBOを再現させる為には非定常重力波のパラメタリゼーションを組み込む必要がある。観測では幅広いスペクトル空間に存在し得る重力波の一部しか捉えることが出来ない為、重力波源の強度や全球分布は依然として未知である。従って重力波源が東西一様に分布する等の不自然な仮定を入れ、且つ波源の強度のチューニングを行う必要があるなど、大きな不確実性が存在する。QBOの駆動を考察するには、波動のスペクトル情報、特に位相速度をパラメータにとった運動量フラックスの3次元分布を明らかにすることが必須である。

対象論文で河谷氏は、中層大気を含む気候モデルの中で世界トップクラスの水平鉛直解像度を持ち、重力波パラメタリゼーションを組み込まないT213

L256AGCMを用いて、QBOの駆動に対する各種波動の役割分担及び波による加速の3次元分布を詳細に調べた。その結果、対流と結合した赤道波の再現性が現実的である事、成層圏のケルビン波及びロスビー重力波の振幅や周期が最新の衛星観測結果と良く一致する事、重力波に伴う運動量フラックスが地点観測結果と同等である事を確かめた。このように本研究では従来のモデルでは再現が非常に難しかった下部成層圏においても現実的な振幅を持つQBOの再現に成功した。

帯状平均場についてQBOの駆動に対する各種波動の役割を評価したところ、QBOの西風の駆動に対して赤道波は半分以下、慣性内部重力波は半分以上寄与するが、東風の駆動には赤道波は1割程度しか寄与しない。中緯度から伝播してくるロスビー波は15hPa付近のQBOの東風に対して2割程度寄与する。一方、30hPa付近のQBOの東風は大きなスケールの重力波によって主に駆動されているが、45hPaより下層ではより小さなスケールの重力波の寄与率が高くなる。QBO東西風の鉛直シアの大きな高度において、赤道波に伴うEP-flux収束は鉛直成分に加えて南北成分も大きくなり、より赤道に集中する構造を持つ。その結果、赤道直上では赤道波の寄与率は西風位相時で半分以上、東風位相時でも2割程度と大きい。赤道から離れると赤道波の寄与率は極端に減り、重力波が支配的になる。

河谷氏はさらに、Miyahara(2006年)によって提唱された重力波に伴う3次元波動フラックスを用いて、波による加速の経度依存性を調べた。成層圏での波による加速の東西分布は、励起源の経度分布、ウォーカー循環、QBOの位相に強く依存する。QBO西風鉛直シアの高度では東半球の波による加速は西半球のそれより一桁大きな値を持つが、東風シアの高度では東西非一様性が小さい。熱帯上部対流圏では位相速度の遅い重力波により、東半球では西風加速、西半球では東風加速と、逆方向に働いており、熱帯上部対流圏の東西風にも重力波が重要な役割を果たしている事が新たに明らかになった。

以上のように高解像度AGCMの巨大データを系統的に解析し、QBOの駆動に対する赤道波・重力波・中緯度ロスビー波の寄与を、位相・高度方向・東西波数の違いまで含めて定量的に明らかにした点

は高く評価できる。また従来の QBO の研究は帯状平均場で議論されてきたのに対して、波による加速の経度依存性まで含めて定量的に論じた点は斬新である。本論文は大きな任意性が残る重力波源や波による加速の分布に突破口を与えており、今後の衛星観測・局所地点観測で得られる運動量フラックスの

物理的な解釈、また重力波パラメタリゼーションの改良を含む将来のモデル研究の発展に貢献すると考えられる。

以上の理由により、日本気象学会は河谷芳雄氏に 2011 年度山本・正野論文賞を贈呈するものである。