

メソスケール擾乱の発達期における成分波間の非線形相互作用の役割

The role of non-linear interaction among wave components in developing stage of meso-scale disturbances

前島 康光 [1]; 伊賀 啓太 [1]

Yasumitsu Maejima[1]; Keita Iga[1]

[1] 東大・海洋研

[1] ORI, Univ. of Tokyo

日本付近で冬型の気圧配置が強まると、ユーラシア大陸から日本海に向けて寒冷な季節風が吹き出す。このようなとき日本海には筋状の雲が発生するが、しばしばひときわ幅の広い帯状の雲が日本海西部に形成される。この雲は帯状収束雲と呼ばれ、帯状収束雲が発生する領域は日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) と名付けられている。この帯状収束雲に沿って、メソアルファスケールやメソベータスケールの異なるスケールの渦状擾乱が発達することが知られている。

これまでの先行研究によってメソアルファスケールの擾乱は傾圧不安定 (e.g. 大久保, 1995; Tsuboki and Wakahama, 1992)、メソベータスケールの擾乱は順圧不安定が主な発生要因である (Nagata, 1993) という指摘がある。しかしながら先行研究は、ある単一の不安定のみ発生するような問題設定の下で擾乱の発生メカニズムを調べていた。こういった枠組では、卓越する擾乱の種類を議論することはできない。

このような問題を解決するため、帯状収束雲の断面の観測によって明らかになった前線状の構造を念頭に起き、傾圧不安定、順圧不安定ともに包含する基本場を考えた。私たちはこれまでに、このような前線状の基本場の線形安定性を調べてきた。その結果、帯状収束雲に擾乱が発生する際の典型的なパラメータ設定では、傾圧不安定によるメソアルファスケールの不安定モードも、順圧不安定によるメソベータスケールの不安定モードもほぼ同じ成長率を持つことがわかった。また、基本場の前線の遷移層が厚く、大気の安定度が小さい時にメソアルファスケールの不安定モードが卓越する。また、遷移層が薄い場合では、順圧不安定と傾圧不安定の間接的な不安定が最も成長の速いモードとして得られた (2005年度地球惑星科学合同大会, J028-P002)。

本研究では、非静力学モデル “CReSS” を用いて基本場の非線形時間発展を計算し、非線形発展期における擾乱の振る舞いについて議論する。また線形安定解析ではメソアルファスケールの不安定モードとメソベータスケールの不安定モードがほぼ同じ成長率をもっていたようなケースにおいて、実際にはどちらのモードが実現されるかについても言及していく。

典型的なパラメータのケースでは、擾乱発生初期には水平シアの強い領域でメソベータスケールの擾乱が、線形安定解析で得られた成長率を持って成長した。しかし、その後メソベータスケールの擾乱の成長は遅くなり、次第にメソアルファスケールの擾乱が卓越するようになった。メソベータスケールの擾乱の成長が抑制されるのは波と波の非線形相互作用によるものである。擾乱が十分に大きくなると波と波の非線形相互作用が成長モードからエネルギーを取り去り他の波数の擾乱にエネルギーを輸送することによって、メソベータスケールの擾乱が減衰していることがわかった。ただし、このような三波相互作用が機能するためには他の波数を持った擾乱が不可欠である。初期擾乱をメソアルファ、メソベータの二つの不安定モードのみにすると、三波相互作用は弱くしか働かず、メソベータスケールの擾乱は長時間持続する。しかし、最終的にはメソアルファスケールの擾乱がやはり最も大きくなる。

このような三波による非線形相互作用は2次元のシステムでも働くので、メソベータスケールの擾乱の成長抑制を単純化した2次元のモデルで説明する。2次元の単純モデルでもメソベータスケールの擾乱の成長の抑制が起こる。メソベータスケールの擾乱にとって、自分より波数が小さな波が多く存在して、そのようなメソベータスケールの擾乱からのエネルギーの輸送が容易に起こる。ここで波数というのはy方向も考慮した全波数であり、x方向には小さいがy方向に小さな構造をした擾乱も含まれる。一方、初期にメソアルファスケールの擾乱が卓越する場合は、エネルギーを受け入れるような自分より波数が小さい波があまり存在せず、このエネルギー輸送過程はほとんど起こらない。そのため、メソアルファスケールの擾乱から他の波数の波へのエネルギーの輸送が起きにくくなる。このようなエネルギー輸送は、大きいメソアルファスケールの擾乱の方が成長の後のステージにおいて勢力を維持しやすいことを示唆している。