

大気大循環モデルの赤道域対流圏に現れた2種類のケルビン波的シグナル

山田 由貴子¹, 石渡 正樹², 中島 健介³, 林 祥介¹

¹北海道大学 大学院理学院, ²北海道大学 大学院地球環境科学研究所, ³九州大学 大学院理学研究院

1. はじめに

我々は、大気大循環モデルにおける赤道域降水活動の表現の多様性を掌握すべく、様々な水惑星実験を行い、その解像度、数値スキーム、物理過程依存性を調べている(水惑星プロジェクト、<http://www.gfd-dennou.org/library/ape/>)。その一つに、いわゆる wave-CISK 的な力学構造の発現を念頭においた放射冷却率(凝結加熱率)鉛直分布依存性調査がある。

ここでは、その中で特に凝結加熱率が対流圏上層で極大値を持つ実験に着目して、Wheeler et al. (2000)の方法を参考に、赤道域対流圏に現れる様々な擾乱に付随する循環構造の抽出を試みた結果を示す。wave-CISK の枠組みに従えば、加熱分布の極大が対流圏上層に位置する場合に、対流と結合した波動構造が出現しやすくなると予想される。以下に示すように、降水域のコーレントな運動を捉えにくい対流調節パラメタリゼーションを用いた結果においても、背景風に移流される直接対流的構造に加えて、湿潤西進重力波的構造と2種類のケルビン波的構造(自由ケルビン波と湿潤ケルビン波)が抽出できた。

2. モデルと解析手法

モデル: 地球流体電脳倶楽部版 AGCM5 (SWAMP Project, 1998)

- 解像度: T42L16
- 放射: 簡略化バンドモデル, 放射冷却率(凝結加熱率)が上層で極大値を持つように調整
- 積雲パラメタリゼーション: 湿潤対流調節(Manabe et al., 1965)
- 地表面条件: 水惑星条件, 南北対称・東西一様分布(Numaguti, 1993)

スペクトルフィルターを適用したコンポジット解析

- スペクトルフィルター:** 360日間のデータに対し Wheeler and Kiladis (1999)と同様の時空間スペクトル表現をおこない、背景風移流、西進重力波、位相速度の速いケルビン波、遅いケルビン波に対応するシグナルの分離して得た。それぞれに伴う構造を抽出すべく、データに対して図1b, 2bに示す4種類のバンドパススペクトルフィルターを適用した(それぞれ、結果を先取りして、**移流フィルター**、**西進重力波フィルター**、**自由ケルビン波フィルター**、**湿潤ケルビン波フィルター**と呼ぶことにする)。
- コンポジット解析:** フィルター適用後の赤道近傍の100日間のデータに対して行う。
 - 西進重力波フィルター、自由ケルビン波フィルター、湿潤ケルビン波フィルター適用後のデータに対しては、コンポジットの参照点は、対流圏下層($\sigma=0.89$)東西風の極大値に準拠して定める。
 - 移流フィルター適用後のデータに対しては、コンポジットの参照点は降水の極大値に準拠して定める。

3. 赤道上経度時間図と時間空間スペクトル図

図1: 降水量

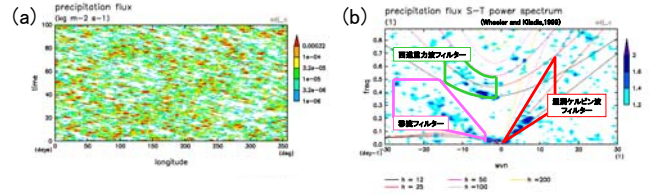
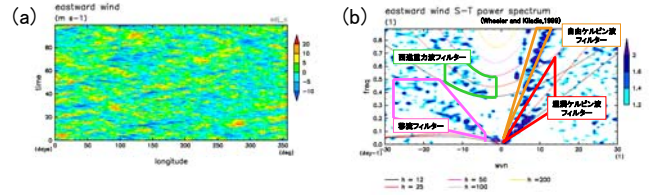


図2: 対流圏下層($\sigma=0.89$)東西風



- 降水量:** 時空間スペクトル図において、下層背景風の移流速度、位相速度の遅い(等価深度80~50 m)ケルビン波、西進重力波、の領域にシグナルが存在する。
- 対流圏下層の東西風:** 降水量の時空間スペクトル図には存在しない、いわゆる対流圏鉛直第一モードの自由ケルビン波の速度に相当する(等価深度100~200 m)速いケルビン波的シグナルが存在する。

4. スペクトルフィルターを適用したコンポジット循環構造(凝結加熱率、温度、地表面気圧と風速場)

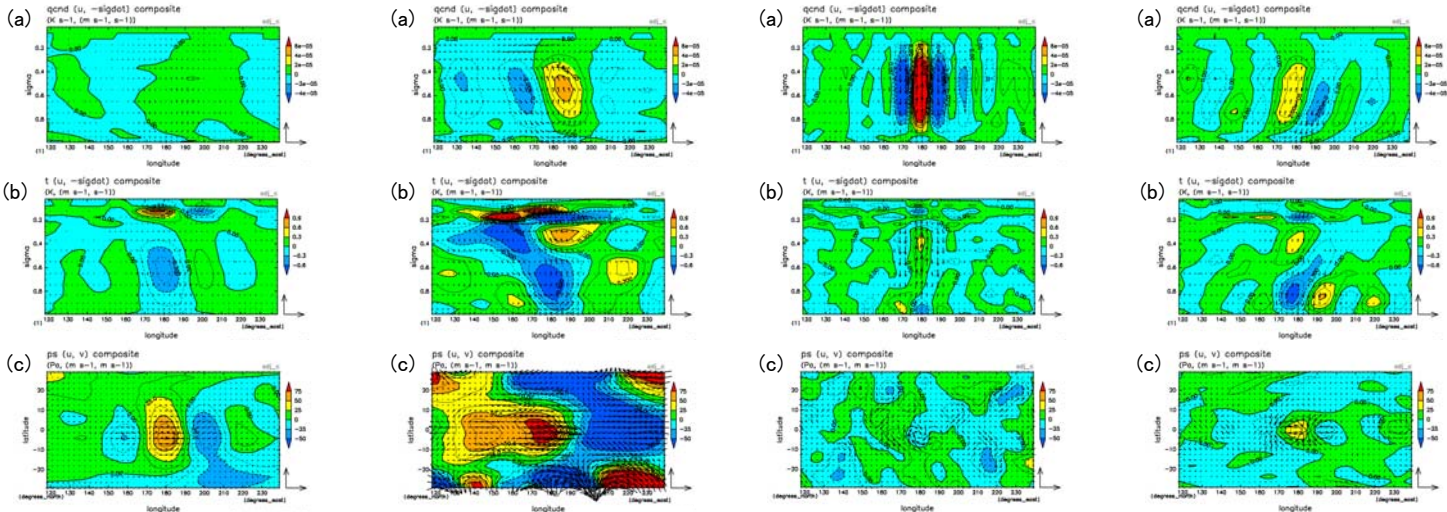
注意: 全ての物理量は、東西平均からの偏差である。

図3: 自由ケルビン波フィルター

図4: 湿潤ケルビン波フィルター

図5: 移流フィルター

図6: 西進重力波フィルター



湿潤ケルビン波フィルターが抽出した構造:

- 鉛直構造(図3b)では、温度、風速場の位相的西傾が見られる。また、鉛直第一モード的構造と、温度場の極大値が対流圏上層と下層に存在する鉛直第二モード的構造とが混ざって見える。経度170度付近の下層には、下降流と強い西風領域が局在する。これらの特徴から、このシグナルは湿潤ケルビン波(対流活動と結合した波)と考えられる。
- これらの特徴は、Numaguti and Hayashi (1991)が wave-CISK を議論した際に用いた、東西に局在し移動成長する熱源を与えた場合の線形解と似ており、その構造の維持は wave-CISK で想定される対流活動を介しての第一モードと第二モードの結合が働いている可能性がある。

自由ケルビン波フィルターが抽出した構造:

- 鉛直構造(図4b)では、温度、風速場に位相の傾きはあまり見られない。温度場の極大値も対流圏中層に位置し、鉛直第二モード的構造を持つ。
- これらの特徴から、このシグナルは自由ケルビン波と考えられる。

移流フィルターが抽出した構造:

- 鉛直構造(図5b)では、温度、風速場に位相の傾きは観られず、循環の東西幅は狭い。
- 直接対流的擾乱が、背景風に移流されるものと考えられる。

西進重力波フィルターが抽出した構造:

- 鉛直構造(図6b)では、温度、風速場に位相の東傾が見られる。また、図3bと同様に鉛直第一モード、鉛直第二モードと混ざった構造をしている。
- これらの特徴からこのシグナルは湿潤西進重力波であると考えられる。

5. まとめ

スペクトルフィルターを適用したコンポジット解析により、

- 2種類のケルビン波(自由・湿潤ケルビン波)に付随する循環構造が存在する。
 - 背景風に移流される直立した直接対流的擾乱構造が見られる。
 - 湿潤ケルビン波、湿潤西進重力波に付随する構造には、位相の傾きと鉛直第一モード、第二モードが混合した構造が見られる。
 - 西進重力波に対しても2種類のフィルターを適用すれば、第一モードの構造を持つ自由西進重力波が抽出されるだろう。
- 本実験以外で見られるスペクトルシグナルと循環構造積雲
 - パラメタリゼーションに Kuo スキームを用いた実験では、湿潤ケルビン波が強く現れ、その他のシグナルは非常に弱いという結果となっている。
 - 積雲パラメタリゼーションの異なる実験であっても、フィルターを用いて抽出した構造は似ている。

謝辞

本実験は、国立環境研究所地球環境研究センター「スーパーコンピュータシステム利用研究」により、計算資源の提供を受けて行ったものである。

参考文献

- 山田他, 2004: 水惑星実験における赤道域降水活動の放射冷却率鉛直分布依存性, 春季大会予稿集 P221.
- APE (Aqua-Planet Experiment Project; Neale and Hosikins, 2000a) <http://www.pcmdi.llnl.gov/projects/amp/ape/>
- 電脳倶楽部水惑星実験プロジェクト(地球流体電脳倶楽部, 山田, 他) <http://www.gfd-dennou.org/library/ape/>, 連絡先: 山田由貴子 (yukiko@ep.sci.hokudai.ac.jp)