

マッデン・ジュリアン振動の起源再考 その1: 東進対流群・熱帯暖水域に卓越する巨大なスコールライン

*大内 和良¹, 野田 暁¹, 佐藤 正樹^{1,2}, 富田 浩文^{1,3}, 谷口 博⁴, 三浦 裕亮^{1,2}, 那須野 智江¹, 宮川 知己²

(1: 海洋研究開発機構, 2: 東京大学大気海洋研究所, 3: 理研・計算科学研究機構, 4: ハワイ大・IPRC)

1. はじめに

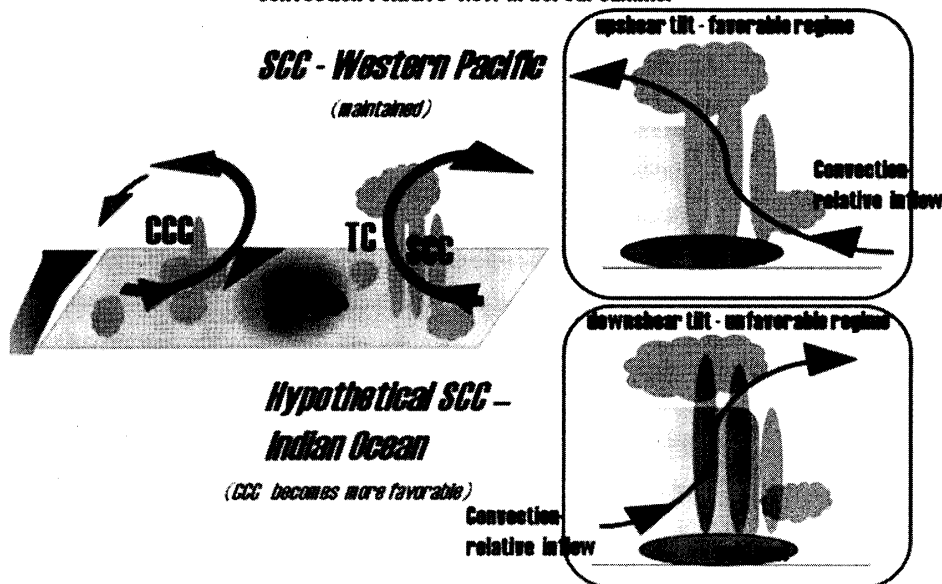
マッデン・ジュリアン振動(MJO)は熱帯の主な季節内変動擾乱であり、台風の発生予測精度向上の鍵となることもあって、気象庁をはじめ世界の現業予報機関や気候モデルコミュニティにおいてその再現性向上に力がそそがれている(Vitart 2009, Chikira and Sugiyama 2010 他)。本研究は、MJO 伝播に伴い暖水域で活発化する対流（とくにスーパークラウドクラスター SCC; Nakazawa 1988, Hayashi and Sumi 1986)の事例解析から出発し、湿潤対流と密接に関連する MJO の成因について理解を得ることを目標に、全球非静力学モデル NICAM (Sato et al. 2008; Tomita and Sato 2004) の数値実験を用いて考察する。今回は SCC の起源について新たな仮説を提案する。

2. 経緯・非静力学モデルを用いた研究

MJO 解明において非静力学モデルの役割は重要である。熱帯の対流の大規模組織化については Nakajima and Matsuno(1988)の先駆的研究があり、その後、メソスケール対流(MC; Yamasaki 1983)の解像が必要との認識の下、Oouchi and Yamasaki (2001)は、2 次元ではあるが東西 4 km 領域の雲解像モデル(細格子域 1 km)を用いて、初めて SCC の階層構造と MJO に似た惑星規模の東進重力波を再現し、メソスケール重力波、コールドプール(CP)の新たな役割(Oouchi 1999)を論じた。加えて、暖水域の重要性や対流の運動量輸送が概ね upgradient 輸送(高さ約 3km で東風加速最大)となり、MJO の運動エネルギー維持へ寄与することを示唆した。要点は、これらのメカニズムの結果として実現されるケルビン波の CISK の重要性である。

その後、NICAMによる現実条件実験において冬季(Miura et al. 2007, Nasuno et al. 2009)と夏・春季(Oouchi et al. 2009a, Taniguchi et al. 2010)の MJO 事例が再現され、西進擾乱の担う水蒸気輸送(Miura et al. 2007)や海面水温の東西傾度(Miura et al. 2009)の重要性や、対流運動量輸送(Miyakawa et al. 投稿中)等の知見が得られた。最近では、吉崎ら(2010, 11 気象学会)や山岬(2010 気象学会)の議論もある。観測データのスペクトル解析からは、MJO の対流シグナルは赤道波と対応しないこと(Takayabu 1994a, Wheeler and Kiladis 1999)が示され、対流の理解の枠組みの再考が必要になっている。本研究では暖水域が駆動する東西循環と CP の相互作用に着目した仮説を提案する。

Conceptual schematic of MJO-related convection and convection-relative flow in boreal summer



3. 作業仮説

SCCあるいはMJOに伴う大規模東進対流の以下の特徴に注目し、仮説を提案する。1) 海洋大陸より東側(熱帯西太平洋)において卓越し、東進は dry wave の力学から解釈が難しい 10ms^{-1} に満たない位相速度(Nakazawa 1988 他)をもつ。2) 対流圏下〜中層で西側へ傾く構造を維持する場合が多い(Sui and Lau 1992 他)。3) SCC の内部の対流の振舞いは、西進クラウドクラスター(CC)のライフサイクルに支配される(Nakazawa 1988)。4) 東進対流の前面で明瞭なリーディングエッジがしばしば観測される(Chen et al. 1996)。

仮説: [A] CC (MC) は熱帯対流の基本構成要素で CP を伴う。SCC としてみると CP の広がりには総観規模に及ぶ。[B] 暖水域での対流活動に起因する地理的に固定された東西循環の存在が重要である。[C] 第0近似として赤道波の存在は本質的でない。既存の CC の東側で新たな CC が発生すること、CC は発達しながら西進することから、特徴 3) は 2) と関連する。特徴 1) と 2) は、[A] と [B] から次のように説明可能である。暖水域中心の東側/西側では、SCC の環境風として、準停滞期的な西風シア/東風シアが維持される。この循環と CP の相互作用による新たな対流の発生が、既存の CC の東側で促進される状況を考える。アップシア側へ傾くことで対流系は環境風と相互作用し持続的となることが知られるが、SCC スケールで考えると、それは暖水域の東側で実現されやすい(図 1-SCC)。西側では維持されにくい(図 1-CCC)。むしろ西側で SCC の形態が維持されるとすれば、発生は Miura et al. (2009) のメカニズムが働く可能性が考えられる。また、MJO 自身の東西循環の東進は環境風のシアに作用して SCC の寿命や東西スケールに制約を与える。

この仮説の本質は、環境風条件と孤立雲の持続性を論じた Takeda(1971)のアイデアに帰着される。1)-4)の性質を備えた対流としての SCC は、暖水域起源の東西循環の存在下で維持される、巨大な多重セル型のスコールラインと解釈することが可能である。セルの最大単位は CC である。Miyakawa et al. の定義による「MJO の中心」がスコールラインのガストフロントに対応するならば Nakazawa (1988) の描像も説明できる。

4. NICAM 数値実験からの検証 (事例解析)

2004 年夏季実験の SCC 事例(Oouchi et al. 2009a)について、およその妥当性を確かめた。講演で詳細を示す。

5. 今後の課題

特徴 2) と仮説 A に伴うメソハイの集団の存在から、SCC が総観規模以上の東進重力波と共存・相互作用する可能性も生まれる。これらの波動との関連や、東西 2 次元的な暖水域の循環に南北方向の非対称要因(季節変化等)が作用する場合の対流の組織化についても理解が必要となる。仮説の主役となる CP の存在を観測から検証することは難しく、将来的な課題となり得る。

図 1: 暖水域周辺の東西循環と対流組織化に関係する 2 つの基本的なレジーム
暖水域東側 SCC、西側 CCC
SCC: super cloud cluster
CCC: cloud cluster complex
それぞれ、準停滞的な東西循環が形成する鉛直シアと対流に伴う循環およびコールドプールの位置関係から説明される