

梅雨・秋雨の対比とそのモデル再現性・将来変化

西井和晃，中村尚（東大先端研）

1. はじめに

Sampe and Xie (2010) は，梅雨降水帯に沿って存在する，対流圏中層の水平暖気移流の梅雨に対する重要性を指摘した．すなわち，(i)初夏に形成されるチベット高原上の高温な空気塊が亜熱帯ジェットによって日本上空へ移流される．(ii)熱力学的にバランスするために大規模上昇流が維持される．(iii)上昇流によって対流活動が活発化．(iv)対流活動による非断熱加熱がさらに上昇流を強化する．

秋には秋雨に伴う降水帯が形成され，その降水量は東日本では梅雨期に匹敵するため，重要である．しかし秋雨の形成メカニズムについての研究は十分でなく，また，その将来変化は調べられていない．本研究では，梅雨と秋雨の形成メカニズムを大規模力学の観点から比較する．また，梅雨や秋雨の再現性と将来変化に関する複数の気候モデル間のばらつきの要因について調査することを目的とする．

2. 用いたデータ

本研究では，6月を梅雨期，9月を秋雨期の代表として解析を行った．月平均降水量は GPCP 降水量データ (Adler et al. 2003)，大気循環場は JRA-25 再解析データ (Onogi et al. 2007) を使用した．気候モデルの比較では，27 個の CMIP5 気候

モデルを利用した．すべて緯度経度 2.5 度間隔に補間した．現在気候実験として historical 実験の 1979-1999 年，将来実験として RCP4.5 実験の 2079-2099 年を使用し，それぞれの期間の平均を気候平均とした．また各モデルのそれらの差を将来変化量とした．

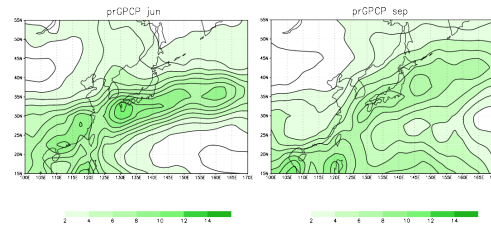


図 1. 6 月(左)と 9 月(右)の気候平均降水量(mm/day).

3. 降水量と暖気移流

3.1 観測された梅雨と秋雨

梅雨期と秋雨期ともに日本のやや南に極大をもつ降水帯が存在している点では共通しているが，梅雨期の方が降水量は多い (図 1a,b)．また，梅雨期には中国南部にも降水帯が存在するが，秋雨期には存在していない．

図 2 に気候平均の 500hPa 水平風と気温を，図 3 に水平暖気移流を示す．Sampe and Xie (2010) と整合的に，6 月はチベット高原上で気温が高く，南西風成分を持つ亜熱帯ジェットが気温傾度を横切るように吹き (図 2 左)，中国南部から日本の東

まで伸びる水平暖気流の帯を形成している(図3左). 図には示さないがこれに伴い上昇流も確認される. 一方秋雨期には黄海付近を中心として寒気トラフが存在し, その西側では北より, 東側では南よりの風が吹いている. この分布に伴い, 大陸上で寒気移流, 日本付近で暖気移流が生じている. 秋雨期には降水帯が日本付近に限られる要因として, 寒気移流に伴う下降流のため, 中国南部で対流活動が抑制されるためと推察される.

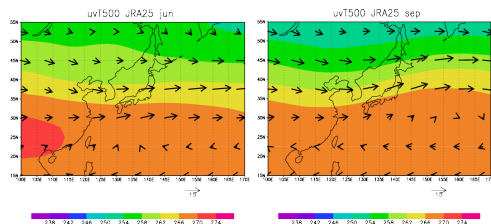


図 2. 6 月(左)と 9 月(右)の気候平均 500hPa 水平風(矢印:m/s)と気温(影:K).

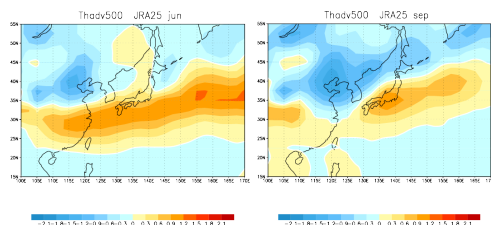


図 3. 6 月(左)と 9 月(右)の気候平均 500hPa 水平暖気移流 (影 : K/day).

次に, 気候平均状態では, 梅雨期と同様に秋雨期も水平暖気移流と降水量の分布が良く対応していた. Kosaka et al. (2011)は, 梅雨期にはこれらの年々変動にも良い対応があることを示している. これらの年々変動の関係を明らかにするために, 月平均降水量と 500hPa 水平暖

気移流との相関を 1979 年から 2007 年までの期間を対象に各地点で行った(図 4).

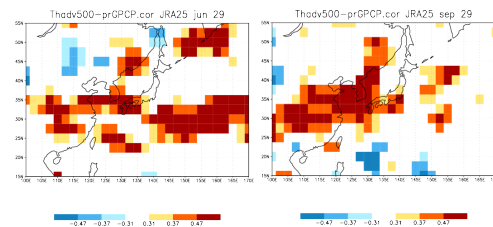


図 4. 6 月(左)と 9 月(右)の各地点での月平均降水量と 500hPa 水平暖気移流との相関. 赤色は正, 青色は負で有意な地点を表す(± 10 , ± 5 , $\pm 1\%$ の有意水準).

必ずしもすべての平均降水量の極大域と対応しないものの, 特に中国南部, 東シナ海, 西日本において有意な相関がある. 秋雨期には関東でも相関が有意となる. このことは, 秋雨期にも梅雨期と同様に, 暖気移流が降水量の年々変動にとり重要であることを示している.

3.2 気候モデル中の梅雨と秋雨

CMIP5 気候モデル平均での現在気候降水量分布は, 秋雨期, 梅雨期ともに過小バイアスを持っている. 一方暖気移流バイアスは必ずしも降水量バイアスに対応しておらず, モデル平均降水量バイアスの要因となっていない. しかしながら降水量のモデル間バラツキは大きい. 各地点での降水量と暖気移流のモデル間相関は, 梅雨期, 秋雨期ともに中国南部から東シナ海にかけて有意な正の値を示す(図 5). 秋雨期には西日本, 日本海, 日本の東海上でも正の領域が見られ, 降水量バイアスのモデル間バラツキに, 暖気

移流バイアスが寄与している可能性を示している。

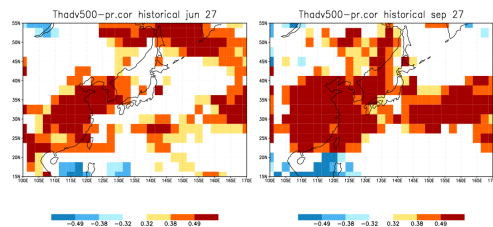


図 5. 6 月(左)と 9 月(右)の各地点での気候平均降水量と 500hPa 水平暖気移流との気候モデル間の相関。

同様な解析を個々のモデルの将来変化量に対して行くと、正を示す地域が多く、暖気移流の将来増加量が多いモデルほど、降水量の増加量が多い傾向が見られる(図 6)。梅雨期は正の領域が気候平均降水量の極大域とは必ずしも一致しないが、秋雨期は強い相関が確認される。

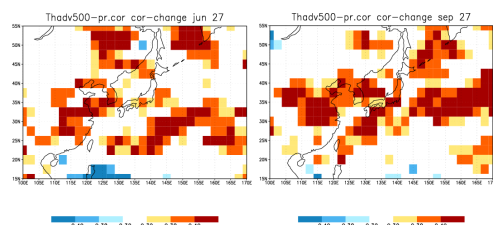


図 5. 6 月(左)と 9 月(右)の各地点での降水と 500hPa 水平暖気移流の将来変化量に関する気候モデル間の相関。

4. 秋雨への低気圧擾乱の影響

秋雨期には台風による降水が全体の 30 から 50%を占めると報告されている(関口と田宮 1968)。また、9 月には台風による水蒸気輸送が顕著であることが示されている(Yoshikane and Kimura 2005)。

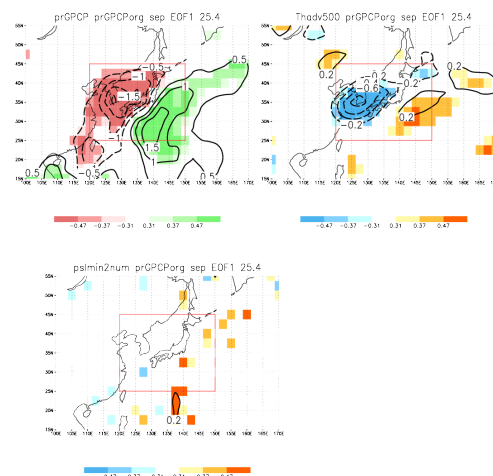


図 7. (左上)観測の 9 月平均降水量(東経 120 度～150 度、北緯 25 度～45 度)に対する EOF 解析の第一モードの PC 時系列に対する相関(影)と回帰係数(等値線). 寄与率 25.4%. (右上)PC に回帰した 500hPa 温度移流分布. (左下)1000hPa 以下の中心気圧を持つ低気圧の観測頻度との PC の相関。

図 7 左上は日本周辺で観測された月平均降水量に対する EOF 解析の第一モードであり、日本の北西と南東に偏差中心をもつ双極子構造を示す。降水量の正と負偏差に対応して、500hPa 暖気移流と寒気移流偏差が分布しており、上記の年々変動の結果と整合的である(図 7 右上)。低気圧中心の観測頻度は降水量の正偏差に対応して、日本の南から関東沖、三陸沖にかけて正偏差を示している。この分布はこれら上を通過する熱帯性低気圧を示唆し、秋雨期の降水量増加への寄与を示唆している。実際、第一 PC 時系列の大きな正の年の台風経路と負の年

とは、上記と整合的な違いを示す。

同様な解析を気候モデル間のバラツキに対して行くと、日本付近では観測と同様に北西と南東に中心を持つ双極子構造を示す。ただし南東の偏差は亜熱帯の降水偏差に連なっている（図 8）。図示しないが、この降水偏差に伴う暖気移流は日本付近では図 7 右上と同様な偏差構造を示す。また低気圧中心観測頻度の正偏差の領域が台湾付近から日本の南を通して三陸沖まで伸びており、降水量の正偏差とほぼ同じ領域に対応している。このことは、通過する低気圧頻度が多いモデルほど、気候平均降水量が多いことを示している。モデル中での低気圧が熱帯性低気圧であるかの確認はしていないが、分布から熱帯性的圧と考えられる。

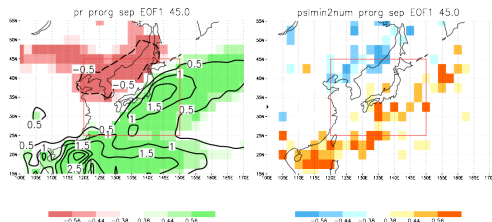


図 8. (左)図 7 と同様。ただし日平均海面気圧が利用できる 20 の CMIP5 気候モデルに関するモデル間 EOF。寄与率 45%。(右)図 7 右下と同様、ただし、気候モデル間のバラツキに関する相関。

5. まとめ

秋雨は、梅雨と同様に、対流圏中層の暖気移流により形成されることを示唆した。また、気候モデル中での降水量バイ

アスや将来変化量のモデル間バラツキにも、暖気移流が重要であることを示した。秋雨に対する台風の影響の定量的な見積もりは今後の課題としたい。

参考文献

- Adler and Coauthors, 2003: The Version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979–Present). *J. Hydrometeorology*, **4**, 1147–1167.
- Kosaka, Y., S.P. Xie, and H. Nakamura, 2011: Dynamics of Interannual Variability in Summer Precipitation over East Asia, *J. Climate*, **24**, 5435–5453.
- Onogi, K., and Coauthors, 2007: The JRA-25 reanalysis. *J. Meteor. Soc. Japan*, **85**, 369–432.
- 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.
- 関口武, 田宮兵衛, 1968: 秋雨の気候学. 地理学評論, 41, 258–279.
- Yoshikane, T., and F. Kimura 2005: Climatic features of the water vapor transport around east Asia and rainfall over Japan in June and September. *GRL*, **32**, L18712, doi:10.1029/2005GL023665.