

日本の夏期における降水量と湿潤絶対不安定性との関連性 Relationships between Precipitation and Moist Absolute Instability during the Summer Season in Japan

○中七海・竹見哲也

○Nanami NAKA・Tetsuya TAKEMI

This study investigated environmental conditions during summertime precipitation events in Japan from 2006 to 2023 using mesoscale gridded data and radar/raingauge precipitation products. It focused on five regions with larger amounts of precipitation and examined parameters related to stability and moisture, including the moist absolutely unstable layer (MAUL). Results showed a strong correlation between heavy precipitation and deep MAULs. MAUL volume had the highest correlation with precipitation occurrence among environmental parameters investigated in this study, although some scatter was observed. By categorizing cases based on MAUL volume and precipitation amounts, two rainfall types were identified: the "MAUL type" which occurs when MAULs were greatly enhanced and the environmental conditions become highly humid throughout the troposphere, and the "CAPE type" which occurs when CAPE and temperature lapse rate become large and the convectively unstable state develops.

1. はじめに

夏期の日本では、社会に大きな被害をもたらす大雨がしばしば発生する。この時期の大気は極めて湿潤である一方、大気の気温減率は湿潤中立に近いことがわかっている (Unuma and Takemi, 2016)。例えば 2019 年台風 19 号に伴う豪雨では、相対湿度が 100%かつ気温減率が湿潤中立よりも不安定な湿潤絶対不安定層 (MAUL) の存在が指摘された (Takemi and Unuma, 2020)。また、九州北部で最近発生した豪雨事例 (2017 年 7 月・2018 年 7 月・2020 年 7 月・2021 年 8 月) では、降水域周辺に MAUL が存在し、降水域や MAUL 発生域付近で水蒸気フラックスの大きな収束がみられた。さらに MAUL の体積と総降水量との間には正の相関があることが示された (Naka and Takemi, 2023)。MAUL の存在は、夏期の大雨発生に関与すると考えられ、豪雨の発生メカニズムを解明する上で特に注目すべき条件の一つである。

本研究では、日本の夏期 (6~8 月) における降水と環境条件 (MAUL を含む) との関係について統計的に解析した。大雨発生時の気象環境場の特徴や、MAUL と降水量の関係を明らかにすることを本研究の目的とする。

2. 使用データと解析手法

本研究では、過去 18 年間 (2006~2023 年) の夏期 (6~8 月) を対象とした。降水量の解析には

レーダー・アメダス解析雨量データを、気象場の解析には気象庁メソスケールモデル (MSM) 客観解析データを用いた。

環境条件を評価する指標として、対流有効位置エネルギー (CAPE)、可降水量 (PW)、850~500hPa 間の気温減率 (TLR)、相対湿度 (RH)、湿潤絶対不安定層 (MAUL; Bryan and Fritsch, 2000) について解析した。Takemi and Unuma (2020) より、次式を満たす層を MAUL とみなす。

$$\frac{\partial \theta_e}{\partial z} < 0 \text{ and } RH \geq 99\%$$

ここで、 θ_e は相当温位、RH は相対湿度である。

なお、Bryan and Fritsch (2000) では、湿数が 1 度以下で空気が飽和しているとみなしており、この条件は日本の暖候期の気温で相対湿度に換算すると約 88%~94% である。そのため、本研究での MAUL の判定条件は、Bryan and Fritsch (2000) より厳しい条件である。

3. 結果

図 1 に、18 年間で平均した 6~8 月分の 3 か月積算降水量と MAUL の厚みを示す。降水量が周囲と比べて多い地域と MAUL の厚みの平均値が高い値を示す地域は、よく一致する。このような位置的な対応は、他の環境パラメータでは明瞭にはみられなかった。

図 2 に、「MAUL あり」、「MAUL なし」に分類した

降水量の頻度分布を示す。ここで、解析領域（図1の赤枠）において、厚み 0.5km 以上の MAUL が面積 10000km² 以上の場合を「MAUL あり」、それ未満の場合を「MAUL なし」とする。「MAUL あり」の方が降水量 5mm 以上の割合が高く、MAUL の発現と降水量とは相関がある。

図3に、各解析範囲内における 0.5km 以上の厚みをもつ MAUL の体積とプロット時刻から 3 時間後までの積算降水量が 1mm 以上の領域の平均降水量の散布図を示す。相関係数は 0.6 程度で、すべての解析領域で正の相関がある。散布図による解析でも、他の環境パラメータと比べて MAUL が最も相関係数が高い。

また、統計解析より、大雨発生時に MAUL が多く発現している場合には、可降水量および相対湿度も高い値を示す。一方、MAUL の発生頻度が低い場合には、CAPE や気温減率が大きな値を示す傾向があることがわかった。

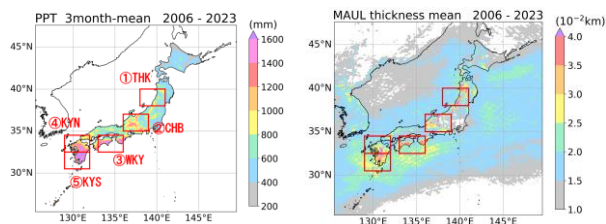


図1：2006～2023年（18年分）における6～8月分の3か月積算降水量の18年平均値の日本全域の水平分布図（左）、MAULの厚み（km）の平均値の日本全域の水平分布図（右）。

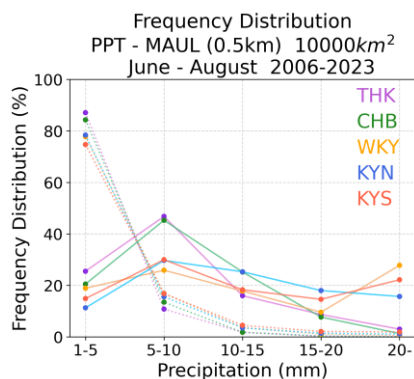


図2：「MAUL あり」、「MAUL なし」に分類した降水量の領域平均値の頻度分布。「MAUL あり」の場合を実線で、「MAUL なし」の場合を点線で示す。また、Z検定により「MAUL あり」と「MAUL なし」の差が95%信頼度で有意な場合に丸印をつけている。

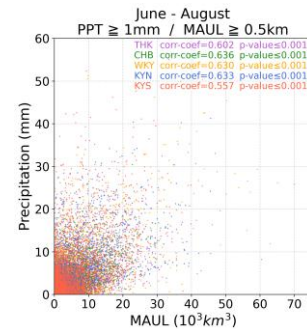


図3：各解析範囲内における 0.5km 以上の厚みをもつ MAUL の体積と、プロット時刻から 3 時間後までの積算降水量が 1mm 以上の領域の平均降水量の散布図。

4. 考察・まとめ

MAUL の発現域は、降水量が特に多い地域との位置的な対応が良く、MAUL と降水量には正の相関がある。また降水量が多い地域を選び地域毎に解析したところ、MAUL の発現頻度が多い場合と少ない場合とで気象条件が異なることが分かった。すなわち、日本の大雨は、①MAUL が大きく発現し大気全層で非常に湿った環境条件になることで発生するタイプ（MAUL 型）と、②CAPE や気温減率が大きくなり大気不安定になることによって発生するタイプ（CAPE 型）との2種類に分類することができると考えられる。

5. 参考文献

- Bryan, G. H., and Fritsch, J. M., 2000: Moist absolute instability: The sixth static stability state, *Bulletin of the American Meteorological Society*, **81**(6), 1207–1230.
- Naka, N., and T. Takemi, 2023: Characteristics of the environmental conditions for the occurrence of recent extreme rainfall events in Northern Kyushu, Japan. *SOLA*, **19A**, 9–16, doi:10.2151/sola.19A-002.
- Takemi, T., and T. Unuma, 2020: Environmental factors for the development of heavy rainfall in the eastern part of Japan during Typhoon Hagibis (2019), *SOLA*, **16**, 30–36, doi:10.2151/sola.2020-006.
- Unuma, T., and T. Takemi, 2016: Characteristics and environmental conditions of quasi-stationary convective clusters during the warm season in Japan, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **142**, 1232–1249.