

2023 年 7 月の東北および九州北部における豪雨事象の環境場の対照性
 Contrasting Environmental Conditions of the Heavy Rainfall Events
 in Tohoku and Northern Kyushu in July 2023

○中七海・竹見哲也

○Nanami NAKA・Tetsuya TAKEMI

This study focused on two regions with different climatic characteristics, northern Kyushu (KYN) and Tohoku (THK), in which heavy rainfall occurred in July 2023. The case in THK accompanies the presence of thick moist absolutely unstable layer (MAUL), which well correlates with the precipitation amount, while the case in KYN indicates that there is substantially no presence of MAUL. A key to affecting the heavy precipitation in the KYN case is found to be due primarily to convective instability. It is suggested that there will be different types of precipitation mechanisms: MAUL-driven and convective instability-driven.

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 (Naka and Takemi, 2023)。さらに、2006~2023 年の 6~8 月における長期間統計解析により、MAUL の体積と降水量には正の相関があることがわかった。また、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、つまり①「MAUL 型」と②「CAPE 型」の 2 種類に分類できることが示された (Naka and Takemi, 2025)。このように、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うえでは、特に注目すべき条件の一つである。本研究では、2023 年 7 月に日本で発生した梅雨期豪雨を対象に、東北 (THK) および九州北部 (KYN) の 2 地域について、大気的不安定性や湿潤度、とりわけ MAUL の発現の有無に注目して解析した。これによって、「MAUL 型」と「CAPE 型」の環境条件

が実際の豪雨事例として発生し得るものであることを確認し、異なる地域・気象場における大雨事例を比較することで、タイプの異なる大雨発生環境に対する理解をより深めることを目的とする。

2. 使用データと解析手法

本研究では、2023 年 6 月 28 日~7 月 16 日にかけて日本各地で発生した大雨事象において、最も降水が多かった地域である九州北部と、その比較対象として日本の北部に位置する東北地方を選び、大雨発生時の環境条件について解析した。

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より、2023年7月事例における九州北部では、降水域付近に MAUL はほとんど発生していないが、CAPE は比較的大きい値を示していた。一方、図2より、東北地方では、降水域付近に MAUL が形成され、CAPE は非常に小さい値を示しており、Naka and Takemi (2023, 2025) と類似した環境場であることが示された。

また、図3より、九州北部では、降水発生時において境界層よりやや上層の 850 hPa 付近で $100 \sim 200 \text{ J/kg}^{-1}$ 程度の CAPE が解析され、深い対流不安定層の存在が確認されたのに対し、東北地方では CAPE は小さく、ゼロでない CAPE の層も浅い。さらに、降水量との関係性について、850 hPa から空気塊を持ち上げて計算した CAPE (CAPE850) および MAUL との相関を調べたところ、九州北部では CAPE850 と降水量に正の相関が見られた一方で、MAUL との相関は低かった。逆に、東北地方では CAPE850 との相関はほとんど見られなかったが、MAUL との相関は高かった。

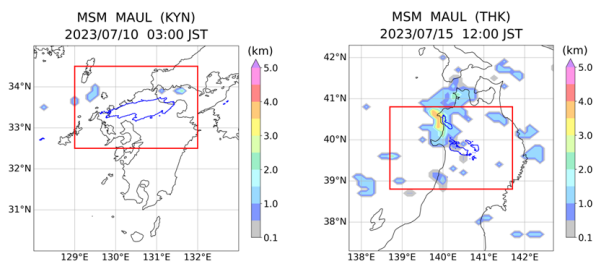


図1: MAUL の厚みの水平分布図。(左図) 九州北部: 2023 年 7 月 10 日 03:00 JST、(右図) 東北地方: 2023 年 7 月 15 日 12:00 JST。青色の等値線は表示時刻から 3 時間後までの積算降水量が 50 mm のラインを示す。

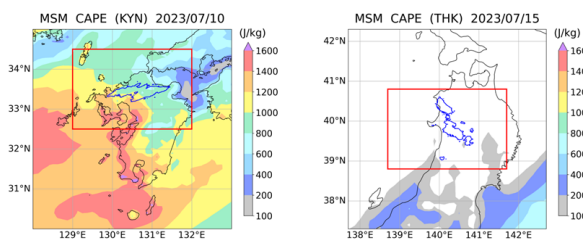


図2: CAPE の 1 日平均した水平分布図。(左図) 九州北部、2023 年 7 月 10 日、(右図) 東北地方、2023 年 7 月 15 日。青色の等値線は 1 日積算降水量が 200 mm を示す。

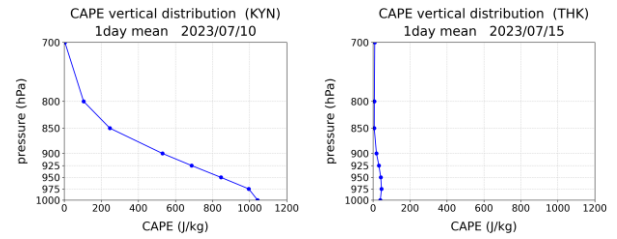


図3: 各気圧面 (1000 hPa、975 hPa、950 hPa、925 hPa、900 hPa、850 hPa、800 hPa、700 hPa) から空気塊を断熱的に持ち上げて浮力を計算することで算出した CAPE の 1 日平均した領域平均値の高さ分布。(左図) 九州北部、2023 年 7 月 10 日、(右図) 東北地方、2023 年 7 月 15 日。

4. 考察・まとめ

九州北部の事例は、MAUL によるものではなく、地上から境界層を超えた高度まで深く存在する CAPE が鍵となって降水発生に寄与していると考えられる。また、2023 年 7 月事例の九州北部と東北地方における降水域周辺の環境条件の違いは、水蒸気の収束場周辺における大気の湿潤度や大気の不安定度の違いによるものであり、これらの大雨事例を Naka and Takemi (2025) の分類法に当てはめると、九州北部は「CAPE 型」、東北は「MAUL 型」に分類できる。

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.
- Naka, N., and T. Takemi, 2025: Classifying Moist Unstable States for the Occurrence of Precipitation during the Summer Season in Japan. *International Journal of Climatology*, **45**(10), e8890, doi:10.1002/joc.8890.
- 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