

船舶レーダによるメソ対流系の観測：九州西方海上の梅雨前線帯における事例解析
Marine radar observation of mesoscale convective system in the baiu frontal zone
over the sea area west of Kyushu

○中村啓彦・新村陸人・西隆昭・仁科文子・須本祐史・真木雅之

○Hirohiko NAKAMURA, Rikuto SHIMURA, Takaaki NISH, Ayako NISHINA, Hirofumi SUMOTO,
Masayuki MAKI

Recent studies indicated that the Kuroshio warm water strongly affects the Baiu rainband over the Kuroshio area in the East China Sea. Following this fact, a campaign observing both atmosphere and ocean environments over the Kuroshio area had been carried out using the training vessels of Nagasaki, Kagoshima and Mie Universities during 18-20 June 2022. This study shows observational results from the marine radars onboard the Kagoshima-maru, which could characterize the initiation, development and decay stages for the mesoscale convective system. We describe that band-shaped heavy rainfall areas (the Senjo-kousuitai) with the process of the back building type were formed, relating to the sea surface temperature distribution around the Kuroshio front.

1. はじめに

近年の研究により、東シナ海北東部の黒潮流域では、黒潮系暖水が梅雨期の降水過程に強く影響していることが指摘されている。例えば、Qiao et al. (2024)は、近年 40 年間に黒潮上の海面水温は約 1℃ 上昇したため、対流圏下層での圧力調節による水平風収束と海洋の潜熱放出による対流圏中層での非断熱加熱によって対流活動が活性化され、黒潮域とその周辺の降水量が増加したことを示した。

このような黒潮上での大気環境場の変化は、黒潮上のみならず南西諸島や九州西方の梅雨期の降水、特に、西日本で近年顕著化している線状降水帯による集中豪雨の要因になっている可能性がある。そのため、2022 年 6 月 19～20 日にかけて、長崎大学・鹿児島大学・三重大学等と気象庁/気象研究所により、九州西方海上で船舶を用いた大気・海洋環境場の集中観測が実施された。この観測は、黒潮系暖水と沿岸系冷水の境界域に梅雨前線帯が位置する絶好の条件のもとで、最大 80mm/h の非常に強い降水の中で実施された。

このデータを解析し、Manda et al. (2024)は、この強雨が総観規模の低気圧がない状況で起こったこと、対流圏中層の大規模な水蒸気流入と海面付近のほぼ飽和水蒸気状態にある大気環境が重要だったことを示した。さらに、Nakashita et al. (2024)は、観測データを用いたデータ同化実験を

通して、観測期間中に観測海域で発生した 2 回の広域降水イベントの内、2 回目の降水イベントは海面水温の影響が大きかったことを指摘した。

本研究は、この集中観測の際、鹿児島大学付属練習船「かごしま丸」の船舶レーダーを用いて取得した、雨雲画像を解析したものである。船舶レーダーは、約 2.5 秒で 1 回転するため、積乱雲の成長と組織化のような短時間で発達するメソ対流系の現象の観測に適している。本研究は、海上で発達するメソ対流系の発生・発達・消滅過程に関する数少ない観測事例である。

2. 観測概要と解析方法

2022 年 6 月 19 日 8 時 (日本時間) から 21 日 11 時までの 26 時間、九州西方海域 (図 1) において、長崎・鹿児島・三重大学の練習船 3 隻を用いて、ラジオゾンデを用いた高層気象観測と XCTD (水温・塩分計)を用いた海洋観測が実施された。「かごしま丸」では、この観測に合わせて、X バンドと S バンド船舶レーダーの PPI スコープ形式の画像を、レーダーのコンソールに接続したパソコンに 1400 枚/時 (S バンドは 700 枚/時) の割合で保存した。航海データ (船首方位と船位) を用いて、各画像の方位補正と緯度・経度の位置決定を行い、反射強度 (画像の輝度値) のデータセットを作成し解析した。以後、本要旨では、雨雲画像、反射強度、輝度値の用語を同義として使用する。

まず、全観測期間の雨雲画像の動画を作成し、5つのメソ対流系の降水イベント（ケースA～D）を抽出した。その内、積乱雲とその組織化の状態が画像として明瞭に捉えられていた4つのイベント（B, C, D, E）について、個々の雲と雲群の輪郭を画像処理ソフト上でトレースして抽出した。そして、個々の雲が組織化していく過程として、雲の発生位置、組織化された形状・規模、発生から成熟および成熟から消滅までの時間を計測し、3事例を比較した。さらに、Kato (2020)に従って、組織化の過程を、線状降水帯を形成するa)バックビルディング型（次々に発生する積乱雲が線状に並ぶタイプ）とb)ブローケンライン型（いっせいに積乱雲が線状に発生するタイプ）に分類した。

3. 結果

抽出した4つの事例は、1つ目の降水イベントに属するケースBとC、2つめの降水イベントに属するケースDとEである。この4つのケースの雲と雲群の輪郭を海面水温分布に重ねた図（図2：例としてケースBを示す）より、ケースBとDはバックビルディング型の線状降水帯に分類された。ケースCについては明確な判別が難しいが、ケースCは複数のバックビルディング型の集積、ケースEはブローケンライン型と考えられる。

図2に基づいてケースBについて解説する。個々の雲が出現する位置（図中：↑）は、共通して海面水温のフロント付近であった。海面水温分布が海面付近の上昇流を励起していることが指摘できる。最初の雲の出現から、雲が線状に組織化

した最盛期までの時間は約37分、最盛期から衰退するまでの時間は約32分あり、このメソ対流系の寿命は約70分、最盛期の線状降水帯の長さは約55kmであった。また、ケースCの寿命は約60分、ケースDの寿命は約100分で、規模は30～50km程度であった。陸上で見られる線状降水帯に比べると、時間空間規模がやや小さかった。

4. まとめ

船舶レーダーはほとんどの船舶に設置されており、かつ気象レーダーと比べると比較的安価である。現段階では、雨雲画像の輝度値から雲水量（雲を構成する粒径状の水の量）を推測するまでには至っていないが、レーダー方程式に基づいてこの量的推定が可能になれば、複数船の船舶レーダーを組み合わせて海上の広範囲の雨雲を観測するシステムを構築できる。今後、船舶レーダーの利用は、海上での雨雲の有効な観測手段になると考えられる。

参考文献

- Kato, T., 2020, *J. Meteor. Soc. Japan*, 98, 485-509.
- Manda, A., Y. Tachibana, H. Nakamura, et al., 2024, *Earth and Space Science*, 11.
- Nakashita, S., T. Enomoto, and S. Ishii, 2024, *J. Meteor. Soc. Japan*, 102, 599-631.
- Qiao, Y.-X., H. Nakamura, and T. Tomita, 2024, *Geophys. Res. Letts*, 51

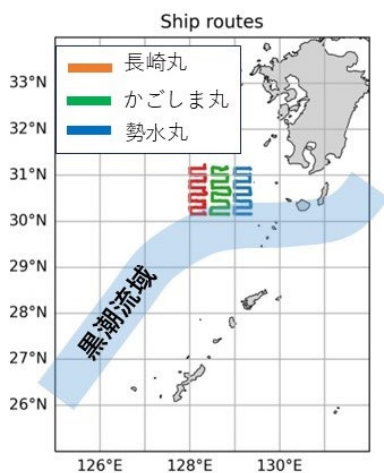


図1. 観測海域と各船の航跡。

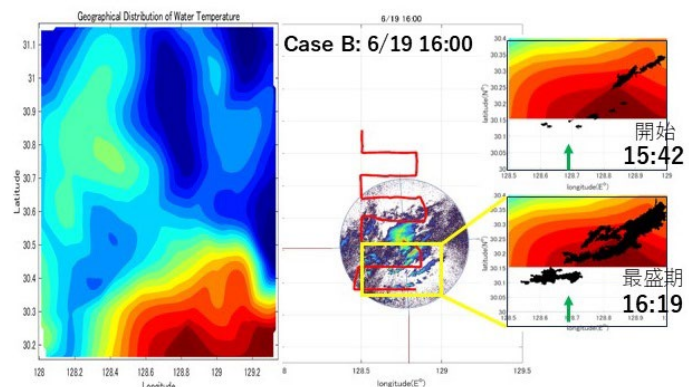


図2. ケースB: (左) 海面水温分布, (中央) かごしま丸の航跡とレーダー画像. (右) 海面水温 (カラー) と抽出された雲・雲群の輪郭 (黒塗).