

## 第1章 はじめに\*

梅雨前線帯は東アジアの春～夏期に形成されるこの地域特有の亜熱帯前線帯である (Ninomiya, 1984)。梅雨前線に関する研究はこれまでさまざまな立場から数多く行われてきた。梅雨前線に関連する降水雲は水平スケール 1,000 km 程度の中規模クラスターに組織化され、さらにそれを構成する数百 km のスケールの中規模降水システムから大雨・豪雨をもたらされると理解されている (Matsumoto and Akiyama, 1970; Ninomiya and Akiyama, 1972, 1973, 1974; Yoshizumi, 1977; Akiyama, 1979; Ninomiya, 1978; Ninomiya and Yamazaki, 1979; Ninomiya *et al.*, 1981; Akiyama, 1984a, b; Takeda and Seko, 1986; Ninomiya *et al.*, 1988a, b)。これらの中規模～中間規模降水システムの形態や構造については、これまでおもに北緯 28°～36° に位置する中国の中部から九州、本州地方を中心とする領域において、下層ジェットと降雨との関連、降水システム内の豪雨セルの振舞い、降水システムの成長過程、前線帯周辺での水や熱の収支、等を中心に調べられてきた。

中規模降水システムにおいては降水の集中度が高く、それによってもたらされる被害が大きいことから、近年世界各地で特別観測を通して研究が進められている。その代表的なものは、米国北西海岸やヨーロッパ西部で発達する極前線ともなう降雨帯 (Hobbs *et al.*, 1980; Houze and Hobbs, 1982; Browning and Harrold, 1970)、米国中部の大規模な積乱雲の集合体であるスコールライン (Ogura and Liou, 1980; Smull and Houze, 1985) や Mesoscale cloud complex (Maddox, 1980)、アフリカ大陸西部から大西洋上で発生する熱帯スコールライン (Houze, 1977; Roux *et al.*, 1984) 等である。観測によってその実態や構造が明らかにされたこれらの現象は、数値モデルによって再現され観測結果との比較によってさらに詳しい研究が進められている。

(Yoshizaki, 1986; Fovell and Ogura, 1988; Lafore *et al.*, 1988; Weisman *et al.*, 1988)。梅雨前線に関しては九州地方を中心とした大規模な特別観測が 1969-1971 年に気象庁によって行われた (JMA, 1974)。さらに今回の特別観測とほぼ同時期の 1982 年 5, 6 月には台湾周辺において梅雨前線のメソ構造と地形の効果を調べる目的で米国と台湾の研究者が共同で Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX) を実施した (Jorgensen and LeMone, 1989; Kuo and Chen, 1990)。

梅雨前線帯は 3,000 km～4,000 km のスケールを有する雲域であり (Akiyama, 1973), Yoshino (1966) が示したように夏期モンスーンの開始に関連して、東アジアにおいて 5 月中旬に北緯 20° 付近に発生し 7 月下旬には北緯 40° 付近まで北上する (図 1.1)。沖縄地方をおおよそ沖縄

---

\* 担当：石原正仁・榊原 均・田畑 明・赤枝健治・横山辰夫

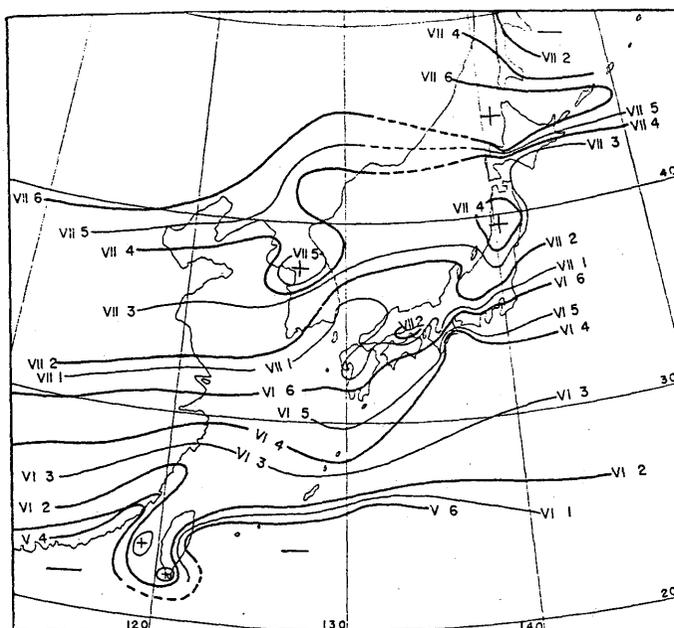


図1.1 半月平均降水量の最大値の出現域。V, VI, VIIはそれぞれ5月, 6月, 7月を表す。1, 2, 3...6はそれぞれの月の第1, 第2, 第3...第6半月を示す。Yoshino (1966)より引用。

本島, 与那国島, 南大東島の3点で囲まれる領域として定義すると, この地方は北緯 $24^{\circ}\sim 27^{\circ}$ に位置し, ここでは梅雨前線は5~6月に活動する。Yoshino (1965)は東アジアにおける梅雨の活動期間を4段階に分けたが, それによればこの地方の梅雨前線は第1~2期の活動期間に該当する。一方, 九州地方における梅雨期は6~7月であり, これは第2~3期の活動期間に属する。したがって, 低緯度に位置するという地理的要因によって沖縄地方の梅雨は九州地方のそれに約1ヶ月先行する。さらに沖縄地方では梅雨前線は海洋上にあり, そこで発生する降水システムが九州地方や中国大陸のそれに比べて地形の影響を受けて変質することが少ないと考えられる。

沖縄地方における梅雨期の中小規模降水システムを総合的に取り扱った研究はこれまでにに行われていない。さらに豪雨・大雨をもたらすとされる中規模降水システムの解析には既存のデータだけでは不十分である。したがって, 我々はこれらの降水システムを対象とした特別観測を計画し, 主にドップラーレーダーを使って1987年5月20日~6月15日の期間に沖縄県那覇市において観測を実施した。ドップラーレーダーを用いることによって中小規模降水システム内の3次元的な降水分布の微細構造に加え, これまでの観測手段では得られなかった降水システム内の循環(流れ)が理解される。これらから梅雨前線付近の降水システムの力学的構造をこれまでの研究より一歩立ち入って議論することが可能となる。さらにドップラレーダー観測を補足するために

ラジオゾンデによる高層観測も適宜行った。

本研究の目的は

- 1) 比較的低緯度の亜熱帯海洋上にある梅雨前線付近の降水がどのような形態の降水システムに組織化されているのかを知ること〈形態〉,
- 2) それらの降水システムはどのような微細構造を持っているのかを知ること〈構造〉,
- 3) 得られた結果を比較的高緯度の梅雨前線付近や熱帯や中緯度に発生する他の降水システムと比較しその構造の差異を論じること〈比較〉,

である。

本報告では、第2章において観測の概要を述べ、第3章では1987年の沖縄地方の梅雨期における大規模場・総観場について概説する。第4章では、この年の梅雨期の降水の特徴とそれをもたらした降水システムを分類する。第5章では寒冷前線と関連した降水システムを解析する。第6章では、梅雨前線とは関連せずに発生した降水システムの統計的解析を行い、第7章ではそのうちの典型的なスコールクラスタータイプの降水システムの構造を示す。第8章では、同じく梅雨前線とは関連せずに発生した降水システムの発生期から成熟期への構造の変化に着目した解析を行い、第9章ではおもにそれらの層状性降水領域の構造を議論する。

本観測の実施に際しては沖縄気象台の方々に多大なご協力をいただきました。ドップラーレーダーの設置場所の選定と観測終了後の気象資料の提供、さらに宿舍の手配については観測課の方々に、観測本部を気象台内に設置させていただくにあたっては予報課と通信課の方々に世話になりました。観測期間中には毎日予報会報に参加させていただいて生の情報を提供していただきました。これは沖縄の梅雨と気象業務の現場を肌で実感する良い機会でもありました。不慣れた高層観測は高層課の方々にご協力いただきました。業務課と総務課の方々にはドップラーレーダーの用地借用の手続きを始め観測全般についてたいへんお世話になりました。改めて感謝いたします。気象資料の収集では、沖縄開発庁沖縄総合事務局北部ダム総合管理事務所及び福岡管区気象台にお世話になりました。ドップラーレーダーの設置のための敷地を提供していただいた琉球大学に感謝します。また同大学石島教授には那覇滞在中にお世話になりました。気象研究所海洋研究部の柴田彰氏にはレーダーサイトの選定に協力していただきました。

この観測は昭和62年度気象研究所推進調整費と台風研究部、予報研究部の経常研究費によって実施された。

## 参 考 文 献

Akiyama, T., 1973: The large-scale aspects of the characteristic features of the Baiu front—With special emphasis on the relation among the ageostrophic low-level jet stream, moist tongue, convective warming, convergence zone within Baiu front and heavy rainfall. *Pap. Met. Geophys.*,

24, 157-186.

- Akiyama, T., 1978 : Variation of thermal stratification in subtropical medium-scale disturbances. *J. Meteor. Soc. Japan*, **57**, 587-598.
- Akiyama, T., 1984a : A medium-scale cloud cluster in a Baiu front. Part 1 : Evolution process and fine structure. *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, 485-504.
- Akiyama, T., 1984b : A medium-scale cloud cluster in a Baiu front. Part 2 : Thermal and kinematic fields and heat budget. *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, 505-520.
- Browning, K. A. and T. W. Harrold, 1970 : Air motion and precipitation growth at a cold front. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **96**, 369-389.
- Fovell, R. G. and Y. Ogura, 1988 : Numerical simulation of a midlatitude squall line in two dimension. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 3846-3879.
- Houze, R. A. Jr., 1977 : Structure and dynamics of a tropical squall-line system. *Mon. Wea. Rev.*, **105**, 1540-1567.
- Houze, R. A. Jr. and P. V. Hobbs, 1982 : Organization and structure of precipitating cloud systems. *Advances in Geophysics*, **24**, 225-305.
- Jorgensen, D. P. and M. A. LeMone, 1989 : Vertical velocity characteristics of oceanic convection. *J. Atmos. Sci.*, **46**, 621-639.
- Kou, Y. and G. Chen, 1990 : The Tawiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX) : An review. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **71**, 488-503.
- Lafore, J. P., J. L. Redelsperger and G. Jaubert, 1988 : Comparison between a three-dimensional simulation and Doppler radar data of a tropical squall line : Transports of mass, momentum, heat, and moisture. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 3483-3500.
- Maddox, R. A., 1980 : Mesoscale convective complexes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **61**, 1374-1387.
- Matsumoto, S. and T. Akiyama, 1970 : Mesoscale disturbances and related rainfall cells embedded in the Baiu front with a proposal on the role of convective momentum transfer. *J. Meteor. Soc. Japan*, **48**, 91-102.
- Ninomiya, K. and T. Akiyama, 1972 : Medium-scale echo clusters in the Baiu front as revealed by multi-radar composite echo map. *J. Meteor. Soc. Japan*, **50**, 558-569.
- Ninomiya, K. and T. Akiyama, 1973 : Medium-scale echo clusters in the Baiu front as revealed by multi-radar composite echo map. *J. Meteor. Soc. Japan*, **51**, 108-118.
- Ninomiya, K. and T. Akiyama, 1974 : Band structure of mesoscale echo clusters associated with low-level jet stream. *J. Meteor. Soc. Japan*, **52**, 300-311.
- Ninomiya, K., 1978 : Heavy rainfalls associated with frontal depression in Asian subtropical humid region (1) synopticscale features. *J. Meteor. Soc. Japan*, **56**, 253-265.
- Ninomiya, K. and K. Yamazaki, 1979 : Heavy rainfalls associated with frontal depression in Asia subtropical humid region. Part 2. *J. Meteor. Soc. Japan*, **57**, 399-413.
- Ninomiya, K. and M. Ikawa and T. Akiyama, 1981 : Long-lived medium-scale cumulonimbus cluster

- in Asia subtropical humid region. *J. Meteor. Soc. Japan*, **59**, 564-577.
- Ninomiya, K., T. Akiyama and M. Ikawa, 1988a: Evolution and fine structure of a long-lived meso- $\alpha$ -scale convective system in Baiu frontal zone. Part 1. Evolution and meso- $\beta$ -scale characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 331-349.
- Ninomiya, K., T. Akiyama and M. Ikawa, 1988b: Evolution and fine structure of a long-lived meso- $\alpha$ -scale convective system in Baiu frontal zone. Part 2. Evolution and meso- $\gamma$ -scale characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 351-370.
- Ogura, Y. and M. T. Liou, 1980: The structure of a midlatitude squall line: A case study. *J. Atmos. Sci.*, **37**, 553-567.
- Roux, F., J. Testud, M. Payen and B. Pinty, 1984: West African squall-line thermodynamic structure retrieved from dual-Doppler radar observations. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 3104-3120.
- Smull, B. F. and R. A. Houze, Jr., 1985: A midlatitude squall line with a trailing region of stratiform rain: Radar satellite observations. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 117-132.
- Takeda, T. and K. Seko, 1986: Formation and maintenance of band-shaped convective radar echoes. *J. Meteor. Soc. Japan*, **64**, 941-954.
- Yoshino, M., 1965: Four stages of the rainy season in early summer over east Asia (Part 1). *J. Meteor. Soc. Japan*, **43**, 231-244.
- Yoshino, M., 1966: Four stages of the rainy season in early summer over east Asia (Part 2). *J. Meteor. Soc. Japan*, **44**, 209-217.
- Yoshizaki, M., 1986: Numerical simulations of tropical squall-line clusters: Two-dimensional model. *J. Meteor. Soc. Japan*, **55**, 107-120.
- Yoshizumi, S., 1977: On the structure of intermediate-scale disturbances on the Baiu front. *J. Meteor. Soc. Japan*, **55**, 107-120.
- Weisman, M. L. and R. Rotunno, 1988: The structure and evolution of numerically simulated squall lines. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 1990-2013.