

# 1982年7月に観測された日本近傍における 梅雨前線帯の雲・降水システムの変動

二 宮 洸 三\*

## 要 旨

梅雨前線帯における中規模現象と総観規模場の関係を明らかにするため、1982年7月の日本近傍の梅雨前線低気圧とそれに伴う雲・降水システムを観測データに基づいて調べた。

梅雨前線帯北側 (~43°N) の500hPa 気温変化は大きく、7月中旬の低温・強い傾圧性の期間に顕著な500hPa 面トラフが日本を通過し、これに伴って幾つかの梅雨前線帯低気圧が発達した。なお、低温期間後の23-24日には九州に記録的な大雨が発現した。顕著な2-3日周期の雲・降水システムの変動は7月5-20日の期間に見られた。500hPa 面トラフの通過に伴って梅雨前線帯の湿潤スタティックエネルギーの南北傾度、成層安定度が変化し、梅雨前線低気圧の状況も変化した。主要な850hPa 面トラフは500hPa 面トラフに伴って発現したが、17日の850hPa 面トラフは500hPa 面トラフに伴わななかつた。多くの梅雨前線低気圧、雲・降水システムは850hPa 面トラフに伴って発現したが、23-24日の北九州豪雨をもたらした低気圧は顕著な500hPa 面トラフに付随していないことが分かった。

本事例に見られた様相が、梅雨期の共通の様相なのか、この期間特有の状況なのかを他期間の先行報告と比較して調べた。大規模場の様相は他期間にも共通して見られるが、その状況は期間により異なり、大規模場の差異が梅雨前線における差異をもたらしていることが明らかになった。「トラフー梅雨前線低気圧ー雲・降水システムからなる多種スケール階層構造」は共通して見られるが、雲・降水システムの様相については事例間の差異が大きい。

## 1. はじめに

本報告に関連する日本近傍の梅雨前線の総観規模・中規模 (メソ $\alpha$ 規模) 変動についての先行研究について述べる。日本列島近傍の梅雨前線の詳細な事例解析は1968-1972年の九州を中心とした研究観測期間についてなされた。Matsumoto *et al.* (1970, 1971) は下層ジェット・比湿傾度・不安定成層に特徴付けられる梅雨前線と梅雨前線低気圧 (中規模) の観測的事実を指摘した。Akiyama (1973) は1968年の梅雨期について気団分布・成層安定度分布・水蒸気南北傾度分布を調

べている。

その後も特定の現象について事例解析がなされた。Yoshizumi (1977) は梅雨前線低気圧の事例解析でその構造を議論している。彼が扱った低気圧の空間スケールは Matsumoto *et al.* (1970) の低気圧より大きい。一方、Akiyama (1989, 1990a, b) は強い降水を伴う梅雨前線低気圧の構造を解析し、Ninomiya and Akiyama (1992), Shibagaki and Ninomiya (2005), Ninomiya and Shibagaki (2007) は「トラフー梅雨前線低気圧ー雲・降水システムの多種スケール階層構造」を指摘し「主低気圧に後続する副次的低気圧とそれらに伴う雲・降水システムから成り立つ降水系家族」の概念モデル (Ninomiya and Shibagaki (2007) の Fig. 20A 参照) を示した。

最近、Tochimoto and Kawano (2017) は狭領域モデルによって、梅雨前線低気圧の発達にかかわる傾圧

\* Kozo NINOMIYA (無所属)

E-mail : knino@cd.wakwak.com

—2019年11月25日受領—

—2020年2月21日受理—

不安定や潜熱放出の役割についての事例研究を行っている（これについては第10節で議論を加える）。

上述の事例研究は特定の現象が出現した短期間についてなされているため、梅雨前線の変動を十分に理解するに至っていない。本報告では1982年7月の日本近傍における梅雨前線の総観規模・中規模変動を観測データに基づいて調べる。1982年7月は23-24日の北九州豪雨期間を含む多様な擾乱・降水系が出現しており、梅雨前線の調査に適する期間である。

本事例解析の結果が「この期間特有な状況」なのか「共通的な状況」なのかを確かめるために先行報告と比較した。

## 2. 使用した観測データ・解析図等

- (a) 日本およびその近傍の高層・地上観測データ。
- (b) 日本の地域観測 (AMeDAS) 降水量データ。
- (c) “high-cloud cover ( $C_H$ )” データ：気象衛星センターが作成した静止気象衛星の赤外放射観測から得られた緯度・経度 $2^\circ$ メッシュ内の400hPa面より高い雲の雲量の00, 12 UTC のデータ。
- (d) 静止気象衛星 (GMS) 赤外 (IR) 雲画像。
- (e) 気象庁印刷天気図および現業天気図。

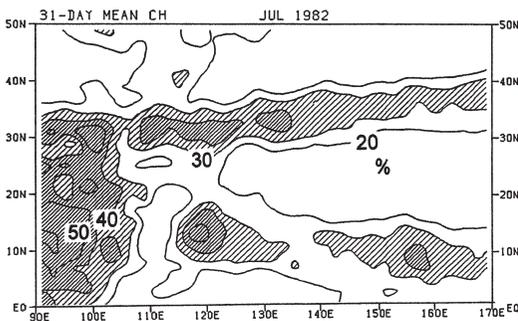
## 3. 1982年7月のアジア域の梅雨前線の概況

最初に1982年7月のアジア広域の梅雨前線帯を調べた二宮 (2020) の報告を以下に引用する。「チベット高原東縁から北西太平洋に伸びる梅雨前線雲ゾーン（以下雲ゾーンと略記）は亜熱帯ジェットの南縁と太平洋高気圧の北縁に位置していた。雲ゾーンは、 $\sim 35^\circ\text{N}$  緯度圏の傾圧ゾーン内に存在し、大陸の雲ゾーンは大き

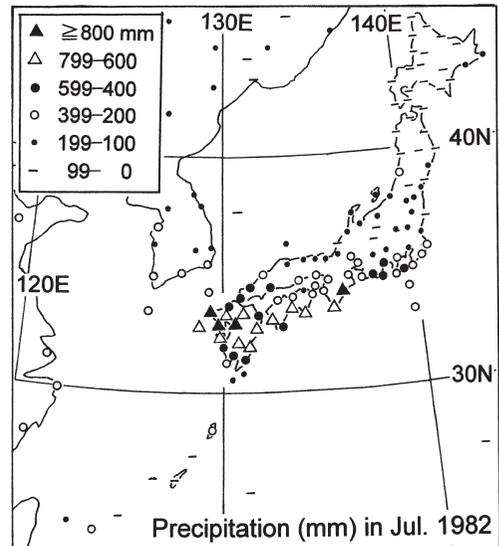
な降水量、比湿、比湿の南北傾度と湿潤不安定成層によって、北西太平洋の雲ゾーンは安定成層によって特徴づけられる。日本は両域の遷移域である。雲ゾーンは梅雨前線降水ゾーン（以下、降水ゾーン）に対応していた。多くの中規模地上低気圧が雲ゾーン内に発現していた。これらの低気圧を梅雨前線低気圧（以下、低気圧と略記）と定義した。北西太平洋では雲ゾーンの $\sim 5$ 日周期変動が、中国東部—西日本では $\sim 2$ 日周期変動が卓越している。梅雨前線帯の雲・降水システムの多くは低気圧に伴って出現した。」しかし二宮 (2020) は日本近傍の中規模現象を十分に調べていない。本報告では二宮 (2020) の不足を補い、日本近傍における雲・降水システムの状況を詳しく調べる。

最初に日本近傍における雲量と降水量の分布を示す。第1図 (二宮 2020より引用) は1982年7月の月平均 $C_H$ の分布図である。チベット高原東縁から北西太平洋に伸びる $C_H$  30%以上のゾーンが梅雨前線雲ゾーンである。雲ゾーン中の $130\text{--}135^\circ\text{E}$  域 (九州・西日本) では $C_H$ は40%に達し、 $C_H$ 極大域となっている。

第2図は日本とその近傍の7月降水量の分布図である。降水量分布は局地性が強いので等雨量線を描かずに各地点の降水量を挿入図の記号で示した。降水量は九州西部で最も多く、次いで九州中・南部、四国・本州の南岸で多い。 $\sim 40^\circ\text{N}$  以北の降水量は少ない。



第1図 1982年7月の月平均 $C_H$ 分布図。等値線は10%間隔。 $C_H$ 30%以上の雲域はハッチ域で、40%以上の雲域は濃いハッチ域で示す。二宮 (2020) より引用。

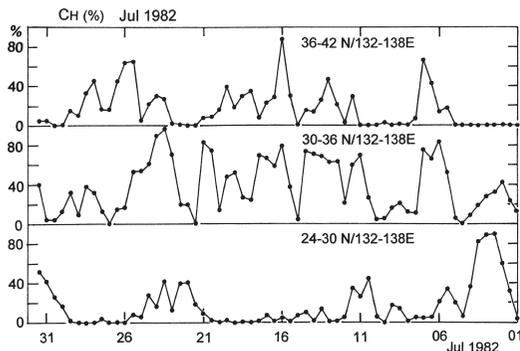


第2図 日本およびその近傍の7月降水量分布図。各地点の降水量を挿入図の記号で示した。

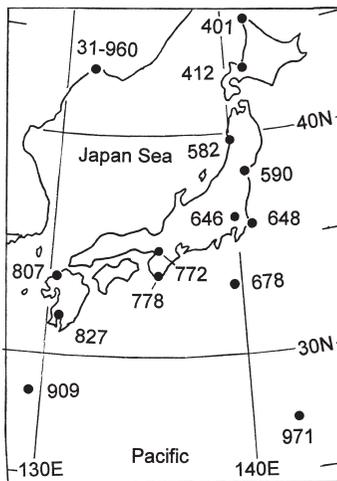
次に1982年7月の日本近傍の雲ゾーン内の雲量変動を示す。第3図は日本列島域の36-42°N/132-138°E, 30-36°N/132-138°E, および24-30°N/132-138°Eにおける緯度・経度6°領域のC<sub>ii</sub>面積平均値の時系列である。日本上空の雲ゾーン中央部にあたる30-36°N/132-138°Eでは、変動幅が大きく、短周期(～2日周期)変動が卓越している。

4. 日本近傍の総観場の時間的変動

本解析で使用した高層観測点と地上観測点を第4図に示した。各観測点に国際地域一地点番号を付した



第3図 36-42°N/132-138°E, 30-36°N/132-138°E, および24-30°N/132-138°Eにおける緯度・経度6°領域のC<sub>ii</sub>面積平均値の時系列。

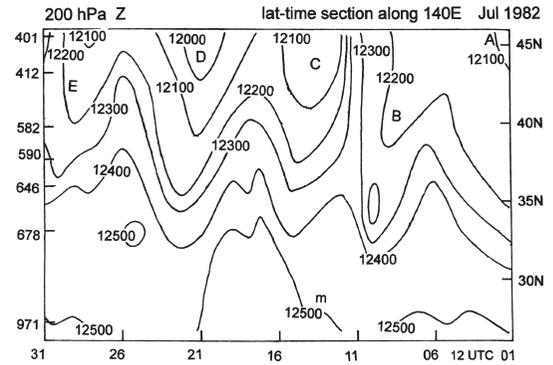


第4図 気象観測点の地図。各観測点にはWMO国際地点番号を付した。日本の観測点の「国際地域番号47」を省略した。

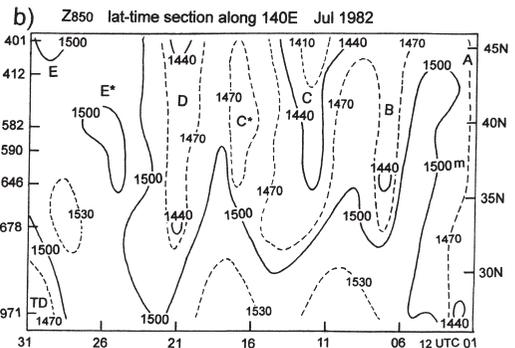
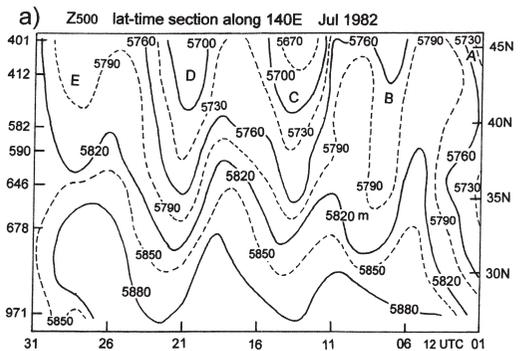
が、図中の「日本の国際地域番号47」を省いた。

まず200hPa(対流圏上層)の変動を述べる。第5図は～140°E子午線に沿う200hPa高度の緯度-時間分布図である。第5図では、5つの明瞭なトラフ(A, B, C, DおよびEの英大文字を付した)がほぼ周期的に140°E子午線を通過している。

次に対流圏中・下層の変動を示す。第6図(二宮



第5図 140°E経線における200hPa高度の緯度-時間分布図。



第6図 a) 140°E経線における500hPa高度および b) 850hPa高度の緯度-時間分布図。二宮(2020)より引用。

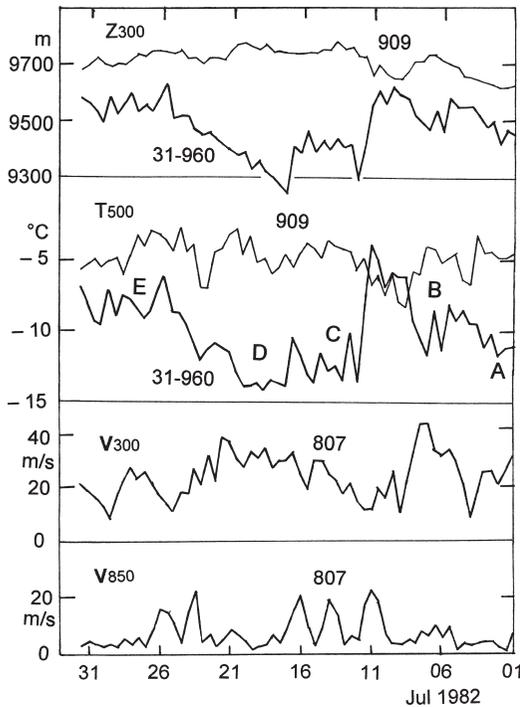
2020より引用)は $\sim 140^{\circ}\text{E}$ における500hPa高度と850hPa高度の緯度-時間分布図である。第6図aでは200hPa面トラフに対応する500hPa面トラフA, B, C, D, Eが周期的に通過している。第6図bでは500hPa面トラフに対応する850hPa面トラフA, B, C, Dが周期的に通過している。また17日には500hPa面トラフに関連しない850hPa面トラフC\*が通過している。500hPa面トラフEに伴う850hPa面トラフは明瞭に認められず、500hPaのトラフEの通過前に850hPaの低圧部E\*が見られる。

第5図と第6図は、主要なトラフB, C, Dは対流圏上部から下部におよぶ「深い構造を持つトラフ」であり、トラフ軸が高度と共に西に傾く傾圧波の構造を示している。これに対し850hPa面トラフC\*は上層トラフに付随しない「対流圏下層の浅い構造を持つトラフ」である。トラフEは対流圏上・中層でのみ明確に認められる。

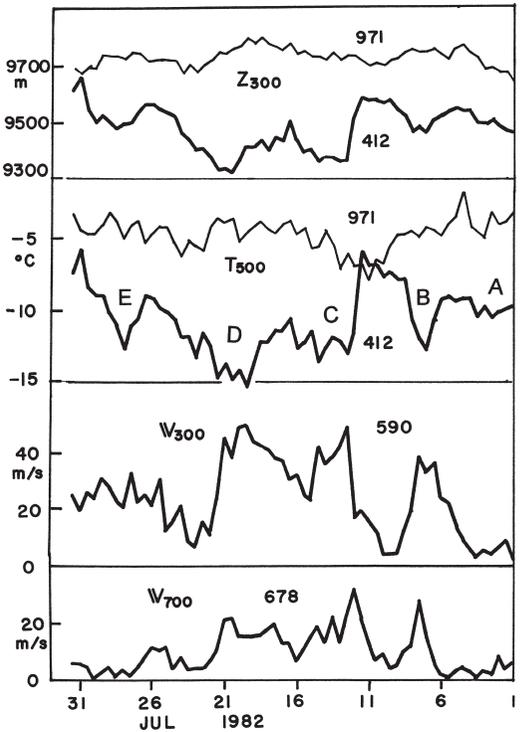
次にこれらのトラフに関連する総観場の変動を調べ

る。第7図は31-960(ウラジオストク)と47-909(名瀬)における300hPa面高度と500hPa面気温、および、47-807(福岡)における300hPa面風速と850hPa面風速の時系列データを示す。これらの高層観測点は $\sim 130^{\circ}\text{E}$ 経線に沿って並んでいる。梅雨前線帯南側の47-909(名瀬)では、300hPa面高度と500hPa面気温の変動は少なく、前線帯北側の31-960(ウラジオストク)では300hPa面高度と500hPa面気温の変動が大きい。31-960(ウラジオストク)では500hPa面トラフCの通過後の12-22日に500hPa面気温が低下し大規模場の傾圧性が強まっている。この強い傾圧場の中で優勢なトラフC, Dが通過している。前線帯内に位置する47-807(福岡)の300hPa面風速は強い傾圧性の期間に大きい。47-807(福岡)の850hPa面風速は梅雨前線帯の下層(900-700hPa)の強風(梅雨前線下層ジェット)の指標として示した。この観測点では850hPa面の $20\text{ m s}^{-1}$ 以上の強風は間欠的に発現している。

第8図は47-412(札幌)と47-971(父島)における



第7図 1982年7月の31-960(ウラジオストク)と47-909(名瀬)における300hPa高度と500hPa気温、および47-807(福岡)における300hPa風速と850hPa風速の時系列データ。



第8図 1982年7月の47-412(札幌)と47-971(父島)における300hPa高度と500hPa気温、47-590(仙台)における300hPa風速および47-678(八丈島)における700hPa風速の時系列データ。

300hPa 面高度と500hPa 面気温, および, 47-590 (仙台) における300hPa 面風速と47-678 (八丈島) の700hPa 風速の時系列データである. これらの高層観測点は $\sim 140^\circ\text{E}$  経線に沿って並んでいる. 梅雨前線帯南側の47-971 (父島) では, 300hPa 面高度と500hPa 面気温の変動は小さく, 前線帯北側の47-412 (札幌) では300hPa 面高度と500hPa 面気温の変動は大きい. 札幌では500hPa 面トラフ C の通過後の12-22日には500hPa 面気温が低下し傾圧性が強まっている. 前線帯内の47-590 (仙台) における300hPa 面風速も傾圧性が強い期間 (12-22日) で大きく, 47-678 (八丈島) では大きな700hPa 面風速が観測されていた.

第7図と第8図に共通して見られるのは, 12-22日の $\sim 43^\circ\text{N}$  の500hPa 面の低温である. この低温の環境場 (強い傾圧場) で優勢なトラフ C, D が発現したのか, あるいは, トラフの発達を寒気の南下を引き起こしたのかは判断できない.

先行報告 (Matsumoto *et al.* 1970, 1971; Akiyama 1973) は梅雨前線帯が850hPa 面の大きな相当温位の南北傾度と湿潤不安定一中立成層によって特徴付けられると述べている. 本報告では相当温位と同等の意味を

持つ“湿潤スタティック温度 (moist static temperature: *MST*)” を解析する. *MST* (単位 K) は式 (1) によって定義される:

$$MST = h/c_p = (c_p T + g Z + L q) / c_p \quad (1)$$

ここで *h* は湿潤スタティックエネルギーであり,  $c_p$ , *g*, *L*, *T*, *Z*, *q* は, それぞれ, 空気の定圧比熱, 重力加速度, 水蒸気潜熱, 気温, 等圧面高度と比湿である.

第9図 a は1982年7月の31-960 (ウラジオストク) と47-909 (名瀬) における850hPa の *MST* の時系列データである. 両地点で *MST* はかなり変動しているが, ほぼ7月全期間を通じて名瀬の *MST* はウラジオストクの *MST* より大きく, *MST* の南北傾度は変動しつつも維持されている.

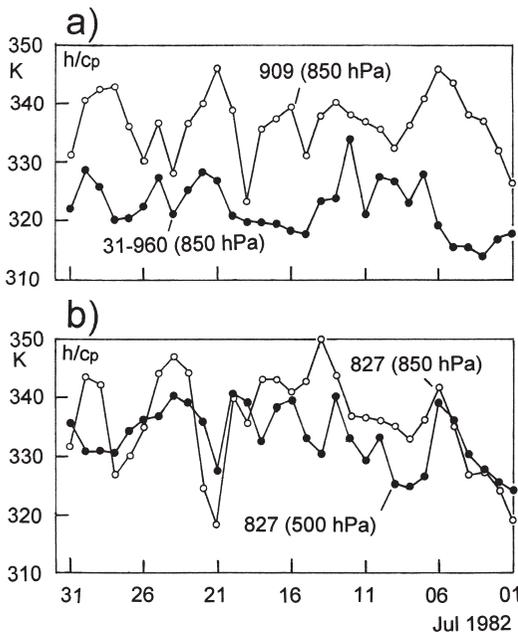
第9図 b は47-827 (鹿児島) における850hPa 面 *MST* と500hPa 面 *MST* の時系列データである. これらの気圧面で *MST* は大きく変動しているが, 7月中の多くの期間で850hPa 面 *MST* は500hPa 面 *MST* よりも大きいかほぼ等しい (湿潤不安定成層が湿潤中立成層). 第9図で使用した高層観測点は $\sim 130^\circ\text{E}$  経線に沿っており西日本の梅雨前線の状況を示している.

第10図 a は1982年7月の47-412 (札幌) と47-971 (父島) における850hPa *MST* の時系列データである. 両地点の間に大きな *MST* 南北傾度が維持されている.

第10図 b は47-646 (館野) における850hPa と500hPa 面の *MST* の時系列データである. 多くの時間帯で500hPa 面 *MST* は850hPa 面 *MST* より大きい (湿潤安定成層). 第10図で使用した高層観測点は $\sim 140^\circ\text{E}$  経線に沿っており東日本の梅雨前線の状況を示している.

## 5. 梅雨前線帯低気圧の通過

第5節では海面気圧の変動を調べる. 第11図は1982年7月の47-807 (福岡), 47-772 (大阪) と47-648 (銚子) における海面気圧の時系列データである. これらの観測点は $\sim 35^\circ\text{N}$  緯度線 (雲ゾーン内) に並んでいる. 海面気圧の時系列データに見られる気圧極小は梅雨前線低気圧の通過に対応している. これらの気圧極小を英小文字で示した. この海面気圧時系列と $\sim 140^\circ\text{E}$  における850hPa 高度の時間-緯度分布図 (第6図 b) を比較すると, 4回の顕著な気圧極小 c, d, f, g (7日, 12日, 17日および21日) が850hPa 面トラフ B, C, C\*, D に関連していることが知られる. しかし気圧極小 e と h は西日本でのみ顕著であり, 上層トラフ

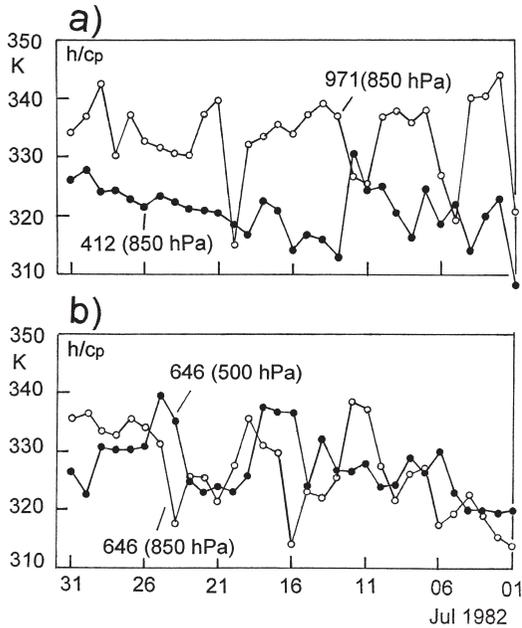


第9図 1982年7月 a) の31-960 (ウラジオストク) と47-909 (名瀬) における850hPa の  $MST = h/c_p$  (単位: K) の時系列データ. b) 47-827 (鹿児島) における850hPa と500hPa の  $MST$  の時系列データ.

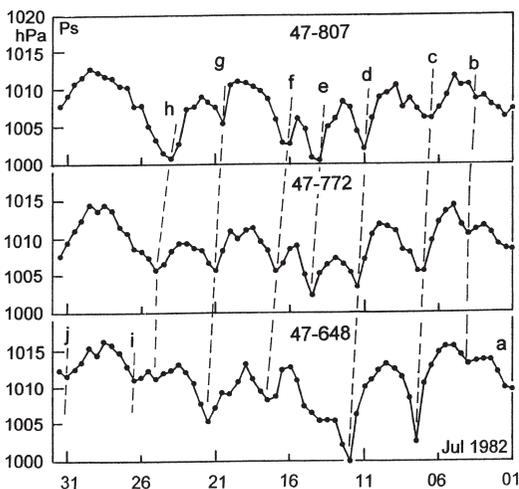
との関連は不明確である。

6. 日本列島近傍の雲・降水システム

第6節では日本近傍の雲・降水システムの変動を調



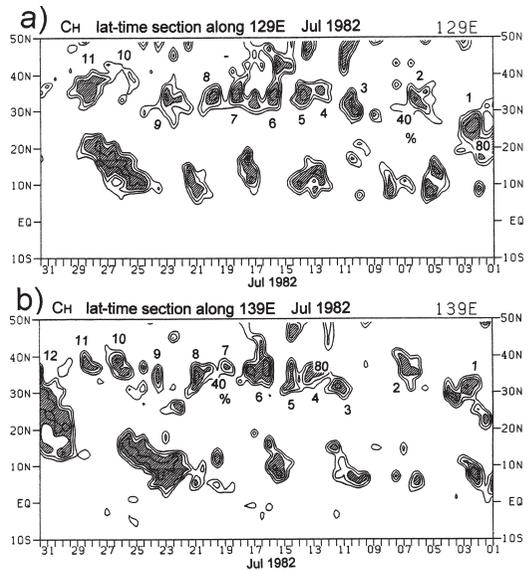
第10図 1982年7月のa) 47-412 (札幌) と47-971 (父島) における850hPaの  $MST=h/c_p$  (単位: K) の時系列データ。b) 47-646 (館野) における850hPaと500hPaの  $MST$  の時系列データ。



第11図 1982年7月の47-807 (福岡), 47-772 (大阪), 47-648 (銚子) における海面気圧の時系列データ。

べる。第12図は1982年7月の129°E子午線および139°E子午線における  $C_H$  の緯度-時間分布図である。雲ゾーン (30-40°N) 内を多くの雲システムが準周期的に通過している。これらの雲システムを数字 (番号) で示した。これらの通過周期は8-24日の期間で相対的に短い (~2日周期)。比較的大きい雲システム2 (6日), 雲システム4 (13日), 雲システム5 (14日), 雲システム6 (16日), 雲システム8 (20日) および雲システム9 (23日) はそれぞれ第11図に示した気圧極小 c, d, e, f, g および h に伴って出現しているが, 他の雲システムと気圧極小との対応関係は不明確である。第12図は各雲システムのメソ  $\beta$ - $\gamma$  規模の内部構造を示している。第12図 a (129°E) と第12図 b (139°E) は, 日本上空を東進する雲システムの形態・サイズが移動しつつ変化していることを示している。

次に, 1982年7月の日本の降水量の変動を調べる。 $C_H$  の分解能に相当する降水量を観察するために気象庁地域気象観測システム (AMeDAS) の降水量データを第13図に示す。これら降水量データは Area 1, 2, 3, 4, 5, 6 の領域で平均したものである。Area 1, 2, 3, 4, 5, 6 はそれぞれ, 北海道, 東北, 関東, 中部・近畿, 四国・中国, 九州に対応する。本報告では面積平均に対応する時間代表性を持つ6時間降水量



第12図 1982年7月のa) 129°E 経度線およびb) 139°E 経度線における  $C_H$  の緯度-時間分布図。40, 60, 80, 100%の  $C_H$  の等値線を示し, 80%以上の雲域はハッチ域で示す。

を使用した。なお、Akiyama (1989) は第13図と同じ領域の面積平均3時間降水量の時系列を示し短周期の変動を検出している。解析された降水の様相は、データの時間平均・面積平均操作に依存することには留意する必要がある。

第14図に第13図の各領域における面積平均6時間降水量の時系列データを示す。この時系列に見られる降水量極大を第12図と共通な数字(番号)で示した。降水量極大の多くは第12図に示した主要な雲システムと対応している。しかし雲システム10, 11, 12に対応する降水量極大は明確には認められない。

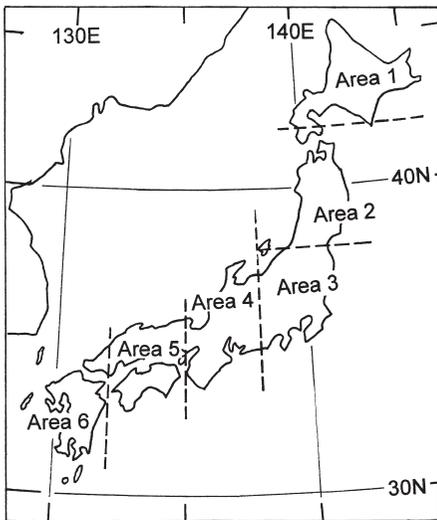
Area 6の降水極大値は際立って大きく、短周期(1-2日周期)の変動が卓越している。降水の極大値は北に向かって減少し、変動周期も長くなっている。

Area 5, Area 4とArea 3では2-3日周期の変動が卓越している。Area 2とArea 1では降水極大値は非常に小さく、数日周期の変動が卓越している。

7. 循環系と雲・降水システムの関係

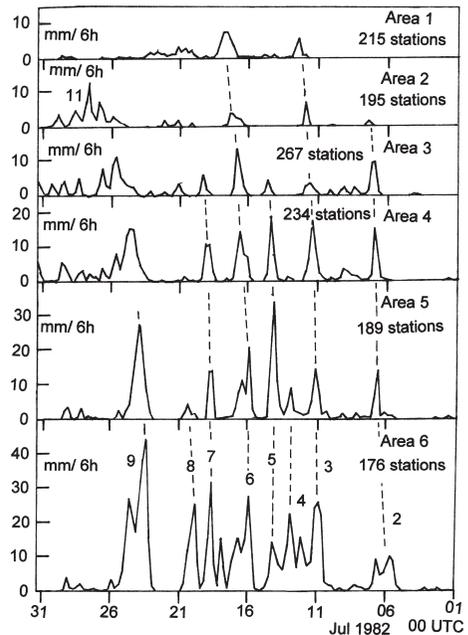
第7節では、トラフ、梅雨前線低気圧と雲・降水システムの相互関係を調べる。降水システム、雲システムの多く(全部ではない)は、低気圧や500および850hPa面トラフに伴って出現している。

上層トラフ、低気圧、雲・降水システムの時間的・

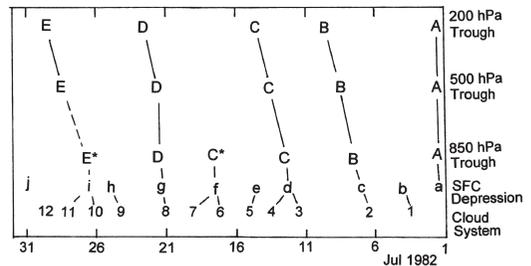


第13図 地域気象観測システム(AMeDAS)の降水量データの面積平均を求めた領域 (Area 1, 2, 3, 4, 5, 6)。

水平的スケールは異なるため、相互関係は時間の経過と共に変化する。したがって、ある期間・領域内で認められる相互関係は、その期間・領域内での限られた関係である。第15図に、日本域で見られたトラフ、梅雨前線低気圧と雲・降水システムの対応関係を示した。この相互関係は先行研究(Ninomiya and Akiyama 1992, Shibagaki and Ninomiya 2005, Ninomiya and Shibagaki 2007)の「梅雨前線の多種スケール階層的構造」(梅雨前線が数種類の異なるスケールのシステムから構成されている階層的構造)と共通しているが、すべての低気圧や降水系がトラフに付随して発現する



第14図 第13図の各領域で面積平均した1982年7月の地域気象観測システム(AMeDAS)の6時間降水量の時系列データ。



第15図 上層トラフ、梅雨前線低気圧、および雲・降水システムの関係を示す説明図。

とは限らない。7月23-24日の西日本の豪雨(降水システム9)を伴う低気圧は顕著なトラフに付随しない事例である。

### 8. 赤外雲画像上の雲システムの具体例

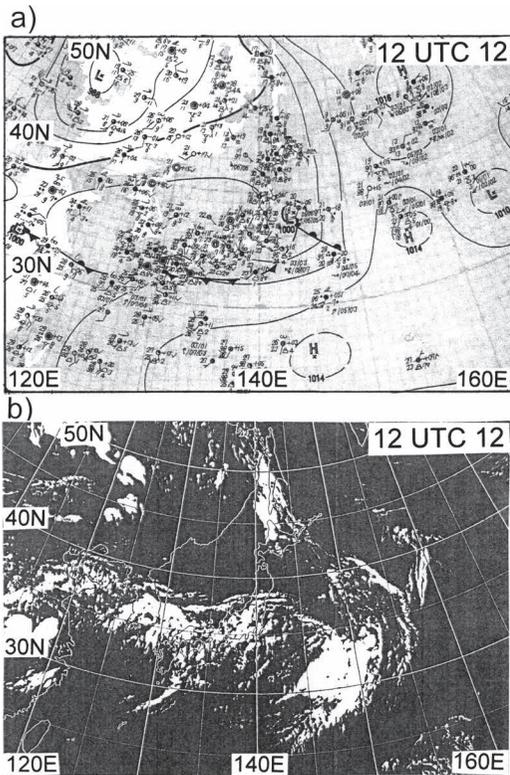
この節では、この7月に見られた赤外雲画像上の雲システムの実例を示す。

第16図に1982年7月12日12時(UTC)の地上天気図と赤外雲画像を示す。海面気圧の谷が樺太近傍(50°N/140°E)から37°N/144°Eの低気圧dに伸びており、気圧の谷に沿って南北に伸びる雲ゾーンが樺太近くに達している。低気圧dは850hPaのトラフCに伴っていた。雲画像上の~33°N/147°Eに見られる雲システム3は低気圧dの東側から暖域にかけて広がっている。低気圧dの西側の梅雨前線上(~35°N/130°E)に雲システム4があり、この雲システムから九州南に伸びる「雲システムの尾(trail)」も観察される。なお、雲システム4に伴う低圧部は明確な海面気圧極小としては

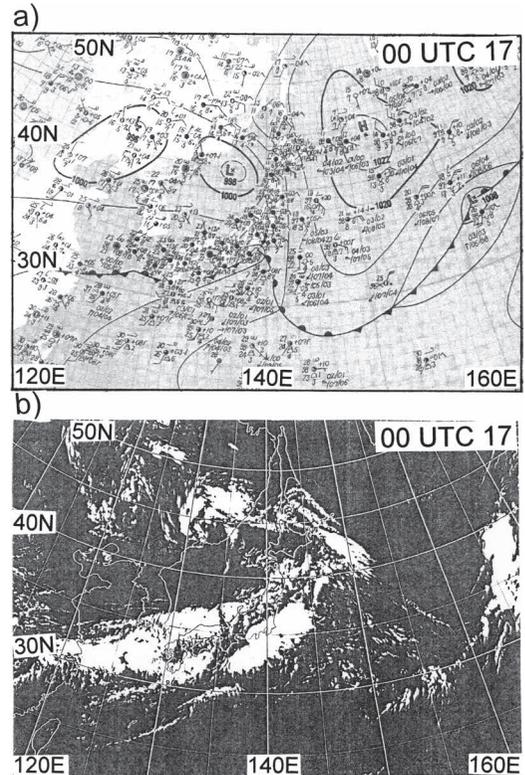
観測されない。第16図は「低気圧dと雲システム3に後続する雲システム4から構成される梅雨前線雲システム家族」の様相を示している。

第17図に1982年7月17日00時(UTC)の地上天気図と赤外雲画像を示す。日本海北部(42°N/136°E)に(雲ゾーン北側の)低気圧があり、そこから伸びる気圧の谷は関東地方(36°N/137°E)の低気圧fに伸びている。低気圧fは850hPaのトラフC\*(第6図b)に伴っている。雲画像上~35°N/141°Eに見られる雲システム6は低気圧fの東側から暖域にかけて広がっている。雲システム6の西側の梅雨前線に沿って複数の小規模雲システムが続き、「梅雨前線に沿って複数の雲システムが連なる梅雨前線雲システム家族」の様相を示している。北西太平洋(~37°N/167°E)の雲域は総観規模低気圧に伴っている。

第18図に1982年7月21日12時(UTC)の地上天気図と赤外雲画像を示す。この時刻には高緯度帯(雲ゾーン北側)には総観規模低気圧は発現していない。~33°N/



第16図 1982年7月12日12時(UTC)の地上天気図(気象庁印刷天気図)と赤外雲画像。地上天気図の海面気圧等圧線は4hPa間隔。



第17図 1982年7月17日00時(UTC)の地上天気図(気象庁印刷天気図)と赤外雲画像。地上天気図の海面気圧等圧線は4hPa間隔。

143°Eにある低気圧 g は850hPaのトラフ D に伴っている。低気圧 g に伴う「勾玉状」の雲システム 8 は孤立しており「梅雨前線雲システム家族」的な状況ではない。北西太平洋（～40°N/170°E）の雲域は総観規模低気圧に伴っている。

第19図に1982年7月23日12時（UTC）の地上天気図と赤外雲画像を示す。この時刻には～48°N/106°Eに総観規模低気圧があるが雲ゾーンとは遠く離れている。九州西岸（～34°N/127°E）に低気圧 h があり、それに伴う雲システム 9 が九州付近に位置し「雲クラスターの」形状（長谷川・二宮 1984）を示している。この状況下で九州豪雨（降水システム 9）が発生している。低気圧 h は顕著な上層トラフに伴っていない。低気圧 h は西日本（～130°E）では明確に観測されるが、東日本（～140°E）では明確に認められない（第11図）。なお、北西太平洋（～47°N/170°E）の雲域は総観規模低気圧に伴っている。

この節で例示したように、1982年7月には様々な形

態の雲システムが出現していた。

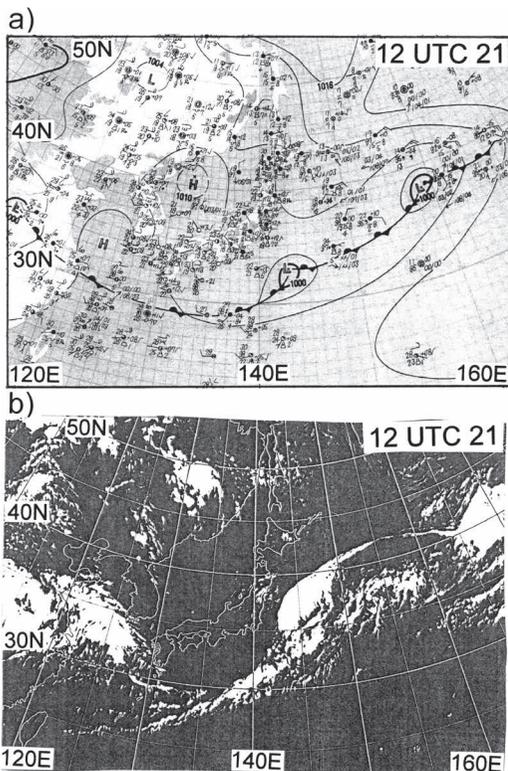
### 9. 先行報告との比較

この節では、1982年7月に見られた梅雨前線の状況と先行論文に記述されている梅雨前線の状況を比較し、共通点と相違を議論する。

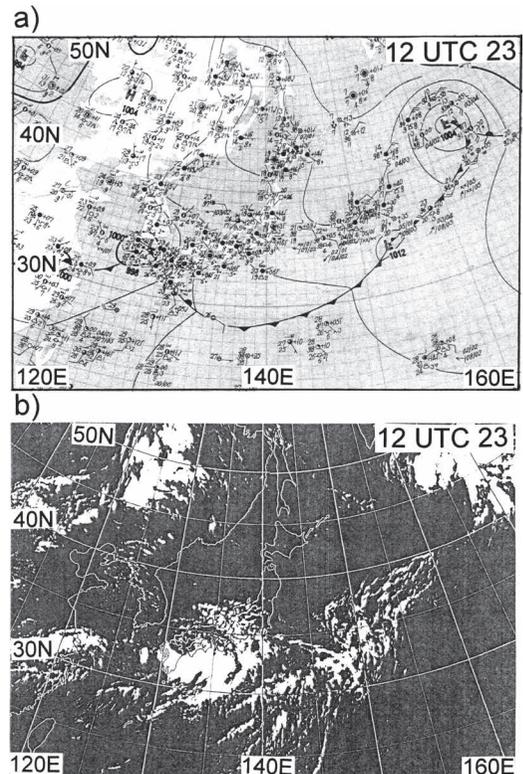
梅雨前線帯が対流圏下層の大きな湿潤スタティック温度 ( $MST=h/c_p$ ; 相当温位に相当) の大きな南北傾度場に存在することは、本事例と先事例 (Matsumoto *et al.* 1970, 1971; Akiyama 1973) が報告している。その傾度は1982年7月中にかなり変動している。

それらは共通して、降水期間では梅雨前線帯対流圏下層が湿潤不安定—中立成層であることを記述している。本報告はさらに、安定度が降水の変動に伴って大きく変動している事を示している。

梅雨前線低気圧の多くが中規模低気圧であることは、Matsumoto *et al.* (1970, 1971), Akiyama (1973), Yoshizumi (1977) にも報告されている。本報告では



第18図 1982年7月21日12時（UTC）の地上天気図（気象庁印刷天気図）と赤外雲画像。地上天気図の海面気圧等圧線は4 hPa 間隔。



第19図 1982年7月23日12時（UTC）の地上天気図（気象庁印刷天気図）と赤外雲画像。地上天気図の海面気圧等圧線は4 hPa 間隔。

そのスケール（間隔，周期）が1982年7月中の事例毎にかなり異なることを示している。

梅雨前線低気圧とトラフの関係については，Akiyama (1990a, b) が，「深い構造のトラフ—低気圧」（対流圏全層に及ぶトラフに付随して発現する低気圧）と「浅い構造のトラフ—低気圧」（対流圏下層のみのトラフに付随して発現する低気圧）の2種類の状況を指摘している。1982年7月には，この2種類のほか，下層の低気圧を伴わないトラフ，明瞭なトラフに付随しない雲・降水システムの事例を示している。

先行報告は梅雨期の「対流圏中層の傾圧性の変動」について記述していない（当然の事として記述を省略したのかもしれない）。1982年7月には傾圧性が変動し，その変動が梅雨前線のトラフ—低気圧—降水システムに影響を及ぼしていることを示した。

次に雲・降水システムについて先行報告と比較する。Akiyama(1989), Ninomiya and Akiyama(1992), Shibagaki and Ninomiya (2005), Ninomiya and Shibagaki (2007) は，梅雨前線が，トラフ—低気圧—雲・降水システムから構成されている事実を示し，「梅雨前線の多種スケール構造・階層的構造」（梅雨前線が数種類の異なるスケールのシステムから構成されている階層的構造）を持つことを指摘し，その一形態として「主要な梅雨前線低気圧・雲システムに後続する副次的低気圧・雲システムから構成される梅雨前線雲システム家族」の概念図(Ninomiya and Shibagaki(2007)のFig. 20A)を示した。1982年7月には上述に共通する「梅雨前線雲システム家族的構造」事例も出現しているが，その他にも「孤立した低気圧—雲・降水システム」や「雲クラスターの雲・降水システム」も出現していた。各事例について共通的な様相もみられるが，事例間の差異も大きく雲・降水システムの多様性が示された。

## 10. 残された問題の検討

### 10.1 雲・降水系の多様性について

本報告は1982年7月に発現した降水系の多様性を示している。さらに，本報告では日本列島域を通過した梅雨前線低気圧と雲・降水システムとの関連を調べ，多くの低気圧が雲・降水システムを伴うことを示した。Tochimoto and Kawano (2017) は高分解能モデルによる実験で梅雨前線低気圧の発達過程・時間的変化・傾圧性の役割・潜熱の効果等を調べているが，低気圧に付随する雲・降水システムは十分に実験（再現）

されていない。今後，降水システムを含む低気圧の実験・解析が望まれる。

### 10.2 梅雨前線帯の短期間変動

本報告は1982年7月中の短期間変動に注目した。「梅雨期間内の短期間変動」が，期間によりどのように異なるか，特に，寡雨年，平年，多雨年の短期間変動はどう異なるかは今後調べるべき課題の一つである。

多くの先行研究も本報告も梅雨期後半（7月）の状況を調べている。梅雨期前半（6月）と後半の梅雨前線帯との比較も残された問題の一つである。

### 10.3 降水システムの微細構造

本報告では，AMeDAS・レーダ観測に基づく降水システムの微細構造の解析を行っていない。強い降水事例についての詳細な解析が望まれる。

## 11. まとめ

1982年7月の日本近傍の梅雨前線帯の変動を観測データに基づいて調べた。その結果は下記のように要約される。

- (1) 梅雨前線帯北側（ $\sim 43^{\circ}\text{N}$ ）の対流圏中層の気温が大きく変化する。12-22日の500hPa面の低温の環境場で優勢のトラフが通過し，梅雨前線低気圧も発達した。
- (2) 主要な500hPa面トラフの通過に伴って梅雨前線帯の状態は大きく変動し，湿潤スタティック温度の南北傾度，成層安定度なども変動した。
- (3) 上記の変動と共に，梅雨前線低気圧，雲・降水システムの状況も変化した。顕著な $\sim 2$ 日周期の雲・降水システムの変動は7月5-20日の期間に見られた。
- (4) 主要な850hPa面トラフは500hPa面トラフと関連して発現していたが，500hPa面トラフに伴わない850hPa面トラフも発現した。多くの低気圧，雲・降水システムは850hPa面トラフに伴って発現していた。しかし7月23-24日の九州豪雨を伴う低気圧は顕著なトラフに付随していない。
- (5) 雲・降水システムの空間・時間規模，形態，時間的変化過程は多様であり，「梅雨前線雲システム家族」を形成する事例も，それ以外の事例も見られた。
- (6) 1982年7月についての観測事実が，梅雨期の共通の様相なのか，この期間固有の状況なのかを先行報告と比較して確かめた。大規模環境場の様相は他期間にも共通して見られるが，同一状

態では無く、期間により差異がある。そして大規模系の状態の差異が梅雨前線の差異を生じている。「トラフー梅雨前線低気圧ー雲・降水システム」についての「多種スケールの階層的構造」はほぼ共通的な様相として認められるが、雲・降水システムの各事例間の差異も大きく「梅雨前線帯の雲・降水システムの多様性」が示された。

## 謝 辞

本解析に使用した主要データは1982年に気象庁で収集した。1990年に秋山孝子博士（気象研究所，当時）から  $C_{\alpha}$  解析図を提供頂き、2014年に松本 淳教授（首都大学東京）から「アジア日降水量データ（非公開）」を提供頂いた。これらの御援助に御礼申し上げます。編集委員と二名の査読者から有用なコメントを頂きました。

## 参 考 文 献

- Akiyama, T., 1973: The large-scale aspects of the characteristic features of the Baiu front. *Pap. Meteor. Geophys.*, **24**, 157-188.
- Akiyama, T., 1989: Large, synoptic and meso scale variations of the Baiu front, during July 1982. Part I: Cloud features. *J. Meteor. Soc. Japan*, **67**, 57-81.
- Akiyama, T., 1990a: Large, synoptic and meso scale variations of the Baiu front, during July 1982 Part II: Frontal structure and disturbances. *J. Meteor. Soc. Japan*, **68**, 557-574.
- Akiyama, T., 1990b: Large, synoptic and meso scale variations of the Baiu front, during July 1982 Part III: Space-time scale and structure of frontal disturbances. *J. Meteor. Soc. Japan*, **68**, 705-727.
- 長谷川隆司・二宮洗三, 1984: 静止気象衛星データから見た長崎豪雨（1982年7月）の特徴. *天気*, **31**, 565-572.
- Matsumoto, S., S. Yoshizumi and M. Takeuchi, 1970: On the structure of the “Baiu front” and the associated intermediate-scale disturbances in the lower atmosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, **48**, 479-491.
- Matsumoto, S., K. Ninomiya and S. Yoshizumi, 1971: Characteristic features of “Baiu” front associated with heavy rainfall. *J. Meteor. Soc. Japan*, **49**, 267-281.
- 二宮洗三, 2020: 1982年7月に観測された梅雨前線帯の大規模およびメソ $\alpha$ 規模の様相. *天気*, **67**, 149-162.
- Ninomiya, K. and T. Akiyama, 1992: Multi-scale features of Baiu, the summer monsoon over Japan and the East Asia. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 467-495.
- Ninomiya, K. and Y. Shibagaki, 2007: Multi-scale features of the Meiyu-Baiu front and associated precipitation systems. *J. Meteor. Soc. Japan*, **85B**, 103-122.
- Shibagaki, Y. and K. Ninomiya, 2005: Multi-scale interaction processes associated with development of a sub-synoptic-scale depression on the Meiyu-Baiu frontal zone. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83**, 219-236.
- Tochimoto, E. and T. Kawano, 2017: Numerical investigation of development processes of Baiu frontal depressions Part I: Case studies. *J. Meteor. Soc. Japan*, **95**, 91-109.
- Yoshizumi, S., 1977: On the structure of intermediate-scale disturbances on the Baiu front. *J. Meteor. Soc. Japan*, **55**, 107-120.

## Variations of Baiu Frontal Cloud-Precipitation Systems over Japan Observed in July 1982

Kozo NINOMIYA \*

\* E-mail: knino@cd.wakwak.com

(Received 25 November 2019, Accepted 21 February 2020)

## Abstract

Synoptic- and meso- $\alpha$ -scale variations of Baiu frontal cloud-precipitation systems over Japan in July 1982 are studied using observation data to clarify the relationship between meso scale phenomena and synoptic fields.

The temperature variation at the 500hPa surface was large in middle latitude (to the north of the Baiu frontal zone). During the period of low temperature in mid-July, predominant upper troughs passed over Japan. Baiu frontal depressions, and cloud-precipitation systems also developed. Significant variations of cloud/precipitation systems with ~2 day period appeared in 5-20 July. In 23-24 July, after the cold period, record-breaking precipitation occurred in Kyushu.

The south-north gradient of the moist static energy, vertical stability in the frontal zone varied in association with passage of the major upper troughs. The Baiu frontal depressions, cloud systems in the frontal zone varied in association with these variations of the frontal zone.

Major troughs in the lower troposphere were accompanied with the major upper troughs. However, minor trough in the lower troposphere seen in 17 July was not associated with upper trough. Most of Baiu frontal depressions and cloud-precipitation systems developed under the influence of the troughs in the lower troposphere. However, the depression with intense precipitation in 23-24 July was not associated with significant trough. Features of the cloud-precipitation systems varied from case to case. In some cases, they formed "cloud system family in the Baiu frontal zone".

The synoptic-scale features found during July 1982 are compared with those in previous reports. Although, synoptic-scale features in this period are commonly found in other periods, some differences of features are seen among the periods. This report also shows that features of cloud-precipitation systems varied significantly depending on synoptic fields.

---