



Tokyo Gakugei University Repository

東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

| | |
|------------|---|
| Title | 中国大陸上における梅雨前線の停滞・南下と前線構造および降水分布 |
| Author(s) | 高橋, 日出男 |
| Citation | 東京学芸大学紀要 第3部門 社会科学, 52: 13-20 |
| Issue Date | 2001-01 |
| URL | http://hdl.handle.net/2309/14167 |
| Publisher | 東京学芸大学紀要出版委員会 |
| Rights | |

中国大陸上における梅雨前線の停滞・南下と前線構造および降水分布

高橋 日出男

地理学*

(2000年8月31日受理)

1. はじめに

1991年6月下旬から7月中旬にかけて、中国の長江～淮河流域において大洪水をもたらした大雨が発生した。当時、外電では「今世紀最悪の洪水」と伝えられ、同年8月20日に中国民政部から発表された被害状況(1991年8月1日現在)によると、死者2,295人、負傷者49,973人、経済的損害130億ドル、家屋の全壊70万戸、耕地被害2,100万ha以上となっている¹⁾、この大洪水に

関わる降水の特徴として、1日あたりの降水量が多いだけでなく、長期間にわたりほぼ同じ緯度帯に降水帯が停滞したことがあげられる。すなわち、図1に示したように、6月28日にチベット高原付近に現れた降水帯が東方に移動・伸張し、6月30日には30～35°Nにおいて東西方向に1,000km以上に及ぶ多降水帯が形成された。その後は降水分布形態に多少の日々変化があるものの、顕著な降水帯は7月10日頃まで維持され、10日間以上にわたって30～35°Nに多降水帯が存在し

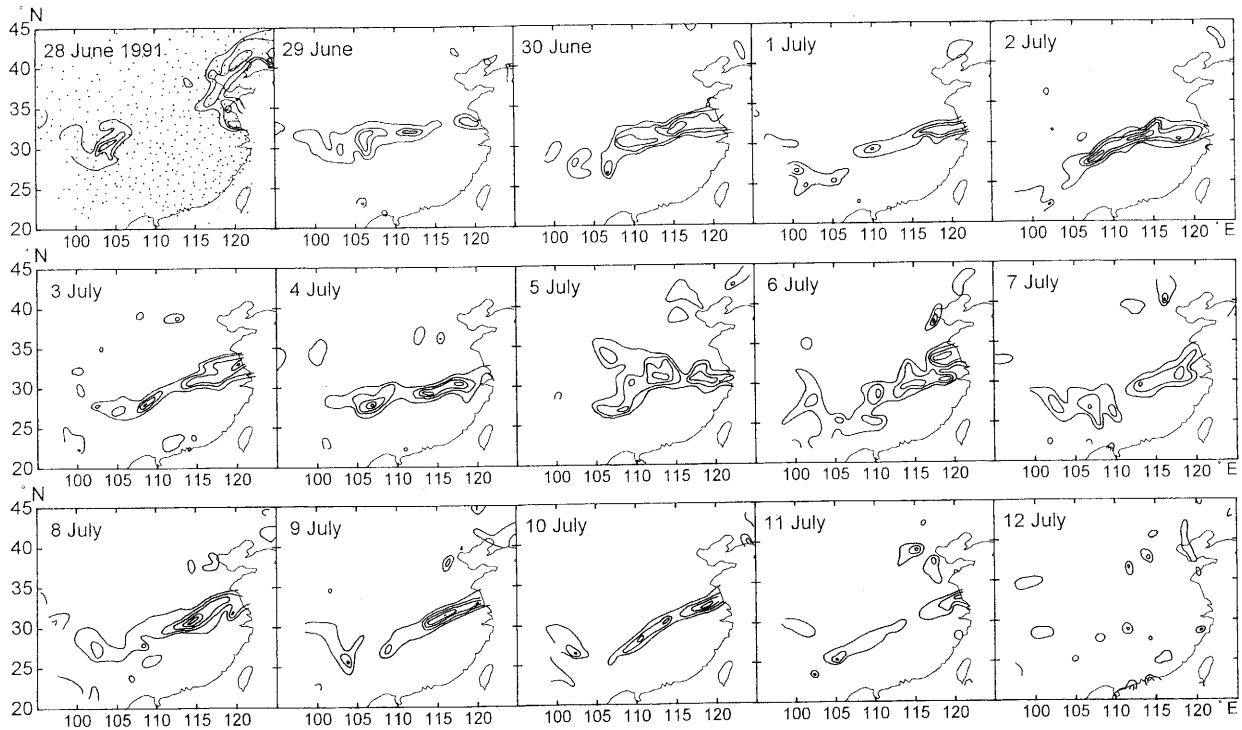


図1 1991年の長江・淮河流域の大洪水発生時における日降水量分布(6月28日から7月12日)
等値線は10, 30, 50, 100, 200mm/dayについて引いてある。

NCDCのGlobal Daily Summaryに収録されている資料により作成し、用いた観測地点の分布は6月28日の図に示した。

Fig. 1 Daily precipitation distribution during the heavy rainfall period of 1991 over the Yangtze~Huai-he River basins (from 28 June to 12 July)

Contour lines of daily precipitation are drawn at 10, 30, 50, 100, 200mm/day.

Distribution of rain gauge stations are shown in the map of 28 June.

Data source: "Global Daily Summary" provided by NCDC

* 東京学芸大学 (184-8501 小金井市貫井北町4-1-1)

ていたことになる。一般に梅雨季には準定常的な梅雨前線に伴って多降水が発生するが、これほど著しい停滞性を示すことはまれである²⁾。つまり、梅雨前線もある程度南北に位置を変えることが通常であり、停滞する梅雨前線の特徴はそれらとの比較において明確になると考えられる。なお、梅雨前線は、盛夏へ向かう季節進行に従って北上し³⁾⁴⁾、東～南アジアにおける梅雨を含む雨季の開始も北ほど遅れる⁵⁾ことが知られている。本研究ではそのような季節進行に対応した梅雨前線の南北移動を扱うのではなく、より短い時間スケールの観点から日々の梅雨前線の位置を議論の対象とする。

梅雨季における日降水量分布の時間推移を調べると、チベット高原東側の30°N付近に出現した降水帯が南東進して華南付近に降水帯を形成する場合と、東方に移動・拡大して華中～華北に降水帯を形成する場合が多い⁶⁾。すなわち、数日を単位とした日々変化では、梅雨前線（降水帯）は南下する場合とほぼ同じ緯度帯に留まる場合とに分けられることになる。このような両者間の差異を検討することは、上述した1991年の長江～淮河流域における大洪水発生を明らかにするうえでも重要と考えられる。本研究では、梅雨前線が南下する場合と停滞する場合における前線構造や前線近傍の降水分布の差異を提示することを目的とし、中国大陸上の観測点の資料に基づき予察的な解析を行った。

2. 方法と資料

対象期間は1991年の長江～淮河流域における大雨の期間を含む1990～1992年の6、7月とした。この期間における梅雨前線の南北移動を知るために、1日2回(00zと12z)の地上天気図(気象庁発行印刷天気図)に解析された前線について112°Eの経線を横切る緯度を読み取った。これをもとに、梅雨前線が南下する場合と停滞する場合の事例を抽出した。

つぎに抽出された各事例について、ほぼ112°Eに沿う高層観測点(図2)の指定等圧面資料(気象庁数値予報課編集のSDデータによる)を用いて温位、混合比、および相当温位の高度緯度断面図を作成した。さらに、梅雨前線が南下する場合、停滞する場合それぞれについての合成図を作成し、両者の差異を検討した。また、110～115°E間の降水量観測点における日降水量資料を用いて2°(緯度)×5°(経度)格子毎(図2)の平均降水量を求め、降水量の南北断面型について検討を行った。ここで用いた日降水量はNCDC(National

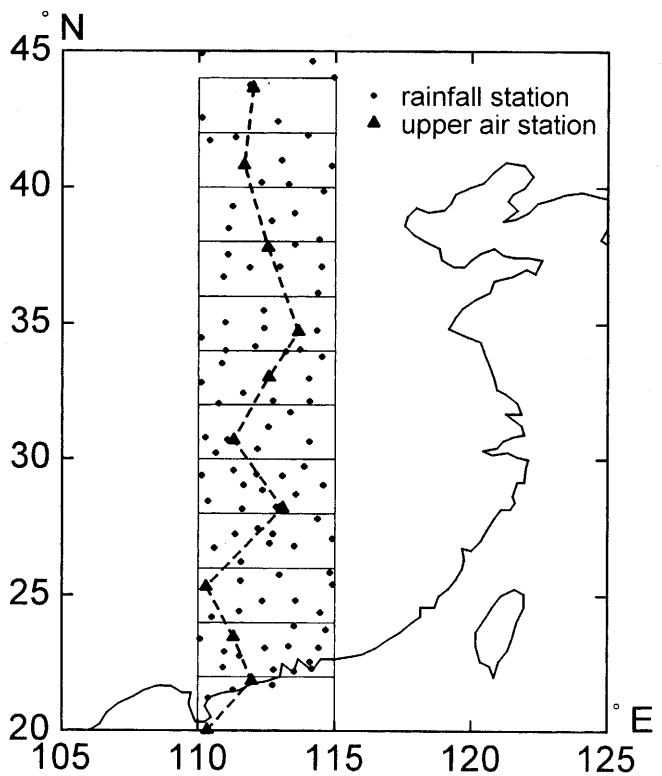


図2 対象領域と観測点の分布

Fig. 2 Target area and the distribution of meteorological stations used in this study

Climatic Data Center) から入手したGlobal Daily Summaryに収録されている資料を用いた。なお、この資料には1991年までの資料しか収録されていないため、1992年は降水量に関する解析から除外した。

3. 前線構造の差異

図3には00zと12zにおける地上天気図に解析された、112°Eにおける前線出現緯度の時間変化を示した。横軸(日付)の目盛は00zについて示してあり、また、図中では前線の種類は区別していない。図3によると、数日間以上継続して前線が解析されている期間では、多くの場合に前線は時間の経過とともに南下傾向を示す。すなわち、30°N付近に現れた前線が25°N以南に南下し、不明瞭になる事例が多い。一方、1991年7月上中旬のように前線がほとんど南下せずほぼ同緯度に持続して出現している場合がある。梅雨季の季節進行として梅雨前線は北上を示すものの、上記のようにより短い時間スケールで梅雨前線の日々の位置を追跡すると、梅雨前線の位置は南下する場合と停滞する場合に分けられることが確認できる。

梅雨前線が南下する事例と停滞する事例の抽出は以下の基準で行った。すなわち、梅雨前線が南下する事例(図3中のa)については、(n-1)日に比べて(n+1)日

(それぞれ12z)において4°以上前線が南下しており、かつその48時間において単調に南下している場合にn日(12z)を該当事例とした。一方、梅雨前線が停滞した事例(図3中のb)については、(n-1)日と(n+1)日のそれぞれ12zにおける前線の出現緯度の差が2°以内であり、かつその48時間における変動幅も2°以内である場合にn日(12z)を該当事例とした。なお、ここでは梅雨前線の出現位置をある程度統一するために、n日(12z)における梅雨前線が27~31°Nにある場合に限定した。

以上の手順で得られた梅雨前線が南下する場合(a:5例)と停滞する場合(b:15例)について、梅雨前線近傍の温度場および水蒸気場の構造を知るために温位、混合比および相当温位の高度緯度断面を求めた。図4上図には両者の典型例について相当温位 θ_e [K]の高度緯度断面図を示した。また、図4中図は110~115°Eの間で緯度2°毎の枠内で求めた平均降水量[mm/day]の断面図(次章で言及)で、図4下図は700hPa面と地上の間における100hPaあたりの相当温位差($\Delta\theta_e$ [K])である。すなわち、

$$\Delta\theta_e = (\theta_{e_{700}} - \theta_{e_{surface}}) / \Delta P \times 100 [K/100hPa]$$

ただし、 $\Delta P = P_{surface} - 700 [hPa]$ であり、 $\theta_{e_{700}}$ 、 $\theta_{e_{surface}}$ 、および $P_{surface}$ は、それぞれ700hPa面の相当温位[K]、地上の相当温位[K]、および地上気圧[hPa]を表す。

なお、以下で比較する1990年6月19日(図4左側:南下する場合)と1991年7月4日(図4右側:停滞する場合)の事例は降水量が多く、かつ降水量の南北断面における極大値がほぼ同程度(40~50mm/day)であることから取り上げた。

まず相当温位の高度緯度断面に着目すると、両事例

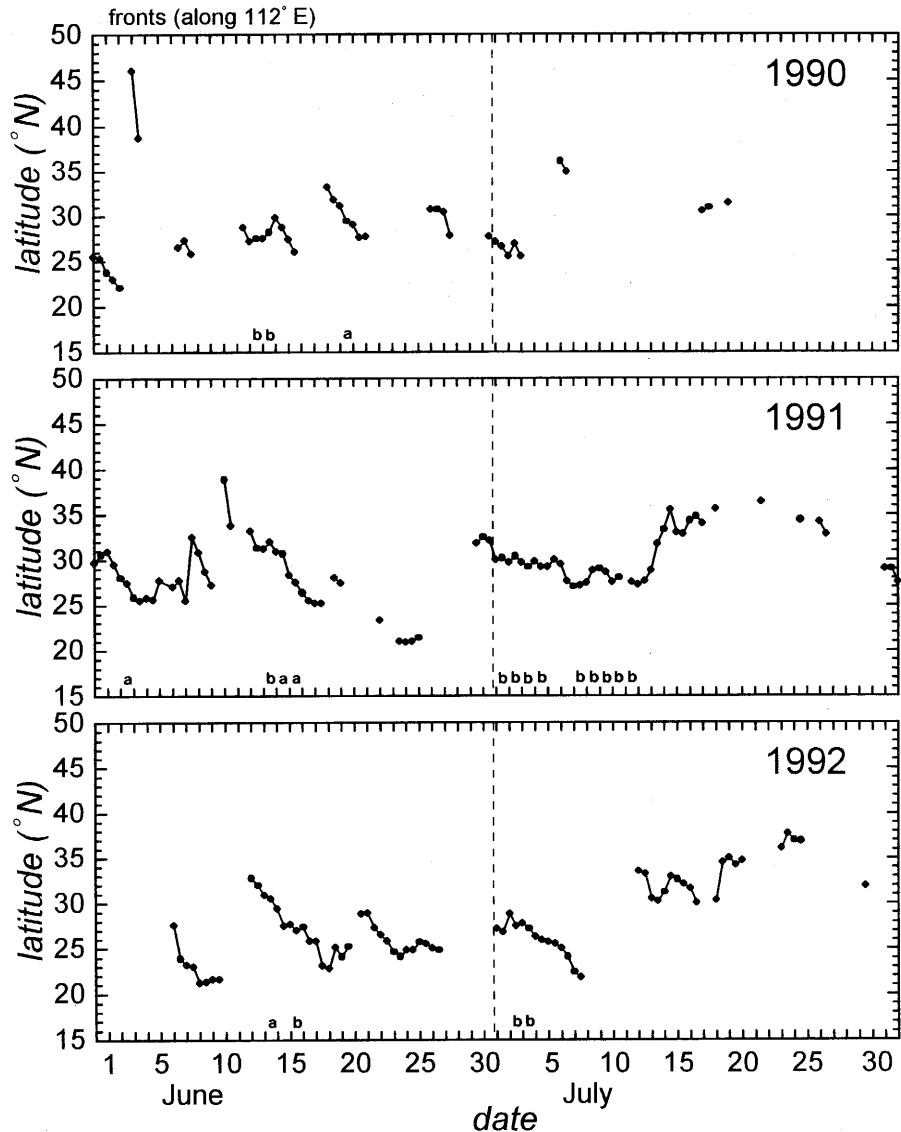


図3 1990~1992年6, 7月の112°Eにおける前線の出現緯度(00zと12z)

- a: 南下する梅雨前線の事例
- b: 停滞する梅雨前線の事例

Fig. 3 Appearance latitude of fronts along 112°E in June and July of 1990-1992

- a: cases of southward migrating Meiyu front
- b: cases of stagnant Meiyu front

に共通して地上の前線の位置(▲)から上方に向かって北側に傾斜する相当温位傾度の集中帯(前線面)が存在する。また、梅雨前線の南側では対流圏下層に345K以上の高相当温位域が存在し、中層で相当温位は小さく、対流圏中層以下の気層は対流不安定($\Delta\theta_e < 0$)の状態にある。一方、梅雨前線の北側に注目すると両事例間には明瞭な差異がある。すなわち、1991年7月4日の事例では700hPa面を中心に低相当温位の気塊が存在し、対流圏下層では地上の前線より5°以上北方まで相当温位の大きな領域($\theta_e > 340K$)が認められる。これに対して1990年6月19日の事例では、下層ほど相当温位が小さくなる領域が30~35°Nに広がっている。すなわち、1990年6月19日の場合には、梅

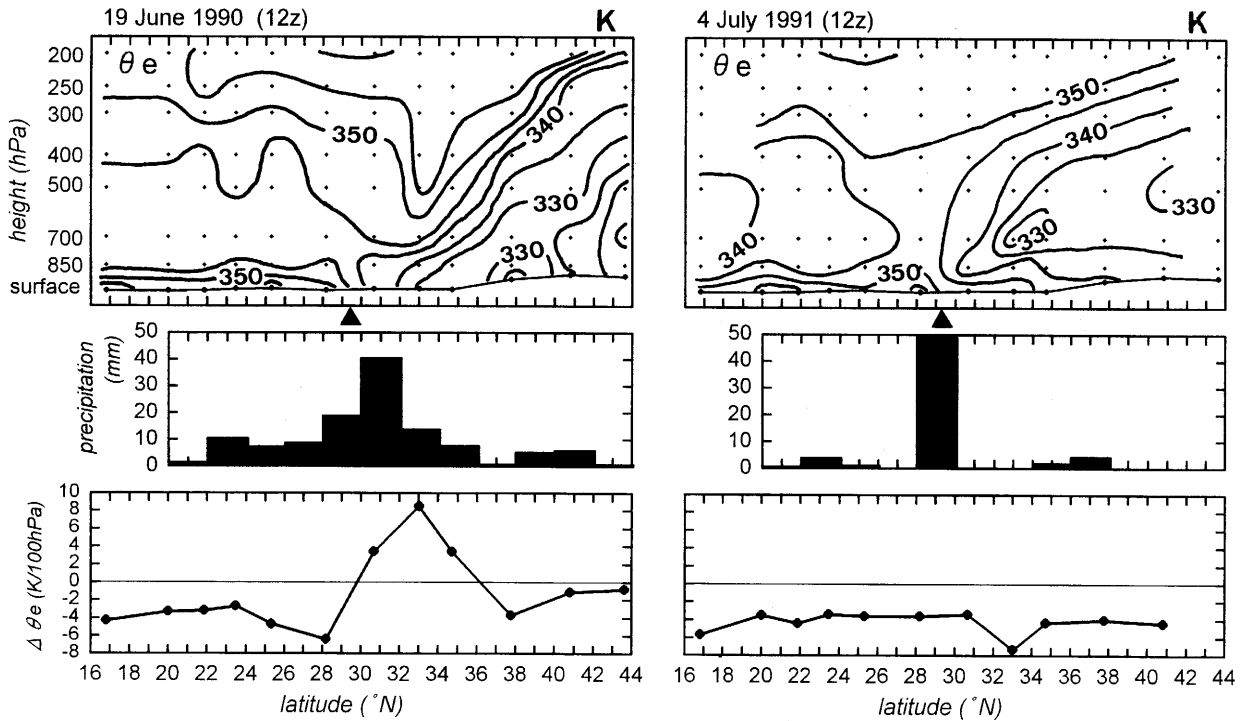


図4 南下する梅雨前線 (1990年6月19日12z: 左側) と停滞する梅雨前線 (1991年7月4日12z: 右図) に関する相当温位[K] (θ_e : 上図)、日降水量[mm/day] (中図)、および下層の対流不安定性 ($\Delta \theta_e = (\theta_{e_{700}} - \theta_{e_{surface}}) / \Delta P \times 100$ [K/100hPa]: 下図) の南北断面

▲: 地上の前線の位置

Fig. 4 Meridional sections of equivalent potential temperature (θ_e [K]: top), daily precipitation ([mm/day]: middle), and the index of lower level convective instability ($\Delta \theta_e = (\theta_{e_{700}} - \theta_{e_{surface}}) / \Delta P \times 100$ [K/100hPa]: bottom) for the cases of southward migrating Meiyu front (12z of 19 June of 1990: left) and stagnant Meiyu front (12z of 4 July of 1991: right)

▲ indicates the location of surface front.

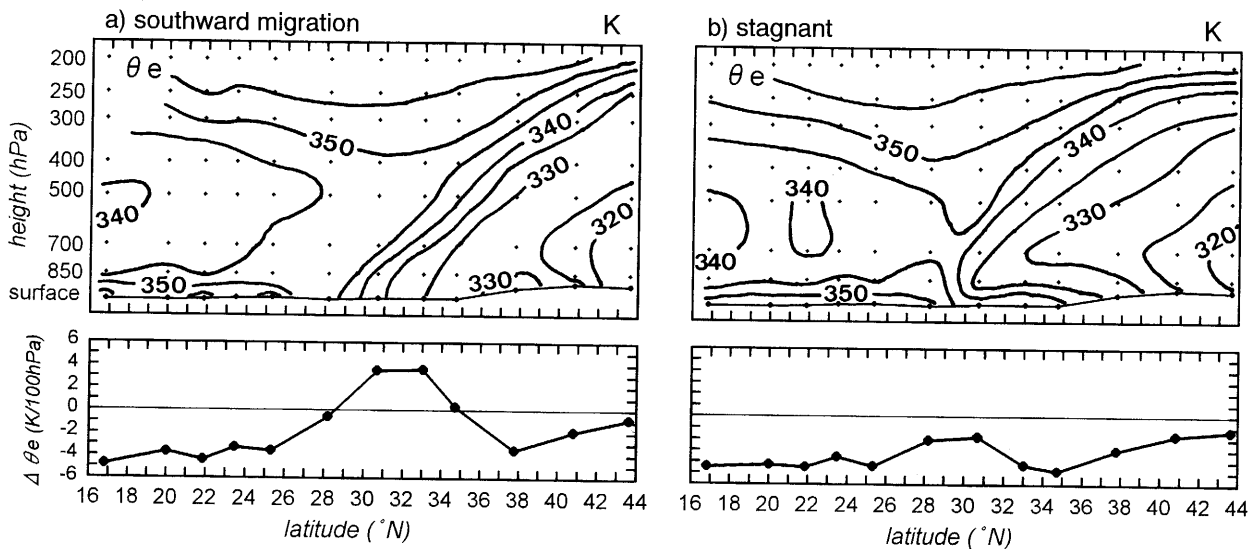


図5 南下する梅雨前線(a)と停滞する梅雨前線(b)に関する相当温位[K] (上図) および下層の対流不安定性 ($\Delta \theta_e = (\theta_{e_{700}} - \theta_{e_{surface}}) / \Delta P \times 100$ [K/100hPa]: 下図) の南北断面合成図

Fig. 5 Composite meridional sections of equivalent potential temperature (θ_e [K]: top) and the index of lower level convective instability ($\Delta \theta_e = (\theta_{e_{700}} - \theta_{e_{surface}}) / \Delta P \times 100$ [K/100hPa]: bottom) for southward migrating Meiyu front (a) and stagnant Meiyu front (b)

雨前線北側では下層で安定 ($\Delta \theta_e > 0$) であるのに対して、1991年7月4日の事例では梅雨前線南側と同等以上の対流不安定な状態 ($\Delta \theta_e < 0$) にある。

上記の特徴は、梅雨前線が南下する場合と停滞する場合それぞれの全事例を平均した高度緯度断面 (図5) にもまったく同様に認められる。このように、梅雨前線が南下(a)あるいは停滞(b)を示す場合には、その前線構造に明瞭な差異があるといえる。図4, 5に示した相当温位の分布は温度場と水蒸気場の両方を反映することから、相当温位 (図5) と同様に温位および混合比の高度緯度断面の平均状態をそれぞれの場合について求めた。図6には相当温位 (上図: $\Delta \theta_e$ (a-b) [K]),

温位 (中図: $\Delta \theta$ (a-b) [K]) および混合比 (下図: Δr (a-b) [g/kg]) について梅雨前線が南下する場合と停滞する場合との差 (南下(a)-停滞(b)) を示した。

梅雨前線が南下する場合と停滞する場合との差異は、図6に示したいずれの図についても梅雨前線北側において顕著に認められる。相当温位 (図6上図) についてはほぼ850hPa面を境として、梅雨前線が南下 [停滞] する場合には相対的に上方で相当温位が高く [低く]、下層では低い [高い]。このような相当温位差の背景として、温度場について温位の高度緯度断面 (図6中図) に着目すると、梅雨前線が南下する場合に

は、梅雨前線北側の700hPa面以下の対流圏下層において6~8K低温な領域があり、逆に300hPa面付近には高温な領域がある。なお、各事例に関する温位の高度緯度断面においても、梅雨前線が南下する場合には対流圏下層に低温域が認められるが、停滞する場合には南北の温度差が明瞭でない場合が多い。中国大陸上の梅雨前線擾乱出現時においてチベット高原東側の対流圏下層に背の低い低温域が出現することがしばしばあり、その上層は高温域になっていることが報告されている⁷⁾。このことからすると、南下する梅雨前線は、このような低温域に伴う傾圧性を背景として形成された梅雨前線である可能性がある。

つぎに、水蒸気量について混合比の高度緯度断面 (図6下図) に注目すると、700~500hPa付近の対流圏中層において両者の差異が大きくなっている。この高度は梅雨前線が停滞する場合に特に低相当温位となっていた領域 (図4, 5) に相当する。すなわち、梅雨前線が停滞する場合には対流圏中層における顕著な乾燥空気存在が特徴としてあげられる。また、この場合には梅雨前線の北側下層に南風成分の侵入 (図省略) が認められ、下層における水蒸気量の増加に寄与していると考えられる。梅雨前線が停滞する場合には、このようなdifferential advection⁸⁾によるとみなされる梅雨前線近傍における対流不安定性の生成が重要であると考えられる。

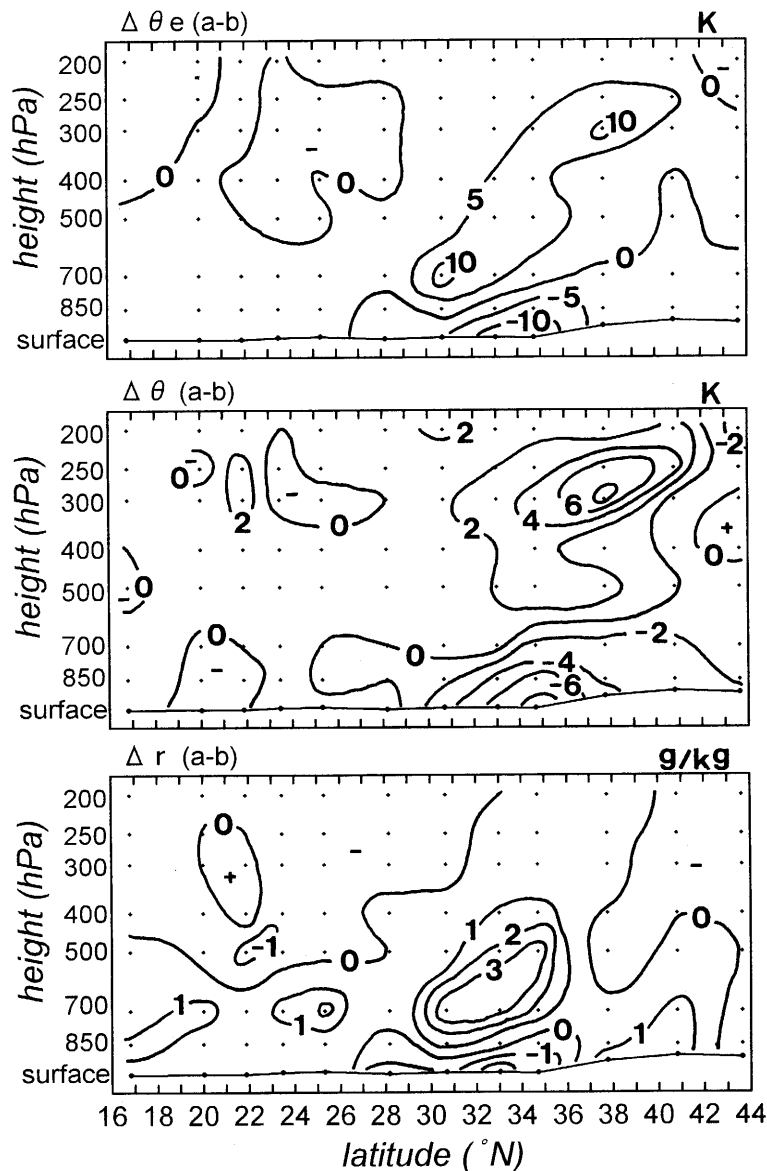


図6 南下する梅雨前線と停滞する梅雨前線の南北断面合成図間の差 (a(南下)-b(停滞))

相当温位[K] (上図), 温位[K] (中図), および混合比[g/kg] (下図) について。

Fig. 6 Difference in the composite meridional-vertical sections of equivalent potential temperature (θ_e [K]: top), potential temperature (θ [K]: middle), and mixing ratio (r [g/kg]: bottom) between southward migrating Meiyu front (a(southward migrating)-b(stagnant))

4. 降水分布の南北断面

図4中図の日降水量の南北断面に着目する

と、降水量が最大となる箇所は両事例ともほぼ地上天気図に解析された梅雨前線の位置に対応して現れている。しかし、1990年6月19日の事例では梅雨前線の南北両側でもかなりの降水があるが、1991年7月4日の事例では多降水域は空間的にきわめて限定されている。そこで、日降水量の資料が得られた1990年と1991年の全事例を用いて、地上の梅雨前線の位置に対する降水量の合成南北断面を求めた。すなわち、00zと12zにおける梅雨前線の平均緯度を基点(0°)として南北方向に設定した緯度2°毎の枠内(110~115°E)に入る観測点の降水量を平均し、各事例に関する日降水量の南北断面を求めた。これを梅雨前線の南下時(4例)、停滞時(12例)のそれぞれについて、基点を重ね合わせて平均することにより日降水量の合成断面図を作成した(図7)。図7によると、どちらの場合とも降水量の最大は地上の前線の位置に現れているが、停滞する梅雨前線の場合の方が多降水となる南北幅が狭く降水の空間的集中性が高いことが見て取れる。このような降水量の空間的な分散・集中性は梅雨前線近傍における水循環を考える上で重要な要素であると考えられる。しかし、日降水量を用いた解析では、前線の南下に伴う降水域の移動により、降水域の南北幅が広がっていることも考えられ、時間降水量などを用いた解析も必要である。しかしながらこの点に関して、スナップショットとみなせる気象衛星ひまわり(GMS)の赤外雲画像を用いた解析⁹⁾によると、停滞する梅雨前線近傍では、背の高い対流雲域が比較的狭い範囲に集中しており、一方南下する梅雨前線近傍では背の高い対流雲の出現頻度は停滞する梅雨前線と比べて低いものの、より北

方にも広範囲に背の高い対流雲を含む対流圏中層以上に雲頂をもつ雲域が存在している。この結果は、上記の降水分布形態と調和的であり、以上のことから南下する梅雨前線と停滞する梅雨前線とは前線構造の違いに起因する降水システムの差異があると考えられる。

5. まとめ

本研究では中国大陸上において梅雨前線が南下する場合と停滞する場合における前線構造ならびに前線近傍の降水分布の差異について予察的な解析を行った。得られた結果は以下のようにまとめられる。

南下する場合と停滞する場合の梅雨前線構造の差異は、地上の梅雨前線の北側において明瞭に認められる。すなわち、梅雨前線が南下する場合には梅雨前線北側の対流圏下層において背の低い低温域が存在し、この領域では梅雨前線南側に認められる下層の対流不安定性の解消過程を通して降水が発生していると考えられる。一方、停滞する梅雨前線の場合には梅雨前線北側の対流圏下層における対流不安定性が梅雨前線南側と同程度に大きくなっている。以上の結果は、梅雨前線の日々スケールにおける挙動が梅雨前線北側の対流構造と関係することを示唆するものであり、対流圏下層における低温域や中層における乾燥気塊の形成過程およびそれに関与する総観場の時間変化などについてさらに検討する必要がある。

また、梅雨前線近傍における降水分布(日降水量)についても南下する梅雨前線と停滞する梅雨前線において差異がある可能性が示された。すなわち、南下する梅雨前線では多降水域の南北幅が広く、停滞する梅雨前線では降水が空間的に集中し多降水域の南北幅は狭い。このような降水の空間的な配分の差異は梅雨前線帯近傍における水循環を考えるうえで重要と思われる。この点については梅雨前線が南下する場合には降水域の移動があることから、より短い時間間隔の降水量資料を用いた検討も必要である。

本研究の遂行には、平成7・8年度科学研究費補助金(基盤研究(C))『中国大陸上の梅雨前線形成と梅雨の存在に関するチベット高原の役割』(研究課題番号:07680186, 研究代表者:高橋日出男)の一部を使用した。

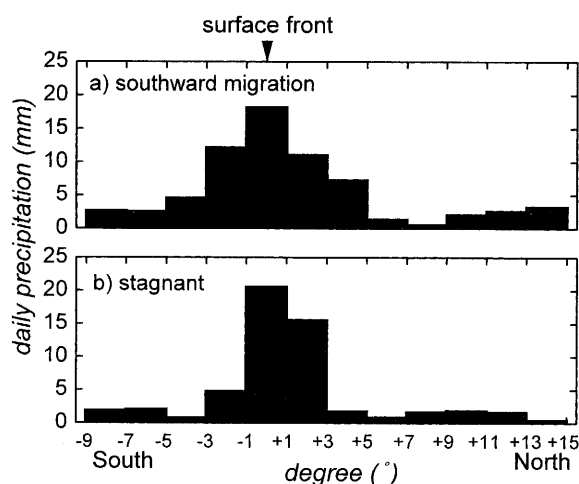


図7 地上の前線の位置を基点(0°)として求めた日降水量[mm/day]の合成南北断面

a: 南下する梅雨前線 b: 停滞する梅雨前線

Fig. 7 Composite meridional distribution of daily precipitation [mm/day]

a: southward migrating Meiyu front b: stagnant Meiyu front
0° indicates the location of surface front.

文 献

- 1) 小沢芳郎：中国大陸の大雨・洪水について。気象, 35(10), 30-32, 1991。
- 2) 加藤内蔵進：1991年7月の淮河流域大洪水に関連した大陸上の梅雨前線の活動の特徴について。日本地理学会予稿集, 47, 122-123, 1995。
- 3) Yoshino, M.M. : Four stages of the rainy season in early summer over East Asia (part I). *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 43, 231-245, 1965.
- 4) Yoshino, M.M. : Four stages of the rainy season in early summer over East Asia (part II). *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 44, 209-217, 1966.
- 5) 倉島 厚：『日本の気候』, 古今書院, 112-119, 1966。
- 6) 高橋日出男：梅雨季の中国大陸上における降水帯の形成過程と前線構造。地理学評論, 62A, 853-876, 1989。
- 7) Takahashi, H. : Initial evolution process of the Mei-yu frontal disturbance in the eastern foot of the Tibetan Plateau -A case analysis for late June of 1992-. Takeda T. ed. "Preliminary research report on Japanese GAME/HUBEX" GAME Publication No.9, 126-140, 1998.
- 8) Ninomiya, K. and K. Yamazaki : Heavy rainfalls associated with frontal depression in Asian subtropical humid region(II). *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 57, 399-413, 1979.
- 9) 高橋日出男：気象衛星ひまわりによる雲画像マイクロフィルムを用いた雲分布解析。学芸地理, 53, 14-23, 1998。

Frontal Structure and Associated Rainfall Distribution of Southward Migrating and Stagnant Meiyu Front over China

Hideo TAKAHASHI

Department of Geography

In the present paper, differences in frontal structure and meridional rainfall distribution have been investigated between southward migrating Meiyu (“Baiu” in Japanese) front and stagnant Meiyu front (Fig. 3) over China (Fig.2). The differences in the atmospheric structure between both cases are observed to the north of the surface front (Figs. 4, 5, 6). In cases of southward migrating Meiyu front, marked cold air mass exists in the lower troposphere to the north of surface front, and convective instability is released there. Whereas the dry air mass exists in the middle troposphere (700~500hPa) to the north of the stagnant Meiyu front. In this case, the convective instability to the north of the Meiyu front is as large as that to the south of the Meiyu front. The meridional width of the heavy precipitation zone corresponding to the southward migrating Meiyu front is rather wide, while rainfall concentrates spatially in the cases of the stagnant Meiyu front (Fig. 7).