

## モンスーンの季節内変動と東アジアの循環場\*

安成 哲三\*\*

## 1. インドモンスーンと梅雨

インドモンスーンと日本の梅雨の活動との関係は、朝倉 (1955) や Suda and Asakura (1955) の指摘以来、日本の気象関係者にとって大きな関心事であった。朝倉らの研究は、年々のモンスーンと梅雨の入りを比較したものであったが、両者の関係は、季節内の変動においても、かなり明らかな関係のあることがわかってきた。

インドモンスーンの季節内変動には、約40日周期の変動があり、赤道ぞいに東進する同周期の大規模じょう乱 (Madden and Julian, 1971, 1972) と密接に関係していることが、Yasunari (1979) 以来、明らかにされている。この変動のより広域での空間構造を見ると、この変動が夏期の東アジアの大気循環の変動ともリンクしていることを示唆させる。第1図は、1973年のモンスーン期 (6~9月) における、中部インドを基点として求めた雲量変動の同時相関分布図である。10日周期以下の短周期成分は、あらかじめ取り除いてあるので、この図は約40日周期振動に関連した空間構造の図と見ることが出来る。インド付近からはほぼ東西に細長くのびた正の相関域の北側に、やはり細長くのびた負の相関域が、中国南部から日本、北太平洋域にかけて存在しており、インドモンスーンの変動と日本付近の天候変動には、何らかの強い相関のあることが示される。この年に限れば、中部インドのモンスーンが活発 (不活発) な時には、日本付近の前線活動が不活発 (活発) であることを示唆している。

インド付近と東アジアの天候の関連は、長年の循環場の変数解析からも示される。第2図は、1965~1973年の9年間において、中部インドのモンスーントラフが極小 (モンスーンの活発期に対応) および極大 (モンスーンの不活発期に対応) だった半旬を、それぞれ約50例 (計約100例) を選び、図の領域における700mb高度偏差

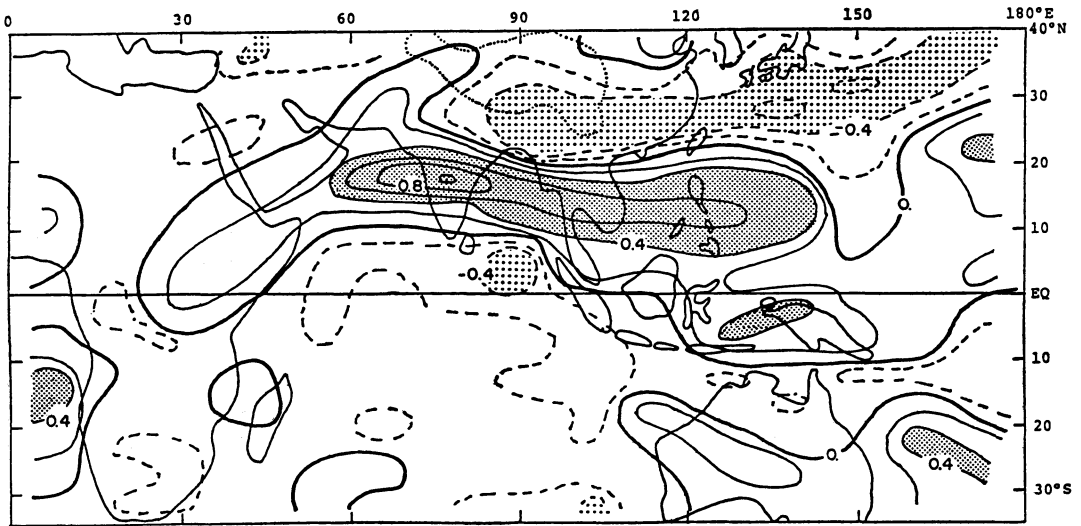
について、主成分分析を行った結果である。第1主成分 (総分散の23%) は、中部インドのモンスーントラフが強 (弱) まった時には、日本付近の低 (高) 気圧アノマリーが強まるモードを示しており、第1図の1973年の結果は、このモードに対応している。一方、モンスーントラフが強 (弱) まった時には、むしろ中部インドと同緯度の日本の南方海上 (西部熱帯太平洋域) の高 (低) 気圧アノマリーが強まるモード (第3主成分、総分散の11%) もあり、モンスーンの強弱と東アジアの循環場の変動は、微妙な関係にあることがわかる。しかしながら、いずれにせよ第2図から示されることは、インドモンスーンの変動に対応した循環場の変動は、とくに、東アジアから西部太平洋域に大きく現れるということである。

## 2. 1978年の場合

モンスーンの季節内変動と東アジアの循環場に関する解析的研究は、1979年のFGGE年に飛躍的に進んだ。モンスーンの40日周期振動の実態については、Krishnamurti and Subrahmanyam (1982) をはじめ、M. Murakami (1984) や T. Murakami et al. (1984) などがある。この年の40日周期振動の解析については、村上 (勝) の総合報告がある (村上, 1985)。一方、この年のモンスーンの変動と東アジアの循環場との関連について、平沢 (1985) はOLRと高度場の解析から議論している。例えば第3図は、OLRと700mb高度の約40日周期成分の偏差の、6月22日における空間分布図である。この時期、中部インドから東南アジア、赤道西部太平洋のITCぞいにかけて対流活動が活発 (OLRの負偏差域) であるのに対し、日本の南方海上では太平洋高気圧が強まっている (OLRの正偏差域) ことがわかる。その北側の日本付近のOLRの負偏差は、梅雨前線が強まっていることを示している。この様相は、第2図を参照すると、むしろ第3主成分のモードに対応している。この年の、インドモンスーンと梅雨前線の同位相的な活動については、Ninomiya and Muraki (1986) も指摘

\* Intraseasonal Fluctuation of Monsoon and Atmospheric Circulation over East Asia in Summer

\*\* Institute of Geoscience, University of Tsukuba



第1図 中部インド(17.5°N, 70°E)を基点にして求めた雲量の同時相関分布. 等値線間隔は0.2, 濃いハッチ域は0.4以上, 薄いハッチ域は-0.4以下の値を示す(Yasunari, 1979).

している。

モンスーンの40日振動に関連した, よりグローバルな大気循環のアノマリー分布を示したのが第4図である. この図は, インドモンスーンの活発な時期についての, 700 mb 高度偏差の合成図である. モンスーン及び東南アジア, 西部太平洋の ITC の対流活動が, ほぼ同時に活発であることに対応して, モンスーントラフ, ITC 及び南半球の SPCZ に沿って, 負の高度偏差が分布している. 日本付近では, やや南寄りに正偏差が見られ, 太平洋高気圧が強まっている(第3図(b)参照).

ここで注目したいのは, シベリア東(北)部を中心に北東から南西にのびる大きな正偏差域と, その南東側に, アリューシャン域から北海道東部に細長く分布する負偏差域である. これらの偏差分布は, Ninomiya and Muraki (1986) の指摘する梅雨リッジと梅雨トラフの強化された状態に対応しており, 日本付近の前線活動が強まっていることを示している.

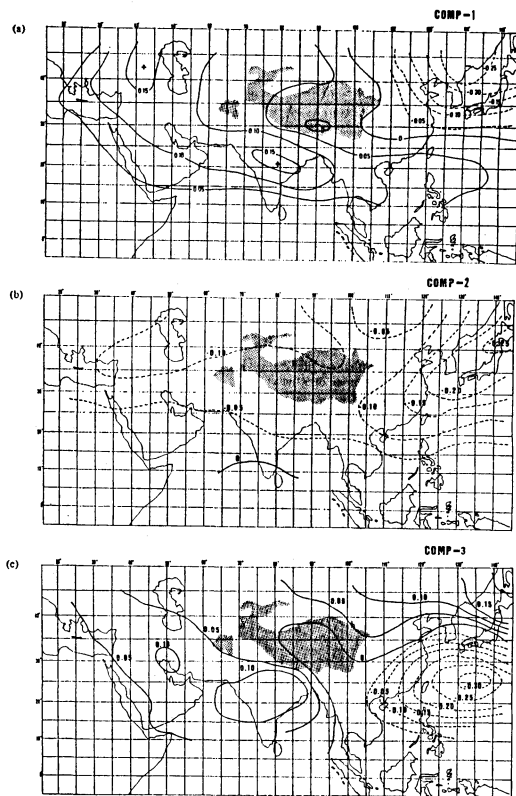
さらに注目すべきことは, シベリア東(北)部の大きな正偏差域と, 東西方向に対をなすように存在する, ヨーロッパ・北大西洋付近の大きな負偏差域の存在である. 見方を変えると, チベット高原付近の緯度を節として, 東西方向の高度場の大規模なシーソー現象が, モンスーンの変動に対応して存在する, ともいえる. これは, チベット高原の東と西とで, 気圧変動の位相が逆になる第2図(とくに(a)と(c))のよりローカルな

モードとも関連しているようである. ユーラシア大陸における, この循環場アノマリーの東西方向の非対称分布は, モンスーンの変動と中高緯度循環との関連を考察する上で, 重要な現象ではないかと, 著者には思われる.

### 3. モンスーン域の熱源と東アジアの循環場

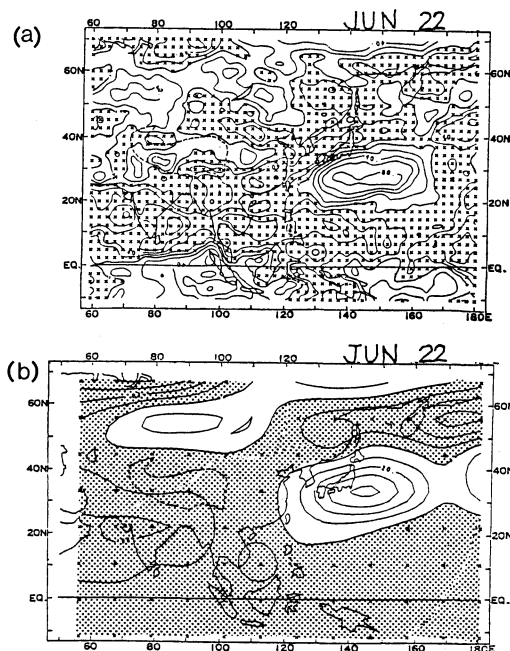
以上に述べたような, モンスーン変動と中高緯度循環の変動とのリンクは, モンスーン(熱帯)の熱源と偏西風循環との相互作用として理解することができる. 例えば, 第3図(b)又は第4図にあるような, 熱帯西部大西洋における対流活動の強化—亜熱帯西部太平洋(日本南方海上)における高気圧の強化—日本付近の梅雨前線の強化, という一連の現象のつながりは, Kurihara and Tsuyuki (1987) が指摘するような, 熱帯の熱源に対する偏西風帯の定常ロスビー波の応答として捉えることもできそうである. しかし, 第2図や第4図に示したような, チベット高原付近を境に, ユーラシア大陸の西と東で非対称に高度場が振動する現象は, どのように説明したらいいだろうか.

熱源に対する大気の定常状態での応答の強さとパターンは, 熱源の位置する緯度によって大きく異なることが, Hoskins and Karoly (1981) や Webster (1981) によって明らかにされている. 例えば, 熱源付近において, 熱力学方程式の非断熱加熱項と鉛直移流項がバランスする場合, 対流圏下層における流れの場は第5図(a)

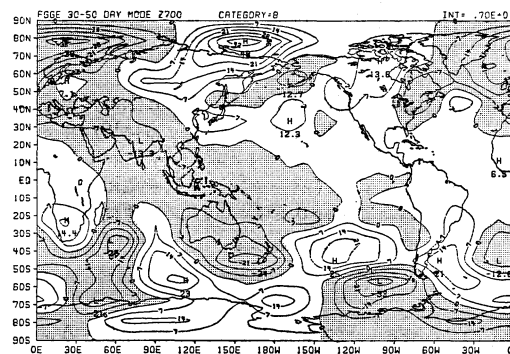


第2図 モンスーントラフの示度が極大・極小を示す96半旬について行った、700 mb 高度偏差の主成分分析の結果。(a) 第1主成分(総分散の23%) (b) 第2主成分(19%) (c) 第3主成分(11%)の固有ベクトル分布 (Yasunari 1986).

のように、非断熱加熱項と水平移流項がバランスする場合は、第5図(b)のような流れの場になることが模式的に考えられ、前者を“diabatic limit”, 後者を“advective limit”の状態と、Webster (1981) は名づけている。比較的低緯度で弱い偏西風の状態、例えば夏の亜熱帯付近では diabatic limit が起こり易いと思われる。いわゆるテレコネクションを起こし易いのは、有効位置エネルギーの生成の効率からいって、この diabatic limit の時であるとされている。一方、比較的高緯度で偏西風が強い状態では、advective limit が起こり易い。今、この2つのモデルを、約40日周期で高緯度へ北上するモンスーン熱源にあてはめて考えてみよう。中部インドから東南アジア付近に熱源が存在するモンスーンの活発期には、diabatic limit の状態が、ヒマラヤから中国南部付

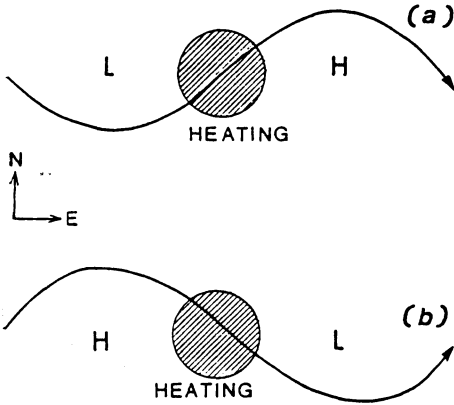


第3図 1979年6月22日における(a) OLR と (b) 700 mb 高度(いずれもハッチ域は負偏差)の約40日周期成分の偏差分布(平沢, 1985).

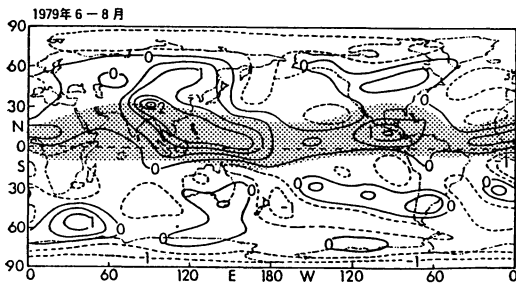


第4図 1979年のモンスーン活発期について合成した700 mb 高度偏差の全球分布. 単位は7 gpm, ハッチ域は負偏差を示す.

近にまで熱源が北上するモンスーンの不活発(休止)期には、むしろ advective limit の状態が起こっている、と考えると、熱源を境に、東と西とで高度偏差がシソーリックに変動することが理解できる (Yasunari, 1986). ただ、advective limit の状態がある程度続くためには、北からの寒気流入に打ちかつだけの熱源の維持機構が必



第5図 定常熱源(斜線部)とバランスした時の下部対流圏における流れの場の模式図。(a) diabatic limit, (b) advective limit の場合(本文参照), (Yasunari, 1986).



第6図 北半球夏における熱源分布と上部対流圏における偏東風の分布. 熱源分布は1979年6~8月(Wei, Johnson and Townsend, 1983), 偏東風域(ハッチ域)は気候値による. 等高線間隔は $0.5^{\circ}\text{C day}^{-1}$ , 破線はマイナス値(冷源域)を示す.

要であり, 実際には水蒸気の流入や傾圧性じょう乱の役割も考えねばならないだろう.

いずれにせよ大切な認識は, 北半球夏季において, 大気の熱源域が, 上層の偏東風域を大きくはみだして偏西風域にまで及んでいるのは, 第6図に示すごとく, インドから東アジアを含む, アジアのモンスーン地域のみだ, ということである. したがって, 低緯度側の対流活動と, 中高緯度の循環場との相互作用は, 夏の東アジアの天候変動を理解する上で, 特に重要な過程であり, 年々の変動は, 熱帯の熱源の分布と, 平均東西流の年々のちがいに大きく依存していると考えられる.

参考文献

朝倉 正, 1955: 梅雨の入りとモンスーンの入り, 天気, 5, 79-80.

平沢尚彦, 1985: インドモンスーンの30~60日周期振動とアジア・太平洋地域の大気循環, 筑波大学環境科学研究科修士論文. 86 pp.

Hoskins, B.J., and D.J. Karoly, 1981: The steady linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing. *J. Atmos. Sci.* 38, 1179-1196.

Krishnamurti, T.N., and D. Subrahmanyam, 1982: The 30 to 50 day mode at 850 mb during Monex. *J. Atmos. Sci.*, 39, 2088-2095.

K. Kurihara and T. Tsuyuki: Development of the barotropic high around Japan and its association with Rossby wave-like propagations over the North Pacific: analysis of August 1984, *J. Met. Soc. Japan*, 65, 237-246.

Madden, R.A., and P.R. Julian, 1971: Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 28, 702-708.

—, 1972: Description of global scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. *J. Atmos. Sci.*, 29, 1109-1123.

Murakami, M., 1984: Analysis of deep convective activity over the Western-Pacific and Southeast Asia. Part II. Seasonal and intraseasonal variation during the northern summer. *J. Met. Soc. Japan*, 62, 88-108.

村上勝人, 1985: 1979年夏の気象大循環と30~40日周期変動, グロースベッター, 23, 2, 19-38.

Murakami, T., Nakazawa, T. and J. He, 1984: On the 40-50 day oscillation during the 1979 northern hemisphere summer. *J. Met. Soc. Japan*, 63, 250-271.

Ninomiya, K. and H. Muraki, 1986: Large-scale circulations over east Asia during Baiu period of 1979. *J. Met. Soc. Japan*, 64, 409-429.

Suda, K. and T. Asakura, 1955: A Study on the unusual "Baiu" season in 1954 by means of northern hemisphere upper air mean charts. *J. Met. Soc. Japan*, 33, 233-463.

Webster, P., 1981: Mechanisms determining the atmospheric response to sea surface temperature anomalies. *J. Atmos. Sci.*, 38, 554-571.

Yasunari, T., 1979: Cloudiness fluctuations associated with the northern hemisphere summer monsoon. *J. Met. Soc. Japan*, 57, 227-242.

—, 1986: Low-frequency interactions between the summer monsoon and the northern hemisphere westerlies. *J. Met. Soc.* 64, 693-708.