

## 夏季のアジア・西太平洋の 偏西風帯にみられる季節内変動について

寺尾 徹・村松 久史

### INTRASEASONAL VARIATIONS ON THE SUBTROPICAL WESTERLY OVER THE ASIATIC CONTINENT AND THE PACIFIC OCEAN IN SUMMER SEASON

By *Toru TERAO, Hisafumi MURAMATSU*

#### Synopsis

From the analysis of intraseasonal variations on the subtropical westerly over the Asiatic Continent and the Pacific Ocean in summer season using ECMWF objective analysis data during 1980 to 1985, it is confirmed that standing westerly wave activities are seen in many years.

From EOF (Empirical Orthogonal Function) analysis and lagged correlation analysis, some aspects of the westerly wave activities are shown. Many spatial patterns of EOF components exhibit southward propagation. Northward or east-westward propagations are scarcely seen. This result is consistent with standing features of the westerly wave activities.

Lagged correlations between the westerly wave activities and tropical systems, tropical convection and Indian monsoon activities, are calculated. In many cases, significant correlation coefficients are not seen. However, the EOF-1, which shows negative geopotential height correlation between east coast of the Asiatic Continent and the Pacific Ocean east of Japan, has significant lagged correlations with the convective activities around northern peripheral of the ITCZ over the tropical western Pacific Ocean. Furthermore, the EOF-2 has significant correlations with the Indian monsoon activities. It shows that the subtropical westerly east of Asia continent are accelerated several days after active phase of the Indian monsoon activities.

#### 1. はじめに

季節内変動は、総観規模現象より長く季節変化よりも短いタイムスケールを持つ現象として注目されている。とりわけ、熱帯の対流活動や循環場に顕著な30—60日周期の変動が見られることが明らかにされて以来、季節内変動の研究が80年代以降、急速に進められた。Madden and Julian (1971, 1972)<sup>1),2)</sup>は、高層観測などのデータを駆使して、熱帯の風の場合などに顕著な30—60日周期の変動が見られることをはじめて明らかにした。80年代にはいると、人工衛星からの OLR (外向き長波放射) データ (Lau and Chan 1983 a, b)<sup>3),4)</sup> や1979年の FGGE の観測結果 (Lorenz 1984)<sup>5)</sup> などをもとに、熱帯の季節内変動がより詳しく解析されるようになった。そして、熱帯の対流活動や風の場合などに、西から東へと約30—60日かけて地球を一周する顕著な季節内変動が見られることが明らかとなった。一方 Yasunari (1981)<sup>6)</sup> は、インドモンスーン域にも対流

活動の活発な領域が北進する季節内変動が見られ、熱帯の季節内変動と同期していることを明らかにした。

中緯度にもブロッキングやテレコネクションなど規則的な季節内変動がみられる。夏季のアジア域でもさまざまな季節内変動についての報告がある。Yamanaka (1987)<sup>7)</sup> はラジオゾンデのデータを用いて、盛夏の南日本の対流圏上層の風向が1~2ヶ月の周期で変動していることを明らかにした。この風向の変動には順圧的な構造が見られた。Takeda and Ikeyama (1985)<sup>8)</sup>, Ikeyama and Tadedo (1988)<sup>9)</sup> は、日本の南海上の雲量変動に30日程度の周期が卓越していることを示した。Hirawsawa and Yasunari (1990)<sup>10)</sup> も、700 hPa 高度場と OLR を用いて日本の南海上に季節内変動を見だしており、さらにインドモンスーンと相関を持っていることを指摘した。寺尾と村松 (1992)<sup>11)</sup> は、夏季のアジア域の偏西風帯に顕著な季節内変動が見られることを明らかにした。この季節内変動は定在波的な偏西風の蛇行としてとらえることができ、東西波長は経度にして約60度で、鉛直方向に位相のそろった順圧的な構造を持っていた。一般的に、中高緯度にみられる季節内変動は、順圧的構造をしていることが知られているが、この偏西風帯の季節内変動も同様の特徴を持っていた。

これらの中緯度の季節内変動の実態とメカニズムについては、熱帯の季節内変動からの forcing として把握する立場からの研究が数多くなされてきた。この立場は、熱帯に顕著な季節内変動が見られること、熱帯は大気の運動を駆動する重要な役割を果たすことなどから考えて、妥当であると考えられる。しかし、実際に研究を進めてみると中緯度の季節内変動は必ずしも熱帯の季節内変動との関係だけではなく、中緯度から熱帯への影響も無視できないこともわかってきた (Lau and Phillips 1986)<sup>12)</sup>。特に夏季については、熱帯と中緯度との関連は部分的であり、たいへん弱いことがわかっている (Knutson and Weickmann 1987)<sup>13)</sup>。

そこで、最近では中緯度の季節内変動を中緯度の固有の力学も重視しながら考えようという方向も強まってきた。Simmons *et al.* (1983)<sup>14)</sup> は、北半球の冬季の中緯度の季節内変動が、固有の順圧不安定モードと強い関連性を持っている可能性があることを示した。夏季についても、中緯度の循環場自身の変動の重要性を示したいくつかの報告がある。Lau and Peng (1992)<sup>15)</sup> は、アメリエの干ばつと熱帯太平洋上の積雲活動の北偏との関連についての研究の中で、中緯度の循環場の変動が熱帯太平洋上の変動のアメリカ大陸への影響を modify していることを示した。この研究で取り上げられた現象は季節内変動とはタイムスケールは異なる(数カ月スケールの変動)ものの、中緯度の循環場の変動が、長周期変動においても重要な役割をはたしていることを示している。Tsuyuki and Kurihara (1989)<sup>16)</sup> は、日本付近の夏季の季節内変動について、やはり基本場の順圧不安定モードが励起されるメカニズムが重要であることを解析と数値実験の両面から指摘した。中緯度の偏西風帯の季節内変動のメカニズムを考察する上では、ロスビー波の伝播、順圧不安定の力学、地形によるドラッグなどの要素を考慮にいれながらの研究が求められているといえる。今後、中緯度の季節内変動自体にこれまで以上に目を向けながらその固有の法則性を明らかにするとともに、熱帯との相互作用を考慮にいれながら研究を進める必要がある。

このような立場から、我々はアジア域中緯度の季節内変動を1983年を主な事例として記述し、夏季のアジア域の偏西風帯には顕著な規則的な季節内変動が見られることを発見した (寺尾と村松 1992)<sup>11)</sup>。今回の研究では、より多くの年のデータを解析することによってこの偏西風帯に見られる季節内変動の特徴を分析的に明らかにした。第一に、複雑な要因がからまっていると見られる偏西風帯の変動を、いくつかの重要な要素に分離することを重視した。そのための手段として我々は、偏西風帯の変動についての EOF 解析を用いた。第二に、それらの要素の特徴を明らかにするために、周辺の循環場の変動との関連をあわせて考察した。考察したのは、偏西風周辺の循環場との関連、インドモンスーン活動との関連、熱帯の対流活動との関連の3つである。

2. でデータについて述べたあと、3. で1983年以外の各年についてのアジア中緯度の季節内変動の特徴を考察した。4. では、6年分のデータを利用して EOF 解析を行い、卓越した変動成分をとりだした。そしてさらに、これらの変動成分の時間的、空間的特徴を明らかにした。5. でこれらの変動成分と熱帯やインドモンスーン域の季節内変動との関連を調べた。6. は結果のまとめである。

## 2. データと解析方法

解析はアジア～北太平洋にかけての領域の循環系の変動を中心に行った。循環場の解析には、1980年から1985年にかけての夏季（5—10月）の ECMWF 客観解析データを用いた。300 hPa と 700 hPa の等圧面高度 ( $\Phi$ )、200 hPa、300 hPa の風速 ( $\mu$ ,  $\nu$ ) を用いた。200 hPa、300 hPa のデータは、偏西風帯上の季節内変動を記述するのに用いた。700 hPa の  $\Phi$  は、インドモンスーン域の対流活動の指標として用いた。インドモンスーン域では対流活動が活発になったときの下層の  $\Phi$  が小さくなることが知られているからである (Yasunari 1986<sup>17)</sup>, etc.)。同時に、熱帯やインドモンスーン域の対流活動が、中緯度の循環系とどの程度の関連性を持っているかを明らかにするために、NOAA の OLR データを解析に用いた。

Fig. 1 に、1983年についての東西風  $\mu$  の平均的な強さを示した。この図からもわかるように、盛夏期の偏西風帯は 40°N あたりにそって流れている。そこで、偏西風の変動を示す物理量は、40°N にそった 300 hPa の  $\Phi$  を用いた。

約15日から60日のスケールを持った変動を取り出すために、等圧面高度 ( $\Phi$ ) や OLR データにはバンドパスフィルターを適用した (Duchon 1979)<sup>18)</sup>。

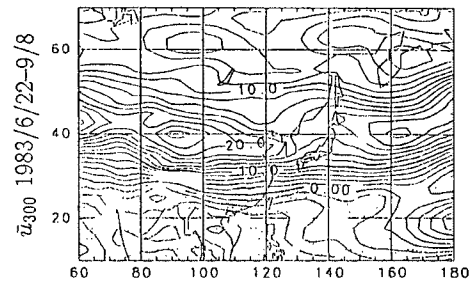


Fig. 1. Distribution of zonal component of wind vector ( $u$ ) at 300 hPa averaged for 22 June-8 September, 1983. Contour interval is 2 m/s. Areas of easterly component are shaded.

## 3. 各年の偏西風波動の特徴

各年の偏西風波動の特徴を解析した結果、多くの年に夏季のアジア～北太平洋域の偏西風帯は定在波動的な変動を示していることがより確かめられた。年ごとの偏西風帯の季節内変動の特徴を調べるために、Fig. 2 に1980年から1985年の 300 hPa 等圧面高度の 40°N に沿った経度時間断面図を示す。それぞれ15—60日周期を通すバンドパスフィルターをかけてある。この時期は偏西風がだいたい 40°N に沿って吹いているので、Fig. 2 は、ほぼ偏西風波動の様子の変化を示している。

全体に共通する特徴は、アノマリーには東西方向への移動はほとんど見られず、顕著な定在波動的な振る舞いを示していることである。アノマリーの現れやすい位置はかなり固定されており、多くの場合時間を追って追跡できる。1983年の7—8月や1985年の7—9月などは、きわめて明瞭な定在波パターンが認められる。波動の東西波長はあまり長くなく、経度にして50—100°程度、約 5,000—10,000 km である。時間変化を見ると、20—30日程度の周期がもっとも卓越してみられる。これは、熱帯の季節内変動の時間スケールよりもいくらか短い周期である。

年ごとの季節内変動の卓越した領域を調べたのが Fig. 3 である。この図に見られるように、季節内変動の卓越した領域が 40°N にそって波列上に並んでいるという特徴はどの年についても認められる。このことから、一般的に偏西風上の季節内変動が定在波動的であることがはっきりとわかる。

一方で、波動の節の位置や周期など、年による違いも見られた。1980年は日本付近よりも東で例年に比べてきわめて季節内変動が不活発であった。この年は日本付近でもたいへん不順な天候となったが、このこととも関連しているかもしれない。これらの相違点は、基本場の違いが背景になって生じていると思われるが、はっきりした理由はわからない。

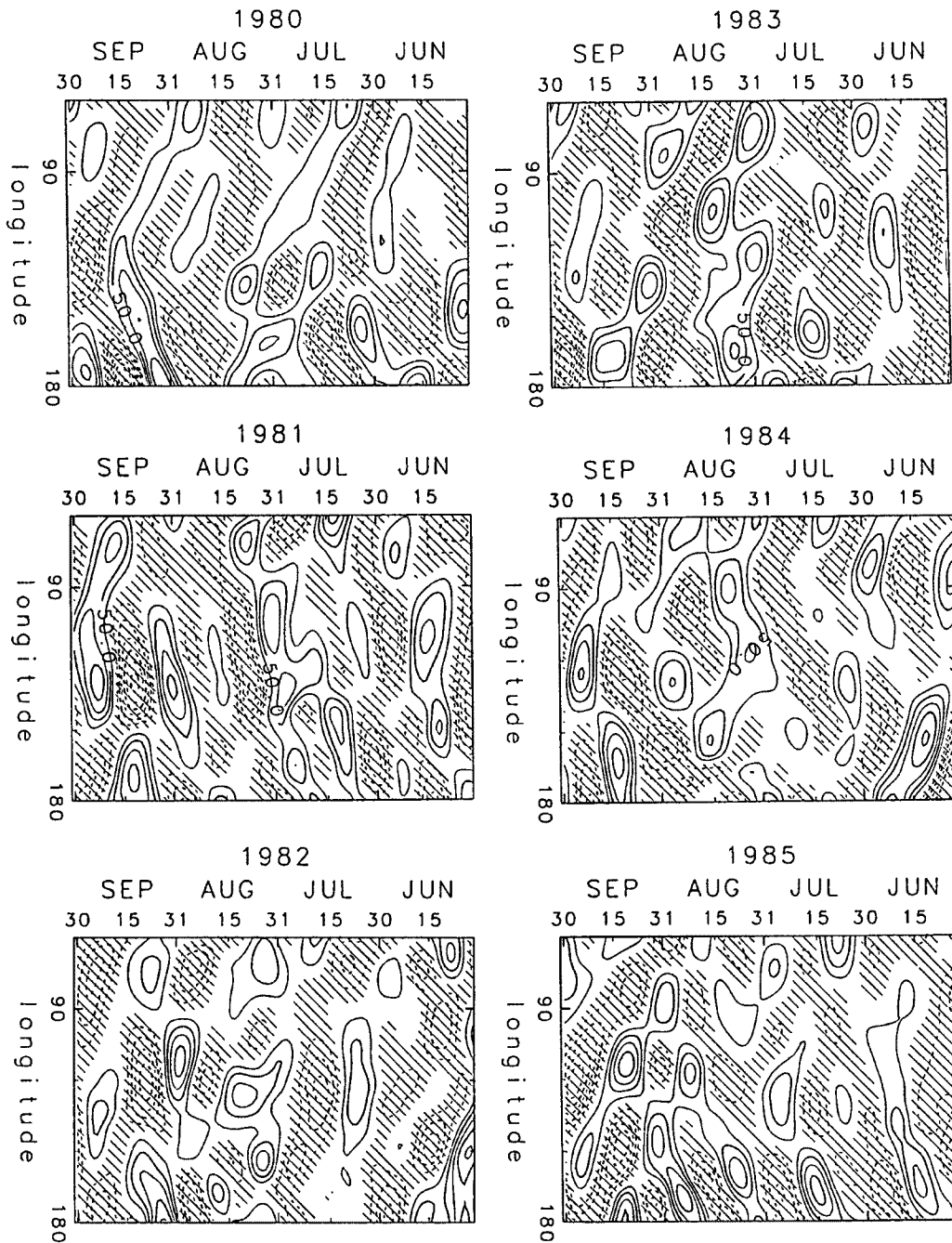


Fig. 2. Hovmöller diagrams for band-pass filtered geopotential height ( $\Phi$ ) along 40°N at 300 hPa. Contour interval is 25 m. Negative areas are shaded.

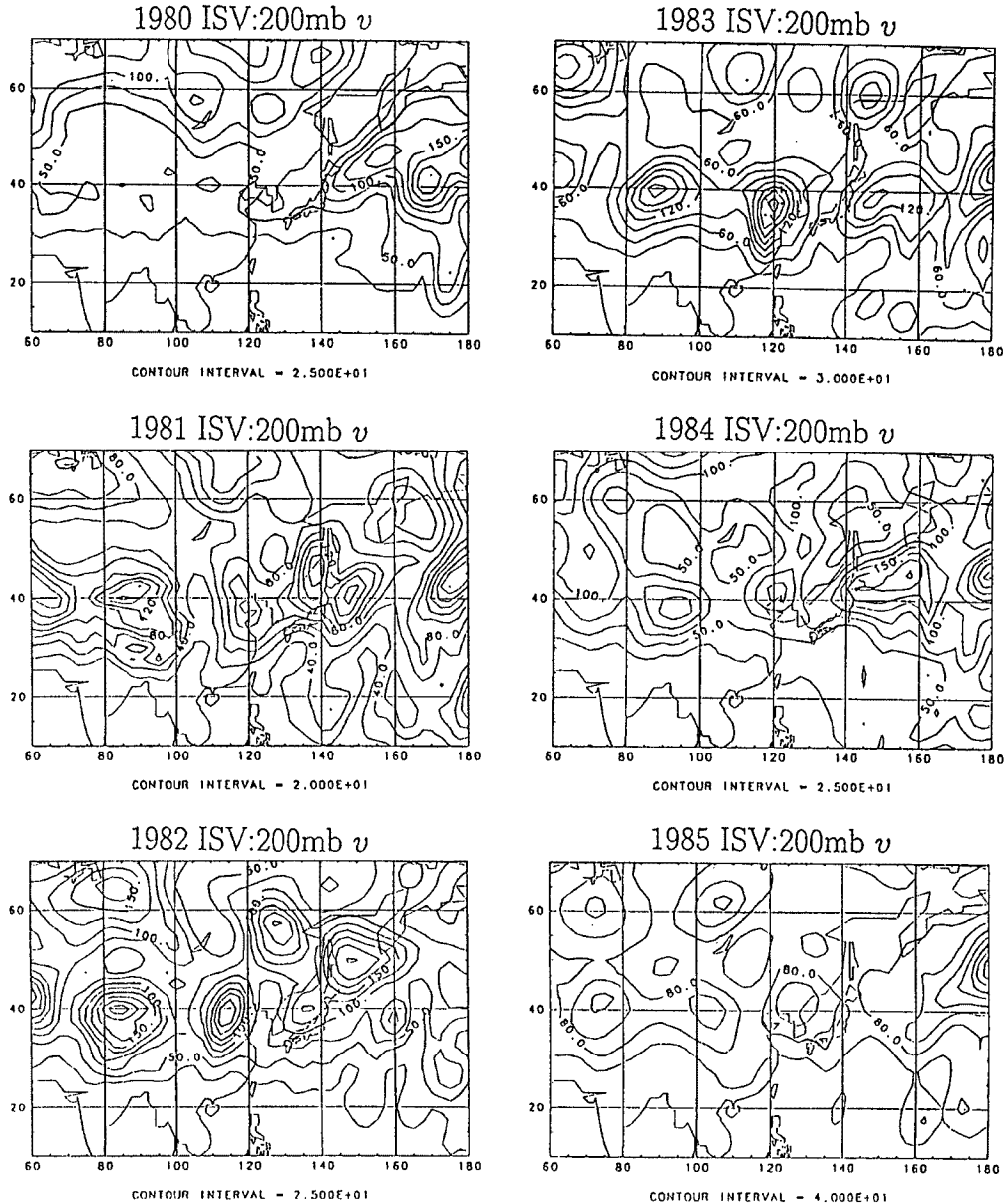


Fig. 3. Power of intraseasonal variations for meridional component of wind vector at 200 hPa.

#### 4. EOF 解析による変動成分の分析

偏西風帯の季節内変動は、定在波的事であることや鉛直方向に位相のそろった順圧的な構造を持っていることなど、どの年にも共通した特徴を持っている。しかし、一見したところ変動にはかなり複雑性がある。共通した現象である偏西風帯上の季節内変動をもう少し分析的に考察して、いくつかの支配的なパターンを見いだすために、偏西風帯にそった等圧面高度についての EOF 解析を行うことにした。

EOF 解析は1980年から1985年にかけてのバンドパスフィルターをかけた日々の 300 hPa の等圧面高度 ( $\phi$ ) に対して行った。データは6月から9月までで、40°N にそった 60°E—180° にかけてのものを用いた。各 EOF 主成分ベクトルを用いて、40°N にそった各点の等圧面高度を書くと、以下ようになる。

$$\Phi(\lambda, t) = \sum_{n=1}^N c_n(t) \Phi_n(\lambda)$$

ここで、 $\lambda$ は経度、 $\Phi$ が第  $n$  主成分ベクトルである。 $c_n(t)$  は、各主成分について一意に定まる時系列で、各  $t$  における第  $n$  主成分の寄与を示している。EOF 解析の結果、Fig. 4 に示したような主成分ベクトル ( $\Phi(\lambda)$ ) が得られた。これらの EOF 第 1—5 主成分についてを考察の対象とした。

次に、各 EOF 主成分時系列 ( $c_n(t)$ ) の値を Fig. 5 に示した。これらの各主成分は、その定義より相関は当然 0 であるが、相互に 1/4 周期ずつずれている場合や、振幅変調に一致がみられる場合などは特筆に値すると思われる。しかし、Fig. 5 を見る限り、各主成分間のはっきりとした関連性は見られない。

Fig. 4 では、各 EOF 主成分がどのような循環場の変動と関連しているのかはよくわからない。そこで、各 EOF 主成分時系列 ( $c_n(t)$ ) の値と周辺の 300 hPa 等圧面高度 ( $\Phi$ ) とのラグ相関を求めた。 $c_n(t)$  自身  $\Phi$  から重要な成分を抜き出すことによって得られたものなので  $\Phi$  とある程度の相関を持つのは当然であるが、あえてこのような相関をとることによって主成分ベクトル  $\Phi_n$  の南北方向への広がりや前後の時間変化が記述できる。棄却検定は 1 か月に 1 つの自由度、つまり 6 年間で自由度が 24 個もあるものとしておこなった。なお、5% の信頼限界で有意な相関域にトーンをつけてある。

第 1 主成分のラグ相関解析の結果については、Fig. 6 に示した。アジア大陸の東岸 (110—130°E) と太平洋上 (160—180°E) との間で逆相関を持ったパターンである。もう一つの重要な特徴は、北から南へと相関パターンが移動していくことである。LAG = 0 で日本の西にあった負相関域に着目すると、この領域は LAG = +6 では 30°N まで南下し、 $\Phi$  の場では追跡できなくなる。しかし、同時に LAG = 0 では 55°N, 100°E 付近にあった弱い正相関域が次第に南東進し、LAG = +6 で沿海州付近 (50°N, 120°E) に達して有意な相関域を伴うようになり、ここから南進して LAG = +12 ではもとの LAG = 0 における日本付近の負

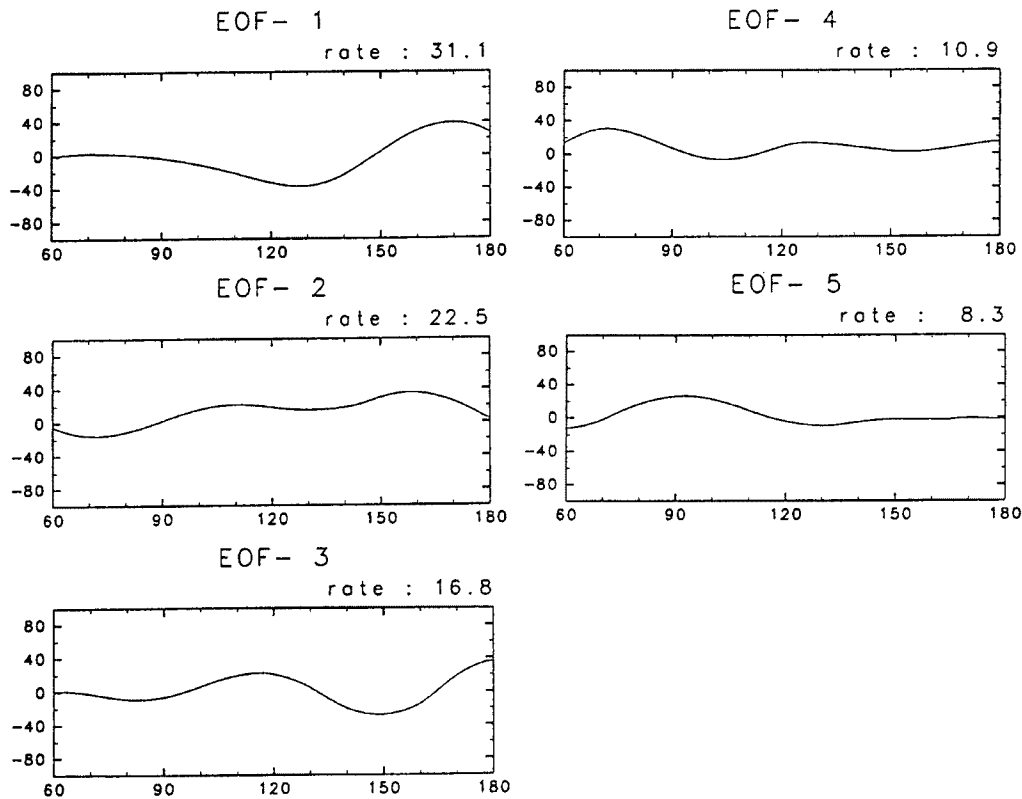


Fig. 4. Spatial patterns of EOF components. Unit of y-ordinate is m.

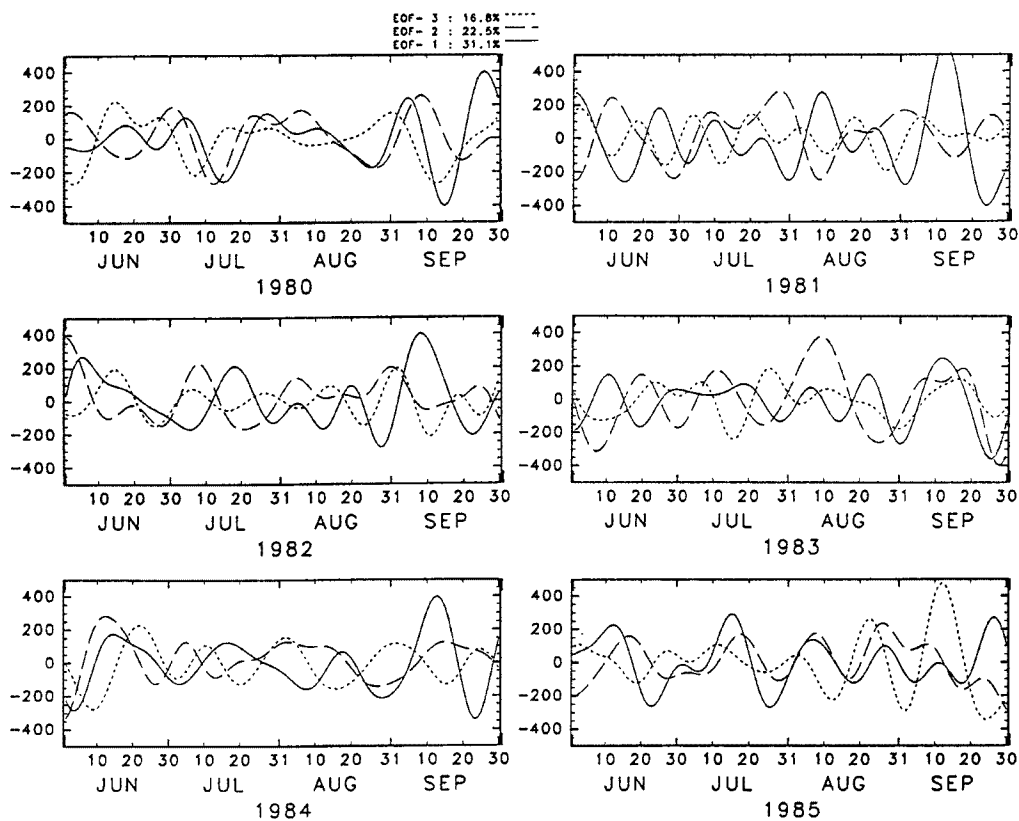


Fig. 5. Temporal patterns of EOF-1, 2 and 3.

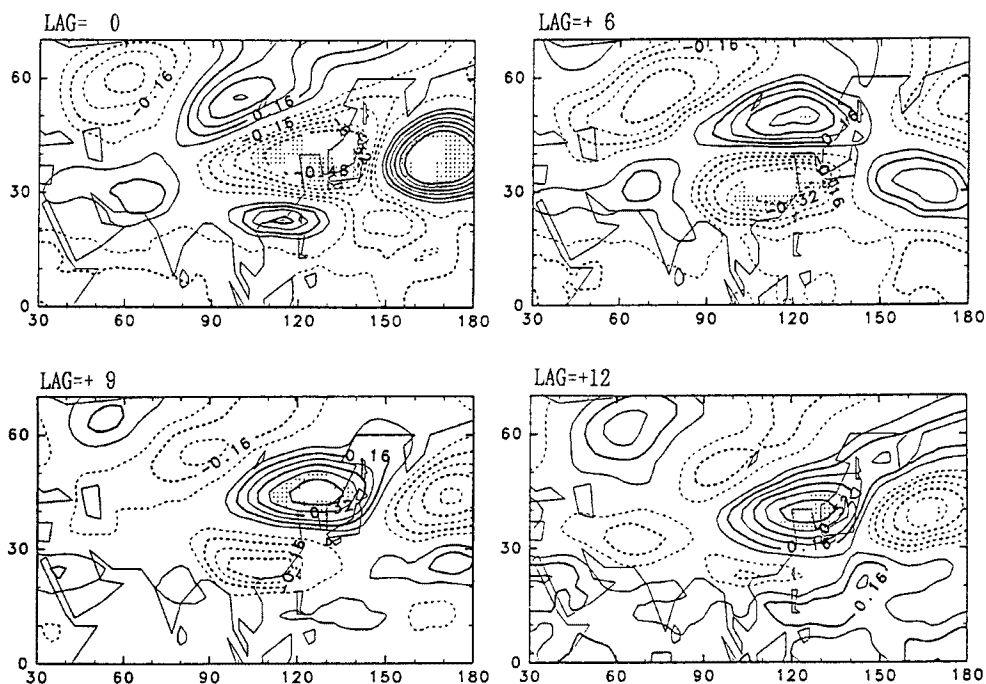


Fig. 6. Lagged correlation maps between EOF-1 and geopotential height ( $\Phi$ ) at 300 hPa. Areas exceeding 95% local significance are shaded.

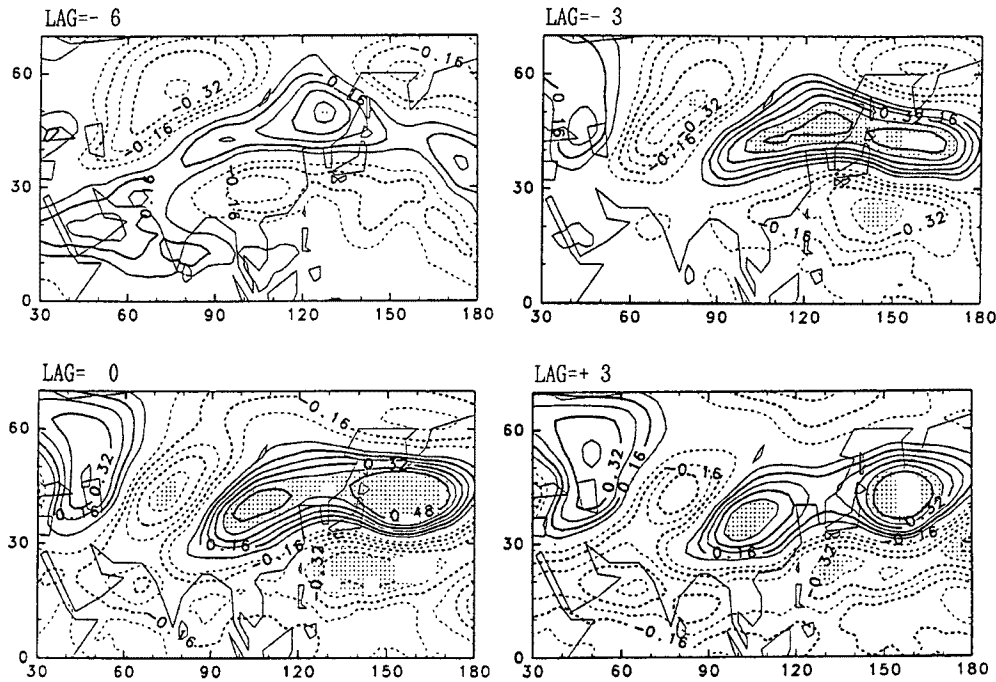


Fig. 7. Same as Fig. 6, except for EOF-2.

相関域にとってかわるようになる。このように南北方向への移動はかなり顕著であるが、東西方向にはめだつた移動はみられない。

第2主成分のラグ相関解析の結果は Fig. 7 にある。LAG = 0 のパターンは日本あたりから東の海上にかけて (120—170°E)、偏西風が弱まるような傾向を持ったパターンである。大陸上には波列状のパターンも見られる。まず、日本あたりから東の海上にかけての南北の逆相関パターンについて着目する。LAG = -6 では、沿海州付近に正の有意な相関域が現れ、それが急速に東に広がり、LAG = +3 まで持続している。一方、20—25°N 付近にみられる負の相関域を見ると、LAG = -6 でみられる中国大陸南部の弱い負の相関域は次第に西に広がり、LAG = +3 では太平洋中部 (180°付近) にまで移動している。この時期、一般的には偏西風ジェットは 40°N 付近にみられることから、ジェットが北上して弱まる (南下して強まる) 領域が東の方に広がり、移動していく現象に対応しているといえる。大陸上の波列上のパターンは、沿海州付近から南西進していく正の相関域と、その西側に現れて同様に南西進していく正の相関域とによって構成されている。南北方向への移動は大陸上ではみられるが、大陸東岸以東ではあまり顕著ではない。

第3主成分のラグ相関解析については、Fig. 8 に示した。LAG = 0 のパターンは大陸東岸から東に延びる東西波長約 5,000 km の波列状のパターンである。115°E, 150°E, 180°あたりに有意な相関域が確認できる。この主成分の重要な特徴は、東西方向にも南北方向にもめだつた伝播は見られず、その場で変動するだけであることである。波束としての伝播もみられず、特に群速度も定義できない。30日弱の周期がみられる。寺尾と村松 (1992)<sup>11)</sup> で明らかにした波列も、この波列と同じような東西波長をともなっていたが、偏西風の風速が、これくらいの波長のロスビー波を作りやすい値になっている可能性がある。

第4、第5主成分は、Fig. 9, Fig. 10 に示した。これらの二つのパターンはよく似ている。第4主成分はだいたい 75°E に、第5主成分は 90°E 付近に、それぞれ大きな相関域をともなっている。ともに他の領域にはあまり相関の大きな領域がみられない。双方に共通した特徴として、北から南へのパターンの移動が指摘できる。第4主成分については、LAG = -6 で 45°N 付近にみられる正相関域が南へ移動して LAG = +3 で 35°N 付近で消滅した後、負の相関域が LAG = +6 に 50°N あたりに現れ、南へと移動してもとの正



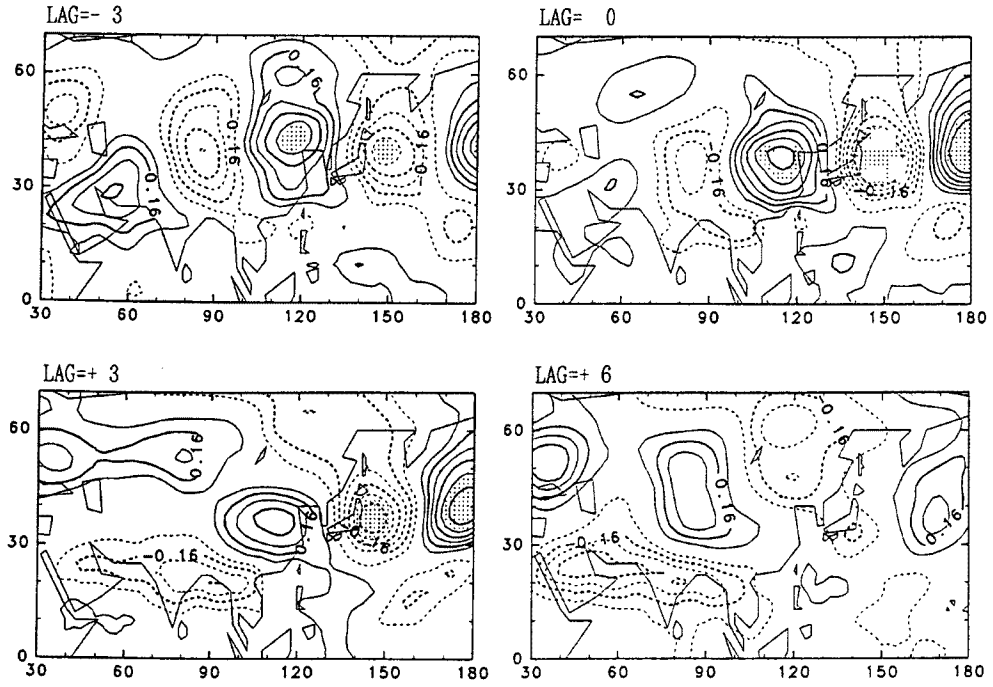


Fig. 8. Same as Fig. 6, except for EOF-3.

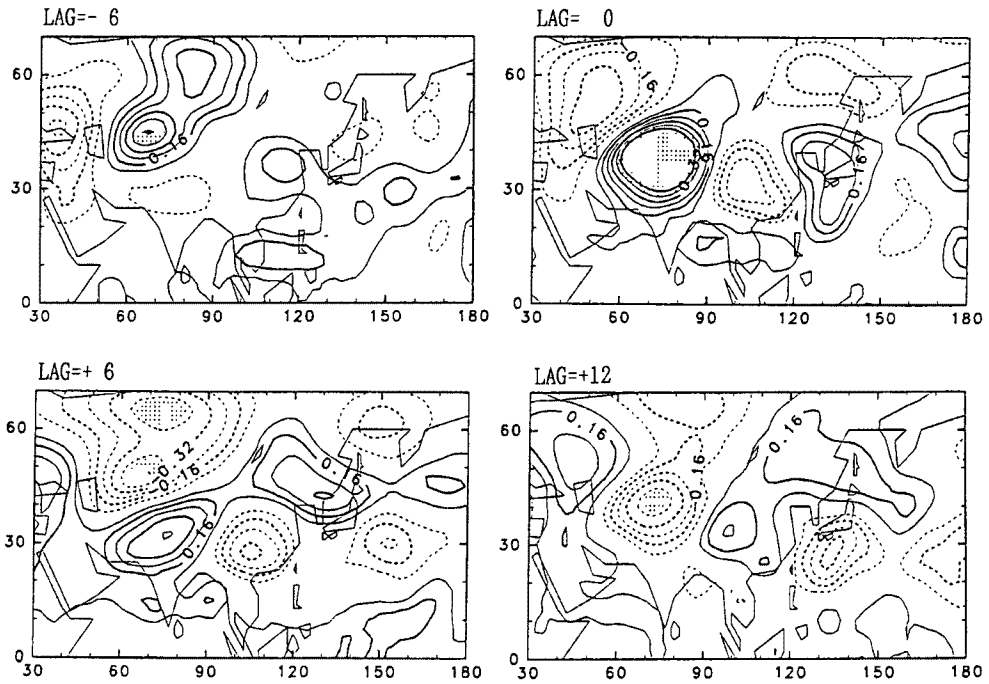


Fig. 9. Same as Fig. 6, except for EOF-4.

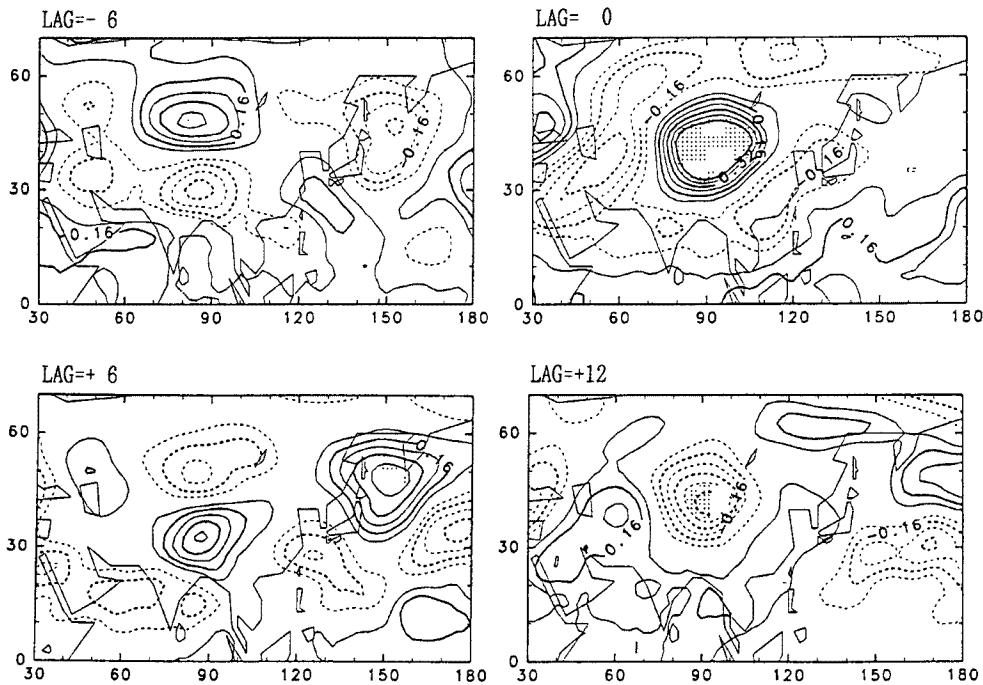


Fig. 10. Same as Fig. 6, except for EOF-5.

の相関域におきかわっていく。第5主成分についても、経度が少し東であることを除いてほとんど同様である。また、それぞれの相関域は半分ずつ重なり合うように存在している（第4主成分の東半分と第5主成分の西半分が重なっている）。このことは、第4、第5主成分がそれぞれたいへん密接な関係を持っていることをしめす結果である。

これらの結果をまとめると、以下ようになる。第1、第4、第5主成分については、北から南への位相の伝播が顕著にみられる。第2主成分については、北から南へのパターンの移動がみられる。南から北への伝播は全体的にほとんど見られないのが特徴である。また、第2主成分は大陸東岸から北太平洋にかけての偏西風の風速に影響をあたえと考えられる。そして、この偏西風の風速の変動域は大陸東岸から中部太平洋へと東に広がり移動していく傾向がある。第3主成分は東西方向へも南北方向へもほとんど伝播をしていない、東西波長約5,000 kmの定在波的な変動を表している。第2主成分を除けば東西方向への移動はきわめて例外的で、南北方向へのアノマリーの移動が卓越している。このことは、偏西風の季節内変動が定在波的事象であることと矛盾しない結果である。このように、複雑な偏西風の季節内変動からいくつかの特徴的な成分を抽出することができたので、これらについて、以下の章でより詳しく解析することにする。

## 5. 熱帯やインドモンスーンとの関連性

次に、熱帯やインドモンスーンと中緯度の季節内変動との関連性を調べる。4.で、中緯度の季節内変動のいろいろな特徴を持った成分を導きだした。これらの変動成分と熱帯やインドモンスーンとの関連性を考察することにより、熱帯やインドモンスーンからの強制による変動パターンと、中緯度独自の変動パターンとを分離するための重要な知見がえられると思われる。そこで、各 EOF 主成分の時系列  $c_n(t)$  と熱帯やインドモンスーンの対流活動の変動を表す指標との間での相関を調べた。

### 5.1 熱帯の対流活動との関連

偏西風の季節内変動の各 EOF 主成分と熱帯の対流活動との関連については、バンドパスフィルターをかけた OLR データを用いて調べた。解析に用いたのは、 $30^{\circ}\text{E}$ — $180^{\circ}$ 、 $10^{\circ}\text{S}$ — $20^{\circ}\text{N}$  の領域である。

解析の結果、ほとんどの EOF 主成分とは有意な相関をもたないことがわかった。有意な相関が現れたのは EOF 第 1 主成分のみであった。このことから、熱帯の対流活動の季節内変動と中緯度の偏西風の変動の間にはあまり明瞭な関係はみられないことがわかる。偏西風の季節内変動との相関解析に用いたバンドパスフィルターをかけた OLR データを見てみると、東進する 30—60 日周期変動にあたる現象が明瞭に現れている (Fig. 11)。もしこの東進モードと偏西風の季節内変動との直接的な関連性があるとすれば、両者の間に相関が現れるはずである。しかし、偏西風の季節内変動においてはあまり 30—60 日周期変動が卓越しておらず、むしろ 30 日弱の周期の変動がよく見られる。また、実際に計算してみても両者の相関もあまり強くはなく、熱帯の東進モードと偏西風の季節内変動との関連性はあまり密接なものではないといえる。

しかし、EOF 第 1 主成分だけは、Fig. 12 に示したとおり、熱帯の対流活動との相関を持っている。この図を

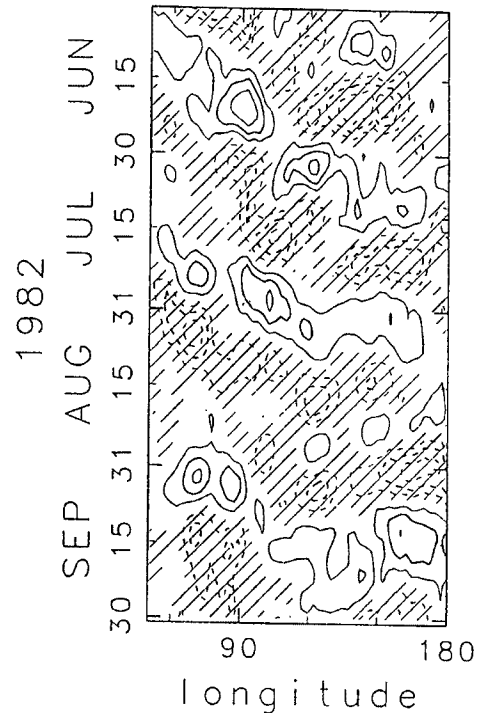


Fig. 11. Hovmöller diagram for band-pass filtered OLR along  $0^{\circ}$  to  $10^{\circ}\text{N}$  band in 1982. Contour interval is  $10\text{ W/m}^2$ .

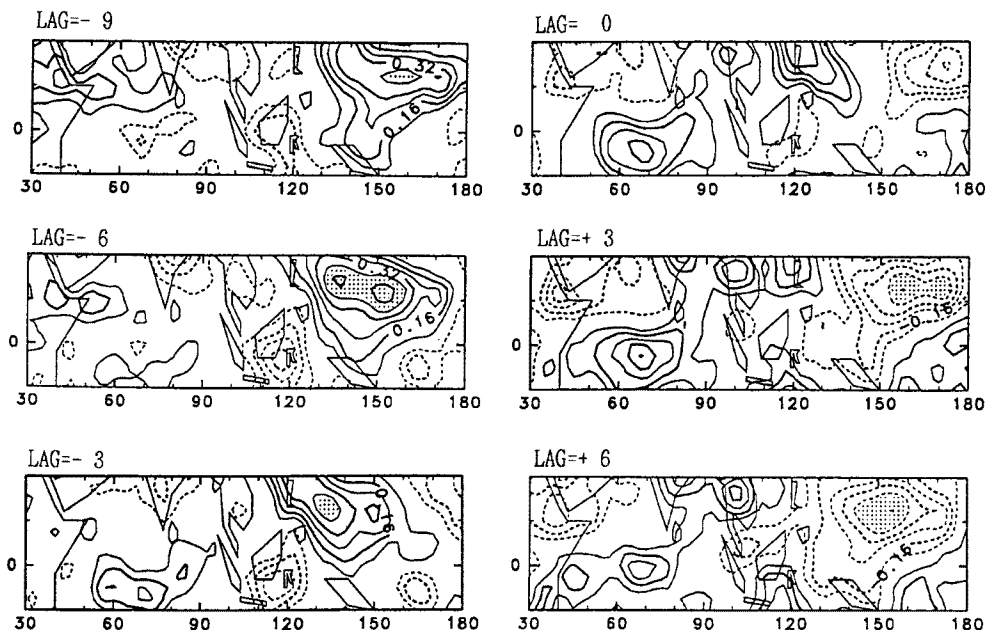


Fig. 12. Lagged correlation maps between EOF-1 and tropical OLR. Areas exceeding 95% local significance are shaded.

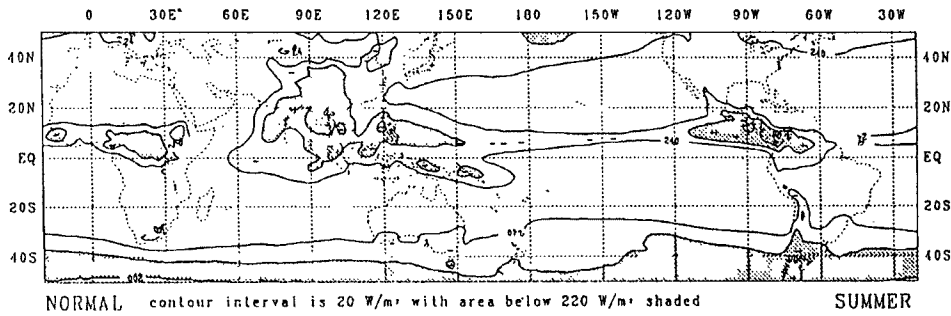


Fig. 13. OLR climatology averaged for summer season (from June to August). Contour interval is 20 W/m<sup>2</sup>. Areas below 220 W/m<sup>2</sup> are shaded. After Kawahara (1990)<sup>19)</sup>.

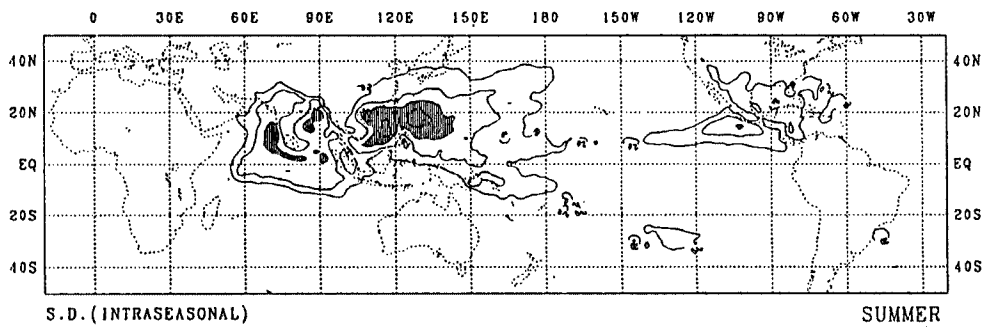


Fig. 14. Climatological standard deviations of intraseasonal OLR variations averaged for summer season (from June to August). Contour interval is 5 W/m<sup>2</sup>. Areas exceeding 30 W/m<sup>2</sup> are shaded. After Kawahara (1990)<sup>19)</sup>.

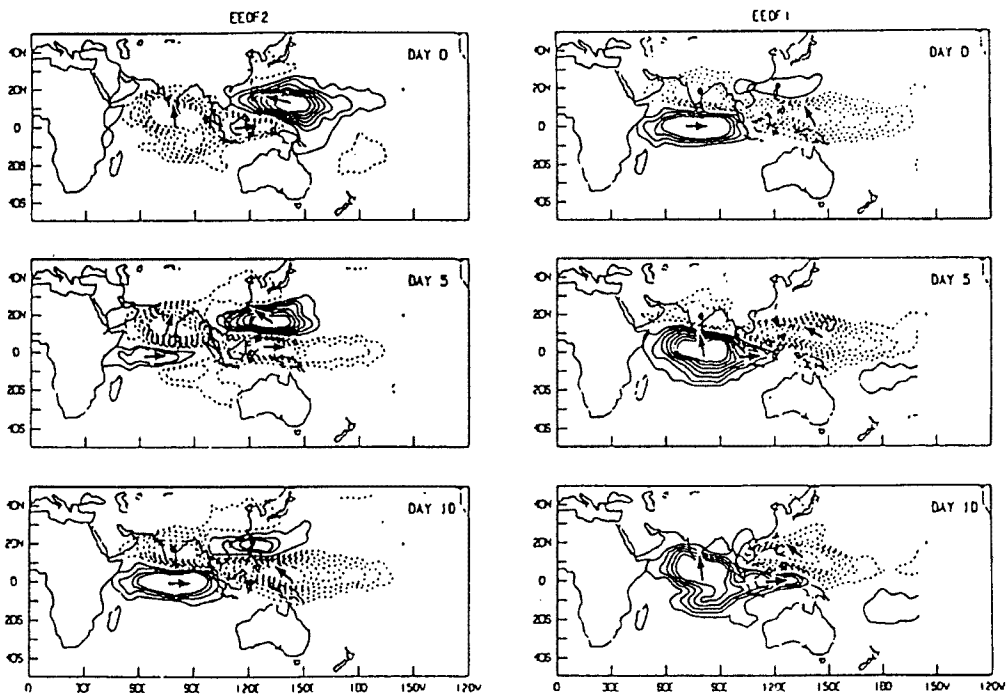


Fig. 15. Spatial structures of the first and second EEOF. The contour values are multiplied by 100. Contour interval is 2. Negative contours are dashed and the zero contours are suppressed. After Lau and Chan (1986)<sup>3)</sup>.

みると、日本の南海上の  $10\text{--}15^\circ\text{N}$ ,  $130\text{--}160^\circ\text{E}$  の海上の雲量の増減と有意な相関がみられることがわかる。この領域は夏季における熱帯の平均的な ITCZ の北縁にあたっており、季節内変動がもっとも大きな領域である (Fig. 13, Fig. 14)。Fig. 12 の相関域の移動の様子を見ると、まず  $150^\circ\text{E}$  付近に偏差域が現れ、そのあと偏差域が西へと移動して、 $130^\circ\text{E}$  付近で減衰し消滅している。この様子は、Lau and Chan (1986)<sup>3)</sup> が拡張 EOF 解析を行って指摘したインド洋から西太平洋にかけての領域における季節内変動にともなう雲量変動パターンとよい対応が見られる (Fig. 15)。ただし、Lau and Chan (1986)<sup>3)</sup> の示した変動パターンの周期は約40日であり、EOF 第1主成分の周期よりもいくらか長くなっているように見える。

EOF 第1主成分は大陸東岸付近と日本の東海上との逆相関パターンで、南向きの位相伝播を伴っていた (4.)。この主成分パターンが南へと伝播した先で、この熱帯域の季節内変動と相互作用をしているとの推測もできる。偏西風帯の季節内変動と熱帯域の季節内変動との関連性を両者の相互作用においていっそう明らかにする必要がある。

## 5.2 インドモンスーン活動との関連

インドモンスーン活動については、バンドパスフィルターをかけた  $700\text{ hPa}$  の  $\Phi$  を用いた。解析した領域は、 $30\text{--}120^\circ\text{E}$ ,  $10^\circ\text{S}\text{--}30^\circ\text{N}$  である。

解析の結果、ほとんどの EOF 主成分とは有意な相関を持たないことがわかった。有意な相関が現れたのは EOF 第2主成分のみであった。インドモンスーンとの関連性も必ずしも密接なものとはいえないようである。

EOF 第2主成分にみられた相関パターンを Fig. 16 に示す。この図をみると、インド洋からインドシナ半島にかけてのバンド状の領域の対流活動に有意な相関がみられることがわかる。夏季のインドモンスーンの対流活動域は北西から南東への傾きを持ちながら北進することが知られており、このバンド状の相関域はそれとよく対応している。

4.において、EOF 第2主成分は、大陸の東岸から東海上にかけての偏西風の強弱に関わった成分であることを示した。また、EOF 第2主成分の LAG 相関パターンは Fig. 7 に示したように、大陸の東岸あたりから東へと広がる傾向を持っていた。

このような EOF 第2主成分の特徴とインドモンスーンの対流活動との LAG 相関の様子との関係については、以下のような推測ができる。EOF 第2主成分の LAG 相関パターンによると、大陸以東で偏西風が強まるとき (Fig. 7 の  $\text{LAG} = 0$  の正負逆転パターンのとき) の数日前に、インドモンスーン域で対流活動が北進してインドにまで達している (Fig. 16 の  $\text{LAG} = -9, -6$  の正負逆転パターン) と見ることができる。熱源となるインドモンスーンの対流活動の活発域が北進することによって偏西風帯への南からの熱フラックスが増加し、モンスーン域から東の偏西風帯の傾圧性を強化する。するとこの領域での偏西風は強まると考

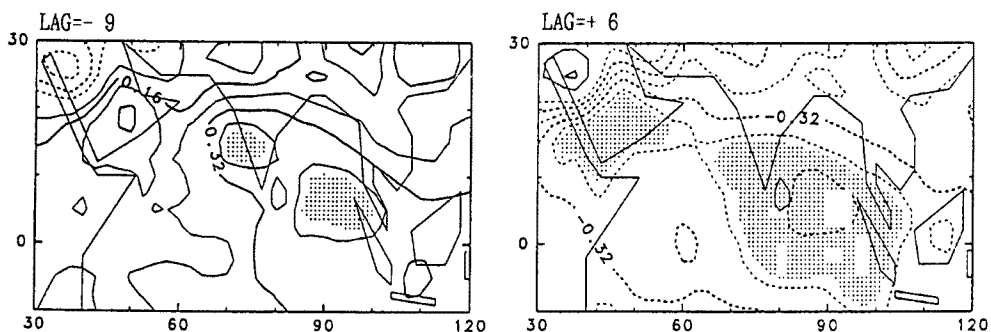


Fig. 16. Lagged correlation maps between EOF-2 and geopotential height ( $\Phi$ ) at  $700\text{ hPa}$  which indicates Indian monsoon activity. Areas exceeding 95% local significance are shaded.

えられる。このような熱の影響は偏西風に沿って東へと広がっていくと考えられるので、EOF第2主成分の持っている東へと影響が広がっていく性質とも矛盾しない。この推測は、より詳細な解析で確かめられる必要がある。

## 6. 結 論

1980年から1985年のデータを用いて、夏季にアジアから太平洋にかけての偏西風帯にみられる季節内変動について調べた。その結果、多くの年について、定在波動的な季節内変動が卓越しているようすが見られた。

更に、偏西風帯の変動のEOF解析と相関解析を行った結果、偏西風帯の季節内変動の要素とその特徴をいくつか見いだすことができた。多くの主成分(第1, 4, 5主成分と第2主成分の一部領域)の相関域は、北から南に伝播する特徴をもっている。北向きあるいは東西方向への伝播はほとんど見られない。このことは、偏西風帯の季節内変動が定在波動的であることと対応する。

一方、我々は熱帯の対流活動やインドモンスーン活動などの熱帯のシステムと、偏西風帯の季節内変動とのラグ相関を調べた。多くの場合、有意な相関は見られない。このことは、熱帯の対流活動やインドモンスーンと偏西風帯の季節内変動とはあまり大きな関連がないということを示している。多くの中緯度独自の変動が存在していることが示唆される。

しかし、西部熱帯太平洋のITCZの北縁の対流活動は大陸東岸と日本の東海上の逆相関パターンを持つ第1主成分と有意なラグ相関を持つ。第1主成分は、偏西風帯上の大陸東岸付近と日本の東海上付近とがはっきりと逆相関を持つパターンであり、次第に南進する性質を持っている。この逆相関パターンが偏西風帯上で卓越する数日前にITCZ北縁の対流活動は強化され、数日後には抑制される傾向がある。Takeda and Ikeyama (1985)<sup>8)</sup>は日本の南海上に約30日周期の変動が卓越している領域があることを報告している。今回の解析で明らかになったITCZ北縁の対流活動と偏西風帯の季節内変動との関連も、この報告にあったものと一体のものであると思われる。Lau and Chan (1986)<sup>3)</sup>は、拡張EOFを用いて、インド洋から西部熱帯太平洋にかけての領域に約40日スケールの一体となった主成分を見いだしている。我々の見いだしたITCZ北縁の対流活動域にみられる相関パターンを見ると、Lau and Chan (1986)<sup>3)</sup>の見いだした拡張EOF主成分とその領域ではよく似ている。周期帯は少し違うが、両者の関係を今後調べてみる必要がある。

また、インドモンスーン活動は大陸東岸以東の偏西風の強弱を表している第2主成分と有意な相関を持っている。インドモンスーンの活動が活発になる数日後に、偏西風が強化される傾向がみられた。熱源となるインドモンスーン活動域の北上にともない、東アジアで傾圧性が強化されるのではないかとの推測も成り立つが、これを確かめる一層の研究が必要である。

## 謝 辞

ゼミなどを通じて助言や議論をしてくださいました災害気候部門の研究室のみなさんお礼申し上げます。またECMWFの客観解析データを使わせていただきました。感謝いたします。解析にあたっては、京都大学大型計算機センターと、京都大学防災研究所防災科学資料センターの計算機を利用させていただきました。解析結果の出力にあたって、「地球流体電脳ライブラリ」を使わせていただきました。感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) Madden, R. A. and P. R. Julian: Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 28, 1971, pp. 702-708.
- 2) Madden, R. A. and P. R. Julian: Description of global scale circulation cells in the tropics with 40-50 day period, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 29, 1972, pp. 1109-1123.

- 3) Lau, K.-M. and P. H. Chan: Short-term climate variability and atmospheric teleconnections from satellite-observed outgoing longwave radiation. Part I: Simultaneous relationships, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 40, 1983, pp. 2735-2750.
- 4) Lau, K.-M. and P. H. Chan: Short-term climate variability and atmospheric teleconnections from satellite-observed outgoing longwave radiation. Part II: Lagged correlations, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 40, 1983, pp. 2751-2767.
- 5) Lorenc, A. C.: The evolution of planetary-scale 200mb divergent flow during the FGGE year, *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, Vol. 110, 1984, pp. 427-441.
- 6) Yasunari, T.: Structure of an Indian summer monsoon system with around 40-day period, *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 59, 1981, pp. 336-354.
- 7) Yamanaka, M. D.: Quasi-weekly cycle of the upper tropospheric wind observed near the southern Japan in mid-summer: quick looks, *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 65, 1987, pp. 811-818.
- 8) Takeda, T. and M. Ikeyama: Time variation of cloud amount with about 30-day period in the western Pacific region, *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 63, 1985, pp. 997-1012.
- 9) Ikeyama, M. and T. Takeda: Seasonal and intraseasonal changes in cloud amount over the western Pacific: Changes in 30-day period variation, *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 66, 1988, pp. 291-307.
- 10) Hirasawa, N. and T. Yasunari: Variation in the atmospheric circulation over Asia and the western Pacific associated with the 40-day oscillation, *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 68, 1990, pp. 129-143.
- 11) 寺尾 徹・村松久史：アジア・西太平洋の中緯度にみられる夏季の季節内変動について，京都大学防災研究所年報，第35号 B-2, 1992, pp. 305-329.
- 12) Lau, K.-M. and T. J. Phillips: Coherent fluctuations of extratropical geopotential height and tropical convection in intraseasonal time scales, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 43, 1986, pp. 1164-1181.
- 13) Knutson, T. R. and K. M. Weickmann: 30-60 day atmospheric oscillation: Composite life cycles of convection and circulation anomalies, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 115, 1987, pp. 1407-1436.
- 14) Simmons, A. J. and J. M. Wallace and G. W. Branstator: Barotropic wave propagation and instability, and atmospheric teleconnection patterns, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 40, 1983, pp. 1363-1392.
- 15) Lau, K.-M. and L. Peng: Dynamics of atmospheric teleconnections during the northern summer, *J. Climate*, Vol. 5, 1992, pp. 140-158.
- 16) Tsuyuki, T. and K. Kurihara: Impact of convective activity in the western tropical Pacific on the East Asian summer circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 67, 1989, pp. 231-247.
- 17) Yasunari, T.: Low-frequency interactions between the summer monsoon and the northern hemisphere westerlies, *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 64, 1986, pp. 693-708.
- 18) Duchon, C. E.: Lanczos filtering on one or two dimensions, *J. Appl. Meteor.*, Vol. 18, 1979, pp. 1016-1022.
- 19) 河原幹雄：大規模対流活動の年々変動と季節内変動，熱帯の対流活動と日本の天候，気象研究ノート，168, 日本気象学会，1990, pp. 5-42.