

月例会「長期予報と大気大循環」の報告

—中・高緯度対流圏の長周期変動—

1988年9月28日に気象庁で標記のテーマのもとに、月例会「長期予報と大気大循環」が開催された。気象庁・気象研究所・大学などから約60名の参加があった。今回のテーマは、古くから研究されているインデックス・サイクルやブロッキングなどと密接に関係しており、いわば「古くて新しい問題」である。テーマ中の「長周期変動」とはどの程度の周期を指すのかあいまいであるが、ここではおよそ10～90日という季節内変動の時間スケールを対象にした。

近年、エルニーニョ南方振動(ENSO)が異常気象の原因の一つとして注目され、マスコミでもしばしば取り上げられるようになった。1988年の春にエルニーニョ現象が終息したあと、夏からそれとは正反対の状態が熱帯の大気・海洋に顕著に現れたが(それは、この原稿を書いている1988年12月の時点でも続いている)、今度は、エルニーニョの反対の状態を意味する「ラニーニャ」という言葉が、新聞・雑誌などを賑わすようになったことは御存じの方が多いと思う。前回のこの月例会(1987年10月)のテーマも ENSO に関するものであった。気象庁長期予報課でも、季節予報を組み立てるうえで ENSO は一つの拠りどころになっている。

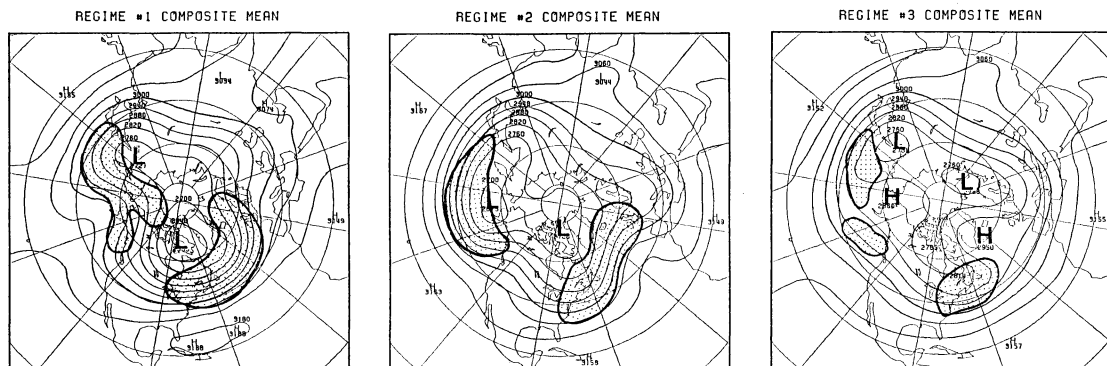
しかし、このような現象は数ヶ月以上の時間スケールで重要になってくるものであって、例えば1ヵ月予報が対象とするような時間スケールでは、中緯度大気自身のもつ内部的な変動のほうが、海面水温偏差などの境界条件による変動よりはるかに卓越している。残念ながら、この中緯度大気の大周期変動のメカニズムについては、蓄積されている観測データの期間が熱帯と比べてかなり長いにもかかわらず(とはいってもせいぜい40年程度にすぎないが)、ENSO や 30～60日振動の研究ほどのめざましい進展がみられなかった。これは、それだけこの問題のむずかしさを示しているといえる。しかし最近、「天候レジーム」や「準定常状態」という「新たな」概念のもとに、ブロッキングなどの中緯度大気の大周期変動が見直され、多くの気象学者の注目を浴びつつある。日本でも若い研究者を中心に新たなアプローチが試みられ、興味深い成果が挙げられている。以上が今回の月例

会が開かれた背景である。講演は、いずれもこれらの若手もしくは中堅の研究者にお願いした。

各講演の内容については、講演者による以下のアブストラクトを読んでいただきたいが、観測データの解析に基づく研究が3題、大循環モデルを用いた研究が1題、理論的研究が1題である。これらの講演全体を通じてまず明らかになったことは、中緯度大気の大周期変動を「天候レジーム」や「準定常状態」という枠組みで捉える考え方がその理解に有効であり、またその有効性は理論的にも裏づけられる、ということであった。天候レジームの維持に、温帯低気圧などの短周期擾乱が一定の役割を果たしていることが指摘されたが、その形成・消滅過程については、レジーム間の比較的秩序だった遷移や、帯状平均場や熱帯の降水量の変動との関連が議論された。また、エルニーニョ現象が発生すると冬の中緯度に PNA パターンが現れるというように、両者を一意的に結びつけるのは正しくなく、ENSO などの中緯度大気にとっての外部条件は、天候レジームの出現確率を変化させる、と考えるべきであることが強調された。低次モデルを用いた理論的研究に対しては、波数切断をゆるめても結果が大きく変わらないかどうかという点に議論が集中したが、これについては、短周期擾乱が天候レジームの維持にどの程度の役割を果たしているかを明らかにすることが必要だろう。なお、短周期擾乱を扱った講演者から、熱の南北輸送における短周期擾乱と準定常擾乱との間の相補性、という興味深い問題が提起された。

長期予報は、2週間程度といわれる中緯度大気の決定論的な予測可能性の限界を超えた期間を予報の対象にしており、おのずから非常に困難がともなう。決定論的な限界を越えているという点からいえば、むしろ確率的な予報を行うのが自然であると考えられる。中緯度大気の大周期変動を複数の天候レジームの間の遷移としてみる考え方は、この確率予報にとってふさわしいものである。またそれは、力学的1ヵ月予報の開発を進めるうえでもさまざまな示唆を与えると思う。この分野の研究の今後の進展を期待したい。

なお、それぞれの講演の詳しい内容が、1989年3月発



第1図 持続性・再現性をもつ流れのパターンの例。

北半球冬季、37年分の700 mb 高度データを用い、位相空間での多変量確率密度関数の極大を捜すことによって得られたもののうち、密度の大きい順に3つ掲げる。これらはみつかった極大点の近傍のサンプルを平均した合成図である。平均に用いた数は181(#1), 191(#2), 171(#3)である。陰影は、2.5～6日周期帯の高度変動の分散の合成図で適当なしきい値より高い領域につけてある。これはジェット気流に流される高・低気圧の経路(ストームトラック)に対応する。

行の「グロースベッター」第27巻2号に掲載されますので、関心のある方は気象庁長期予報課までお問い合わせ下さい。

露木 義(気象庁長期予報課)

1. 10日以下の周期を持つ擾乱の10日平均移動速度の変動

田口彰一(公害資源研究所)

対流圏中緯度の長周期変動の一つの要素として、総観規模の擾乱の移動速度の変動について述べる。

用いたデータは、NMCの解析による1969～1979年の850 mb と 500 mb の高度場である。擾乱を取り出すために、10日より短い周期を通すハイパスフィルターを用いた。2層で高・低圧部、計4種の擾乱について調べた。

その結果、北緯30～60°の間で10日間についての平均でみると、東向き移動速度は約8度/日で擾乱によらず一定であった。しかし分散は約10度/日で、西向き移動速度を持った擾乱が常に存在していることがわかる。

北向きの移動速度は、850 mb の低圧部が約0.8度/日であるのに対し、高圧部はほとんどゼロで、500 mb の擾乱は約0.5度/日で南向きの移動を示した。

いずれの速度も、季節より短い周期で季節変動と同程度の変動をしている。

2. 北半球冬季の天候レジーム

木本昌秀(気象庁・数値予報課)

ブロッキングに代表される対流圏長周期変動は一見不規則、乱雑であるが、全くの乱流ではなく、南北振動やロスビー波列等いくつかの秩序あるモードが見いだされる。これらはしばしば地理的に固定した持続性の高い流れのパターンとして実現する。

本研究は北半球冬季、37年分の700 mb 高度データを用いて、典型的な流れのレジーム及びその間の遷移、低緯度のシグナルとの関連について記述する。殊に、非線形力学系の1例として実際の大气中に、複数の選択性の高い流れのレジームが存在すること(第1図)、そしてそれらの間の遷移も全くでたらめでなく、ある程度の秩序をもつことを強調する。更に、これらの「天候レジーム」は中緯度大気に本来的なもので、熱帯での南方振動等「外部」条件は、典型的なパターンが発現確率を変化させる、と理解するのがよりバランスのとれた見方であることを主張する。

3. 冬季のユーラシア大陸上における異なった天候レジーム間の遷移過程

金谷年展(東北大学・地理)

1946年～1985年の冬季(12月、1月、2月)の半月平均500 mb 面高度場のアノマリーに、0°E～180°Eの領域で主成分分析を施し、上位2成分のスコアの絶対値と符号を考慮して、E1+, E1-, E2+, E2-の4つのユー

ラシア大陸における天候レジーム型を抽出した。ここでは、これらの中で、いわゆる EU パターンに関連した $E2^+$, $E2^-$ の2つの天候レジームを取り上げ、その出現、維持、消滅過程などを調べた。

$E2^+$, $E2^-$ がそれぞれ持続的に出現している例について、extended EP flux を計算することにより、トランジェント波の準定常状態へのフィードバックの様子をみてみた。その結果、 $E2^+$ と $E2^-$ とでは、トランジェント波の伝播の状態は全く異なっており、それぞれのレジームのアノマリーパターンを強め、維持するように働いていることがわかった。

$E2^+$, $E2^-$ の出現、消滅過程をコンポジット解析によって調べたところ、North Atlantic Oscillation (NAO) パターンがそれらに先行して顕著に現れていることがわかった。しかし、NAO パターンを抽出して、 $E2^+$, $E2^-$ との関係を見てみると、NAO パターンが現れたからといって必ず $E2^+$, $E2^-$ への連鎖が起こるわけではなく、その連鎖が起こるかどうかは、NAO パターンが出現したときのユーラシア大陸上における天候レジーム型に大きく依存していることもわかった。また、NAO パターンは PNA パターンとも関連して変動しており、PNA-NAO-EU のコヒーレントな変動が存在することも示唆される。

4. 気象研究所大気大循環モデルの SSTA 実験で得られた zonal/eddy 関係と降水量

鬼頭昭雄 (気象研究所・気候)

Kitoh (1988) は気象研究所大気大循環モデルを用いて、各種の海面水温偏差 (SSTA) を置いた perpetual January の実験から、日本暖冬パターンを EOF 解析により抽出し、それが日本の暖冬時の合成 SST を与えたラン (AW) 及び赤道上・日付変更線付近に SSTA を与えたラン (A7) で卓越することを示した。この講演ではこの実験のデータから、モデルの zonal/eddy 関係と、それに対する降水量の関係について述べる。

10種類の異なる SST の下でそれぞれ180日間のランを行った。各ランについて5個、合計50個の30日平均の

300 mb 帯状平均東西風 $[u]$, 300 mb 高度の帯状平均からの偏差 Z^* , 降水量 R について主成分分析を行った。 $[u]$ の第1主成分 (55%) は 40°N の南と北の運動量のシフトを示しており、観測値から Branstator (1984) が求めたものと似ている。これは Z^* の第1主成分と良い相関があり、Gambo and Kudo (1983) が示したユーラシアパターンに対応する。

ここで得られた $[u]$, Z^* , R の EOF 第1主成分間には、 $[u] \rightarrow Z^* \rightarrow R$ のラグ関係がある。 R の EOF でなく生データに対しては、同じ関係が北太平洋、熱帯中部太平洋について得られた。しかし北大西洋については異なり、北大西洋の降水量変動がユーラシアパターンに先行するケースがある。更にラン AW と A7 は、定常状態としてユーラシアパターンが卓越し、明らかに他のケースと異なる。

5. 大気大規模運動における「準定常状態」

—不規則変動における秩序性—

向川 均 (東京管区気象台)

ブロッキング現象に代表される、地球規模で生ずる中緯度対流圏の準定常状態の原因を、大気自信のもつ非線形性に求める研究が Charney and Devore (1979) 以来、数多く行われてきた。さらに最近になって、大気運動のもつ非正常性や非周期性の重要さが指摘されている (Legras and Ghil, 1985)。

本研究では、傾圧準地衡風低次スペクトルモデルを用いて、不規則変動における準定常状態を力学的に考察した。ここでは、「準定常状態」(以下、QS) を、モデルの解ベクトル $\mathbf{x}(t)$ の位相空間における時間変動がある閾値よりも小さい状態と定義した。その結果、QS は、位相空間におけるある特定の $|\dot{\mathbf{x}}|$ の極小点 (定常解または非定常極小点) の近傍で生ずることがわかった。この両者の関係から、QS の再現性を力学的に説明することができる。さらに、QS の持続性や、その時間変動も矛盾なく説明することができる。

従って、大気大規模運動における不規則変動の理解に、準定常状態という概念が有効であることがわかる。