

氣象学への手引

大気の長周期変動とその予測*

I. 長周期変動の実態と力学

新田 効**・露木 義***

1. はじめに

前回の手引では、長期予報については、「気象予測論、Ⅲ. 延長予報の問題」で触れられているが、その後、観測データに基づく解析的研究、数値モデルを中心とした理論的研究の両面にわたり、長期予報の基礎に関するめざましい進展があった。今回の手引では、特に、1980年代以降の新しい結果を中心に記述する。

この期間、観測面では、1979年の「第1回地球大気開発計画」(FGGE) 以降、ルーチン観測の充実と気象衛星観測データの取得によって、全球的に観測データが整備され、大気の10日～数年規模の長周期変動の実態の解明が急ピッチで行われた。中でも1982～83年の大エルニーニョの発生は、大気の長期変動を大気一海洋一陸面の相互作用からなる気候システムとして捉えることの重要性を示し、その後の年々変動の研究の重要な出発点となつた。また、これまで経験的・断片的にしか知られていなかった世界各地の様々な天候パターンが、整備された全球的な観測データを用いた診断的な研究によって、地球規模のテレコネクションや天候レジームとして記述されるようになった。

一方、理論面ではエルニーニョ・南方振動(ENSO)のメカニズムの研究に見られるように、気候システムの力学に関する取り組みが始まった。また、非線型力学に基づく大気内部の長周期変動の力学的理解が深まってきた。

以上の観測・理論の成果を踏まえて、数値予報モデルによる延長予報の具体的な試みが様々な角度からなされ

てきている。さらに統計的な手法を用いた長期予報法にも新たな試みがなされてきている。

以下では、I. 長周期変動の実態と力学、II. 長期予報、に分けて解説する。ただし、この分野に本格的な研究の手が入り始めたのはごく最近であり、現在、続々と新しい研究成果が発表されている。読者はこの「手引」だけでなく、最新の学術雑誌や研究会報告などに常に注目していく欲しい。なお、一般的な日本語の参考書としては1の中で気候システムやエルニーニョについて述べられており、2では数10日から100年位までの変動について最新の結果がまとめられている。また、異常気象とその要因については3でわかりやすく解説されている。英文の参考書としては4と5を挙げておきたい。ともに解析的研究から予測可能性に至るまで幅広いトピックスが扱われており、これから学ぼうとする人たちだけでなく、研究者にも大いに参考になる。ENSO および熱帯の30～60日周期変動については、それぞれ別な「手引」が予定されているので、詳しくはそちらの方を参照して欲しい。

2. 長周期変動の実態の解明

古くから中・高緯度大気の長期変動の典型的現象として、また、長期予報の最大の難物として問題とされてきたプロッキング現象は、この期間、客観解析された全球格子点データに様々な解析手法を適用することによって、詳細に調べ直された。1970年代以前のプロッキング現象に関する観測的研究については6、また、最近のプロッキング研究については7、8のレビューによくまとめられている。

9、10、11は、全球格子点データを用いた解析によって、北半球 500 mb 高度偏差の大きさから持続する変動成分を抽出し、プロッキングの地理的発生分布、持続期

* Atmospheric long-term variations and their prediction, I. characteristic features and dynamics of long-term variations.

** Tsuyoshi Nitta, 気象大学校。

*** Tadashi Tsuyuki, 気象庁予報部長期予報課。

間、季節変化等の統計的な特徴をより客観的に明らかにした。これらの解析によって、ブロッキング現象は、地理的に限られた場所で起こりやすく、特に、アリューシャン南の北太平洋域、グリーンランド南東の北大西洋域、ソビエト連邦北部の3地域で発達しやすいことが明らかになった。

ブロッキング現象と温帯低気圧との関係は、以前から天気図解析などで注目されてきたが、12はバンドパスフィルターを用いて、長周期変動と短周期変動に分け相互の関係を調べた。その結果、低気圧など短周期擾乱の活動度は、月平均場で表される長周期変動と強く結び付いていることが明らかになった。さらに13は、30年間のデータを用いて、ブロッキングの発生期、成熟期、消滅期での温帯低気圧の振舞いを解析し、ブロッキング発生初期に西風の上流域で低気圧活動が活発化することを指摘した。

14は、15年間の月平均500 mb高度データを用いて、冬期北半球のテレコネクションパターンを系統的に解析し、これまで世界各地で断片的に知られていたテレコネクション（遠隔作用）が、WP（西太平洋）、PNA（太平洋一北米）、WA（西大西洋）、EA（東大西洋）、EU（ユーラシア）と呼ばれる複数の基本的な変動パターンに分類されることを明らかにした。これら様々なテレコネクションパターンの振舞いは、さらに長期間のデータを用いた回転主成分解析により、一層詳しく調べられるとともに（15）、冬期以外の季節についても解析された（16）。また、17、18は、テレコネクションパターンの時間スケールによる違いを調べ、30日以上の時間スケールを持つパターンは地理的にはほぼ固定されているのに対して、それより短い時間スケールのパターンはより東西方向に連なるものが多く、地理的にあまり固定されていないことを示した。さらに、19、20は、37年間の毎日の冬期700 mb高度データを用いた多変量確率密度関数の解析により、前述したPNAなど卓越する複数の天候レジームを客観的に同定するとともに、各レジームの持続期間や他のレジームへの遷移確率を明らかにした。

1982/83に発生した今世紀最大規模のエルニーニョによって、熱帯大気一海洋の長期変動が熱帶域にとどまらず中・高緯度大気にも大きな影響を与えることが一層明確になった。過去数十年のエルニーニョ時の観測データから、ENSOに伴う熱帶域の大気一海洋変動の特徴（21）や、ENSOと北半球中・高緯度大気循環場および世界各地の天候との関係（22、23、24）が統計的に明らかに

された。東アジアや日本の天候とENSOとの間にも強い関連があることが明らかになったが（2），日本の天候に直接的な影響を与えるのは、熱帶西部太平洋の海面水温や対流活動の変動であることが日本の研究者達によつて指摘された（25、26、27、28）。

一方、熱帶域には周期約30～60日を持って変動する季節内変動が存在することが29、30以来知られてきたが、この対流活動の変動によって夏期熱帶域から中緯度域にロスビー波が伝播したり（27）、冬期熱帶域対流活動の変動と中緯度域の長周期変動が相互に結び付いていることが明らかになった（31、32）。また、数値モデルを用いた1カ月程度の延長予報には、熱帶域の季節内変動の正確な予報が重要であることが判明した（33、34）。

冬期のユーラシア大陸上の積雪面積と次の夏期のインドモンスーンの強さには負の相関関係があることが35以来指摘されてきたが、その後、ユーラシア大陸の積雪とENSOとの関連（36）や西シベリアの積雪面積と初夏の東アジアの循環との関連（37）についても解析で指摘されている。一方、大気大循環モデルによる数値実験によつても、ユーラシア大陸の積雪面積の影響が、インドモンスーンにとどまらず、全球の天候変化に及ぼす可能性があることが示唆されている（38）。

太陽活動と気象との関係については、古くから話題になってきたが、その都度統計的有意性や両者の間の物理的関係の不明確性のために立消えになってきた。最近、両者の関係が熱帶成層圏のQBO（準2年振動）と関係付けることによって、新しい形で提起された（39、40、41）。これらの結果によれば、冬の北半球循環場（地上気圧や700 mb高度）と太陽活動度との相関をとる場合、すべての年を用いるのでなくQBOの西風時と東風時にグループ分けして計算を行うと、相関係数の高い領域が現れてくる。しかし、解析期間が短い（太陽活動周期の約3.5倍）ことや、依然として物理的なメカニズムが不明確な点で今後一層様々な角度から検討を行う必要があるであろう。

3. 中緯度大気の低周波変動の力学

1節でも触れているが、この分野に関する全般的な参考文献としては、4と5を挙げておきたい。特に4の第3章は、観測と理論の簡潔かつ優れたレビューになっているので、是非読んで頂きたい。また、42の第6章はやや数学的であるが、親切な文献紹介がついている。以下では便宜上、中緯度大気自身に起因する変動と、海面水

温など外的条件に起因する変動に分けて紹介するが、これらは考えとして対立し合う性質のものではないことに注意してほしい。

3.1 中緯度大気内部の変動

前節で述べたように、中緯度の大気の流れには、移動性の高・低気圧より時間スケールが長い準定常的なパターンがしばしば現れる。古くから注目されてきたブロッキング現象はその一つである。このような低周波変動を説明する理論として、低次スペクトルモデルによる研究から紹介しよう。

まず取り上げなければならない文献は43で、彼らは順圧モデルを用いて、大規模山岳による強制ロスビー波と帶状流との非線形相互作用により、偏西風の流れに東西流型と南北流型という2つの安定定常解が生じ、スケールの小さな擾乱の影響で大気の状態がその間を遷移し得ることを示した。多重平衡という新たな概念を気象学に持ち込み、ブロッキングの理論的研究に新風を吹き込んだ論文であったが、その後の研究により、傾圧不安定波を考慮すると多重平衡はもはや存在せず、大気の大規模運動は本質的に非周期的で不規則であることがわかるに及び、現在ではこの考えは支持を失いつつある。このあたりのこととは7の第3章と第6章に、観測的研究も含めて明解に解説されている。

それでは、不規則運動に現れる準定常的なパターンの存在を力学的にどう理解するのかという問題は、それらが不安定定常解の近傍で生じることを44が示したことによって、新たな展開をみせた。彼らは、大気の運動を多自由度のベクトルで表したとき、それが不安定定常解の回りの安定固有ベクトルの方向からこの解に近づくときに、運動の時間変化が小さくなって準定常的なパターンが現れるとした。この定常解は不安定なので、いずれ大気の運動は急速にそこから離れ、準定常状態は終わる。順圧モデルによる彼らの結果を傾圧大気に拡散・発展させた論文が45で、準定常状態の一般的な理論モデルが提示されている。

これらは、波数切断して運動の自由度を非常に減らしたモデルによって、現実の大気の低周波変動を理解しようとするものだが、当然のことながら別のアプローチの仕方もいろいろある。その一つに、ブロッキングを大気の大規模運動を記述する方程式の安定な非線形孤立波解とみて、その持続性を説明しようとする説がある。特に46は、モドンと呼ばれる準地衡風順圧流体の孤立渦対解を初めてブロッキングに適用し、その問題点を詳しく検討した。このような局所的な非線形自由解が存在する

と、強制が弱くてもそれが容易に励起され得ることを47が示した。最近では48が、モドンなどの孤立波のブロッキングへの適用可能性を、より広い観点から調べている。ごく最近までのこのような研究の詳細を知るには8がよい。

短周期の傾圧不安定波との相互作用も、観測的研究から支持される重要な視点である。ここでは最近の研究として49, 50だけを挙げておく。彼らは、局所的に強い偏西風ジェットを吹かせた傾圧モデルに現れる不規則な変動から、東西流型やブロッキングなどの天候レジームを抽出し、移動性の高・低気圧がそれらのレジームを維持するうえでの重要な要素になっていることを示した。特にブロッキングにおいては、傾圧不安定波による正のフィードバックが基本的な役割を果たし、その意味で本質的に非線形な現象であるとしている。

また、東西に一様でないプラネットリーアー波を含む基本場の不安定論によるアプローチが、51や52などによってなされている。このうち後者は、低周波変動における順圧不安定の重要性を初めて指摘した論文で、冬の北半球における対流圏の年平均循環場を基本場にすると、観測から知られているテレコネクション・パターンによく似た、周期が数十日の不安定モードが得られることが示されている。このようなノルマルモードの存在は、外的条件の変動に対する中緯度大気の応答において重要な役割を果たす可能性がある。

この他にも、線形共鳴論や波同士の相互作用などの研究がなされており、これらについては初めに挙げた文献などを参照してほしい。現状では、以上のようなさまざまな理論に明確な優劣をつけるのはむずかしいし、あるいはそれらを統一的に理解できるのかどうかもよくわからない。

3.2 外的条件の影響

外力に対する大気の応答についての基本的な文献は53である。中緯度の波列状のテレコネクション・パターンが、熱源や山岳によって励起された球面上の線形順圧ロスビー波の伝播によって説明し得ることが示されている。以下では、よく研究されてきた海面水温の影響に話を限ることにする。

エルニーニョ現象などにみられるように、熱帯の海面水温が変わると熱帯の積雲対流活動もそれに応じて変動する。しかし、それに伴う大気の内部熱源の変動は、対流圏の上層と下層で位相が反対の傾圧的な運動を主につくるため、それだけでは影響は熱帯に閉じ込められて中緯度にはほとんど及ばない。基本場の帶状流の鉛直シア

ーが傾圧的な運動を順圧的な運動に変換するため、中緯度に伝わる順圧ロスピー波ができることが、54などによって明らかにされた。また55は、熱源に対する大気の応答においては、風の発散成分による移流が基本的な役割を果たし得るので、単純な順圧モデルの適用は危険であることを示している。

大気大循環モデルを用いた数値的研究は、特にエルニーニョ現象に関連して数多くなされており、これについては56を参照されたい。その結果57などに示されているように、エルニーニョに伴って現れるPNAパターンは、熱帯の熱源によって励起されたロスピー波と単純に解釈できないことが明らかにされた。58や59では、熱帯の影響は中緯度大気に固有な準定常パターンの出現確率を変化させるという間接的なものであり、直接的には中緯度の力学過程が重要であることが指摘されている。また60は、大循環モデルの結果を線形モデルによって解析し、中緯度に対する熱帯の非断熱加熱の直接的な影響は小さく、非定常擾乱の役割が卓越していることを示した。

観測された海面水温のもとで大循環モデルを長期間積分し、年々変動の特性を調べる研究も行われている。熱帯と中緯度それぞれの海面水温に注目したものとして、ここでは61と62を挙げておこう。前者では、熱帯太平洋の海面水温と相関の高いPNAパターンによく似た変動が卓越するが、海面水温とはあまり関係のない、帶状平均流の変動と結びついた変動も大きいことが示されている。また後者では、中緯度の海面水温のアノマリーによって、移動性高・低気圧の活動の活発な領域が変わり、その影響で循環場の低周波成分が変化することが示唆されている。

以上のような大気大循環モデルを用いた数値的研究では、モデルによってかなり異なった結論が導かれることがあるので、結果を現実の大気に当てはめるうえでは注意深くなければならない。より単純なモデルによる、視点の明解な研究もなされて然るべきであろう。

文 献

- 1) 浅井富雄, 1988 : 気候変動, 東京堂出版, 202pp.
- 2) 気象庁, 1989 : 近年における世界の異常気象と気候変動—その実態と見通し(IV), 433 pp.
- 3) 朝倉 正, 1990 : 異常気象と環境破壊, 読売新聞社, 230 pp.
- 4) Hoskins, B.J. and R.P. Pearce, eds., 1983 : Large-scale Dynamical Processes in the Atmosphere, Academic Press, 397 pp.
- 5) Benzi, R. and A.C. Wiin-Nielsen, eds., 1986 : Anomalous Atmospheric Flows and Blocking, Adv. Geophys., 29, 459 pp.
- 6) 佐藤康雄, 1984 : 大気ブロッキング現象の観測的研究のレビュー, 天氣, 31, 7-18.
- 7) 松田佳久, 余田成男, 1985 : ブロッキング現象, 気象研究ノート, 151, 97-122.
- 8) 木元昌秀, 1991 : ブロッキング現象, 気象研究ノート(発行予定).
- 9) Dole, R.M. and N.D. Gordon, 1983 : Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere wintertime circulation: Geopotential distribution and regional persistence characteristics, Mon. Wea. Rev., 111, 1567-1586.
- 10) Shukla, J. and K.C. Mo, 1983 : Seasonal and geographical variation of blocking, Mon. Wea. Rev., 111, 388-402.
- 11) Lejenäs, H. and H. Økland, 1983 : Characteristics of Northern Hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data, Tellus, 35A, 350-362.
- 12) Lau, N.-C., 1988 : Variability of the observed midlatitude storm tracks in relation to low-frequency changes in the circulation pattern, J. Atmos. Sci., 45, 2718-2743.
- 13) Nakamura, H., and J.M. Wallace, 1990 : Observed changes in baroclinic wave activity during the life cycles of low-frequency circulation anomalies, J. Atmos. Sci., 47, 1100-1116.
- 14) Wallace, J.M. and D.S. Gutzler, 1981 : Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter, Mon. Wea. Rev., 109, 784-812.
- 15) Horel, J.D., 1981 : A rotated principal component analysis of the interannual variability of the Northern Hemisphere 500 mb height field, Mon. Wea. Rev., 109, 2080-2092.
- 16) Barnston, A.G. and R.E. Livezey, 1987 : Classification, seasonality and persistence of lowfrequency atmospheric circulation patterns, Mon. Wea. Rev., 115, 1083-1126.
- 17) Blackmon, M.L., Y.-H. Lee and J.M. Wallace, 1984a : Horizontal structure of 500 mb height fluctuations with long, intermediate, and short time scales, J. Atmos. Sci., 41, 961-979.
- 18) _____, _____, _____, and H.-H. Hsu, 1984b : Time variations of 500 mb height fluctuations with long, intermediate, and short time scales as deduced from lag-correlation statistics, J. Atmos. Sci., 41, 981-991.
- 19) Kimoto, M., 1989 : Multiple flow regimes in

- the Northern Hemisphere winter, Ph. D. Thesis, University of California, Los Angeles, 210 pp.
- 20) 木元昌秀, 1989 : 北半球冬季の天候レジーム, グロースペッター, 27, 2, 13-33.
- 21) Rasmusson, E.M. and T.H. Carpenter, 1983 : Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Nino, Mon. Wea. Rev., 110, 354-384.
- 22) Horel, J.D. and J.M. Wallace, 1981 : Planetary-scale phenomenon associated with Southern Oscillation, Mon. Wea. Rev., 109, 813-829.
- 23) Ropelewski, C.F. and M.S. Halpert, 1987 : Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Nino/Southern Oscillation, Mon. Wea. Rev., 115, 1606-1626.
- 24) _____ and _____, 1988 : Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation, J. Climate, 2, 268-284.
- 25) 粟原弘一, 1985 : 日本の夏季気温と西部熱帯太平洋域の海水温との関係, 天気, 32, 407-417.
- 26) Nitta, Ts., 1986 : Long-term variations of cloud amount in the western Pacific regions, J. Meteor. Soc. Japan, 64, 373-390.
- 27) _____, 1987 : Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulations, J. Meteor. Soc. Japan, 65, 373-390.
- 28) 気象庁予報部長期予報課, 1990 : 热帯の対流活動と日本の天候, 気象研究ノート, 166, 122 pp.
- 29) 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.
- 30) _____ and _____, 1972 : Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period, J. Atmos. Sci., 29, 1109-1123.
- 31) Liebmann, B. and D.L. Hartmann, 1984 : An observational study of tropical-midlatitude interaction on intraseasonal time scales during winter, J. Atmos. Sci., 41, 3333-3350.
- 32) Lau, K.-M. and T.J. Phillips, 1986 : Coherent fluctuations of extratropical geopotential height and tropical convection in intraseasonal time scales, J. Atmos. Sci., 43, 1164-1181.
- 33) Tsuyuki, T., 1990 : Prediction of the 30-60 day oscillation with the JMA global model and its impact on extended-range forecasts, J. Meteor. Soc. Japan, 68, 183-201.
- 34) Ferranti, L., T.N. Palmer, F. Molteni and E. Klinker, 1990 : Tropical-extratropical interaction associated with the 30-60 day oscillation and its impact on medium and extended range prediction, J. Atmos. Sci., 47, 2177-2199.
- 35) Hahn, D.J. and J. Shukla, 1976 : An apparent relationship between Eurasian snow cover and Indian monsoon rainfall, J. Atmos. Sci., 33, 2461-2462.
- 36) Yasunari, T., 1987 : Global structure of the El Nino/Southern Oscillation, Part II: Time evolution, J. Meteor. Soc. Japan, 65, 81-102.
- 37) Kodera, K. and M. Chiba, 1989 : West Siberian spring snow cover and east Asian June 500 mb height, Paps. Meteor. Geophys., 40, 51-54.
- 38) Barnett, T.P., L. Dumenil, U. Chlese, E. Roeckner and M. Latif, 1989 : The effect of Eurasian snow cover on regional and global climate variations, J. Atmos. Sci., 46, 661-685.
- 39) Labitzke, K. and H. van Loon, 1988 : Association between the 11-year solar cycle, the QBO, and the atmosphere, Part I: The troposphere and stratosphere in the Northern Hemisphere in winter, J. Atmos. Terr. Phys., 50, 197-206.
- 40) van Loon, H. and K. Labitzke, 1988 : Association between the 11-year solar cycle, the QBO, and the atmosphere, Part II: Surface and 700 mb on the Northern Hemisphere in winter, J. Climate, 1, 905-920.
- 41) Labitzke, K. and H. van Loon, 1989 : Association between the 11-year solar cycle, the QBO, and the atmosphere, Part III: Aspects of the association, J. Climate, 2, 554-565.
- 42) Ghil, M. and S. Childress, 1987 : Topics in Geophysical Fluid Dynamics: Atmospheric Dynamics, Dynamo Theory, and Climate Dynamics, Springer-Verlag, 485 pp.
- 43) Charney, J.G. and J.G. Devore, 1979 : Multiple flow equilibria in the atmosphere and blocking, J. Atmos. Sci., 36, 1205-1216.
- 44) Legras, B. and M. Ghil, 1985 : Persistent anomalies, blocking, and variations in atmospheric predictability, J. Atmos. Sci., 42, 433-471.
- 45) Mukougawa, H., 1988 : A dynamical model of "quasi-stationary" states in large-scale atmospheric motions, J. Atmos. Sci., 45, 2868-2888.
- 46) McWilliams, J.C., 1980 : A application of equivalent modons to atmospheric blocking,

- Dyn. Atmos. Oceans, 5, 43-66.
- 47) Pierrehumbert, R.T. and P. Malguzzi, 1984: Forced coherent structures and local multiple equilibria in a barotropic atmosphere, J. Atmos. Sci., 41, 246-257.
- 48) Butchart, N., K. Haines and J.C. Marshall, 1989: A theoretical and diagnostic study of solitary waves and atmospheric blocking, J. Atmos. Sci., 46, 2063-2078.
- 49) Vautard, R., B. Legras and M. Deque, 1988: On the source of midlatitude low-frequency variability. Part I: A statistical approach to persistence, J. Atmos. Sci., 45, 2811-2843.
- 50) Vautard, R. and B. Legras, 1988 : On the source of midlatitude low-frequency variability. Part II: Nonlinear equilibration of weather regimes. J. Atmos. Sci., 45, 2845-2867.
- 51) Frederiksen, J.S., 1982 : A unified three-dimensional instability theory of the onset of blocking and cyclogenesis, J. Atmos. Sci., 39, 969-982.
- 52) Simmons, A.J., J.M. Wallace and G.W. Branstator, 1983 : Barotropic wave propagation and instability, and atmospheric teleconnection patterns, J. Atmos. Sci., 40, 1363-1392.
- 53) 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.
- 54) Kasahara, A. and P.L. Silva Dias, 1986 : Response of planetary waves to stationary tropical heating in a global atmosphere with meridional and vertical shear, J. Atmos. Sci., 43, 1893-1911.
- 55) Sardeshmukh, P.D. and B.J. Hoskins, 1988 : The generation of global rotational flow by steady idealized tropical divergence, J. Atmos. Sci., 45, 1228-1251.
- 56) WMO, 1986 : Workshop on comparison of simulations by numerical models of the sensitivity of the atmospheric circulation to sea surface temperature anomalies, WCP-121, World Meteorological Organization, 188 pp.
- 57) Palmer, T.N. and D.A. Mansfield, 1986 : A study of winter circulation anomalies during past El Nino events using a high resolution general circulation model. Part I: Influence of model climatology, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 112, 613-638.
- 58) Horel, J.D. and C.R. Mechoso, 1988 : Observed and simulated intraseasonal variability of the wintertime planetary circulation, J. Climate, 1, 582-599.
- 59) Kitoh, A., 1988 : A numerical experiment on sea surface temperature anomalies and warm winter in Japan, J. Meteor. Soc. Japan, 66, 515-533.
- 60) Held, I.M., S.W. Lyons and S. Nigam, 1989 : Transients and the extratropical response to El Nino, J. Atmos. Sci., 46, 163-174.
- 61) Kang, I.-S. and N.-C. Lau, 1986 : Principal modes of atmospheric variability in model atmospheres with and without anomalous sea surface temperature forcing in the tropical Pacific, J. Atmos. Sci., 43, 2719-2735.
- 62) Lau, N.-C. and M.J. Nath, 1990 : A general circulation model study of the atmospheric response to extratropical SST anomalies observed in 1950-1979, J. Climate, 3, 965-988.

最新の情報は、MSJ BBS でどうぞ

気象学会には、他の学会や団体から多くの講演会企画、応募案内などが寄せられています。これら的情報は「天気」に掲載されていますが、印刷縮切の関係で期日に間に合わないものも、しばしばありました。気象学会パソコン通信（MSJ BBS）では、学会事務局と連絡をとり、このような情報を迅速に電子掲示板に掲載しています。折角の聴講や応募の時期を失すことのないためにも MSJ BBS をどうぞ御利用下さい。

ホスト局の電話は 03-3813-7844 (24時間運営、年中無休), 通信速度は 300/1200/2400 bps で、MNP が利用できます。

他の通信パラメータは、(8 ビット、パリティなし、ストップビット 1 ビット、全二重、XON/XOFF 制御あり、SI/SO 制御なし) となっています。

また文字コードは、(英数カナ、シフト JIS 漢字、ANSI モード) が利用可能です。