

水理実験センターにおける気温変動 のスペクトル気候学

Climatological Spectral Characteristics of Air Temperature
at Environmental Research Center, Tsukuba

田 少奮*・溝口 恵美**・安成 哲三***

Shao-Fen TIAN, Emi MIZOGUCHI and Tetsuzo YASUNARI

I はじめに

気象要素は様々な時間スケールをもって変動している。スペクトル解析は時間的に変動現象の周期特性を調べるのによく用いられる。Harrington and Heddinghaus (1974) は約3年間のデータを用いて10分から8時間までの周期をもつメソ・スケールの渦に対応する風向・風速の変動のパワー・スペクトルの形を比較・分類し、時間・季節そして気象条件によってパワー・スペクトルの形が異なることに注目して世界中の気象要素のパワー・スペクトルの形を分類すればスペクトル気候学 (Spectrum Climatology) という新しい分野が開けるであろうと指摘した。日本では甲斐 (1984) が筑波大学水理実験センター (以下 ERC とする) の気圧、風向・風速、また Kai (1985) は日本全国の AMeDAS による風向・風速データにスペクトル気候学を適応し、その有効性を示唆した。

甲斐 (1984) は ERC の1年間の風、気圧の1時間間平均値データを用いてスペクトル解析を行って、半日周期、1日周期そして日々の高低気圧の通過に対応する3-5日にスペクトルのピークが存在することを明らかにした。本研究はシノプティックスケール (3-5日) より長周期の変動に注目し、その周期の卓越性、スペクトル気候学的特性の季節性お

よび経年変動を調べる。

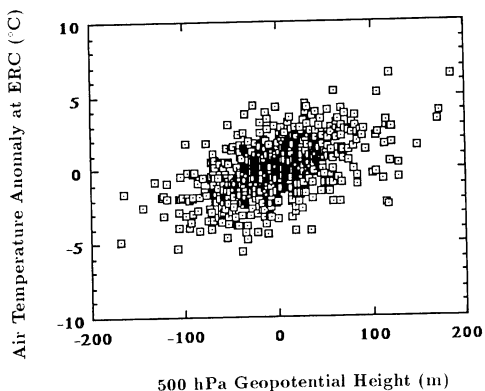
II 資料

1981年7月~1991年6月の ERC の日平均気温を用いた。ここでは、毎日の高低気圧活動に対応するシノプティック擾乱より長い時間スケールの変動を対象とするので、地表面の影響の少ない鉄塔の上端である高さ29.5mにおける気温を用いることにした。また、参考のため筑波付近 (140°E, 30°N と140°E, 40°N の平均) の500hPa の等圧面高度の5日平均と ERC の気温の5日平均を比較した (第1図)。500hPa の等圧面高度資料は気象庁長期予報課によって編集されたものである。ERC の気温と500hPa の高度場との相関係数は0.56であり、99.9%の有意水準に達していることから、ERC の気温は単なる局地的なものではなく、大気大循環の変動とよく対応していることが分かる。

III スペクトル解析

まず、季節平均より短い周期の変動と季節平均より長周期の変動を分けることにした。ここで100日以上、つまり10年間の日平均気温の第36調和成分までの和を季節平均より長周期の変動と定義する。まず100日より短周期の変動について議論し、後ほど100日以上の変動について議論することにする。

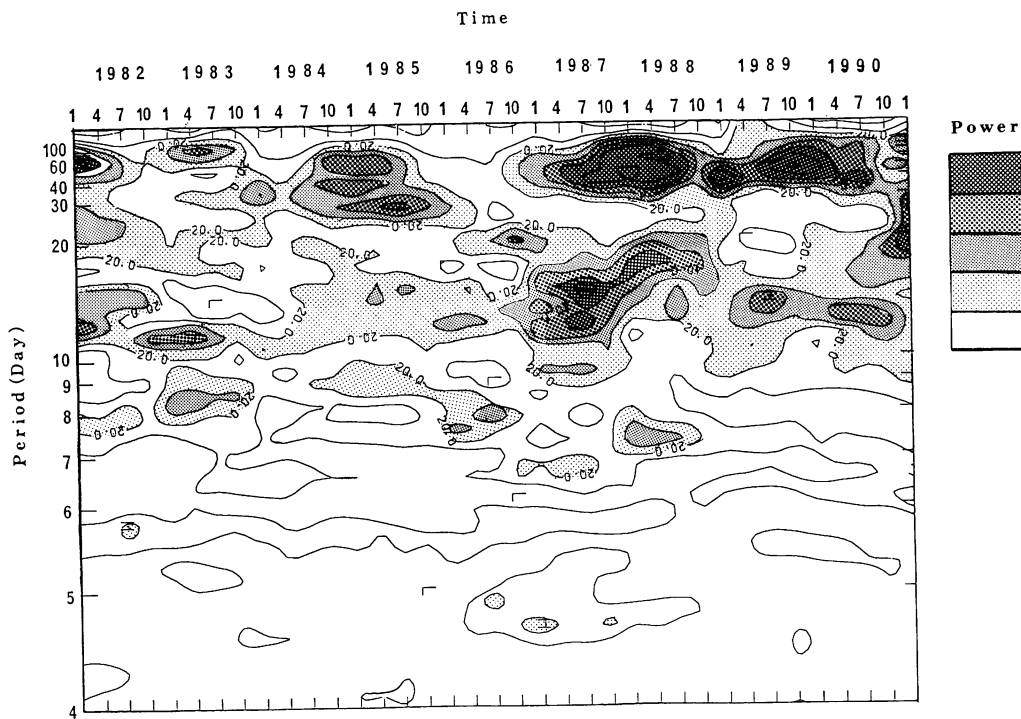
*筑波大学水理実験センター **筑波大学自然学類 (現 大分県日田市立南部中学校) ***筑波大学地球科学系



第1図 ERCの気温の5日平均の偏差と500hPa面高度の5日平均の偏差の散布図。

日平均の第36調成分までの和を差し引くことによって得られた100日以下の変動成分について、スペクトル解析を行った。スペクトル解析の方法はいくつかあり、ここでは、Blackman-Turkey法とMaximum Entropy Method (MEM)を比較してみたが、スペクトルのピークの位置はほぼ同じであるが、Blackman-Turkey法のほうがより安定しているため、Blackman-Turkey法を用いることにした。なお、パワー・スペクトルの計算は日野(1977)のFORTRANプログラムに若干の修正を加えたものを用いた。

第2図に2カ月づつずらした1年分の時系列について行なったスペクトル解析の10年間の結果を示した。年によって異なるが、大きく見て7-10日、10-20日、50日を中心に30-100日にわたる広いバンドに3つのスペクトルのピークが見られる。10日、20日付近にスペクトルのギャップが見られる。50日のピ



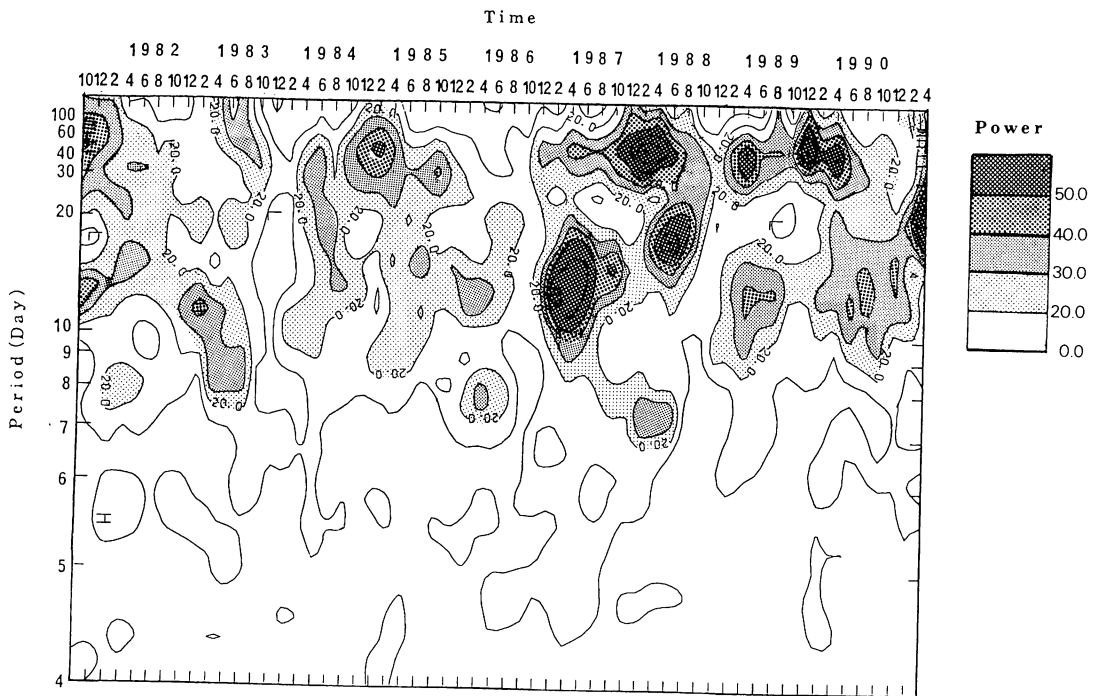
第2図 パワースペクトル-時間断面図
ただし2カ月づつずらしながら1年単位でスペクトル解析を行った。

ークのパワーが最も強く、20-30日付近のピークのパワーが次に強く、7-10日のピークのパワーが最も弱く、特に1988年以降はほとんど見られない。7-10日のピークは寒気の吹き出しや移動性高・低気圧のシノプティック擾乱の通過に対応するものと思われる。一方、10-20日、50日付近のピークは偏西風のインデックス・サイクルや熱帯の季節内振動モードと関連する周期と思われる。また、第2図から年によってスペクトル分布もかなり異なることが分かる。30-100日付近のピークについてみると全体として、1987年以降のほうがより顕著であるが、1982年前半、1984年後半から1985年前半、1987年後半から1988年前半、1989年後半から1990年により強く、2年周期で強弱を繰り返している傾向が認められる。10-20日の付近のピークは1987-88年に最も顕著である。

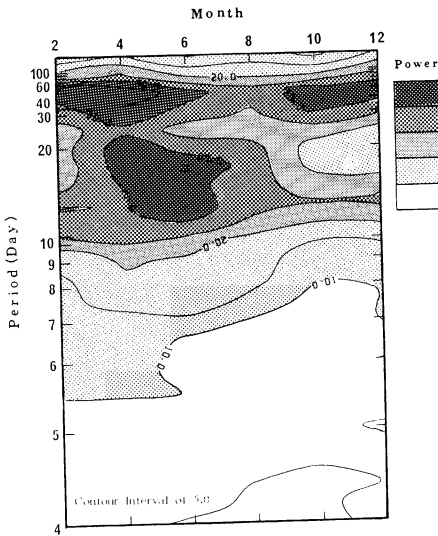
IV 季節特性

第2図から、季節内振動モードは冬を中心とする半年に強く現れる傾向である。これを確かめるために2カ月づつずらしながら、半年ごとにスペクトル解析し、パワースペクトルの時間-周期断面図を作成する(第3図)。第3図から、50日周期は冬半年、10-20日は春から初夏、7-10日周期は春を中心に卓越することが分かる。月を固定して10年間の平均をとるとこのことは一層よく分かる。

熱帯の季節内振動は通常夏を中心に顕著にみられるが(例えば、Mehta and Krishnamurti, 1987)、今回の解析では筑波の気温の場合には50日位の周期が冬季に顕著に現れる。このことから筑波の50日くらいの周期をもつ変動は熱帯の季節内振動モードとは別なものと考えられる。10-20日モードは春に最も卓越するが、秋には卓越しない。つまり季節的な非対称性がみられる(第4図)。



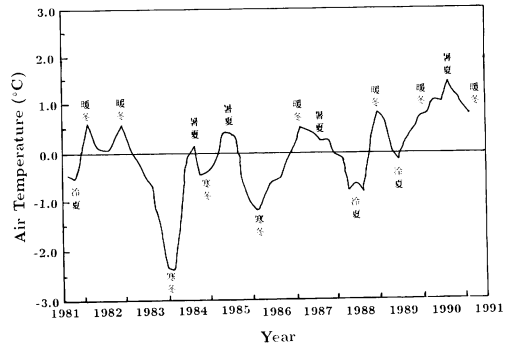
第3図 半年単位で行ったスペクトル解析によるパワースペクトル-時間断面図



第4図 パワースペクトル-時間断面図
各月について10年間の平均をとったものである。

V 長周期変動

前節までは100日以下の短周期について議論してきたが、この節では、100日以上周期について議論する。第5図は100日以上長周期の変動の時間変化を示している。図から分かるようにほとんど1年と2年周期のみが顕著に現れており、中間のものはあまり現れていない。1981-82年、1984-85年、1988-89年に1年周期が現れている。1年周期は平年値からの偏差をとることによって取り除かれるはずであるが、これらの年にはまだ残っているようである。2年周期は気候の経年変動として多くの研究（例えば、Meehl, 1987; Yasunari, 1990）で指摘されている対流圏の準2年周期振動（QBO: Quasi-Biennial Oscillation）と関連していると思われる。それぞれの極小値は1984, 1985, 1986年の寒冬, 1981, 1988, 1989年の冷夏、に対応している。また極大値は1982, 1983, 1987, 1989, 1990と1991年の暖冬, 1984, 1985, 1987と1990年の暑夏に対応している。このように100日以上周期の変動は寒冬・暖冬, 冷夏・暑夏の様な季節平均くらいの天候の状態を示し



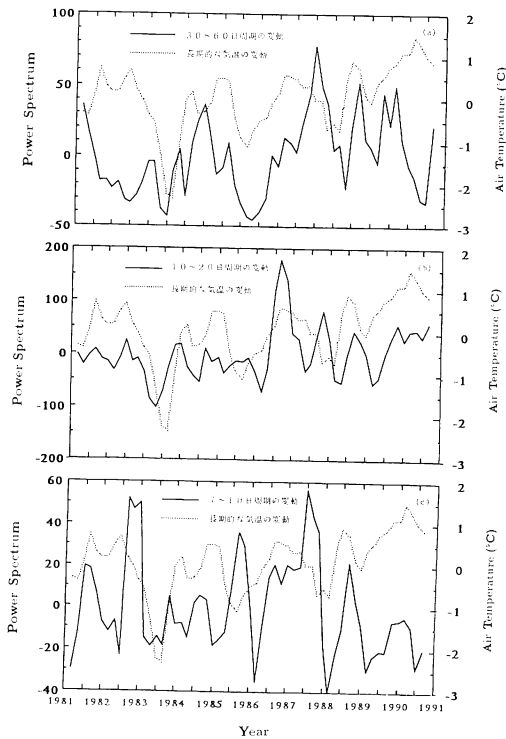
第5図 100日以上長周期の変動の時間変化

ている。また、最近数年の温暖化を反映して、特に1984以降全体として、昇温傾向を示している。

VI 長周期変動と短周期変動の関係

次にこれらの天候とII節で述べた短周期成分との関係を調べてみよう。第6図に100日以上長周期成分の偏差と短周期成分のスペクトルの偏差の時間変化を示している。第6(a)図から30-60日成分のスペクトルと長周期変動と同時相関の関係を示していない。しかし、例外はあるが30-60日のスペクトルのパワーの極大値が長周期の変動（傾き）の大きい時期に、極小値は長周期変動の安定する時期（極大値あるいは極小値）に対応している傾向が認められる。両者の散布第7(a)図をみると長周期変動の偏差の0付近を中心に30-60日のパワースペクトルがベル状に分布しているようである。つまり長周期成分が正から負へあるいは負から正へ変わる時期に30-60日周期のスペクトルが比較的大きい。逆に極大・極小になる時期には、30-60日周期のスペクトルが小さい。つまり、30-60日成分が振幅大きい時期が長周期成分の符号の逆転する時期に対応している。このことは、30-60日成分が季節平均くらいの時間スケールの天候の逆転のきっかけになっているかも知れないことを示唆している。

10-20日周期のパワースペクトルと長周期変動との関係を調べてみよう。第6(b)図から、10-20日周期のパワースペクトルと長周期変動の時間変化は



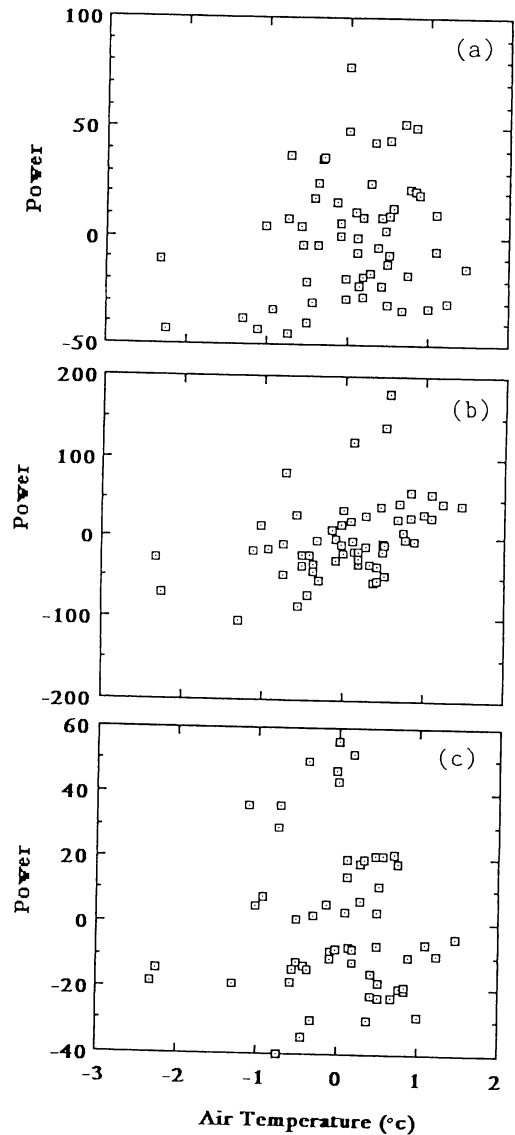
第6図 100日以上長周期成分の偏差と30-60日成分(a)、10-20日成分(b)、7-10日成分(c)のスペクトルの偏差の時間変化

ほぼ同位相の関係を示している。つまり、長周期成分の偏差が正/負の時10-20日周期モードが活発/不活発となる傾向がみられる。この関係は散布図(第7(b)図)からよりはっきり分かる。両者の相関は0.43であり、99%の有意水準に達している。IV節で述べたように10-20日周期成分は春から初夏にかけて卓越するから、今後はこの時期に限定して詳しく調べる必要がある。

一方、第6(c)図、第7(c)図から7-10日周期成分のパワースペクトルと長周期成分とははっきりした関係が認められない。

VII まとめ

1981年7月~1991年6月の筑波大学水理実験センターの鉄塔の高さ29.5mにおける日平均気温を用いてスペクトル解析を行ない、その周期性、周期の季



第7図 100日以上長周期成分の偏差と30-60日成分(a)、10-20日成分(b)、7-10日成分(c)のスペクトルの偏差の散布図

節依存性をスペクトル気候学の視点から調べた。主な結果を以下にまとめる。

1. 大きく見て7-10日、10-20日、50日を中心とする3つのスペクトルのピークが認められる。50日付近のピークのバ

ワーが最も強く、20—30日付近のピークのパワーが次に強く、7—10日のピークのパワーが最も弱い。10日、20日付近にスペクトルのギャップが認められる。

2. 50日周期は冬半年、10—20日は春から初夏、7—10日周期は春を中心により顕著に現れる。
 3. 100日以上周期（以下単に長周期とする）の変動は寒冬・暖冬、冷夏・暑夏のなどのように季節平均の天候の年々の状態と対応しており、2年周期がもっとも顕著である。
 4. 30—60日のスペクトルのパワーの極大値が長周期の変動（傾き）の大きい時期に、極小値は長周期変動の安定する時期（極大値或は極小値）に対応している傾向が認められる。このことは、30—60日成分が季節平均くらいの時間スケールの天候の逆転のきっかけになっている可能性を示唆している。
 5. 長周期成分の偏差が正／負の時10—20日周期モードが活発／不活発となる傾向が認められる。
 6. 7—10日の成分は長周期変動とはっきりした関係を示していない。
- 今後は季節ごとに天気や風・降水などと同時に、

季節内振動以下の周期の変動の季節依存性、そして天候との関係をさらに詳しく調べる必要がある。

文 献

- 甲斐憲次 (1984) : 30m 鉄塔で観測された風速変動と気圧変動の長周期スペクトル. 天気, **30**, 235—241.
- 日野幹雄 (1977) : 『スペクトル解析』朝倉書店, 300p.
- Harrington, J.B. and Heddinghaus T.R. (1974) : Determinism in mesoscale wind spectra at Columbia, Missouri. *J. Atmos. Sci.* **31**, 727—737.
- Kai, K. (1985) : Spectrum Climatology of the surface winds in Japan, Part 1. The 40—60 day fluctuations. *J. Meteor. Soc. Japan*, **63**, 873—882.
- Mehta A. V. and Krishnamurti T. N. (1988) : Interannual variability of the 30 to 50 days wave motions. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 535—548.
- Meehl G. A. (1987) : The Annual cycle and interannual variability in the tropical Pacific and Indian Ocean regions. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 27—50.
- Yasunari T. (1990) : Impact of Indian monsoon on the coupled atmosphere/ocean system in the tropical Pacific. *Meteorol. Atmos. Phys.*, **44**, 29—41.