

等圧面高度偏差値のパワースペクトル解析*

川 鍋 安 次**

要 旨

スペクトル解析を気象統計に応用する試みとして、高度偏差値の周期性を検出するために計算を行なってみた。季節によって卓越周期に変動があるが、冬季の6.66日周期は非常に顕著であった。なおこの解析と比較する意味においてペリオドグラム・アナリシスを実施したが、スペクトル解析結果と同様に7日の周期が最も卓越していた。

1. はじめに

気圧または高度の周期性の問題は天気予報に重要な役割を演じているため、いろいろな解析が行なわれ、その結果4日、7日、9日という周期が確認されている。周期を検出するため、従来から簡便に用いられている方法は、高橋(1956)が紹介されているペリオドグラム・アナリシスがある。この解析にはあらかじめ周期(T)が分かっているときに有用である。1949年 Tukey が電子計算機を用いてパワー・スペクトル解析方法を発表し、その後 Blackmann と Tukey (1958) は解析の標準手順を完成した。同時に電子計算機の普及も盛んになり、極めて簡便に解析が行なわれるようになり、我国でも風の乱れや、波の解析に多く用いられるようになった。(例えば宇野木、塩谷等)。この解析法を高度の偏差値に応用し、気圧の周期解析に利用してみた。

2. 資料及び解析の仕方

用いた資料は気象庁発行の上高層月報(1965年度分)に記載してある稚内、八丈島の2地点の850、500、100 mb 層の高度(m)を選び時系列を作った。

資料は12時間毎になつていたので観測値は日変化(昼夜に伴う差)や季節変化があるため、なまの値から直ちに解析することは不都合を起しやすい。そこで次の手順により新しい時系列を求めた。

いまなまの観測値を $X_1, Y_1, X_2, Y_2, \dots, X_n, Y_n$ とする。ここで X は9時の観測値、 Y は21時の観測値である。

$$\hat{x} = X - \bar{X}$$

$$\hat{y} = Y - \bar{Y}$$

\bar{X}, \bar{Y} はそれぞれ9時及び21時の観測値の月平均値とする。したがって、 \hat{x}, \hat{y} は月平均値からの偏差値になる。この値は上記日変化及び季節変化をある程度除去した値といえる。計算にかけた新しい時系列は $\hat{x}_1, \hat{y}_1, \hat{x}_2, \hat{y}_2, \dots, \hat{x}_n, \hat{y}_n$ になる。

気圧の周期性は季節によつて本質的に相違すると考えられるので、ここでは冬(12, 1, 2月)、春(3, 4, 5月)夏(6, 7, 8月)、秋(9, 10, 11月)の通常の区分にしたがって分類し、各季節毎に解析した。資料数は季節により少し差異はあるが、大体180個程度である。この数はあまり多くないので lag 数を20とし、平滑化には hamming 法を採用した。この場合自由度 K は、

$$K = 2.52 \frac{M}{h} \doteq 24$$

ここで M は資料数、 h は lag 数である。

一方 Tukey によると各ライン・スペクトル U_q に対する自由度 K は

$$K = 2M' / h \doteq 17$$

ここで $M' = M - \frac{3}{4}h$

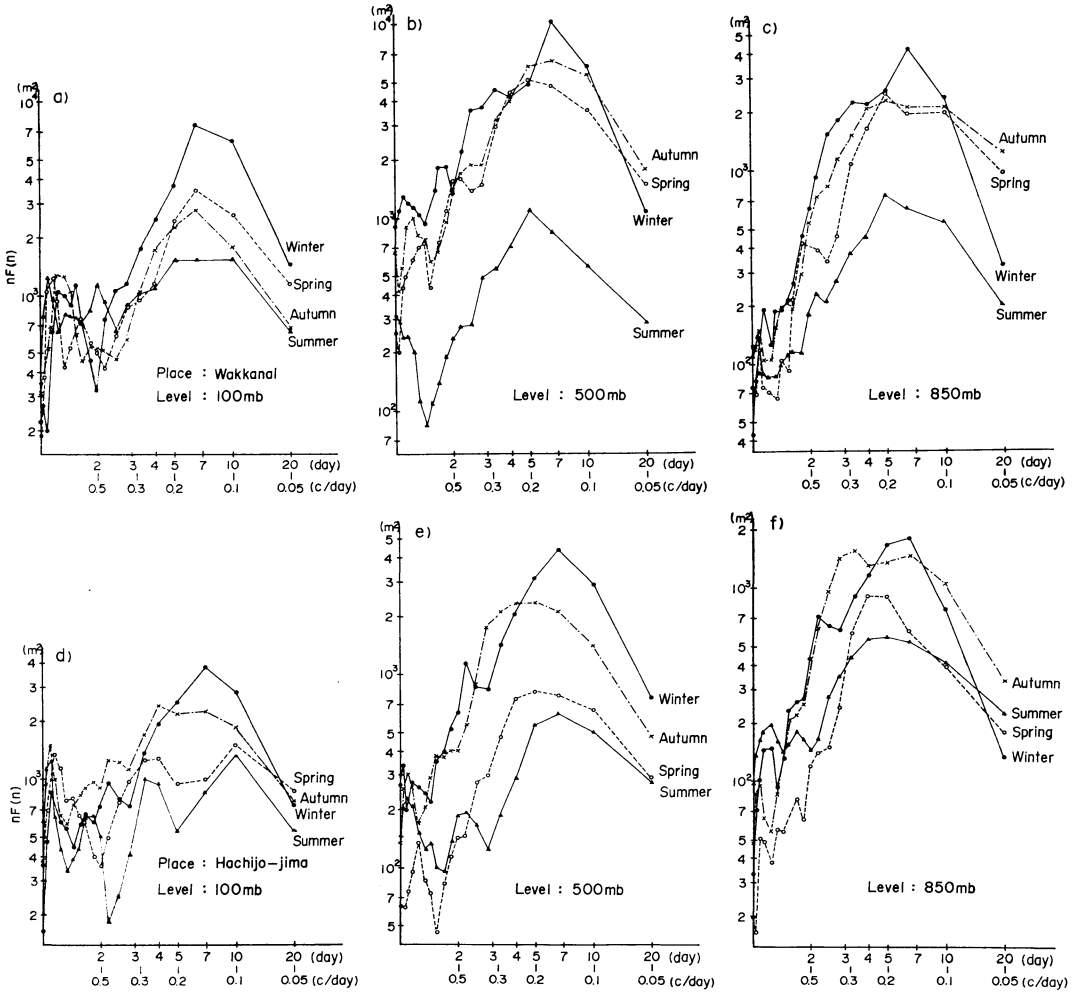
この事から、lag 数20はほぼ妥当な値でないかと思うが、更に検討を要するかも知れない。なおスペクトル計算は伊藤忠電子計算サービス会社で行なった。

3. スペクトル解析結果

第1図 a, b, c には稚内の850, 500, 100 mb の高度偏差値のスペクトル解析結果を、また d, e, f 図は八丈島のそれぞれの高度の結果を图示したものである。各高度別に計算したのは高度により周期が異なるかどうかという問題のために、また両地点を選んだのは緯度差(この場合は約12°ある)によってどのように変化するかというために行なった。当然年によっても異なるはずで

* On the Power Spectrum Analysis of the Isobaric Height Anomaly.

** Y. Kawanabe 舞鶴海洋気象台
—1969年9月18日受理—
—1970年5月12日改稿受理—



第1図 高度偏差値のスペクトル解析 a～cは稚内, d～fは八丈島の資料による

第1表 エネルギーが最大になる出現周期 (日)

場所	高度 (mb)	冬	春	夏	秋
稚内	100	6.7	6.7	6.7	6.7
	500	6.7	5	5	6.7
	850	6.7	5	5	5
八丈島	100	6.7	10	10	4
	500	6.7	5	5	6.7
	850	6.7	4	3.3	5

あるが、ここではこの問題については考えないことにする。通常縦軸にはエネルギー密度 $[F(n)]$ で目盛っているが、ここでは $n \cdot F(n)$ の形にしたため、縦軸はエ

ネルギー (m^2) 表に示してある。図のパターンから卓越周期やその強さ等一見して分かるけれども見やすくするために、2, 3の統計を試みた。

(1) 最大エネルギーの出現周期

第1図のエネルギーが最大になるところの周期を求め第1表にまとめた。季節、高度によって出現周期は変動しているが、5～6.7日が卓越し、とくに冬期間は場所高度にかかわらず6.7日の周期になっている。なおこの解析上10日以上周期については資料の関係もあり、信頼度は薄いと思う。

(2) 最大エネルギーの大きさ。

最大エネルギーの大きさを第2表に示した。ここで示すエネルギーは振幅の自乗に比例する値であるから、大

第2表 最大エネルギーの大きさ (単位 10^3m^2)

場所	高度 (mb)	冬	春	夏	秋	平均値
稚内	100	7.7	3.5	1.0	2.7	3.7
	500	10.2	6.6	1.1	5.1	5.7
	850	4.3	2.3	0.8	2.5	2.5
稚内	平均値	7.4	4.1	1.0	3.4	4.0
八丈島	100	3.8	2.4	1.3	1.5	2.3
	500	4.3	2.3	0.6	0.8	2.0
	850	1.8	1.5	0.6	0.9	1.2
	平均値	3.3	2.1	0.8	1.1	1.8

第3表 最大エネルギーの強さ

場所	高度 (mb)	冬	春	夏	秋	平均値
稚内	100	1.55	1.37	1.0	1.37	1.32
	500	1.89	1.15	1.39	1.25	1.42
	850	1.72	1.09	1.38	1.42	1.40
稚内	平均値	1.72	1.20	1.26	1.35	1.38
八丈島	100	1.44	1.22	1.85*	1.60*	1.53*
	500	1.38	1.03	1.06	1.16	1.16
	850	1.50	1.10	1.09	1.19	1.22
	平均値	1.44	1.12	1.33	1.32	1.30

*印は卓越周期が10日になっているため、lag 数が 1, 2, 3, という値を取って計算したため、この種の計算で求めるには不都合を生じるので、参考の意味で掲載したに過ぎない。

きいほど変動量大きいことを意味する。季節別には冬季が大きく、夏季は小さい。また高緯度の稚内は八丈島の2倍程度大きくでている。高度による差は850mbがやや小さく、中層の500mbがやや大きいようである。この意味で500mb層は変動量の大きい層と考えられるので解析に適した高度ともいえそうである。

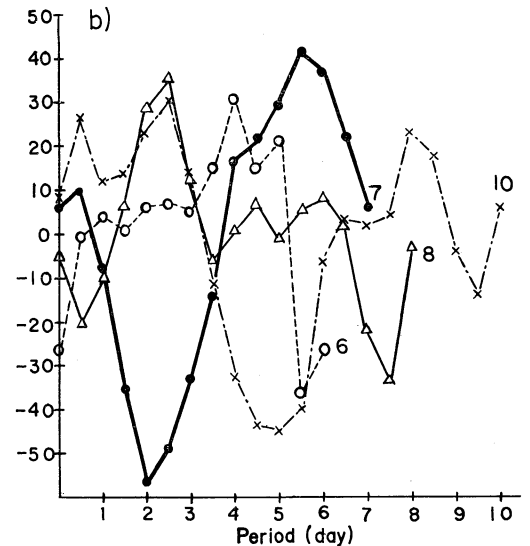
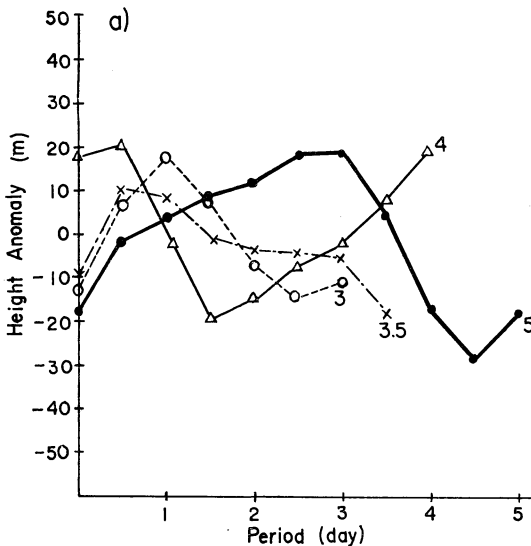
(3) ピークの強さ

スペクトル解析の特性は単に卓越周期の検出だけでなく、その周期の出現のパターンを示してくれる。しかしエネルギー・ピーク付近の強さを量的に表現するため、次のような手順を経て計算した。

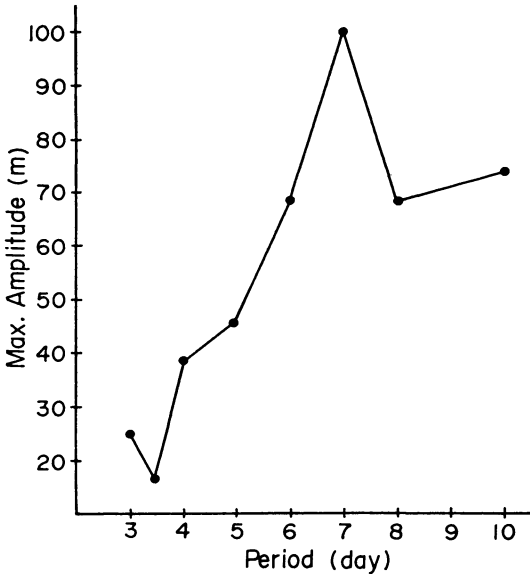
$$I = \frac{2E_{max}}{E_{+1} + E_{-1}}$$

ここで E_{max} はエネルギー・ピークの値、 E_{+1} はそれより lag 数が1多いところの値、 E_{-1} は同様に lag 数が1少ないところの値とし、I をピーク点の強さを示す量とする。この値を場所別、季節別、高度別に計算してまとめたのが第3表である。この値は大きいほど顕著であることはわかるが、その大きさがどの程度であればよいかという問題については検討を要する事項である。

ここでは便宜的に1.4 ぐらいを目どにして考えると、冬季の値はこれにより大きくかなり強いピーク、いいか



第2図 稚内冬季の500mbの高度偏差値のペリオドグラムアナリシス
a 図は周期が3~5日, b 図は6~10日のものを示す。



第3図 ペリオッドグラム・アナリシスで求めた最大振幅。

えればその表示する周期の信頼度は高いといえる。この強さも高緯度に行くほど顕著で、予想外に春季の値が小さい。

4. 他の周期分析の結果

周期分析を行なう他の簡単な方法として、ペリオッドグラム・アナリシスを採用し、計算した。この方法は手により行なったので、多くの資料を処理しきれないので1例として、稚内の冬季500mb層の資料を計算した。なお計算を行なった周期は3, 3.5, 4, 5, 6, 8, 10日の計8個に限定した。第2図aには3~5日の周期のものを、b図には6~10の周期のものを図示した。図中の数字は周期を示している。7日より短い周期はそれぞれ極大、極少が1回起っているが、8日より長い周期では2回以上現われている。つまり8日以上では2つ以上の短い周期が複合しているように思える。次に振幅の幅を第3図に掲載した。その結果では5日より短い周期では最

大振幅は小さい。しかし長周期と短周期では資料数の多寡により同列には比べ難いとは思いますが、その差が非常に大きいので、まず信頼してさしつかえないものと思う。その内で、7日が最も振幅が大きい。この日のパターンは第2b図で太線で図示したが、かなり奇麗な周期性が見られる。我々がスペクトル解析で求めた7日とよく一致していることに気づくであろう。

5. むすび

気圧の周期分析にスペクトル解析を応用してみた。結果は我々が予期していた程度のものであったが、今日電子計算機が非常に発達し、簡便に解析できるようになったので、この方法により周期の検出も有力な手段といえる。ここで求めた結果はある年の1年間のみでの解析であるから直ちに結論づけることはできないが、冬季に現われている7日周期はペリオッドグラム・アナリシスからも、また経験則すなわち三寒四温の現象ともよく一致し、高緯度に行くほどこの現象が顕著であることもよく示しているものと思う。このような解析は今後いろいろな方法にも利用できると思う。例えばゾーナル・インデックスやジェット・ストリームの消長、あるいは日日の北半球の波数の計算等日常の予報部門への応用が考えられる。

参考文献

- 1) Blackmann R.B. and J.W. Tukey 1958: The measurement of power spectra. Dover Pub. 190pp.
- 2) 塩谷正雄, 1968: 暴風時における突風構造日本大学理. 工系習志野校舎物理研究室, 99pp.
- 3) 高橋浩一郎, 1956: 気象統計. 気象学講座第8巻 地人書館, 106pp.
- 4) Tukey J.W. 1949: The sampling theory of power spectrum estimates. Symposium on applications of autocorrelation analysis to physical problems. Wood Hole, Massachusetts 47-68.
- 5) 宇野木早苗, 1964: Digital computer による波浪記録の解析法 (試案), 波浪高潮資料 6 14pp.