

日本海沿岸での気象・海象の周期性に関する考察

山口正隆*・畑田佳男**・大福 学***・梅崎 剛****

1. 緒 言

風, 気圧, 気温など気象要素の周期性についてこれまでに多くの研究(花房, 1976)が行われ, 年単位から分単位までの広範囲な卓越周期成分の存在が見出されてきた。たとえば, Oort・Taylor (1969) は米国東北部における地上風の風速時系列のスペクトル解析によって, 地球の公転による1年周期, シノプティック規模の高・低気圧の移動による約4日周期, 地球の自転による1日周期において, 変動エネルギーのピークの存在を明らかにしている。一方, 海象, とくに, 波浪の周期的特性についての研究も山口ら(1989)や小舟(1990)により行われている。山口ら(1989)はわが国沿岸における波候特性を解析する中で, 有義波高時系列のスペクトル解析を行い, 日本海側および東シナ海では太平洋側に比べて1年周期成分が卓越することや, 太平洋側の南西部および東シナ海側では12時間周期が顕著に現れることなどを示すとともに, M_2 分潮の影響と思われる12.4時間周期におけるピークの存在を明らかにした。

しかし, これらの研究の多くは少数点での気象・海象要素の時系列資料を扱っており, 卓越周期成分の空間分布についてほとんど検討が行われていない。そこで, 本研究では, 日本海沿岸での気圧, 風および波浪に関する8年間の観測資料を統計解析し, これらの卓越周期成分の平面分布や沿岸分布の特性を考察する。

2. 気圧・風・波浪観測資料の解析法とスペクトル特性

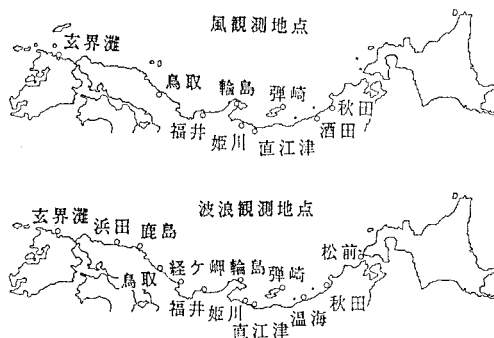
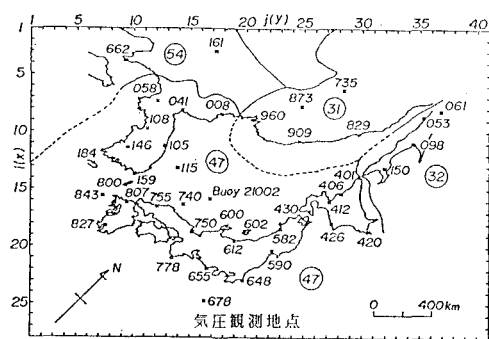
(1) 気圧・風・波浪観測資料

図一は本研究で使用した気圧・風・波浪資料の観測地点を示したものである。このうち, 気圧観測地点に付けられた番号は, 国際気象機関で定められた国際地点番号(丸枠内の数字は地区番号)を表す。気圧観測地点は日本海を囲むような地点が, 風および波浪観測地点は北

海道から山陰・九州に至るわが国日本海沿岸各地点が抽出されている。

気圧資料は1982年1月1日3時から1989年12月31日24時までの8年間に於いて43地点で得られた3時間ごとの気象庁気象日原簿資料および気象庁海洋気象パイロット観測資料と6時間ごとの気象庁世界気象資料から採録しており, 欠測部や異常データを天気図の読取り結果によって補正したのち, 世界気象資料に対しては線形内挿により3時間ごとの資料に変換した。

風資料は運輸省および新潟県が観測を行っている9地点におけるものであるが, 輪島(運輸省資料)においては1982年1月1日2時から1989年12月31日24時までの8年間にわたり2時間ごとに, また, 他の8地点では1986年1月1日2時から1987年12月31日24時までの2年間にわたり2時間ごとに採られた。この際, 長



図一 気圧・風・波浪の観測地点

* 正会員 工博 愛媛大学教授 工学部土木海洋工学科

** 正会員 工修 愛媛大学助手 工学部土木海洋工学科

*** 愛媛大学技官 工学部土木海洋工学科

**** 新日本製鉄株式会社

期の欠測部に対しては、気圧値を入力とする Bijvoet のモデルにより計算した風速・風向（山口ら, 1991）を補充した。

波浪資料は、わが国日本海沿岸8地点では1982年1月1日2時から1989年12月31日24時までの8年間、他の5地点では1986年1月1日2時から1987年12月31日24時までの2年間で2時間ごと（運輸省および新潟県）あるいは3時間ごと（気象庁）に得られたものであり、欠測部に対しては長期波浪推算システムによる波浪追算結果（山口ら, 1991）を組み入れた。

(2) 資料解析の方法

2時間あるいは3時間ごとに得られた8年間にわたる各時系列資料の平均値、標準偏差、skewness、kurtosisを算出するとともに、各種卓越周期を抽出するため、3つの方法でスペクトル解析を行った。第1の方法は、数週間以上の変動成分の解析を目的とするもので、8年間の資料から時間間隔 $\Delta t = 24$ h ごとの資料を再作成し、Blackman-Tukey 法（以下、BT 法）によりスペクトルを得た。計算条件はデータ数 $N = 2922$ 、時間間隔 $\Delta t = 24$ h、ラグ $m = 365$ 、周波数分解能 $\Delta f = 1/(2 \times 365 \times 24)$

(1/h) $= 1/730$ (1/day)、自由度 $f_r = 16$ である。第2の方法は、数日周期の変動成分を調べるため、 $\Delta t = 2$ h あるいは3 h ごとの2年間資料（1986年～1987年）に対し、 $N = 8760$ ($\Delta t = 2$ h), 5840 ($\Delta t = 3$ h), $m = 546$ ($\Delta t = 2$ h), 364 ($\Delta t = 3$ h), $\Delta f = 1/2148$ (1/h) $= 1/91$ (1/day), $f_r = 32$ としてスペクトル計算を行うものである。

第3の方法は、台風期（5月～10月）と季節風期（11月～4月）の2つの期間に分けた期間別資料に対し、 $\Delta t = 2$ h 資料の場合、 $N \approx 2250$, $m = 90$, $\Delta t = 3$ h 資料の場合、 $N \approx 1450$, $m = 60$ を使用し、 $\Delta f = 1/360$ (1/h) $= 1/15$ (1/day), $f_r = 48$ の条件で6カ月間資料のスペクトル解析を行い、8年相当あるいは2年相当（輪島を除く8地点の風資料や6地点の波資料）のデータから期間別スペクトルの平均値を算出するものである。全体の自由度は $f_r \approx 380$ (2年間資料では約90) である。とくに、風資料に対してはスカラー風速のみならず、W-E および N-S 成分風速のスペクトル解析を8年および2年資料のそれぞれに対して行った。

(3) 気圧・風・波高時系列のスペクトル

図-2は輪島における気圧、スカラー風速、N-S 成分

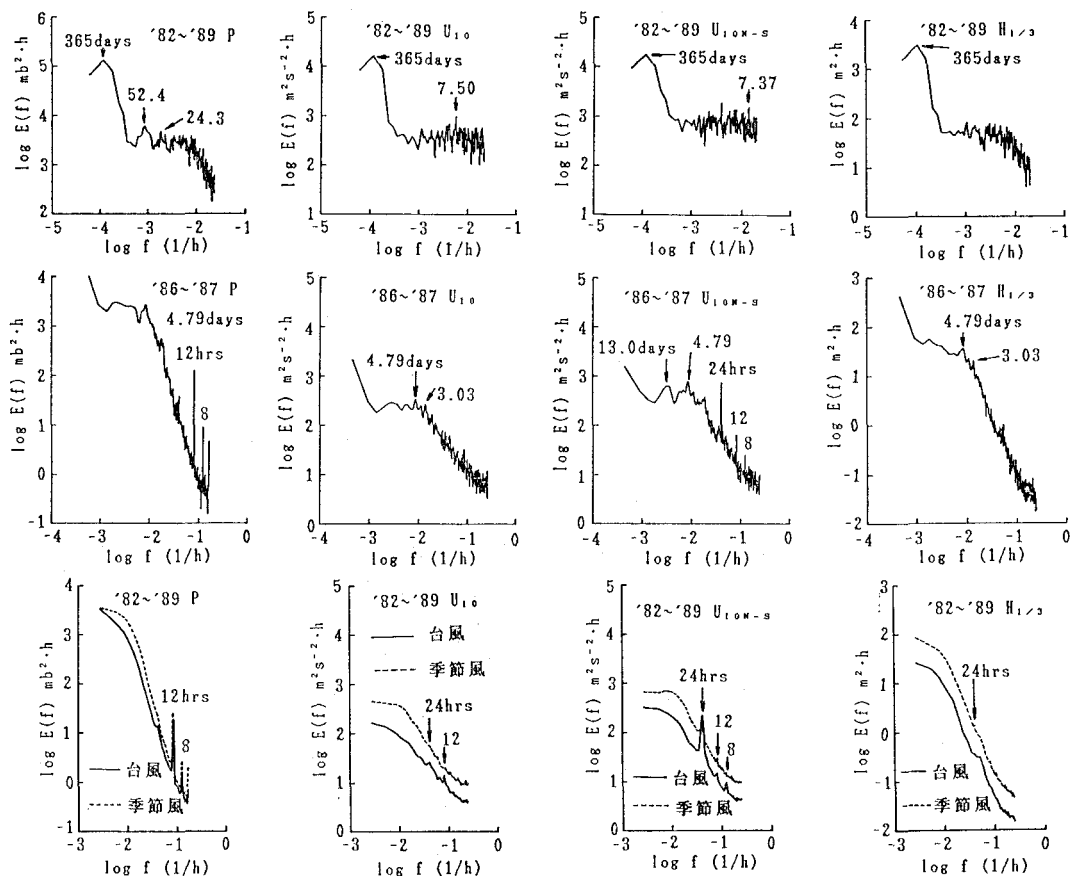


図-2 気圧・風・波高時系列のスペクトル

風速および有義波高時系列から得られた3種類のスペクトル解析結果を示したものである。これらによると、いずれのスペクトルも1年周期のピークをもつ長周期帯、数カ月から数日間の間の緩やかな減衰域をもつ中周期帯(勾配0~0.5)および数日以下の急減衰域をもつ短周期帯(気圧: -2.5~-4, 風: -1~-2, 波浪: -2~-2.5)から構成され、1年周期のほか気圧では12時間周期および8時間周期、風速(N-S成分)ではとくに台風期において24時間周期に顕著なピークを示すが、波浪では顕著なピークはみられない。風速における24時間周期成分は海陸風によるものであり、冬季に比べて夏季の風速が小さいことから、24時間成分の卓越度は季節風期より台風期に大きくなる。また、中周期帯から短周期帯への遷移周期はシノプティックな気象擾乱の移動に対応して5日程度の値をとり、スペクトル図で弱いピークを示す。

図-3は輪島における8年間の各種資料から、FFT法により90日以下の変動成分を除去した長期変動成分の時系列を示すものであり、いずれの資料においても1年間周期成分が卓越した明瞭な変動が認められる。

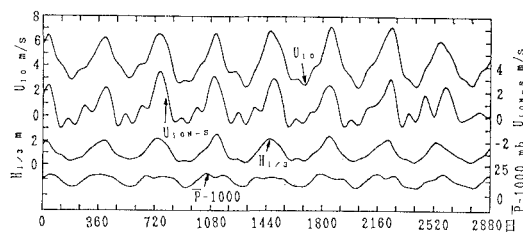


図-3 気圧・風・波高の長期変動時系列

3. 気圧の平面分布

図-4は43地点での8年間にわたる3時間ごとの気圧資料の平均値 $\bar{p}$, 標準偏差 σ , skewness $\sqrt{\beta_1}$ および kurtosis β_2 を入力値として加重一次補間法の適用から求めた平面分布図である。まず、年平均気圧は中国東北部で高く、東方へ行くほど低くなり、NE-SW方向の傾きを示す。冬季には大陸のシベリア高気圧と北海道東岸の発達した低気圧、夏季には北太平洋高気圧が日本付近の気圧分布に影響を及ぼす。春や秋には日本上空の偏西風の影響で、日本付近は高・低気圧の通り道になる。このような大気の変化を平均化したものが年平均気圧の分布図である。一方、標準偏差は全般的に大陸側で大きく、日本の南側で小さいことから、年平均気圧の変化方向とはほぼ直交する、SE-NW方向の変化を示す。また、日本海における等値線は大陸側ほど混んでいない。これは海上よりも大陸で大きい気温の日較差が気圧差に

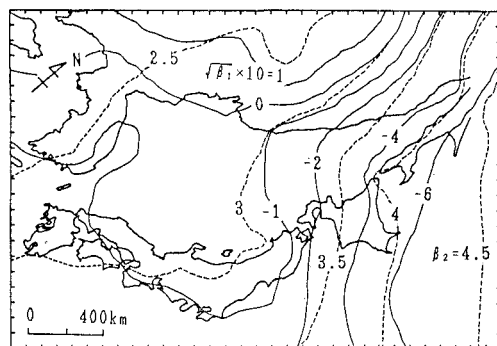
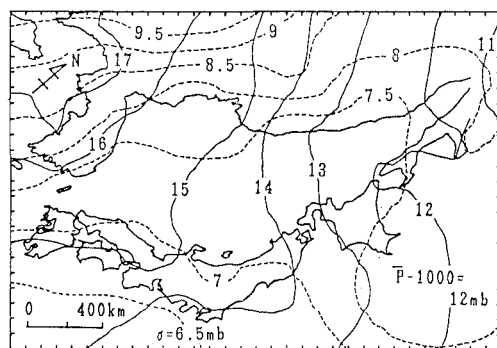


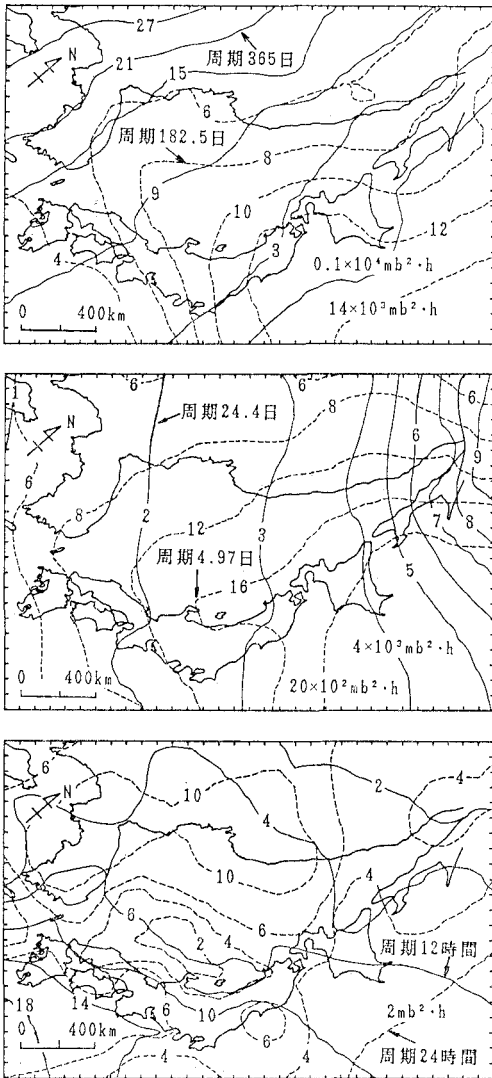
図-4 気圧の平均値, 標準偏差, skewness および kurtosis の平面分布

反映されるためである。

ついで、skewness の値は通年平均気圧と同様 NE-SW 方向の変化を示し、北海道以北の地域ではその絶対値が大きい。これは冬季の低気圧の発達に伴い、気圧時系列が平均値より小さい方に尖り、とくにオホーツク低気圧の発達する北海道以北ではその傾向が強いことを反映する。しかし、これ以外の地域での変化は少なく、とくに、日本海周辺での値はほぼ -0.1~0 の範囲内にあり、気圧の時系列は平均値を中心にほぼ上下対称な形をとる。kurtosis も SW-NE 方向の変化を示し、朝鮮半島から北海道に向かうにつれて増大するが、北海道付近での空間変化が著しい。また kurtosis は本州付近では3前後と気圧の頻度分布は正規分布に近いが、中国東北部や朝鮮半島では正規分布より平坦であり、北海道以北では正規分布よりも尖る。

図-5は各種卓越周期に対応する気圧変動スペクトル値の平面分布図である。1年周期成分は中国大陸東北部や朝鮮半島から北海道やサハリンなど東側にかけて低くなり、一方、半年周期成分は逆の傾きをもつが、いずれにしる E-W 方向の変化を示す。とくに、北海道の稚内や浦河では半年周期成分は1年周期成分より高いエネルギーをもつ。

24.4日周期のスペクトル値は九州地方で低く、北海道



図—5 卓越周期に対する気圧スペクトル値の平面分布

やサハリンで高いという SW-NE 方向の変化を示す。約 25 日周期成分の存在はこれまでの研究で確認されており、その成因として高緯度と低緯度の間での定常振動によるとか、極地方から寒気団が周期的に流れ出すことによるなどの説明（朝倉、1950）がされている。4.79 日周期のスペクトル値は朝鮮半島以西では低く、サハリン、北海道および本州東岸で高いという WSW-ENE 方向の傾きをもつ。

こうした空間変化の特徴は 100 日以上の中長期帯、100 ~ 10 日の中周期帯および 10 日以下の短周期帯での気圧スペクトルの積分値についても見出される。以上のことから、気圧変動成分からみた日本海周辺領域は長周期帯の卓越が顕著である朝鮮半島以西、逆に短周期帯の卓越がみられる北海道以北、両者の中間的性質をもつ本州、

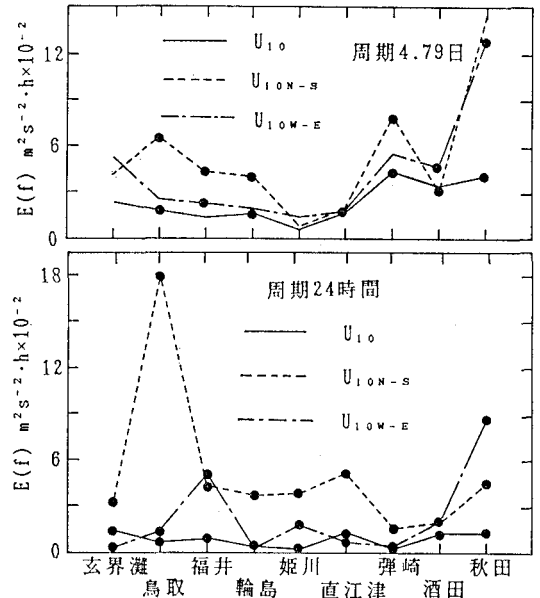
沿海州、日本海の 3 つの地域（気候区）に分類されよう。

24 時間周期成分は海上部で低く、陸上部で高いのに対し、12 時間周期成分は N から S 方向に増加する分布形状を示す。なお、期間別に求めた平面分布図によれば、これらの分布特性は台風期・季節風期を問わず見出される。

4. 風および波浪の沿岸分布

(1) 風

図—6 はスペクトルの勾配の急変部に相当する 4.79 日周期と 24 時間周期の風速変動スペクトル値に関する沿岸分布図であり、図中の黒丸印はその周期でスペクトルがピークをとることを示す。これによると、シノプティック規模の高・低気圧の移動に伴う大気運動の周期性の影響が現れることから、4.79 日周期でピークをとる地点が多いし、沿岸地方では東北沿岸や山陰海岸以西でスペクトル値が大きい。



図—6 風速変動スペクトル値の沿岸分布（4.79 日周期および 24 時間周期）

一方、24 時間成分もほとんどの地点でピーク値をとり、とくに鳥取の N-S 成分および秋田の W-E 成分で値が大きい。これは輪島における風速変動スペクトル図において説明したように、気温の日変化に対応して夏季に生じやすい海陸風に起因するものであり、周辺地形の影響により海陸風の卓越風向が異なる。

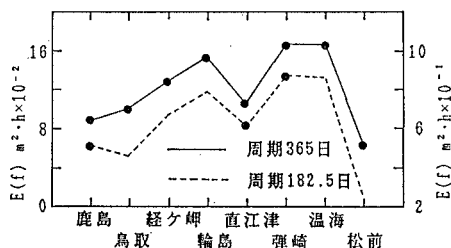


図-7 波高変動スペクトル値の沿岸分布 (1年周期および半年周期)

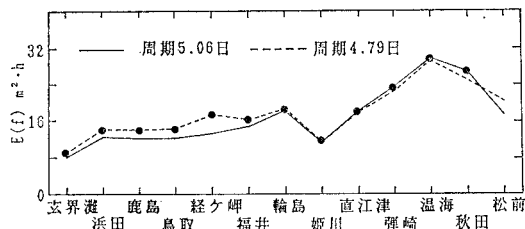


図-8 波高変動スペクトル値の沿岸分布 (5.06日周期および4.79日周期)

(2) 波 浪

図-7は1年周期および半年周期の波高変動スペクトル値の沿岸分布を日本海沿岸8地点の資料に基づいて示したものである。図-2でみたように、波高変動スペクトルにおいても1年周期成分が卓越する。これを沿岸方向にみると、島や半島の遮蔽効果を受けず、吹送距離が長い北陸沿岸の輪島、弾崎、温海でのスペクトル値は高い値を示す。半年周期成分も1年周期成分と同様の傾向をとるが、スペクトル値そのものはかなり小さく、しかもピーク値を示さない。このほか数十日周期成分のうち56日と38日にわずかなピークがみられた。

図-8は日本海沿岸13地点における5.06日、4.79日周期のスペクトル値を沿岸分布図として示したものであり、松前を除くすべての地点で両者のいずれかにピークをもつ。これは日本海沿岸では5日を1つの期間として高波が発達することを示唆するものであり、西から東へ向かうほどその絶対値が増大する。なお、24時間成分の周期性は、風の場合と異なり、あまり強いとはいえない。しかし、鳥取や秋田での24時間周期成分はピークを示し、スペクトル値も比較的大きい。前述した風特性を考慮すると、これは海陸風と関連があるものと推定される。

5. 結 語

本研究では、日本海沿岸における8年間の気圧、風および波高時系列資料の統計解析から、日本海における気圧変動の卓越周期成分の平面分布特性や、わが国日本海沿岸の風速変動の卓越周期成分および波高変動の卓越周期成分の沿岸分布特性を考察した。得られた成果は次のように要約される。

(i) 気圧・風・波高時系列のスペクトルにおいて1年周期成分が卓越するほか、気圧では12時間周期成分、風では24時間周期成分が顕著であるが、波高変動スペクトルはこれらの周期にほとんどピークをもたない。また、

数十日～数日周期成分の中には顕著な変動成分は存在しないが、シノプティックな気圧擾乱の移動に伴う5日程度の周期を境として短周期側のスペクトル値は風では $-1 \sim -2$ 、波では $-2 \sim -2.5$ 、気圧では $-2.5 \sim -4$ の勾配で急減する。

(ii) 気圧変動成分からみた日本海周辺領域は長周期帯の卓越が顕著な朝鮮半島以西、逆に短周期帯の卓越がみられる北海道以北、両者の中間的性質をもつ本州、沿海州、日本海の3つの地域(気候区)に分類される。

(iii) 気温の日変化の影響が気圧変動成分の空間分布や海陸風およびこれに伴う波に現れる。期間別にみると、24時間周期成分の風速変動スペクトル値や波高変動スペクトル値は季節風期よりむしろ気象・海象が穏やかな台風期で大きい。

最後に多量の風・波浪資料を提供戴いた運輸省第一、第三、第四港湾建設局および新潟県と、気象資料の収集に際し多大の援助を戴いた五洋建設株式会社に深甚の謝意を表します。

参 考 文 献

- 朝倉 正 (1950): 大気の周期性, 中央気象台予報研究ノート, 第6巻, 第2号, pp. 77-96.
- 小舟浩治 (1990): わが国沿岸海域における波浪観測手法と出現波浪の特性に関する研究, 港湾技研資料, No. 668, pp. 117-119.
- 花房龍男 (1976): スペクトル解析の方法と気象要素のスペクトル, 気象研究ノート, pp. 1-53.
- 山口正隆・豊浦佳広・大福 学 (1989): わが国沿岸における波候特性の解析, 自然災害科学, 8-2, pp. 23-45.
- 山口正隆・畑田佳男・大福 学・西岡賢嗣 (1990): 波浪追算に基づく日本海沿岸での波候の推定, 自然災害科学, 9-3, pp. 18-42.
- 山口正隆・畑田佳男・大福 学・西岡賢嗣 (1991): 長期波浪推算システムの適用性 (投稿準備中).
- Ort, A. H. and A. Taylor (1969): On the kinetic energy spectrum near the ground, Monthly Weather Review, Vol. 97, No. 9, pp. 623-636.