

長周期波の周波数成分別特性の違い (東日本沿岸域)

DIFFERENCES OF CHARACTERISTICS OF FREQUENCY COMPONENTS OF INFRAGRAVITY WAVES OBSERVED ALONG JAPANESE EASTERN COASTS

仲井圭二¹・橋本典明²
Keiji NAKAI and Noriaki HASHIMOTO

¹正会員 理修 (株) エコー 防災・水工部 (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4 上野竹内ビル)

²フェロー 工博 九州大学大学院 工学研究院 環境都市部門 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

Infragravity waves are generally analyzed as components whose frequencies are more than thirty seconds. As many components are included in the frequency area, it is necessary to clarify the characteristic of each component.

We analyzed wave height data of four components (30 – 60 s, 60 -300 s, 300 – 600 s and 600s -) of infragravity waves compiled by NOWPHAS system. This study reveals that the characteristics of infragravity waves are very different depending on frequencies and sea areas. The wave height longevity of the longer component (600s -) is smaller than those of shorter components.

Key Words : *Infragravity wave, NOWPHAS, Japanese coasts, frequency components*

1. はじめに

長周期波は周期30s以上の海面変動成分として解析されることが多いが、その周波数帯は広いので、特性も均一ではない。長周期波の中でも、港内の船体動揺に影響する周期30s~300sの成分は、波浪の波高、周期と関係が深い。周期が300sを超す成分は波浪と関係が薄いことが経験的に知られている¹⁾。本研究は、全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)の観測資料を用いて長周期波の周波数成分別の特性の違いを明らかにすることによって、各周波数成分の発生・発達の原因についての見通しを得ることを目的として実施した。

2. 用いたデータ

本研究では、ナウファスの東日本沿岸域の観測点で観測されたデータを用いた。対象となる観測点を図-1に示す。

用いたデータは以下の通りである。

- データの種類
有義波高、周期
長周期波高 (以下の4成分)
30~60s, 60~300s, 300~600s, 600s~
- 時間間隔: 2時間
- 期間: 2001~2005年

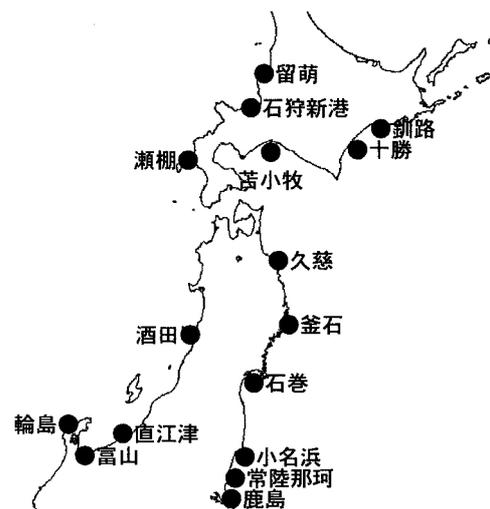


図-1 対象観測点

3. 長周期波と波浪との関係

周期30s以上の長周期波高は、波浪の波高と周期の積に比例するということが経験的に知られている²⁾。しかし、例えば常陸那珂の長周期波高を成分

(30~60s, 600s以上) 別に見ると, 30~60sの成分波高は, 波浪の波高と周期の積に概ね比例しているが, 600s以上の長周期成分の波高は必ずしもそうではなく, 波高と周期の積が小さいにもかかわらず長周期波高が高いデータ群が多く見られることが分かる(図-2)。

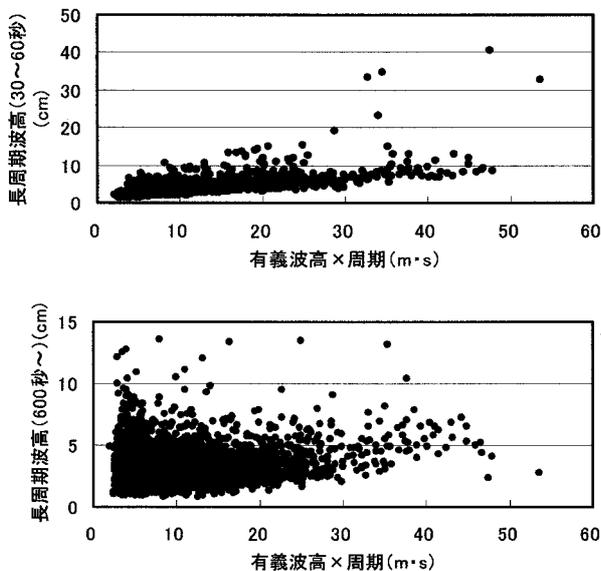


図-2 波浪の波高, 周期と長周期成分波高との関係 (常陸那珂, 2001年)

従って, 長周期波の中でも, 30~60sのような周期の短い成分は波浪との関連が深く, 600s以上のような周期の長い成分は波浪との関連が薄いということが出来る。青木¹⁾も, 長崎県対馬の阿連漁港沖における観測資料を用いて, 同様のことを述べている。

このことから, 長周期波の特性を調べる際に, 30s以上の成分として一括して扱うのではなく, 周波数別成分に分けて解析することによって, より詳細な結果が得られることが期待できる。

4. 長周期波の季節変動

太平洋側の常陸那珂, 久慈, 日本海側の輪島, 酒田における長周期波の成分波高の季節変動を図-3に示す。日本海側ではいずれの成分も冬に波高が高く, 夏低いという明瞭な季節変化を示しているが, 太平洋側では季節変化は大きくない。また, 日本海側の季節変化は周期の短い成分では顕著であるが, 周期の長い成分では大きくない。

これら4地点に小名浜, 直江津を加えた6地点について, 年平均波高に対する変動成分(年間の標準偏差)の比を比較した結果を図-4に示す。太平洋側と比較して日本海側の方が全般的に変動が大きい。また, 太平洋側では, 600s以上の成分の変動が他の成

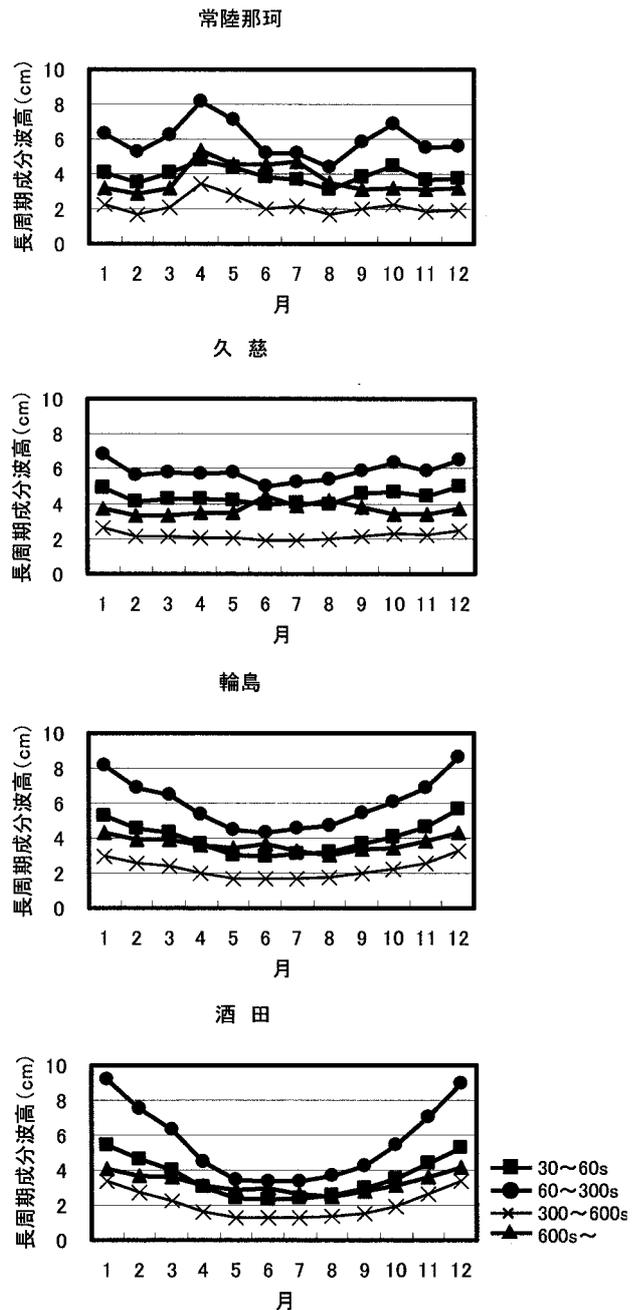


図-3 長周期成分波高の季節変動 (2001年~2005年)

分と比べて相対的に大きいものに対して, 日本海側では600s以上の成分の変動が他の成分と比べて相対的に小さいという反対の特徴を示す。

5. 長周期波の変動特性

長周期波高の変動特性を明らかにする目的で, 自己相関解析を行った。用いたデータは, 各地点の1年間の時系列データであるが, 以下の前処理を行った³⁾。即ち, 波高の出現頻度分布はだまかには対数

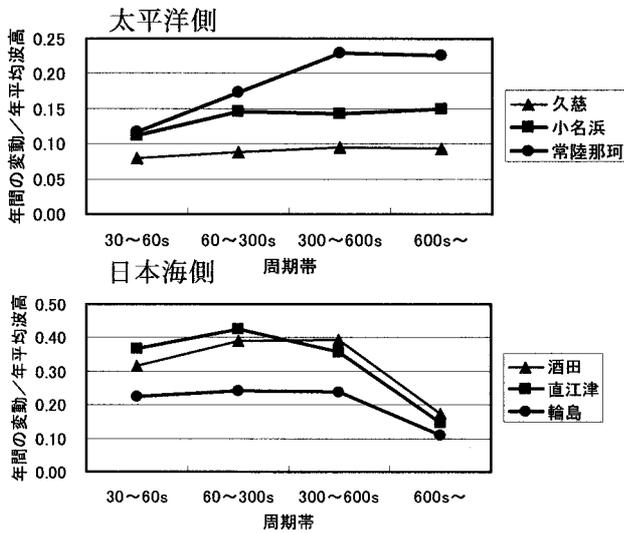


図-4 長周期波高の季節変動の割合
(年間の変動/年平均波高)

正規分布で近似できることから、波高の値を対数変換して用いた。また、波高の変動には1年や半年の周期が見られるが、これらの長周期変動成分を、7日間の移動平均を元のデータから差し引くことによって除去した。移動平均の期間を7日間としたのは、本研究では数日までの周期変動に注目しているためである。

1年間の長周期波高の時系列に対して自己相関係数を算出した結果の例を図-5、図-6に示す。

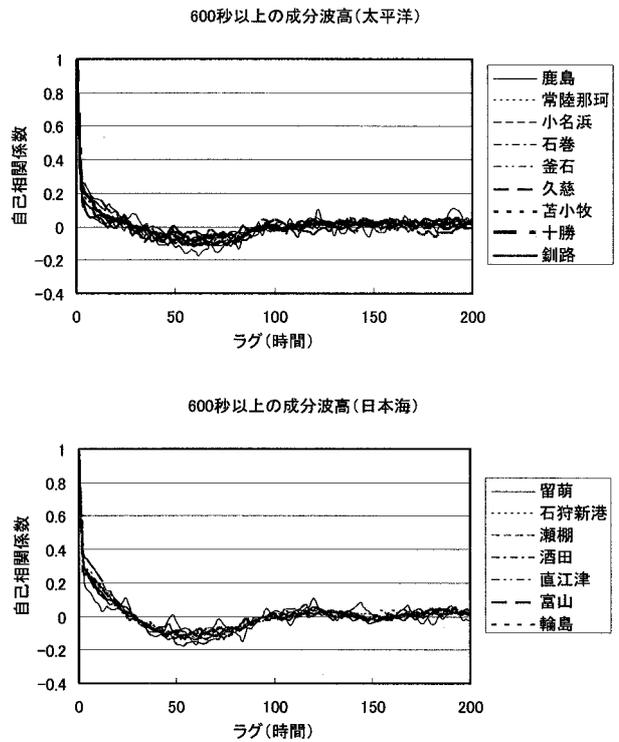


図-6 太平洋側と日本海側の地点における長周期波高(600s以上の成分)の自己相関係数(2005年)

日本海側と比べて、太平洋側では地点間の変動が大きく、30~60sの成分については特に顕著である。図-5に示した地点のうち、鹿島、常陸那珂、釜石と他の地点とを別の図に示す(図-7)。

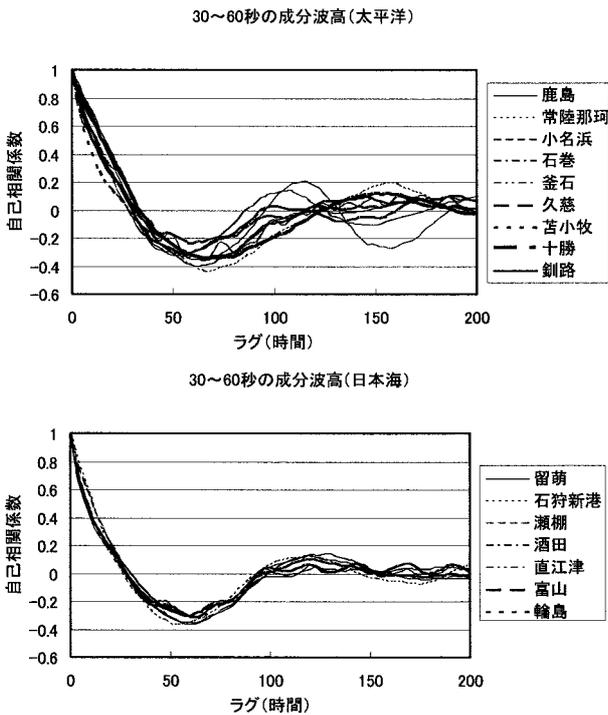


図-5 太平洋側と日本海側の地点における長周期波高(30~60sの成分)の自己相関係数(2005年)

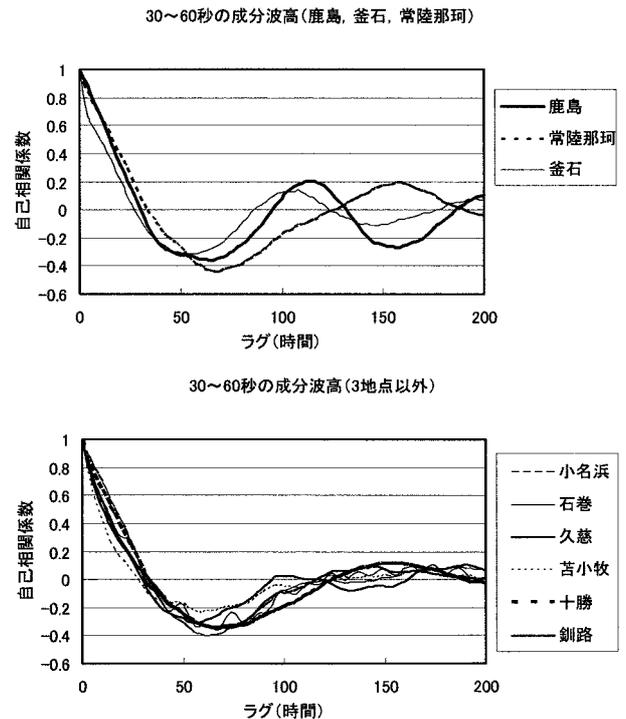


図-7 太平洋側における長周期波高(30~60sの成分)の自己相関係数(2005年)

30~60sの成分波高については、30時間までは全地点ほぼ同様の变化を示すが、それ以後は、この3地点だけ異なった変化傾向を示している。

全ての成分波高についての全般的な変化傾向を見ると、相関係数はラグ（時間）とともに1から徐々に減少し、30時間より少し前に正から負に転じる。このことは、ある時刻の波高は、30時間程度経過すると一旦相関がなくなるということを示している。しかし、その後、50~70時間程度で極小、100時間以後に、値は小さいが極大となる。

図-8は、常陸那珂における2005年1年間の長周期波高の時系列を用いてスペクトル解析を施した結果である。前述のように、波高は対数変換しているため、エネルギー密度は無次元とした。

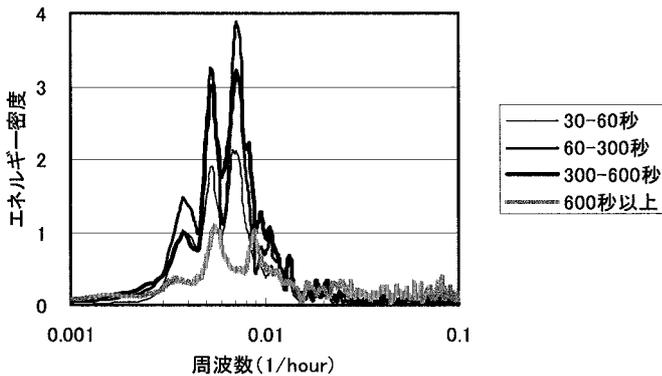


図-8 常陸那珂における長周期波高の変化特性 (2005年)

30~60sの成分波高は0.00684 1/hour (146時間)にピークを持つが、これは長周期波高が146時間(約6日)周期で変動していることを意味する。気象の変動と関連したものと考えられるが、図-7の上図に示した常陸那珂の相関係数が158時間にピークを持つことと対応している。

また、図-8によると、600s以上の成分と他の成分とはピークの出現特性に違いがある。即ち、他の成分で見られるピークの中には、600s以上の成分では必ずしも明瞭でないものがある。

長周期波高が30時間程度経つと相関がなくなることは既に述べた通りであるが、その特性に従って、相関係数を、0時間から30時間まで積分し、それを長周期波の平均継続時間と定義した。長周期波の各成分別、海域別、地点別に平均継続時間を計算した結果を図-9に示す。

平均継続時間は、積分した面積を高さ1の長方形に置き換えた場合の横の長さに対応するもので、長周期波高が高い場合も低い場合も含めて、波高がその何時間後までの波高と関係しているかを示す指標である。

成分別に見ると、周期が長い成分ほど平均継続時間が小さく、特に周期600s以上の成分の平均継続時

間が非常に短い。

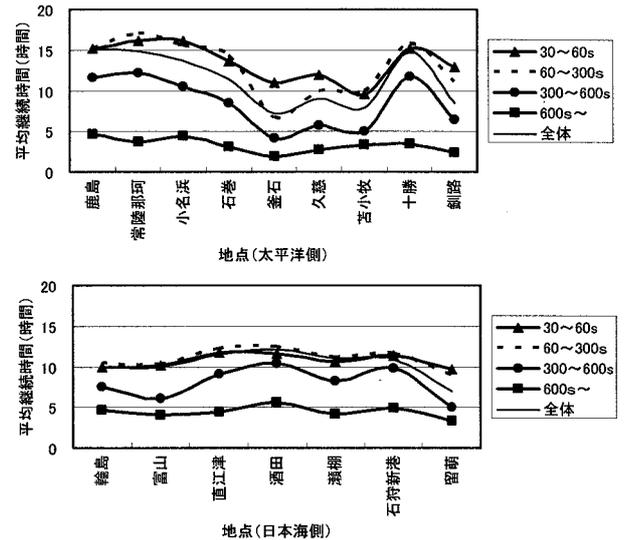


図-9 長周期波の平均継続時間 (2005年)

図-10には、各地点での成分別平均継続時間とともに、回帰直線を示し、平均継続時間が地点によってどのように変化するかを概観できるようにした。横軸には緯度を取ってある。

十勝で局地的に大きな値が出現する等の変動はあるものの、太平洋側では北に行くほど概ね減少傾向、日本海側では明確な変化傾向は見られない。年毎の違いを見るために、2004年のデータを用いて処理をした結果の一部を図-11に示し、図-10と比較する。太平洋側では、2004年には長周期波の観測・解析が始まっていない地点もあるため、2005年と比べて対象観測地点が少ない。十勝で値が局地的に大きいことが影響して、回帰直線は北に向かって明確な減少傾向を示していない。しかし、南部の常陸那珂、小名浜、石巻と比べて北部の久慈、苦小牧で値が小さい傾向は2005年と一致している。日本海側については、2005年と同様、明確な変化傾向は見られない。

6. 考察

以上述べたことから、長周期波の中でも、周期600s以上の成分は、他の周期の短い成分とは異なった特性を持つことが確認できた。

周期の短い(30~300s)長周期波成分の発生・発達には波浪が関係しているため、根本の要因は天気図に表現された総観規模の気象擾乱(低気圧、台風等)ということが出来る。それに対して、周期600s以上の長周期波成分は、波浪とは異なる原因で発生・発達している可能性が高い。その平均継続時間は、周期の短い長周期波成分よりも短いいため、波浪を発生・発達させるような気象擾乱よりは時間規模の小さい現象が関係していることが示唆される。

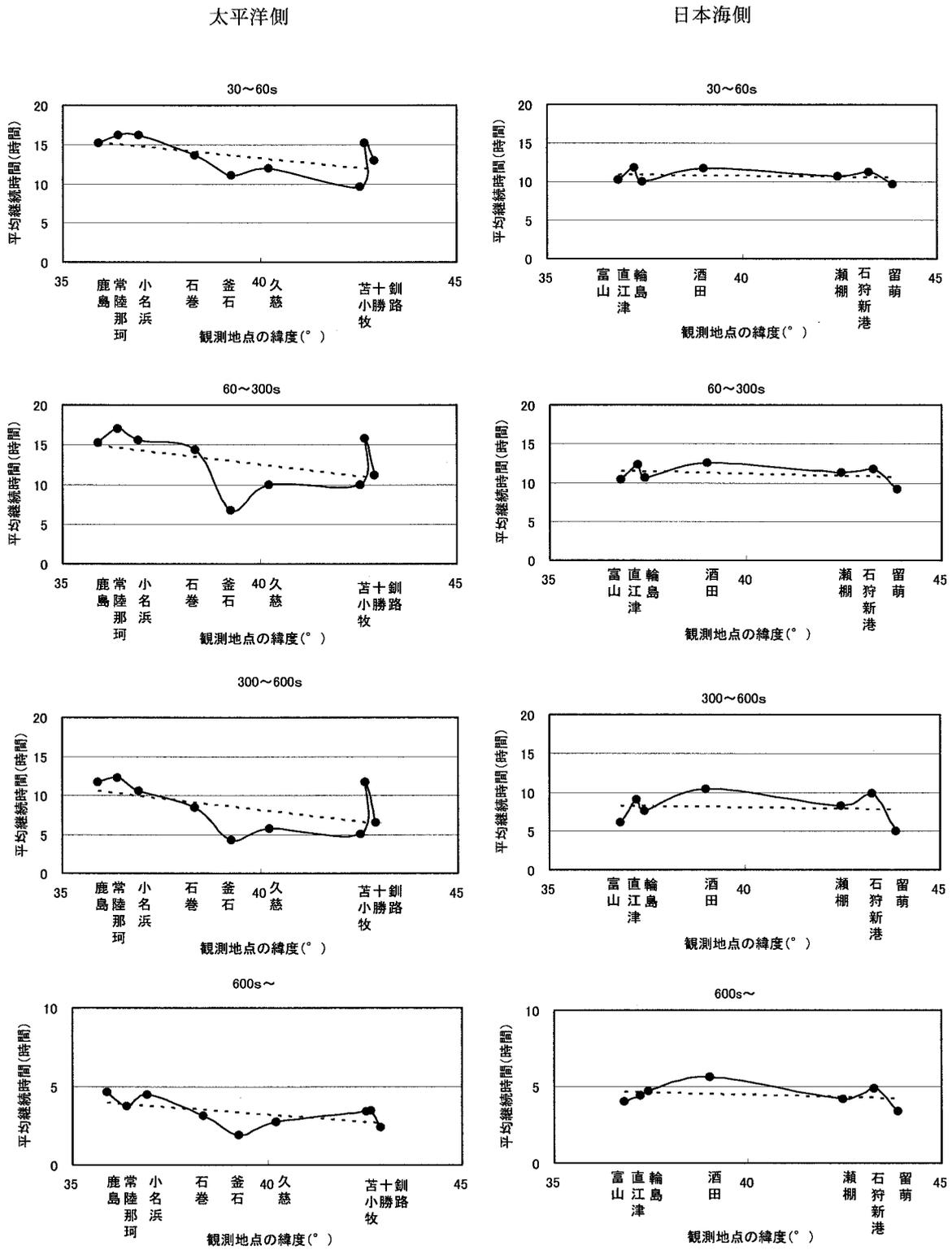


図-10 海域別，成分別の平均継続時間（2005年）
（点線は回帰直線）

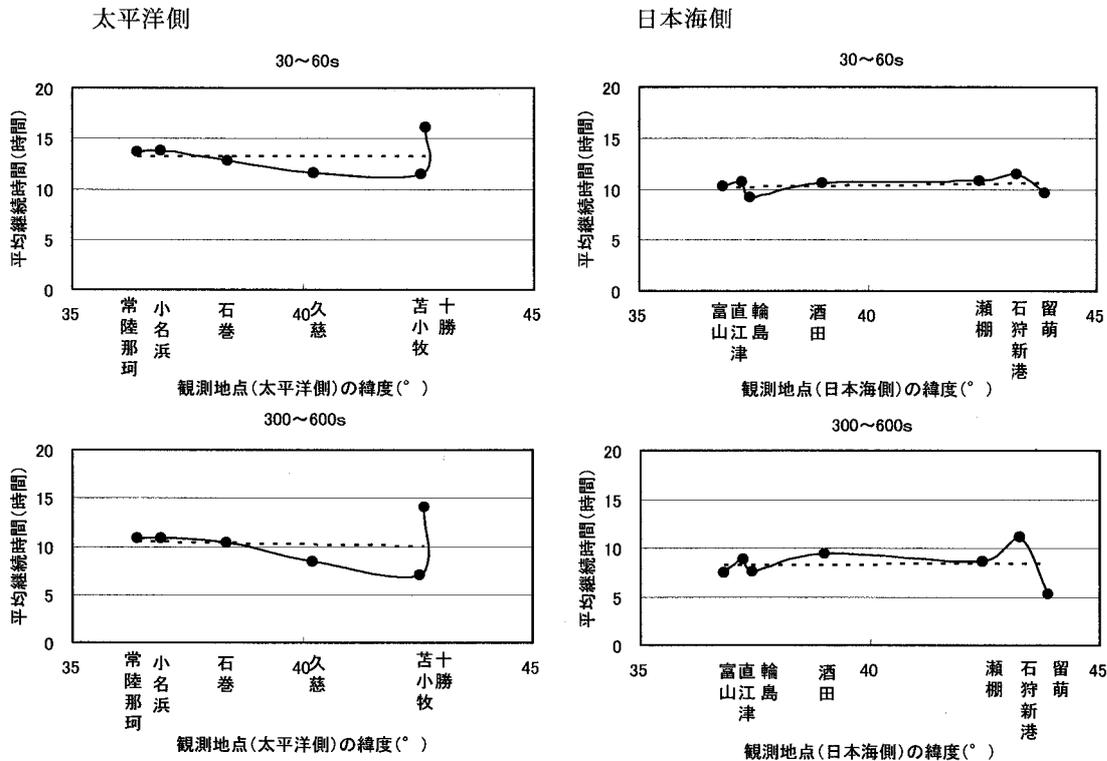


図-11 海域別、成分別の平均継続時間 (2004年)
(点線は回帰直線)

ただ、海洋現象の要因は気象現象であると考えるのが自然であるので、波浪の原因となる通常の気象擾乱よりは時間規模の小さい気象変動の可能性が考えられる。今後、この要因についてさらに詳しく調べる必要がある。

7. 結論

本研究の主な結論を以下に示す。

- 1) 長周期波の中でも、30~60s のような周期の短い成分は波浪との関連が深く、600s 以上のような周期の長い成分は波浪との関連が薄い。
- 2) 日本海側ではいずれの成分も冬に波高が高く、夏低いという明瞭な季節変化を示しているが、太平洋側では季節変化は小さい。
- 3) 年平均波高に対する変動成分 (年間の標準偏差) の比は、太平洋側では 600s 以上の成分の変動が他の成分と比べて相対的に大きいものに対して、日本海側では 600s 以上の成分の変動が他の成分と比べて相対的に小さいという反対の特徴を示す。
- 4) 長周期波の自己相関係数は、ラグ (時間) とともに 1 から徐々に減少し、30 時間頃に正から負に転じて無相関となる。しかし、その後再び、100 時間以後に小さな極大値を示す。日本海側と比べて、太平洋側では地点間の変動が大きい。
- 5) 長周期波高の 1 年間の変動特性を比較をすると、600s 以上の成分と、その他の成分とに違いが見

られる。

- 6) 長周期波高の自己相関係数を、0 時間から、相関係数が正から負となる境界の 30 時間まで積分したものを平均継続時間として提案した。平均継続時間は、長周期波高が高い場合も低い場合も含めて、波高がその何時間後までの波高と関係しているかを示す指標である。
- 7) 成分別に見ると、周期が長い成分ほど平均継続時間が短く、特に周期 600s 以上の成分の平均継続時間は非常に短い。
- 8) 太平洋側の平均継続時間は、北に行くほど概ね小さくなる傾向がある。2004年、2005年いずれについても同様の傾向である。
- 9) 日本海側の平均継続時間には、明確な変化傾向は見られない。

謝辞: 本研究を実施するに際しては、独立行政法人港湾空港技術研究所から波浪観測資料をご提供頂いた。ここに感謝する次第である。

参考文献

- 1) 青木伸一：沿岸長周期波の発生と伝播特性に関する研究，海洋開発論文集，第 18 巻，pp.155-160, 2002.
- 2) 石原弘一・岩淵哲治・仲井圭二・坂井紀之・灘岡和夫：東日本沿岸域における長周期波の広域的出現特性，海岸工学論文集，第 49 巻，pp.236-240, 2002.
- 3) 橋本典明・川口浩二・永井紀彦・柴木秀之・鈴山勝之：気象・波浪相関図に基づく我が国沿岸波浪の出現特性解析，海岸工学論文集，第 49 巻，pp.221-225, 2002.