

# 西日本太平洋沿岸における長周期波の特性

## Characteristics of Infragravity Waves Observed along the Pacific Coast of West Japan

山本忠治\*  
YAMAMOTO Chuji

\* (財) 沿岸開発技術研究センター 波浪情報部 業務第一課長

As we have little knowledge on the characteristics of infragravity waves, some assumptions are introduced in the numerical simulations of them. For example, it is difficult to determine wave directions of infragravity waves in many cases. Moreover we have no reliable knowledge on the generation mechanism of infragravity waves. The present study reports the characteristics of infragravity waves observed in the Pacific coast of west Japan focusing Shikoku area.

*Key Words : infragravity waves, wave direction, meteorological disturbance*

### 1. はじめに

港内に係留された大型船舶に大きな動揺が生じ、これにより荷役障害や係留索の切断の事故が発生する等、港湾の利用に支障をきたすケースが報告されている。これらの多くの場合、大型船舶の固有周期に近い、数十秒～数分の周期を持つ長周期波が原因と考えられている。

長周期波の対策として、最終的には、長周期波にも強い港作りがなされるべきであることは言うまでもない。ここ数年、全国の港湾において、数値計算を用いて、港外から進入した長周期波が港内でどのように変形するかを評価することによって、港内の静穏度を確保するための港形の検討が行われている。

しかし、通常波浪に関する波の発生や発達、伝播、変形、方向分散等の性質は詳しく研究されているが、長周期波については必ずしも十分に解明されていない。

本論文では、四国を中心とした西日本沿岸の長周期波特性のうち、ナウファスデータ等の解析によって得られた知見を紹介する。

### 2. 使用したデータ

解析に使用したデータは、西日本太平洋沿岸に位置するナウファス(全国港湾海洋波浪情報網) 9地点と宿毛港湾で得られたものを使用した。対象地点を図-1に示す。ここでは、0.5秒間隔で取得された表面波形データを使用した。観測地点によっては、毎偶数正時20分間(例えば、2時の観測であれば01:50~02:10)のみの観測が行われている地点と、連続観測を行っている地点がある。それぞれの観測状況を以下に示す。

20分観測：名瀬、志布志、宮崎、宿毛(2箇所)、小松島  
連続観測：上川口、高知、室津、潮岬、御前崎

長周期波の解析には、0.5秒間隔のデータに30秒の



図-1 解析対象地点

ローパスフィルターを施し、5秒間隔で再サンプリングしたデータを用いた。このローパスフィルターは岩崎(1995)が提案したもので、現在ナウファスにおける長周期波解析にも用いられている。

このローパスフィルターを施した後のデータを用いてスペクトル解析を行い、周期30秒以上の成分のエネルギーを積分し、その平方根の4倍を長周期波高と定義した。

表-1 観測データ収集期間

地点	1996	1997	1998	1999	2000	2001
名瀬	○	○	○	○	○	○
志布志	○	○	○	○	○	○
宮崎	○	○	○	○	○	○
宿毛1, 2	—	—	—	—	—	○
上川口	—	○	○	○	○	○
高知	—	○	○	○	○	○
室津	○	○	○	○	○	○
小松島	○	○	○	○	○	○
潮岬	○	○	○	○	○	○
御前崎	—	○	○	○	○	○

また観測データは、原則として1996～2001年の6年分を用いることとしたが、地点によって観測データを収集できた期間が多少違うので、収集期間を表-1に示す。

### 3. 解析結果と考察

#### 3.1 データ長の検討

本調査で対象とする長周期波は、大型船の船体動揺に関連した周期数十秒～数分程度の波である。通常の波浪解析には100波程度を含む波形データが必要とされるが、この考えによれば最大200分以上の波形データが必要とされる。ちなみにナウファスのルーチン処理では、連続観測データを120分単位に編集し解析を行っている。

本研究の目的は広域的な長周期波の特性を抽出することなので、できるだけ多くの地点のデータを同一条件で用いることが望まれる。しかし、先に述べたように連続観測を行っているのは5地点に過ぎないので、連続データを用いる代わりに20分データを用いることが可能かどうかを検討した。連続観測地点で、20分データとこの20分データを最後に含む2時間データを用いて計算した長周期波高を比較した結果を表-2に、代表的な地点の相関図を図-2に示す。

表-2 20分データと2時間データの長周期波高比

地点\周期帯	30～60秒	60～300秒	30秒～
上川口	1.253	0.975	0.874
高知	1.107	0.802	0.801
室津	0.962	1.032	0.859
潮岬	1.095	0.789	0.832
御前崎	1.091	0.837	0.866
平均	1.102	0.887	0.846

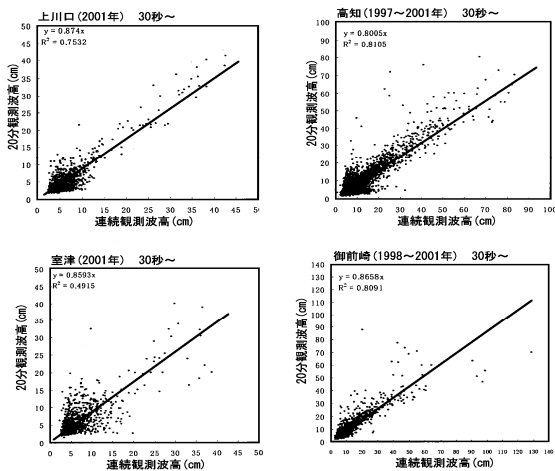


図-2 20分データと2時間データの比較

図-2の結果によると、両者の長周期波高の分布は観測地点により多少のばらつきがあり、20分観測から求めた

長周期波高がやや低くなる傾向があるが、両者は比較的良好に一致していることが確認できたことから、以下の解析では20分観測から得られた長周期波高を用いることとした。

#### 3.2 季節別の出現特性

前節の方法で算出した長周期波高を用いて月別の長周期波高の比較を行った。その結果を表-3に示す。

表-3 長周期波の月平均波高が極大となる月

地点	第1極大月	第2極大月
名瀬	1月	—
志布志	8月	4月
宮崎	9月	3月
宿毛1	6月	1, 2月
宿毛2	8月	6月
上川口	8月	3月
高知	8月	4月
室津	8, 9月	11月
小松島	5月	9月
潮岬	3月	11月
御前崎	9月	3月

表-3によれば、年季節別の出現特性は以下のようになる。

- 太平洋側では8, 9月に第1極大, 3, 4月に第2極大を示す。小松島の極大月は逆転しているように見えるが両者の差は極めて小さいので同じ特性といえる。
- 潮岬は他の太平洋の地点と逆転している。
- 東シナ海に面した名瀬では1月に極大が出る。
- 宿毛は観測地点が湾内にあるため他の地点と異なった特性を示すが、データ量の違いか、もしくは観測地点の局地的な地形の影響と考えられる。

#### 3.3 各地点の最大長周期波高とその出現要因

表-4 各地点の最大長周期波高

地点	最大長周期波高	要因
名瀬	70 cm	台風9719号
志布志	86 cm	台風9905号
宮崎	100 cm	台風9709号
宿毛1	33 cm	台風0111号
宿毛2	19 cm	二つ玉低気圧(2001)
上川口	91 cm	台風0111号
高知	84 cm	台風9724号
室津	83 cm	台風9810号
小松島	49 cm	台風9709号
潮岬	86 cm	南岸低気圧(1996)
御前崎	93 cm	台風9709号

最大の長周期波高は、太平洋に面した地点では 80～100cm, 少し奥まった小松島では 50cm 程度, 宿毛では 20～30cm 程度であった(表-4).

### 3.4 地点間の相関と長周期波の継続時間

周期 30 秒以上の長周期波を用いて、地点間の相互相関解析を行った。相関解析を行うに際の前処理として、波高の対数を取り、7 日間の移動平均処理を行った。波高の対数を取ったのは、有義波高の分布は大まかには対数正規分布に従うためであり、移動平均処理したのは、波高の長期変動を除くためである。平均期間を 7 日間としたのは、数日周期の総観規模の気象擾乱による変動を除くためである。

表-5 地点間の相関解析結果  
(相関係数が 0.6 以上の LAG 時間数)

地点	名瀬	志布志	宮崎	上川口	高知	室津	小松島	潮岬	御前崎
名瀬	0-8	-	-	-	-	-	-	-	-
志布志	-	0-2	-	-	-	-	-	-	-
宮崎	-	-	0	-	-	-	-	-	-
上川口	-	2	-	0-12	0-4	0-2	-	-	0-2
高知	-	-	-	0-8	0-6	0-4	-	-	-
室津	-	-	-	0-6	0-2	0-4	-	-	-
小松島	-	-	-	-	-	-	0	-	-
潮岬	-	-	-	-	-	-	-	0	-
御前崎	-	-	-	0-14	2-6	-	-	-	0-12

表-5 には各地点のデータを、時間をずらして相関解析した場合に、相関係数が 0.6 以上を示すラグタイムの時間数を示した。横軸は左から西側の地点を、縦軸は上に西側の地点を取っている。数字は、横軸の地点と、ラグ時間先の縦軸の地点とのデータの相関係数が 0.6 以上となった時間の範囲を示す。対角線より左下の方に数字が目立つが、このことは、西側の地点と、ラグ時間遅れた東側の地点の相関関係があることを示しており、擾乱が西から東に移動していくことに対応していると考えられる。特に、太平洋に面した上川口、高知、室津の相互相関はもとより、四国沿岸と御前崎の相関が 10 時間程度にわたって高いことがわかる。

同一地点の相関（自己相関）においてはラグ時間を 0 とすれば相関係数は 1 となるが、時間をずらせると COS 関数的に徐々に減衰しながら、30 時間程度で 0 となる。ここではラグ時間 0 から時間をずらせながら相関係数が 0 になるラグ時間までの相関係数を積分し、それと同じ面積を持つ幅 1 の長方形の高さを長周期波の継続時間と定義した。累年の解析結果を図-3 に示す。

御前崎、名瀬、上川口、高知など外洋に面した地点で継続時間が長く、10～12 時間程度である。一方、奥ま

たところにある宿毛湾や小松島では継続時間は 4～6 時間と短い傾向が認められる。

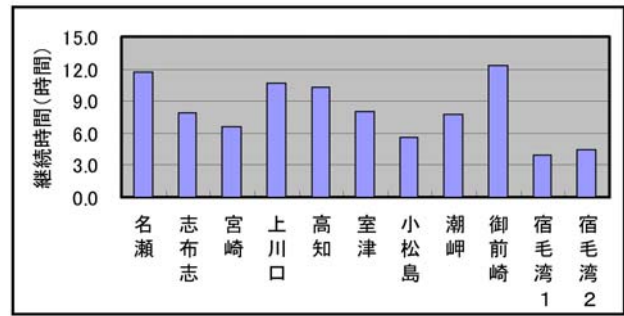


図-3 長周期波の継続時間

### 3.4 長周期波と通常波の波浪諸元との関係

長周期波高は、通常波浪の波高や周期と相関関係があることが今日までの調査で指摘されている。また、最近では当センターの沿岸気象海象情報端末 COMEINS 等によって、通常波浪の予測値が入手できるので、長周期波高と通常波浪の波高・周期との関係を解析しておくことは、長周期波の予測とともに、広域的な長周期波の出現特性を把握することにも役立つと思われる。

ここでは、長周期波と通常波浪の波高・周期との関係を、[有義波高], [有義波高×周期], [有義波高<sup>2</sup>×周期]の3通りについて検討した。高知港についての相関分布図を図-4 に、全地点の検討結果を図-5 に示す。

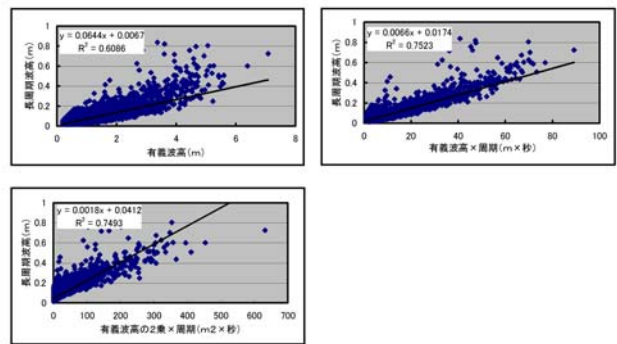


図-4 高知港での長周期波高と有義波諸元の相関係数

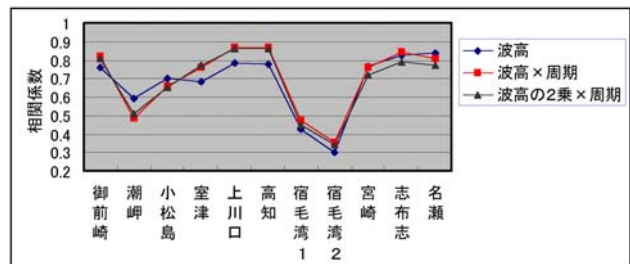


図-5 長周期波高と有義波諸元の相関係数

太平洋に面した多くの地点で[有義波高×周期]との相関が最大になっているが、東シナ海の名瀬では[波高]との相関が最大になっている。これは、太平洋に面した地点では、周期の長い波が出現するときにも長周期波が卓越するのに対し、名瀬では有義波が支配的であることを示唆していると考えられる。

潮岬、宿毛湾は、他地点と比較して有義波諸元との相関が低い。宿毛湾は湾内の奥にあるためと推定されるが、潮岬についての理由は定かではなく、今後のさらなる解析が望まれる。

### 3.5 長周期波の周波数特性

長周期波の周波数特性を調べた。ここで、周期 30~60 秒の成分波高を  $H_1$ 、周期 60~300 秒の成分波高を  $H_2$  として、 $H_2/H_1$  と長周期波全体の波高との関係を調べた。室津での結果を図-6 に示したが、近似直線の傾きが+（右上がり）の時には長周期波高の増大とともに長周期成分が増大することを示し、-（右下がり）の時には長周期波高の増大とともに長周期成分が減衰することを示す。

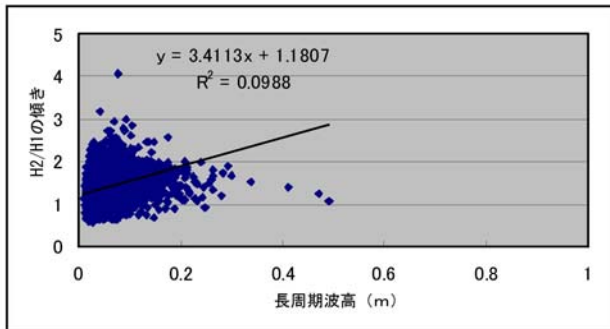


図-6 室津での  $H_2/H_1$  と長周期波高との関係

全地点での検討結果を図-7 に示した。ほとんどの地点で  $H_2/H_1$  は長周期波高が増大すると大きくなる傾向がある。すなわち、長周期波高が増大すると、長周期波成分の割合も大きくなる傾向にある。しかし、名瀬では逆の傾向が現れ、高知、潮岬では、長周期波高が増大しても長周期波成分の構成は変わらないという結果となった。石原他(2002)は、東日本沿岸の日本海側では長周期波高に関わらず  $H_2/H_1$  はほぼ一定値をとり、太平洋沿岸では長周期波高とともに  $H_2/H_1$  が増大することを示している。

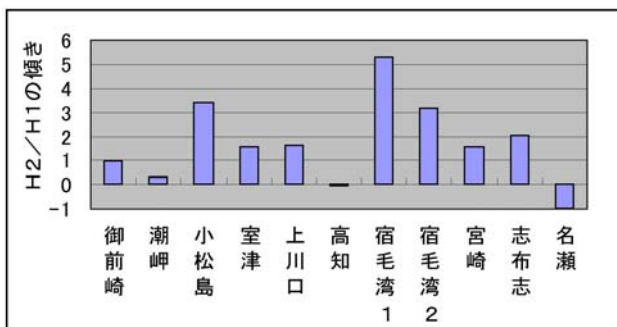


図-7 地点毎の  $H_2/H_1$  の傾き

解析に使用した多くの地点が太平洋に面しているのに対し、名瀬は東シナ海に面しているため、このような結果になったと推定される。

## 4. 主要な結果

本研究の主要な結果は以下のとおりである。

- ①300 秒以下の長周期波を対象にする場合、20 分データと 2 時間データの長周期波高には直線的な関係が成り立つため、20 分データを用いて解析を行ってもよいものと判断される。
- ②月平均長周期波高は、8~9 月に第 1 極大、3~4 月に第 2 極大をとる地点が多いが、東シナ海に面した名瀬では 1 月に極大を示す。
- ③1996~2001 年の解析結果から、太平洋に面した地点での長周期波高の極大値は 80~100cm 程度、奥まった地点（宿毛や小松島）ではそれより小さい値となった。
- ④地点間の長周期波のラグ相関を解析したところ、西に位置する地点と東の地点間には、10 時間程度にわたって高い相関が見られた。
- ⑤自己相関解析から長周期波の継続時間を定義した。その結果、太平洋に面した地点では 10~12 時間と長く、奥まった地点では数時間となった。
- ⑥長周期波高と有義波諸元との関係を調べたところ、西日本太平洋沿岸では、有義波高×周期との相関が高く、有義波港だけではなく、周期の長い波が来襲するときも長周期波が卓越することが明らかになった。

## 謝辞

本論文の執筆に当たっては、国土交通省四国地方整備局高松港湾空港技術調査事務所が実施した調査結果の一部を活用させて頂いた。ここに謹んで、高松港湾空港技術調査事務所の関係各位に、心から感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 岩崎峯夫：デジタルフィルターを用いた津波計，カイジョー技報，Vol. 2, No. 4, pp. 51-58, 1995.
- 2) 永井紀彦ほか：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS1998），港湾技術研究所資料，No. 951, 367p., 2000.
- 3) 石原弘一ほか：東日本沿岸域における長周期波の広域的な出現特性，海岸工学論文集，第 49 巻，pp. 236-240, 2002.