

太平洋側岸の長周期波の特性について

Characteristics of Infragravity Waves Observed along the Pacific Coast of Japan

仲井圭二*

NAKAI, Keiji

* (財) 沿岸開発技術研究センター 波浪情報部 業務第二課長

As we have little knowledge on the characteristics of infragravity waves, some assumptions are introduced in the numerical simulations of them. For example, though it is difficult to define wave directions of infragravity waves in many cases, we assume the directions of infragravity waves and those of short period waves are the same. And we have no reliable knowledge on the generation mechanism of infragravity waves.

It is revealed from observations that the directions of infragravity waves and those of short period waves aren't the same. And a new clue has been found to the generation mechanism of infragravity waves. Meteorological disturbances (low pressures) play important roles in the generation and the wave heights of infragravity waves depend on the positions of them.

Key Words : infra-gravity wave, wave direction, meteorological disturbance

1. はじめに

近年外洋に面した全国の港で、周期数十秒から数分の長周期波による荷役障害、係留索切断等の事故が発生し、港湾の利用に支障が出ている。従来、港湾の設計は、周期数秒～20 秒程度の波浪（風波とうねり）を対象に行われているため、長周期波対策が施されている港は余りないのが現状である。

しかし、ここ数年、現在全国の港を対象にして、数値計算によって、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見積もることによって、港内の静穏度を確保するためには港形をどのようにすれば良いかを検討する調査、研究が盛んに行われ始めている。数値計算を行うに当たっては、境界条件等の計算条件を正確に与えることが重要なのは言うまでもない。ところが、通常波浪に関してほぼ解明されている、発生要因、波向、方向分散性（集中度）等の性質が、長周期波については必ずしもよく分かっていない。このため、数値計算を実施するためには、観測によって、長周期波の特性をより明確にすることが求められている。

本論文では、太平洋岸の長周期波にみられる特性のうち、波向、発生要因について、観測結果に基づいて得られた知見を紹介する。

2. 長周期波の波向

沿岸で観測される長周期波が全て進行波であるとは言えない。海岸で反射を受けた波が入射波と重複することによって定在波となることも予想されるため、観測される長周期波には、進行波、定在波が混在したものである

ことが考えられる。しかし、本論文では、通常の波浪と同じように、波による水粒子が往復運動をしている主方向が長周期波の波向であるとして議論を進める。

解析には、国土交通省港湾局が港外（沖合い）で定常観測を行っているナウファス（全国港湾海洋波浪情報網）¹⁾ の八戸港、石巻港、常陸那珂港、鹿島港のものをを用いた（図-1 参照）。

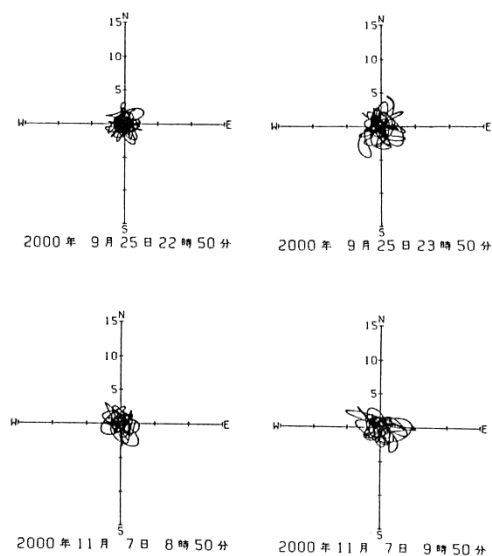


図-1 ナウファスの波浪観測地点
(沖縄は除いてある)

2.1 八戸港

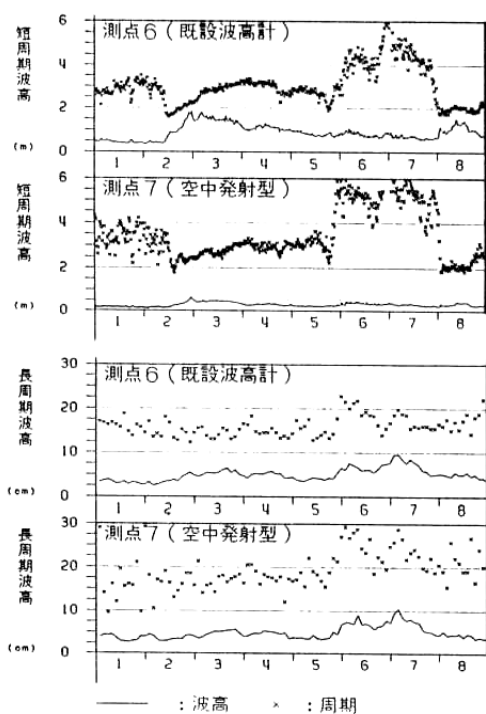
八戸港港外における流速の長周期成分の分布の例を図-2 に示す。通常は9月25日の例のように方向性ははっきり

りしていないが、場合によっては11月7日のように方向性がはっきりしている場合がある。11月7日前後の港外と港内の波浪（短周期波）と長周期波の経時変化を図-3に示す。



単位：cm/s

図-2 八戸港港外における流速の長周期成分



測点6：港外、測点7：港内

図-3 八戸港における短周期波と長周期波の経時変化（2000年11月）

港内、港外とも、11月6日～7日には波浪と長周期波の周期が、その前後と比較して際だって長いことが分かる。この例ほど顕著ではないが、流れの長周期成分の方向性がはっきりしている場合は、波浪と長周期波の周期が前後と比較して長い例が多かった。

流れの長周期成分の方向性がはっきりしている場合について、その主軸方向を長周期波の波向とし、短周期波（波浪）の波向と比較した。結果を表-1に示す。

表-1 八戸港港外における長周期波と波浪の波向の比較（2000年）

日	時	長周期波の波向	波浪の波向
9月25日	7	E	E
	8	E	E
	9	E	ENE
9月27日	15	NE	ENE
	16	NE	ENE
	17	NE	ENE
11月7日	8	ESE	E
	9	ESE	ENE
	10	ESE	ENE
11月21日	4	ESE	E
	5	SE	ESE
	6	SE	ESE
	7	SE	ESE
	8	ESE	ESE
	9	SE	ESE
	10	SE	ESE
	19	NE	E
	20	ENE	E
	21	NE	E
	22	ENE	E
	23	NE	E
	24	ENE	E

この表によると、長周期波と短周期波の波向の差は、1方位の場合が殆どで、一致する場合、2方位差の場合も少しみられる。

2.2 石巻港

石巻港外における短周期波と長周期波の波向の出現頻度分布を図-4に示す。長周期波の波向は、八戸港と同様流速の長周期成分の主軸として定義した。

この図から、短周期波の波向はほぼSSE方向に集中しているのに対して、長周期波の波向はSを中心に幅広く分布していることが分かる。

2.3 鹿島港、常陸那珂港

2000年1月～2001年2月の間に、鹿島港と常陸那珂港（いずれも港外）それぞれで、顕著な長周期波がみられた場合の、港外の短周期波と長周期波の波向を個々に比較した結果を図-5に示す。

いずれの港でも、短周期波の波向と長周期波の波向とが1方位以内に収まっている例と、両者が大きくずれて

いる例とがある。

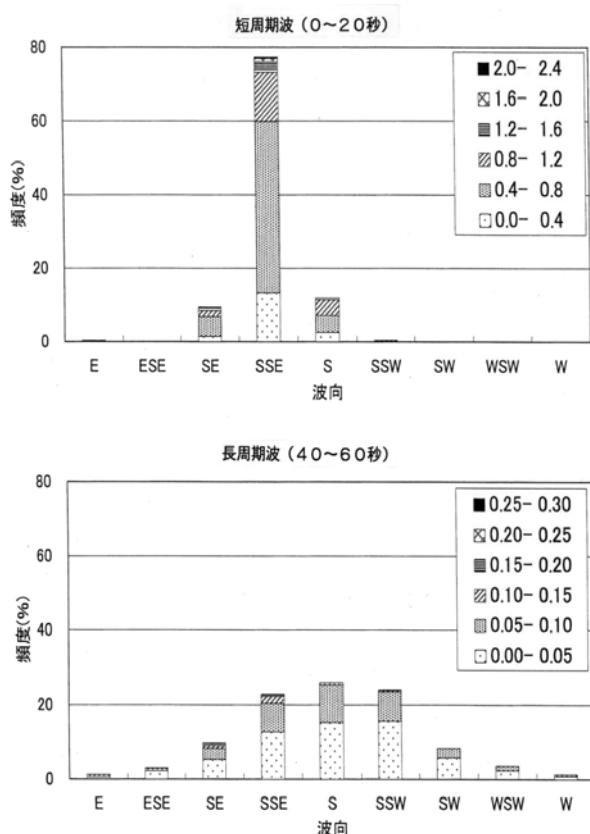


図-4 石巻港港外における短周期波と長周期波の波向の出現頻度分布（2000年8月1日～10月20日）
（図中の数値は波高を示す。単位：m）

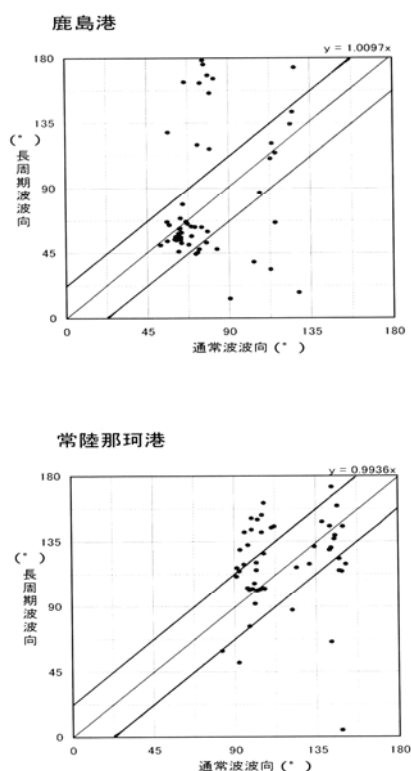


図-5 短周期波と長周期波の波向の比較
（鹿島港、常陸那珂港；2000年1月～2001年2月）

(1) 鹿島港

- ①通常波浪（短周期）の波向が約 67.5° （ENEの時に、長周期波の波向は $45 \sim 67.5^\circ$ と、長周期波の方がやや北に偏っている点群が最も多い。
- ②通常波向が $67.5 \sim 90^\circ$ （ENE～E）のときに、長周期波の波向が $157.5 \sim 180^\circ$ （SSE～S）と長周期波の波向が大きく南に偏る点群がある。これは、連続した同一期間のものである。
- ③通常波向が $90 \sim 135^\circ$ （E～SE）の時は長周期波の波向は一定せず、 $20 \sim 170^\circ$ （NNE～SSE）と広範囲である。これは、連続した同一期間のものである。

①については以下のように推察される。鹿島港港外の波高計地点では、等水深線がNW～SEに向いており、即ちNEと直交する方向である。このため、ENEから波長の短い通常波が入射した場合は余り屈折せずに進行するが、波長の長い長周期波は屈折して、等水深線に直交する方向に向かい、北に偏っている可能性がある。

(2) 常陸那珂港

- ①通常波浪の波向が $90 \sim 112.5^\circ$ （E～ESE）の時に、長周期波の波向は $90 \sim 157.5^\circ$ （E～SSE）と、長周期波の波向が南に偏っている点群が最も多い。
- ②通常波浪の波向が $135 \sim 157.5^\circ$ （SE～SSE）の時に、長周期波の波向が $112.5 \sim 175^\circ$ （ESE～S）と、長周期波波向の範囲が両側1方位ずつ広がっている点群がある。

①については鹿島港の場合と同様以下のように推察される。常陸那珂港港外の波高計地点では、等水深線がN～Sに向いているが、わずか沖ではNE～SWに向いている。即ちSEと直交する方向である。このため、E～ESEから入射した波長の短い通常波は余り屈折せずに進行するが、波長の長い長周期波は屈折して、等水深線に直交する方向に向かい、南に偏っている可能性がある。

3. 長周期波の発生要因

長周期波の発生要因についてはまだ明確な結論が出されていない。しかし、図-3からも分かるように、長周期波の波高、周期は、短周期波の波高、周期とよく似た経時変化をしている。また、苫小牧港を始め、いくつかの港では、長周期波高が、短周期波の波高と周期の積に比例するという関係が見出されている。²⁾

このことは、短周期波の波高が高いほど、周期が長いほど、長周期波が発達することを示している。短周期波はよく知られたように、気象擾乱に伴って海面上を吹く風によって生成される。従って、長周期波も気象擾乱が

その根本の原因であることはほぼ間違いないと考えられる。

そこで、ここでは、長周期波高と気象擾乱との関係を調べた。長周期波高のデータは鹿島港港外のものを、気象擾乱のデータは、日本付近を通過した低気圧（台風も含む）の中心位置のデータを用いた。期間は、1996年と1998年の2年分とした。

低気圧の中心位置と鹿島港における長周期波高との関係を図-6に示す。

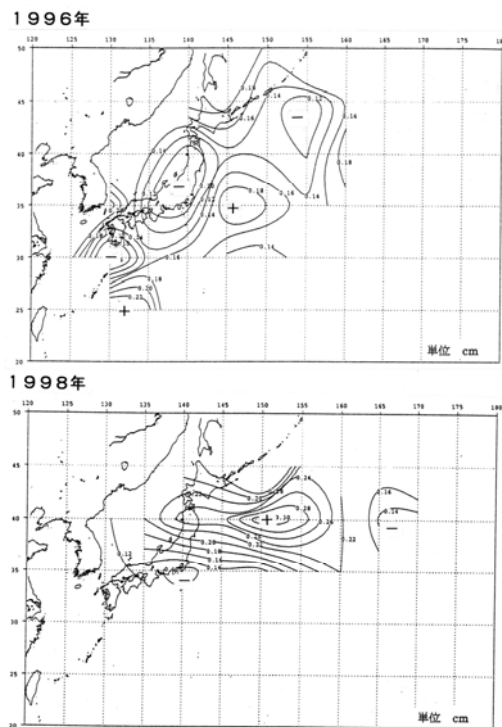


図-6 低気圧の位置と鹿島港における
長周期波との関係
(+は波の高い場所、-は波の低い場所を示す)

この図によると、1996年には房総東方沖の北緯35°、東経145°付近に低気圧があるときに、鹿島港では長周期波高が極大となり、その値は20 cmである。逆に低気圧が本州上にあるときや、北海道東方沖にあるときは、長周期波高は極小になっている。すなわち、鹿島港に長周期波を発達させるのに最も適した低気圧の位置が、房総東方沖ということができる。

また、沖縄諸島の東方に低気圧があるときにも長周期波高は極大になっており、値は22 cmである。

長周期波高が極大値を取る原因としては、本州を通過した低気圧が本州東方沖で発達すること、沖縄付近には台風がよく通過することが考えられる。

一方、下図によると、1998年は1996年と分布形状がかなり異なっている。低気圧が本州東方にあるときに長周期波高が極大値を持つが、その位置が、1996年と比較し

て北東方向にずれている。また、1996年には沖縄諸島東方にみられた台風によるものと思われる極大がみられない。

これは、長周期波の原因となる気象擾乱の性質は年毎に様々であり、波高を単に低気圧の位置だけで説明することが困難だからであろう。低気圧と台風とでは、中心気圧、経路、進行速度等が異なり、また台風の出現状況については年毎の変動も激しい。今後は、低気圧と台風との区別、中心気圧や経路、進行速度による分類を行った上で同様の解析を行えば、長周期波と気象擾乱との関係が詳しく分かる可能性がある。

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。

- ①八戸港港外で水平流速の長周期成分の散布図を作成するとはっきりした方向性が見られないことが多い。しかし、はっきりした方向性がみられるときには、波浪と長周期波の周期がその前後の時間帯と比較して長くなっている。またこのときには、短周期波と長周期波の波向のずれは1方位程度であった。
- ②石巻港港外での短周期波の波向は、SSEを中心に集中して分布しているが、長周期波の波向は、Sを中心に、E~Wまで幅広く分布している。
- ③鹿島港、常陸那珂港港外では、長周期波と短周期波の波向の差は、概ね1方位程度以内であるが、大きくずれる事例も存在する。
- ④気象擾乱（低気圧）が長周期波の発生に関係しており、本州東方に低気圧があるとき、鹿島港港外の長周期波は高くなる。但し、その位置は年によって大きく変動する。

謝辞

本論文の執筆に当たっては、国土交通省東北地方整備局八戸港湾空港工事事務所、同塩釜港湾空港工事事務所、関東地方整備局鹿島港湾空港工事事務所が実施した調査結果の一部を活用させて頂いた。これら三事務所の関係各位に、心から感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 永井紀彦ほか：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS 1998）、港湾技術研究所資料、No. 951、367p.、2000。
- 2) 渥美洋一ほか：長周期波の港内侵入過程の現地観測と長周期波高予測式の検討、海岸工学論文集、第44巻、pp. 221-225、1997。