

# 八戸港における長周期波の出現特性

## Characteristics of Long-period Waves in Hachinohe Harbor

福山博己\*・西塚登\*\*

FUKUYAMA Hiromi and NISHITUKA Noboru

\* (財) 沿岸開発技術研究センター 波浪情報部 研究員

\*\* 国土交通省東北地方整備局八戸港湾・空港整備事務所 所長

In recent years, it has been reported that long-period waves had disturbed cargo handlings in many Japanese ports. The long-period waves also damage the mooring lines of a ship and cause a fatal accident. However, the mechanism of them is not fully understood. The observations of long-period waves and swaying of a ship have been conducted at Hachinohe Port from 2000. The present report describes the harbor tranquility in terms of the observed wave data, and correlations between long-period wave heights and the products of significant wave heights and periods. The outline and verification of the long-period wave height forecasting system will be briefly reported.

*Key Words: long-period waves, harbor tranquility, prediction of long-period waves*

### 1. はじめに

近年全国の多くの港湾で、見かけの波高はそれほど高くない時にも、船体動揺が大きく、荷役障害が起きている事例が報告されている。この原因として近年の研究により、周期が長く波高が小さくて、見かけ上は見えない波である長周期波が注目されている。いくつかの港湾で調査がなされているが、その特性やメカニズムが明確に把握されていないのが現状である。

八戸港では、平成12年度より長周期波に関する調査が開始されている。平成12年度の調査では、港外1地点と港内6地点で波浪の連続観測を実施し、八戸港港内外の長周期波特性と、港内と港外の波浪の相関を把握した。また、船体動揺観測を実施し、長周期波の船体動揺への影響について検討した。平成13年度は、八戸港の実際の荷役状況を把握するために、荷役障害記録の収集や聞き取り調査を実施した。また、年間の波浪特性を把握するために、港内外各1地点で波浪の連続観測を開始した。主要岸壁の静穏度を港内長周期波シミュレーションによって算定した。

平成14年度は、港外1地点と港内1地点の波浪の連続観測を実施し、八戸港港内外の長周期波特性と、港内と港外の波浪の相関を把握した。また、現況港形において長周期波シミュレーションにより、主要岸壁の長周期波の増幅率を求め、年間の静穏度を算定した。さらに港形変更に伴う長周期波のシミュレーション及び港内静穏度の算定を行った。また過去3年間の調査結果を踏まえ、長周期波高予測システムを構築した。

本論文では、主に平成14年度に実施した調査のうち、波浪観測データからみた静穏度、長周期波高と有義波高と有義波周期の積の相関および長周期波高予測システムの概要とその検証について報告する。

### 2. 長周期波解析

#### 2.1 波浪観測

八戸港の港外波浪観測点(図1のNO.6)と港内波浪観測点(図1のNO.7)において、連続データを収集し有義波高、有義波周期および長周期波高の算定を行った。表1に観測期間を示す。長周期波の算定方法は次の通りである。まず、0.5秒サンプリングの波高データを2時間毎に区切り、14400個のデータからなるデータセットを作成する。各データセットに30~300秒のバンドパスフィルターを施したのち、ゼロアップクロス法により1/3最大波高および周期を算定した。



図-1 八戸港観測地点位置図

表-1 観測期間

観測地点	観測期間
NO.6 (港外観測地点)	2001年9月~2002年9月
NO.7 (港内観測地点)	2001年9月~2002年9月

## 2.2 季節別の静穏度の算定

得られた長周期波高について、波高の出現頻度統計を行った。波高 10cm を基準とした場合の季節別の長周期波高の出現状況を表-2 に示す。

表-2 長周期波の波高出現頻度  
(波高 10cm 未満の出現率)

	出現頻度 (%)	
	港外地点 (No.6)	港内地点 (No.7)
春季 (3~5月)	92.6	99.3
夏季 (6~8月)	90.8	99.2
秋季 (9~11月)	87.8	96.6
冬季 (12~2月)	90.9	95.4
通年	90.2	97.4

統計期間：2001年9月~2002年9月

季節別の出現頻度を見ると、港外地点では秋季に静穏度がやや低下して 87.8%となる。これは、台風や低気圧の通過によるものと考えられる。

港内地点においても、秋季では 96.6%であり春季、夏季に比較して静穏度が低下する。これも台風や低気圧の通過によるものと考えられる。

平成 13 年度調査の統計結果との比較を表-3 に示す。

表-3 長周期波高出現率の比較

	出現頻度 (%)	
	港外地点 (No.6)	港内地点 (No.7)
平成 13 年度調査 01/9/1~01/12/31	90.2	98.5
平成 14 年度調査 01/9/1~02/9/30	90.2	97.4

平成 13 年度調査と平成 14 年度調査では統計期間が異なるが、両地点ともに長周期波の波高出現率はほぼ等しい値となった。14 年度調査では 1~8 月を含む統計解析であるが、この期間は冬季の波高の高い時期と、夏季の波高の低い時期の両方を含むため、出現率としてみると、平成 13 年度調査との差異が現れていない。

## 2.3 通常波浪と長周期波高との相関

港外地点 (No.6) のデータを用いて、有義波高と有義波周期の積に対する長周期波高の関係を検討した。結果を図-2 に示す。

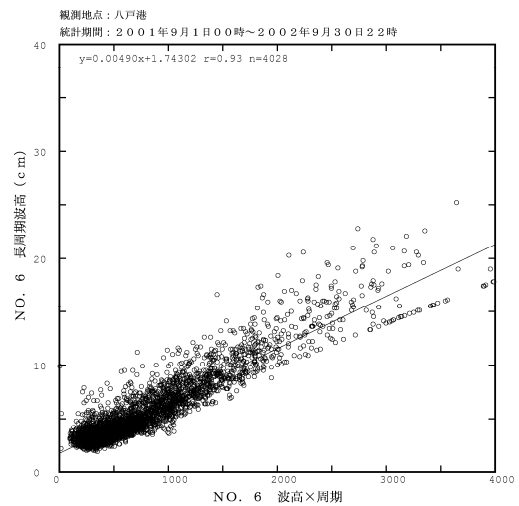


図-2 長周期波高と (有義波高と有義波周期の積) の相関

年間、季節別の統計とともに長周期波高と (有義波高と有義波周期の積) の相関係数は 0.93 以上の高い値である。相関係数と回帰直線の係数を表-4 に示す。

季節別に分析した結果によるとそれぞれの間で、回帰直線の傾き、切片の値の変化は小さく、長周期波高予測システムの構築では、通年の解析結果を代表値として用いてよいことが確認できる。

表-4 長周期波高と (有義波高と有義波周期の積) の相関解析結果

統計期間	相関係数	回帰直線の傾き	回帰直線の切片
春季 (3~5月)	0.94	0.00483	1.467
夏季 (6~8月)	0.93	0.00538	1.197
秋季 (9~11月)	0.93	0.00509	1.821
冬季 (12~2月)	0.95	0.00452	2.124
通年	0.93	0.00490	1.743
2001年9月~2001年12月	0.92	0.00496	1.901

## 2.4 長周期波高の地点間相関

長周期波高に関して、港外地点 (No.6) と港内地点 (No.7) の相関を解析した。結果を表-5、および図-4 に示す。

表-5 長周期波高に関する港外地点 (No.6) と港内地点 (No.7) の相関

統計期間	相関係数	傾き	切片
春季 (3~5月)	0.92	0.613	-0.079
夏季 (6~8月)	0.85	0.564	0.129
秋季 (9~11月)	0.88	0.656	-0.101
冬季 (12~2月)	0.92	0.596	0.054
通年	0.90	0.612	-0.017
2001年9月~2001年12月	0.92	0.677	1.901

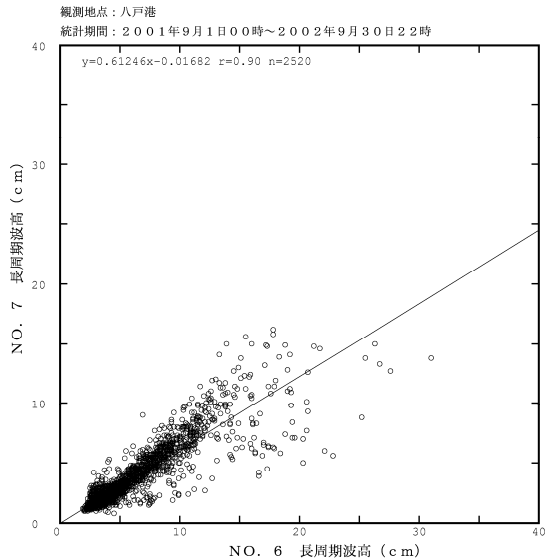


図-4 長周期波高の地点間の相関  
港外地点 (No.6) ~港内外地点 (No.7) 統計期間: 通年

通年では相関係数は 0.9 と高い値を示す。通年の回帰直線の切片はほぼ 0 であり、港外 (No. 7) に対する港内 (No.6) の波高比は約 0.61 である。季節間で、回帰直線の傾き、切片の値の変化は小さく、長周期波高予測システムの構築では、通年の解析結果を代表値として用いた。

### 3. 長周期波高予測システム

#### 3.1 長周期波高予測システムの概要

長周期波高予測システムは、気象庁の 72 時間近海波浪 6 分メッシュ予測値を元にして、浅海変形係数・長周期波高に関する回帰式・シミュレーションによる増幅率を用いて、八戸港の主要岸壁 13 地点における 72 時間先までの長周期波高を予測するもので、COMEINS 端末上で運用する。予測の手順は①~⑤の通りである。

①沖合の 72 時間近海波浪 2 分メッシュ予測値 (有義波諸元) を入力値とする。

②既存の浅海変形係数を適用してナウファス地点における有義波高・周期・波向に換算する。

③解析済みの長周期波予測式によって港外長周期波高を算定する。

④シミュレーションによる港内各地点の増幅率を適用して港内長周期波高を算定する。

⑤長周期波高予測データを、沿岸開発技術研究センターから八戸港湾空港工事事務所の COMEINS 端末に配信し、画面上でグラフや表として表示する。

長周期波予測システムの概要 (データの流れ) を図-5 に示す。

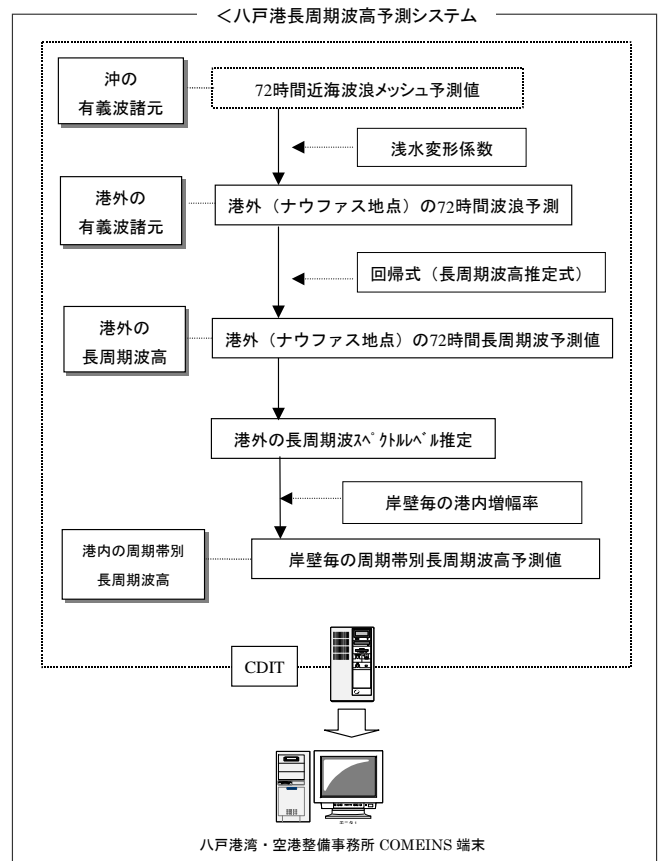


図-5 長周期波予測システムの概要 (データの流れ)



図-6 長周期波予測システムのTOP画面

図-6 に八戸港に配信している長周期波高予測システムのTOP画面を、図-7 に長周期波高予測の経時変化図を示す。



図-7 長周期波高予測の経時変化図

### 3.2 長周期波高予測システムの検証

長周期波予測システムのうち、本調査で求められた長周期波推定式とシミュレーションによる港内増幅率によって構成される「港外ナウファス地点の有義波高から港内の長周期波波高まで」の予測過程を検証した。したがって、沖合の波浪予測値から港外ナウファス地点までの計算を省略し、沖合の波浪予測値の代わりに港外の波浪観測値を入力値とし、港外の長周期波推定式と港内波浪予測ポイントの長周期波波高増幅率を合わせたシステムの妥当性を検証する。

対象期間は2001年9月から2002年9月までである。検証の手順は次の通りとした。

- ① 港外波浪観測値（有義波高・周期・波向）に回帰式を用いて港外の長周期波波高を求める。
- ② 港外長周期波波高に波向毎の港内長周期波高増幅率を掛けて港内長周期波の予測値とする。
- ③ 港内に設置された波高計の生データ処理により長周期波波高実測値を得る。
- ④ ②と③を用いて相互の相関を調べる。

用いる港外長周期波高推定式（回帰式）は次の式である。

$$H_L = 0.0049 H_{1/3} \cdot T_{1/3} + 1.743$$

ここで、 $H_L$ ：港外長周期波高(cm)，

$H_{1/3}$ ：港外有義波高(cm)，

$T_{1/3}$ ：港外有義波周期(秒)

港内観測地点は NO.7 である。図-8 に港内長周期波の観測波高と予測波高との散布図を示す。

データ数：3204

RMSE = 1.34 (cm)

バイアス = (予測波高の平均) - (観測波高の平均)  
= 0.16 (cm)

回帰式：(予測値) = 0.9321 × (観測値)

相関係数：0.827

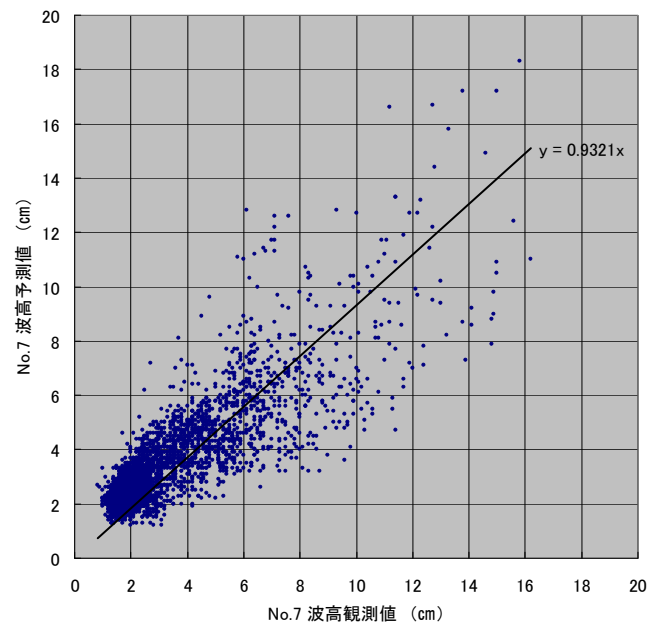


図-8 港内長周期波高観測地点 NO.7 における予測値と観測値の相関

図-8 を見ると、ややばらつく場合はあるものの相関はよく、全体的に予測値は実測値と適合している。一部のデータでは数 cm の誤差が見られるが、実用上の問題は小さいと考えられる。したがって、港外の有義波高から港内長周期波を予測するシステムは一定の精度を持つと考えることができる。

### 4. 今後の予定

港内の現地観測は平成 15 年度も継続しており、長周期波高予測のさらなる精度向上のために、引き続き精度検証を行っていきたいと考えている。また、長周期波対策工を考慮した将来港形におけるシミュレーションを行い、港形毎の主要岸壁の静穏度を算定する予定である。

### 5. おわりに

八戸港長周期波解析調査にあたっては、(独) 港湾空港技術研究所海洋・水工部平石哲也室長に、ご助言及びご指導をいただいている。ここに記して厚く御礼申し上げます。

