

# うねり性波浪に伴う富山湾沿岸の水位変動について

正会員○河合 雅司 (富山高等専門学校) 非会員 平山 克也 (港湾空港技術研究所)  
 非会員 北村 康司 (株式会社ソニック) 非会員 川口 清司 (富山大学)

## 要旨

富山湾沿岸では、例年 10 月から 3 月にかけて、周期 10 秒以上、波高数 m 程度のうねり性波浪が押し寄せる。この波は、地域の住民から寄り回り波と呼ばれて警戒されており、富山高等専門学校では、波浪災害を防止するために 1967 年以来、この波の研究を続けている。その結果、寄り回り波の侵入に伴い富山湾沿岸に約 30 分、数分等の水位変動(長周期波動)が生じていることが分かってきた。

ここでは、富山湾沿岸で観測された 2013 年 1 月から 4 月までの水位データを調和解析して、その長周期波動の周期等について調べた結果、約 30 分周期の変動については、数日周期の水位の低下、上昇に伴う富山湾内の副振動、数分周期の変動の原因は、うねりに拘束された長周期波動とも考えられるが、これではうまく説明できない点があり、うねり性波浪の侵入に伴う海底谷内の副振動である可能性があることを指摘した。

キーワード：航海・地球環境、寄り回り波、うねり性波浪、水位変動

## 1. はじめに

富山湾沿岸では、例年 10 月から 3 月にかけて、周期 10 秒以上、波高数 m 程度のうねり性波浪が押し寄せる。この波は、しばしば大きな波浪災害を引き起こすため、地域の住民から寄り回り波と呼ばれて警戒されており、富山高等専門学校射水キャンパスでは、波浪災害を防止するために 1967 年以来、この波の研究を続けている。そして、吉田(1987)は、1981 年 12 月 16 日に富山湾に押し寄せた寄り回り波を航空機から観測していた時に、魚津から富山へかけての沖合で寄り回り波よりもはるかに周期の長い長周期波動が沿岸部に存在していることを発見した。<sup>(1)</sup> また、富山新港内の富山高等専門学校臨海実習場の水位観測データから、富山湾沿岸に寄り回り波が押し寄せる前や押し寄せている時に、約 30 分周期、約数分周期等の水位変動(長周期波動)が存在することが明らかになった。<sup>(2)</sup>

この様に、寄り回り波が富山湾に侵入する前や侵入している時に、富山湾沿岸部に長周期波動が存在していることが分かった。しかし、これらの長周期波動(水位変動)の原因については、富山湾や海底谷等の副振動ではないかと推察されているが、十分な検証はなされていない。そこで、富山新港内の富山高等専門学校臨海実習場における水位観測データおよび、全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS)富山波浪計のデータを解析して、富山新港内と岩瀬沖合における水位変動について調べ、その原因についての考察を試みた。これらの結果について、以下に報告する。

## 2. 水位観測データ

本研究では、2013 年 1 月から 4 月までの、富山新港内の水位観測データと岩瀬沖合の NOWPHAS 富山波浪計のデータを用いて解析を行った。本研究で用いたで用いた NOWPHAS 富山波浪計データは、国土交通省港湾局によって観測され、港湾空港技術研究所で処理されたものである。

富山高等専門学校では、富山新港内で 2010 年 1 月より水晶式水位計(観測精度:0.6cm)を用いて 1 秒毎に水位を観測し、観測値はデジタルデータとして記録保存している。NOWPHAS 富山波浪計(36°46'51"N, 137°12'06"E, 水深 20m)は、岩瀬沖合の水深 20m の海底に設置されており、0.5 秒毎に超音波で海面までの距離を連続観測し、20 分毎(2400 個毎)に記録保存されている。富山湾における水位観測所および NOWPHAS 富山波浪計の位置を Fig. 1 に示す。

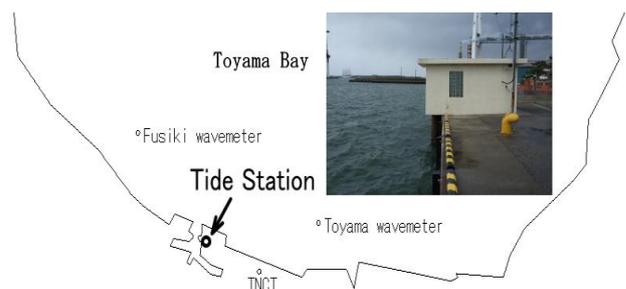


Fig.1 The locations of tide station in Toyama New Port and NOWPHAS Toyama wave meter

### 3. 水位観測データの補正

水位は、月や太陽の潮汐力や気圧の影響により変動している。従って、60組の潮汐定数を計算するために、気圧による水位変動の補正を行った2011年8月1日0時から2012年8月4日0時までの369日間分の10分毎の水位データを使用した。気圧による水位変動補正式を(1)式に示す。

$$h' = h + A(P - 1013.25) \quad (1)$$

$h'$ : 補正水位 [cm],  $h$ : 観測水位 [cm],  $P$ : 気圧 [hPa]

$A$ : 係数 ( $A=1$  [cm/hPa])

水位の気圧変動による補正を行うために使用した気圧データは、気象庁のホームページで公開されている富山県伏木の10分毎のデータである。2011年8月1日0時0分~2012年8月4日0時0分までの10分毎369日間分の気圧補正を行った水位データを用いて最小自乗法による調和分解法により60組の潮汐定数を計算した。<sup>(3)</sup> 本研究では、富山新港内の水位観測所で観測された水位について、この様にして得た潮汐定数を用いて天文潮汐による水位変動を計算し、観測水位から天文潮汐による水位変動を取り除いた。そして、NOWPHAS 富山波浪計により観測された水位データについては、気象庁が公開している富山の潮汐定数を用いて天文潮汐による水位変動を計算し、天文潮汐による水位変動を取り除いた。また、気圧による水位変動の補正については、富山新

港内の水位観測所の水位データおよび、NOWPHAS 富山波浪計による水位データ共に、気象庁のホームページで公開されている富山県伏木の10分毎の気圧データを用いて行った。ここでは、天文潮汐および気圧による水位変動を取り除いた水位を平均水位と呼ぶことにする。

### 4. 寄り回り波に伴う水位変動

2013年1月から4月までの4ヶ月間に有義波高1.5m以上、有義周期10秒以上のうねり性波浪(寄り回り波)が富山湾沿岸に押し寄せた期間をTable 1に示す。Table 1から、この4ヶ月間に5回うねり性波浪が富山湾に侵入していたことが分かる。

うねり性波浪の侵入に伴う富山湾沿岸の水位変動について調べるために、Table 1のケースNo. 1について、富山新港内の平均水位(天文潮汐と気圧による変動は除去されている)をFig. 2~Fig. 4に示す。

Table 1 Duration of Yorimawari wave invasion from Jan. to Apr., 2013

| No | duration                                       | Max. significant wave  |               |               |
|----|--|------------------------|---------------|---------------|
|    |  | Date, time             | $H_{1/3}$ [m] | $T_{1/3}$ [s] |
| 1  | Jan.27 02 <sup>H</sup> ~Jan.28 17 <sup>H</sup> | Jan.27 11 <sup>H</sup> | 3.28          | 12.9          |
| 2  | Feb.08 12 <sup>H</sup> ~Feb.09 19 <sup>H</sup> | Feb.09 03 <sup>H</sup> | 3.12          | 13.6          |
| 3  | Mar.02 16 <sup>H</sup> ~Mar.04 19 <sup>H</sup> | Mar.03 07 <sup>H</sup> | 4.70          | 14.3          |
| 4  | Mar.11 05 <sup>H</sup> ~Mar.12 04 <sup>H</sup> | Mar.11 17 <sup>H</sup> | 1.56          | 11.0          |
| 5  | Apr.08 00 <sup>H</sup> ~Apr.09 10 <sup>H</sup> | Apr.08 12 <sup>H</sup> | 3.05          | 13.5          |

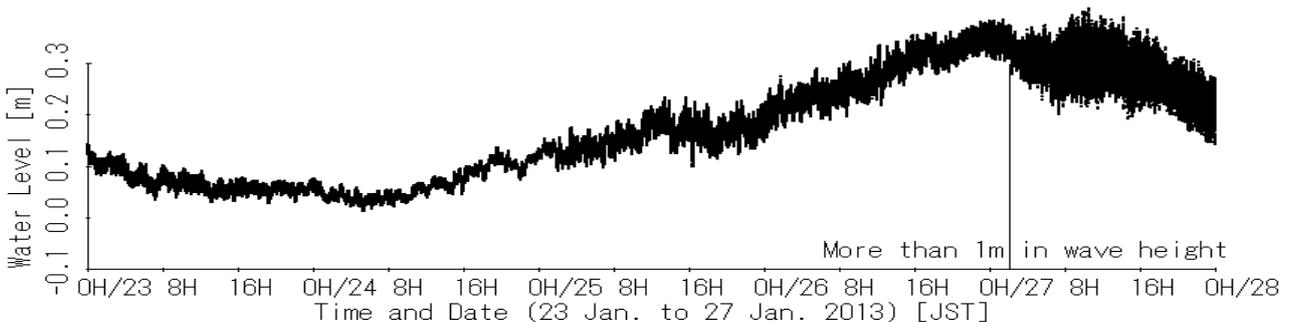


Fig. 2 Water level without astronomical tide and meteorological tide by atmospheric pressure in Toyama New Port from 23 to 27 January 2013

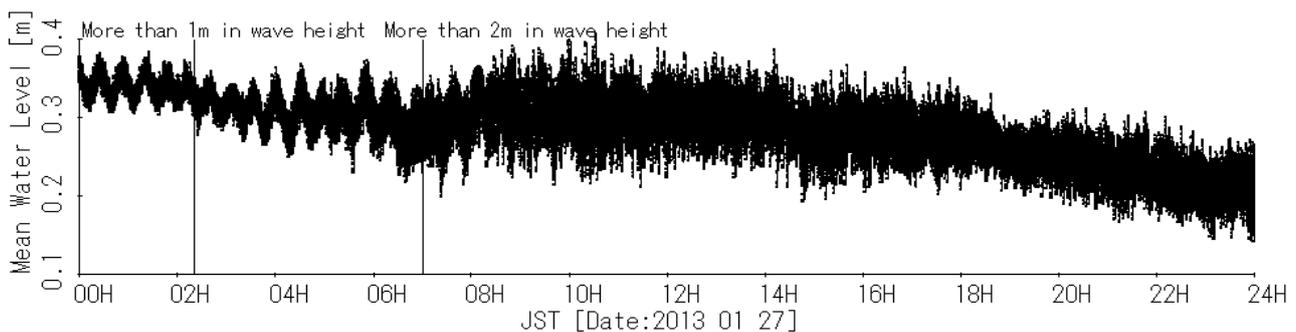


Fig. 3 Water level without astronomical tide and meteorological tide by atmospheric pressure in Toyama New Port, 27 January 2013

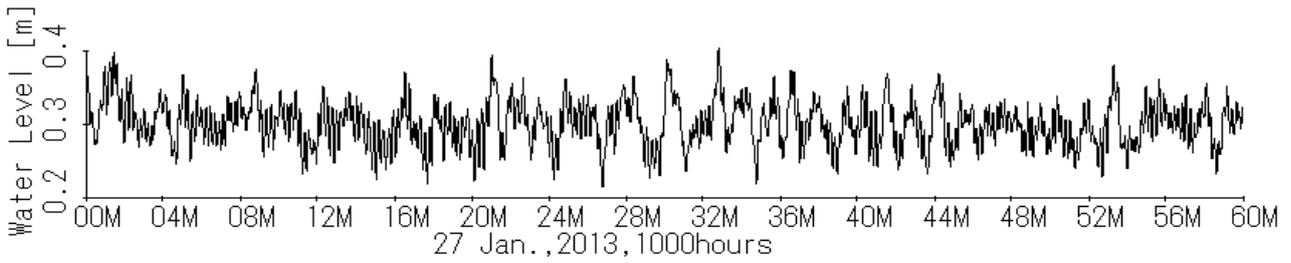


Fig. 4 Water level without astronomical tide and meteorological tide by atmospheric pressure in Toyama New Port from 10:00 to 11:00 JST 27 January 2013

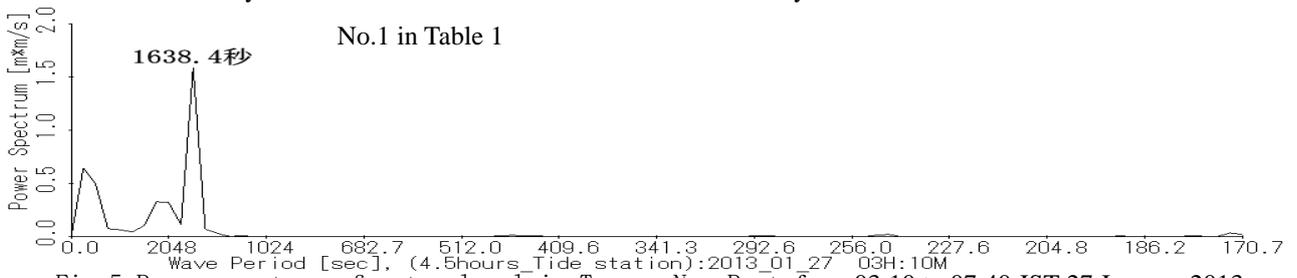


Fig. 5 Power spectrum of water level in Toyama New Port from 03:10 to 07:40 JST 27 January 2013

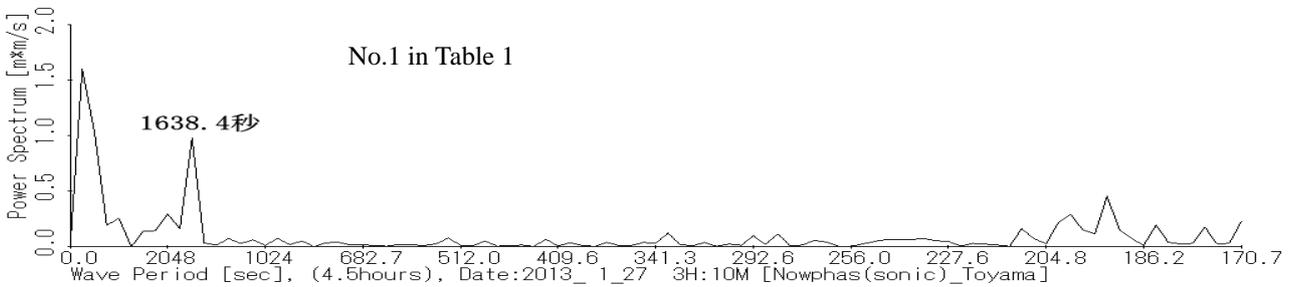


Fig. 6 Power spectrum of water level by NOWPHAS Toyama wave meter from 03:10 to 07:40 JST 27 January 2013

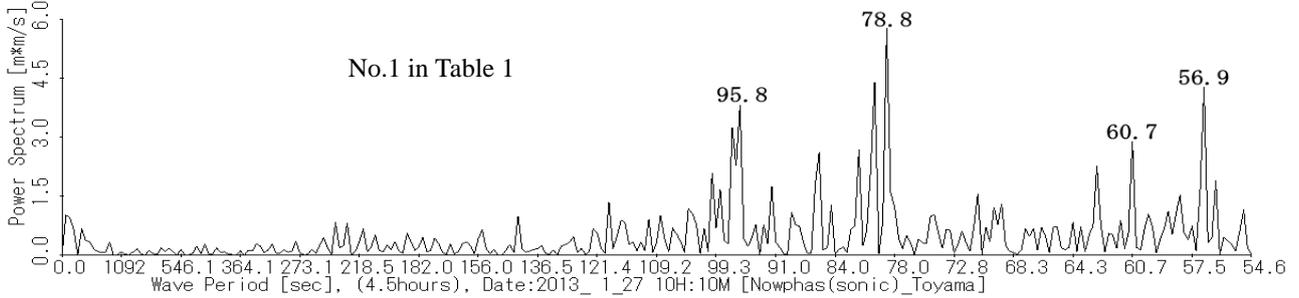


Fig. 7 Power spectrum of water level by NOWPHAS Toyama wave meter from 10:10 to 14:40 JST 27 January 2013

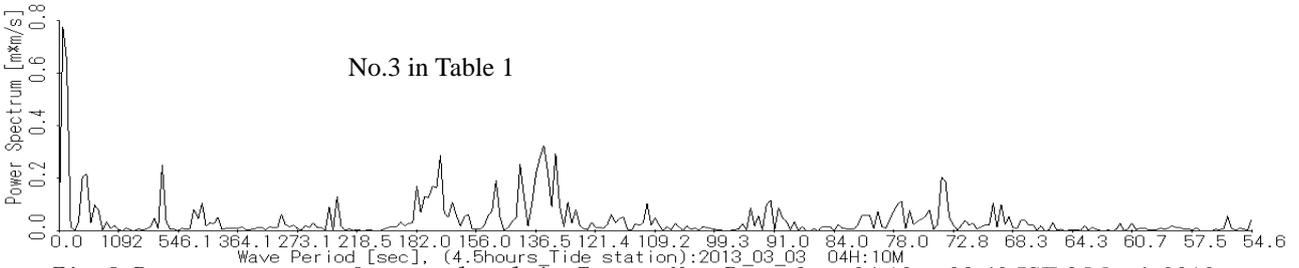


Fig. 8 Power spectrum of water level in Toyama New Port from 04:10 to 08:40 JST 3 March 2013

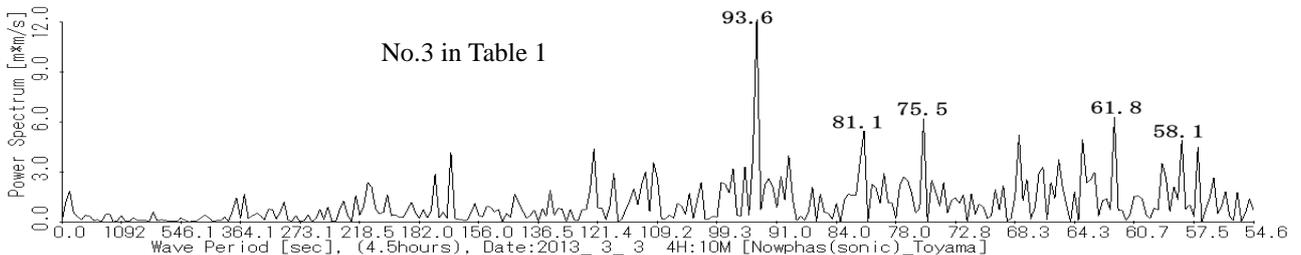


Fig. 9 Power spectrum of water level by NOWPHAS Toyama wave meter from 04:10 to 08:40 JST 3 March 2013

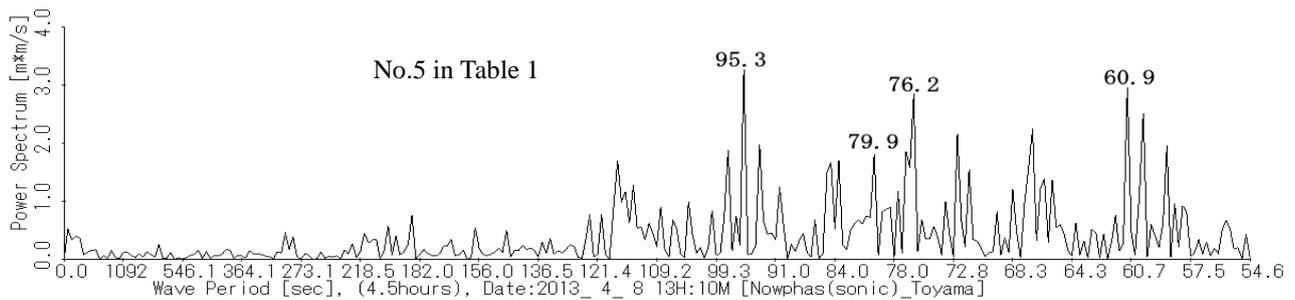


Fig.10 Power spectrum of water level by NOWPHAS Toyama wave meter from 13:10 to 17:40 JST 3 April 2013

Fig. 2, Fig. 3 の縦線は、有義周期 10 秒以上、有義波高 1m(2m)以上の波が侵入した時刻を示している。Fig. 2 より、富山湾沿岸の平均水位は、寄り回り波が侵入する数日前に低下し、その水位がもとに戻った頃に寄り回り波が侵入していることが分かる。これは、他のケースの場合も同様であった。次に、Fig. 3 より、富山湾に寄り回り波が富山湾に侵入する数時間前から富山湾沿岸の平均水位が約 30 分周期で変動していることが分かる。この 30 分周期の水位変動についても、Table 1 における全てのケースで確認できた。さらに、Fig. 4 から寄り回り波が押し寄せしている時には、富山湾沿岸の平均水位が数分周期で変動していることが分かる。この数分周期の変動についても、全てのケースで確認することができた。

## 5. 水位観測データのフーリエ解析

平均水位の変動について調べるために、富山新港内の水位観測データと NOWPHAS 富山波浪計超音波センサによる観測データのフーリエ解析を行った。その結果を Fig. 5～Fig. 10 に示す。これらの図から次のことが確認できる。

- (1) 約 30 分周期の水位変動は、NOWPHAS 富山波浪計の地点(岩瀬海岸の 2.4km 沖)よりも、富山新港内の方が大きく、その周期は同じ(1638 秒)であった。
- (2) 約数分周期の水位変動については、富山新港内よりも岩瀬海岸の 2.4km 沖の方が数倍大きく、その周期は、両者で大きく異なっていた。

約 30 分周期の変動については、寄り回り波が数日前に水位が低下し、その後数 10cm 上昇する過程で、富山湾の海水が副振動していると考えられる。また、数分周期の水位変動について、約 95 秒、約 80 秒、約 61 秒周期の変動は、Table 1 の全てのケースで確認されており、これら変動については、海底谷内の海水が副振動していると考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、2013 年 1 月から 4 月の富山新港内水位観測所(水圧センサ)と NOWPHAS 富山波浪計(超音波センサ)による観測データを解析して、富山湾へのうねり性波浪(寄り回り波)侵入に伴う水位変動について調べた。その結果、次のことが分かった。

- (1) 寄り回り波が富山湾に侵入する前に発生する約 30 分周期の水位変動は、富山湾内の副振動であり、これは数日前に富山湾沿岸の平均水位が低下し、その後上昇する過程で生じていると考えられる。
- (2) 寄り回り波の侵入中に生じる数分周期の水位変動については、富山新港内と岩瀬沖で周期が異なっており、その波高は、富山新港内よりも岩瀬沖の方が数倍大きく、岩瀬沖の約 95 秒周期の変動は全てのケースで確認されたことから、寄り回り波の侵入による海底谷内の副振動であると考えられる。さらに、海岸で観測される数分周期の水位変動は、サーフビートとして広く知られているが、このサーフビート発生の主要な原因は、うねりの侵入により海底谷のような海底地形で生じる副振動である可能性がある。

今回は、富山新港内と岩瀬海岸の 2.4km 沖の水位観測データを用いて解析したが、水位観測地点を増やし、また造波水槽における実験や数値シミュレーション等を行い、うねり性波浪と長周期波動(数分周期の水位変動)の関係について調べることは、今後の課題である。

## 参考文献

- (1) 吉田清三：富山湾の海難と寄り回り波, 海難防 止資料, pp. 34-38, 1987. 3.
- (2) 河合雅司・門村英城：寄り回り波・津波の予報 に関する基礎研究, 日本航海学会論文集, 第 125 号, pp. 129-135, 2011. 9.
- (3) 村上和男：最小自乗法による潮汐・潮流の調和 分解とその精度, 運輸省港湾技術研究所港湾技 研資料, No. 369, 1981. 3.