

## 吉見湾の潮汐予報

森本昭彦\*<sup>1</sup>・下川伸也\*<sup>1</sup>

### Tidal prediction in Yoshimi Bay, Shimonoseki

Akihiko Morimoto\*<sup>1</sup> and Shin-ya Shimokawa\*<sup>1</sup>

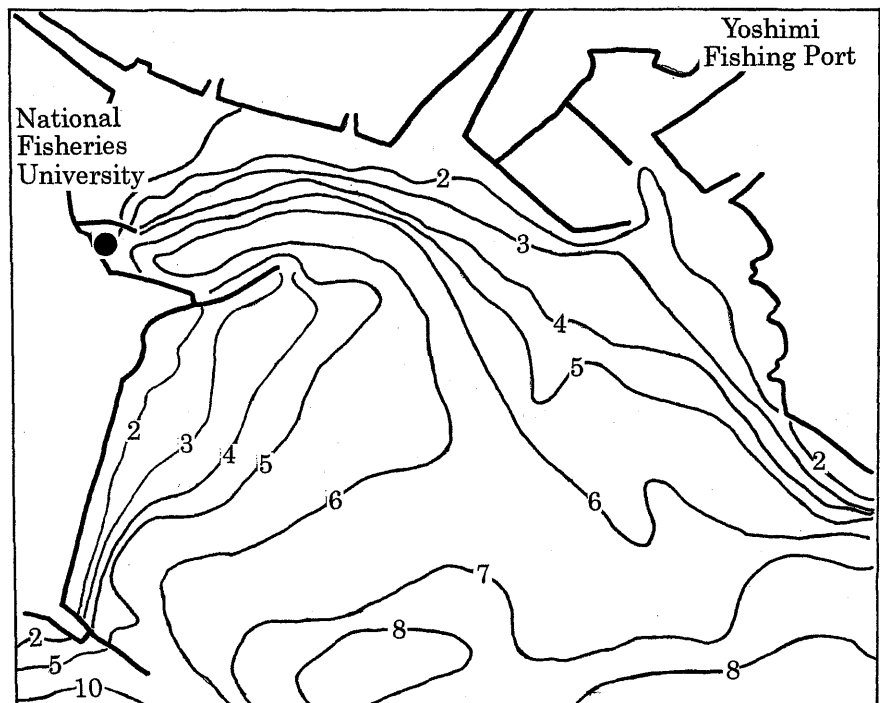
In order to predict the tide in Yoshimi Bay, sea level measurements were carried out at a pier of the National Fisheries University for about 1 month. The tidal harmonic constants of 6 constituents ( $M_2$ ,  $S_2$ ,  $O_1$ ,  $K_1$ ,  $N_2$ ,  $Q_1$ ) are estimated by harmonic analysis. The tidal type in Yoshimi Bay indicates a mixed tide. Using harmonic constants of 6 tidal constituents, sea level in Yoshimi Bay can be accurately predicted at any time.

#### 1 はじめに

水産大学の南方前面に広がる山口県下関市吉見湾は東西約900m、南北約850mの響灘に面した小さな湾である (Fig.1)。同大学は多くの実験・実習艇やカッターなど

の舟艇類を保有しており、その維持・管理のため、これらの舟艇類を舟艇管理棟内へ頻繁に出し入れしている。それらの作業を効率良く行うためには、舟艇管理棟前面の任意時刻における潮位を予報する必要がある。現在、吉見湾の潮位は直接推定することができないため、北九州市八幡港の予報潮位から吉見湾の北方約2マイルに位置する吉母漁

Fig. 1. Bathymetry of Yoshimi Bay. ● denotes a observation point of sea level measurement. Numbers show the water depth in meters.



2001年10月12日受付. Received Oct, 12, 2001.

\*1 水産大学海洋生産管理学科 (Department of Fishery Science and Technology, National Fisheries University).

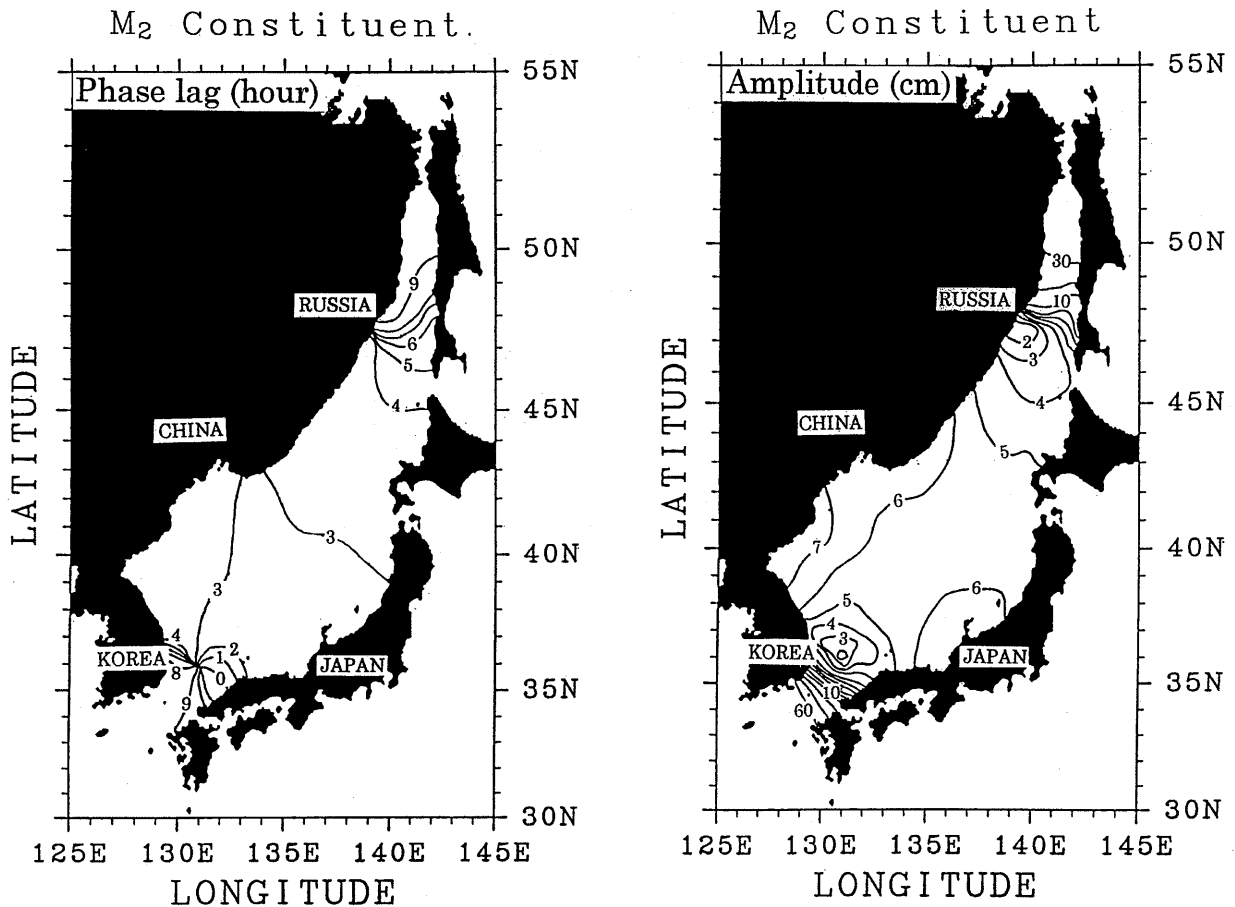


Fig. 2. Co-tidal and co-range charts of M<sub>2</sub> tidal constituent in the Japan Sea calculated from satellite altimetric data.

港における補正値を適用して吉見湾の潮位を推測している。しかし、人工衛星海面高度計データから計算し作成した日本海の等潮時図、等潮差図<sup>1)</sup>をみると (Fig. 2)、日本海の入り口にあたる響灘の潮汐は対馬海峡の無潮点と急激に減少する潮汐振幅のため、非常に複雑な様相を呈していることがわかる。それゆえ、舟艇の維持管理だけでなく、吉見湾での調査、研究を行ううえでは、補正値を用いた水位予測でなく、正確な水位変動を予測する必要がある。

本研究では、水産大学校前の棧橋に水位計を設置し、観測された水位データから潮汐調和定数を推定し、任意時刻の潮位を予測するシステムを構築することを目的とする。

## 2 観測データ

水位観測は日本エレクトリックインスルメント社のWL-105T水圧式水位計を用いて行った。水位計は水産大学校棧橋の海底上65cmに設置し (Fig. 1)、データはリアルタイムで舟艇管理棟内の水位変換器へ送られ、1分毎のデータがパソコンに記録される。なお、この水位計は舟艇管理

棟内に設置されている気象観測装置の一部であり、水位データの他に、風速、風向、気圧、気温及び湿度も同時に記録されている。

今回の解析では2001年5月30日から7月2日までの約1ヶ月のデータを使用した。データは1分毎に記録されているが、潮汐調和定数を推算するうえでノイズとなる時間スケールの短い水位変動をある程度除去するため、5つのデータを平均し、5分間の平均値として使用した。

## 3 調和解析

海洋の潮汐は月と太陽の起潮力によって起こる。この起潮力によって起こる潮汐は多くの規則正しい潮汐に分けることができる。この分けられた一定の周期、振幅を有する潮汐は分潮と呼ばれ、各分潮の周期は既知である。よって、水位計により観測された時刻  $t$  の水位  $\eta(t)$  は以下のように表すことができる。

$$\eta(t) = Z + \sum_i f_i A_i \cos(\omega_i t - \theta_i + u) + \varepsilon \quad (1)$$

ここで、 $A_i$ 、 $\theta_i$ 、 $\omega_i$  はそれぞれ各分潮の振幅、位相、角

Tides	Period (hours)
M <sub>2</sub> (主太陰半日周潮)	12.42
S <sub>2</sub> (主太陽半日周潮)	12.00
O <sub>1</sub> (主太陰日周潮)	25.82
K <sub>1</sub> (日月合成日周潮)	23.93
N <sub>2</sub> (主太陰楕円潮)	12.66
Q <sub>1</sub> (主太陰楕円潮)	26.87

Table 1. Tidal periods of 6 tidal constituents.

Tides	Amplitude (cm)	Phase (deg.)
M <sub>2</sub>	35.2	282.98
S <sub>2</sub>	12.6	300.44
O <sub>1</sub>	12.9	266.21
K <sub>1</sub>	14.7	281.28
N <sub>2</sub>	6.6	291.03
Q <sub>2</sub>	3.2	262.81

Table 2. Estimated tidal harmonic constants of 6 tidal constituents.

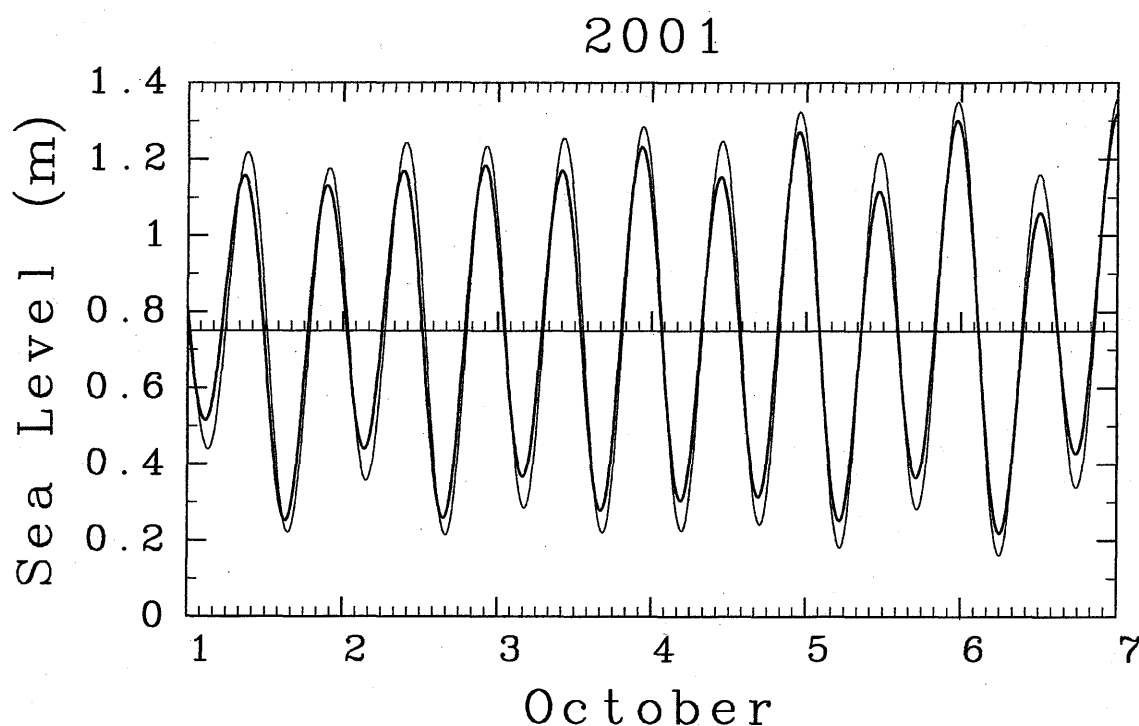


Fig. 3. Predicted sea levels in Yoshimi Bay (thick line) and Yahata (thin line) from October 1 to October 6, 2001.

振動数を表し、 $f_i$ 、 $u_i$ はそれぞれ各分潮の天文因数、天文引数でありあらかじめ計算することができる量である<sup>2)</sup>。また、 $Z$ は観測期間の平均海面、 $\varepsilon$ は潮汐変動以外の水位変動である。各分潮の振幅、位相は場所に固有なものであり、潮汐調和定数と呼ばれている。つまり、この潮汐調和定数を推算すれば任意時刻の潮汐を予報することが可能である。

分潮の数は非常に多く、主要な港湾においては60分潮の調和定数を用い潮汐予報が行われている。より正確な潮汐予報を行うためにはより多くの分潮の調和定数を推算する必要があるが、今回は観測期間が1ヶ月と短いため、この

データから推算可能なTable 1に示す6分潮(M<sub>2</sub>、S<sub>2</sub>、O<sub>1</sub>、K<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、Q<sub>1</sub>)について調和定数を推算した。調和定数の推算は約1ヶ月の5分平均水位データを用い、最小自乗法により行った。

#### 4 結果

推算した6分潮の調和定数をTable 2に示す。吉見湾ではM<sub>2</sub>分潮の振幅が最も大きく35.2cmであった。この値は対馬海峡付近の値に比べると半分程度であるが、日本海のM<sub>2</sub>分潮の振幅(約5cm)に比べればかなり大きな値であ

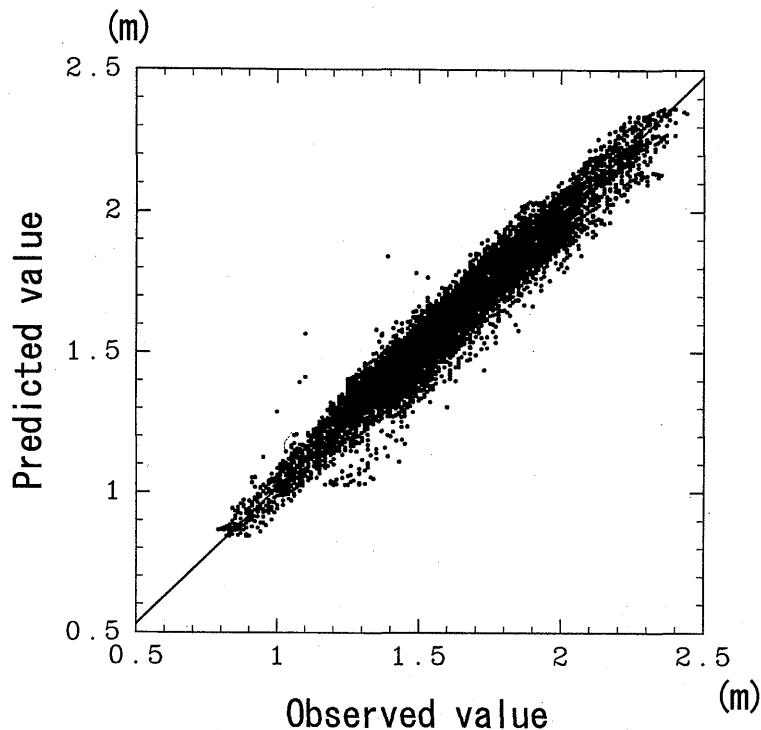


Fig. 4. Scatter plot of observed and predicted sea levels.

る。また、潮汐変化のタイプを知るため以下に示す値を計算した。

$$F = (K_1 + O_1) / (M_2 + S_2)$$

ここで分潮名は各分潮の振幅を示し、 $F < 0.25$ ならば半日周潮型、 $F = 0.25 \sim 1.25$ ならば混合潮型、 $F > 1.25$ ならば日周潮型を示すとされている<sup>3)</sup>。この値を計算すると $F = 0.57$ となり、吉見湾の潮汐は混合潮型であることがわかる。つまり、吉見湾の潮汐は月が赤道近くにあるときは半日周潮型、遠くにあるときは日周潮型の潮汐となる。また、日本海の潮汐は日周潮型、対馬海峡の潮汐は半日周潮型であり、吉見湾の潮汐はそれらの中間のタイプとなっている。

Fig. 3にTable 2の調和定数より計算した吉見湾の予報潮位と、吉見の南南西約12マイルに位置する八幡港の予報潮位を示す。両者の位相は大凡一致しているが、振幅の差は大きいときで10cm程度あることがわかる。また、両者の位相差、振幅差は日によって異なっている。

はじめにも述べたが、これらの結果からも吉見湾が潮汐の空間変動が複雑な場所に位置していることがわかる。

次に潮汐予報値と実測値の比較を行った。Fig. 4に予報値と実測値の散布図及び両者の回帰直線を示す。実測値と予報値はほぼ一対一対応しているが、両者の間には4 cm程度のバイアスがあり、予報値の方がすこし大きめの値を示している。なお、相関係数は0.97であった。回帰直線から外れた場所にいくつか点が分布しているが、これは気象

変動や潮汐以外の海洋変動による水位変動があるためである。今回は使用したデータ期間が短いため、6分潮の調和定数から予報値を計算しているが、それにも関わらず、上記のような精度で水位予報ができるということは、本研究で得られた調和定数を用いれば吉見湾の潮汐をかなりの精度で予報できることを示唆している。

## 5 潮汐予報システム

Table 2の調和定数を(1)式に代入すれば任意の時刻の潮位を予報することが可能である。本研究ではこれらの調和定数を用いて潮汐を予報し、その結果を出力するシステムを構築した。

潮汐予報システムは潮位予報を行いたい年月日時と予報期間を入力することにより1分毎の水位を予報し、Fig.5に示すような潮汐の時系列とその期間の満潮・干潮の時刻(Table 3)をテキスト形式でファイルに出力するものである。出力される潮位は本観測期間中の平均水面下75cmを基準にしたものである。Fig.5及びTable 3は2001年10月1日から6日間の出力結果である。この計算プログラムはFortran77で書かれており、作図は地球電脳ライブラリを用いた。地球電脳ライブラリはフリーで配布されており、UNIX・Linux及びWindows版がある。Windowsでこのプログラムを実行するためには市販のFortranコンパイラ

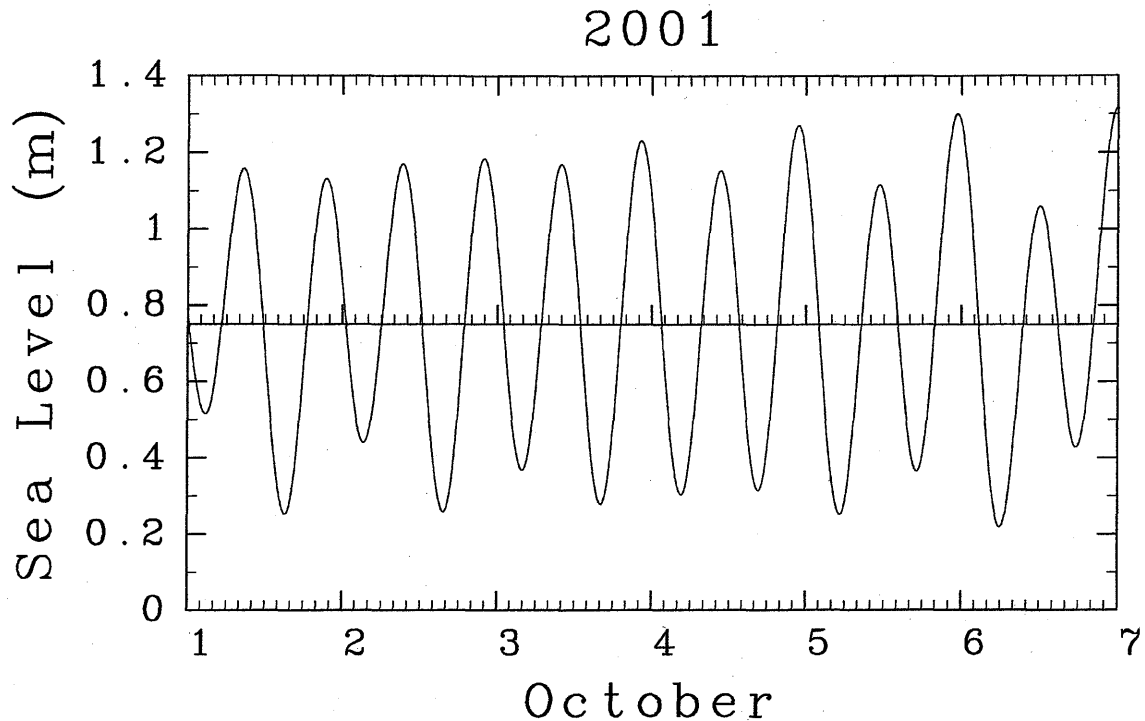


Fig. 5. Predicted sea level variation from October 1 to October 6, 2001.

が必要となるが、Linux上で動かす場合Fortranコンパイラもフリーのg77を用いればすべてフリーソフト上で実行できる。

## 6 おわりに

本研究では水産大学校前の栈橋に水位計を設置し水位観測を行い、下関市吉見湾の6分潮の潮汐調和定数を推算し、潮汐予報システムを構築した。観測期間における実測値と予報値は良く合っているが、今回推算した調和定数を用いて冬季の潮位を推算した場合、満潮・干潮時刻はある程度正確に予報できるが、水位の絶対値は実測値よりも20cm程度高く予報してしまう可能性がある。これは今回の解析データが6月の1ヶ月間のものであり、主に海水の熱膨張・収縮による比較的振幅の大きい一年周期の変動（Sa分潮）を考慮していないためである。現在も水位観測は継続しており、一年間のデータが蓄積される2002年6月にはSa分潮を含む60分潮の潮汐調和定数を再度計算し、このシステムを更新する予定である。また、現在このシステムはFortranコンパイラを必要とするため、一部のパソコン上でのみ稼働している。今後は他のマシンにも移植しやすいシステムに改良する必要があるだろう。

本システムにより潮汐変動を予測できることは観測された水位データから潮汐変動を除去することが可能であるこ

Year	Month	Day	Hour	Minute	Sea Level (cm)
2001	10	1	2	43	51.52
2001	10	1	8	37	115.71
2001	10	1	15	07	25.28
2001	10	1	21	30	113.12
2001	10	2	3	19	44
2001	10	2	9	16	116.92
2001	10	2	15	36	25.88
2001	10	2	21	54	118.35
2001	10	3	3	55	36.79
2001	10	3	9	55	116.94
2001	10	3	16	06	27.89
2001	10	3	22	21	123.08
2001	10	4	4	33	30.35
2001	10	4	10	36	115.28
2001	10	4	16	36	31.47
2001	10	4	22	51	127.09
2001	10	5	5	13	25.21
2001	10	5	11	19	111.62
2001	10	5	17	07	36.53
2001	10	5	23	22	130.04
2001	10	6	5	57	21.85
2001	10	6	12	06	106.01
2001	10	6	17	42	42.79
2001	10	7	0	00	131.63

Table 3. Predicted sea levels and the time at high and low waters from October 1 to October 6, 2001.

とを意味している。舟艇管理棟内の気象観測装置は水位と気象データを同時に観測している。今後、潮汐以外の水位変動について気象データと併せて解析すれば吉見湾の水位変動特性をさらに明らかにできると考えている。

## 謝 辞

水位観測に際してご協力頂いた水産大学校海洋生産管理学科の佐藤教雄技官に感謝いたします。

## 文 献

- 1) A. Morimoto, T. Yanagi and A. Kaneko: J. Oceanogr., 56, 31-41 (2000).
- 2) 東海大学出版会: 海洋物理Ⅲ, P134. (1971).
- 3) 宇野木早苗: 沿岸の海洋物理学, P82. (1993).