

大阪湾の潮汐の 1/5 日周期成分[†]

佐藤 敏^{*1}, 熊谷 武^{*2}, 石田雄三^{*2}

Fifth diurnal tides in Osaka Bay[†]

Satoshi SATO^{*1}, Takeshi KUMAGAI^{*2}, and Yuzo ISHIDA^{*2}

Abstract

It is known that the oscillations of 5 cycles per day appear in sea level records in Osaka Bay. We examine whether such oscillations are predictable and the accuracy of tidal prediction is improved, if more compound tides, including fifth diurnal components, are used for the tidal harmonic analysis and prediction. As a result, we find that the fifth diurnal oscillations have the characteristics of the normal mode oscillation in the combined area of Osaka Bay and Kii Suido and they are predictable to some degree. But, the reduction of tidal anomalies in Osaka Bay is limited to a little extent, since the longer period oscillations contribute predominantly to tidal anomalies.

1 はじめに

海上保安庁と気象庁は験潮データを相互交換して業務に活用するとともに、それぞれのウェブサイトにおいてリアルタイムで公開している。

いずれのウェブサイトでも観測潮位だけではなく、推算潮位及び観測値と推算値との偏差も表示している。Fig.1 は、海上保安庁のウェブサイトで開催された 2015 年 6 月 15 日の大阪と神戸の験潮データのグラフである。大阪と神戸はともに気象庁が所管する検潮所のデータで、それぞれの検潮所の位置は Fig.2 に示した。

大阪と神戸の験潮データで特徴的なことは、観測潮位と推算潮位との偏差に 1 日に 5 回の山谷が存在する、つまり、おおよそ 1/5 日周期の振動が現れることである。1/5 日周期の振動はこの日に限って見られるのではなく、ほぼ毎日のように

潮位偏差に現れる。Isozaki (1968) は、日本沿岸の験潮データから 30 分潮で推算した天文潮成分を差し引いたデータについて周波数解析を行い、大阪湾及び紀伊水道では 1/5 日周期成分が大きなエネルギーピークを持ち、ついで 1/6 日周期成分に大きなピークがあることを示した。そして、1/5 日周期成分のエネルギーはその周期帯にある複合潮によるものであろうと推測している。

近澤・他 (2012) は気象庁の所管する日本沿岸の検潮所のうち長期間のデータが存在する 70 地点について観測潮位と推算潮位との偏差について標準偏差を求めてグラフ化している。そのグラフによると、大阪と神戸の標準偏差は全地点の平均 10.2 cm よりも 2 cm 以上大きい。大阪と神戸よりも標準偏差が大きいのは、黒潮流軸の変動に伴

[†] Received July 17, 2015; Accepted November 12, 2015

*1 技術・国際課 Technology Planning and International Affairs Division

*2 環境調査課 Environmental and Oceanographic Research Division

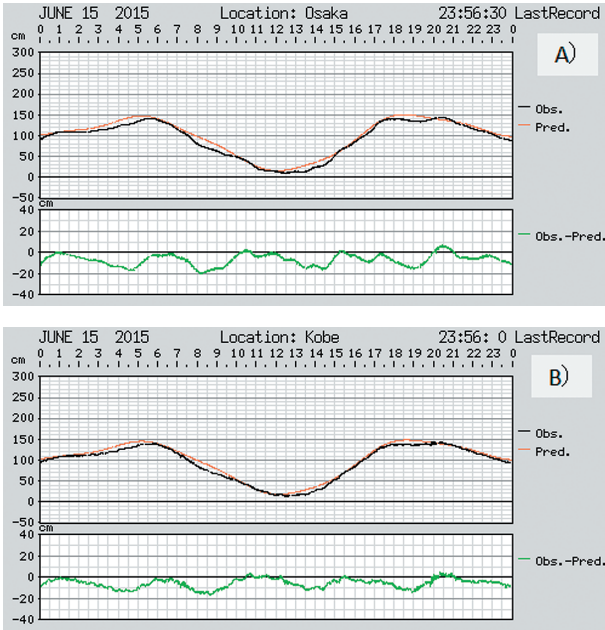


Fig. 1. Tidal curves at Osaka and Kobe on June 15, 2015. Courtesy of the Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard. A) Osaka, B) Kobe.

図 1. 海上保安庁海洋情報部のウェブサイトに掲載された2015年6月15日の大阪と神戸の潮位曲線. A) 大阪, B) 神戸.

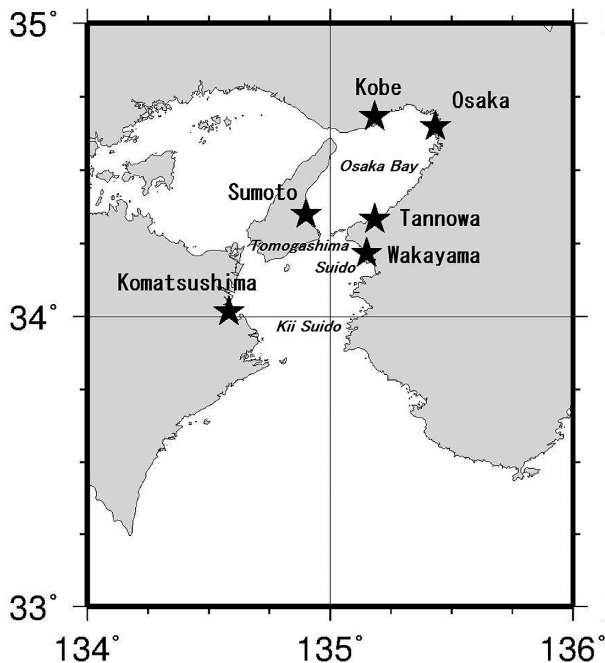


Fig. 2. Locations of tidal stations.

図 2. 潮汐観測地点.

い水位が変化する三宅島と浜名湖の中にある舞阪の特殊な環境にある2地点だけである。

現在、海上保安庁と気象庁の潮汐推算は Doodson (1928) に基づき、5 個の長周期成分、18 個の1日周期成分、18 個の半日周期成分、5 個の1/3日周期成分、7 個の1/4日周期成分、7 個の1/6日周期成分、計60分潮を用いて行っている。したがって、おおよそ5時間の1/5日周期成分は潮汐推算に含まれていない。

この論文では、現在よりも多くの複合潮成分を導入して潮汐推算を行うことにより、大阪湾に見られる1/5日周期成分を含む潮位変化の正確な予報が可能になるかどうか、そして、大阪湾における観測潮位と推算潮位の偏差を日本沿岸の他の地点並みに小さくすることができるかどうかを検討するものである。

2 111 分潮での潮汐推算

桑木野・熊谷 (1983) は、室蘭、芝浦、広島 の3地点において110分潮による潮汐調和分解を行って、その調和定数による推算を行い、38分潮(当時の潮汐表編集に使用していた分潮数)による推算値及び60分潮による推算値と比較することにより、分潮数を増やすことによって若干の推算精度向上が見込めることを示している。しかしながら、大阪湾においては、海上保安庁の験潮所がないため、分潮数増加の潮汐推算精度への影響についての検討は行われていない。

安田 (2006) は日本沿岸各地の験潮データの周波数解析を行い、1/3日、1/4日、1/5日、1/6日…付近にスペクトルのピーク群が現れ、分解能をあげると、それぞれの群の中で、天文潮の複合潮に相当する周波数に各々のピークがあることを示している。

この論文では、桑木野・熊谷 (1983) の110分潮を基本にして、注目する1/5日周期群について、周波数解析を行った結果、 M_5 潮と同程度のピークとなる MNO_5 、 $3MP_5$ 、 $3KM_5$ の3分潮を加え、1/7日周期群について $2MNO_7$ 、 $2MSO_7$ 、 $MSKO_7$ の3分潮を加え、一方、1/10日周期群と

Table 1. 111 tidal constituents used for tidal predictions. * denotes the constituents which are not included in 60 constituents adopted by Doodson (1928).

表 1. 潮汐予報に使用した 111 分潮. * は Doodson (1928) の 60 分潮に含まれていない分潮を示す.

constituent	angular velocity (degree/hour)	constituent	angular velocity (degree/hour)	constituent	angular velocity (degree/hour)	constituent	angular velocity (degree/hour)	constituent	angular velocity (degree/hour)
Sa	0.041069	2MN2S ₂ *	26.407938	K ₂	30.082137	MS ₄	58.984104	4MN ₆ *	87.496687
Ssa	0.082137	3MSK ₂ *	26.870175	MSV ₂ *	30.471521	MK ₄	59.066242	2MS ₆	87.968208
Mm	0.544375	3M2S ₂ *	26.952313	MSN ₂	30.544375	2MSN ₄ *	59.528479	2MK ₆	88.050346
MSf	1.015896	OQ ₂	27.341696	KJ ₂	30.626512	S ₄	60.000000	3MSN ₆ *	88.512583
Mf	1.098033	MNS ₂	27.423834	2SM ₂	31.015896	SK ₄	60.082137	MKL ₆ *	88.594720
2Q ₁	12.854286	MvS ₂ *	27.496687	SKM ₂ *	31.098033	MNO ₅ *	71.366869	2SM ₆	88.984104
σ ₁	12.927140	2N ₂	27.895355	MQ ₃ *	42.382765	3MK ₅ *	71.911244	MSK ₆	89.066242
Q ₁	13.398661	μ ₂	27.968208	MO ₃	42.927140	3MP ₅ *	71.993381	2MNO ₇ *	100.350974
ρ ₁	13.471515	SNK ₂ *	28.357592	2MP ₃ *	43.009277	M ₅ *	72.460261	2MSO ₇ *	101.911244
O ₁	13.943036	NA ₂ *	28.398661	M ₃	43.476156	MSO ₅ *	72.927140	MSKO ₇ *	103.009277
MP ₁	14.025173	N ₂	28.439730	SO ₃	43.943036	3MO ₅ *	73.009277	2(MN) ₈ *	114.847668
M ₁	14.492052	v ₂	28.512583	MK ₃	44.025173	MSK ₅ *	74.025173	3MN ₈ *	115.392042
λ ₁	14.569548	OP ₂	28.901967	2MQ ₃ *	44.569548	3KM ₅ *	74.107310	M ₈ *	115.936417
π ₁	14.917865	MA ₂ *	28.943036	SK ₃	45.041069	2(MN)S ₆ *	84.847668	2MSN ₈ *	116.407938
P ₁	14.958931	M ₂	28.984104	2MNS ₄ *	56.407938	3MNS ₆ *	85.392042	3MS ₈ *	116.952313
S ₁	15.000000	MB ₂ *	29.025173	3MK ₄ *	56.870175	4MK ₆ *	85.854280	3MK ₈ *	117.034450
K ₁	15.041069	MKS ₂	29.066242	3MS ₄ *	56.952313	4MS ₆ *	85.936417	MSNK ₈ *	117.505971
ψ ₁	15.082135	λ ₂	29.455625	MN ₄	57.423834	2MSNK ₆ *	86.325801	2(MS) ₈ *	117.968208
φ ₁	15.123206	L ₂	29.528479	Mv ₄ *	57.496687	2MN ₆	86.407938	2MSK ₈ *	118.050346
θ ₁	15.512590	2SK ₂ *	29.917863	2MSK ₄ *	57.886071	2Mv ₆ *	86.480792		
J ₁	15.585443	T ₂	29.958933	M ₄	57.968208	3MSK ₆ *	86.870175		
SO ₁	16.056964	S ₂	30.000000	SN ₄	58.439730	M ₆	86.952313		
OO ₁	16.139102	R ₂	30.041067	3MN ₄ *	58.512583	MSN ₆	87.423834		

1/12 日周期群の 5 分潮は除外して、合計 111 分潮での調和分解とその調和定数による潮汐推算を行うことにした。1/10 日周期成分等の除外は、調和分解に使用する観潮毎時データが気象庁においてローパスフィルタにより平滑化され、該当する短い周期の成分が既に除去されていることによる。

使用した 111 分潮とその角速度を Table 1 に示す。また、2012 年 1 月 1 日から 369 日の毎時データを用いて求めた大阪と神戸の調和定数のうち、振幅の大きい順に 20 位までの分潮を Table 2 に示す。大阪の振幅の上位 20 位には 1/5 日周期成分から 4 つの分潮が、神戸では 3 つの分潮が入っており、大阪湾では 1/5 日周期の振動が定常的に存在していることを示している。

Fig. 3 は、2009 年 5 月 15、16 日について神戸の 111 分潮の調和定数による推算潮位と潮汐表編

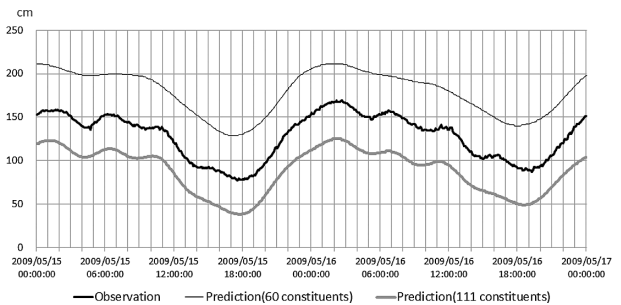


Fig. 3. Comparison of tidal observations and predictions based on 60 tidal constituents and 111 tidal constituents at Kobe on May 15 and 16, 2009. Each tidal curve is drawn with 45 cm interval of reference level.

図 3. 神戸における観測潮位と 60 分潮及び 111 分潮による推算潮位との比較 (2009 年 5 月 15、16 日)。潮位曲線は 45 cm ずつ基準をずらして描画。

集に使用している 60 分潮による推算潮位及び観測潮位との比較を行ったものである。60 分潮で

Table 2. Top 20 constituents of large amplitudes at Osaka and Kobe. * denotes the same as Table 1.

表2. 大阪と神戸の振幅の大きい上位20位までの分潮. *は表1.に同じ.

	Osaka		Kobe	
	Constituent	Amplitude (cm)	Constituent	Amplitude (cm)
1	M ₂	30.02	M ₂	28.51
2	K ₁	26.17	K ₁	25.78
3	O ₁	19.80	O ₁	19.53
4	S ₂	17.03	Sa	17.22
5	Sa	16.44	S ₂	16.30
6	P ₁	7.92	P ₁	7.73
7	N ₂	6.33	N ₂	6.06
8	K ₂	4.36	μ ₂	4.22
9	μ ₂	4.24	K ₂	4.20
10	Q ₁	3.75	Q ₁	3.73
11	Ssa	3.18	Ssa	2.95
12	3MO ₅ *	2.74	Mf	2.44
13	Mf	2.56	3MO ₅ *	2.28
14	MSO ₅ *	2.46	MSO ₅ *	2.03
15	2MS ₆	2.10	MO ₃	1.70
16	3MK ₅ *	1.88	2MS ₆	1.61
17	M ₆	1.83	3MK ₅ *	1.56
18	MO ₃	1.77	M ₆	1.43
19	MSK ₅ *	1.44	Mm	1.41
20	Mm	1.43	M ₄	1.36

は表現されない5時間程度の周期の潮位変動が111分潮では表現されることが示されている.

3 潮汐推算精度の比較

潮汐推算精度を比較するために、大阪及び神戸の2地点と、近澤・他(2012)が瀬戸内海の中で潮位偏差の標準偏差が小さいと見積もっている松山の合計3地点について、2012年1月1日から369日間のデータで算出した60分潮と111分潮の調和定数を用いて潮汐推算を行い、2009年から2013年までの5年間について潮位偏差の標準

Table 3. Standard deviations of differences of tidal observations and predictions at Osaka, Kobe and Matsuyama. A: Predictions are made by 60 constituents, B: Predictions are made by 111 constituents.

表3. 大阪, 神戸, 松山の潮位偏差の標準偏差. A: 60分潮で推算した場合, B: 111分潮で推算した場合.

		2009	2010	2011	2012	2013	Mean
Osaka	A (cm)	11.34	10.96	11.67	9.72	12.82	11.30
	B (cm)	10.77	10.43	11.10	8.98	12.36	10.73
	B/A	0.95	0.95	0.95	0.92	0.96	0.95
Kobe	A (cm)	10.86	10.52	11.37	9.47	12.44	10.93
	B (cm)	10.43	10.16	10.98	8.94	12.11	10.52
	B/A	0.96	0.97	0.97	0.94	0.97	0.96
Matsuyama	A (cm)	9.19	8.99	8.54	7.67	10.51	8.98
	B (cm)	9.17	9.03	8.53	7.55	10.53	8.96
	B/A	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00

偏差を求めた (Table 3). ここでは1年ごとに平均水位を計算して標準偏差を求めているので、近澤・他(2012)の標準偏差と比べると幾分小さな数値になっていると思われる. なお、3地点とも気象庁所管の検潮所であり、気象庁が作成した毎時潮位データを日本海洋データセンターから入手した.

松山では60分潮でも111分潮でも標準偏差はほぼ同じであるが、大阪と神戸では111分潮での推算潮位と観測潮位との標準偏差は60分潮の場合に比べ、4-5%だけ小さくなる. つまり、1/5日周期成分等の分潮を増やしたことによる推算精度の向上は若干にとどまると言える.

若干の改善にとどまったことは、潮位偏差が1日程度あるいはそれより短い周期の潮汐変動よりも、長周期の変動による寄与が極めて大きいことが考えられるので、1日程度以下の潮汐周期の予報精度について分潮数を増やした効果を調べることにした.

潮位の25時間平均値を長周期変動分と考えて、それを除いた部分について比較を行った. 観測潮位から25時間移動平均値を引いた残差と、推算潮位から25時間移動平均値を引いた残差との差の標準偏差を大阪, 神戸, 松山の60分潮と111分潮の場合について比較することにした. その結果をTable 4に示した. 60分潮での推算に

よる標準偏差と111分潮によるものとを比較すると、松山ではほとんど差はないが、1/5日周期の振動が見られる大阪と神戸では20%以上標準偏差が小さくなっており、1日程度以下の潮汐について、ある程度は推算精度が向上したと言える。ただし、標準偏差の値自体について、111分潮の場合、神戸の5年間の平均値3.63 cmは、松山の3.37 cmに近い値となるが、松山の大潮差が2.6 mで神戸が0.9 m（国立天文台、2006）なので、潮位変化の大きさと比較した場合、神戸の標準偏差は松山に比べるとかなり大きな値だと言える。

また、Table 4で大阪と神戸の各年の標準偏差を見ると、60分潮の場合は年ごとの違いがあまりないのに対し、111分潮で計算した場合は、調和分解を行った2012年の標準偏差の値が他の年に比べてかなり小さくなっていることに気づく。

また、松山でも2012年の111分潮による標準偏差は、60分潮に比べて小さくなっている。これは、新たに加えた分潮が、年によって変化する可能性があることを示唆しているものである。

以上をまとめると、分潮数を60から111分潮に増やすことにより、大阪湾の1日程度以下の周期の変動の潮汐推算精度はある程度高まる。しかしながら、潮位偏差全体については長周期成分による寄与が大きいいため、分潮を増やしたことによ

る潮位偏差への影響は極めて限られることになる。

4 大阪湾の1/5日周期の潮位変動

大阪湾に4-5時間（1/6-1/5日）程度の周期の潮位変動が存在することは古くから知られている。Honda et al. (1908)は、大阪湾の4地点における潮汐観測の結果、260-310分（4.33-5.17時間）の周期の振動が見られることを報告し、大阪湾を囲むように位置する4地点でのその振動の位相がほぼ同じことから由良瀬戸（友ヶ島水道）を節とする固有振動であろうと考えた。固有振動周期を270分（4.5時間）と試算し、その周期と観測した周期がよく合致していると記している。寺田・山口（1925）は、「大阪湾の潮汐には4, 5時間程度の周期の波が重なって、不規則な形をするのが常である」と述べている。

高谷（1930）は、大阪湾の2地点での4年間の験潮データについて6時間よりも短い周期の変動について調べ、65.2分、117.6分、272.9分（4.55時間）を平均周期とする振動が見られるとし、272.9分を平均周期とする振動は、由良海峡（友ヶ島水道）を節とする大阪湾の固有振動だとしている。日高孝次がセイシュに関する「おびただしい論文」（宇野木、1959）を発表するのはこの翌年の1931年からであり、閉じた湾としての大阪湾の固有振動についても論文を発表している（日高、1931, 1937）。

和達（1938）は、友ヶ島水道を節とする固有振動について、大阪湾を20の区画に分けて1次元の数値積分を行い、その周期を240分（4.0時間）と算出した。さらに、1937年1-6月の大阪の験潮データから40分から290分までの周期の振動を抽出し、周期ごとの出現頻度をグラフにして240分周期に頻度のピークがあることを示した。290分（4.83時間）までの周期の振動に限って出現頻度をカウントすることは、Fig. 3に示したように大阪湾の験潮データに5時間程度の周期の振動がよく見られることを考えれば、いささか作為的ではないかとも思えるが、この結果が広く

Table 4. Standard deviations of differences of high filtered data (with 25 hours running mean) of tidal observations and predictions at Osaka, Kobe and Matsuyama. A: by 60 constituents, B: by 111 constituents.

表 4. 25時間平均で取りだした大阪、神戸、松山の短周期潮位偏差と60分潮(A)と111分潮(B)の推算値との差の標準偏差。

		2009	2010	2011	2012	2013	Mean
Osaka	A (cm)	5.52	5.49	5.42	5.35	5.33	5.42
	B (cm)	4.20	4.32	4.05	3.82	4.06	4.09
	B/A	0.76	0.79	0.75	0.71	0.76	0.75
Kobe	A (cm)	4.80	4.75	4.69	4.60	4.61	4.69
	B (cm)	3.72	3.82	3.62	3.37	3.60	3.63
	B/A	0.78	0.80	0.77	0.73	0.78	0.77
Matsuyama	A (cm)	3.76	3.72	3.22	3.11	3.26	3.41
	B (cm)	3.73	3.81	3.18	2.82	3.31	3.37
	B/A	0.99	1.02	0.99	0.91	1.02	0.99

受け入れられ、友ヶ島水道を節とする大阪湾の固有振動周期は240分と認識されるようになる。なお、友ヶ島水道を節とする固有振動周期については他に、中村・ルーミス(1980a)は4.49時間と試算し、柳(1989)は3.9時間としている。

1950年のジェーン台風の高潮が近畿地方に大きな被害を与えたため、高潮との関連で大阪湾の4-5時間周期の振動が報告され、それにより、大阪湾の固有振動は新たな展開を迎えることとなる。岩田(1951)は大阪湾を含む各地の台風通過前後の験潮データを示しているが、そこに示されている大阪湾北部の潮位変動について、永井(1951)は240-270分(4.0-4.5時間)の周期の振動が明瞭に見られるとし、宮崎(1951)は310分(5.17時間)周期の振動が見られるとした。

宮崎(1951)は、大阪湾に同位相で現れた310分の周期の振動が和達(1938)が示した周期240分よりもかなり長いから、友ヶ島水道を節とする固有振動では説明できないとした。そして、紀伊水道の影響を考慮することによって、周期の長い固有振動解が得られるのではないかと考えた。幅がやや狭く、水深の浅い(水深27m)水路である大阪湾に広く深い(水深55m)水路の紀伊水道が連なった水路のモデルを考え、紀伊水道の入り口を節とする固有振動の周期を計算したところ、周期315分(5.25時間)の解を得て、ジェーン台風後の周期310分の振動とよく一致するとした。

近年でも高潮後の振動について、比屋定・他

(2011)は、1990年以降の大阪湾での顕著な高潮10例について、いずれも4-5時間周期の振動が発生していたとしている。

なお、紀伊水道の入り口を節とする固有振動の周期について、Isozaki(1968)は300分(5.00時間)、中村・ルーミス(1980b)は7.34時間、小西(2001)は306分(5.10時間)としている。

以上から、高潮の後に発生する大阪湾の1/5日(5時間)程度の周期の潮位変動については、紀伊水道の入り口を節とする固有振動であると現在考えられている。

5 1/5日周期の複合潮の性質

大阪湾と紀伊水道に面する6地点(大阪、神戸、淡輪、洲本、和歌山、小松島)について、2012年1月1日から369日のデータを用いて算出した1/5日周期の卓越成分である $3M_{5s}$ 、 MSO_{5s} 、 $3MK_{5s}$ 、 MSK_{5s} の4分潮の調和定数をTable 5に、1/6日周期成分の卓越成分である M_6 及び $2MS_6$ の調和定数をTable 6に示した。6地点とも気象庁所管の験潮所であり、気象庁が作成した毎時潮位データを日本海洋データセンターから入手し調和分解を行った。

1/5日周期の分潮の調和定数を見ると、いずれの分潮も振幅については湾奥の大阪、神戸で大きく、大阪湾内の淡輪、洲本において小さくなり、さらに紀伊水道の和歌山と小松島で減少しており、紀伊水道の入り口に近づくにつれて徐々に振幅が小さくなっている。これは紀伊水道の入り口

Table 5. Amplitudes and phase lags of fifth diurnal constituents at Osaka, Kobe, Tannowa, Sumoto, Wakayama, and Komatsushima.

表5. 大阪、神戸、淡輪、洲本、和歌山、小松島の1/5日周期成分の振幅と遅角。

Constituent	$3M_{5s}$		MSO_{5s}		$3MK_{5s}$		MSK_{5s}	
	Amplitude (cm)	Phase lag (degree)	Amplitude (cm)	Phase lag (degree)	Amplitude (cm)	Phase lag (degree)	Amplitude (cm)	Phase lag (degree)
Osaka	2.74	10.13	2.46	357.04	1.88	331.42	1.44	43.18
Kobe	2.28	9.02	2.03	355.99	1.56	329.89	1.20	42.55
Tannowa	1.97	5.36	1.76	353.11	1.37	327.06	1.03	39.08
Sumoto	1.74	9.85	1.54	356.34	1.18	331.24	0.89	44.44
Wakayama	1.21	6.09	1.03	353.24	0.78	326.10	0.58	40.46
Komatsushima	0.83	24.16	0.69	10.54	0.52	345.66	0.41	62.19

Table 6. Amplitudes and phase lags of sixth diurnal constituents at Osaka, Kobe, Tannowa, Sumoto, Wakayama, and Komatsushima.

表 6. 大阪, 神戸, 淡輪, 洲本, 和歌山, 小松島の 1/6 日周期成分の振幅と遅角.

Constituent	M_6		$2MS_6$	
	Amplitude (cm)	Phase lag (degree)	Amplitude (cm)	Phase lag (degree)
Osaka	1.83	194.02	2.10	231.97
Kobe	1.43	193.19	1.61	231.03
Tannowa	1.13	181.95	1.27	219.61
Sumoto	0.92	177.51	1.01	214.56
Wakayama	0.80	148.25	0.88	185.38
Komatsushima	0.63	136.57	0.70	172.74

を節とする固有振動の性質と一致する。また、位相についても小松島を除く 5 地点はほぼ同位相であり、小松島は位相が遅れるが、湾奥に向かって右側に位置する和歌山と淡輪がやや位相が早いこととあわせてみると、反時計回りに位相が進行していることになり、コリオリ力を考慮すれば紀伊水道の入り口を節とする固有振動として説明できる位相の進行になっている。

一方、1/6 日周期の分潮については、湾奥の振幅に対する淡輪及び洲本の大阪湾南部に位置する検潮所の振幅比は 1/5 日周期に比べて小さくなっており、これは 1/5 日周期よりも波長が短い固有振動である可能性を示しているが、位相を見ると、紀伊水道から湾奥に向かって進行するような位相になっており、1/6 日周期の分潮が 4 時間周期の友ヶ島水道を節とする固有振動の性質を示しているとは言いがたい。

6 まとめ

近澤・他 (2012) は、日本沿岸 70 地点の潮位偏差の標準偏差を計算し、大阪湾の湾奥に位置する大阪及び神戸の標準偏差が平均よりもかなり大きいことを示した。標準偏差が平均よりも大きいことが、大阪湾に現れる 1/5 日周期の潮汐成分で一部は説明できるのではないかと筆者は考え、1/5 日周期成分の分潮を含んだ調和分解を行い、その調和定数に基づく潮汐推算を行った。

その結果、1/5 日周期成分についてある程度の

精度で予報可能であることを示したが、それにより潮位偏差を小さくすることはできなかった。これは潮位偏差の多くが気象や海況の変動によるものであり、それらに比べると潮汐推算の精度向上が及ぼす影響は極めて限定的なためである。

また、1/5 日周期成分の潮汐推算も十分高い精度で行われているとは言いがたい。1/5 日周期は紀伊水道の入り口を節とする固有振動の周期と近接することから、潮汐あるいは潮流にかかわる何らかのメカニズムにより固有振動の性質を備えた振動が定常的に発生していると考えられるが、気象の変化等の他の外力によっても固有振動は発生するものであり、この周期の潮位変動がランダムな位相で重畳されるため、潮汐に起因する 1/5 日周期成分の調和定数を高精度に算出し、高精度で潮汐予報を行うことは困難であると考えられる。

謝 辞

大阪湾の固有振動に関する文献の入手に尽力いただいた国会図書館支部海上保安庁図書館海洋情報部分館の杉山栄彦氏と細川雪氏に感謝します。

文 献

- Doodson, A. T. (1928) The Analysis of Tidal Observations, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, 227, 223–279.
- 日高孝次 (1931) 大阪湾の縦式単節静振に就て, 海と空, 11, 8, 179–186.
- 日高孝次 (1937) 大阪湾の自由振動, 海と空, 17, 7, 271–283.
- 比屋定弘康・大久保沙貴・高佐重夫・小橋川豊・遠峯勉・西村文男・大門秀志・板垣真資・福田美奈・坂地忠・田口幸輝・江上浩樹・鈴木博樹・野崎太 (2011) 歴史的潮位データの作成及び高潮の再評価, 測候時報, 78, 特別号, S1–S32.
- Honda, K., T. Terada, Y. Yoshida, D. Ishitani (1908) Secondary Undulations of Oceanic Tides, Journal of the College of Science, Imperial Univer-

- sity, Tokyo, Japan, 24, 1-113.
- 岩田憲幸 (1951) ジェーン台風時の高潮, 水路要報, 26, 315-322.
- 国立天文台 (2006) 理科年表, 第 80 冊, 1030 pp., 丸善, 東京.
- 小西達男 (2001) 瀬戸内海の潮位の長期変動及び湾・灘の固有振動, 海の気象, 47, 1, 22-30.
- 近澤昌寿・橋口祥治・大久保沙貴 (2012) 日本沿岸における潮位偏差の地域性及び季節性について, 測候時報, 79, 特別号, S1-S 24.
- 桑木野文章・熊谷武 (1983) 潮汐の調和定数と予報精度, 水路部研究報告, 18, 65-81.
- 宮崎正衛 (1951) 大阪湾沿岸の高潮について, 海洋報告, 2, 2, 9-20.
- 永井莊七郎 (1951) ジェーン台風による大阪湾諸港に於ける異常高潮について, 土木学会誌, 36, 9, 405-409.
- 中村重久・H.G.ルーミス (1980a) 大阪湾の固有振動と高潮・津波との関係 (1), うみ, 18, 2, 69-75.
- 中村重久・H.G.ルーミス (1980b) 大阪湾の固有振動と高潮・津波との関係 (2), うみ, 18, 2, 76-81.
- 高谷静馬 (1930) 大阪湾の静振に就て, 海と空, 10, 7, 134-143.
- 寺田寅彦・山口生知 (1925) 相模湾から起った津浪の伝播に関する調査報告, 震災予防調査会報告, 100 (乙), 113-120.
- 宇野木早苗 (1959) 港湾のセイシュと長周期波について, 第 6 回海岸講演会講演集, 1-11.
- 柳哲雄 (1989) 沿岸海洋学, 154 pp., 恒星社厚生閣, 東京.
- 安田秀一 (2006) 内湾における副振動の発生と有明海の潮汐増幅について —複合潮の振舞いと固有振動との共振—, 海の研究, 15, 4, 319-334.
- 和達清夫 (1938) 大阪湾の静振と副振動に就いて, 海と空, 18, 3, 81-93.

要 旨

大阪湾に 1 日 5 回の周期の潮位変動が現れることが知られている。われわれは 1/5 日周期成分を含む多くの複合潮を潮汐推算に導入することにより, そのような潮位変動を推算することが可能か, そして, 潮汐推算精度が向上するかについて検討を行った。その結果, 1/5 日周期の振動は大阪湾と紀伊水道における固有振動の性質を有しており, ある程度の精度で推算することは可能であることがわかった。しかし, 潮位偏差への長周期成分の寄与がはるかに大きいため, 潮位偏差をあまり減らすことはできなかった。