

運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所 報告

REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

VOL. 35 NO. 4 Dec. 1996

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究報告 (REPORT OF P. H. R. I.)

第35巻 第4号 (Vol. 35, No. 4), 1996年12月 (Dec 1996)

目 次 (CONTENTS)

1. 久里浜湾における長期検潮記録解析
……………永井 紀彦・菅原 一晃・渡邊 弘・川口 浩二…………… 3
(Long Term Observation of the Mean Tide Level and Long Waves at the
Kurihama-Bay
…………… Toshihiko NAGAI, Kazuteru SUGAHARA, Hiroshi WATANABE,
Koji KAWAGUCHI)
2. 防波堤ケーソンの自動設置システムの開発 (第一報) —引船方式の水理模型
実験による検討—
……………米山 治男・白石 悟・名里 健吾・高橋 英俊……………37
(Development of Automatic Installation System of Breakwater Caisson (1st Report)
— Evaluation of Tugboat Support System by Hydraulic Model Experiments —
…………… Haruo YONEYAMA, Satoru SHIRAISHI, Kengo NAZATO,
Hidetoshi TAKAHASHI)
3. 混和材として分級フライアッシュを用いたコンクリートの港湾・海洋構造物
への適用性に関する研究
……………濱田 秀則・福手 勤・石井 光裕……………75
(A Study on An Application of Classified Fly Ash Mixed Concrete to
Port & Harbour Structures or Marine Structures
…………… Hidenori HAMADA, Tsutomu FUKUTE, Mitsuhiko ISHII)

久里浜湾における長期検潮記録解析

永井 紀彦^{*}・菅原 一晃^{**}・渡邊 弘^{***}・川口 浩二^{***}

要 旨

本報告は、1958年2月から1995年12月までの約38年間に於ける港湾技術研究所構内検潮記録をとりまとめたものである。このように長期間にわたって、同一条件で継続してとりまとめられた潮位観測結果は、他に類例を見ない貴重なものである。ここでは、日々の観測によって得られた約33万データにのぼる検潮記録を整理して、月平均水面および年平均水面の経年変動を求めた。この結果、国土地理院第10845号一等水準点平均成果（1969年と1990年の2回公表）と、同水準点と港研検潮器零位との間の基準点測量（1975年と1992年の2回実施）から東京湾平均海面を基準として推定される地盤沈下量を考慮しても、平均水面（東京湾平均海面を基準）が+2.03mm/年の割合で上昇していることがわかった。

あわせて、最大両振幅が15cmを超える180ケース（うち4ケースが津波）の長周期波記録の抽出を行ったが、もっとも両振幅の大きかったものは、チリ地震津波（1960年5月24日）の200cmであった。チリ地震津波の周期は、ゼロアップクロス波別解析およびスペクトル解析の結果約80分であったことが確認された。チリ地震津波の他にも、津波、台風、低気圧等に伴う主要な観測長周期波形状記録を紹介したが、周期2-3分の波浪の長周期成分を捉えたものまたは検潮所前面岸壁・東京電力発電所護岸間のモードの固有周期に依存して生起する長周期波を捉えたものと、周期15分程度の久里浜・金谷間のモードの固有周期に依存して生起する長周期波が、多く観測されている。

また、各年毎に1時間毎の観測記録をもとに調和解算を実施した結果、主要4分潮の振幅の年毎の変動は小さく、安定性が高いことが示された。Z₀（主要4分潮の振幅の和）の値は、平均が95.335cm、最大が1965年の96.621cm、最小が1976年の94.416cmであり、変動の標準偏差は0.492cmであった。

キーワード：潮位観測、平均水面、長周期波、1960年チリ地震津波、調和解算

^{*}水工部海象調査研究室長
^{**}水工部主任研究官
^{***}水工部海象調査研究室

Long Term Observation of the Mean Tide Level and Long Waves at the Kurihama-Bay

Toshihiko NAGAI *, Kazuteru SUGAHARA **, Hiroshi WATANABE ***,
Koji KAWAGUCHI ***

Synopsis

This report introduced results of the analysis of the observed tide records at the Kurihama-Bay, (at the entrance of the Tokyo Bay), for 38 yeas between 1958 and 1995.

Following results were clarified.

1. Annual mean tide level tends to increase during the 38 years. The mean sea level rise was about +2.03mm per year based on the Tokyo Bay mean sea level.
2. 180 obvious long waves were observed. 4 cases of them were tsunami oscillations, including the 1960-Chile-Earthquake-Tsunami. The other cases were long waves caused by typhoons and severe low pressures.
3. Harmonic analysis of the observed tide records every one hour was conducted. As a result, yearly fluctuations of the amplitude of the 4 main components (M2,S2,K1 and O1) were small and stable.

Key words : Tide Observation, Mean Sea Level, Long Waves, 1960-Chile-Earthquake-Tsunami,
Harmonic analysis

* Chief, Marine Observation Laboratory, Hydraulic Engineering Division
** Senior Research Engineer, Hydraulic Engineering Division
*** Member of Marine Observation Laboratory, Hydraulic Engineering Division

目 次

1. はじめに	7
2. 港湾技術研究所構内における潮位観測	7
2. 1 観測の概要	7
2. 2 観測及びデータ整理の方法	8
2. 3 基準点測量と一等水準点	9
3. 平均水面等の変動	11
4. 観測された長周期波の検討	13
4. 1 長周期波の抽出	13
4. 2 検潮器の周波数応答特性	13
4. 3 長周期波の分類と振幅・周期の出現特性	18
4. 4 1960年チリ地震津波波形の特徴	19
4. 5 その他の顕著な長周期波形	21
4. 6 地形に伴う副振動固有周期の検討	22
5. 調和定数の経年変動と気象偏差	24
5. 1 調和定数の計算	24
5. 2 気象偏差の算定	27
6. まとめ	29
7. おわりに	29
参考文献	30

1. はじめに

東京湾口に位置する久里浜湾に面した港湾技術研究所(以下港研と呼ぶ)では、1958年2月にフース型検潮器を設置して以来今日に至るまで継続的に潮位観測を実施しており、その成果の一部は、過去3回にわたって作成された港研資料^{1), 2), 3)}で紹介されている(以下前報と呼ぶ)。

本報告は、これらの資料の続報としての性格も有しているが、あわせて、観測開始後1995年12月31日までの38年間の潮位観測データを再編集し、①平均水面の長期変動特性、②観測された長周期波の特性、および③毎年の潮位調和分解結果の変動特性を検討したものである。

①に関しては、38年間の潮位観測データを1時間毎に読みとった値を再整理した上で、月平均水位や年平均水位の変動特性を検討した。この際、地盤沈下の影響を補正することが重要となるが、ここでは、国土地理院によって定期的に測量が実施され、東京湾平均海面からの標高が公表されている第10845一等水準点(国道16号線久里浜・野比間の尻こすり坂下)を基準とした。そして、この一等水準点と港研検潮器零位との標高差は、港湾技術研究所が1975年と1992年にそれぞれ実施した測量結果を用いた。

②に関しては、前報にならない、天文潮とは異なる周期数分から数十分の両振幅が15cmを超える長周期波を、アナログ波形記録から読み取り、抽出を行った。1995年3月以後は、フース型検潮器に加えて空中発射型超音波式波高計による直接水位観測も並列して行われているため、1996年2月17日のイリアンジャヤ地震津波の観測結果をもとに、検潮器の周波数応答特性が明らかにされている⁴⁾。こうした結果をふまえて、38年間の長周期波観測結果の中で最大の振幅を記録した1960年チリ地震津波波形を解析し、その周波数スペクトル特性を検討した。また、その他の主要な長周期波形も、あわせて紹介している。

③に関しては、各年毎に1時間毎の観測記録をもとに調和分解計算を実施して28分潮を求め、調和定数の変動特性を検討した。さらに、天文潮と気象潮から気象偏差を求め、気象偏差の出現特性を検討した。

2. 港湾技術研究所構内における潮位観測

2.1 観測の概要

港湾技術研究所構内における潮位観測位置は、図-1に示す位置で実施されている。すなわち、久里浜港は東京湾口の西側の三浦半島横須賀市の南東に位置しており、港研は久里浜港に面した北東部にある。

潮位観測は、港研構内の図-2および写真-1に示す地点(35°13'28" N, 139°43'27" E)において定常的に実施されている。

図-3は、検潮井戸の断面図・平面図を示したものである。検潮井戸は内径1200mm、深さ約5 m、導水管は内径131mm、長さは地中部3.7m 海中中部約4.0m の構造となっている。

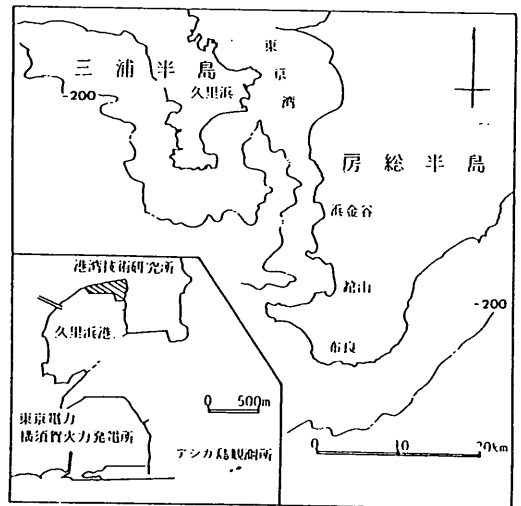
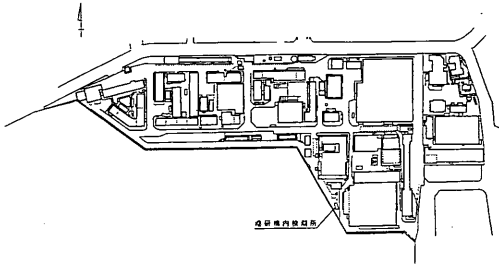


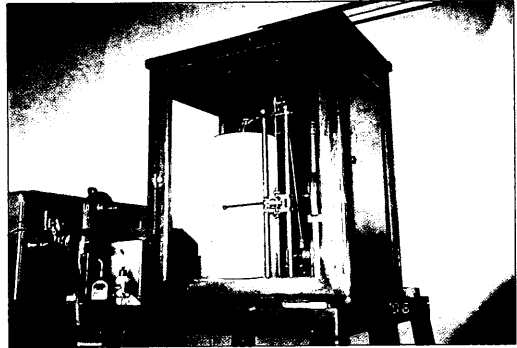
図-1 港湾技術研究所構内位置図



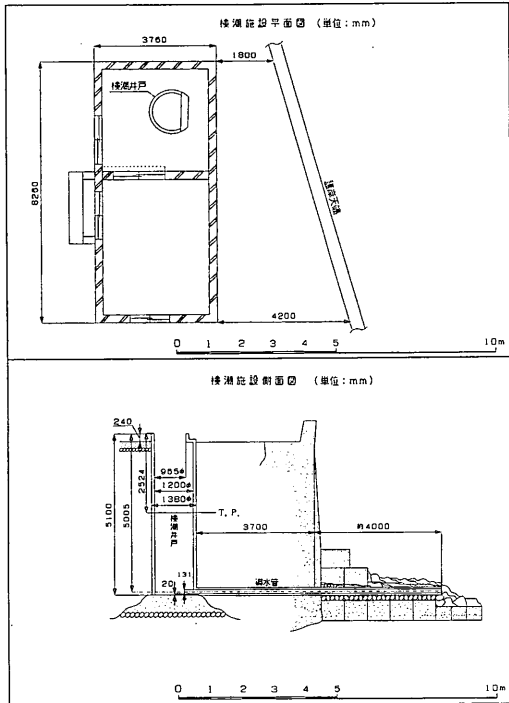
写真-1 港研検潮所



図—2 港研構内観測機器配置図



写真—2 フース型自記検潮器
(日巻記録紙)

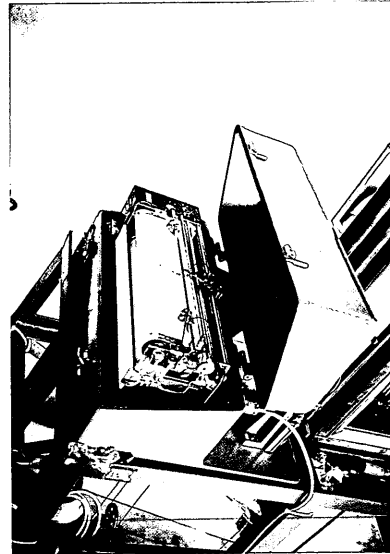


図—3 港研構内検潮井戸 (断面図・平面図)

2.2 観測及びデータ整理の方法

潮位観測は1958年2月に観測を開始して以来、現在に至るまで、フース型検潮器によって継続的に実施されている。データの記録方式としては、当初は日巻記録紙(写真—2)のみを採用していたが、1962年には当時開発された長期巻自記記録紙(写真—3)を併置し観測を継続している。さらに、1995年3月からは、港研前面岸壁の上部に設置した空中発射型超音波式波高計(写真—4)を併設して、フース型検潮器によるデータとともに0.5秒間隔で水位変動の連続観測を実施し、光磁気ディスクに記録している。

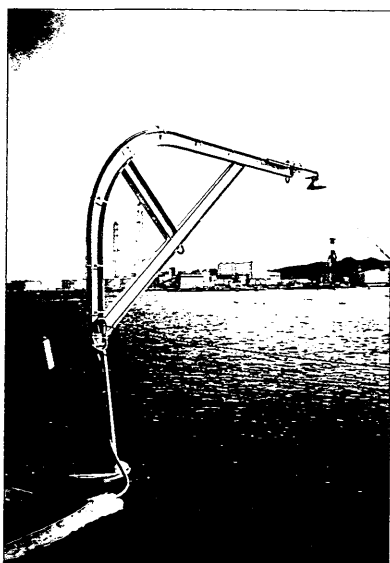
記録紙・光磁気ディスクの交換は、日巻が土日祝日を



写真—3 フース型長期巻自記検潮器
(長期巻自記記録紙)

除く毎日、長期巻が約40日間に1回、光磁気ディスクが約1ヶ月に1回の割合で行っている。

記録紙の読み取りは、潮候曲線記録平滑法に従って平滑化を行ったのち、毎正時の潮位、満・干潮位とその時刻を読み取って月表とし(全体の読み取り量は、38年間で約33万データとなっている)、月の瞬時最高および最低潮位とその時刻も求めている。年表は各月の日平均値を記入し年平均値を求め、各月の朔望満・干潮位、各月の最高・最低潮位、各月の瞬時最高・最低潮位を時刻とともに記入し、年平均潮位、年平均朔望満・干潮位と年最高・最低および瞬時最高・最低潮位を時刻とともに抽出している。また潮位のほか、潮候曲線記録に現れる長周期波のうち、両振幅の最大値が15cmを超えるものを



写真—4 空中発射型超音波式波高計

抽出し、その期間は両振幅が10cmを超えたときから次にこれを下回るまでとした。両振幅の読み取りは、峯をさんだ谷を直線で結び、これに峯と同時刻の交点を求め、峯との交点の距離をとった。周期は両振幅の最大値を含む前後の平均周期としている。ただし、検潮記録紙の紙送り速度2 cm/時間の制約上、比較的短周期の水面変動を正確に特定することは困難であるため、観測者の目視により2-3分と評価している(4章で詳細検討)。

光磁気ディスクの読み取りは、0.5秒間隔で取得されているデータについて毎正時を中心に3分間の平均をとることで、潮候曲線記録平滑法と同精度の結果が得られることが確認された。このため、1995年3月以後の観測記録については記録紙と併用して月表・年表の作成に活用している。

2.3 基準点測量と一等水準点

基準点測量は、港研が1975年と1992年に実施した。横須賀市神明町尻こすり坂下に位置する国土地理院一等水準点(第10845号)を基準として港研構内水準標石間、さらには検潮井戸球分体間の水準測量を行い、日巻及び長期巻検潮器の標定を実施して一等水準点と港研検潮器零位の標高差を求めた。

一等水準点の基準となる東京湾平均海面は、明治24年5月につくられた千代田区永田町水準原点を基準にしたもので、当初の標高は25.500mであったが関東大震災

によって顕著な地盤沈下が認められ、宇都宮・前橋等の沈下が少なかったと思われる他の水準点からの標高差を再測量した。その結果、水準点標高を24.4140mに修正した(関東大震災以後は、永田町水準点の地盤沈下は認められていない)。

第10845号水準点は、毎年、国土地理院によって測量が実施される永田町一壺検潮所基準点間内に位置しているが、平均成果として公表されているのは1969年と1990年の2回である。表-1は、国土地理院による第10845号水準点の平均成果の公表結果と、測量データを示したものである。

国土地理院では、一等水準点については毎年測量を行っているが、水準点の標高平均成果の変更は、原則として3 cm以上の顕著な変動が認められた場合のみに行うこととされており、表-1(1)に示す通り、第10845号水準点に関しては、1969年公表の平均成果が変更されたのは1990年に1回行われただけである。(21年間で7.71 cmの沈下すなわち3.67mm/年の沈下)。

改訂される場合の平均成果は表-1(2)に示す実測値を基本として定められる。しかし、実測値をそのまま採用するのではなく、表中で認められるような実測値の変動を考慮し、さらに、全国に分布する基点(第10845号水準点に近い基点は横浜市保土ヶ谷権太坂298にある基25点)の補正を行った上で、慎重に平均成果は定められているとのことであり、1990年の平均成果4.2218mは、同年実測値4.2085mとは1.33cmの相違が見られる。

表-1 第10845号水準点における平均成果，測量結果

(1) 国土地理院平均成果

年	標高 (m)
1969	4.2989
1990	4.2218

(2) 国土地理院実測値

年	標高 (m)
1985以前	不明
1986	4.2013
1987	4.1846
1988	4.1870
1989	4.1758
1990	4.2085
1991	4.2214
1992	4.1961
1993	4.1962
1994	4.2114
1995	4.1943

表-1 (2)における1986年から1995年に至る10年間の測量結果の変動を見ると、その平均値4.1977m に対して最大値4.2214m (1991年)、最小値4.1758m (1989年)と±2.2cm程度の変動が認められ、この変動の標準偏差は約1.3cmとなっている。このように、各年の測量結果は若干の変動を示しているものの、国土地理院による平均成果の公表は、過去数年間の平均値をもとに行われていることを考慮すれば、1969年と1990年の平均成果公表値の差である7.71cm は測量の誤差と考えるわけにはいかない。

表-2 基準面对照表

基準面对照表

(東京湾平均海面)

地 点	前 回 (昭和50年度)	今 回 (平成 4年度)	差 異
第10845号水準点 (尻こすり板下) ※1	4.2769m	4.2145m	-62mm
錘 測 尺 高	4.0498m	(長期巻) 4.0092m (日 巻) 4.0181m	-41mm -32mm
港 研 水 準 標 石	2.7219m	2.6662m	-56mm
港 研 検 潮 井 戸 球 分 体	2.5704m	2.5237m	-47mm
東 京 湾 平 均 海 面	0.0000m	0.0000m	
港 研 検 潮 器 零 位	-1.7940m	-1.8343m	-40mm

※1 国土地理院一等水準点

ただし、10845号水準点の標高は、昭和44年国土地理院平均成果4.2989mと平成2年平均成果4.2218mから線形補間した。

久里浜湾における長期検潮記録解析

本報告においては、国土地理院の2回の平均成果を基に、2回の基準点測量結果の線形補間を行った。表-2は、こうして作成された基準点对照表である。また、図-4は、前述の線形補間を模式的に示した図である。

1975年(昭和50年)における第10845号水準点から港研検潮器零位までの標高差は6.0709m、1992年(平成4年)における標高差は6.0488mであったことが、港研が基準点測量を実施した結果、求められている。

ここで、第10845号水準点の1975年および1992年の標高としては表-1の平均成果を線形補間(図中、一等水準点標高推定線)した値、すなわち、1975年は4.2769m、1992年は4.2145m、であったと仮定すれば、港研検潮器零位の東京湾平均海面からの標高が推定(図中、検潮器零位標高推定線)されることとなる。表-2の結果、港研検潮器零位は、17年間で4.03cm、すなわち、2.37mm/年、沈下していることが推定される。

3. 平均水面等の変動

1958年2月から1995年12月にかけての港研構内検潮データについて各年ごとの年最高潮位、朔望平均満潮位、平均潮位、朔望平均干潮位、年最低潮位および各月ご

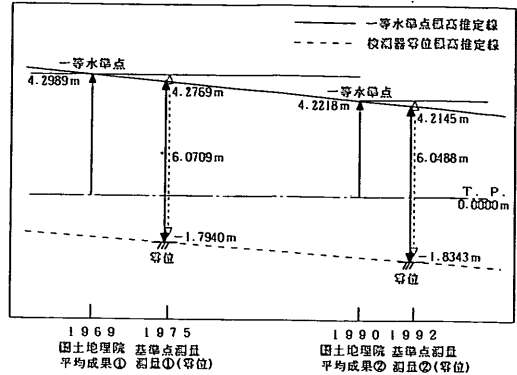


図-4 基準点測量と一等水準点

の平均潮位をまとめた結果を表-3に示す。

表中の年最高潮位(H.H.W.L.)および年最低潮位(L.L.W.L.)は、それぞれ、各年において観測された潮位の瞬間最高値および最低値である。年最高潮位(H.H.W.L.)の最大値は1979年の313cmであり、これに次ぐ値は1960年の298cmであったが、これらの値は、それぞれ、台風7920号および1960年チリ地震津波によるものであった。

図-5は、表-3の通年値をプロットしたものである。

表-3 平均水面等の変動総括表(1958~1995)

年	通年値					月別平均値											
	年最高潮位 (H.H.W.L.)	朔望平均満潮位 (M.S.L.)	平均潮位 (M.S.L.)	朔望平均干潮位 (L.L.W.L.)	年最低潮位 (L.L.W.L.)	1月 (JAN.)	2月 (FEB.)	3月 (MAR.)	4月 (APR.)	5月 (MAY.)	6月 (JUN.)	7月 (JUL.)	8月 (AUG.)	9月 (SEP.)	10月 (OCT.)	11月 (NOV.)	12月 (DEC.)
1958	282.0	225.7	161.5	72.1	47.0	---	161.4	160.6	154.5	164.9	161.3	155.0	149.7	148.4	173.7	176.9	170.6
1959	273.0	241.6	173.8	84.4	52.0	166.8	157.3	159.4	163.4	163.7	180.3	182.2	182.3	185.6	186.3	179.8	178.1
1960	298.0	242.8	175.9	87.3	48.0	173.4	169.9	168.0	166.5	176.0	177.5	179.0	184.4	186.5	180.2	176.9	172.9
1961	262.0	238.2	175.4	86.1	61.0	170.8	170.2	167.0	163.8	168.0	180.2	182.3	190.1	186.1	---	---	---
1962	272.0	243.2	177.6	87.5	62.0	175.7	168.3	165.6	166.8	172.9	182.9	189.1	179.7	182.8	190.6	178.7	178.2
1963	256.0	234.8	169.5	76.4	41.0	180.0	165.0	158.2	152.4	164.8	169.0	170.8	174.7	175.5	178.6	175.5	168.8
1964	263.0	236.3	171.3	76.0	48.0	166.5	166.5	160.8	155.6	175.3	171.7	170.7	177.6	184.4	176.2	178.9	171.6
1965	269.0	238.7	171.6	76.2	44.0	171.1	164.5	163.9	158.5	165.6	180.3	182.3	190.1	186.1	---	---	---
1966	265.0	239.1	173.3	76.7	42.0	170.9	166.7	167.6	171.4	163.9	172.3	172.7	182.7	182.1	180.0	178.9	173.1
1967	270.0	237.4	173.7	75.8	48.0	169.9	160.4	157.1	157.5	166.6	180.9	186.7	182.6	190.4	181.0	177.7	173.0
1968	273.0	237.2	172.0	80.0	49.0	175.5	170.0	160.7	156.6	162.4	163.9	175.8	191.8	180.9	179.8	173.1	173.0
1969	273.0	242.0	175.7	80.6	54.0	171.8	162.1	168.6	172.4	183.4	179.9	181.9	179.8	177.8	177.6	179.6	173.9
1970	266.0	238.7	173.8	77.2	47.0	174.9	172.0	166.5	160.1	168.1	172.1	172.4	174.5	179.6	184.0	188.1	173.5
1971	272.0	241.6	175.0	78.3	54.0	181.0	168.5	166.4	160.6	165.7	176.0	180.4	188.3	193.5	184.8	170.0	164.8
1972	271.0	248.9	180.9	88.1	52.0	176.5	175.6	171.7	165.4	175.3	179.9	191.0	189.6	188.3	188.3	184.4	179.8
1973	265.0	245.0	178.9	83.6	49.0	170.0	171.6	174.5	179.9	172.7	180.6	181.3	181.5	184.7	184.9	188.5	176.6
1974	278.0	246.8	179.1	85.9	59.0	177.1	173.0	168.4	170.5	175.2	187.8	182.6	183.4	191.3	186.2	176.3	177.5
1975	289.0	247.2	181.9	91.4	66.0	180.3	178.0	169.9	167.8	174.4	178.7	182.5	193.7	196.0	190.7	185.6	185.5
1976	272.0	250.4	184.0	94.6	67.0	179.6	177.5	173.8	177.5	182.8	187.4	185.9	188.5	186.9	192.5	185.1	180.6
1977	270.0	245.1	181.5	91.6	60.0	177.3	175.9	171.2	172.4	175.5	185.4	183.1	189.1	191.3	187.9	183.6	184.8
1978	276.0	250.9	184.0	93.6	65.0	182.5	178.4	176.5	178.9	178.3	180.8	181.1	193.5	192.8	180.3	185.6	179.5
1979	313.0	255.0	184.3	95.6	62.0	176.0	178.4	179.5	175.8	179.6	183.9	193.9	188.0	191.6	194.1	185.1	185.8
1980	288.0	249.3	182.4	91.1	63.0	186.3	169.4	172.3	169.6	181.9	178.8	186.6	186.9	188.7	189.7	187.4	191.6
1981	261.0	244.1	178.7	84.2	67.0	180.1	176.9	168.8	177.9	177.9	186.2	---	---	---	---	181.5	179.9
1982	281.0	246.4	182.0	89.1	57.0	177.7	170.2	168.9	175.3	184.8	187.2	181.7	190.6	193.1	193.8	181.0	180.2
1983	279.0	248.9	184.6	91.1	65.0	176.2	177.3	175.0	171.1	182.4	190.3	194.9	195.5	193.2	187.3	187.1	185.1
1984	272.0	244.5	180.3	85.5	61.0	177.4	173.9	169.9	167.9	171.5	188.6	182.8	180.9	185.3	186.0	182.0	182.7
1985	281.0	244.1	178.5	82.8	59.0	169.8	171.6	163.1	169.3	173.8	186.6	189.6	180.6	182.7	183.7	190.4	175.2
1986	266.0	245.6	179.8	82.8	55.0	175.2	175.4	177.3	170.4	173.0	176.8	181.9	185.5	182.2	183.8	182.0	187.6
1987	264.0	246.9	181.7	87.3	62.0	155.4	179.1	176.1	174.0	182.6	185.9	189.2	191.7	194.6	186.2	183.4	182.7
1988	273.0	250.2	183.9	87.3	50.0	177.8	178.5	177.3	182.0	183.5	186.1	188.6	184.5	191.5	195.7	187.0	174.6
1989	272.0	246.4	180.8	84.8	55.0	172.3	169.5	172.0	170.6	181.6	180.4	185.3	190.3	186.3	185.8	185.0	191.1
1990	295.0	252.0	185.3	88.3	47.0	186.3	168.6	177.5	182.9	176.3	186.5	192.6	196.6	199.5	196.2	194.9	188.3
1991	277.0	253.6	186.3	89.7	57.0	185.9	180.1	182.2	173.3	178.0	182.2	189.3	199.0	192.2	197.4	189.7	185.9
1992	272.0	252.7	187.3	83.6	62.0	185.0	181.6	179.4	189.0	187.5	189.2	188.7	184.5	194.3	203.4	185.0	183.5
1993	276.0	252.9	184.6	91.0	71.0	182.5	180.3	182.6	185.0	180.9	181.0	184.0	191.3	191.9	194.5	182.0	181.8
1994	267.0	251.2	186.9	97.2	69.0	188.3	184.9	175.9	184.1	182.8	187.5	182.6	189.2	197.8	191.8	182.7	184.9
1995	286.0	254.6	188.8	97.8	74.0	185.2	184.1	178.4	183.9	189.2	192.9	191.7	187.6	192.9	193.0	185.6	191.5

(港研検潮器零位を基準)

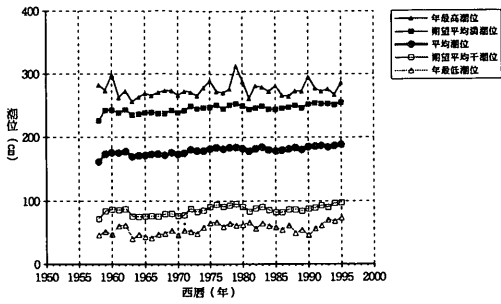


図-5 潮位の経年変動

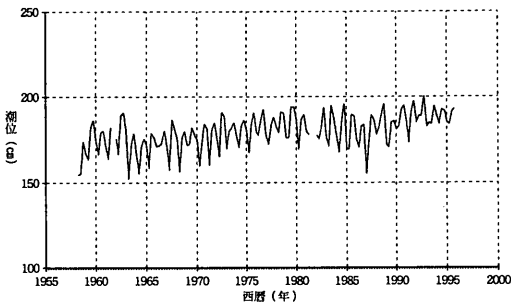


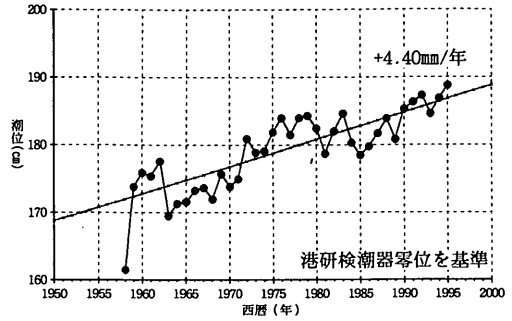
図-6 月平均潮位の変動

年最高潮位 (H.H.W.L.) および年最低潮位 (L.L.W.L.) の値は、その年に発生した長周期波によって大きく異なったものとなるため顕著な変動傾向は認められないが、平均潮位の経年変動を見ると、緩やかではあるが顕著な上昇傾向が認められる。

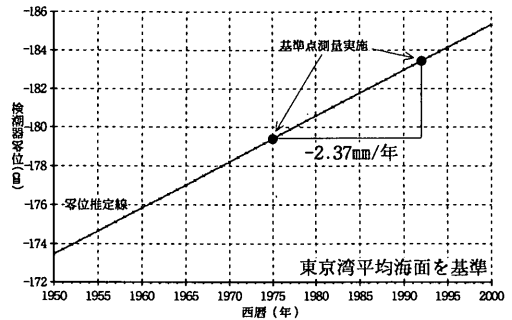
図-6は、表-3に示す月平均潮位の変化を示した図である。月平均潮位は、季節によって変動する特性が見られ、一般的に、夏は平均潮位が高く、冬は低いことがわかる。年間の季節変動幅は年によって異なっており、9-39cm 程度の変動幅となっている。これは、水温や気圧の季節変化に対応するものと考えられる。こうした季節変動はあるにしても、図-6でも図-5と同様に、長期的には、平均潮位は緩やかではあるが顕著な上昇傾向が認められる。

平均潮位の上昇は、最近非常に注目されているが、水位上昇と地盤沈下とを区別することはむずかしい。図-7は、観測された平均潮位上昇量と地盤沈下量との比較を試みたものである。

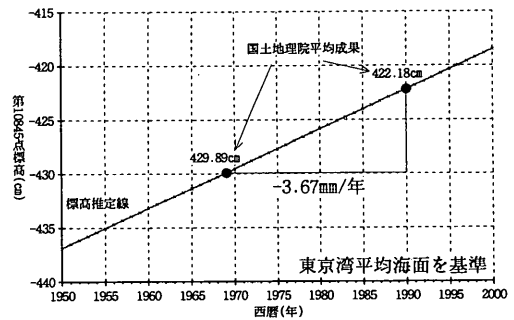
図-7(1)は、図-5中の平均潮位の経年変動に注目して、縦軸を拡大し、最小自乗法によって回帰直線を求めたものである。回帰直線の傾きから、港研検潮器零位を基準にすれば、平均潮位の上昇は、年間+4.40mmと推定される。



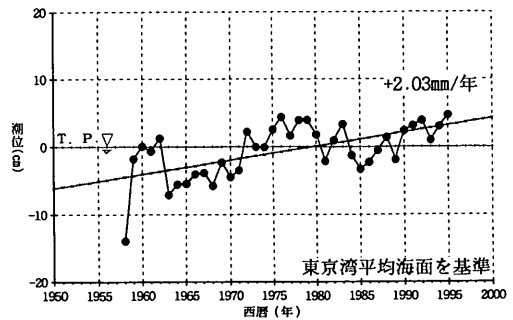
(1) 年平均潮位の経年変動



(2) 港研検潮器零位標高



(3) 10845号水準点標高



(4) 推定される水位上昇量

図-7 年平均潮位の推移と地盤変動

図-7(2)は、表-2で示した港研検潮器零位の沈下量を示したものであり、国土地理院一等水準点である第10845号点の平均成果の標高値と、1975年と1992年の2回にわたって実施された同水準点と港研検潮器零位との標高差測量結果を用いた、推定値である。2.3で述べた通り、港研検潮器零位の沈下量は、年間-2.37mmと推定される。

図-7(3)は、表-1で示した、国土地理院一等水準点第10845号の平均成果の標高値を図化したものである。港研に近い一等水準点の地盤沈下は、2.3で述べた通り、年間-3.67mmとされている。

図-7(4)は、港研検潮器零位の地盤沈下量を考慮して平均潮位の上昇量を示したものである。最小自乗法によって求めた回帰直線の傾きから、地盤沈下を考慮しても年間+2.03mmの水位上昇がみられることがわかった。

海面水位上昇は、地球温暖化によるもっとも顕著で広域に渡る影響であり各国でさまざまな検討がすすめられている。国際機関としては、1988年に地球温暖化防止のための政策立案と決定にあたっての科学的知見の提供を目的として世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)によって気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel Climate Change)が組織された。IPCCでは、地球温暖化に関する科学的評価、影響評価及び対応戦略について、それぞれにワーキンググループを設け、海面水位に関しても重要課題として検討がすすめられてきた。^{51), 6)}

国内でも海面水位等に関する委員会(委員長:三村信男茨城大学教授)が組織され、港湾及び海岸を対象として、海面水位の上昇、気象・海象の変動等が与える影響及びその対策にかかる全般的な事項に関して検討が行われてきた。1996年の報告書⁷⁾によると、臨海部に人口・資産が集中している我が国において、海面水位上昇はその程度によっては生活基盤や社会経済活動に対して多大なる影響を与える可能性が指摘されている。

国内外で海面水位に関して検討がすすめられている現在、海面水位の上昇量を定量的に評価することは非常に重要なことである。

IPCCの第一次影響評価報告書^{51), 6)}によれば、今後100年間の海面水位上昇の予測としては、+2.7-10.0mm/年と推定されている。

本報告で示した年間+2.03mmの水位上昇は、過去約38年間の潮位観測記録を基に定量的に推定した量であり、オーダー的にもIPCCによる検討結果と一致している。

4. 観測された長周期波の検討

4.1 長周期波の抽出

38年間の潮位観測記録紙に残された長周期波の抽出を行った。抽出基準は、前報に習い両振幅が15cm以上のものとして、長周期波観測期間としては振幅が10cmを越えてからこれを下回るときまでとした。表-4に長周期波一覧表を示す。期間中、180ケースの長周期波(うち4ケースが津波)の長周期波が抽出された。もっとも両振幅の大きかったものは、津波ではチリ地震津波(1960年5月24日)の200cm、気象擾乱では台風5811号(1958年7月23日)の90cmであった。

図-8は長周期波の発生状況を年別および要因別にとりまとめたものである。津波による4ケースを除けば、長周期波は顕著な気象擾乱に伴って発生していることがわかる。台風によるものと台風以外の気象擾乱によるものとを比較すると、発生件数は両者ほぼ同程度となっているものの、両振幅の大きい長周期波は、台風の通過に伴う場合が多いようである。長周期波の発生件数は、年によって異なっている。最小は1981年の0件(長周期波の抽出なし)であり、最大は1965年の11件であった。

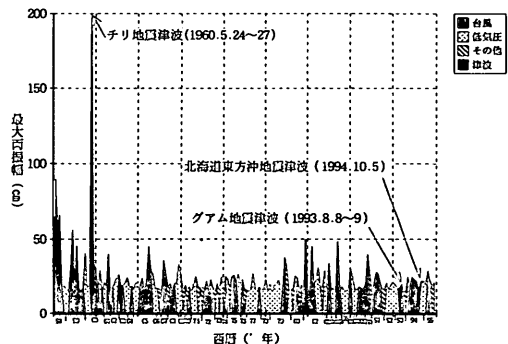


図-8 長周期波の発生状況

4.2 検潮器の周波数応答特性

1996年2月17日のイランジャヤ地震津波の観測結果をもとに、検潮データと空中発射型超音波式波高計のデジタルデータを用いて周波数応答特性を調べた結果を、以下に紹介する。⁴⁾

イランジャヤ地震津波波形記録を図-9に、検潮記録と空中発射型超音波式波高計記録の周波数スペクトルと応答関数を図-10に示した。図-9の波形記録および

表-4 長周期波一覽表 (1/4)

長周期波一覽表

年	期 間		最大 振幅(cm)	期 時		周 期 (分)	起 因 要 素	参考事項	
	(月 日 時 ~ 月 日 時)	(月 日 時 分)							
1958	6 / 12	6 ~ 6 / 12	16	23.3	6 / 12	11 : 47	12	台風 台風5号、鳥島西方で温低 11~16分周期振動に重畳	
	7 / 20	22 ~ 7 / 23	22	90.0	7 / 23	9 : 58	2	台風 台風11号、御前崎付近上陸 12~13分周期振動に重畳	
	9 / 17	4 ~ 9 / 18	14	60.0	9 / 18	7 : 33	2	台風 台風21号、神奈川県上陸 12~13分周期振動に重畳	
	9 / 26	9 ~ 9 / 27	5	66.0	9 / 26	18 : 38	2	台風 台風22号、伊豆、三浦半島通過	
	11 / 24	0 ~ 11 / 26	17	15.6	11 / 24	4 : 13	15	台風 台風28号、硫黄島南方消滅	
	11 / 30	6 ~ 11 / 30	20	18.6	11 / 30	16 : 39	13	低気圧 低気圧、和歌山発生東進	
1959	2 / 3	16 ~ 2 / 4	4	16.1	2 / 3	22 : 25	15	低気圧 低気圧日本海北東進	
	5 / 18	9 ~ 5 / 18	15	15.5	5 / 18	13 : 8	12	低気圧 低気圧本州南海上北東進	
	8 / 8	3 ~ 8 / 10	9	30.4	8 / 9	18 : 6	2	台風 台風6号紀伊半島上陸	
	8 / 14	4 ~ 8 / 14	16	56.1	8 / 14	7 : 59	2	台風 台風7号駿河湾上陸	
	8 / 31	9 ~ 9 / 1	3	24.7	8 / 31	11 : 41	2	台風 台風9号熱低となり日本海北東進、関東横断後消滅	
	9 / 24	20 ~ 9 / 27	12	45.5	9 / 27	1 : 54	2	台風 台風15号(伊勢湾台風)	
	10 / 7	8 ~ 10 / 7	20	16.5	10 / 7	13 : 18	15	台風 台風16号宿毛付近上陸	
	10 / 18	14 ~ 10 / 19	4	15.1	10 / 19	0 : 5	12	台風 台風18号本州南海上通過	
	11 / 14	13 ~ 11 / 14	23	17.4	11 / 14	16 : 21	15	台風 台風20号北緯30度東進	
	1960	1 / 1	0 ~ 1 / 1	21	40.5	1 / 1	17 : 38	15	高気圧 高気圧、能登~茨城横断
		2 / 2	20 ~ 2 / 3	3	17.8	2 / 3	0 : 3	15	低気圧 低気圧本州南海上通過
3 / 26		16 ~ 3 / 27	1	19.3	3 / 26	16 : 22	2	低気圧 低気圧本州南沿岸東進	
5 / 24		2 ~ 5 / 28	1	200.0	5 / 24	6 : 22	80	津波 30.15分の振動ありチリ地震津波	
8 / 27		11 ~ 8 / 29	7	34.0	8 / 28	2 : 16	2.5	台風 台風16号高知市西方上陸	
8 / 30		9 ~ 8 / 31	4	29.0	8 / 30	23 : 44	2.5	台風 台風18号関東沖合い接近	
10 / 27		12 ~ 10 / 27	22	16.7	10 / 27	16 : 27	2.5	台風 台風25号本州南海上通過	
12 / 4		6 ~ 12 / 5	14	29.1	11 / 5	10 : 24	15	低気圧 低気圧関東沖合い発生東進	
12 / 12		16 ~ 12 / 13	1	15.0	12 / 12	22 : 15	15	台風 台風27号北緯10度付近西進	
1961		4 / 27	4 ~ 4 / 27	18	21.0	4 / 27	7 : 16	2.5	低気圧 低気圧、本州南岸北東進
	6 / 14	21 ~ 6 / 15	6	18.4	6 / 15	4 : 43	13	低気圧 低気圧、本州南岸北東進	
	9 / 15	15 ~ /		40.0	9 / 16	18 :	2	台風 台風18号(第二室戸台風)	
	1962	4 / 18	21 ~ 4 / 19	1	15.0	4 / 18	22 : 45	12	低気圧 低気圧、本州南岸
8 / 25		3 ~ 8 / 26	11	17.5	8 / 25	5 : 50	2.5	台風 台風14号、尾鷲北東上陸	
12 / 2		7 ~ 12 / 2	20	20.8	12 / 2	17 : 34	15	低気圧 低気圧本州南海海上北東進	
12 / 17		19 ~ 12 / 18	10	24.0	12 / 18	4 : 45	15	低気圧 低気圧本州南海海上北東進	
1963	8 / 8	19 ~ 8 / 10	2	26.4	8 / 9	1 : 45	2.5	台風 台風9号大分、福岡東部通過	
	10 / 13	19 ~ 10 / 14	23	18.0	10 / 14	3 : 25	13	津波 エトロフ沖地震津波	
	10 / 19	12 ~ 10 / 20	2	19.0	10 / 19	22 : 20	15	台風 台風19号本州南方海上通過	
	12 / 11	0 ~ 12 / 12	7	20.8	12 / 11	23 : 54	15	低気圧 低気圧本州南方海上	
1964	3 / 25	10 ~ 3 / 25	13	24.2	3 / 25	12 : 58	12	低気圧 低気圧本州南方海上通過	
	3 / 28	22 ~ 4 / 1	6	17.2	3 / 29	10 : 55	15	低気圧 長周期変動に重畳低気圧銚子東方海上に発生	
	9 / 25	11 ~ 9 / 25	22	18.5	9 / 25	13 : 19	2.5	台風 台風20号宿毛の北に上陸	
1965	1 / 8	0 ~ 1 / 8	7	16.7	1 / 8	6 : 51	15	低気圧 低気圧、銚子東北海上	
	2 / 4	18 ~ 2 / 5	17	20.7	2 / 5	7 : 9	13	低気圧 低気圧、九州南部通過	
	5 / 3	10 ~ 5 / 4	7	17.3	5 / 3	19 : 22	12, 後半2.5	低気圧 低気圧、紀伊水道付近北東進	
	5 / 27	12 ~ 5 / 27	22	19.4	5 / 27	14 : 36	2.5	台風 台風6号房総半島上陸	
	8 / 22	6 ~ 8 / 23	2	24.0	8 / 22	15 : 31	2	台風 台風17号伊豆半島上陸	
	9 / 8	8 ~ 9 / 8	20	14.0	9 / 8	16 : 52	12	台風 台風23号沖繩東方海上	
	9 / 9	20 ~ 9 / 11	13	23.0	9 / 10	16 : 2	2	台風 台風23号高知県安芸市上陸	
	9 / 16	6 ~ 9 / 18	15	45.2	9 / 18	0 : 16	2	台風 台風24号三重県大王崎上陸	
	11 / 26	10 ~ 11 / 26	19	30.0	11 / 26	13 : 16	2.5	台風 台風32号本州南岸北東進	
	12 / 12	1 ~ 12 / 12	10	26.4	12 / 12	8 : 24	15	低気圧 低気圧、日本海で発達北東進	
	12 / 23	9 ~ 12 / 24	1	16.4	12 / 23	10 : 25	12, 後半2.5	低気圧 低気圧本州南岸北東進	
1966	1 / 30	16 ~ 1 / 30	22	17.1	1 / 30	20 : 35	15	低気圧 伊豆諸島南部を低気圧通過	
	3 / 23	9 ~ 3 / 23	19	16.2	3 / 23	10 : 22	12	前線 寒冷前線通過	
1967	2 / 2	21 ~ 2 / 3	8	15.0	2 / 3	7 : 19	13	低気圧 伊豆諸島南部を低気圧東進	
	10 / 27	21 ~ 10 / 28	5	36.1	10 / 28	1 : 25	11	台風 台風34号東海沖北上	
	10 / 28	7 ~ 10 / 28	17	27.1	10 / 28	10 : 24	2	台風 台風34号通過に伴う強い南風	
1968	5 / 16	15 ~ 5 / 17	4	18.0	5 / 16	11 : 24	15	高気圧 北方から高気圧張り出す	
	7 / 26	14 ~ 7 / 27	21	20.0	7 / 26	19 : 51	2	台風 台風4号、本州南海上を北上	

久里浜湾における長期検潮記録解析

表-4 長周期波一覧表(2/4)

長周期波一覧表

年	期 間 (月 日 時 ~ 月 日 時)	最 大 潮 振 幅 (cm)	期 時 分 (月 日 時 分)	周 期 (分)	起 因 要 素	参 考 事 項
1968	8/30 0 ~ 8/30 9	15.2	8/30 4:29	3	台風	台風10号通過に伴う強い南風
	10/19 18 ~ 10/20 9	20.0	10/20 2:19	13	台風	台風18号、四国南方海上を北上
	12/13 2 ~ 12/13 5	20.1	12/13 2:42	13	低気圧	関東南岸を発達した低気圧通過
1969	3/12 9 ~ 3/12 23	33.3	3/12 14:52	13	低気圧	関東南岸を発達した低気圧通過
	4/4 21 ~ 4/5 12	23.6	4/5 0:4	2	低気圧	日本海低気圧に伴う強い南風
	11/22 1 ~ 11/22 16	16.1	11/22 6:16	15		三陸沖高気圧と紀州沖低気圧
1970	3/16 9 ~ 3/17 8	19.0	3/16 17:34	15	低気圧	二つ玉低気圧通過と冬型
	6/16 3 ~ 6/16 6	16.0	6/16 4:1	18	前線	梅雨前線
	8/31 6 ~ 8/31 9	18.0	8/31 6:52	13.5	台風	台風23号近畿地方に上陸
1971	10/10 14 ~ 10/10 19	15.0	10/10 17:18	12	低気圧	伊豆諸島南部を低気圧通過
	10/12 12 ~ 10/13 5	18.5	10/12 16:22	13.5	低気圧	伊豆諸島南部を低気圧通過
	10/14 14 ~ 10/14 21	25.2	10/14 16:33	14	低気圧	伊豆諸島南部を低気圧通過
	12/13 5 ~ 12/14 20	18.0	12/13 8:50	15	冬型	冬型
	12/27 17 ~ 12/27 21	17.0	12/27 17:42	15	低気圧	伊豆諸島南部を低気圧通過
1972	3/20 20 ~ 3/21 11	17.6	3/21 8:29	14	冬型	冬型で強い北風
	7/15 21 ~ 7/16 1	16.5	7/15 22:33	2	台風	台風6号東海地方に上陸
	9/16 19 ~ 9/17 6	22.0	9/17 1:30	2	台風	台風20号中部日本を北上弱い南風
	10/6 11 ~ 10/6 13	16.0	10/6 11:20	13.5	台風	台風22号伊豆諸島を北東進
	10/11 19 ~ 10/12 11	23.0	10/12 5:29	2	台風	台風24号本州東方を北上
	12/24 7 ~ 12/24 10	17.5	12/24 7:30	14	低気圧	関東南岸を低気圧通過
1973	1/6 0 ~ 1/6 1	15.0	1/6 0:32	13.5	高気圧	移動性高気圧
	1/18 8 ~ 1/18 13	20.0	1/18 12:13	15.5	低気圧	関東南岸を低気圧通過
	3/10 18 ~ 3/10 23	16.0	3/10 19:36	16.5	低気圧	移動性低気圧
	12/1 17 ~ 12/2 20	24.5	12/2 11:43	15	低気圧	鳥島近海を低気圧通過
1974	1/1 12 ~ 1/1 17	15.0	1/1 14:36	15.5	冬型	冬型
	8/26 9 ~ 8/26 20	25.0	8/26 11:56	2	台風	台風14号東海地方上陸、強い南風
1975	1/22 19 ~ 1/23 11	23.5	1/22 22:35	2	低気圧	低気圧本州南岸沿い北東進
	1/27 2 ~ 1/28 19	17.7	1/27 18:48	15	前線	本州南東洋上停滞前線
	4/6 6 ~ 4/7 20	25.0	4/6 2:45	2	低気圧	前線を伴う日本海低気圧北東進
	8/23 0 ~ 8/25 1	26.0	8/23 5:14	2	台風	台風6号兵庫県明石付近上陸
	11/22 17 ~ 11/24 14	22.0	11/23 0:4	14.15	台風	台風20号父島西方北東進
	12/21 7 ~ 12/23 18	26.6	12/22 7:7	15	低気圧	低気圧関東南東海上北上
1976	4/7 0 ~ 4/7 7	20.5	4/7 4:0	15	低気圧	低気圧本州南岸沿い北東進
	5/24 4 ~ 5/27 11	23.0	5/26 5:10	22.5	台風	台風6号南東洋上北東進
	11/21 10 ~ 11/24 19	16.5	11/23 19:27	15	前線	本州南海上停滞前線
1977	1/2 16 ~ 1/3 11	15.7	1/3 6:8	15	低気圧	低気圧南方洋上東進
	2/2 3 ~ 2/2 20	15.2	2/2 17:52	15	低気圧	前線を伴う低気圧房総沖東に移動
	2/10 8 ~ 2/10 20	15.7	2/10 13:20	15	低気圧	低気圧本州南岸沖東進
	3/24 5 ~ 3/24 13	27.0	3/24 9:55	22.5	低気圧	前線を伴う低気圧関東地方北東進
	4/1 4 ~ 4/1 9	16.6	4/1 4:58	15	低気圧	低気圧本州南岸沖北東進
	11/17 3 ~ 11/17 6	15.0	11/17 4:37	15	低気圧	低気圧本州南岸沖東進
1978	12/5 5 ~ 12/6 0	18.2	12/5 19:42	15	台風	台風20号南方洋上北東進
	1/1 5 ~ 1/1 20	16.4	1/1 9:6	15	低気圧	低気圧本州南岸海上東進
	1/3 3 ~ 1/3 4	15.8	1/3 3:42	12	低気圧	低気圧房総沖北東進
	10/28 20 ~ 10/31 10	23.0	10/30 1:36	15.16	低気圧	前線を伴う低気圧本州南岸から東に移動
	11/19 18 ~ 11/20 3	15.0	11/19 22:29	15	低気圧	前線を伴う低気圧関東東方から北東に移動
1979	2/6 6 ~ 2/6 10	19.8	2/6 7:54	12	低気圧	低気圧房総半島かすめ北北東進
	3/24 17 ~ 3/25 2	15.0	3/24 21:30	2	低気圧	低気圧紀伊半島から関東地方縦断
	3/30 18 ~ 3/31 9	18.7	3/31 1:28	2	低気圧	前線を伴う日本海低気圧北東に移動
	4/8 20 ~ 4/9 9	19.8	4/8 23:30	2	低気圧	前線を伴う日本海低気圧北東に移動
	5/14 18 ~ 5/15 1	22.5	5/14 19:58	2	低気圧	低気圧本州南岸沿い東進
	5/19 17 ~ 5/19 23	16.9	5/19 20:20	15	低気圧	東方洋上に低気圧
	10/6 4 ~ 10/7 3	17.0	10/6 8:44	13	台風	台風18号南方洋上北上
	10/19 4 ~ 10/20 5	38.0	10/19 16:24	2.5	台風	台風20号和歌山県白浜付近上陸本州縦断
	11/25 6 ~ 11/26 16	31.7	11/25 11:54	15	前線	本州太平洋岸停滞前線
	11/29 18 ~ 11/30 0	16.1	11/29 19:53	15	低気圧	前線を伴う低気圧東方洋上に移動

表-4 長周期波一覽表 (3/4)

長周期波一覽表

年	期 間		最 大 振幅(cm)	期 時 (月 日 時分)	周 期 (分)	起 因 要 素	参 考 事 項
	(月 日 時)	~ (月 日 時)					
1980	1 / 9	18 ~ 1 / 10	6	15.6	1 / 10 4 : 4	13	低気圧 低気圧本州南岸北東進
	3 / 1	19 ~ 3 / 2	5	17.0	3 / 2 2 : 0	2.5	気圧 気圧の谷本州南岸東進
	3 / 22	18 ~ 3 / 22	22	25.5	3 / 22 19 : 47	12	低気圧 低気圧本州南岸沿い北東進
	5 / 21	23 ~ 5 / 22	7	23.9	5 / 22 0 : 25	2	台風 台風3号房総沖北東進
	6 / 8	10 ~ 6 / 8	12	15.5	6 / 8 10 : 35	16	高気圧 太平洋高気圧のほりだし
1982	9 / 11	19 ~ 9 / 12	6	19.1	9 / 12 3 : 9	2	台風 台風13号鹿児島県大隅半島上陸北上
	3 / 1	0 ~ 3 / 1	3	15.0	3 / 1 1 : 30	15	低気圧 低気圧本州南海北東進
	8 / 1	18 ~ 8 / 2	8	50.0	8 / 2 2 : 54	2	台風 台風10号愛知県渥美半島上陸北上
	8 / 27	13 ~ 8 / 27	20	15.5	8 / 27 15 : 55	2	台風 台風13号宮崎県都井岬付近上陸北上
	9 / 2	16 ~ 9 / 3	3	15.0	9 / 2 16 : 18	2	台風 台風15号小笠原西方海上北東進
	9 / 12	13 ~ 9 / 13	1	45.0	9 / 12 20 : 34	2	台風 台風18号御前崎付近上陸本州縦断
	9 / 25	11 ~ 9 / 25	16	17.0	9 / 25 13 : 4	2.5	台風 台風19号愛媛県宇和島付近上陸北進
	11 / 30	8 ~ 11 / 30	20	24.5	11 / 30 10 : 52	2	低気圧 低気圧日本南岸沿い北東進
	12 / 3	4 ~ 12 / 4	11	31.0	12 / 4 3 : 56	15	低気圧 日本海低気圧の移動
	12 / 12	7 ~ 12 / 12	9	16.0	12 / 12 8 : 56	17	低気圧 日本海低気圧東北地方横断
	12 / 18	13 ~ 12 / 19	14	19.5	12 / 18 17 : 19	15	前線 前線、南東洋上東に移動
	12 / 26	11 ~ 12 / 29	10	29.0	12 / 26 19 : 18	15	低気圧 低気圧日本南海上北東進
1983	1 / 18	7 ~ 1 / 19	21	17.0	1 / 18 18 : 47	13	低気圧 前線を伴う低気圧本州南岸海上を北東進
	8 / 12	18 ~ 8 / 18	17	34.0	8 / 15 14 : 55	2	台風 台風6号関東南海上を西進
1984	3 / 10	13 ~ 3 / 11	22	15.5	3 / 10 20 : 23	10	低気圧 前線を伴う低気圧本州南方洋上を北東進
	11 / 18	10 ~ 11 / 20	22	17.5	11 / 19 20 : 42	15	低気圧 低気圧本州南海上を北東進
1985	2 / 19	4 ~ 2 / 21	0	15.5	2 / 20 21 : 15	15	低気圧 二つ玉低気圧
	6 / 30	15 ~ 7 / 2	5	48.5	7 / 1 4 : 17	2	台風 台風6号静岡県田子の浦付近に上陸
	12 / 23	10 ~ 12 / 24	9	15.0	12 / 23 19 : 47	15	台風 台風26号本州南岸海上を北東進
1986	12 / 30	17 ~ 1 / 5	18	18.0	1 / 1 11 : 25	15	低気圧 前線低気圧日本海から太平洋へ南下後東進
	5 / 30	7 ~ 5 / 30	20	15.5	5 / 30 14 : 58	15	低気圧 前線を伴う低気圧本州南岸を北東進
	11 / 4	21 ~ 11 / 6	0	15.0	11 / 5 0 : 49	17	低気圧 低気圧本州南岸を北東進
	11 / 9	2 ~ 11 / 10	13	16.0	11 / 9 10 : 40	15	低気圧 前線を伴う低気圧本州南岸を北東進
1987	10 / 17	4 ~ 10 / 17	19	31.0	10 / 17 11 : 5	2.5	台風 台風19号室戸市付近に上陸
	12 / 5	19 ~ 12 / 6	12	25.5	12 / 6 4 : 40	15	低気圧 前線を伴った低気圧本州南岸北東進
1988	3 / 5	17 ~ 3 / 5	22	16.0	3 / 5 20 : 10	15	低気圧 前線を伴った低気圧本州南岸海上北東進
1989	1 / 23	18 ~ 1 / 23	20	16.0	1 / 23 18 : 23	17	低気圧 低気圧通過と冬型
	9 / 20	5 ~ 9 / 20	9	18.0	9 / 20 5 : 55	13	台風 台風22号房総半島に上陸
	10 / 7	2 ~ 10 / 7	10	17.0	10 / 7 5 : 30	17	台風 台風25号小笠原を北進
	10 / 8	5 ~ 10 / 8	6	16.0	10 / 8 5 : 20	15	台風 台風25号本州東海上を北進
1990	8 / 10	10 ~ 8 / 10	16	20.0	8 / 10 13 : 20	2	台風 台風11号関東通過
	9 / 19	16 ~ 9 / 20	19	40.0	9 / 20 7 : 48	2	台風 台風19号和歌山県白浜付近上陸東進
	11 / 10	1 ~ 11 / 10	15	28.0	11 / 10 2 : 50	2	前線 寒冷前線通過
1991	4 / 18	17 ~ 4 / 18	20	15.0	4 / 18 17 : 45	12	低気圧 低気圧日本海で発達北東進
	5 / 16	21 ~ 5 / 17	3	21.0	5 / 16 22 : 5	13	台風 台風4号本州南岸沖を東進
	9 / 8	4 ~ 9 / 9	14	28.0	9 / 9 5 : 40	2	台風 台風15号房総南部に接近北東進
	9 / 19	11 ~ 9 / 20	15	27.0	9 / 19 15 : 58	2	台風 台風18号房総に接近
	9 / 28	4 ~ 9 / 28	18	21.0	9 / 28 10 : 55	2	台風 台風19号九州上陸後本州縦断
1992	12 / 20	5 ~ 12 / 20	7	16.0	12 / 20 5 : 33	15	冬型 冬型
	1 / 26	9 ~ 1 / 26	13	17.0	1 / 26 11 : 40	14	冬型 冬型
	2 / 8	8 ~ 2 / 8	15	21.0	2 / 8 13 : 37	14	低気圧 低気圧、北東進
	3 / 18	14 ~ 3 / 18	16	16.0	3 / 18 14 : 46	13	低気圧 低気圧、本州南岸を通過
	10 / 9	6 ~ 10 / 9	9	20.0	10 / 9 7 : 7	14	低気圧 低気圧、本州南岸を通過
1993	11 / 21	7 ~ 11 / 21	11	21.0	11 / 21 7 : 53	17	低気圧 低気圧、関東を通過
	1 / 16	1 ~ 1 / 16	9	19.0	1 / 16 6 : 40	12	低気圧 低気圧、本州南岸東進
	2 / 22	0 ~ 2 / 22	12	17.0	2 / 22 3 : 5	11	低気圧 低気圧、房総沖を北東進
	8 / 8	23 ~ 8 / 9	9	17.0	8 / 9 1 : 5	15	津波 津波(グアム島付近でM8.0地震)
	8 / 9	15 ~ 8 / 10	22	20.0	8 / 10 19 : 40	2	台風 台風9号九州南部を北上
	10 / 19	15 ~ 10 / 19	21	15.0	10 / 19 20 : 3	15	低気圧 低気圧、本州南岸を東進
1994	1 / 18	0 ~ 1 / 18	10	15.0	1 / 18 2 : 10	2	前線 寒冷前線通過
	4 / 12	23 ~ 4 / 13	13	25.0	4 / 13 1 : 30	2	低気圧 低気圧日本海で発達北東進

久里浜湾における長期検潮記録解析

表-4 長周期波一覧表 (4/4)

長周期波一覧表

年	期 間 (月 日 時 ~ 月 日 時)	最大 振幅(cm)	期 時 (月 日 時 分)	周 期 (分)	起 因 要素	参 考 事 項
1994	8 / 12 19 ~ 8 / 13 6	18.0	8 / 13 1 : 5	2.5	台風	台風 1 4 号九州南方を通過
	9 / 11 10 ~ 9 / 11 18	25.0	9 / 11 14 : 58	2	台風	台風 2 1 号関東南海上を通過
	9 / 28 9 ~ 9 / 29 6	23.0	9 / 28 12 : 0	2	台風	台風 2 6 号近畿地方を縦断
	9 / 29 22 ~ 9 / 30 8	22.0	9 / 30 6 : 40	2	台風	台風 2 6 号日本海北上
	10 / 5 4 ~ 10 / 5 19	16.0	10 / 5 12 : 32	15	津波	津波 (北海道東方沖地震)
	11 / 7 6 ~ 11 / 7 19	22.0	11 / 7 17 : 27	11	低気圧	低気圧本州南岸を通過
1995	1 / 4 11 ~ 1 / 5 3	22.0	1 / 4 22 : 0	15	低気圧	低気圧, 本州南岸を東北東進
	4 / 23 10 ~ 4 / 23 21	20.0	4 / 23 13 : 55	11	低気圧	低気圧, 北日本通過 強い南風
	9 / 17 3 ~ 9 / 17 19	29.0	9 / 17 12 : 27	2	台風	台風 1 2 号関東に接近
	11 / 7 23 ~ 11 / 8 12	23.0	11 / 8 1 : 45	19	低気圧	低気圧, 北海道北部で猛烈に発達
	11 / 15 23 ~ 11 / 16 3	18.0	11 / 15 23 : 39	15	冬型	冬型
	11 / 24 2 ~ 11 / 24 8	21.0	11 / 24 6 : 36	12	冬型	冬型

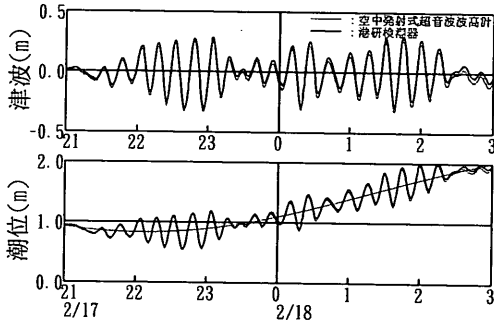


図-9 1996年イリアンジャヤ地震津波の波形記録

図-10の周波数スペクトルは、ともに、両者がよく一致しており、検潮器の応答特性は良好であることが理解できる。図-10の応答関数を見ると、検潮記録は周波数が0.003Hzより低周波側では、ほぼ1.0の一定値となっており、港研構内検潮器は周期300秒(5分)以上の長周期波であれば正確に波形を観測ができることが確認されている。文献⁹⁾では東京湾沖合に位置する伊豆大島波浮港沖合(水深49m)の波高観測記録と港研検潮所検潮記録の周波数スペクトルと応答関数の比較を行ったところ、 1.1×10^{-3} Hz (約15分)付近で久里浜湾の地形の影響と考えられる高い応答値が見られるものの、 7×10^{-4} Hz (約24分)より長周期側では、ほぼ1.0に近い値となることが確認されている。

また、検潮器の構造は、もともと数時間から数カ月間の比較的長周期の変動成分を対象とし、通常の波浪のような高周波成分は低減されるように設計されている。

村上⁸⁾は、検潮井戸の内部と外部をつなぐ導水管の損失を考慮し、外部の水位変動にともなう内部の水位の変化を内外の水位差による流入量(流出量)に応じて一

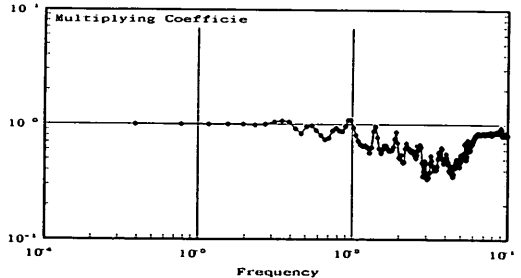
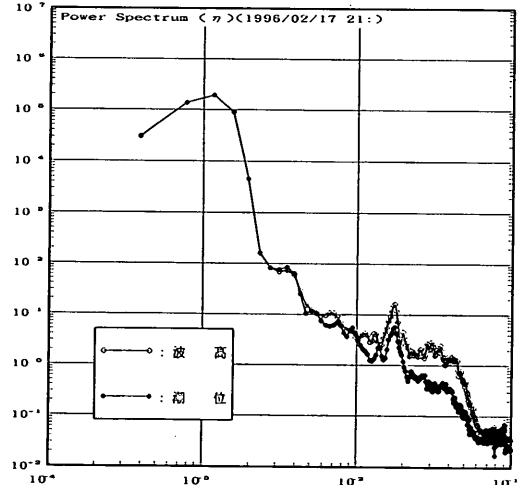


図-10 津波の周波数スペクトルと検潮器の応答特性

様に水位が上昇(低下)するとして流入方式を用いて、検潮器の構造による検潮井戸の応答特性を検討している。検潮所の構造を表す係数は次式で定義される。

$$E_0 = A / (\sqrt{2g} CS) \quad \dots\dots(1)$$

ここにおいて、

- D : 検潮井戸の内径
- A : 検潮井戸の面積 (= $\pi D^2 / 4$)
- ϕ : 導水管の内径
- S : 導水管の面積 (= $\pi \phi^2 / 4$)
- C : 抵抗係数 (= $1 / (f_e + fL/R + f_o)^{0.5}$)
- f_e : 流入損失係数
- f_o : 流出損失係数
- f : 摩擦損失係数 (= $124.5n^2 / \phi^{1/3}$)
- n : マニングの粗度係数
- L : 導水管の長さ
- R : 導水管の径深 (= $\phi / 4$)

応答特性を表す減衰比は次式で定義される。

$$\lambda = ((-1 + \sqrt{1 + 4 a^2 (E_0 \omega)^4 / 2a^2 (E_0 \omega)^4})^{0.5}) \quad \dots\dots(2)$$

ここにおいて、

- a : 波形の振幅
- ω : 角周波数 (= $2\pi / T$)
- T : 周期

港研構内検潮器は、2.1で紹介したように検潮井戸の内径 $D = 1.2\text{m}$ 、導水管の内径 $\phi = 0.13\text{m}$ 、導水管の長さ $L = 7.7\text{m}$ である。 $n = 0.013$ 、 $f_e = 0.5$ 、 $f_o = 1.0$ とすると、式 (1) から

$$E_0 = 61.81(\text{sec/m}^{0.5})$$

振幅 $a = 1\text{ m}$ に固定して周期を80分、15分、5分と変化させると減衰比は1.0、0.98、0.64となった。

周期 $T = 5$ 分に固定して振幅を0.5m、0.3m、0.1mと変化させると減衰比は0.80、0.90、0.98となった。

以上から、減衰比は周期が長いほど、短周期でも振幅が小さいほど、1.0に近づくことがわかった。

この試算結果を1996年イリアンジャヤ地震津波波形記録図-9およびそのスペクトル解析結果図-10と比較すると、以下のように理論上もよく対応していることがわかる。

すなわち、図-10ではエネルギーのピーク周期となる15分程度の周期に対しては、その両振幅が70cm程度と高い値を示しても減衰比は0.98以上の値となり、またエネルギーレベルの比較的低い周期5分程度の応答も減衰比は1.0に近くなっている。

4.3 長周期波の分類と振幅・周期の出現特性

長周期波の発生要因は、気象擾乱と津波の2種類に大別される。抽出された180ケースの長周期波の構成は気象擾乱(低気圧85ケース、台風70ケース、前線8ケース、冬型7ケース、高気圧等6ケース)、津波(4ケース)となっている。長周期波の両振幅と周期の出現状況は、表-5に示す通りである。

周期10分以下(多くは周期2-3分)の長周期波が63ケース見られたが、これらの発生時の気象状況を見ると台風が日本付近に接近して高波が予想される場合と日本海や関東南部を発達した低気圧が通過し強い南風を伴う気象状況の時に多く発生している。両振幅も比較的大きなものが見られる。こうした比較的周期の短い長周期波は、検潮所前面護岸・東京電力発電所護岸間のモードの固有周期約3分に依存して生起するものと考えられる。また、高波の発生しやすい気象状況時に発生していることから、サーフビート現象により発生している可能性も否定できない。

これに対して、周期10-19分(多くは周期12-15分)の発生数は114ケース見られるが、両振幅は比較的小さいようである。この周期帯の長周期波は、前報でも紹介したとおり、外洋の気象擾乱や微気圧振動等による長周期な波動成分に誘発される久里浜・金谷間のモードの固有周期約15分に依存して生起するものと考えられる(地形に伴う副振動固有周期については4.6でさらに検討を行うこととする)。

周期20分以上の発生数は3ケースだけであったが、この中で最大両振幅(200cm)を示したものは、1960年チリ地震津波来襲時の記録であり、周期も非常に長く約80分であった。

表-5 長周期波の周期と最大両振幅の出現分布

両振幅 (cm)	周 期 (分)			合 計
	- 10	10 - 20	20 -	
15 - 20	17	80	0	97
20 - 25	17	22	1	40
25 - 30	12	7	1	20
30 - 40	6	4	0	10
40 - 50	6	1	0	7
50 - 100	5	0	0	5
100 -	0	0	1	1
合 計	63	114	3	180

* 範囲は、以上-未満を表す

4.4 1960年チリ地震津波波形の特徴

1960年チリ地震津波は、約1日かかって太平洋を横断し、我国太平洋沿岸に襲来し、広い範囲で被害を発生させた津波である。本報告で検討対象とした38年間の観測長周期波の中でも、最大の振幅と周期を記録したのが、このチリ地震津波であった。

図-11は、港研構内検潮所における1960年チリ地震津波来襲時の波形記録を示したものである。波形記録は、検潮記録紙上の記録を細かくデジタイザーで読み取り数値化した。検潮記録紙の紙送り速度は2 cm / 時間であるため、0.2mm 毎に読み取りを行ったので、データのサンプリング間隔は、36秒間となった。下段の図は、天文潮位変化を含めた、読み取ったそのままの記録であり、上段の図は、下段の図中の滑らかな細線で示される天文潮位成分を除去した津波記録である。

港研構内検潮所で、チリ地震津波の第1波が観測されたのは、1960年5月24日の午前3時前であった。津波は弱い押し波から始まっているが、時間の経過とともに徐々に振幅が高まり、第3波が最も高く両振幅約200cmであった。ゼロアップクロス法で定義される津波周期は、約80分であり、津波としても非常に長く、1960年チリ地震のスケールの大きさを物語っている。4波目以降は、振幅が徐々に減少するが、津波による水面の上下変動は

なかなか消えず、5月27日以降も、まだ、津波波形が認められる。

図-12は、チリ地震津波波形の周波数スペクトル解析を行ったものである。この際問題となるのは、津波波形は非定常なもので、解析対象時間と同じ波形が無限回繰り返されるといふスペクトル解析の前提条件が必ずしも満たされていないことである。

そこで、図-12(1)には、図-11中に示される①-④のデータサンプリング時間に設定し、それぞれにFFT法によってスペクトルを計算し、その結果を比較したスペクトル図を示し、図-12(2)には、図-11中に示される①'-⑧'のデータサンプリング時間に設定し、それぞれにFFT法によってスペクトルを計算し、その結果を比較したスペクトル図を示した。ここで、データサンプリング時間①は81時間55分12秒間の8192データ、②はその半分の時間の4096データ、③はさらに半分の2048データ、④はさらに半分の1024データ、①'-⑧'は、①期間を8分割した1024データである。

図-12(1)の中で、④は最も津波が高い期間について計算した結果であるので、スペクトル全体のパワー(図の積分値)が最も高く、①は時間とともに減衰した波形の影響を受けてパワーは相対的に低くなっているものの、スペクトルの形状は、4ケースともほぼ同じである。ま

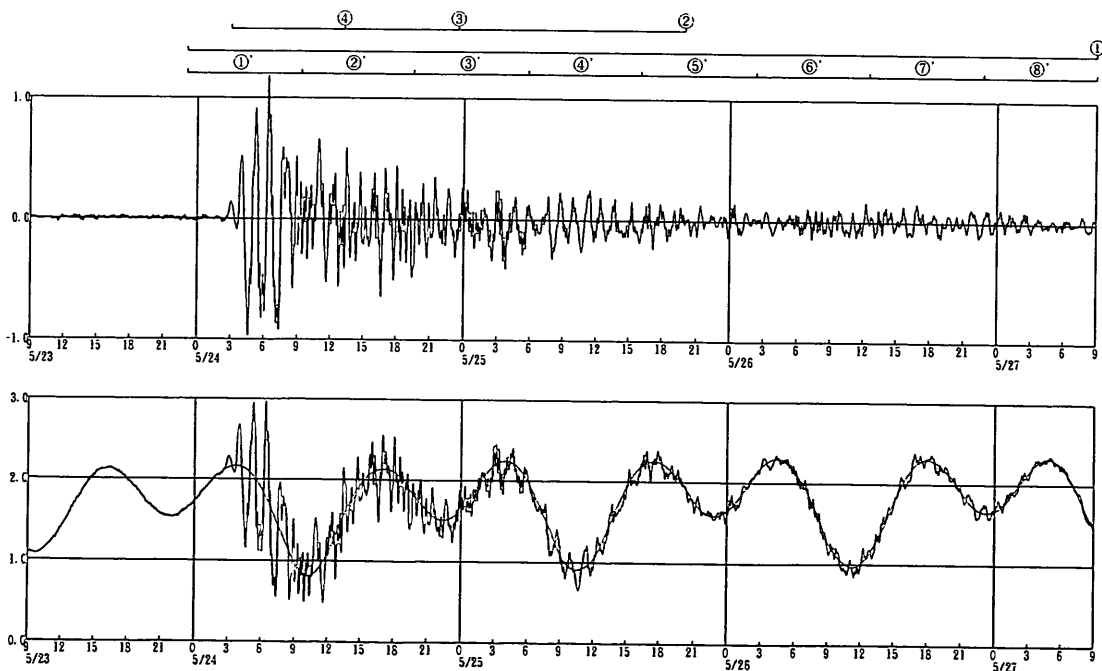


図-11 1960年チリ地震津波波形記録

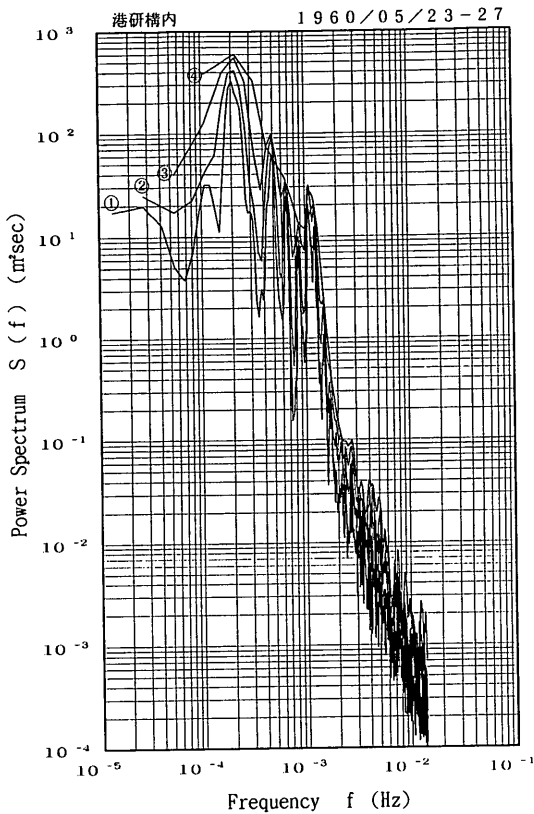


図-12(1) 1960年チリ地震津波の周波数スペクトル

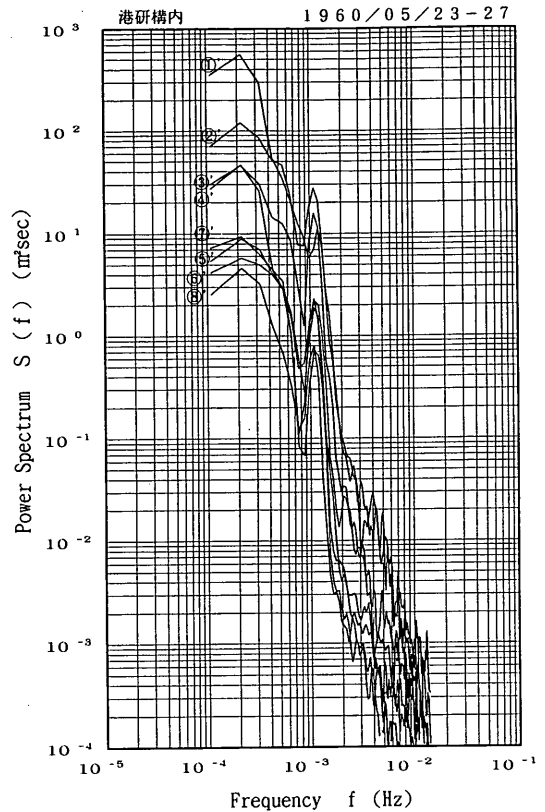


図-12(2) 1960年チリ地震津波の周波数スペクトル

た、図-12(2)の中で、①-⑧から時間経過とともにスペクトルのパワーの減少が見られるものの、スペクトルの形状はあまり変化せず、チリ地震津波の最も高いエネルギーの影響が3日間以上も続いたことがわかる。スペクトルのピーク周波数は、 2×10^{-4} Hz 付近(5000秒すなわち約83分)で変化していないものの、久里浜・金谷間モードの固有周期に対応する周期約15分のピークが、時間経過とともに津波のピーク周期に比べて相対的に大きくなっていることがわかる。

図-10で示した検潮器の周波数応答関数は、 3×10^{-3} Hz すなわち約5分よりも長周期側では、ほぼ1.0であるため、ここで得られたチリ地震津波の周波数スペクトル形状は、検潮井戸の応答特性による歪はほとんどないと考えられる。

チリ地震津波の関連研究としては、高橋ら⁹⁾は、久里浜を含む全国17ヶ所の検潮所の波形記録を収集し、ウェーブアナライザーというアナログ計算機を用いてスペクトルを演算し、東日本では60-80分、西日本では40-50分のスペクトルの山が各検潮所で共通でみられたとの報

告を行っている。また、羽鳥¹⁰⁾は、八丈島神湊港における検潮波形記録をスペクトル解析結果と共に紹介し、スペクトル最大周期が80分であったと報告している。

しかしながら、ここで示した解析はこれらの過去の研究に比べて、以下の3項目の特徴があり今後の津波研究に資するものと期待する。

① デジタルで演算したものであり、データサンプリングは36秒間隔と細かく、検討対象時間範囲も約10時間(1024データ)から80時間(8192データ)と長いので、はるかに広い周波数領域でスペクトルを得ていること。

② 周波数スペクトルの経時変化を追跡する中で、津波のピーク周期は変化していないことを明らかにしていること。他方、時間経過とともに湾の固有周期に対応する周期約15分のピークが、第一ピーク約83分に比べて相対的に大きくなっていったこと。

③ 検潮所の周波数応答特性を他の実測記録(1996年イリアンジャヤ地震津波)から明らかにしており、水面の上下変動にほぼ一致することを確認していること。

4.5 その他の顕著な長周期波形

以下に、1960年チリ地震津波以外の顕著な長周期波について、観測された波形を紹介する。

(1) 1993年グアム地震津波

図-13は、1993年8月8日から9日にかけての、グアム地震津波来襲時の波形記録を示したものである。津波波形は、8日22:30頃からの弱い引き波から始まっている。津波の両振幅は最大でも約17cm程度であった。津波周期について見ると、第1波の引き波が始まる22:30頃から次の引き波が始まる23:05頃までの時間間隔は35分程度となっているが、その後、久里浜・金谷間のモードの固有周期に対応する周期15分程度の振動が長く続い

ている。

(2) 1994年北海道東方沖地震津波

図-14は、1994年10月4日から6日にかけての、北海道東方沖地震津波来襲時の波形記録を示したものである。10月4日22:27に発生した本地震に伴う津波は、色丹島などの北方諸島に大きな被害を与えたばかりでなく、我国太平洋北東沿岸にも来襲し養殖施設等に被害をもたらした。¹¹⁾しかし、久里浜湾は、震源から遠く、かつ、房総半島によって来襲津波は遮蔽されるため、観測された津波の両振幅は最大でも約16cmと小さかった。

図-14で見られる津波の周期は、10月5日06:30頃の第1波の極大水位時刻と、07:35頃の第2波の極大水位

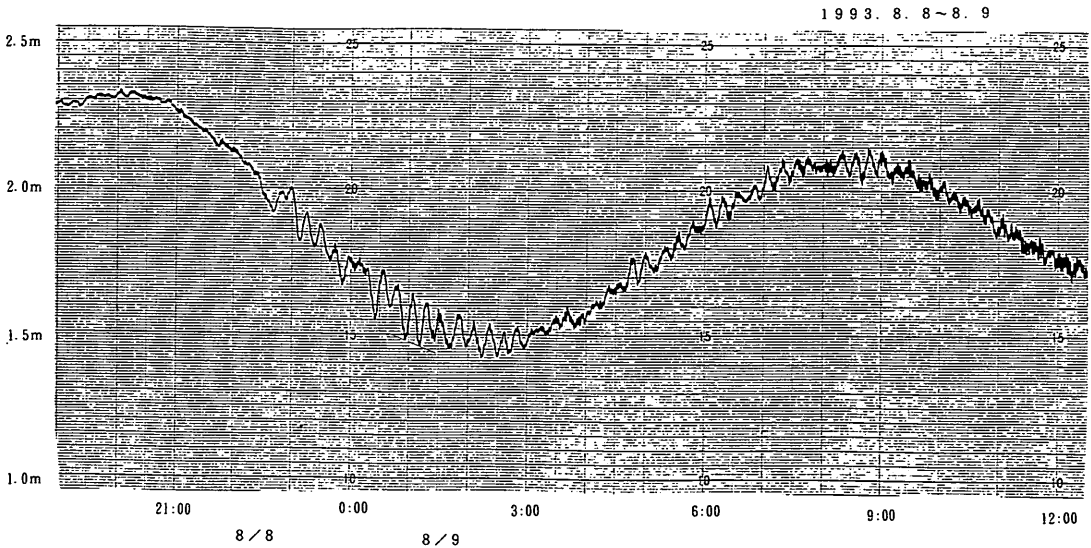


図-13 1993年グアム地震津波波形記録

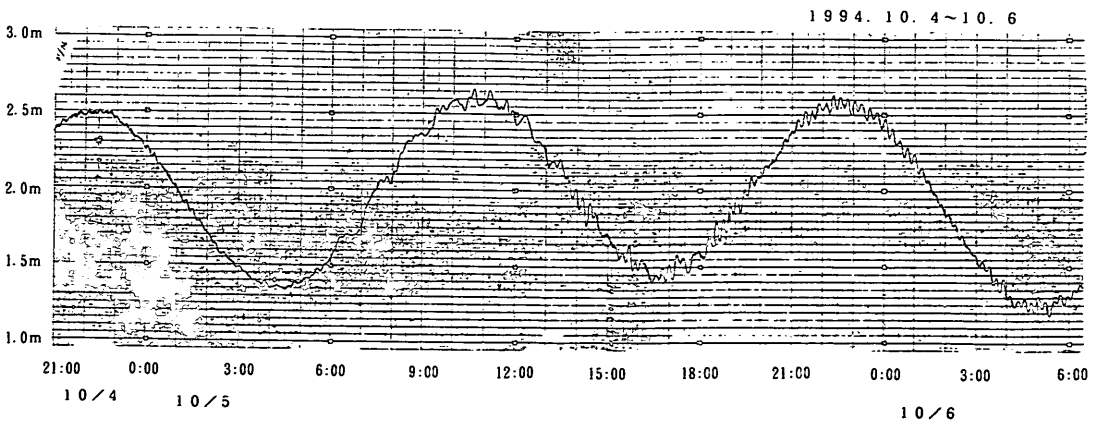


図-14 1994年北海道東方沖地震津波波形記録

時刻との間は約65分と長く、むつ小川原港等の波高計や検潮記録ともほぼ一致しているが、その後は、やはり周期15分程度の振動が長く続いている。

(3) 1959年台風7号

図-15は、1959年8月4日の台風5907号の通過に伴う波形記録を示したものである。台風の接近に伴って、8月4日未明から見られる長周期波は徐々に増幅し、8:00頃には最大両振幅が50cmを超えている。長周期波の周期は、発生初期においては、広義の久里浜湾の固有周期に対応する15分程度であったが、ピーク時前後では非常に短く2-3分程度となっている。これは、波浪の長周期成分の影響または久里浜湾内のモードの固有周期に依存して生起するものと推定される。

(4) 1959年台風15号(伊勢湾台風)

図-16は、1959年9月24日から27日にかけての台風5915号(伊勢湾台風)の通過に伴う波形記録を示したものである。伊勢湾台風通過に伴う長周期波の最大両振幅は、9月27日2:00頃約40cmであった。周期はやはり2-3分程度と短かった。

(5) 1960年高気圧(1月1日)

図-17は、1960年1月1日の高気圧通過に伴って発生した長周期波形記録を示したものである。未明には、2-3分の短周期でかつ両振幅数cmの振動が見られたが、

6:00頃以降には周期約15分の振動が短周期の振動とともに見られるようになり、10:00以降は15分周期が卓越するようになった。振幅はその後増幅を続け、18:00前に最大両振幅約40cmを記録している。その後は徐々に長周期波は減衰をはじめるが、1月2日になっても、周期約15分の振動は続いていた。

4.6 地形に伴う副振動固有周期の検討

(1) 検討手法

地形に伴う副振動は、一般的には複雑な海底地形と陸境界によって数多くのモードが存在するため、固有周期の特定は困難であることが多い。ここでは、最も簡易な推定として直立壁間の一定水深を仮定して港研構内検潮所の地形に伴う副振動固有周期を検討する。

直立壁間の水平距離を B とすると、1次モードの副振動は長周期波の波長 L が $2B$ に等しい時に発生する。ここで、 L は次式で示される。

$$L = T\sqrt{gh} \quad \dots\dots(3)$$

すなわち、

$$L = 2B = T\sqrt{gh} \quad \dots\dots(4)$$

となるので固有周期となる T は、

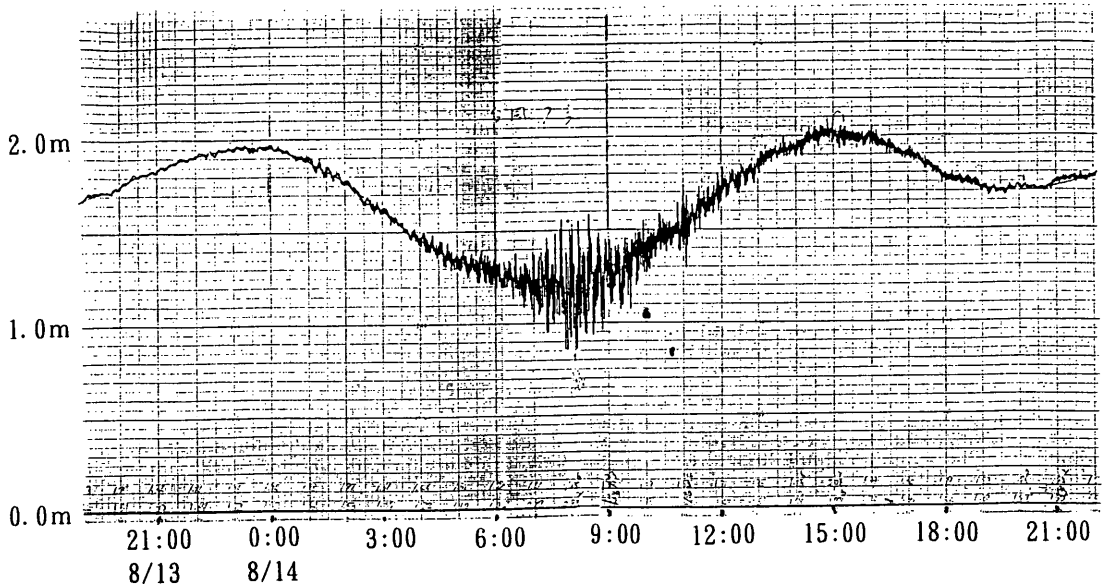


図-15 代表的気象じょう乱における波形記録1
1959年8月4日 台風5907号(駿河湾通過)

久里浜湾における長期検潮記録解析

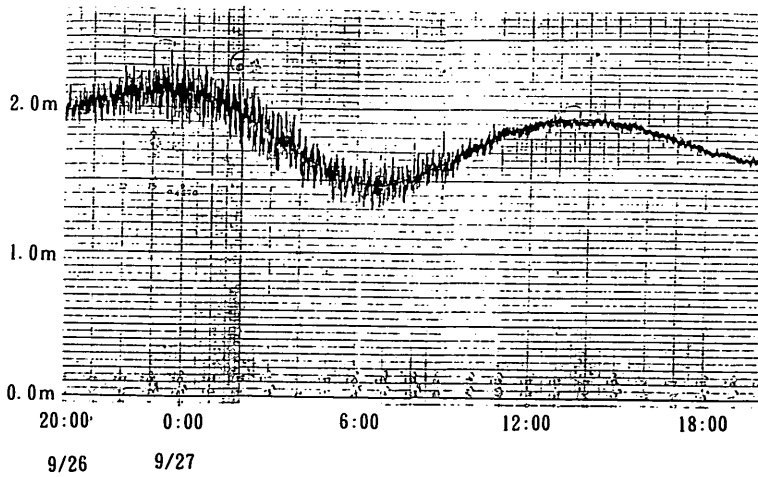
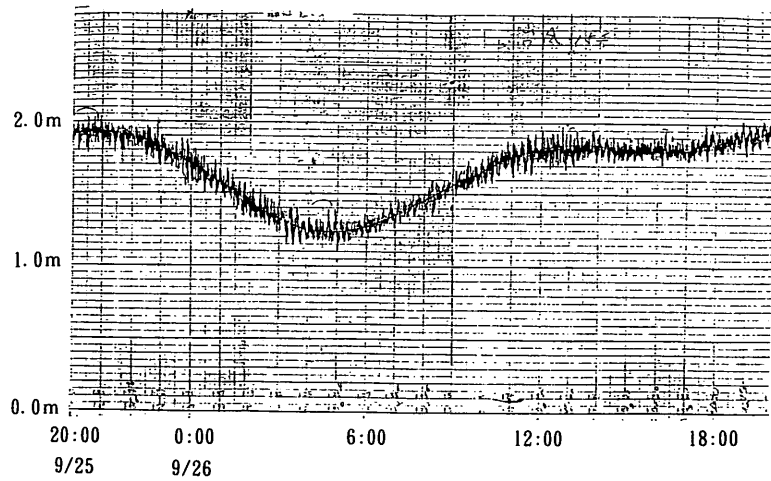
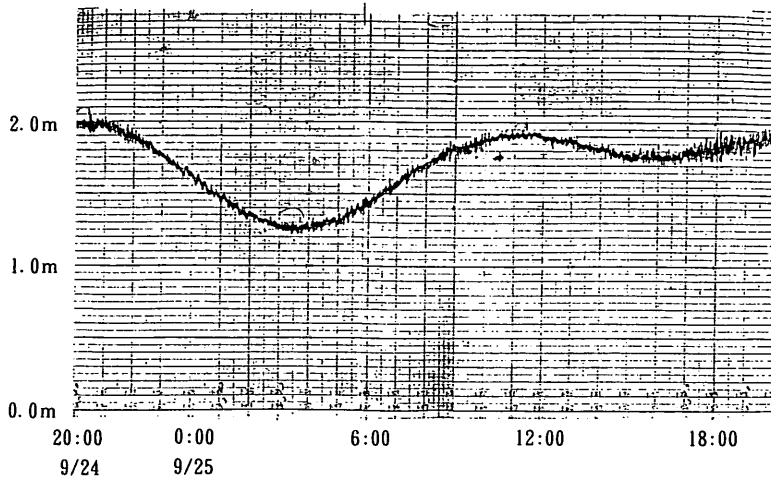


図-16 代表的気象じょう乱における波形記録2
1959年9月24~27日 台風5915号(伊勢湾台風)

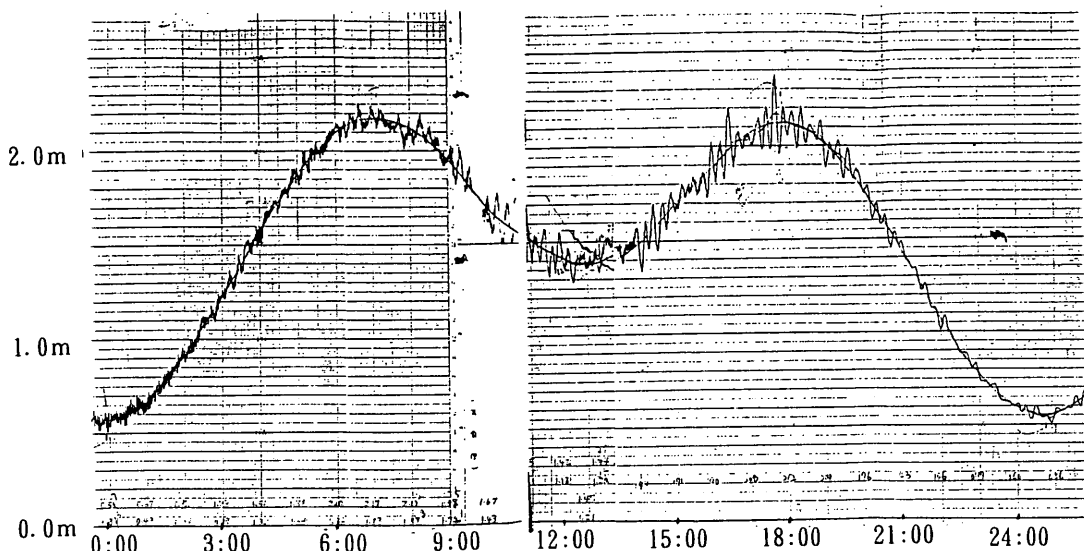


図-17 代表的気象じょう乱における波形記録3
1960年1月1日 高気圧(能登一茨城横断)

ここに、 T : 長周期波の周期
 g : 重力加速度 (= 9.8 m/s^2)
 h : 水深

$$T = 2B / \sqrt{gh} \quad \dots(5)$$

として推定することが可能である。

(2) 久里浜・金谷間の固有振動

港研構内検潮所は、図-1に示したような東京湾港口部の対岸である千葉県金谷と向かい合っている。

久里浜金谷間の距離を $B = 9,000 \text{ m}$ 、平均水深を $h = 40 \text{ m}$ と見積もると式(5)から、

$$T \approx 15 \text{ min}$$

となり、表-4および表-5で紹介した周期15分程度の水面変動が多く現れることに対応したのとなっている。

1996年イリアンジャヤ地震津波において、伊豆大島波浮港沖合と港研構内検潮所における津波波形周波数スペクトル解析結果を見ても、久里浜湾におけるスペクトルは波浮港沖合に比較して周期15分程度の周波数帯で顕著な増幅が見られることが明らかにされている。⁴⁾

(3) 久里浜湾内の固有振動

図-1に示される久里浜湾内の地形を見ると港研前面の護岸と東京電力発電所の護岸は、1,000mほどの距離を置いて対岸に位置していることがわかる。そこで水平距

離 $B = 1,000 \text{ m}$ 、平均水深 $h = 10 \text{ m}$ と見積もると

$$T \approx 200 \text{ s} = 3 \text{ min} 20 \text{ s}$$

となる。

この周期は、やはり表-4および表-5に多く現れた周期2-3分の水面変動と対応しているようである。

しかし、検潮記録紙の紙送り速度が 2 cm/時間 であり、こうした比較的短い周期の水面変動の周期を正確に特定することは困難であり、かつ周期2-3分の水面変動は湾内の風が強く波が比較的高い時だけに多く見られる現象であることを考えあわせると、サーフビートのような波浪の長周期成分によるものである可能性も否定できない。

5. 調和定数の経年変動と気象偏差

5.1 調和定数の計算

久里浜湾における潮汐の調和分解は、最小自乗法¹²⁾、¹³⁾を用いて計算した。

表-6は、潮汐の調和分解によって得られる28分潮(潮汐を天文学上定まる周期をもつ28個の正弦振動に分解したもの)を示したものである。

表-7は、1958年から95年までの各年毎に1時間毎の潮位観測記録から計算した主要四分潮を示したものである。図-18は、主要四分潮および Z 。(主要4分潮の振

久里浜湾における長期検潮記録解析

表-6 潮汐の28分解

分潮番号	記号	名称	1 平均太陽時の角速度(度)	備考
1	S A	太陽年周潮	0. 0 4 1 0 6 7	
2	S S A	太陽半年周潮	0. 0 8 2 1 3 7	
3	M M	太陰月周潮	0. 5 4 4 3 7 5	
4	M S F	日月合成半月周潮	1. 0 1 5 8 9 6	
5	M F	太陰半月周潮	1. 0 9 8 0 3 3	
6	Q 1	主太陰楕率潮	1 3. 3 9 8 6 6 1	
7	O 1	主太陰日周潮	1 3. 9 4 3 0 3 6	
8	M 1	副太陰楕率潮	1 4. 4 9 6 6 9 4	
9	P A 1	主太陽楕率潮	1 4. 9 1 7 8 6 5	
10	P 1	主太陽日周潮	1 4. 9 5 8 9 3 1	
11	K 1	日月合成日周潮	1 5. 0 4 1 0 6 9	
12	J 1	小太陰楕率潮	1 5. 5 8 5 4 4 3	
13	N N 2	二次太陰楕率潮	2 7. 8 9 5 3 5 5	
14	M W 2	太陰二均差潮	2 7. 9 6 8 2 0 8	
15	N 2	主太陰楕率潮	2 8. 4 3 9 7 3 0	
16	N W 2	主太陰出差潮	2 8. 5 1 2 5 8 3	
17	M 2	主太陰半日周潮	2 8. 9 8 4 1 0 4	
18	L 2	副太陰楕率潮	2 9. 5 2 8 4 7 9	
19	T 2	主太陽楕率潮	2 9. 9 5 8 9 3 3	
20	S 2	主太陽半日周潮	3 0. 0 0 0 0 0 0	
21	K 2	日月合成半日周潮	3 0. 0 8 2 1 3 7	
22	M 3	太陰1 / 3日周潮	4 3. 4 7 6 1 5 6	
23	M 4	太陰1 / 4日周潮	5 7. 9 6 8 2 0 8	
24	M S 4	複合潮(M 2 + S 2)	5 8. 9 8 4 1 0 4	
25	M 6	太陰1 / 6日周潮	8 6. 9 5 2 3 1 3	
26	M S 6	複合潮	8 7. 9 6 8 2 0 8	
27	S M 6	複合潮	8 8. 9 8 4 1 0 4	
28	M 8	太陰1 / 8日周潮	1 1 5. 9 3 6 4 1 7	

表一 年別調和定数一覧表

分潮 観測年	M ₂		S ₂		K ₁		O ₁		Z ₀
	振幅(cm)	遅角(°)	振幅(cm)	遅角(°)	振幅(cm)	遅角(°)	振幅(cm)	遅角(°)	
1958	35.851	147.174	17.103	175.561	23.259	176.155	18.653	157.503	94.866
1959	36.283	148.890	17.400	177.502	23.322	175.840	18.336	158.489	95.341
1960	36.359	149.025	17.492	177.282	22.985	175.924	18.453	157.851	95.289
1961	36.657	148.703	17.255	177.196	23.558	176.107	18.390	158.695	95.860
1962	36.409	148.588	17.283	176.549	23.367	176.397	18.461	158.798	95.520
1963	36.613	148.305	17.155	176.745	23.839	177.234	18.608	158.830	96.215
1964	36.322	147.703	17.273	176.151	23.758	177.406	18.832	158.756	96.185
1965	36.684	147.691	17.360	176.240	23.836	177.252	18.741	158.410	96.621
1966	36.111	147.768	17.089	176.167	23.330	176.683	18.553	158.464	95.083
1967	36.135	148.356	17.311	176.840	23.441	177.708	18.361	159.506	95.248
1968	36.022	148.286	17.300	177.755	23.665	177.742	18.737	159.494	95.724
1969	35.872	148.018	17.195	176.796	23.365	177.056	18.606	158.766	95.038
1970	36.106	148.227	17.241	176.343	23.527	177.685	18.519	159.058	95.393
1971	35.934	148.554	17.143	177.036	23.533	177.778	18.400	158.878	95.010
1972	35.717	148.323	17.202	177.354	23.216	176.795	18.342	159.066	94.477
1973	35.968	147.557	17.210	176.490	23.482	177.142	18.725	158.799	95.385
1974	35.932	148.005	17.329	177.023	23.483	177.646	18.638	158.196	95.382
1975	35.765	148.623	17.208	176.858	23.306	177.203	18.410	159.367	94.689
1976	35.881	148.163	17.170	177.034	23.118	176.123	18.247	158.766	94.416
1977	36.143	147.877	17.160	176.725	23.240	176.045	18.789	158.331	95.332
1978	36.215	148.242	17.118	176.825	23.452	175.720	18.473	157.551	95.258
1979	36.157	149.297	17.078	177.653	23.353	176.711	18.342	158.068	94.930
1980	36.073	148.018	17.009	176.002	23.552	177.001	18.533	158.661	95.167
1981	36.488	147.103	17.231	174.517	23.581	177.594	18.504	159.102	95.804
1982	35.873	148.513	17.115	176.502	23.398	176.664	18.517	159.451	94.903
1983	35.610	148.327	16.968	176.355	23.333	176.854	18.558	158.549	94.469
1984	35.982	147.877	17.340	176.165	23.688	177.357	18.532	158.382	95.542
1985	35.881	148.448	17.214	176.760	23.722	177.825	18.689	159.536	95.506
1986	36.246	148.788	17.301	176.891	23.944	178.198	19.006	159.474	96.497
1987	36.051	149.077	17.191	177.094	23.431	176.478	18.579	158.408	95.252
1988	36.169	148.087	17.409	176.662	23.436	177.100	18.516	158.727	95.530
1989	35.967	147.579	17.229	175.407	23.611	177.118	18.546	159.232	95.353
1990	35.739	147.573	17.240	176.442	23.178	176.204	18.633	158.962	94.790
1991	35.698	147.228	17.261	175.832	23.680	176.978	18.819	158.129	95.458
1992	35.848	147.281	17.380	175.770	23.464	176.785	18.598	158.040	95.290
1993	35.911	146.524	17.165	175.275	23.583	176.723	18.572	158.205	95.231
1994	35.761	147.616	17.147	175.612	23.519	176.296	18.759	158.445	95.186
1995	35.867	147.550	17.177	175.608	23.545	176.611	18.909	157.870	95.498
最小	83 35.610	93 146.524	83 16.968	81 174.517	60 22.985	78 175.720	76 18.247	58 157.503	76 94.416
最大	65 36.684	79 149.297	60 17.492	68 177.755	86 23.944	86 178.198	86 19.006	85 159.536	65 96.621
平均	36.061	148.078	17.222	176.501	23.476	176.898	18.576	158.653	95.335
標準偏差	0.268	0.600	0.110	0.697	0.204	0.626	0.168	0.533	0.492

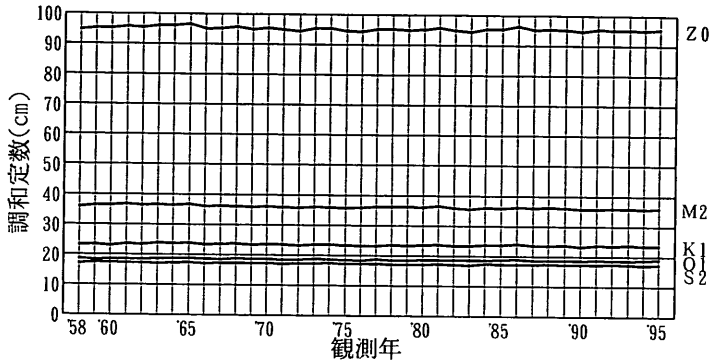


図-18 調和定数の経年変動

幅の和)の経年変動を示したものである。

その結果、主要4分潮の振幅の年毎の変動は小さく、安定性が高いことが示された。Z₀の値は、平均が95.335cm、最大が1965年の96.621cm、最小が1976年の94.416cmであり、変動の標準偏差は0.492cmであった。

付表の調和定数解析結果一覧表(1/5-5/5)には、年平均潮位および28分潮を示している。一覧表は、SA以下周期の長い順に並んでおり、表-6に対応している。

調和定数の解析結果から、太陰半月周期MFより周期の長いものは変動が大きく、主太陰楕率潮Q1より周期の短いものは安定性がよいことが示された。毎年のSA(太陽年周潮)あるいはSSA(太陽半年周潮)の振幅は、年によって大きく異なったものとなっている。この

ことは月平均潮位変動を示す図-6とも対応している。

5.2 気象偏差の算定

表-8は、潮位観測記録から求められた天文潮位と観測潮位(人の目による読み取り値:気圧の差および風による吹き寄せを含む)の満潮時における偏差が30cm以上のものを抽出して上位40個を示したものである。

表-4に抽出した長周期波と気象偏差が重なっているケースは40ケース中12ケース見られ、太平洋側を台風または低気圧が通ったときに発生している。

図-19は、最大気象偏差発生時の潮汐(1979年10月17日-20日の台風7920号)を示したものである。最大気象偏差は1979年10月18日16:00の51cmであった。

表—8 上位気象偏差一覧表

順位	発 生 期 間								最大偏差発生時				最大偏差 (cm)	気 象 要 因	長周期波 両振幅 (cm)
	年	月	日	時	年	月	日	時	年	月	日	時			
1	79	10	18	16	79	10	20	2	79	10	19	16	51	台風7920	38.0
2	58	7	22	5	58	7	24	1	58	7	23	9	47	台風5811	90.0
3	82	9	12	6	82	9	13	8	82	9	12	22	42	台風8218	45.0
4	70	1	30	17	70	2	1	10	70	1	31	9	41	日本海低気圧	-
5	85	6	30	7	85	7	1	20	85	7	1	3	41	台風8506	48.5
6	67	9	10	10	67	9	19	11	67	9	15	2	40	台風6722	-
7	58	9	18	2	58	9	18	17	58	9	18	8	38	台風5821	60.0
8	59	9	26	12	59	9	27	19	59	9	26	23	37	台風5915 (伊勢湾台風)	45.5
9	69	8	23	5	69	8	25	16	69	8	23	15	37	台風6909	-
10	58	12	25	22	58	12	27	19	58	12	26	16	36	日本海低気圧	-
11	66	4	15	8	66	4	18	2	66	4	16	14	36	日本海低気圧	-
12	91	10	9	16	91	10	15	17	91	10	13	8	36	台風9121	-
13	86	12	18	15	86	12	19	20	86	12	19	7	36	二つ玉低気圧	-
14	91	2	15	15	91	2	17	1	91	2	16	6	36	二つ玉低気圧	-
15	89	8	3	21	89	8	9	3	89	8	6	7	35	台風8913	-
16	77	9	17	6	77	9	22	6	77	9	19	20	35	台風7711	-
17	72	2	26	21	72	2	28	18	72	2	27	15	34	南岸低気圧	-
18	83	3	12	9	83	3	14	17	83	3	13	16	34	南岸低気圧	-
19	90	11	30	7	90	12	1	17	90	12	1	4	34	台風9028	-
20	87	9	17	4	87	9	20	11	87	9	18	16	34	台風8713	-
21	79	9	26	6	79	10	2	10	79	10	1	14	32	台風7916	-
22	67	10	28	0	67	10	29	0	67	10	28	15	32	台風6734	36.1
23	91	9	18	22	91	9	20	6	91	9	19	16	32	台風9118	27.0
24	75	8	21	16	75	8	24	3	75	8	23	18	32	台風7506	26.0
25	62	10	27	13	62	11	1	1	62	10	30	17	32	台風6224	-
26	69	4	4	11	69	4	5	15	69	4	5	6	32	日本海低気圧	23.6
27	75	10	7	15	75	10	9	2	75	10	8	7	32	南岸低気圧	-
28	65	11	9	4	65	11	10	1	65	11	9	16	32	日本海低気圧	-
29	88	10	5	23	88	10	10	13	88	10	7	3	31	南岸低気圧	-
30	90	11	9	10	90	11	11	1	90	11	10	11	31	南岸低気圧	28.0
31	65	5	30	9	65	6	7	2	65	6	4	7	31	台風6508	-
32	68	10	24	4	68	10	29	18	68	10	26	9	31	台風6819	-
33	82	10	19	6	82	10	22	3	82	10	20	7	31	二つ玉低気圧	-
34	90	11	4	3	90	11	5	20	90	11	4	17	31	南岸低気圧	-
35	58	3	17	2	58	3	19	20	58	3	18	16	30	南岸低気圧	-
36	85	2	19	1	85	2	24	16	85	2	21	17	30	二つ玉低気圧	15.5
37	64	5	19	5	64	6	5	1	64	5	25	17	30	南岸低気圧	-
38	80	5	8	13	80	5	12	2	80	5	9	11	30	南岸低気圧	-
39	80	12	25	9	80	12	29	20	80	12	26	19	30	南岸低気圧	-
40	93	9	26	14	93	10	6	15	93	10	4	7	30	南岸低気圧	-

備考 -は両振幅15cm未満の場合

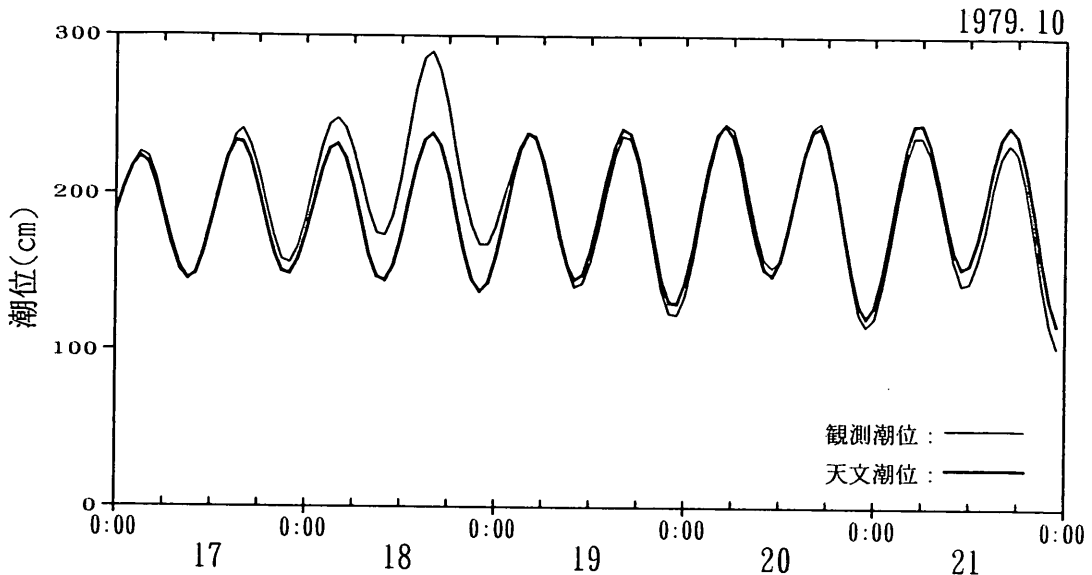


図-19 最大気象偏差発生時の潮汐
1979年10月17日-20日 台風7920号

6. まとめ

本報告は、1958年2月から1995年12月までの約38年間における港湾技術研究所構内検潮記録をとりまとめたものである。このように長期間にわたって、同一条件で継続してとりまとめられた潮位観測結果は、他に類例を見ない貴重なものである。ここでは、日々の観測によって得られた約33万データにのぼる検潮記録を整理して、月平均水面および年平均水面の経年変動を求めた。この結果、国土地理院第10845号一等水準点平均成果（1969年と1990年の2回公表）と、同水準点と港研検潮器零位との間の基準点測量（1975年と1992年の2回実施）から東京湾平均海面を基準として推定される地盤沈下量を考慮しても、平均水面（東京湾平均海面を基準）が $+2.03$ mm/年の割合で上昇していることがわかった。

あわせて、最大両振幅が15cmを超える180ケース（うち4ケースが津波）の長周期波記録の抽出を行ったが、もっとも両振幅の大きかったものは、チリ地震津波（1960年5月24日）の200cmであった。チリ地震津波の周期は、ゼロアップクロス波別解析およびスペクトル解析の結果約80分であったことが確認された。チリ地震津波の他にも、津波、台風、低気圧等に伴う主要な観測長周期波記録を紹介したが、周期2-3分の波浪の長周期成分を捉えたものまたは検潮所前面岸壁・東京電力発電所

護岸間のモードの固有周期に依存して生起する長周期波を捉えたものと、周期15分程度の久里浜・金谷間のモードの固有周期に依存して生起する長周期波が、多く観測されている。

また、各年毎に1時間毎の観測記録をもとに調和分解計算を実施した結果、主要4分潮の振幅の年毎の変動は小さく、安定性が高いことが示された。

Z。(主要4分潮の振幅の和)の値は、平均が95.335 cm、最大が1965年の96.621cm、最小が1976年の94.416 cmであり、変動の標準偏差は0.492cmであった。

7. おわりに

本報告は、1958年から1995年までの約38年間の構内検潮所における潮位観測記録を取りまとめたものである。

経年的な検潮記録を取りまとめにより明らかとなった平均水面の上昇傾向や、1960年チリ地震津波をはじめとする長周期波のとりまとめの成果が、既刊資料とともに今後の各港湾における潮位観測記録の整理・解析や、関連研究等の基礎資料となれば幸いである。

ここで改めて、早くから潮位観測の重要性を認識し、継続して潮位データを取得・解析に携わってこられた研究室の諸先輩方に多大なる敬意を表す。

第10845水準点の標高に関しては、建設省国土地理院より貴重な資料とご教示をいただいた。また、東北大学

工学部災害制御センターの首藤伸夫教授からは、チリ地震津波に関する既往の研究についてお教えいただいた。さらに、海上保安庁水路部沿岸調査課の小田巻実補佐官からも、潮位の調和分解結果の評価について貴重なコメントをいただいた。本報告の図表等の整理・作成に関しては、(株)エコーおよび沿岸海洋調査(株)のご協力をいただいたことを付記して、あわせて謝意を表する。

(1996年9月27日受付)

参考文献

- 1) 佐々木弘・菅原一晃・佐々木徹也・広瀬宗一・金子大二郎・高橋智晴・夷塚葉子：港研構内およびアシカ島における気象・海象観測（昭和54年），港湾技研資料 No.314, 1979, 130p.
- 2) 菅原一晃・立花祐二・佐々木弘・広瀬宗一・橋本典明：港研構内およびアシカ島における気象・海象観測その2(昭和59年), 港湾技研資料 No.481, 1984, 61p.
- 3) 菅原一晃・成田 明・亀山 豊・小舟浩治・後藤智明・橋本典明：港研構内およびアシカ島における気象・海象観測その3(昭和63年), 港湾技研資料 No.624, 1988, 70p.
- 4) 小舟浩治・永井紀彦・橋本典明・平石哲也・清水勝義：1996年イリアンジャヤ地震津波の特性，港湾技研資料 No.842, 1996, 96p.
- 5) IPCC WG1 : Policymakers Summary of the Scientific Assessment of Climate Change, 1990, 27p.
- 6) 気象庁：気候変動に関する政府間パネル（IPCC）科学的評価～1990年報告書・1992年補遺概要～，1993, 106p.
- 7) 海面水位の上昇等による臨海部の社会経済活動への影響とその対策に関する調査委員会報告，運輸省港湾局海岸防災課，1996
- 8) 谷本勝利・高山知司・村上和男・村田 繁・鶴谷広一・高橋重雄・森川雅行・吉本靖俊・中野 晋・平石哲也：1983年日本海中部地震津波の実態と二・三の考察，港湾技研資料 No.470, 1983, 299p.
- 9) 高橋龍太郎・相田 勇：津波スペクトルの研究，地震研究所彙報 vol.39, 1961, pp.523-535
- 10) HATORIT : Analyses of Oceanic Long-period Waves at Hachijo Island, 地震研究所彙報 vol.47, 1969, pp.863-874
- 11) 永井紀彦・橋本典明・平石哲也・清水勝義：平成6年（1994年）北海道東方沖地震津波の特性，港湾技研資料 No. 802, 1995, 97p.
- 12) 中野猿人：潮汐学(復刻版), 生産技術センター，1975, 528p.
- 13) 彦坂繁雄・赤木昇・矢野雄幸：最小自乗法による潮汐調和分解とその精度について，水路部研究報告 1, 1966

久里浜湾における長期検潮記録解析

付 表 調和定数解析結果一覧表 (1/5)

	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
AVE	162.021	173.866	175.987	174.735	177.716	169.495	171.358	171.588
SA	7.764 (272.235)	14.115 (172.005)	7.946 (163.223)	9.553 (154.124)	9.441 (169.125)	9.236 (200.619)	9.199 (179.108)	8.104 (168.247)
SSA	7.855 (126.922)	3.238 (147.707)	1.124 (281.757)	5.077 (266.805)	3.538 (179.673)	3.579 (206.486)	1.491 (151.374)	3.438 (193.062)
MM	1.183 (166.970)	0.313 (21.825)	0.738 (123.911)	1.068 (122.807)	1.436 (205.064)	1.383 (342.196)	0.277 (262.142)	1.659 (116.883)
MSF	0.934 (152.171)	1.143 (66.097)	0.285 (54.501)	0.694 (239.174)	0.979 (160.379)	1.172 (290.185)	1.307 (248.326)	0.548 (99.786)
MF	1.442 (87.766)	0.729 (31.784)	0.155 (287.251)	2.050 (128.827)	0.592 (53.975)	0.522 (40.916)	1.039 (188.751)	1.697 (122.100)
Q1	3.909 (146.154)	3.774 (147.351)	3.536 (145.616)	3.841 (148.110)	3.824 (147.242)	4.005 (148.244)	3.909 (148.579)	3.964 (146.924)
O1	18.653 (157.503)	18.336 (158.489)	18.453 (157.851)	18.390 (158.695)	18.461 (158.798)	18.608 (158.830)	18.832 (158.756)	18.741 (158.410)
M1	0.852 (346.918)	0.775 (40.208)	0.606 (62.679)	0.825 (109.795)	0.937 (162.316)	0.891 (218.397)	0.786 (261.009)	0.850 (296.929)
PA1	0.291 (230.739)	0.441 (209.686)	0.622 (213.087)	0.573 (181.648)	0.390 (202.605)	0.431 (195.155)	0.399 (247.340)	0.629 (239.159)
P1	7.692 (172.557)	7.581 (174.440)	7.697 (172.402)	7.564 (173.084)	7.680 (175.135)	7.782 (176.271)	7.842 (175.875)	7.960 (174.484)
K1	23.259 (176.155)	23.322 (175.840)	22.985 (175.924)	23.558 (176.107)	23.367 (176.397)	23.839 (177.234)	23.758 (177.406)	23.836 (177.252)
J1	1.075 (190.926)	1.144 (192.673)	1.285 (190.427)	1.263 (196.939)	1.233 (200.464)	1.343 (190.636)	1.173 (187.348)	1.219 (196.867)
NN2	0.641 (155.546)	0.611 (155.507)	0.709 (150.717)	0.814 (155.308)	0.644 (156.391)	0.815 (140.664)	0.743 (133.490)	0.759 (134.279)
MW2	0.852 (142.576)	0.878 (157.748)	0.923 (160.278)	0.925 (153.247)	0.946 (147.809)	0.886 (149.499)	0.929 (149.609)	0.915 (146.933)
N2	5.842 (143.732)	5.551 (145.317)	5.591 (147.768)	5.177 (145.589)	5.254 (142.913)	5.263 (141.956)	5.530 (140.191)	5.889 (139.702)
NW2	1.135 (136.782)	1.198 (141.152)	1.210 (136.302)	1.199 (150.643)	1.309 (149.317)	1.261 (138.776)	1.056 (135.599)	1.036 (141.378)
M2	35.851 (147.174)	36.283 (148.890)	36.359 (149.025)	36.657 (148.703)	36.409 (148.588)	36.613 (148.305)	36.322 (147.703)	36.684 (147.691)
L2	1.449 (158.215)	1.486 (158.322)	1.204 (150.203)	1.389 (153.206)	1.403 (144.170)	0.839 (150.811)	0.910 (160.715)	1.175 (172.223)
T2	1.077 (163.564)	1.007 (148.754)	0.972 (153.111)	1.196 (148.014)	0.941 (153.026)	0.991 (154.242)	1.184 (169.566)	0.971 (156.878)
S2	17.103 (175.561)	17.400 (177.502)	17.492 (177.282)	17.255 (177.196)	17.283 (176.549)	17.155 (176.745)	17.273 (176.151)	17.360 (176.240)
K2	4.633 (173.339)	4.358 (178.199)	4.643 (175.496)	4.806 (173.634)	4.974 (174.886)	4.746 (174.061)	4.979 (172.543)	4.687 (174.439)
M3	0.481 (326.084)	0.567 (333.736)	0.570 (328.383)	0.601 (319.445)	0.585 (313.328)	0.554 (316.418)	0.514 (317.779)	0.592 (327.421)
M4	0.379 (41.693)	0.353 (43.066)	0.356 (44.031)	0.313 (43.314)	0.281 (47.247)	0.313 (37.755)	0.277 (54.936)	0.238 (51.264)
MS4	0.315 (58.430)	0.262 (55.243)	0.254 (49.131)	0.206 (55.606)	0.213 (44.678)	0.319 (58.898)	0.248 (59.355)	0.199 (48.977)
M6	0.059 (291.521)	0.028 (338.058)	0.045 (334.548)	0.048 (31.886)	0.014 (54.594)	0.027 (56.488)	0.015 (318.292)	0.010 (50.796)
MS6	0.040 (30.230)	0.032 (83.558)	0.045 (53.193)	0.048 (64.395)	0.076 (83.250)	0.054 (93.886)	0.051 (91.581)	0.055 (76.051)
SM6	0.048 (86.912)	0.039 (134.614)	0.041 (94.787)	0.047 (76.188)	0.039 (88.327)	0.038 (33.999)	0.012 (49.667)	0.029 (95.191)
M8	0.009 (73.070)	0.024 (185.637)	0.014 (92.979)	0.006 (248.731)	0.017 (103.028)	0.016 (73.733)	0.022 (124.804)	0.010 (184.353)

上段：振幅 (cm)，下段：遅角 (°)

付 表 調和定数解析結果一覧表 (2/5)

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
AVE	173.201	173.735	172.078	175.805	173.798	175.037	180.951	178.913
SA	6.765 (182.766)	14.491 (164.872)	11.596 (192.040)	6.772 (137.110)	8.986 (210.346)	11.291 (169.443)	10.953 (174.945)	6.230 (171.891)
SSA	2.064 (313.876)	3.866 (205.555)	5.946 (275.333)	4.181 (134.046)	1.389 (126.455)	6.922 (293.315)	3.034 (262.557)	2.720 (51.822)
MM	1.145 (249.245)	0.956 (346.379)	1.548 (286.015)	0.493 (118.129)	3.236 (196.262)	0.421 (249.609)	1.431 (309.286)	1.059 (10.977)
MSF	2.019 (302.463)	0.981 (261.357)	0.638 (112.974)	1.160 (339.407)	1.377 (296.784)	2.599 (217.659)	1.010 (4.365)	1.286 (253.384)
MF	0.559 (201.776)	0.434 (63.059)	0.874 (92.909)	0.503 (155.393)	0.283 (145.462)	1.139 (151.089)	1.222 (175.239)	0.549 (53.631)
Q1	3.916 (145.426)	3.995 (151.244)	3.906 (149.911)	3.712 (148.231)	3.950 (146.289)	3.943 (146.589)	4.004 (148.606)	3.823 (150.402)
O1	18.553 (158.464)	18.361 (159.506)	18.737 (159.494)	18.606 (158.766)	18.519 (159.058)	18.400 (158.878)	18.342 (159.066)	18.725 (158.799)
M1	0.932 (341.463)	0.744 (15.198)	0.859 (47.956)	0.938 (93.905)	0.882 (138.137)	0.884 (167.196)	1.000 (199.931)	1.084 (257.057)
PA1	0.515 (215.809)	0.575 (188.166)	0.550 (210.967)	0.571 (213.074)	0.664 (195.280)	0.503 (185.596)	0.358 (202.522)	0.551 (201.115)
P1	7.830 (174.219)	7.575 (175.622)	7.785 (177.128)	7.478 (174.492)	7.680 (174.409)	7.521 (176.020)	7.642 (174.910)	7.774 (175.065)
K1	23.330 (176.683)	23.441 (177.708)	23.665 (177.742)	23.365 (177.056)	23.527 (177.685)	23.533 (177.778)	23.216 (176.795)	23.482 (177.142)
J1	1.139 (188.620)	1.263 (190.329)	1.194 (195.602)	1.249 (195.373)	1.249 (201.542)	1.342 (199.943)	1.329 (196.894)	1.279 (192.078)
NN2	1.129 (148.871)	0.659 (152.696)	0.577 (170.064)	0.686 (156.774)	0.573 (156.199)	0.630 (147.473)	0.695 (136.081)	0.771 (143.669)
MW2	0.906 (139.361)	0.999 (155.484)	1.068 (156.139)	0.892 (149.749)	0.833 (149.269)	0.962 (148.256)	0.982 (155.580)	0.917 (148.561)
N2	6.001 (143.600)	5.712 (146.113)	5.339 (147.296)	5.196 (147.555)	5.125 (143.770)	5.154 (139.045)	5.234 (139.735)	5.613 (141.718)
NW2	1.174 (111.565)	1.014 (142.852)	1.213 (131.852)	1.119 (138.883)	0.890 (130.786)	1.063 (144.742)	1.283 (137.984)	1.232 (141.499)
M2	36.111 (147.768)	36.135 (148.356)	36.022 (148.286)	35.872 (148.018)	36.106 (148.227)	35.934 (148.554)	35.717 (148.323)	35.968 (147.557)
L2	1.321 (188.522)	1.737 (151.802)	1.140 (154.583)	1.257 (153.231)	1.320 (150.195)	1.168 (142.835)	0.934 (155.110)	0.983 (163.924)
T2	1.175 (153.402)	0.964 (155.737)	0.894 (158.523)	1.000 (161.684)	0.834 (162.613)	0.886 (152.018)	0.953 (147.716)	1.078 (163.729)
S2	17.089 (176.167)	17.311 (176.840)	17.300 (177.755)	17.195 (176.796)	17.241 (176.343)	17.143 (177.036)	17.202 (177.354)	17.210 (176.490)
K2	4.789 (173.005)	4.900 (172.264)	4.675 (171.884)	4.669 (171.681)	4.720 (170.551)	4.602 (171.526)	4.719 (172.123)	4.609 (170.635)
M3	0.451 (328.539)	0.602 (323.425)	0.598 (326.553)	0.582 (321.842)	0.653 (318.921)	0.553 (312.143)	0.506 (318.179)	0.524 (323.673)
M4	0.176 (31.082)	0.206 (32.486)	0.164 (33.608)	0.171 (37.218)	0.149 (41.178)	0.120 (32.589)	0.089 (10.697)	0.105 (41.493)
MS4	0.132 (36.441)	0.243 (42.752)	0.271 (37.608)	0.199 (41.496)	0.195 (31.631)	0.171 (45.816)	0.189 (17.948)	0.201 (7.276)
M6	0.006 (147.159)	0.046 (299.425)	0.033 (340.161)	0.028 (318.830)	0.032 (316.638)	0.028 (300.045)	0.024 (345.502)	0.049 (345.489)
MS6	0.029 (315.801)	0.043 (6.654)	0.007 (276.981)	0.013 (5.130)	0.051 (41.553)	0.008 (329.530)	0.045 (19.043)	0.053 (27.068)
SM6	0.018 (68.550)	0.046 (64.048)	0.018 (14.703)	0.030 (41.883)	0.030 (94.995)	0.032 (33.944)	0.016 (73.516)	0.008 (225.394)
M8	0.024 (86.328)	0.011 (87.528)	0.011 (249.581)	0.020 (47.984)	0.007 (224.610)	0.006 (180.397)	0.006 (108.232)	0.015 (91.174)

上段：振幅 (cm)， 下段：遅角 (°)

久里浜湾における長期検潮記録解析

付表 調和定数解析結果一覧表 (3/5)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
AVE	179.160	181.992	184.014	181.473	184.066	184.350	182.468	181.339
SA	8.555 (160.694)	11.478 (188.605)	8.476 (165.909)	8.546 (176.726)	7.971 (168.669)	8.450 (166.618)	9.003 (195.146)	6.842 (160.483)
SSA	1.414 (225.331)	2.154 (278.104)	1.326 (75.307)	1.509 (196.796)	3.059 (295.043)	0.468 (331.520)	4.233 (169.920)	1.979 (205.478)
MM	1.189 (50.949)	0.326 (147.090)	0.496 (173.135)	1.079 (120.829)	0.495 (116.343)	1.900 (45.589)	1.338 (82.977)	0.907 (111.076)
MSF	1.833 (38.383)	0.527 (267.148)	0.886 (67.765)	1.527 (257.956)	1.140 (346.388)	1.763 (30.172)	1.098 (87.110)	0.734 (318.538)
MF	2.265 (15.996)	1.090 (255.049)	1.223 (161.483)	0.972 (125.279)	1.051 (30.704)	0.568 (356.151)	1.509 (170.468)	1.277 (72.674)
Q1	3.732 (146.918)	3.990 (147.109)	3.873 (147.713)	3.675 (153.056)	3.707 (146.505)	3.781 (147.459)	3.778 (147.461)	4.110 (149.950)
O1	18.638 (158.196)	18.410 (159.367)	18.247 (158.766)	18.789 (158.331)	18.473 (157.551)	18.342 (158.068)	18.533 (158.661)	18.504 (159.102)
M1	0.737 (303.618)	0.792 (325.888)	0.994 (358.490)	0.950 (48.578)	0.765 (87.816)	0.921 (130.572)	0.887 (179.193)	0.914 (226.615)
PA1	0.530 (193.960)	0.477 (197.808)	0.483 (200.809)	0.392 (226.736)	0.375 (195.439)	0.340 (198.240)	0.526 (216.102)	0.596 (268.826)
P1	7.723 (173.295)	7.519 (173.377)	7.755 (173.414)	7.749 (174.133)	7.720 (174.073)	7.656 (176.632)	7.698 (176.456)	8.452 (173.504)
K1	23.483 (177.646)	23.306 (177.203)	23.118 (176.123)	23.240 (176.045)	23.452 (175.720)	23.353 (176.711)	23.552 (177.001)	23.581 (177.594)
J1	1.209 (189.661)	1.140 (202.851)	0.998 (204.348)	1.323 (196.792)	1.268 (197.409)	1.226 (194.675)	1.191 (196.975)	1.407 (192.053)
NN2	0.971 (156.467)	0.795 (153.931)	0.808 (155.118)	0.746 (145.972)	0.775 (155.364)	0.688 (161.165)	0.664 (142.320)	0.713 (144.400)
MW2	1.095 (152.977)	0.944 (147.104)	0.921 (155.739)	0.891 (160.200)	0.966 (155.786)	0.930 (156.351)	0.821 (146.986)	0.872 (146.305)
N2	5.787 (143.504)	5.770 (146.745)	5.615 (147.974)	5.534 (148.341)	5.307 (145.773)	5.379 (147.011)	5.365 (143.743)	5.527 (140.259)
NW2	1.177 (137.807)	0.969 (156.554)	1.212 (149.030)	0.963 (146.501)	0.997 (135.372)	0.971 (140.151)	1.163 (144.447)	0.948 (154.819)
M2	35.932 (148.005)	35.765 (148.623)	35.881 (148.163)	36.143 (147.877)	36.215 (148.242)	36.157 (149.297)	36.073 (148.018)	36.488 (147.103)
L2	1.173 (171.830)	1.440 (166.656)	1.430 (146.994)	1.444 (153.876)	1.259 (149.377)	1.303 (156.830)	1.187 (150.849)	1.101 (155.334)
T2	1.046 (157.769)	0.956 (161.236)	1.021 (159.112)	1.011 (160.681)	0.972 (156.809)	1.119 (152.771)	1.094 (157.725)	1.336 (157.678)
S2	17.329 (177.023)	17.208 (176.858)	17.170 (177.034)	17.160 (176.725)	17.118 (176.825)	17.078 (177.653)	17.009 (176.002)	17.231 (174.517)
K2	4.640 (173.219)	4.777 (171.797)	4.614 (173.880)	4.608 (171.546)	4.736 (172.837)	4.823 (172.318)	4.736 (173.581)	4.696 (170.983)
M3	0.555 (322.738)	0.509 (321.548)	0.565 (322.438)	0.553 (318.637)	0.564 (320.150)	0.556 (323.188)	0.554 (318.750)	0.575 (318.300)
M4	0.032 (93.761)	0.083 (68.281)	0.103 (34.789)	0.105 (54.051)	0.131 (41.663)	0.230 (56.874)	0.131 (22.179)	0.127 (48.237)
MS4	0.171 (2.734)	0.164 (21.717)	0.130 (15.577)	0.229 (26.687)	0.194 (15.686)	0.160 (33.717)	0.249 (28.653)	0.182 (20.319)
M6	0.027 (308.432)	0.017 (42.808)	0.038 (3.223)	0.023 (14.352)	0.073 (5.824)	0.043 (37.406)	0.023 (296.973)	0.041 (13.888)
MS6	0.040 (60.805)	0.059 (83.871)	0.037 (80.596)	0.055 (67.659)	0.104 (73.570)	0.120 (86.603)	0.049 (53.257)	0.076 (51.297)
SM6	0.006 (251.980)	0.028 (74.680)	0.039 (47.316)	0.020 (82.565)	0.048 (101.868)	0.073 (128.658)	0.036 (75.720)	0.030 (18.739)
M8	0.022 (39.493)	0.011 (163.970)	0.034 (95.862)	0.023 (66.397)	0.006 (310.103)	0.014 (127.331)	0.027 (161.889)	0.002 (126.856)

上段：振幅 (cm)，下段：遅角 (°)

付 表 調和定数解析結果一覧表 (4/5)

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
AVE	182.125	184.684	180.245	178.453	179.558	183.814	183.883	180.936
SA	10.128 (160.344)	10.387 (158.105)	9.854 (188.161)	10.691 (165.241)	6.949 (184.950)	7.874 (160.299)	7.042 (154.766)	8.695 (172.195)
SSA	1.934 (81.306)	3.326 (213.768)	3.225 (142.633)	4.424 (145.133)	2.188 (296.834)	1.995 (254.784)	3.243 (52.045)	3.360 (166.569)
MM	1.750 (60.699)	1.256 (140.858)	0.992 (189.320)	0.632 (75.376)	1.028 (166.930)	1.421 (135.225)	2.399 (171.545)	1.802 (161.326)
MSF	0.207 (225.199)	0.956 (151.865)	0.509 (68.886)	0.319 (279.004)	0.483 (320.457)	2.601 (237.681)	0.719 (32.076)	1.290 (113.742)
MF	0.321 (14.988)	1.093 (86.323)	1.879 (142.126)	1.077 (139.684)	0.839 (113.854)	0.758 (120.646)	0.425 (176.939)	0.817 (264.557)
Q1	3.774 (149.848)	3.871 (147.323)	3.913 (148.307)	3.915 (149.638)	3.788 (149.449)	3.567 (149.294)	3.898 (147.187)	3.909 (148.162)
O1	18.517 (159.451)	18.558 (158.549)	18.532 (158.382)	18.689 (159.536)	19.006 (159.474)	18.579 (158.408)	18.516 (158.727)	18.546 (159.232)
M1	0.829 (269.915)	0.864 (300.963)	0.867 (346.958)	0.831 (28.742)	0.945 (72.329)	0.973 (106.945)	0.898 (149.642)	0.886 (183.159)
PA1	0.565 (192.251)	0.468 (219.146)	0.580 (221.644)	0.691 (219.184)	0.646 (207.276)	0.525 (190.489)	0.246 (233.970)	0.472 (201.839)
P1	7.623 (174.359)	7.526 (175.100)	7.655 (174.154)	7.563 (175.440)	7.852 (177.837)	7.533 (173.531)	7.773 (175.694)	7.575 (175.354)
K1	23.398 (176.664)	23.333 (176.854)	23.688 (177.357)	23.722 (177.825)	23.944 (178.198)	23.431 (176.478)	23.436 (177.100)	23.611 (177.118)
J1	1.258 (185.868)	1.189 (197.186)	1.193 (192.457)	1.121 (194.164)	1.203 (198.105)	1.222 (198.257)	1.329 (195.441)	1.338 (195.346)
NN2	0.839 (137.370)	0.693 (143.482)	0.786 (146.022)	0.846 (155.904)	0.730 (163.352)	0.822 (161.693)	0.542 (155.879)	0.464 (159.008)
MW2	1.060 (146.023)	0.952 (157.541)	0.907 (158.381)	0.825 (153.240)	0.914 (161.967)	0.924 (150.181)	0.951 (155.829)	1.099 (147.600)
N2	5.627 (141.861)	5.666 (141.191)	5.878 (143.550)	5.731 (147.628)	5.597 (148.728)	5.193 (146.419)	5.036 (144.917)	5.136 (138.045)
NW2	1.157 (134.633)	1.130 (141.985)	0.934 (138.892)	1.200 (143.767)	1.175 (145.091)	1.033 (132.854)	1.264 (159.915)	1.189 (146.343)
M2	35.873 (148.513)	35.610 (148.327)	35.982 (147.877)	35.881 (148.448)	36.246 (148.788)	36.051 (149.077)	36.169 (148.087)	35.967 (147.579)
L2	1.075 (165.456)	1.059 (173.719)	1.560 (174.507)	1.422 (150.422)	1.385 (155.722)	1.207 (155.742)	1.459 (144.016)	1.093 (151.108)
T2	1.064 (148.690)	1.080 (146.392)	1.017 (158.909)	0.988 (159.705)	1.041 (162.408)	1.178 (162.386)	0.879 (166.962)	1.100 (160.712)
S2	17.115 (176.502)	16.968 (176.355)	17.340 (176.165)	17.214 (176.760)	17.301 (176.891)	17.191 (177.094)	17.409 (176.662)	17.229 (175.407)
K2	4.781 (172.989)	4.775 (173.414)	4.681 (172.342)	4.663 (172.559)	4.624 (172.805)	4.645 (170.736)	4.805 (172.472)	4.826 (170.389)
M3	0.564 (319.282)	0.484 (318.535)	0.525 (323.433)	0.543 (322.331)	0.532 (320.214)	0.580 (320.696)	0.580 (319.927)	0.594 (315.350)
M4	0.174 (30.041)	0.146 (45.573)	0.167 (32.354)	0.262 (17.544)	0.183 (5.045)	0.189 (20.807)	0.167 (45.546)	0.206 (31.135)
MS4	0.210 (32.628)	0.226 (31.972)	0.212 (29.414)	0.286 (34.446)	0.317 (25.218)	0.262 (43.891)	0.259 (39.917)	0.269 (33.492)
M6	0.037 (310.044)	0.048 (354.811)	0.050 (312.093)	0.024 (45.674)	0.028 (352.671)	0.058 (324.587)	0.037 (334.108)	0.017 (284.101)
MS6	0.062 (82.625)	0.026 (31.473)	0.031 (358.568)	0.039 (322.815)	0.039 (76.168)	0.052 (351.142)	0.070 (49.609)	0.013 (91.910)
SM6	0.030 (71.356)	0.022 (37.255)	0.051 (27.211)	0.067 (328.322)	0.051 (17.787)	0.069 (51.691)	0.075 (73.932)	0.020 (42.686)
M8	0.019 (134.973)	0.025 (145.986)	0.027 (147.958)	0.002 (269.755)	0.012 (269.724)	0.011 (43.279)	0.016 (169.383)	0.028 (206.586)

上段：振幅 (c m)，下段：遅角 (°)

久里浜湾における長期検潮記録解析

付表 調和定数解析結果一覧表 (5/5)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	平均	標準偏差
AVE	185.421	186.368	187.323	184.782	186.883	188.770	179.273	
SA	11.796 (160.488)	9.717 (187.447)	4.557 (160.936)	4.951 (168.219)	5.620 (171.630)	5.425 (176.708)	8.828 (173.459)	2.238 (19.580)
SSA	2.342 (344.244)	2.680 (286.010)	2.957 (69.405)	4.745 (351.357)	1.794 (266.720)	4.322 (140.217)	3.109 (212.964)	1.565 (55.403)
MM	2.376 (341.395)	1.948 (181.666)	0.611 (143.140)	1.960 (209.269)	2.014 (128.897)	1.722 (99.842)	1.263 (136.082)	0.654 (53.482)
MSF	0.890 (95.837)	1.080 (113.516)	0.688 (322.720)	0.301 (201.525)	0.594 (264.748)	1.146 (234.898)	1.037 (292.428)	0.559 (56.944)
MF	0.721 (100.250)	0.415 (23.041)	1.029 (98.459)	0.383 (238.723)	0.788 (314.281)	0.308 (326.074)	0.910 (106.055)	0.498 (53.557)
Q1	3.859 (148.889)	3.856 (149.902)	3.815 (147.061)	3.937 (149.662)	3.865 (150.718)	3.687 (149.248)	3.850 (148.310)	0.119 (1.640)
O1	18.633 (158.962)	18.819 (158.129)	18.598 (158.040)	18.572 (158.205)	18.759 (158.445)	18.909 (157.870)	18.576 (158.653)	0.168 (0.533)
M1	1.021 (224.732)	0.965 (274.707)	0.791 (300.256)	0.861 (337.923)	0.937 (24.802)	0.852 (59.897)	0.877 (12.623)	0.089 (57.037)
PA1	0.385 (172.080)	0.437 (224.346)	0.371 (209.658)	0.301 (177.486)	0.350 (195.872)	0.520 (219.488)	0.483 (207.989)	0.110 (18.818)
P1	7.466 (173.892)	7.700 (174.316)	7.759 (173.415)	7.774 (173.789)	7.635 (174.750)	7.808 (172.849)	7.700 (174.618)	0.168 (1.259)
K1	23.178 (176.204)	23.680 (176.978)	23.464 (176.785)	23.583 (176.723)	23.519 (176.296)	23.545 (176.611)	23.476 (176.898)	0.204 (0.626)
J1	1.292 (189.271)	1.133 (191.213)	1.013 (191.639)	1.226 (189.924)	1.170 (195.241)	1.218 (196.765)	1.222 (194.534)	0.088 (4.269)
NN2	0.825 (146.630)	0.735 (137.317)	0.820 (157.727)	0.696 (156.632)	0.742 (162.506)	0.867 (151.688)	0.737 (151.160)	0.118 (8.668)
MW2	0.880 (167.126)	1.023 (153.588)	0.763 (152.340)	0.965 (150.759)	0.895 (150.729)	0.933 (156.925)	0.930 (152.466)	0.072 (5.560)
N2	5.341 (140.674)	5.559 (138.050)	5.608 (142.552)	5.748 (143.972)	5.525 (148.668)	5.176 (146.037)	5.489 (143.991)	0.251 (3.104)
NW2	1.197 (133.843)	1.086 (140.049)	1.116 (135.511)	0.975 (148.621)	1.077 (140.255)	1.059 (143.825)	1.115 (141.081)	0.108 (8.171)
M2	35.739 (147.573)	35.698 (147.228)	35.848 (147.281)	35.911 (146.524)	35.761 (147.616)	35.867 (147.550)	36.061 (148.078)	0.268 (0.600)
L2	0.862 (162.936)	1.084 (170.431)	1.266 (170.469)	1.730 (162.740)	1.490 (155.774)	1.294 (153.968)	1.264 (158.030)	0.215 (9.757)
T2	1.035 (144.487)	0.857 (152.267)	1.035 (160.803)	1.113 (162.328)	1.098 (152.831)	1.051 (168.035)	1.032 (157.193)	0.102 (6.041)
S2	17.240 (176.442)	17.261 (175.832)	17.380 (175.770)	17.165 (175.275)	17.147 (175.612)	17.177 (175.608)	17.222 (176.501)	0.110 (0.697)
K2	4.767 (169.987)	4.634 (170.316)	4.717 (170.025)	4.610 (170.713)	4.444 (170.243)	4.719 (171.724)	4.706 (172.398)	0.119 (1.677)
M3	0.540 (316.745)	0.502 (314.484)	0.533 (327.026)	0.589 (322.766)	0.568 (322.999)	0.561 (318.190)	0.554 (321.145)	0.039 (4.462)
M4	0.121 (21.775)	0.191 (58.839)	0.214 (32.181)	0.186 (39.556)	0.218 (29.610)	0.173 (42.914)	0.190 (39.232)	0.080 (15.308)
MS4	0.174 (32.153)	0.249 (6.277)	0.278 (25.852)	0.229 (20.940)	0.250 (14.570)	0.233 (17.043)	0.225 (32.739)	0.047 (14.767)
M6	0.013 (49.132)	0.033 (22.203)	0.049 (45.222)	0.033 (70.926)	0.020 (207.421)	0.009 (284.269)	0.032 (350.272)	0.015 (43.298)
MS6	0.053 (75.158)	0.060 (88.959)	0.118 (82.185)	0.107 (112.642)	0.021 (166.222)	0.038 (124.490)	0.051 (57.272)	0.027 (40.988)
SM6	0.047 (79.283)	0.058 (89.572)	0.039 (118.226)	0.032 (125.467)	0.006 (259.882)	0.007 (26.840)	0.035 (66.746)	0.018 (42.076)
M8	0.011 (138.467)	0.014 (108.005)	0.018 (104.640)	0.024 (150.397)	0.017 (99.520)	0.009 (151.245)	0.016 (128.924)	0.008 (48.938)

上段：振幅 (cm)，下段：遅角 (°)