

港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

第6巻7号

Vol. 6 No. 7

(通巻第44号)

駿河湾台風6626号総合調査研究報告

- 駿河湾海岸踏査報告……………佐藤昭二・森平倫生・入江功・谷本勝利
台風6626号の波浪……………高橋智晴・鈴木禧実・佐々木弘
駿河湾の高潮……………伊藤喜行・谷本勝利・木原力
田子浦港西防波堤洗掘実験……………森平倫生・木原力
田子浦海岸堤防模型実験……………川上善久・谷本勝利
田子浦港の開発と過去の災害……………堀口孝男

1967年8月

運輸省港湾技術研究所



総 説

昭和41年9月18日カロリン諸島の東に発生した熱帯性低気圧は、北西に進み、23日0時マリアナ諸島の北部に達し台風6626号となった。この台風は、発達しながら北進を続け、25日0時遂に御前崎の西側に上陸した。

このときの中心気圧は960mb、最大風速35m/secで、進行速度は毎時65kmであつた。台風はそのまま、駿河湾の西側を北上し、甲府、前橋付近を通過し、25日午前9時三陸沖に去つた。その経路に当つた各県では集中豪雨による死者を含む崖くづれや洪水災害をもたらしたが、駿河湾には異常な高波が発生し、甚大な災害を蒙つた。特に、焼津田尻海岸、大洗海岸、富士海岸、吉原海岸では海岸堤防の破壊や越波によつて、約20名の死者、330戸に達する家屋の全半壊などの被害を受けている。

港湾施設の被害は、大井川港、清水港、田子浦港で目立っている。特に、田子浦港では、防波堤が波浪によつて基礎洗掘をうけて傾斜し、越波によつて航路護岸が被災すると共に、付近の海岸堤防を越波し住家に被害を与えた。

このような災害を復旧するためには、台風による高潮や波浪の特性を明らかにすると共に、それに対応する対策施設の合理的な計画設計がなされなければならない。このため台風6226号に関連して、駿河湾海岸踏査、波浪と高潮の解析、田子浦港の防波堤洗掘実験と防潮堤越波実験を行つた。

これらの調査研究は、災害復旧の緊急な要請に対応するため、何人かが分担して行つた。その実験解析の途上において、何回か各担当者が集つて基本的な考え方を統一するように出来るだけ努めた。しかし、各研究はほとんど同時に開始したものであるので、報告をまとめるに当つて、各研究が、それぞれ独立な形態をとることとなつた。従つて、ここに、報告特集として取りまとめたものである。

第1編、駿河湾海岸踏査報告では、踏査結果にもとづいて、沿岸各地の海浜性状、海岸構造物、台風時の海象状況の要点を示した後、駿河湾沿岸を東海岸、内浦湾沿岸、湾奥地区及び西海岸に分け、それぞれの海岸性状の特性を述べると共に、それらが、台風6626号を中心とするこの数年來の台風とどのような関連性をもつかを示し、台風6626号による災害の特性を指摘した。

第2編台風6626号の波では、台風6524、6604と共に台風6626号の貴重な波の実測資料を解析してそれらの相互関係と特性を明らかにし、推算も加えて、台風6626号の田子浦付近の波の性質を結論づけた。

第3編、駿河湾の高潮では、本台風に先立つて行つていた高潮の過去の実測値の解析と、伊勢湾台風級の仮想台風による数値計算に加えて、台風6626号の実測値と数値計算とから駿河湾の高潮特性を示した。

第4編田子浦港西防波堤洗掘実験では、台風6626号による洗掘形状と深さを再現し得るような波を実験的に求め、これを用いて対策実験を行い、西防波堤復旧に対する資料を得た。

第5編田子浦港防潮堤越波実験では、現地踏査の結果から堤防背後の砂丘を台風6626号時の波が1mの厚さで越流したものととして、そのような波を実験的に求め、この波を用いて復旧防潮堤の高さ、形状、位置等に関する実験を行つた。

更に、V字型の防潮堤配置における越波についても2・3の実験を行つた。

付録田子浦港の開発と過去の災害では、昭和33年より掘込港湾として開発された田子浦港の経緯を述べるとともに、17世紀以来記録されている災害の跡を辿つて、今回の災害に対する参考資料とした。

総 目 次

駿河湾台風6626号総合調査研究報告

総 説

第1編 駿河湾海岸踏査報告

……………佐藤昭二・森平倫生・入江功・谷本勝利…………… 1

第2編 台風6626号の波浪

……………高橋智晴・鈴木禧実・佐々木弘……………71

第3編 駿河湾の高潮

……………伊藤喜行・谷本勝利・木原力……………95

第4編 田子浦港西防波堤洗掘実験

……………森平倫生・木原力…………… 151

第5編 田子浦海岸堤防模型実験

……………川上善久・谷本勝利…………… 187

付 録 田子浦港の開発と過去の災害

……………堀口孝男…………… 219

第3編 駿河湾の高潮

目 次

概 要	95
1. ま え が き	96
2. 駿河湾の高潮に関する調査	96
2-1 序	96
2-2 湾内に存在する検潮所	96
2-3 検潮記録に基づく既往の高潮調査	96
(1) 気象潮の算定方法	96
(2) 既往の高潮	97
2-4 気象潮推算の実験式	98
3. 高潮計算の方法	112
3-1 序	112
3-2 基礎方程式	112
(1) 基礎方程式	112
(2) 海面における接線応力	114
3-3 気象条件	115
(1) 気圧の分布	115
(2) 風の分布	115
3-4 数値計算の方法	115
(1) 格子分割と水深分布	115
(2) 差分方程式	115
(3) 格子間隔が異なる接合部付近での計算方法	117
(4) 計算海域周辺の境界条件	119
(5) 初期条件	119
(6) 計算の安定条件	120
3-5 計算プログラム	120
(1) 計算手順の概要	120
(2) Program-1	120
(3) Program-2	121
(4) Program-3	123
(5) 変数および定数の単位	123
4. 計算の対象とした台風	123

5. 計算の結果	125
5-1 序	125
5-2 伊勢湾台風が駿河湾西方を通過した場合	125
(1) 気象要素の計算結果	125
(2) 高潮の計算結果	127
5-3 6626号台風の場合	127
(1) 気象要素の計算結果	127
(2) 高潮の計算結果	127
6. 駿河湾の高潮に関する総括	138
7. あとがき	138

Study of Storm Tide in Suruga Bay

Yoshiyuki Ito*

Katsutoshi Tanimoto**

Tsutomu Kihara**

Synopsis

This report deals with the storm tide in Suruga Bay, which is facing the Pacific Ocean and is often attacked by typhoon.

The main part of the study is numerical calculation of storm tide with an electronic computer. The principle is to obtain the water level and velocity variation under the dynamic action of wind stress and atmospheric pressure due to typhoon, solving the difference equations of motion and of continuity for sea water. The distribution of wind speed, wind direction and atmospheric pressure as external forces in typhoon area is given as a function of time using semi-empirical formulas established by Japan Meteorological Agency.

Two typical typhoons were selected for the calculation, namely typhoon 5915 and typhoon 6626. The former attacked Nagoya district in September 1959 and is regarded the biggest typhoon ever observed in Japan. Although the magnitude of this Ise-bay typhoon was the severest, the actual route was not the worst one for Suruga Bay. In calculation, however, this typhoon was assumed to pass along an imaginary route westward to the bay so as to get the worst condition for the bay. The latter is a typhoon which actually brought various damages to the bay in September 1966.

The mesh interval for numerical calculation is 4 km inside the bay and 12 km in the outer sea. The time interval is 20 seconds. The calculation was started from the initial condition, where the centre of the typhoon is located far from the computed area and the water level elevation is given by the atmospheric pressure depression.

The computed results show that the storm tide is mostly caused by atmospheric pressure depression and the effect of wind setup is negligible owing to the extremely big water depth in the bay. This conclusion is certified by actual tidal records in the past, which have been collected from tide observatories and are presented in this report together with meteorological data. In some ports, however, water level elevation due to wave breaking along the neighbouring coast is added to the meteorological tide. The secondary undulation also affects the instantaneous water level in a basin.

The final value of storm tide, if attacked by Ise-bay typhoon, is estimated to be 0.7 m in general, 1.5~2.0 m with the effect of breaking wave in the surf zone, and about 0.5 m more when the secondary undulation is taken into account.

* Chief of Breakwater Laboratory, Hydraulics Division

** Breakwater Laboratory, Hydraulics Division

第3編 駿河湾の高潮

伊 藤 喜 行*
谷 本 勝 利**
木 原 力**

概 要

この報告は、今回の台風6626号を含めた駿河湾の過去の高潮の実績を調査すると共に、高潮の数値計算を実施して駿河湾の高潮の特性をとりまとめたものである。

駿河湾には、現在御前崎港、焼津港、清水港、田子の浦港および内浦の五カ所に検潮所がある。これらの検潮所に対して、台風5821号から台風6626号までの主要台風時の検潮記録を集収し、気象潮を算定した。

一方、高潮の数値計算は

- (1) 伊勢湾台風が、駿河湾西方を速度 60km/hr で北上した場合
- (2) 台風6626号の場合

の二ケースについて実施した。前者は、最大級の台風が来襲した場合を想定したもので、将来予想されるほぼ最大の潮位を検討しようとするものである。後者は、この調査中にたまたま来襲した台風である。我々は、既に前のケースをまとめ終えていたので、直ちに追算を行ない実測値と計算値の比較を行なった。

高潮の計算方法は基本的には、気象庁等で行なっている方法と同じであるが、水深の大きい駿河湾を対象としているから、慣性項、海底摩擦の項等は省略した。格子は湾内を 4km、湾外を 12km に分割し、湾口において格子間隔の異なる二つの領域を接合している。このような格子網とすることにより、普通行なわれている一度粗い格子網で広域の計算を行ない、その一部を更に細かい格子網で計算するという二重の手間を省いてある。計算の時間間隔は20秒である。

今回の26号台風を含む実績ならびに数値計算において、湾内水深が非常に大きいため、気象潮は一般に気圧の効果にほぼ等しく、他の効果は気圧の効果の1割以下である。ただ今回の台風6626号の田子の浦港と焼津港の検潮記録では、気圧の効果分の2倍以上の最大気象潮が生じている。これは風の吹き寄せの効果が計算値より大きかったと考えるよりも、両者共狭い港口を有す港内の検潮記録であることといずれも隣接海岸において越波による災害が生じている事実を合せ考えると、隣接海岸の碎波帯における質量輸送による水位上昇に基づく局地的な現象と考えるのが妥当であろう。

このような実績と計算結果から、伊勢湾台風級の台風を対象とするときの気象潮は、田子の浦港内、焼津港内では1.5～2m程度、その他の港湾および海岸では0.7m程度と考えられる。瞬間最高潮位としては、これに更に副振動の半振幅（例えば田子の浦港内では0.5m程度）を加えた値となる。

* 水工部 防波堤研究室長

** 水工部 防波堤研究室

1 まえがき

われわれは第五港湾建設局の依頼によって駿河湾に対する高潮の数値計算を実施し、その結果を検討中であったが、折しも台風26号が来襲した。

駿河湾は太平洋に面し湾口を南に向けているのにもかかわらず、水深が深いため高潮は波浪にくらべれば直接大きな問題とはならない。今回の6626号台風においても以下の諸調査結果が示すようにこのことは例外でなかった。

この報告は、台風6626号に対する駿河湾沿岸の総合調査の一環として行なった駿河湾の既往の高潮の実証調査と、港湾技術研究所所有の電子計算機を用いた高潮の数値計算結果とをとりまとめたものである。高潮計算では最大級の台風として伊勢湾台風のモデルおよび今回の6626号台風を計算の対象とし、前者の場合はほぼ最悪のコースを走らせた。

2 駿河湾の高潮に関する調査

2-1 序

駿河湾の高潮の資料は、数値計算に関連して、第五港湾建設局によって蒐集されていたが、台風6626号を機に実施された駿河湾沿岸海岸調査により、直接現地において聴取および資料を集取することができた。これらの調査によって得られた資料を中心に、既に刊行されている文献、資料から駿河湾の高潮およびそれに関連する事項についてとりまとめておくことにする。

2-2 湾内に存在する検潮所

湾内に存在する検潮所は、表-2.1に示すように気象庁の管理する御前崎、清水、内浦および静岡県管理する焼津、田子の浦の5ヶ所である。これらの所在位置を図-2.1に示しておいた。このように検潮所は駿河湾の西海岸および湾奥では程良い間隔で存在しているが、一方湾の東海岸には全く存在していない。

図-2.2~2.5は各検潮所の最新の潮位実況である。また、図-2.6~2.13に各検潮所の構造および港内におけるその設置場所を示しておいた。

高潮の現象は他の海象程、局地的な効果を受けないと思われるが、それでも港内の副振動や波浪の効果が顕著な場合は検潮所の局地的な立地条件を十分考慮して潮位の解析を行なうことが必要となる。図-2.1に示す検潮所の分布図および図-2.6~2.13によって湾内における検潮所のこのような条件の概略は把握されると思う。

表-2.1 駿河湾内の検潮所

検潮所名	所 属	検潮儀の型式	備 考
御前崎	御前崎測候所	フース型 1日巻 (台風時には 3日巻とす ることもあ る)	昭和41年3月より井戸埋没のため欠測
焼津	静岡県焼津漁港管理事務所	フース型 1週間巻	昭和37年より検潮開始
清水	静岡地方气象台	フース型 1日巻	昭和26年清水船溜内に設置、昭和38年江尻船溜に移設
田子の浦	静岡県富士臨海地区総合開発事務所	フース型 1日巻	昭和39年より検潮開始
内浦	三島測候所	フース型	昭和37年4月11日縮率変更、昭和38年6月28日1日巻から3日巻へ改造

尚、以下の調査において各検潮所の潮位記録に対応する気象要素の観測記録としては次の機関で測定された値を用いた。

御前崎検潮所	御前崎測候所
焼津検潮所	静岡地方气象台
清水検潮所	静岡地方气象台
田子の浦検潮所	静岡県富士臨海地区 総合開発事務所
内浦検潮所	三島測候所

2-3 検潮記録に基づく既往の高潮調査

(1) 気象潮の算定方法

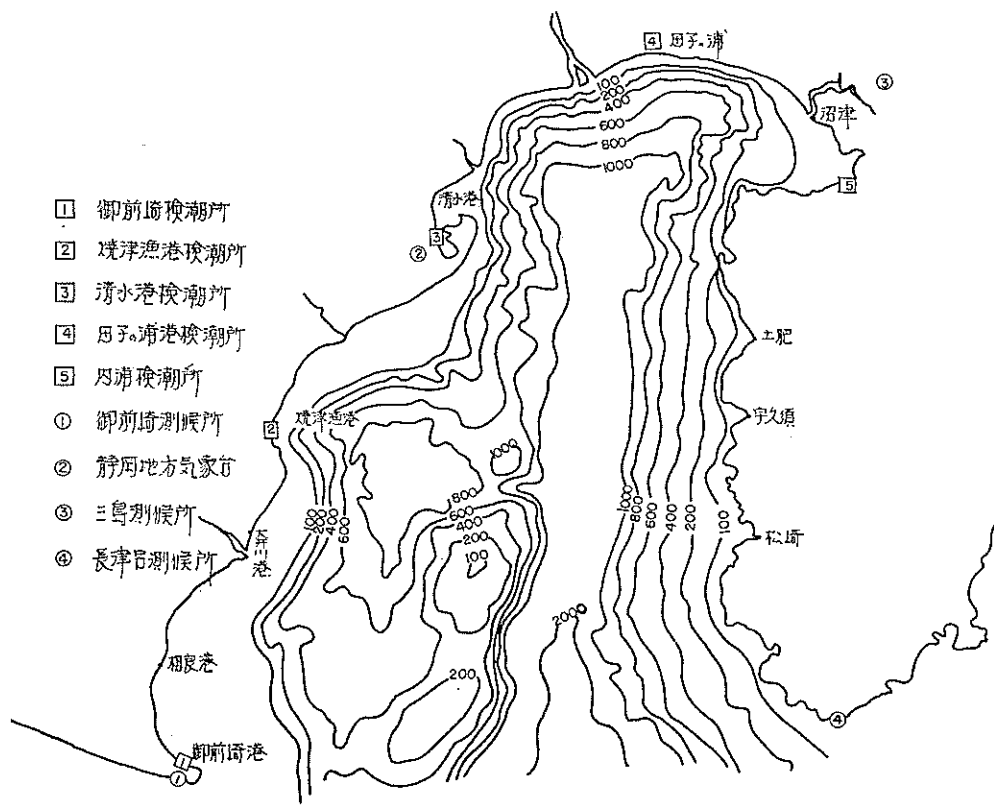
気象潮(潮位偏差)の算定には種々の方法がある。たとえば、気象庁において標準的に行なわれている方法は次の通りである。

$$\text{潮位偏差} = \text{実測潮位} - (\text{推算潮位} + D)$$

$$D = \text{実測月平均潮位} - \text{推算月平均潮位}$$

現在気象庁では電子計算機を用いて、15分潮ないし40分潮によって潮位を推算しておりその結果は潮位表に掲載されているから、これより推算潮位および推算月平均潮位を求めることができる。

しかしながら今回調査した検潮所には十分な調和分解が実施されていない所も含まれているから、われわれは次のような実際の簡便な方法を採用することにした。つまり普通潮汐の一つ置きの高潮あるいは、一つ置きの



図一2.1 駿河湾内の検潮所及び気象官署配置図

干潮は略等しく、かなり明瞭な傾向をもって変化するという性質を利用して、台風時の満干の時刻および潮位を推定する方法である。すなわち、実際には台風時の前後各1週間づつの普通潮汐の干満を方眼紙にプロットし、一つ置きの満潮および干潮の傾向曲線を求めて、それからの台風時の普通潮汐による満潮あるいは干潮の値を推定した。干満の間の潮位は簡便に sine 近似で求めた。図一2.14はこのような手順を示す1例である。この方法を用いれば、上式中の実測月平均潮位と推算月平均潮位との差に相当する項は消去されるし、検潮所DLが不確定の場合でも、実用上十分な精度をもって偏差を求めることができる。なお、得られた結果は気象庁発表のものと若干異なる場合もあるが、實際上問題となる程度のものではない。

(2) 既往の高潮

図一2.15は昭和20年以降駿河湾近辺を通過した主な台風の経路図である。これを見ると駿河湾の高潮に対し相当危険と考えられるコースを通過した台風も二、三あるが、直接高潮による災害が生じたという報告はない。

表一2.2に気象庁関係の刊行物より調査した潮汐の概況、写真一2.1～2.6に主なる台風時の検潮記録、さらに図一2.16～2.21にわれわれが前述の方法で求めた気象潮曲線を示しておいた。検潮記録の中で点線で示したのは推算潮位であり、また気象潮曲線において×印で示したのは1010mbを規準とした気圧低下に相当する水位上昇量である。また図一2.22、図一2.23は各々台風6524号、6626号による最大気象潮と気圧低下に伴う静水位上昇量の比および最大気象潮の起時を図で示したものである。

これらの既往の高潮の実績からみて、駿河湾においては水深が深いため気圧低下による効果が支配的であり、風による吹き寄せの効果は少いと云える。ただ6626号台風の田子の浦港と焼津港の場合は例外で、気圧低下の効果によるものより、はるかに大きい潮位偏差が認められるが、これは風による吹き寄せの効果というよりも後述するように波浪に関連した局地的な効果でないかと思われる。また各検潮所の記録には周期数分から十数分の振動が認められ、その振幅は時として潮位偏差にほぼ匹敵

する大きさである。

2-4 気象潮推定実験式

高潮は気圧降下と風による吹き寄せが主な原因であるから、気圧降下量と風速がわかると実験式により最大気象潮を推定することができる。このような実験式は気象庁がまとめたところによると、次のように与えられている¹⁾。

御前崎（主風向 SW）に対し

$$\zeta_{max} = 0.986(p_{\infty} - p) + 0.009 W^2 \cos \theta \quad (2.1)$$

清水港（主風向 S SW）に対し

$$\zeta_{max} = 0.566(p_{\infty} - p) + 0.052 W^2 \cos \theta \quad (2.2)$$

内浦（主風向 SW）に対し

$$\zeta_{max} = 1.435(p_{\infty} - p) + 0.021 W^2 \cos \theta \quad (2.3)$$

ここに ζ_{max} は最大気象潮 (cm), p_{∞} は基準気圧 (mb), p は最低気圧 (mb), W は最大風速 (m/sec), θ は主風向と最大風速の風向とのなす角である。

これらの実験式はいずれも 3 個の資料より求められたものであるから、その点信頼性の落ちることはやむをえないであろうが、簡単に最大気象潮を推定するには便利な式である。表-2.2にはこれらの式より推定した値をも示しておいた。

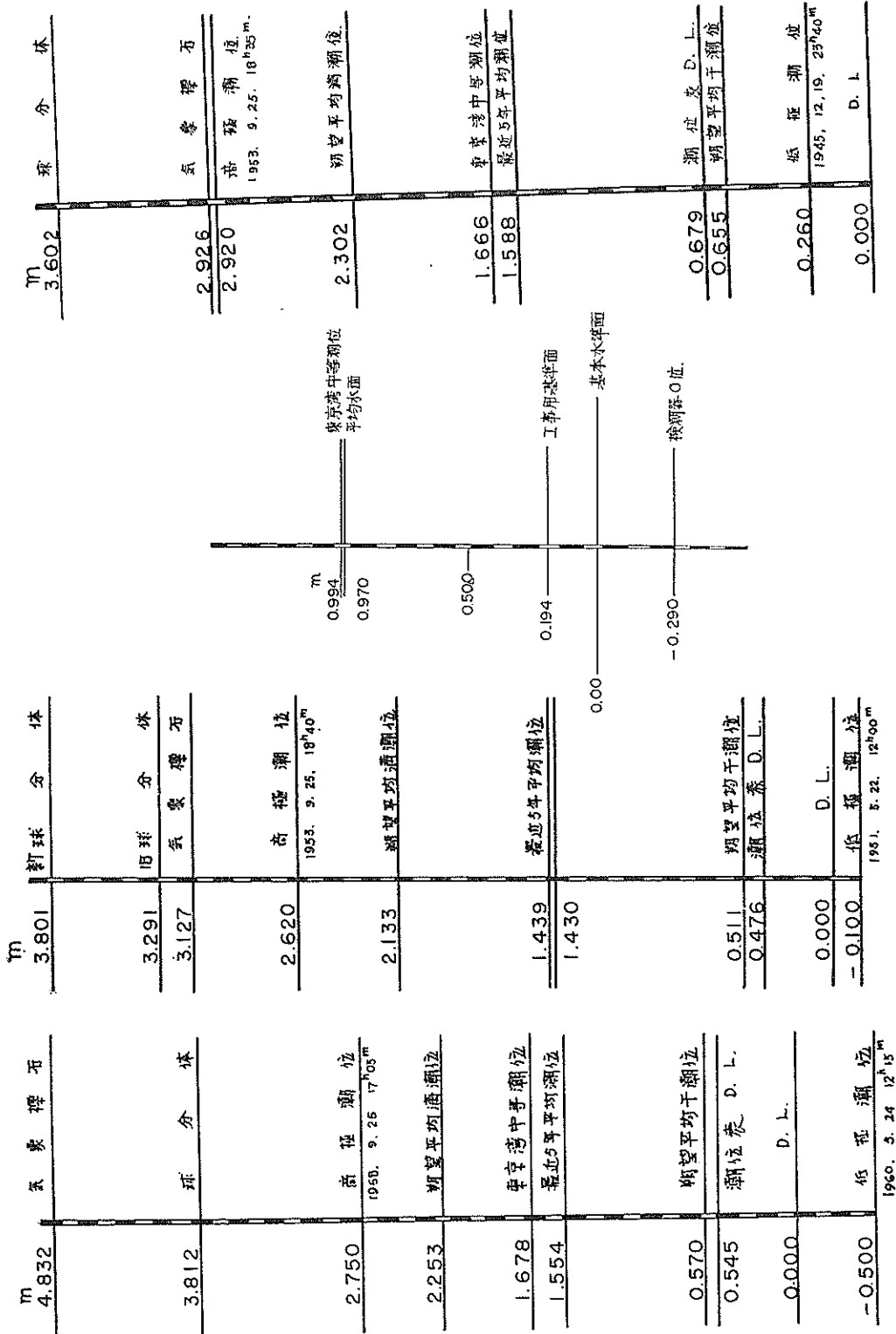
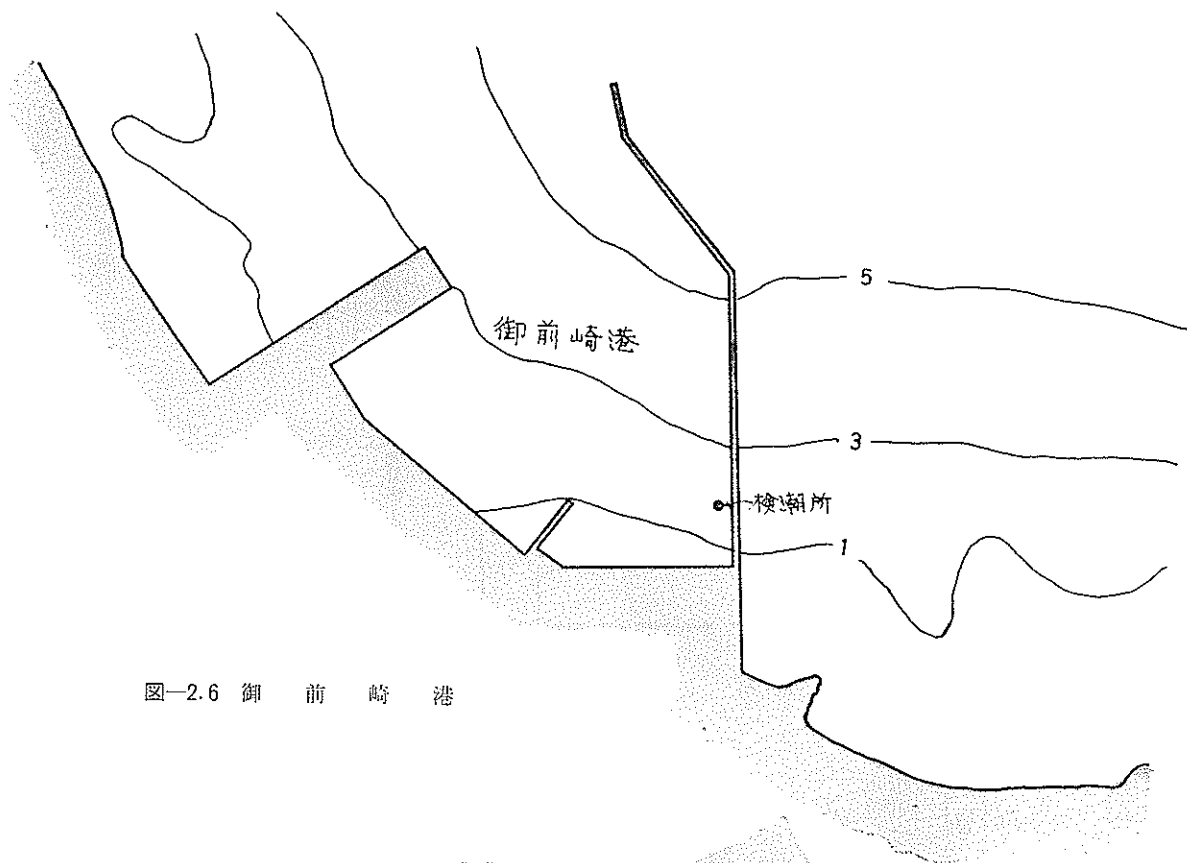
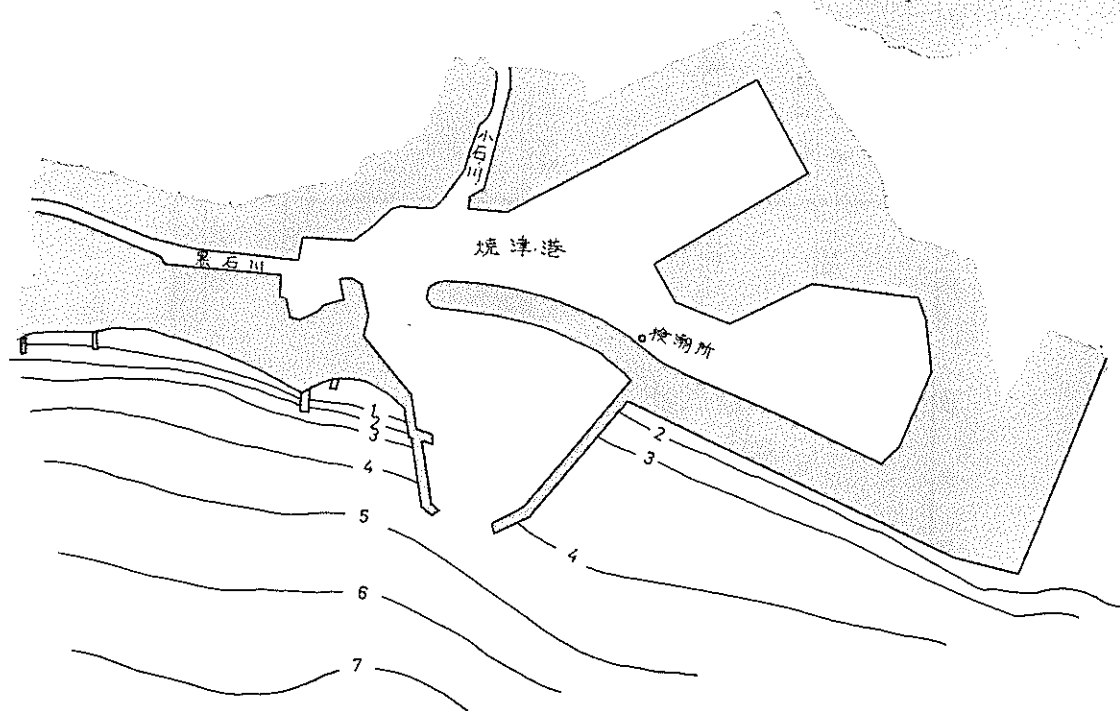


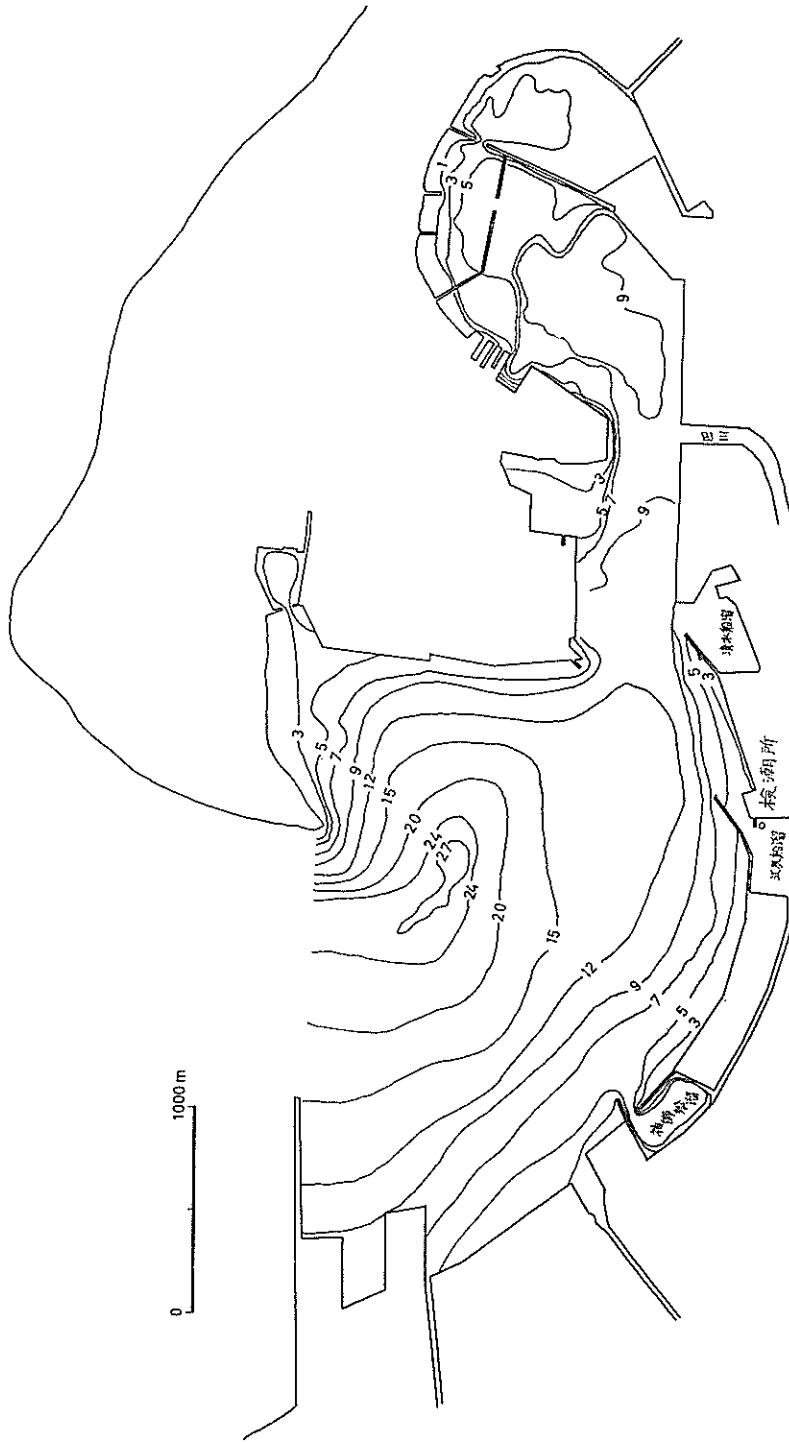
図-2.2 御前崎潮位図 図-2.3 清水港潮位図 図-2.4 田子の浦港潮位図 図-2.5 内浦潮位図



图—2.6 御 前 崎 港



图—2.7 烧 津 港



图一 2.8 清水港

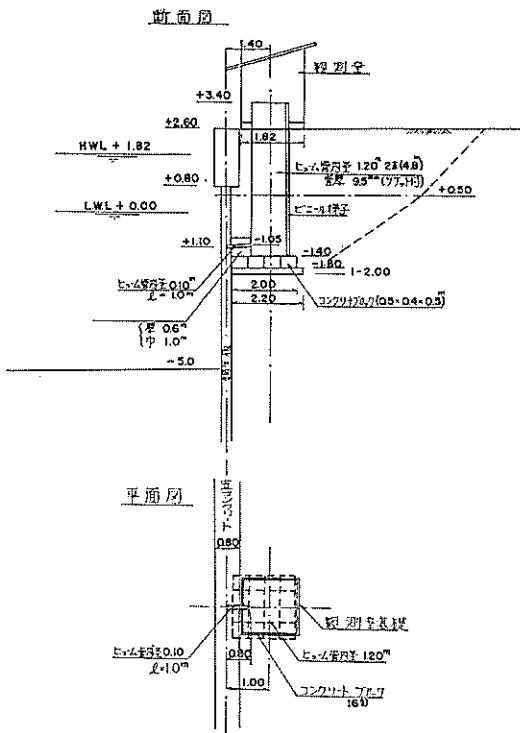


図-2.11 焼津検潮所

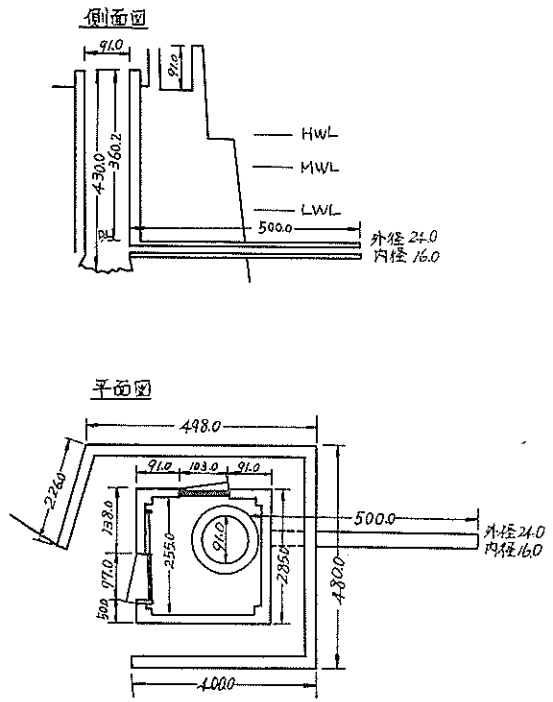


図-2.13 内浦検潮所

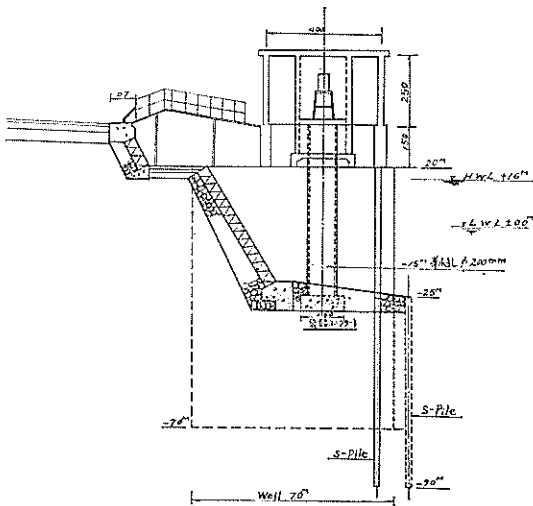


図-2.12 (1) 田子の浦検潮所立面図

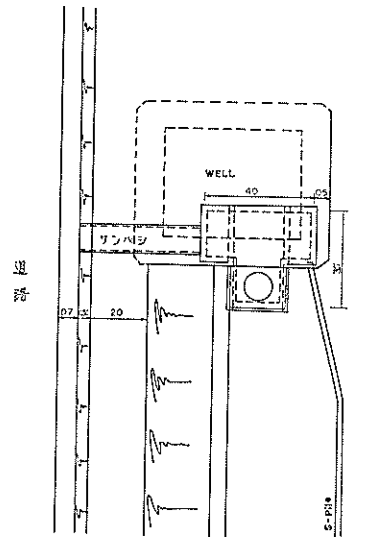


図-2.12 (2) 田子の浦検潮所平面図

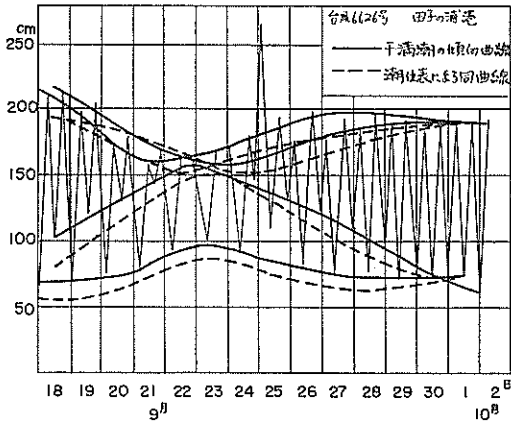


図-2.14 普通潮汐の傾向曲線

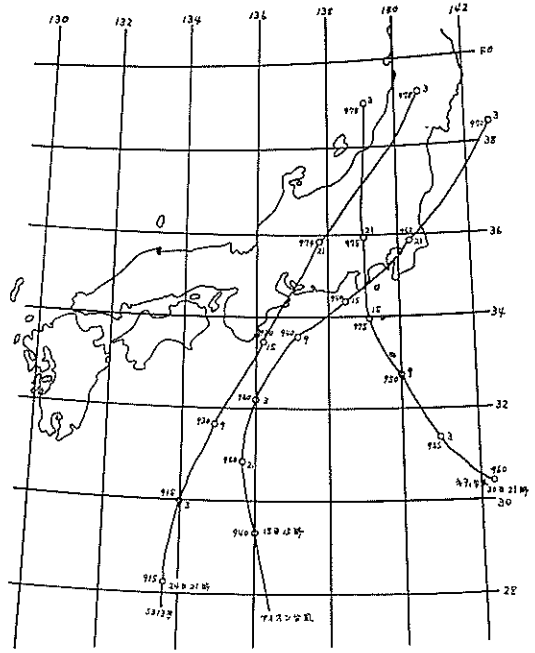


図-2.15 (1) 台風 の 経路

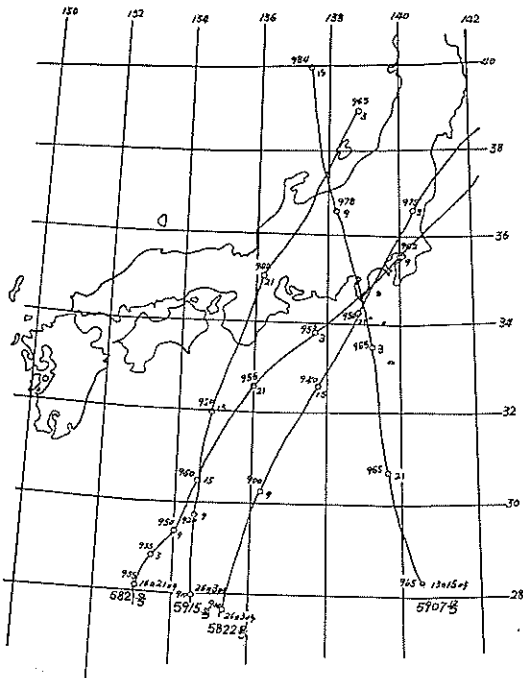


図-2.15 (2) 台風 の 経路

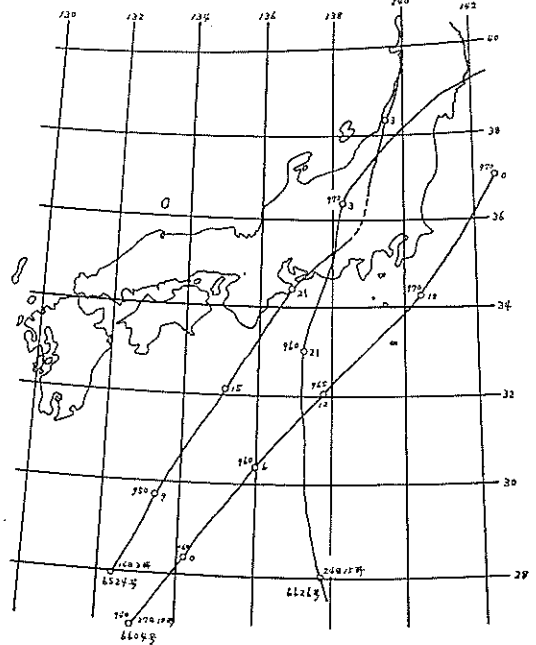
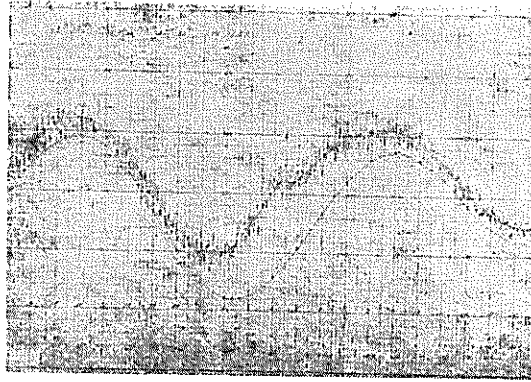


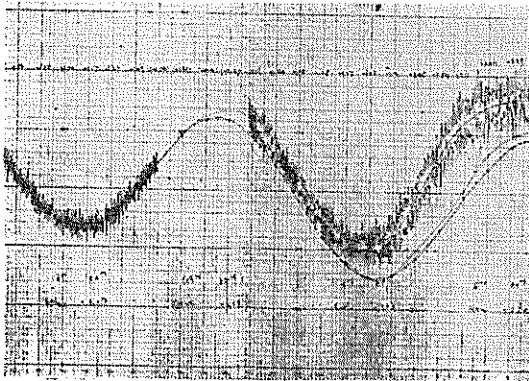
図-2.15 (3) 台風 の 経路

表-2.2 台風による潮汐概況
 (御前崎、渚水、内浦の最低気圧、最大風速の記録はそれぞれ御前崎測候所、静岡地方気象台、三島測候所の記録である。)

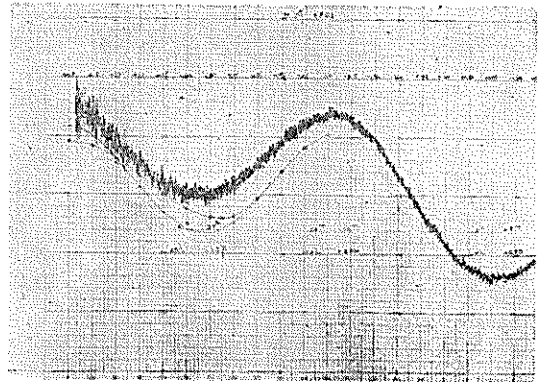
発生年月	台風名	検潮所名	最大気象潮		最高潮位 (D. L. 上)		瞬間最高潮位 (D. L. 上)		最低気圧 (pmin)		最大風速		0.991 × (101 - 0 - 気象潮) による最大気象潮	備考	
			日時分	cm	日時分	cm	日時分	cm	日時分	mb	日時分	向			m/sec
1948.9	アイオン台風	内浦		48*		282*								*中央気象台発報第34冊第2号	
1952.6	ダイナ台風	御前							24.00.20	980.323.24.00	SSW	39.1	29	42 最低気圧・最大風速の記録は気象要覧による。 38 気象要覧による。	
		渚水							24.00.42	981.223.24.00	SE	17.4	29		
		内浦							24.01.22	985.224.02.30	WSW	11.0	25		
1953.9	13号台風 (テス台風)	御前							25.19.30	982.425.20.00	S	31.4	27	33 () 気象要覧	
		渚水							25.20.36	976.825.20.30	S	27.1	33		
		内浦	58* (25.18.35 46)		294*				25.21.36	986.925.23.30	WNW	15.0	23		
1956.9	15号台風	御前							27.11.35	974.627.12.40	W	27.0	35	40 () 気象要覧	
		渚水							27.12.30	978.927.11.20	ESE	17.9	31		
		内浦							27.13.12	980.827.11.50	ESE	10.8	29		
1958.9	21号台風	御前							18.05.52	964.518.04.50	NE	20.5	45	6 () 気象要覧	
		渚水	18: 01.55	24*	18.08.30	230	18.08.30	258		18.06.23	964.318.04.10	E	22.6		45
		内浦	14.06.20							18.06.53					
1959.9	22号台風 (狩野川台風)	御前							26.17.05	275.26.17.06	NNE	26.1	40	34 () 気象要覧	
		渚水	(26.17.20 23)						26.21.32	973.326.21.50	N	18.4	36		
		内浦	(27.05.30 23)		253	26.17.06	279	26.22.33	970.426.22.10	NE	22.1	39			
1959.8	7号台風	御前							14.05.33	983.514.06.06	W	29.6	26	32 気象庁研究時報12巻4号	
		渚水	(14.06. 40)						14.06.19	973.814.06.50	WSW	24.1	39		
		内浦	< 14.08.38 30						14.06.26	977.514.06.30	ESE	29.8	32		
1958.9	伊勢湾台風	御前							26.21.00	219.26.21.39	SSW	35.6	23	34 潮位記録 36 上欄気象庁研究時報12巻4号 下欄気象庁技術報告第7号	
		渚水	26.20.00	38	26.21.00	219	26.21.39	269	26.20.53	986.326.22.50	SSE	21.4	22		
		内浦	< 27.05.00 31	56	27.00.30	230	27.01.23	279	26.22.42	989.026.23.50	SW	21.4	21		
1965.9	6524号	御前							17.20.42	247.17.21.24	SW	30.3	39	46 静岡地方気象台 昭和40年異常気象速報第2号	
		渚水							17.22.10	203.17.23.00	SSE	19.0	35		
		内浦							17.21.20	221.17.22.39	SSW	21.4	22		
1966.6	6604号	御前							17.21.20	211.18.00.52	SE	13.5	30	43 静岡地方気象台 昭和41年異常気象速報第1号	
		渚水							17.20.52	232.17.22.58	SE	13.5	30		
		内浦							29.1.50	170.29.1.50	NE	6.8	30		
1966.9	6626号	御前							29.1.44	210.29.0.17	ENE	20.8	42	8 静岡地方気象台 昭和41年異常気象速報第2号	
		渚水	25.00.50	54	25.01.28	243	25.00.52	968.425.00.10	ENE	20.8	42				
		内浦	25.02.10	36	25.02.06	272	25.00.53	981.425.00.53	SSE	21.0	29				



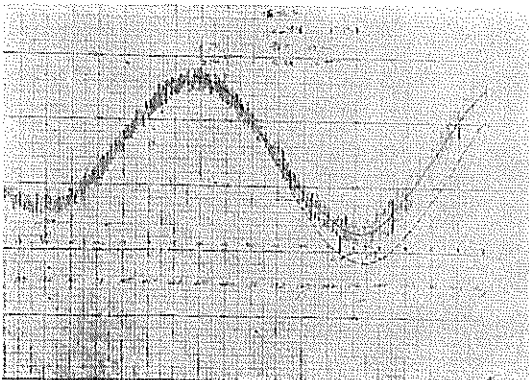
(1) 御前崎



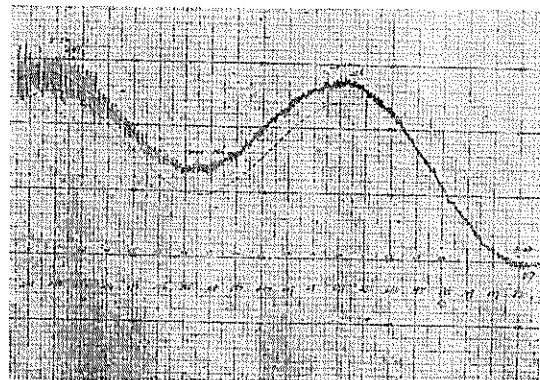
(2) 清水 (1)



(2) 清水

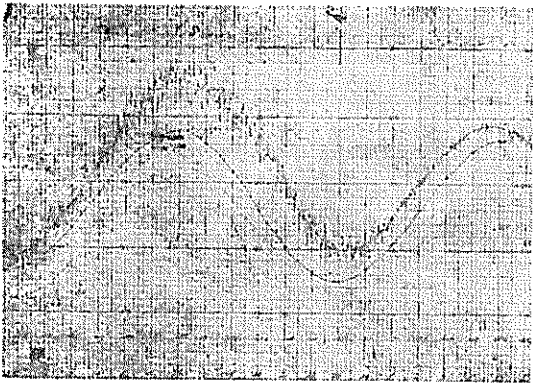


(3) 内浦 (1)

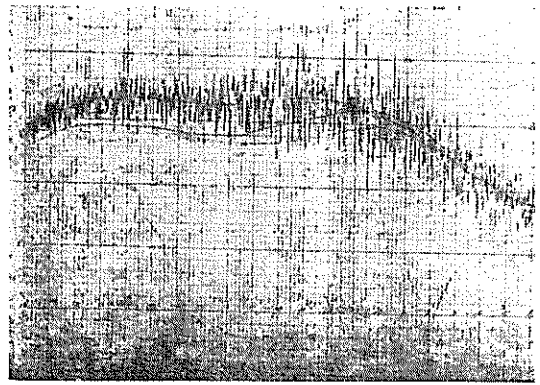


(3) 内浦 (2)

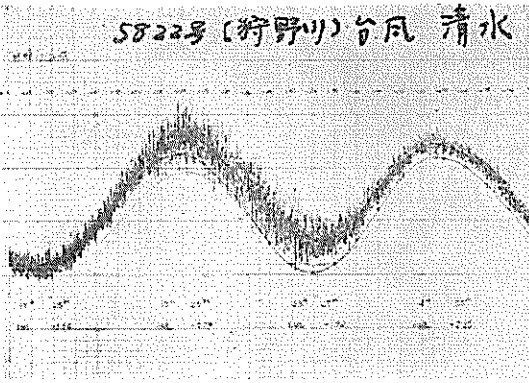
写真—2.1 台風5821号時の検潮記録



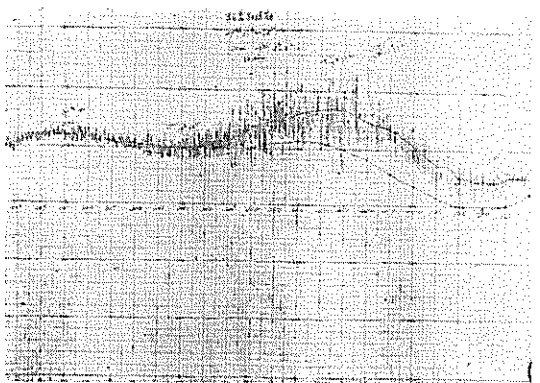
(1) 御 前 崎



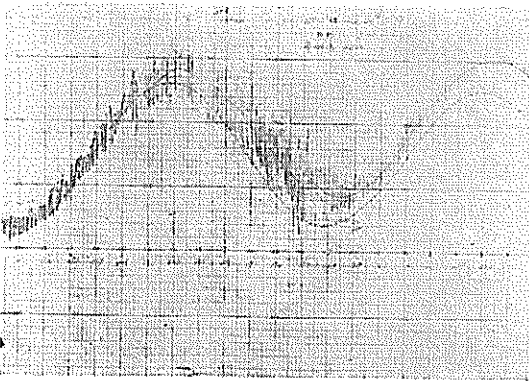
(1) 御 前 崎



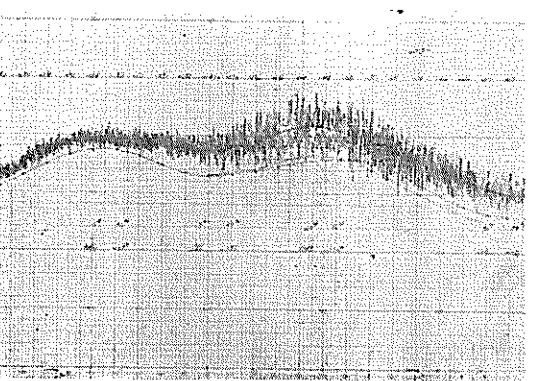
(2) 清 水



(2) 清 水



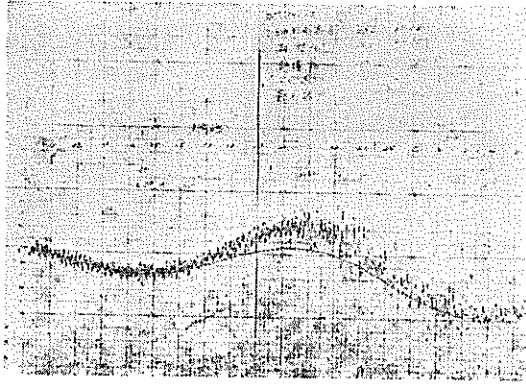
(3) 内 浦



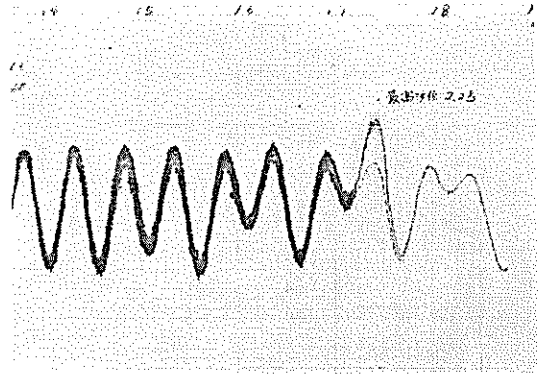
(3) 内 浦

写真—2.2 台風5822号(狩野川台風)時の検潮記録

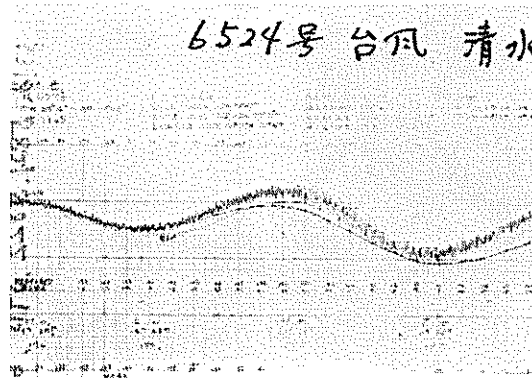
写真—2.3 台風5915号(伊勢湾台風)時の検潮記録



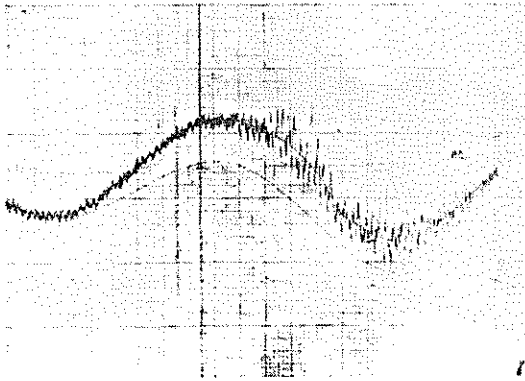
(1) 御前崎



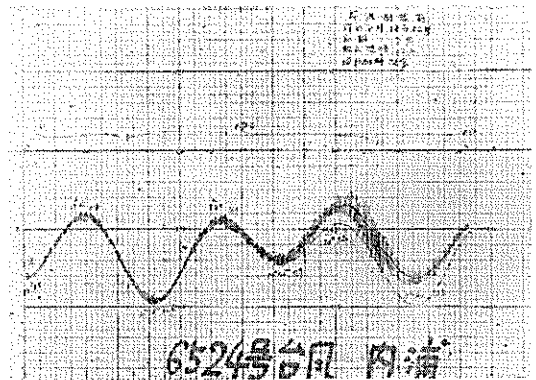
(2) 焼津



(3) 清水

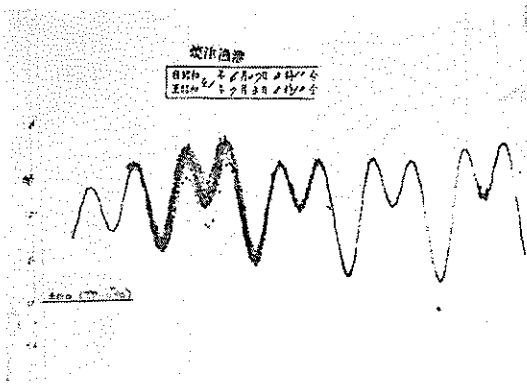


(4) 田子の浦

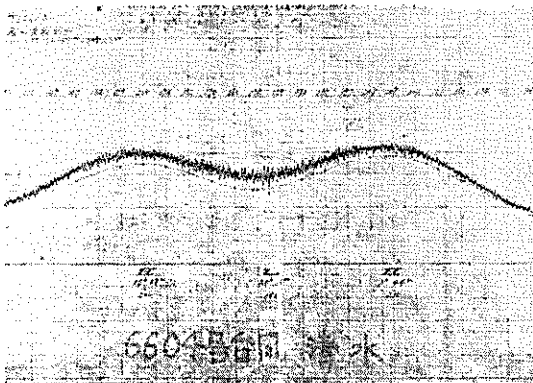


(5) 内浦

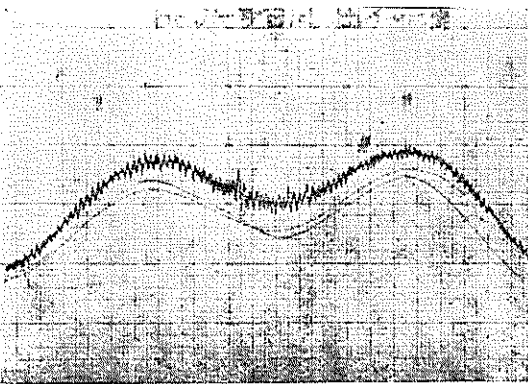
写真—2.4 台風6524号時の検潮記録



(1) 焼津

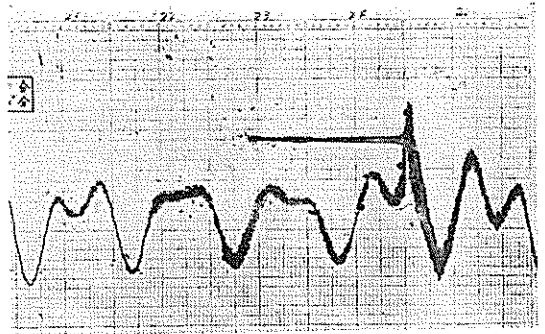


(2) 清水

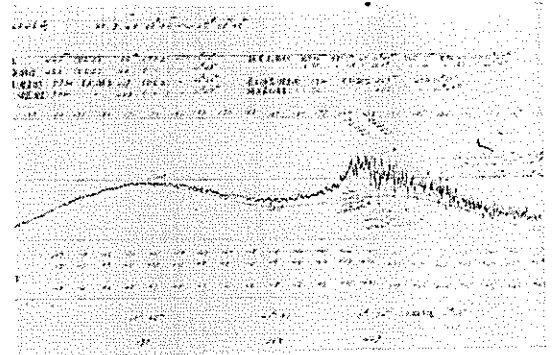


(3) 田子の浦

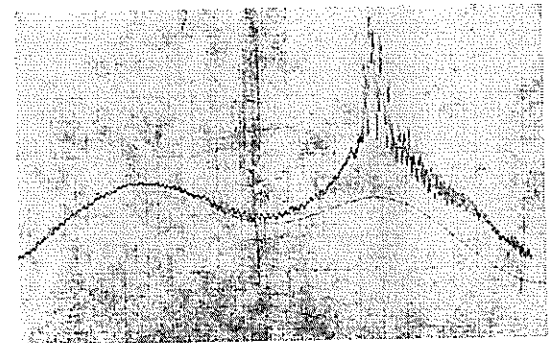
写真—2.5 台風6604号時の検潮記録



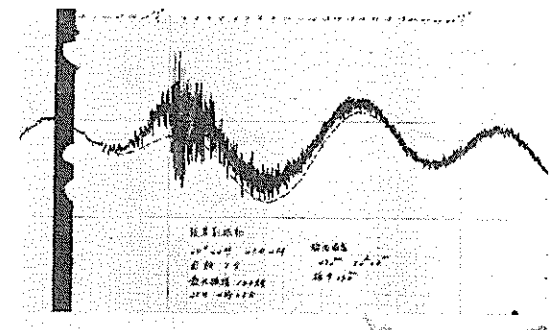
(1) 焼津



(2) 清水

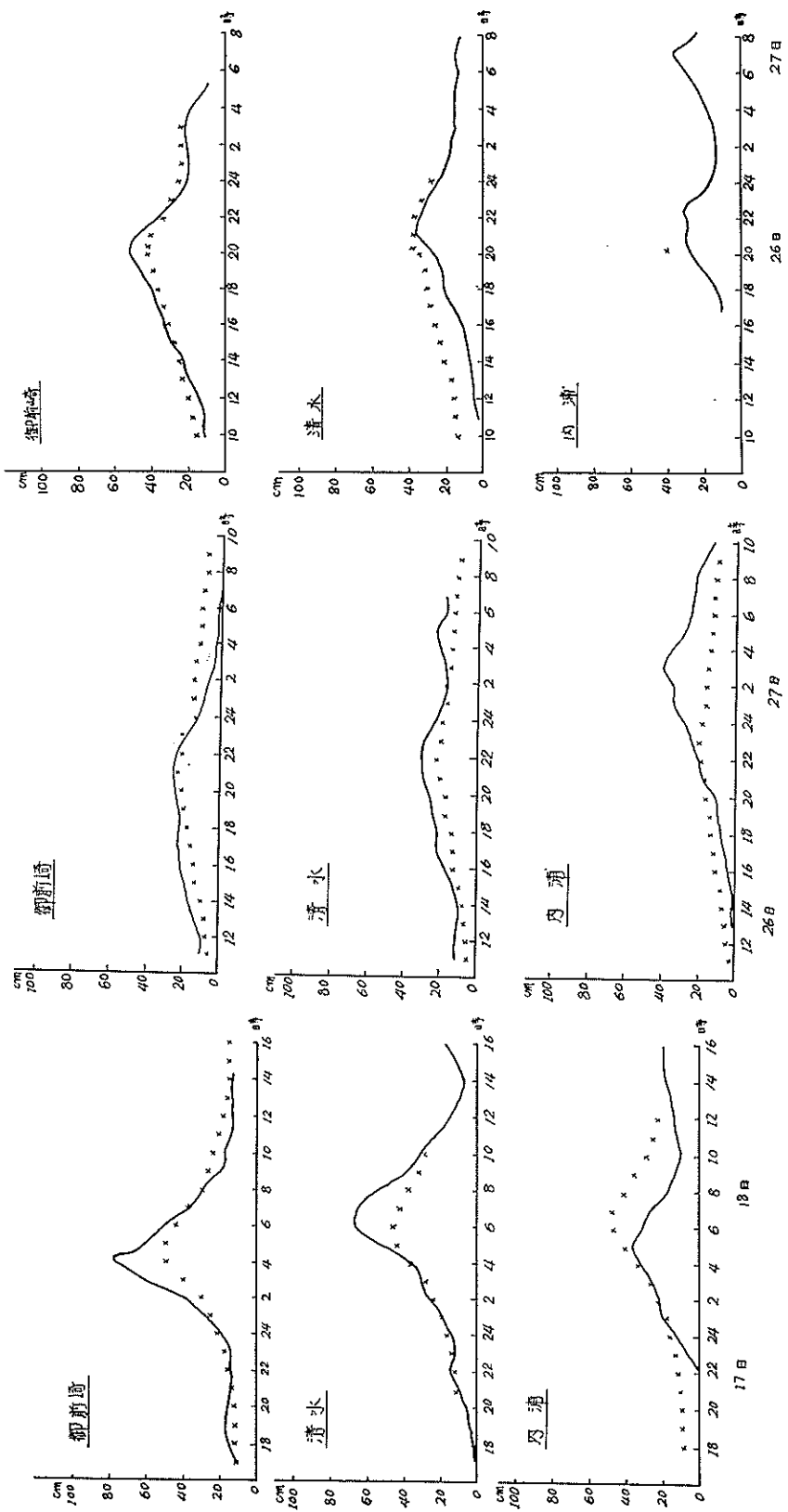


(3) 田子の浦

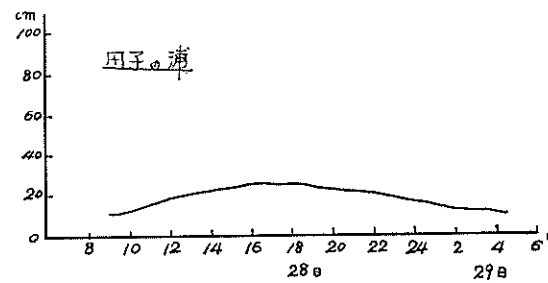
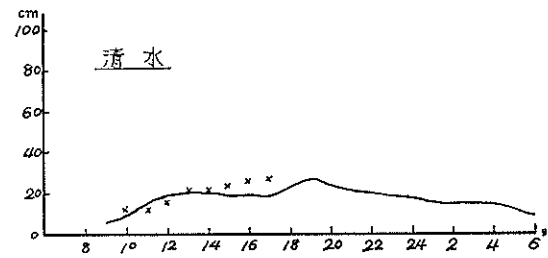
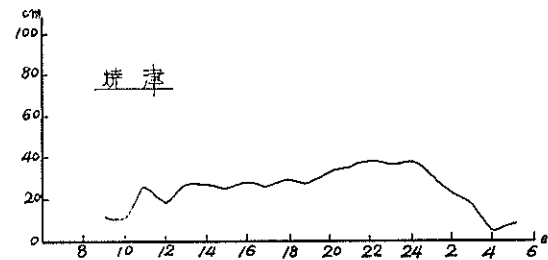
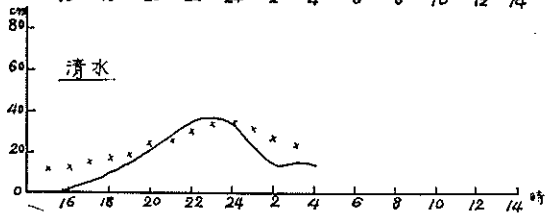
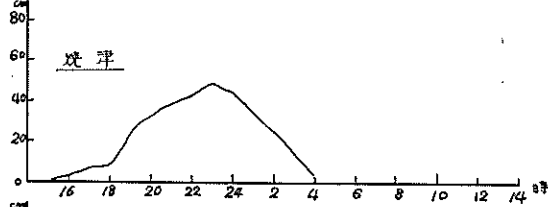
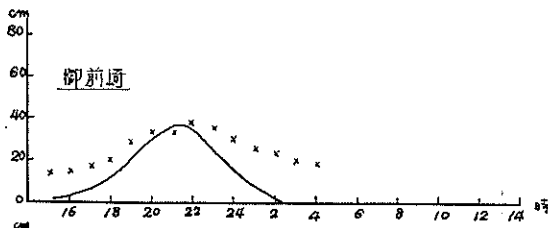


(4) 内浦

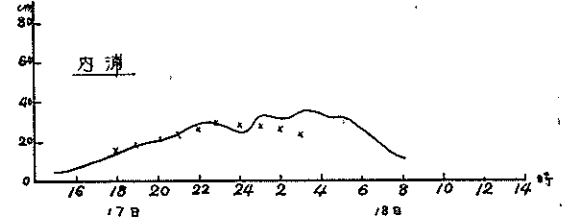
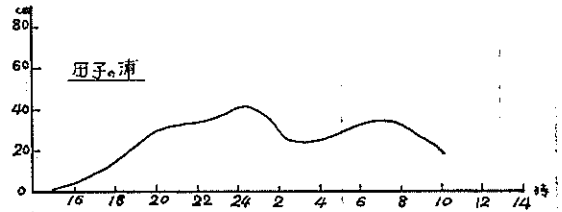
写真—2.6 台風6626号時の検潮記録



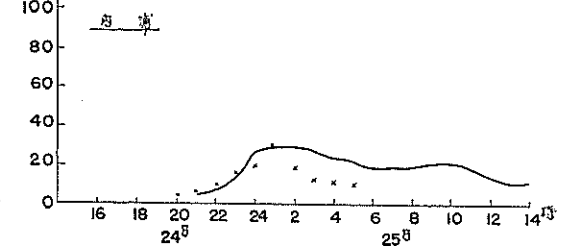
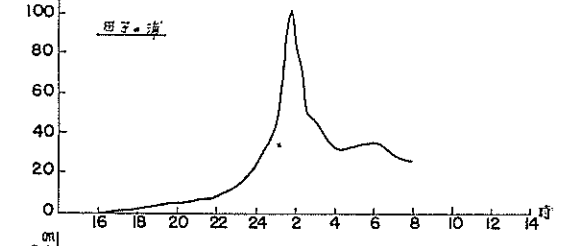
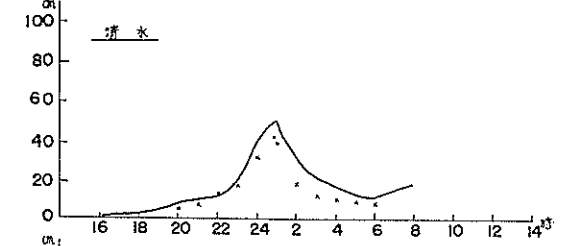
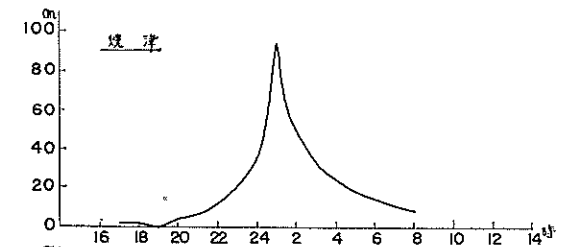
図一2.16 5821号台風 (昭和33年9月) による気象潮 図一2.17 5822号台風 (昭和33年9月) による気象潮 図一2.18 5915号台風 (昭和34年9月) による気象潮



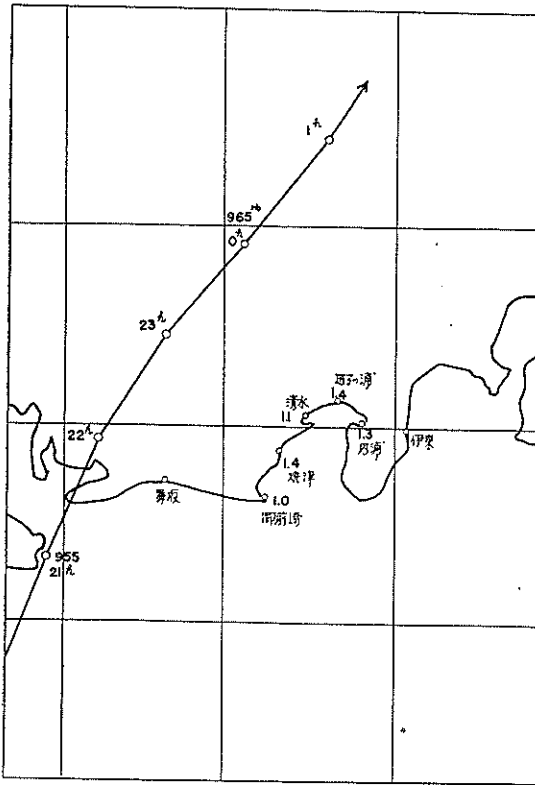
図一2.20 6604号台風（昭和41年6月）による気象潮



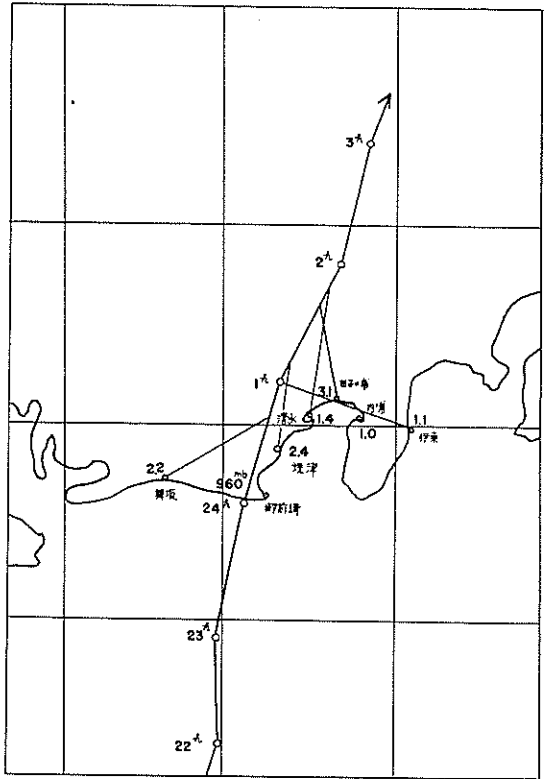
図一2.19 6524号台風（昭和40年9月）による気象潮



図一2.21 6626号台風（昭和41年9月）による気象潮



図—2.22 台風6524号による最大気象潮と気圧低下による静水位上昇量の比



図—2.23 台風6626号による最大気象潮と気圧低下による静水位上昇量の比および最大気象潮の起時

3 高潮計算の方法

3-1 序

本章においては、駿河湾の高潮計算を港湾技術研究所所有の電子計算機 TOSBAC—3400 を用いて行なうための計算の理論およびプログラムについて述べる。

計算の方法は基本的には気象庁等で行なっている方法と同じである。細かい点ではすでに成果が発表されている長周期波に対する防波堤の効果に関する計算²⁾で得られた経験を生かし、二つの格子間隔の異なる領域を湾口において接合することにより、普通行なわれているような一度粗い格子間隔で全領域を計算し、その一部をもう一度細かい格子間隔で計算するという手間を省いた。また慣性項コリオリの項、海底摩擦の項は省略した。

われわれとしては、高潮の計算方法を理論的に議論することが目的ではない。この章は主として、筆者等の覚え書きとしてまとめたものである。

3-2 基礎方程式

(1) 基礎方程式

高潮の基礎方程式は次の二つの仮定のもとに導びかれる。

- (i) 海水の密度は一定である。
 - (ii) 鉛直加速度やコリオリの鉛直成分は無視され、鉛直方向には静力学的つりあいが成りたつ。
- さらに運動方程式には次の仮定を設ける。
- (iii) 鉛直速度は水平速度にくらべて無視できる。
 - (iv) 水平混合は鉛直混合にくらべて無視できる。
 - (v) 慣性項は加速度項にくらべて無視できる。

以上のような仮定のもとに、運動方程式と連続の方程式は、図3.1のような座標系に対して次のように与えられる。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + f v \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - f u \quad (3.2)$$

2) 伊藤，土岐，森平：長周期波に対する防波堤の効果に関する計算（第2報），港研報告 Vol. 3 No. 7 1964

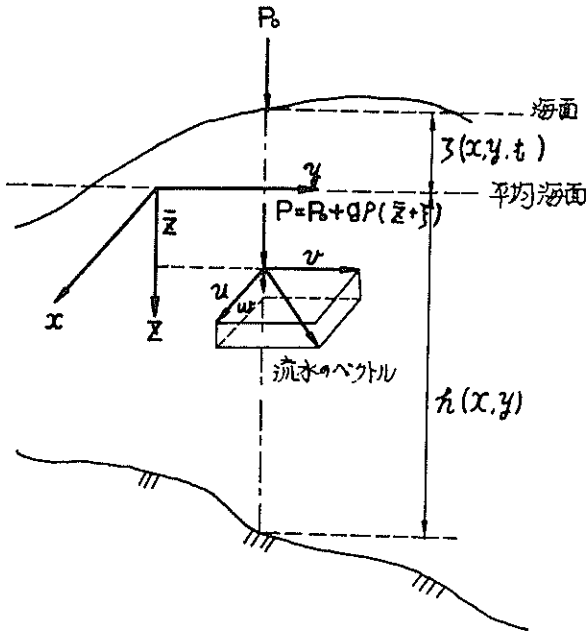


図-3.1 座 標 軸

$$0 = g - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial z} \quad (3.3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3.4)$$

ここに、 ρ_w は海水の密度、 f はコリオリの係数、 ν は鉛直方向の渦動粘性係数、 g は重力の加速度である。

これらの方程式をまともに取り扱うのは困難なので、海面 $z = -\zeta(x, y, t)$ から海底 $z = h(x, y)$ まで積分した線流量

$$P = \int_{-\zeta}^h u dz = (h + \zeta) \bar{u} \quad (3.5)$$

$$Q = \int_{-\zeta}^h v dz = (h + \zeta) \bar{v} \quad (3.6)$$

で表わすことにする。ここに \bar{u} 、 \bar{v} は u 、 v の深さに関する平均値である。

まず、連続の方程式 (3.4) を海面から海底まで積分すると

$$\int_{-\zeta}^h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) dz = [-w]_{-\zeta}^h \quad (3.7)$$

ここで

$$w \Big|_{z=-\zeta} = \left(\frac{dz}{dt} \right)_{z=-\zeta}$$

$$= -\frac{\partial \zeta}{\partial t} - u_s \frac{\partial \zeta}{\partial x} - v_s \frac{\partial \zeta}{\partial y} \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} w \Big|_{z=h} &= \left(\frac{dz}{dt} \right)_{z=h} \\ &= u_b \frac{\partial h}{\partial x} + v_b \frac{\partial h}{\partial y} \end{aligned} \quad (3.9)$$

添字の s 、 b はそれぞれ海面および海底の量を意味する。また

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\zeta}^h u dz = u_s \frac{\partial h}{\partial x} + u_s \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ &+ \int_{-\zeta}^h \frac{\partial u}{\partial x} dz \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial y} \int_{-\zeta}^h v dz = v_b \frac{\partial h}{\partial y} + v_b \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ &+ \int_{-\zeta}^h \frac{\partial v}{\partial y} dz \end{aligned} \quad (3.11)$$

であるから、結局連続の方程式は次のようになる。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\partial Q}{\partial y} \quad (3.12)$$

次に運動方程式を考える。

いま (3.3) 式を海面から z まで積分して、 $z = -\zeta$ で $p = p_0(x, y, t)$ (海面における大気圧) とおくと

$$p = \rho_w g(z + \zeta) + p_0(x, y, t) \quad (3.13)$$

台風時の大気圧を

$$p_0 = p_{\infty} - \Delta p = p_{\infty} - \rho_w g \zeta_0 \quad (3.14)$$

ここに、

$$\zeta_0 = \frac{\Delta p}{\rho_w g} \quad (3.15)$$

とおくと圧力 p は次のようになる。

$$p = p_{\infty} + \rho_w g z + \rho_w g (\zeta - \zeta_0) \quad (3.16)$$

この (3.16) 式を代入して、(3.1) および (3.2) 式を海面から海底まで積分するのであるが、このとき次のような取り扱いを行なう。

$$\begin{aligned} \int_{-\zeta}^h \frac{\partial u}{\partial t} dz &= \int_{-\zeta}^h \frac{\partial (\bar{u} + u')}{\partial t} dz = \int_{-\zeta}^h \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} dz \\ &+ \frac{\partial}{\partial t} \int_{-\zeta}^h u' dz + u'_s \frac{\partial \zeta}{\partial t} \end{aligned} \quad (3.17)$$

$$\int_{-\zeta}^h \frac{\partial v}{\partial t} dz = \int_{-\zeta}^h \frac{\partial (\bar{v} + v')}{\partial t} dz = \int_{-\zeta}^h \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} dz$$

$$+\frac{\partial}{\partial t} \int_{-\zeta}^h v' dz + v'_s \frac{\partial \zeta}{\partial t} \quad (3.18)$$

ここに u' , v' は平均流速 \bar{u} , \bar{v} からの偏倚であって、 z 方向に海面から海底まで積分すれば 0 になり、大体において \bar{u} あるいは \bar{v} に比べて小さいと考えられる。そこで (3.17), (3.18) を近似的に次のようにおく。

$$\int_{-\zeta}^h \frac{\partial u}{\partial t} dz \doteq \frac{\partial P}{\partial t}, \quad \int_{-\zeta}^h \frac{\partial v}{\partial t} dz \doteq \frac{\partial Q}{\partial t} \quad (3.19), (3.20)$$

したがって、運動方程式は

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial t} = & -g(h+\zeta) \frac{\partial}{\partial x} (\zeta - \zeta_0) \\ & + \frac{\tau_s^x}{\rho_w} - \frac{\tau_b^x}{\rho_w} + fQ \end{aligned} \quad (3.21)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial t} = & -g(h+\zeta) \frac{\partial}{\partial y} (\zeta - \zeta_0) \\ & + \frac{\tau_s^y}{\rho_w} - \frac{\tau_b^y}{\rho_w} - fP \end{aligned} \quad (3.22)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} \tau_s^x = & -\rho_w \nu \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{z=-\zeta}, \\ \tau_s^y = & -\rho_w \nu \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{z=-\zeta} \end{aligned} \right\} \quad (3.23)$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_b^x = & -\rho_w \nu \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{z=h} \\ \tau_b^y = & -\rho_w \nu \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{z=h} \end{aligned} \right\} \quad (3.24)$$

(3.12), (3.21), (3.22) 式が慣性項を省略した普通よく用いられる基本式であるが、我々は駿河湾という水深の非常に深い特殊な事情に対し、さらに次のような仮定を加えた。

- (vi) 水位上昇量 ζ は水深に比べて無視できる。
- (vii) 海底摩擦の項およびコリオリの項は十分なる近似でもって省略できる。

今、コリオリの項を評価するため、普通よく行なわれているように水深 $h = \text{const}$, x 方向は幅狭く運動なく、 y 方向に自由進行波があるときについて検討してみよう。自由表面の変位 ζ は

$$\zeta = a \exp \left\{ fx / \sqrt{gh} \right\} \cos \{ k(ct - y) + \varepsilon \} \quad (3.25)$$

で示される³⁾。すなわち進行方向に向って右岸の振幅が a ならば左岸 x での振幅は

$$a \exp \left\{ fx / \sqrt{gh} \right\} \quad (3.26)$$

となる。コリオリの係数は、

$$f = -2\omega \sin \varphi \quad (3.27)$$

$$\omega = 7.292 \times 10^{-5} \text{ radian/sec} \quad (3.28)$$

いま φ として駿河湾中央の緯度 $\varphi = 34^\circ 50' N$ を用いると

$$f = -8.3304 \times 10^{-5} \quad (3.29)$$

(3.26) 式を駿河湾中央に適用して $x = 40 \text{ km}$, $h = 700 \text{ m}$ とおくと、

$$\begin{aligned} \exp \left\{ fx / \sqrt{gh} \right\} = & \exp \left\{ -8.3304 \times 10^{-5} \times 4 \right. \\ & \left. \times 10^4 / \sqrt{9.8 \times 700} \right\} = 0.961 \end{aligned} \quad (3.30)$$

となり右岸に対し 4% 小さくなるにすぎない。

また海底摩擦の効果は伊藤剛等による東京湾の高潮計算結果では、高潮現象には外見上ほとんど影響のないことが明らかにされている。⁴⁾ ましてや駿河湾の如き水深の大なる所では、十分良好な近似でもって省略できるであろう。

結局、今回の計算における基本式は (vi), (vii) の仮定を加えて次のようになる。

$$\frac{\partial P}{\partial t} = -gh \frac{\partial}{\partial x} (\zeta - \zeta_0) + \frac{\tau_s^x}{\rho_w} \quad (3.31)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -gh \frac{\partial}{\partial y} (\zeta - \zeta_0) + \frac{\tau_s^y}{\rho_w} \quad (3.32)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\partial Q}{\partial y} \quad (3.33)$$

(2) 海面における接線応力

海面の条件は基礎方程式の中で、 τ_s^x , τ_s^y の形で入っており、この海面応力 τ_s は風速 W と次のような関係にある。

$$\tau_s^x = \gamma_s^2 \rho_a W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad (3.34)$$

$$\tau_s^y = \gamma_s^2 \rho_a W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad (3.35)$$

ここに W_x , W_y は風速の x , y 成分 ρ_a は大気ของความ γ_s^2 は海面の抵抗係数である。 γ_s^2 の値については、いろいろの議論があるが、ここではよく用いられている値

3) H. Lamb(1932); Hydrodynamics pp. 319~320

4) 伊藤剛・日野幹雄・渡辺二郎・日野和子; 数理模型による東京湾横断堤の防潮効果に関する研究, 第11回海岸工学講演会講演集(1964)

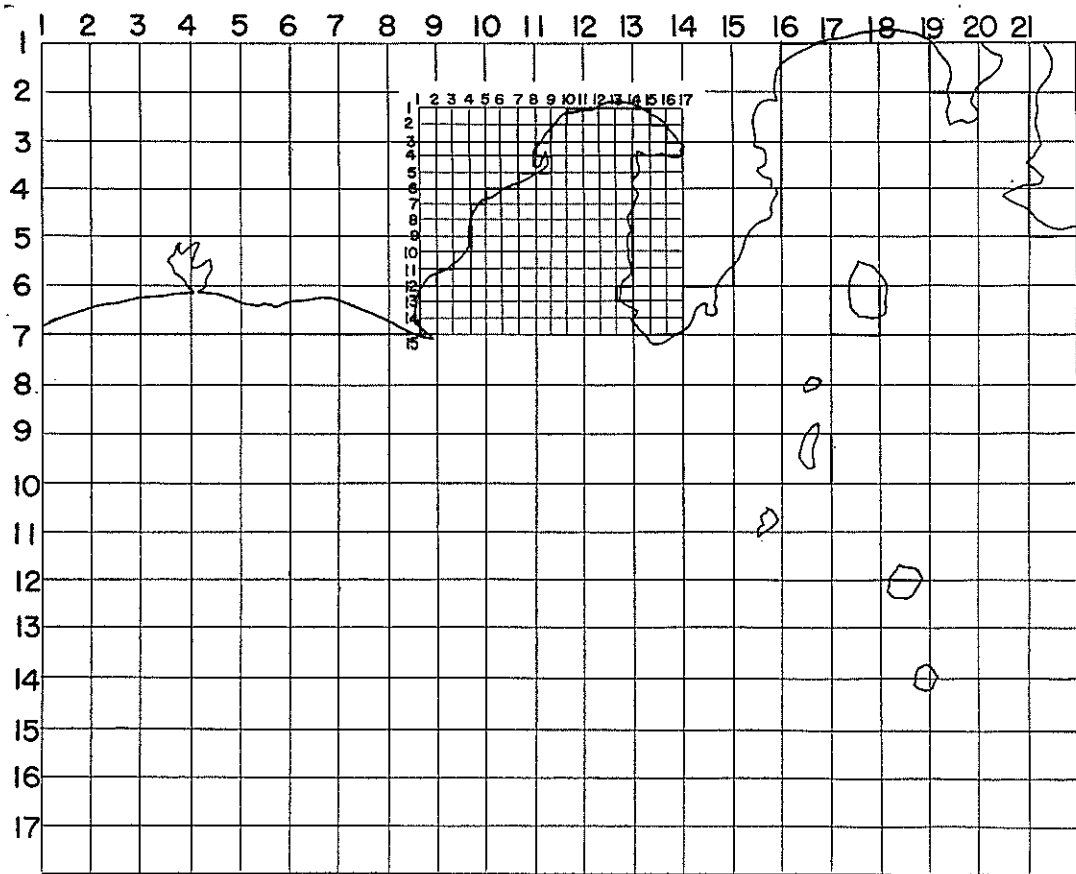


図-3.3 格子分割

分のとり方は中央差分とする。格子網における水深を与える位置、水位と線流量の x 、 y 成分を計算する位置を図-3.6、3.7に示す。

図において水位と水位、あるいは線流量と線流量を計算する点の間隔は Δs である。また座標を示す添字 (i, j) が同一であっても水深、水位、線流量の x 、 y 成分を与える位置がそれぞれ異なっていることは十分留意しなければならない。

さて以上のような格子網に対し、差分方程式は次のようになる。

$$\begin{aligned}
 P(i, j)^{t+\Delta t} &= P(i, j)^t - gh_x(i, j) \frac{\Delta t}{\Delta s} \\
 & \left\{ \zeta(i, j)^t + \frac{\Delta t}{2} - \zeta(i-1, j)^t + \frac{\Delta t}{2} \right\} \\
 & + A_x(i, j) \\
 Q(i, j)^{t+\Delta t} &= Q(i, j)^t - gh_y(i, j) \frac{\Delta t}{\Delta s}
 \end{aligned} \tag{3.43}$$

$$\begin{aligned}
 & \left\{ \zeta(i, j)^t + \frac{\Delta t}{2} - \zeta(i, j-1)^t - \frac{\Delta t}{2} \right\} \\
 & + A_y(i, j)
 \end{aligned} \tag{3.44}$$

$$\begin{aligned}
 \zeta(i, j)^t + \frac{\Delta t}{2} &= \zeta(i, j)^t - \frac{\Delta t}{2} - \frac{\Delta t}{\Delta s} \\
 & \{ P(i+1, j+1)^t - P(i, j)^t + Q(i, j+1)^t \\
 & - Q(i, j)^t \}
 \end{aligned} \tag{3.45}$$

ここに

$$\begin{aligned}
 A_x(i, j) &= gh_x(i, j) \frac{\Delta t}{\Delta s} \left\{ \zeta_0(i, j) - \zeta_0(i-1, j) \right\} + \frac{\Delta t}{\rho_w} r_s^x(i, j)
 \end{aligned} \tag{3.46}$$

$$\begin{aligned}
 A_y(i, j) &= gh_y(i, j) \frac{\Delta t}{\Delta s} \left\{ \zeta_0(i, j) - \zeta_0(i, j-1) \right\} + \frac{\Delta t}{\rho_w} r_s^y(i, j)
 \end{aligned} \tag{3.47}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1										2	3	4.5	4.5				
2									5	6	6.5	7	4.5				
3									5	7	7.5	8.5	6	2.5			
4									4	9	10	10.5	7.5	2.5	1.5		
5									7	10.5	11.5	9.5	4.7	1.1	0.9		
6									4.5	9.5	12	10	5				
7									7	13	11	8.5					
8									4.5	9.5	12	8.5	5.5				
9							0.3	2.8	8	12	10	5.5					
10							0.3	2.5	6	11.5	14	7.5	3				
11					0.25	0.5	1.5	5.5	10	14	10	4.5					
12					0.3	1	1.5	4	8	13	13	6.5	2.5				
13					2	9	4	3.5	6	10	15	9	3.5				
14					2.5	6	9	6	5.5	8.5	13	13	5	1.5			
15					4	8	8.6	7	6.5	9	15	8	3				
16					0.8	5	9	9	8	10	14	11	4.5	1.5			
17					3.8	8.5	9	8.5	7	13	14	6.5	2				
18					1.2	6.5	8.5	7	6	10	14	10	3.5	0.5			
19					0.4	5	8.5	6	3	3.5	14	12	5	1.5			
20					0.4	3.5	7.5	6.5	2.5	1.5	10	13	7	2.5	0.6		
21					0.3	2.5	5.5	8	3	0.8	5	15	9	4	1.5		
22					0.35	2.5	4.5	5.5	5	1.5	4	13	12	5	2		
23					0.2	0.7	4	5	6	3.5	2	13	17	8	3.5		
24					0.15	0.35	2.5	4.5	5	4	3.5	10	13	13	6	2	
25					0.25	0.6	3	4.5	3.7	2.2	3	15	17	8	4	1.2	
26					0.15	0.4	1.2	4	4	2	1.5	9	15	14	7	3.5	1
27					0.15	0.5	2.5	3.8	1.8	1.8	8	15	18	12	5	2.5	
28					0.2	0.8	3.3	2	1.7	6	15	18	18	12	4	2	

図-3.4 水深分布 (×100m)

計算は図-3.8に示す手順で step by step に行なわれる。

式 (3.46), (3.47) で表わされる $A_x(i, j)$, $A_y(i, j)$ は気象要素によって決まる値であるから、気象項と呼ぶことにする。気象項は数step毎に計算しその間は一固定と見做す。

なお、大メッシュの区域における計算式も形は全く同じで、ただ格子点を表わす添字 (i, j) の代わりに (m, k), 格子間隔 ds の代わりに dL とおきかえればよい。

(3) 格子間隔が異なる接合部付近での計算方法

格子間隔が異なる付近では特殊な形の式を用いなければならぬ。

(i) 接合部における線流量の計算方法

小メッシュの三つが大メッシュの一つに接合する図-3.9のような状態について説明する。

今求めようとするのは $Q(i, j_0)$ である。これを計算

するため小メッシュの格子が図に点線で示す如く、大メッシュ側にもう一つあると仮定して◎印の地点の水位 $\zeta(i, j_0)$ を次のように三種に分けて直線近似する。

$$\zeta(i_0, j_0) = \left[\zeta(m_0, k_0) - \zeta(i_0, j_0 - 1) + \left\{ \zeta(m_0 - 1, k_0) - \zeta(m_0, k_0) \right\} \frac{ds}{dL} \right] \times \frac{2ds}{dL + ds} + \zeta(i_0, j_0 - 1) \quad (3.48)$$

$$\zeta(i_0 + 1, j_0) = \left\{ \zeta(m_0, k_0) - \zeta(i_0 + 1, j_0 - 1) \right\} \frac{2ds}{dL + ds} + \zeta(i_0 + 1, j_0 - 1) \quad (3.49)$$

$$\zeta(i_0 + 2, j_0) = \left[\zeta(m_0, k_0) - \zeta(i_0 + 2, j_0 - 1) + \left\{ \zeta(m_0 + 1, k_0) - \zeta(m_0, k_0) \right\} \frac{ds}{dL} \right]$$

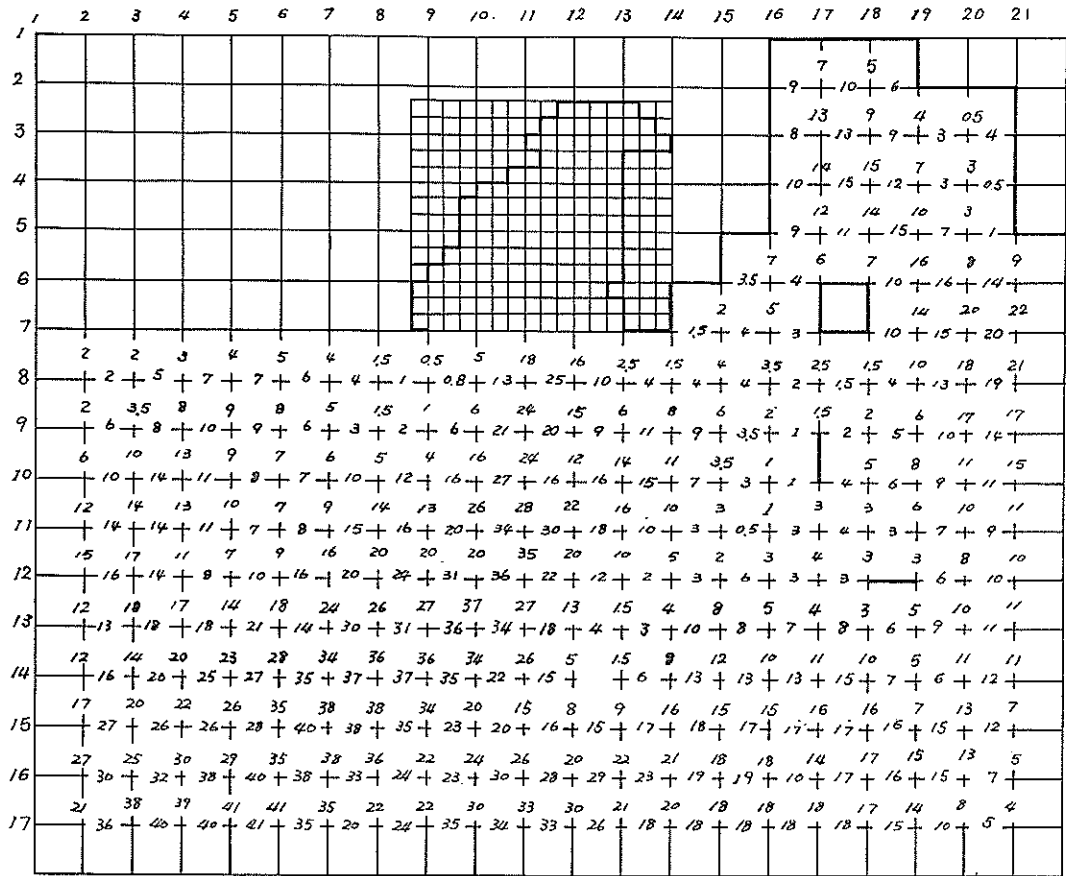


図-3.5 水深分布 (×100m)

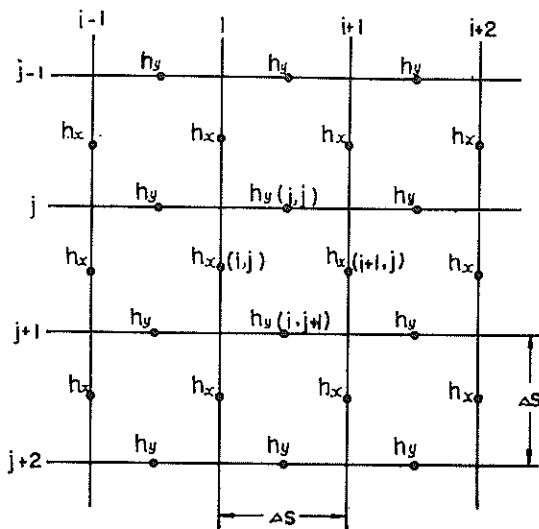


図-3.6 水深の与え方

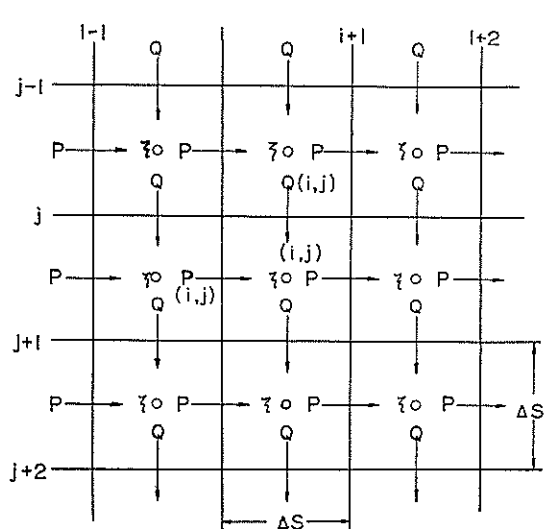


図-3.7 水位, 線流量の計算点

Time Step	初期条件		1	2	-----	t-1	t	t+1	---					
時間 (xΔt)	0	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	-----	t-1	t-1/2	t	t+1/2	t+1	t+3/2	---
線流量	P=0 Q=0	→	P Q	→	P Q	→	-----	P Q	→	P Q	→	P Q	→	---
水位	ζ	→	ζ	→	ζ	→	-----	ζ	→	ζ	→	ζ	→	---

図-3.8 計算の進め方

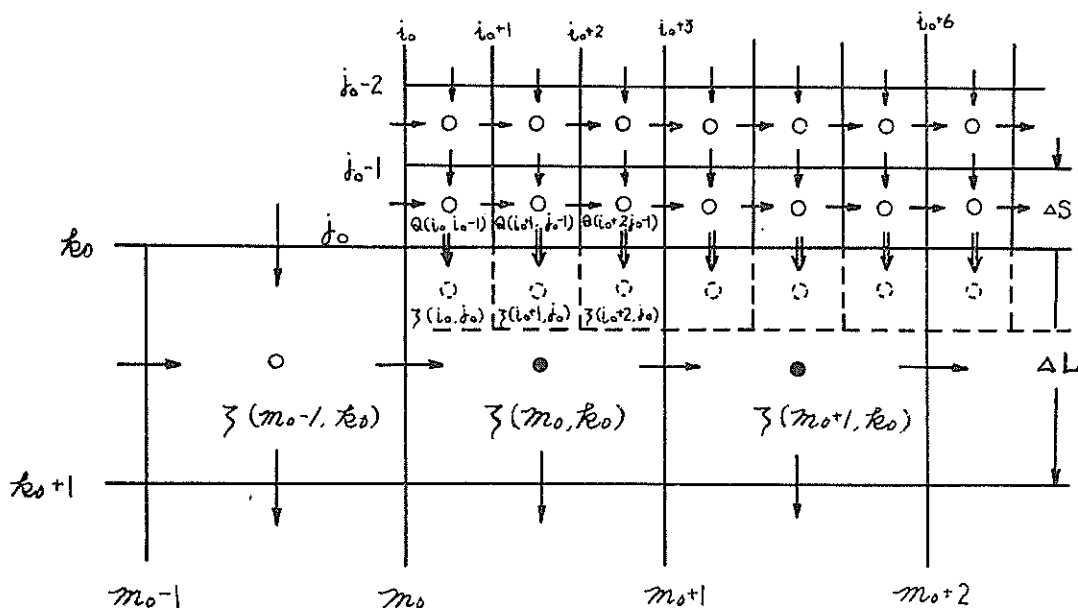


図-3.9 格子網の接合部

$$\times \frac{2\Delta s}{\Delta L + \Delta s} + \zeta(i_0+2, j_0-1) \quad (3.50)$$

このように水位が求められると、線流量 $Q(i, j_0)$ は各々上式の対応する水位に対し、(3.44)式と全く同じ形で計算される。

(ii) 接合部に一番近い大メッシュ側の水位の計算

小メッシュ側より大メッシュ側に入る三つの線流量の平均値を、その点の線流量とする。すなわち

$$Q(m_0, k_0) = \frac{1}{3} \{ Q(i_0, j_0) + Q(i_0+1, j_0) + Q(i_0+2, j_0) \} \quad (3.51)$$

このとき (k_0, m_0) は式 (2.45) と全く同じ形で求めることができる。ただし、格子網を表わす添字 (i, j) は (m, k) となり、格子間隔 Δs は ΔL となる。

(4) 境界条件

海岸線に垂直方向の線流量は零とする。計算海域周辺における水位は気圧低下量に伴う静水位上昇量に等しいと仮定する。

(5) 初期条件

初期状態における線流量は計算海域全域にわたり零とする。しかし水位は普通行なわれているように零にはせず、気圧低下量による静水位上昇量を与えることにした。高潮の場合必ずしも最初水位が上昇するとは限らないのであるが、敢えてこのようにしたのは次のような理由による。つまり計算海域周辺における境界条件として、気圧低下による静水位上昇量を与えることにすると初期の水位を零にした場合、そこに大きい水位差を生ずることになる。これを避けるためには、台風の影響が事実上無視できる状態から計算を始めればよいわけであるが、これは計算時間を非常に増大させるものであって、

実際的でないからである。

(6) 計算の安定条件

差分方程式が計算不安定を起こすことなく数値計算されるためには、 Δs (あるいは ΔL) と Δt の間に次の関係が成り立つことが必要である。

$$\Delta t \leq \frac{\Delta s}{\sqrt{2g(h+\zeta)_{max}}} \quad (3.52)$$

今回の計算の場合、湾内で $\Delta s=4000m$, $(h+\zeta)_{max}=1810m$, 湾外で $\Delta L=12000m$, $(h+\zeta)_{max}=4110m$ とすると

$$\Delta t \leq 21sec \text{ (湾内)} \quad (3.53)$$

$$\Delta t \leq 42sec \text{ (湾外)} \quad (3.54)$$

われわれはさらに安全を見込んで $\Delta t=20sec$ とした。

3-5 計算プログラム

(1) 計算手順の概要

計算に使用される電子計算機は TOSBAC-3400 である。プログラムは計算機の容量を効果的に使用するため気象項の計算、主計算、結果のプリントの三つに分けて作成した。

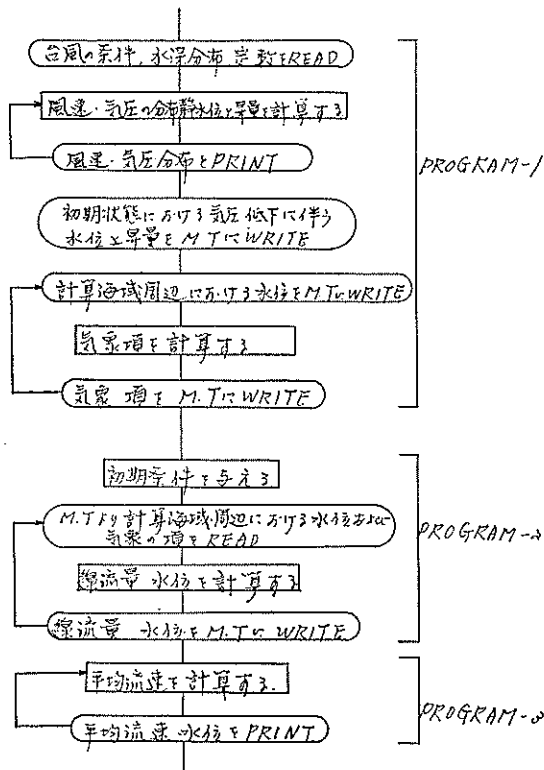


図-3.10 高潮計算手順の概要

計算の極めて大まかな手順は図-3.10に示すとおりである。

ここで気象項の計算は10分毎、つまり $\Delta t=20sec$ であるから、30step 毎に計算する。この10分毎のstepをNNstepと呼びNNstepの1stepに対する線流量、水位の計算の30stepをNstepと呼ぶことにする。

今回作成したプログラムは駿河湾の高潮を計算するためのもので、一般的なものではなく、またプログラミング専門の立場からみると、はなはだ雑然としたものであろうが、今後の参考になると思うのでそのままの形でここに示しておくことにした。

なお、ここに使用しているプログラム方式はFORTRANである。以下各プログラムにおける計算式およびプログラムの概要について説明する。

(2) PROGRAM-1 気象項の計算

差分方程式に含まれる気象項 $A_x(i, j)$, $A_y(i, j)$ は水深と気象要素のみによって決まる値である。また計算海域周辺の水位は気圧低下に伴う静水位上昇量を与えなければならない。これらの値は主計算とは別に計算できるものであるから、あらかじめNNstep毎に計算して、磁気テープに記憶させておいた方が計算機の利用上有利である。このための計算プログラムがPROGRAM-1で、具体的には10分間毎の気圧、風速の計算および静水位上昇量、気象項の計算を行なうものである。

次にPROGRAM-1で計算される計算式について説明する。

(i) 距離の式

大メッシュの(1,1)を座標原点にとって図-3.2のような座標系において、格子点 (i, j) あるいは (m, k) の座標原点からの距離を (x, y) [km] とする。ここに格子点 (i, j) あるいは (m, k) というのはそれと同じ添字をもつ水位計算点の位置を表わすことにする。このとき次の関係式が成り立つ。

小メッシュの格子網 (i, j) に対して

$$x = i\Delta s - \frac{\Delta s}{2} + 92 = 4i + 90 \quad [km] \quad (3.55)$$

$$y = j\Delta s - \frac{\Delta s}{2} + 16 = 4j + 14 \quad [km] \quad (3.56)$$

大メッシュの格子網 (m, k) に対して

$$x = m\Delta L - \frac{\Delta L}{2} = 12m - 6 \quad [km] \quad (3.57)$$

$$y = k\Delta L - \frac{\Delta L}{2} = 12k - 6 \quad [km] \quad (3.58)$$

台風中心位置を (x_c, y_c) [km] とすると NNstep (10

分毎) に対し,

$$x_c = V_x \frac{(NN-1)}{6} + x_0 \quad [\text{km}] \quad (3.59)$$

$$y_c = V_y \frac{(NN-1)}{6} + y_0 \quad [\text{km}] \quad (3.60)$$

ここに V_x, V_y は台風進行速度の x, y 成分 [km/hr], (x_0, y_0) は台風の経路により与えられる毎時の位置 [km] である。以上のような関係より, 台風中心から格子点 (i, j) および (m, k) までの距離 r は次式により求められる。

$$r = \sqrt{(x+x_c)^2 + (y+y_c)^2} \quad (3.61)$$

(ii) 気圧の式

気圧の分布は次式で計算される。この場合単位は mb である。

$$p = p_\infty - \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{r_0}\right)^2}} \quad (3.62)$$

(iii) 風速の式

風速の式は (3.40) (3.41) 式で与えられるが, この式における a は絶対単位であるからこれを mb 単位とするためには $a \times 10^3$ としなければならない。

今, 風速 W_x, W_y を m/sec 台風の進行速度 V_x, V_y を km/hr, 距離 r_0, r , および x, y を km, 台風の深度 a を mb, 空気の密度 ρ_a を gr/cm^3 の単位で, またコリオリの係数 f を c.g.s 単位で表わすと風速の式は次のようになる。

$$W_x = \frac{1}{3.6} C_1 V_x \exp\left(-\frac{r}{500}\pi\right) + 500 C_2 |f| \left(1 - \sqrt{1+G}\right) (0.500x - 0.866y) \quad (3.63)$$

$$W_y = \frac{1}{3.6} C_1 V_y \exp\left(-\frac{r}{500}\pi\right) + 500 C_2 |f| \left(1 - \sqrt{1+G}\right) (0.866x + 0.500y) \quad (3.64)$$

ここに

$$G = \frac{4 \times 10^{-7} a}{\rho_a f^2 r_0^2} \left\{ 1 + \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 \right\}^{-\frac{3}{2}} \quad (3.65)$$

(iii) 気圧低下に伴う静水位上昇量

気圧低下に伴う静水位上昇量 ζ_0 [cm] は a を mb, ρ_w を gr/cm^3 , g を cm/sec^2 で表わすと次式より求められる。

$$\zeta_0 = \frac{10^3}{\rho_w g} \cdot \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{r_0}\right)^2}} \quad (3.66)$$

(v) 海面における接線応力

海面における接線応力 τ_x^s, τ_y^s (c. g. s 単位) は (3.34), (3.35) 式で与えられる。今, 風速 W_x, W_y を m/sec の単位で与えると次のようになる。

$$\tau_x^s = 3.2 \times 10^{-2} W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad (3.67)$$

$$\tau_y^s = 3.2 \times 10^{-2} W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad (3.68)$$

(vi) 気象項の式

実際に差分方程式の中で必要なのは (3.46) (3.47) 式で示される気象項 $A_x(i, j), A_y(i, j)$ である。今, 水深 h を m, Δt を sec, Δs を km, ζ_0 を cm で与えると, 次式より計算される。

$$A_x(i, j) = 10^{-3} \times g h_x(i, j) \frac{\Delta t}{\Delta s} \left\{ \zeta_0(i, j) - \zeta_0(i-1, j) \right\} + \frac{\Delta t}{\rho_w} \tau_x^s(i, j) \quad (3.69)$$

$$A_y(i, j) = 10^{-3} \times g h_y(i, j) \frac{\Delta t}{\Delta s} \left\{ \zeta_0(i, j) - \zeta_0(i, j-1) \right\} + \frac{\Delta t}{\rho_w} \tau_y^s(i, j) \quad (3.70)$$

大メッシュにおける気象項 $A_x(m, k), A_y(m, k)$ は (3.67), (3.68) 式において添字 (i, j) に対応して $(m, k), \Delta s$ の代りに ΔL とすればよい。

PROGRAM-1 はこれらの式を NNstep 毎(10分毎)に計算して気圧, 風速の分布をプリントし, さらに気圧低下に伴う静水位上昇量および気象項を磁気テープに書き込むためのものである。

(3) PROGRAM-2 主計算

主計算は差分方程式 (3.43), (3.45) を与えられた初期条件と境界条件のもとに解くものである。

今, P, Q を $\text{cm}^3/\text{sec}/\text{cm}$, g を cm/sec^2 , Δt を sec, Δs あるいは ΔL を km, ζ を cm で表わすと差分方程式は次のように書きかえられる。

(i) 小メッシュの計算海域

$$P(i, j)^{t+\frac{\Delta t}{2}} = F(i, j)^{t-\frac{\Delta t}{2}} - A h_x(i, j) \{ \zeta(i, j)^t - \zeta(i-1, j)^t \} + A_x(i, j) \quad (3.71)$$

$$Q(i, j)^{t+\frac{\Delta t}{2}} = Q(i, j)^{t-\frac{\Delta t}{2}} - A h_y(i, j) \{ \zeta(i, j)^t - \zeta(i, j-1)^t \} + A_y(i, j) \quad (3.72)$$

$$\zeta(i, j)^{t+\Delta t} = \zeta(i, j)^t - B \{ P(i+1, j)^{t+\frac{\Delta t}{2}} - P(i, j)^{t+\frac{\Delta t}{2}} \}$$

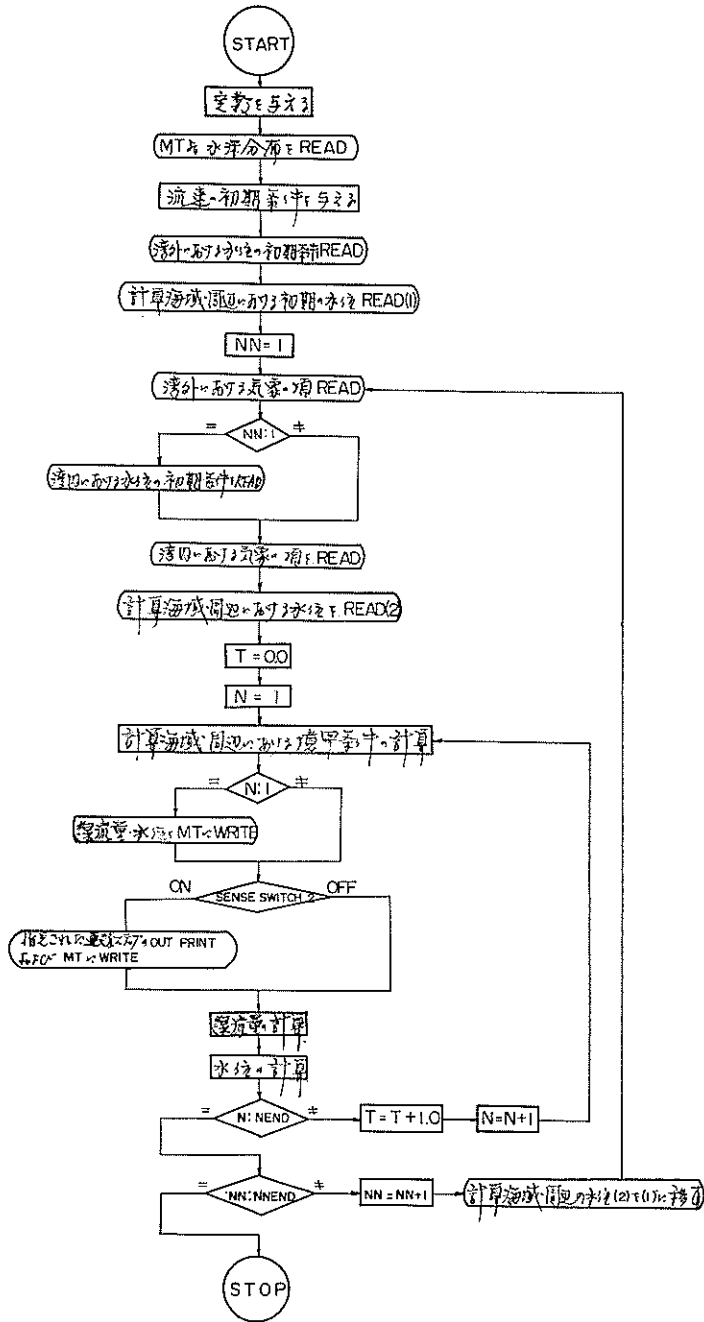


図-3.11 プログラム-2のフローチャート

$$-P(i, j)^{t+\frac{\Delta t}{2}}+Q(i, j+1)^{t+\frac{\Delta t}{2}}-Q(i, j)^{t+\frac{\Delta t}{2}}\} \quad (3.73)$$

ここに

$$A=g\frac{\Delta t}{\Delta s}\times 10^{-3} \quad (3.74)$$

$$B=\frac{\Delta t}{\Delta s}\times 10^{-5} \quad (3.75)$$

(ii) 小メッシュと大メッシュの接合部における線流量の式

(3.44) 式および (3.48), (3.49), (3.50) 式より次のようになる。

$$Q(i_0+l-1, j_0)^{t+\frac{\Delta t}{2}}=Q(i_0+l-1, j_0)^{t-\frac{\Delta t}{2}}-Ch_y(i_0+l-1, j_0)\left[\zeta(m_0, k_0)^t-\zeta(i_0+l-1, j_0-1)^t+\left\{Z-\zeta(m_0, k_0)^t\right\}\frac{\Delta s}{\Delta L}\right]+A_y(i_0+l-1, j_0) \quad (3.76)$$

ここに

$$C=\frac{2g\Delta t}{\Delta L+\Delta s}\times 10^{-3} \quad (3.77)$$

$$Z=\zeta(m_0+l-2, k_0)^t, \quad l=1, 2, 3 \quad (3.78)$$

$l=1, 2, 3$ は大メッシュ1個に対する小メッシュ3個の区別を表わす。

(iii) 大メッシュの計算海域

(3.71), (3.72), (3.73)において, 添字 (i, j) の代りに (m, k) , 定数 A, B の代りに次式で与えられる D, E に置きかえればよい。

$$D=g\frac{\Delta t}{\Delta L}\times 10^{-3} \quad (3.79)$$

$$E=\frac{\Delta t}{\Delta L}\times 10^{-5} \quad (3.80)$$

以上の式において, $A_x(i, j), A_y(i, j)$ は NNstep 毎に PROGRAM-1で計算された結果が与えられ, その間は一一定とする。しかし, 計算海域周辺の境界条件として NNstep 毎に気圧低下量に相当する水位が与えられるが, これは Nstep の各 step 毎に直線近似で計算することにした。

PROGRAM-2 のフローチャートを, 図-3.11に示す。

(4) PROGRAM-3 結果の Print

PROGRAM-2 で計算された結果は, 全て磁気テープに書き込まれ PROGRAM-3 ではじめて Out put される。このとき線流量は平均流速になおされる。

今, 平均流速 U, V を cm/sec, 線流量 P, Q を $\text{cm}^3/\text{sec}/\text{cm}$, 水深 h_x, h_y を m で表わすと,

$$U(i, j)=P(i, j)/100h_x(i, j) \quad (3.81)$$

$$V(i, j)=Q(i, j)/100h_y(i, j) \quad (3.82)$$

実際には, さらに水位計算点における流速の成分を次のように計算してプリントした。

$$U'(i, j)=\frac{1}{2}\{U(i, j)+U(i+1, j)\} \quad (3.83)$$

$$V'(i, j)=\frac{1}{2}\{V(i, j)+V(i, j+1)\} \quad (3.84)$$

高潮計算のプログラムを本編の最後にまとめて掲げておいた。

(5) 変数および定数の単位

以上各プログラムについて説明したが, これらのプログラムにおいて用いられた変数および定数の単位を次にまとめておく。

プログラムは FORTRAN で書かれたから変数および定数は実際には別の記号で表わされるのであるが, ここではわかりやすく従来のままの記号を用いた。

ζ, ζ_0 ; (水位) cm

P, Q ; (線流量) $\text{cm}^3/\text{sec}/\text{cm}$

U, V ; (平均流速) cm/sec

h_x, h_y ; (水深) m

$\Delta s, \Delta L$; (格子間隔) km

p ; (気圧) mb

a ; (台風の定数) km

r_0 ; (") km

p_∞ ; (") mb

V_x, V_y ; (台風の進行速度の成分) km/hr

x_0, y_0 ; (台風の初期あるいは毎時の位置の x, y 座標) km

x, y ; (格子網の座標) km

W_x, W_y ; (風速の x, y 成分) m/sec

g ; (重力の加速度) cm/sec^2

ρ_w, ρ_a ; (水および空気の密度) gr/cm^3

4 計算の対象とした台風

高潮計算の対称とした台風は次の二ケースである。

(1) 伊勢湾台風級の台風を駿河湾の西側へ走らせた場合—Case-1

(2) 6626号台風の場合—Case-2

Case-1 は最大級と見做される伊勢湾台風のような強

表-4.1 6626号台風の中心位置と進行速度

	台風中心位置		台風速度	
	x km	y km	V_x	V_y
24日12時	79.51	814.28	- 3.08	- 37.07
13	76.51	777.23	- 3.08	- 37.07
14	73.43	740.16	- 3.08	- 37.07
15	70.35	703.09	- 10.70	- 80.30
16	59.65	622.16	- 10.70	- 80.30
17	48.58	542.46	- 10.70	- 80.30
18	37.78	462.16	0	- 64.86
19	37.78	397.30	7.78	- 55.60
20	45.56	341.70	7.78	- 74.13
21	45.56	267.57	23.31	- 64.86
22	68.87	203.71	0	- 55.60
23	68.87	147.11	15.35	- 74.13
25日 0時	84.22	72.98	22.78	- 64.86
1	107.00	7.12	30.16	- 74.13
2	137.16	- 66.01	22.43	- 64.86
3	159.58	-130.87	21.67	- 74.13
4	181.25	-205.00	58.90	- 64.86
5	240.15	-269.86	29.20	- 83.40
6	269.35	-353.26	14.30	-176.06

表-4.2 モデル台風の定数

	台風外側の気圧 $p_{\infty}(\text{mb})$	台風の深度 $a(\text{mb})$	r_0 (km)	傾度風速の係数 C_2	場の風の係数 C_1
Case-1	1010	70	75	0.6	4/7
Case-2	1010	50	40	0.6	4/7

力な台風が、駿河湾に対しほぼ最悪のコースで来襲した場合を想定したものである。この仮想台風は図-4.1に示すような経路を時速60kmの速さで進行するものとし、台風の規模による定数は既に気象庁等によって採用された値をそのまま用いることにした。

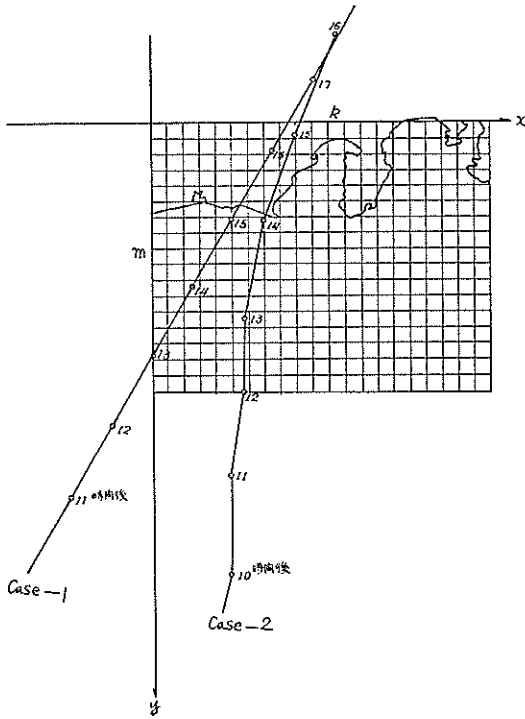


図-4.1 モデル台風のコース

Case-2 の6626号台風は、Case-1 の計算を終えて結果を整理していたとき、たまたま同じようなコースで駿河湾を襲った台風である。(図2-15(3)) われわれは急遽この台風による高潮を追算することにし、計算条件を次のように与えた。すなわち、台風の経路に関しては、その位置と進行速度を実際の場合に準じて1時間毎に与え、その間は気象要素の計算ステップ毎に直線近似で計算することにした。計算時間は24日12時から25日6時に至るまでの間で、毎時の台風中心の座標および進行速度を表-4.1に掲げておいた。一方台風の規模については、25日0時、台風中心が御前崎付近にあるときを規準とし、図-4.2に示すこの時の天気図より気圧分布の式を求めて、全経路を通じ一定とすることにした。求められた気圧分布の式は次の通りである。

$$p = 1010 - \frac{50}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{40}\right)^2}} \quad (4.1)$$

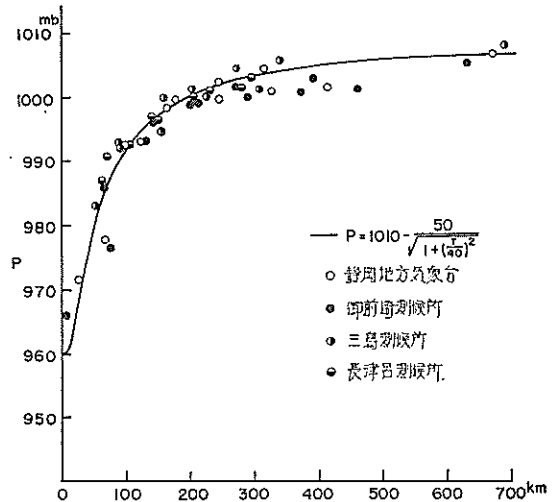


図-4.3 台風6626号の気圧分布

(4.1) 式で表わされる気圧分布と各地の実測気圧(海面)と比較してみたのが図-4.3であり、よく合っている。表-4.2に Case-1 と Case-2 のモデル台風の定数をまとめて掲げておいた。

5 計算結果

5-1 序

第3章において、高潮計算の方法について述べ、第4章において対象とする台風について述べた。この章では数値計算の結果について述べる。

計算は2ケース行なわれた。まず伊勢湾台風が駿河湾の西方を通過した場合(Case-1)の結果を述べる。後者の台風6626号の場合は気象要素および潮位について、実測値があるのでこれと計算値とを比較した。

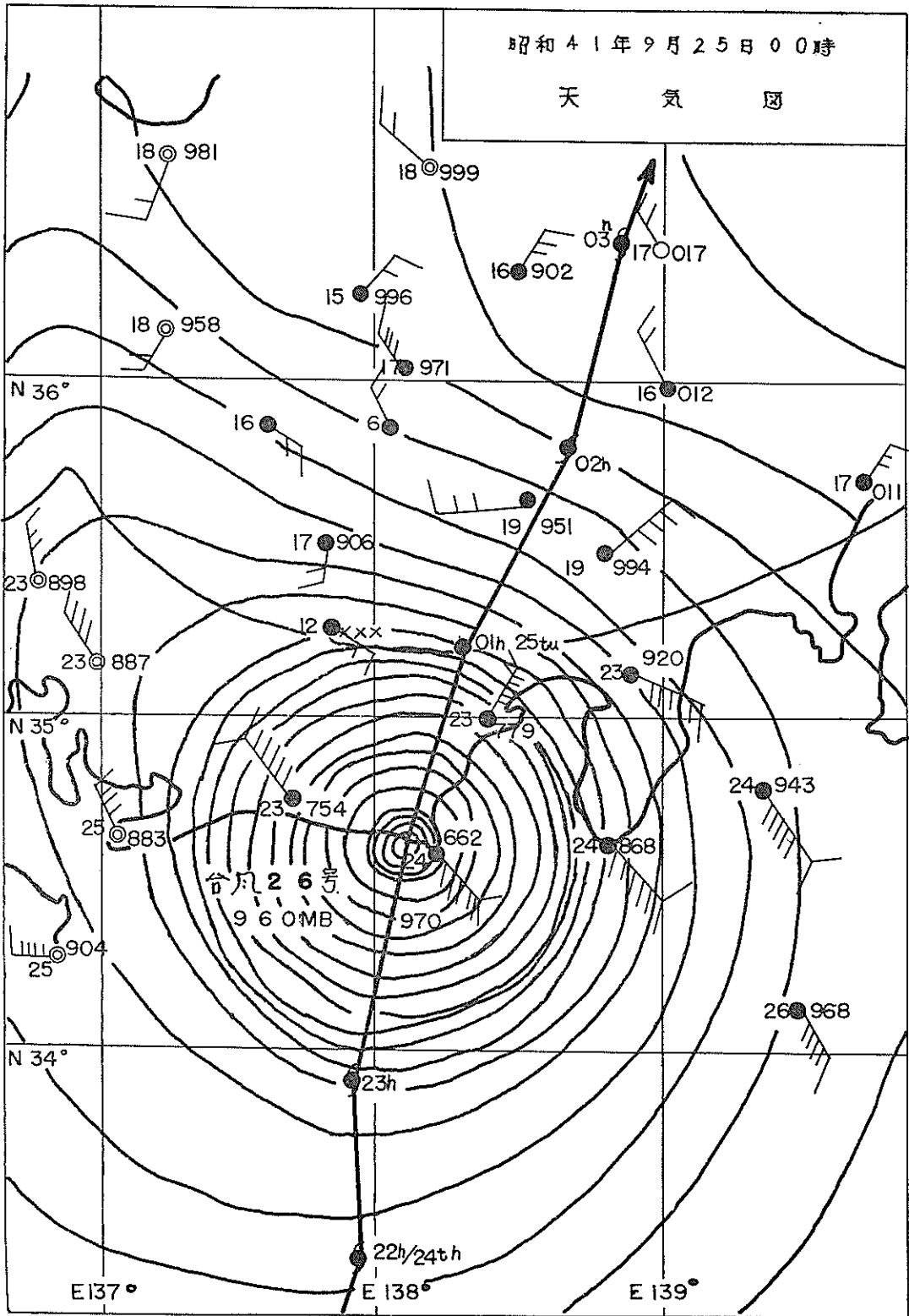
この計算においては、計算時間内の潮汐による潮位の変化は考慮しておらず、ここでいう潮位は全て平均潮位を基準として論じられている。また、湾内における格子間隔は4km、湾外における格子間隔は12kmで、計算された値はこのような格子内での平均的な値であり、さらに細かい地形の効果は現われていない。

5-2 伊勢湾台風が駿河湾西方を通過した場合

Case-1

(1) 気象要素の計算結果

台風が中心が計算領域に入ってから1時間毎の気圧降下量 dp および風速の分布を図-5.1に示す。等圧線は同心円を描いているが、風速は非対称となり進行方向の右後方に強い風域が認められる。



(2) 高潮の計算結果

計算範囲は粗い格子の部分まで含めると遠州灘、相模湾にまでおよんでいる。この計算範囲全域にわたる潮位の分布を図—5.1と同時刻のものについて図—5.2に示す。これらの分布状況は、図—5.1の ΔP の分布と非常によく似ており、計算海域全体にわたって気圧低下による潮位の上昇が高潮のほとんどを占めることを物語っている。

図—5.3は湾内のみの潮位と流速の分布を示したものである。流速は全体的には数cmのオーダーで小さいが、水深の浅い所では最盛期において60cm/sec近い値となっている。流れの方向の分布は非常に複雑である。

全計算時間内の湾内における最大潮位の分布は図—5.4に示すとおりである。これを見ると湾内における最高と最低の差は20cm足らずであり、全体的にそう大きい変化はないがやはり湾の西側の方が東側よりは高くなっている。最高潮位は相良付近の約70cmである。

次に湾内の代表点における潮位の時間的変化をみてみよう。図—5.5は湾内数ヶ所における潮位の時間的変化を同時刻の気圧低下に伴う静力学的水位上昇量と共に示したものである。これらを見るとピーク付近では潮位曲線がわずかに大きい、両者はほとんど一致している。

一般に沿岸における高潮の現象は、気圧低下に伴う潮位上昇と、風による吹き寄せ波による set-up さらにそれらに対する湾形の効果および反射による影響を受けて現われる。波浪による効果は計算には含まれないからさておいて、潮位曲線が気圧低下に伴う静力学的水位上昇量にほぼ等しいのは次のように説明される。つまり駿河湾の水深は非常に深く、長波の波速が気象擾乱の進行速度に対し相当大きい、長波の速度で伝播する成分や反射波は見かけ上、あたかもないかの如き結果を呈し、湾形効果、反射波の影響はほとんど現われてこないのである。

また、風による吹き寄せの効果は

$$\frac{\partial \zeta}{\partial x} = \frac{\rho_a}{\rho_s} \cdot n \cdot 0.0026 \frac{W^2}{g^2 h} \quad (5.1)$$

で与えられるように²⁾、水深に反比例するものであり、駿河湾の如く水深の大きい場合には、その効果の小さいことは当然予想される。ちなみに(5.1)式において $n=1$ とおき、フェッチを60km、平均水深を500m、風速 W を30m/secとしたときの水位上昇量を計算してみると約2.9cmにすぎない。

また、相良付近の水深の浅い所に局地的に適用して、

平均水深を30m、フェッチを8km、最大風速を25mとして計算すると、風による吹き寄せは約4cmとなる。いま、気圧低下による静水位上昇量を $0.991 \times \Delta p$ で計算すると66cmとなるから、これに風による吹き寄せ4cmを加えて潮位は70cmとなり、これは前述の最高潮位に一致している。この例では風の吹き寄せによる効果は気圧低下による効果の約6%にすぎない。

図—5.5には湾口の中央における潮位の時間的変化曲線をも示しておいた。ここでは潮位と気圧低下に伴う静力学的水位上昇はピーク付近のわずかな差を除いてほとんど一致している。

5—3 6626号台風の場合

(1) 気象要素の計算結果

図—5.6~5.9は各観測地での気圧の時間的変化を図—5.10~5.13は風速の時間的変化を実測値と計算値について比較したものである。両者はほぼ合っている。

図—5.14には、25日1時の計算による気圧および風速の分布を湾内について示しておいた。

(2) 高潮の計算結果

図—5.15に各地の潮位の時間的変化を示した。ここに、×印は計算された気圧の効果による潮位上昇分を表わし、点線は第1章で述べた実測気象潮を比較のため合せて書き込んだものである。これらの結果をみるとCase-1の場合もそうであったが、気圧の効果が支配的であり、風の吹き寄せの効果はほとんど生じていない。このことは第1章で述べたように、6626号台風を含めた過去の実績においても大体認められることである。ただ今回の田子の浦と焼津の実測値は、気圧低下による分よりはるかに大きい偏差を示しているにもかかわらず、計算では他の地点と同様気圧効果分にはほぼ等しい潮位の変化しか表われなかった。

このような実測値と計算値の大きな差は、今回の台風では吉原海岸での越波からもうかがえるように、異常な波浪が来襲したようであり、一方田子の浦とか焼津では狭い港口を有した港内に検潮儀が設置されていることから考え、波浪に関連した局地的な効果によるものと推定される。

図—5.16は計算による湾内の最大潮位を示したものである。その分布の状況はCase-1と同様な結果を呈している。また図—5.17に湾内潮位分布の変化の状況を24日23時30分から25日1時30分に至るまで30分毎に示しておいた。

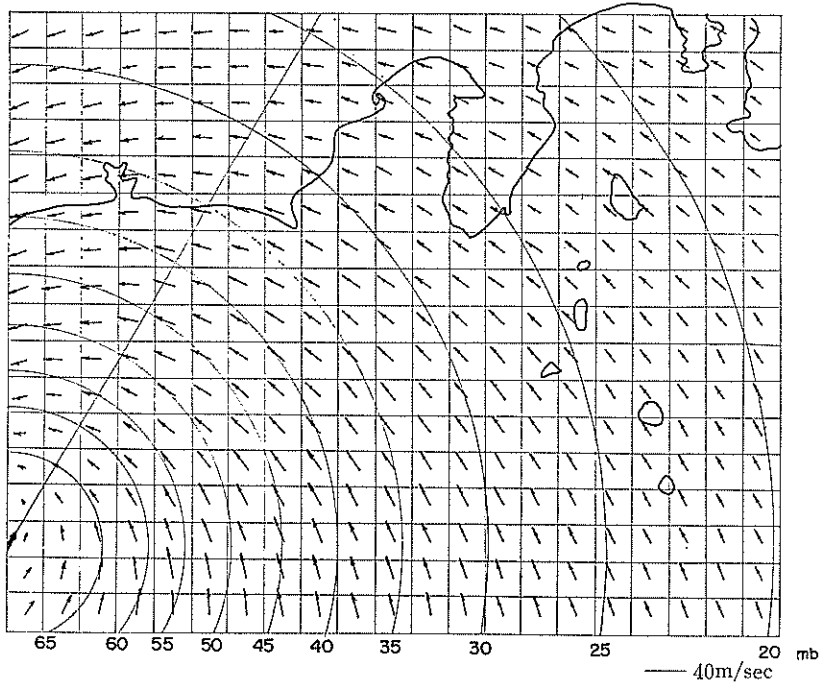


図-5.1(1) 気圧風速の分布(仮想台風) NN=79

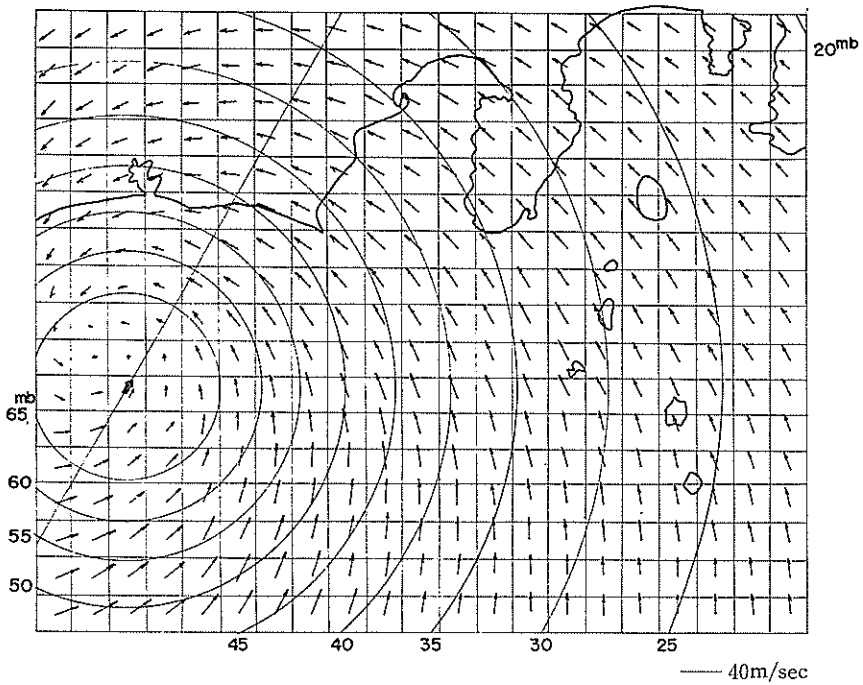


図-5.1(2) 気圧風速の分布(仮想台風)

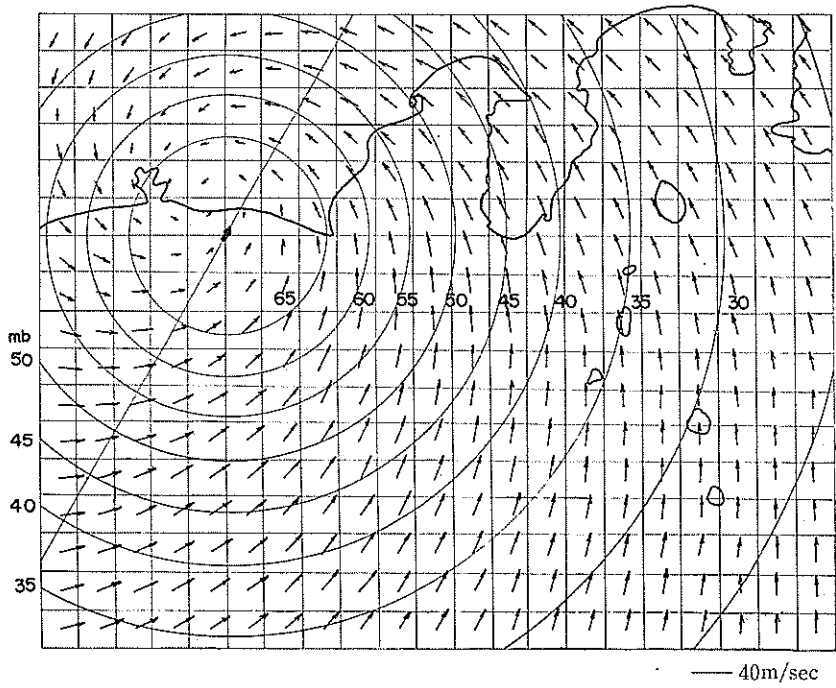


図-5.1(3) 気圧, 風速の分布(仮想台風)

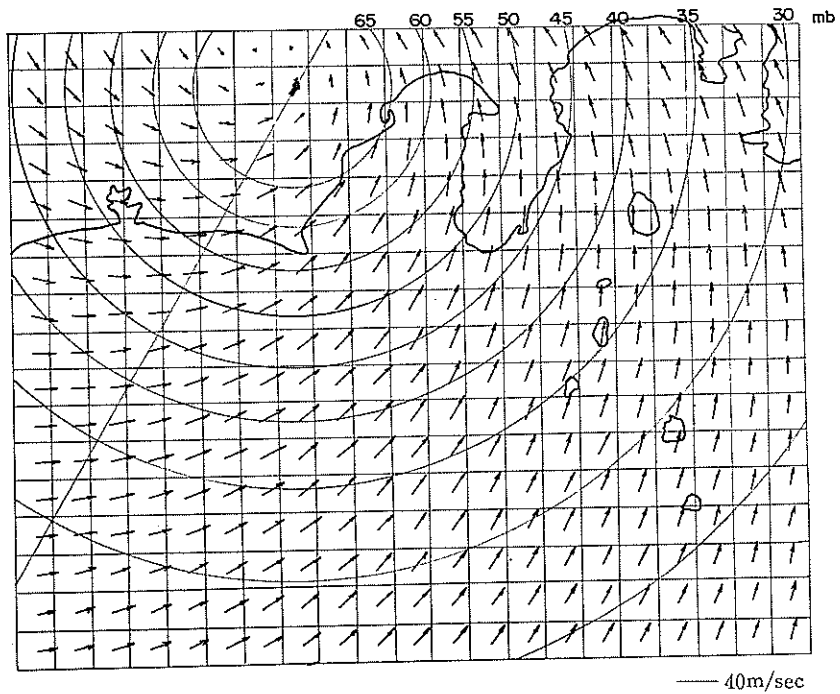


図-5.1(4) 気圧, 風速の分布(仮想台風)

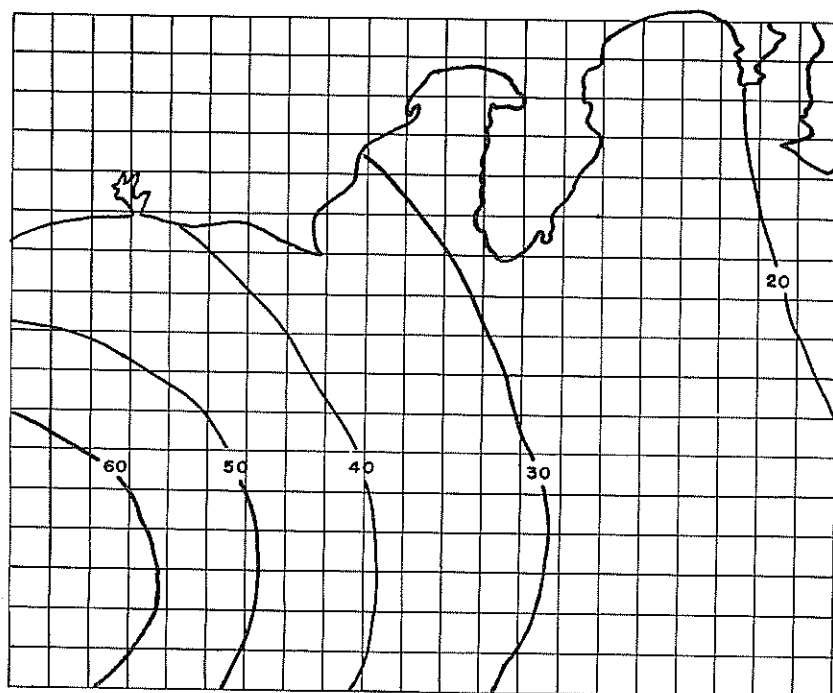


図-5.2(1) 潮位の平面分布 (仮想台風) NN=79(13時間後)単位: cm

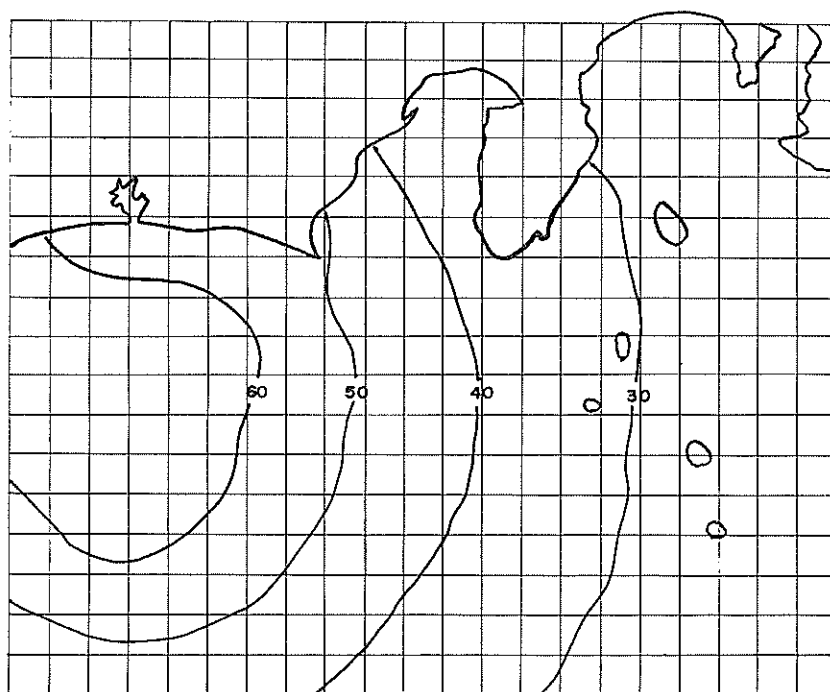


図-5.2(2) 潮位の平面分布 (仮想台風) NN=85(14時間後)

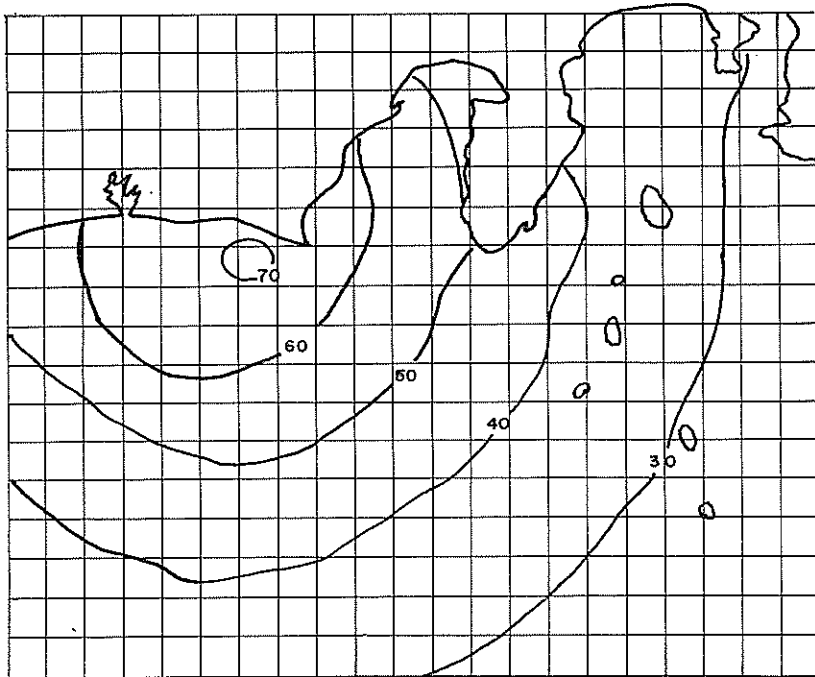


図-5.2(3) 潮位の平面分布 (仮想台風) NN=91(15時間後)

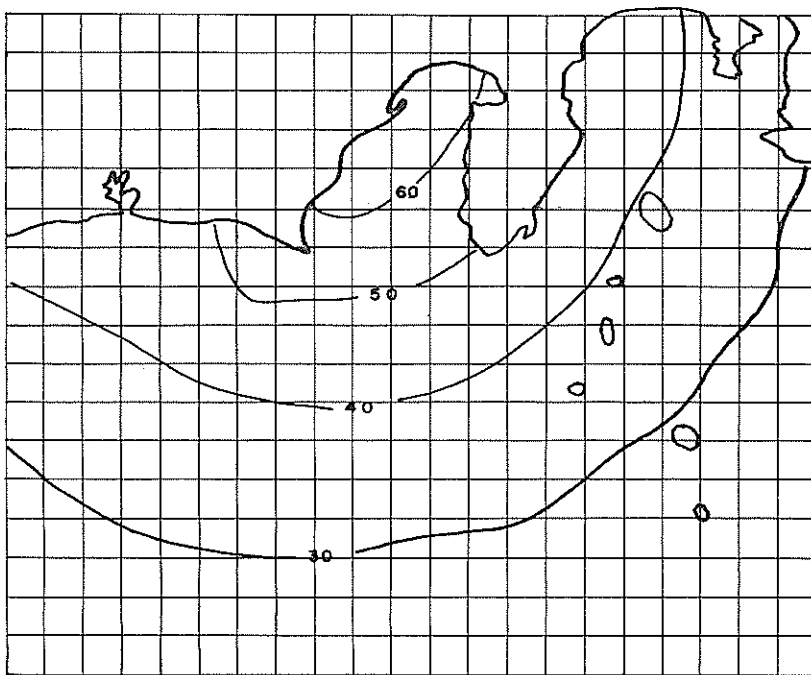
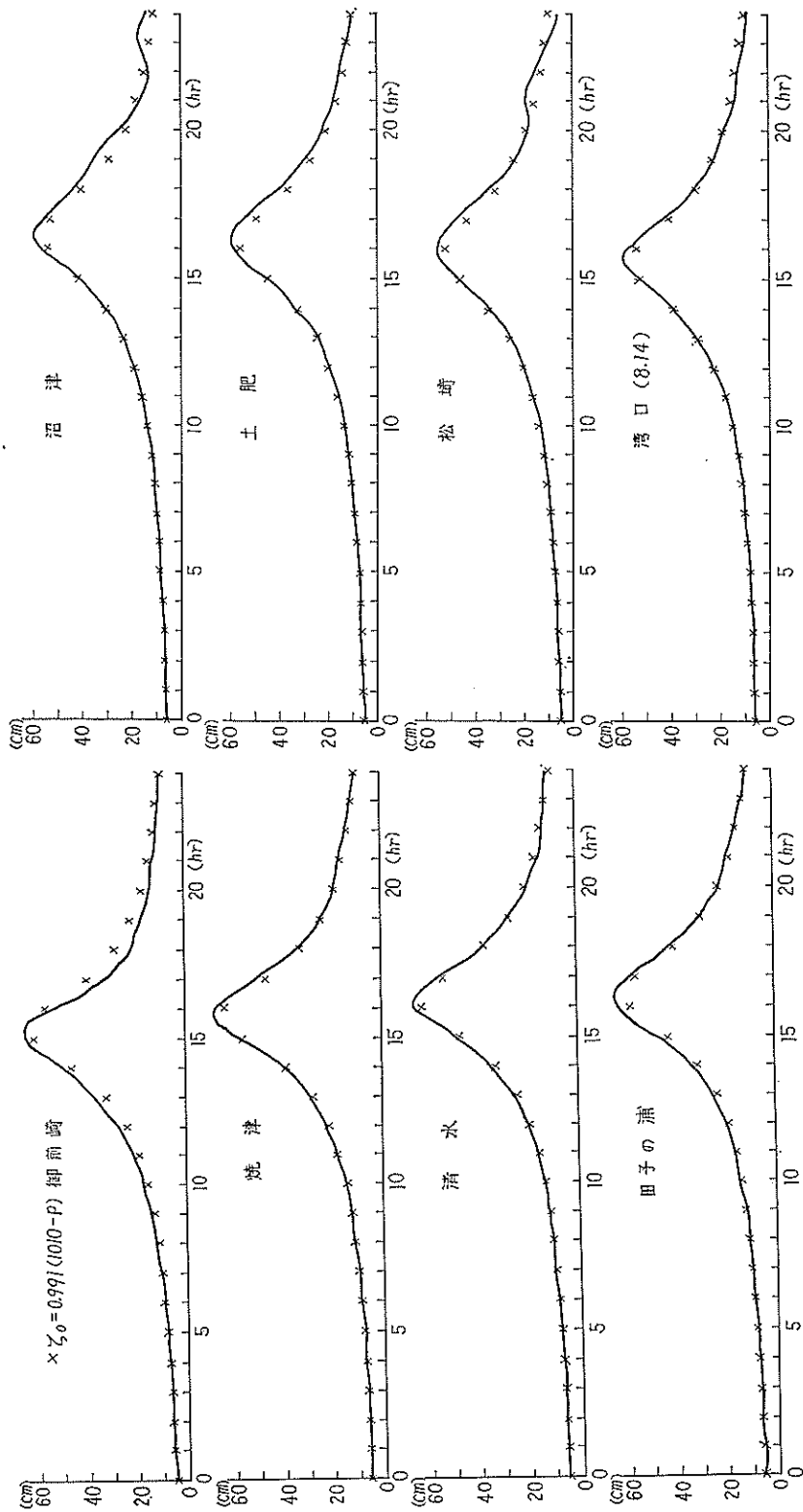
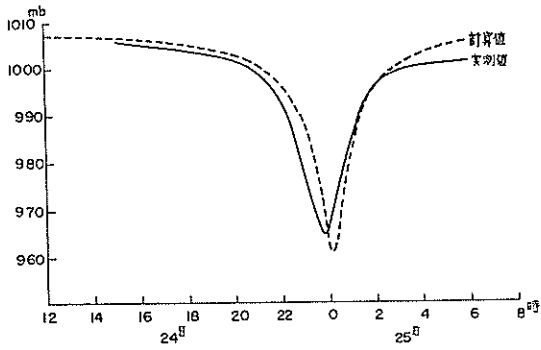


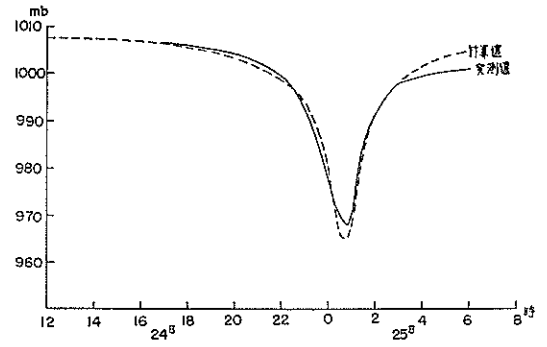
図-5.2(4) 潮位の平面分布 (仮想台風) NN=97(16時間後)



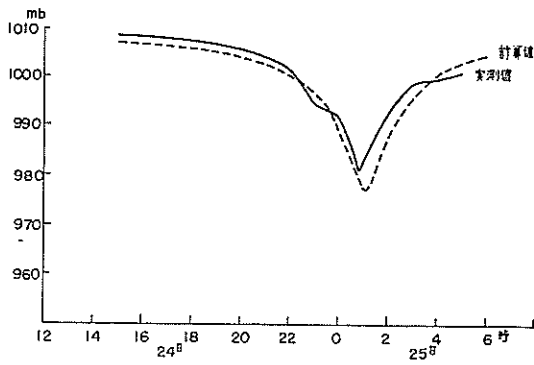
図—5.5 潮位 (気象潮) の時間的变化 (假想台風)



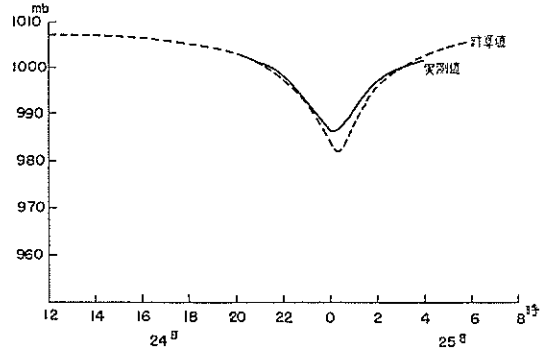
図一5.6 気圧の時間的变化(6626号台風)御前崎



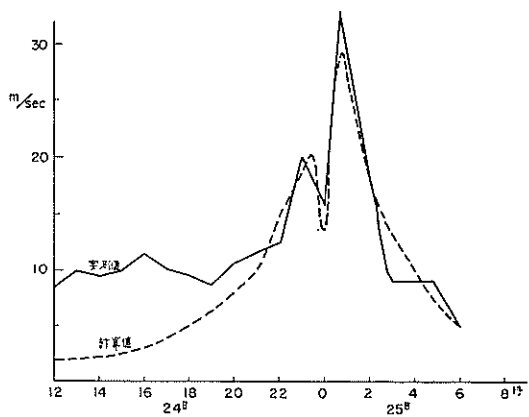
図一5.7 気圧の時間的变化(6626号台風)静岡



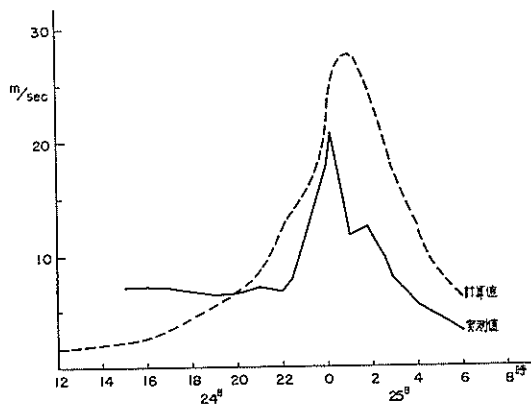
図一5.8 気圧の時間的变化(6626号台風)三島



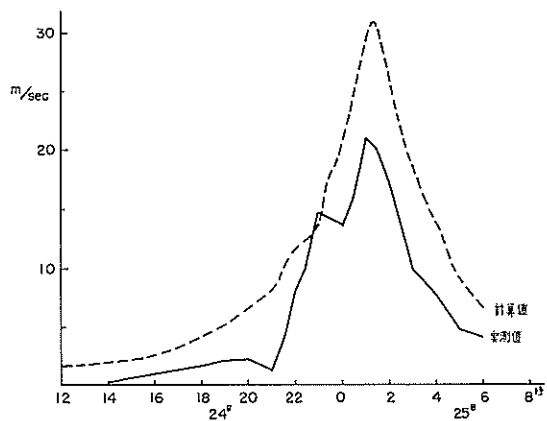
図一5.9 気圧の時間的变化(6626号台風)長津呂



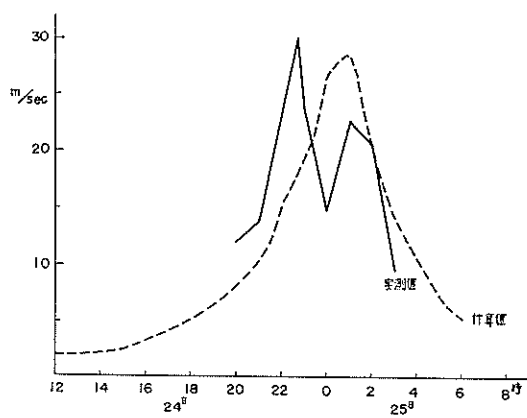
図一5.10 風速の時間的変化 (6626号台風) 御前崎



図一5.11 風速の時間的変化 (6626号台風) 静岡



図一5.12 風速の時間的変化 (6626号台風) 三島



図一5.13 風速の時間的変化 (6626号台風) 長津呂

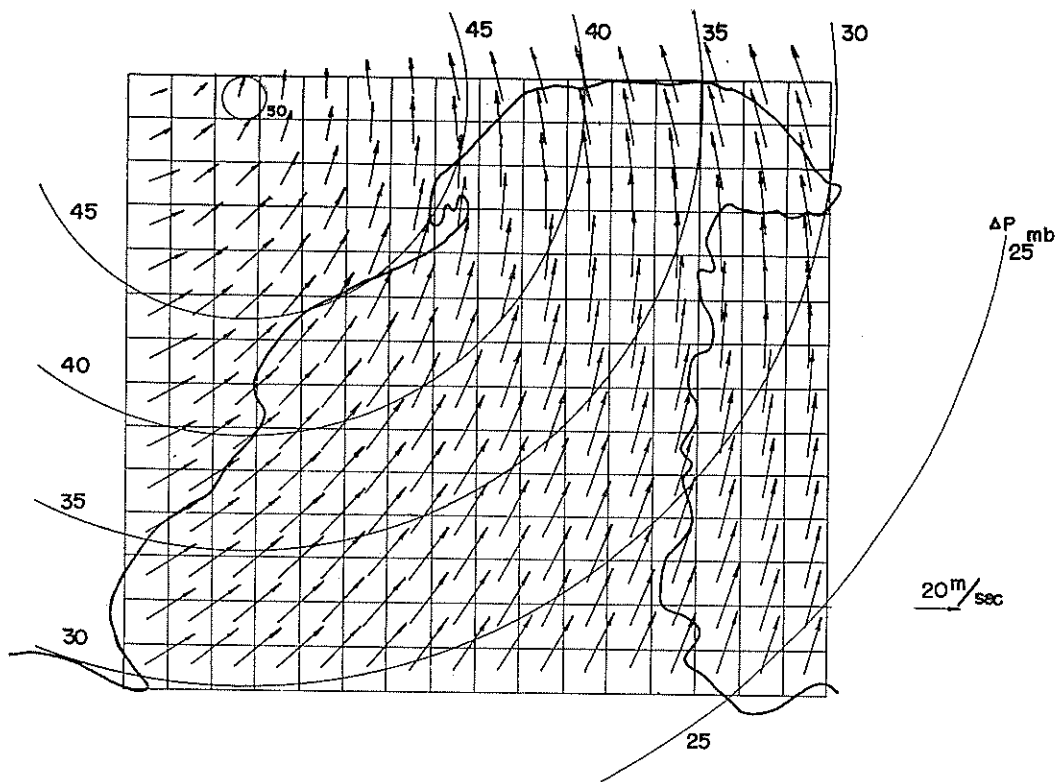


図-5.14 風速および気圧の分布 (6626号台風) 25日1時

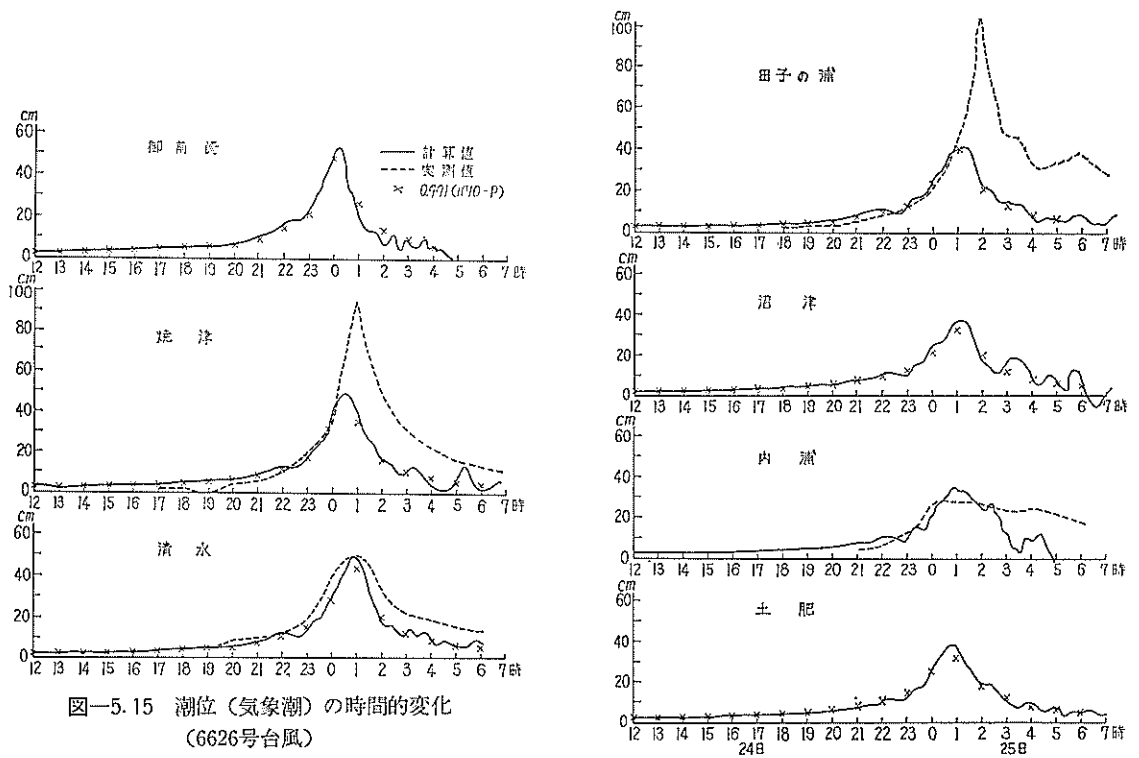


図-5.15 潮位 (気象潮) の時間的变化 (6626号台風)

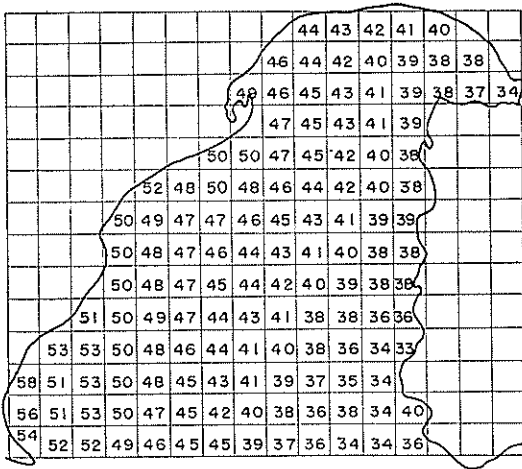


図-5.16 最高潮位(最大気象潮)の分布(6626号台風)

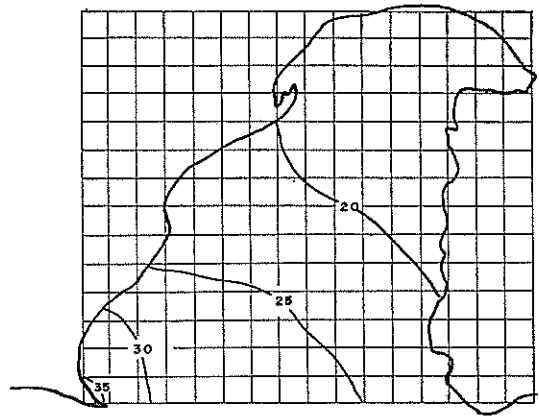


図-5.17(1) 潮位の分布(6626号台風)
9月24日23時30分

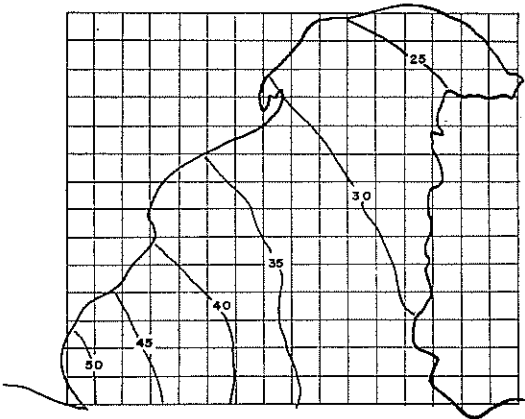


図-5.17(2) 潮位の分布(6626号台風)
9月25日0時

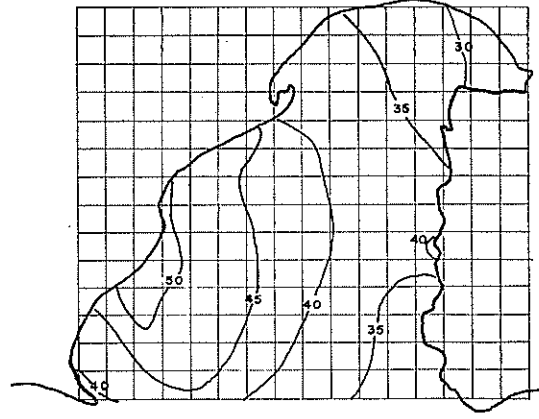


図-5.17(3) 潮位の分布(6626号台風)
9月25日0時30分

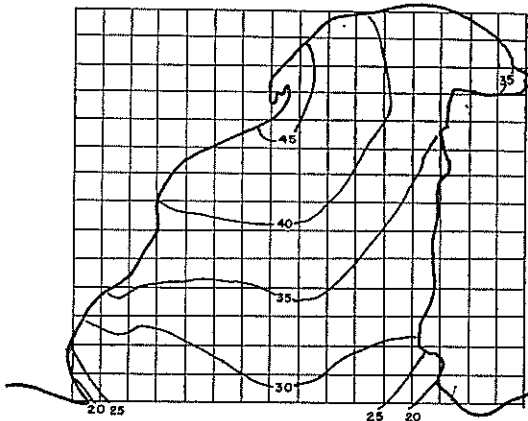


図-5.17(4) 潮位の分布(6626号台風)
9月25日1時

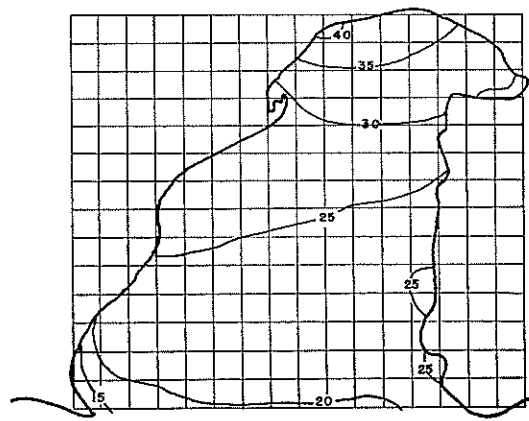


図-5.17(5) 潮位の分布(6626号台風)
9月25日1時30分

6 駿河湾の高潮に関する総括

駿河湾の高潮について、既往の高潮の実績を調査すると共に、電子計算機を用いた数値計算を実施して、その実態を把握しました将来の予測に資するよう意図して作業を進めてきた。

既に述べたように高潮計算は、伊勢湾台風のような強力な台風が来襲した場合、湾内の潮位はいかなる様相を呈するであろうか、つまり将来予想されるほぼ最大の潮位はいかなるものであるかを推定するための計算と、調査中たまたま来襲した台風6626号をとりあげ計算値と実測値を比較検討するための計算の二ケースを実施した。これらの計算結果による最大気象潮と台風6626号による実測値をまとめて表-6.1に示しておいた。

計算による結果では、仮想台風の場合でも湾内における最大気象潮は0.7m程度であり、気圧低下による分が大部分を占め、風による吹き寄せの効果はそれに対し1割弱でしかない。このことは駿河湾全体にわたってあてはまり、また台風6626号の場合も同様である。一方過去の実績においても、大勢としては気圧の効果が支配的であることが認められる。しかしながら、台風6626号の田子の浦と焼津港での記録では、気圧の効果分の2倍以上の最大気象潮となっており、他の場合と違った現象を呈している。これは風の吹き寄せ効果が計算値より大きかったと考えるよりも、両者とも狭い港口を有する港内での記録であることと、いずれも隣接海岸において越波による災害が生じている事実とを合せ考えるとき、隣接海岸の碎波帯における質量輸送による水位上昇に基づくものとする方が妥当である。通常の海岸においても、激浪時に数十cm程度の水位上昇を生ずることは実測及び実験において認められるところである。したがって海岸と狭い港口で結ばれた水域内で、その一部または大部分に相当する水位上昇は当然生じ得る。

過去の台風によっても、例えば6524号台風時には、田子の浦港や焼津港では気圧低下分の1.4倍程度の気象潮が観測されている。各台風ごとの碎波帯内水位上昇量の差は、来襲波の規模の相違によるものと考えられる。

こうした碎波帯内の水位上昇は、海岸で波浪による水位変動を除去して観測すれば得られるものであるが、海岸堤防等の計画に際して用いる潮位には特に考慮に入れる必要はない。というのは波の遡上高を基準とする静水面には、これを無視した沖側潮位をとるのが普通であり、水位上昇の影響は遡上高の方に含まれるからである。

以上を総括すると、駿河湾の高潮に関して以下のように

結論づけることができる。

(i) 湾内水深が大きいため、気象潮の大きさは一般に気圧低下相相当にほぼ等しい。

(ii) しかしながら碎波帯における水位上昇に伴ない、波浪条件および地形条件によっては上記と同程度の水位上昇が更に加算されて記録されることがある。

(iii) したがって、伊勢湾台風級を対象とするときの気象潮は田子の浦港内、焼津港内では1.5~2m程度、その他の港湾および海岸では0.7m程度と考えられる。瞬間最高潮位としてはこれに更に副振動の半振幅(例えば田子の浦港内では0.5m程度)を加えた値である。

表6-1 最大気象潮

港名	最大気象潮 (m)		
	仮想台風 (伊勢湾台風)	6626号台風	
		計算値	実測値
御前崎港	0.7	0.5	欠測
焼津漁港	0.7	0.5	1.0
清水港	0.7	0.5	0.5
田子の浦港	0.6	0.4	1.0
沼津港	0.6	0.4	0.3(内浦)
土肥湾	0.6	0.4	—
松崎港	0.6	0.3	—

7. あとがき

本調査は第五港湾建設局の要請に応じ、また台風6626号に関連した駿河湾沿岸の総合調査の一環として行なわれたものである。

検潮資料等については第五港湾建設局を通じて蒐集されると共に、静岡県との協力を得て直接、静岡地方気象台、三島測候所、御前崎測候所および静岡県富士臨海地区総合開発事務所、焼津漁港管理事務所において調査することができた。

また、高潮計算のプログラミングおよび電子計算機のオペレートに関しては、港湾技術研究所計算室の方々に少なからぬ御教示を得た。最後にあたり関係各位に対し深く謝意を表したい。

この報告書のとりまとめにあたって、データーの整理図面作成には著者等の他に次の者が担当した。

夷塚葉子, 天坂三明, 和泉弘

付 録

駿河湾の高潮計算プログラム

本編の高潮の数値計算は港研所有の電子計算機 TOS-BAC-3400 を用いて実施された。使用された全プログラムをそのままの形で示しておく。プログラムはカードに、また水深分布、格子分割、台風等に関するインプットデータは紙テープにパンチされている。ここに合せて示してあるインプットデータは、本編の Case-2 に対するデータである。

このプログラムの内容は、プログラムライブラリー（第1集）にも掲載され、プログラムは望ましいことではないが、今後駿河湾に高潮が生じた場合、必要あれば直ちに追算出来るよう整備、保管されている。

FURNAN LIST 66/12

Line	Address	Code	Instruction	Program
1	10000	C	*** STORM TIDE IN SURUGA BAY ***	PROGRAM = 1
2	10000		DIMENSION XU(21),YD(21),WLF(21,17),WX(21,17),WY(21,17),XA(21,17),Y	
			1A(21,17),XU0(17,54),YWD(16,15),XHD(21,17),YWD(21,17),N(21),L(21),D	
			2S(21),BS(21),BT(21),HA(21),HU(21),HG(21),MD(21),KA(21),KB(21),KD(21),	
			3A(21),3B(21),LC(21),LD(21),MA(21),MB(21),MC(21),MD(21),IDU(21),DP(21,17),	
			*IP(21)	
3	10000		DO 200 J=1,2	
4	10002		ACCEPT TAPE 300, N(U),L(J),H(A(J),H(B(J),H(C(J),H(D(J),K(A(J),K(B(J),K(C	
			(J),K(D(J),L(A(J),L(B(J),L(C(J),L(D(J),M(A(J),M(B(J),M(C(J),M(D(J),S(L(J),S(I	
			7),S(J)	
5	10231		PHIN(201,N(J),L(J),H(A(J),H(B(J),H(C(J),H(D(J),K(A(J),K(B(J),K(C(J),K(D	
			(J),L(A(J),L(B(J),L(C(J),L(D(J),M(A(J),M(B(J),M(C(J),M(D(J),S(L(J),S(I	
			7)	
6	10460	701	FURNAT (1H0>X1H(1,3,2X),//,6X3F6.2)	
7	10460	200	CONTINUE	
8	10470	300	FURNAT(1613,3F6.2)	
9	10470		HF=INH 4	
10	10472		DO 22 I=1,4	
11	10474		NNASHA(IA)	
12	10480		NNPNN(IA)	
13	10492		NNPNN(IA)	
14	10494		NND=ND(IA)	
15	10500		DO 122 JENNA,NNH	
16	10502		IF (IA=?) 201,202,203	
17	10507	201	ACCEPT TAPE 31,(IUDU(IX),IX=NNC,NNH)	
18	10564	31	FURNAT(1615)	
19	10564		GO TO 400	
20	10565	202	ACCEPT TAPE 32,(IUDU(IX),IX=NNC,NNH)	
21	10567	32	FURNAT(12015)	
22	10572	400	PHINT 400,(IUDU(IX),IX=NNC,NNH)	
23	10637		DO 122,1=NNC,NNH	
24	10641	122	XHD(I,J)=FLOAT(IUDU(I))	
25	10700		WRITE TAPE 4,(XHD(I,J),I=NNC,NNH),JENNA,NNH)	
26	10741	22	CONTINUE	
27	10751		DO 25 J=1,2	
28	10753		KFA=KA(IA)	
29	10762		KKB=KB(IA)	
30	10771		KKC=KC(IA)	
31	11070		KKD=KD(IA)	
32	11007		DO 123 J=KKA,KKB	
33	11011		IF (I=?) 204,205,206,207	
34	11019	203	ACCEPT TAPE 36,(IUDU(IY),IY=KKC,KKD)	
35	11045	33	FURNAT(1715)	
36	11046		GO TO 401	
37	11048	204	ACCEPT TAPE 34,(IUDU(IY),IY=KKC,KKD)	
38	11071	34	FURNAT(1915)	
39	11071	401	PHINT 100,(IUDU(IY),IY=KKC,KKD)	
40	11110		DO 120 J=1,14	
41	11120	120	YBD(I,J)=FLOAT(IUDU(I))	
42	11157		WRITE TAPE 5,(YBD(I,J),I=KKA,KKB)	
43	11220	23	CONTINUE	
44	11230		DO 120 J=1,14	
45	11232		ACCEPT TAPE 30,(IUDU(IM),IM=1,17)	
46	11237	30	FURNAT(1715)	
47	11257		PHINT 100,(IUDU(IM),IM=1,17)	
48	11304		DO 120 I=1,17	
49	11406	120	XHD(I,J)=FLOAT(IUDU(I))	
50	11449		WRITE TAPE 4,(XHD(I,J),I=1,17),J=1,14)	
51	11406		DO 121 J=1,15	
52	11410		ACCEPT TAPE 35,(IUDU(IN),IN=1,16)	
53	11409	35	FURNAT(1615)	
54	11435		PHINT 100,(IUDU(IN),IN=1,16)	
55	11437		DO 121 I=1,16	
56	11464	121	YB(I,J)=FLOAT(IUDU(I))	
57	11524		WRITE TAPE 4,(YBD(I,J),I=1,16),J=1,13)	
58	11564	100	FURNAT(17 215)	
59	11564		NGAS=2	
60	11566		KKB=1.0	
61	11570		PAI=34.5	
62	11572		AN=20.0	
63	11574		PI=3.1416	
64	11576		AN=0.750062*13.2251*98.0669*AN	
65	11600		KKB=1.033	
66	11602		PAI=34.1507	
67	11607		FA=0.000727*2.0*5INF(PAI*FAI/180.0)	
68	11619		HA=0.0012222	
69	11620		KZ=40.0	
70	11622		CG=4.0/7.0	
71	11623		CG=0.6	
72	11627		DO 800 I=1,41	
73	11631	800	IP(1)=1	
74	11650		DO 20 K=1,REND	
75	11652		ACCEPT TAPE 81,80H,80V,80V,80V	
76	11666	810	FURNAT(4F6.2)	
77	11666	801	DO 25 KA=1,6	
78	11670		AK=FLOAT(KA)	
79	11675		XX=VX/6.0*(AK-1.0)*80	
80	11701		YY=VY/6.0*(AK-1.0)*80	
81	11707		DO 25 I=1,4	
82	11711		NH=NH(1)	
83	11720		LL=LL(1)	
84	11727		ABS=OS(1)	
85	11736		ABS=BS(1)	
86	11745		ABS=HT(1)	
87	11754		DO 24 J=1,LL	
88	11756		DO 24 I=1,NN	
89	11760		A1=FLOAT(I)	
90	11765		AJ=FLOAT(J)	
91	11769		XU(I,J)=ABS/2.0*(A1-1.0)*ABS+ABS-XX	
92	12009		YU(J)=ABS/2.0*(AJ-1.0)*ABS+ABS-YY	
93	12024		RU=SIGNIF(XD(11)**2+YU(J)**2)	
94	12050		UP(I,J)=AN/SIGNIF(1.0+RU/RZ)**2)	
95	12071		WLF(I,J)=0.750062*1.5591*DP(I,J)/R4	
96	12114		EX=ABS(I-2)*ABS(SD(0))	
97	12122		EG=4.0*AN/RN/(10000.0*FA*NZ1)**2	
98	12130		CG=0.2*1000.0*FA*(1.0-SIGNIF(1.0+CG*(UP(I,J)/AN)**3))	
99	12161		WX(I,J)=CG/0.6*VX*EX-CR/2.0*(0.5*XU(11)-0.666*YD(J))	
100	12221		WY(I,J)=CG/0.6*VY*EX-CR/2.0*(0.5*YU(11)-0.666*YD(J))	
101	12241	24	CONTINUE	
102	12301		IF (K=1) 50,20,21	
103	12306	50	IF (KA=1) /0,70,21	
104	12313	70	IF (LI=1) 52,2,2,2,3	
105	12320	52	DO 24 J=1,5	
106	12322		DO 24 I=1,20	
107	12324		IF (XHD(I,J)) 55,59,54	


```

1 10000 C *** STORM TIDE IN SURUGA BAY *** PROGRAM = 2
2 10000 DIMENSION XND(17,14),YND(16,15),XWDL(21,10),YNDL(20,11),XWDL(6,6)
      1,YWDL(7,6),HCA(10),HCH(12),HCC(12),HCU(10),HCE(21),BCF(12),XA(16,
      2),YA(15,15),YAL(21,20),YAL(70,11),XAL(6,6),YAL(17,6),PL(17,15),D
      3(17,15),ML(17,15),PL(21,11),GL(21,11),ML(21,11),PPL(6,6),GGL(6,7)
      4,XWLL(6,6)
3 10000 NCASE=2
4 10002 NTS=3002
5 10004 NTS=3005
6 10006 NTS=0
7 10010 NTS=118
8 10012 NTS=3000
9 10014 NTS=0
10 10020 NTS=0
11 10020 D=2.45
12 10022 DELT=0.0001
13 10024 E=0.0001
14 10030 N=1.0
15 10032 N=0
16 10034 READ TAPC 4,(XWDL(I,J),I=1,8),J=1,6)
17 10036 READ TAPC 4,(XWDL(I,J),I=6,21),J=1,13)
18 10150 READ TAPC 4,(YWDL(I,J),I=1,7),J=1,6)
19 10177 READ TAPC 4,(YWDL(I,J),I=8,20),J=1,11)
20 10240 READ TAPC 4,(XAL(I,J),I=1,7),J=1,6)
21 10311 READ TAPC 4,(YAL(I,J),I=1,6),J=1,12)
22 10342 DO 4 J=1,15
23 10344 DO 4 I=1,17
24 10346 P(I,J)=0
25 10357 P(I,J)=0
26 10373 Z ML(I,J)=0
27 10421 DO 3 JL=1,11
28 10423 DO 3 IL=1,21
29 10425 PL(IL,JL)=0
30 10438 ML(IL,JL)=0
31 10447 Z ML(IL,JL)=0
32 10450 DO 4 JL=1,6
33 10452 DO 4 ILL=1,6
34 10454 PML(ILL,JL)=0
35 10456 ML(ILL,JL)=0
36 10458 Z ML(ILL,JL)=0
37 10457 DO 3 JLL=1,6
38 10461 DO 3 ILL=1,6
39 10463 READ TAPC 4,HCA,HCH,HCC
40 10465 READ TAPC 4,HCU
41 10467 READ TAPC 4,HCE
42 10470 DO 200 N=1,NNTS
43 10472 READ TAPC 4,(XAL(I,J),I=1,7),J=1,6)
44 10474 READ TAPC 4,(YAL(I,J),I=1,7),J=1,6)
45 10476 READ TAPC 4,(YAL(I,J),I=8,20),J=1,11)
46 10478 READ TAPC 4,(XAL(I,J),I=1,7),J=1,6)
47 10480 P(I,J)=0
48 10482 DO 60 N=1,NNTS
49 10484 READ TAPC 4,(YAL(I,J),I=8,20),J=1,11)
50 10486 READ TAPC 4,(XAL(I,J),I=1,7),J=1,6)
51 10488 READ TAPC 4,(YAL(I,J),I=8,20),J=1,11)
52 10490 I=0
53 10492 DO 100 N=1,NNTS
54 10494 DO 6 J=1,15
55 10496 L=JL
56 10498 L=JL+2
57 10500 ML(I,JL)=HCA(LA)+HCH(LA)-HCE(LA)+F/TREND
58 10502 G ML(21,JL)=HCH(LC)-HCE(LC)+HCU(LJ)+F/TREND
59 10504 DO 7 I=1,21
60 10506 7 ML(I,1)=HCH(11)-HCE(11)+HCU(1)+F/TREND
61 10508 DO 8 J=1,6
62 10510 8 ML(I,J)=HCH(LC)+HCH(LC)-HCE(LC)+F/TREND
63 10512 G ML(I,J)=HCH(LC)+HCH(LC)-HCE(LC)+F/TREND
64 10514 H=HCH(1)+HCH(1)+HCU(1)
65 10516 H=HCH(1)+HCH(1)+HCU(1)
66 10518 10 WRITE TAPC 4,HCA,HCH,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE
67 10520 10 CONTINUE
68 10522 IF (SENSE SWITCH) 22,22,22
69 10524 17 IF (NTS-NTSP) 19,11,21
70 10526 18 GO TO 22
71 10528 13 WRITE 12,NCASE
72 10530 12 FORTN(1),XND(1),YND(1),*** STORM SURGE IN SURUGA BAY *** CASE =, I,1)
73 10532 PRINT 13,XA(1),YA(1),YA(15),XAL(1,1),YAL(1,2),XAL(15,4),YAL(15,5)
74 10534 FORTN(1),HCA,HCH,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE
75 10536 GO TO 25
76 10538 21 IF (NTS-NTSP) 22,22,22
77 10540 20 PRINT 14,NTS
78 10542 15 FORTN(1),HCA,HCH,HCE
79 10544 PRINT 20,HCA,HCH,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE
80 10546 FORTN(1),HCA,HCH,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE
81 10548 PRINT 21,HCA,HCH,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE
82 10550 16 XWLL(I,J)=0
83 10552 27 FORTN(1),HCA,HCH,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE
84 10554 PRINT 24,XWDL(1),YWDL(1),ML(1,2),ML(1,1),ML(10,1),ML(11,2),WLL(6,4)
85 10556 17 XWLL(6,4)=WLL(6,4)
86 10558 24 FORTN(1),HCA,HCH,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE
87 10560 WRITE TAPC 4,HCA,HCH,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE,HCU,HCE
88 10562 H2 DO 28 J=1,6
89 10564 DO 28 I=1,15
90 10566 11 XWDL(I,J)=XND(I,J)+WLL(I-1,J)+XA(I,J)
91 10568 28 CONTINUE
92 10570 DO 30 I=1,15
93 10572 DO 30 J=1,6
94 10574 31 G(I,J)=G(I,J)+A*WDL(I,J)+WLL(I,J)+WLL(I-1,J)+YA(I,J)
95 10576 30 CONTINUE
96 10578 DO 30 I=1,15
97 10580 DO 30 J=1,6
98 10582 IF (N-1) 90,92,90
99 10584 92 Z=ALL(I-1,J)
100 10586 DO 10 J=1,6
101 10588 93 ILL=21-ILL+J*6
102 10590 94 Z=ML(ILL,J)
103 10592 DO 10 I=1,17
104 10594 95 Z=ML(I-1,J)
105 10596 96 ILL=17-ILL+I
106 10598 96 Z=ML(ILL,J)
107 10600 96 CONTINUE
108 10602 96 CONTINUE

```

```

109 12726 90 I=I+3
110 12741 DU 35 JL=14,20
111 12748 IIL=IIL-13
112 12746 IF (YHDL(IIL,1)) 35,35,36
113 12757 36 OL(IIL)=OL(IIL,1)+E*YHDL(IIL,1)*(HLL(IIL,1)-HLL(IIL,6))+YAL(IIL,1)
114 13029 39 CONTINUE
115 13035 DU 37 JL=1,20
116 13037 DU 37 ILE=2,21
117 13041 IF (XMDL(IIL,JL)) 37,37,38
118 13054 38 PL(IIL,JL)=PL(IIL,JL)-E*XMDL(IIL,JL)*(HLL(IIL,JL)-HLL(IIL-1,JL))*XAL(IIL,JL)
119 13136 37 CONTINUE
120 13158 DU 39 JL=2,14
121 13160 DU 39 ILE=2,20
122 13162 IF (YHDL(IIL,JL)) 39,39,40
123 13175 40 HL(IIL,JL)=OL(IIL,JL)-E*YHDL(IIL,JL)*(HLL(IIL,JL)-HLL(IIL,JL-1))+YAL(IIL,JL)
124 13257 39 CONTINUE
125 13277 DU 41 JIL=1,6
126 13301 DU 41 IIL=2,8
127 13303 IF (XHMDL(IIL,JIL)) 41,41,42
128 13316 42 P(L(IIL,JIL))=P(L(IIL,JIL)-E*XHMDL(IIL,JIL)*(HLL(IIL,JIL)-HLL(IIL-1,JIL))+XAL(IIL,JIL)
129 13400 41 CONTINUE
130 13420 DU 43 JIL=2,6
131 13422 DU 43 IIL=1,7
132 13424 IF (YHMDL(IIL,JIL)) 43,43,44
133 13437 44 HBL(IIL,JIL)=HBL(IIL,JIL)-E*YHMDL(IIL,JIL)*(HLL(IIL,JIL)-HLL(IIL-1,JIL))+YAL(IIL,JIL)
134 13521 43 CONTINUE
135 13541 OL(9,1)=(O(1,15)+O(3,15)+O(4,15))/3.0
136 13542 OL(10,1)=(O(15,15)+O(16,15)+O(17,15))/3.0
137 13604 OL(11,1)=(O(18,15)+O(9,15)+O(10,15))/3.0
138 13624 OL(12,1)=(O(11,15)+O(12,15)+O(13,15))/3.0
139 13645 DU 45 I=1,7
140 13647 45 H(L(I,7))=OL(I+10,1)
141 13673 DU 45 J=1,14
142 13675 DU 45 I=1,16
143 13677 45 H(L(I,J))=H(L(I,J))-B*(P(I+1,J)+P(I,J)+U(1,J+1)-U(I,J))
144 14001 DU 46 J=1,10
145 14003 DU 46 I=2,20
146 14005 46 HLL(I,J)=HLL(I,J)-D*(PL(I+1,J)-PL(I,J)+OL(I,J+1)-OL(I,J))
147 14107 DU 47 J=1,6
148 14111 DU 47 I=1,7
149 14113 47 HLL(I,J)=HLL(I,J)-D*(PPL(I+1,J)-PPL(I,J)+OOL(I,J+1)-OOL(I,J))
150 14212 100 I=I,0
151 14230 48 PRINT 50,NT9,H(L(12,1)),H(L(10,14)),P(10,14),O(10,10),H(L(11,11))
152 14267 50 FORMAT (1H0)4,2F8,3,2E12,3,F8,1)
153 14267 DU 52 LA=1,30
154 14271 52 HUA(LA)=HDD(LA)
155 14319 DU 53 LB=1,21
156 14327 53 HGR(LB)=HGE(LB)
157 14343 DU 54 LC=1,42
158 14345 54 HCC(LC)=HCF(LC)
159 14371 200 CONTINUE
160 14401 STOP
161 14403 ENDD(1,0,0,1,0)

```


FORTRAN LIST 66/14

```

1 10000 C *** STORM TIDE IN SURUGA BAY *** PROGRAM = 3
2 10000 DIMENSION XND(17,15),YND(17,15),XWDL(21,17),YWDL(21,17),P(17,15),
3 10000 1D(17,15),HL(17,15),PL(21,17),OL(21,17),ML(21,17),LP(21)
4 10000 NBASE=2
5 10000 DU 2 I=1,21
6 10000 2 JP(1)=1
7 10025 HEWIND 4
8 10027 READ TAPE 4,((XWDL(I,J),I=14,21),J=1,5)
9 10070 READ TAPE 4,((XWDL(I,J),I=2,21),J=7,15)
10 10131 READ TAPE 4,((YWDL(I,J),I=3,20),J=1,5)
11 10172 READ TAPE 4,((YWDL(I,J),I=2,20),J=7,17)
12 10233 READ TAPE 4,((XWDL(I,J),I=1,17),J=1,14)
13 10274 READ TAPE 4,((YND(I,J),I=1,16),J=1,15)
14 10305 DO 50 I=1,17
15 10337 60 XND(I,15)=0.0
16 10356 DO 61 J=1,15
17 10360 61 YND(I,J)=0.0
18 10377 DO 62 I=1,21
19 10401 YWDL(I,17)=0.0
20 10430 62 XWDL(I,17)=0.0
21 10427 DO 63 J=1,17
22 10431 63 YWDL(I,J)=0.0
23 10440 YWDL(I,J)=0.0
24 10447 63 YWDL(21,J)=0.0
25 10455 DO 40 J=1,5
26 10470 DO 40 I=1,19
27 10472 XWDL(I,J)=0.0
28 10503 40 YWDL(I,J)=0.0
29 10534 PRINT 10,NCASE
30 10542 BEGINNH 6
31 10544 5 CONTINUE
32 10544 READ TAPE 6,NN,P,0,HL,L((PL(I,J),J=2,17),I=1,21),((OL(I,J),J=7,17),
33 10544 I=1,21),((ML(I,J),J=7,17),I=1,21),((PL(I,J),J=1,6),I=14,21),((OL
34 10544 I=1,7),I=14,21),((ML(I,J),J=1,6),I=14,21)
35 11066 IF (NN=2041) 5,80,80
36 11073 80 CONTINUE
37 11073 DO 6 J=1,15
38 11075 DO 6 I=1,17
39 11077 IF (XND(I,J)) 8,8,7
40 11112 7 PL(I,J)=PL(I,J)/XND(I,J)/100.0
41 11143 8 IF (YND(I,J)) 9,8,8
42 11156 9 O(I,J)=O(I,J)/YND(I,J)/100.0
43 11207 6 CONTINUE
44 11227 DO 50 J=1,14
45 11231 DO 50 I=1,15
46 11233 P(I,J)=0.5*(P(I,J)+P(I+1,J))
47 11264 50 Q(I,J)=0.5*(Q(I,J)+Q(I+1,J))
48 11335 DO 100 J=1,17
49 11337 DO 100 I=1,21
50 11341 IF (XWDL(I,J)) 101,101,102
51 11354 102 PL(I,J)=PL(I,J)/XWDL(I,J)/100.0
52 11405 101 IF (YWDL(I,J)) 100,100,103
53 11420 103 OL(I,J)=OL(I,J)/YWDL(I,J)/100.0
54 11451 100 CONTINUE
55 11471 DO 51 J=1,16
56 11475 DO 51 I=1,20
57 11475 PL(I,J)=0.5*(PL(I,J)+PL(I+1,J))
58 11526 51 OL(I,J)=0.5*(OL(I,J)+OL(I+1,J))
59 11527 PRINT 10,NCASE
60 11605 10 FORMAT (1HM,1X,41H*** STORM SURGE IN SURUGA BAY *** CASE =,I2)
61 11605 PRINT 11,NN
62 11613 11 FORMAT (1HM,1X,17HIN SURUGA BAY NISE=,I4)
63 11613 PRINT 12,(I,I),I=1,17)
64 11640 12 FORMAT (1HM,0X,17(12,4X))
65 11640 PRINT 13
66 11644 13 FORMAT (1HM,20HVELOCITY COMPONENT ***J***)
67 11644 DO 14 J=1,15
68 11648 14 PRINT 15,J,(P(I,J),I=1,17)
69 11707 15 FORMAT (1HM,22,1X,21F6.1)
70 11707 PRINT 16
71 11710 16 FORMAT (1HM,20HVELOCITY COMPONENT ***V***)
72 11710 DO 17 J=1,17
73 11713 17 PRINT 15,J,(O(I,J),I=1,17)
74 11750 PRINT 10,NCASE
75 11754 PRINT 13,NN
76 11772 PRINT 18
77 11776 18 FORMAT (1HM,12HWATER HEIGHT)
78 11776 PRINT 12,(I,I),I=1,16)
79 12020 DO 19 J=1,5
80 12020 19 PRINT 20,J,(HL(I,J),I=1,10)
81 12065 20 FORMAT (1HM,12,1X,21F6.1)
82 12065 PRINT 10,NCASE
83 12102 PRINT 21,NN
84 12102 21 FORMAT (1HM,20HOUTSIDE THE BAY NTS=,I4)
85 12102 PRINT 22,(I,I),I=1,21)
86 12127 22 FORMAT (1HM,5X,21(12,4X))
87 12127 PRINT 13
88 12132 DO 23 J=1,6
89 12176 23 PRINT 24,J,(PL(I,J),I=14,21)
90 12176 24 FORMAT (1HM,22,06X,21F6.1)
91 12200 DO 25 J=1,17
92 12241 25 PRINT 26,J,(PL(I,J),I=1,21)
93 12241 26 FORMAT (1HM,22,1X,21F6.1)
94 12241 PRINT 18
95 12242 DO 27 J=1,6
96 12247 27 PRINT 24,J,(OL(I,J),I=14,21)
97 12310 DO 28 J=1,7
98 12312 28 PRINT 26,J,(OL(I,J),I=1,21)
99 12355 PRINT 10,NCASE
100 12361 PRINT 21,NN
101 12367 PRINT 18
102 12374 PRINT 22,(I,I),I=1,21)
103 12420 DO 29 J=1,6
104 12422 29 PRINT 24,J,(ML(I,J),I=14,21)
105 12465 DO 30 J=1,7
106 12465 30 PRINT 26,J,(ML(I,J),I=1,21)
107 12526 32 FORMAT (1HM,12,06X,21F6.1)
108 12526 33 FORMAT (1HM,12,1X,21F6.0)
109 12526 IF (NN=NNEND) 38,05,08
110 12533 38 GO TO 5
111 12534 39 STOP
112 12536 END(1,0,0,1,0)

```