

潮位・津波観測システム

—気仙沼市における潮位観測システムの実施例—

佐藤 健一*・内海 義夫*・佐藤 清孝*・小山 義徳*・熊谷 稔*
宮井 英夫*・小松三喜夫*・斉藤 郁夫*・白幡 勝美**

1. はじめに

三陸沿岸地域は、過去において津波襲来による大きな被害を数多く経験しており、津波被害を最小限に食い止めることは、沿岸住民の長年の念願となっている。

しかしながら、一方では過去の津波被害からの時間が経過していることから、注意意識の風化が進んでいることも事実である。

1989年11月2日未明岩手県の約100km沖に地震が発生し、三陸沿岸に対し津波警報が発令されたが、気仙沼市における行政機関の対応は、市及び消防職員による海岸（岸壁）でのスタッフによる海面変化の目視観測を中心に行っており、この対応は隣接市町でも同様であった。また、住民のなかには、海岸（岸壁）に集まり、海面の変化を見物するというような行動の人達が見られた。このことは、実際、大津波が襲来した場合に、第一線の津波観測業務に携わる行政機関の職員、住民等が危険に曝されることであり、安全を確保すべきであるとの提言がなされ、これを契機に津波観測システムの開発、設置がなされた。

2. 観測システムの設置目的

津波予報に関し、気象業務法では気象庁以外の機関の予報が認められており、現状における予報精度、発表時間を考えた場合、各地域独自の予報システム及び注意報や警報発令等の発表後の情報掌握のための津波観測体制

を確立する必要がある。そうすることにより、的確な早期避難誘導情報として利用すると共に津波記録等の正確なデータの保存を可能とするものである。

津波観測においては観測機器を自動化（無人化）することにより、観測者の安全を確保することとし、リアルタイムで迅速な情報掌握を図るものである。

また、予報（注意報、警報）の発令と観測情報等を併せながら、市防災行政無線により住民に対する確かな情報の伝達を行い、避難体制へと結び付けるものである。

3. 観測システムの開発経過

3.1 第1次システム開発

海面の変化を数値、グラフ化するための距離測定センサー及び電話回線を通したオンラインシステム、データ取り込みのソフト等の製作、開発を行い1990年4月に海面観測システム「超音波式潮位観測システム」の実験稼働に成功した。

全国の地方自治体で初めての自主開発であり、開発期間は4ヶ月程度を要し、空中発射型の超音波センサーにより海面の高さの変化を捉えられるものとした。この場合、超音波は0.3秒に1回発射され、1秒平均の値をセンサー側コンピューターから電話回線により市庁舎のモニター側コンピューターに測定時間、平均水面高さ、その時の最終データ値を数値とグラフによって表示する仕組みとなっていた。

センサー部は、海面の変化のみを測定する機能としたため超音波の温度補正を行うセン

*気仙沼市役所OAラボ

**宮城県教育研修センター

サー機能は有していないことから正確な潮位測定とは異なるものであった。センサー容器は直径114mm、長さ300mmの硬質塩ビ管を使用し、超音波の指向性をもたせるコーンは、プラスチックのアイスクリーム容器を用いた。センサーは気仙沼湾奥部の南町海岸護岸上に設置し、設置高さはDL+3.7mであった。

3.2 第2次システム開発

第1次開発の成果を基に耐久性、信頼性の向上、実用性をもたせるため以下の機能を付加するものとした。

- ・潮位の常時自動計測及びそのデータの記録・保存
- ・複数地点の潮位計測
- ・モニター観測の複数化
- ・潮位変動の再現及び分析機能
- ・潮位関係表の作成機能

1990年6月より開発に着手し、1991年3月にシステム設置を行い、現在までソフトを中心に調整を行っている。

4. 観測システムの概要

4.1 設置位置

センサー設置箇所は図-1に示す、外洋に面した気仙沼市字波路上杉ノ下地先北緯38°49'10"、東経141°35'30"の漁港防波堤先端内港部と気仙沼湾奥部の気仙沼市南町海岸地先北緯38°54'08"、東経141°34'32"の漁港護岸の2箇所である。

また、ホストコンピューター及びモニターは、それぞれ1基ずつ気仙沼市市庁舎内に設置している。(図-2参照)

4.2 センサー部概要

センサー部の構成は超音波発信機と受信機及び温度センサー、信号処理・送信基盤から成り、1秒間に7回の計測値を1秒単位の値に平均し、1分に1回の温度補正機能を加える処理をセンサー部コンピューター(8 bit

機)で行い、専用回線を通じてホストコンピューターに送信する。(図-3, 写真-1, 2参照)

- ・超音波受発信機～MA40EIR, MA40EIS (村田製作所製), 発振周波数40KHz
- ・センサー回路(写真-3)
- ・8 bit機インターフェース(写真-3)
- ・超音波センサー回路格納容器(写真-4)
アルミ製長さ450m/m, 直径300m/m
- ・センサー部コンピューター
PC-8801mkⅡ (1基/1箇所)
- ・モデム～2400bps (1基/1箇所)
- ・コンピューター格納容器(写真-5)

4.3 センサーの設置高さ

センサーの設置高さについては、国土地理院設定の水準点を不動点として求めたものであり、センサー部の超音波受発信機の取付位置での高さをセンサー設置高として定めた。各2箇所の設置高さは以下の通りである。

- ・杉ノ下地先 DL+5.80m(TP+4.95m)
- ・南町海岸 DL+5.46m(TP+4.61m)

4.4 ホストコンピューター部概要

ホストコンピューター部はセンサー部からのデータ受信用モデム2基、モニター送信用モデム1基、ホストコンピューター本体で構成され、機能としては、センサー部からのデータ(1秒データ)を記録、配信、各種数値演算の処理等である。(図-4参照)

- ・ホストコンピューター本体
PC-9801RA21 1基
- ・ハードディスク130MB 1基
- ・モデム～2400bps 3基

機能の内容としては、センサー部からの1秒データを管理すると共に1分平均データの作成を行い、1秒データについては10日間分の記録保存(現在時より10日間のデータ絶対保存を行い、ローリングしている)し、1分データについては1.5年分の記録保存(現在時より1.5年分のデータ絶対保存を行い、

ローリングしている)を行っていることから、その期間内でのデータ抽出が可能となっている。

また、ソフト面については、観測地点(南町海岸の東経141°34'42")の位置及び調和定数等(8分潮、表-1参照)を予め入力することにより、調和法による潮位の予報値演算を行っている。警報時には、この予報値を同時刻の実観測値と並列で数値処理すると共に、津波を求める場合に、潮位予報値をY軸(高さ軸)方向に移動させ、津波の始まり点からの推算曲線として、潮位を取り除いた津波の波高を求めるためにも利用するものである。この時の推算曲線の具体的な求め方は、観測前2時間の分データに対して推計曲線を求め、その推計曲線の最終値とその時点の予報値との差を一定値として、その値を予報値に加えたものである。

津波の自動判定については、1分毎の潮位変動が+または-の方向に連続して2回、10cm以上変化した場合、津波(異常潮位)としてモニターへ強制的に赤色の警報表示及び警報音の発生を行い、画面が津波時構成に変更される。ただし、この場合の根拠については、1分間の実観測値に対する風波、航跡波の影響を考え、このくらいの設定で良いのではないかという目安で、便宜的に行ったものであり、今後、実観測値のデータを収集することにより検証し、また、大学研究機関等の協力を得ながら、別途、適正な手法及び設定値を定める必要があると考える。

潮位予報表の作成については、気仙沼湾の調和定数(8分潮)を用いて潮位予報値演算を行っているが、潮位観測データの収集により入力分潮数を増やし、予報値の精度を高める予定である。

センサー及びモニターの接続増設機能については、6箇所のセンサーと6箇所のモニター(モデム12基)まで増設可能としているので、今後、効果的な拡張を図りたいと考えている。

4.5 モニター部概要

ホストコンピューター部と電話専用回線より接続しており、リアルタイムで観測値を表示し、Y軸(高さ軸)、X軸(時間軸)の縮尺を自動及び任意に変更出来るものとしている。また、観測地点も1地点から複数地点(最大6地点)の選択表示が可能で、高潮等の危険水位の目安としてのセンサー設置地点付近の岸壁等高さ等も表示するものとしている。

その他のモニター部の機能としては、ホストコンピューター部でハードディスクに記録している1分間隔及び1秒間隔データを任意の期間指定により抽出し、モニター部のデータフロッピー(5 inch 2HD)に記録保存させることも可能(テキストファイル形式、標準ファイル)であり、また、画面表示の状態及び記録保存されたデータ内容をプリントアウトする機能も有している。

画面構成については、モニター部コンピューターを稼働した段階で初期画面(図-5)が表示され、メニュー番号を選択することにより図-6のフローのとおり機能する。

- ・モニター部コンピューター
PC-9801DX2 1基
CRT, Printerを含む
- ・モデム~2400bps 1基

5. システムの稼働状況

システムは、1991年3月20日に設置し、稼働状況をチェックしながら1992年1月20日現在まで、ハード、ソフト等の調整を行ってきた。

バーチェックは、センサー設置場所においてコンクリート面にセンサーを向けて行い、センサーの安定性について10日間のデータを取り、測定距離及びデータ変化をチェックした。その結果、測定距離の精度は誤差が±1cmであり、事前に室内実験において確認した超音波受発信機部の距離測定精度と同一の精

度であった。

これまでの測定期間中に暴風雨、降雪等の気象状況に遭ったが、観測データにおいてはその影響を受けたと考えられる値の変化は観られず、超音波発射型センサーの短所と言われる雨滴、雪によるデータの誤測は現在のところ現れてはいない。

観測データの誤測については、鳥、船舶によるものが有るが、船舶によるものは係船の禁止処置を講ずることで解決するが、鳥については問題が残る。

システムメニューのなかで図-5のメインメニュー7. 潮位関係表作成(潮位原簿及び津波記録整理表)の機能については、未整備であるが、今後開発するものと考えている。他のシステム機能については、ほぼ満足する状態で動作しており、具体的な動作状況については図-7～図-11、表-2を参照されたい。

モニター画面において、南町海岸の観測地では、内湾のセイシュも明確に捉えられている。また、観測潮位と予報潮位は、ほぼ一致した動きを示している。

6. おわりに

開発した空中発射型の超音波センサーによる距離測定範囲は、80cm～1,000cmであり、大津波時の観測を行うためには、測定距離が不足することも考えられるので、超音波の発振周波数の40KHzを変更するか、水中設置型(超音波、圧力型等)の開発を進めることにより、測定可能距離を長くするなどの検討が必要と考えられる。また、災害発生時の電源

の停電対策、データの無線送受信化、テレビカメラによる視覚的な監視モニターを併せて設置すること等により、より精度の高い観測システムを確立したいと考えている。

謝辞：本システムを開発、稼働させるにあたっては、OAラボラトリーという市庁内の自由な横断的研究組織の存在と会員各位の十全な能力発揮も重要ではありましたが、本市では初の試みともいえる、市、学校、民間企業の連携がうまく機能したこと、また、完成可能性が不透明であるシステム開発に対し、予算を含め、取り組める環境を設定して頂いた上司の理解無しには実現できなかったと思われます。ここに、市関係部局及び理科実験室等を快く開放して頂いた気仙沼西高等学校、ソフト開発に対しご助力頂いた株式会社パールソフトの関係各位に深甚なる感謝の意を表するものであります。

参 考 文 献

- 1) 日本海洋学会：海洋観測指針(気象庁編)，1970
- 2) 堀川清司著：海岸工学，p.129，1973
- 3) 和達清夫編：津波・高潮・海洋災害，1970
- 4) 合田良実編著：新体系土木工学80 海岸・港湾調査法，土木学会編，1986
- 5) トランジスタ技術編集部編：メカトロ・センサ活用ハンドブック，CQ出版社
- 6) トランジスタ技術編集部編：センサイントーフェーシングNo.2，CQ出版社
- 7) 湯山俊夫著：デジタルIC回路の設計，CQ出版社

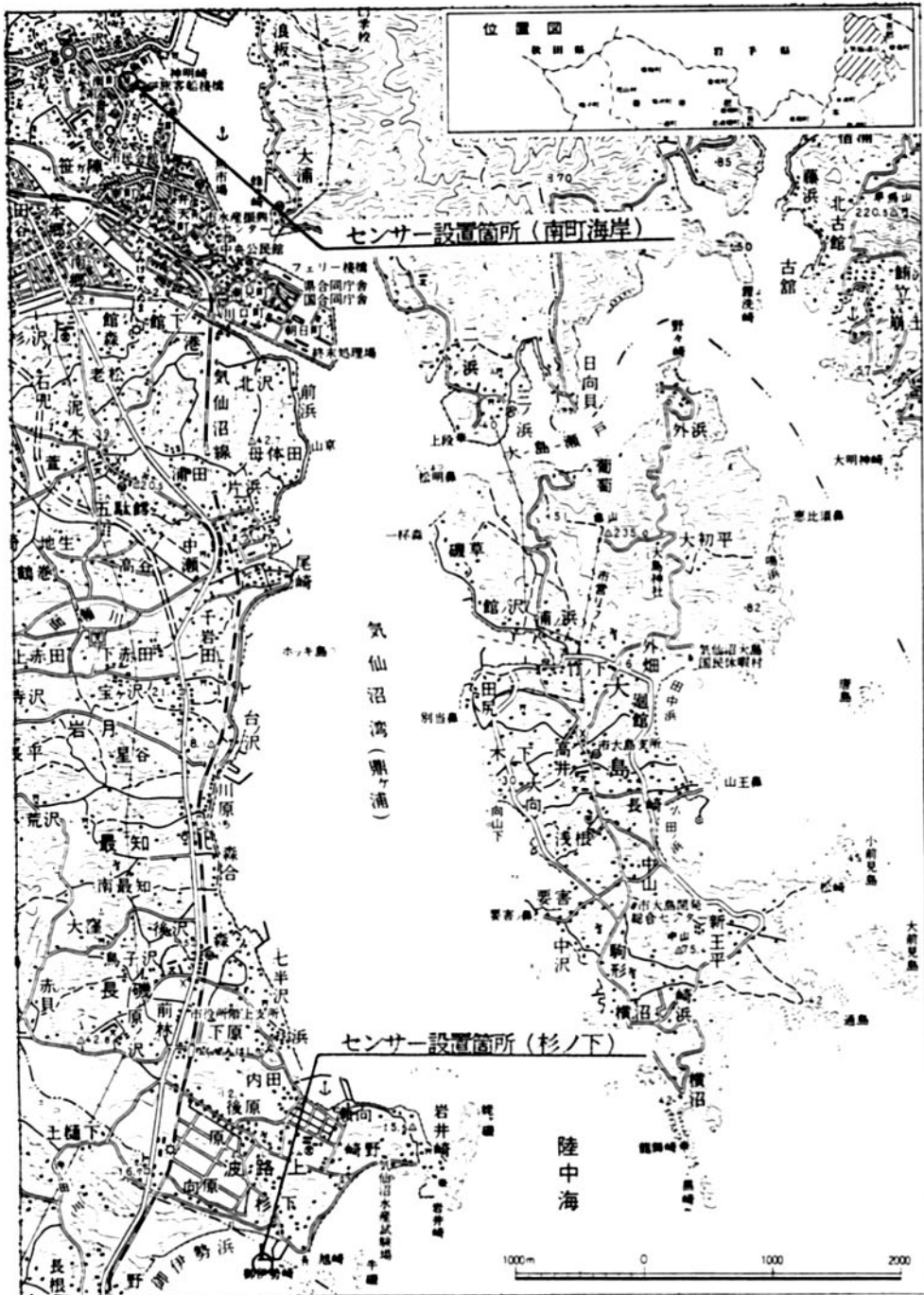


図-1 センサー設置位置図

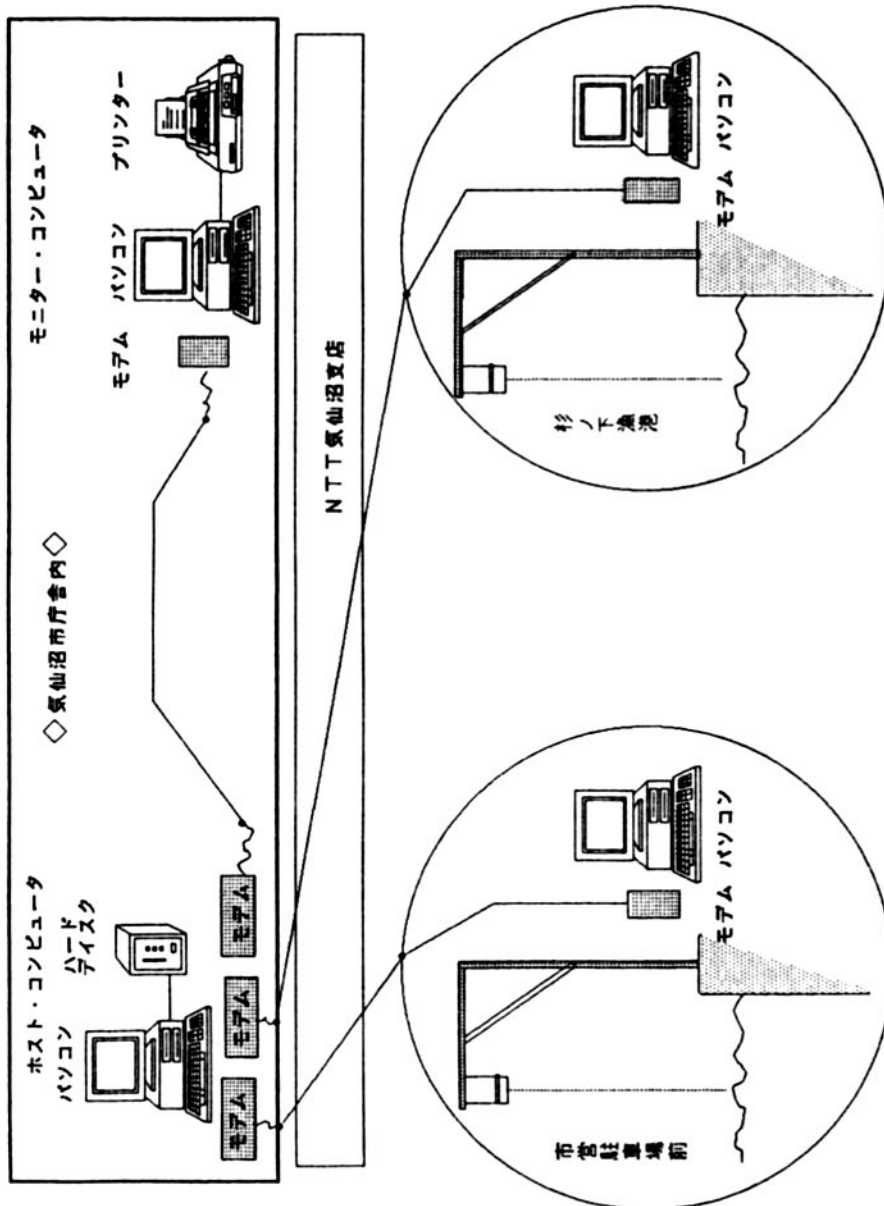


図-2 観測システム設置模式図

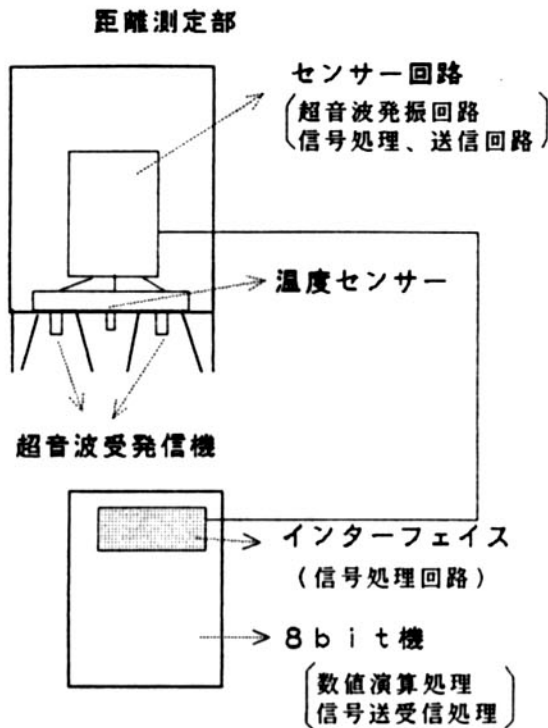
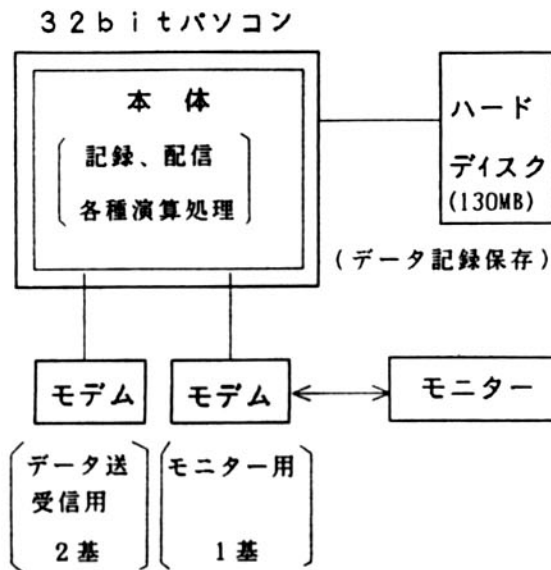


図-3 センサー部機能模式図



* モデムは、全体で12基まで増設が可能となっている。

図-4 ホスト部機能模式図

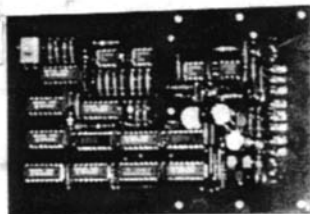


写真1 センサー設置状況（杉ノ下地先）



写真2 センサー設置状況（南町海岸）

センサー回路



インターフェース

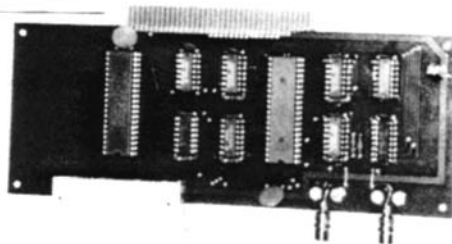


写真3 センサー及びインターフェース回路



写真4 センサー回路格納容器



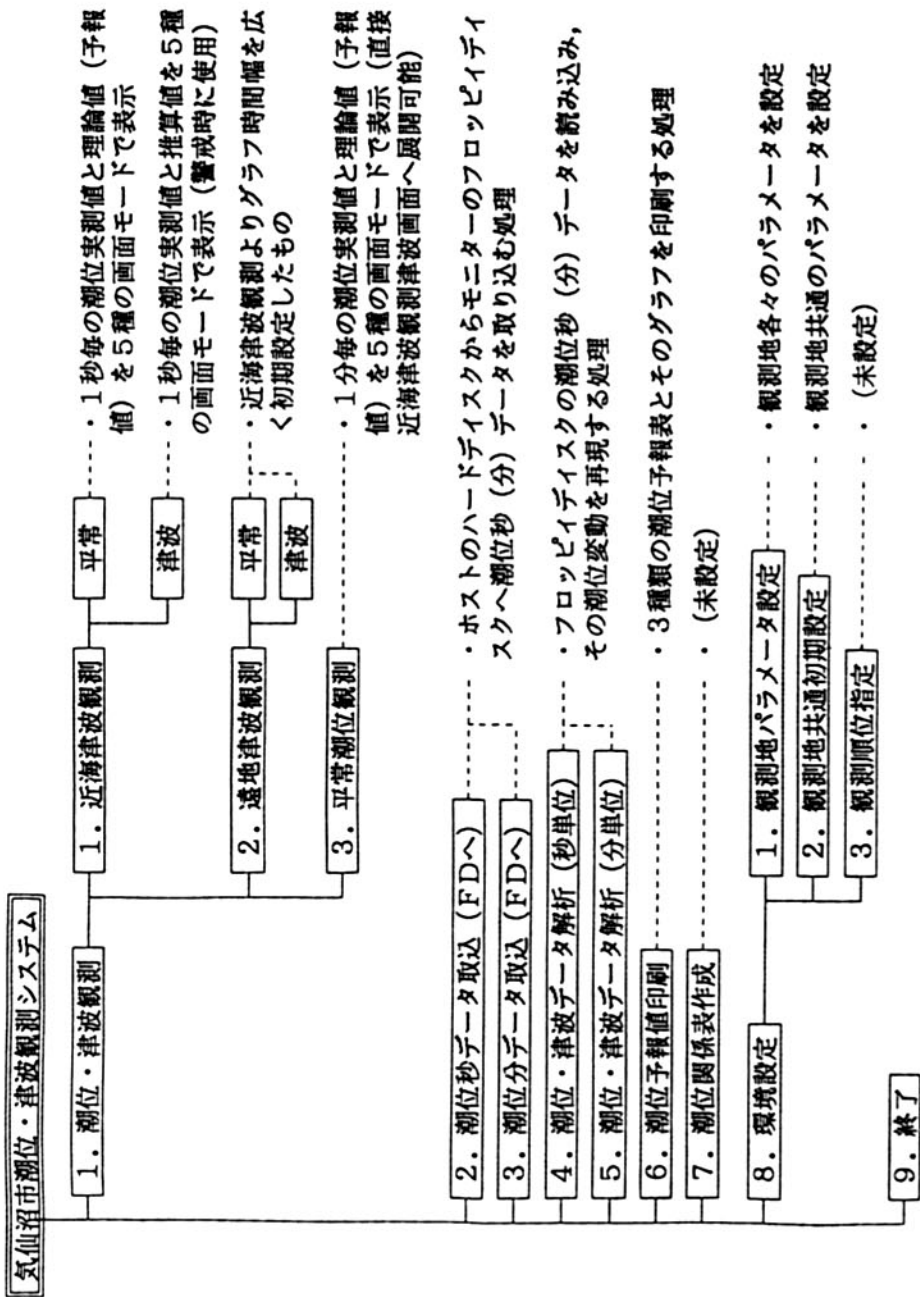
写真5 センサー部コンピューター格納容器

表-1 気仙沼湾の潮汐調和定数

成分	分潮角速度 (deg/hour)	振 幅 (cm)	遅 角 (deg)
Sa	0.0410686	11.00	178.00
SSa	0.0821373	2.00	248.00
O1	13.9430356	19.00	149.49
P1	14.9589314	7.40	165.87
K1	15.0410686	22.30	165.87
M2	28.9841042	30.50	111.77
S2	30.0000000	13.00	150.19
K2	30.0821373	3.60	150.19
Z0 (cm)	85		
T, ZONE	-9.0		

年/月/日
時:分:秒
<メインメニュー>
1. 潮位・津波観測
2. 潮位秒データ取込 (FDへ)
3. 潮位分データ取込 (FDへ)
4. 潮位・津波データ解析 (秒単位)
5. 潮位・津波データ解析 (分単位)
6. 潮位予報値印刷
7. 潮位関係表作成
8. 環境設定
9. 終了
番号を選んで下さい ()

図-5 モニター初期画面



図一6 モニターの画面構成・機能フロー

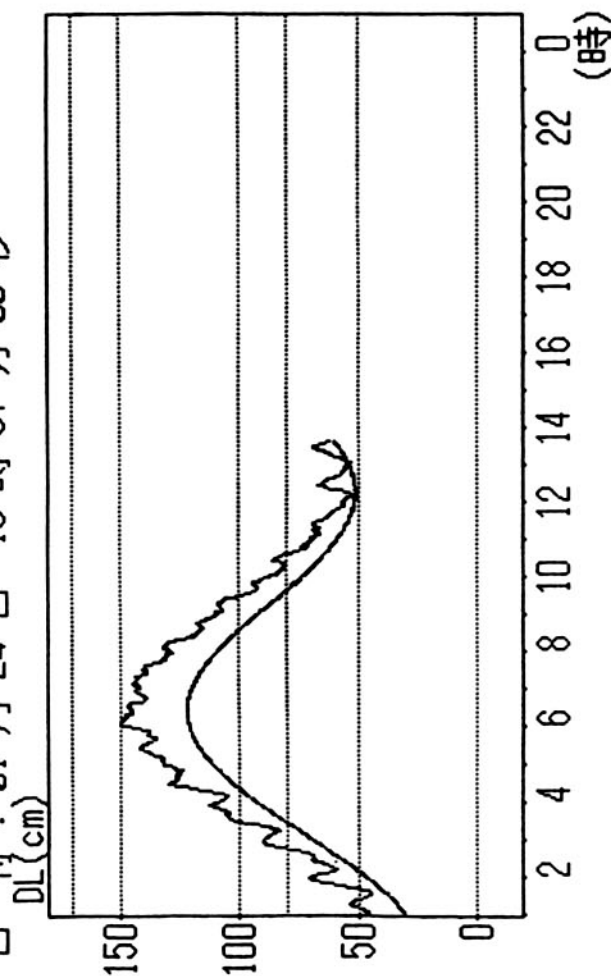
潮位・津波観測システム

《平常潮位観測》

観測地：市営駐車場前

日付：01月24日 13時37分00秒

DL土 0cm=TP-85cm
1992-01-24
13:37:19



日時	分	実測	差	理論
24/13:21	65	8	57	
24/13:22	64	7	57	
24/13:23	65	8	57	
24/13:24	67	10	57	
24/13:25	67	9	58	
24/13:26	67	9	58	
24/13:27	67	9	58	
24/13:28	69	11	58	
24/13:29	69	11	58	
24/13:30	68	9	59	
24/13:31	67	8	59	
24/13:32	66	7	59	
24/13:33	66	7	59	
24/13:34	65	6	59	
24/13:35	64	4	60	
24/13:36	62	2	60	
24/13:37	63	3	60	

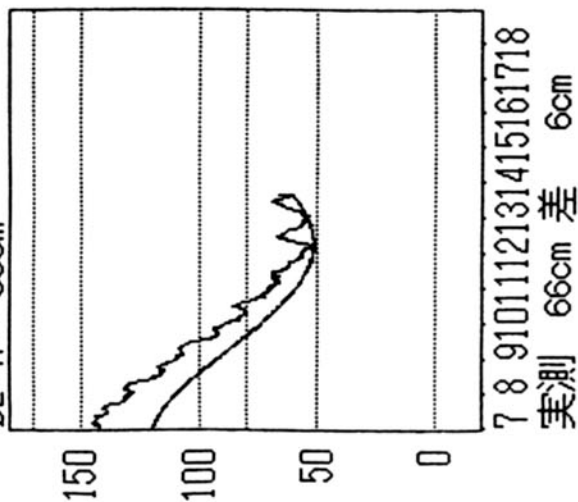
図-7 潮位観測状態のモニター画面 (1分単位・1観測地点)

潮位・津波観測システム

《平常潮位観測》

DL ± 0cm = TP - cm
1992-01-24
13:41:15

01月24日 13時41分00秒
1 市宮駐車場前
DL=TP-85cm



3

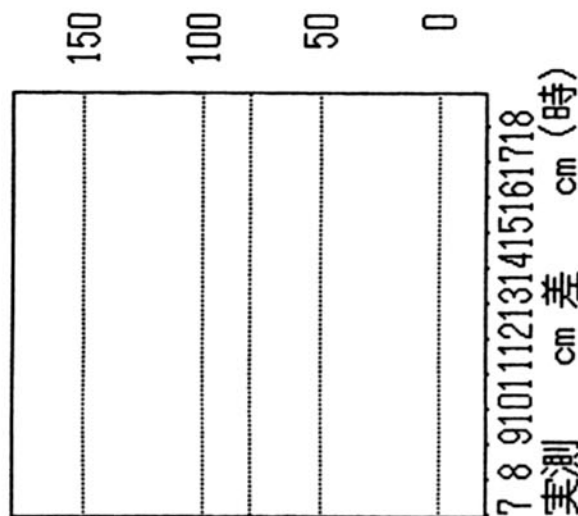
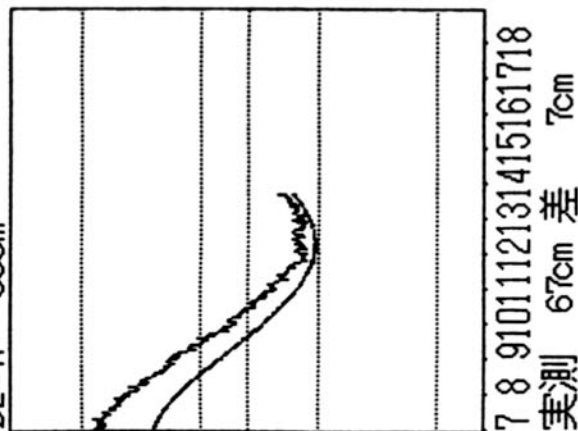


図-8 潮位観測状態のモニター画面 (1分単位・3観測地点)

(潮位グラフ) 1992年01月 市営駐車場前

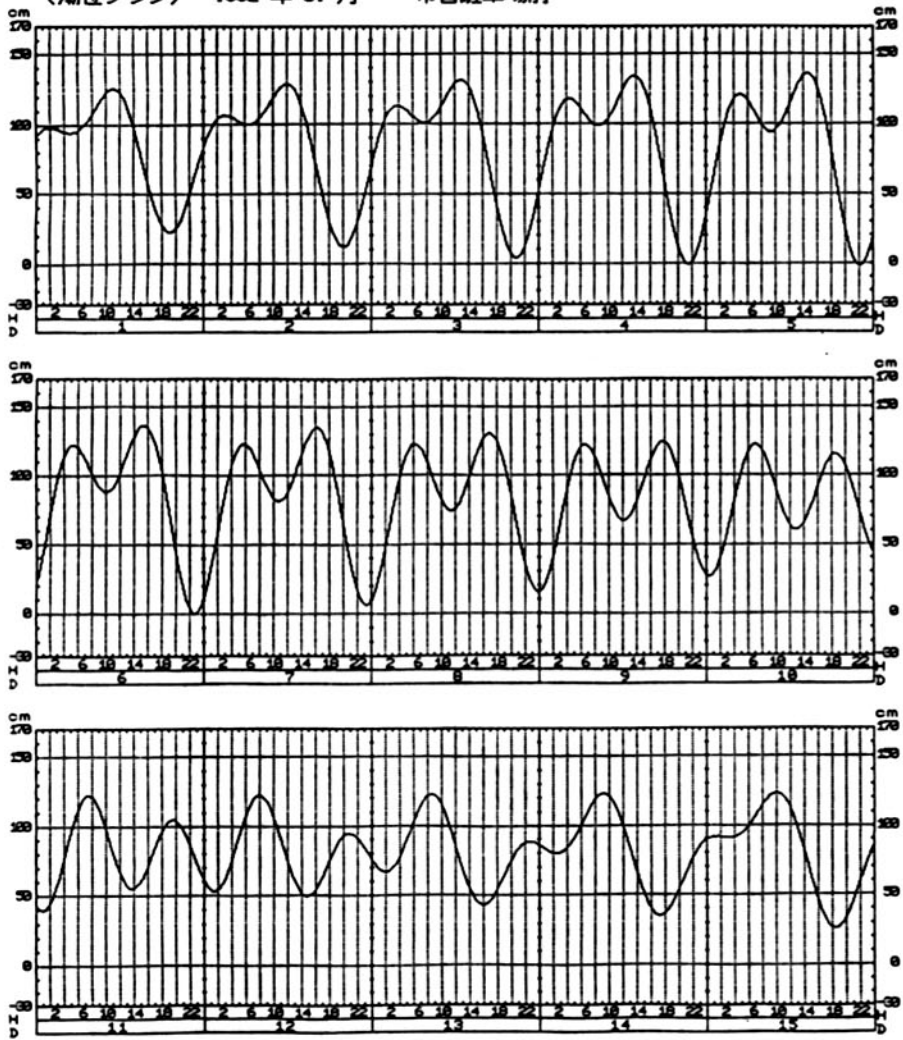


図-9 潮位予報グラフ

表一2 潮位予報表(1時間單位)

潮位 (時間單位)				市營新車壩前				Page. 1			
年月日	時間	潮位 (cm)	年月日	時間	潮位 (cm)	年月日	時間	潮位 (cm)	年月日	時間	潮位 (cm)
1992/01/01	00:00	92	1992/01/02	00:00	83	1992/01/03	00:00	70	1992/01/04	00:00	52
1992/01/01	01:00	97	1992/01/02	01:00	96	1992/01/03	01:00	89	1992/01/04	01:00	76
1992/01/01	02:00	104	1992/01/02	02:00	104	1992/01/03	02:00	103	1992/01/04	02:00	97
1992/01/01	03:00	98	1992/01/02	03:00	107	1992/01/03	03:00	111	1992/01/04	03:00	106
1992/01/01	04:00	95	1992/01/02	04:00	105	1992/01/03	04:00	113	1992/01/04	04:00	111
1992/01/01	05:00	94	1992/01/02	05:00	102	1992/01/03	05:00	110	1992/01/04	05:00	117
1992/01/01	06:00	96	1992/01/02	06:00	100	1992/01/03	06:00	105	1992/01/04	06:00	111
1992/01/01	07:00	101	1992/01/02	07:00	100	1992/01/03	07:00	102	1992/01/04	07:00	104
1992/01/01	08:00	108	1992/01/02	08:00	104	1992/01/03	08:00	101	1992/01/04	08:00	99
1992/01/01	09:00	116	1992/01/02	09:00	111	1992/01/03	09:00	105	1992/01/04	09:00	94
1992/01/01	10:00	123	1992/01/02	10:00	119	1992/01/03	10:00	113	1992/01/04	10:00	104
1992/01/01	11:00	126	1992/01/02	11:00	126	1992/01/03	11:00	122	1992/01/04	11:00	113
1992/01/01	12:00	123	1992/01/02	12:00	128	1992/01/03	12:00	129	1992/01/04	12:00	124
1992/01/01	13:00	113	1992/01/02	13:00	125	1992/01/03	13:00	131	1992/01/04	13:00	132
1992/01/01	14:00	98	1992/01/02	14:00	113	1992/01/03	14:00	126	1992/01/04	14:00	134
1992/01/01	15:00	79	1992/01/02	15:00	96	1992/01/03	15:00	113	1992/01/04	15:00	127
1992/01/01	16:00	58	1992/01/02	16:00	73	1992/01/03	16:00	93	1992/01/04	16:00	111
1992/01/01	17:00	40	1992/01/02	17:00	51	1992/01/03	17:00	68	1992/01/04	17:00	87
1992/01/01	18:00	27	1992/01/02	18:00	30	1992/01/03	18:00	42	1992/01/04	18:00	60
1992/01/01	19:00	22	1992/01/02	19:00	17	1992/01/03	19:00	21	1992/01/04	19:00	33
1992/01/01	20:00	25	1992/01/02	20:00	12	1992/01/03	20:00	7	1992/01/04	20:00	12
1992/01/01	21:00	35	1992/01/02	21:00	17	1992/01/03	21:00	4	1992/01/04	21:00	0
1992/01/01	22:00	50	1992/01/02	22:00	30	1992/01/03	22:00	12	1992/01/04	22:00	1
1992/01/01	23:00	67	1992/01/02	23:00	49	1992/01/03	23:00	29	1992/01/04	23:00	13
1992/01/06	00:00	20	1992/01/07	00:00	11	1992/01/08	00:00	10	1992/01/09	00:00	15
1992/01/06	01:00	45	1992/01/07	01:00	32	1992/01/08	01:00	25	1992/01/09	01:00	23
1992/01/06	02:00	72	1992/01/07	02:00	58	1992/01/08	02:00	48	1992/01/09	02:00	41
1992/01/06	03:00	97	1992/01/07	03:00	85	1992/01/08	03:00	74	1992/01/09	03:00	65
1992/01/06	04:00	114	1992/01/07	04:00	107	1992/01/08	04:00	98	1992/01/09	04:00	89
1992/01/06	05:00	122	1992/01/07	05:00	120	1992/01/08	05:00	115	1992/01/09	05:00	109
1992/01/06	06:00	121	1992/01/07	06:00	122	1992/01/08	06:00	122	1992/01/09	06:00	120
1992/01/06	07:00	112	1992/01/07	07:00	116	1992/01/08	07:00	119	1992/01/09	07:00	121
1992/01/06	08:00	101	1992/01/07	08:00	104	1992/01/08	08:00	108	1992/01/09	08:00	113
1992/01/06	09:00	92	1992/01/07	09:00	92	1992/01/08	09:00	94	1992/01/09	09:00	99
1992/01/06	10:00	88	1992/01/07	10:00	83	1992/01/08	10:00	82	1992/01/09	10:00	84
1992/01/06	11:00	91	1992/01/07	11:00	82	1992/01/08	11:00	75	1992/01/09	11:00	74
1992/01/06	12:00	101	1992/01/07	12:00	88	1992/01/08	12:00	75	1992/01/09	12:00	67
1992/01/06	13:00	115	1992/01/07	13:00	100	1992/01/08	13:00	85	1992/01/09	13:00	70
1992/01/06	14:00	128	1992/01/07	14:00	115	1992/01/08	14:00	99	1992/01/09	14:00	81
1992/01/06	15:00	136	1992/01/07	15:00	128	1992/01/08	15:00	115	1992/01/09	15:00	96
1992/01/06	16:00	134	1992/01/07	16:00	135	1992/01/08	16:00	137	1992/01/09	16:00	131
1992/01/06	17:00	123	1992/01/07	17:00	131	1992/01/08	17:00	131	1992/01/09	17:00	121
1992/01/06	18:00	101	1992/01/07	18:00	117	1992/01/08	18:00	124	1992/01/09	18:00	124
1992/01/06	19:00	73	1992/01/07	19:00	93	1992/01/08	19:00	108	1992/01/09	19:00	116
1992/01/06	20:00	44	1992/01/07	20:00	68	1992/01/08	20:00	85	1992/01/09	20:00	99
1992/01/06	21:00	19	1992/01/07	21:00	35	1992/01/08	21:00	59	1992/01/09	21:00	78
1992/01/06	22:00	4	1992/01/07	22:00	17	1992/01/08	22:00	25	1992/01/09	22:00	55
1992/01/06	23:00	1	1992/01/07	23:00	7	1992/01/08	23:00	20	1992/01/09	23:00	37
1992/01/06	23:00	4	1992/01/07	23:00	4	1992/01/08	23:00	13	1992/01/09	23:00	4

潮位・津波観測システム

《観測地登録》

観測地番号	1					
観測地名	市宮駐車場前					
観測地略名	駐車場前					
緯度	38	度	54	分	8	秒
経度	141	度	34	分	42	秒
タイムゾーン	-9.00	hour				
センサ	546	cm				
津波判定	±110	cm				
警報水位	170	cm				
警戒潮差	220	cm				
警戒水位	±30	cm				
警戒潮差	±60	cm				
平均水面	85	cm				
D L の高さ	DL ± 0 = TP - 85.0	cm				

記号	振幅 (cm)	遅角 (deg)
Sa	11.00	178.00
Ssa	2.00	248.00
O1	19.00	149.49
P1	7.40	165.87
K1	22.30	165.87
M2	30.50	111.77
S2	13.00	150.19
K2	3.60	150.19

図-10 環境設定のモニター画面 (観測地登録)

