ISSN 1346-7328
国総研資料　第959号
平 成 2 9 年 3 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 959　　March 2017

超音波を使用した潮位の簡易観測に向けた現地試験

内藤了二・熊谷兼太郎・鈴木健之・鈴木武

A field experiment for the simple measurement of tide level using ultrasound

Ryoji NAITO, Kentaro KUMAGAI, Takeshi SUZUKI, Takeshi SUZUKI

国土交通省　国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

国土技術政策総合研究所資料
No. 959　　2017 年 3 月
(YSK-N-364)

超音波を使用した潮位の簡易観測に向けた現地試験

内藤了二*・熊谷兼太郎**・鈴木健之***・鈴木武****

要　旨

港湾地域の堤外地では，防御が不足しているため高潮被害が発生している．さらには，気候変動による高潮の激化が懸念されている．避難を的確に行うなど，堤外地における防護の安全性に繋がる高潮リスク情報を簡易的かつ安価に把握する手法の開発が必要である．本研究では，名古屋港において超音波を使用した潮位の簡易観測に向けた現地試験を行った．この現地試験を通して，観測機器の設置，保守点検，維持管理，計測手法，データ処理に関する技術的な課題を把握した．これらの技術的な課題に対し，観測機器の改良，修繕を通じて，対応策の検討を行なった．現地観測において，台風1616号来襲時の潮位，気温，気圧のデータを取得した．それらは，様々な課題はあるものの，近隣の二つの観測地点で観測されたデータと基本的に整合していた．

キーワード：潮位，簡易観測，保守点検，超音波，台風，堤外地，名古屋港

* 沿岸海洋・防災研究部　主任研究官
** 京都大学防災研究所特定准教授（前 沿岸海洋・防災研究部 主任研究官）
*** 沿岸海洋・防災研究部　沿岸防災研究室長
**** 沿岸海洋・防災研究部　部長

〒239-0826　横須賀市長瀬3-1-1　国土交通省国土技術政策総合研究所
電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

Technical Note of NILIM
No. 959 March 2016
(YSK-N-364)

A field experiment for the simple measurement of tide level using ultrasound

Ryoji NAITO *
Kentaro KUMAGAI **
Takeshi SUZUKI ***
Takeshi SUZUKI ****

Synopsis

In the port area outside the seawall barriers, occasional damage by the storm surge is caused due to insufficient protection. Moreover, worsening of the storm surge along with a change of climate is concerned. Therefore, there is a need to develop a simple and inexpensive method of collecting the storm surge related risk information, which would link to the safety of those areas outside the barriers, such as by assisting an appropriate evacuation.

In this study, a field experiment on tide measurement using an ultrasonic device was carried out at the Port of Nagoya. Through this experiment, various technical issues were found on the placement, maintenance, and management of the device, as well as measurement method and processing of the data collected. Countermeasures were studied for these issues through improvement and repair of the measuring device. During the experiment period, Typhoon 1616 had hit Nagoya, and tide, temperature and air pressure data were collected. Although there are still some issues to be resolved, the data collected was generally consistent with those observed at two adjacent observation stations.

Key words: tide level, simple measurement, maintenance, ultrasonic device, typhoon, area outside the seawall barriers, Port of Nagoya.

* Senior Researcher, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department
** Associate Professor, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University
*** Head of Coastal Disaster Prevention Division Coastal, Marine and Disaster Prevention Department
**** Director of Coastal Marine and Disaster Prevention Department
National Institute for Land and Infrastructure Management Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone: +81-46-844-5019 Fax: +81-46-842-9265 e-mail: ysk.nil-likaku@ml.mlit.go.jp

目　次

1. まえがき

1.1 研究背景

わが国は台風の常襲地帯であり，高潮による浸水被害がたびたび発生してきた．東京湾，伊勢湾，大阪湾は背後に人口や事業所が集積しており，経済活動が盛んであることから，浸水被害が発生した際には浸水区域内外の生活や生産活動に与える影響が大きい．伊勢湾においては，1959年の伊勢湾台風により，愛知県で3,378人，名古屋市で1,851人の死者，行方不明者が発生するとともに，避難生活や工場の操業停止の長期化，多くの家屋の損傷による社会・経済的損失の拡大などによって被害が増大した．（中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会,2008)

伊勢湾台風を契機に，1961年には災害対策基本法が公布され，伊勢湾台風を基準とした防潮堤，堤防の整備が図られてきたことから，台風による浸水被害は軽減されたが，**表-1.1**に示すように堤外地においては高潮による被害がたびたび発生している．

図-1.1に，名古屋港の防護ラインの位置図を示す．名古屋港の防護ラインより海側の堤外地においては，海運利用への利便性の高さから原材料を搬入する鉄鋼などの製造業や発電所，製品を搬出する自動車産業が数多く立地し，台風による浸水被害が発生した場合には国内外への影響が大きいものと考えられる．

このため，堤外地の高潮対策が重要である．台風は，来襲前にコースや規模に関する情報を得ることにより，事前の対策がある程度可能となることから，事前対策の改善・強化を検討していくことが重要である．

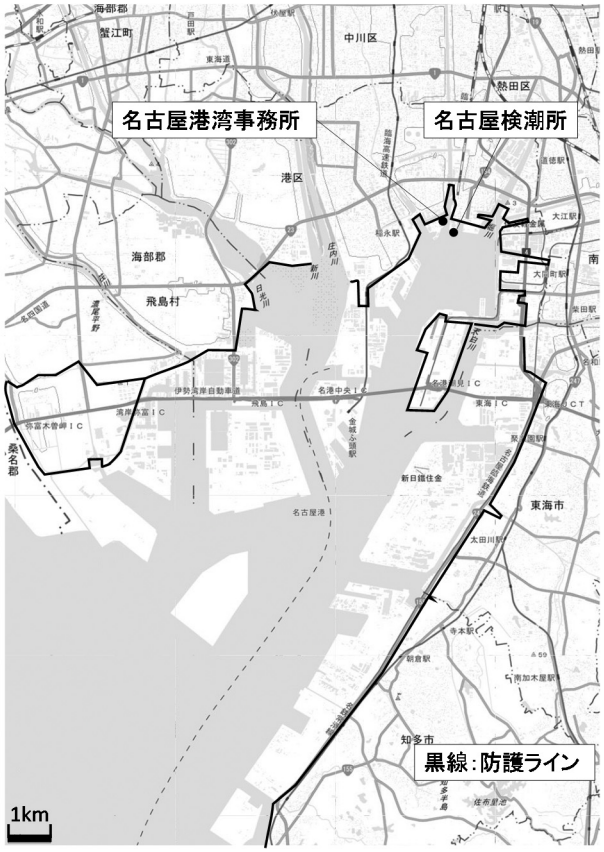
1.2 研究目的と内容

港湾地域の堤外地では，防御が不足しているため高潮被害が発生している．また，気候変動による高潮の激化が懸念されている．そのため，堤外地における安全性の向上に繋がる高潮リスク情報を簡易的かつ安価に把握する手法の開発が望まれる．本研究では，名古屋港において超音波を使用した潮位の簡易観測に向けた現地試験を行った．この現地試験を通じて，観測機器の設置，保守点検，維持管理，計測手法，データ処理に関する技術的な課題を把握した．これらの技術的な課題に対し，観測機器の改良，修繕を通じて，対応策の検討を行なった．台風1616号来襲時の潮位，気温，気圧のデータを取得した．その結果を名古屋検潮所，名古屋市での観測結果と比較を行った．

表-1.1 高潮による港湾地域の被災事例

年月	台風名	港湾	堤外地被害の概要
平成28年8月	台風第10号	青森港	臨港道路が冠水のため一部区間通行止め．
		仙台塩釜港	臨港道路が冠水のため一部区間通行止め．
		舞鶴港	護岸及び物揚場が一部冠水．
平成27年9月,10月	台風第23号	十勝港	水面倉庫（十勝港）保管木材の流出．
		紋別港	波浪による越流が発生する恐れがあるため臨港道路新港町第2号線の一部を通行止め．
		網走港	臨港道路が越流により冠水，通行止め．
平成25年9月	台風第18号	敦賀港	景勝地「気比の松原」に漂着物が多数．
平成24年9月,10月	台風第17号	那覇港	岸壁桟橋部分の連絡橋の変位・連絡板の破損・緑地親水性護岸防護柵破損（L＝1.5m）・岸壁北側の護岸（被覆石及びXブロック）破損（L=15m）・臨港道路で倒木多数．
平成21年10月	台風第18号	三河港	高潮による潮位の急激な変化により，港湾施設の被害が発生． ふ頭用地が浸水．潮位記録からは浸水の深さは40cm程度，痕跡高から70～90cmの浸水深． コンテナターミナルに浸水被害が発生し，コンテナの漂流が発生．
平成16年9月	台風第18号	広島港	事務所，工場が浸水する被害が発生．
平成16年8月	台風第16号	水島港	発電所冠水による発電不能や鉄鋼所製造工程の冷却用水循環ポンプが水没し，一部操業停止するなどの被害が発生．
平成11年9月	台風第18号	苅田港	高潮及び越波の影響により苅田港内が浸水し，野積場舗装，緑地，上屋，防波堤，臨港道路等が被災．

内閣府（2016），国土交通省（2016），気象庁（2009），国土交通省（2009），広島県（2005），岡山県（2017），気象庁（1999）をもとに作成．



・愛知県（2015），国土地理院電子地図を参考にして作成

図-1.1 名古屋港の防護ライン

1.3 超音波を用いた簡易な潮位観測の導入

空中発射超音波で水面を計測する機器は，久里浜湾で実証試験を行った実績がある．空中発射超音波で水面を測定する方法は，変化の早い水面変動を捉えることができるため，港内での観測に活用できる長所を有している

（永井ら，2001）．**図-1.2** には，従来の潮位観測施設の概念図を示し，**図-1.3** には，簡易な潮位観測施設概念図を示している．従来の潮位観測では，観測井戸の設置が必須である．井戸内の水位変動を観測する原理である．静穏な水位かつ，水面に直接接触したフロートの浮沈により，正確な潮位観測ができる．検潮器の設置・調整，観測井戸の建設，潮位観測基準面の設定，観測小屋の設置が必要であり，これらの施設整備には，時間と費用もかかり，観測井戸の清掃，維持管理・点検を行う必要がある．超音波による潮位観測は，施設の設置費用が安価かつ，簡易な方法で機器を設置することが可能である．ただし，観測精度，観測の安定性は，従来の潮位観測施設よりは劣るという短所がある．また，維持管理・点検費用がどうなるかは良くわかっていない．

港湾地域の安全性を高めていくには，堤外地の様々な場所で，海面水位の観測をできるようにしていくため，簡易でかつ安価な手法で潮位観測を行う手法を開発していく必要がある．そのため，観測精度は，従来の潮位観測施設ほどの水準は求めないことを前提条件とした．本研究の場合は，観測機器の設置と，維持管理の容易さ，簡便なデータ処理に対応できるシステムを構築することを念頭に置いている．超音波を使用した機器を使い，簡易な施設で潮位観測を行う機器を設置し，現地調査を通じて，技術的な課題を抽出することとした．

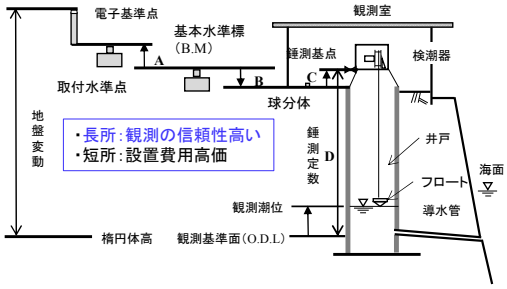


図-1.2　従来の潮位観測施設概念図

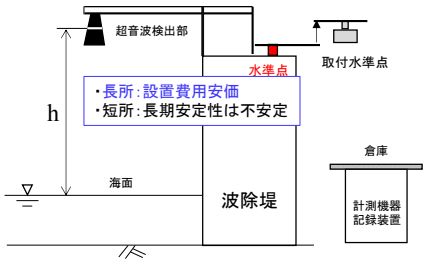


図-1.3　簡易な潮位観測施設概念図

2. 観測方法

2.1　観測機器設置

名古屋港は，過去に高潮被災を受けている．堤外地に名古屋港湾事務所は位置しており，荒天時の潮位データを観測できる可能性がある．そのため**図-2.1** に示す場所に観測機器を設置した．庁舎倉庫に観測機器本体部とデータ記録装置を設置し，気圧計は庁舎倉庫近隣のフェンスに設置した．検出器と温度計は，**図-2.2** に示す事務所敷地近隣の防波堤海側に設置した．　**図-2.1** には，観測地点と名古屋検潮所の平面位置図を示す．名古屋検潮所は，観測地点の東側約 500 m の位置にある．観測地点の潮位データと比較するため，検潮記録を名古屋港管理組合から入手した．**図-2.2** には，観測地点の周辺図を示す．ケーブルは，送受波用ケーブル（φ15 mm，二重シールド付き同軸ケーブル）と，温度計用ケーブル（φ4.5 mm，2 芯シールド線）2 種類使用した．ケーブル配線は，防波堤から浮桟橋・作業用桟橋・渡版・フェンスを経て庁舎倉庫まで行い，観測機器本体部へ接続した．

図-2.3 は，観測機器設置の断面図を示している．架台（B=600 mm, L=400 mm, H=500 mm，亜鉛メッキ塗装）をアンカーボルトで防波堤天端面に固定した．送受波器用と温度計用取付金具は，ステンレス製軽溝形鋼（B=80 mm, L=1300 mm, H=40 mm，t=3 mm 亜鉛メッキ塗装）を使用した．送受波器は，鉛直方向の取付精度±3 度以内で設置調整を行い，落下防止のため，流出防止用ワイヤー（φ1.5 mm）を，防波堤上の手すりに取付けした．気圧計は，庁舎倉庫前のフェンス部に設置し，ケーブル（φ5 mm）は，倉庫内に引き込みし，記録装置に接続した．**付録 A** には，保守点検対応の履歴を付記した．

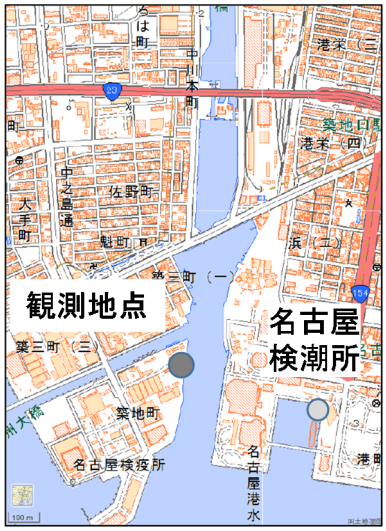
2.2　計測方法と動作原理

観測機器は，超音波式波高計（本体部 UH-401 型，検出部 UHT3-10 型；ケネック社製）を使用した．性能仕様は，空中超音波パルス反射方式，測定距離 10 m，測定精度±0.2%，分解能 4 mm，サンプリング周期 0.1 s，校正出力 0.5 V である．重量は，本体約 4.5 kg，検出器 3.7 kg，通風筒温度検出器約 3.1 kg，自然通風筒温度検出器約 0.7 kg である．超音波式の観測機器は，防波堤天端上に設置した検出器から水面へ発射した超音波が反射して戻るまでの時間の計測結果より，水位（潮位）を求める原理である．**図-2.4** には，検出器，本体部の機器構成を示す．

気圧計は，大気圧トランスミッタ（HD 9408TR-BARO，デルタオーム社製）を使用した．性能仕様は，センサ部；ピエゾ抵抗素子ダイアフラム，測定範囲；800~1100 hpa，

アナログ出力；DC 0~5 v，測定精度；20℃にて，±0.4 hpa，動作温度；－40℃～＋60℃である．

データ記録装置は，産業用コンピューター（IUC－F3615（w）B01，インターフェイス社製）を庁舎倉庫内に設置した．動作温度範囲；－30℃から＋70℃，メモリー；1 GB，CPU; Intel Atom E680T,1.6 GHz である．補助デバイスには C Fast 用のスロットが実装されており，潮位データは，C Fast カードに記録保存される．潮位データの取り込み間隔は，記録容量を考慮し，1 s 間隔のサンプリングとした．付録 B には，観測機器等の写真集を示す．



・国土地理院電子地図を参考にして作成

図-2.1　観測地点と名古屋検潮所平面位置図

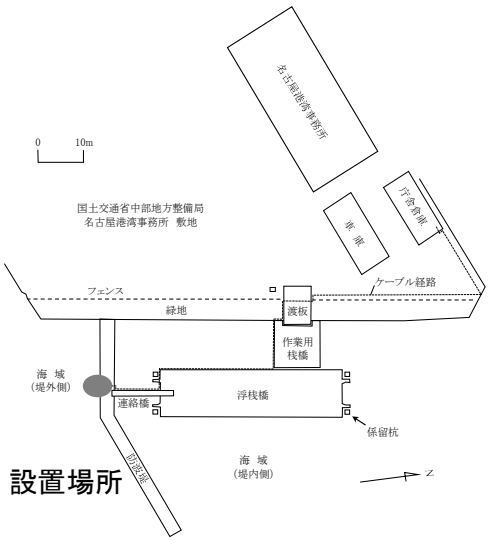


図-2.2　観測施設の周辺図

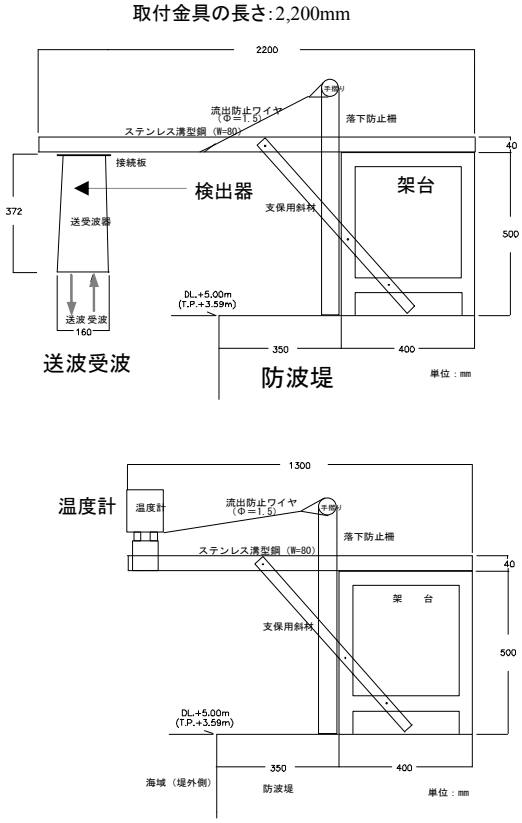


図-2.3　超音波検出器，温度計設置断面図

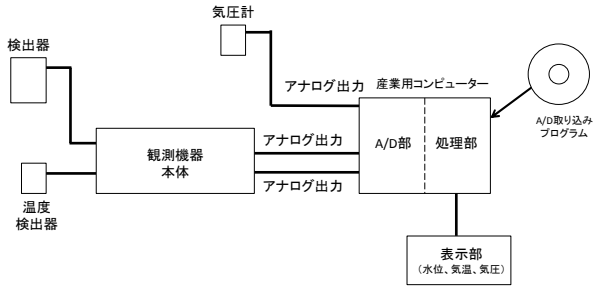


図-2.4　機器構成とデータ処理概念図

3. 潮位観測基準面の設定

3.1 水準点の設置

水準点は，検出器の設置している架台付近に設置した．水準点（H）は，測量鋲（φ14 mm）を防波堤天端面に打設した．同時検潮で使用する BM の 2 点（港内側，港外側）は，防波堤天端面上に赤ペンキでマーキングした．水準点(H)を，2 級水準測量の精度で直接水準測量した．

測量機器は，1 級電子レベル，1 級バーコード水準標尺を使用して実施した．与点は，1 級水準点（4-2）を使用した（**付録 C**，**図－C.1**）．その後，上記で設置した BM1，BM2 及び検出器の 0 位（検出器カバー黒ラインの上端）を 3 級水準測量の精度で測量した．**付録 C** に詳細な内容を付記した．

3.2　同時検潮と潮位観測基準面

検出器の 0 位高さを点検するため，同時検潮を実施した．**図-3.1** には，同時検潮の観測状況を示す，観測時間と測定間隔は，高低潮を含み，連続 8 時間，港内側にて 10 分間隔で測定した．なお，水面状況の確認のため港外側でも 30 分間隔で測定した．

同時検潮は，平成 28 年 8 月 23 日の 8 時 20 分から 15 時 40 分まで行い，干潮時刻は，15 時 01 分，満潮時刻は，9 時 5 分であった．当日は，静穏な海面状態であった．副標（リボンロッド，精度 5 m で±5.2 mm）を，防波堤天端面の BM 上に設置した．副標の海水面高さを目視により，10 分間隔で測定した．

図-3.2 には，同時検潮の結果を示す．図中の黒線が，副標の読み値，赤破線が観測値，灰色線が名古屋検潮所の潮位である．潮位は，名古屋港基準面（N.P.）の値を図示した．観測値は，1 秒間隔の元データを 30 秒平均で処理をした．副標，観測値，名古屋港検潮所の潮位時系列を比較すると，ほぼ同様な潮位変動の値を示していた．このことは，名古屋検潮所は，観測地点から約 500 m 離れているものの，高さの基準が一致していること，同時検潮を実施した観測地点と名古屋検潮所の潮位変動が同じ傾向であることを示している．ただし，13 時 30 分以降は，副標の値が概ね 2 cm 程度高い結果であった．潮時によって潮位変動の傾向が異なっていた可能性がある．

副標と観測値の平均値を比較すると、その差は－2 cm であった．両者の相関関係を,**図-3.3** に示す．一次回帰式の傾きが 1.0062 となっており，多少の縮率が認められた．観測値を副標の値に合わせるには 1.0062 倍する必要がある．しかし，この差は微小な範囲であることから，検出器の 0 位は，水準測量の結果を使用するものとした．本研究では，縮率は 1 として，観測値を取扱うこととした．

名古屋港基準面 N.P. は，東京湾平均海面（国土地理院基準面）より，1.412 m 低いことから，T.P.＝N.P. ＋1.421 m の高さ関係である．水準測量の結果を元に，**図-3.4** に示すように，潮位観測基準面関係図を作成した．検出器（波高計）の 0 位（0 of G）は，N.P. 5.374 m であり，防波堤天端面上の水準点（H）は，4.985 m である．観測基準面（O.D.L）を設定し，潮位データ整理における基準として使用することとした．**図-3.5** には，水準点(H)の位置と検出器 0 位の位置を示している．ここで設置した水準点を基準として潮位観測基準面の設定を行った．

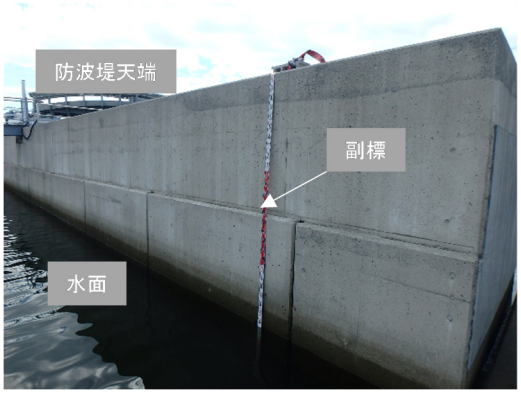


図-3.1　海水面の測定（港内側）

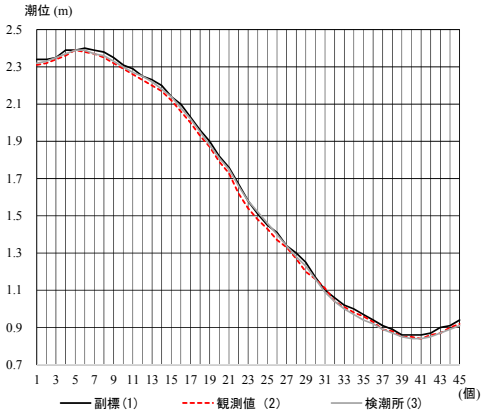


図-3.2　同時検潮による潮位時系列

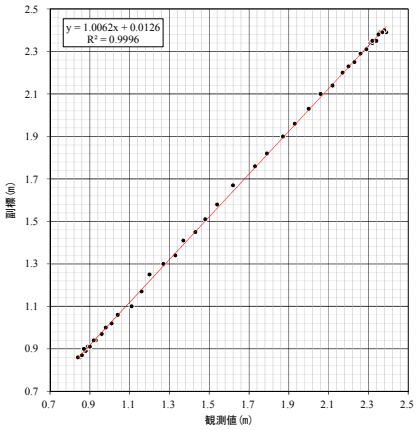


図-3.3　観測値と副標との相関

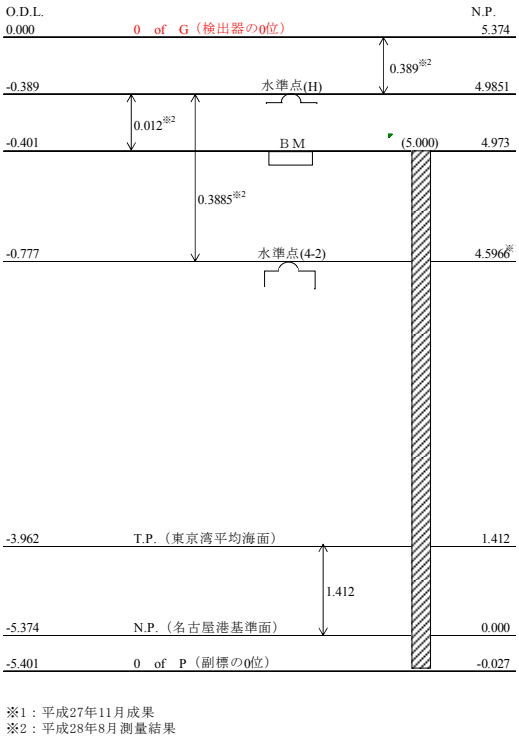
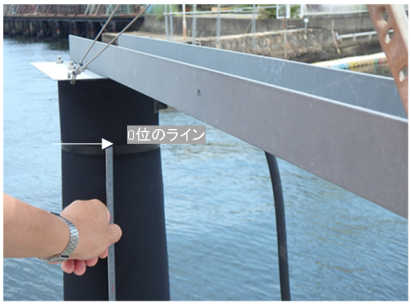


図-3.4　潮位観測基準面関係図

水準点 H

(a) 水準点（H）設置位置



(b) 検出器の 0 位（検出器の近景）

図-3.5　水準点の設置と検出器 0 位の位置

4. 潮位の簡易観測における技術的な課題と対応例

4.1　観測機器設置と維持管理

本節では，観測機器設置と維持管理に関する課題を抽出した内容とそれらの対応例をとりまとめた．

(1) 観測機器設置と定期点検

観測機器は，防波堤・浮桟橋・橋梁・庁舎倉庫までの区間で設置をしている．本観測施設は，約 2 年程度の耐久性でかつ，取り外しが容易にできることを念頭にしているため，簡易な方法で設置した．そのため，ケーブルの固定箇所，防波堤上の架台，検出器の固定状況などの外観，検出器やデータ記録装置の作動状況の定期点検をしなければならないという課題がある．その点検間隔は損傷発見が遅れない程度に設定しなければならない．仮設による設置のため，台風通過などの荒天後には，観測機器の損傷やケーブル固定状況に異常がないか点検を行う必要がある．

図-4.1 には，潮間帯部ケーブルへの付着物の状況を示す．浮桟橋可動部でのケーブル保護状況，潮間帯部分での付着物の除去を定期的に対応する必要がある．潮間帯部のケーブルには，設置後約 1.5 年で約 1 kg の貝類がケーブル表面に付着していた．一度付着した貝類は，ゲル状に吸着しているため，手作業で丁寧にはがさないと，ケーブル表面の外皮部分が損傷してしまう．そのため，潮間帯部のケーブルは，保護管を取り付けるとともに，表面に凹凸がある材料を使用した（**図-4.2**，**図-4.3**）．こうした配慮により，付着量が減少する．この効果は，現地で配管材料を設置し調査している．こうした対応も維持管理を容易かつ効率的に行うため，必要な事項と考えられる．

図-4.1　潮間帯部ケーブルへの付着物（改良前）

図-4.2　潮間帯部のケーブル保護

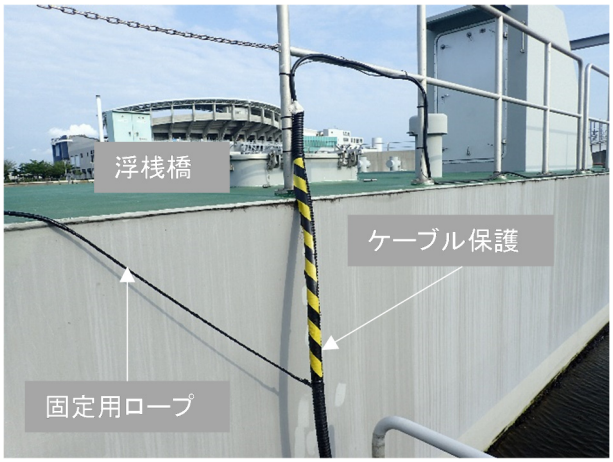


図-4.3　潮間帯部ケーブル保護（改良後）

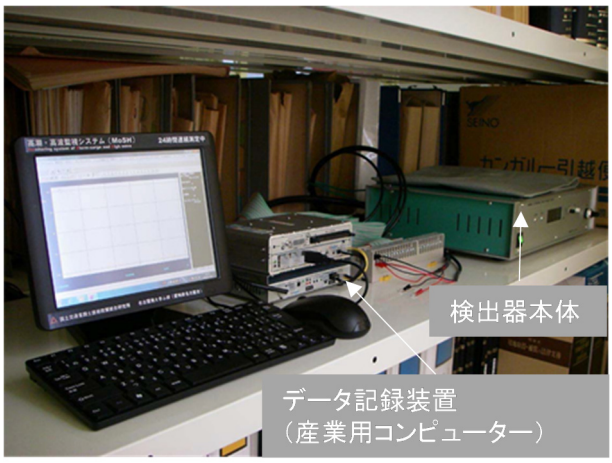


図-4.4　庁舎倉庫内に設置した記録装置

観測記録は，産業用コンピューターに装着している C Fast カードに記録されており，約 1 か月を目途に交換している．倉庫内は，空調設備がない環境のもとで記録装置を稼働させている．産業用コンピューターの性能仕様では，－40℃から＋70℃まで対応可能であるものの，夏季は，室内は高温状態となる．C Fast カード交換時に併せて，記録装置，潮位の観測機器本体部の作動状況を点検が必要となる．また，観測機器本体には，潮位が表示されるが，検出器から水面までの距離と，表示部の数値をチェックすることも必要な点検内容となる（**図-4.4**）．

(2)維持管理の課題と対応

観測機器の維持管理は，定期的（約 1 か月か 2 か月程度）目視点検の対応が考えられる．具体的には，外観の損傷や異常がないかを点検し，検出部，記録装置の作動状況，水面までの距離の概略値を確認する．

一方，維持管理や点検の容易さを優先してしまうと「堅固な観測設備」を整備することになる．そうした対応をすると，本研究で意図した「簡易かつ安価」で潮位観測するという意図からはずれてしまう．そのため，観測設備の設置は，一定の制約条件があるなかで，最適な維持管理，点検頻度を検討していくことが大切である．特に，他の場所での設置を検討する際，これらの調査結果が有用に活用できると考えられる．現地調査を通じて，維持管理費用を把握していくことが今後の課題である．

4.2　検出器の設置位置による潮位データへの影響

本節では，検出器の設置位置による潮位データへ及ぼす影響に関する課題とその対応例についてとりまとめた．

(1)検出器の位置による潮位データへの影響

観測機器は，平成 27 年 1 月 22 日に設置した．その時には，検出器の位置は防波堤法線から約 30 cm とした．平成 27 年 5 月 4 日（大潮）時点での潮位データを**図-4.5** に示す．潮位変動のラインよりも約 80 cm 程度高い値が随時示されていた．0 時から 1 時過ぎと 8 時前から 16 時，22 時から 24 時にかけては，2.5 m 付近で連続して推移するノイズが確認された．さらに，13 時頃から 16 時前は，潮位が 2.5 m 付近で推移しており，本来の潮位を計測できていない現象が確認された．一つの原因として，検出器が防波堤に近接していることが考えられた．この課題を解消するため，**図-4.6** に示すように取付け金具の交換を平成 28 年 5 月 12 日に行い，検出器の位置を防波堤法線より海側へ約 70 cm 前出しを行った．

図-4.7 には，平成 28 年 5 月 22 日（大潮）時点での潮位データを示す．0 時から 1 時と 9 時頃から 23 時まで，潮位変動のラインよりも約 80 cm 程度高い値が示されていた．検出器を前出したところ，ノイズが水面より上に

でているものの，天文潮の変動と同様であり，潮位観測データが取得できていることを確認した．ノイズが継続的に発生している原因ひとつは，超音波が空中を伝搬する際，強風下では空気中を伝搬する超音波の経路変化が生じていた可能性が考えられる．

(2)音波信号のゲイン調整

音波は通常，反射波が**図-4.8** 中の黒矢印のように跳ね返ってくると受波レベルとしては一番強くなる．この時には，オシロスコープ（**図-4.9**）での波形（通常時）が確認できる．しかし音波は，面的に広がり，風雨等でも流される可能性もある．その際，**図-4.8** 中の赤矢印に示すように防波堤壁面や海面を経て戻り，乱反射していることが考えられる．この時には，**図-4.9** に示すオシロスコープでの波形（乱反射観測時）が確認できる．ノイズを低減させるため，音波の信号のゲイン調整を行った．しかしながら，ノイズを減らす効果は確認できなかった．

(3)ノイズを低減するための課題と対応

ノイズを低減するには，スレッシュ（しきい値）の可変による改善が考えられる．**図-4.9** は，オシロスコープでの波形概念図，**図-4.10** は，乱反射によるノイズ発生の概念図を示す．通常時は，受波信号のみが捉えられるものであるが，乱反射した場合，その手前に小さな信号が発生する．その信号がスレッシュの範囲を超えるため，受波とみなされている可能性がある．現在は，スレッシュが固定されている．本体内部の基板に設置されている固定抵抗を可変抵抗に交換しスレッシュの変できる機能を追加する対応が考えられる．それにより，水面より手前に発生している小さな信号を，受波とみなさないようにする．これらの機器調整は，現地で風の影響，ノイズ発生の規模を同時に視認しつつ，音波信号やスレッシュの可変調整をするといった対応が考えられる．

一方，ノイズを低減させるには，防波堤法線より，2.5 m 程度海側へ張り出すように堅固な設備への改良も考えられる．しかしながら，4.1 節で述べた通り，こうした対応を行うには，大規模な電柱規模の固定施設が必要であり，設置費用も数百万かかることになり，高価な施設を整備しなければならない．現状施設の範囲で，ノイズを低減するためには，前出し位置を 1 m から 1.25 m 程度の範囲で行っていくことが，今後の課題となるものと考えられる．

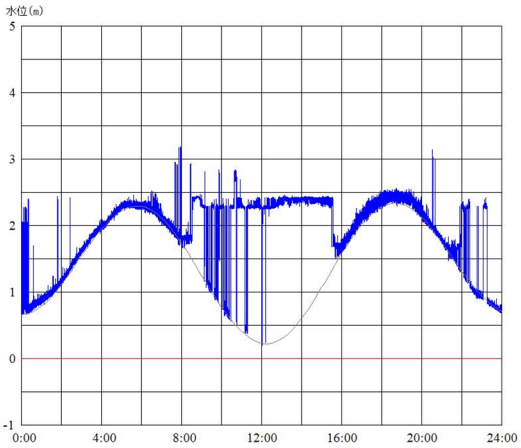


図-4.5　設置位置変更前の潮位データ
（平成 27 年 5 月 4 日；大潮）

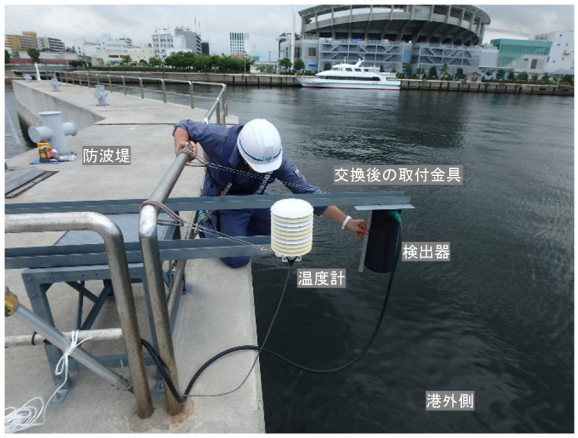


図-4.6　取付け金具の設置位置変更

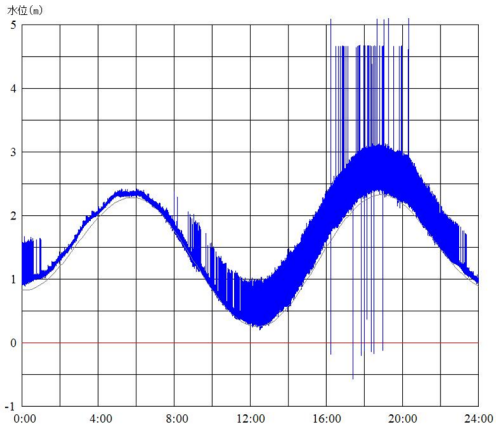


図-4.7　設置位置変更後の潮位データ
（平成 28 年 5 月 22 日；大潮）

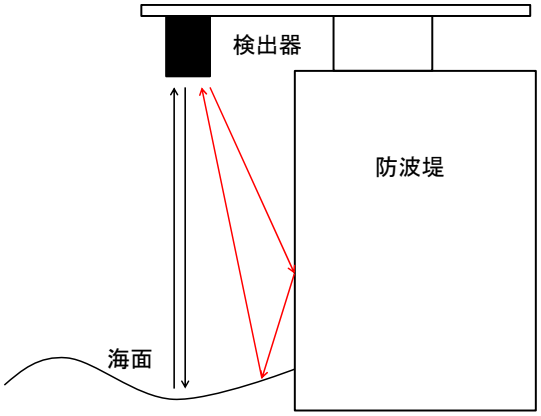


図-4.8　乱反射の概念図

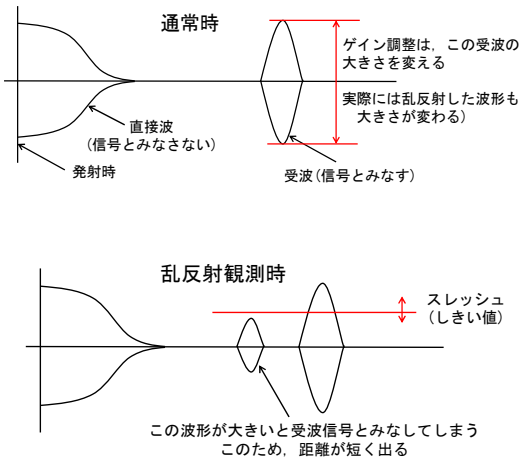


図-4.9　オシロスコープでの波形概念図

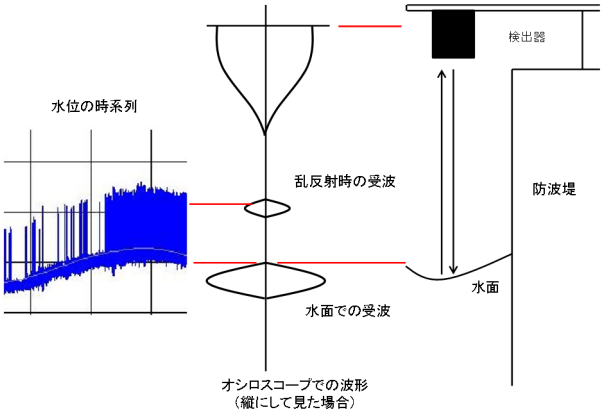


図-4.10　乱反射によるノイズ発生の概念図

4.3　観測機器不具合箇所調査と修繕

本節では，観測機器の不具合箇所の調査とその対応例についてとりまとめた．

定期点検を行った際に，観測機器本体部の水面表示に明らかな異常水位の表示が発見された（図-4.11）．詳細な履歴情報を付録 A に示す．図-4.12 示す検出器設置場所で，検出器から発生している音の状況を確認した．検出器からは，音波が発生しており異常がないことを確認した．観測機器本体部に簡易温度計測装置を接続した結果，正常な温度表示であった（図-4.13）．更に送受波状態をテスターで確認した結果，異常がみられなかった．これらの結果から，不具合の原因は，温度計測装置であることを特定した．

温度計測装置とケーブルを回収する際，フェンス下部での土中に埋まっていた箇所で温度計用ケーブルの破断，検出器用同軸ケーブル表面部の損傷を発見した．破断損傷箇所は，図-4.14 に示す敷地の角部のころがし配線区間であり，特定部分のみ破断していたが，その原因の特定はできなかった．これらの不具合を修繕するため，費用や時間，復旧の観点から二案の修繕方法を検討した．

第一案は，温度計用ケーブル，検出器用同軸ケーブルの全交換と保護管による補強である．ケーブルを保護するため，保護管を，フェンス上部の縁金物上部へ設置と，桟橋可動部のケーブル保護する方法である．長所は，ケーブルを新品交換するため，データ取得が確実に対応できることであるが，短所は，同軸ケーブル，温度計ケーブルの調達期間が必要となることと，ケーブル敷設を新設同様に行うため，費用が高くなることである．

第二案は，ケーブル破断・損傷個所の修繕を行い，ケーブル保護は第一案と同様に保護管による方法である．長所は，第一案より修復に要する工期が短いこと，ケーブルは現状の長さで対応のため安価に抑えることができる．短所は，ケーブルを溶着した実績がないため，安定的にデータ取得ができるかが，不明な点である．それぞれの長所，短所を比較した結果，本研究の目的としている簡易かつ安価な手法で修繕をすることとし，第二案による対応を行った．ケーブルの接続は，防水プル BOX 内で行った（図-4.15）．電圧の導通状況を確認して修繕を行った．これらの修繕をした結果，観測機器本体の水位，温度が正常に表示されていることを確認した．また，超音波の受波信号をオシロスコープで正常であることを確認した（図-4.16）．ケーブルの修繕は平成 28 年 5 月 11 日に行なっているが，約 10 か月経過した時点でも正常に観測できている．

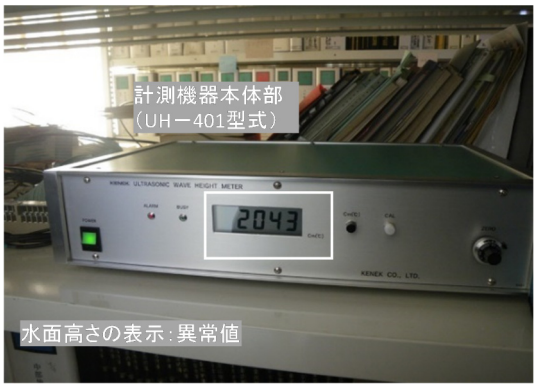


図-4.11　本体部の水面表示

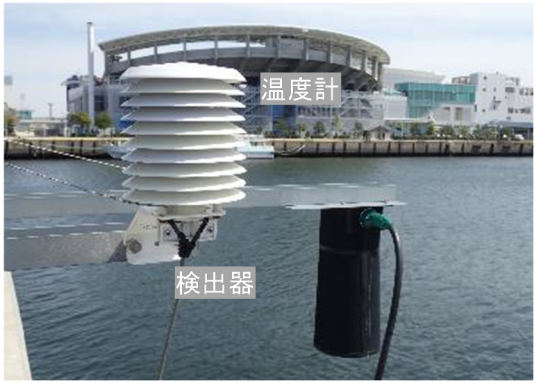


図-4.12　温度計，検出器の外観点検

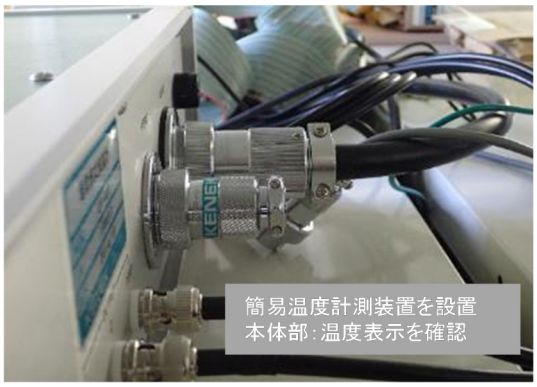


図-4.13　簡易温度計測装置による点検

図-4.14　ケーブル破断損傷箇所

図-4.15　温度計ケーブルの接続箇所

図-4.16　受波信号の確認

4.4　潮位データ処理の課題とその対応

本節では，潮位データ処理方法とその対応例についてまとめている．ノイズ処理前後の潮位時系列とノイズ処理の考え方を示し，潮位データ処理に関する今後の課題を把握した．

(1) ノイズ除去値の設定方法

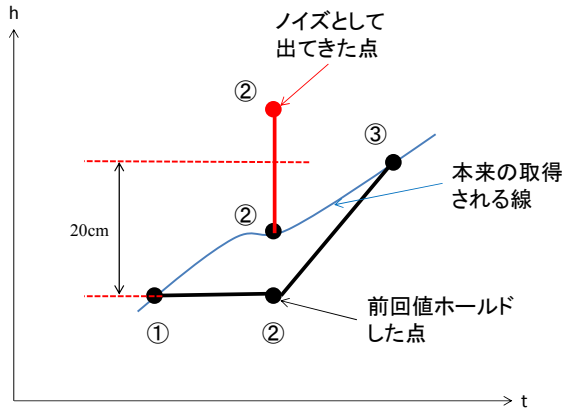
ノイズ除去値の設定は，潮位より±20 cm を超過した値をノイズ除去値と定義した．本研究の場合，元データを確認した結果，ノイズが発生しているデータは 20 cm 以上のものがほとんどのため，20 cm を規定値として設定した．**図-4.17(a)**には，ノイズ処理の概念図を示す．例えば，ある区間（1s 間隔）でのデータを抽出対象とした場合，1 s 前でのデータと比較してノイズ除去値を超過した場合，ノイズと見なしてデータ整理を行った．具体的には，1 s 前の値を，抽出対象とした値に代入し連続的に整理を行っている．すなわち，前の値と比較し，ノイズ除去値を超える場合はノイズとみなした．

(2) ノイズ除去

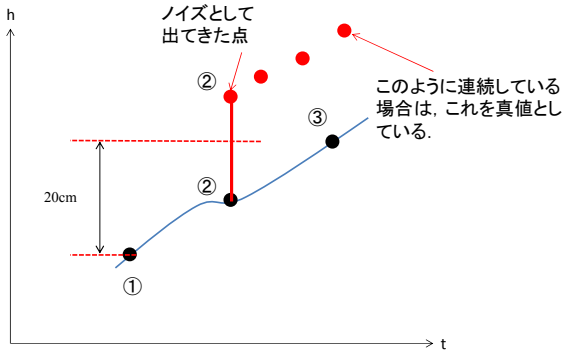
ノイズ除去は，以下の通りとした．ある区間の水位データの値は，連続的にノイズ除去値 20 cm を超過するケースと，1s データ単独にて，ノイズ除去値を超過する 2 通りのケースがある．そこで，ノイズ除去値を連続 10s 以上超過した場合は，その区間のデータは，真値（実際に観測された潮位）とした．すなわち，ノイズ除去値を連続して超過した場合，それを真値としている． ここで，真値とみなすまでの回数をノイズ除去カウントとしている(**図-4.17(b)**)．本研究の場合，連続的してノイズ除去値を超えるような場合は，その後も同じ水位が継続していると考えられるため，10 秒を規定値とした．なお，ノイズ除去カウントは，観測日によって異なっていた．現地調査結果を通じて，ノイズの除去方法の検討が今後の課題である．

(3) ノイズ処理前後の潮位時系列結果

図-4.18 には，平成 28 年 8 月 23 日時点での潮位時系列を示す．上段がフィルターをかけていない元データ，下段がノイズ処理フィルター処理後の結果である．平成 28 年 8 月 22 日は，静穏な海域状態での海面変化を示している．同様に，**図-4.19** には，平成 28 年 9 月 20 日時点での潮位時系列図を示す．平成 28 年 9 月 20 日は，台風来襲時の潮位変動を示している．なお，図中の灰色線は，天文潮を示す．静穏時では，午前中の満潮から午後の干潮，満潮にかけて 50 cm 程度のノイズが発生している．細かく見ると，午前中の満潮付近では，ノイズが連続的に発生していないが，午後の干潮から満潮の時間帯で連続的に発生している．一方，**図-4.19** 示す荒天時には，午前中の満潮の時間帯でノイズが発生後，干潮の時間帯までの区間は，ノイズの発生が減少している．午後の干潮から満潮の時間帯で連続的にノイズの発生がみられている．ノイズの発生は，水面が上昇する際には，どのパターンでもノイズが発生する現象がみられている．しかしながら，その発生の大きさや，発生する間隔は，一定値ではなく，規則性は見いだせなかった．そのため，ノイズの処理は，毎日の潮位変動を目視で確認しながら，ノイズ処理を行うことが必要であった．



(a) ノイズ処理の設定例①



(b) ノイズ処理の設定例②

図-4.17　ノイズ処理の考え方

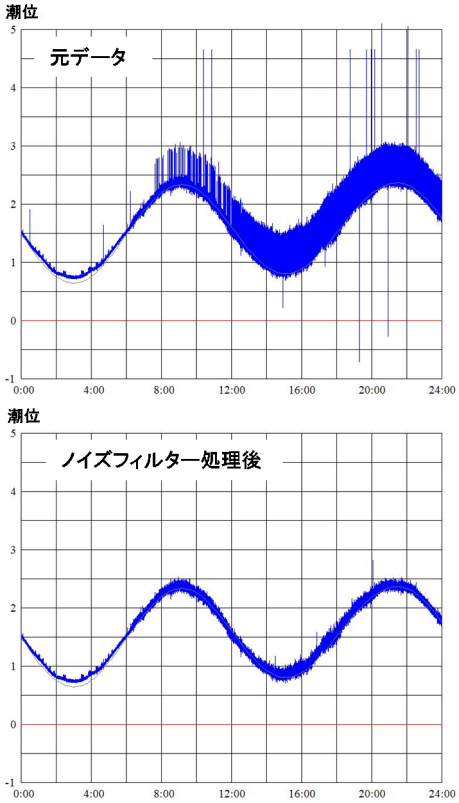


図-4.18　静穏時の潮位時系列（平成 28 年 8 月 23 日）

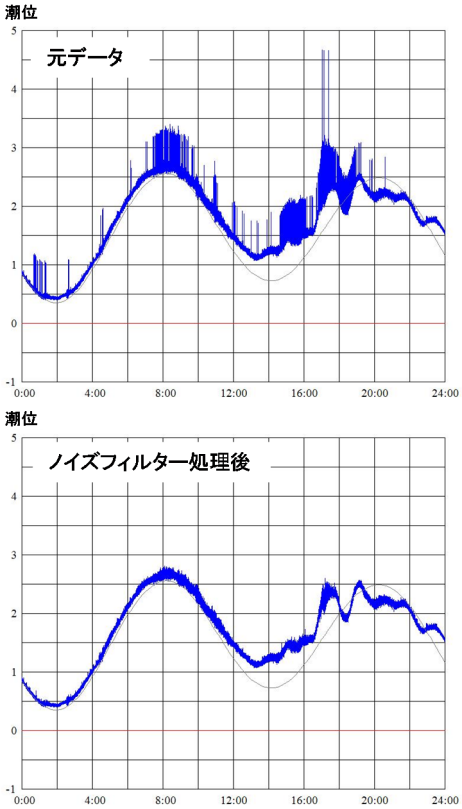


図-4.19　荒天時の潮位時系列（平成 28 年 9 月 20 日）

(4) ノイズ除去と潮位データ処理に関する課題

潮位データ処理は，ノイズを除去してデータ整理を行う必要あるものの，ノイズの発生には，規則性がないという現象があることから，単純に一律に処理できない．このことは，1.3 節で示した従来の方法による潮位観測でも同様である．従来法においても，毎年の検潮記録を潮位月表に整理する際，目視による異常値の判断を行なっている．簡易な観測システムを構築するという観点から，観測施設のみならず，潮位データのノイズ処理方法についても，データ処理手法の効率化と簡素化への対応が課題となる．なお，4.1 節で示したとおり，ノイズ除去方法の検討は，観測機器の設置位置による乱反射の影響への対応とともに，潮位データ処理の効率化手法をあわせて検討していくことが今後の研究課題である．

5. 台風1616号来襲時の潮位変動

観測期間中の平成 28 年 9 月 20 日に，台風が伊勢湾を通過した．荒天時であったものの，潮位，気圧，気温データの取得ができたことから，それらの結果をまとめた．

5.1　潮位変動

図-5.1 には，台風 1616 号の経路図を示す．台風 1616 号は，平成 28 年 9 月 20 日 0 時過ぎに，鹿児島県大隅半島に上陸（中心気圧 955 hpa，最大風速 40 m/s）.午前 11 時頃，高知県室戸岬付近を通過した．その後 13 時半頃和歌山県田辺市付近に再上陸し，17 時過ぎに愛知県常滑市付近に最上陸した（気象庁，2016a）．台風は，17 時から 18 時の時間帯に伊勢湾を通過した．**図-5.2** には，潮位変動の時系列を示している．図中黒線は，本研究による観測値，破線が名古屋検潮所の実測値（名古屋港管理組合の検潮記録），灰色線は，気象庁が推算した天文潮をそれぞれ示す．**図-5.3** には，平成 28 年 9 月 20 日の潮位偏差の時系列結果を示している．観測値の処理は，1 s 間隔のデータを 60 個平均して 1 分平均潮位を求めた．1 分平均潮位データを，カットオフ周期 209 分，透過率 0.5 となるローパスフィルターを施した．フィルター処理後のデータから 1 分間隔にサンプリングして，潮位データの整理を行った．なお，17 時から 17 時 30 分の間の観測値は，欠測であった．**図-5.2** には，観測値と名古屋検潮所の検潮記録を，10 分毎に示している．それぞれの地点は，直線距離で約 500 m の位置にあることから，両地点で比較を行った．平成 28 年 9 月 20 日の 0 時から 21 日の 0 時までの結果をみると，ほぼ同様の海面変動をしていた．

17 時から 19 時にかけては，海面の上下振幅がみられているが，両者ともに同様な変動傾向であった． 12:00 以降から，潮位偏差が高くなり，15 時時点で 49 cm と最大値を示していた．14 時から 16 時の間は，潮位偏差 47 cm から 41 cm の間で推移していた．19 時以降は，潮位偏差が下がっており，20 時から 21 時の間は，-23 cm と，負の方向で最大値を示していた．9 月 21 日 0 時時点では，潮位偏差が 34 cm と偏差が高くなっていた．

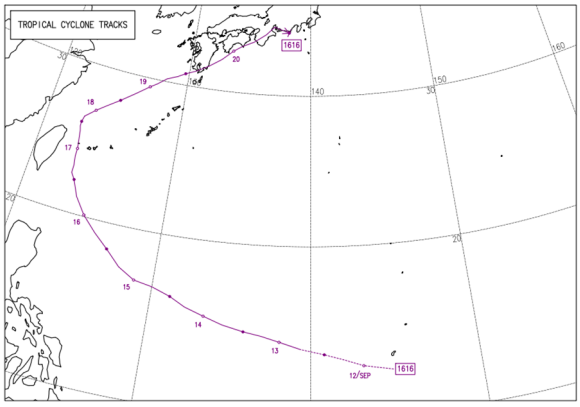
5.2　気圧と気温

図-5.4 に台風通過時における気圧と気温の観測値を，示す．**図-5.5** には，平成 28 年 9 月 20 日 18 時の天気図（気象庁，2016b）を示している．観測地点での気圧は，17 時頃低下しており，台風が名古屋に最接近した時間帯と同様であった．観測地点での気温は，17 時頃に約 4℃程度急激に低下しており，気圧の低下と同じ時間帯に気温が変化していた．

名古屋地方気象台，名古屋港管理組合でそれぞれ観測された気温, 気圧, 風速, 風向の結果を整理した．**図-5.6** には, 名古屋市での海面気圧,気温を示す．**図-5.7** には名古屋港での風向風速の時系列，**図-5.8** には，名古屋市での風向風速の時系列をそれぞれ示している．

名古屋港の風速計は，名古屋港管理組合本庁舎の標高 61.5 m 地点に設置されたものである．図中には，1/7 乗則により地上 10 m 高度の風速に換算した結果を図示した．風向は，高度補正していない結果を示している．

これらの観測結果より，平成 28 年 9 月 20 日の 17 時時点で，気圧が極小値を示していたことから，この時間帯に，台風が名古屋市内に最接近したと考えられる．名古屋の風向は，概ね北系だったものが 14 時には東系に変化し，18 時には北系に戻っていた．最大風速は 18 時に出現している．名古屋港でも，15 時に風向が東系に変わり，16 時に東北東，17 時に南東，18 時北方向と類似の変化をしている．名古屋で，17 時から 18 時にかけて気温が急低下したのは，**図-5.5** に示すように，台風から南西に延びる寒冷前線が通過したためと考えられる．



・出典：気象庁「台風経路図平成 28 年」

図-5.1　台風 1616 号の経路図

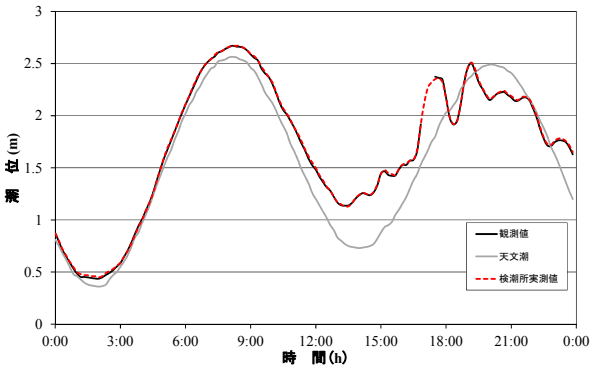


図-5.2　潮位変動時系列の比較

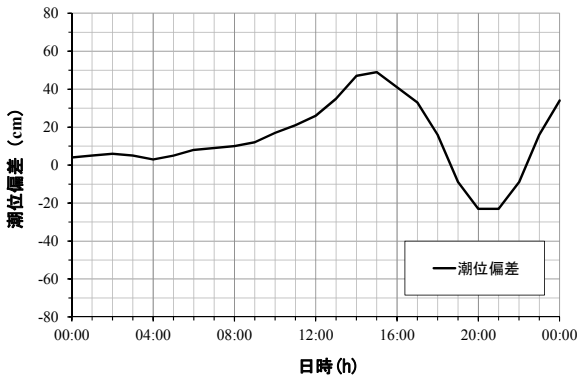
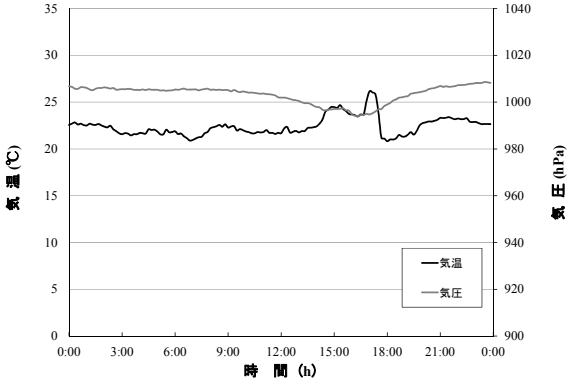
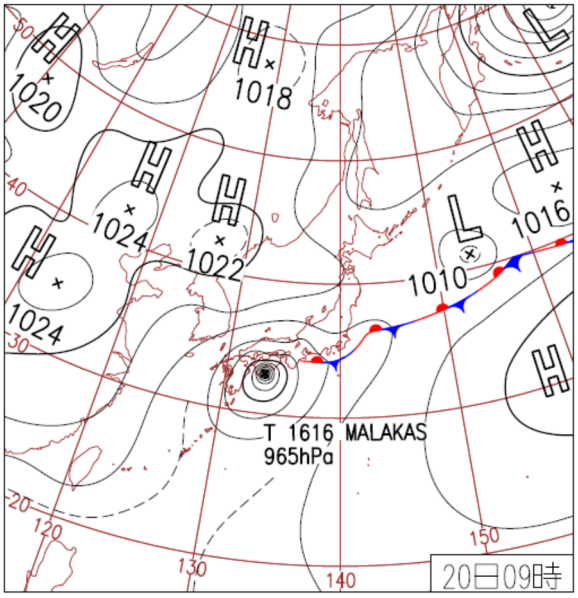


図-5.3　潮位偏差の時系列（観測値）



・名古屋港湾事務所内敷地での観測値を示す.

図-5.4　気温気圧の観測値



出典：気象庁「日々の天気図」

図-5.5　平成 28 年 9 月 20 日の天気図

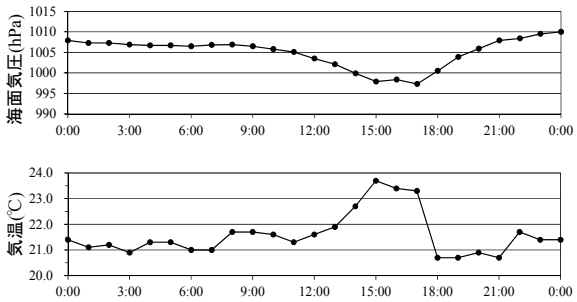
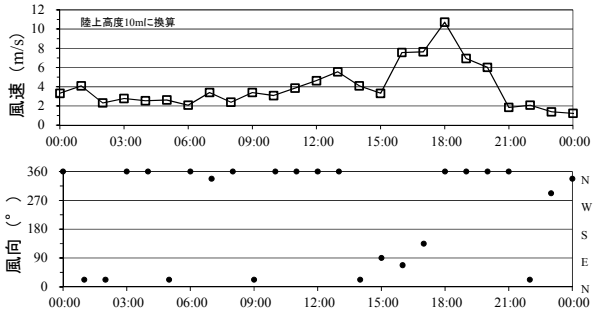


図-5.6　名古屋市の海面気圧，気温（気象庁，2016）



・名古屋港管理組合屋上での観測値，風速は高度 10m に換算.

図-5.7　名古屋港での風向・風速の時系列.

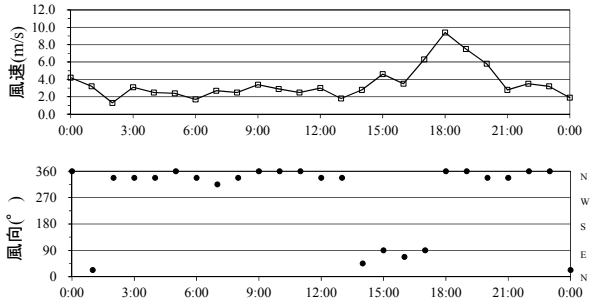


図-5.8　名古屋市の風向・風速の時系列（気象庁 2016）

6. まとめ

本研究では，名古屋港において超音波を使用した潮位の簡易観測に向けた現地試験を行った．現地試験を行う中で，得られた経験を元に，観測機器の設置，保守点検，維持管理，計測手法，データ処理に関する技術的な課題を抽出した．これらの技術的な課題に対し，観測機器の改良，修繕を通じて，いくつかの課題に対して対応策の検討を行なった．台風 1616 号来襲時の潮位変動，気温，気圧のデータを取得した結果，それらは，様々な課題はあるものの，近隣の名古屋検潮所，名古屋市で観測された潮位，気圧，気温と基本的には整合していた．今後の研究課題は，超音波による観測におけるノイズ発生要因の特定，設置場所による影響，他の場所や港湾で設置する場合の留意事項，効率的なデータ処理方法を検討していく必要があると考えられる．

（2017 年 2 月 14 日受付）

謝辞

本研究の実施にあたり，名古屋港管理組合 建設部 技術管理課 関係各位には，名古屋港の潮位記録，風速記録

の情報提供をしていただきました．国土交通省 中部地方整備局 名古屋港湾事務所と名古屋港湾空港技術調査事務所の関係各位には，観測機器設置に関する調整や維持管理・点検の対応についてご協力を賜りました．国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 前沿岸防災研究室長 淺井正氏より，本研究の実施に際してご助言を賜りました．主任研究官 本多和彦氏より，潮位データ整理方法についてご助言，ご協力を賜りました．ここに記して，深くお礼を申し上げます．

参考文献

愛知県（2015）三河湾・伊勢湾沿岸海岸保全基本計画一部変更，平成 27 年 12 月，愛知県 HP，http://www.pref.aichi.jp/uploaded/life/110021_42300_misc.pdf

岡山県(2017) 岡山県地域防災計画（資料編）http://www.pref.okayama.jp/uploaded/attachment/215836.pdfml

気象庁 （2009） 平成 21 年台風第 18 号による三河湾における高潮（10 月 8 日）報告，平成 21 年 10 月 16 日，名古屋地方気象台，http://www.jma-net.go.jp/nagoya/hp/gaiyou/20091016.pdf.

気象庁 (1999) 災害をもたらした気象事例，http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/1999/19990921/19990921.html

気象庁 （2009） 平成 21 年台風第 18 号による三河湾における高潮（10 月 8 日）報告，平成 21 年 10 月 16 日，名古屋地方気象台，http://www.jma-net.go.jp/nagoya/hp/gaiyou/20091016.pdf.

気象庁 （2016a） 台風位置表，http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/typhoon/T1616.pdf.

気象庁 （2016b） 天気図，http://www.jma/jp/g3net.go.jp.

国土交通省（2009）三河港における平成 21 年台風第 18 号高潮によるコンテナ漂流被害調査報告，国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部沿岸防災研究室，http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h21mikawa/h21mikawa.pdf

国土交通省 (2016) 国土交通省災害情報， http://www.mlit.go.jp/saigai/.

国土交通省 (2017) 港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策検討委員会資料，http://www.mlit.go.jp/report/press/port07_hh_000093.html

国土交通省 （2017） 地理院地図 （電子国土 Web），国土地理院，https://maps.gsi.go.jp/

中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会（2008）災害教訓の継承に関する専門調査会報告書（第 2 期報告書），平成 20 年 3 月， http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeishou/rep/1959--isewan TYPHOON/

内閣府（2016）内閣府防災情報のページ http://www.bousai.go.jp/updates/h28typhoon10/pdf/h28typhoon10_24.pdf

永井紀彦・管原一晃・清水康男・高山俊裕 (2001)：超音波空中発射式潮位計の開発，港湾技研資料，No.998，pp.1-14.

広島県（2005）高潮・津波ポータルひろしま，広島県 HP，http://www.takashio.pref.hiroshima.lg.jp/portal/help/haikei_2.html

記号表

h：	潮位	［m］
H：	水準点	

付録A　保守点検と修繕等の対応履歴

平成27年1月19日～22日

・観測機器の設置

観測機器，記録装置を設置．倉庫から橋梁部までの区間は，フェンス沿いにケーブルをころがし配線．検出器は,防波堤法線より約30 cmの位置に設置.設置後，防波堤への音波反射の影響があったため，設置位置の変更を検討.

平成28年3月11日

・検出器の取付け金具交換，観測機器異常の発見

取付け金具を長さ1.3 mから2.2 mに変更し，防波堤法線より海側約70 cmの位置に検出器を設置．当日，観測機器本体部で水位表示の値に異常発見，原因不明.

平成28年4月11日

・観測機器の異常原因の特定.

観測機器動作確認，目視点検により送受波ケーブル，温度計ケーブルの損傷箇所を2か所特定．ケーブルの接続方法，保護方法の検討.

平成28年5月11日

・ケーブル保護修繕の実施，観測開始

ケーブル修繕，保護管設置，潮間帯部分の付着生物除去を実施．潮位，温度，気圧の観測を開始.

平成28年6月22日

・観測機器点検

観測機器の作動，水位の確認，ケーブル等の点検したところ，異常なし.

平成28年7月29日

・観測機器点検

観測機器の作動，水位の確認，外観点検，データ記録カードの取換.

平成28年8月23日～24日

・同時検潮と観測基準面設置

観測基準面設置のため同時検潮，水準測量実施.

平成28年9月21日

・観測機器点検

台風1616号通過後の観測機器作動状況に関する外観点検を実施したところ，異常なし.

平成28年9月27日

・荒天時データ取得，観測機器点検

データ記録カード取換，観測機器の作動，外観ともに損傷，異常なし．簡易マニュアル作成，名古屋港湾事務所で記録カードの交換.

平成28年10月27日

・データ記録カード交換，観測機器点検

データ記録カード取換，観測機器の作動に異常なし.

平成28年12月2日から5日

・停電対応，データ記録カード交換，観測機器点検

名古屋港湾事務所が12月3日停電のため，12月2日16時から5日まで記録を中断．5日にデータ記録カード取換，観測機器の作動に異常なし.

平成28年12月15日

・観測機器の調整（超音波の送受波）

観測機器からの音波を調整．水面から反射して戻ってきた音波をゲイン調整して，ノイズ低減を試みたが明瞭な低減効果が得られなかった.

平成29年1月6日～2月10日

・産業用コンピューター不具合の発生と原因調査

データ記録カード交換時（平成28年1月6日）に，産業用コンピューターに不具合が発生．起動しなくなった．データが，カードに記録されていなかった．コンピューター不具合の要因をメーカに調査依頼．原因は不明.

平成29年1月31日～2月1日

・観測再開と気圧計修繕

産業用コンピューター代替機の設置を行い，観測システムの作動状況，水位表示の値を確認．データの記録状況確認．気圧計ケーブル4本のうち1本が断線していたため，修繕した．観測を2月1日より再開.

平成29年3月中旬

・観測機器の調整（超音波の送受波）

観測機器からの音波を調整. UH-401本体内部の基板に付いている固定抵抗を可変抵抗に変更予定．現地調整は，風の影響，ノイズ規模を視認しながら調整予定.

付録B　観測機器等の写真

写真-B.1 架台設置（左側：取付金具取換後）

写真-B.2 取付架台の設置（港内側より撮影）

写真-B.3 データ記録装置と配線

写真-B.4 超音波検出器，温度計（港外側）

写真-B.5 気圧計（敷地フェンスに設置）

写真-B.6 ケーブル保護（敷地フェンスに設置）

写真-B.7 ケーブル接続部

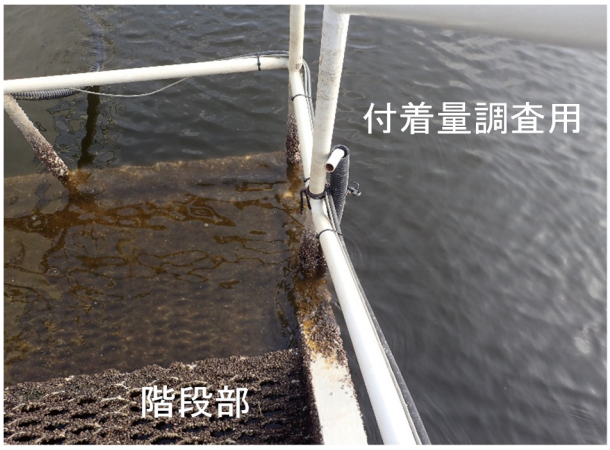


写真-B.8 浮桟橋階段部

写真-B.9 潮間帯でのケーブル保護管

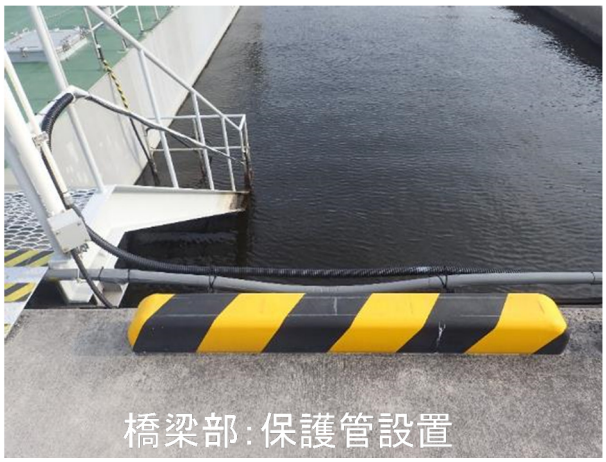


写真-B.10 橋梁部のケーブル設置

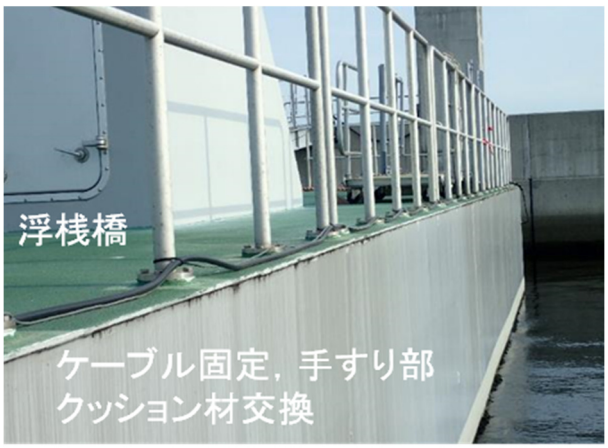


写真-B.11 潮間帯部から浮桟橋部ケーブル保護

写真-B.12 浮桟橋部ケーブル設置

付録C　同時検潮・水準測量・GNSS測量の結果

表-C.1　同時検潮の結果

同時検潮結果（8月23日）

時間	副標(1)		観測値（2）		検潮所(3)	差	
	読み値	NP換算	30秒平均	NP換算		(2)-(1)	(3)-(1)
8:20	2.37	2.34	3.06	2.31	2.32	-0.03	-0.02
8:30	2.37	2.34	3.05	2.32	2.33	-0.02	-0.01
8:40	2.38	2.35	3.03	2.34	2.35	-0.01	0.00
8:50	2.42	2.39	3.01	2.36	2.37	-0.03	-0.02
9:00	2.42	2.39	2.98	2.39	2.39	0.00	0.00
9:10	2.43	2.40	2.99	2.38	2.39	-0.02	-0.01
9:20	2.42	2.39	3.00	2.37	2.37	-0.02	-0.02
9:30	2.41	2.38	3.02	2.35	2.36	-0.03	-0.02
9:40	2.38	2.35	3.05	2.32	2.33	-0.03	-0.02
9:50	2.34	2.31	3.08	2.29	2.30	-0.02	-0.01
10:00	2.32	2.29	3.11	2.26	2.27	-0.03	-0.02
10:10	2.28	2.25	3.14	2.23	2.25	-0.02	0.00
10:20	2.26	2.23	3.17	2.20	2.22	-0.03	-0.01
10:30	2.23	2.20	3.20	2.17	2.18	-0.03	-0.02
10:40	2.17	2.14	3.25	2.12	2.14	-0.02	0.00
10:50	2.13	2.10	3.31	2.06	2.08	-0.04	-0.02
11:00	2.06	2.03	3.37	2.00	2.02	-0.03	-0.01
11:10	1.99	1.96	3.44	1.93	1.95	-0.03	-0.01
11:20	1.93	1.90	3.50	1.87	1.88	-0.03	-0.02
11:30	1.85	1.82	3.58	1.79	1.81	-0.03	-0.01
11:40	1.79	1.76	3.64	1.73	1.75	-0.03	-0.01
11:50	1.70	1.67	3.75	1.62	1.66	-0.05	-0.01
12:00	1.61	1.58	3.83	1.54	1.58	-0.04	0.00
12:10	1.54	1.51	3.89	1.48	1.52	-0.03	0.01
12:20	1.48	1.45	3.94	1.43	1.46	-0.02	0.01
12:30	1.44	1.41	4.00	1.37	1.40	-0.04	-0.01
12:40	1.37	1.34	4.04	1.33	1.34	-0.01	0.00
12:50	1.33	1.30	4.10	1.27	1.28	-0.03	-0.02
13:00	1.28	1.25	4.17	1.20	1.23	-0.05	-0.02
13:10	1.20	1.17	4.21	1.16	1.16	-0.01	-0.01
13:20	1.13	1.10	4.26	1.11	1.09	0.01	-0.01
13:30	1.09	1.06	4.33	1.04	1.04	-0.02	-0.02
13:40	1.05	1.02	4.36	1.01	1.00	-0.01	-0.02
13:50	1.03	1.00	4.39	0.98	0.97	-0.02	-0.03
14:00	1.00	0.97	4.41	0.96	0.94	-0.01	-0.03
14:10	0.97	0.94	4.44	0.93	0.92	-0.01	-0.02
14:20	0.94	0.91	4.48	0.89	0.89	-0.02	-0.02
14:30	0.92	0.89	4.49	0.88	0.87	-0.01	-0.02
14:40	0.89	0.86	4.52	0.85	0.85	-0.01	-0.01
14:50	0.89	0.86	4.52	0.85	0.84	-0.01	-0.02
15:00	0.89	0.86	4.53	0.84	0.84	-0.02	-0.02
15:10	0.90	0.87	4.51	0.86	0.85	-0.01	-0.02
15:20	0.93	0.90	4.50	0.87	0.87	-0.03	-0.03
15:30	0.94	0.91	4.47	0.90	0.89	-0.01	-0.02
15:40	0.97	0.94	4.45	0.92	0.91	-0.02	-0.03
平均						-0.02	-0.01

＊BMに水面測定用の副標（1）を設置した．副標（リボンロッド）のメモリは，5mをBMの高さにセット．観測値（2）：現地試験による値，検潮所（3）：名古屋港検潮記録速報値（名古屋港管理組合）

表-C.2　水準測量の結果

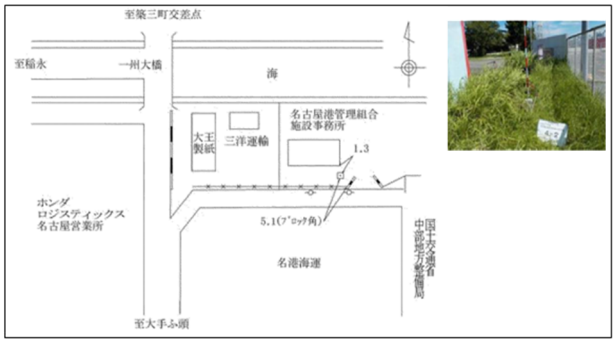
基準：N.P.
単位：m

観測年月	水準点			4-2 →H	H
	点名	高さ（m）	成果種類		
2016.8.24	4-2	4.5966	1級 2015.11	0.3885	**4.9851**

表-C.3　水準測量の履歴

基準：N.P.
単位：m

点名	高さ(m)	距離	備考
4-2	4.5966	135m（水準測量時の距離測定による）	2015.11成果
H	4.9851		
ＢＭ1（港内側）	4.973		
検出器　0位	5.374		

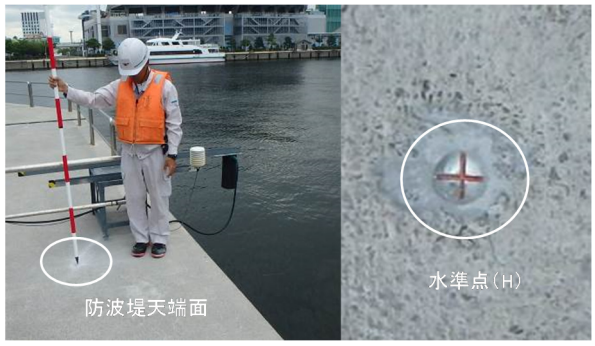


*所在地：名古屋市港区築地町2，位置：名古屋港管理組合旧施設事務所敷地内．

備考：石杭．

図-C.1　取付水準点（4-2）位置図

写真-C.1 検出器の0位の位置



*所在地：名古屋市港区築地町2，位置：名古屋港湾事務所防波堤天端面上．

備考：測量鋲．

図-C.2　水準点（H）の位置

表-C.4　測量使用機器一覧表

名　称	形式	単位	数量
1級 GNSS 測量機	トプコン GB-1000GD	台	1
1級水準儀 電子レベル	ﾄﾘﾝﾌﾞﾙﾅﾋﾞｹﾞｰｼｮﾝ DiNi0.3	台	1
1級水準標尺	カールツァイス LD13	組	1
自動レベル	ﾆｺﾝ・ﾄﾘﾝﾌﾞﾙ AS-2	台	1
ステンレス直尺	30cm，JIS1 級：500mm 以下で±0.15mm	本	1
リボンロッド	20m，JIS1 級：5m で±5.2mm	本	1

表-C.5　GNSS 測量の方法

測量方法	ＧＮＳＳスタティック測量
測量機器	1 級ＧＮＳＳ測量機
観測日	平成 28 年 8 月 24 日
観測時間	2 時間 14 時 9 分～16 時 16 分
観測設定	データ取得間隔　30 秒 最低高度角　15° 最小衛星数　４個
与点	電子基準点（甚目寺，名古屋，知多）
計算条件	セミ・ダイナミック補正パラメータ（2016）

水準点「H」において，GNSS 測量により水準点の楕円体高及び標高を求めた．目的は，地盤変動を考慮した高さの管理を行うこと，震災等で検潮所が被災を受けた際に，迅速に復旧するための高さ関係を明確にするためである．

表-C.6　GNSS 測量の結果(1)

単位：m

観測年月	電子基準点		位置（元期）	
	点名	成果種類	X	Y
2016.8.24	甚目寺 名古屋 知多	2011	-100,610.590	-26,506.613

表-C.7　GNSS 測量の結果(2)

単位：m

楕円体高			標高①（N.P.）	直接水準測量結果	差①−②
F3解による結果	今期	元期		標高②（N.P.）	
41.531	41.506	41.400	4.995	4.9851	0.010

*国土地理院電子地図を参考にして作成．GNNS 測量の与点 3 点の位置を示す．

図-C.3　電子基準点位置図

付録D　台風1616号の気象・海象状況

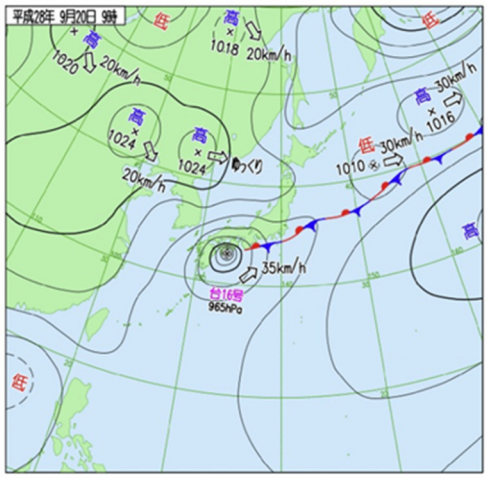


図-D.1　天気図　9 月 20 日 9 時

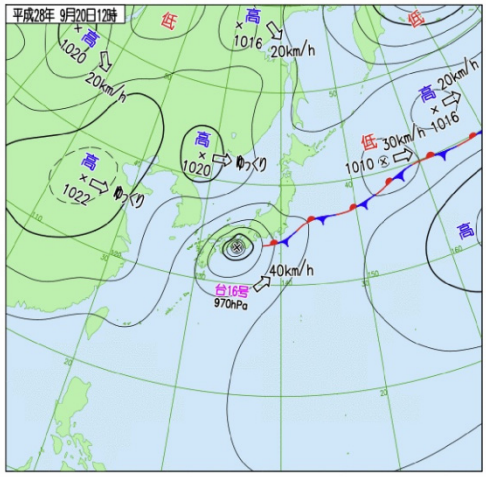


図-D.2　天気図　9 月 20 日 12 時

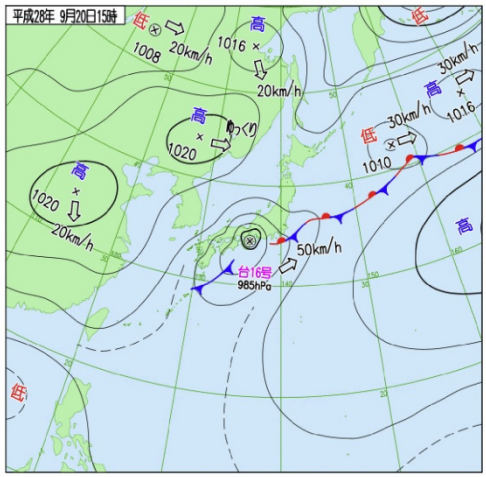


図-D.3　天気図　9 月 20 日 15 時

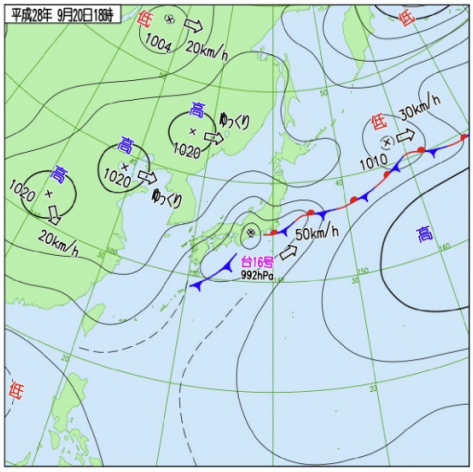


図-D.4　天気図　9 月 20 日 15 時

・出典：気象庁「実況天気図」平成 28 年 9 月 20 日，21 日

表-D.1　台風 1616 号の潮位偏差

日時	観測値（cm）	予報潮位（cm）	潮位偏差（cm）
2016/09/20 00:00	85	81	4
2016/09/20 01:00	51	46	5
2016/09/20 02:00	42	36	6
2016/09/20 03:00	60	55	5
2016/09/20 04:00	100	97	3
2016/09/20 05:00	156	151	5
2016/09/20 06:00	210	202	8
2016/09/20 07:00	249	240	9
2016/09/20 08:00	266	256	10
2016/09/20 09:00	258	246	12
2016/09/20 10:00	229	212	17
2016/09/20 11:00	187	166	21
2016/09/20 12:00	146	120	26
2016/09/20 13:00	121	86	35
2016/09/20 14:00	120	73	47
2016/09/20 15:00	133	84	49
2016/09/20 16:00	157	116	41
2016/09/20 17:00	193	160	33
2016/09/20 18:00	219	203	16
2016/09/20 19:00	226	235	-9
2016/09/20 20:00	226	249	-23
2016/09/20 21:00	218	241	-23
2016/09/20 22:00	201	210	-9
2016/09/20 23:00	179	163	16
2016/09/21 00:00	147	113	34

観測値:　フィルター処理した1時間値
予報潮位　（天文潮位）　気象庁，名古屋
潮位偏差:　観測値-予報潮位
緑の網掛け:　正の最大偏差発生時
桃色の網掛け:　負の最大偏差発生時

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 959　　March 2017

編集・発行　©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは
〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課　電話:046-844-5019
E-mail:ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp