

特集「高潮防災情報の改善に向けて」

副振動監視システムについて*

岡田 良平**・江上 浩樹***

要 旨

平成 22 年度からの沿岸防災業務強化の一環として、副振動の監視を強化するため、全国的に展開することとなった副振動監視システムについて解説する。このシステムの導入により、副振動の発生を現業当番者にアラームで知らせ、適切なタイミングで潮位情報を発表できるようになることが期待される。

1. はじめに

潮位の変動の中に、数分から数 10 分程度の周期で海面の高さが変動する副振動と呼ばれる現象がある。Nakano and Unoki (1962) は、日本国内の港湾等で発生する副振動について調査し、それらのうちいくつかは沿岸に破壊的被害をもたらすことを示した。また、Monserrat *et al.* (2006) は、津波と同じ周波数帯の海洋長波が大気の大気擾乱等によって励起され、世界各地の沿岸に被害をもたらした例を示し、その発生機構について考察した。このように、副振動は大きなものになると急激な潮位の変動やそれに伴う激しい潮流で港湾設備や港内に係留された船舶への被害、低地での浸水などを引き起こすことがある。1979 年 3 月に長崎港で発生した副振動では長崎検潮所で観測した最大全振幅が 278cm に達し、長崎港周辺や五

島列島では、低地の浸水害をはじめ、係留した船舶の流失、沿岸施設の破損、漁船の転覆被害などが発生した。また、2004 年 3 月 1 日に発生した副振動は枕崎検潮所で最大全振幅が 160cm に達し、枕崎港や甕島では船舶の係留索が切れる被害や漁船の転覆被害などが発生した(志賀ほか, 2007)。さらに 2009 年には、2 月に九州西岸で、7 月に九州北部を中心に振幅の大きな副振動が発生し、漁船の転覆や家屋への浸水などの被害の様子が全国ニュースで報道されたのは記憶に新しい。

副振動の発生機構については、Hibiya and Kajiura (1982) が 1979 年 3 月に長崎で発生した事例について数値実験を行い、東シナ海上を東進する微気圧振動によって生ずる海洋長波が数段階の増幅過程や共鳴過程を経て 278cm もの振幅に

* Seiche Watching System

** Ryohei Okada

Office of Marine Prediction, Global Environment and Marine Department (地球環境・海洋部海洋気象情報室)

*** Hiroki Egami

Oceanographical Division, Nagasaki Marine Observatory (長崎海洋気象台海洋課)

達する過程を示したが、個々の事例については発生機構や発達の過程について未解明な部分が多く、現在の技術では副振動の発生を予測することは困難である。そのため、副振動による災害を防ぐためには担当気象官署で潮位を監視し、副振動の振幅が大きくなると潮位情報を発表して広く国民に注意を促すことで対応しているが、副振動は突発的に振幅が大きくなることがあるため、適切なタイミングで潮位情報を発信するために、潮位の急変を逃さず捉えることが必要となる。通常、潮位の監視は各気象官署のアデス端末で行っているが、アデス端末の潮位表示ソフトウェアは、潮位の急変に対するアラーム機能を備えていないこと、最新の潮位を確認するためにはその都度画面を更新する必要があることから、他の現業作業と並行して副振動を常時監視することは難しく、副振動の発生に気づくのが遅れるケースも見られた。

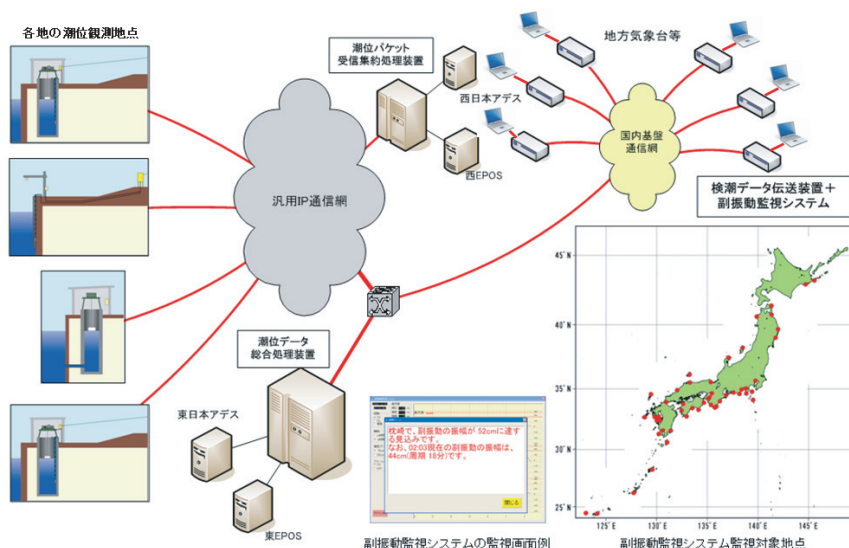
こうした状況を改善するため、長崎海洋気象台は平成 19 年度業務改善プロジェクトとして副振動監視システム（以下、「監視システム」）を開発し、同気象台及び鹿児島地方気象台での試行を経て改良してきた。2009 年 2 月 24 日深夜から翌朝にかけて九州地方の広い範囲で副振動が発生した

際には、長崎検潮所と枕崎検潮所の潮位の変動をいち早く捉え、長崎海洋気象台と鹿児島地方気象台でそれぞれ潮位情報を適切なタイミングで発表する際にその威力を発揮した。そして今般、沿岸防災業務強化の一環として、副振動の監視を強化するため、監視システムを全国的に配置することとなった。

本論文では、以下第 2 章で監視システムの機能の概要、第 3 章で監視システムのセットアップ、第 4 章で監視システムの使用方法、第 5 章で監視システムにおけるデータ処理、第 6 章で利用上の注意点について述べる。

2. 監視システムの概要

監視システムは、潮汐観測担当官署に設置した検潮データ伝送装置（島田・野崎，2002 参照）から分岐出力されている潮位データを取り込み、リアルタイムで時系列表示し、潮位や潮位の変動幅があらかじめ設定した値を超えた場合にアラームで知らせるものである。また、潮位データに障害情報が含まれていた場合、アラームで知らせるとともにその内容を表示するものである。潮位観測地点から監視システムまでのデータの流れの概念図を第 1 図に示す。



第 1 図 副振動監視システムの接続概念図

各潮位観測地点で観測した潮位データは、汎用 IP 通信網を経て気象庁本庁に伝送され、さらに国内基盤通信網を経て各気象官署に設置された検潮データ伝送装置、副振動監視システムに伝送される。

監視システムは、副振動が多く発生する海域の潮位観測地点を管轄する全国 23 か所の気象官署に 2010 年（平成 22 年度）に設置し、試行を行っている。1 官署につき気象庁所管の潮位観測地点最大 5 か所までの潮位を監視することができ、監視する潮位観測地点は本庁において潮位データ総合処理装置の設定を変更することにより追加、変更が可能である。監視システムの設置官署及び監視する潮位観測地点を第 1 表に示す。

なお、監視システムの運用には、検潮データ伝送装置付属品のノート型の Windows パソコンを使用している。

第 1 表 副振動監視システムの設置官署及び監視する潮位観測地点

1 官署あたり気象庁所管の潮位観測地点 5 地点までの監視が可能である。

担当海台等	設置官署名	監視対象地点(最大5か所)				
		東京	岡田	三宅島		
本庁	予報部予報課					
函館	釧路地方気象台	花咲	釧路			
	青森地方気象台	深浦	下北	八戸		
神戸	盛岡地方気象台	宮古	大船渡			
	静岡地方気象台	石廊崎	内浦	清水港	御前崎	舞阪
	津地方気象台	四日市	鳥羽	尾鷲		
	大阪管区気象台	大阪	淡輪			
	和歌山地方気象台	和歌山	白浜	串本	浦神	
	徳島地方気象台	小松島				
	高知地方気象台	室戸岬	高知	土佐清水		
	松山地方気象台	松山	宇和島			
	長崎	長崎海洋気象台	長崎	口之津	福江	対馬比田勝
	下関地方気象台	下関				
長崎	熊本地方気象台	三角	苓北			
	宮崎地方気象台	日向白浜	油津			
	鹿児島地方気象台	鹿児島	枕崎	種子島	奄美	
	沖縄気象台	那覇				
舞鶴	石垣島地方気象台	石垣	与那国			
	舞鶴海洋気象台	舞鶴				
	松江地方気象台	浜田	西郷			
	鳥取地方気象台	境				
	金沢地方気象台	能登				
	新潟地方気象台	佐渡				

3. 監視システムのセットアップ

3.1 必要なハードウェア

基本的に、シリアルポートを備えた Windows PC であれば動作する。前章で述べたとおり、現在各官署において監視システムに使用しているノート型の Windows パソコン (Intel CeleronM プロセッサ 430 (動作周波数 1.73GHz), 2 次キャッシュ 1MB, ATI RADEON XPRESS 200M チップセット, メモリ 512MB 搭載) と同等以上のスペックであれば、動作することを確認している。

3.2 セットアップ上の注意

- (1) 監視システムは、常駐プログラムの自動起動やプログラムの自動アップデートなどによる動作の遅延を防ぐため、ネットワークには接続しないこと (スタンドアローン) とし、パソコンを初めて立ち上げる際のセットアップ時に、セキュリティソフトを「無効」に設定する。
- (2) Windows の「コントロールパネル」において、電源の設定は、常に ON となるようにする。以下 (3) ~ (5) の設定も「コントロールパネル」で行う。
- (3) スクリーンセーバーの設定は「なし」にする。
- (4) シリアルポートを伝送速度 2400bps, データビット 8, パリティなし, ストップビット 1, フロー制御なしに設定する (検潮データ伝送装置等の分岐出力の伝送速度が 2400bps でない場合は、分岐出力の伝送速度と同じ値に設定する)。
- (5) 内蔵時計を検潮データ伝送装置の時計と合わせておく。時計の狂いが大きくなると、推算潮位と実測潮位の時刻にずれが生じて潮位偏差が正確に表示されなくなる。また、スタンドアローンのため自動時刻更正是行われない。

3.3 検潮データ伝送装置との接続

RS-232C クロスケーブル (Dsub9 ピンメス - Dsub9 ピンメス) を使用して、監視システムに用いる PC のシリアルポートと検潮データ伝送装置背面のシリアルポートを接続する。接続した状態の例を第 2 図に示す。検潮データ伝送装置のメニュー「分岐出力設定」で、COM2 (Dsub9 ピン)

の設定を 2400bps（官署によっては潮位データを部外機関に分岐しており，分岐先の伝送速度に合わせて 1200bps の場合がある），ON（分岐出力をする），CH=6（全 5 チャンネル専用フォーマットで出力）に設定する．伝送速度を変更した場合は，変更後の設定を有効にするために検潮データ伝送装置受信処理部を再起動する必要がある．



第 2 図 副振動監視システム（上）と検潮データ伝送装置（下）の接続例

両者のシリアルポートを RS-232C クロスケーブル（Dsub9 ピン，メスーメス）で接続する．

3.4 インストール

(1) 監視システム用パソコンのハードディスクに任意のフォルダを作成する．

(2) 前項で作成したフォルダに以下のファイルを置く．

- tidemonitor.exe プログラム本体（Microsoft Visual Basic 6.0 により開発し，実行形式ファイルとしたもの）

- suisYYYY.SS 該当地点・年の推算潮位データ（YYYY：年，SS：地点記号，必ず当該年の推算潮位データファイルが必要なため，毎年年末までに翌年の推算潮位データを上記（1）で作成したフォルダに置くこと）

- Seiche_Alarm_Config.txt 設定ファイル

- notify.wav アラーム音の音声ファイル（設定ファイル内でファイル名を変更可能）

(3) C:\Windows\system32 フォルダに MSCOMM32.OCX（ActiveX コントロール）を置く．

3.5 設定ファイル

設定ファイル“Seiche_Alarm_Config.txt”をテキストエディタにより編集することによって，官署ごと，観測地点ごとに表示する潮位時系列の配色やアラーム音等の諸設定ができる．監視システムを使用する官署には，各技術指導官署である海洋気象台等が各地点の潮汐の特性や高潮警報・注意報基準に合わせた設定ファイルを作成して配布する．

設定ファイルの例を第 3 図に示す．設定項目は，以下のとおりである．

(1) プログラムのバージョン

プログラムのバージョン番号を記入する．将来のプログラムのバージョンアップによる設定項目の変更に備えたもの．

(2) 官署名

設置官署名を記入する．

(3) 通信機器名

監視システムがシリアルポートから潮位データを取得する際の接続先の機器名を記入する．現在は全官署で検潮データ伝送装置からデータを取得している．


```
# 副振動監視システム設定ファイル
#
プログラムのバージョン,      20081209
官署名,      鹿児島地方気象台
通信機器名,  検潮データ伝送装置
伝送速度,    2400
表示地点数,  3
##
#          以下の*印の項目は、各官署で使い易い値に設定して構わない。
#          それ以外の項目については、技術指導担当官署から指示する設定値を使用すること。
#
#          *          *          *          *
#          地点名 記号  TP-DL  TP-CDL  注意報  警報  高潮  副振動  偏差  副振動  潮位表示
#          #          #          #          #          #          #          #          #          #          #
#          地点1, 鹿児島, KG, 195, 133, 190, 270, 180, 40, 25, 25, 600
#          地点2, 枕崎, MK, 243, 123, 190, 270, 180, 50, 25, 13, 600
#          地点3, 種子島, TJ, 373, 114, 200, 300, 190, 40, 25, 16, 600
#          地点4, , , -9, -9, -9, -9, -9, -9, -9, -9, -9
#          地点5, , , -9, -9, -9, -9, -9, -9, -9, -9, -9
#
アラーム音声ファイル名,      notify.wav
#
#          表示色の設定
数値色,      &HFFFFFF&
数値背景色,  &H000000&
実測潮位色,  &H00FFFF&
推算潮位色,  &HFFFF00&
注意報基準色, &H0000FF&
警報基準色,  &H0000FF&
グラフ地点名色,&HFFFFFF&
グラフ数値色, &HFFFFFF&
グラフ太軸色, &HA0A0A0&
グラフ細軸色, &H505050&
グラフ背景色, &H000000&
#
#以下は旧アデス風の色設定
#数値色,      &HFFFFFF&
#数値背景色,  &H000000&
#実測潮位色,  &H00FFFF&
#推算潮位色,  &HFFFF00&
#注意報基準色, &H0000FF&
#警報基準色,  &H0000FF&
#グラフ地点名色,&HFFFFFF&
#グラフ数値色, &HFFFFFF&
#グラフ太軸色, &HA0A0A0&
#グラフ細軸色, &H505050&
#グラフ背景色, &H000000&
```

第3図 設定ファイルの例

基準面等に変更がある場合は、技術指導を担当する海洋気象台等で変更し、現地官署に配布する。ファイルの内容変更はテキストエディタで行う。

(4) 伝送速度

潮位データを取得するシリアルポートの伝送速度 (bps) を記入する。

(5) 表示地点数

監視システムで潮位を監視する観測地点数 (最大5地点) を記入する。

(6) 地点名

監視システムで潮位を監視する観測地点名を前項 (5) で設定した地点数分記入する。

(7) 地点記号

各観測地点の略号 (英数字2文字) を記入する。

(8) TP-DL

各観測地点の観測基準面の標高の正負を反転させた値を cm 単位で記入する。なお、「TP」とは東京湾平均海面 (標高の基準)、「DL」とは観測基準面のことである。

(9) TP-CDL

各観測地点の潮位表基準面の標高の正負を反転させた値を cm 単位で記入する。なお、「CDL」とは潮位表基準面のことである。

(10) 高潮注意報基準

各観測地点所在地の高潮注意報基準の標高を cm 単位で記入する。

(11) 高潮警報基準

各観測地点所在地の高潮警報基準の標高を cm 単位で記入する。

(12) 高潮アラーム

各観測地点の高潮アラームを作動させる潮位の標高を cm 単位で記入する。

(13) 副振動アラーム

各観測地点の副振動アラームを作動させる副振動の全振幅を cm 単位で記入する。

(14) 偏差アラーム

各観測地点の偏差アラーム（表示の背景色が変わるだけでポップアップ画面は表示されない）を作動させる潮位偏差を cm 単位で記入する。

(15) 副振動卓越周期

各観測地点の副振動の卓越周期を分単位で記入する。各観測地点の副振動の卓越周期については、担当する海洋気象台において、過去に発生した各月の最大の副振動から、発生頻度の最も高い周期を選び出して決定した値である。

(16) 潮位表示レンジ

各観測地点の潮位をグラフ表示する際の最大値と最小値の差を cm 単位で記入する。

以上のうち、(12) 高潮アラーム、(13) 副振動アラーム、(14) 偏差アラーム、(16) 潮位表示レンジ（設定ファイル上で“*”印のついた項目）については、各官署の実状に合わせて値を変更することが可能である。

なお、観測基準面、潮位表基準面など各基準面の詳細については、海洋観測指針（第2部）第5章「潮汐観測」5.5「基準面」の項（p.44, 45）を参照のこと。

4. 監視システムの使用方法

監視システムの各画面の表示内容及び使用方法について説明する。

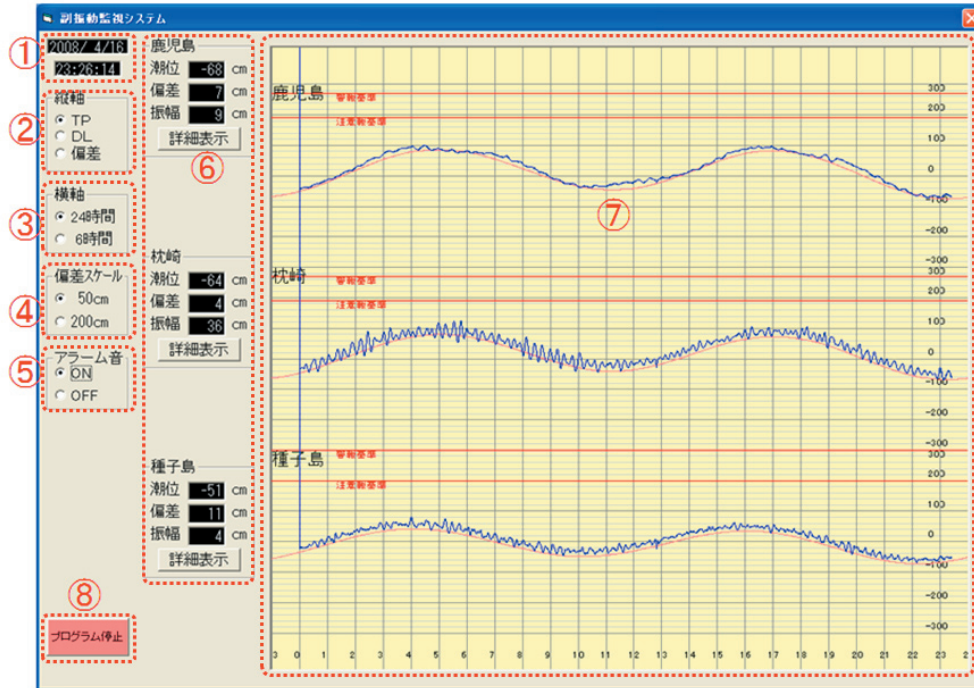
4.1 プログラムの起動

監視システムのプログラムは、“tidemonitor.exe”をダブルクリックすることにより起動する。プログラムが起動すると主画面が表示される。

4.2 主画面（第4図）

主画面の表示内容について以下に述べる。

- ①ここに内蔵時計の日時を表示する。監視システムでは、時刻処理は内蔵時計で行うため、時計の狂いがおおむね1分以内となるよう、定期的にコントロールパネルから時刻合わせを行う。
- ②時系列表示(⑦)の縦軸を「TP 上潮位」（デフォルト）、「DL 上潮位」, 「偏差」のいずれかから選択する。潮位は、「TP 上潮位」を選択した場合は標高で、また「DL 上潮位」を選択した場合は観測基準面上の値で表示される。また「偏差」を選択した場合は、縦軸のスケールがデフォルトで±50cm となって潮位偏差（実測潮位と推算潮位との差）が表示される。
- ③時系列表示(⑦)の横軸のスケールを「6 時間」, 「24 時間」（デフォルト）のいずれかから選択する。
- ④縦軸ボタン(②)で「偏差」を選択時、潮位偏差がデフォルトのスケール(±50cm)からスケールアウトする場合などのために、「偏差スケール」を±200cm に切り換えることができる。
- ⑤アラーム音鳴動の ON/OFF を設定する。
- ⑥地点ごとの潮位、潮位偏差、副振動の振幅を表示する。「潮位」は②で選択した基準面（TP 又は DL）上の値で表示される（毎秒更新）。②で偏差を選択した場合は、その前に選択していた基準面（TP 又は DL）上の値で表示される（毎秒更新）。「振幅」は各時点で確定している最新の一波の全振幅の実測値である（毎正分の30秒後（0:30, 1:30, 2:30, …）に更新）。全振幅が求められない場合は「---」を表示する。それぞれの値が設定ファイルで指定したアラームのしきい値を超えると背景色が赤くなる。表示する地点数は設定ファイルで指定できる（最大5地点）。また、「詳細表示」ボタンをクリックすると、各地点の詳細表示画面が開く（第4.3節参照）。
- ⑦この窓に潮位又は偏差の時系列グラフを表示する。デフォルトでは推算潮位がピンク、実測潮位が青、高潮警報・注意報基準が赤で表示される。②で「偏差」を選択した場合、高潮警報・注意報基準は表示されない。グラフの色や縦軸



第4図 主画面
主画面は起動後にデフォルトで表示される。

のスケールは設定ファイルで変更できる。直前の正時から次の正時までのグラフはCPUの負荷を軽くするため、00秒、15秒、30秒、45秒の潮位データを描画している。また、グラフをスクロールする際の描画を速くするため、直前の正時より過去の分のグラフについては毎正分の潮位データを用いて描画している。時系列グラフは1時間ごとに左にシフトする。

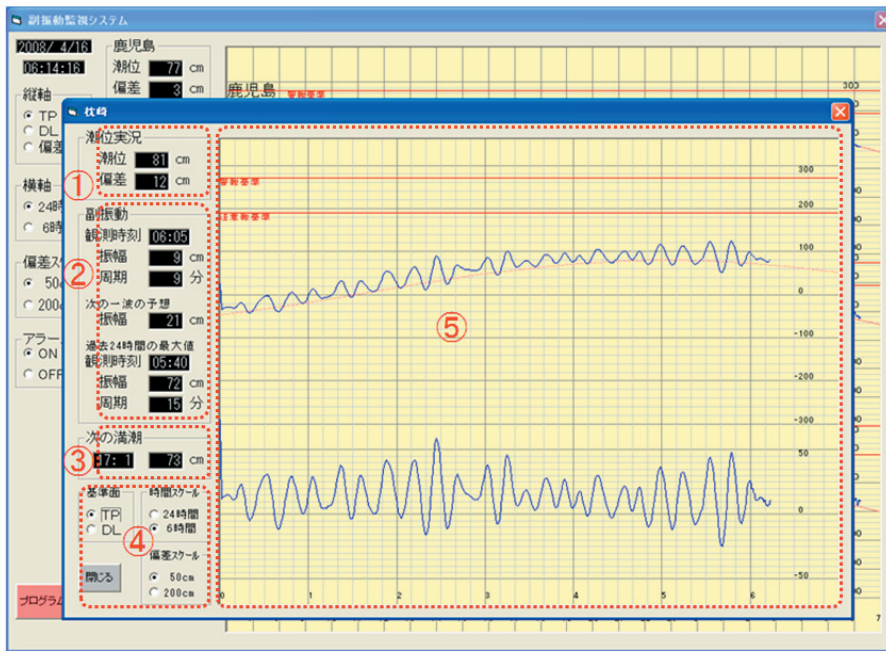
⑧このボタンでプログラムを停止する。再起動するには、あらためて“tidemonitor.exe”を実行する。

4.3 詳細表示画面 (第5図)

- ①潮位 (TP 上又は DL 上) と偏差が表示される。
- ②副振動の詳細な状況が表示される (毎正分の30秒後に更新)。「観測時刻」は直近の副振動の一波の山又は谷の観測時刻、「振幅」は直近の副振動の一波の全振幅、「周期」は直近の副振動の一波の周期である。全振幅が求められな

い場合は観測時刻に「--時--分」、振幅・周期に「---」を表示する。「次の一波の予想」は偏差の二乗平均平方根 (Root Mean Square, RMS) から予測される振幅 (第5.2節参照)。「過去24時間の最大値」は過去24時間内に観測した振幅の最大値を表示する。

- ③「次の満潮」は現在時刻より後の直近の満潮時刻と潮位を表示する (毎正分の20秒後に更新)。潮位は後述 (④) で指定した基準面 (TP 又は DL) 上の値である。
- ④基準面、軸のスケールの選択及び「閉じる」ボタンの使い方は主画面と同じである。
- ⑤この窓に潮位 (上段) 及び偏差 (下段) の時系列グラフを表示する。デフォルトでは推算潮位がピンク、実測潮位が青、高潮警報・注意報基準が赤で表示される (設定ファイルにより色の変更が可能)。縦軸のスケールは設定ファイルにより変更可能である。時系列図は1時間ごとに左にシフトする。



第 5 図 詳細表示画面

主画面から各地点の「詳細表示」ボタンをクリックすることで表示される。

4.4 アラーム画面 (第 6 図)

潮位や海面の変動幅がアラーム作動の条件を満たした場合、又は潮位データに特殊情報 (第 2 表) が付加されていた場合、アラーム音で注意を促すと同時に、起きている現象をポップアップウィンドウに表示する。「閉じる」ボタンを押すとポップアップウィンドウが閉じ、アラーム音が止まる。「閉じる」ボタンを押すまでポップアップウィンドウは開いたままだが、新たにアラームが作動する状況が発生した場合は表示内容が更新される。

なお、ポップアップウィンドウに表示される条件と内容は以下のとおりである。

- (1) 海面の変動幅が設定値を超えたとき (第 6 図 (a))

条件：偏差の時系列グラフにおいて直前の山もしくは谷からの変動幅が設定ファイルの「副振動アラーム」で指定した値を超えたとき。

表示内容：「〇〇で、海面の変動が△△ cm に達しました。」(〇〇は観測地点名)

- (2) 潮位が高潮注意報基準に近づいたとき

条件：潮位が設定ファイルの「高潮アラーム」

で指定した値を超えたとき

表示内容：「〇〇の潮位が、TP 上△△ cm に達しました。高潮注意報基準まであと□□ cm です。」

- (3) 潮位が高潮注意報基準を超えたとき

条件：潮位が設定ファイルの「高潮注意報基準」で指定した値を超えたとき。

表示内容：「〇〇の潮位が、高潮注意報基準を△△ cm 超えています。」

- (4) 潮位が高潮警報基準を超えたとき

条件：潮位が設定ファイルの「高潮警報基準」で指定した値を超えたとき。

表示内容：「〇〇の潮位が、高潮警報基準を△△ cm 超えています。」

- (5) 障害を検知したとき (第 6 図 (b))

条件：潮位データに障害を表す特殊情報が付加されていたとき。

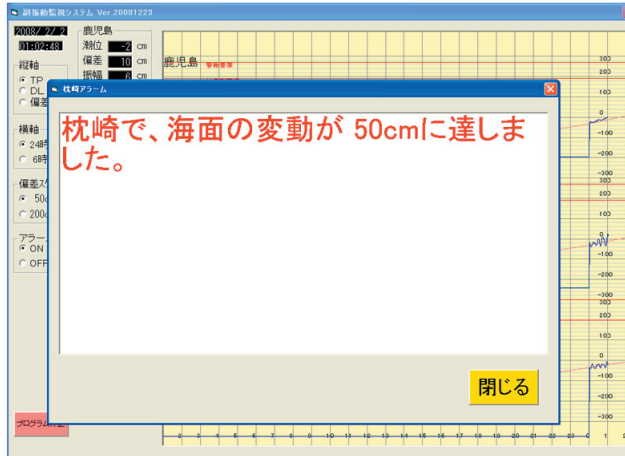
表示内容：「 障害情報
発生場所：〇〇
発生時刻：△△時△△分
障害種類：□□ 」

第 2 表 副振動監視システムで表示する特殊情報と情報内容

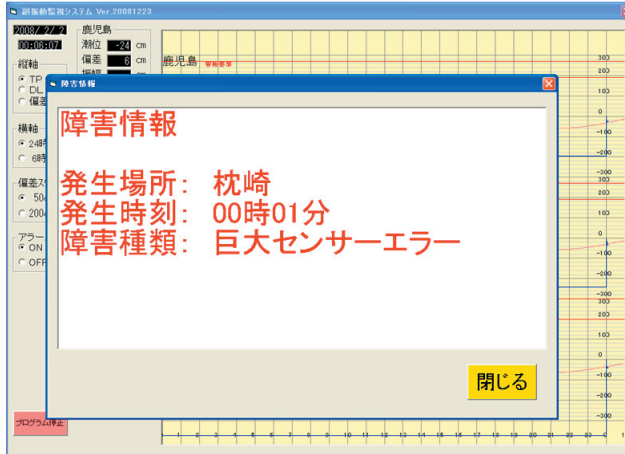
各潮位観測地点に設置した「津波データ送信装置」が出力する特殊情報を副振動監視システムで受信してポップアップウィンドウに表示する。

特殊情報	情報内容	備 考
0xD	超20m	巨大津波観測計が観測基準面上20mを超える津波を観測した
0xC	超10m	巨大津波観測計が観測基準面上10mを超える津波を観測した
0xB	巨大センサーエラー	巨大津波観測計に障害が発生している
0xA	検潮儀エラー	検潮所に障害が発生している
0x9	津波観測計エラー	津波観測計に障害が発生している
0xF	充電器故障+停電	検潮所が停電し、かつ充電器が故障している
0x8	停電	検潮所が停電している
0x7	充電器故障	検潮所の充電器が故障している
-	欠測	受信タイムアウトが発生している

(a)



(b)



第 6 図 アラーム画面

- (a) 海面の変動が設定値を超えた場合の表示例
- (b) 障害情報を受信した場合の表示例

アラーム作動の条件を満たすかどうかの判定は副振動、高潮、特殊情報いずれも毎秒行っている。副振動に関するアラームは、潮位の変動が設定値に達すると鳴動し、2 回目は設定値+10cm で鳴動する。3 回目以降は+20cm ごとに鳴動する（例えば副振動アラームの設定値が 60cm の場合、アラームは 60cm, 70cm, 90cm, 110cm, 130cm…で鳴動する）。ただし、副振動に関するアラームは、確定している最新の全振幅が設定値を 10cm 以上下回ると履歴がリセットされる。

高潮及び特殊情報に関するポップアップウィンドウが閉じられると、同一の現象に対するアラームは次の正時まで表示されない（障害については、たとえ障害の種類が変化しても同一とみなされる）。アラーム作動の条件を満たす現象が数時間にわたる場合、2 回目以降のアラームは毎正時に表示される。

アラームが作動すると、「Messageout.log」にその内容が記録される。このファイルは本プログラムを置いているフォルダと同じフォルダ内にある。

4.5 利用上の注意点

前述と重複する項目もあるが、監視システムの利用上の注意点をここにまとめて述べる。

- (1) 内蔵時計は自動更新されないため、時刻のずれがおおむね 1 分以内となるよう、定期的に時刻合わせを行うこと（時刻のずれが大きくなると、潮位偏差が正確に求められなくなる）。
- (2) 副振動に関する潮位情報を発表する際に監視システムに表示される最大全振幅及び周期を使用する場合は、必ず観測値を使用することとし、「次の一波の予想」は参考値のため潮位情報には使用しないこと。
- (3) USB メモリを接続する際は、必ずウイルスチェック済みのものを使用すること。監視システムで使用するノート型パソコンはネットワーク接続しないことを前提としており、セキュリティプログラムを無効としている。そのため、推算潮位データの書き込みやログファイルの取り出しなどで USB メモリを接続する際は、特に注意が必要である。

5. 監視システムにおけるデータ処理

5.1 使用するデータ

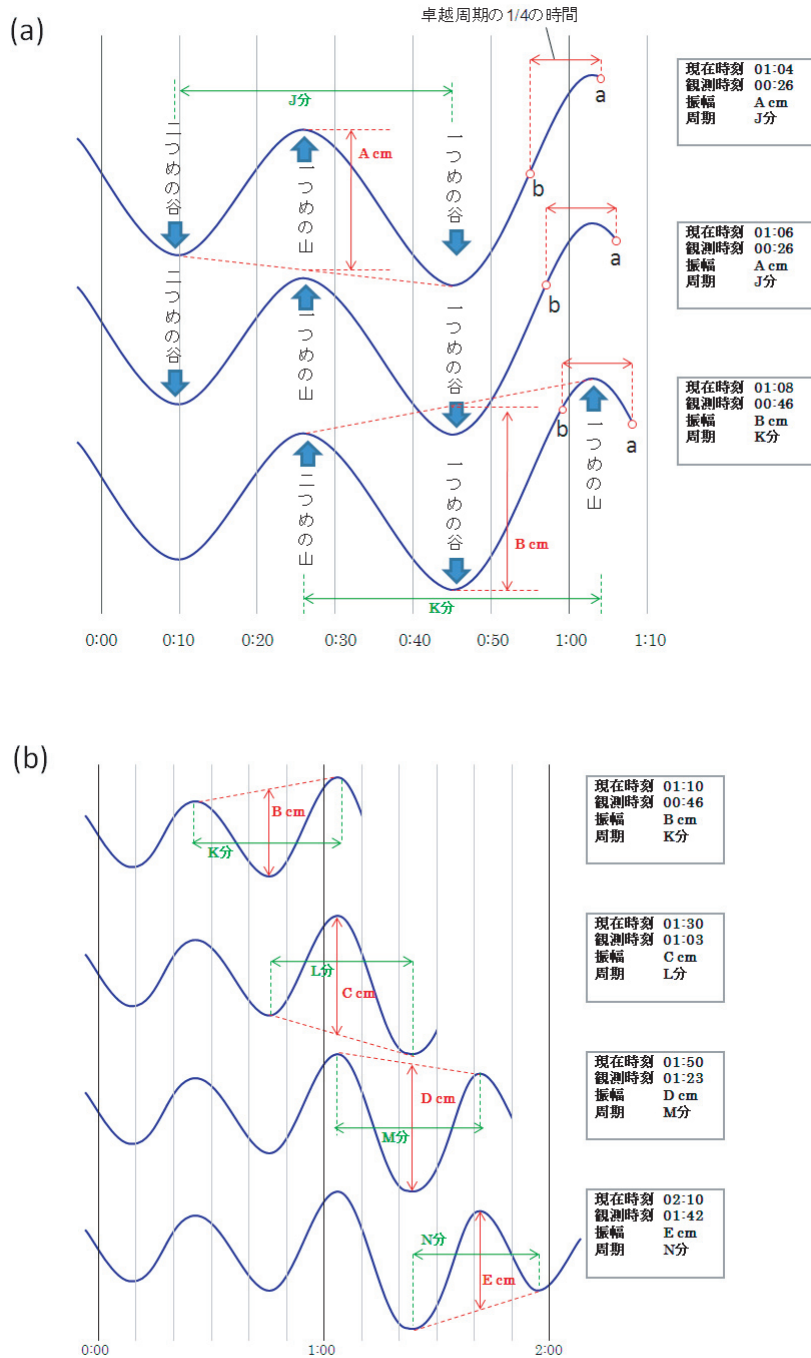
監視システムで使用している潮位データは、検潮データ伝送装置からシリアルポートを通して毎秒受信する最大 5 地点分の潮位と特殊情報から成る。観測時刻など情報は含まれていないため、潮位データを受信したときの内蔵時計の時刻をそのデータの観測時刻として処理している。

5.2 副振動の全振幅と周期の求め方

監視システムでは毎秒取得したデータのうち、副振動の全振幅と周期を求めるため、毎分（毎正分の 30 秒後）の潮位偏差を過去 5 時間分、メモリ内に保存している。最新の全振幅は、潮位偏差データを過去に遡って直近の谷・山・谷もしくは山・谷・山から求めるが、前者と後者のどちらで求めるかは、現在の潮位偏差が谷を越えて上昇中か、山を越えて下降中かで決まる。この判定には「現在の潮位偏差が設定ファイルで与えられた副振動の卓越周期の 4 分の 1 だけ遡った時刻の潮位偏差と比較して高いか低い」という条件を用いている。高い場合は谷・山・谷、低い場合は山・谷・山から全振幅を求めている。

潮位偏差の波形には湾や港に固有の周期で振動する副振動の波形以外にも、小さい振幅でもっと短い周期の波形が現れることがよくある。副振動の全振幅を求める際の山・谷の極値を決定するためには、これら短い周期の山・谷を除外する必要がある。副振動の山・谷を求める具体的手順は以下のとおりである（第 7 図）。

- (1) 現在の潮位偏差と卓越周期の 4 分の 1 遡った時刻の潮位偏差を比較する。
- (2) 現在時刻の潮位偏差の方が高い（低い）場合、時間を遡りながら毎分の潮位偏差を比較し、初めの極小（極大）を探す。
- (3) 初めの極小（極大）を見つけたらこれを仮の極小（極大）とする。
- (4) 仮の極小（極大）から更に副振動の卓越周期の 4 分の 1 だけ時間を遡り、仮の極小（極大）より小さな（大きな）値が見つからなければ、前項 (3) で求めた仮の極小（極大）を初めの



第7図 全振幅と周期の求め方の概念図

(a) 現在の潮位 (図中“a”), 設定ファイルで与えられた卓越周期の1/4の時間だけ遡った時刻の潮位 (図中“b”)を比較し, bがaより低ければ (1, 2段め) データを遡って一つめの谷, 一つめの山, 二つめの谷を探す. 一つめの谷と二つめの谷を結ぶ直線に一つめの山から下ろした直線の長さがその時の全振幅となり, 一つめの谷と二つめの谷の時間差がその時の周期となる. bがaより高ければ (3段め) データを遡って一つめの山, 一つめの谷, 二つめの山を探し, 同様に全振幅と周期を求める.

(b) 以下同様の作業を繰り返して, 刻々と変化する全振幅と周期を求める.

谷（山）とする。

- (5) 前項 (4) でより小さな（大きな）値が見つかった場合は、その値を新たに仮の極小（極大）とし、より小さな（大きな）値が見つからなくなるまで (4) の作業を繰り返す。
- (6) 初めの谷（山）が決定したら、上記 (2) ~ (5) の手順で山（谷）、二つめの谷（山）を求め、副振動の全振幅と周期を決定する。周期は、全振幅を求める際の山（谷）の前後の谷から谷（山から山）までの時間である。

5.3 「次の一波の予想」全振幅の求め方

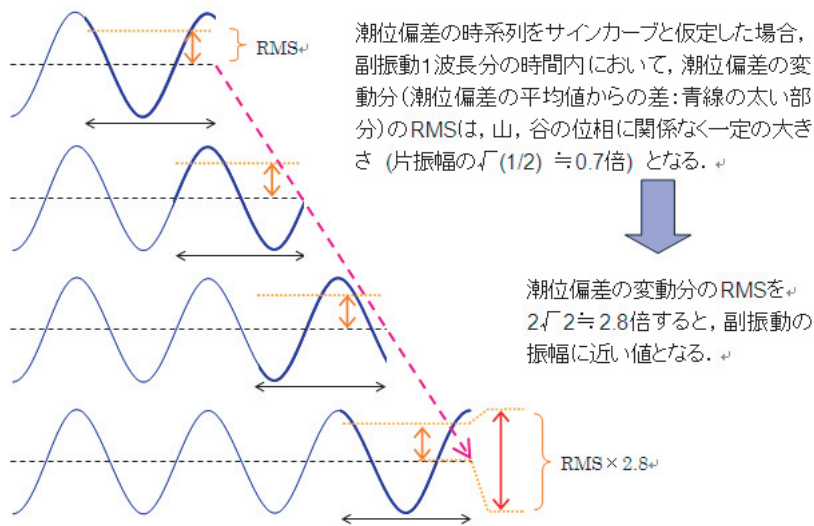
副振動による潮位変化をサインカーブと仮定した場合、副振動の固有周期（サインカーブ1波長分）に相当する時間内においては、副振動の位相（山、谷）に関係なく潮位偏差の変動分（潮位偏差の平均値からの差）のRMSを約2.8倍した値が副振動の全振幅とほぼ等しくなる（第8図）。このことから、直近の固有周期分の時間内における潮位偏差の変動分のRMSを毎分求め、その2.8倍の値を全振幅の予測値として表示する。本

手法の精度については岡田（2008）も参照願いたい。

なお、設定ファイルで与えられた卓越周期より長い周期の副振動が発生した場合、この予測値は過小に算出されることがあるため、参考値としての利用に止め、アラームには利用していない。

6. まとめ

監視システムの開発に際しては、2008年から2009年にかけて、長崎海洋気象台及び鹿児島地方気象台で管轄する潮位観測地点のデータを用いて、監視システムで表示される副振動の振幅・周期やアラームの作動状況について検証を行ってきた（岡田，2008）。その結果、アラームの作動タイミングは潮位情報を適切なタイミングで発表するために有効であり、また画面に表示される副振動の全振幅、周期も妥当な値であることが確認された。その後、アラームの作動タイミングをより早くするため、潮位偏差の直前の山又は谷からの変動幅をアラーム作動の判断に用いるようプログラムに改良を加え、その効果を確認した。監視シ



第8図 「次の1波の予想」全振幅の求め方の概念図

潮位偏差の時系列をサインカーブと仮定した場合、副振動の固有周期（サインカーブ1波長分）の潮位偏差の変動分（潮位偏差の平均値からの差）のRMSは、波の位相に関係なく片振幅の約0.7倍となり、全振幅はRMSの約2.8倍の値となる。

システムは 2010 年夏から各設置官署において順次試行運用に入っており、保守点検・障害対応要領等が整い次第本運用に入る予定である。現在、監視システムでは気象庁所管の潮位観測点のデータしか扱うことができないが、将来的には部外機関のデータを含め、共有されている潮位データを一元的に監視することを検討している。

謝辞

監視システムの開発に際し、運用方法の検討、プログラムの改善要望のとりまとめ、障害発生時のログファイル取得等で、長崎海洋気象台、鹿児島地方気象台の関係者には多大なご協力をいただきました。この場をお借りして、厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- Hibiya, N. and K. Kajiura (1982) : Origin of the ABIKI phenomenon (a kind of seiche) in Nagasaki Bay. *J. Oceanogr.*, 38, 172-182.
- Monserrat, S, I. Vilibic, and A. B. Rabinovich (2006) : Meteotsunamis: atmospherically induced destructive ocean waves in the tsunami frequency band. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 1035-1051.
- Nakano, M. and S. Unoki (1962) : On the seiches (the secondary undulations of tides) along the coasts of Japan. *Rec. Oceanogr. Works Japan, Special No.* 169-214.
- 岡田良平 (2008) : 副振動監視システムの現業運用. 平成 20 年度福岡管区気象研究会誌(CD-ROM 版).
- 志賀 達・市川真人・楠元健一・鈴木博樹 (2007) : 九州から薩南諸島で発生する潮位の副振動の統計的調査. *測候時報*, 74, 特別号, S139-S162.
- 島田俊昭・野崎 太 (2002) : 検潮 (潮汐観測, 津波観測) システムの概要と潮汐データの利用. *測候時報*, 69, 特別号, S97-115.