

GPS 波浪計津波観測情報提供システムの構築について

菊地 洋二*・元水 佑介**・齋田 和成***・林 寿史****

* (一財) 沿岸技術研究センター 調査役

** (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

*** 前 国土交通省 中部地方整備局 港湾空港部 沿岸域管理官

**** 前 国土交通省 中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所 調査課長

中部地方整備局では、沖合波浪観測のために3基のGPS波浪計を設置している。GPS波浪計は、通常時は沖合波浪を観測するが、津波発生時には副次的に沖合の津波高を検知することが可能である。この特性を生かして、観測した津波高を沿岸に到達する前にいち早くリアルタイムでメール配信するシステムを構築した。この「GPS波浪計津波観測情報提供システム」は、中部地方整備局管内の港湾管理者・自治体防災担当部署等を配信先として稼働しており、配信された津波観測情報を基に津波防災活動に寄与している。

キーワード：GPS波浪計，潮位偏差，津波警報・注意報，津波防災，メール配信

1. はじめに

GPS波浪計は、全国に18基(2015年現在)が設置されており、中部地方整備局管内では、静岡御前崎沖、伊勢湾口沖、三重尾鷲沖の3基が稼働している(図-1)。2011年3月11日、東日本大震災当日に津波第1波をとらえた岩手南部沖GPS波浪計(釜石沖)の観測データを受けた気象庁が、津波警報の予想津波高を直ぐに更新するという経過があり、GPS波浪計の津波検知効果が一般に認識される事例となった。

GPS波浪計は、沿岸から20km程度沖合の海面に浮かぶブイの上下揺を、GPSで連続的に測位するものである。測位データは、リアルタイムにブイから沿岸の陸上局に伝送され、そこから通信回線等で観測局を経由(あるいは衛星回線によって二重化)して神奈川県久里浜にある観測センターに集約される。観測センターからの情報提供形態として、現在は①一般ユーザー向けにインターネットを介して波浪情報を提供する「リアルタイムナウファス」、②特定ユーザー向けに津波波形データを追加した「GPSWeb」、③気象庁・地方整備局等への観測データ配信、が行われている。

中部地方整備局では、これらの提供形態に加え、GPS波浪計の津波検知情報をいち早く利用者の手元に配信するための有効な手段として、メール配信による「GPS波浪計津波観測情報提供システム」を構築した。

本報告では、中部地方整備局管内の港湾管理者・自治体防災担当部署等のニーズを踏まえて、GPS波浪計の津波観測情報を津波防災にリアルタイムに活用でき、避難指示・避難誘導等の防災活動を支援するシステムの構築内容について報告する。なお、本システム

は、2013年度に構築したシステム¹⁾に機能追加してシステム改良したものである。

なお、GPS波浪計の観測情報は、GPSで測位した水位データから波浪成分・天文潮を除去した潮位偏差で表わされ、観測センターから1秒ごとの数値データとして受信するものである。



図-1 GPS波浪計の配置(中部地方整備局管内)

2. 津波観測情報の配信の考え方

2.1 利用者ニーズの把握

本システムの構築にあたっては、システム利用者として中部地方整備局管内の港湾管理者及び防災担当部署(静岡県、愛知県、三重県、名古屋市、名古屋港管理組合、四日市港管理組合)、行政機関(名古屋地方気象台、第四管区海上保安本部、中部地方整備局)、学識経験者等の参画を得て委員会を運営し、検討を進めた。

システム構築で重要なことは、利用者のニーズを的確に把握することである。2014年度に委員会メンバーに

宛てたアンケートでは、利用者の多数が賛成する点としては、次の点が挙げられた。

- ・津波の第1波の情報は、わかりやすい内容、文面で取得したい。
 - ・最初の第1波の観測情報だけで十分とは思わない。
 - ・現状3基の波浪計の配信数は適切な量である。
 - ・今後も、有事を想定した試験実施を望んでいる。
- 一方で、利用者のニーズが一致しない次のような点もみられた。
- ・情報内容を防災活動に活用できるかどうか？
 - ・最初の観測情報以外に何を望むか？最大値か？
 - ・全地点の観測情報を配信してもよいか？
 - ・配信情報を事前に選択できる機能は必要か？

2.2 配信の基本的考え方

上記の利用者のニーズを踏まえて、GPS波浪計の津波観測情報をメール配信するにあたって必要となる基本的な考え方を以下のようにまとめた。

- ①いち早く津波を検知できること。
- ②津波の規模、押し波・引き波を想定できること。
- ③津波の継続・終息を判断できること。
- ④対象とするGPS波浪計は中部管内の3基とすること。
- ⑤配信システムの稼働状態を監視できること。

①は2013年度に構築したシステムの基本機能であり、津波警報・注意報が発表されてから、沖合で観測した潮位偏差が±30cmを超えた場合に配信するものである。②はこの第1報以降に有効な続報として、どのような情報をどのタイミングで発信するかを検討する。③津波警報・注意報が解除されるまでに、どのような情報を継続するかを検討する。④は利用者のニーズと他地域のGPS波浪計の設置状況を勘案して、配信の対象とする波浪計を検討する。⑤は津波警報・注意報が発表された際に、配信対象とするGPS波浪計の観測情報が正常に取得されている必要があり、それらを監視する方法を検討する。

これらの事項を満足する機能を備えることを目指して、2013年度に構築したシステムの改良を検討した。システム改良の詳細を次節で述べる。

3. 津波観測情報提供システムの構築

3.1 津波観測情報の配信内容

(1) 津波警報・注意報の発表時（第0（ゼロ）報）

GPS波浪計津波観測情報提供システムでは、次の2点をトリガーとして自動的にメール配信される。

- ①気象庁が津波警報あるいは注意報を発表している。
- ②GPS波浪計が既定のしきい値を超える潮位偏差

を観測する。

本システムでは、気象庁の津波情報を自動的に取得する機能を持っており（トリガー①）、この時点で実質的な配信の準備段階に入ったことになる。本システムの利用者は、地震情報に続く津波情報を取得した段階で、以降の津波第1波の沖合到達（トリガー②）を待つことになる。2013年度のシステムでは、利用者はいきなり第1報を受けようになっていたが、本システムでは、気象庁の津波情報発表時に「第0報」を配信して、利用者の喚起を促すように開始する。「第0報」の配信内容は、次の2点である（図-2）。

- ・気象庁から津波警報・注意報が発表されたこと。
- ・配信対象のGPS波浪計が正常に稼働していること。

GPS波浪計の稼働状態を利用者に周知することは、利用者が津波の沖合到達を待っているにも拘わらず、波浪計やシステムの異常で第1報が届かないことと実際に津波が到達していないことの混同を避ける意味で重要な機能と考えられる。

【GPS波浪計】津波観測情報
 気象庁より津波警報が発表されました。

状態監視情報
 静岡御前崎沖 GPS 波浪計 観測中
 伊勢湾口沖 GPS 波浪計 欠測中
 三重尾鷲沖 GPS 波浪計 観測中
 (以下省略)

図-2 第0報の配信文面

【〇〇GPS波浪計】津波観測情報
 気象庁より津波警報が発表されました。
 〇〇GPS波浪計で±30cmを超える津波を観測しました。

観測地点： 〇〇GPS波浪計
 観測時間： 〇〇時〇〇分
 観測高さ： +〇.〇m (押し)
 ※沖合いのGPS波浪計で観測した津波は、一般的に水深の浅い沿岸域での高さが3倍～5倍以上となる恐れがあります。
 ※なお、GPS波浪計で観測されたものは津波以外に高潮などの影響による場合がありますので、気象庁より発表される津波情報を確認ください。

詳しい観測情報
 リアルタイムナウファス (下記URL)
 ・PC版
 ⇒<http://www.mlit.go.jp/kowan/nawphas/>
 ・携帯版
 ⇒<http://nowphas.mlit.go.jp/>
気象庁サイト
 気象庁 防災気象情報 津波情報 (下記URL)
 ⇒<http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/>

※このメールには返信できません
 問合せ先：国土交通省中部地方整備局
 港湾空港部 海洋環境・技術課
 〇〇〇-〇〇〇-〇〇〇〇

図-3 第1報の配信文面

(2) 第1しきい値超えの配信 (第1報)

GPS波浪計が既定の第1しきい値を超過した潮位偏差を観測した場合に、第1報として配信する(図-3)。

第1しきい値の設定で注意すべきは、小さ目のしきい値ではGPS測位に関わる測位誤差や台風や低気圧等による気圧低下による潮位上昇の影響を受け易く、その結果として誤報となる確率が高まる。一方、大き目のしきい値では津波注意報クラスの比較的小さな津波を見逃す確率が高まる。これらを勘案して2013年度に検討した結果、第1しきい値を±30cmに設定している¹⁾。なお、しきい値判定に用いる潮位偏差は、1秒ごとの数値を1分間平均したものである。

2014年度は、配信文面に改良が加えられ、「しきい値」という言葉が判りづらいため「超える」という表現にした。

(3) 第2しきい値以降の配信 (第2報以降)

第2しきい値以降の配信として、どのような潮位偏差に対してどのようなタイミングで配信するかが問題となる。利用者のニーズや委員会で議論となった点に基づき、以下のような配信ルールを設定した(図-4)。

- ・津波の規模がわかるように、第1しきい値より大きな潮位偏差になる場合に第2しきい値と第3しきい値を段階的に設定する。本システムでは、第2しきい値を±1.0m(沿岸での津波高3mを想定)、第3しきい値を±1.5m(沿岸での津波高5mを想定)とした。
- ・第1波が引き波(マイナスの潮位偏差)の場合にも、-30cm, -1.0m, -1.5mを超えた場合には配信する。これは、その後の押し波でも30cmを超える津波が来襲する恐れがあること、係船している船の動揺に注意する必要があること、水門の構造によっては引き

波で影響を受ける場合があること等に対応したものである。

- ・±30cm, ±1.0m, ±1.5mを最初に超えた時点が初動対応に必要な情報となるが、その後、繰り返しその値を超えても再配信しない。第1波よりも第2波が大きい場合にも、一度超えたしきい値は再配信しない。
- ・津波波形の変化は配信しない(波形のピーク値を特定しない)。これは、メール配信のテキスト情報では煩雑になる恐れがあるため、配信文面にリアルタイムナウファスのURLを表示して、そちらの波形の閲覧に利用者を誘導するようにした。

(4) 定時配信

上記のしきい値による配信とは別に、定時の配信を行う。定時配信の目的は、津波警報・注意報がまだ解除されていないこと、まだ津波を検知中であり終息していないこと、GPS波浪計が観測を継続していること、を利用者に認識してもらうことである(図-5)。定時配信の配信時間は、第0報以降1時間間隔で行うこととした。

津波が来襲してある時間を経過した後は、沿岸での津波挙動は、沿岸地形や水深等の影響を受け反射波が支配的になる。したがって、定時配信では観測した潮位偏差の数値は表示しないこととした。

(5) 津波注意報の解除時(配信終了)

津波警報・注意報の発表時に第0報で開始した津波観測情報提供システムは、津波注意報の解除時に配信を終了する。

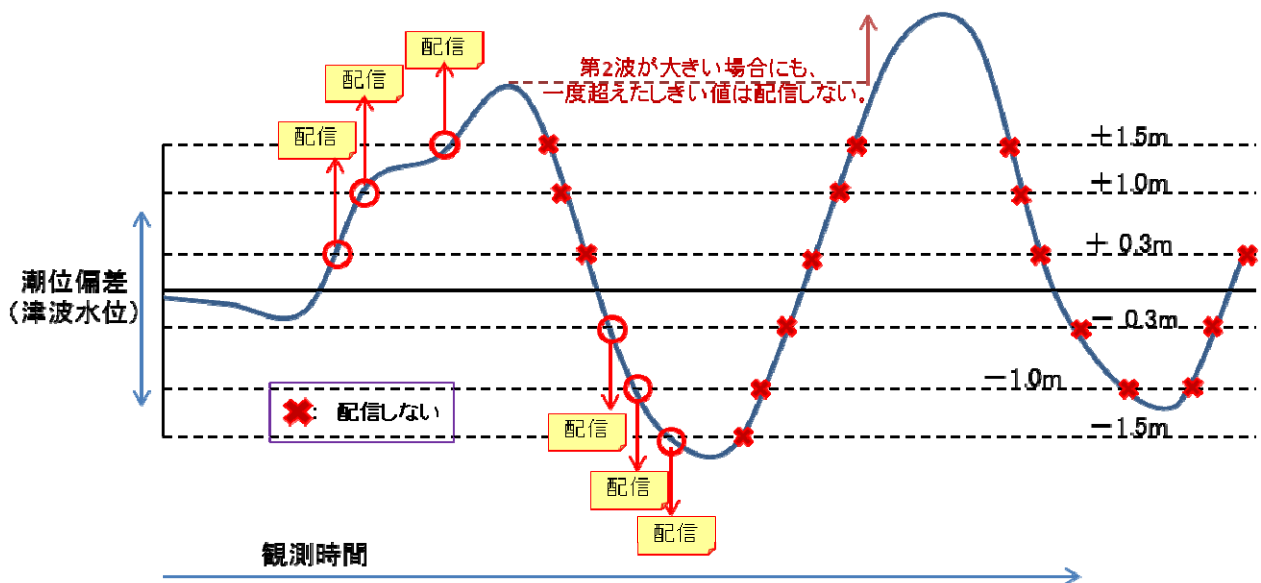


図-4 第2しきい値以降の配信イメージ

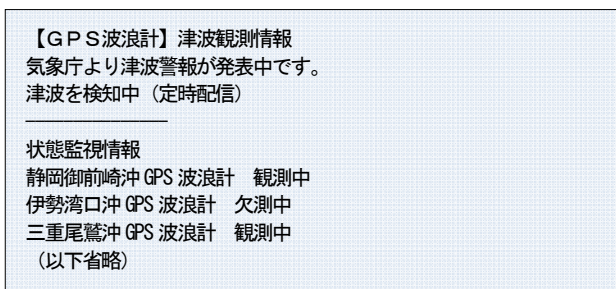


図-5 定時配信の配信文面

3.2 配信対象の波浪計の選択

本システムは、中部地方整備局管内で稼働する3基のGPS波浪計を対象としているが、利用者の活用方法や地域上の理由から、配信対象の波浪計を選択する機能を持たせている。

ただし、利用者の意見聴取では、できるだけ広い地域の観測情報を取得して津波の状況を把握したいとする意見もある。現在のところ、隣接する他の地方整備局管轄のGPS波浪計の観測情報を共有化する具体的な動きはないが、技術的には可能な機能と考えられる。

3.3 GPS波浪計の状態監視情報

本システムでは、①GPS波浪計観測データに関する状態監視、②サーバー機等装置に関する状態監視、の2つの状態監視を行っている。状態監視に異常があった場合には、システム管理者にメール送信されるようになっている。

4. GPS波浪計津波観測情報の留意点

GPS波浪計津波観測情報は、早期津波検知の観点から有用なシステムであり、その配信システムが防災活動に有効に利用されることが期待されるが、機能上・運用上でいくつか留意する点があるので、ここで整理しておく。

○沖合 20km、水深 100～400m 程度の海域にあるGPS波浪計がとらえた津波による潮位偏差は、沿岸に向かって進行すると3～5倍以上の津波高になる。

この基本的な特性を十分に理解して観測情報を利用する必要がある。

○GPS衛星により位置情報を測定しているため、電離層の状態や衛星の位置等によっては、欠測や異常値が生じる可能性がある。また、低気圧や台風の通過時には、気圧低下による海面の吸い上げ効果で潮位偏差が上昇することがある。これら津波以外の影響で、しきい値超えることがあるので注意が必要

である。

○GPS波浪計の観測情報を提供するシステムは、中部地方整備局の他に、東北地方整備局、四国地方整備局でも稼働している。観測情報の取得方法等は同じであるが、しきい値、配信文面、定時配信等の配信内容はそれぞれ独自に構築したものであることに注意が必要である。

○上記の制約等があるため、本システムの利用者は関係自治体・行政機関・国直轄事務所等に限定されている。利用者には随時説明会などで内容の理解を得たうえで利用するように周知を図っており、第三者にメール転送することのないように注意が必要である。

○利用者のニーズとして津波高や到達時間に関する予測情報が求められているが、現時点では「気象業務法」の制約があり、今後の課題となっている。

本システムは、2014年度にシステム改良を行い、中部地方整備局管内の港湾管理者および防災担当部署（静岡県、愛知県、三重県、名古屋港管理組合、四日市港管理組合）、行政機関（名古屋地方气象台、第四管区海上保安本部、中部地方整備局）に配信している。

最後になりますが、本システムの検討・構築にあたって、「沖合波浪観測システムの利活用に関する検討委員会」（委員長・水谷法美名古屋大学大学院教授）をはじめ、関係各位のご指導・ご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 合田 和弘・菊地 洋二・齋田 和成・林 寿史：GPS波浪計を活用した津波防災について、沿岸技術研究センター論文集No. 14, pp. 9～12, 2014.