

GPS 波浪計を活用した沖合波浪観測網の構築について

The System of Offshore Wave Monitoring Network by GPS Buoy system

鈴木史朗*・宮島正悟**

SUZUKI Shiro and MIYAJIMA Shogo

* (財) 沿岸技術研究センター 波浪情報部 主任研究員

** 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 所長

Installation of the GPS Buoy is planned to improve existing nationwide ocean wave information network, which provides valuable maritime information for various purposes such as planning of port facilities, structure design, construction management and maintenance, etc. Not only this system will make the wave information more accurate than ever, in case of earthquake this system is expected to monitor Tsunami prior to the arrival at the coast, and to deliver Tsunami information to those organizations concerned. This paper describes the outline of the Offshore Wave Network by GPS Buoy system and the development plan of the observation center.

Key Words: GPS Buoy, GPS-RTK, GPS satellite, tsunami, NOWPHAS, COMEINS

1. はじめに

GPS 波浪計とは、海上に係留されたブイなどの小型浮体に、GPS 受信機や各種センサーを搭載し、水面変動や風向・風速などの観測を行う装置である。GPS 波浪計は、固定点における GPS 測位に基づく補正データを必要とするため、離間 20km 以内（現時点の制限）にある陸上局と常時無線交信する。さらに、海上で得られた観測データは陸上局に送信される。図-1 にその概要を示す。日本沿岸各地に設置される GPS 波浪計から観測される種々のデータは沖合波浪観測網によって収集・蓄積される。このシステムにより、港湾整備に必要な沖合波浪情報等の海象情報を取得するとともに、地震発生時には、津波情報を港湾到達の数分から 10 分前程度に収集し、関係機関に配信することを計画している。

本論文は、GPS 波浪計による沖合波浪観測網を構築するにあたり、その核となる観測センターと収集ネットワークについて調査・検討した内容を報告するものである。

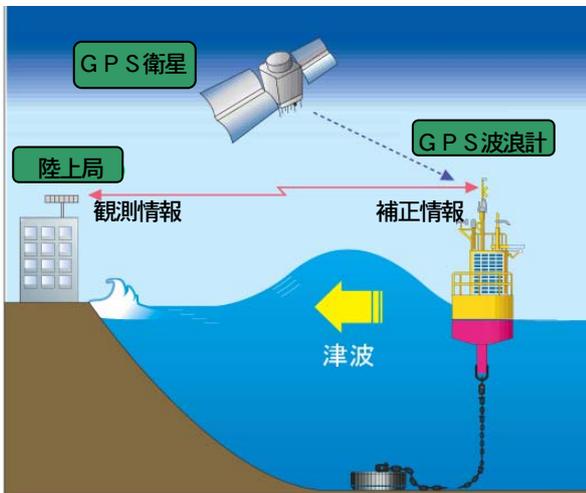


図-1 GPS 波浪計の概要

2. 沖合波浪観測網の概要

日本沿岸各地に設置される予定のGPS波浪計について、観測データをリアルタイムで収集するための観測網について検討した。観測網全体の概要を図-2 に示す。GPS波浪計は、無線により陸上局と接続し、陸上局は現地事務所（港湾事務所等）と専用回線等で接続される。現地事務所からは、拡張港湾WANを経由して観測センターと接続される。なお、国土技術政策総合研究所（以下、国総研という）に拡張港湾WANの接続口（ルータ、L3スイッチ等）があり、観測センターは専用回線等で国総研に接続する必要がある。

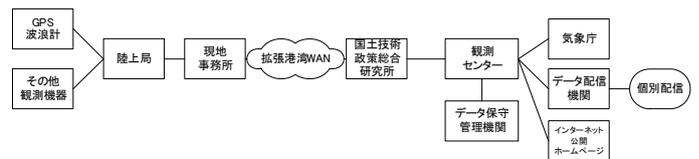


図-2 沖合波浪観測網の全体概要

GPS 波浪計でのデータ収集、陸上局との無線交信および観測センターへのデータ伝送は 1 秒毎に行われる。

GPS 波浪計では、図-3 に示すように、陸上局から無線を介して送信された補正データがブイ搭載の GPS 受信機に入力され、自動的に RTK (Real Time Kinematic) 測位結果が収集・制御装置に送られる。同時に、ジャイロからの傾斜データ、風向・風速センサー等からのデータ、灯火や電源などに関する管理情報が送られる。収集・制御装置により、これらのデータはまとめて陸上局へ無線伝送される。ブイで収集されたデータや無線機情報、陸上局の管理情報などは図-4 に示すようにデータ伝送装置に収集・蓄積されるとともに、TCP/IP ソケット等を用いて観測センターへ伝送される。

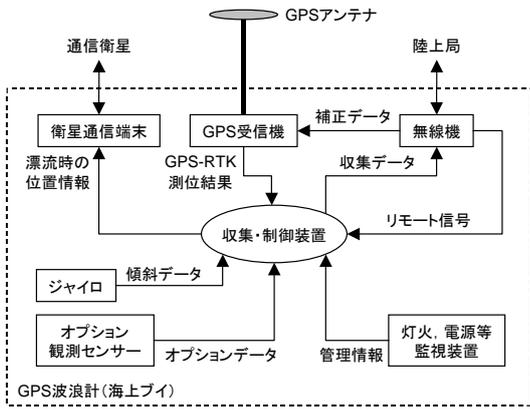


図-3 GPS波浪計（海上パイ）におけるデータの流れ

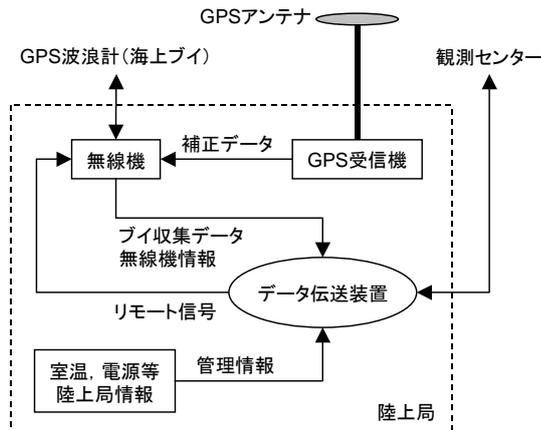


図-4 陸上局におけるデータの流れ

3. 拡張港湾WANを用いた収集ネットワークの検討

拡張港湾WANは、広域イーサネット技術を用いたWAN (Wide Area Network) であり、国土交通省港湾局、国総研、地方整備局（港湾空港部）、港湾事務所、港湾・空港整備事務所、港湾空港技術調査事務所などを結んでいる。拡張港湾WANには、一般行政情報ネットワークと港湾危機管理ネットワークがあるが、波浪観測データを収集することを想定した「波浪観測ネットワーク」セグメントの新設が検討されている。技術的には、VLAN (Virtual LAN ; 仮想LAN) を用いることにより、波浪情報ネットワークは一般行政情報ネットワークや港湾危機管理ネットワークとは分離されるため、セキュリティ上の問題は無いといえる。拡張港湾WANを用いたデータ収集網におけるデータの流れを図-5に示す。

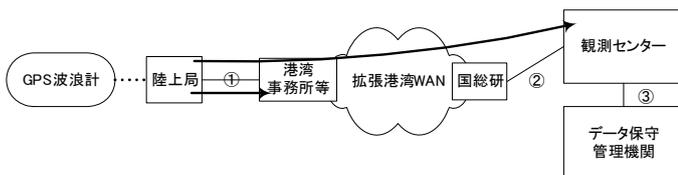


図-5 拡張港湾WANを用いたデータ収集網

4. データ収集・解析・配信システムの検討

GPS 波浪計が観測したデータをリアルタイムに収集し、解析・配信するための項目について検討した。

4.1 システム全体構成の検討

システム全体の接続概要図を図-6に示す。

沖合波浪観測システムは、常時（24時間365日）運用の動作を求められるシステムであり、一部の障害発生時にも、通信および処理を停止することなく運用を継続できる高い信頼性が要求される。また、複数のGPS波浪計のデータをリアルタイムに計算するため、高精度で高速の処理能力が必要である。運用開始時は数機程度の見込みであるが、GPS波浪計は最大30機の整備が予定されているため、増設に対応した拡張性を備える必要がある。

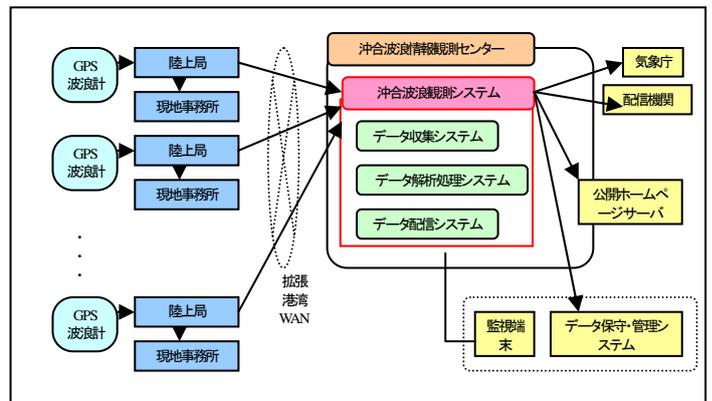


図-6 沖合波浪観測システム接続概要図

沖合波浪観測システムは3つのサブシステムから構成される。3つのサブシステムとその特徴を図-7に示す。

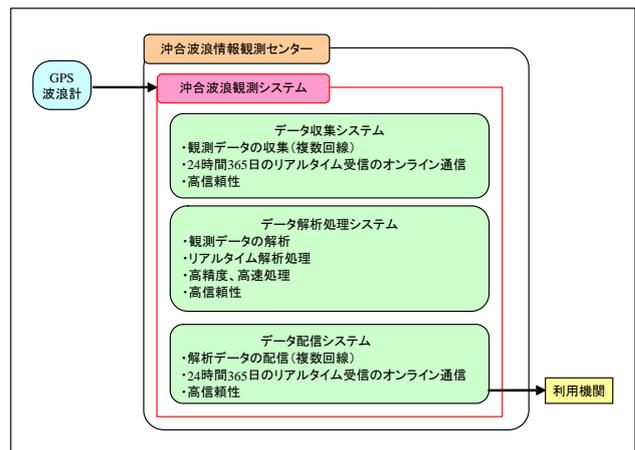


図-7 サブシステムの特徴

4.2 GPS 波浪計のデータ解析処理の検討

GPS 波浪計の解析処理は、ノイズ処理、周期帯高演算、津波波形抽出処理、津波検知処理、波向演算処理等の各種の解析処理で構成される。これらの処理・解析のフローを図-8に示す。また、解析処理によって発行されるデータの種類を表-1に示す。

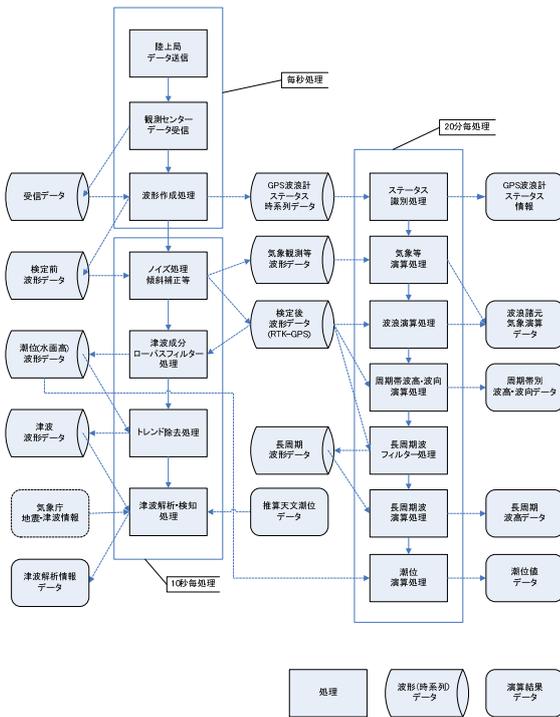


図-8 GPS 波浪計データの処理・解析フロー

表-1 発行されるデータ一覧

データ名	種類	説明	間隔/入力
①受信データ	生データ	陸上局から毎秒伝送	1秒
②検定前波形データ	波形(時系列)	RTKデータ	1秒/①
③自動検定後波形データ	波形(時系列)	自動ノイズ除去、内挿、時刻補正等を行う	1秒/②
④潮位 (平均水面高) 波形データ	波形(時系列)	波浪成分を除去した潮位	10秒/③
⑤津波波形データ	波形(時系列)	天文潮位、高潮、異常潮位等成分を差し引いた津波成分。0値を中心に変動	10秒/④
⑥長周期波データ	波形(時系列)	周期30秒以上の長周期成分	5秒/③
⑦気象観測等データ	波形(時系列)	風向風速・気温等の気象観測データ	1秒/①
⑧波浪諸元データ	演算値	ゼロパッド加減法での波高周期波数波向	20分/③⑦
⑨周期待別波浪データ	演算値	パケット解析による周期待別波高・波向	20分/③
⑩長周期波高データ	演算値	120分単位の長周期波高	120分/⑥
⑪潮位値データ	演算値	毎分、10分毎、毎時などの潮位値	分、10分、時/④
⑫推算天文潮位	演算値	1年間潮位値からの天文潮位値	/品質管理後⑩
⑬津波解析情報	演算値	(a)第N波津波検知情報 ④が、地点毎の閾値を超えた場合に発行。 (b)第N波津波極大値情報 (a)発行後に、極大値時に発行。 (c)第N波津波波高周期情報 a), (b)発行後に、一周期を検出し津波波高・周期を解析し発行	発行毎/⑤
⑭GPS 波浪計ステータス情報	演算値	GPS 波浪計管理情報を監視に必要なフォーマットとしたもの	任意/①

5. データ保守・管理システムの検討

データ保守・管理の業務内容は、収集したデータの品質管理、解析、保存管理などである。具体的なデータ保守管理作業を表-2に示す。

表-2 データ保守管理の業務内容

項目	内容
データ品質管理	・波形チェック、ノイズ除去、補正、再計算 ・再計算結果の評価
データ収集 (オフライン、リアルタイム)	・リアルタイム収集が出来なかったデータのオフライン収集 ・オフラインデータ再投入計算処理
データ統計処理	・品質管理を経たデータを用いた月次報告、年次報告作成 (日表、グラフ、出現頻度図など)
解析処理	・高波浪、津波発生時の事例解析 ・天文推算潮位の解析・作成
データアーカイブ管理	・品質管理されたデータ (波形、演算結果等ファイル) を記録しデータに保存・管理する。 ・記録データが古くなった場合に、データ変換等を行う。
データ提供	・品質管理されたデータについて、研究機関等の要請に基づきオフラインによる提供を行う。 ・場合によっては、データ提供用ホームページなどを運用する。
その他	・その他の品質管理に係わる業務

6. 沖合波浪情報観測センター構築の検討

沖合波浪情報観測センター構築における装置の構成方針について検討結果を示す。

6.1 システムの信頼性

24時間365日の連続運用を実現するために、観測センターの運用マシンは主機と障害時の運用・待機となる副機の二重構成が望まれる。システムそのものが堅剛である必要がある。一般に基幹業務で採用されるUNIXサーバでは、ディスク、電源、ファンなど主要コンポーネントが冗長化されている。連続運用が必須である本センターにおいても、主要コンポーネントが冗長化されたUNIXサーバの採用が望まれる。

6.2 システムの冗長性

信頼性が高く安定した連続運用を実現するためには、運用マシンの他に、もう1台のマシンを準備し運用・待機の構成をとることが多い。なお、このシステムではトラブル発生時に、業務を待機マシンに引き継ぐための2重化制御ソフトウェアにおいては、高い信頼性と実績が必要であり、次に示すような機能を必要とする。

- ・運用マシンでのトラブルの自動的な検出
- ・運用マシンから待機マシンへのデータの引継ぎ
- ・運用マシンから待機マシンへのネットワークの引継ぎ
- ・待機マシンにおける運用マシンとしての業務起動

6.3 トラブルの監視

ハードウェア、OSの異常などは、製造メーカーのリモート監視サービスに委ねることができる。本サービスを利用した場合、トラブル発生後に専門スタッフを呼ぶのではなく、異常を事前に検出することができる。異常発生の兆候を検知し予防保守を実施することで不要なトラブルを未然に防ぐことができる。

6.4 システム構成の概要とシステムの拡張性

30の観測局から、1秒間1回の間隔でデータを受信した場合、1日当たり1観測局で、86,400通のデータとなり、全局では、2,592,000通のデータを処理することになる。これらの条件を想定した導入当初の構成例 (CPU数、メモリ量) を表-3に示す。さらに、拡張性を考慮した機

器構成図例を図-9に示す。

表-3 拡張性を考慮した構成例

装置名	導入当初	将来の拡張性
1 データ解析サーバ	CPU数 2CPU	4CPU
	メモリ数 4GB	8GB
2 データ収集サーバ	CPU数 2CPU	4CPU
	メモリ数 4GB	8GB
3 配信サーバ	CPU数 2CPU	4CPU
	メモリ数 4GB	8GB

また解析データについては、津波高さを自動的に計算する手法が十分にオーソライズされていないことから、津波に関する観測データの一般公開については、今後十分な検討が必要である。

(3) 公開データの統一性

観測データの信頼性を確保するため、各観測局で行うGPS 波浪計の個別解析処理結果と、全国に配置されたGPS 波浪計のデータを集中処理する観測センターの解析結果に不整合が生じないようにする必要がある。このため解析ソフトウェアの共通化を図るとともに、データ分岐・再利用時の不整合防止にも留意する必要がある。

7.2 データ提供先とデータ内容の検討

データ提供先とデータ内容についての検討結果を以下に示す。

①気象庁

補正等の前処理データを除く、ほとんどのデータの提供を行うことにより、津波警報や津波予報への活用が考えられる。

②地方整備局・港湾事務所等

観測主体であり、補正等の前処理データの扱いを除き、全てのデータが利活用できる。ただし、データ処理手法やデータの見方などの「利用の手引き」等により周知が必要。

③港湾管理者等及び防災機関（自治体）等

「利用の手引き」の配布だけではなく、データ利用のための防災担当者向け研修会などの実施が必要。

④現地事務所での演算等

現地事務所において、演算・表示を行う場合は、観測センターと同一の解析手法・ソフトウェアを用いることとする。

⑤ホームページによる一般公開

ノイズを含むデータによる一般の利用者の混乱が起きないように注意するとともに、判断が難しいデータ、誤解を生みやすいデータの公開は避けるべきである。特に、地震・津波発生時に、影響地域においてパニックや流言など社会的な混乱を引き起こすことがないように十分注意すべきである。

8. おわりに

GPS 波浪計及び観測センターの整備が行われることにより、沖合における波浪観測及び津波観測を通じて沿岸防災に大きな貢献を果たすことが期待される。

本稿は、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発注による「平成17年度 沖合波浪観測システム検討調査」を取りまとめたものである。多大なご協力をいただいた関係各位に感謝申し上げます。

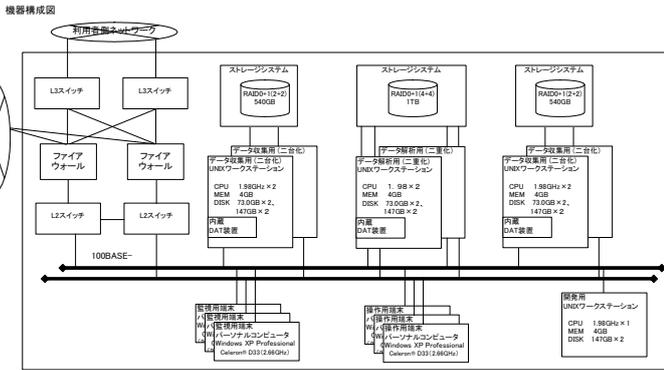


図-9 機器構成図例

7. 沖合波浪情報観測センターの運用課題の検討

沖合波浪観測情報及び解析情報の提供・公開に係る課題について検討した。

7.1 データ提供・公開に関する問題の整理

(1) 波浪観測情報の提供・公開

国土交通省港湾局が管轄する全国波浪観測データについては、(独) 港湾空港技術研究所において、リアルタイムでデータの収集・解析処理が行われており、その解析結果はホームページにより公開されている。また、(財) 沿岸技術研究センターが運用している COMEINS Web において港湾局や港湾管理者などの特定ユーザーに提供されている。波浪観測データのリアルタイムでの公開の際には、「解析処理は自動であり、演算値にはノイズによる異常値が含まれる場合がある速報値であること」と、この速報値は、品質管理を経て、後日修正される場合があることを明記すべきである。

(2) 津波に関する情報の提供・公開

津波警報は気象庁のみが行うことが気象業務法に定められている(政令に定められた場合を除く)。また、防災上の観点等から気象庁以外の事業者等による津波予報は当面許可しないとされている。従って、沖合波浪観測データの津波警報や津波予報への活用は、これらのデータを気象庁に配信して気象庁で行う方法が考えられる。

一方、自動検定後波形データやフィルター処理を施した津波周期成分の波形データをリアルタイムで一般に公開することは、特に法的には問題ないが、ノイズ処理や解析処理が自動であるためノイズを含む場合があること、