

# 北陸地方におけるGPS波浪計利活用に向けた基礎的検討

田中 真史\*・大村 厚夫\*\*・木村 正信\*\*\*・河合 真一\*\*\*\*

\* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

\*\* (一財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\*\* 前 国土交通省 北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所 副所長

\*\*\*\* 国土交通省 北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所 調査課 環境技術係長

北陸管内におけるGPS波浪計の将来的な設置に備えて、GPS波浪計に関する情報の整理および基礎的検討を行った。はじめに、GPS波浪計の現状として、各地点の設置条件および測位方式について整理した。次に、GPS波浪計の利活用方法について検討した。先行事例として、GPS波浪計を活用した津波防災関連システムの構築事例を整理するとともに、津波検知から到達までの時間差等を検討した。最後に、設置候補海域と係留方法について提案した。

キーワード：GPS波浪計，防災，津波観測，設置地点

## 1. はじめに

平成27年1月現在、国土交通省により全国に18基のGPS波浪計が整備されている。図-1に、GPS波浪計の設置状況を示す<sup>1)</sup>。太平洋側については、東北から九州にかけて既に15基が設置されており、一連の波浪観測網が整いつつある。一方、日本海側については東

北地方整備局管内の3基に留まり、北陸地方整備局管内には設置されていない。

これを踏まえて、北陸地方整備局管内におけるGPS波浪計の将来的な設置に備えて、GPS波浪計に関する最新の情報を整理するとともに、利活用方法および設置検討地点(候補海域)等の基礎的な検討を行った。

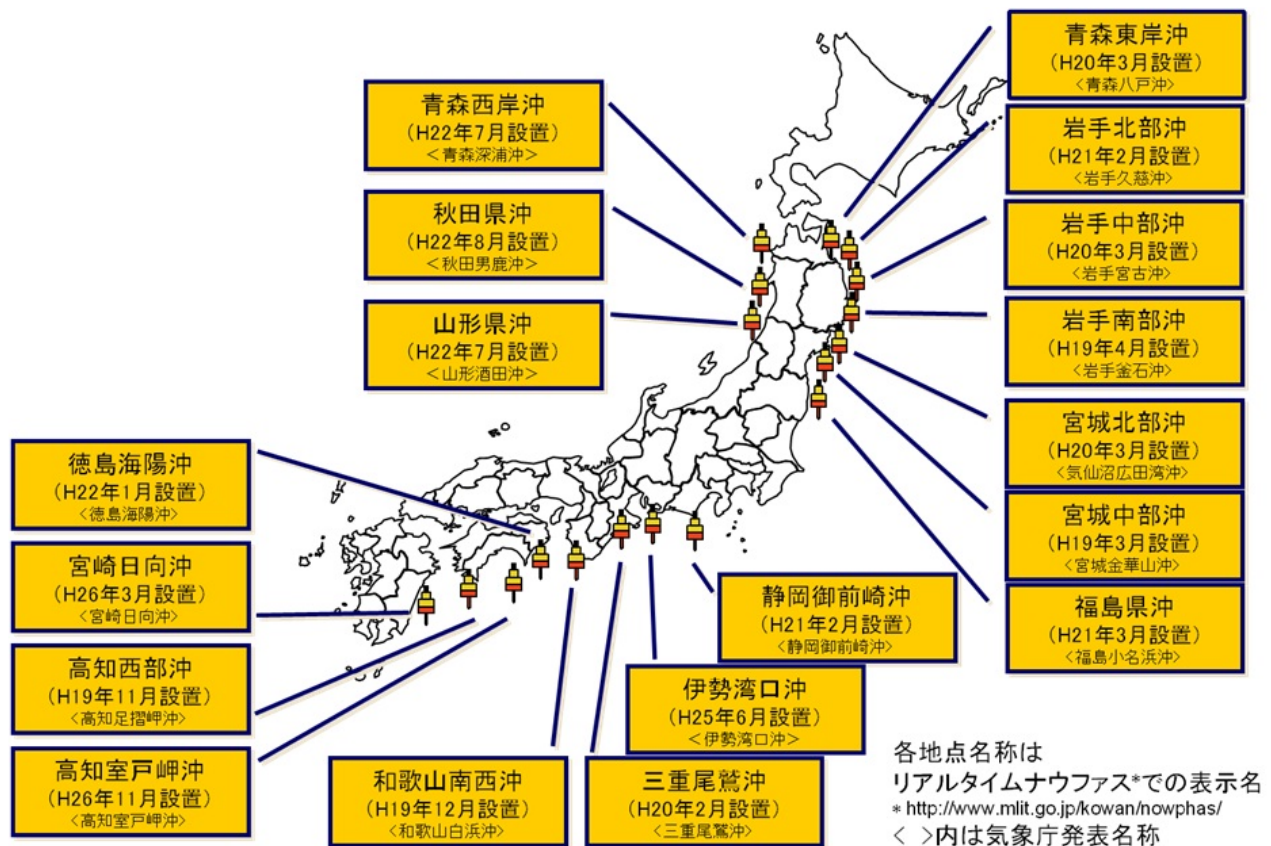


図-1 GPS波浪計の設置状況(平成27年1月)

## 2. GPS 波浪計の現状

### 2.1 設置条件

全国 18 箇所の既設 GPS 波浪計設置箇所における諸条件および係留方法に関する仕様を整理した。設置水深は、最大約 410m まで実績があった。設計波については、有義波高 9m~17m, 有義波周期 12s~19s 程度であった。

なお、係留方法に関する仕様（ブイ、チェーンおよびアンカーの規格）については割愛する。

### 2.2 測位方式

測位方式は、これまで RTK-GPS 方式が標準とされてきたが、この方式には、①陸上局（基準局兼無線局）と観測ブイとの距離の制限値が短い（約 20km 以内）、②電離層などの影響で GPS の測位精度が低下する際に修正する手立てがない、といった問題点があった。そこで、伊勢湾口沖 GPS 波浪計でソフトウェア RTK 方式が採用された。ソフトウェア RTK 方式では、強い電離層擾乱の影響（ノイズ）による欠測への対応として、表-1 に示すパラメータ調整が行われた。これにより、ノイズの影響を低減するとともに、陸上局から 30km 程度離れた観測が可能となった。

### 2.3 PPP-AR 測位方式（実証実験中）

上述したとおり、現在の測位方式では、陸上局と観測ブイとの距離に制限があり、ソフトウェア RTK 方式でも 30km 以内が目安とされている。また、データ通信に無線を用いるため、陸上局の無線アンテナを高い場所に設置する必要がある。

そこで、衛星通信やインターネット回線を用いて、沿岸から 100km 沖でも RTK 方式と同等の精度で測位が可能となる PPP-AR 方式が開発されている。この方式は、無線局が不要となるばかりでなく、補正情報が電子基準点網のデータから作成されるため、基準局が不要となり、すなわち、専用の陸上局が不要となる。現在、和歌山県田辺市沖および室戸沖に設置され、実証実験が行われている。

## 3. GPS 波浪計の利活用方法

### 3.1 津波防災システムの構築事例

先行事例として、GPS 波浪計を活用した津波防災システムを構築した事例を二つ取り上げる。一つ目は、東北地方整備局の「東北地方津波防災支援システム」である。

東北地方整備局では、平成 17 年度の「沖合観測網の構築検討委員会」および「津波減災対策検討委員会」における検討を踏まえ、平成 18 年度に「東北地方津波防災情報連絡協議会（座長：東北大学今村教授）」を設立し、以後、沿岸自治体の避難勧告など津波防災対策を支

表-1 ソフトウェア RTK 方式のパラメータ調整

| 項目           | SIGMA_PHASE                      | RATIO                   |
|--------------|----------------------------------|-------------------------|
| 調整値<br>(調整前) | 0.005<br>(0.01)                  | 1.8<br>(2.0)            |
| 内容           | 観測データに含まれるノイズを電離層の影響がより大きいと仮定する。 | フィックス判定の閾値（しきい値）を小さくする。 |

援するため、同システムの開発を行ってきた。現在は、管内 10 基の GPS 波浪計による津波観測情報の WEB サイトでの閲覧およびメール配信システムが構築され、沿岸市町村の防災担当部署に広く活用してもらうための活動に軸足を移しつつある。

二つ目の事例は、中部地方整備局の「GPS 波浪計津波観測情報配信システム」である。中部地方整備局では、平成 24 年度から「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：名古屋大学水谷教授）」により、GPS 波浪計の利活用および配信システムについて検討を進めている。平成 26 年 3 月現在、管内 3 基の GPS 波浪計による津波観測情報を関係者にメール配信するシステムを構築し、試験的に運用が開始されている。

### 3.2 利活用に関する検討および事例

前項では、先進的な事例を整理して、GPS 波浪計の津波防災への利活用方法をイメージした。ここでは、北陸地方整備局管内において適用できる GPS 波浪計の具体的な利活用方法について検討した。

利活用方法としては、津波の早期観測、うねり性波浪の観測、波浪推算の精度向上、洋上風力発電検討の基礎データとしての活用、津波発生の検証およびシミュレーションの精度向上等が挙げられる。この内、津波の早期観測に関する検討について以下に述べる。

新潟港湾空港技術調査事務所は、平成 23 年度調査<sup>2)</sup>において、佐渡北方沖地震、粟島付近の地震および能登半島東方沖地震の 3 ケースの地震により想定される津波を対象として、新規検討中の GPS 波浪計設置位置と沿岸地点（港湾）における津波到達時間の差分をそれぞれ算定した。これに基づき、今回、GPS 波浪計設置検討地点（新潟沖および佐渡島沖）と沿岸地点における地震発生からの津波到達時間を再整理した。津波到達の判定は、GPS 波浪計設置検討地点においては津波高さが ±20cm を超えたとき、沿岸地点においては ±50cm を超えたときとした。すなわち、沿岸地点において ±50cm に達しない場合はプロットがない。また、到達時刻が 120 分を超えた場合は、全て 120 分としてプロットした。

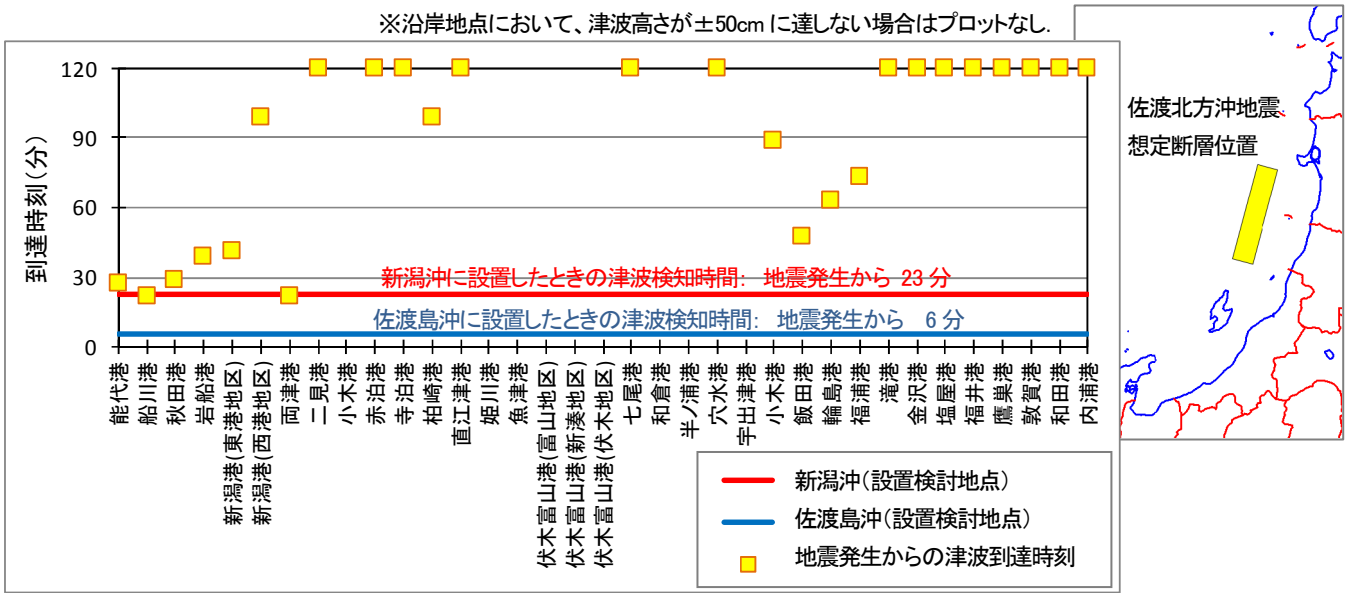


図-2 GPS 波浪計設置検討地点と沿岸地点における津波到達時刻

図-2に、佐渡北方沖地震を対象としたときのGPS波浪計設置検討地点と沿岸地点における津波到達時刻を示す。GPS波浪計を佐渡島沖に設置した場合、検討した全ての沿岸地点より15分程度以上早く津波を検知できることが分かった。なお、地震のケースによって設置検討地点の優位性は異なるが、想定される3ケースの津波に対しては、総じて佐渡島沖が優位であった。

#### 4. GPS 波浪計の設置地点および方法の検討

##### 4.1 設置地点の検討

GPS波浪計設置地点の検討にあたり、波浪条件から可能な海域を定めた。出現率99%以上となる周期は、管内の波浪観測資料から9s~12sであり、波長は126m~225mとなる。理論上、浅水変形の影響を受けないためには、水深が波長の半分程度よりも深い必要があるため、GPS波浪計の設置検討水深を110m程度以深とした。また、陸上局からの距離は、ソフトウェアRTK測位方式を前提として20km~30kmを目安とした。

その上で、以下に示す地理的条件から、設置候補海域を抽出した。

- ①佐渡島や能登半島による遮蔽の影響を受けずに沖波を観測することができる海域が望ましいこと。
- ②日本海における大規模地震に関する調査検討会 報告書<sup>3)</sup>によると、北陸沿岸の海岸における津波水位は、新潟県沿岸で高い傾向にあり、当該海域で津波をいち早く検知することが望ましいこと。
- ③酒田沖から輪島にかけてナウファス波浪観測網の空白域が位置していること。

これらを踏まえて、GPS波浪計の設置候補海域は、図-3に示すとおり佐渡島沖とした。

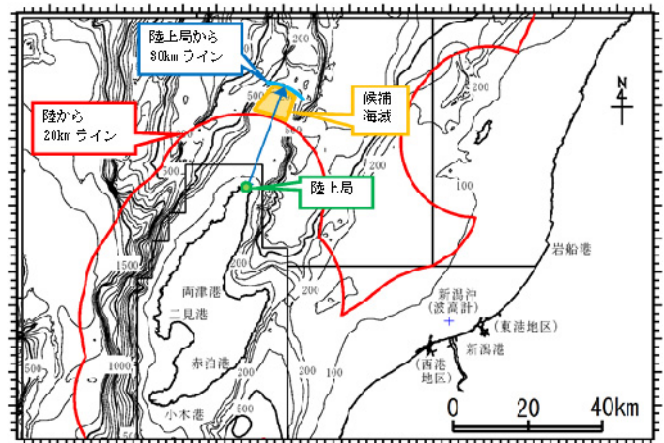


図-3 GPS 波浪計の設置候補海域

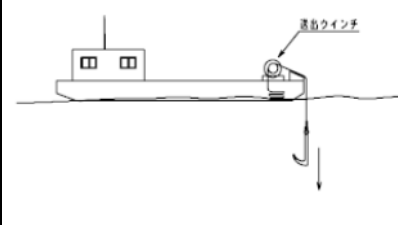
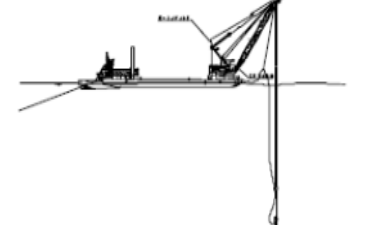
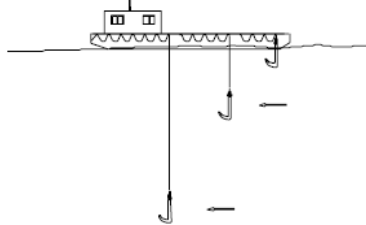
##### 4.2 設置方法の検討

一般に、係留アンカーは、設置海域の底質が砂質または泥の場合は錨型のダンフォース型アンカーが用いられ、岩の場合には鋼製またはコンクリート製のシンカーブロックが用いられる。既設GPS波浪計は基本的に砂質地盤に設置されており、ダンフォース型アンカーが採用されている。ダンフォース型アンカーの設置方法(係留工法)としては、①送り出し工法、②クレーン船工法、③自由落下工法の3工法が考えられる。表-2に、ダンフォース型アンカーによる係留の工法比較を示す。この比較結果に加えて、自由落下工法の実績が多いことを鑑み、自由落下工法を選定した。

#### 5. おわりに

北陸地方整備局管内におけるGPS波浪計の将来的な設置に備えて、GPS波浪計に関する情報の整理および基

表-2 ダンフォース型アンカーによる係留の工法比較

|        | 送り出し工法  | クレーン船工法  | 自由落下工法  |
|--------|---|--|---|
| イメージ   |  |  |  |
| 特徴     | チェーン径により異なる型式に対応した装置が必要。ウインドラスは新規製作となる。装置の転用先の検討が必要。                              | 主巻きドラム改造，ドラム駆動装置の変更，ワイヤー長変更等大規模な改造が必要。海底での玉掛けワイヤーの取り外しのため特殊金具が必要。                  | アンカー・係留チェーンの固縛，吊り下げ方法，回航中の落下防止対策が必要。アンカーを自由落下させるため，広い海底面が必要。設置状態を確認できない。            |
| 設置作業時間 | —   | 3工法中で最長  | 3工法中で最短   |
| コスト    | 3工法中で最大   | —  | 3工法中で最小   |

礎的検討を行った。この結果を以下にまとめる。

- ①全国 18 基の GPS 波浪計の設計条件および測位方式を整理した。測位方式については，最新の PPP-AR 方式に関する知見をまとめた。
- ②GPS 波浪計の利活用方法については，先行事例として，東北地方整備局の「東北地方津波防災支援システム」および中部地方整備局の「GPS 波浪計津波観測情報配信システム」について概説した。また，北陸管内の沿岸域を対象として，GPS 波浪計設置検討地点と沿岸地点における津波到達時刻を検討し，津波検知の時間短縮の効果を示した。
- ③GPS 波浪計設置候補海域は，測位方式や波浪条件から，現実的な候補海域の見当を付け，地理的条件から絞り込みを行った。その結果，佐渡島沖を設置候補海域とした。また，設置方法を比較検討し，自由落下工法による係留を提案した。

なお，本稿は，国土交通省北陸地方整備局新潟港湾空港技術調査事務所発注の管内波浪観測高度化検討業務（平成 26 年度）の成果の一部を取りまとめたものである。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省港湾局：GPS 波浪計設置状況（平成 27 年 1 月現在），<http://www.mlit.go.jp/common/001062807.pdf>。
- 2) 国土交通省北陸地方整備局：平成 23 年度北陸における津波（波浪）観測網検討業務 報告書，2012。
- 3) 国土交通省，内閣府，文部科学省：日本海における大規模地震に関する調査検討会 報告書，2014。