

## 波浪観測ブイ開発に向けた GNSS 測位精度検証

### GNSS Positioning Accuracy Verification for the Development of Wave Observation Buoys

○寺下大智・志村智也・山崎友也・今井優樹・久保輝広・田村仁・馬場康之・宮下卓也・森信人  
 ○Daichi TERASHITA・Tomoya SHIMURA・Tomoya YAMAZAKI・Yuki IMAI・Teruhiro KUBO・Hitoshi  
 TAMURA・Yasuyuki BABA・Nobuhito MORI・Takuya MIYASHITA

This study evaluates GNSS positioning methods for ocean observation buoys, specifically focusing on the application of CLAS (Centimeter Level Augmentation Service) in addition to Single Point Positioning (SPP). Rotating stand tests simulating wave motions revealed that for SPP, errors can be reduced by eliminating long-period noise, whereas the accuracy of CLAS depends on the FIX rate. Mooring tests conducted at Tanabe Bay near the Shirahama Observation Tower compared the developed buoy with a commercial one. The results confirmed that SPP shows good agreement in significant wave heights and wave periods. Furthermore, it was demonstrated that CLAS can capture long-period waves such as tides, indicating its potential applicability for tsunami and storm surge observation. The results from both tests contribute to understanding the performance and potential improvements for low-cost, accurate wave observation systems (129 words).

#### 1. はじめに

近年, 沿岸および外洋における高精度かつ安価な波浪観測の需要が高まっている。その背景には, 学術研究や海岸工学, 港湾工学, さらには海運業界や石油・ガス業界など, さまざまな分野での外洋における波浪データの必要性がある。しかし, 現在市販されている波浪観測ブイは高価であり, その運用には専門知識と手間がかかるため, 多くの公共団体や民間団体にとって導入の障壁となっている。

これらの課題を解決するため, 低コストで精度の高い波浪観測ブイの開発が求められている。そこで, 本研究では全球測位衛星システム (GNSS) による安価かつ高精度な波浪観測システムの構築を目的とする。本研究では, 回転台テストと白浜田辺湾における係留テストの波浪観測データの比較を通じて, GNSS 測位の精度を検証する。これにより, 低コストでありながら高精度な波浪観測ブイの実現を目指し, 広範な導入を可能にする技術開発に寄与することを目的とする。

#### 2. 測位方法

本研究で使用する GNSS 測位方法は, 単独測位と CLAS (Centimeter Level Augmentation Service) の 2 つである。

##### (1) 単独測位

単独測位は, 最も基本的な GNSS 測位手法であ

り, 一つの受信機で位置を推定する。GNSS の観測値のうち, コードによる距離測定を利用し, 衛星から放送される軌道情報を基に衛星の位置や時計誤差を推定する。また, 電離層や対流圏による遅延量を考慮しながら, 受信機の位置と時計誤差を推定する。この方法では, 最小二乗法などの統計的手法を用いて, 誤差を最小化し, 位置を推定する。オープンスカイでは, 数 m の精度で位置を求めることが可能である。

##### (2) CLAS

CLAS は, 日本の準天頂衛星システムみちびき (QZSS : Quasi-Zenith Satellite System) によって提供される高精度測位サービスである。CLAS は, 日本国内に展開された電子基準点網 (GEONET) の観測データを基に生成された補強情報を, QZSS の L6 帯 (L6D 信号) を用いて配信する。CLAS の測位方式は, PPP-RTK (Precise Point Positioning - Real Time Kinematic) と呼ばれる技術に基づいている。CLAS が持つ基準局不要かつ高精度・高速収束という特性は, 陸地から離れた海域において, 通信インフラに依存せず自律的に高精度な波浪観測を行う上で極めて適した特性であると言える。もし, この高精度測位技術を小型ブイに実装できれば, 従来の速度積分や加速度積分に頼ることなく, 海面の変位を直接かつ正確に捉えることが可能となる。これにより, 積分処理に伴う低周波ノイズの増幅を回避できるため, ノイズ除去のため

のハイパスフィルタリング処理が不要となる。その結果、従来の手法では捉えることが困難であった潮汐変動や津波、高潮といった長周期波成分についても、同一のシステムで同時に観測できる可能性が拓かれる。

### 3. 回転台テスト

本研究では、京都大学宇治キャンパスにて、波浪の軌道を模倣した回転スタンドを用いて、単独測位と CLAS 測位の精度検証を行った。回転台は、一定周期で回転する円軌道を描く装置であり、その周期や半径を変更しながらテストを実施した。単独測位では、回転台テストによって得られた位置データの長周期ノイズを除去した。得られた位置データを基に、回転スタンドが描く円軌道を推定し、各位置データから円軌道までの距離を誤差とした。これを用いて、各測位手法の位置精度を定量的に評価した。図 1 は、回転台テストの単独測位と CLAS 測位の結果の一例である。

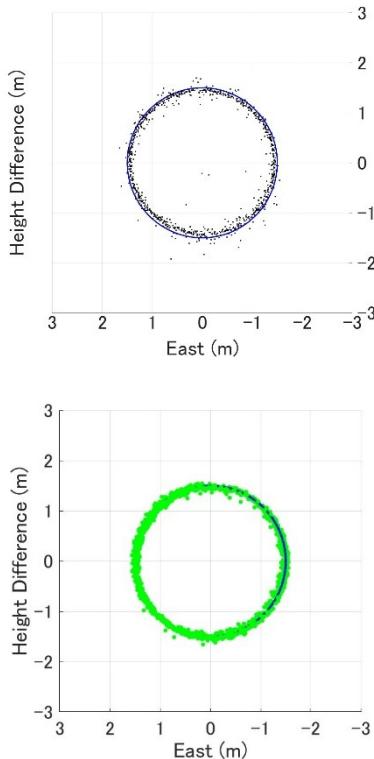


図 1 回転台テストの結果の一例  
(上：単独測位、下：CLAS 測位)

### 4. 田辺湾における係留テスト

田辺湾の田辺中島高潮観測塔付近において、商用ブイと単独測位と CLAS 測位を用いた自作の波浪観測ブイを係留し、自作ブイの波浪観測精度を

検証した。単独測位および CLAS 測位を用いた開発ブイと商用ブイとの比較を通じて、自作ブイの実海域環境下における耐久性、通信安定性、および CLAS 測位の波浪観測の実用性を評価した。図 2 は、それぞれ商用ブイと単独測位と CLAS 測位を用いた自作ブイの有義波高の比較を示した図である。

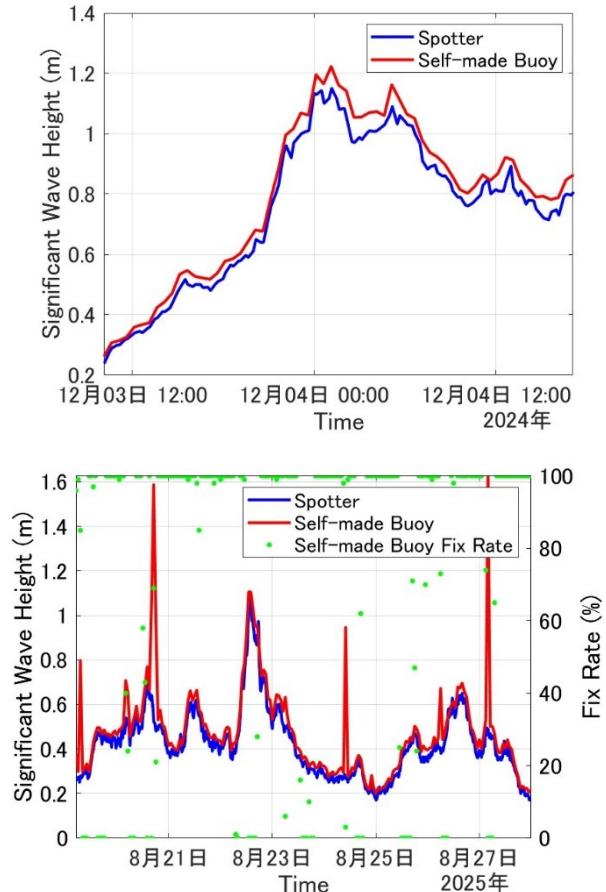


図 2 自作ブイと商用ブイの有義波高の比較  
(上：単独測位、下：CLAS 測位)

### 5. 結論

本研究では、波浪観測ブイの開発に向けて、回転台テストと田辺湾における係留テストを通じて、GNSS 測位の精度を検証した。回転台テストでは、衛星測位特有の長周期ノイズを除去することで単独測位においても誤差を小さくすることが確認できた。CLAS 測位では、FIX 率に誤差が依存する結果となった。さらに、田辺湾での係留テストでは、単独測位では、商用ブイとの波浪統計量との良好な一致が確認できた。一方、CLAS 測位では、回転台テストと同様に、FIX 率に依存する結果となった。本研究により、安価かつ高精度な波浪ブイの実現可能性を示した。