

## 浮標動揺の画像解析によるリアルタイム波浪観測手法の開発

**1. 研究の目的** 海洋工事や海岸・港湾管理の現場においてオンサイトのリアルタイム波浪情報は様々な面で有益であるが、従来の水圧式センサや GPS 変位計に基づく波浪観測は設置・運用コストが高く、状況に応じて機動的に必要な位置での波浪情報を得ることは難しい。特に海洋工事においては現場の波浪状況が工程やコストを大きく左右するため、施工箇所の波浪情報を即時的に得ることができれば効率的な工程管理や安全管理につながることを期待される。本研究は、海洋工事現場での低コストなリアルタイム波浪観測を実現するため、現場周囲に設置される浮標の動揺を遠隔地から撮影・画像解析することにより即時的に波浪情報を得ることができる観測システムを開発し、実験による性能検証と現場適用性の検討を行った。

**2. 研究内容** **(1) 観測システムの開発**：観測システムはビデオカメラと画像を収録・解析する PC によって構成され、工事現場周辺に設置される浮標の動画を撮影し、浮標の特徴的部位の画像パターンを時刻間で対応付けることによって鉛直・水平変位をリアルタイムに取得するものである(図-1)。浮標はその機能上、輝度や黄色値による形状抽出が容易であり、回転不変な形状部位の画像を時刻間で相関解析することによって時々刻々の変位を求めることができる(図-2)。即時性を実現するためには効率的な探索アルゴリズムが不可欠となるが、過去の位置情報による次時刻位置推定や段階的な探索範囲の拡大によって処理速度の高速化を図った。浮標の動揺は必ずしも水面変動に合致しないが、海洋工事上問題となる周波数帯の波浪への追随性は高いと考えられることから、得られる情報は現場の様々な判断を支援することができる。**(2) 模型実験による性能検証**：観測システムの性能を検証するため、3D プリンタにより作成した様々な浮標模型を用いて造波水槽において 1/20 スケールの実験を行った(図-3)。実験では浮標模型を現場仕様に合わせて設置し、様々な規則波と不規則波条件で観測システムによる浮標動揺とその近傍の水面変動を波高計によって同時取得した。両者の差は波長が小さくなるほど浮標追随性の低下により大きくなる傾向が見られたが(図-4)、海洋工事が稼働する波浪条件下において 10% 以下となることが示唆された。また、異なる浮標による結果の比較では、回転対称でユニークな形状を有する浮標ほど高精度な動揺解析結果を得ることができた。**(3) 現地適用性の検討**：観測システムの現場への適用性を検討するため、新潟西港(新潟県)および細島港(宮崎県)の海洋工事現場において浮標の動揺観測を実施した(図-5)。その結果、現地においても本解析手法は堅牢な浮標追跡性能を有すること、現地時間スケールで十分な即時性(10Hz 程度のサンプルレート)を実現できることを確認した。また、細島港においては水圧計による波浪観測を並行して行って解析結果を検証した。浮標設置位置の水深が 30m と深いため水圧計では風波成分を捉えることはできなかったが、うねり成分において両者は良好な一致を示した(図-6)。

**3. 結論と今後の課題** 波浪観測システムは海洋工事に影響を与える周波数帯の水面変動の即時的な把握に十分な性能を有することが確認された。また、浮標形状によって精度に差異があるものの、現場で設置される幅広い浮標に対して有効であることが確認された。したがって、本システムは各所に設置された通常の浮標を波浪観測浮標として利用することを可能にするため海洋工事以外の面での応用範囲は広いと考えられる。一方、強風によるカメラ動揺や船舶航行等の突発事象への適応といった運用面での課題があり、ハードウェア・ソフトウェアの両面での堅牢性の向上が今後の課題となった。

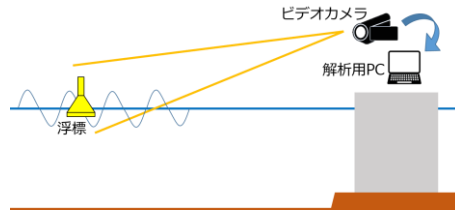


図-1 観測システムの概要

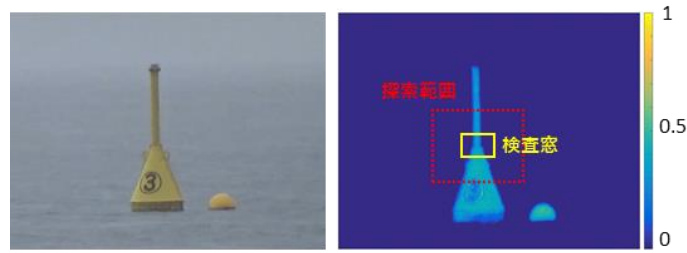


図-2 浮標の撮影画像例 (左: 原画像, 右: 黄色度)



図-3 造波水槽における実験状況 (左: 波高系と浮標模型, 中: 浮標撮影設定, 右: 浮標模型)

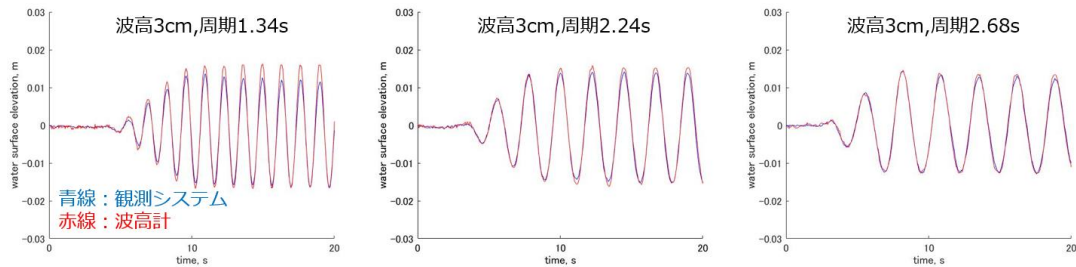


図-4 システム解析結果と波高計による水面変動の比較例 (規則波  $H=3.0$  cm,  $T=1.34, 2.24, 2.68$  s)

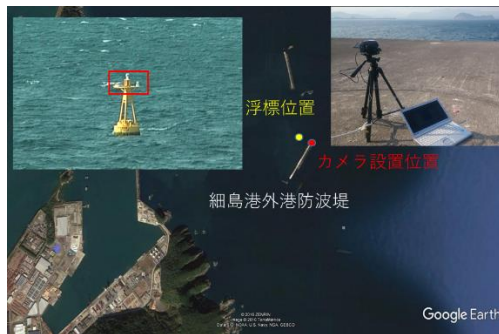


図-5 細島港外港での現地試験

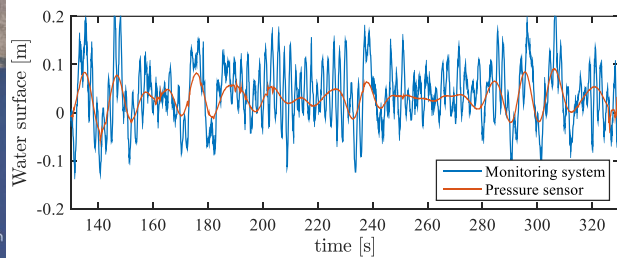


図-6 リアルタイム解析結果と水圧計による計測値