

IoTを用いた海洋情報取得システム

—富山湾の寄り回り波観測—

水本 巖 (富山高専専門学校 電子情報工学科, mizumoto@nc-toyama.ac.jp)

古山 彰一 (富山高専専門学校 電子情報工学科, shoichi@nc-tiyama.ac.jp)

鈴木 信雄 (金沢大学 環日本海域環境研究センター, nobuos@staff.kanazawa-u.ac.jp)

小木曾 正造 (金沢大学 環日本海域環境研究センター, shozoogiso@se.kanazawa-u.ac.jp)

IoT wireless measurement system for oceanographic data and information:

Measurement of the period of the overtopping Yorimawarinami in Toyama coast

Iwao Mizumoto (Department of Electronics and Computer Engineering, National Institute of Technology, Toyama College, Japan)

Shoichi Furuyama (Department of Electronics and Computer Engineering, National Institute of Technology, Toyama College, Japan)

Nobuo Suzuki (Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazwa University, Japan)

Shouzo Ogiso (Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazwa University, Japan)

要約

2.4 GHz帯無線モジュールTWE-Lite (Dip-WA)を用いて電源独立型の水位センサ端末網を製作した。見通し直線距離最大約400メートル離れた商用電源およびインターネットが使える観測拠点まで、センサ端末からの信号伝達が可能になった。観測拠点はリモートアクセスが可能であり、取得データはインターネット配信が可能である。能登、入善、射水の富山湾沿岸地域で、寄り回り波注意警報の発令に使用するためにリアルタイムでの波動周期を観測した。その結果、能登半島から入善に掛けて長周期のスペクトル分布が観測された。

キーワード

IoT, 寄り回り波, 海洋情報, 観測, 周波数解析

1. はじめに

富山県では、寄り回り波による地域特有の被害が発生している。北陸三県および上信越地方は、長野県を除き海に面している上に降雪地帯であることが共通している。それにも拘わらず、富山県のみがより寄り回り波による被害が目立つのは、富山湾のあいがめ(藍瓶)と呼ばれる海底地形と、3千メートル級の山々に周囲を囲まれた富山湾の地形に影響されている(関本他, 2000)。他県と比較しても持ち家率が極めて高く、海の幸、山の幸に恵まれ一般的には比較的住みよい県と称されるが、冬は日本海の荒波、夏はフェーン現象と必ずしも気候温暖とは言えない状況である。そのため、これら風水害の被害を防ぐため事前予防対策を行うには、波データ自動観測システムの構築が必要である。特に富山湾特有の寄り回り波警報を発する場合、潮位観測は必須である(国土交通省北陸地方整備局, 2008)。富山湾の波観測恒久施設であるナウファス(全国港湾海洋波浪情報網: NOWPHAS)の波浪データベースは20分毎での公開であるため、リアルタイムでの活用はできない。また公開情報は有義波高、有義波周期であり実際に観測される周波数分析とは異なるデータである。有意義波は観測された不規則波を観測期間の平均水位上に整理して、ゼロアップやゼロダウンといった平均水位を横切る点を解析して、それぞれを1つの波として整理する波別解析を実施して決める。波別解析したそれぞれの波の波高と周期を波高の高い方から上位3分の1個の波の平均値を有義波高として採用する。これら有義波の周期の平均値を有義波周期としているので、周波数成分は実際の波の周波数成分とは異なる(平山・加島, 2011)。有義波と実際の波は異なるため独自にフィール

ドで観測を行う必要があるが、沿岸部および山岳部では電源の確保が困難な場合が多い。もしくは、観測の為に電源設備の敷設や恒久的な建築物の設置は、対費用効果を考えると現実的には難しい場合が多い。特に沿岸部の観測は、海岸付近の建物もしくは漁港等の作業施設での商用電源が使えても、波打ち際には防波堤や道路があり、そこまで観測用センサの電源や信号ケーブルを敷設する際は途中にある道路の交通障害を引き起こしたり、敷設した信号ケーブルが切断されたりする可能性がある。または道路を跨いで電源を供給する場合は電気事業法に抵触する。

そこで本研究では、センサ信号を伝送するために、商用電源が使える拠点まで見通し距離約400メートルまで、信号伝達ができる2.4 GHz帯無線モジュールTWE-Lite(モノワイヤレス社製)を用いた省電力で電源自立型のセンサ端末網の製作と、インターネットで有機的に結ぶデータベースの開発を行い、海岸や山頂付近で電源や有線による通信環境が得られない地域での観測データを、遠隔監視できるシステムの構築を目指した。

2. 観測システム

2.1 観測拠点

図1に観測拠点および信号解析拠点を示す。観測拠点は、寄り回り波が能登半島から侵入し、富山湾沿いの入善地区に上陸するルートを想定している。寄り回り波到来の予兆は、前日からの平均潮位の慢性的上昇から、波の周波数成分0.1 Hz(10秒周期)にスペクトルが立つことが特徴である。当初、能登半島先端付近に到来し富山湾を寄りまわる。ただし、七尾、伏木、新湊地区への被害は殆ど報告されておらず、岩瀬および入善漁港付近に到来する(吉田他, 1986)。警報発令の予測の為に、リアルタイムでの周波数解析が重要なポイント

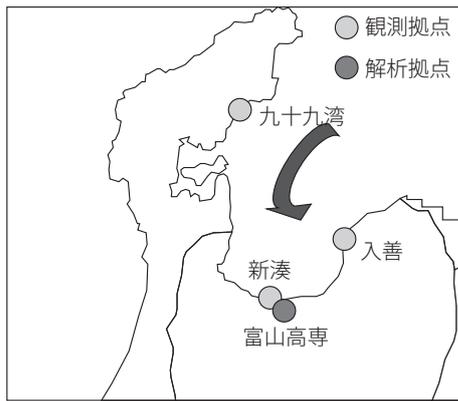


図1：観測拠点および解析拠点

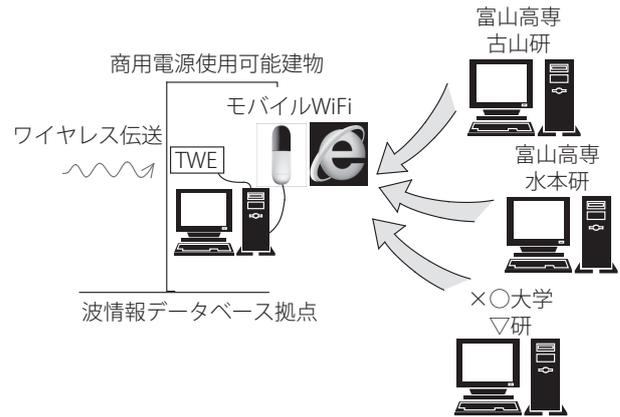


図3：観測システムの構成図

トになる。

2.2 観測装置の概要

図2に本研究で構築するセンサ端末の送信側ブロック図、図3に観測システムの構成図を示す。過放電・過充電制御装置を組み込んだ鉛蓄電池による独立電源ユニットを用いてTWE-Lite (モノワイヤレス社製トワイライトDip) および距離センサ (オムロンE4PA-LS50-M1-N) に電源を供給する。TWE-Liteは、32ビットマイコンを搭載しておりUART、SPI、I²C、ADCなど各種端末に対応可能であるため、センサ信号のみならず画像伝送等の拡張も可能である。視覚データ等も併せた総合的な観測が可能であるためセンサ信号入力端末は、最大3個まで拡張可能である。現在は超音波距離センサで装置から海面までの距離を測っており、これを潮位変動のデータとしている。画像伝送は小型汎用マイコンとUSBカメラの組み合わせで行い、画像伝送にはデータ伝送とは別の画像伝送専用TWEを使用する。これを独立電源のセンサ端末から、商用電源が使用可能なデータ中継基地に無線伝送する。独立電源ユニットは50 W太陽光電池パネルを一枚使用している。センサおよび伝送デバイスの全電力消費量は、超音波センサで1.8 W、TWE送信ユニット3.3 V (20 mA)、0.066 Wと

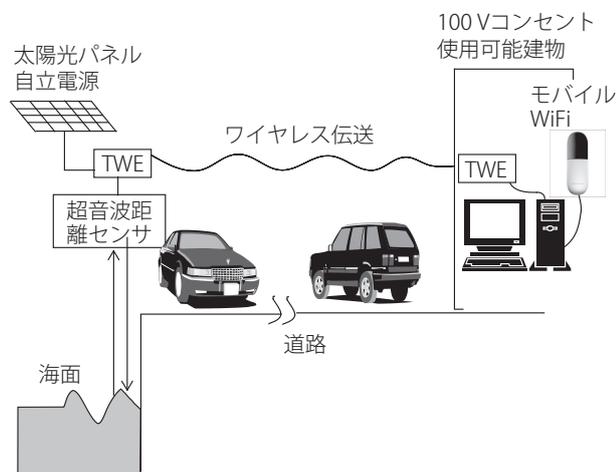


図2：センサ端末システムの構成図

合わせてトータル消費電力は1日当たり、約2 W×24時間運用で48 Wh/dayである。

一か月あたりの電力消費量の概算は48 Wh×31日間として必要な電力は約1,488 Whである。1日の太陽光パネルへの平均有効日照時間を5時間と仮定する。これを50 Wのパネルを用いて6時間でこの電力を賄うとすると、50 W×6時間×5日間で合計約1,500 Whになるので鉛蓄電池への充電効率を無視して考えれば、1か月に5日間程度完全に晴れの日があれば、電源は概ね維持確保することができる。図3に電源システムのブロック図を示す。50 W太陽光パネルから得られた電力は、鉛蓄電池に供給される。三端子レギュレータで鉛蓄電池からの出力電圧は12 Vに落とされ、更に9 V、3.3 Vと変換される(図4)。12 Vは超音波センサ用電源、3.3 VはTWE用電源である。商用電源が得られる観測拠点からはインターネットによりリモートアクセスで観測データを自由に取得することが可能である。

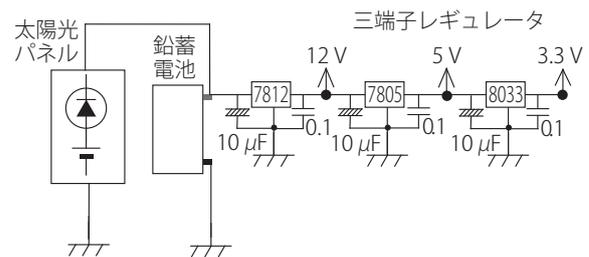


図4：電源図

2.3 観測装置

図5に送信モジュールのブロック図を示す。TWE送信モジュールには入力に4チャンネルのAD入力ポートがある。最大入力電圧は3.3 Vなので分割抵抗で超音波センサからの出力電圧最大5 Vを、約半分電圧値2.5 Vに抑えてADコンバーターに入力している。

図6(a)にセンサ取り付けの実装概念図を示す。3 mm厚のL型アングルを用いて組みあげた。斜めの補強支柱が無いと海風でセンサは中吊り状態で揺らぐため斜め補強アングルを挿

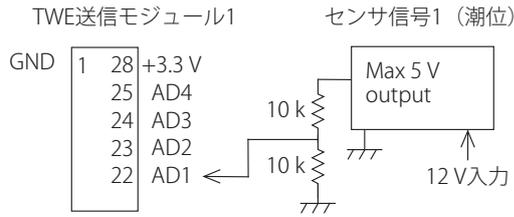


図5：TWE送信モジュール端末図

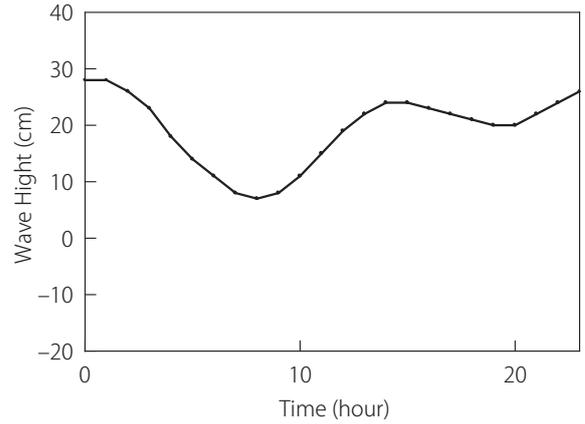
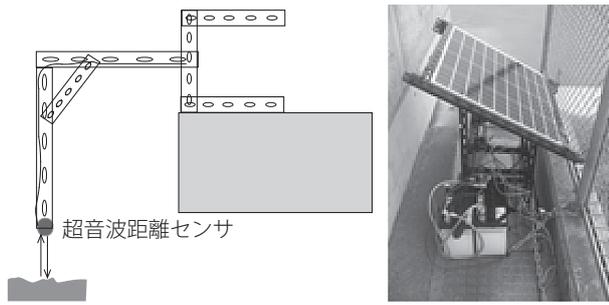


図8：気象庁潮位観測公開データ(2017年12月16日)



(a) センサ取り付け図

(b) 回路部

図6：装置概観

入した。図6(b)は太陽光パネルおよび電源装置の概観写真である。鉛蓄電池は、12V、35Ahのディープサイクル型の蓄電池を用いて太陽光パネルからの電力を蓄電している。

3. 測定データ

3.1 潮位観測

図7に本システムで測定した本校臨海実習場における潮位変動の観測データ例を示す。図8に気象庁より公開されている潮位変動データを示す。観測は本校実習場に試験的にシステムを設置し、1秒毎にデータが得られるように設定した。2017年12月16日の24時間分の潮位を示す。センサ出力電圧0.1Vの変化で10cmの変動を測定している。グラフより、波の影響により常に0.05V(5cm)程度の揺らぎが観測されているが、平均潮位変動は、干潮時(8時4分および19時14分)およ

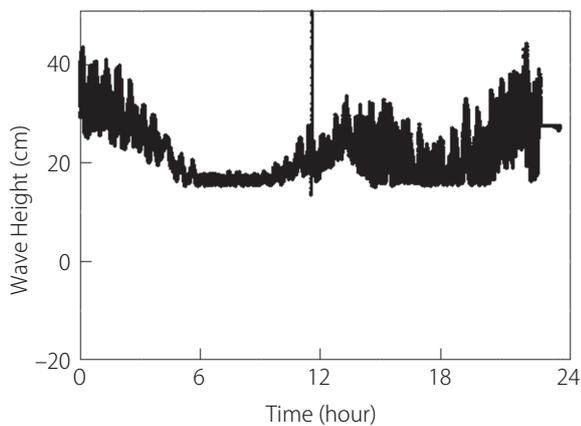


図7：潮位観測波形(2017年12月16日)

び満潮時(0時22分および14時48分)と気象庁の公開データと照らし合わせても一致していることが分かる(<http://www.data.jma.go.jp/>)。

途中12時の時点で観測波形に大きなノイズが入っているが船舶など大型の船が入港すると混入する可能性がある。また実際の波面は風などの影響もあり、1秒毎の観測波形は常に変動しノイズが混入している。

3.2 リモートアクセス画面

入善漁港および金沢大学能登臨海実習場(九十九湾)での観測点は、海上の様子が中継局内部からでも直接見える位置にあるため、画像は中継局の内部から商用電源を用いて撮影した。中継局は、いずれもインターネットを介してリモートアクセスが可能である。図9に能登九十九湾、図10に入善の観測画面をそれぞれ示す。

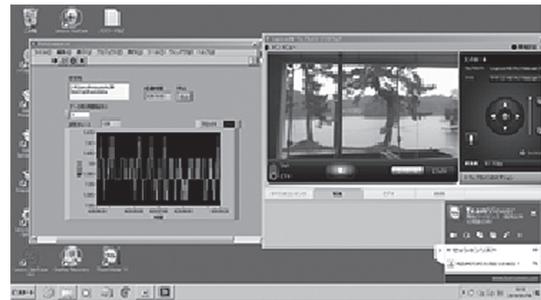


図9：リモートアクセスした能登観測画面



図10：リモートアクセスした入善観測画面

画面左は1秒毎に水位測定データをグラフ化しており、右画面はリアルタイムでの水面上の様子である。水位データは1秒毎にエクセル表に格納される。

3.3 波成分の周波数解析

2017年12月において一番波浪が高かった12月25日の富山湾の9時台の波浪周期情報を、図11能登、図12新湊、図13

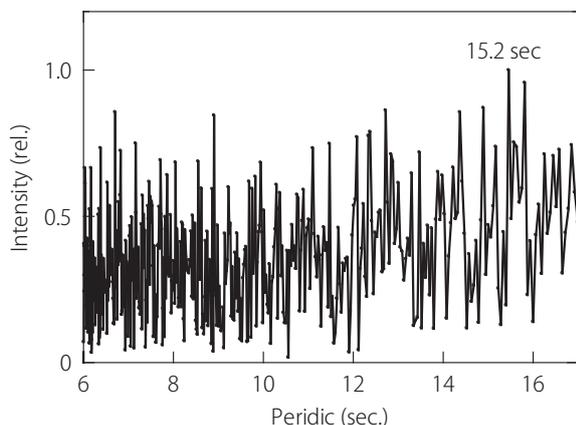


図11：能登9時台の周期

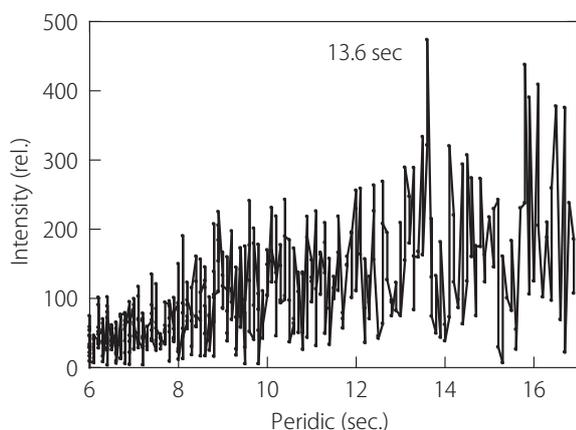


図12：新湊9時台の周期

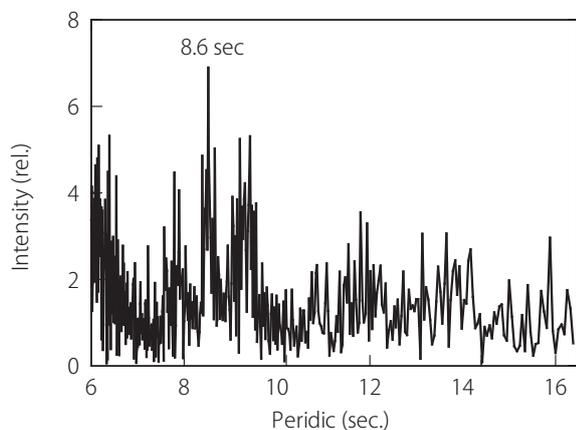


図13：入善9時台の周期

入善をそれぞれ示す。

この日の9時台のデータでは、能登の周期は15.2秒付近を中心にして波浪が強く、新湊で13.6秒、入善で8.6秒とそれぞれの観測場所で長周期振動の違いが分かる。ただし、この長周期振動は、佐渡沖から能登沖に向かって流れる湾外の潮流や、風向き、水温、気圧、測定部位の地形的要因などによっても影響を受ける。今後、引き続き長期に渡っての観測が必要である。

また観測場所も、能登は比較的波が押し寄せにくい九十九湾内部であり、入善は漁港内、新湊は富山新港の一番奥まった所であり観測地形に依存する可能性も否めない。今後更なる観測を続ける他、シミュレーションによって波発生メカニズムを検証する必要がある。

4. まとめ

恒久設備を造らずに太陽光パネルによる自律型電源でセンサー端末網を構成し、無線モジュールを用いた観測システムを構築した。その結果、潮位変動と波周期数解析を行うことができた。設置が容易でネットワーク網の構築が容易なIoT海洋情報取得システムは、今後海岸浸食など観察等にも威力を発揮できるものと期待される。

謝辞

本研究のシステム構築および施設利用は、金沢大学平成28年度環日本海域環境研究センター共同研究・研究会集「日本海の寄り回り波に関する研究」(採択番号12)により援助頂いた。またデータ解析およびデータ収集の一部は、科学技術研究費基盤研究(C)(課題番号16K01339:人工知能を用いたリアルタイム高潮予測システムの構築)によって助成頂いた。ここに深謝する。

引用文献

- 平山克也・加島寛章(2011). 下新川海岸に來襲した長周期うねりによる越波発生機構の解明とその対策. 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 67, No. 2, 1106-1110.
- 国土交通省北陸地方整備局(2008). 富山湾における「うねり性波浪」対策検討技術委員会報告書.
- 関本恒浩・森屋陽一・水口優(2000). 自由長周期波の発生とその定量的評価に関する理論的考察. 海岸工学論文集, Vol. 47, 236-240.
- 吉田清三・石森繁樹・加藤雅司(1986). 寄り回り波と海難. 日本航海学会誌航海, Vol. 87, 55-61.

(受稿：2018年6月4日 受理：2017年6月18日)