

平成29年度学生による地域フィールドワーク研究助成事業 研究成果報告書

- 機関及び学部、学科等名：富山高等専門学校 電子情報工学科
- 所属ゼミ等：富山湾シミュレーションゼミ
- 指導教員：水本 巖
- 代表学生：小竹智晃
- 参加学生：芹澤亮次

【研究題目】IoT による寄り回り波観測システムの構築

1. 課題解決策の要約

富山湾沿岸部での主に寄り回り波の潮位変動観測を対象とした任意の場所で観測可能なシステムの構築を、IoT (TWE 簡易無線装置) と太陽光パネルを組み合わせることで構築した。本装置は、大規模な固定観測施設を作らずに海岸付近から直線見通し距離で約 400m 以内に商用電源が取れる施設までを簡易無線装置で潮位および画像データを送ることができる。観測装置は、蓄電池と組み合わせた太陽光パネルで駆動しており、外部電源は不要である。

2. 調査研究の目的

富山県では、寄り回り波や雪崩などの地域特有の災害が被害をもたらしている。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、富山県のみが北海道沖に発生した爆弾低気圧による寄り回り波の被害や、立山連峰に代表される高山岳地帯での雪崩等の被害が目立つのは、富山湾特有のあいがめ(藍瓶)と呼ばれる海底地形と 3 千メートル級の山々に囲まれた富山湾特有の地形にある。冬は日本海の荒波、夏はフェーン現象と比較的住みやすい地域で持ち家率が極めて高い住みよい富山県と称されるが、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の事前予防予測を行うには、降雪および波データの自動取得システムの構築が必要と考えられる。寄り回り波警報発する場合、潮位観測恒久施設のナウファス(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。そのため独自にフィールドで観測を行う場合、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施設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道路の交通障害になったり、信号敷設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、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 2.4GHz 帯無線モジュール TWE-Lite(Dip-WA)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システムの開発を行い、海岸や山頂付近の電源や有線での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す。TWE-Lite は、32 ビットマイコンを搭載して UART、SPI、I²C、ADC などの各種インタフェースに対応可能であるため、センサの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期待される。

3. 調査研究の内容

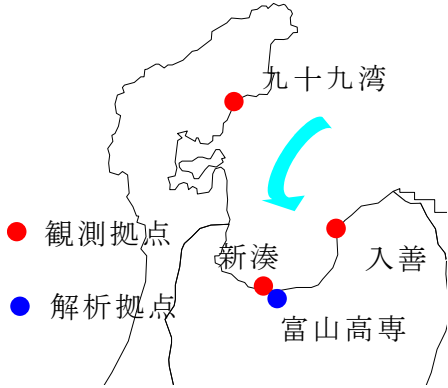


図1 観測拠点および解析拠点

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、富山湾沿いで入善に上陸するルート进行を想定している。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0.1Hz（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。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になると考えられる。

4. 調査研究の成果

図2に本研究で構築する観測システムの送信側ブロック図を示す。過放電・過充電制御装置を組み込んだ鉛蓄電池自立型独立電源ユニットを用いて TWE-Lite および距離センサ（オムロン E4PA-LS50-M1-N）に電源を供給する。

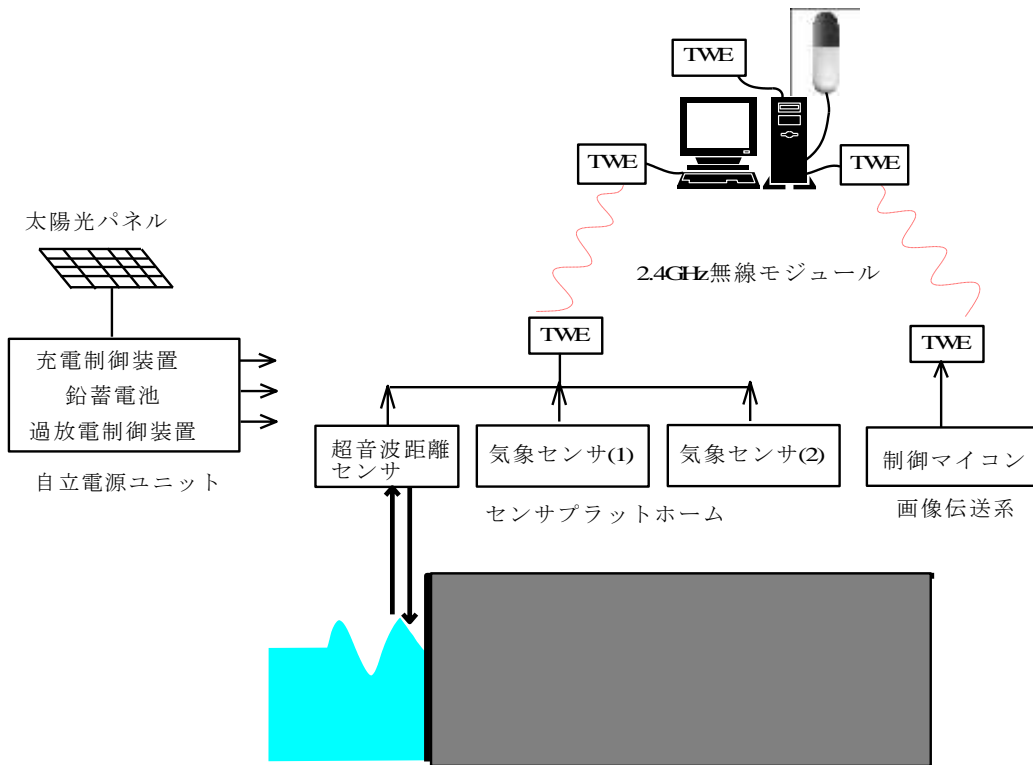


図2

センサ信号入力端末は、最大3つである。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（ラズベリーパイ）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TWEを使用する。これを独立電源のセンサ端末から、最大見通し距離400m以内の商用電源が使用可能な中継基地局に無線伝送

する。独立電源ユニットは 50W 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、超音波センサアンプで 1.8 W、TWE 送信ユニット 3.3V(20mA) 0.066W でトータル消費電力、約 2W×24 時間運用=48W/day、一か月あたり 48W×31 日間として、1 日の有効日照時間 6 時間と仮定する。1 か月に必要な総電力は 48W×31 日間=1488W である。これを 50W のパネルを用いて 6 時間で電力を賄うとすると、50W×6 時間×5 日間は、トータル 1500W 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 日間だけ完全に晴れの日があれば、電源は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。50W 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きっちり 12V に落とされ、更に 9V、3.3V と変換される。12V は超音波センサ用電源、3.3V は TWE 用電源である。

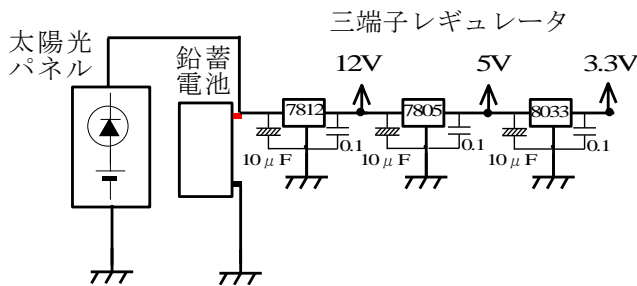


図 3 電源システムのブロック図

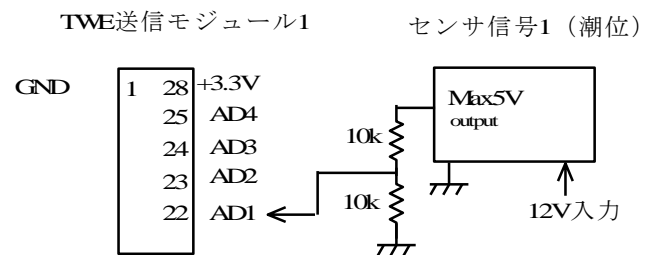


図 4 TWE 送信モジュールのブロック図

図 4 に送信モジュールのブロック図を図 5 に示す。TWE 送信モジュールは入力に 4 チャンネルの AD 入力を要している。最大入力電圧は 3.3V なので分割抵抗で超音波センサからの出力 Max5V を半分の 2.5V に抑えている。図 5 に中間基地局のブロック図を示す。

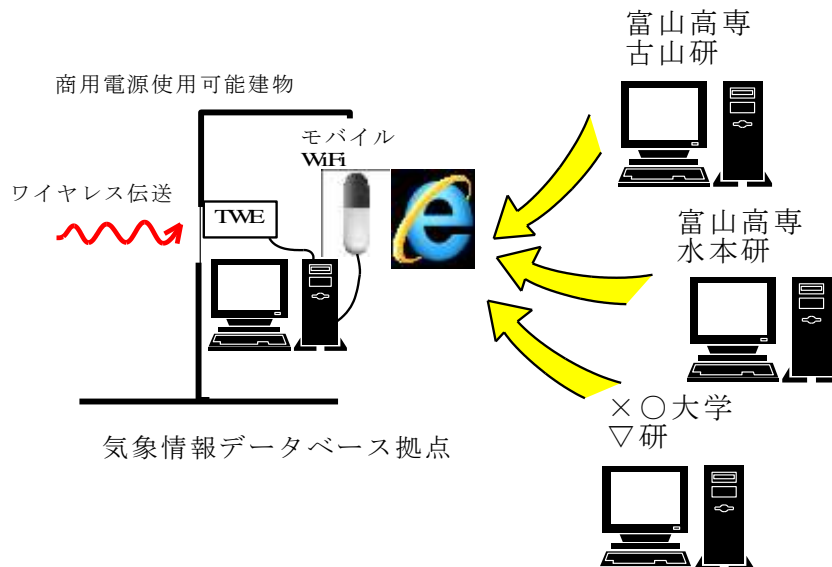


図 5 TWE 受信システムブロック図

中間基地局は、商用電源が採れるところで端末センサから、直線見通し距離 400m 以内で通信が成立する場所に設置する。モバイル端末にアクセスすることで、本研究室グループのみならずリアルタイムデータを必要とする団体は中間端末局から潮位データを取得することが可能である。

図 6 にセンサ取り付けの実装概念図を示す。3mm 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ブランコ状態で揺らぐ。図 7 は装置概観の写真である。鉛蓄電池 (EB35 を並列に繋いで太陽光パネルからの電圧を受けている。

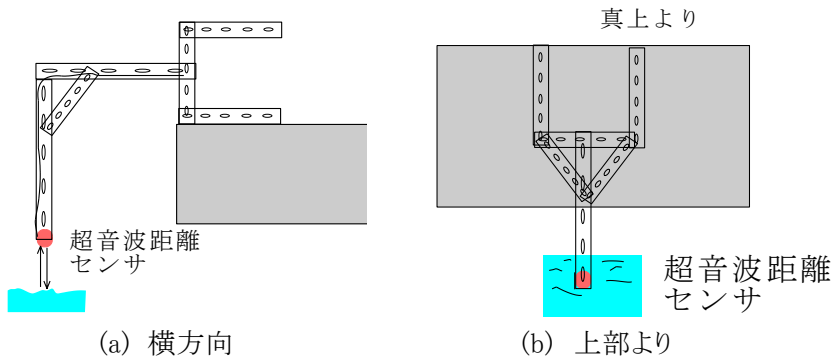
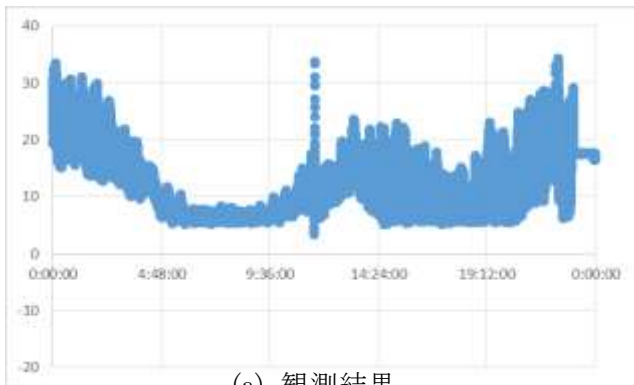


図 6 センサ取り付け実装概念図

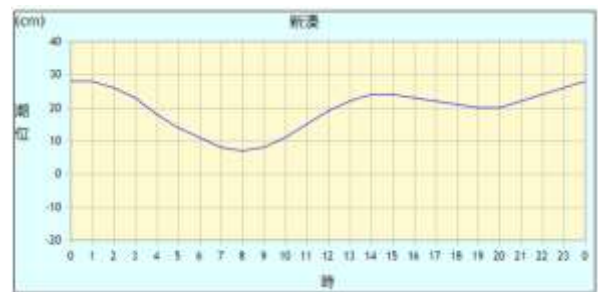


図 7 装置概観

図 8 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 3 に観測した潮位データを示す。観測は本校実習場に試験的に設置し、1 秒毎にデータが送られるように設定した。12 月 16 日の 24 時間分を示す。設置地点から水面までの距離を測定しているの、相対的な潮位推移となっている。0.1V の変化で 10cm の変動である。グラフより、波の影響により常に 0.05V (5cm) 程度の揺らぎが常に観測されているが、平均潮位変動は、干潮時 (8 時 4 分および 19 時 14 分) および満潮時 (0 時 22 分および 14 時 48 分) と気象台のデータと照らし合わせても一致していることが分かる。



(a) 観測結果



(b) 気象庁からの発表データ

図 8 潮位観測データ

図 9 に入善漁港、図 10 に九十九湾金沢大学臨海実習場における中間観測基地局のデータ収集用パソコン画面の様子をそれぞれ示す。



図 9 入善中継観測基地局

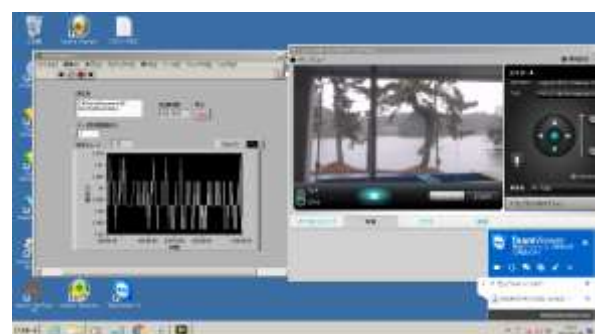


図 10 九十九湾中継観測基地局

入善漁港および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。

5. 調査研究に基づく提言

本研究期間内には寄り回り波の襲来が無かったので過去のデータを元に提言する。寄り回りによる波周期は10秒に1回すなわち0.1Hzとされているが、2011年時旧システム(IoTを用いないシステム、またインターネット未接続)で直接測定した入善漁港の潮位変動データでは、確かに周波数0.1Hz付近にスペクトルが立っている(図11)。一方、2014年および2015年の波浪時には、この周波数0.1Hzでのスペクトルは観測されていない。そのため、寄り回り波が到来する予兆としては爆弾低気圧および長周期の潮位上昇、0.1Hz付近のスペクトルは確からしいものと考えられる。

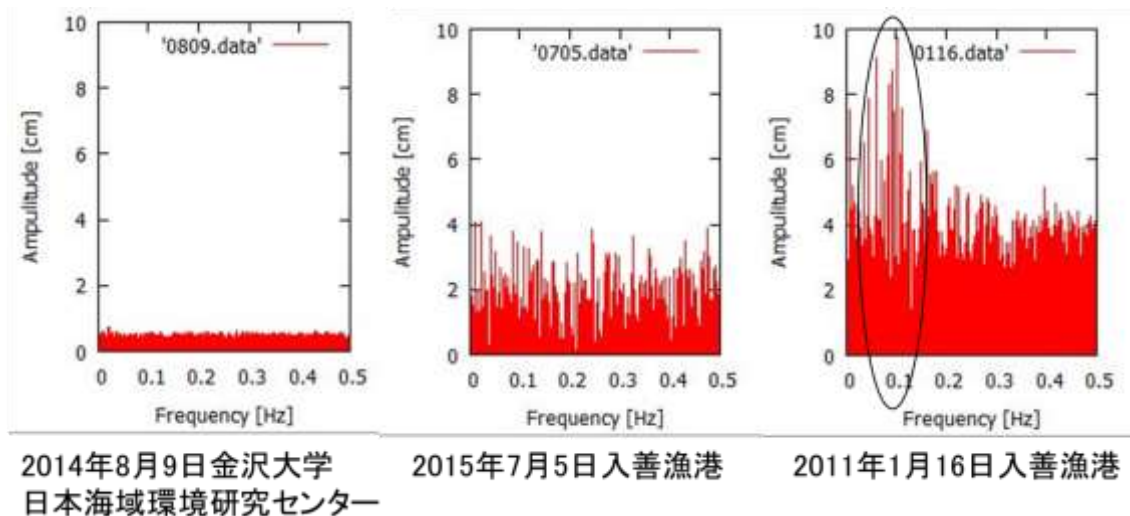


図11 台風および寄り回り波到来時の潮位周波数スペクトル

そのため本研究で開発した太陽光パネルを用いた電源独立型IoT寄り回り波観測システムを用いてリアルタイムで観測し、北海道沖の爆弾低気圧情報とナウファス等を用いた気象庁などの潮位観測網を有機的に結び付けて、寄り回り注意報の発信は可能なものと期待される。これまでの寄り回り波到来予測は、波浪計と陸上の観測機械とを海底ケーブルで結んでリアルタイムでデータを取得しようとする、1億円もの費用がかかってしまう。本研究での方法ならば、10万円程度でできることが期待される。本装置は、画像伝送にも発展させる予定でいる。そのため視覚的観測から、砂の移動に寄る地形被害の状況の観測も可能になると考えられる。

6. 課題解決策の自己評価

システムの基本形を確立し、実際のデータ取得までの実験には成功したが、リアルタイムでのデータ処理までは到達しなかった。また装置は塩害に浸食されたこともあり、市販できる製品化までには至らなかった。今後、防水および塩害対策、センサ取り付け部の振動防止機構の強化、蓄電池の劣化防止等を行いより実用的なIoT計測システムに仕上げたい。また降雪・降雨・曇センサも併せて開発し、IoTを用いた本システムに組み込み、雪害などの解消に役立てる所存である。

以上、当初の目標であるIoTを用いた波観測システムを構築したので基本的な目標は概ね達成したの
と考える。