

M-054

## 富山湾における沿岸センサネットワーク用 ノードブイの開発と実験

The Development and Experiment of the Node Buoy for Coast Sensor Networks  
in Toyama Bay

長野 澄\*1      吉田 将司\*1  
Nagano Tohru    Yoshida Masashi

### 1. 研究の背景

近年、陸上において無線デバイス・ネットワークを用いたユビキタスコンピューティング技術の研究が盛んである。しかし海上エリアでは対象が広大であることや、通信方法が限られてしまうなど様々な問題があり、ほとんど行われていない。そこで本研究グループは海洋観測の手法としてのメッシュ型センサネットワークの有用性に着目し実用化を前提に開発を進めてきた。本稿では、開発中のメッシュ型ネットワークの構成とノードの基本的な構造、実際に富山湾で行ってきた実験と、得られた結果を示す。

### 2. 本研究グループの最終目標

本研究グループの最終的な目標は、富山湾海上にセンサネットワークを構築し、そこから得られる情報を利用者が自由に利用できるシステムを開発することである。図1にこのシステムの概要を示す。このシステムを実現するにあたり、システムを海上センサネットワーク・基地局・データ転送の3つに区分しそれぞれ開発を進めている。その中で本稿が担当するのは海上センサネットワークを構築するノードブイの開発である。

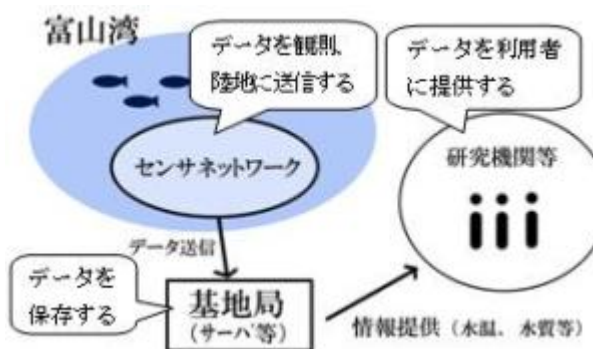


図1. 本研究グループの目標とするシステム

### 3. 海上センサネットワークの構築方法

本研究では開発したノードブイを海上に複数設置、各ノードブイ間で通信を行うことでセンサネットワークを構築する。センサネットワークは海から得たデータを陸に送信する機能を持つ。この機能は実際はセンサネットワークを構築する各ノードブイが持つ2つの機能、送信機能と中継機能によって実装される。送信機能とはセンサによって測定されたデータを他ノードもしくは基地局に送信する機能

であり、中継機能とは他ブイから受信したデータを再送信する機能である。

### 4. ノードブイの実装

センサネットワークの構築に用いられるノードブイはH8/3052 マイコン・XBee-Pro・センサ・バッテリーを乗せたブイである。図2にイメージと現状のノードブイを示す。XBee-ProとはIEEE802.15.4規格に沿って作られた通信機能を提供してくれる小型のモジュールであり、データを他ノードブイもしくは基地局に伝える働きをする。マイコンにはGCC DEVELOPER LITEを用いて作成したC++言語のプログラムを書き込む。このプログラムは前述の送信機能と中継機能を実行する。センサに関しては現状どのような種類のものを用いるかは決まっていないが、温度センサや塩濃度計などを用いる予定である。

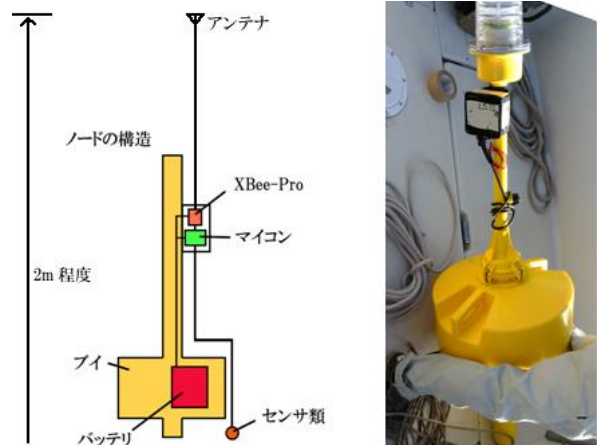


図2. ブイのイメージ（左）と実際の写真（右）

### 5. 富山湾での海上実験（2011年5月1~4日）

今年5月1~4日にかけて富山にて富山高専千葉研究室と合同で海上実験を行った。今回の実験の目的は、前回に比べアンテナ高を大きくした場合に結果の向上が見込めるか確認すること、メッシュネットワークを導入した場合に受ける影響を調査することの2つであった。

#### 5.1 これまでの実験から得ている結論

これまでに基地局・送信機能を持ったノードと中継機能を持ったノードを実環境に設置し、それぞれの位置関係を変えた場合に陸上の基地局にて得られる受信率の変化を記録する実験を行い、いくつかの結論を得てきた。得られた

\*1 サレジオ工業高等専門学校

結論を以下に示す。

- ①現状のノードブイでは基地局との通信では 300m 程度、ノードブイ間の通信は約 200m 以内が通信の安定する限界距離である。このときアンテナ高は 70cm であった。
- ②XBee-Pro の受信感度は-85~-90dBm 程度である。  
※ASCII コードで 18bit の送信データを用いた場合
- ③送信されたデータを中継することで受信率が向上する。
- ④海上に浮かべたブイは海に沈みこんでしまうため、実際に想定するアンテナ高より低くなってしまふ。また波によってブイが揺れるため、アンテナ高が時間的に変化してしまう。
- ⑤安定した電源供給が困難である。
- ⑥海上はほぼ 2 波モデルとして扱って問題ない。

## 5.2 実験方法

今回の実験を行うにあたって、ノードブイに 3 つの改良を加えた。1 つめはアンテナ高を高くし、浮かべた状態で 140~170cm 程度にしたこと。2 つめは XBee-Pro の設定を変更し、ブイ間の通信をメッシュ方式で行うようにしたこと。3 つめは送信プログラムを変更し、中継経路を観測できるようにしたことである。また前回使用したノードブイは 2 機であったが、実験の都合上、今回は 3 機を使用した。また各ノードブイは送信機能と中継機能を有し、それぞれがデータの送信と他から受信したデータの中継を行う。

実験は 3 つに分けて行われた。1 つめはブイ-基地局間の通信可能距離を観測する実験、2 つめはブイ-ブイ間での通信可能距離を観測する実験、3 つめはメッシュネットワークを用いて通信経路を増やした場合の影響を観測する実験である。以下にそれぞれの実験手順を示す。

### 5.2.1 実験 1、ブイ-基地局間の通信可能距離の観測

陸上に基地局(アンテナ高約 350cm)を設置し、海上にノードブイを 1 機浮かべる。このときノードブイからデータを送信させ、基地局で受信したデータを記録する。その後船を用いてノードブイを牽引し基地局とノードブイ間の距離を 50m ずつ広げながら、距離とデータ受信率の関係を記録する。

### 5.2.2 実験 2、ブイ-ブイ間の通信可能距離の観測

陸上に基地局(アンテナ高約 140cm)を設置し、海上にノードブイを 2 機(ブイ A・ブイ B と表記)浮かべる。実験 1 と同様に各ノードブイからデータを送信させ、基地局で受信したデータを記録する。このときブイ A と基地局は保留してある船舶を遮蔽物と想定し、通信が行えない状況とし、ブイ B と基地局は必ず通信が成功する状況にしておく。その後船を用いてブイ A を牽引し、ブイ A とブイ B 間の距離を 50m ずつ広げながら、通信がはじめて途切れた距離から±50m の距離とデータ受信率の関係を記録する。実験の構成を図 3 に示す。

### 5.2.3 実験 3、通信経路を増やした場合の影響の観測

実験 2 ブイ B の横に 3 つめのノードブイ(ブイ C)を設置し、実験 2 と同様の実験を行う。ただし受信率は実験 2 と同じ距離で記録する。

## 5.3 実験結果

### 5.3.1 実験 1 について

ブイ-基地局間距離が 450m 以内の受信成功率は 100%、500m 付近では 77.5%、550m 付近では 26%、600m 付近では

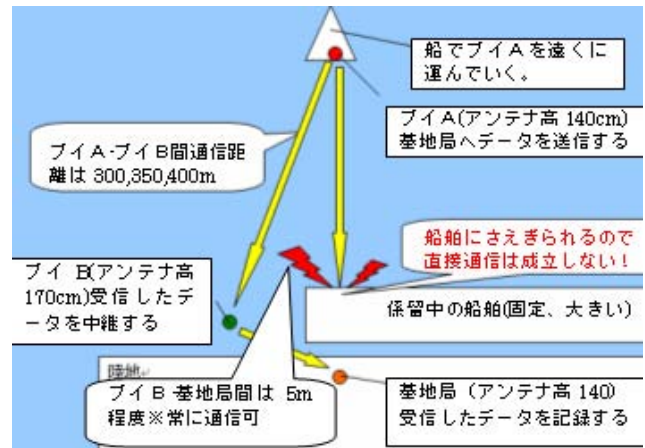


図 3. 実験 2 の構成

59%であった。また 600m 付近では対岸が近くこれ以上の測定は不可能だったので 600m で実験を中断した。

### 5.3.2 実験 2 について

ブイ A-ブイ B 間の距離が 350m 付近のときに通信がはじめて途切れたので、300m・350m・400m 付近で受信率を記録した。その結果、300m 付近の受信成功率は 13%、350m 付近では 13.5%、400m 付近では 1.4%であった。

### 5.3.3 実験 3 について

実験 2 と同じ 300m・350m・400m 付近での受信率を記録した。その結果、300m 付近の受信成功率は 70%、350m 付近では 62%、400m 付近では 61%であった。

## 6. まとめ

今回の実験で得られた結論を以下に示す。

- ①実験 1 の結果から、いままでに比べてブイ-基地局間で通信が安定する距離が 1.5 倍程度向上したことが確認できた。(アンテナ高の効果を確認)
- ②実験 2 の結果から、いままでに比べてブイ-ブイ間の通信限界距離が 2 倍程度向上したことが確認できた。(アンテナ高の効果を確認)
- ③実験 3 の結果から、通信経路を増やす(中継するノードブイを増やす)ことで受信率が 4 倍以上向上した。その理由としてはメッシュネットワークを想定したブイの配置が実質、空間ダイバーシティを構成したためと考えられる。

## 謝辞

富山高専千葉研究室と臨海実習場の皆様に謝辞を表す。また本研究は科研費交付金 21700725 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 千葉元, 古山彰一, 横井浩二, “船上 CTD/ADCP システムを用いた富山湾(環境系)”, 日本建築学会北陸支部研究報告集, 47, pp112-115, (2004).
- [2] 橋口徹, “沿岸ネットワーク用ブイの検討”, サレジオ高専卒業研究概要, (2010).
- [3] 阪田史郎, 嶋本薫, “無線通信大全”, リックテレコム社, (2007)