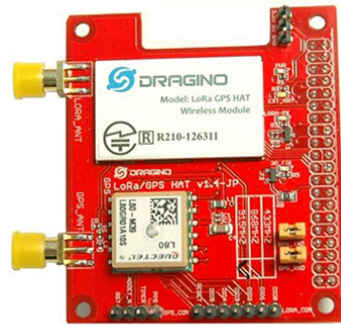




(a) GREEN HOUSE RM-92AM



(b) Dragino LoRa GPS HAT-JP



(c) Kiwi Tech. ADB922S\_EVB



(d) 高知高専 LoRaHAT

図9 実験で扱った LPWA 対応製品

### 2.3. LPWA を用いたシステム運用のシミュレーション

国土交通省のガイドラインでは、3 秒以内の通信頻度、500m 以内に船舶が近づいたときに警告を発する、1Km 先の船舶を表示すること、他船識別符号、位置、時刻、（速度、向き）を送信することが推奨されている。船舶情報をバイナリ形式で送信する場合、1 隻あたり数 10Kbyte 程度となる。LTE における通信速度は約 20Mbps であり、地図データの取得を含めても、十分な通信帯域が確保されている。

LPWA の代表的な規格である LoRaWAN では、通信速度が 250～50Kbps であることから、近隣船舶のデータを受信することは困難である。

そのため、本提案では以下の方式を用いることで、航行支援を実現することを目指した。

- 送信データ  
自船 ID、位置情報（緯度、経度）
- 受信データ  
接近警告の有無（サーバ側で判断し、送信）
- 単体動作モード  
LPWA 端末の GPS から時刻・位置情報を取得し、サーバに送信する。サーバ側では他船、海域の判定を行い、警告の有無を返す。
- 連携動作モード  
スマートフォンと BLE で接続し、端末が有する警告情報をサーバ側に転送する。

表2 主要なLPWAと通信速度比較

主要サービス	最大伝達速度	最大通信距離
LTE	150Mbps	6Km
SIGFOX	100bps	20Km
LoRaWAN	100Kbps	10Km
ELTRES (SONY)	32bps	100Km

### 3. 今後の展開

本研究では、スマートフォンを用いた小型船舶航行支援システムにLPWAを用いることでスマートフォンが県外となるエリアでも利用可能とすることを検討した。通信実験では、LPWAの受信状態が62%と低い結果となった。これは再度実験を行い最適な配置を検討する必要がある。また、通信速度の制約からサーバからのデータ取得が困難であるため、他船の位置を把握することができない。LPWAを有する船舶間であればP2Pによる検知が可能となる。また、5Gにおいても端末間通信が利用可能となる。これらの技術の導入を行い、ハイブリッドな船舶航行支援システムの検討を行う予定である。

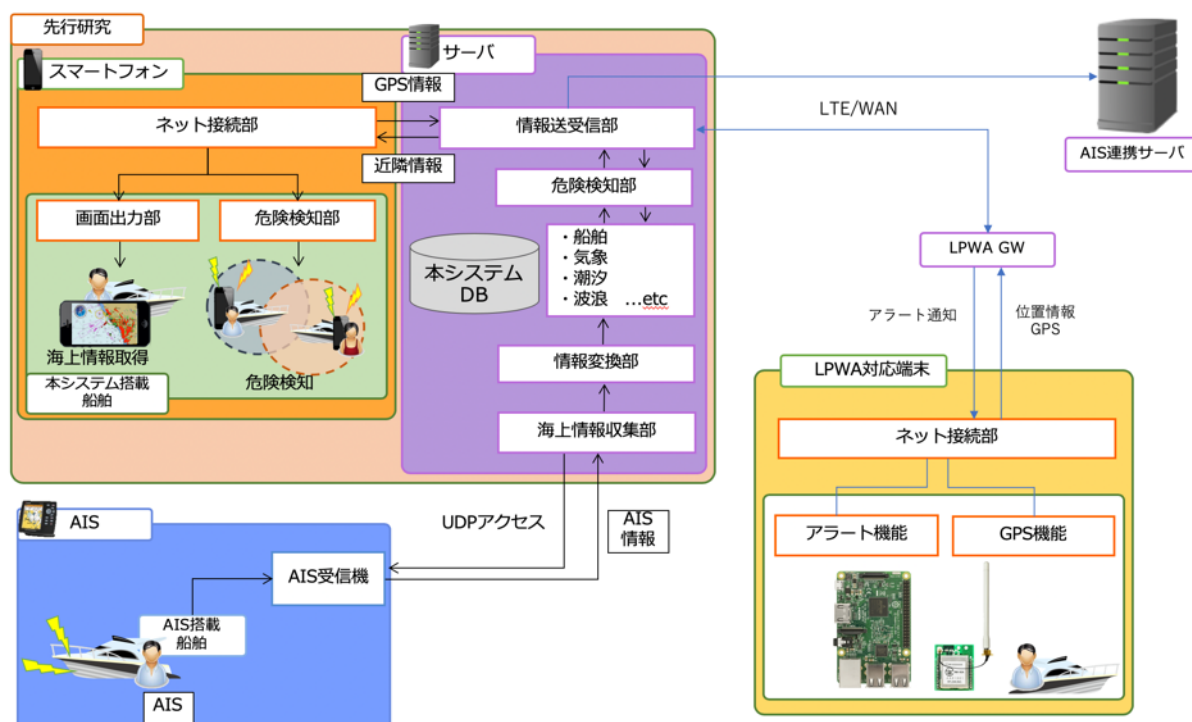


図9 ハイブリッドAISシステム構成図

### 4. 添付資料

- ・ 情報処理学会第81回全国大会(2019. 3. 14)  
AIS ネットワーク構築のための小型受信機の作成と受信性能の評価(西山・長尾)
- ・ 情報処理学会第81回全国大会(2019. 3. 16)  
LPWA を用いた小型船舶の航行支援に関する考察(長尾)

## AIS ネットワーク構築のための小型受信機の作成と受信性能の評価

西山 政明† 長尾 和彦†

弓削商船高等専門学校†

## 1. はじめに

船舶事故は減少傾向にあるものの、毎年 2,000 件以上発生しており、その 7 割以上が小型船舶によるものである<sup>[1]</sup>。

船舶事故を防止する方法として、船舶自動識別装置(AIS:Automatic Identification System)がある。これは、船舶の識別符号、種類、位置、針路、速力、航行状態などの情報を VHF 帯の電波で送受信し、船舶及び陸上局と情報交換を行うものである。国際航路の船舶および国内航路の 500 総トン以上の船舶に搭載が義務付けられている。しかし、小型船舶には搭載義務がなく、設備投資が負担である、申請が必要であるなどの理由から搭載が進んでいない。

我々は 2015 年から小型船舶の航行を支援するシステム（以下、SmartAIS）の開発を行なっている<sup>[2]</sup>。図 1 にシステムの構成図を示す。現在、AIS 情報は本校の屋上に設置してある 1 台の受信機から収集している。そのため、半径約 60km 圏内の AIS 搭載船舶の把握が限界であり、広範囲の船舶の位置情報を収集する必要がある。また、Marine Traffic や shipfinder などの広範囲の

AIS 情報を収集・公開している既存のシステムがあるが、これらは情報の更新が遅いため、リアルタイムな航行支援に用いることができない。リアルタイムに情報を収集するためには、ネットワークを独自に構築する必要がある。

SmartAIS と連携できる安価で量産が可能な小型の AIS 受信機を作成した。作成した受信機で受信実験を行なった結果、正常に AIS 情報の収集ができることを確認したが、受信特性や地形等の影響について考慮していない。

そこで、地形や距離による電波の減衰を考慮するためシミュレーションを行った。本研究では、シミュレーションソフト Radio mobile<sup>[3]</sup>を用いた。本報告では、シミュレーション結果と受信実験の結果を比較し、作成した小型受信機の受信性能を評価する。

## 2. 小型受信機の実用性評価のための実験

## 2.1. 受信機について

小型のシングルボードコンピュータの RaspberryPi3ModuleB+とチューナー、AIS アンテナを用いて、小型受信機を作成した。チューナーは温度補償型水晶発振機（以下、TCXO）搭載の TV28Tv2DVB-T（以下、 dongler）、を用いた。アンテナは VHF アンテナ（以下 AIS アンテナ）を使用した。

## 2.2. シミュレーション

シミュレーションは、電波の伝搬に関するシミュレーションソフトである Radio mobile を使用した。パラメータは AIS の規格に合わせ、送信設備は、送信周波数を 161.975MHz~162.025Mz、空中線電力を 33dBm に、受信設備は、受信しきい値を -107dBm、アンテナ利得を 3dBi とし、AIS の受信が可能な範囲をシミュレーションした。受信機の設置場所は受信実験に合わせて標高約 2m の弓削港、約 670m の三坂峠、約 1440m の石鎚山とした。

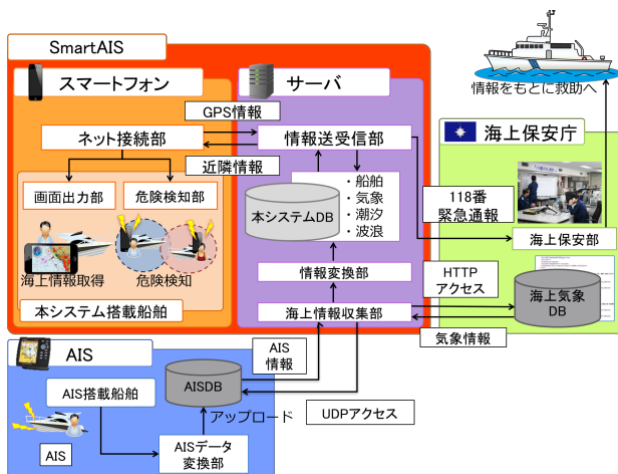


図 1. システム構成図

Development and performance evaluation of a portable receiver for AIS network

†Nishiyama Masaaki, Nagao Kazuhiko

National Institute of Technology, Yuge College



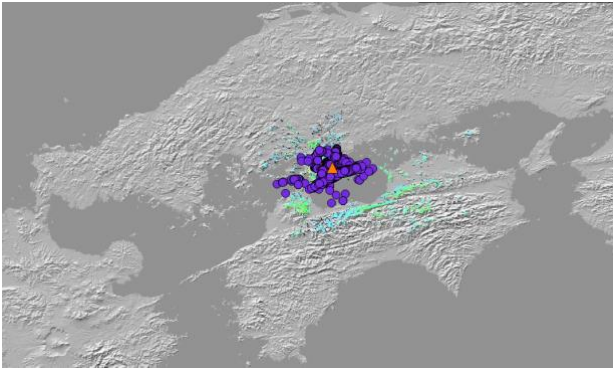


図 2. 弓削港での実験とシミュレーションの比較

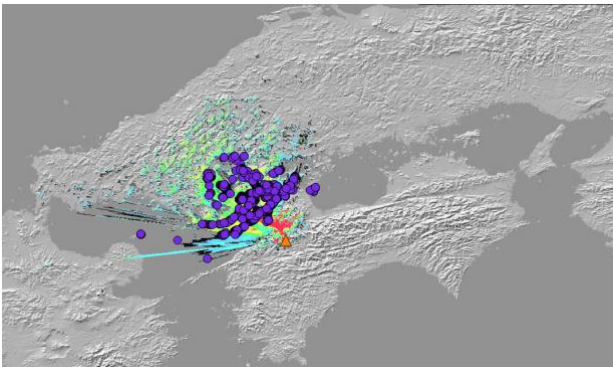


図 3. 三坂峠での実験とシミュレーションの比較

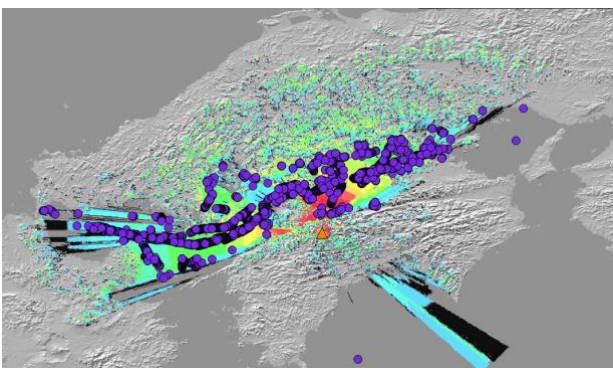


図 4. 石鎚山での実験とシミュレーションの比較

### 2.3. 受信実験

弓削港、三坂峠、石鎚山で受信実験を行なった結果とシミュレーションを比較したものを図 2, 図 3, 図 4 に示す。シミュレーションの結果と実験で収集できた船舶の位置がほぼ一致している。これらの結果から、作成した小型受信機は十分な受信性能があること、沿岸部よりも標高の高い場所に受信機を設置した方が広範囲の情報を収集できること、シミュレーションを利用することで、設置箇所の標高や地形の影響を考慮した受信範囲が予想できることが分かった。

## 3. 今後の課題

### 3.1. 設置地域

今後、全国に受信機を設置した場合のシミュレーションを行い、設置箇所を検討していく。また、小型受信機で受信した AIS の情報は受信機と同じ筐体に納めたポケット Wi-Fi によるキャリア通信を利用している。小型受信機の設置箇所は、電源やキャリア通信が確保できるエリアであること<sup>[4]</sup>、関係機関との設置の交渉・許可があることが望ましい。これらの条件を満たすエリアに設置していくことを検討している。

### 3.2. データ収集・管理

今後、システムを全国運用するために、小型 AIS 受信機を量産し、全国各地に設置することを検討している。今回、受信実験を行なった際、AIS のメッセージは 1 秒間に約 6 件取得された。設置箇所を増やした場合、取り扱う AIS 情報が膨大なものになることが考えられる。データの重複やサーバーの負荷、リアルタイムに位置情報を提供する手段を検討していく必要がある。

## 4. おわりに

本研究では、スマートフォンを用いた小型船舶航行支援システムと連携可能な小型 AIS 受信機の性能評価を行なった。シミュレーションや実験の結果から、小型受信機には十分な性能があること、小型受信機を設置する際は、沿岸部よりも標高の高い場所に設置した方が広範囲の受信が可能であること、シミュレーションを利用することで標高や地形の影響を考慮した受信範囲が予想できることが分かった。今後、全国に受信機を設置した場合のシミュレーションを行い、少ない数の受信機で広範囲の情報を収集できるように設置場所を検討する。また、海上保安庁や各自治体との連携を取り受信機を広範囲に設置していくことを検討する。

## 5. 参考文献

- [1] 海上保安庁平成 28 年海難の現況と対策, <https://www6.kaiho.mlit.go.jp/info/marinesafety/genkyototaisaku/2017/all.pdf>
- [2] 瀬尾・宇崎・肥田・長尾, “スマートフォンで動作する簡易 AIS システムの開発”, 情報処理学会全国大会(2016)
- [3] <http://www.ve2dbe.com/english1.html>
- [4] 肥田・瀬尾・西山・長尾, “海上における電波強度収集システムと安全航行への活用について”, 日本航海学会講演予稿集 5 巻 2 号 (2017)

# LPWA を用いた小型船舶の航行支援に関する考察

長尾和彦

弓削商船高等専門学校 情報工学科

## 1 はじめに

四方を海に囲まれた海洋国家である我が国において、海上輸送は重要なインフラであり、船舶の安全航行が求められている。2017 年における船舶事故隻数は 1977 隻で減少傾向にあるものの、多くの事故が発生している [1]。そのうち、小型船舶（漁船、遊漁船およびプレジャーボート）が関わる事故は全体の約 8 割を占めており、早急な対策が求められている。船舶事故を未然に防ぐための対策として、自動船舶識別装置 (AIS: Automatic Identification System) がある。AIS は船舶の識別符号、種類、位置、進路、速力、航行状態などを VHF 帯電波で送受信し、船舶間で情報交換を行うシステムである。AIS の設置が義務付けられている船舶では、設置の義務化後に事故が減少しており、一定の効果がみられる。一方、小型船舶には搭載義務がなく、費用負担、免許取得が必要などの理由から普及が進んでいない。

我々はスマートフォンを用いた AIS 代替システムを提案・開発を行なっている [2]。国土交通省によるスマートフォンを用いた航行支援に対するガイドライン [3] の策定のための実証実験にも参加し、有用であることを確認している。しかし、海上ではスマートフォンの電波が利用できないエリアが存在することがわかっており [4]、何らかの代替手段が求められる。

我々は長距離省電力の無線通信である LPWA に着目し、実用可能性について検討している。本報告では、瀬戸内海における LPWA の通信状態の調査結果を示す。

## 2 瀬戸内海における受信状態の調査

### 2.1 スマートフォンの受信状態調査

2016 年から主要キャリア 3 社について瀬戸内海中央部の受信状態の調査を行なっている。図 2 は 2016 年の B 社の電波受信状態をグラフ化したものである。受信可能な割合は約 59% であり、中央付近でスマートフォンが利用できない。どのキャリアも沿岸部から離れると受信状態が悪くなる傾向が見られる。

### A study to support system for pressure boats using LPWA

Kazuhiko Nagao  
National Institute of Technology, Yuge College  
794-2593, Kamijima-cho, Ehime, Japan  
nagao@info.yuge.ac.jp

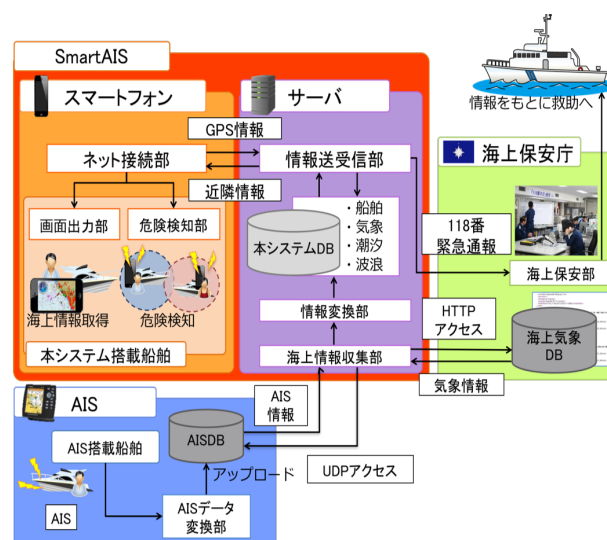


図 1: AIS 代替システムのシステム構成図

### 2.2 AIS の受信状態

本システムでは既存の AIS とのデータ連携を行うため、AIS 受信専用基地局を設置する必要がある。2018 年に石鎚山で測定実験した結果を図 3 に示す。標高の高い見通しの良い場所に設置することで広範囲のエリアを受信できた。また、受信範囲が電波受信範囲シミュレータにおける計算結果と一致している。

### 2.3 LPWA の受信状態

LPWA は一般に数 Km~10 数 Km 程度の長距離伝送が可能であり、一部の機器では 100Km の伝送に成功したと報告もある。通信速度は LoRa 方式で 250~50Kbps 程度とされる。瀬戸内海をほぼカバーできることから、有用な通信方式であると考えられる。

予備実験として、石鎚山展望台 (1440 メートル) と久司山展望台 (142 メートル) に LPWA 端末 (GREENHOUSE 社 RM92A) を設置し、一定間隔でデータを送信する。受信端末を本校実習船はまかぜ (左舷側船室内) に設置し、海上を航行することで送受信実験を行った。久司山の結果を図 4 に示す。

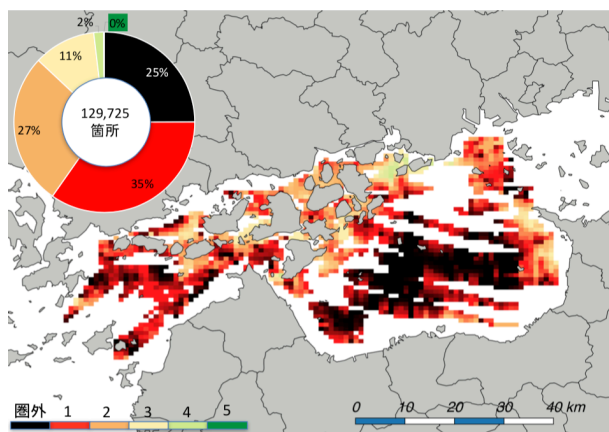


図 2: スマートフォン (B 社) 受信状態の調査 (2016)

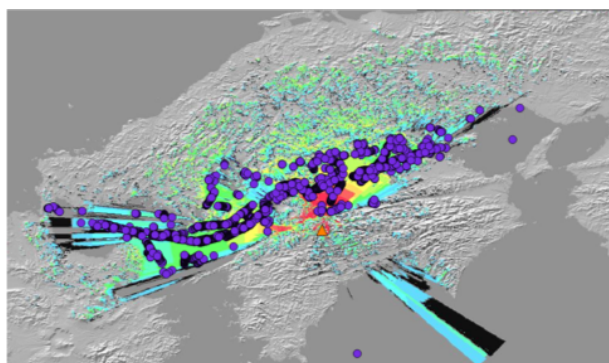


図 3: 石鎚山における AIS 受信状態の調査 (2018)

### 3 LPWA の航行支援への適用

#### 3.1 LPWA の通信性能

国土交通省のガイドラインでは、3 秒以内の通信頻度、500m 以内に他船が近づいたときに警告を発する、1Km 先の船を表示すること、他船識別符号、位置、時刻、(速度、向き)を送信することなどが推奨されている。船舶情報をバイナリで送受信する場合、一隻あたり数 10Byte 程度である。LTE における通信速度は約 20Mbps 程度であり、地図データの取得を含めても、十分な通信帯域が利用できる。

LPWA の代表的な規格である LoRa では、通信速度が 250~50Kbps であることから、近隣船舶のデータを受信することは困難である。

#### 3.2 LPWA 用端末の仕様検討

3.1 の要件から、以下の機能を有する端末を設計・試作を行なった。

- 送信データ 自船 ID、位置情報 (緯度・経度)
- 受信データ 接近警告の有無

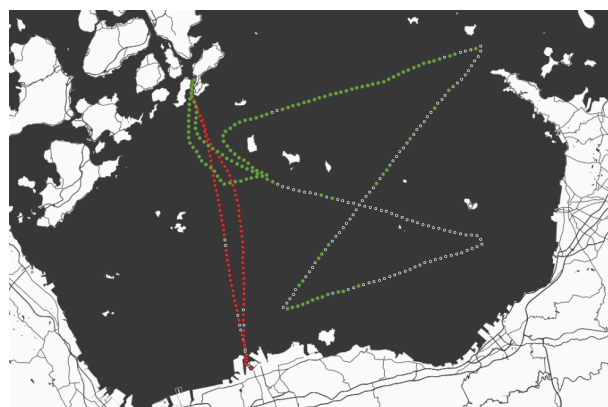


図 4: 久司山における LPWA 受信状態の調査 (2018)

- 単体動作モード端末の GPS から時刻、位置情報を取得し、サーバに送信する。サーバ側では他船・海域の判定を行い、警告の有無を返す。
- 連携動作モードスマートフォンと Bluetooth で接続し、端末が有する警告情報をサーバ側に転送する。

### 4 今後の課題

本研究では、スマートフォンを用いた小型船舶航行支援システムに LPWA を利用することでスマートフォンが圏外となるエリアでも利用可能とすることを検討した。通信実験では受信性能が 62%と低い結果となった。これは船側の受信機の設置状況が影響した可能性があるが、簡便な利用を前提とする場合、より高い受信率が求められる。また、通信速度の制約からサーバからのデータの取得が困難なため、他船位置の表示ができないなど、AIS の機能を満たしていない。しかし、自船の位置情報を定期的に送信できるメリットは大きい。今後の実験等により、活用方法について検討を行う予定である。

### 参考文献

- [1] 海上保安庁：平成 29 年における海難発生状況（確定値）<https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h30/k20180314/k180314-1.pdf>, 2018.3
- [2] 長尾他：スマートフォンで動作する AIS と連携した小型船舶向け事故防止システム, 日本航海学会論文集 135 巻, pp.11-18, 2017
- [3] 国土交通省：スマートフォンを活用した小型船舶の事故防止, [http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime\\_tk6\\_000019.html](http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tk6_000019.html), 2017
- [4] 肥田他：海上における電波強度収集システムと安全航行への活用について, 日本航海学会講演予稿集 5 巻 2 号, 2017