

AIS とレーダー捕捉情報に基づく 船舶の位置情報共有システム

丹羽 康之*, 福戸 淳司**

Location Information System based on AIS and Radar TT Information

by

Yasuyuki NIWA and Junji FUKUTO

Abstract

A prototype of location information system based on AIS (Automatic Identification System) ships and non-AIS ships has been made to evaluate the functions of the system through a series of field experiments. AISs provide absolute location information (latitude and longitude) by their GPS (Global Positioning System) receivers. Radars provide relative location information as Radar TT (Target Tracking) information, which can be converted to absolute location information by using the ship's location and heading information.

In the prototype of location information system, location information of ships is obtained from onboard AIS transponders, shore-side AIS receivers and Radars. Location information of non-AIS ships is calculated based on the Radar TT information, together with GPS and heading information of the ship with the Radar. In the field experiment, location information of AIS and non-AIS ships obtained by each ship was sent to the cloud server periodically. A shore-side station also got location information of ships as AIS and Radar TT information, and sent it to the cloud server. The cloud server received and updated all ships' location information to deliver it to information devices on ships properly. The information was sent as a raster image via INTERNET.

* 知識・データシステム系, ** 研究監

原稿受付 平成 30 年 5 月 11 日

審査日 平成 30 年 8 月 20 日

目 次

1. はじめに	2
2. 位置情報共有システム	3
2.1 レーダー捕捉による AIS 非搭載船の位置情報	3
2.2 位置情報共有システムの構成	3
3. 位置情報共有システムのプロトタイプシステムの動作確認と考察	6
3.1 位置情報共有システムのプロトタイプシステムの動作確認	6
3.2 システムに対する考察と留意点	7
4. まとめ	8
参考文献	9

1. はじめに

海難審判所の統計資料¹⁾によると、平成 28 年の海難種類別立件件数の第一位は衝突であり、全体の 26.7%を占めている。また衝突の原因分類では、見張り不十分が 50%以上を占めており、見張り不十分を改善することが、海難を減らすことにつながる。

また日本船舶技術研究協会が平成 18 年度に実施した調査²⁾では、海難審判採決録から抽出した平成 13 年に発生した衝突 182 隻の事故について、原因の分類を行っている。その結果を次の 5 種類に分類しており、(1) 当直作業が実施されなかった、(2) 他船の発見がなされなかった、(3) 他船の継続監視がなされなかった、(4) 衝突のおそれの判断、避航方法の判断が適切でなかった、(5) その他、それぞれの割合は、(1) 29.4%、(2) 28.0%、(3) 8.9%、(4) 22.0%、(5) 11.7%となっている。このことから、当直作業を確実に実施することが最重要事項となるが、他船の発見がなされなかったことも大きな割合を占めており、周囲の他船を認知させることが海難減少につながると考えられる。

平成 14 年 7 月から順次、一定の条件（全ての旅客船、総トン数 300 トン以上の国際航海に従事する貨物船、及び、総トン数 500 トン以上の内航貨物船）を満たす船舶には船舶自動識別装置 (AIS: Automatic Identification System) の搭載が義務づけられた。AIS をレーダーや電子海図情報表示装置 (ECDIS: Electric Chart Display Information System) と接続することにより、AIS 搭載船は他の AIS 搭載船の存在を容易に認識することが可能となり、警報が適切になされれば、他船の見落としが低減できると考えられる。ただし、AIS を搭載していても AIS 非搭載船の認知はできず、レーダーの利用や目視による見張りは依然として重要な作業として残る。そこで、AIS 搭載船に加えて AIS 非搭載船の位置情報を収集して、これを統合処理した情報を周辺の船舶に適切に配信することができる船舶位置情報共有システムが実現できれば、他船の見落としを低減できると考えられる。

陸上に設置した AIS 受信機で収集したデータをインターネットのクラウドサーバーに集約して配信するシステムが、海外のサイトを中心に存在している³⁾。本研究では、AIS 搭載船の位置情報に加え、AIS 非搭載船の位置情報を含む船舶の位置情報を収集及び配信する船舶の位置情報共有システムの実現に資することを目的とする。このために位置情報共有システムのプロトタイプシステムを構築し、実海域での実験により機能を確認し、留意点を明確化する。なお、AIS 非搭載船の位置情報については、レーダーが有する機能の一つである捕捉機能を利用する。

2. 位置情報共有システム

2.1 レーダー捕捉による AIS 非搭載船の位置情報

上述の通り、AIS は一定の要件を満たす船舶に対して搭載が義務づけられているが、内航貨物船の場合総トン数 500 トン未満に対しては搭載が義務づけられていない。AIS は、多くの船が搭載することによりその効果を発揮する。しかしながら、費用面等の理由により広く普及しているとは言えない。なお、小型船への搭載を目的の一つとした簡易型 AIS（Class B AIS）と呼ばれる安価なモデルも販売されており、今後の普及を期待する。

AIS 搭載船の位置情報は、AIS 及び AIS 受信機より得ることができる。船舶の位置情報の共有にあたっては、AIS 搭載船の位置情報に加え、AIS 非搭載船の位置情報を加えることが有効である。なお、システムの実装において追加の航海計器を無しとすることができれば、導入の費用が抑えられ普及の可能性が高まる。そのため、本研究では、既存機器の活用も念頭におき実施した。

AIS 非搭載船の認識は、船上の航海士が目視とレーダーで行っており、AIS 非搭載船の位置情報は、レーダーの捕捉機能を手動で操作して取得している。レーダーの捕捉機能は、他船の相対位置を示すレーダー画面上の光点をマウスクリック等で選択することにより、それを以降捕捉解除するまで識別・追尾する機能であり、捕捉機能を有したレーダーは、多くの船舶で利用されている。捕捉機能では、他船情報として、対象の光点（ここでは、船舶）との相対距離、相対方位、相対速度及び相対進路を計算、出力することが可能となっており、TT(Target Tracking)情報とも呼ばれている。TT 情報のフォーマットは、国際電気標準会議（IEC: International Electrotechnical Commission）の規格⁴⁾で定められているため、複数のレーダー製造業者間でも互換性がある。そこで今回は、航海士により捕捉された TT 情報を AIS 非搭載船の位置情報に利用した。なお、TT 情報は、捕捉に使用したレーダーからの相対位置情報であり、緯度・経度である絶対位置情報にするためには、対象レーダーを搭載した船舶の緯度・経度情報、対地進路情報、対地速度情報及び船首方位情報が必要である。緯度・経度情報、対地進路情報及び対地速度情報は、全地球測位システム（GPS: Global Positioning System）により得ることができ、他船捕捉機能を有したレーダーを搭載した船舶であれば、ほぼ全てが搭載している⁵⁾。また、船首方位はジャイロコンパス等船首方位検出装置により得ることができるが、こちらも多くの船舶が搭載している。以上より、AIS 非搭載船の位置情報として、TT 情報を利用する場合には、捕捉機能を有したレーダーを搭載した船舶においては、新たな航海計器の追加の必要がない。

2.2 位置情報共有システムの構成

今回の位置情報共有システムの船舶の位置情報は、AIS 情報と TT 情報とした。AIS 情報の収集については、陸上に AIS 受信機を設置し利用する方法と AIS 搭載船が受信した AIS 情報を利用する方法がある。ここでは、AIS 情報を確実に収集するため、陸上と船上の両方の AIS 情報を利用することとした。具体的には、システムのプロトタイプ構築にあたり瀬戸内海の山口県の屋代島（周防大島）周辺を実験海域（図 1）とし、陸上局 1 局と船舶局 2 局の AIS 情報をクラウドサーバーに送信することとした。陸上局の場合、インターネット接続環境を有していれば、受信した AIS 情報をインターネット経由でクラウドサーバーへ送信可能であるが、船上の AIS 情報をクラウドサーバーに送信するためには、船陸間通信の環境を用意する必要がある。大洋航海の船舶の場合は、衛星通信が必要となり費用面の課題があるが、今回は比較的交通量の多い沿岸域を想定して携帯電話網を利用した。2018 年 5 月現在、国内の大手携帯電話通信会社は、沿岸から数海里は 3G 通信が可能としている。携帯電話網は瀬戸内海の大部分で通信が可能であり、沿岸に沿った航行の場合は、LTE（Long Term Evolution）通信は保証されていないものの十分に安定した通信の可能性はある。そこで、今回は、船陸間通信に、LTE 通信機能を有したモバイルルーターを利用した。

TT 情報を AIS 非搭載船の位置情報として収集するが、今回の検討では陸上局として、大島商船高等専門学校の校舎屋上にレーダーを設置した（図 2）。また、AIS 受信機も設置するとともに、両方の情報を取り込むコンピュータを用意し、クラウドサーバーに転送するシステムを作成した。なお、校舎屋上のレーダーで船舶を捕捉することは、常時ではなく、実習等で利用した場合のみとしている。船舶局の 1 つは、大島商船高等専門学校の練習船大島丸（図 3）とした。大島丸は、AIS、レーダー、GPS、コンパスを搭載している。陸上局と同様に AIS 情報と

TT 情報に加えて GPS 情報、船首方位情報を取り込むコンピュータを用意し、クラウドサーバーに転送するシステムを作成した。なお、大島丸の船上情報も実習時間に限定されている。もう 1 つの船舶局は、大島商船高等専門学校のある山口県の周防大島の周辺である山口県柳井市と愛媛県松山市の間を航行するフェリー（図 4）に協力を依頼し設置した。本フェリーも AIS、レーダー、GPS、コンパスを搭載しており、大島丸と同様のコンピュータとシステムを利用した。本フェリーは、1 日約 15 時間運航している。図 1 の実験海域にフェリーの航跡を表示する。なお、3 局とも LTE 通信機能を有するモバイルルーターを用意し、各局で取得した AIS 情報、TT 情報、船舶局では更に GPS 情報と船首方位情報をクラウドサーバーに送信した。

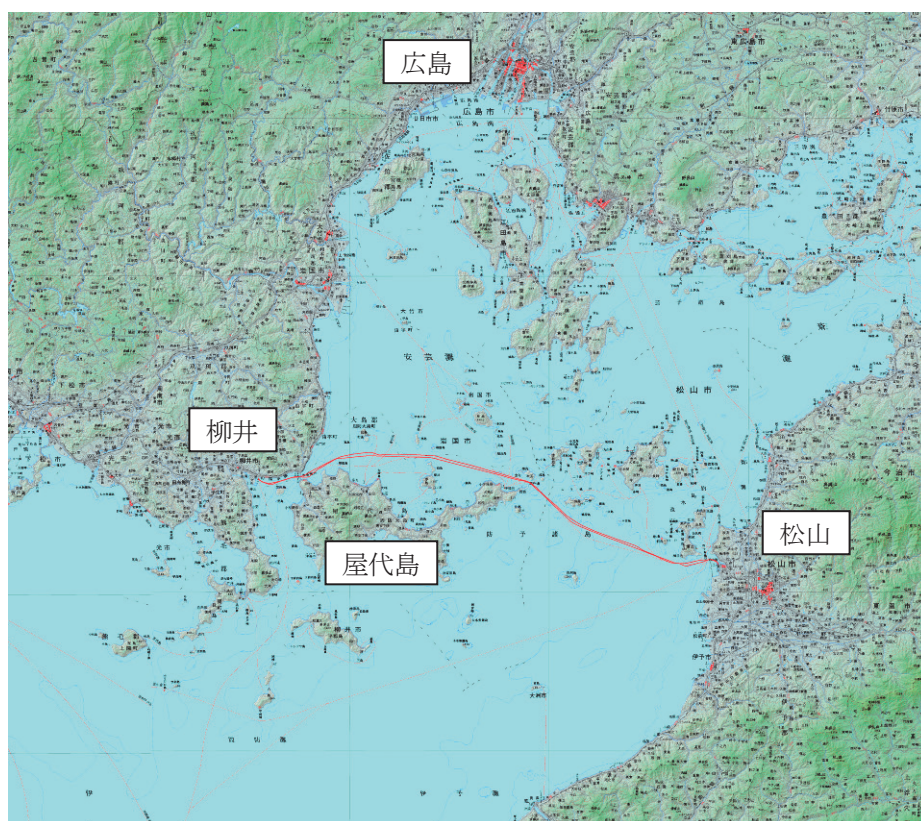


図 1 実験海域周辺とフェリーの航跡
(この地図は国土地理院の数値地図 20 万地形図を使用したものである。)



図 2 陸上局レーダー



図3 練習船大島丸



図4 フェリー

各局で AIS 情報等を取得し、転送するシステムについて説明する。AIS 情報、GPS 情報、コンパスによる船首方位情報も TT 情報と同様に、IEC 規格でフォーマットが定められており、機種間の違いはない。これらの情報は、RS-422 と呼ばれるシリアル通信で出力される機器が多い。最近のコンピュータは、シリアルポートが省略されることが多く、USB（Universal Serial Bus）に変換して取り込むこともある。今回は、シリアル通信をネットワーク（イーサネット）に変換するシリアル・デバイス・サーバーを利用し、RS-422 のシリアル通信をネットワーク通信に変換することとし、シリアル・デバイス・サーバーとコンピュータとをローカルエリアネットワークで接続し、コンピュータに記録するシステムを作成した。またコンピュータでは、記録と同時に、LTE 通信のモバイルルーターを介して、クラウドサーバーに各船舶局あるいは地上局で得た船舶位置情報（AIS 情報と TT 情報）を転送する機能を加えた。なお、船舶位置情報は、UDP（User Datagram Protocol）通信に基づき 1 秒ごとに送付した。本来、モバイルルーターによる船陸間通信は、データ転送内容についての完全な保障がないので、転送データの内容確認と転送できなかった場合の再送機能がある TCP（Transmission Control Protocol）通信とすべきである。しかしながら、TCP 通信は、度重なる再送によるデータの延着のおそれや、再送による新しいデータの送信阻害による遅延のおそれがある。そのため、UDP 通信でのリアルタイム送信を基本として、UDP 通信で欠損があった場合を補完するために、1 分おきに各船舶局あるいは地上局で得たデータを TCP 通信でクラウドサーバーに送信する機能を加えた。これにより、各船舶局あるいは地上局で記録したデータを全てクラウドサーバーに送信することを確保できるようにした。なお、クラウドサーバーに送信する AIS 情報や TT 情報には、コンピュータが取得した時刻を付加した。また、コンピュータは、定期的に NTP（Network Time Protocol）サーバーと時刻同期を行った。

クラウドサーバーは、以下に述べる機能を組み込んで作成した。(1) 各局から送信されるデータを受信する機能、(2) 受信した AIS 情報を MMSI（Maritime Mobile Service Identity）番号ごとに、緯度・経度を求める機能、(3) 受信した TT 情報を緯度・経度に変換する機能、(4) AIS 情報と TT 情報の最新の緯度・経度情報に基づいて船舶のシンボルを電子海図上に描き、画像を作成する機能、(5) 作成した画像をインターネットの http（Hypertext Transfer Protocol）により配信する機能。

画像として配信した理由は、AIS 情報を再配信することは、情報の保護に抵触するおそれがあること、また、http の画像配信であれば、ブラウザを有しインターネットに接続した端末であれば、表示が可能となるためであ

る．これにより，パソコン，タブレット，スマートフォンのいずれも表示でき，OS やブラウザの種別・バージョンにも依存することがない．図 5 がプロトタイプシステムの概略構成であり，図 5 の右下の通り，各端末でクラウドサーバーが作成した図を受信し，表示可能となっている．なお，配信する画像ファイルのサイズは，100kB から 500kB 程度になるように調整した．これにより，海上での通信速度について 1Mbps 以上を確保できると仮定すれば，端末が画像をダウンロードする時間を最大 5 秒以内に収めることができる．

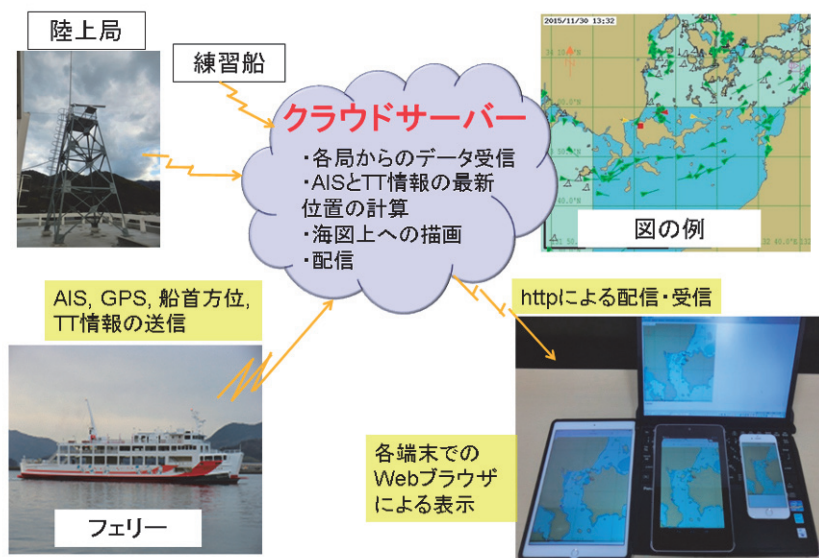


図 5 プロトタイプシステムの概略構成

3. 位置情報共有システムのプロトタイプシステムの動作確認と考察

3.1 位置情報共有システムのプロトタイプシステムの動作確認

位置情報共有システムのプロトタイプの動作確認のため，実際に上述の 3 局とクラウドサーバーを利用して，船舶の位置情報の収集から端末での表示までを行った．

図 6 は，フェリーが本州の山口県柳井市大島と周防大島町の間の大島瀬戸を西から東に航行した時の船橋からの写真，レーダー画面，プロトタイプシステムが作成した画像をタブレット端末で受信し表示した画面である．クラウドサーバーにおける画像作成時に，画像に対し画像端点の緯度経度情報を付加しており，GPS 機能を備えた端末の場合，ユーザーがブラウザに対して位置情報の提供を許可すれば，その端末の位置情報をブラウザが表示した画像に赤丸の印を重畳表示する機能を加え，動作を確認した．

画像ファイルに図 6 左上のフェリーの船橋からの写真によると，数隻の漁船が漁をしている．その際，フェリーでは，図 6 左下の様にレーダーで漁船を捕捉した．フェリーでは，フェリーの AIS 情報，GPS 情報，船首方位情報，TT 情報をクラウドサーバーに送信した．クラウドサーバーでは，受信したデータに基づき，最新の AIS 情報と TT 情報による船舶の位置を電子海図上に描いた画像を作成し，インターネットの http で配信した．図 6 右は，フェリー上のタブレット端末でクラウドサーバーが作成した画像を受信した画面であり，画像内の緑丸印がレーダー捕捉による漁船の位置を示している．漁船側でインターネット通信が可能な端末を所有し，本プロトタイプシステムの決められたサイトに接続することが可能であれば同画面を見ることができ，AIS 搭載船が近づきつつあることが分かる．

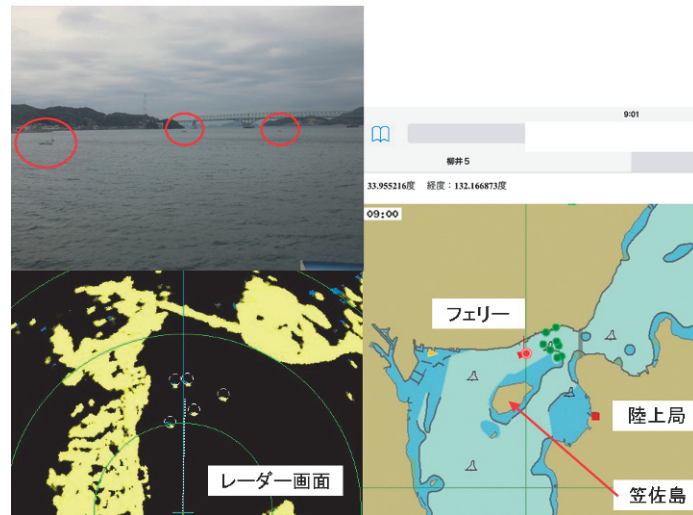


図6 フェリー船橋からの写真，レーダー画面，タブレット端末での画面の例

大島瀬戸には、柳井市大島と周防大島町を結ぶ大島大橋（鉄橋）が架かっている。図6の状況で、大島大橋の東側から西航する船舶では、レーダーを搭載していても、鉄橋があるため、鉄橋より遠方の船舶を捕捉することができないが、図6右の画面を見ることができれば、鉄橋をくぐった先に多くの小型船がいることが事前に認識できることになる。

図7はフェリーが周防大島の東部を航行した時のものである。本海域も良好な漁場であり、図7右の様に多数の漁船が存在していた。図7左は、クラウドサーバーが配信した画像である。赤三角印がフェリーであり、緑丸印がフェリーのレーダーにより捕捉された漁船の位置である。黄色三角印は、赤三角印のフェリーとの同会社のフェリーである。黄色三角印のフェリー側にも通信機能を有した端末を搭載し、図7左の画像を見ることができれば、事前に前方海域に小型船が多数存在することが分かる。また、黄色三角印のフェリーのTT情報もクラウドサーバーに送信することができれば、複数の船舶局のTT情報の共有が可能となる。そのため、多くの船舶局のTT情報を収集することができれば、効果を発揮することとなる。

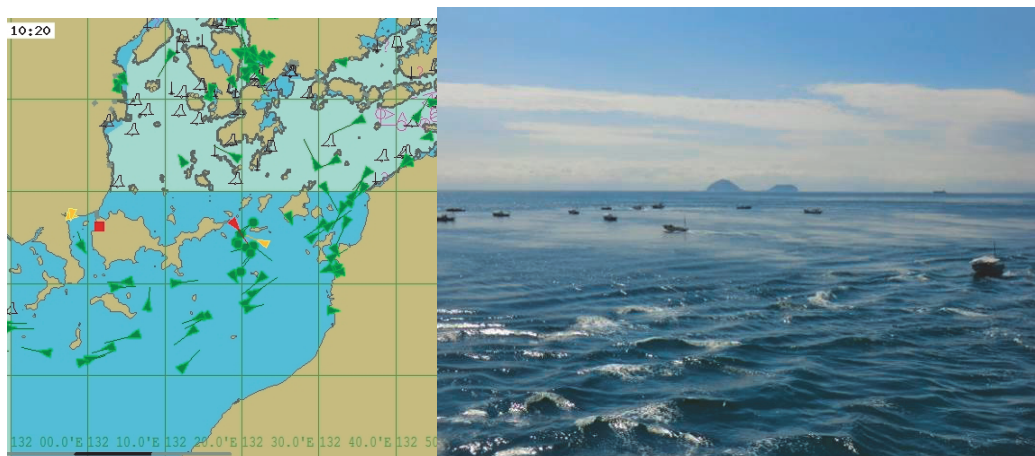


図7 クラウドサーバーが作成した画像とフェリーの船橋からの写真の例

3.2 システムに対する考察と留意点

以上の通り、実際にプロトタイプシステムの実海域実験により、2章に示したクラウドサーバーの各機能の動作を確認することができた。ただし、今回はプロトタイプシステムとして、実験は条件付きであったため、考察を加えるとともに留意点を記す。

船舶の位置情報の誤差は、AIS の位置情報は GPS の緯度・経度情報を利用しているため、数 m から 10m 程度と考えられる。一方、TT 情報の精度は、IEC の試験基準で定められており、レーダーからの距離が 5,000m 以下の場合は、最大距離誤差 50m 以下、最大方位誤差 2° 以内となっている。そのため、レーダー捕捉情報の位置誤差は AIS よりも大きい可能性があることに留意する必要がある。また、画像の更新間隔のタイミングによっては、古い位置情報になるため、更新間隔を短くした方がよいが、端末側の画像取得の速度も考慮した上で決定する必要がある。

クラウドサーバーにおける画像の作成頻度（更新頻度）は、60 秒を基本とした。位置情報共有システムは、衝突予防のための警報等を発するためではなく、周囲の他船の存在を認識させることが目的である。フェリーや練習船の航海士に更新頻度について問い合わせたところ、30 秒程度の更新間隔の希望があげられた。AIS 情報の更新間隔は、船速と回頭率に応じて 2 秒から 10 秒であり、小型船向けの Class B AIS の場合は 30 秒であることから考える。なお実験海域において、Class B AIS を搭載した船舶が存在していることを確認している。なお実際に 30 秒更新間隔での画像作成を同時に 10 枚（図 6 の様な拡大図及び図 7 の様な広域図等）実施したところ、クラウドサーバーでの処理は 1 秒以内に収まっているとともに、端末側での受信でも問題は起こらなかった。

位置情報共有システムを運用するにあたって海上での通信能力の確保にも留意する必要がある。今回の実験海域の運用に利用したフェリーに実際に乗船し、モバイルルーターの通信状況について確認したところ、柳井と松山間の大部分は LTE 通信であった。フェリーの船橋において、LTE 通信状態でインターネットの通信速度アプリケーションにより、通信スループットを複数回計測したところ、最大 6.87Mbps、最小 1.53Mbps を記録した。今回クラウドサーバーで作成する一画像のファイルサイズは、100kB から 500kB 程度になるように調整しており、端末側の受信時間は、最大で約 3 秒であった。上記のスループットの計測は、2017 年に行ったものであり、今後海上での携帯電話網の通信速度はより高速になることが予想される。陸上では、2020 年に第 5 世代移動通信システム（5G）の実現を目指しているが、その通信速度は 10Gbps 以上を目標としている。海上通信への適用は不明であるが、LTE 同様に、内海や沿岸での高速通信が期待される。

最大の留意事項は、全ての小型船の位置情報が含まれているわけではないことである。あくまでもレーダーで捕捉した船舶の情報のみであり、全ての小型船を捕捉しているわけではない。そのため、多くの船の TT 情報を共有すればするほど効果を発揮するシステムである。

今回は、AIS を搭載していない船舶の情報として、TT 情報を用いたが、その他の小型船の位置情報の収集方法として、小型船舶のユーザーがスマートフォンを所有していると仮定して、スマートフォンの GPS 情報をクラウドサーバーに送信して位置情報を収集する方法⁶⁾、また船上にカメラを搭載して、画像処理による船影の検出を行う研究⁷⁾も進めており、これらの複数のセンサーによる小型船位置情報を組み合わせた方法を適用、拡張することにより、より効果的なシステムになると考える。

4. まとめ

相手船を発見できなかったことは、船舶の衝突事故原因において一定の割合を占めており、この原因による事故の防止を支援するための船舶位置情報共有システムを検討した。AIS 搭載船の位置情報は、AIS 及び AIS 受信機により収集した。AIS を搭載していない小型船の位置情報の収集方法として、TT 情報を利用した。AIS 情報と TT 情報を LTE 回線を通じてクラウドサーバーに集約して、船舶の位置情報を携帯端末の種別に依存しないように画像として配信するシステムのプロトタイプシステムを作成し実海域実験を行った。瀬戸内海の周防大島周辺を対象海域として実際に最大で陸上局 1 局、船上局 2 局を利用して動作確認を行うことができた。また、画像の配信を確実なものにするために、海上での通信速度を 1Mbps 以上の確保を想定した設定にするとともに、実際に海上での通信速度を計測したところ通信スループットは十分なものであることを確認した。位置情報共有システムを更に効果的にするためには、小型船の位置情報を TT 情報としているため、多くのレーダー局からの捕捉情報を収集することが重要であり、レーダー捕捉以外の他のセンサーを組み合わせることなどが考えられる。

将来海上における無線通信は陸上同様に高速化が期待されるため、今後は高速化を見越した更なるサービスを創出する研究が重要である。

謝 辞

プロトタイプの運用にあたり、防予フェリー（株）、大島商船高等専門学校に多大なご協力をいただいた。この場を借りて謝意を表す。

参考文献

- 1) 海難審判所：平成29年版レポート海難審判（2017）。
- 2) 財団法人日本船舶技術研究協会：航海支援に係る基準に関する調査研究（MP5）（2006年度報告書）（2007）。
- 3) 例えば、<https://www.marinetraffic.com/>
- 4) IEC, IEC 61162-1 Ed.5.0, Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces - Part 1: Single talker and multiple listeners (2016).
- 5) 日本内航海運組合総連合会：内航船の機器・装置の現状と仕様に関する調査報告書（2001）
- 6) Yasuyuki NIWA, Junji FUKUTO, Hisaya MOTOGI, Tomohiro SUNADA, Location Sharing System for Ships Using AIS and Smartphone Information, Proceedings of the Asia Navigation Conference 2016, pp.185-193 (2016)
- 7) 小林充，丹羽康之，福戸淳司，岩崎一晴：深層学習による景観画像からの船影の検出，平成30年日本船舶海洋工学会春季講演会講演集（2018）