AISバイナリメッセージを用いた見張り情報の共有

松本 洋平¹

Sharing Watchkeeping Information using AIS Application Specific Message

Yohei MATSUMOTO

Abstract

As an application of the ASM (Application Specific Message) of AIS (Automatic Identification System), which is so called “binary message”, The author developed a system which shares information of the targets tracked by ARPA(Automatic Rader Plotting Aid) with other ships and boats equipped with AIS receivers. The system transmits two types of position data; one is absolute positions and the other is relative positions to the tracker. In 2013, for both data types, the accuracy of the tracked positions was evaluated at Tateyama comparing with the GPS data of a boat under tracking, and this paper reports the result.

Keywords : AIS, ASM, Binary message, Radar, ARPA

キーワード: AIS, ASM, バイナリメッセージ, レーダー, ARPA

1. はじめに

現在 AIS は搭載義務船に限らず、多くの船舶に搭載されており、航海の安全、あるいは、港湾の安全に役立っている。通信トラフィックの混雑に伴い次世代 AIS の仕様が検討されてきたが、これは IMO(International Maritime Organization)に受理されず、現在 IALA(International Association of Lighthouse Authorities)および ITU(International Telecommunication Union) では VDES(VHF Data Exchange System)として現行の AIS を含むより一般的なデータ交換システムへ発展させる検討が行われている。

VDES の中にはバイナリメッセージ用の追加の通信チャネルの設定も想定されており⁽¹⁾、その実現を確かにするためにはバイナリメッセージの応用に関するさらなる研究を行う必要がある。

AIS バイナリメッセージは任意のデータを送信可能なメッセージである。「バイナリ」という名称は適切ではないとする向きもあり、しばしば、ASM

(Application Specific Message)と記されるが、本稿ではバイナリメッセージで記述を統一することとする。

本研究ではバイナリメッセージの応用のひとつとして「見張り情報の共有」を挙げ、その実際的なシステムを模索し試作した。

船間で見張り情報を共有することは海上交通の安全に役立つと考えられ、過去、見張り情報の共有を目的とした船間通信の研究が本学会でもいくつか報告されている⁽²⁾⁻⁽⁵⁾が、それらは通信手段として無線 LAN や携帯電話網を用いており、本研究は AIS バイナリメッセージを用いているという点で異なる。

また、本研究は ARPA で追尾している船舶の情報を自動的に共有する仕組みを提供しており、これも新しい試みである。さらに、追尾する船舶の情報を送信する方式として、1)絶対座標送信と 2)相対座標送信の 2 種類の方法を考案・実装している。

本稿では 2013 年度に館山湾において開発したシステムを 3 度試験し収集したデータについて報告す

¹ 正会員 東京海洋大学海洋工学部 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6) matumoto@kaiyodai.ac.jp

る。

2 章で AIS バイナリメッセージを用いた見張り情報の共有について、本研究で実現しようとしているシステムの海上交通における有用性を説明する。3 章では見張り情報の共有に関する過去の研究を紹介する。4 章では現状の AIS バイナリメッセージについて解説し、5 章で今回作成した情報共有システムについて説明する。6 章で実験結果を示し、7 章でまとめる。

2. AIS バイナリメッセージを用いた見張り情報の共有

海上保安庁が平成 26 年 3 月 19 日に発行した「海難の現況と対策について」⁽⁶⁾によると船舶の事故において衝突が 29%で最も多く、事故原因としては見張り不十分が 21%で最も多い。事故を起こした船種としてはプレジャーボートが最も多く 42%、次いで漁船が多く 31%であり、概して小型船舶による事故が衝突事故の大半を占めていると言える。そこで、本研究は主として小型船舶の衝突事故を抑止することを目的としたい。

通常、小型船舶には AIS 搭載義務がなく、それらの AIS 非搭載船舶は目視かレーダーによる見張りによって発見しなくてはならないが、小型船舶は小さいため基本的に発見することが難しい。近年、小型船舶向けの AIS トランスポンダとしてクラス B AIS が存在するが、その設置には数十万円の出費が必要であり、また、送信間隔も長いことから、急速な運動を行う小型船舶に適した装備であるとは必ずしも思われない。また、小型船舶は十分な見張り人員や見張りのための装備(レーダーや AIS 受信機)を備えていないことがある。したがって、見張る側としても、見張られる側としても小型船舶に関しては困難があり、事故の危険性が多いと考えられる。

そこで、レーダーや十分な人員による高度な見張り能力を有する VTS(Vessel Traffic Service)やクラス A AIS 搭載船舶(以下、見張り局)から AIS 非搭載船舶を捕捉し、その航行情報を AIS バイナリメッセージとして放送して船舶間で共有すれば、小型船舶における見張り能力を強化することができると考えられる。これによれば、AIS 非搭載船舶であっても安価な送信機能を持たない AIS 受信機を装備すれば、放送された情報によって周辺の AIS 非搭載船舶を含む船舶の動静を知ることができるようになる。文献⁽⁷⁾には AIS 受信機を用いた小型船舶用見張り支

援システムに関して検討が行われている。

また、近年、東京湾においては海上交通センターが管理するレーダー局に高性能な半導体レーダー^{(8),(9)}が導入されつつあるが²、そのような高性能なレーダーを備えた見張り局が AIS バイナリメッセージを用いて捕捉した船舶の情報を放送すれば、小型船舶に限らず、周囲の船舶は安価な装備でそれらの恩恵を受けることができる。

あるいは、著者は目視による見張りを代替するコンピュータビジョンシステムの研究を行っているが、その初期的な研究では非常に高解像度なカメラが多数必要であること、それに伴って、非常に高性能な計算機が必要であることが問題となっている⁽¹⁰⁾。これに関しても、見張り情報を共有することが可能であれば、全ての船舶に搭載する必要性がなくなり、実現性を若干なりと向上させることができると期待している。

さらに進んで、コンピュータビジョンやレーダー信号処理システムが船舶を自動捕捉する際に、補助となる情報を複数の見張り局で共有することができれば、目標の自動捕捉をより高精度にできるようになると考えられるが、これは本稿の範疇とはしない。

3. 船間情報共有に関する過去の研究

過去に船間の情報共有に関しては本学会でいくつか研究報告がなされている。

船舶間で見張り情報を共有することで船舶運航の安全性を高める試みが文献^{(2),(3)}に示されている。文献^{(2),(3)}では通信手段として IEEE802.11J を用いる前提で海上浮遊物や海洋生物等の情報を接近した船舶間で共有するシステムの可能性を検討している。

また、文献^{(4),(5)}では当該文献の著者らが構築したユビキタスナビ(IEEE802.11J および 3G 回線に基づく小型船舶の航行情報を共有するためのネットワーク)を用いて、ユビキタスナビ搭載小型船舶(漁船)の情報を収集し、ユビキタスナビ搭載船舶に配信・共有するシステムを作成し水産業における活用を示している。

船間で通信を行う方法としては、本研究で取り扱う AIS バイナリメッセージの他に、上記の研究で使われている IEEE802.11J 等の無線 LAN や携帯電話網、

² 海上交通センターの 14GHz 帯レーダーや 3GHz 帯レーダーは実用されている。9GHz 帯レーダーに関しては IMO 性能基準や電波法を満たすか否か検討が行われている。

Table 1 Summary of Binary Message

Type	Destination	length	TDMA
6	Addressed	920	RATDMA
8	Broadcast	952	RATDMA
25	Broadcast	128	RATDMA
26	Addressed/ Broadcast	1064	SOTDMA

衛星通信が考えられる。

無線 LAN は数 Mbps と高速であるが、通信距離が数 km 程度と短い。携帯電話網は数十 Mbps と高速でありまた基地局から数十 km の範囲で通信可能であるが、そのサービスは基本的に沿岸域に限られ、また、通信料金を生じる。衛星通信は、通信速度は最大 1Mbps 程度でサービス範囲は広大であるが、非常に高い通信料金を生じる。

それらに対して、AIS バイナリメッセージを用いる方法の利点は、(a)世界的に成立している既存のインフラを活用できること、(b)陸から離れても船舶に搭載された設備だけで通信ができること、(c)通信距離が数十 km ときわめて長いことが挙げられる。

欠点としては通信速度が最大 9600bps と極めて遅い点が挙げられる。この欠点は将来の AIS の拡張に期待することもできるが、基本的に見張りに必要な情報を厳選して送信することで回避できるものと考ええる。ただし、文献^{(4), (5)}のような用途に関しては、見張り局を用意する必要があり逆に高コストで向かないと思われる。

4. AIS バイナリメッセージ

4.1 バイナリメッセージの種類

バイナリメッセージに関して本研究を理解する上での基礎となる記述を文献⁽¹¹⁾より抜粋して以下に記す。

現在 AIS バイナリメッセージは AIS メッセージタイプ 6, 8, 12, 14, 25, 26 として合計 6 種定義されている。このなかで、タイプ 12 と 14 は安全に関するメッセージを送信するというになっているが、それぞれ、形式としてはタイプ 6 と 8 と同じであり、ここでは扱わない。Table. 1 にバイナリメッセージの概要をまとめる。

タイプ 6 はアドレス付きバイナリメッセージであり、送信先を指定できる。タイプ 8, 25 はブロードキャストバイナリメッセージであり、全ての船舶に対して送信する。タイプ 26 はアドレス付き・ブロードキャストの双方の設定ができる。ブロードキャ

ストバイナリメッセージと同じく、アドレス付きバイナリメッセージも基本的に全船舶に対して送信される。アドレス付きバイナリメッセージがブロードキャストバイナリメッセージと異なるのは受信側でそのメッセージが自分宛てであるかどうかを判断できる情報が組み込まれているという点である。

タイプ 6 は最大 920 ビット、タイプ 8 は最大 952 ビットの任意のデータを送信することが可能である。また、タイプ 25 は 128 ビット、タイプ 26 は最大 1064 ビットのデータを 1 つのメッセージで送信することが可能である。タイプ 25 のタイプ 8 に対する利点は 1 スロットしか送らない場合には、余分な情報を送らずに済むことである。

データの内容については、メッセージに含まれる DAC (Designated Area Code) と FI (Function ID) の組で識別され、既に IMO や各地域で数多くの DAC と FI の組に関して様々なデータフォーマットが定められている。これについては 4.2 節で紹介する。

また、タイプ 6, 8, 25 のメッセージは RATDMA (Random TDMA)、タイプ 26 のメッセージは SOTDMA (Self Organized TDMA) で送信されることになっている。

AIS トランスポンダにおいて RATDMA でのメッセージの送信は、その送信要求を受け付けてから 150 スロット以内に行われる。AIS の通信フレームは 1 分で、2250 スロットに分割されているから、150 スロットは丁度 4 秒になる。したがって、メッセージが送信されるまでには最大 4 秒のタイムラグが存在する。送信の決定はメッセージのプライオリティや送信状況を考慮した上でランダムに行われるため、必ずしも送信されるとは限らない。

また、メッセージ 6, 8 の送信では、1 フレームに送信できるスロット数が最大 20 に制限されていることに注意が必要である。実験を行うまではこの仕様を理解していなかったため、実験データは少々不格好な結果となっている。これについては 6 章にて詳述する。

SOTDMA は一定時間間隔で繰り返しスロットを利用できるように予約するため、連続して複数のメッセージを送る場合に適している。AIS で最も主要な役割を果たしているメッセージタイプ 1 (動的情報) もこの方式で送られている。

繰り返し情報を送信する今回の研究の目的からすると、タイプ 26 の利用が適していると考えられるが、使用した AIS トランスポンダが対応していなか

ったため、用いることができなかった。

なお、タイプ 12、14 を除くバイナリメッセージの送信時の優先度は最低に設定されているため、他のメッセージで通信トラフィックが混雑する状況では送信可能性が優位に低下することになる。したがって、今回提案するシステムをそのまま応用することは、信頼性の面で考えられないが本研究の目標はあくまでも提案するシステムの有用性を調べることにあり、必ずしも当該システムの実現まで現状のバイナリメッセージの枠組みの中で行う必要性を主張するものではない。最終的に当該システムは、AIS の通常のメッセージタイプとして実現してもよいし、より優先度の高いバイナリメッセージが設定された上でバイナリメッセージとして実現してもよい。

4.2 バイナリメッセージの活用と開発

バイナリメッセージの現在の活用としては、IMO で国際的に利用することが承認されているものと、ローカルに承認されているものが存在する。

IMO に承認されているものについては文献^{(12), (13)}に記されている。例えば気象海象の報告、海上交通・輸送の整理、船舶に関する追加の静的情報、仮想航路標識等のバイナリメッセージが定義されている。これらのメッセージの開発と試験に関しては文献⁽¹⁴⁾にバルチック AIS 試験プロジェクト (AISBALTIC) における取組が報告されている。

また、地域ごとにはより特徴的なメッセージが定義されている。現在開発が試みられているもので、本研究に類似する目的のものとしては、アメリカ合衆国において開発されているクジラと船舶との衝突を回避するためのバイナリメッセージがある⁽¹⁵⁾。この開発は RAP (Right whale AIS Project) と呼ばれる計画において開発が進められていて、ハイドロフォンを搭載したブイによってクジラの鳴き声を探知し、これを通信衛星経由で地上局へ送信した後に、クジラの活動範囲を配信するために AIS バイナリメッセージを用いる。日本においても離島への主要な交通手段である水中翼船がクジラに衝突する事故が問題となっており、こうしたシステムには一考の価値があるものと思われる。このシステムにおいてはメッセージタイプ 8 を使い、DAC はアメリカ合衆国の 366、FI は 34 と定めている。

ところで、文献⁽¹²⁾はバイナリメッセージの利用に関して VHF データリンク層に負荷がかかり AIS 本来の機能を妨げる懸念を示しており、例えば、文献⁽¹²⁾

Fig.1 Experimental setup.

において試験運用に選ばれたメッセージの使用スロット数は 3 スロット以内とされている。本研究におけるバイナリメッセージの利用は、高頻度に捕捉した船舶の情報を送信するため、AIS のネットワークに高い負荷をかける。これに関しては、必要最小限の送信頻度と送信内容について検討していく必要があると考えられるが、同時に、その利用法の有用性に応じて、AIS に拡張が施されることを期待するものでもある。

5. 実証試験の準備

実験では見張り情報共有実験として、実際にクラス A AIS トランスポンダを備えた船舶を見張り局として、この見張り局から ARPA で捕捉した小型船舶の位置情報を AIS バイナリメッセージとして放送し、AIS 受信機を備えた小型船舶でこれを受信し、その情報の精度について調べる。

Fig.1 に実験の概略図を示す。

5.1 船舶・海域の設定

見張り局としては東京海洋大学の練習船・汐路丸、見張り対象としては搭載艇・汐路丸 2 号を用いた。汐路丸 2 号は AIS・GPS 受信機とレーダーリフレクタを搭載し、汐路丸の前方 1 マイル以内を速度 7kts で走行した。汐路丸は、錨を入れず、また係留もせず、自力で船首方位を維持したまま静止し、汐路丸 2 号を ARPA で捕捉しその位置・速度を 4.3 節に説明した方法でバイナリメッセージとして送信した。送信したバイナリメッセージはその他の AIS メッセージ及び GPS データとともに汐路丸 2 号に搭載したコンピュータに保存した。これによって、GPS データによって得られる汐路丸 2 号の実際の航跡とバイナ

• Absolute Position Data (85bit)				
8bit	12bit	10bit	28bit	27bit
ID	COG	SOG	Longitude	Latitude

• Relative Position Data (52bit)				
8bit	12bit	10bit	12bit	10bit
ID	COG	SOG	Bearing	Distance

Fig.2 Bit layout for absolute and relative position data.

リメッセージによって得られる汐路丸から送られてきた汐路丸2号の航跡を比較することができる。

実験は館山湾にて2013年10月17日、2014年1月21日、3月6日に実施したが、2013年10月17日、及び、2014年3月6日の実験ではGPSデータを取得できなかった³ため、実質2014年1月21日しか成功していない。今回は2014年1月21日のデータについて報告する。

5.2 小型船舶の捕捉方法

ARPAで船舶を捕捉するには、自動、あるいは、手動の2通りの方法が考えられる。手動捕捉はARPA上でユーザーがカーソルを目標のレーダーエコーに重ねて捕捉ボタンを押すことで行う。自動捕捉ではARPAが船舶のエコーであると判断したものを自動的に捕捉する。自動捕捉は精度が低いので、今回は手動捕捉を行った。

船舶の捕捉方法としてはARPA以外にも、例えば、コンピュータビジョンを用いる方法や⁽⁷⁾、ARPAとコンピュータビジョンを複合的に用いる方法が考えられる。これは現在開発中である。

5.3 バイナリメッセージの送信

バイナリメッセージはタイプ8で送信する。タイプ6はヘッダー情報が大きく、また、新たに定義されているタイプ25、26は現状の汐路丸搭載のAISトランスポンダからは発信できなかったためである。

ARPAからは捕捉した船舶の本船からの方位と距離がTTM(Tracked Target Message)センテンスで得られる。これをAISトランスポンダにBBM(Binary Broadcast Message)センテンスとして与えることでタイプ8が送信される。なお、本研究ではTTMの中

でもステータスがトラッキング状態を示しているデータのみを送信することとしている。

送信方法としては二種類を試した。ひとつは絶対座標送信、もうひとつは相対座標送信である。Fig.2に絶対座標送信・相対座標送信データのビットレイアウトを示す。

絶対座標の送信では実験用PCがTTMセンテンスを得た時点での本船のGPS位置を基準に計算した緯度経度、TTMから得られるSOG(Speed over Ground)、COG(Course over Ground)、TTMの識別番号を送信する。データのビットレイアウトはタイプ1メッセージ(動的情報)の方式に従って、緯度27bit、経度28bit、COG12bit、SOG10bitとした。加えて識別番号を8bitとしたので、合計85bit送信することになる。

相対座標の送信ではTTMセンテンスの内容から識別番号、方位、距離、SOG、COGをそれぞれ8bit、12bit、10bit、10bit、12bitで送信する。したがって、合計52bit送信することになる。

相対座標送信の場合、受信側では見張り局のMMSI(Maritime Mobile Service Identity)番号に対応するタイプ1メッセージを使って絶対座標を計算する。見張り局は、常にAISトランスポンダの通常の機能として自身の絶対座標等の動的情報をタイプ1メッセージの形式で発信しており、これに加えて、トラッキング対象の船舶の自船から見た相対位置情報をタイプ8メッセージに詰めて送信する。受信側は、その双方のメッセージを受け取ることで、見張り局の絶対位置、見張り局に対するトラッキング対象の船舶の相対位置を知り、よって、トラッキング対象の船舶の絶対位置を計算することができる。

いずれの場合にも最終的にはトラッキング対象の船舶に対して絶対座標が計算されるが、絶対座標送信では見張り局において、相対座標送信では受信局において絶対座標の計算が行われるという点に注意されたい。絶対座標送信ではARPAからTTMを得た瞬間のGPS位置を使ってトラッキング対象の絶対座標を計算するのに対し、相対座標送信では見張り局のARPAで生じたTTMの情報(相対位置情報)を受信局が受け取って、最近受信したタイプ1メッセージによる見張り局の絶対座標を元にトラッキング対象の絶対座標を計算する。したがって、相対座標送信では、相対位置情報と見張り局の位置情報の生じた時間に最大約14秒(バイナリメッセージ送信遅延4秒+タイプ1メッセージの送信間隔10秒)の差が生

³ どの日も2種類のGPS受信機を用意して臨んだが、館山湾ではしばしばGPSの電波を受信できない。原因は不明である。なお、現在、汐路丸のGPS受信機は換装され、浦安沖で行った最近の実験ではこの現象は起きていない。

Fig.3 Histogram of the transmission interval for the absolute position transmissions.

Fig.4 Histogram of the transmission interval for the relative position transmissions.

じうる。

絶対座標送信はデータ量が多いが、TTM を得て絶対座標を計算するまでの時間差が少ないため、見張り局の運動による誤差が生じにくいと考えられる。

ところで、バイナリメッセージは、ビットスタフイング次第ではあるが、基本的に 1 スロットで 136bit の長さしか送ることができない⁽¹¹⁾。諸々のヘッダー情報を除くと 136bit のうちデータを送信することができるのは 79bit である。したがって、相対座標送信は 1 スロットで送信可能であるが、絶対座標送信は 2 スロットでの送信になる。6.1 節で示すが、使用スロット数は絶対座標送信と相対座標送信の送信可能頻度に大きな差を生じる。送信頻度を増やすことができるという点では、相対座標送信の方が滑らかなトラッキングを実現しうる。

6. 実験結果

6.1 バイナリメッセージの送信状況

汐路丸 2 号を汐路丸のレーダーで捕捉して以降、バイナリメッセージは 5 秒間に 1 回、チャンネル A・B⁴の両方に送信するようにした。絶対座標送信の実験は 14 時 6 分 48 秒から 14 時 23 分 38 秒(1010 秒)の間で、相対座標送信の実験は 14 時 24 分 19 秒から 14 時 41 分 13 秒(1014 秒)まで行った。その結果、絶対座標送信では 170 回、相対座標送信では 330 回のデータを送信することに成功した。相対座標送信の方の送信成功回数が倍近く多いのは、主に使用スロット数が半分と少ないためである。

送信間隔を 5 秒と決めたのは、7kt の場合の AIS タイプ 1 メッセージの送信間隔が 10 秒であり、これが 7kt の船舶をトラッキングするために妥当な送信間隔であると想定して、さらに RATDMA が最大 4 秒遅れることを考慮すると、5 秒で送信すれば 10 秒以内に確実に次の送信が行われると考えたためである。ただし、実際にはそのようになっていない。

5 秒に一度送信が確実にできていれば、1010 秒の間に 404 回(チャンネル A・B 合わせて)の送信が可能であるはずであるので、絶対座標送信の成功率は 42.1%、相対座標送信の成功率は 81.7%である。

相対座標送信は絶対座標計算までに時間差があるため、位置決定誤差が大きくなる可能性があるが一方で、送信頻度を高めることができるという点からは、位置決定誤差を小さくできる可能性がある。

ところで、Fig. 3 および 4 は絶対座標送信と相対座標送信の送信間隔を秒ごとのヒストグラムとしたものである。双方とも 5 秒に大きな頻度を持っているのは、おおむね 5 秒周期での送信タイミングが守られていることを示している。ただし、バイナリメッセージの送信はスロットの空き状況によって最大 4 秒遅れる場合があり、Fig. 3、4 には、頻度は低いながらも、これによって 5 秒から若干遅れている送信が存在する。この遅れは位置決定誤差につながる。

また、絶対座標送信では 40 秒付近で、相対座標送信では 15 秒付近で高頻度の送信があることがわかる。4.1 節で少しふれたが、これは、タイプ 8 のメッセージの送信はフレーム当たり 20 スロットに制限されているためである。

今回、絶対座標送信ではメッセージあたり 2 スロットとなっており、2 つのチャンネルに同時に送信し

⁴ 通信の確実性のために 2 つのチャンネルに多重に送っている。チャンネル A は 161.975Mhz (87B)、チャンネル B は 162.025Mhz (88B)である。

Fig.5 Comparison between transmitted absolute position and GPS position.

ているから、25秒で5メッセージ送信したところで20スロットは使い果たしてしまう。また、相対座標送信ではメッセージあたり1スロットであるが、これも50秒かけて10メッセージ送信した段階で20スロットを使い果たしてしまう。すると、それぞれ、1フレームの間の残り35秒、及び、10秒は送信できない時間となり、その時間が過ぎてから次の5秒で送信されるため、40秒、15秒の付近に送信が生じると考えられる。この通信間隔の不均一性はトラッキングの精度を損ねるが、今回、実験に際してはこの事実を把握していなかった。この改善は今後の課題である。また、本実験において、絶対座標送信および相対座標送信におけるフレーム毎の送信可能時間はそれぞれ約25秒、約50秒であり、これは1フレーム(1分)のそれぞれ約41.7%、約83.3%である。先に示した送信成功率の42.1%、81.7%は1フレームにおける通信可能な時間によってほぼ説明できる。

6.2 GPS データとの比較

Fig. 5 および 6 に絶対座標送信と相対座標送信の航跡と GPS による航跡の比較を示す。横軸は経度、縦軸は緯度を示している。GPS 受信機のマニュアルに記載されている測位精度は CEP (50%) 2.5m (SA 無し) である。補完やスムージングは行っていない。汐路丸 2 号の走行コースが若干異なるので正確な比較をすることはできないが、バイナリメッセージ受信時の GPS 位置に対する二乗差の平均の平方根は絶対座標送信では 75.2m、相対座標送信では 92.5m であった。

バイナリメッセージの送信可能頻度における比較では相対座標送信の方が有利であるが、GPS 位置

Fig.6 Comparison between transmitted relative position and GPS position.

との平均二乗差における比較では絶対座標送信の方が有利となっている。

今回、汐路丸は静止した状態であったのでバイナリメッセージ送信時点での見張り局の位置・船首方位と、見張り局から発信された最近のタイプ 1 メッセージで得られた位置・船首方位の差は少ないと考えられるが、それでも相対座標送信によって誤差は明らかに増えている。

誤差の原因は、GPS の誤差、レーダー・ARPA の誤差、バイナリメッセージの送信遅延等々、多数考えられるが、今回のデータだけでは判然としない。2014 年 1 月 21 日は多少の白波が立つ程度に風があり、汐路丸 2 号をシークラッターの間に捕捉することに難渋したが、一度捕捉した後は実験終了までロストすることはなかった。ただし、ARPA で捕捉している汐路丸 2 号のマーカがしばしば跳ねる様子を確認した。この様子は Fig. 5、6 においてバイナリメッセージで送信した位置情報が大きく振れていることから確認できる。これに関して、ARPA でのトラッキング中の目標までの計測距離は、見張り局の動揺や風によるスキヤナの振動、クラッターの現れ方によって大きく変動すると考えており、また、これが位置決定誤差の主要因であると考えている。しかしながら、様々に考えうる誤差要因の影響を分別するためには、より洗練された実験手順を確立し、多くのデータを収集、解析する必要がある。

その上で、双方の位置決定精度を比較するためには、さらにいくつかのステップを経る必要がある。

まず、今回は見張り局を静止させて実験を行ったが、これを動かす必要がある。また、位置の決定にはカルマンフィルタ等の手法を用いて適切に平滑化

する必要がある。

また、バイナリメッセージの送信には RATDMA の仕様上最大 4 秒の遅延が想定される。位置推定精度をより高めるためには UTC 秒を送信データに含め、計算に用いることが有効であると考えられる。

7. まとめ

ARPA で捕捉した船舶の情報を AIS バイナリメッセージで共有するシステムを開発し、その実験を行った。実験では汐路丸から ARPA で捕捉した小型艇・汐路丸 2 号の位置をバイナリメッセージで送信し、これを AIS 受信機で受信することで汐路丸 2 号をトラッキングすることが可能であることを示した。

バイナリメッセージの送信方法としては相対座標送信・絶対座標送信の二通りを試みた。相対座標送信は送信データが少なく、1 スロットで送信可能であるため、送信頻度を高めることができるが、一方で、GPS データとの平均二乗差は絶対座標送信の方が少ない結果となった。

双方の比較に関しては、今後、誤差の原因の特定を含めて詳細に行っていく予定である。

一方、見張り局自体の AIS 非搭載船舶の捕捉・追尾・位置決定能力を強化する必要がある。絶対位置送信における平均 75m の誤差の主要因は ARPA の位置決定誤差であると考えられる。より高度なレーダーおよびレーダー信号処理技術、コンピュータビジョン等を併用することを計画している。

なお、今回はバイナリメッセージの送信に関する 20 スロット/フレームの制限を認識していなかったため、5 秒ごとに両方のチャンネルで送信したが、今後は 1 フレームに送信ができるだけ散らばるように送信したい。さらに情報共有の効率を考慮して、対象の運動に応じて送信間隔を適切に設定することを検討したい。

また、今回は、見張り局の船舶 1 隻と見張り対象となる AIS 非搭載船舶 1 艇という最も単純な構成で実験を行ったが、現在、複数の見張り局、複数の見張り対象を扱う場合の通信プロトコルを検討しており、今後実験によって評価を行いたい。

謝辞

本研究は東京海洋大学練習船・汐路丸およびその乗組員の皆さまの協力によって成立しております。

本研究は JSPS 科研費 25820419 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) ITU: Resolution 360 (WRC-12), 2012.
- (2) 丹羽康之・本木久也・西崎ちひろ・瀬田剛広: 指向性アンテナを用いた船間無線 LAN 通信実験-II 行会い状態における実海域実験, 日本航海学会論文集, Vol. 127, pp. 149-155, 2013.
- (3) 丹羽康之・本木久也・西崎ちひろ・瀬田剛広: 指向性アンテナを用いた船間無線 LAN 通信実験, 日本航海学会論文集, Vol. 126, pp. 283-288, 2012.
- (4) 和田雅昭・畑中勝守: 水産業における情報技術の活用について—V. マリンブロードバンドの活用—, 日本航海学会論文集, Vol. 122, pp. 53-59, 2010.
- (5) 和田雅昭・畑中勝守・佐野稔・原田博行: 水産業における情報技術の活用について—VI. リアルタイム情報の活用と水産資源評価—, 日本航海学会論文集, Vol. 124, pp. 355-362, 2011.
- (6) 海上保安庁: 海難事故の現況と対策について (平成 25 年版), 統計資料, 2013,
- (7) 丹羽康之・福戸淳司・宮本佳則・稲岡孝: AIS 情報を用いた小型船用見張り支援システム, 日本航海学会論文集, Vol. 125, pp. 35-43, 2012.
- (8) 日本無線株式会社: 固体素子を用いた 9GHz 帯レーダーの研究開発, 総務省, 電波資源活用のための研究開発, 2009.
- (9) 五十嵐耕: 海上保安庁の交通政策について～海上交通センター用 10GHz 固体化レーダー装置～, 日本航路標識協会, 第 1 回研究会, 2013.
- (10) 松本洋平: HOG 特徴量を用いた船舶画像認識, 日本航海学会論文集, Vol. 129, pp. 105-112, 2013.
- (11) ITU: Recommendation M.1371-4, 2010.
- (12) IMO Circular 236: Guidance on the Application of AIS Binary Message, 2004.
- (13) IMO Circular 289: Guidance on the Use of AIS Application-Specific Message, 2010.
- (14) M. Porthin, R. Zetterberg, S. Sonninen: AIS Binary Messages - Developments in the Baltic and Progress in IMO, 7th IALA Conference, pp. 38-48, 2010.
- (15) P. A. McGillivray, K. D. Schwehr, K. Fall: Enhancing AIS to improve whale-ship collision avoidance and maritime security,

Proc. OCEANS, pp. 1-8, 2009.