AISバイナリメッセージを用いた見張り情報の共有

正会員　松本　洋平（東京海洋大学）

要旨

ARPA(Automatic Radar Plotting Aid)で捕捉した船舶の位置・速度を AIS(Automatic Identification System)バイナリメッセージとして送信するシステムを作った。また、実際に、このシステムを用いて、レーダーおよびAIS トランスポンダを装備した船舶からAIS を搭載しない小型船舶を捕捉しその位置・速度を送信する実験を行った。その実験結果を報告する。

キーワード：電波航法・通信、AIS、バイナリメッセージ

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、港湾の安全に寄与している。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ASM [1] (Application Specific Message)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、ASMの応用に関するさらなる研究を行う必要がある。

本研究ではASM の応用のひとつとして「見張り情報の共有」を挙げ、その実際的な方法の模索と試作、評価を行う。

2. 見張り情報の共有

船舶の衝突事故の主要な原因は見張り不十分であるとされており、また、プレジャーボート等の小型船舶による事故が多い。通常、小型船舶はAIS 搭載義務がなく、それらのAIS 非搭載船舶は基本的に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。レーダーや十分な人員による高度な見張り機能を備えた 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、小型船舶に対する見張りを強化することができる。また、AIS 非搭載船舶においても、比較的安価な送信機能を持たないAIS 受信機さえ装備すれば、放送された情報によって周辺のAIS 非搭載船舶の動静を知ることができるようになり、安全な航海の補助になると考えられる。AIS 受信機を用いた小型船用見張り支援システムに関する検討は文献(2)に詳しい。

3. 類似する研究

過去に類似する目的の研究がいくつか報告されている。

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(3),(4)に示されている。文献(3),(4)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(5)では著者らが構築したユビキタスナビ(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AIS の情報とともにユビキタスナビ搭載船舶に配信するシステムを作成し、有効性を示している。

これらの IEEE802.11J や 3G 回線を用いる方法に対する、AIS バイナリメッセージを用いる方法の利点は、(a)既存の安価な世界的に成立しているインフラを活用できること、(b)陸から離れた遠距離での情報共有が可能であることが挙げられる。欠点としては通信速度・容量が限られている点が挙げられる。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る。

[1] 現行のバイナリメッセージ(Message 6,7,8,9,12,13,14,25,26)。文献(6)参照。

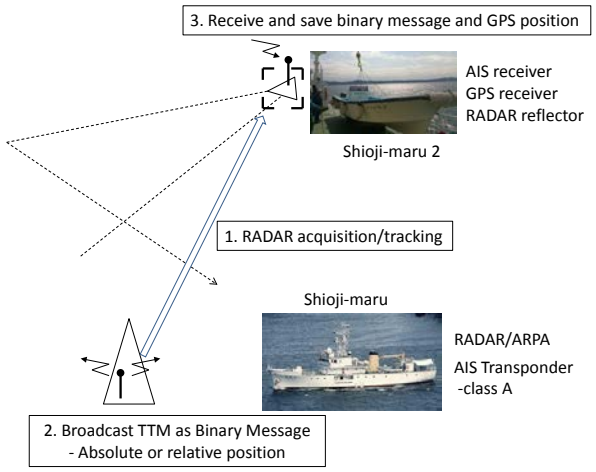

Fig.1 Experimental setup.

4. 実証試験の準備

本研究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で放送し、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た。

Fig.1 に実験の概略図を示す。

4.1 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 節に説明する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 [2]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。

[2] 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 が受信できない。原因は不明である。

• 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.

4.2 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 [(5)]、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。

4.3 バイナリメッセージの送信

バイナリメッセージは Message 8 で送信する。Message 6 はヘッダー情報が大きく、また、新たに定義されている Message 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。これら、バイナリメッセージのメッセージフォーマットについては文献(6)を参照されたい。

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 Message 8 が送信される。

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 Message 1(動的情報)の方式に従って、緯度 27bit、経度 28bit、COG 12bit、SOG 10bit 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 Message 1 を使って絶対座標を計算する。

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。一方、相対座標送信ではバイナリメッセージや Message1 の送受信タイミングによって TTM を得た時刻と絶対座標の計算に用いる Message 1 の送信された時刻に大きい場合には約 14 秒(バイナリメッセージ送信遅延 4 秒+Message 1 送信間隔 10 秒)の差が生じる。

一方で、バイナリメッセージは、ビットスタッフィ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[(6)]。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。5.1 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。

5. 実験結果

5.1 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・B[3]の両方に送信するようにし、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通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と考えられる。

一方、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

[3] 通信の確実性のために 2 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。

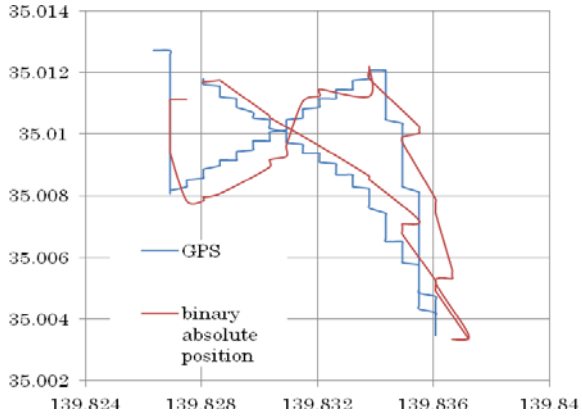

Fig.3 Comparison between transmitted absolute position and GPS position.

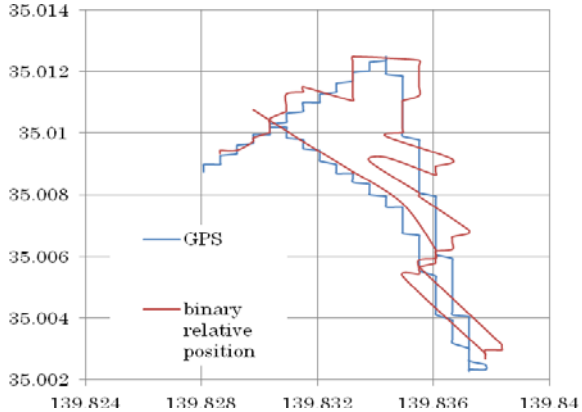

Fig.4 Comparison between transmitted relative position and GPS position.

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。

5.2 GPS データとの比較

Fig.3 および 4 に絶対座標送信と相対座標送信の航跡の 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。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

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AIS Message 1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。

誤差の原因は多数考えられるが、今回のデータだけでは判然としない。特に気象・海象等がレーダーの映像に及ぼす影響は大きく、見張り局の動揺や風によるスキャナの振動によって、ARPAでの計測距離がしばしば大きく変動する。そのような影響を分離するためには、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(Random Time Division Multiple Access)の仕様上最大4秒(150スロット)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、計算に用いる必要があると考えられる。

6. まとめ

ARPAで捕捉した船舶をAISバイナリメッセージで共有する実験を行った。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。

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。

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。

(1) ITU：Resolution 360 (WRC-12), 2012.
(2) 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.
(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-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.
(4) 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.
(5) 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.
(6) ITU：Recmmendation M.1371-4, 2010.