



漁船搭載の簡易型AIS有効利用に関する研究

松本, 浩文

(Degree)

博士 (海事科学)

(Date of Degree)

2016-09-25

(Date of Publication)

2017-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6758号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006758>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博 士 論 文

漁船搭載の簡易型 AIS 有効利用に関する研究

平成 28 年 8 月

神戸大学大学院海事科学研究科

松本 浩文

目次

第1章 研究背景と目的	1
1.1 はじめに	1
1.2 研究目的	3
1.3 論文構成	3
1.4 章構成図	5
第2章 簡易型 AIS のシステム構成と利用状況	6
2.1 概説	6
2.1.1 AIS について	6
2.1.2 AIS の種類	7
2.1.3 通信方式	10
2.1.4 漁船の搭載要件	10
2.2 実験概要	11
2.2.1 実験海域	11
2.2.2 被験船	12
2.3 国内動向	15
2.3.1 クラス A 搭載漁船	15
2.3.2 簡易型 AIS 搭載漁船	16
2.3.3 漁船とプレジャーボートの比較	17
2.4 海外動向	18
(1) 中国	19
(2) シンガポール	19
2.5 考察	20

2.5.1	漁船へのAIS普及について（国内動向）	20
2.5.2	東シナ海における外国漁船のAIS運用状況	21
第3章	先行研究と簡易型AIS運用に関する評価	22
3.1	概説	22
3.2	小型漁船への簡易型AISの適用（漁業者の評価）	23
3.2.1	簡易型AISの印象	23
3.2.2	簡易型AISの機能	24
3.2.3	簡易型AISの将来性と普及	25
3.2.4	位置情報認識の差異による評価分析	26
3.2.5	漁業者からのコメント	27
3.3	小型漁船への簡易型AISの適用（操船者の評価）	28
3.3.1	漁船の動静について	28
3.3.2	簡易型AIS情報の利用状況について（操船者の評価）	30
3.4	考察	31
3.4.1	漁業者の簡易型AISに対する評価と傾向について	31
3.4.2	操船者の簡易型AISの評価と活用状況について	32
3.4.3	漁船と漁船以外の船舶との航過距離について	33
第4章	漁船と漁船以外の船舶との航過距離分析	35
4.1	概説	35
4.1.1	航過距離について	35
4.1.2	目的	36
4.2	方法	37
4.2.1	AISデータの収集と記録	37
4.2.2	データの結合と距離・方位計算	38

4.2.3	対象被験船について	39
(1)	2 そう曳き網漁船	39
(2)	底びき網漁船・はえ縄について	40
4.2.4	速力と操業状態の定義	41
4.2.5	対象範囲の設定	43
4.3	結果	45
4.3.1	Zone 1 (315度～45度)	45
4.3.2	Zone 2 (0度～90度)	48
4.3.3	Zone 3 (45度～135度)	49
4.3.4	Zone 4 (90度～180度)	51
4.3.5	Zone 5 (135度～225度)	52
4.3.6	Zone 6 (180度～270度)	54
4.3.7	Zone 7 (225度～315度)	55
4.3.8	Zone 8 (270度～360度)	57
4.3.9	航過距離のまとめ	58
4.4	考察	60
4.4.1	航過距離について	60
4.4.2	操業の有無による航過距離について	60
4.4.3	簡易型 AIS の送信レートと航過距離について	61
4.5	まとめ	62
第5章	簡易型 AIS の船位変化分析	64
5.1	概説	64
5.2	方法	65
5.2.1	対象データ	65

5.2.2	対象船舶と期間	66
5.2.3	調査概要（クラス A）について	67
5.3	結果	68
5.3.1	「天鷹丸」（クラス A）	68
5.3.2	「つくし」（クラス A）	70
5.3.3	底びき網漁船（簡易型 AIS）	73
5.3.4	はえ縄漁船（簡易型 AIS）	84
5.3.5	2そう曳き網漁船	85
5.4	考察	93
5.4.1	AIS のクラス別による AIS 船位変化量と識別	93
5.4.2	漁業種類別の AIS 船位変化量	94
5.4.3	J 丸（運搬船）	96
5.5	まとめ	97
第 6 章	漁場移動に伴う漁船 AIS 情報の船位変化分析	99
6.1	概説	99
6.2	方法	100
6.3	結果	100
6.3.1	底びき網漁船	100
6.3.2	はえ縄漁船	105
6.3.3	2そう曳き網漁船	107
6.3.4	送信レートと速力	113
6.3.5	GPS データによる AIS 船位変化分析	116
6.4	考察	120
6.4.1	AIS 船位変化量が過大になるパターンについて	120

6.4.2	漁業者による有効利用	120
6.4.3	操船者（漁船以外）の注意点	121
6.4.4	簡易型の送信レートについて	122
6.5	まとめ	122
第7章	本研究のまとめ	125
7.1	成果の要約	125
7.2	漁船搭載簡易型 AIS の有効利用に向けた提言	131
7.2.1	増速方法の改善（漁船）	132
7.2.2	インターフェイスによる改善（AIS 送信記録の表示）	132
7.2.3	AIS 情報の二次活用化（操業技術の伝承）	133
7.2.4	レコーダーとしての AIS 活用	134
7.3	今後の課題	136
	謝辞	138
	参考文献	139

第1章 研究背景と目的

1.1 はじめに

日本は四面を海に囲まれ、周辺海域では海運、レジャー、漁業など幅広い目的で多種多様な活動が行われている。また、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海及び関門海峡は他の海域に比べ外海との接続海域であり、大都市に続く航路であることから船種・船籍を問わない船舶が多く航行している。

一方、これらの海域ではマリンレジャーが盛んなことに加え、底びき、はえ縄、2そう曳き網漁法、さらには備讃瀬戸海域のこませ網漁法など漁業が古くから盛んな海域でもある。このため、漁船が関係する衝突海難が海域を問わず発生している。

例えば、2008年（平成20年）2月19日午前4時7分頃に神奈川県野島埼沖の公海上において発生した海上自衛隊護衛艦「あたご」と漁船「清徳丸」（全長約16m、総トン数7.3トン）の衝突海難（「清徳丸」乗組員2名死亡）がある。この事故の刑事裁判では、沈没した漁船「清徳丸」の航跡が焦点となっている。この問題について、小型船舶が沈没した場合、小型船舶の航跡を特定することが困難であり、小型船舶にも簡易型の船舶自動識別装置（Automatic Identification System：AIS）の搭載義務を課すことで問題を解決することが課題であるとの指摘もある⁽¹⁾。

さらに、2012年（平成24年）9月24日01時56分頃に宮城県石巻市金華山東方沖930km付近で発生したばら積み貨物船「NIKKEI TIGER」と漁船「堀栄丸」（全長29.7m、総トン数119トン）の衝突海難（「堀栄丸」乗組員13名死亡）がある。この事故について、運輸安全委員会の報告⁽²⁾では、貨物船の航海士が雨天の中で2海里以下に接近した「堀栄丸」の灯火を視認していたものの、レーダ（Radio Detection And Ranging：Radar）画面上で漁船「堀栄丸」の映像を確認できず、その接近状況を確認しているうちに更に

接近し、変針等を行ったが衝突に至ったと結論付けている。

加えて、2013年（平成25年）6月23日09時44分頃、宮城県石巻市金華山東方161km付近で自動車運搬船「NOCC OCEANIC」と漁船「第七勇仁丸」（全長18.95m、総トン数19トン）の衝突海難（「第七勇仁丸」乗組員1名死亡）がある。この事故について運輸安全委員会⁽³⁾は、「自動車運搬船の航海士が降雨による視界制限状態となり、漁船の存在がレーダでは確認できなかった」と指摘し、「漁船がAISを備えていれば、相手船の動静を把握することにより衝突回避の動作をとることができた可能性がある」とし「漁船へのAISの普及が一層促進されることが望まれる」と報告している。

このような背景から、水産庁や海上保安庁が漁船海難防止として「漁業カイゼン講習会」や地域、漁業種類別ごとに海難防止講習会や訪船指導の実施やAIS搭載に関する海難防止効果等の有用性の周知や普及活動等を行っている。AISとは船舶の識別符号、船種、船名、船位、対地針路、対地速力、目的地、航行状態に関する情報を船舶の状態によって自動的に送受信する装置である。

そこで本研究では輻輳海域で操業する小型漁船を対象にAISを搭載し、その有効性と課題を実船実験から検討する。本研究が対象とするAISは、AIS搭載義務がない船舶が搭載するAIS（以後、「簡易型AIS」という）である。本研究が目指す学術的貢献は次の3つにまとめられる。

- (1) 漁船と漁船以外の船舶との航過距離分析
- (2) AIS情報による漁船の船位変化分析
- (3) 漁場移動に伴う漁船の船位変化分析

特に、本研究では漁ろう活動を伴う漁船特有の動静と簡易型 AIS 情報に含まれる位置情報の移動距離に焦点をあてる。そのうえで漁船搭載の簡易型 AIS の有効利用を提案するものである。

1.2 研究目的

本研究では、先ず輻輳海域（明石海峡・来島海峡を対象とする）で操業する小型漁船 14 隻に簡易型 AIS を搭載し、小型漁船と漁船以外の船舶との航行環境を明らかにする。さらに、これらの環境を踏まえ、簡易型 AIS 情報による船位と実際の漁船船位に焦点をあて、その問題点と発生パターンを明らかにする。以上の結果から、漁船衝突防止に向けた簡易型 AIS の課題および有効利用と新たな活用法について論じる。

1.3 論文構成

第 1 章 研究背景と目的

第 1 章では、本研究の背景と目的および研究概要について述べる。

第 2 章 簡易型 AIS のシステム構成と利用状況

第 2 章では、簡易型 AIS の特徴と実験概要（簡易型 AIS 搭載漁船と漁業の特徴、海域等）を述べる。さらに国内外の漁船 AIS 搭載状況と運用について検討結果を述べる。

第 3 章 先行研究と簡易型 AIS 運用に関する評価

第 3 章では、漁船海難に関連する見張りや海難分析に関する先行研究レビューを行う。さらには、商船の操船者が必要とする漁船情報について、アンケート調査から整理・分析した結果を述べる。

第 4 章 漁船と漁船以外の船舶との航過距離分析

第 4 章では、簡易型 AIS によって受信される他船位置情報（AIS）と漁船位置情報（GPS）から漁船と漁船以外の船舶（AIS 搭載船）との航過距離を操業・非操業ごとに

分析する。

第4章で航過距離を明らかにする目的は、漁船速力および簡易型 AIS の送信レートと航過距離を比較することで、簡易型 AIS の有用性評価を可能にするためである。

第5章 簡易型 AIS の船位変化分析

漁船は、漁業活動を行うため海域や航路を問わず停船もしくは低速力で航行することがある。底びき網漁法など漁網を曳網する漁船速力は対地速力2ノット以下で曳網することが多い。他の漁法も同様に漁業活動中は漁船速力が低速であることが考えられる。

第5章では、漁船送信の AIS 情報から送信時刻と位置情報を抽出し、送信される AIS 情報の移動量を漁業種類ごとに抽出する。そのうえで、AIS 情報の移動量と第4章で明らかにする航過距離を評価する。

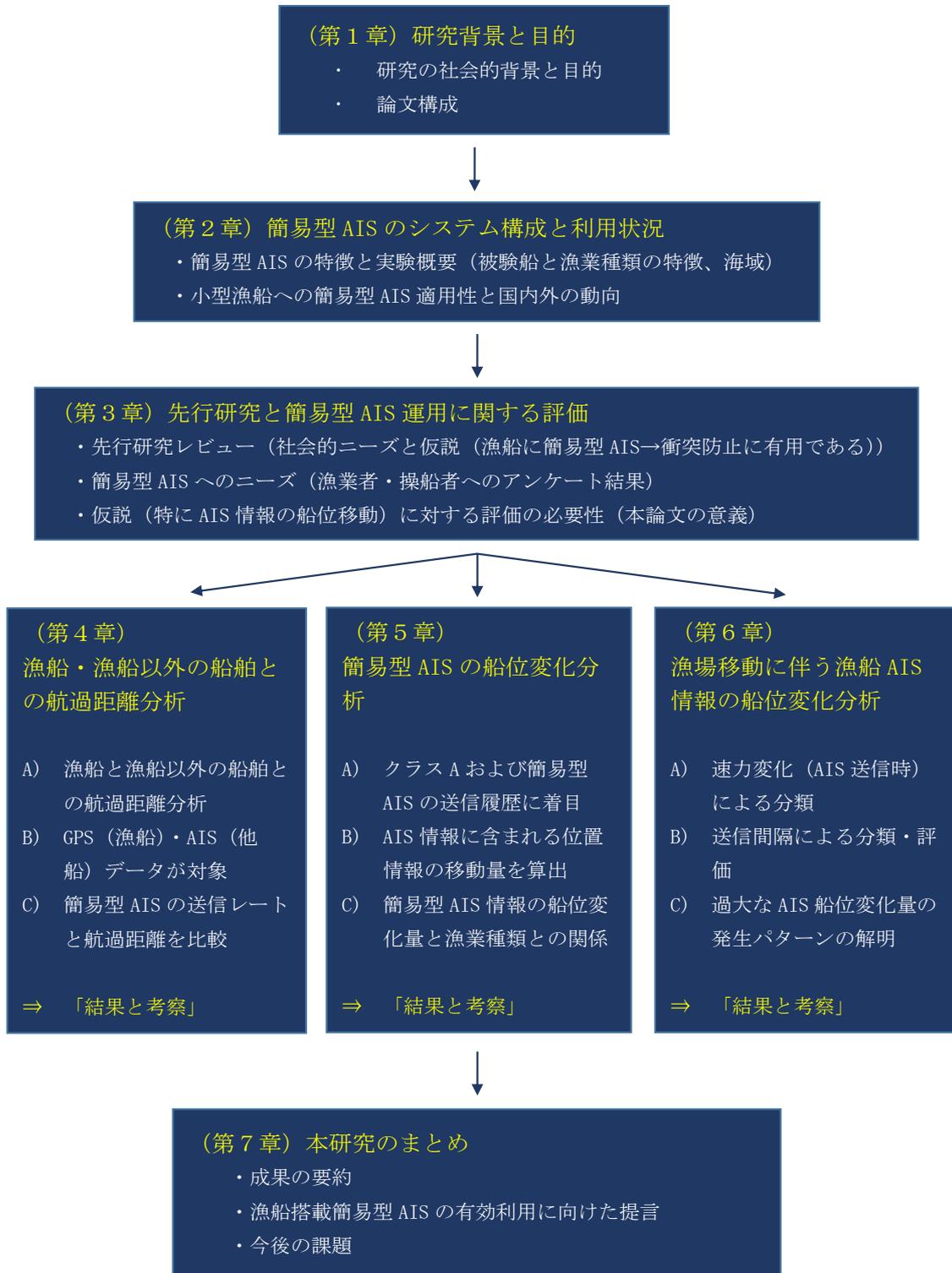
第6章 漁場移動に伴う漁船 AIS 情報の船位変化分析

第6章では、第5章によって抽出された AIS 情報の過大な船位変化量に対する原因分析と発生パターンを明らかにする。特に問題となるのは、商船にはない漁船特有の動静と簡易型 AIS システムとの関連性である。漁船の漁場移動に伴う増速と簡易型 AIS の送信レートの関係に着目した分析を行い、簡易型 AIS を搭載する漁業者および、その情報を操船判断に利用する漁船以外の船舶の操船者（以後、「操船者」という）の有効利用法を明らかにする。

第7章 本研究のまとめ

第7章では、第4章から第6章までの結果と結論をまとめる。さらに、その結果を踏まえ、漁船搭載の簡易型 AIS 有効利用に向けた提言を行う。

1.4 章構成図



第2章 簡易型 AIS のシステム構成と利用状況

2.1 概説

2.1.1 AIS について

AIS (Automatic Identification System : 船舶自動識別装置) とは、次の(1)から(3)に示す情報を他の AIS 搭載船や陸上局に向けて自動的、周期的に送受信するシステムである。

- (1) 船名・コールサイン、IMO (International Maritime Organization) 番号、MMSI (Maritime Mobile Service Identity : 海上移動業務識別) 番号、船の長さ、幅、船種、固定アンテナの位置等の静的情報
- (2) 位置 (緯度・経度) 情報、対地針路・速力、船首方位、回頭率 (Rate of Turn : ROT) 等の動的情報
- (3) 目的地、到着予定時刻、航海計画等の航海関連情報

AIS の搭載は、SOLAS (International Convention for the Safety of Life At Sea) 条約により 2002 年から 2008 年まで船舶への搭載が義務化され完了している。搭載義務要件は SOLAS 条約第 V 章第 19 規則 2.4⁽⁴⁾に規定されている。国内では船舶設備規程第 146 条の 29⁽⁵⁾により、国際航海に従事する総トン数 300 トン未満の旅客船及び総トン数 300 トン以上の船舶ならびに国際航海に従事しない総トン数 500 トン以上の船舶に搭載が課せられている。

AIS 情報は、船舶間以外に VTS (Vessel Traffic Service) センターなどの陸上局と情報を交換することにより船舶の衝突防止や船舶の運航管理に役立てられる。また、AIS 搭載船では AIS 情報をレーダや ECDIS (Electronic Chart Display and Information

System：航海用電子海図情報表示システム)、航海用ナビゲーションソフトなどに重畳表示することで安全運航に役立てられている⁽⁶⁾。総トン数 500 トン以上の内航船員 (258 名) に行ったアンケート調査⁽⁷⁾では、86% (221 名) の船員が AIS 情報を重畳利用していると回答している。AIS は、船舶相互間または VTS 間で情報交換が可能となり航行安全には欠かせない航海計器であるといえる。

このように、AIS を活用することで航海に関わる様々な情報交換が容易に入手できるようになった。その一方で、AIS を搭載しない SOLAS 非適用船の情報入手が課題となりつつある。操船者の意見として「AIS 非搭載船にも義務化すべきである」「漁船にも AIS を搭載義務化すべきである」という指摘⁽⁷⁾もある。

これに対し、涸ら⁽⁸⁾は AIS をレーダ画面上や電子海図またはその類似航海計器等に重畳できることも多く、あたかも互いに視野の内にある場合のように他船の動静を知ることが、互いに他の船舶の視野の内にある船舶の航法と視界制限状態における航法を同時に適用するという誤解につながる可能性を指摘する。

レーダの ARPA (Automatic Radar Plotting Aids：自動衝突予防装置) のみで避航判断している指摘⁽⁹⁾があるように、操船者には AIS 情報の適切な処理と有効利用が求められている。

2.1.2 AIS の種類

AIS には、Recommendation ITU (International Telecommunication Union) -R M. 1371-5⁽¹⁰⁾で規定するとおり、AIS 搭載義務船が装備する Class A AIS (以後、「クラス A」という) と AIS の搭載義務のない船舶が任意で搭載できる Class B AIS がある。Class B AIS には通信方式が異なる 2 種類の Class B AIS がある。本稿では、CSTDMA (Carrier Sense Time Division Multiple Access) 方式を採用する Class B AIS (簡易型 AIS) を対象とする。

簡易型 AIS はクラス A とほぼ同様の機能を持つが、次の点などが異なる。

- (1) クラス A に比べ情報量や送信電力が少ない。
- (2) 通信方式が異なる。(簡易型 AIS : CSTDMA / クラス A : SOTDMA)
- (3) IMO 番号、到着予定時刻、航海状態 (Navigation Status)、回頭率 (ROT) 等の情報は送信しない。
- (4) ディスプレイ接続、船首方位入力は任意
- (5) テキスト・メッセージは受信のみ可能

AIS のクラスごとの情報、性能の詳細を Table 2-1 から Table 2-3 に示す。簡易型 AIS を利用できるのは、国内では国際航海に従事しない総トン数 500 トン未満の船舶および国際航海に従事する総トン数 300 トン未満の船舶である。簡易型 AIS は伝送情報量の縮小、送信電力の低減、通信方式などクラス A の機能を簡略化しているため安価な価格設定を実現している。

Table 2-1 クラス A の情報

種 類	内 容
動的情報	対地速力、対地針路、船首方位、位置情報、航海の状態、回頭率、UTC (Coordinated universal time : 協定世界時)
静的情報	IMO 番号、呼出符号、船名、船の長さ・幅、船の種類、測位アンテナ (GPS アンテナ) の船体における位置
航海関連情報	喫水、危険貨物の種類、目的地、到着予定時刻、航行の安全に関わる情報

Table 2-2 簡易型 AIS の情報

種類	内容
動的情報	対地速力、対地針路、位置情報、船首方位（オプション）
静的情報	MMSI 番号、呼出符号、船名、船の長さ・幅、船種、測位アンテナの位置

Table 2-3 クラスによる性能の違い

	クラス A	簡易型 AIS
対象船	AIS 搭載義務船	AIS 非搭載義務船
通信方式	SOTDMA (Self Organized Time Division Multiple Access : 自律式時分割多元接続)	CSTDMA (Carrier Sense Time Division Multiple Access : キャリアセンス時分割多元接続)
出力	12.5 W	2.0 W
周波数	156.025～162.025 MHz	
送信 レート	10 秒 (SOG ≤ 14kn) 6 秒 (23kn ≥ SOG > 14kn) 2 秒 (SOG > 23kn) (回頭中) $3\frac{1}{3}$ 秒 (SOG ≤ 14kn) 2 秒 (23kn ≥ SOG > 14kn) 2 秒 (SOG < 23kn) (錨泊、係留、乗揚げ) 3 分 (SOG ≤ 3kn) 10 秒 (SOG > 3kn)	3 分 (SOG ≤ 2kn) 30 秒 (SOG > 2kn)
スロット 同期	UTC 同期	他局同期

(注) ① SOG : 対地速力 (Speed Over Ground) ② kn : ノット (Knot)

2.1.3 通信方式

AIS の通信方式は、クラス A が GNSS (Global Navigation Satellite System) 受信機を内蔵し時刻同期することで自律的にタイムスロットの管理を行う SOTDMA 方式 (Self-Organized Time Division Multiple Access) を採用している。一方、簡易型 AIS は CSTDMA (Carrier Sense Time Division Multiple Access) 方式を採用している。CSTDMA とは、電波を発射しようとする場合において当該電波と同じ周波数を利用する電波 (クラス A) を受信することにより一定の時間、自己の電波を発射しないことを確保する機能⁽¹¹⁾である (Table 2-3 参照)。そのため、簡易型 AIS は自船の AIS 情報を送信できない可能性もある。

送信レートにも大きな違いがある。クラス A は航行中および回頭中など状況に応じ送信レートが自動的に決められ、最長 10 秒である。これに対し簡易型 AIS は 30 秒 (2 ノット以下) と 3 分 (2 ノットより大きい) の 2 種類のみである。このように、簡易型 AIS はクラス A に比べ送信レートが長いため、変針時の動静を把握しにくい可能性もある。山下ら⁽¹²⁾も、操船判断に簡易型 AIS を利用するには注意が必要であると指摘している。

2.1.4 漁船の搭載要件

漁船の AIS 搭載要件について、国内では特別のルールは存在しない。よって、漁船の搭載要件は船舶設備規程に定められた要件⁽⁵⁾が適用される。

一方、漁船の AIS 運用方法については船員施行規則第 3 条 16 (船舶識別装置の作動) で、「国土交通大臣が告示で定める船舶に該当する場合については、この限りでない」としている⁽¹³⁾。この「国土交通大臣が告知で定める船舶」とは次の 3 要件である。

- (1) 海上保安庁の船舶であって、警備救難の業務に従事するもの
- (2) 水産庁又は都道府県の船舶であって、漁業取締りに従事するもの。
- (3) 漁船法第 2 条第 1 項第 1 号に規定する漁船であって、操業中であるもの

漁船法第 2 条第 1 項第 1 号に規定する漁船とは、“もっぱら漁業に従事する船舶”を指す⁽¹⁴⁾。すなわち、漁船法第 2 条第 1 項第 1 号に規定する漁船（もっぱら漁場に従事する船舶）には AIS 搭載義務船であっても操業中は必ずしも作動を義務付けていない。

漁業者は、AIS を搭載することは自船の位置（漁場）情報が送信されることに懸念することも考えられる。操業中の漁船については AIS の弾力的な運用が認められている。

2.2 実験概要

2.2.1 実験海域

本研究は、漁業活動を行う小型漁船を対象にした実船実験に基づき展開する。実験対象海域は船舶が輻輳する明石海峡と来島海峡付近とする。対象漁船（以後、「被験船」という）は、底びき網漁船（8 隻）および、はえ縄漁船（1 隻）ならびに 2 そう曳き網漁船（5 隻）の合計 14 隻とした。本研究の特徴と新規性は、輻輳海域で行う実船実験であることに加え、漁船の AIS 情報のほか GPS 情報を利用し詳細な漁船動静を把握できる点にある。なお、AIS に接続された GPS の測位精度は考慮しない。実験の詳細データは次のとおりである。

(1) 被 験 船

- ・ 小型底びき網漁船 8 隻（明石海峡付近 6 隻／来島海峡付近 2 隻）
- ・ はえ縄漁船 1 隻（来島海峡付近）
- ・ 2 そう曳き網漁船 5 隻（明石海峡付近・網船 4 隻 2 統、運搬船 1 隻）

(2) AIS 情報の表示

- ・ GPS プロッタ（2 そう曳き網漁船以外 9 隻）
- ・ レーダ重畳（2 そう曳き網漁船 2 隻、運搬船 1 隻）
- ・ 表示なし（2 そう曳き網漁船 2 隻）

(3)保存データ（漁船毎）

- ・ GPS データ（GPRMC）・AIS データ（送受信）

(4)データ記録方法

- ・ メモリーカードに保存

2.2.2 被験船

被験船 14 隻および漁業種類ならびに操業海域の特徴は次のとおりである。なお、本論では被験船の船名を A 丸から N 丸と定義する。

(1)漁業種類と船名（14 隻）

- ・ 底びき網漁船（明石海峡付近）：A 丸～F 丸
- ・ 底びき網漁船（来島海峡付近）：G 丸、H 丸
- ・ はえ縄漁船（来島海峡付近）：I 丸
- ・ 2 そう曳き網漁船（明石海峡付近）：J 丸（運搬船）、K 丸～N 丸（網船）

(2)底びき網漁船（明石海峡付近）

明石海峡付近の底びき網漁船 6 隻は総トン数 5 トン未満の漁船である。操業海域は主に播磨灘航路第 5 号灯浮標から明石海峡航路に至る播磨灘である。漁船によっては推薦航路付近で操業することもある。レーダは装備していない。乗船者（漁業者）は 2 隻以外、単独乗船である。操業は日の出とともに投網し、約 6～8 時間連続で行う。

また、明石海峡西方海域では底びき網漁船が関係する衝突海難⁽¹⁵⁾⁻⁽²⁰⁾も発生している。そのうち 2 件は本研究の被験船である B 丸⁽²⁰⁾と D 丸⁽¹⁹⁾が関係する衝突海難である。



Fig. 2-1 底びき網漁船・明石海峡付近（左：B丸 / 右：D丸）

(3)底びき網漁船（来島海峡付近）

来島海峡付近で操業する底びき網漁船は、明石海峡付近同様に数5トン未満の漁船である。操業海域は来島海峡西方海域（安芸灘）と南方海域（燧灘）である。レーダは2隻とも装備している。

AIS情報は、既存のレーダがAISに対応しないためGPSプロッタに表示している。



Fig. 2-2 底びき網漁船・来島海峡付近（左：G丸 / 右：H丸）

(4) はえ縄漁船（来島海峡付近）

来島海峡付近で操業するはえ縄漁船は、総トン数 1.7 トン、全長 7m の小型はえ縄漁船である。操業海域は来島海峡西水道および馬島南方海域の航路内である。レーダは装備していない。AIS 情報は GPS プロッタに表示している。



Fig. 2-3 はえ縄漁船・来島海峡付近（I丸）

(5) 2そう曳き網漁船（明石海峡付近）

明石海峡付近で操業する2そう曳き網漁船は、2隻で網を曳く（1統）ため、被験船4隻で2つの網を曳く（2統）ことになる。また、運搬船は漁場探索および揚網ならびに漁獲物の運搬（漁場から漁港）を担当する。そのため、運搬船は高速で航行することが多く、速力 30 ノット以上で航行することもある。

操業海域は播磨灘から明石海峡、大阪湾に至る海域である。レーダは5隻のうち3隻が装備している。そのため、AIS 情報はレーダを装備する網船2隻と運搬船のレーダ上に重畳表示している。



Fig. 2-4 2そう曳き網漁船 (左：運搬船 J丸 / 右：網船 M丸)

2.3 国内動向

2.3.1 クラス A 搭載漁船

国内の AIS 搭載漁船隻数を総務省登録実績から検討する。対象は 2015 年(平成 27 年) 2 月から 2016 年(平成 28 年) 1 月までの約 1 年間・計 5 回である。Table 2-4 および Fig. 2-5 はクラス A 搭載の漁船隻数を総トン数 (Gross Tonnage : GT) 別に分類している Fig. 2-5 は横軸に調査年月、縦軸に隻数を示す。Table 2-4 の割合とは、平成 25 年の漁船隻数 152,998 隻 (漁業センサス、漁業・養殖業生産統計年報) に対する割合である。クラス A は、約 1 年間で 21 隻増加し、うち 11 隻は総トン数 20 トン未満である。

Table 2-4 クラス A 搭載漁船隻数

調査年月	GT<20	20≦GT<300	300≦GT<500	500≦GT	合計 (割合)
2015 年 2 月	1	14	151	58	224 (0.15%)
2015 年 4 月	1	14	154	56	225 (0.15%)
2015 年 7 月	10	15	154	56	235 (0.15%)
2015 年 10 月	10	16	152	56	234 (0.15%)
2016 年 1 月	12	21	155	57	245 (0.16%)

出典：総務省総合通信基盤局 (筆者編集)

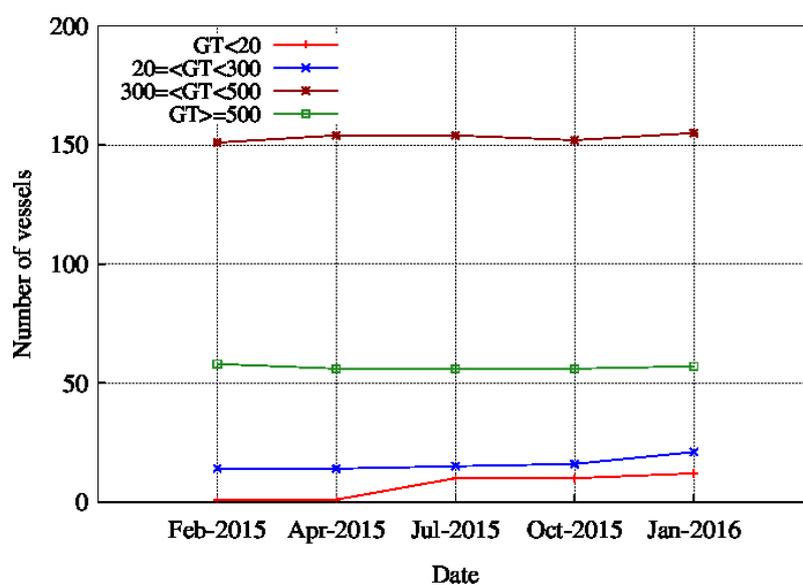


Fig. 2-5 クラス A 搭載漁船隻数

2.3.2 簡易型 AIS 搭載漁船

次に簡易型 AIS の登録状況を整理する。簡易型 AIS 搭載漁船隻数をクラス A 同様に Table 2-5 および Fig. 2-6 に示す。簡易型 AIS 搭載隻数の特徴は、総トン数 20 トン未満の漁船が 2015 年（平成 27 年）2 月から約 1 年間で 403 隻増加していることである。総トン数 20 トン以上 300 トン未満の漁船も、約 1 年間で 95 隻増加している。

Table 2-5 簡易型 AIS 搭載漁船

調査年月	GT < 20	20 ≤ GT < 300	300 ≤ GT < 500	500 ≤ GT	合計 (割合)
2015 年 2 月	109	58	54	0	221 (0.14%)
2015 年 4 月	140	80	59	0	279 (0.18%)
2015 年 7 月	212	113	66	0	391 (0.26%)
2015 年 10 月	349	139	72	0	560 (0.37%)
2016 年 1 月	512	153	79	0	744 (0.49%)

出典：総務省総合通信基盤局 (筆者編集)

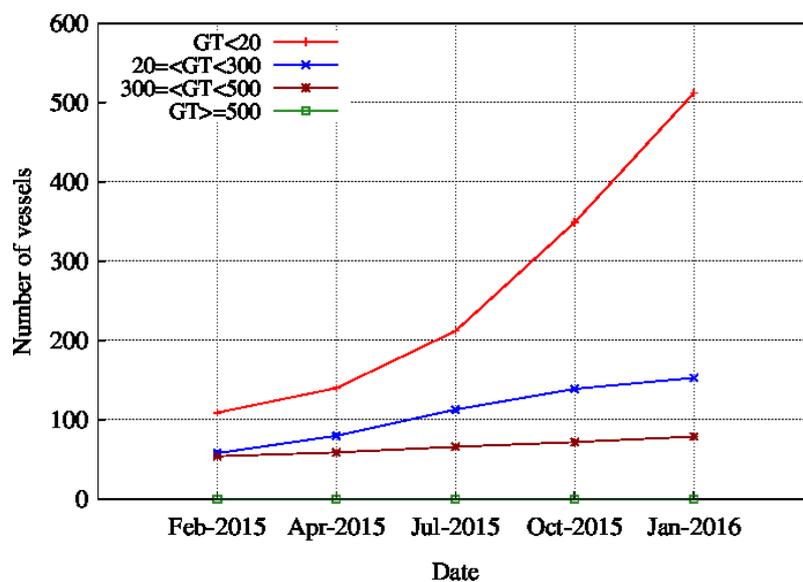


Fig. 2-6 簡易型 AIS 搭載漁船

2.3.3 漁船とプレジャーボートの比較

総トン 300 トン未満の漁船とプレジャーボートの AIS 搭載隻数（クラス A と簡易型 AIS 含む）を Table 2-6 および Fig. 2-7 に示す。

総トン数 20 トン未満の AIS 搭載隻数は、2015 年（平成 27 年）10 月には、漁船（359 隻）がプレジャーボート（259 隻）を 100 隻上回っている。いずれにせよ、総トン数 20 トン未満の AIS 搭載漁船が約 1 年間で 400 隻以上増加していることが影響している。また、総トン 20 トン以上 300 トン未満の漁船は 1 年間で約 100 隻増加している。

Table 2-6 漁船とプレジャーボートの比較（総トン数 300 トン未満）

調査年月	漁 船		プレジャーボート	
	GT<20	20=<GT<300	GT<20	20=<GT<300
2015 年 2 月	110	72	229	13
2015 年 4 月	141	94	238	13
2015 年 7 月	222	128	248	15
2015 年 10 月	359	155	259	14
2016 年 1 月	524	174	276	14

出典：総務省総合通信基盤局（筆者編集）

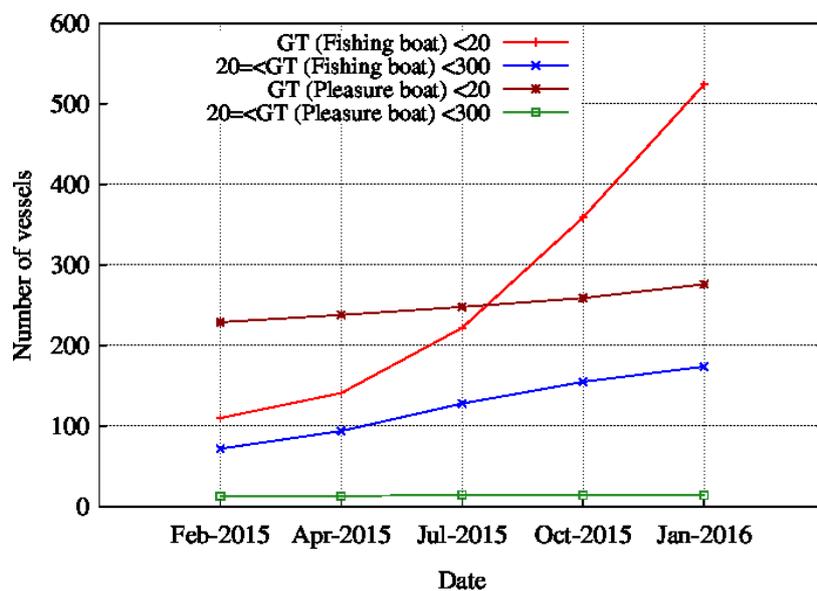


Fig. 2-7 漁船のプレジャーボートの AIS 登録状況（総トン数 300 トン未満）

2.4 海外動向

公益社団法人 日本海難防止協会の報告⁽²¹⁾によると、各国の SOLAS 非適用船舶に対する AIS 搭載義務化は次のとおりである。

(1)中国（平成 22 年 6 月聞き取り）

- ・ 2011 年 1 月 1 日までに総トン数 200 トン以上の船舶への Class B AIS 搭載を義務付ける（自国籍船に限る）
- ・ 2011 年 7 月までに、主要河川を運航するすべてのコンテナ船・液体貨物運搬船及び 100 トン以上のすべての船舶に Class B AIS 搭載を義務付ける。
- ・ 東シナ海で操業する漁船に対し、Class B AIS 発信機の搭載を義務付ける。

(2)シンガポール（平成 22 年 6 月聞き取り）

- ・ 2007 年 1 月から港内小型船に対して HARTS (Harbour craft transponder system) による位置通報を義務化
- ・ 2012 年 1 月 1 日から、AIS または HARTS を搭載していないすべての動力船に対し、AIS (クラス A か簡易型 AIS) あるいは HARTS の搭載を義務付ける（自国籍および定期的にシンガポールに入港する外国船）

(3)欧州（平成 21 年 2 月聞き取り）

- ・ スウェーデンでは、総トン数 300 トン以上の国際航海に従事しない船舶および長さ 20m 以上の漁船に対しクラス A 搭載を義務化
- ・ EU では 2009 年 4 月から加盟国籍の漁船、加盟国内水・領海内で漁を行う外国漁船及び域内の港に水揚げする外国漁船に対し、クラス A を義務化

(4)トルコ（平成 20 年調査）

- ・ イスタンブール海峡を航行する連絡フェリー、長さ 20m 以上の漁船に簡易型 AIS 搭載を義務化

このように、世界的には SOLAS 条約が適用されない船舶や漁船に対し AIS 搭載を義務化する動きもある。東シナ海で操業する外国漁船が AIS（簡易型 AIS）を搭載しているとの報告もある⁽²²⁾。松本ら⁽²³⁾は、東シナ海で操業する外国漁船が、MMSI 番号を適切に設定していない状況や 1 隻の漁船から複数の AIS 信号が送信されていることを指摘する。また、漁船については衛星船位測定送信機（Vessel Monitoring System：VMS）の搭載を義務付けることで、我が国周辺海域における沖合漁業と沿岸漁業の漁業調整の円滑化や漁業取締りの効率化を図る動きもある。VMS とは、搭載漁船の GPS 情報と通信衛星により漁船位置をリアルタイムに収集するシステムである。VMS の目的は、水産資源管理（監視・取締り）をより実効あるものに発展させるためである。一方、VMS の効果は適切な漁獲管理と迅速な資源管理に有効かつ効果的であると位置づけられている⁽²⁴⁾が、VMS 情報は関係機関のみで管理されている。漁船に AIS 搭載が義務化されたことで、AIS 情報（対地速力）を漁場推定に利用する手法なども提案されている^{(25) (26)}。

2.5 考察

2.5.1 漁船への AIS 普及について（国内動向）

我が国の漁船への AIS 普及は、漁船に特化した法整備も行われていない状況でありながら、約 1 年間で大きく増えている。具体的にはクラス A が 21 隻、簡易型 AIS が 523 隻の増加である。特に、簡易型 AIS は総トン数 20 トン未満の船舶安全法が適用されない漁船に多く利用されつつあり、約 1 年間で 403 隻増加している。

海上保安庁の資料⁽²⁷⁾によれば、平成 27 年（2015 年）の漁船海難隻数（600 隻）は、衝突 197 隻（33%）、運航阻害 73 隻（12%）と衝突が最も多い。原因別では見張り不十分が 161 隻（27%）である。漆谷ら⁽²⁸⁾は、漁業者の漁ろう作業が影響する漁船特有の労働環境が居眠りと関係していると指摘し、居眠り防止の必要性を指摘する。このような背景を鑑みると、簡易型 AIS の導入は、漁業者が安全確保の目的で導入したことも考え

らえる。漁業者の安全意識の醸成が高まりつつあることを感じさせる。

さらに、漁船保険中央会が平成 26 年（2014 年度）から平成 28 年度（2016 年度）までクラス A 及び簡易型 AIS を搭載した漁船に対し年間保険料の一部を助成する支援制度を行っている。AIS 導入の背景として、このような支援制度の影響もあると考えられる。

このような状況から、今後は AIS を搭載する漁業者およびその情報を利用する操船者は、商船にはない漁船特有の動き、すなわち投網や揚網、漁場移動に対する簡易型 AIS の適応性評価が極めて重要である。

2.5.2 東シナ海における外国漁船の AIS 運用状況

松本らの報告⁽²³⁾によると、東シナ海では不適切な MMSI 番号の運用による船籍の不明、船種未設定、同一船舶から AIS が二重送信されるなど状況は様々である。特に漁業取締りという観点から AIS の活用を検討するならば、十分であるとはいえない。

AIS 信号の二重送信について、それぞれの位置情報（緯度、経度）や速力、針路などを考察した結果、重複する情報が一致するに至らなかった。これにより、重複送信される動的情報は、個々の外部センサーから送信され、AIS 送信機も個々の機器から送信されている可能性が高い。重複送信する船舶は、AIS 送信機が外部センサーを含めて個々のシステムを構築し、AIS を運用している実態が推察される。

いずれにせよ、東シナ海で外国漁船から送信される AIS 情報の活用には、送信データの信憑性やその運用実態に課題が残り、AIS 情報だけに頼るには問題がある。この問題に対し、海上や航空機、衛星から AIS 情報を収集しながらデータベース化を図ることにより、外国漁船が AIS 情報をどのように運用するのかを見極める必要がある。

第3章 先行研究と簡易型 AIS 運用に関する評価

3.1 概説

本章では、漁船海難に係わる先行研究から AIS にも関連する要因を整理する。そのうえで、簡易型 AIS を搭載する漁業者および AIS 情報を利用する操船者へのアンケート結果から、簡易型 AIS 利用のニーズと運用上の問題点を分析する。

これまで漁船海難分析については様々な指摘がなされている。古荘⁽²⁹⁾は、海上における物標の見張りと視認条件について、心理的なアプローチから検討している。その結果、心理的要因として「物標が見えない場合でも、物標が存在していないと思っはならない」と指摘している。そのうえで、「ARPA やレーダを活用し、物標の存在やその接近を予知することが重要である」と結論付けている。さらに古荘は、衝突海難の事例調査に基づく視認距離とビジビリティレベルから、見張りに必要な心理的要因を検討⁽³⁰⁾している。この結果、小型船舶から総トン数 1,000 トン以上の大型船を見る場合の視程距離は約 2 海里で頭打ちになると指摘する。さらに古荘は、小型船舶が関与する衝突海難は、衝突した両船がともに小型船舶である場合（397 件）の初認距離（平均値）は 0.8 海里と結論付けている。加えて、衝突海難に小型船舶が関与する場合および大型船舶同士の場合は視認距離（平均値）が 1.5 海里であると指摘する。

竹本ら⁽³¹⁾は、288 件の衝突海難から漁船海難 62 隻の避航行動を比較し、漁船操船者の避航行動の特徴とその背景について報告している。その結果、漁業者は見張りに関する注意力が低く、漁船衝突海難の半数以上は他船を全く認識することも避航行動を取ることなく衝突に至っていること、漁業者の約 9 割が避航動作を取ることなく衝突に至っていると指摘している。そのような結果に基づき、竹本らは「漁船海難を減少させるには、漁船に自船の存在を認識させることが極めて重要」と述べている。

藤本ら⁽³²⁾は、海難事例と小型船舶操縦者の法理解に関する調査から、大型船舶と小型

船舶との間に横切りの見合い関係が多く発生しており、船種の操縦性能の差を考慮した小型船舶に対する特別規定の必要性を提案している。

鈴木ら⁽³³⁾は、小型船舶更新講習者に対するアンケート調査から、漁業に従事している船舶の操縦者による「協力動作をぎりぎりまで取らない」「漁船だから避けてもらえる」「操業に集中しているので他船の動きなど気にしてられない」という漁業者の意見と危険性を指摘した。

これに関連し、本村ら⁽³⁴⁾も、瀬戸内海と豊後水道で操業する漁業者（227人）へのアンケート調査から、視界制限状態に陥った際の漁業者の行動として、57.7%（そのまま続ける：22%、中止して帰る：33%）の漁業者が操業もしくは航行することを指摘している。このような漁業者の判断状況をみると、漁船に AIS が普及することが望まれる。

本章では、以上の状況分析に基づき、簡易型 AIS を利用している漁業者と、その情報を利用する操船者に対するアンケート調査から、簡易型 AIS のニーズについて検討する。

3.2 小型漁船への簡易型 AIS の適用（漁業者の評価）

3.2.1 簡易型 AIS の印象

松本ら⁽²²⁾は簡易型 AIS を利用する漁業者に対しアンケート調査を行っている。解答方法は、「評価 5」（非常にそう思う）、「評価 4」（そう思う）、「評価 3」（どちらでもない）、「評価 2」（そう思わない）、「評価 1」（全く思わない）の 5 択を選択する SD（Semantic Differential）法である。その他、アンケート用紙にはレーダの装備状況や AIS 表示機能の有無、漁業者の意見を聴取するために自由記述欄を設けている。調査方法は郵送方式（8 名）と漁業協同組合で漁業者と集会を開き記入する直接記入方式（17 名）、電子メールによる方式（1 名）の 3 パターンである（回収率 100%）。

漁業者が評価するアンケート結果（平均値、標準偏差、回答者数）を Table 3-1 に示

す。漁業者は簡易型 AIS を装備することで、(1)「航行安全に役立つ」(平均値 4.5、標準偏差 0.51)、(2)「安全操業に役立つ」(平均値 4.5、標準偏差 0.58) について高く評価している。さらに、他船の接近を知らせるアラーム機能に関する評価(平均値 4.3、標準偏差 0.68) や、視界制限状態における AIS の評価(平均値 4.2、標準偏差 0.69) についても一定の評価をしている。

Table 3-1 アンケート調査結果(簡易型 AIS の印象)

質問内容	平均値	標準偏差	回答者数
(1)航行安全に役立つ	4.5	0.51	26
(2)安全操業に役立つ	4.5	0.58	26
(3)安全な距離が確保される	4.0	0.89	26
(4)見張り補助として役立つ	3.9	0.83	26
(5)操業中の避航(他船)が早くなった	4.0	0.77	26
(6)外国船の避航動作が早くなった	3.9	0.88	26
(7)他船が探照灯により自船や網位置を確認する機会が増えた	3.5	0.91	25
(8)アラーム機能があれば便利だ	4.3	0.68	25
(9)視界制限状態に役立つ	4.2	0.69	26

3.2.2 簡易型 AIS の機能

漁船に AIS を搭載する目的として、位置(漁場)情報を周囲の船舶や陸上局に対し、自船の存在を発信することがあげられる。そこで、漁業者に対し AIS の機能に関する質問と位置(漁場)情報の送信に関する質問を実施した。その結果を Table 3-2 に示す。

位置（漁場）情報については Fig. 3-1 にまとめて示す。

漁業者は「AIS は位置情報を送信するため抵抗があるか？」との問いに対して、「全く思わない」が 3 名（12%）、「そう思わない」が 11 名（42%）と半数以上（54%）が位置情報の送信は気にならないと評価している。

Table 3-2 アンケート調査結果（機能）

質問内容	平均値	標準偏差	回答者数
(10)位置情報の送信に抵抗がある。	2.7	1.13	26
(11)船名が送信される	4.0	0.80	26
(12)有効距離	3.1	0.67	25

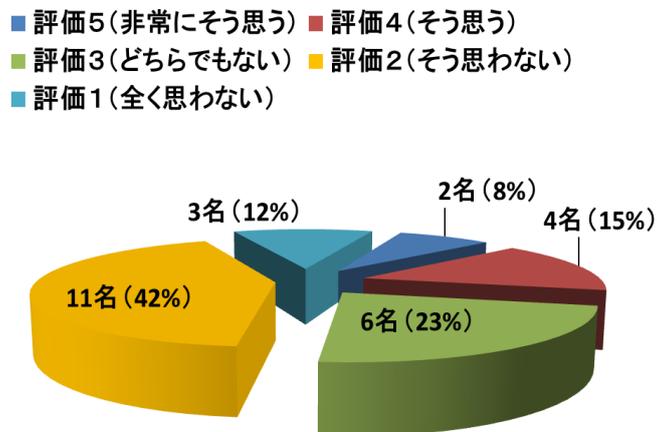


Fig. 3-1 位置（漁場）情報の送信について

3.2.3 簡易型 AIS の将来性と普及

漁業者による簡易型 AIS の将来性や普及についての評価結果を Table 3-3 に示す。その結果、漁業者の AIS に関する満足度（平均値 3.8、標準偏差 0.88）は他の質問事項と比べて評価が低い。一方、AIS の継続利用（平均値 4.4、標準偏差 0.58）は、「航行安全

に役立つ」(平均値 4.5、標準偏差 0.51)「安全操業に役立つ」(平均値 4.5、標準偏差 0.58) に次いで高く評価し、漁業者の評価は「評価 4」(そう思う)、「評価 5」(非常にそう思う)のみであった。

なお、レーダを装備する漁船は 26 隻中 24 隻 (92%) であった。また、AIS 情報の表示機能がある漁船は 11 隻(42%)と半分以下であることがわかった。

Table 3-3 アンケート調査結果 (将来性・普及)

質問内容	平均値	標準偏差	回答者数
(13)AIS に満足している	3.8	0.88	25
(14)AIS を活用している	3.8	0.69	25
(15)漁船も利用すべき	4.0	0.98	25
(16)継続利用したい	4.4	0.58	25
(17)表示を充実したい	4.1	0.81	25
(18)AIS を二次活用に生かしたい	3.7	0.84	25

3.2.4 位置情報認識の差異による評価分析

漁業者へのアンケート調査から位置情報の評価について、「気になる (評価 5・4)」 「どちらでもない (評価 3)」 「気にならない (評価 1・2)」 の 3 グループに分類した。そのうえで、位置情報の認識別による漁業者の簡易型 AIS に対する満足度をクラスカルーウォリス (Kruskal-Wallis) の順位和検定で検定する。クラスカルーウォリス (Kruskal-Wallis) の順位和検定とは、グループ数が 3 以上で、列のカテゴリに順列がある場合に適用されるもので、各質問内容が位置情報の認識によって満足度に差があるかを検定することができる。

解析の結果、全 18 項目の質問のうち、AIS が「安全操業に役立つ」のみ、有意確率

(両側) = 0.047 < 有意水準 0.05 となった。よって、漁業者は位置情報の認識によって安全操業に対する満足度に差があるといえる。

3.2.5 漁業者からのコメント

漁業者から寄せられた意見は全 10 件であった。寄せられた意見を、下に示すとおり評価と提案・要望に分類する。寄せられた意見は、表示機能の有無により評価も異なることが考えられる。

(1) 簡易型 AIS に関する評価

- ・ 大変便利なものである。
- ・ AIS を搭載しているが、自船がどれだけ他船に把握しているのかが不明。現状はただ搭載しているだけ。
- ・ 漁業者にはあまりメリットがない。
- ・ AIS をはっきりと理解できない。

(2) 簡易型 AIS に関する提案・要望

- ・ 小型貨物船にも搭載して欲しい。
- ・ 漁船の漁業種類（底びき・こませ等）を色別に表示すると、より安全性が向上する。
- ・ 他船（船籍・トン数別）情報を色で識別するのが望ましい。AIS は車のシートベルトのように漁船にも強制すべきである。
- ・ 300 トン以下への搭載義務付けを希望する。
- ・ AIS は試験運用中で操業船 14 隻中 1 隻にのみ搭載されている。将来的に漁場を管理するシステムと AIS を 1 つにすることで総合的な漁業管理システム構築を検討中である。

- ・ 現在使用している機種画面が小さいのが不満。操業中あるいは睡眠中に自船が回避行動を取れないことを相手船に伝えることがあれば良い。漁船は位置情報が知られることが困ることもあり、(普及は) 難しいのでは？

3.3 小型漁船への簡易型 AIS の適用 (操船者の評価)

次に、簡易型 AIS 情報を利用する操船者を対象にアンケート調査を行った。アンケートは、海上交通の安全性向上を目的に漁船に AIS を搭載した際の有効性と将来性(普及)を検討することが目的である。

対象者は、本研究の対象海域を航行する大型船の操船者(合計 47 名)である。アンケートは 152 部送付し 47 部回収した(回収率 31%)。

解答方法は、「評価 5」(非常にそう思う)、「評価 4」(そう思う)、「評価 3」(どちらでもない)、「評価 2」(そう思わない)、「評価 1」(全く思わない)の 5 択を選択する SD (Semantic Differential) 法と「はい」「わからない」「いいえ」の 3 択である。

3.3.1 漁船の動静について

まず、漁船の動静に関する質問を行った。その結果(平均値・標準偏差)を Table 3-4 に示す。評価が高いのは、漁船との距離に関する内容(4)(5)(7)である。また、漁船が他船の船首を横切ることについて、(3)「漁船は自船の船首方向を横切る傾向がある」が平均値 4.23 (標準偏差 0.72)、(4)「漁船が船首方向を近距離で横切るため危険を感じることもある」が平均値 4.45 (標準偏差 0.54) という結果となった。

鈴木ら⁽³³⁾は、底びき網漁船の漁業者に対するアンケート結果から、漁業者が航路を航行している船舶を避航するときは船尾を通りたがる(船首を横切らない)と指摘する。本村ら⁽³⁴⁾も、「漁船が大型船の直前を横切るとその日は大漁だ」という行為に対し、42.1%の漁業者が「そんなことはしない」との回答結果を述べている。

このような異なる評価は、船型経験によって避航判断が異なる⁽³⁵⁾ことが影響するものと考えられる。推薦航路付近を操業海域とする漁業者は、少なからず相手船を横切る状態で航行しなければならない。その際、漁業者と操船者との安全な距離、すなわち「船首横切り状態」の認識が異なるものと推察される。

また、操船者は漁船の動静には注意が必要であるとしながらも、漁船への AIS 搭載（問 9）については前向きとはいえない（平均値 3.61・標準偏差 1.24）。

Table 3-4 漁船の動静について（操船者の評価）

質問内容	平均値	標準偏差	回答者数
(1) 視界不良・荒天時にレーダで捉えにくい	4.38	0.57	47
(2) 漁船が相手船を意識していないと感じる時がある	4.23	0.56	47
(3) 漁船は自船の船首方向を横切る傾向がある	4.15	0.72	47
(4) 漁船が船首方向を近距離で横切るため危険を感じる ことがある	4.45	0.54	47
(5) 漁船の急な針路変更のため、自船と接近すること がある	4.47	0.58	47
(6) 夜間は漁船の操業状態を判断しにくい	4.13	0.71	47
(7) 漁業者と安全な距離の意識に違いを感じる	4.57	0.66	46
(8) 漁船に AIS を搭載すること、互いの理解が深まる	3.78	1.07	46
(9) 漁船にも AIS を義務化すべきだ	3.63	1.24	45

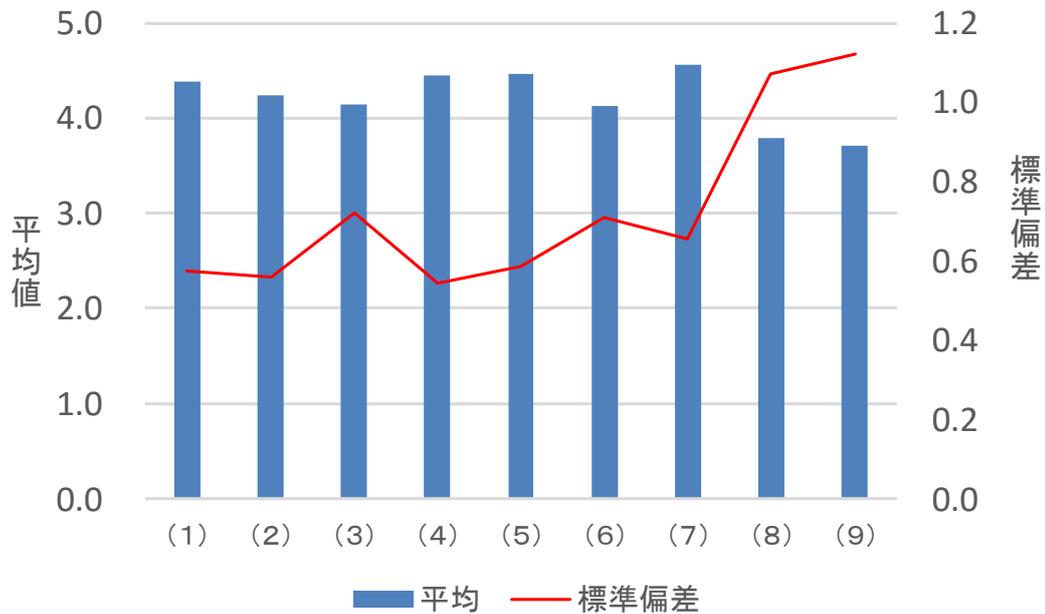


Fig. 3-2 漁船の動静について（操船者の評価）

3.3.2 簡易型 AIS 情報の利用状況について（操船者の評価）

次に、操船者に対し簡易型 AIS 情報の利用について質問した。その結果を Table 3-5 に示す。この質問は3択（「はい」「分からない」「いいえ」）とした。Table 3-5 は、その回答者数と割合（%）を示している。

問(1)の結果から、操船者のうち93%がAIS情報を利用しながらも、AISのクラスによる性能の違いを考慮していないことが示唆される(94%)。これは、問(2)「簡易型AISの到達距離に満足している(分からない:33%)」、問(4)「簡易型AISの送信レートに満足している(分からない:75%)」からも明らかである。

第2章では、クラスAと簡易型AISの性能や構成の違いについて述べた。特に漁船に簡易型AISを搭載した場合、送信レートがクラスAに比べ長いことや漁船が急に動き出す特徴があるため、AIS情報の活用には注意を要する。操船者に対するAISの適切な理解と運用が必要である。

Table 3-5 簡易型 AIS 情報の活用状況について（操船者の評価）

質問内容	はい	分からない	いいえ
(1) AIS 情報を利用する際、クラス A か簡易型 AIS かを考慮している	3 (7%)	24 (53%)	18 (40%)
(2) 簡易型 AIS の到達距離に満足している	8 (19%)	31 (72%)	4 (9%)
(3) AIS ターゲットがレーダ映像を大きくずれることがある	21 (48%)	12 (27%)	11 (25%)
(4) 簡易型 AIS の送信レートに満足している	10 (23%)	33 (75%)	1 (2%)

3.4 考察

3.4.1 漁業者の簡易型 AIS に対する評価と傾向について

漁業者は自船の「航行安全」（平均値 4.5）「安全操業」（平均値 4.5）、「視界制限状態時」（平均値 4.2）に果たす簡易型 AIS の役割を高く評価している。また、漁業者は「見張り」に加え操業中は漁ろう作業が伴うため、AIS 情報を利用した「アラーム機能」への期待が高い（平均値 4.3）ことも推察できる。

一方で、漁業者が AIS を運用するうえで懸念されるのが位置情報送信に対する理解である。これは漁船への AIS 普及に大きく関係すると考えられる。位置情報は、Fig. 3-1 に示すとおり半数以上（54%）は気にならないと評価したものの、位置情報の送信に対する懸念が完全に払拭されているとはいえない。これらの課題を解決するには、漁業者が見えない効果、すなわち漁船が送信する AIS 情報の効果と課題を漁業者にフィードバックする必要がある。

加えて、漁業者は航行安全や視界制限状態時における AIS の活用や継続利用につい

て、自船の位置情報の認識にかかわらず満足度が高いことも示唆される (Table 3-3 参照)。その一方で、漁業者は安全操業について AIS を高く評価しながらも位置情報の認識により満足度に差があることも明らかになった (3.2.4 節参照)。

漁業者にとって位置情報の送信は、漁場情報以外に潮流と海底地形を考慮した曳網方法をも開示することにつながる。よって、操船者には AIS を任意で搭載している漁業者でさえも位置 (漁場) 情報を意識していることや電源を切断する可能性を含めた操船判断が求められる。

3.4.2 操船者の簡易型 AIS の評価と活用状況について

操船者に対するアンケート結果から、漁業者との安全な距離に対する認識の違いが操船判断に影響していることが示唆された (Table 3-1 (2) ~ (5) 参照)。また、操船者は漁船が視界不良や荒天時などにはレーダで捉えにくい (平均値 4.38) ことも指摘している。自由意見からは、「視界不良時に AIS によって早期に漁船を確認できた」「事前に動静を把握できるため時間的余裕が生まれる」など AIS が操船に役立つ評価 (25 件) が見られた。

一方、機能が不十分な指摘として「AIS 情報から漁船と商船との区別がつかない」「漁船が AIS を全船搭載していないため参考にならない」などの意見 (9 件) に加え、漁船に AIS を装備することでレーダ上の情報が膨大になり過ぎることを懸念する意見も多くみられた (12 件)。

以上のように、必要な情報が操船者によって異なることが示唆される。操船者には、漁船の AIS 情報が不必要か、もしくは漁船の AIS 情報を状況に応じ使い分ける知識と能力が問われている。

このような問題意識は、簡易型 AIS 情報の活用状況 (Table 3-5) から指摘できる。操船者は AIS 情報を利用するうえで、93% (42 名) が送信レートや送信出力、情報量な

どがクラス A か簡易型 AIS かを考慮していない。漁船に簡易型 AIS を搭載する機運が高まるなかで、簡易型 AIS を搭載する漁業者および情報を利用する操船者の正しい運用方法が求められる。

3.4.3 漁船と漁船以外の船舶との航過距離について

漁業者および操船者へのアンケート結果から、漁業者と操船者が判断する航過距離の認識が異なることが示唆された。

これまで避航や航過距離に関し、多くの研究者がモデル化を試みている。三宅ら⁽³⁶⁾は AIS データから避航船と保持船との距離を 0.2 海里以上 0.8 海里に分布していると指摘する。井上ら⁽³⁷⁾は、アンケート調査から制約水域における 2 船間の航過距離を、自船の前後・左右距離を用いて他船の侵入を許容できない領域を定義している。

漁業に関する航過距離では、酒出ら⁽³⁸⁾によるこませ網漁業者が限界離隔距離（漁船が網口上部に停留しながらの作業中に一般航行船舶にこれ以上接近されることに強く不安を感じ許容できない距離）と十分離隔距離（これだけの距離があれば安全であり不安を感じない距離）について、限界離隔距離、十分離隔距離ともに、前方距離：後方距離：正横距離の比率は概ね 13:9:1 との報告がある。酒出らの研究結果⁽³⁸⁾は、相手船の全長を 50、100、200、300m に設定していることや漁船が停留していること、さらには、こませ網漁業が航路付近の限られた海域で行われる特殊な状況である。

いずれにせよ、これまでに漁船と漁船以外の船舶との航過距離に関する研究は見当たらない。その理由は、大橋ら⁽³⁹⁾が指摘するように、漁船は漁ろう作業や船が小型であるため長期間にわたり研究者が乗船することが困難であること、AIS 搭載漁船が少ないこと、また簡易型 AIS 搭載漁船は到達距離も限られ、かつ送信レートが長い（30 秒もしくは 3 分）ことも影響し、解析が難しいことがあげられる。

本研究では簡易型 AIS の有効性を評価するうえで、漁船と漁船以外の航過距離の現状

を知る必要がある。この航過距離が簡易型 AIS の送信レートと速力に大きく関係する。漁船と漁船以外の航過距離については、第 4 章で被験船の GPS データと AIS 受信データから明らかにしたい。

第4章 漁船と漁船以外の船舶との航過距離分析

4.1 概説

4.1.1 航過距離について

AIS の目的⁽⁴⁰⁾は、「船舶間の衝突回避」「沿岸国のための船舶及びその貨物の情報入手手段」「船と陸との交通管理」である。すなわち、船舶間の衝突を回避するために、AIS 情報に含まれる船位情報と実際の船位との差が最小限である必要がある。

2012 年 9 月に発生した貨物船「NIKKEI TIGER」漁船「堀栄丸」衝突海難の原因について、運輸安全委員会の報告書⁽²⁾によると、両船が進路の交差する態勢で接近し、さらに両船が針路変更したことが原因であると指摘している。さらに、この衝突海難では貨物船の操船者が雨天の影響により 2 海里以下に接近した漁船の灯火を確認しながら、レーダで漁船映像を確認できなかった。この衝突海難の教訓からも、衝突海難防止策として、AIS 情報により船舶の存在が他船に確実に分かることが必要である。このように、AIS 情報に含まれる船位と実際の船位との差が少ないことが重要である。

ところが、簡易型 AIS の送信レートは第 2 章で述べたとおり速力 2 ノットを境に 2 パターン（3 分と 30 秒）のみである。速力 2 ノットで 3 分間航行する船舶の AIS 情報による移動距離は 0.1 海里（約 185 m）である。速力 12 ノットで 30 秒間航行しても 0.1 海里である。この結果から、漁船の最大航海速力が 12 ノットであれば AIS 情報の変位距離は最大 0.1 海里である。速力 20 ノットの変位距離は 0.17 海里（約 309 m）になる。

そこで、本章では被験船ごとに受信する AIS 情報と被験船の 1 秒ごとの位置情報 (GPS) を用いて、漁船を中心とした漁船以外の船舶との航過距離に関する分析を行う。たとえば、漁船と漁船以外の船舶との平均的な航過距離が 0.5 海里とする。最大航海速力 12 ノットの簡易型 AIS 搭載漁船では、AIS による位置移動は最大 0.1 海里であるため、簡易型 AIS が送信を失敗しない限り 0.4 海里の余裕が生じる。

本章では、他船の位置情報（AIS）と漁船の位置情報（GPS）から漁船と漁船以外の船舶との航過距離を明らかにする。そのうえで輻輳海域における簡易型 AIS の有効性を分析する。

4.1.2 目的

これまでの航過距離領域に関する研究として、藤井⁽⁴¹⁾⁽⁴²⁾や長澤⁽⁴³⁾⁻⁽⁴⁵⁾らによる報告がある。また、井上らのモデル⁽³⁷⁾は、レーダ観測から得られる航過距離実測値からでは操船者の意識を知る由がないとし、操船者に対しアンケート調査を実施している。

一方、操船方略や経験、船型により判断時機が変化することへの指摘もある。泷らは、操船方略の判断時機が経験によって向上することを指摘⁽⁴⁶⁾する。さらに泷ら⁽⁴⁷⁾は、経験する船舶の大きさによって避航判断時機が異なることを指摘したうえで、航過距離については経験や乗船する船舶の大きさなど様々な要因により判断時機、すなわち航過距離が異なると報告している。

泷らの研究⁽⁴⁷⁾にもあるとおり、漁業者にも経験があり相手船の船型による判断の違いがある。さらに、酒出らの研究⁽³⁸⁾は漁船が停留している状態も考えらえるとともに、航路内など限られた条件も想定できる。

以上のことから、これまでの先行研究には、アンケートで漁船もしくは漁業者を対象に行った事例はあるが、輻輳海域に接続する海域で漁船と漁船以外の船舶との航過距離を実船実験から検討したのを見当たらない。漁船で継続的にデータ収集するのは極めて困難であることや労働環境が商船に比べ特殊であるためこれまでは困難であったといえる。

本章の目的は、被験船に設置した AIS 送受信機から他船の AIS データならびに漁船の GPS データを用いて、漁船を中心とした他船との航過距離を分析することである。対象となる被験船は、全 14 隻のうち操業海域が推薦航路に近い被験船を対象とする。得ら

れたデータから、漁船の船首に対し時計回りに 8 つのゾーン（45 度ずつ）を設定しそれぞれの航過距離を分析する。その結果から、操業中および非操業時における航過距離を抽出し、漁船の状態に対する航過距離の違いについて考察する。

そのうえで、簡易型 AIS を漁船に搭載した際の AIS による船位移動距離を比較し評価する。

4.2 方法

4.2.1 AIS データの収集と記録

被験船での AIS データ収集と記録は、被験船が小型であり設置スペースや電源装置も限られていることから、パソコン等によるデータ収集は不可能である。また、漁ろう作業の特殊性から、漁業者に対し何らかの操作を依頼することは現実的ではない。そのため、本研究では AIS・GPS データ収集できる AIS 送受信機を選定し被験船に設置することにした。収集できるデータは GPS データと AIS データ（送受信）である。記録されたデータ回収は、筆者が直接訪船し回収する。

Fig. 4-1 は被験船に設置した AIS 装置の様子である。右の簡易型 AIS（黒色）では、必要な AIS・GPS データをメモリーカードに出力・保存している。実験では 14 隻のうち 9 隻が Fig. 4-1 同様の表示システムを採用している。残り 5 隻のうち 3 隻は AIS 情報をレーダに重畳表示している（Fig. 4-2）。2 隻の 2 そう曳き網漁船は表示装置を備えていない。



Fig. 4-1 AIS 送受信機と表示装置 (GPS プロッタ)



Fig. 4-2 AIS 情報とレーダとの重畳表示

4.2.2 データの結合と距離・方位計算

簡易型 AIS が送受信する AIS・GPS データは 4 MB 毎のテキストファイルを作り、メモリーカードに書き込まれていく。データの結合と距離・方位計算の手順は次のとおりである。

- (1) 4 MB のテキストファイル (AIS・GPS データ) を結合する。
- (2) 結合したファイルをデコードする。
- (3) すべての AIS データに対し、受信日時が一致する漁船の GPS データを抽出・

結合する。

(4) 結合されたデータ(3) について、漁船からの距離・真方位を求める。

(5) 漁船の船首方向に対する AIS データの相対方位を求める。

(3) に示す GPS データとは、すべての AIS データと日付、日時が一致するものを指す。この抽出と結合には統計解析ソフト R を用いた。また、(4) は(3) で得られた位置情報から漸長緯度航法を用いて算出する。(5) は、漁船の船首方位に対する他船 (AIS 情報) の相対方位を表している。本研究では被験船に正船首方位を得るジャイロコンパスやサテライトコンパスが装備されていないため、対地針路を船首方位として計算した。

4.2.3 対象被験船について

被験船 14 隻について、漁法ならびに操業海域を考慮し対象漁船を選別した。その方法は次のとおりである。

(1) 2 そう 曳 き 網 漁 船

被験船 14 隻のうち 5 隻は明石海峡付近で操業する 2 そう 曳 き 網 漁 船 (うち 1 隻は運搬船) である。2 そう 曳 き 網 漁 船は、他の漁船群と密集し操業することが多い (Fig. 4-3)。そのため、漁船以外の船舶との航過距離は操業状態や他漁船の影響を受けることから対象外とした。



Fig. 4-3 2そう曳き網漁船（簡易型 AIS 搭載）

(2) 底びき網漁船・はえ縄について

底びき網漁船および、はえ縄漁船の操業海域と隻数は、明石海峡に接続する播磨灘（播磨灘 5 号～6 号ブイ付近）の 6 隻と来島海峡に接続する燧灘と安芸灘の 2 隻（合計 8 隻）である。

本章の目的は、輻輳海域での漁船と漁船以外の船舶との航過距離を抽出することにある。瀬戸内海は、各航路に接続される海域では推薦航路が設定されているため、操業海域が推薦航路から離れた場合は、被験船と推薦航路を航行する船舶とは見合い関係が少ない。以上の目的から、対象隻数は各被験船の GPS データ（操業海域の特定）と各 AIS データとの距離を計算した結果、播磨灘 5 隻（非対象 1 隻）、来島海峡 2 隻（非対象 1 隻）の合計 7 隻（A から G）とした。

Fig. 4-4 は来島海峡を中心とした被験船 3 隻の航跡（毎秒）である。赤と青の航跡が底びき網漁船である。青色の漁船は操業海域が安芸灘であり推薦航路付近である。一方、赤色の漁船は来島海峡の南方海域にあり推薦航路からも離れているのが分かる（本章では対象外とした）。

なお、緑色の航跡も被験船（はえ縄漁船）である。この被験船は主に来島海峡航路内で操業するため対象とした。

Fig. 4-4から各漁船の操業海域が重複することなく来島海峡の東西に分布していることが読み取れる。筆者らのヒアリング結果では、漁業者には潮流や風、海底地形を考慮した独自の曳網方法があるという。

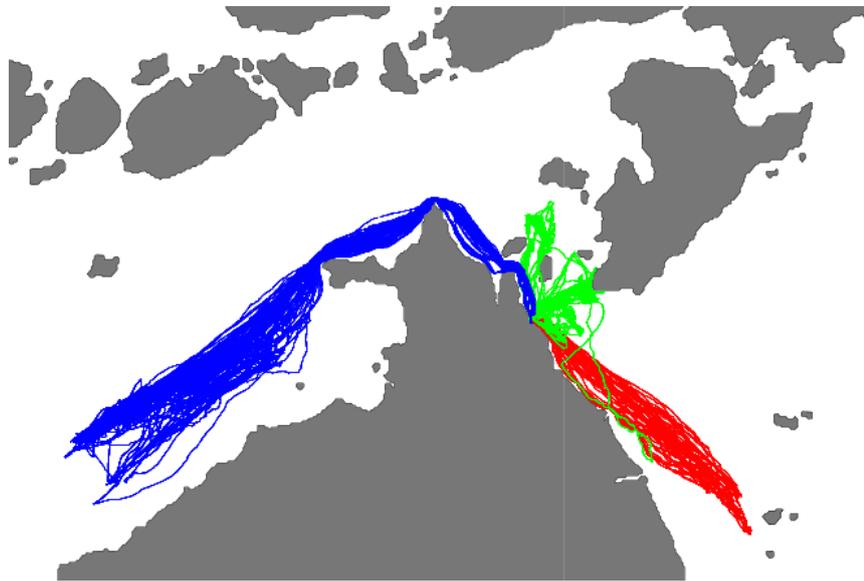


Fig. 4-4 被験船の航跡（来島海峡付近）

4.2.4 速力と操業状態の定義

航過距離を分析するうえで、漁船の状態（操業有無）を考慮する必要がある。操業状態とは漁船の対地速力が低下することであり、商船と大きく異なる点である。

例えば、一般航行船舶であれば錨泊および漂泊ならびに機関トラブル以外は速力が2ノット以内になる可能性は極めて少ない。錨泊や漂泊する場合でも、錨泊位置は他の船舶の通航の妨げにならない海域を選択する。しかし、漁船の場合は漁場位置や潮流影響などを考慮した漁業活動が行われる。すなわち、推薦航路や航路付近であっても速力が2ノット以下（簡易型AISの送信レートが3分）になることが想定される。

Fig. 4-5 は漁船の対地速力の推移を示している。横軸は時刻（日本標準時）、縦軸が対地速力（Speed Over Ground : SOG）である。操業パターンは投網約 10 分、曳網約 45 分ないし 1 時間、揚網約 15 分をかけて、1 回 1 時間 10 分ないし 1 時間 25 分の操業である⁽²⁰⁾。曳網速力は 0.5 ノットとの報告⁽²⁰⁾もあるが、潮流影響は対象魚種によって変動するため約 2 ノット以下である。漁業者は、このような行動パターンを繰り返し行う。Fig. 4-5 から、1 日の操業で 5 回の曳網が行われたことが読み取れる。底びき網漁船での漁ろう作業手順は次のとおりである。

- ① 投網
- ② 曳網（対地速力 2 ノット以下が多い）
- ③ 揚網（対地速力 5 ノット前後まで増速後、減速）
- ④ 漁場移動（増速する）
- ⑤ 投網

また、曳網速力は曳網方向や潮流影響、対象魚種により一定ではないものの、Fig. 4-5 の結果より 2 ノット以下であると結論づけられる。よって、本研究における「操業中」とは曳網準備などの漁ろう作業を含め対地速力 2 ノット以下の状態と定義する。したがって、曳網中の底びき網漁船は、操縦性能が制限される状態でありながら AIS 送信レートが 3 分間隔になる。

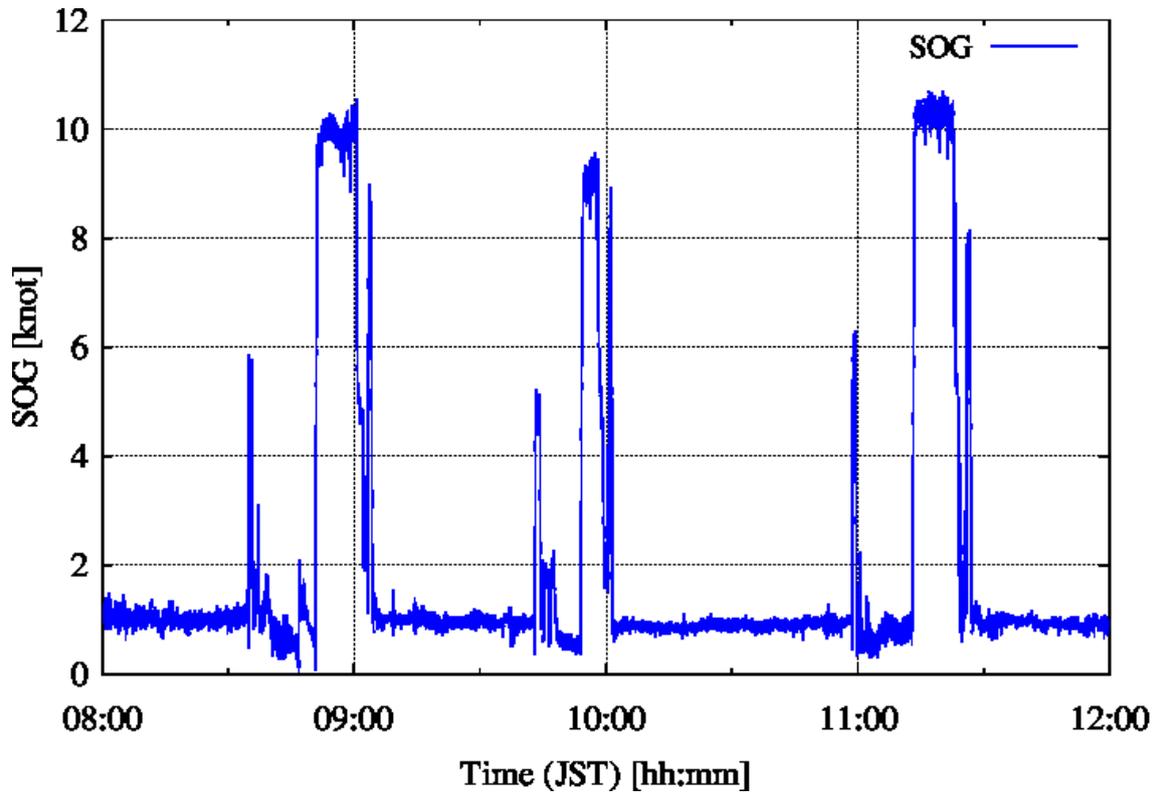


Fig. 4-5 漁船の対地速力

4.2.5 対象範囲の設定

漁船と漁船以外の船舶との航過距離分析には、漁船の全周 8 点（方位）にゲートを設定し、そのゲートを中心に左右 45 度のエリア（以後、「Zone」という）を設定する (Fig. 4-6)。Fig. 4-6 は漁船を原点として、船首方向を縦軸上向きとした相対座標系である。

航過距離分析には各 Zone にゲート (Fig. 4-6 点線矢印) を設定し、その Zone 内でゲートを横切る AIS データを対象とする。Fig. 4-7 は Zone1 (315 度～45 度) において漁船船首を横切る AIS 搭載船の航過距離を求めた例である。Fig. 4-8 は Zone1 において漁船 1 隻の船首を横切る AIS データ (前後) をプロットしたものである。

なお、本章における航過距離 (海里) とは、漁船から 0.5 海里以内を対象とし、ゲート横切り前後の平均距離と定義する。

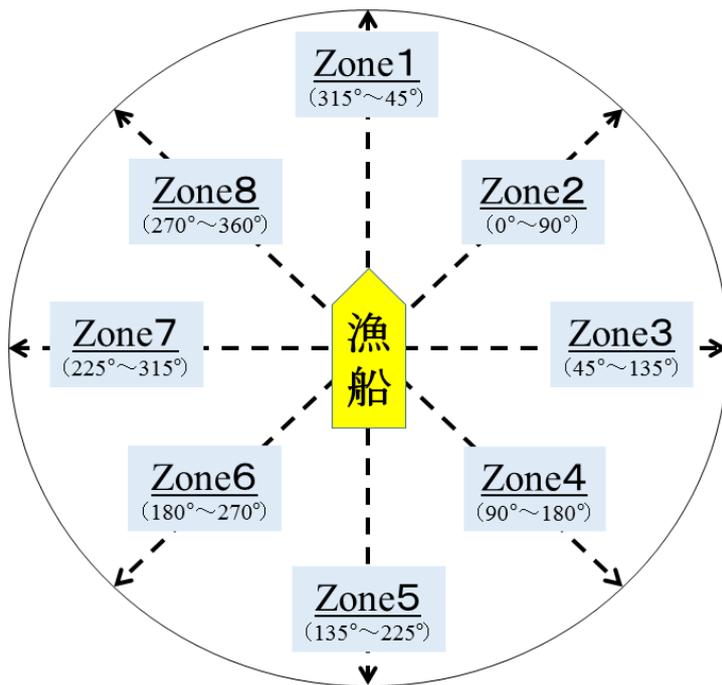


Fig. 4-6 Zone

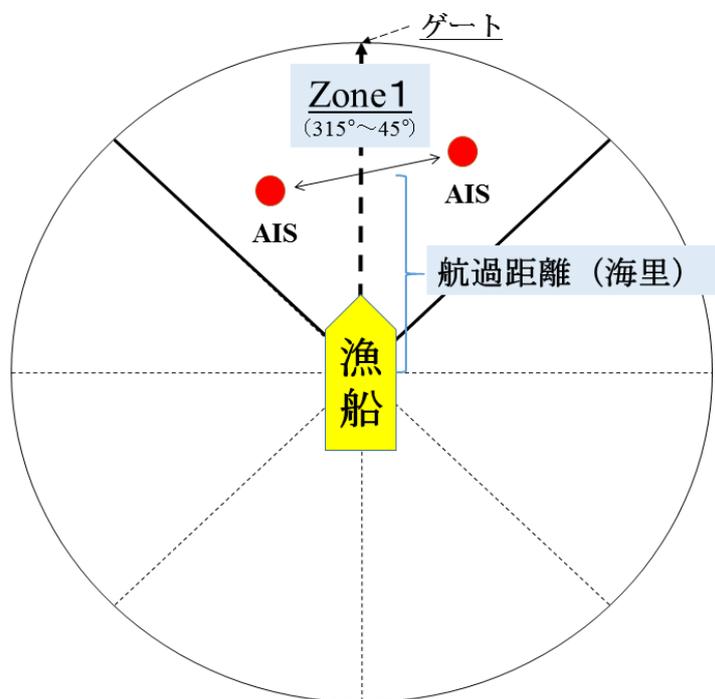


Fig. 4-7 航過距離 (半径 0.5 海里)

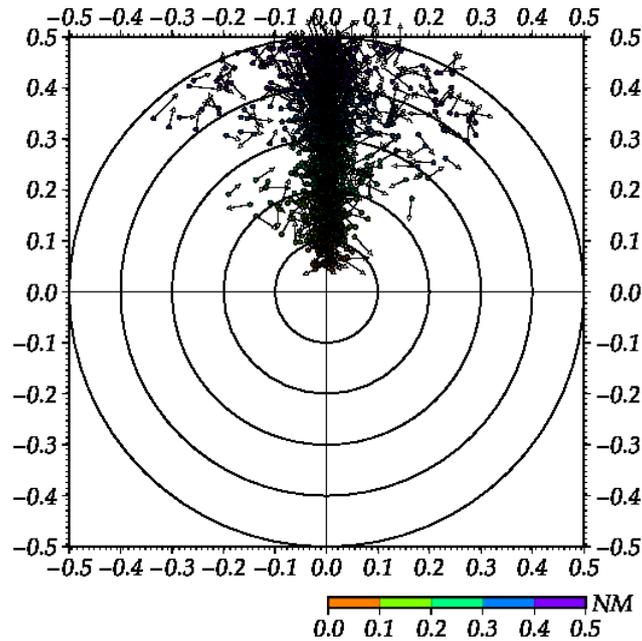


Fig. 4-8 Zone1 の例 (半径 0.5 海里)

4.3 結果

4.3.1 Zone 1 (315 度～45 度)

Table 4-1 および Fig. 4-9 は、各漁船 (A 丸から G 丸) の船首方位 (Zone1) を横切る他船 (AIS) 航過距離を表している。操業中の漁船は、緊急に曳網索を伸ばさない限りは、漁船自らが他船を大きく避航することがむずかしい。一方、漁船が底びき網漁船の場合、曳網中 (操業中) であれば急な針路変更や動き出すことは想定されず速力も遅いことも特徴である。よって、漁船以外の船舶が曳網中の漁船船首を比較的近距离で横切ることも考えられる。

なお、Table 4-1 から Table 4-8 では、各 Zone の対象隻数を N、航過距離 (平均) を Mean、標準偏差を SD、最小航過距離を Min と示す。また、操業有無は操業中を Op.、非操業は Non と表す。

Fig. 4-8 から Fig. 4-14 では、横軸を各漁船 (A 丸から G 丸)、縦軸には航過距離 (平均) を示している。

Table 4-1 Zone 1 の航過距離 (海里)

Ship	N(Op.)	N(Non.)	Mean(Op.)	Mean(Non)	SD(Op.)	SD(Non)	Min(Op.)	Min(Non)
A	493	492	0.31	0.30	0.12	0.12	0.05	0.04
B	330	226	0.29	0.30	0.12	0.13	0.04	0.04
C	219	219	0.32	0.30	0.11	0.12	0.03	0.05
D	530	355	0.30	0.30	0.11	0.12	0.04	0.01
E	381	171	0.31	0.30	0.11	0.13	0.05	0.03
F	306	453	0.32	0.33	0.11	0.11	0.06	0.05
G	442	297	0.33	0.31	0.11	0.12	0.06	0.02

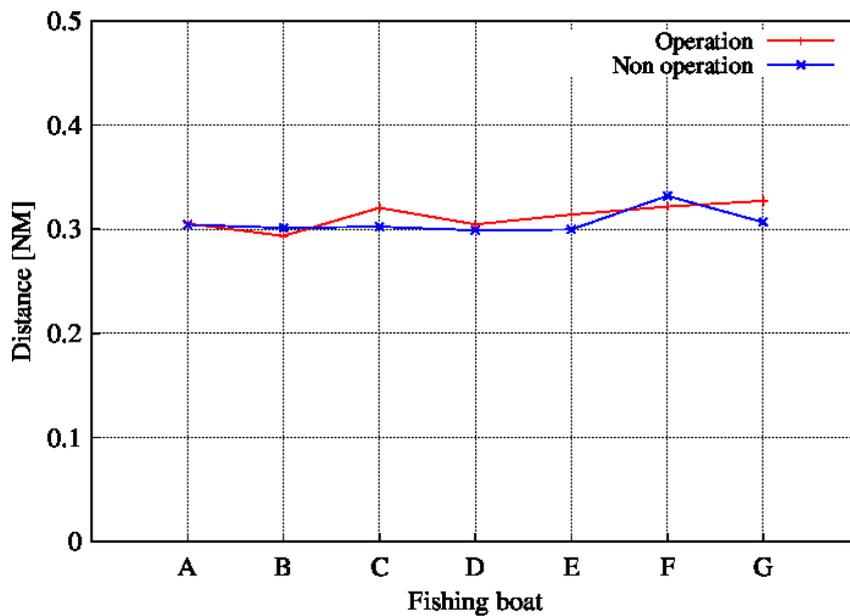


Fig. 4-9 操業・非操業時の航過距離 (Zone 1)

操業時および非操業時の航過距離について t 検定を行った。その結果、操業の有無に有意な差はみられなかった ($p=0.2467$)。

航過距離は B 丸操業中 (0.29 海里) 以外、すべて 0.3 海里 (約 556 m) 以上である。

最小航過距離は、操業中が 0.3 海里 (C 丸) であるのに対し、非操業時は 0.01 海里 (約 19 m : D 丸) や 0.02 海里 (約 37 m : G 丸) となった。

この D 丸の最小値 0.01 海里 (約 19 m) について AIS データから検証した。その結果、D 丸は操業を終え漁場を移動中、播磨灘を備讃瀬戸向け西航する外国船「KEOYOUNG SUN」(ケミカルタンカー・全長 65 m) と同航する関係にあった。その後、D 丸は「KEOYOUNG SUN」に追越された後、自ら大きく右転し漁場に向かっている (Fig. 4-10、Fig. 4-11 参照)。D 丸が「KEOYOUNG SUN」と最接近 (約 19 m) したのは右転した時 (Fig. 4-11) である。

この事例は、漁船と外国船が急接近しているものの、小型漁船に乗船する漁業者が自船の旋回径と外国船との距離から右転可能と判断した操船事例である。海上衝突予防法の基本原則は、操縦性能の優れている船舶が操縦性能の劣っている船舶の進路を避ける⁽⁴⁸⁾ ことである。そのためには関係する 2 船の存在が明確であることが必要である。視界良好でも操船者が ARPA で避航操船を行っている報告⁽⁹⁾ もある。

なお、操業中および非操業中の最小航過距離について t 検定を行った。その結果、操業の有無による有意な差はみられなかった ($p=0.0689$)。

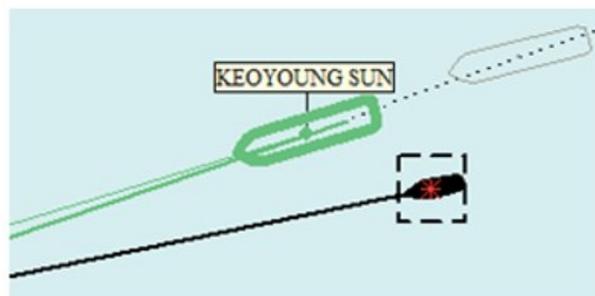


Fig. 4-10 D 丸 (漁場移動中) と「KEOYOUNG SUN」

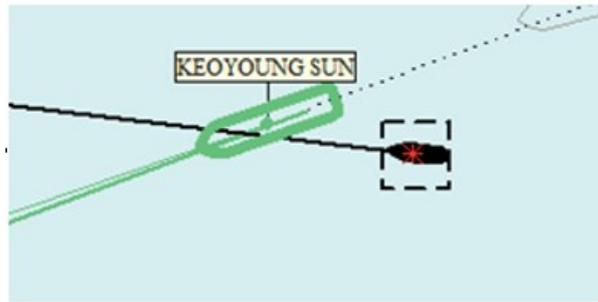


Fig. 4-11 右転するD丸

4.3.2 Zone 2 (0度~90度)

Zone 2はZone 4・6・8同様に四隅点であることから、他船と針路が交差する場合および追い越し、ならびに反航船との航過距離を抽出することができる。

Zone 2の結果をTable 4-2 およびFig. 4-12 に示す。

Table 4-2 Zone 2の航過距離 (海里)

Ship	N(Op.)	N(Non.)	Mean(Op.)	Mean(Non)	SD(Op.)	SD(Non)	Min(Op.)	Min(Non)
A	1142	840	0.29	0.28	0.12	0.12	0.04	0.02
B	825	389	0.29	0.29	0.12	0.13	0.05	0.03
C	486	377	0.30	0.29	0.12	0.12	0.06	0.02
D	1139	615	0.27	0.28	0.12	0.12	0.04	0.04
E	896	285	0.30	0.29	0.12	0.12	0.04	0.04
F	703	1089	0.28	0.28	0.12	0.12	0.05	0.05
G	334	197	0.32	0.31	0.11	0.12	0.07	0.05

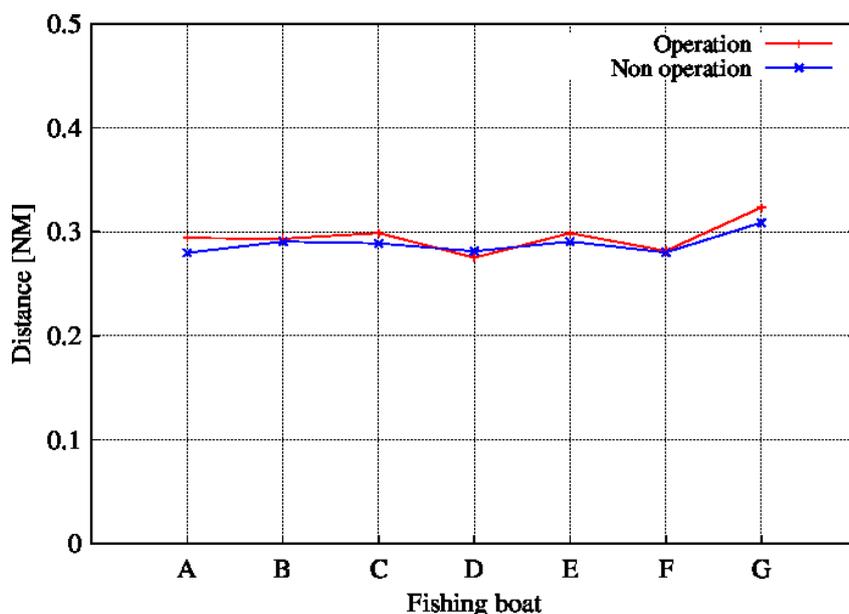


Fig. 4-12 操業・非操業時の航過距離 (Zone 2)

Table 4-2 および Fig. 4-12 の結果から、Zone 2 は G 丸以外 6 隻が 0.3 海里を下回っていることが読み取れる。Zone 2 の平均航過距離は約 0.29 海里 (約 537 m) となり、Zone 1 の 0.31 海里 (約 574 m) に比べ 0.02 海里 (約 37 m) 下回っている。これは他船が漁船の船首を航過後に左転する、もしくは他船が漁船の右舷を追越し後、左転することが考えられる。さらに、Zone 2、4、6、8 では、Fig. 4-11 のように漁船が自船の右舷を他船に追越された後、漁船自らが大きく右転する場合を含む可能性もある。Zone 2 の操業時および非操業時の航過距離について t 検定を行った。その結果、操業の有無に有意な差はみられなかった ($p=0.0657$)。

4.3.3 Zone 3 (45 度~135 度)

Zone 3 は、ゲートは右舷正横に設定していることから、漁船の右舷追越し船との航過距離および行会い関係における反航船との右舷航過距離を知ることができる。Zone 3 の分析結果を Table 4-3 および Fig. 4-13 に示す。

Zone 3 の操業時および非操業時の航過距離について t 検定を行った。その結果、操業の有無に有意な差はみられなかった ($p=0.1225$)。同様にそれぞれの最小値についても t 検定を行った結果、操業の有無による有意な差はみられなかった ($p=0.7653$)。

Zone 3 の平均航過距離は操業中が 0.3 海里 (約 556 m)、非操業時が 0.29 海里 (約 537 m) であった。最小値の平均は 0.04 海里 (約 74 m) であった。

Table 4-3 Zone 3 の航過距離 (海里)

Ship	N(Op.)	N(Non.)	Mean(Op.)	Mean(Non)	SD(Op.)	SD(Non)	Min(Op.)	Min(Non)
A	1384	954	0.30	0.28	0.12	0.12	0.02	0.02
B	951	428	0.29	0.29	0.12	0.13	0.05	0.04
C	545	431	0.30	0.29	0.12	0.12	0.06	0.03
D	1313	767	0.27	0.27	0.13	0.12	0.02	0.03
E	971	305	0.30	0.30	0.12	0.12	0.03	0.05
F	809	1241	0.28	0.29	0.12	0.12	0.03	0.04
G	342	178	0.33	0.32	0.11	0.11	0.05	0.05

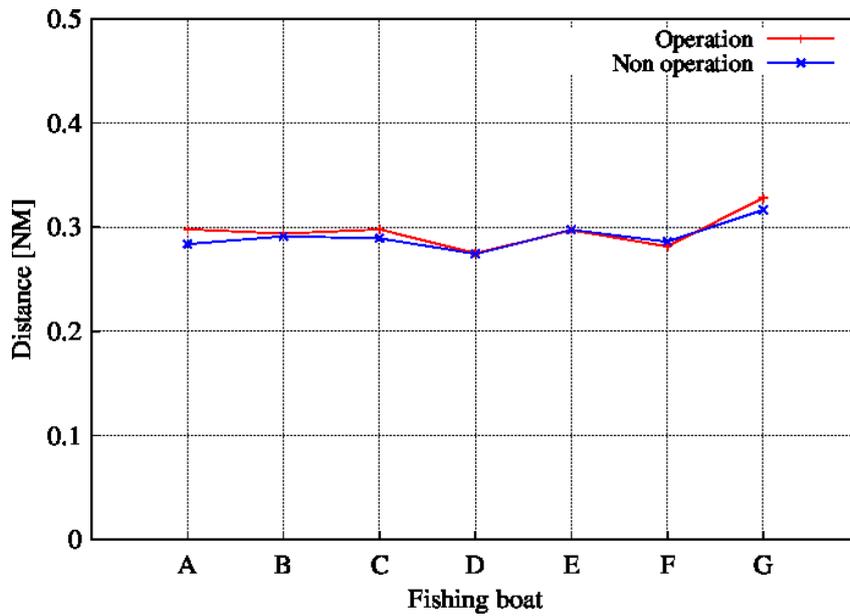


Fig. 4-13 操業・非操業時の航過距離 (Zone 3)

4.3.4 Zone 4 (90度~180度)

Zone 4では、Zone 2同様に四隅点であるものの、漁船の正横後であることから航過距離は正横前の Zone に比べ航過距離が維持されることが予想できる。Zone 4の結果を Table 4-4 および Fig. 4-14 に示す。

その結果から、Zone 4の航過距離は操業状態に関係なく全船 0.3 海里を超えていると結論づけられる。

Zone 4の操業時および非操業の航過距離について t 検定を行った。その結果、操業の有無による有意な差は見られなかった ($p=0.6482$)。さらに最小値についても t 検定を行った結果、操業の有無による有意な差はみられなかった ($p=0.6225$)

Table 4-4 Zone 4 の航過距離 (海里)

Ship	N(Op.)	N(Non.)	Mean(Op.)	Mean(Non)	SD(Op.)	SD(Non)	Min(Op.)	Min(Non)
A	828	660	0.31	0.31	0.12	0.12	0.06	0.04
B	515	307	0.31	0.30	0.12	0.12	0.04	0.05
C	301	318	0.30	0.31	0.11	0.12	0.06	0.03
D	874	599	0.30	0.29	0.12	0.12	0.05	0.05
E	510	208	0.32	0.33	0.11	0.13	0.04	0.05
F	457	703	0.32	0.31	0.11	0.11	0.06	0.05
G	335	181	0.32	0.32	0.11	0.11	0.06	0.06

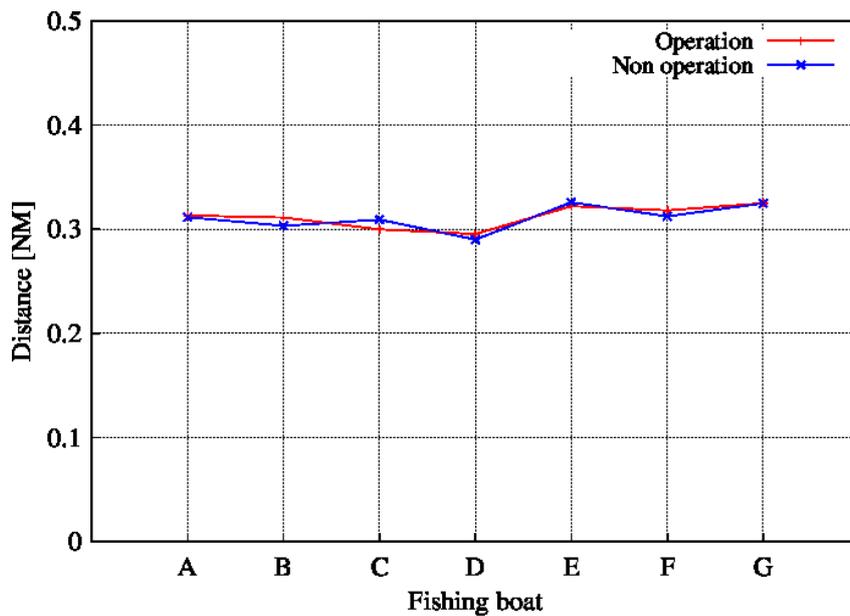


Fig. 4-14 操業・非操業時の航過距離 (Zone 4)

4.3.5 Zone 5 (135度~225度)

Zone 5 は漁船の船尾方向を中心とした範囲であり船尾方向には網や縄など漁具の存在が予想される。そのため、Zone 5 の航過距離は他の Zone に比べ増加することが考え

られる。

そこで、Zone 5 の結果を Table 4-5 および Fig. 4-15 に示す。この結果から、Zone 5 の航過距離は操業中 0.33 海里（約 611 m）、非操業時が 0.34 海里（約 630 m）であり、明らかに Zone 1 から 4 に比べ増加しているといえる。この結果について t 検定を行った結果、 $p=0.0386$ となり有意な差がある。すなわち、航過距離は漁船が操業を行わない場合は増加するといえる。一方、最小値について t 検定を行った結果、 $p=0.3325$ となり有意な差がみられなかった。

Table 4-5 Zone 5 の航過距離（海里）

Ship	N(Op.)	N(Non.)	Mean(Op.)	Mean(Non)	SD(Op.)	SD(Non)	Min(Op.)	Min(Non)
A	508	375	0.32	0.34	0.11	0.11	0.07	0.07
B	311	204	0.33	0.32	0.11	0.11	0.05	0.07
C	177	180	0.34	0.34	0.10	0.10	0.08	0.10
D	547	368	0.33	0.34	0.11	0.10	0.05	0.08
E	333	138	0.32	0.35	0.11	0.10	0.05	0.11
F	325	369	0.35	0.36	0.10	0.09	0.06	0.05
G	380	195	0.33	0.34	0.10	0.11	0.10	0.06

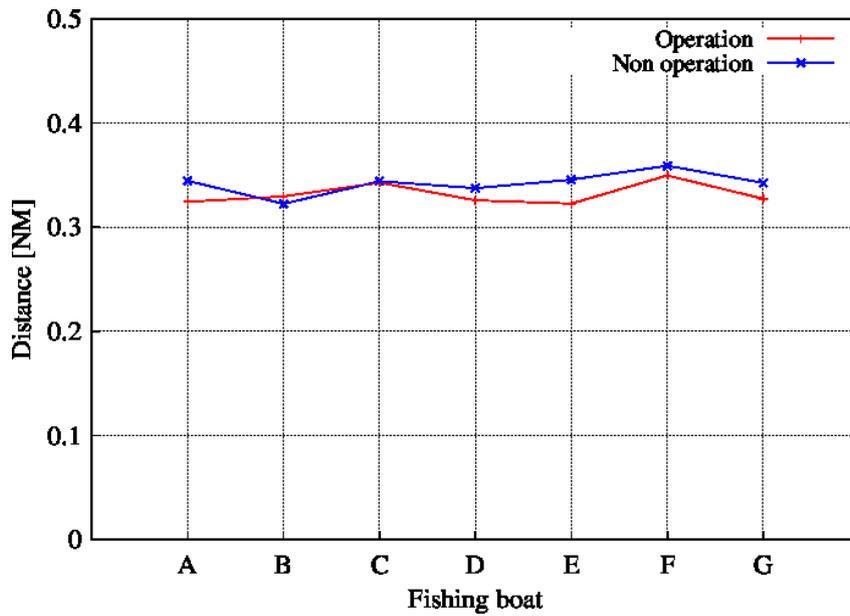


Fig. 4-15 操業・非操業時の航過距離 (Zone 5)

4.3.6 Zone 6 (180度~270度)

Zone 6 は Zone 4 同様に範囲が (左舷) 正横後であるため、航過距離が正横前の Zone に比べ長くなることが予想される。Zone 6 の結果を Table 4-6 および Fig. 4-16 に示す。

Zone 6 の航過距離は操業中 0.30 海里 (約 556 m)、非操業時が 0.31 海里 (約 574 m) となった。この結果について t 検定を行った結果、 $p=0.0559$ となり有意な差がみられなかった。同様に最小値について t 検定を行った結果、 $p=0.0647$ となり有意な差がみられなかった。

Table 4-6 Zone 6 の航過距離 (海里)

Ship	N(Op.)	N(Non.)	Mean(Op.)	Mean(Non)	SD(Op.)	SD(Non)	Min(Op.)	Min(Non)
A	1082	774	0.29	0.31	0.12	0.12	0.04	0.05
B	712	345	0.30	0.31	0.12	0.12	0.03	0.07
C	451	305	0.30	0.30	0.12	0.11	0.03	0.06
D	1104	675	0.28	0.30	0.12	0.12	0.04	0.05
E	766	237	0.30	0.31	0.12	0.11	0.03	0.06
F	842	1042	0.29	0.30	0.11	0.11	0.05	0.04
G	392	273	0.32	0.31	0.11	0.12	0.05	0.05

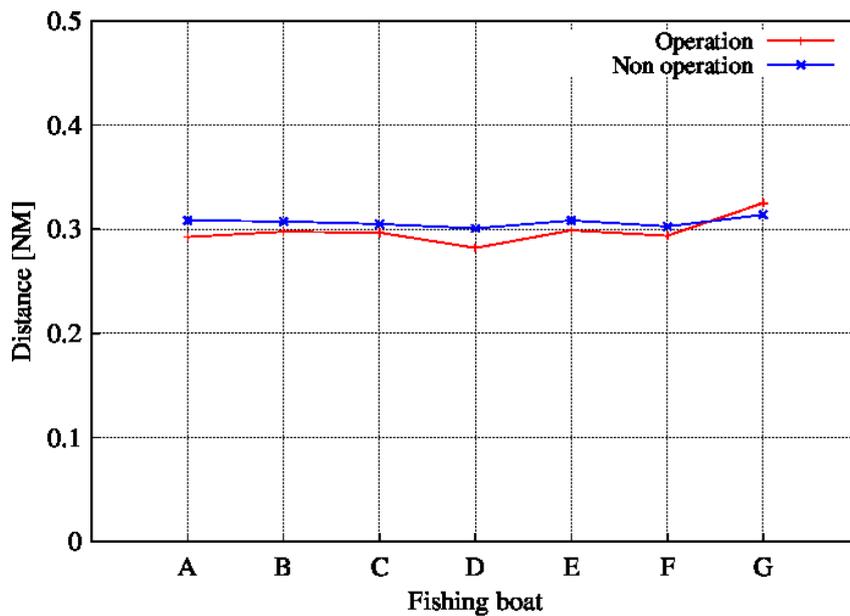


Fig. 4-16 操業・非操業時の航過距離 (Zone 6)

4.3.7 Zone 7 (225度~315度)

Zone 7ではゲートを左舷正横方向に設定しているため、漁船の左舷追越し船との航過距離および行会い関係における反航船との左舷航過距離を知ることができる。Zone 7の

分析結果を Table 4-7 および Fig. 4-17 に示す。

この結果から、Zone 7 の操業中における平均航過距離は 0.29 海里 (537 m)、非操業時は 0.3 海里 (556 m) であった。この結果について t 検定を行ったところ、有意な差はみられなかった ($p=0.2157$)。また、G 丸以外の 6 隻は、操業時の漁船と他船との距離が非操業時に比べて近くなる傾向にある。しかしながら、右舷正横 (Zone 3) はばらつきがあるため、漁船の傾向とは言い難い。最小値についても t 検定の結果、有意の差はみられなかった ($p=0.3585$)。

Table 4-7 Zone 7 の航過距離 (海里)

Ship	N(Op.)	N(Non.)	Mean(Op.)	Mean(Non)	SD(Op.)	SD(Non)	Min(Op.)	Min(Non)
A	1274	922	0.29	0.29	0.12	0.12	0.04	0.04
B	823	419	0.30	0.31	0.13	0.12	0.04	0.05
C	532	411	0.29	0.31	0.12	0.12	0.05	0.06
D	1281	817	0.28	0.30	0.12	0.12	0.03	0.04
E	1276	252	0.29	0.30	0.12	0.12	0.05	0.06
F	908	1231	0.29	0.30	0.12	0.11	0.05	0.04
G	413	275	0.30	0.28	0.12	0.12	0.05	0.05

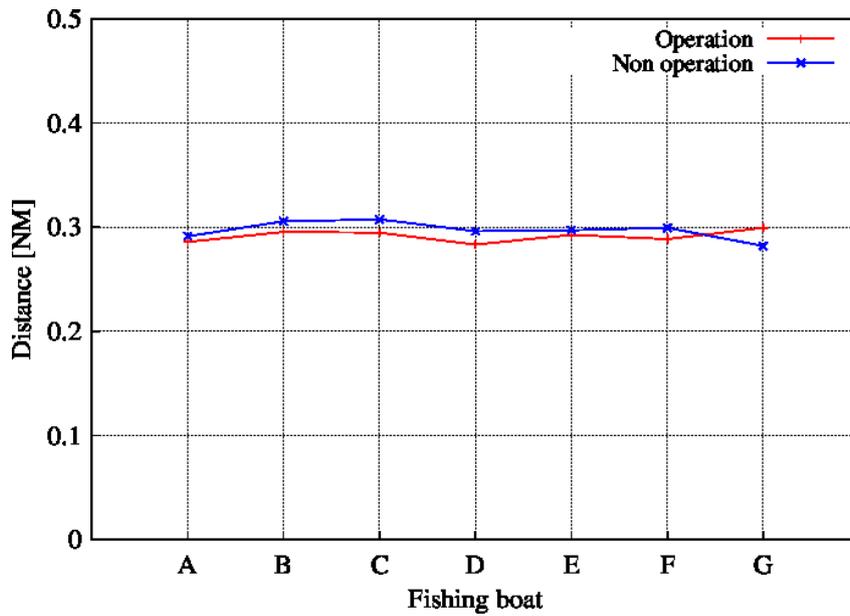


Fig. 4-17 操業・非操業時の航過距離 (Zone 7)

4.3.8 Zone 8 (270度~360度)

Zone 8 では、他船と針路が交差および追い越し、ならびに反航船との航過距離を抽出することができる。Zone 8 の結果を Table 4-8 および Fig. 4-18 に示す。

これにより、Zone 8 の平均航過距離は操業時が 0.31 海里 (約 574 m)、非操業時が 0.3 海里 (約 556 m) である。この航過距離について t 検定を行った結果、有意な差はみられなかった ($p=0.0842$)。最小値についても $p=0.9583$ となり有意な差はみられなかった。

Table 4-8 Zone 8 の航過距離 (海里)

Ship	N(Op.)	N(Non.)	Mean(Op.)	Mean(Non)	SD(Op.)	SD(Non)	Min(Op.)	Min(Non)
A	774	699	0.31	0.30	0.12	0.12	0.04	0.05
B	471	328	0.30	0.30	0.12	0.13	0.04	0.05
C	455	523	0.32	0.31	0.11	0.12	0.05	0.05
D	776	600	0.31	0.30	0.12	0.12	0.03	0.04
E	467	191	0.32	0.31	0.12	0.12	0.05	0.07
F	495	690	0.33	0.32	0.11	0.11	0.06	0.04
G	419	247	0.31	0.27	0.11	0.12	0.04	0.03

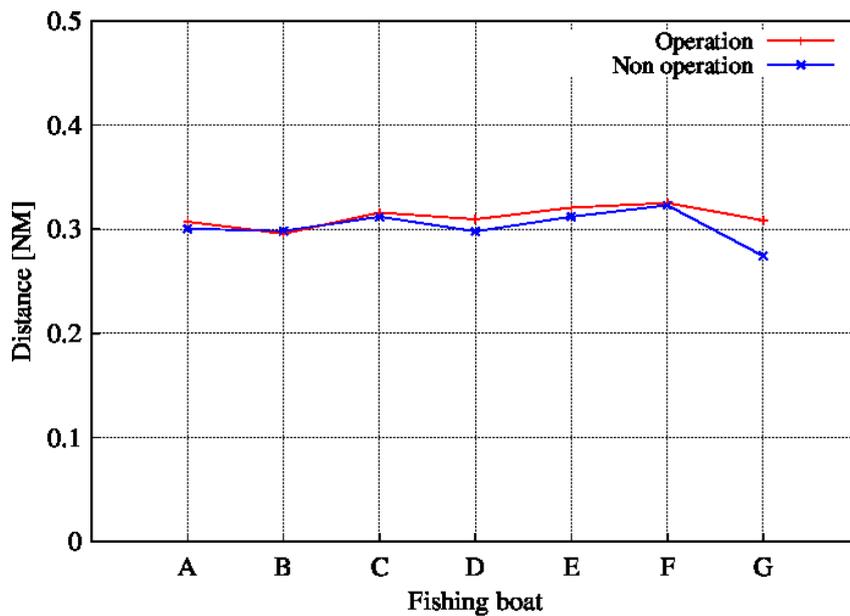


Fig. 4-18 操業・非操業時の航過距離 (Zone 8)

4.3.9 航過距離のまとめ

以上の結果をまとめると、漁船を中心とした他船との航過距離は Table 4-9 および Fig. 4-19 に結論付けられる。漁船を中心とした他船との航過距離は、漁船の船尾方向

以外は操業の有無に関わらず 0.3 海里（約 556 m）とみることができる。船尾方向は操業中が 0.33 海里（約 611 m）、操業以外では 0.34 海里（約 630 m）といえる。

Table 4-9 航過距離まとめ（海里）

	操 業	非操業
Forward	0.31	0.31
Starboard bow	0.29	0.29
Starboard abeam	0.30	0.29
Starboard quarter	0.31	0.31
Aft	0.33	0.34
Port quarter	0.30	0.31
Port abeam	0.29	0.30
Port bow	0.31	0.30

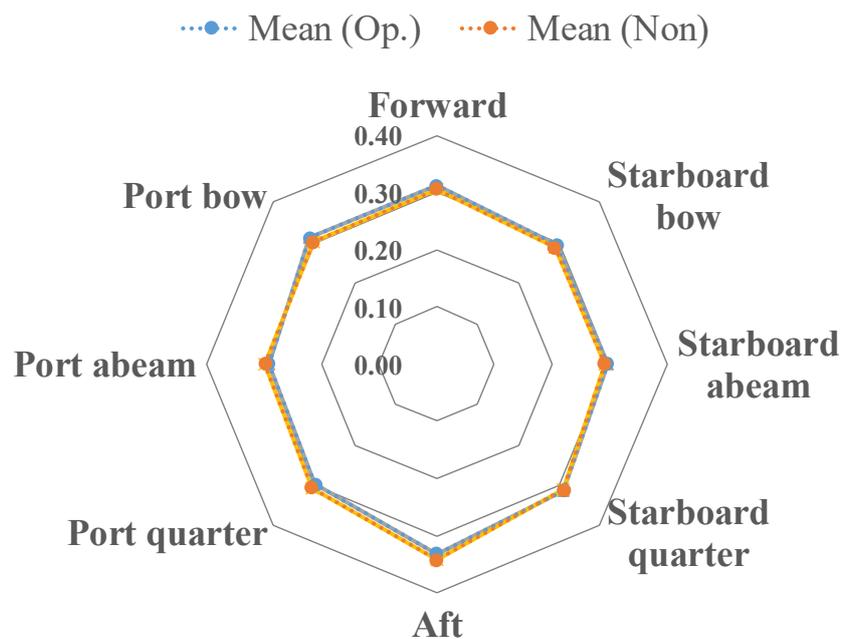


Fig. 4-19 各 Zone の航過距離

4.4 考察

4.4.1 航過距離について

本章では、各 Zone の航過距離 (0.5 海里以下) について AIS データ (他船) と GPS データ (自船) から算出した。その結果、漁船からみた前後左右 4 方向の航過距離の比率は、船尾方向以外は 0.3 海里 (約 556 m)、船尾方向は 0.33 海里 (約 611 m) といえる。側方 : 後方 : 前方の航過距離の比率はおおむね 1:1.3:1 となる。

航過距離については、井上ら⁽³⁷⁾は防波堤内側の港内を航行するときに操船者の意識の中に存在する「十分航過距離」(行内において他船と接近しても、この距離以上で航過する他船には何の不安を感じないという距離) が他船の大きさにかかわらず側方 : 後方 : 前方でおおむね 1:2:3 としている。本研究結果は、実船実験により得られたものであり、操船者の余裕を含めた結果でもある。一方、井上らの研究⁽³⁷⁾はレーダ観測などでは得られない操船者の侵入を許さない大きさを対象としていることから、本研究の目的とは異なる。なお、本研究において漁船と他船との最小航過距離で最も接近したのは、漁船が漁場移動中にケミカルタンカーの船尾を避航した事例である。航過距離は 0.01 海里 (約 19 m) である。

横切り関係にある 2 隻の避航判断時期を調査した結果では、避航判断時期が外航群、内航群、ボート群、漁船群の順であり、漁船の判断時機が最も遅いと指摘⁽³⁵⁾がある。

D 丸の事例 (Fig. 4-10、Fig. 4-11) から、漁船は曳網中以外では操縦性能が優れているため、安全な距離を確保できる状況で他船を近距離で避けることが可能であることが示唆された。

4.4.2 操業の有無による航過距離について

操業有無による航過距離に、最も差が生じているのは Zone 8 の G 丸 (0.4 海里) である。G 丸は主に来島航路内で操業する小型はえ縄漁船である。また、操業は来島海峡航

路内（特に西水道付近）で行うことが多い。G丸は漁船に対し左舷方向（Zone 6 から 8）すべての操業時における航過距離が非操業時よりも過大になっていることから、漁港と漁場の往復が来島海峡航路の航法（海上交通安全法第 20 条）に定める順中逆西が影響していることが考えられる。

その他、6 隻（小型底びき網漁船）の操業時および非操業時における差は最大 0.2 海里（約 370 m）であった。

4.4.3 簡易型 AIS の送信レートと航過距離について

簡易型 AIS の送信レートは第 2 章で述べたとおり 3 分（対地速力 2 ノット以内）と 30 秒（対地速力 2 ノットより大きい）の 2 パターンである。よって、AIS データに含まれる位置情報の移動量は、送信レート 3 分で最大 0.1 海里（約 185 m）である（Table 4-10）。この移動量は送信レート 30 秒・対地速力 12 ノットの条件と等しい移動距離になる。AIS 情報の移動量は、対地速力 12 ノット以下であれば送信レートに関係せず 0.1 海里以下になる。対地速力が 12 ノットを超える場合は、対地速力 20 ノットであれば 0.17 海里（約 315 m）、対地速力 30 ノットで 0.25 海里（約 463 m）である（Table 4-10）。

以上のことより、本章で明らかになった漁船と他船との航過距離（船尾方向以外は 0.3 海里）に AIS 情報の移動量を考慮すると、漁船の最大速力約 12 ノット（AIS 情報の移動量 0.1 海里以下）の条件を十分に満たすことになる。すなわち、簡易型 AIS は漁船の衝突防止に寄与できることを示唆される。

Table 4-10 簡易型 AIS の送信レートと AIS 位置情報の移動量 (海里)

対地速力	送信レート	移動量 (海里)
1	3 min	0.05
2	3 min	0.10
3	30 sec	0.03
4	30 sec	0.03
5	30 sec	0.04
10	30 sec	0.08
12	30 sec	0.10
15	30 sec	0.13
20	30 sec	0.17
30	30 sec	0.25

4.5 まとめ

本章では、被験船に設置した AIS 送受信機から他船 AIS データおよび漁船 GPS データを用いて、漁船を中心とした漁船以外の船舶との航過距離を分析した。これにより、操業中および非操業時における航過距離を明らかにすることができた。そのうえで、簡易型 AIS の送信レートと速力との関係 (Table 4-10) から、漁船の航過距離と AIS 情報に含まれる位置情報の移動量から簡易型 AIS の有用性を検討した。

本章の結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 漁船と漁船以外の船舶との航過距離は、0.3 海里 (約 556 m) である。
- (2) 船尾方向の航過距離は操業中が 0.33 海里 (約 611 m)、非操業時は 0.34 海里 (約

630 m) となる。

- (3) 漁船船体を中心とした船間距離の割合は、側方・後方・前方 = 1:1.3:1 である。
- (4) 漁船の船尾方向では、操業有無によって航過距離に違いがある。
- (5) 小型漁船は漁船以外の船舶と近距離で航過することがある (0.01 海里)。その場合、漁船は、操縦性能が制限されない航行中である (Table 4-1)。
- (6) 簡易型 AIS を輻輳海域で操業する小型漁船に搭載した場合、航過距離結果と AIS 情報の更新にともなう移動量の関係から、速力 30 ノット以下の漁船であれば衝突防止に期待が持てる。
- (7) 漁船は海域を問わず増減速することもあることから、簡易型 AIS の送信結果に基づいた簡易型 AIS の有効利用を検討する必要がある。

第5章 簡易型 AIS の船位変化分析

5.1 概説

漁船が一般航行船舶など漁船以外の船舶と大きく異なる点は、同一海面で漁業活動を行うことである。これに伴い、小回りの効く漁船は頻繁に針路を変え揚網時には後進することもある。

その漁船とは、漁船法第2条第1項第1号⁽¹⁴⁾で次のとおり定義されている。

- (1) もっぱら漁業に従事する船舶
- (2) 漁業に従事する船舶で漁獲物の保蔵又は製造を有するもの
- (3) もっぱら漁場から漁獲物又はその製品を運搬する船舶
- (4) もっぱら漁業に関する試験、調査、指導若しくは練習に従事する船舶又は漁業の取締に従事する船舶であって漁ろう設備を有するもの

このように、漁船上では漁獲作業以外に漁獲物の保蔵や運搬など多くの作業が行われている。底びき網漁船であれば漁獲物処理は曳網しながら行われる。そのため、漁船では漁ろう作業をしながらの「見張り」を行い、かつ操業中は操縦性能が制限されている。このような背景からも、漁船の動静は海上交通安全法に定める航路および推薦航路とは必ずしも一致することはない。さらに、レーダを備えていない漁船が存在する。濃霧や時化など気象海象の影響を受けやすい小型漁船では、竹本ら⁽³¹⁾らが指摘したように AIS を活用し自船の存在を相手船に認識させることが重要である。

一方、簡易型 AIS 情報の移動量は、対地速力 12 ノット（送信レート 30 秒）または対地速力 2 ノット以内（送信レート 3 分）であれば、その間の移動量は計算上 0.1 海里となる。しかし、AIS の送信レートである 30 秒および 3 分間の動静は簡易型 AIS 情報か

らは知ることができない。

以上のことから、本章の目的は簡易型 AIS の送信レート（3 分もしくは 30 秒）とその間の漁船の移動距離（AIS 情報による船位変化量）に着目した漁船搭載簡易型 AIS の評価を行うことである。なお、本章では AIS 情報に含まれる位置情報の移動量（海里）を「AIS 船位変化量」と定義する。その概念を Fig. 5-1 に示す。船位変化量は AIS 情報 1 回分の移動量であり、AIS データの更新によりレーダなど AIS 重畳表示画面上で AIS シンボルが移動する距離を指す。

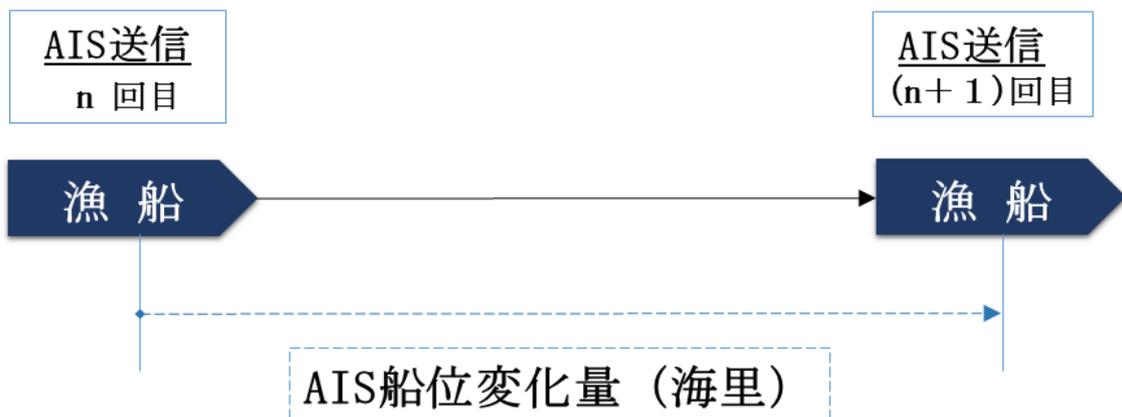


Fig. 5-1 AIS 船位変化量

本章では、AIS 船位変化量を「クラス A」と「漁船搭載の簡易型 AIS」に分けて検討する。クラス A は航海速力約 14 ノットの漁業練習船と航海速力 20 ノットを超えるカーフェリーを対象に行う。漁船搭載の簡易型 AIS は被験船 14 隻を対象とする。

5.2 方法

5.2.1 対象データ

対象データは、漁船ごとに記録された AIS データと GPS データである。AIS データ

とは、周囲の船舶局に対し自船の AIS 情報を送信する AIVDO (UAIS VHF Data-link Own-vessel) センテンスを指す。この AIVDO センテンスは漁船から送信後、他船には AIVDM (UAIS VHF Data-link Message) センテンスとして受信される。GPS データは協定世界時と位置、対地速力、対地針路情報などが含まれる GPRMC センテンスを利用する。

AIVDO センテンスは送信の有無に関わらず被験船のメモリーカードに記録される。そのため、AIVDO センテンスの中から周囲に送信されたログのみを抽出する必要がある。AIVDO センテンスの抽出条件は AIS の 2 チャンネル (A か B) どちらかで送信された AIVDO センテンスとする。AIS 船位変化量は、抽出された AIVDO センテンスに GPRMC の時刻情報を付して算出する。

5.2.2 対象船舶と期間

対象船舶と期間は、クラス A は漁業練習船が 6 日間、カーフェリーが 1 日間とする。簡易型 AIS は底びき網漁船および、はえ縄漁船が 3 か月。2 そう曳き網漁船は 1 か月とした。2 そう曳き網漁の対象期間が短い理由は、対象魚種 (いかなご) の漁期が底びき網に比べ短いためである。海域、漁業種類毎の分類は次のとおりである。

(1) 海域

「クラス A」

- ・ 漁業練習船：山口県下関港～東シナ海 (調査) ～鹿児島港
- ・ カーフェリー：北九州新門司港～大阪府泉大津港

「簡易型 AIS」

- ・ 明石海峡付近：底びき網漁船 (6 隻)、2 そう曳き網漁船 (5 隻)
- ・ 来島海峡付近：底びき網漁船 (2 隻)、はえ縄漁船 (1 隻)

(2) 対象期間

「クラス A」

- ・ 漁業練習船：平成 27 年 9 月 17 日から平成 27 年 9 月 22 日（6 日間）
- ・ カーフェリー：平成 27 年 2 月 20 日から平成 27 年 2 月 21 日（2 日間）

「簡易型 AIS」

- ・ 底びき網漁船・はえ縄漁船：平成 27 年 7 月から 9 月（3 か月間）
- ・ 2 そう曳き網漁船：平成 28 年 2 月 23 日から 3 月 24 日（1 か月間）

5.2.3 調査概要（クラス A）について

クラス A 対象船 2 隻について説明する。クラス A の漁業練習船とは、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産大学校所属の漁業練習船「天鷹丸」(Fig. 5-2、以後「天鷹丸」という)である。「天鷹丸」では水産大学校の学生が乗船し、漁業調査や漁業実習が行われている。カーフェリーとは阪九フェリー株式会社所有の「つくし」(Fig. 5-3、以後「つくし」という)である。「つくし」は調査当時、北九州港と大阪府泉大津を 12 時間 30 分の航海時間で定期航路に就航している。

「天鷹丸」AIS データは、山口県下関港から東シナ海を經由し鹿児島港入港までの間に取得したものである。東シナ海では海洋調査およびトロール実習を行っている。AIS データおよび GPS データは、「天鷹丸」備え付け PC 用ナビゲーションソフト「Alpha map Pro」(有限会社 ピーシースタジオアルファ)にて取得した。

「つくし」AIS データについても、「天鷹丸」同様に既存の PC 用ナビゲーションソフト「Alpha map Pro」にて取得した。



Fig. 5-2 「天鷹丸」(総トン数 716 トン、全長 62.6m)



Fig. 5-3 「つくし」(総トン数 13,353 トン、全長 195m)

5.3 結果

5.3.1 「天鷹丸」(クラス A)

「天鷹丸」の AIS 船位変化量を Fig. 5-4 および Fig. 5-5 に示す。Fig. 5-4 は「天鷹丸」を原点として、船首方向を縦軸上向きとしている。また、Fig. 5-4 では「天鷹丸」からの AIS 船位変化量を中心からプロットし、1 サークルは 0.1 海里 (最大 0.5 海里) である。総データ数は 17,406 データであった。

Fig. 5-5 では、縦軸に AIS 船位変化量（海里）、横軸に「天鷹丸」の対地速力（ノット）を示している。横軸の対地速力（ノット）とは「天鷹丸」の AIS 情報が更新された時の対地速力である。「天鷹丸」の AIS 船位変化量は、Fig. 5-4 および Fig. 5-5 が示すとおり、すべて 0.1 海里以内（最大 0.07 海里：約 130m）に収束している。最大 0.07 海里とは、全長 62.6 m の「天鷹丸」2 隻分に相当する。

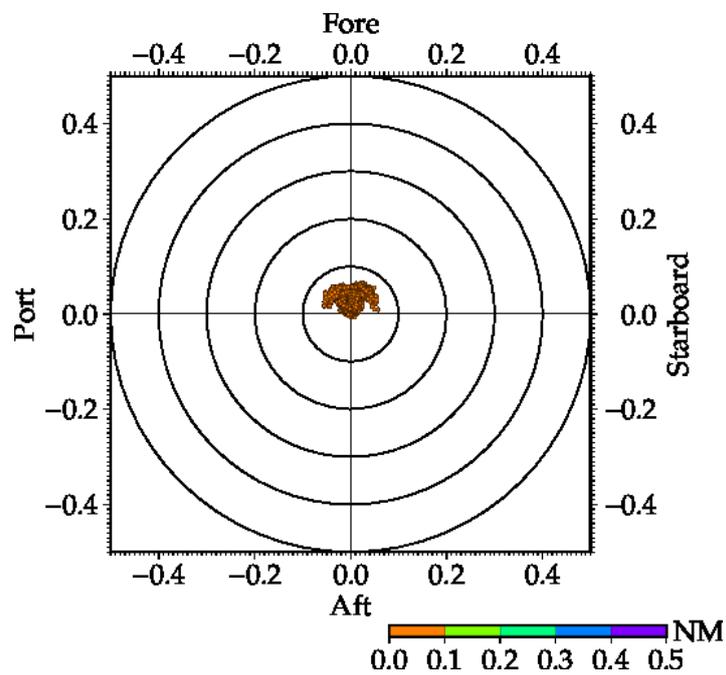


Fig. 5-4 「天鷹丸」(中心) の AIS 船位変化量

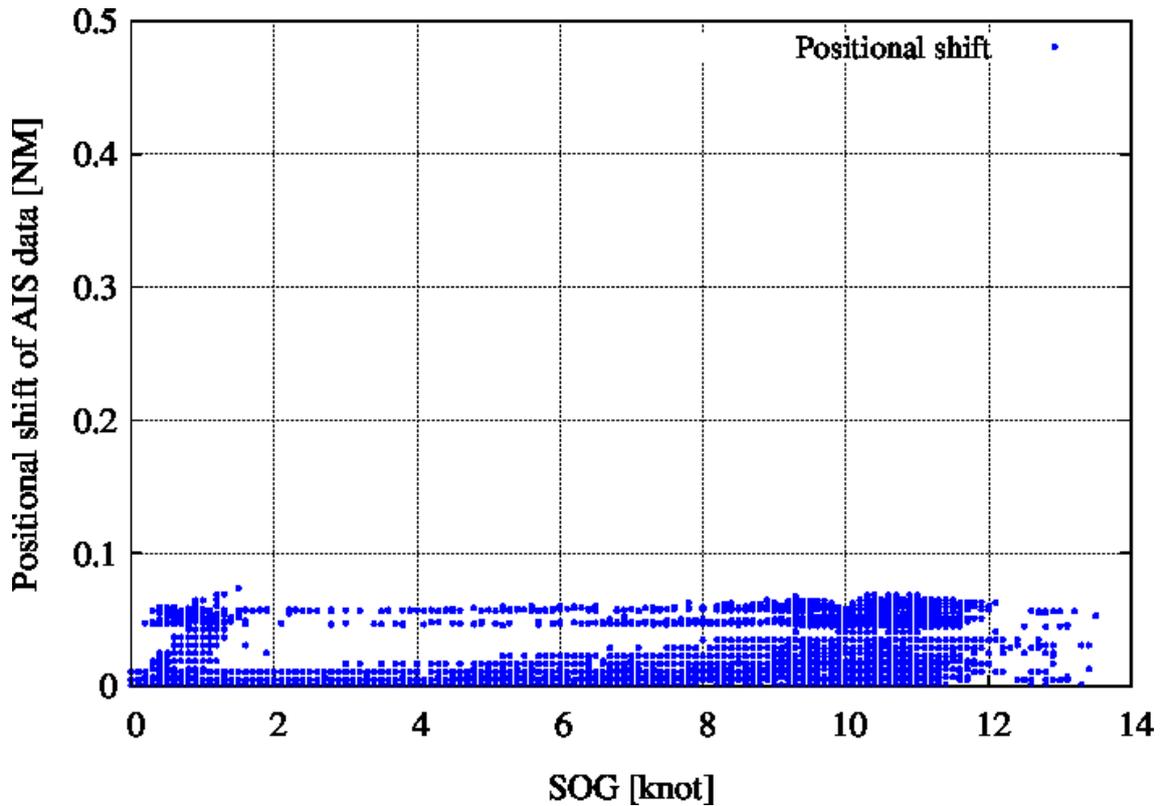


Fig. 5-5 天鷹丸の船位変化量

5.3.2 「つくし」(クラスA)

「つくし」のAIS船位変化量を、Fig. 5-6 および Fig. 5-7 に示す。Fig. 5-6 は天鷹丸同様に中心（つくし）から0.1海里ずつ円を描き、その上にそれぞれのAIS船位変化量をプロットしている（総データ数N=9,092）。Fig. 5-7 は縦軸にAIS船位変化量（海里）、横軸に「つくし」対地速力（ノット）を示す。また、「つくし」はクラスAの送信レートが変動する対地速力23ノットを超えることもある。そのため、対地速力の推移をFig. 5-8 に示す。Fig. 5-8 において、14時頃の減速は来島海峡の船混みによるものであり、16時から17時間の減速は速力制限区間（備讃瀬戸）を表している。

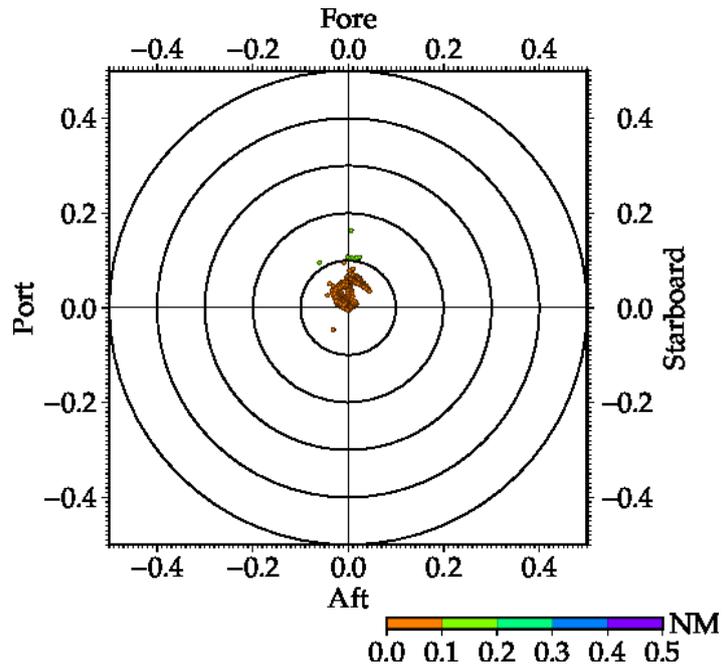


Fig. 5-6 「つくし」 AIS 変位変化量 (中央が「つくし」)

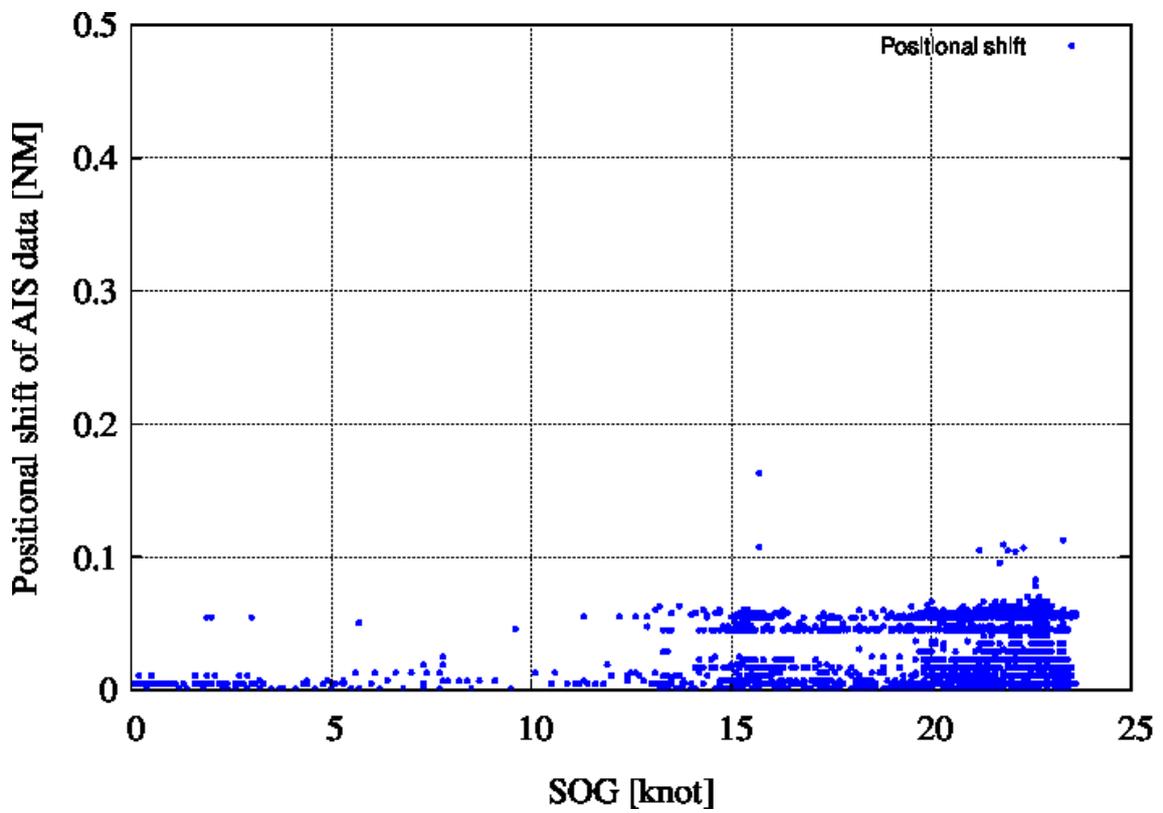


Fig. 5-7 「つくし」 AIS 船位変化量

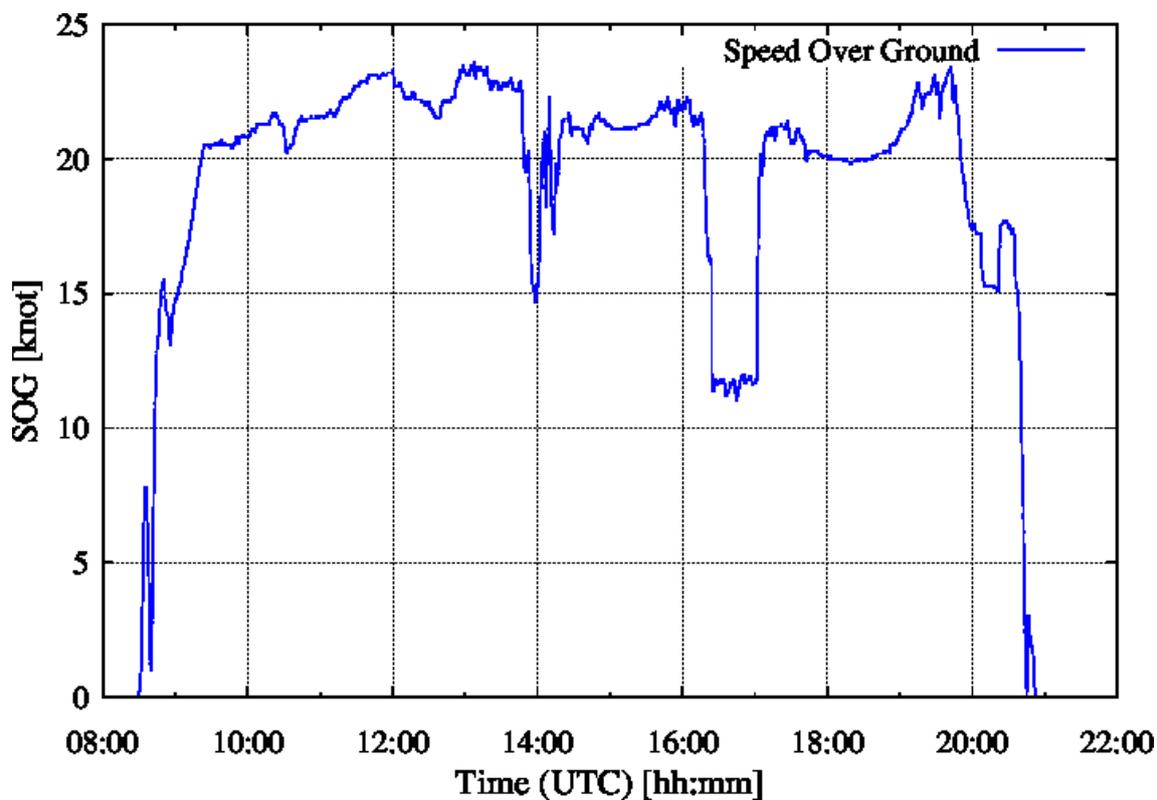


Fig. 5-8 「つくし」対地速力の推移

「つくし」AIS 船位変化量は、総データ数 9,092 のうち 99.9% (9,084 データ) が 0.1 海里未満であった。0.1 海里以上の船位変化量は 8 データ確認されたが、そのうち 2 データのみ対地速力 16 ノット付近で確認できる (Fig. 5-7 参照)。この場合、送信レートは 6 秒であることから GPS の測位誤差が影響しているものと考えられる。それ以外 (6 データ) は対地速力 20 ノット以上の範囲で発生している。その理由は、クラス A の送信レートが、14 ノットから 23 ノットの変針中もしくは、対地速力 23 ノットより大きい場合が 2 秒になるためである。なお、AIS 船位変化量 0.1 海里 (約 185 m) とは、「つくし」1L (195 m) 以内で自船 AIS データが更新されていることを意味する。

5.3.3 底びき網漁船（簡易型 AIS）

（1）明石海峡付近

被験船（底びき網漁船）は、明石海峡航路西方灯浮標から播磨灘航路第5号灯浮標付近で操業する富島漁業協同組合（兵庫県淡路市）所属の総トン数5トン未満の小型漁船6隻および来島海峡東方および西方で操業する大浜漁業協同組合（愛媛県今治市）所属の総トン数5トン未満の小型漁船2隻である。操業は富島漁協所属の6隻は日の出から約6時間から7時間連続で行われる。

Fig. 5-9 から Fig. 5-14 は、明石海峡付近で操業する A 丸から F 丸の AIS 船位変化量をプロットしたものである。それぞれの図は中心を漁船の位置とし 0.1 海里ずつ円を描いている。中心（漁船位置）から上向きが漁船の船首方向である。Fig. 5-9 から Fig. 5-14 では、茶色でプロットされたものが AIS 船位変化量 0.1 海里未満となる。

以上のことから、簡易型 AIS から送信される漁船の AIS 情報は、1 回の更新で移動する距離がクラス A に比べて多く発生していることが確認できる。言い換えれば、漁船以外の船舶が、自船の左舷前方に簡易型 AIS 搭載した漁船を確認した後、AIS 情報が更新された場合に、右舷前方に現れることを意味する。それどころか、簡易型 AIS 搭載漁船が針路変更を行ったことも確認することができず、危険な状況を察知できない可能性もある。

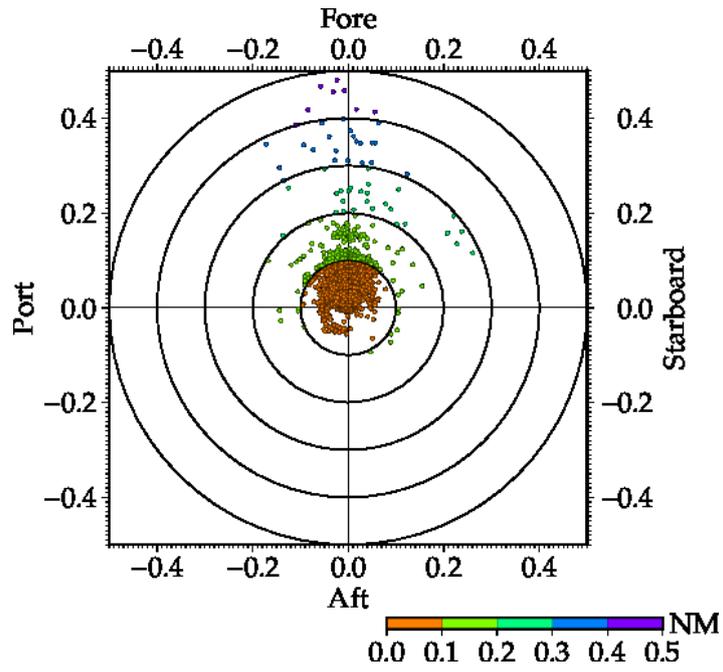


Fig. 5-9 AIS 船位変化量 (A 丸)

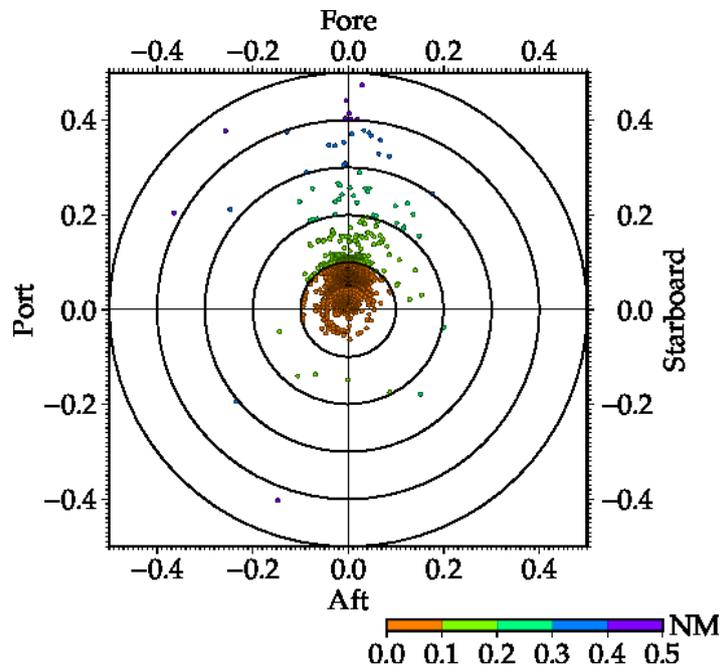


Fig. 5-10 AIS 船位変化量 (B 丸)

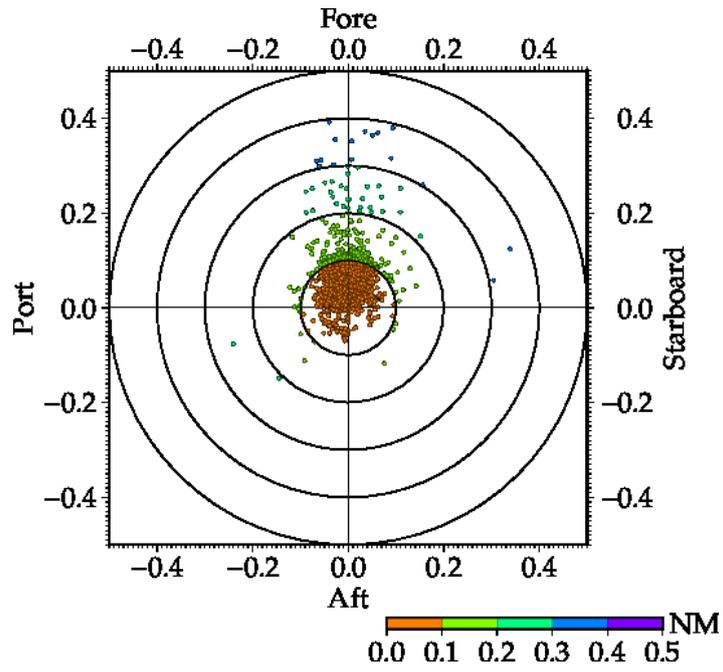


Fig. 5-11 AIS 船位変化量 (C 丸)

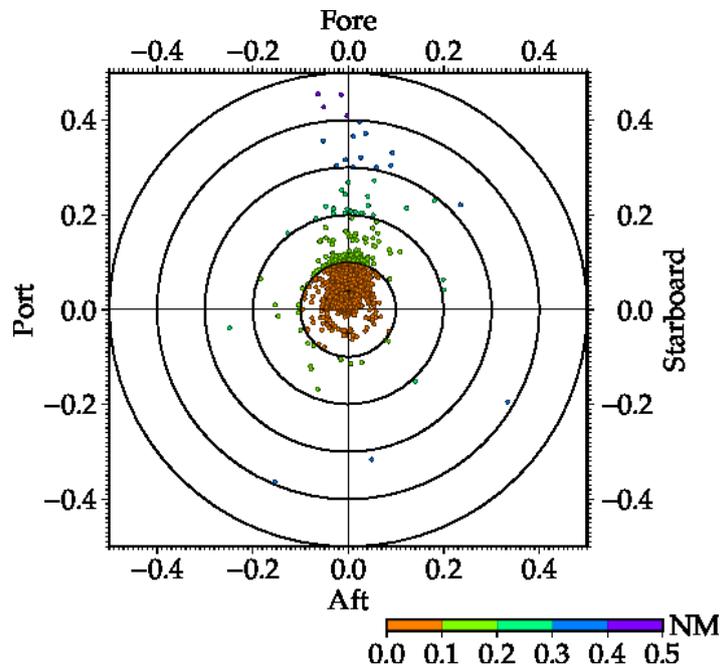


Fig. 5-12 AIS 船位変化量 (D 丸)

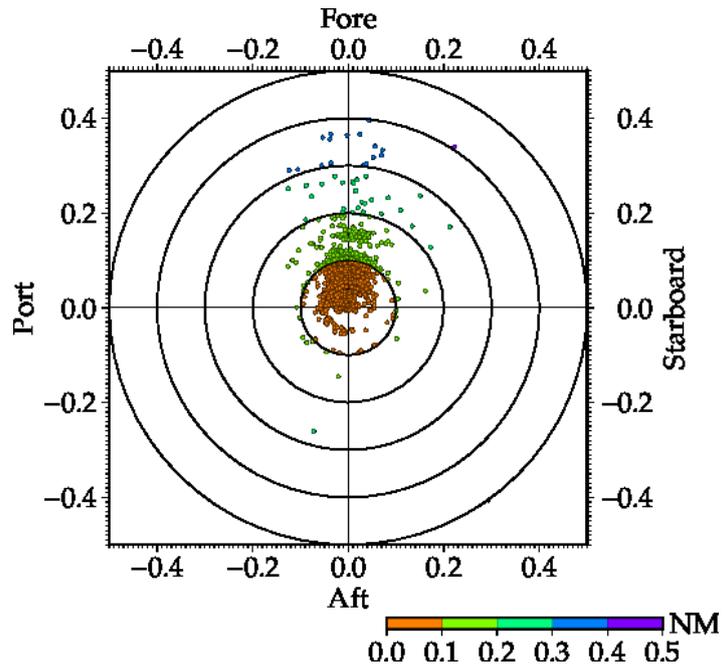


Fig. 5-13 AIS 船位変化量 (E 丸)

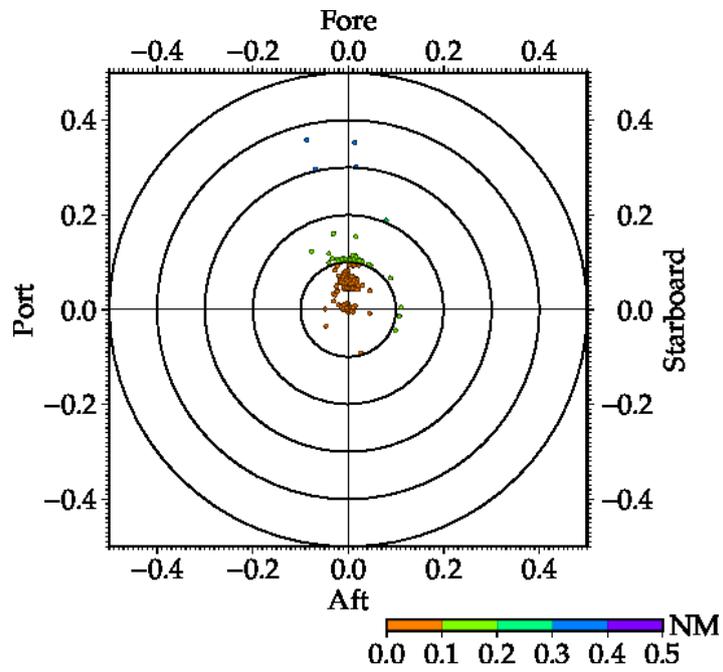


Fig. 5-14 AIS 船位変化量 (F 丸)

Table 5-1 は A 丸から F 丸の総データ数 (N) および航過距離の平均値 (Average)、標準偏差 (SD) ならびに最小値 (Min)、最大値 (Max) を示している。

Table 5-1 より、E 丸・F 丸のデータ数が他の 4 隻に比べ少ない。特に F 丸のデータ数は顕著である。この理由は漁業者によって底びき網漁以外に養殖など他の漁業を営んでいること。もしくは簡易型 AIS の電源を投入していないことが考えられる。平均値は、F 丸以外の 5 隻は平均値が 0.05 海里 (約 93 m) 未満である。標準偏差を考慮しても 0.1 海里未満になる。

一方、簡易型 AIS の信頼性を評価するうえで指摘しておきたいのは、AIS 船位変化量が最大値 0.4 海里 (約 741 m) 以上に達することである。これは、レーダもしくは ECDIS 等の AIS 表示装置上で AIS シンボルマークが 3 分もしくは 30 秒後には 0.48 海里も移動することである。このような状況から、漁船に簡易型 AIS を搭載することで、周囲の船舶の誤認を招く可能性がある。

Table 5-1 A 丸から F 丸の AIS 位変化量 [N, M]

	N	Average	SD	Max
A	10,847	0.047	0.036	0.48
B	10,176	0.045	0.036	0.48
C	12,737	0.047	0.032	0.39
D	9,976	0.044	0.034	0.46
E	7,673	0.048	0.038	0.41
F	364	0.055	0.046	0.37

(2) 来島海峡付近

次に、来島海峡航路東方および西方海域で操業する底びき網漁船2隻(「G丸」、「H丸」)のAIS 船位変化量について検討する。

Fig. 5-15 および Fig. 5-16 は、G丸およびH丸のAIS 船位変化量を示している。中心を漁船位置とし、0.1海里ずつ円を描いている。中心(漁船位置)から上向きが漁船の船首方向である。

Fig. 5-15 および Fig. 5-16 の結果から、G丸およびH丸のAIS 船位変化量は、明石海峡付近の漁船同様に0.1海里以上に達することがある。さらに、G丸は底びき網漁船8隻のうちデータ数(21,579データ)が最も多いものの、最大値は明石海峡付近で操業するA丸からF丸(Table 5-1)より少ないことが読み取れる。よって、AIS 船位変化量はデータ数(起動時間)に関係がないことが示唆される。

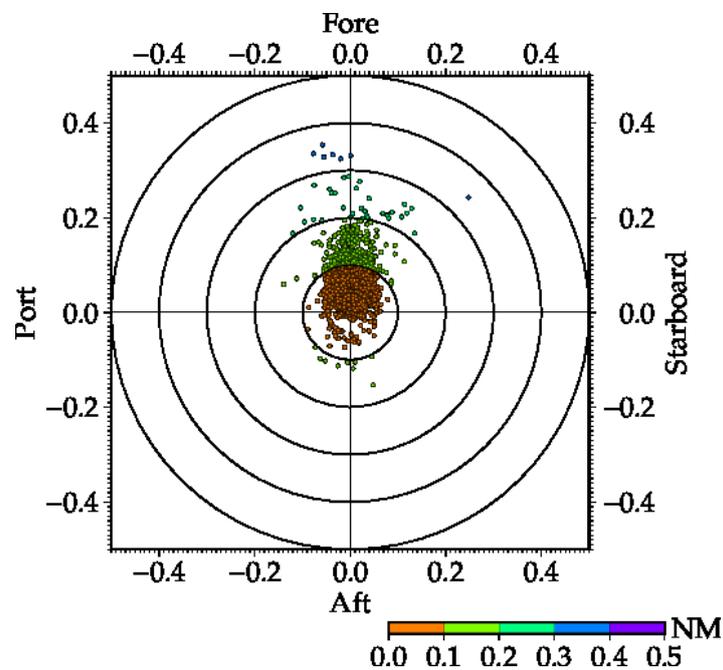


Fig. 5-15 G丸

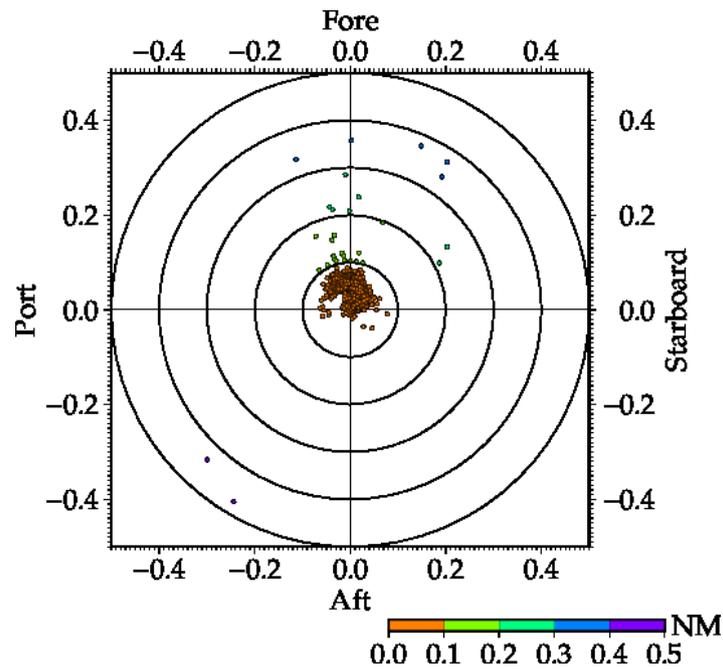


Fig. 5-16 H丸

Table 5-2 G丸・H丸のデータ数と船位変化量 [N.M]

	N	Average	SD	Max
G	21,579	0.047	0.033	0.36
H	5,376	0.039	0.023	0.29

次に、Table 5-1 および Table 5-2 に示した総データ数 (N) を AIS 船位変化量毎に分類する。その結果を Table 5-3 および Fig. 5-17 に示す。

Fig. 5-3 における階級下限値とは、各階級の下限を示している。階級下限値 0.05 であれば、0.05 以上 0.1 未満を意味する。Fig. 5-17 の横軸は AIS 船位変化量 (海里)、縦軸はデータ数を示している。

Table 5-3 度数分布 (AIS 船位変化量)

階級下限値	A	B	C	D	E	F	G	H
0.00	4,578	4,787	5,471	4,617	3,499	136	8,820	2,473
0.05	5,465	4,693	6,421	4,542	3,356	164	10,942	2,883
0.10	702	599	759	743	696	57	1693	12
0.15	51	42	37	33	72	2	85	2
0.20	11	20	21	17	17	1	23	5
0.25	9	10	12	6	16	0	10	1
0.30	11	8	8	8	9	2	4	
0.35	11	8	8	5	6	2	2	
0.40	5	7		3	2			
0.45	4	2		2				

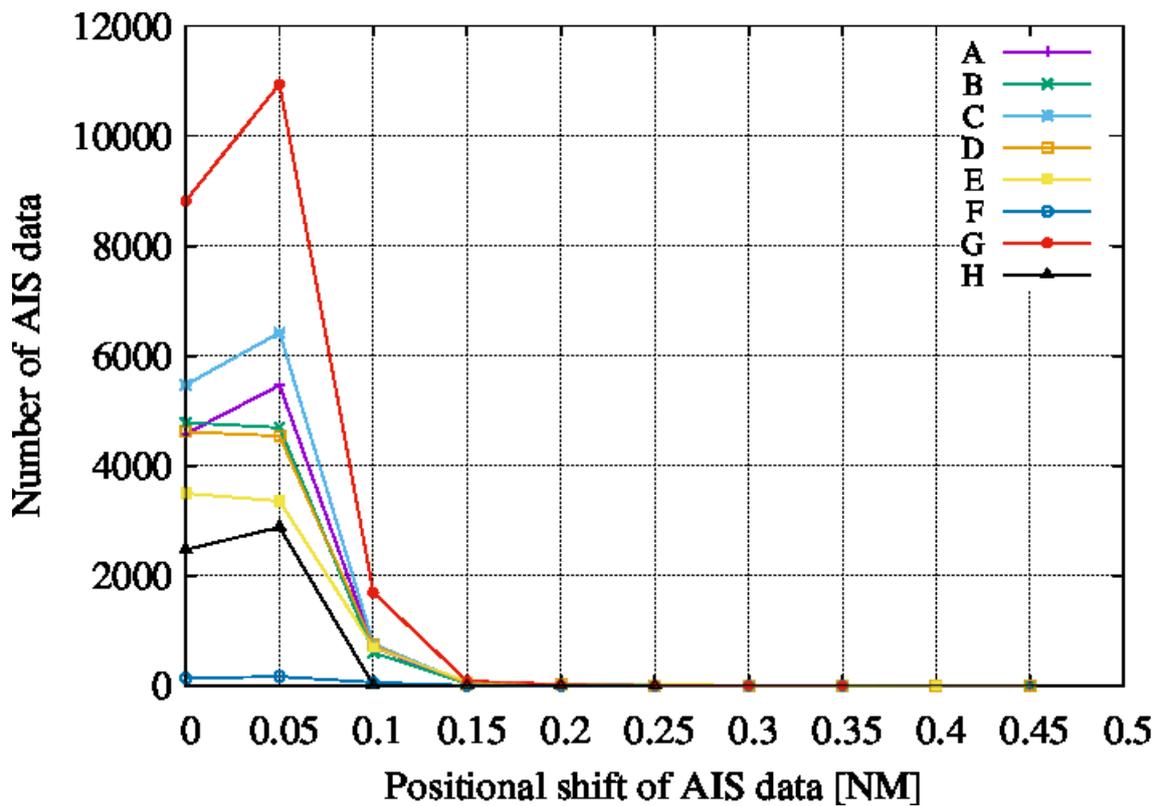


Fig. 5-17 度数分布 (AIS 船位変化量)

Table 5-3 および Fig. 5-17 より、データ数が極端に少ない F 丸以外の 7 隻は、AIS 船位変化量が 0.1 海里未満に集中している。さらに、各漁船ではデータ数に差異があるものの、船位変化量 0.15 里以上では徐々に収束する傾向がある。すなわち、AIS 船位変化量はデータ数（操業回数）に関係するものではない。

次に、AIS 船位変化量を階級（0.05 海里）毎に区切り、各階級の相対度数および累積相対度数から分析する。相対度数を Table 5-4 および Fig. 5-18、累積相対度数を Table 5-5 および Fig. 5-19 に示す。

Table 5-4 相対度数（底びき網漁船）

階級下限値	A	B	C	D	E	F	G	H
0.00	0.4221	0.4704	0.4295	0.4628	0.4560	0.3736	0.4087	0.4600
0.05	0.5038	0.4612	0.5041	0.4553	0.4374	0.4505	0.5071	0.5363
0.10	0.0647	0.0589	0.0596	0.0745	0.0907	0.1566	0.0785	0.0022
0.15	0.0047	0.0041	0.0029	0.0033	0.0094	0.0055	0.0039	0.0004
0.20	0.0010	0.0020	0.0016	0.0017	0.0022	0.0027	0.0011	0.0009
0.25	0.0008	0.0010	0.0009	0.0006	0.0021	0.0000	0.0005	0.0002
0.30	0.0010	0.0008	0.0006	0.0008	0.0012	0.0055	0.0002	
0.35	0.0010	0.0008	0.0006	0.0005	0.0008	0.0055	0.0001	
0.40	0.0005	0.0007		0.0003	0.0003			
0.45	0.0004	0.0002		0.0002				

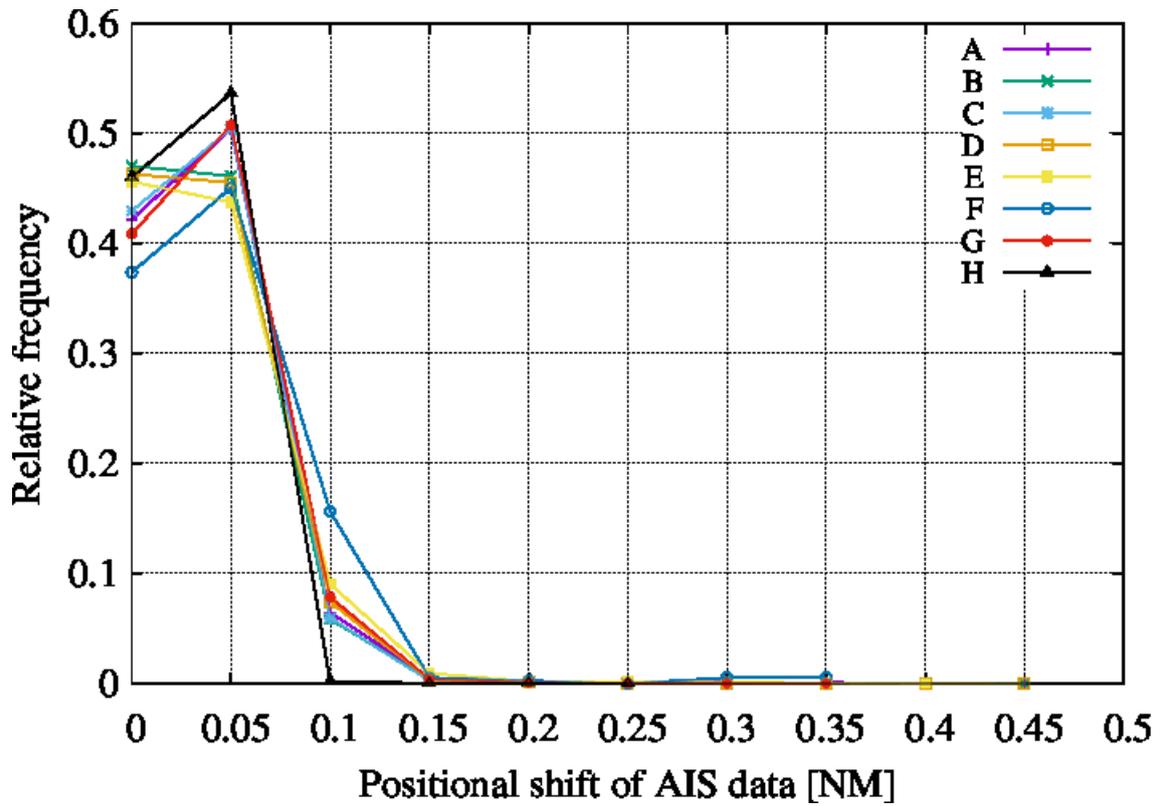


Fig. 5-18 相対度数 (底びき網漁船)

Table 5-5 累積相対度数 (底びき網漁船)

階級下限値	A	B	C	D	E	F	G	H
0.00	0.4221	0.4704	0.4295	0.4628	0.4560	0.3736	0.4087	0.46
0.05	0.9259	0.9316	0.9337	0.9181	0.8934	0.8242	0.9158	0.9963
0.10	0.9906	0.9905	0.9932	0.9926	0.9841	0.9808	0.9943	0.9985
0.15	0.9953	0.9946	0.9962	0.9959	0.9935	0.9863	0.9982	0.9989
0.20	0.9963	0.9966	0.9978	0.9976	0.9957	0.9890	0.9993	0.9998
0.25	0.9971	0.9975	0.9987	0.9982	0.9978	0.9890	0.9997	1
0.30	0.9982	0.9983	0.9994	0.9990	0.9990	0.9945	0.9999	
0.35	0.9992	0.9991	1	0.9995	0.9997	1	1	
0.40	0.9996	0.9998		0.9998	1			
0.45	1	1		1				

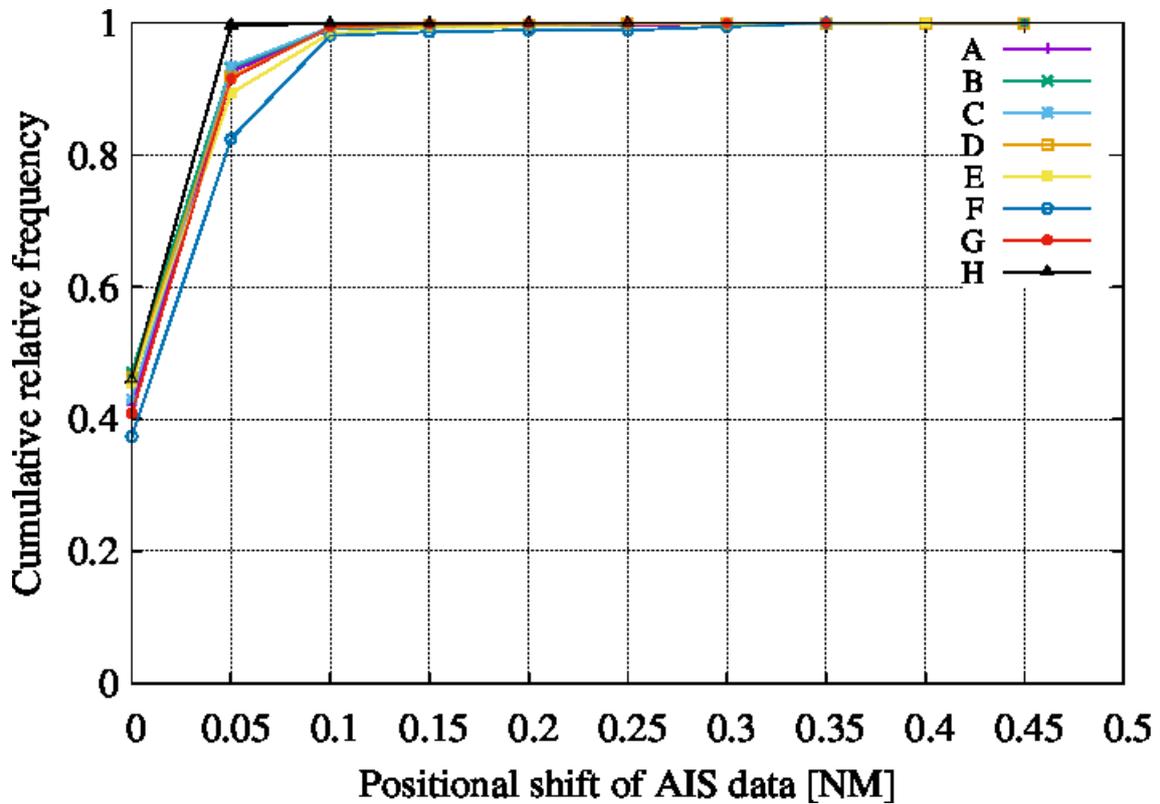


Fig. 5-19 累積相対度数（底びき網漁船）

以上の結果から、底びき網漁船の AIS 船位変化量は、99%が 0.05 海里以上 0.1 海里未満に含まれるといえる。また、第 4 章で示したように漁船と漁船以外の船舶との航過距離が 0.3 海里であると判断すれば、底びき網漁船に簡易型 AIS を搭載することで漁船の衝突防止など安全性向上に期待が持てる。

一方、AIS 船位変化量が 0.3 海里以上になることも確認できる (Table 5-3)。A・B・D 丸の AIS 船位変化量は、0.45 海里（約 833 m）以上に達している。これが漁船に簡易型 AIS を搭載する場合の問題点である。この課題については、漁船特有の問題であるのか。もしくは簡易型 AIS 自体の問題があるのかを検証する必要がある。

5.3.4 はえ縄漁船（簡易型 AIS）

はえ縄漁業は、水中に釣針をつなげた縄を沈め、漁獲物を後で回収する漁法である。はえ縄漁船の主な操業海域は来島海峡航路内である。また、漁船自体も小型であることから潮流の影響を受けやすいと考えられる。

Fig. 5-20 は 5.3.3 節と同様に I 丸の船位変化量を示している。また、Table 5-6 からはえ縄漁船は、SD 値（ $\delta = 0.026$ ）が明石海峡付近で操業する底びき網漁船に比べ少ないものの、AIS 船位変化量が最大 0.47 海里（約 870 m）に達している。来島海峡西水道の馬島・小島間の距離（約 900 m）を考慮すると、AIS 情報を頼りに西水道を航行する船舶の誤認を招く恐れがある。

はえ縄漁船については、隻数が 1 隻であることから AIS 船位変化量の現状分析にとどまる。しかし、第 6 章でははえ縄漁船の GPS データならびに潮流の影響を考慮し分析する。

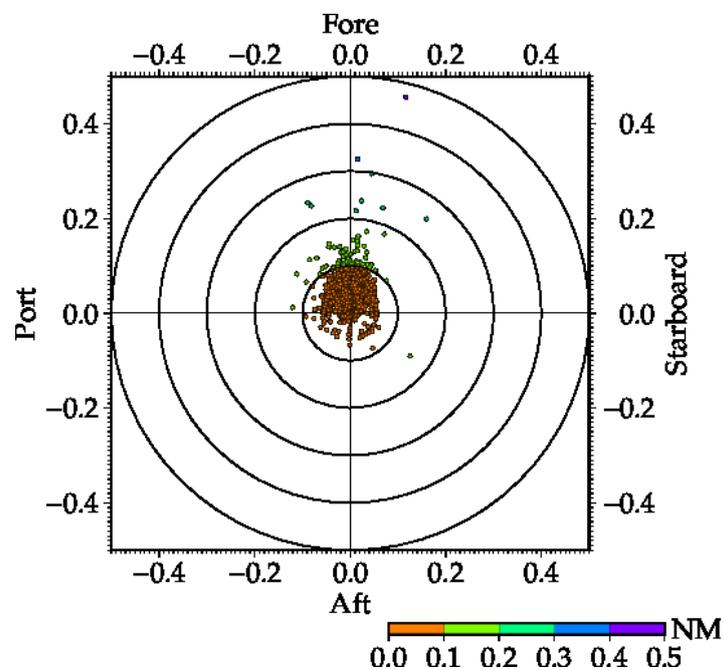


Fig. 5-20 I 丸（はえ縄漁船）

Table 5-6 I 丸のデータ数と船位変化量 [N, M]

	N	Average	SD	Max
I	6,033	0.028	0.026	0.47

5.3.5 2そう曳き網漁船

本章における「2そう曳き網漁船」とは、2月から4月にかけて「いかなご」を漁獲する漁船であり、2隻でひとつの網を曳く(1統)。この「いかなご漁」は漁場が明石海峡付近に限定し多数の漁船が集まることで、しばしば航路が閉塞することもある。

本研究では、「いかなご漁」を対象に網を曳く漁船(以後、「網船」)4隻(2統)と運搬船1隻を対象とする。網船の特徴は、最初の投網後に揚網等は運搬船が行うため、漁場を大幅に変更しない限り増速することは少ない。一方、運搬船は揚網作業および漁獲物の水揚げ、警戒などを担っている。そのため、運搬船は網船が曳網中は「いかなご」を新鮮なうちに水揚げするため、漁場と漁港を高速で往復する特徴がある。本章では運搬船をJ丸、網船4隻をK丸～N丸とする。

Fig. 5-21 から Fig. 5-25 は、G丸およびH丸のAIS船位変化量を示している。中心を漁船位置とし、0.1海里ずつ円を描いている。中心(漁船位置)から上向きが漁船の船首方向である。

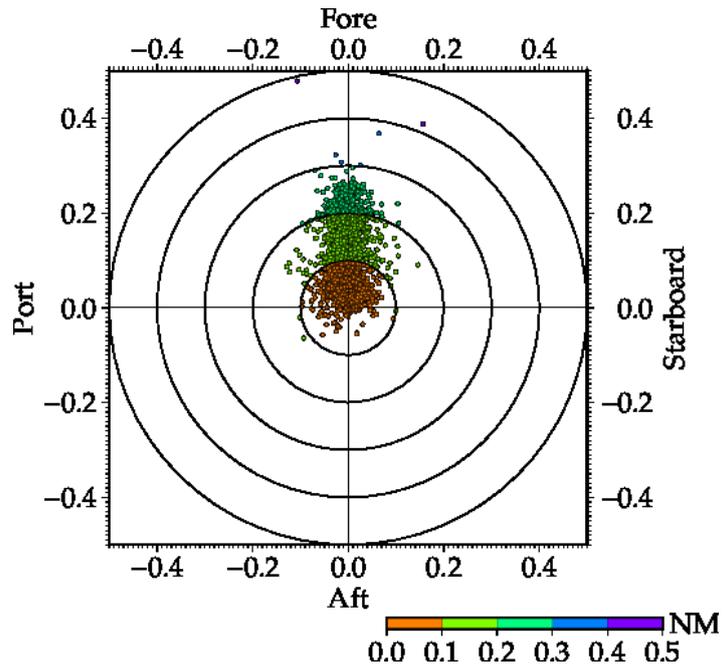


Fig. 5-21 J丸 (運搬船)

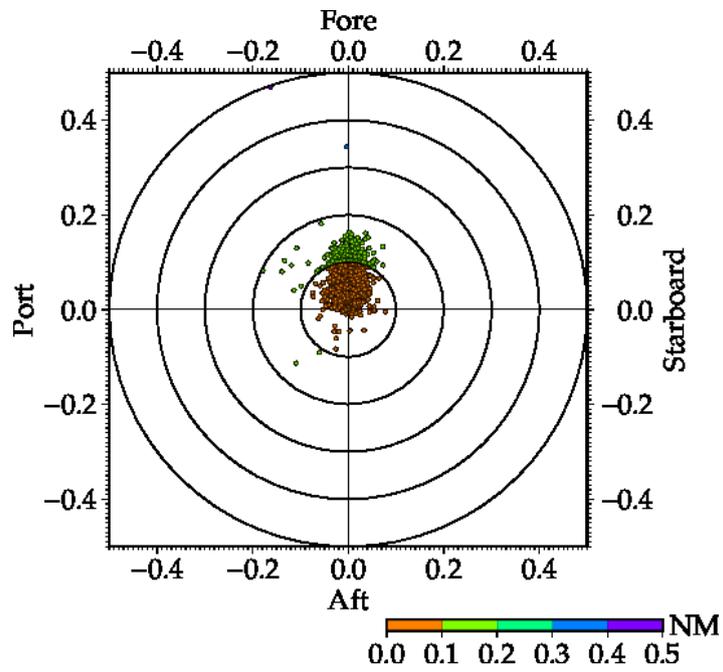


Fig. 5-22 K丸 (網船)

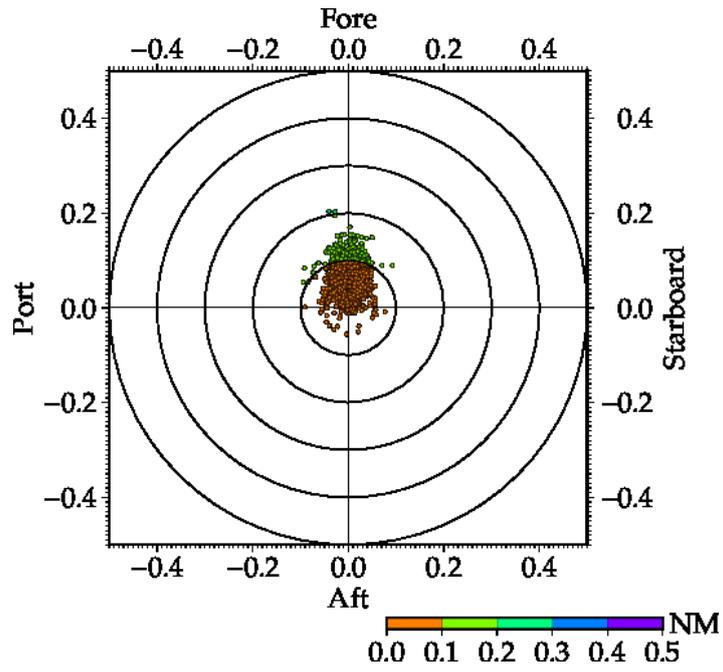


Fig. 5-23 L丸 (網船)

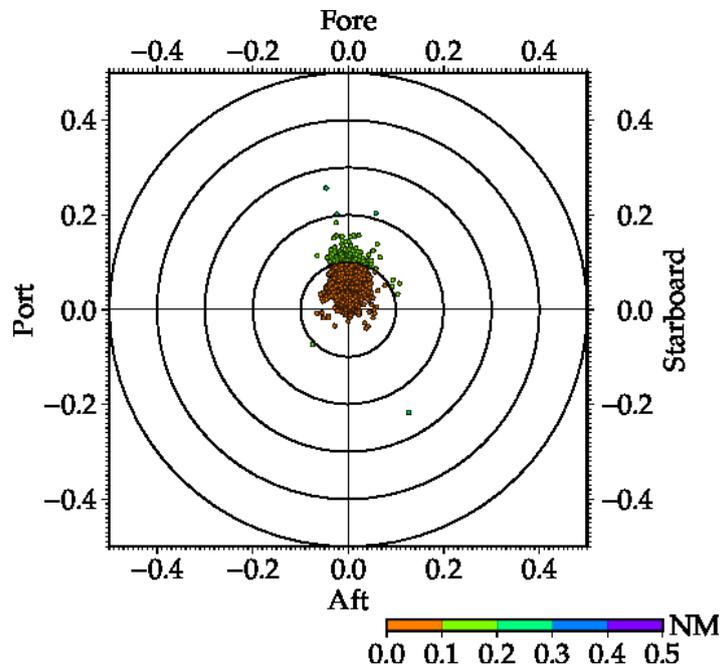


Fig. 5-24 M丸 (網船)

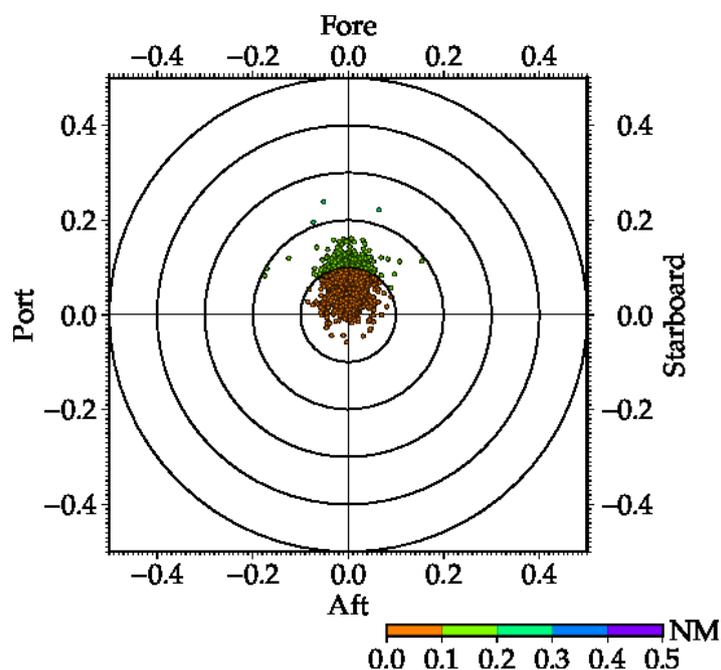


Fig. 5-25 N丸（網船）

Fig. 5-21 から Fig. 5-25 の結果より、運搬船 J 丸の AIS 船位変化量が他 4 隻（網船）よりも 0.1 海里以上のプロットが多いことが読み取れる。また、各漁船のデータ数および SD 値（Table 5-7）では、5 隻のデータ数がほぼ一定でありながら J 丸の SD 値（ $\delta = 0.069$ ）と最大船位変化量（0.8 海里）が他の網船（K 丸から N 丸）に比べ大きいこともわかる。このような状況から見ると、AIS 船位変化量は増速頻度に関するものとし唆される。

Table 5-7 J 丸から N 丸のデータ数と船位変化量 [N.M]

	N	Average	SD	Max
J	3,867	0.064	0.069	0.80
K	3,283	0.046	0.037	0.34
L	3,861	0.043	0.035	0.59
M	3,983	0.042	0.033	0.26
N	3,664	0.048	0.037	0.24

次に、J丸からN丸のデータ数に対する度数分布を Table 5-8 および Fig. 5-26 に示す。この結果から、2そう曳き網漁船は、AIS 船位変化量が階級下限値 0 (0 海里以上 0.05 海里未満) のデータ数が多いことが読み取れる。これは、0.05 海里以上 0.1 海里未満のデータ数が多い傾向にある底びき網漁船 (Table 5-3) とは異なる。その他の特徴として、網船4隻 (K丸からN丸) の推移は一定であるものの、運搬船 (J丸) の分布範囲が広範囲に及んでいることや、網船L丸の AIS 船位変化量が 0.5 海里以上に及ぶことがあげられる。

Table 5-8 度数分布 (AIS 船位変化量)

階級下限値	J	K	L	M	N
0.00	1,956	1,702	2,112	2,182	1,796
0.05	1,021	1,105	1,347	1,424	1,335
0.10	308	451	388	362	508
0.15	283	24	10	11	21
0.20	227	0	3	2	4
0.25	63	0	0	2	
0.30	5	1	0		
0.35	1		0		
0.40	0		0		
0.45	1		0		
0.50	0		0		
0.55	0		1		
0.60	0				
0.65	0				
0.70	0				
0.75	2				

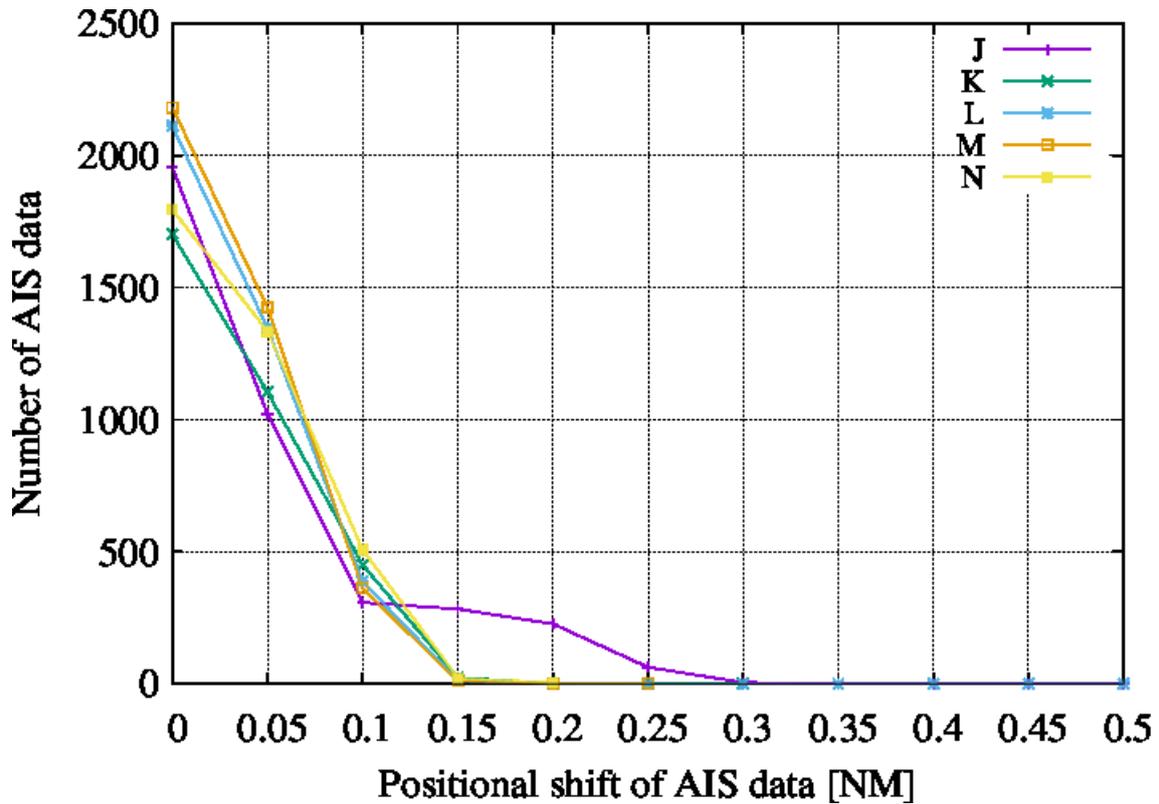


Fig. 5-26 度数分布 (AIS 船位変化量)

次に、AIS 船位変化量を階級 (0.05 海里) 毎に区切り各階級ごとの相対度数および累積相対度数から分析する。相対度数を Table 5-9 および Fig. 5-27、累積相対度数を Table 5-10 ならびに Fig. 5-28 に示す。

2 そう曳き網漁船と底びき網漁船との違いは、2 そう曳き網漁船の階級下限値 0 (0.05 海里未満) が全船 0.5 (底びき網漁船は 0.37~0.47) である点である。言い換えれば、2 そう曳き網漁船の AIS 船位変化量が少ないことであり、AIS 情報と実際の船位とのずれが少ないと判断できる。また、累積相対度数を比較した結果、階級下限値 0.1 (0.1 海里以上 0.15 海里未満) では運搬船の J 丸以外の 12 隻が 0.99 以上である。これらを判断すれば、簡易型 AIS を搭載する底びき網漁船および 2 そう曳き網漁船の AIS 船位変化量は、99% が 0.1 海里以上 0.15 海里未満で AIS データが更新されるといえる。

Table 5-9 相対度数 (2そう曳き網漁船)

階級下限値	J	K	L	M	N
0.00	0.5058	0.5184	0.5470	0.5478	0.4902
0.05	0.2640	0.3366	0.3489	0.3575	0.3644
0.10	0.0796	0.1374	0.1005	0.0909	0.1386
0.15	0.0732	0.0073	0.0026	0.0028	0.0057
0.20	0.0587	0	0.0008	0.0005	0.0011
0.25	0.0163	0	0	0.0005	
0.30	0.0013	0.0003	0		
0.35	0.0003		0		
0.40	0		0		
0.45	0.0003		0		
0.50	0		0		
0.55	0		0.0003		
0.60	0				
0.65	0				
0.70	0				
0.75	0.0005				

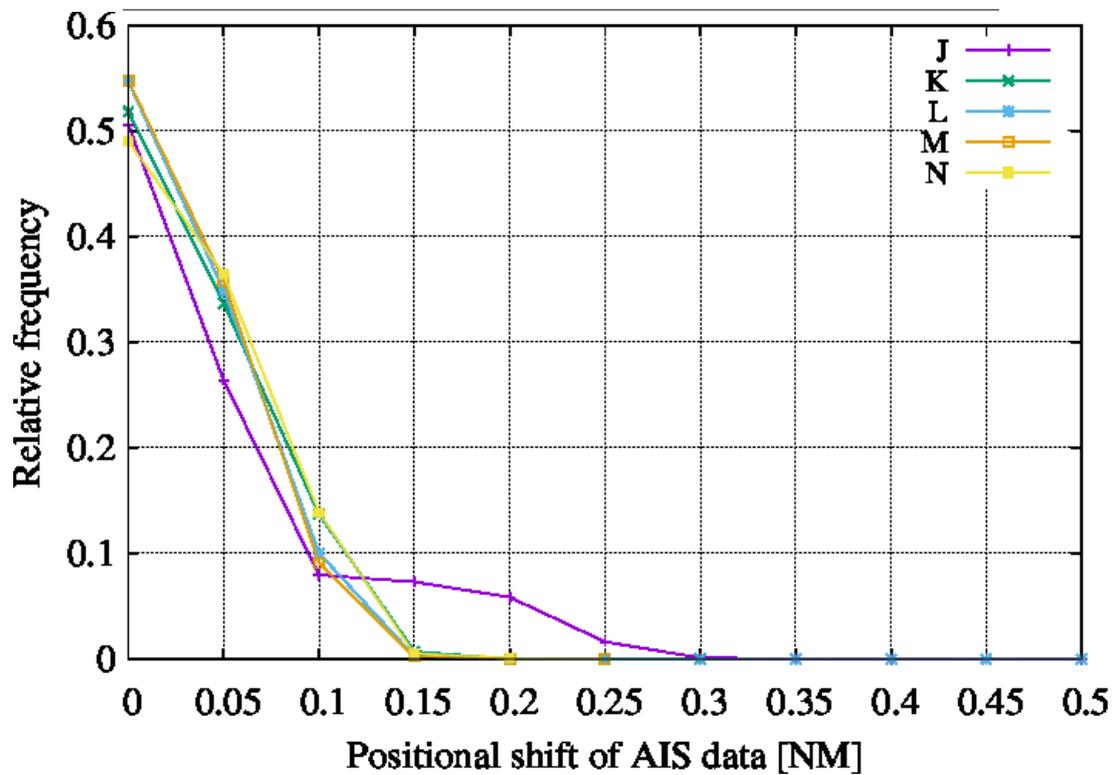


Fig. 5-27 相対度数 (2そう曳き網漁船)

Table 5-10 累積相対度数（2そう曳き網漁船）

階級下限値	J	K	L	M	N
0.00	0.5058	0.5184	0.5470	0.5478	0.4902
0.05	0.7698	0.8550	0.8959	0.9053	0.8545
0.10	0.8495	0.9924	0.9964	0.9962	0.9932
0.15	0.9227	0.9997	0.9990	0.9990	0.9989
0.20	0.9814	0.9997	0.9997	0.9995	1.0000
0.25	0.9977	0.9997	0.9997	1.0000	
0.30	0.9990	1.0000	0.9997		
0.35	0.9992		0.9997		
0.40	0.9992		0.9997		
0.45	0.9995		0.9997		
0.50	0.9995		0.9997		
0.55	0.9995		1.0000		
0.60	0.9995				
0.65	0.9995				
0.70	0.9995				
0.75	1				

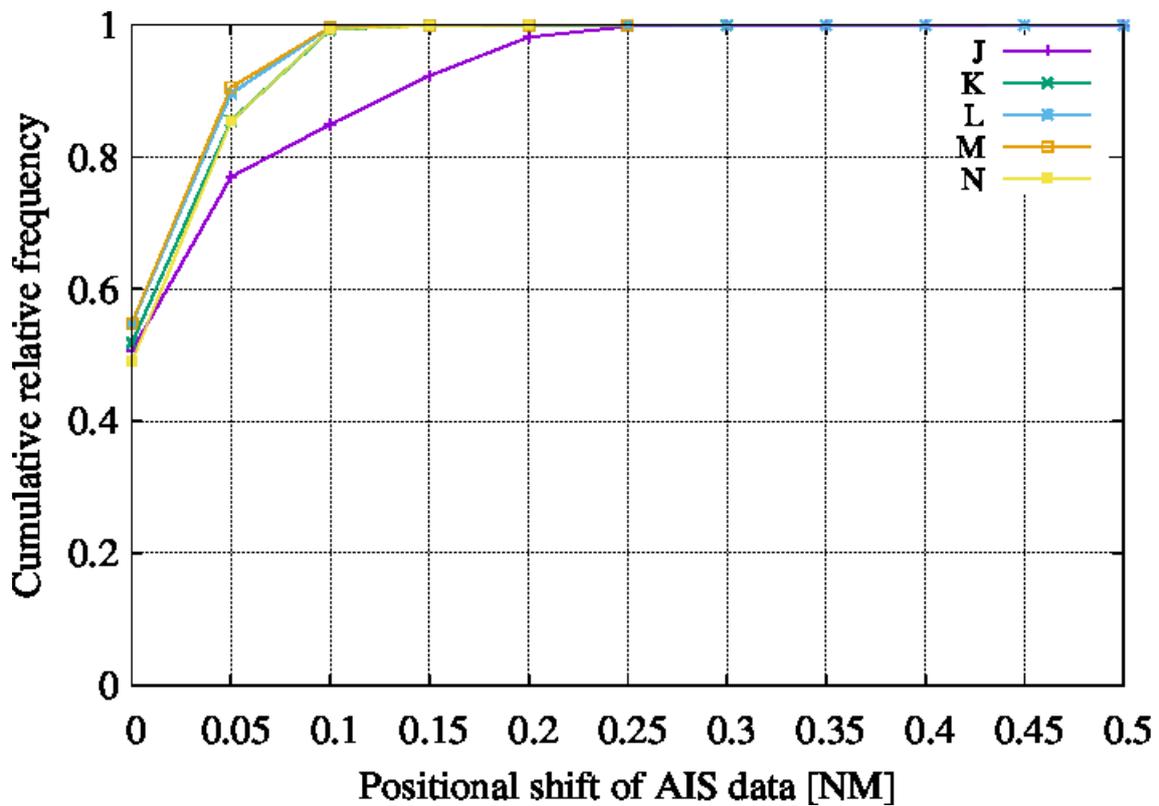


Fig. 5-28 累積相対度数（2そう曳き網漁船）

5.4 考察

5.4.1 AISのクラス別によるAIS船位変化量と識別

漁業練習船（対地速力14ノット未満）のAIS船位変化量は、最大0.07海里以内となり全データ（N=17,406）が0.7海里以内で変位していた。また、カーフェリー（対地速力24ノット未満）のAIS船位変化量は、全データ（N=9,092）のうち9,084データ（99.9%）が0.1海里未満であった。

漁業練習船における0.07海里（約130m）とは全長の約2倍相当である。カーフェリーの0.1海里（約185m）とは全長に相当する。クラスAを装備する漁業練習船のAIS船位変化量は、たとえば操業や調査など減速が生じたとしても、AIS船位変化量は0.1海里未満である。言い換えれば、実際の船位とAIS情報による船位誤差は0.1海里未満と考えてよい。

一方、漁船に搭載される簡易型 AIS の船位変化量は、99%が 0.1 海里（約 185 m）未満であるものの、0.45 海里（約 833 m）以上に達することも確認された。これは簡易型 AIS の送信レートと速力との関係では発生しない。このような事例は発生頻度が少ないだけに、相手に誤解を与える可能性がある。AIS など航海計器が発達したことで、視界制限状態において視野の内にある場合のように他船の存在と動静をすることが可能となり、現場と航法との不調和を生んでいる可能性を指摘⁽⁸⁾もあるが、その AIS 情報でさえ漁船の存在を正しく示していない可能性がある。

さらに、簡易型 AIS を利用する漁業者は、自船の AIS 情報がいつ送信され、送信後の経過時間を知る手段がない。漁業者にとって簡易型 AIS を搭載することで確実に相手船が認識していると考えerことは危険である。加えて、その情報を利用する漁船以外の船舶では、AIS 情報のクラス（クラス A か簡易型か）を識別することや、データの更新頻度などに留意する必要がある。例えば AIS のクラスを知る手段として、レーダ上ではクラス A のみ表示される航海状態（Navigation Status）や目的地などに加え、船首方位の表示がない場合は簡易型 AIS（船首方位の出力は任意）と判断することができる。

いずれにせよ、AIS のクラスを判断するには、①情報の更新状況（10 秒以上であれば簡易型 AIS）②航海状態や目的地情報（クラス A のみ）③船首方位と対地針路表示（AIS シンボルマーク）により判断することが必要である。

5.4.2 漁業種類別の AIS 船位変化量

漁業種類別の AIS 船位変化量について、底びき網漁船と 2 そう曳き網漁船の結果から考察する。まず、簡易型 AIS を漁船で利用する際、送信レートは対地速力により自動的に変化するため、各漁業種類による操業形態が AIS の運用に影響する。

底びき網漁船は、「投網・曳網・揚網・漁場移動」のサイクルを繰り返す。対地速力は投網から揚網までは袋状の網を曳くことから、潮流の影響を受けない限り約 2 ノット

以下になる。その後、次の投網位置まで移動する。

一方、2そう曳き網漁船（網船）の基本動作は「投網・曳網」のみであり、操業中の揚網は運搬船が行う。また、網船は揚網作業がないため、揚網した状態で高速で漁場を移動することがない。

底びき網漁船と2そう曳き網漁船のAIS船位変化の傾向として、底びき網漁船が0.05海里（約926 m）よりも0.05海里以上0.1海里（約185 m）未満（階級下限値0.05）に多く発生する傾向（Fig. 5-17）がある。これに対し、2そう曳き網漁船は0.05海里未満（階級下限値0）が最も多く発生している（Fig. 5-26）。これは、2そう曳き網漁船と底びき網漁船の操業形態と海域に影響するものと示唆される。すなわち、1日の操業で「投網・曳網・揚網・漁場移動」を繰り返す底びき網漁船と、揚網作業と漁場移動がない2そう曳き網漁船との操業形態の違いが影響していると考えられる。

Fig. 5-29は、2016年3月9日の2そう曳き網漁船1隻の対地速力の推移を示している。横軸は時間、縦軸が対地速力（ノット）である。赤枠が操業（曳網中）である。このとき、2そう曳き網漁船は潮流が西流れの明石海峡航路を東口から西口にかけて曳網している。Fig. 5-29の結果からも、2そう曳き網漁船は潮流影響を受け、曳網速力が2ノットを徐々に超え増加していることが読み取れる。。

このような状況から見ると、潮流の影響を受ける海域では潮流と曳網方向により対地速力が変化し、これが簡易型AISの送信レートにも左右すると判断される。

さらに、漁法と潮流との関係では、2そう曳き網漁船は潮流を考慮した漁場を選定する。一方、底びき網漁船は対地（海底）を基準に漁場選定を行う。2そう曳き網漁船も潮流に逆らいながら曳網することもあることから、漁業者がAISを活用し自船の安全を確保するには、主機関の回転数だけでなく対地速力にも注意が必要である。

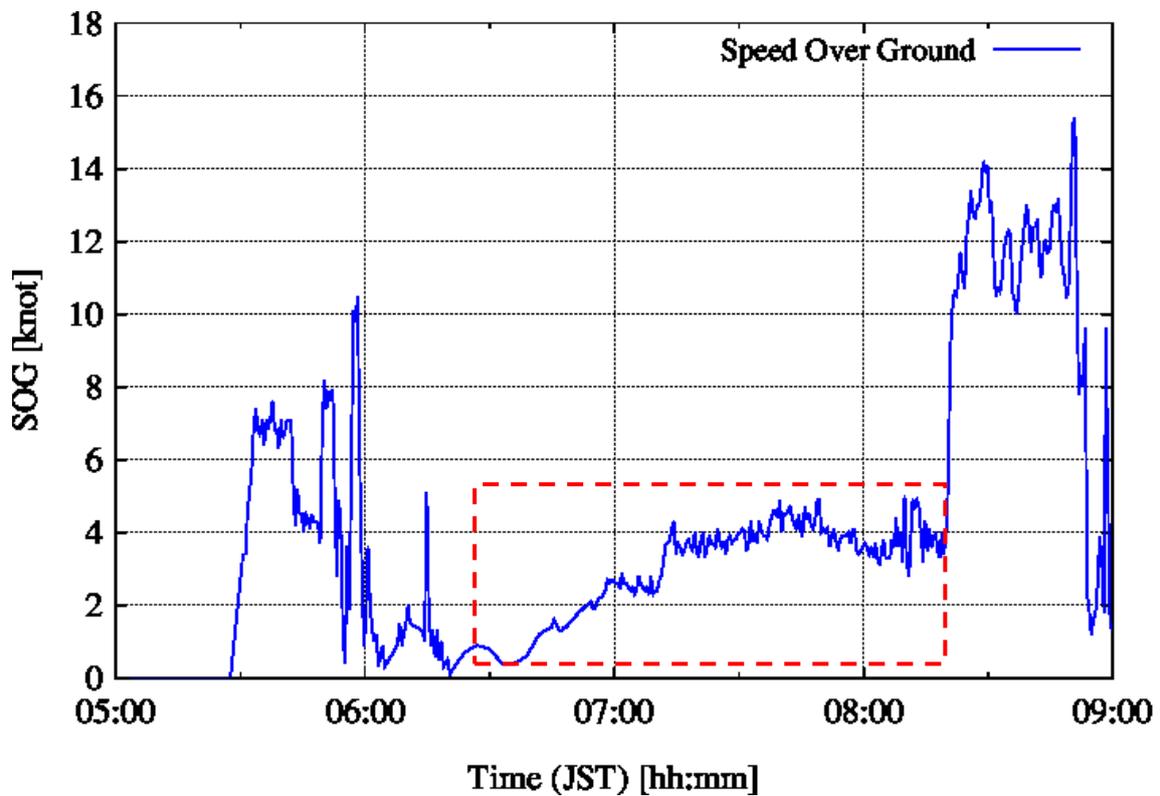


Fig. 5-29 潮流の影響を受ける2そう曳き網漁船の対地速力 (SOG) 推移

5.4.3 J丸 (運搬船)

2そう曳き網漁船の運搬船 (J丸) について考察する。J丸の特徴は、曳網作業を行わずに2統 (K丸とL丸、M丸とN丸) の漁船群の網を揚網し、漁獲物を新鮮な状態で漁港まで届けることである。そのため、J丸は1日の操業で漁場と漁港を短時間 (高速) で往復し、対地速力30ノットを超えることもある。対地速力30ノットとは簡易型AISの送信レートは30秒・AIS船位変化量が0.25海里 (約463 m) である。J丸の階級下限値0.25の累積相対度数が0.99 (Table 5-10) であることを考慮すれば、J丸のAIS船位変化量が大きくなることが考えられる。

しかし、J丸のAIS船位変化量は、Table 5-7およびTable 5-8の結果から0.3海里から0.75海里間で9データを確認できる。AIS船位変化量0.3海里とは30秒間を対地速力36ノットで航行する必要がある。このような事例について、GPS測位誤差や簡易

型 AIS の送信状況を含め、次章で検討する。

5.5 まとめ

本章では、各漁船の AIS 船位変化量に着目した漁船搭載簡易型 AIS の特徴を分析した。その結果、小型漁船で利用される簡易型 AIS 情報には、AIS 情報の更新にともなう位置情報の変位量が規定値よりも大きく変位することが確認された。

本章をまとめると次のとおりである。

- (1) 漁業種類により AIS 船位変化量の分布が異なる
- (2) 曳網速度が潮流影響により 2 ノットを超えることがある。
- (3) 底びき網漁船の AIS 船位変化量は 0.05 海里以上 0.1 海里未満が多い。
- (4) 2 そう曳き網漁船のうち、網船は揚網作業や漁場移動がないため、AIS 船位変化量も 0.05 未満に最も多く発生する。
- (5) 2 そう曳き網漁船のうち、運搬船は漁場と漁港を往復するため、高速かつ増減速の回数が多い。そのため、AIS 船位変化量は大きくなる。
- (6) 被験船 14 隻において、自船の性能（速力）を超えた AIS 船位変化が発生している。
- (7) 漁業種類毎の AIS 船位変化量（最大値）は、底びき網漁船 0.48 海里（約 889 m）、はえ縄漁船 0.47 海里（約 870 m）、2 そう曳き網漁船・運搬船 0.8 海里（約 1,482 m）、2 そう曳き網漁船・網船 0.59 海里（約 1,093 m）。

ここで特に指摘しておきたいのは(6)(7)である。自船の性能を超えた AIS 船位変化量とは、レーダなど AIS 情報表示装置に示される AIS シンボルマークと実際の船位との誤差を意味する。言い換えれば、漁船は AIS シンボルマークがある位置には存在せず、そのマークから離れた地点に存在することである。レーダで漁船の映像を確認できない場

合、表示される漁船 AIS 情報（簡易型）が正しいか否かは判断できない。よって、過大な AIS 船位変化量は操船者に誤解を与え、衝突の危険を招く可能性がある。

さらに、レーダ上では実映像と AIS シンボルマークとのズレを解消するため、AIS 情報に含まれる対地針路と対地速力から AIS 搭載船の動きを予測する機能もある。しかし、漁船の場合は針路を頻繁に変えるため効果的であるとはいえない。

このように、簡易型 AIS は漁船の安全確保に貢献しているとは必ずしも言い切れない。簡易型 AIS の送信レート 3 分（対地速力 2 ノット以内）では、動静が変化しやすい漁船の存在を知ることが不可能である。このような課題については、次章で原因と対応策を探る。

第6章 漁場移動に伴う漁船 AIS 情報の船位変化分析

6.1 概説

これまでの研究結果から、簡易型 AIS 情報に含まれる位置情報の移動量（AIS 船位変化量）が過大になり、このことが周囲の船舶に誤認を与えることが示唆された。

小林ら⁽⁴⁹⁾は簡易型 AIS について「搭載義務が無い小型船舶については速力がかなり速いものがあるにも関わらず、送信レートが最小でも 30 秒と長く、本来危険回避のための情報提供が目的である AIS 導入主旨から考えてなんらかの改善が必要である」と指摘している。すなわち、小林らは小型船の高速力と送信レート（30 秒）の関係から 30 秒毎に送信される AIS 情報の距離が長くなることを指摘している。また、簡易型 AIS の通信状況について、AIS の混信率は AIS 搭載船隻数が増加すると高くなり、特に Class B AIS（簡易型 AIS）のメッセージ送信に CSTDMA を使っている場合が顕著であるとの指摘⁽⁵⁰⁾もある。簡易型 AIS は通信方式 CSTDMA を採用するため、船舶が輻輳することで簡易型 AIS の情報が送信できない可能性を指摘している。

さらに、山下ら⁽¹²⁾も「直前のプロットから予測した 30 秒後の船位と、実際の船位は大きく異なる。簡易型 AIS は送信レートが 30 秒であるゆえ、動きを正確に把握することが難しい。操船判断に Class B AIS（簡易型 AIS）を用いる際は注意が必要である」と指摘する。このように簡易型 AIS 搭載船舶が対地速力 2 ノット以上で航行する際の送信レート（30 秒）はクラス A に比べて AIS 情報の距離が長くなることを疑問視している。

以上のように、これまで簡易型 AIS の運用に際し様々なアプローチから指摘がなされてきたが、このような問題点について実際の操業漁船を対象に検討が行われていない。第 2 章で示したとおり総トン数 20 トン未満の小型漁船に簡易型 AIS 搭載率が増加している現状からも、具体的な問題点を明らかにする必要がある。

そこで、本章ではこれまでの研究結果を踏まえ、簡易型 AIS の送信レートおよび速力ならびに漁船の GPS データに着目し、第 5 章で明らかになった漁船の過大な AIS 船位変化量の原因を分析する。

6.2 方法

本章では、各漁業種類の AIS 船位変化量について AIS 送信履歴に含まれる速力から AIS 送信時の漁船状態を解明する。また、0.3 海里以上のように過大な AIS 船位変化量について、速力と送信間隔の関係から原因を探る。最後に AIS 船位変化量が 0.3 海里以上を対象に、AIS 船位変化量が大きくなるパターンを漁船 GPS データから明らかにする。

6.3 結果

6.3.1 底びき網漁船

底びき網漁船 8 隻の AIS 船位変化量について、速力変化による分類を行った。Fig. 6-1 から Fig. 6-6 は、底びき網漁船 3 隻 (A・B・D 丸) の AIS 船位変化量を AIS の送信前後で示している。それぞれの図では、横軸に対地速力 (ノット)、縦軸に AIS 船位変化量 (海里) を示している。また、点線内は AIS 船位変化量 0.3 海里以上である。

なお、AIS 船位変化量は AIS 情報の n 回目と $(n+1)$ 回目に含まれる位置情報 (Fig. 5-1) から算出している。よって、Fig. 6-1 と Fig. 6-2 (A 丸) および Fig. 6-3 と Fig. 6-4 (B 丸) ならびに Fig. 6-5 と Fig. 6-6 (D 丸) は、それぞれ同じ AIS 船位変化量に対し n 回目と $(n+1)$ 回目の速力 (横軸) 推移を示している。

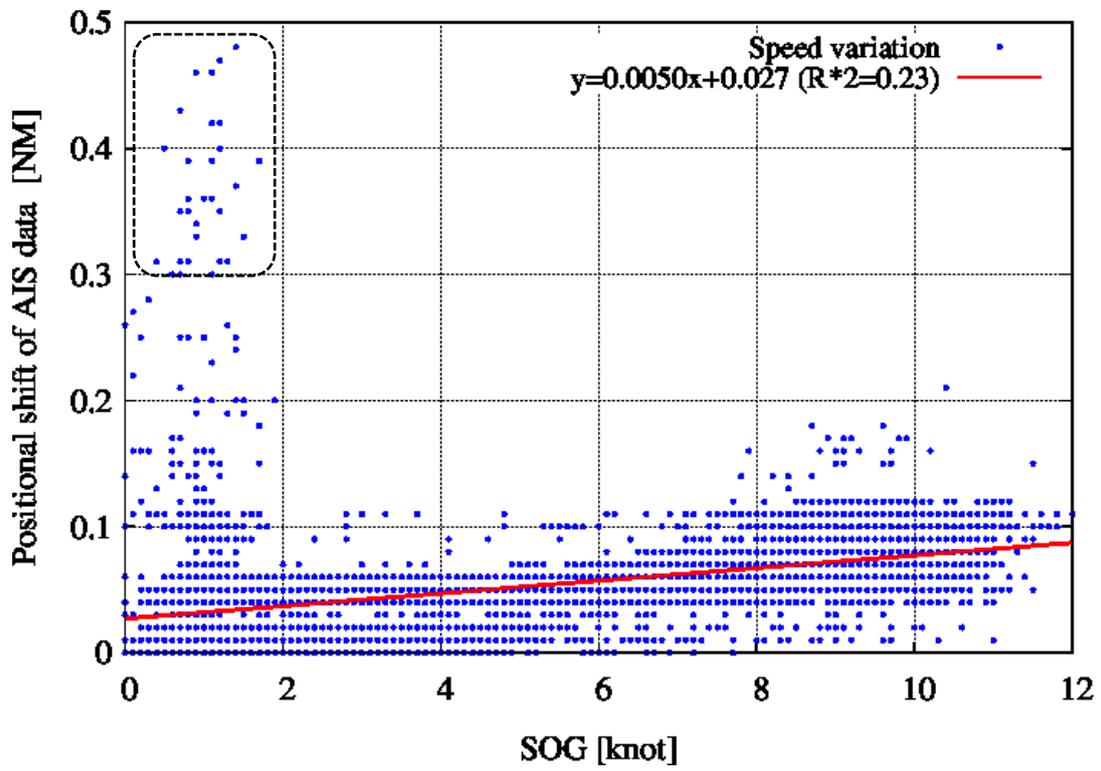


Fig. 6-1 A丸 (n回目)

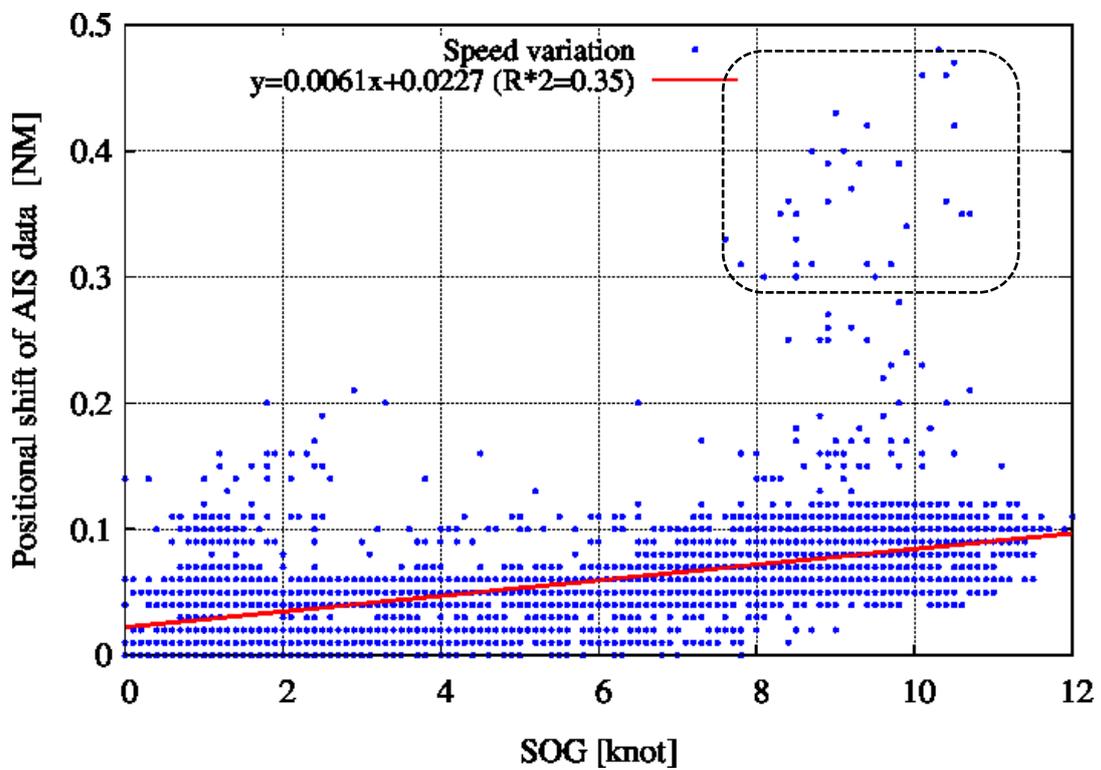


Fig. 6-2 A丸 (n+1回目)

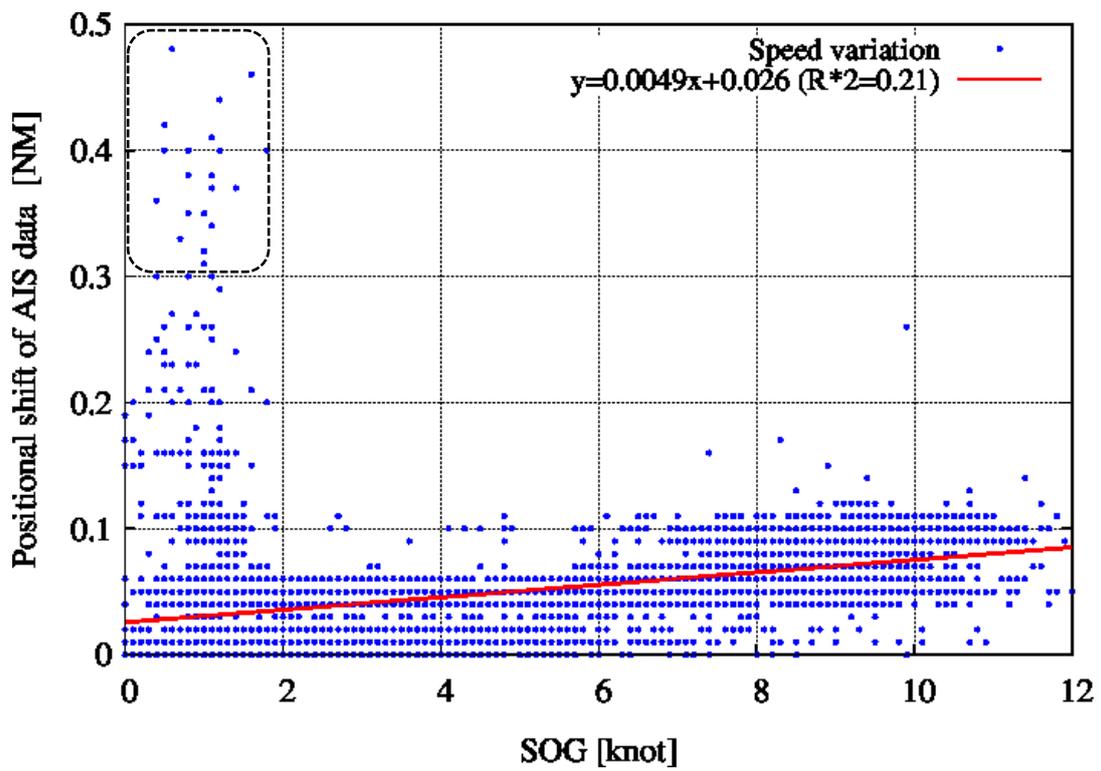


Fig.6-3 B丸 (n回目)

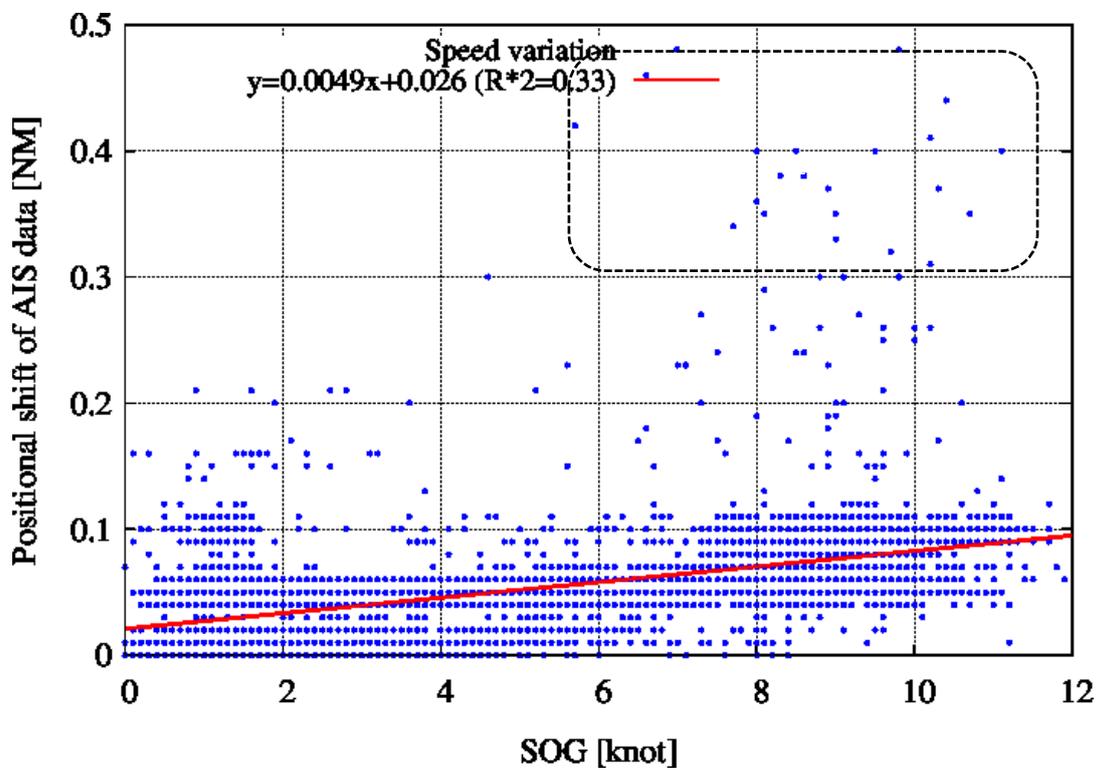


Fig.6-4 B丸 (n+1回目)

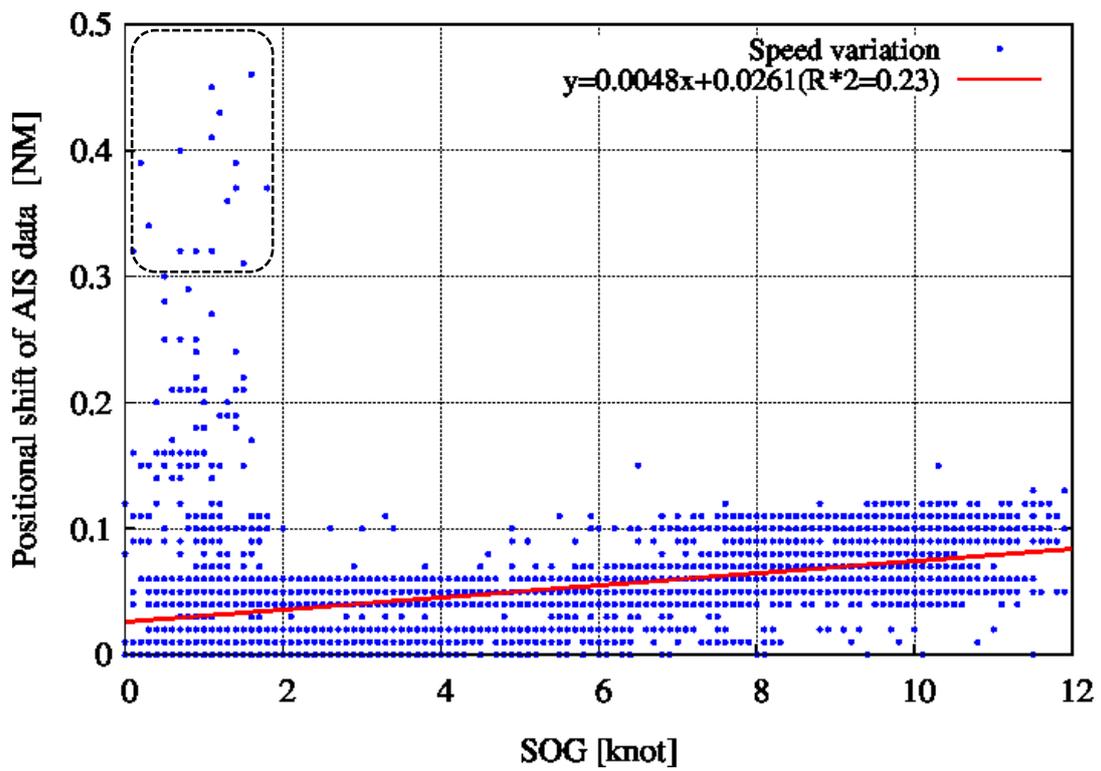


Fig.6-5 D丸 (n回目)

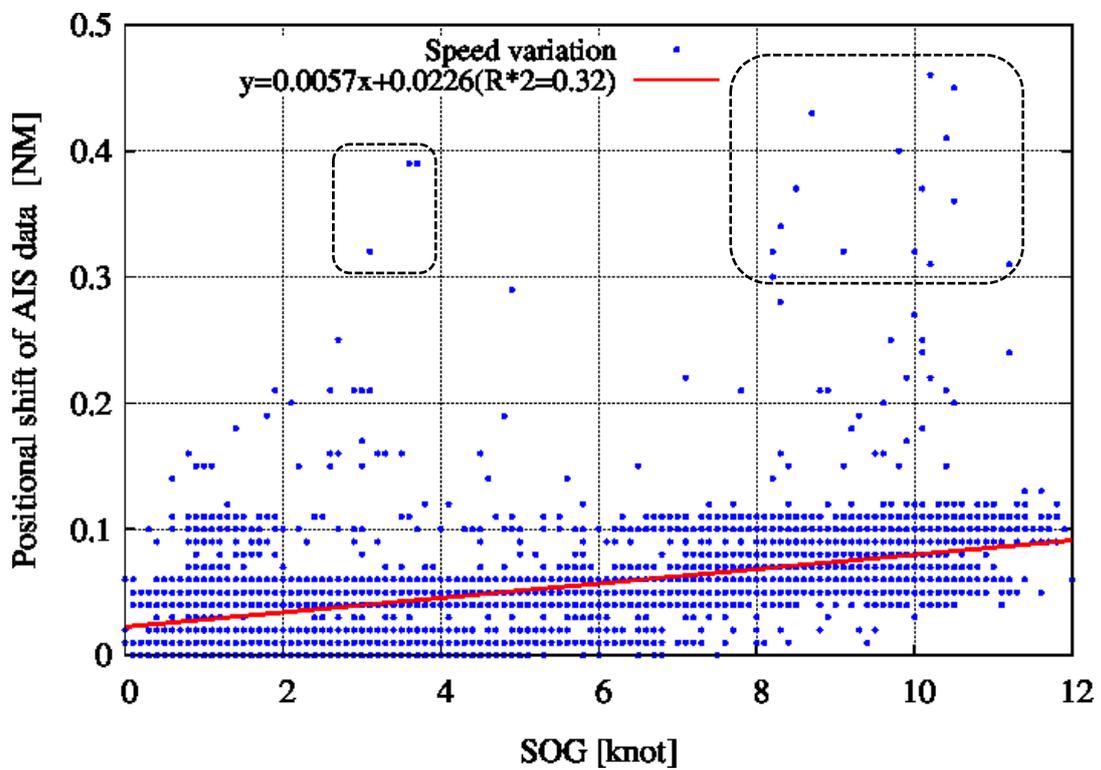


Fig.6-6 D丸 (n+1回目)

Fig. 6-1 から Fig. 6-6 の結果より、AIS 船位変化量が 0.3 海里以上となる場合は、n 回目の対地速度が 2 ノット以下であることが読み取れる (Fig. 6-1、6-3、6-5)。対地速度 2 ノット以下とは、簡易型 AIS の送信レートが 3 分である。また、AIS 船位変化量 0.3 海里以上の分布 (点線内) は、次の送信 (n+1) で速度が増加していることがわかる。

以上の結果から、底びき網漁船の AIS 船位変化量が大きくなる条件は、底びき網漁船が対地速度 2 ノット以下の状態から 3 分もしくは 30 秒後に増加する場合であるといえる。一方、AIS 船位変化量 0.1 海里前後の分布は、送信前後で変動がない (速度が一定である) ことも指摘できる。

次に、AIS 船位変化量 0.3 海里以上のデータを対象として、送信レートと対地速度から検討する。Fig. 6-7 は横軸に送信レート、縦軸に対地速度を示している。青色プロットは AIS 船位変化量に対する最初の送信時 (n 回目) の対地速度、赤色プロットはその後の送信時 (n+1 回目) の対地速度である。Fig. 6-7 より、底びき網漁船の AIS 船位変化量が 0.3 海里以上になる場合は、最初の対地速度が 2 ノット以下であり、送信レートが 3 分であると結論づけられる。これは、小林ら⁽⁴⁹⁾が指摘する 30 秒間隔のレートに関する問題とは異なる問題点である。

さらに、赤色プロットについて検討と対地速度 4 ノット未満も確認できる。すなわち、簡易型 AIS を搭載した底びき網漁船が送信レート 3 分間で増減速を行っている可能性がある。

これは漁船が漁業活動をするうえで、投網や揚網、漁場探索などの目的で増減速が頻繁に行われていることが影響している⁽⁵¹⁾。

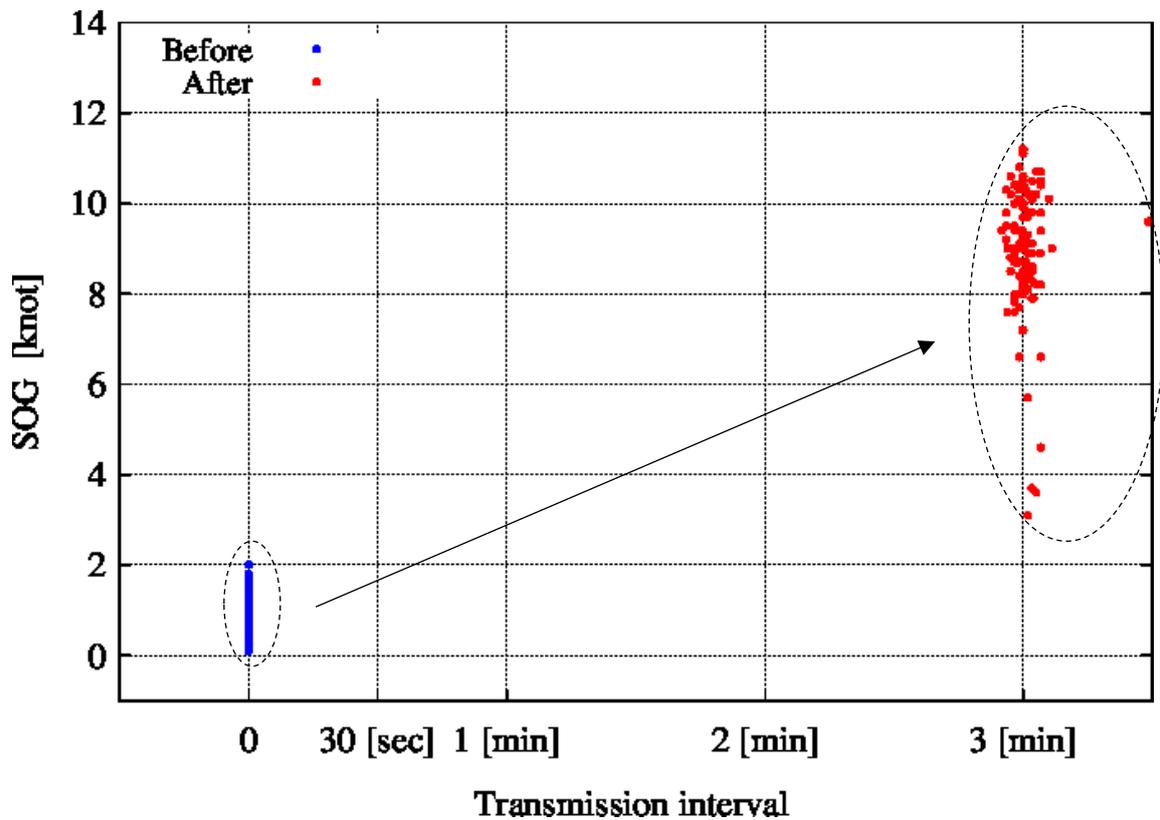


Fig. 6-7 AIS 船位変化量増大に伴う送信レートと速力との関係（底びき網漁船）

6.3.2 はえ縄漁船

はえ縄漁船の AIS 船位変化量と速力分布を Fig. 6-8、Fig. 6-9 に示す。はえ縄漁船も底びき網漁船同様、AIS 船位変化量が 0.3 海里以上になるのは最初の速力が 2 ノット以下である。

また、AIS 船位変化量が 0.47 海里（約 870 m：点線内）の場合、速力が 1.2 ノット（Fig. 6-8）から 2.5 ノット（Fig. 6-9）に変化している。すなわち、漁船がその間に増減速を行っていることが考えられる。送信レートと対地速力との関係を Fig. 6-10 に示す。

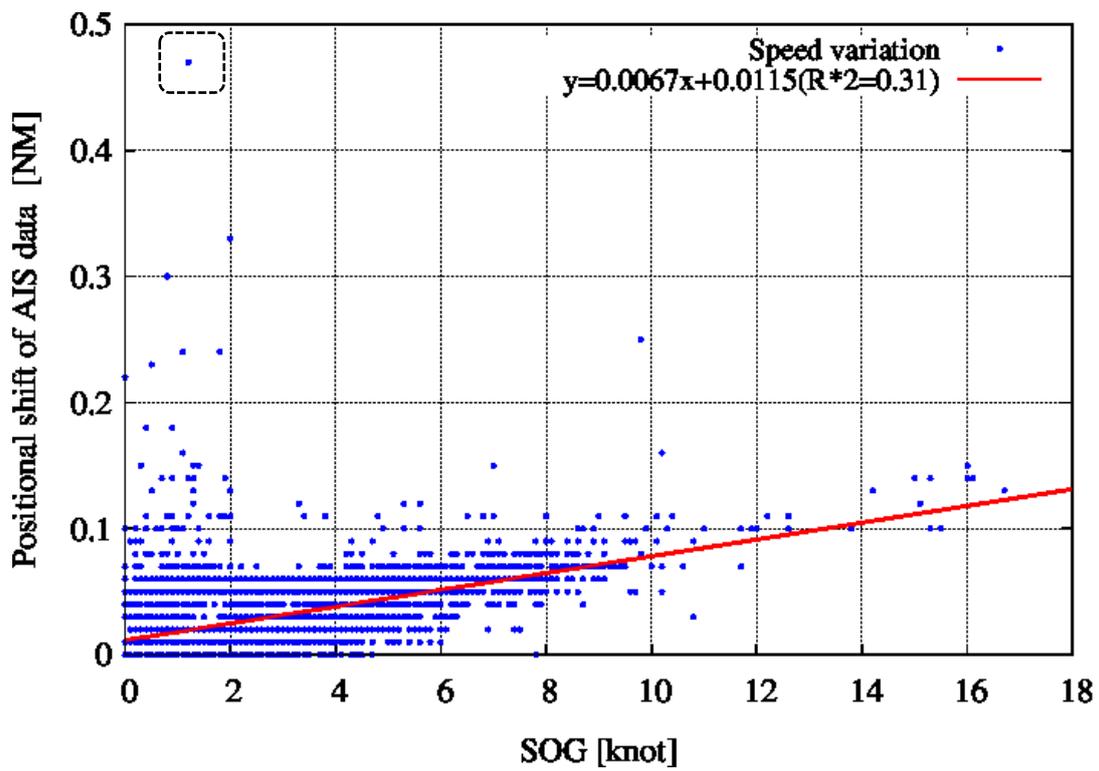


Fig. 6-8 I丸 (n回目)

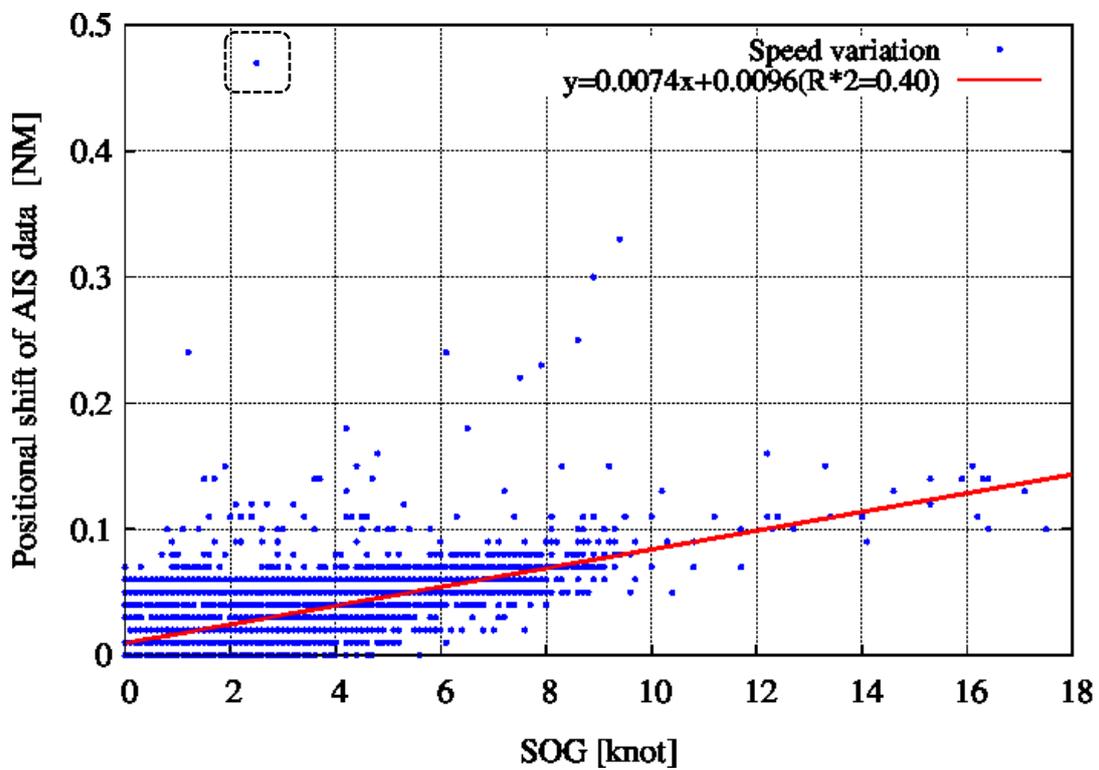


Fig. 6-9 I丸 (n+1回目)

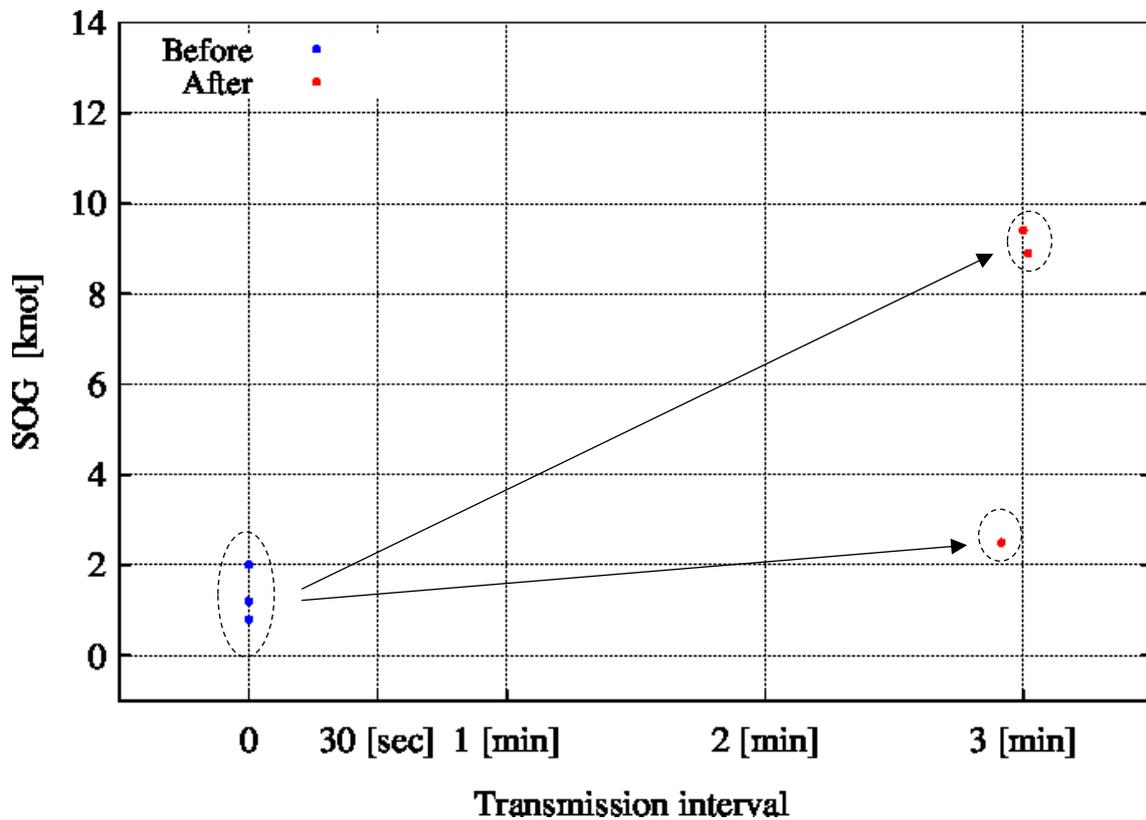


Fig. 6-10 AIS 船位変化量増大に伴う送信レートと速力との関係（はえ縄漁船）

6.3.3 2 そう曳き網漁船

(1) 運搬船（J丸）

運搬船J丸のAIS 船位変化量と速力分布を Fig. 6-11 および Fig. 6-12 に示す。この結果から、J丸のAIS 船位変化量は、速力増加に比例し増大しているが、高速であることから0.8海里（約1482 m）に達する場合（点線内）も2例確認できる。この場合、J丸は最初のAIS 送信時、速力は2ノット以下である。そして次の送信時には速力25ノット前後にまで増速している。この時、AIS 船位変化量が大きく変位していると結論づけられる。

送信レートとAIS 船位変化量との関係を Fig. 6-13 に示す。Fig. 6-13の赤枠で示す箇所は、運搬船が対地速力30ノット以上で航行中、AIS 情報が30秒間隔で送信されたことを示す。これが小林ら⁽⁴⁹⁾らが指摘する点である。黒枠の4データは、速力2ノット未

満から増速し3分後にAISデータが送信されたことが読み取れる。

以上の結果を考慮すると、簡易型AISを搭載した漁船に関し、速力2ノット以内（曳網および揚網中）から増速するとき、簡易型AISの送信タイミングによっては増速した後も3分間隔で次回送信が予約されることがある。その結果、AIS船位変化量が大きくなる可能性が高くなる。漁船が頻繁に増減速を行うことが影響している。

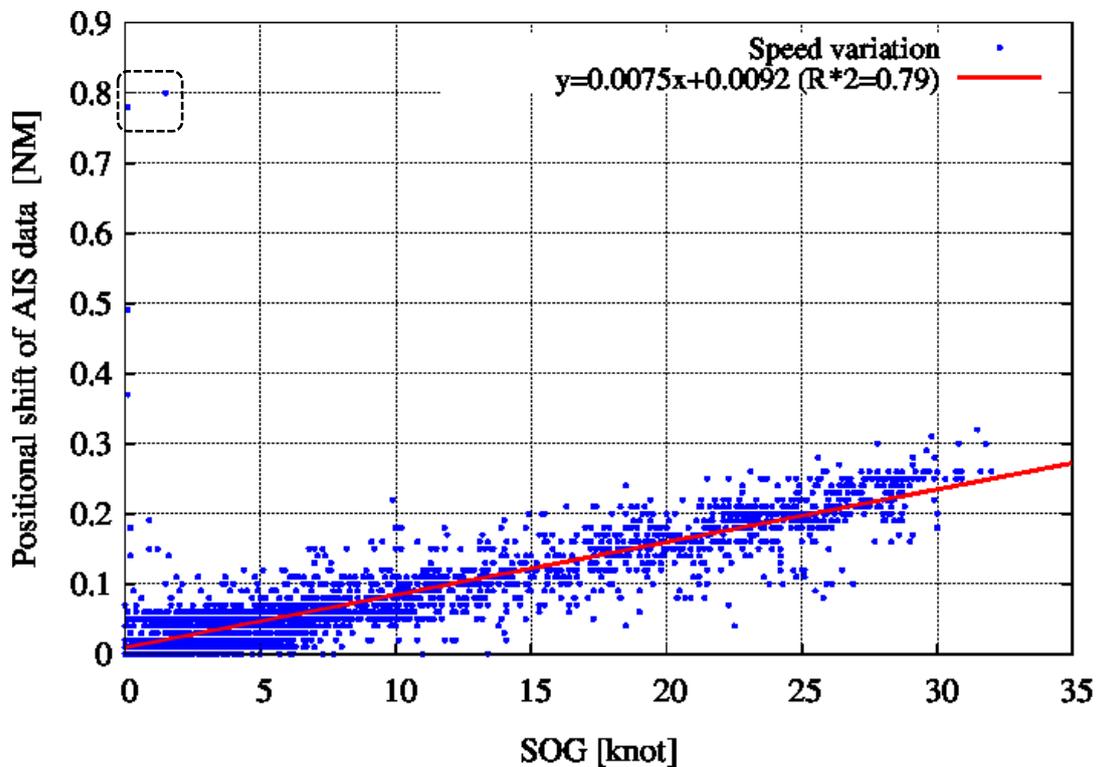


Fig. 6-11 J丸 (n回目)

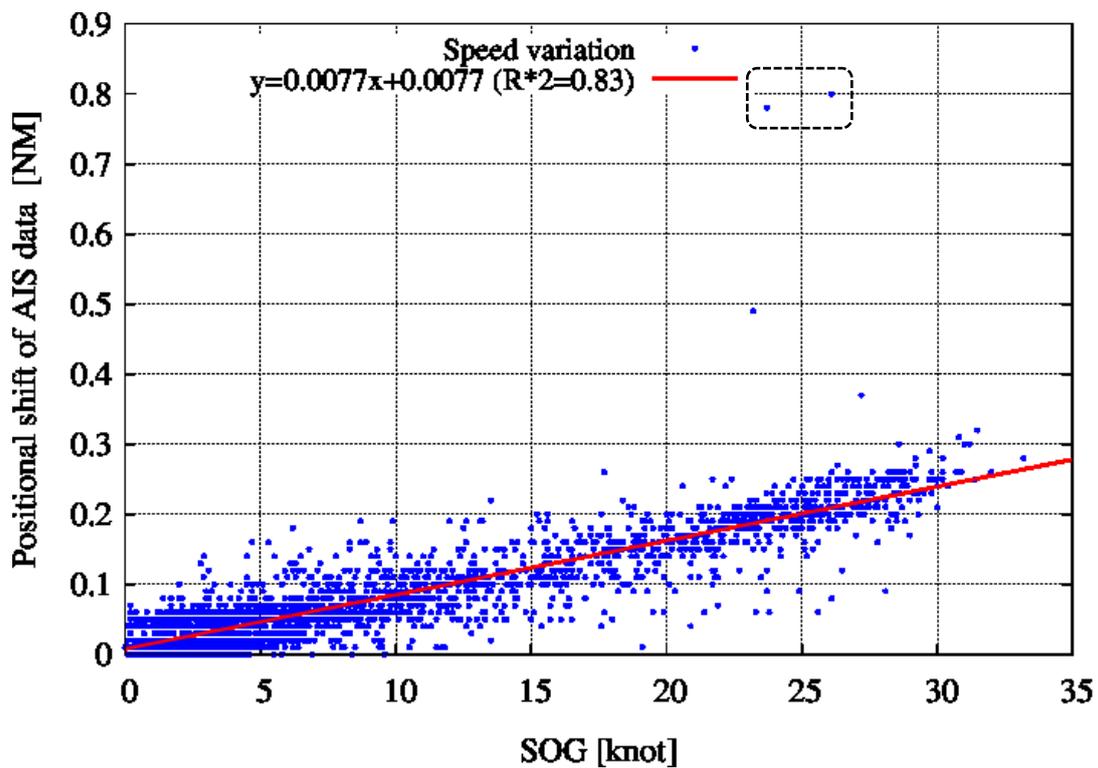


Fig. 6-12 J丸 (n+1回目)

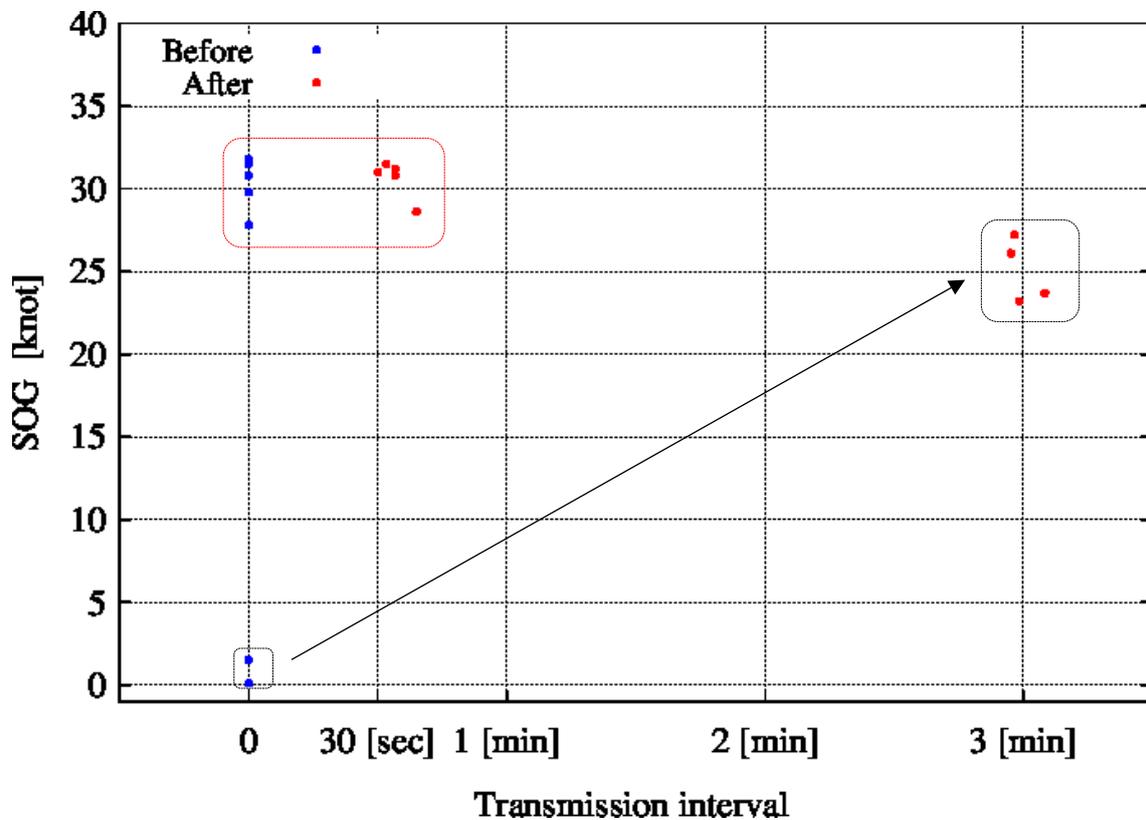


Fig. 6-13 AIS 船位変化量増大に伴う送信レートと速力との関係 (2そう曳き運搬船)

(2) 網船 (K 丸から N 丸)

網船 4 隻のうち、K 丸と M 丸の AIS 船位変化量と速力分布を Fig. 6-14 から Fig. 6-17 に示す。それぞれ横軸を対地速力 (ノット)、縦軸が AIS 船位変化量 (海里) とする。4 隻のうち 2 隻 (K 丸と M 丸) とした理由は、網船は 2 隻で網を曳くため 2 隻が同じ動きを取るためである。

2 そう曳き網漁船 (網船) と底びき網漁船との違いは、2 そう曳き網漁船の航行速力が 15 ノット以上 (底びき網漁船は 10~12 ノット) あることに加え、揚網作業がないことである。さらに、2 そう曳き網漁船は漁場移動が少ないため、揚網と同時に漁場を移動することも少ない。そのため、6.3.1 節で示したような急激な増速に伴う過大な AIS 船位変化が発生する可能性は少ない。

なお、K 丸では AIS 船位変化量が 1 例のみ 0.3 海里を超えている (点線内)。Fig. 6-14 および Fig. 6-15 の結果から、これまで同様に対地速力 2 ノット以内で自船 AIS 情報が送信され、その後に漁船が増速した場合であることが読み取れる。

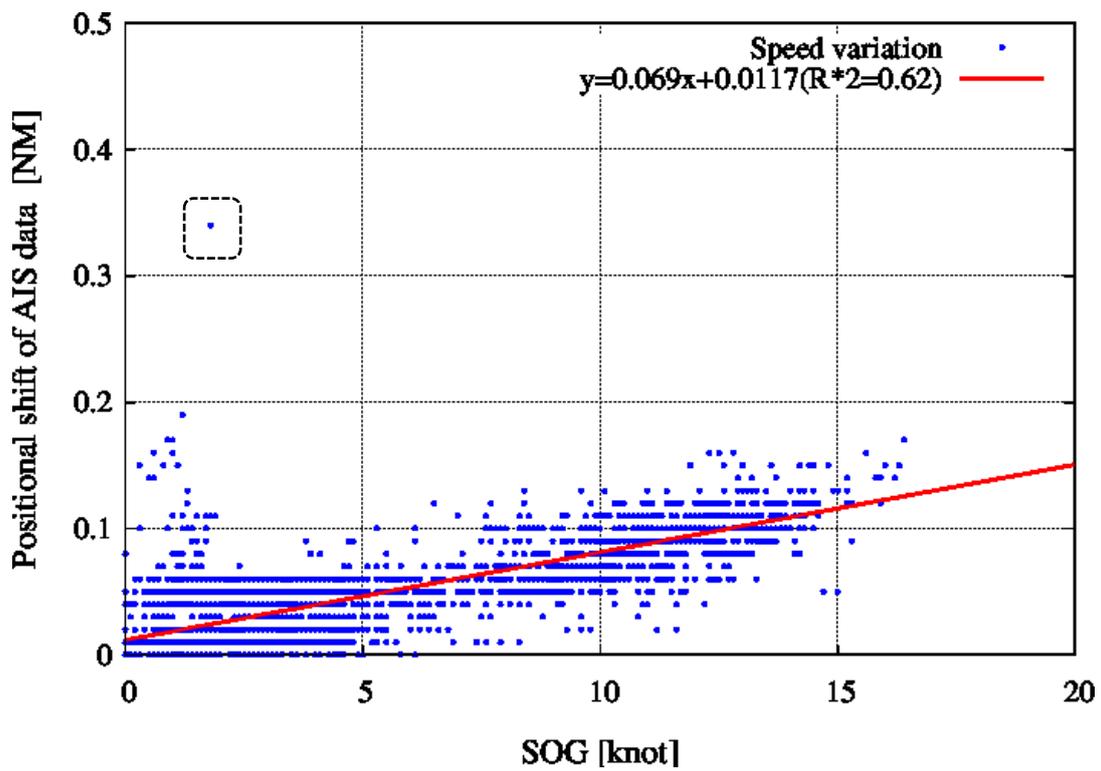


Fig. 6-14 K丸 (n回目)

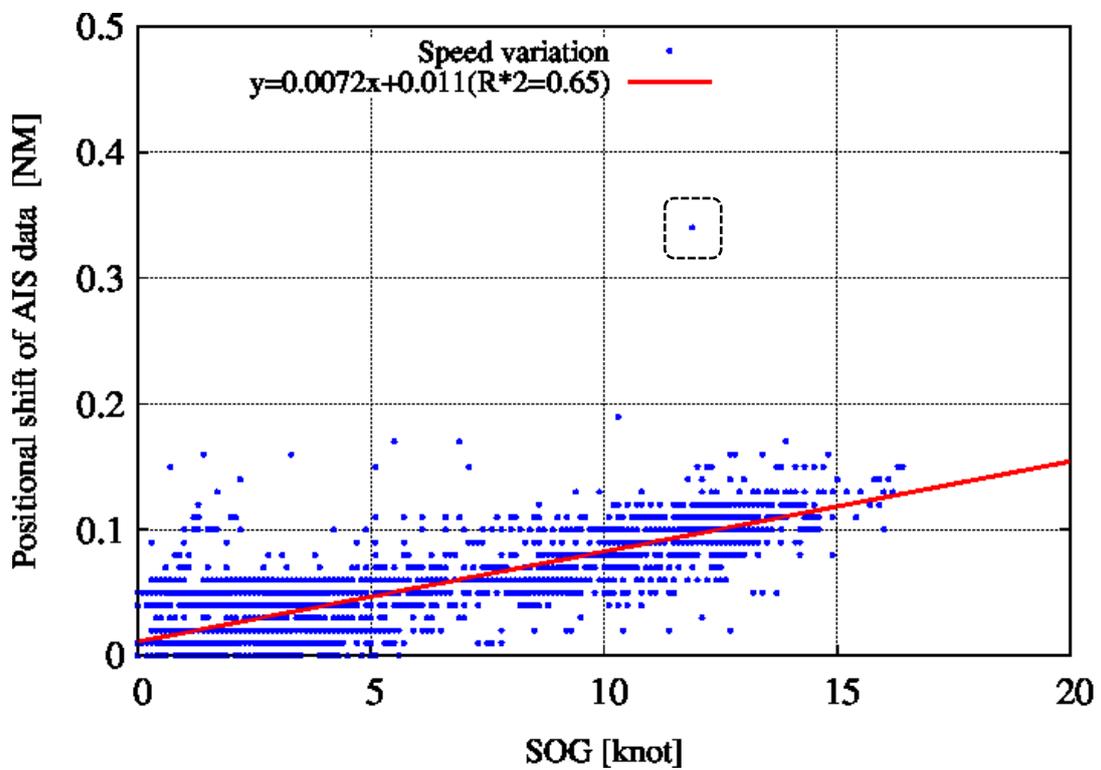


Fig. 6-15 K丸 (n+1回目)

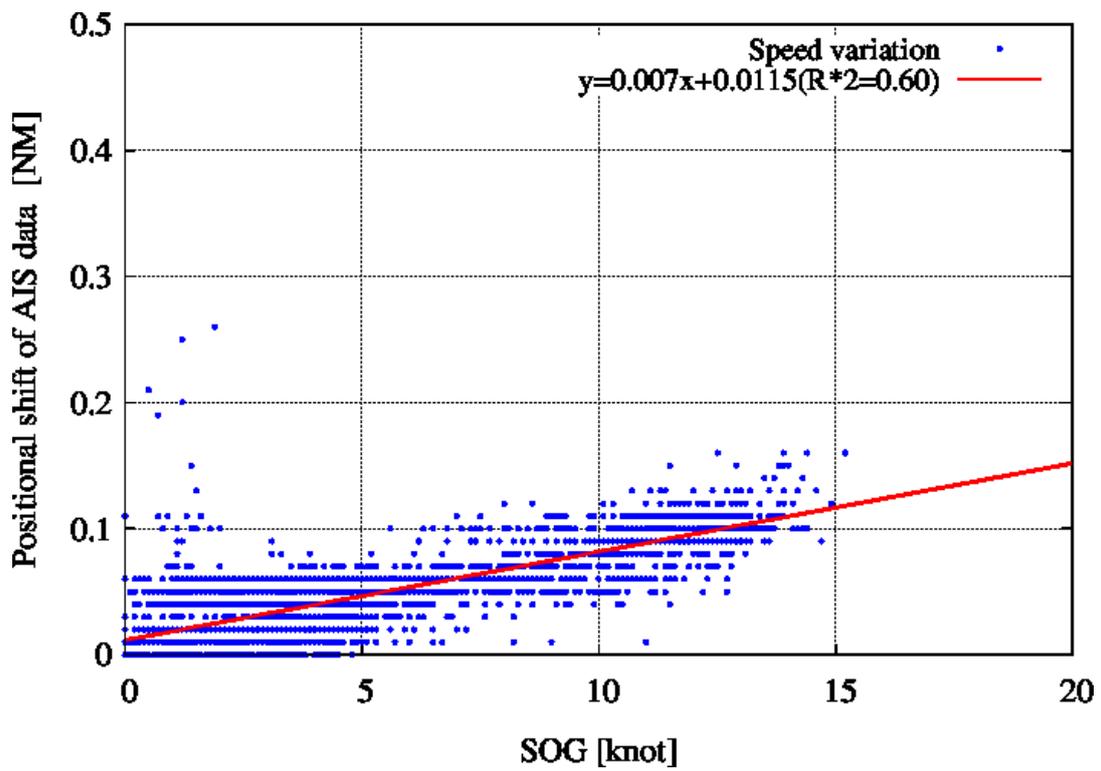


Fig.6-16 M丸 (n回目)

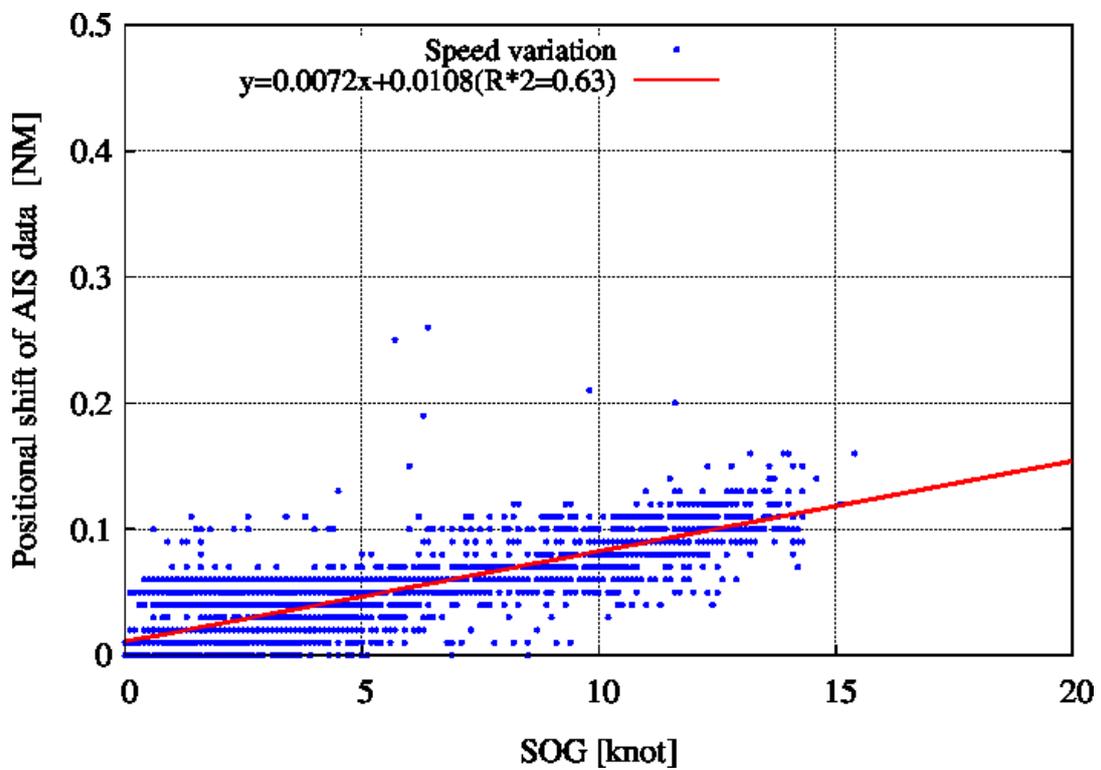


Fig.6-17 M丸 (n+1回目)

また、網船4隻のAIS 船位変化量が0.3海里以上のデータ数は、総データ数18,658のうち、2データのみである。いずれも対地速力2ノット以下から増速し、3分後にAISデータが送信された例である (Fig6-18)。

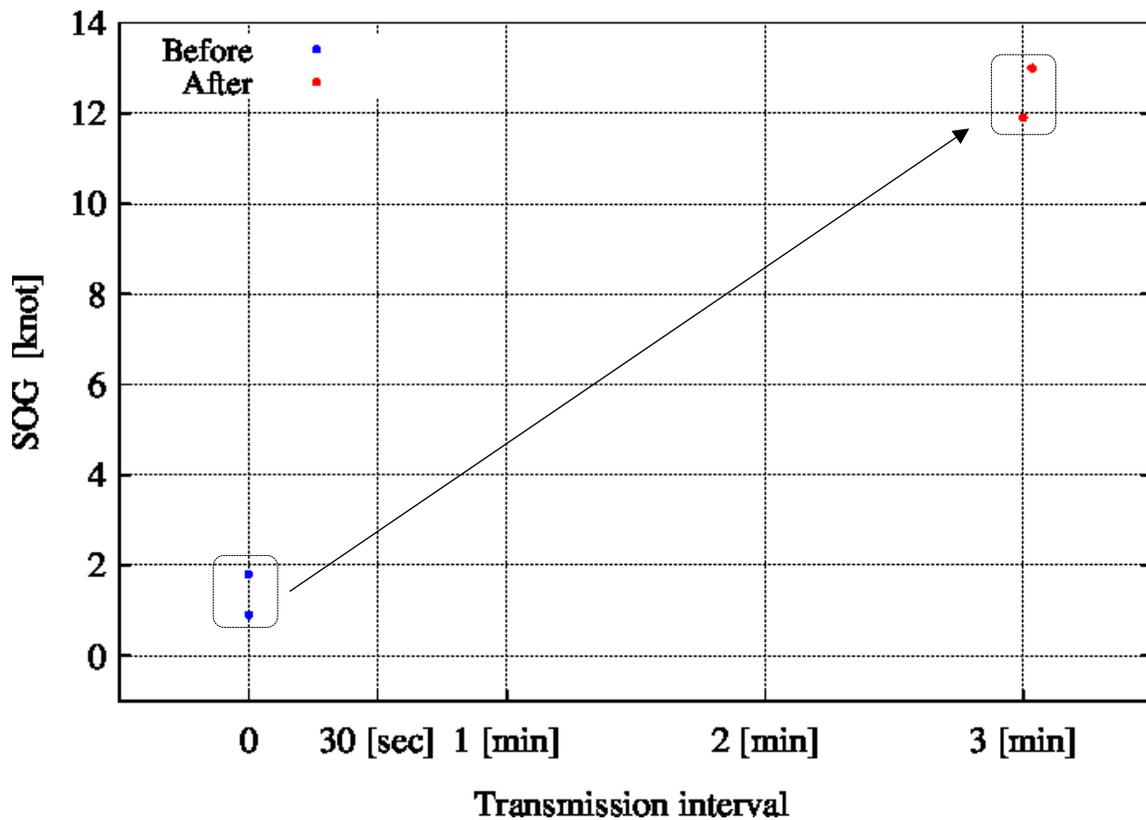


Fig. 6-18 AIS 船位変化量増大に伴う送信レートと速力との関係 (網船)

6.3.4 送信レートと速力

本章の結果から、AIS 船位変化量が0.3海里以上になる条件は、高速で航行するJ丸 (運搬船) を除き、すべてが次の条件によるものであった。

- (1) 漁船からのAIS情報が対地速力2ノット以下の時に送信される。
- (2) 漁船が(1)の直後に増速する。
- (3) 漁船のAIS情報が(1)の3分後に送信される。

このような分析結果から、簡易型 AIS の送信レートと速力変化について検討する。通常、簡易型 AIS の送信レートは、AIS の技術基準を規定する文章⁽¹⁰⁾に定めるとおり 3 分（対地速力 2 ノット以下）と 30 秒（2 ノットより大きい）である。言い換えれば、送信レートが 3 分であれば 2 ノット以下である。

一方、AIS 船位変化量が過大になるのは前述のとおり漁船が送信レート 3 分間に増速する場合である。すなわち、3 分レートで速力が 2 ノットを超える場合である。

そこで、簡易型 AIS の送信レートと速力（増減速）について検討する。Fig6-19 から Fig6-22 は各漁船の送信レートと速力の増減を示している。横軸は送信レート、縦軸は速力の増減を示す。各図とも送信レート 30 秒では漁船の対地速力が 2 ノットより大きいため、増減幅も広がる。一方、送信レート 3 分では減速（マイナス）が 2 ノット以内に収まものの、約 10 ノットの増速を含んでいる（赤枠）。この状態は、漁船が増速しているにも関わらず、送信レートが 3 分のままであることが明らかである。

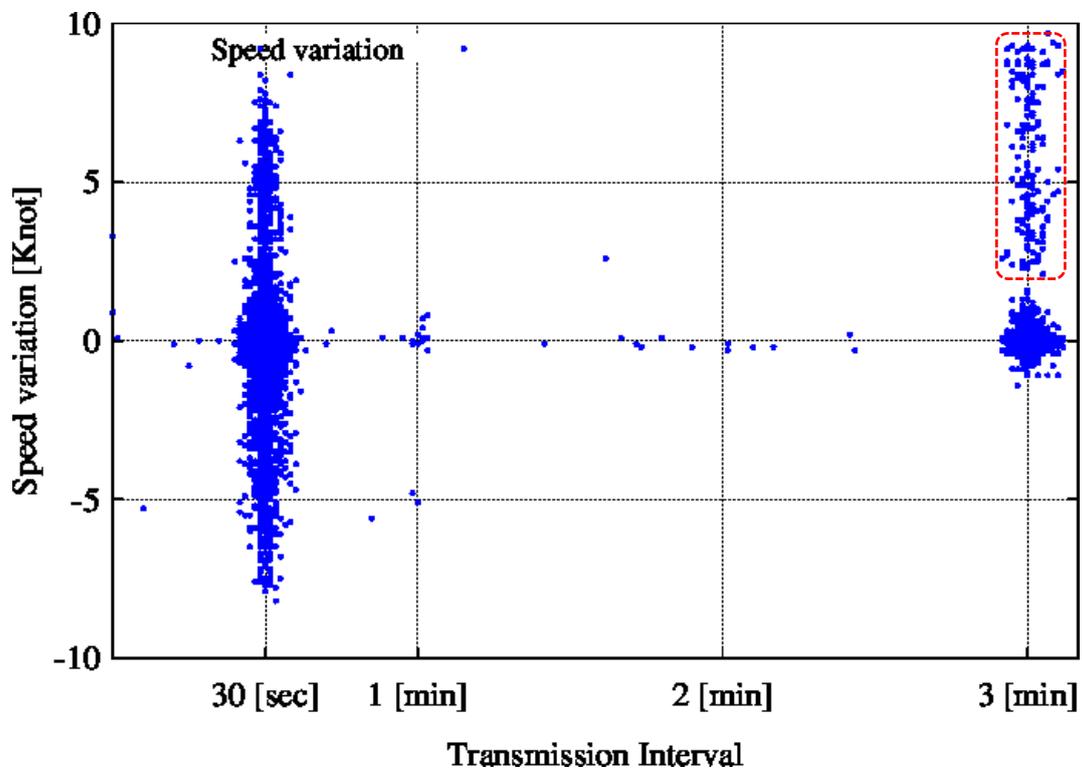


Fig. 6-19 B 丸（底びき網）

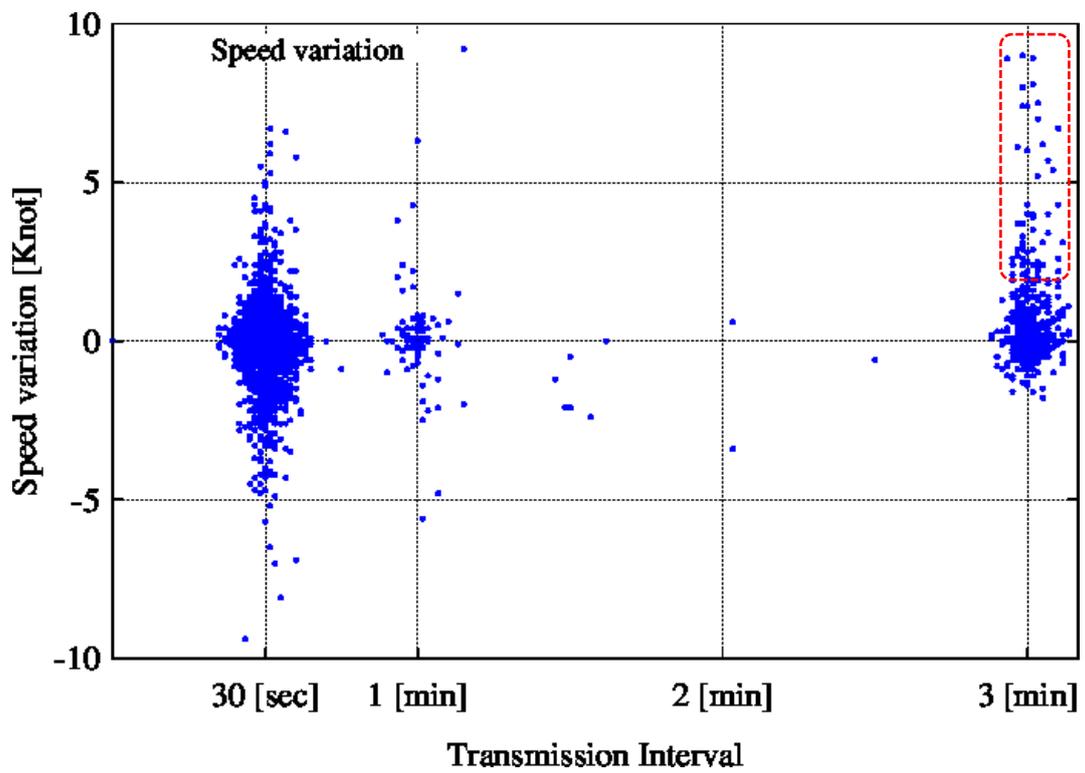


Fig. 6-20 I丸 (はえ縄)

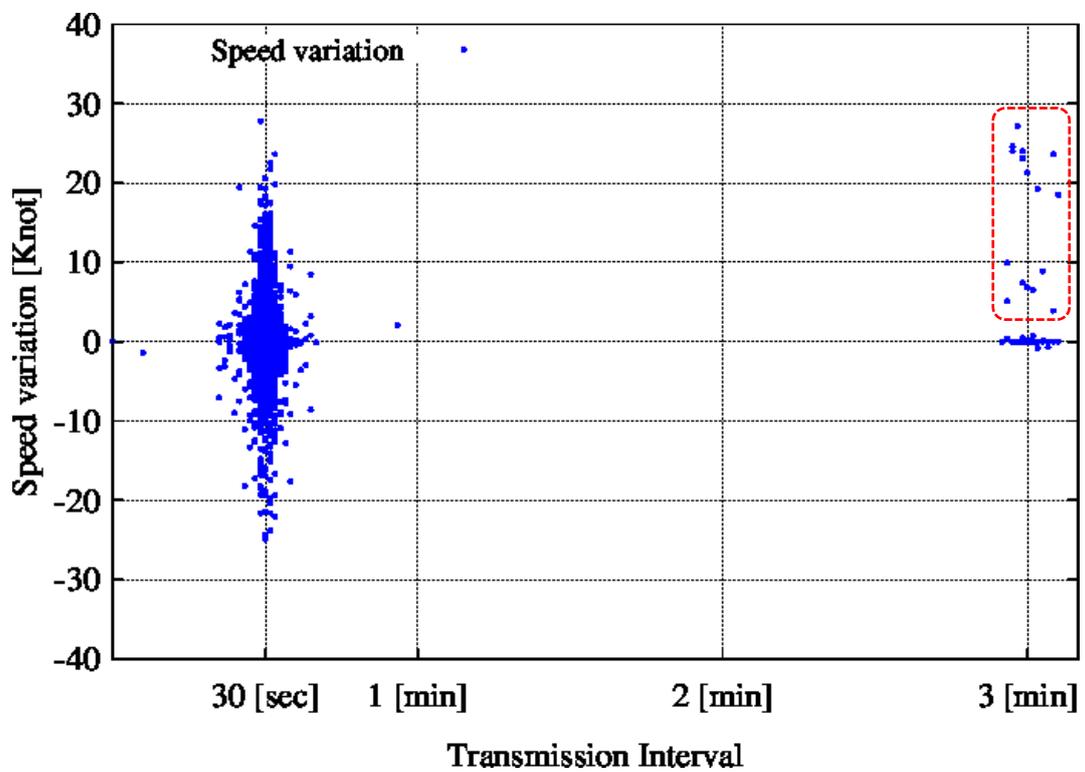


Fig. 6-21 J丸 (2そう曳き網・運搬船)

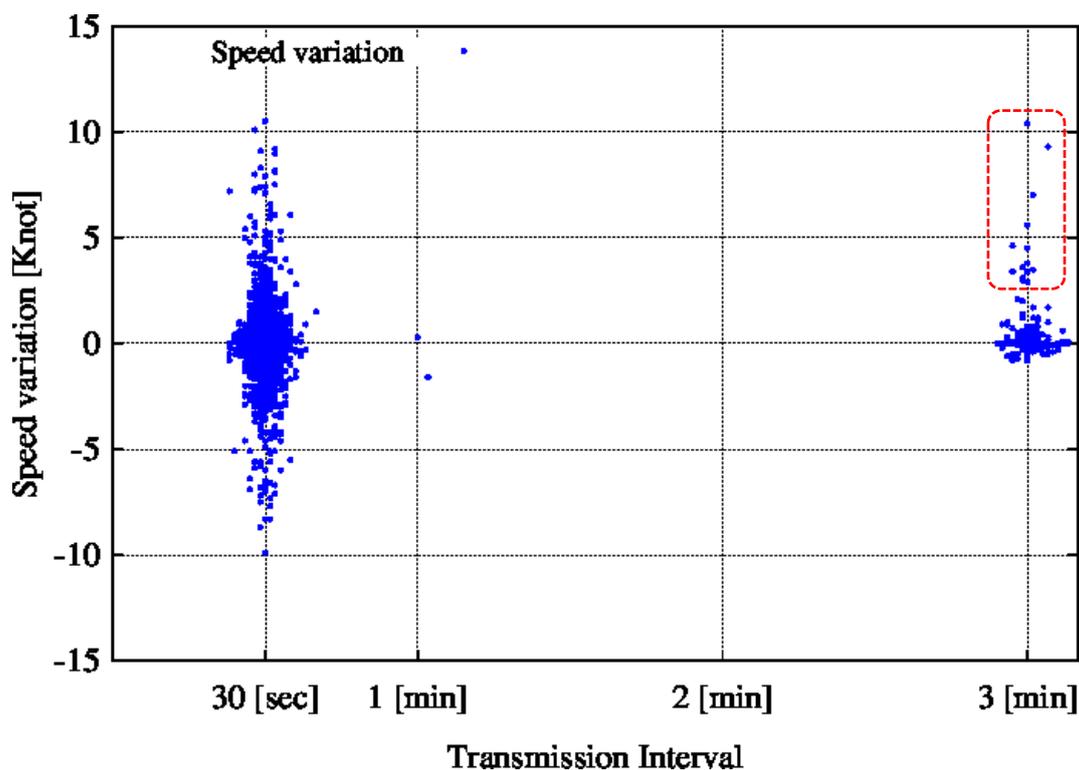


Fig. 6-22 M丸（2そう曳き網・網船）

また、送信レート（横軸）では、1分および1分30秒間隔でもプロットを確認できる。これは簡易型AISが30秒レートの送信を1回（1分）もしくは2回（1分30秒）失敗している。これもクラスAにはない簡易型AISの特徴である。

6.3.5 GPSデータによるAIS船位変化分析

本章ではAIS船位変化量が0.3海里以上の過大になる状況について、高速時以外にも発生することを明らかにした。本節では、過大なAIS船位変化量の発生要因について、各漁船のGPSデータから分析する。

Fig. 6-23からFig. 6-26はAIS船位変化量が0.3海里以上になる対地速力のパターン4例を示している。横軸は送信レートを示し、3分間隔（Fig. 6-23からFig. 6-25）と30秒間隔（Fig. 6-26）の2種類とし、最初の送信が0分になるよう編集している。縦軸は

漁船の対地速度（ノット）を示している。

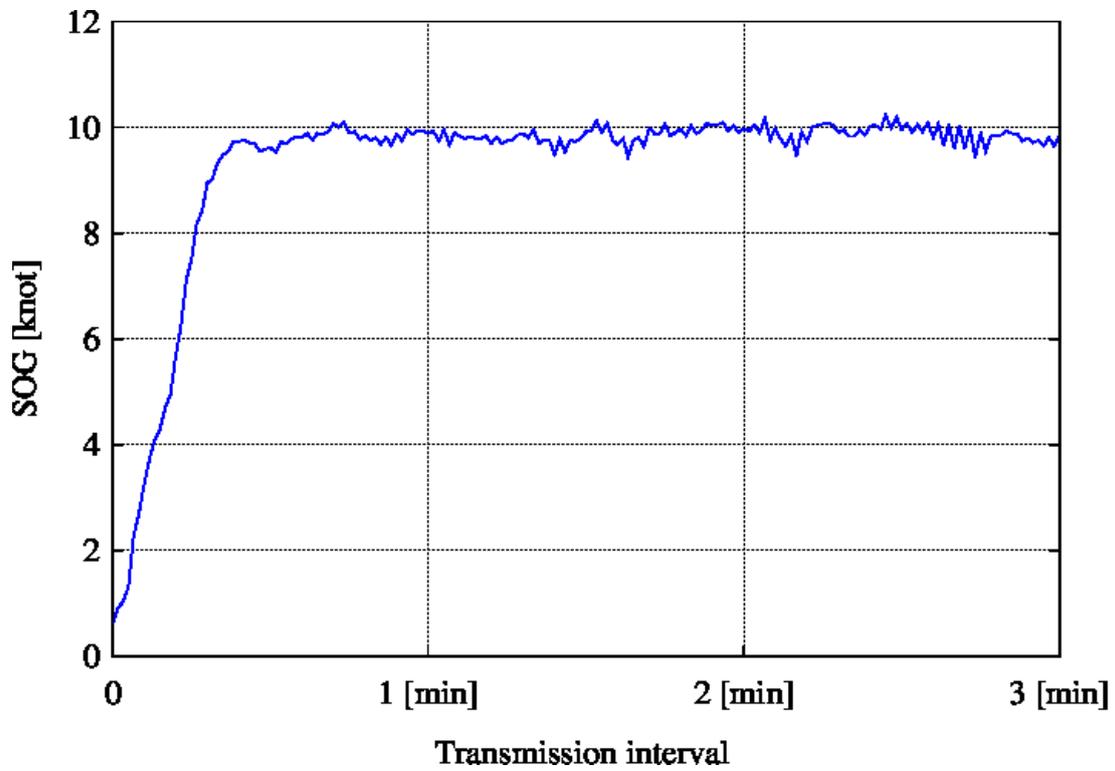


Fig. 6-23 B丸

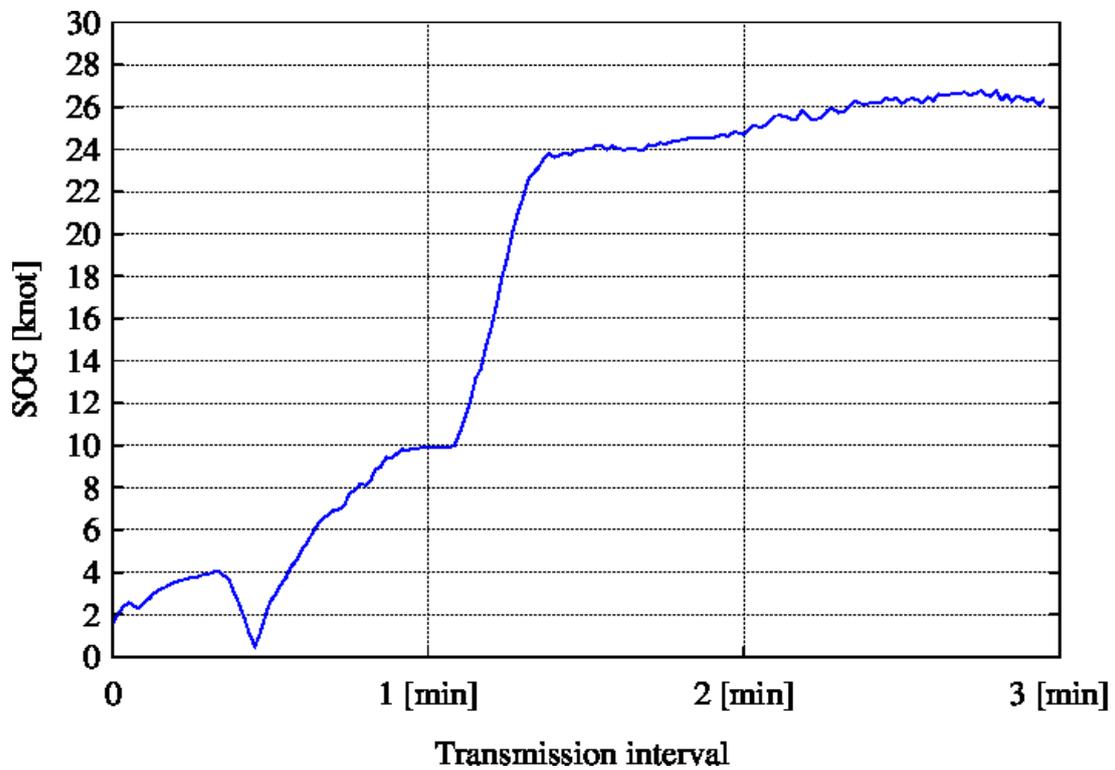


Fig. 6-24 J丸

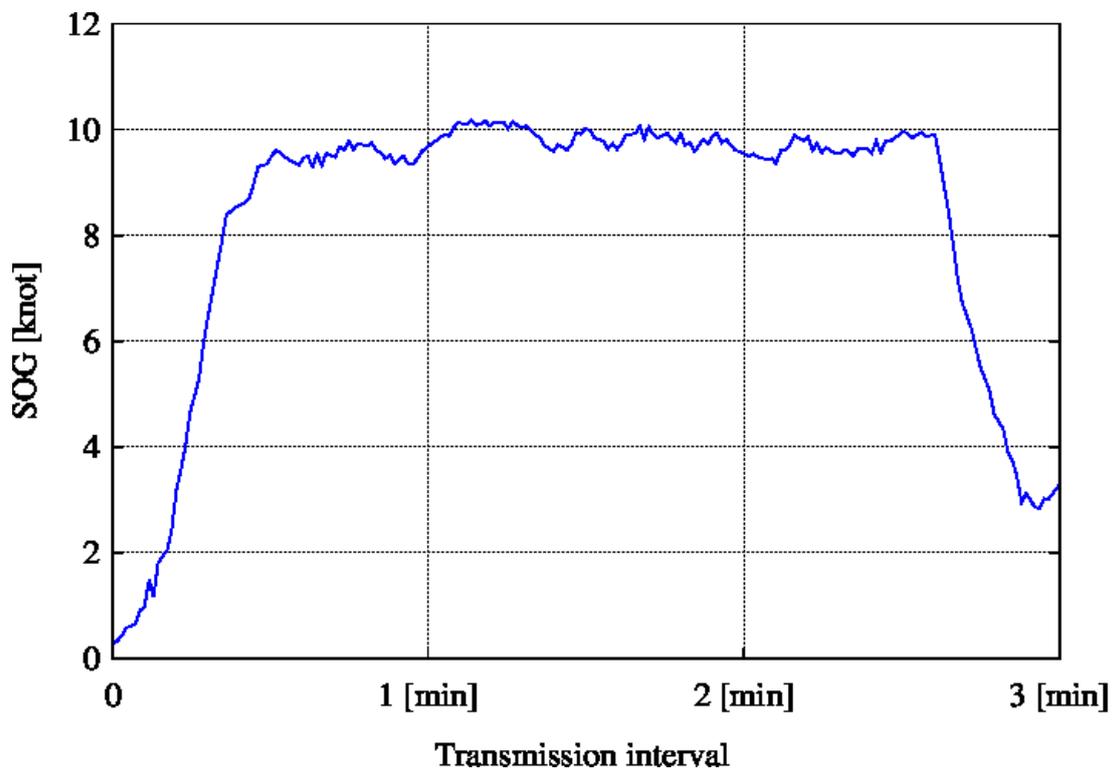


Fig. 6-25 D丸

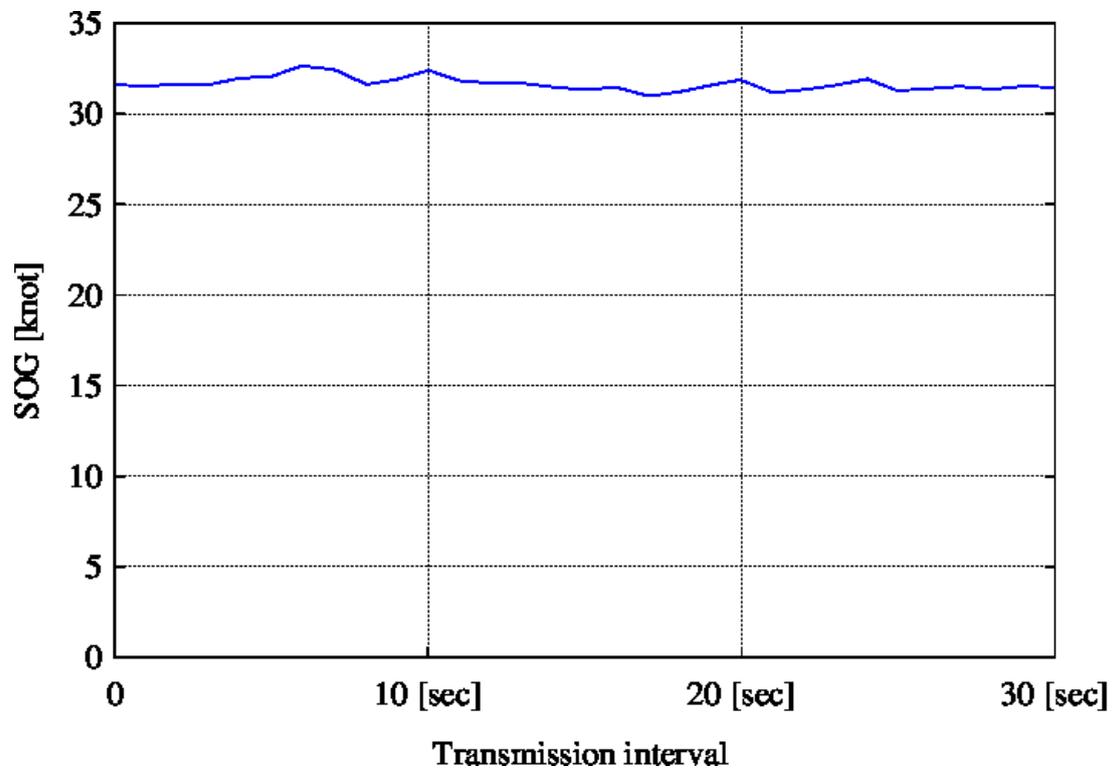


Fig. 6-26 J丸

(1) 送信直後に増速するパターン (Fig. 6-23)

Fig. 6-23 は、漁船 B 丸 (底びき網漁船) が自船の AIS 情報を送信した直後に増速し、次回送信 (3 分後) まで AIS 情報が更新 (送信) されない例である。B 丸は、最初の送信前まで揚網作業 (対地速力 2 ノット以内) を行い、作業終了直後に漁場移動 (増速) している。その結果、AIS の船位変化量が 0.48 海里 (約 889 m) に達する。

(2) 送信直後に高速力になるパターン (Fig. 6-24)

Fig. 6-24 は、Fig. 6-23 同様に自船 AIS 情報を送信した後に増速し、その後 3 分間 AIS 情報が更新 (送信) されない例 (J 丸) である。J 丸は 2 そう曳き網漁船 (運搬船) であるため、最初の送信前まで網船の揚網作業 (対地速力 2 ノット以内) を行い、作業終了直後に漁港向け増速している。J 丸の場合、速力が 26 ノット以上にまで達している。その結果、AIS 船位変化量は 0.8 海里 (約 1482 m) と過大になる。

(3) 3 分以内に増減速するパターン (Fig. 6-25)

Fig. 6-25 は、自船 AIS 情報を送信した直後に増速し、3 分以内に減速する例である。D 丸 (底びき網漁船) は 3 分以内に漁場探索もしくは漁ろう作業の関係から増減速を行ったものと考えられる。

(4) 高速航行するパターン (Fig. 6-26)

Fig. 6-26 は、J 丸が 30 ノット以上で航行する例である (送信レート 30 秒)。D 丸が約 32 ノットで航行した場合、AIS 船位変化量は送信レート 30 秒で約 0.27 海里 (約 500 m) である。

6.4 考察

6.4.1 AIS 船位変化量が過大になるパターンについて

本章では、漁船の AIS 船位変化量が過大になるパターン 4 例を明らかにした。その条件をまとめると次のとおりになる。

- (1) 増速直前の対地速力が 2 ノット以内であること（次回送信は 3 分後）
- (2) 増速直前に自船 AIS 情報が送信されること
- (3) 漁船が (1)、(2) に加え高速であること
- (4) 漁船が高速力で航行するとき

以上の条件がすべて含まれる場合、AIS の船位変化量が增大するといえる。この場合、約 30 ノットで航行する小型船（例・Fig. 6-26/送信レート 30 秒）の AIS 船位変化量よりも過大になることも明らかである。本研究では、山下の指摘⁽⁵²⁾にあるように、簡易型 AIS が最悪送信できないことは確認されなかった。しかし、漁船が (1) から (3) の条件を満たし 3 分後の送信に失敗したならば、AIS 情報による漁船の位置と実際の漁船の位置が大きく離れることが想定される。また、簡易型 AIS 搭載船が、一般航行船が航行する海域で対地速力 2 ノット以下になる可能性は錨泊もしくは緊急時以外考えられない。

一方、漁船は商船とは異なり漁ろう活動を行うため、海域を問わず速力の増減速を行う。そのため、漁船は対地速力 2 ノット以下になることも多く AIS 船位変化量が大きくなる可能性も高い。

6.4.2 漁業者による有効利用

簡易型 AIS を搭載する漁業者は、簡易型 AIS を搭載し漁ろう活動を行うことで、周囲の船舶局が自船の存在を正しく把握できていない可能性があることを考慮しなければ

ならない。また、その状況が発生する条件（上述(1)～(3)）を理解する必要がある。言い換えれば、(1)～(3)を避けることで、簡易型 AIS を有効に利用することができる。いずれにせよ、漁業者は曳網中に漁獲物選別など他の漁ろう作業に従事しながら、自船の対地速力にも留意し、視界制限状態および降雨ならびに波浪影響がある状況では注意しなければならない。

6.4.3 操船者（漁船以外）の注意点

漁船以外の船舶が漁船からの簡易型 AIS 情報を活用する際、運用上注意しなければならないのは次のとおりである。

- (1) 漁船 AIS 情報がクラス A か簡易型かを判断する
- (2) AIS 情報の更新状況
- (3) 最新の対地速力

(1) は、情報の更新頻度（送信レート）、情報量の違い（例えば Navigation Status : 航海状態はクラス A のみ）、正船首方位の有無（正船首方位の表示がなければ簡易型 AIS）から判断することができる。

(2) は、表示される AIS 情報の経過時間からクラスを判断することである。簡易型 AIS の送信レート 30 秒は、クラス A では存在しない。簡易型 AIS の送信レート 3 分は、クラス A であれば錨泊中である。

(3) は、ターゲットの AIS 搭載船が簡易型 AIS であっても、最新の対地速力が 2 ノット以上であれば送信レートは 30 秒であり、本章で明らかにした過大な AIS 船位変化は発生しない。

漁船以外の船舶が漁船搭載の簡易型 AIS 情報を有効活用するには、問題意識に基づい

た操船判断を行う必要がある。漁船で利用される簡易型 AIS 情報の利点と欠点を理解したうえで運用することの重要性が示唆される。

6.4.4 簡易型の送信レートについて

簡易型 AIS の送信レートの変更は、あるタイミングで増速した場合、3分で予定されている送信が完了した後に変更されることが要求される⁽⁵³⁾。すなわち、漁船が AIS 情報を送信した場合、その時の対地速力が 2 ノット以下であれば、送信レートの変更 (3分から 30 秒) は 3 分以降になる。

このように、簡易型 AIS の規格要件は漁船での運用に適していない部分もある。しかし、利用者が本章で述べる特徴を理解したうえで運用すること。さらには AIS 船位変化が過大になる場合は、増速した時である。漁船において増速する時とは、漁ろう作業を終えている可能性が高い。このような状況を考慮すれば、漁業者自身も AIS に頼ることなく見張りを強化できるタイミングでもある。

必要なことは、簡易型 AIS の機能面ではなく、利用者が与えられた情報を基に適切に判断し運用することである。

6.5 まとめ

本章では、漁船から送信される簡易型 AIS の送信レートおよび速力の増減ならびに漁船の GPS データに着目し、第 5 章で示した過大な AIS 船位変化量の原因を分析した。原因分析には、AIS の送信レート 30 秒および 3 分間の漁船動静を知る必要がある。本章では、漁船毎に取得した GPS データを基に、AIS データのみでは知ることができない漁船の動静と AIS 船位変化量との関係性を明らかにした。

本章で得られた結果は次のとおりである。

- (1) AIS 船位変化量が過大になるのは、対地速力 2 ノット以下から増速する場合である。
- (2) 漁船は送信レート 3 分で AIS 船位変化量が過大となり、かつ増速と減速を行うこともある。
- (3) AIS 船位変化量が過大になるのは、高速で航行する場合(送信レート 30 秒)よりも、対地速力 2 ノット以下から増速し、次回 AIS 情報の更新が 3 分後の場合である。
- (4) 簡易型 AIS による最新速力が 2 ノットより大きい場合は、高速船でない限り、AIS 船位変化量は大きくなる。
- (5) 漁船は、海域や周囲の状況に関係なく増減速を繰り返す可能性が高い。そのため、簡易型 AIS を搭載する漁船は速力が 2 ノットより大きい場合でも、送信レートが 3 分になる (AIS 情報の移動が大きくなる) 可能性が高い。
- (6) 以上の状況を予測するには、漁船搭載の AIS 情報のクラス (クラス A か簡易型か) を判断する。AIS 情報の更新頻度を確認する。最後に更新された漁船の対地速力 (2 ノット以下か否か) を確認することが必要である。

簡易型 AIS の運用について、これまでは送信レートや送信出力について指摘されてきた。本研究では、簡易型 AIS と漁船の動静、船位の変化量 (AIS 船位変化量) に着目した結果、これまで指摘されなかった問題点と適切な運用方法を提案した。

第 4 章では、漁船と漁船以外の船舶との航過距離が 0.3 海里であることを明らかにした。一方、第 5 章では簡易型 AIS 搭載漁船から送信される AIS 船位変化量が 0.3 海里以上になることを示し、さらに本章では、その発生原因について漁船の GPS データから明らかにした。

簡易型 AIS の性能と輻輳海域における漁船と漁船以外の船舶との航過距離は、AIS 船

位変化量が過大になる場合、コンフリクトが発生している。現状では、直ちに簡易型 AIS の規格を変更することは難しく、まずは利用者が簡易型 AIS と漁船の特徴を理解するソフト面での対応が必要である。

第7章 本研究のまとめ

7.1 成果の要約

これまでの漁船海難防止について様々な議論が行われてきた。たとえば小型船舶事故防止対策として、発航前点検や適切な見張り、ライフジャケット着用等の安全啓発や水産庁が実施する「漁業カイゼン講習会」などを漁業者の安全意識の高揚と啓発が図られている。また昨今では貨物船と漁船との衝突海難を契機に AIS 搭載に関する普及推進等も行われている。また、漁船への AIS 普及率は、昨年（2015 年）から大幅に進んでおり（第2章参照）、その中でも簡易型 AIS の普及率が著しい。

漁船に簡易型 AIS が普及することで懸念されることは、漁業者を含む AIS 情報利用者が AIS に依存することである。特に小型漁船の場合、操業海域が沿岸域であるため GPS プロッタで自船の位置が確認できることから、レーダを備えない漁船も見受けられる。

一方、漁業者が AIS を装備することで他船 AIS 情報をリアルタイムで確認することは可能になる。しかし、自船 AIS 情報の送信結果は確認することができない。特に簡易型 AIS の漁船利用について過去に研究された例はない。漁業者および情報を利用する操船者が漁船 AIS 情報を適切に運用しているとは言い難い。

そこで、本研究は、輻輳海域（明石海峡・来島海峡）において、小型漁船による実船実験から漁船搭載の簡易型 AIS 有効利用に必要な問題とその発生要因を検討したものである。本研究成果は、漁船搭載簡易型 AIS の課題を抽出することで、漁業者のみならず、その情報を操船判断に活用する操船者の安全操業と安全運航に寄与すべくとりまとめたものである。

本章では本論文で得られた成果をまとめ、簡易型 AIS の有効利用に向けた提言を述べる。

第1章 研究背景と目的

第1章では、過去の漁船海難事故から漁船の航跡（位置情報）特定が問題となった事故事例を述べた。そのうえで、漁船にAISを搭載することで期待される効果と研究目的を示した。

第2章 簡易型AISのシステム構成と利用状況

第2章では、AISの概要について整理し、簡易型AISの性能と構成、クラスAとの違いと漁船のAIS運用に関わる規定を調査した。さらに、本研究で対象とした小型漁船での実験概要と漁業種類による特徴を述べた。

次に、漁船のAIS搭載状況について、総務省総合通信基盤局データからトン数別およびAISのクラス別の分析を行い、現在の利用状況について調査を行った。

第2章の成果は次のとおりである。

（クラスAの利用状況）

- (1) クラスA搭載漁船は、全体で21隻増加している（2015年2月～2016年1月）。
- (2) 総トン数500トン未満の漁船（非搭載義務船）がわずかに増加（約1年間で22隻）傾向にある。
- (3) AIS搭載義務船（総トン数500トン以上）は1隻減少している。

（簡易型AIS利用状況）

- (1) 簡易型AIS搭載漁船は約1年間（2015年2月～2016年1月）で523隻増加している。
- (2) 特に増加が著しいのは総トン数20トン未満の小型漁船である（403隻増）。
- (3) 総トン数20トン以上300トン未満の漁船も95隻増加している。

（漁船とプレジャーボートの比較：クラスA・簡易型AIS含む）

- (1) 2015年10月の簡易型AIS搭載隻数（総トン数20トン未満）は、漁船（359隻）

がプレジャーボート（259 隻）の隻数を超え、増加傾向にある。

- (2) 総トン数 20 トン未満のプレジャーボートも増加傾向にある（約 1 年間で 47 隻）。
- (3) 総トン数 300 トン未満の AIS 搭載隻数は、2016 年 1 月現在で漁船 698 隻、プレジャーボート 290 隻である（漁船が 408 隻多い）。

この傾向から、簡易型 AIS が総トン 20 トン未満の漁船に多く搭載され利用者が増加していることが確認された。第 2 章では、このような背景から漁船搭載の簡易型 AIS の評価を行うことが、漁船の簡易型 AIS 有効利用には不可欠な取り組みであることを示した。

第 3 章 先行研究と簡易型 AIS 運用に関する評価

第 3 章では、これまでの漁船海難に関連する先行研究を紹介し、そのうえで本研究が目指す学術的貢献を示した。これまで多くの研究者が漁船海難の傾向および原因ならびに背後要因の解析に取り組んでいる。第 3 章ではこれまでの知見に基づき、簡易型 AIS 利用の漁業者およびその情報を利用する操船者にアンケート調査を実施した。

第 3 章の成果は次のとおりである。

(漁業者)

- (1) 漁業者は簡易型 AIS を搭載することで「航行安全」や「安全操業」に役立つと評価している（平均値：航行安全 4.5、安全操業 4.5）。
- (2) 漁業者は、視界制限状態や他船の接近を知るためのアラーム機能の効果に期待している（平均値：アラーム 4.4、視界制限状態 4.2）。
- (3) 漁業者は、位置（漁場）情報が AIS によって送信されることについて、半数以上（54%）が「気にならない」と評価している。言い換えれば、46%の漁業者が AIS を搭載しながらも気になっている。

- (4) 漁業者の AIS に対する満足度は、高いとはいえない（平均値 3.8）。その一方で、AIS の継続利用を望んでいる（平均値 4.5）。
- (5) 漁業者は位置情報の送信に対する認識（理解）が、安全操業に対する評価と関連している。

（操船者）

- (1) 漁船の動静について、操船者は漁船との航過距離に関連する評価が目立つことが示唆された。すなわち、「漁船は自船の船首方向を横切る」（平均値 4.2）、「船首方向を近距離で横切るため危険を感じる」（平均値 4.2）などである。
- (2) 漁業者が「相手船の進路を横切る」認識と操船者が「漁船が自船の船首を横切る」認識が異なる可能性がある。
- (3) 操船者は漁船の動静に注意が必要で前向きな記述もありながら、漁船への AIS 搭載は前向きとはいえない（平均値 3.6）。その理由は、情報が増えることに対する対応と漁船の全船搭載を条件であるためである。
- (4) 操船者は、AIS 情報を操船に利用しながらも AIS のクラス（クラス A か簡易型 AIS）の違いから生じる性能の違いを考慮していない（93%）。
- (5) 簡易型 AIS を搭載する漁業者および情報を活用する操船者への正しい運用方法が急務である。

以上の成果から、海上では漁船に簡易型 AIS を搭載したとしても、操船者は漁船特有の動静を理解しつつも簡易型 AIS の性能が理解していない可能性が示唆された。この結果から、漁船から送信される AIS 情報の位置情報と実際の漁船の動きに着目した分析の必要性を示した。

第4章 漁船と漁船以外の船舶との航過距離分析

第4章では、輻輳海域で操業する漁船の周囲を取り巻く環境を航過距離に着目し分析した。避航モデルや離隔距離については、第3章で述べたとおり多くの研究者による先行研究がある。しかし、AIS データの基づいた分析は漁船以外の AIS 搭載船が対象であり、漁業者の離隔距離はアンケート調査によるものである。その理由は、漁船は商船に比べ船体も小さく漁ろう作業が伴うため実船実験が難しいこと、出漁時間が限定されること、漁船の位置情報取得が困難であることが考えられる。

第4章では、被験船である漁船と漁船以外の船舶（AIS 搭載船）との航過距離を、漁船を中心に漁船（GPS）データと漁船以外の他船データ（AIS）から算出した。

第4章の成果は次のとおりである。

- (1) 漁船を中心とした漁船以外の船舶の航過距離（0.5 海里以内）は、操業および操業以外でも概ね 0.3 海里（船尾方向以外）である。
- (2) 船尾方向の航過距離は 0.33（操業中）～0.34 海里（非操業）である。
- (3) 航過距離の比率は、「側方：後方：前方＝ 1：1.3：1」である。
- (4) 漁船が他船と最も接近したのは同航するケミカルタンカーの船尾を航過（避航）した時（0.01 海里：約 19 m）である。
- (5) 航過距離が 0.3 海里であることは、漁船が対地速力 36 ノット未満であれば現状の簡易型 AIS の性能で有効利用に期待が持てる。

第4章の成果は AIS データに加え漁船の GPS データを収集したことで輻輳海域における航過距離を定量的に示すことができた。

これにより、簡易型 AIS を搭載する漁船は、操業中および航行中は簡易型 AIS の運用が安全に寄与できる可能性を示した。

第5章 簡易型 AIS の船位変化分析

第5章では、漁船の簡易型 AIS から送信される位置情報の移動量（AIS 船位変化量）に着目し分析を行った。すなわち、第5章の目的はレーダや GPS プロッタなどの AIS 表示装置上で、漁船の AIS シンボルマークが、1回の更新（送信）で移動する変位量（船位変化量）を明確に示すことにある。アンケート調査（第3章）では、漁業者および操船者は視界制限状態における AIS の有効活用に期待を寄せていることが示されている。第5章の成果は次のとおりである。

- (1) 漁業種類により AIS 船位変化量の分布が異なる
- (2) 曳網速度が潮流影響により 2 ノットを超えることがある。
- (3) 底びき網漁船の AIS 船位変化量は 0.05 海里（約 93 m）以上 0.1 海里（約 185 m）未満が多い。
- (4) 2 そう曳き網漁船のうち、網船は揚網作業や漁場移動がないため、AIS 船位変化量も 0.05 未満（約 93 m）に最も多く発生する。
- (5) 2 そう曳き網漁船のうち、運搬船は漁場と漁港を往復するため、高速かつ増減速の回数が多い。そのため船位変化量は大きくなる。
- (6) 被験船（14 隻）では、自船の性能を超えた過大な AIS 船位変化が発生している。
- (7) 漁業種類毎の AIS 船位変化量（最大値）は、底びき網漁船 0.48 海里（約 889 m）、はえ縄漁船 0.47 海里（約 870 m）、2 そう曳き網漁船・運搬船 0.8 海里（約 1,482 m）、2 そう曳き網漁船・網船 0.59 海里（約 1,093 m）。

以上の成果から、漁船 AIS 情報が 1 回の送信（更新）で大きく移動（変位）する状況が発生していることが示唆された。これは簡易型 AIS の送信レートと曳網速力にも深く

関係している。第5章では、このような課題を抽出し、その原因と対応策が急務であることを示した。

第6章 漁場移動に伴う漁船 AIS 情報の船位変化分析

第6章では、AIS 船位変化量が過大になる原因分析を AIS データに加えて漁船 GPS データから行った。その結果、漁船搭載簡易型 AIS の船位変化量が大きく変位する条件を明らかにした。

第6章の成果は次のとおりである。

- (1) 増速直前の対地速力が2ノット以内であること（次回送信は3分後）
- (2) 増速直前に自船 AIS 情報が送信されること
- (3) 漁船が(1)、(2)に加え高速であること
- (4) 漁船が高速力で航行するとき

以上の条件は、海域を問わず増減速を繰り返す漁船が対象となる。簡易型 AIS を搭載する漁船以外の船舶では、対地速力2ノット以下になることが緊急時以外は発生しない。第6章では、簡易型 AIS の送信レートと漁船特有の動静、簡易型 AIS の送信履歴と1秒毎の漁船位置情報（GPS）に着目し、これまで指摘されなかった新たな問題点を示し、適切な運用方法を提案した。

7.2 漁船搭載簡易型 AIS の有効利用に向けた提言

これまで述べてきたとおり、漁船に搭載される簡易型 AIS の運用には、商船にはない漁船特有の危険性が存在することが示された。このような状況は、AIS 情報のクラス（クラス A か簡易型 AIS か）を識別せず情報を信頼することで誤認を与える可能性が潜んでいる。よって、この問題を解決するには簡易型 AIS の送信レートなど性能改善という一策もあるが、時間を要することもあり有効的ではない。現状において本研

究が指摘する AIS 情報の位置と実際の漁船位置との差を緩和する必要がある。

そこで、漁船に搭載される簡易型 AIS の有効利用に向けた対策と簡易型 AIS の新たな利用法を提案する。

7.2.1 増速方法の改善（漁船）

AIS 船位変化量の過大な変位を防ぐには、その状況を発生させないことである。発生させないためには、漁船の 2 ノット以下からの急激な増速を控えることである。これは視界が良好で衝突のおそれがない場合、必ずしも必要としない。重要なのは、濃霧や降雨など視界制限状態下である。たとえば、視界制限状態で漁船以外の船舶が、実際には漁船が存在しない地点に漁船の AIS シンボルが表示されレーダ映像で確認できないとする。その場合、操船者はどう判断するだろうか。操船者は、そこに漁船がいないと判断するか、もしくは漁船は AIS シンボル付近に存在しレーダが降雨の影響を受けていると判断する可能性もある。この判断の違いによる操船判断は、AIS によって危険な行動を助長させる。簡易型 AIS を漁船で利用する際は、このような危険が潜んでいる。

よって、漁業者は視界制限状態に速力 2 ノット以下（揚網終了時など）から増速する際、3 分間は 2 ノットを超える速力を維持した後に増速する。そのうえで、急激な増速を避けることが衝突を避けるためには必要である。また、その情報を操船判断に利用する操船者は、最新の AIS 情報が速力 2 ノット以下である場合、AIS 情報（レーダ上では AIS シンボルマーク）が 1 回の更新で大きく移動する（漁船が AIS シンボルマーク上に存在しない）可能性を考慮しなければならない。

7.2.2 インターフェイスによる改善（AIS 送信記録の表示）

漁船搭載簡易型 AIS の船位変化量が多くなるのは、漁船が対地速力 2 ノット以下であり、かつ増速前に自船 AIS 情報が送信される時である。筆者が調査した限りでは、

レーダやGPSプロッタなどのインターフェイスで自船AIS情報が周囲に送信された時間および経過時間を表示する製品は見当たらない。インターフェイスからAISの送信記録および送信履歴による航跡が表示されることで、AIS情報を送信する漁業者が視覚的に自船の状況を判断することができる。

漁業者が頻繁に確認する機器はレーダではなく漁業探知機やソナー、GPSプロッタである。特にGPSプロッタは自船の位置情報に加え操業記録の保存と活用、対地速力の表示など漁船には欠かせない機器である。GPSプロッタとAISの重畳表示は実現している。その表示内容に自船AIS情報の送信記録と経過時間・距離が表示されることで、AIS情報を送信する漁業者が簡易型AISを安全かつ有効に利用できるものと考えられる。

7.2.3 AIS情報の二次活用化（操業技術の伝承）

漁船に簡易型AISを搭載することで、増速時にAIS船位変化量が過大になる問題があるものの、適切に運用することで安全性向上に期待できる。漁船で簡易型AISを有効利用するには、先ず漁船にAISを導入することからはじまる。漁業者がAIS導入（投資）を検討するうえで欠かせないのが漁獲量との関係である。言い換えれば、漁業者にとってAISを導入することで水揚げ高に影響するかが判断材料のひとつである。

そこで提案するのが、過去の曳網方法（進路・速力）をAISデータとGPSデータからリプレイすることでAIS情報を二次活用することである。具体的には、現在の曳網状況と過去の曳網方法を同時に表示・再生できるシステムを開発し操業方法を記録・再生することである。すでにこのような再生はソフトウェアを利用し可能であるが、小型漁船では電源確保とスペース、振動等、さらには漁業者が高齢で漁ろう作業もあるためPCを設置することは不可能である。小型漁船の環境に耐えうるインターフェイスによる活用である。

輻輳海域で操業する漁船は潮流の影響を考慮し曳網している。特に、いかなご漁などは潮流の影響がある海域を中心に曳網する。漁業者は、この曳網手法を伝承していくことを模索している。また、2そう曳き網漁船は1隻でなく2隻でひとつの網を曳網する。よって、自船のGPSデータのみでは効果が少なく仲間の漁船のAISデータが必要になる。

このように、AISを衝突海難防止だけでなく新しい漁業機器にも応用できる可能性を示すことが漁船にAISが普及する一策にもなり得る。

7.2.4 レコーダーとしてのAIS活用

近年、トラックやバス、タクシーなどは事故発生前後の車両前方映像や速度などを記録する映像記録型事故記録装置（ドライブレコーダ）が導入されている。公益社団法人全日本トラック協会（2015）の資料⁽⁶⁴⁾によると、トラック協会会員の1,414事業所に行ったアンケート調査では、事業所の保有車両に対するドライブレコーダの装着率は74.4%との報告がある。ドライブレコーダ導入目的は交通事故防止（87.6%）および安全運転指導（82.9%）ならびに事故処理の効率化（69.6%）である。同報告書によると、導入効果として最も多くあげられたのが「安全運転の意識が高まった（危険運転減少）」（72.2%）である。ドライブレコーダは個人向けにも普及しており、身近になりつつある。

本研究では、漁船に簡易型AIS運用するだけでなく漁船ごとにGPSデータ（毎秒）およびAIS送受信データを記録している。簡易型AISでもメモリーカードを活用することで、各漁船の詳細なデータが記録されAISデータを取り扱う企業および海上保安庁でも記録される。これらを判断すれば、搭載義務を有しない小型漁船にAISを導入することで漁業者の安全意識の醸成に寄与できるものといえる。さらに、輻輳海域では海上交通センター（Marine Traffic Information Service：マーチス）があることから、漁船か

ら送信される AIS 情報が漁業者の安全確保に加えて漁業秩序維持にも期待される。

このような背景から、新たに提案するのは漁船が関係する漁網切断や事故などのトラブル対策である。大阪湾や播磨灘、備讃瀬戸ではサワラ流し網や2そう曳き網漁法、こませ漁などが盛んである。そのため、AIS を装備することで海難事故以外の漁網切断などの民事事例にも活用することができる。AIS の二次活用として事故対応やヒヤリハット報告にも活用できる。

Fig. 7-1 は、操業中の2そう曳き網漁船 M 丸と N 丸（曳網中）の間を 500 トン未満の船舶（AIS 搭載船、以後「該船」という）が通過した事例を示している。M 丸と N 丸はともに対地速度 2 ノット以下（送信レート 3 分）であり、2 隻で一つの網を曳いている。M 丸と N 丸の表示から 2 隻が同一方向に一定の速度で曳網していることがわかる。該船は M 丸と N 丸の間（約 180 m）を通過し網の上を航過している。この事例は幸いにして網の深さが通常よりも深く、漁網切断や漁船が引きずられる事故には発展しなかったが、漁船にとって危険な状況である。

このように、漁船にて AIS データおよび GPS データが記録されることで、事故発生前後の自船位置（GPS）と相手船の位置および針路、速度（AIS）を再現することができる。特に海上での船位特定には、映像だけでは判断できないため AIS 情報が有効である。また、2008 年（平成 20 年）2 月 19 日午前 4 時 7 分頃に神奈川県野島埼沖の公海上において発生した海上自衛隊護衛艦「あたご」と漁船「清徳丸」（全長約 16m、総トン数 7.3 トン）の衝突海難（「清徳丸」乗組員 2 名死亡）⁽²⁾のように、衝突海難により漁船が沈没し位置情報が取得できな可能性がある。この場合も 2 そう曳き網漁船であれば、AIS を搭載する僚船（Fig. 7-1 であれば M 丸と N 丸）に記録が残る。漁業者が退船する際にメモリーカードを証拠として持ち帰ることも必要であろう。



Fig. 7-1 ヒヤリハット事例

7.3 今後の課題

本研究は、輻輳海域（明石海峡・来島海峡）において、小型漁船による実船実験から漁船搭載の簡易型 AIS 有効利用に必要な問題とその発生要因を検討したものである。第 2 章に示したとおり、漁船での簡易型 AIS 普及率が増加する中で簡易型 AIS の有効利用を目的に、漁船特有の課題抽出と運用方法と新たな活用方法を提案した。

今後の課題として、漁船搭載の簡易型 AIS が漁船特有の動静に寄り AIS 情報の船位が実際の位置と大きく離れ、利用者に認識されず運用している可能性がある。この問題を解決するには、漁業関係団体を通じた適切な運用と問題点の周知に加え、送信レートの規定について議論する必要がある。

さらに、漁船への AIS 搭載義務化の検討も必要であろう。平成 25 年度（2013）水産白書⁽⁵⁵⁾によれば、我が国の漁船隻数は 185,465 隻（平均総トン数 4 トン）であり、全長

12 m以下の漁船が全体の95%を占めている。我が国は小型漁船がほとんどである。今後は段階的な法整備を進めていくか導入インセンティブを付けていくかが問われている。

本研究は、漁船に搭載する簡易型AISの有効利用を探ることで、法的な規制が少ない小型漁船を対象に取り組んだ成果である。よって、すべての漁業種類や漁船種類に対し論じたものではない。しかし、実際の漁船からデータ収集し漁船で利用される簡易型AISの問題点を明確にしたことは過去に例のない研究である。漁船が関係する衝突海難は外洋でも発生し、小型である漁船が沈没する可能性が高い。

この問題について、本研究成果を応用することは気象・海象が異なる点から難しい。今後は小型漁船での経験を生かし漁業種類と対象漁船の拡大を視野に入れた研究を進め、漁船海難防止に向けた取り組みに寄与していきたい。

謝辞

本論文は、神戸大学大学院海事科学研究科 古莊 雅生 教授のご指導の下に、筆者が同大学院海事科学研究科博士課程後期課程在学中の研究成果を取りまとめたものである。

最初に、本論文をまとめるにあたり常に親身なご指導、有益なご助言を賜りました神戸大学大学院海事科学研究科 古莊 雅生 教授に対し、深甚なる感謝の意を表します。古莊先生には、相手に分かりやすく、簡潔に伝えることの重要性や研究に対するアプローチ等、貴重なご指導を賜りました。心から感謝いたします。

神戸大学大学院海事科学研究科 林 祐司 教授、世良 亘 准教授、村井 康二 准教授には、本論文の審査を賜りました。たくさんの重要なご指摘により、本論文に修正を加えることができました。心から感謝いたします。

国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産大学校 下川 伸也 教授、酒出 昌寿 准教授には、研究活動全般において、多くのご助言とご支援を賜りました。心から感謝いたします。

一般財団法人 中央漁業操業安全協会 宮原 邦之 理事長、小林 哲朗 専務理事には本研究の遂行と漁船実験に対し、水産業の見地から示唆に富んだご助言とご教示をいただきました。心から感謝いたします。

最後に、家族の理解と協力が無ければ、本論文をまとめることができませんでした。妻 靖子、長女 歩実、長男 泰輝に心より感謝します。

参考文献

- (1) 藤本昌志：護衛艦「あたご」漁船「清徳丸」衝突事件における海難審判と刑事裁判の相違，日本航海学会誌 NAVIGATION，第 189 号，pp.13-20，2014.6.
- (2) 運輸安全委員会：貨物船 NIKKEI TIGER 漁船堀栄丸衝突事故，運輸安全委員会，2014.6.
- (3) 運輸安全委員会：自動車運搬船 NOCC OCEANIC 漁船第七勇仁丸衝突，運輸安全委員会，2015.2.
- (4) 国土交通省海事局安全政策課（監修）：2014 年海上人命安全条約，海文堂出版株式会社，pp.614-615，2014.10.
- (5) 船舶設備規程：船舶自動識別装置，昭和 9 年 2 月 1 日 逡信省令第六号，第 146 条の 29，2016.6.
- (6) IEC：Maritime navigation and radio communication equipment and systems (AIS) - Part2：Class A shipborne equipment of the universal automatic identification system (AIS) - Operational and performance requirements, methods of test and required test results, IEC 61993-2.
- (7) 間島良博・堀 晶彦・奥田成幸・戸羽政博 2014：操船者から見た AIS 利用の現状-II，日本航海学会論文集，第 130 号，pp.81-92，2014.7.
- (8) 渕 真輝・藤本昌志・臼井伸之介・広野康平 2015：視界制限状態における航法の適用と運動ベクトル，日本航海学会論文集，第 132 号，pp.9-15，2015.12.
- (9) Salinas, Carlos F.: Restricted visibility: In Search of a Solution, Journal of Navigation, vol59, pp.349-358, 2006.5.
- (10) ITU:Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band, Recommendation ITU-R-M.1371-5 (02/2014) .
- (11) 無線設備規則：簡易型船舶自動装置，昭和 25 年 11 月 30 日電波管理委員会規則第 18 号，第 45 条の 3 の 4，2016.6.
- (12) 山下和雄・若林伸和・渡邊貴幸：Class B AIS の実用性と普及に関する考察，日本航海学会論文集，第 127 号，pp.133-140，2012.9.

- (13) 船員法施行規則第3条の16の船舶を定める告示（平成16年6月30日国土交通省告示第776号）
- (14) 漁船法（昭和二十五年五月十三日法律第百七十八号）第2条（定義）
- (15) 運輸安全委員会：船舶事故等調査報告書，2010号神第124号，2011.8.
- (16) 運輸安全委員会：船舶事故等調査報告書，2013号神第79号，2013.9.
- (17) 運輸安全委員会：船舶事故等調査報告書，2013号神第102号，2014.6.
- (18) 運輸安全委員会：船舶事故等調査報告書，2013号神第164号，2014.6.
- (19) 運輸安全委員会：船舶事故等調査報告書，2013号神第165号，2014.9.
- (20) 海難審判庁採決録：貨物船協和丸漁船住吉丸衝突事故（平成17年神審110号），財団法人海難審判協会，2006.02.
- (21) 公益社団法人日本海難防止協会：平成22年度 海事の国際的動向に関する調査研究事業報告書（海上安全），pp.45-50，2011.4.
- (22) 松本浩文・古莊雅生・下岡尚輔・小野昌也：漁船搭載のAIS有効利用に関する考察，日本航海学会論文集，第130号，pp.69-75，2014.7.
- (23) 松本浩文・秦一浩・小勝正貴・古莊雅生：我が国排他的経済水域における漁業資源管理－AIS（船舶自動識別装置）活用の観点から－，日本海洋政策学会第6号，2016年11月.
- (24) 生物研究社：改訂水産海洋ハンドブック2010（第4章漁業技術），pp.246
- (25) Fabrizio Natale，Maurizio Gibin，Alfredo Alessandrini，Michele Vespe，Anton Paulrud：Mapping Fishing effort through AIS Data，PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0130746，2015.6.
- (26) Wang Y.B.，Wang Y.：Estimating catches with automatic identification system (AIS) data：a case study of single otter trawl in Zhoushan fishing ground, China. Iranian Journal of Fisheries Science 15(1)，pp.75-90，2016.
- (27) 海上保安庁：海難の現況と対策について～大切な命を守るために～（平成27年版），pp.24，2016.3.
- (28) 漆谷伸介・佐野裕司・村松園江・江原美穂：海難審判庁裁決録による近年の居眠り海難の特徴に関する研究，人間工学 43(2)，pp.64-70，2007.
- (29) 古莊雅生：海上における物標の視認と見張り，日本航海学会論文集，第98号，pp.187-194，1997.3.

- (30) 古莊雅生：海上におけるフィールドファクターに関する一考察 - 衝突海難事例の初認距離による推定 -, 日本航海学会論文集, 第 103 号, pp. 175-180, 2000. 9.
- (31) 竹本孝弘・阪本義治・矢野吉治・古莊雅生：漁船衝突海難における避航行動とその背景, 日本航海学会論文集, 第 122 号, pp. 113-120, 2009. 3.
- (32) 藤本昌志・瀧 真輝・畑 貴宇・小原朋尚：海難事例と小型船舶操縦者の法理解の調査について-小型船舶に対する特別規定等の必要性-, 日本航海学会論文集, 第 124 号, pp. 137-147, 2011. 3.
- (33) 鈴木育実・藤本昌志・瀧 真輝・小原朋尚：小型船舶操縦者の交通法規の法理解と行動, 日本航海学会論文集, 第 126 号, pp. 161-170, 2012. 3.
- (34) 本村紘治郎・隅川芳雄：安全航行と安全操業に関するアンケート調査結果について-1 -瀬戸内海および豊後水道の漁船- 日本航海学会会報誌, 航海 52 号 pp. 16-22, 1977. 6.
- (35) 瀧 真輝・藤本昌志・臼井伸之介・広野康平：船型経験が避航判断に及ぼす影響, 日本航海学会論文集, 第 122 号, pp. 121-130, 2010. 3.
- (36) 三宅里奈・福戸淳司・長谷川和彦：AIS 記録データに基づく避航操船手法の解析, 日本航海学会論文集, 第 133 巻, pp. 66-74, 2015. 12.
- (37) 井上欣三・宇佐美 茂・柴田登紀子：制約水域における航過距離と離隔距離に関する操船者意識のモデル化, 日本航海学会論文集, 第 90 号, pp. 297-306, 1994. 3.
- (38) 酒出昌寿・世良 亘・井上欣三・本村紘治郎：こませ網漁船と一般航行船舶の離隔距離に関するこませ網漁業者意識のモデル化, 日本航海学会論文集, 第 122 号, pp. 139-148, 2010. 3.
- (39) 大橋信夫・久宗周二・川崎潤二：海上労働における労働科学的、人間工学的研究の歴史と現状, 人間工学 45(2), pp. 71-81, 2009.
- (40) IMO ガイドライン：MSC. 74(69)ANNEX12 (1998.05.12) Adoption of new and amended performance standards 1. ADOPTS the following new and recommended performance standards, set out in Annexes 1 to 3 to the present resolution.
- (41) 藤井弥平：避航領域についての一考察, 日本航海学会誌, 第 44 号, pp. 49-58, 1970. 1.

- (42) 藤井弥平：避航領域の定義について，海上交通工学研究部会資料，pp.1-13，1980.5.
- (43) 長澤 明：避航を考慮した海上交通シミュレーション，航海，第80号，pp.28-34，1984.6.
- (44) 長澤 明・原 潔・井上欣三：避航操船環境の困難度—シミュレーションによる評価に向けて—I，日本航海学会論文集，第79号，pp.91-101，1988.9.
- (45) 長澤 明・原 潔・井上欣三・小瀬邦治：避航操船環境の困難度—シミュレーションによる評価に向けて—II，日本航海学会論文集，第88号，pp.137-144，1993.3.
- (46) 渕真輝・古莊雅生・藤本昌志・臼井伸之介：操船方略の経験による違い，日本航海学会論文集，第117号，pp.199-206，2007.9.
- (47) 渕真輝・藤本昌志・臼井伸之介・岩崎裕行：保持船の動作判断時機について，日本航海学会論文集，第119号，pp.137-143，2008.9.
- (48) 海上保安庁監修：改訂8版 海上保安衝突予防法の解説，海文堂出版株式会社
- (49) 小林英一・長谷川和彦：AIS活用の展望 -その概要と最近の応用例から-，日本船舶海洋工学会誌，第47号，pp.29-33，2013.
- (50) 畑耕治郎・福戸淳司・長谷川和彦・丹羽量久：AISシミュレータを用いたAIS通信の評価 -Class B AIS搭載設置条件の影響-，日本航海学会論文集，第117号，pp.27-33，2007.9.
- (51) Hirofumi MATSUMOTO, Masao FURUSHO and Masaki FUCHI : Research on the Utilization of AIS for Fishing Boat, Journal of Maritime Researches, Vol.5, pp.25-34, 2015.6.
- (52) 山下武広：AIS Class B CSTDMA 導入時のVDL (VHF Data Link) の課題，日本航海学会誌 Navigation, 第168号，pp.77-83，2008.6.
- (53) IEC:Maritime navigation and radio communication equipment and systems - Automatic identification system (AIS) - Part 1:Carrier-sense time division multiple access (CSTDMA) techniques, IEC 62287-1, 10.6.2.1.2, pp.53 “Required results”
- (54) 公益社団法人全日本トラック協会：平成26年度ドライブレコーダの導入効果に関する調査報告書，2015.3.
- (55) 水産白書：平成25年度 水産の動向（我が国の漁業管理の特徴），水産庁.