

船舶事故調査報告書

船種 船名 コンテナ船 NYK VENUS

IMO番号 9312793

総トン数 97,825トン

船種 船名 コンテナ船 SITC OSAKA

IMO番号 9638329

総トン数 9,566トン

事故種類 衝突

発生日時 平成30年5月4日 07時02分49秒ごろ

発生場所 阪神港神戸区南方沖

神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標から真方位218°
350m付近

(概位 北緯34° 37.7' 東経135° 18.4')

令和元年5月29日

運輸安全委員会（海事部会）議決

委員長 武田 展 雄
委員 佐藤 雄 二 (部会長)
委員 田村 兼 吉
委員 柿 嶋 美 子
委員 岡 本 満喜子

要 旨

<概要>

コンテナ船^{エヌワイケー ビーナス}NYK VENUSは、船長ほか26人が乗り組み、同乗者3人を乗せ、水先人の水先により阪神港神戸区の六甲アイランド東水路南口に向けようとして北東進から左転中、コンテナ船^{エスアイティーンシー オオサカ}SITC OSAKAは、船長ほか17人が乗り組み、神戸中央航

路南口に向けて北西進中、平成30年5月4日07時02分49秒ごろ神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標付近において両船が衝突した。

NYK VENUS は、右舷船首部ブルワークの曲損等を生じ、SITC OSAKA は、左舷船尾部居住区の破損等を生じたが、両船共に死傷者はいなかった。

<原因>

本事故は、阪神港神戸区沖において、NYK VENUS が六甲アイランド東水路南口に向けて北東進から左転中、SITC OSAKA が神戸中央航路南口に向けて北西進中、NYK VENUS の水先人が、SITC OSAKA の船尾方を通過できると思って左転しながら航行を続け、また、SITC OSAKA の船長が、NYK VENUS の船首方を通過できると思って北西進を続けたため、両船が衝突したものと考えられる。

NYK VENUS の水先人が、SITC OSAKA の船尾方を通過できると思って左転しながら航行を続けたのは、NYK VENUS が左転中であるものの入港に向けて徐々に速力を落とししており、視認した NYK VENUS と SITC OSAKA との相対関係から、NYK VENUS が SITC OSAKA の船尾方を通過できると思い込み、SITC OSAKA との衝突のおそれがある状況に気付いていなかったことによるものと考えられる。

SITC OSAKA の船長が、NYK VENUS の船首方を通過できると思って北西進を続けたのは、NYK VENUS の航行経路及びレーダーの予測針路から NYK VENUS が針路を維持して航行すると思ったことによるものと考えられる。

NYK VENUS 及び SITC OSAKA が、VHF 無線電話を用いて早期に自船の進路等の情報に関してコミュニケーションをとっていなかったことは、本事故の発生に関与したものと考えられる。

NYK VENUS の水先人と NYK VENUS の乗組員との間で操船や他船の動向について口頭による相互のコミュニケーションが十分に行われていなかったこと、及び NYK VENUS の船長が入港に係る打合せに意識を向けていて見張りを行っていないことは、本事故の発生に関与した可能性があると考えられる。

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

コンテナ船^{エヌワイケー ビーナス} N Y K VENUSは、船長ほか26人が乗り組み、同乗者3人を乗せ、水先人の水先により阪神港神戸区の六甲アイランド東水路南口に向けようとして北東進から左転中、コンテナ船^{エスアイティシー オオサカ} S I T C OSAKAは、船長ほか17人が乗り組み、神戸中央航路南口に向けて北西進中、平成30年5月4日07時02分49秒ごろ神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標付近において両船が衝突した。

NYK VENUSは、右舷船首部ブルワークの曲損等を生じ、SITC OSAKAは、左舷船尾部居住区の破損等を生じたが、両船共に死傷者はいなかった。

1.2 船舶事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成30年5月7日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか6人の船舶事故調査官を指名した。

1.2.2 調査の実施時期

平成30年5月8日 現場調査及び口述聴取

平成30年5月9日、6月27日、28日、7月6日 口述聴取

平成30年5月17日、22日、24日、25日、30日、6月8日、7月12日、17日、20日、25日、31日、8月2日、27日、10月4日、5日、22日 回答書受領

1.2.3 調査の委託

本事故の調査に当たり、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全研究所に対し、衝突危険度の評価、入港実績に基づく航行状況の分析及び人間信頼性解析手法の一つであるCREAM分析によるヒューマンファクター分析を委託した。

1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

1.2.5 旗国への意見照会

NYK VENUSの旗国及びSITC OSAKAの旗国に対し、意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 事故の経過

2.1.1 船舶自動識別装置の情報記録による運航の経過

‘民間情報会社が受信した船舶自動識別装置（A I S）^{*1}の情報記録’（以下「A I S記録」という。）によれば、平成30年5月4日06時31分ごろ～07時05分ごろの間におけるNYK VENUS（以下「A船」という。）及びSITC OSAKA（以下「B船」という。）の運航の経過は、それぞれ表2.1-1及び表2.1-2のとおりであった。

A船及びB船の船位は、船橋上方に取り付けられたGPSアンテナの位置である。また、対地針路及び船首方位は真方位である。

表2.1-1 A船のA I S記録（抜粋）

時刻 (時:分:秒)	船位		対地針路 (°)	船首方位 (°)	対地速力 ^{*2} (ノット(kn))
	北緯 (° -' -")	東経 (° -' -")			
06:31:22	34-31-16.1	135-12-38.7	040.6	040	18.0
06:40:05	34-33-07.1	135-14-34.3	041.5	040	15.6
06:45:05	34-34-04.5	135-15-35.3	040.8	040	15.1
06:50:05	34-35-02.2	135-16-33.4	040.3	040	14.9
06:55:05	34-35-59.4	135-17-30.8	040.1	040	14.6
06:55:23	34-36-02.9	135-17-34.5	041.2	039	14.5
06:56:05	34-36-10.7	135-17-42.1	035.0	034	14.1
06:57:05	34-36-21.5	135-17-52.3	034.7	032	13.8
06:58:05	34-36-33.1	135-18-00.8	030.5	030	13.5
06:59:05	34-36-45.2	135-18-08.2	026.7	024	13.2
07:00:05	34-36-57.0	135-18-14.4	019.7	015	12.8
07:01:09	34-37-10.3	135-18-18.0	005.9	006	12.3
07:01:29	34-37-14.2	135-18-18.5	006.5	006	12.2
07:01:49	34-37-18.4	135-18-19.1	005.3	005	12.0
07:02:09	34-37-22.2	135-18-20.2	004.3	004	11.8

^{*1} 「船舶自動識別装置（A I S：Automatic Identification System）」とは、船舶の識別符号、種類、船名、船位、針路、速力、目的地及び航行状態に関する情報を各船が自動的に送受信し、船舶相互間、陸上局の航行援助施設等との間で情報を交換する装置をいう。

^{*2} 「対地速力」とは、地球表面の1点を基準に測った船の速度をいい、船が浮かんでいる水を基準に測った船の速度を「対水速力」という。

07:02:29	34-37-26.0	135-18-19.9	005.1	003	11.5
07:02:49	34-37-29.9	135-18-21.0	005.0	001	11.3
07:03:09	34-37-33.5	135-18-21.3	003.3	354	10.5
07:04:09	34-37-42.8	135-18-20.0	348.3	342	9.1
07:05:09	34-37-51.1	135-18-16.9	341.5	343	8.4

表 2.1-2 B船のAIS記録 (抜粋)

時刻 (時:分:秒)	船位		対地針路 (°)	船首方位 (°)	対地速度 (kn)
	北緯 (° ′ ″)	東経 (° ′ ″)			
06:40:07	34-38-34.5	135-23-53.3	236.6	237	13.8
06:45:11	34-37-55.3	135-22-42.3	234.4	235	14.0
06:50:05	34-37-14.9	135-21-33.8	235.1	235	14.2
06:52:23	34-36-56.0	135-21-01.5	233.9	236	14.2
06:55:11	34-36-53.3	135-20-18.2	291.0	293	13.8
06:56:05	34-36-57.9	135-20-04.2	291.0	293	13.8
06:57:03	34-37-02.8	135-19-48.8	290.0	294	13.8
06:58:03	34-37-08.3	135-19-33.3	293.2	295	13.8
06:59:03	34-37-13.9	135-19-17.6	293.5	295	13.9
07:00:03	34-37-19.4	135-19-02.4	293.2	295	13.9
07:01:03	34-37-24.9	135-18-47.0	292.2	297	13.8
07:01:23	34-37-27.0	135-18-41.7	297.1	301	13.7
07:01:44	34-37-29.2	135-18-36.8	299.9	303	13.7
07:02:03	34-37-31.5	135-18-32.3	302.1	306	13.7
07:02:23	34-37-34.1	135-18-27.8	305.4	309	13.6
07:02:34	34-37-35.4	135-18-25.6	307.7	311	13.5
07:02:44	34-37-37.0	135-18-23.3	311.0	313	13.5
07:03:03	34-37-40.6	135-18-20.3	326.8	284	13.5
07:04:03	34-37-40.1	135-18-11.3	230.8	240	8.7
07:05:03	34-37-36.2	135-18-01.1	264.0	274	9.8

2.1.2 航海情報記録装置による音声等の情報

B船の航海情報記録装置 (以下「VDR」という。) の記録によれば、平成30年5月4日06時52分25秒～07時02分52秒の間におけるB船の船橋内

の音声等の情報は、表 2.1-3 のとおりであった。

なお、乗組員の中国語による発声は、斜体で日本語訳のみを記載した。

表 2.1-3 音声等の情報 (抜粋)

時刻	音声等	主機遠隔操縦装置
06:52:25	B 船の船長：右舵 10°。 B 船の操舵手：右舵 10°。10°、右。	全速力前進
06:52:56	B 船の船長：右舵 10°。 B 船の操舵手：右舵 10°。	
06:52:59	B 船の船長：5°、右。 B 船の操舵手：5°、右。	
06:53:15	B 船の船長：舵中央。 B 船の操舵手：舵中央。	
06:53:19	B 船の船長：5°、右。 B 船の操舵手：5°、右。	
06:53:50	B 船の船長：290°。 B 船の操舵手：290°。	
06:54:24	B 船の船長：293°。 B 船の操舵手：方向 293°。	
06:56:47	B 船の船長：295°。 B 船の操舵手：295°。方向、295°。	
06:59:52～ 07:00:11	[不明瞭]	
07:00:45	B 船の船長：右舵 10°。 B 船の操舵手：右舵 10°。10°、右。	
07:00:55	B 船の船長：舵中央。 B 船の操舵手：舵中央。	
07:00:59～ 07:01:02	[不明瞭]	
07:02:10	B 船の航海士：NYK VENUS NYK VENUS. SITC OSAKA SITC OSAKA. 汽笛：長音 1 回 (約 10 秒間) B 船の航海士：NYK VENUS NYK VENUS. SITC OSAKA SITC OSAKA.	
07:02:30	B 船の航海士：超近い。 B 船の船長：[不明瞭] ブザー音：(約 10 秒間)	

07:02:40	[不明瞭] B船の船長：左舵10°。 B船の操舵手：左舵10°。	
07:02:43		航海全速力前進
07:02:49～ 07:02:52	(衝撃音)	

なお、A船の船舶管理会社であるNYK SHIPMANAGEMENT PTE LTD（以下「A社」という。）の回答書によれば、A船が搭載していたVDRについては、A船の船長（以下「船長A」という。）が衝突後間もなくVDR記録の保存作業の指示を行ったが、保存作業が適切に行われず、本事故当時の記録が失われたため、入手することができなかった。船橋内には保存作業の手順に係るマニュアルが掲示されていた。

2.1.3 乗組員の口述等による事故の経過

船長A、A船の航海士（以下「航海士A₁」という。）、操舵手（以下「操舵手A」という。）、訓練生（以下「訓練生A」という。）及び水先人（以下「水先人A」という。）、B船の船長（以下「船長B」という。）、航海士（以下「航海士B」という。）及び操舵手（以下「操舵手B」という。）の口述、神戸ポータルラジオ^{*3}（以下「ポータルラジオ」という。）の業務報告書並びにA社の回答書によれば、次のとおりであった。

(1) A船

A船は、船長A（クロアチア共和国籍）ほか26人（クロアチア共和国籍3人、ロシア連邦籍2人、フィリピン共和国籍16人、インド籍2人、ルーマニア籍1人、中華人民共和国籍2人）が乗り組み、同乗者3人（全員インド籍）が乗船し、平成30年4月28日阪神港神戸区の六甲アイランドRC-7岸壁に向けてシンガポール共和国シンガポール港を出港した。

水先人Aは、5月4日05時00分ごろ、和歌山県和歌山市友ヶ島南方沖のパイロットステーション^{*4}において、A船に乗船し、船長AとA船及び入港に係る情報交換を実施した後、A船の水先業務を開始した。

^{*3} 「神戸ポータルラジオ (Port Radio)」とは、港湾管理者である神戸市から委託され、港へ入出港する船舶とVHFで交信し、入港スケジュールの提供、必要に応じて船舶の航行安全を確保するため、航路内状況、港内状況等（出入港船舶の有無、行き会い船舶の有無、港内工事状況等）の情報を船舶に知らせる海岸局をいう。なお、神戸ポータルラジオは、港則法の規定に基づき港長が行う船舶の交通整理、交通の制限、禁止等については、権限がないことから行うことはできない。

^{*4} 「パイロットステーション」とは、水先人が水先要請船と合流して乗船するために設定された水域をいう。

A船は、船長Aが操船指揮をとり、航海士A₁とは別の航海士（以下「航海士A₂」という。）を見張り及び主機遠隔操縦装置の操作に、操舵手Aを手動操舵に、訓練生Aを見張りにそれぞれ配置し、水先人Aの水先により阪神港神戸区に向けて針路を040°（真方位、以下同じ）とし、約18knの速力（対地速力、以下同じ。）で関西国際空港沖を航行した。

水先人Aは、A船の水先業務をしてきた中でA船乗組員のBRM^{*5}の教育が徹底されていると感じ、同乗組員を信頼できると思い、船長Aとは操船に関する認識を共有できていると思った。

水先人Aは、06時35分ごろ段階的に港内速力に下げよう船橋内の乗組員に指示し、06時44分ごろ、日本語でNo.2‘VHF無線電話’（以下「VHF」という。）を使用してポトラジオとやり取りを行い、阪神港神戸区港外に到着したこと及び阪神港神戸区第7防波堤を07時20分ごろ通過予定であることを伝え、ポトラジオからA船の船首方を先行する船舶の情報及びB船が神戸中央航路に07時15分ごろ入航予定であることを聞き、目視でB船を初認した。

航海士A₁は、06時52分ごろ昇橋し、見張り及び主機遠隔操縦装置の操作を行っていた航海士A₂と船橋当直を交代した。

船長Aは、06時53分ごろA船右舷船首方の約3海里（M）にB船を視認し、No.1‘電子海図情報表示装置’（以下「ECDIS」という。）でB船との最接近距離（以下「DCPA」という。）値を確認したところ0.84M（約1,556m）であり、B船が南西方に向かい、A船が今後左方向へ進むことから、B船がA船の右舷方を通過して遠ざかっていくと思い、B船の動静について水先人Aには伝えず、また水先人AからもB船に関する話はなかったので、海図台付近において航海士A₂と入港に係る打合せを開始した。

水先人Aは、船長Aがレーダーで見張りを行っていたのでポトラジオと通信を行ったNo.2VHF付近に立ち、目視でB船の見張りを続けていたところ、06時55分ごろA船とB船の相対方位に変化がないように感じた。

水先人Aは、船長A及び航海士A₂がB船をレーダー及びECDISで見ていると思い、B船を指差したことでA船乗組員がB船に意識を向けていると思った後、六甲アイランド東水路（以下「東水路」という。）に向けるよう、操舵手Aに左転を指示した。

*5 「BRM」とは、Bridge Resource Managementの略記であり、船舶の安全運航のため、乗組員、設備、情報など、船橋（ブリッジ）で利用可能なあらゆる資源（リソース）を有効に活用（マネージメント）することをいう。

水先人Aは、B船が右転した直後はどのように進むか予測できなかったものの、06時57分ごろ視認したB船との相対関係から、B船がA船の船首方を通過すると思い、減速に合わせて左転を続けた。

水先人Aは、入航に向けて行ってきた操船に係る指示が船長Aから了解されていると思い、操船を続けた。水先人Aは、訓練生Aが、レーダーで確認し、B船との衝突のおそれを感じて水先人Aに報告したが、訓練生Aの報告があったことに気付かなかった。

A船は、東水路に向けて徐々に左転するとともに減速して航行していた。

水先人Aは、07時01分ごろ東水路の入口に近づいてきたので、航海士A₁に主機を半速力前進とするように指示した後、B船との位置関係を目視し、B船との衝突のおそれを感じ、操舵手Aに左舵一杯を指示した。

A船は、船長Aが、水先人Aの半速力前進と左舵一杯の指示を聞き、海図台付近から振り返って船首方を見たところ、A船船首がB船船首に重なって見えたので、航海士A₁に主機の微速力前進の指示を行うと同時に、自ら主機遠隔操縦装置に移動し、主機を極微速力前進から全速力後進までの操作を行ったが、07時03分ごろその右舷船首部とB船の左舷船尾部の居住区画等とが衝突した。

水先人Aは、大型船の他船との航過距離に関してA船船橋から船首までの長さを十分に考慮していなかったと本事故後に思った。

(2) B船

B船は、船長B（中華人民共和国籍）ほか17人（全員中華人民共和国籍）が乗り組み、5月4日06時10分ごろ阪神港神戸区の六甲アイランドRC-4岸壁に向けて阪神港大阪区を出港した。

B船は、船長Bが操船指揮をとり、航海士Bを見張りに、操舵手Bを手動操舵にそれぞれ配置し、航行を続けた。

航海士Bは、06時31分ごろVHFでポータルラジオに07時15分ごろ神戸中央航路に入航予定であることを伝え、ポータルラジオから、錨地に錨泊する2隻の船舶等の情報を得た。

船長Bは、06時50分ごろ船首方約4MにA船を視認し、No.2レーダー及び目視でA船の見張りを開始した。

船長Bは、06時52分ごろ阪神港大阪区第6区の大阪沖埋立処分場の南方沖付近において、神戸中央航路に向けて右転を指示した。

船長Bは、06時54分ごろA船と横切りの関係にあると認識し、06時57分ごろDCPA値の減少が気になったが、レーダーで見たA船の予測針路などからB船がA船の船首方を問題なく通過できると思い、また、ここで

増速すると入港の際の速力が速くなると思った。

船長Bは、07時00分ごろA船が左転しているのを視認して危険を感じ、A船との距離を空けようと思って右舵10°を指示した。

その後、航海士Bは、VHFでA船を2回呼び出したもののA船からの応答がなく、船長Bが汽笛を吹鳴させた後、同様にA船を2回呼び出したものの応答がなかった。

船長Bは、あまり遠くで鳴らしても汽笛は聞こえないと思っていた。

B船は、船長Bが、航海士Bに主機を全速力前進から航海全速力前進にするよう指示し、A船船首方を通過しようと増速したが、07時03分ごろその左舷船尾部の居住区画等とA船の右舷船首部とが衝突した。

本事故の発生日時は、平成30年5月4日07時02分49秒ごろであり、発生場所は、神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標（以下「中央ブイ」という。）から218°350m付近であった。

(付図1 航行経路図、付図2 航行経路図(拡大)、付表1 本事故の経過表 参照)

2.2 人の死亡及び負傷に関する情報

船長A及び船長Bの口述によれば、死傷者はいなかった。

2.3 船舶の損傷に関する情報

(1) A船は、右舷船首部ブルワーク等に曲損、右舷船首部外板に擦過傷及びバルバスバウに凹損を生じた。

(2) B船は、左舷船尾部の居住区画等に破損を生じ、B船の船舶管理会社であるSITC SHIPS MANAGEMENT CO.,LTD.（以下「B社」という。）の回答書によれば、左舷船底外板に亀裂を生じた。

(写真2.3-1、写真2.3-2 参照)

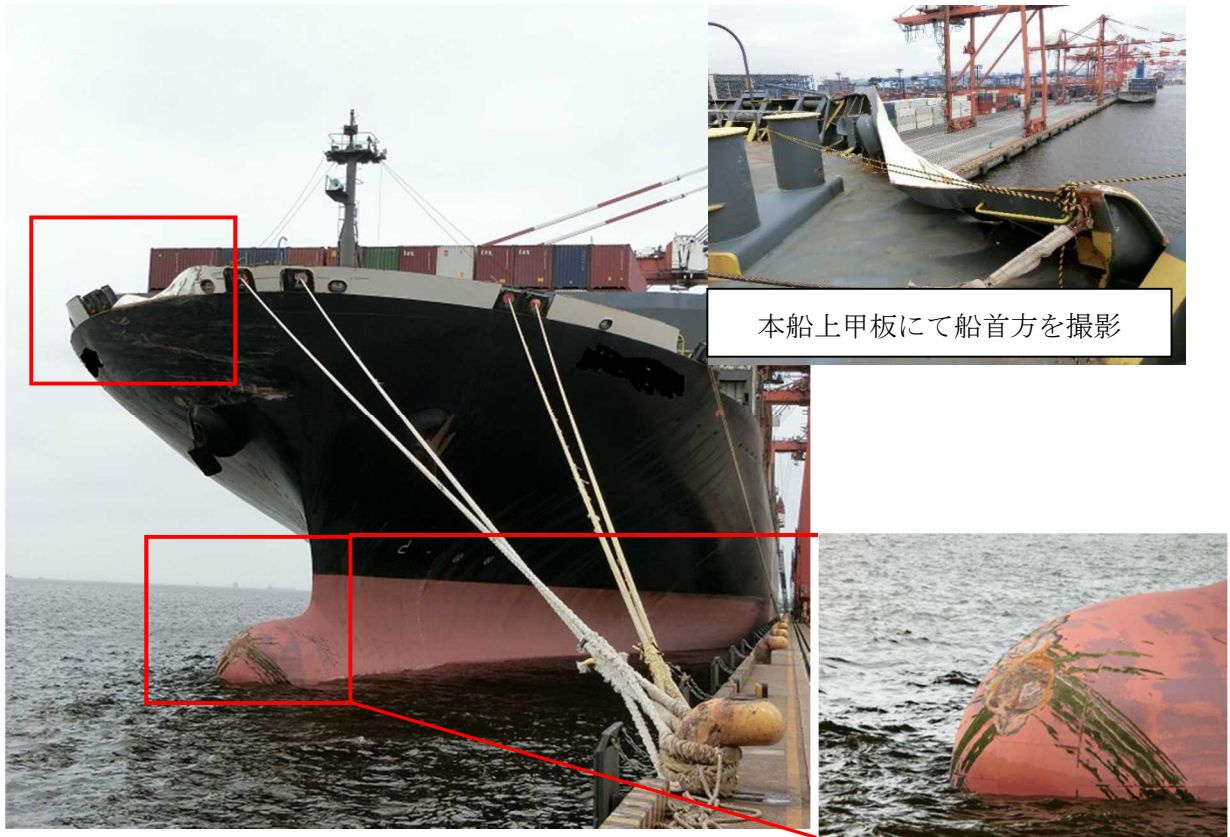


写真 2. 3 - 1 A 船の損傷状況

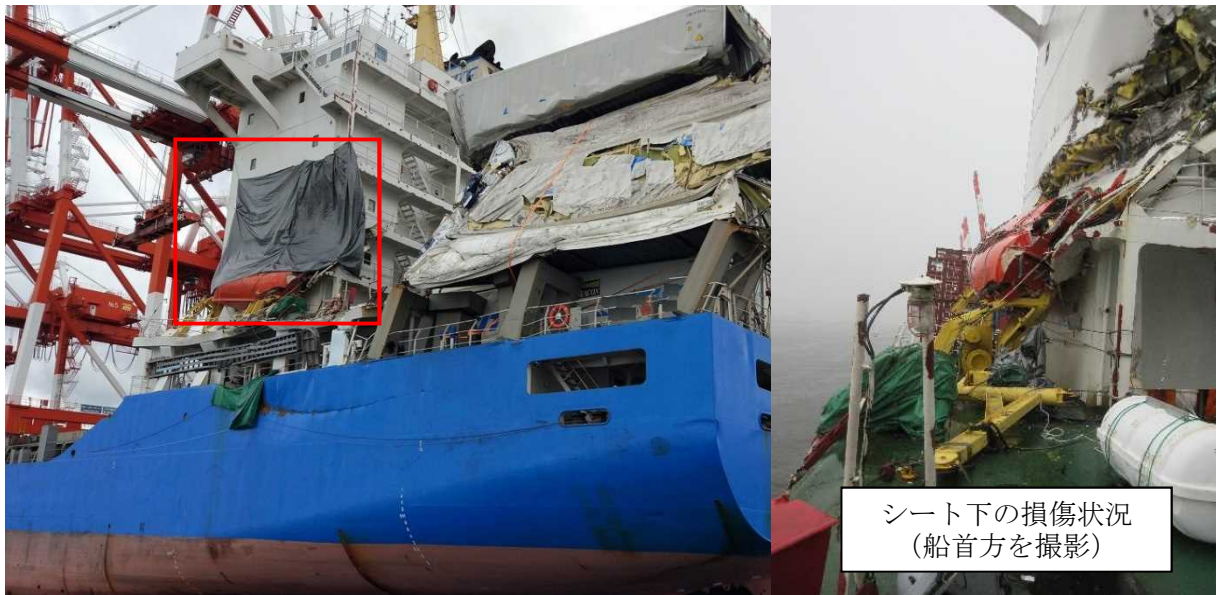


写真 2. 3 - 2 B 船の損傷状況

2.4 乗組員等に関する情報

(1) 性別、年齢、海技免状等

船長A 男性 54歳 国籍 クロアチア共和国

締約国資格受有者承認証 船長 (パナマ共和国発給)

交付年月日 2016年12月12日
(2021年9月28日まで有効)

航海士A₁ 男性 24歳 国籍 フィリピン共和国
締約国資格受有者承認証 二等航海士 (パナマ共和国発給)

交付年月日 2018年3月6日
(2021年7月26日まで有効)

航海士A₂ 男性 54歳 国籍 クロアチア共和国
締約国資格受有者承認証 船長 (パナマ共和国発給)

交付年月日 2014年12月22日
(2019年10月17日まで有効)

訓練生A 男性 25歳 国籍 中華人民共和国
海技免状等 なし

水先人A 男性 71歳
大阪湾水先区一級水先人水先免状

免許年月日 平成13年12月25日
免状交付年月日 平成27年12月4日
有効期間満了日 平成30年12月24日

船長B 男性 45歳 国籍 中華人民共和国
船長免状 (中華人民共和国発給)

交付年月日 2017年11月27日
(2021年6月16日まで有効)

(2) 主な乗船履歴等

船長A、船長B及び水先人Aの口述によれば、次のとおりであった。

① 船長A

2003年から船長職を執り、2018年3月からA船の船長として乗船し、船長としての阪神港神戸区への入港経験は8回であった。

本事故当時、健康状態は良好であった。

② 水先人A

昭和44年に船会社に就職し、船長として、大型原油タンカー、LNG船、コンテナ船等に乗船し、平成14年2月に大阪湾の水先人として業務を開始し、月15回程度、水先業務を行っていた。

本事故当時、健康状態は良好であった。

③ 船長B

2002年から船長職を執り、2017年11月からB船の船長として乗船し、阪神港神戸区への入港経験は合計100回以上であった。

本事故当時、健康状態は良好であった。

2.5 船舶に関する情報

2.5.1 船舶の主要目等

(1) A船

IMO 番号	9312793
船籍港	パナマ共和国 パナマ
船舶所有者	NYK VENUS CORPORATION (パナマ共和国)
船舶管理会社	A社 (シンガポール共和国)
船級	一般財団法人日本海事協会
総トン数	97,825トン
L×B×D	338.17m×45.60m×24.60m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関1基
出力	64,033kW
推進器	6翼固定ピッチプロペラ1個
進水年月日	2006年12月29日

(写真2.5-1 参照)



写真2.5-1 A船

A船は、本邦、シンガポール及びヨーロッパ間の定期航路に従事しており、阪神港神戸区には2ヶ月半に1回程度入港していた。

(2) B船

IMO 番号	9 6 3 8 3 2 9
船 籍 港	中華人民共和国香港特別行政区
船舶所有者	SITC OSAKA SHIPPING COMPANY LTD. (中華人民共和国香港特別行政区)
船舶管理会社	B社 (中華人民共和国)
船 級	一般財団法人日本海事協会
総 ト ン 数	9, 5 6 6 トン
L × B × D	1 4 1. 0 3 m × 2 2. 5 0 m × 1 1. 4 0 m
船 質	鋼
機 関	ディーゼル機関 1 基
出 力	8, 2 8 0 kW
推 進 器	5翼固定ピッチプロペラ 1 個
進水年月日	2 0 1 2 年 3 月 3 1 日

(写真 2. 5 - 2 参照)



写真 2. 5 - 2 B船

B船は、本邦及び中華人民共和国間の定期航路に従事しており、阪神港神戸区には月に2回程度入港していた。

2.5.2 積載状態

(1) A船

A社の回答書によれば、20フィート換算のコンテナ積載能力は9,012個であり、本事故時、20フィートコンテナを1,360個、40

フィートコンテナを2,441個積載し、喫水は、船首約12.85m、船尾約13.35mであった。

(2) B船

船長Bの口述及び回答書によれば、20フィート換算のコンテナ積載能力は1,103個であり、本事故時、20フィートコンテナを195個、40フィートコンテナを208個、オープントップコンテナを2個積載し、喫水は、船首約5.19m、船尾約7.05mであった。

2.5.3 航海機器等

(1) A船

A船は、船橋の船首側窓際中央部にジャイロ・レピータ及びVHF送受話器2台が、その後方に操舵装置があり、船首窓際右舷側にNo.1ECDIS、No.1レーダー、No.2レーダー及びNo.2ECDISが、船首窓際左舷側に主機遠隔制御装置、No.1レーダー表示部が、レーダー等の後方に海図台等が、主機遠隔制御装置の後方の作業台にVDRの遠隔操作部がそれぞれ設置されていた。

A社の回答書によれば、本事故当時、航海士A₁は、No.1レーダーのレンジを6Mに、No.2レーダーのレンジを3Mにそれぞれ設定して監視していた。

(図2.5-1 参照)

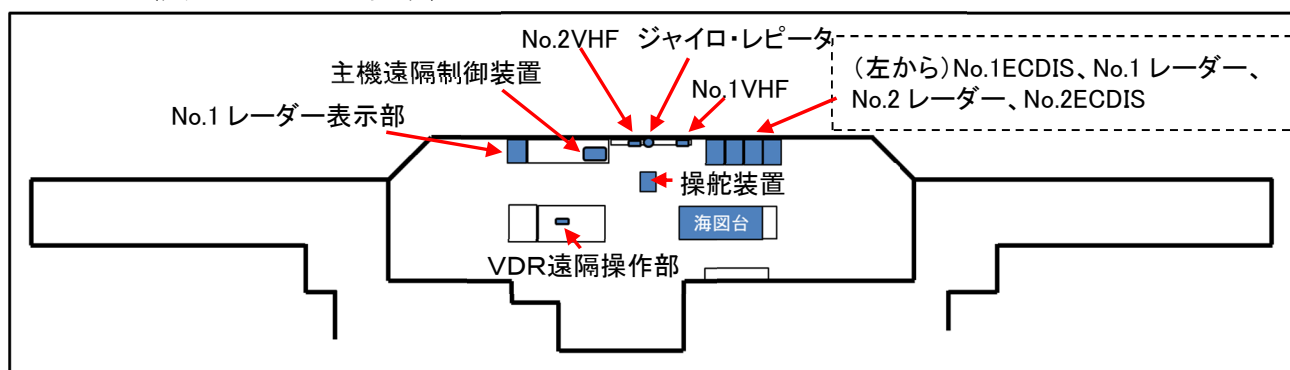


図2.5-1 A船の船橋

(2) B船

B船は、船橋の船首側窓際中央部にジャイロ・レピータ及びVHF送受話器2台が、その後方に操舵装置があり、右舷側に主機遠隔制御装置、No.1レーダー等が、左舷側にNo.2レーダーが設置され、汽笛操作部が船首側窓際（左舷及び中央部付近）に設置されていた。

船長Bの口述によれば、本事故当時、船長Bは、No.2レーダーのレン

ジを 3M に設定して監視し、左舷側の汽笛操作部を使用しており、航海士 B は No. 1 VHF を使用していた。

(図 2.5-2 参照)

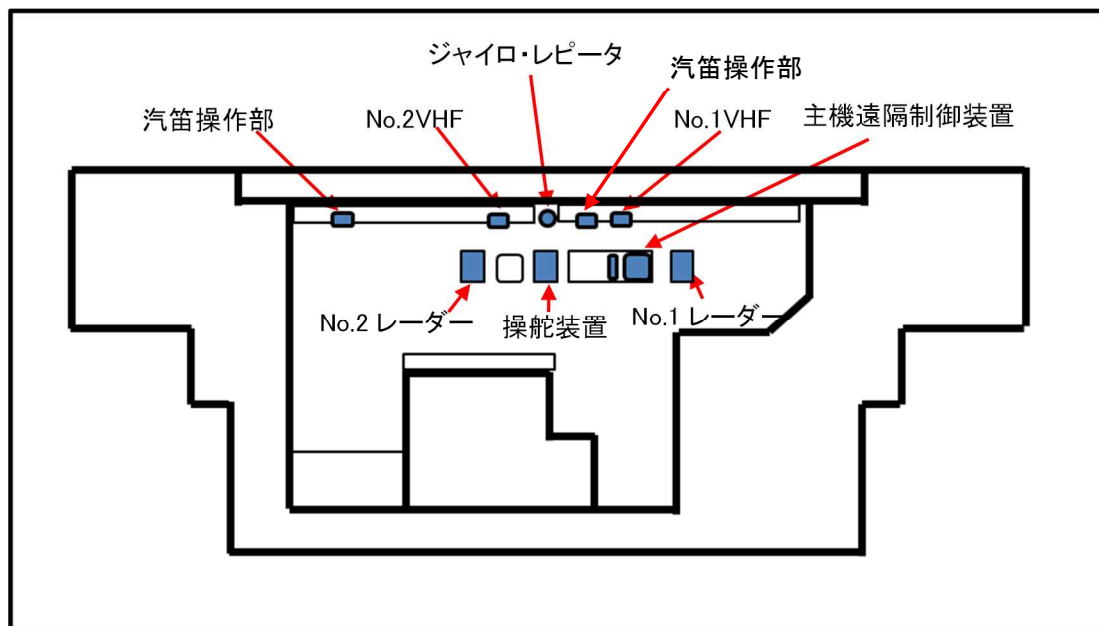


図 2.5-2 B 船の船橋

2.5.4 船橋からの見通し

A 船の右舷船首方並びに B 船の左舷船首方に死角を生じさせる構造物はなかった。

2.5.5 操縦性能に関する情報

(1) A 船

A 船の速力性能表によれば、A 船の運動性能等は、次のとおりであった。

① 主機回転数と速力

種別	主機回転数 毎分 (rpm)	載荷状態速力 (kn)	空荷状態速力 (kn)
航海全速力前進	93.5	25.0	27.0
全速力前進	46.0	12.0	12.9
半速力前進	39.0	10.0	11.1
微速力前進	31.0	8.0	9.4
極微速力前進	25.0	6.0	7.8

② 全速力後進としてから停止するまでの時間及び距離

後進発令時の状態	載荷状態		空荷状態	
	時間 (秒)	距離 (M)	時間 (秒)	距離 (M)
航海全速力前進	660	2.3	450	1.7
半速力前進	264	0.4	186	0.3

③ 最小舵効速力

載荷状態	4.7 kn
空荷状態	6.8 kn

④ 載荷状態における旋回性能

	主機回転数 毎分 (rpm)	旋回縦距* ⁶ (m)	時間 (秒)	旋回径* ⁷ (m)	時間 (秒)
右旋回	93.5	994.5	108	1357.5	294
	39.0	770.4	270	1172.3	654
左旋回	93.5	913.0	96	1150.1	264
	39.0	789.0	246	998.2	654

⑤ 空荷状態における旋回性能

	主機回転数 毎分 (rpm)	旋回縦距 (m)	時間 (秒)	旋回径 (m)	時間 (秒)
右旋回	96.0	1059.3	120	1446.4	246
	44.0	820.4	228	1248.2	456
左旋回	96.0	972.3	114	1224.2	222
	44.0	840.8	228	1063.0	438

(2) B船

B船の速力性能表によれば、B船の運動性能等は、次のとおりであった。

*⁶ 「旋回縦距」とは、転舵時の船体の重心位置から90°回頭したときの船体重心の原針路方向の進出距離をいう。

*⁷ 「旋回径」とは、転舵時の船体の重心位置から180°回頭したときの船体重心の原針路からの横移動距離をいう。

① 主機回転数と速力

種別	主機回転数 毎分 (rpm)	載荷状態速力 (kn)	空荷状態速力 (kn)
航海全速力前進	1 2 4 . 5	1 8 . 0	1 9 . 5
全速力前進	8 5 . 0	1 3 . 0	1 3 . 5
半速力前進	7 7 . 0	1 1 . 5	1 1 . 5
微速力前進	5 5 . 0	7 . 5	7 . 5
極微速力前進	4 0 . 0	5 . 5	7 . 8

② 全速力後進としてから停止するまでの時間及び距離

後進発令時の状態	載荷状態		空荷状態	
	時間 (秒)	距離 (m)	時間 (秒)	距離 (m)
航海全速力前進	3 7 7	1 6 6 1	2 9 5	1 4 5 5
半速力前進	3 1 6	9 3 3	1 9 7	6 6 5

③ 載荷状態における旋回性能

	主機回転数 毎分 (rpm)	旋回縦距 (m)	時間 (秒)	旋回半径*8 (m)
右旋回	1 2 4 . 5	5 4 4 . 0	7 9	2 8 7 . 0
	7 7 . 0	5 0 3 . 0	1 1 0	2 8 0 . 0
左旋回	1 2 4 . 5	5 4 4 . 0	7 9	2 8 7 . 0
	7 7 . 0	5 0 3 . 0	1 1 0	2 8 0 . 0

④ 空荷状態における旋回性能

	主機回転数 毎分 (rpm)	旋回縦距 (m)	時間 (秒)	旋回半径 (m)
右旋回	1 2 4 . 5	5 2 3 . 0	7 4	2 5 6 . 0
	7 7 . 0	4 8 3 . 0	1 0 8	2 4 9 . 0
左旋回	1 2 4 . 5	5 2 3 . 0	7 4	2 8 7 . 0
	7 7 . 0	4 8 3 . 0	1 0 8	2 4 9 . 0

*8 「旋回半径」とは、転舵時の船体の重心位置から90°回頭したときの船体重心の原針路からの横移動距離をいう。

2.5.6 船舶に関するその他の情報

船長Bの口述及びA社の回答書によれば、本事故当時、A船及びB船の船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

2.6 気象及び海象に関する情報

2.6.1 気象及び波浪観測値等

(1) 気象観測値

本事故現場の北西約5.4Mに位置する神戸地方気象台における観測値は、次のとおりであり、07時00分ごろの天気は快晴、視程は30.0kmであった。

時刻	風向	平均風速 (m/s)	最大瞬間風速 (m/s)	降水量 (mm)
06時40分	西南西	3.8	6.1	なし
06時50分	南西	4.1	6.7	なし
07時00分	西南西	4.1	6.6	なし
07時10分	南西	4.1	6.6	なし

(2) 波浪観測値

本事故現場の東北東方約1.9Mに位置するナウファス^{*9}の観測地点「神戸」における本事故当時の観測値は、次のとおりであった。

07時00分 波高0.32m、周期3.7秒、波向 南

07時20分 波高0.38m、周期3.5秒、波向 西南西

(3) 潮汐

海上保安庁刊行の潮汐表によれば、阪神港神戸区における本事故当時の潮汐は、上げ潮の末期であった。

2.6.2 乗組員の観測

A社の回答書によれば、本事故当時の天気は、晴れ時々曇り、北西の風、視程は5M以上であった。

B船の航海日誌によれば、08時00分の天気は、晴れ、南西の風、風力4、視程は7M以上であった。

^{*9} 「ナウファス」(国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網)とは、国土交通省港湾局、各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局、国土技術政策総合研究所及び港湾空港技術研究所の相互協力の下に構築され、運営されている日本沿岸の波浪情報網をいう。

2.7 事故水域等に関する情報

2.7.1 東水路

- (1) 海上保安庁刊行の海図W101（神戸）によれば、東水路は水深16mに掘り下げられており、同水路の東側は14.2～15.8m程度の水深であった。
- (2) 海上保安庁刊行の瀬戸内海水路誌によれば、六甲アイランド北東方のフェリーふ頭から発着するカーフェリーは、六甲アイランド東側の水路を航行して出入りしている。
- (3) 神戸市海務課担当者の口述によれば、本事故当日は祝日であり、平日に比べて航行している船舶は少なかった。

2.7.2 入港マニュアル

- (1) 神戸市海務課担当者の口述によれば、次のとおりであった。

港湾管理者である神戸市は、入港マニュアルを作成し、船舶代理店を通じ、同マニュアルを阪神港神戸区に入出港する船舶への配布及び備付けを依頼し、入出港時の安全対策についての周知を図っている。

入港マニュアルは、行政指導のガイドラインであり法令や条例に基づくものではないものの、阪神港神戸区の海事関係者の合意に基づき明文化されたものであった。
- (2) 入港マニュアルには、入港船舶及び港内を移動する船舶は、国際信号旗による進路の表示を行うよう記載されている。
- (3) 船長Bの口述及び水先人Aの回答書によれば、事故当時、A船は水先人Aの指示により、また、B船も乗組員により国際信号旗による進路の表示を行っていた。

2.7.3 強制水先区と対象船舶

水先法（昭和24年法律第121号）第35条及び同法施行令（昭和39年政令第354号）第5条によれば、本事故現場である大阪湾区は、強制水先区に指定され、総トン数1万トン以上の船舶に乗り組む船長は水先人を乗り込ませなければならないと定められている。

2.7.4 周囲の船舶等の情報

AIS記録によれば、平成30年5月4日06時30分ごろ～07時00分ごろの事故水域付近の状況は、次のとおりであった。

- (1) 阪神港港外の海域では、中央ブイの南西方に2隻、東北東側に1隻の船舶

が錨泊していた。

- (2) A船に先航して、友ヶ島方面から東水路に向かう自動車運搬船が中央ブイの西側を通過して航行していた。

2.8 A船の安全管理に関する情報

A社の安全管理マニュアルには、水先人が乗船しているときの船長及び当直航海士の責任について、次のとおり定められていた。

- (1) 水先人の業務は船長の補助であり、水先人が乗船している場合においても航行の責任は船長にある。
- (2) 船長は水先人の動作を監視し、船の安全を確保しなければならない。
- (3) 船長は、水先人の操船が正しくないと判断した場合には、すぐに水先人の指示を破棄し、必要と考えられる操船を行わなければならない。
- (4) 船長と水先人の指示が食い違った場合には、当直航海士及び操舵手は船長の指示に従わなければならない。
- (5) 船長は水先人の助言を尊重し、必要に応じて、航海計画を見直すべきである。
- (6) 当直航海士は、たとえ水先人が乗船していても、通常の航海業務を実施しなければならない。

2.9 BRMの訓練に関する情報

- (1) A社の回答書によれば、船長Aは、2014年9月にBRM訓練を受けていた。
- (2) 大阪湾水先区水先人会担当者の口述によれば、水先人Aは、平成27年7月にBRM研修を受けていた。
- (3) B船の回答書によれば、船長Bは、2016年6月にBRM訓練を受けていた。

2.10 事故発生要因等に関する解析調査

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全研究所に委託した、A船及びB船に関する衝突危険度の評価、入港実績に基づく航行状況の分析及びCREAM^{*10}分析の結果の概要は、次のとおりであった。(別添参照)

(1) 衝突危険度の評価

A船及びB船の衝突の危険状態を定量評価するため、AIS記録を基にして、

^{*10} 「CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method)」とは、人間の認知的側面に着目した人間信頼解析 (HRA: Human Reliability Analysis) 手法の一つであり、事故はあくまでも最終的な結果として捉え、その背後には様々な背後要因があると考えるところに特徴がある。

O Z T^{*11}、C J^{*12}、S J^{*13}、C R^{*14}及びB C^{*15}の5種類の評価指標を用いて衝突危険度の評価を行った。なおA船及びB船の位置の基準点は、特段の記述がある場合を除き、GPSのアンテナ位置とした。(各評価指標の算出方法については、別添31～36ページを参照のこと。)

① 避航に関する評価

O Z Tの発生は、5分以内に自船の針路の左右10°の範囲(本事故調査における設定値)において、他船によってその進路を妨害される領域が存在することであり、何らかの行動によりO Z Tの発生した領域を避ける必要がある。

A船及びB船のO Z Tの発生は、A船が06時58分ごろ、B船が06時56分ごろであり、5分以内にA船とB船との距離が2船の最小安全航過距離である259m(本事故調査における設定値で、A船とB船の長さから求めた値)以下の危険な状態に陥る状況であった。(A船及びB船の位置の基準点は、それぞれの船体中央位置に補正している。)

(別添6ページ 参照)

なお、A船が遭遇したO Z Tは、06時58分ごろから衝突直前まで、A船が向かおうとした進路上に発生し、B船が遭遇したO Z Tは、衝突直前の時点を除き、B船の左舷側に発生し、B船が向かおうとした進路から外れていた。(別添8ページ図2-6参照)

*11 「O Z T (Obstacle Zone by Target)」とは、他船によって近い将来妨害される領域を示すものをいう。具体的には、ある時刻において、他船の針路及び速力が一定である条件のもと、将来、自船と他船が最小安全航過距離以内(本事故調査において259m以内と設定)に接近する水域をいう。自船の針路は、可変としていることから、自船からみた他船のO Z Tは、他船の針路上にのみ存在する。このことから、他船からみた自船のO Z Tは、自船の針路上にのみ存在することになる。

*12 「C J (Collision Judgement)」とは、1対1の見合い関係にある2船の衝突危険度を示す指標をいう。相手船との相対距離とその変化率、及び相対方位とその変化率から算出されるものであり、相手船が近づくとつれて危険度は増加する。

*13 「S J (Subject Judgement)」とは、ある船舶から別の船舶までの距離および相対方位の変化率の組み合わせによって、一般的な操船者からみた主観的な2船間の衝突危険度を評価する。

*14 「C R (Collision Risk)」とは、2船間の相対位置及び相対速度から決定される最接近時間と最接近距離を用い、操縦性能などの船舶特性を考慮して衝突危険度を評価する。

*15 「B C (Blocking Coefficient)」とは、自船が変速と変針による避航を行う場合において、周囲に存在する船舶等との衝突危険度に変速と変針の避航手段の選好度(操船手段としての望ましさ、好ましさをいう。)を表す重み係数を乗じたものを用いて、周囲に存在する船舶等によって閉塞される度合い(避航操船空間閉塞度)を示す指標をいう。

なお、事故当時は入港直前の状況であり、機関による減速が可能であったことから、避航手段は変針と減速の両方であるとする。

② 2船間の危険状態の評価

a C J (Collision Judgement)

C J 値は、2船の衝突危険度を相対関係から計算して示す指標であり、C J 値が取り得る範囲は $-\infty$ から $+\infty$ で、正の値が危険を示す。

A船及びB船が互いを対象として評価したC J 値は、A船はB船に対して06時56分ごろから徐々に上昇し始め、B船はA船に対して06時54分以降、徐々に上昇し始めている。

C J 値の危険の閾値^{*16}（衝突の危険が生じたとする値）である0.015を超えた時刻は、両船ともに07時02分以降であった。

（別添9ページ 参照）

b S J (Subject Judgement)

S J 値は、2船の衝突危険度を一般的な操船者の経験値等のフィルターを通して計算して示す指標であり、操船者が感じる衝突の危険度を示す値である。S J 値が取り得る範囲は -3 から $+3$ で、負の値が危険を示す。

SJ=-3 きわめて危険、SJ=-2 危険、SJ=-1 やや危険、
SJ=0 どちらともいえない
SJ=+1 やや安全、SJ=+2 安全、SJ=+3 きわめて安全、

A船及びB船のS J 値は、A船は06時54分以前から危険を示す負側の値となっており、初めて -2 を示すのは06時54分ごろで、その後一時的に増加するものの、06時57分ごろ、及び07時01分過ぎには再び値が -2 を超えて危険な状態になっている。

また、B船は、06時58分ごろからS J 値が危険を示す負の値となっており、07時00分ごろ値が -2 近くで危険な状態を示している。

（別添9ページ 参照）

c C R (Collision Risk)

C R 値は、2船間の衝突危険度を最接近時間（TCPA）及びDCPAと、操縦性能などの船舶特性を考慮して計算される指標であり、C R 値が取り得る範囲は0から1で、数値の絶対値が大きいほど危険を示す。

A船及びB船のC R 値は、A船は06時54分以降上昇し、6時58分以降は値が最大の状況にあり、B船は06時56分以降C R 値が上昇し、07時01分以降は最大の状況にあった。

（別添10ページ 参照）

*16 「閾値」とは、ある反応を起こさせる、最低の刺激量をいう。

③ 操船の自由度の評価

BC値の上昇は、操船自由度が低下することを示しており、BC値の取り得る範囲は0～1である。

A船及びB船の周囲の船舶及び中央ブイを対象として評価したBC値は、両船ともに06時55分以降上昇しており、A船は07時01分ごろ最大値0.50を示し、B船は07時01分ごろ最大値0.52を示しており、両船ともに避航のための操船自由度は低い状態が続いていた。

(別添10ページ 参照)

(2) DCPA値に関する船の長さによる影響の評価

船の長さを考慮したときの影響を解析するため、両船が衝突した位置を基準点としたCPAの解析を行ったところ、衝突位置を基準とする場合の方が、船舶の長さや幅を考慮しないGPSアンテナ位置を基準とする場合より、事故直前で最大200m程度DCPA値が小さく評価された。なお、A船の衝突位置である船首先端は、アンテナ位置より240m程度前方にあるため、主にA船の船の長さの影響を受けているといえる。

また、B船のレーダーで表示されていたDCPA値は、GPSアンテナ位置を基準とする場合の数値に近いものであった。

(3) 航行状況の分析

事故当時のA船の航行状況と過去18回のA船を含む同型船の東水路への入航実績とを比較すると、A船の06時55分ごろの位置から東水路に入航する場合は、中央ブイの東側を通航することが多かったといえる。

また、事故当時のA船の入航時の速力は、過去のA船を含む同型船の平均速力と比較すると、約1kn早かった。

(4) CREAM分析

① CREAM分析は次の手順により行う。

- a 実際に発生した事柄を詳細に記述する。
- b CPC^{*17}を特定する。
- c 大きな出来事の時間関係を記述する。
- d 着目すべき行動（不安全行動等）を全て選出する。

^{*17} 「CPC (Common Performance Condition)」とは、エラーモードの生起要因として、人、組織及びテクノロジーの3要素で評価するものであり、10種類（組織の適切さ、労働環境、マンマシンインターフェースと作業支援の適切さ、手順・計画の入手可能性、同時並行の目標数、時間的余裕、時間帯、訓練と経験の適切さ、乗組員の協調の質及びコミュニケーションと情報の共有）が定義されている。

- e 各行動に対してエラーモード^{*18}を特定する。
 - f 各エラーモードについて関連する結果から原因をたどり、背後要因を見付ける。
 - g 全体を記述して、原因を見付ける。
- ② A船及びB船の着目すべき行動（不安全行動）及び背後要因は、次のとおりであった。

a A船の着目すべき行動（不安全行動）は、水先人Aが、VHFでポートラジオに連絡後、B船の情報を船長A等のA船乗組員に伝えなかったこと（エラーモードは順序<し損ない>）、水先人Aが、VHFでポートラジオに連絡後、ECDISやレーダーを使わず見張りを行ったこと（エラーモードは順序<し損ない>）、船長及び航海士A₂の見張りの状態を把握しなかったこと（エラーモードはタイミング<省略>）、B船との相対関係の変化が緩やかだと思ったがB船と連絡しなかったこと（エラーモードは順序<し損ない>）、入港のために速力を半速力前進にしたこと（エラーモードは対象物<違う対象>）及び衝突直前に左舵一杯を指示したこと（エラーモードは方向<違う方向>）並びに船長Aが、後ろを向いて航海士A₂と入港の打合せをしたこと（エラーモードは順序<割り込み>）及び後進にするのが遅く速力を落とすことができなかったこと（エラーモードは速さ<速すぎ>）であった。

これらの背後要因は、船長Aが、変針前のB船との位置関係からB船が衝突のおそれがない反航船と判断したこと（手順が不適切）、入港前の打合せをする必要があったこと（慣習、他者への過信）、水先人AがレーダーやECDISを用いずに見張りを行ったこと（手順が不適切、配置）、船長Aと水先人Aが相互に相手を過信していたこと（他者への過信、経験、習慣）であった。

b B船の着目すべき行動（不安全行動）は、衝突直前にVHFで連絡及び汽笛を吹鳴したこと（エラーモードはタイミング<遅すぎ>）及び衝突直前に加速を指示したこと（エラーモードは速さ<遅すぎ>）であった。

これらの背後要因は、船長Bが、A船が中央ブイの東側を航行すると考えていたため、A船の操船に困惑したこと（認知に関する先入観）であった。

^{*18} 「エラーモード」とは、事故に結びつく可能性がある行動をいい、事故発生の背後にはエラーモードがあると考え。エラーモードは、「タイミングが遅すぎて衝突した」のタイミングのように観察可能なもので、期間（長すぎ・短すぎ）、順序（逆順・繰り返し・し損ない・割り込み）、対象物（違う行動・違う対象）、力（弱すぎ・強すぎ）、方向（違う方向）、速さ（速すぎ・遅すぎ）、距離（遠すぎ・近すぎ）及びタイミング（早すぎ・遅すぎ・省略）の8つが定義されている。

3 分析

3.1 事故発生の状況

3.1.1 事故発生に至る経過

2.1から、次のとおりであった。

(1) A船

- ① A船は、平成30年4月28日、阪神港神戸区の六甲アイランドRC-7岸壁に向けてシンガポール共和国シンガポール港を出港したものと考えられる。
- ② A船は、5月4日05時00分ごろ友ヶ島南方沖において水先人Aを乗船させたものと考えられる。
- ③ A船は、06時31分22秒ごろ中央ブイの南西方約8.2Mを針路040.6°、速力18.0knで航行し、その後、徐々に減速しながら航行したものと推定される。
- ④ A船は、06時55分23秒ごろ左転を開始したものと推定される。
- ⑤ A船は、07時00分05秒ごろ針路019.7°、速力12.8knで、左転を続けながら、航行していたものと推定される。
- ⑥ A船は、07時01分ごろ主機を半速力前進として左舵一杯とし、その後、主機を微速力前進から全速力後進としたものと考えられる。
- ⑦ A船は、左転中、B船と衝突したものと考えられる。

(2) B船

- ① B船は、平成30年5月4日06時10分ごろ阪神港神戸区六甲アイランドRC-4岸壁に向けて阪神港大阪区を出港したものと考えられる。
- ② B船は、06時52分23秒ごろ中央ブイの東南東方約2.2Mにて右転を開始したものと推定される。
- ③ B船は、06時55分11秒ごろ、針路291.0°、速力13.8knで航行したものと推定される。
- ④ B船は、06時57分03秒ごろ、針路290.0°、速力13.8knで航行したものと推定される。
- ⑤ B船は、07時00分45秒ごろ右舵10°とし、07時00分55秒ごろ舵中央として船首方位295°から右舷側に変針したものと考えられる。
- ⑥ B船は、07時02分10秒ごろ汽笛を吹鳴し、07時02分43秒ごろ主機を全速力前進から航海全速力前進としたものと推定される。
- ⑦ B船は、北西進中、A船と衝突したものと考えられる。

3.1.2 事故発生日時及び場所

2.1 から、本事故の発生日時は、B船のVDRに衝撃音が記録されていた平成30年5月4日07時02分49秒ごろであり、発生場所は中央ブイから218°350m付近であったものと推定される。

3.1.3 死傷者等の状況

2.2 から、A船及びB船共に死傷者はいなかったものと考えられる。

3.1.4 損傷の状況

2.3 から、次のとおりであった。

- (1) A船は、右舷船首部ブルワーク等に曲損、右舷船首部外板に擦過傷及びバルバスバウに凹損を生じた。
- (2) B船は、左舷船尾部の居住区画等に破損及び左舷船底外板に亀裂を生じたものと考えられる。

3.1.5 衝突の状況

2.1.1、3.1.1、3.1.2 及び 3.1.4 から、A船は、船首方位約001°、速力約11.3kn、B船は、船首方位約314°、速力約13.5knで、A船の右舷船首部とB船の左舷船尾部の居住区等とが衝突したものと考えられる。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員等の状況

2.4 から、次のとおりであった。

- (1) 船長A及び船長B
適法で有効な海技免状を有していた。
本事故当時、健康状態は良好であったものと考えられる。
- (2) 水先人A
適法で有効な水先免状を有していた。
本事故当時、健康状態は良好であったものと考えられる。

3.2.2 船舶の状況

2.5.6 から、本事故当時、A船及びB船の船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかったものと考えられる。

3.2.3 気象及び海象の状況

2.6から、本事故当時、天気は晴れ、風力3の西南西風が吹き、視程は5M以上であり、波高約0.3mの南からの波があり、潮汐は上げ潮の末期であったものと考えられる。

3.2.4 コミュニケーションに関する解析

2.1及び2.10から、次のとおりであった。

(1) A船

① 水先人AとA船乗組員とのコミュニケーション

a 水先人Aは、05時00分ごろA船に乗船し、A船の水先業務をしてきた中でA船乗組員のBRMの教育が徹底されていると感じ、同乗組員を信頼できると思い、船長Aとは操船に関する認識を共有できていると思ったものと考えられる。

b 水先人Aは、06時44分ごろ日本語でポートラジオとやり取りを行い、阪神港神戸区の港外に到着したこと及び阪神港神戸区第7防波堤の通過予定時刻を通報した際、B船が神戸中央航路に07時15分ごろ入航予定であることを聞き、B船を目視で初認したものの、船長Aには伝えていなかったものと考えられる。

c 船長Aは、06時53分ごろB船を初認したが、B船が南西方に向かっていること、及び上記bから、水先人AからB船が神戸中央航路に入航予定であることを聞いていなかったことから、A船と衝突のおそれがないと思い、航海士A₂と打合せを行ったものと考えられる。

d 水先人Aは、06時55分ごろ船長A及び航海士A₂がB船をレーダー及びECDISで見ていると思い、B船を指差したことでA船乗組員がB船に意識を向けていると思っていたことから、06時53分ごろ船長Aが海図台付近において航海士A₂と打合せを始めたことについて気付いていなかったものと考えられる。

e 水先人Aは、B船を指差したことでA船乗組員がB船に意識を向けていると思った後、東水路に向けるよう、操舵手Aに左転を指示したものと考えられる。

f 水先人Aは、訓練生Aが、B船との衝突のおそれを感じ、実質的な指揮をとっていた水先人Aに報告したが、訓練生Aの報告があったことに気付いていなかったものと考えられる。

g A船は、上記b～fから、水先人AとA船乗組員との間で操船や他船の動向について口頭による相互のコミュニケーションが十分に行われて

いなかった可能性があると考えられる。

② A船とB船のコミュニケーション

a 水先人Aは、06時57分ごろ視認したB船との相対関係から、B船がA船の船首方を通過すると思ったものと考えられる。

b 水先人Aは、上記aから、自船の進路等の情報に関し、VHFを用いてB船との間でコミュニケーションをとっていなかったものと考えられる。

(2) B船

① B船乗組員間のコミュニケーション

B船は、06時54分ごろから07時02分ごろまで、船長Bと航海士Bとの間でA船の動向について口頭による相互のコミュニケーションが十分に行われていなかった可能性があると考えられるが、VDRの音声の一部不明瞭な点があり、その状況を明らかにすることができなかった。

② A船とB船のコミュニケーション

a 船長Bは、06時57分ごろDCPA値の減少が気になったが、レーダーで見たA船の予測針路などからB船がA船の船首方を問題なく通過すると思ったものと考えられる。

b 船長Bは、07時02分ごろ航海士BにVHFでA船を呼び出すよう指示し、汽笛を吹鳴したものと考えられる。

c 船長Bは、上記a及びbから、B船がA船の船首方を通過できると思い、自船の進路等の情報に関し、衝突直前までVHFを用いてA船との間でコミュニケーションをとっていなかったものと考えられる。

3.2.5 見張り及び操船の状況

2.1、2.5、2.7、2.10、3.1.1及び3.2.4から、次のとおりであった。

(1) A船

① 阪神港神戸区の六甲アイランドRC-7岸壁に向けて北東進中、水先人Aが水先業務を行い、船長A、航海士A₂及び訓練生Aが目視、レーダー及びECDISで見張りを行っていたものと考えられる。

② 水先人Aは、06時35分ごろ段階的に港内速力に下げるよう乗組員に指示し、06時44分ごろ目視でB船を初認した後、船長Aがレーダーで見張りを行っていたことから、自身がレーダーによって見張りを行う必要はないと思い、No.2VHFの付近に立ち、目視でB船に対する見張りを行ったものと考えられる。

③ 航海士A₁は、06時52分ごろ昇橋し、見張り及び主機遠隔操縦装置

の操作を行っていた航海士A₂と船橋当直を交代したものと考えられる。

- ④ 船長Aは、06時53分ごろA船右舷船首方約3MにB船を視認し、ECDISでB船とのDCPA値を確認したところ0.84Mであり、B船の針路が南西方向に進み、A船が今後北方へ進むので、B船がA船の右舷方を通過して遠ざかっていくと思い、A船と衝突のおそれはないと思ったことから、海図台付近において航海士A₂と入港に係る打合せを開始したものと考えられる。
- ⑤ 水先人Aは、06時55分ごろA船とB船の相対方位に変化がないように感じ、B船を指差したことでA船乗組員がB船に意識を向けていると思った後、東水路に向けるよう操舵手Aに左転を指示したものと考えられる。
- ⑥ 水先人Aは、B船が右転した直後はどのように進むか予測できなかったものの、06時57分ごろA船が入港に向けて徐々に速力を落としており、視認したB船との相対関係から、A船がB船の船尾方を通過できると思い、左転を続けたものと考えられる。
- ⑦ 訓練生Aは、レーダーで確認してB船との衝突のおそれを感じたものと考えられる。
- ⑧ 水先人Aは、07時01分ごろ東水路の入口に近づいてきたので、航海士A₁に主機を半速力前進とするように指示をした後、B船との位置関係を目視してB船との衝突のおそれを感じたことから、操舵手Aに左舵一杯を指示したものと考えられる。
- ⑨ 船長Aは、入港に係る打合せ中、水先人Aの半速力前進と左舵一杯の指示を聞き、海図台付近から振り返って船首方を見たところ、A船船首がB船船首に重なって見えたことから、航海士A₁に主機の微速力前進の指示を行うと同時に、自ら主機遠隔操縦装置に移動し、主機を極微速力前進から全速力後進までの操作を行ったものと考えられる。

(2) B船

- ① 船長B及び航海士Bは、目視及びレーダーで見張りを行っていたものと考えられる。
- ② 船長Bは、06時50分ごろ船首方約4MにA船を視認し、No.2レーダー及び目視でA船の見張りを開始したものと考えられる。
- ③ 船長Bは、06時52分ごろ神戸中央航路に向けて右転を指示したものと考えられる。
- ④ 船長Bは、06時54分ごろA船と横切りの関係にあると認識したものの、B船がA船の船首方を問題なく通過できると思ったものと考えられる。

- ⑤ B船は、06時55分ごろ右転が終了し、神戸中央航路に向けて北東進を続けたものと考えられる。
- ⑥ 船長Bは、06時57分ごろDCPA値の減少が気になったが、レーダーで見たA船の予測針路などからB船がA船の船首方を問題なく通過できると思い、また、ここで増速すると入港の際の速力が速くなるといったものと考えられる。
- ⑦ 船長Bは、07時00分ごろA船が左転しているのを視認して危険を感じたことから、右舷方に錨泊船がいたものの、A船との距離を空けようとして右舵10°を指示したのと考えられる。
- ⑧ 船長Bは、07時02分ごろA船船首方を通過しようとしたことから、主機を全速力前進から航海全速力前進に指示したのと考えられる。

3.2.6 衝突危険度の解析

2.1、2.10及び3.2.5から、次のとおりであった。

(1) A船

- ① A船は、B船が右回頭した後の06時55分以降、BC値が上昇していることから、避航のための操船自由度が低下し始めたものと考えられる。
- ② また、06時54分～55分ごろSJ値が初めて-2を示しており、06時55分ごろ水先人AがB船との相対方位に変化がないように感じたことと一致しているものと考えられる。
- ③ A船は、06時57分ごろ再びSJ値が-2を示し、06時58分ごろ、B船によるOZTが発生し、5分以内にA船とB船との距離が295m以下となっていることから、避航する必要が生じていた状況であったものと考えられる。
- ④ また、A船は、06時58分ごろCR値が最大値を示していることから、衝突の危険度が高い状況にあった可能性があると考えられる。
- ⑤ 上記③及び④から、衝突のおそれが生じているにもかかわらず、水先人Aはその状況に気付いていなかったものと考えられる。
- ⑥ 水先人Aが、衝突のおそれがある状況に気付かず、避航行動をとらなかったことや衝突のおそれを感じていなかった背景には、06時57分ごろ視認したB船との相対関係から、A船がB船の船尾方を通過できると思い、その後意識的な見張りを行っていなかった可能性があると考えられる。
- ⑦ A船は、07時01分ごろ再びSJ値が-2を示していることから、危険を感じる状況であり、水先人Aが衝突の危険に気付いたことと一致しているものと考えられる。

- ⑧ A船は、07時01分ごろ半速力前進をかけ、左舵一杯をとり、その後主機を極微速力前進から全速力後進としており、水先人A及び船長Aが衝突の危険に気付いたものの、07時02分ごろCJ値は閾値を超えていることから、衝突の危険度が既に高い状況にあったものと考えられる。
- ⑨ A船は、07時01分ごろから避航行動をとったが、この時点でBC値が最大値を示していることから、操船しづらい状況にあり、避航の時期を逸していた可能性があると考えられる。
- ⑩ また、07時02分ごろCJ値が閾値を超えていることから、07時01分以降に水先人A及び船長Aが衝突の危険を感じて避航行動を行ったことと一致しているものと考えられる。

(2) B船

- ① B船は、右回頭した後の06時55分以降、BC値が上昇していることから、避航のための操船自由度が低下し始めたものと考えられる。
- ② B船は、06時56分ごろA船によるOZTが発生し、5分以内にA船とB船との距離が259m以下となり、避航する必要が生じていた状況であったものの、OZTが、B船が向かおうとした進路から外れた左舷側に発生していたことから、衝突のおそれを感じにくい状況であったものと考えられる。
- ③ 船長Bは、上記②より、衝突のおそれを感じにくい状況であったことから、避航行動をとらなかった可能性があると考えられる。
- ④ B船は、06時58分ごろSJ値が危険を示す負の値となっていることから、船長Bが衝突の危険を感じ始める段階であったものの、上記②から、衝突のおそれを感じにくい状況であったものと考えられる。
- ⑤ またB船は、A船を含めた錨泊船等を対象としたBC値が上昇し続けていることから、時間が経過するにつれて避航しづらくなる状況であった可能性があると考えられる。
- ⑥ B船は、07時00分ごろSJ値が-2近くを示しており、船長BがA船と衝突の危険を感じたことと一致しているものと考えられる。
- ⑦ B船は、07時01分ごろCR値が最大値を示し、07時02分ごろCJ値は閾値を超えていることから、衝突の危険度は高い状況にあり、船長Bが、07時02分ごろ、航海士BにVHFでA船を呼び出すよう指示し、汽笛を吹鳴したことと一致しているものと考えられる。
- ⑧ B船は、07時01分ごろBC値が最大値を示していることから、操船しづらい状況にあったものと考えられる。

3.2.7 見張り及び操船の状況と衝突危険度の評価

3.2.4～3.2.6 から、次のとおりであった。

(1) A船

- ① 阪神港神戸区の六甲アイランドRC-7岸壁に向けて北東進中、水先人Aが水先業務を行い、船長A、航海士A₂及び訓練生Aが目視、レーダー及びECDISで見張りを行っていたものと考えられる。
- ② 水先人Aは、06時35分ごろ段階的に港内速力に下げるよう乗組員に指示し、06時44分ごろポトラジオからB船の情報を入手して目視でB船を初認したものの、船長Aにその情報を伝えず、また、船長Aがレーダーで見張りを行っていたことから、自身がレーダーによって見張りを行う必要はないと思い、No.2VHFの付近に立ち、目視でB船に対する見張りを行ったものと考えられる。
- ③ 航海士A₁は、06時52分ごろ昇橋し、見張り及び主機遠隔操縦装置の操作を行っていた航海士A₂と船橋当直を交代したのと考えられる。
- ④ 船長Aは、06時53分ごろB船を視認し、ECDISでB船を確認したところ、B船がA船の右舷方を通過して遠ざかっていくと思い、A船と衝突のおそれはないと思ったことから、海図台付近において航海士A₂と入港に係る打合せを開始したのと考えられる。
- ⑤ A船は、B船が右回頭した後の06時55分以降、BC値が上昇していることから、避航のための操船自由度が低下し始めたものと考えられる。
- ⑥ A船は、06時54分～55分ごろSJ値が初めて-2を示しており、水先人Aが、06時55分ごろB船との相対方位に変化がないように感じたことと一致しているものの、B船を指差したことでA船乗組員がB船に意識を向けていると思い、東水路に向けるよう操舵手Aに左転を指示したのと考えられる。
- ⑦ 水先人Aは、B船が右転した直後はどのように進むか予測できなかったものの、06時57分ごろA船が入港に向けて徐々に速力を落としており、視認したB船との相対関係から、A船がB船の船尾方を通過できると思い、左転を続けたものと考えられる。
- ⑧ A船は、06時57分ごろ再びSJ値が-2を示し、06時58分ごろ、B船によるOZTが発生し、5分以内にA船とB船との距離が295m以下となっていることから、避航する必要が生じていた状況であったものと考えられる。
- ⑨ また、A船は、06時58分ごろCR値が最大値を示していることから、衝突の危険度が高い状況にあった可能性があると考えられる。

- ⑩ A船は、上記⑧及び⑨から、衝突のおそれが生じており、訓練生Aが、レーダーで確認してB船との衝突のおそれを感じたものの、水先人Aがその状況に気付いていなかったものと考えられる。
- ⑪ 水先人Aが、上記⑩の状況に気付かず、避航行動をとっていなかったことや衝突のおそれを感じていなかった背景には、06時57分ごろ視認したB船との相対関係から、A船がB船の船尾方を通過できると思い、その後意識的な見張りを行っていなかった可能性があると考えられる。
- ⑫ 水先人Aは、07時01分ごろ東水路の入口に近づいてきたので、航海士A₁に主機を半速力前進とするように指示をした後、B船との位置関係を目視してB船との衝突のおそれを感じたことから、操舵手Aに左舵一杯を指示したものと考えられる。
- ⑬ A船は、07時01分ごろ再びS J値が-2を示していることから、危険を感じる状況であり、水先人Aが衝突の危険を感じたことと一致しているものと考えられる。
- ⑭ 船長Aは、入港に係る打合せ中、水先人Aの半速力前進と左舵一杯の指示を聞き、海図台付近から振り返って船首方を見たところ、A船船首がB船船首に重なって見えたことから、航海士A₁に主機の微速力前進の指示を行うと同時に、自ら主機遠隔操縦装置に移動し、主機を極微速力前進から全速力後進までの操作を行ったものと考えられる。
- ⑮ A船は、上記⑫～⑭から、水先人A及び船長Aが衝突の危険を感じて避航行動を行ったものの、07時02分ごろC J値は閾値を超えていることから、衝突の危険度が既に高い状況にあったものと考えられる。
- ⑯ A船は、07時01分ごろから避航行動をとったが、この時点でBC値が最大値を示して操船しづらい状況にあり、避航の時期を逸していた可能性があると考えられる。

(2) B船

- ① 船長B及び航海士Bは、目視及びレーダーで見張りを行っていたものと考えられる。
- ② 船長Bは、06時50分ごろ船首方約4MにA船を視認し、No.2レーダー及び目視でA船の見張りを開始したものと考えられる。
- ③ 船長Bは、06時52分ごろ神戸中央航路に向けて右転を指示したものと考えられる。
- ④ 船長Bは、06時54分ごろA船と横切りの関係にあると認識したものの、B船がA船の船首方を問題なく通過できると思ったものと考えられる。
- ⑤ B船は、右回頭した後の06時55分以降、BC値が上昇していること

から、避航のための操船自由度が低下し始めたものと考えられる。

- ⑥ B船は、06時56分ごろA船によるOZTが発生し、5分以内にA船とB船との距離が259m以下となり、避航する必要が生じていた状況であったものの、OZTが、B船が向かおうとした進路から外れた左舷側に発生していたことから、衝突のおそれを感じにくい状況であったものと考えられる。
- ⑦ 船長Bは、06時57分ごろDCPA値の減少が気になったが、衝突のおそれを感じにくい状況下、レーダーで見たA船の予測針路などからB船がA船の船首方を問題なく通過できると思い、また、ここで増速すると入港の際の速力が速くなると思い、避航行動をとらなかった可能性があると考えられる。
- ⑧ B船は、06時58分ごろSJ値が危険を示す負の値となっていることから、船長Bが衝突の危険を感じ始める段階であったものの、上記⑥及び⑦から、衝突の危険を感じにくい状況であったものと考えられる。
- ⑨ またB船は、A船を含めた錨泊船等を対象としたBC値が上昇し続けていることから、時間が経過するにつれて避航しづらくなる状況であった可能性があると考えられる。
- ⑩ 船長Bは、07時00分ごろA船が左転しているのを視認して危険を感じたことから、右舷方に錨泊船がいたものの、A船との距離を空けようとして右舵10°を指示したものと考えられる。
- ⑪ B船は、07時00分ごろSJ値が-2近くを示しており、船長BがA船と衝突の危険を感じたことと一致しているものと考えられる。
- ⑫ B船は、07時01分ごろCR値が最大値を示し、07時02分ごろCJ値は閾値を超えていることから、衝突の危険度は高い状況にあり、船長Bが、07時02分ごろ、航海士BにVHFでA船を呼び出すよう指示し、汽笛を吹鳴し、A船船首方を通過しようとして主機を全速力前進から航海全速力前進に指示したことと一致しているものと考えられる。
- ⑬ B船は、07時01分ごろBC値が最大値を示していることから、操船しづらい状況にあったものと考えられる。

(付図3 見張り及び操船の状況と衝突危険度に係る時系列 参照)

3.2.8 船の長さによる影響に関する解析

2.1及び2.10(2)から、B船は、船長Bが、B船のレーダーに表示されるDCPA値が、GPSアンテナ位置を基準とした数値であり、A船の船舶の長さや幅を考慮したものではないことを認識せずに見張りを行っており、実際のB船とA船

の最接近距離が表示されたDCPA値より近くなっていた可能性があると考えられる。

3.2.9 航行状況に関する解析

2.1.1、2.4、2.7及び2.10から、次のとおりであった。

(1) A船

- ① 水先人Aは、平成14年2月に大阪湾の水先人として業務を開始し、月15回程度、水先業務を行っており、阪神港神戸区への入港について、十分な知見を有していたものと考えられる。
- ② 水先人Aは、東水路南西方から同水路に入航するにあたり、A船に先航して東水路に向かう自動車運搬船が中央ブイの西側を航行していたこと、東水路の東側の水深が浅かったこと、及び中央ブイの東側を航行するより西側を航行するほうが距離が短くなることから、中央ブイの西側を航行することとした可能性があると考えられる。
- ③ 水先人Aは、中央ブイの南西方に2隻の船舶が錨泊していたので、06時55分ごろ東水路に向けるよう左転を指示した可能性があると考えられる。
- ④ 事故当時のA船の航行状況と過去18回の同型船の東水路への入航実績とを比較した結果、A船の06時55分ごろの位置から東水路に入航する場合は、中央ブイの東側を通航することが多く、また、本事故当時のA船の入航時の速力は、過去のA船を含む同型船の平均速力と比較すると、約1kn速かったが、特別に問題となる速力ではなかったものと考えられる。

(2) B船

- ① 船長Bは、阪神港神戸区への入港経験が合計100回以上であったので、同区への入港に関して知見を有していた可能性があると考えられる。
- ② 上記(1)及び(2)①から、船長Bは、A船が、中央ブイの東側を通航することが多い進路を航行していたことから、中央ブイの東側を航行すると思っていた可能性があると考えられる。

3.2.10 事故発生に関する解析

2.1.3、3.1.1、3.1.5、3.2.4～3.2.7及び3.2.9から、次のとおりであった。

- (1) 水先人Aは、06時44分ごろB船を初認した後、船長Aがレーダーで見張りを行っていたことから、自身でレーダーを使用した見張りを行う必要はないと思い、目視のみでB船に対する見張りを行ったものと考えられる。
- (2) 船長Aは、06時53分ごろB船を視認したが、確認したB船の針路から

衝突のおそれはないと思い、海図台付近において航海士A₂と入港に係る打合せに意識を向けていて見張りを行っていないと考えられる。

- (3) 水先人Aは、船長Aが打合せを行っていることに気付かず、06時55分ごろ、B船を指差したことでA船乗組員がB船に意識を向けていると思った後、北東進から東水路に向けて左転するよう指示したものと考えられる。
- (4) 水先人Aは、06時57分ごろA船が入港に向けて徐々に速力を落としており、視認したB船との相対関係から、A船がB船の船尾方を通過できると思ひ込み、B船と衝突のおそれがある状況に気付かず、左転を続けたものと考えられる。
- (5) 船長Bは、06時57分ごろDCPA値の減少が気になったものの、衝突のおそれを感じにくい状況下、レーダーで見たA船の予測針路及びA船の航行経路からA船が針路を維持して航行するので、A船の船首方を問題なく通過できると思ひ、北西進を続けたものと考えられる。
- (6) 船長Bは、07時00分ごろA船が左転しているのを視認したことから、衝突の危険を感じ、A船との距離を空けようと右舵10°を指示したものと考えられる。
- (7) 水先人Aは、07時01分ごろA船とB船との位置関係を目視して左舵一杯を指示するまでB船と衝突のおそれがあることに気付かず、左転しながら航行を続けたものと考えられる。
- (8) 船長Bは、B船がA船の船首方を通過できると思ひ、衝突直前までVHFを用いてA船との間でコミュニケーションをとっていないと考えられる。
- (9) A船は、水先人AとA船乗組員との間で操船や他船の動向について口頭による相互のコミュニケーションが十分に行われていなかった可能性があると考えられる。
- (10) A船及びB船は、近距離で接近する可能性のある状況となった際、VHFを用いて早期に自船の進路等の情報に関してコミュニケーションをとっていないことから、相手船の操船の意図を確認することができず、両船が接近する状況になったものと考えられる。

3.3 A船のVDRデータの喪失に関する解析

2.1.2から、A船乗組員は、衝突後まもなく船長AがVDR記録の保存作業の指示を行ったものの、保存作業が適切に行われず、事故当時の記録が失われたことから、事故発生時におけるVDRの操作方法について、十分に理解していなかった可能性があると考えられる。

4 結 論

4.1 原因

本事故は、阪神港神戸区沖において、A船が東水路南口に向けて北東進から左転中、B船が神戸中央航路南口に向けて北西進中、水先人Aが、B船の船尾方を通過できると思って左転しながら航行を続け、また、船長Bが、A船の船首方を通過できると思って北西進を続けたため、両船が衝突したものと考えられる。

水先人Aが、B船の船尾方を通過できると思って左転しながら航行を続けたのは、A船が左転中であるものの入港に向けて徐々に速力を落としており、視認したA船とB船との相対関係から、A船がB船の船尾方を通過できると思い込み、B船との衝突のおそれがある状況に気付いていなかったことによるものと考えられる。

船長Bが、A船の船首方を通過できると思って北西進を続けたのは、A船の航行経路及びレーダーの予測針路からA船が針路を維持して航行すると思ったことによるものと考えられる。

A船及びB船が、VHFを用いて早期に自船の進路等の情報に関してコミュニケーションをとっていなかったことは、本事故の発生に関与したものと考えられる。

水先人AとA船乗組員との間で操船や他船の動向について口頭による相互のコミュニケーションが十分に行われていなかったこと、及び船長Aが入港に係る打合せに意識を向けていて見張りを行っていなかったことは、本事故の発生に関与した可能性があると考えられる。

4.2 その他判明した安全に関する事項

船長Aは、水先人AからB船が神戸中央航路に入航予定であることを聞いておらず、B船が南西方向に進み、A船の右舷方をB船が通過するのでB船との衝突のおそれはないと思っていた可能性があると考えられる。

船長Bは、レーダーに表示されるDCPA値が、GPSアンテナ位置を基準とした数値であり、船舶の長さや幅を考慮したものではないことを認識せずに見張りを行っており、実際のB船とA船の最接近距離が表示されたDCPA値より近くなっていた可能性があると考えられる。

A船乗組員は、事故発生時におけるVDRの操作方法について、十分に理解していなかった可能性があると考えられる。

5 再発防止策

本事故は、阪神港神戸区沖において、同区六甲アイランドRC-7岸壁に向けて北東進から左転中のA船と、神戸中央航路南口に向けて北西進中のB船が衝突したもので、A船においては、水先人Aが、目視のみの見張りによりB船と衝突のおそれがある状況に気付いておらず、B船と近距離で接近するもののB船の船尾方を通過できると思って左転を続け、また、B船においては、船長Bが、A船が中央ブイの東側を航行すると思って北西進を続けたため、衝突を避けるための動作をとるのが遅れたものと考えられる。

また、A船及びB船が、VHFを用いて自船の進路及び速力等の情報に関してコミュニケーションをとっていなかったことから、互いに相手船の操船の意図を確認することができず、両船が接近する状況になったものと考えられる。

なお、A船のVDRの記録の保存作業が適切に行われず、事故当時の記録が失われたことから、A船乗組員は、事故発生時におけるVDRの操作方法について、十分に理解していなかった可能性があると考えられる。

したがって、同種事故の再発防止のため、次の措置を講じる必要がある。

- (1) 水先人は、目視だけでなく、レーダーやECDIS等の航海計器を用いることにより、常時適切な見張りを行うこと。
- (2) 大型船舶の水先人は、接近してくる他の船舶との相対関係に変化があると思われる場合であっても、近距離で他の船舶と接近する可能性がある場合は、これと衝突するおそれがあり得ることを考慮し、VHFを使用して他船に協力動作を要請すること。
- (3) 水先人は、船橋当直者との間で操船や他船の動向について口頭を交えたコミュニケーションを図ること。また、自身が現地の言語で行う通信については、その通信の内容を船長に伝え、情報の共有に努めること。
- (4) 船長は、水先人を含む船橋当直者との間で操船や他船の動向について口頭を交えたコミュニケーションを図ること。
- (5) 船長を含めた乗組員は、水先人が乗船している場合においても、航行の責任は船長にあることを認識し、見張りを継続して実施すること。
- (6) 船長及び水先人は、GPSアンテナ位置を基準にしたCPAは、船舶の長さや幅を考慮したものではないことを認識し、対象船舶と安全に航過できる十分な距離を確保すること。
- (7) 船長は、事故発生時における客観的データの保存のため、VDRの操作方法を乗組員に理解させること。

5.1 事故後に講じられた事故等防止策

5.1.1 A社により講じられた措置

A社は、2018年5月25日付けで、航行と操船の不適切、水先人への依存、状況判断の欠如及びB TM^{*19}の失敗を原因とした事故調査報告書を作成した。

また、A船を含むA社の管理船舶の船長及び航海士に対し、安全航行の重要性を再認識するよう文書を送付し、ブリーフィングチェックリストを改訂し、BRM/B TM研修の内容の見直しを行うとともに、VDRの操作に関する訓練を実施した。

5.1.2 大阪湾水先区水先人会により講じられた措置

水先人Aが所属する大阪湾水先区水先会は、本事故後、次の措置を講じた。

- (1) 水先人Aは、A船と同型で同等の操縦性能を有している船舶を想定したシミュレータを用いて、シミュレーション訓練を1日間実施した。
- (2) 水先人会会員に対して、本事故の概要を情報共有するとともに、トラブル報告書を作成し、会員が閲覧できるようにした。

5.1.3 B社により講じられた措置

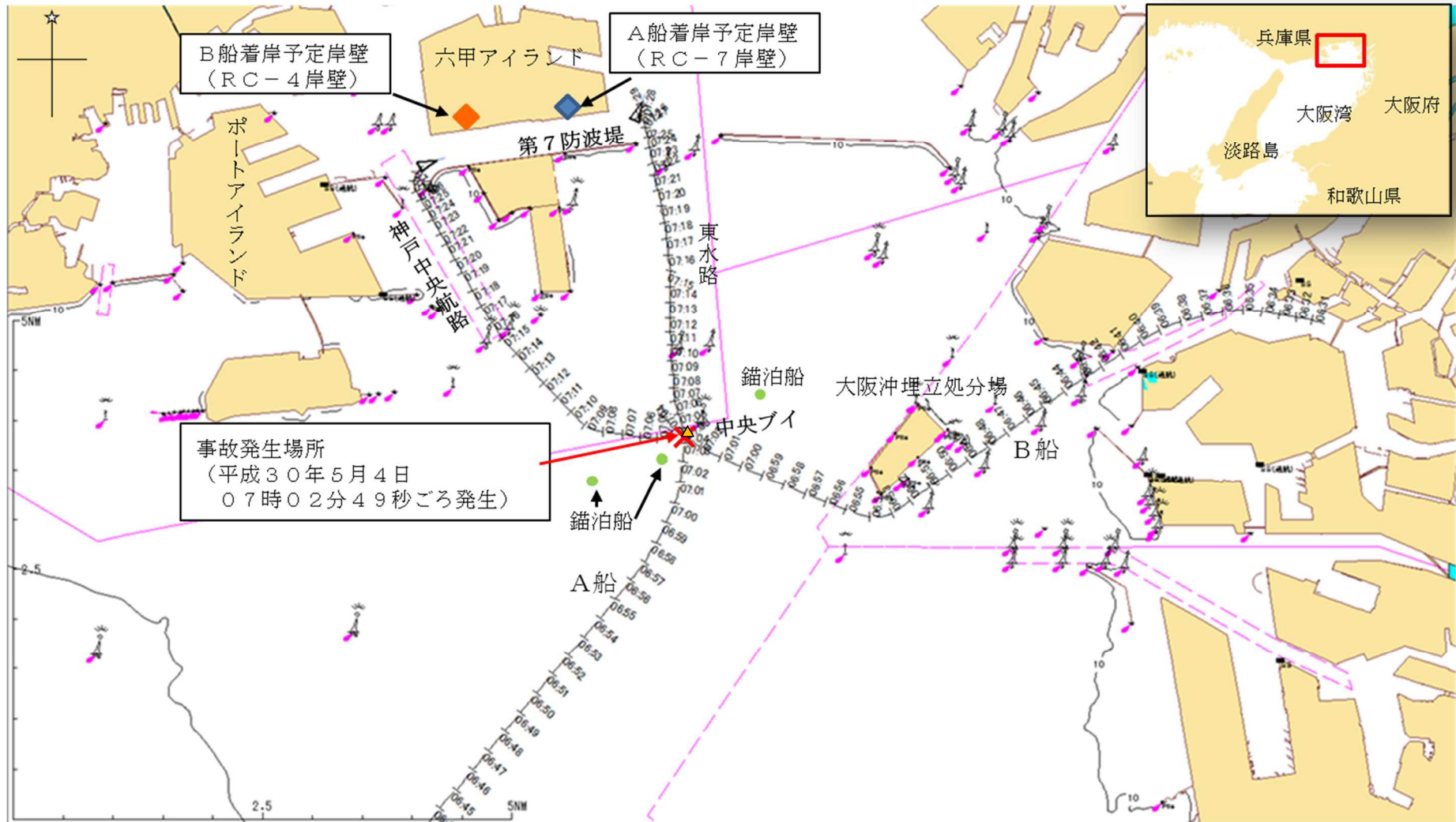
B社は、港付近が輻輳海域であること、A船が適切な見張りを行っていなかったこと、両船が衝突直前まで速度を落とさなかったこと、A船が適切な操船をしなかったことで協調回避ができなかったことを本事故の原因として挙げ、本事故から得られた教訓から、B社の管理船舶に対して安全活動月間を設け、安全意識、当直状況、社内規則の実行状況等を確認するとともに、船長及び航海士の乗船前訓練の見直しを実施した。

5.2 今後必要とされる事故等防止策

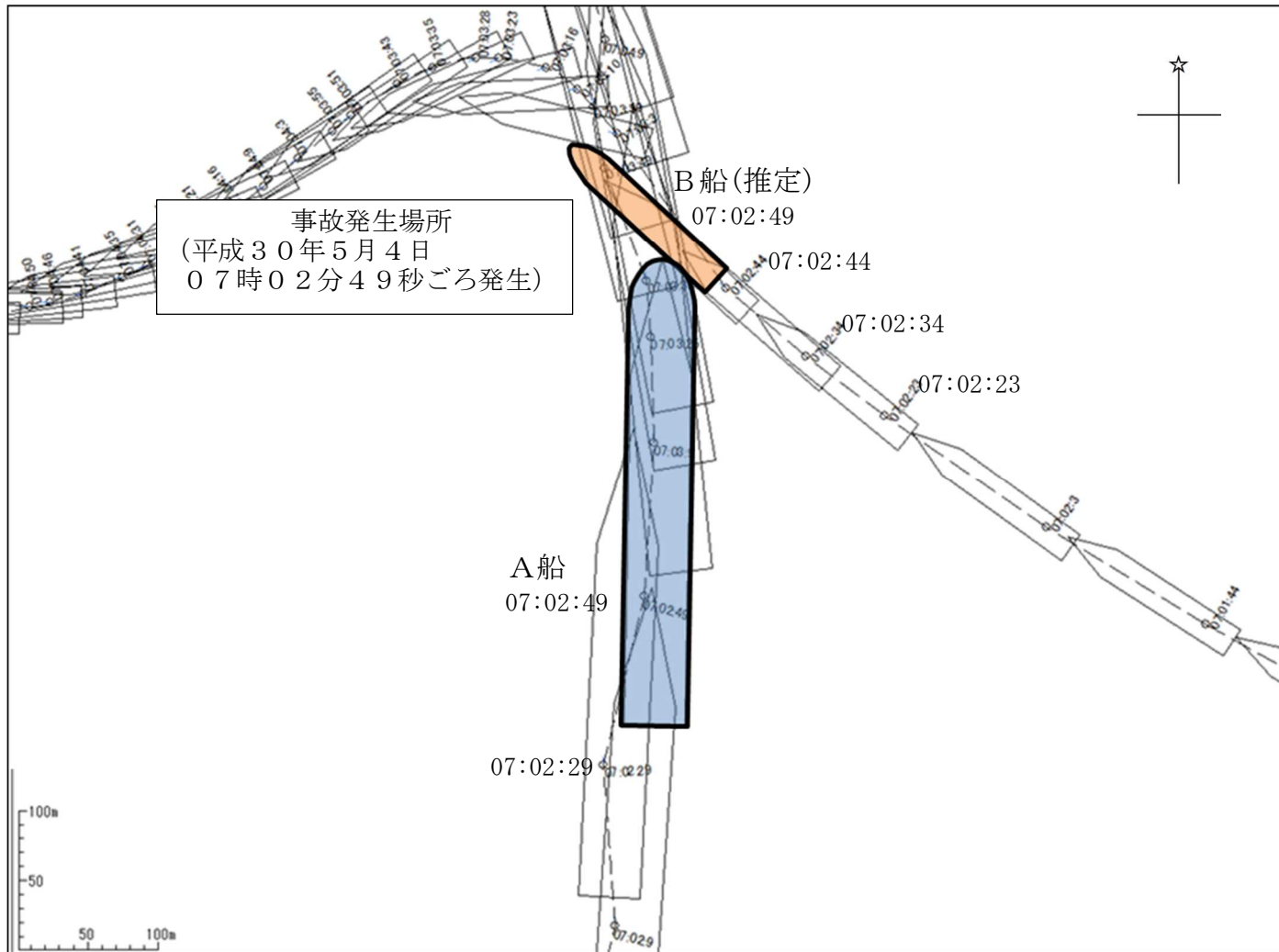
大阪湾水先区水先会は、所属する水先人に本報告書を周知するとともに、レーダーやECDIS等の航海計器を用いた常時適切な見張りを、船橋当直者間で操船や他船の動向について口頭を交えたコミュニケーションを、及び他船と近距離で接近するような場合において、自船の進路等の情報に関して他船及びポータラジオとの適切なコミュニケーションを行うよう指導していくことが望まれる。

^{*19} 「B TM (Bridge Team Management)」とは、BRMと同様の目的で、資源の管理者のみならず、船橋内で組織されたチームの各構成員（船長を含む個々の乗組員）が果たすべき機能に着目した概念であり、BRMはB TMの一部として位置付けられる。

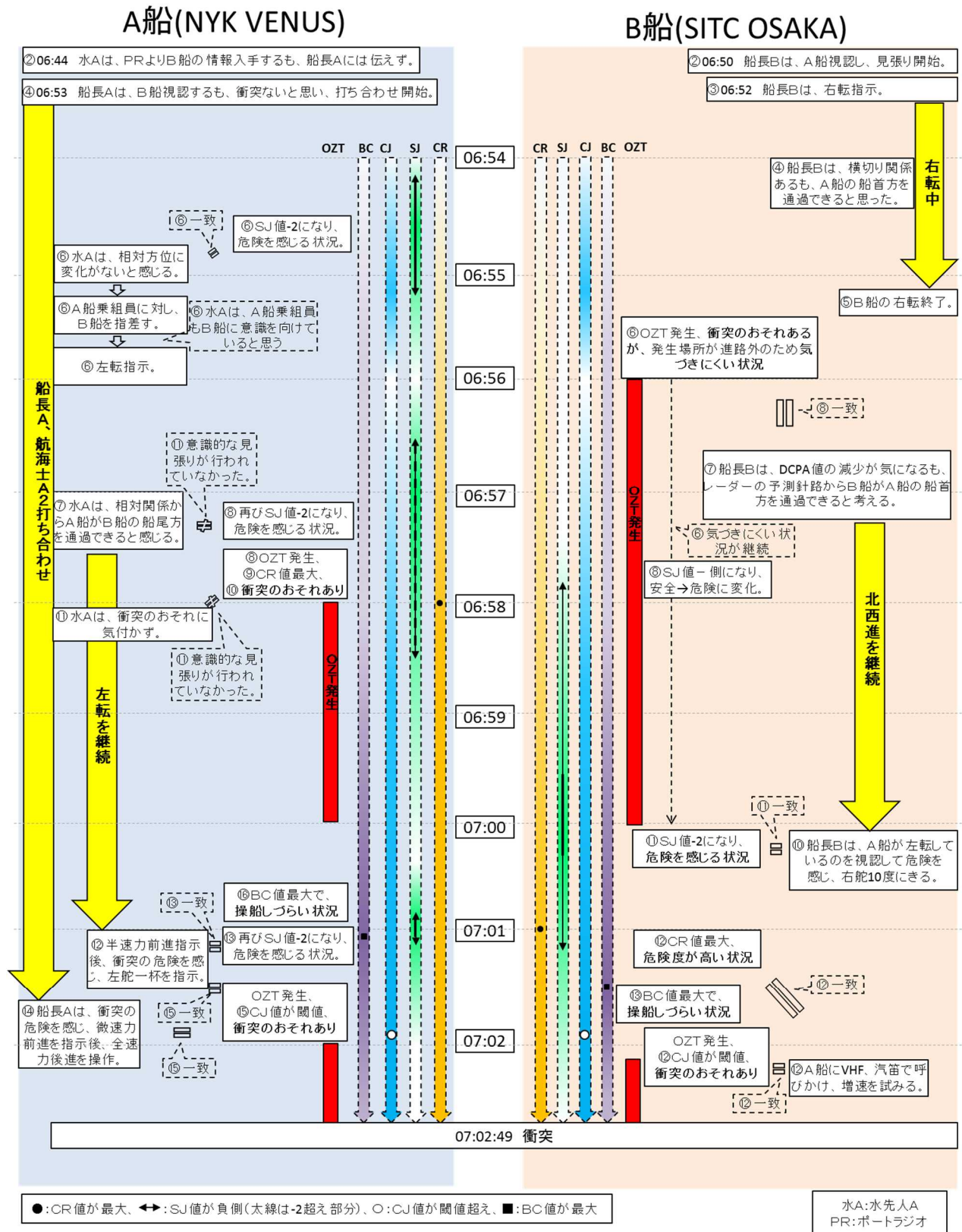
付図1 航行経路図



付図2 航行経路図（拡大）



付図3 見張り及び操船の状況と衝突危険度に係る時系列



付表1 本事故の経過表

時刻 (時:分)	A 船		B 船	
	水先人A	船長A	船長B	航海士B
05時00分ごろ	水先人Aが乗船し、船長Aと打合せ実施。 水先業務を開始。			
06時10分ごろ	水先業務をしてきた中で、A船乗組員を信頼できると思い、船長Aとは操船に関する認識を共有できていると思う。		阪神港神戸区の六甲アイランドRC-4岸壁に向け、阪神港大阪区を出港した。	
06時31分ごろ				VHFでポータラジオに神戸中央航路に入航予定であることを伝え、他船情報を得る。
06時35分ごろ	段階的に港内速度に下げよう、乗組員に指示。			
06時44分ごろ	VHFでポータラジオに防波堤通過予定時刻を伝え、B船の情報を得る。B船を初認する。			
06時50分ごろ			A船を確認（船首方約4M）、レーダー及び目視で見張りを開始。	
06時52分ごろ	航海士A ₁ が昇橋し、航海士A ₂ と船橋当直を交代。		神戸中央航路に向けて右転を指示。	
06時53分ごろ			右舷船首方約3Mに、B船を視認、ECDISで確認し、B船が遠ざかって行くと思う。航海士A ₂ と入港に係る打合せを海図台付近にて開始。	
06時54分ごろ			A船と横切り関係にあると認識。	
06時55分ごろ	水先人Aが、B船との相対方位に変化がないように感じる。船長や航海士A ₂ がレーダー、ECDISでB船を見ていると思い、B船を指差しA船乗組員がB船に意識を向けていると思った後、東水路に向けて左転することを指示した。			

06時57分ごろ	B船との相対関係から、B船がA船の船首方を通過すると思い、A船の減速に合わせて左転を続けた。			DCPA値の減少が気になったが、レーダーの予測針路からB船がA船の船首方を通過できると思う。	
	訓練生Aが、衝突のおそれを感じ、水先人Aに報告したが、気付かなかった。				
07時00分ごろ				A船が左転しているのを視認し、衝突の危険を感じ、右舵10°を指示した。	
07時01分ごろ	東水路が近づき、主機を半速力前進にするよう指示した。				
	A船とB船との位置関係を目視し、B船と衝突のおそれを感じ、左舵一杯を指示した。				
			水先人Aの指示を聞き、船首方を見たところ、衝突の危険を感じた。		
			航海士A ₁ に主機を微速力前進とするよう指示した。		
07時02分ごろ			主機遠隔操縦装置を自ら操作し、全速力後進までの操作を行った。	汽笛を吹鳴。	VHFでA船を呼び出す。
				増速を指示。	VHFでA船を呼び出す。
07時02分49秒ごろ					衝突

別添

コンテナ船衝突事故に係る解析調査

報 告 書

平成30年2月

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所

目 次

1	はじめに	2
1.1	調査の目的	2
1.2	調査の概要	2
2	状況認識の評価	3
2.1	事故前後の航跡	3
2.2	A 船および B 船の状態量の時間変化	3
2.3	OZT 発生地点	5
2.4	衝突危険度の時間変化	8
2.5	船長影響を考慮した CPA 解析	12
3	大型船舶の入港実績に基づく航行状況の分析	13
3.1	入港実績	13
3.2	入港時の航跡	14
3.3	入港時の速力	16
4	まとめ	18
5	CREAM 分析	20
5.1	CREAM 分析の手法	20
5.2	事故の推移	21
5.3	CPC 評価	23
5.4	背後要因分析	24
5.5	考察	27
5.6	まとめ	29
	参考文献	30
	巻末資料 評価指標の算出方法	31
i.	OZT (Obstacle Zone by Target) 1)	31
ii.	CJ (Collision Judgment)	31
iii.	SJ (Subject Judgment : 主観的衝突危険度) 2) 3)	32
iv.	CR (Collision Risk)	33
v.	BC (Blocking Coefficient : 避航操船空間閉塞度)	34
	巻末参考資料	36

1 はじめに

1.1 調査の目的

本調査では、平成 30 年 5 月 4 日 07 時 02 分 49 秒頃、阪神港神戸区の神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標から南西 350m 付近で発生したコンテナ船 NYK VENUS（以下、A 船）およびコンテナ船 SITC OSAKA（以下、B 船）との衝突事故の調査に資するため、AIS データの解析をもとにした衝突に至る両船の行動状況に関する状況認識の評価および大型船舶の入港実績に基づく航行状況の分析ならびに CREAM(Cognitive Reliability and Error Analysis Method)手法により事故に至る要因の分析を行った。

なお、本調査は運輸安全委員会からの委託を受けて実施したものである。

1.2 調査の概要

① 状況認識の評価

衝突した A 船および B 船の衝突の危険状態を定量評価するため、事故発生時の AIS データをもとに 5 つの評価指標（OZT (Obstacle Zone by Target), CJ (Collision Judgement), SJ (Subjective Judgment), BC (Blocking Coefficient: 避航操船空間閉塞度), CR (Collision Risk)）を用いて二船間の衝突危険度の評価を行った。さらに、BC については、周囲を航行していた船舶および錨泊船を含めたときの衝突危険度についても評価し、事故時の状況を客観的に分析した。

また、GPS アンテナ位置を基準点とした場合の CPA (Closest Point of Approach) 解析結果と、船舶の大きさを考慮したときの CPA 解析を比較し、船長の影響を考慮した衝突危険性の評価について検討した。

なお、本調査では、B 船が神戸中央航路に向かう針路を取った後の 6 時 54 分以降について分析した。特段の記述がない場合を除き、計算の基準点はアンテナ位置（AIS データで受信した位置そのもの）とし、各船の AIS データを同期した 1 秒ごとの値に内挿した値を用いて、10 秒毎の状態量および衝突危険度の評価を行なった。また、後述するコンパス方位の変化率、および衝突危険度の CJ と SJ の指標で用いる変数として、相対距離と相対方位の変化率は、それぞれ 10 秒ごとの前後する時間における各計測値の差分とした。

② 大型船舶の入港実績に基づく航行状況の分析

事故当時と運輸安全委員会から提示された大型船の同型船の延べ 18 回の入港実績をもとに、複数のゲートラインを通過するときの航行状況として、航跡および速度を分析した。

③ CREAM 分析

運輸安全委員会から提示された操船者の口述調査等をもとに、CREAM 手法を用いて認知科学的な要因分析を実施した。

2 状況認識の評価

2.1 事故前後の航跡

図 2-1 は、A 船と B 船の事故前後の航跡図と、周囲に存在していた船舶の位置を示し、表 2-1 は A 船と B 船の 2 隻の諸元を示す。

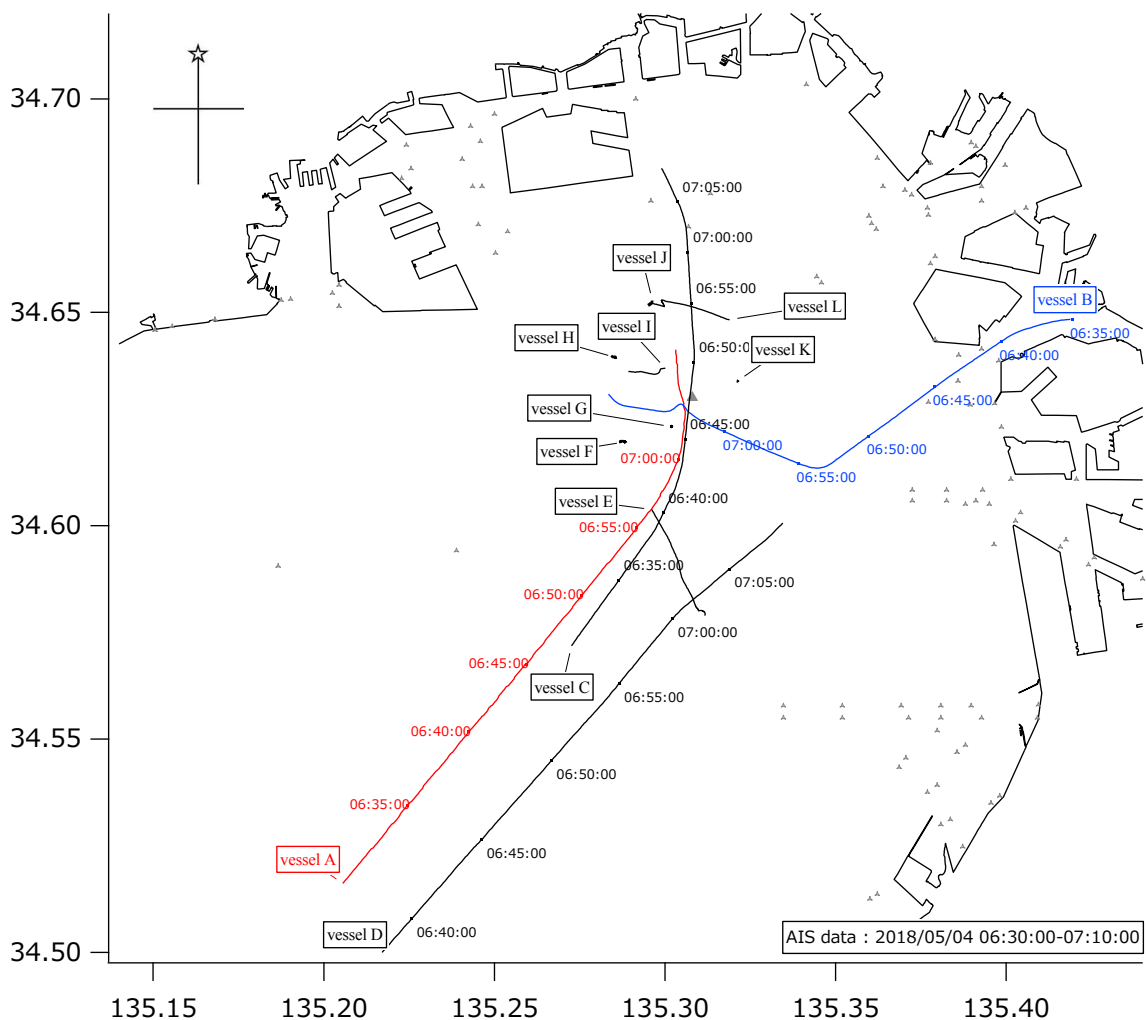


図 2-1 事故前後の航跡図

表 2-1 対象船舶の諸元

	総トン数	L×B×D
A 船	97,825 トン	338.17×45.60×24.60 [m]
B 船	9,566 トン	141.03×22.50×11.40 [m]

2.2 A 船および B 船の状態量の時間変化

事故発生時の AIS データをもとに、衝突した二船の状態量の時間変化を分析した。図 2-2 および図 2-3 に A 船と B 船の状態量の変化を示す。図 2-2 の上段はコンパス方位の変化率，下段は二船間の距離，図 2-3 の上段は TCPA (Time to Closest Point of Approach : 最接近時間)，中段は DCPA (Distance of Closest Point of Approach : 最接近距離)，下段は BCR (Bow Crossing Range : 船首横切り距離) を示す。

コンパス方位の変化率

図 2-2 より、B 船が変針を終えた 6 時 54 分頃以降、コンパス方位は変動しているが、6 時 54 分から B 船が操舵を行なった 7 時 01 頃までの時間帯におけるコンパス方位の変化率の最大値は約 4 度/分である。文献 1) 2) によると、「視覚による変化率の感知する人間の能力は基準点があるときは 1~2 度/分」とされている。事故時のコンパス方位の変化率を鑑みると、コンパス方位に変化があると認識できなかった時間帯があった可能性がある。

DCPA

図 2-3 より、B 船が変針を終えた 6 時 54 分頃に一時的に DCPA がほとんどなくなった後、DCPA が小さい状況が継続している。6 時 54 分以降で DCPA が最も大きかった 6 時 55 分頃においても DCPA は約 0.3NM であった。

BCR

図 2-3 より、B 船の回頭が終わった 6 時 54 分以降、A 船の BCR は正を示し、A 船の船首側を B 船が通航する状況であった。BCR が最大であった 6 時 55 分過ぎにおいても 0.57NM（船首端から約 0.44NM）であり、A 船が回頭をはじめた 6 時 55 分以降は徐々に BCR が小さくなっていく。一方、B 船の BCR は負側であり、B 船の船尾側を A 船が通航する状況であった。B 船が回頭を終えた後の 6 時 55 分過ぎでは、BCR は約 0.43NM（船尾端から約 0.42NM）であったが、6 時 55 分以降徐々に余裕が少なくなっている。

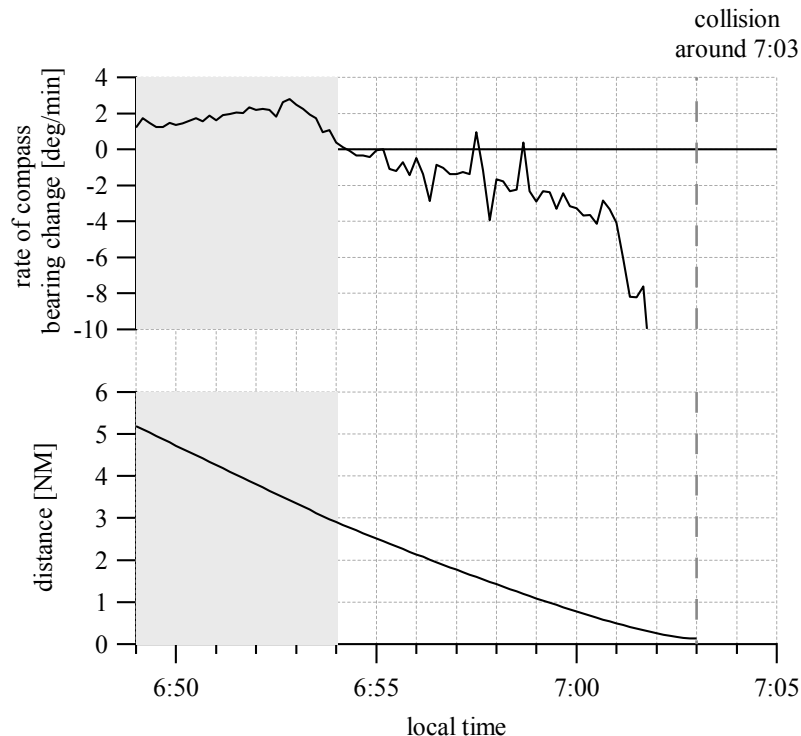


図 2-2 コンパス方位の変化率と相対距離の時間変化

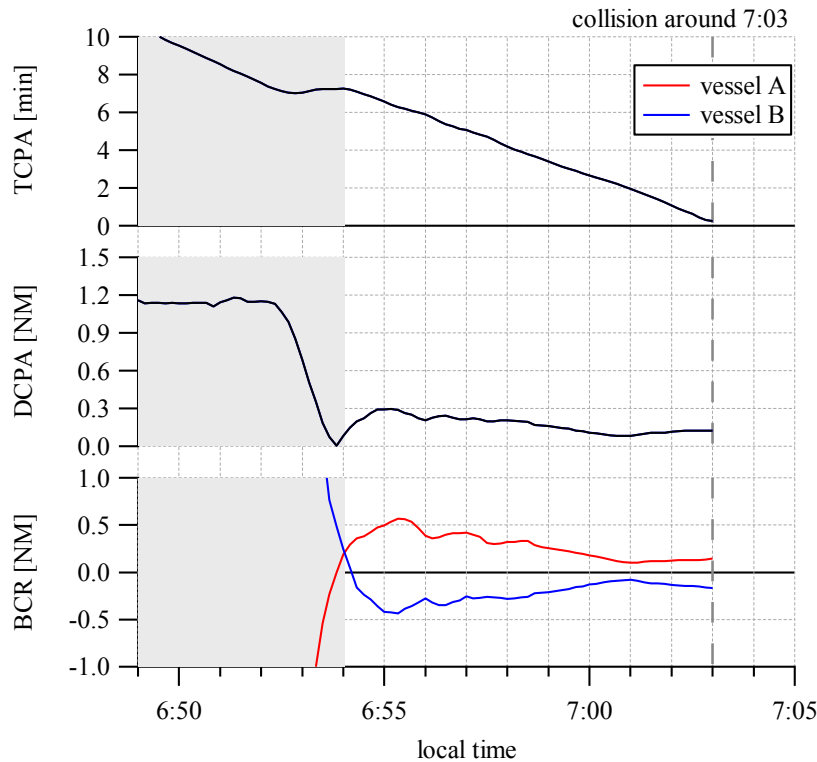


図 2-3 TCPA と DCPA の時間変化

2.3 OZT 発生地点

OZT 3)とは、他船 (target ship) によって近い将来妨害される領域を示す。この領域が自船から見て前方に存在する場合には自船の操船行動に圧力をかける要素となる。さらにこの領域が自船から見て正面に発生すれば、何らかの行動によりこの領域を避ける必要がある。この考え方にもとづき、一定以上の操船困難になったとみなす OZT 領域の条件を以下のとおり設定した。

OZT の評価の条件

- ✓ 3NM 以内に接近した船舶を対象とする。
- ✓ 二船間の最小安全航過距離が以下の式により決定される $L_g = 259$ [m]以下になる場所を OZT (図 2-4 (a)) とする。なお、次式による L_g は、衝突の危険をなくするため他船の侵入を認めない排他的な領域の大きさを決定づける長さとしてされている 4)。

$$L_g = \left\{ \frac{L_o^2 + L_t^2}{2} \right\}^{1/2} \quad [\text{m}]$$

ここで、 L_o : 自船船長 [m], L_t : 他船船長 [m]

- ✓ 自船の針路から左右 10 度以内かつ OZT 地点に至るまでの時間が 5 分以内 (評価エリア (図 2-4 (b) の扇型の範囲)) に入る OZT を評価対象とする。
- ✓ なお、二船間の距離が最小安全航過距離以下に接近する状態を危険と捉えて OZT として評価することを考慮すると、船体中心を基準とした 2 船の接近状態で評価すべきと考え、計算の基準点は船体中央に補正した。

OZT の評価例

例として、図 2-4 (a)に示すように自船 A と他船 B の 2 隻が航行している状態を考える。図示された任意時間における状態において、2 船が最小安全航過距離 (L_g) 以下に接近する地点が OZT であり、その地点は、自船 A から見た OZT は他船の進路上の赤線の場所、他船 B から見た OZT は自船 A 船の進路上の青線の場所である。自船 A の OZT は、評価エリア内 (図 2-4 (b)の黄色扇形の範囲) に一部が入っているため、自船 A の OZT は評価対象となる。

OZT に遭遇したときの時間および船体位置を見るため、OZT に遭遇したときの自船 A の位置を図示したものが図 2-5 に相当する。さらに、自船 A が遭遇した OZT の発生場所を見るため、両端点を●で明確化した OZT 全体の位置の推移を図示したものが図 2-6 に相当する。

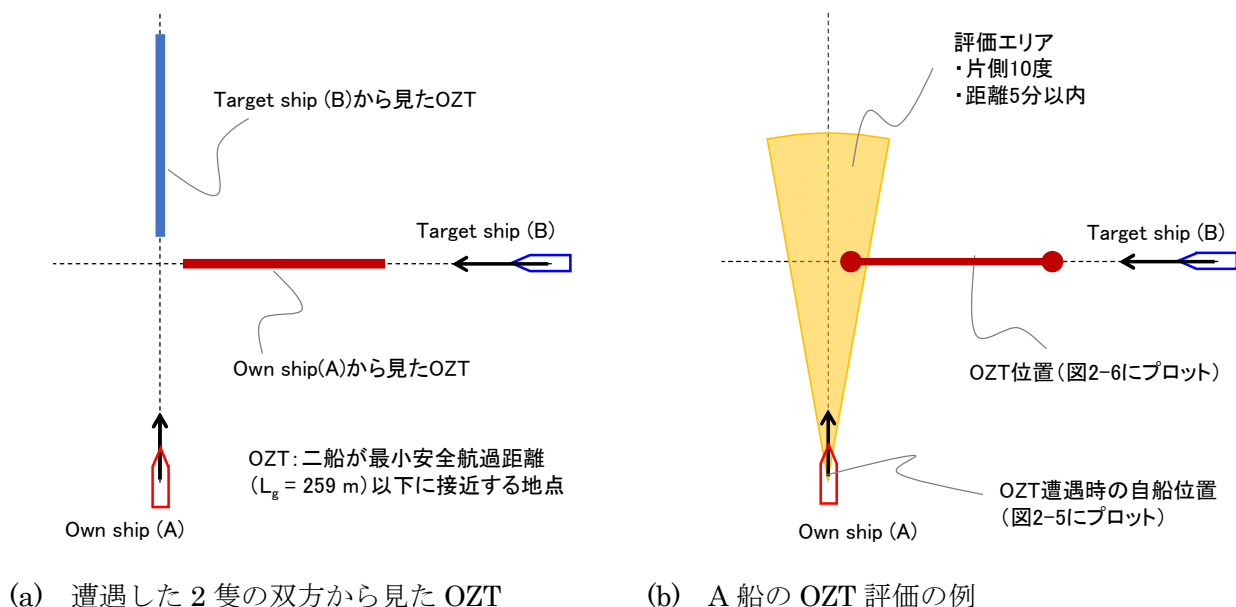


図 2-4 OZT の概念

OZT の発生地点の分析

図 2-5 に OZT により自船の進路が妨害されたときの船舶の位置を航跡図に重畳して示す。

OZT により初めて自船針路が妨害された時刻は、A 船は 6 時 57 分 50 秒頃、B 船は 6 時 56 分 10 秒頃である。 すなわち、針路および速力が一定のときには、その 5 分以内に危険な状態に陥る状況にあったことを示す。

また、図 2-6 に両船が遭遇した OZT の位置を航跡図とともに示す。A 船が遭遇した OZT は、初めて OZT に遭遇したときから衝突直前まで、A 船が向かおうとした進路上に発生している。一方、B 船が遭遇した OZT は、衝突直前の時点を除き、B 船が向かおうとした進路から外れた左舷側によった場所に発生している。

A 船について詳細に観察する。初めて OZT に遭遇したときの速力は約 13.6kt、A 船から OZT までの距離は約 1.1NM であり、この時点では、回避する余裕が全くない状況ではなかったと考えられる。また、OZT の位置がほとんど同じ位置に発生しており、これは B 船の進路の変化があ

まらなかったためと考えられる。

その後、一時的に OZT に遭遇しなかった (OZT が評価エリア内に入っていない) 時間帯まで、A 船と OZT は接近し、6 時 59 分 50 秒頃、約 12.9kt で約 0.6NM となり、徐々に危険を回避する余裕がなくなっていたと考えられる。事故直前に再び OZT に遭遇した 7 時 02 分 10 秒頃、約 11.8kt で約 0.2NM にまで接近した。

B 船について詳細に観察する。初めて OZT に遭遇したときの速力は約 13.9kt、B 船から OZT までの距離は約 1.1NM であるが、進路を妨害されていない状況であった。一時的に OZT に遭遇しなかった時間帯まで、OZT の発生位置は徐々に北西方向に推移しており、これは A 船の変針による影響と考えられるものの、この間進路を妨害されてはいなかった。その後、B 船と OZT は接近し、6 時 59 分 50 秒頃、約 13.9kt で約 0.6NM と徐々に OZT に接近する状況であった。事故直前に再び OZT に遭遇した 7 時 02 分 10 秒頃、OZT は B 船 (約 13.7kt) の正面約 0.2NM の距離に発生した。

なお、各船から OZT までの距離は、自船の計算基準点と自船から近い OZT 端点までの距離である。

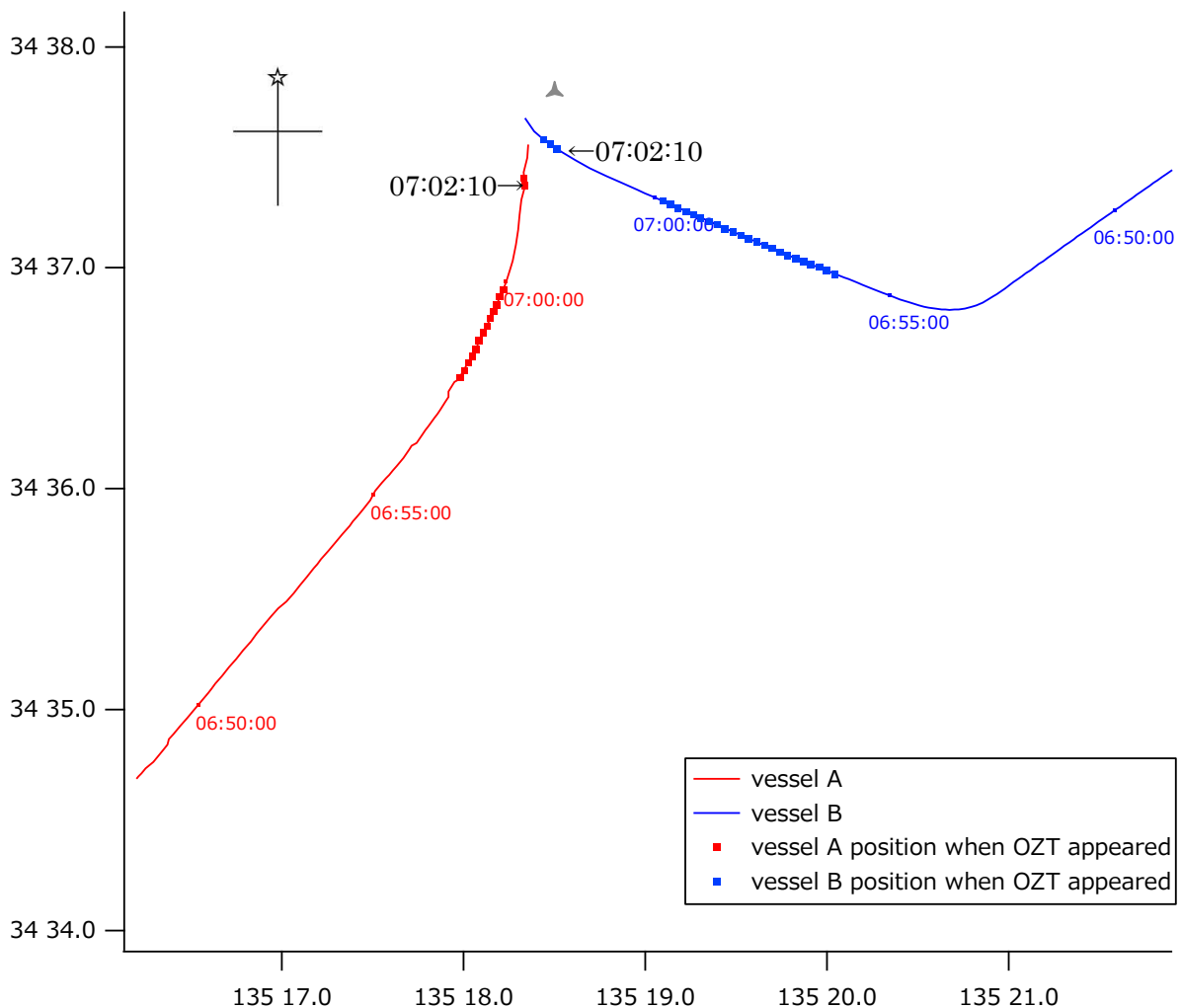


図 2-5 相手船により進路が妨害されたときの自船位置

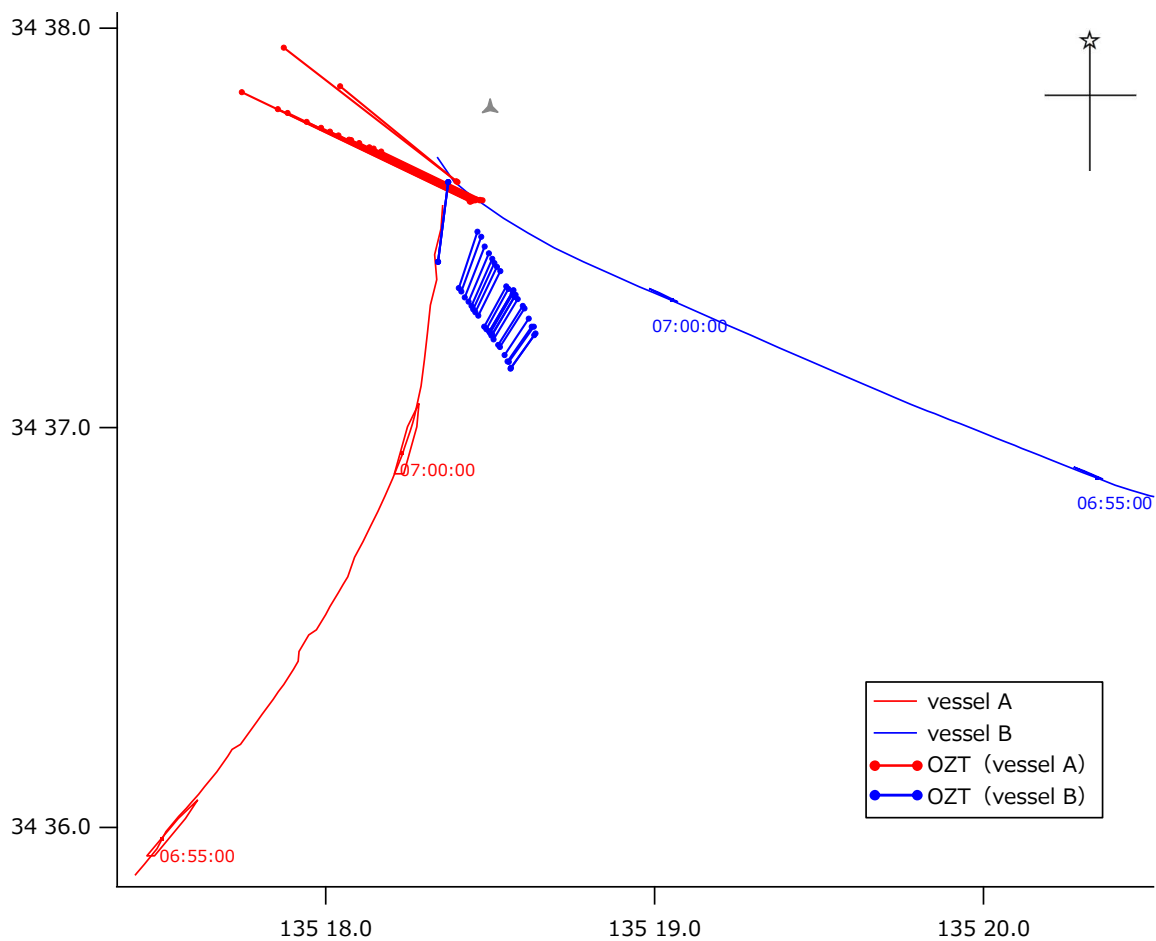


図 2-6 各船が遭遇した OZT 位置

2.4 衝突危険度の時間変化

事故発生時の AIS データをもとに、過去論文にて公表された指標を用いて衝突危険度の時間変化を分析した。

<指標の概要>

① CJ (Collision Judgement) 5) とは

1 対 1 の見合い関係にある二船の衝突危険度を示す指標である。相手船との相対距離とその変化率、相手船との方位変化とその変化率から衝突危険度を算出する。CJ が取りうる範囲は、 $-\infty$ から ∞ であり、負の CJ は安全を表す。

② SJ (Subjective Judgment) 6) とは

ある船舶から別の船舶までの距離および相対方位の変化率を変数として用いている。

それら変数は、見合い関係を考慮して 3 段階でファジー表現され、両者の組み合わせにより重み係数を変えて船舶間の衝突危険度を評価する。SJ が取りうる範囲 -3 から 3 であり、意味合いは以下のとおりである。

きわめて危険	SJ=-3	きわめて安全	SJ=+3
危険	SJ=-2	安全	SJ=+2

やや危険	SJ=-1	やや安全	SJ=+1
どちらともいえない	SJ=0		

③ CR (Collision Risk) 7) 8) とは

二船の相対位置および相対速度から決定される TCPA (Time to Closest Point of Approach : 最接近時間) と DCPA (Distance of Closest Point of Approach : 最接近距離) を用い、操縦性能などの船舶特性を考慮した Fuzzy 推論により衝突危険度を評価する。CR が取りうる範囲は、-1 から 1 であり、数値の絶対値が大きいほど危険であることを示し、負の CR は最接近点を過ぎ去った後の状態を表す。

④ BC (Blocking Coefficient : 避航操船空間閉塞度) 9) とは

自船が変速と変針の避航手段を行った場合における周囲の船舶群との衝突危険度に変速と変針の避航手段の選好度を表す重み係数を乗じたものを用いて、自船の周囲に存在する船舶との衝突の危険によって閉塞される度合い (避航操船空間閉塞度) を求めるものである。BC が取りうる範囲は、0 から 1 であり、BC が 1 のときの状況は TCPA が極めて小さく、またいかなる操船によっても回避できない状況である。

なお、本調査では、事故当時は入港直前の状況であり、機関による減速が可能であったことから、避航手段は変針と減速の両方であるとする。避航手段の範囲として、変針は現針路から左右 60 度までの 5 度刻み、変速は現速力を基準とした 20% の増速から 60% の減速までの 20% 刻みとし、各変針角および速力における相手船との危険度を算出し、上述した重み係数との加重平均により BC が評価される。

<評価結果>

図 2-7 は衝突危険度の時間変化であり、各指標での評価結果を以下に示す。

① CJ による評価

A 船は、6 時 56 分ごろから徐々に CJ が上昇し始める。B 船の負の CJ は安全であることを示すが、変針を終えた 6 時 54 分以降、徐々に CJ が上昇していることから少しずつ危険が増大している。前回の調査¹において危険の閾値とした CJ が 0.015 を超えた時刻は、A 船 B 船ともに 7 時 2 分頃である。

② SJ による評価

A 船は、B 船が変針を終える 6 時 54 分以前から危険を示す負側の SJ となっている。SJ が初めて -2 になるのは 6 時 54 分頃である。6 時 55 分以降に SJ が増加するものの依然として危険な状況にある。事故直前の 7 時 1 分過ぎには、SJ が -2 を超え危険な状況になっている。

B 船は、6 時 58 分頃から SJ が危険側を示しており、7 時 0 分ごろに SJ が -2 近くになっている。

¹ 2016 年 6 月 7 日に発生したコンテナ船衝突事故 (運輸安全委員会船舶事故報告書参照)

る。

③ CRによる評価

A船は、B船が変針を終えた6時54分以降CRが上昇し、6時58分以降は危険が最大の状況にあった。B船は6時56分以降CRが上昇し、7時1分以降は危険が最大の状況にあった。

④ BCによる評価

図 2-7 の実線は避航手段が変針のみの場合であり、破線は変針と減速の場合である。避航手段が変針のみであっても、変針と減速であっても、全体的にA船は6時55分頃以降BCが増加し、B船は6時58分頃一時的にBCが減少するが6時55分頃以降は増加している。各船での避航手段による操船困難度について見ると、A船は変針のみの方（実線）がBC値が高く、B船は逆に変針と減速による方（破線）がBC値が高くなっている。このことから、A船とB船の2船のみの状況では、A船は変針と減速の両方の避航手段、B船は変針のみの避航手段であれば、比較的操船が困難になりにくかったと考えられる。

また、図 2-8 の実線は、A船は変針と減速の両方の避航手段、B船は変針のみの避航手段の場合において、図 2-1 中の全ての船舶を対象としたBC値の時間変化を示す。A船B船ともに、6時54分以降、BC値が上昇し、錨泊船等の存在によって、2船間の場合よりも最大値で2倍以上操船が困難になっており（A船は0.19が0.47で約2.5倍、B船は0.23が0.52で約2.4倍）、両船ともに同程度の操船困難度であった。

さらに、両船が航行している海域には、神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標が存在しており、操船に影響したと考えられる。図 2-8 の点線は、灯浮標を考慮した場合におけるBC値の時間変化を示しており、A船の最大値は0.50、B船の最大値は0.52であった。船舶のみを考慮したとき（実線）の場合と比較して、両船ともにBCが増加している。特にA船について、7時以降、大幅にBCが増加しており、灯浮標の存在が操船に影響を及ぼしているといえる。

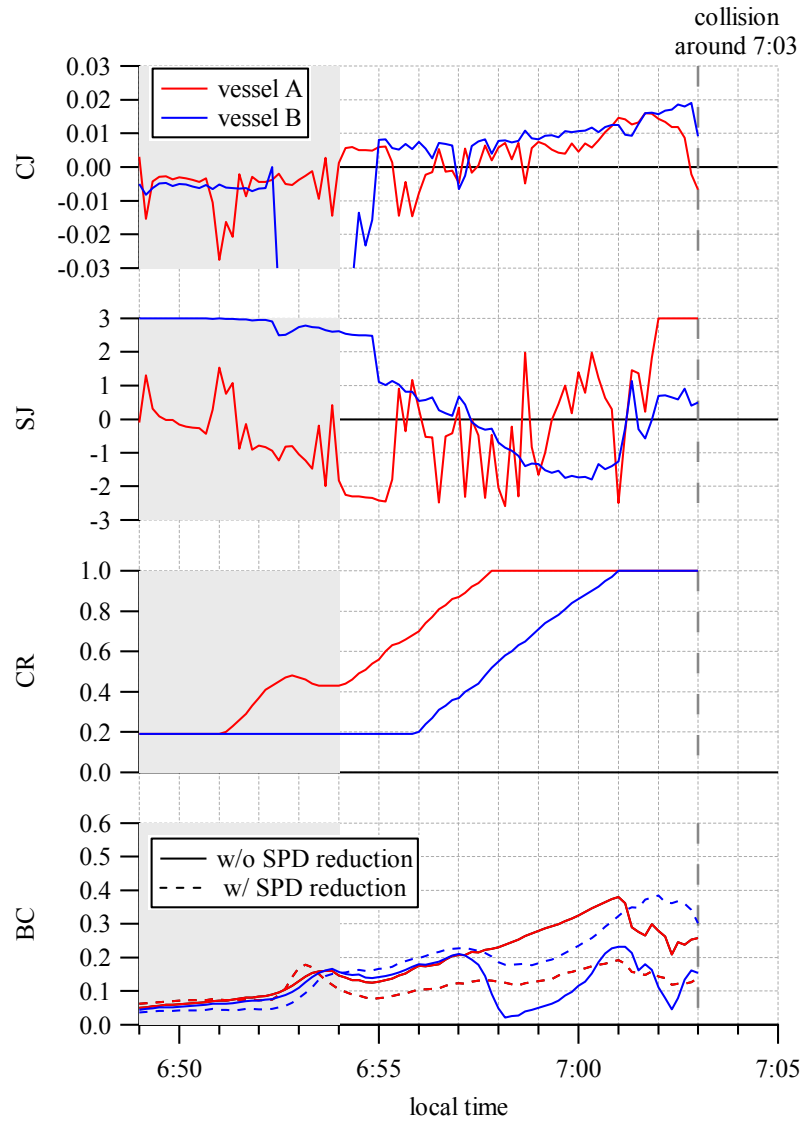


図 2-7 衝突危険度の時間変化

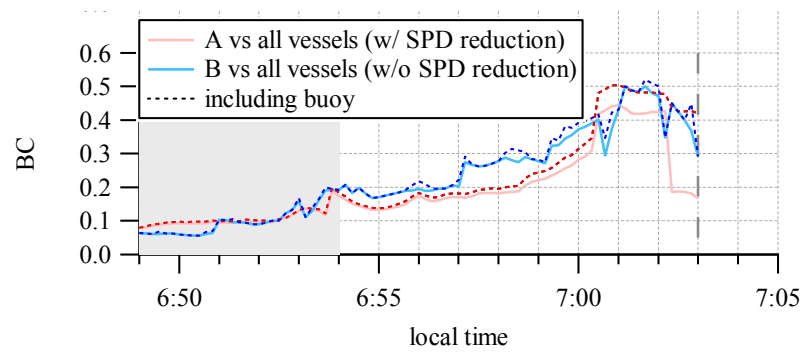


図 2-8 周囲の船舶を含めたときの BC 値の時間変化

2.5 船の長さの影響を考慮した CPA 解析

船舶の大きさを考慮したときの影響を解析するため、6 時 55 分以降から 1 分毎に両船が衝突した位置を計算の基準点として CPA 解析を行った。衝突位置を表 2-2 に、アンテナ位置と衝突位置を基準点としたときの CPA 解析の比較を図 2-9 に示す。なお、図 2-9 に、運輸安全委員会から提供された B 船の VDR の DCPA を×印で示す。さらに、表 2-3 は、計算基準点が 1 次的接触および 2 次的接触での衝突位置であるときの DCPA および TCPA のうち、最小となる DCPA および TCPA の値とその基準点を示す。

船の長さによる影響の評価

評価対象時間は、A 船が回頭中であるため、時間変化に伴い DCPA が変化している。DCPA について、ほとんどの時間帯で A 船の船首先端（一次的接触位置）を計算基準点としたときの DCPA の方が、右舷前方（二次的接触位置）での DCPA よりも小さく、その差は概ね 20m 程度である。また、2 箇所の衝突位置における DCPA での最小値と、アンテナ位置での DCPA を比較すると、衝突位置における DCPA の方が小さく、衝突の直前では最大で約 200m の差が生じている。B 船の船上で観測された DCPA は、アンテナ位置を基準点としたときの数値に近く、A 船及び B 船それぞれの船長を考慮したときの実際の余裕よりも最大で 210m 程度過大に評価されている。なお、A 船の衝突位置である船首先端は、アンテナ位置より 240m 程度前方にあるため、B 船より A 船の船長の影響を受けているといえる。

TCPA はいずれの計算基準点でも大きな差はなく、衝突位置を計算基準点としたときの方が 20 秒程度小さい。

表 2-2 基準点となる衝突位置

アンテナ位置からの距離 [m]						
一次的接触 (C.P.1)				二次的接触 (C.P.2)		
	前方へ	右方へ	備考	前方へ	右方へ	備考
A 船※	243.0	9.5	船首先端	225.4	23.7	右舷前方
B 船	8.1	-6.7	左舷後方	1 次的 接触と同じ位置		

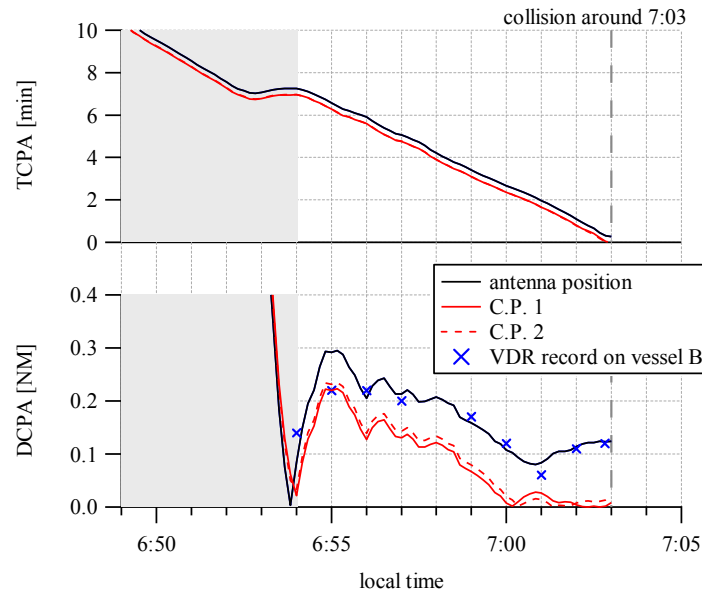


図 2-9 船長を考慮したときの CPA 解析の比較

表 2-3 船長を考慮したときの CPA 解析の比較

	DCPA [m]			TCPA [sec]		
	アンテナ位置	衝突位置(※)	差分	アンテナ位置	衝突位置(※)	差分
06:55:00	540	407 (C.P.1)	-132	394	376 (C.P.1)	-18
06:56:00	380	236 (C.P.1)	-145	354	336 (C.P.1)	-19
06:57:00	394	242 (C.P.1)	-152	304	285 (C.P.1)	-19
06:58:00	384	225 (C.P.1)	-159	252	233 (C.P.1)	-19
06:59:00	294	124 (C.P.1)	-170	203	185 (C.P.1)	-19
07:00:00	199	14 (C.P.1)	-185	159	141 (C.P.2)	-19
07:01:00	154	26 (C.P.2)	-128	117	98 (C.P.2)	-19
07:02:00	211	8 (C.P.1)	-204	65	47 (C.P.2)	-18
07:03:00	229	15 (C.P.1)	-214	15	-3 (C.P.2)	-18

※ 2箇所での衝突位置での DCPA/TCPA のうち、最小となる DCPA/TCPA の値。()内の数値は、そのときの計算基準点.

3 大型船舶の入港実績に基づく航行状況の分析

3.1 入港実績

運輸安全委員会から提供された過去のべ 3 隻の A 船の同型船 (イ船, ロ船, ハ船) および A 船の入港実績を表 3-1 に示す.

表 3-1 入港実績

	船名	入港日
1	ロ船	2017/7/6
2	A 船	2017/7/29
3	イ船	2017/8/17

4	ハ船	2017/9/7
5	ロ船	2017/9/14
6	A船	2017/10/5
7	イ船	2017/10/26
8	ハ船	2017/11/16
9	ロ船	2017/11/23
10	A船	2017/12/14
11	イ船	2018/1/8
12	ハ船	2018/1/29
13	ロ船	2018/2/2
14	A船	2018/2/22
15	イ船	2018/4/7
16	ロ船	2018/4/12
17	ハ船	2018/4/26
18	A船	2018/5/4 (事故発生日)

3.2 入港時の航跡

神戸六甲アイランド東水路へ入航したときのA船の航跡を比較した。図 3-1 に事故発生日のA船の航跡（赤色）と過去にA船および同型船が入港したときの航跡（黒色）を重畳して示す。事故当時、A船は、神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標の左側から水路に入港していたが、過去の実績を見ると、神戸六甲アイランド東水路へ入港する場合には神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標の左右両側を通航している。事故時のA船と同じ神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標の左側を通航した北緯 34 度 36.25 分以北での航跡を比較すると、実績による航跡は、事故時のA船の航跡よりも西側を通航していることがわかる。このことから、事故時にA船の6時55分以降の経路を通航する場合は、神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標の右側を通航することが多かったといえる。

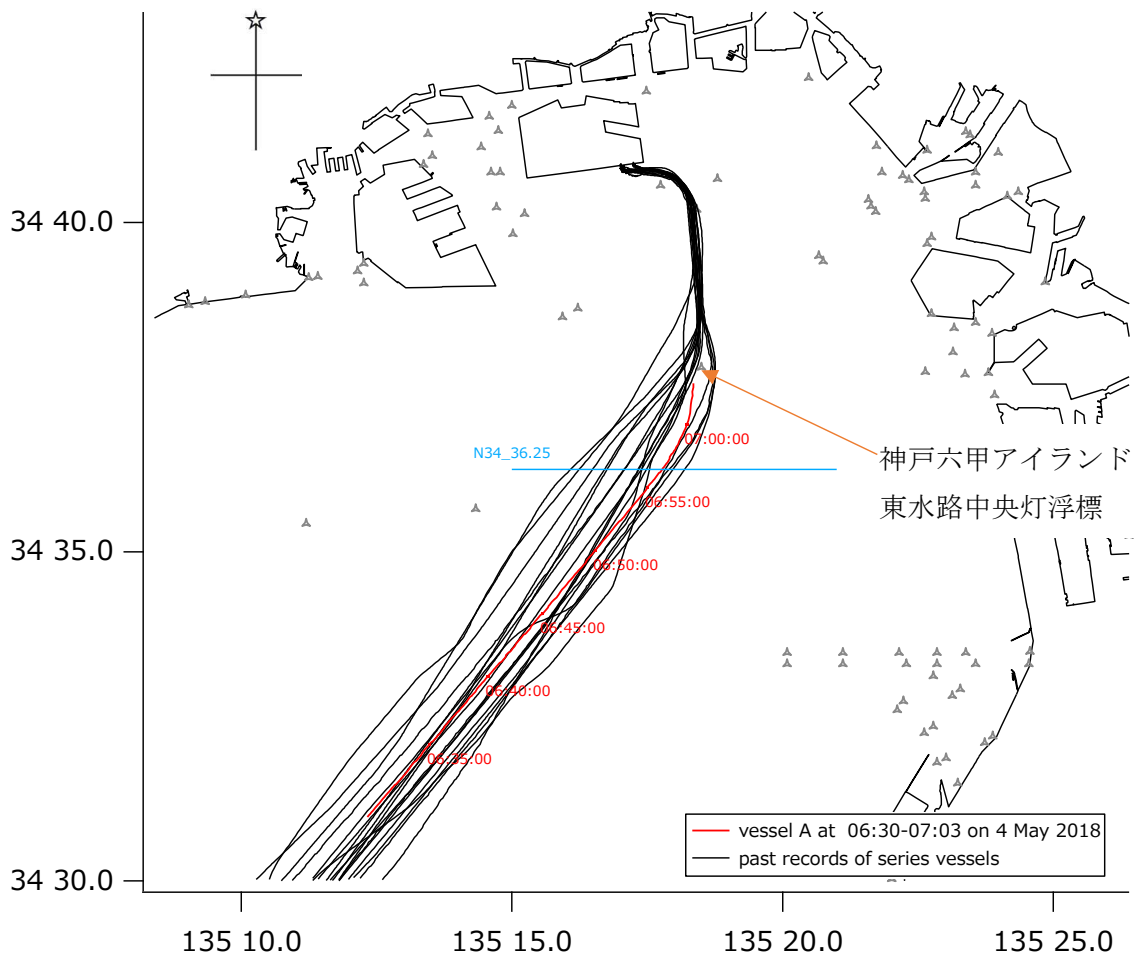


図 3-1 A 船および同型船の入港時の航跡

事故当時，多数の錨泊船が，水路の周辺に存在していた．図 3-2 に，図 3-1 で示した航跡のほか，B 船の航跡および事故当時に錨泊していた船舶の位置（6 時 55 分頃，一部完全に錨泊していない船舶を含む）を重畳して示す．また，文献によると，停泊船や浮標からの離隔距離は，以下の式で表現される 10)．そこで，図 3-2 に，事故前後での海域における両船の進路の障害となりうる停泊船および灯浮標の位置および離隔距離を示す．図中の水色の円は錨泊船からの離隔距離を示し，黄色の円は灯浮標からの離隔距離を示す．

$$D(\text{浮標}) = 0.33 \cdot L_o$$

$$D(\text{錨泊船}) = 0.89 \cdot L_o$$

ここで，D は障害物に対する離隔距離 [m]， L_o は自船（A 船とする）の船長

事故時の A 船の入港方法を考えると，神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標の左側の水域は，多数の錨泊船により占有されていたため，灯浮標の南方の位置から水路の針路に近い角度で北進するアプローチ方法をとった可能性があると考えられる．一方，B 船は，神戸中央航路に入港するため，最短経路となる錨泊船の間を通航したものと考えられる．

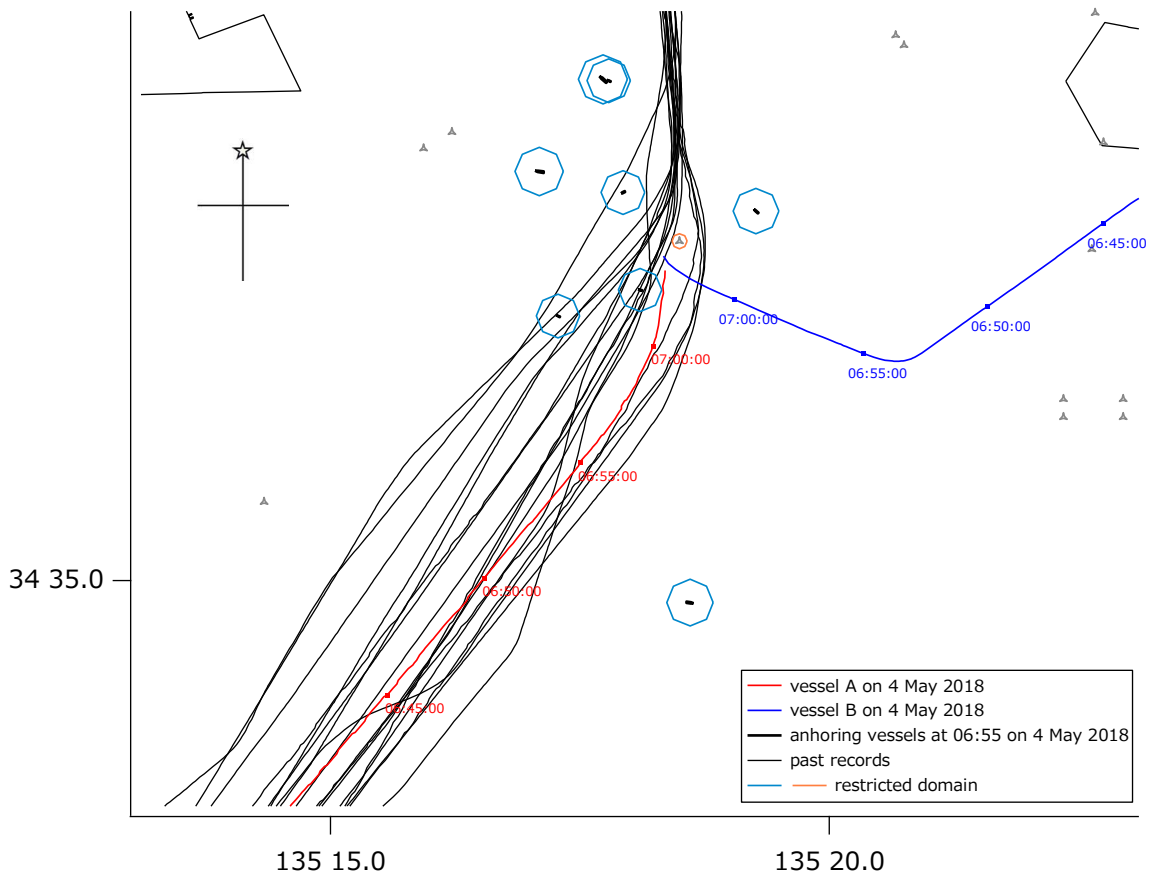


図 3-2 各船の航跡と 6 時 55 分頃の錨泊船の位置関係

3.3 入港時の速力

北緯 34° 35.0' から衝突位置周辺までに図 3-3 および表 3-2 に示すゲートを 13 本設定し、ゲート通航時の速力を解析した。結果を表 3-3 および図 3-4 に示す。図 3-4 の赤線は事故時の A 船の速力を、青色太線は平均速力を示す。

事故時の航行速力は過去の入港時の速力と比較して、平均よりも早めではあったが、標準的な速力であったと考えられる。なお、斜線部の 11 番から 13 番は、衝突位置以降でのゲートラインである。

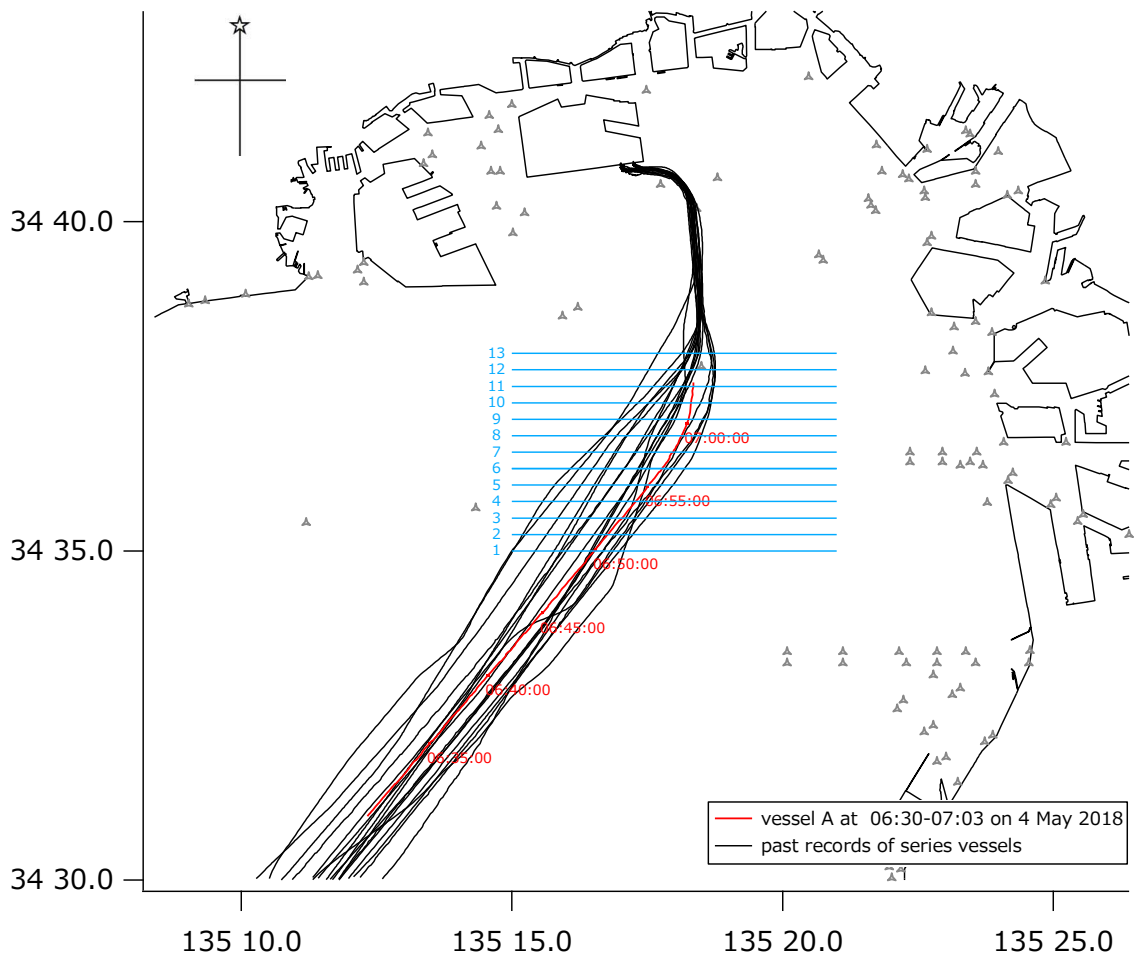


図 3-3 ゲート位置

表 3-2 ゲート設定

GateNo	始点		終点	
	Lat	Lon	Lat	Lon
1	135 15.0 E	34 35.00 N	135 21.0 E	34 35.00 N
2	135 15.1 E	34 35.25 N	135 21.0 E	34 35.25 N
3	135 15.2 E	34 35.50 N	135 21.0 E	34 35.50 N
4	135 15.3 E	34 35.75 N	135 21.0 E	34 35.75 N
5	135 15.4 E	34 36.00 N	135 21.0 E	34 36.00 N
6	135 15.5 E	34 36.25 N	135 21.0 E	34 36.25 N
7	135 15.6 E	34 36.50 N	135 21.0 E	34 36.50 N
8	135 15.7 E	34 36.75 N	135 21.0 E	34 36.75 N
9	135 15.8 E	34 37.00 N	135 21.0 E	34 37.00 N
10	135 15.9 E	34 37.25 N	135 21.0 E	34 37.25 N
11	135 15.10 E	34 37.50 N	135 21.0 E	34 37.50 N
12	135 15.11 E	34 37.75 N	135 21.0 E	34 37.75 N
13	135 15.12 E	34 38.00 N	135 21.0 E	34 38.00 N

表 3-3 入港実績と事故時の速力の比較

GateNo	事故時の速力[kt]	入港実績	
		平均 [kt]	標準偏差 [kt]
1	15.0	13.5	2.1
2	14.9	13.1	2.1
3	14.8	13.0	2.1
4	14.8	12.7	2.1
5	14.6	12.5	2.0
6	13.9	12.4	1.9
7	13.6	12.3	1.8
8	13.2	12.1	1.6
9	12.7	11.9	1.5
10	12.3	11.7	1.5
11	11.7	11.3	1.5
12	9.1	10.8	1.5
13	8.0	10.3	1.6

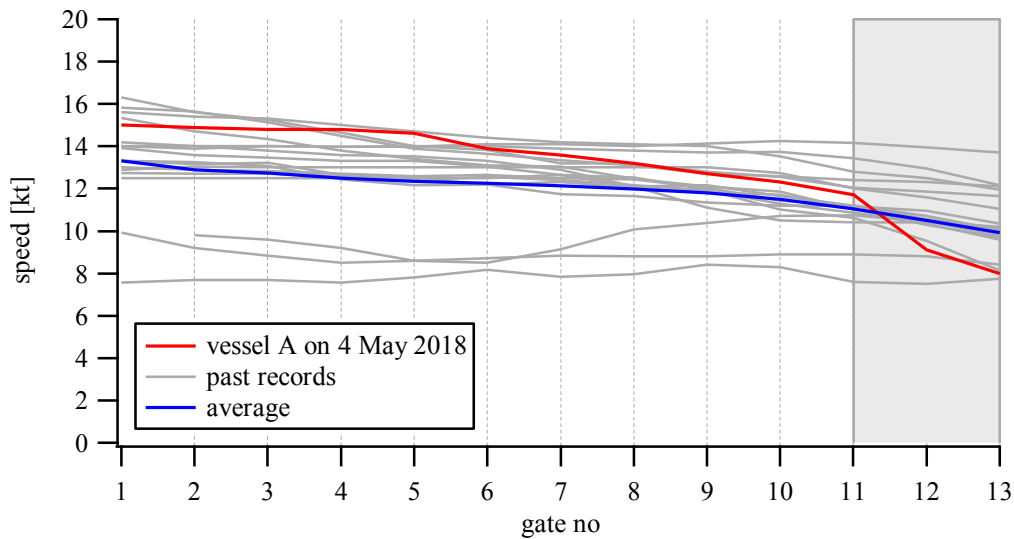


図 3-4 ゲート通航時の速力

4 まとめ

状況認識および航行状況について、各要素に関する状況分析の結果を示す。

状態量の時間変化による状況分析

コンパス方位の変化率は、6時54分頃から7時01分頃まで、最大でも約4度/分であり、コンパス方位に変化があると認識できなかった時間帯があったと考えられる。DCPAについては、6時54分以降でDCPAが最も大きかった6時55分頃においてもDCPAは約0.3NMで、徐々に減少していることから危険を認識することは可能であったと考えられる。

BCR については、A 船の前方を B 船が通航する状況であり、A 船の BCR が最大であった 6 時 55 分過ぎにおいても 0.57NM（船首端から約 0.44NM）で、A 船が回頭をはじめた 6 時 55 分以降は徐々に BCR が小さくなっていることから、危険を認識することは可能であったと考えられる。一方、B 船は、B 船の船尾側を A 船が通航する状況であり、徐々に BCR の値が小さくなっているものの、6 時 55 分過ぎでは BCR は約 0.43NM（船尾端から約 0.42NM）であったことから、この時点では危険を認識するには至らなかった可能性があると考えられる。

衝突危険度の各指標による状況分析

OZT は、A 船は 6 時 57 分 50 秒頃、B 船は 6 時 56 分 10 秒頃に初めて自身の正面 20 度以内に発生しており、その 5 分以内に二船間の距離が接近する危険な状態に陥る状況にあった。しかしながら、OZT の発生位置を見ると、A 船は初めて OZT に遭遇したときから自身が向かおうとした進路上に発生していたことに対して、B 船は衝突直前を除き B 船が向かおうとした進路から外れた左舷側によった場所に発生していた。このことから、B 船は OZT を避けて航行していたが、最終的に自身の正面に OZT が発生した状況であったのに対し、A 船は事故前の段階から OZT が存在していた方向に進行したと言える。

衝突危険度の各指標では、いずれも 6 時 55 分以降には、危険が上昇している傾向を示しており、両船ともにいずれかの時点では危険を認識することは可能であったと考えられる。BC による評価から、錨泊船や A 船の前後を航行していた船舶によって、A 船 B 船ともに操船の自由度が制限された状況にあったが、A 船と B 船の 2 船のみの関係では、A 船は変針と減速の両方の避航手段、B 船は変針のみの避航手段であれば、比較的操船が困難になりにくかったと考えられる。また、灯浮標を考慮すると、BC 値が増加していることから、灯浮標が操船に影響を及ぼしていたといえる。

船の長さの影響による状況分析

CPA、特に DCPA の評価にあたり、船体の衝突位置を基準とする場合とアンテナ等を基準とする場合で算出結果が大きく異なり、衝突位置を基準点としたときのほうが、事故直前で最大 200m 程度小さく評価された。また、B 船の船上で観測された DCPA は、アンテナ位置を基準点としたときの数値に近く、A 船及び B 船それぞれの船長を考慮したときの実際の余裕よりも最大で 210m 程度過大に評価されていた。

航行状況による状況分析

入港時の航跡に実績と相違があることが確認された。事故時に A 船の 6 時 55 分以降の経路を通航する場合は、神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標の右側を通航することが多かったといえる。事故時の航行速力は過去の入港時の速力と比較して、平均よりも早めではあったが、標準的な速力であった。

5 CREAM 分析

5.1 CREAM 分析の手法

CREAM(Cognitive Reliability and Error Analysis Method)とは、人間の認知的側面に着目した人間信頼解析 (HRA: Human Reliability Analysis) 手法の一つである。古典的な HRA 手法では、作業者の認知過程は考慮せず、スキルベース、ルールベース行動に基づく解析を行うもので、事故を起こした作業者のエラーがその事故の原因として指摘されていた。それに対し、第2世代の HRA 手法である CREAM は、事故はあくまでも最終的な結果であり、その背後には様々な背後要因があると考えるところに特徴がある¹¹⁾。

まず、事故発生の過程において観察された不安全行動等に着目し、これらを着目すべき行動として解析の起点とする。背後要因の探索を始めるため、着目すべき行動を逸脱の種類、すなわちエラーモードに対応させる。一般的なエラーモードとしては、次の8つが定義されている。

- 期間 (長すぎ・短すぎ)
- 順序 (逆順・繰り返し・し損ない・割り込み)
- 対象物 (違う行動・違う対象)
- 力 (弱すぎ・強すぎ)
- 方向 (違う方向)
- 速さ (速すぎ・遅すぎ)
- 距離 (遠すぎ・近すぎ)
- タイミング (早すぎ・遅すぎ・省略)

また、エラーモードの生起要因として「人 (一般的な機能・特殊な機能)」「組織 (組織・コミュニケーション・訓練・周辺の状況・労働環境)」「テクノロジー (装置・手順・インターフェース)」の3要素を考え、CPC (Common Performance Condition 共通作業条件) という概念で評価する。CPC には次の10種類が定義されている。

- 組織の適切さ
- 労働環境
- マンマシンインターフェース (MMI) と作業支援の適切さ
- 手順書・計画書の入手可能性
- 同時並行の目標数
- 時間的余裕
- 時間帯(概日リズム)
- 訓練と経験の適切さ
- 乗組員の協調の質
- コミュニケーションと情報の共有

CPC の評価結果とエラーモードによる背後要因分析を合わせることにより分析対象とした事故の原因について結論を導く。

次に CREAM 分析の手順を示す。

- ① 実際に発生した事柄を詳細に記述する。
- ② CPC を特定する。
- ③ 大きなできごとの時間関係を記述する。

- ④ 着目すべき行動をすべて選出する.
- ⑤ 各行動に対してエラーモードを特定する.
- ⑥ 各エラーモードについて関連する原因 - 結果リンクを見つける.
- ⑦ 全体を記述して, 原因を見つける.

5.2 事故の推移

事故発生に関する時間関係を記述する.

5.2.1 概要

事故発生前後の AIS データによる船舶の動向を図 5-1 に示す. また, 操舵・エンジン操作, 他船の認知及び衝突の危険を感じた地点と時刻を図中に示す.

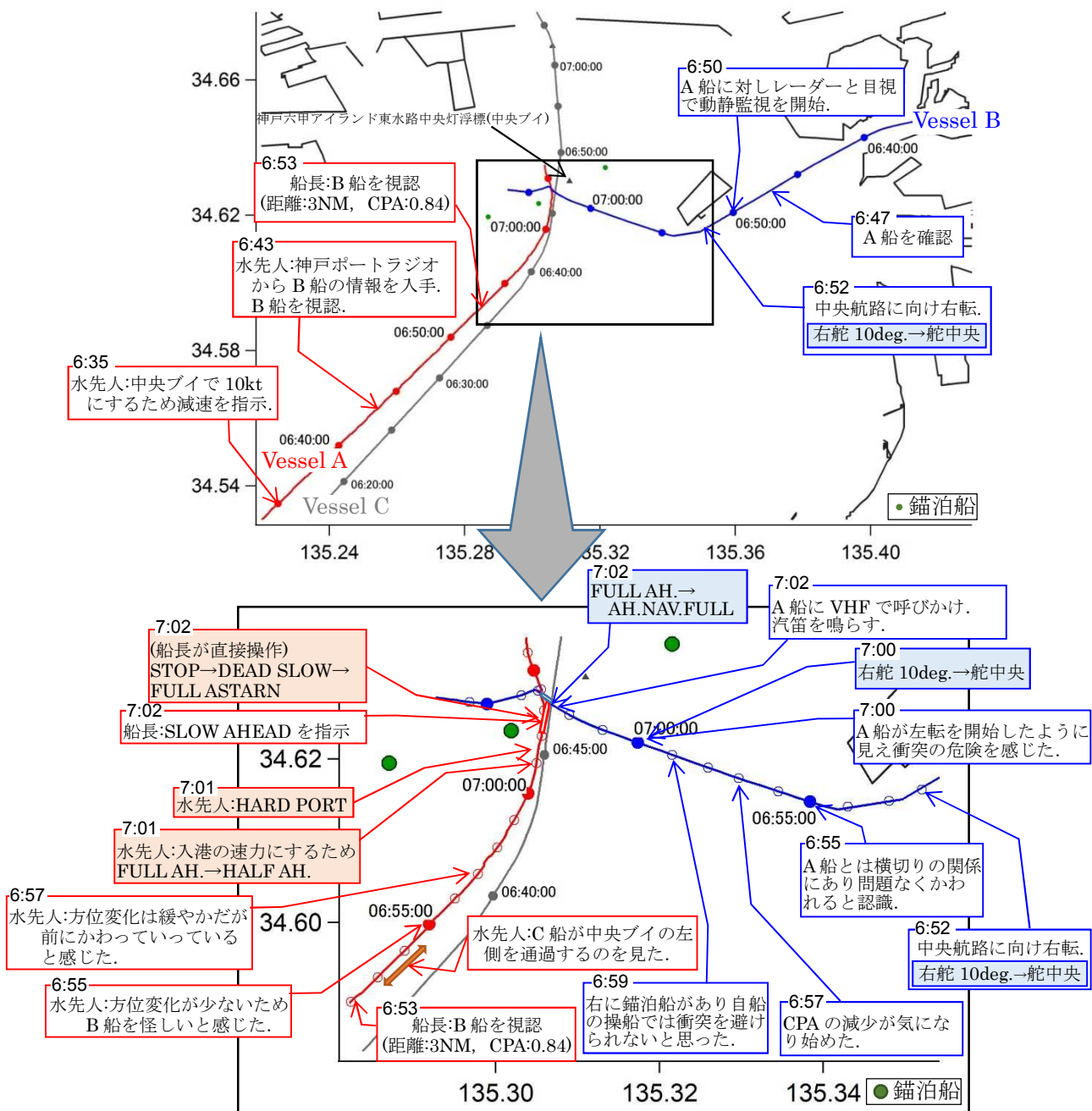
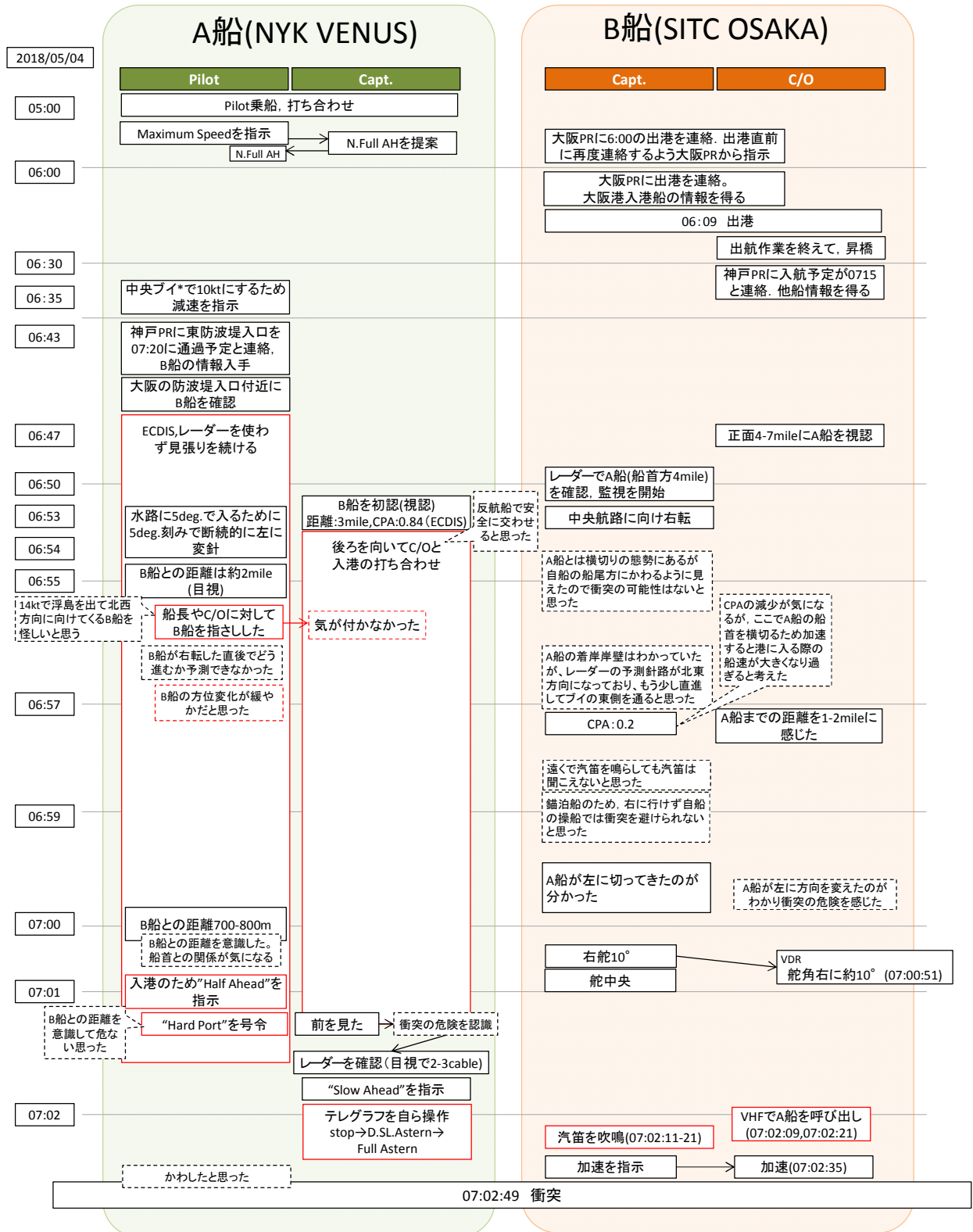


図 5-1 事故時の船舶の動向

5.2.2 時間的推移

口述及びVDRに基づき作成した事故の推移を図5-2に示す。実線の囲みは、口述及びVDRで確認できた状況を示し、破線の囲みは、口述に基づく作業者の認識を示す。



*中央パイ:神戸六甲アイランド東水路中央灯浮標

図5-2 事故の推移

5.3 CPC 評価

10 項目の CPC (Common Performance Condition 共通作業条件) について、操船者等の行動に与える影響について評価し、その評価理由を記載する。

5.3.1A 船の CPC 評価結果

事故時船橋にいた水先人、船長及び一航士を対象としてまとめて評価したものを表 5-1 に示す。

表 5-1 A 船の CPC 評価結果

	好影響のある作業環境	影響のない作業環境		悪影響のある作業環境		CPC 評価理由
		効果的		効果的でない	非効果的	
安全管理体制の妥当性	非常に効果的	効果的		✓ 効果的でない	非効果的	船長と一航士は、入港前の打ち合わせをしており見張りを行っていなかった。
航行・当直環境	好都合	✓ 合っている		合っていない		船橋内は整頓され、視界制限や騒音の発生源になるようなものはなかった。10 万トン級のコンテナ船であるため、ブリッジから船首は見えない。
MMI の妥当性	有効	✓ 適切		我慢できる	不適切	装備類は充実している。
手順・計画の妥当性	適切	受容可能		✓ 効果的でない	非効果的	B 船と無線通信を実施しなかった。水先人は、神戸ポートラジオに連絡した後は目視のみで見張りを続けた。水先人は、B 船の情報を乗組員に伝えなかった。
同時に達成する目標		許容未満	許容量と同じ	✓ 許容を超える		船長と一航士は、見張りをせず入港の打ち合わせをしていた。
時間的余裕	✓ 十分	一時的に不十分		常時不十分		予定通りに航行していた。
時間帯		✓ 日中(適合)		夜間(不適合)		午前 7 時前後
操船者のリソース	非常に良い	良い		✓ 良くない		水先人の経験は豊富である。船長は、船長として 8 回、一航士として 4 回神戸に入港した経験がある。レーダー等を使用せず CPA に対する理解が足りなかった。
乗員の協調の質	非常に効果的	効果的		✓ 効果的でない	非効果的	水先人のオーダーに対し、船長が変更を進言する等の協調があったが、その後水先人は、船長が見張りを行っていると思っており、船長と一航士は、入港前の打ち合わせをしており見張りを行っていなかった。
コミュニケーション	非常に効果的	効果的		✓ 効果的でない	非効果的	水先人は、船長及び一航士の見張りの状況を把握していなかった。B 船と無線通信、汽笛等による意思疎通がなかった。船長及び一航士等は、水先人から B 船の情報を聞いていなかった。

5.3.2B 船の CPC 評価結果

事故時船橋にいた船長、一航士及び操舵手を対象としてまとめて評価したものを表 5-2 に示す。

表 5-2 B 船の CPC 評価結果

	好影響のある作業環境	影響のない作業環境		悪影響のある作業環境		CPC 評価理由
		✓ 効果的	許容と 同じ	効果的でない	非効果的	
安全管理体制の妥当性	非常に効果的	✓ 効果的		効果的でない	非効果的	船長、一航士、操舵手は役割を認識し業務を遂行している。
航行・当直環境	好都合	✓ 合っている		合っていない		船橋内は整頓され、視界制限や騒音の発生源になるようなものはなかった。
MMI の妥当性	有効	✓ 適切		我慢できる	不適切	レーダー2基が設置され、船長と一航士が見張りに使用しており効率的な配置となっている。レーダーによる予測針路をもとに A 船が中央ブイの東側を航行すると考えた。
手順・計画の妥当性	適切	受容可能		✓ 効果的でない	非効果的	神戸港の入港マニュアルを所持し確認していた。 A 船に VHF で呼びかけたのは衝突直前であった。
同時に達成する目標		✓ 許容未満	許容と同じ	許容を超える		許容を超える業務量は発生していない。
時間的余裕	✓ 十分	一時的に不十分		常時不十分		予定通り航行していた
時間帯		✓ 日中(適合)		夜間(不適合)		午前 7 時前後
操船者のリソース	非常に良い	良い		✓ 良くない		船長は神戸に 100 回以上入港しており、経験は豊富である。 CPA に対する理解が足りなかった。
乗員の協調の質	非常に効果的	✓ 効果的		効果的でない	非効果的	A 船の情報を船長と一航士で共有していた。
コミュニケーション	非常に効果的	✓ 効果的		効果的でない	非効果的	船長、一航士、操舵手は同じ言語であるためコミュニケーションは容易である。 A 船と無線通信による意思疎通がなかった。 神戸ポータラジオとの通信において A 船に関する情報がなかった。

5.4 背後要因分析

A 船水先人、A 船船長及び B 船船長について、エラーモードを抽出し背後要因分析を行った。

5.4.1 A 船水先人

A 船水先人について、以下のエラーモードが抽出され、それぞれについて背後要因分析を行った。

○抽出したエラーモード

順序<し損ない>

- ・06:44 VHF でポートラジオに連絡後、ECDIS やレーダーの前に戻らず見張りを行った。

タイミング<省略>

- ・06:44 VHF でポートラジオに連絡後、B 船の情報を船長に伝えなかった。
- ・06:55 船長や C/O の見張りの状態を把握しなかった。

順序 <し損ない>

- ・06:57 B 船の方位変化が緩やかだと思ったが、B 船と連絡しなかった。

対象物<違う対象>

- ・07:01 入港のため速力を Half Ahead にした。

方向 <違う方向>

- ・07:01 Hard Port を指示した。

図 5-3(a)(b)に背後要因分析結果を示す。水先人は、船長等は操船に疑問があれば指摘するだろうと考え、指摘がないのは自分と同じ考えで見張りを行っているためと考えた。水先人がポートラジオから得た B 船の情報を船長に伝えなかったため、船長は B 船が A 船から遠ざかる針路をとると判断し、見張りをせず一航士と入港の打ち合わせをしており水先人の操船に注意を払っていなかった。しかし、コミュニケーションの不足により水先人はそのことに気が付かなかった。また、神戸ポートラジオに連絡後、レーダー及び ECDIS を用いずに見張りを続けており、B 船と衝突のする態勢で近づいていることに気が付かなかった。また、B 船の方位変化が緩やかであったため少し怪しいと感じたが、VHF を用いた通信を行わず、その後、目視で相手船の方位変化を確認し遠景に対し前に進んでいることから船首をかかわると考えた。そして、衝突の直前まで衝突のおそれ気付かず、入港のために船速を落とすことを指示した。

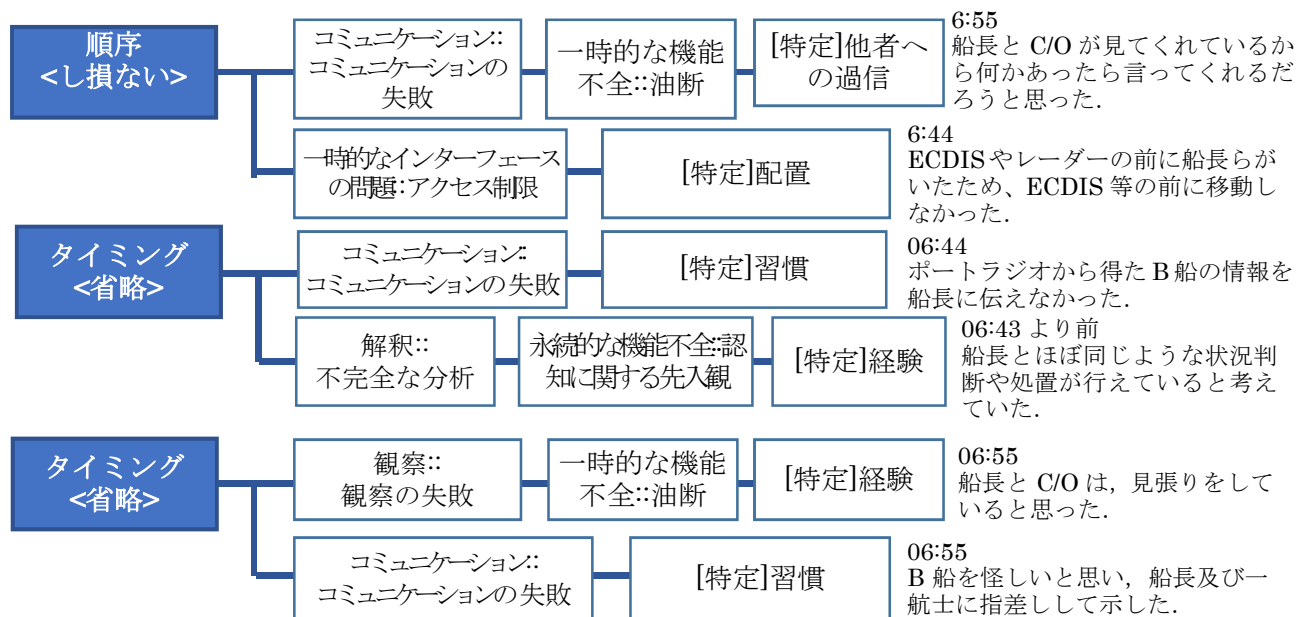
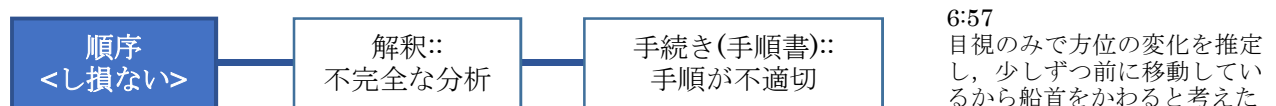


図 5-3(a) A 船水先人の背後要因分析結果



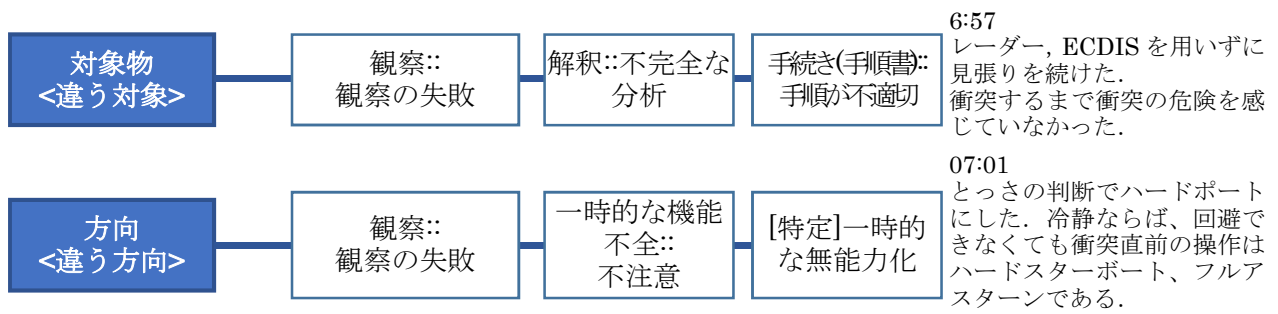


図 5-3(b) A 船水先人の背後要因分析結果

5.4.2A 船船長

A 船船長について、以下のエラーモードが抽出され、それぞれについて背後要因分析を行った。

○抽出したエラーモード

順序<割り込み>

- ・06:53 B 船を反航船で安全にかわすことができると考え、後ろを向いて C/O と入港の打ち合わせをした。

速さ<速すぎ>

- ・07:02 テレグラフを直接操作し、Full Astern にしたが、Astern にするのが遅く船速を落とすことができなかった

図 5-4 に背後要因分析結果を示す。A 船船長は、見張り作業と入港前の打ち合わせを並行して実施する必要があった。B 船は中央航路に向け 6 時 52 分頃より右転を開始したが、A 船船長は B 船が針路を変える前に反航船であると判断し、一航士と後ろを向いて入港前の打ち合わせをした。そのため、衝突直前まで A 船が B 船と衝突のおそれがある態勢で航行していることに気が付かなかった。

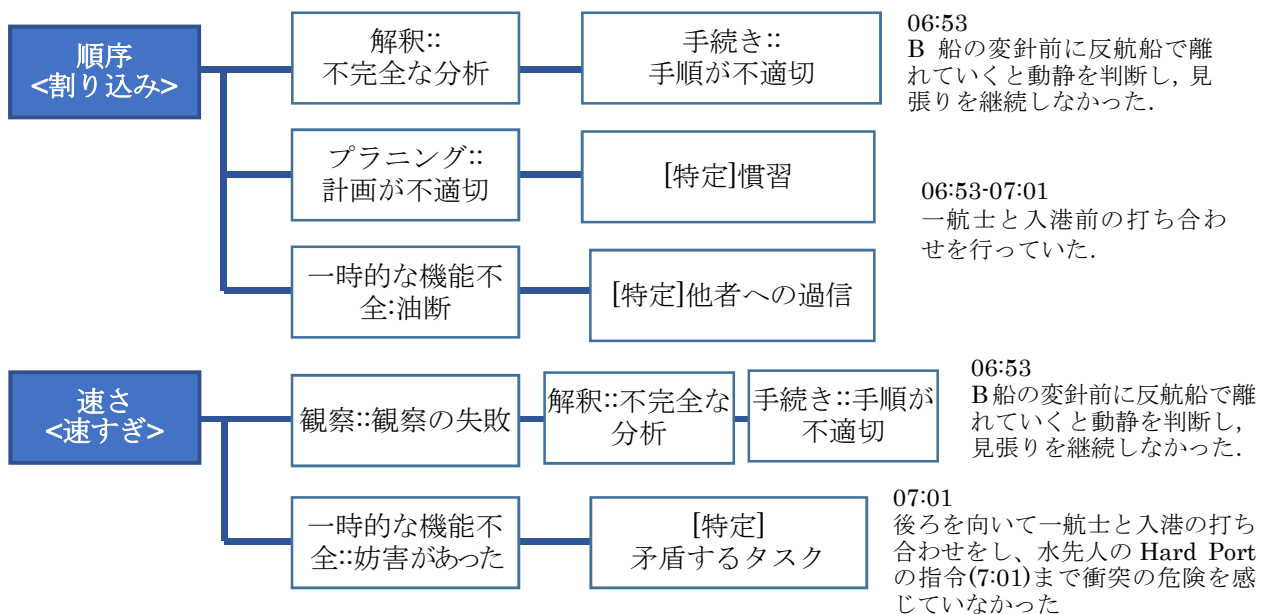


図 5-4 A 船船長の背後要因分析結果

5.4.3B 船船長

B 船船長について、以下のエラーモードが抽出され、それぞれについて背後要因分析を行った。
○抽出したエラーモード

タイミング<遅すぎ>

・07:02 衝突直前に VHF で連絡した。

タイミング<遅すぎ>

・07:02 衝突直前に汽笛を吹鳴した。

タイミング<遅すぎ>

・07:02 船長が加速を指示した。

図 5-5 に背後要因分析結果を示す。B 船船長は、レーダーの予測針路から中央ブイの東側を A 船が通過すると考えた。しかし、7 時 00 分頃 A 船が左転を開始したように見え A 船の操船に疑問をもった。そして錨泊船により大きく右転できないため衝突の危険を感じたが、VHF 通信による確認や、汽笛等を用いた警告は衝突の直前まで行われなかった。また、6 時 57 分の CPA の減少が気になった時点でも A 船とコミュニケーションを図ることが必要であった。汽笛信号は視野の内にある船舶に対し用いることから、A 船の視認後に操船意図が理解できない場合は汽笛により A 船に対し注意喚起をする必要があった。

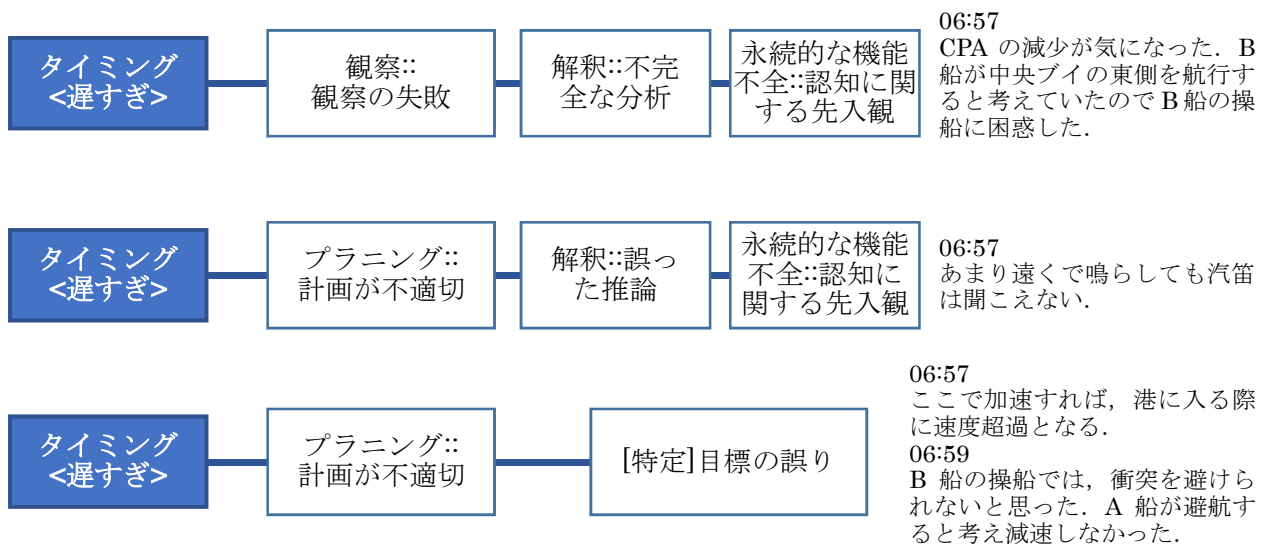


図 5-5 B 船船長の背後要因分析結果

5.5 考察

ここでは、A 船と B 船について CPC 評価結果と背後要因分析より得られた要因の関連について考察する。

5.5.1A 船

CPC 評価より、悪影響のある作業環境とされたものは次の 6 項目であった。

- 安全管理体制の妥当性（見張り作業の不実行(船長)）
- 手順・計画の妥当性（レーダー等の不使用(水先人)、B 船との無線通信欠如）
- 同時に達成する目標（見張り作業と入港の打合わせ(船長)）

- 操船者のリソース（レーダー等の不使用(水先人), CPA に対する理解(水先人)
- 乗員の協調の質（船長の作業状況の把握(水先人)
- コミュニケーション（船長と水先人, B 船との意思疎通欠如)

背後要因分析で分析の対象とした直接原因とそれらを起因する背後要因は次のとおりである。なお、水先人と船長の分析を合わせて示す。直接原因として次の 5 点を抽出した。

- ① 船長が一航士と打合せをしており、見張り作業を行っていなかった。
- ② 水先人は船橋内の見張り作業の状況を把握していなかった。
- ③ 水先人は B 船の情報を船長に伝えなかった。
- ④ B 船と意思疎通を図らなかった。
- ⑤ Astern をかけるタイミングが遅く、速度が十分に落ちなかった。

背後要因は次のとおりである。カッコ内は関係する直接原因を示す。

- B 船の変針前に反航船であり衝突のおそれがないと判断した。(⇒①, ③, ⑤)
- 入港前の打ち合わせをする必要があった。(⇒①, ⑤)
- 船長と水先人は、相互に相手を過信していた。(⇒①, ②, ③)
- レーダーや ECDIS を用いずに見張りを行った。(⇒④, ⑤)

背後要因として挙げられた 4 点は、CPC 評価において悪影響がある作業環境とされた項目と一致した。船長は、入港前の打ち合わせと見張り作業を並行して行う必要があり、水先人から B 船の情報を提供されなかったことから B 船の変針前に衝突のおそれ無しと判断して一航士と入港の打ち合わせをした。また、水先人はレーダーや ECDIS を用いずに見張り作業を行った。そして、水先人と船長がお互いを過信していたことによるコミュニケーションの不足もあり、衝突の直前まで衝突のおそれに気が付くことができなかった。

5.5.2 B 船

CPC 評価より、悪影響のある作業環境とされたものは次の 2 項目であった。

- 手順・計画の妥当性（VHF 無線通信のタイミング）
- 操船者のリソース(CPA, 汽笛に対する理解, A 船針路の判断)

背後要因分析で分析の対象とした直接原因とそれらを起因する背後要因は次のとおりである。直接原因として次の 3 点を抽出した。

- ① 衝突直前に VHF で連絡した。
- ② 衝突直前に汽笛を吹鳴した。
- ③ 衝突直前に船長が加速を指示した。

背後要因は次のとおりである。カッコ内は関係する直接原因を示す。

- A 船が中央ブイの東側を航行すると考えていたため、A 船の操船に困惑した。(⇒①, ②)
- A 船が遠いときに汽笛を鳴らしても効果がないと思った。(⇒②)
- 衝突回避の協力動作より入港時に速度超過とならないことを優先した。(⇒③)

背後要因として挙げられた 3 点は、CPC 評価において悪影響がある作業環境とされた項目と一致した。船長は、衝突のおそれを感じてから VHF 通信及び汽笛の使用まで 3 分程度かかっており、A 船により早い注意喚起が必要であった。また、中央航路付近では 0.1NM 程度の CPA を維持して航行するとの口述があったが、A 船のような大型船舶に対しては、0.1NM では衝突の危

険があることに注意する必要がある。

5.6 まとめ

CREAM 手法を用いて CPC 評価及びエラーモードの抽出と背後要因分析を実施し、A 船、B 船ともに複数の要因が抽出された。

A 船においては、見張り作業と打ち合わせを並行して実施する必要があったこと及び船橋内のコミュニケーション不足により B 船との衝突のおそれに直前まで気付かなかった点が主たる要因と推定された。また B 船においては、操船に疑問が生じた際に VHF 通信等によりコミュニケーションを図らなかった点及び注意喚起の遅れが主たる要因であったと推定された。

参考文献

- 1) 原潔：避航操船に関する研究，1983.
- 2) 辻啓介，伊藤隆之：方位変化速度について，日本航海学会論文集，pp. 67-73，2007.
- 3) 今津隼馬，福戸淳司，沼野正義：相手船による妨害ゾーンとその表示について，日本航海学会論文集，第 107 号， pp.191-197，2002.
- 4) 長澤明：避航を考慮した海上交通シミュレーション，航海，pp. 28-34，1984.
- 5) 小林弘明：船舶避航操縦の解析 - 人間・機械系解析の観点より，日本航海学会論文集，第 56 号，pp. 101-109，1976.
- 6) 原潔：輻輳海域における避航操船基準の有効性，日本航海学会論文集，第 85 号， pp. 33-40，1991.
- 7) 長谷川和彦，上月明彦：Fuzzy 制御による自動避航システムに関する研究，関西造船協会誌，第 205 号，pp. 1-10，1987.
- 8) K. HASEGAWA, et al., : An Intelligent Ship Handling Simulator With Automatic Collision Avoidance Function Of Target Ships, Proc. of International Navigation Simulator Lecturers' Conference (INSLC 17), Warnemünde, Germany, 2012.
- 9) 長澤明，原潔，井上欣三，小瀬邦治：避航操船環境の困難度-II：シミュレーションによる評価に向けて，日本航海学会論文集，第 88 号，pp.137-144，1993.
- 10) 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.
- 11) 竹本孝弘，三友信夫，疋田賢次郎，吉村健志：ヒューマンファクターに基づいた海難要因分析に関する研究～海難分析に特化した CPC の修正～，日本航海学会論文集，第 127 号，pp.95-101，2012.

巻末資料 評価指標の算出方法

自船 ship O と相手船 ship T の速力を V_O , V_T , 船長を L_O , L_T としたとき, 各評価指標の算出方法は以下のとおりである.

i. OZT (Obstacle Zone by Target) 1)

OZT は巻末資料図 1 に示すように, 以下の幾何学的手順で求めることができる.

- ① 自船 O を中心に最小安全航過距離 r を半径とする円を描く
- ② 他船 T からこの円の接線 AA' および BB' を描く
- ③ 他船 T の位置に始点を持つ V_T の位置を点 C とする
- ④ 点 C を中心として, 半径が自船速度ベクトル V_O となる円を描く
- ⑤ この円 C と手順②で求めた接線の交点を E および F とする

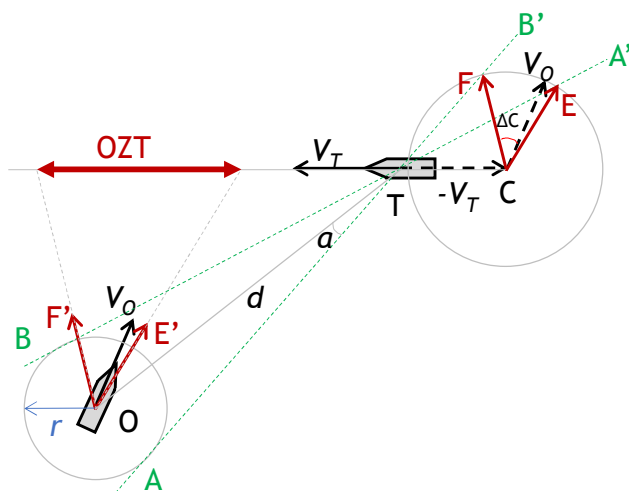
このとき, CE と CF が $DCPA = r$ となる自船針路となり, この二つの針路で挟まれた ΔC が衝突針路範囲となる. 相手船の方位を A_Z , 相手船の針路を C_T , $\angle OTA$ を α とすると, 衝突針路 C_O (線分 CE と CF の針路) は, 速力三角形の式により(巻末資料 1)式で表される.

$$C_O = A_Z \pm \alpha - \sin^{-1} \left\{ \frac{V_T}{V_O} \sin(A_Z \pm \alpha - C_T) \right\} \quad (\text{巻末資料 1)式}$$

ここで, 衝突針路が存在する条件は, (巻末資料 2)式である.

$$\left| \frac{V_T}{V_O} \sin(A_Z \pm \alpha - C_T) \right| \leq 1 \quad (\text{巻末資料 2)式}$$

- ⑥ CE および CF の始点を自船 O となるように平行移動したものを OE' および OF' とする. その線分を他船針路の延長線上まで延ばし, OE' および OF' により切り取られる範囲が OZT となる.



巻末資料図 1 OZT の幾何学的算出方法

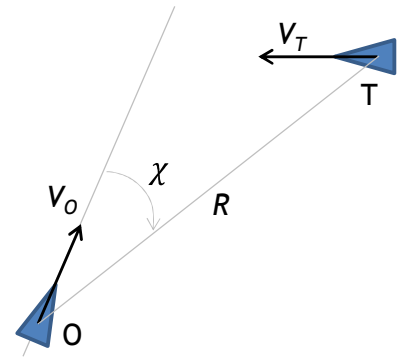
ii. CJ (Collision Judgment)

巻末資料図 2 に示すように, 二船の距離を R , 相対方位を χ とし, それぞれの時間変化率を \dot{R} ,

$\dot{\chi}$ とすると, CJ は(巻末資料 3)式で表される.

$$CJ = -\frac{\dot{R}}{R} - aR|\dot{\chi}| + b\dot{\chi} \quad (\text{巻末資料 3)式}$$

ここで,
 $a \approx 3.75 \times 10^{-5}$
 $b \approx (1.3 \sim 1.7) \times 10^{-4}$ とされているが, $b \approx 1.3 \times 10^{-4}$
 を仮定した.



巻末資料図 2 記号の定義

iii. SJ (主観的衝突危険度 : Subject Judgment) 2) 3)

相対距離を R , 相対方位の変化率を Ω とする. 3 段階で表されるグループ (「大きい」, 「中くらい」, 「小さい」) としたとき, 相対距離が i ($i=1,2,3$) のグループに属し, 相対方位の変化率が j ($j=1,2,3$) のグループに属するならば, 主観的衝突危険度 SJ_{ij} は(巻末資料 4)式で表される. なお, SJ_{ij} は, 相対距離と相対方位の変化率のそれぞれ 3 段階のグループの組み合わせで 9 通りのルールで表される (巻末資料表 1).

$$SJ_{ij} = a_{ij} + b_{ij} \times R' + c_{ij} \times \Omega \quad (\text{巻末資料 4)式}$$

ここで,
 無次元化相対距離 : $R' = R/L_0$ (L_0 : 自船船長)
 無次元化相対方位変化率 : $\Omega = \dot{\theta} \times L_0/V_r$ (V_r : 相対速度)
 係数 : a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}

相対距離と相対方位の変化率が与えられたとき, 各グループにどの程度帰属するか (μ) を, 定義されたメンバシップ関数 (巻末資料図 3) から求める. 次に, 次式により表される各ルールの適合度 (重み係数 $\omega_{i,j}$) を求める. 最後に, (巻末資料 6)式のように, 重み係数 $\omega_{i,j}$ と 9 通りのルール SJ_{ij} の加重平均により主観的衝突危険度 SJ が求められる. なお, メンバシップ関数およびルールテーブルは, 見合い関係を考慮して避航船と保持船のそれぞれの場合が定義されている.

$$\omega_{i,j} = \mu_i(\Omega) \times \mu_j(R') \quad (\text{巻末資料 5)式}$$

$$SJ = \frac{\sum_{i,j=1}^3 \omega_{i,j} \times SJ_{i,j}}{\sum_{i,j=1}^3 \omega_{i,j}} \quad (\text{巻末資料 6)式}$$

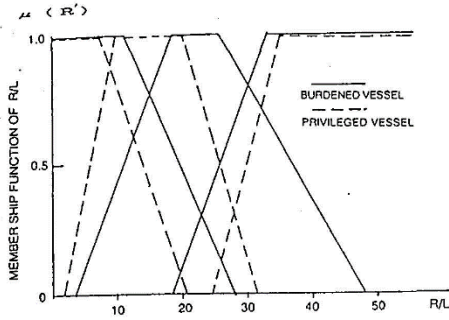


Fig.2.10 Membership function of relative distance to a target.

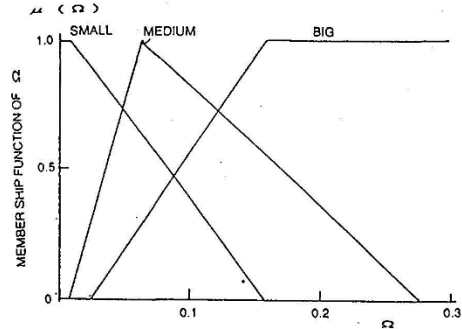


Fig.2.11 Membership function of relative change of bearing to a target.

巻末資料図 3 メンバシップ関数 (出典 : A. Hammer (1990))

巻末資料表 1 自船避航船時のルールテーブル (出典 : A. Hammer (1990))

Table 3.1 Rule table of judgment on the risk of collision for a burdened vessel.

B	$SJ_{11} = 8.46 * \Omega$ +1.00	$SJ_{21} = 2.0$	$SJ_{31} = 3.0$
M	$SJ_{21} = 8.46 * \Omega$ +1.00	$SJ_{22} = 37.98 * \Omega$ +0.19 * R' -5.72	$SJ_{23} = 2.0$
S	$SJ_{11} = -3.0$	$SJ_{12} = 18.57 * \Omega$ +0.06 * R' -2.45	$SJ_{13} = 40.96 * \Omega$ +0.12 * R' -2.70
Ω / R'	Small	Medium	Big

iv. CR (Collision Risk)

自船の追従性を示す操縦性指数を T とする. 二船の $TCPA$ および $DCPA$ は, 自船の操縦性や船長を考慮して(巻末資料 7)式によって補正する.

$$TCPA_c = TCPA - C_c T \quad (\text{巻末資料 7)式})$$

$$DCPA' = DCPA / \max(L_O, L_T) \quad (\text{巻末資料 8)式})$$

補正した $TCPAC$ および $DCPA'$ を要素として, 巻末資料図 4 に定義されるメンバシップ関数および制御則を用いて Fuzzy 推論により衝突危険度 CR を求める.

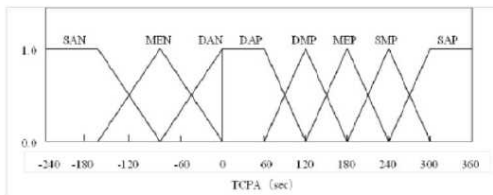


Fig. 1 Membership function for $TCPA_C$ or $TCPA_V$

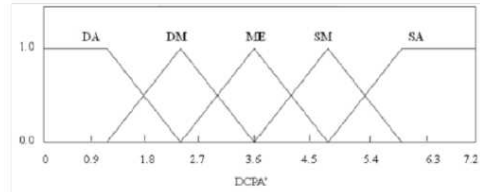


Fig. 2 Membership function for $DCPA'$

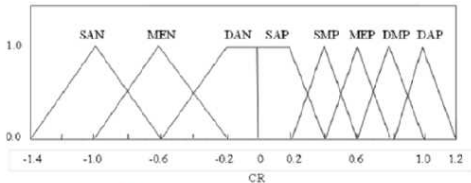


Fig. 3 Membership function for CR

Table 1 Fuzzy reasoning table for CR

		TCPA							
		SAN	MEN	DAN	DAP	DMP	MEP	SMP	SAP
DCPA'	DA	SAN	MEN	DAN	DAP	DMP	MEP	SMP	SAP
	DM	SAN	SAN	MEN	DMP	MEP	SMP	SAP	SAP
	ME	SAN	SAN	SAN	MEP	SMP	SAP	SAP	SAP
	SM	SAN	SAN	SAN	SMP	SAP	SAP	SAP	SAP
	SA	SAN	SAN	SAN	SAP	SAP	SAP	SAP	SAP

巻末資料図 4 メンバシップと制御則 (出典 : K. Hasegawa (2012))

例えば, $(TCPA_C, DCPA') = (90, 2.7)$ であるとき, $DCPA'$ のメンバシップ関数より
 DM for $DCPA' = 0.7$, ME for $DCPA' = 0.25$

となる. $TCPA_C$ についても同様に,

DAP for $TCPA_C = 0.5$, DMP for $TCPA_C = 0.5$

となる. 巻末資料図 4 の制御則より,

DMP for $CR = 0.5$

MEP for $CR = 0.5$

SMP for $CR = 0.25$

となり, CR は面積重心により次式で表される.

$$CR = \frac{\int yf(y)dy}{\int f(y)dy} \quad (\text{巻末資料 9)式}$$

v. BC (避航操船空間閉塞度 : Blocking Coefficient)

自船が避航手段として取り得る針路を HDG_i とし, 現針路の左右 60 度 (合計 120 度) まで 5 度毎とする. 避航手段として取り得る速力を SPD_j とし, 現速力の 0%~120% までの 10% 毎とする. 各針路および速力での衝突危険度 $R(X_{i,j})$ は, 船舶回りに存在する他船の進入を望まない避航領域 (巻末資料図 5) への侵害の程度 (衝突危険度 (巻末資料図 6)) と時間的余裕 W_{tcpa} により (巻末資料 10) 式で評価される.

$$R(X_{i,j}) = \text{Max}(R_x, R_y) \times (1 - T_{cpa}/W_{tcpa}) \quad (\text{巻末資料 10)式}$$

$$a = \{3 - 2\exp(-0.18R_v)\} \times L_g$$

$$b = 75V_0 \geq 1.5L_g$$

$$c = 0.2a$$

$$d = 0.2b \quad (0.02L_g \leq V_T)$$

$$= (10V_T \cdot b)/L_g \quad (0.02L_g > V_T)$$

ここで,

R_x : 正横方向の避航領域への侵入の程度による危険度

R_y : 船首尾方向の避航領域への侵入の程度による危険度

W_{tcpa} : 時間余裕の係数 (15分と仮定)

各針路 HDG_i および速力 SPD_j に対して, 現状からの変化量が小さいほど操船者にとっては負担が少なく好ましいため, 重み係数として現針路および速力のときが最大となるように選好度 P_b を(巻末資料 11)式により定義する.

変針に対する選好度: $P_b(X_{i,0}) = \exp(-a_c \cdot \Delta C_O)$

変速に対する選好度: $P_b(X_{0,j}) = \exp(-a_v \cdot \Delta V)$

(巻末資料 11)式

変針変速に対する選好度: $P_b(X_{i,j}) = P_b(X_{i,0}) \times P_b(X_{0,j})$

ここで,

ΔC_O : 変針角 (deg)

ΔV : 増減速率 (%)

右変針の場合: $a_c = 0.019$

左変針の場合: $a_c = 0.026$

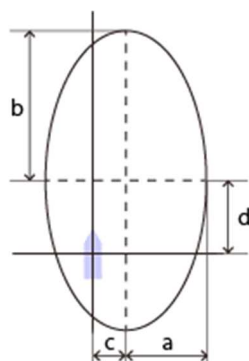
減速の場合: $a_v = 0.0114$

増速の場合: $a_v = 0.0456$

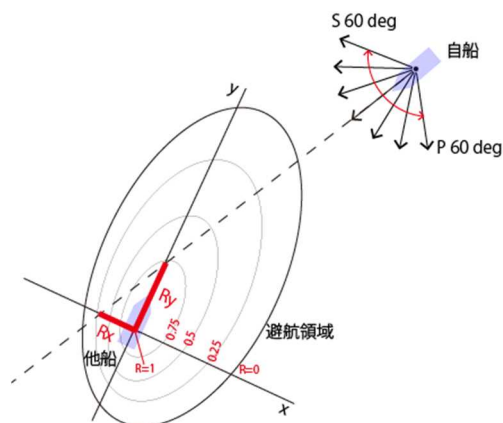
最後に, (巻末資料 12)式のように, 各針路 HDG_i および速力 SPD_j に対する衝突危険度と選好度 P_b の加重平均により BC が計算される. なお, 自船回りに p 隻の船舶が存在するとき, (巻末資料 10)式で定義される衝突危険度 $R(X_{i,j})$ が最も高い k 番目の船舶の値が採用される. なお, (長澤 (1993)) では, 変針角や増減速率の範囲は, 上述のとおり設定されているが, 本調査では, 航行状況等を考慮して, 報告書本文中 (p. 9) に記載した範囲に設定して BC 値による評価を行った.

$$BC = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \text{Max}_{k=1,p} \{R(X_{i,j}) \times P_b(X_{i,j})\}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_b(X_{i,j})}$$

(巻末資料 12)式

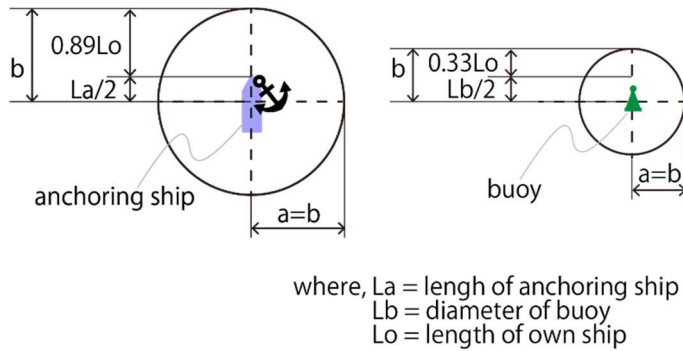


巻末資料図 5 船体回りの避航領域の定義



巻末資料図 6 衝突危険度の概念

さらに文献（長澤（1993））では、錨泊船や灯浮標を考量されてはいない。しかしながら、排他的領域である避航領域への侵入の程度により衝突危険度を算出するという考え方から、錨泊船や灯浮標回りの排他的領域の大きさが定義できれば、同様の方法でそれら障害物を含めた BC を算出できると考えた。そこで、井上（1994）が示した障害物からの離隔距離を用いて、巻末資料図 7 のような正円状の排他的領域を仮定して BC 値による評価を行った。



巻末資料図 7 錨泊船と灯浮標回りの排他的領域

巻末参考資料

- 1) 今津隼馬：衝突針路を使った OZT 算出方法，航海学会誌 Navigation, 188 号, pp. 78-81, 2014.
- 2) A. Hammer, K. Hara : Knowledge Acquisition For Collision Avoidance Manoeuvre By Ship Handling Simulator, Proc. of MARSIM & ICSM' 90, Tokyo, 1990.
- 3) 日本道路公団：平成 2 年度 東京湾横断道路航行安全調査（東京湾横断道路航行安全調査に係る系統的操船シミュレーション調査） 報告書（別冊） 1991.