

参考資料 1

「貨物船と漁船の衝突事故に係る解析調査」 (衝突事故発生に係る状況の研究)

報 告 書

独立行政法人 海上技術安全研究所

目次

1. 解析調査概要	1
1.1 目的	1
1.2 調査内容	1
2. SVDR音声記録の解析	1
2.1 SVDR音声記録の状況	1
2.2 音声解析（衝突音の調査研究等）	2
3. 貨物船及び漁船の航跡解析	6
3.1 SVDRによる貨物船の航跡	7
3.2 衝突海域付近までの漁船の航跡	8
3.3 衝突海域付近での漁船の航跡	10
4. まとめ	15
付録1 SVDR記録Audio Fileの抽出状況	
付録2 音声解析手法の概要付4	
付録3 事故発生時付近における音響的な変化の評価	
付録4 貨物船航跡に関するSVDRデータ	

1. 解析調査概要

1.1 目的

本研究は運輸安全委員会からの委託を受けて、貨物船「NIKKEI TIGER」（以下「貨物船」）と漁船「堀栄丸」（以下「漁船」）の衝突事故の調査に資するため、航跡等衝突事故発生に至る状況についての調査研究を行うこととする。

1.2 調査内容

運輸安全委員会から提供を受けた SVDR (Simplified Voyage Data Recorder) に記録された航跡（船位、速度、針路等）及び音声データ、船体等設計図面その他関連情報を用いて衝突前後の船体運動に関する考察を行う。

2. SVDR 音声記録の解析（衝突音に関する研究）

貨物船に搭載されていた SVDR に記録されていた音声記録の中に衝突音が含まれていないか解析した。

2.1 SVDR 音声記録の状況

貨物船の SVDR 音声記録は、SVDR オリジナルデータファイルを専用ソフトウェアによって展開することで生成されるものである。

今回生成された SVDR 音声記録ファイルは、マイク位置（M1、M2、M3）及び無線通信（VHF）の別に 4 種類、合計 2880 本の WAV ファイル（サンプリング周波数 14kHz、モノラル、16bit、データ長 60 秒）として提供された。いずれも船橋内外の会話や通信内容等音声情報を記録したものであり、それぞれ 1 分間の内容を連続して記録したものである。

これらの音声記録ファイルは船橋内の会話のみならず種々のノイズを含んでいることから、ノイズ除去や軽減のための適切な処理を施し、事故発生時における状況を明らかにするための解析作業に向けて音声記録ファイルの調整を行った。

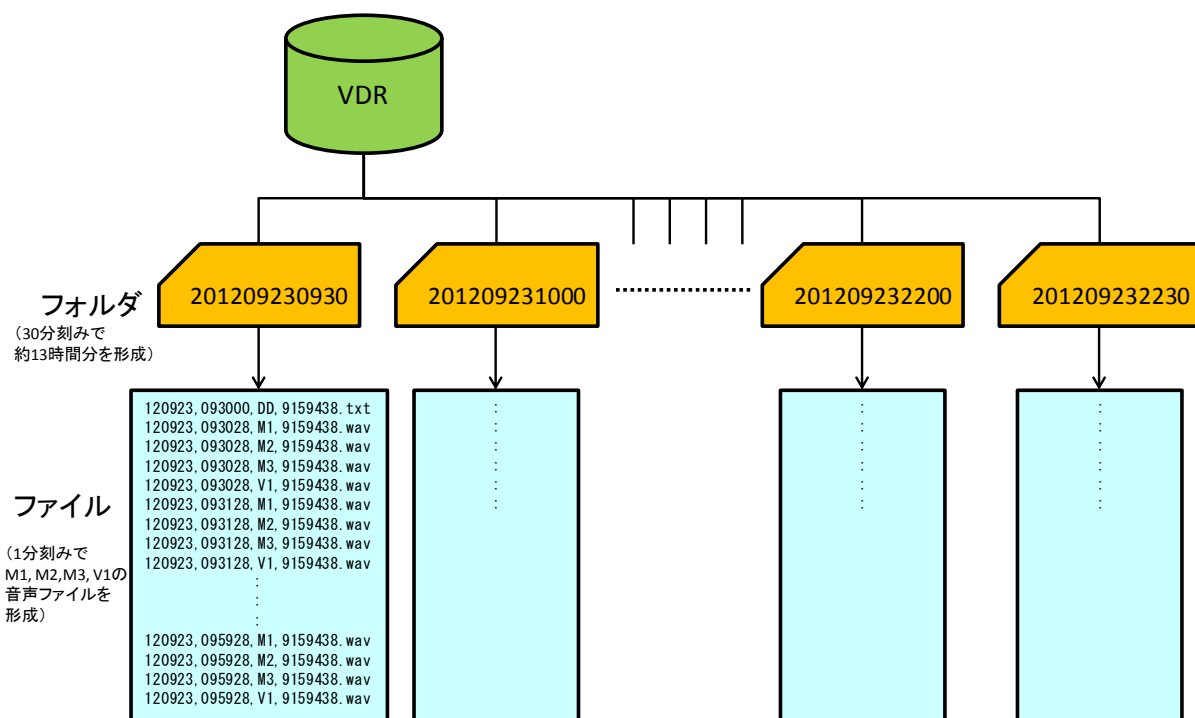


図 2. 1 SVDR 情報の再生展開構造

記録された SVDR 情報のうち、音声記録データはデータ変換用ソフトウェアによって、上述のように 1 分間毎のデータとして図 2. 1 に示すような構造に展開される。

また、今回確認された SVDR 内 Audio File の抽出状況を整理して付録 1 に示した。

2. 2 音声解析（衝突音の調査研究等）

(1) 音声記録の調整（雑音除去等）

音声記録の中から衝突音を見つけるため、まず、音声記録の中の定常的なノイズ除去や軽減のため信号処理手順等の作業を実施した。当該作業の詳細は付録 1 に示したとおりである。

また、船橋内の集音マイクの設置されたおよその位置を図 2. 2 に示す。

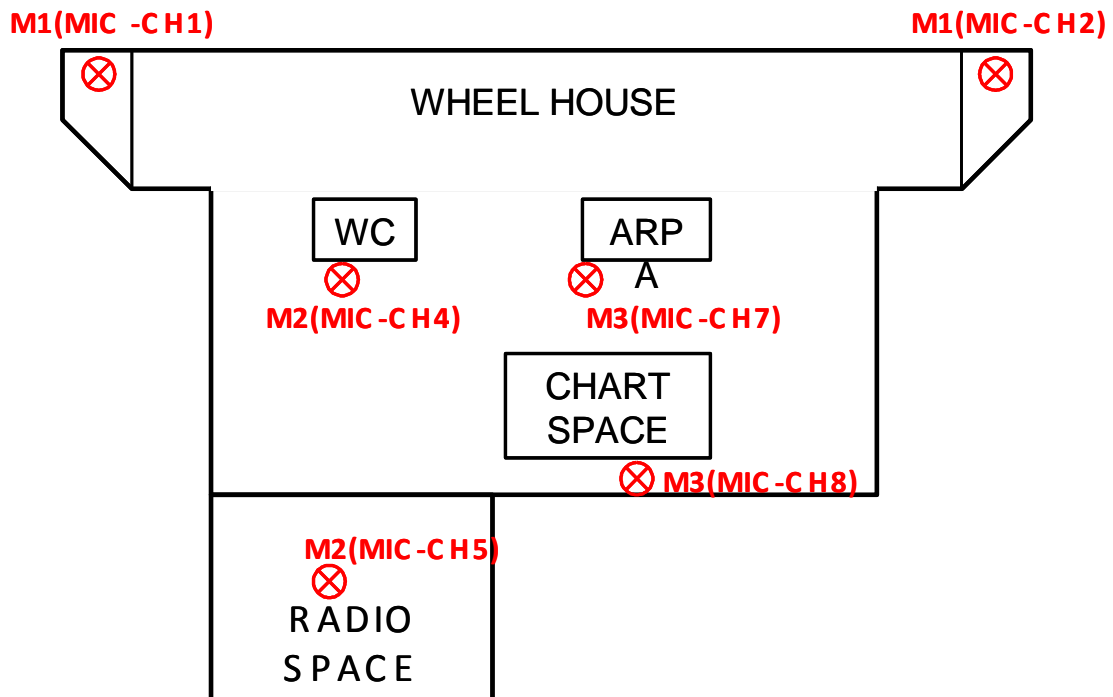


図 2. 2 船橋内におけるマイクの設置位置

付録 2 に音声解析手法及び事故発生時付近における音響的な変化の状況を示す。

雑音除去処理された音声データは、運輸安全委員会に提出するとともに、衝突音の調査（次項(2)）に活用した。

(2) 衝突音の調査

本調査で解析を進めているマイクのうち、M1 は船橋外の両舷 (Port, Starboard) ウイングに設置されていることから、外の音も同時記録していると考えられる。そこで、事故発生時付近の音響的な変化を捉える試みとして、SVDR 音声記録のうち運輸安全委員会から指定された時間帯（16:51 頃から約 10 分間）の中に、衝突と関係すると思われる音が記録されていないか解析を行った。

そのために、連続音の周波数特性を捉えることを目的に以下の解析作業を行った。

- 衝突音とその前後の定常的な音を比較するため 16:40:29～20:00:29 までの 200 分間データを解析する。
- 解析対象ファイルは前の雑音除去処理済みの M1 ファイルとする。
- 1 秒ごとのスペクトル算出により、特徴のある周波数成分の抽出を試行する。

➤ 時間方向の周波数特性の変化を調べる。

本解析では、上記の10分間の中に、その前後の約3時間（解析対象の200分から特に衝突音を探す10分間を除いた時間）の中では見られないような周波数特性を持つ音が記録されていないか検討評価した。

付録3の図A3.1～20に、解析結果である周波数成分スペクトル強度の時間変化を示す。

解析の結果、55分台後半（16:55:50頃から約20sec間）には、その前後の約3時間では見られない特徴的な音の現象（400～500Hz付近の山が小さくなった後、750Hz付近に山が出現）が生じている。

この55分台後半の音の現象については、現時点では、衝突に関する現象（音）であると断定できないものの、一方で、約3時間の音を解析する限り、当該箇所を除いては、定常的な音（400～500Hz付近）の変化が連続していると考えられ、衝突に関係すると思われるような音は見つけることができなかった。当該特徴的な音の現象が示した解析結果を図2.3及び図2.4に示す。

なお、これらの解析の対象（音）には、船橋外に設置されたマイクの集めた風雨の音や風切り音、本船の旋回に関する音などが含まれていることを付記する。

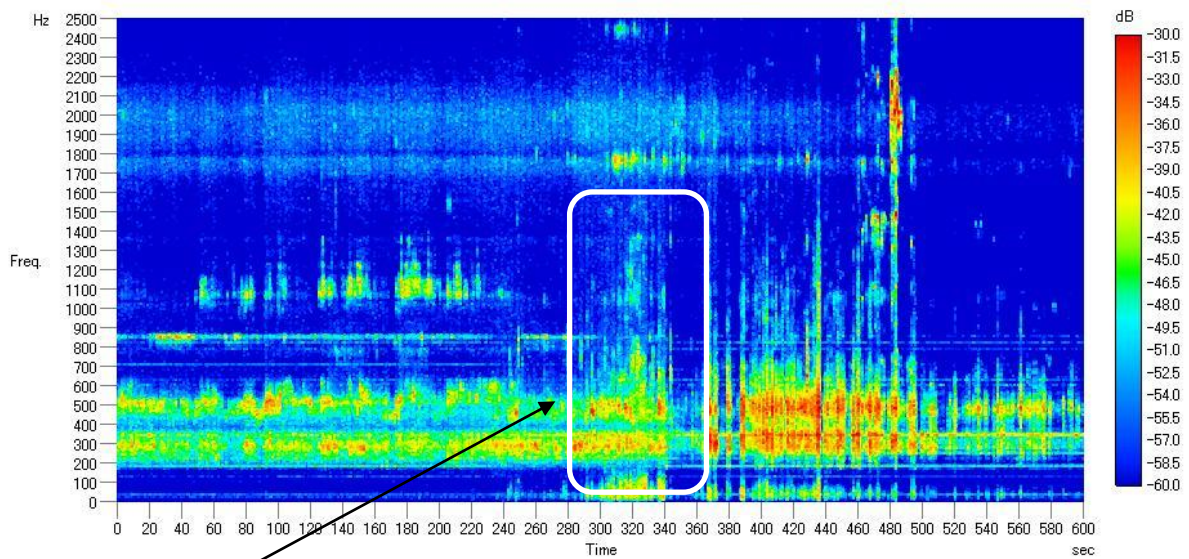


図 2. 3 周波数成分スペクトル強度の時間変化
 (雑音除去処理後、165029_M1_10min_NR, 16:50:29 - 17:00:29)

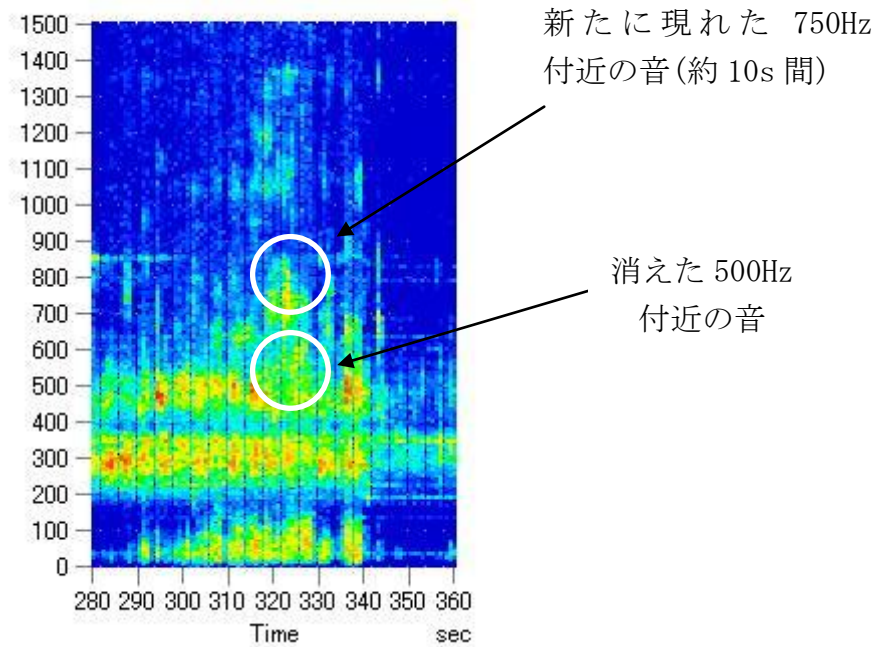


図 2. 4
 拡大図 (165029 より 280-360sec)

3. 貨物船及び漁船の航跡解析

漁船の航跡、特に衝突前の数分間について、運輸安全委員会から提示された以下の船舶の位置等情報に基づき考察を行った。

- ① 貨物船の SVDR 情報（航跡）
- ② 貨物船及び漁船（同型船を含む）の一般配置図、貨物船の GPS 設置場所等の船体情報③ 漁船の船位に係る情報（次表）

時間（JST）	貨物船の SVDR 音声記録	貨物船当直者の口述等の内容
1:51:02	操舵手：「船の灯りだ。」	① 左舷船首方約 15°（11 時半） ② 距離 2M 未満 ③ 白灯
1:53:54	航海士：「左舵 10°（命令）」	貨物船の航海士が左舵を指示。 ① 左舷船首方約 5° ② 距離船首から 1M 未満 ③ 緑灯
1:54:13	操舵手：「あ、今度は赤になった。」	① 正船首方（正船首～右舷 5° 未満） ② 距離船首から 0.5M ③ 紅灯
1:56:07	操舵手：「当たる。」	船橋当直者が、このころまでに船体振動を感じた。

時間はここから日本標準時（JST）を使用するため、前章まで使用した世界標準時（GMT）に+9 時間としている。

また、1:53:54 以降、漁船（の灯）は、操舵位置から、船橋の前面の一つの窓から見えた。

さらに、貨物船の船橋当直者は 1:54:13 に漁船の紅灯を見た際、漁船が旋回したと思ったが、漁船の緑灯と紅灯を同時に見るなど漁船が旋回している様子は見ていない。

- ④ 僚船の GPS 航跡情報
- ⑤ 水産庁の船位モニタリングシステムによる漁船の船位情報

平成 24 年 9 月 23 日 18:14:00 北緯 41° 05′ 14″ 東経 153° 04′ 43″

平成 24 年 9 月 24 日 00:14:00 北緯 39° 56′ 46″ 東経 152° 23′ 24″

- ⑥ 漁船は、9 月 23 日 18 時頃から、北緯 41° 東経 153° 付近の海域から、自動操舵で 200～205° の針路で南下を開始した。

事故当時、船内で起きていた乗組員は、船体の旋回運動に伴う動揺を感じていない。

3.1 SVDRによる貨物船の航跡

貨物船のSVDR航跡記録は、音声記録と同様にSVDRオリジナルデータファイルを専用ソフトウェアによって展開することで生成される。こうして求めた貨物船の時刻、位置（緯度経度）、位置（X-Y座標）、船速、ヘディングを、付録4表A4.1に「貨物船の航跡」として示す。時刻については、前章ではSVDR生値のGMTを使用していたが、航跡の解析については+9時間として日本標準時に変換した。位置（X-Y座標）については、衝突ポイントに近い北緯39°37'00"、東経152°11'00"に仮の原点を置いて計算した。貨物船の航跡はこれにより把握でき、ほぼ船速12.7ktの一定速度、ヘディング72°で直進していたが、漁船を視認した後に、左旋回を開始し、結果的には衝突したことがわかる。

貨物船は、全長189.6m、船幅30.5mであるが、SVDR内の指示ファイルによると、アンテナ位置は、船首から162m、船尾から27m、左舷から12m、右舷から18mとなっている。船長、船幅は微妙に異なるが、誤差範囲として指示ファイルの寸法に従って解析した。貨物船の位置としているのは、このアンテナの位置であることに注意されたい。

漁船については、運輸安全委員会から提示された漁船の位置推測のために重要となる貨物船の位置、①貨物船が初めて漁船の灯火（白灯）を確認したポイント、②貨物船から見て漁船の航海灯が緑灯から紅灯に変化したポイント、③貨物船と漁船が衝突したポイントの3点を抜き出し、表3.1に整理する。

表3.1 貨物船の重要ポイント

番号	時刻	北緯	東経	0:00:00 からの 秒数	東経 152°11'00" からの 東方向距離 (m)	北緯 39°37'00" からの 北方向距離 (m)	船速 (kt)	ヘディ ング	備考
①	1:51:02	39°37.061'	52°10.83'	6662	111.1	-242.5	12.7	71.9°	白灯視認
②	1:54:13	39°37.311'	52°11.69'	6853	574.1	984.4	12.6	68.8°	緑灯→紅灯
③	1:56:07	39°37.551'	52°12.06'	6967	1030.9	1521.8	10.1	339.0°	衝突

なお、本研究に際し、衝突場所の設定については、時刻1:56:07に、船橋当直者が「当たる」と発言し、また、このときまでに船体振動を感じたと口述していること、さらに、上記、音声解析から衝突音を調査する研究の結果（2.2（2）参照）によれば、1時55分台後半からの時間帯（1:55:50頃から約20秒間）に、衝突音とは断定はできないものの非定常な音が記録されており、1:56:07はこの時間帯に含まれていることから、当該時刻を衝突時刻として漁船の航跡を解析した。なお、この衝突時刻を設定することで、A船のSVDRに記録

されたA船の航跡記録（船位）から、衝突場所も特定されることになる。

3.2 衝突海域付近までの漁船の航跡

漁船の位置情報として確実なものは、水産庁の衛星船位測定送信機（VMS：Vessel Monitoring System）によるもので、最後の情報は時刻 0:14:00、北緯 39° 56′ 46″、東経 152° 23′ 24″ であり、この 6 時間前の VMS 位置情報（18:14:00 北緯 41° 05′ 14″ 東経 153° 04′ 43″）とを直線で結ぶ針路は 205° となって口述（針路 200~205° で南下等）と一致する。

そこで、衝突海域付近までの「堀栄丸」の航跡として、①VMS のこの点からヘディング 205° で直線的に航行する、②漁船の僚船の航跡（GPS プロッタによる位置情報を入手）を東に平行移動させ、VMS の点を通過するようにした線上を南下する、という 2 つの航跡を検討することとした（図 3.1 参照）。

この 2 つの航跡の評価としては、衝突位置に最も近づく時間と位置関係が問題となる。

①については、船速 12.4kt とするとほぼ衝突時間に衝突位置の 400m 西を通過する。したがって、①の様に直線的に航行したとすれば、船速は 12.4kt 程度であり、VMS 記録点から 1 時間 40 分程度の中に潮によって 400m 東よりに流されたと考えれば、合理的な説明がつく。

一方、②については、僚船（平均速度 12.8kn）と同じ船速だとすると、衝突時間より 158 秒ほど早く衝突位置の約 760m 東南東を通過するが、漁船の船速が僚船より 2.5%程度遅かったと考えれば、この南下が早すぎる点は調整可能であり、漁船の平均速度は約 12.5kt となる（この速度は、漁船の乗組員の口述から得られた速度と一致する）。

なお、②の場合、衝突地点に至るには、どこかで右に変針したことになるが、一方、漁船の最後の位置情報（VMS）の時刻から貨物船側に灯火を見せた時刻まで 1 時間 40 分程度の間は操船に係る情報（自動操舵の維持、変針等）はなく、航跡の推計は難しいと考えられる。しかしながら、漁船が、この間、低気圧を避けるために僚船のやや後方を概ね（1 時間 40 分間の平均針路として）同方向に航行して、衝突場所付近の海域に到達したと考えることは、少々の仮定を置けば合理的であると考えられる。

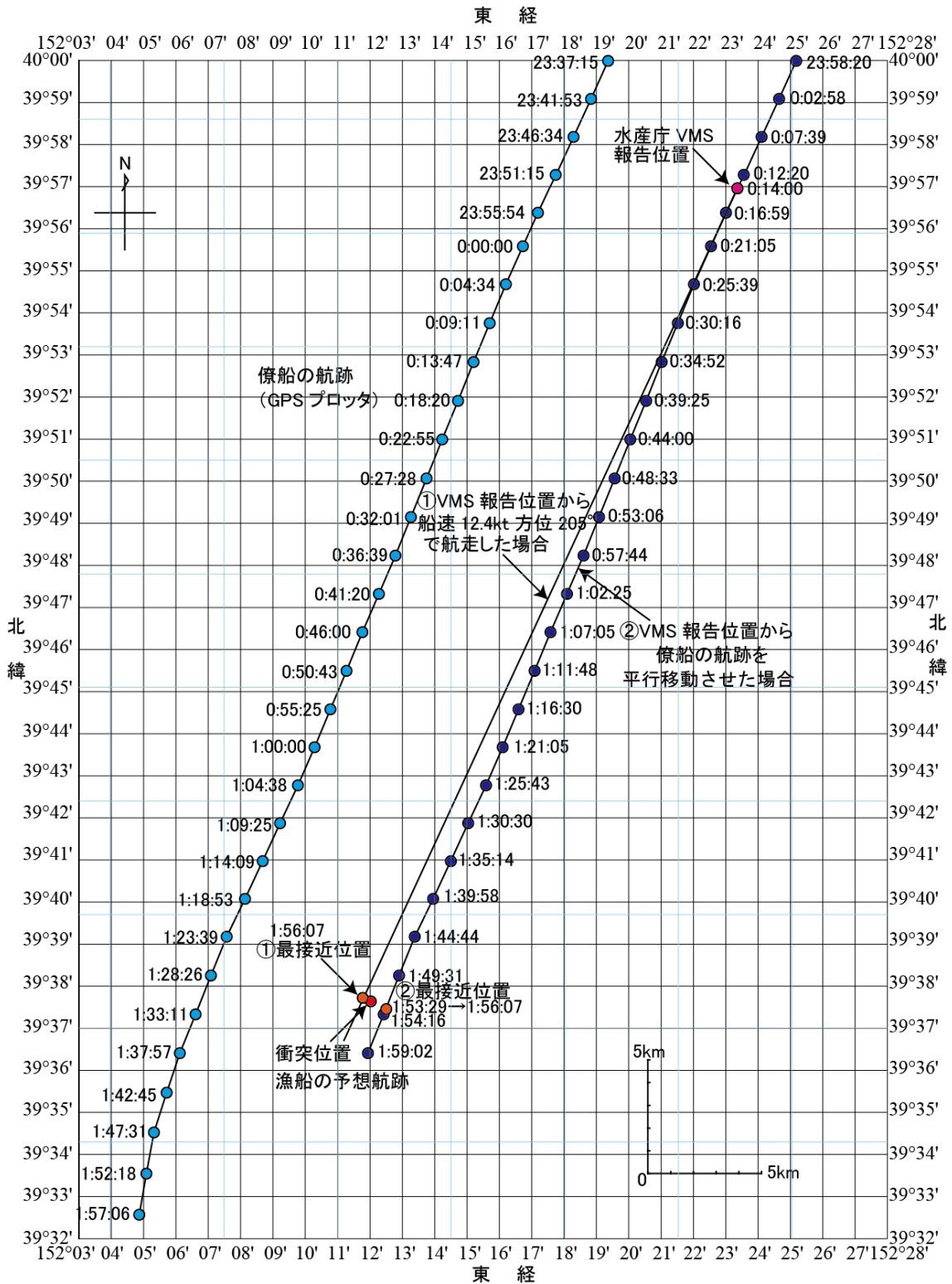


図 3. 1 衝突海域付近までの漁船の予測航跡

3.3 衝突海域付近での漁船の航跡

先に述べた様に、3.1節③の衝突位置は貨物船のアンテナ位置である。また、衝突時の漁船の中心位置を貨物船の船首位置として考察を進めることは合理的であると考えられる。

次に、3.1節②の漁船の航海灯が緑灯から紅灯に変化するという現象を、図3.2の航海灯の見え方を参照しながら考える。

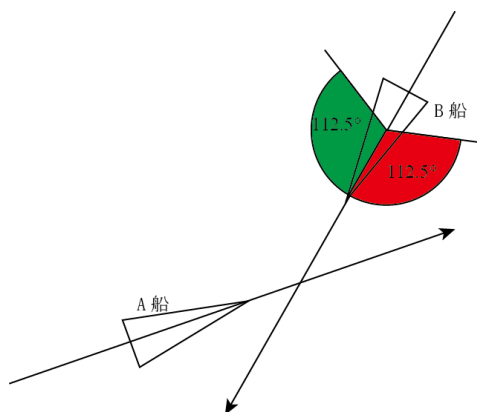


図 3.2 航海灯の見え方

船舶に設置される航海灯の紅灯及び緑灯は、正面から各 112.5° の範囲で見えるようになっている。したがって、A 船から見て B 船の航海灯が緑灯から紅灯に変わったということは、“この時に A 船が B 船の針路を横切った”、または“この時に B 船が右転して A 船を左に見るようになった”、このどちらかであり、すなわち、1:54:13 に貨物船は漁船の針路を横切ったか、1:54:13 に漁船が右転して針路を貨物船より右に置いたということになる。

こうした関係から求めた漁船の航跡が図 3.3 の航跡 I と航跡 II である。

航跡 I として紺色の線は、1:54:13 の貨物船の船橋の位置と 1:56:07 の漁船との衝突位置とを結んだ線である。この線上を、舵を切らずにまっすぐ漁船が進んでくれば、ちょうど 1:54:13 に貨物船は漁船の針路前方を横切り、貨物船が視認している漁船の航海灯は緑灯から紅灯に変わることになる。航跡 I (図 3.3 紺色の線) のとき、漁船の直進のヘディングは 218.8° となり、また、図中の時刻は漁船の速度を 12.5kt 一定として、漁船の位置を示したものである。

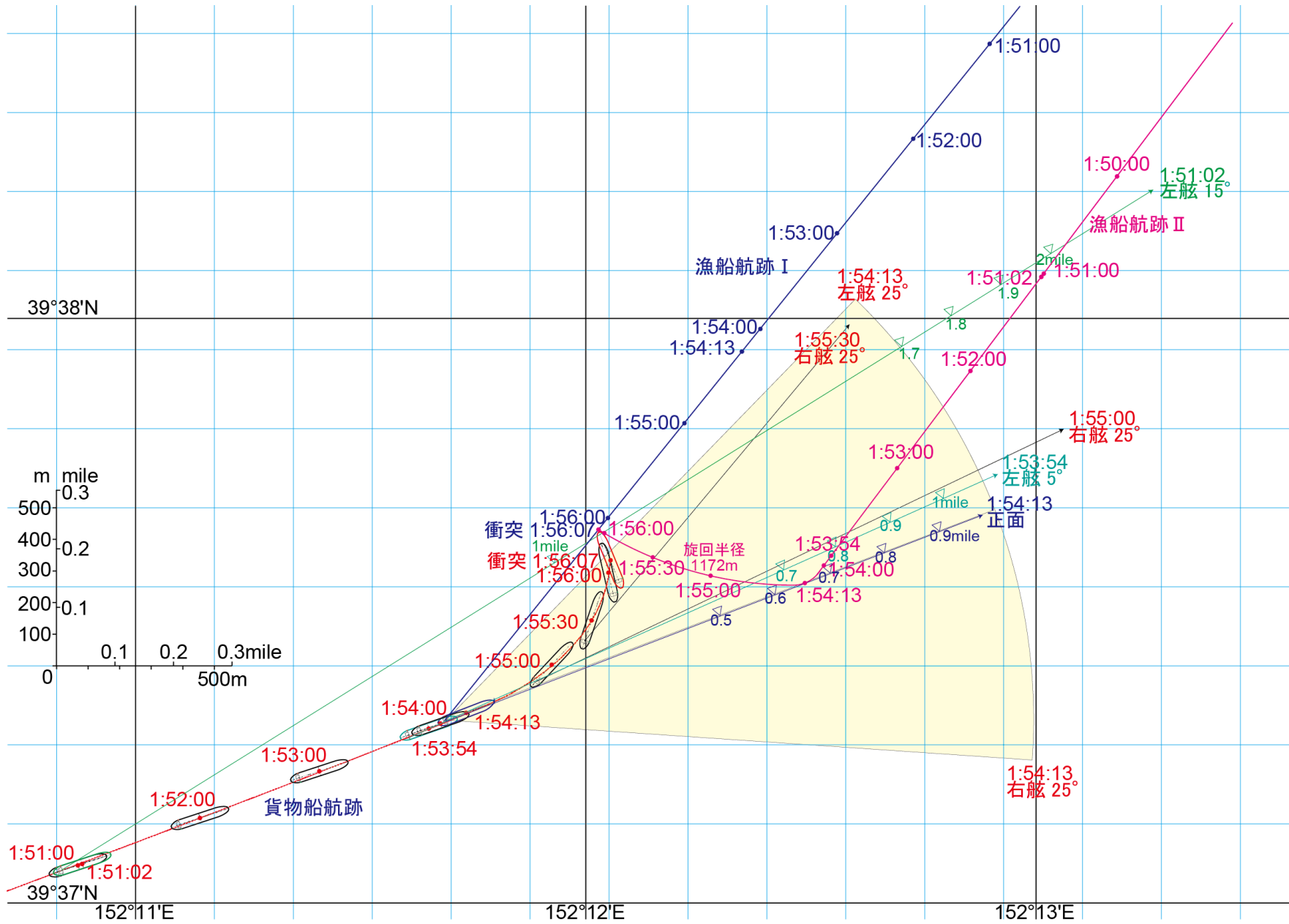


図 3. 3 貨物船及び漁船の航跡図

さらに、橙色の円（実線と破線）が記入されているが、これは時刻 1:56:07 の衝突時での漁船の位置から、船速一定（12.5kt）との仮定により逆算して、時刻 1:54:13 に漁船がいるべき位置を示している。貨物船に自船の右舷側を見せるようにして南西方向に直線的に航走してきた漁船が、航跡 I の直線の貨物船から見て右側でかつ橙色円上のポイント（橙色円の実線部分）で 1:54:13 に大きく右転をすれば、やはり貨物船から見て漁船の航海灯が 1:54:13 に緑灯から紅灯に変わることになる。

この航跡 I は航海灯の色の変化の観点から見ると合理的ではあるが、前述の運輸安全委員会から提示された条件に照らせば、「1:53:54 以降、漁船（の灯）は、操舵位置から、船橋の前面の一つの窓から見えた。」という口述に一致しない。この「前面の一つの窓」の視野範囲を調べるために、図 3.4 に貨物船の船橋船橋の平面図を示す。操舵位置で舵輪を握る乗組員が相手船を見る場合、ある程度姿勢や頭を動かすと考えるのが自然であり、視点の移動範囲を図中の赤い楕円内と仮定する。図によると、当該移動範囲内からの前部正面の 1 枚のガラスの範囲で視認できる角度は、左右 25° 程度と考えられ（水色の扇型の範囲）、操舵位置の乗組員が、この視野で前面の窓から漁船を見ることができたと仮定して考察をすすめることとする。なお、航跡 I はこの範囲外であり、条件を満たさないことがわかる。

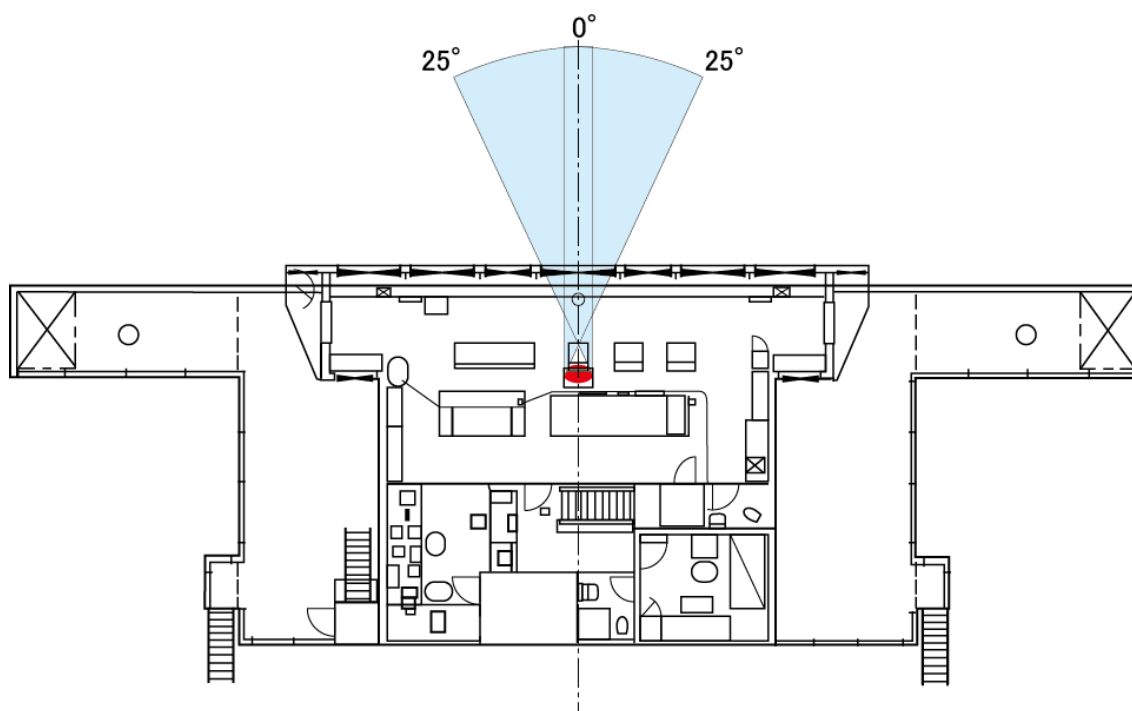


図 3.4 貨物船船橋の平面図

次に、運輸安全委員会から提示された貨物船から見た漁船の位置に係る条件をできるだけ満たすように漁船の航跡を推計した。満たすべき条件は以下のとおり（再掲）である。

(A)1:51:02 のとき、漁船の灯火が、貨物船の船橋から左舷船首方約 15° 、船橋から距離 2M 未満に見えた。

(B)1:53:54 のとき、漁船の緑灯が、貨物船の船橋（操舵位置）から左舷船首方に貨物船船首から距離 1M 未満に見えた。なお、漁船の灯火が見えた方位は、左舷船首方約 5° と考えられる。

(C)1:54:13 のとき、漁船の赤灯が、貨物船の船橋（操舵位置）から正面方向（正船首～右舷船首方 5° 未満）に貨物船船首から距離は 0.5M に見えた。

(D)1:56:07 に衝突。

(E)1:53:54 以降、漁船（の灯）は、操舵位置から、船橋の前面の一つの窓から見えた。

これらに沿って漁船の航跡を推測するのだが、口述の情報について、方位に係る情報は、距離に係るものに比べてより正確であると考えられることから、(A)から(C)の位置を、口述の方位情報をなるべく維持しながら距離方向に若干の移動を許すこととした。

まず、口述の通り、(A)の位置を貨物船の 1:51:02 の左舷 15° 、2M の位置（淡緑線の上で 2M の位置）、(B)の位置を貨物船の 1:53:54 の左舷 5° 、1M の位置（深緑線の上で 1M の位置）としてみると、(A)から(B)間が近づいて船速が 12.5kt よりかなり低くなる上、(B)の位置が衝突位置から離れるため、(B)から(D)間の船速が 12.5kt を大きく越えてしまう。そこで、(A)から(B)間と(B)から(D)間のどちらの船速も 12.5kt に近づけ、口述に沿うように、(A)と(B)の位置を若干移動させる。

また、(C)1:54:13 のときの紅灯の位置であるが、正面という方位は(A)の左舷 15° や(B)②の左舷 5° といった角度より体感しやすく、確度が高いと考えられる。

一方、貨物船は、船橋の前、甲板上に 4 本のデリックポストがあり、完全な正面の場合は、死角となる可能性があり、また、船橋当直者の一人は、紅灯を右舷側の小さい角度（デリック横）で最初に見たと口述している。これに関して、2 人の船橋当直者は、紅灯を見た時、漁船が旋回したと思ったものの、漁船の旋回する様子は見えていない。通常、前方で船が旋回する際には緑灯と紅灯を同時に見る時間が存在するが（図 3.2 参照）、船橋当直者の記憶にないことや、漁船の比較的小さな旋回径（後述）を考慮すれば、両船の船体動揺等から必ずしも厳密には示し得ないものの、漁船の両舷灯の灯火の色の変化（緑→紅）を伴う旋回は、概ね正面方向の死角（デリック）の範囲内で行われたとすれば、

合理的に説明がつくと考えられる。したがって、(C)の視認角度は1:54:13の貨物船の正面（紺色の矢印線上）から移動させないのが妥当である（すなわち、(C)で漁船の灯火は緑から紅に変化することから、旋回中と考える。）。

次に(B)と(C)の位置であるが、この間の時間差は19秒しかないことから、仮に、例えば0.5Mも移動すると船速が90ktを越えるといった矛盾が生じる。このことから、(B)と(C)の間を船速12.5kt（比較的大きな旋回径（半径約1000m）を仮定することにより船速低下が無いと仮定）で移動できる距離と考えて、距離が「1M未満」との口述に基づき②を貨物船に近づけるなどの調整をしながら最適な位置を求めることとした。また、このように、速力を維持しつつ小舵角（比較的大きな旋回径）で転針したことについては、事故当時、起きていた乗組員が旋回運動に伴う動揺を感じていないとの口述内容とも整合したものであると考えられる。

さらに、(C)から(D)については、視野角 25° より内側に入ることを守りながら

（右舷 25° 以内の視野に入るために、貨物船の右前を12.5ktを維持して航行することになる。）、比較的大きな旋回円を描きつつ衝突位置に至ることとする。

こうして求めた漁船の航跡が赤紫色の線で示す航跡Ⅱである。さらに、各点の位置について解説をしておく。

(A)の1:51:02の位置は、口述では左舷側 15° 、距離2M未満であるが、左舷側 13.5° 、距離1.92Mの位置とした。若干位置誤差があるとしても口述に一致するものと考えられる。

(B)の1:53:54の位置は、口述では左舷側約 5° 、距離1M未満であるが、左舷側 4.2° 、距離0.66Mの位置とした。当時の悪天候下 5° という角度の正確な体感は難しいことを考慮すれば 0.8° の差は許容の範囲と考えられ、また、距離についても1M未満という口述と矛盾しないと考えられる。

(C)の1:54:13の位置は、口述では正面に距離は0.5Mであるが、視野角度を正面に保ったまま距離0.53Mの位置としたが、これも誤差範囲と考える。

(C)以後は、衝突直前まで、漁船は、急旋回ではない右旋回（旋回半径1172m、速力12.5kt）を行い、貨物船との距離が縮まり、一方、衝突場所に至るまで貨物船の船橋内からは、操舵位置前面の一つの窓から漁船を視認することができたことがわかる。

なお、本航跡について、上記(A)のときの漁船の位置（概位）は、北緯 $39^{\circ} 38' 04''$ 、東経 $152^{\circ} 13' 01''$ となるが、漁船の針路が、VMSで最後に記録された位置から僚船の航跡と並行とした場合に、貨物船左舷側 15° の方向と交わるポイントとは、僅かに0.12M、220m程度の距離差となる。

以上、航跡Ⅱについては、(A)から(D)の衝突直前までは本海域に至るまでの

平均速力の 12.5kt を維持して旋回したと考えれば、運輸安全委員会から提示された口述等の事実情報と整合した極めて合理的な航跡であることがわかる。

4. まとめ

本報告書は、国土交通省運輸安全委員会からの委託を受けて、貨物船と漁船の衝突事故調査に資するため、事故発生に係る状況の解析等を行ったものである。SVDR 音声データの解析では、音声の聞き取りを容易にする音声データファイルを生成し、船橋内の状況をより正確に把握することを可能にしたほか、同委員会から解析を依頼された約 3 時間にわたって音声データを解析し、衝突に係る音のデータ解析を行った。

また、運輸安全委員会から提示された条件をもとに、貨物船と漁船の航跡についての推計を行った。

本報告書が、運輸安全委員会の調査活動に有効に活用され、また、事故の再発防止に貢献することを願っている。

付録1 SVDR 記録 Audio File 抽出状況

1. SVDR 内のデータ記録構造 (30 分毎のフォルダで保存)

作成フォルダ : ¥data_NikkeiTiger

以下に 30 分刻みで Audio File 収納用フォルダ作成

¥201209230930	¥201209231000	¥201209231030	¥201209231100	¥201209231130	¥201209231200
¥201209231230	¥201209231300	¥201209231330	¥201209231400	¥201209231430	¥201209231500
¥201209231530	¥201209231600	¥201209231630	¥201209231700	¥201209231730	¥201209231800
¥201209231830	¥201209231900	¥201209231930	¥201209232000	¥201209232030	¥201209232100
¥201209232130	¥201209232200	¥201209232230	¥201210011400	¥201210011430	¥201210011500
¥201210011530	¥201210011600	¥201210011630	¥201210011700	¥201210011730	¥201210011800
¥201210011830	¥201210011900	¥201210011930	¥201210012000	¥201210012030	¥201210012100
¥201210012130	¥201210012200	¥201210012230	¥201210012300	¥201210012330	¥Config

(日時は UTC 表示” YYYYMMDDhhmm”)

一例として、フォルダ” ¥201209230930” の中には以下のファイルが存在

120923, 093000, DD, 9159438. txt	120923, 093028, M1, 9159438. wav	120923, 093028, M2, 9159438. wav
120923, 093028, M3, 9159438. wav	120923, 093028, V1, 9159438. wav	120923, 093128, M1, 9159438. wav
120923, 093128, M2, 9159438. wav	120923, 093128, M3, 9159438. wav	120923, 093128, V1, 9159438. wav
120923, 093228, M1, 9159438. wav	120923, 093228, M2, 9159438. wav	120923, 093228, M3, 9159438. wav
120923, 093228, V1, 9159438. wav	120923, 093328, M1, 9159438. wav	120923, 093328, M2, 9159438. wav
120923, 093328, M3, 9159438. wav	120923, 093328, V1, 9159438. wav	120923, 093428, M1, 9159438. wav
120923, 093428, M2, 9159438. wav	120923, 093428, M3, 9159438. wav	120923, 093428, V1, 9159438. wav
120923, 093528, M1, 9159438. wav	120923, 093528, M2, 9159438. wav	120923, 093528, M3, 9159438. wav
120923, 093528, V1, 9159438. wav	120923, 093628, M1, 9159438. wav	120923, 093628, M2, 9159438. wav
120923, 093628, M3, 9159438. wav	120923, 093628, V1, 9159438. wav	120923, 093728, M1, 9159438. wav
120923, 093728, M2, 9159438. wav	120923, 093728, M3, 9159438. wav	120923, 093728, V1, 9159438. wav
:	:	:
:	:	:
120923, 095728, M1, 9159438. wav	120923, 095728, M2, 9159438. wav	120923, 095728, M3, 9159438. wav
120923, 095728, V1, 9159438. wav	120923, 095828, M1, 9159438. wav	120923, 095828, M2, 9159438. wav
120923, 095828, M3, 9159438. wav	120923, 095828, V1, 9159438. wav	120923, 095928, M1, 9159438. wav
120923, 095928, M2, 9159438. wav	120923, 095928, M3, 9159438. wav	120923, 095928, V1, 9159438. wav

※凡例 (ファイル名の例示)

120923	: YMMDD	
095728	: hhmmss	記録開始時刻を表す
M1, M2, M3, V1	: マイク 1, 2, 3 と VHF	
9159438	: IMO Number	
. wav	: WAVE 形式ファイル	

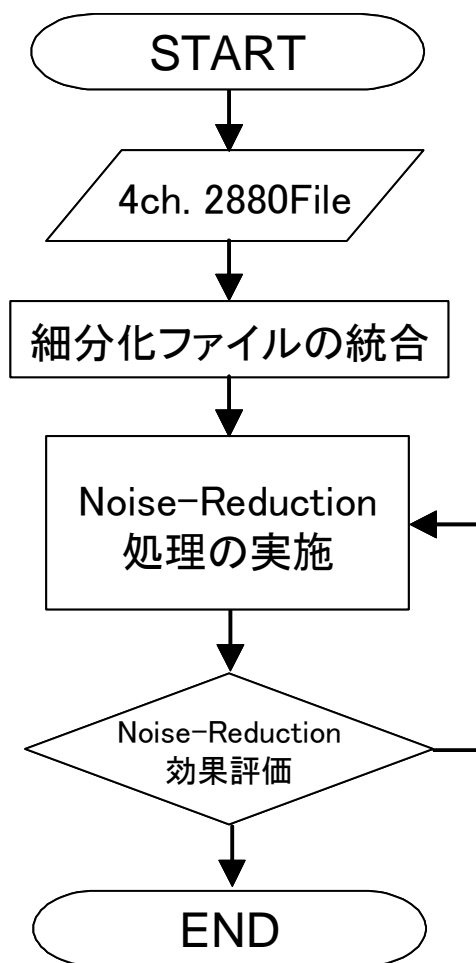
2. 音声ファイル構造

M1, M2, M3	: 14kHz, モノラル, 16bit, 60sec/1file
V1	: 8kHz, モノラル, 16bit, 60sec/1file

付録2 音声解析手法の概要

ノイズ除去や軽減のために実行した信号処理手順の流れを整理して、図A 2. 1に示す。また、それぞれの処理時点における音声記録ファイルの状況を図A 2. 2～図2. 5に示し、雑音処理の結果を図2. 6～図2. 8に示す。

これらの図において、各図の上部の波形は音の時系列（600秒間）を表しており、下部はソナグラムと呼ばれる音の周波数特性（スペクトル）の分布を時間変化で示したものである。各図のソナグラムにおいて、横軸は時間（全範囲で600秒間、時系列と同時刻）、縦軸は周波数（全範囲で0～7kHz）を表しており、スペクトルの大きさをカラー表示（濃紺→赤→黄の順に大）することにより、音の発生状況がとらえ易くなっている。人間の音声の周波数特性は主に500Hz～4kHzに存在すると言われており、その性質を考慮した雑音除去を実施した。

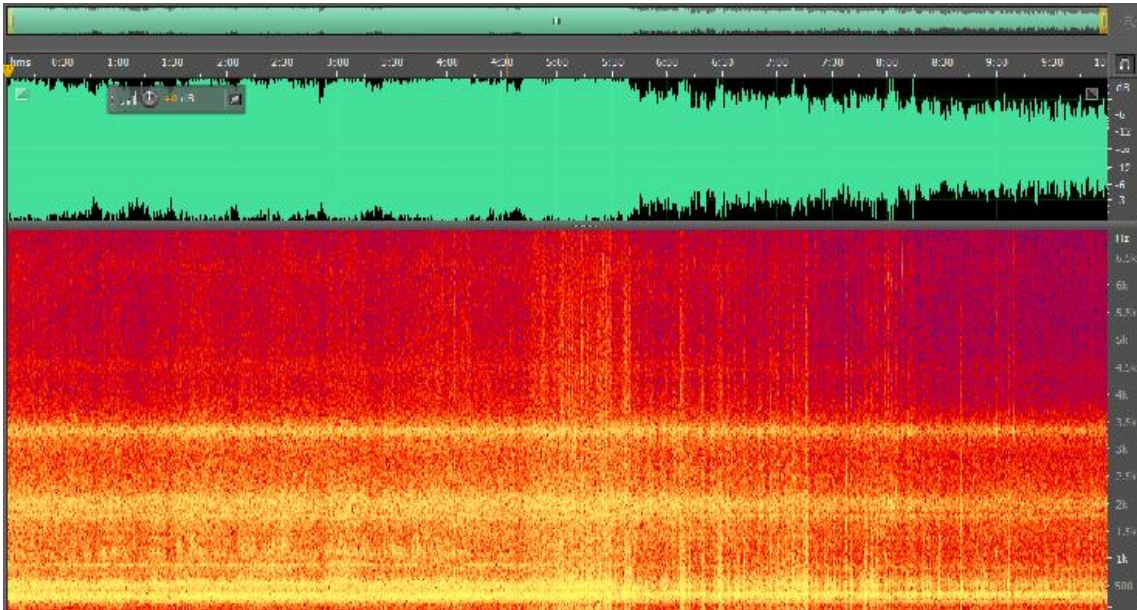


図A 2. 1 音声ファイルの雑音除去処理実施手順

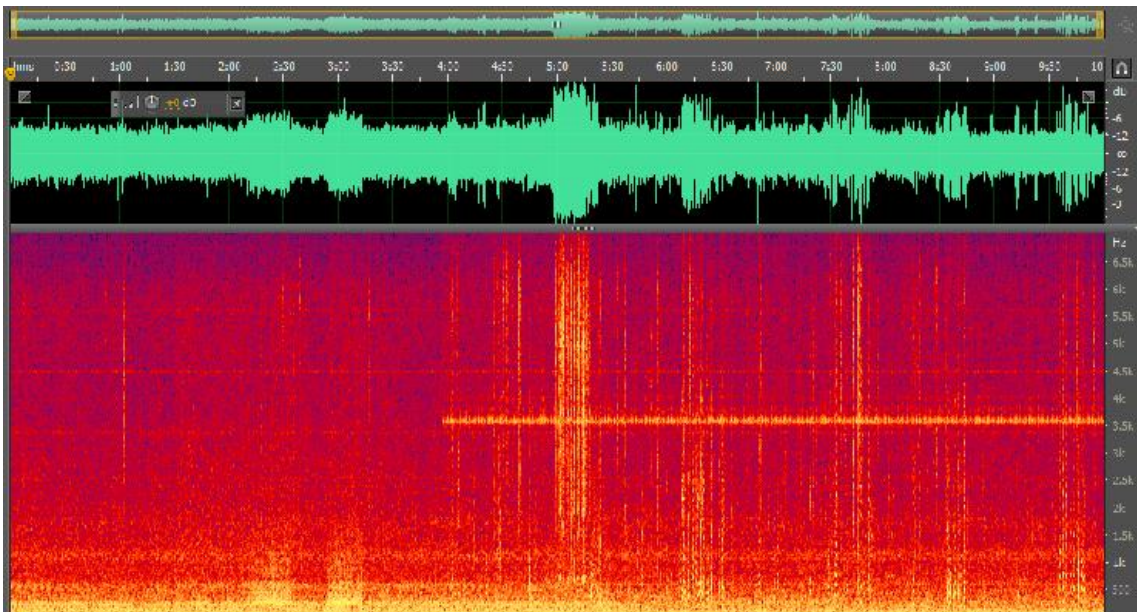
原音は、ソナグラムにおいて低周波域に強い雑音要素（下部の黄色部分）を多く含んでいることから、この雑音要素を低減・除去することを目的として、波長帯毎のイコライザ処理などを組み合わせて実施し、ノイズ除去や音声強調が実現された、よりクリーンな情報を使用して、運輸安全委員会に提出した。

施したイコライザ処理を整理すると以下の通りである。

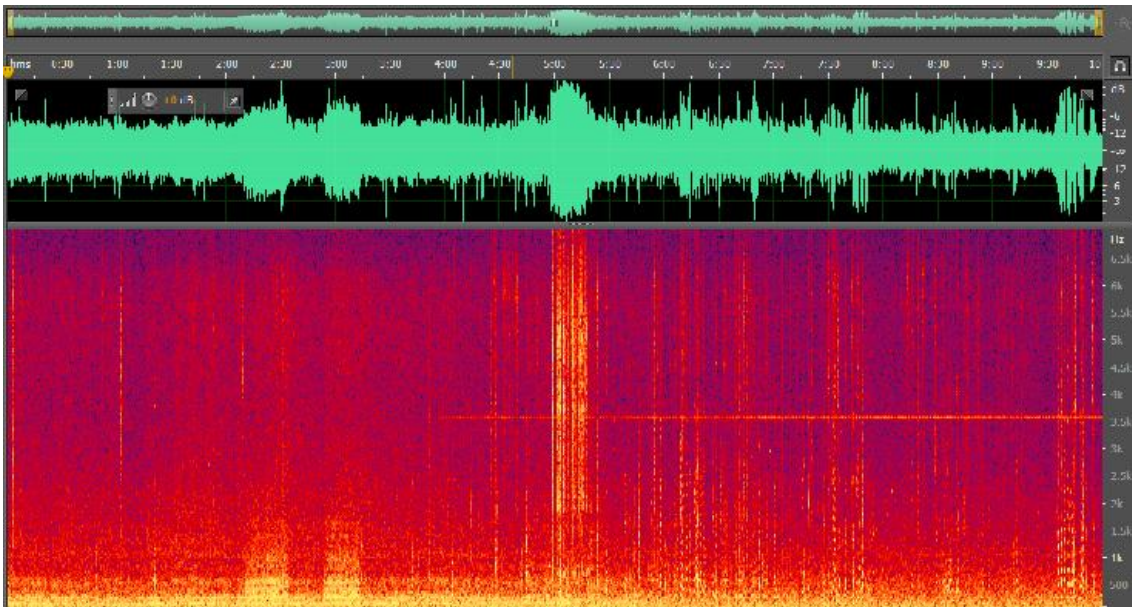
- ノイズ振幅の削減値 : 15dB
- ノイズ検出率 : 20%
- ノイズフロアの微調整 : 2dB
- 信号しきい値 : 2.5dB
- スペクトルディケイレート : 100ms/60dB
- 広帯域の維持 : 150Hz
- FFT サイズ : 512



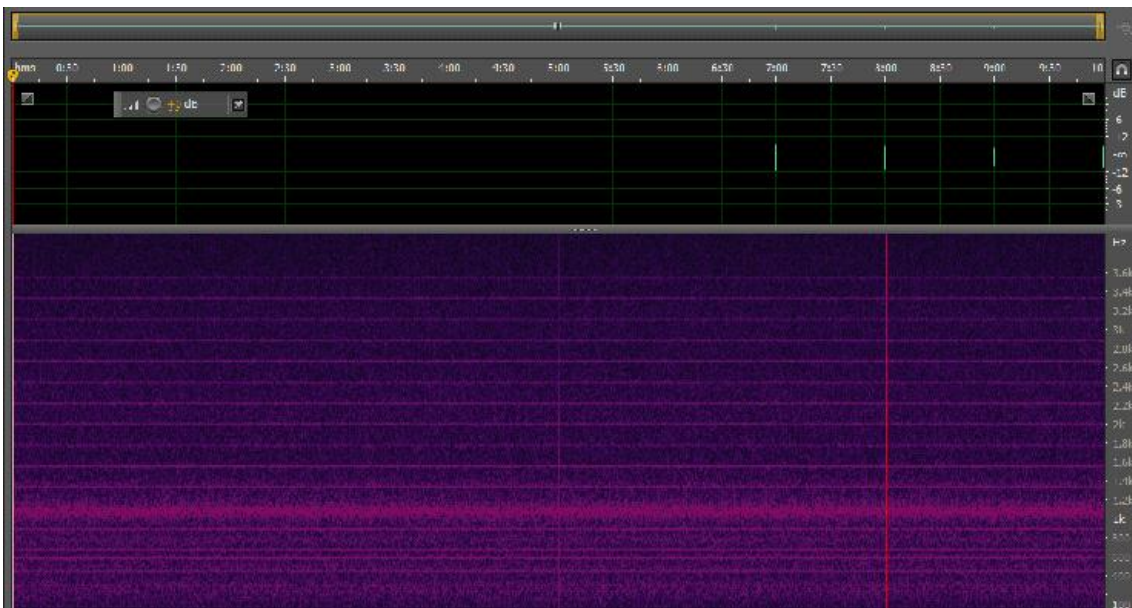
図A2.2 音声ファイル(165029_M1_10min)



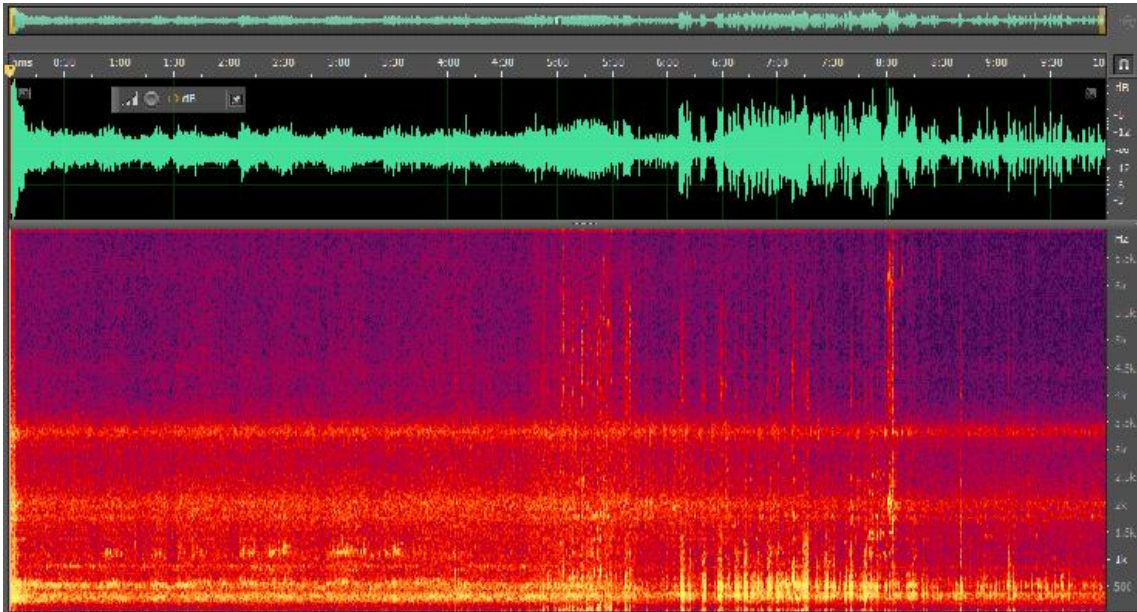
図A2.3 音声ファイル(165029_M2_10min)



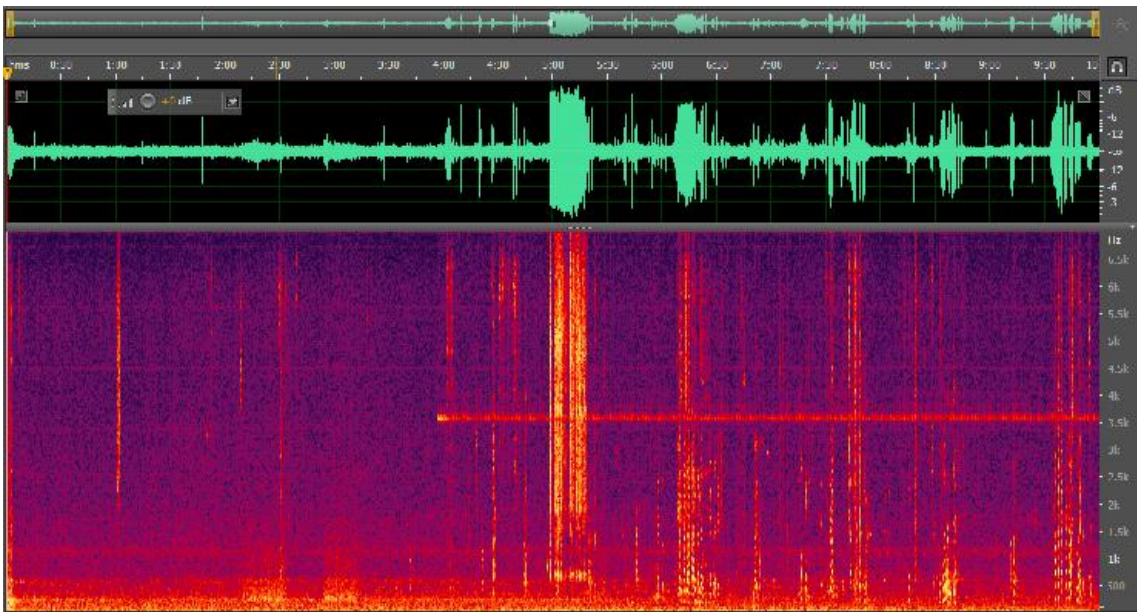
図A2.4 音声ファイル(165029_M3_10min)



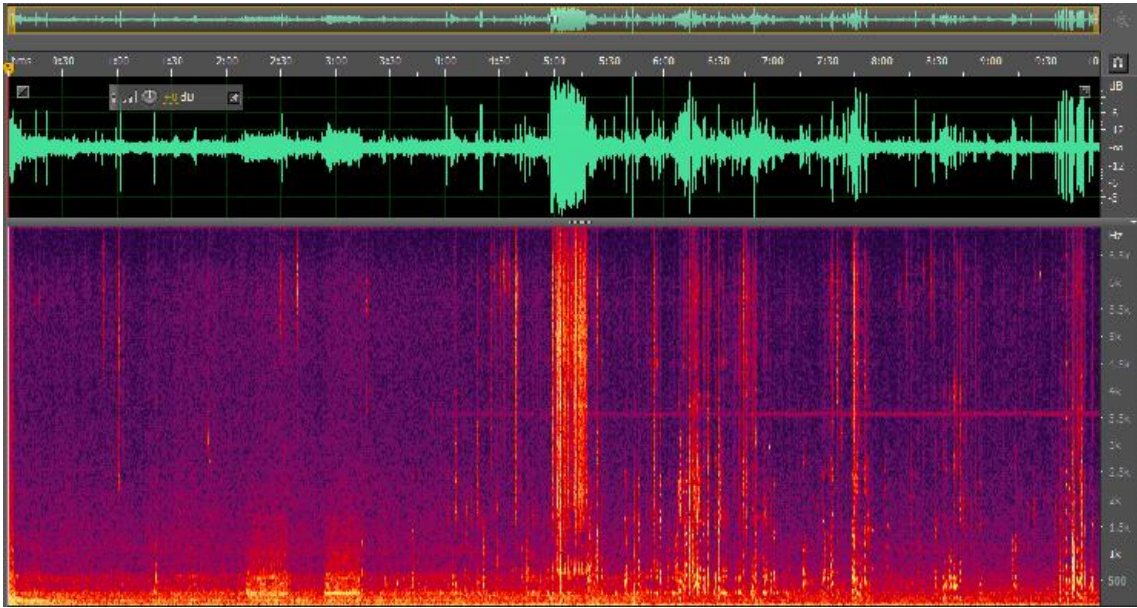
図A2.5 音声ファイル(165029_V1_10min)



图A2.6 雜音除去处理結果(165029_M1_10min_NR)



图A2.7 雜音除去处理結果(165029_M2_10min_NR)

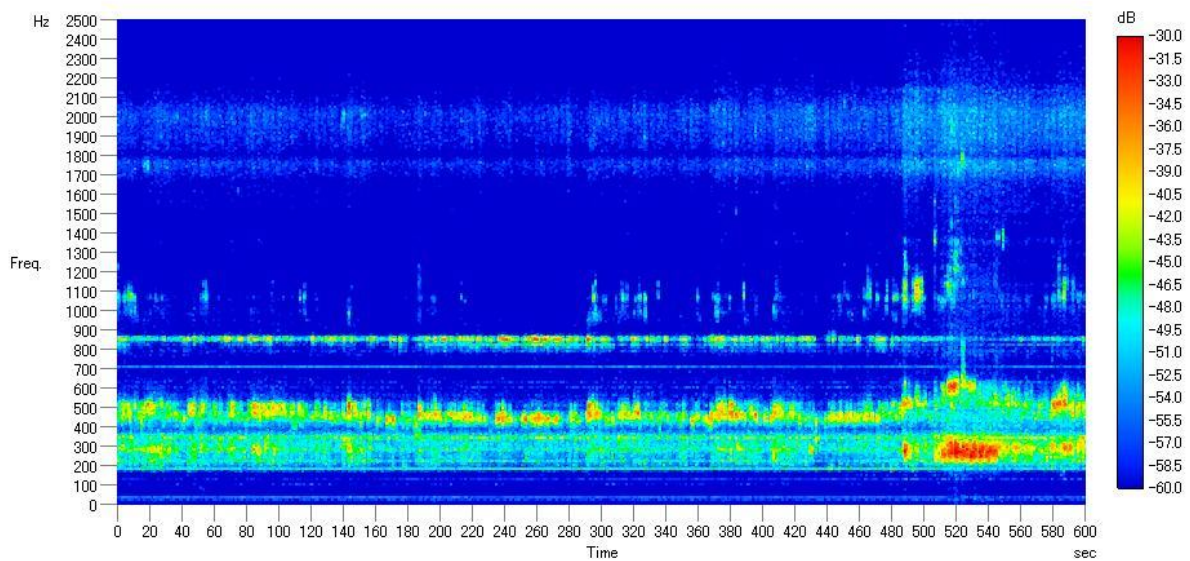


圖A2.8 雜音除去處理結果(165029_M3_10min_NR)

付録3 衝突音に関する解析結果

調査報告書本文2.(2)「音声解析」に関連して、図A3.1～20に解析結果である周波数成分スペクトル強度の時間変化を示した。

なお、これらの解析においては、外の音を解析しているため、風雨の音や風切り音、本船の旋回に関する音なども含まれていることを付記する。さらに、参考情報として、本解析と同時刻を含む本船の速力および針路の時間変化も図A3.21及び図A3.22に掲載した。



図A3.1 音声ファイル
(雑音除去処理後、164029_M1_10min_NR, 16:40:29 - 16:50:29)

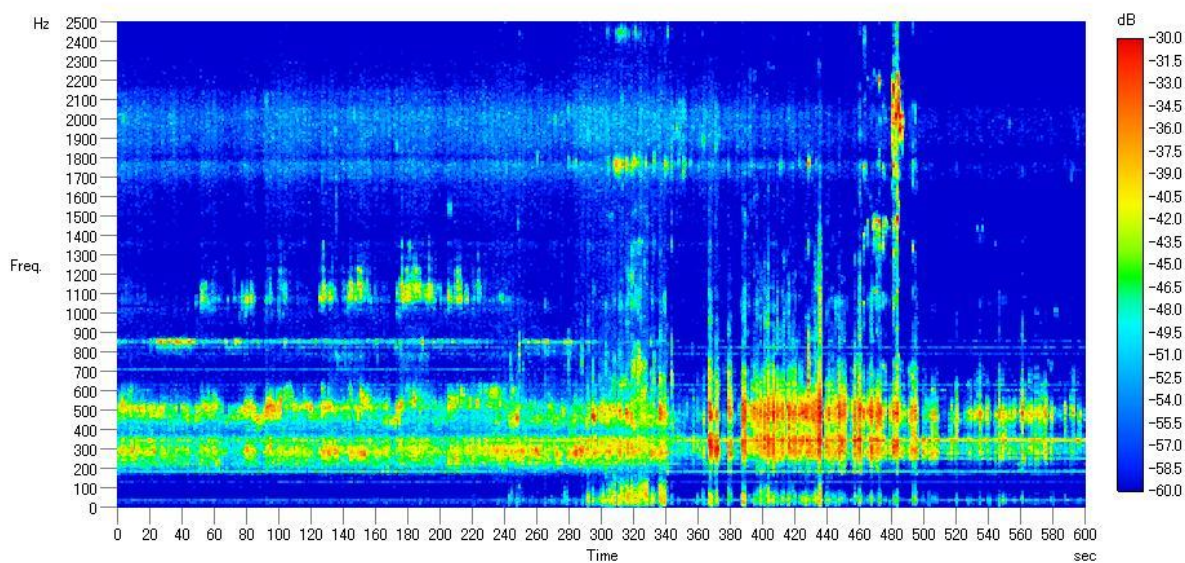


図 A 3. 2 音声ファイル
 (雑音除去処理後、165029_M1_10min_NR, 16:50:29 - 17:00:29)

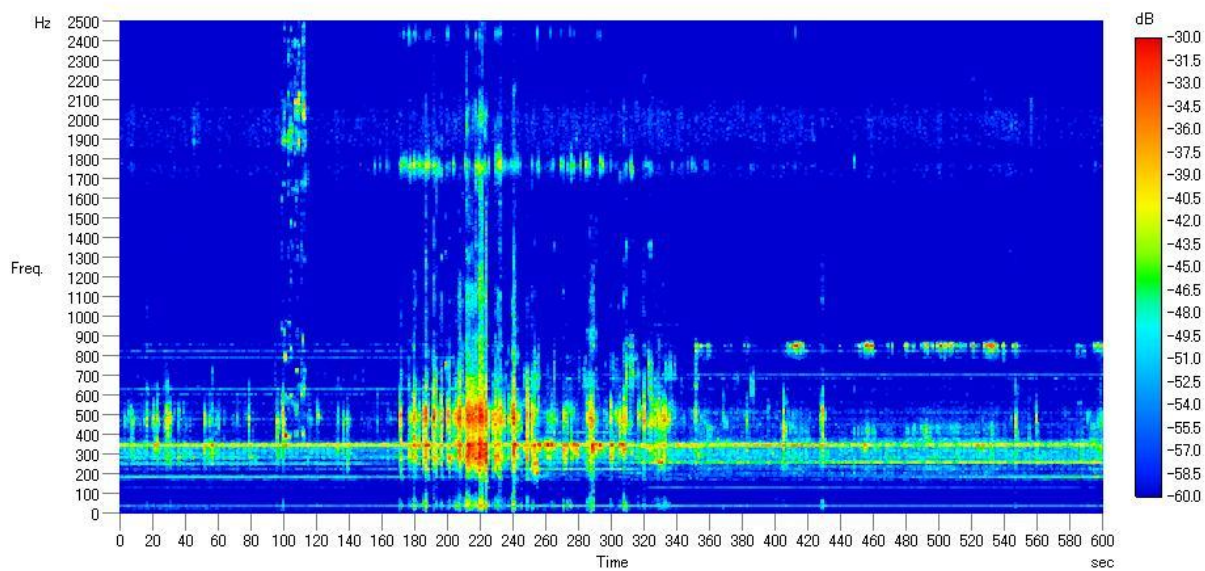


図 A 3. 3 音声ファイル
 (雑音除去処理後、170029_M1_10min_NR, 17:00:29 - 17:10:29)

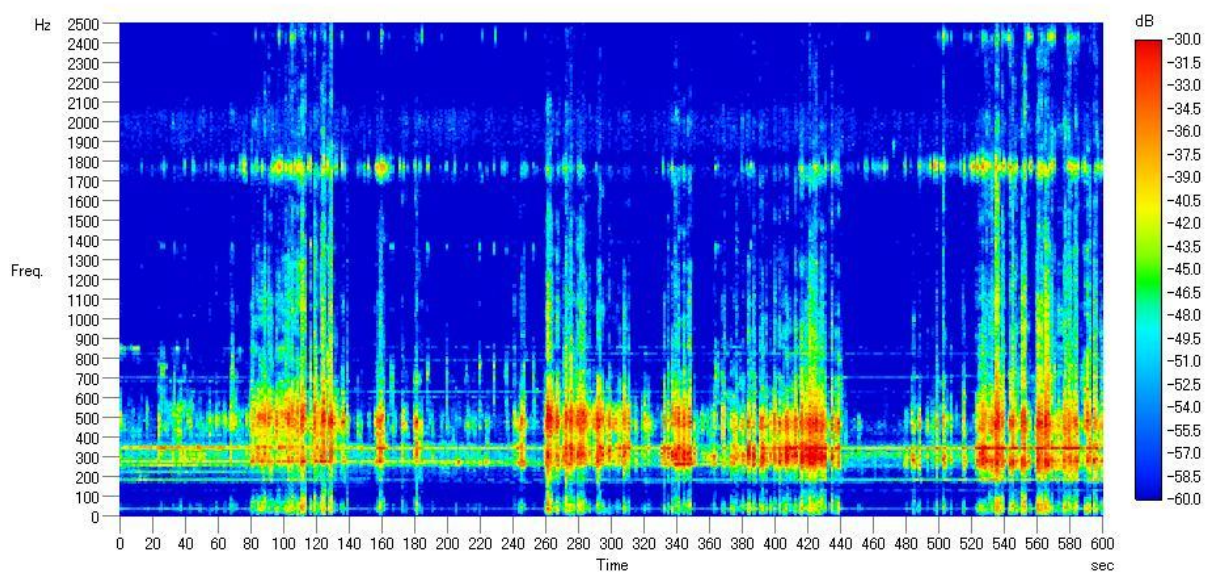


図 A3.4 音声ファイル
 (雑音除去処理後、171029_M1_10min_NR, 17:10:29 - 17:20:29)

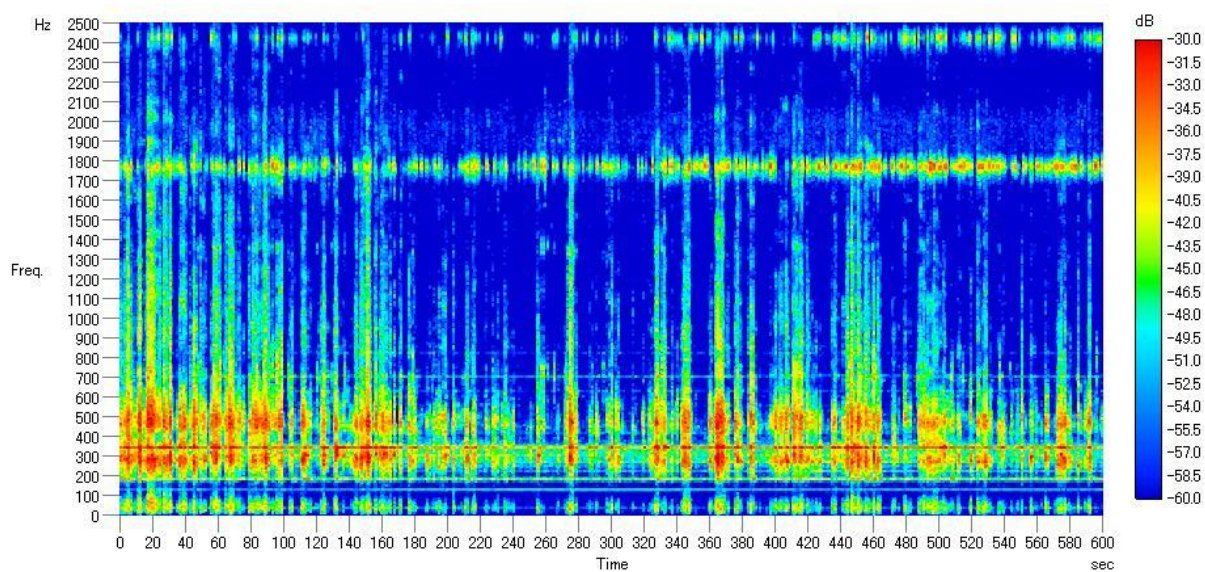


図 A3.5 音声ファイル
 (雑音除去処理後、172029_M1_10min_NR, 17:20:29 - 17:30:29)

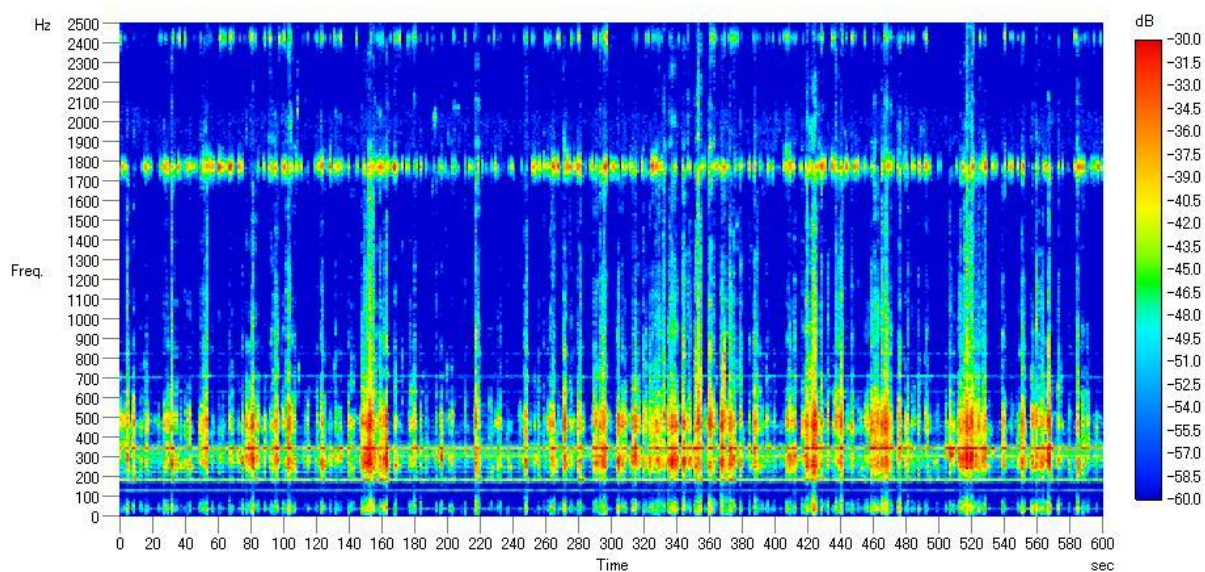


図 A3.6 音声ファイル
(雑音除去処理後、173029_M1_10min_NR, 17:30:29 - 17:40:29)

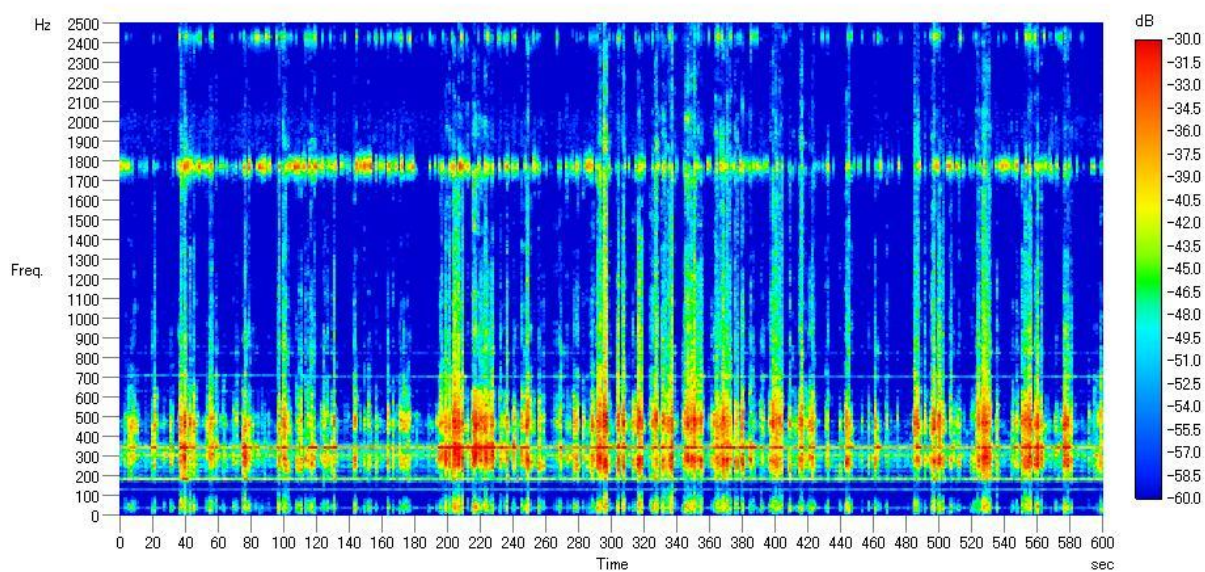


図 A3.7 音声ファイル
(雑音除去処理後、174029_M1_10min_NR, 17:40:29 - 17:50:29)

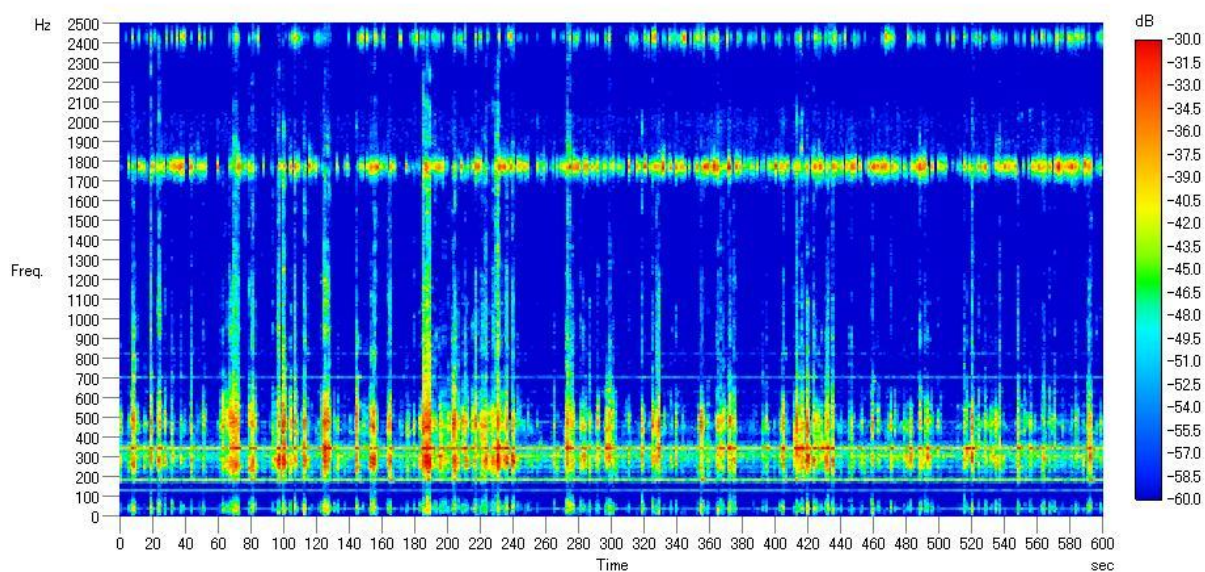


図 A3.8 音声ファイル
 (雑音除去処理後、175029_M1_10min_NR, 17:50:29 - 18:00:29)

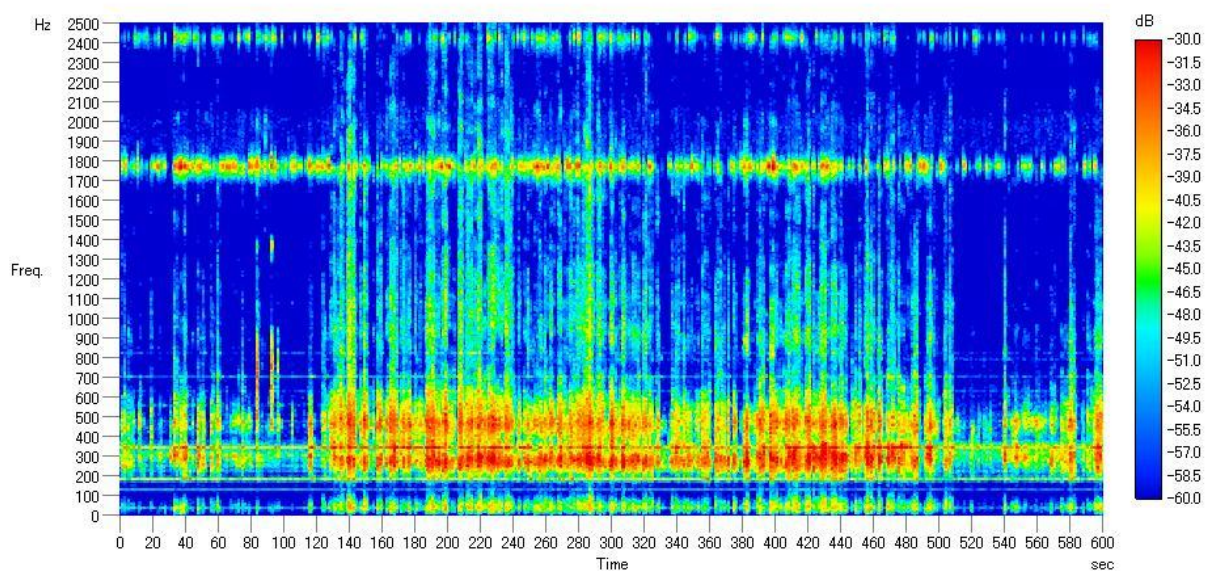


図 A3.9 音声ファイル
 (雑音除去処理後、180029_M1_10min_NR, 18:00:29 - 18:10:29)

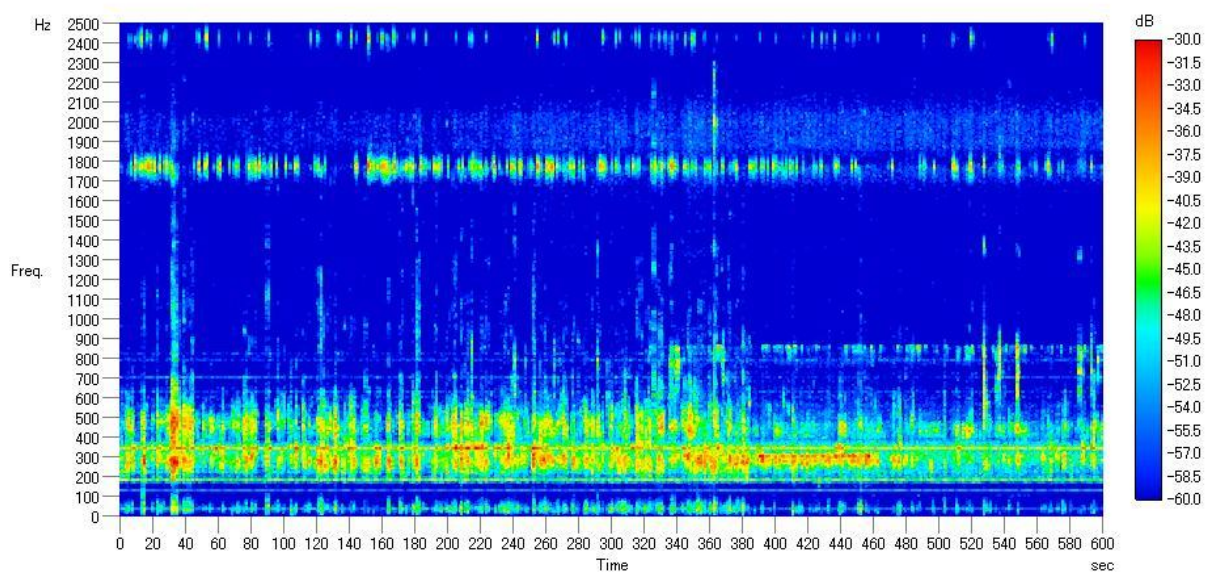


図 A3. 1 0 音声ファイル
(雑音除去処理後、181029_M1_10min_NR, 18:10:29 - 18:20:29)

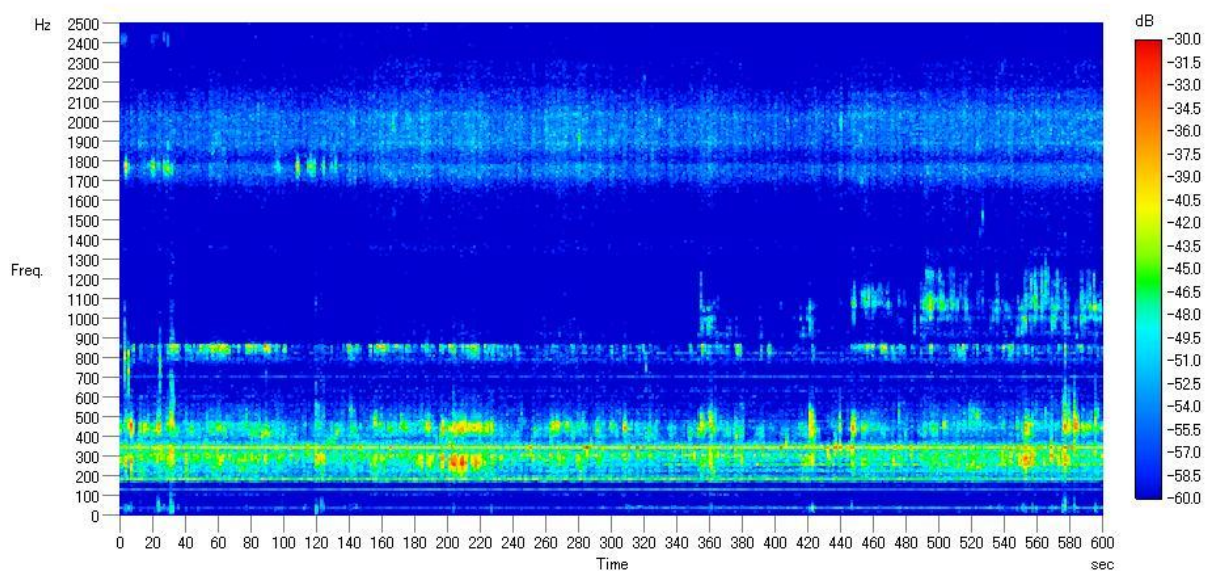


図 A3. 1 1 音声ファイル
(雑音除去処理後、182029_M1_10min_NR, 18:20:29 - 18:30:29)

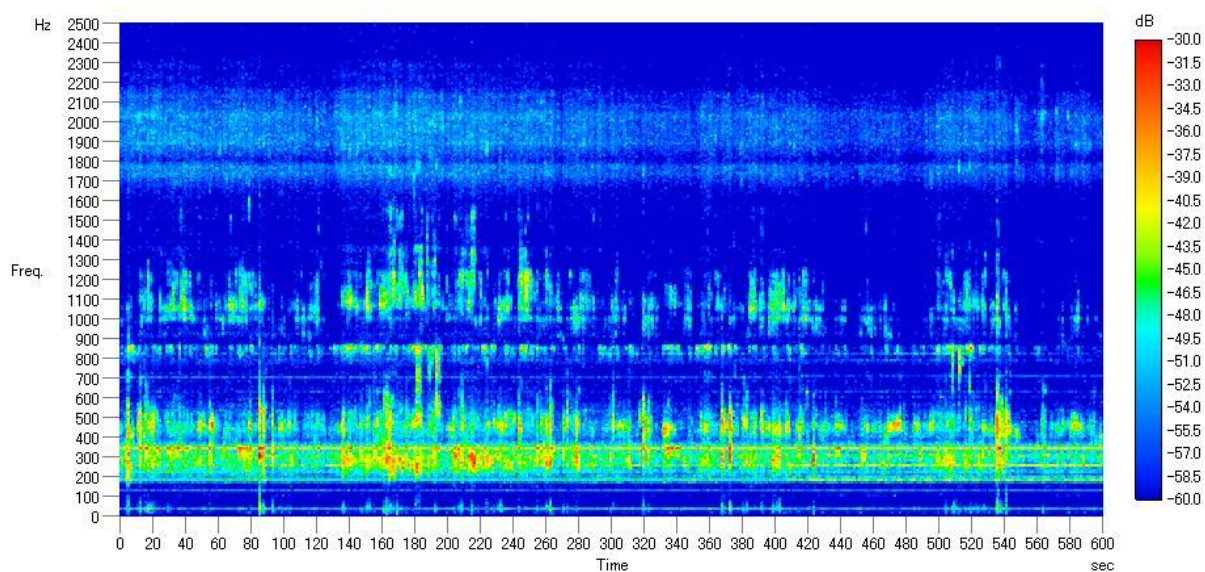


図 A3. 1 2 音声ファイル
 (雑音除去処理後、183029_M1_10min_NR, 18:30:29 - 18:40:29)

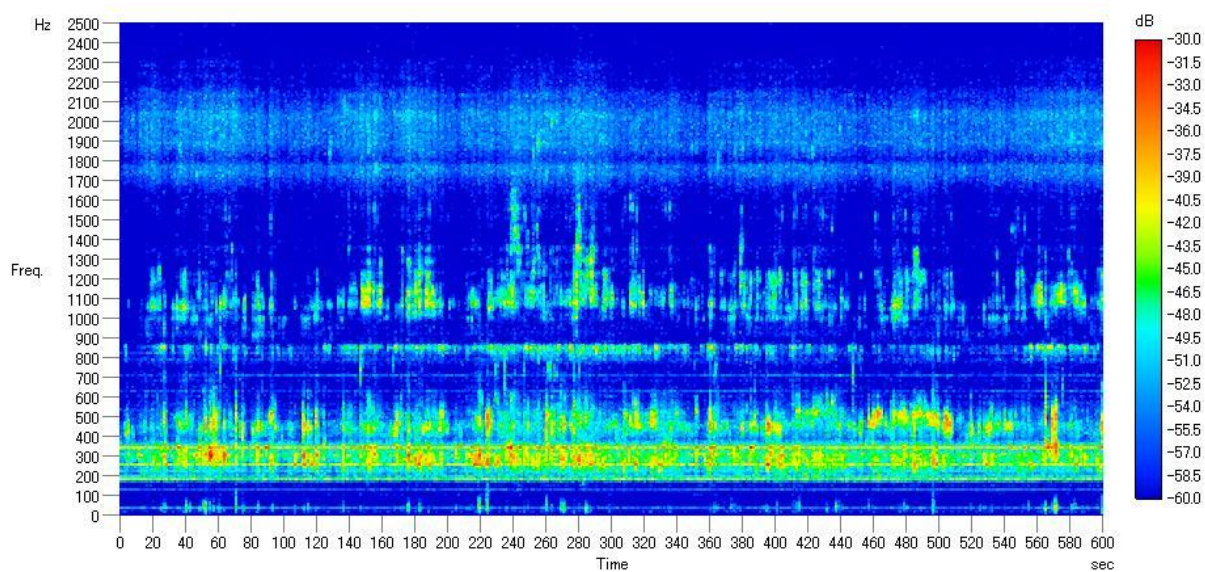


図 A3. 1 3 音声ファイル
 (雑音除去処理後、184029_M1_10min_NR, 18:40:29 - 18:50:29)

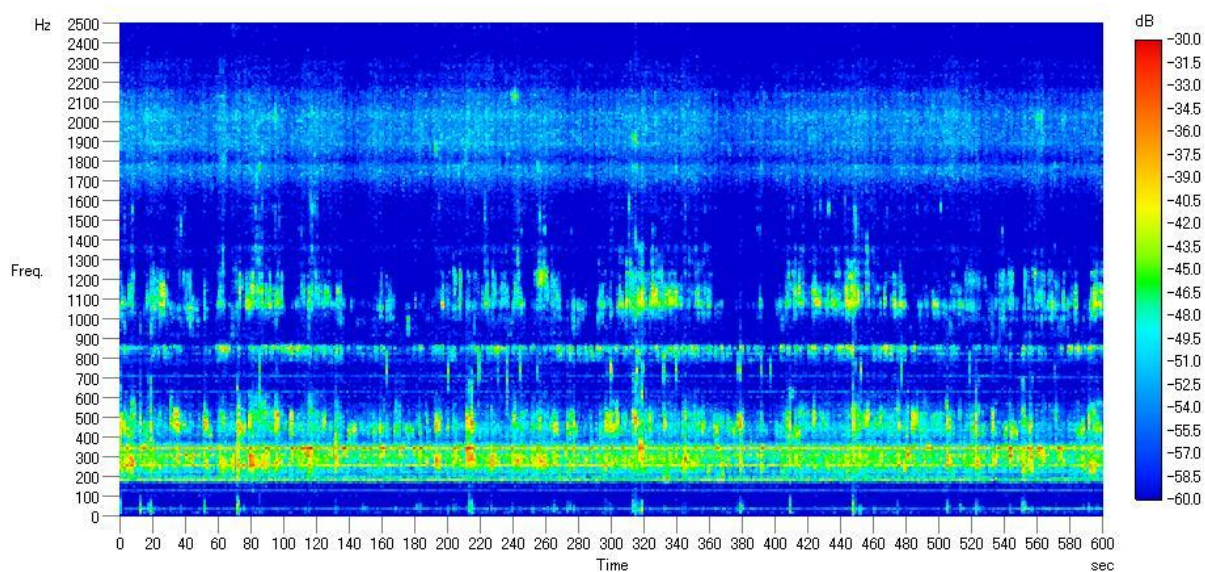


図 A3.14 音声ファイル
(雑音除去処理後、185029_M1_10min_NR, 18:50:29 - 19:00:29)

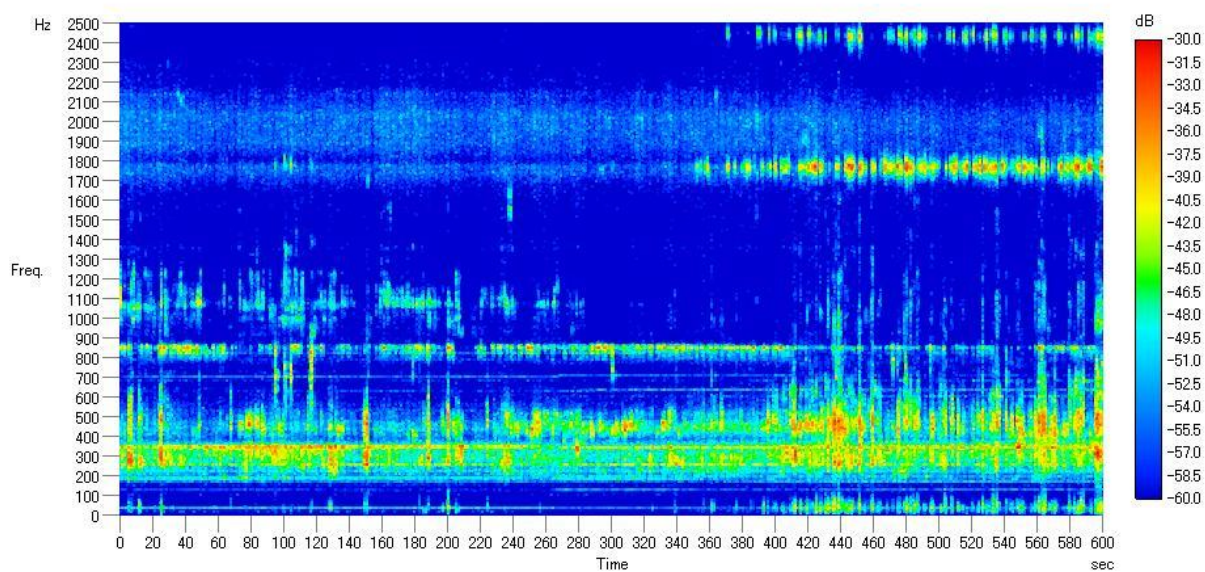


図 A3.15 音声ファイル
(雑音除去処理後、190029_M1_10min_NR, 19:00:29 - 19:10:29)

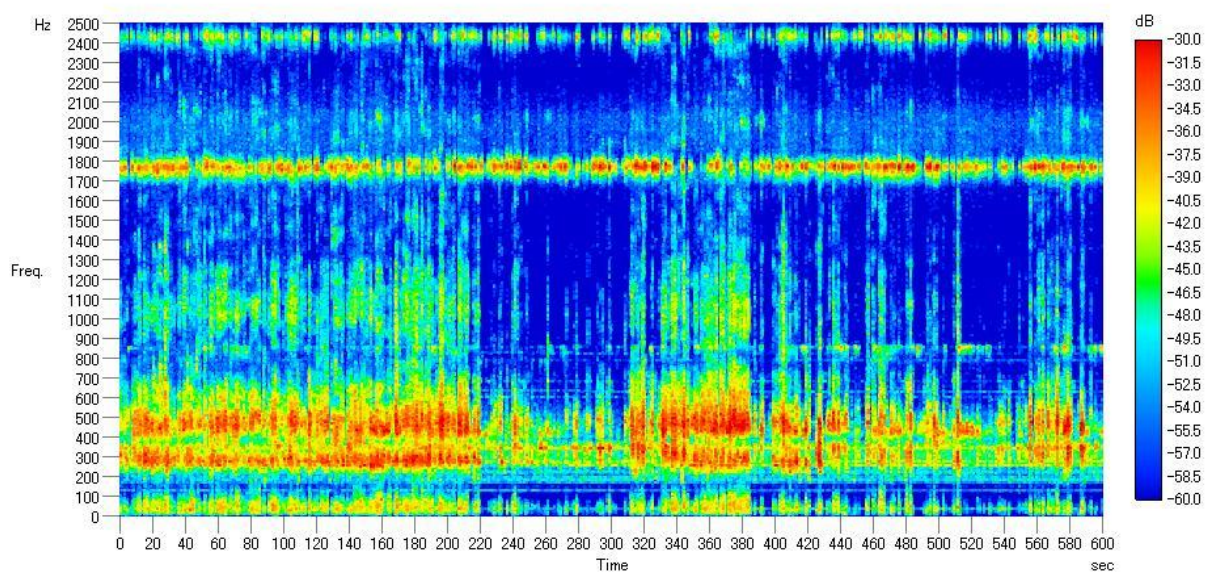


図 A3. 1 6 音声ファイル
 (雑音除去処理後、191029_M1_10min_NR, 19:10:29 - 19:20:29)

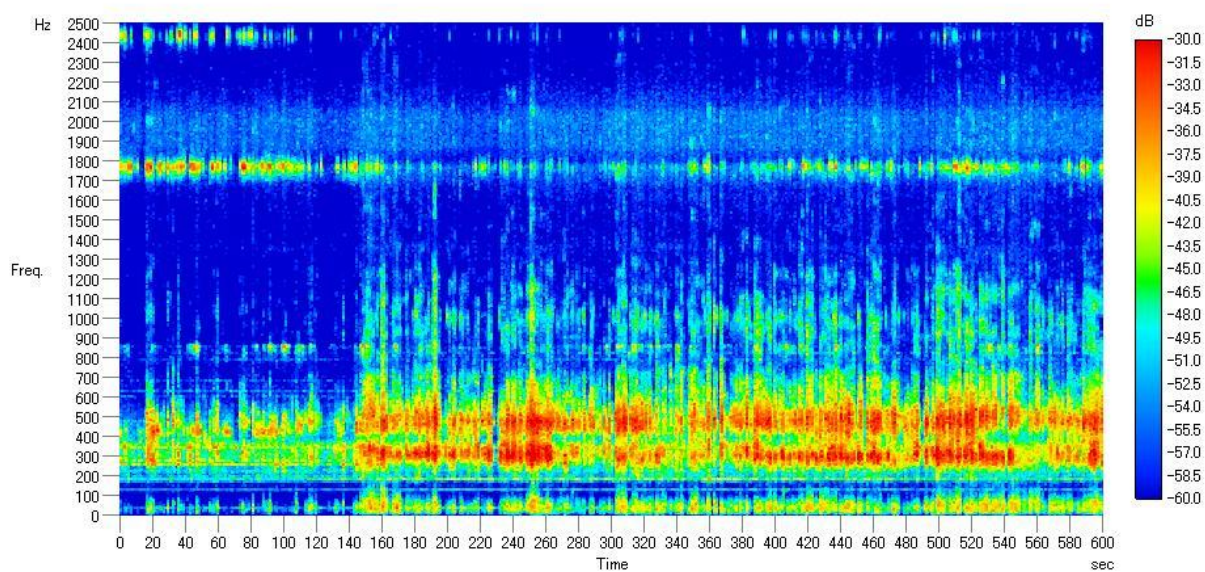


図 A3. 1 7 音声ファイル
 (雑音除去処理後、192029_M1_10min_NR, 19:20:29 - 19:30:29)

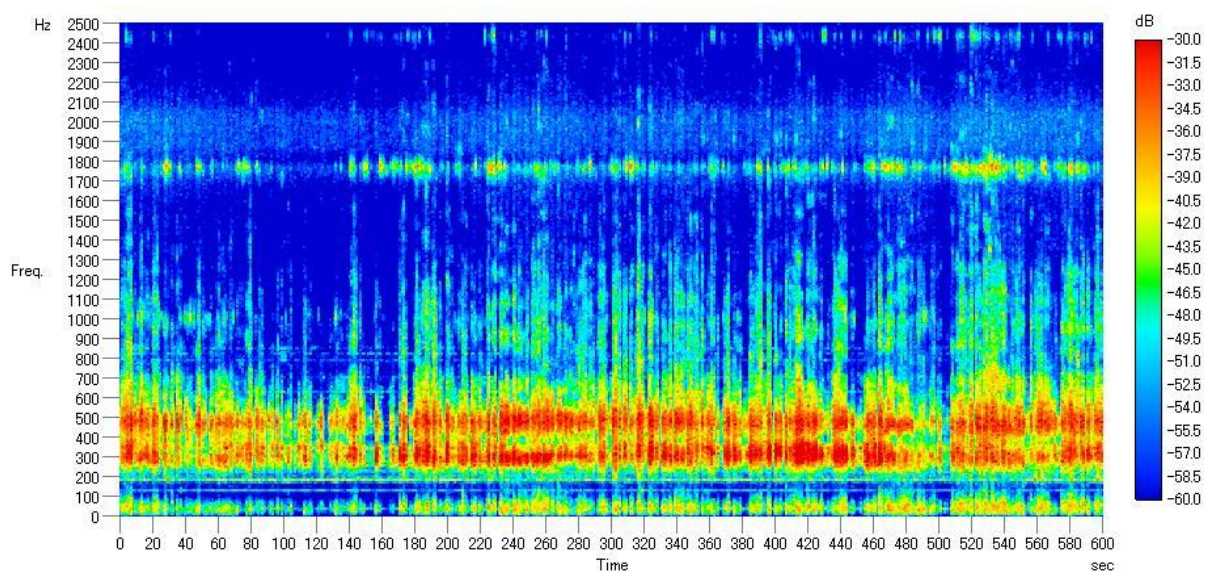


図 A3.18 音声ファイル
 (雑音除去処理後、193029_M1_10min_NR, 19:30:29 - 19:40:29)

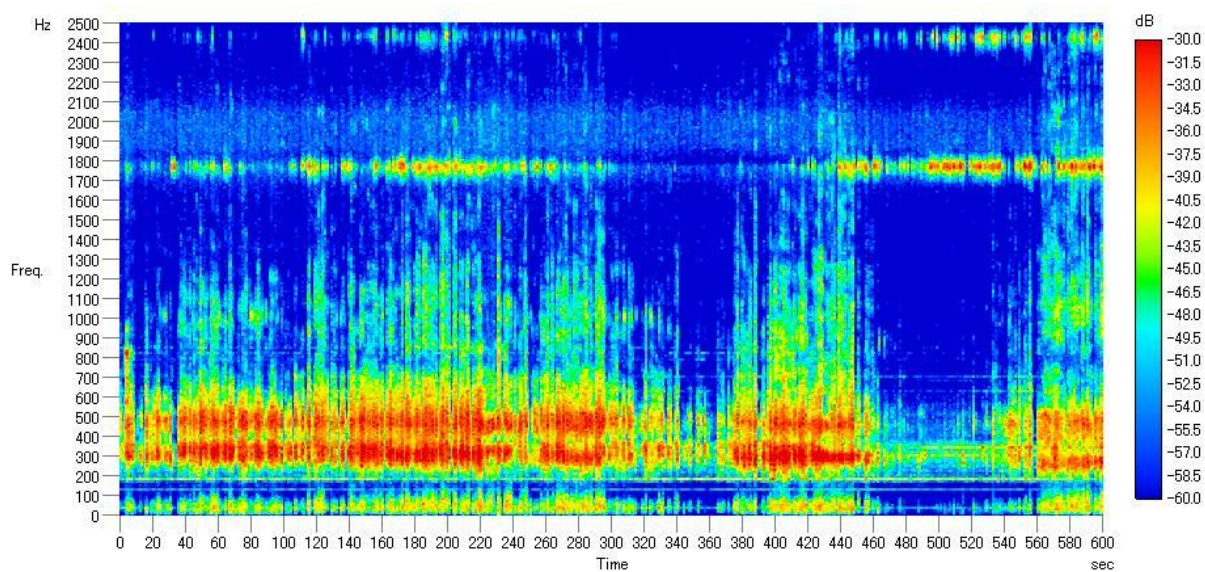


図 A3.19 音声ファイル
 (雑音除去処理後、194029_M1_10min_NR, 19:40:29 - 19:50:29)

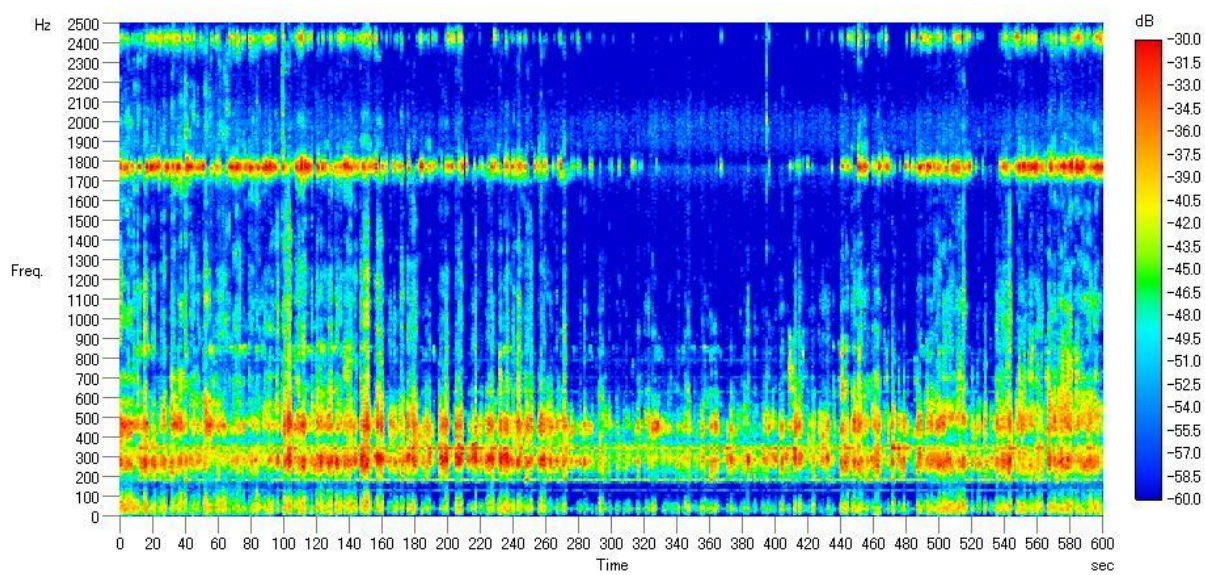


図 A3.20 音声ファイル
(雑音除去処理後、195029_M1_10min_NR, 19:50:29 - 20:00:29)

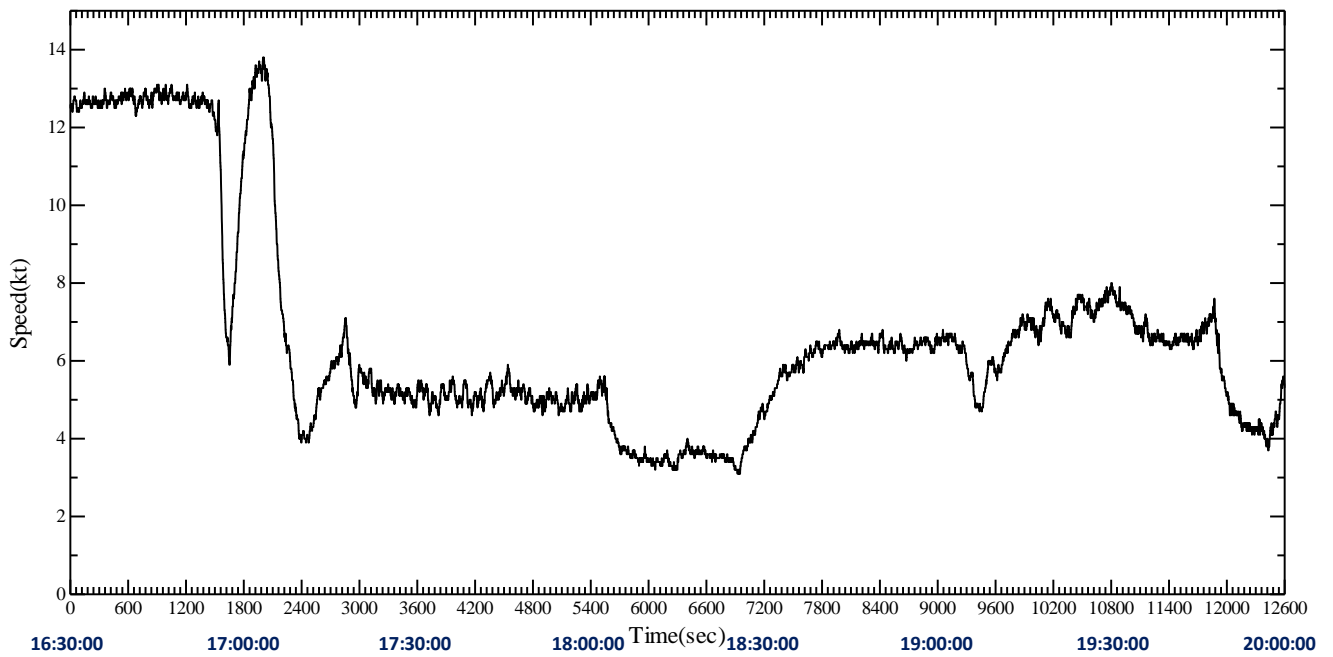


図 A 3 . 2 1 速力の時間変化
(16:30:00 - 20:00:00)

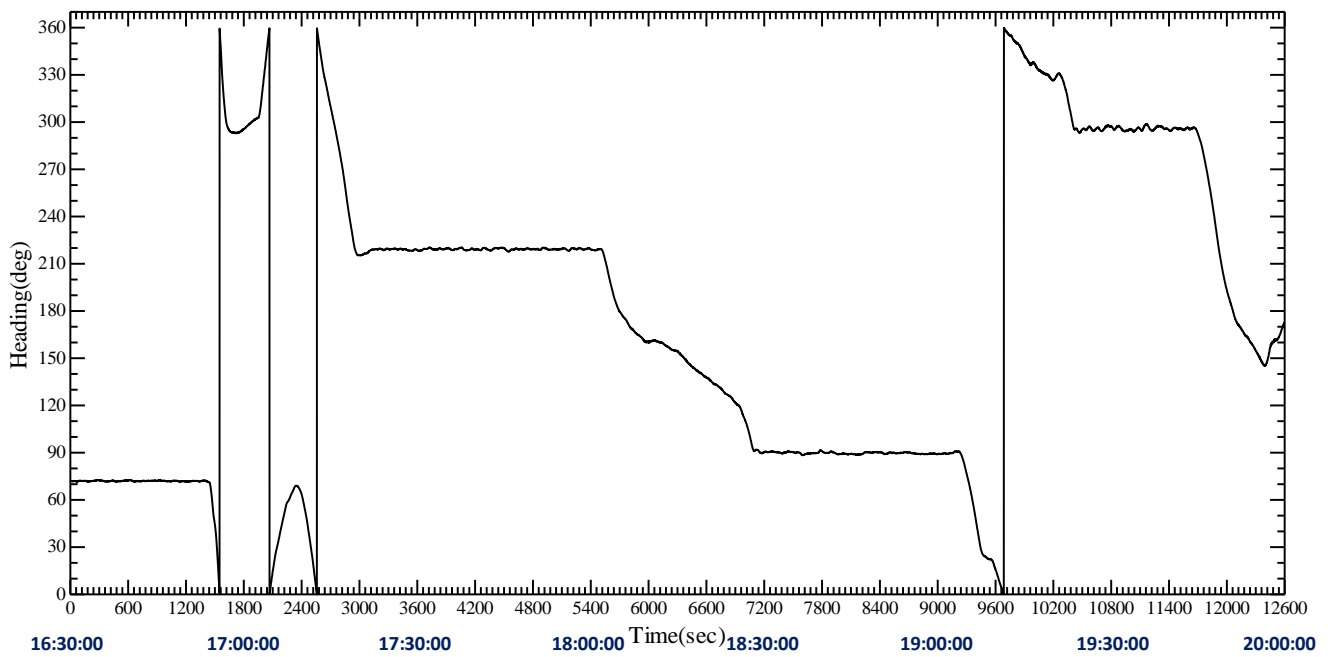


図 A 3 . 2 2 針路の時間変化
(16:30:00 - 20:00:00)

付録4 貨物船航跡に関するSVDRデータ

表A4.1 SVDRデータ

時刻	北緯	東経	0:00:00 からの秒数	北緯 39° 37'00"からの北方向距離(m)	東経 152° 11'00"からの東方向距離(m)	船速 (kt)	ヘディング
1:51:01	3937.06	15210.83	6661	111.1	-242.5	12.7	71.9
1:51:05	3937.06	15210.85	6665	111.1	-214.0	12.7	72.2
1:51:09	3937.07	15210.87	6669	129.6	-185.5	12.8	72.2
1:51:13	3937.07	15210.88	6673	129.6	-171.2	12.6	72.1
1:51:17	3937.08	15210.90	6677	148.2	-142.7	12.7	72.1
1:51:21	3937.08	15210.92	6681	148.2	-114.1	12.7	72.1
1:51:25	3937.09	15210.93	6685	166.7	-99.9	12.7	72.0
1:51:29	3937.09	15210.95	6689	166.7	-71.3	12.8	72.0
1:51:33	3937.10	15210.97	6693	185.2	-42.8	12.9	72.1
1:51:37	3937.10	15210.99	6697	185.2	-14.3	12.7	72.0
1:51:41	3937.11	15211.01	6701	203.7	14.3	12.6	72.1
1:51:45	3937.11	15211.03	6705	203.7	42.8	12.6	72.1
1:51:49	3937.12	15211.04	6709	222.2	57.1	12.6	72.0
1:51:53	3937.13	15211.07	6713	240.8	99.9	12.6	72.2
1:51:57	3937.13	15211.08	6717	240.8	114.1	12.7	72.1
1:52:01	3937.14	15211.10	6721	259.3	142.7	12.7	72.1
1:52:05	3937.14	15211.12	6725	259.3	171.2	12.7	72.1
1:52:09	3937.15	15211.13	6729	277.8	185.5	12.6	71.8
1:52:13	3937.15	15211.15	6733	277.8	214.0	12.5	71.6
1:52:17	3937.16	15211.17	6737	296.3	242.5	12.5	71.7
1:52:21	3937.16	15211.19	6741	296.3	271.1	12.6	71.6
1:52:25	3937.17	15211.20	6745	314.8	285.3	12.7	71.7
1:52:29	3937.17	15211.22	6749	314.8	313.9	12.7	71.8
1:52:33	3937.18	15211.24	6753	333.4	342.4	12.6	71.9
1:52:37	3937.18	15211.26	6757	333.4	370.9	12.7	72.0
1:52:41	3937.19	15211.28	6761	351.9	399.5	12.8	71.9
1:52:45	3937.20	15211.30	6765	370.4	428.0	12.6	72.2
1:52:49	3937.20	15211.32	6769	370.4	456.5	12.8	72.2
1:52:53	3937.21	15211.33	6773	388.9	470.8	12.9	72.2
1:52:57	3937.21	15211.35	6777	388.9	499.3	12.8	72.2
1:53:01	3937.22	15211.37	6781	407.4	527.9	12.8	72.2

1:53:05	3937.22	15211.38	6785	407.4	542.1	12.8	72.2
1:53:09	3937.23	15211.40	6789	426.0	570.7	12.8	72.2
1:53:13	3937.23	15211.42	6793	426.0	599.2	12.7	72.3
1:53:17	3937.24	15211.44	6797	444.5	627.7	12.6	72.3
1:53:21	3937.24	15211.46	6801	444.5	656.3	12.7	72.0
1:53:25	3937.25	15211.47	6805	463.0	670.5	12.7	72.2
1:53:29	3937.25	15211.49	6809	463.0	699.1	12.7	72.1
1:53:33	3937.26	15211.51	6813	481.5	727.6	12.6	71.8
1:53:37	3937.27	15211.53	6817	500.0	756.1	12.5	71.8
1:53:41	3937.27	15211.55	6821	500.0	784.7	12.7	71.6
1:53:45	3937.28	15211.57	6825	518.6	813.2	12.7	71.5
1:53:49	3937.28	15211.58	6829	518.6	827.5	12.6	71.4
1:53:53	3937.29	15211.60	6833	537.1	856.0	12.5	71.3
1:53:57	3937.29	15211.62	6837	537.1	884.5	12.6	71.2
1:54:01	3937.30	15211.64	6841	555.6	913.1	12.4	71.2
1:54:05	3937.30	15211.65	6845	555.6	927.3	12.4	70.8
1:54:09	3937.31	15211.67	6849	574.1	955.9	12.5	69.9
1:54:13	3937.31	15211.69	6853	574.1	984.4	12.6	68.8
1:54:17	3937.32	15211.71	6857	592.6	1012.9	12.6	67.1
1:54:21	3937.33	15211.73	6861	611.2	1041.5	12.6	65.2
1:54:25	3937.33	15211.75	6865	611.2	1070.0	12.7	63.0
1:54:29	3937.33	15211.77	6869	611.2	1098.5	12.7	60.6
1:54:33	3937.34	15211.78	6873	629.7	1112.8	12.6	57.9
1:54:37	3937.34	15211.80	6877	629.7	1141.3	12.4	55.3
1:54:41	3937.35	15211.81	6881	648.2	1155.6	12.3	52.6
1:54:45	3937.35	15211.83	6885	648.2	1184.1	12.3	50.5
1:54:49	3937.36	15211.85	6889	666.7	1212.7	12.3	48.6
1:54:53	3937.37	15211.86	6893	685.2	1226.9	12.3	47.1
1:54:57	3937.38	15211.88	6897	703.8	1255.4	12.2	45.3
1:55:01	3937.38	15211.89	6901	703.8	1269.7	12.2	43.6
1:55:05	3937.39	15211.91	6905	722.3	1298.2	12.1	41.5
1:55:09	3937.40	15211.92	6909	740.8	1312.5	11.9	39.1
1:55:13	3937.41	15211.94	6913	759.3	1341.0	11.9	36.2
1:55:17	3937.42	15211.95	6917	777.8	1355.3	12.0	32.7
1:55:21	3937.43	15211.97	6921	796.4	1383.8	11.9	29.0
1:55:25	3937.44	15211.98	6925	814.9	1398.1	11.9	24.9
1:55:29	3937.45	15211.99	6929	833.4	1412.4	12.1	20.8

1:55:33	3937.46	15212.00	6933	851.9	1426.6	12.3	16.4
1:55:37	3937.47	15212.01	6937	870.4	1440.9	12.6	12.0
1:55:41	3937.48	15212.02	6941	889.0	1455.2	12.3	8.1
1:55:45	3937.49	15212.03	6945	907.5	1469.4	12.0	3.5
1:55:49	3937.50	15212.04	6949	926.0	1483.7	11.8	358.9
1:55:53	3937.51	15212.05	6953	944.5	1498.0	11.4	354.8
1:55:57	3937.52	15212.05	6957	963.0	1498.0	11.1	350.5
1:56:01	3937.53	15212.06	6961	981.6	1512.2	10.9	346.2
1:56:05	3937.55	15212.06	6965	1018.6	1512.2	10.4	341.6
1:56:09	3937.56	15212.07	6969	1037.1	1526.5	10.0	336.4
1:56:13	3937.57	15212.07	6973	1055.6	1526.5	9.5	331.8
1:56:17	3937.58	15212.07	6977	1074.2	1526.5	9.0	327.5
1:56:21	3937.58	15212.07	6981	1074.2	1526.5	8.6	323.9
1:56:25	3937.59	15212.07	6985	1092.7	1526.5	8.3	320.6
1:56:29	3937.60	15212.07	6989	1111.2	1526.5	8.0	317.1
1:56:33	3937.61	15212.07	6993	1129.7	1526.5	7.7	314.2
1:56:37	3937.62	15212.07	6997	1148.2	1526.5	7.5	311.2
1:56:41	3937.63	15212.07	7001	1166.8	1526.5	7.3	308.5
1:56:45	3937.63	15212.06	7005	1166.8	1512.2	7.2	306.2
1:56:49	3937.64	15212.06	7009	1185.3	1512.2	7.0	303.9
1:56:53	3937.65	15212.06	7013	1203.8	1512.2	6.7	302.0
1:56:57	3937.66	15212.05	7017	1222.3	1498.0	6.6	300.2
1:57:01	3937.66	15212.05	7021	1222.3	1498.0	6.6	298.9

参考資料 2

「貨物船と漁船の衝突事故に係る解析調査」
(衝突事故回避における航海機器(AIS)の有効性評価)

報告書

独立行政法人 海上技術安全研究所

目次

1. 解析調査概要	1
1.1 目的	1
1.2 調査内容	1
2. 航海機器の性能評価について	1
2.1 レーダーについて	1
2.2 AIS について	3
3. まとめ	6
参考文献	6

1. 解析調査概要

1.1 目的

本研究は、運輸安全委員会からの委託を受けて、貨物船と漁船の衝突事故の調査に資するため、衝突回避に向けた航海機器の有効性について評価することを目的とする。

1.2 調査内容（衝突回避に向けた船舶自動識別装置（AIS）の有効性の評価）

航海機器（AIS: Automatic Identification System）の有する機能について、本事故発生時の気象海象条件の下での衝突事故回避に向けた有効性について評価する。

2. 航海機器の性能評価について

2.1 レーダーについて^[1]

レーダーの性能は、一般的に最大探知距離、最小探知距離、距離分解能、方位分解能、映像の鮮明度で表すことができ、衝突回避に特に大きく関連する性能は、最大探知距離と映像の鮮明度である。

最大探知距離に影響を及ぼす要素としては、送信出力、受信感度、アンテナゲイン、アンテナの有効面積、波長、アンテナの高さ、物標の高さ、物標のレーダー断面積等が挙げられるが、この中で FRP 製漁船である漁船で最も問題となる要素はレーダー断面積である。レーダー断面積（レーダークロスセクション）とは、レーダー波を反射する物標の有効反射面積のことであり、この値が大きいほどレーダーの反射が強くなる。一般的に FRP 製漁船ではレーダー断面積が小さいと言われており、150 総トン未満の船舶では航海用レーダー反射機の使用が法令により義務づけられている。図 2.1 は、カツオ 1 本釣り漁船のレーダー反射強度を実測した例で^[2]、漁船の要目は総トン数 50 トン以上、長さ 30m 前後、ターゲットの高さ 6m（実際の高さの 2/3）、アンテナ高さ 42.7m であり、これから計算されたレーダー断面積は 20m²であった。FRP 船の場合、レーダー断面積の値は鋼船に比べて小さく、鋼船よりレーダーで探知されにくくなる傾向がある。

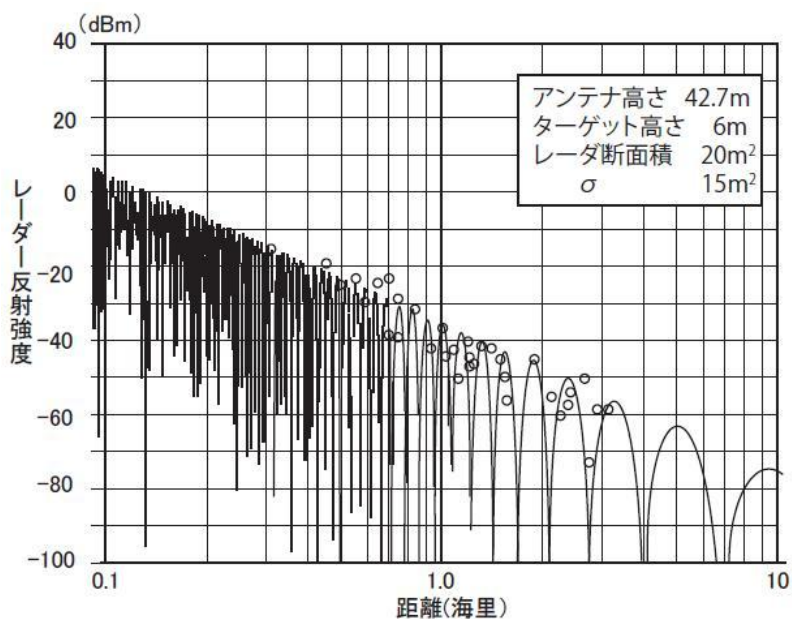


図 2.1 カツオ 1 本釣り漁船のレーダー反射強度の一例（実測値と理論値）^[2]

一方、映像の鮮明度に影響を及ぼす要素としては、パルス繰り返し数、アンテナ回転数、アンテナの水平ビーム幅、ブラウン管の特性、海面状況、雨雪の状況等が挙げられるが、この中では海面状況と雨の影響が最も大きいと考えられる。海面が波立っているときは海面からの反射があり、その中にいる小舟の反射を隠してしまう。また、海面反射と漁船の群れとの区別もつかなくなる。

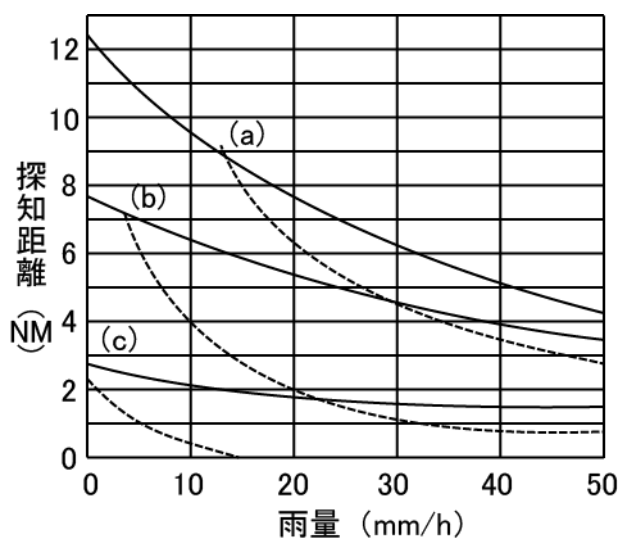


図 2.2 雨による探知距離の影響^[4]

雨滴による電波の散乱は、雨滴の直径が大きくなると急激に増加する^[3]。一般に激しい雨ほど雨滴が大きい。また波長が短いほどその影響は大きい。図 2.2

は雨による探知距離の影響を示している。図中の実線は目標が降雨区域の外側にある場合で、電波は往復とも雨滴の影響を散乱によって減衰するが、目標の周りには雨の映像が現れていない。一方、点線は目標も雨中にある場合で、探知距離は著しく減少する。(a) (b) (c)は通常状態の探知距離の違いで、探知距離は(a)が 12.5NM、(b)が 7.5NM、(c)が 2.5NMである。例えば、通常状態の探知距離 12.5NMであっても、1時間に 50mmの雨が降った場合、探知距離は 2.5NM程度まで減少してしまう。

目標の周りに雨が降っている場合、①往復の電波が雨のために弱くなる、②目標の周りに雨の映像が現れる、という2つの理由で最大探知距離が短くなる。このうち、②の影響を軽減する方法として考えられたのが雨雪除去機能 (FTC : Fast Time Constant Circuit) である。FTCでは、反射エコーを微分して、反射強度がプラスに大きく変化した部分のみを取り出すように処理する。つまり、目標物の手前の部分だけを強調して表示することとなる。したがって、距離方向に長い目標物でも、手前の端だけの細い線が表示されることになり、見落とす可能性もある。また激しい雨の場合には反射強度の変動自体が激しくなるので、FTCを利用して信号ノイズを軽減することはできず、効果は薄い。

また、通常のレーダーは電界が水平方向に振動しながら進行する水平偏波であるが、これに変えて一波長の中に電界が 360度回転しながら進行する円偏波を用いる方法も、雨滴からの反射波の抑制には効果がある。しかし、GMDSSのSARTは水平偏波で送受信するように定められていること、また、浮標等に取り付けられているコーナーレフレクタは雨滴と同じように反射することから、反射波の増強効果が得られないこと等、使用には注意を要する。

2.2 AIS について^[4]

(1) AIS の概要

AIS (Automatic Identification System : 船舶自動識別装置) は識別符号等の船舶の固有情報や船位、針路、船速などの航海情報を VHF 無線によって自動的・周期的に他の船舶や陸上施設との間で交換するための装置である。従来のレーダーや ARPA (衝突予防援助装置) 等では得られなかった他船の状況が随時把握でき、お互いの船名も分かるので、衝突予防や船舶間の情報交換に大きな貢献が期待されている。2008 年以來、下記の船舶は既存船を含めて AIS の搭載が義務づけられている。

- ・ 国際航海に従事する300GT以上の全ての船舶
- ・ 国際航海に従事する全ての旅客船
- ・ 国際航海に従事しない500GT以上の全ての船舶

AISは①移動体搭載用AIS、②地上局用AIS、③航行援助施設用AISの3つに大別

され、船舶には①が搭載される。移動体搭載用AISは、法令に基づく強制搭載（SOLAS船）に対応したClass A AIS、非SOLAS船への任意搭載に対応したClass B AIS（及び簡易型AIS）及び受信のみができるAIS受信機がある。Class B AISはClass A AISに比して、送信出力が小さい、動的情報の更新間隔が長い、送信データが少ない（航海関連データの多くが送信されないこと）等の性能低下があるが、これにより低価格化を実現している。Class B AISは、接続方式がキャリアセンス時分割多重（CSTDMA）のAIS（以下CSAISという）と自己管理型時分割多重（SOTDMA）のAIS（以下SOAISという）の2方式の国際規格の検討が進められてきたが、CSAISの技術的要件が定められたものの、SOAISについてはまだ国際規格が策定されていない。また日本では総務省がClass B AISの性能要件に日本語表示のできる外部インターフェース（レーダー、MKD（ミニマム・キーボード・ディスプレイ）、電子海図表示ソフトといった表示器へのAIS情報の重畳表示が可能となる）や他船のAISや海岸局からのメッセージ（船舶情報、位置・速度、安全関連情報等）の表示機能を追加した簡易型AISの技術要件を規定し、普及を図っているほか、利用促進を目的として、無線従事者資格の無い者でも簡易型AISを運用する法整備を行っている。簡易型AISを含むClass B AISは表示部がないため、AIS重畳表示機能のあるレーダーやPC上に電子海図を表示する電子海図表示装置（ECS）等の表示機器を利用するが、特に、簡易型AISでは外部インターフェースが装備されているので、Class A AISと同様にデータを受信して利用できる。専用の表示装置以外にも、魚群探知機、GPSプロッター等、既存の機器への表示も可能である。

（2）AISの情報及び仕様

- ・ 静的情報：
MMSI 番号¹⁾、コールサイン、船名、IMO 番号、船長、船幅、船型、GPS アンテナ位置
- ・ 動的情報：
MMSI 番号、船位（緯度、経度）、船位測定時刻（UTC 時刻）、対地進路、対地速度、船首方位、航行状態、回頭率
- ・ 航海関連情報（Class A AIS のみ必須の基準）：
喫水、危険貨物の有無、目的地（港コードなど）、到着予定時刻、航海計画
- ・ 航行安全関連メッセージ：
航行安全に係わる文字情報を、相手指定や放送形式で送信
- ・ バイナリーメッセージ：
気象・海象情報等、各種情報をコード化して送受信する。
表示にはバイナリーメッセージを扱える装置が必要

- ・ 静的情報の更新間隔：
6分毎あるいは情報が更新されるか情報要求が合ったときに発信
- ・ 動的情報の更新間隔：
船舶の船速と変針の状況により次のとおり更新される
航行中（Class A AIS）2秒から10秒、3ノット以下3分間隔
航行中（Class B AIS:簡易型 AIS）30秒間隔
錨泊中または停泊中 3ノット以上10秒、3ノット以下3分間隔
- ・ 航海関連情報の更新間隔：
6分毎あるいは情報が更新されるか情報要求が合ったときに発信
- ・ 安全関連情報の更新間隔：
必要に応じて随時発信
- ・ 使用周波数：
161.500MHz～162.025MHz
- ・ 表示部（Class A AISのみ必須）：
なお、Class B AISの基準には含まれておらず、オプション扱いであるが、Class B AIS基準をベースとする簡易型 AISについて、実際に市場で販売されている製品の多くは表示部を有している。

注1) MMSI (Maritime Mobile Service Identity) 番号は、海上移動業務識別番号といい、3桁の国別番号と6桁の船舶識別番号よりなる9桁の番号で、個々の船舶を識別するための番号である。

(3) AISの情報の特徴

レーダー等で得られる他船情報に比べて AIS で得られる情報は次の様な特徴を持っている。

- ① 更新時間が比較的短いので、ほぼリアルタイムの情報であり、他船の変針等による行動変化を即座に知ることができる。
- ② 目標を追尾中にレーダーの ARPA で時々起きる「乗り移り」(ARPA 利用時に追尾中の物標が接近したためレーダー映像上で1つになり、再度分離したときに追尾が他方に移ってしまう現象のことをいう。交差する角度が小さいと可能性がある。)や、目標が高速で動いても見失う等の現象は生じない。
- ③ VHF 電波が届く限り情報が得られるので、レーダー映像のように大きな島や半島といった障害物により時々起きる「目標喪失」(海面反射や岬などの陰の影響)などの現象が生じない。
- ④ 雲、雨などの気象海象に左右されにくい。
- ⑤ レーダーの様に、雨雪除去機能や、海面反射除去機能の調整により消える

ことがない。

- ⑥ デジタルデータなので、船かどうか、その船名や行動を含めて確実に把握できる。

AISは基本的にVHF電波信号を用いたシステムであり、その出力は、Class A AISの高出力で12.5W、低出力で2W（Class B AISでは2Wのみ）と、マリンVHFの高出力25W、低出力1Wと比べても大きくはない。理論に単純に従えば、出力が半分になると到達距離は1/4になるから、高出力同士で比較すればAISの到達距離はマリンVHFの1/4になる。しかし、ユーザー数が多すぎてオーバーロードにさえならなければ、Class A AISの到達距離は、経験上30NMかそれ以上もある。そのうえ、移動体搭載用AISの信号出力は、ユーザー側で操作しなくても、地上局用AIS側で絞ってオーバーロードを避けることができる。また、小型船ではアンテナ装備位置が低いためさらに到達距離はより制限されるが、実海域での実験では、Class B AISでも4.5NMまではほぼ確実に欠損無く届くことが確認されている^[6]。

通常、AISの到達距離は天候に影響されないが、地形やビルによる影の影響を受ける。しかし、この影の影響はレーダーで経験するものに比べて顕著で無いため、AISでは直接見通しが無い目標物からの信号でも受信可能である。この理由は、使用する波長がレーダーに比べて著しく長く、有効なエネルギーが障害物の周りで、回折・反射することによる。また、AISは2方法の送波により、本質的に良好な送波／受波経路を持っているのに対し、レーダーは自身の送波の反射をピックアップすることによっているからである^[7]。

また、船舶安全法において、船舶用レーダーには、天候による悪影響（クラッタ）のない状況で、3MHz帯の電波をしようする場合にあっては3NMの距離から、また、9GHzの電波を使用する場合にあっては3.4NMの距離から小型の漁船等の船舶（海面からの高さ2m、長さ10m）を明確に表示することが求められており、このレーダーの基準と比較してもClass B AISの到達距離は遜色が無いレベルである。

3. まとめ

本報告書は、国土交通省運輸安全委員会からの委託を受けて、貨物船と漁船の衝突事故の再発防止策の検討に資するため、夜間、悪天候でもその有効性が指摘及び期待されるAISについて調査を行った。この結果、漁船へのAISの普及が進むことにより、悪天候等の環境下であっても、相手船側が漁船の動きを素早くかつ確実に探知できるようになり、衝突事故の未然防止に資するであろうことを指摘することができた。

本報告書が事故解析に有効に生かされ、再発防止に貢献できることを願っている。

参考文献

- [1] (財)日本船舶電装協会「船舶電気装備技術講座〔機器保守整備編〕(レーダー)」日本財団図書館(インターネット資料)、2005年
- [2] 井出麻奈美、林尚吾「FRP製小型漁船のレーダ断面積について」日本航海学会誌第171号、pp54-59、2009年5月
- [3] 西谷芳雄「電波計器」成山堂書店、2002年3月
- [4] 今津隼馬、榎野純「新版 電波航法」成山堂書店、2012年3月
- [5] 荻野市也「Class-B AIS の紹介と AIS の将来展望」日本航海学会誌第182号、pp70-73、2012年10月
- [6] (財)日本船舶技術研究協会「航海支援に係る基準に関する調査研究」(2008年度報告書)、2009年3月
- [7] Andy Norris, Integrated Bridge System Vol.1 RADAR and AIS, The Nautical Institute, 2008.