

8. 実証試験課題の検討

8.1 電気的特性試験

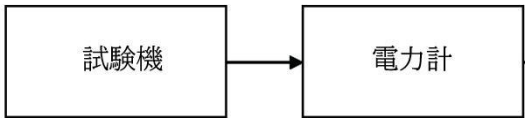
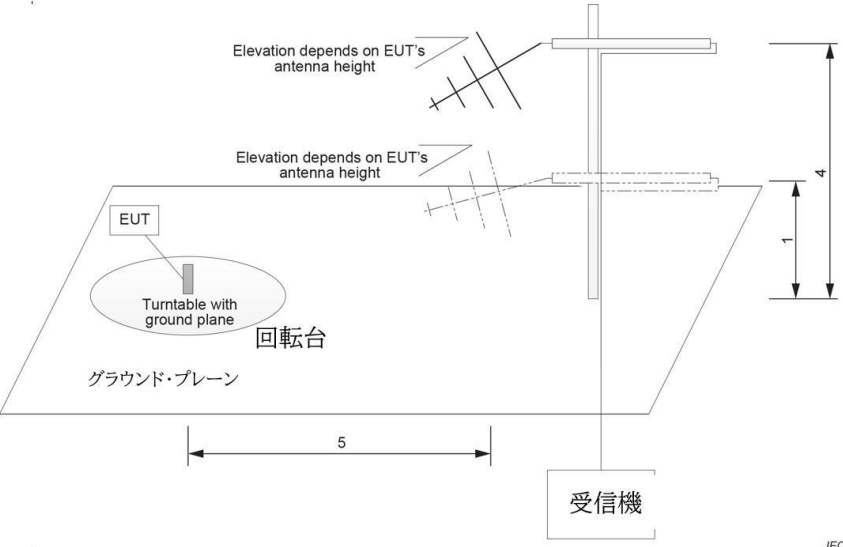
IEC 63269をはじめ、関連する性能基準(例えば、IEC 61993 など)を参考に、利用形態など考慮し、その課題を整理し記述する。

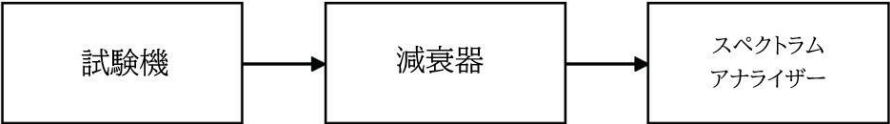
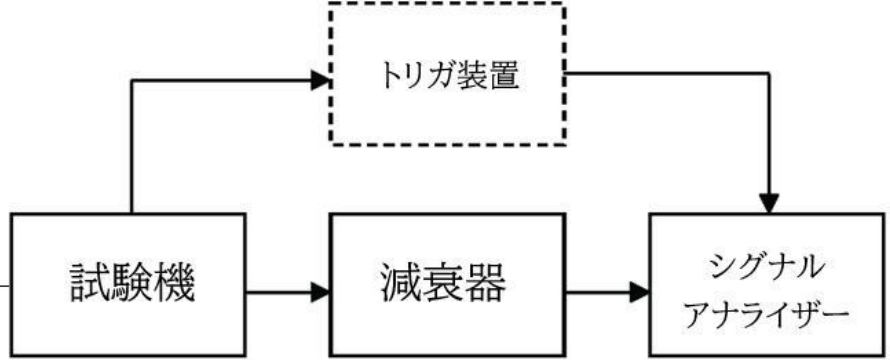
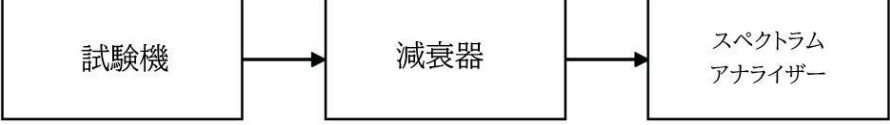
8.1.1 Group A

Group A は AIS と同じ周波数を使用することから、基本的に AIS と同じ技術による電気的特性の試験となる。そのため、AIS-MOB や移動航路標識も ITU-R 勧告 M.1371 及び IEC 63269 に準拠し対応する。

電気的特性については、IEC 63269 に次のような試験項目が挙げられており、参考まで測定系を含めて表 8-1 に記載する。

表 8-1 IEC 63269 の測定項目例と測定系

1	周波数偏差 Frequency error	
2	伝導出力電力 Conducted power	
3	放射電力 Radiated power	
4	スロット変調マスク	

	Slotted modulation mask	
5	送信試験シーケンスと変調精度 Transmitter test sequence and modulation accuracy	
6	送信機出力 vs. 時間 Transmitter output power versus time	
7	送信機のスプリアス発射 Transmitter spurious emissions	

出所)IEC 63269 を基に MRI 作成

8.1.2 Group B

Group B は AIS 技術を使用した機器が対象となるが、汎用機器につき現時点で IEC 規格は策定されておらず、ITU-R 勧告 M.2135 による規定のみとなる。細かな規定はなく、あくまで ITU-R 勧告で進めることとなる。

8.2 電波伝搬試験

電波伝搬特性をもとに、「AMRD から得られる情報の利活用の可能性と課題」で挙げた利用形態からフィールド試験の環境を想定し、どのように進めるか基本的な作業内容を整理し記述する。

なお、この電波伝搬特性について 4.1.2 (1) 2)や 5.1.2 (2)にて使用した各アンテナ高は、フィールド試験の装備環境が決まっていないため IMO 決議 A.801(19)を参照し、通達距離は電波伝搬の教科書や論文等で用いられる ITU-R 勧告 P.526 を参照し机上計算結果を算出した。これらは机上検討において代表例として記載したものである。フィールド試験を実施する場合は、改めて決定した環境にて各机上計算値を再算出し、フィールド試験の結果と比較することで、本書の導出方法の正当性を確認することが必要と考える。

8.2.1 Group A

Group A は規格化され、かつ海外においては既に製品化されている AIS-MOB を中心に利用が広まることが十分考えられる。そのため、フィールド試験は MOB を取り上げ、その状況を想定した確認を実施する。

表 8-2 Group A の電波伝搬試験概要

項目	内容	
試験概要	AIS が運用されている状況下で MOB が動作、遭難者の信号受信範囲の確認と、信号を受信した船舶が使用している機器の画面表示について確認	
試験項目	通達距離	AIS-MOB から発呼される信号の通達距離を確認
	干渉下の受信距離	AIS チャンネル上で MOB 信号が正常に受信できる距離の確認し、机上検討結果と比
	画面の表示状況	MOB のシンボル表示が海図上に与える影響について確認
試験環境	船舶	受信側の船舶(沖にて停止) 1 隻 AIS 送信側の船舶(若しくは陸上の送信局で代用))
	受信機器	AIS
	接続機器	電子海図又はレーダー画面を表示できる機器(シンボル重畳が可能なこと)
	MOB 機器	市販若しくは MOB として動作する AIS-MOB 信号の出力可能な機器 機器は複数若しくは 1 個で複数のダミー出力ができるもの
	環境	船舶の周囲に MOB を配置 ANT 高 50 cm にて実施

出所)MRI 作成

8.2.2 Group B

Group B は ITU-R 勧告 M.2135-1 の通り送信の規格のみである。そのため、受信機器については AIS を流用することで試験を進めることを想定した。また、利用用途は表 4-7 のまとめ通り位置の確認が主用途であった。そこから、本フィールド試験は位置確認を中心とした作業とする。

表 8-3 Group B の電波伝搬試験概要

項目	内容	
試験概要	漁具に取り付けられた Group B 機器を受信し、画面に表示	
試験項目	通達距離	サービスを想定した通達距離を計測後、ニーズ調査結果と比較
	干渉の影響を受けない離隔距離	同一チャンネル上でサービス運用中に別システムのサービスが運用しても問題ない離隔距離
	画面の表示状況	機器のシンボル表示を海図(地図)上表示し確認
試験環境	船舶	受信側は陸上又は船舶(沖にて停止) 1 隻 送信側は漁具や小型船に取り付け
	受信機器	AIS(周波数が可変できる Class A)を利用
	接続機器	電子海図又は地図を表示できる機器(シンボル重畳が可能なこと)
	Group B 機器	市販若しくは Group B 機器として動作する送信可能な機器 機器は複数若しくは 1 個で複数のダミー出力ができるもの
	環境	船舶の周囲に Group B 機器を配置 ANT 高 50 cm にて実施 (但し、取り付けられる高さにて各距離の再計算を考慮)

出所)MRI 作成

8.2.3 温度による影響について

本書で使用した各伝搬距離については文中で記載の通り ITU-R 勧告 P.526-15 を使用し算出している。実環境において受ける影響を考えた場合、温度による影響について検討する。

今回使用した計算において温度に関係するパラメータは2つある。1つは海水の比誘電率と、もう1つは導電率である。これらパラメータの詳細は、ITU-R 勧告 P.527-6 に記載されており、下記の式が用いられている。なお、Tは温度[deg]を示す。

- 比誘電率

Tが温度[deg]

$$\epsilon_{sw} = \epsilon'_{sw} - j \epsilon''_{sw} \quad (1)$$

$$\left(\begin{array}{l} \epsilon'_{sw} = \frac{\epsilon_{ss} - \epsilon_{1s}}{1 + \left(\frac{f_{GHz}}{f_{1s}}\right)^2} + \frac{\epsilon_{1s} - \epsilon_{\infty s}}{1 + \left(\frac{f_{GHz}}{f_{2s}}\right)^2} + \epsilon_{\infty s} \\ \epsilon''_{sw} = \frac{\left(\frac{f_{GHz}}{f_{1s}}\right)(\epsilon_{ss} - \epsilon_{1s})}{1 + \left(\frac{f_{GHz}}{f_{1s}}\right)^2} + \frac{\left(\frac{f_{GHz}}{f_{2s}}\right)(\epsilon_{1s} - \epsilon_{\infty s})}{1 + \left(\frac{f_{GHz}}{f_{2s}}\right)^2} + \frac{18 \sigma_{sw}}{f_{GHz}} \\ f_{1s} = f_1 \left(1 + S \left(\frac{2.3232 \times 10^{-3} - 7.9208 \times 10^{-5} T + 3.6764 \times 10^{-6} T^2}{+ 3.5594 \times 10^{-7} T^3 + 8.9795 \times 10^{-9} T^4} \right) \right) \\ f_{2s} = f_2 (1 + S(-1.99723 \times 10^{-2} + 1.81176 \times 10^{-4} T)) \end{array} \right) \quad (2)$$

$$\epsilon''_{sw} = \frac{\left(\frac{f_{GHz}}{f_{1s}}\right)(\epsilon_{ss} - \epsilon_{1s})}{1 + \left(\frac{f_{GHz}}{f_{1s}}\right)^2} + \frac{\left(\frac{f_{GHz}}{f_{2s}}\right)(\epsilon_{1s} - \epsilon_{\infty s})}{1 + \left(\frac{f_{GHz}}{f_{2s}}\right)^2} + \frac{18 \sigma_{sw}}{f_{GHz}} \quad (3)$$

$$f_{1s} = f_1 \left(1 + S \left(\frac{2.3232 \times 10^{-3} - 7.9208 \times 10^{-5} T + 3.6764 \times 10^{-6} T^2}{+ 3.5594 \times 10^{-7} T^3 + 8.9795 \times 10^{-9} T^4} \right) \right) \quad (4)$$

$$f_{2s} = f_2 (1 + S(-1.99723 \times 10^{-2} + 1.81176 \times 10^{-4} T)) \quad (5)$$

- 導電率

$$\sigma_{sw} = \sigma_{35} R_{15} R_{T15} \left(\frac{S}{m} \right) \quad (6)$$

$$\left(\begin{array}{l} \sigma_{35} = 2.903602 + 8.607 \times 10^{-2} T + 4.738817 \times 10^{-4} T^2 - 2.991 \times 10^{-6} T^3 + 4.3047 \times 10^{-9} T^4 \\ R_{15} = S \frac{(37.5109 + 5.45216S + 1.4409 \times 10^{-2} S^2)}{(1004.75 + 182.283 S + S^2)} \\ R_{T15} = 1 + \frac{\alpha_0 (T - 15)}{(\alpha_1 + T)} \end{array} \right) \quad (7)$$

$$R_{15} = S \frac{(37.5109 + 5.45216S + 1.4409 \times 10^{-2} S^2)}{(1004.75 + 182.283 S + S^2)} \quad (8)$$

$$R_{T15} = 1 + \frac{\alpha_0 (T - 15)}{(\alpha_1 + T)} \quad (9)$$

一例として、東北から四国にかけて水温の変化は、気象庁の過去の気象データより 2023 年度について水温の最小と最大を平均したところ 5.8 °Cから 28.3 °Cであった。この値を参考に誘電率と伝導率は表 8-4 の通りとなる。

表 8-4 温度と各パラメータ値

温度	誘電率 ϵ	伝導率 σ
5.8 °C	76.5	3.4
28.3 °C	69.1	5.7

出所)MRI 作成

これらのパラメータ値を用いてどの程度の影響があるか確認する。

確認については、最も伝搬距離として影響の出やすい Group A の送信 1 m、受信 30 m にて算出する。その結果が表 8-5 の通りである。

表 8-5 温度と距離(Group A 送信 1 m、受信 30 m)

温度	伝搬距離
5.8 °C	13.9 km
28.3 °C	13.8 km

出所)MRI 作成

次に、Group A の送信 1 m、受信 4m については表 8-6 の通りである。

表 8-6 温度と距離(Group A 送信 1 m、受信 4m)

温度	伝搬距離
5.8 °C	4.8 km
28.3 °C	4.7 km

出所)MRI 作成

最後に、Group B の送信 0.5 m、受信 4m については表 8-7 の通りである。

表 8-7 温度と距離(Group B 送信 0.5 m、受信 4m)

温度	伝搬距離
5.8 °C	1.2 km
28.3 °C	1.1 km

出所)MRI 作成

国内の主要な環境を想定した場合、水温による影響は最大 100m 程度のため、AMRD の試験に関して水温による考慮は考えないものとする。

8.3 システム要求条件の検証課題

「AMRD の利用形態毎のシステム要件の検討」から「技術要件の検討」にかけてまとめたシステム要件条件について、フィールド評価時を想定した場合の検証課題を整理し記述する。

8.3.1 Group A

AIS-MOB 機器は救難信号を確実に受信し、位置を特定することでいち早く救助に結びつけること

を狙いとしている。

そのため、検証の課題は下記 3 点となる。

- AIS-MOB 機器の通達距離
- 送信元である AIS-MOB 機器が運用中の AIS より優先的に受信される距離
- 電子海図若しくはレーダー画面上のシンボル表示とその状況

8.3.2 Group B

様々な道具や船、また様々な状況において利用される Group B 機器において、何れも位置を把握することを中心に運用される。これらは CH 2006 を共有して使用するもので、これまでの各課題整理から、下記 4 点と考えられる。

- フィールド評価により計測された通達距離とニーズ調査結果との比較検討
- 受信エリア内の最大発呼数
- 運用されるサービスが互いに衝突しない離隔距離
- システムで利用する地図画面上のシンボル表示とその状況

8.4 干渉対策の検証課題

「周波数共用条件の検討」で検討した周波数共有条件から、干渉に関する対策について検証し、その課題を整理し記述する。

8.4.1 Group A

AIS-MOB が運用を開始する時は既に危険な状況であるため、AIS の予約済みスロットを避けて送信する時間もなく、送信できるところで送信する動作となっている。5.1.3 (3)の干渉モデルでも記載している通り、Group A については干渉ではなく受信すべき信号となるため、干渉に関する検証課題はなしとする。

8.4.2 Group B

先の 8.3 でも記載したように、Group B 機器は CH 2006 を使用する決まりとなっていること、運用については AIS 技術を使用するため、サービスが混在する可能性があることから、混在するのを極力避けるために、ここでの課題は下記となる。

- 受信エリア内の最大発呼数
- サービス運用中に別のサービスを展開する場合の離隔距離

8.5 測定系への提言

以上を踏まえ、認証制度への反映も見据え、電気的特性に関する試験の課題を整理すると共に、測

定系に関する提言を記述する。

8.5.1 Group A

安全な航行及び遭難時などの速やかな搜索救助に結びつけられるようにするためには、同じ国際基準の下で開発され、認証された機器を使用することが重要と考えられる。そのため、Group A に関する電気的特性の各試験については、国際的な協調の観点から、IEC 63269 に準拠した測定系を提言する。

8.5.2 Group B

Group B に割り当てられた 1 つのチャンネルを共有することに対し、最低限遵守すべき事項は、ITU-R 勧告 M.2135 に記載されたものとなる。

本機器は AIS 技術を使用した機器でもあることから、測定については IEC 63269 の AIS 部分を参考とするのが適切と考えられる。なお、送信に関する測定項目は、下記が共通項となるため参考として表 8-8 に記載する。

表 8-8 送信測定項目例

1	搬送波電力:Carrier power
2	周波数偏差:Carrier frequency error
3	スロット変調マスク:Slotted modulation mask
4	送信試験シーケンスと変調精度: Transmitter test sequence and modulation accuracy
5	送信機の出力 vs.時間: Transmitter output power versus time
6	送信機のスプリアス発射:Transmitter spurious emissions

出所)ITU-R 勧告 M.2135、IEC 63269 を基に MRI 作成