

第3章 実証実験

3.1 実験方法

●実験全体

主に松島湾を漁場としている前浜漁業に従事している船舶には、ブリッジ(キャビン)のない小型船舶(船外機のみ)も多く使用されており、無線機用の外部電源を容易に確保することができないことが想定される。このため、電源が内蔵されている携帯型無線機の利用も多いものと推測されるため、昨年度の調査検討会においては、車載型無線機のみを用いた実証試験を行っていたが、本検討会では、携帯型と車載型における電波伝搬状況の比較を行うことで、デジタル地域振興用MCAを活用した利用モデルを導入するための利用環境の評価を行うこととした。

本実験においては、以下の3点について評価を行った。なお、デジタル地域振興用MCAの電波伝搬及びデータ伝送の評価は、いわゆるMCA方式の基本構成となる中継システムによって評価すべきものではあるが、基地局と移動局間での一周波単信方式による実験方法であっても伝搬特性等を十分確認できることから、同方式により評価を行っている。

実験項目と実験内容は以下のとおりである。

※実験局の諸元等は参考資料を参照

1. 通信可能エリアの評価

無線機を搭載した船舶で松島湾を移動しながら位置情報等のデータを伝送し、基地局において受信状況等を取得することで通信可能エリアを確認する。

この実験においては、船舶に車載型無線機と携帯型無線機の2種類を搭載し、種別の違いによる通信可能エリアを評価すること、また、基地局からみて島陰となる場所に移動したり距離を変えたりすることなどで受信状況を確認し、松島湾全域の通信可能エリアを評価する。

なお、車載型無線機のほうが携帯型無線機に比べて送信出力が高いため、より広域でのデータ伝送は車載型無線機のほうが優位と想定されるが、今回実験のフィールドに選択した松島湾での操業船の多くは小型船舶(船外機のみ)であり、外部電源が必要となる車載型無線機を搭載できる船舶が比較的少ないことから、船舶の規模に応じたシステム導入を想定するために車載型無線機と併せて、小型船舶にも携行できる携帯型無線機の両方での実験を行う。

2. 通信の安定性評価

約1ヶ月間に渡り車載型無線機を搭載した船舶から位置情報データ等を伝送し、長期間の船舶の航行時におけるデータ欠損状況を把握することでデータ収集の安定性を評価する。

また、船舶のエンジンのON/OFFに連動して無線システムを起動する仕組みを構築することにより、操業者が特別な操作を行うことなく自動的に位置情報等のデータが伝送されことを確認する。このデータ伝送により操業時の航路情報を蓄積し、サーバーを経由してWebアプリケーション上で動作させ、リアルタイムでの運航監視が行えることの確認を行う。

3. 戸別受信機音声出力による一斉送信（ラボ内検証）

同報的な情報伝達手段としての利用を想定し、他の複数の無線機に対し防災行政無線の戸別受信機の音声出力からの情報を一斉送信し、その音声品質等を確認することにより防災行政無線の補完的な利用等の可能性について評価を行う。

3.2 実験内容と結果

● 通信可能エリア比較実証実験

○ 実験内容

車載型無線機及び携帯型無線機による受信状況調査を行った。

実施日：平成 28 年 11 月 10 日 午前 9 時 50 分～午後 12 時 27 分

実施場所：宮城県松島湾内

実験方法：車載型無線機及び携帯型無線機を船舶に同時に搭載して、基地局側の受信電力レベルを測定し、同時に位置情報等のデータ収集を行った。（使用周波数は 385.35MHz）

なお、通信可能エリアを確認する場合は、基地局の送信波を移動局側で受信し、その受信電力レベルを測定する方法もあるが、本実験では移動局側に車載型と携帯型の 2 種類の無線機を使用し、その比較を行うためにそれぞれの移動局の送信波を基地局で受信し、その受信電力レベルを測定している。

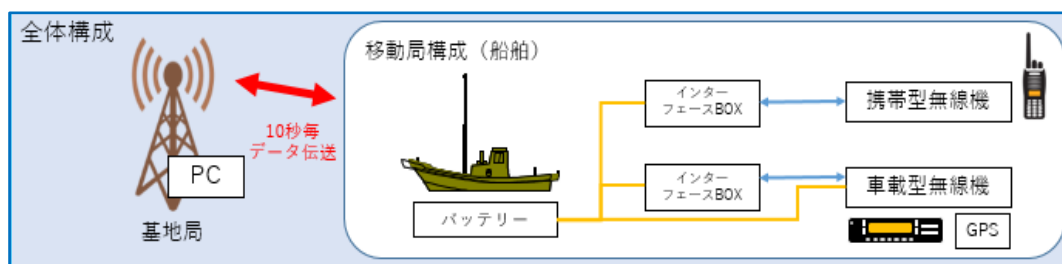


図 3-1. 通信可能エリア比較実証実験における無線システム全体構成



インターフェースBOX・車載型無線機



携帯型無線機

○実験結果

以下に車載型無線機および携帯型無線機における基地局の受信状況を、受信電力レベルに応じて色分けしたプロット図を示す。[プロット表記単位：dBm]



地理院地図（電子国土web）<http://maps.gsi.go.jp>を加工して使用

図 3-2. 車載型無線機における電波受信電力レベルプロット図



地理院地図（電子国土web）<http://maps.gsi.go.jp>を加工して使用

図 3-3. 携帯型無線機における電波受信電力レベルプロット図

ア 海上の地点別受信電力レベル比較

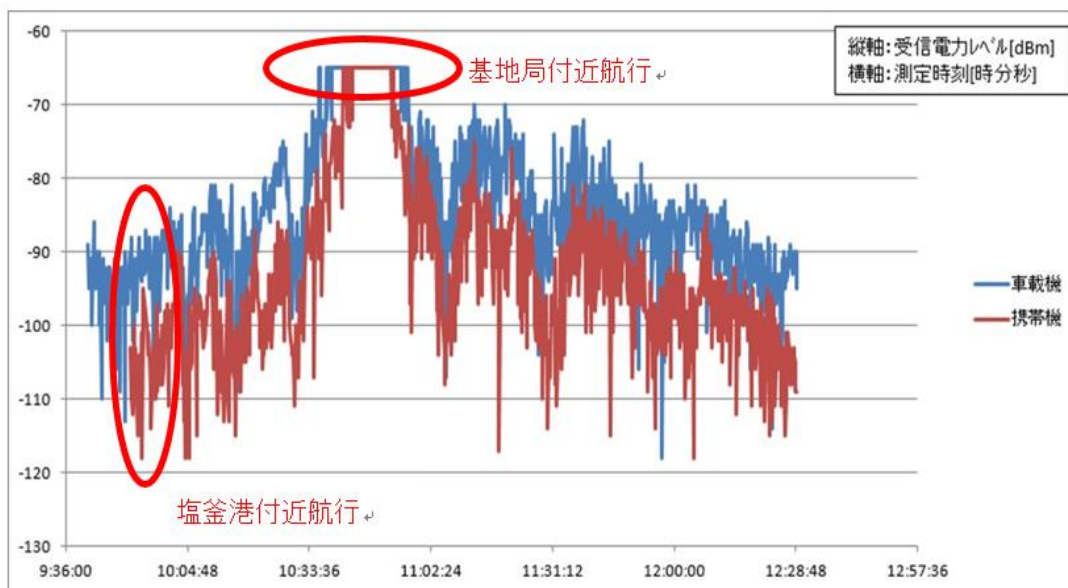


図 3-4. 基地局の受信電力レベル

測定事例として、基地局から最も離れた塩釜港付近（基地局からの距離 8.98km）における受信電力レベルの測定を行った結果、測定値は車載型無線機が -90dBm 、携帯型無線機で -118dBm 、差異が 28dB となった。送信機出力および空中線利得の差のほか、携帯型無線機の設置場所が船舶キャビンの右舷に固定しており、キャビンの陰になったことが計算外の大きなレベル差となったものと推測される。

イ 車載型無線機、携帯型無線機との欠損率比較

車載型無線機と携帯型無線機のデータが同時に存在する 9 時 50 分 30 秒から 12 時 27 分 40 秒までのデータを確認すると、10 秒に 1 回のデータ伝送を行う条件から、本来 945 個あるべきデータ数に対してログとして取得できた数は、車載型無線機で 942 個、携帯機無線機で 888 個であった。欠損率は車載型無線機で 0.3% に対して携帯型無線機で 6.0% となり差が生じた。携帯型無線機の欠損率 6% は無視できる数字ではないが、ログデータの解析の結果、連続した欠損は最大 50 秒（データ 4 個分）であり、十分実用に耐えられるものと判断できる。

● 通信の安定性実証実験

○ 実験内容

実施日：平成 28 年 11 月 13 日～12 月 13 日

実験場所：宮城県東名浜近郊

実験方法：車載型無線機を船舶に搭載し、テレメータ情報（位置情報）31 日間収集した。収集したデータを利用し、専用アプリケーションで運航状況を表示し Web 上での確認を行った。

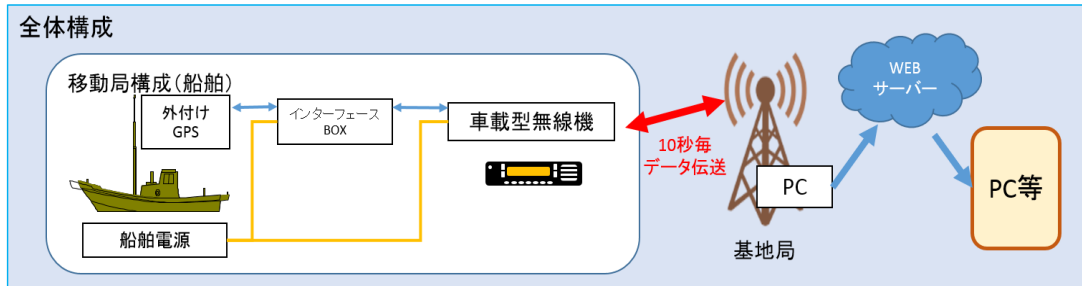
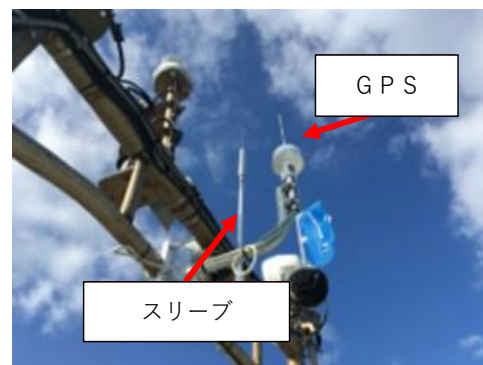


図 3-4. 通信の安定性実証実験における無線システム全体構成



船全体図



アンテナ・GPS

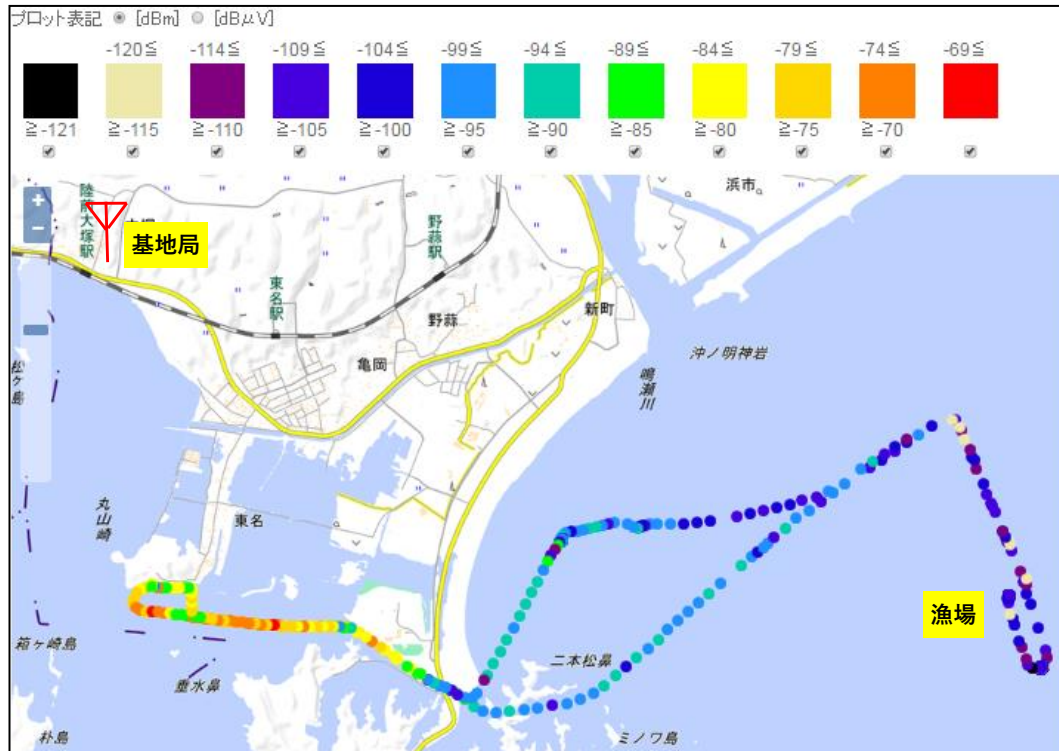


GPS取り付け



インターフェースBOX・車載型無線機

○実験結果



地理院地図（電子国土 web）<http://maps.gsi.go.jp> を加工して使用

図 3-5. 受信電力レベルプロット図（11 月 13 日）

実験に使用した船舶は牡蠣養殖漁業者の漁船を用いたため、実験期間中は、図に示した漁場付近の航行が主になっている。基地局と漁場は直線距離で約 5 km 程度離れている。

ア 船舶の運航状況 テレメータ情報の長期収集

（最良計測値）日時 平成 28 年 12 月 10 日（土）

計測開始 4 時 38 分 01 秒 ~ 計測終了 7 時 17 分 45 秒 データ欠損率 1.6%

（最悪計測値）日時 平成 28 年 11 月 27 日（日）

計測開始 6 時 04 分 36 秒 ~ 計測終了 9 時 44 分 41 秒 データ欠損率 8.7%

時間	降水量 (mm)	気温 (°C)	風速・風向	
			風速(m/s)	風向
6:00	0.0	5.6	1.2	北北西
7:00	0.0	5.3	0.8	北北西
8:00	0.0	5.8	1.4	北
9:00	0.0	6.5	1.7	北北西
10:00	0.0	7.2	2.1	北

図 3-6. 気象データ（平成 28 年 11 月 27 日）

データの一部に欠損が見られるが、位置情報（GPS）は時々刻々と伝送されること、また、テレメータデータ等についても、今後、再送制御等のアプリケーションが期待されることから、安定的なデータ伝送が可能であることが確認された。
 ※すべての欠損率のデータは参考資料2に示すものとする。

イ Webアプリケーションによるデータ伝送の検証



図 3-7. Webアプリケーション表示画面

安定的にデータ伝送ができていることを視覚的に確認するため、長期実証実験の船舶から位置情報（GPS）を取得し、基地局を経由しWEBサーバーへのデータ送信を行った。位置情報をインターネット経由によりWEBブラウザ上で閲覧可能なアプリケーションの実装を行い、データ伝送の有効性を確認した。WEBサーバーから30秒毎の位置情報を画面表示抽出し、PCやスマートフォン等の端末から、リアルタイムおよび過去履歴表示で運航状況の確認を行うことができた。

○ 災害発生時の実例



図 3-8. 11 月 22 日の航行データキャプチャ画面

11 月 22 日 午前 5 時 59 分に福島県沖地震（最大震度 5 弱）が発生し、直後に津波警報が発令された。この際、通常と同様にリアルタイムで船舶の航行状況の表示・確認を行うことができ、災害時の安否確認の有効性を実証することができた。

●戸別受信機音声出力伝送実験（ラボ内検証）

- ・ 車載機① → MCA システム②経由 → 移動局 B～F（③～⑦）へ一斉送信
- ・ 移動局 D、E（⑥、⑦）が通話中の場合はそれ以外の移動局（③～⑤）へ一斉送信

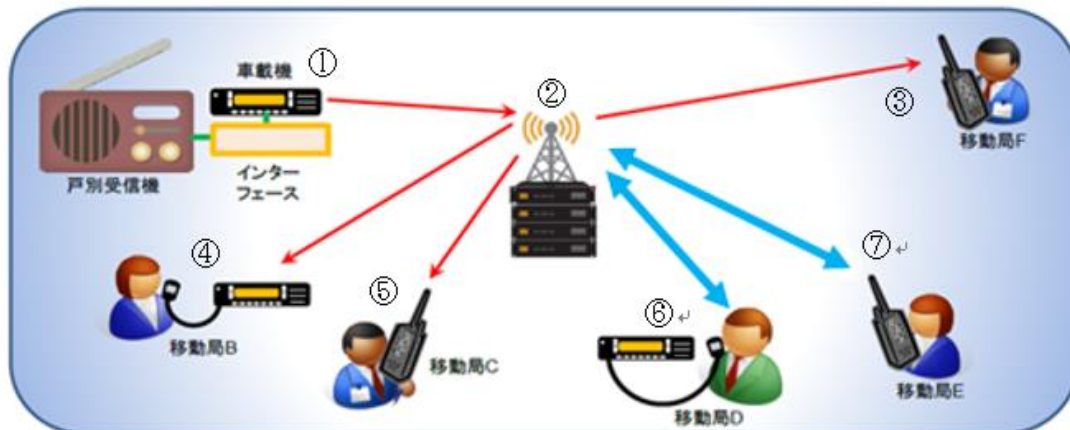


図 3-9. 個別音声出力伝送実験イメージ図

再生音声は実用上ほぼ問題のない音質で接続可能なことを確認した。チャイム、サイレン等の電子音は、試験装置に採用している音声符号化方式の特性により、崩れた再生出力となった。（※音声符号化方式：AMBE+2 3.6kbps）

●実証実験のまとめ

①通信可能エリア比較実証実験

車載型無線機と携帯型無線機における基地局側の受信電力レベルの差について確認を行った結果、ほぼ松島湾全域で両機種とも問題なく基地局間での通信が可能であることが確認できた。

携帯型無線機では使用者が携行することで、使用する船舶を特定しなくても良く機動性が高い点や、据付けが容易であるなどの柔軟性が高いというメリットがある。しかし、身体に身につける形で運用するため、身体が空中線を遮へいしてしまう場合があり、安定した通信環境を構築しきれないデメリットもある。他方、車載型無線機は携帯型無線機と比較し送信出力が高く、また、空中線も比較的高い位置に固定して設置できるため安定した通信が行え、より多くの種類のデータ伝送を行いたい場合に、センサ等からのデータ伝送の利用環境を構築しやすく、同一エリア内で携帯型無線機と比較した際にもデータ欠損率が低いため、より信頼性の高い通信が求められる際に優位である。

実験結果では車載無線機と携帯型無線機のいずれもある程度の通信可能エリアが確保できていることから、松島湾のように比較的小型な船舶が多い地域では携帯型無線機を利用することにより船舶自体に工事を施すこと無く、簡便に航行状況等をリアルタイムに把握することが可能となるなど、それぞれの地域での船舶の規模や航行エリア等の実情に応じて無線機の形態を選択することで利便性が高まるものと考えられる。

②通信の安定性の実証実験

31日間連続して、牡蠣養殖業の船舶に車載型無線機を設置し、のべ21日間の継続的なデータ収集を行った。その結果、島陰に当たる部分や、距離が遠い場所では欠損が見られたが、データ収集に関しては概ね問題なく行えることが確認できており、伝搬状況が悪い場所ではデータ欠損が生じているものの、船舶自体が移動することから恒常的に欠損が生じるものではなく、極めて短時間での周期で観測しなければならぬ情報以外であれば問題なく利用できるものと考えられる。なお、定点のセンサやブイ等では、その設置地点で欠損が生じるような場合には伝搬状況の改善が見込めないことも想定されるので、予め不感地点を把握するなどにより安定的な通信の確保を図ることが必要である。

また、専用 Web アプリケーションにより、リアルタイムでの航行状況を画面に表示し確認を行うことができるとともに、過去の履歴についても同様に閲覧することが可能であることなどを確認できた。このようにユーザーの利便性も踏まえた画面表示や履歴等を確認できる機能等を構築することが肝要と考えられる。

③戸別受信機音声出力伝送実験

音声について問題なく伝信が可能であることの確認はできたものの、電子音は音質が崩れてしまうという結果となった。音質については、音声符号化方式の特性に大きく依存し、また、狭帯域デジタル無線の伝送帯域に適用可能な音声符号化方式は、現状、選択肢が少ないと想定される。このため、防災無線の補完的な位置づけで利用する場合には、音声伝送は特に問題なく利用することは可能ではあるものの、サイレン、ミュージックチャイム等の電子音では音質が崩れる可能性があることを十分に留意することが必要である。

今実験では、データ伝送を主体として想定しているため、実験に使用したデータ容量は合計で 138 バイト（伝送時間は 800 ミリ秒）である。そこで 1 局あたり約 1 秒の送信時間とし、データ伝送を一律に 10 分間隔と想定した場合、単純計算では 1 周波数あたりで約 600 局が収容可能となるが、現実的には情報の種類によって伝送間隔を変えたり、音声通信が混在したりすることなどが想定されるため、実際の収容可能局数は単純計算よりも少なくなる。

収容局数については、平成 27 年度に実施した調査検討会で検討されており、音声と 200 バイト程度のデータ伝送を組み合わせた場合にはシステム全体で 153 局が収容可能と算出されている。この場合のデータ容量としては、全局が 6 分に 1 回の GPS データを送信し、12 分に 1 回の割合で 200 バイトのデータを送信する頻度であることから、海水温や潮位等のデータ量がそれぞれ約 20 バイト程度であれば、1 局あたり 10 種類のデータが 12 分に 1 回の頻度で伝送することが可能となり、水深毎の水温や潮位、気温、風速などの多種類のきめ細かなデータ取得が可能と考えられる。また、4 キロバイト程度のデータを 6 分に 1 回の割合で伝送する場合は収容局数が 93 局となるが、伝送するデータ容量や頻度に応じたシステム構築が可能である。なお、これらの収容局数は音声とデータを組み合わせたものであり、殆どがセンサなどからのデータ伝送が主体となる場合には収容局数は増える場合もあること、また、更に多値化した変調方式を採用した場合には収容局数の大幅な増加や、画像伝送などが可能となることも考えられる。