

海洋センサネットワークシステムのためのマリンプロードバンドの構築と評価

花井貴士 和田雅昭

公立ほこだて未来大学

本研究では高出力の無線 LAN システムを用いて沿岸海域に構築した高速で高帯域のネットワーク環境である“マリンプロードバンド”を提案する。活用方法としては、複数の小型漁船で計測したセンサデータを用いた海洋センサネットワークシステムなどがある。例えば、マリンプロードバンドを活用することにより複数の小型漁船の測深データをリアルタイムで収集し最新の海底地形図を作成することができる。このように、複数の小型漁船でセンサデータを共有することにより様々な海洋情報を可視化することが可能になる。マリンプロードバンドは、洋上に IT 技術を導入するための技術であり、操業支援のシステムだけではなく安全性の向上など様々な目的に活用できる。

キーワード:無線 LAN システム, IEEE802.11j, センサネットワークシステム, 沿岸漁業, 小型漁船

Construction of Marine Broadband Framework for Maritime Sensor Network Systems

Takashi Hanai and Masaaki Wada

Future University-Hakodate

In this paper, we propose the Marine Broadband Framework to assist the coastal fishing. The Marine Broadband Framework is wireless broadband network in coastal area by using wireless LAN system corresponding to IEEE802.11j standard. The Marine Broadband Framework could realize some maritime sensor network systems in the coastal fishing. For example, fishermen will be able to browse the latest bathymetric chart by collecting depth data in real-time from other small fishing vessels. The Marine Broadband Framework is useful not only to assist the coastal fishing but also to improve the safety operation.

Keywords: Wireless LAN, IEEE802.11j, Sensor network system, Coastal fishing, Small fishing vessel

1. はじめに

1.1 研究目的

沿岸漁業において、海底地形、海況、潮流などは操業に影響する重要な情報である。しかしながら、これらの情報は可視化されておらず現在も勘や経験による操業が続けられている。そこで、通信システムを用いて洋上にも様々な海洋センサネットワークシステムを実現することにより、海洋情報の可視化が可能になる。例えば、各小型漁船の魚群探知機のデータから最新の海底地形図や、魚群マップを作成することが出来る。しかし、現在の小型漁船に搭載されている無線電話やマリホンなどの無線システムは音声通信向きでデータ通信には適していない。従って、本研究では、沿岸海域に長距離通信が可能な IEEE802.11j 規格の無線 LAN システムを用いて ADSL 相当の通信速度を持つネットワーク環境“マリンプロードバンド”を構築し、沿岸漁業の効率化を図ることが目的である。

1.2 研究背景

沿岸漁業は海岸から約 20km の範囲で日帰り操業を行う漁業である。規模別漁船数 - 登録漁船 (昭和 22 年～平成 15 年) のデータ [1] によると、平成 15 年度の日本の漁船数は 320,010 隻であり、そのうち 10t 未満の漁船が 306,895 隻である。また、漁船の規模は操業の種類によって分類することが出来る。沿岸漁業に従事する漁船は通常、10t 未満の漁船であるため、日本の漁船の 9 割が沿岸漁業に従事する漁船であると考えることが出来る。

日本の漁業は 1980 年代をピークに漁獲量が減り続けている。原因としては漁業就業者数の減少、環境汚染による資源の減少などがある。図 1.1 に漁業就業者数と漁獲量の推移 [1] を示す。このような状況が続けば、現在よりも輸入に頼らなければなくなるため操業の効率化を図り現在の漁獲量を維持する必要がある。

一方、技術的な面に目を向けると近年ブロードバンドの発達にともないネットワークを活用した技術が第一次産業においても生産性の向上や効率化のために広く利用されている。例えば農業ではセンサネットワークシステムを利用した農地管理などが行われてい

る。しかし、洋上では陸上と異なり、電源の供給や設置コストなどの様々な問題があり容易に基地局を設置できる環境ではないため、洋上における IT 技術の導入はまだ進んでいない。従って、洋上に ADSL 相当の通信速度を持つネットワーク環境を構築することにより、操業の効率化につながるセンサネットワークシステムを実現する。

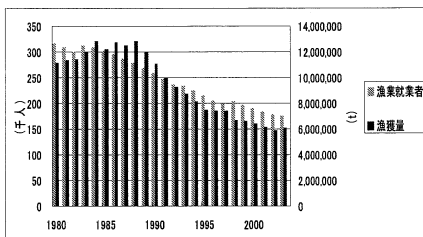


図 1.1 漁業従業者数と漁獲量の推移

1.3 使用する機器の概要

マリンブロードバンドには長距離通信が可能な IEEE802.11j 規格に対応した無線 LAN システムを使用する。本研究では現在国内で最も普及している StrixSystems 社製の Access/One OWS2400(以下、「OWS」という)と Access/One MWS100(以下、「MWS」という)の無線 LAN システムを選定した。

OWS はメッシュ型無線 LAN システムで、各ノードがアクセスポイント(以下、「AP」という)として機能するだけではなく、AP 間でも無線通信を実現したものであり、容易に通信エリアを拡大できる。また、OWS は複数のチャンネルをもつマルチ無線構造で、複数の AP を経由しても通信速度が落ちにくいという特徴がある。なお、OWS は気温-30℃から+55℃の環境でも動作保障されており、気温が低い冬季の北海道でも利用可能である。一方、MWS はネットワークの末端としての利用が前提とされており、OWS とは異なり中継局として利用することは出来ないが、OWS と比べて小型で安価という特徴がある。また、OWS 同様高速ハンドオーバーが可能で移動している車や、バス、船舶の中から陸上のメッシュネットワークへ接続可能である。表 1.1 に OWS および MWS の仕様を示す。これらの無線 LAN システムを用いてマリンブロードバンドを構築した。

表 1.1 無線 LAN システム仕様

型式	OWS2400	MWS100
無線 LAN 規格	IEEE802.11j/g	IEEE802.11j/g
周波数	4.9GHz/5.1GHz	4.9GHz/5.1GHz
通信速度	最大 54Mbps	最大 54Mbps
マルチ無線構造	有(最大 3 チャンネル)	無
特徴	大型で高価	小型で安価

本研究で使用したアンテナは指向性のパッチアンテナと無指向性のコリニアアンテナであり、状況に応じて使い分けた。陸上の基地局は固定であるため操業海域に向けた利得の高いパッチアンテナを利用し、移動局は向きが一定にならないため無指向性のコリニアア

ンテナを利用した。指向性のパッチアンテナは利得が 9.5dBi で E 面半値角は 20 度、H 面半値角は 35 度であり、様々な向きへアンテナを増やすことで通信範囲を拡大することができる。無指向性コリニアアンテナは利得が 4dBi で E 面半値角は 20 度である。表 1.2 に指向性パッチアンテナの仕様、表 1.3 に無指向性コリニアアンテナの仕様を示す。

表 1.2 指向性パッチアンテナの仕様

名称	導波器付 2 パッチ型平行アンテナ
型名	AT719
周波数	4.9GHz~5.1GHz
利得	9.5dBi
外形寸法	110×110×20mm

表 1.3 無指向性コリニアアンテナの仕様

名称	無指向性コリニア型アンテナ
型名	AT750
周波数	4.9GHz~5.1GHz
利得	4dBi
外形寸法	φ30mm×350mm

2. 関連研究

2.1 A Wireless Test Bed for Mobile 802.11 and Beyond

関連研究としてネブラスカリカン大学電気通信エンジニアリングラボの Michael Hempel, Hamid Sharif, Ting Zhou, Puttipong Mahasukhonra らが行っている研究 [2]がある。彼らは鉄道のような移動する環境の中で無線 LAN システムを用いて通信を行い、実効速度のパフォーマンスを研究している。使用した無線 LAN システムは本研究で使用するものと同じ OWS であったが、使用する無線 LAN 規格が異なり、この研究の場合は IEEE802.11b の規格を使用している。また、無線 LAN の送信出力も国によって異なり、日本は最大 10mW/MHz だがアメリカの場合は最大 4,000mW と同じ規格でも国によって条件は異なる。複数の AP を利用し、異なる速さで移動している鉄道との通信実験では、移動距離が 4.8km で時速 60km でも 2-6Mbps 程度の通信が可能であったと報告されている。

2.2 条件不利地域におけるブロードバンド化促進のためのラストワンマイル高速無線 LAN ネットワークシステムの技術条件に関する調査検討

総務省沖縄総合通信事務所は、利用者が少人数であるためネットワークの運用コストが大きくなる地域や、地形的に有線によるネットワーク接続が困難な地域に対して、高速無線 LAN システムの実用性、実現性の検討 [4]を行っている。使用した無線 LAN は本研究と同じ OWS である。検討方法として固定間通信の技術検討とラストワンマイルネットワークの技術検討が行われている。検討の結果、4km 程度であれば 40Mbps の固定間通信が可能で、ラストワンマイルネットワークにおいても高速接続が可能であった。しかし、外来電波

の影響や、地形条件による通信速度の低下、周辺の同一システム利用者が傍受する可能性などの課題が挙げられている。

2.3 島嶼地域における高出力無線LAN等の利活用技術に関する調査検討

本研究で用いる IEEE802.11j 規格の無線 LAN システムを用いた取り組みとして島嶼地域の特性を活かしたネットワークの構築[3]が挙げられる。港周辺に島民の生活圏が多く、島全体をサービスエリアとして考える必要がない場合、対岸やその周辺を運航する船舶を利用してネットワークを構築行っている。

使用した無線 LAN システムは本研究と同じ OWS である。利点として維持費用を削減でき、有線では困難な地域にもサービスエリアを拡大できるという点がある。しかし、通信経路が海上であるため海面の変化による影響を受けることや、船舶の姿勢が一定ではないことから通信品質に影響を与えてしまうなどの本研究においても考えられる課題を挙げている。

3. 実験

3.1 稚内実験

3.1.1 実験目的

実験目的は基地局と移動局との間で通信を行い OWS, MWS の通信エリア評価と、性能評価を行うことである。

3.1.2 実験概要

2008 年 6 月 30 日稚内沿岸海域で実験を行った。使用した無線 LAN システムは 1.3 章で述べた OWS と MWS である。

基地局は稚内水産試験場の屋上に設置し、洋上の移動局は稚内水産試験場の調査船北洋丸に設置した。記録したデータは、通信実効速度、受信強度、GPS による位置情報の 3 つである。受信強度は OWS から直接取得するため、マクロプログラムを利用した。また、実効速度は直接取得できないため、通信速度測定ツール Lancheck を用いて計測した。そのため基地局と移動局に Lancheck をインストールしたノート PC を 2 台ずつ準備し OWS, MWS に有線で接続した。アンテナは、基地局は固定局であるため、指向性のパッチアンテナを設置し、移動局は向きが一定にならないため無指向性のコリニアアンテナを設置した。アンテナの高さは、基地局は海面から約 16m、移動局は海面から約 10m である。移動局に OWS, MWS を設置、基地局に OWS を 2 台設置し、一方を OWS 同士(以下、「OWS-OWS 間通信」という)、もう一方を MWS と OWS の組み合わせ(以下、「OWS-MWS 間通信」という)で通信を行った。使用した周波数は OWS-OWS 間通信が 4,980MHz、OWS-MWS 間通信が 5,040MHz である。図 3.1 に実験の概要図を示す。

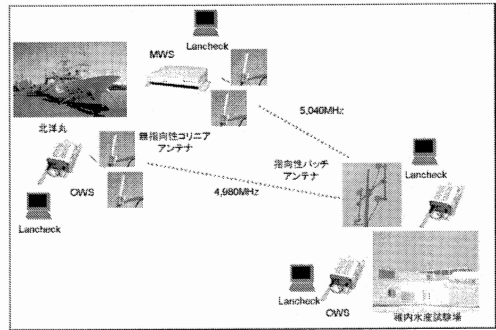


図 3.1 稚内実験概要図

3.1.3 実験結果

移動局から基地局への通信をアップロードとした場合、計測した OWS-OWS 間通信の実効速度のデータ数はアップロードが 453 件、ダウンロードが 465 件、OWS-MWS 間通信のデータ数はアップロードが 239 件、ダウンロードが 254 件である。また、送信ファイルサイズは 10MB である。航行エリアは、海岸線から約 15km の範囲である。

OWS-OWS 間通信ではほぼ全ての航跡でデータ計測できていたのに対し、OWS-MWS 間通信では基地局から約 13km の範囲となり、OWS-OWS 間通信の方が広い範囲でデータ計測が出来た。図 3.2 に OWS-OWS 間通信、図 3.3 に OWS-MWS 間通信の実効速度の結果を示す。アップロードを○印でダウンロードを×印でプロットしている。OWS-OWS 間通信では 10km 以上の距離でも 5Mbps 以上の通信速度が得られているが、OWS-MWS 間通信では 5km 以降になると急激に落ち込み、15km の距離になると通信が出来ていないのが確認できる。次に、1km 間隔で実効速度の平均値を計算した。図 3.4 に OWS-OWS 間通信、図 3.5 に OWS-MWS 間通信のグラフを示す。3km の範囲まではどちらの組み合わせも 4Mbps を越える実効速度が得られているが、5km 以降になると OWS-MWS 間通信は OWS-OWS 間通信の半分以下の実効速度しか得られないという結果であった。

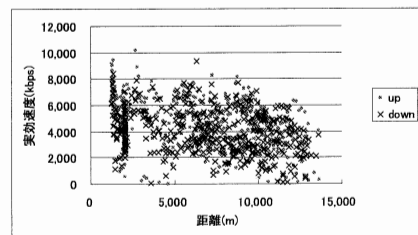


図 3.2 OWS-OWS 間通信の実効速度

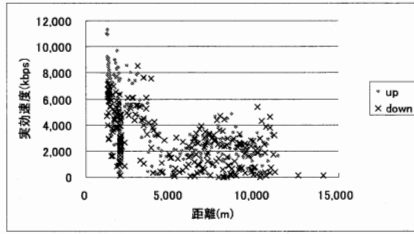


図 3.3 OWS-MWS 間通信の実効速度

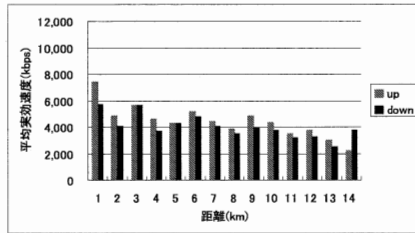


図 3.4 OWS-MWS 間通信の平均実効速度

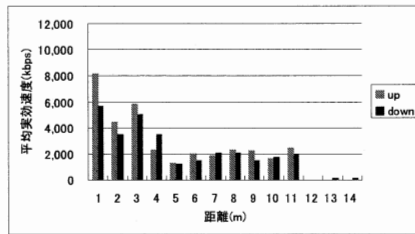


図 3.5 OWS-MWS 間通信の平均実効速度

計測した受信強度のデータ数は OWS-OWS 間通信の移動局側は 4,256 件、基地局側は 1,310 件であり、OWS-MWS 間通信の基地局側は 2,164 件であった。なお、MWS はマクロプログラムでデータが取得できなかったため OWS-MWS 間通信の移動局側は計測をしていない。図 3.6 に OWS-OWS 間通信の移動局側、図 3.7 に OWS-OWS 間通信の基地局側、図 3.8 に OWS-MWS 間通信の基地局側の受信強度の計測結果を示す。結果に大きな差は見られなく 2km の距離で -70dBm 以上の受信強度が得られ、10km 以降になると -80dBm 以下という結果であった。また、1km~6km の範囲を見ると受信強度が変動し不安定な部分を確認できる。

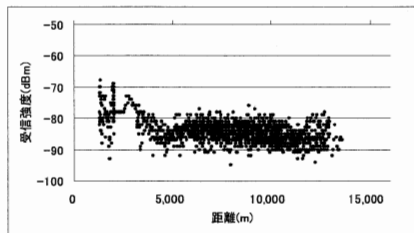


図 3.6 OWS-OWS 間通信の移動局側受信強度

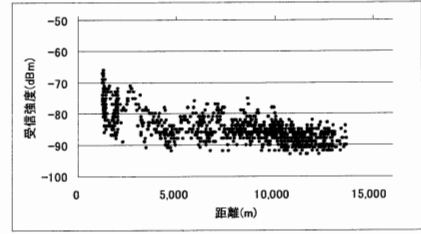


図 3.7 OWS-OWS 間通信の基地局側の受信強度

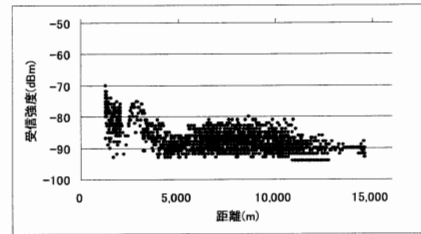


図 3.8 OWS-MWS 間通信の基地局側の受信強度

3.2 電波伝搬による評価

3.2.1 ハイトパターン

ハイトパターンとは、アンテナの高さ以外の通信条件が一定のときのアンテナの高さと電界強度の関係を表したものである。電波は周波数や通信距離、アンテナ高に依存して受信強度が大きく変化する。ハイトパターンの理論値は 2 波モデル[5]と呼ばれ、海面や大地からの反射波と直接波の合成波を計算する。稚内実験は洋上で行ったため十分な見通しがあり、ハイトパターンの理論値の計算が適用できた。稚内の実験データの理論値を計算した結果、図 3.9 が OWS-OWS 間通信の移動局側のグラフ、図 3.10 が OWS-OWS 間通信の基地局側のグラフで、図 3.11 が OWS-MWS 間通信の基地局側のグラフである。図の実線が 2 波モデルによる理論値で、○印は比較しやすいよう 10m 間隔で実測値の平均を計算したグラフである。理論値をみると、1km から 6km の範囲でフェージングにより大きく変動していることが確認できる。フェージングとは、多重伝搬された電波が受信点で合成されるときに位相差が発生し、受信強度が大きく変動してしまう現象のことである。位相が合えば増加し、逆位相だと減衰する。このため稚内実験ではフェージングにより 1km~6km の範囲で受信強度が不安定になったと考えられる。

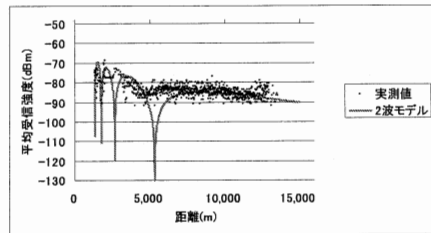


図 3.9 OWS-OWS 間通信の移動局側理論値

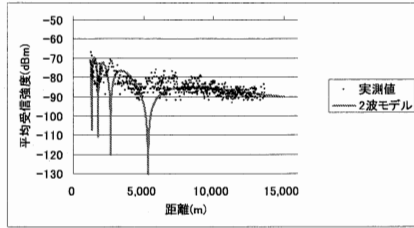


図 3.10 OWS-OWS 間通信の基地局側理論値

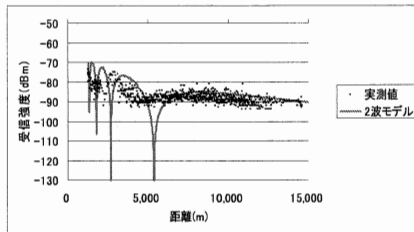


図 3.11 OWS-MWS 間通信の基地局側理論値

3.2.2 フェージング対策

フェージング対策として、ダイバーシティ受信が挙げられる。ダイバーシティ受信とは、互いに相関の少ない 2 つ以上の通信経路を切り替え、または合成して受信することによりフェージングの影響を軽減する技術である。代表的なものでは空間ダイバーシティ、周波数ダイバーシティなどがある。空間ダイバーシティは空間的に離れた 2 個以上のアンテナで同一送信波を受信する方法である。また、周波数ダイバーシティは搬送周波数による受信電力の相関の違いを利用する方法である。周波数ダイバーシティは送信機と周波数が複数になることからあまり利用されないが、OWS はネットワークボードを複数持つことができるため利用することができる。そこで本研究では空間ダイバーシティと周波数ダイバーシティを利用することによりフェージングの影響を軽減できると考えた。

3.3 緑の島実験

3.3.1 実験目的

実験目的は OWS、MWS の組み合わせで通信を行い、長距離通信の周波数による実効速度と受信強度の違いを検証することである。

3.3.2 実験概要

2008 年 12 月 22 日と 27 日に函館緑の島と有川埠頭間で実験を行った。2 点間の距離は 2,785m である。緑の島の北側に OWS とノート PC を設置し、有川埠頭に MWS とノート PC を設置し通信を行った。データ計測方法は稚内の実験と同様に通信速度測定ツール Lancheck とマクロプログラムを使用した。送信ファイルサイズは 10MB である。使用したアンテナは指向性のパッチアンテナで、アンテナ高が緑の島が海面から約 2.68m、有川埠頭が海面から約 2.60m である。

実験は IEEE802.11j で使用が許されている 4,920, 4,940, 4,960, 4,980, 5,040, 5,060, 5,080MHz の全ての周波数で検証を行った。なお、それぞれの周波数のデータ計測時間は 1 時間である。ただし、4,920MHz の周波数のみ時間の関係で 10 分間の計測となった。図 3.12 に実験概要図を示す。

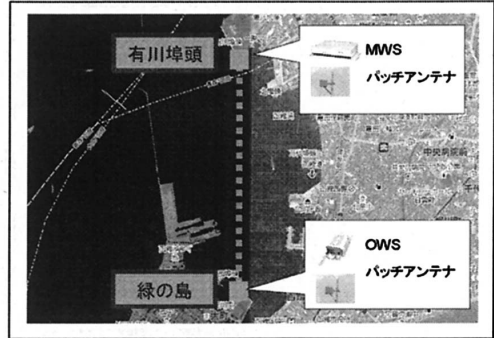


図 3.12 緑の島実験概要図 (googleMap)

3.3.3 実験結果

計測した実効速度と受信強度の平均値を計算した。図 3.13 に平均実効速度、図 3.14 に平均受信強度のグラフを示す。どの周波数でも 5Mbps~6Mbps 程度の実効速度が得られ、最も高い速度が得られたのは 5,060MHz であった。また、4.9GHz 帯に比べ、5.1GHz 帯の方が平均的に高い実効速度が得られ、受信強度も同様の傾向が確認できた。最も高い受信強度は 5,080MHz であった。理論値を見てみると、図 3.14 より高周波になるにつれて理論値の値が低下する傾向が見られるが、実測値は反対で高周波になるにつれて良好な結果であった。後に StrixSystems 社に確認したところ、今回使用したアンテナは高周波よりに特性を合せていることが判明し、実験結果はアンテナの特性を反映している。

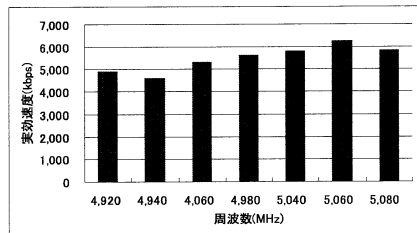


図 3.13 平均実効速度

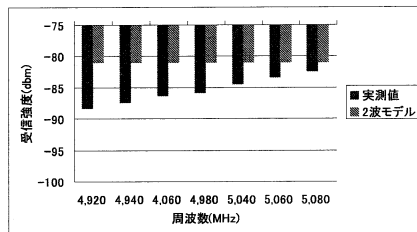


図 3.14 平均受信強度

3.4 函館実験

3.4.1 実験目的

実験の目的は基地局と移動局の間に中継局を設置し、マルチホップ通信時の実効速度と受信強度の検証を行うことである。

3.4.2 実験概要

2009年1月13日函館沿岸海域で実験を行った。実験時間は10時00分から15時40分の5時間40分である。基地局を公立はこだて未来大学屋上、中継局を北海道大学水産学部の屋上、移動局をイカ釣り漁船第五晃翔丸に設置し、通信を行った。なお、北海道大学とはこだて未来大学の距離は約5,416mで、晃翔丸は北海道大学から約10,000mの範囲を航行した。

無線LANシステムは、はこだて未来大学にMWS、北海道大学および晃翔丸にOWSを設置した。アンテナは稚内実験同様、移動局の晃翔丸に無指向性コリニアアンテナを設置し、基地局および中継局には指向性パッチアンテナを設置した。また、晃翔丸と北海道大学間の通信には異なる周波数のアンテナを上下に160cm程度差をつけて設置することにより空間ダイバーシティと、周波数ダイバーシティを組み合わせる実験を行った。周波数は北海道大学-晃翔丸間に4,940MHzと4,960MHzを使用し、北海道大学-はこだて未来大学間に4,920MHzを使用した。また、晃翔丸のOWSには4,940/4,960MHzどちらの周波数も受信できるように設定した。

アンテナの高さは晃翔丸が海面から約5.85m、はこだて未来大学は海面から約149.80mであった。また、ダイバーシティ受信を利用したため北海道大学のアンテナ高は4,940MHzのアンテナが海面から約27.58m、4,960MHzのアンテナが海面から約29.24m、4,920MHzのアンテナが海面から約28.77mであった。なお、固定局のアンテナは平均海面からの高さである。データ計測方法は晃翔丸と北海道大学およびはこだて未来大学にサーバを設置し計測を行った。図3.15に実験概要図を示す。

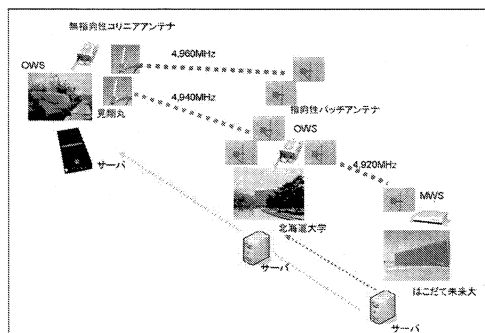


図 3.15 実験概要図

3.4.3 実験結果

実効速度のデータ数は、北海道大学-晃翔丸間が62件、はこだて未来大学-晃翔丸間が63件、北海道大学-はこだて未来大学間が80件である。図3.16に晃翔丸-北海道大学-はこだて未来大学間の全ての実効速度の結果を示す。横軸は北海道大学と晃翔丸との距離であり、○印が北海道大学-晃翔丸間のデータ、×印がはこだて未来大学-晃翔丸間の通信では4km~5kmまでは7Mbps~8Mbpsと高い数値が得られているが、徐々に落ち込み、10kmになると2Mbps~3Mbpsという結果であった。一方、はこだて未来大学-晃翔丸間の通信ではAPを1ホップしたことによって速度が落ち、2Mbps~5Mbpsであった。なお、実験中は途切れることなく全ての通信のデータ計測が出来ていた。

実効速度のデータを1kmおきに平均値を計算したグラフを図3.17に示す。こちらの図でも北海道大学-晃翔丸間の通信は4km以降で実効速度が徐々に減少していくのが確認できる。はこだて未来大学-晃翔丸間では8kmまでは北海道大学-晃翔丸間より低い速度だが、9km以降になるとほぼ変わらないという結果であった。次にははこだて未来大学-北海道大学間の通信実効速度の結果を図3.18に示す。はこだて未来大学-北海道大学間は位置が固定されているので、実効速度のデータを時系列に並べた。図を見ると平均的に5Mbps程度の実効速度が得られているのが確認できる。実効速度の平均値は5,018kbpsであった。

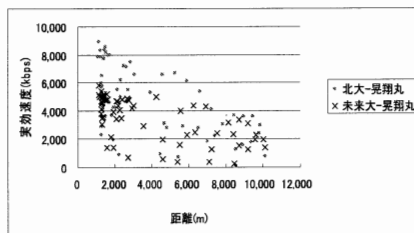


図 3.16 晃翔丸-未来大実効速度データ

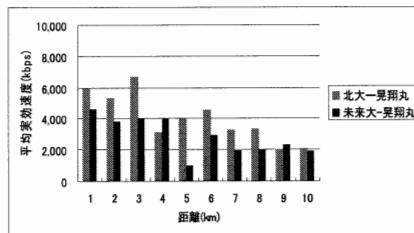


図 3.17 晃翔丸-未来大実効速度平均

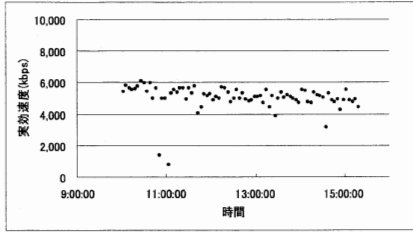


図 3.18 北大-未来大実効速度データ

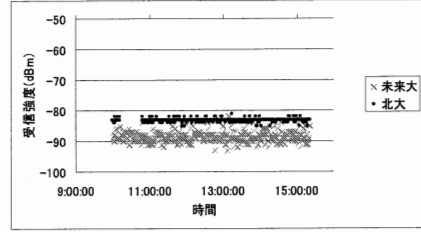


図 3.21 未来大-北大受信強度データ

計測した受信強度のデータ数は北海道大学に設置した OWS の 4,960MHz が 22 件, 4,940MHz が 234 件, 4,920MHz が 286 件である。また、晃翔丸に設置した OWS のデータ数は 256 件、はこだて未来大学の MWS のデータ数は 318 件である。図 3.19 に北海道大学に設置した OWS を受信局とした場合の北海道大学-晃翔丸間の結果を示す。大半は 4,940MHz の周波数で通信を行っていることが確認できる。また、稚内の実験結果と同様に受信強度が変動し不安定になる部分が確認できる。図 3.20 に晃翔丸に設置した OWS を受信局とした場合の結果を示す。図 3.19 とあまり差は見られなく、同様に受信強度が変動しており、フェージングの影響を受けていることが確認できる。次に図 3.21 に北海道大学-はこだて未来大学間のそれぞれを受信局とした場合の受信強度の結果を示す。○印がはこだて未来大の MWS のデータ、×印が北海道大学の OWS のデータである。北海道大学側の OWS の受信強度は比較的強い数値が得られ、平均値は-83dBm であった。一方、はこだて未来大学側の MWS の受信強度は-80~-95dBm とばらつきがあり、平均値は-88dBm であった。

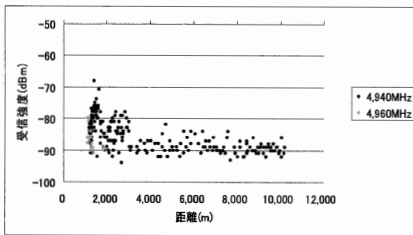


図 3.19 北大受信強度データ

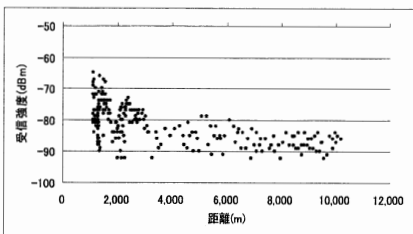


図 3.20 晃翔丸受信強度データ

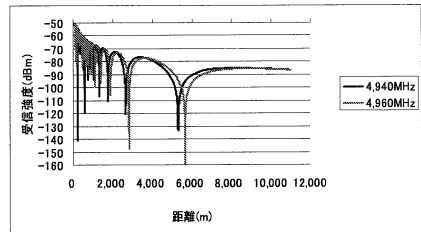


図 4.1 北大-晃翔丸間の理論値

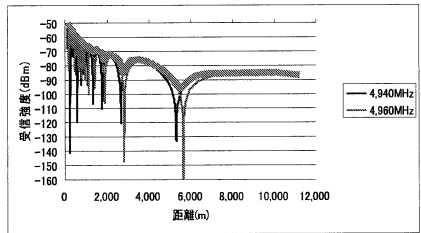


図 4.2 北大-晃翔丸間の予想していた理論値

4. 考察

4.1 ダイバーシティ受信によるフェージング対策

函館実験の結果を見ると、北海道大学-晃翔丸間の通信では大半の通信を 4,940MHz の周波数で通信を行っていたため、ダイバーシティ受信の効果がなく、フェージングの影響を受けていた。図 4.1 は函館実験の北海道大学-晃翔丸間の 2 波モデルによる理論値である。実験前は周波数による通信経路の切り替えを行うことにより図 4.2 の太線の値が得られることを想定していた。後に、StrixSystems 社に確認したところ、OWS はネットワークボード間で通信が確立すると通信が途切れるまでその通信を保持する特性があるため、周波数による通信経路の切り替えが行われなかったと判明した。一方、同じネットワークボードに接続したアンテナ間の受信強度による通信経路の切り替えは瞬時に可能である。なお、OWS は 1 つのネットワークボードに 2 つのアンテナを接続することが出来、複数のネットワークボード間の通信経路の切り替えに比べ、1 つのネットワークボードに接続したアンテナの切り替えに特性がある。そのため、OWS を使用する場合は同一周波数のアンテナ高の高さを変えることにより、効果的にダイバーシティ受信が出来ると考えられる。

4.2 マルチホップ通信と送信出力

稚内実験では OWS-OWS, OWS-MWS の組み合わせで直接 15km の通信を行った。また、函館実験では間に中継局を設置し OWS-OWS-MWS の組み合わせで 15km の通信を行った。

図 3.4 を見ると稚内実験の結果、OWS-OWS 間通信では 10km の距離で 5Mbps の実効速度が得られ、15km の距離で 3Mbps 程度の実効速度が得られることが確認できた。また、図 3.5 を見ると OWS-MWS 間通信では 5km 以降になると急激に落ち込み、OWS-OWS 間通信に比べて大きく下回り、15km になるとデータ計測が出来なかった。一方、函館実験の結果図 3.17 を見ると中継局を置くことで、はこだて未来大学に設置した MWS からみて 15km の範囲でも平均して 2Mbps 程度の実効速度が得られることが確認できた。なお、はこだて未来大学に OWS を設置した場合はさらに良い実効速度が得られると推測できる。また、函館実験では北海道大学-晃翔丸間の通信は 1 度も途切れることなくデータ計測ができていたため通信エリアはさらに拡大が可能である。

稚内の実験結果と函館実験の結果より、マルチホップ通信を用いることで海岸から 10km の距離で 5Mbps, 20km の距離で 1~2Mbps の通信速度を持つネットワークが構築できると考えられる。

しかしながら、洋上でのマルチホップ通信は電波法で規制されており、現在総務省に実験試験局の申請をしている。また、OWS および MWS の送信出力は 250mW まで設定可能だが、電波法により規制され本研究では半分の 125mW に設定している。洋上でのマルチホップ通信と同様に実験試験局に申請中で、送信出力を 250mW に設定することにより、容易に通信エリアを拡大することが出来る。OWS および MWS は受信強度が -95dBm を下回ると通信できない仕様である。そこで、図 4.3 に送信出力が 125mW と 250mW の場合における受信強度の理論値を示す。なお、送信出力以外の条件は函館実験時における北海道大学に設置した 4,949MHz の場合である。125mW では 20km で -95dBm に達しているのに対し、250mW の場合は 25km である。従って送信出力を 250mW に設定することにより通信距離が拡大出来ると考えられ、中継局を置くことなく海岸から 20km 以上での利用が可能になる。

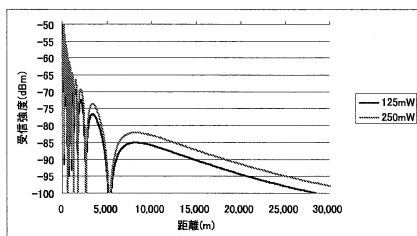


図 4.3 125mW と 250mW の場合の理論値

5. まとめ

本研究では高出力無線 LAN システムを用いて沿岸海域に構築した高速で高帯域なネットワーク環境を”マリンブロードバンド”と定義し、海岸線から 20km の範囲で ADSL 相当の通信速度を持つことを目標とした。稚内実験と函館実験の結果から、マルチホップ通信を用いることにより海岸から 10km の範囲で 5Mbps, 20km の範囲で 1~2Mbps の通信が利用でき、目標とするマリンブロードバンドの構築が可能である。

平成 20 年度からマリンブロードバンドを留萌沿岸海域で運用しており、平成 21 年度からは稚内沿岸海域で運用を開始する。また、函館沿岸海域でも運用を計画しており今後は海洋センサネットワークシステムの構築と評価を行う計画である。

謝辞

実験にご協力を頂きました北海道立稚内水産試験場、Strix Systems Inc. の皆様に厚く御礼申し上げます。本研究は、総務省「戦略的情報通信研究開発推進制度地域情報通信技術振興型研究開発(SCOPE-C)」の支援により実施しています。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- [1]総務省 統計局・政策統括間(統計基準担当)・統計研修所:統計局ホームページ/第7章 農林水産業 <http://www.stat.go.jp/data/chouki/07.htm>
- [2] Michael Hempel, Hamid Sharif, Ting Zhou, Puttipong Mahasukhon, A Wireless Test Bed for Mobile 802.11 and Beyond(2006).
- [3]島嶼地域における高出力無線 LAN 等の利活用技術に関する調査検討, 2008.12.4
- [4]総務省沖縄総合通信事務所:条件不利地域におけるブロードバンドか促進のためのラストワンマイル高速無線 LAN ネットワークシステムの技術的条件に関する調査検討 <http://www.okinawa-bt.soumu.go.jp/musentuusin/kenkyu.html>, 2008.3
- [5]サーキットデザイン株式会社 電波伝搬損失 <http://www.circuitdesign.jp/ip/technical/siryo5.asp>