

総務省九州総合通信局受託業務「5GHz帯無線アクセスシステムの長距離電波伝搬特性及び集中豪雨減衰に関する調査検討会」レポート

Report on Investigation and Consideration of Long Distance Radio Wave Transmission Characteristics and Attenuation during Intense Rain of 5GHz Band Access Systems, undertaken by Kyushu Bureau of Telecommunications, Ministry of Internal Affairs and Communications

松岡 邦夫 三浦 博之 菅谷 隆文
Kunio Matsuoka Hiroyuki Miura Takabumi Sugaya
小笠原 勝 藁科 正秀
Masaru Ogasawara Masahide Warashina

要 旨

本調査検討は、本土等から長距離に位置する離島との無線ブロードバンドによる中継通信回線として5GHz帯無線アクセスシステムを選定し、長距離海上電波伝搬特性及び近年の降雨の特徴でもある短時間集中豪雨の減衰特性について技術的調査検討を実施し、より通信回線の信頼性を高めると共に、周波数の有効利用に貢献することを目的に調査検討会、電波伝搬試験等の実施について委託された業務のレポートである。

Abstract

This is a report on our technological investigation and consideration of the 5GHz radio access system that has been chosen as the radio broadband relay communications network for small islands distant from Japan's main islands, in particular the system's long distance radio wave transmission characteristics over water and signal attenuation characteristics during brief intense rains which have been occurring recently, on investigatory and deliberative meetings intended to contribute to increasing reliability and to effective use of radio frequencies, and on transmission tests etc., which have been entrusted to us to carry out.

1. ま え が き

本調査検討は2008年度行われた、複数の周波数帯での電波伝搬試験結果に基づき、長距離海上電波伝搬に最も適する結果となった5GHz帯をより深く調査検討する内容であり、ここでは2009年7月～10月に行われた伝搬試験について内容と結果をレポートする。

2. 概要

調査検討内容は2008年度に行われた内容の継続であることから、試験場所は2008年度と同じ、熊本県～長崎県の海上伝搬路、約20kmの区間において表1の内容で行った。

表1 伝搬実験項目

Table 1 Propagation test items

(1)	降雨減衰特性（短時間集中豪雨等の調査）
(2)	気象・海象条件下での電波伝搬特性 マルチパスフェージングに関するデータ測定
(3)	最適アンテナ海拔高に関するデータ測定
(4)	アンテナ伝送技術比較に関するデータ測定 アンテナ偏波ダイバーシティの伝搬試験 ① 円偏波スペースダイバーシティ方式 ② 偏波面ダイバーシティ方式
(5)	伝送品質試験 ① 実効速度（スループット）測定 ② パケットロス ③ 最大伝送速度 ④ 映像伝送・画質評価

本試験で用いた無線装置は導入性を考慮し、汎用品である当社製品でIEEE802.11j準拠の4.9GHz無線LAN装置JRL-749を使用したシステムで構成した（注）。システム構成図を図1に本装置の基本性能を表2に示す。

試験は降雨の多い7月～10月にかけて表1に示す内容を課題とし、図2に示すとおり有明海を挟む「熊本県宇土市（肥後長浜）」～「長崎県島原市（白土町）」の約20km区間で行った。

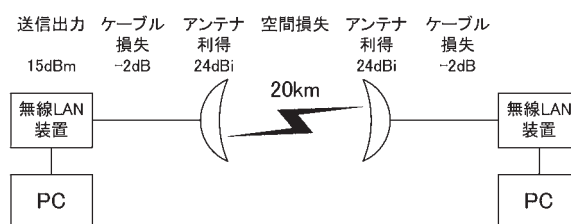


図1 システム構成図

Fig.1 System configuration

（注）無線システムは「実験試験局」免許を取得した。

表2 JRL-749無線LAN装置の基本仕様

Table2 Specifications of JRL-749 Wireless LAN

項目	仕様
無線LAN装置	
適用規格	IEEE802.11j準拠
周波数帯	5GHz帯(4.9~5.0GHz)
伝送容量	6/9/12/18/24/36/48/54Mbps
変調方式	OFDM
送信出力	+15dBm以下(20MHzシステム)
アンテナ端子	2個(ダイバーシティ用)
有線インタフェース	Ethernet(10/100BASE-T)
パラボラアンテナ	
利得	24.0dBi
半値角	約7~8°



図2 電波伝搬実験場所

Fig.2 Location of radio propagation test

3. 実験測定内容

(1) 降雨減衰特性に関するデータ測定

近年、地球温暖化の影響か、短時間での集中豪雨いわゆるゲリラ豪雨が多発している。一般的に5GHz帯は降雨による影響の少ない周波数である。実用20kmという長距離において伝搬路における集中豪雨の直接の影響を確認した。その他、間接的な別要因との影響を含めた相乗的な現象、影響について、夏季の長期間の電波伝搬試験を行うことで、梅雨、ゲリラ豪雨、台風等での降雨減衰特性の調査を行っている。

(2) 気象・海象条件下での電波伝搬特性

マルチパスフェージングに関するデータ測定海上伝搬では、一般に送信アンテナから受信アンテナに直接届く直接波と海面で反射して届く反射波の2つの波が合成されたRSSIとなる。また海面での反射以外の異常伝搬による電波との合成が複雑に影響し合う事も予測されるが、ここでは影響の大きい海面反射による受信レベルへの影響を把握し、信頼性の高い無線方式を考察するために、気象・海象データと合わせて特性を調査している。

(3) 最適アンテナ海拔高に関するデータ測定

直接波と海面反射波との合成波のRSSIは、2つの波の経路差が大きく影響する。更に海上では潮位の変動により経路差も変動する。

有明海は潮位の差が約5m程度と日本でも有数の干満差が大

きい場所である。潮位変動による伝搬経路差は約3cmである。これは5GHzの波長約6cmの半分の長さに相当し、RSSIは潮位変動により図3に示すハイトパターン上のピークからヌルの間に最大30dB以上変化することになる。これらの影響を回避するため、計算値とアンテナ高を変化させた測定値を比較して、長距離海上伝搬における最適なアンテナ高について調査している。

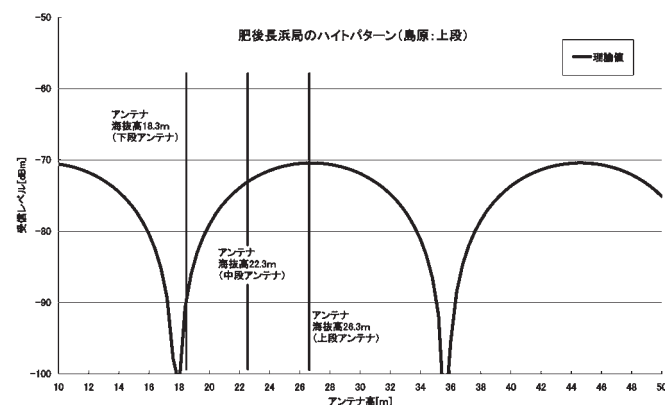


図3 ハイトパターン

Fig.3 Height pattern

(4) アンテナ伝送技術比較に関するデータ測定

今回の試験で、円偏波、水平偏波、垂直偏波の3種類の偏波面のアンテナ(一次放射器)を準備し、伝搬試験でその特性を比較調査している。また、安定的な特性を得るための手法のひとつであるダーバーシティ方式についても合わせて検討している。

(a) 円偏波スペースダイバーシティ方式の検討

円偏波アンテナは垂直偏波成分と水平偏波成分の合成であり、各偏波成分を補完し合うため、長期的には良い特性を得ることができると言われる事から、本試験では円偏波アンテナを基本に使用している。

直接波と反射波の合成による受信電力と受信アンテナ高の関係は図3に示すハイトパターン図で表され、RSSIは潮位変動によりこのパターンのように変化する。このハイトパターンのピークおよびヌルとなる位置にアンテナを設置し、潮位変動に連れ変化するRSSIの良いアンテナを選択することにより、理想的には常に高いRSSIが得られることになる。この方式をスペースダイバーシティ方式と呼び、今回のような長距離海上伝搬では安定した回線構築に効果があるとされる事から、最適なアンテナ位置の検証を行うと共にスペースダイバーシティ構成による効果の有効性を確認した。

(b) 偏波ダイバーシティの検討

垂直偏波と水平偏波の海面での反射傾向に相違があり、海上伝搬でのRSSI特性では垂直・水平の相関関係が低いと想定されたことから、今回はこの相関関係の低さに着目する。垂直と水平の各成分を合成した円偏波アンテナで送信して円偏波成分を垂直偏波と水平偏波に分けて受信し、RSSIを選択する方式とすることにより、偏波ダイバーシティの有効性の調査を行ってい

る。

また、偏波ダイバーシティ方式は物理的位置の相違による非相関関係によらない方式であることから、同一の受信アンテナに垂直/水平二つの一次放射器を配置することができるため、スペースダイバーシティ方式に比べ、アンテナの数や物理的スペースも少なくでき、工事の簡素化による低コスト化が期待できる方式である。

(5) 伝送品質試験

5GHz帯無線アクセスシステムの実用化を踏まえて通信品質を調査し、画像データの伝送や実効速度の測定を以下項目で確認している。

- (a) 実効速度 (スループット) 測定
- (b) パケットロス
- (c) 最大伝送速度
- (d) 映像伝送・画質評価

これら (1) ~ (5) の伝搬試験の測定では、膨大なデータが得られたが紙面の都合により、特に興味深いデータが得られた「気象・海象条件下での電波伝搬特性 (マルチパスフェージング) に関するデータ測定」についてレポートし、他の試験結果については概要とする。

4. 測定データ

電波伝搬試験の測定は7月~10月に連続的に行われた中で「気象・海象条件下での電波伝搬特性に関するデータ測定」に注目し取得したデータの中から興味深い特徴的なデータを抜粋すると共に、これにコメントを付記する。本試験を通じ、特に顕著に現れた現象は、以下の3点である。

(1) 8月19日のデータ (図4)

夏季の特徴的なデータは図4に示すように、午前中大きな変動が余り無い一方、午後は一転し大きな変動が見られる。

(2) 10月8日のデータ (図5)

強風で海面が荒れ波浪が発生している状況では、RSSI変動が少なくなる現象が特徴として現れている。

(3) 9月6日のデータ (図6)

潮位の高い午前10時頃と午後の10時頃、RSSIの落ち込む傾向が現れている。

5. 考察

次に (1) ~ (3) の関係について考察を行う。

- (1) 図4にその特徴があらわれているが、夏場の午前中など、気温が海水温より低い場合は、比較的RSSIのレベル変動は無く安定した状態であるが、気温が海水温より高くなる夏場の午後は20dB以上の大きな変動が観測された。

これは昼間に気温の上昇とともに発生する、水蒸気成分が海面部分に異常伝搬路を形成し、この変動を発生させていると推測される。

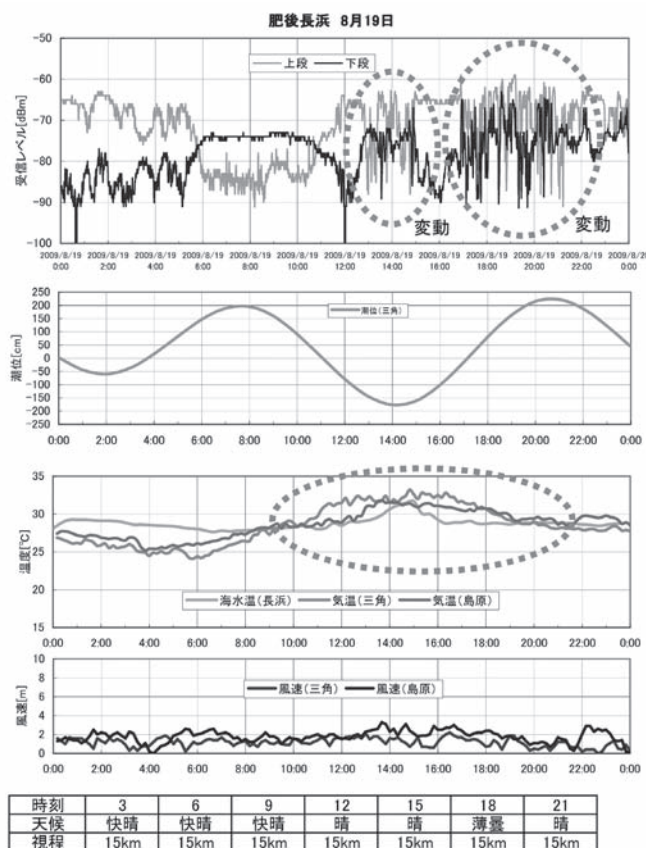


図 4 測定結果 1

Fig.4 Measurement result 1

- (2) 図5の10月8日のデータでは(1)の気温が海水温より低い状態になってはいるが、安定したRSSIが得られている。このときの風速は10m/s以上であり海面の波浪が大きく発生していると思われる。この風により海面による反射波も波浪により低減したことが安定したRSSIの得られた要因であると推測される。

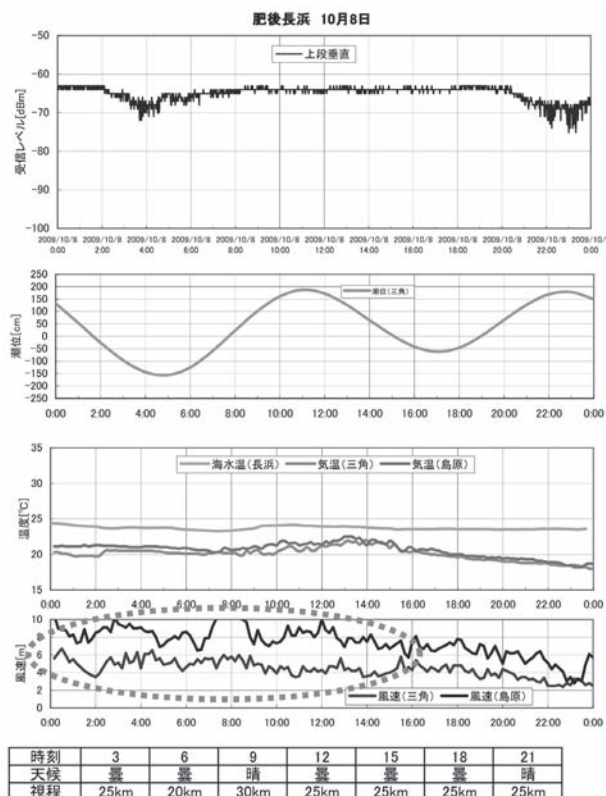


図 5 測定結果 2

Fig.5 Measurement result 2

- (3) 図6においては海水温より気温が低く比較的安定状態であり、風も6m程度あることから、潮位上昇と共に海面反射にともなうRSSIの低下を見ることができる。

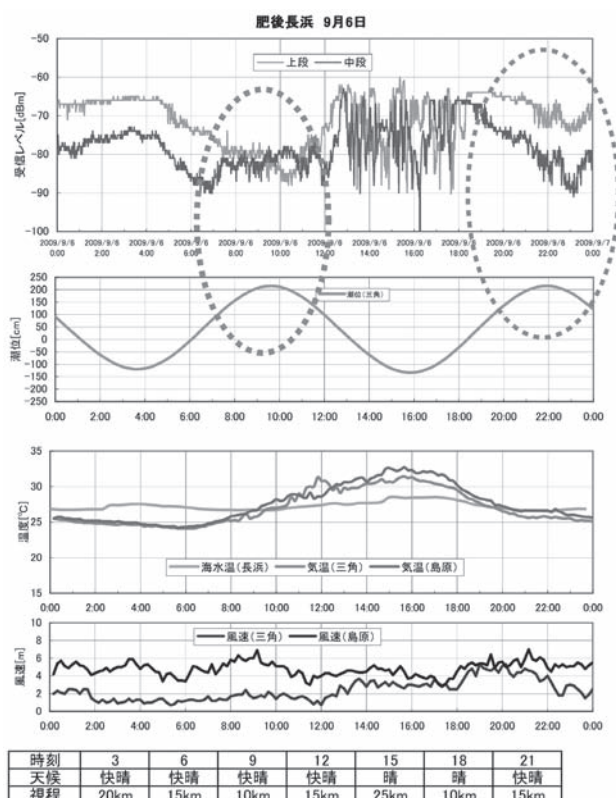


図 6 測定結果 3

Fig.6 Measurement result 3

6. その他調査・測定の概要

(1) 降雨減衰

今回の試験では期待するゲリラ豪雨等の降雨が無く測定できなかったものの、影響がないとされる10mm/h程度の降雨の前後でRSSIのレベル変動が観測されている。これは降雨の直接的な影響ではなく、前線通過による急激な温度変化や、湿度変化により間接的な影響によるものと推測されるが、サンプルが少ないことと、発生が100%ではないことから今回は現象の確認のみとされている。

(2) ダイバーシティ

(a) スペースダイバーシティによるRSSI変動の改善は効果が認められている。今回はハイトパターンよりアンテナ離隔8mが最適であるが、試験場所の都合により4mで行っている。ピークとヌルの間にアンテナ配置を配置する工夫により、半分の離隔でも十分な効果が認められることが得られている。

(b) 偏波ダイバーシティについては、円偏波送信、垂直・水平の受信2面のアンテナを用い測定を行っているが、試験機材等が理想的な構成とならないことなどから、前回の試験結果と異なり有効なデータが得られず、今後継続的な調査に期待したい。

(3) 伝送品質

任意のスケジュールで一般的なFTP伝送試験と映像伝送による視覚試験を行った。今回は実効速度10Mbps程度の試験であったが、伝送品質に影響する10%以上のエラーパケットの発生は試験時間の1%以下であり、またMPEG2圧縮による6Mbpsの映像信号も実験時間内には問題なく伝送・再生されている。

7. まとめ

5GHz帯における約20kmの長距離海上伝搬での様々な要因の影響や問題点がまだほんの一部ではあるが、データとして取得できた。

以下の点は実用時に有効となるものと考えられる。

- (1) 全試験期間でエラーパケット10%以上となった期間は1%以下
- (2) スペースダイバーシティ構成をすることにより、20kmの海上伝搬が可能
- (3) スペースダイバーシティ構成時の離隔距離も、狭い離隔でもハイトパターンからの的確な位置を選択することによる実用性
- (4) 有明海のような潮位変動の大きな海域での実用性
- (5) 低コストで汎用のIEEE802.11j準拠4.9GHz帯無線LAN装置での実用性

8. あとがき

本伝搬試験により5GHz帯無線アクセスシステムの長距離海上伝搬の信頼性を高めるための有効性が確認できたことから、離島ブロードバンド化や自治体・市町村の離島への自営回線への適用等に応用が広がると期待する。

本試験は、総務省九州総合通信局における「5GHz帯無線アクセスシステムの長距離海上伝搬特性及び集中豪雨減衰に関する調査検討会」の結果を引用したものであり、引用の許可を頂いた総務省九州総合通信局企画調整課、並びに試験について様々なアドバイス・学術的支援を頂いた調査検討会の座長熊本大学大学院福迫准教授、及び調査検討会構成員の方々に感謝申し上げます。

用 語 一 覧

RSSI（受信信号強度:Received Signal Strength Indication）

FTP（ファイル転送プロトコル:File Transfer Protocol）

MPEG2（Moving Picture Experts Group phase 2）