別　紙

平成21年度「５ＧＨｚ帯無線アクセスシステムの長距離海上電波伝搬特性及び集中豪雨減衰特性に関する調査検討会」報告書概要

【　１　目的　】

○　長距離海上伝搬路において、５GHｚ帯無線アクセスシステムを安定的に使用するために、スペースダイバーシティ（space diversity：以下「ＳＤ」という。）や偏波ダイバーシティなどについて調査検討し、また、夏季の長距離（20ｋｍ）海上電波伝搬特性データの収集を行い、平成20年度調査検討会報告書（※）の冬季のデータも含め考察することにより、より安定した伝送技術のための考察を行う。また、一般的には影響が少ないと言われている５GHｚ帯の降雨の影響について、特に、短期的多量降雨時の降雨減衰特性を調査する。

※平成20年度「「離島等の中・長距離海上電波伝搬に適した無線アクセスシステム構築のための調査検討会」報告書参照

【　２　調査検討項目及び検討内容　】

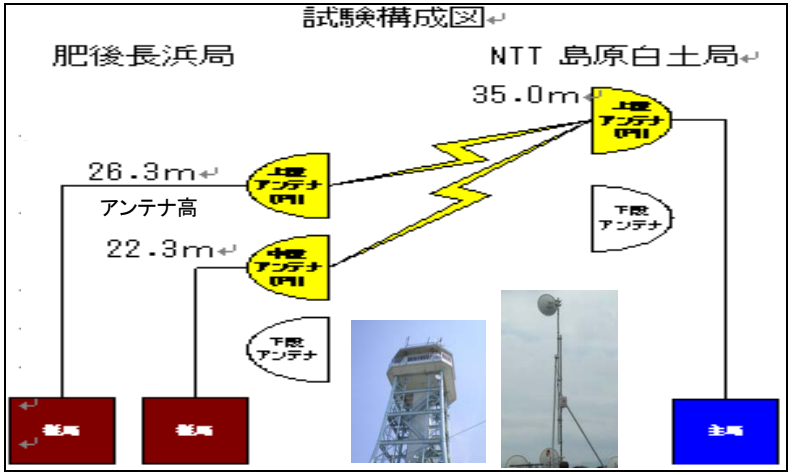
①　長距離(20km)海上電波伝搬特性
- 気象・海象条件下でのマルチフェージングの考察
- 最適なアンテナ高の考察
- マルチパス、周波数選択性フェージングの考察

②　アンテナ伝送技術
- 円偏波スペースダイバーシティ（SD）方式の検討
- 偏波ダイバーシティの検討

③　集中豪雨等による降雨減衰特性
- 夏季における梅雨・ゲリラ豪雨・台風等の集中豪雨減衰特性の調査

④　通信品質
- 画像データ伝送や実効速度測定による通信品質確認

夏季・長期間(7月-10月)にわたる電波伝搬試験イメージ図



【　３　電波伝搬試験結果（主なもの）】

① 潮位の変化により受信レベル（RSSI）が変動　【測定データサンプル１　参照】

② 気温が海水温より高くなり、温度差が広がると水蒸気の影響で、短時間で激しく受信レベル（RSSI）が変動
（この場合の変動は、潮位の変化による受信レベルより影響が大きい。）　【測定データサンプル１　参照】

③ 風速が強いときは、細かな波が多数発生し、海面で反射する海面反射波が、波面の影響で乱反射状態になり、受信レベル（RSSI）が安定（一定の風速以上になると潮位、気温と海水温による受信レベル変動がなくなり、受信レベルが安定する状態となる。）
【測定データサンプル２　参照】

④ 降雨減衰特性に関し、豪雨（2dB/20km程度）及び送受信ｱﾝﾃﾅへの水滴付着（3dB程度）による減衰

⑤ 円偏波受信SD方式は、潮位、気温と海水温の差で生じる受信レベル（RSSI）変動に効果（※）
※アンテナ離隔距離は、ハイトパターンのトップ（最大点）とヌル（最小点）の半分の間隔でも十分な効果を得ることが可能

○ まとめ

本電波伝搬試験では、円偏波SD方式の採用により20kmの海上伝搬路で実効速度9Mbps程度の伝送速度が確保されている。しかしながら、本電波伝搬試験の回線設計では、受信電力が-73.44dBmとなるため、５GHｚ帯無線アクセスシステムの規格（下表参照）の公称速度24Mbps（実効速度12Mbps）程度確保することが期待されるが、本電波伝搬試験結果から実効速度12Mbpsの回線信頼度(※1)は、約75%となっている。これは主に前述の気温と海水温、潮位による受信レベルの変動が影響しているためである。この75%の回線信頼度を95%(※2)程度に上げるには、回線設計に受信レベル（RSSI）変動分として、5dB程度の回線マージンを考慮することが必要である。さらに回線信頼度を向上するためには、前述の豪雨やアンテナへの水滴付着による減衰による回線マージンも考慮することが必要である。

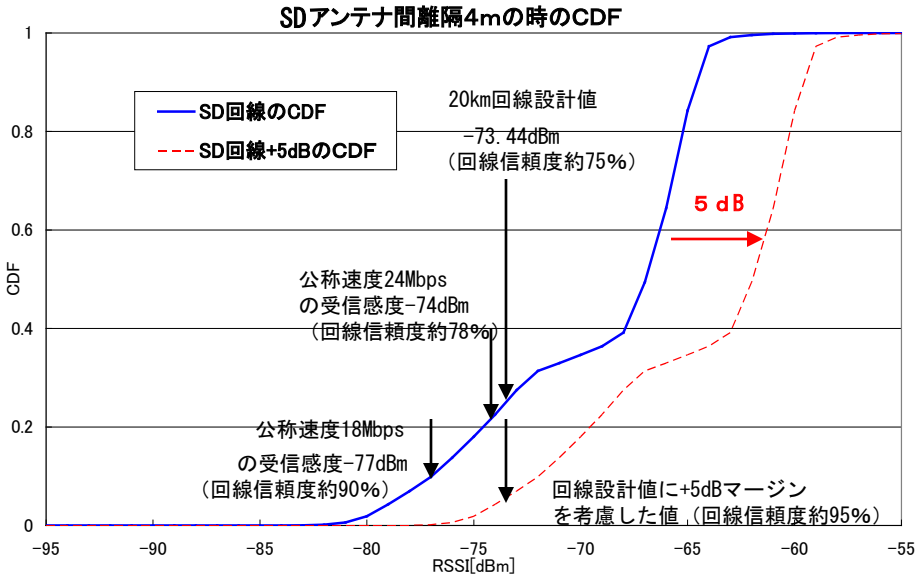
5GHz帯無線アクセスシステムの公称速度と受信感度の標準規格値

（PER＝10%≒BER＝10E-5）

規格	IEEE802.11j（標準規格値）							
公称速度（Mbps）	6	9	12	18	24	36	48	54
受信感度（dBm）	-82	-81	-79	-77	-74	-70	-66	-65
変調方式	BPSK		QPSK		16QAM		64QAM	

※1　回線信頼度については、４ヶ月にわたる試験期間中に得られたデータを累積分布関数（Cumulative　Distribution Function：「CDF」）にまとめ、回線信頼度（右図参照）を検討している。

※2　回線信頼度95%は、電波法関係審査基準「固定局その他のシステム単一通信路（電話）」の場合の値を参照している。



【　４　信頼性のある長距離海上電波伝搬のための技術的要件・対策など　】

◎　より信頼性向上のために要求される対策等

電波伝搬試験結果から

①　円偏波受信ＳＤ方式の採用

②　回線設計において、潮位、気温と海水温差等の気象変化に対する回線マージン（※）を考慮し、その対策として、高利得送受信パラボラアンテナの採用などが必要である。

※潮位、気温と海水温差による受信レベル変化による回線マージン（5dB程度）、アンテナへ水滴付着による回線マージン（３ｄB程度）、豪雨による回線マージン（２ｄB程度）

○ まとめ

「５ＧＨｚ帯無線アクセスシステム」の長距離海上電波伝搬において、より回線信頼度が高い通信回線を構築するためには、①、②の対策等を行う必要がある。特に②の回線マージンを考慮する場合、送信機の実効放射電力（EIRP）（※）を高くするなどの工夫が必要である。

例えば、本電波伝搬試験使用のパラボラアンテナ（利得２４ｄBi）を、高利得なパラボラアンテナ（２７ｄBi）を採用することにより、送信機空中線電力はそのままの状態で実効放射電力（ EIRP） が3dB増加し、送受信で６ｄＢのマージンが確保できることになる。

なお、この場合の実効放射電力（ EIRP）は40dBmとなり、現在の電波法無線設備規則の実効放射電力（ EIRP）の規定が最大値３７ｄＢm（空中線電力２４ｄＢm＋アンテナ利得１３ｄBi）以下の規定となっているため、この実効放射電力（ EIRP）の最大値の規定を緩和するなど同規則の見直しが望まれる。

※実効放射電力（Equivalent Isotropic Radiated Power：「EIRP」）

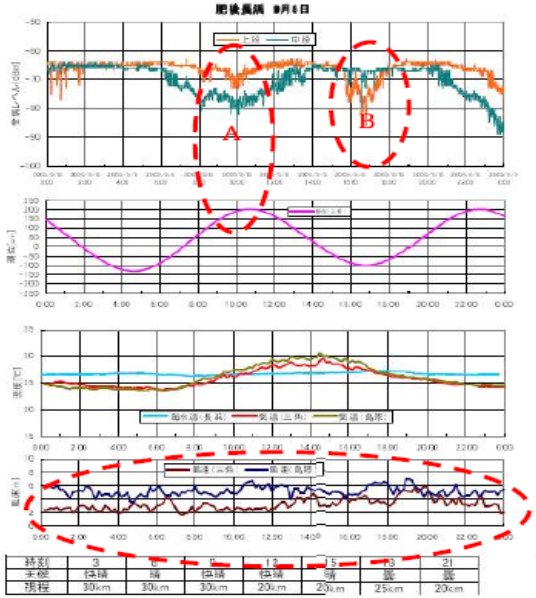
【　５　長距離海上伝搬路の問題点と今後の展開　】

①　気象・海象現象の将来動向から「５ＧＨｚ帯無線アクセスシステム」の長距離海上電波伝搬の信頼性の確保のため、今後の気象・海象条件の変化を考慮する必要がある。

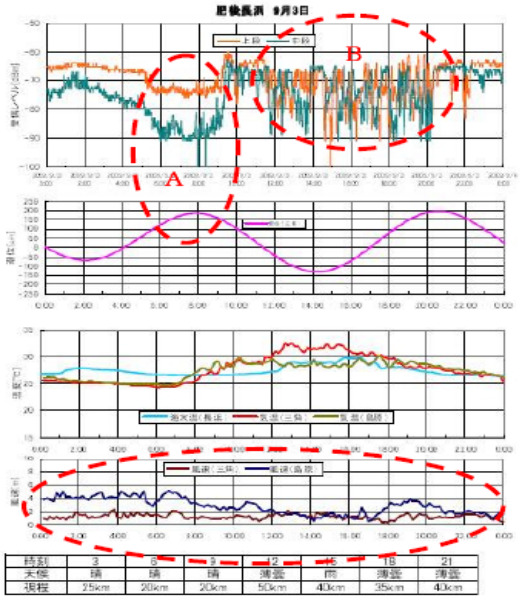
※異常気象レポート九州・山口県・沖縄版2009（福岡管区気象台等発表）より

②　夏季に気温が海水温を大きく上回る時に受信レベル（RSSI）が短い周期で変動することが確認された。このメカニズムの解析により、安定性のあるシステム構築が可能。

参考　測定データサンプル　1



9 月 8 日の測定データ



9 月 3 日の測定データ

→ 肥後長浜局上段アンテナ（朱色）、中段アンテナ（青色）受信レベル（RSSI）時間変動

→ 有明海潮位時間変動

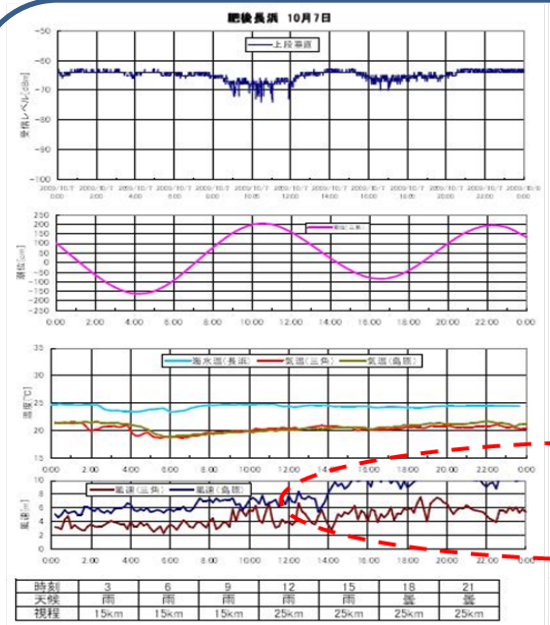
→ 有明海海水温（水色）、島原側気温（黄土色）、肥後長浜側気温（赤色）時間変動

→ 肥後長浜側風速（茶色）、島原側風速（青色）時間変動

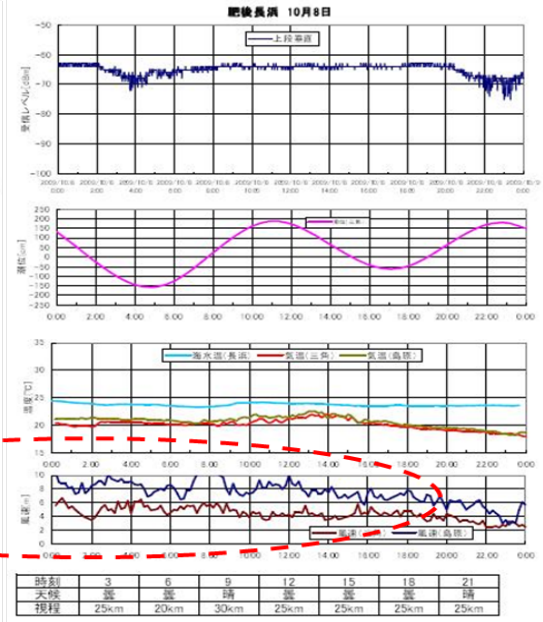
① 9月8日は、肥後長浜風 速4m程度、海水温と気温差が3度程度であり、A及びBの中段アンテナの受信レベル変動が潮位の影響により現れている。

② 9月3日は、風弱く風速2m程度、Aは潮位の影響による受信レベルの変動が現れ、昼間のBの時間帯は海水温と気温差が5度程度となり受信レベルが激しく変動している。これは、水蒸気の影響と考えられる。

参考　測定データサンプル　2



10月7日の測定データ



10月8日の測定データ

→ 肥後長浜局上段アンテナ（青色）受信レベル（RSSI）時間変動

→ 有明海潮位時間変動

→ 有明海海水温（水色）、島原側気温（黄土色）、肥後長浜側気温（赤色）時間変動

→ 肥後長浜側風速（茶色）、島原側風速（青色）時間変動

○ 10月7日から8日は、肥後長浜側風 速5m以上 の時間帯において、海水 温と気温差が3度程度で あり、受信レベルは、ほぼ 安定 し ている。