

条件不利地域における安心・安全のための  
高速無線 LAN を活用した映像伝送の調査検討

報 告 書

平成 21 年 3 月

総務省 沖縄総合通信事務所

# 目 次

## 第1章 調査検討の背景等

- 1-1. 調査検討の背景・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
- 1-2. 調査検討項目・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

## 第2章 実施条件

- 2-1. 5GHz帯無線LAN(IEEE802.11n)・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
- 2-2. 実施期間及び場所・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
- 2-3. 試験機器・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9

## 第3章 実施結果

- 3-1. 距離による伝送速度の比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
- 3-2. 多段中継による伝送速度の比較・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
- 3-3. アンテナ設置高による伝送速度の比較・・・・・・・・・・ 18
- 3-4. ハイビジョン映像装置による映像伝送試験・・・・・・・・ 22

## 第4章 考察等

- 4-1. 距離による伝送速度の比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24
- 4-2. 多段中継による伝送速度の比較・・・・・・・・・・・・・・・・ 24
- 4-3. アンテナ設置高による伝送速度の比較・・・・・・・・・・ 24
- 4-4. ハイビジョン映像装置による映像伝送試験・・・・・・・・ 24
- 4-5. 利用する周波数帯の考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24
- 4-6. 高速無線 LAN を利用した安心安全確保のための技術的要件・・・・ 25

用語集・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35

資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41

## 第1章 調査検討の背景等

### 1-1. 調査検討の背景

総務省では、2010年度を目標としてブロードバンド・ゼロ地域の解消を図り、各地域のポテンシャルが最大限発揮されることが可能な環境を整備し、地域経済の解消を図る観点から、「デジタル・ディバイド解消戦略会議」報告書(平成20年6月24日公表)を踏まえ、デジタル・ディバイド解消に向けた政策展開を進めているところである。

このため、総務省沖縄総合通信事務所では、解消方策を探るため、平成19年度及び平成20年度に「条件不利地域におけるブロードバンド化推進のための調査研究」を実施し、また解消策の技術検討として平成19年度に「条件不利地域におけるブロードバンド化推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」を実施している。

本件では、これらの検討結果を踏まえ、5GHz帯無線LAN(IEEE802.11n)の活用に関する技術検討を行うものである。

(参考)

条件不利地域におけるブロードバンド化推進のための調査研究(平成20年度実施)

[http://www.soumu.go.jp/soutsu/okinawa/musentuusin/pdf/2008\\_01-houkokusyo.pdf](http://www.soumu.go.jp/soutsu/okinawa/musentuusin/pdf/2008_01-houkokusyo.pdf)

条件不利地域におけるブロードバンド化推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(平成19年度実施)

[http://www.soumu.go.jp/soutsu/okinawa/musentuusin/pdf/2007\\_03-houkokusyo.pdf](http://www.soumu.go.jp/soutsu/okinawa/musentuusin/pdf/2007_03-houkokusyo.pdf)

条件不利地域におけるブロードバンド化推進のための調査研究(平成19年度実施)

[http://www.soumu.go.jp/soutsu/okinawa/musentuusin/pdf/2007\\_02-houkokusyo.pdf](http://www.soumu.go.jp/soutsu/okinawa/musentuusin/pdf/2007_02-houkokusyo.pdf)

### 1-2. 調査検討項目

上記の背景を踏まえ、条件不利地域での無線ブロードバンドネットワークの構築に必要な以下の検討を行う。

- (1) 海上伝搬など長距離中継用など地理的条件など多様な環境におけるネットワーク構築に必要な技術的条件。
- (2) 高速無線LANで使用している周波数帯である2.4GHz帯(2.400～2.497GHz)、4.9GHz帯(4.900～5.000GHz)及び5.6GHz帯(5.470～5.725GHz)の伝送速度の比較。
- (3) 上記の各周波数を利用した多段中継での伝送速度の比較。

## 第2章 実施条件

### 2-1. 5GHz帯無線LAN (IEEE802.11n)

IEEE802.11nとは実効速度100Mbps以上を実現とする無線LAN規格である。使用できる周波数帯は2.4GHz帯、5GHz帯があり、平成19年度の調査検討においては2.4GHz帯IEEE802.11nの有効性を検討した。本件では平成19年度の調査検討で取り上げていない5GHz帯IEEE802.11nの長距離伝送の有効性を検討した。

平成19年6月に総務省は5.47~5.725GHz帯を無線アクセス用に導入したが、これにより11チャンネルが新たに追加されチャンネル数の多い5GHz帯への期待は高まっている。現在使用されている無線LANの周波数帯におけるチャンネル配置は図2-1-1に示すとおりである。

また、4.9GHz帯の無線出力は他の周波数帯と比較しても大きく、数kmの長距離通信に適していることから離島や山間部におけるアクセス回線として期待されている。

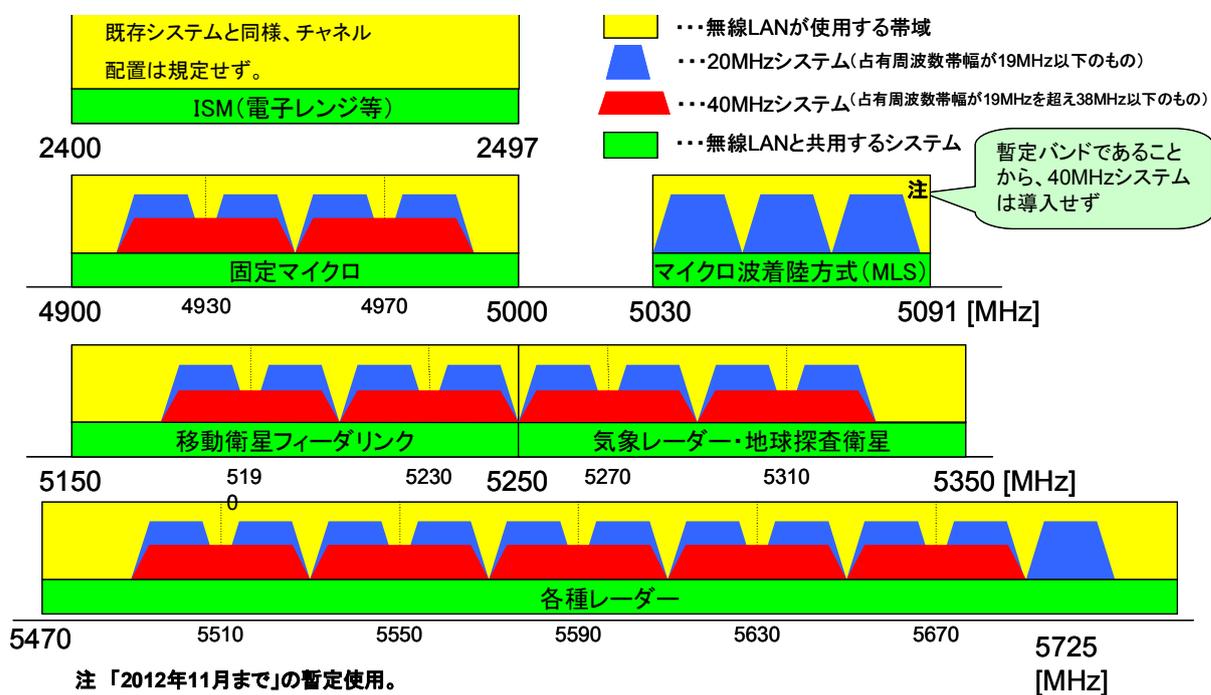


図2-1-1高速無線LANの周波数帯及びチャンネル配置

周波数帯	2.4GHz	4.9-5.0GHz	5.03-5.091GHz 注1	5.15-5.25GHz	5.25-5.35GHz	5.47-5.725GHz
使用場所	屋内外	屋内外 (航空機内等含まず)	屋内外 (航空機内等含まず)	屋内限定 (航空機内等含む)	屋内限定 (航空機内等含む)	屋内外 (航空機内等含む)
チャネル間隔	規定なし	5/10/20/40MHz	5/10/20MHz	20/40MHz		
変調方式	規定なし	OFDM方式、DS方式、シングルキャリア方式				
	OFDM方式		対象外	OFDM方式		
20MHz	2.427-2.47075GHzを使用するFH方式の場合：3mW/MHz FH方式を用いないOFDM・DS方式の場合：10mW/MHz 上記以外の方式の場合：10mW	250mWかつ50mW/MHz		OFDM・DS方式の場合：10mW/MHz シングルキャリア方式の場合：10mW		
最大空中線電力	5mW/MHz	250mWかつ25mW/MHz	対象外	5mW/MHz		
最大空中線利得	12.14dBi	13dBi		規定なし		
20MHz 最大e.i.r.p 40MHz		規定なし		10mW/MHz	50mW/MHz	50mW/MHz
				5mW/MHz		25mW/MHz
20MHz キャリアセンス 40MHz	規定なし	義務付け				
	義務付け		対象外	義務付け		
DFS、TPC 注2		不要				
接続形態	任意	親局-子局(中継可能)	任意	(親局に制御されていない局同士は不可)		

注1 2012年11月までの暫定使用。

注2 DFS (Dynamic Frequency Selection) : 無線LANがレーダーと周波数を共用して使用するための機能。

TPC (Transmitter Power Control) : 無線LANの通信系における平均の空中線電力を3dB下げる機能。

表2-1-1 無線設備の技術的条件

## 2-2. 実施期間及び場所

(1) 試験期間：平成21年3月19日～3月24日

(2) 試験時間：8:30～18:00の時間帯

(3) 試験日の天候

	19日	20日	21日	22日	23日	24日
天候	曇	曇/晴	曇	曇/雨	曇/晴	曇
平均気温	21.3℃	22.3℃	21.1℃	22.8℃	18.6℃	18.1℃

表2-2-1 試験日の天候

(4) 実施場所

試験場所の選定にあたっては、5GHz帯の周波数の使用可能な沖縄本島南部地域を選択した。

西原町字東崎（西原マリパーク）、与那原町板良敷（西原マリパークから 2km）及び南城市佐敷字佐敷（西原マリパークから 5km）に無線機を設置して行った。



図 2-2-1 試験エリア

(国土地理院の数値地図 20000 (地図画像)『沖縄県』を掲載)



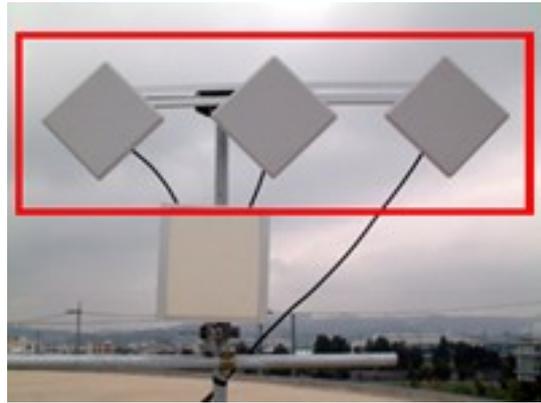
図 2-2-2 西原マリパーク管理棟



図 2-2-3 アンテナ設置状況 (西原マリパーク管理棟屋上)



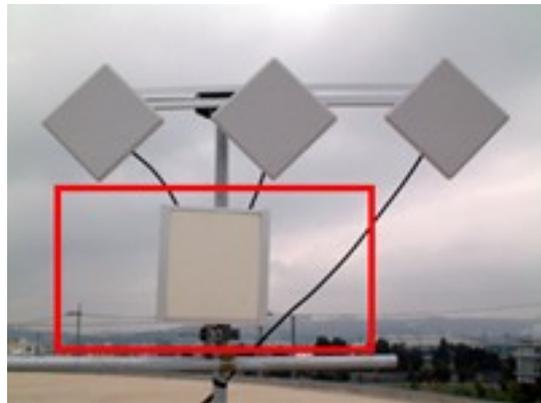
①八木アンテナ×3(2.4GHz)  
アンテナ利得：18dBi



②平面アンテナ(4.9GHz)  
アンテナ利得：23dBi



③パッチアンテナ(5.6GHz)  
アンテナ利得：7±0.5dBi  
内臓アンテナ：2本



④MIMO アンテナ(2.4GHz、4.9GHz)  
アンテナ利得：18dBi  
内臓アンテナ：3本

図 2-2-4 使用アンテナ一覧



図 2-2-5 南城市佐敷 測定場所 (5km 地点)



図 2-2-6 与那原町板良敷 測定場所 (2km 地点)

2-3. 試験機器

名 称	メーカ	型 式	仕 様	用 途
パソコン	HP	COMPAQ 6730b	OS : WindowsVista CPU : Intel Core2Duo P8400 メモリ : 2.0GB HDD : 100GB	伝送速度測定用 無線機器設定用
パソコン	Panasonic	CF-R7DW6AJS	OS : WindowsVista CPU : Intel Core2Duo U7600 メモリ : 2.0GB HDD : 105GB	伝送速度測定用 無線機器設定用
伝送速度 測定ソフト	NLANR	Iperf	TCP と UDP プロトコル を転送時における帯域幅 を測定することができる	ネットワークの 実行速度を測定
HD エンコーダ	カノーパス	ME-LEB4-RCJ	HDMI 入力に対応し、 H.264 対応エンコーダ	HD ビデオをエン コード
HD デコーダ	カノーパス	ME-STB4-RCJ	HDMI 出力に対応し、 H.264 対応デコーダ	HD ビデオをデコ ード
HD カメラ	SONY	HVR-Z7J	HDV の 1080/24p、30p プログレッシブ記録に対 応 HD カメラ	HD 画像撮影用
HD モニタ	SONY	KDL-16M1	地デジ対応ハイビジョン 液晶テレビ	HD 画像確認用

表 2-3-1 使用機器諸元

### 第3章 実施結果

#### 3-1. 距離による伝送速度の比較

距離による伝送速度を比較するため、図3-1-1のような構成とした。

西原マリパークを拠点(親局)に、その周辺地域の任意の距離に無線子局を設置し、無線局間の伝送速度(スループット)を測定した。このとき無線子局から無線親局へのデータの流れを上りとし、両方向(上り、下り)のスループットを測定した。測定は、伝送速度測定ソフト(iperf)を用いて行い、TCP、UDPの2とおりについて測定した。(測定時間30秒)

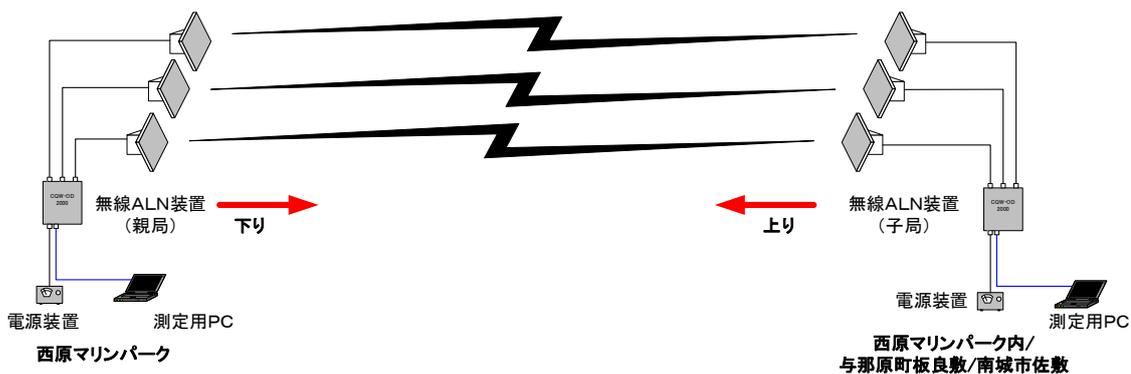


図3-1-1. 距離による伝送速度試験構成図

項目	2.4GHz 帯
サポート規格	DraftIEEE802.11n IEEE802.11g
伝送方式	直交周波数分割 (OFDM)
周波数範囲	2.4GHz~2.5GHz
伝送速度	300Mbps(理論値)
アンテナ形式	八木アンテナ×3
アンテナ利得	18dBi
電源	DC5V
使用温度範囲	10~40℃

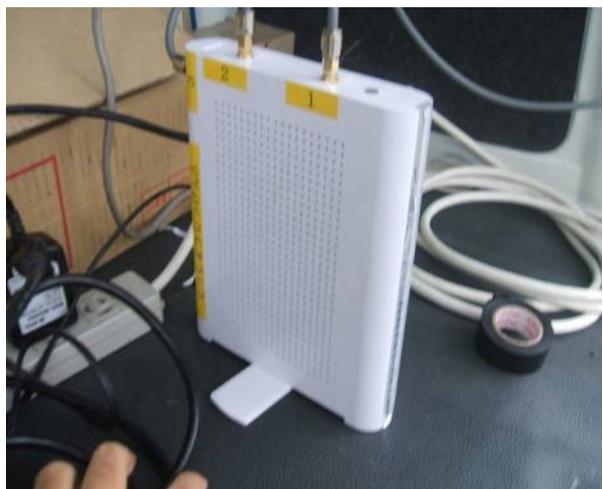


表3-1-1 試験装置諸元(2.4GHz帯)

項目	4.9GHz 帯※	
サポート規格	DraftIEEE8.11n IEEE802.11j	
伝送方式	直交周波数分割多重 (OFDM)	
周波数範囲	4.9GHz～5.0GHz	
伝送速度	300Mbps(理論値)	
アンテナ形式	平面アンテナ×3	
アンテナ利得	23dBi	
電源	DC12V	
使用温度範囲	0～60℃	

表3-1-2 試験装置諸元(4.9GHz帯)

※4.9GHz帯無線機器は試作機。

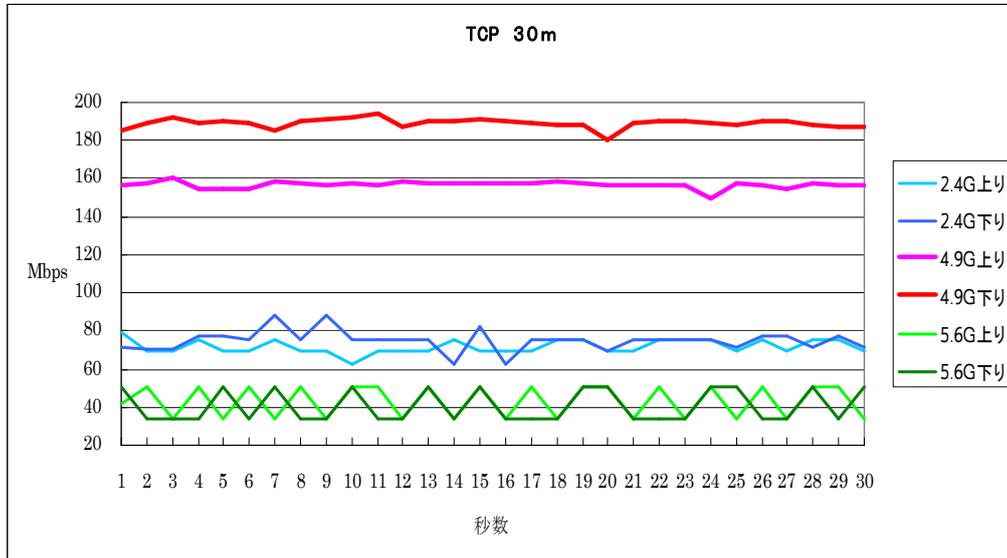
項目	5.6GHz 帯	
サポート規格	DraftIEEE802.11n IEEE802.11a ARIB STD-T71	
伝送方式	直交多重分割変調 (OFDM)、単信(半二重)	
周波数範囲	5.5～5.7GHz	
伝送速度	300Mbps(理論値)	
アンテナ形式	パッチアンテナ	
アンテナ利得	7±0.5dBi	
電源	DC36～57V (PoE 使用時)	
使用温度範囲	0～50℃	

表3-1-3 試験装置諸元(5.6GHz帯)

(1) TCPにて距離30mでの試験

(単位 : Mbps)

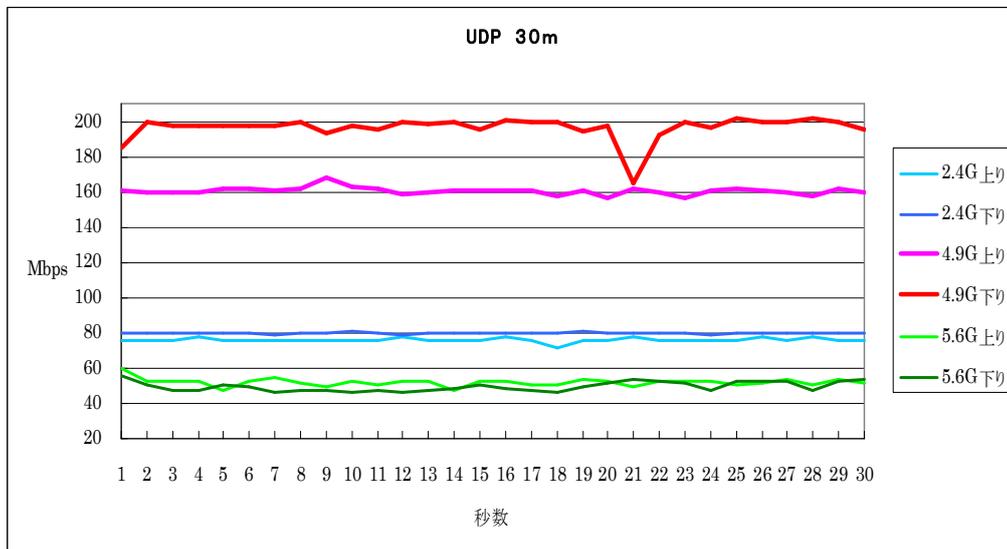
周波数 秒数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	71.7	75.0	156.4	188.9	42.8	40.3



(2) UDPにて距離30mでの試験

(単位 : Mbps)

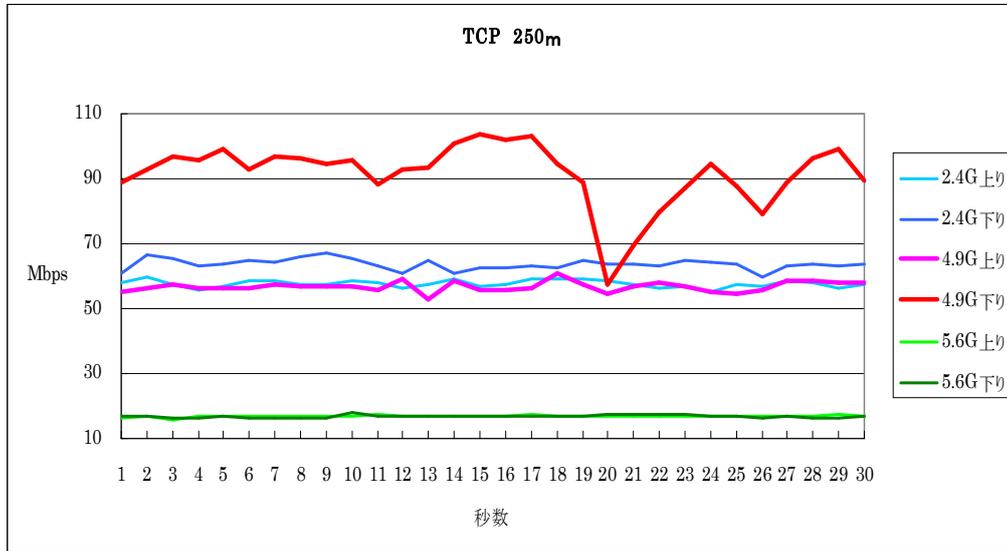
周波数 秒数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	75.8	79.7	160.7	196.3	52.0	49.6



(3) TCPにて距離250mでの試験

(単位:Mbps)

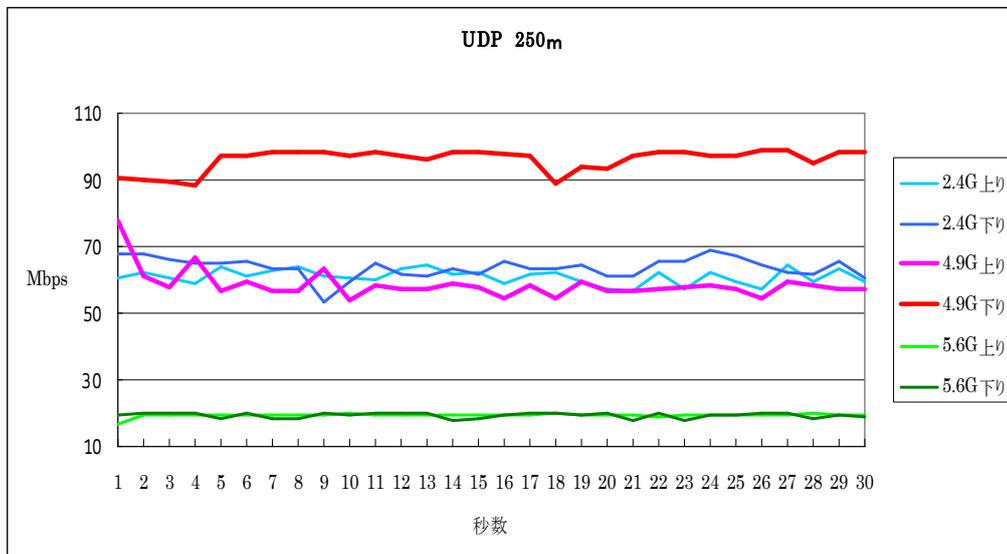
周波数 秒数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	57.7	63.7	56.7	91.5	16.9	16.8



(4) UDPにて距離250mでの試験

(単位 : Mbps)

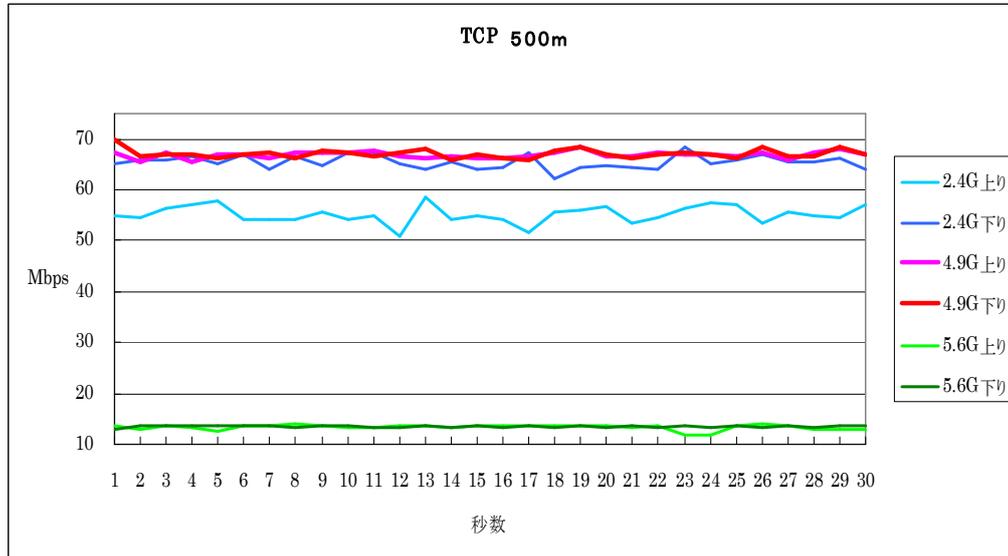
周波数 秒数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	61.0	63.6	58.6	96.1	19.5	19.3



(5) TCPにて距離500mでの試験

(単位 : Mbps)

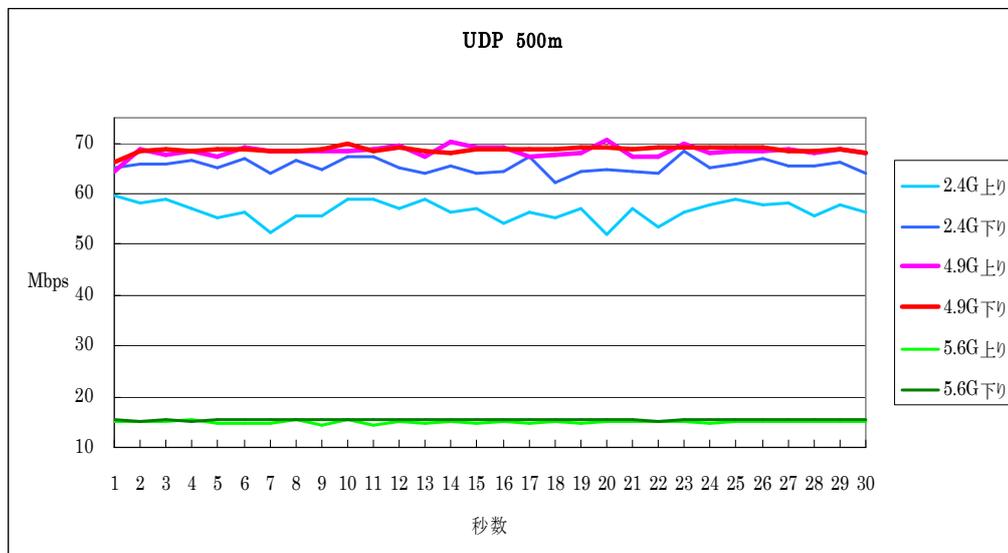
秒数 \ 周波数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	55.2	65.4	66.9	67.1	13.4	13.5



(6) UDPにて距離500mでの試験

(単位 : Mbps)

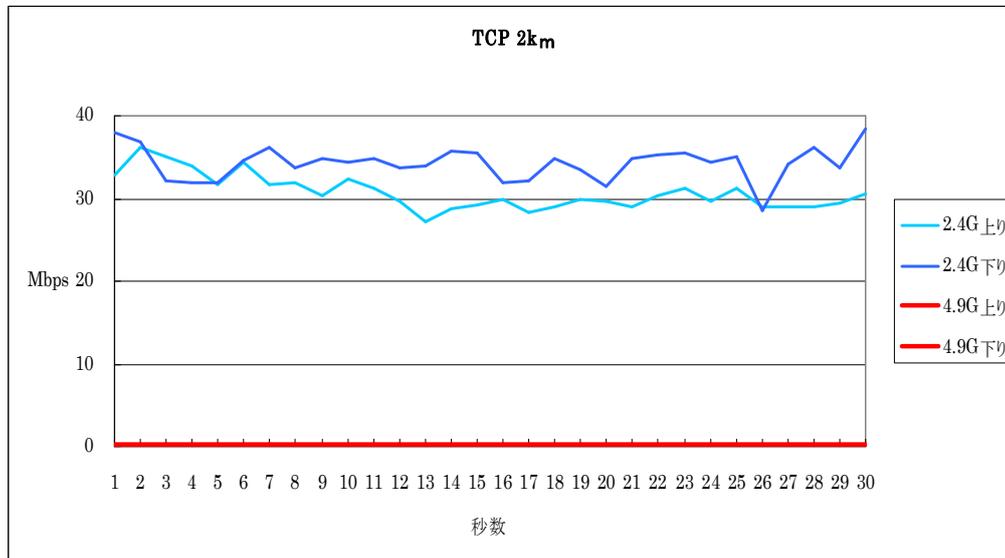
秒数 \ 周波数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	56.7	65.4	68.4	68.7	15.0	15.4



(7) TCPにて距離2kmでの試験

(単位 : Mbps)

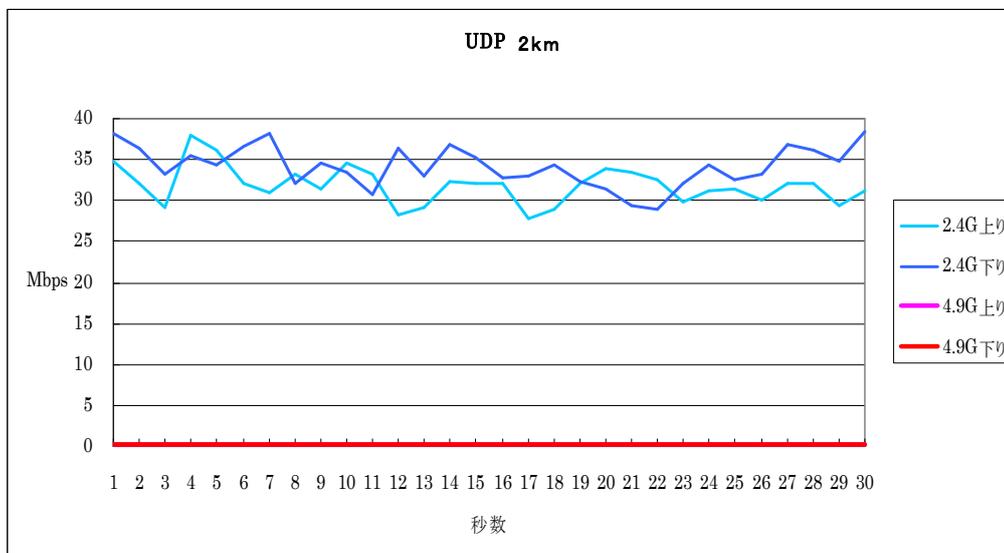
周波数 秒数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	30.7	34.3	0.22	0.22	—	—



(8) UDPにて距離2kmでの試験

(単位 : Mbps)

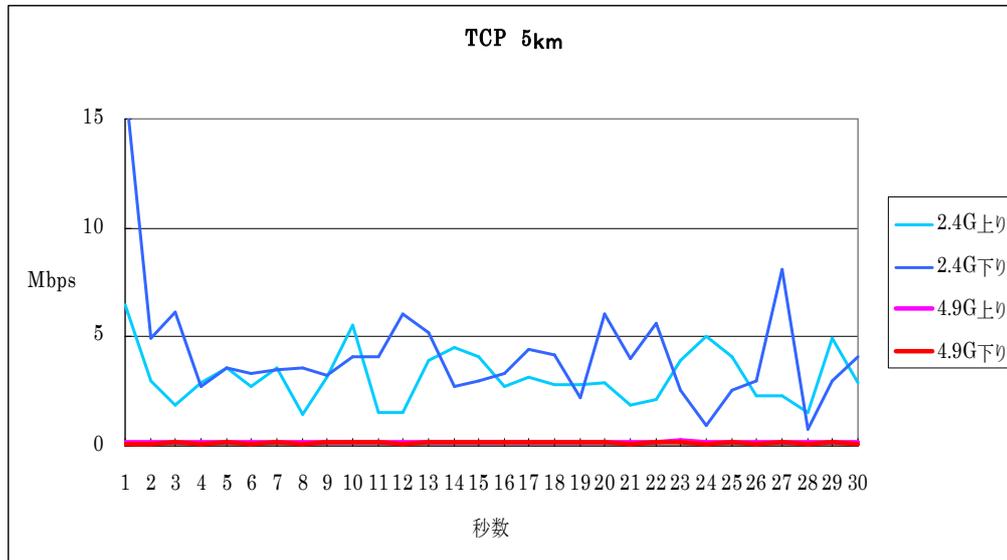
周波数 秒数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	31.5	34.2	0.22	0.22	—	—



(9) TCPにて距離5kmでの試験

(単位 : Mbps)

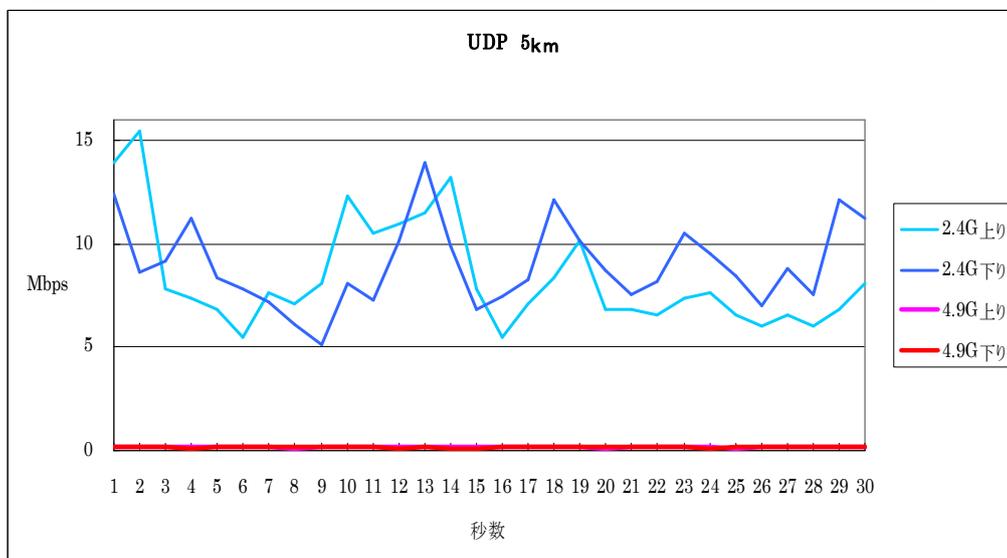
秒数 \ 周波数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	3.2	4.3	0.20	0.11	—	—



(10) UDPにて距離5kmでの試験

(単位 : Mbps)

秒数 \ 周波数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
平均	8.4	9.0	0.19	0.19	—	—



### 3-2. 多段中継による伝送速度の比較

多段中継による伝送速度を比較するため、図3-2-1のような構成とした。

4.9GHz帯無線機器2対向を距離500m地点に設置した。(各対向で使用する周波数チャンネルを変え、干渉しないようにした。)

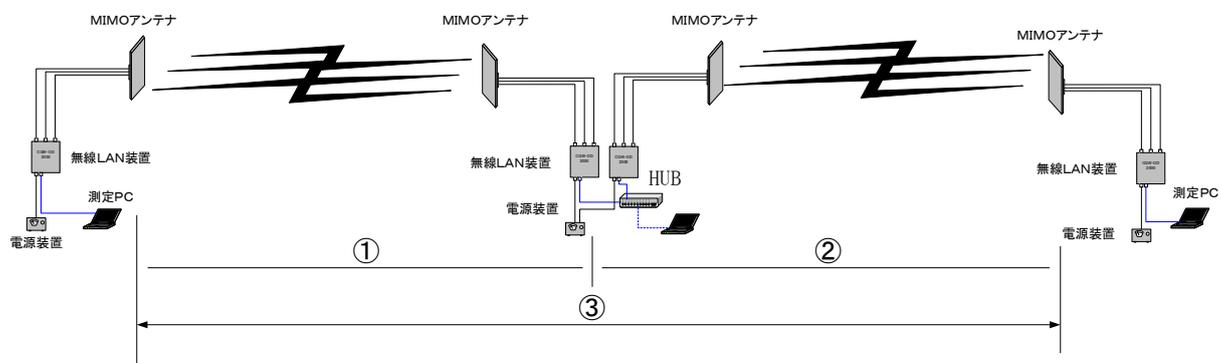


図3-2-1.多段中継伝送能力試験構成

スループットの測定は、iperfを使用し、測定はTCP通信を30秒間行った。

平均値を測定結果として表3-2-1に記す。

測定区間	無線区間①	無線区間②	多段中継③	減衰率(%)
上り	103.9	114.0	98.4	5.3
下り	100.0	104.0	97.1	2.9

表3-2-1 多段中継の伝送能力試験の結果(単位：Mbps)

上記結果では、多段中継において、伝送速度が3~5%低下している。

### 3-3. アンテナ設置高による伝送速度の比較

この試験ではアンテナの設置位置(高さ)を変更することで通信速度に与える影響を調査した。アンテナを設置する高さは4m及び10mとし、各周波数帯の伝送速度を測定した。

測定イメージは図3-3-1のとおり。

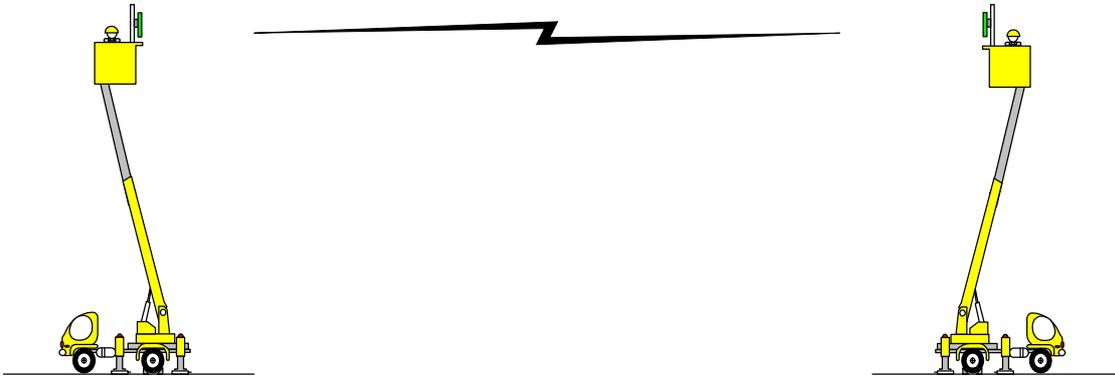


図3-3-1測定イメージ図

高所作業車にアンテナを取り付け、地上高を変化させ、通信速度に影響がないかを測定した。測定結果は以下の通りである。

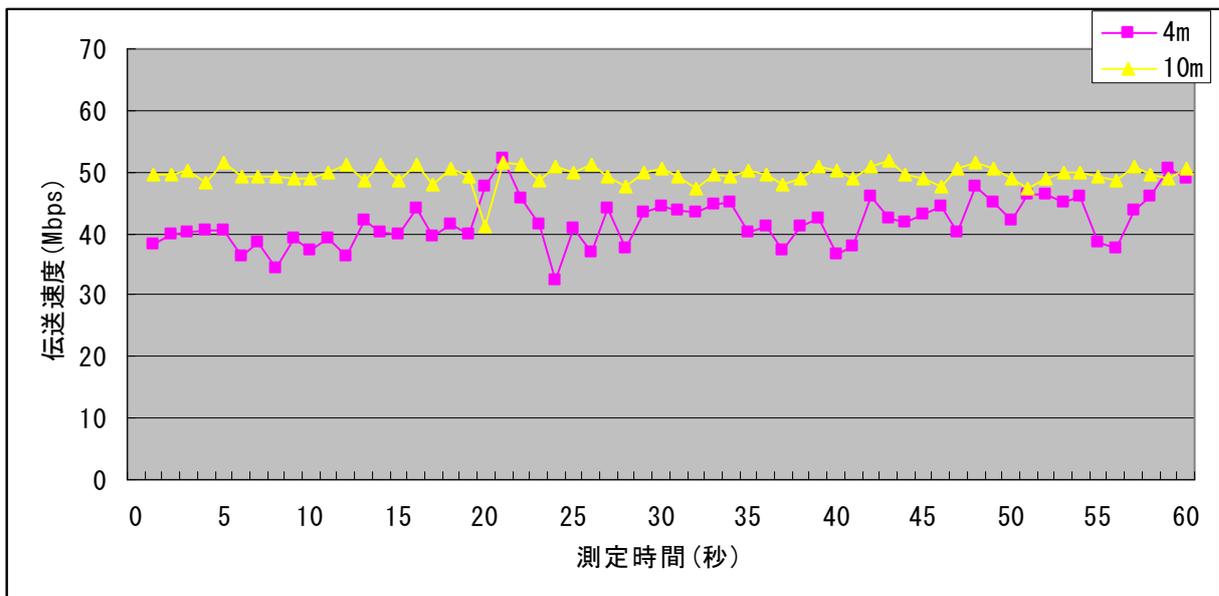


図3-3-2. 2.4GHz上りの測定結果

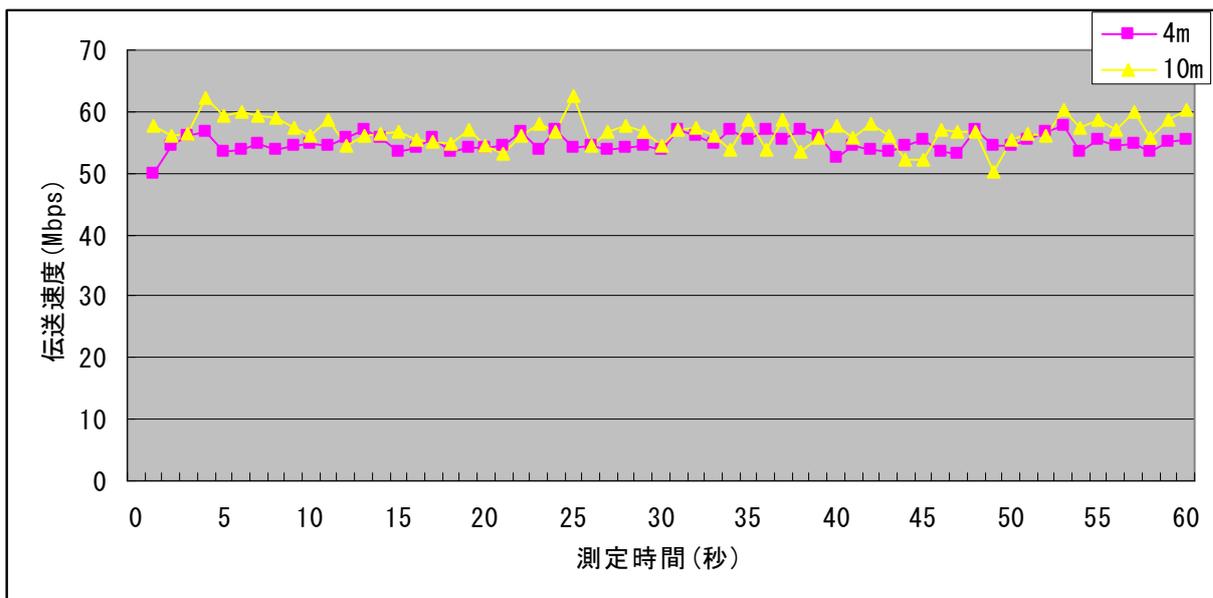


図3-3-3. 2.4GHz下りの測定結果

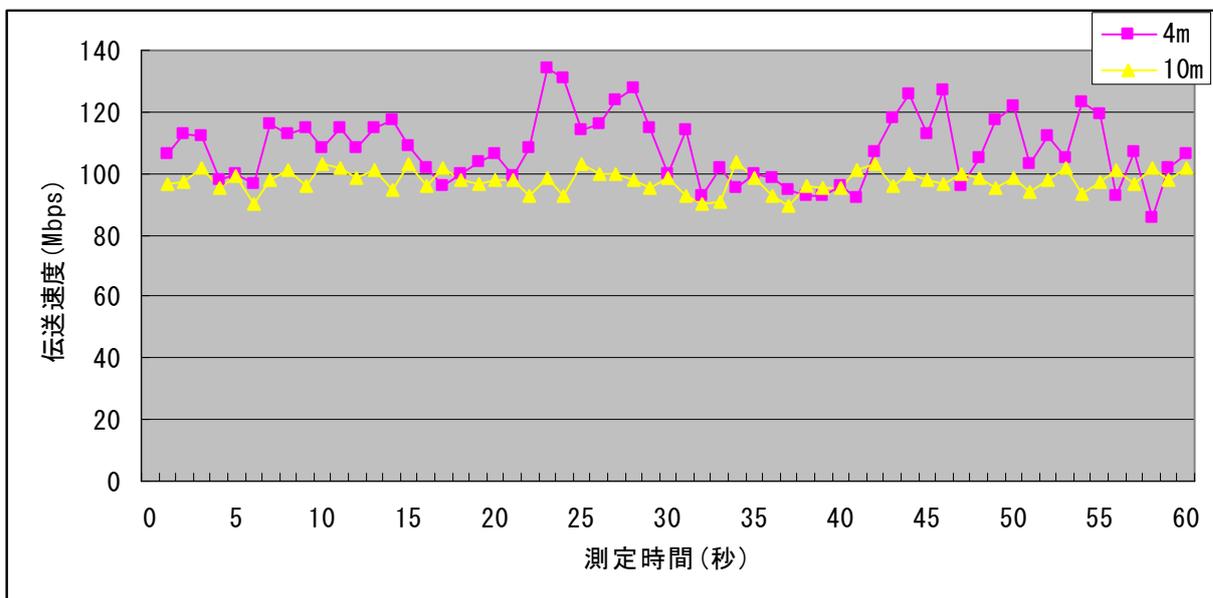


図3-3-4. 4.9GHz上りの測定結果

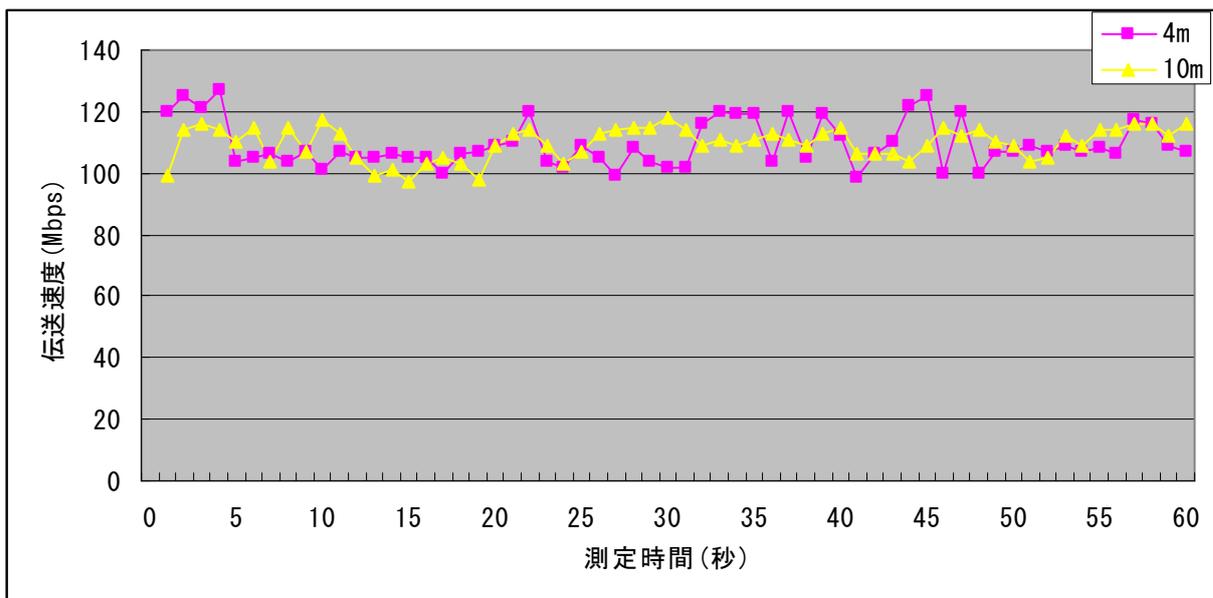


図3-3-5. 4.9GHz下りの測定結果

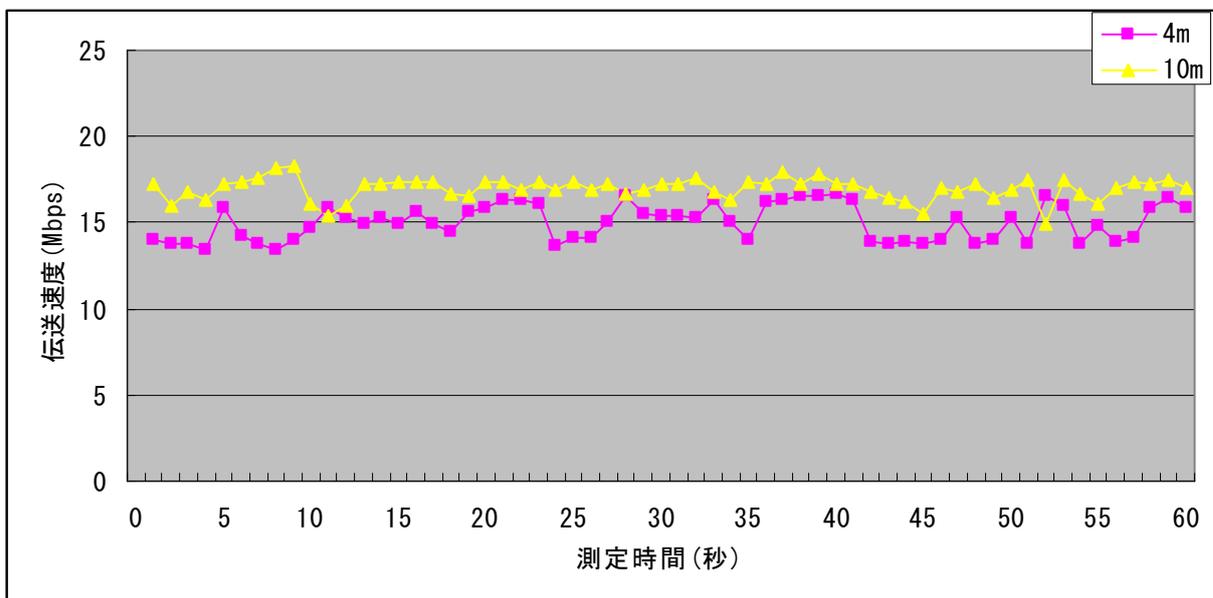


図3-3-6. 5.6GHz上りの測定結果

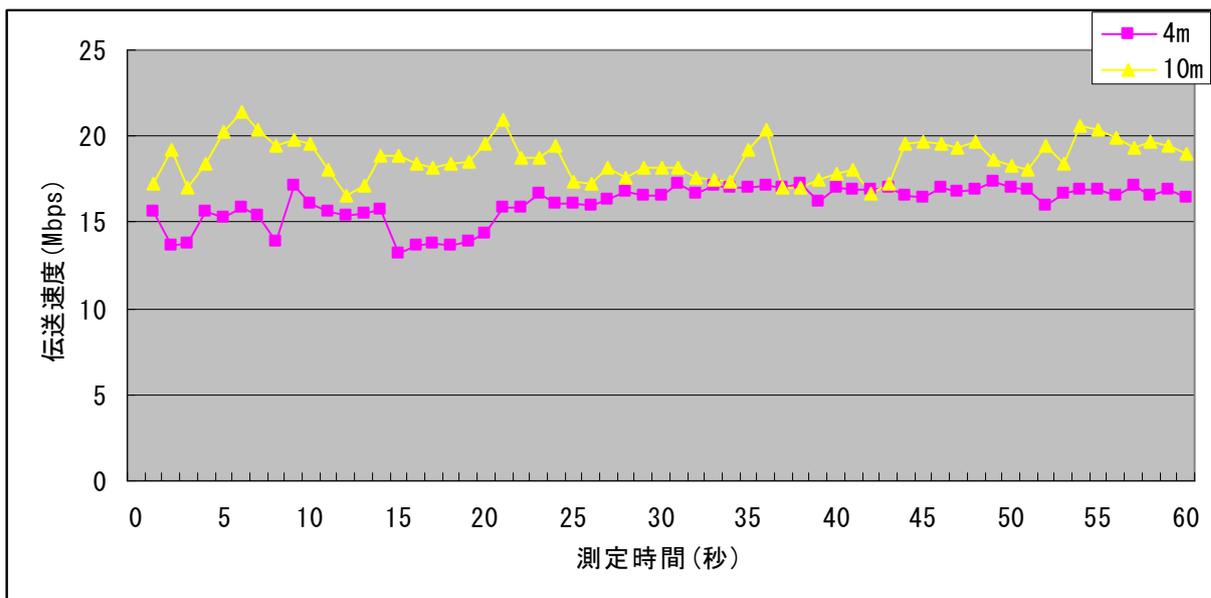


図3-3-7. 5.6GHz下りの測定結果

周波数帯	測定項目	高さ 4m	高さ 10m
2.4GHz	伝送速度(上り)	41.8	49.5
	伝送速度(下り)	54.9	56.7
4.9GHz	伝送速度(上り)	107.9	97.6
	伝送速度(下り)	109.4	109.8
5.6GHz	伝送速度(上り)	15.0	17.0
	伝送速度(下り)	16.1	18.7

表3-3-1.測定結果

2.4GHz 帯及び 5.6GHz 帯の伝送速度は設置高の高い方が伝送速度が大きくなっていることから、設置位置を高くすることの有効性を確認できた。

また、設置を高くしたほうが伝送速度にゆらぎが少なく安定していることが確認できた。

### 3-4. ハイビジョン映像装置による映像伝送試験

図3-4-1の構成で無線環境下におけるハイビジョン映像伝送を確認した。映像はHDカメラで撮影した画像をリアルタイムで、H.264形式に変換し、無線LAN経由でデコーダに送り、デコーダ側でHD形式に戻して視聴する形式をとった。

また、アンテナの向きを変え、意図的に無線の伝送速度を落としながらハイビジョン映像の視聴に問題のない伝送速度を確認した。

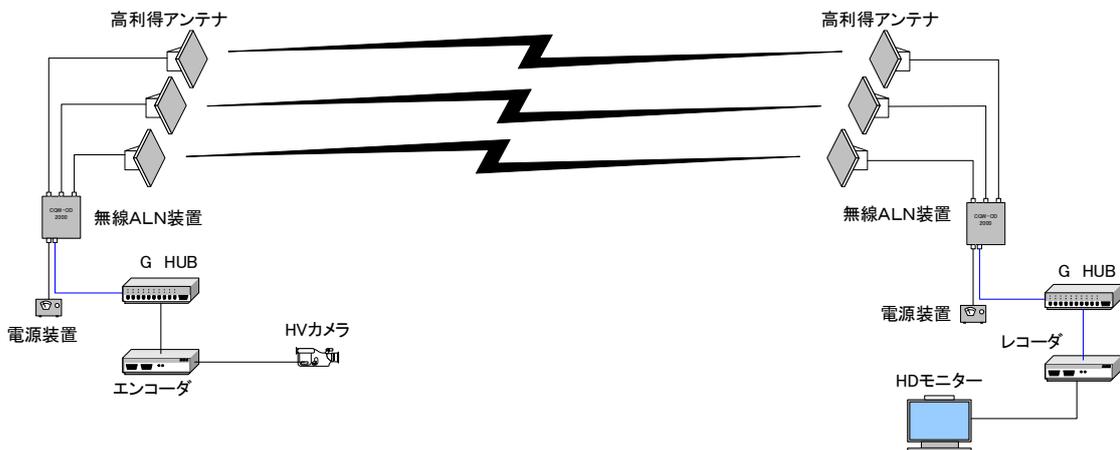


図3-4-1.ハイビジョン映像装置による映像伝送試験構成図

項目	エンコーダ	デコーダ
ネットワーク	100/1000Base-T	100/1000Base-T
映像入出力	(映像入力) HDMI 端子、BCN 端子×2	(映像出力) HDMI 端子、BCN 端子 コンポーネント BCN×3
映像ビットレート	1920×1080:6~20Mbps 1440×1080:5~20Mbps 1280× 720:4~20Mbps 720 × 480:2~10Mbps	—
電源	DC12V	
動作温度範囲	5°C~40°C	

表 3-4-1.エンコーダ・デコーダ諸元

事前に有線環境下でハイビジョン映像の視聴試験を行い、ハイビジョン映像の使用する通信帯域を測定したところ、15Mbpsであることを確認した。

無線環境下においても伝送速度が確保できればハイビジョン映像も十分に視聴できることが確認できた。また、今回使用したハイビジョン伝送装置の場合、約15Mbps以上の速度を確保できればスムーズに映像の視聴ができた。ただし、一度接続が確立されると、速度が10Mbps程度でも、視聴には支障のない映像が得ることができた。

一方、10Mbps以下の伝送速度では映像伝播に乱れが生じ、コマ落ち等が多くなり視聴できなくなった。



図 3-4-3 ハイビジョン映像伝送試験風景



図 3-4-4 ハイビジョン伝送映像

## 第4章 考察等

### 4-1. 距離による伝送速度の比較

4.9GHz帯においては、500m以下の区間では70Mbps以上の伝送速度を記録したが、2km以上の区間では数百kbpsの伝送速度にとどまった。

これは、4.9GHz帯の送受信機が高出力タイプでなかったため、一定の伝送速度を満たすために必要な受信レベルを確保できなかったことによるものと考えられる。

一方、2.4GHz帯においては、2kmの区間では30Mbpsの伝送速度を記録し、5kmでは伝送速度は大きくゆらいだものの平均4Mbpsを記録した。

長距離伝送向けのMIMOアンテナについて、中・近距離で使用する場合は、伝送速度が低下することもあったことから、運用の際のアンテナ選択には注意が必要となる。

### 4-2. 多段中継による伝送速度の比較

多段中継については、約100Mbpsの伝送速度を維持しており、運用の際の影響は少ないと考えられる。

多段中継による伝送速度の低下が3～5%程度確認されたが、これは、多段中継をHUBで接続したことによる遅延などが考えられる。

なお、多段中継において一定の伝送速度を得るには、運用する距離や環境によってアンテナを選択する必要がある。

### 4-3. アンテナ設置高による伝送速度の比較

アンテナ設置高が高くなると伝送速度が大きくなること、また、伝送速度のゆらぎが少なく安定していることを確認した。

### 4-4. ハイビジョン映像装置による映像伝送試験

無線環境下においても伝送速度が確保できればハイビジョン映像も十分に視聴できることが確認できた。

ただし、無線環境下の伝送速度にはゆらぎが生じるため、映像伝送システムの設計、運用試験が必要になる。

### 4-5. 利用する周波数帯の考察

#### (1) 2.4GHz帯

現在一般的にもっとも普及をしている周波数帯で、誰でも利用が可能であるため、利用者数は多いが、チャンネル数は少ないため、干渉することが多くなる。

なお、利用者の特定が困難なため、一定の速度を確保しなければいけない幹線等には、比較的向かない。

## (2) 4.9GHz帯

高出力が可能なため、長距離伝送に適している。ただし、チャンネル数が比較的少ないため、混信対策が必要となる。この場合、届出制のため、利用者が特定しやすく調整等の解決手段とし利用しやすい。

## (3) 5.6GHz帯

レーダなど他のシステムで使用しているため競合時の対策TPC、DFC機能が必要になり、他のレーダなど検知した場合には利用を停止する可能性もある。

なお、チャンネル数が多く高速化やチャンネル割り当てによる混信対策が可能で高速無線LANのアクセス用として期待できる。

### 4-6. 高速無線LANを利用した安心安全確保のための技術的要件

#### (1) 安心・安全に繋がるアプリケーションの例

表 4-6-1 は平成 20 年度の「条件不利地域におけるブロードバンド化推進のための調査研究」で行った情報通信サービスに対するニーズ調査の一部である。調査結果からは防災放送や医療などの安心・安全に関わる要望が高いことが伺える。これは他の離島に対しても同様の結果が出ていた。

ここでは高速無線通信を利用した安心・安全に繋がるアプリケーションを紹介し、それらを導入する上での技術課題について検討する。

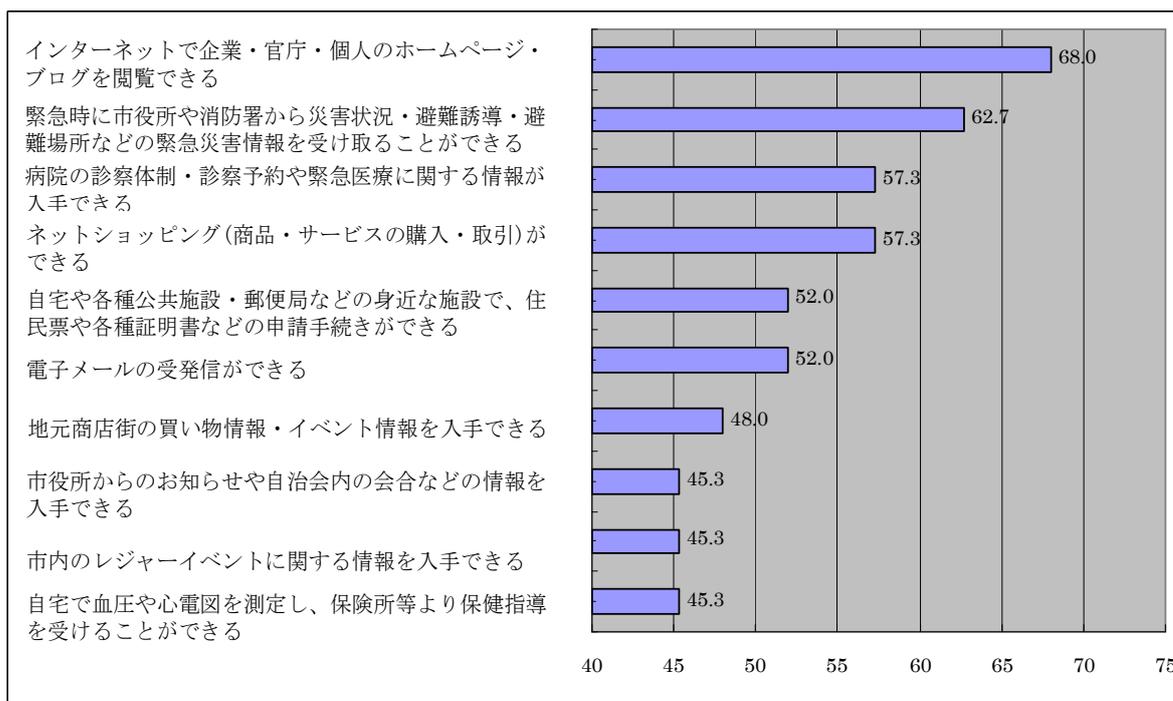


表 4-6-1 ブロードバンド化に対するニーズ

「屋我地島地域における情報通信サービスの利用に関する調査結果」 参考

### ①IP 告知システム

役所等の放送局から災害情報や気象情報を一斉に放送し、住宅に設置している子機からその放送を流す。その他にも放送設備を利用して地域イベント情報や、役所からの行政連絡の定時放送などに活用できる。

IP 告知システムは音声放送であるため、使用する通信帯域は大きくないが、遅延やパケットロスに弱いため、注意が必要がある。

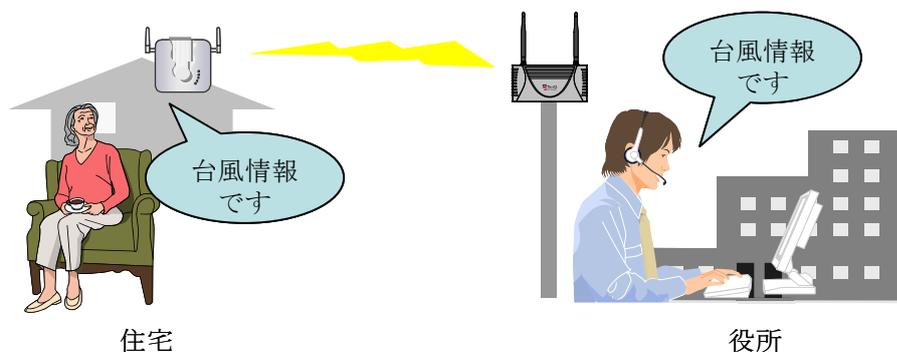


図 4-6-1 無線 LAN を使用した IP 防災放送

### ②ハイビジョン映像配信

インターネットを経由したデジタル放送番組を、テレビ難視聴地域の住民は無線 LAN 通信にて視聴する。テレビ放送難視聴地域や条件不利地域に対してブロードバンド化を推進するサービスの一つとして有効だと考えられる。

サービス例

- ・ テレビ難視聴地域へのテレビ放送
- ・ ビデオオンデマンドによる映画配信

ハイビジョン映像配信は使用通信帯域が大きい(~20Mbps 程)ため、通信帯域を確保することが重要になる。

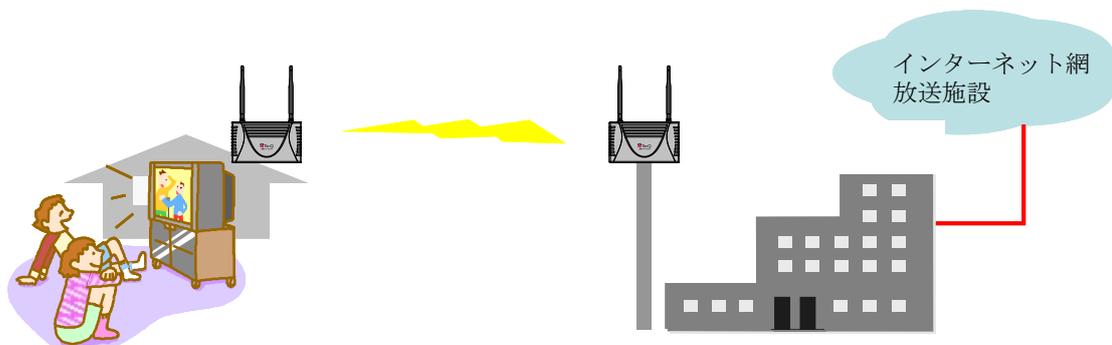


図 4-6-2 無線 LAN を使用したハイビジョン映像配信

### ③遠隔医療

離島住民が高度な医療サービスを受けるために、都市部の病院を頼るケースが少ないが、住民にかかる負担は大きくなる。このような地域格差を改善するため、離島診療所と都市部の病院とをネットワークで接続し、医療支援サービスを提供する。例えば病理検査等の専門的な診断も、遠く離れた都市部の専門医に依頼することで医療サービスの改善させることができる。

また、高齢者の多い地域にはテレビ会議システムを用いた健康相談を行うことで、高齢者の移動負担を軽減させることができる。

従来のカメラ画像よりも高品質なハイビジョン映像を利用することで、詳細かつ高度な診断ができる。

遠隔医療サービスでは取り扱うデータの機密性から無線、有線のネットワーク全てにおいてのセキュリティ強化が重要になる。また、病理診断やレントゲン等画像、ハイビジョン映像はデータサイズが大きいため、通信帯域を確保する必要がある。

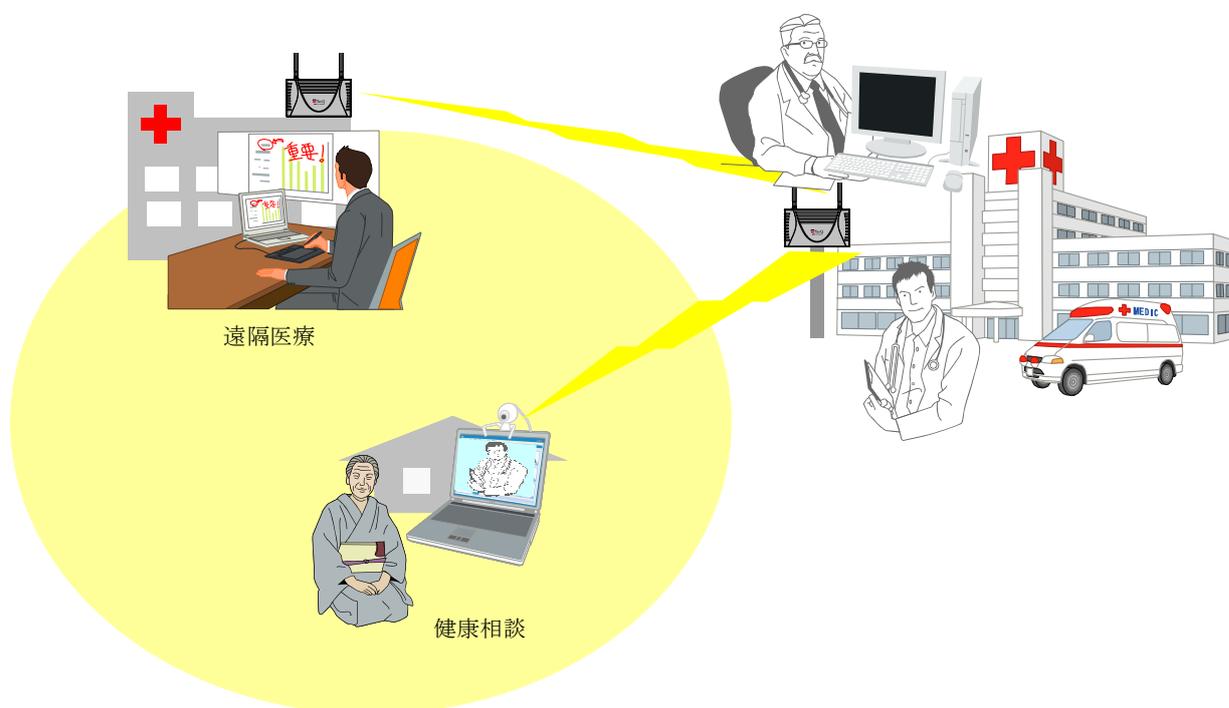


図4-6-3 遠隔医療システム

## (2) 安心・安全に繋がるアプリケーションの技術的要件の検討

(1) で紹介したアプリケーションを離島や山間部などの条件不利地域に提供するには図 4-6-4 のような高速無線 LAN による多段中継や海上伝送を行うことで、より容易かつ安価に構築できると考えられる。

一方で無線 LAN は環境(天候、地形等)の変化、他の無線装置との干渉等の理由で、通信速度の低下や通信品質(通信速度のゆらぎ、回線断)の劣化が生じることがある。

高速無線 LAN の持つ長所を生かし、安心・安全に繋がるアプリケーションを実現するための技術的要件は、以下のとおりである。

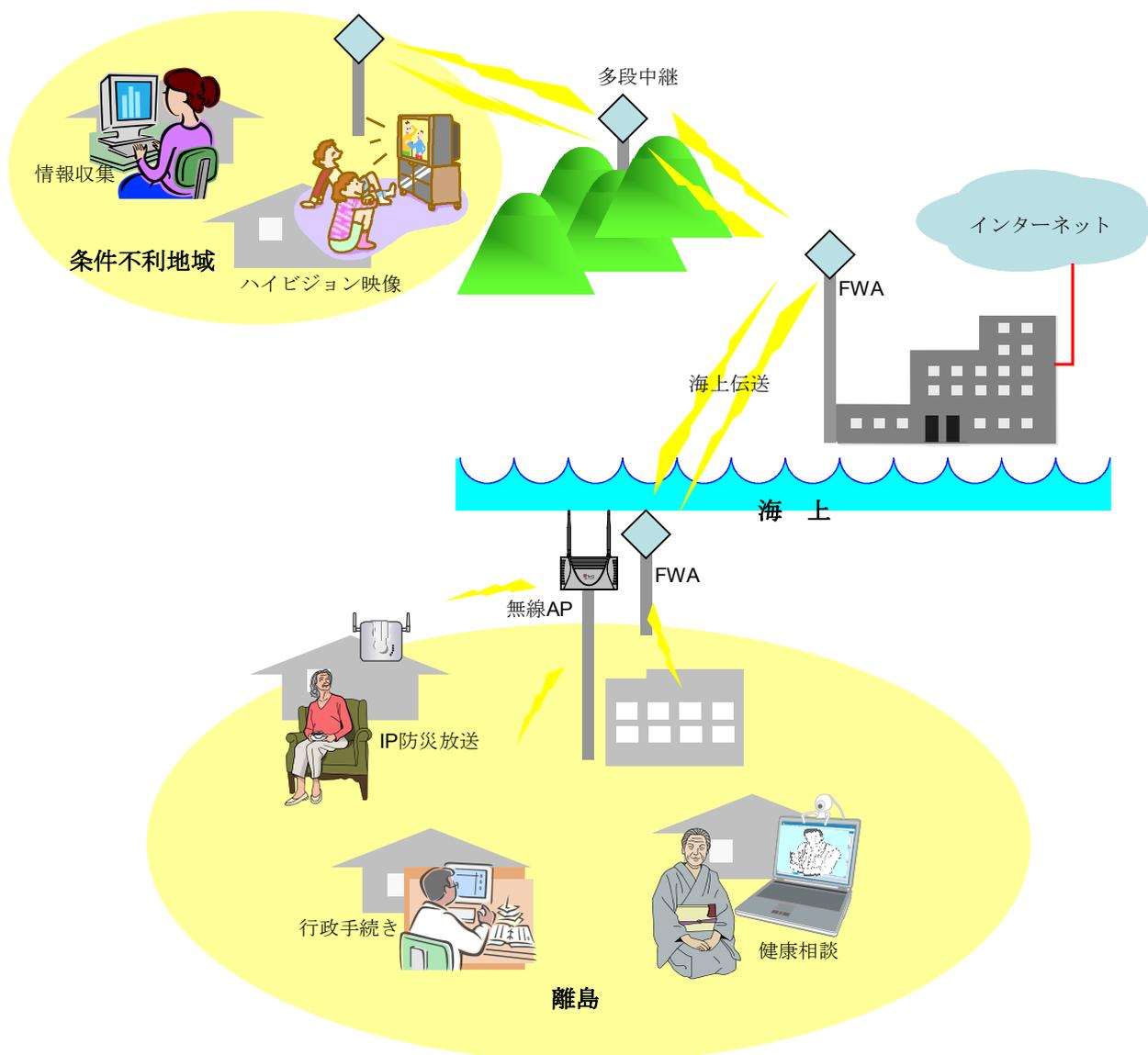


図 4-6-4 高速無線 LAN によるシステムイメージ図

- ①高速無線 LAN を中継し、高画質映像データを伝送する場合に要求される十分な通信帯域確保が必要であり、多段中継用無線 LAN ルータのスループット性能が必要になり伝送元と伝送先の無線チャンネルの衝突が起きないシステム化。
  - ・導入時におけるチャンネル設定や自働経路判断装置の組み込みなどが必要。
- ②中継用無線 LAN 周波数とアクセス用無線 LAN 周波数を分離しコリジョンが発生するのを防ぎ、全体を通したスループットが低下しないよう対策が必要。
  - ・マルチ周波数、マルチチャンネルによる複合化システム。
  - ・中継用無線周波数の出力規格を考慮し、比較的大出力である 4.9GHz 帯を中継用に用い、アクセス用は機器に使用していることが多い 2.4GHz 帯域や今後利用が見込まれている 5.6GHz を用いるのが最適。
- ③無線 LAN システムの被災時における対災害性能の向上と復旧性能の向上。
  - ・電源バックアップや太陽光発電、風力発電等を利用した自家発電による給電。
  - ・アンテナの耐震構造とアンテナ位置調整の簡素化・MIMO アンテナなどのアンテナ数の低減化。
  - ・無線 LAN ルータの防水、対衝撃性能の強化。
- ④ハイビジョン映像や音声データを利用するときは、無線 LAN 装置やネットワーク装置による優先制御、帯域制御を行うことで、安定したデータ通信を保つ。
  - ・音声データはリアルタイム性が求められるため、データ通信との混在時には優先制御を行い、パケットロスを防ぐ。
  - ・映像、音声、一般データ通信それぞれの用途にあった通信帯域を確保し、システムの安定性を保つ。
  - ・映像、音声配信装置によるデータの圧縮技術。



# 用語集

## 用語集

### IEEE

Institute of Electrical and Electronic Engineers の略で、国際的な電気・電子技術の学会。

### IEEE802.11

IEEE で LAN 技術の標準を策定している 802 委員会が定めた無線 LAN の標準規格群。

### IEEE802.11n

IEEE で LAN 技術の標準を策定している 802 委員会が 2008 年後半策定予定の無線 LAN の規格の一つで、2.4GHz 帯および 5.2GHz 帯の無線で最大約 600Mbps の通信を行なう規格。現在(2009 年 3 月)は Draft2.0 版。

### HD

ハイディフィニション (High Definition) の略で、英語では「高精細」といった意味を持ち、日本国内では主に高解像度映像、及びそれに対応した機器・メディアに対して用いられる。日本の場合ハイビジョンと同義語の場合もある。

### エンコーダ

エンコードを行うソフトウェア、または装置のこと。

エンコード (encode) とは、デジタルデータに特定の方法で、後に元の (あるいは類似の) 信号データに戻せるような変換を加えることである。

### OFDM

Orthogonal Frequency Division Multiplexing の略で日本語では直交波周波数分割多重と呼ばれる無線などで用いられるデジタル変調方式のひとつ。

### 高速無線 LAN

一般に実行速度が 100Mbps をこえる無線技術を利用した一定の範囲内のコンピュータ・ネットワーク。またはそのコンピュータ・ネットワーク技術のこと。

### 実効速度

理論値ではなく実際にデータを通信するスピード。通信速度や伝送速度とは別に記されることが多い。スループットの意味合いで使用することもある。

## 条件不利地域

都市部と比較した地方のように、採算性が低い等の理由から民間では、ブロードバンド環境整備が進まない地域。

## スループット

**Throughput** は単位時間あたりの処理能力。コンピュータが単位時間内に処理できる命令の数や、通信回線の単位時間あたりの実効転送量などを意味する。後者の場合、末端同士の実質的な通信速度(理論値からプロトコルのオーバーヘッド等を差し引いた実効速度)の意味で使われる。

## TCP

**Transmission Control Protocol** (トランスミッション コントロール プロトコル、**TCP**) は、伝送制御プロトコルといわれ **TCP/IP** の通信処理で使われるプロトコルのひとつ。

## デコーダ

符号化 (エンコード) された信号データをもとの情報に戻すこと。またはその装置。

## デジタル・ディバイド

インターネットやパソコン等の情報通信技術を利用できる者とできない者の間に生じる格差。ブロードバンドに関するデジタル・ディバイド、特に地理的な意味合いにおけるデジタル・ディバイドについては、一般的には、都市部と地方 (特に採算性が低い等のために民間サービスの提供が遅れている又は提供されない地域) との間に生じる、ブロードバンドが利用できないことによる情報格差と理解されている。

本報告書においては、デジタル・ディバイドとは、ブロードバンドの利用の有無による「結果」としての情報格差でなく、地理的要因によるブロードバンドの「利用機会・利用可能性」そのものにおける格差を指すものとする。

## ハイビジョン

標準テレビ放送に対し走査線が 2 倍以上あるため、高精細な画像である。画面の縦横比は人間の視野に合わせて標準 (4:3) よりも横長な 16:9 である。

日本では 2008 年現在、2 種類の放送規格がある。衛星放送 (BS/110 度 CS) のデジタルハイビジョン (ISDB-S) と、地上デジタルハイビジョン (ISDB-T) である。

## MIMO

**Multiple Input Multiple Output** の略でマイモとよばれる。複数のアンテナを組み合わせデータ送受信の帯域を広げる無線通信技術。無線 LAN の高速化などに応用されている。

## 無線 LAN

無線技術を利用した一定の範囲内のコンピュータ・ネットワーク。または、無線技術を利用した一定の範囲内のコンピュータ・ネットワーク技術のこと。

## UDP

User Datagram Protocol は、主にインターネットで使用されるプロトコルで、音声や画像のストリーム形式での配信に用いられている。

# 資 料

測定データ

3-1. 距離による伝送能力試験

(1) TCPにて距離30mでの試験

秒数 \ 周波数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	79.7	71.4	156.0	185.0	41.9	50.3
2	69.2	70.4	157.0	189.0	50.3	33.6
3	69.2	70.4	160.0	192.0	33.6	33.6
4	75.5	77.8	155.0	189.0	50.3	33.6
5	69.2	77.8	155.0	190.0	33.6	50.3
6	69.2	75.5	155.0	189.0	50.3	33.6
7	75.5	88.0	158.0	185.0	33.6	50.3
8	69.2	75.5	157.0	190.0	50.3	33.6
9	69.2	88.0	156.0	191.0	33.6	33.6
10	62.9	75.5	157.0	192.0	50.3	50.3
11	69.2	75.5	156.0	194.0	50.3	33.6
12	69.2	75.5	158.0	187.0	33.6	33.6
13	69.2	75.5	157.0	190.0	50.3	50.3
14	75.5	63.0	157.0	190.0	33.6	33.6
15	69.2	82.0	157.0	191.0	50.3	50.3
16	69.2	63.0	157.0	190.0	33.6	33.6
17	69.2	75.5	157.0	189.0	50.3	33.6
18	75.5	75.5	158.0	188.0	33.6	33.6
19	75.5	75.5	157.0	188.0	50.3	50.3
20	69.2	69.4	156.0	180.0	50.3	50.3
21	69.2	75.5	156.0	189.0	33.6	33.6
22	75.5	75.5	156.0	190.0	50.3	33.6
23	75.5	75.5	156.0	190.0	33.6	33.6
24	75.5	75.5	150.0	189.0	50.3	50.3
25	69.2	71.5	157.0	188.0	33.6	50.3
26	75.5	77.2	156.0	190.0	50.3	33.6
27	69.2	77.7	155.0	190.0	33.6	33.6
28	75.5	71.5	157.0	188.0	50.3	50.3
29	75.5	77.7	156.0	187.0	50.3	33.6
30	69.2	71.5	156.0	187.0	33.6	50.3
平均	71.7	75.0	156.4	188.9	42.8	40.3

## (2) UDPにて距離30mでの試験

周波数 秒数	2. 4GHz帯		4. 9GHz帯		5. 6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	75.5	79.7	161.0	185.0	59.8	55.8
2	75.5	79.7	160.0	199.0	53.0	50.9
3	75.5	79.7	160.0	197.0	52.4	47.2
4	77.8	79.7	160.0	197.0	52.7	46.9
5	75.5	79.7	162.0	197.0	46.9	50.1
6	75.5	79.7	162.0	197.0	52.7	49.5
7	75.5	79.2	161.0	197.0	54.3	46.7
8	75.5	79.7	162.0	199.0	51.6	47.4
9	75.5	79.7	168.0	193.0	49.8	46.9
10	75.5	81.3	163.0	197.0	52.2	46.7
11	75.5	79.7	162.0	195.0	50.6	46.9
12	77.8	78.9	159.0	200.0	52.7	46.7
13	75.5	79.7	160.0	198.0	52.7	47.4
14	75.5	79.7	161.0	200.0	47.7	48.0
15	75.5	79.7	161.0	195.0	52.4	50.3
16	77.8	79.7	161.0	201.0	52.7	48.8
17	75.5	79.7	161.0	199.0	50.3	47.4
18	71.5	79.7	158.0	199.0	50.6	46.1
19	75.5	81.3	161.0	194.0	53.2	49.0
20	75.5	79.7	156.0	197.0	52.7	51.9
21	77.8	79.7	162.0	165.0	49.0	53.2
22	75.5	79.7	160.0	192.0	52.4	52.7
23	75.5	79.7	156.0	200.0	52.4	51.6
24	75.5	78.4	161.0	196.0	52.7	47.7
25	75.5	79.4	162.0	202.0	50.1	52.4
26	77.8	79.7	161.0	200.0	51.6	52.7
27	75.5	79.7	160.0	200.0	53.5	53.0
28	77.8	79.7	157.0	202.0	50.6	47.4
29	75.5	80.2	162.0	200.0	54.0	53.0
30	75.5	79.7	160.0	195.0	52.0	53.5
平均	75.8	79.7	160.7	196.3	52.0	49.6

## (3) TCPにて距離250mでの試験

秒数 \ 周波数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	58.2	60.7	55.1	88.6	16.4	17.0
2	59.7	66.5	56.1	93.1	17.0	16.6
3	57.7	65.3	57.2	96.8	15.9	16.5
4	56.0	63.2	56.2	95.5	17.1	16.5
5	56.7	63.5	56.2	99.1	16.7	16.6
6	58.3	64.6	56.3	92.7	16.7	16.4
7	58.3	64.3	57.2	97.1	16.7	16.4
8	57.3	65.9	56.8	96.5	17.1	16.4
9	57.4	66.9	56.6	94.3	17.1	16.2
10	58.5	65.4	57.1	95.6	16.8	17.8
11	57.9	63.0	56.0	88.2	17.3	16.9
12	56.5	60.6	59.4	92.7	17.0	16.7
13	57.2	64.9	52.6	93.4	17.1	16.8
14	58.9	61.0	58.3	101.0	16.7	16.8
15	57.0	62.7	55.6	104.0	17.0	16.7
16	57.2	62.3	55.6	102.0	17.0	16.6
17	58.9	63.2	56.2	103.0	17.6	16.7
18	59.4	62.3	60.9	94.6	17.1	16.6
19	59.4	64.9	57.5	88.7	17.1	17.1
20	58.6	64.0	54.5	57.5	17.0	17.4
21	57.7	64.0	56.6	69.5	17.1	17.5
22	56.3	63.4	58.2	79.9	16.9	17.3
23	56.9	64.7	57.1	87.2	16.9	17.2
24	55.4	64.5	55.0	94.4	16.8	16.6
25	57.5	64.0	54.8	87.6	17.0	16.6
26	56.6	60.0	55.5	79.2	17.0	16.2
27	58.3	63.3	58.4	89.1	16.7	16.9
28	57.9	64.0	58.7	96.2	16.7	16.5
29	56.4	63.2	57.8	99.2	17.5	16.5
30	57.7	63.5	57.8	89.6	16.9	16.7
平均	57.7	63.7	56.7	91.5	16.9	16.8

## (4) UDPにて距離250mでの試験

秒数 \ 周波数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	60.6	67.8	77.6	90.4	16.4	19.6
2	62.2	67.7	61.2	90.1	19.7	19.9
3	60.6	66.1	57.7	89.4	19.6	19.9
4	59.1	65.2	66.4	88.2	19.7	19.9
5	63.9	65.2	56.4	97.2	19.5	18.6
6	61.0	65.8	59.7	97.2	19.7	19.9
7	62.8	63.6	56.6	98.3	19.5	18.1
8	64.0	63.3	56.5	98.6	19.7	18.1
9	60.9	53.1	63.2	98.1	19.6	20.2
10	60.6	59.2	54.1	97.4	19.9	19.5
11	60.1	64.8	58.6	98.1	19.6	20.2
12	63.6	61.5	57.2	97.4	19.6	19.9
13	64.3	61.0	57.5	96.2	19.6	19.9
14	61.8	63.4	58.8	98.2	19.7	18.0
15	62.3	61.4	57.9	98.4	19.7	18.1
16	59.1	65.5	54.3	98.0	19.7	19.7
17	61.8	63.2	58.4	97.3	19.6	19.9
18	62.3	63.2	54.4	89.1	20.0	19.9
19	59.2	64.5	59.6	94.1	19.2	19.2
20	57.2	61.3	56.4	93.2	19.7	19.9
21	56.8	61.3	56.4	97.2	19.7	17.8
22	62.0	65.5	57.4	98.3	19.1	19.9
23	57.5	65.5	57.9	98.3	19.7	18.0
24	62.4	69.1	58.5	97.3	19.7	19.7
25	59.2	67.1	57.2	97.5	19.7	19.3
26	57.5	64.4	54.6	98.8	19.6	19.9
27	64.7	62.2	59.2	98.8	19.5	19.9
28	59.2	61.4	58.4	95.2	19.9	18.2
29	63.1	65.5	57.5	98.5	19.5	19.4
30	59.4	60.5	57.5	98.4	19.7	18.9
平均	61.0	63.6	58.6	96.1	19.5	19.3

## (5) TCPにて距離500mでの試験

秒数 \ 周波数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	54.9	65.1	67.5	69.9	13.6	13.1
2	54.7	65.8	65.6	66.6	13.0	13.7
3	56.3	66.0	67.4	66.8	13.7	13.7
4	57.0	66.5	65.5	66.9	13.3	13.8
5	57.7	65.0	67.1	66.4	12.6	13.7
6	54.3	66.8	66.9	66.9	13.8	13.7
7	54.3	64.2	66.4	67.2	13.8	13.7
8	54.3	66.6	67.2	66.1	13.9	13.4
9	55.6	64.6	67.3	67.7	13.5	13.5
10	54.3	67.3	67.3	67.3	13.4	13.5
11	55.0	67.2	67.6	66.6	13.4	13.2
12	50.9	65.2	66.5	67.5	13.6	13.4
13	58.4	64.1	66.3	67.9	13.8	13.6
14	54.2	65.4	66.5	65.9	13.4	13.4
15	54.8	64.1	66.3	66.9	13.5	13.6
16	54.3	64.3	66.3	66.3	13.7	13.2
17	51.6	67.2	66.5	66.0	13.5	13.6
18	55.6	62.2	67.4	67.6	13.6	13.4
19	55.9	64.3	68.6	68.5	13.7	13.6
20	56.8	64.7	66.5	66.8	13.6	13.4
21	53.3	64.3	66.6	66.4	13.4	13.6
22	54.5	63.9	67.2	66.8	13.5	13.3
23	56.2	68.3	67.1	67.5	11.7	13.6
24	57.3	65.3	67.1	67.0	11.8	13.4
25	57.0	65.8	66.5	66.3	13.7	13.6
26	53.3	67.1	67.2	68.3	13.9	13.2
27	55.8	65.5	66.0	66.6	13.8	13.7
28	55.0	65.4	67.2	66.7	13.1	13.4
29	54.4	66.2	68.0	68.4	13.1	13.5
30	57.0	64.2	66.9	66.9	13.0	13.5
平均	55.2	65.4	66.9	67.1	13.4	13.5

## (6) UDPにて距離500mでの試験

周波数 秒数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	59.70	65.1	64.3	66.4	15.1	15.4
2	58.20	65.8	68.7	68.4	15.1	15.2
3	59.00	66.0	67.6	68.8	15.1	15.5
4	57.20	66.5	68.3	68.3	15.3	15.2
5	55.20	65.0	67.5	68.8	14.9	15.5
6	56.20	66.8	69.2	68.7	14.7	15.4
7	52.40	64.2	68.6	68.5	14.8	15.5
8	55.50	66.6	68.5	68.4	15.3	15.5
9	55.50	64.6	68.5	68.8	14.5	15.6
10	59.10	67.3	68.3	69.8	15.4	15.5
11	58.80	67.2	68.9	68.6	14.5	15.5
12	57.20	65.2	69.7	69.2	15.2	15.5
13	59.10	64.1	67.3	68.6	14.8	15.4
14	56.40	65.4	70.2	68.2	15.1	15.3
15	57.20	64.1	69.0	68.8	14.7	15.6
16	54.10	64.3	69.2	68.7	15.1	15.3
17	56.30	67.2	67.5	68.7	14.8	15.5
18	55.10	62.2	67.6	68.8	15.0	15.3
19	57.10	64.3	68.2	69.1	14.9	15.5
20	51.90	64.7	70.6	69.1	15.0	15.6
21	57.20	64.3	67.3	68.9	15.1	15.5
22	53.30	63.9	67.4	69.0	15.1	15.2
23	56.40	68.3	69.8	69.0	15.0	15.5
24	58.00	65.3	68.1	69.2	14.8	15.3
25	59.10	65.8	68.3	69.1	15.2	15.3
26	57.90	67.1	68.3	69.2	15.0	15.5
27	58.20	65.5	68.9	68.6	15.0	15.4
28	55.60	65.4	67.9	68.6	15.2	15.5
29	57.70	66.2	68.7	68.7	15.1	15.6
30	56.50	64.2	68.2	68.2	15.0	15.5
平均	56.70	65.42	68.35	68.71	14.99	15.44

(7) TCPにて距離2kmでの試験

周波数 秒数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	32.9	38.0	0.190	0.262	測定不能	
2	36.1	36.8	0.130	0.262		
3	35.1	32.2	0.197	0.130		
4	33.9	31.9	0.197	0.262		
5	31.7	32.0	0.262	0.197		
6	34.3	34.5	0.262	0.262		
7	31.6	36.2	0.262	0.262		
8	32.0	33.6	0.262	0.262		
9	30.3	34.9	0.197	0.262		
10	32.4	34.4	0.262	0.197		
11	31.3	34.8	0.197	0.130		
12	29.7	33.6	0.262	0.262		
13	27.2	33.9	0.262	0.262		
14	28.7	35.7	0.262	0.197		
15	29.3	35.5	0.130	0.262		
16	29.9	32.0	0.262	0.262		
17	28.3	32.1	0.197	0.197		
18	28.9	34.9	0.262	0.197		
19	30.0	33.5	0.262	0.262		
20	29.6	31.4	0.197	0.197		
21	29.1	34.9	0.262	0.130		
22	30.4	35.2	0.130	0.262		
23	31.2	35.5	0.197	0.262		
24	29.6	34.3	0.262	0.197		
25	31.3	35.0	0.262	0.262		
26	29.0	28.6	0.197	0.130		
27	29.0	34.2	0.130	0.197		
28	29.0	36.2	0.262	0.197		
29	29.4	33.8	0.197	0.262		
30	30.5	38.4	0.262	0.262		
平均	30.72	34.27	0.223	0.225		

(8) UDPにて距離2kmでの試験

周波数 秒数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	34.90	38.20	0.19	0.262	測定不能	
2	32.10	36.40	0.130	0.262		
3	29.20	33.20	0.197	0.130		
4	38.00	35.40	0.197	0.262		
5	36.10	34.40	0.262	0.197		
6	32.20	36.60	0.262	0.262		
7	30.90	38.20	0.262	0.262		
8	33.20	32.10	0.262	0.262		
9	21.50	34.60	0.197	0.262		
10	34.60	33.50	0.262	0.197		
11	33.20	30.70	0.197	0.130		
12	28.30	36.40	0.262	0.262		
13	29.10	32.90	0.262	0.262		
14	32.40	36.90	0.262	0.197		
15	32.10	35.30	0.130	0.262		
16	32.10	32.80	0.262	0.262		
17	27.90	33.00	0.197	0.197		
18	29.00	34.30	0.262	0.197		
19	32.10	32.40	0.262	0.262		
20	33.80	31.50	0.197	0.197		
21	33.40	29.40	0.262	0.130		
22	32.50	28.90	0.130	0.262		
23	29.90	32.20	0.197	0.262		
24	31.20	34.30	0.262	0.197		
25	31.30	32.50	0.262	0.262		
26	30.10	33.30	0.197	0.130		
27	32.10	36.80	0.130	0.197		
28	32.10	36.20	0.262	0.197		
29	29.30	34.90	0.197	0.262		
30	31.20	38.40	0.262	0.262		
平均	31.53	34.19	0.223	0.225		

(9) TCPにて距離5kmでの試験

秒数 \ 周波数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	6.49	16.60	0.197	0.065	測定不能	
2	2.95	4.92	0.197	0.065		
3	1.84	6.16	0.197	0.131		
4	2.88	2.75	0.197	0.065		
5	3.54	3.54	0.197	0.131		
6	2.69	3.34	0.197	0.065		
7	3.54	3.47	0.197	0.131		
8	1.44	3.60	0.197	0.065		
9	3.15	3.28	0.197	0.131		
10	5.51	4.06	0.197	0.131		
11	1.57	4.13	0.197	0.131		
12	1.57	6.09	0.197	0.065		
13	3.93	5.18	0.197	0.131		
14	4.52	2.69	0.197	0.197		
15	4.13	3.01	0.197	0.131		
16	2.69	3.34	0.197	0.131		
17	3.15	4.39	0.197	0.131		
18	2.82	4.19	0.197	0.131		
19	2.82	2.23	0.197	0.131		
20	2.88	6.03	0.197	0.131		
21	1.84	4.00	0.131	0.065		
22	2.16	5.64	0.197	0.131		
23	3.93	2.56	0.262	0.131		
24	5.05	0.92	0.197	0.065		
25	4.06	2.56	0.197	0.131		
26	2.29	2.95	0.197	0.065		
27	2.29	8.06	0.197	0.131		
28	1.57	0.79	0.197	0.065		
29	4.92	2.95	0.131	0.131		
30	2.88	4.12	0.197	0.065		
平均	3.17	4.25	0.195	0.109		

(10) UDPにて距離5kmでの試験

周波数 秒数	2.4GHz帯		4.9GHz帯		5.6GHz帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	13.90	12.40	0.197	0.197	測定不能	
2	15.50	8.59	0.197	0.197		
3	7.86	9.14	0.197	0.197		
4	7.34	11.20	0.197	0.131		
5	6.82	8.32	0.197	0.197		
6	5.51	7.80	0.197	0.197		
7	7.60	7.20	0.197	0.197		
8	7.08	6.10	0.131	0.197		
9	8.13	5.12	0.197	0.197		
10	12.30	8.13	0.197	0.197		
11	10.50	7.29	0.197	0.197		
12	11.00	10.20	0.197	0.131		
13	11.50	13.90	0.197	0.197		
14	13.20	9.92	0.197	0.131		
15	7.86	6.80	0.197	0.131		
16	5.51	7.45	0.197	0.197		
17	7.08	8.28	0.197	0.197		
18	8.39	12.10	0.197	0.197		
19	10.20	10.20	0.197	0.197		
20	6.82	8.75	0.131	0.197		
21	6.82	7.53	0.197	0.197		
22	6.55	8.21	0.197	0.197		
23	7.34	10.50	0.197	0.197		
24	7.60	9.57	0.197	0.131		
25	6.55	8.45	0.131	0.197		
26	6.03	7.01	0.197	0.197		
27	6.55	8.82	0.197	0.197		
28	6.03	7.59	0.197	0.197		
29	6.82	12.10	0.197	0.197		
30	8.09	11.20	0.197	0.197		
平均	8.42	9.00	0.190	0.186		

3-2. 多段中継による伝送能力試験(単位 : Mbps)

測定区間	無線区間①		無線区間②		多段中継③	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	98.4	96.5	98.2	98.4	100.0	83.1
2	104.0	99.4	116.0	104.0	100.0	95.9
3	107.0	100.0	111.0	107.0	98.9	94.2
4	104.0	101.0	115.0	104.0	98.4	97.7
5	105.0	101.0	111.0	105.0	96.6	95.5
6	106.0	100.0	115.0	106.0	94.7	94.2
7	104.0	99.2	116.0	104.0	98.9	97.7
8	105.0	99.7	114.0	105.0	97.5	95.5
9	105.0	102.0	116.0	105.0	95.3	94.4
10	99.0	101.0	116.0	99.0	98.1	95.4
11	102.0	97.6	113.0	102.0	97.9	99.7
12	104.0	100.0	113.0	104.0	98.9	95.1
13	102.0	101.0	116.0	107.0	98.8	99.2
14	104.0	101.0	115.0	104.0	100.0	98.5
15	107.0	103.0	113.0	104.0	97.2	97.1
16	104.0	99.5	114.0	106.0	96.1	94.3
17	106.0	99.2	115.0	104.0	98.4	97.8
18	104.0	99.7	115.0	108.0	102.0	101.0
19	108.0	103.0	116.0	103.0	99.3	103.0
20	103.0	101.0	117.0	99.4	101.0	99.8
21	99.4	101.0	114.0	105.0	96.4	97.8
22	105.0	99.1	112.0	105.0	98.7	98.2
23	104.0	95.8	114.0	106.0	94.8	97.7
24	105.0	98.9	113.0	103.0	96.2	96.7
25	106.0	99.6	115.0	103.0	97.4	99.2
26	103.0	104.0	115.0	106.0	97.2	99.1
27	103.0	101.0	116.0	99.9	101.0	101.0
28	106.0	97.3	115.0	104.0	101.0	97.3
29	99.9	100.0	116.0	104.0	99.7	97.9
30	103.0	99.9	114.0	105.0	101.0	98.8
平均	103.9	100.0	114.0	104.0	98.4	97.1

3-3. アンテナ設置高による伝送能力試験

(1) 設置位置4m(単位: Mbps)

周波数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯		周波数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯	
	時間	上り	下り	上り	下り	上り		下り	時間	上り	下り	上り	下り
1	38.1	49.9	106.0	120.0	14.0	15.6	31	43.6	56.9	114.0	133.0	15.4	17.3
2	39.7	54.5	113.0	125.0	13.8	13.7	32	43.3	56.0	92.8	126.0	15.3	16.7
3	40.3	56.0	112.0	121.0	13.8	13.8	33	44.7	54.7	102.0	130.0	16.3	17.1
4	40.4	56.7	97.8	127.0	13.4	15.6	34	45.0	57.0	95.1	129.0	15.0	17.0
5	40.5	53.6	100.0	134.0	15.9	15.3	35	40.1	55.4	99.5	129.0	14.0	17.0
6	36.2	53.9	96.7	135.0	14.2	15.9	36	41.1	57.0	98.8	129.0	16.2	17.1
7	38.5	54.9	116.0	126.0	13.8	15.4	37	37.4	55.4	94.4	130.0	16.3	17.0
8	34.4	53.9	113.0	134.0	13.4	13.9	38	41.1	57.1	92.4	105.0	16.6	17.2
9	39.2	54.3	115.0	137.0	14.0	17.1	39	42.4	56.1	92.4	119.0	16.6	16.2
10	37.2	54.9	108.0	141.0	14.7	16.1	40	36.6	52.5	96.1	112.0	16.7	17.0
11	39.1	54.3	115.0	137.0	15.8	15.6	41	37.8	54.3	92.1	98.8	16.3	16.9
12	36.3	55.9	108.0	135.0	15.3	15.4	42	46.1	53.9	127.0	106.0	13.9	16.9
13	42.2	56.9	115.0	135.0	14.9	15.5	43	42.4	53.6	118.0	110.0	13.8	17.0
14	40.3	55.6	117.0	136.0	15.3	15.7	44	41.7	54.5	126.0	122.0	13.9	16.5
15	39.8	53.5	109.0	135.0	14.9	13.2	45	43.1	55.4	133.0	125.0	13.8	16.4
16	44.2	54.2	102.0	135.0	15.6	13.7	46	44.3	53.4	127.0	99.6	14.0	17.0
17	39.6	55.6	95.7	133.0	14.9	13.8	47	40.3	53.1	96.2	120.0	15.3	16.8
18	41.6	53.5	100.0	136.0	14.5	13.6	48	47.5	57.0	105.0	133.0	13.8	16.9
19	39.7	54.2	104.0	137.0	15.6	13.9	49	45.1	54.3	117.0	137.0	14.0	17.4
20	47.6	54.0	106.0	139.0	15.9	14.4	50	42.0	54.5	122.0	137.0	15.3	17.0
21	52.2	54.4	99.3	140.0	16.3	15.9	51	46.2	55.5	133.0	139.0	13.8	16.9
22	45.7	56.8	128.0	130.0	16.3	15.9	52	46.5	56.6	112.0	137.0	16.6	16.0
23	41.6	53.9	134.0	134.0	16.1	16.7	53	45.0	57.6	105.0	139.0	16.0	16.7
24	32.4	57.1	131.0	132.0	13.6	16.1	54	45.9	53.5	123.0	137.0	13.8	16.9
25	40.9	54.2	114.0	129.0	14.1	16.1	55	38.7	55.3	119.0	138.0	14.8	16.9
26	37.0	54.3	116.0	135.0	14.1	16.0	56	37.6	54.3	92.8	136.0	13.9	16.5
27	44.1	53.9	124.0	130.0	15.1	16.3	57	43.8	54.9	107.0	137.0	14.1	17.1
28	37.5	54.2	128.0	128.0	16.6	16.8	58	45.9	53.6	85.4	136.0	15.9	16.5
29	43.3	54.3	115.0	134.0	15.5	16.6	59	50.7	55.1	122.0	139.0	16.4	16.9
30	44.3	53.9	80.3	132.0	15.4	16.5	60	48.8	55.4	136.0	137.0	15.9	16.4
							平均	41.8	54.9	109.9	129.8	15.0	16.1

## (1) 設置位置10m(単位 : Mbps)

周波数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯		周波数	2.4GHz 帯		4.9GHz 帯		5.6GHz 帯	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り		時間	上り	下り	上り	下り	上り
1	49.6	57.7	96.8	99.3	17.2	13.4	31	49.1	50.0	92.4	114.0	17.3	16.6
2	49.7	56.2	96.9	114.0	16.0	14.7	32	47.4	57.5	90.0	109.0	17.6	17.6
3	50.2	56.3	102.0	116.0	16.8	17.0	33	49.7	56.0	90.8	111.0	16.8	17.5
4	48.2	62.2	95.6	114.0	16.3	18.4	34	49.3	53.9	104.0	109.0	16.3	17.4
5	51.4	59.2	99.0	110.0	17.3	22.3	35	50.1	58.7	98.3	111.0	17.4	22.0
6	49.3	60.0	90.4	115.0	17.4	21.4	36	49.7	53.9	92.5	113.0	17.2	20.4
7	49.3	59.4	98.1	104.0	17.6	22.4	37	48.0	58.7	89.6	111.0	17.9	17.0
8	49.4	59.1	101.0	115.0	18.2	22.5	38	48.8	53.4	96.2	109.0	17.2	17.0
9	48.9	57.3	95.8	107.0	18.3	22.8	39	50.8	55.8	95.2	113.0	17.8	17.5
10	48.9	54.1	103.0	117.0	16.1	21.6	40	50.3	57.7	95.3	115.0	17.2	17.8
11	49.9	58.6	102.0	113.0	15.4	18.0	41	49.0	55.7	101.0	106.0	17.2	16.0
12	51.2	51.4	98.2	105.0	16.0	16.6	42	50.8	58.1	103.0	106.0	16.8	16.7
13	48.6	56.1	101.0	95.9	17.3	17.1	43	52.0	56.2	95.8	106.0	16.4	17.2
14	51.2	56.5	94.9	96.2	17.2	16.9	44	49.7	52.3	100.0	104.0	16.2	19.6
15	48.6	56.6	103.0	92.3	17.4	16.9	45	48.8	52.3	97.7	109.0	15.5	19.7
16	51.2	55.5	96.2	103.0	17.4	17.4	46	47.8	56.9	96.5	115.0	17.0	20.6
17	47.9	55.2	102.0	105.0	17.4	17.2	47	50.5	56.6	99.7	112.0	16.8	20.3
18	50.5	54.8	97.8	103.0	16.7	17.4	48	51.6	56.7	98.4	114.0	17.3	19.7
19	49.4	57.1	96.7	98.0	16.6	18.5	49	50.7	50.3	95.3	110.0	16.4	20.6
20	41.2	61.5	98.0	109.0	17.4	22.6	50	49.0	55.5	98.6	109.0	16.9	20.3
21	51.6	53.1	98.0	113.0	17.4	20.9	51	47.4	51.9	93.8	104.0	17.5	21.3
22	51.2	56.1	92.6	114.0	16.9	18.7	52	48.8	56.0	97.8	105.0	14.9	21.4
23	48.7	57.9	98.3	109.0	17.4	18.8	53	49.8	60.4	102.0	112.0	17.5	22.0
24	50.8	56.6	92.9	103.0	16.9	19.5	54	49.8	57.3	93.3	109.0	16.7	20.6
25	50.0	62.7	103.0	107.0	17.4	17.4	55	49.2	58.8	97.1	114.0	16.1	20.4
26	51.1	57.5	99.5	113.0	16.9	17.3	56	48.7	56.9	101.0	114.0	17.0	21.9
27	49.1	56.6	100.0	114.0	17.2	16.2	57	50.8	60.0	96.8	116.0	17.4	20.3
28	47.6	57.7	97.7	115.0	16.7	17.6	58	49.6	64.0	102.0	116.0	17.2	20.7
29	49.9	56.6	95.0	115.0	16.9	17.1	59	48.8	58.7	97.9	112.0	17.5	19.4
30	50.5	54.3	98.7	118.0	17.2	17.1	60	50.7	63.8	102.0	116.0	17.0	21.0
							平均	49.5	56.8	97.6	109.6	17.0	18.9

**事務局**

総務省 沖縄総合通信事務所 無線通信課

〒900-8795 那覇市東町26-29 4階

TEL 098-865-2315 Fax 098-865-2321

E-mail : okinawa-kikaku@rbt.soumu.go.jp

<http://www.okinawa-bt.soumu.go.jp/>

**調査検討受託者**

光通信工業 株式会社

〒901-2131 浦添市牧港5-4-10

TEL 098-878-5111 Fax 098-870-1092