

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  
技術的条件に関する調査検討

報 告 書

平成20年3月

総務省 沖縄総合通信事務所

# 目 次

## 第 1 章 調査検討の背景と調査検討項目

- 1-1. 調査検討の背景・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
- 1-2. 調査検討項目・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

## 第 2 章 各種無線システムの比較検討

- 2-1. 無線 LAN ネットワークシステムの比較・・・・・・・・ 5
- 2-2. 各通信規格の特徴と利用形態・・・・・・・・・・・・ 6

## 第 3 章 固定間通信の技術検討

- 3-1. 技術検討システム概要・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
- 3-2. 実験装置諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
- 3-3. 実験測定機器・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
- 3-4. 固定間通信 802.11n 及び 802.11g の比較・・・・・・・・ 13
- 3-5. 距離による伝送特性・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
- 3-6. 気象条件による伝送特性・・・・・・・・・・・・ 19
- 3-7. 地形条件による伝送特性・・・・・・・・・・・・ 21
- 3-8. 機器の設置条件による伝送特性・・・・・・・・ 25
- 3-9. 中継回数による伝送特性・・・・・・・・・・・・ 26
- 3-10. 外来雑音電波による伝送特性・・・・・・・・ 26
- 3-11. アプリケーション動作試験・・・・・・・・・・・・ 29
- 3-12. 映像伝送特性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 30
- 3-13. まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 32

## 第 4 章 ラストワンマイルネットワーク技術検討

- 4-1. 技術検討システム概要・・・・・・・・・・・・・・・・ 33
- 4-2. 実験装置諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35
- 4-3. 実験測定機器・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
- 4-4. 各無線 LAN の比較及び地域条件による伝送特性 38
- 4-5. 距離及び設置条件による特性・・・・・・・・ 42
- 4-6. 気象条件による伝送特性・・・・・・・・・・・・ 48
- 4-7. 通信要求の繁閑による伝送特性・・・・・・・・ 49
- 4-8. アプリケーション試験・・・・・・・・・・・・ 50
- 4-9. 映像伝送特性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 50

4-10. 外来雑音電波による伝送特性	50
4-11. まとめ	52

## 第5章 ブロードバンド体験

5-1. 体験方法	53
5-2. 住民モニタ抽出方法	53
5-3. アンケート結果	53
5-4. まとめ	60

## 第6章 高速無線 LAN 導入に向けた課題と方策

6-1. 固定間通信技術検討の結果と考察	61
6-2. ラストワンマイルネットワーク技術検討の結果と考察	62
6-3. 実用化に向けた課題	63
6-4. 実用モデルの提案	63

付録1 公開実験	66
----------	----

付録2 用語集	75
---------	----

付録3 モニターアンケート用紙	81
-----------------	----

## 第1章 調査検討の背景と調査検討項目

### 1-1. 調査検討の背景

インターネットは、情報源としてのWEB閲覧、映像配信、金融や商取引サービス、IP電話等の多様なサービスが提供されており、国民生活の重要なインフラとなっており、このインフラを支えるブロードバンドサービスの普及が必須となっている。

この状況を踏まえ、総務省は、2010年度へ向けたブロードバンド・ゼロ地域の解消等の整備目標、ロードマップの作成等の整備の基本的な考え方、官民の役割分担、関係者による推進体制の在り方を明らかにし、ブロードバンド整備の全国運動を展開するため、平成18年8月11日に「次世代ブロードバンド戦略2010」を策定し、ブロードバンドの全国整備の取組みを積極的に推進しています。

総務省沖縄総合通信事務所においても、ブロードバンド環境の整備が未定の地域である国頭村、大宜味村、東村の3村について、その解決に向けた「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検討会」を立ち上げ、平成19年12月に整備方策やブロードバンドシステムの提案についての報告書(注)を取りまとめた。

この平成19年12月の報告書では、座学によりブロードバンドシステムの提案をおこなっており、その提案の一つである無線LANについて、新たなシステムである高速無線LAN(IEEE802.11n 2.4GHz)について、条件不利地域でのシステム構築に必要な技術検討を行うものである。

(注) 詳細については、

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

<http://www.okinawa-bt.soumu.go.jp/musentuusin/kenkiyu.html> を参照

### 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) 各種無線ブロードバンドネットワークシステムの比較検討

無線ブロードバンドネットワークで活用されている各種無線システムの特徴を比較し、各システムの利点、欠点や有効な活用方法を検討する。

#### (2) 固定間通信の技術検討

山岳などにより地理的に隔離された地域への高速無線LANによる山頂中継の技術検討を行い、新たな無線LAN技術であるIEEE802.11nについて、既存の技術と比較検討をする

(3) ラストワンマイルネットワークの技術検討

条件不利地域の小規模な住宅隣接地域においてラストワンマイルネットワークの技術検討を実施し、新たな技術の IEEE802.11n と既存の技術と比較検討をする

(4) モニターアンケート調査

ラストワンマイルネットワークの技術検討において、地域からモニター参加を頂き、高速無線 LAN の使い勝手、ブロードバンド環境の活用方法や要望についてアンケート調査を実施する。

(5) 高速無線 LAN の導入に向けた課題と方策の検討

(1) から (4) の結果を踏まえ、デジタル・ディバイド地域への高速無線 LAN 導入の評価、実用化に向けた課題、実用化モデルの提案を行う。

## 第2章 各種無線システムの比較検討

### 2-1. 無線 LAN ネットワークシステムの比較

ブロードバンド化推進のための無線ネットワークで利用される主な無線システムの概要は表2-1-1の通りであり、各々に特徴と使用される用途がある。

表2-1-2には近年ラストワンマイルや拠点間通信での利用に研究が進んでいるWiMAXとWi-Fiの比較表である。

表 2-1-1. 主な無線システムの概要

システム名		ミリ波帯 FWA	無線 LAN (Wi-Fi)	高速無線 LAN	広帯域無線アクセスシステム (WiMAX 等)
技術的特徴	伝送距離	数百 m～数 km 程度	数百 m～数 km 程度	数百 m 程度	数 km 程度
	伝送速度	150Mbps	10～54Mbps 程度	100Mbps 以上	20～30Mbps 程度
	モビリティ	固定	固定～低速	低速	固定～中速
	周波数帯	18GHz 帯 22GHz 帯 26GHz 帯 38GHz 帯	2.4GHz 帯 4.9GHz 帯 5.03GHz 帯 5GHz 帯	2.4GHz 帯 4.9GHz 帯 5.03GHz 帯 5GHz 帯	2.5GHz 帯 3.5GHz 帯 5.8GHz 帯
主な利用シーン		ラストワンマイル 拠点間通信	ラストワンマイル 拠点間通信 無線スポット	ラストワンマイル 拠点間通信 無線スポット	ラストワンマイル 拠点間通信 無線スポット
免許・登録		必要 (基地/移動局)	不要 登録 (基地/移動局)	不要 登録 (基地/移動局)	必要 (基地/移動局)

表 2-1-2. 無線 LAN 規格別比較表

		WiMAX		Wi-Fi			
		固定 WiMAX	モバイル WiMAX	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
標準化規格		802.16d-2004	802.16e-2005	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
周波数	周波数帯	11GHz 以下	6GHz 以下	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	2.4GHz / 5GHz
	使用帯域幅	1.75～10MHz (可変)	1.25～20MHz (可変)	20MHz	20MHz (5MHz/10MHz)	20MHz	20MHz / 40MHz
変調方式	一次変調	BPSK QPSK 16QAM 64QAM	QPSK 16QAM 64QAM	DBPSK DQPSK CCK	BPSK QPSK 16QAM 64QAM	CCK BPSK QPSK 16QAM 64QAM	BPSK QPSK 16QAM 64QAM
	二次変調	OFDM	OFDMA (SOFDMA)	DSSS	OFDM	OFDM	OFDM
多重化方式		TDMA	OFDMA	CSMA	CSMA	CSMA	CSMA
復信方式		TDD, FDD	TDD, FDD	TDD	TDD	TDD	TDD
空間多重		MIMO	MIMO	—	—	—	MIMO
最大伝送速度		37Mbps	75Mbps	11Mbps	54Mbps	54Mbps	600Mbps ※

※ドラフト 2.0 版では 300Mbps となります

## 2-2. 各通信規格の特徴と利用形態

### (1) FWA

FWA (Fixed Wireless Access) は、固定無線アクセスを意味し、日本では、加入系無線アクセスシステムとも呼ばれている。

基地局・端末等は固定して利用され、移動には工事・調整等を要する場合がある。以前は WLL (Wireless Local Loop) と呼ばれることの方が多かったが、ITU-R による勧告後は FWA の名称が一般に使われるようになった。

主に、準ミリ波やミリ波を利用し、指向性の電波で基地局とユーザを 1 対 1 に結んで通信を行なう高速伝送の P-P (Point to Point) 方式と、1 つの基地局と複数のユーザが同時に通信を行なう低速伝送の P-MP (Point to Multiple Point) 方式がある。

前者は伝送距離が最大約 4km で最大速度約 156Mbps、後者では半径約 1km 以内の複数のユーザで 10Mbps 程度の回線を共有して通信が行なうことができる。

利用には免許が必要で、機器の価格なども比較的高価なため、導入・維持にはコストがかかる欠点もあるが、外来電波等の影響は少なく、数 km 程度離れた場所への幹線ルートとして使用されることが多い。

安定した高速伝送が実現できることから、映像や音声が多チャンネル伝送できるため無線を使ったブロードバンドのバックボーンとして活用できる。

離島や山間部での利用が進んでいるが都市部でも複雑に入りこんだビル群や河川を飛び越える通信方式としても活用が可能である。

### (2) WiMAX (IEEE802.16x)

この規格は、高速無線ネットワークに関する規格で、高速無線 MAN の規格である。

MAN (Metropolitan Area Network) とは、都市程度のエリアをカバーするネットワークのことで、通信基幹分岐点から屋内、あるいは端末までの回線部分をカバーするものである。

無線 LAN の IEEE802.11 シリーズのネットワークは、屋内などローカルな部分でのネットワークで利用するため作られた規格であるが、WiMAX の IEEE802.16x シリーズは無線を使って都市間通信を実現するための規格である。

最先端技術を使用した無線通信方式として期待され、PC などのモバイル端末への活用が進むと見られている。

広範囲をカバーすることを特長としているためアンテナ設置高度は携帯電話基地局程度になり、基地局設置コストは携帯電話基地局と同程度になる。

条件不利地域への導入は長距離伝送の特長を生かした高利得アンテナを利用した基地局や個々の利用者宅までのラストワンマイルネットワーク接続に利用できる。

回線設計や置局にあたっては、電波の干渉や地形による電波反射を考慮した設計が行われる。

2008年3月より地域 WiMAX の制度が始まり、この地域 WiMAX は市区町村にてデジタル・ディバイドの解消を目的とした 2,575MHz から 2,595MHz までの周波数うち、10MHz を利用した固定系地域バンド無線局である。

### (3) 無線 LAN (IEEE802.11x)

無線 LAN は一般に Wi-Fi (ワイファイ : Wi-Fi Alliance によって無線 LAN 機器間の相互接続性を認証されたことを示す名称で WiFi と表記) と呼ばれ、IEEE 802.11 シリーズを利用した通信規格である。

最近では、当初想定されていたノートパソコンなどのモバイル・コンピューティング機器の LAN 以外にも、家庭用携帯ゲーム機や IP 電話、デジタルカメラ等の家電製品にも搭載されている。

一般のパソコンユーザに最も浸透しているのがこの無線 LAN システムですが、一般ユーザが購入する家庭内用の製品から、地域のメッシュ型や業務用の固定間通信等に利用される機器まで様々な機器が流通している。

IEEE802.11 のシリーズは、802.11a/b/g/n の規格があり、技術革新が速くまた利用可能な端末も非常に多く多彩である。

これらの規格方式と中継や IP 技術を組み合わせた複合システムによる、メッシュ型無線 LAN や長距離中継無線 LAN システムがある。

2.4GHz 無線 LAN は多くの端末や無線 LAN ルータが商品化されており、主に室内用として販売されている。家庭内の情報家電の相互通信として 802.11n はドラフト 2.0 が制定された後は急速に市場で販売が進みまた情報家電への組み込みも進むため関連技術や産業が拡大しより身近でグローバルな無線通信方式になると予想される。

屋外用高速無線 LAN 用無線周波数も 5.6GHz 帯の開放と 4.9GHz 帯の使用可能地域が全国に拡大しマルチバンド無線 LAN システムの実用化へ拍車がかかるものと思われる。

#### ①メッシュ型無線 LAN

米国欧州で敷設が進んでいるメッシュ型無線 LAN は敷設コストや運用コストが比較的安価で規模に応じたシステム構成が可能な為、都市部や地方部両方で導入が進んでいる。オープンネットワークとしての特長を活かしキャリアによる端末の指定が無くても利用が可能で、今後この傾向は世界的に進行

していくと思われる。

シングル構造型、デュアル構造型、マルチ構造型が存在するが利用者が増大する地域ではマルチ構造型が最適。またハンドオーバーIP が高速で行え端末の移動速度が高速な利用シーンでも活用できる。

マルチバンドとして 2.4GHz のアクセス系と 4.9GHz, 5.6GHz を使った中継用無線 LAN の併用したデュアル構造型とチャンネルを自動選択し輻輳を回避する技術として進化したマルチ型がある。

簡易型メッシュ型無線 LAN も存在し端末の移動速度が低速なメッシュ型無線 LAN がある。

#### ②長距離中継無線 LAN、

無線 LAN ルータを中継して利用できる機能を付加した技術、谷間など曲がった地域を中継して通信することや山頂を長距離中継による通信をする用途に向いている。

敷設コストや運用コストが比較的安価で、免許も不要であり、通信速度も技術革新で益々高速化が期待できることから、今後の活用が期待できる。

### 第3章 固定間通信の技術検討

#### 3-1. 技術検討システムの概要

本技術検討では、条件不利地域における離れた地域間の通信回線のための高速無線 LAN 回線の構築に必要な技術検討を行う。

離れた地域を想定した国頭村の辺野喜ダムと「楚洲あさひの丘」を西銘岳の山頂中継で結ぶ通信回線を設置し、高速無線 LAN 装置 IEEE802.11n (2.4GHz) の各種条件でのスループットの変化について、既存の規格である IEEE802.11g との比較検討を行う。

以下に技術検討システムの概要を示す。



図 3-1-1. システム概略図

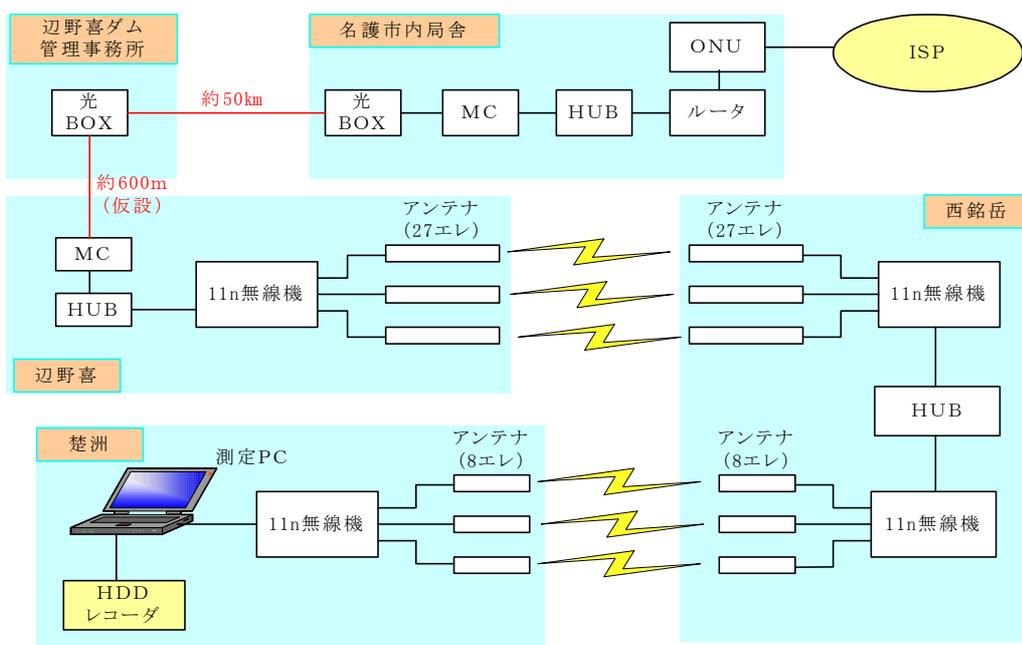


図 3-1-2. システム系統図



図 3-1-3. 辺野喜ダム設置及び見通し状況



図 3-1-4. 西銘岳中継所の設置及び見通し状況



図 3-1-5. 楚洲あさひの丘の設置及び見通し状況

3-2. 実験装置諸元

表 3-2-1. 実験装置仕様

項目	IEEE802.11n 装置	IEEE802.11g 装置
使用周波数帯	2.4GHz 帯(全 13ch)	
サポート規格	Draft IEEE802.11n IEEE802.11g/IEEE802.11b 準拠	IEEE802.11g/IEEE802.11b 準拠
伝送方式	直交周波数分割多重方式 (OFDM) (Draft802.11n 及び 802.11g) 直接スペクトラム拡散方式 (802.11b)	直交周波数分割多重方式 (OFDM) (802.11g) 直接スペクトラム拡散方式 (802.11b)
伝送速度	300Mbps (802.11n) (理論値) 54Mbps (802.11g) (理論値) 11Mbps (802.11b) (理論値)	54Mbps (802.11g) (理論値) 11Mbps (802.11b) (理論値)
アンテナ形式	27 エレメント八木型 (辺野喜-西銘間) ×3 8 エレメント八木型 (西銘-楚洲間) ×3	27 エレメント八木型 (辺野喜-西銘間)
アンテナ利得	19dBi (辺野喜-西銘間) 12dBi (西銘-楚洲間)	19dBi
給電線損失	送信 5.5 dB 受信 5.5 dB(辺野喜-西銘間) 送信 3.7 dB 受信 5.5 dB(西銘-楚洲間)	—
電源	DC5V	DC48V±10%
防水レベル	—	JIS 保護等級 4 (防まつ形) 相当
使用温度範囲	10℃~40℃	0℃~+50℃

### 3-3. 実験測定機器

表 3-3-1. 実験装置仕様

名称	製造会社名	型式	仕様	用途
無線 LAN 解析装置	株式会社フルーク	EtherScope シリーズ II ネットワーク・アシスタント	ワイヤレス機器のプランニング、設置、検証、トラブルシューティング、管理、および最適化	無線 LAN 外来波及びノイズレベル測定
帯域負荷装置	SPIRENT	SMB600B	600 型スマートビットマルチポートテスト本体	ネットワークに一定レベルで負荷をかける
帯域負荷装置	SPIRENT	LAN3101A	SMB600 用ミニスマートモジュール 10/100BASE-T 6 ポートレイヤー3/4	ネットワークに一定レベルで負荷をかける
波形測定器	アンリツ株式会社	MS2683A	9kHz-7.8GHz	目的外電波の発見及び目的電波の成分分析
HDD レコーダ	WTW DVR	DVR-101SR	4 画面同時録画 HDD レコーダ	各測定装置の映像保存
TV コンバータ	株式会社アイ・オー・データ機器	TVC-ZGA2	パソコンの画面をテレビに映したり、ビデオに録画できるアダプター	各測定装置の映像信号を変換
MPEG キャプチャ	株式会社バッファロー	PC-MV7DX/PC	高画質化機能搭載 TV チューナー & MPEG1/2/4 キャプチャボード	HDD レコーダの映像を PC に取り込んで編集する装置
LAN トラフィック分析ソフト	OGA	TCPMONMFC	LAN やインターネットのトラフィック量表示や IP 監視 NSLOOK UP NETSTAT、WHOIS、通信ログファイル出力などの機能	帯域負荷装置を始動したときの測定 PC でトラフィック量表示及びログ収集
実効速度測定ソフト	NLANR	Iperf	TCP と UDP プロトコル転送時における帯域幅を測定することができる	ネットワークのスループットを測定する
PC	日本ヒューレット・パッカード株式会社	Compaq 6715s/CT	OS: Windows VISTA CPU: AMD Sempron 3500 メモリ: 1GB HDD: 120GB	測定用 PC 奥地域ラストワンマイルモニターが提供 PC

### 3-4. 固定間通信 802.11n 及び 802.11g の比較

各測定区間にて図 3-4-1～図 3-4-6 のように機器を設置する。帯域負荷装置より測定 PC に対してトラフィックデータ (TCP: 70Mbps 相当) を送信する。そのトラフィックを測定 PC でモニタすることでスループットを測定する。

802.11n と 802.11g の無線装置間のスループットを測定することで両者の性能評価を行う。

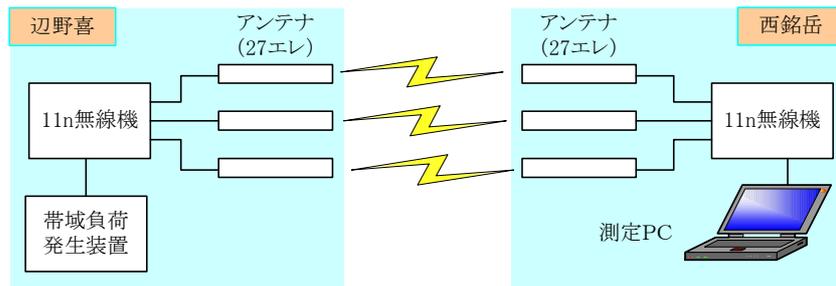


図 3-4-1. 辺野喜ダムー西銘岳中継所間測定方法 (802.11n)

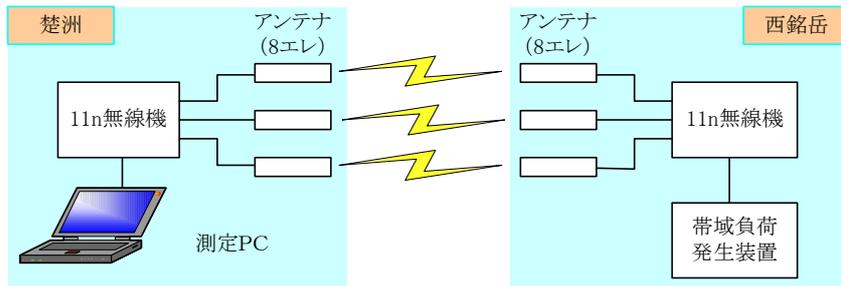


図 3-4-2. 西銘岳中継所ー楚洲あさひの丘間測定方法 (802.11n)

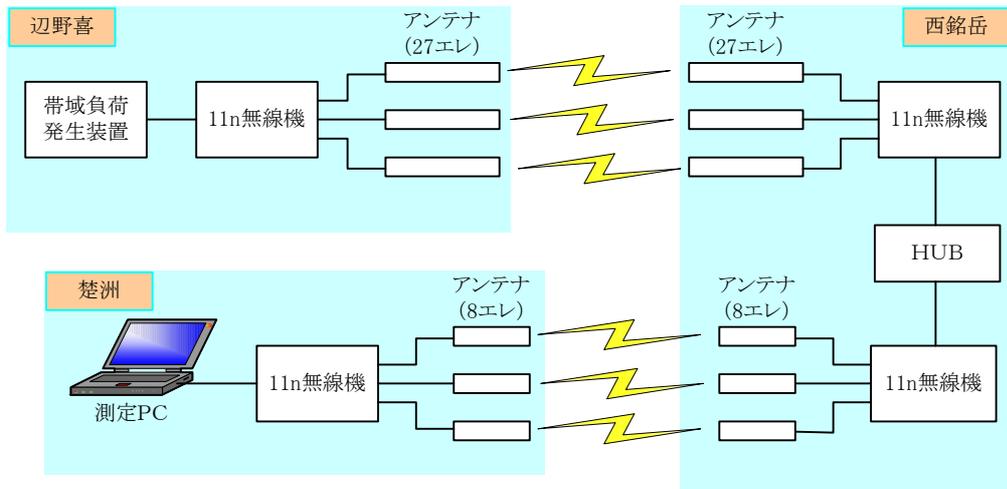


図 3-4-3. 辺野喜ダムー楚洲あさひの丘間測定方法 (802.11n)

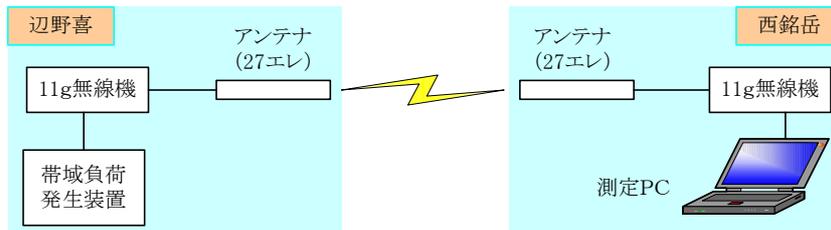


図 3-4-4. 辺野喜ダム－西銘岳中継所間測定方法 (802. 11g)

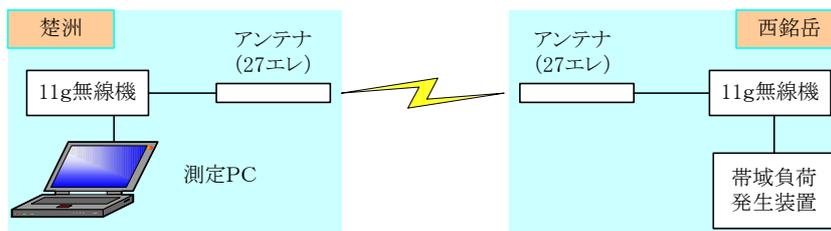


図 3-4-5. 西銘岳中継所－楚洲あさひの丘間測定方法 (802. 11g)

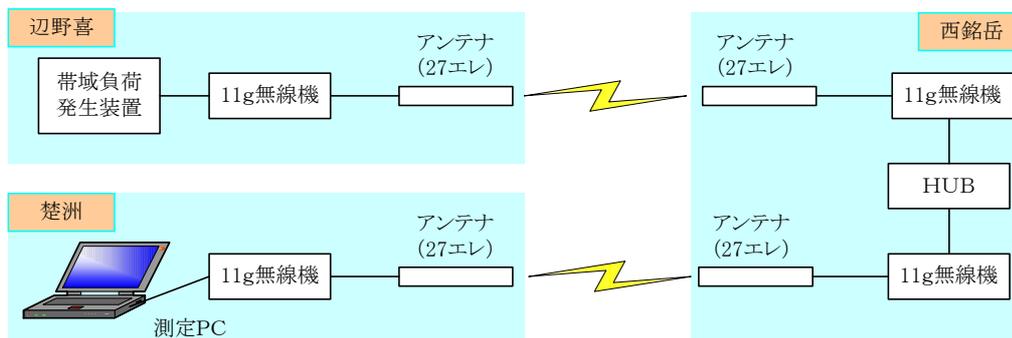


図 3-4-6. 辺野喜ダム－楚洲あさひの丘間測定方法 (802. 11g)

測定は 10 分間 1 セット。

各区間における単位時間(10 秒毎)のスループット値の変化を以下のグラフに記す。

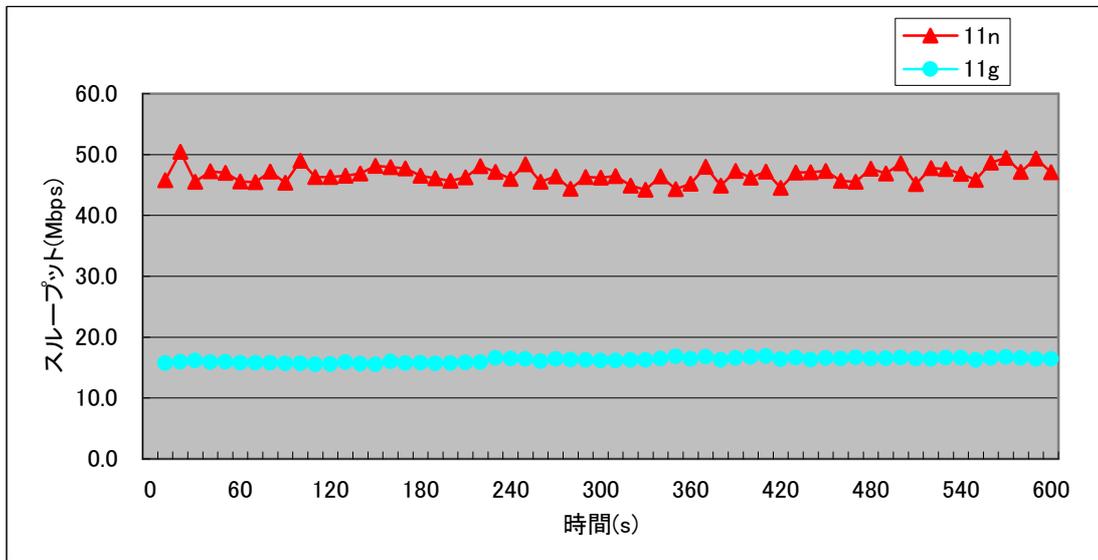


図 3-4-7. 辺野喜ダムー西銘岳中継所間のスループット

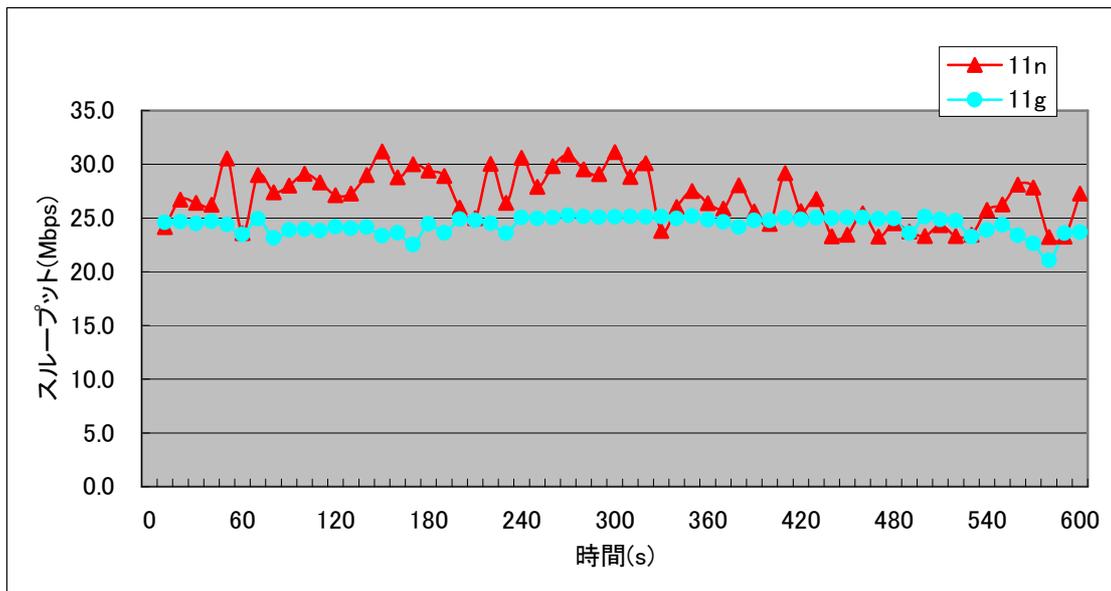


図 3-4-8. 西銘岳中継所ー楚洲あさひの丘間スループット

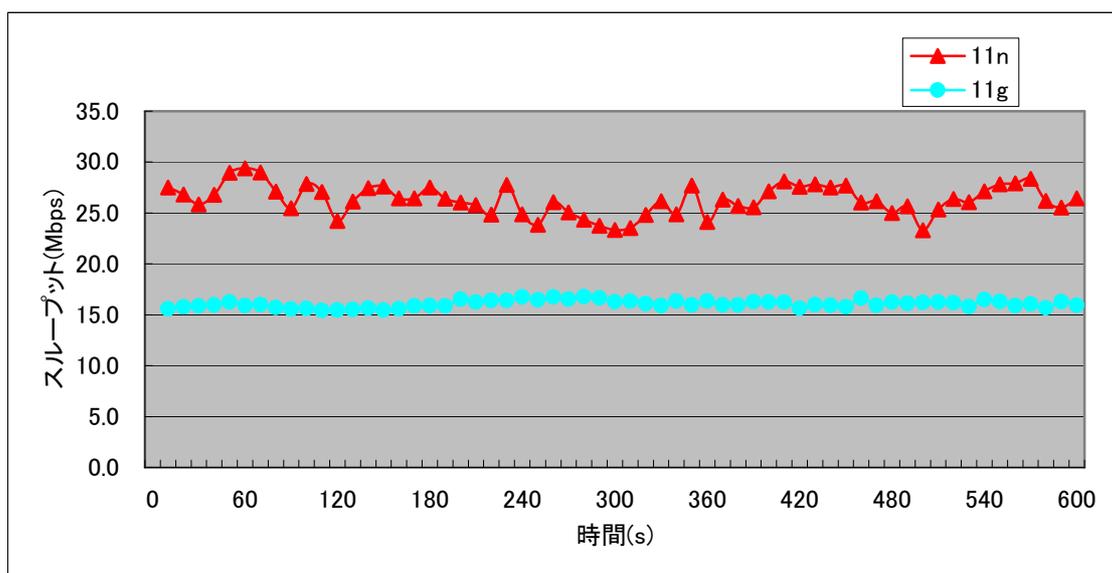


図 3-4-9. 辺野喜ダムー楚洲あさひの丘間スループット

表 3-4-1. 各区分間スループット値(平均)

区分間	区 間	スループット値 (802. 11n)	スループット値 (802. 11g)
①	辺野喜ダムー西銘岳中継所 (4. 4 km)	46. 70Mbps	16. 22Mbps
②	西銘岳中継所ー楚洲あさひの丘 (2. 7 km)	26. 93Mbps	24. 37Mbps
③	辺野喜ダムー楚洲あさひの丘 (4. 4 km+2. 7 km)	26. 29Mbps	16. 06Mbps

図 3-4-7 を見ても分かるように、802. 11n の高速性が確認できた。しかし 802. 11n は 802. 11g に比べスループットの変化が大きい。これは反射波をより拾い通信に活用する 802. 11n の特性と考えられる。

図 3-4-8 の 802. 11n と 802. 11g のスループットに大差がない。これは使用したアンテナ利得が前者 12dB、後者 19dB と 802. 11g で使用したアンテナ利得が大きく、スループットが向上する条件だったためと考えられる。802. 11n の測定において、区間距離は西銘岳ー楚洲あさひの丘間のほうが近いにもかかわらず、辺野喜ダムー西銘岳のほうが高いスループットを示しているのも同様の原因だと考えられる。

事実、802. 11g に関しては、西銘岳ー楚洲あさひの丘間のほうが高いスループットを示している。

### 3-5. 距離による伝送特性

固定間通信における通信距離による特性を調査するため図3-5-1の構成を取った。固定無線アクセスポイントに測定用PCを接続。両PCにて実効速度測定PCを起動させ、スループットを測定する。測定時間は1分間。

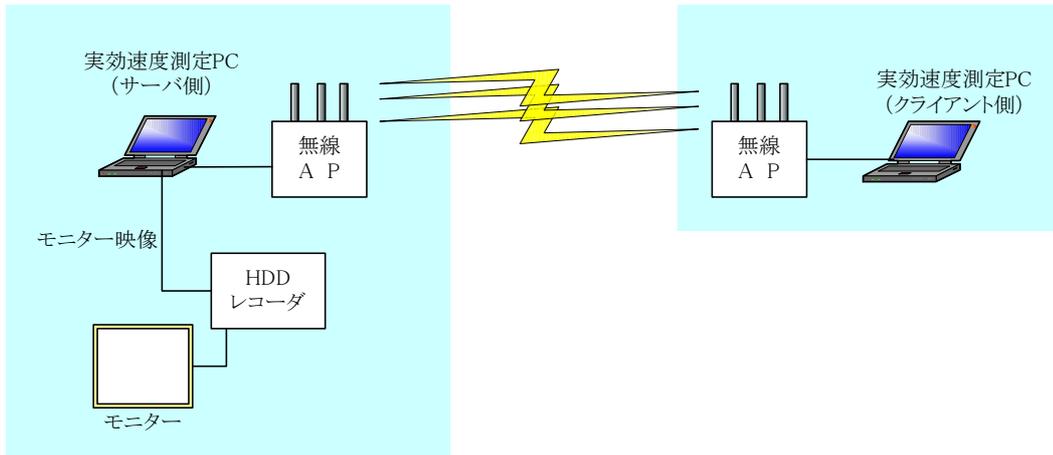


図 3-5-1. 802.11n 距離による特性実験構成図

無線アクセスポイントは高利得アンテナを使用しない認定の取れた無指向性アンテナで行った。無線アクセスポイントを固定し、無線アクセスポイントを移動させながら、そのポイントのスループットを測定する。移動距離は100m ずつとする。

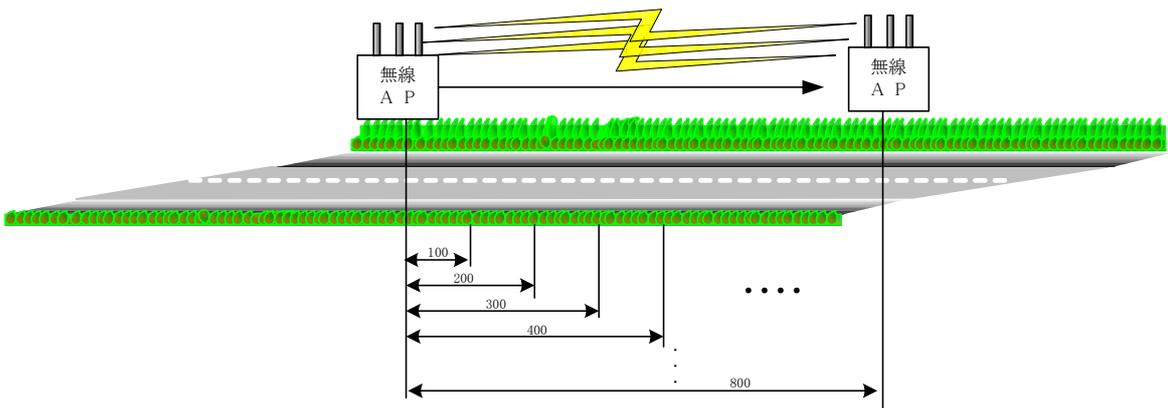


図 3-5-2. 距離特性実験イメージ図

表 3-5-1. 距離によるスループット変化

距離 (m)	伝送速度 (Mbps)	備考
100	10.1	
200	11.8	ゆらぎ有
300	8.5	ゆらぎ有
400	3.7	ゆらぎ有
500	3.8	ゆらぎ有
600	3.0	ゆらぎ有
700	2.0	ゆらぎ有
800	0.4	ゆらぎ有
900	0.0	切断

表 3-5-1 に距離によるスループット測定結果を示す。

200m のポイントでスループットが上昇するが、その後は距離が伸びると緩やかに下降するものとなっている。また、200m 以上では、伝送速度の変化するゆらぎのあるものとなった。

### 3-6. 気象条件による伝送特性

この実験では、気象条件が無線システムに及ぼす影響を観測する。実験内容としては帯域付加装置にて一定量 TCP : 18.5Mbps 相当のトラフィックをかけ続けたときのスループットの変化を観測する。

測定では、辺野喜ダムに測定装置一式を設置し、楚洲あさひの丘の測定 PC でモニタする。

18.5Mbps というトラフィック量を選んだ根拠は、先の実験にて安定して受信する最大のトラフィックと判断したためである。

なお、図 3-6-1 の西銘岳中継所、楚洲あさひの丘間のスループットデータは、実験装置のアンテナ仕様が異なる為、比較データからは除外する。

測定結果は、図 3-6-2 のとおりとなった。

降雨データは気象庁で公開している奥地域のアメダスを参考にした。

(測定日 : 2008 年 3 月 9 日 18 : 00 ~ 3 月 10 日 8 : 30 迄)

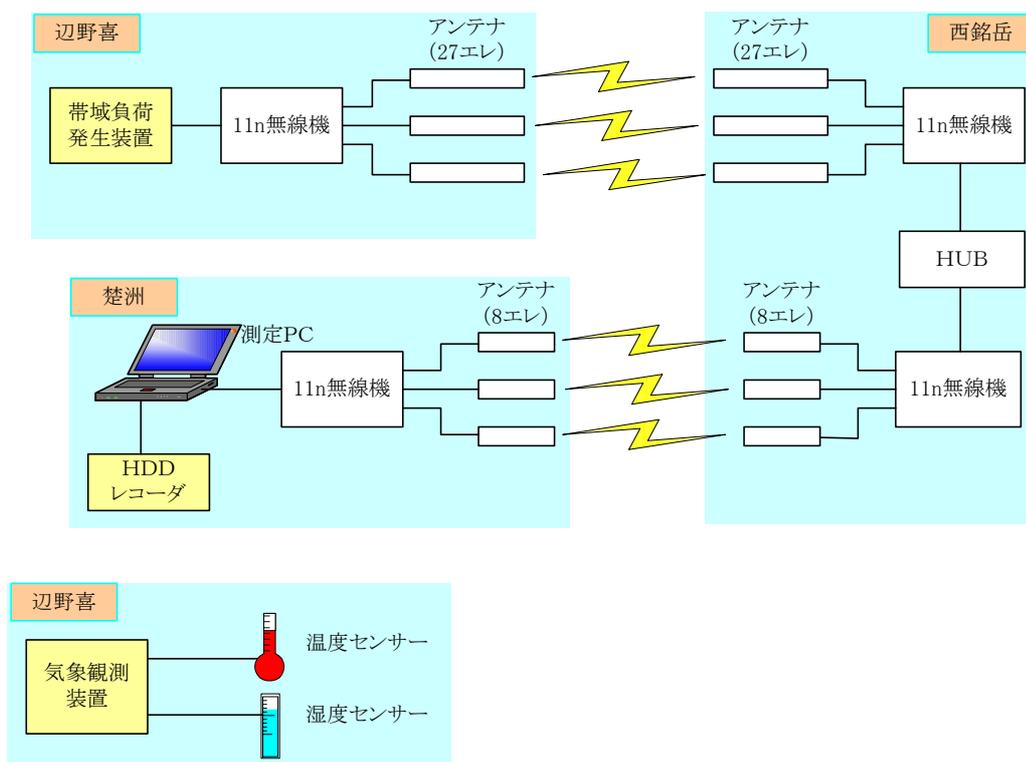


図 3-6-1. 802.11n 気象条件による特性実験構成図

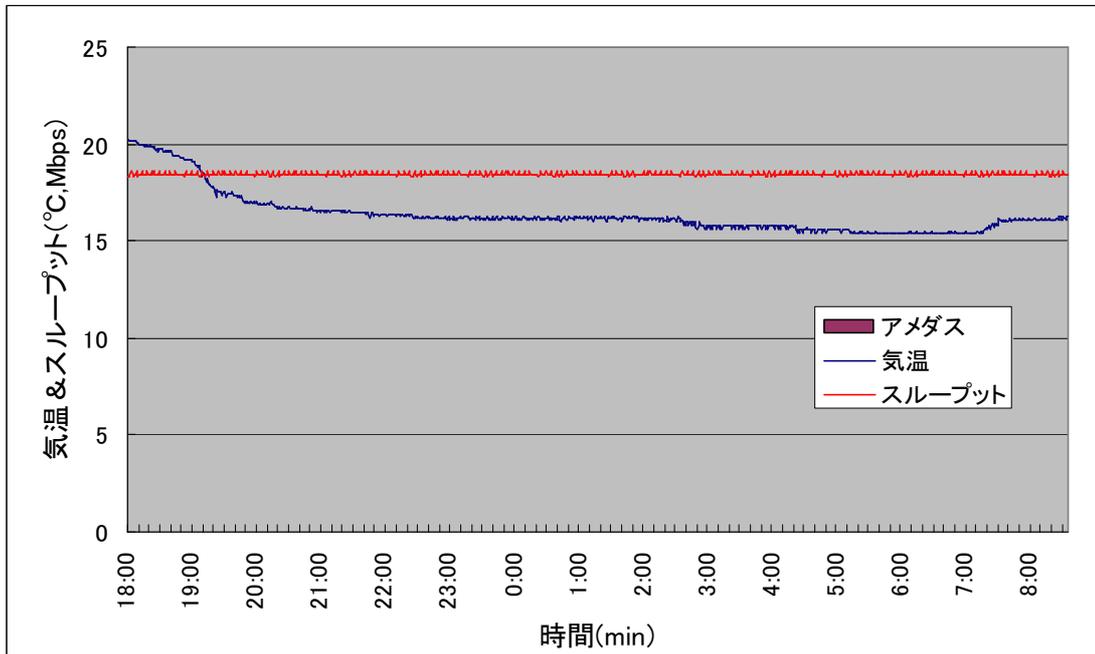


図 3-6-2. 気象による無線伝送特性

図 3-6-2 より、スループット値に大きな変化が見られないため、気温が電波伝搬特性に与える影響は極めて微小と考えられる。

また、測定中に降雨が確認されていないが、実験期間中に降雨のあった時 (0.5mm 程) は無線回線のスループットの変化が見られず、回線に対しての影響は無いものであった。

表3-6-1. をみてわかるとおり、一般的に2.4GHz帯では、降雨による電界強度の減衰量は無視できるものである。

表3-6-1. 降雨減衰係数 (dB/km) の周波数及び降雨強度に対する変化

周波数 (GHz)	降雨量 (mm/h)		
	1	3	10
1	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.02
8	0.00	0.02	0.10
12	0.02	0.07	0.31
25	0.12	0.40	1.42

ITU-R 勧告 P.838-2 "Specific attenuation model for rain for use in prediction methods" より算出 (「電波伝搬の基礎理論」高田潤一 (東京工業大学) MWE 2004 基礎講座より)

### 3-7. 地形条件による伝送特性

固定間通信における地形による特性を調査するために、図 3-7-1 の構成で実験を行った。固定無線アクセスポイントに測定用 PC を接続。両 PC にて実効速度測定 PC を起動させスループットを測定する。測定時間は 1 分間。

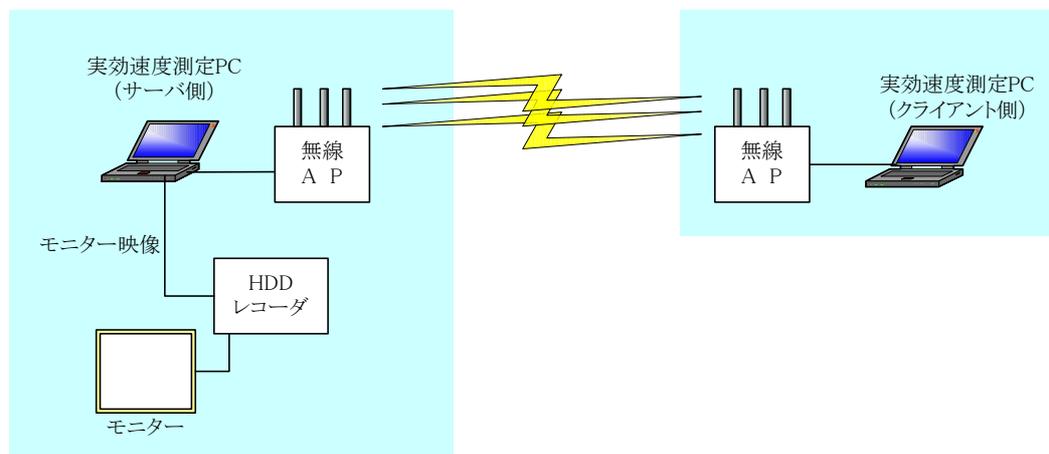


図 3-7-1. 地形条件による特性測定構成図

実験条件として①山間部、②海上、③平地の見通せる三箇所距離を 1 km の設定で行い、実験は、無指向性アンテナで行った。

#### ①山間部

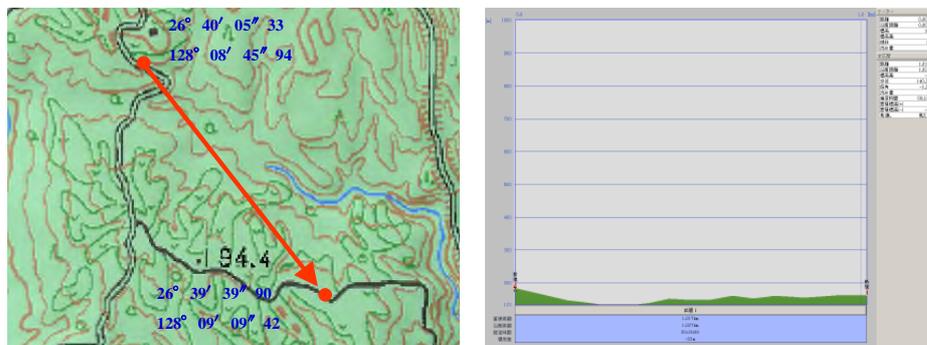


図 3-7-2. 地形条件による測定緯度経度①

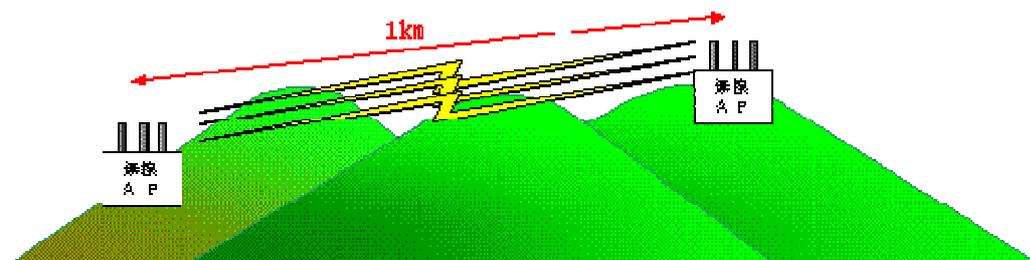


図 3-7-3. 地形条件による測定イメージ図①



図 3-7-4. 地形条件による測定現地写真①

②海上

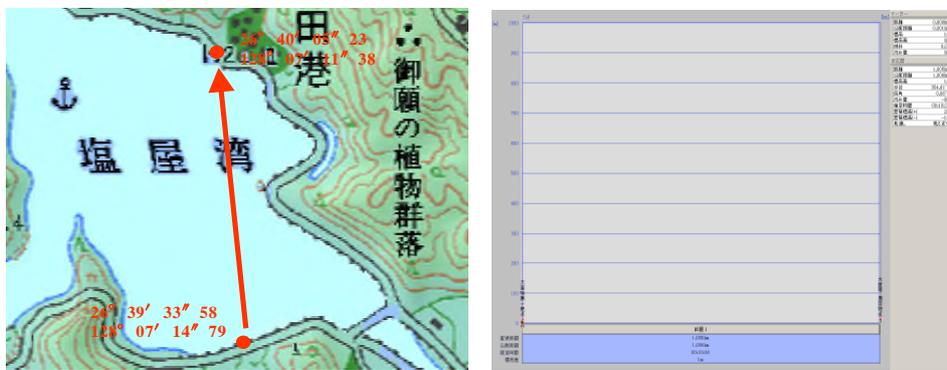


図 3-7-5. 地形条件による測定緯度経度②

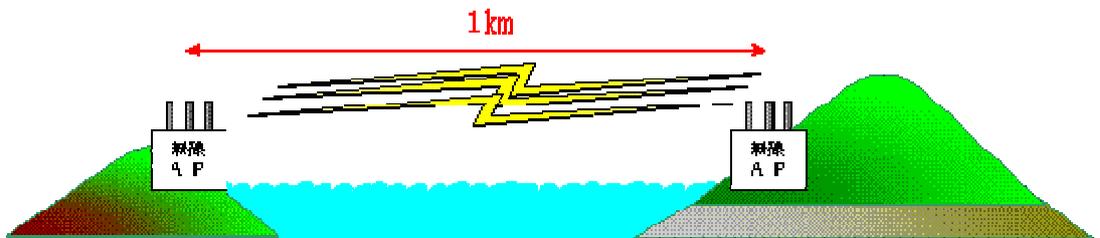


図 3-7-6. 地形条件による測定イメージ図②



図 3-7-7. 地形条件による測定現地写真②

③平地

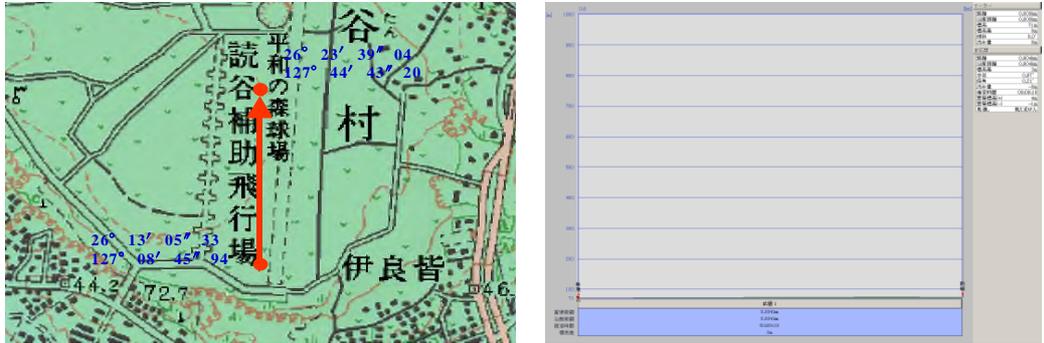


図 3-7-8. 地形条件による測定緯度経度③

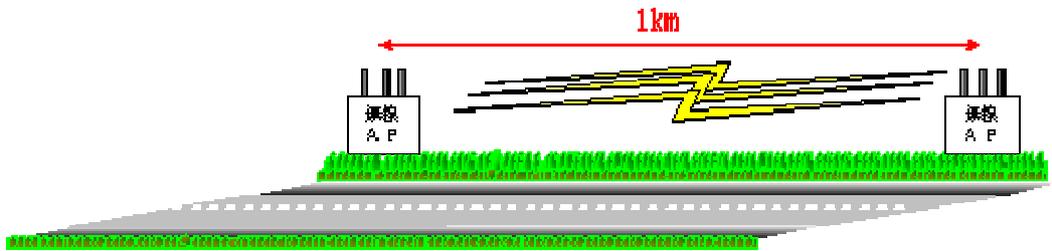


図 3-7-9. 地形条件による測定イメージ図③



図 3-7-10. 地形条件による測定現地写真③

表 3-7-1. 地形条件による測定伝送速度 (スループット)

地形条件	スループット伝送速度	備考
山間部 (1 km)	10.0Mbps	
海上 (1 km)	9.0Mbps	
平地 (0.8 km)	0.4Mbps	800m 地点のデータ

表 3-7-1 の結果より、平地によるスループットが明らかに低い。これは試験環境において、山間部、海上の測定地点には反射波を作る障害物が回りにあったからだと考えられる。逆に平地には障害物がなく、反射波ができにくい地形環境によりスループットが低かったと考えられる。

### 3-8. 機器の設置条件による伝送特性

一般的に指向性のある高利得アンテナを利用して無線 LAN 機器を設定するときには基本的に通信する無線機器のアンテナ同士が互いに真正面に向きあう方が最大の電界強度になり、通信速度も速いという結果がでている。

しかし、辺野喜ダムから楚洲あさひの丘への固定間通信の実験では、IEEE802.11n の技術特徴の一つである MIMO を利用して複数のアンテナで信号を受信する場合は、対向するアンテナの方向と違う方向で電界強度が強くなったり伝送速度が速くなるポイントがあった。

実験では、数度トライして電界強度の強くなるポイントを見つけ、通信速度の向上があったが、安定性に欠けるようものとなった。

設置時にカット・アンド・トライの末、アンテナを対向方向でかつ設置垂直方向に設置して行ったほうが、速度・強度は少し低くなるが安定性の向上が見られる結果になった。

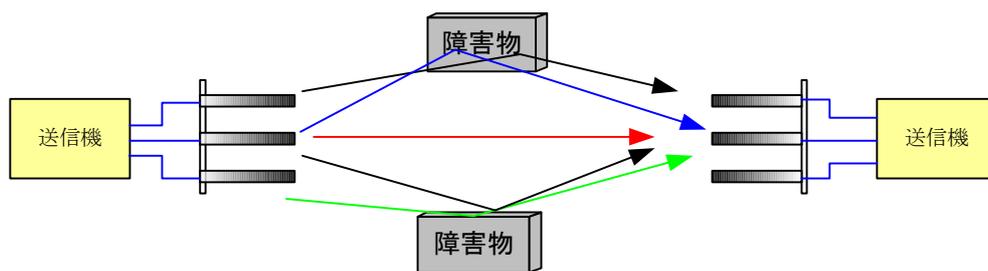


図 3-8-1. 機器の設置条件による伝送特性 (MIMO)

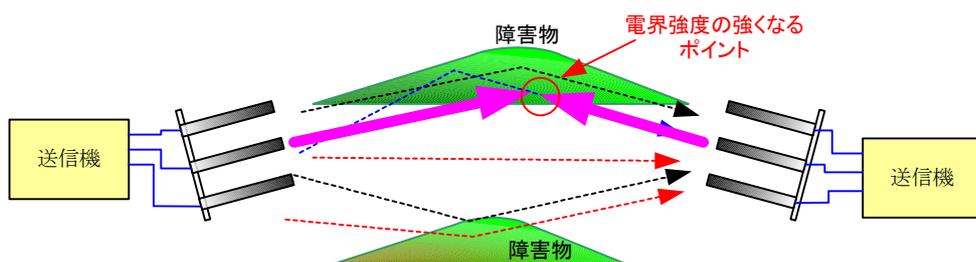


図 3-8-2. 機器の設置条件による伝送特性 (MIMO)

### 3-9. 中継回数による伝送特性

中継回数による伝送特性は項目 3-4 で行った 802.11n 及び 802.11g の比較実験の結果である、表 3-4-1 を元に見てみると、802.11n の場合、辺野喜ダムー西銘岳中継所間で 26.93Mbps、辺野喜ダムー楚洲あさひの丘間が 26.29Mbps ということから、約 2.4% 程度の速度の低下が計測された。

同じように 802.11g の場合は辺野喜ダムー西銘岳中継所間で 16.22Mbps、辺野喜ダムー楚洲あさひの丘間 16.06Mbps と 1.0% 程度の速度の低下が計測された。

このことから、両者ともにスループット低下率が低いため、今回の実験のような 1 回の中継回数では、影響は少ないと思われる。

### 3-10. 外来雑音電波による伝送特性

無線による固定間通信中に外来雑音が発生した時の特性を観測するため、図 3-10-1 のような構成をとった。

固定間通信用無線アクセスポイントには測定 PC を直接接続。両測定 PC は実効速度測定ソフトにて一定量のトラフィックをかけ続ける。このとき外来雑音(今回は固定間通信に使用している無線チャンネル 1 に近いチャンネル 2 の無線通信)を発生させた時のトラフィック、電界強度の変化を調査する。トラフィックは視覚的に分かりやすいよう LAN トラフィック分析ソフトでモニタする。

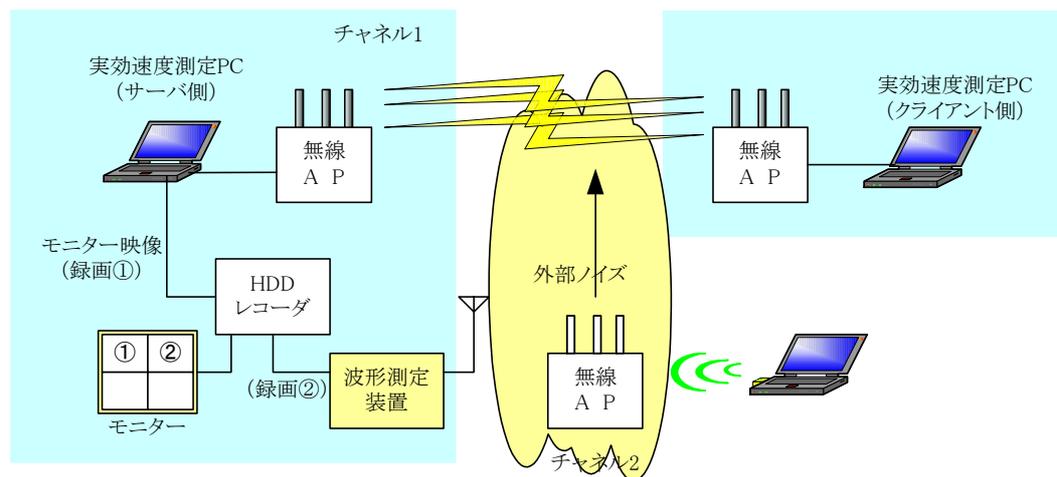


図 3-10-1. 外来雑音電波による特性測定構成図

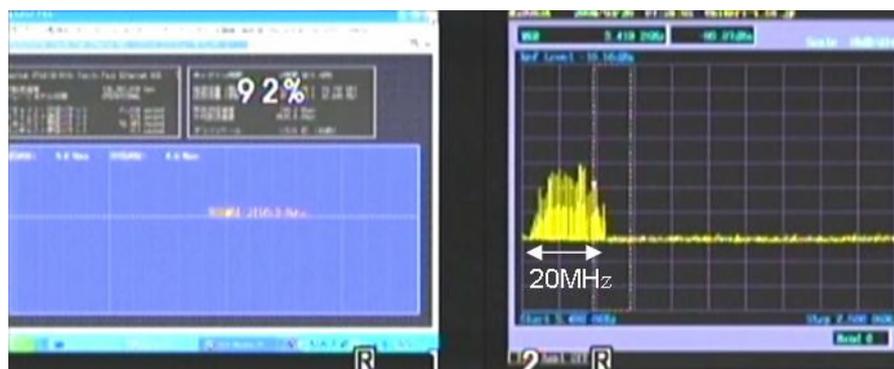


図 3-10-2. 外来雑音観測

図 3-10-2 はトラフィックをかける前のトラフィックモニタ及び電界強度測定結果である。左側がトラフィックモニタ、右側が電界強度を示している。トラフィックがない状態だと 1 チャネル分の 20MHz 幅の電界強度を示している。

次に測定 PC 間でトラフィックを与えたときのデータを図 3-10-3 に示す。



図 3-10-3. 外来雑音観測

トラフィックをかけると、それまで 20MHz 幅だった周波数帯が 40MHz 幅まで広がり、デュアルチャネル通信に移行したことが分かる。

また、トラフィックデータも安定し、ゆらぎのない通信ができています。

この状態から外来雑音チャンネル 2 の無線アクセスポイントを立ち上げたときのデータを図 3-10-4 に示す。



図 3-10-4. 外来雑音観測

電界強度を見ると、802.11n の周波数帯に重なるように外来雑音の周波数が生じているのが分かる。また、先ほどまで安定していたトラフィックも不安定になり外来雑音のスループットに対する影響を確認できた。

802.11n、40MHz 幅の通信は帯域を 2 倍にすることでスループット向上を目指す技術だが、帯域幅が 2 倍になることで外来雑音の影響を受ける可能性もその分増えるということを踏まえ運用していくことが重要だと考えられる。

### 3-1-1. アプリケーション動作試験

図 3-11-1 は実験局からインターネット網へ抜ける系統図で、辺野喜ダムから名護市内局舎までは光回線にて接続している。この環境でインターネットの回線速度測定サイトにて回線速度を測定してみたところ、平均して 4Mbps 前後の良好な結果が得られた。

告知システムによる IP 電話を利用して見たところ、途切れのないクリアな音声通話ができた。IP 電話は通常 200kbps と使用帯域は低いが、リアルタイム性が重要で、安定した通信速度が必要なサービスであり、支障がないものであった。

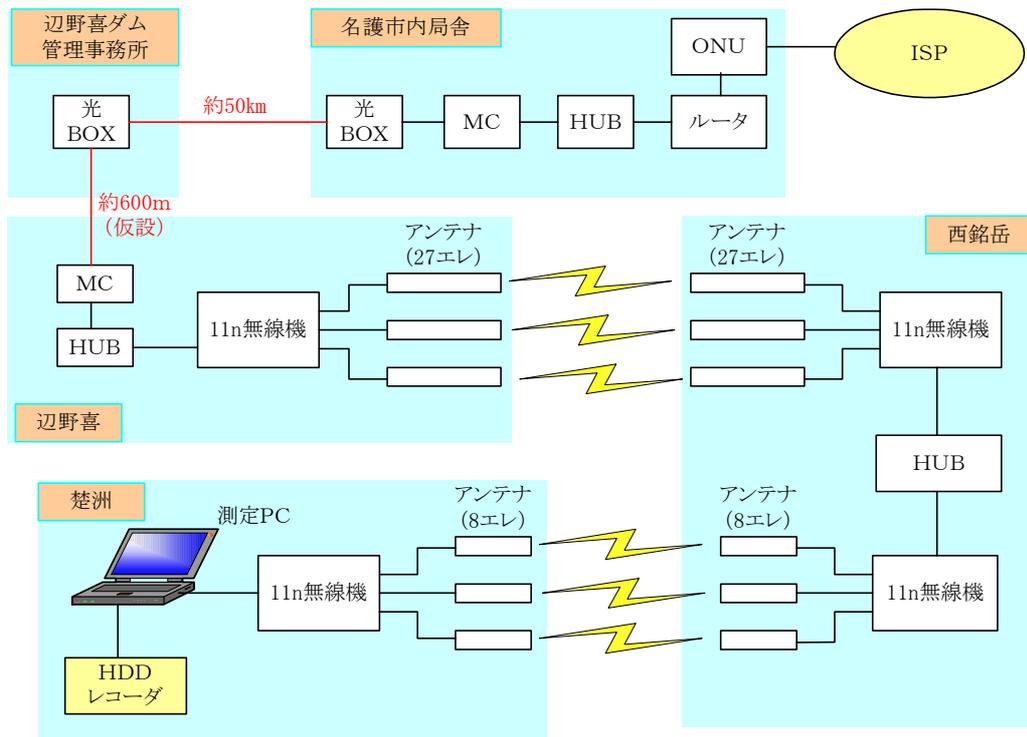


図 3-11-1. インターネット利用経路

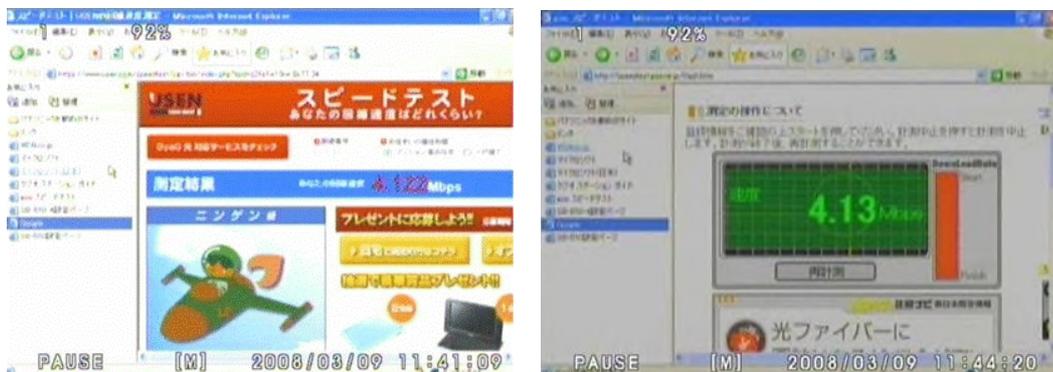


図 3-11-2. 回線速度測定サイト測定結果

### 3-1-2. 映像伝達特性

辺野喜ダム、西銘岳中継所に Web カメラを設置。楚洲あさひの丘から Web カメラの動画を確認した。測定環境を図 3-12-1 に示す。また、使用したカメラの諸元を表 3-12-1 に示す。

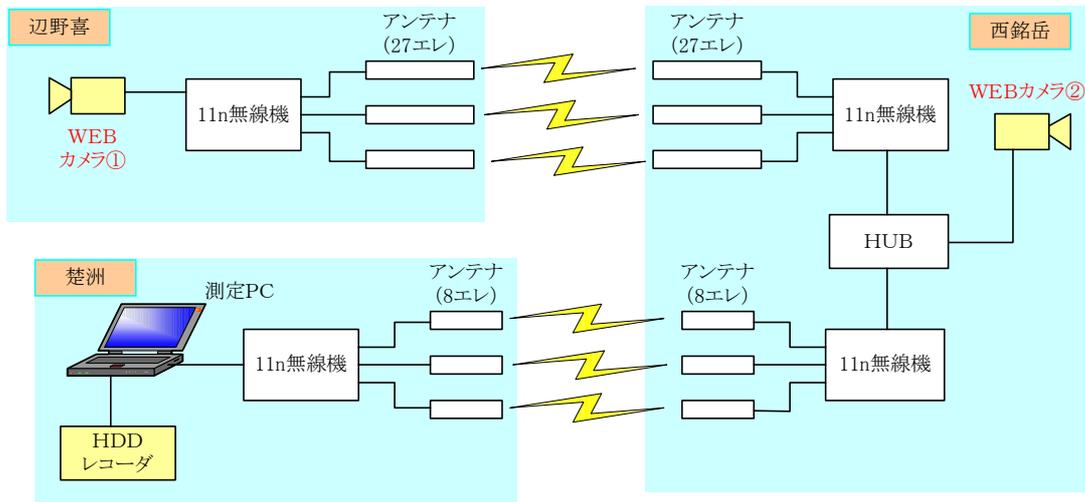


図 3-12-1. カメラ設置系統図

表 3-12-1. Web カメラ諸元

	辺野喜ダム設置	西銘岳設置
画像圧縮方式	JPEG、MPEG-4	JPEG、MPEG-4
有効画素数	33 万画素	32 万画素
解像度	640×480 (VGA) 480×360、384×288 320×240、(QVGA) 256×192、160×120 (QQVGA)	640×480、320×240、192×144
画像更新速度	JPEG:最大 18 枚/秒 (VGA) 30 枚/秒 (QVGA) MPEG-4:最大 15 枚/秒 (VGA) 30 枚/秒 (QVGA)	JPEG:最大 16 枚/秒 MPEG-4:最大 30 枚/秒
同時アクセス数	JPEG:最大 20 アクセス MPEG-4:最大 10 アクセス	JPEG:最大 30 アクセス MPEG-4:最大 10 アクセス

楚洲あさひの丘に設置した実験環境から Web カメラの LIVE 映像を視聴した。1 台の PC で 2 ヶ所のカメラを視聴した図を図 3-12-2 に示す。同時に 2 台、約 2Mbps の LIVE 映像も回線ストレスを感じさせない映像で見ることができた。また、同時に Web カメラの遠隔操作もスムーズに行うことができた。



図 3-12-2. Web カメラ×2 台視聴

インターネット上の動画サイトよりビットレート 768kbps のストリーミング映像を視聴した。その結果、ストリーミング配信が途切れることなく、快適に視聴できることを確認した。

一般的にストリーミング映像を快適に視聴するにはビットレートの 3 倍以上、今回の場合は約 2.3Mbps 以上の通信速度が必要といわれている。これについても問題なく視聴することができた。



図 3-12-3. ストリーミング映像視聴

### 3-13. まとめ

実験を通して IEEE802.11g と IEEE802.11n のスループットによる比較を行い、IEEE802.11n の高速性を実証することができた。一方でスループット最大値の変動が IEEE802.11g に比べて大きいものとなった。

これについては、反射波の影響によるものだと考えてみると、反射波の受信量は常に一定というわけではないため、スループット最大値が変動するものだと考えることができる。

高速伝送が必要なストリーミング映像や安定した通信速度を必要とする IP 電話などのアプリケーションについても問題がないことを確認した。

## 第4章 ラストワンマイルネットワークシステムの技術検討

### 4-1 技術検討システムの概要

本技術検討では、条件不利地域における住宅隣接地域でのラストワンマイルネットワークのための高速無線 LAN ネットワーク構築に必要な技術検討を行う。

住宅隣接地域を想定した国頭村の奥地域にラストワンマイルネットワークを設置し、高速無線 LAN 装置 IEEE802.11n (2.4GHz) の各種条件でのスループットの変化について、既存の技術である IEEE802.11g 及び IEEE802.11b との比較検討を行う。

装置は、汎用装置を用い、親機（屋外のアクセスポイント）は屋内装置を防水ボックスに収納し電柱に設置、子機（モニタ住宅内のパソコン LAN）は外部アンテナを使用しない USB 型またはカード型とし、同一のパソコンによる実験とした。

以下に技術検討システムの概要を示す。

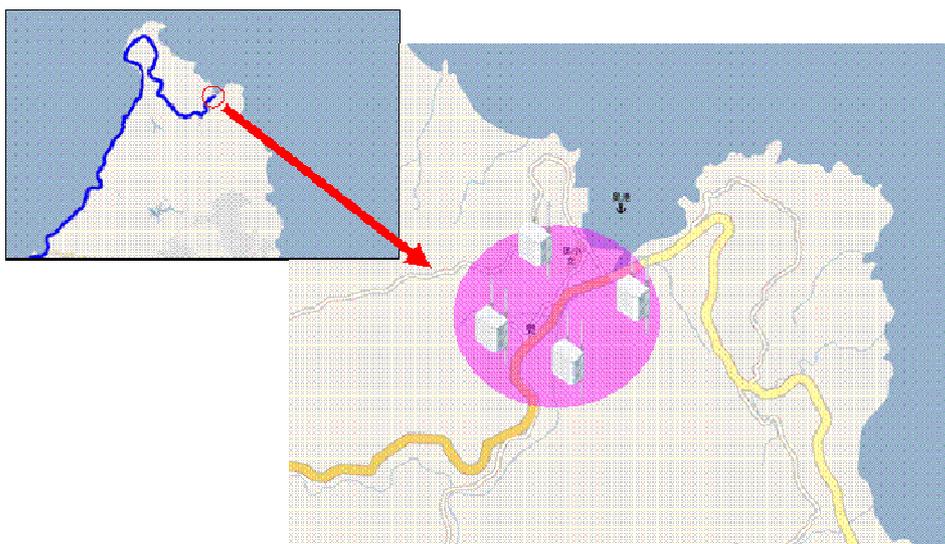


図 4-1-1. 奥地域ネットワーク設置概要

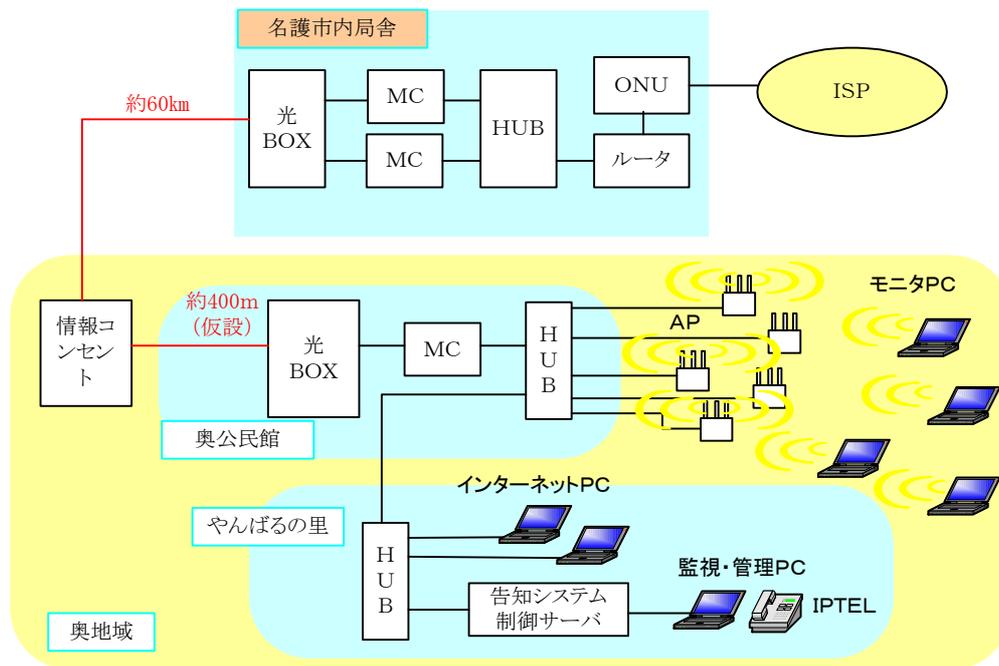


図 4-1-2. 奥地域ネットワーク系統概要図



図 4-1-3. 奥地域実験装置設置写真

#### 4-2. 実験装置諸元

今回使用した各社無線装置（親機）及び無線 LAN 子機を以下に記す。

表 4-2-1. A 社製無線装置仕様

項目	無線装置(親機)	無線子機(カード式)	無線子機 (USB)
使用周波数帯	2.4GHz 帯 (13ch)		
サポート規格	Draft IEEE802.11n, IEEE802.11g, IEEE802.11b		
伝送方式	OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信	MIMO-OFDM 方式, OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信	
伝送速度	300Mbps (Draft IEEE802.11n) (理論値) 54Mbps (IEEE802.11g) (理論値) 11Mbps (IEEE802.11b) (理論値)		
アンテナ	2×3MIMO 方式		
消費電力	10.8W	3000mW	2500mW
使用温度範囲	0~40℃	0~55℃	0~40℃

表 4-2-2. B 社製無線装置仕様

項目	無線装置(親機)	無線子機(カード式)	無線子機 (USB)
使用周波数帯	2.4GHz 帯 (13ch)		
サポート規格	Draft IEEE802.11n, IEEE802.11g, IEEE802.11b		
伝送方式	OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信	MIMO-OFDM 方式, OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信	
伝送速度	130Mbps (Draft IEEE802.11n) (理論値) 54Mbps (IEEE802.11g) (理論値) 11Mbps (IEEE802.11b) (理論値)		
アンテナ	MIMO 方式		
消費電力	-	950mW	500mW
使用温度範囲	0~40℃	0~50℃	0~40℃

表 4-2-3. C 社製無線装置仕様

項目	無線装置(親機)	無線子機(カード式)	無線子機 (USB)
使用周波数帯	2.4GHz 帯 (13ch)		
サポート規格	Draft IEEE802.11n, IEEE802.11g, IEEE802.11b		
伝送方式	OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信	MIMO-OFDM 方式, OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信	
伝送速度	300Mbps (Draft IEEE802.11n) (理論値) 54Mbps (IEEE802.11g) (理論値) 11Mbps (IEEE802.11b) (理論値)		
アンテナ	MIMO 方式		
消費電力	12W	780mW	490mW
使用温度範囲	0~40℃	0~55℃	0~40℃

表 4-2-4. D 社製無線装置仕様

項目	無線装置(親機)	無線子機(カード式)	無線子機 (USB)
使用周波数帯	2.4GHz 帯 (13ch)		
サポート規格	Draft IEEE802.11n, IEEE802.11g, IEEE802.11b		
伝送方式	OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信	MIMO-OFDM 方式, OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信	
伝送速度	300Mbps (Draft IEEE802.11n) (理論値) 54Mbps (IEEE802.11g) (理論値) 11Mbps (IEEE802.11b) (理論値)		
アンテナ	MIMO 方式		
電源	DC5V	DC3.3V	DC5V
使用温度範囲	10~40℃	0~55℃	0~40℃

表 4-2-5. E 社製無線装置仕様

項目	無線装置(親機)	無線子機(カード式)
使用周波数帯	2.4GHz 帯 (13ch)	
サポート規格	Draft IEEE802.11n, IEEE802.11g, IEEE802.11b	
伝送方式	OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信	MIMO-OFDM 方式, OFDM 方式単信 DS-SS 方式単信
伝送速度	300Mbps (Draft IEEE802.11n) (理論値) 54Mbps (IEEE802.11g) (理論値) 11Mbps (IEEE802.11b) (理論値)	
アンテナ	MIMO 方式	
消費電力	13W	2500mW
使用温度範囲	0~40℃	0~55℃

### 4-3. 実験測定機器

表 4-3-1. 実験装置仕様

名称	製造会社名	型式	仕様	用途
無線 LAN 解析装置	株式会社フルーク	EtherScope シリーズ II ネットワーク・アシスタント	ワイヤレス機器のプランニング、設置、検証、トラブルシューティング、管理、および最適化	無線 LAN 外来波及びノイズレベル測定
帯域負荷装置	SPIRENT	SMB600B	600 型スマートビットマルチポートテスト本体	ネットワークに一定レベルで負荷をかける
帯域負荷装置	SPIRENT	LAN3101A	SMB600 用ミニスマートモジュール 10/100BASE-T 6 ポートレイヤー3/4	ネットワークに一定レベルで負荷をかける
波形測定器	アンリツ株式会社	MS2683A	9kHz-7.8GHz	目的外電波の発見及び目的電波の成分分析
HDD レコーダ	WTW DVR	DVR-101SR	4 画面同時録画 HDD レコーダ	各測定装置の映像保存
TV コンバータ	株式会社アイ・オー・データ機器	TVC-ZGA2	パソコンの画面をテレビに映したり、ビデオに録画できるアダプター	各測定装置の映像信号を変換
MPEG キャプチャ	株式会社バッファロー	PC-MV7DX/PC	高画質化機能搭載 TV チューナー & MPEG1/2/4 キャプチャボード	HDD レコーダの映像を PC に取り込んで編集する装置
LAN トラフィック分析ソフト	OGA	TCPMONMFC	LAN やインターネットのトラフィック量表示や IP 監視 NSLOOK UP NETSTAT、WHOIS、通信ログファイル出力などの機能	帯域負荷装置を始動したときの測定 PC でトラフィック量表示及びログ収集
実効速度測定ソフト	NLANR	Iperf	TCP と UDP プロトコル転送時における帯域幅を測定することができる	ネットワークのスループットを測定する
PC	日本ヒューレット・パッカード株式会社	Compaq 6715s/CT	OS: Windows VISTA CPU: AMD Sempron 3500 メモリ: 1GB HDD: 120GB	測定用 PC 奥地域ラストワンマイルモニターが提供 PC

#### 4-4. 各無線 LAN の比較及び地形条件による伝送特性

ラストワンマイルシステムにおいて使用した無線装置の 802.11n、802.11g、802.11b のスループットを比較し、評価を行う。

奥やんばるの里に設置している無線アクセスポイント（親機）に測定 PC を有線 LAN ケーブルで接続。無線 LAN 子機を搭載した測定 PC は無線アクセスポイント（親機）を通して通信可能な状態にする。

両測定 PC は実効速度測定ソフトにて測定する。

無線アクセスポイント（親機）は IEEE802.11b, g, n を単独で動作させ、その時のスループットを比較する。測定イメージを図 4-4-1 に記す。

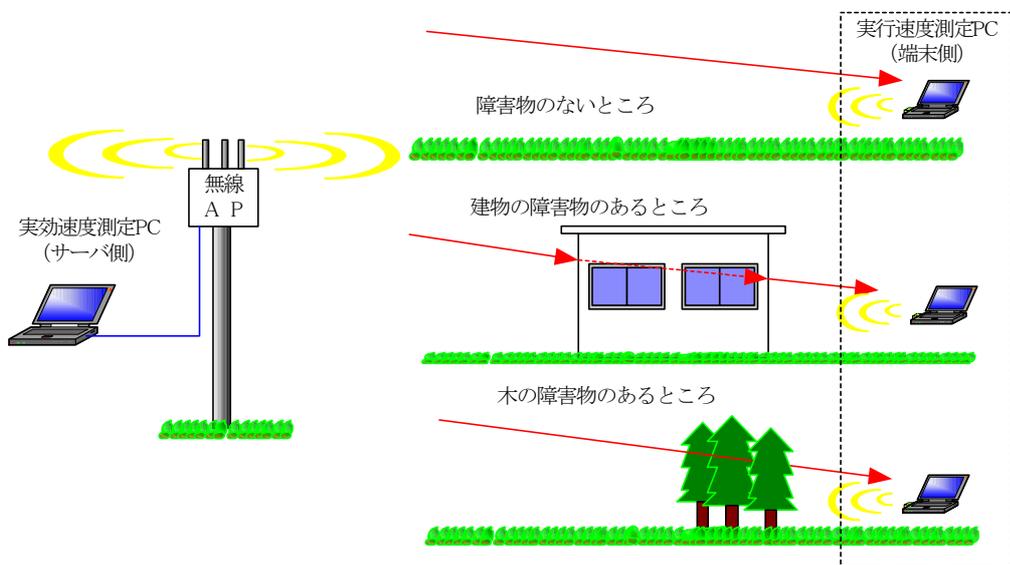


図 4-4-1. 測定イメージ図



図 4-4-2. 測定風景

表 4-4-1. やんばるの里、任意ポイントによるスループット値

ポイント	直線距離 (m)	視認状態	スループット (Mbps)		
			802.11n	802.11g	802.11b
A	3	良好。アンテナ斜め下。	76.9	26.0	5.4
B	84	良好。	68.4	25.2	6.1
C	195	良好。	30.2	21.3	6.0
D	209	良好。川を縦断。	35.3	23.0	6.0
E	218	不良。橋の後部。川を縦断。	20.7	17.8	6.0
F	102	良好	33.7	20.9	6.1
G	100	不良。建物により遮断。	12.5	10.5	6.0
H	54	良好。	35.0	21.2	6.1
I	56	良好。	37.5	26.0	6.1
J	60	不良。樹木により遮断。	36.6	22.4	6.0
K	95	良好。川を縦断。	31.1	17.1	6.1
L	82	良好。アスファルト横断	38.5	25.2	6.3
M	72	不良。2m50cmの塀。窪地。	18.4	9.4	6.0
N	95	良。樹木有。	39.4	18.3	4.1
O	113	不良。建物により遮断	0.0	0.0	0.0
P	143	良好。	32.1	24.6	6.1
Q	100	良。樹木有。窪地。	19.5	16.6	2.4
R	168	良好。	32.8	25.4	7.4
S	52	良好。	40.1	25.5	6.1
T	77	不良。建物により遮断。	14.0	12.4	6.0



ポイント A

ポイント B

ポイント C



ポイント D

ポイント E

ポイント F



ポイント G

ポイント H

ポイント I



ポイント J

ポイント K

ポイント L



ポイント M

ポイント N

ポイント O



ポイント P

ポイント Q

ポイント R



ポイント S

ポイント T

図 4-4-3. 奥やんばるの里、任意ポイントの見通し

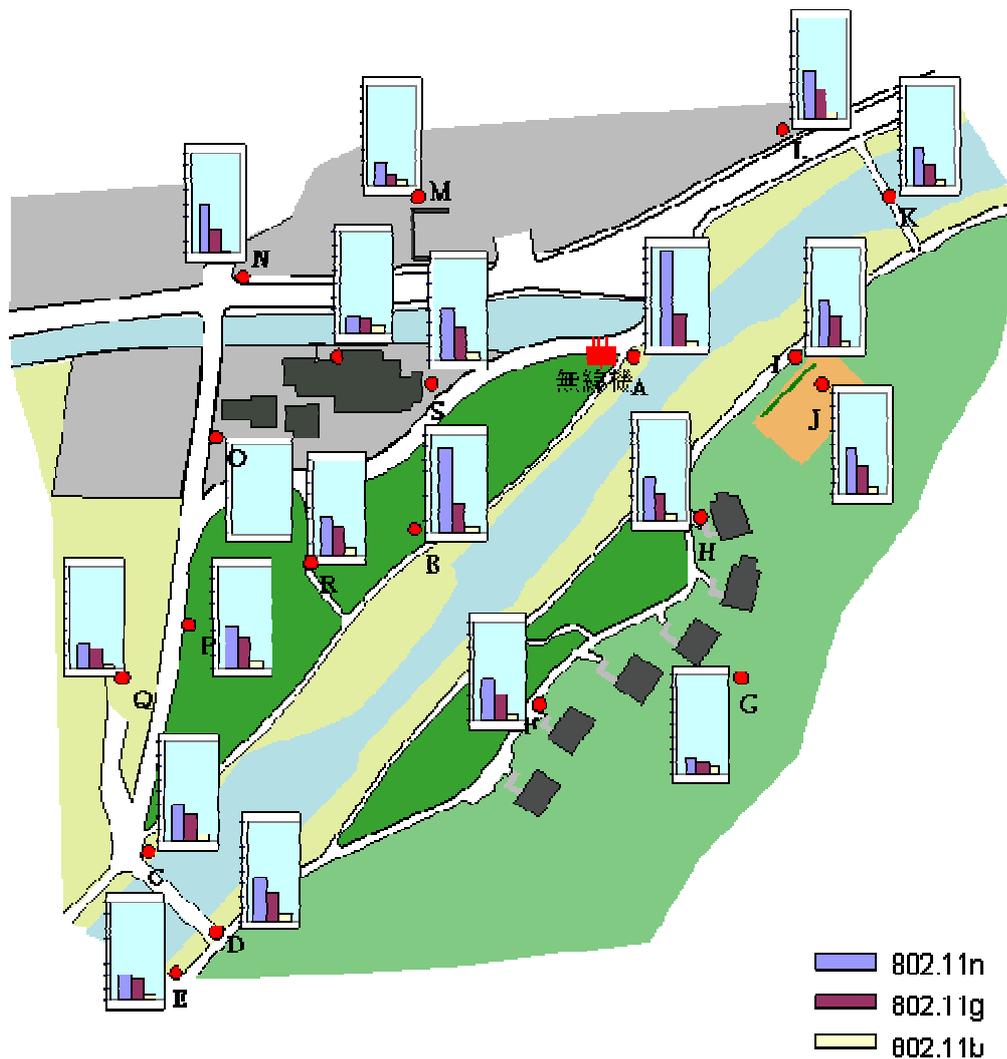


図 4-4-4. 奥やんばるの里、各ポイントのスループット

図 4-4-4 よりどのポイントでも 802. 11n が伝送速度の速いものとなった。

しかしポイント G、J、M のように見通しの悪い場所でのスループットが期待していたほど各規格による差異がない。これはこの 3 ポイントの周りに反射波を作りえる障害物がない事が原因の一つと考えられる。

また、ポイント O については、アンテナの見通しが全くなく距離も離れている場所では、すべての通信で信号をキャッチすることはできなかった。

なお、実験においては、802. 11n については、子機のアンテナの向きや高さなどによる伝送速度の変化が大きいものとなった。

#### 4-5. 距離及び設置条件による特性

ラストワンマイルネットワークシステムの技術検討で使用する無線 LAN 子機 (802.11n) の通信距離に対するスループットを測定することで各装置の性能評価を行う。

実験は、見通し状況の良い場所にて測定を行った。

中央部に無線機器 (親機) を仮設する。無線機器には有線 LAN ケーブルにて帯域負荷装置を接続。無線機器 (親機) と無線 LAN 接続した測定 PC に対してトラフィックをかけ (TCP: 97Mbps)、それを測定 PC にてモニタする。トラフィック受信時間は 20 秒としその平均値を測定値とする。

図 4-5-1 の方向の定義は無線装置の 3 本のアンテナが重なる方向を正面方向、その横方向となる 3 本のアンテナが見える方向をそれぞれ側面方向①②とする。

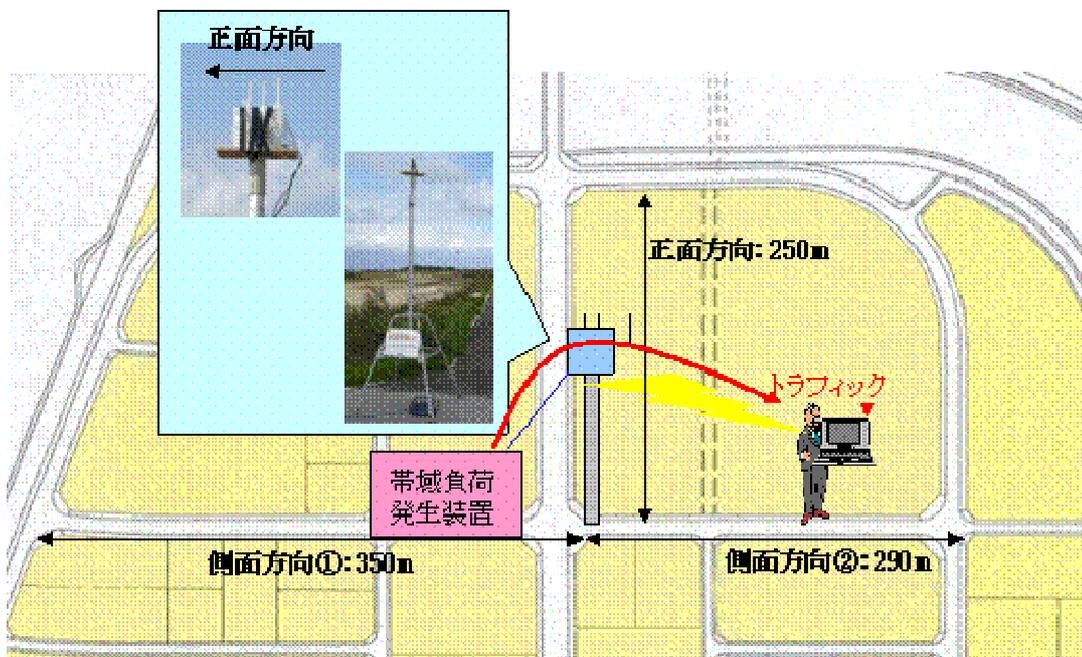


図 4-5-1. ラストワンマイル距離特性実験イメージ



図 4-5-2. 実験機器及び測定風景

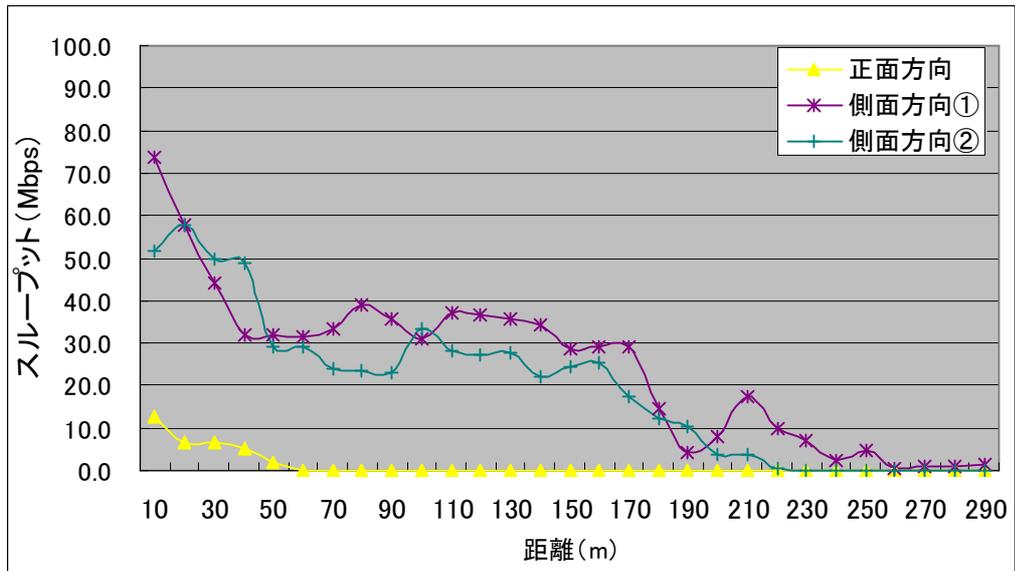


図 4-5-3. A 社無線装置（カード型）の距離ごとのスループット特性

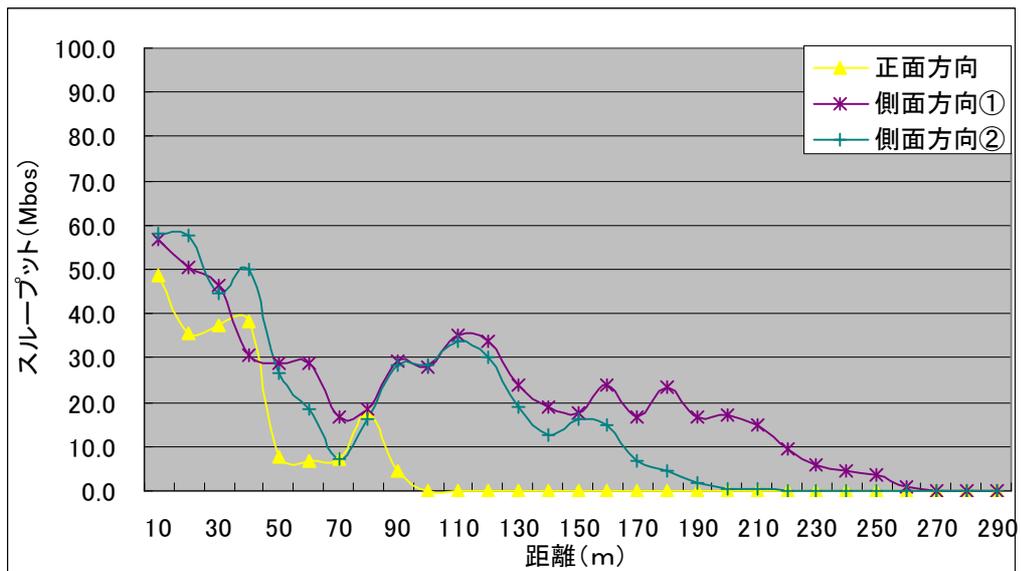


図 4-5-4. A 社無線装置（USB）の距離ごとのスループット特性

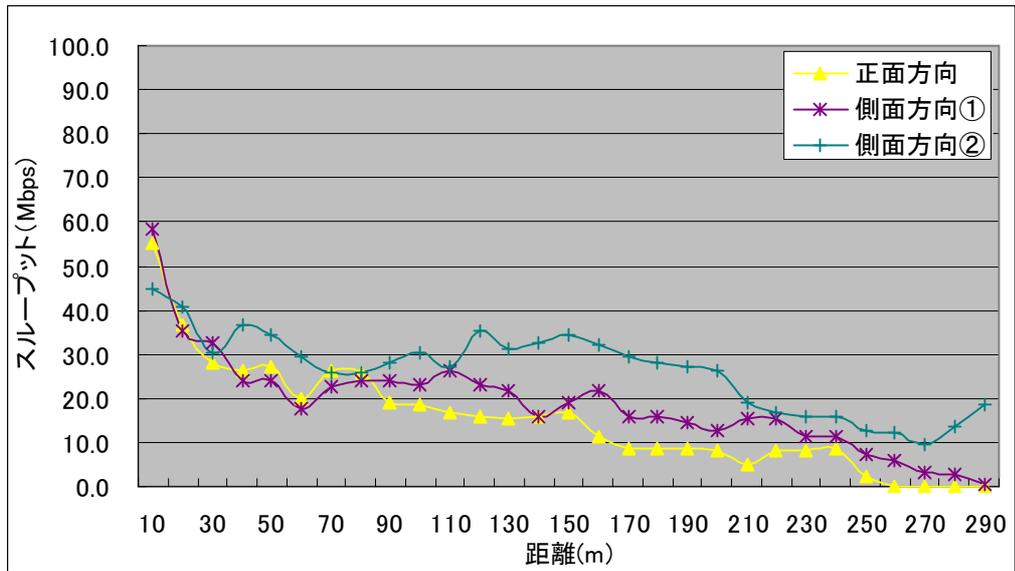


図 4-5-5. B 社無線装置（カード型）の距離ごとのスループット特性 5

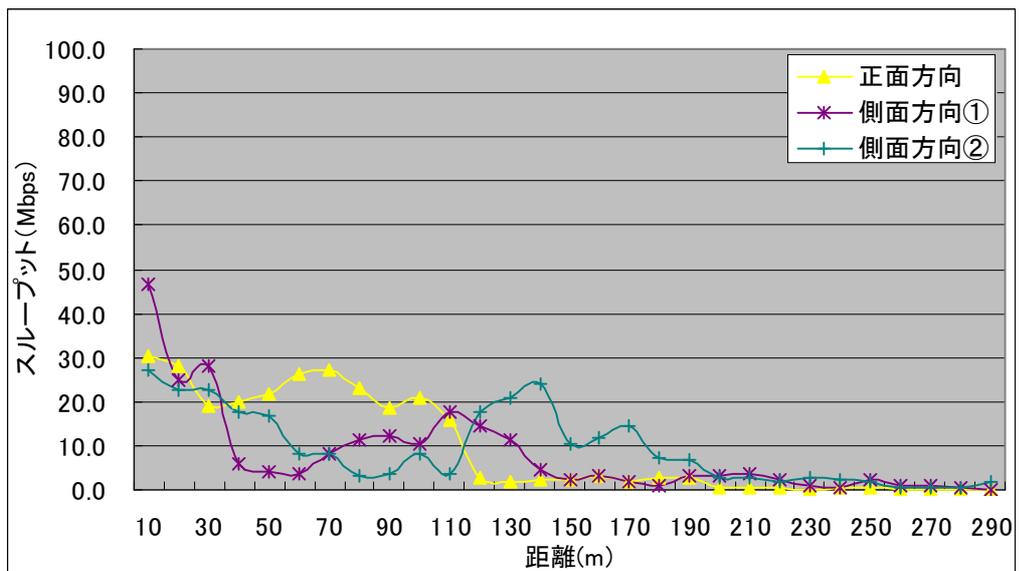


図 4-5-6. B 社無線装置（USB）の距離ごとのスループット特性

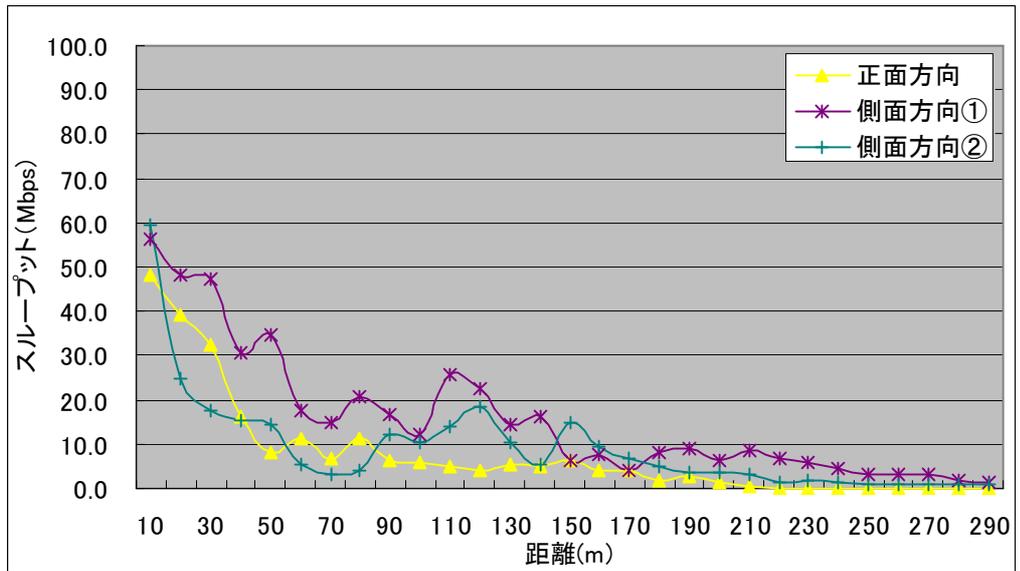


図 4-5-7. C 社無線装置（カード型）の距離ごとのスループット特性

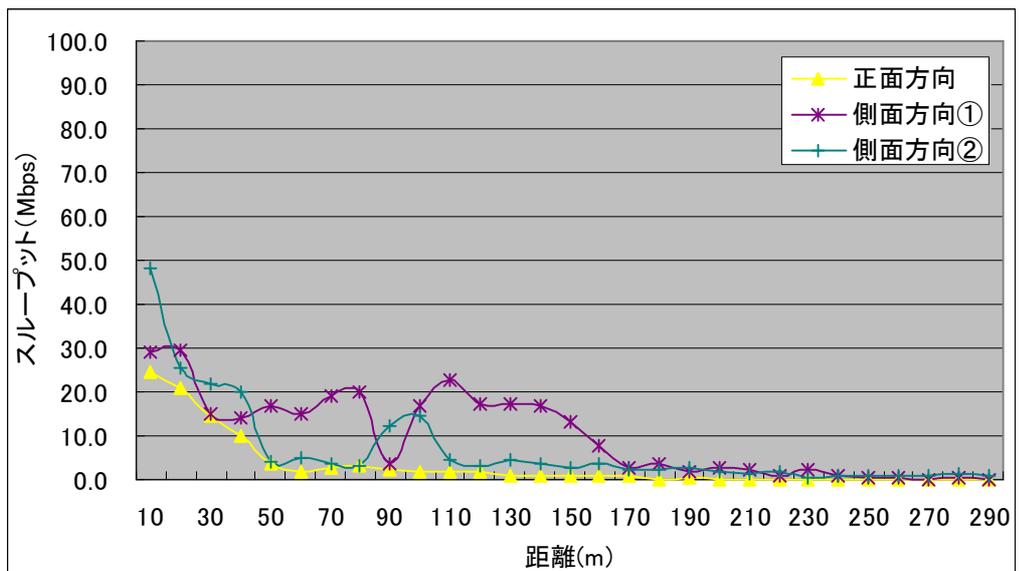


図 4-5-8. C 社無線装置（USB）の距離ごとのスループット特性

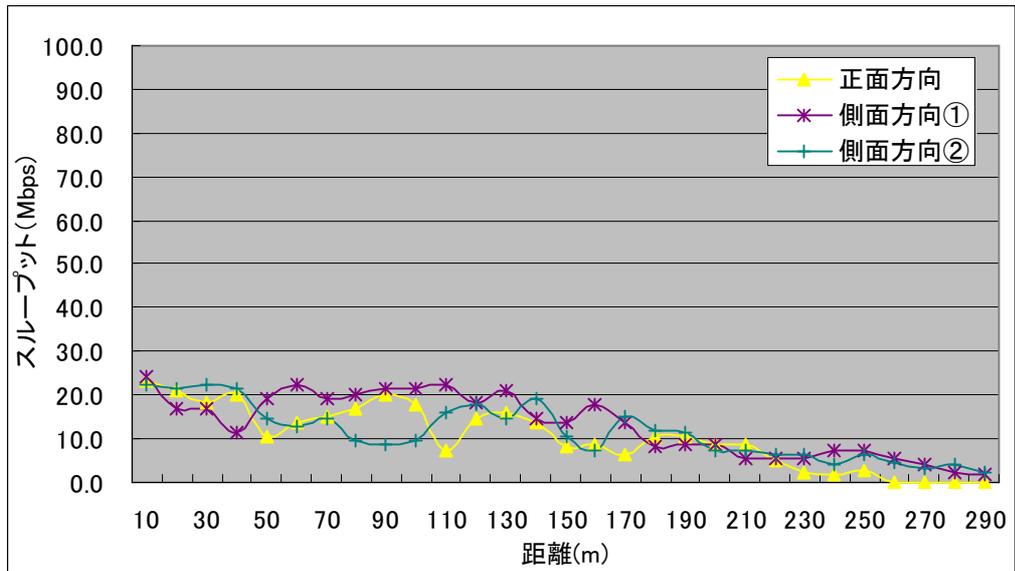


図 4-5-9. D 社無線装置（カード型）の距離ごとのスループット特性

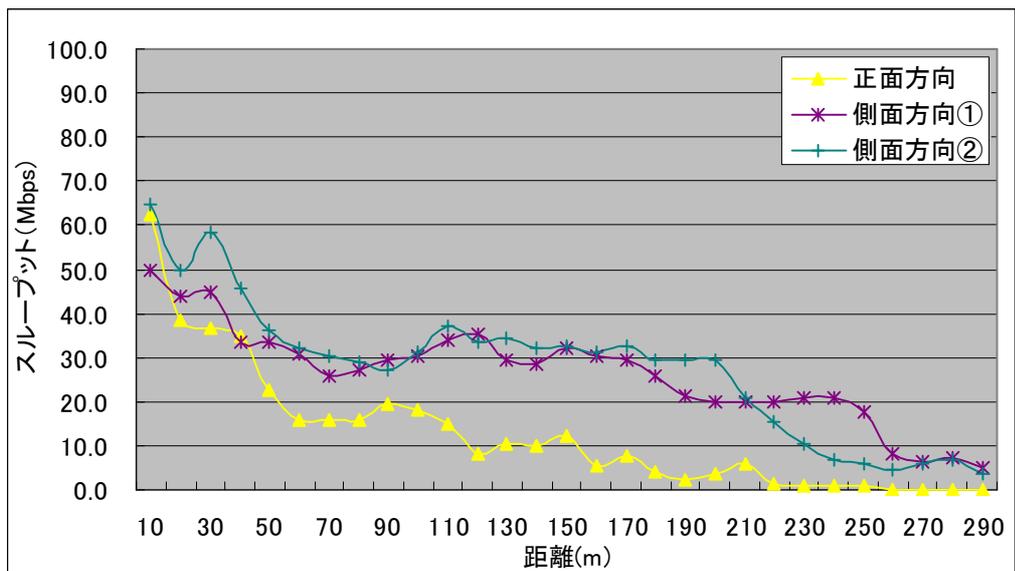


図 4-5-10. D 社無線装置（USB）の距離ごとのスループット特性

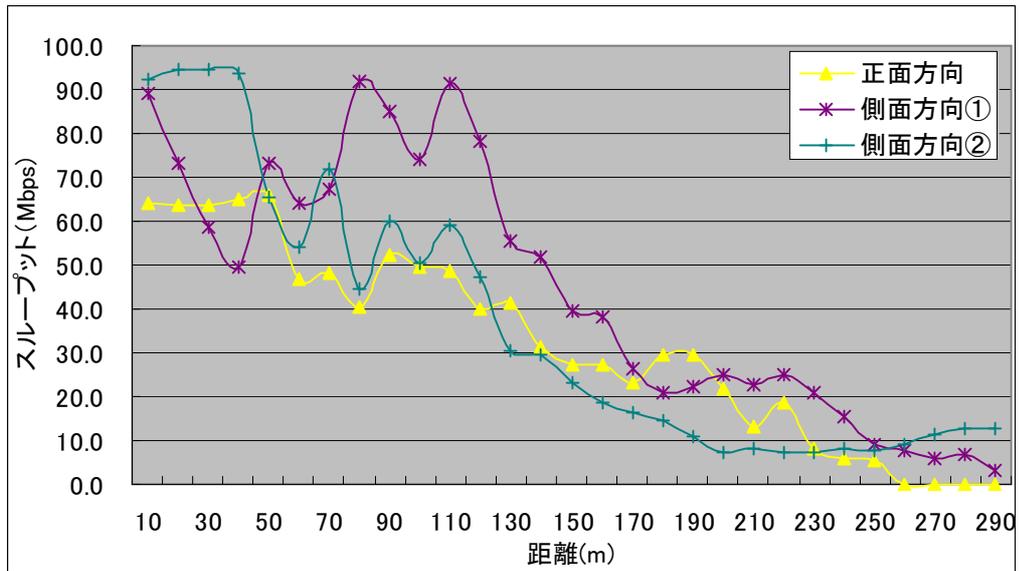


図 4-5-11. E 社無線装置（カード型）の距離ごとのスループット特性

図 4-5-3～図 4-5-11 の結果から水平方向に比べ垂直方向のほうが高いスループット値を得ることができた。

D 社及び E 社製無線装置では 300m を超えた距離でも実用性のある数 Mbps のスループットを確認できた。また E 社製無線装置は 90Mbps を超えるスループット値が測定され、100m 超えた地点でも 50Mbps を超える値となった。

#### 4-6. 気象条件による伝送特性

今回の実証実験中に、実験場所である奥地域では、1mm以上の降雨にならず、データとしては取ることができなかった。

表4-6-1のとおり、今回のような個々の住宅への短距離のラストワンマイル接続においては、無線LANの使用する2.4GHz帯は、降雨による電界強度の減衰量は無視できるものである。

表4-6-1. 降雨減衰係数 (dB/km) の周波数及び降雨強度に対する変化

周波数 (GHz)	降雨量 (mm/h)		
	1	3	10
1	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.02
8	0.00	0.02	0.10
12	0.02	0.07	0.31
25	0.12	0.40	1.42

ITU-R 勧告 P.838-2 "Specific attenuation model for rain for use in prediction methods"  
より算出 (「電波伝搬の基礎理論」高田潤一 (東京工業大学) MWE 2004 基礎講座より)

#### 4-7. 通信要求の繁閑による伝送特性

ラストワンマイルシステムにおいて使用した親機（屋外アクセスポイント）無線装置 1 台に対して、子機（クライアント）にあたる宅内の複数のパソコンから無線 LAN によりアクセスし、そのスループットを計測し、負荷テストを行った。

親機に測定 PC を有線 LAN ケーブルで接続。無線 LAN 子機を搭載した測定 PC は親機を通して通信可能な状態にする。両測定 PC は実効速度測定ソフトにて測定する。

無線機に対して、子機パソコンは 1 台ずつ追加し負荷を掛けた。

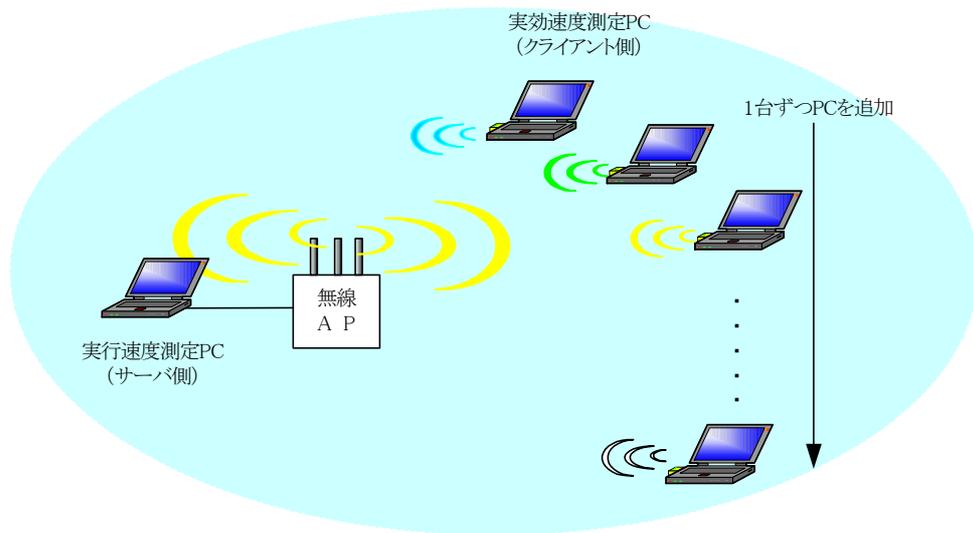


図 4-7-1. 通信要求の繁閑による特性測定構成図

表 4-7-1. 繁閑期によるスループット値

PC 台数	スループット値	PC 台数	スループット値
1	45Mbps	8	36Mbps
2	45Mbps	9	34Mbps
3	45Mbps	10	30Mbps
4	40Mbps	11	28Mbps
5	38Mbps	12	28Mbps
6	37Mbps	13	26Mbps
7	36Mbps	14	25Mbps

表 4-7-1 よりアクセス PC 数が多くなる（負荷がかかる）とスループット値が低減していく結果になった。今回の測定で使用した PC の台数では、通信ができなくなるような現象は見られず、14 台目でも 25Mbps の結果となった。

#### 4-8. アプリケーション動作試験

推奨回線速度 8Mbps とされている google earth の 3D 表示、衛星写真等を快適に利用できることを確認した。

Web メールを利用し 2~3MB の添付ファイルの送受信を行った。ファイルを添付する際にアップロード、ダウンロードが必要になるが、スムーズに動作した。

#### 4-9. 映像伝達特性

インターネット上の動画サイトよりビットレート 768kbps のストリーミング映像を視聴した。その結果、ストリーミング配信が途切れることなく、快適に視聴できることを確認した。

#### 4-10. 外来雑音電波による伝達特性

ラストワンマイルシステムにおいて使用した無線アクセスポイント通信の外部雑音電波に対する特性を調査するため図 4-10-1 の構成をとった。

親機（無線アクセスポイント）には測定 PC(サーバ)を直接接続。子機にあたる測定 PC(クライアント)は無線 LAN 子機を搭載させ親機と通信させることで測定 PC(サーバ)と通信できる状態にする。両測定 PC は実効速度測定ソフトを使用し、一定量のトラフィックをかけ続ける。このとき外来雑音電波(今回は親機で使用しているチャンネル 1 に近いチャンネル 2 の無線通信)を発生させた時のトラフィック、電界強度の変化を調査する。トラフィックは視覚的に分かりやすいよう LAN トラフィック分析ソフトでモニタする。

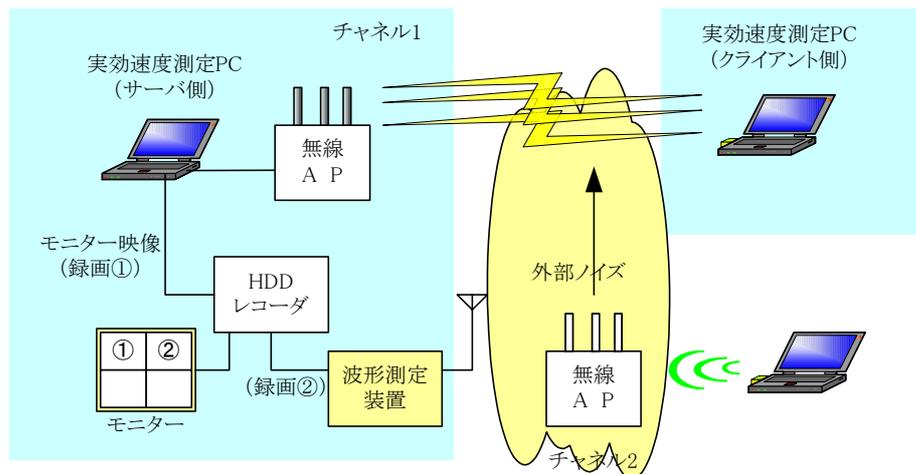


図 4-10-1. 外来雑音による特性測定構成図



図 4-10-2. 外来雑音実験

図 4-10-2 は測定 PC 間でトラフィックをかけたときのトラフィックモニタ及び電界強度の測定図です。無線伝送が 40MHz デュアルモードで動作しているのが分かる。

また、トラフィックデータもゆらぎのない安定した通信を示している。

次に外部雑音の無線アクセスポイントを起動させたときの状況は図 4-10-3 のとおである。

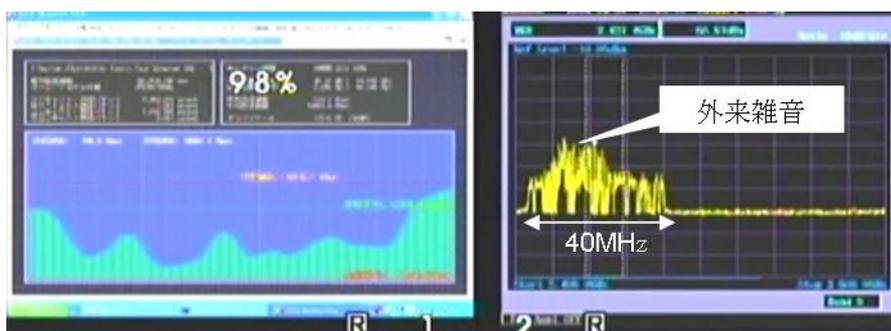


図 4-10-3. 外来時雑音実験

電界強度を見ると、802.11n の周波数帯に重なるように外来雑音の周波数が生じているのが分かる。また、先ほどまで安定していたトラフィックも不安定になり外来雑音によるスループットの低下が発生した。

#### 4-11. まとめ

無線アクセスポイントとして利用した際に全てのポイントで 802.11n が既存の 802.11b や 802.11g より伝送速度が速いものとなった。

なお、見通しの悪い場所では伝送速度が不安定になるという現象も確認された。

これについては、実際にラストワンマイルで使用する際には、屋外アンテナ等を利用して、伝送速度を安定して利用できるような対策もする必要がある。

1 台の無線アクセスポイントに対して多数の端末がアクセスすると回線品質の低下が実証されるため、集合住宅や住宅密集地などでは、アクセス台数等を考慮した設置計画が重要になる。また、今回利用した 2.4GHz 帯では、混信等の影響を考えた設定も考慮しなければならない。

802.11n を測定する際、ほぼ同じ位置でも、無線子機の向きや高さ等でスループット値に変化が生じることがあり、実際の運用ではよりよい設置方法を行うことが必要である。

インターネットやストリーミング映像なども実用上で十分問題がないことが確認され、ラストワンマイルでの使用にも十分に耐えうる品質が確認できた。

## 第5章 ブロードバンド体験

### 5-1. 体験方法

本実証実験での『ラストワンマイルネットワーク技術検討』のネットワークを利用し、奥地域住民にパソコンを貸し出し、ワイヤレス・ブロードバンド・インターネットを2週間程度体験してもらい、アンケート(付録3 モニター用アンケート)に回答をいただいた。

### 5-2. 住民モニタの抽出方法

今回の住民モニタの抽出は、奥公民館に協力を頂き、住民の中からインターネット経験者の住民を抽出し、モニタを選定した。

住民モニタの内訳は以下の通り。

- 公共団体・・・2箇所
- 一般家庭・・・9箇所

### 5-3. アンケート結果

モニタ 11 件中回答 10 件

#### (1) アンケート回答対象者構成

回答項目

- 1. 10代 2. 20代 3. 30代 4. 40代 5. 50代 6. 60代以上

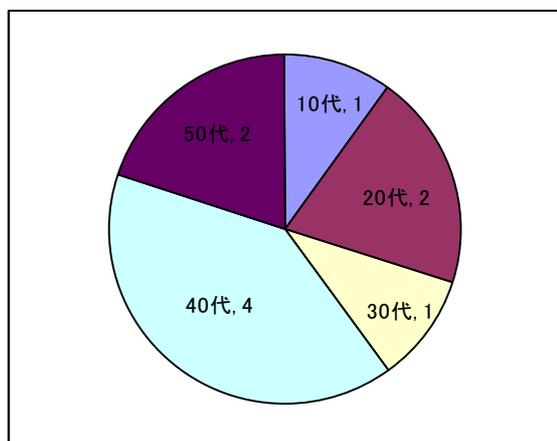


図 5-1. 年齢別構成

回答項目

1. 男性 2. 女性

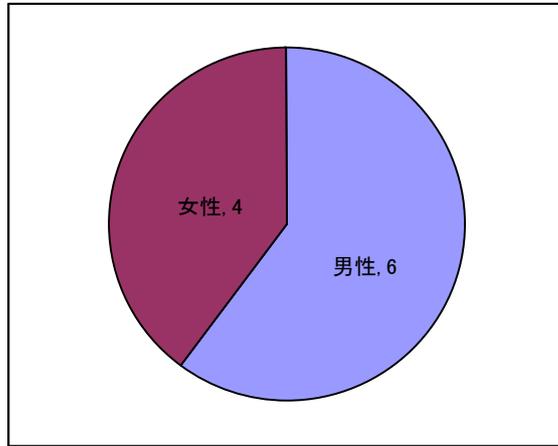


図 5-2. 性別構成

(2) インターネット利用歴

回答項目

1. 1年未満 2. 3年未満 3. 5年未満 4. 10年未満 5. 10年以上

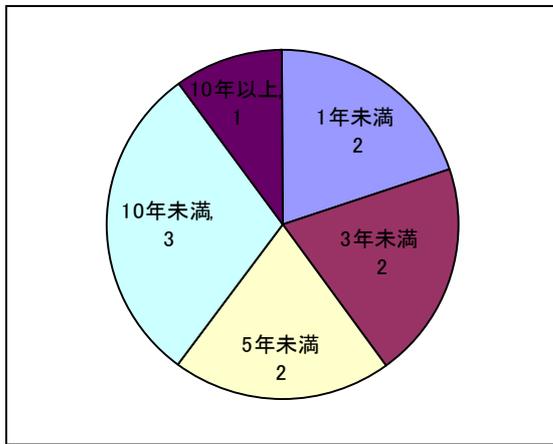


図 5-3

(3) 現在のインターネット接続方法

回答項目

1. ダイヤルアップ (アナログ) 2. ダイヤルアップ (ISDN) 3. フレッツ ISDN (64K)  
4. フレッツ ISDN (128K) 5. その他

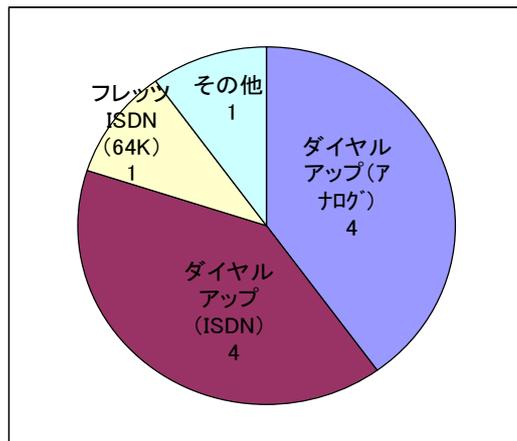


図 5-4

※フレッツ ISDN (128K) には回答なし

#### (4) 現在のインターネット体感速度

回答項目

1. とても遅い 2. 遅い 3. 普通 4. 速い 5. とても速い 6. わからない

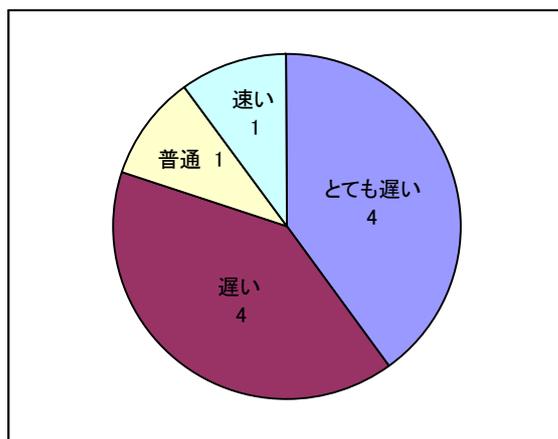


図 5-5

※とても速い、わからないには回答なし

#### (5) 現在のインターネットの利用目的 (複数回答)

選択項目

1. 個人的な興味、娯楽の情報収集のため
2. 商品やチケットを購入、検索するため
3. ネットオークションをするため
4. 仕事や研究、勉強の情報収集のため
5. キャンペーンや懸賞に応募したり、アンケートに回答するため
6. 暇つぶしのため
7. 公共サービスや渋滞情報の収集、各種申請のため

- 8. 誰かとコミュニケーションをとるため
- 9. ネットバンキング、オンライントレード（株式や投資信託等）をするため
- 10. ホームページなどから情報発信をするため
- 11. 個人情報（スケジュールなど）の管理のため
- 12. 流行しているので、何となく
- 13 その他(具体的にお聞かせください)

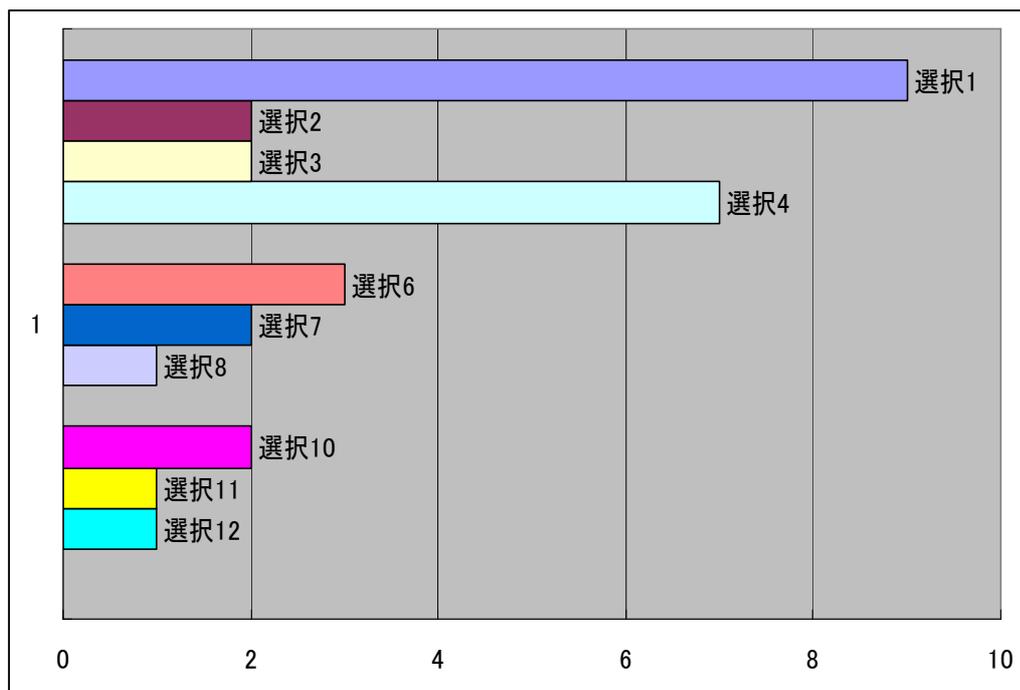


図 5-6

※選択項目 5、9、13 には回答なし

#### (6) 現在のインターネットへの不満点

##### 設問項目

- 1. 速度が遅くて開けないサイトがある
- 2. メールにデジタルカメラの画像を添付すると送信に時間がかかる
- 3. ファイルのダウンロードに時間がかかる
- 4. インターネットテレビ・ラジオが視聴できない
- 5. チャットができない
- 6. IP 電話などのサービスが受けられない
- 7. その他（具体的にお聞かせください）

上記質問に対し、それぞれ

- a. とても思う
- b. たまに思う
- c. あまり思わない
- d. 思わない

より選択して回答

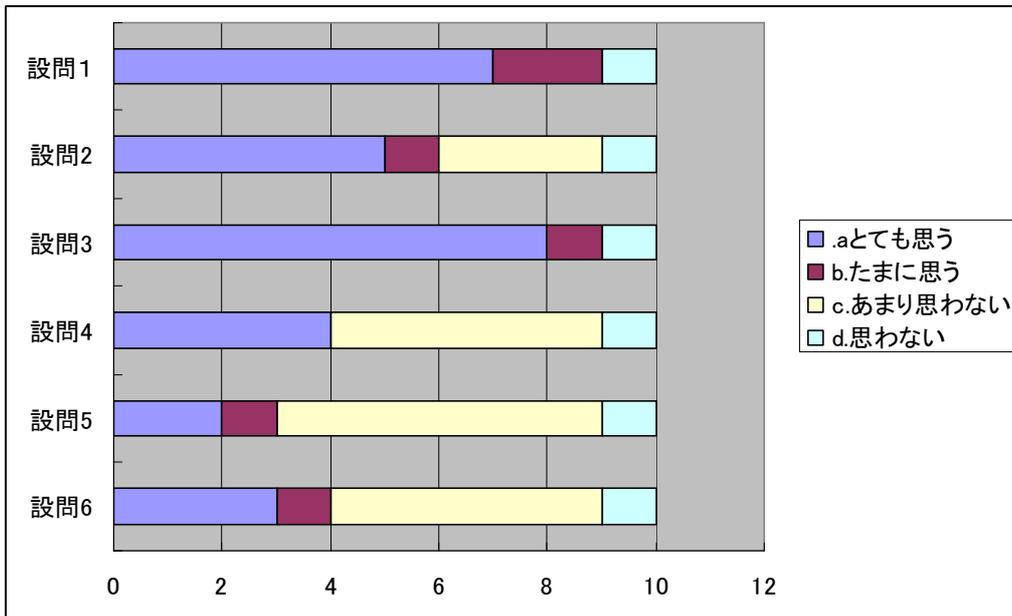


図 5-7

(7) 今回の実証実験で利用しインターネットへの体感速度

回答項目

1. とても遅い 2. 遅い 3. 普通 4. 速い 5. とても速い 6. わからない

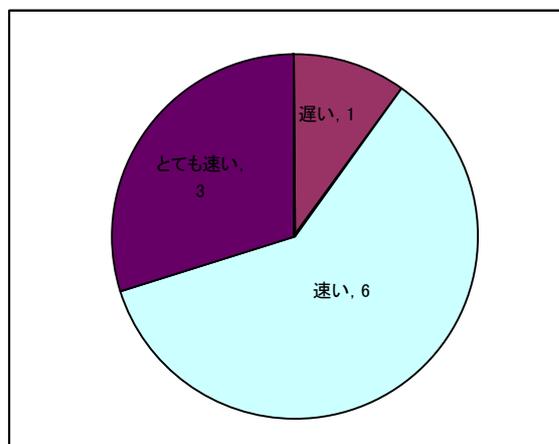


図 5-8

※ とても遅い、普通、わからない には回答なし

(8) ブロードバンド・インターネットが利用可能になって、やってみたい事

設問項目

1. 個人的な興味、娯楽の情報収集
2. 商品やチケットのネット購入
3. 仕事や研究、勉強の情報収集

4. ネットオークション
5. 公共サービスや渋滞情報の収集、各種申請
6. チャットやビデオチャット
7. ネットバンキング、オンライントレード（株式や投資信託等）
8. ホームページなどから情報発信
9. 個人情報（スケジュールなど）の管理
10. インターネットテレビ・ラジオの視聴
11. デジタルカメラの高解像度画像のメール送信
12. IP 電話・テレビ電話
13. 遠隔医療サービス
14. その他（具体的にお聞かせください）

上記質問に対し、それぞれ

- a. 興味ある    b. どちらでもない    c. 興味なし

より選択して回答

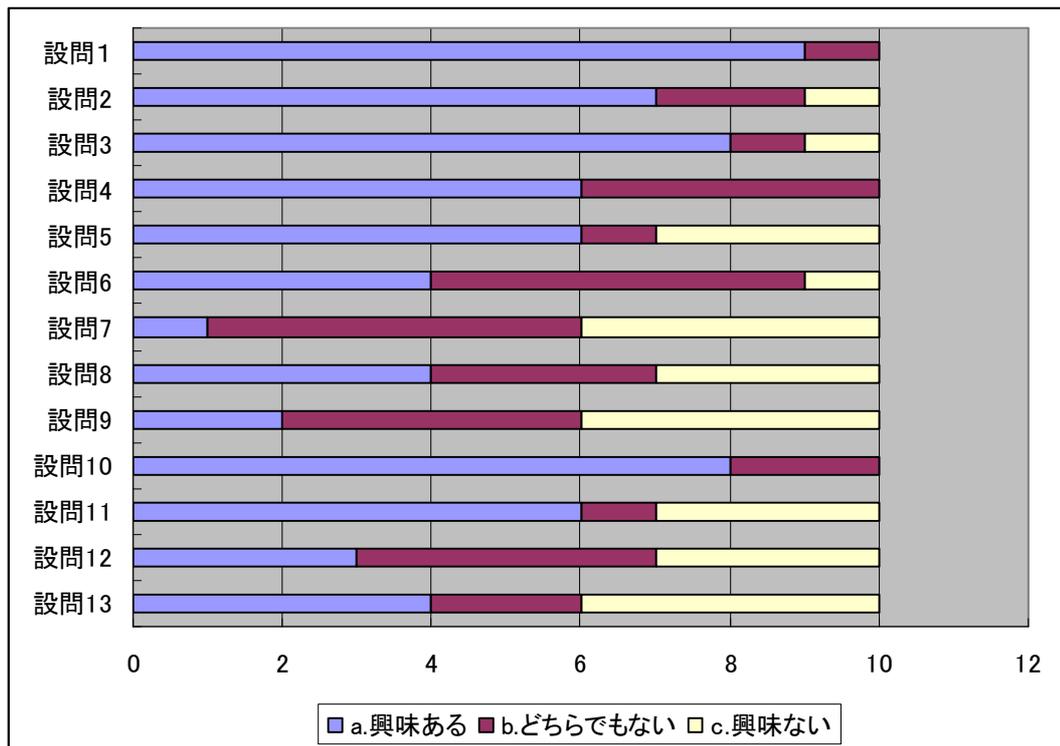


図 5-9

(9) ブロードバンド・インターネット、今回の実証実験に関する自由記述

50代・女性

インターネットを活用することによりより多くの情報が得られる。

いつでもどこでもインターネットが利用できて、電話機と接続しなくてもよいのであれば、とってもいいと思う。

ダウンロードが速やかにできればぜひブロードバンドを利用したいと思います。利用させていただきありがとうございます。一日も早い設置をお願いします。

20代・男性

現在利用しているインターネットよりかなり速度が速いので時間がかからなくてとてもよかったですと思います。ブロードバンドが使用できるならば個人的にも取り入れたいと思った。

30代・女性

友人、知人、顧客とのメールのやりとりをすることがあります。

先方は画像を添付して下さることが多いですが、その場合開くのに大変時間がかかってしまい、困っております。

仕事上の情報収集、発信においても現在のネット環境では十分ではありません。

現在のインターネットを利用するには円滑なコミュニケーションのために大変重要なことです。

ブロードバンド化が早期に実現するように希望します。

40代・女性

とても早く驚きました。まるでマンガのページをめくる様でした。

今まで月/20時間のプランで時間を気にしながら利用しているので、信じられないブロードバンド環境に満足するとともに実験に終わらず実現に向けて検討していただけたら・・・と切に願います。

パソコンを購入する時にはブロードバンドが利用できる地域の人と同じ条件で購入したのに。家に持ち帰ってインターネットの接続方法にこんなにも格差が出るのはちょっと悲しいですね。

50代・男性

早く利用できるようになって欲しい。

40代・男性

体感速度はとても速くてイライラしなくてとても良かった。

接続が何度も途中で切れ、やり直さなければならなかったので改善が必要。

採算が取れないのはよく分かりますが、情報格差が広がらないよう配慮して欲しい。

#### 5-4. アンケートまとめ

ほとんどの方が、今回体験したブロードバンド・インターネットの速度を、速いと感じ満足をしていると同時に、現在利用している回線の遅さが不満となっている。

ブロードバンド環境が整って利用できる様々なサービスにも期待している。

普段利用している回線が、ブロードバンド環境ではないために、得ることの出来ない情報、得ることの出来ないサービスがあり、またメールに高解像度の写真の添付ができず、遠方の友人とのコミュニケーションの妨げになっていると、現状を訴えるものとなっている。

## 第6章 高速無線 LAN 導入に向けた課題と方策

平成19年12月にまとめられた「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会」報告書（注）においては、ブロードバンド環境整備が未定の国頭村、大宜味村、東村の3村について、

- ・ 大小の山々が多くを占め、海岸線添いに小規模集落が広範囲に点在している地理的課題。
  - ・ 過疎地域であり、人口動態（平成18年度）では、国頭村及び大宜味村で若干の減少、東村で微増であり、ブロードバンドインターネット利用者を確保する上での問題
  - ・ 今回のアンケート調査と同様に平成19年12月の調査においても半数以上がブロードバンド環境を要望。
  - ・ 接続コストについても電気通信事業者が提供している一般的な料金を要望。
- と述べられている。

このような課題と要望を踏まえ、有線通信や無線通信またはその組合せによるいくつかの実現モデルを提案しているが、これらはすべて低コストでブロードバンド環境の実現を目的するものである。

本調査検討では、これらの実現モデルのほか、安価で軽便な高速無線 LAN のひとつである 2.4GHz IEEE802.11n による実現について技術検討を行ったものである。

その技術検討結果を踏まえ、条件不利地域におけるブロードバンド化推進のための高速無線 LAN 導入に向けた課題と方策を検討してみる。

（注） 詳細については、

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

<http://www.okinawa-bt.soumu.go.jp/musentuusin/kenkiyu.html> を参照

### 6-1. 固定間通信技術検討の結果と考察

第3章の結果から、2.4GHz 高速無線 LAN IEEE802.11n について

- ・ 802.11g に比べ、802.11n が伝送速度が速く、4km 程度の距離であれば、40Mbps の伝送が可能。
- ・ この速度のためには、高利得アンテナが必要。
- ・ 実験中に降雨の影響は確認できなかったが、これまでのデータから降雨の影響が殆どない。
- ・ 伝送速度は地形条件により影響をうける。条件にもよるがよりよい見通しの場合は伝送速度が速い。
- ・ 見通しのほか、見通しから多少ずれたポイントで伝送速度が早くなることもある。
- ・ 実験では、高利得アンテナを使用する固定間通信においては、MIMO の複数ア

ンテナを垂直に重ねるほうが早い伝送速度となった。

- ・ 画像伝送などのアプリケーションについては、問題なく使用可能。
- ・ 実験では山頂一段のみであったが、中継による伝送速度の低下は少ない。
- ・ 外来雑音の影響については、802. 11n が広い帯域を使うことから、その分外来電波雑音の影響を受けやすい。

ということが確認された。

外来雑音の影響などを考慮する必要があるが、2. 4GHz 高速無線 LAN IEEE802. 11n を 4km 程度の固定間通信や中継回数一段であれば実用の可能性が高いものとなった。

## 6-2. ラストワンマイルネットワーク技術検討の結果と考察

第4章の結果から、2. 4GHz 高速無線 LAN IEEE802. 11n については

- ・ 802. 11b 及び 802. 11g に比べ 802. 11n の伝送速度が早い。
- ・ パソコンに直付けの子機の場合、パソコンの設置場所や向きによる影響を受ける。
- ・ 親機（無線アクセスポイント）の複数の MIMO アンテナが重ならない方向（両方の側面）では伝送速度が速く、その 90 度ずれた方向では、伝送速度が遅くなる。
- ・ 機種や設置条件で大きな差があるが、100m の距離において 10Mbps 以上の速度を確認。
- ・ 実験中に降雨の影響は確認できなかったが、これまでのデータから降雨の影響が殆どない。
- ・ 親機（無線アクセスポイント）への子機（パソコン）の接続増加による通信速度の低下がある。実験では 14 台の子機（パソコン）の接続において、25Mbps の伝送速度が可能であった。
- ・ 画像伝送などのアプリケーションについては、問題なく使用可能。
- ・ 外来雑音による伝送速度の減少が確認。
- ・ 画像伝送などのアプリケーションについては、問題なく使用可能。

であり、外来雑音の影響などを考慮する必要があるが、今回の実験においてはラストワンマイルネットワークでの実用の可能性が高いものとなった。

### 6-3. 実用化に向けた課題

2. 4GHz 高速無線 LAN IEEE802.11n について、今回の技術検討を踏まえた課題としては、

- ・ 本技術検討で用いた固定間通信の機器は実験局であり、一般化された商品が出回るのはこれからとなる。
- ・ 今回の試験期間は冬季であり、夏期の高温環境での設置については、機器の耐用温度の確認や設置場所（日陰など）の配慮が必要。
- ・ 外来雑音電波の影響がある。これについては、電波利用の少ない過疎地域の小規模集落では都市部ほどの影響はないが、必要な場合は、その地域での同一周波数を利用する機器の使用について調整を行う必要がある。
- ・ 機器の設置にあたっては、親機と子機の見通しの確保や反射により電界強度が強くなるポイントの利用、子機（パソコン）の設置場所や向きの調整が必要。
- ・ パソコンに直付けの子機の場合は、パソコンの設置場所や向きにより伝送速度が変化する。必要な場合は屋外アンテナの使用などの対応も必要。
- ・ 実際の通信要求の繁閑では、子機であるパソコンのアクセス台数より、伝送速度が問題となる可能性があり、設置する場合には十分な接続速度を確保できる台数の検討が必要。
- ・ 本調査検討では、山頂中継や住宅隣接地域での電柱などへの親機設置による技術検討を行ったが、離れた一軒家や谷間など見通しの利かない場所への接続についても、さらなる通信品質向上の見当が必要。
- ・ 無線 LAN (Wi-Fi) は、電波を利用することから周辺の利用者が通信を傍受することが可能であり、通信情報が漏洩する可能性がある。よって、利用者各自の責任で日ごろから十分なセキュリティ設定を行う必要がある。

ネットワークのシステム設計においては、これらの課題について十分に配慮する必要がある。

### 6-4. 実用モデルの提案

無線システムによるブロードバンド整備は第二章のとおり、周波数や技術により長所と短所があり地域の事情に最適な方式を選択し、単独または複合システムとして最適なシステムを構築する必要がある。

表 6-4-1 主な無線システムの概要

システム名	ミリ波帯 FWA	無線 LAN (Wi-Fi)	高速無線 LAN	広帯域無線アクセスシステム (WiMAX 等)	
技術的特徴	伝送距離	数百 m～数 km 程度	数百 m～数 km 程度	数百 m 程度	数 km 程度
	伝送速度	150Mbps	10～54Mbps 程度	100Mbps 以上	20～30Mbps 程度
	モビリティ	固定	固定～低速	低速	固定～中速
	周波数帯	18GHz 帯 22GHz 帯 26GHz 帯 38GHz 帯	2.4GHz 帯 4.9GHz 帯 5.03GHz 帯 5GHz 帯	2.4GHz 帯 4.9GHz 帯 5.03GHz 帯 5GHz 帯	2.5GHz 帯 3.5GHz 帯 5.8GHz 帯
主な利用シーン	ラストワンマイル 拠点間通信	ラストワンマイル 拠点間通信 無線スポット	ラストワンマイル 拠点間通信 無線スポット	ラストワンマイル 拠点間通信 無線スポット	

表 6-4-2 無線 LAN 企画別比較表

		WiMAX		Wi-Fi			
		固定 WiMAX	モバイル WiMAX	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
標準化規格		802.16d-2004	802.16e-2005	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
周波数	周波数帯	11GHz 以下	6GHz 以下	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	2.4GHz / 5GHz
	使用帯域幅	1.75～10MHz (可変)	1.25～20MHz (可変)	20MHz	20MHz (5MHz/10MHz)	20MHz	20MHz / 40MHz
最大伝送速度		37Mbps	75Mbps	11Mbps	54Mbps	54Mbps	600Mbps ※

実用化モデルを検討するにあたり、必要な条件は、

- ・ 無線ネットワークシステム各々の長所を利用したシステム構築。
  - ・ 地域住民の要望や必要コストを考慮したビジネスモデルの構築とこれを実現する技術の最適な設計。
  - ・ インターネット事業者との接続条件（接続速度、接続場所）など、地域に適したブロードバンド整備事業者との接続や連携に適したシステム設計。
- などである。

一言で条件不利地域と言っても、地域規模、地域の広がり、接続場所からの距離、地形など様々な条件が複雑に絡みあうため、具体例としてひとつをあげることはできないが、図 6-5-1 に示す例のように、光ケーブルやケーブルテレビ網等がきている都市部から基幹系は、FWA や高速無線 LAN (802.11n 等) の高速の通信速度をもつシステムにし、幹線から伸びる地域には、それぞれの帯域や特性にあった FWA、WiFi、WiMAX を利用します。そこで小規模地域でのラストワンマイルネットワークは、無線 LAN や WiMAX で住民にアクセスサービスを提供するものである。

また、山間部などの離れた地域には、多段中継をし FWA、WiFi、WiMAX でブロードバンド環境を提供する。

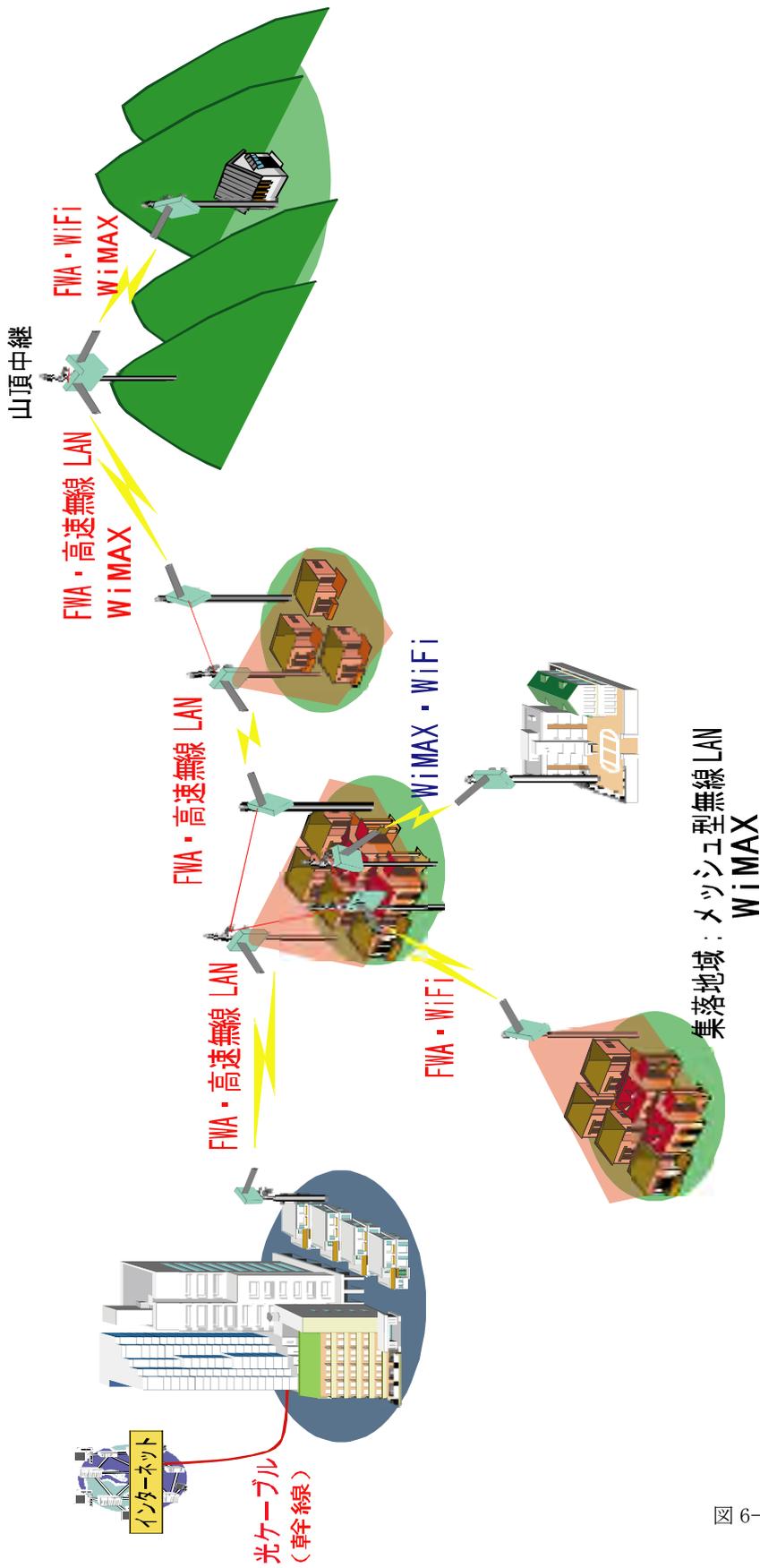


図 6-5-1 実用モデルの例

## 付録 1 公開実験

### 1. 公開実験概要説明会場

国頭村字楚洲 社会福祉複合施設「楚洲あさひの丘」  
平成 20 年 3 月 7 日（金）13:30～

### 2. 公開実験見学会場

- ・国頭村字楚洲 社会福祉複合施設「楚洲あさひの丘」
- ・国頭村奥 奥やんばるの里
- ・国頭村辺野喜 沖縄総合事務局 辺野喜ダム
- ・国頭村 西銘岳中継所

### 3. 公開実験内容

公開実験概要説明会式辞

#### 1. 開会

2. ご挨拶 沖縄総合通信事務所所長 金谷 学

#### 3. 無線 LAN システムによるブロードバンドの利活用の動向

社団法人情報通信設備協会 久堀 博

#### 4. 実証実験概要説明 社団法人情報通信設備協会 大城 正

#### 5. 高速無線 LAN システムの実演

高速インターネット体験（ホームページ閲覧・アプリケーション動作）

高速無線 LAN の体験（Web カメラ動作確認・告知システム体験）

### 4. まとめ

公開実験当日には、北部地域自治体、通信施工業者中心に、マスコミ、通信機器メーカー一般住人など 50 人以上の来場者があり、検討概要説明、ブロードバンド等を体験して頂き、条件不利地域における無線 LAN の有効性を確認していただくことができました。



図付録 1. 公開実験の様子

## 5-5. 公開試験配布資料（実験の概要）

### 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 技術的条件に関する調査検討

## 調査検討の概要説明

平成20年3月7日

1

### 1. はじめに



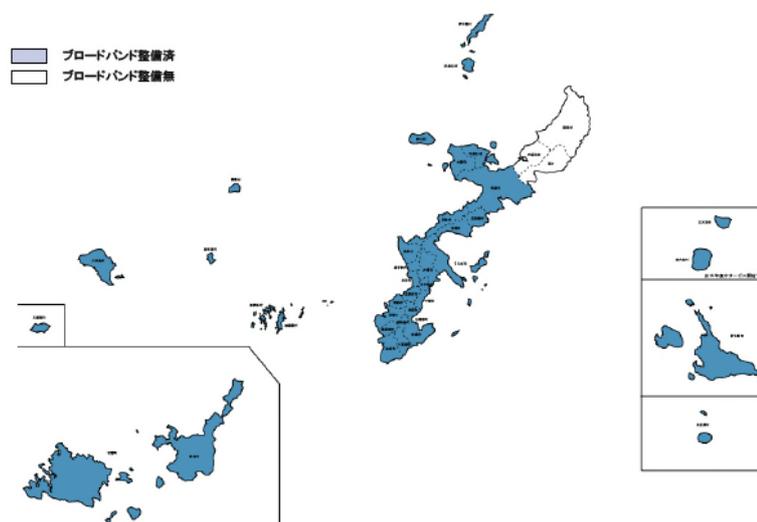
100Mビット/秒のスループットを目標とした次世代の無線LAN規格であるIEEE802.11nはブロードバンド条件不利地域での高速インターネットを安価で実現可能なインフラとして注目を浴びています。

しかし、実際の条件不利地域は山間部や離島などのため、近くまで光ケーブル等のインフラが整備されているとは限らず、実際には数km以上離れており、無線LAN等では中継が必要になってまいります。

また端末ユーザへのラストワンマイルの接続については、手軽で安価な無線ネットワーク接続が検討されていることから、高速無線LAN技術を用いた技術的検討を国頭村内2地区において、固定間通信の技術及びネットワーク技術などの実証試験を実施するとともに、高速無線LAN導入に向けた課題と方策の検討を行ない、報告書を取りまとめます。

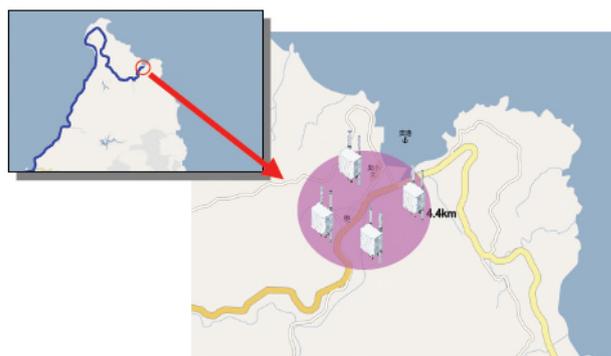
2

## 1-2. 県内のブロードバンド普及状況(市町村単位)



3

## 2-2. 実証実験場所(ラストワンマイルネットワーク技術検討)

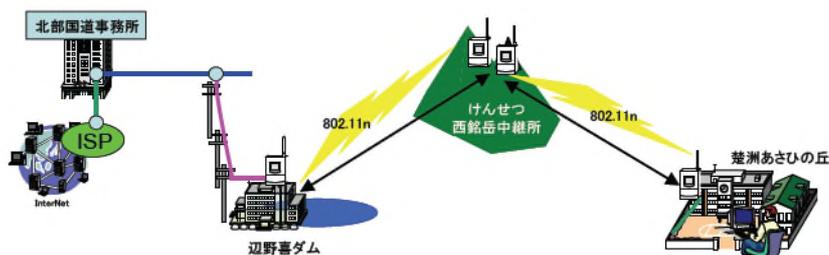


奥集落内に高速無線LANの機器を設置し、集落内モニタの家庭に高速インターネットへの接続を可能にします。

5

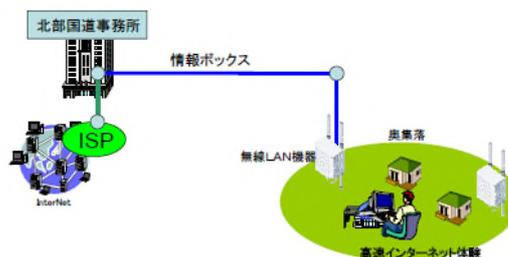
### 3-1. ネットワーク接続方法(固定間通信の技術検討)

北部国道事務所管理の情報ボックスと北部ダム管理事務所管理の河川情報システムを利用し、インターネットへ繋がる基線を構築します。  
 辺野喜ダム、けんせつ西銘岳中継所鉄塔、楚洲あさひの丘に、IEEE802.11n対応無線LAN機器を取り付け、通信を行い、楚洲あさひの丘施設内にパソコンを設置します。  
 楚洲あさひの丘施設に設置したパソコンは、高速インターネット接続環境をつくります。  
 また、インターネットへは、北部国道事務所内で分岐し接続を行います。



### 3-2. ネットワーク接続方法(ラストワンマイルネットワーク技術検討)

国頭村奥地内の情報ボックスに接続し、インターネットへ繋がる基線を構築します。  
 奥集落内に高速無線LAN機器を取り付け、高速無線LAN接続テストを行います。  
 そこで、一部の住民(10軒程度)にパソコンを貸し出し、高速インターネットの体験してもらいアンケートに協力してもらいます。  
 また、インターネットへは、北部国道事務所内で分岐し接続を行います。



#### 4. 技術検討事項

##### 固定間通信の技術検討

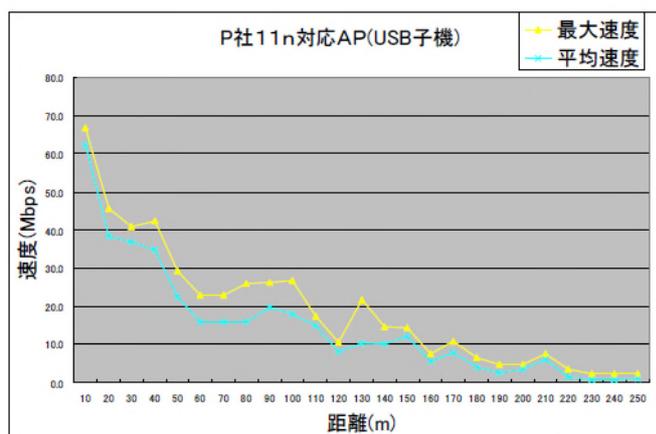
- ・IEEE802.11nと11b及び11gとの比較
- ・通信距離による伝送特性試験
- ・気象条件による伝送特性試験
- ・中継回数による伝送特性試験
- ・外来雑音による伝送特性試験
- ・インターネットの動作試験
- ・映像伝送の伝送特性試験(主観評価を含む)

##### ラストワンマイルネットワーク技術検討

- ・IEEE802.11nと11b及び11gとの比較
- ・通信距離による伝送特性試験
- ・気象条件による伝送特性試験
- ・地形条件による伝送特性試験
- ・機器の設置条件による伝送特性試験
- ・外来雑音による伝送特性試験
- ・インターネットの動作試験
- ・映像伝送の伝送特性試験(主観評価を含む)

#### 5-1. 実験結果(一部抜粋)

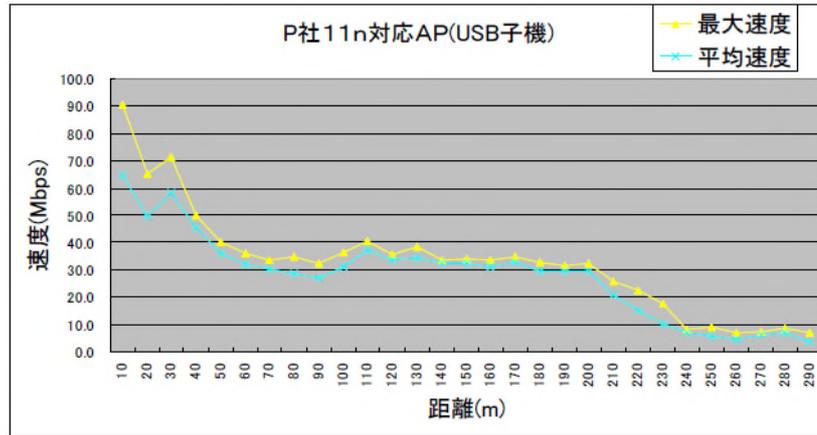
3本のアンテナに対して、水平方向の伝達距離



## 5-2. 実験結果(一部抜粋)



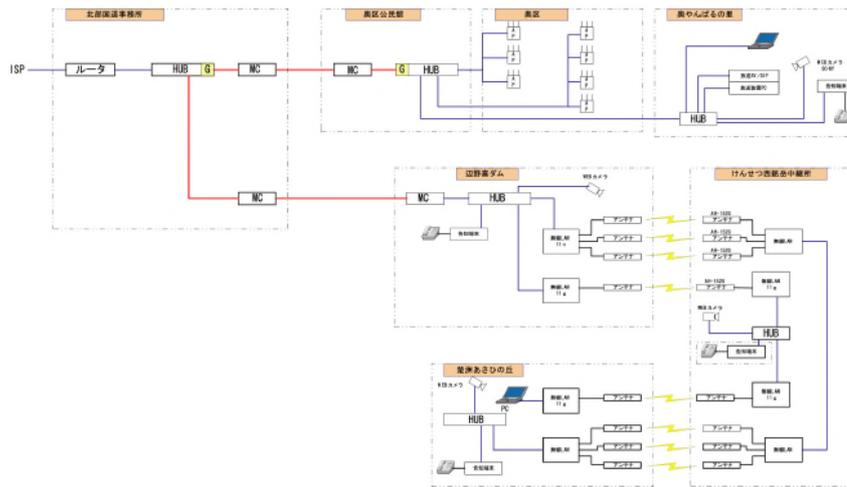
3本のアンテナに対して、垂直方向の伝達距離



詳細の実験結果は、3月末の報告書にまとめます。

10

## 6. 公開実験ネットワーク図



11

7-1. 機器設置状況



辺野喜ダム



けんせつ西銘岳中継所



楚洲あさひの丘

12

7-2. 機器設置状況



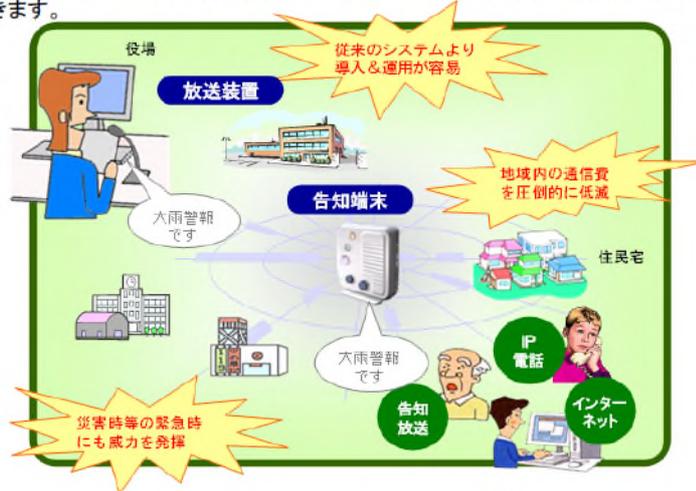
802.11n無線機収容



国道事務所管理情報コンセント

13

センタ局からの一斉放送や個別放送、日時・メッセージを指定した予約放送、遠隔地からのページング放送、最大4チャンネルの番組放送など、あらゆる放送ができます。



## 付録2 用語集

FWA (えふ・だぶりゅー・えー)

Fixed Wireless Access の略で、固定無線アクセスの事を指し、日本では、加入系無線アクセスシステムをさす時にも使用する。

基地局・端末等はそれぞれ 1 箇所に固定して利用されて固定間通信に利用されることが多い。

IEEE (あい・とりぷる・いー)

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

IEEE802.11 (あい・とりぷる・いー・はち・まる・にい・てん・いち・いち)

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。

IEEE802.11a (あい・とりぷる・いー・はち・まる・にい・てん・いち・いち・えー)

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の規格の一つで、5.2GHz 帯の無線で約 54Mbps の通信を行なう規格。

IEEE802.11b (あい・とりぷる・いー・はち・まる・にい・てん・いち・いち・びー)

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の規格の一つで、2.4GHz 帯の無線で約 11Mbps の通信を行なう規格。

IEEE802.11g (あい・とりぷる・いー・はち・まる・にい・てん・いち・いち・じー)

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の規格の一つで、2.4GHz 帯の無線で約 54Mbps の通信を行なう規格。

IEEE802.11n (あい・とりぷる・いー・はち・まる・にい・てん・いち・いち・えぬ)

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 (2008 年 3 月) は Draft2.0 版。

IEEE802.16 (あい・とりぷる・いー・はち・まる・にい・てん・いち・ろく)

IEEEでLAN技術の標準を策定している 802.16 委員会が定めた高速無線 LANの標準規格群。広帯域周波数を利用して最大 135Mbps の通信を行なう仕様。WiMAX がこれにあたる規格。

IEEE802.16-2004 (あい・とりふる・いー・はち・まる・にい・てん・いち・ろく・にい・まる・まる・よん)

IEEEでLAN技術の標準を策定している 802.16 委員会が定めた高速無線 LANの標準規格群。11GHz 以下の周波数を利用して最大 75Mbps の通信を行なう仕様。固定 WiMAX がこれにあたる規格。

IEEE802.16e (あい・とりふる・いー・はち・まる・にい・てん・いち・ろく・いー)

IEEEでLAN技術の標準を策定している 802.16 委員会が定めた高速無線 LANの標準規格群。6GHz 以下の周波数を利用して最大 75Mbps の通信を行ない、モバイル向けの利用を想定している仕様。モバイル WiMAX がこれにあたる規格。

IP 電話 (あいぴーでんわ)

インターネットで利用されるパケット通信プロトコルのIP(Internet Protocol)を利用して提供される電話サービス。

MIMO (まいも)

Multiple Input Multiple Output の略で、複数のアンテナを組み合わせて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。

WEB (うえぶ)

インターネットで一般的に使われているホームページの技術を使用したサービスのこと。

Wi-Fi (わいふあい)

Wi-Fi Alliance によって無線 LAN 機器間の相互接続性を認証されたことを示す名称。

IEEE 802.11 シリーズを利用した無線機器において認定された機器間の相互接続性が保証される。

Wi-Fi Alliance (わいふあい・あらいあんす)

IEEEによって標準化された高速無線LANの規格である IEEE 802.11規格群を推進し、相互運用性を保証するための業界団体。

アクセスポイント

無線 LANで端末間を接続する電波中継機。有線LANとの接続機能も持っている場合が多い。AP と略されることもある。

## インターネットプロトコル

Internet Protocol は米国防総省のネットワークプロジェクトで開発された通信規約で現在のインターネット等の通信技術に利用されている。

## クライアント

コンピュータネットワークにおいて、末端でユーザが利用するコンピュータや情報端末のこと。

## ストリーミング

インターネットなどのネットワークを通じて映像や音声などのマルチメディアデータを視聴する際に、データを受信しながら同時に再生を行なう方式。

## 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。

## 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。

## トラフィック

ネットワーク上を移動する音声や文書、画像などのデジタルデータのこと。ネットワーク上を移動するこれらのデータの情報量のことをさすこともある。

#### ブロードバンド

通信速度が速いインターネット接続サービスのこと。一般的に下り 1Mbps 以上の速度でのサービスを指す。

#### メッシュ型無線 LAN (めっしゅがたむせんらん)

広いエリアに設置した複数のアクセスポイントが互いに無線で通信をやり取りし、コンピュータ・ネットワークを構築する技術。またはサービス。

#### モバイル

「mobile」は「可動性の」、「移動性の」という意味で、一般にコンピュータ関連では、コンピュータシステムへのリモート接続を前提とする携帯用コンピュータ端末機器の総称、またはそれらの機器を使用して機動力を持たせたコンピュータシステムを指す。

#### モバイル WiMAX (もばいる・わいまっくす)

6GHz 以下の周波数帯を使用し利用可能距離は約 2~3km で 75Mbps の速度で通信が出来るシステムまたはサービス。固定 WiMAX が固定無線通信の規格であったのに対し、この規格は移動体のための規格であり、120km/h での移動中も使用可能とされている。

#### ラストワンマイル

一般的に、通信事業者の最寄りの加入者局からユーザの建物までのネットワーク接続のための手段を指す。

#### ワイヤレス・インターネット

無線技術を利用したインターネットに接続すること。または接続サービス。

#### 移動ローミング (いどうろーみんぐ)

無線端末が、ある基地局のサポート範囲から、他の基地局のサポート範囲に移動したときに制御を移すこと。

#### 映像配信 (えいぞうはいしん)

インターネットの中にある特定のパソコンから、動画を自分のパソコンに取り寄せ、パソコン上のソフトで閲覧することができるサービス。

#### 外部雑音 (がいぶざつおん)

本報告書では、目的以外の同じ周波数帯の電波のこと。外来雑音、雑音電波。

#### 高速無線 LAN (こうそくむせんらん)

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

#### 広帯域無線アクセスシステム

広帯域 (10~66GHz) の周波数帯を使い、1 台のアンテナで半径約 50km(30 マイル)をカバーする無線 LAN 技術を利用して通信が出来るシステムまたはサービス。

#### 固定間通信 (こていかんつうしん)

動かない場所の間で通信をすること。本書では条件不利地域での比較的離れた地域への通信を行うもので、ネットワークでの幹線系を想定している。

#### 固定 WiMAX (こていわいまっくす)

WiMAX とは、Worldwide Interoperability for Microwave Access の略で、11GHz 以下の周波数帯を使い固定の拠点から無線 LAN 技術を利用して通信が出来るシステムまたはサービス。

#### 実効速度 (じっこうそくど)

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 (じょうけんふりちいき)

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。

#### 反射波

通信するアンテナ同士が直接通信する電波とは別に、周辺の壁や地面等で跳ね返ってアンテナで受信される電波。

#### 無線スポット (むせんすぽっと)

公共的な場所での無線 LAN 技術を利用し、インターネットに接続が出来る機器を置いた場所またはサービス。

#### 無線 LAN (むせんらん)

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。

#### 無線 MAN (むせんまん)

MAN とは Metropolitan Area Network の略で、都市程度のエリアをカバーするネットワーク事で、無線技術を利用して都市エリア程度の一定の範囲内のコンピュータ・ネットワーク。

## 付録3 モニターアンケート用紙

ラストワンマイルネットワーク技術試験  
モニター参加者 様

この度は、「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的条件に関する調査検討」へのモニター参加、誠に有難うございます。

モニター期間中の感想について、以下の設問にお答えください。

### 【設問1】 参加モニターについて

●参加モニターの年代について教えてください。

1. 10代 2. 20代 3. 30代 4. 40代 5. 50代 6. 60代以上 回答 \_\_\_\_\_

●参加モニターの性別を教えてください

1. 男性 2. 女性 回答 \_\_\_\_\_

### 【設問2】 現在ご使用のインターネットについて

●インターネット利用歴を教えてください。

1. 1年未満 2. 3年未満 3. 5年未満 4. 10年未満 5. 10年以上 回答 \_\_\_\_\_

●現在のインターネット接続方法を教えてください。

1. ダイヤルアップ (アナグ) 2. ダイヤルアップ (ISDN) 3. フレッツ ISDN (64K)  
4. フレッツ ISDN (128K) 5. その他 回答 \_\_\_\_\_

●現在のインターネット体感速度について教えてください。

1. とても遅い 2. 遅い 3. 普通 4. 速い 5. とても速い 6. わからない 回答 \_\_\_\_\_

●現在のインターネットの利用目的を教えてください。(複数回答)

1. 個人的な興味、娯楽の情報収集のため
2. 商品やチケットを購入、検索するため
3. ネットオークションをするため
4. 仕事や研究、勉強の情報収集のため
5. キャンペーンや懸賞に応募したり、アンケートに回答するため
6. 暇つぶしのため
7. 公共サービスや渋滞情報の収集、各種申請のため
8. 誰かとコミュニケーションをとるため
9. ネットバンキング、オンライントレード (株式や投資信託等) をするため
10. ホームページなどから情報発信をするため
11. 個人情報 (スケジュールなど) の管理のため
12. 流行しているので、何となく
- 13 その他(具体的にお聞かせください)

回答 (複数回答)

「13 その他」の具体的内容:





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2-6-29 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

社団法人 情報通信設備協会  
東京都中央区日本橋茅場町2-17-7 第3大倉ビルビル3F  
TEL 03-5640-6508 Fax 03-5640-6599  
<http://www.itca.or.jp/>  
社団法人 情報通信設備協会 沖縄県支部  
沖縄県浦添市牧港5-4-10  
TEL 098-870-0255 Fax 098-870-1092