第 3 章　無線アクセスシステム技術試験

本技術試験は、前章での検討を踏まえ、平成 18 年 11 月 1 日から平成 19 年 2 月 28 日の期間において、地域公共ネットワークと無線アクセスシステムの組み合わせによる検証試験システムを構築し、その有効性の確認及び技術的条件を明らかにするために実施した。

3.1　技術試験の概要

石川県小松市の長谷町、波佐谷町及び瀬領町をモデル地域に構築した無線アクセスシステムは、4.9GHz 帯の電波を用いた高出力無線 LAN の無線親局装置、無線親局装置からの電波を 2.4GHz 帯の電波に変換して中継を行う無線 MAN/LAN 中継装置、無線 MAN/LAN 中継装置と通信を行う端末側の 2.4GHz 帯の無線 LAN 子局装置、そして無線親局装置と直接通信を行う端末側の 4.9GHz 帯の無線 MAN 子局装置（高出力無線 LAN）を組み合わせたシステムとし、4.9GHz 帯の電波を用いた高出力無線 LAN については IEEE802.16-2004 に準じた規格とした。構築した無線アクセスシステムの有効性の確認と必要とされる技術的条件を明らかにするため次項以降に示す各種通信試験を行う。

なお、本章では国土地理院発行の 5 万分の 1 および 2 万 5 千分の 1（小松、動橋：いぶりばし）の地図を利用した。

(1)　試験フィールドの選定

モデル地域の選定にあたっては、次の条件を満たす試験フィールドとした。

ア　ブロードバンド空白地域が存在していること
イ　当該地域から解消要望があること
ウ　ブロードバンド空白地域解消に関する問題意識が高く、本調査検討会に理解があり協力が得られること
エ　地域公共ネットワークが整備されていること

試験フィールドとして選定したエリアを図 3-1 に示す。

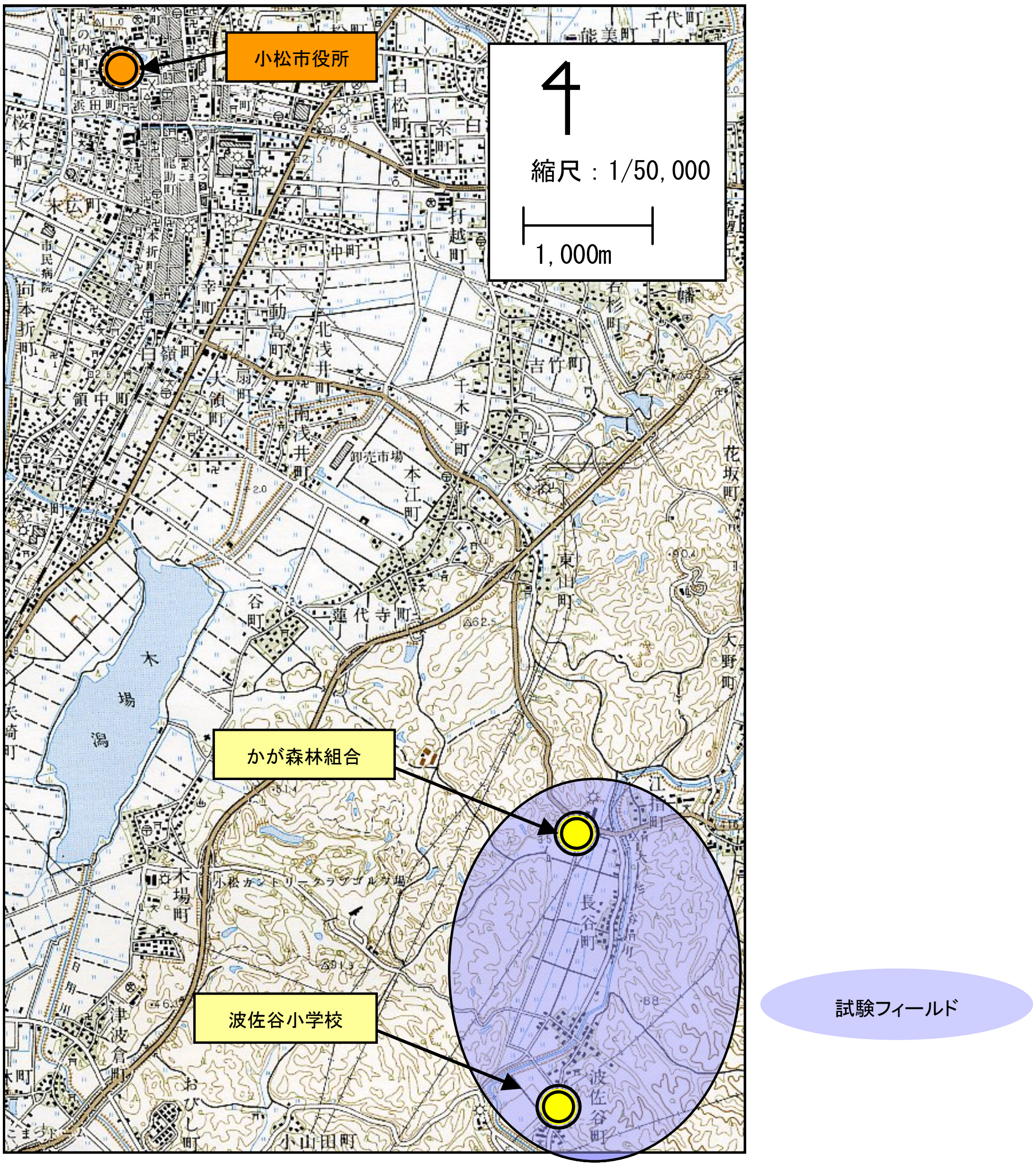


図 3-1　試験フィールド図

(2)　検証試験システムの構成及び装置仕様

検証試験システムの構成を図 3-2 に、無線アクセス装置の仕様を表 3-1 に示す。

インターネットへの接続回線は、北陸通信ネットワーク（株）（以下「HTNet」という。）の広域イーサ網を介して小松市地域公共ネットワークと接続し、同ネットワークとのアクセスポイントとなる波佐谷小学校及びかが森林組合に無線親局装置を設置した。無線親局装置から各世帯の子局装置までは 4.9GHz 帯または無線MAN/LAN 中継装置を介した 2.4GHz 帯の電波により伝搬路を構成する。

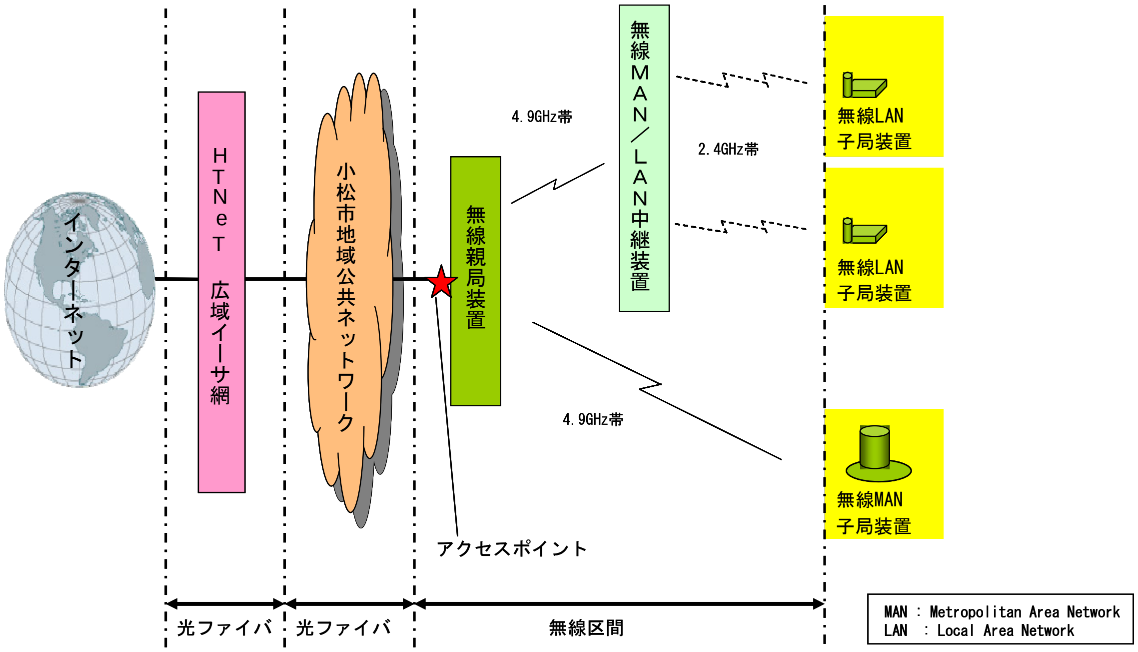


図 3-2　検証試験システムの構成

表 3-1　検証試験システムの装置仕様

	無線 親局装置	無線 MAN 子局装置	無線 MAN/LAN 中継装置		無線 LAN 子局装置
			4.9GHz	2.4GHz	
概要	無線 MAN 子局及び無線 MAN/LAN 中継装置と通信を行う基地局装置	無線 MAN 親局装置と直接通信を行う屋内用端末装置	無線親局装置からの 4.9GHz 帯の信号を受け、2.4GHz 帯の無線 LAN(WiFi)の信号に変換する。		無線 LAN（WiFi）に対応したカードバス用無線 LAN カード
周波数(GHz)	4.91-4.95	同左	同左	2.412-2.472	同左
空中線電力	0.15W　0.03W/MHz	同左	同左	0.01W/MHz	—
チャネル 帯域幅(MHz)	5	同左	同左	同左	同左
復信方式	TDD	同左	同左	—	—
多元接続方式	TDMA	同左	同左	—	—
変調方式	OFDM(BPSK、QPSK、16QAM)	同左	同左	—	DS-SS OFDM
空中線利得(dBi)	13	12.5	12.5	2	—
空中線型式	平面 （1 方向）	平面 （4 方向）	平面 （1 方向）	—	—
指向特性（水平面）	指向性	無指向性	指向性	無指向性	無指向性
半値幅	（水平）90 度 （垂直）16 度	—	—	—	—
対応する 標準規格	IEEE802.16-2004 に準ずる	同左	同左	IEEE802.11b/g	IEEE802.11b/g
インタフェース	10/100BASE-T	同左	—	—	CardBus
ＩＰバージョン	IPV4、IPV6	同左	同左	同左	同左
使用温度範囲	-33℃～+45℃	0℃～+45℃	-33℃～+45℃	-40℃～+85℃	0℃～55℃
耐候性	屋外に設置可能	無し	屋外に設置可能		無し
重量(kg)	43	1.4	2.7		0.038
電源	AC100V	同左	同左		DC3.3V
技術基準	無線設備規則第 49 条に定める技術基準に適合			（規格） ARIBSTD-T66(2.4GHz 帯)	
認証	電波法第 38 条の 24 第 1 項の規程に基づく認証有り				

凡例　－：仕様書に記載がない

検証試験システムで使用している各無線アクセス装置の写真を図 3-3～図 3-6 に示す。また、無線 MAN/LAN 中継装置は、図 3-7 及び図 3-8 に示すように電柱に設置されている。

図 3-3　無線親局装置

図 3-4　無線 MAN/LAN 中継装置

図 3-5　無線 LAN 子局装置

図 3-6　無線 MAN 子局装置

図 3-7
無線 MAN/LAN 中継装置設置状況

図 3-8
無線 MAN/LAN 中継装置設置状況（拡大）

(3)　置局設計

ア　試験フィールドのうち、長谷町を対象とした無線親局装置の置局設計を図 3-9 に示す。かが森林組合の屋上に無線親局装置を設置した。電波の輻射方向は真北を 0 度として時計回りに、80 度から 170 度まで 90 度の方向を通信エリア①、120 度から 210 度まで 90 度の方向を通信エリア②とし、2km 程度を通信エリアとして設計した。なお、検証試験システムで使用する無線親局装置は、1 方向あたり、2 本のアンテナで構成され、送信時にはそのうち 1 本だけを使用し、受信時には 2 本のアンテナを使用してダイバーシティ技術により通信を行っている。

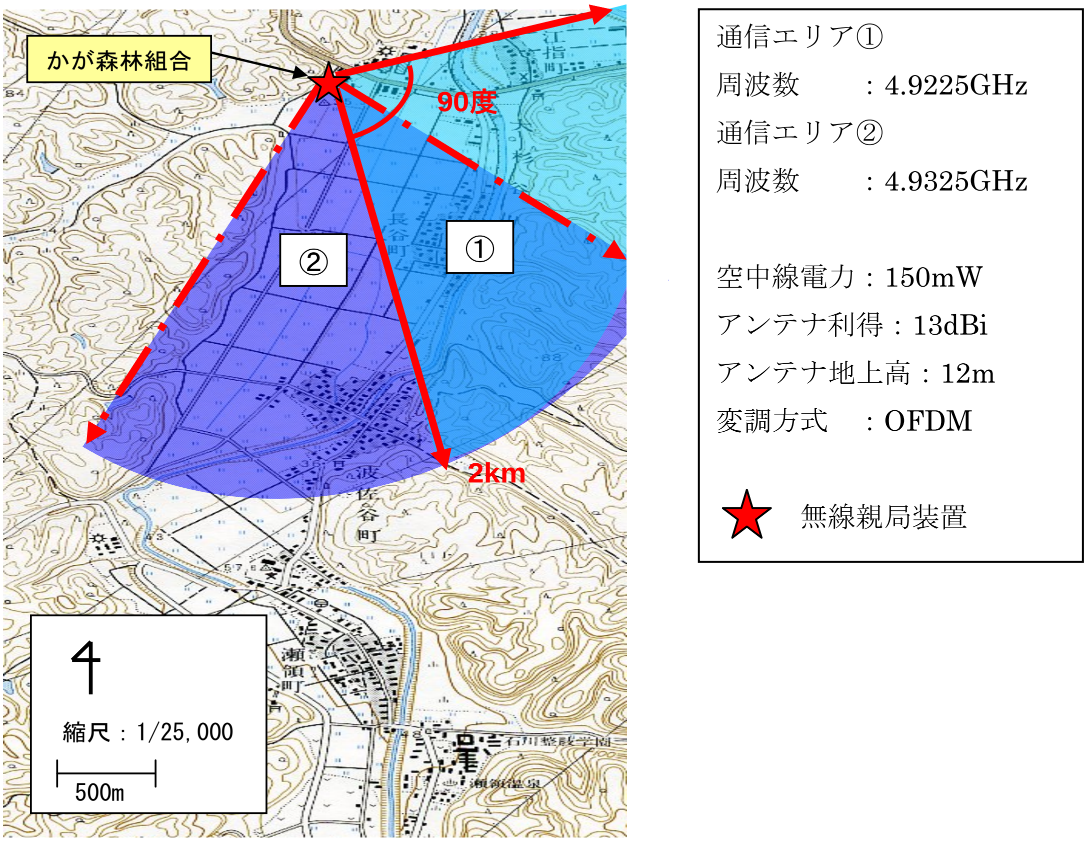


図 3-9　無線親局装置（かが森林組合）

イ　アと同様に､試験フィールドのうち波佐谷町及び瀬領町を対象とした無線親局装置の置局設計を図 3-10 に示す。波佐谷小学校校舎屋上の北側に無線親局装置を設置した。電波の輻射方向は真北を 0 度として時計回りに、-30 度から 60 度まで 90 度の方向を通信エリア③、100 度から 190 度まで 90 度の方向を通信エリア④とし、2km 程度を通信エリアとして設計した。なお、検証試験システムで使用する無線親局装置は、1 方向あたり、2 本のアンテナで構成され、送信時にはそのうち 1 本だけを使用し､受信時には 2 本のアンテナを使用してダイバーシティ技術により通信を行っている。

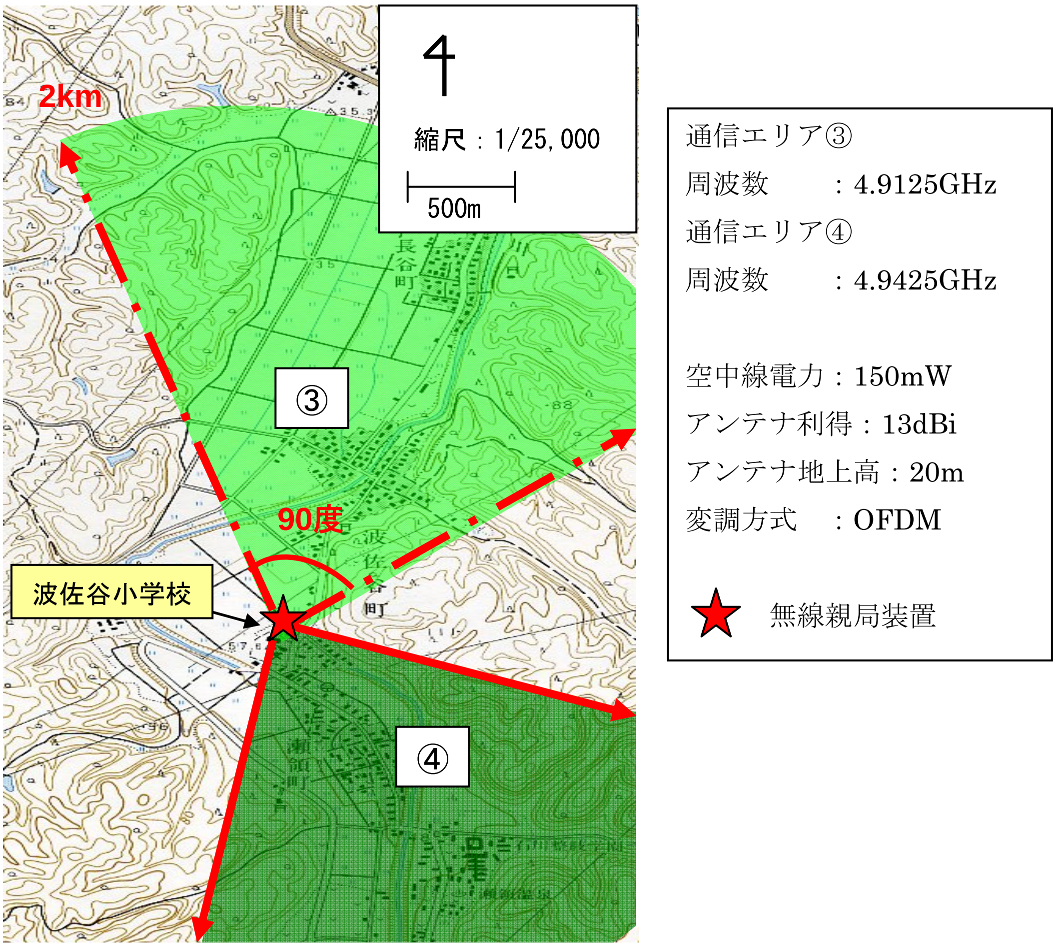


図 3-10　無線親局装置（波佐谷小学校）

ウ　かが森林組合屋上に設置した無線親局装置から輻射方向を撮影した写真を図3-11 及び図 3-12 に示す。

図 3-11　通信エリア①

図 3-12 通信エリア②

エ　一方、波佐谷小学校の屋上に設置した無線親局装置から輻射方向を撮影した写真を図 3-13 及び図 3-14 に示す。

図 3-13　通信エリア③

図 3-14 通信エリア④

オ　無線 MAN/LAN 中継装置の置局状況

検証試験では、無線親局装置に高出力無線 LAN システムを用いて構築しており、通信エリア内に居住している世帯の方に実際に高速インターネット環境を体験していただくため、技術試験モニターを募った。また、モニター宅内で 2.4GHz 帯の電波が受信できるよう、モニター宅付近の電柱に図 3-15 に示す無線 MAN/LAN 中継装置(17 局)を設置した。

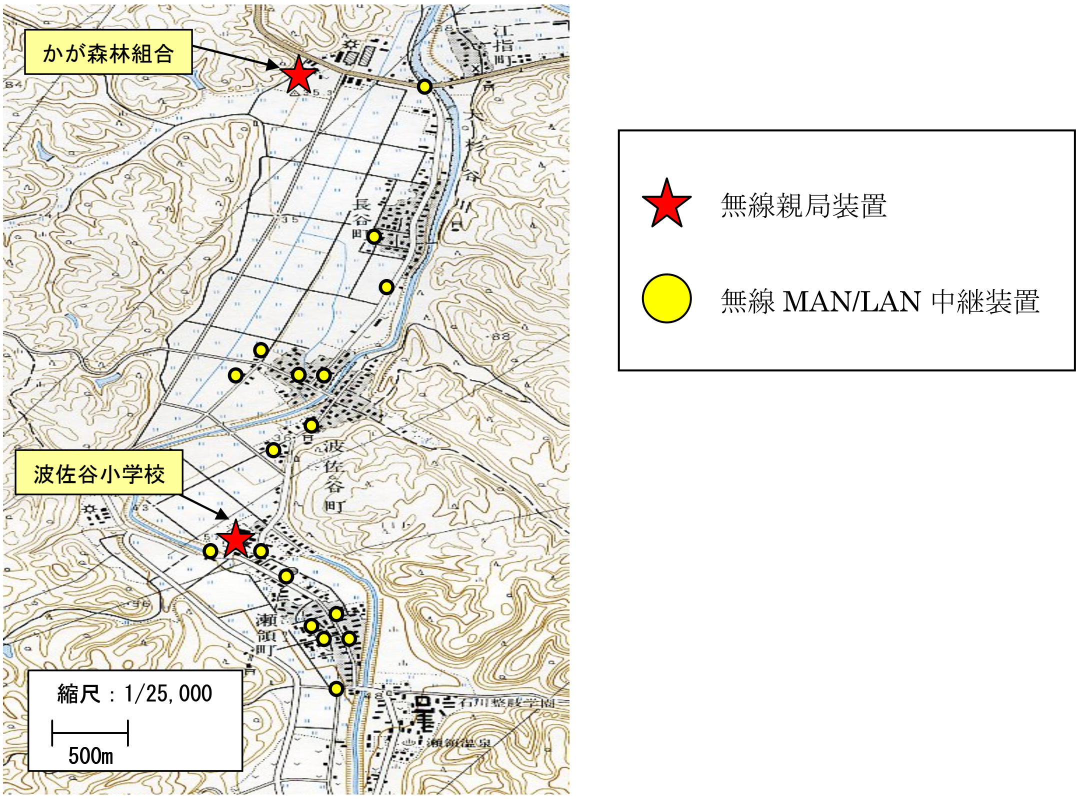


図 3-15　無線 MAN/LAN 中継装置の置局状況

カ　かが森林組合と波佐谷小学校に設置された無線親局装置の通信エリアを図3-16 に示す。図から、いくつかの無線 MAN/LAN 中継装置は、二つの無線親局装置の重複したエリア内に位置するため、複数の電波を受信することから、特定の無線親局装置固有の識別子(BSID)のみを認識して通信を行われるよう設定した。

なお、設定にあたっては、見通し状況や無線親局装置からの距離を考慮し、受信電力が最大となる電波を受信するように設定した。

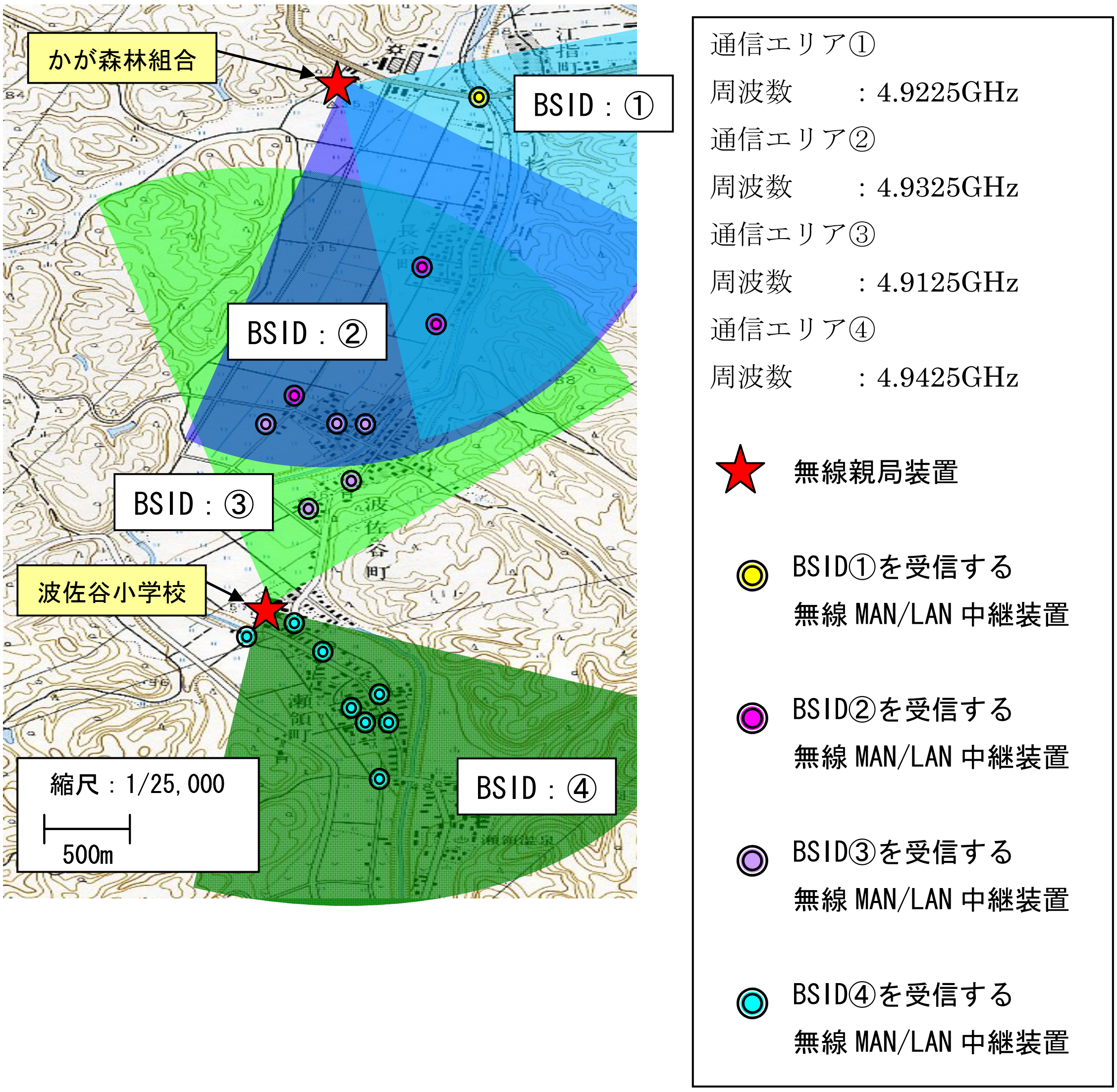


図 3-16　無線 MAN/LAN 中継装置の通信の設定状況

3.2　技術試験の内容

技術試験において下記項目の試験を行う。詳細は、各項目において説明する。

(1) 伝送特性試験
(2) 伝送特性変動試験
(3) ネットワーク共用評価試験
(4) ネットワーク運用管理試験
(5) 技術試験モニター

(1)　伝送特性試験

【目的】

高出力無線 LAN システムの電波の有効範囲である通信エリアを推定するために、次の測定区間（4.9GHz 帯）の基本的な伝送特性を把握する。

【測定区間】

ア　無線親局装置～無線 MAN 子局装置（図 3-17）
イ　無線親局装置～無線 MAN/LAN 中継装置(図 3-18)

【測定項目/方法】

無線 MAN 子局装置＋測定用パソコン又は無線 MAN/LAN 中継装置＋測定用パソコンの組み合せにより以下の項目について測定した。なお、測定時には LOS（見通し）環境（見通しが可能なポイント）と NLOS（見通し外）環境（見通しが不可能なポイント）を各々数ポイントずつ選定し、受信電力値が最大となるようアンテナの方向を調整する。

ア　受信電力の測定

無線親局装置からの電波を無線 MAN 子局装置又は無線 MAN/LAN 中継装置で受信した際の受信電力を HTNet のネットワークセンターに設置した監視サーバで測定する。

イ　スループットの測定

測定用パソコンから HTNet のネットワークセンターに設置した速度測定用サーバにアクセスし、下り回線のスループットを測定する。

ウ　応答時間の測定

HTNet のネットワークセンターに設置した監視サーバと測定用パソコン間で ICMPecho/reply(Ping)を通し、その応答時間を測定する。

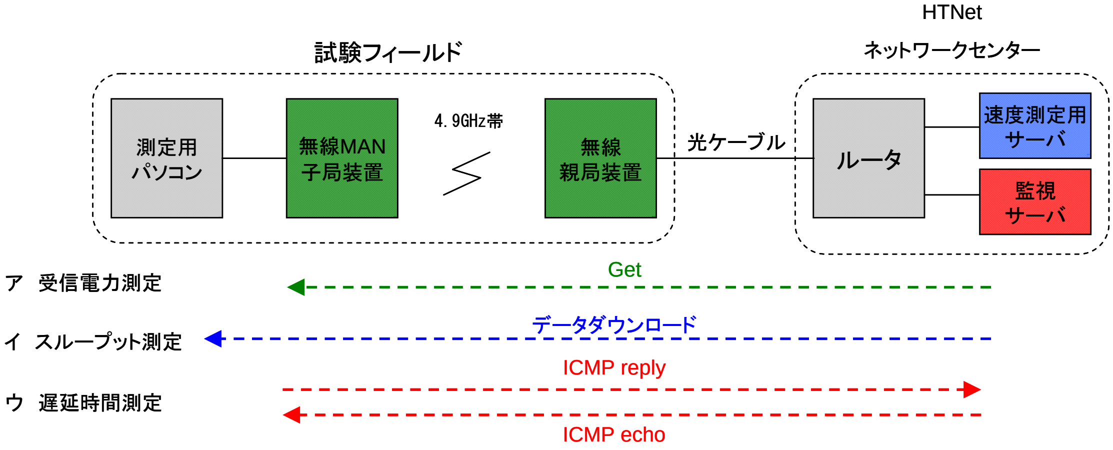


図 3-17　伝送特性試験ブロック図（無線 MAN 子局装置＋測定用パソコン）

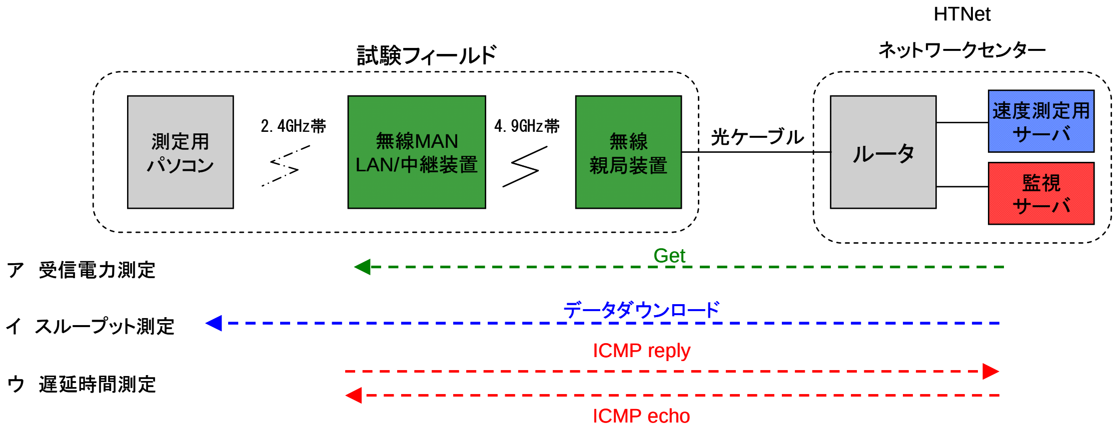


図 3-18　伝送特性試験ブロック図（無線 MAN/LAN 中継装置＋測定用パソコン）

なお、無線親局装置からの電波(4.9GHz 帯)を無線 MAN 子局装置で受信する場合の測定は、図 3-19 に示すように、車載に取付けたアンテナによる形態で測定した。一方、無線親局装置からの電波(4.9GHz 帯)を無線 MAN/LAN 中継装置で 2.4GHz 帯の電波に変換して受信する場合の測定は、図 3-19 の形態のほか、図 3-20 に示すように電柱に設置したアンテナによる形態でも測定する。

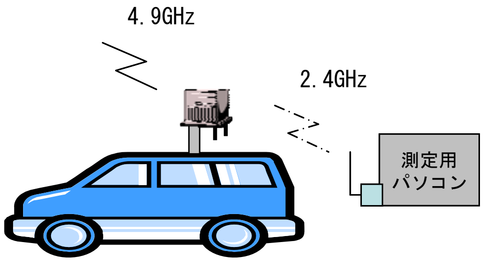


図 3-19 移動型

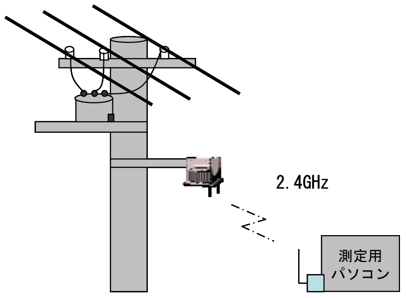


図 3-20　固定型

(2)　伝送特性変動試験

【目的】

降雪や積雪などの気象条件の変化による伝送特性変動を測定し、本調査検討会で構築した無線アクセスシステムが気象条件の変化に対して問題なく動作するかどうかなど、適合環境について総合的に把握するため検証試験を行う。

【測定区間】

3.2 項の(1)伝送特性試験と同一区間とする。

【測定項目/方法】

3.2 項の(1)伝送特性試験と同一項目/方法とする。

(3)　ネットワーク共用評価試験

【目的】

無線親局装置を通じたインターネット接続環境において、複数ユーザー接続時に各々のユーザーが正常に動作するかの確認、ユーザー間におけるセキュリティの確認及び複数ユーザー接続時におけるバックボーン使用帯域の確認を行う。

【測定項目/方法】

図 3-21～図 3-23 の測定構成パターンにより次の項目について確認する。

ア　複数ユーザー接続時の状態確認

複数の PPPoE (PPP over Ethernet)接続が問題なく可能か確認するとともに、複数のパソコンが、ウェブページを問題なく閲覧可能か確認する。

イ　ユーザー（パソコン）間におけるセキュリティの確認

他人のパソコン内にあるフォルダやファイルが閲覧出来ず、秘匿性があることを確認する。

ウ　複数ユーザー接続時におけるバックボーン使用帯域の確認

複数ユーザーが同時に接続をした場合のバックボーン使用帯域の変動を確認するとともに、一つの無線 MAN/LAN 中継装置の配下に複数ユーザーを接続した場合（図 3-22）と複数の無線 MAN/LAN 中継装置の配下にそれぞれ 2 台ずつのユーザーを接続した場合（図 3-23）のバックボーン使用帯域に差異があるかどうかの比較・確認をする。

ネットワーク共用評価試験は、以下の前提条件の下で、次ページに示す 3 つの構成パターンで実施する。

（前提条件）

① 屋内の実験室において行う。
② 無線親局装置と無線 MAN/LAN 中継装置と無線 MAN 子局装置は 5m 程度の離隔距離とする。
③ 無線 MAN/LAN 中継装置とパソコンは 1m 程度の離隔距離とする。
④ 無線区間には遮蔽物がない環境とする。
⑤ 変調方式は最も符号化効率の高い 64QAM3/4 に固定する。
⑥ トラヒックの測定には MRTG ツール（プロトコル：SNMP）を使用する。

【構成パターン 1】

無線親局装置 1 台、無線 MAN 子局装置 3 台にそれぞれパソコンを接続した構成

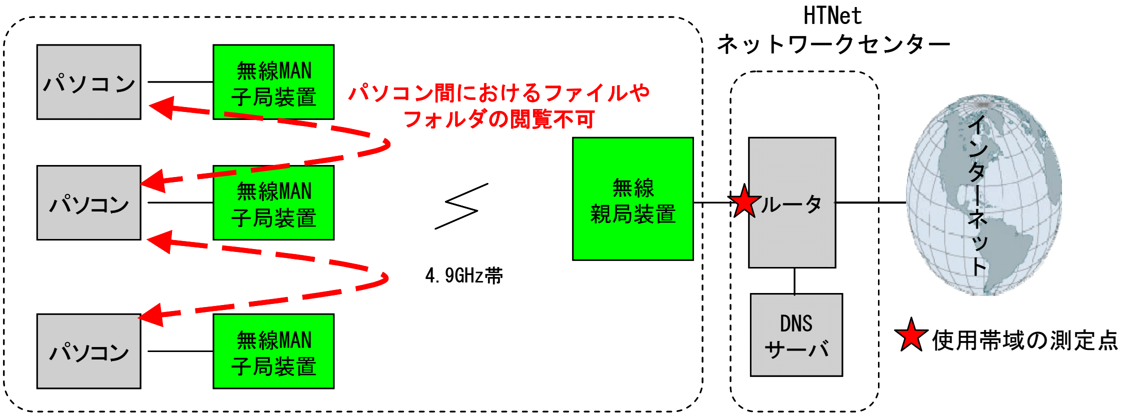


図 3-21　構成パターン 1

【構成パターン 2】

無線親局装置 1 台に無線 MAN/LAN 中継装置 1 台を接続し、その配下にパソコンを複数台接続した構成

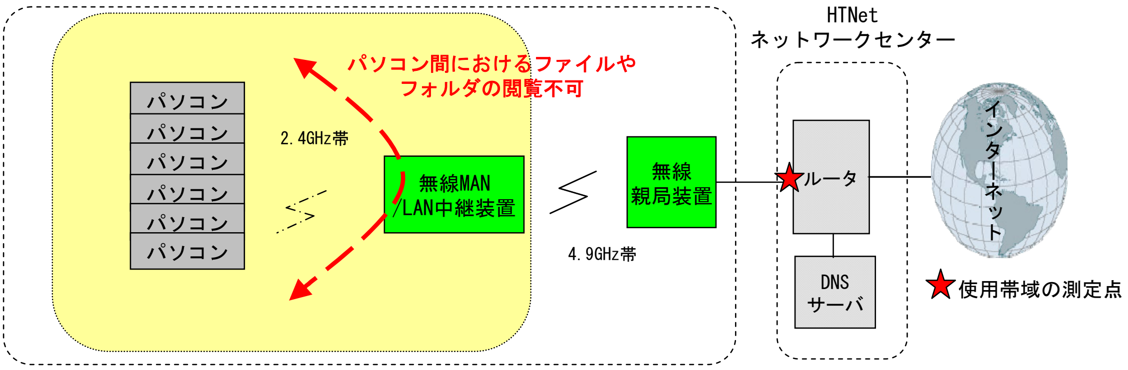


図 3-22　構成パターン 2

【構成パターン 3】

無線親局装置 1 台に無線 MAN/LAN 中継装置 3 台を接続し、各々の配下にパソコンを 2 台ずつ接続した構成

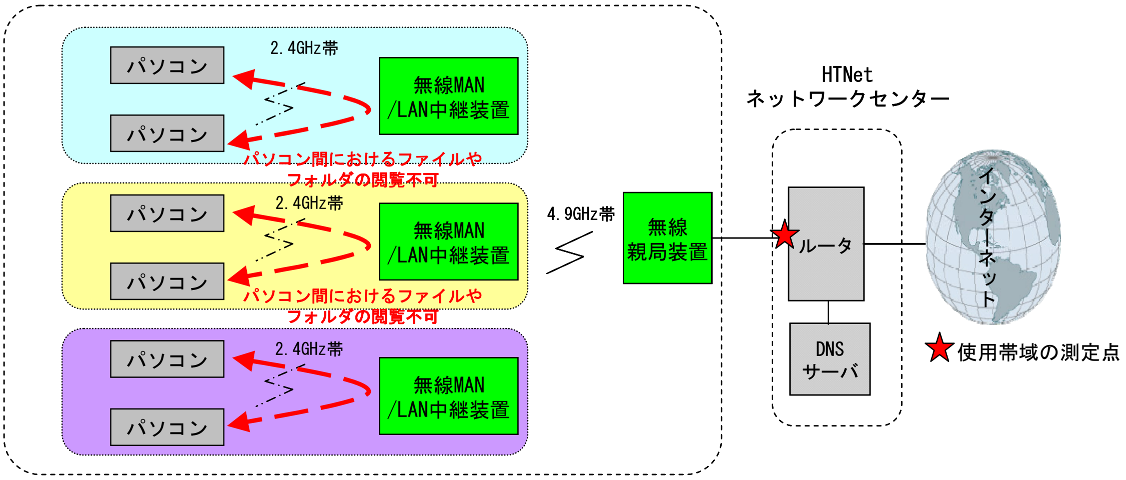


図 3-23　構成パターン 3

(4)　ネットワーク運用管理試験

【目的】

HTNet のネットワークセンターに設置された監視装置から、無線親局装置、無線 MAN 子局装置及び無線 MAN/LAN 中継装置の運用状態を監視できるかどうかの確認を行う。

【確認項目】

ア　無線親局装置、無線 MAN 子局装置、無線 MAN/LAN 中継装置の設定パラメータの状態や変化の様子を監視装置で確認する。

イ　図 3-24 に示すように、故意に各無線装置に障害を発生させアラームが通知されることを確認する。

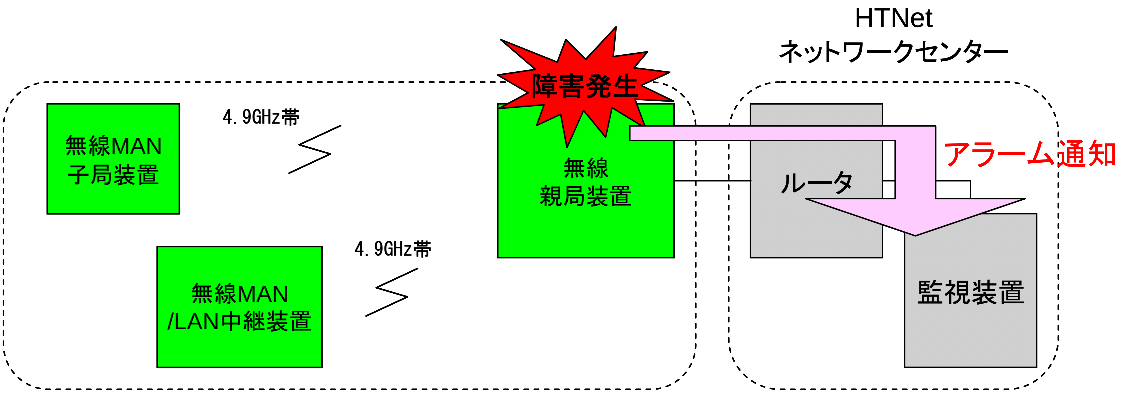


図 3-24 運用管理試験構成

本ネットワーク監視では、各無線装置の SSID や周波数設定、VLAN、セキュリティ等のパラメータ設定変更を HTNet のネットワークセンターに設置されている監視サーバーから行った。

表 3-2 監視項目一覧

監視項目	内容
Ping 応答確認	各無線装置の応答確認
トラヒック測定	各無線親局装置を経由するトラヒック量の確認
ネットワーク負荷監視（MRTG）	モニターの接続数の確認
無線 MAN/LAN 中継装置の受信電力	受信電力の変動状況の確認

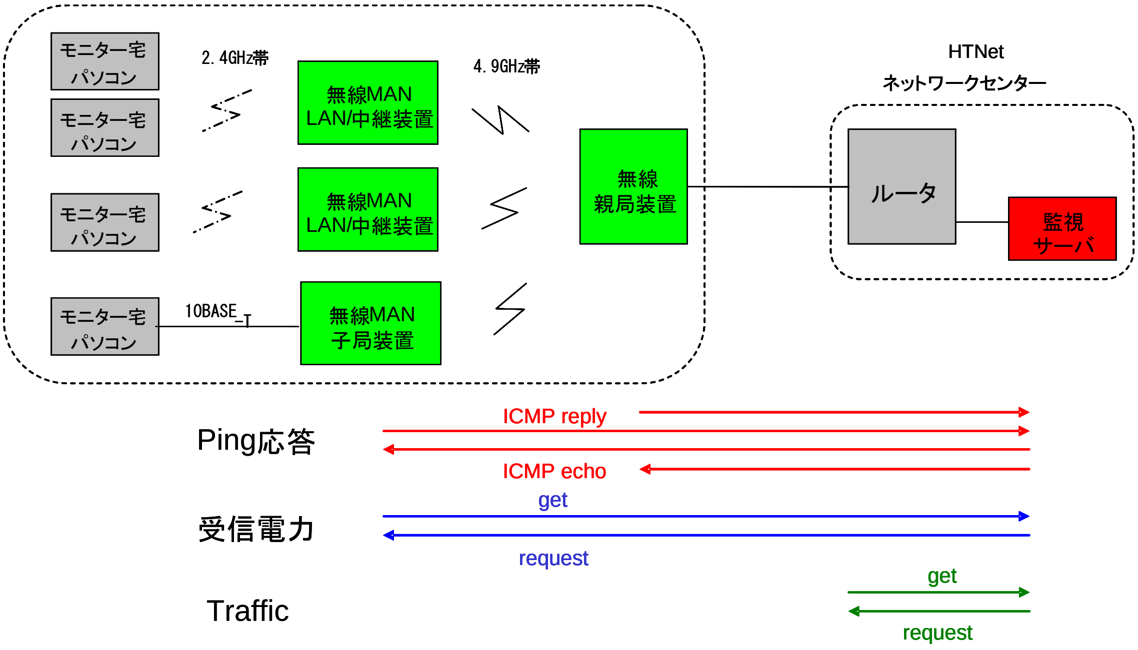


図 3-25　ネットワーク監視構成図

(5)　技術試験モニター

本技術試験の一環として、長谷町、波佐谷町及び瀬領町に居住の世帯の方々からモニターを募った。23 軒の応募があったが、3 軒の世帯が森林等の陰により電波が遮蔽され、受信できなかったため、20 軒の世帯の方々にモニター参加いただいた。

【目的】

通信エリア内のモニター宅において、スループット及び受信電力の測定を行う。インターネットへの接続は、図 3-26 に示すとおり、無線 LAN 子局装置のモニター宅では､10m程度離れた電柱に設置した無線 MAN/LAN 中継装置を介して接続する｡一方、無線 MAN 子局装置のモニター宅では、直接無線親局装置と接続する。

【測定項目/方法】

モニター宅においてスループット及び受信電力の測定を行う。

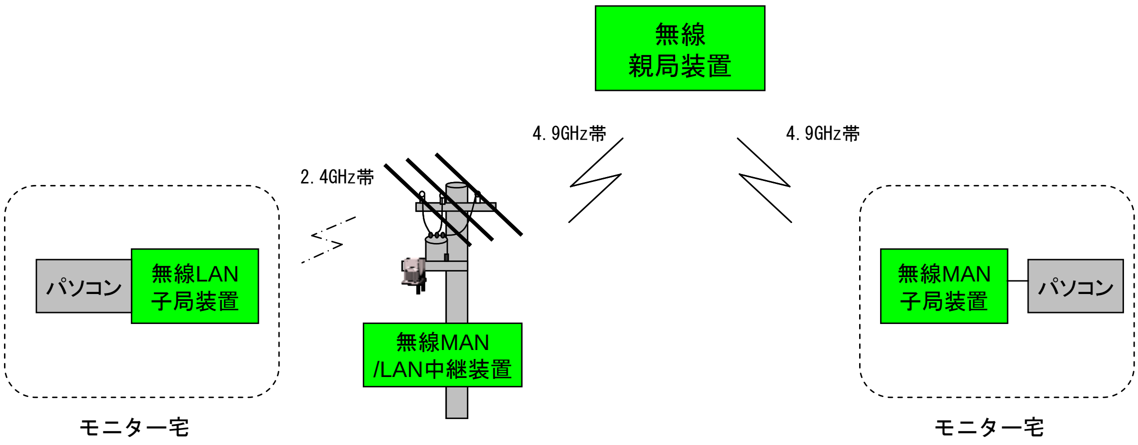


図 3-26　技術試験モニター構成

3.3　技術試験の結果

3.2 項の技術試験の結果を報告する。

試験期間　平成 18 年 11 月 1 日～平成 19 年 2 月 28 日

(1)　伝送特性試験の結果

高出力無線 LAN システムの基本的な伝送特性を把握するため伝送特性試験を行った。

LOS（見通し）環境におけるフィールド試験の測定結果を表 3-3 に示す。

フィールド試験の測定は複数ポイントで行ったが、かが森林組合に設置した無線親局装置から見通すことができる代表 3 ポイント（①近距離、②中間点、③エリア端）についての測定結果を示す。

なお、伝送特性試験に関しては、図 3-17 及び図 3-18 の構成で測定したが、表 3-3 中には良好な値が得られた図 3-18 の結果を記載した（全測定結果については資料 4 に添付)。

表 3-3　LOS 環境における測定結果

測定ポイント	距離（m）	受信電力(dBm)		スループット(Mbps)	応答時間（ms）
		測定値	目標値		
①	400	-52.7	-54.1	3.3	36
②	1,100	-62.0	-62.8	3.4	35
③	1,700	-66.6	-66.6	3.3	35

※表中の測定ポイント①②③は、それぞれ資料 4「フィールド試験測定ポイント（通信エリア②)」の⑰⑮⑬に該当する。

※受信電力の目標値は、送信電力を 21dBm（150mW）とし、距離に対する理想環境状態における自由空間伝搬損失として求めた値。以下同じ。

※受信電力（目標値）の算出に使用した計算式を以下に示す。

【　受信電力（目標値）算出に使用した計算式　】

・周波数(Hz）：$f = 4.9 \times 10^9$　　・距離(m）：d

・波長(m）：$\lambda = (\frac{3 \times 10^8}{f})$　　・自由空間伝搬損失(dB）：$\tau = 10\log(\frac{4\pi d}{\lambda})^2$

・送信電力(mW）：P = 150　　・送信電力(dBm）：**Pt** = 10log(P)

・送信アンテナ利得(dB）：**Gt** =13　　・受信アンテナ利得(dB）：**Gs** =12.5

・送信側給電線損失(dB）：**At** =3

受信電力(dB)：Ps ＝ Pt(dB)+Gs(dB)＋Gt(dB) － τ(dB) － At(dB)

LOS 環境における測定ポイントのエリアを図 3-27 に、各測定ポイントから無線親局装置方向の写真を図 3-28～図 3-30 にそれぞれ示す。

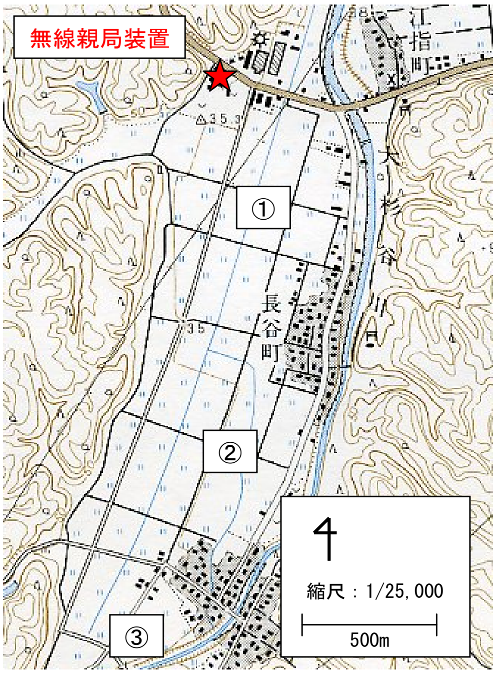


図 3-27 測定ポイント

図 3-28 測定ポイント①から見た景観

図 3-29 測定ポイント②から見た景観

図 3-30 測定ポイント③から見た景観

また、距離に対する理想空間における受信電力の目標値と LOS 環境における受信電力の実測値の比較結果を図 3-31 に示す。

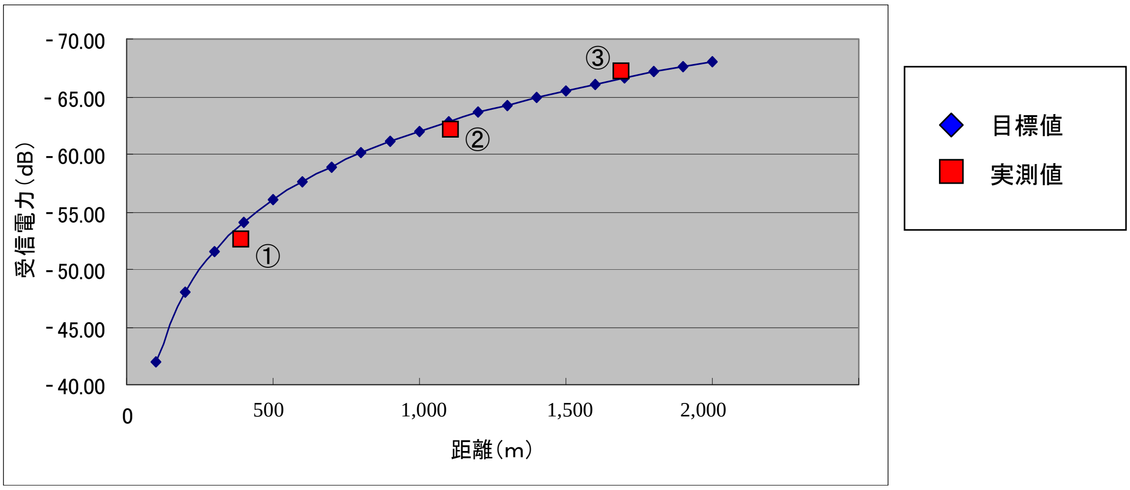


図 3-31 受信電力の目標値と実測値の比較

次に､NLOS(見通し外)環境におけるフィールド試験の測定結果を表 3-4 に示す。

フィールド試験としては複数のポイントで行ったが､かが森林組合に設置した無線親局装置から全く見通すことができない代表 2 ポイント（④中間点、⑤エリア端）についての測定結果を示す。

なお、伝送特性試験に関しては、図 3-17 及び図 3-18 の構成で測定したが、表 3-4 中には良好な値が得られた図 3-18 の結果を記載した（全測定結果については資料 4 に添付）。

表 3-4 NLOS 環境における測定結果

測定点ポイント	距離（m）	受信電力(dBm)		スループット(Mbps)	応答時間（ms）
		測定値	目標値		
④	1,000	-85.1	-62.0	2.6	40
⑤	1,450	-89.4	-65.2	1.6	39

※表中の測定ポイント④⑤は、それぞれ資料 4「フィールド試験測定ポイント結果（通信エリア②)」の③④に該当する。

NLOS 環境における測定ポイントのエリア図を図 3-32 に、各測定ポイントから無線親局装置方向の写真を図 3-33 及び図 3-34 にそれぞれ示す。

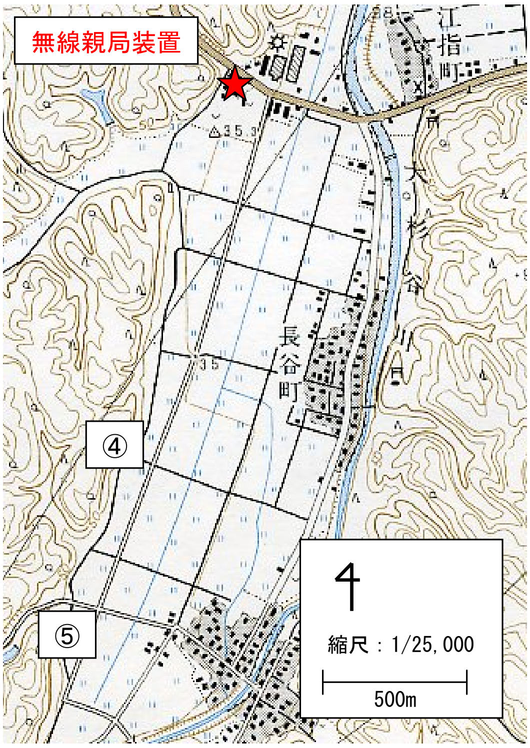


図 3-32 測定ポイント

図 3-33 測定ポイント④から見た景観

図 3-34 測定ポイント⑤から見た景観

結果より、LOS 環境における測定では、ほぼ目標値に近い結果が得られた。NLOS 環境では、伝搬路途中にある森林や山陰等で電波が遮蔽され、受信電力は目標値を 26dB 程度下回る結果となり、それに伴いスループットも低下した。また、本来であれば無線親局装置の電波の輻射範囲内・輻射範囲外と場合分けをし、LOS 環

境・NLOS 環境下における取得データの偏差や平均等を算出することが望ましいが、今回の検証試験で取得したサンプルデータ数が多くないため、本報告書においては測定ポイントごとの単一データをもって評価することとした（以下、伝送特性変動試験に関しても同じ）。

(2)　伝送特性変動試験の結果

高出力無線 LAN システムの降雪時、積雪時の伝送特性を把握するため伝送特性変動試験を行った。なお、試験期間中、降雪・積雪があったのは 2 月上旬の 2 日間のみであったため、当初予定していたすべての測定を行うことはできなかった。降雪による影響については、取得できた表 3-5 及び表 3-6 の測定結果から考察する。

3.3(1)伝送特性試験の結果で LOS 環境であった①～③の測定ポイントにおいて、「積雪・降雪あり」という条件で測定した結果を表 3-5 に示す。

なお、伝送特性試験に関しては、図 3-17 及び図 3-18 の構成で測定したが、表 3-5 中には良好な値が得られた図 3-18 の結果を記載した（全測定結果については資料 4 に添付）。

表 3-5　LOS 環境における測定結果（降雪・積雪時）

測定ポイント	距離(m)	受信電力(dBm)		スループット(Mbps)		応答時間(ms)	
		冬季	秋季	冬季	秋季	冬季	秋季
①	400	-53.0	-52.7	3.3	3.3	38	36
②	1,100	-62.7	-62.0	3.3	3.4	35	35
③	1,700	-62.5	-66.6	3.4	3.3	36	35

※　表中の測定ポイント①②③は、それぞれ資料 4「フィールド試験測定ポイント（通信エリア②)」の⑰⑮⑬に該当する。

※　表中の秋季の結果は、3.3(1)伝送特性試験の LOS 環境の測定結果①～③に該当する。

LOS 環境における各測定ポイントから無線親局装置方向の写真を図 3-35～図3-37 にそれぞれ示す。

図 3-35 測定ポイント①からみた景観

図 3-36 測定ポイント②からみた景観

図 3-37 測定ポイント③からみた景観

次に、3.3(1)伝送特性試験の結果で NLOS 環境であった④～⑤の測定ポイントにおいて、「降雪なし・積雪あり」という条件で測定した結果を表 3-6 に示す。

なお、伝送特性試験に関しては、図 3-17 及び図 3-18 の構成で測定したが、表3-6 中には良好な値が得られた図 3-18 の結果を記載した（全測定結果については資料 4 に添付）。

表 3-6　NLOS 環境における測定結果（積雪時）

測定ポイント	距離(m)	受信電力(dBm)		スループット(Mbps)		応答時間(ms)	
		冬季	秋季	冬季	秋季	冬季	秋季
④	1,000	-80.8	-85.1	3.3	2.6	36	40
⑤	1,450	-83.2	-89.4	2.8	1.6	38	39

※　表中の測定ポイント④⑤は、それぞれ資料 4「フィールド試験測定ポイント（通信エリア②）」の③④に該当する。

※　表中の秋季の結果は、3.3(1)伝送特性試験の NLOS 環境の測定結果④及び⑤に該当する。

NLOS 環境における各測定ポイントから無線親局装置方向の写真を図 3-38 及び図 3-39 にそれぞれ示す。

図 3-38 測定ポイント④からみた景観図

図 3-39 測定ポイント⑤からみた景観

結果より、LOS 環境における測定では、ポイント③で多少、受信電力が向上した程度で大きな変化は見られなかったが、NLOS 環境における測定ではポイント④⑤共に 5dB 程度の向上が見られた。

(3)　ネットワーク共用評価試験の結果

無線親局装置を通じたインターネット接続環境において、複数ユーザー接続時に各々のユーザーが正常に動作するかの確認、ユーザー間におけるセキュリティの確認及び複数ユーザー接続時におけるバックボーン使用帯域を確認した。

ネットワーク共用評価試験は、3.2(3)ネットワーク共用評価試験の図 3-21～図 3-23 において示したとおり、「無線親局装置 1 台、無線 MAN 子局装置 3 台にそれぞれパソコンを接続した構成」、「無線親局装置 1 台に無線 MAN/LAN 中継装置 1 台を接続し、その配下にパソコンを複数台接続した構成」及び「無線親局装置 1 台に無線 MAN/LAN 中継装置 3 台を接続し、各々の配下にパソコンを 2 台ずつ接続した構成」の３つの測定構成パターンで実施した。その結果、全ての構成パターンにおいて、複数のパソコンで PPPoE 接続及びウェブページの閲覧が問題なく利用できることが確認できた。また、接続中のユーザー間で、フォルダやファイルが閲覧できないことから、ユーザー間におけるセキュリティは、確保されていることが確認できた。

次に、図 3-22 に示す測定構成パターンで接続ユーザー数とバックボーン下り使用帯域の関係を表 3-7 に示す。下り使用帯域の計測値は、ルータの無線親局装置側の Ethernet ポートで測定した値である。

表 3-7　接続ユーザー数ごとのバックボーン下り使用帯域

	2 台	4 台	6 台
下り帯域計測値	5.8Mbps	5.8Mbps	5.8Mbps

結果より、2 台、4 台、6 台とユーザー数を変えた場合でも、下り使用帯域に変化は見られなかった。

次に、下り使用帯域が、図 3-22 に示す測定構成パターンで測定したときの計測値と図 3-23 に示す測定構成パターンで測定した計測値とに差異があるどうかの比較・確認した結果を表 3-8 に示す。図 3-23 に示す測定構成パターンでは、無線 MAN/LAN 中継装置の配下に各 1 台（計 3 台）の場合と各 2 台(計 6 台)の場合の 2 通りを測定した。

表 3-8　接続ユーザー数ごとのバックボーン下り使用帯域

	各 1 台（計 3 台）	各 2 台（計 6 台）
下り帯域計測値	5.8Mbps	5.8Mbps

結果より、図 3-22 に示す測定構成パターンで測定した場合と、図 3-23 に示す測定構成パターンで測定した場合の下り使用帯域に差異がないことを確認した。また、無線 MAN/LAN 中継装置配下の接続ユーザーの数にも依存しないことが確認された。

なお、本検証試験システムでは優先制御機能は具備していないので、ユーザー毎の帯域に均等性はない。

(4)　ネットワーク運用管理試験の結果

HTNet のネットワークセンターに設置された監視装置から、無線親局装置、無線 MAN 子局装置及び無線 MAN/LAN 中継装置の運用状態を監視できるかどうかの確認を行った。

表 3-2 に示す監視項目について試験を行った結果、いずれの項目も正常に監視できることが確認された。

HTNet のネットワークセンターに設置された監視サーバーにおいて、一定周期で無線 MAN/LAN 中継装置の受信電力、各無線装置への Ping 応答確認、無線親局装置ごとのトラヒック測定についてネットワーク負荷監視（MRTG）ツールを用いて測定した。

通信エリア内のある地点に設置された無線 MAN/LAN 中継装置における無線親局装置からの受信電力を図 3-40 に示す。また、図中の中継装置 1 は資料 4「フィー

ルド試験測定ポイント（通信エリア①）」の A に、中継装置 2 は通信エリア②の C にそれぞれ該当する。

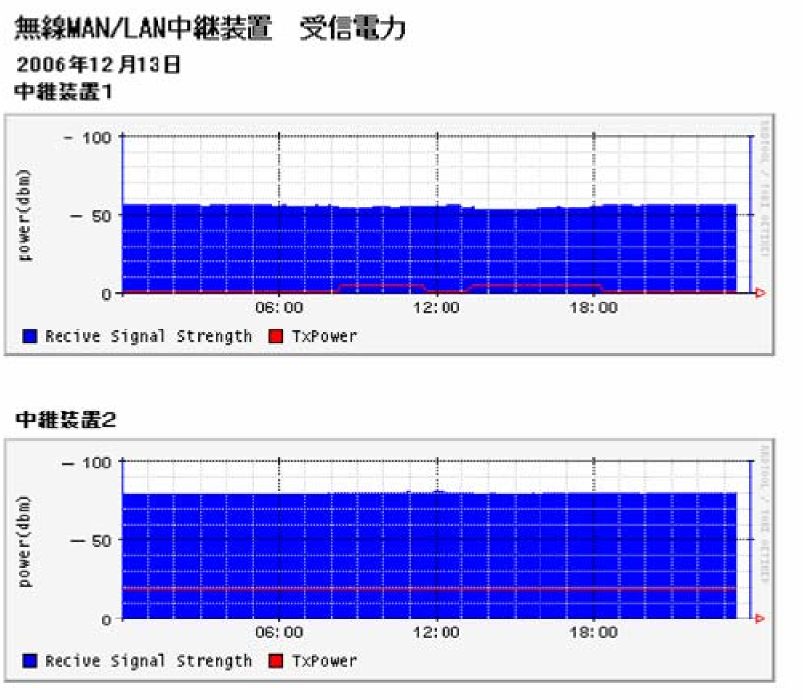


図 3-40　受信電力の推移

波佐谷小学校とかが森林組合に設置されている無線親局装置及び同親局装置の通信エリア内の電柱に設置した無線MAN/LAN中継装置へのPing疎通状況を図3-41～図 3-42 に示す。無線親局装置までの Ping 疎通については良好だったが、一部の無線 MAN/LAN 中継装置において多少の欠落が認められた。なお、図中の中継装置 6、10 はそれぞれ資料 4「フィールド試験測定ポイント（通信エリア③）」B、A に該当する。

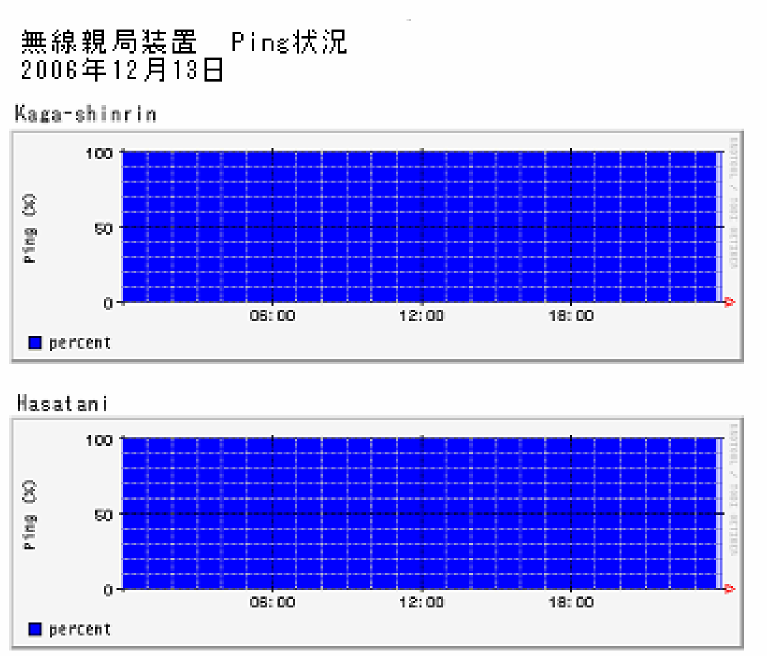


図 3-41　無線親局装置 Ping 疎通状況

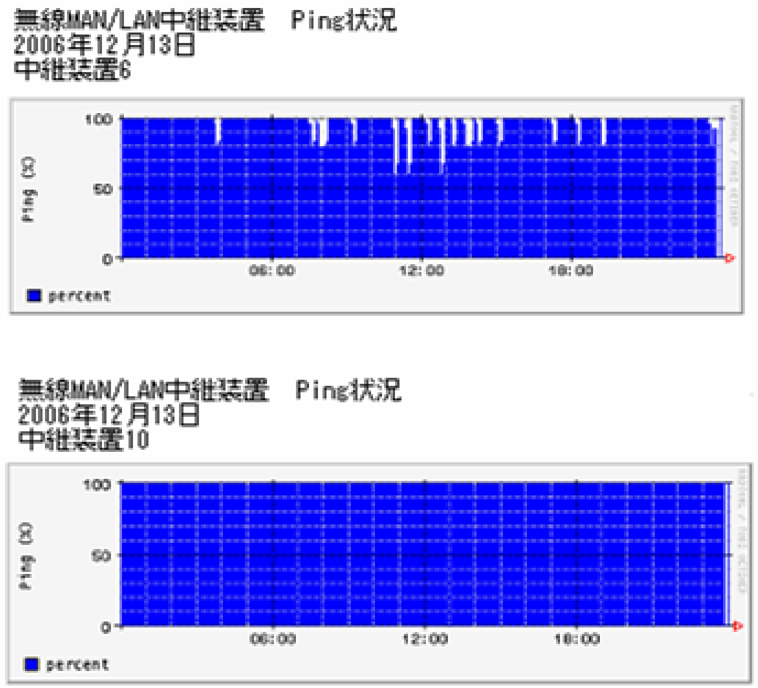


図 3-42　無線 MAN/LAN 中継装置 Ping 疎通状況

次に、各無線親局装置を経由するトラヒック量を図 3-43 に示す。図中、「■ up」はインターネット網への上り回線のトラヒック量で、「■ down」はインターネット網からの下り回線のトラヒック量を表す。これにより時間帯ごとの各トラヒック量を確認することができた。

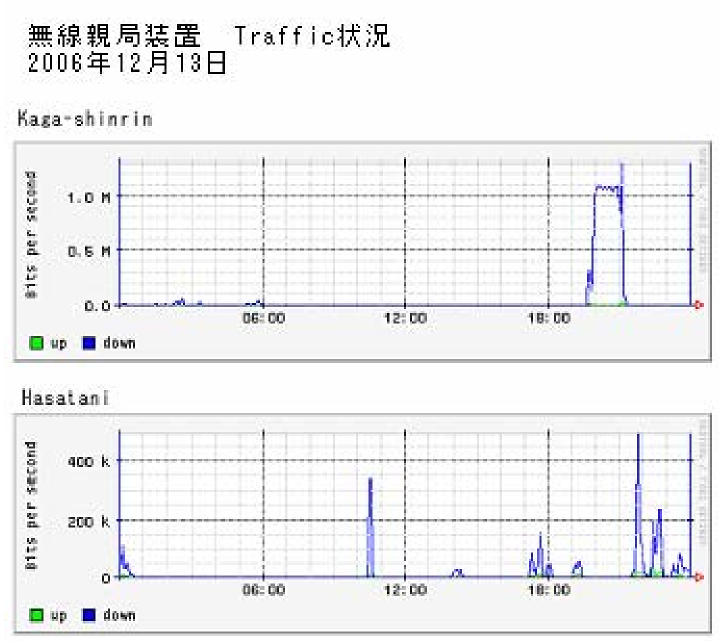


図 3-43　各無線親局装置を経由するトラヒック量

以上の結果より、各監視項目を日時ごとに遠隔監視できることを確認できた。

また、故意にケーブルを抜いた際にも監視ネットワーク上で Ping 断や、トラヒック断等により障害を検出できることを確認できた。

その他、本検証試験では、図 3-44 に示すとおり、時間帯ごとの接続ユーザー数の状況を確認できた。図中、縦軸に接続ユーザー数を示す。

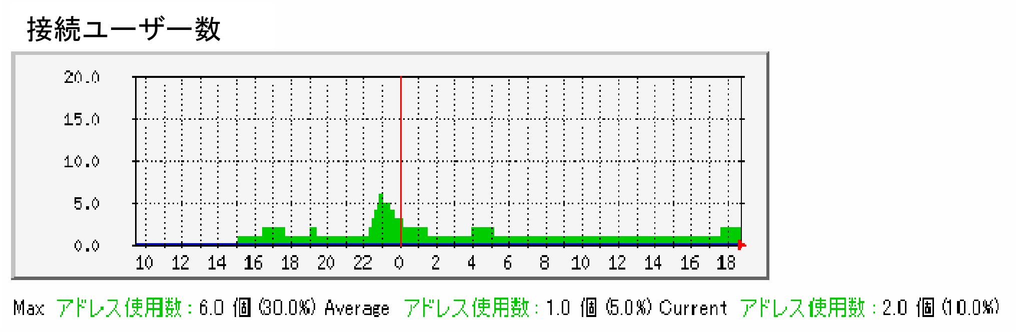


図 3-44　各時間帯ごとの接続ユーザー数

(5) 技術試験モニターの結果

通信エリア内のモニター宅において、スループット及び受信電力の測定を行った。

あるモニター宅（木造）内外で行った受信電力及びスループットの測定ポイントを図 3-45 に示す。また、受信電力及びスループットの測定結果を表 3-9 に示し、パソコンで測定した受信電力の結果を図 3-46 に示す。

なお、一般的な、建築材による電波の透過損失を表 3-10 に示す。

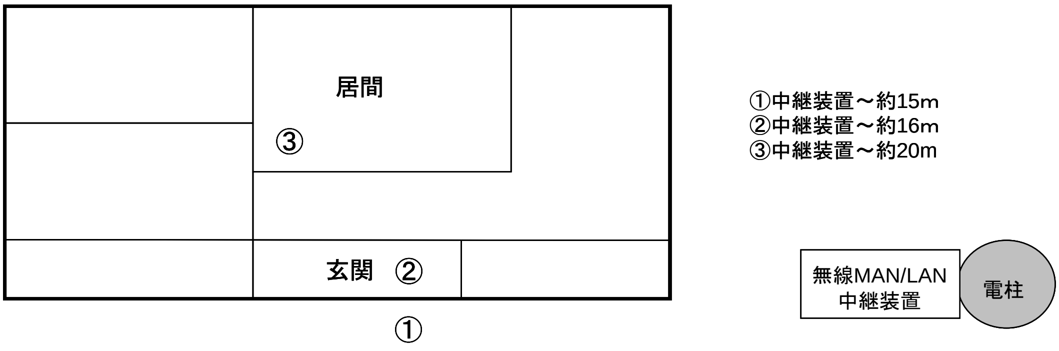


図 3-45 モニター宅測定ポイント

表 3-9　受信電力測定結果

測定ポイント	受信電力（ｄＢ）		スループットMbps)	備考
	目標値	測定値		
①	-50.8	-56dB	3.3	玄関前
②	-51.4	-80dB	2.2	玄関内
③	-53.3	-90dB	0.5	居間

※受信電力の目標値は、送信電力を 13dBm（20mW）とし、理想環境状態における自由空間伝搬損失として求めた値。以下同じ。

※受信電力の目標値は以下の計算式を使用して算出した。

【　受信電力（目標値）算出に使用した計算式　】

・周波数(Hz）：$f = 2.4\times10^{9}$

・距離(m）：d

・波長(m）：$\lambda = \left(\frac{3\times10^{8}}{f}\right)$

・自由空間伝搬損失(dB）：$\tau = 10\log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^{2}$

・送信電力(w）：P = 0.05

・送信電力(dB）：**Pt** = 10log(P)

・送信アンテナ利得(dB）：**Gt** =2

・受信アンテナ利得(dB）：**Gs** =4

受信電力(dB)：Ps ＝ Pt(dB)+Gs(dB)＋Gt(dB) － τ(dB)

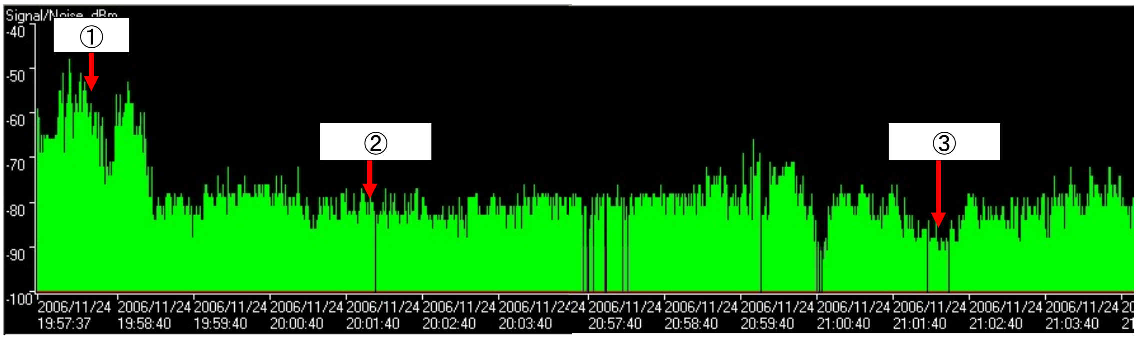


図 3-46　受信電力測定結果

表 3-10 建築材の透過損失

周波数(MHz) 試料	457	920	1450	2200
木板（15mm）	0.7	2.6	2.7	3.5
石膏ボード（7mm）	0.0	0.3	0.2	0.3
煉瓦(60mm)	3.2	1.3	0.8	1.4
煉瓦（含水）	6.0	1.9	3.1	5.8
スレート（11mm）	0.2	2.7	3.4	4.5
瓦（15mm）	1.5	1.1	3.3	8.1
熱遮断フィルム	25.9	22.6	22.3	25.2
断熱用グラスウール	19.2	36.1	38.6	37.1

3.4　技術試験モニターアンケート

本調査検討会では、平成 18 年 11 月から平成 19 年 1 月末にかけて技術試験に参加頂いた技術試験モニター20 世帯に対し、本技術試験に関するアンケート調査を行った。

アンケート調査結果では、半数以上の世帯がインターネットを家族と共に利用しており、全世帯の 9 割では、毎日、もしくは週に数日利用している。また、半数の世帯が 1Mbps 以上の速度で接続することができ、4 割の世帯が 1.5Mbps 以上の速度であった。インターネットの利用用途としては、ブロードバンド環境を必要とする「動画サイト閲覧」が半数近くあった。今後利用したいサービスとして「大量データ送受信」、「ストリーミング放送」を多くの世帯が挙げている。

通信状況については、ほとんどの世帯が使用中に「遅くなった」、「接続できなくなった」等の不安定な状態を体験しているものの、インターネット接続サービスの満足度に対しては 7 割の世帯が「満足」と回答しており、8 割以上の世帯が継続提供を強く望んでいる結果から、本調査検討会において検討したモデルシステムの有用性が明らかとなった。

一方で、現在、ブロードバンド環境が使えないことの不便さや不平等さを感じており、ブロードバンドの提供を早期に実現されることを望む声も複数見受けられた。

(1)　技術試験モニターへのアンケート調査のまとめ

ア　利用状況について

（ア）ご利用にあたり、本人以外にどなたか利用されましたか。

① 利用した	13 件（65%）
② 利用しない（本人のみ利用）	7 件（35%）
計	20 件(100%)

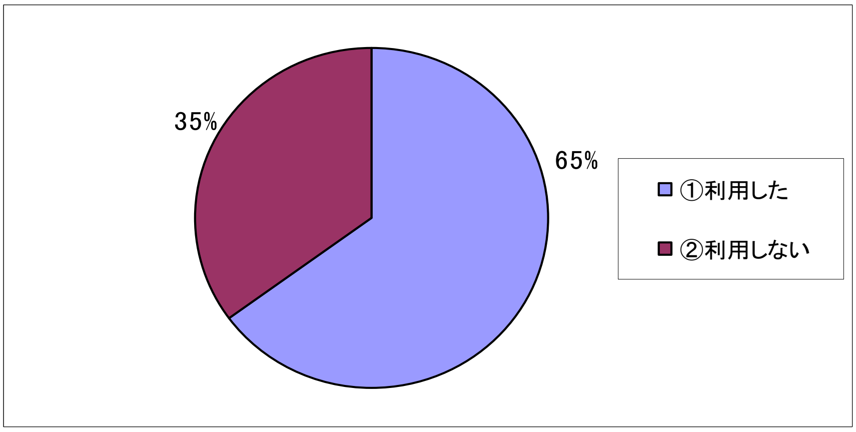


図 3-47　利用者状況について（技術試験モニター20 世帯）

（イ）技術試験期間中におけるインターネットの利用頻度についてお聞かせ下さい。

① ほぼ毎日	8 件（40%）
② 2～3 日に 1 回	7 件（35%）
③ 1 週間に数回	3 件（15%）
④ 1 ヶ月に数回	2 件（10%）
⑤ ほとんど利用しなかった	0 件（ 0%）
計	20 件(100%)

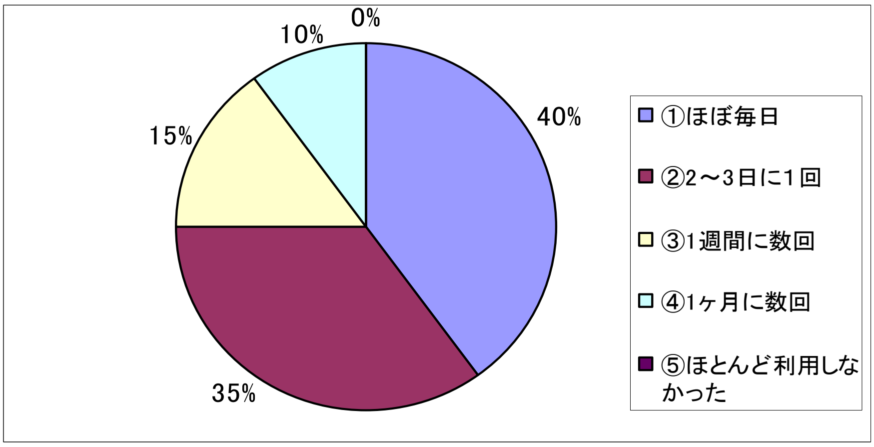


図 3-48　利用頻度について（技術試験モニター20 世帯）

半数以上（65%）の世帯が家族と共にインターネットを利用しており、さらに全世帯の 90%のでは毎日、もしくは週に数日利用していることから、何らかの形でインターネット接続を活用している。

イ　利用環境について

（ア）今回の技術試験にて、速度測定サイトにおける回線速度をご記入下さい。

参照測定サイト： http://www.wireless.hikarinet.jp/wireless/speed-s.html

① ～500kbps	4 件（20%）
② ～1,000kbps	5 件（25%）
③ ～1,500kbps	2 件（10%）
④ ～2,000kbps	8 件（40%）
⑤ ～2,500kbps	0 件（ 0%）
⑥ 2,500kbps～	1 件（ 5%）
計	20 件(100%)

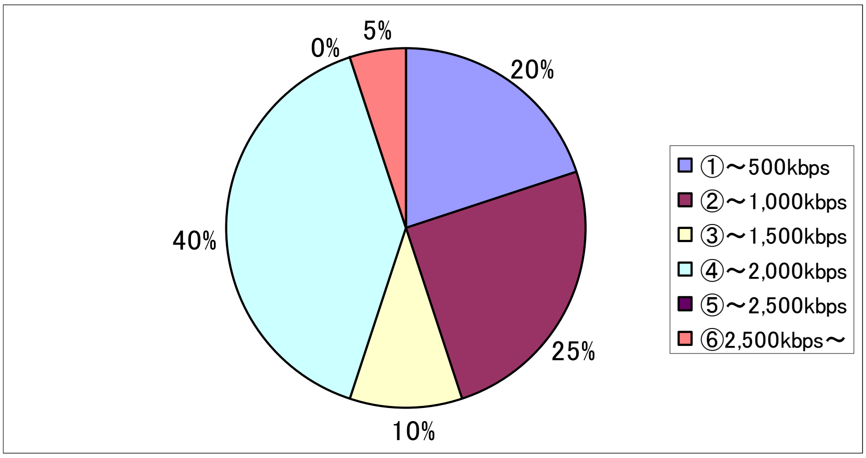


図 3-49　回線速度の状況（技術試験モニター20 世帯）

（イ）ホームページの閲覧スピードについての満足度をお聞かせ下さい。

① 満足	4 件（20%）
② おおむね満足	8 件（40%）
③ 普通	3 件（15%）
④ やや不満足	5 件（25%）
⑤ 不満足	0 件（ 0%）
計	20 件（100%）

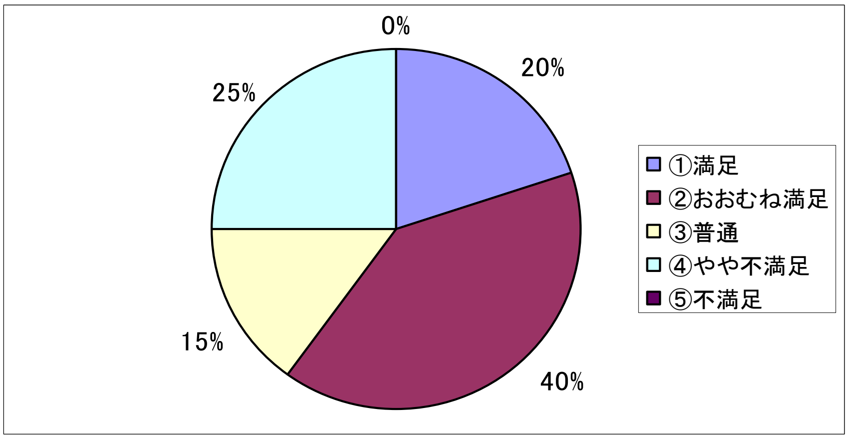


図 3-50　閲覧スピードの満足度（技術試験モニター20 世帯）

今回の検証試験システムでは、半数（50%）の世帯が 1Mbps 以上の速度で接続することができたが、残り半数（50%）の世帯では 1Mbps 未満の速度でしか接続することができず、ホームページの閲覧スピードとしては「不満足」という回答が 40%を占めている。

ウ　利用用途について

（ア）インターネットの主な利用用途についてお聞かせ下さい（複数選択可）。

① 情報検索（各種ホームページ、ニュース、天気予報など）	19 件
② 電子メール	7 件
③ ショッピング	6 件
④ 掲示板での意見交換	2 件
⑤ オークション	3 件
⑥ チャット	1 件
⑦ 情報発信（ホームページ開設）	1 件
⑧ ネットゲーム	4 件
⑨ 動画サイト閲覧	9 件
⑩ 各種ファイルのダウンロード	5 件
⑪ その他	0 件
計	52 件

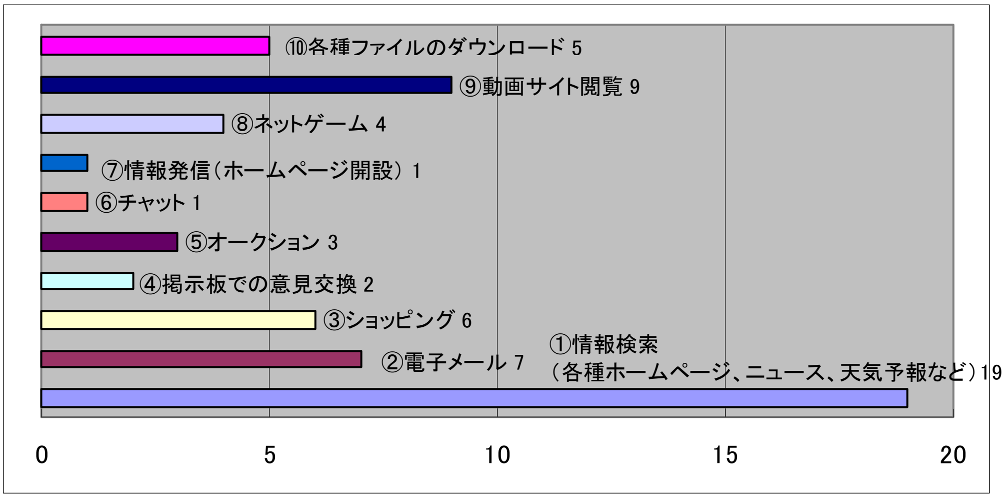


図 3-51　インターネットの利用用途（技術試験モニター20 世帯）

（イ）今後、ブロードバンドの環境を利用して、どのようなサービスを利用したいですか（複数選択可）。

①　ＩＰ電話	3件
②　テレビ電話	5件
③　大量データの送受信	16件
④　ストリーミング放送（テレビ番組やビデオ等の動画閲覧）	9件
⑤　ネットゲーム	2件
⑥　その他	1件
計	36件

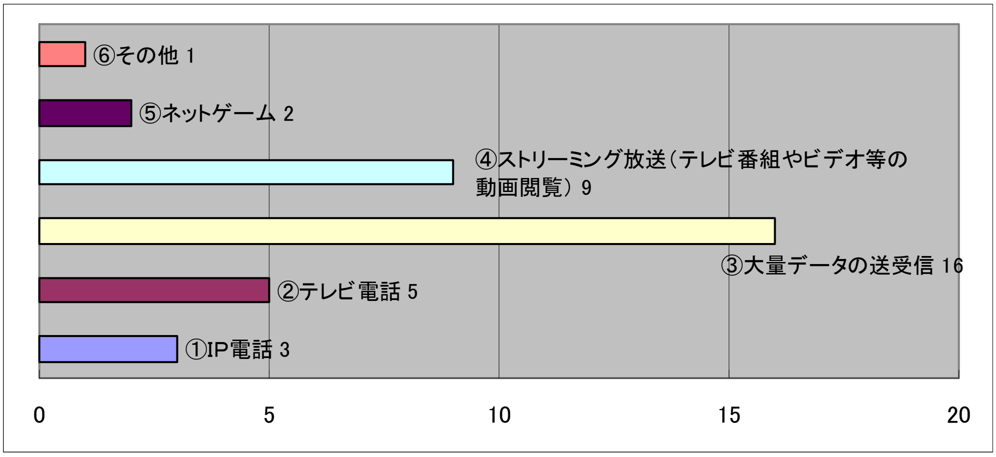


図 3-52　利用希望のサービス（技術試験モニター20 世帯）

インターネットの利用用途としては、情報検索によるホームページ閲覧がほとんどであったが、ブロードバンド環境を必要とする「動画サイト閲覧」も半数近くであった。また、ブロードバンドの環境を利用して、今後利用したいサービスとして「大量データ送受信」が 9 件、「ストリーミング放送」が 16 件と多くの世帯が挙げている。

エ　通信状態について

（ア）今回の技術試験システムは無線を利用していますが、通信状態は安定していましたか（複数選択可）。

① 安定していた	1 件
② おおむね安定していたが、たまにインターネットに接続できなくなった	7 件
③ おおむね安定していたが、たまにホームページ閲覧速度が遅くなった	12 件
④ しばしばインターネットに接続できなくなった	2 件
⑤ しばしばホームページ閲覧速度が遅くなった	3 件
⑥ その他	0 件
計	25 件

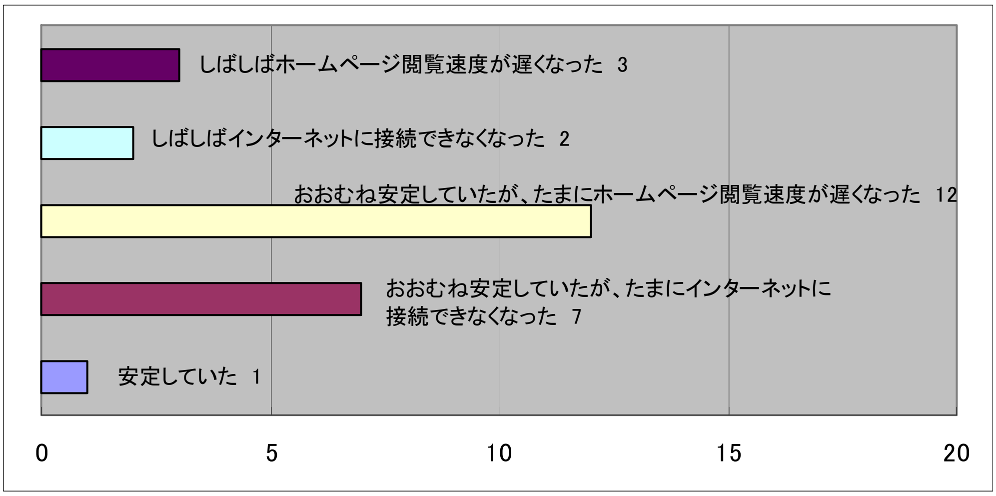


図 3-53　通信状態について（技術試験モニター20 世帯）

以下の点についてお気づきの点があればお聞かせください。

① 雨・雪が降っているときに通信品質が悪くなる（接続しにくい、遅くなる）	2 件
② 雪が降った後に、通信品質が悪くなる	0 件
③ 降雪・降雨・積雪に関係なく、通信品質が悪くなる	8 件
④ その他	0 件
計	10 件

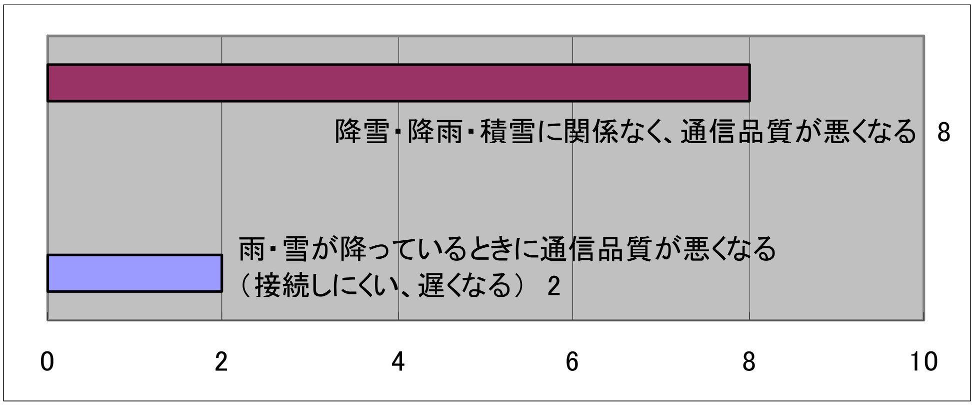


図 3-54　通信状態で気付いた点（技術試験モニター20 世帯）

半数の世帯が、降雪、降雨とは無関係に使用中に「遅くなった」、「接続できなくなった」等の体験をしている。

オ　満足度について

（ア）今回の技術試験でご利用になられた、インターネット接続サービスにはご満足頂けましたか（通信速度、通信品質、設備の大きさ、使い勝手等から総合的に判断して下さい）

① とても満足	5 件（25%）
② おおむね満足	9 件（45%）
③ 普通	2 件（10%）
④ やや不満足	3 件（15%）
⑤ 不満足	1 件（ 5%）
⑥その他	0 件（ 0%）
計	20 件（100%）

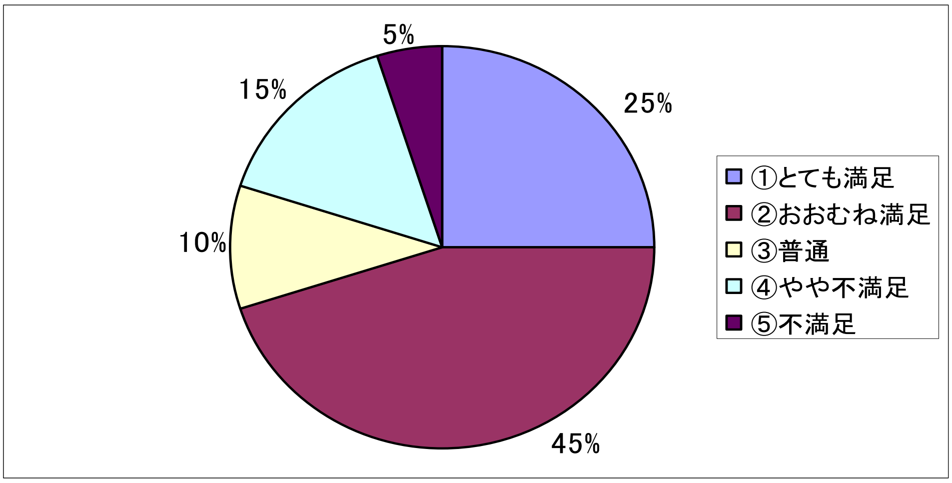


図 3-55　インターネット接続サービスの満足度（技術試験モニター20 世帯）

（イ）今回の無線を使用したインターネットの接続環境が、お住まいの地域で引き続き提供されることをご希望になられますか

① 強く望んでいる	17 件（85%）
② 望んでいる	2 件（10%）
③ どちらでもよい	0 件（ 0%）
④ あまり望まない	0 件（ 0%）
⑤ 必要ない	0 件（ 0%）
⑥ その他	1 件（ 5%）
計	20 件（100%）

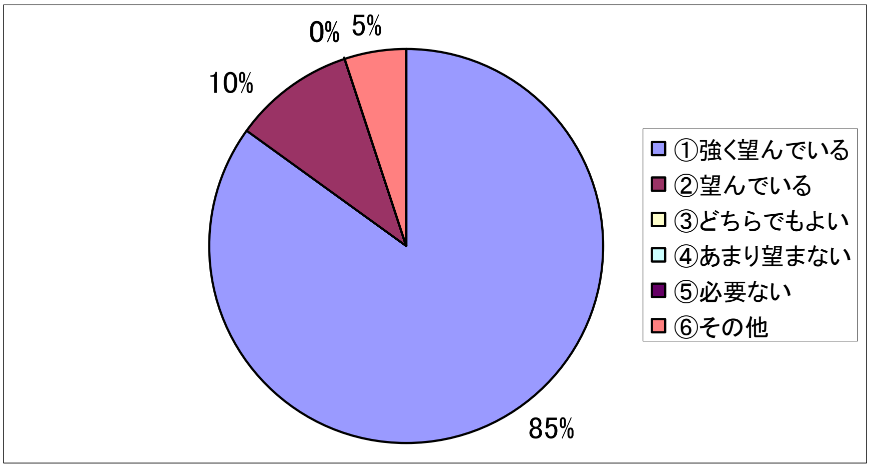


図 3-56　インターネット接続サービスの継続提供の要望（技術試験モニター20 世帯）

70%の世帯が「とても満足」、「おおむね満足」と回答し、20%の世帯では「やや不満足」、「不満足」という回答であった。しかし、「やや不満」と答えたモニターを含め、95%の世帯が今回の無線アクセスシステムでの継続提供を強く望んでいるという結果になった。

カ　その他

（ア）ブロードバンド環境でインターネットに接続できるのであれば、どの程度の料金体系まで許容できますか（プロバイダー接続料等、全て含む）。

① 3,000～4,000 円程度(ADSL 並みの料金体系)	11 件（55%)
② 5,000～6,000 円程度	6 件（30%)
③ 7,000～8,000 円程度(FTTH 並みの料金体系)	1 件（ 5%)
④ その他	2 件（10%)
計	20 件(100%)

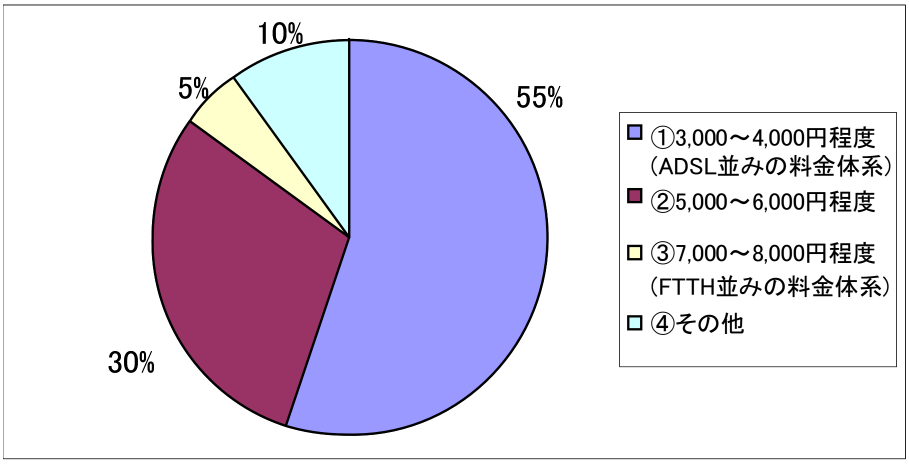


図 3-57　インターネット接続サービスの提供料金（技術試験モニター20 世帯）

85%の世帯が 3000 円から 6000 円といった料金での提供を望んでいる。

（イ）その他、御意見、御要望、御感想などがあれば御記入下さい。

・もう ISDN に戻れなくなった。

・若い人が住んで不便さを感じない環境としてブロードバンド解消は重要なインフラの一つと強く思っている。あらゆる方法で、空白解消に向け取り組んでいただきたい。

・日本全国どの地域に住んでいても平等の通信環境を整備してもらう必要性を強く感じる。特に都会と地方での格差が有りすぎる事を日々痛感している。兄が東京で仕事をしているが今回の無線通信については正直使

えないと言う意見もあったし、私としてもダイヤルアップでの接続から今回の無線通信では通信環境的には良くなった感覚はあるが子供ダマシの様に感じられるし、どんどん地域格差が大きくなっていくだろうと思う。平等の通信環境を整えてこそ初めて空白地域解消と言えるのであって田舎だから無線で安く環境を整えましたと言われても納得は出来ない。この事を市、県、国に調査報告の一部として活用して欲しい。

- 田舎だからという理由で光ファイバが使えないと言うことのないよう環境と公的に整備してほしいとつよく思います。
- 多少の負担はかまいませんので早期の接続を強く希望している。
- 私たちの地域はブロードバンド環境が整っていないので仕事を始めインターネットを利用しようとするとわざわざ出向かなければならないので、世の中が便利になればなるほど不便さを感じるようになってきました。車社会で例えるなら、市街地間は車も道もあるのだけれど峠道がせまくて往来出来ない状況みたいなものです。

キ　まとめ

- ●　アの利用状況の結果から、半数以上の世帯で家族と共にインターネットを利用しており、その 4 割で毎日、5 割で週に数日と利用状況が非常に高い。これらより、インターネットの利用は、一般家庭における通信ツールとして位置付けられていることが伺える。
- ●　イの利用環境の結果から、半数の世帯で 1Mbps 以上の速度が得られている反面、残り半数の世帯では 1Mbps 未満の回線速度しか得られていない。閲覧スピードに関しては、個々人が感じる体感的なものに左右されるが、6 割の世帯が満足してはいるものの、4 割の世帯では満足していない結果から、1Mbps という回線速度が利用側にとっての満足・不満足のボーダーラインであると推測される。
- ●　ウの利用用途の結果から、特筆すべき点は、本技術試験モニターにおいては半数近くのモニターが「動画サイト」を閲覧しているという点である。また、今後ブロードバンドで利用したいサービスとして「大量データ送受信」、「ストリーミング放送」という意見が多く挙げられていることからも、ブロードバンドコンテンツが利用できる環境の整備が求められる。
- ●　エの通信状態の結果から、ほとんどの世帯が接続の不安定な状況を体験しており、安定した回線速度の確保が課題となっていた。なかでも家の窓際では安定した接続が可能だが、家屋の中心では接続不可となるケースもあり、電波の受信状況の良い限られた場所でしか接続できない世帯が数軒あった。そのため、これらの課題を解消するための対策を講じる必要がある。

なお、これらの対策としては、3.5(5)技術試験モニター結果に対する評価・分析で対策方法を述べる。

- オの満足度の結果から、検証試験システムを利用したインターネット接続サービスについては、7 割の方が「とても満足」、「おおむね満足」との回答をしていることをはじめ、9 割以上が今回の検証試験システムでの継続提供を強く望んでいることから、本調査検討会において検討したモデルシステムの有用性が表れた結果となっている。
- カのその他の結果から、料金面では、約半数の世帯が都市部と同様並の安価な料金での提供を望んでいることから、中山間地域においても同程度の料金での提供が望まれる。
- 技術試験モニターの募集に関しては、20 世帯を超える応募があり、ブロードバンド環境の早期実現に対するニーズが高いことがうかがえた。

　一方、応募いただいた数世帯については、構築した検証試験システムの通信エリア外だったためモニターへの参加ができなかった。

3.5　技術試験結果に対する評価、分析

(1)　伝送特性試験結果に対する評価、分析

LOS（見通し）環境における受信電力の測定では、概ね机上設計通りの結果が得られた。一方、NLOS（見通し外）環境や電波の輻射範囲外でも受信可能な測定ポイントがあった。一般的に、高い周波数では、電波は回折し難いため、NLOS 環境や電波の輻射範囲外で受信可能であったのは、透過波や反射波を受信していることが考えられる。また、検証試験システムで使用したアンテナパターンは図 3-58 に示すとおり、90 度の指向性から多少離れた程度であっても受信できることが試験結果から分かった。なお、検証試験システムで使用した無線アクセスシステムでは、変調方式に OFDM を用いているため、直接波や反射波のマルチパス伝送路による影響を軽減できる特徴を有している。

一般的に、受信電力は周波数の 2 乗に反比例するため、周波数が高くなるにつれて受信電力が小さくなり、結果として伝送距離は短くなる。反面、高い周波数では利用できる周波数帯幅が広いので高速伝送に適している。こうした電波の特性を考慮した上で、本無線アクセスシステムを導入する場合は、地形条件を考慮した上で置局設計するとともに、事前のフィールド調査が重要となる。

また、表 3-3 の LOS 環境における伝送特性試験結果から、受信状態の良い場合においても、下り回線のスループットの最大値は 3.4Mbps であった。この下り回線のスループット 3.4Mbps が、表 3-7 及び表 3-8 のネットワーク共用評価試験結果で得られたバックボーン下り帯域のスループット 5.8Mbps に近づかなかったのは、図 2-7 に例示した IEEE802.16-2004 の適応変調・符号化技術により、通信路状況に応じた変調方式と符号化率が自動調整されたものと考えられる。

なお、無線親局装置無線機器メーカーの英国 Airspan 社「技術資料」によれば、チャネル帯域幅が 5MHz の場合における適応変調方式・符号化率に応じた下り回線のスループットの理論値は表 3-11 に示すとおりとなる。

理論値及び測定結果から、表 3-3 の LOS 環境における伝送特性試験時には、変調方式（符号化率）は 16QAM(1/2)［理論値：3.32Mbps］に調整されたものと推測される。

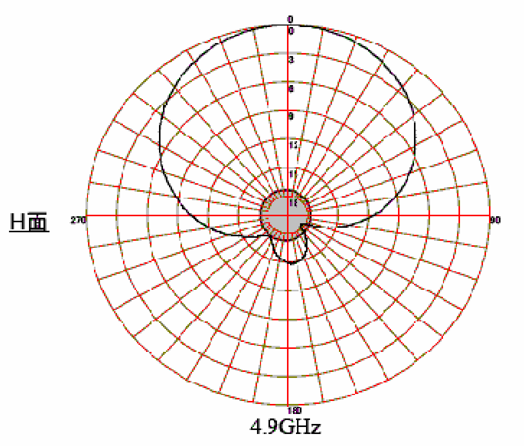


図 3-58　無線親局装置の水平面アンテナパターン

表 3-11　チャネル帯域幅が 5MHz の場合におけるスループットの理論値

変調方式（符号化率）	理論上のスループット(Mbps)
BPSK(1/2)	0.82
QPSK(1/2)	1.66
QPSK(3/4)	2.50
16QAM(1/2)	3.32
16QAM(3/4)	5.00
64QAM(2/3)	6.66
64QAM(3/4)	7.50

（出典）無線親局装置無線機器メーカーの英国 Airspan 社「技術資料」より

(2)　伝送特性変動試験結果に対する評価、分析

伝送特性変動試験において、LOS（見通し）環境での「降雪・積雪あり」という条件下で行った測定結果から大きな差異は見られなかったことから、降雪・積雪による電波の減衰は小さいように見受けられる。また、NLOS（見通し外）環境での「降雪なし・積雪あり」という条件下で行った測定結果からは、積雪が全く無い場合に比べて 5dB 程度の受信電力の向上が見られることから、受信状態が向上しているように見受けられる。しかし、比較しうる降雪、積雪時での測定データが少ないこと、また、測定ポイントやアンテナ方向が測定の都度異なる等、3.3(1)伝送特性試験の測定条件と同一条件で測定するのは非常に難しく、測定条件の変化による影響も考えられる。そこで、測定ポイントやアンテナ方向が固定された無線 MAN/LAN 中継装置（電柱に設置）のデータにより比較を行った。

LOS 環境に設置された無線 MAN/LAN 中継装置において、降雪・積雪があった 2 月 1 日前後の受信電力の比較を図 3-59 に示す。なお、比較に利用したデータは HTNet のネットワークセンターに設置された監視装置において、無線 MAN/LAN 中継装置から 15 分毎に取得した受信電力の値である。

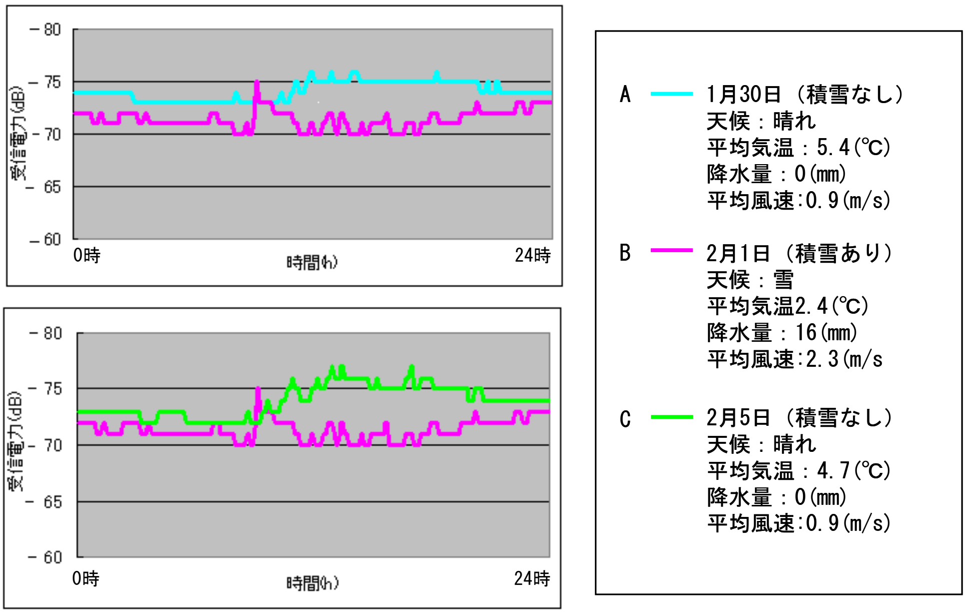


図 3-59　降雪・積雪の有無による受信電力の変化（LOS 環境）

結果より、B の受信電力は A よりも一日を通して 3～5dB 程度高くなっており、C ではほぼ受信電力が元の値に戻っている。B の測定日の降雪が断続的であったことを踏まえると、積雪によって電波が反射され、受信電力が向上したと推察される。

次に NLOS 環境に設置された無線 MAN/LAN 中継装置において、降雪・積雪があった 2 月 1 日前後の受信電力の比較を図 3-60 に示す。

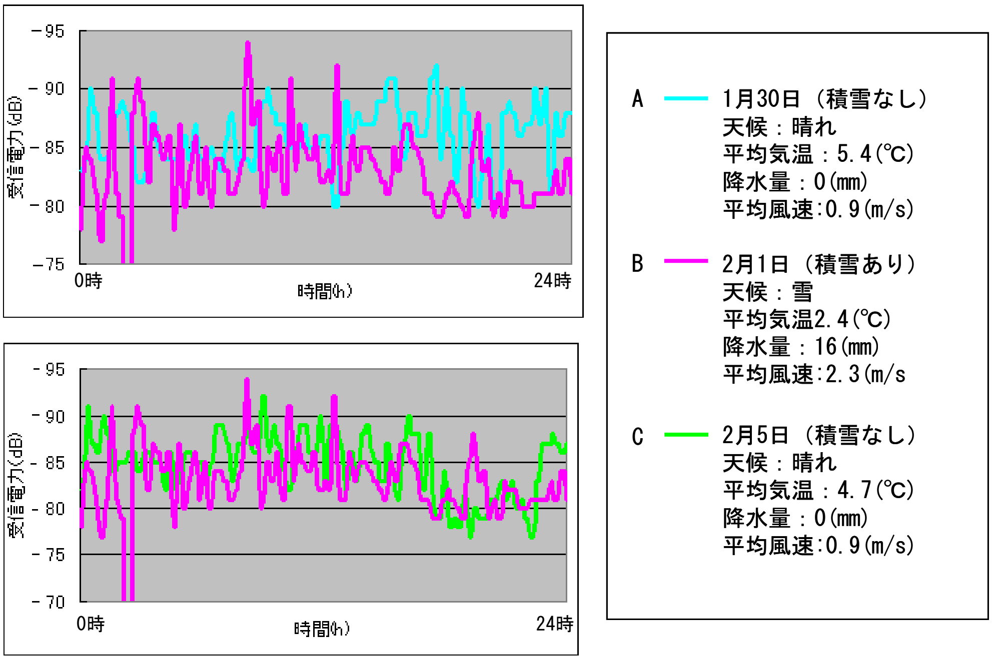


図 3-60　降雪・積雪の有無による受信電力の変化（NLOS 環境）

結果より、A に比べて B の受信電力は、ばらつきはあるものの、全体的に見た場合、多少受信電力の値が上がっているように見える。また、C のデータと比較した場合にも、B の方が若干ではあるが全体的に上がっているように見える。

なお、資料 4「フィールド試験測定ポイント通信エリア②」の測定ポイント⑧のように積雪の無いときには受信できなかったが、積雪時には電波の受信のみ可能（インターネットの接続は不可）となる地点も見られた。参考までに測定ポイント⑧から無線親局装置方向の写真を図 3-61 に示す。

図 3-61　測定ポイント⑧からの景観

以上の結果を踏まえると、LOS 環境、NLOS 環境共に、積雪時には反射波により受信環境が良くなり、受信電力の向上にあわせてスループットも大きくなると推測される。

(3)　ネットワーク共用評価試験結果に対する評価、分析

ネットワーク共用評価においては、複数ユーザーによる同時接続やウェブページの閲覧は、いずれも支障なく行えることが確認できた。しかし、今回の検証試験では、チャネル帯域幅が 5MHz の無線アクセスシステムを構築しており、評価試験環境において、無線 MAN 子局装置、無線 MAN/LAN 中継装置の変調方式、符号化率はそれぞれ 64QAM、3/4 であったことから、表 2-3 より、理論上 18.7Mbps の伝送速度が期待されたが、実際には無線親局装置配下の接続ユーザー数を増やした場合に、5.8Mbps の伝送速度しか得られず、期待値通りの結果に至らなかった。

本検証試験システムで使用した無線装置は、機器の仕様上、上り帯域・下り帯域を合わせた帯域はチャネル帯域幅が 5MHz の場合において最大 11.05Mbps であるが、初期設定時、上り/下り帯域の比率は 1：1 にしてあるため、最大約 5.5Mbps 程度となっている。本検証試験では、確認のための試験は行わなかったが、仕様上、上り/下り帯域の比率は調整できることから、下り帯域の更なる向上が見込まれる。

また、検証試験システムで利用した RADIUS(Remote Authentication Dial in User Service)による認証方法により、認められたユーザーのみが接続許可されることが確認でき、この認証方法が有効であることが分かった。セキュリティに関しては、ユーザー側から見た場合、無線親局装置との通信には VLAN によるセキュリティを、無線 MAN/LAN 中継装置との通信には WEP キーによるセキュリティを設け、ネットワーク接続を許可されたユーザー以外からの接続ができないことを確認したが、実際に運用する場合には、前述の VLAN や WEP キーのみならず、更に強固なセキュリティをかける必要がある。この点に関しては第 4 章で詳しく述べる。

(4)　ネットワーク運用管理試験結果に対する評価、分析

ネットワーク運用管理においては、メーカーが提供する監視ソフトウェアの使用のほか、汎用の監視ツールの使用も有効であることが確認できた。ただし、遠隔から、無線親局装置、無線 MAN 子局装置、無線 MAN/LAN 中継装置の状態監視やパラメーター設定の操作をするには、ネットワークセンターに設置された監視サーバーから各無線装置までの Ping の疎通状況が良好で伝送路が安定した状態にある必要がある。

試験フィールドのある地点に設置された無線 MAN/LAN 中継装置において、無線親局装置からの送信電波を受信した受信電力の時間的変化の状況を図 3-62 に、また、ネットワークセンターに設置された監視サーバーから無線 MAN/LAN 中継装置までの Ping 疎通の状況を図 3-63 に示す。なお、図中の中継装置 10 は LOS 環境に、中継装置 11 は NLOS 環境に設置された無線 MAN/LAN 中継装置で、同日同時間帯に測定したものであり、それぞれの設置場所となる測定ポイントは資料 4「フィールド試験測定ポイント（通信エリア④）」A、D に該当する。

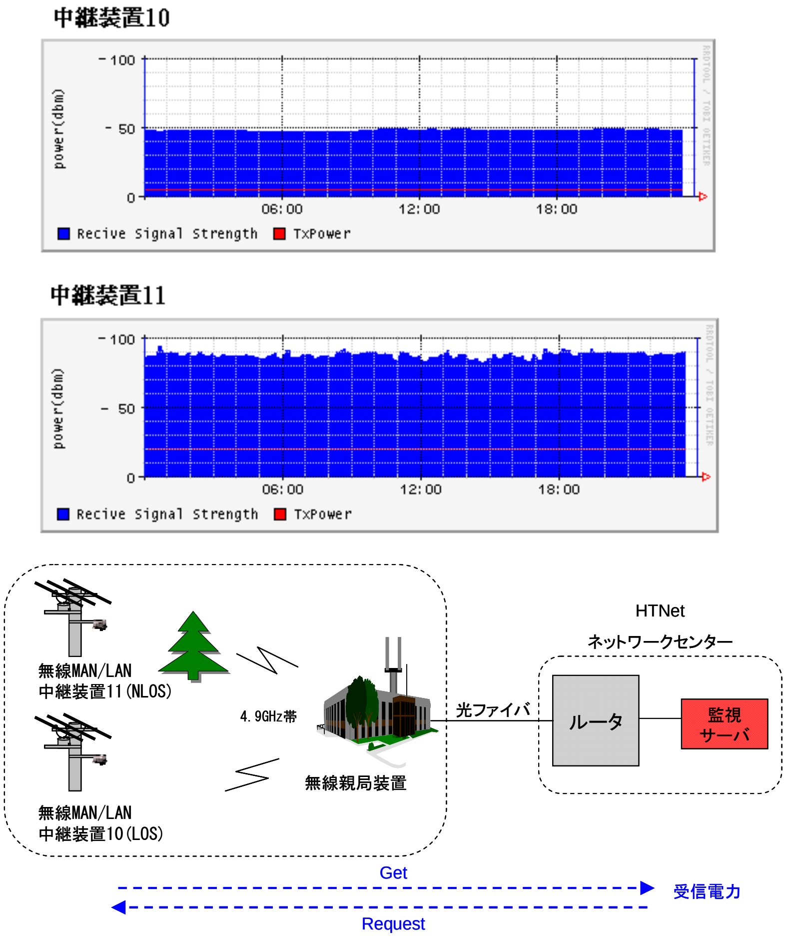


図 3-62　LOS 環境と NLOS 環境における受信電力の比較

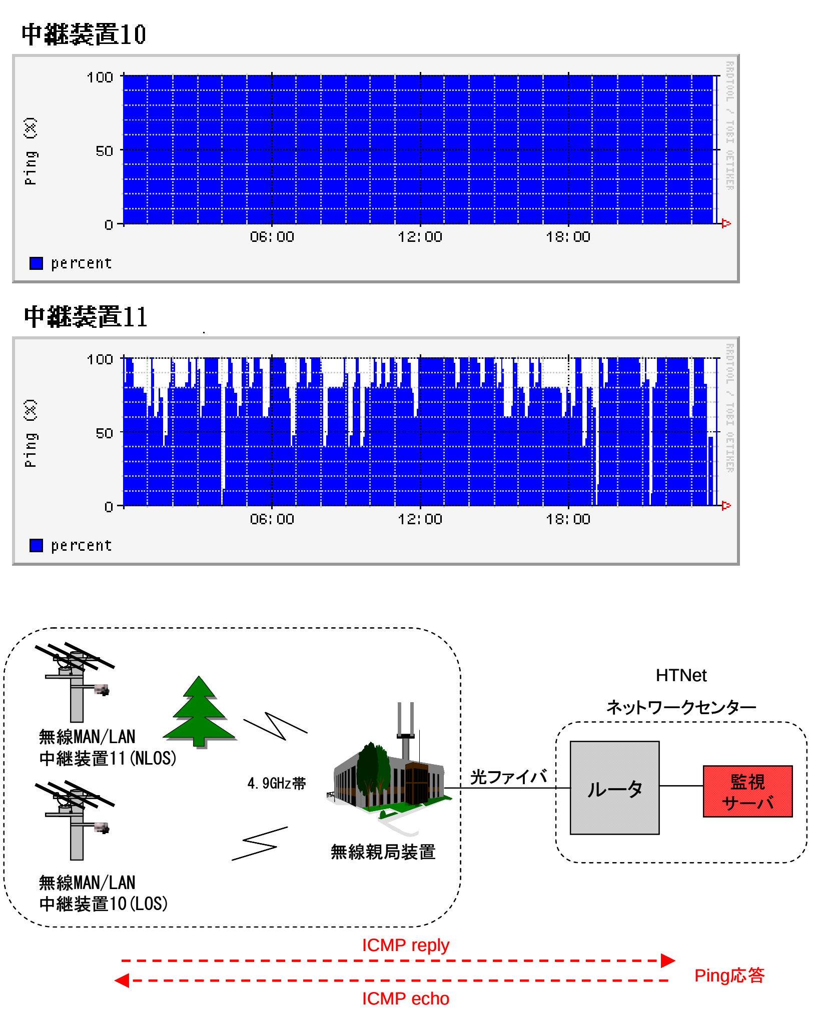
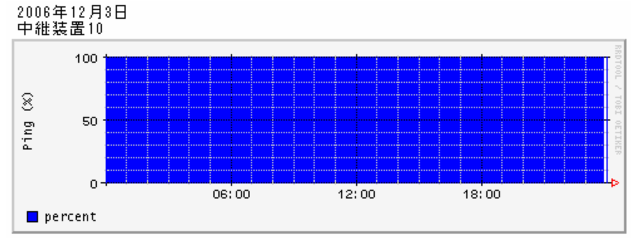


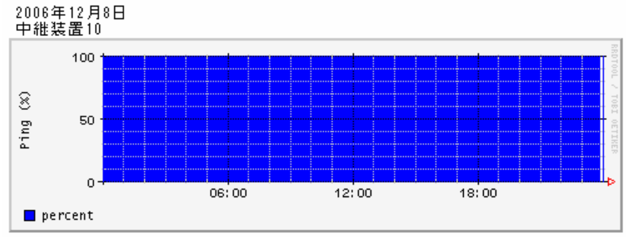
図 3-63　 LOS 環境と NLOS 環境における Ping 疎通の比較

結果より、受信電力が-60dBm 程度の場合は Ping 疎通状況が安定しているが、-90dBm 程度の場合は、Ping の疎通状況が不安定になっており、疎通状況は受信電力に依存することが確認できた。また、NLOS 環境で受信電力が変動している点に関しては、伝搬路にある木々の揺れによる電波の遮蔽、マルチパス伝搬路の切替わりを繰り返しているためと推測される。

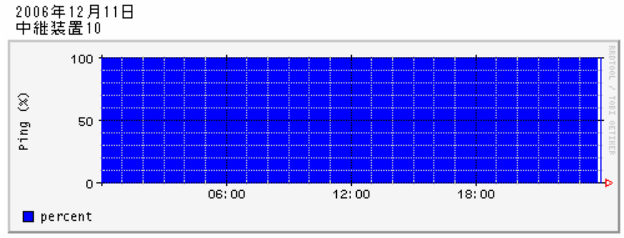
次に、LOS 環境と NLOS 環境に設置された無線 MAN/LAN 中継装置において、気象条件の影響による Ping 疎通の状況を、図 3-64 及び図 3-65 に示す。なお、図中の中継装置 10、14 の設置場所となる測定ポイントはそれぞれ資料 4「フィールド試験測定ポイント（通信エリア④）」A、C に該当する。



【降水量の多い日】
降水量　：31mm
平均気温：3.8℃
平均風速：1.3m/s



【風の強い日】
降水量　：2mm
平均気温：7.6℃
平均風速：3.8m/s



【天候の安定している日】
降水量　：0mm
平均気温：6.4℃
平均風速：1.6m/s

天候データは気象庁ホームページ「気象統計データ」より取得

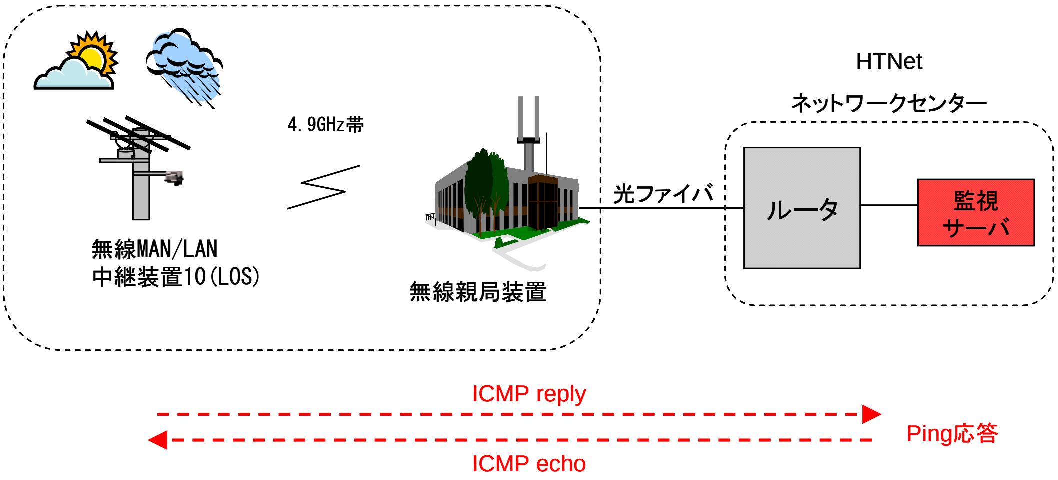
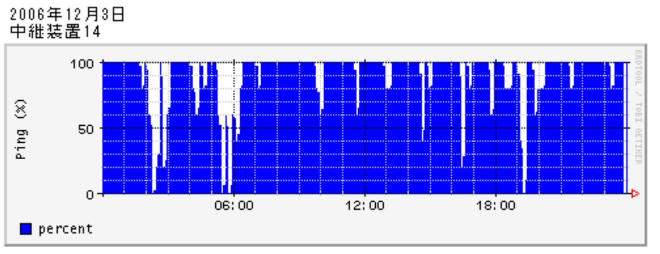
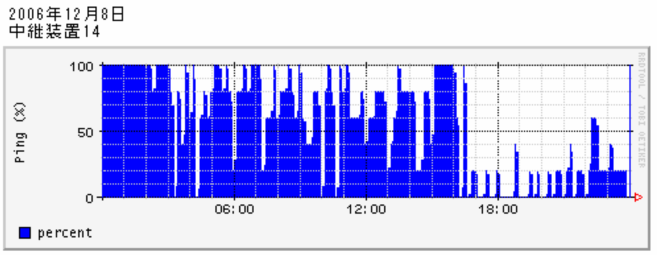


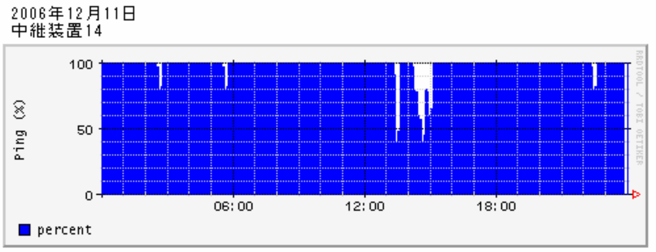
図 3-64　気象条件による Ping 疎通の状況（LOS 環境）



【降水量の多い日】
降水量　：31mm
平均気温：3.8℃
平均風速：1.3m/s



【風の強い日】
降水量　：2mm
平均気温：7.6℃
平均風速：3.8m/s



【天候の安定している日】
降水量　：0mm
平均気温：6.4℃
平均風速：1.6m/s

天候データは気象庁ホームページ「気象統計データ」より取得

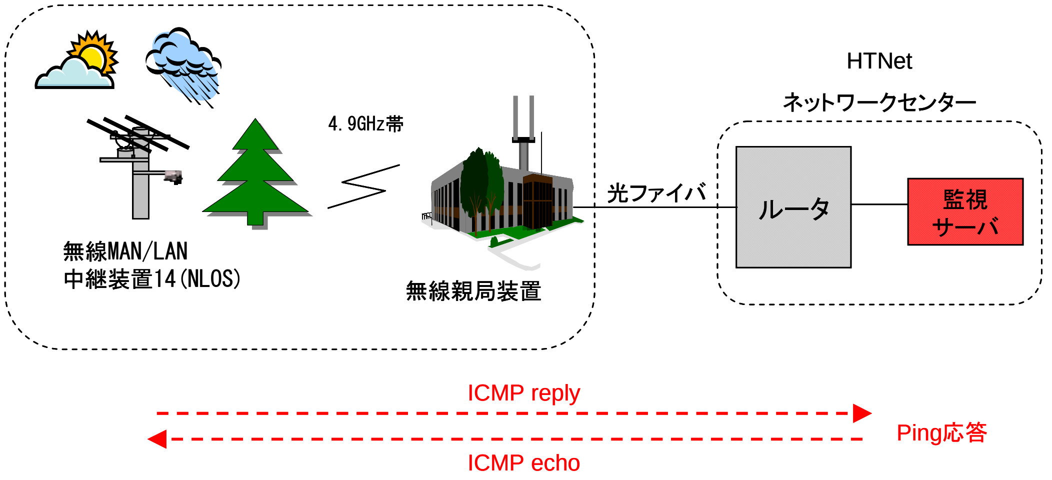


図 3-65　気象条件による Ping 疎通の状況（NLOS 環境）

結果より、LOS 環境では、降雨や風による影響は見られなかったが、NLOS 環境では、風による影響が降雨による影響よりも大きかった。これは伝搬路上にある木々の揺れにより、マルチパス伝搬路の切替わりを頻繁に繰り返しているためと推測される。

(5) 技術試験モニター結果に対する評価、分析

技術試験モニターでは、概ね全モニター宅で ADSL インターネットサービスと遜色ない通信環境が実感できた。

しかし、このような環境を実現するために、モニター宅内において、建造材等による電波遮蔽の影響を受けにくい場所を探すケースもあった。

それでもなお、受信状態の悪いモニター宅内では、次の対策を講じた(図 3-66)。

ア　パソコンの移動が容易に実施できず、かつ、家具等により受信電波が遮蔽されるケースでは、USB 型の無線 LAN 機器を受信状況の良い場所に設置し、良好な電波を受信できるようにした。

イ　建物の構造や無線 MAN/LAN 中継局からの無線区間における距離が遠いために、受信電力が微弱であるケースでは、高出力（高利得）型の無線 LAN カードを使用し、受信感度を向上させた。

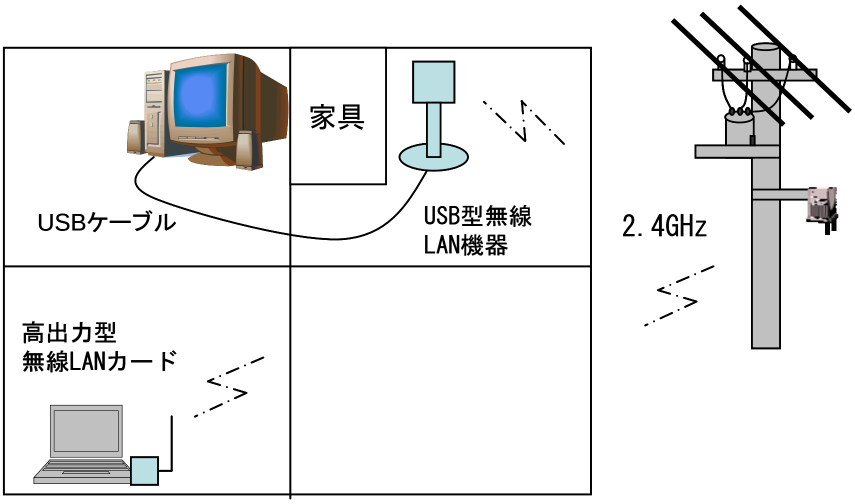


図 3-66 受信状態が悪い場合の対策

中山間地等のブロードバンド空白地域に本検証試験システムと同様なシステムを構築しようとした場合、利用者宅においては上述と同じような課題があるものと推測され、利用者宅内で受信電波が届きにくいところに対しては同様な対策を施す必要がある。その他、無線通信を行う機器部又は空中線部が屋外に取り付けられれば、

建造材による電波遮蔽の影響を低減でき、非常に有効と思われる。

また、23 名のモニター応募者のうち、森林等の陰により無線親局装置からの電波を受信できない 3 名に対しても、利用できるよう何らかの対策を講ずる必要がある。この点に関しては、今後の課題として第 4 章で述べるものとする。

3.6　公開通信試験

本調査検討会で行っている中山間地におけるブロードバンド空白地域解消の検討状況を、広く住民や関係機関等に対し周知することを目的として公開通信試験を実施した。

開 催 日：平成 18 年 11 月 14 日（火）

開催場所：松東公民館（石川県小松市長谷町）

参 加 者：約 200 名（地域住民、地方自治体、電気通信事業者、研究者等）

(1)　公開通信試験の概要

公開通信試験では、本調査検討会で構築した無線アクセスシステムを利用して、公開試験会場となる松東公民館に無線 MAN 子局装置を設置し利用世帯に見立て、インターネット接続環境を公開するとともに、この環境を活用したアプリケーションを公開した。

公開通信試験の概要を図 3-67 に示す。

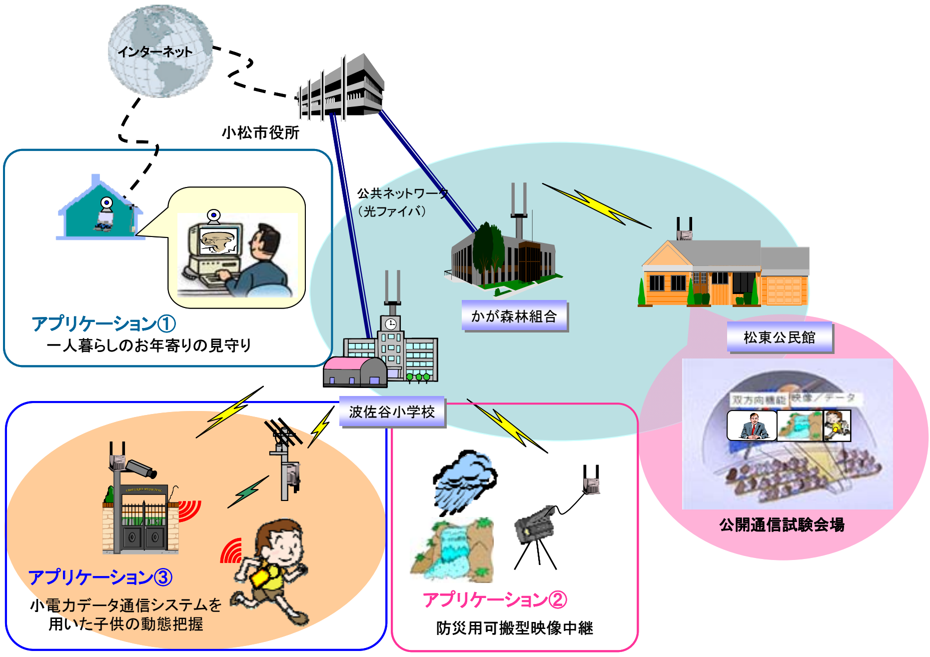


図 3-67　公開通信試験概要

(2)　通信試験項目

ア　インターネット接続性の確認（メールの送受信、ウェブサイトの閲覧）

Point：ブロードバンド環境を確認

イ　接続環境の確認（回線速度の確認）

Point：ブロードバンド環境を確認

ウ　公開通信試験の概要図で示したアプリケーションの紹介

（ア）一人暮らしのお年寄り見守り

Point：映像及び音声による双方向性の確認

（イ）農作物管理、防災可搬型映像中継

Point：映像及びカメラの遠隔操作の確認

（ウ）小電力データ通信システムを活用した子供の動態把握

Point：「子供を見守る ICT 技術に関する調査検討会」が構築したモデルシステムを接続して稼動状況を映像で確認

(3)　公開通信試験の結果

ア　会場の状況

公開通信試験における会場の状況を図 3-68～図 3-71 に示す。

公開通信試験は、北陸総合通信局が主催した「ワイヤレスブロードバンド普及促進セミナー」に併せて実施した。

図 3-68　会場の様子

図 3-69　会場の様子

図 3-70　通信試験の様子
（防災可搬型映像中継）

図 3-71　通信試験の様子
（一人暮らしのお年寄り見守り）

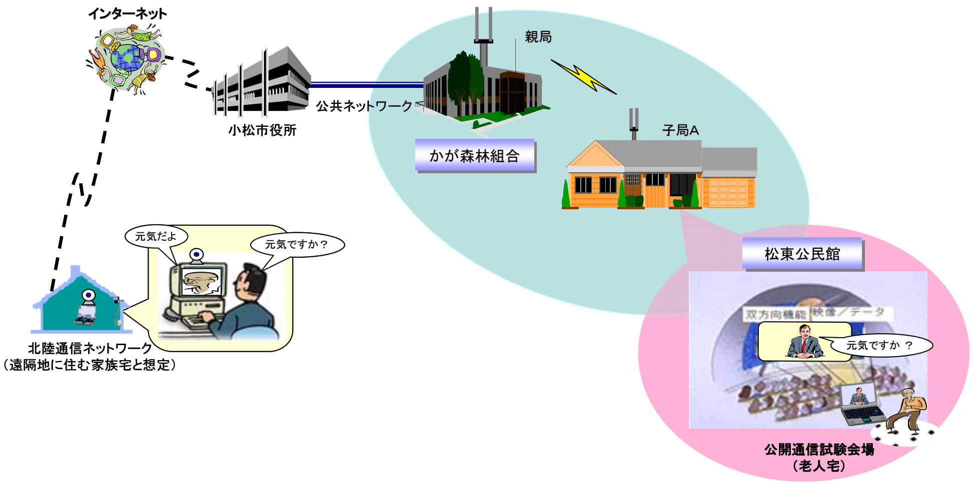
イ　実施結果

3.6(2)通信試験項目で述べたとおり公開通信試験では、本調査検討会で構築した無線アクセスシステムを介して実際のインターネットに接続し、メール送受信、ウェブサイトの閲覧、回線速度の確認等を行い、以下に示す三つのアプリケーションも併せて紹介した。いずれの試験項目も良好な結果が得られ来場した参加者からは大きな好評を博した。

併せて参加者によるアンケートを実施した。その結果については資料編に添付した。

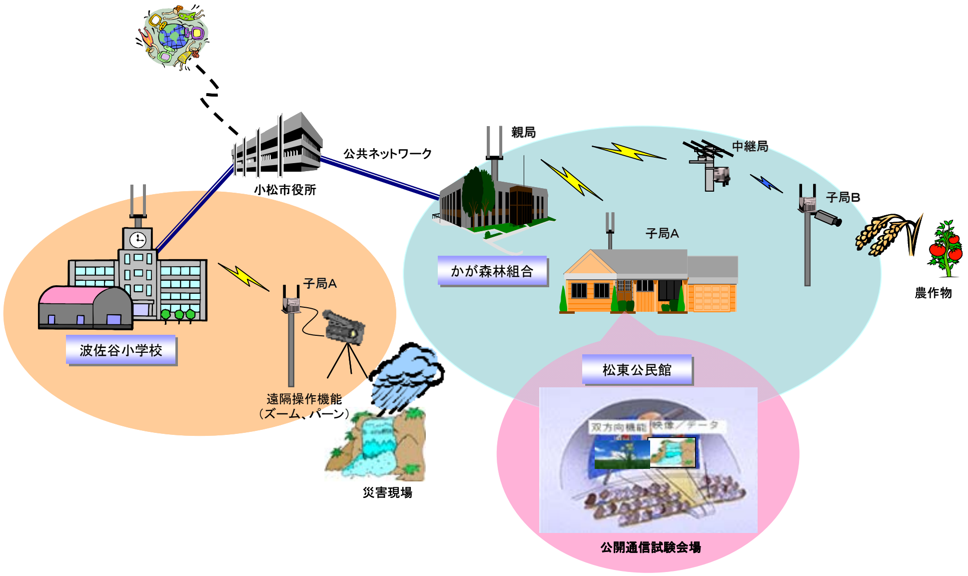
（ア）一人暮らしのお年寄り見守り

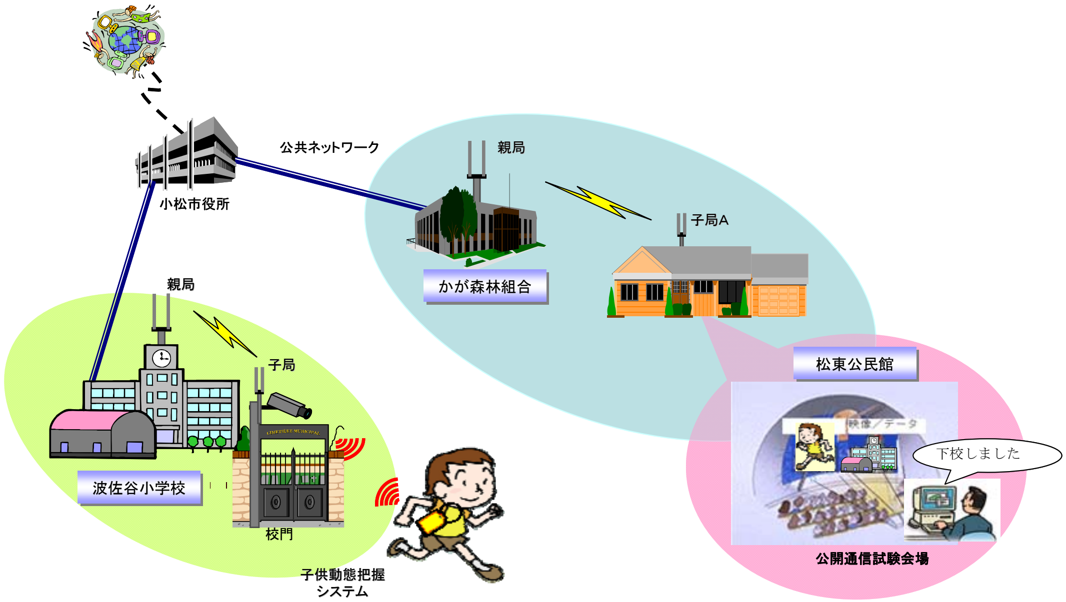
一人暮らしのお年寄りと遠隔地で暮らす家族との間で、ウェブカメラによる常時接続の映像伝送が可能であり、また、お年寄りが体調不良を感じても自分で電話をして助けを呼ぶことができないときなどに、パソコンの画面にある呼出ボタンを選択することによりインターネットを介し、あらかじめ登録された家族宅や民生委員宅に自動通報することができる。



（イ）農作物管理、防災用可搬型映像中継

田畑の近くにウェブカメラを設置し、インターネットを通して、ズームアップ映像で稲や野菜等作物の生育状況や田の水管理を確認することが可能となる。また、豪雨警報、雪崩警報の発出された時期等に、崩落可能性のある場所や増水河川の近傍に仮設する画像中継システムとして利用可能となる。



（ウ）小電力データ通信システムを活用した子供の動態把握

小学生の名札等に電子タグ等を付加し、各所（校門、公園、通学路の電柱等）に設置した読み取り装置近傍を通過したことを検出する。検出した情報を無線アクセスシステムを含むインターネット網で収集して電子メールで親に通知する。