

# 無線アクセスシステムの活用による ブロードバンド空白(ゼロ)地域の解消

～公共光ファイバとの組み合わせによる解消の一方策～

平成19年6月6日

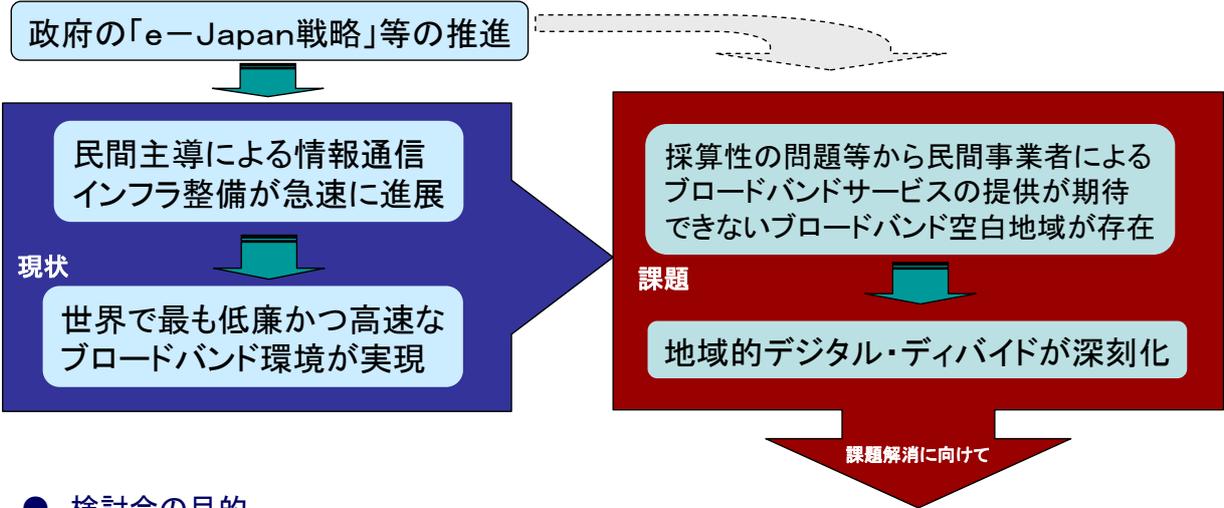
## ブロードバンド空白地域解消のための 無線アクセスシステムに関する調査検討会

座長 堀 俊和(福井大学大学院工学研究科 教授)

総務省北陸総合通信局

### 調査検討に至る背景

- ブロードバンド化の現状と課題



- 検討会の目的

ブロードバンドサービスの提供が期待できないブロードバンド空白地域において、自治体等が整備を進める地域公共ネットワークと新しい無線アクセスシステムの組み合わせにより、安価にブロードバンドを提供する方策を検討

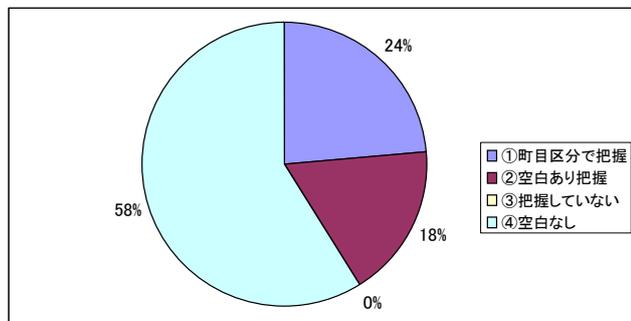
## ブロードバンド空白地域に関する自治体の意識と 解消のためのシステム要件（1／2）

### ● 自治体アンケート調査

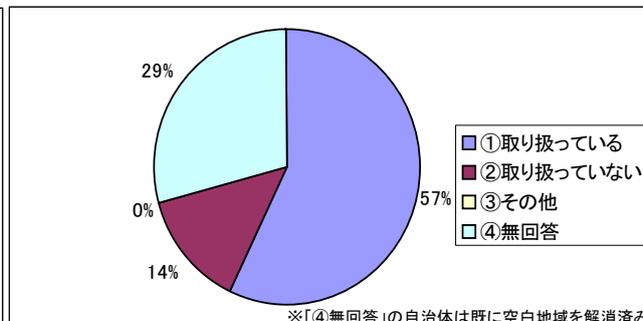
北陸三県51自治体に対しブロードバンド空白地域に関するアンケート調査を実施

#### 主な結果

21自治体（約4割）が区域内にブロードバンド空白地域があることを把握  
ほとんどの自治体ではブロードバンド空白地域解消は行政の取り組むべき課題として認識



ブロードバンド空白地域把握状況（北陸三県51自治体）



自治体（行政）の取り組むべき課題か（北陸三県51自治体）

#### 主な意見

- ・ ブロードバンド空白地域では、集落や世帯が点在するため、設備構築及び維持管理費用の財政負担が大きな障壁となっている
- ・ 比較的財政負担が少ない手法として「既設の公共光ファイバ」と「無線」の組み合わせによるブロードバンド空白地域の解消が有効

- 2 -

## ブロードバンド空白地域に関する自治体の意識と 解消のためのシステム要件（2／2）

### ● 空白地域解消のため自治体が求めるシステム要求

#### I 自治体が求めるシステム条件

- ・ 構築、運営コストが低廉であること
- ・ 必要な伝送速度が得られること

#### II 実現するための課題と方策

- ・ 基幹ネットワークの構築及び維持  
→ 自治体が整備した公共光ファイバ（地域公共ネットワーク）の活用
- ・ ラストワンマイルへの対応  
→ 無線アクセスシステムの利用

#### III システムに求められる機能等

- ・ 公共アプリケーションが支障なく動作すること
- ・ ADSLやCATVインターネットなど有線系のブロードバンドメディアと同程度のスループットが得られること
- ・ サービスを提供するエリアの地形等を考慮しつつ条件に適合する無線アクセス方式を選択または組み合わせができること
- ・ ネットワークセキュリティ対策が講じられていること

- 3 -

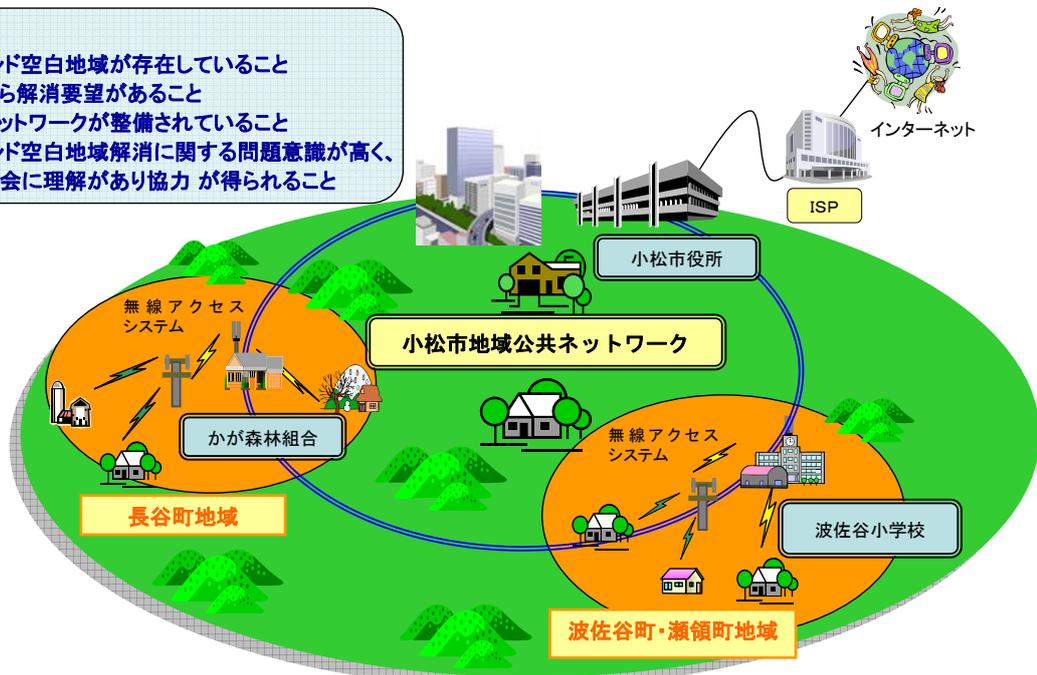
## 検証試験システムの構築（1 / 5）

### ● モデル地域の選定と無線アクセスシステムの設計

ブロードバンド空白地域解消のための検証試験システムを構築して行うフィールド試験は、次の条件に適合する中山間地区をモデル地域とし、**石川県小松市長谷町、波佐谷町及び瀬領町**を選定

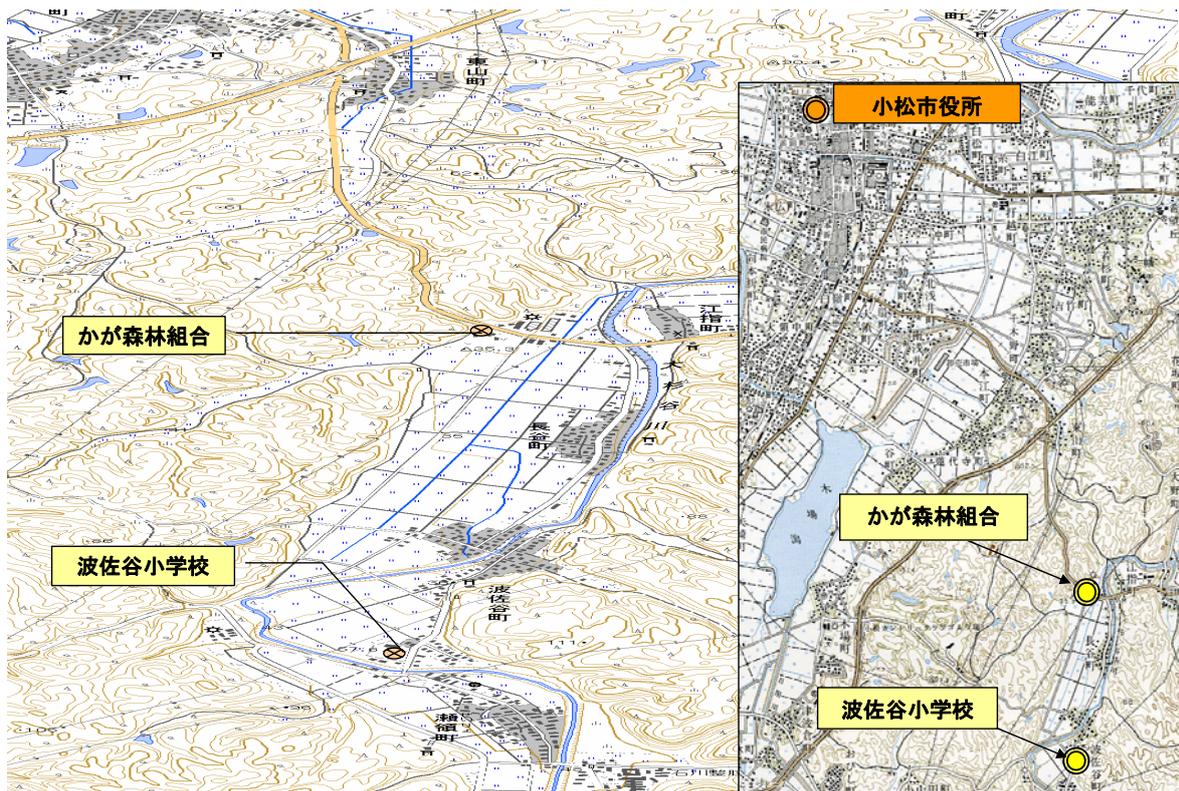
#### <選定条件>

- ・ブロードバンド空白地域が存在していること
- ・当該地域から解消要望があること
- ・地域公共ネットワークが整備されていること
- ・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



小松市におけるブロードバンド空白地域解消イメージ

## 検証試験システムの構築（2 / 5）



無線親局装置の設置位置(石川県小松市)

## 検証試験システムの構築（3 / 5）

### ● 検証試験で用いた無線アクセスシステム

(1) 検証試験システムは、自治体が求めるシステム条件、システムに求められる機能等を満たしつつ、①より広範に電波が到達すること、②見通し外通信にも適していることを要件に検討。その結果、下表に示すIEEE 802.16シリーズ規格WiMAX)の中から、IEEE 802.16-2004規格に準じた4.9GHz帯高出力無線LANを採用。

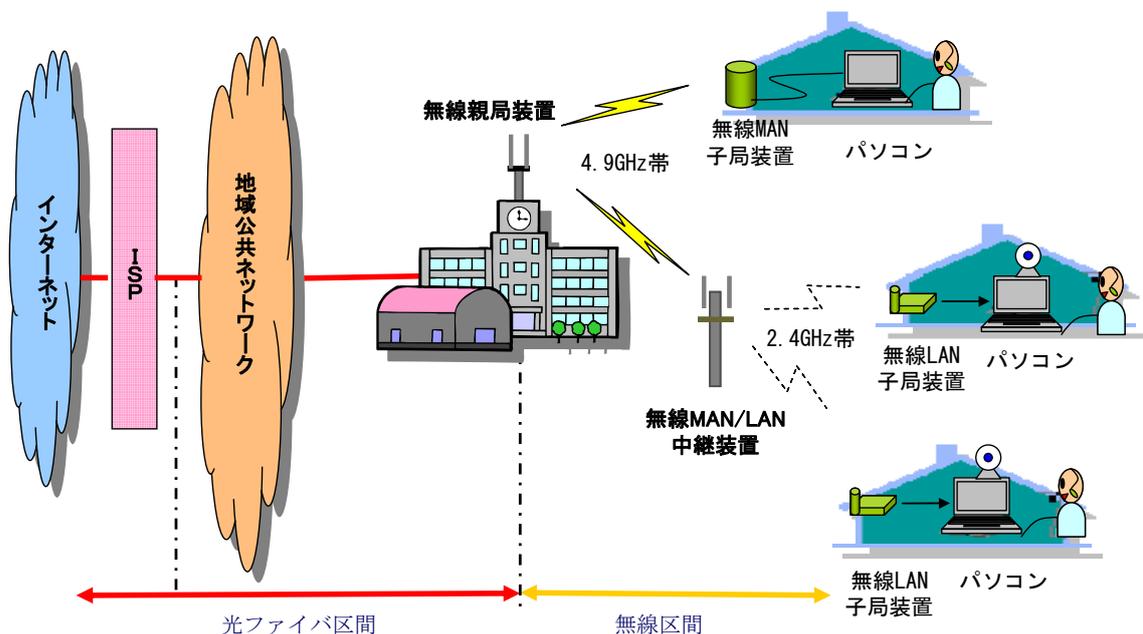
| 方式      | IEEE 802.16              | IEEE 802.16-2004                    | IEEE 802.16e                    |
|---------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 標準化完了時期 | 2001/12                  | 2004/6                              | 2005/12                         |
| 周波数帯    | 10～66GHz                 | 11GHz以下                             | 6GHz以下                          |
| 通信環境    | 見通し内通信                   | 見通し外通信                              | 見通し外通信                          |
| 伝送速度    | 最大約135Mbps<br>(28MHz幅の時) | 最大約75Mbps<br>(20MHz幅の時)             | 最大約75Mbps<br>(20MHz幅の時)         |
| 変調方式    | QPSK/16QAM/<br>64QAM     | BPSK/QPSK/<br>16QAM/64QAM<br>・ OFDM | QPSK/16QAM/<br>64QAM<br>・ OFDMA |
| 移動性     | 固定                       | 固定<br>ノマディック                        | 固定<br>ノマディック<br>ポータブル<br>モバイル   |
| 帯域幅     | 20/25/28 MHz             | 1.75～20 MHz                         | 1.25～20 MHz                     |
| セル半径    | 3～5km                    | 2～10km                              | 1～5km                           |

技術的仕様の比較表

## 検証試験システムの構築（4 / 5）

### ● 検証試験システムの構成概要

(2) また、4.9GHz帯高出力無線LAN（無線親局装置）による大ゾーン方式では、実利用環境となる利用世帯屋内での通信エリアが確保できない場合があるため、無線親局装置からの電波を中継する無線MAN/LAN中継装置も介したシステム構成とした。



検証試験システム構成概要

## 検証試験システムの構築（5 / 5）

### ● 検証試験システムで利用した各無線アクセス装置



無線親局装置



無線MAN子局装置



無線LAN子局装置



無線MAN/LAN中継装置



無線MAN/LAN中継装置設置状況



無線MAN/LAN中継装置設置状況(拡大)

## 技術試験（1 / 7）

### ● 検証試験システムによる技術試験

#### (1) 伝送特性試験

無線アクセス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、基本的な伝送特性を把握

#### (2) 伝送特性変動試験

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、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など、適合環境について総合的に把握

#### (3) ネットワーク共用評価試験

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おける各々のユーザーの動作確認、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

#### (4) ネットワーク運用管理試験

ネットワークセンターに設置された監視装置から、無線アクセスシステムの運用状態を監視できるかどうかの確認

#### (5) 技術試験モニターによるインターネット利用

長谷町、波佐谷町及び瀬領町に居住の世帯の方々から技術試験モニターを募り、無線アクセスシステムによるブロードバンド環境を体験していただくとともに、技術試験モニター宅におけるスループット及び受信電力測定

## 技術試験（2 / 7）

### （1）伝送特性試験

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、下り回線のスループット及び応答時間について測定を実施

#### 主な結果

- ・ LOS（見通し）環境における受信電力の測定結果は、概ね机上設計どおりの結果となった。
- ・ NLOS（見通し外）環境や輻射範囲外においても受信可能なポイントが存在した。
- ・ LOS環境内では安定した通信が確保。NLOS環境下においても直接波以外の電波伝搬により通信可能ポイントが複数存在した。

#### LOS環境における測定結果

| 測定ポイント | 距離<br>(m) | 受信電力 (dBm) |       | スループット<br>(Mbps) | 応答時間<br>(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           |



測定ポイント①(LOS環境)

#### NLOS環境における測定結果

| 測定ポイント | 距離<br>(m) | 受信電力 (dBm) |       | スループット<br>(Mbps) | 応答時間<br>(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           |



測定ポイント④(NLOS環境)

- 10 -

## 技術試験（3 / 7）

### （2）伝送特性変動試験

降雪時・積雪時において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、下り回線のスループット及び応答時間について測定を実施

#### 主な結果

- ・ 試験期間中に降雪・積雪があった期間は2日間のため、十分なデータの取得は出来なかった。
- ・ LOS（見通し）環境においては降雪・積雪による受信電力等への影響は殆どなかった。
- ・ NLOS（見通し外）環境では、積雪が全くない場合に比べて5 dB程度受信電力が向上した。

#### LOS環境における測定結果(降雪・積雪時)

| 測定ポイント | 距離<br>(m) | 受信電力 (dBm) |       | スループット<br>(Mbps) |     | 応答時間<br>(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 |



測定ポイント①(LOS環境)

#### NLOS環境における測定結果(積雪時)

| 測定ポイント | 距離<br>(m) | 受信電力 (dBm) |       | スループット<br>(Mbps) |     | 応答時間<br>(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 |



測定ポイント④(NLOS環境)

- 11 -

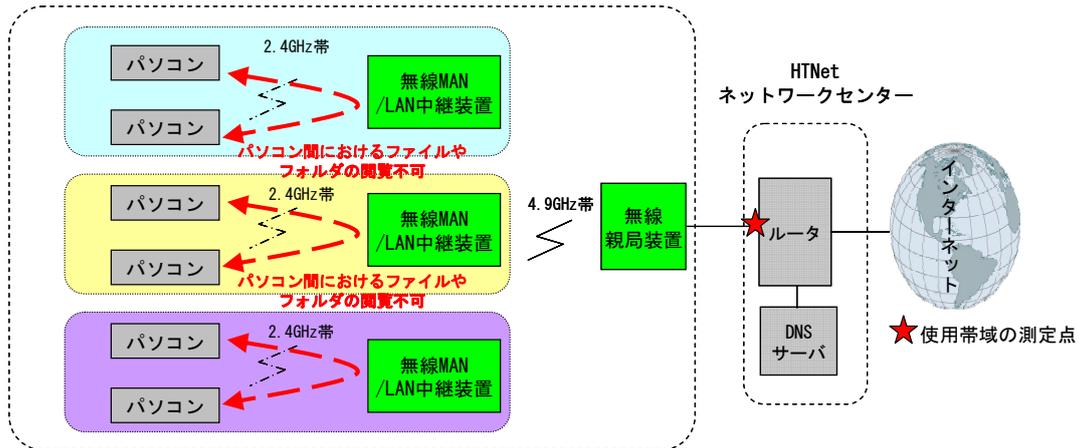
## 技術試験（4 / 7）

### （3）ネットワーク共用評価試験

複数のパソコン接続時に各々のパソコンが正常動作するかの確認、パソコン間におけるセキュリティの確認及び複数のパソコン接続時におけるバックボーン使用帯域の確認を実施

#### 主な結果

- ・ 複数のパソコンを無線親局装置を介してインターネット接続した場合において、全てのパソコンでウェブページの閲覧など正常に動作した。
- ・ 接続中のパソコン間でのフォルダやファイル閲覧はできなかったことから、セキュリティは確保されている。
- ・ パソコンの接続数を増加させてもバックボーン下り使用帯域は安定していた。



- 12 -

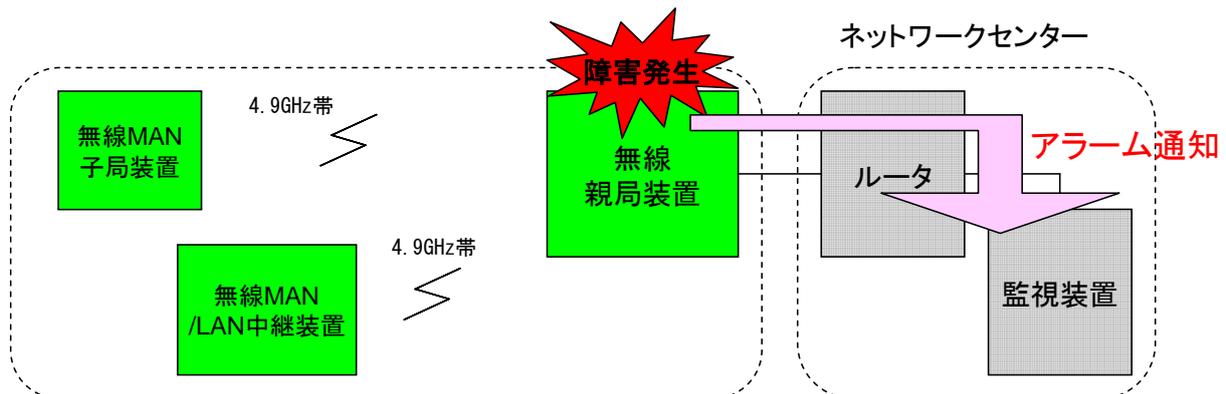
## 技術試験（5 / 7）

### （4）ネットワーク運用管理試験

ネットワークセンターから、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の確認を実施

#### 主な結果

- ・ 監視項目（Ping応答確認、トラフィック測定、ネットワーク負荷監視、無線MAN/LAN中継装置の受信電力）については、全て正常に監視できた。
- ・ ネットワーク監視において、受信電力が-60dBm程度の場合はPing疎通状況は安定していたが、-90dBm程度になるとPingの疎通状況は不安定になった。
- ・ LOS環境では降雨や風による影響が見られなかったが、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。



- 13 -

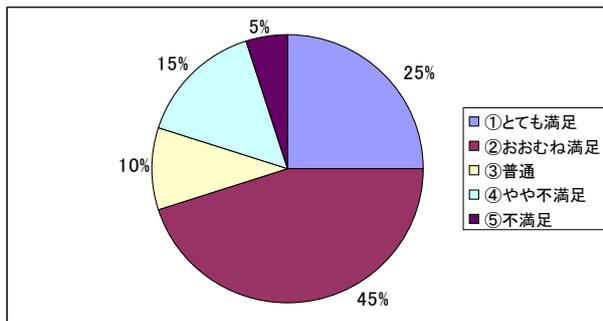
## 技術試験（6／7）

### （5）技術試験モニターによるインターネット利用

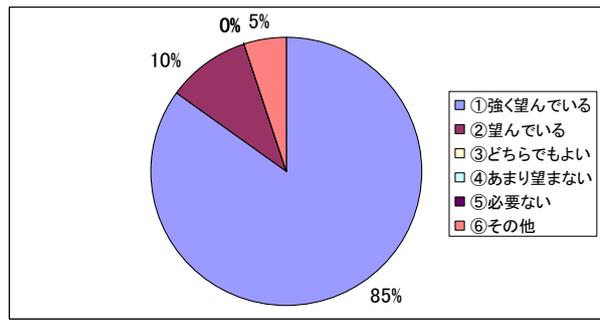
モニター宅において、スループット及び受信電力の測定を行うとともに、アンケート調査を実施

#### 主な結果

- ・半数の世帯が1Mbps以上の速度で接続
- ・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
- ・8割以上の世帯が継続提供を強く要望
- ・建物の構造等の影響で通信環境が悪いモニター宅では、USB型無線LANや高出力型無線LANの対策を講じた



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)

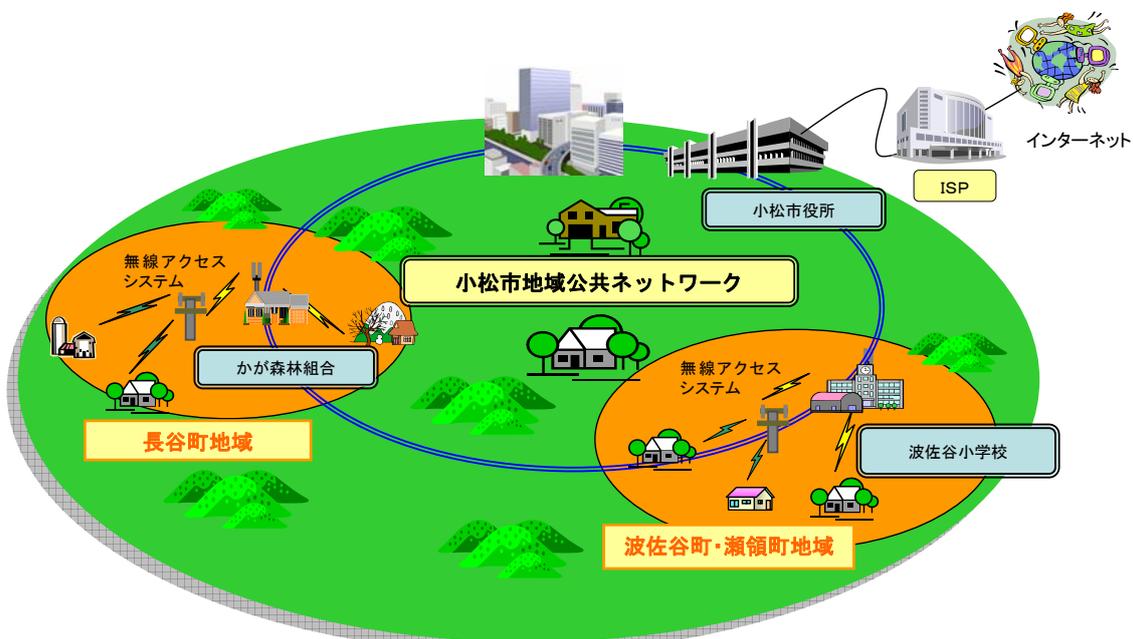


インターネット接続サービスの継続利用の要望  
(技術試験モニター20世帯)

#### アンケート調査結果

## 技術試験（7／7）

### 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を確認



## 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策(1/7)

本調査検討会では、ブロードバンドサービスが利用できない空白地域において、地域公共ネットワークと無線アクセスシステムを組み合わせた空白地域解消のシステムイメージについて、次の三つのケースを想定し、必要機材、設置箇所、工事費用概算の検討を行った。

### ● 空白解消のシステムイメージ

(ケース1) 公共施設に公共ネットワークが接続されている場合

(ケース2) 地域公共ネットワークのみ横断している場合

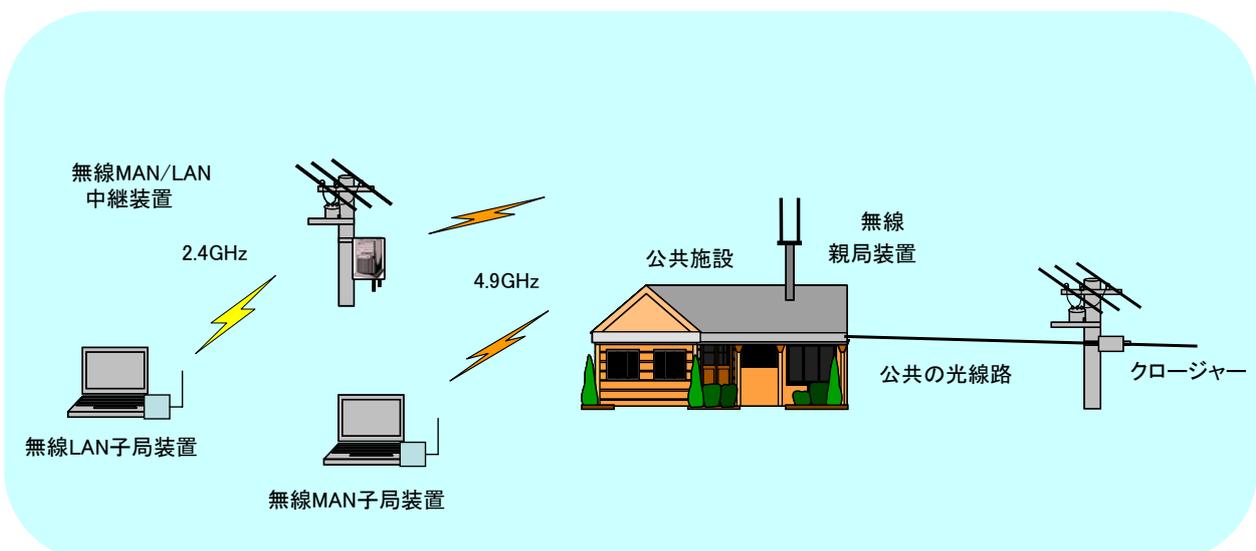
(ケース3) 地域公共ネットワークも公共施設もない場合

- 16 -

## 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策(2/7)

### ● 空白解消のシステムイメージ

(ケース1) 公共施設に公共ネットワークが接続されている場合

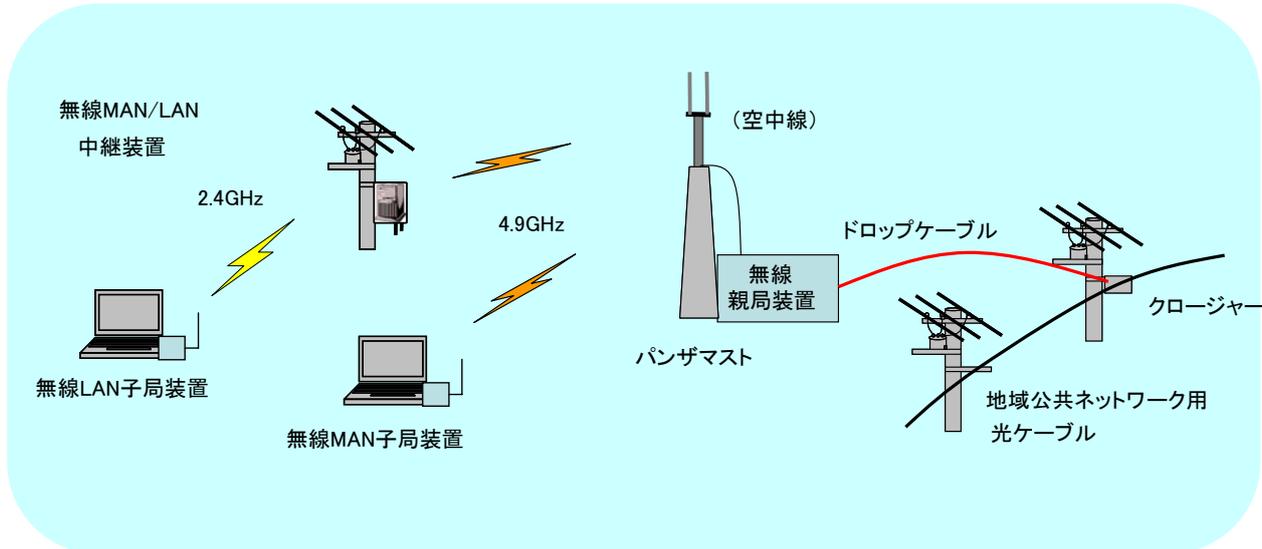


- 17 -

## 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策(3/7)

### ● 空白解消のシステムイメージ

#### (ケース2) 地域公共ネットワークのみ横断している場合

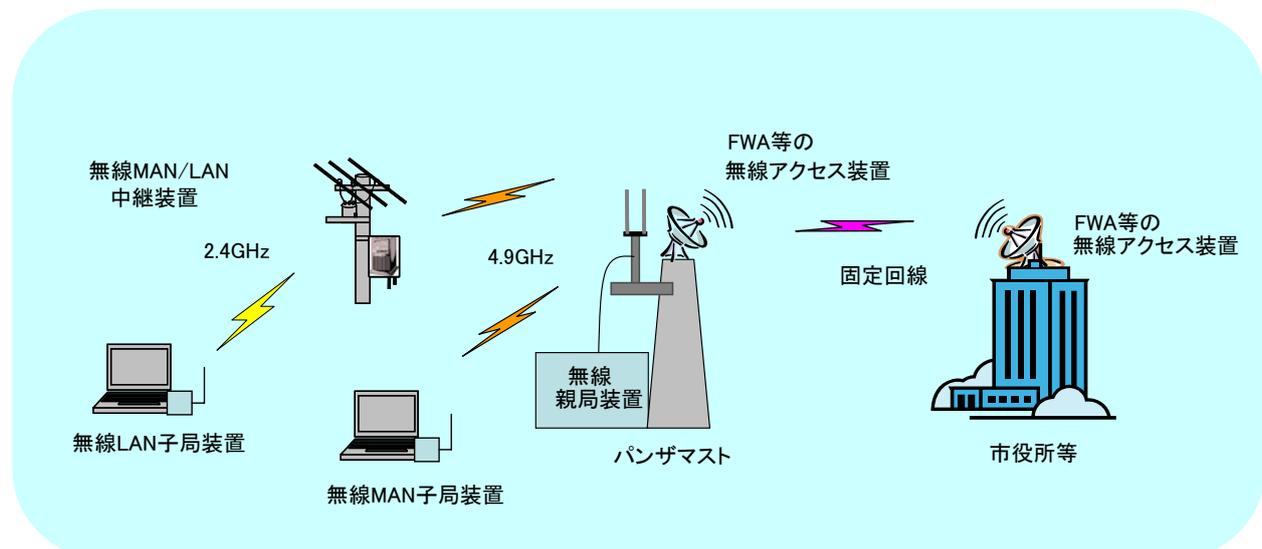


- 18 -

## 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策(4/7)

### ● 空白解消のシステムイメージ

#### (ケース3) 地域公共ネットワークも公共施設もない場合



- 19 -

## 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策(5/7)

### ● 工事費用概算

|               | 費用(万円)  | 備考              |
|---------------|---------|-----------------|
| ケーブルルート調査費    | 20      | 距離: 1km         |
| 光ケーブル敷設       | 200~300 | 芯線数: 12、距離: 1km |
| クロージャ         | 20~25   | 1台/500m         |
| アンテナ設置局       | 120~150 | 1局、パンザマスト(20m)  |
| 無線親局装置        | 650~750 | 1局、コンサル内容による    |
| 無線MAN/LAN中継装置 | 15      | 1局              |
| 無線MAN子局装置     | 6       | 1局              |

※ 本調査検討会で構築した無線アクセスシステムのコストを参考とした。

- 20 -

## 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策(6/7)

### ● 技術的課題と方策

本調査検討会で構築した検証試験システムは、十分実用に供することが技術試験及びモニター結果から実証できた。しかし、導入にあたって次の事項が技術的課題として明らかとなった。

- (1) 親局装置の機器性能向上  
→トラフィックが集中する親局装置の性能により、その配下にある無線装置の伝送速度が左右される
- (2) 空中線電力の増力  
→見通し外通信の改善及び通信エリアの広域化
- (3) 専用周波数の確保  
→同じ用途で開設する無線局との周波数共用のため、端末の増加により伝送速度の低下が懸念される
- (4) 地形条件等を考慮した無線アクセスシステム方式の選定  
→地形条件等、通信エリアの規模に応じたシステム方式の選定により財政的負担の軽減が可能
- (5) 森林や山陰などの遮蔽による電波不感地域への対策  
→中継装置の多段接続
- (6) 宅内での電波減衰への対策  
→宅内における無線中継装置や無線LAN外部アンテナ等の設置

- 21 -

### ● 制度的課題と方策

また、次の事項が制度的課題として明らかとなった。

#### (1) 電波法に関する課題と方策

4.9GHz～5.0GHz帯を使用する登録無線局は、現在、関東、東海及び近畿の大都市圏の一部の区域に限定。その他の区域では一般無線局としての免許が必要。  
→同帯を使用していた電気通信業務用固定無線システムの周波数移行が完了したため、現在、登録可能な区域の拡大について検討が行われている。

#### (2) 電気通信事業法に関する課題と方策

自治体が電気通信事業者となりブロードバンドサービスを行うには、非営利目的であっても、総務省への届出が必要。  
→自治体自ら電気通信事業者とならない場合、地域公共ネットワーク(光ファイバの空き芯線)及び無線アクセスシステムを他の電気通信事業者に貸与して、その電気通信事業者に提供してもらう方法等があるが、この場合、電気通信事業者へ何らかの財政支援が必要。

- 22 -

### まとめに

**本報告が、デジタル・ディバイド地域解消のための足がかりとなることを願いつつ、ブロードバンド・ゼロ地域解消の一日も早い実現を期待します。**

ご静聴ありがとうございました。

- 23 -