

第4章 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策

北陸三県のブロードバンド契約世帯普及率（平成18年6月末現在）は、第1章の表1-3より48.6%となっており、県別では富山、石川、福井でそれぞれ50.9%、45.0%、51.3%である。

今回の検証試験では、「第2章2.3(1)モデル地域の選定」で選定したモデル地域において、ブロードバンド空白地域解消に資するための無線アクセスシステムを構築し、地域住民も参加した技術試験を行い、システムに求められる技術的条件及び実現に向けた課題と方策などを明らかにするとともに、安価にブロードバンドを提供するための方策の検討を行った。

なお、モデル地域となった選定条件は次のとおりである。

- 1 ブロードバンド空白地域が存在していること
- 2 当該地域から解消要望があること
- 3 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
- 4 地域公共ネットワークが整備されていること

4.1 小松市全域へのブロードバンドサービスの展開

小松市中心の都市部においては、ADSL アクセスサービス、CATV アクセスサービス、FTTH アクセスサービスのいずれかのブロードバンドサービスが利用可能な環境が整備されている。しかし、都市部周辺地域及び都市部から離れた中山間地域では、「第2章2.1自治体の意識及び解消のためのシステム要求」の結果から、「事業者にとって不採算地域である」、「サービスを利用する世代が少ない」、「設備の維持管理が難しい」等の理由から事業者によるブロードバンドサービスが未だ提供されていない。

また、小松市では地域イントラネット基盤施設整備事業を活用して市役所、学校、図書館等の公共施設を光ファイバ等で結ぶ地域公共ネットワークを整備しているが、一部の地域には公共施設がないなどの理由により、未だ地域公共ネットワークが整備されていない地域も存在している。

(1) 空白地域解消のイメージ

小松市においてブロードバンドサービスの利用ができない空白地域は、表4-1に示すとおりである。この表から分かるように、近隣地域に公共施設がないために公共光ファイバの地域公共ネットワークが敷設されていない地域もある。こうした現状の中、ブロードバンドサービスを実現するためには、敷設されている地域公共ネットワークの光ファイバで、現在使用されていない空き芯線を活用した

方策が求められる。

しかしながら、実際に光芯線に余裕があるのは幹線部分のみで、末端部では空き芯線に余裕がないのが現状である。このような問題への対策としては光カプラを挿入して、使用できる光芯線数を増やす方法や、地域公共ネットワークの幹線部分から建設費用の安価なドロップケーブルを敷設して延伸する方法等の対策が考えられるが、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、公共施設に地域公共ネットワークが接続されている場合のほか、サービス提供を行おうとするエリア内に地域公共ネットワークは横断しているが、アクセスポイントとなる公共施設がない場合、また、地域公共ネットワークの横断も公共施設もない場合のケースを想定し、こうした地域へ無線アクセスシステムを導入するとした場合の解消イメージを検討した。次項以降に解消イメージを示す。

第4章 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策

表 4-1 小松市のブロードバンド空白地域の状況

地域名	近隣地域公共施設	公共光ファイバ
江指町	松東中学校	○
金平町		
金平町麻島		
金平町金野町		
大野町	金野小学校	○
花坂町		
池城町	松岡町公民館	○
松岡町		
西俣町鳥越	西尾小学校	○
岩上町		
観音下町	西俣小学校	○
波佐羅町		
西俣町	西俣自然教室	○
西俣町滝上		
西俣町茗荷谷		
塩原町	西俣保育園	○
布橋町	西尾保育園	○
波佐谷町	波佐谷小学校	○
瀬領町		
長谷町	松東公民館	○
大杉町大杉上町	大杉少年自然の家	○
大杉町大杉中町		
大杉町大杉本町		
大杉町下大杉町		
尾小屋町長原		○
尾小屋町二ツ星		○
沢町		○
新保町		×
花立町		×
丸山町		×
赤瀬町		○
上り江町		○
打木町		○

ア 公共施設に地域公共ネットワークが接続されている場合

公共施設に地域公共ネットワークが接続されている光ファイバの空き芯線を利用して公共施設に無線親局装置を設置し接続する。この対策を図4-1に示す。また、この対策では、構内ケーブルの敷設のみとなるため敷設コストを抑えることができる。

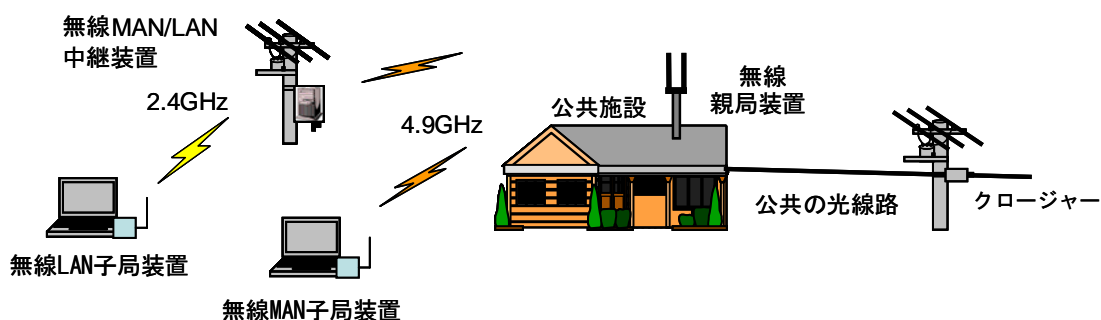


図4-1 公共施設に地域公共ネットワークが接続されている場合

必要機材	設置箇所
無線親局装置	公共施設
無線MAN/LAN中継装置	電柱等の物件
構内の光ケーブル	構内

イ 地域公共ネットワークのみ横断している場合

地域公共ネットワークの最寄りのクロージャから光ファイバを分岐させ、無線親局装置まで延伸し接続する。この対策を図4-2に示す。また、この対策では、公共施設がないため無線親局装置を設置するパンザマスト等が必要となる。

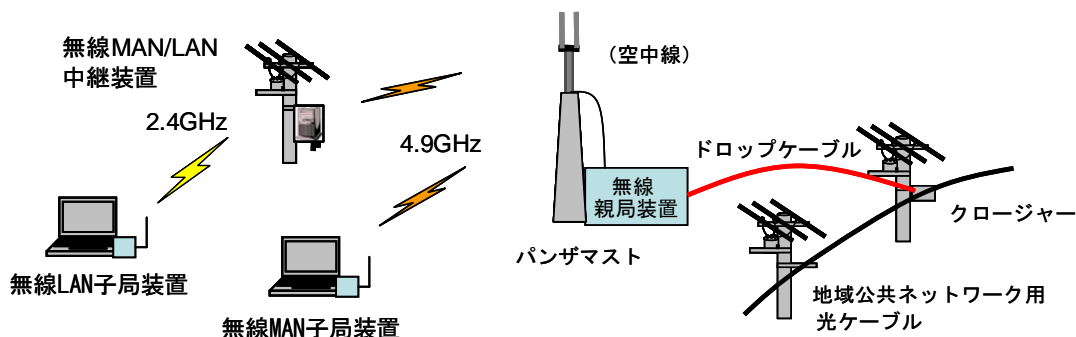


図4-2 地域公共ネットワークのみ横断している場合

第 4 章 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策

必要機材	設置箇所
無線親局装置	置局設計により決定
無線 MAN/LAN 中継装置	電柱等の物件
パンザマスト	置局設計により決定
光ケーブル（ドロップケーブル）	公共施設～電柱

ウ 地域公共ネットワークも公共施設もない場合

地域公共ネットワークが整備されている公共施設等と、公共施設がないため無線親局装置を設置するパンザマスト等に FWA 等の無線アクセス装置を設置し、その間を固定回線で結び、それに無線親局装置を接続する。この対策を図 4-3 に示す。

また、この対策では、FWA 等による固定回線が必要となるため、ア、イに比べコストが高くなる。

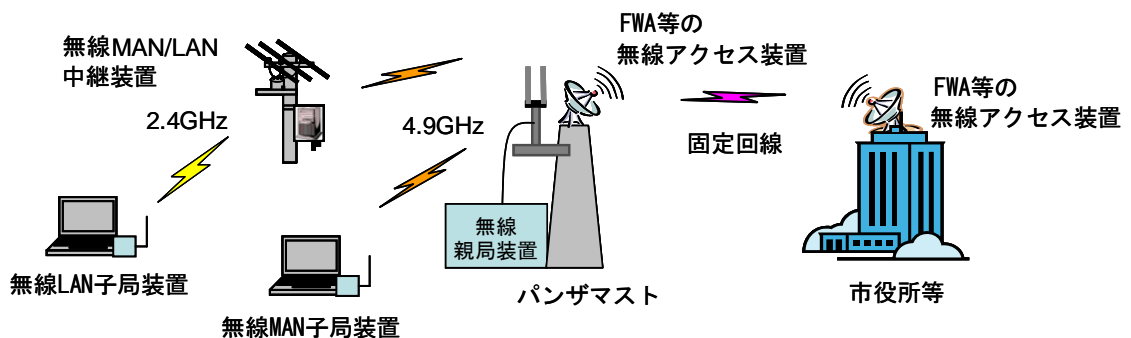


図 4-3 地域公共ネットワークも公共施設もない場合

必要機材	設置箇所
FWA 等の無線アクセス装置	市役所等（公共光ファイバがあるところ）
FWA 等の無線アクセス装置	置局設計により決定
無線親局装置	置局設計により決定
無線 MAN/LAN 中継装置	電柱等の物件
パンザマスト	置局設計により決定

「第 2 章 2.1(1)自治体へのアンケート調査のまとめ」の結果から、北陸三県 51 自治体のうち、29 自治体が「ブロードバンド空白地域の解消は自治体（行政）の取り組むべき問題である」との認識を持っており、何らかの解決策を持っている。一方、自治体では「財政負担、設備の初期投資は自治体が行ったとしても、維持管理は民間主導としたい」という意見もあった。この意見に対する事業者の立場を考慮すれば、責任分界点の明確化や保守契約事項の取決め、障害対応や利用者からのクレーム対応等についての整理が望まれると思料される。

(2) 投資規模

今回の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に、工事費用の概算を表 4-2 に示す。なお、各々の費用は装置費用、請負費用を含んだ金額であり、無線アクセスシステムの構築に必要な最小限の工事内容である。また、各無線装置の費用に関しては、方式やメーカーに依存し変動する。

表 4-2 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

※ケーブルルート調査費、光ケーブル敷設費は国土交通省単価を利用し、クロージャ、アンテナ設置局（パンザマスト）の費用は一般的な機器、工事単価とした。また、各無線装置の費用に関しては、「第 2 章 2.3(3) 検証試験システムの構築に要した経費等」で示した金額を参考に、検証試験システムで使用した無線装置と同程度の性能を有する装置の一般的な価格とした。

4.2 技術的課題と方策

本調査検討会で構築した無線アクセスシステムの親局装置は複数の接続ユーザーで利用するため、伝送速度は接続ユーザーの数や無線区間の状況によって変動する可能性がある。よって、接続ユーザーの数や無線区間の状況に左右されずに安定した伝送速度や接続性を実現するため、以下に示すいくつかの課題を考慮し構築する必要がある。

(1) 技術的課題

中山間地域で、本調査検討会において構築した無線アクセスシステムを導入する場合に、検証試験により明らかとなった課題を次に示す（図 4-4）。

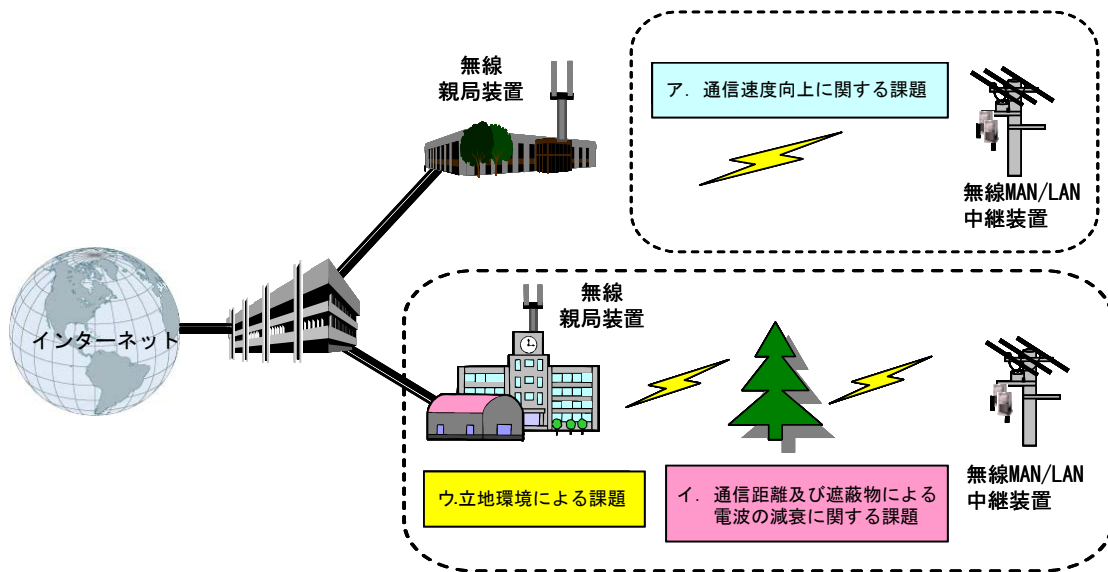


図 4-4 検証試験により明らかとなった技術的課題

ア 通信速度向上に関する課題と方策

一般的に、無線アクセスシステムの接続形態は、親局 1 局に対して数局の中継局及び子局が接続する P-MP (Point to Multipoint) 形態となり、今回のモデルシステムにおいても同様の構成で検証試験を行った。一般的な無線アクセスシステムの接続形態を図 4-5 に示す。この場合、スループットが集中する親局の性能により伝送速度が左右されることとなり、ブロードバンド環境の実現は機器性能に依存する。

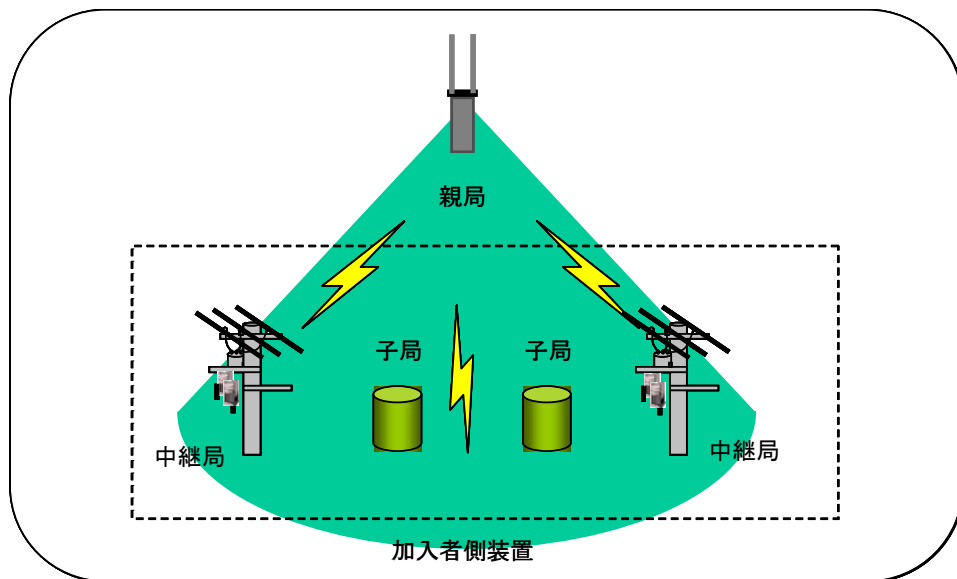


図 4-5 一般的な無線アクセスシステムの接続形態

第4章 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策

また、本調査検討会で使用した無線親局装置の伝送速度は第2章2.3項の表2-3に示すように、チャンネル帯域幅や変調方式、符号化率等のパラメータによって決まるが、実際には「第3章3.3項(3)ネットワーク共用評価試験の結果」が示すとおり、パラメータによって決まる伝送速度を実現することができなかった。これはバックボーンの使用帯域が十分に確保されていることを踏まえると、実測値と理論値の差異は無線親局装置の伝送能力に依存したものと考えられる。

モデルシステムの理論値*	モデルシステムの実測値*
18.7Mbps	5.8Mbps

*周波数帯域幅:5MHz、変調方式:64QAM、符号化率:3/4のシステムにおける親局～中継局の伝送速度

一般的に、バックボーン設備は、ハードウェア的にハイスpekクな装置を使用し、余裕度のある設計を行うため、今回のモデルシステムを導入する場合にも接続ユーザーの数に応じた装置の選定が必要となる。

また、今回の検証試験システムではIEEE802.16-2004規格に準じた無線親局装置を利用し、通信距離を確保するために、5MHzのチャンネル帯域幅にてシステムを構築した。IEEE802.16-2004規格では、見通し外通信が可能であり、20MHzのチャンネル帯域幅において最大75Mbpsの高速伝送が可能という特徴を有する(第2章2.2項(2)の表2-2参照)。伝送速度の向上に主眼を置くのであれば、より広いチャンネル帯域幅を使用することにより伝送速度を向上させることが可能となる。

一方、伝送速度向上のためには、接続ユーザー側設備(無線LAN)での性能向上も必要である。現在の無線LAN規格では、IEEE802.11aやIEEE802.11gの伝送速度は理論上54Mbpsであるが、実際には20~30Mbpsが限界である。

しかし、昨今注目されているIEEE802.11nでは理論上、100Mbps超の高速伝送が可能となり、大幅に改善されることになる。IEEE802.11nでは、IMO(Multi-Input Multi-Output)技術(図4-6)を使用しており、複数のアンテナを用いてデータ伝送を行い、それぞれのアンテナの経路を独立した伝送路と見立てることが可能であるため、送受信するアンテナ数に比例して伝送速度が向上する。

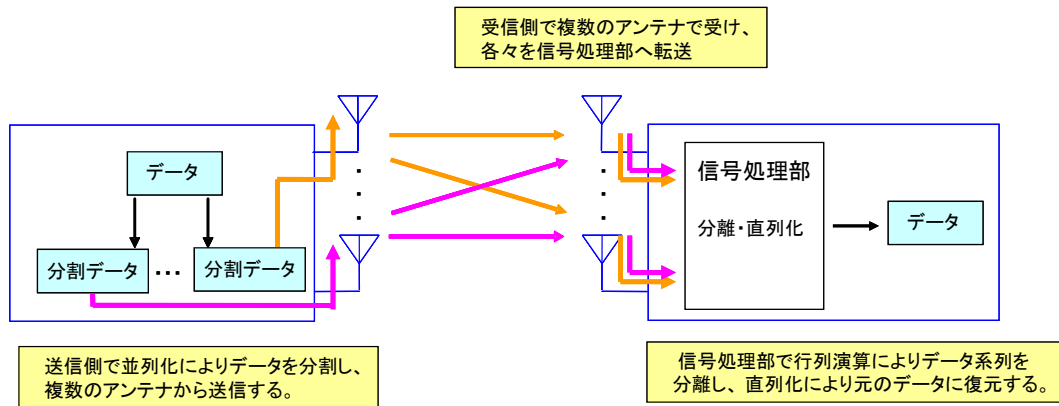


図 4-6 IEEE802.11n の MIMO 技術

イ 通信距離及び遮蔽物による電波の減衰に関する課題と方策

本調査検討会で実施した検証試験では、2箇所を設置した無線親局装置で各々2方向に電波を輻射することにより、当初計画した通信エリアをほぼカバーすることができた。しかしながら、伝送路上に森林や山陰等で電波が遮蔽され、受信電力が低い結果となったポイントや、一部受信不可となるポイントもあった。受信可能な通信距離を向上させるには、無線親局装置の空中線電力を上げる手段が有効であるが、無線アクセスシステムの一つである無線親局装置で使用している周波数は、同じ用途の他の無線局と周波数を共用しており、干渉等の問題から現実的ではない。むしろ森林や山陰等の遮蔽物による電波の減衰の影響を軽減するような対策を検討し、講じていく方が効果的である。

一般的に、低い周波数を利用する場合、電波は回折され減衰も少ないが、高い周波数を利用する場合、電波の直進性が高いため、電波の回折せず遮蔽物による電波の減衰も顕著であり、結果として通信距離が短くなってしまふ。中山間地域で無線アクセスシステムを構築する際は、設計段階で上述したような課題に関して考慮する必要がある。伝送路上に森林や山陰等の遮蔽物があって、電波が遮蔽され、受信電力が弱いところでの対策例を図 4-7 及び図 4-8 に示す。

本調査検討会で構築した無線アクセスシステムにおいては、無線 MAN/LAN 中継局間の中継機能は有していないが、中継機能の有る装置をメッシュ構成に配置し、迂回中継することにより、電波の不感地域をカバーすることが可能となるとともに、技術試験モニターをご利用頂けなかった方々にもブロードバンド環境を提供することが可能となる。

また、本調査検討会で構築した無線アクセスシステムが、「地域公共ネットワークに接続された公共施設に無線親局装置を設置する」という要件がなければ、コストは増加するが、公共光ファイバを延伸し、遮蔽物がなく、無線 MAN/LAN

中継装置までの見通しを確保できるところに無線親局装置を設置することも有効と考えられる。

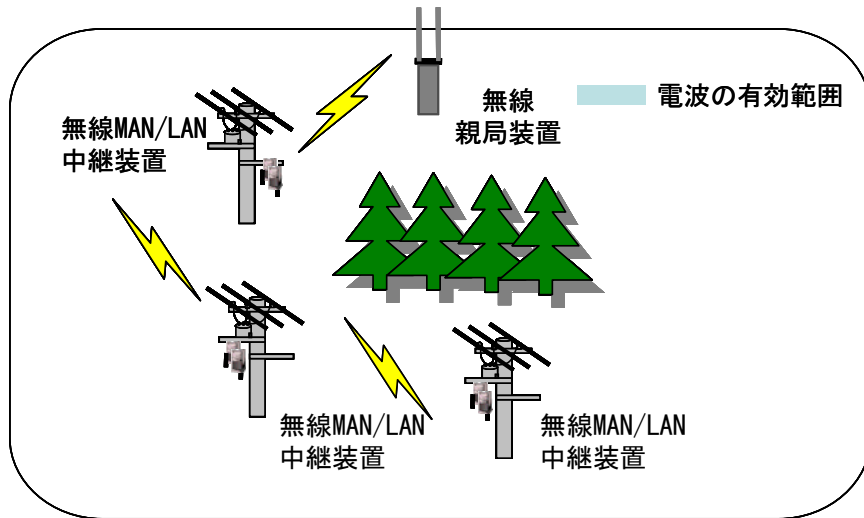


図 4-7 無線 MAN/LAN 中継装置の多段接続による解消例（メッシュ構成）

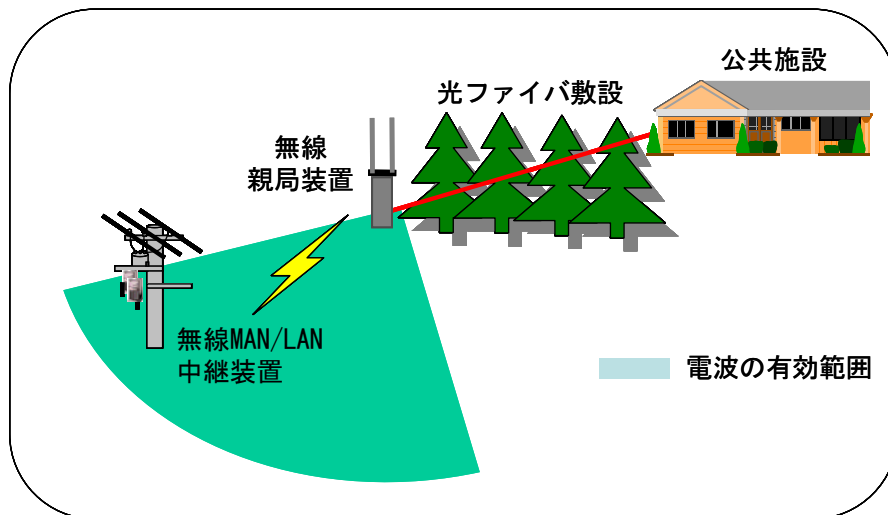


図 4-8 公共光ファイバの延伸による解消例

ウ 立地環境による課題と方策

中山間地域は、一般的に森林や山陰等による遮蔽物、降雪・積雪・雷雨等の気象条件等により、無線アクセスシステムを構築するには立地環境が必ずしも恵まれているとは言い難い地域といえる。このような立地環境を考慮し、無線アクセスシステムを活用してシステムを構築する場合には、コスト面での検討のほかに、立地環境も考慮にいたれた検討を事前に十分行う必要がある。

以下に、北陸地域における中山間地特有の設置場所の問題とその方策について述べる。

設置場所の問題とその方策

無線アクセスシステムの構築にあたり、無線親局装置の設置場所はアンテナ高が高く、周囲を見通せる場所が望ましい。また、地域公共ネットワークが近くまできていること等、ロケーションの良い場所が望まれる。しかしながら、現実的には中山間地域は森林等が多く、一箇所で地域全体を見通せる場所は少ない。また、公共施設の数も少ない場合が多い。このような場合における対策については、4.1(1)空白地域解消のイメージで説明したとおりである。

本調査検討会が構築した無線アクセスシステムでは、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が、電源供給については商用電源から供給を受けることとしたため、商用電源が停止した場合には機能なくなってしまう。このため、商用電源の停止時にもサービスを継続して提供できるように、無線親局装置の電源のバックアップ対策が必要である。

また、北陸地域では雷の発生頻度も高く中山間地域等の山あい無線アクセスシステムを構築する場合は、雷害による影響も考慮する必要がある。北陸地域（金沢）と関東地域（宇都宮）の雷発生頻度の比較を図4-9に示す。また、雷害要因とその対策事例を図4-10に示す。雷害要因としては、直撃雷や電力線からのサージが挙げられる。これらの対策については、避雷針や耐雷トランスの設置が一般的である。

(1971年～2000年の30年平均 理科年表平成14年より引用)

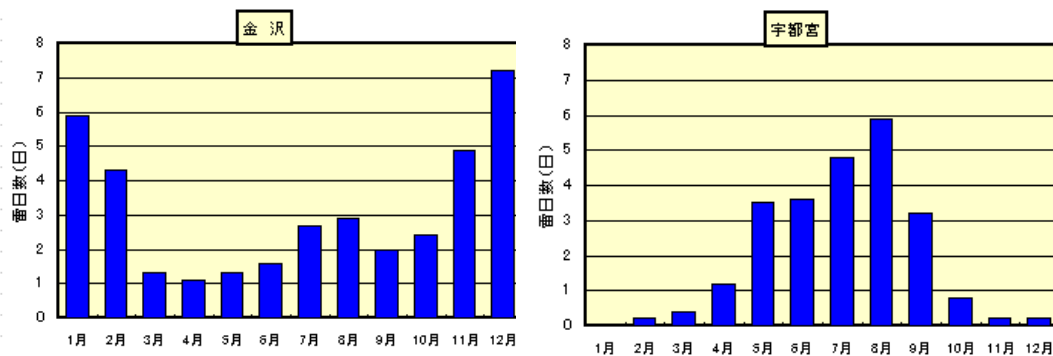


図4-9 北陸地域（金沢）と関東地域（宇都宮）の雷発生頻度の比較

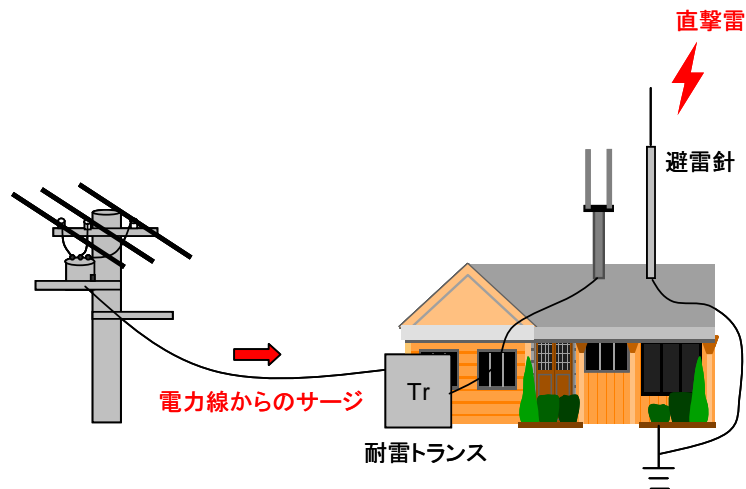


図 4-10 雷害対策事例

(2) セキュリティ保護に関する課題と方策

「第2章 2.2(4)ネットワークセキュリティ対策」で述べたとおり、本調査検討会で構築した無線アクセスシステムは、「通信内容の傍受対策」として WEP による暗号化を、「不正侵入対策」として WEP キーや RADIUS サーバによるユーザー認証及び VLAN によるセキュリティ対策を講じた。

WEP に関しては様々な脆弱性が指摘されており、インターネット上で暗号解読ツールが公になっているため、さらに強固なセキュリティ対策が求められる。

ア 無線アクセスシステムのセキュリティ

(ア) 接続ユーザーにおけるセキュリティ対策

接続ユーザーが使用する無線 LAN 設備のセキュリティ対策を表 4-3 及び図 4-11 に示す。一般的に使用されている WEP を用いたセキュリティ対策よりも更に強固な暗号化対策としては、WPA(WiFi Protected Access) や AES(Advanced Encryption Standard)がある。そして、不正進入への対策としては MAC アドレスによるフィルタリングや ANY 接続拒否、SSID のステルス機能等がある。運用に際しては、これらの方法を組合せるなどして、十分なセキュリティ対策を施す必要がある。

表 4-3 接続ユーザーにおける無線 LAN のセキュリティ対策の一例

通信内容の傍受への対策	WEP64/128bit(IEEE802.11)
	WPA (802.11i)
	AES(802.11i)
不正侵入への対策	WEPキー
	認証 (RADIUS) サーバーによるユーザー認証
	ANY接続拒否機能
	SSIDのステルス機能

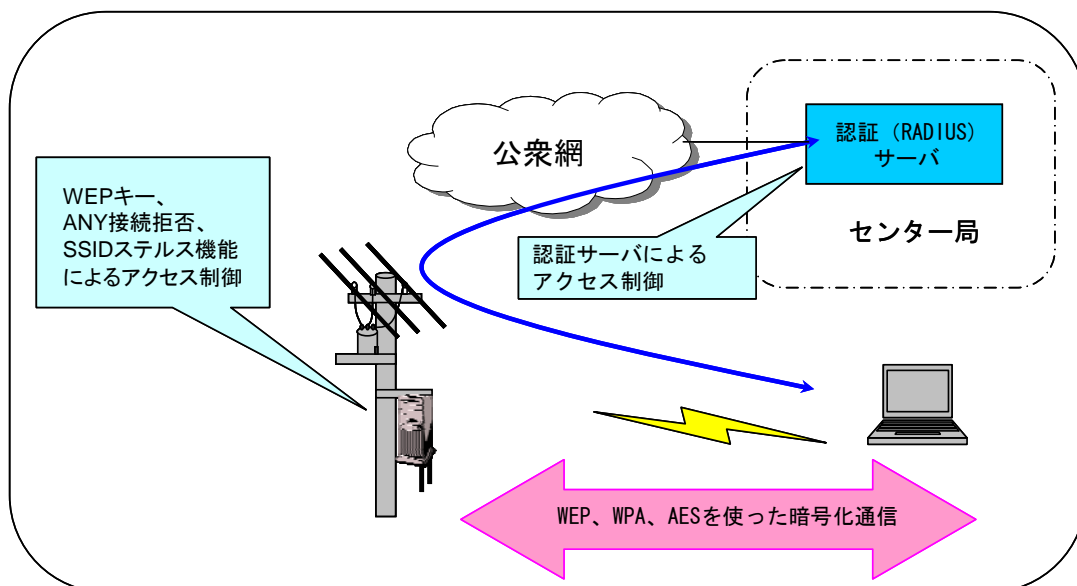


図 4-11 接続ユーザーにおける無線 LAN のセキュリティ技術の一例

- (イ) 接続ユーザーにおける無線 MAN 子局装置 (4.9GHz) のセキュリティ対策
4.9GHz 帯の無線 MAN 子局装置におけるセキュリティ対策を図 4-12 に示す。
検証試験では、無線親局装置～無線 MAN 子局装置間に VLAN を利用した VPN 構成とし、RADIUS 認証によるアクセス制限をかけてセキュリティ対策を講じた。

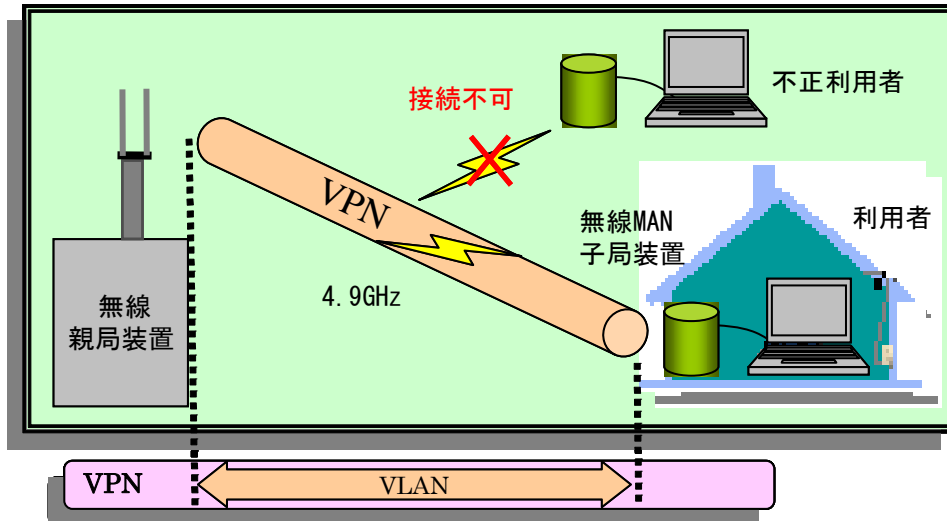


図 4-12 接続ユーザーにおける無線 MAN 子局装置のセキュリティ技術

イ 接続ユーザーが使用するパソコンのセキュリティ対策

検証試験システムでは、接続ユーザーはインターネット網へ接続するために、HTNet のネットワークセンターに設置されたルータに PPPoE 接続をし、RADIUS サーバによる認証を行い、認証されればルータから接続ユーザーにグローバル IP アドレスが付与される (図 4-13)。グローバル IP アドレスが接続ユーザーのパソコンに付与され、パソコンが直接外部にさらされることとなるため、ウィルスなどに感染する可能性が高くなる。現在のところ、こうした危険性に対しては、一般ユーザーの認識度にバラツキがあり、セキュリティ対策は一般ユーザーの経験や知識に依存することとなる。

※検証試験では、接続ユーザーのパソコンにウィルス対策を講じた。

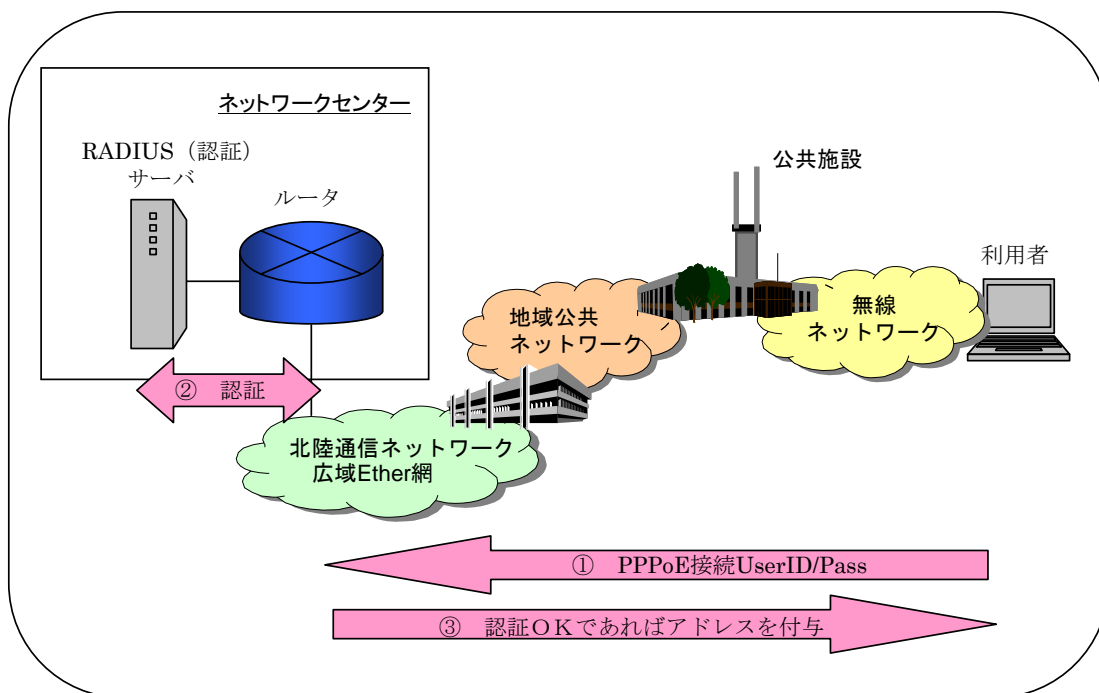


図 4-13 接続ユーザー認証するまでの流れ

接続ユーザーが使用するパソコンのセキュリティ対策事例を図 4-14 に示す。
 対策事例で示すように、接続ユーザーが利用するパソコンの前段にブロードバンドルータを置き、ルータの NAT 変換機能を利用してプライベート IP アドレスを付与すればウィルス感染の可能性は低くなる。さらに、セキュリティ対策ソフト等の導入が有効な対策であると考えられる。

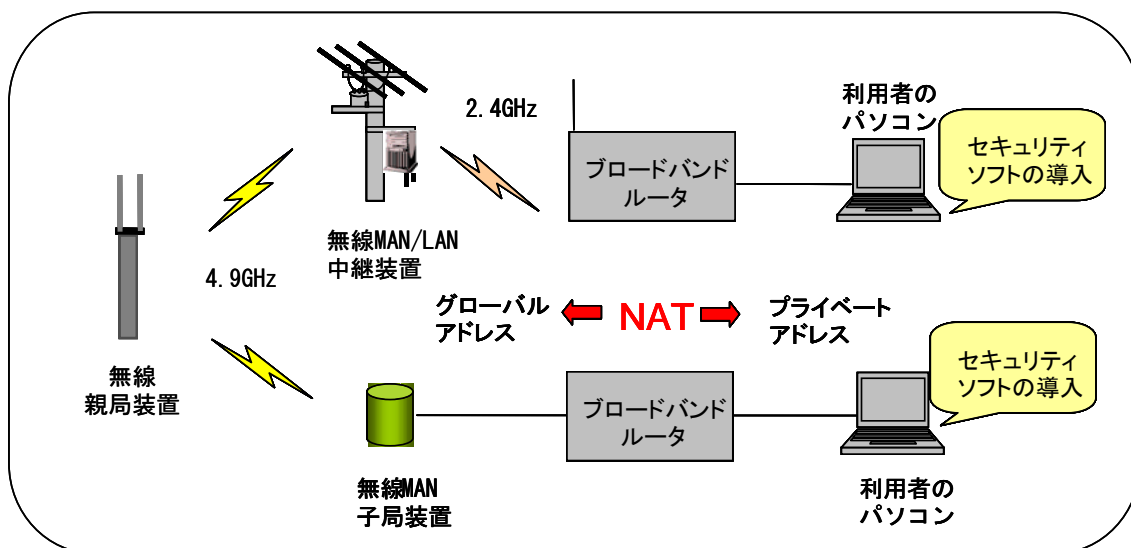


図 4-14 接続ユーザーが使用するパソコンのセキュリティ対策

(3) 制度的課題と方策

これまでに述べてきたように、中山間地等のブロードバンド空白地域を解消するため、本調査検討会で構築した無線アクセスシステムを実際のサービスに供するには、以下に述べる制度的に考慮しなければならない課題がある。この課題に関しては、本調査検討会で構築した無線アクセスシステムを導入することを前提に考察した。

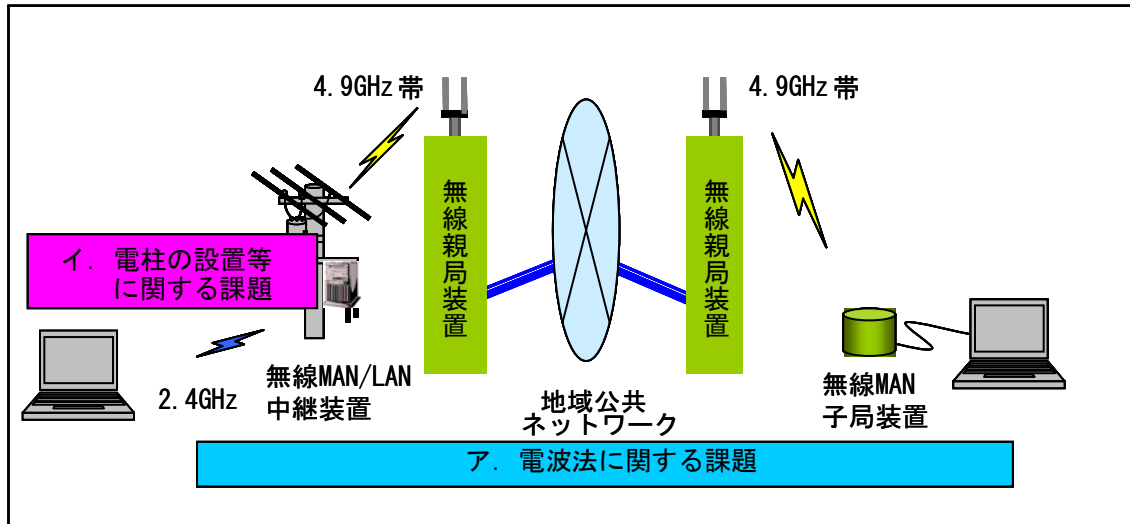


図 4-15 モデルシステムにおける設備構成

ア 電波法に関する課題と方策

本調査検討会で構築した 4.9~5.0GHz 帯を使用する無線アクセスシステムは実験局で免許申請から無線局免許まで 2 ヶ月程度を要した。この実験局を実用局として運用するためには、登録無線局として登録を受けるか、一般の無線局として免許を受ける必要がある。

登録無線局は無線局免許の手続きが簡易であることから、同帯を利用した無線アクセスシステムの円滑な導入を図るためには、登録無線局制度の活用が有効である。しかしながら、同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され、その他の区域では一般無線局として免許を受けなければならない。

登録可能な区域の拡大については、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無線局が周波数移行を完了したことから、現在、検討が行われているところであるが、ブロードバンド空白地域の存在する中山間地域を含めた適用区域の拡大が望まれる。

イ 電気通信事業法に関する課題と方策

本調査検討会で構築した無線アクセスシステムを自治体が導入する場合の留意点について述べる。

地域公共ネットワーク及び無線アクセスシステムを自治体自らが保有し、営利を目的としない電気通信事業を行う場合は、総務大臣への届出を行えばよいとされている。

そのほか、地域公共ネットワーク（光ファイバの空き芯線）を他の電気通信事業者に貸与（IRU契約）して、その電気通信事業者に提供してもらう方法もあるが、この場合、提供してもらう電気通信事業者へは、何らかの財政支援が必要になると思われる。

また、補助事業を活用して構築した未利用部分の光ファイバ芯線を電気通信事業に利用する場合、電気通信事業への開放を前提として整備したものを除き、補助金交付元に電気通信事業用としての手続きについて確認する必要がある。

一方、これまで北陸三県において、自治体（地方公共団体）自らが整備した光ファイバ等を活用して電気通信事業者となっている事例は次のとおりである。

非営利自治体 (平成18年8月末現在)

富山県	射水市、魚津市、小矢部市、砺波広域圏事務組合、氷見市
石川県	能登町、七尾市、白山市、津幡町、宝達志水町
福井県	大飯町、福井県、大野市、南越前町

地方公共団体が整備・保有する光ファイバ網の電気通信事業者への開放に関する標準手続（第2版）

(http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/pdf/hikari_0406.pdf)

(4) その他の課題と方策

不採算地域への投資は民間の電気通信事業者にとって負担が大きく、ビジネスモデルを描くことが難しい。結果としてブロードバンドサービスの恩恵を受けられないブロードバンド空白地域が存在している。このことを踏まえ、本調査検討会では、システム構築費用の軽減を考慮し、地域公共ネットワークの空き芯線と無線アクセスシステムを組み合わせたシステムを構築し通信試験等を行った。

しかし、一般的には、地域公共ネットワークが整備されている地域の末端地域では利用できる空き芯線がないことが想定される。こうした地域に公共光ファイバと無線アクセスシステムを組み合わせたシステムを構築するには、新たに公共光

第4章 無線アクセスシステムの導入に向けた課題と方策

ファイバを延伸する必要があるが、多額の費用を要する。このため、これらの整備に要する費用負担について、公的制度による助成が望まれる。

また、本調査検討会では、当初、技術試験モニター宅の軒下に無線 MAN/LAN 中継装置を設置する予定であったが、電源供給、機器故障時の保守対応等を考慮し、電柱の設備保有者と協議の上、電柱に設置することとした。この場合、電柱の設備保有者との事前協議や、契約手続き等の諸手続きが必要となるほか、国土交通省や自治体等、道路管理者への届出も必要となる。

なお、今回の検証試験システムと同様のシステムを構築するとした場合に、必要となる諸手続き事項を表 4-4 に、これに関連して生ずる必要なランニングコストの項目を表 4-5 に示す。

表 4-4 必要な諸手続き事項

必要な諸手続き事項	申請、届出、契約先
無線局の免許申請	北陸総合通信局 陸上課
電気通信事業の届出	北陸総合通信局 電気通信事業課
インターネットサービスプロバイダーとの契約	任意
電柱への装置の設置に関する契約等	(主な企業) 北陸電力の場合：管轄する支店・支社の営業部配電課又は配電計画課 NTT西日本の場合：NTT西日本-北陸 金沢支店 設備部
電気供給の契約	北陸電力(株) お客様サービスセンター
道路占有許可	国道：国土交通省北陸地方整備局 県道：地方自治体(県)

表 4-5 必要なランニングコスト項目

ランニングコスト項目
各無線装置の電気料金
電柱共架・添架料金
インターネット接続サービス料金 (ISP 約款料金による)