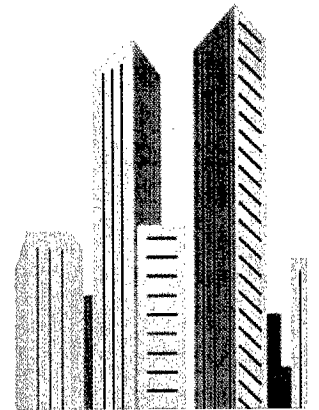


# 5. 無線による 地域ネットワーク実験

—都市コミュニティの新しいかたち—

山崎重一郎 (株) 富士通研究所  
井上 崇 東和大学  
川根祐二 九州システム情報技術研究所  
荒木啓二郎 九州大学/九州システム情報技術研究所



福岡市早良区の“シーサイドももち地区”に無線を利用した地域ネットワークを構築し、都市のインフラとしてのインターネットの利用の実証実験を行った。

本稿ではこの実験における、高層建築物を利用した都市部に適した無線LAN装置によるネットワークの構築方法、住宅や公共施設をつないだ地域ネットワークのコンテンツとサービス、そして地域コミュニティによる地域ネットワーク利用について報告する。

## 都市インフラとしての インターネット

一般家庭まで光ファイバー網を整備するという「FTTH (Fiber to the home) 構想」が実現すれば、インターネットへの接続の口が電気や水道などと同じような住宅都市インフラの1つになるといわれてきた。しかし、この新しいインフラはネットワーク化社会を前提として利用されるものであり、単純に大容量の回線網さえ整備すれば自然に活用されるようになるというわけにはいかない。

インターネットがそれぞれの地域で活きた都市インフラの1つになるためには、いつでも気軽に利用できる安い利用コスト、日常的に利用する動機になるような魅力的なサービスやコンテンツがあること、安全にネットワークの世界に参加できるこ

となど、重要な前提条件がいくつも存在している。

これまで、住宅のインターネットの通信インフラは電話網を利用することが一般的であったが、電話回線をデータ通信に使う方法は、回線速度の面でもコストの面でも問題を抱えている。また、光ファイバーによる専用線も、現時点では一般家庭が日常的に利用するにはあまりにも回線料金が高すぎて現実的ではないといつてよいだろう。

電話回線や光ファイバーは、元来、電話交換網を目的に作られたインフラであり、伝送誤りがほとんど発生しないきわめて高品質の回線として作られている。しかし、IPによるデータ通信では、Webのブラウジングなどの一般的な用途では10%程度の伝送誤り率ならば利用者はほとんど不快感を感じないといわれている。つまり、従来の電話網のため

の通信回線はデータ通信のためのインフラとしてはオーバースペックであるといえる。電話網並みの回線品質にこだわらなければ、はるかにランニングコストの安いネットワークインフラが存在する。無線LANは、その一例である。

本稿では、無線LAN装置を利用して構築した通信基盤による、都市インフラとしての地域ネットワークの実証実験について報告する。この実験は、平成10年度に福岡市が建設省の補助事業として行った「福岡市オンライン認証実証実験」(「福岡市マルチメディア住宅実証事業」)において、(財)九州システム情報技術研究所 (ISIT) が福岡市からの委託を受けて実施したものである。

## 福岡市シーサイドももち地区の特徴

福岡市早良区のシーサイドももち地区は、約10年前に博多湾の埋め立て地に作られた約3Km四方の臨海地域である。この地域に福岡ドーム、福岡タワー、福岡市総合図書館、福岡市博物館、国立医療センターといった公共施設や、テレビ局、銀行、情報処理関連の大企業のビルが集中

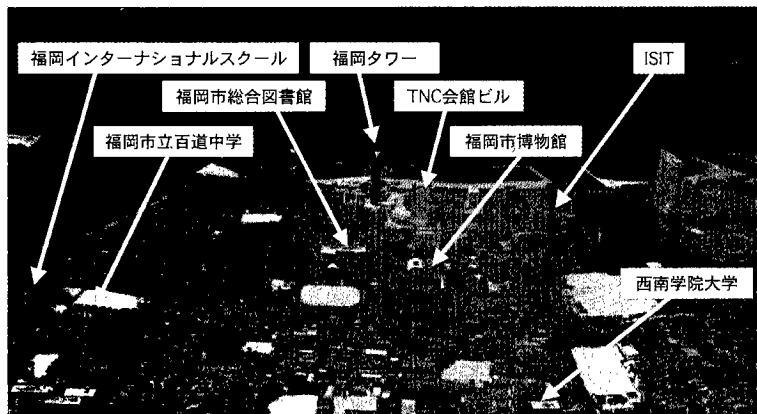


図-1 福岡市早良区シーサイド  
もち地区の航空写真

している。またその周辺には住宅地が隣接しており、小学校、中学校、高校、インターナショナルスクール、大学などがこのエリアの中に立地している（図-1）。

つまりこの地域は、娯楽、医療、教育、文化などに関連したマルチメディアコンテンツが生み出される場所とそれを消費する都市住民が隣接して存在している全国でもまれな地区であるということが出来る。しかも地下の共同溝には住宅地のそばまで多数の光ファイバー網が張り巡らされており、通信インフラの面でも「FTTH構想」を実現するための絶好の条件がそろっている。

#### 地域の光ファイバー網

このような好条件がそろっているにもかかわらず、この地区の光ファイバー網は10年を経た現在でも地域ネットワークとしての活用は一部に限られている。

その理由の1つとして、「支店経済」といわれる地方都市の企業の特性が挙げられる。地方都市にある大企業の支店は専用線を通じて直接東京などの本社と接続されており、そこで初めてファイアウォールを超えてインターネットと接続される。このため、福岡にある企業間で隣のビルに電子メールを出すと、東京や大阪などの本社を経由してメールが配送されるといったことが起こる（図-2）。つまり企業の情報は本社を

頂点とする垂直方向の流れを基本とするため、地域内に大容量の回線があってもそれを直接利用するような水平的なトラフィックはきわめて限定されてしまう。

もう1つの理由は光ファイバーの利用コストである。光ファイバーを使った大容量の専用線はたいへんコストが高く一般家庭や中小企業で利用するのは現実的には非常に難しい。

さらに、大容量の光ファイバーを必要とするマルチメディアコンテンツをインターネットで公開しようとすると著作権の問題が立ちふさがり、この地域のマルチメディアコンテンツは充実している。たとえば、福岡市総合図書館には、アジア映画を中心とした膨大な映像ライブラリがあり、福岡市博物館には、地域行事や福岡市が開催しているアジアマンズでのアジアの芸能の映像ライ

ブラリがそろっているという具合にである。しかし、これらの映像は、著作権や公開範囲が限定されているといった理由で情報はネットワークでは公開されていない。

こういったことから分かるように、光ファイバー網という物理的なインフラの整備だけでは地域ネットワークとして活用されるようにはならない。

#### 光ファイバーから無線LANへ

この実験の当初の我々の目的は、この地域に埋設されたままになっている光ファイバー網の有効活用であった。無線LANを使用したのはコスト的な理由からであり、将来的に光ファイバーのコストが下がったときのネットワーク環境をシミュレーションしようとしたというのが実情であった。

しかし、無線LANの実用性が明らかになるにつれて、本格的な地域ネットワーク構築の手段として積極的に捉えるようになった。

また、設置するとすぐに利用できるようになることも無線LANの魅力の1つであった。光ファイバーの

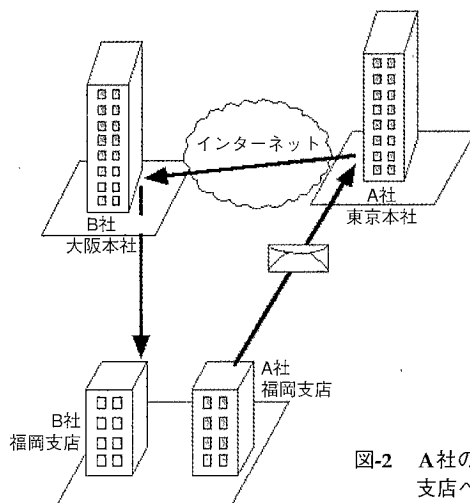


図-2 A社の支店からB社の支店への通信経路

専用線の接続には契約や工事を含めるとかなりの時間が必要となるからである。この点で、無線LANは既設のアンテナからの見通しのある場所でさえあれば実験やデモなどに応じて簡単に大容量の回線が構築できるためにたいへん便利であった。

このような理由から、初期の計画では光ファイバーを利用することにしていた部分も次々に無線LAN接続に置き換えてゆき、それによってコストや敷設に要する時間を大きく節約することができた。

## 地域ネットワーク 「momonet」

この実験のために我々が福岡市のシーサイドももち地区に構築した地域ネットワークを我々は「momonet」と呼んでいる。

momonetの地理的な構成は、ISIT、地元のテレビ局のTNC社屋の高層ビル（TNC会館ビル）、福岡市総合図書館、福岡市博物館、福岡市立百道中学校、福岡インターナショナルスクール、西南学院大学、そして住宅15軒が接続されたものであった。

無線による接続は、まずISITがインターネット接続の起点であるため、ISITが入居している福岡SRPセンタービルの屋上に無線LANのアンテナを建て、ここから約100mの距離にあるテレビ局の高層ビルに無線LANの基地を置いた。そして、この高層ビルのアンテナを拠点として、博物館や図書館、百道中学校、西南学院大学を接続した。TNCの高層ビルから博物館と図書館は数10m、中学校までの距離は約1Kmである。中学校とインターナショナルスクールは隣接しており、インターナショナルスクールへは中学校から接続した（図-3）。

モニタ家庭は百道中学のパソコン部の生徒を対象に募集したため、百道中学に近接している住宅は百道中

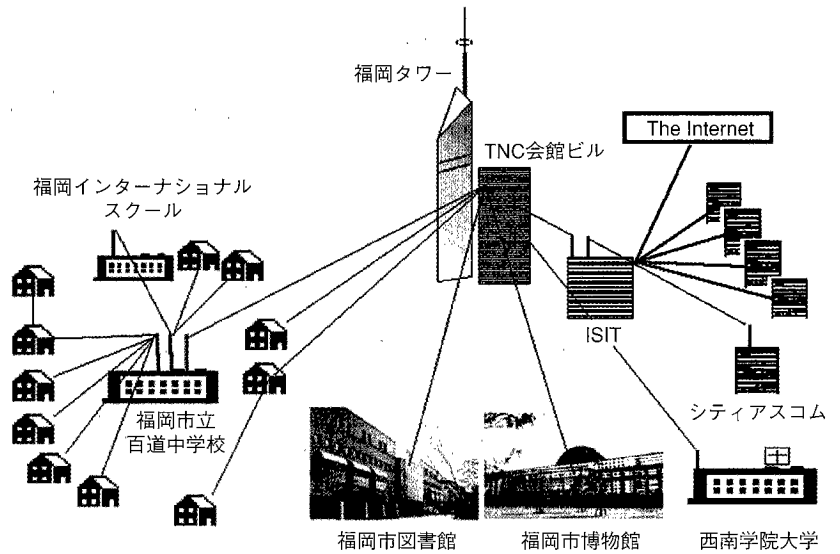


図-3 momonetの構成

表-1 使用した無線LAN装置の主な仕様

変調	ダイレクトシーケンス・スペクトラム拡散
アンテナ	屋内：ダイポールアンテナ 屋外：オムニアンテナ
送信電力	10mW/MHz
周波数	2.4GHz
通信速度	最大2Mbps
通信距離	屋内：45～90m 屋外：1Km

学校を拠点として接続した。しかし中学校の建物は4階建てと低層建築であるため、TNCセンタービルから直接電波を受けたり、無線LANのリピータ機能によって他の家庭から電波を受けたり、モニタ宅に2台の無線LAN装置を異なる窓に配置して住宅内にEthernetケーブルを張るという方法も含めてさまざまな接続形態をとった。モニタ宅との接続では、最も離れた場所では2Kmの距離で接続している地点がある。

## 無線による 都市ネットワークの構築

従来、無線による地域ネットワークは、主に山間地など見通しは良いがケーブルの敷設にはコストがかかるといった場所で利用されることが多く、障害物の多い都市ではあまり利用されてこなかった。本章では、

都市部で無線を利用するうえでの問題点と対処方法について述べる。

### 使用した無線機器

今回の実験に使用した無線LAN装置の仕様を表-1に示す。この無線LAN装置は免許なしで利用できる市販のものである。ダイレクトシーケンス・スペクトラム拡散法による通信を利用しているため、反射などによる時間軸方法の波形の歪みの影響を受けにくく、ビルや電波塔がある悪条件の中でも安定した通信が可能である。通信路の暗号化機能、リピータ機能、ブリッジ機能などを備えている。それぞれにIPアドレスを割り当てると、遠隔地からメンテナンスを行ったり情報収集を行ったりすることも可能になる<sup>1)</sup>。単価は1台あたり約20万円で、屋外に設置する場合は屋外設置用のオムニアンテナを接続して利用した。

図-4 屋上に設置したアンテナ

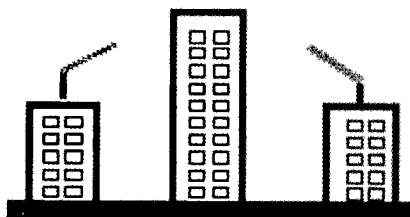
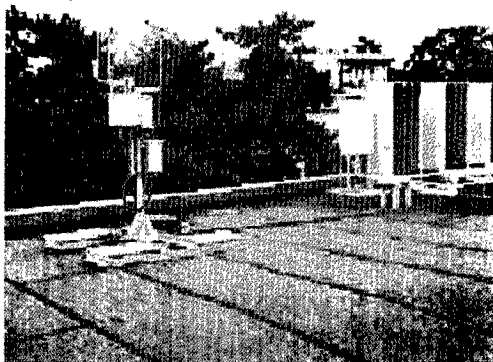


図-5 ビルの屋上間で通信できないケース

### 2.4GHz帯の電波の問題点

ダイレクトシーケンス・スペクトラム拡散方式の無線LANに許可されている2.4GHz帯の電波は、ビルなどの障害物があるとその影となる部分にはほとんど届かないという光に近い直進性を持っている。基本的にアンテナへの見通しがなければ通信できないと考えてよい。

また、この電波はガラスがあると大きく減衰する。特に、窓ガラスと電波の進行方向との入射角度が小さいときには著しい減衰を示した。この減衰率はガラスの質にも依存し、特にブロンズガラスや金網入りのガラスでは減衰率が大きい傾向がある。

このような特性から、ビルなどの障害物の多い都市部では、無線LANによる屋外通信は適していないという問題がある。

### インターネットアンテナ

このような問題を解決するために、無線LANのアンテナをマンションの屋上やベランダに設置する方法を考えた。これはテレビアンテナの設置方法とよく似ているので、我々は「インターネットアンテナ」と呼んでいる。

ベランダに設置するケースでは、

屋内とベランダの配線を行うためにエアコンのダクト穴を利用したり、すき間ケーブルで窓のサッシのすき間を経由してアンテナ線を外に出したりした。

無線LANのアンテナを屋上に上げる方法にはアンテナケーブルを延長する方法と、無線LAN装置からEthernetケーブルを延ばす方法がある。

アンテナと無線LAN本体をつなぐアンテナケーブルを延長する方法は、あまり延長距離を延ばせないという制約がある。ケーブルを延長するほどケーブルによる減衰率が大きくなるために電波の到達距離が短くなる。我々が使用した機種では、約10mが限界であった。

無線LAN本体から出ているEthernetケーブルを延長する方法は、数10mの距離を延長することが可能である。我々は、延長距離の観点から、屋上設置の場合は、Ethernetケーブルを延長する方式を多く選択した。このため、防水対策や漏電対策などを施したケースに無線LAN本体を収納している(図-4)。

こちらの方式も、マンションなどのビルでテレビの集合アンテナを屋上に設置し各部屋にケーブルを延ば

しているのと基本的に同じ方法であり、ビルの構造上の設置も基本的に同様な方法で実現できるという利点がある。

### インターネットアンテナで作る通信インフラ

都市で無線LANを使った通信インフラを拡大してゆく方法として、インターネットアンテナを設置したビルの屋上から次のビルの屋上へと無線LAN装置のリピータ機能を利用して電波の到達距離を延長しながら広げてゆく方法が考えられる。

この方式は、電波を送受信するために必ずアンテナとの見通しが必要だということを考えると、現実にはこの方式で高さの異なるビルや複雑に入り組んだ都市のビル間をつなぐのは難しい(図-5)。特にマンションでは、管理組合のポリシーによって屋上へのアンテナ設置が許可されないケースがあるため、ビルの屋上に設置したインターネットアンテナをリピータして接続してゆくという方式には限界がある。

### 高層建築物や電波塔を使う方式

ビルの屋上のアンテナを次々につないでゆく方式の問題を解決する1つの手段として、テレビ塔のような高層の建築物を利用する方式が考えられる。どのビルの屋上からでも見通しを確保できるような高層の建築物が拠点になっていれば、インターネットアンテナ設置場所の自由度は著しく広がる(図-6)。

我々は、テレビ局が電波塔を利用しているのと同様に、都市部における無線LANを使ったネットワークインフラを構築するには、電波塔を使用するのが現実的な方法であると考えている。

また、高層マンションの住宅のベランダなどへのアンテナの設置でも高度さえあれば同様の効果を持つが、無線LAN装置の電源管理などの運用面を考えると、そのようなア

ンテナは公共性のある屋上や電波塔などに設置することが望ましい。

ただし、テレビなどの放送型の通信と異なり、ネットワークでは双方向の通信となるために、電波塔のような拠点を設ける方式は、そこにトラフィックが集中するという問題がある。この問題を避けるためには、電波塔にあたる拠点を論理的に複数のノードとしたり、隣接ノードへ階層的な負荷分散などの手段を講じる必要がある。

### 使用した無線LAN装置の通信速度の性質

無線LANを対向でサーバとクライアントに接続し、その間の最大通信速度を測定した。プロトコルにはTCP/IPを使用した。その結果次のような結果が出た。(1) 無線LANが対向2台の場合、距離が1Km以内であれば、0.8Mbps~1.5Mbpsの伝送速度が得られていることが確認できた。(2) 無線LANが親機1台に対して、子機が複数台存在する場合、通信速度は(1)の30%~50%に低下する。つまり、無線LANで1対多の対向通信を行おうとすると、実際には1対1のトラフィックしかない場合でも最大通信速度が半分以下に落ちるという現象が確認された。

### クラスタ化を考慮したネットワーク構成 (図-7)

momonetのネットワークは、無線LAN装置の最大通信速度の特性とスケラビリティを考慮して、1対1で通信する基幹部分と1対多の通信を行う部分を分離した形で構成した。この構成のポイントは、次の2点である。

- (1) ネットワークの拠点は、ISIT、TNC会館ビル、中学校の3地点である。
- (2) 拠点となる3地点間をつなぐ経路は、基幹として扱い、無線LANの最大通信速度を確保でき

るようにする。

この要件を満たすために、各拠点を結ぶ幹線は、無線LAN機器の1対1対向による構成とし、他の1対多の関係を持つ無線LAN機器とは完全にネットワークとしてのセグメントとしても分離する。このために、各拠点ではルータを入れてセグメントの分割を行っている。

この構成で特に重要なのは、高層ビルである。今後電波塔の利用などによってこのネットワークインフラの拡張を行う場合、その中心になる高層建築物に設置されたアンテナは、基本的に基幹にあたる部分を担うことになる。この構成で中学校のような位置付けの拠点を「クラスタ」と呼ぶことにする。クラスタは、電波的な障害物によって分割されたネットワーク領域と同一視できる。電波塔のような場所は、クラスタとの接続を集約する機能と、クラスタからの接続性が得られない「孤立した場所」への接続性を確保する機能の2つになる。

無線LANによる地域ネットワークのスケラビリティは、このクラスタの数を増やすことによって実現される。しかし、このクラスタ型のネットワークは、運用面では問題を持っている。

たとえば、中学校が拠点となって

いるケースでは、ルータや基幹網のアンテナなどが設置されているにもかかわらず中学校の中にはネットワークに関する知識を持つ人がいないためにトラブルへの対応が遅れがちであった。ネットワークの拠点を地域に分散化するためには、運用技術を持った管理者のネットワークも地理的に分散化しつつ協調して問題に対処できるような体制をつくる必要がある。

## 地域コミュニティによる利用

### モニタ利用者

この地域ネットワークの一般家庭のモニタは、地域の中学校である福岡市立百道中学のパソコン部生徒の

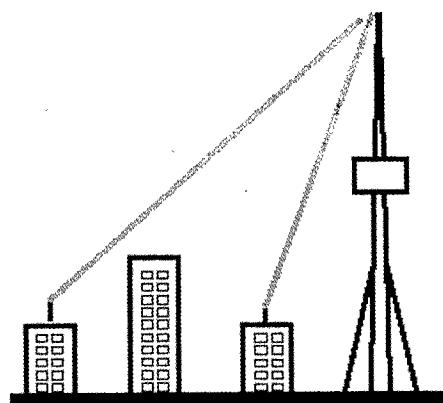
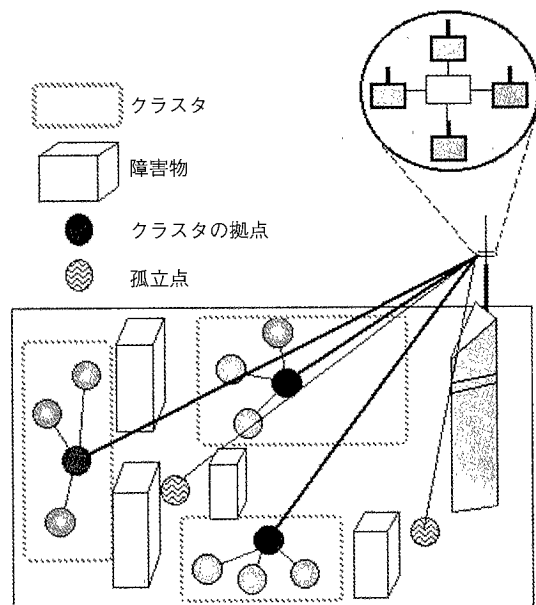


図-6 高層建築物を利用したケース

図-7 クラスタや孤立点と電波塔の関係



家族15家庭であり、その対象者は合計約60名であった。このようなモニタを選定した理由は、パソコン部の先生(松野教諭)がたいへん熱心に教育へのインターネット利用などに経験が豊富であったことと、パソコン部の生徒がすでにインターネットの利用に習熟していたため、基本的なりテラシーの段階の実験コストを軽減することができたからである。

モニタの各家庭にパソコンを配布し、無線LANによるネットワーク接続環境を提供した。無線がどうしても届かないところにはISDNによる接続環境を提供した。

パソコン部の生徒はパソコンに習熟していたが、その家族はほとんどが初心者であった。このため、数回にわたり、パソコンの利用の講習会を開催した。このような講習会は、パソコンの使い方を教えるということだけでなく、モニタ家庭間の家族の面識を作り、ネットワークを通じたコミュニケーションを促進するきっかけとしての機能も果たした。

#### デジタル証明書の発行実験

地域コミュニティでネットワークを活用してゆくには、ネットサーフィンを行うだけでなく、ネットワークを参加的に利用できる必要がある。この実験は、もともとインターネット上の認証技術を利用して安全な参加型サービスを地域コミュニティで利用することにあつた。

これを目的とする実験として、ISITが運営する認証局からモニタ全員にX.509デジタル証明書を発行した。デジタル証明書の説明や組み込み方、S/MIMEによる暗号化電子メールの使用方法などについても講習会を開いた。

この公開鍵認証基盤を利用して、プライバシー保護や著作権保護の地域ネットワークサービスの実験を行った。サービスの具体的な内容としては、クライアント認証付きのSSLを使ったWebチャットによるコミ

ュニケーションツールである「コラボルーム」<sup>2)</sup>を開発して提供した。また、公共サービスのプロトタイプとして、福岡市総合図書館では、実験的に蔵書データベースから、SSLのクライアント認証を利用した図書予約を行うシステムを構築し実験を行った。福岡市博物館では、収蔵物データベースから博物館撮影許可申請を受け付けるシステムを、やはりSSLのクライアント認証を利用して構築し実験を行った。この実験のために、福岡市博物館と福岡市総合図書館にそれぞれSSL対応のWWWサーバを設置し、無線接続によってサービスを提供した。

#### 学校間の交流

福岡市立百道中学と福岡インターナショナルスクールは地理的には隣接した場所にありながら、これまであまり交流がなかった。両校が無線LANで接続されたことを利用して、共同授業の実験が行われた。これは、百道中学の英語の授業の一環として行われたもので、IRCを利用したチャットを使って、両校の生徒が互いにキーボードを使った英語の対話を行った。

#### 主婦のネットワークの利用

モニタ家族を対象としたホームページ作成教室やメーリングリストの作成などを通して地域コミュニティ作りにも配慮した。その成果として、主婦がメーリングリストを使って昼ご飯を食べに行く相談をするなど電子メールが日常的に利用されるようになった。主婦によるホームページの作成も生徒以上に熱心に行われ、ある主婦が作成したホームページで、わずかひと月で数千カウントを越すアクセス数があるページができたケースがあつた。このように急速にリテラシーが向上した理由として、無線による常時接続性の効果が見逃せない。我々による講習会以上にIRCによる外部の人たちとのコミ

ュニケーションがコンテンツ作りに役立っていたからである。

## 地域ネットワークの活用条件と無線LAN

この実験の経験から地域ネットワークの活用条件を分析してみると、光ファイバーのような大容量の回線の整備というのは地域ネットワークの1つの側面にすぎず、もっとたくさんの要素を勘案したバランスの良い投資が必要だといえるだろう。

その項目を挙げると(1)低コストで常時接続性を持つ回線網の整備、(2)地域における情報コミュニティの形成、(3)地域コミュニティのコンピュータリテラシーの向上、(4)インターネットを参加型で使えるようにするセキュリティ技術の向上、(5)地域ネットワークを利用したサービスの充実、といった条件が必要であると考えている。

中でも、低コストで常時接続性を持った地域ネットワーク基盤は最初にクリアされなければならない最も基本的な要素である。我々の実験では、気象条件などで通信エラーの比率が数パーセントにのぼる状態でも、インターネットの通常の利用にはほとんど支障を感じることはなかった。通常のデータ通信の回線として無線LANは必要十分な性能を持っている。

無線LAN装置は、実験した昨年に比べてますます価格が低下し性能が向上している。今後、商用のものも含めて地域ネットワークに無線LAN装置を使うケースは増加してゆくのではないだろうか。

#### 参考文献

- 1) 井上 崇: ワイヤレスLANによる地域情報通信ネットワークの構築, 東大大学紀要 No.24 (1998).
- 2) 山本 薫, 山崎重一郎, 須賀祐治, 荒木啓二郎: インターネット上で受信された情報に基づくアクセス制御方法について, コンピュータセキュリティシンポジウム'98 (1998).

(平成11年12月3日受付)