

無線 LAN 実証実験の事例報告

青木栄二

学校教育ネットワークにおける接続実験

背景と目的

現在、大分県では、地域の情報化を図るべく次世代のギガビットネットワーク「豊の国ハイパーネットワーク」を構築中である。そうした中で、幹線部分につながる安価な高速アクセス回線の確保が課題となっている。無線によるアクセスが、光ケーブルを敷設するよりコスト上安価であることや災害に強いことなどから注目されつつある。

無線アクセスのひとつとして、2.4GHz 帯の電波を使用する「小電力データ通信システム」通称無線 LAN がある。従来は屋内 LAN としてのシステムであったが、技術進歩により伝送距離が伸びて、屋外でも使用可能なシステムとなってきた。また価格も比較的安価であり、アンテナの種類によっては、数キロメートルの通信が可能であることから、市街地や山間部で有線ケーブルの敷設が困難な場合や短期的な臨時の回線として使用されている。

豊の国ハイパーネットワークの学校教育分野における活用を検討する場合、市内すべての県立高校 14 校を光ケーブルで結ぶにはコストがかかりすぎるため、無線 LAN によるアクセス手段を検証してみた。

- ・ 豊の国ハイパーネットワークのインターネットバックボーンとの接続
- ・ 市街地における干渉問題や電波範囲、気象条件などの影響
- ・ 実効速度や運用上の問題点など機器の能力
- ・ 学校教育におけるブロードバンドの有効性を検証

実験概要

実験期間

2001 年 3 月から 2002 年 3 月までの約 1 年間。

- | | |
|--------------------|----------|
| ・ 電波および接続状況の事前調査 | 2 月 7 日 |
| ・ 機器設置工事および調整 | 3 月 9 日 |
| ・ 大分商業高校側の LAN 内設定 | 3 月 14 日 |

実験場所

大分県庁共同庁舎 9 階	大分市大手町 3 - 1 - 1
大分県立大分商業 2 階	大分市西浜 4 - 2

ネットワーク構成

接続実験の位置関係を右の地図に示す。距離は直線にして約 1.4km と短いものの、これを光ケーブルで新規敷設しようとすると河川横断の問題もあり、かなりの労力を要する。

屋外用の無線の場合は、かならず見通しがきかないと通信できない。また市街地では、拠点間のビルの林立状況も影響してくる。今回は見通しがとれるものの、中間にビルがあって電波空間を若干遮っている状況である。

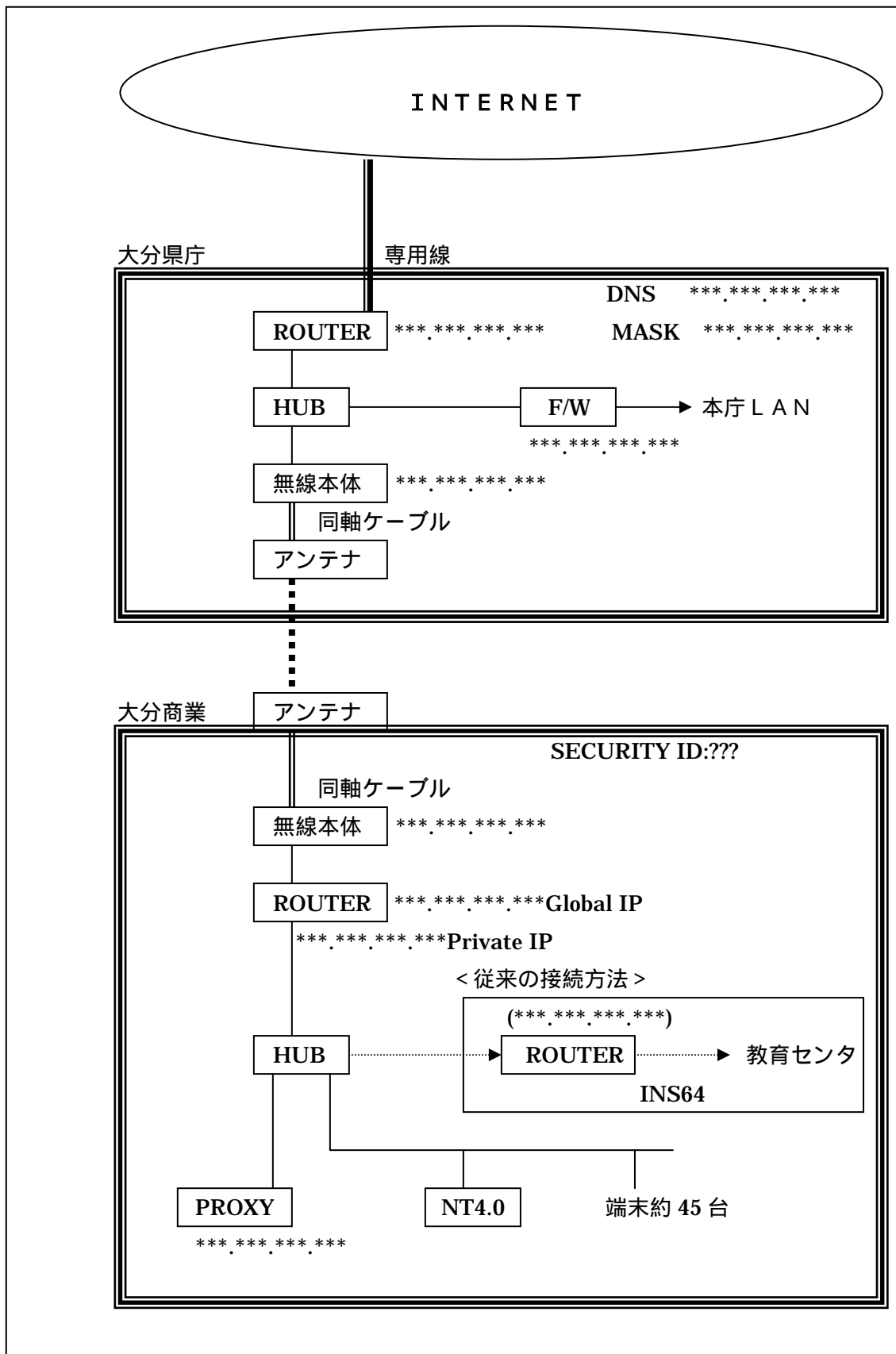


県庁側のアンテナは左の写真に示すように、屋内に取り付け窓越しに電波を送出する。通常は特殊なガラスでなければ問題ないが、今回のようにガラス面に対して角度がない場合は、外から入ってくる電波が反射により減衰する可能性が高い。そのため取り付け時の微妙な角度調節が難しかった。

大分商業側は、利用する PC 教室が 2 階であったために見通しがきかず右の写真のように、屋上にアンテナを設置した。こちらは県庁側のアンテナを狙うだけなので取り付けに問題はなかった。屋上から PC 教室へは外壁に同軸ケーブルを沿わせて暫定的に窓から入れた。



ネットワーク構成を、下図に示す。



事前調査として電波干渉を確認したところ、2442MHz 帯と 2462MHz 帯を中心とした電波がでていたため、県庁～大分商業間は 2412MHz 帯を使用することとした。県庁（9F 窓越し）～大分商業（4F 屋上）間にはビルがあるものの僅かに見通しが利く。このような現地状況では、すべての電波がうまく届かないケースがあり、実験でもパケット送信時にリトライ回数が増える傾向があった。最初県庁側には屋内設置用八木アンテナ（3 エレメント）、大分商業側には八木アンテナ（8 エレメント）を設置した。結果が良好ではなかったため、県庁側も八木アンテナ（8 エレメント）に変えたところ、パケットリトライ回数も半減して通信状況は良くなった。上記のポイントを踏まえ、最終アンテナ設置ポイント調整を入念に行うことで、安定した通信が可能であることを確認できた。

次に事前調査における確認事項をもとに設置工事を行った。大分商業側は、屋根馬とステンレスポールを用いなるべく高くした。固定するためにブロックとスチールワイヤを使用した。県庁側は、書庫室内の棚と棚の間に固定した。問題は窓面との角度であり、かなり鋭角となるためなかなか安定しなかったが、調整を繰り返し落ち着いた。通信速度は 11Mbps に設定して、無線部分の構築を終了した。大分商業側において実際にインターネット接続を確認したところ、伝送速度も実効で 6M 程度出ていた。

既存の ISDN 回線といつでも切り替えられるようにしておく必要があり、そのため切り替えは、LAN 側のケーブルを手動にて、それぞれのルータに繋ぎかえる方法をとった。また無線利用時は、プロキシサーバを利用しないように設定を行った。これはプロキシサーバが教育センタと連携しているため、今回の構成上不具合が生じるからである。

利用無線機器

（関西電機製 AIRPORT LAN JETLINK）

八木アンテナ（指向性）タイプ



本体



（型番および製造番号）

- ・ 県庁側
 - （型番） ALJ-2412LNK
 - （製造番号） NBLCHAA0163
- ・ 大分商業高校側
 - （型番） ALJ-2412LNK
 - （製造番号） NBLCHAA0172

（仕様）

- ・ アンテナ形式 八木型 8 エレメント
- ・ アンテナ利得 12 d b i

・ インピーダンス	50
・ VSWR	1.5 : 1 以下
・ コネクタ形状	N型
・ ケース外形寸法	60 × 350 mm
・ 全長	550 mm
・ 適合マスト	32 ~ 50 mm
・ 重量	900 g
・ 耐風速	40 m
・ 環境湿度	-20 ~ +55
・ 指向性角度	水平方向 ± 20° (- 3 db Point) 垂直方向 ± 20° (- 3 db Point)

評価

利用は、インターネットに関する授業、ロングホームルーム、放課後、IT 講習会などである。先生方も利用されており、ブロードバンドを体感することで、全体的にはかなり好評を得ることができた。

県庁における豊の国ハイパーネットワークインターネットバックボーンとの接続については何ら問題なく、LAN ポートとグローバル IP アドレスをそれぞれ各 1 個出してもらうだけである。約 1 年間の利用の中で障害やトラブルはまったく発生せず、電波干渉や雨霧などの自然条件下でも有線と変わらないネットワークであった。実効速度については、平均 6Mbps 程度は出ており、ISDN 利用に比べて 100 倍ぐらいの違いがあった。体感的にもこれがウェブサーフィンかというぐらいのものを実感されたようである。アンテナの設置については仮設置でありながら、風などの影響を受けず、調整に行く必要性はなかった。同製品については、国内の多数の自治体で導入実績があると分かっていたものの、実際に約 1 年間という期間利用したことで、十分すぎるほど検証することができた。

ブロードバンドは、一度導入してみると二度とナローバンドに戻れないことが分かる。教育の現場では、ISDN 時に合わせた授業内容としていたものをブロードバンド用に変えていくことができる。特に調べものにおける検索、遠隔授業やビデオオンデマンドでは、ブロードバンドが必ず必要となってくる。実験が終了して、また ISDN に戻るといった事態に陥ったのは非常に残念であるが、今回の検証が、現場からのブロードバンド要求の声となることは間違いのないであろう。

海上伝搬における接続環境調査

豊の国ハイパーネットワークで結ばれる 58 全市町村の中で、唯一の離島である姫島村をどうやって繋ぐのかという課題が持ち上がった。海底ケーブルを引けなくはないものの、コストが莫大なものとなり、漁業補償の問題も生じる。そこで無線における接続の可能性を検討すべく 5 月 16 日に調査を行った。

右図に示すように国東町の突端と姫島を結ぼうとすると、直線にして約 5km なので伝送距離上は問題ないが、アンテナ設置の場所によっては距離が延びる。また海上横断ということで、潮の干満や海面反射の影響、あるいは大型タンカー通過による遮断の問題などある。



今回の調査では、無線 LAN による接続が可能かどうか？ また接続できるとして、伝送速度はどれだけ確保できるのか？ 恒久的なネットワークとして構築できるのか？ などがポイントである。



左写真が国東町の突端側である。なるべく高さを上げるために権現崎の丘の上にあるトイレの屋根にアンテナを設置した。今回は距離がけっこうあるため、パラボラアンテナを利用した。

右写真が姫島側である。こちらは、中学校の屋上の時計台の上に設置した。



調査結果として、無線 LAN による接続は可能である。しかし問題点として、今回の設置場所では 6km を越えており、標準仕様の無線機(本体 / アンテナ / 同軸ケーブル)では電波強度が弱い。また満潮時に大型タンカー航行の際には、電波空間が遮られるおそれがある。対応策として、無線機を特別仕様とすることで 11Mbps の伝送速度を確保し、アンテナの設置位置をなるべく高くすることでタンカー問題や海面反射の影響を回避する。

大分はリアス式海岸が多く、離島も数多く存在する。各自治体では、ネットワーク構築において、今回と同様な課題が出てくると思われる。今後そういったケースでのソリューションを検討する場合、無線 LAN の活用は費用対効果の面からも有効だと考えられる。

イベントにおける活用

屋内 / 屋外に関わらず、無線 LAN の特徴として最も有効なのは、ケーブル敷設工事を行う必要がないという点である。昨今のイベントにおいては、IT 関連以外でもインターネットアクセスの重要性が増してきている。全世界を対象とした場合、インターネット中継や内容についてのインタラクティブなデータ送受信などを行うことは、ひとつのトレンドになりつつある。

またイベント会場でジャーナリストや聴衆が利用する、インターネットアクセスのためのホットスポットの提供などは、今後さらに必要となってくるであろう。今までは、イベントでのインターネット利用といえば、ISDN などの臨時回線を事前に準備していた。そこで無線 LAN を利用したらどのような点が違うのか、その可動性について検証を行ってみた。

第 21 回大分国際車いすマラソン

1981 年の国際障害者年を記念して始まった「大分国際車いすマラソン大会」は、21 世紀の始まりである今年、21 回目を迎えるにいたった。初参加国のモンゴルを含む世界 28 の国と地域から 412 名の車いすランナーが参加した今大会は、盛大に開催された。

11 月 10 日および 11 日の両日、今大会のインターネット中継および各選手のタイムデータ送受信などのために、大分県庁と大分市営陸上競技場間を無線 LAN にて接続した。

右写真に示す大分県庁側は、豊の国ハイパーネットワークのインターネットバックボーンを臨時借用するために、



共同庁舎 9 階にあるハブポートからイーサケーブルを廊下端まで引っ張り、窓から競技場を望んだ。

左写真は競技場側の無線アンテナ設置ポイントである。途中にはビルがあるものの、十分に県庁共同庁舎を見通すことができる。距離にして 1.2km 程度なので、電波強度も申し分なく、

11Mbps の伝送速度を確保することができた。今回の目的であるインターネットライブ中継のために、無線機からハブにおとしウェブカメラを接続した。同設置ポイントを選んだのは、左写真にある競技場のゴール地点を狙うためであり、状況に合わせて設置位置の変更を行うことも可能であった。こういった競技場のような広い場所においての無線利用は、非常に便利である。



今回のケースで、仮に同等レベルのネットワークを構築するとしたら、光ケーブルの臨時回線を用意しなければならない。しかし無線 LAN であればその可動性は高く、見通しが取れば容易に自営設備としてネットワークを構築することが可能である。

ハイパーネットワーク 2001 別府湾会議

11月15日から16日の二日間に亘り大分市内と湯布院町において、別府湾会議を開催した。その中で、参加者のための無線 LAN ホットスポットを構築し、インターネットサービスを提供した。当初は、IEEE802.11b と IEEE802.11a の両方のサービスを予定していたが、IEEE802.11a のリリースとアクセスポイントの機器認定が遅れたことにより、ホットスポットは、IEEE802.11b のみの提供となった。IEEE802.11a は PCI 無線カードによる P to P を構成し、プロジェクターに向けて利用した。

会議の事前案内文書の中にホットスポットの提供を謳っていたため、IEEE802.11b 対応無線 LAN カード所持者は持参されてきている参加者が多かった。また会場受付において、カード貸し出しも併せて行った。10 数枚ほど用意していたが、ほぼすべて借りていかれた。



ネットワークの概要としては、下写真のハイパー事務所の窓から屋外用の無線機にて、左写真の中央に見える会議場のホテルを望んだ。中間にちょうどビルがあるため、電波空間の下方がさえぎられる形となる。電波状況があまり良くないのでは



と思われたが、それでも 11Mbps の伝送速度に問題はなかった。しかし、窓を開けないと見通せないため、会議中はずっと開けたままにしておいた。取り付けはいたって簡単で、窓枠に固定するだけである。これもパラボラとかの大きいアンテナではないため、かなり設置の自由が利いて持ち運びも便利である。これで本当に 11Mbps も通信できるのかと疑いたくなるほどの手軽さで、一層その利便性を感じてしまう。



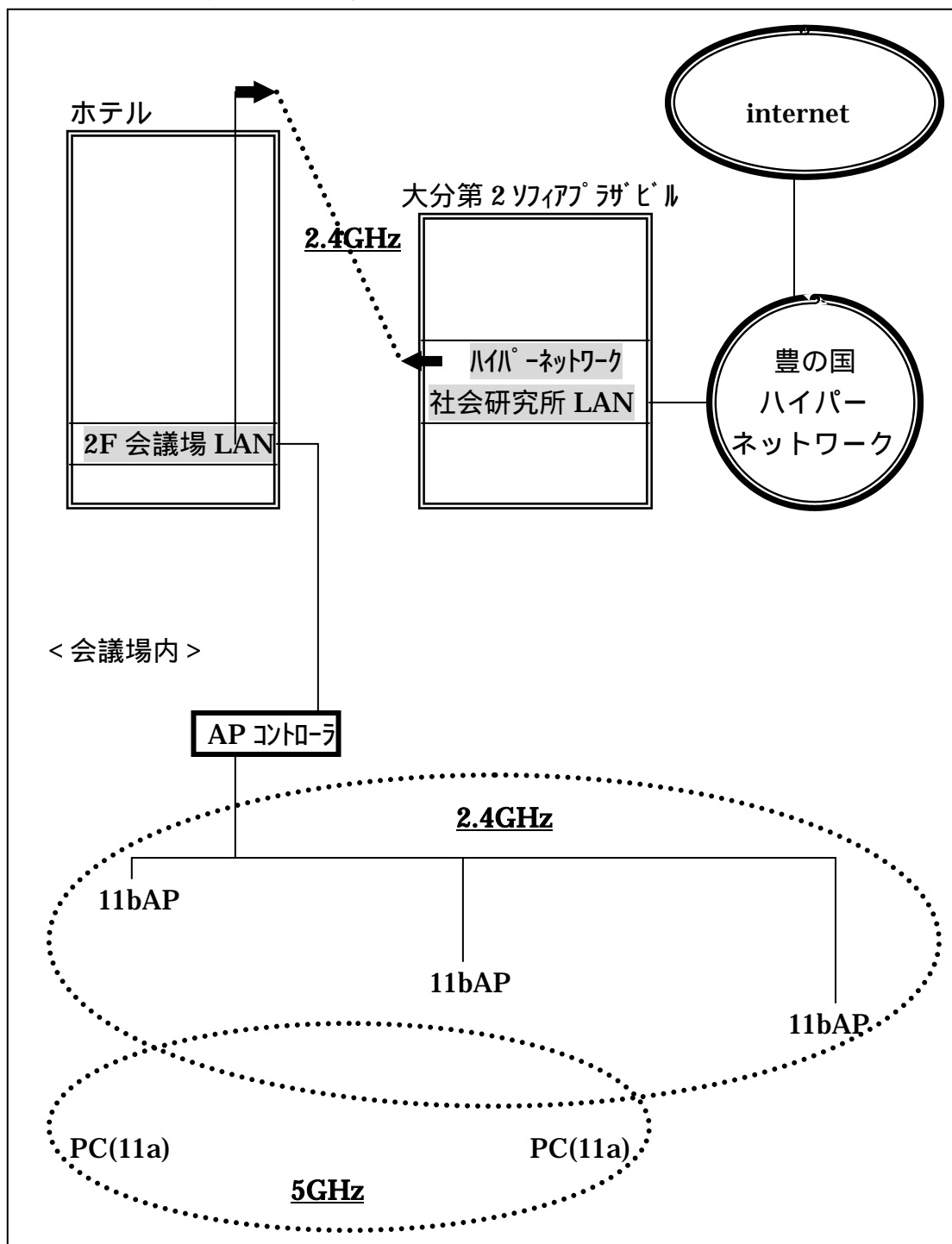
左写真に見るように、ハイパーの周囲はビル群であり、会議場側が低い階だと大きく電波空間をさえぎってしまう。そのため、無線機を屋上に設置した。右写真にあるようにちょうどいい位置に手摺があり、その



のパイプに固定した。こちらも取り付けは簡単であった。

距離は約 1km 弱のため問題なく、干渉するような電波もまわりには出ていなかった。

ネットワーク構成を、下図に示す。



今後は、各種イベントにおいてますますインターネットアクセスの重要性が増してくるのではないかとと思われる。そういった中で、県内に張り巡らされる豊の国ハイパーネットワークは、県内各地にアクセスポイントを持つということであり、イベントなどのネットワーク構築では、今回の実証に見られるような無線アクセスを低コストで簡単に提供することが可能となる。

11Mbps 対 54Mbps 比較検証実験

現在、無線 LAN の通信速度は IEEE802.11b の仕様において 11Mbps だが、ネットワークの高速化により、もっと高速なものが求められてきている。そのため 2001 年は、最大 54Mbps を実現するという IEEE802.11g や IEEE802.11a に関する話題が多かった。それぞれ IEEE802.11b 同じ 2.4GHz 帯と 5GHz 帯を使用する規格である。市場では、ISM バンドとして電波の共有が多い 2.4GHz 帯の干渉問題から、今後の主流となるのは 5GHz 帯だろうという見方が出てきている。

2001 年末にはソニーやプロキシムが 5GHz 帯の製品をリリースした。ハイパーの別府湾会議で P to P により使用したもので、アクセスポイントの出荷が始まった。そこで早速デモ機を借りて、どれくらい使えるものなのか、12 月末より APU にて検証を行ってみた。

APU では、学内を 100MbpsLAN で網羅しており、建物内に多くの情報コンセントが設置されている。教材やレポート提出は、ペーパーレスに向かっており PC の利用頻度は高い。そのため PC ルームが用意されて、常時利用できる環境にある。しかし最近では、その利用率が高く、混雑するケースも出てきている。その場合、PC を持ち歩いていれば情報コン



セントを利用するという方法もあるが、モバイル PC の利用を想定していないため、その多くは壁や柱などに設置されており、利用しやすいとは言いがたい。左写真のように、唯一カフェテラスの 2 階には、持ち込み PC 利用を想定したエリアがあり、デスクや電源なども併せて設備している。しかし、そのスペースも同時に利用できる人数が数人とい

うもので、限定的である。

実験では、学内においてもっとも公共的なエリアであるカフェテラスの 1 階と 2 階すべてをカバーすべくアクセスポイントを設置した。下の写真が 1 階部分である。かなり広いスペースで、アクセスポイント 1 箇所では隅々まで十分な電波強度を得ることができなかつたため、2 階に取り付けるアクセスポイントの場所を工夫して、1 階部分をカバーした。下の写真に示すように 2 階部分は 1 階に比べて 5



分の 1 ぐらいのスペースであるため、アクセスポイントは 1 階部分と共用する 1 箇所では問題は生じなかつた。この 2 階の窓際に情報コンセントを利用できるエリアがある。カフェテリアは、学生のコミュニティエリアであり、ラウンジでもある。ゆっくり座って PC を利用するには快適な環境であり、そこでネットワークにつながる意味は大きいと考えられる。



さらに学生がよく使用するエリアとして、右写真にある学生執務室、ここはイベントやサークル活動において自由に学生が使えるものである。もちろんネットワークの利用も多く、現状は壁の情報コンセントから直接 LAN ケーブルで接続している。PC が複数台であれば、別の情報コンセントを探すが、もしくはハブの持ち込みである。



左の写真は、廊下をはさんで学生執務室の向かいにあるミーティングスペースである。ここも学生がよく使用するエリアである。これらのスペースでも無線ネットワークを利用できるように、アクセスポイントを 1 台設置した。エリア内は、ミーティングスペースの端で若干電波強度が弱くなるものの、ほぼすべてをカバーすることができた。このふたつのエリアは、カフェテリア 1 階から 2 階へ、階段であがってすぐの両側に位置している。

このふたつのエリアは、カフェテリア 1 階から 2 階へ、階段であがってすぐの両側に位置している。

以上、スチューデントユニオン棟のカフェテラスを中心に IEEE802.11a と IEEE802.11b のアクセスポイントを各 3 台設置した。5GHz 帯および 2.4GHz 帯、両方に対応可能であり、54Mbps と 11Mbps、それぞれの通信速度を比較することができる。これら合計 6 台のアクセスポイントを集中管理するために、アクセスポイントコントローラを併せて設置した。これは、アクセス制御、認証、ファイアウォール機能などのセキュリティを提供するもので、最大 30 台のアクセスポイントをルータ越しにも管理することができて、サブネットを意識することなくローミングが可能となる。ネットワークがある程度の規模となった場合、いろんなセグメントにおいて無線 LAN アクセスポイントを設置するとセキュリティ上も不安である。そこで、ネットワークと制御機能を分離することにより、管理コストの低減を図ることができる。また付属のパワーシステムの導入で、アクセスポイントへ LAN ケーブルを利用した電源供給が可能となる。通常アクセスポイントはある程度高い位置に設置することが多いため、場所を選ばないという利点がある。

無線 LAN カードは、IEEE802.11a タイプを 10 枚、IEEE802.11b タイプを 30 枚貸し出した。既にカードを持っている人や、最近では PC にも内蔵されているため、それらの人も自由に利用することができる。設定は ESSID のみで、WEP その他のセキュリティはかけていない。

2001 年 12 月末から始めた実験は、2002 年 4 月末にて終了を予定している。約 4 ヶ月間休みもはさんだため実質 2 ヶ月間程度の期間であったが、実験が終了した時点で、無線 LAN ネットワークの有効性、ホットスポットの利便性、IEEE802.11a と IEEE802.11b の比較、利用上の問題点などアンケート調査の実施を予定している。