

# 平成13年度 研究開発成果報告書

「新世代光無線アクセスシステム技術の研究開発」

## 目 次

- 1 研究開発課題の背景
- 2 研究開発分野の現状
- 3 研究開発の全体計画
  - 3-1 研究開発課題の概要
  - 3-2 研究開発目標
    - 3-2-1 最終目標
    - 3-2-2 中間目標
  - 3-3 研究開発の年度別計画
  - 3-4 研究開発体制
    - 3-4-1 研究開発管理体制
    - 3-4-2 研究開発実施体制
    - 3-4-3 研究実施場所
    - 3-4-4 研究者データ
- 4 研究開発の概要（平成13年度）
  - 4-1 研究開発実施計画
    - 4-1-1 研究開発の計画内容
    - 4-1-2 研究開発課題実施計画
  - 4-2 研究開発の実施内容
- 5 研究開発実施状況（平成13年度）
  - 5-1 サブテーマ1：光無線伝送方式、光無線システムの基礎研究
    - 5-1-1 研究開発の概要と平成13年度の研究課題
      - 5-1-1-1 研究開発の概要
      - 5-1-1-2 平成13年度の研究課題
    - 5-1-2 まとめ及び平成14年度の研究課題
  - 5-2 サブテーマ2：超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの研究開発
    - 5-2-1 研究開発の概要と平成13年度の研究課題
      - 5-2-1-1 研究開発の概要
      - 5-2-1-2 平成13年度の研究開発課題
    - 5-2-2 IEEE 802.11b無線LANのローミング実験調査
      - 5-2-2-1 目的
      - 5-2-2-2 使用機器と設定
      - 5-2-2-3 実験システム構成
      - 5-2-2-4 実験内容
      - 5-2-2-5 実験手順

- 5-2-2-6 実験結果
- 5-2-2-7 備考
- 5-2-2-8 平成14年度の研究課題
- 5-3 サブテーマ3：超小型光無線伝送方式の研究開発
  - 5-3-1 研究開発の概要と平成13年度の研究課題
    - 5-3-1-1 研究開発の概要
  - 5-3-2 平成13年度の研究開発課題
    - 5-3-2-1 超小型光無線伝送制御方式の研究開発
    - 5-3-2-2 超小型光無線モジュールの研究開発
  - 5-3-3 平成14年度の研究課題
- 5-4 総括

参考資料、参考文献

## 1 研究開発課題の背景

近年、動画を含め、双方向で多量のデジタル情報を伝達する手段への要求が高まっており、職場のみならず、日本中のほとんどの家庭が超高速のインターネット網で常時接続されている環境が実現されている。また、日本が研究開発に力を入れている IPv6 技術により、パソコンだけでなく、多くの家電製品も情報家電として、ネットワークでつながれるようになる。このような環境の変化は、家庭のみにとどまらず、人々が携帯端末を使って、あらゆる場所で意識せずにネットワークに接続できることが常識になり、ネットワークが、電気やガス、水道や電話などと同様に、社会のすみずみに行き渡った、生活に不可欠な「身近な生活インフラ」となる時代が到来すると予想される。

日本政府も、「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法」を成立させ、この法律に沿って打ち出された「e-Japan 戦略」により、「日本を5年以内に世界最先端のIT国家にする」目標を打ち出し、このような社会の実現に向かって、強力に動き始めている。

こうした社会の到来のためには、多岐にわたる技術革新が必要である。特に、人々があらゆる場所で、意識せずにネットワークに接続するには、携帯機器をワイヤレスで高速にネットワークと結ぶことが出来る技術の確立が必須である。

そのような技術の一つに、電波を利用した無線伝送技術がある。2.4GHz 帯を使った、伝送速度 1Mbps で到達距離も 10m と近距離はあるが、手軽に機器をワイヤレスでつなげる方式として Bluetooth といった新しい規格も提案され、注目を集めている。高速化への研究も活発で、5.2GHz 帯を使って伝送速度が 54Mbps の伝送が報告されている。

しかしながら、ネットワークにつながった機器を使うことが常識になる社会では、多数の人々が、同時に、同じ場所で、ワイヤレス機器を使用する可能性が高くなると考えられる。特に、高速で使用する用途では、同時使用での電波の混信による伝送速度の低下は、致命的な問題になる可能性がある。そのことを予想させる実験も、既に行われている。

このような事態を避ける目的で、新しい電波帯域であるミリ波帯の無線通信の研究開発も行われている。特に 60GHz 帯を用いたシステムについては、家庭内の超高速無線 LAN への適用を目指して、国内で盛んな研究が行われている。同システムでは 1GHz 以上の伝送帯域確保も可能である。しかしながら、ミリ波を用いた送受信装置は小型化に限度があり、携帯機器に搭載可能な大きさに納めることは困難である。

このような状況を打破する可能性のある技術として、光を利用した無線伝送技術がある。光は、本来の特性として超高速の伝送能力があり、光ファイバを使った有線伝送の分野ではその優位性が広く認められている。光はまた、空間的に分離が容易であることから、その特長を使って、多量の機器間通信を混信無く行うことができる。さらに、波長が電波と比べて格段に短いといった物理的性質から、ミリ波を利用した高速無線技術では不可能な超小型システムが可能であるといった優れた性質がある。また、光が壁で遮断されるといった欠点が、セキュリティの観点では、室外での盗聴を不可能にするといった利点をもたらす。最近のサイバーテロ等の社会情勢を考えると、セキュリティの要求はさらに高まっている。特に、光を拡散させずビームで通信させる場合には、光のビームが相手にしか到達しない状況が実現されるため、自由空間に設置した仮想の光ファイバを通じての通信と同じことになり、室内における盗聴の可能性をも排除でき、有線並のセキュリティが容易に得られる。

それでは、光を使ったシステムが、なぜ一部を除いて使われていないのであろうか。現在の光を利用した無線伝送システムは、大きさやコスト、それらを満たす条件での高速性、いつでもどこでも意識せずに接続できるアクセス技術など、いくつかの技術課題をクリア出来ていないからである。

そこで、本委託研究では、まず、光を使った伝送システムの理想的な方式を理論的に検討する。また、携帯機器に搭載可能な大きさで、しかも 1Gbps 級の超高速で低価格な光無線通信手段を検討し、さらにネットワークにシームレスに接続するアクセスシステムを開発する。このようにして、課題を解決する技術を開発することにより、光を使った無線伝送システムが、ネットワークがすみずみまで行き渡った社会において、超高速な無線伝送を担うことの出来る必須のシステムであることを実証する。

そのために、以下のサブテーマの研究開発を実施する。

(1) 光無線伝送方式、光無線システムの基礎研究

(2) 超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの研究開発

(3) 超小型光無線伝送方式の研究開発

上記技術を開発することにより、光本来のもつ特長を生かしたシステムの構築が可能となれば、通常の機器のみならず、ほとんどの携帯端末にも搭載可能になる。1Gbps 級の超高速なネットワーク接続による大量コンテンツの瞬時転送により、多数端末の同時利用が、低消費電力でいつでもどこでも可能となる。電波で運ばれた情報を光に乗せあるいは、電波をそのまま光に乗せて、病院、電車、航空機、船舶等、どのような場所でもシームレスにネットワークへの接続ができる。これらの要素技術と波長多重あるいは、空間多重を利用して、10Gbps を越える超高速の屋内通信システムへの応用、あるいは、屋外の集合住宅へのラスト 100m の伝送手段への応用など、広い応用分野への展開が可能となる。

このような、現在の世界にないシステムが開発できれば、日本発の新しい光ワイヤレスによるインフラ市場が開拓されるだけでなく、どこでも、だれでも超高速ネットワークに接続できる社会が実現され、全く新しい形態の市場を創造し、日本技術の強みである光デバイス分野の拡大ともあいまって、日本の産業力の強化・雇用の創出に結びつくと考えられる。

## 2 研究開発分野の現状

現在実用化されているワイヤレス通信手段の中で、モバイル機器に搭載した形態で用いられる方式としては、近接伝送用途の IrDA（光方式）を除けば、携帯電話の各方式あるいは Bluetooth 規格など電波を使った無線伝送システムが挙げられる。また、無線 LAN においては IEEE802.11b による通信速度 11Mbps のシステムが実用化され、ノートパソコン等で使われている。また、IEEE802.11a の規格で 54Mbps のシステムの商品化についてアナウンスがなされている。更なる高速化についても研究が進んでいるが、100Mbps 級のシステムについては、第 4 世代の携帯として研究開発が始まった段階であり、1Gbps 級の超高速通信については、提案もされていない。

一方、1Gbps 級の空間伝送が達成されているシステムとしては 60GHz 帯等のミリ波を用いたシステム、レーザビームを用いたシステム等がある。両者共にビル間の中距離伝送システムとして実用化されている。

しかしながら、いずれも大がかりなシステムであり本委託研究で実現を目指すモバイル機器に搭載出来るシステムを実現するものではない。また、この通信手段を利用した、光と電波を切り替える、あるいは電波を光に乗せ送るシームレス・バリアフリーシステムの研究も国内外で研究例は無い。

最近になって、我々の目標と同じではないが、光の高速性に着目した研究開発として、新しい構造の C-MOS センサーを使った室内での高速通信システムの提案もなされており、昨今電波に対する光の有用性が認識し始められており、今後この方面の研究開発が活発になっていくと思われる。

### 3 研究開発全体計画

#### 3-1 研究開発課題の概要

高速ブロードバンドが普及し、家電や携帯機器を含めほとんど全ての電気機器が IPv6 を備える、すなわち全ての機器がネットワークに繋がれ、大容量のデータがやりとりされる時代が迫る中、ネットワークへの簡易な接続手段としてワイヤレス伝送へ期待が寄せられている。光無線は、1Gbps 級の伝送も可能等、次世代の方式として望ましい特性を有するが、現状は、大きさ、コスト、アクセス性など、いくつかの解決すべき課題がある。

本委託研究では、これらの課題を解決する技術を開発することにより、新世代に求められる高速で高信頼性を有するワイヤレス方式の確立を目指す。光無線の最大の利点としては、超高速性が挙げられるが、欠点としては遮蔽問題が有る。特に高速伝送を行う場合には伝送効率を上げる必要性からビーム伝送を採用する必要性が有り、遮蔽の問題が深刻となる。また、従来の光無線システムは、大きさ、コストの面で携帯機器等に内蔵できるレベルになく、小型でローコストに実現できる光無線方式が求められる。これら課題を解決することを目的とし、高速で高信頼性を有する光無線によるワイヤレス方式の開発を行う。以下にサブテーマごとの研究概要を記す。

サブテーマ 1 (光無線伝送方式、光無線システムの基礎研究)

拡散方式、直射方式、電波方式を用いた最適システムの研究、及び「光・無線融合技術」の適用について研究を行う。

サブテーマ 2 (超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの研究開発)

電波、光の両媒体を利用したシームレスな通信システムの研究を行う。

サブテーマ 3 (超小型光無線伝送方式の研究開発)

携帯機器に搭載可能な超小型光無線伝送モジュールの研究開発と同モジュールを用いた伝送方式について研究を行う。

#### 3-2 研究開発目標

##### 3-2-1 最終目標 (平成 17 年 3 月末)

光を使った無線伝送方式が、理論解析に基づいたシステムの最適化と、携帯機器に搭載可能な大きさで、1Gbps 級の超高速が可能な光モジュールの試作開発と、シームレス・バリアフリーを可能にするアクセスプロトコルの開発により、いつでもどこでもだれもが超高速にネットワーク接続できる技術であることを、システムの実現性の可能性を示すことにより証明することを目標とする。

以下、各サブテーマの目標について具体的に示す。

サブテーマ 1 : 光無線伝送方式、光無線システムの基礎研究

(1) 伝送方式の研究 (光直射方式、光拡散方式、電波方式、各ハイブリッド方式)

1) 光直射方式の伝送技術

ここでは、電波と異なり空間的な広がりが少なく直進性に優れた光搬送波の特徴に着目し、光直射方式において空間的に分離され互いに干渉しない複数の伝搬路を同時に確保する技術について開発する。この技術開発により、一つの伝送空間内において 400Mbps から 1Gbps の (この数値は空間的に分離された伝搬路数に依存する) 大容量伝送の実現を目標とする。また、直射方式で問題となる遮蔽の影響を軽減する技術についても開発し、より信頼性の高い伝送システムの実現をめざす。

2) 光拡散方式の伝送技術

ここでは、背景光雑音の抑圧技術、マルチパス伝搬に伴う遅延波抑圧技術、多元接続方式を導入にした同一チャネル干渉の抑圧技術を導入し、一つの送受信機対において 50Mbps 程度の伝送容量を実現する技術を開発する。

また、光直射方式と光拡散方式を融合したシステムとして、具体的には、送受信機間に見通し内伝搬路が確保できる場合は光直射方式により一送受信機対にて 100Mbps を超える伝送

を、また、見通し内伝搬路が確保できない場合は光拡散方式により一伝送空間内において 50Mbps を超える伝送を可能とする。

### 3) 光・電波ハイブリッド方式の伝送技術

光および電波の搬送波としての伝搬性質の特徴を見極め、それぞれの長短所を相互に補完する光・電波ハイブリッドシステムを構築する。具体的には、光・電波ハイブリッドシステムでは、複数の光無線基地局を設置し、基地局と端末間で見通し内伝搬路を確保できる場合には、基地局と端末間のリンクは光搬送波を用いる光直射方式により接続し、100Mbps（一基地局あたり最大 400Mbps 程度）の伝送容量を確保する。

また、基地局と端末間に遮蔽物が存在し見通し内伝搬路を確保できない場合は、基地局と端末間のリンクは 5GHz 帯などの電波を利用して接続し、最大 50Mbps 程度の伝送速度を達成する。光・電波ハイブリッドシステムは、光搬送波のみを用いるシステムに対しては、遮蔽対策および複数の部屋から構成される屋内での無線伝送を実現するシステムとして、また、電波のみを用いるシステムに対しては、基地局と端末間が見通し内に位置する場合に光直射方式を用いることで伝送容量を向上させる高密度システムとして捕らえることができ、リンク数や端末数にも依存するが理想的には 1Gbps を超える伝送容量が可能となる。

## (2) Radio over Infrared Wireless

### 1) Radio over Infrared Wireless の仮想無線自由空間化技術

光ファイバと光空間伝送路がカスケード接続された光ファイバ光無線系において様々な周波数帯の無線信号についてその光伝送方式を開発する。

カバーする無線周波数帯は、VHF 帯からミリ波帯であり、また無線信号の変調速度は、最大 150Mbps とする。

### 2) 光ファイバ光無線系における無線信号多重化方式ならびにルーティング技術

複数の無線信号を光搬送波上に多重し、光ファイバ光無線系を通して伝送する方式を開発する。5 個の無線信号を光多重化し、デジタル情報に対して復調後 BER を  $10^{-6}$  以下とする。

また、光搬送波上に多重された無線信号のそれぞれを所望の光無線端末にルーティングする方式を開発する。

### 3) 非線形抑圧技術

光コヒーレント伝送技術を含む光伝送系の非線形性に起因した相互変調歪の抑圧技術を開発する。SFDR (Spurious Free Dynamic Range) 30dB 以上を達成する。

## サブテーマ 2：超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの研究開発

本サブテーマの最終目標は、IPv4とIPv6が混在するコンピュータネットワークにおいても、携帯電話の通信ネットワーク同様、光無線基地局のハンドオーバーが発生してもサービスを提供し続けることのできるシームレスなコンピュータネットワークの実現を目指す。

また、電波無線の使用が制限されている場所での携帯機器使用が社会問題になりつつあり、携帯機器の利便性とその使用制限で困惑している利用者も少なくない。そこで、電波無線が制限されている場所では、強制的に光無線に切り替える技術についても開発し、よりユーザーフレンドリーなバリアフリー通信システムの実現をめざす。

## サブテーマ 3：超小型光無線伝送方式の研究開発

携帯機器に搭載可能な大きさの超高速伝送方式を確立することを目指す。そのため、通信速度 1Gbps 以上で、大きさ  $1\text{cm}^3$  程度の光モジュールを開発する。また、この光モジュールを使い、10m 程度の距離で自動的に中継器をサーチしての通信を始めるシステムが構築可能であることを実証する。

### 3-2-2 中間目標（平成15年9月末）

中間目標は、最終目標に至る途中経過であると考えており、その具体的目標については、サブテーマ毎に述べる。

サブテーマ1：光無線伝送方式、光無線システムの基礎研究

(1) 伝送方式の研究（光直射方式、光拡散方式、電波方式、各ハイブリッド方式）

1) 光直射方式の伝送技術

光直射方式において空間的に分離され互いに干渉しない複数の伝搬路を同時に確保するためのシステム構成を具体化すると共に、所要送信光電力・ビット誤り率・遮蔽による瞬断率などの特性評価技術を確立する。また、伝送容量の改善および遮蔽対策を目的として、複数の基地局を設置するマルチサテライト構成を考え、それによる諸特性の改善効果を評価する。

2) 光拡散方式の伝送技術

拡散方式の伝送速度の向上を目的として、伝搬損失の低減技術、背景光雑音の抑圧技術、マルチパス伝搬に伴う遅延波抑圧技術として、狭指向性光源および狭視野光検波器を用いた指向制御により遅延波抑圧対策を行う手法を提案する。また、それによる所要送信光電力・ビット誤り率などの諸特性の改善効果を評価する。

3) 光・電波ハイブリッド方式の伝送技術

光・電波ハイブリッド方式は室内ならびにシステム構成を具体化すると共に、その基礎検討として、光アクセス数（基地局数）と電波アクセスチャネル数との関係が基本特性に及ぼす影響を評価する。

(2) Radio over Infrared Wireless

1) Radio over Infrared Wireless の仮想無線自由空間化技術

光源の直接光強度変調を用いた 2GHz 帯までの無線信号がカスケード接続された光ファイバ光無線系を伝送される方式において無線信号品質について理論的に評価する。光源に求められる所要送信電力と所要変調帯域、受光系も含めた所要線形性について明らかにする。

2) 光ファイバ光無線カスケード系における無線信号多重化ならびにルーティング技術

複数の無線信号を光ファイバ光無線を通して多重伝送する方式を開発する。無線信号周波数に対する透明性を確保した光多重化方式とルーティング方式を提案する。

3) 非線形抑圧技術

非線形に起因した歪の抑圧技術として光スイッチを用いた自然帯域標本化時分割多重化技術と光コヒーレンス多重化技術を確立する。

サブテーマ2：超高速シームレスアクセスシステムの研究開発

IPv4 を使った既存のコンピュータネットワークにおいては、IP アドレス不足を回避するために NAT が使われている。本サブテーマの中間目標としては、IPv4 単独のコンピュータネットワークにおける光無線基地局のハンドオーバーが発生してもサービスを提供し続けることのできるシームレスなコンピュータネットワークのシミュレーションシステムを構築し、その実現性を評価する。また、IPv6 に関しても、単独でその可能性を評価する。

また、電波無線が制限されている場所では、強制的に光無線に切り替える技術については、実現手法を検討し、シミュレーションによるバリアフリー通信システムの実現性を評価する。

サブテーマ3：超小型光無線伝送方式の研究開発

最終目標の中間段階として、限られた方向内での自動サーチ機能をもった、光モジュールを試作し、その高速通信性能（1Gbps 級）を実現する

### 3-3 研究開発の年度別計画

(金額は非公表)

研究開発項目	H13 年度	H14 年度	H15 年度	H16 年度	年度	計	備 考
サブテーマ1：光無線伝送方式、光無線システムの基礎研究（再委託テーマ）							大阪大学、森永研究室、小牧研究室に再委託する。
サブテーマ2：超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの研究開発							
サブテーマ3：超小型光無線伝送方式の研究開発							
間接経費							H14 年以降は人件費上昇分を加味した。
合 計							

注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。

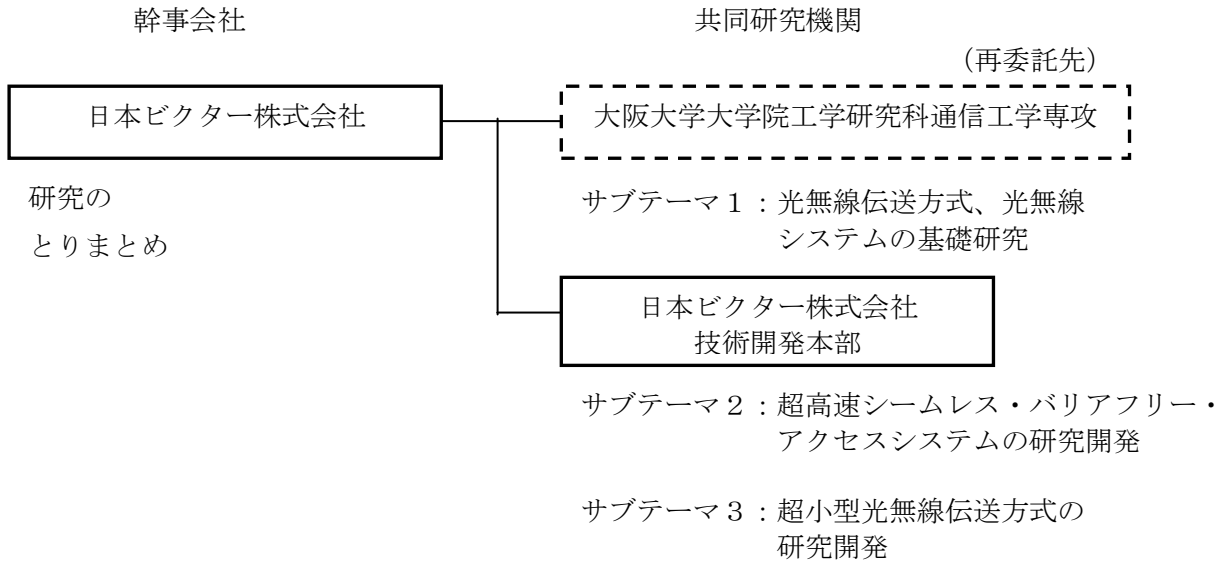
2 備考欄に再委託先機関名を記載



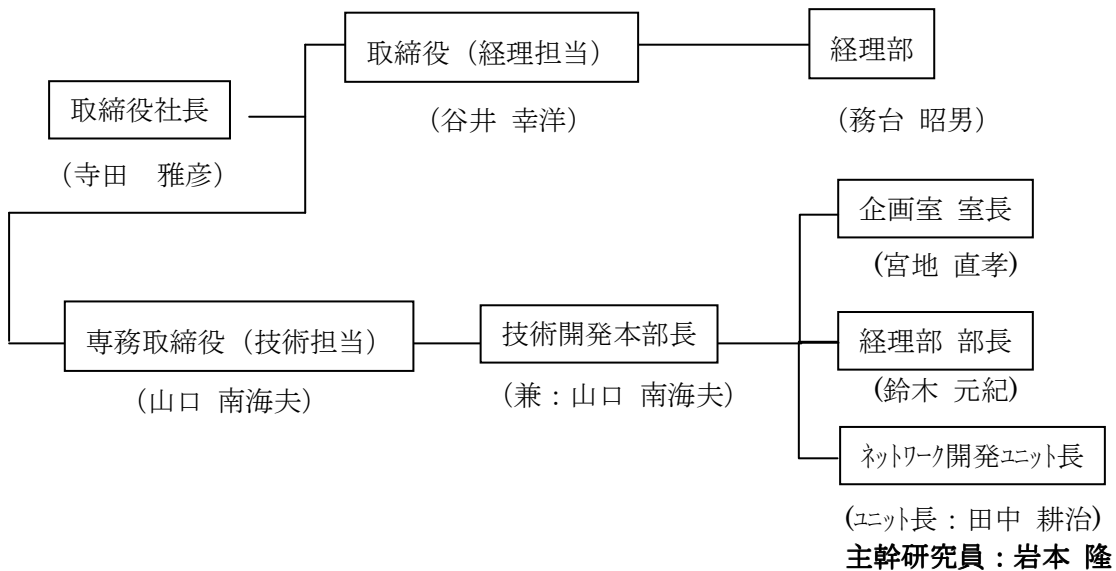
### 3-4 研究開発体制

#### 3-4-1 研究開発管理体制

本研究開発の推進は、日本ビクター株式会社を幹事会社とし、研究の取りまとめ、研究管理を行い、大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻森永研究室及び小牧研究室に研究開発全般のアドバイスを受けると共に、サブテーマ1を担当していただき、実行する。ただし、大阪大学大学院は平成14年度から本研究課題に本格的に参加する。

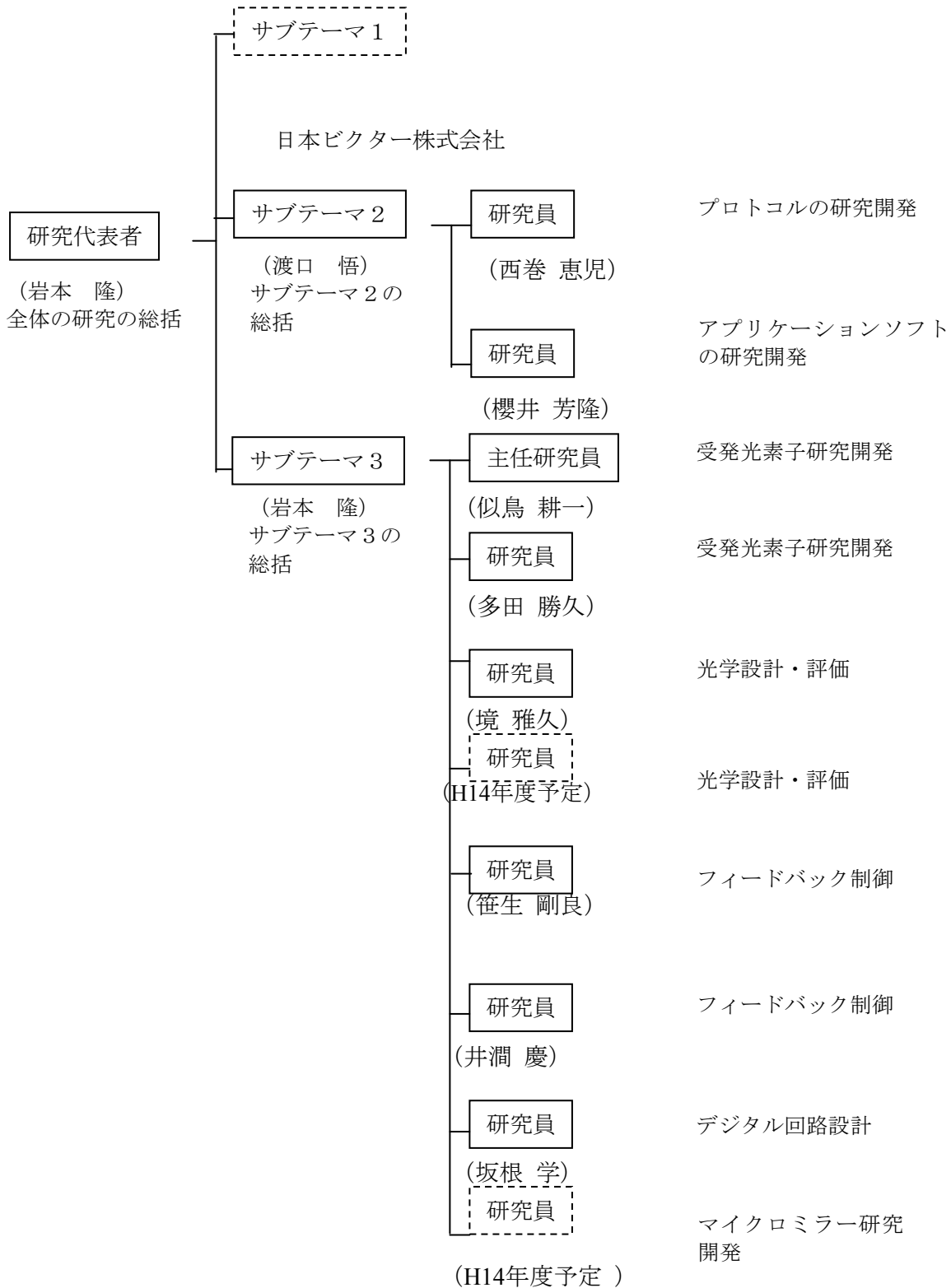


日本ビクター株式会社に於ける経理部門の体制と研究開発部門の体制



### 3-4-2 研究開発実施体制

大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻  
(平成 14 年度から本格的に参加)



## 4 研究開発の概要（平成13年度）

### 4-1 研究開発実施計画

#### 4-1-1 研究開発の計画内容

サブテーマ1：光無線伝送方式、光無線システムの基礎研究

大阪大学大学院森永研究室及び小牧研究室からのアドバイスに基づき、研究計画を策定する。

注：大阪大学大学院には平成14年度から再委託先として研究委託をする。

サブテーマ2：超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの研究開発

超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの実現を目指し、平成13年度は、無線基地局が変わらない（端末のIPアドレスが変わらない）ことを前提としたコンピュータネットワークの通信プロトコルを詳細に調査する。そして、光無線基地局のハンドオーバーが発生しても通信が続けられる通信プロトコルの可能性を検討する。

また、研究開発推進のために必要な装置の購入と開発環境の整備も行う。

サブテーマ3：超小型光無線伝送方式の研究開発

平成13年度は、光学シミュレーションに基づき、超小型光無線伝送方式の全体構想の作成と課題抽出を実施する。以上の検討に基づいた研究計画の策定を行う。また、購入した装置の立ち上げを実施するとともに、受発光素子開発については、光モジュール用発光素子の開発に着手する。

4-1-2 研究開発課題実施計画

(金額は非公表)

研究開発項目	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	計	備考
サブテーマ1：光無線伝送方式、光無線システムの基礎研究				研究計画策定		
サブテーマ2：超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの研究開発 シームレス・バリアフリー無線通信プロトコルの研究開発 シームレス・バリアフリー無線通信アプリケーションソフトウェアの研究開発				方式検討及び開発環境整備  方式検討及び開発環境整備		
サブテーマ3：超小型光無線伝送方式の研究開発				開発環境整備及び全体構想作成		
間接経費						間接部門人件費等から計算
合計						

- 注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。  
(合計の計は、「3-1の研究開発課題必要概算経費」の総額と一致)
- 2 備考欄に再委託先機関名を記載。

## 4-2 研究開発の実施内容

### イ. サブテーマ1

大阪大学、森永研究室、小牧研究室と今後の研究計画について打ち合わせた結果、委託研究提案に記載した中間目標を特に変更する必要はないため、平成14年度は、実質的な、サブテーマ1の研究開発の初年度として、中間目標に向けての研究開発をスタートさせることとした。

### ロ. サブテーマ2

13年度の計画は、超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの実現を目指し、無線基地局が変わらない（端末のIPアドレスが変わらない）ことを前提としたコンピュータネットワークの通信プロトコルを詳細に調査する。そして、光無線基地局のハンドオーバーが発生しても通信が続けられる通信プロトコルの可能性を検討する。また、研究開発推進のために必要な装置の購入と開発環境の整備も行うことである。

前者2項に関しては、既存のIEEE802.11b製品を使用したシステム構築の実現性検討のために、まずIEEE802.11bの基本的なローミング機能を実験により確認した。実験は、図4-2-1の実験システムで、サーバからMP3またはG.711(U-law) 8kHzの音声を送信したものを、クライアントで再生し、無線LANに付属のソフトを使用して無線強度を観察しながら、ローミングが発生するように移動を行った。

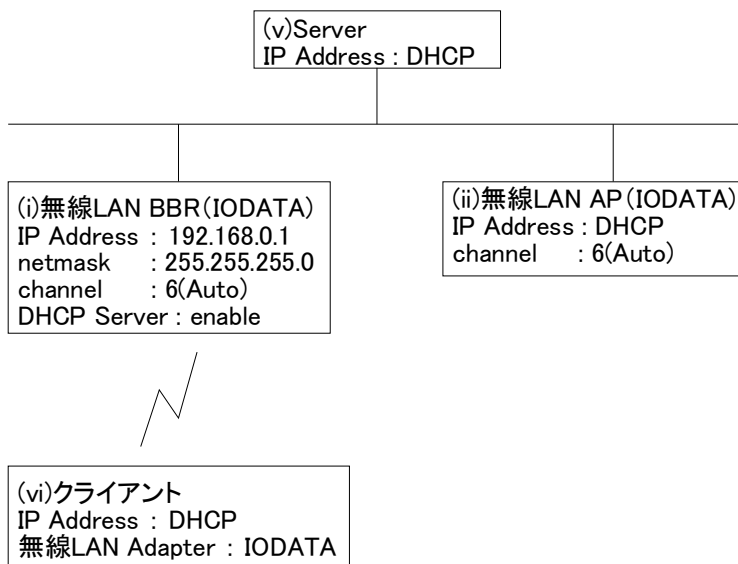


図4-2-1 IODATA無線LAN構成

その結果は、アクセスポイントの切り替えは電波の強度に応じて起こるのではなく、接続しているアクセスポイントとの通信が行えなくなったときに初めて、より電波強度の強いアクセスポイントに切り替わった。アクセスポイントが切り替わるタイミングは、その時々によって異なり、切り替わり方もいったん接続が切れてから切り替わるときや、接続が切れる寸前に切り替わるなどさまざまであった。アクセスポイントが切り替わる時には、音声パケットが途切れた。パケットが再び流れ始めるまでは体感で1秒未満であった。

研究開発推進のために必要な装置の購入と開発環境の整備に関しては、1 Gbps まで測定可能な I P プロトコルアナライザと疑似 IP 電話システム用アナライザを購入した。また、14 年度の研究効率を高めるために、自由度の高いルーティングソフト一式の評価ライセンスを購入した。

#### ハ. サブテーマ 3

光学設計シミュレーションソフトを利用して、暫定的に仮定した部品を配置して受光感度のシミュレーションを実施したところ、光モジュールが中継器を探して通信路を確保するサーチ段階において、必要なサーチ信号強度が、光モジュールが小型であることから感度低下により、不足することが分かった。従って、来年度は、中継器と光モジュールの通信路が確保出来た後（サーチ後）の通信路の安定性のためのフィードバック制御（サーボ）の検討だけでなく、サーチ方式の検討も重視する。サーチ、サーボの開発環境として、サーボ系シミュレーション環境の整備と、信号処理系シミュレーション環境の整備を行った。また、サーボパラメータの変更をデジタル的に設定できる DSP 開発環境を構築した。来年度は、この環境を効率的に使って、信号路確保のためのフィードバック制御安定性の検討に入る。また、各種サーチ方式の検討を実施する。

光モジュール用発光素子開発については、デバイスシミュレーションソフトを利用した発光デバイスの設計を開始した。また、今年度購入した装置の立ち上げと整備を実施し、その装置を使って、近赤外面発光レーザの試作を開始した。

## 5 研究開発実施状況（平成13年度）

### 5-1 サブテーマ1：光無線伝送方式、光無線システムの基礎研究

#### 5-1-1 研究開発の概要と平成13年度の研究課題

##### 5-1-1-1 研究開発の概要

光伝送方式は、高速性などの優れた特性を持つが、遮断に弱い特性を持っている。この特性は、セキュリティや簡単に他への影響を遮断できるといった観点からは利点となるが、一般の使い勝手から考えると使用上の大きな弱点となる場合がある。このように、光は電波と比較するとその特性が大きく異なる。従って、これらの特性をうまく生かすには独自のシステムが必要となる。また、電波と光をうまく組み合わせることでお互いの弱点を補い、優れたシステムが構築できる可能性がある。

サブテーマ1では、そのような観点から、理論的なアプローチを主体として光無線伝送方式及び、光無線システムの基礎研究を行う。前者の研究においては、光の伝送形態及び、電波と光を組み合わせた無線方式等の各方式による伝送特性の限界を理論的な検討により明確化する。光無線の課題である遮蔽についても、システムの最適化による遮蔽耐性の高い無線方式を検討する。次に、後者の研究においては、バッポーンを含めたネットワークシステムの構成方式について、特に大容量の伝送が可能な媒体である光ファイバを用いた「光・無線融合技術」の適用について検討する。本研究は、大阪大学森永研究室、小牧研究室に再委託する。

##### 5-1-1-2 平成13年度の研究課題

サブテーマ1は、平成14年度より、大阪大学森永研究室、小牧研究室に正式に再委託することになっており、平成13年度は計画の立案策定を行う。従って、実質の研究スタートは平成14年度からとなる。

##### 5-1-2 まとめ及び平成14年度の研究課題

大阪大学との打ち合わせの結果、研究目標として当初策定した、中間目標及び最終目標を変更する必要がないと判断した。平成14年度から中間目標に向けての研究をスタートさせる。

### 5-2 サブテーマ2：超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの研究開発

#### 5-2-1 研究開発の概要と平成13年度の研究課題

##### 5-2-1-1 研究開発の概要

光無線通信は、帯域の広さを生かした大容量通信が可能という特徴がある。この大容量通信により、近年注目されてきた高画質のVOD（Video On Demand）や大容量のファイルなどを瞬時に伝送するサービスが可能になる。しかも、光は壁やカーテンで簡単に遮蔽できることから、情報のプライバシー保護が容易である。しかし、光の特長である直進性が原因で、通信機器間に光を遮る障害物が置かれると通信路が絶たれ通信が出来なくなるという不具合が生じる。その為、光無線機器を設置する場合、通信機器間に極力障害物が入り込まないように、機器の配置設計を行っているのが現状である。

近年、携帯電話やワイヤレスモバイルツール等の移動体通信端末の普及率が高まり、無線通信が生活に欠かせないものとなりつつある。

本研究のサブテーマ3の研究課題である光モジュールを利用すると、無線通信端末への搭載も可能になり、超高速のワイヤレス通信が可能となる。また、光無線基地局との通信路を確保した無線通信端末は、ある程度移動してもそれに追従し伝送路を確保しつづけることが可能で、光無線基地局から他の光無線基地局への切り替えも瞬時で行える。

しかしながら、通常のコンピュータネットワークは無線基地局が変わらない（端末のIP

アドレスが変わらない)ことを前提とした通信プロトコルで構成されているため、無線基地局が切り替わると通信が切断されてしまう。

さらに、屋外の電波無線通信が自由に使える場所では電波を利用し、電波無線通信が制限される場所では光無線通信に自動的に切り替わるシステム(バリアフリーシステム)が考えられるが、現状は、使用中の電波無線通信を一旦中断し、光無線端末に切り替えた後、新たに光無線通信を再開させる必要があるなど、理想的な状態からほど遠いシステムしか構築できない。そこで、本サブテーマでは、無線端末を利用する場所により、電波無線通信から光無線通信へ、またその逆へと、自動的に通信媒体を切り替えることができ、通信を一時中断しなくても良い通信システムが構築できる通信システムを開発する。言い換えれば、無線端末利用者は、通信中の無線通信媒体が電波無線か、或いは、光無線かの区別を意識せずに無線通信端末が使い、利用する場所に制限されないバリアフリーの無線情報通信システムが実現できる。これにより、無線通信システム全般の適用範囲が更に広がる。

本サブテーマは、以下に述べる要素技術の研究開発を実施する。

#### (1) シームレス・バリアフリー無線通信プロトコルの研究開発

光モジュールを利用することにより、移動しながら複数の光無線基地局間を瞬時に切り替えて光無線の伝送路を確保することは可能である。しかし、既存のコンピュータネットワークには、通信端末が有線で固定されている事、或いは、通信中に無線基地局が切り替わらない事を前提とした通信プロトコルが採用されている。そのため、通信中に光無線基地局が切り替わると、通信の接続が保持されず、ネットワーク的には切断状態になる。簡単な例で説明すると、サーバに蓄積されている映画を端末で鑑賞している最中に、端末からネットワークのハブへ接続されている通信ケーブルを他のハブへ接続を切り替える(通信中の光無線基地局が途中で他の光無線基地局に切り替わったことをシミュレート)と、鑑賞中の映画再生が中断されてしまう。そこで、本サブテーマでは、通信中の光無線基地局が途中で他の光無線基地局に切り替わっても、鑑賞中の映画再生が継続される、或いは転送中のファイルが継続して転送される通信プロトコルの検討を行い、利用者に基地局の切り替わりを意識させないシームレスな移動体通信ネットワークの実現を目指す。

また、屋外の電波無線通信が自由に使える場所から、屋内の電波無線通信が制限され光無線通信が使える場所へ移動する場合、自動的に電波の発信を止め、光無線通信に切り替える通信プロトコルの検討を行い、利用者に通信媒体の切り替わりを意識させず、無線通信が制限されることの無いバリアフリーな移動体通信ネットワークの実現を目指す。

#### (2) シームレス・バリアフリー無線通信アプリケーションソフトウェアの研究開発

シームレス光無線通信システムが実現できれば、アプリケーションソフトウェアもシームレスに対応しなければならない。例えば、既存のコンピュータネットワークを利用したVODは固定端末を前提としており、移動体通信に対するVODは対応していない(携帯電話では実現している)。また、電波無線通信から光無線通信に切り替わった場合、通信速度が高速になり、それに応じてサービスの品質を変更することも考えられる。サービスの一例を上げれば、電波無線を利用して鑑賞している映画を、光無線に切り替わった瞬間、高画質(大容量)に変更して送信する。

以上、本サブテーマでは、シームレス・バリアフリー無線通信システムに最も適したアプリケーションの検討を行い、無線通信全体の普及促進を図る。

以上の様なシームレス・バリアフリーのシステムが開発されると、現在、電波を使った移動体通信の使用が制限され、その利便性が享受できていない病院など、電磁波が及ぼす医療機器への影響が懸念される場所への応用も可能になる。また、情報の機密性確保を重視する官公庁、電磁ノイズが大きくて、電波を使った通信手段が使えない工場、など、移動体通信端末を導入したくても出来ない場所へ、違和感無く適応できる。



### 5-2-1-2 平成13年度の研究開発課題

13年度の計画は、超高速シームレス・バリアフリー・アクセスシステムの実現を目指し、無線基地局が変わらない（端末のIPアドレスが変わらない）ことを前提としたコンピュータネットワークの通信プロトコルを詳細に調査した。そして、光無線基地局のハンドオーバーが発生しても通信が続けられる通信プロトコルの可能性を検討した。また、研究開発推進のために必要な装置の購入と開発環境の整備も行った。

### 5-2-2 IEEE802.11b 無線LANのローミング実験調査

#### 5-2-2-1 目的

現状の無線LANのローミング機能を確認し、来年度の研究方針策定の基本データを収集する。

#### 5-2-2-2 使用機器と設定

(i) IODATA 無線LANブロードバンドルータ WN-B11/BBR

IP Address : 192.168.0.1

NetMask : 255.255.255.0

通信Channel : 6 (Auto設定)

WEP : なし

DHCPサーバ : 有効

(ii) IODATA 無線LANアクセスポイント WN-B11/AXP

IP Address : DHCP

通信Channel : 6 (Auto設定)

WEP : なし

(iii) 京セラ 無線LANブロードバンドルータ KY-BR-WL100

IP Address : 192.168.2.1

NetMask : 255.255.255.0

通信チャンネル : 6 (手動設定)

WEP : なし

DHCPサーバ : 有効 (割当IP Address : 192.168.2.100~192.168.2.199)

(iv) 京セラ 無線LANブロードバンドルータ KY-BR-WL100

IP Address : 192.168.2.2

NetMask : 255.255.255.0

通信チャンネル : 6 (手動設定)

WEP : なし

DHCPサーバ : 有効 (割当IP Address : 192.168.2.200~192.168.2.210)

(v) サーバデスクトップPC (PIII450MHz, Windows2000)

IP Address : DHCP

サーバソフト : Java Media Framework 2.1.1aに付属のJMStudio

(vi) クライアントノートPC (PIII700MHz, Windows2000)

IP Address : DHCP

無線LANアダプタ : IODATA WN-B11/PCM

クライアントソフト : Java Media Framework 2.1.1aに付属のJMStudio

(vii) クライアントノートPC (PIII700MHz, Windows2000)

(vi)の無線LANアダプタだけを変更

無線LANアダプタ : IODATA KY-LC-WL100

5-2-2-3 実験システム構成

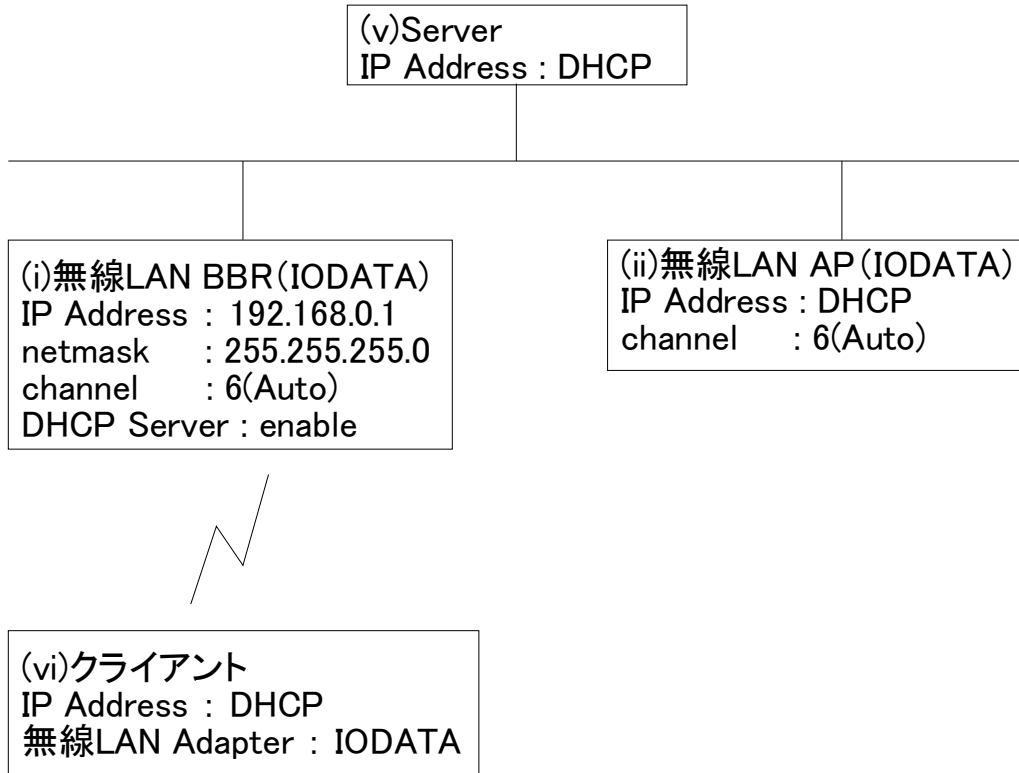


図 5-2-1 IODATA 無線 LAN 構成

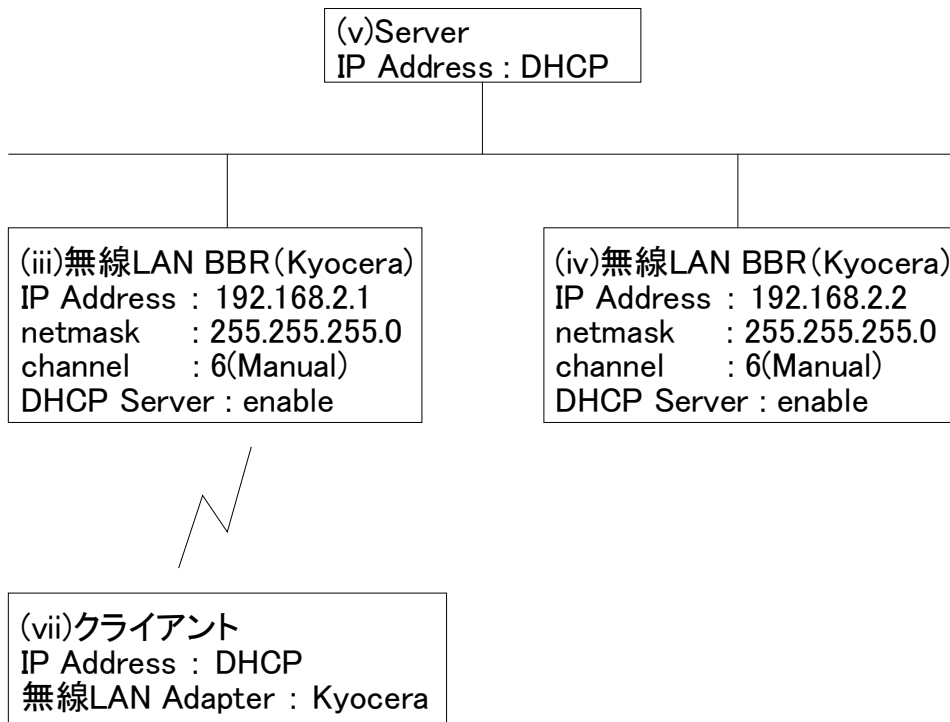


図 5-2-2 Kyocera 無線 LAN 構成

#### 5-2-2-4 実験内容

図5-2-1、図5-2-2のサーバでRTP(RTP over UDP)セッションを作成し、MP3またはG.711(U-law) 8kHzの音声を送信したものを、クライアントで再生し、無線LANに付属のソフトを使用して無線強度を観察しながら、ローミングが発生するように移動を行った。

#### 5-2-2-5 実験手順

無線LAN構成(図5-2-1)の実験手順

- (1) クライアントを(i)無線LAN BBRに無線で接続する。
- (2) サーバでRTPセッションを作成し、出力する。

Address : 224.123.111.101

Port : 22224

TTL : 1

- (3) クライアントで再生する。

受信バッファは250ミリ秒

- (4) (ii)無線LAN APに接続が切り替わるように、クライアントを移動する。

無線LAN構成(図5-2-2)の実験手順も同様に行った。

#### 5-2-2-6 実験結果

アクセスポイントの切り替えは電波の強度に応じて起こるのではなく、接続しているアクセスポイントとの通信が行えなくなったときに初めて、より電波強度の強いアクセスポイントに切り替わった。アクセスポイントが切り替わるタイミングは、その時々によって異なり、切り替わり方もいったん接続が切れてから切り替わる時や、接続が切れる寸前に切り替わるなどさまざまであった。アクセスポイントが切り替わる時には、音声パケットが途切れた。また、パケットが再び流れ始めるまでは1秒未満であった。そして、図5-2-1、図5-2-2ともに同様な現象になることを確認した。

#### 5-2-2-7 備考

実験はA414でアクセスポイントをそれぞれ部屋の端に起き、ローミングが起こるような環境で行った。実験中に周囲で行われている他の実験のノイズに影響され、音声が一瞬途切れたりパケットが欠落する現象が頻繁に起こった。周囲のノイズの影響煮によりパケットが欠落するの可否を確認するために、周囲の実験の中断再開を行ってもらった結果、中断時はパケットが欠落せず、再開時にパケットが欠落していることを確認した。

#### 5-2-2-8 平成14年度の研究課題

本サブテーマの中間目標は、IPv4単独のコンピュータネットワークにおける光無線基地局のハンドオーバーが発生してもサービスを提供し続けることのできるシームレスなコンピュータネットワークのシミュレーションシステムを構築し、その実現性を評価し、IPv6に関しても、単独でその可能性を評価することである。

また、電波無線が制限されている場所では、強制的に光無線に切り替える技術については、実現手法を検討し、シミュレーションによるバリアフリー通信システムの実現性を評価することである。

従って、平成14年度は、この中間目標の達成を確実なものとするために、シミュレーションシステムを構築し、基礎実験を通して基礎データを収集し、その解析を行う。

### 5-3 サブテーマ3：超小型光無線伝送方式の研究開発

#### 5-3-1 研究開発の概要と平成13年度の研究課題

##### 5-3-1-1 研究開発の概要

光は、有線である光ファイバ伝送において既に実績があるように、超高速性について優れた特長を持っている。また、近年高速無線システムとして研究が活発化している電波のミリ波に対しても、その物理的性質（光の波長約1  $\mu\text{m}$ 。例えば60GHz帯の電波は波長5mm）から、小型化の可能性を持っている。しかしながら、現行のシステム、例えば10Mbpsの光無線LANの商品を見ると、光方向制御機構、受光感度からくる受光素子面積の大きさの制限、発光素子の高出力発光にともなう放熱性等の制限から、携帯機器に搭載不可能な大きさになっている。また、半固定での使用を想定しているため、通信対象を瞬時に探して通信路を確保する必要はない構成になっている。

本研究では、既存の光無線通信システムの発想を大きく転換させ、超狭ビーム方式による超高効率伝送により、携帯機器に搭載可能で有り、且つ移動しながらでも通信路が確保できる性能を持つ光無線伝送方式を研究開発する。このような超小型の光モジュールによるシステムが開発されれば、その適応範囲は大きく広がる。

本サブテーマの主たる研究対象は、超狭ビームに光を絞ることにより発生する各種の課題を、超小型の制約の上で解決する手段を検討することにある。そこで、本サブテーマでは、大別して(1)超小型光無線伝送制御方式の研究開発と(2)超小型光無線モジュールの研究開発の二つの要素技術の研究開発を実施する

伝送制御方式の研究開発としては、超高速、且つ携帯機器に乗る光モジュールでは、サイズの制限から必然的に受光素子面積の減少による受光感度の低減があり、高効率な伝送方式である狭

狭ビームを使った伝送形態が必須となる。ビーム状の光を伝送するためには、通信対象の位置を瞬時に探すサーチ動作が必要である。また、サーチにより通信路が確立できた後、ビーム光を安定して通信対象の機器に正確に当て続けるために、常にビームの方向制御を行うサーボ動作が必要である。特に携帯機器では、移動や振動を伴うため、高速なサーボ方式を検討する。

超小型光無線モジュールの研究開発としては、光モジュールを携帯機器に組み込むことを考えると、1cm<sup>3</sup>程度の大きさの中に、受発光素子及び光の方向を制御する制御素子を配置する必要があるが、同要求は現状のアダプタ型で実現されている装置に対し、大幅な小型化が必要であり、現行技術の単なる延長線上で実現することは困難である。従って、全く新しい発想が必要になる。本研究テーマではまず、シミュレーション技術を駆使し、光モジュールの構成方式について検討し、各構成素子にもとめられる性能仕様、及び効率的配置、搭載位置精度の制限等、について明確化する。また、その構成部品として、1Gbps級の超高速で信号を送信できる面発光レーザを開発する。また、光モジュール用に特化した特性を持つ受光素子の開発についても考慮する。その他の構成部品として、ビームの方向を制御する制御素子の開発を検討する。

#### 5-3-2 平成13年度の研究開発課題

##### 5-3-2-1 超小型光無線伝送制御方式の研究開発

光学設計シミュレーションソフトを利用して、暫定的に仮定した部品を配置して受光感度のシミュレーションを実施した。

その結果、光モジュールが中継器を探して通信路を確保するサーチ段階において、必要なサーチ信号強度が、光モジュールが小型であることから感度低下により、不足することが明確になった。従って、来年度は、中継器と光モジュールの通信路が確保出来た後（サーチ後）の通信路の安定性のためのフィードバック制御（サーボ）の検討だけでなく、サーチ方式の検討も重視する必要がある。

そのため、サーチ、サーボの開発環境として、サーボ系シミュレーション環境の整備と、信号処理系シミュレーション環境の整備を行った。また、サーボパラメータの変更をデジタル的に設定できる DSP 開発環境を構築した。来年度は、この環境を効率的に使って、信号路確保の

ためのフィードバック制御安定性の検討に入る。また、各種サーチ方式の検討を実施する。

#### **5-3-2-2 超小型光無線モジュールの研究開発**

超小型光無線モジュールに使用する発光素子として、面発光レーザを想定し開発をスタートさせた。面発光レーザは、通常の端面発光型レーザと比較して、低コスト化が可能、マルチドットによる発光パターンの制御が容易に出来る特長を持つ。

光モジュール用発光素子開発については、デバイスシミュレーションソフトを利用した発光デバイスの設計を開始した。また、今年度購入した MOCVD 装置の稼働率向上のため、除害装置の改造を実施した。その装置を使っての近赤外面発光レーザの試作評価を開始した。

#### **5-3-3 平成14年度の研究課題**

今年度の光学設計シミュレーションの実施により、通常のサーチ方式の問題点が明確になった。また、今年度の設備購入により、来年度の開発環境が概ね整った。

14年度はこれらの設備を効率的に利用して、中間目標に向けて、各種サーチ方式の検討を実行する。また、サーボ方式の基礎検討をスタートさせる。発光素子開発については光モジュールに特化した特性をもつ面発光レーザの開発を継続する。

#### **3-4 総括**

本年度は、実施期間が2.5ヶ月と短かったこともあり、サブテーマ2、3については主に全体構想の検討と開発環境の整備重点を置いて研究開発を実施した。

概ね計画通りの進行であった。

来年度は、サブテーマ1の大阪大学への再委託もスタートすることになっており、本格的な研究開発活動開始となる。