

## 第3章 通信高度化を推進する技術開発

電気通信技術は、通信サービスを支える基盤であり、その高度化のためには、基礎から応用に至る広範な分野での開発が必要である。

### 第1節 周波数資源の開発及び利用技術

場所の制約を受けない情報伝達手段である電波は、今日では、国民生活、社会経済活動等のあらゆる分野に必要な通信手段として利用されている。電気通信分野における競争原理の導入に伴って、電波の需要はこれまで以上に急増が予想されていることから、積極的に周波数資源の開発を行うことが必要である。

#### 1 周波数資源の開発

周波数資源開発については、通信の広帯域性を目指して常に高い周波数の開発に力が注がれてきた。今日では、マイクロ波技術の進歩により、およそ 50 GHz までの周波数帯が開発され、実用の域に達している。

また、既利用周波数帯の電波を有効に利用し、周波数資源の増大を図る技術として、同じ情報量をより少ない帯域で伝送する周波数帯域圧縮技術及び同一周波数帯を複数の者で共用する周波数共用技術があり、種々のシステムで開発されている。例えば、現在実験中の高精細度テレビ

ジョン放送における MUSE 方式は、画像信号のサンプリング数を効率よく減らして帯域圧縮を実現する方法であり、また、コードレス電話等で採用されているマルチ・チャンネル・アクセス方式は、同一の周波数を空間的に繰り返して使用することにより、周波数の有効利用を図るものである。

しかしながら、電波利用の増大によって、使用周波数は拡大の一途をたどり、更に新しい周波数帯の開発が急務となっている。

特に、通信内容が音声にとどまらず、データ、画像、文書等へと多様化している陸上移動通信においては、周波数の需給がひっ迫しており、新しい周波数帯の開発が必要となっている。

また、将来の通信に対する需要の増大と利用のパーソナル化等を考慮すると、ミリ波帯（30～300 GHz）以上の未利用の周波数帯の開発が必要である。

### （1）準マイクロ波帯における陸上移動通信システム

我が国の陸上移動通信用の周波数帯については、これまで 60 MHz 帯、150 MHz 帯、400 MHz 帯、800 MHz 帯と順次高い周波数帯が開発されるとともに、占有周波数帯域幅の狭帯域化が実施されてきた。しかしながら、将来の需要を考えると、現在の利用可能周波数帯と狭帯域化技術では対応が困難になることが予想される。そこで、郵政省では、新しい周波数帯として、従来、陸上移動用に使用されていた周波数帯の上の準マイクロ波帯（1～3 GHz）の開発を59年度から進めており、これに関するシステムの概念、特徴等の分析、技術的問題点の把握等を行った。

準マイクロ波帯の適用が有効と考えられるシステムには、治安・防災システム、交通管制・案内システム、福祉医療システム等がある。

陸上移動用として準マイクロ波帯を開発するに当たっての技術的検討

事項としては、電波伝搬に関する事、システム構成に関する事、移動局に関する事などがある。

電波伝搬特性については、準マイクロ波帯が従来の陸上移動通信用周波数帯より高くなるため、①直進性が強く、場所的な変動を強く受ける、②伝搬の損失が大きくなる、③移動に伴うフェージングの影響が大きくなるなどの問題があり、これらを解決するために、電波の減衰対策及びフェージング対策が不可欠である。

システム構成については、小ゾーン構成によるマルチ・チャンネル・アクセス方式技術の高度化、無線回線の品質に応じて通話チャンネルの切替等を行う無線回線制御技術等が課題である。

移動局については、移動体への設置型のみならず、個人が容易に携帯し得る小型装置の開発が必要であり、これを実現するために、高周波素子等の小型化、電池の小型・高容量化、小型実装技術等が重要となる。

## (2) ミリ波帯の電波利用の研究

ミリ波帯以上の周波数帯は、広帯域の使用及び高密度の回線設定が可能であることから、ビル間の超高速データ伝送、画像伝送、高精細度テレビジョン放送、衛星間通信等の利用が考えられている。

郵政省では、将来に向けてのニーズの伸びや多様化に対処するとともに、先導的技術の発掘という観点から、未開拓の周波数帯であるミリ波帯の通信システムの研究開発を行うこととしている。

ミリ波帯には、大気成分による吸収が顕著となる「大気吸収帯」と大気成分による吸収が比較的少ない「窓周波数帯」がある。システムを検討するに当たっては、こうした周波数帯の特徴を生かし、それぞれに合った利用方法を考えていく必要があることから、システムを二つに大別し、それぞれに対する適用領域の検討及び機器、方式等の開発を進めていくこととしている。

第3-1-1表 想定されるミリ波通信システムの用途例

区 別	特 徴	適用システム例	用 途 例
窓周波数帯 ミリ波通信 システム	広帯域，超高速伝 送に適している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・業務用，一般用</li> <li>・FPU及び画像サー ビス</li> <li>・プラズマ貫通防災通 信</li> <li>・ミリ波と光相補通信</li> </ul>	超高速デジタル通信，OA-LAN 間通信 ITV，FPU，CATV伝送用 防災通信 高信頼度通信，行政無線
大気吸収帯 ミリ波通信 システム	相互干渉が排除で きる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市内行政広報無線</li> <li>・管制無線</li> <li>・中継伝送</li> <li>・防諜通信システム</li> <li>・屋内，構内通信シス テム</li> </ul>	限定地域への行政・広報 交通管制，港湾・空港の管制 野外スポーツ中継，屋外ITV伝送 行政用，民生用 OA用通信

- (注) 1. FPUとは，野外中継のことである。  
 2. ITVとは，産業用テレビジョンのことである。

想定される用途例は，第3-1-1表のとおりである。

ミリ波帯では，大気成分による吸収をはじめ，各種気象条件下での影響等が問題になるが，これらに関する実用的なデータは十分には得られておらず，大気成分による吸収特性の詳細な把握，気象条件とミリ波伝搬損失との詳細な対応付け等，大気伝搬特性の解明が必要である。

また，大気吸収帯と窓周波数帯とを明確に分離し，それぞれに対する適用システムへの周波数資源配分の最適化を図るとともに，機器の製造業者に対しては機器仕様の明確化，利用者に対しては適用領域を明らかにするためのモデルシステムの構築が必要になると考えられる。

一方，発信機や受信機等の機器構成技術の開発も重要である。特に発信機に必要な固体発振素子についても，100 GHzを超える領域は現在実用化に至っておらず，今後，ガン，インパットに加えてタンネット等の新しい素子の開発が必要である。また，方式的には，受信レベルによっ



て伝送速度を可変とするなど、ミリ波の弱点をカバーする研究も進めていく必要がある。

## 2 電波利用技術の開発

電波は、船舶や航空機の安全確保、リモートセンシング、レーダー、医療機器や電子レンジ等における高周波エネルギーの利用等、非通信系分野においても広範囲にわたり利用されている。

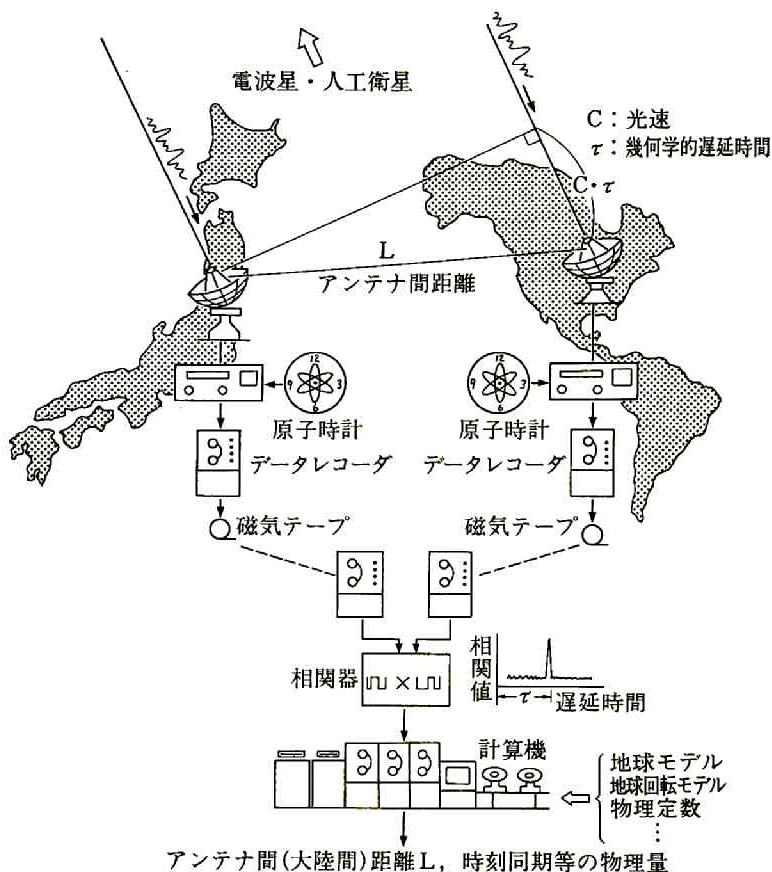
最近、特に注目されているものとして、超長基線電波干渉計 (VLBI) による高精度測位技術への応用がある。

VLBI とは、10億光年から数十億光年離れた宇宙のかなたの星から届く微弱な電波を、地球上の2地点で独立に、同時にとらえ、2地点間での受信時刻のずれを百億分の1秒単位で測定し、それを基に2地点間の距離を計算するものである (第3-1-2図参照)。

VLBI 技術の利用としては、地殻プレート運動の検出による大地震の長期的予知、国際精密時計比較、地球回転運動の精密測定等が考えられている。

郵政省電波研究所は、59年度に NASA と共同して、国際的な VLBI 観測を開始し、59年7月から9月まで実施された第1回日米 VLBI 本実験においては、鹿島局と他6観測局とを結ぶ6本の基線長を3cm以下の誤差で決定し、日本列島の位置を高精度に確認するなど、多大な成果が得られた。

第3-1-2図 超長基線電波干渉計 (VLBI) の原理



## 第2節 通信関連技術の進展

電気通信の発展を支える通信関連技術には、光通信、衛星通信等の伝送技術、電子交換機、デジタル交換機等の交換技術、半導体材料をはじめとする材料技術、超 LSI、半導体レーザのような素子技術等多様な技術がある。

これらは、いずれも先端技術に属するものであり、技術革新の速度が速く、要求される技術の水準には極めて高いものがある反面、いったん実用化されると、極めて広い応用と波及効果が期待されるものである。

現在開発中又は開発を進めることが望まれている通信関連技術の例を分野別にまとめると、第3—2—1表のようになる。

### 1 伝送・交換技術

伝送・交換技術は、通信の高度化を図るかなめとなり、通信網の中核的役割を果たすものである。

伝送技術については、これまで低コスト、高品質で信頼性の高い伝送路網を構成することを主な目的として、技術開発が進められてきた。

有線系では同軸ケーブルから光ファイバケーブルへ、無線系では地上マイクロウェーブ回線から衛星回線へと、新しい伝送媒体がそれぞれ開拓され、また、これらの特徴を生かした伝送方式の研究により、通信容量の拡大、通信品質の向上が図られている。

交換技術については、ネットワーク機能の高度化・多様化に向けて、技術開発が行われている。

現在では、アナログ交換機に代わり、デジタル交換機が全国に徐々に導入され、デジタル伝送路との組合せにより、通信品質の向上及び

第3-2-1表 開発を推進すべき通信関連技術

分野	項目	内容 (例)	
伝送・交換技術	光通信	大容量光ファイバケーブル伝送方式, 加入者系光ファイバケーブル伝送方式, 海底光ファイバケーブル伝送方式	
	衛星通信	大容量衛星通信方式, サテライトスイッチ, 航空海上衛星, マルチビームアンテナ, 高効率太陽電池, 簡易型地球局, 中継器の有効利用技術	
	電子交換機	音声蓄積交換方式, 広帯域交換機	
	周波数資源の開発	準マイクロ波帯陸上移動通信システムの開発	
	新放送技術	衛星放送, 高精細度テレビジョン	
通信処理技術	自動翻訳電話	プロトコル変換, 自然言語処理, 知能通信処理 (認識, 翻訳通信等)	
端末技術	マンマシンインタフェース技術	視聴覚心理, ディスプレイ装置	
材料技術	超伝導材料	ジョセフソン素子	
	磁気光学材料	大容量記憶装置	
	半導体材料	化合物半導体, 非晶質シリコン	
素子技術	超 L S I	回路技術	論理設計, 回路設計, パターン設計
		加工技術	デバイス構造, 電子ビーム描画, X線露光
	光半導体デバイス	光 I C, 光直接増幅, 単一モード半導体レーザ	
	新機能素子	バイオチップ	

網全体の経済化が図られている。また、映像等の広帯域な信号を交換するための広帯域交換機や、音声を蓄積し、ボイスメール等を可能にする音声蓄積交換機等の技術開発も進められている。

(低損失, 広帯域な光ファイバケーブル)

光ファイバケーブルによる光通信の実現性が高まったのは1970年であり、それ以降、伝送損失を少なくする努力が各国で続けられている。我が国では、昭和51年に、電電公社において波長  $1.2 \mu\text{m}$  で損失が0.47



第3-2-2表 光ファイバケーブル方式と同軸ケーブル方式の比較例

項 目	光ファイバケーブル	同 軸 ケ ー ブ ル
伝 送 方 式	F-400M方式	D C-400M方式
伝 送 容 量	約7万回線 (5,760回線×12システム)	約5万回線 (5,760回線×9システム)
心 線 径	0.125mmφ	9.5mmφ
中 継 間 隔	約40km	約1.5km

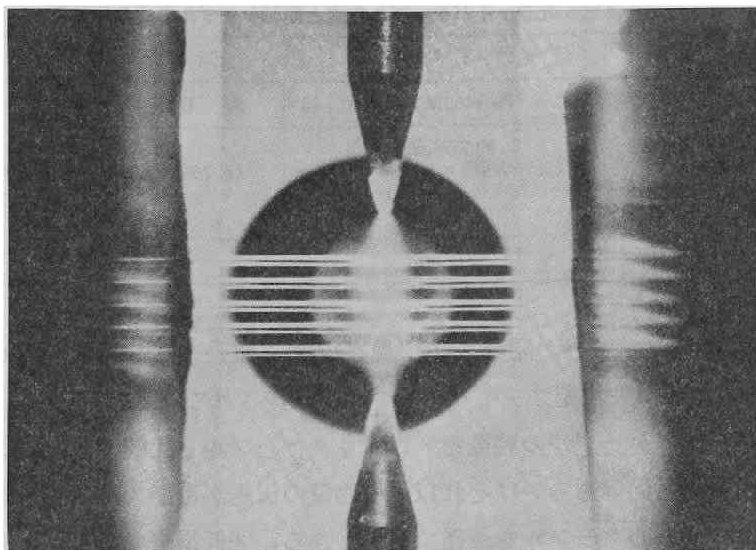
dB/km の光ファイバが開発され、現在では、波長 1.55  $\mu\text{m}$  で 0.2 dB/km という低損失な光ファイバケーブルが試作されている。

光ファイバケーブルの特徴をメタリックケーブルと比較すると、①同軸ケーブルと同等あるいはそれ以上の容量の伝送が可能である、②直径が細いので多心ケーブルを細径で実現できる、③低損失であるため中継距離が長くできる、④漏話がほとんどない、⑤軽量で可とう性に優れている、⑥送電線等からの外部電磁誘導を受けない、⑦化学的变化による腐食に強い、⑧資源問題が少ない、などが挙げられる。

電電公社における「日本縦貫光ファイバケーブル」(旭川～鹿児島)の運用が60年2月に開始され、全国デジタル網構築の基盤形成ができた(第3-2-2表参照)。

光ファイバケーブルには、前述のような特徴がある反面、製造、切断、接続に高度な技術が要求されており、これらを容易にする研究開発が進められている。59年度においては、従来の約10倍の高速製造技術及びパーソナル・コンピュータの指令による自動接続技術が開発され、製造、接続の作業に大幅な経済化が図られた。

光ファイバケーブル伝送方式については、更に大容量かつ長中継間隔の伝送を可能とする研究開発が進められている。1.6 Gb/s の信号を伝送する方式が試作されており、また、INS モデル実験では、複数の信号を



光ファイバケーブルの接続

それぞれ別の波長の光にのせて、1本の光ファイバ中を伝送させる波長分割多重伝送方式の技術確認が行われており、これが実用化されると、64 kb 系と広帯域系の両サービスを1本の光ファイバで提供することが可能になるなど、一層の経済化が期待されている。

#### （衛星通信技術の進展）

通信需要の増大、多様化及び通信衛星の大型化を背景として、衛星通信の高度化のために必要なマルチビーム衛星通信技術の開発が進められている。

マルチビーム衛星通信技術は、大型の衛星搭載アンテナを用いて地上での受信電力を大きくする技術であり、伝送容量の増大、地球局アンテナの小型化等が可能となることから、経済性の向上が期待できるとともに、限られた資源である軌道及び周波数を有効に利用することができる。地球局の小型化・経済化は、特に移動体通信においては必須の条件

であり、船舶通信を中心に小型アンテナ等の開発が進められている。

さらに将来は、従来型の通信衛星に比して量的・質的に飛躍的に拡大された通信を可能とする静止プラットフォームの開発が必要と考えられている。この静止プラットフォームの実現には大型アンテナ技術、姿勢制御技術、軌道上における組立て技術等種々の先端的な技術が必要とされている。我が国においても、今後、宇宙基地を利用するなどしてこれらの研究開発を行う必要がある。

## 2 通信処理技術

通信処理技術は、コンピュータ等を駆使して高度な通信を実現するための技術であり、高度情報社会へ向けて今後一層重要になる技術である。

### (自動翻訳電話システムの開発)

我が国の国際関係への依存度が日々増加している中で、我が国の宿命ともいふべき言語の孤立性を克服し、より円滑な国際通信を実現するために、自動翻訳電話システム構築への要望が高まりつつある。

自動翻訳電話システムの構築のためには、音声認識、機械翻訳、音声合成の三つの要素技術が中心となり、これらの技術研究・開発が必要であるが、さらにこれらを支える基礎的技術として、コミュニケーションサイエンス、知識処理・言語処理技術等の研究が必要となる。

音声認識については、現在、話者があらかじめ自分の声を登録しておいて使用する特定話者認識で、最大約500の離散単語（離散的な発声による単語）について、98～99%の認識率が得られており、また、不特定話者認識では、約30の離散単語で95～98%の認識率が得られている。しかし、自動翻訳電話システムを実現可能なものとするためには、連続発声かつ不特定話者の音声認識が必要となるため、この認識率向上の技術

はこれからの課題である。

一方、音声合成については、自動翻訳電話システムでは任意文の音声合成が必要となるため、音声の基本的な単位である音素自体に関する研究を進めるとともに、めいりょう性や、自然性の向上を図るため、アクセントやイントネーションの位置を決定する技術、登録音声の韻律を自由に調整するための技術の開発が必要である。

機械翻訳技術に関しては、翻訳対象が会話であるため、省略文あるいは用いられる環境によって異なる意味となる文等が多用されることから、文脈の意味を解しての翻訳が必要となり、意味変換及び文脈理解の研究が要請される。

また、翻訳システムを実現する上では、大規模な辞書データベース及び言葉の表す概念等を記述したデータベースを構築する必要があり、運用面も含め、データベース関連技術の開発も重要である。

郵政省では、60年6月に自動翻訳電話システムの開発全体の計画であるマスタープランを取りまとめた。

### 3 端末技術

端末技術は、機器の性能及び利用者にとっての使いやすさを直接左右する技術である。

現在では、電話機の多機能化をはじめ、データ通信端末、画像通信端末等の機能の高度化、操作性の向上等を図るための技術開発が進められている。

端末は、利用者とネットワークとの接点に位置するものであり、そのため、特に、視聴覚情報処理機構、運動生理、認知工学、自然言語理解等の人間＝機械系に関する基礎的な解明や高精度ディスプレイの開発等、マンマシンインタフェース技術の研究を今後一層推進していく必要

がある。

#### 4 材料・素子技術

材料技術は、最も基礎的な技術分野に属し、各素子やデバイスの性能の決め手となる技術である。

最近では、半導体材料の主流となっているシリコンに比べ、更に高速動作を可能とするガリウムひ素の研究が盛んに行われている。また、シリコンやガリウムひ素のような半導体材料に代わる次世代の材料素子として、超伝導現象を利用したジョセフソン素子の実用化が期待されている。

素子技術は、各種のシステムや機器の機能実現に欠かせない重要な技術であり、材料技術とともに、通信関連技術の基盤となるものである。

素子技術の代表的なものは LSI 技術であり、各種通信機器の小型・軽量化、高機能化、経済化、高信頼化に大きく貢献している。LSI については、その高集積化へ向けた開発が進められており、現在では、1 MbDRAM (ダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ) が実用化されているとともに、4 MbDRAM の実用化研究が進められている。

また、光通信に必要な発光素子、受光素子等の光通信の基盤となる素子技術の研究も積極的に進められている。

さらに、バイオチップ等の生体機能を応用した新しい素子の研究も始められており、将来への期待が大きい。

(開発の進むガリウムひ素)

ガリウムひ素は、電子移動度が速く、また発光効率も高いことから、高速な半導体素子の実現できると同時に、能率の良い発光材料にもなる。

ガリウムひ素の用途としては、高速 IC が考えられ、今後ますます信



号処理が高度になるデジタル画像処理や高精度度テレビジョン放送等に有効である。

また、高速性がゆえに、高い周波数で動作するという特徴を生かして、衛星通信、衛星放送での利用が考えられており、現に、衛星受信機のBSコンバータや、衛星に搭載する中継器の受信部分、進行波管の励振段等に用いられている。

さらに、発光性を利用して、光ファイバケーブル伝送の光源として使用されているレーザや発光ダイオードへの適用が期待されている。

59年度においては、1チップ上に従来の4倍の10万素子を搭載し、アクセス時間4.1 ns、消費電力1.5 Wの16 kb ガリウムひ素メモリの試作が日電会社により行われたところである。

#### (ジョセフソン素子の開発)

ジョセフソン素子は、超高速動作及び低消費電力を特徴とした超伝導材料である。

ジョセフソン素子の用途としては、その優れた高速性を生かした超高速コンピュータ用素子が最も期待されており、このほか、ミリ波・サブミリ波発振器、パラメトリック素子、光検出器等への利用が検討されている。

ジョセフソン素子の研究開発は、国際的には1968年から始められており、我が国では、昭和57年にスイッチング速度10.8 ps を達成したのを皮切りに、次々と高速化が実現されており、現在5.6 ps まで進んでいる。

ジョセフソン素子の実用化を図る上では、極低温に冷却しておく実装化技術、経年変化や性能のバラツキの小さい信頼度の高い素子の製作技術、また素子性能を十分に生かすための周辺技術等の開発が必要であり、現在その研究が進められている。

## (光通信を支える半導体レーザ)

半導体レーザは、発光素子として使用されており、コヒーレント光（位相及び波長のそろった光）に近い光を発生するため、インコヒーレント光（位相や波長がそろっていない光）を発生する発光ダイオードに比べ、光発振スペクトル幅が小さく、光ファイバによる高速伝送に適している。

しかし、現在の半導体レーザは、その発生する光が純コヒーレント光ではなく、近接するいくつかの異なる波長をも同時に発振してしまうため、高速になるに従い、信号の形が乱れるという問題がある。そのため、単一波長のみを発振する半導体レーザの開発が求められており、我が国でも積極的にこの研究開発が進められている。

56年度に、従来高速のデジタル伝送用に使用されている1.3  $\mu\text{m}$  帯の光に比べ、伝送損失が約半分となる1.55  $\mu\text{m}$  の単一波長で発振する新しい半導体レーザの開発が電電公社によって行われ、59年度には、更にこれを改良して単一波長性を向上させた半導体レーザがKDDによって開発された。この波長の光を使うことにより、中継器の間隔を従来の2倍に伸ばすことができ、通信システムの信頼性と経済性の向上が期待される。