

# 光加入者線伝送システム

## Optical Subscriber Transmission Systems

光ファイバの広帯域性、低損失性を用いて1本の光ファイバによって各種のサービスを同時に伝送できる光加入者線伝送システムを開発した。このシステムで開発した主要技術は長波長帯の2波長、短波長帯の2波長の4波長を用いた波長分割多重、パルス周波数変調による映像伝送及び強度変調による映像伝送である。これらの技術を用いることにより、各種サービス信号を5kmの無中継、双方向伝送が可能となった。本稿では、本システムを特徴づける技術内容及び製作した装置の報告を行なう。

玉木研造\* *Kenzō Tamaki*  
 南 幸雄\* *Yukio Minami*  
 太田絃一\* *Kōichi Oota*  
 草薙純介\* *Junsuke Kusanagi*  
 前田 稔\*\* *Minoru Maeda*  
 吉屋 勉\*\*\* *Tsutomu Yoshiya*

### 1 緒 言

光加入者線伝送システムは、光ファイバの広帯域性、低損失性などの特長を利用し、各加入者宅に1本の光ファイバを配線するだけで各種情報を伝送するシステムである<sup>1)~3)</sup>。従来、メタリック線を用いて伝送しているデジタル電話はもちろんのこと、テレビ会議(日立製作所固有名称)やテレビジョン電話などの双方向映像情報伝送、局から加入者への片方向映像情報伝送超高速ファクシミリやカラーファクシミリなどの高速デジタル情報の伝送(加入者線伝送速度は6.3Mビット/秒)が同時にできる<sup>4)~6)</sup>。

上記に示した各種情報を1本の光ファイバで、高品質かつ長距離の伝送を行なうためには、

- (1) 波長分割多重伝送技術
- (2) 双方向映像伝送技術
- (3) 片方向映像伝送技術

などの主要技術が必要である。

本稿では、今回開発したこれらの主要技術と、その技術を用いた光加入者線伝送装置について報告する。なお、本システムは三鷹地区のINSモデルシステムで、昭和60年3月から稼動中である。

### 2 光加入者線伝送装置の基本構成と特徴

開発した光加入者線伝送装置の基本構成を図1に示す。機能ブロックとしては以下の3種のユニットから構成している。

- (1) テレビ会議、デジタル電話、ファクシミリなどの加入者間相互で行なう双方向映像伝送ユニット
- (2) 局から加入者へ映像情報をサービスする片方向映像送・受信ユニット
- (3) 超高速ファクシミリなどのサービスを加入者間相互で行なう6.3Mビット/秒高速デジタル伝送ユニット

なお図1のように上記3種のユニットのうち2ユニットを組み合わせた2種類の装置を開発した。本装置の特徴は次に

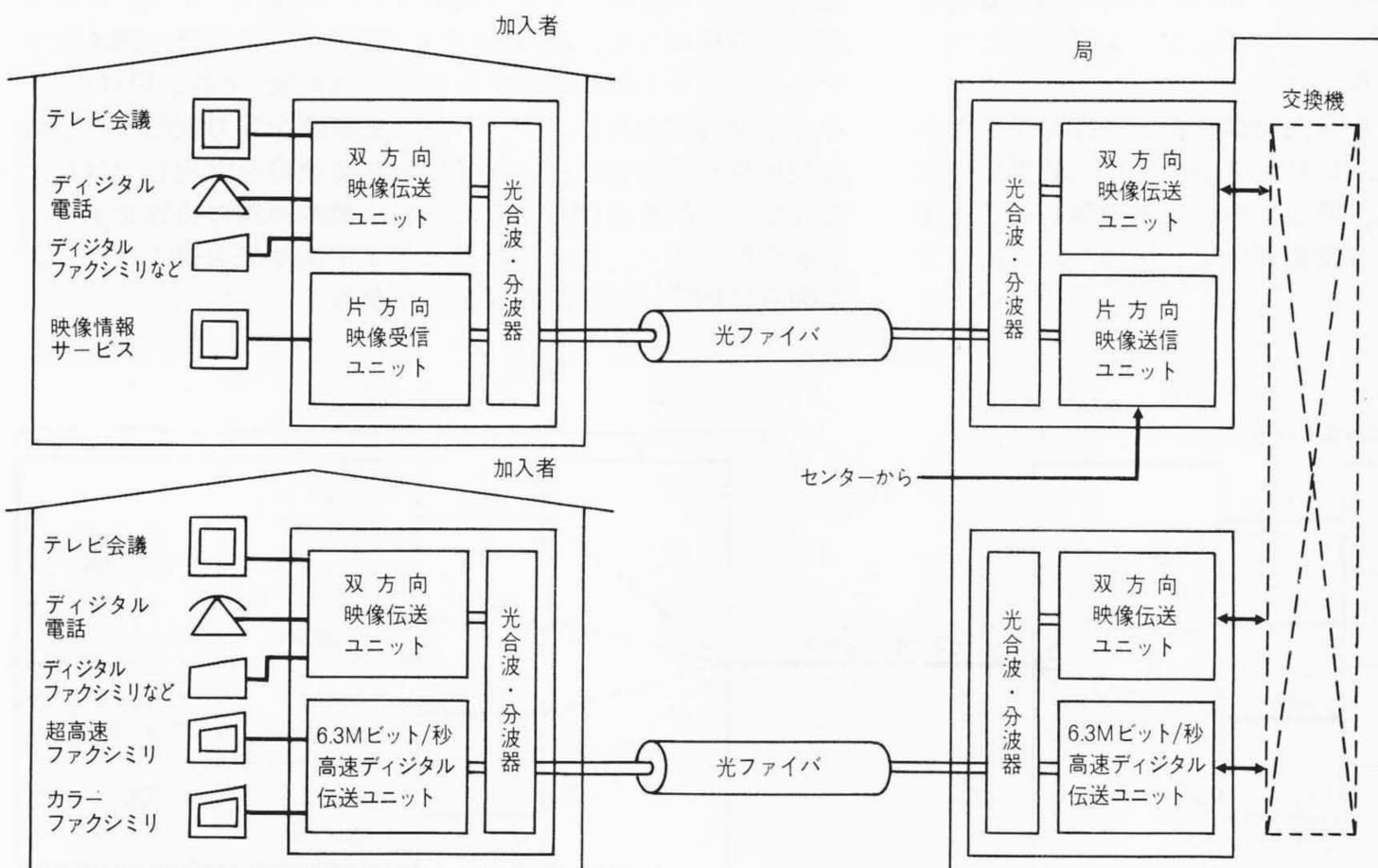


図1 光加入者線伝送装置の基本構成 双方向映像伝送ユニット、片方向映像送受信ユニット、6.3Mビット/秒高速デジタル伝送ユニットの3種のユニットを開発した。装置は図に示すように、ユニットの組合せ方により2種類開発した。

\* 日立製作所戸塚工場 \*\* 日立製作所中央研究所 工学博士 \*\*\* 日立製作所光技術開発推進本部

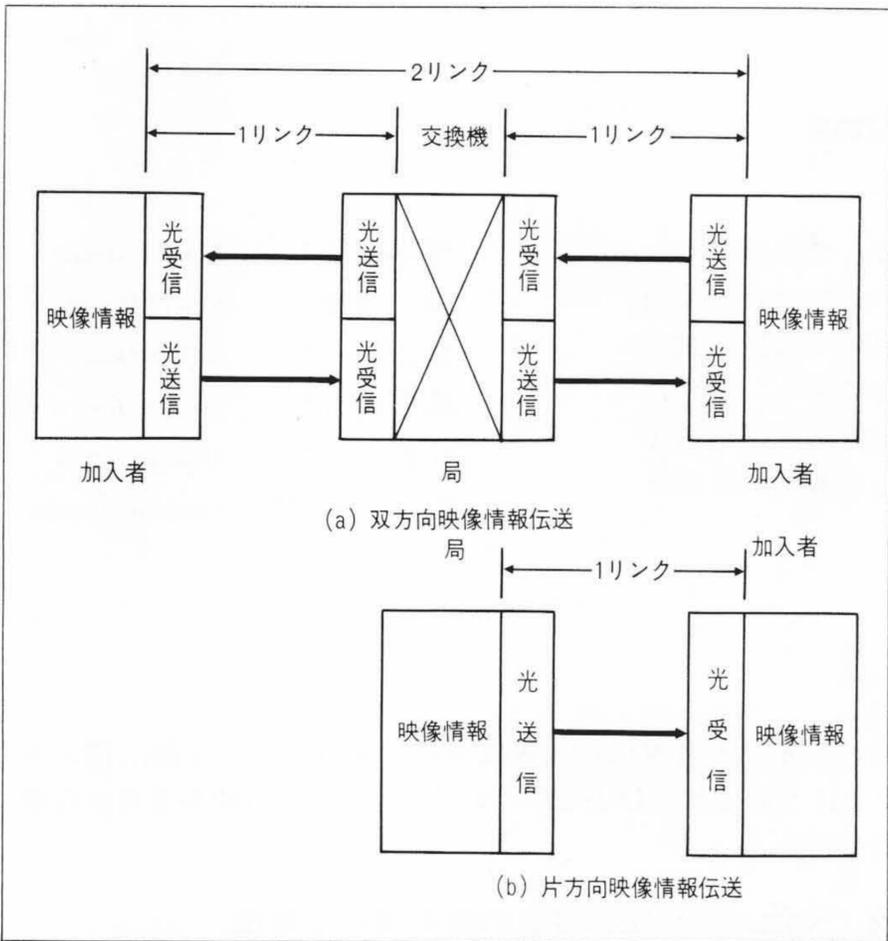


図2 双方向及び片方向映像情報伝送 双方向映像情報伝送は2リンク、片方向映像情報伝送は1リンクで構成される。

述べる通りである。

- (1) 1本の光ファイバで上記3種のユニットのうち2ユニットの信号を同時に伝送するため、4波長分割多重技術を使用している。
- (2) 図2(a)に示すように、双方向映像情報伝送は加入者から局、そして局から加入者への2リンク伝送である。ほとんどの加入者宅へのサービスを可能とするため、伝送距離を5kmと設定した。このため、長距離伝送が可能な長波長半導体レーザを用い、高品質が期待できる、PFM(Pulse Frequency Modulation)技術を採用した。この結果、2リンク伝送に対し高品質な映像情報伝送を実現している。
- (3) 図2(b)に示すように、片方向映像情報伝送は局から加入者への1リンク伝送のため、2リンク伝送に比べ装置に配分される映像伝送規格は緩い。そこで短波長半導体レーザを用い、回路構成も簡単な直接強度変調技術を採用し、経済的な伝送システムを構成した。

### 3 光加入者線伝送のための主要技術

#### 3.1 波長分割多重伝送技術

1本の光ファイバにより、各種情報を同時に伝送するために、図3に示すように4種類の光波長を使用する。双方向映像情報伝送は、局と加入者間相互で同時に光信号の伝送を行なうため、互いの光信号が影響し合わないよう波長間隔は大きくとる必要がある。したがって、波長間隔が $0.1\mu\text{m}$ と大きくとれる長波長帯の波長 $1.2\mu\text{m}$ 及び $1.3\mu\text{m}$ の2波長を用いる。片方向映像情報伝送は1リンクだけの映像伝送であるが、高品質な映像情報を確保するため、短波長帯のうちでも光ファイバの伝送損失の少ない $0.89\mu\text{m}$ を用いる。6.3Mビット/秒の高速デジタル信号は2リンク双方向伝送であるが、デジタル伝送のため本質的に漏話、雑音などに強く、伝送許容損失も大きくできる。このため短波長帯の $0.81\mu\text{m}$ 、 $0.89\mu\text{m}$ の2波長を6.3Mビット/秒高速デジタル伝送用として用いる。

1本の光ファイバにこれら4波長の多重、分離を行なうには光合波分波器を用いる。光合波分波器は、波長選択性をもつ誘電体多層膜フィルタと円柱形レンズ(ロッドレンズ)のような小形レンズの組合せで構成する。誘電体多層膜は互いの波長が干渉し合わないよう急しゅんな波長選択性をもっている。またフィルタとレンズの配置については、光ファイバとの結合で光パワーの挿入損失が最小となるようにする。更に温度変動による半導体レーザへの反射戻り光が、できるだけ小さくなるようにフィルタの角度などを選び構成している。なお、使用した光合波分波器の詳細については、本号特集論文の「INS用光伝送部品」を参照していただきたい。

#### 3.2 2リンク双方向映像伝送技術

テレビ会議やテレビ電話などの伝送は、加入者から局を経由して相手加入者への2リンク双方向伝送である。これを實現する双方向映像情報伝送ユニットには、45.4dBの高いSN比が要求される。このため、雑音に強い変調形式である周波数変調とパルス変調とを組み合わせた、PFM(パルス周波数変調)<sup>7)~9)</sup>を採用した。高いSN比を實現するためには、図4に示すようにパルス周波数の大きな周波数範囲(周波数偏移)とすることが必要である。したがって、広範囲な入力電圧に対し周波数偏移が直線性の良い電圧周波数変換器を實現しなければならない。図5に開発した電圧周波数変換器の特性を示す。本変換器を用い、仕様を十分に満足する結果が得られた。また図6にPFM受信器のSN比特性を示す。

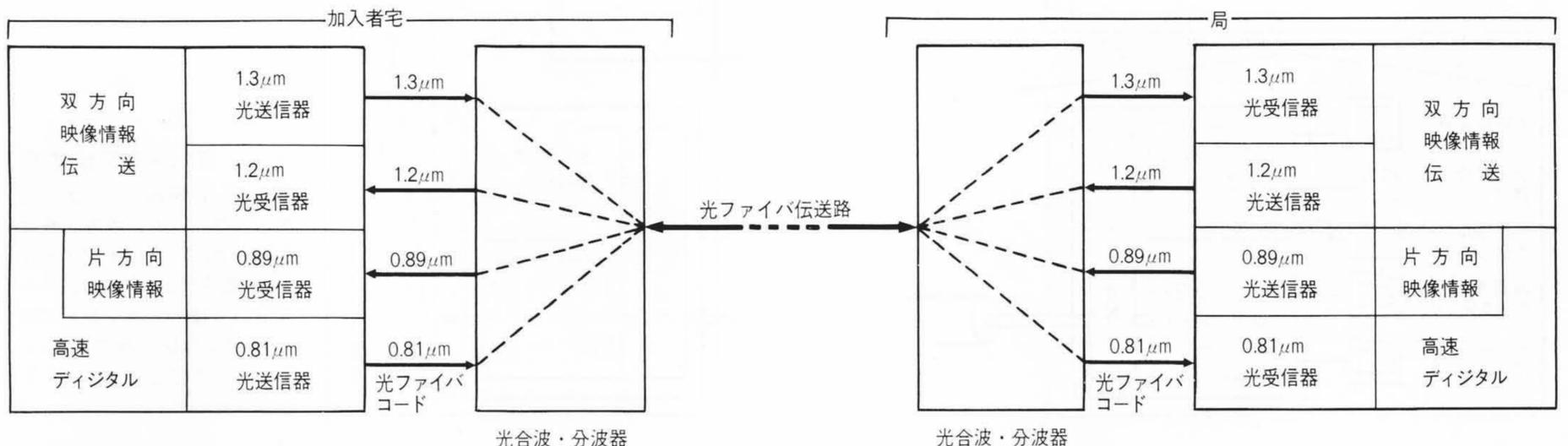


図3 波長分割多重伝送の原理 4波長分割多重伝送の原理を示す。双方向映像伝送用に $1.2\mu\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}$ の2波長用い、片方向映像伝送に $0.89\mu\text{m}$ 、高速デジタル伝送に $0.89\mu\text{m}$ 、 $0.81\mu\text{m}$ の2波長を用い、光合波分波器で1本の光ファイバ伝送路に結合している。

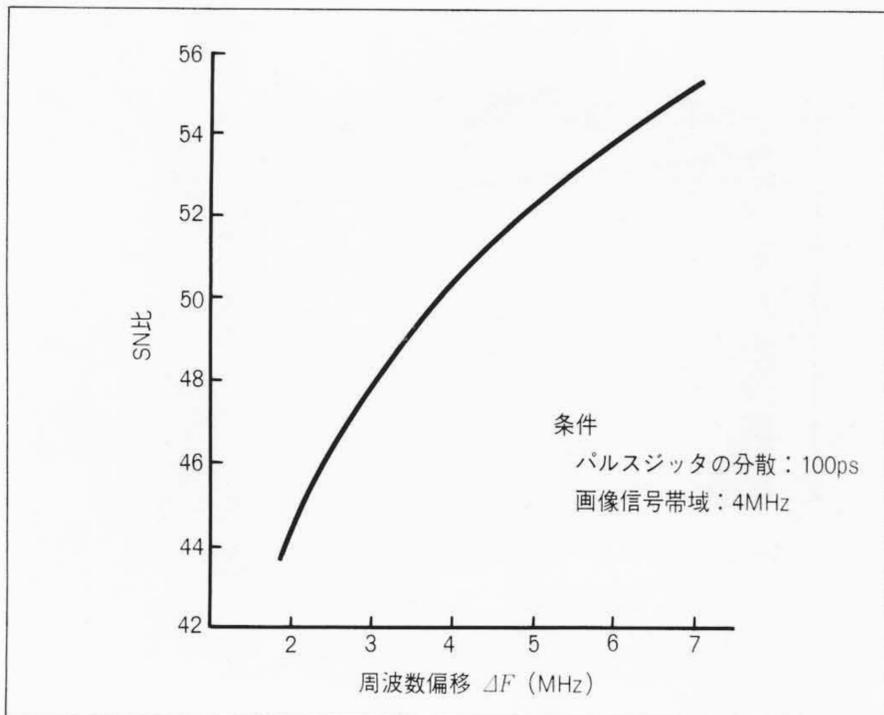


図4 PFM(パルス周波数変調)における周波数偏移とSN比  
PFMの周波数偏移を大きくすると、画像信号のSN比は改善されることを示す。

PFM伝送用には $1.2\mu\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}$ の長波長帯を採用しているため、光ファイバの伝送損失も小さく、5 km以上の伝送距離が実現できた。したがって、局と加入者間には従来のメタリック広帯域伝送に必要とした中継器は不要となり、建設費の低減、保守の簡易化が達成でき、光ファイバ伝送の特長を十分生かしている。

### 3.3 1 リンク片方向映像伝送技術

片方向映像情報伝送ユニットは、映像と音声周波数分割多重したアナログ信号を、局から加入者への1リンク片方向伝送を行なうものである。本ユニットにはPFM方式に比較し

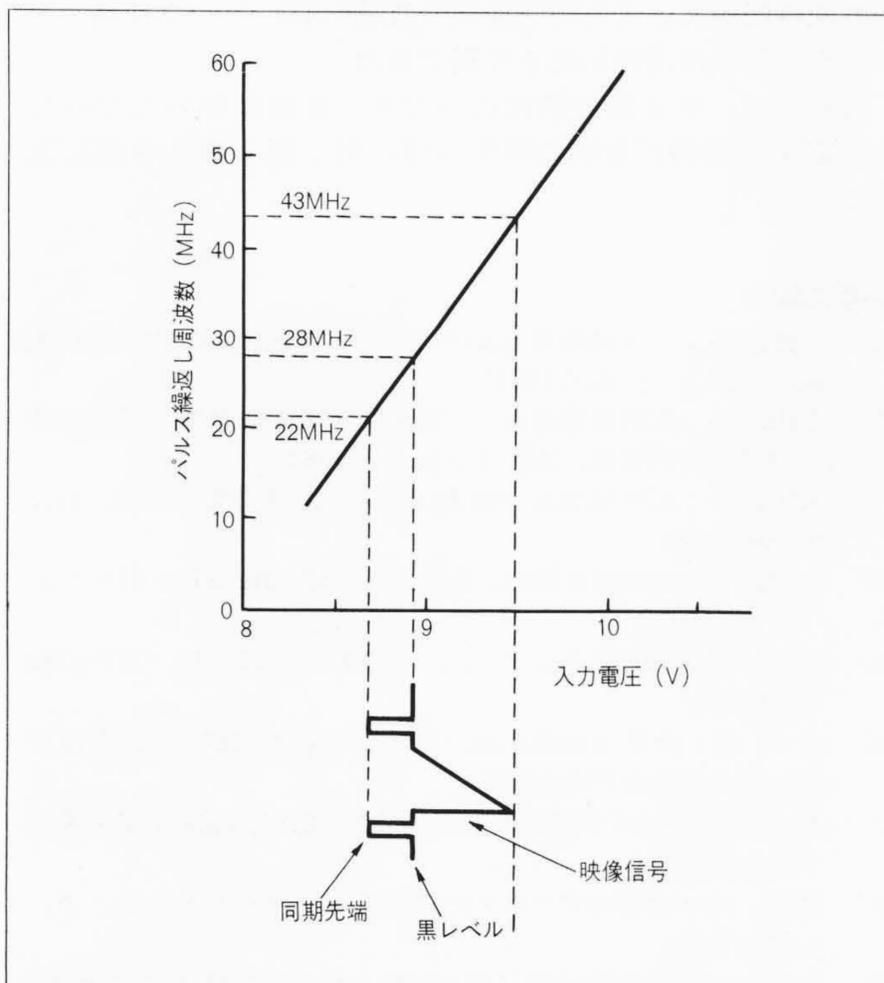


図5 PFM変調器の特性 入力電圧は、パルス繰返し周波数に直線的に変換される。

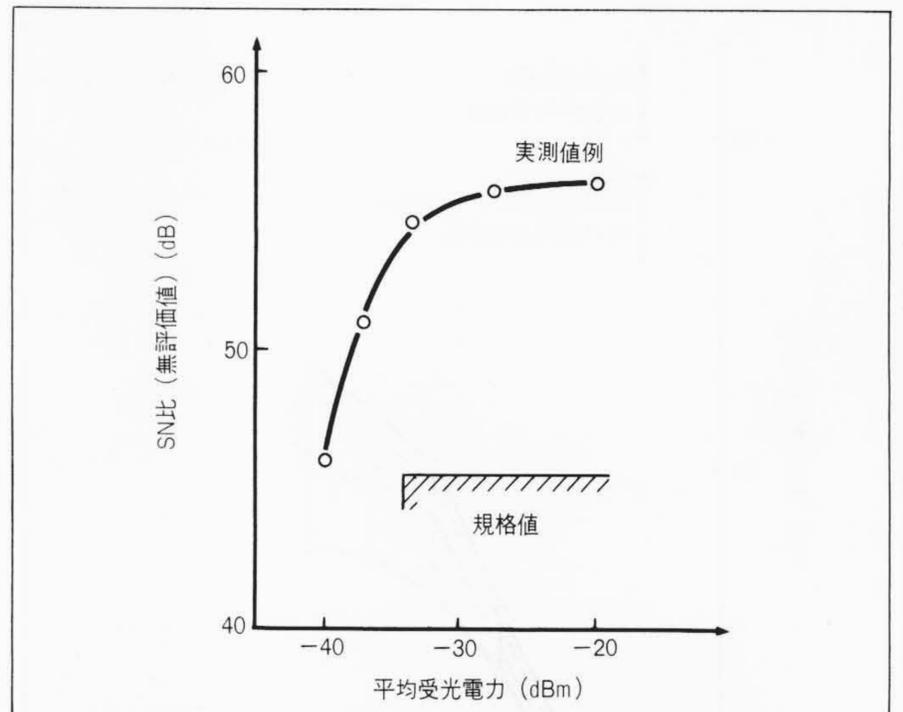


図6 PFM受信器のSN比特性 規格に対して十分マージンがあり、高品質伝送が可能である。

回路構成が簡略で経済的に有利な短波長半導体レーザを光源とした直接強度変調方式を採用した。この原理を図7に示す。

直接強度変調された半導体レーザは振幅、位相のそろった波であるコヒーレンス光を発振し、多モード光ファイバを伝搬中、各伝搬モード間で干渉し合う。多モード光ファイバの場合は各伝搬モードで損失が異なり、周囲温度の変化、振動、接続点などで伝搬モードが常に変化する。このため、光ファイバ伝送後の光信号レベルの強度は干渉のため変動し、雑音状の波形ひずみを生じ、映像のSN比が大きく変動する<sup>10)</sup>。SN比の変動を抑圧するため、図7に示すように半導体レーザの駆動電流に500MHz以上の高周波を重畳し、半導体レーザを多モードで発振させ、コヒーレンスを低下させる。その結果、光ファイバ伝送後のSN比の変動を、図8に示すように小さくすることが可能となった。

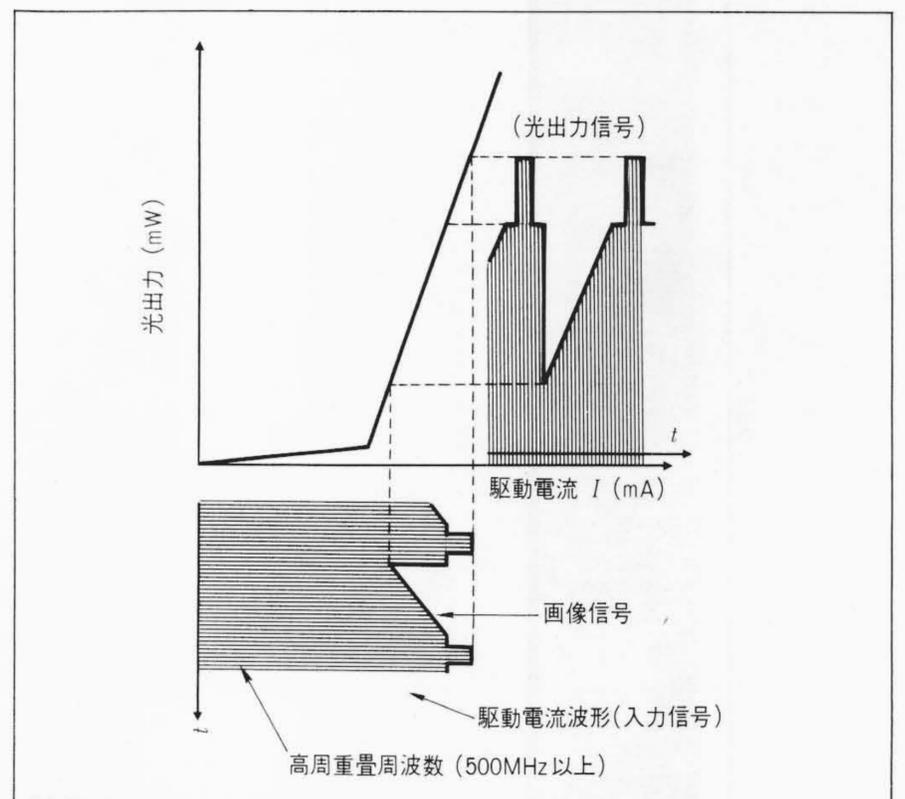


図7 半導体レーザの直接強度変調と高周波重畳の原理 映像信号と高周波重畳信号で、半導体レーザに流す電流を直接変化させることで、半導体レーザからの光出力を変調する直接強度変調の原理を示す。

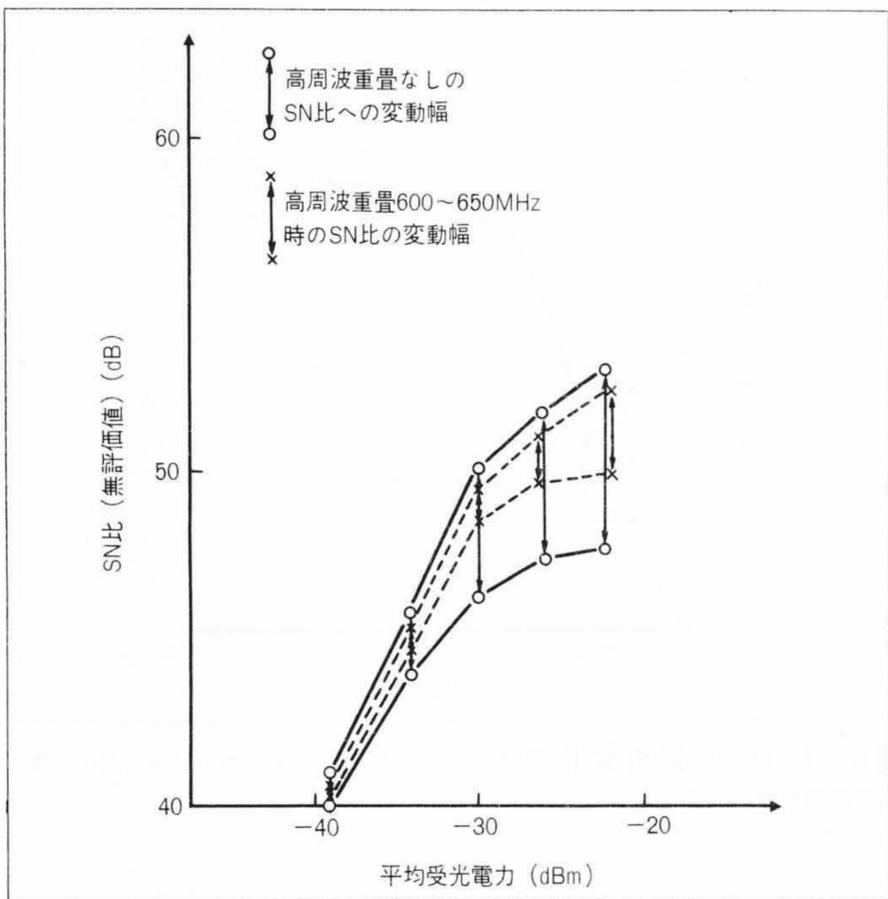


図8 IM伝送のSN比特性 映像SN比は、高周波重畳をかけることによって安定化される。

#### 4 光加入者線伝送装置

これらの主要技術を用い実現した光加入者線伝送装置の外観を図9に示す。本装置は同図に示す局側装置と図10に示す加入者宅内装置で構成される。局側装置では光送受信パッケージを架内温度の低い架の下部に実装し、信頼度を高めている。加入者宅内装置は、加入者から通信を行なうときや、相手から通信要求がある場合に初めて装置の電源が自動的に投

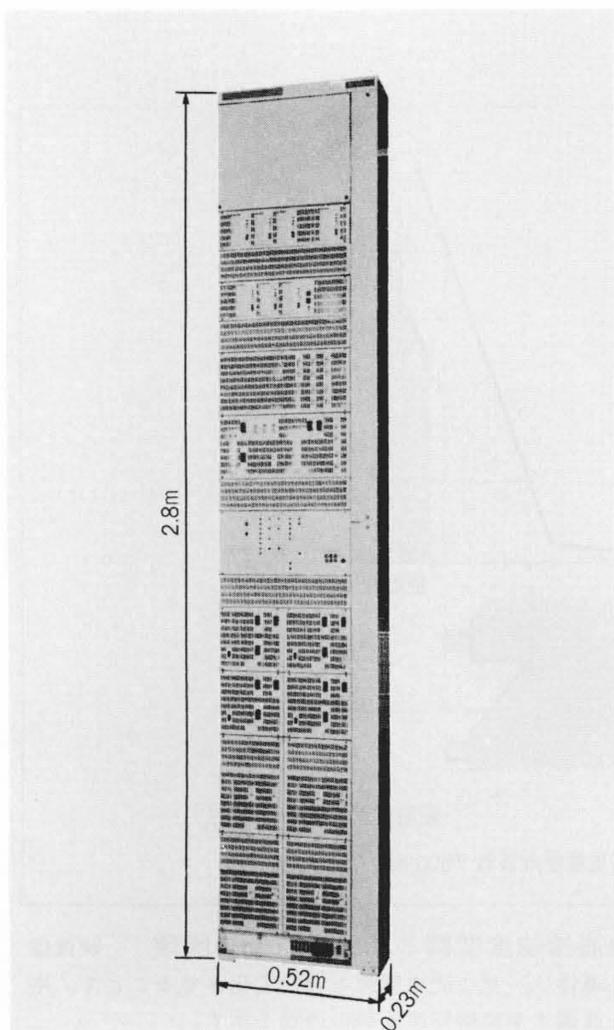


図9 光加入者線局側装置 上部に共通部、下部に加入者対応部をもつ。

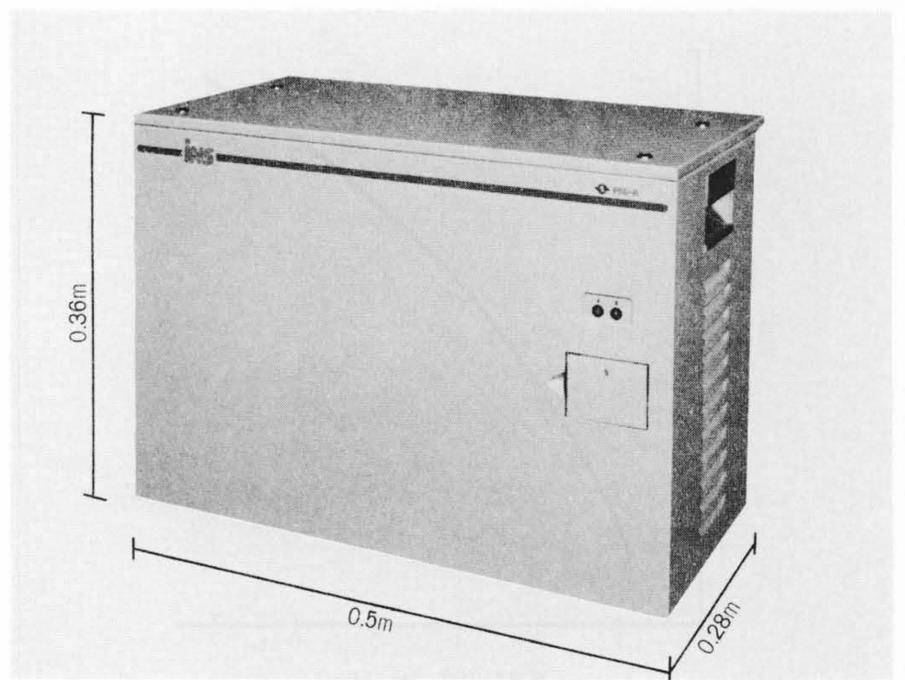


図10 光加入者線宅内装置 内部には停電に備えバッテリーを搭載している。

入される方式を採用し、加入者宅内装置の消費電力を節減している。更に内部にバッテリーをもち、停電時に、64kビット/秒系のデジタル電話のサービスが可能となるように構成した。

#### 5 結 言

テレビ会議、テレビジョン電話、VRS、キャプテン、デジタル電話、ファクシミリなど各種の情報を光ファイバ、半導体レーザを用いて伝送する光加入者線伝送装置を開発した。

特に主要技術である、4波長分割双方向多重伝送、映像のPFM伝送、直接強度変調による伝送の各技術の開発を行なった。その結果、局と加入者間5kmに1本の光ファイバを配線することにより、無中継で双方向映像信号及び片方向映像信号の同時伝送又は双方向映像信号及び6.3Mビット/秒高速デジタル信号の同時伝送を実現できた。

終わりに、本装置の開発に当たり、御指導をいただいた日本電信電話株式会社の関係各位に対し厚く御礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 岩橋, 外: 広帯域専用および閉域加入者光伝送方式, 通研実報, 33, 3, p.409(1984)
- 2) 小山, 外: 広帯域専用および閉域加入者光伝送方式現場試験の概要, 通研実報, 33, 3, p.415(1984)
- 3) 永田, 外: 広帯域加入者線光伝送方式, 通研実報, 33, 11, p.2663(1984)
- 4) 久村, 外: 広帯域交換機, 日立評論, 67, 10, 811~814(昭60-10)
- 5) 柴田, 外: 画像応答システム, 日立評論, 67, 10, 777~782(昭60-10)
- 6) 宮守, 外: IF帯光画像伝送における一検討, 767, 昭59年電子通信学会通信部門全国大会
- 7) 南, 外: 長波長PFM光画像伝送装置, 2187, 昭56年電子通信学会全国大会
- 8) 佐藤, 外: 広帯域アナログ光伝送技術, 通研実報, 33, 3, p.457(1984)
- 9) 桃澤, 外: 光画像伝送(ITV伝送)システムの開発, 日立評論, 63, 3, 183~186(昭56-3)
- 10) R. E. Epworth: Proceeding of 4th European Conference on Optical Comm. Geneva Sept. 12~15, 492(1978)