

光画像伝送システム

Optical Video Transmission System

光ファイバによる画像伝送は無誘導、無漏話、広帯域などの長所に加え、従来のメタリック線を使用する方式に比較して、S/Nで約10dB、解像度で約2倍性能が向上し、鮮明な画像が得られることから近年急速に実用化が進められている。特に監視を主目的とするITVの分野では、直接ベースバンド光強度変調が多く用いられ、光ファイバ伝送の優位性が確認されてきた^{1),2)}。本稿では光ファイバ通信のいっそうの性能向上のため、光スイッチとPFM光送受信器を使用したITV伝送システムを実用化したので報告する。8台のカメラを設置した距離9kmの高速道路上で試験を行なった結果、S/N 60.4dB(評価値)、周波数特性偏差値 ± 0.3 dB(30Hz～4MHz)を達成し、光スイッチ方式による画像伝送品質が優れていることを確認した。

桃澤宗夫*	Muneo Momozawa
中谷邦則**	Kuninori Nakatani
南 幸雄***	Yukio Minami
山下喜市****	Kiichi Yamashita
薬袋康雄*****	Yasuo Minai

1 緒 言

一般に画像伝送では従来のメタリック線を使用する方法と比較して、光ファイバを用いた場合は、S/N(信号対雑音比)、解像度などが優れており、非常に鮮明な画像が得られることが知られている。ITV(工業用テレビジョン)伝送では、1～2kmの構内伝送や5～20km程度の長距離多中継伝送に光ファイバを用いる例が急増している。

都市内高速道路の交通流監視ITVシステムに光スイッチを用いると、中継器数が大幅に削減し保守を行ないやすくとともに、画像伝送品質を向上できる。また、光スイッチは駆動電力が小さいため、低消費電力の光画像伝送システムを実現できる。従来使用していたメタリック線の伝送系では、S/N及び解像度が悪かったが、直接ベースバンド変調方式の光画像伝送を使用しこれを改善した^{1)～3)}。しかし、長距離にわたりこの変調方式を使用する場合は多中継を行なう必要があり、中継器の増加に伴い画像伝送品質は劣化する。光スイッチを用いることによってこれらの問題点を解決し、更に経済的なシステムを構成することができた。

2 ITV伝送システムへの応用

ITV伝送システムは、主に監視に用いられている。例えば、都市高速道路の混雑状況、路面状況の監視、鉄道のホーム、コンコースの監視、工場内の製造工程の監視、ダムの水位の監視などがある。これらは基本的にはカメラ、モニタの端末機器及び伝送路から構成されるが、カメラが1台の小規模のものからカメラを多数使用する大規模システムまで種々の構成が考えられる。大規模システムの例として、図1に示すような都市高速道路の交通流監視用ITVシステムがある。このシステムは、高速道路の交通状況を道路上に設置された多数のカメラを選択制御し、管理センターに設置した各路線ごとの2台のモニタで集中監視するものである。1路線の距離は5～20km、カメラ間隔は1～2kmが多い。鉄道、地下鉄などで同様な監視システムが用いられる。このようなITV伝送システムで、誘導雑音を受けないこと、帯域が十分広いこと等化の必要がないこと、光ファイバの損失が小さいため無中継伝送距離を大きくとれることなどの理由から、従来のペアケ

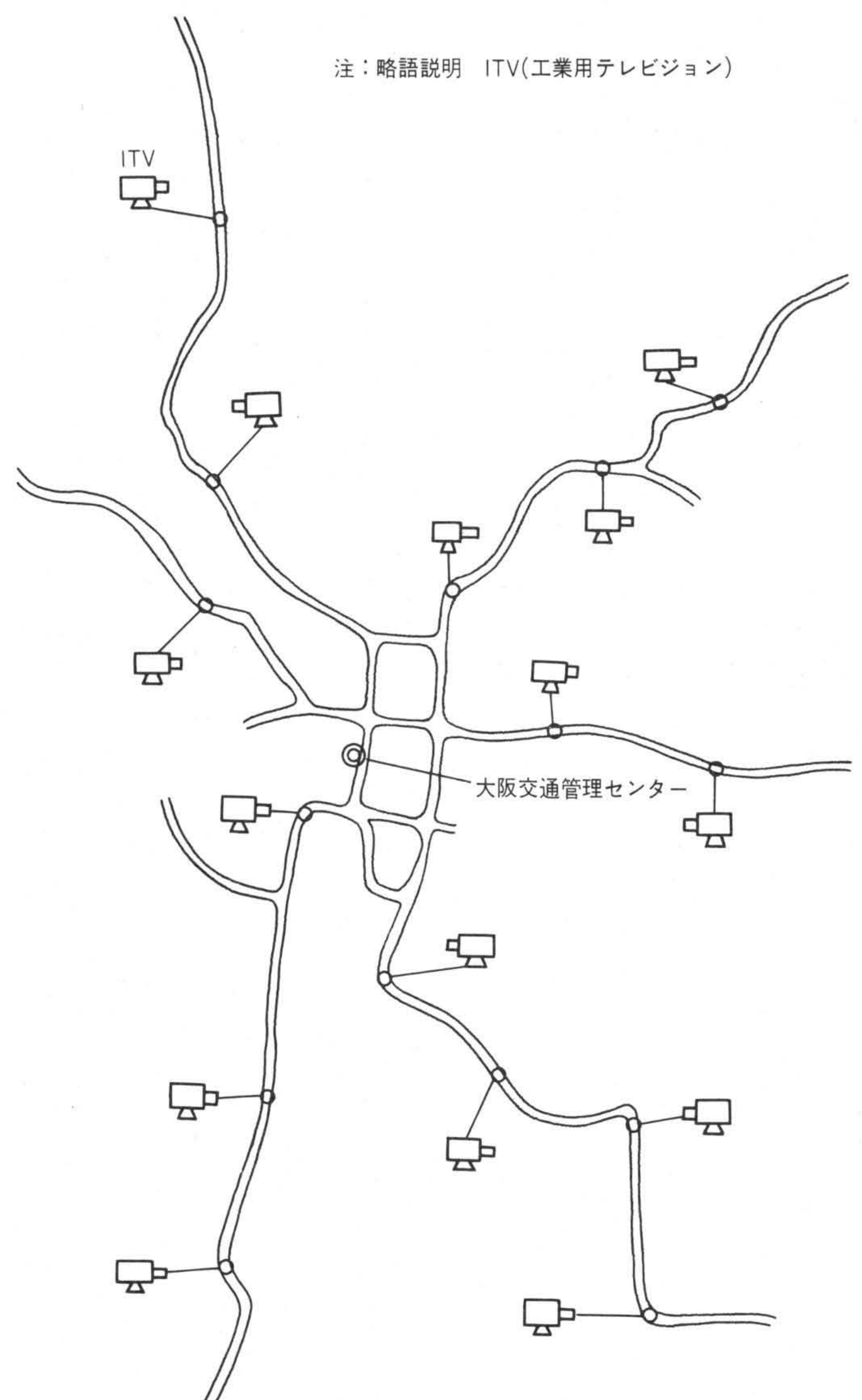


図1 高速道路ITV監視系 高速道路の各路線にはカメラが多数設置されるが、管理センターでは1～2台のカメラを切り替えてモニタする。

* 阪神高速道路公団保全施設部電気通信課 ** 阪神高速道路公団業務部交通管制課

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

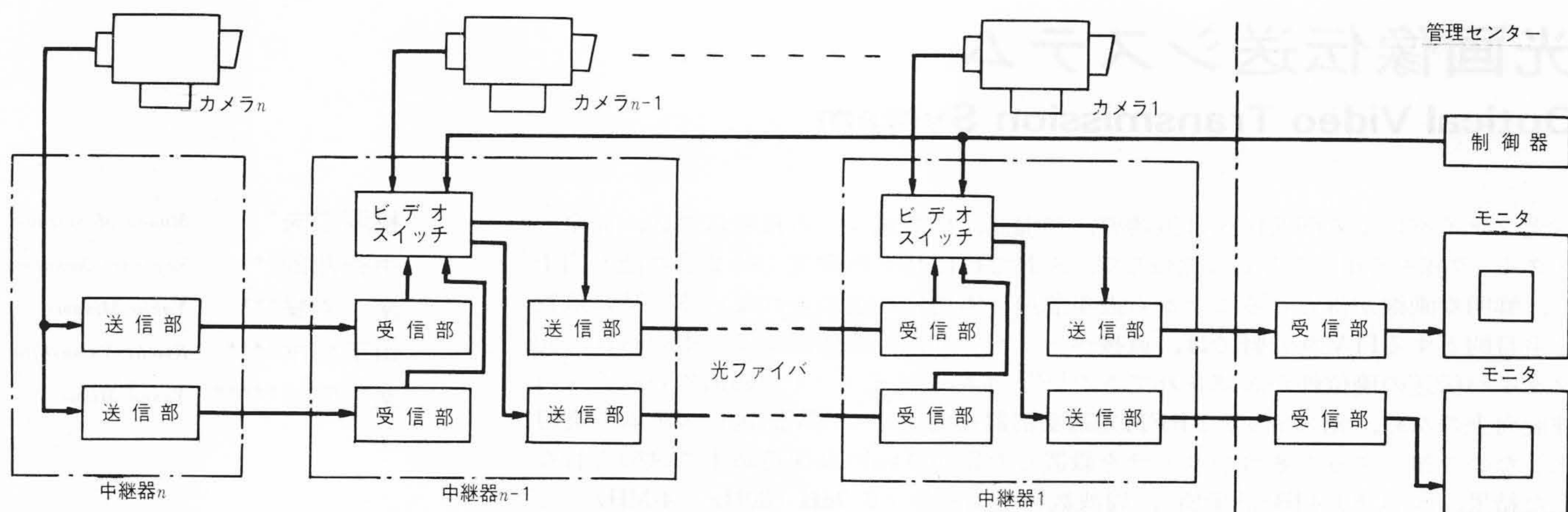
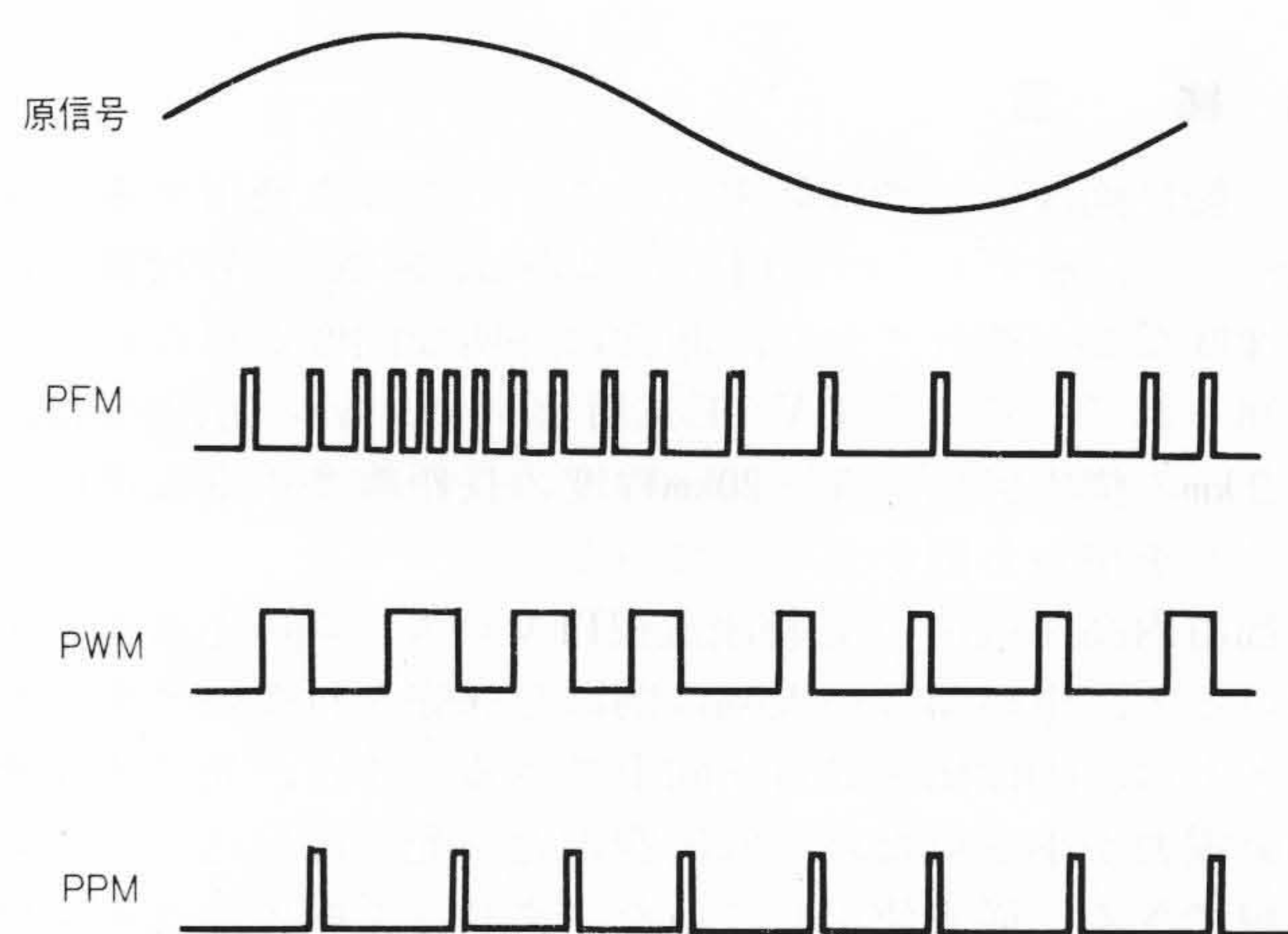


図2 ITV伝送系 光ファイバは2本で、カメラ信号は選択してモニタする。

ープル、同軸ケーブルを用いた伝送に代わって光ファイバ伝送が用いられる。路線ごとのシステム構成は図2に示すようになる。各カメラの画像信号は、2系統の光伝送路に選択切替接続される。

3 光画像伝送方式

画像信号を光信号に変換し伝送する方式には、大別して直接ベースバンド光強度変調方式と予変調方式の2種類がある。前者は図3に示すように、画像のベースバンド信号をそのまま光の強度信号に変換し伝送するものであり、LED(発光ダイオード)が本来直線性が良いため、これを電流変調することによって得られる(半導体レーザを使用する場合には、スペckルノイズ対策として高周波重畳⁴⁾を行なう必要がある)。後者は図4に示すように、画像信号をPFM(パルス周波数変調)、PWM(パルス幅変調)、PPM(パルス位置変調)などであらかじめ変調を行ない、これを光の強度信号に変換する方式である⁵⁾。直接ベースバンド変調方式は発光素子としてLEDを利用でき、また受信側でPIN-PD(ピンホトダイオード)又はAPD(アバランシェホトダイオード)によって直接画像信号に復調でき、簡単なハードウェア構成になるため低価格のシステムとすることができる。適用距離はLED、PIN-PDを



注：略語説明

PFM(パルス周波数変調)、PWM(パルス幅変調)、PPM(パルス位置変調)

図4 予変調方式 原信号をパルス化し、これを、IM(強度変調)する。

使用する場合約4km、LED、APDを使用する場合約5kmである。一方、予変調方式は伝送帯域が広くなり、変復調回路が複雑となる欠点があるが、S/Nは直接ベースバンド伝送より改善でき、非直線ひずみは大きいが高輝度が得られるLD(半導体レーザ)を利用できるため長距離伝送が可能である。また中継する場合でもパルス信号の中継を行なうだけでよいため中継器でのベースバンド信号の劣化は少なく、回路規模も余り大きくはならない。適用距離は最もよく利用される⁶⁾PFMの場合、無中継で10~12kmである。

図2のような構成では、1~2kmと比較的短距離の中継伝送を行なうため、通常直接ベースバンド変調が用いられる。

4 光スイッチを用いた長距離システム

図2のような構成で長距離にわたる場合、多中継により伝送画像品質の劣化が問題となる。伝送路の許容できる規格は、周波数特性が $\pm 1.6\text{dB}$ (30Hz~4MHz)、DG(微分利得)が30%、DP(微分位相)が15度、フレームスロープ、ラインスロープが各々15度としている。直接ベースバンド変調では、これらの伝送特性を考慮すると5~10中継が限度となるため、同図のシステムの場合、カメラ台数を余り多くすることができない。この点を解決するため、図5のように光スイッチを用いた伝送系を構成した。このシステムでは、各カメラの映像信号は光送信器によって光信号に変換された後、光スイッチ

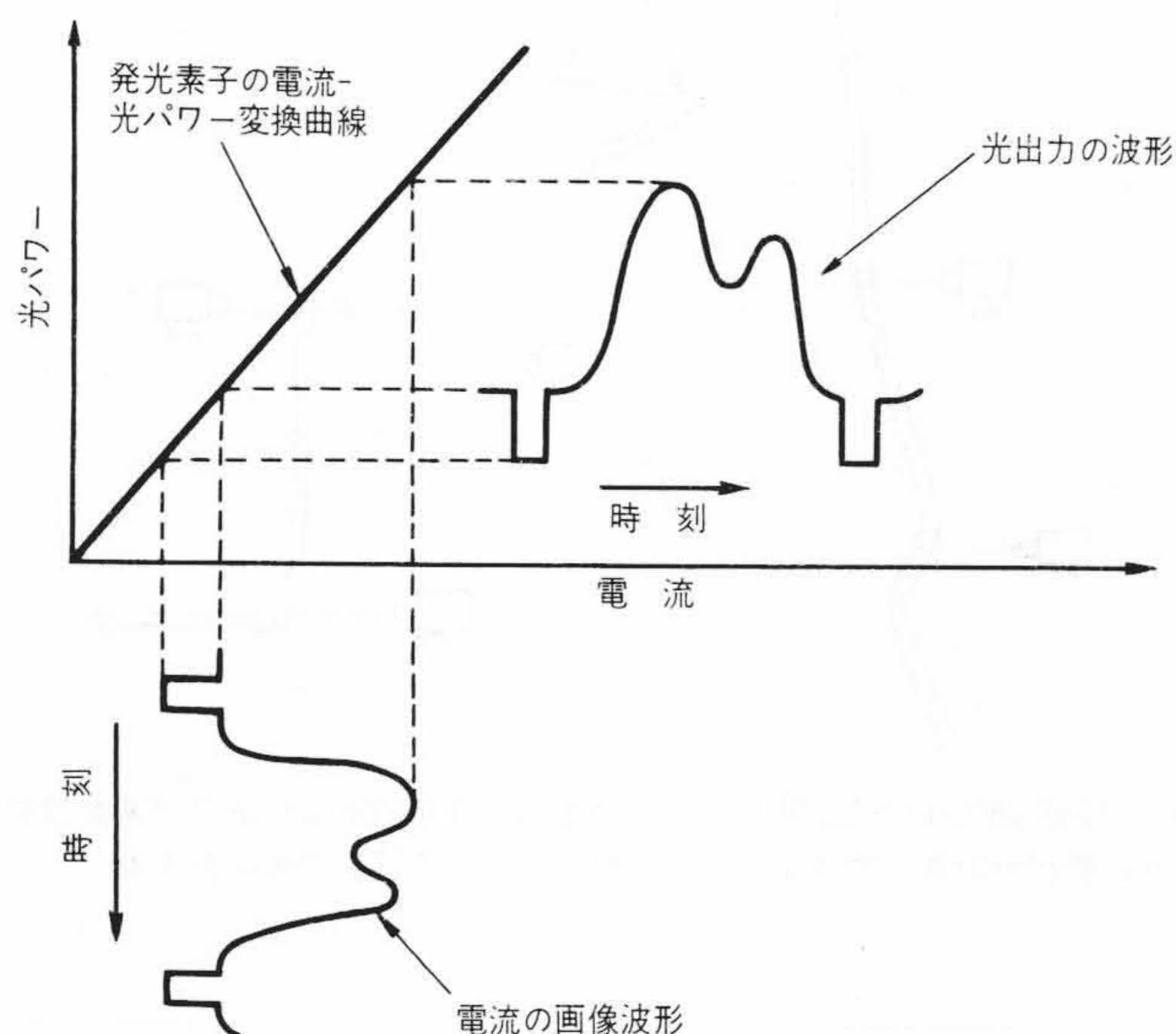


図3 直接ベースバンド変調方式 発光素子としては、直線性の良いLED(発光ダイオード)が主に用いられる。

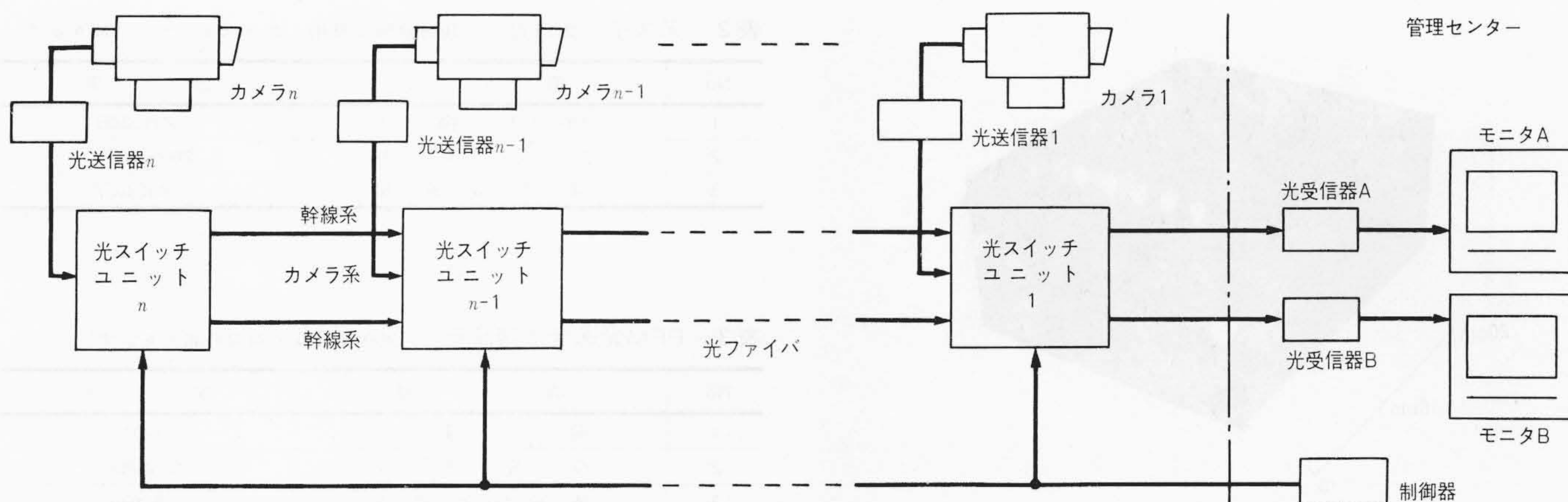
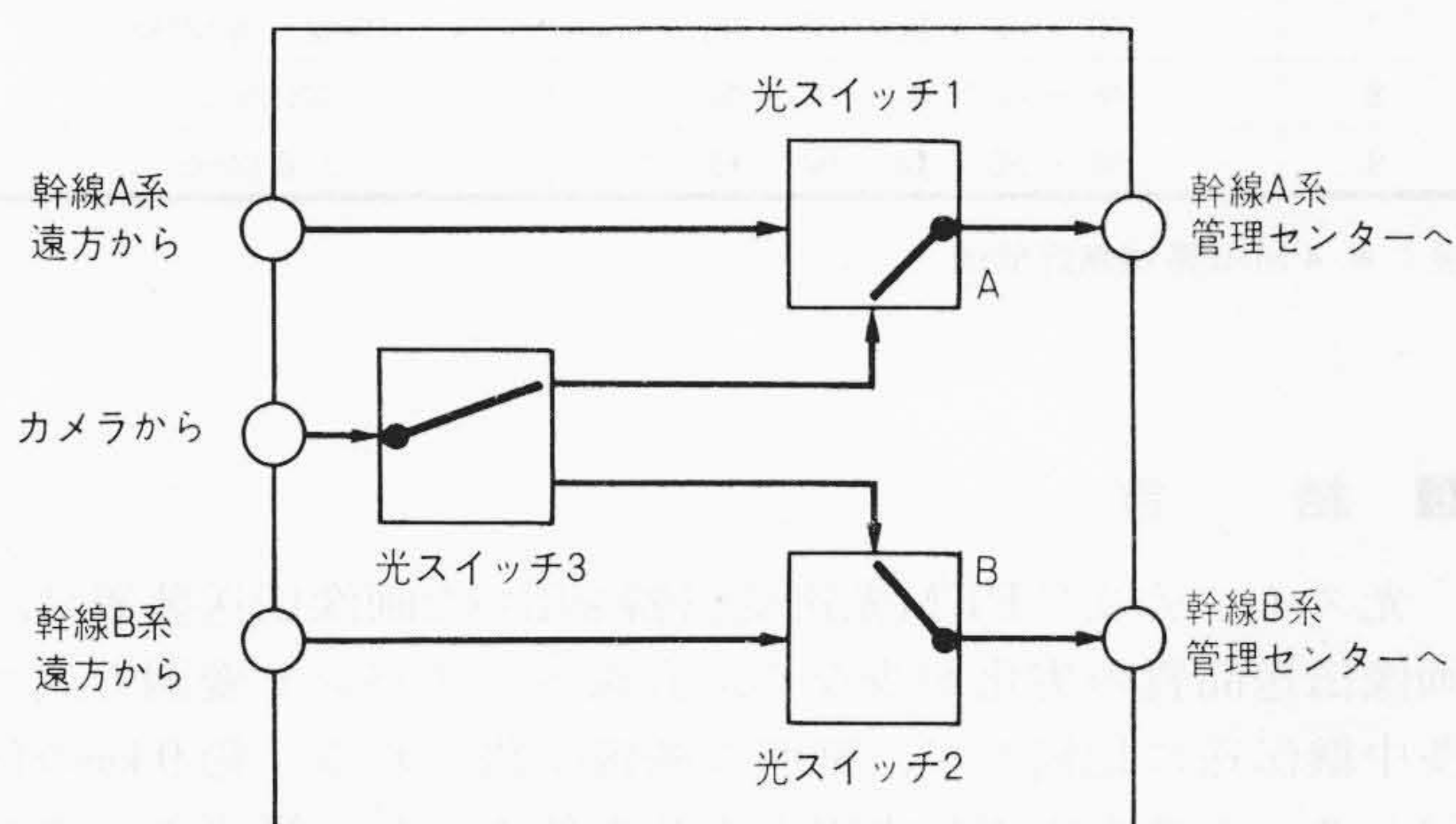


図5 光スイッチを用いたITV伝送システム 光スイッチでカメラを選択する。



注：○ 印(光コネクタ)

図6 光スイッチユニットの構成 モニタ2台(2系統)の場合の光スイッチユニットの構成を示す。

ユニットに入力する。管理センターからの制御信号によって、選択されたカメラの光スイッチはカメラ側に接続され、選択されたカメラよりもモニタに近い光スイッチはすべて幹線側に接続されており、光信号をセンターに伝送することができる。光スイッチユニットは2系統に信号を分配するため、図6に示すように3個の光スイッチから構成される(同一カメラを同時に2系統のモニタで見る場合は、光スイッチ3の代わりに光分岐器を使用することによって対応できる)。このシステムの特長は、

- (1) 中継数が少ないため、多中継システムと比較して伝送画像品質が良く、また保守点検も容易である。
- (2) 光スイッチの駆動電力は中継器の消費電力に比較し約 $\frac{1}{10}$ のため、給電が容易である。
- (3) 光伝送路損失に光スイッチの挿入損失が付加されるため、送受信レベル差の大きくとれる変復調方式を選ぶ必要がある。このため、光送受信器にはLD、APDを使用したPFM-IM方式を採用している。長距離かつカメラ台数が多い場合には更に中継器が必要となるが、PFM方式の中継器はデジタル信号の再生中継で対応でき、中継によるベースバンド画像伝送特性の劣化は小さい。

本システムは、昭和57年7月阪神高速道路公団の大阪湾岸線に適用した。使用した発光素子は、光波長が約 $0.84\mu\text{m}$ のLDであり約9kmの区間にカメラは8台設置され、光スイッチの挿入により区間の光損失が大きくなるため、PFM中継器を1台挿入している(図7参照)。使用した光スイッチユニット、

PFM光送信器及び光スイッチユニットを実装したサブラックを図8、9、10に示す。

5 試験結果

導入した光スイッチ方式のシステム試験結果を表1に示す。最遠のカメラから管理センターまでのS/Nは、無評価値で50.5dBが得られた。これは評価値60.4dBに相当し、モニタ画面上の雑音は検知限以下であった。また周波数特性は30Hzから4MHzまで $\pm 0.3\text{dB}$ 以下、水平解像度は500本以上となっており、非常に鮮明な映像が得られた。また同表から分かるように、最遠端のカメラからの画像伝送品質は規格値に対し十分余裕があり、更にカメラ台数を増加することが可能である。

使用した光スイッチの挿入損失は平均1.2dB/個と低く、(表2参照)良好なS/Nが得られた。また光スイッチの応答時間は20ms以下のため、カメラ切替時のモニタ画面は瞬時に切り替わり、運用上何ら問題はない。更に図6のA、B間の漏話は70dB以下と小さいため、漏話による信号劣化は全く考慮する必要がなかった。

使用したPFM光送受信器の諸元を表3に示す。送受信レベル差が35dB(S/Nが45dB)と大きいため、光スイッチを使用しないシステムでは10~12kmの無中継伝送が可能である。

また、光受信器の入力パワーは、カメラ選択によって30dB以上変化するため、これをAGC(自動利得制御)によって吸収している。

本装置は昭和57年7月から連続運転を開始し、58年6月現在良好に稼動中である。

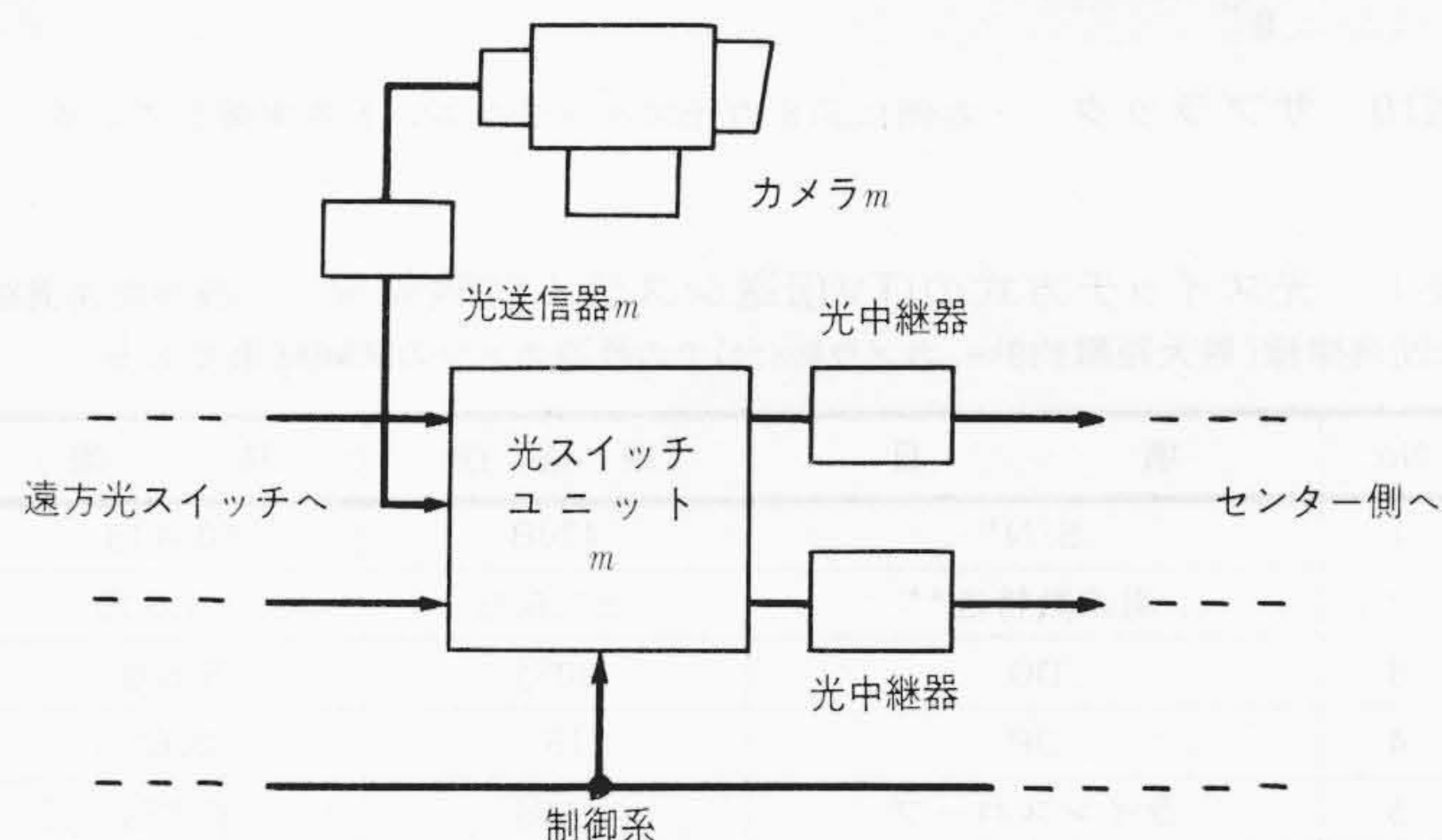


図7 光中継器挿入法 図5でm番目の光スイッチユニットに光中継器を挿入した場合の構成を示す。

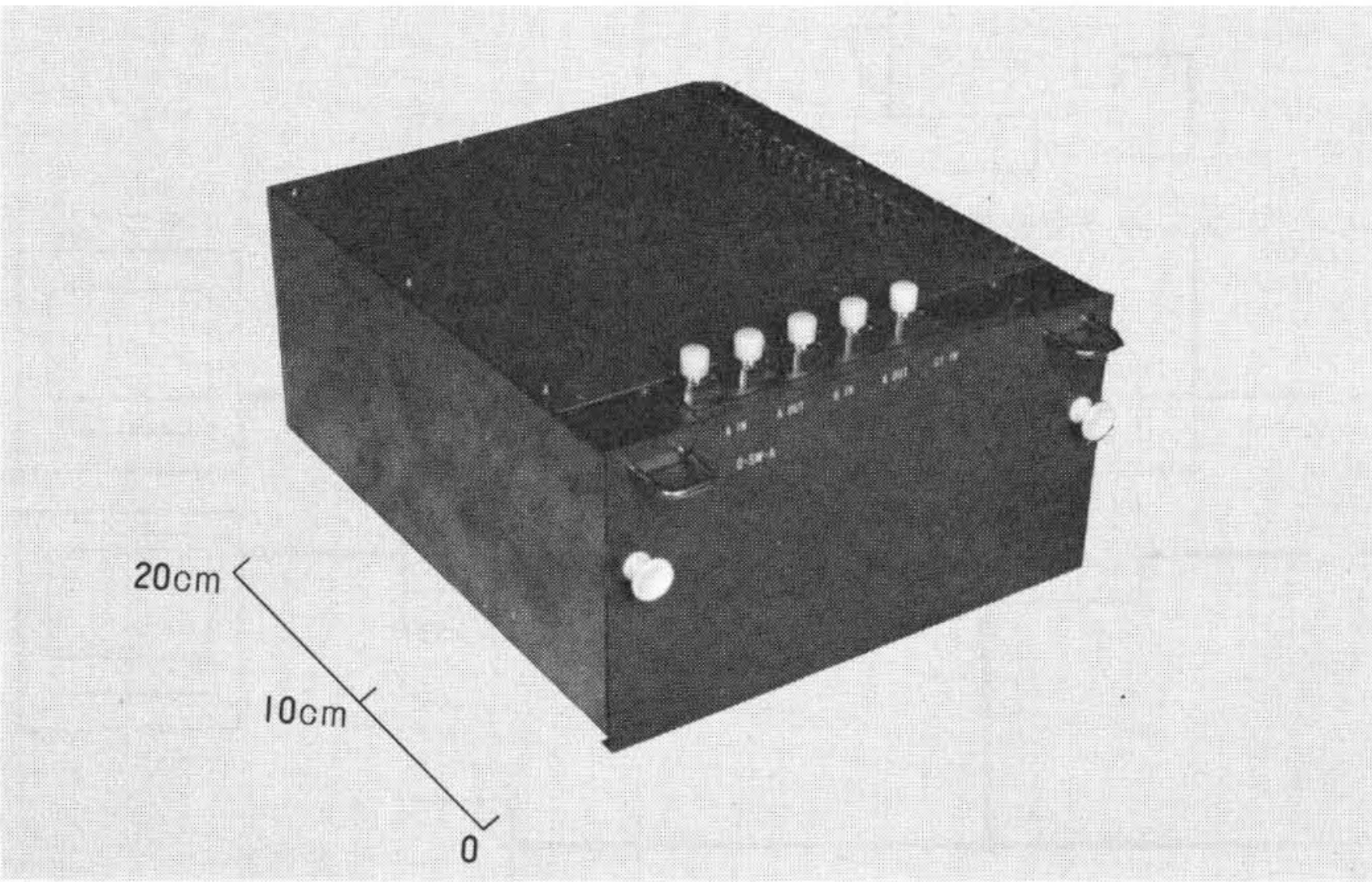


図8 光スイッチユニット 上部に光ファイバと接続のため、光コネクタが実装されている。

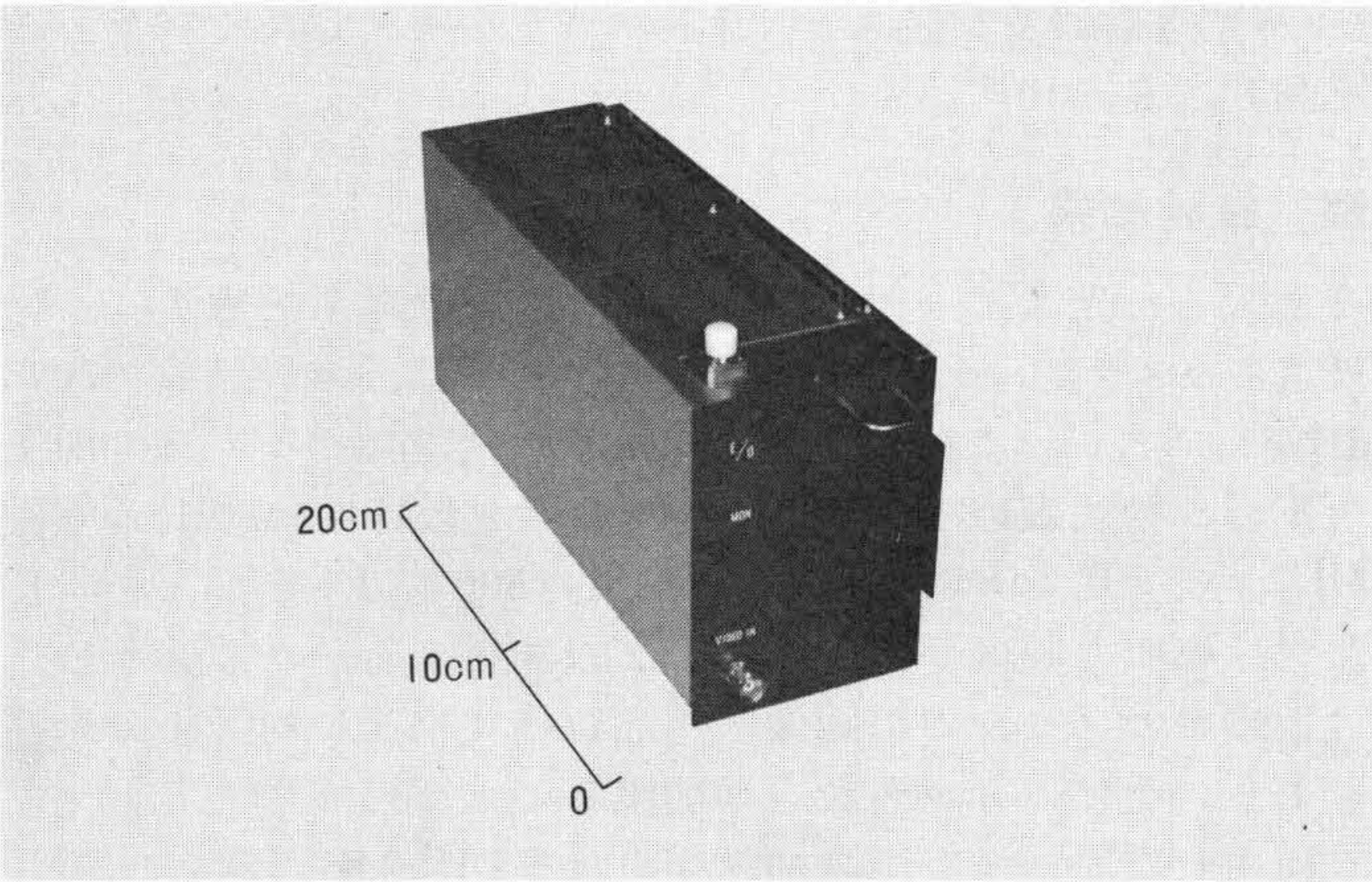


図9 PFM光送信器 発光素子は短波長のLDである。

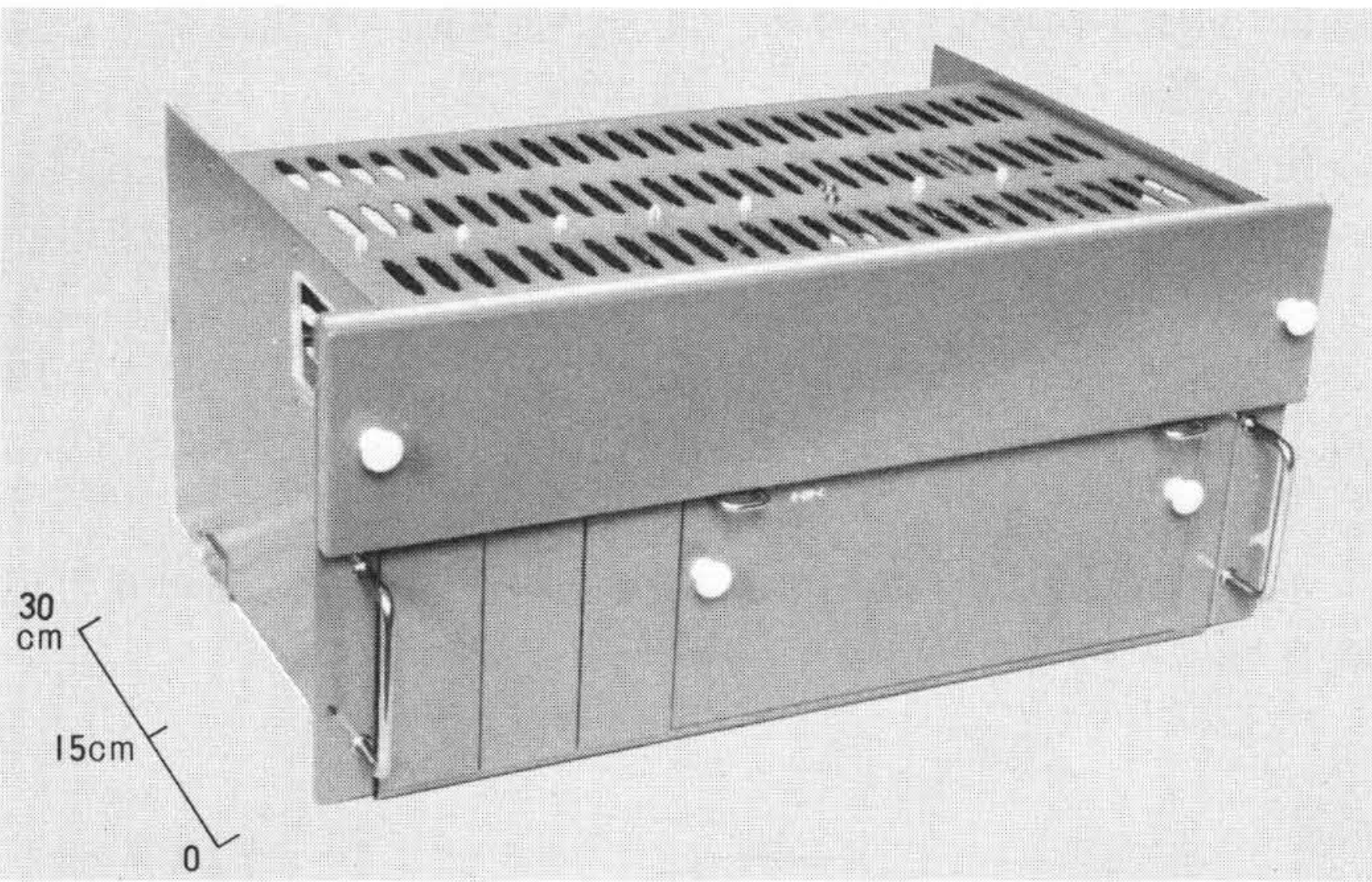


図10 サブラック 右側に図8の光スイッチユニットを実装している。

表1 光スイッチ方式のITV伝送システム試験結果 阪神高速道路公団湾岸線(最大距離約9km, カメラ数8台)での最速カメラの試験結果である。

No.	項 目	規 格 値	結 果
1	S/N*	47dB	60.4dB
2	周波数特性**	±1.6dB	±0.3dB
3	DG	30%	5.6%
4	DP	15°	2.6°
5	ラインスロープ	15%	0.5%
6	フレームスロープ	15%	0.8%

注：* (4 MHz帯域評価値), ** (30Hz～4 MHz)

表2 光スイッチ性能 現地試験に使用した光スイッチの性能を示す。

No.	項 目	性 能
1	挿 入 損 失	平均1.2dB
2	応 答 時 間	20ms以下
3	漏 話 減 衰 量	－70dB以下

表3 PFM光送受信器諸元 光送受信器1対向の諸元を示す。

No.	項 目	諸 元
1	発 光 素 子	LD
2	受 光 素 子	Si-APD
3	光 送 信 パ ワ ー	－6 dBm
4	光 波 長	0.84μm
5	送 受 信 区 間 損 失	35dB
6	S/N*	45dB
7	周 波 数 帯 域	10Hz～6 MHz
8	キャリア中心周波数	28MHz
9	周 波 数 偏 移	±8 MHz

注：* 4 MHz帯域無評価値

6 結 言

光スイッチ及びPFM光送受信器を用いた画像伝送装置は、画像伝送品質の劣化が少なく、直接ベースバンド変調方式の多中継伝送に比較して、鮮明な映像が得られる。約9 kmの伝送システムでもS/Nは実用上十分な値を示し、従来のメタリック伝送と比較して、S/Nで10dB以上、解像度で2倍以上の性能をもつことが明らかとなった。また、光スイッチ方式のシステムとすることで、能動部品を多数使用中継器を大幅に削減できるので、保守も容易となり高信頼、高品質の光画像伝送システムを構築することができる。

今後伝送路の切替えを必要とするシステムでは、大いに利用されると思われる。

本方式はアナログ伝送であるが、将来の方向として画像信号をPCM信号に変換し伝送する方式が考えられる。この方式は現在のところA-D(アナログ-デジタル)変換器、D-A(デジタル-アナログ)変換器、帯域圧縮装置のコストが高いため、ITV伝送には余り使用されていない。しかし、今後デジタル伝送と併用の場合に有効であり、重要な課題である。現在、経済性をも合わせ、PCM方式の画像伝送装置を開発中である。

終わりに、本光画像伝送装置の開発に関し、終始御指導、御協力をいただいた関係各位に対し深く感謝する次第である。

参考文献

1) 通信方式調査実験業務報告書, 昭54-3阪神高速道路公団, 外
2) 桃沢, 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)
3) T. Yanai, et al.: Analog Optical Video Transmission System, Hitachi Review, 31, 115～118(1981-3)
4) 前田, 外: 新版光ファイバ通信, 電気通信技術ニュース社
5) 野田: 光ファイバ伝送, 電子通信学会
6) 三木, 外: 光ファイバ伝送方式の提案, 電子通信学会通信方式研究会資料, CS77-37, 101(1977)