

道路情報光伝送システム

Optical Transmission Systems for Road Traffic and Meteorological Information

月山道路(一般国道112号)は、山形県の山形市側と庄内地方を結ぶ重要な横断道路で、他に類を見ない豪雪地に加え長大トンネル群を抱えており、冬季は交通の難所と言われている。建設省東北地方建設局は月山道路の適正な維持管理に加え、各種道路情報を迅速に収集し、道路利用者への的確な情報提供などのニーズにこたえるものとして、既設気象観測装置、各種防災設備、道路状況確認用のITV(工業用テレビジョン)設備、および道路情報を利用者への的確に提供するための各種情報設備を、有機的に結ぶ道路情報管理システムの整備を推進中である。日立製作所ではこのような状況のもとで、今回第一期工事分として湯殿山除雪ステーションと月山国道維持出張所間の約26 kmに道路情報管理システムを納入し、昭和63年3月から運用が開始された。

渡辺敏夫*	Toshio Watanabe
森谷道明*	Michiaki Moriya
宮川芳郎**	Yoshirō Miyagawa
柴田敏郎***	Toshirō Shibata
関原周二****	Shūji Sekihara
小出和夫****	Kazuo Koide

1 緒言

東北横断自動車道酒田線の整備が着々と進むなかで、月山道路の幹線道路としての重要性が増加し、高速交通ネットワークの一環として高規格道路に準じた安全で確実な交通の確保が大きな課題となった。建設省東北地方建設局では、長年にわたって的確かつ迅速な道路情報管理システムの構築を検討してきた。この結果、画像伝送が可能な装置の導入が必要との結論に達した。このため、情報が大量に伝送でき、かつ低損失、広帯域で画像伝送に優れた特性を持つ光通信による道路情報管理システムの構築が計画された。

本稿は、日立製作所が納入し、昭和63年3月から運用を開始した湯殿山除雪ステーション(以下、除雪ステーションと言う。)と月山国道維持出張所(以下、月山出張所と言う。)間約26 kmを無中継で伝送する道路情報光伝送システムについて、その概要を述べる^{1),2)}。

2 システムの構成

道路情報管理システムは、次の装置で構成している。

- (1) 月山道路での積雪量を想定して、道路側帯のポール上約10 mおよびトンネル内壁面に設置されるITV(工業用テレビジョン)カメラ装置
- (2) 除雪ステーション、月山出張所に設置した各ITVカメラ装置の制御、および画像信号を集約するITV制御装置
- (3) 除雪ステーションのITV制御装置で任意の画像3チャンネルを選択後、月山出張所へ多重伝送する100 Mビット/秒光画

像伝送装置

- (4) 国道沿いに設置された気象観測装置から観測データ、トンネル内に設置された各種防災設備からの管理データ、ITVカメラ装置を月山出張所で遠隔制御するためのITV制御信号、および連絡用電話音声信号を双方向多重伝送する32 Mビット/秒データ光伝送装置
- (5) 気象観測装置からのデータを除雪ステーションに伝送するための気象データ伝送装置
- (6) 月山出張所で道路状況の監視を行う集合表示盤
- (7) 各種データの集中管理と分析を行うためのデータ表示装置

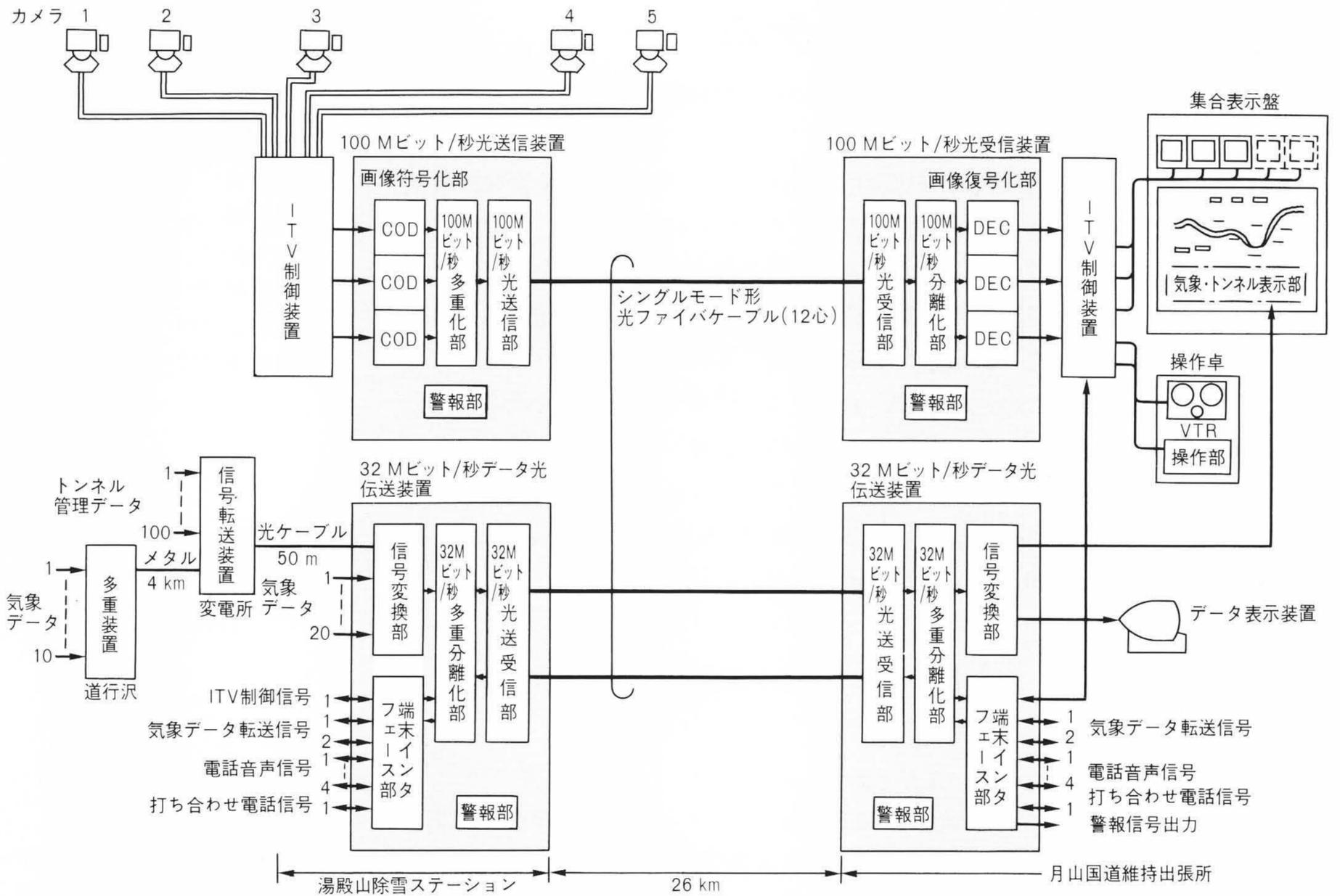
道路情報光伝送システムの系統図を図1に、除雪ステーションおよび月山出張所の全景を図2、3に、各装置の外観を図4～7に示す。

3 ITV設備

道路上に設置するITVカメラ装置は、カメラ部とカメラ制御部に分類される。カメラ部は、3板式固体カラーカメラ、電動ズームレンズ、耐寒式屋外ケースおよび電動雲台で構成している。カメラ制御装置は、光送受信部、制御部および耐雷受電部によって構成している。

各ITVカメラ装置は、道路側帯のポール上約10 mまたはトンネル内壁面に設置し、マルチモード光ファイバを介して画像信号を除雪ステーションに伝送する。

* 日立製作所 戸塚工場 ** 日立製作所 情報通信システム事業部 *** 日立製作所 システム事業部 **** 日立電子株式会社 ビデオシステム事業部



注：略語説明 COD (画像符号化回路), DEC (画像復号化回路), ITV (工業用テレビジョン)

図1 道路情報光伝送システム系統図 道路監視画像、気象データなど各種データおよび制御信号を統合して伝送し、集合表示されるよう構成している。



図2 湯殿山除雪ステーション全景 各装置は2階の機械室に設置されている。



図3 月山国道維持出張所全景 2階の機械室に各装置が設置されている。

各ITVカメラ装置の画像信号および制御信号(電動ズームレンズ、電動雲台などの遠隔制御信号)はすべて除雪ステーションに集約される。

ITV制御装置の映像分配切換文字発生部によって切り換え

られた画像信号3チャンネルは、100 Mビット/秒光画像伝送装置によって月山出張所に伝送され、集合表示盤上に設置した3台のカラーモニタテレビジョンに出力している。

また、1チャンネルは、除雪ステーション内での監視映像と



図4 ITVカメラ装置 道路側帯の高さ10mのポール上に設置されている。

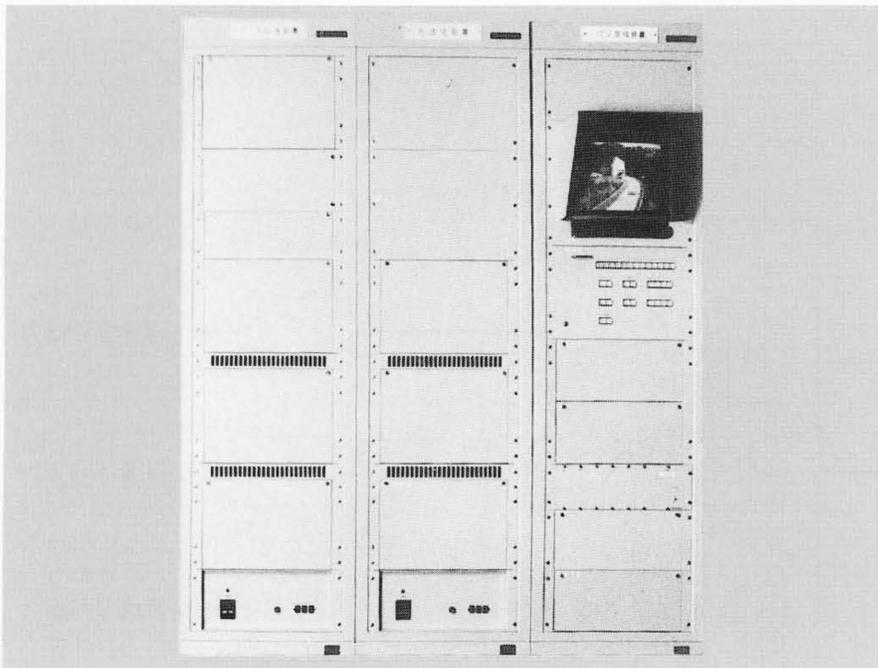


図5 湯殿山除雪ステーションに設置された各装置 左から32 Mビット/秒データ光伝送装置, 100 Mビット/秒光画像送信装置, ITV制御装置を示す。

してカラーモニタテレビジョンに出力される。

ITVカメラ装置への遠隔制御信号は、32 Mビット/秒データ光伝送装置を介して月山出張所から伝送される。

ITV設備の接続系統図を図8に示す。

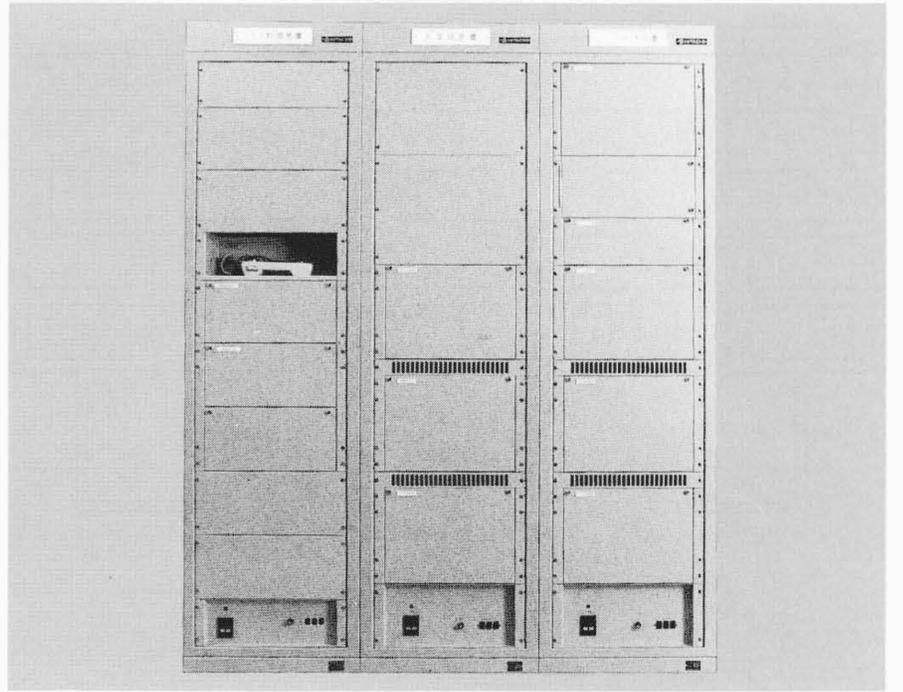


図6 月山国道維推出張所に設置された各装置 左からITV制御装置, 100 Mビット/秒光画像受信装置, 32 Mビット/秒データ光伝送装置を示す。

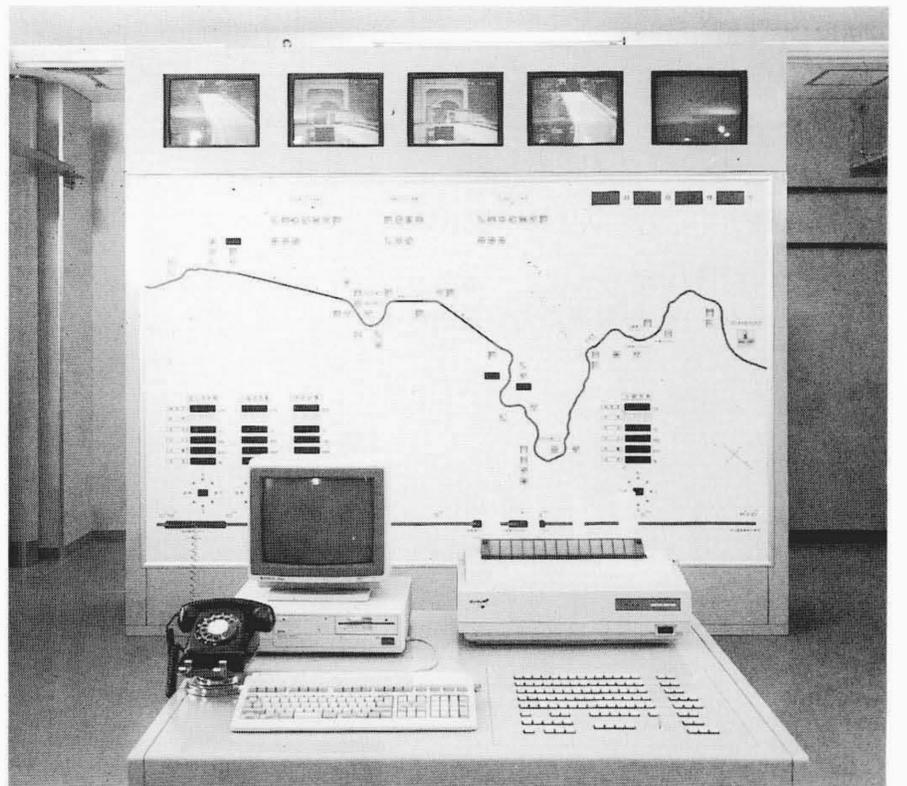


図7 月山国道維持出張所集合表示盤およびデータ表示装置 湯殿山除雪ステーションから伝送された映像が、左から3台のカラーモニタテレビジョンに表示される。

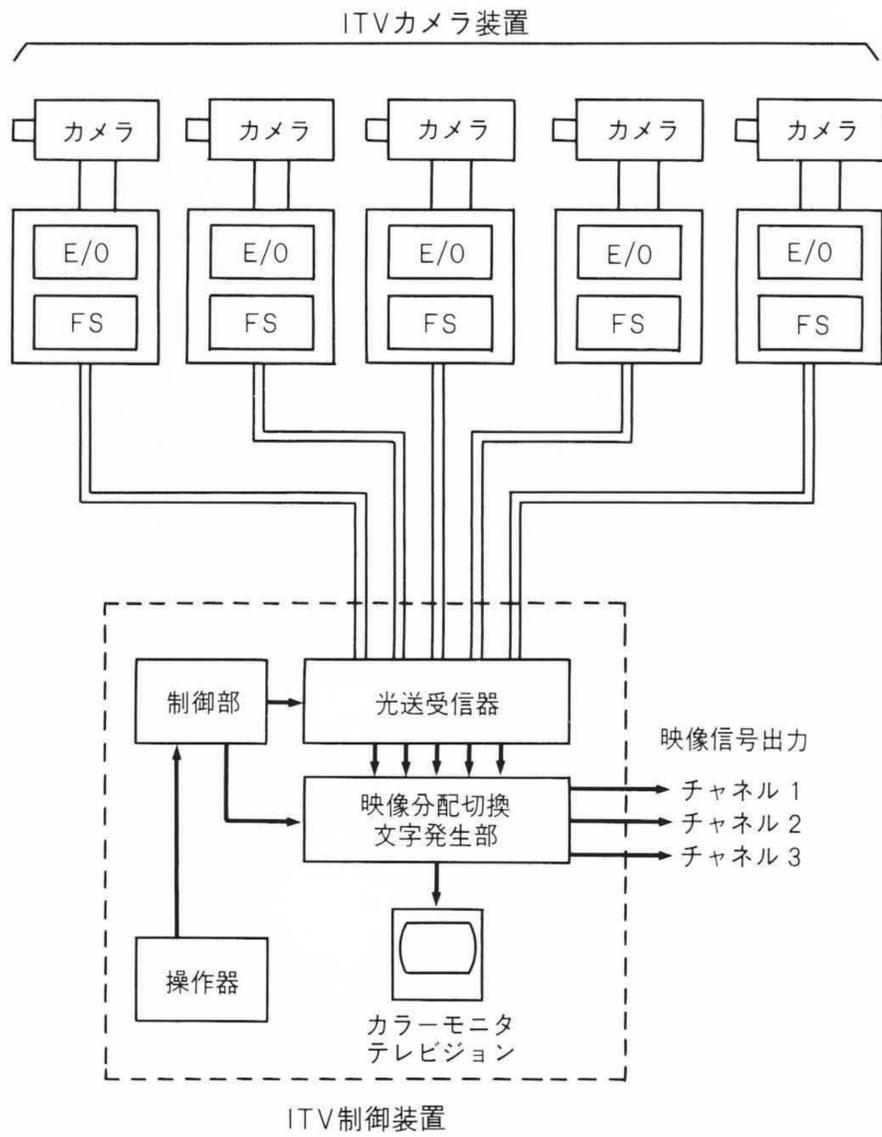
4 100 Mビット/秒光画像伝送装置

100 Mビット/秒光画像伝送装置は、32 Mビット/秒のデジタル画像信号3チャンネルを多重化し、光伝送する装置でBTS (Broadcasting Technical Standard) 架実装を採用した光送信装置と光受信装置で構成している。

本装置の主要諸元を表1に、回路系統図を図9に示す。

4.1 画像符号化方式

アナログ画像信号をデジタル信号に変換する画像符号化方式には、大別して帯域非圧縮方式と圧縮方式がある。



注：略語説明 E/O (光送信器), FS (制御受信部の光受信器を含む。)

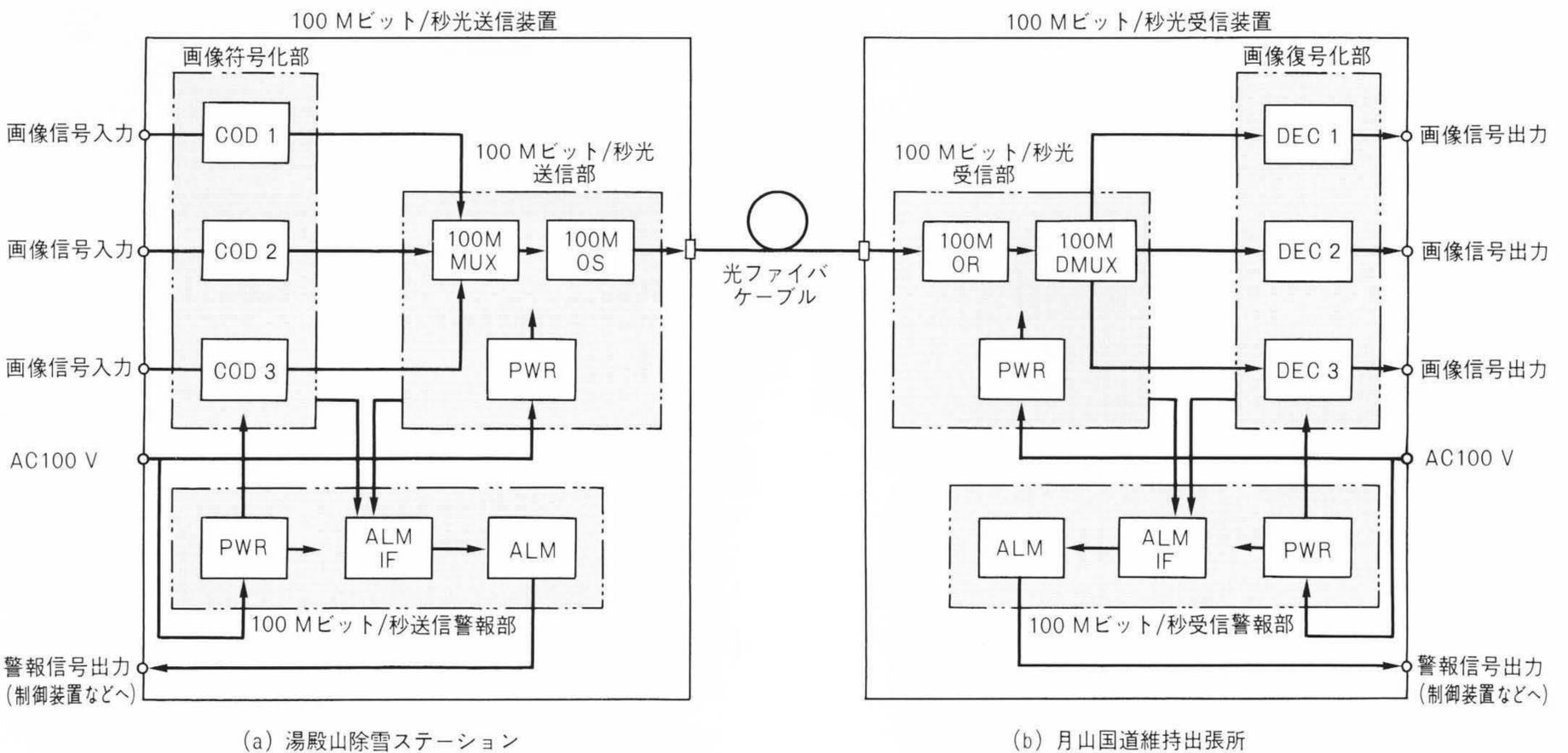
図8 ITV設備接続系統図 道路上に設置されたITVカメラ装置からの画像信号が、ITV制御架に光伝送される。

表1 100 Mビット/秒光画像伝送装置主要諸元 導入された装置の主要諸元および特性を示す。

項目	特 性
伝 送 信 号	32 Mビット/秒×3チャンネル
符 号 化 方 式	直線符号化方式
帯域圧縮方式	フレーム内予測符号化方式
多重化方式	非同期時分割スタッフィング多重
多重信号速度	97.728 Mビット/秒
光伝送速度	111.689 Mビット/秒
光伝送符号	8BIC符号
無中継伝送距離	30 km
発 光 素 子	LD
受 光 素 子	Ge-APD
波 長	1.3 μm
電 源 電 圧	AC100 V, 50/60 Hz
周囲温湿度条件	-10~+40 °C, 90%以下
構 造, 寸 法	BTS架実装, 幅570×奥行450×高さ2,060 (mm)

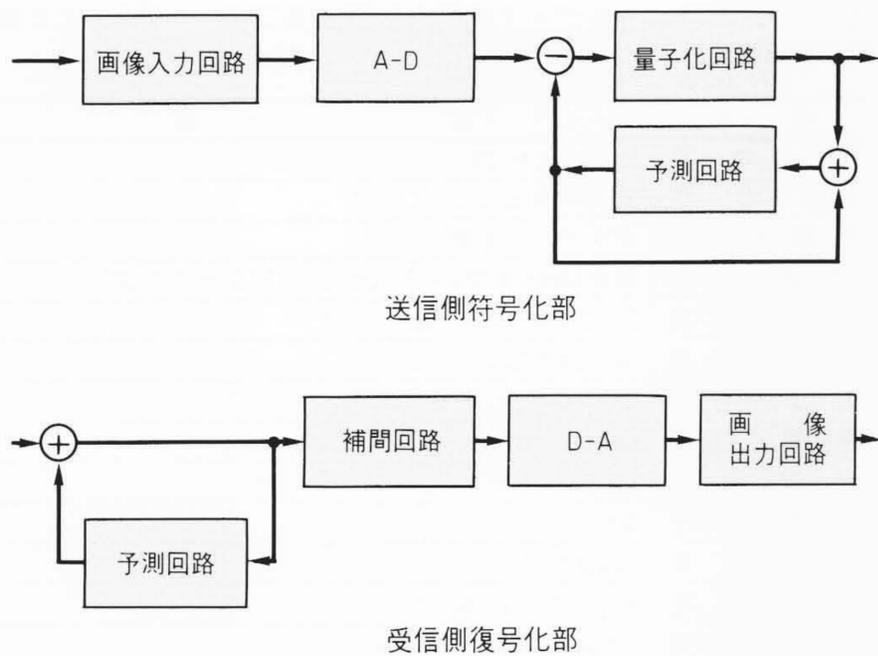
注：略語説明 8BIC(8 Binary with 1 Complement insertion), Ge-APD (Germanium-Avalanche Photo Diode), BTS(Broadcasting Technical Standard)

帯域非圧縮方式の場合、ナイキスト定理にのっとりデジタル化するため標準の画像信号1チャンネルの伝送に100 Mビット/秒程度の伝送速度が必要となる。したがって、本装置では帯域圧縮方式の一方式である直接符号化フレーム内予測化方式を採用し、画像信号1チャンネルを伝送速度32 Mビット/秒のデジタル信号に変換し、自然な動きで高品質映像の伝送を



注：略語説明 COD 1~3 (画像符号化回路), 100M MUX (多重回路), 100M OS (光送信回路), ALM (警報回路), ALM IF (警報インタフェース回路) PWR (電源回路), DEC 1~3 (画像復号化回路), 100M DMUX (分離回路), 100M OR (光受信回路)

図9 100 Mビット/秒光画像伝送装置回路系統図 32 Mビット/秒のデジタル画像信号3チャンネルを多重化して光伝送する装置である。



注：略語説明 A-D (アナログ信号のデジタル信号変換回路)
D-A (デジタル信号のアナログ信号変換回路)

図10 画像符号，復号化系統図 アナログ画像信号をデジタル信号に変換する画像コーデックのブロック図を示す。

実現した。画像符号化，復号化の原理系統図を 図10 に示す^{3),4)}。

4.2 多重化方式

一般にデジタル信号を多重化する方式には，同期式多重化方式と非同期多重化方式がある。ここでは，低次群信号が互いに非同期であるため非同期多重化方式を適用し，CCITT (国際電信電話諮問委員会)の勧告に従い伝送速度，フレーム速度，ジッタ特性などの設計がされている。

多重変換部の原理系統図を 図11 に示す。

4.3 光伝送方式

本装置は，長距離光伝送を実現するための光伝送インタフ

ェースを備えている。光伝送インタフェースは，伝送符号変換部と電気-光変換部で構成している。伝送符号変換部の役割は，伝送系が持つ直流信号成分の長距離伝送に対する制約条件からシステムを解放し，直流成分を含む任意フォーマットの信号を長距離伝送可能にすることにある。

伝送信号符号化方式には，CMI (Coded Mark Inversion) とスクランブル方式がよく用いられているが，今回はスクランブル方式を採用した。伝送距離と伝送速度を支配するのは電気-光変換部の特性である。使用する発光素子および受光素子と伝送信号符号化方式の組み合わせ，用いる光ファイバと波長によって，表 2 に示す種々の特性を持つ光伝送インタフェースを構成することができるが，布設された光ファイバがシングルモードファイバであり，伝送距離26.6 kmを確保するために，発光素子に1.3 μm帯LD (Laser Diode：半導体レー

表 2 光インタフェース 発受光素子の組み合わせで実現できる光インタフェースの伝送速度と伝送距離の関係を示す。

伝送速度 Mビット/秒	発光素子	受光素子	伝送距離 (km)		
			0.8 μm帯	1.3 μm帯	1.5 μm帯
32	LED	PD	3	10	—
	LED	APD	5	15	—
	LD	PD	8	30*	60*
	LD	APD	10	40*	90*
100	LED	PD	—	2	—
	LED	APD	—	5	—
	LD	PD	4	25*	40*
	LD	APD	5	30*	50*

注：略語説明など * シングルモードファイバ 伝送符号 スクランブルドNRZ
LED (Light Emitting Diode), LD (Laser Diode), PD (Photo Diode), NRZ (Non-Return to Zero)

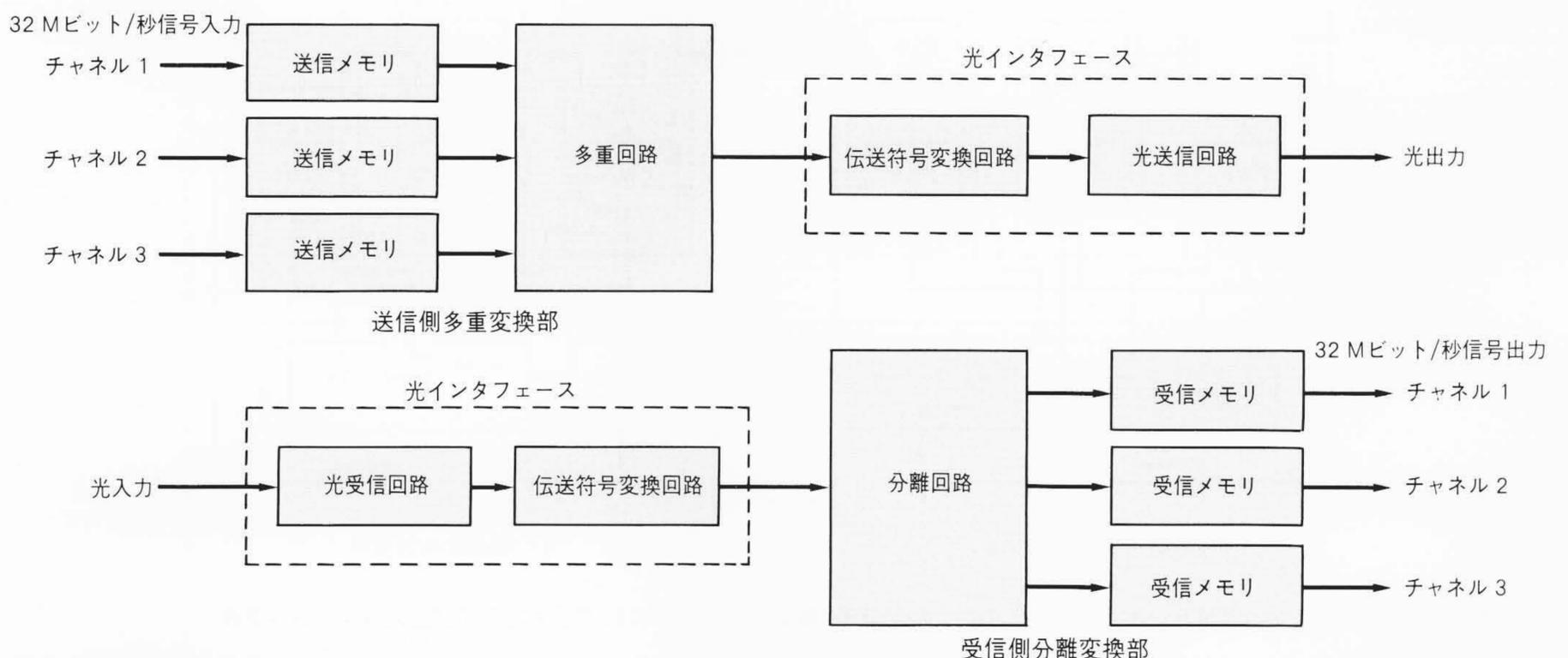


図11 多重変換部系統図 送信装置で32 Mビット/秒のデジタル画像信号3チャンネルを多重化し，光インタフェースを介して光伝送する。

ザ)を、受光素子にAPD(Avalanche Photo Diode)を使用した^{5),6)}。

5 32 Mビット/秒データ光伝送装置

32 Mビット/秒データ光伝送装置は、国道沿いに設置された気象観測装置データ、トンネル施設管理用データ、ITV制御信号および電話音声信号を除雪ステーションと月山出張所の間で双方向多重伝送する装置である。BTS架実装を採用し、光送受信部、多重分離化部、警報部、端末インタフェース部および信号変換部で構成している。

本装置の主要諸元を表3に、回路系統図を図12に示す。

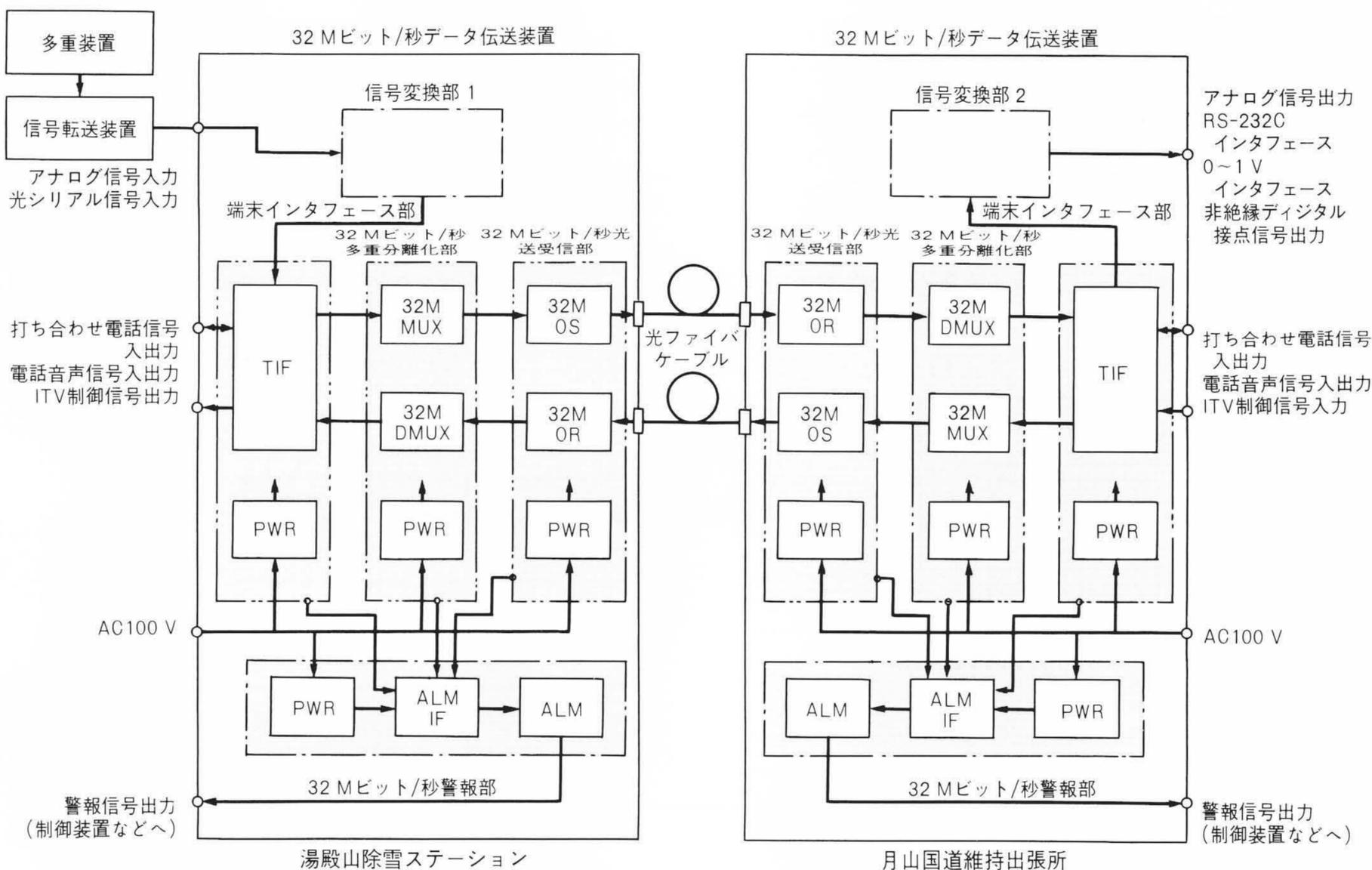
5.1 信号多重分離方式

32.064 MHzの基本クロックを分周して6.4 MHz、1.6 MHzのクロックを生成し、この分周クロックに同期して64 kビット/秒データを最大480チャンネル一括多重する飛び越し多重方式を採用した。送信側では、信号変換部に入力されたアナログ信号およびデジタル信号を、端末インタフェースで1.6 MHzクロックに同期するSYNC(同期)信号に同期させて、パラレルな64 kビット/秒データ24チャンネルを1.6 Mビット/秒シリア

表3 32 Mビット/秒データ光伝送装置主要諸元 導入された装置の主要諸元および特性を示す。

項目	特 性
下位クロック	64 kビット/秒
上位クロック	32.064 Mビット/秒
多重化方式	オクテット多重
回線容量	最大480チャンネル(64 kビット/秒データ換算)
信号速度	32.064 Mビット/秒
光伝送速度	64.128 Mビット/秒
光伝送符号	CMI符号
無中継伝送距離	30 km
発光素子	LD
受光素子	Ge-APD
波 長	1.3 μm
電源電圧	AC100 V, 50/60 Hz
周囲温湿度条件	-10~+40 °C, 90%以下
構造、寸法	BTS架実装 幅570×奥行450×高さ2,060(mm)

ルデータに変換し、SS信号(電話のONフック、OFFフック信号)とともに多重化回路に送出する。多重化回路では、1.6 Mビット/秒データとSS信号を4チャンネル多重して6.4 Mビット/



注：略語説明 32MOS (光送信回路), 32MOR (光受信回路), 32MUX (多重回路), 32DMUX (分離回路), TIF (電話インタフェース回路)

図12 32 Mビット/秒データ光伝送装置回路系統図 気象観測データ(アナログ信号, 光シリアル信号), 打ち合わせ電話信号およびITV制御信号を、32 Mビット/秒で一括多重双方向伝送する装置である。

秒データとし、さらに6.4 Mビット/秒データを5チャンネル多重して32 Mビット/秒データとする。

これに同期パルスを多重したのち、スクランブラを通して32.064 MHzのクロックとともに光送信部に送出する。受信側では、送信側と逆の信号変換を行い64 kビット/秒データを端末インタフェースを介して信号変換部へ送出し、アナログ信号およびデジタル信号に変換されて、集合表示盤に表示するとともに、パーソナルコンピュータでデータ処理およびディスプレイ表示を行う。

5.2 光伝送方式

本装置の光インタフェースでは、伝送信号符号化方式としてCMI符号を採用している。送信側では、多重変換部から受信した32.064 Mビット/秒のデジタル電気信号をNRZ(Non-Return to Zero)符号からCMI符号に変換し、作動出力で電気-光変換部へ出力される。電気-光変換部では、1.3 μm帯LDを駆動して電気信号を光信号に変換し、光ファイバ伝送路に送出する。受信側では、光信号を光-電気変換後、電気信号の逆変換を行い、多重変換部の分離回路へ出力する。

6 気象データ伝送装置

気象データ伝送装置は、図13(ブロック図)に示すように親

局、子局、孫局の関係で構成される。孫局として道行沢に設置する多重装置は、風向、風速、気圧、積雪量、降雪量などのアナログ気象データを信号変換し、シリアル信号に多重化し、月山変電所に設置され、子局に相当する信号転換装置に転送する。信号転換装置では、月山変電所に集約されるトンネル管理情報などのデジタル接点信号と多重装置から転送されるシリアル信号を光シリアル信号に変換し、光ファイバを介して親局に相当する除雪ステーションに設置された32 Mビット/秒データ光伝送装置の信号変換部1に信号を転送する。信号変換部1では、除雪ステーションに集約される他のアナログ気象データと子局からのデータを多重して、月山出張所に設置された32 Mビット/秒データ光伝送装置の信号変換部2に伝送する。信号変換部2では、伝送された信号を元のアナログ信号およびデジタル信号に変換し、集合表示盤へ出力するとともに、RS-232Cインタフェースを介してデータ表示装置へデータを送出する。

7 情報光伝送システムの特長

今回導入された道路情報光伝送システムは、道路監視用の画像および気象、トンネル管理データなどを統合し光通信によって伝送するシステムである。以下にその特長を述べる。

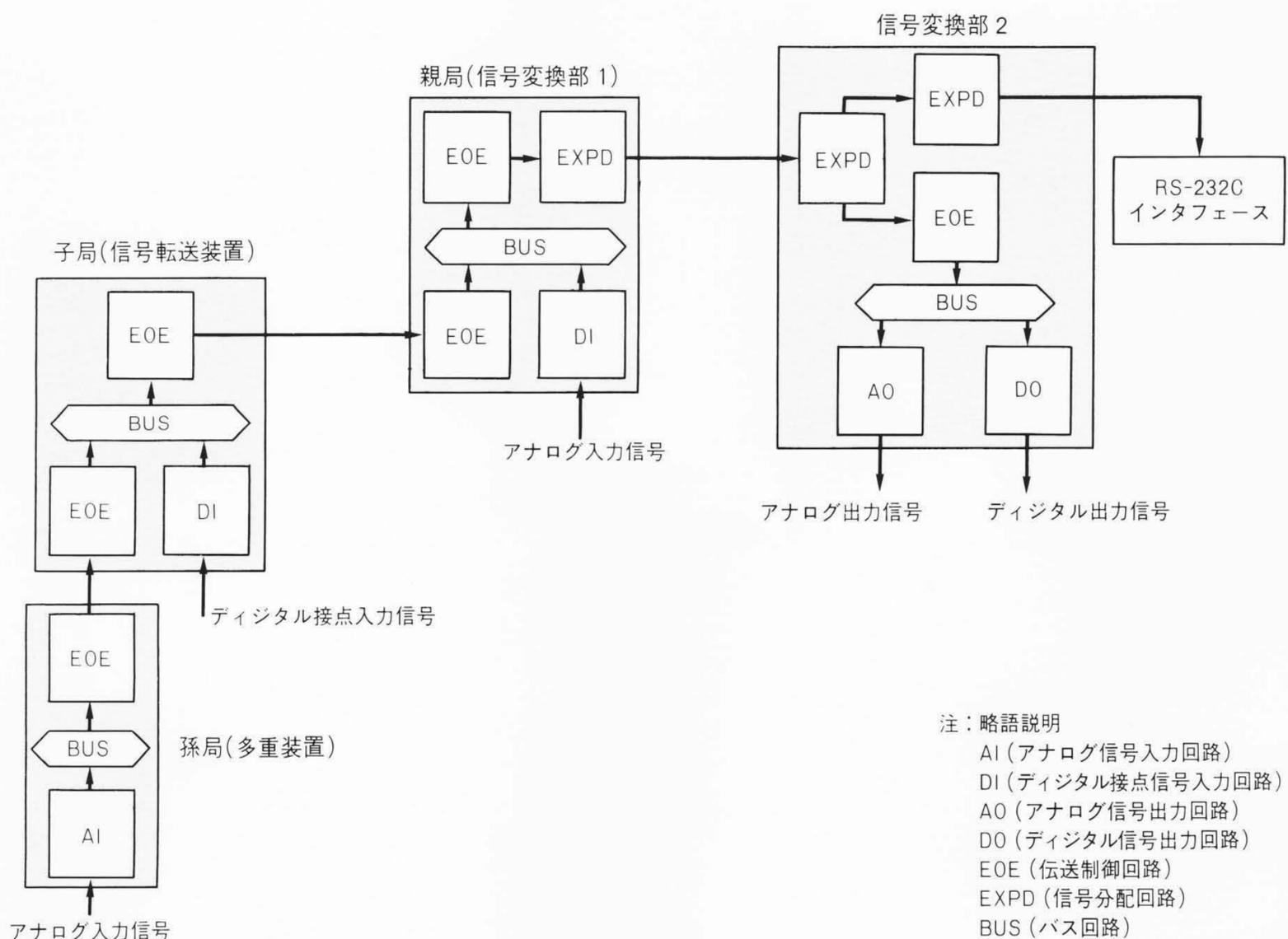


図13 気象データ伝送装置ブロック図 湯殿山除雪ステーションでの気象、トンネル管理データの取込みおよび月山国道維持出張所でのデータの送出状態を示す。

- (1) 道路監視用ITVカメラとしては、国内初の3板式固体カメラカメラが採用され、高解像度、高品位な画像で道路監視が可能である。
- (2) ITVカメラ装置からの画像信号の伝送路に光ファイバを採用し、高信頼性を確保している。
- (3) ITV制御装置からの画像信号は、日立製作所独自のフレーム内予測符号化によって32 Mビット/秒でデジタル化後3チャンネル多重し、100 Mビット/秒で約30 kmの無中継伝送が可能である。
- (4) 気象観測データなどの各種データ、ITV制御信号、音声信号は、飛び越し多重方式の採用によって最大480チャンネル(64 kビット/秒データ換算値)一括多重し、32 Mビット/秒で約30 kmの無中継伝送が可能である。
- (5) デジタル光伝送方式の採用により、中継、分岐が容易で伝送特性が一定であるため、拡張性に優れた道路情報管理システムが実現可能である。

8 結 言

今回、東北地方建設局酒田工事事務所管内の湯殿山除雪ステーションと月山国道維持出張所間に導入され、道路状況監視画像および各種データを光伝送によるデジタル多重化長距離無中継伝送を行うという、新しい試みによる道路情報光

伝送システムの概要について述べた。月山道路は、国内でも有数の豪雪地帯にあり、現在は冬季期間中に道路規制(夜間通行禁止)を実施している。東北地方建設局酒田工事事務所および山形工事事務所管内では、平成4年に開催予定の紅花国民体育大会に向けて月山道路の24時間通行可能とするため、月山国道維持出張所(酒田工事事務所管内)から寒河江国道工事事務所(山形工事事務所管内)間約60 kmの道路情報管理システムの整備計画が数年間にわたり計画されている。今後各種施設、設備の増設に伴い道路管理に対するニーズは常に変化し、多岐にわたるものと予想される。今後さらに本システムの特長を生かし機能拡充に対応していく予定である。

参考文献

- 1) 米倉：月山道路光ケーブルによる道路情報の概要について、建設電気技術、No.86(1989-5)
- 2) 藤田，外：建設省国道工事事務所向け道路情報システム，日立評論，69，5，433～438(昭62-5)
- 3) 桃澤，外：光画像伝送システム，日立評論，65，10，677～680(昭58-10)
- 4) 吹抜：画像のデジタル信号処理，日刊工業新聞(昭56)
- 5) M. Yamada, et al.: Fiberoptic Digital Video Transmission Equipment, Hitachi Review, 35, 4, 197～200(1986-8)
- 6) 山田，外：デジタル光画像伝送装置，日立評論，69，11，1037～1042(昭62-11)