

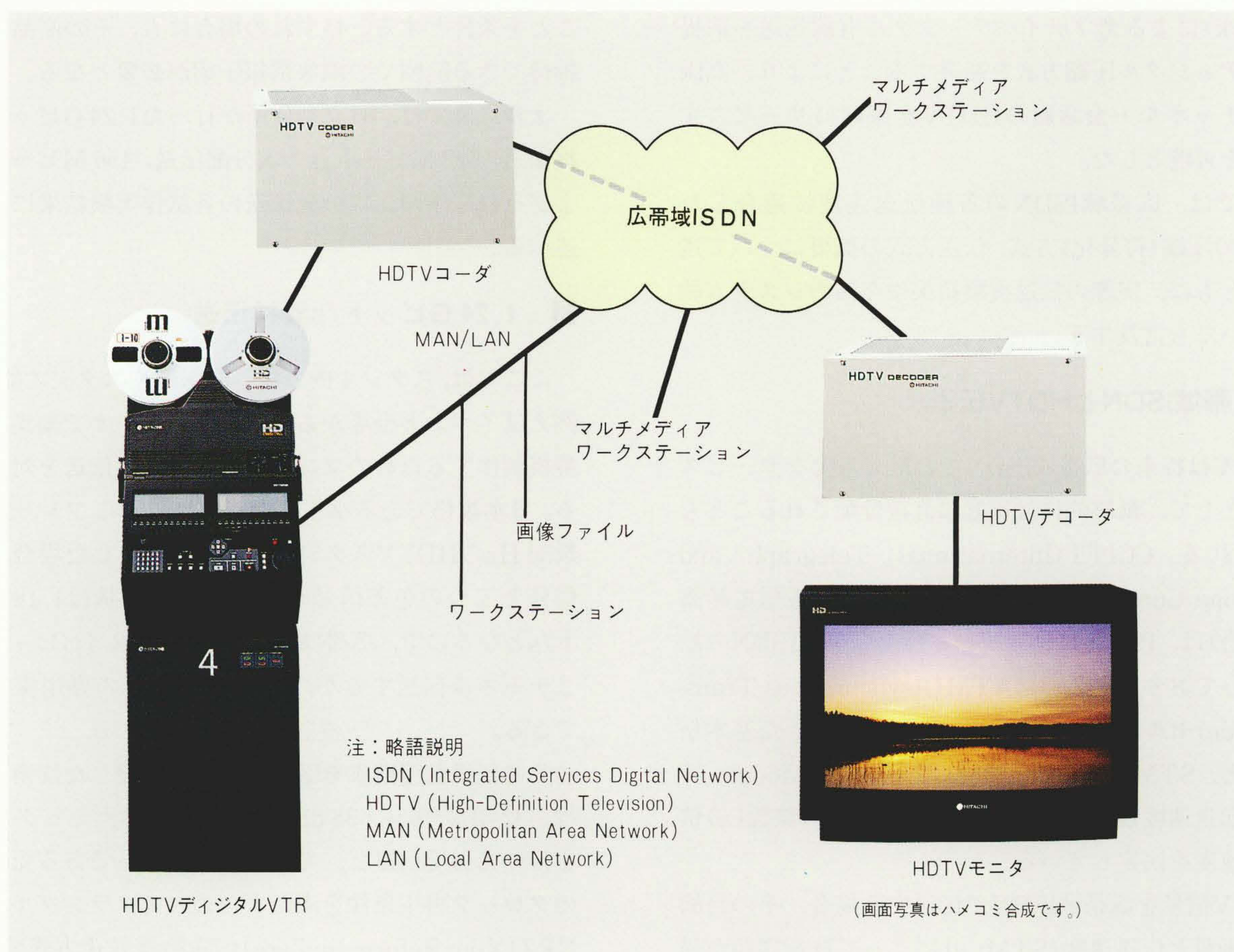
広帯域ISDNで夢の高精細映像伝送サービス

HDTV Digital Transmission on Future Broadband-ISDN

木下泰三* Taizō Kinoshita

中橋知子* Tomoko Nakahashi

広瀬和人** Kazuhito Hirose



広帯域ISDNにおけるHDTV伝送サービス 広帯域ISDNはマルチメディアワークステーション間通信や広域施設網(MAN/LAN)を収容するだけでなく、夢のHDTV伝送サービスを実現する。

21世紀には、大容量デジタルネットワークである広帯域ISDN(Integrated Services Digital Network)が家庭にまで引かれ、高画質・多チャンネルのHDTV(High-Definition Television)映像のサービスが期待されている。この実現のためには、膨大な情報量のHDTVを、高臨場感・高精細性を損ねることなくデジタル圧縮する技術が不可欠である。

そこで日立製作所では、広帯域ISDNの各種伝送速度に対応したHDTVコーデック(圧縮符号化装置)を試作開発している。試作コーデックは、広帯域ISDN規格に整合した光ファイバによる伝送インタフェースを持ち、実際の伝送実験によってほとんど画質劣化のない高画質なHDTV映像サービスができることを実証している。

* 日立製作所 中央研究所 ** 日立製作所 情報通信事業部

1 はじめに

HDTV (High-Definition Television) はその鮮明さ、臨場感などの特長によって、放送はもとより映画、印刷、出版など幅広い分野での利用が考えられる。日立製作所では、将来の広帯域ISDN (Integrated Services Digital Network) による光ファイバデジタル有線伝送を前提としたデジタル圧縮方式を開発することにより、高画質・多チャンネル・会話形のHDTVを家庭にサービスすることを可能とした。

ここでは、広帯域ISDNの各種伝送速度に適合したHDTVの圧縮(符号化)方式、伝送方式の概要について述べるとともに、実際の伝送実験結果や今後のシステム動向についても言及する。

2 広帯域ISDNとHDTV伝送

HDTVは将来の広帯域ISDNでの最も重要なサービスの一つとして、最終的には家庭に直接分配されることも期待される。CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee: 国際電信電話諮問委員会) は、1988年に世界統一された広帯域ISDNの勧告を行っており、そこではATM (Asynchronous Transfer Mode) セルという固定長短パケットを用いた基本伝送方式と、STM-1 (Synchronous Transport Module-1) の基本伝送速度155.52 Mビット/sおよびその整数(n)倍の伝送速度を決定している。

HDTV信号を広帯域ISDNで伝送する場合、その目的とする画質と伝送速度(STM- n)によって技術課題が異

なる。スタジオ用素材伝送の場合には、編集などの信号処理による画質劣化が許されない。分配伝送の場合には、送信所やCATV (Cable Television) ヘッドエンドに向けての一次分配伝送と、エンドユーザーへの二次分配伝送があり、信号処理による若干の画質劣化を許すか、または家庭への配信のように受信側で信号処理をしないことを条件とする。いずれの場合にも、その高品位性を維持できる範囲での画像情報圧縮が必要となる。

次章以降では、日立製作所が行った1.24 Gビット/s素材伝送、622 Mビット/s一次分配伝送、156 Mビット/sおよびそれ以下の二次分配伝送の各試作実験結果について述べる。

3 1.24 Gビット/s素材伝送

ここでは、スタジオ内の機器間伝送やスタジオ間伝送、例えばイベント会場からの素材をスタジオで編集して、番組製作するためのコンポーネント画像伝送を対象とする。日本規格である水平走査線数1,125本、フレーム周波数30 HzのHDTVスタジオ信号を対象とした場合、輝度信号と二つの色差信号全体でその情報量は1.18 Gビット/sとなるので、広帯域ISDNの幹線系2.4 Gビット/sで2チャンネル伝送するか、1.2 Gビット/sの専用線で伝送できる。

その伝送装置構成を図1に示す。開発した技術としては、32 dB(−6〜−38 dB)の広い光ダイナミックレンジを持つ光送受信器と、光伝送に必須(す)である受信側でのクロック再生条件を満たすためのスクランブル8B1C-NRZ (Non-Return-to-Zero) 伝送路符号化方式である。



注：略語説明

A/D (A-D変換器), D/A (D-A変換器), Y (輝度信号), Pr, Pb (色差信号), P/S (並・直列変換器), S/P (直・並列変換器), NRZ (Non-Return-to-Zero)

図1 1.24 Gビット/s素材伝送装置構成 画像に適した伝送路符号化と、高速光送受信器により、HDTVスタジオ信号の短距離～長距離伝送を可能とする。

実際にSTM-8伝送装置を構成することにより、機器間直結から約80 kmの長距離素材伝送まで、良好な画像を伝送することが可能となる¹⁾。

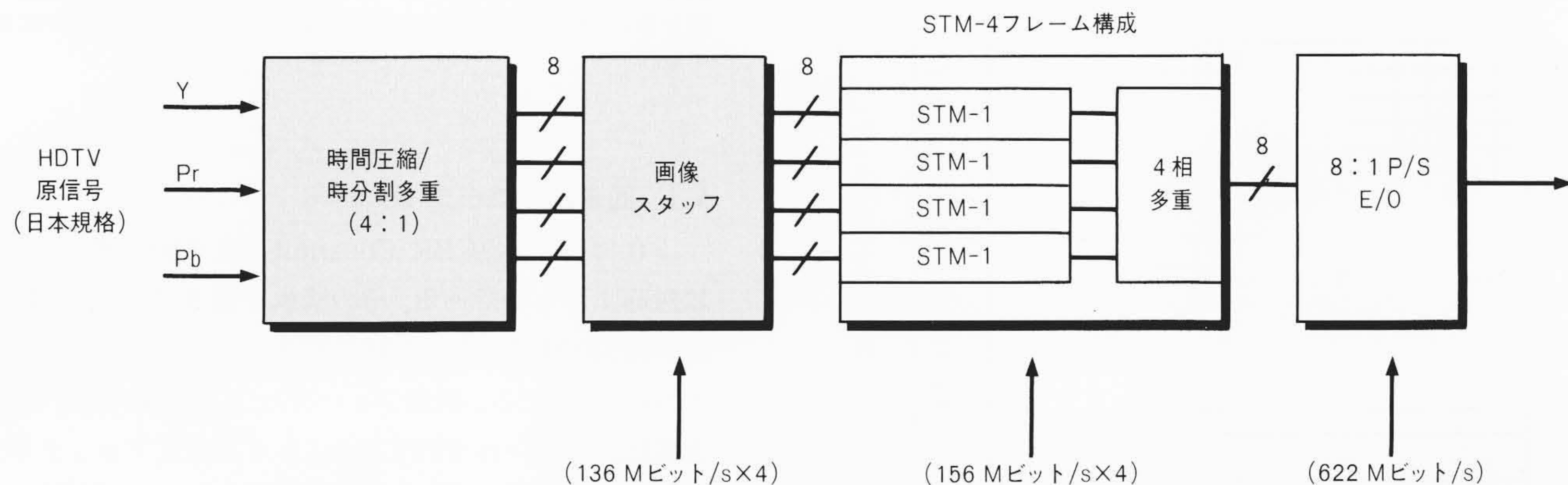
4 622 Mビット/s一次分配伝送

送信所やCATVヘッドエンドに向けての一次分配伝送では、原信号の帯域制限と時間圧縮・多重処理が行われる。26 MHzに帯域制限された輝度信号とその $\frac{1}{4}$ の二つの線順次色差信号が時間圧縮・時分割多重され、約540 Mビット/sの情報となる。これをSTM-4の伝送フォーマット(622 Mビット/s)で伝送するものである²⁾。ここで開発した技術は、画像系クロックと伝送系クロックの同期化のための新たな画像スタッフ・デスタッフ方式と、画

像の整数(17)ライン分の情報をちょうどSTM-4フレームで伝送するための画像同期多重化方式である。これらの技術により、ジッタなどによる画質劣化のない画像系送信・受信クロックと伝送系クロックの三者完全非同期伝送を実現するとともに、伝送フレーム同期検出と画像の水平・垂直同期検出の共通化による受信端末の簡易化を図っている。その伝送装置の構成を図2に示す。回路はすべてSTM-1の4相並列処理となっており、ちょうど $\frac{1}{4}$ の圧縮符号化によってSTM-1伝送が可能な構成となっている。

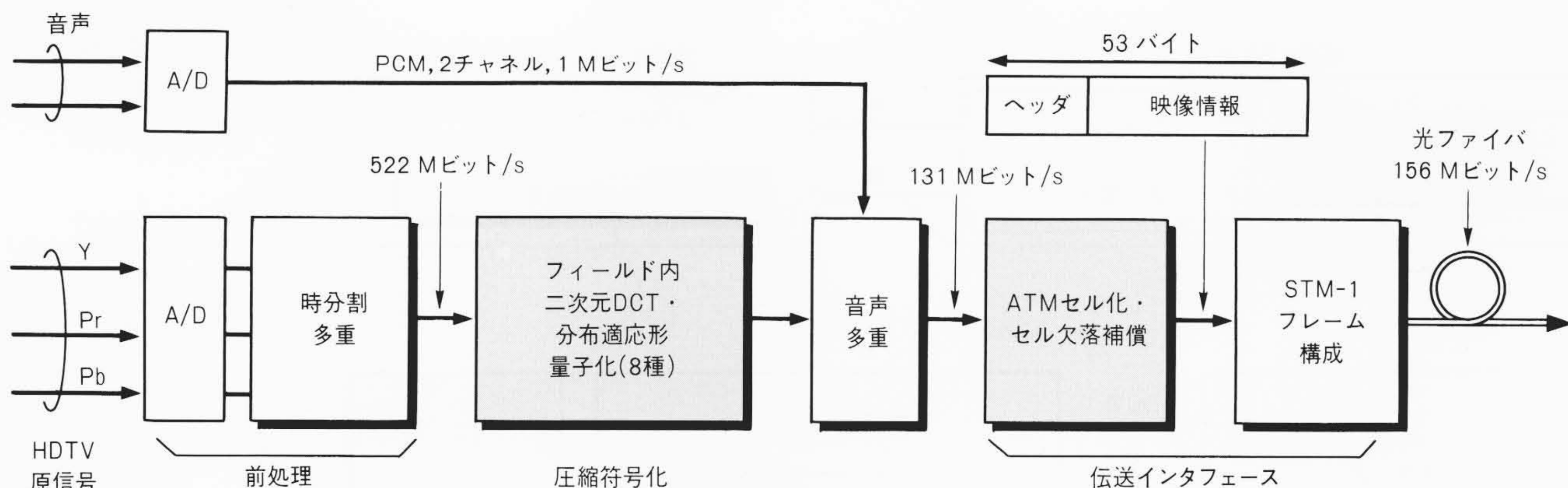
5 156 Mビット/s二次分配伝送

近年、通信衛星、海底光ファイバ、広帯域ISDN伝送を



注：略語説明 E/O（電気-光変換器）、STM（Synchronous Transport Module）

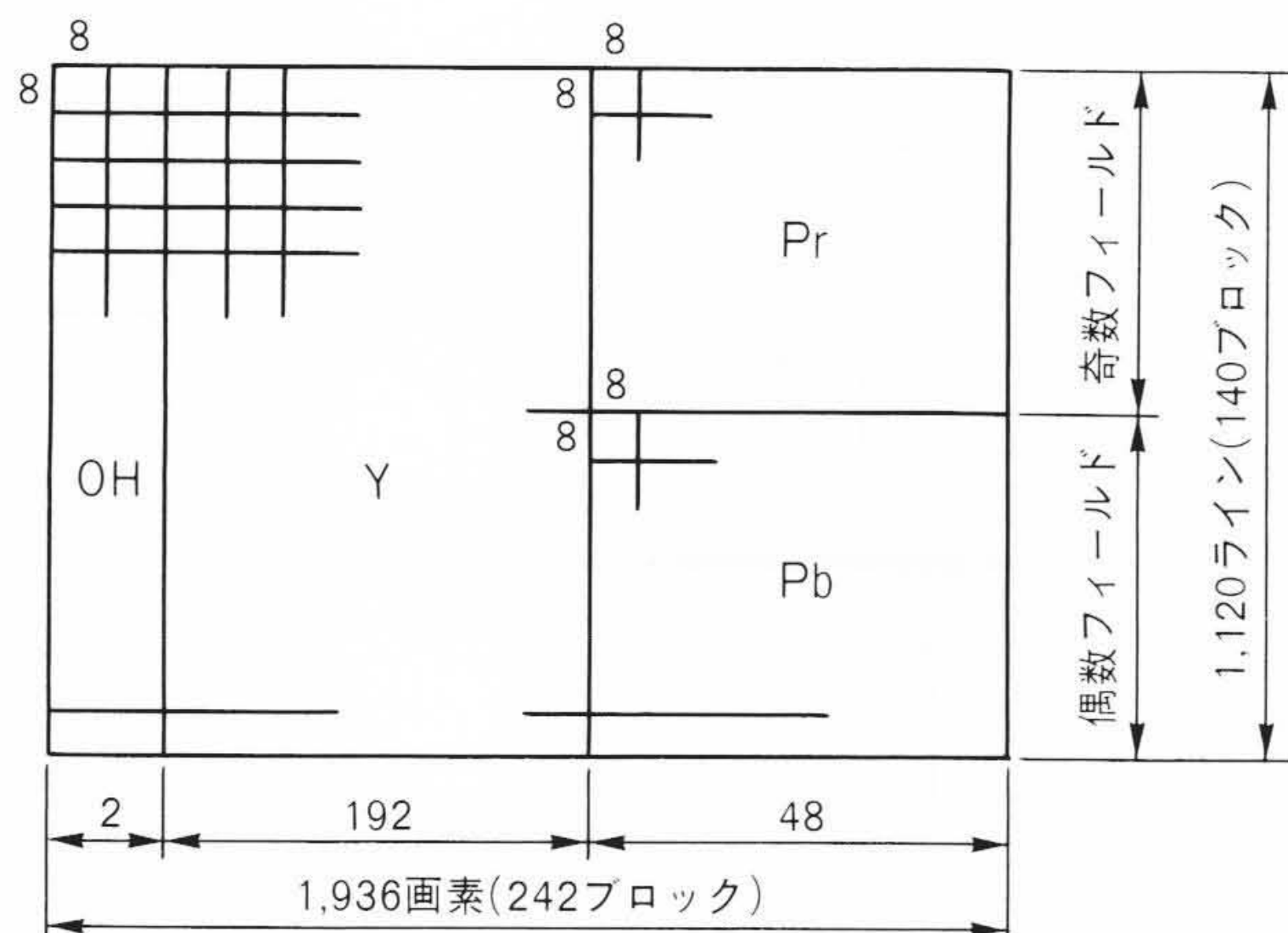
図2 622 Mビット/s一次分配伝送装置の構成 時間圧縮・時分割多重とSTM-1の4相並列処理によるSTM-4伝送と、画像スタッフによる画像系・伝送系クロックの同期化を実現した。



注：略語説明 PCM（Pulse Code Modulation）
DCT（Discrete Cosine Transform: 離散コサイン変換）
ATM（Asynchronous Transfer Mode: 非同期転送モード）

図3 156 Mビット/s固定速度コーデックの構成 DCT/適応形量子化を用いた圧縮と、セル欠落補償を含むATM伝送インタフェースによるSTM-1伝送で構成する。

目的としたHDTVのコーデック(圧縮符号化装置)の研究が活発であり、160～60 Mビット/s程度の試作例が発表されている³⁾。またこれに関する国際標準化も、通信用(CCITT)、放送用(CCIR: International Radio Consultative Committee)で審議中であり、蓄積用(ISO: International Organization for Standardization)も審議開始を検討中である。日立製作所もATM伝送インターフェースを持つ固定速度と可変速度のコーデックを試作している。これらは共に、4章で述べた一次分配伝送用コーデックをベースに、これに圧縮回路を付加して構成したものである。



注: 略語説明 OH (Over Head)

図4 画像フォーマット 輝度信号と時間圧縮された線順次色差信号、オーバーヘッドを時分割多重する。

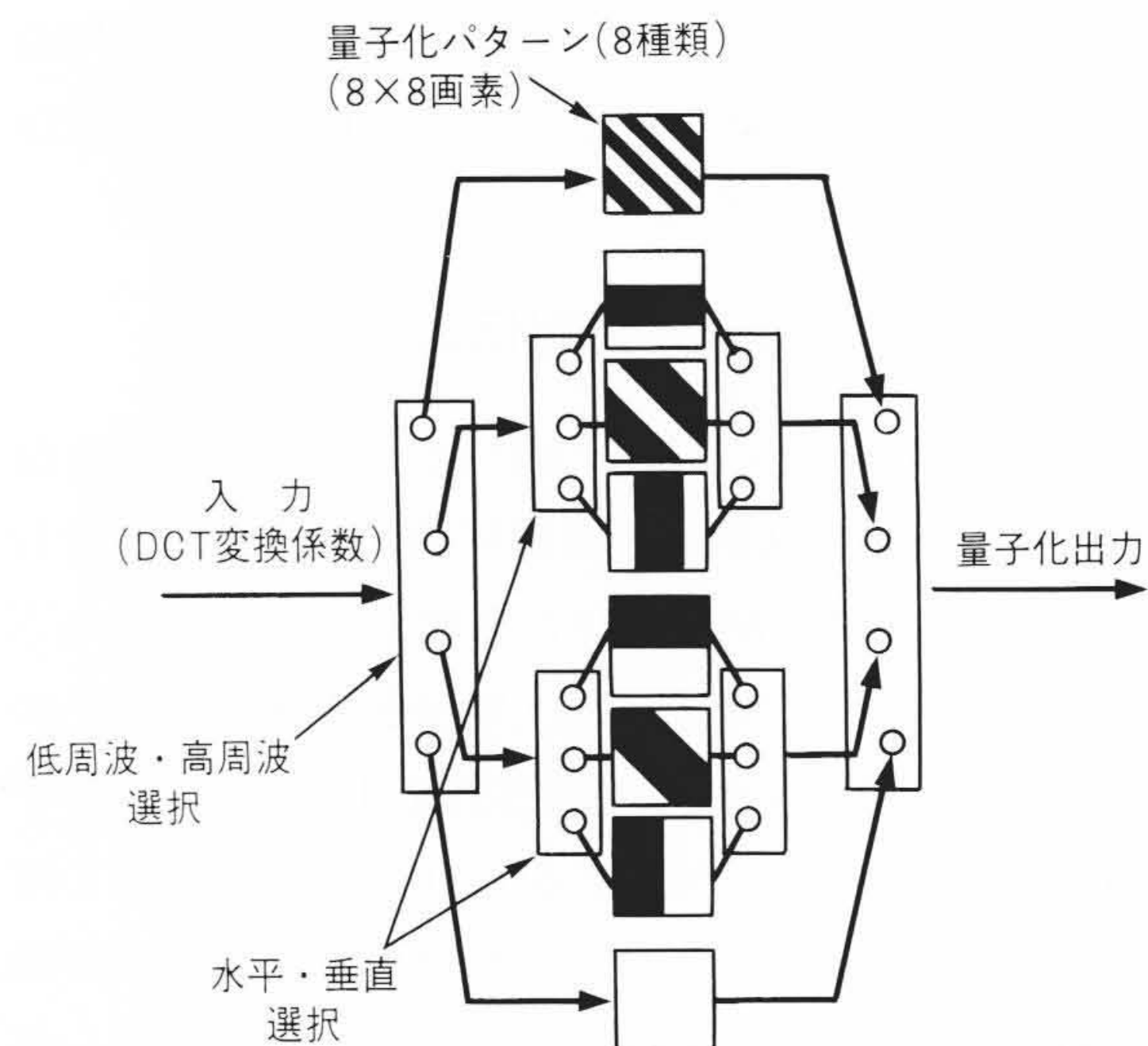
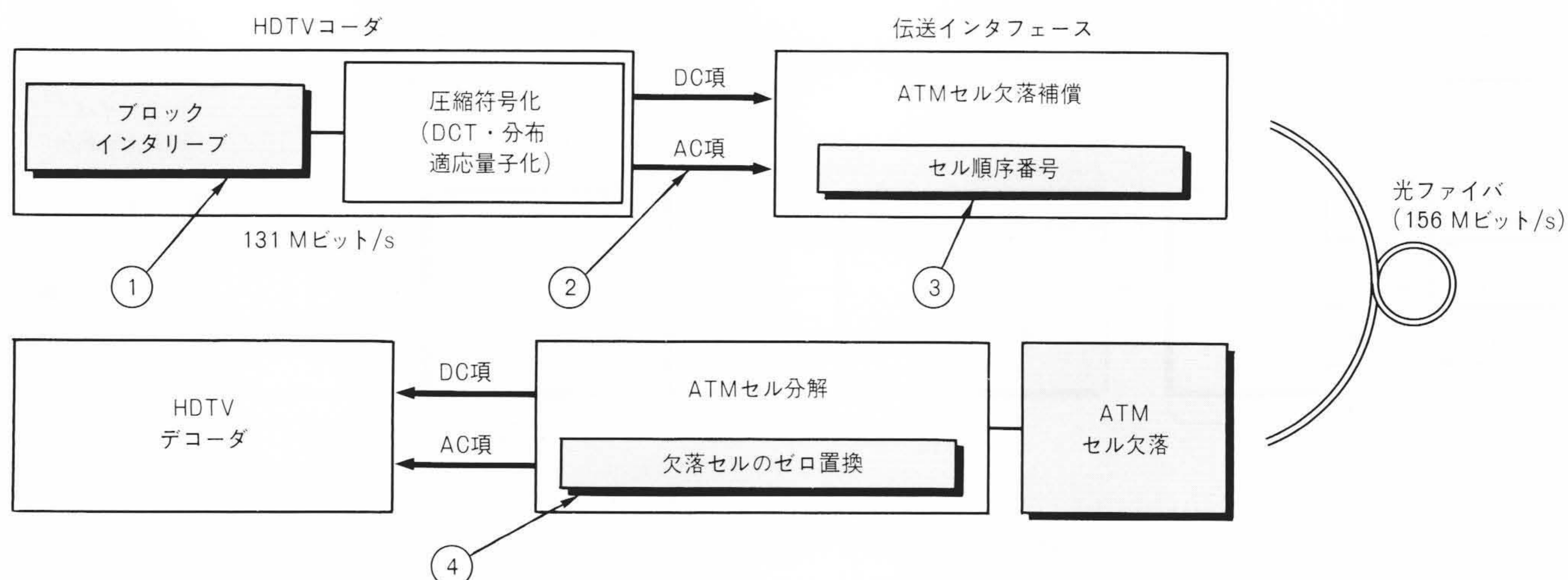


図5 分布適応形量子化 DCT係数の周波数および分布の特徴を基に、8×8画素単位に8種の量子化パターンを適応的に選択する。

5.1 固定速度コーデック

これはATMのCBR (Constant Bit-Rate) モード伝送に対応するものである。その構成を図3に示す⁴⁾。4章で述べた540 Mビット/sの時分割多重信号の $\frac{1}{4}$ (130 Mビット/s)に圧縮する。画像フォーマットを図4に示す。圧縮方式は、フィールド内二次元(8×8画素ブロック単位) DCT (Discrete Cosine Transform) と分布適応形量子化である。これは図5に示すように、周波数変換されたDCT変換データを、画像の持つ水平・垂直、低周波・高周波成分の分布特徴に応じて、8種類のパターンで適応



注: 略語説明 ATM (Asynchronous Transfer Mode)

図6 ATMセル廃棄実験 セル欠落補償方式によって少なくとも3けたのセル誤り率を改善する。

的に量子化するものである。伝送インタフェース部では、音声信号約1Mビット/sとともに、ATMセル化、STM-1伝送フレーム構成するものである。またATM伝送では、交換機での輻輳(ふくそう：データが混雑する。)状態のためにセル廃棄・欠落が生じるが、ここではこれに対応するため、セル欠落補償を行っている。これは画像を重要な成分と、そうでない成分に分けて伝送する2階層符号化、受信側での廃棄セル検出機能および簡単なデータ修整、バースト(集中的)誤り対策用のインタリーブ(データの並べ換え)などである。実際のATMセル廃棄実験(図6)では、表1に示すように、この補償方式によって少なくとも3けたのセル誤り率の改善が可能となる。試作コーデックの主要諸元を表2に示す。ハードウェアは可搬形の比較的小形化を実現している。またこの装置は図7に示すように、電気ATM交換機と光ATM交換機を介した広帯域ISDN伝送実験用端末として、Telecom'91(1991年11月ジュネーブで開催)で展示しており、良好な伝送・復号特性を実証している。

5.2 可変速度コーデック

これはATMのVBR(Variable Bit-Rate)モード伝送

表1 ATMセル廃棄実験 ATMセル廃棄補償機能を付加することにより、3けた以上のセル誤り率を改善できる。

実験条件	ATMセル欠落条件* (誤り率, ランダム/バースト)
セル欠落補償なし	10 ⁻⁷ 以下, ランダム
セル欠落補償あり	10 ⁻⁴ 以下, 10セルバースト

注：＊ 画質劣化検知限界

表2 固定速度コーデック主要諸元 広帯域ISDNインタフェースを含め、可搬形の小型化を実現した。

項目	特性
入力信号	Y, Pr, Pbアナログ(日本規格)
A/D	帯域：Y 26 MHz サンプリング：Y 65.3 Ms/s (Pr/PbはYの1/4)
信号形式	時分割多重(Y：線順次Pr/Pb= 4：1) 1,936画素・水平走査線
画像符号化	フィールド内二次元DCT 分布適応量子化(8種類) 131 Mビット/s
音声符号化	帯域15 kHz, PCM, 16ビット, 2チャンネル, 1 Mビット/s
伝送インタフェース	広帯域ISDN, STM-1, ATM 2階層符号化(直流・交流)
伝送速度	STM-1(155.52 Mビット/s, 光)
装置	サイズ：幅58×奥行48×高さ40(cm) 電力：200 W

に対応するものである。その構成を図8に示す⁵⁾。基本圧縮方式は、5.1のCBRコーデックの前処理として、動き検出機能を付加した動領域フィールド内DCTを採用した。これにより、比較的動き部分の少ない高精細テレビ会議を対象とした場合には、平均速度を約10~30 Mビット/s、最大速度を65 Mビット/sに低減することができ、STM-1伝送フレームで最低2チャンネルの伝送を可能とする。セル欠落補償方式としては、ブロック単位で階層化の周波数次数を可変にする適応2階層符号化、セル単位の二重誤り訂正を行うためのセルマトリックス、イン

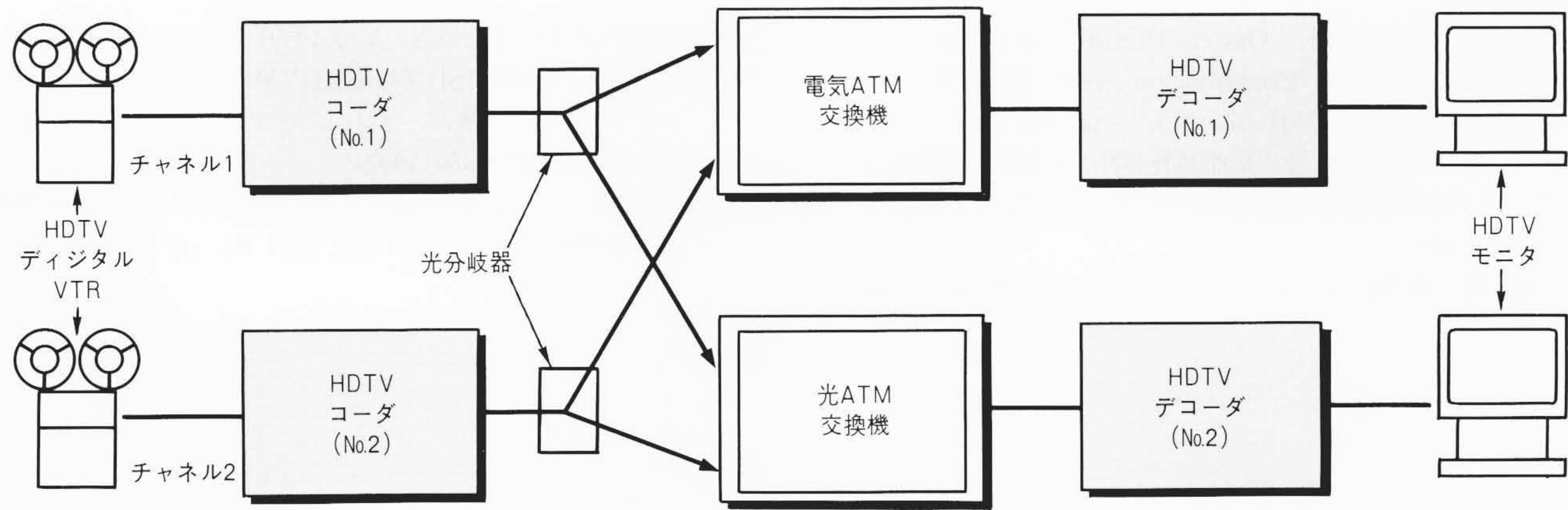
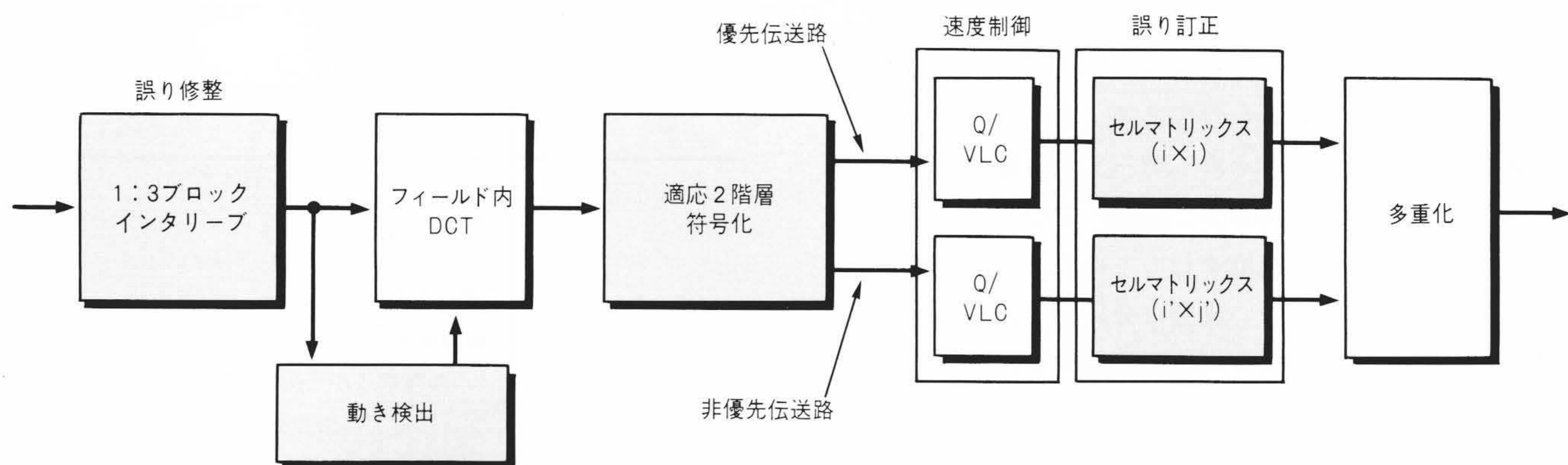


図7 ATM交換伝送実験システム 2チャンネルのHDTV画像から電気-光交換機を介して、おのおの任意の1チャンネルを選択する。



注：略語説明 Q (Quantization:量子化), VLC (Variable Length Coding:可変長符号化)

図8 テレビ会議用可変速度コーデック構成 動領域DCTによる可変速度化と、強靱(じん)なセル欠落補償方式によってATM伝送化を図る。

タリーブおよび前後ブロックからの補間修整などであり、これにより固定速度コーデック以上の高圧縮率およびATM伝送効率の向上が期待できる。

6 今後のシステム動向

HDTVの符号化伝送装置は、メモリや符号化専用LSIの進展により、今後急速に圧縮方式も複雑な方向に進んでいくと考えられ、高圧縮・低速度化が期待できる。米国のATV(Advanced Television)の約15~20 Mビット/sのデジタル地上放送の動向にみられるように、通信だけでなく、放送、蓄積系との融合が重要な課題となる。さらにATMに適した可変速度符号化方式の研究や、セル欠落補償方式の研究も重要となる。このためには、動

き補償フレーム間予測やDCT、可変長符号化用の高速専用LSIの開発、およびこれらのLSIをキーコンポーネントとして、通信、放送、蓄積系独特の要求を満たす共通符号化の標準化が今後の重要な検討課題になると思われる。

7 おわりに

以上、広帯域ISDNの各種伝送速度でのHDTV符号化伝送装置について述べた。今後いっそうの低速度符号化、ATM対応可変速度符号化などの伝送方式の提案により、各種の標準方式勧告化に寄与していく考えである。

参考文献

- 1) T. Kinoshita, et al.: Optical Digital Transmission of HDTV Signals for "Contribution" Use, IEEE Trans. on Broadcasting, Vol.37, No.3, pp.83(1990)
- 2) 木下, 外: HDTV信号の広帯域ISDNへの同期/多重化方式, 電子情報通信学会論文誌B-1, Vol.J74B-1, No.1, pp.82(1991)
- 3) 江成, 外: 60 Mb/sデジタル伝送装置の開発, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.CS91-94, pp.1~12(1991)
- 4) 木下, 外: 広帯域ISDN対応HDYVコーデックとATMインタフェースの検討, テレビジョン学会誌, Vol.46, No.3, pp.341~350(1992)
- 5) 木下, 外: ATM対応HDTV符号化方式の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.IE91-84, pp.23~29(1991)