ハイビジョン衛星伝送方式—MUSE—

正会員 二 宮 佑 一[†], 正会員 大 塚 吉 道[†]
 正会員 和 泉 吉 則[†], 正会員 合 志 清 一[†]
 正会員 岩 館 祐 一[†]

あらまし ハイビジョン（高品位テレビジョン）の実用化を進めるにあたっては、放送に用いる信号伝送方式の確立が必要である。NHKが開発した12GHz帯の放送衛星を用いてハイビジョン放送を実施する目的で開発したMUSE（Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding）は、実際に運用中のBS-2b（放送衛星-2b号）を用いた実験をくり返し、その実用性が確かめられた。

本論文ではハイビジョン衛星放送の要件を論じ、それに適合するMUSEの原理、構成、機器開発について述べる。

MUSEは実用性を重視した固定サブサンプリング伝送方式であり、極めて簡単なシステムではあるが、高い画質を保ってハイビジョン画像を8.1MHzのベースバンドに帯域圧縮できる。MUSEの開発によりBS単一チャンネルで放送することが可能になった。

1. ま え が き

ハイビジョン（高品位テレビジョン）¹⁾の開発は実用段階に達しており、番組を制作するのに必要な機材はNTSC方式などの標準方式と同等のレベルに達している²⁾。ハイビジョンの番組制作も進められており、商用ベースのスタジオも作られている。

このように、制作された番組を各家庭に送り届けるには種々の手段が考えられる。しかし、我が国の国情を考えると、放送衛星を用いることが最も実現性が高い。

そこで我々は、ハイビジョンのサービス形態として、放送衛星を用いたハイビジョン放送を中心に、周辺のメディアも考慮に入れてMUSE（Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding）を開発した。MUSEは、フィールド間およびフレーム間オフセットサブサンプリングを画像の静止領域に、ラインオフセットサブサンプリングを画像の動き領域に用いた、簡単な帯

域圧縮方式を中心としたハイビジョン伝送方式である。

MUSEを用いたハイビジョン伝送実験はBS-2b, CATV（Cable Television）, VSB（Vestigial Side Band：残留側波帯）-AMによるUHF伝送等を行い、その実用性が確かめられた。

2. 方式決定への検討

ハイビジョン放送において最も普遍的でかつ重要なものを表1に示す。⑥項のコンパティビリティについては、ハイビジョン放送を既存の受信機でそのまま受けられる完全コンパティブルな方式から、専用受信機

表1 ハイビジョン放送要件
Required feature for HDTV broadcast.

①	全国で受信できること
②	受信機の価格が低くできること
③	条件の悪い受信状態でも、ある程度の画質を確保できること
④	できるだけ画質の良いこと
⑤	家庭用パッケージ系との整合性が良いこと
⑥	既存システムとの整合性が良いこと
⑦	信号形式はできるだけシンプルなもの望ましい
⑧	簡易なモニタリングが可能なこと

[†] NHK放送技術研究所
 “HDTV Broadcast System via Broadcasting Satellite—MUSE—”
 by Yuichi Ninomiya, Yoshimichi Ohtsuka, Yoshinori Izumi, Seichi
 Gohshi and Yuichi Iwade (NHK Science and Technical Research
 Laboratories, Tokyo)

図1 システム決定のデシジョンツリー
Decision tree for the determination of HDTV broadcasting system.

がなくは全く受信できない方式まで広い選択がある。しかし、現実にはアダプタを用いることで、ある程度の画質を既存受信機で得られれば充分と考えられる。例えば、IBA (Independent Broadcasting Authority) 提案の E-MAC (Multiple Analogue Component)³⁾ システムにおいても、MAC デコーダが必要であり完全なコンパティビリティはない。

ハイビジョン伝送方式の選択については、伝送媒体から検討を開始し、以下図1に示すような流れで検討を進めた。判断理由は図中に示す⁴⁾が、重要なものについて以下に述べる。

2.1 使用チャンネル数

BSのRF帯域幅は27MHzと狭いので、当初BS単一チャンネルでハイビジョン放送を行うには、相当の無理があると考えられた。そこで、2チャンネルを使用することも考えられたが、独立した2つの復調器が必要であること、各チャンネル間の整合をとる必要があることの技術的困難性、および、8チャンネルしか割り当てられてない我が国の国情から、2チャンネルをハイビジョン1番組に用いることには相当無理があると考えた。

複数チャンネル利用の考え方は、BSチャンネル数の多い米国でもあり、CBS (Columbia Broadcasting System) が525本方式とコンパティブルな2チャンネル方式の提案を行った。しかし、CBSテクノロジーセンタ (スタンフォード、コネチカット州) で、MUSEによる1チャンネル方式とシステム比較をする公開実験を行った結果、単一チャンネル方式の方が

優れていた。

2.2 変調方式

FM変調以外にデジタル変調方式も検討したが、所要C/Nの点で、エンファシスを掛けたFM変調が最良であった。

FM変調は、BS-2におけるNTSC方式の現行衛星放送にも採用されており、受信装置の互換性からも有利である。

2.3 ベースバンド帯域圧縮方式

アナログ伝送が可能な帯域圧縮方式として候補に挙げられたのは、可変伝送速度型 (可変密度サンプリング型および伝送速度変換型) および固定サブナイキストサンプリング型であった。前者は統計的な性質に適合している点是有利であるが、サブサンプルモードを持つ動き補正フレーム間符号化方式⁵⁾の研究の段階で次の諸点に問題があることが明らかになり、システムの安定性が良く、人間の視覚特性を整合した固定サンプリング方式を用いることに決定した。

可変伝送速度型のシステムの問題点は、次の通りである。

- (1) 想定される統計的な性質から外れた入力画像に対してシステムが破たんを来す可能性があること。
- (2) 小さなブロック毎にコントロール信号を伝送する必要があるが、システムが複雑かつ伝送路雑音に弱いこと。また、コントロール信号の占めるオーバーヘッド情報が大きくなり伝送効率が下がること、および、ブロック毎のコントロール

は必然的にブロックひずみの原因となること。

- (3) 多くの画像信号の自己相関はいわゆる exp 型をしており、高域のエネルギー成分が相対的に非常に小さい。これが可変伝送速度型の良い所であるが、デジタル伝送の場合はレベルの低い部分には短いビット長を割当てる、すなわち、レベル方向の処理を行えるが、アナログ伝送ではあるレベル以下を切り捨てることで浮いた伝送容量を、より重要な部分へ振り向けることになる。この場合、切り捨てられたレベルの低い高域成分が質感の上で大切であり、この切り捨てるため画質劣化が大きいこと。

2.4 音声方式

音声多重方式として、サブキャリア方式は伝送効率の点で不利なので、垂直ブランキング期間中に時分割多重する方式を選んだ。4 相 PSK (Phase Shift Keying) による RF (Radio Frequency) 時分割多重とベースバンド NRZ (Non Return to Zero) 多重の両者を、理論的および実際にハードウェアを作って実験をした結果、3 値 NRZ 方式が最良であった。RF 多重の 4 相 PSK は、伝送路容量は大きいハードウェアを作り難いのが欠点である。これに反してベースバンド多重方式は、音声と映像を全く同様に扱うことができ、ODU (Out Door Unit) のローカル周波数の安定化等も不要で現行衛星放送用のものがそのまま使用できる利点がある。ベースバンド多重方式は、世界的にも採用される傾向にあり、欧州においても C-MAC⁶⁾ (PSK-RF 多重) より D2-MAC (ベースバンド多重) が主流となりつつある。

3. MUSE

MUSE は、人間の視覚の特性と充分整合をとった帯域圧縮伝送方式であり、その技術的要素は次の諸点にある。

- (1) 動き補正多重サブサンプル (動きベクトル補正を用いたサブサンプリングを 2 回行う) 方式による帯域圧縮で、ハイビジョン信号を 8.1 MHz に圧縮する。
- (2) サブサンプル方式を採ったためにアナログ伝送路におけるサンプル値伝送 (Pulse Amplitude Modulation のこと) 技術を開発した。
- (3) サンプル値伝送に必要な正確なサンプルタイミングを得ることができ、かつ同期損のない正極同期方式を開発した。
- (4) 色信号の多重に色線順次 TCI (Time Compressed Integration) 多重方式⁹⁾を用いた。

- (5) 衛星放送に適合する効率の良いノンリニアエンファシスを開発した。
- (6) 擬似定輝度伝送方式 (定輝度原理をほぼ満たす伝送方式) を開発した。

3.1 MUSE の原理

MUSE では画像の動き領域と静止領域とで、異なったサンプリングを行っている。静止領域ではフィールド間オフセットサブサンプリングとフレーム間オフセットサブサンプリングをカスケードに使用している。動き領域ではライン間オフセットサブサンプリングを使用している。しかし、動・静両領域の違いはエンコーダにおけるプリフィルタリングとデコーダにおける内挿法にあり、サンプリングパターンは同一である。したがって、動静の両領域のサンプリングパターンは完全に連続で、動静の判断に多少の間違いがあっても大きな画質劣化にはならない。その結果、動静切替信号を伝送する必要はなく、エンコーダ、デコーダで独立に動き領域の検出を行うことができる。

図 2 に Y 信号 (輝度信号) に対するサンプリング処

図 2 Y 信号のサンプリング
Sampling pattern for Y signal.

図3 Y信号伝送可能領域
Transmissible area of MUSE (for Y signal).

(注) 折り返しの様子がわかるように高域のレベルを落としてあるが、実際には20MHzまで落ちずにフラットである。
図4 Y信号のサブサンプリングによるスペクトルの変化
Subsampling system for Y signal.

理の系統とサンプリングパターンを示す。このサンプリングによって伝送できる2次元空間周波数領域は、動・静それぞれの領域に対して図3に示すようになっている。したがって、それぞれのサブサンプリングの前に図3に示すプリフィルタを入れ、デコーダにおける内挿フィルタもそれぞれ同様の特性をもつものを使用することになる。

図3(b)に示す通り、静止画領域では原始サンプリングに比べると斜め解像度が低下している。しかし、原始サンプリングは斜め解像度が水平・垂直に比べると $\sqrt{2}$ 倍高く、人間の視覚特性が等方的だとしても無

駄である。さらに、人間の視覚は斜め解像度が劣っており⁹⁾、フィールド間オフセットサブサンプリングの伝送領域は人間の視覚特性によく整合している。動き領域では、図3(c)に示す通り解像度が下がっているが、視覚の動体視力は静止視力に比べて大幅に低下しているので、動き領域の解像度低下はあまり気にならない。

しかし、カメラがパン、チルト等の動作をしている場合は眼がトラッキングすること、および視聴者が、被写体が動いていないことを知っていることにより解像度低下が目立つ。そこでこの場合に限って、フレーム間およびフィールド間内挿をするためのメモリの読み出し番地を画面の動きに合わせてシフトする動き補正を採用して、静止領域並みの解像度としている。

MUSEのサンプリングの特徴のひとつは、図4のサンプリングによるスペクトルの変化からわかるように、0~4 MHzの領域にフレーム間オフセットサブサンプリングの折り返しがないことである。これが次の点で有利である。

- (1) 信号源のノイズが低周波領域(0~4 MHz)へ折り返すことがない。一般にテレビ信号をサブサンプリングすると高域のノイズが低域に折り返して視覚的に非常に目立つので、このことは大切である。
- (2) デコーダにおける動き領域検出にフレーム差分が使える。0~4 MHzにはフレーム間での折り返しがないから、静止画に対しては毎フレーム同一の信号であり、フレーム差分の絶対値を求めることで動領域検出が行える。初期のMUSEは、原始サンプリングに64.8 MHzを用い、32.4 MHzでフィールドオフセットサブサンプリングを行っており、信号は直流まで折り返していた(詳細は文献11)参照)。このため、動領域検出には2フレーム間差分を用いなければならない、複雑かつ不完全であった。

なお、色差信号(C 信号)に関しては帯域幅が狭いので、ノイズの折り返しの問題は少なく、動領域検出も Y 信号を手掛りに行えるので、広帯域な伝送が行える初期の MUSE と同じサンプリングパターンを採用

3.2 信号処理系統

ハイビジョン映像信号は、まずカメラのガンマ特性の逆特性に近い非線形処理を行い、大略直線信号として擬似的に定輝度原理に基づく信号処理を行う。完全に直線にするためには、強い非線形処理を行う必要がある。

(a) カメラガンマの逆特性

(b) 輝度信号の伝送ガンマ特性

(c) 色差信号の伝送ガンマ特性

写真 1 MUSE における非線形処理 (横軸：入力, 縦軸：出力)

Nonlinear processes in MUSE system. (horizontal : input, vertical : output)

(a) Inverse of camera gamma, (b) Transmission gamma for Y signal,

(c) Transmission gamma for C signal.

図 6 ノンリニアエンファシスの構成と動作

Wave-form and block diagram for non-linear emphasis.

り、量子化ビット数の点から無理があるので、写真 1 (a) に示す程度の処理にとどめてある。マトリクス出力である Y 信号、R-Y 信号、B-Y 信号は色線順次 TCI 信号にエンコードされる。C 信号の時間圧縮率は 1/4 である。

次に、信号は静止系⑤と動き系⑭に分かれる。動き系は、ライン間オフセットサブサンプリングに対応する図 3 (c) のプリフィルタを掛け、16.2 MHz でライン間オフセットサブサンプリングを行う。静止系⑤は、フィールド間オフセットサブサンプリングに対応する図 3 (b) のプリフィルタを掛け、フィールド間オフセットサブサンプリングを行い、不要な 12 MHz 以上の成分を除去する。動き系と静止系の信号は、画像の動きに応じて MIX (混合器) に比例混合する。これを 16.2 MHz でフレーム間オフセットサブサンプリ

ングして、MUSE 信号(デジタル形式)を得る。

得られた信号は直線信号であり、このままアナログ伝送路を通すと黒レベル側のノイズが目立つ。そこで、伝送のために黒レベル側を持ち上げ白レベル側を圧縮する非線形処理(伝送ガンマ Γ)をした後、エンファシスを掛ける。輝度信号および色信号に対する伝送ガンマ Γ の特性を、写真 1 (b) および (c) に示す。

マトリクス処理を含め、信号処理を線形で行い、伝送ガンマを掛けて伝送する方式において、完全に線形にしているわけではないので、擬似定輝度伝送方式と呼んでいる。これによって、C から Y へのクロストークが減り、所要 C/N が低下するだけでなく、動・静間で高域成分の違いにより発生するディスプレイの平均輝度が変化する現象も除去できる。

エンファシスの構成を図 6 に示す。エンファシスフ

写真 2 MUSE 信号
MUSE signal.

図 7 信号の割りつけ
Assignment for signals.

図 8 同期波形
Wave-form of synchronizing signal.

フィルタで生じたオーバシュート成分は、非線形圧縮してキャリアが帯域外に出ることを防いでいる。ディエンファシスでは逆にオーバシュートを再生する。

このノンリニアエンファシスではエッジ周辺のエンファシス改善度が低くなるが、視覚的には目立たない。なお、エンファシス改善度は 9.5 dB である。

この後にコントロール信号、音声信号、同期信号を多重して写真 2 に示すような MUSE 信号として送出する。信号割りつけを図 7 に示す。同期信号波形を図 8 に示す。サンプル値伝送においてはデコード入力におけるサンプルタイミングが正確にとれる必要があるが、この同期周波数は正しいサンプルタイミングを得るに充分であり、かつ正極同期であるから同期信号がなく有効である。

伝送特性はサンプル値伝送であるからアナログ伝送系の全特性が 8.1 MHz で -6 dB となるナイキストロールオフ特性としなければならない。このために、MUSE エンコード (図 5 (a)) では、伝送路等化用の可変タップデジタルフィルタを用いている。また、伝送路特性の把握のために VIT 信号 (インパルス) を挿入している。

音声は 3 値 NRZ ベースバンド多重方式で、伝送 Baud レートは 12.15 ($16.2 \times 3/4$) MHz であり、1350 kb/s を垂直ブランキング期間に多重している。これだけの容量があると、準瞬時圧伸型 DPCM (標本ブロックごとに量子化特性を変化させる準瞬時圧伸と、差分 PCM—Differential Pulse Code Modulation—を組み合わせた音声の帯域圧縮方式) を用いることにより、32 ks/s (サンプル/秒) のデジタル音声 4 チャンネルと 128 kb/s の独立データ、あるいは、48 ks/s の音声 2 チャンネルと 112 kb/s の独立データを伝送することができる¹²⁾。音声方式として、帯域圧縮型を用いているが、32 ks/s、48 ks/s それぞれの音声品質は現行の衛星放送方式の A モード、B モードと比べ、劣ることはない。

コントロール信号は、フィールド当たり 32 ビットであり、訂正能力の高い誤り制御を 2 重に掛けた 2 値符号で伝送している。

デコーダの動作は、エンコードの逆である。まず、復調された MUSE 信号は A/D 変換された後、音声信号コントロール信号、同期信号が分離される。サブサンプリングされた画像信号の内挿は、エンコードと同様に静止系と動き系それぞれを別個に行う。

動き系は、図 3 (c) に示す特性のプリフィルタに対応する内挿フィルタを用いて、フィールド内内挿を行う。

静止系は、フレーム間、フィールド間内挿をする
が、この例では、いったんフレーム間内挿して 32.4
Ms/s の信号を得た後 12 MHz のローパスフィルタを
通す。次に、24.3 Ms/s に変換してフィールド間内挿
をする。フィールド間、フレーム間の両内挿とも動き
ベクトル補正をしている。これは、エンコーダで検出
されコントロール信号として伝送されて来た動きベク
トル値によって行う。動・静の 2 系統の信号は、動き
に応じて MIX において画素毎に比例混合された後、
TCI デコーダ、逆マトリクス (MTX^{-1})、ガンマ補正
(γ) を経て RGB 信号を得る。

4. 機器の製作と実験

エンコーダ、デコーダの試作は原型システムを含め
て 4 回行い、すべて伝送実験によりシステム評価を行
い、最終段階に達した。中間段階にも、米国 CBS テ
クノロジーセンタにおける 2 チャンネル方式との比較

写真 3 試作エンコーダの例
An experimentally made encoder.

写真 4 試作デコーダの例
An experimentally made decoder.

公開実験、EXPO'85 における放送実験等重要なもの
があるが、本稿では最終のものについてのみ述べる。

試作した機器は、エンコーダ、デコーダ等の基本的
な装置から 525/60 方式へのコンバータ MUSEVTR、
MUSE ビデオディスク等の周辺装置にまで及んでいる。

写真 3 に試作したエンコーダを示す。向って右側が
ディジタル部(エンコーダ本体)、左側が入力信号の切
替、モニタ装置、A/D 変換器等の入力・アナログ部で
ある。装置サイズは、実験装置のせいもあり若干大き
いが、汎用 IC で製作しても一架に収めることは容易
であり、放送局側の装置としては充分実用的な大きさ
といえる。

写真 4 には試作デコーダの例を示す。この装置は、
昭和 62 年 6 月のハイビジョンフェアにおいて、各受
信点で使用したものである。家庭用の装置としてはま
だ相当大きい。しかし、デコーダの回路方式は現時点
の IC 技術でも LSI 化は可能であり、現在 LSI 開発の
作業を進めている。

BS-2b を用いた伝送実験の結果、MUSE 信号は問
題なく伝送され、東京付近では、75 cm ϕ のアンテナ
で良好な画質が受信できることが確かめられた。図 9
に実験系統図を示す。2 回目以降の実験では放送セン
タによる受信だけではなく多地点での実験を行い、特
にハイビジョンフェアにおいては、全国 14 都市 23 カ
所で受信実験を公開し、いずれも成功をおさめた。

BS 実験の結果、信号伝送方式として、MUSE 方式
は実用レベルに達したと判断される。次の問題は LSI
化を進め、家庭用受信機として実用に耐えられるよう
に低コスト化を図ることである。

BS 以外の伝送媒体についての実験も進めており、
VSB-AM 方式を用いた地上 UHF 伝送実験を米国ワ
シントン D.C. で、NAB (National Association of
Broadcasters)、MST (Maximum Service Telecas-
ters) と共同で昭和 62 年 1 月に行った。受信は複数地
点で行った。地上伝搬のマルチパスによるゴーストが
あったので簡単なゴーストキャンセラを使用した。ゴ
ーストの影響は NTSC 方式による場合と同様であっ
た。

この実験では、米国の 58,59 の 2 チャンネルを用い
たが、急峻なナイキストフィルタを用いたために占有
帯域幅は約 9 MHz である。この実験により MUSE
信号を AM 伝送することの可能性が実証された。

CATV により MUSE 信号を伝送する実験を、ハイ
ビジョンフェアにおいて既存の CATV 線路により行
った。その結果、BS 系と全く同じ変調パラメータで

図 9 BS 伝送実験の系統
 Basic diagram of BS transmission experiment.

20 段のアンプを通して特に問題なく伝送できることがわかった¹³⁾。

周辺装置、機器に関してはカセット VTR、ビデオディスクプレーヤの試作を進めており、いずれも装置開発に成功している。

525 方式へのコンバータは、MUSE 信号を現行方式受像機で受信するためのもので、両立性の点で重要な要素と考えられる。3 章で述べたように、MUSE 方式では直流付近まで信号が折り返っていないので、簡単な 2 次元フィルタを用いるだけで 525 方式に変換できる。この場合、フレームメモリー、動き検出等は一切不要であり、装置規模は本格的な MUSE デコーダの 1/10 以下になる。525 本に変換した画像は極めて良質のものが得られた。

5. む す び

MUSE 伝送方式としては大略完成したと考えられる。ただし、エンコーダ、デコーダとも、より高画質にするための改善は今後とも必要である。

MUSE は単に帯域圧縮のアルゴリズムだけを重点的に開発したものではなく、総合システムを考えたう

えで開発したものであるが、技術的側面から見ると、アナログサンプル値伝送を実用レベルでテレビ分野に応用した最初のものといえる。サンプル値伝送に関しては開発の初期の段階では筆者自身も実現性に相当疑問を持っていた。しかし、MUSE 方式の開発により現在では HD-MAC¹⁴⁾ をはじめとして同種のシステムの提案が多数出ている。

MUSE の開発の目的はハイビジョン放送を実現することであり、早期に MUSE デコーダの LSI 化を進めたいと考えている。

デコーダ以外の受信機構成要素のうちディスプレイは別にして、アンテナと BS コンバータは現行の NTSC 方式による衛星放送受信用のものと等しいもので良い。BS チューナは、音声トラップを除いて広帯域化し、AFC を平均値方式からキード方式に改造すれば現行衛星放送用ものがそのまま使用できる。この変更は簡単であるが、チューナに関しては早い時期に MUSE/NTSC 両用タイプ (MUSE 対応型) を普及させるよう努力をするべきと考えている。

最後に、MUSE の開発に関して御指導、御協力いただいた関係者各位に感謝する。特に NHK 放送技

術研究所 大川所長までの歴代所長には、研究の遂行に対して深い理解と御指導をいただいた。また、同所テレビ方式研究部の杉本前部長、石田現部長には直接御指導をいただいた。さらに、実験システムを試作するにあたって同所機器試作グループおよびメーカ各位に多大の御協力をいただいた。

(昭和62年7月20日受付, 昭和62年12月4日最終受付)

【参 考 文 献】

- 1) T. Fujio: "High-Definition Wide Screen Television System for the Future", IEEE Trans., BC-26, 4, p.113(1980)
- 2) "高品位テレビジョン機器小特集", テレビ誌, 39, 4, p.1(1985)
- 3) M. Windram, R. Morcom, T. Hurley: "Extended Definition MAC", IBA Tech. Rev., 21, p.27(1983)
- 4) Y. Ninomiya: "MUSE Coding System for HDTV Broadcast", HDTV Work Shop by Euraship 1986. 11. 13. at L'Aquila, Italy.
- 5) Y. Ninomiya, Y. Ohtsuka: "A Motion Compensated Interframe Coding Scheme for Television Pictures", IEEE Trans., COM-30, 1, p.201(1982)
- 6) H. Mertens, D. Wood: "the C-MAC/Packet System for Diocet Satellite Television", EBU Tech. Rev., 200(1983)
- 7) J. Sabatier, D. Pommier, M. Mathieu: "The D 2-MAC Packet System for All Transmission Channels", SMPTE Conf. Rec., "Components of the future", p.136(1985)
- 8) 石田, 二宮: "信号方式と伝送, 高品位テレビジョン特集", テレビ誌, 36, 10, p.882(1982)
- 9) H. Sakata: "Frequency Response of Television Noise and Sweep Measurement", JITE Japan, 34, 3, p.239(1980)
- 10) A. Watanabe, et al.: "Spatial Sine Wave Responses of a Human Visual System", Vision Research, 8, p.1245(1972)
- 11) Y. Ninomiya, Y. Ohtsuka, Y. Izumi: "A Single Channel HDTV Broadcast System—the MUSE", NHK Lab. Note., No.318(1985)
- 12) 菅並ほか: "ベースバンド多重方式によるハイビジョン音声伝送方式", テレビ全大(1987)
- 13) 須崎ほか: "BS-ハイビジョン MUSE 信号の CATV 実験",

テレビ全大(1987)

- 14) J. P. Aragon, et al.: "Transmission d'Images de Television a Haute Definition Compatible Avecle Standard D 2-MAC/Paquet", ACTA Electronica, 27, 1-2(1986)

にのみや ゆういち

二宮 佑一 昭和40年, 慶応義塾大学工学部電気工学科卒業。同年, NHK に入局。甲府放送局を経て, 42年より, 同放送技術研究所に勤務。非線形高周波回路, レーザ応用(光偏向, 変調素子, ホログラフイー等), デジタルテレビ, ハイビジョン信号処理, 伝送方式の研究・開発に従事。正会員。

おおつか よしみち

大塚 吉道 昭和49年, 東京工業大学大学院修士課程物理情報工学専攻修了。同年, NHK に入局。高松放送局を経て, 53年より, 同放送技術研究所に勤務。テレビ信号(主にハイビジョン)の高効率符号化, 帯域圧縮, デジタル信号処理の研究に従事。正会員。

いわずみ よしのり

和泉 吉則 昭和55年, 慶応義塾大学大学院修士課程電気工学専攻電気工学専門修了。同年, NHK に入局。広島放送局を経て, 58年より, 同放送技術研究所に勤務。ハイビジョンの帯域圧縮, デジタル信号処理の研究に従事。正会員。

ごうし せいじ

合志 清一 昭和56年, 早稲田大学大学院修士課程電気工学専攻電気工学専門修了。同年, NHK に入局。甲府放送局を経て, 59年より, 同放送技術研究所に勤務。テレビ信号(主にハイビジョン)の帯域圧縮, デジタル信号処理の研究に従事。正会員。

いわだて ゆういち

岩館 祐一 昭和56年, 同志社大学工学部電子工学科卒業。同年, NHK に入局。旭川放送局を経て, 60年より, 同放送技術研究所に勤務。ハイビジョンの伝送方式の研究に従事。正会員。

HDTV Broadcast System via Broadcasting Satellite—MUSE—

*by Yuichi Ninomiya, Yoshimichi Ohtsuka, Yoshinori Izumi,
Seiichi Goshi and Yuichi Iwadate*

It is essential for a complete HDTV system to develop a broadcasting system that can send the HDTV picture through out the country. HDTV broadcast services using a single satellite broadcasting channel became available with the development of a transmission system called MUSE which utilizes a bandwidth compression technique. By MUSE, a satellite channel of a 12GHz band of width of 27 or 24 MHz can carry an HDTV picture and digitally coded four channel sound signals.

The MUSE system is one type of a sub-Nyquist sampling transmission system. A total system for MUSE is developed and emission experiments are successfully carried out using BS-2b satellite. Received HDTV pictures using an antenna of 75cm diameter had quality good enough for actual HDTV broadcast Services.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 42, No. 5(1988)468~477

A Method of FM Multipath Distortion Cancelling Using an Adaptive Filter

by Makoto Itami and Mitsutoshi Hatori

In this paper, a new type FM multipath distortion canceller using an adaptive digital filter is proposed and its characteristics are examined by computer simulations. In the proposed method, the output signal of the transversal filter is normalized by its envelope value. The normalized output is used as the training signal. Since the tap iteration equation of the proposed method is simpler than that of the conventional method, the number of calculations is reduced. The convergence characteristics of the proposed method are almost the same as those of the conventional method. Moreover, a stable feedback FM multipath distortion canceller is developed in this method by the use of a decision feedback filter and convergence characteristics are improved as compared with a feed forward type. Simplification of the normalization is described and good convergence characteristics is also confirmed.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 42, No. 5(1988)478~483

64×64 Pixel Two-Layer Structure InSb-IRCCD

*by Reikichi Tsunoda, Toshio Kanno, Takafumi Tsuji, Shunji Shirouzu,
Nozomu Harada, Satoshi Aihara and Tetsuo Sado*

A 64×64 pixel InSb-IRCCD with a two-layer structure is developed. It is constructed with a back-illuminated InSb p⁺n photodiode array and a buried p-channel Si-CCD. The photodiode array was manufactured using ion-implantation and anodic oxide/sputtered Al₂O₃ double layer passivation processes, by which R₀A values of more than 1×10⁵ Ωcm² were obtained.

The photodiode array, polished to 20 μm thickness, and the CCD are interconnected by a special In-bump technique involving electroplating and reforming to conical shapes, which assures complete electrical connections.

Signal charges in the CCD storage gate containing the background ingredient, are partitioned to two parts or skimmed. By these techniques, CCD gate capacities are minimized. The output signals are corrected to form the IR image.

Good system linearities, where $\gamma = 1.00 \pm 0.01$, and excellent responses, $D_{\text{peak}}^* = 6.0 \times 10^{11}$ cm Hz^{1/2} w⁻¹ and NETD=0.05–0.06 deg, have been obtained. Crosstalk was decreased by thinning the photodiode and MTFs were improved.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 42, No. 5(1988)484~492