デジタル有線テレビジョン放送方式の 伝送実験と伝送路所要性能の検討

正会員 野田 勉^{†1}, 原田 守夫^{†2}, 正会員 宮沢 寛^{†3},
正会員 石黒 公^{†4}, 正会員 西山 光生^{†5}, 清水 信作^{†6},
正会員 伊東 晋^{†7}

Study of System Requirements for Digital Cable Television with Experiments

Tsutomu Noda^{†1}, Morio Harada^{†2}, Hiroshi Miyazawa^{†3}, Isamu Ishiguro^{†4},
Mitsuo Nishiyama^{†5}, Shinsaku Shimizu^{†6} and Susumu Itoh^{†7}

Abstract The Cable Television Conference working group conducted experiments on the 64 QAM signal transmission in a CATV system from 1995 to 1996. These experiments were based on the tentative specifications of the Telecommunications Technology Council of the Ministry of Posts and Telecommunications (MPT), to promote standardization of the Japanese digital CATV system. Experimental results showed that a C/N of more than 26 dB, a Composite Triple Beat (CTB) of less than -43 dB, and a single carrier interference of less than -30 dB were required to keep a BER of less than 1×10^{-4} without forward error correction. Cable reflection within the conventional CATV standard for NTSC-AM signals was low enough for 64 QAM signals. Experiments on adjacent channel interference between 64 QAM and NTSC-AM signals indicated that the 64 QAM signal level needed to be lower than the NTSC-AM signal level by about 4-20 dB. Based upon these results, the Japanese standard was introduced by MPT on December 3, 1996.

キーワード: デジタル伝送, 有線テレビジョン放送, 64 QAM, 電気通信技術審議会, ITU-T

1996年6月20日・テレビジョン学会技術報告, 20, 35, BCS '96-30, pp. 25-30 (June 1996) に発表

1997年2月28日受付, 1997年5月9日再受付

†1 株式会社日立製作所 マルチメディアシステム開発本部 (〒244 横浜市戸塚区吉田町292, TEL 045-881-1241)

†2 日本通信機株式会社 情報メディア事業推進室 (〒243-03 神奈川県愛甲郡愛川町中津字桜台4005, TEL 0462-86-6614)

†3 NHK放送技術研究所 (〒157 東京都世田谷区砧1-10-11, TEL 03-5494-2280)

†4 財団法人東京ケーブルビジョン (〒105 東京都港区虎ノ門3-19-13, TEL 03-5473-8683)

†5 ケーブルテレビ協議会 技術委員会 (〒160 東京都新宿区新宿6-28-8, TEL 03-5273-4671)

†6 郵政省 放送行政局 (〒100-90 東京都千代田区霞ヶ関1-3-2, TEL 03-3504-4936)

†7 東京理科大学 理工学部 (〒278 千葉県野田市山崎2641, TEL 0471-24-1501)

†1 Multimedia Systems R & D Division, Hitachi, Ltd. (292, Yoshida-cho, Totsuka-ku, Yokohama 244, Japan)

†2 Information Media Business Promotion Dept., Nihon Tsushinki Co., Ltd. (4005, Sakuradai, Nakatsu, Aikawa-cho, Aikoh-gun, Kanagawa 243-03, Japan)

†3 NHK Science and Technical Research Laboratories (1-10-11, Kinuta, Setagaya-ku, Tokyo 157, Japan)

†4 Tokyo Cablevision (3-19-13, Toranomon, Minato-ku, Tokyo 105, Japan)

†5 Technical Committee, Cable Television Conference (6-28-8, Shinjuku, Shinjyuku-ku, Tokyo 160, Japan)

†6 Broadcasting Bureau, Ministry of Posts and Telecommunications (1-3-2, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-90, Japan)

†7 Faculty of Science and Technology, Science University of Tokyo (2641, Yamazaki, Noda-shi, Chiba 278, Japan)

1. ま え が き

ケーブルテレビのデジタル伝送方式の標準化が郵政省の電気通信技術審議会（以下、電通技審と略す）やITU-T（International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector）などで検討され、1996年5月27日に「有線テレビジョン放送におけるデジタル放送方式の技術的条件」が電通技審で答申された。また、本方式は、日本の標準方式として1995年6月に開催されたITU-TのSG9(Study Group 9)にも提案され、国際的な標準方式のひとつとしてANNEXに記載され、同年10月に勧告化されている。

電通技審のデジタル放送システム委員会の実験などを担当しているケーブルテレビ協議会のデジタル伝送技術専門部会では、1994年10～11月に予備実験を行って、64 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 伝送によるデジタルケーブルテレビの可能性を確かめた¹⁾。その結果や衛星を介したデジタル伝送方式の標準化の検討状況などから、1995年3月に電通技審のデジタル放送システム委員会でデジタル有線テレビジョン放送の暫定方式が承認された。

本論文では、この暫定方式に準拠して1995年3～4月ならびに同年11月～8年2月にかけて行った64

QAM信号の伝送実験から、伝送路の所要性能を実験的に求めたので、その結果について述べる。また、標準化された伝送方式の選定理由や、ITU-Tの国際標準方式との整合性についても記述する。

2. 伝送方式の標準化

2.1 標準方式

1995年6月に開催されたITU-TのSG9に提案され、同年10月に勧告化された4種類の国際標準方式を表1に示す。我が国からの提案方式はANNEX Cであり、MPEG 2-TS(Moving Picture Experts Group phase 2-Transport Stream)のフォーマットに準拠した伝送信号にエネルギー拡散を施し、リードソロモン(204,188)の誤り訂正符号を付加してインタリーブを施した後に、64 QAMの変調方式で伝送するものである。この方式は、欧州から提案のANNEX Aと基本的には同一であるが、現行のNTSC信号をVSB-AM (Vestigial Side Band-Amplitude Modulation) 変調方式で伝送している標準テレビジョン放送（以下、NTSC-AM信号と略す）の伝送帯域幅と整合させるため、ANNEX Cでは6 MHzの伝送帯域幅としており、ANNEX Aの8 MHzとは異なっている。

伝送信号からインタリーブまでの方式は、衛星デジタル放送方式とも同一である²⁾。これは、標準化作

表 1 ITU-T の国際標準方式 (Rec. J 83)
Comparison of specification. (ITU-T Recommendation J 83)

ITU-T	ANNEX C	ANNEX A	ANNEX B	ANNEX D
提案国	日本	欧州	米国	
伝送信号	MPEG-2 TS（トランスポートストリーム）（187+1 バイト：1 バイトは同期バイト）			
TS ビットレート	規定せず [29.162 Mb/s]	規定せず	26.970 Mb/s	38.78 Mb/s
エネルギー拡散	$1 + X^{14} + X^{15}$		$X^3 + X + \alpha^3$	$1 + X + X^3 + X^6 + X^7 + X^{11} + X^{12} + X^{13} + X^{16}$
誤り訂正	RS（リードソロモン）符号（204, 188）		RS 符号（128, 122）	RS 符号（207, 187）
インタリーブ	深さ 12 バイト畳込み		128 シンボル畳込み	26 セグメント畳込み
ビット配置	回転対称配置（象限内グレイ配置）		回転対称配置 ＋トレリス符号化	絶対値
差動符号化	2 MSBs		I, Q 各 1 ビット	な し
トレリス符号	な し		14/15 畳込み	な し
伝送ビットレート	規定せず [31.644 Mb/s]	規定せず	30.342 Mb/s	43.05 Mb/s
変調方式	64 QAM	16/32/64 QAM	64 QAM	16 VSB
シンボルレート	規定せず [5.274 Mbaud]	規定せず	5.057 Mbaud	10.76 Mbaud
ロールオフ率	13 %	15 %	18 %	11.5 %
伝送帯域幅	6 MHz	8 MHz	6 MHz	

業に際して、情報源の符号化方式などの伝送路の特性に係りの少ない上位階層については、衛星や地上とメディア横断的に共通化することを基本的な考え方として、検討を進めたからである。

変調方式については、既存の有線テレビジョン放送施設の周波数帯域を有効に利用して、できる限り高い伝送速度を実現するためには、多値変調の採用が不可欠である。しかし、256 QAM については伝送路の品質に対する要求が厳しく、既存の有線テレビジョン放送施設でこれを導入するのは困難と予想されたので、64 QAM 方式を採用することとした。64 QAM のビット配置を図 1 に示す。このビット配置は、64 値で

図 1 ビット配置図
Bit mapping diagram.

ある 6 ビットの上位 2 ビットを差動符号化し、下位 4 ビットをグレイ配置して各象限毎に回転対称とすることで、受信側の搬送波再生回路での 90° 単位の位相不確定性を許容している。

2.2 実験諸元

伝送実験の諸元は、表 1 の ANNEX C に従ったが、[] で示した値については規定されていない。そのため、これらの値は衛星デジタル放送の畳込み符号を含めた伝送ビットレートが 42.192 Mb/s であることと、最近事業化された衛星デジタル放送の畳込み率が 3/4 であることを考慮して、畳込み符号を外した伝送ビットレートである 31.644 Mb/s から決定した。

3. デジタル伝送実験

実験では、64 QAM によって伝送されたデータのビット誤り率から伝送路の所要性能を求めることとした。伝送実験のブロック図を図 2 に示す。伝送信号は 1 フレーム中に 1 バイトの同期バイトを含む MPEG 2-TS である。

64 QAM のビット誤り率の測定においては、187 バイトの PN 符号に 1 バイトの同期バイトを付加する治具を用いて、188 バイトを 1 フレームとする MPEG 2-TS を生成し、これを伝送信号として 64 QAM 変調器に加えた。受信側では、31.644 Mb/s の伝送信号の 204 バイトのデータの中から 187 バイトの PN 符号相当期間のデータのみを読み出し、これを誤り率測定器に与えた。実験(周波数)チャンネルとしては、C 41 ch, C 59 ch, U 40 ch (各々の中心周波数は 333, 441, 635 MHz) などを用いた。

なお、伝送路の所要性能を求める基準として、誤り訂正なしでのビット誤り率 1×10^{-4} を用いた。この値は、以下のようにして決定した。まず、6 Mb/s の映像信号を対象とした場合、ビット誤り率が 1×10^{-10} であれば、約 30 分に一度の割合で誤りが発生することになる。この程度の誤りを許容することになると、表 1 に示したリードソロモン符号の誤り訂正能力から、伝送路そのものに要求されるビット誤り率は $4 \times$

図 2 実験のブロック図
Block diagram of experiments.

図3 C/N とビット誤り率
Bit error rate versus C/N .

10^{-4} となる。この値にマージンを取り、 1×10^{-4} を基準値として採用した³⁾。

また、測定結果において特に記述のない場合には、64 QAM 復調器の入力レベルを $60 \text{ dB}\mu\text{V}$ 、 C/N を 32 dB に固定した場合の結果である。

3.1 伝送路の所要性能を導入するための室内実験

(1) 雑音による影響

雑音発生器から白色雑音を加え、 C/N に対するビット誤り率の特性を測定した。その結果を図3に示す。入力レベルが $55 \text{ dB}\mu\text{V}$ 以上のとき、誤り訂正なしでビット誤り率が 1×10^{-10} となる C/N は約 26 dB であり、理論値との差(等価 C/N 劣化)は約 1.5 dB である。また、リードソロモン符号を用いて誤り訂正(FEC: Forward Error Correction)を施すことによって、ビット誤り率が $1 \times 10^{-9} \sim 10^{-10}$ に改善される C/N は約 25 dB であることがわかる。

なお、上記の C/N の C は搬送波の平均電力であり、最大搬送波レベルの電力で規定されている NTSC-AM 信号の測定法による値に比べて約 3.7 dB 小さくなっている。また、 N は伝送シンボルレート帯域幅 5.274 MHz で定義された雑音電力であり、NTSC-AM 信号の測定法における帯域幅 4 MHz の場合に比べて約 1.2 dB 大きくなっている。これらの値から、64 QAM 信号 C/N は、NTSC-AM 信号の測定法による C/N よりも約 5 dB 小さい値となる³⁾。したがって、誤り訂正なしでビット誤り率が 1×10^{-4} と

図4 CTB とビット誤り率
Bit error rate versus Composite Triple Beat.

図5 単一波による妨害の影響
(誤り訂正なしのビット誤り率 1×10^{-4})
CW carrier interference.
(BER: 1×10^{-4} , without FEC)

なる伝送路の雑音に対する所要性能は、NTSC-AM 信号の測定法に従えば C/N で 31 dB 以上となる。

(2) 伝送路の3次歪みによる影響

ケーブルテレビシステムでは、中継増幅器の非直線性による歪みが生ずるが、多チャンネル伝送の場合、特に問題となるのは CTB (Composite Triple Beat) と呼ばれている 3 次歪みである⁴⁾。その影響を調べるために、伝送路への入力レベルを増加して 3 次歪みを発生させ、誤り訂正なしのビット誤り率を測定した。その結果を図4に示す。CTB が -73 dB および -54 dB のときには、3 次歪みの影響が無視でき、図3とほぼ同じ誤り率が得られている。一方、CTB が -43 dB のときには、3 次歪みによる影響が現れており、このことから、誤り訂正なしでビット誤り率が 1×10^{-4} となる CTB は約 -43 dB であることがわかる。

(3) 単一波による妨害の影響

単一搬送波発生器から妨害波を発生させ、そのレベルを可変して、ビット誤り率が 1×10^{-4} となる単一波のレベルを測定した。その結果を図5に、64 QAM の搬送波レベルと比較して示す。誤り訂正なしでビッ

図 6 ケーブル反射とビット誤り率
Bit error rate versus cable reflections.

図 7 ハム変調とビット誤り率
Bit error rate versus hum modulation.

ト誤り率が 1×10^{-4} となる単一妨害波のレベルは、この妨害波が 64 QAM 信号の伝送帯域内に存在する場合には約 -30 dB であることが確認できる。

(4) ケーブル反射による影響

ケーブル反射発生器に信号を通過させることで、ケーブル反射を発生させ、ビット誤り率に対する影響を測定した。誤り訂正なしのビット誤り率を図 6 に示す。測定は、図 2 に示すように、一般宅内の配線を模擬して設置した 15 m の分配線の先端を開放や短絡させた条件 (図 6 の条件 A, B) と、NTSC-AM 信号のための規格値である有線テレビジョン放送法施行規則 (以下、有テレ法と略す) の限界値を基準として⁴⁾、信号を分岐、遅延、増幅、合成して模擬的にケーブル反射を発生させた条件 (図 6 の条件 C~F) とで行った。条件 C~F のケーブル反射の遅延時間、反射量とその位相を図 6 の右上部に示す。なお、条件 O, A, B では条件 C~F 用の遅延ケーブルからの反射信号を遮断し、条件 C~F では条件 A, B 用の分配線の先端を終端することで、各ケーブル反射の条件が混入しな

いようにした。図 6 からわかるように、いずれの反射条件においても、誤り訂正なしでのビット誤り率は 1×10^{-4} を十分に下まわるため、反射の影響は問題とはならないことが確認できる。この結果は、受信側の 64 QAM 復調器が波形等化機能を有しているためであり¹⁾、波形等化機能を動作させない場合には、図 6 の A~F の条件下で、ビット誤り率は 1×10^{-2} を超える値を示した。

(5) ハム変調による影響

ハム変調による影響を測定し、結果を図 7 に示す。ハム変調は、分配増幅器などの電源の交流分変動によって利得が変化することで、伝送信号が振幅変調を受けるために発生するものである。一般の分配増幅器のハム変調レベルは -60 dB 程度なので⁴⁾、整流平滑コンデンサを外すなどの強制的な手段により、その値を劣化させた。図 7 より、ハム変調レベルが -20 dB でも、誤り訂正なしでのビット誤り率は 1×10^{-4} を十分に下まることがわかる。

(6) 搬送波レベル

搬送波の変調包絡線の最高値の実効値レベルを搬送波レベルとして規定するが、後述するような隣接伝送による影響がない場合には、この搬送波レベルは NTSC-AM 信号と同一レベルを上限として設定することができる。一方、その下限は所要 C/N で規定される。すなわち 64 QAM 信号の所要 C/N は、すでに述べたように 31 dB 以上であり、有テレ法で規定されている C/N の限界値は 38 dB であるため、64 QAM 信号の搬送波レベルは NTSC-AM 信号のそれに対して -7 dB とすることができる。そのため、搬送波レベルは、有テレ法の規定値である $60 \sim 85$ dB μ V より 7 dB 小さい値まで拡大でき、 $53 \sim 85$ dB μ V となる。

(7) 隣接伝送に関する検討

2 種類の 64 QAM 信号を隣接チャンネルで伝送する場合、および 64 QAM 信号と NTSC-AM 信号などを隣接チャンネルで伝送する場合の影響を調べた。NTSC-AM 信号への影響については主観評価の実験に基づいた検知限を、64 QAM 信号への影響については誤り訂正なしのビット誤り率 1×10^{-4} を限界値とした。64 QAM 信号間の影響は少ないが、NTSC-AM 信号との相互干渉の影響は顕著であったので、その際の信号レベルの限界値を示す。64 QAM 信号の搬送波レベルは、NTSC-AM 信号と隣接伝送する場合、前者が後者の上側に隣接する際には $-4 \sim -18$ dB、下側に隣接する際には $-6 \sim -20$ dB が望ましい。また、64 QAM 信号が高精細度テレビジョン信

号 (MUSE-AM) と隣接する場合, 前者が後者の上側に隣接する際には $-2\sim-26$ dB, 下側に隣接する際には $-1\sim-17$ dB が望ましいという結論を得た⁵⁾.

3.2 伝送路の所要性能

以上の実験結果から求めた伝送路の所要性能をまとめて以下に示す. ただし, 伝送路の性能値は NTSC-AM 信号の測定法でに基づいた値とした.

- (1) 白色雑音: C/N で 31 dB 以上
- (2) 3 次歪み: CTB が -43 dB 以下
- (3) 単一妨害波: 伝送帯域内では -30 dB 以下
- (4) ケーブル反射: NTSC-AM 信号に関する有テレ法の限界値以下
- (5) ハム変調: -20 dB 以下
- (6) 搬送波レベル: $53\sim85$ dB μ V
(有テレ法の限界値の $-7\sim0$ dB に相当)
- (7) 隣接伝送: $-4\sim-18$ dB (NTSC-AM 信号の上側に隣接する場合)
 $-6\sim-20$ dB (NTSC-AM 信号の下側に隣接する場合)

なお, 上記所要性能は各要因が独立で発生した場合である. 複数の要因が混在する場合は, 各要因による誤りが加算されるため, 伝送路所要性能は上記値より余裕が必要となる.

3.3 野外での伝送実験

標準放送方式の策定に関しては, 室内実験だけではなく, 実際の環境下での実証実験が不可欠である. そこで, 野外伝送実験を(株)日本ネットワークサービス(NNS)とLCV(株)の現用ケーブルテレビ施設において行った. この実験では, 白色雑音を加えて C/N を変化させながらビット誤り率を測定するが, 現用サービス中の施設であるため, 64 QAM 復調器の直前で白色雑音を加えることにした. NNS の測定点は, 山梨県小淵沢町の一般家庭で, 送信所から約 40 km の光ファイバと約 2.6 km の 4 段中継増幅された同軸伝送路とを経由した点(地点 α で表現)である. 一方, LCV の測定点は, 諏訪市と茅野市の 2 ヲ所の家庭で, 各々約 2.4 km の 7 段中継増幅された同軸伝送路と, 約 6.3 km の 18 段中継増幅された同軸伝送路を経由した地点(各々 β , γ で表現)である. また, 伝送に使用したチャンネルは, NNS では C 56 ch (中心周波数 423 MHz), LCV では C 41 ch (中心周波数 333 MHz)であり, 64 QAM 信号の搬送波レベルは NTSC-AM 信号のそれよりも 10 dB 低く設定した.

64 QAM 信号の隣接チャンネルに NTSC-AM 信号を多重しない場合と, 両隣接チャンネルに多重した場合のビット誤り率の測定結果を, それぞれ図 8 と図 9

に示す. いずれの場合においても, 誤り訂正なしでビット誤り率が 1×10^{-4} となる C/N は約 26 dB であり, 室内実験と同一の結果が得られた. ただし, 伝送路を経由した 64 QAM 信号の搬送波レベルがわずかに変化していたので, 室内実験に比べて C/N の設定が安定せず, この実験では C/N に約 ± 0.5 dB の誤差が含まれている.

なお, 3 ヲ所の測定点(α , β , γ)における伝送路特性は, C/N が 43, 50, 50 dB, CSO (Composite Second Order) が -67 , -62 , -68 dB, CTB が -69 ,

図 8 野外伝送での C/N とビット誤り率
Bit error rate versus C/N at NNS & LCV.

図 9 野外伝送での C/N とビット誤り率
(NTSC 信号の隣接チャンネル伝送あり)
Bit error rate versus C/N at NNS & LCV.
(NTSC adjacent channel interference)

-66, -70 dB であった。また、野外実験を多数のケーブルテレビ施設において実施することは、実験準備などの点で困難なことが多いため、事前に5施設22地点のタップオフ、保安器および受信者端子において、信号レベル、 C/N 、CSO、CTB、ケーブル反射を測定し、これらの諸特性を代表していると考えられる上記3地点で野外実験を行った⁶⁾。

さらに、この2施設において、MPEG 2方式により圧縮符号化された映像および音声の情報を、実際に64 QAMの変調方式で伝送し、有テレ法の限界値である C/N が38 dBでも、MPEG再生画像には伝送に起因した劣化が認められないことを確認した⁷⁾。

4. む す び

我が国のデジタル有線テレビジョン放送方式の標準化に資するため、電通技審のデジタル放送システム委員会が策定したデジタル有線テレビジョン放送の暫定方式に準拠した64 QAM信号の伝送実験を行い、以下の結果を得た。

- (1) 誤り訂正を施さない状態で、 1×10^{-4} 以下のビット誤り率を確保するには、伝送路の C/N は26 dB以上(NTSC-AM信号に関する測定法では31 dBに相当)、CTBは-43 dB以下、単一波による妨害は-30 dB以下とする必要がある。
- (2) ケーブル反射は、そのレベルが現行のNTSC-AM信号に関する有線テレビジョン放送法の規定内に収まっていれば、64 QAM信号の伝送に対して何ら悪影響を与えないことを確認した。
- (3) 64 QAM信号とNTSC-AM信号とを隣接した周波数帯で伝送する場合に相互干渉の影響を防止するには、64 QAM信号の送信レベルをNTSC-AM信号のそれより4~20 dB低く設定する必要があることを示した。
- (4) 野外伝送実験を現用ケーブルテレビ施設2施設の3地点において実施し、64 QAM信号の隣接チャンネルにNTSC-AM信号を多重して

伝送した場合と、多重しない場合の両者についてビット誤り率を測定したところ、室内実験と同一の結果が得られた。

なお、これらの実験結果は、電気通信技術審議会に報告され、1996年12月3日に64 QAM伝送方式に関する郵政省令の改正が告示され、日本の標準方式が制定された。

終わりに、本伝送実験において適切な御指導、御協力を頂いた関係諸氏、特に、測定場所等の調整確保ならびに標準化対応実験方針等で御指導、御協力頂いた郵政省の喜安拓氏、井口政昭氏、ケーブルテレビ協議会デジタル伝送技術専門部会に参加され、野外実験での実験協力をお願いした(株)日本ネットワークサービスの中村義夫氏、LCV(株)の河西弘太郎氏および実験機材提供や測定に協力された日本放送協会の前田幹夫氏、松下電器産業(株)の坂下誠司氏、神野一平氏、ソニー(株)の大石克巳氏、NEC ケーブルメディア(株)の中野吉孝氏、住友電工(株)の浜崎裕司氏、日立電線(株)の小松崎和宏氏、日本通信機(株)の中島秀男氏、堀川幸雄氏、末永靖氏、児玉吉生氏、山田信幸氏、(株)日立製作所の水上博之氏、城杉孝敏氏、秋山守慶氏、佐藤友健氏はじめ実験参加各社の関係諸氏ならびに測定場所を御提供頂いた家庭の方々に深謝致します。

(参 考 文 献)

- 1) 野田ほか：“64 QAM信号のケーブル伝送実験”，1995 テレビ年次大，15-3，pp. 225-226 (1995)
- 2) 仁尾他：“デジタル放送の技術と動向”，テレビ誌，50，1，pp. 24-41 (1996)
- 3) 野田ほか：“電気通信技術審議会暫定方式デジタル有線テレビジョン放送伝送実験”，テレビ学技報，19，42，pp. 19-24 (Sep. 1995)
- 4) 泉監修：(社)日本電子機械工業会CATV技術委員会編集：“ケーブルテレビ技術入門”，pp. 225-228，pp. 306-311 コロナ社 (1994)
- 5) 前田ほか：“電通技審準拠64 QAM信号とアナログ変調信号の隣接チャンネル伝送実験”，テレビ学技報，20，35，pp. 31-36 (June 1996)
- 6) 大野ほか：“電通技審準拠64 QAM信号伝送と現用伝送路性能測定結果”，テレビ学技報，20，35，pp. 37-42 (June 1996)
- 7) 野田ほか：“64 QAMによるMPEG 2画像のHFC伝送実験”，1996 信学通信ソサイエティ大，B-873，p. 358 (1996)

のだ つとむ
野田 勉 1972年、福井大学大学院修士課程応用物理学科専攻修了。同年、(株)日立製作所に入社。オーディオ機器、テレビ受信機などの信号伝送、変復調技術の研究開発に従事。現在、マルチメディアシステム開発本部第1部主任技師。工学博士。正会員。

ほらだ もりお
原田 守夫 1957年、大森工業高等学校卒業。同年、日本通信機(株)に入社。1996年より、情報通信事業本部長・取締役。放送システム機器、CATVシステムの開発に従事。日本電子機械工業会CATVシステム委員会副委員長。

みやざわ ひろし
宮沢 寛 1970年、慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。同年、NHKに入局し甲府放送局に赴任。1974年より、同放送技術研究所にて、テレビ受信障害の研究に従事。1985年より、営業総局受信技術にて、ケーブルハイビジョンなどを開発し、1991年、放送技術研究所光無線研究部。現在、デジタルネットワーク部長。正会員。

いし ぐろ
石黒 公 1965年、京都大学工学部電気工学科卒業。同年、古河電気工業(株)入社。CATVシステム、機器の開発に従事。1978年、(財)東京ケーブルビジョン入社。1991年、同理事兼技術部長。1997年、同理事長。正会員。

にしやま みつお
西山 光生 1960年、(株)関電工入社。広報関係業務に従事。1981年、同社電子通信部にて、都市型ケーブルテレビ伝送路の設計・施工に従事。1994年、ケーブルテレビ協議会技術委員会事務局長。正会員。

しみず しんさく
清水 信作 1976年、詫間電波工業高等学校卒業。同年、郵政省入省。現在、同省放送行政局において、ケーブルテレビの標準化、技術基準の策定に従事。有線放送技術システム。

いとう すすむ
伊東 晋 1976年、東京大学工学部電子工学科卒業。1981年、東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程修了。同年、東京理科大学理工学部電気工学科に勤務。現在、同大学助教授。画像処理、画像符号化等の研究に従事。工学博士。正会員。