



# ( HDVによる高画質映像伝送 )

原田 雅博

東京エレクトロン(株)  
harada@kabuki.tel.co.jp



特集 通信と放送の融合 3 HDVによる高画質映像伝送

## まえがき

昨今、「地上(波)デジタル(放送)」(以下、「地上デジタル」とする)という言葉が一般的に浸透してきた感がある。現状のテレビ放送が「地上波(アナログ)放送」(以下、「地上波放送」とする)と呼ばれるのに対し、1998年10月に大枠の方針が決まったのが、この「地上デジタル」のプランである。これは、2003年末までに関東、中部、近畿の3広域圏の一部にて、2006年末までにその他地域での「地上デジタル」が開始、2011年には「地上波放送」の停止となっている。それに伴って、最近、テレビ番組の一部では、番組の最初に「ハイビジョン映像放送」、「HV制作」と書かれたマークが表示されていたり、家電販売店のテレビコーナーでは、ほとんどが横長画面のテレビで「ハイビジョン対応」と書かれていたりもする。今までの「地上波放送」と「地上デジタル」の一番の大きな違いがこのHD (High Definition: 高品位) 映像になる。今までの「地上波放送」は、SDTV (Standard Definition Television: 標準画質放送) と呼ばれ、このSDTVのSD映像を表示するためのテレビ画面の横縦比が4:3だった。それに対して、「地上デジタル」は、HDTV (High Definition Television: 高品位ハイビジョン放送) と呼ばれ、このHDTVのHD映像を表示するためのテレビ画面の横縦比が16:9になっているのが大きな特徴である。今後の放送の流れを見てもこのHD映像、放送が主流になるのがよく分かると思われる。本稿では、このHD映像の記録方式の1つである「HDV方式」を使った映像伝送システムについて述べる。

## SD映像とHD映像

SD映像とHD映像では、画面の横縦比の違いのほか、解像度が大きく違っている。日本では、SDTVのSD映

像の表示方式としてNTSC方式が使われ、それに対して、HD映像でよく使われているのが720p、1080i方式である(図-1)。

NTSCに比べ1080iは6倍、720pは2.6倍以上の解像度を持っており、これが「標準」に対して「高品位」と呼ばれる所以である。また、HD映像は特に横方向が広角なため、より人間の視野に近いため放送や映像伝送に適しているといえる。SD映像は、インターレース方式だが、HD映像は、インターレース方式とプログレッシブ方式の両方がある。1080iの「i」は、インターレース方式、720pの「p」は、プログレッシブ方式を意味する。インターレース方式とは、テレビが映像を表示する時に1回の画面表示を奇数段目と偶数段目の2回の走査に分けて行う方式で、これに対して、1回の走査で画面表示を行う方式がプログレッシブ方式(または、ノンインターレース方式)である。映像は、フレームと呼ばれる絵を連続で表示させて動画とし、インターレース方式は、1フレームが2枚のフィールドから構成されている(図-2)。そのため、イン

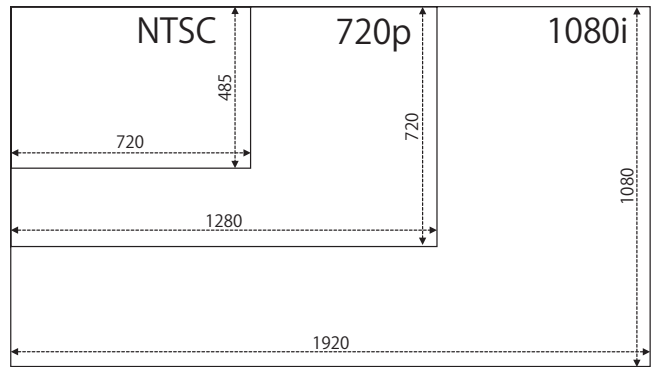


図-1 映像表示方式と解像度

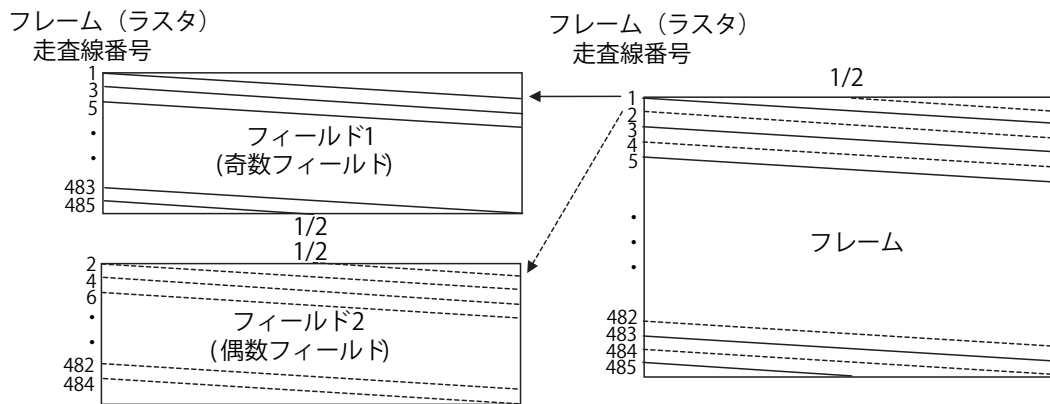


図-2 インターレース方式

ターレース方式は、動きの早い映像に対して滑らかな表示が可能になるが、その反面、プログレッシブ方式に比べ、色のにじみや画面のちらつきが気になるといことがある。プログレッシブ方式は、1フレームがそのまま表示されるので色のにじみやちらつきが少ないという利点があるが、その反面、動きの早い映像に対してはインターレース方式に比べ滑らかさに欠ける場合がある。

## HDV方式とHDV機器

HDV方式は、ビデオテープに映像を記録する方式の1つとして、2003年9月30日に「HDV規格<sup>1)</sup>」として日本ビクター(株)、ソニー(株)、キヤノン(株)、シャープ(株)(順不同)の4社が確定し発表した。すでに一般に普及しているDVカメラに使われているDV規格をベースとし、DVテープにMPEG-2で圧縮されたHD信号を記録、再生するための規格(表-1<sup>2)</sup>)で、2005年10月末には編集などのアフターソリューションを提供するメーカ、映像機器メーカ、コンピュータメーカ、アプリケーションメーカを中心に55社が賛同企業として参加している。この中には業務用機器メーカも多く含まれている。

「HDV規格」では、720p、1080iの2方式が用意され、MPEG-2フォーマットを採用している点からフレーム間予測が用いられている。そのため、あるフレームのデータにエラーが含まれていると、その後のいくつかのフレームで映像の乱れが伝搬してしまう恐れがあるため、エラー訂正能力を装備し、複数トラック間の訂正方式とすることで、ドロップアウトなどによるトラック内データ欠落に対する耐性を高めている。DV規格をベースとすることで、DVカメラと同様にIEEE1394端子を装備し、PCとの親和性も高く、各社から簡易、プロ用までの編集システムにも採用されている。また、HDV映像

メディア		
DV, DVミニカセットテープ		
映像		
ビデオ信号	720/60p, 720/30p, 720/50p, 720/25p	1080/60i, 1080/50i
画素数(水平×垂直)	1280x720	1440x1080
アスペクト比	16:9	
圧縮方式	MPEG-2 Video (プロフィール&レベル: MP@H-14)	
輝度サンプリング周波数	74.25MHz	55.7MHz
サンプリング構造	4:2:0	
量子化ビット数	8bit (輝度/色差共)	
圧縮ビットレート	約19Mbps	約25Mbps
音声		
圧縮方式	MPEG-1 Audio LayerII	
サンプリング周波数	48kHz	
量子化ビット数	16bit	
圧縮後のビットレート	384kbps	
音声モード	ステレオ(2チャンネル)	
システム		
システム規格	MPEG-2 Systems	
ストリームタイプ	Transport Stream	Packetized Elementary Stream
ストリームインタフェース	IEEE1394(MPEG2-TS)	

表-1 HDV規格の主な仕様

を非圧縮HD映像へアップコンバートする機器もリリースされ、従来のHD編集システムや放送送出システムとの接続も可能になっている。基本的には、コンシューマ用のフォーマットとして登場したが、各社からリリースされているHDVカメラはHD対応のレンズ、撮像素子を搭載し、レンズ交換可能、放送系音声標準のXLRコネクタが搭載されている機種も存在する。日本ではまだ、評

備用としてサブカメラ的に使われることが多いのだが、DVカメラがメインカメラとして使われるケースの多い米国や単焦点レンズを交換しながらフィルム撮影することの多い欧米では、メインカメラとして、また、HDV 720p 24フレームモードの撮影では映画撮影にも活用され始めている。これは、HDV機器が他のHD映像機器に対して比較的安価であり、小型化による機動性に富み、ランニングコストも安価という利点があるからだといえる。日本でも地上デジタル放送等の普及に伴ってHDV機器が使われる場面が増えてくると思われる。

## HDV伝送システム

東京エレクトロン(株)は、2000年から(独)情報通信研究機構<sup>3)</sup>(当時、郵政省 通信総合研究所)とIPネットワークを使った高品位映像配信システムの研究、開発、実験を行ってきた。その研究の一環で2003年末頃からHDVカメラを使った映像伝送システム「Ruff Systems<sup>®</sup>」の開発、実験も行ってきた。

### ●開発背景

#### ●ブロードバンドからビッグ・ブロードバンドへ<sup>4)</sup>

昨今のアクセス回線の広帯域化には目を見張るものがあり、日本、米国等では、専用回線で1Gbps以上の帯域を使えるところも多く、JGN2回線や諸外国の主なバックボーン回線に関しても10Gbpsの帯域のところも増えている。日本国内、国外でも使用帯域1.5Gbps以上の非圧縮HD伝送実験等も盛んに行われるようになってきた。インターネットに関しても、ブロードバンド(1.5Mbps)と言われた時代からビック・ブロードバンド(100Mbps以上)へと移行してきた。

#### ●計算機の能力向上

2000年当時、我々は高性能で高価なワークステーションを使い、高品位映像伝送システムを開発していた。ビデオ入出力ボードが特殊なインタフェースを採用しており、高精細な映像データを処理するため特殊なコンピュータが必要だった。しかし、現在、汎用PCのCPU能力、バス能力、メモリ搭載量が以前の数倍になり、高速インタフェースが採用され、今まで特殊なハードウェアに頼っていた処理をソフトウェア処理でできるようになった。

#### ●NTSCからHDTVへ

地上デジタル放送等の影響もあり、HD映像が一般化してきた。

#### ●インターネット社会の発展

インターネットも数年前のISDN(64Kbps)から現在のADSL(50Mbps)、FTTH(100Mbps)へと数千倍の帯域に発展し、一般への広域かつ広帯域網が普及してきた。

### ●開発思想

#### ●開発

ハードウェア開発は行わず、汎用機器の組合せ、ソフトウェアで処理することによりコストを抑えたシステムを構築する。

#### ●映像伝送/受信用計算機

一般に普及しているOSを使用できる汎用PCを使用する。受信装置は、PCモニタ、外部モニタへの表示を可能とする。

#### ●ビデオカメラ

HD映像が扱え、HD映像・音声の入出力に汎用インタフェースのIEEE1394が使用できる、安価なHDVカメラを使用する。

#### ●外部デコーダ

一般に普及し、汎用PCとのHD映像・音声の入出力用インタフェースとして、IEEE1394を持ったD-VHSデッキを使用する。

#### ●外部表示装置

D-VHSデッキと接続可能なD端子、コンポーネント端子、HDMI端子を持った表示装置全般を使用可能とする。

### ●使用機器

#### ●映像伝送用計算機(サーバ)

720p, 1080i: PentiumM1.0GHz, 512MB Mem, 1024×800液晶モニタ, WindowsXP Proを搭載したノートPC

#### ●映像受信用計算機(クライアント)

720p: PentiumM1.0GHz, 512MB Mem, 1024×800液晶モニタ, WindowsXP Proを搭載したノートPC

1080i: PentiumM2.26GHz, 512MB Mem, 1920×1200液晶モニタ, WindowsXP Proを搭載したノートPC

#### ●HDVカメラ

720p: 日本ビクター製GR-HD1等

1080i: ソニー製HDR-FX1等



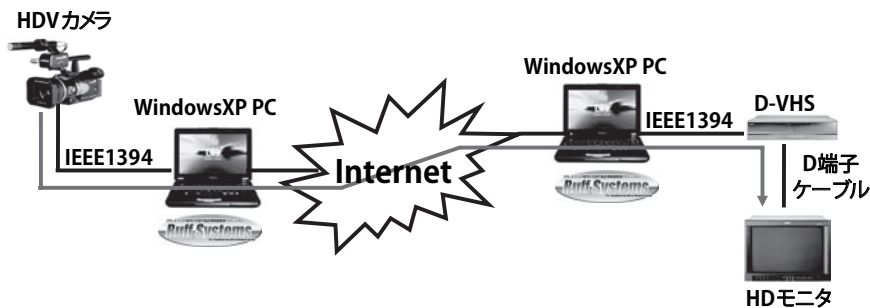


図-3 基本システム構成図

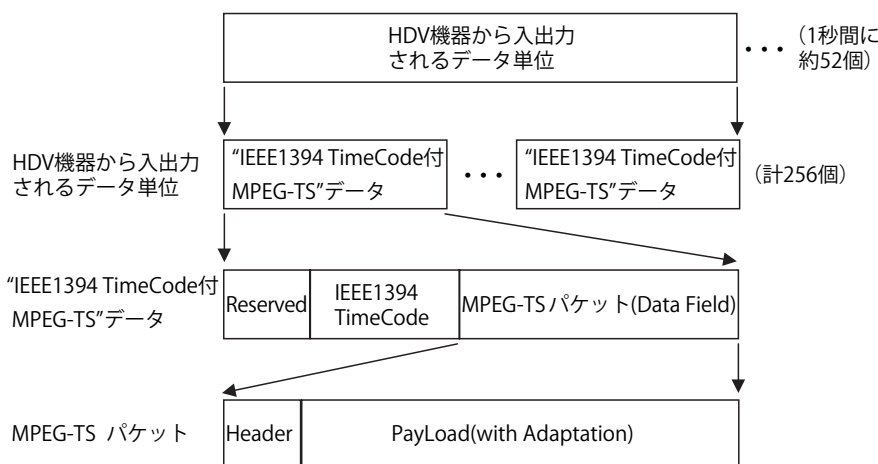


図-4 IEEE1394上のMPEG-TSデータフォーマット

#### ● D-VHSビデオデッキ

720p, 1080i：日本ビクター製HM-DHX1等

#### ● 表示装置

720p, 1080i：HDモニター等

### ● 基本システム構成図

図-3「基本システム構成図」参照。

### ● HDV over IP

HDVカメラはレンズから取り入れたHD映像をHDVカメラ内のハードウェアエンコーダを使い、HD映像・音声をMPEG-2圧縮処理する。その圧縮されたデータは、IEEE1394ケーブルを経由し、送信サーバPC上でカプセリング化処理され、受信クライアントPCへIP伝送される。受信クライアントPCは、送信サーバより送られてきたデータをPCモニターへ表示する場合、受信クライアントPC内でソフトウェアデコード処理し、PCモニターへ表示する、また、外部モニターへ表示する場合、データをIEEE1394ケーブル経由でD-VHSビデオデッキへ送る。

D-VHSデッキは、D-VHSデッキ内のハードウェアデコーダを使い、D端子等の出力端子より映像を外部モニターへ出力する。IEEE1394上のMPEG-TSデータのフォーマットは図-4の通りである。

HDVカメラは、HD映像をカメラ内のハードウェアエンコーダを使いMPEG-2圧縮を行うことにより、送信サーバPCは、HDカメラからの入力データを主にIPカプセリング化する処理に従事でき、比較的処理能力の低いノートPC等での運用が可能になる。また、送信サーバPC上でIPカプセリング化されたデータは、720pで約21Mbps、1080iで約28Mbpsの伝送帯域で伝送が可能になる。約30Mbpsの帯域を必要とするDV映像伝送より低い伝送帯域で伝送が可能で、DV映像よりも解像度が高い広角な映像が扱える。受信クライアントPCは、PCモニターにHD映像を表示する場合、データ受信とその受信データのソフトウェアデコード作業を行う。MPEG-2のデコード作業は、エンコード作業に比べ、かなり負荷の少ない作業だが、IPカプセリング化を主に行っているだけ



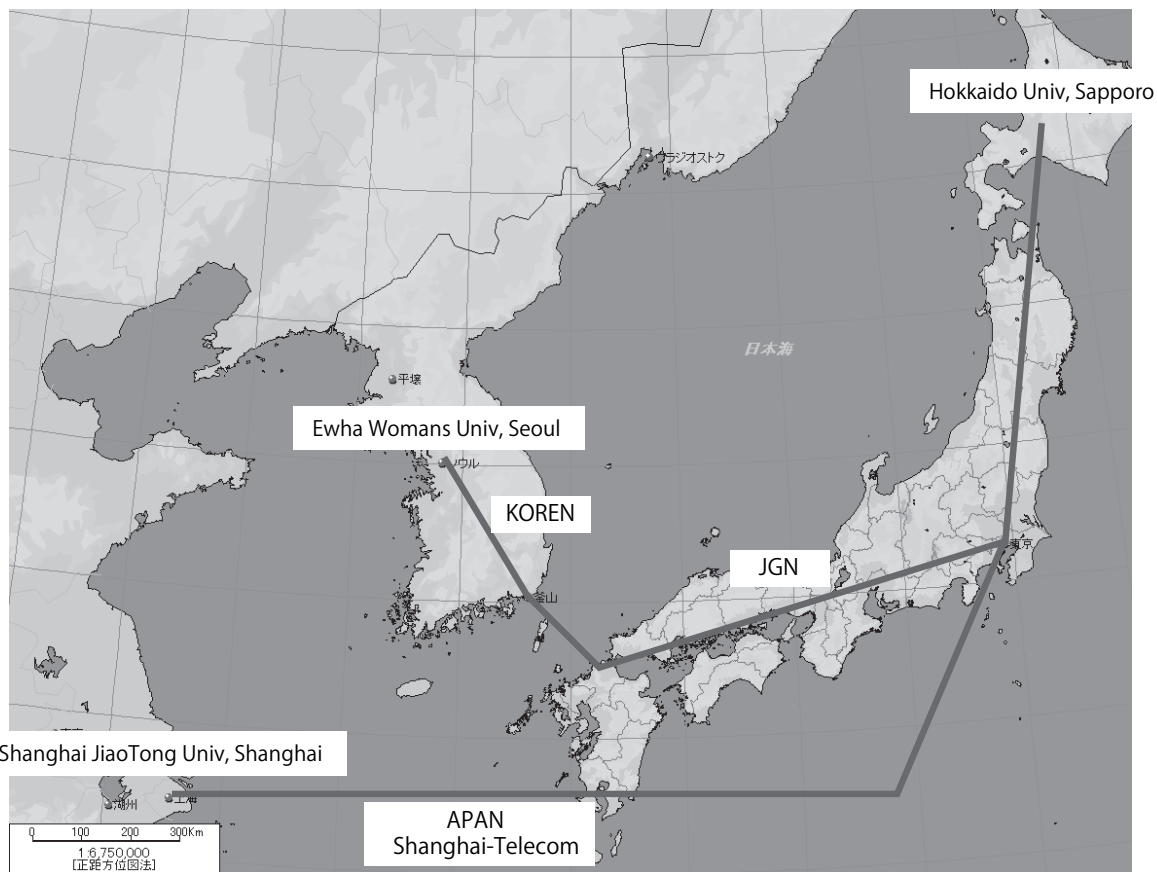


図-5 日中韓伝送実験ネットワーク

の送信サーバPCに比べると処理負荷は高い。外部モニタに出力する場合は、D-VHSのハードウェアデコーダに任せるので処理負荷は低く抑えることができる。

### ●HDV伝送の欠点

このようにHDVカメラを使った映像伝送は多くの優位性がある。しかし、欠点として、HDVカメラ内でMPEG-2エンコード処理とモニタ表示のためのデコード処理を行うため、各々約0.5秒ずつ遅延が発生する。これは、MPEG-2のフレーム間圧縮に起因する現象で、MPEG-2は、数フレーム単位で基準フレームを持ち、基準フレームの次のフレームから次の基準フレームの前のフレームまで、前後のフレームの差異のデータを記録し、そのデータ単位で映像情報を確保している。HDVカメラの場合、その映像データ単位が15フレーム単位(0.5秒)、デコードされる時も15フレーム単位(0.5秒)になるため、このような現象が起こる。また、IP伝送では、このフレーム間圧縮に対するデータ冗長性が重要になる。IP伝送では、送信側が送ったデータを受信側で保障でき

ないUDPプロトコルの場合、もし、一部のデータが欠落して受信側に届いた場合、そのデータが欠落したフレームから次の基準フレームまでの部分の映像データが正常に作成されない状態が必ず起こる。この場合、その部分が前後にわたり正常ではない映像になり、最悪の場合、まったく映像が表示できない場合もある。また、送信側が送ったデータが受信側で保障されるTCPプロトコルの場合でも、再送処理等により、フレーム生成時間内にデータが届かなかった場合、データ欠落のため、その部分の映像は正常に表示されないこともある。このような問題への対策として、IPカプセリング時に、エラー訂正機能の追加やネットワーク機器によるネットワーク帯域保障制御等の対策が必要になる。

### ●遠隔授業実験

2003年末よりHDV映像伝送システムを用いた遠隔授業の実証実験に参加してきた<sup>5) 6)</sup>。最近行った「日中韓伝送実験」(図-5参照)では、北海道大学(札幌)、韓国ソウルの梨花女子大学、中国上海の上海交通大学の3拠

点で行った。本実証実験のテーマは異文化コミュニケーションであり、各拠点間で、学生たちはそれぞれの文化的な差異をネットワーク上で議論した。当初、HDVカメラを使った3拠点双方向伝送の予定だったが部分的なネットワーク帯域の不足により、日韓の2拠点双方向をHDV伝送、日中韓の3拠点双方向をH.263伝送の2種類の伝送システムを用いて実施した。3拠点、どちらの伝送装置も同じHDVカメラを使い、それらのカメラからの映像を各々のシステムに入力させ、どちらのシステムに対しても入力カメラ映像の差をなくした。伝送帯域1MbpsのH.263伝送は、圧縮方式の影響で受信画質がWebカメラ映像程度(320×240、毎秒15フレーム)になり解像度が低く、そのためプロジェクタへ拡大表示するとより荒い映像になり、教室全体映像を表示した場合、人がいるのは分かるが顔の認識、白板の文字などの認識はまったく不可能な状態だった。それに対して、HDV伝送では、解像度が高くプロジェクタの大画面表示にもきめ細かい映像を表示し、教室全体映像でも各々の顔の表情や白板の文字の認識がはっきりと可能だった。また、授業中に各国の携帯電話ストラップの違いについての話題で、各国の学生がカメラに向かって自分の携帯電話ストラップをかざした時もH.263伝送では、カメラのズーム機能を使って、ズームしても受信側では色は分かる程度で形や模様までは認識できない状態だった。それに対し、HDV伝送ではカメラをズームしなくても十分、形、色、模様などが問題なく認識できた。HDV伝送では、画角が広角で高解像度により、カメラ操作する人を必要としない固定カメラとしての運用が可能になる。また、高解像度プロジェクタでの大画面表示をすることで等身大の表示が可能で遠隔授業の違和感を少なくもできる。音声に関しても高音質であり、約1秒の遅延はあるが、主に片方向への送信が多い本実験のような環境では、HDV

伝送は適していると思われる。

## HDV伝送の今後

HDV伝送の魅力は、映像、音声の高品質に対してコストを抑えられる点や伝送時のネットワーク帯域を比較的抑えられる点になる。遅延の問題は欠点だが、遠隔授業等の場合、相手の細かな表情や声質の方が重要な場合も多い。また、専用線を使った場合、使用帯域30Mbps以下のHDV伝送は、国外等の遠方への伝送、多地点配信の実施が比較的容易に行うことができるといえる。

このようにHDV伝送の応用として、今後、地上デジタル放送のコンテンツ制作にHDV機器が使われるようになる。HDVコンテンツをファイル化し、デジタルアセットマネジメント処理等によるコンテンツ管理の自動化が進み局間伝送や局間素材交換等が可能となる。また、一度、ファイル化されたコンテンツは、トランスコード等の再処理をすることで、インターネット上へのコンテンツ再配信も可能になり、コンテンツの有効利用が可能になる。HDV機器、伝送は、「通信と放送の融合」を促進する1つの可能性があると言えると思う。

### 参考文献

- 1) <http://www.hdv-info.org/>
- 2) <http://www.watch.impress.co.jp/av/docs/20030930/hdv.htm>
- 3) <http://www.nict.go.jp/overview/index-J.html>
- 4) 西永 望, 原田雅博, 田中健二: 民生用ハイビジョンデジタルカメラを用いたIP画像伝送実験, コミュニケーションクオリティ研究会, マルチメディア・仮想環境基礎研究会(2004年), プログラム(16).
- 5) Nishinaga, N., Nishihori, Y., Nagaoka, K., Tanaka, K., Okabe, S., Yamamoto, Y., Ichioka, Y., Leifer, L. and Harris, D. A.: Cross-Cultural Learning Experiments Through the Utilization of the Transpacific IP Network, PTC 2004 Conference T.2.3.3.
- 6) Nishinaga, N., Nishihori, Y., Collier-Sanuki, Y., Nagaoka, K., Aoki, M., Yamamoto, Y., Harada, M. and Tanaka, K.: Cross-Cultural Learning Experiments Through the Internet, IEEE ITHET 6th Annual International Conference T3B-17.

(平成17年12月28日受付)

