

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	海外との遠隔教育のハイビジョンの可能性について～JGN2回線を使用したタイー日本間のH.264系HD IP伝送の報告～
著者	西原明法, 篠宮俊輔, 奥田浩一
出典	映画テレビ技術, No. 657, 2007年5月号, pp. 18-26
発行日	2007, 5

海外との遠隔教育のハイビジョンの可能性について

～ JGN2 回線を使用したタイ—日本間の H.264 系 HD IP 伝送の報告～

西原 明法, 篠宮 俊輔, 奥田 浩一

平成 19 年 3 月 7 日, 東京工業大学内のイベントとして, 未来ソリューションフォーラムがおこなわれた。このイベントにおいて, 文化工房と東京工業大学は, コラボレーション企画として, タイ (バンコク) と日本 (東工大) と H.264 コーデックのハイビジョン IP 伝送を双方向で実現させた。

今回の目的は, 東京工業大学・西原明法教授の実験テーマの一つである海外遠隔教育のハイビジョンの有効性を立証することであり, 文化工房は, IP 伝送技術, タイ・チュラロンコン大学での撮影, イベントのコーディネートを担当した。

伝送機器は, 最新のコーデックである H.264 系を選択。回線は, 独立行政法人情報通信研究機構の JGN2 を使用し, 東京工業大学学術国際情報センター NOC (Network Operation Center) の篠宮氏が確保した。

検証内容としては, タイ側のチュラロンコン大学から未来ソリューション・フォーラムのイベント会場である東京工業大学へ向けて模擬授業から質疑応答までの流れをデモンストレーションした。

当日の回線状況は非常に良好で, 16M のビットレートでも本番中はパケットロスもなく, 鮮明なハイビジョンの映像を双方向で確認し合うことができた。双方向の質疑応答に関しても, エンコードによる遅延はあるものの, 会話として成立させることができた。今回は, ハイビジョンでの遠隔教育の有効性について東京工業大学の西原教授が, 大陸間のネットワークコーディネートについて篠宮氏が伝送機器状況について

文化工房の奥田が各自レポートいたします。

JGN2 を用いる高精細映像伝送実験

西原 明法 (東京工業大学 教育工学開発センター 教授)

1. はじめに

東京工業大学は 21 世紀の科学技術をリードする“世界の理工系総合大学”へと進化を続けており, グローバル化の戦略を多く実施しています。その一つが海外オフィスの開設で, 2002 年のバンコク, 2005 年のマニラ, 2006 年の北京と, 現在三つの海外オフィスを運営し, 研究交流の促進, 大学院講義の配信, 留学生へのガイダンスや面接などを行っています。1993 年より国際大学院プログラムを開始し, 日本語が既習でなくとも教育が受けられるよう, 英語で開講する科目を多く用意しています。さらにオープンコースウェアとして, ほぼすべての講義の概要と, 220 科目の講義資料を, 世界の共有財産として公開しています。2002 年より衛星通信を用いて, 国際大学院プログラムの正規科目を海外の大学に向けて配信を開始し, 2005 年末に JGN2 (Japan Gigabit Network 2) のタイ回線が開通したのを機に, 2006 年からは JGN2 を経由する伝送に切り替えています。今回, JGN2 で高精細映像伝送を実施する帯域を予約し, タイのチュラロンコン大学と東京工業大学とを結んで, 伝送実験を行いました。

2. 東京工業大学における遠隔教育

東京工業大学は 1996 年に衛星通信遠隔教育システムを導入し, 一橋大学との交流講義や社会人向けのリフレッシュ教育などを行ってきました。2002 年より, 高等学校向けの高大連携講義と海外向けの国際遠隔教育をはじめ現在に至っています。これまでに国際大

にしはら あきのり 東京工業大学 教育工学開発センター 教授
しのみや しゅんすけ 東京工業大学大学院情報理工学研究所 数理・計算科学専攻 助教 兼 東京工業大学 学術国際情報センター 協力教員
おくだ こういち 文化工房 メディアクリエイト部

学院プログラムで行われている英語での開講科目を毎年3～4科目配信しています。アジア諸国と日本では単位の数え方、学期の時期、時差などの違いがありますが、あまり無理のない範囲で柔軟に対応して頂いています。例えば日本の大学では週1回90分の講義を15週で2単位となりますが、世界的には週1回150分の講義を12週で3単位となるような構成が多く、日本のシステムは中途半端になることもあります。そこで受講大学では、日本からの講義に、現地講師が追加の解説をしたり、演習を組み合わせるなどして標準の科目としたりしています。日本時間朝9時からの講義はタイでは朝7時となり早過ぎますが、その後の時間帯ならあまり無理はありません。日本の学年暦は4月から始まるのに対して、4月、5月は休みですので、科目の最初の部分が受講できません。これを克服するために、科目をモジュール化して、日本で最初に行う部分を後に廻したり、講義を録画してe-learning化したものを利用して遅れを取り戻してもらうようにしています。e-learning教材は、日本の学生も含めて復習にも役立てており、評判が良いようです。

3. JGN2

JGN2は情報通信研究機構（NICT）が推進する超高速・高機能研究開発テストベッドネットワークで、1999年から2004年まで運用されたJGNを発展させた形として2004年4月から運用を開始しています。2004年8月から米国線、2005年11月からシンガポールおよびタイへの回線が開通したのを機会に、国際遠隔教育の研究開発のために利用を申請し、一プロジェクトとして認められました。同時に西原は国際共同研究推進部会のメンバーにもなり、他の国際共同研究と情報交換を進めながら遠隔教育の研究開発を進めています。具体的には、年に3～4科目をタイの大学に配信しつつ、ネットワークの遠隔教育利用や効果的な遠隔教育実施方法などについて研究を進めています。映像伝送としてはいままで512 kbps～1.92 Mbps程度のH.323ビデオ会議を使用しており、衛星の場合の3 MbpsのMPEG2と比べると、映像画質に関するアンケートの評価得点が有意に低い結果となっていました。このことと他の研究結果より、映像画質の向上は遠隔教育にとって重要な鍵となっていることがわかります。

このような背景から、遠隔教育への高精細映像の利用に向けて予備的な実験を続けており、その一環として、3月7日（水）に東京工業大学で開催された未来ソリューションフォーラムに併せて、チュラロンコン大学と結ぶ高精細映像実験を実施することとなりました。



写真1、2 写真は太岡山で受信されたタイからの映像。中央大スクリーンはSD、左の小スクリーンがHD映像。EPSONのプロジェクタは1200lmであるが、小スクリーンのため、明るい。背景のホワイトボードの文字なども十分見えた（大部分の参加者にはタイ文字は読めなかったが）。

た。タイではいくつかの大学と緊密な関係があり、講義配信も実施していますが、日本から機器を持って行く5名のチームにとって都合の良い街中にあることと、研究交流などを通じて気の置けない友人が多くいる、チュラロンコン大学にサイトを貸して頂くことにしました。当初は電気工学科の部屋の使用を考えたが、ネットワーク環境の調査の結果、工学部のコンピュータ室を使うことにしました。講師はタイのNational Telecommunication CommissionerのProf. Prasit Prapinmongkolkarnに快くお引き受け頂き、“From ICT to NGN : Narrowing the digital divide gap and improving quality of life”という題で講演して頂きました。Prof. Prasitはチュラロンコン大学の名誉教授でもあり、準備段階からチュラロンコン大学の多くの教員にご協力を頂きました。

東京工業大学側では、未来ソリューションフォーラム会場の会議室でイベントネットワークを使用する許

可を取り、機器の準備などを進めました。HDV カメラ CANON XL-H1 と液晶プロジェクタ EPSON EMP-TW1000 は東工大生協を通じてデモ機を拝借し、研究室にあるシャープの 45 インチ液晶フル HDTV も併用しました。ネットワーク機器の設定などに関しては東京工業大学学術国際情報センター NOC (Network Operation Center) のご協力を頂きました。

4. 今回の実験の評価と今後の展開

今回の実験は、講演から休憩中まで高精細の映像が途切れることなく円滑に伝送され、かなりの臨場感があったと思います。これまでビデオ会議システムなどでは、映像品質が悪いのが当然と思う人も多かったと思いますが、このような高品質な映像は将来の遠隔教育のさらなる可能性を示すものと思います。相手側の細かな文字や表情などが見えるのと見えないのでは、大きく異なることを実感しました。しかし、映像品質



写真 3 講演の伝送の後、チュラロンコン大学中庭の景色を映した。

が如何に高くても、対面とは隔たりがあり、講義をする側、受ける側双方に工夫と努力が必要です。臨場感が高くても実際の対面よりは劣ります。それを補うように、頻繁に質疑の時間をとったり、質疑の際の間(ま)に気をつけたりすることが重要と思います。

今回のエンコードとデコードは遅延が約 2 秒と大きいもので、質疑のやり取りには少々支障がありました。このような機種は今後もバージョンアップされ遅延が少なくなる方向にいくでしょう。一方的に講義を送るのではなく、リアルタイムでテンポの良いやり取りをする講義にとっては、遅延の大きさは重要なパラメータです。

今回は実験ということで、早くから準備を進め、主要な機材を持って 5 名が日本からタイへ行き、前日か

ら会場やネットワークの準備をするなどしましたが、定常的に遠隔講義をする場合には、もっと簡単に実施できるようにしなければいけません。幸い、民生用のフル HD 対応のビデオカメラ、TV、液晶プロジェクタなども国内では入手が容易になってきましたので、そのような機材を使うことも考慮の対象になると思います。残念ながらタイでは、HDTV の放送は実施されていませんので、機材の手配からして大変です。しかし、世の中は、高精細化へと確実に動いていくと思います。一方、ネットワークの観点では、インターネットは基本的にベストエフォートですので、講義の時間帯中、決まった帯域を確実に確保するのは容易ではありません。特に東南アジアとの国際回線は必ずしも十分ではありませんので、JGN2 のようなテストベッドネットワークは大変有益です。遠隔教育における高精細映像の教育効果の定量的な分析をさらに進め、近い将来、今回の実験のような高精細映像を利用した遠隔講義が定常的に行えるように、情勢を見極めながら準備を進めていきたいと思っています。

参考文献

- [1] 新山浩雄, 西原明法: “東京工業大学の国際戦略と通信衛星による大学院 講義配信”, 電子情報通信学会誌, 86, 11, pp.821-825, 2003 年 11 月
- [2] 周 海濤, 青柳貴洋, 西原明法: “遠隔講義の高効率化—HDV カメラを用いた検証実験—”, 日本教育工学会第 21 回全国大会, 1a-303-6, pp.231-232, 2005 年 9 月
- [3] <http://www.jgn.nict.go.jp/>
- [4] <http://www.img.cs.titech.ac.jp/~rocky/conf/exchange/4th/>

JGN2 を利用した東京工業大学—タイ王国チュラロンコン大学の高品質ネットワーク

篠宮 俊輔 (東京工業大学大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻 助教 兼 東京工業大学 学術国際情報センター 協力教員)

1. はじめに

東京工業大学とチュラロンコン大学の間では、以前から JGN2 の帯域申請を行っての週 2 回程度の頻度で遠隔講義を行ってきたが、これまでの遠隔講義と、今回の遠隔講義デモンストレーション (以下、遠隔講義デモ) が求めるネットワークの要件には大きな違いがありました。

今までの遠隔講義では、市販の遠隔会議システムの一つであるポリコムなどを利用しており、あまり高画

質ではない反面、対して帯域を消費しませんでした。また、遠隔講義は週2回、また、その時間も90分あり、その間に数回ネットワークの都合で講義が中断しても、先方に問題意識はあまりなく、「この問題の解決は今後の課題」と捉えられているようで、十分な対策をとることも出来ませんでした。ネットワークの経路設定についても同様で、タイ国から日本向けの通信はそもそもJGN2を通じてきているのかすら怪しい状況でもありました。

しかし、今回の遠隔講義デモは最大で30 Mbpsを使用しての本番25分間の一本勝負であり、やり直しもできないという、大きな違いがありました。また、タイの大学の方々にも、きちんとネットワークを設定すれば、素晴らしい品質での遠隔講義が行えることを実感していただくために、今回の遠隔講義デモには十分な準備を持って臨みました。

本章の前半の2節、3節ではネットワークについて一般的な話をさせていただき、4節、5節、6節では今回使用させていただいたJGN2国際回線と遠隔講義デモまでの準備と当日の様子を述べさせていただきます。

2. 遠隔講義デモのネットワークに求められる要件

遠隔講義デモで用いるネットワークには、遅延が小さく、安定して一定レートでデータを転送し続けられる特性が求められます。

今回の遠隔講義デモで必要とされるデータ転送レートは、H.264コーデックでは20 Mbps、バックアップのMPEG2のCODECを用いた場合の30 Mbpsであり、たとえそれより広いデータ転送レートを持つネットワークであったとしても、不安定であったり遅延が大きい場合には適したネットワークであるとは言えない。パケットのロスや、遅延の変動は、映像・音声の一時的な停止や乱れとして表れてしまいます。

キャンパスネットワークの場合は、優先制御技術や帯域保証技術により安定したデータ転送性能を確保することも可能ですが、運営主体の異なる多数のネットワークの接続により成り立つインターネットでは、組織をまたがってそのような技術を使用するのは難しいでしょう。それらの技術の使用できないネットワークにおいて、十分安定したデータ転送を行うには、他の利用者のネットワーク利用により通信品質が影響を受けることのないほどの広帯域のネットワークを使用することです。

3. インターネットと学術研究開発ネットワーク

インターネットにより様々な国、地域が接続され、

それらの間で自由に通信を行うことができます、実際にそれらの間に通信回線が網の目のように緻密に接続されているとは限りません。どちらかと言えば、大部分は直接接続されていなく、お互いのネットワークを介して無数のネットワークが接続される巨大ネットワーク、それがインターネットです。

そのネットワークの接続形態は、マクロな視点で見るとハブアンドスポーク型(図1)をしています。ハブアンドスポーク型とは、個々のホスト、ネットワークが、集約ポイント(ハブ)を介して相互に接続する形態です。このハブアンドスポーク型の形態のネットワークもまた、より広い地域を集約するハブに接続し、そのネットワークもまた他のハブに接続し……、と繰り返し、世界規模の広域ネットワークは形成されています。

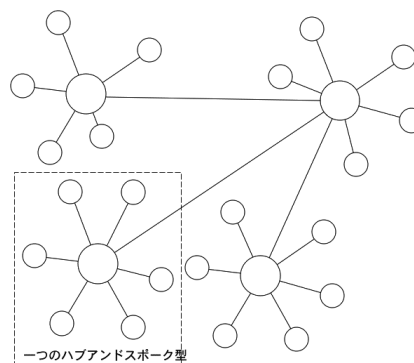


図1 マクロな視点で見るとハブアンドスポーク型

しかし、インターネットにおいて、必ずしも計画的に、また、最適にハブが配置されているとは言えません。例えば日本国内においても、日本のインターネットの巨大なハブが東京と大阪にあります。そして、東京、大阪から離れた都市ではその地域でハブを設置することなく、東京や大阪のハブに直接接続する事例も多いです。そのため、隣り合う県や市、家であったとしても、その通信は東京経由で行われることもざらであります。そうすると、一箇所に通信が集中することにより、混雑が発生し、また、その一箇所の障害で全域に障害が波及してしまいます。また、遠回りとなるため、遅延も大きくなってしまいます。

世界に目を向けても同様であり、世界規模の巨大なハブはアメリカ、ヨーロッパとなっています。そのため、日本国内の場合と同様に、同じアジア地域であっても、アメリカ経由の通信となり、小さい遅延で安定した通信が可能なネットワークが実現されているとは言い難いでしょう。

学術研究開発ネットワークは、商業的ではなく、学術的、技術的視点から、地域、インターネット技術の発展のために構築されます。学術研究開発ネットワークにより、「今までにない広帯域、高品質なネットワークの構築」や「直接接続されていなかった地域間の接続」が行われ、通信技術やその利用方法の研究が行われています。最近開通したアジア、日本間を接続する学術研究開発ネットワークに TEIN2, JGN2 があります。TEIN2 はヨーロッパとアジア太平洋地域を結ぶネットワークで、その間の様々な国や地域を結んでいます。JGN2 は、その名称、Japan Gigabit Network2 が示すように日本国内の研究開発ネットワークですが、アメリカ、タイ、シンガポール向けの国際回線を持ちます。今回の遠隔講義デモは、利用申請に基づき利用できる JGN2 を使用させていただきました。（※ 1, ※ 2 参照）

4. JGN2 の利用

JGN2 は、研究開発目的であれば誰でも無償で利用することができます。ただし、利用者と JGN2 のアクセスポイントの間のネットワークは自前で用意する必要があります。

東京工業大学は、JGN2 の日本国内のアクセスポイントの一つである KDDI 大手町ビルにある「関東基幹通信構成拠点 B」へ 10 ギガビットイーサネットとギガビットイーサネットで接続しています。対するタイ国内のアクセスポイントは、バンコクのタイタワーに位置する ThaiSarn にあり、チュラロンコン大学は UniNet, ThaiSarn の二つのネットワークを介して JGN2 に接続しています。

JGN2 の使用は申請制であり、使用したい時間と帯域を申請することにより使用できます。そのため、日本—タイ間の国際回線については、他の利用者によるネットワークの混雑などが発生せず、安定した転送が行えます。

物理的な接続としては、上記の接続となるが、実際にその経路を通るためには、経路制御が必要となります。インターネットで使用する IP プロトコルでの始点—終点間の経路の決定は、ルータが行います。別の言い方をすれば、パケットには始点と終点のアドレスだけが記されており、どの経路を通して目的地へ到着するかはルータに任されています。ネットワーク管理者は、ルータ間の接続、ルータで動作する経路制御プロトコル（BGP）のパラメータ調整により、適切な経路となるよう調整する必要があります。（※ 3, ※ 4 参照）

2007 年 3 月版では、東工大の接続する JGN2 は International Provider 下段右側から 2 番目、チュラロンコン大学の接続する UniNet は、その左上に位置する。これらを結ぶ最短の経路は JGN2—ThaiSarn—UniNet である。その経路を通るためには、それぞれの管理組織（NOC, Network Operation Center）に経路情報を受け入れるよう交渉し、実際に経路情報を流すようネットワーク機器を設定し、使用可能となります。

東工大サイドは、JGN2 NOC, チュラロンコン大学の協力者と交渉し、ThaiSarn, UniNet の NOC との交渉は JGN2 NOC が担当していただきました。（図 2）

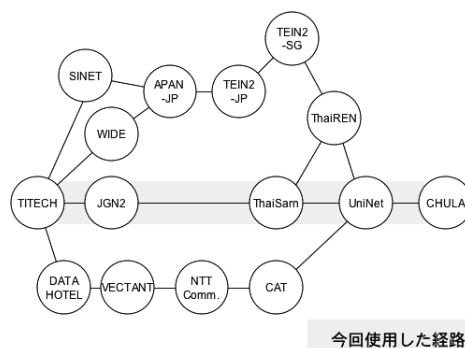


図 2 今回の東工大とチュラロンコン大学までの回線経路 TITECH—JGN2—ThaiSarn—UniNet—CHULA

5. ノート PC 設置による事前検証

前節までは、国際回線に注目して述べましたが、実際には国際回線だけではなく、遠隔講義を行う 2 点間の総合的なネットワークが重要です。しかし、現地での作業時間（今回は、前日と当時の夕方まで）だけではその確認はままならず、また、問題が発生したとしてもそれを解決するだけの十分な時間、機材を用意できないかもしれません。そこで、事前にチュラロンコン大学に FreeBSD をインストールしたノート PC を設置させていただき、そのノート PC を遠隔から操作し経路の確認、通信品質の確認を行いました。この事前検証は本番の約 3 週間前である 2 月中旬から開始しました。

参考サイト

- ※ 1：TEIN2：<http://www.tein2.net/>
- ※ 2：JGN2：<http://www.jgn.nict.go.jp/>
- ※ 3：タイ国内のネットワークの接続については、NECTEC Internet Information Research のページで、Map of Internet Connectivities in Thailand として公開されています。
- ※ 4：<http://iir.ngi.nectec.or.th/internet/map/first-page.html>

通信品質のチェックについては、実際に遠隔講義デモで使用する映像ストリームを流して確認できればベストですが、機材の搬入は本番直前であり、また、仮に事前に搬入できたとしても現地で操作してもらうにも困難を伴います。そこで、ノート PC で Iperf というネットワークの性能評価ツールを使用し、それにより映像ストリームを摸した 30 Mbps のレートの UDP データ転送による品質チェックを行いました。

このノート PC 設置により、

- ・ End-End の経路制御の確認が迅速に行えました
- ・ チュラロンコン大学の一部の学内ネットワークでの混雑が原因とみられる断続的な 3 ~ 5% 程度のパケットロスが観測されました。その情報を元に、遠隔会議を行うネットワーク、部屋を他に手配していただきました。ちなみに、その部屋の手配に 3 日間を要しました
- ・ パケットフィルタの確認と行ったことが事前に自由に行え、今回の遠隔講義デモの成功に大きく貢献しました。(※ 5, ※ 6 参照)

6. 現地準備と遠隔講義デモ本番

国際回線については、現地入り前に調整を行い経路の確認も出来ているため、現地で行えることはあまりありません。逆に、この経路調整は複数の組織で協力して行うこととなるため、現地で作業できる 1 日半での改善は難しいです。そのため、どちらかと言えば現地での作業は、遠隔講義を行うための（国際ではなく）ローカルのネットワークの構築と、事前の設定通りに国際回線が動いているかの確認となります。

チュラロンコン大学ローカルのネットワークについては、遠隔講義デモを実施する部屋そのものが現地入りまで確定していませんでした。現地作業一日目に、今までの事前検証とも照らし合わせ、ネットワーク環境として最良であるだろうと予想される部屋で実施することになりました。

実はその部屋でも、事前検証を十分行えておらず、そのネットワーク環境は、「今まで検証した他のところより良い」という程度の事しかわかっていませんでした。その部屋はチュラロンコン大学の一 PC 教室であり、その部屋のネットワークは、エンタープライズ向けのネットワーク機器でキャンパスネットワークに直接接続されており、キャンパスネットワークの中では最高レベルの品質のネットワークでした。

しかし、実際にローカルネットワークを整え、現地での検証を始めると、遠隔講義を検証用のトラヒックが、ファイアウォール機器により攻撃トラヒックと誤検知されたかのように、その流量が一定レートを越え

ると急激に通信品質が落ちる現象にでした。また、本番当日の数時間前には、それまで快調だったチュラロンコン大学—東工大間のネットワークがタイ国内の経路の変更、異常と推定される原因により突如乱れ、JGN2 を経由できない状況となったりと、全てが万全ではなかった。それらの現象、状況の原因はわかりませんでした。しかし、チュラロンコン大学の PC 教室のスタッフに状況説明を行い、また、タイ側での経路制御を握っている UniNet のスタッフへネットワークの設定変更を控えていただけるよう伝えていただき、そのどちらも遠隔講義でも本番までに解消されました。スタッフは、「異常も起きていないし、何も変更していない」とは言っていましたが……。

その後、一通りの検証が終わり、ある程度余裕が出てきたところで、試しに JGN2 を経由しない、他の国際回線を経由しての映像伝送を行ったところ、その回線は混雑していたのか映像品質の劣化がみられることもあり、申請により安心して帯域を使用できる JGN2 の有り難みを実感しました。

遠隔講義デモ本番の 25 分と、その後、会場の様子を相互に中継しあった計一時間程度も含め、ネットワークには観測されるような目立った通信品質の劣化、経路の乱れもなかった。本遠隔講義デモにより、国際回線を用いた高品質の遠隔講義の可能性を十分感じていただけたのではないかと思います。

※ 5 : FreeBSD project : <http://www.jp.freebsd.org/www.FreeBSD.org/ja/>

※ 6 : Iperf : <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>

タイー日本間 IP 伝送の現場より

奥田 浩一（文化工房 メディアクリエイティブ部）

この実験では、H.264 コーデックを使用したアジア大陸間 HD 双方向伝送として、事実上、日本初の試みとなりました。タイと日本の 2 つの会場を結んだイベントとしても、日本側の東京工業大学では、教授など 100 名近く参加し、タイ側のチュラロンコン大学でも教授や学生達が数十人集まった非常に注目度の高い公開実験となりました。

検証の内容としては、遠隔授業の映像をハイビジョンにする事によって、人物そのものの臨場感が授業を受けるモチベーションに影響するか。授業の説明として使用されるパワーポイントの映像の文字等の可読性が高いかなども実験検証の対象となりました。

今回使用した伝送用機器は、今年の 2 月に発売されたばかりの富士通の IP9500 を選択しました。双方向の伝送になりますので、4 台 2 対向の使用となります。



写真4 タイ・チュラロンコン大学外観

機材選択の理由としては、今回使用する独立行政法人情報通信研究機構のJGN2のタイー日本の大陸間の帯域が45 Mが上限であることと、専用線ではありますが、他の実験が同時におこなわれた場合は、回線帯域がシェアリングされ狭まれる可能性もあったことで、回線的にHDをより安全に余裕をもって伝送する為に、現在15 M程度にHDの画像を高圧縮できるコーデックとして注目されているH.264コーデックを有する機器の選択となりました。

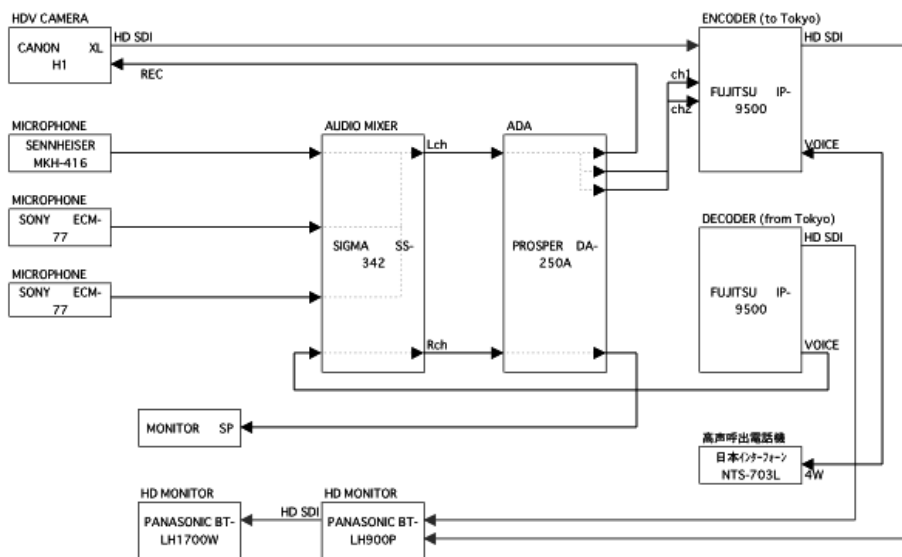
同時にカメラの選択は、富士通エンコーダーIP9500の入力がHD-SDIであることと、海外での携帯性が優れている点でHDVカメラのCANON XL-H1

を採用しました。(HDVcamフォーマットでの出力自体、遅延が発生しているため、HD-SDIでの出力は、必須でありました。)

東京でのイベント会場は、3つのモニターが用意されました。プロジェクターとして民生器のHDプロジェクターとHDをダウンコンしたSDプロジェクターとフルHD液晶アクトスの45インチです。おのおのの特徴があるので、一概に同一基準としは、並べられないのですが、主観的な画質を比較ができるようにいたしました。

今回の実験でひとつ非常に問題となったのは、双方向の質疑応答の場合のエンコードの遅延にありました。現在の機器でH.264コーデックのエンコードによる遅延が片方向として2秒程度発生するため、往復で4秒以上の遅延が発生するのです。事実上この間隔での掛け合いは、かなり難しいと考えていました。この対応策として、IP9500に付加機能としてありましたIP電話の機能を使ってみました。(映像の音声とは別の連絡回線としてのIP連絡系統をもち、このIP電話の遅延に関しては、0.1秒以下となっている。)2対向あるIP9500のうち、タイから日本に向けての伝送機器は、テレコールでの技術者連絡回線として使用。日本からタイへ向けての伝送の機器には、会場PAの音をのせることによって、質疑応答のトータルの遅延の幅を約半分軽減しました。当然、タイ側では、映像と音声、ずれて映し出されますが、会話を成立させる

東京工業大学 未来ソリューションフォーラム
遠隔教育HD伝送実験 タイ チュラロンコン大学内 映像音声系統



* 連絡用として64K VOICE回線を擬似的に4Wとして運用 テレコールを使用しました。

* タイ側モニター音声は東京とのスムーズな対話を優先し64K VOICE回線を使用しました。

* 現場ミキサーはLchメイン Rchモニターにわけてありますが、伝送本線はモノラルでch1 ch2とも同じ音です。

図3 タイ側と日本側の音声系、映像系のセッティング

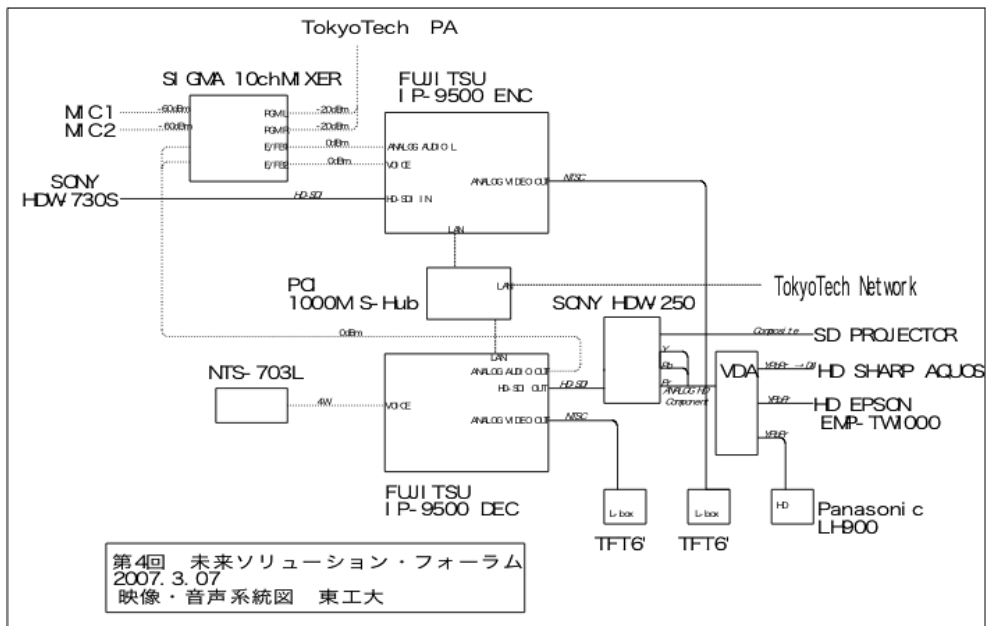


図4 タイ側と日本側の音声系、映像系のセッティング

伝送機材

富士通IP-9500 出典: <http://fenics.fujitsu.com>

ハードウェア仕様

映像	入力 (注2)	HD-SDI, HDMI (注1)
	出力 (注3)	HD-SDI, NTSC (モニタ用ダウンコン出力)、HDMI (注1)
	同期 (注3)	BB入力同期、3値入力同期
音声	入出力	HD-SDIエンベデッド、アナログ音声キャノン平衡、HDMI (注1)、双方向音声用端子
ネットワーク	LAN	10BASE-T / 100BASE-TX / 1000BASE-T
	オプション	DVB-ASI (注1)
データポート		RS-232C
外形寸法 (W×D×H)		425×350×42 [mm] (突起物を除く)
重量		約6kg
電源		AC100V
動作温度		-10~55℃ (低温起動を除く)

機能仕様

基本動作	エンコーダー/デコーダー切替動作	
映像	符号化方式	H.264 HP@I 4
	フォーマット	1080i: 1920×1080、1440×1080
	符号化レート	6Mbps~20Mbps
音声	符号化方式	MPEG-1 Layer2: 4ch (STEREO×2、384kbps/STEREO×2 AAC (注1))
	量子化	48kHz
	双方向音声	映像と多重化する音声とは別に連絡用として動作 (G.711)
多重化		MPEG-2 TS
ネットワーク機能		RTP, PPPoE, SNMP
エラー訂正機能		FEC, ARQ
蓄積機能		オプションのCFカードに映像/音声を蓄積

(注1) 2007年3月以降対応予定

(注2) エンコーダー動作時

(注3) デコーダー動作時

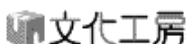


図5 富士通のIP9500の管理画面より抽出したエンコーダーとデコーダーのログ情報



写真5 富士通 IP9500 エンコーダーとデコーダー

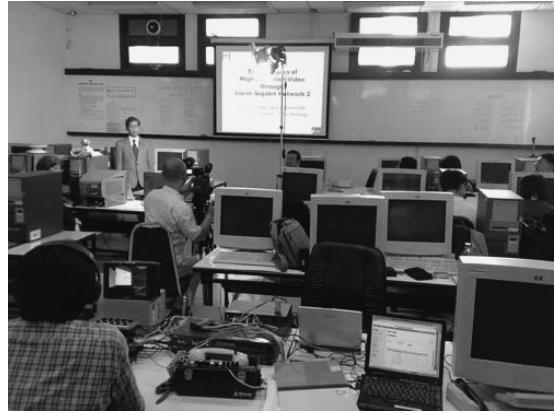


写真7: タイのチュラロンコン大学の電算室から東工大へ映像を送る。

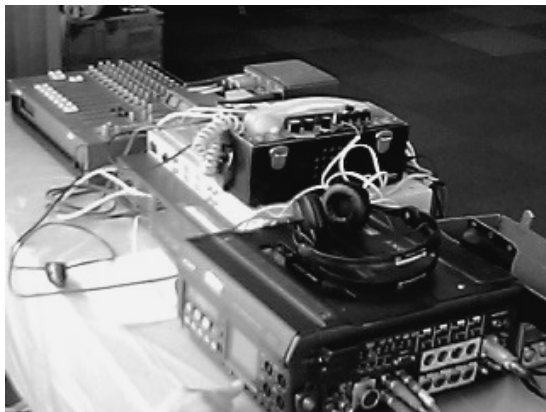


写真6: 東工大側機材エンコーダー、デコーダー、ミキサー、VTR等

事を優先にしました。結果的には、こちらの方がよりベターな形で掛け合いをさせる事ができ、長時間の双方向での会話が成立いたしました。(タイ側と日本側の音声系、映像系のセッティングの図面は掲載図3、図4)

今回使用した富士通のIP9500(スペックについては、図3に記載)は、回線の状態が良かったこともあり、最高画質である、16Mに設定する事ができました。この実験でIP9500内で取得した、データを(図4)掲載するが、FECやARQによるエラー補正もほ

ぼ完璧におこなわれ、イベント本番での、コマ落ちや画像の乱れは、一度も発生しませんでした。このような海外からの伝送による実験での最大の難点は、安定した伝送路の確保であると考えますので、この時点から今回の実験は、成功といえると思います。

今回のイベント&実験では、会場でのリスナーによる主観の認知テストとなりましたが、ハイビジョンのクリアな画像に対する評価は、非常に良好で遠隔教育の高画質化という方向性を再確認することができました。

今後、ハードやソフトの改良が進み、H.264でのHDエンコードのスピードもあがっていくと想定できますので、エンコードによる遅延は、より減少していくと思います。さらにより安価なH.264の機器が登場することによって、多くの教育現場などでHDの遠隔教育システムの導入が検討されると思います。

大学の国際化や海外からの優秀な人材の確保など、今後も大学は、海外へのつながりを強化してきます。授業に関しても人の移動を最小限にし、より魅力ある遠隔授業をする事への関心は、非常に高いです。

今回の共同実験では、産学の協力体制が注目され、今後の遠隔教育のハイビジョンの有効性を確認すると同時に、産学連携での事業への広がりの可能性も証明することができ、非常に有益なものとなりました。