

遠隔授業観察システムの構築

世羅博昭*, 菊地 章**
松田和典***, 曽根直人***

鳴門教育大学では、10年程前からネットワークによるTV会議システムに関わる実験を行ってきたが、この経験にもとづいて分散しているキャンパス間の遠隔授業観察システムを構築した。本システムでは附属学校園で行われている授業を大学ヘリアルタイムに中継し、大学から授業観察が行え、附属学校園の授業映像が保存、蓄積できる。このシステムを利用して授業観察の効果的な実証を目指している。

〔キーワード：遠隔授業観察，授業記録，授業分析，授業映像，テレプレゼンス〕

I. はじめに

鳴門教育大学では、大学・学部キャンパスと附属学校園（附属小学校・附属中学校・附属養護学校・附属幼稚園）の距離が約20km離れているため、学部（実地教育や教科教育等）・大学院の授業において、附属学校園の授業を参観し、教育臨床的研究（授業観察・授業記録・授業分析・授業評価等）を行うことが困難となっている。そこで距離的な制約を軽減することを目的とし、附属学校園で行われている授業の様子を大学ヘリアルタイムに中継し、大学から授業観察を行えるテレプレゼンス（遠隔現実感）を実現した。また附属学校園の授業映像を保存、蓄積することにより、授業観察の効果的な実証を目指している。

本稿では本学で行われたテレビ会議の実験および実践についてまとめて報告するとともに、この経験にもとづいた本学と附属学校園との間の授業観察システムの構築について述べる。

II. ネットワークTV会議の実験と実践

2.1 十年前の本学におけるTV会議実験

本学では平成5年にFDDIの基幹と10BaseT(8セグメント)による最初のキャンパスネットワークが設置されたが、このネットワークにおいて平成6年後期にコーネル大学で開発されたパソコン用のフリーソフトCU-SeeMe(H.323)によって学内同士および海外とのパソコンとテレビ会議が行われた[1, 2]。このソフトはパソコン同士で1対1の会議ができるが、Reflectorを使うこと

によって多対多の会議ができ、コーネル大学をはじめとして世界中で公開Reflectorが立ち上げられた。本学でもワークステーションSilicon Graphics社製のIRIS IndigoにおいてReflectorを立ち上げた。このシステムでは1人分のデータを送るのに約10Kbpsを要し、モノクロの動画と音声の品質はあまりよくなかった。また音声は会議参加者のなかで1人だけに制限されており（トークンにより制御）、実際のコミュニケーションでは音声よりも文字タイプがよく利用された。Reflectorを経由しない1対1の会議では、電話と同様に全二重通信が可能であったが実際にはハウリングが起こるので、ヘッドセットを使うか、半2重方式で通信をするといった工夫が必要であった。

同時期にインターネットでは、放送型のMBone(Multicast backBone)による実験が行われており、本学でも学内の各端末室のワークステーションに対しマルチキャストルートを設定してX Videoによるビデオのストリーミング配送や受信ビデオのハードディスクへの蓄積や再配送ができるシステムを構築した。カメラとマイクにはSONY社製Handycom(CCD-VX1)を用い、ビデオ信号を無線で伝送しX Videoに入力できるようにしていたので100m以内であればカメラはバッテリーと小型発信器のみで自由に移動することができた。インターネット・バックボーン(SINET)については、当時は岡山大学ノードに専用回線(512Kbps)で接続されていたが、大阪大学からMBoneのIPトンネリングを受けた。また、MBoneとCU-SeeMeの相互接続を試み、研究室のどのパソコンからもCU-SeeMeとMBoneの両方を利用できるように構成した。ただし、当時のネットワークでは、動画のリレートが十分に確保できず、放送型の配送は何とか使

* 言語系(国語)教育講座

** 生活・健康系(技術)教育講座

*** 情報処理センター

えるとしても双方向会議では音声が入断的に途切れることがあり、実用的ではなかった。

2.2 TV 会議を利用した実践

情報インフラのブロードバンド化、ストリーミング技術および圧縮技術が急速に進歩したことによりTV会議の実用にたえられるようになった。

本学では平成10年度にATMを基幹とした末端まで100Mbpsの通信ができるスター状の超高速ネットワークを構築した。現在は、附属学校と大学との間は44Mbpsの専用ATM回線で接続されている。また、SINETには徳島大学ノードとの間を10Mbpsで接続している。

本学では平成13年度に附属学校園とのTV会議を目的としITU-T国際標準方式に準拠したSONY社製PCS-1600を導入した。本機はカメラ・マイク・コーデック（画像・音声圧縮伸長装置）が一体となったセットトップ型のテレビ会議システムで、B5サイズの小型化と本体質量2.5kgの軽量で、本機とテレビモニターを準備するだけで簡単にセットアップでき、操作もアイコンメニュー（GUI）で簡単にできる。ISDN回線にも対応しており、カメラのリモートコントロールができる。これを使用して附属中学校とのTV会議やJICAのプロジェクトにおいてタイ王国バンコクとのTV会議が行われている。また平成16年度にはロンドンのEveline Lowe小学校の授業観察と討論をおこなう授業「総合学習カリキュラム開発実践論」において利用されている。

最近ではMicrosoftがCU-SeeMeにかわるフリーソフトNetMeetingを提供し、広く利用されているが、本学ではKNV（Kyoto Naruto Virtual University）プロジェクトにおいて平成15年度前期に開設された「教育実践研究方法論」で利用されている。この授業では同時に3グループに分かれて3台のNetMeetingを使って本学と京大、メディア教育開発センター（NIME）との間でTV会議を行った。このときのトラフィックは1台あたり約400Kbpsであったので輻輳は生じなかったが、多数の会議で利用する場合は、やはり音声のハウリングが起こることが問題となっている[3]。

2.3 ネットワークによる遠隔観察の実験と検討

平成15年6月に本学と附属中学校をDV over IPとMPEG2により接続して動画・音声・カメラコントロールについて実験を行った。DV over IPシステムは東京エレクトロン社製のRuff Systems、MPEG2はJVC社製のコーデックを用いた。この実験では、2つの方式による遅延を計測する目的であったが、DV over IPはルータの処理能力不足により、十分な品質での伝送を行うことができなかった。一方、MPEG2による中継では画質、遅延ともに良好な品質で動画を電送することができた。

この実験により、MPEG2による中継でも良好な画質、遅延を確保できることが分かった。またDV over IPは低遅延ではあるが、品質を確保するためには30Mbps程度のトラフィックに余裕を持って対応できるネットワークが必要である。

III. 遠隔授業観察システムの構築

附属学校で行われる授業を大学から観察することを目標とし、システムの設計を行った。

3.1 附属小学校、中学校

教室設置型のシステムとし、天井には回転式ドームカメラを4台およびマイク¹を設置した。これらは大学側からコントロールし、授業の観察をリアルタイムで行うことができる。附属小中学校教室のカメラ・マイクの配置とビデオ・音声配送の配線イメージを図1に示す。画像の配信にはMPEG2を採用している。また、音声は複数のマイク入力の感度を切り替えることで、注目する場所の音声を拾えるようにした。遠隔授業観察を行う場合の附属小中学校から大学への映像・音声配送の経路を図2に示す。また逆に大学から附属小中学校へ遠隔講義を行う場合の映像・音声配送の経路を図3に示す。

3.2 附属養護学校、幼稚園

附属小中学校の教室設置型システムとは異なり、移動型システムとしている。このシステムでは、画像は一旦DVDカムに保存し、その画像をネットワーク経由で大学に転送する形式とした。そのため、授業の観察はリアルタイムでは行うことができない。またデータの転送などの手間が増えてしまうが、自由にカメラを移動して撮影できる利点がある。

3.3 大 学

大学では、附属小中学校のカメラ、マイクのコントロールを行いながら、リアルタイムでの授業観察を行うことができる。さらに授業の様子を蓄積しライブラリ化するためにVOD用サーバを導入した。観察データを蓄積することでリアルタイムでは授業を観察できなかった学生も後から授業の様子を確認することが可能となる。MPEG2データのWindowsMediaへのエンコードについて2通りの方法を図4に示す。

3.4 可搬型中継

体育館や講堂など観察システムを導入していない場所からもリアルタイム中継を可能にするために可搬型中継

¹ 附属中学校4本、附属小学校6本

装置を導入した。この装置は DV over IP 技術を用いており、DV カメラで撮影した画像をネットワーク経由でリアルタイム中継することができる。また民生用 HDTV 規格である HDV にも対応している。観察システムには HDV カメラも含まれており、高精細な画像の中継も可能である。

3.5 ネットワーク補強

本システムを構築するに際し、動画中継の品質を向上させるためいくつかのネットワーク機器の更新を行った。

まず、附属中学校に設置していた Cisco4500 ATM ルータは 2.3 節に示したように DV over IP の実験時に処理能

力が不足していることが分かったため、SH NS2723 に変更した。附属中学校の NS2723 はブリッジ接続で大学と結ばれており、附属中学校向けのルーティングは学内の L 3 スイッチで処理している。機器更新を行う前は DV over IP のパケットを処理しきれずにパケットロスが発生し、そのため動画が正常に転送できない状況であったが、更新後はスムーズに動画を見ることができる。

次に附属小学校に設置しているルータをマイクロ総合研究所 SuperOPT90 から YAMAHA RTX1100 に更新した。SuperOPT90 もカタログ上は 80Mbps 以上の通信に対応するため、本システムの発生するトラフィックには耐えられるはずであったが、実際に MPEG2 による画像配信を

配信イメージ図（観察講義）

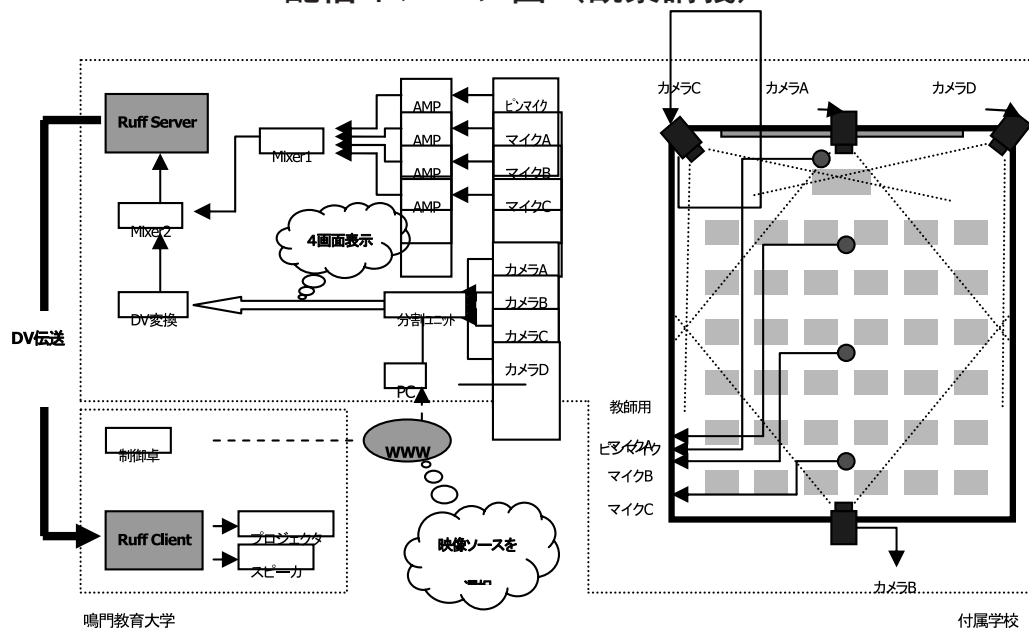


図1 附属小中学校教室のカメラ・マイクの配置とビデオ・音声配信の配線イメージ(カメラとマイク実際の位置と多少異なる)

映像伝送（附属学校→大学）

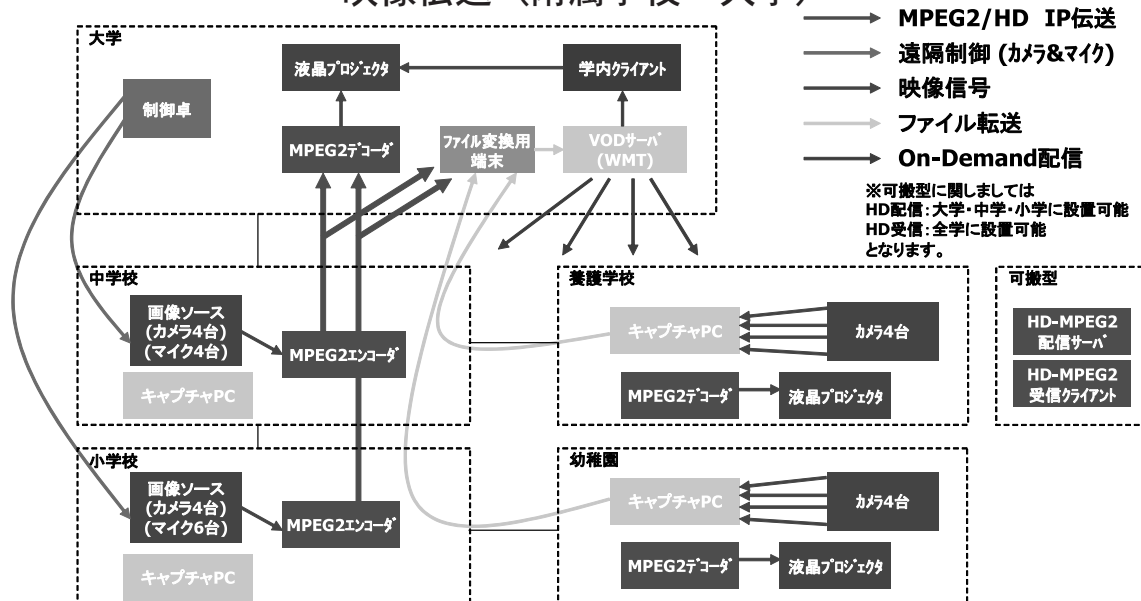


図2 附属小中学校の遠隔授業観察を行う場合の映像伝送経路

行ってみると、数秒間は画像が表示されるもののその後画面が止まるといった不具合が発生した。MPEG2による動画中継では短いパケットが連続するため、処理能力が不足したと考え、短いパケットでも高いスループットを維持できる RTX1100 を導入した。導入後は MPEG2, DV over IP とともに安定した画像中継を実現している。

附属養護学校および附属幼稚園は Pentium III 533MHz Intel NICx2 の Linux にてルーティングを行っているが、本システムの導入においても処理能力が不足することはなく、安定した動画中継を行うことができた。

3.6 タッチパネルによるコントロール

図5に大学講義室のスクリーンに映し出された附属中学校の教室の様子を示す。カメラのパン・チルト、ズーム、フォーカス、マイクの音量、ミュートは操作卓のタッチパネルで行える(図6)。4台のカメラの方向は、板書撮影、教壇撮影、座席前列左、座席前列中など、それぞれ14パターンのプリセットを持っており、1回のボタン操作でプリセットを呼び出すことができる。

附属学校側の操作卓では、大学側からの観察を許可するかしないかの選択ができる。

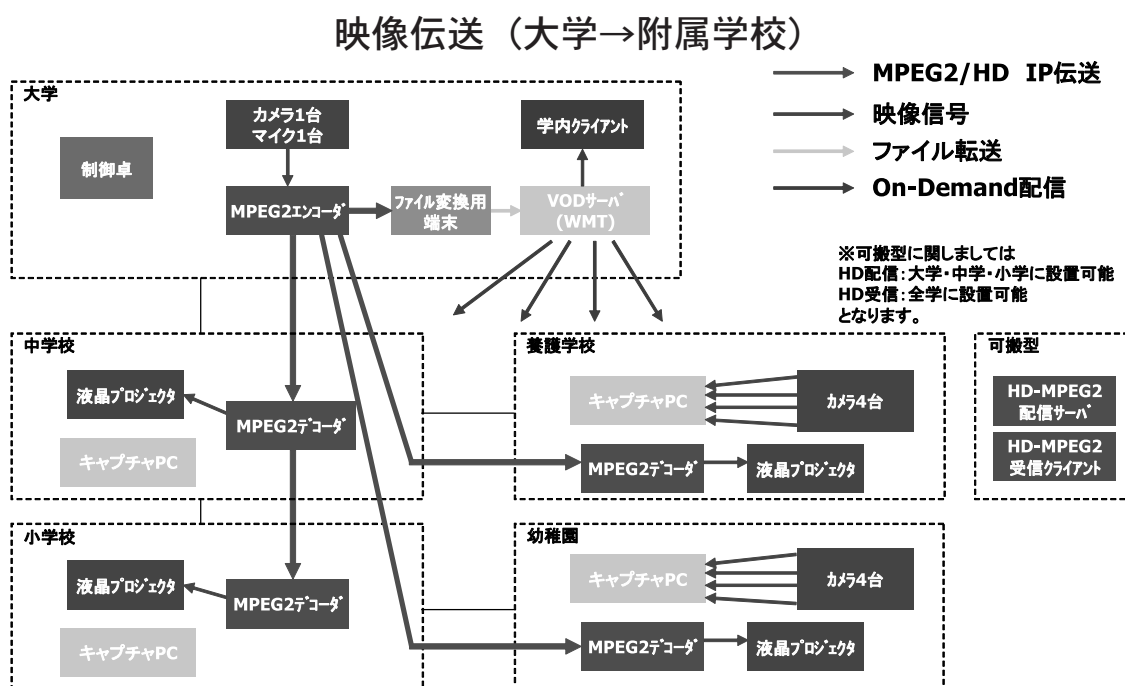
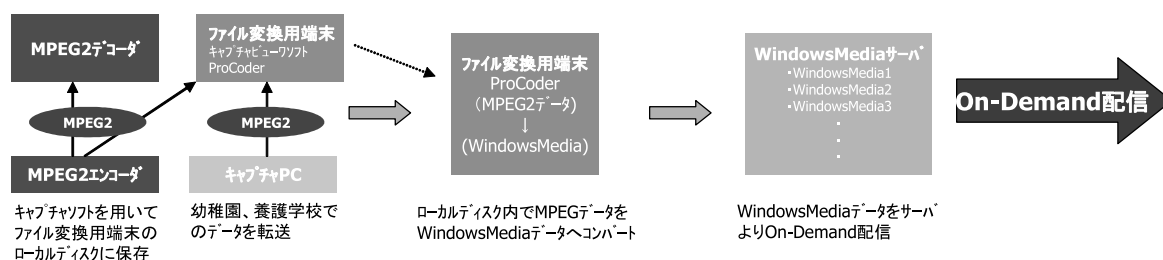


図3 附属小中学校へ遠隔授業を行う場合の映像伝送経路

WindowsMedia への Encode

<MPEG2の場合>



<HD-MPEG2の場合>

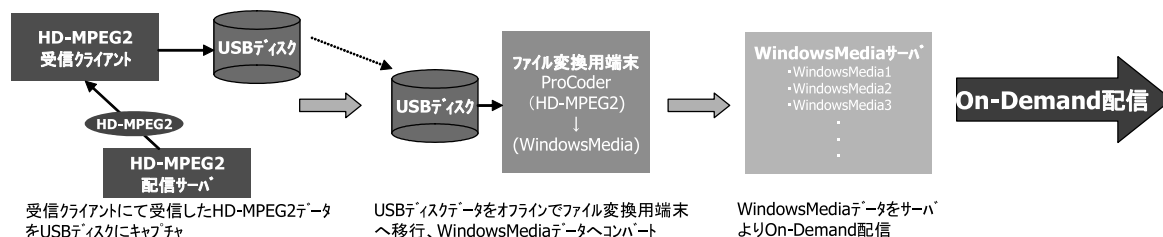


図4 MPEG2データのWindowsMediaへのエンコード



図 5 講義室のスクリーンに映し出された附属中学校の教室



図 6 講義室の操作卓の操作タッチパネルと附属中学校画面

IV. 今後の課題

今後、大学としてこの設備をどのように活用するかが大きな課題となる。そこで、この遠隔授業観察システムを活用した授業開発に関するプロジェクトを立ち上げている。このプロジェクトが対象としているのは、

1. 教員養成モデル・コア・カリキュラムの構築と実施、評価などに関する研究、教員養成及び現職教員の再教育のための基礎研究
2. 教育に関する諸問題を解決するため、地域社会・学校・研究機関などと連携して行う実践的な研究
3. 学生の教職意識を高めるための実践的研究
4. 地域社会の風土や文化に関する研究成果を踏まえた、教育内容の創造的な開発に関する実践的な研究

である。このプロジェクトでは遠隔授業観察システムを活用して、どのような学部・大学院等の授業が可能か、その授業開発に関する研究を行うことが目的である。この課題を解決するために、情報処理センター、学部教務委員会、大学院教務委員会、教科教育関係、学校教育実践センター、附属学校等から、本研究プロジェクトに参加を得て、多角的な視点から、学部・大学院において、遠隔授業観察システムを活用して、どのような授業を開発することができるかを究明し、具体的な授業展開の手引を作成していく予定である。

謝 辞

本システムの構築にあたっては、本学と議論をしていただいた日商エレクトロニクス様および附属学校園の先生方に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 松田和典, 曾根直人, 吉田 肇: 鳴門教育大学キャンパス情報ネットワークの構築と運用, 鳴門教育大学研究紀要(生活・健康編)第11巻, pp.113-124, 1996年.
- 2) 松田和典: マルチメディアコミュニケーションへの試み, 鳴門教育大学情報処理センター広報 第1巻, pp.89-96, 1995年3月.
- 3) 世羅博昭, 曾根直人, 松田和典, 今倉康宏, 石村雅雄: ネットワークを用いた授業観察システムの開発, 鳴門教育ジャーナル 第1巻, pp.37-41, 2004年.