

遠隔システムを利用した高度専門教育支援

伊藤篤(at-itou@kddi.com) KDDI 株式会社・早稲田大学メディアネットワークセンター

柳原広昌 (yanap@kddlabs.co.jp) 株式会社 KDDI 研究所

斉藤雅弘(masahiro@kddi-tech.com) 株式会社 KDDI テクノロジー

原田康也・楠元範明・前野譲二({harada, moto, joji}@waseda.jp)早稲田大学情報教育研究所

1. はじめに

早稲田大学メディアネットワークセンター (MNC) と KDDI 株式会社・株式会社 KDDI 研究所・株式会社 KCOM の KDDI グループは、1999 年後期から 2002 年 3 月にかけて、共同研究プロジェクト「生涯学習サポートシステムにおけるネットワーク利用環境技術に関する研究」を実施した。そのサブテーマ「マルチモーダル同期通信を中心とした海外とのネットワーク型集合学習システムの運用手法の研究」の一環として、KDDI グループの持つ MPEG4 技術を活用したコンパクトな遠隔会議システムを利用した高度専門教育支援の可能性についての実証実験と試用経験に基づく評価・検討を行った。[11][12][13]

特に、2001 年度は早稲田大学 MNC とスタンフォード大学 CSLI (Center for Study of Language and Information) を APAN [5]・Internet2 [6]経由で接続して MPEG 4 技術を利用した遠隔会議システムの運用性について実験を行い、報道関係者との遠隔会議、MNC シンポジウム、授業へのスタンフォード大学からのプレゼンを各一回、定期的な遠隔会議を 10 回実施し、良好な結果を得た。本稿では、その成果を報告する。

2. 共同研究の目的

IT を利用した高等教育の高度化には、WBT (Web-based Training) による基本事項の習得も有効であるが、いわゆる『遠隔会議』システムを活用することによって、従来教室の中に閉じられる傾向が強かった学習をオープン化することが可能となる点にも着目する必要がある。早稲田大学では、1990 年代後半より、遠隔会議システムを利用した英会話学習システムについて実験を積み重ね、現在では総合研究機構 CCDL (Cross-Cultural Distance Learning) 研究所などを中心とした海外との共同ゼミ、国内の他大学と提携したネットワーク型授業・オンデマンド型授業¹が正規科目の中に

取り入れられているが、今後は学部などの研究指導・大学院レベルでの少人数ゼミや研究指導など、より高度に専門的な科目における遠隔会議システムの利用が求められる。

早稲田大学には正規授業における招聘講師 (ゲストスピーカー) の制度があり、外部の専門家を授業の中に招いて学生に直接講演することを積極的に奨励しているが、こうした制度と情報技術を有効に結びつけることで、より柔軟な授業運営が可能となる条件が整いつつある。海外の専門家、あるいは国内にいても多忙な専門家の講演を受ける上で、遠隔会議システムを利用することに期待が寄せられる。²

早稲田大学における遠隔授業では、衛星通信のほか、アクセスの容易さと回線確保の確実性から ISDN などの電話回線が利用されてきた。専用回線を利用するテレビ会議システムは、比較的安定した音声・画像の配信が得られやすいなどの利点もあるが、接続時間に応じた回線使用料を予算化する必要があり、回線設定と使用機器の関係もあって、特定の教室のみで利用可能となる場合が多い。海外との共同ゼミなど、当初から学期・学年を通じて遠隔会議システムを利用する前提で立案された授業であれば、専用の施設を利用することとなるが、一般の (通常の教室で行われる) 授業の中で、単発的に外部と遠隔会議システムを組みたいという場合には、インターネットへの接続と PC とカメラとスピーカーがあれば実施できる本稿で紹介するような比較的簡易なシステムが有効に活用できるものと期待できる。

本共同研究においては、KDDI グループの持つ MPEG4 技術に基づく遠隔会議システムを利用して、早稲田大学とスタンフォード大学をインターネット

<http://meet.project.mnc.waseda.ac.jp/etpoc/>

² 私立大学情報教育協議会が 2000 年度秋に実施した日米大学マルチメディアセミナーにおいても、ハーバード大学などアメリカの各大学でこうした運用が成果をあげている例が紹介された。

¹以下の各 URL を参照。

<http://www.project.mnc.waseda.ac.jp/ccdl/index.html>

経由で結んで、ワークショップへの遠隔参加、定期的な研究打ち合わせに試用して、音声・画像の安定度や使用上の問題点などを検証するとともに、早稲田大学の授業にスタンフォードから短いプレゼンテーションを行い、またシンポジウムで発表を行うなど、実際的な場面における実使用の経験を積み重ねた。

3. 遠隔会議システム

3.1 要求条件

本システムは、IPネットワーク経由の遠隔講演・会議等に必要な双方向の映像音声リアルタイム通信を、KDDI研究所が開発したMPEG4リアルタイムソフトウェアコーデックにより実現したもので、以下のような要求条件を主眼に入れ開発した。

- ブロードバンド・インターネットを用いて、これまでのインターネット・ストリーミング以上の画質・フレームレートを実現する。
- 会議に支障が出ないレベルの低遅延双方向映像伝送を実現する。
- パソコンの利用により低コストを実現する。

3.2 圧縮符号化方式

スタンフォード大学と早稲田大学の接続は、IMNetならびにAPANを用いたブロードバンドインターネットの利用により500kbps程度のスループットは十分に見込める。国際標準の主な圧縮符号化方式としては、H.263[1]、MPEG-1[2]、MPEG-2[3]、MPEG-4[4]などがあるが、MPEG-4は数百kbps～3Mbpsの範囲で高い符号化効率を有し[7]、またデータパーティショニングやRVLCなど伝送エラー耐性機能も充実していることから、符号化方式としてMPEG4を選択した。

具体的には、映像符号化に関しては、MPEG4 Simple profile Level3を用い、Resyncマーカの挿入によりパケットロスが発生した場合でもフレーム内エラー回復を可能とした。また、映像音声のエンコーダ/デコーダ内遅延は双方向性を重視したバッファ制御により0.1秒以内に抑えた。伝送方式は、RTP/UDPのAudio/Videoセパレート伝送方式を用いており、ルーティングパスの変化による到着パケットの順序が入替った場合においても、それを検出しパケットロスと同様のエラー回復を行うようにした。

本コーデックは、低ビットレートで高画質、フレームレートが約15frame/秒と動きが滑らか、低遅延バッファ制御によりエンコード/デコードで0.1秒以内という特性がある。対応するビデオのビットレートは、

16Kbpsから2Mbpsである。また、MPEG1 Layer-IIの音声を利用することで、高音質を実現した。これにより、非常に鮮明で、音声が外国語であっても十分に聞き取れる³という特徴があり、海外との接続を必要とする大学院レベルの教育を対象とした遠隔会議・講義に有用であることをめざした。また、海外との接続で問題となるのがパケットロスやジッタであるが、伝送エラーのある環境でも連続同期再生可能とするエラー耐性が大きいのも特徴である。

3.3 ビデオ会議システム

現行のシステムは、MPEG4コーデック用ノートPC、DVカメラ、USBキャプチャデバイス、マイク、スピーカーから構成されており、高品質な映像による遠隔会議を手軽に実施可能である。(表1)

表1：ビデオ会議システム諸元

OS	Windows2000
CPU/速度	PentiumIII、1GHz以上
メモリ	256MB
キャプチャーカード	Osprey-50/100/200/500
SoundCard	SoundBlaster互換

ただし、高精細かつフルフレームレートの映像を得る必要がある場合は、処理能力の観点からデスクトップ型のPCを利用する必要がある。また、上記は少人数の会議・打ち合わせ向けの構成であるが、同じ装置を利用して、大教室のスクリーンに投影し、比較的大きなクラスや聴衆に対する講演で使用する可能性も、ワークショップやシンポジウムの開催などを通じて検証した。

4. 伝送方式

4.1 TV会議方式

LAN上でのTV会議方式としては、H.323方式[8]があるが、H.225 RAS(登録、通信許可、通信状態)制御・呼制御、ならびに符号化方式や画像サイズ、ビットレートなどのパソコン能力を交換するH.245ネゴシエーション制御など複雑なプロトコルをサポートする必要がある。早稲田大学とスタンフォード大学間をIPネットワーク上でポイントツーポイント接続し、双方のバ

³この他、音声をステレオで伝送することも可能で、発表者、質問者の位置が明瞭にわかり会議の雰囲気伝わるといった特徴もある。

ソコン能力やネットワークポート番号などを事前に決めることが可能であったため、特別な制御用プロトコルは実装せず無手順方式を用いた。

4.1. 伝送プロトコル

音声・映像データのリアルタイム伝送を行う場合、パケットの到着順序制御とそのペイロードデータの同期制御を可能とする RTP[9]を UDP の上位層として用いることが多い[10]。しかし、伝送エラーによるパケットロスの影響がアプリケーション層に及ぶため、FEC などのエラー訂正やエラー回復、エラー隠蔽などの対策が必要となる。本実験で用いたネットワークの伝送品質はパケットロス率 1%未滿と比較的安定しており、MPEG-4 コーデックのエラー耐性機能 (Resync マーカを適切な間隔で挿入など) で十分まかなえる範囲とみなし、RTP 伝送方式を選択した。

4.2. 実験ネットワーク

スタンフォード大学と早稲田大学間は、IMNet、APAN などの各種広域インターネットを相互接続してネットワークを構築した。また、KDDI 研究所を IMNet 経由で接続することにより、KDDI 研究所からのリモートでの監視や運用操作を可能とした。相互ネットワークはメッシュ状に接続されており、ルーティングパスがネットワークの状況により時間と共に変化するため、パケットロスが発生するだけでなく、パケットの到着順序も入替ることがある。しかし、スタンフォード大学 - 早稲田大学間のネットワークは、エンドツーエンドで見た場合に途中に存在するゲートウェイの数は 16 以上あるものの、ラウンドトリップタイムは平均で 250msec 程度であった。

5. 2000 年度の予備実証実験

予備実験として、2000/5/27-29 にスタンフォード大学 CSLI において実施されたカンファレンスに早稲田大学側から参加する形態をとった。時差が 16 時間 (+8h) あるため、自動蓄積機能を用いて翌朝会議の内容を確認する運用形態とし、米国 PM (日本 AM) 時間帯には、部分的に双方向の遠隔会議を行った。また、7/21 にはスタンフォード大学 CSLI 側から早稲田大学において実施された打ち合わせに参加した。双方向トータル遅延は、0.5 秒以下となり、TV 会議システムにおける推奨遅延 0.3 秒以下は達成できなかったものの、伝送エラー・帯域変動があるネットワーク環境においても高品質な遠隔会議を実現できた。ただし、7.2 で述べるように、オーディオに関する機能についてはさら

に改善する余地があると考えられる。

6. 2001 年度の利用実績

上記予備実験の成果を踏まえて、2001 年度には以下の日程で共同研究の打ち合わせなどに試用した。

- 2001 年 9 月 3 日 (月) 10:00-(疎通試験)
- 2001 年 9 月 5 日 (水) 14:00-15:00 (報道発表会)
- 2001 年 11 月 8 日 (木) 11:00-12:30
- 2001 年 12 月 13 日 (木) 11:00-12:30
- 2001 年 12 月 20 日 (木) 10:30-12:00
- 2002 年 1 月 9 日 (水) 14:40-16:10 (授業⁴)
- 2002 年 1 月 23 日 (水) 10:00-13:00
- 2002 年 1 月 26 日 (土) 14:10-14:40 (シンポジウム⁵)
- 2002 年 1 月 31 日 (木) 11:00-12:30
- 2002 年 2 月 7 日 (木) 11:00-12:30
- 2002 年 2 月 22 日 (金) 11:00-12:30
- 2002 年 3 月 1 日 (金) 11:00-12:10
- 2002 年 3 月 14 日 (木) 12:00-13:10

7. 遠隔ビデオ会議システムの利点と問題点

一般に、遠隔ビデオ会議のような双方向マルチモーダル・リアルタイム通信には、遠隔地を接続して、あたかも一同に会したように会議を行うことが出来るという利点があるが、これまでの試用の結果、新たに下記の観点での利害得失が明らかとなったので報告する。

7.1. バックチャネリングの成立

双方向マルチモーダル通信という、話し手の顔が聞き手に見えることが利点であるかのように論じられる傾向があるが、実際には資料などが手元があれば、明瞭な音声の確保が重要であって、聞き手側にとっては、話し手の顔が見えることにはそれほど大きな意味はない。しかし、言語学で言うバックチャネリングが出来ること、すなわち話し手に聞き手の様子が見えることに、より本質的な意味がある。

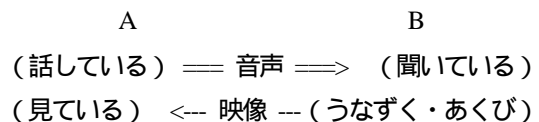


図 2 : バックチャネリングの例

⁴ 法学部設置「情報化社会と法」(笠原非常勤講師・桐蔭横浜大学助教授)の授業において、Stanford 大学 CSLI にて在外研究中の法学部原田康也が短いプレゼンテーションを行った。

⁵ MNC シンポジウムにおいて、Ordnate Corporation の Dr. Jared Bernstein が上記原田と共同で講演と質疑応答を行った。

例えば、講師が遠隔地からレクチャーしているとき、教室で聞いている受講生にとって講師の顔が見えることは、必ずしも内容の理解を助けませんが、講師の方に、聞き手がどんな顔をしているか、どんな様子をしているか、話の内容についてきているか、飽きていないかという聞き手の反応を見せることが、話の進め方を判断する上で非常に重要かつ有益な情報である(図2)。

1.2. 音声の圧倒的重要性

聞き手の内容理解のためには、話し手の顔が見えることはそれほど重要ではなく、音声の品質・途絶しないことが最も重要であることが確認できた。『講演型の場合は、若干の遅延より、瞬断・途絶が発生するという場合に問題がある。質疑応答型の場合、司会進行の工夫で進めやすくなる。一方、打ち合わせの場合には、大きな遅延は円滑な進行のさまたげとなる。逆に、若干の瞬断・途絶が生じて聞き返せばいいので、実際上は必ずしも大きな支障はない。

このように、利用する目的に応じて、通信品質のどこを確保すべきかが変わってくることを、実使用により確認できた。

1.3. 可搬性

ISDN の場合、インターネットの無いところでも接続できる可能性が高いという利点があるが、通信費が高いという問題点も指摘されてきていた。このほかに、ISDN システムの場合、その目的のために設置された専用電話回線のあるところでないといえないという制約が発生することが多い。

実際に、早稲田大学でも遠隔システムやオンデマンドシステムが各種動いているが、固有のシステムを組んで専用回線を利用するとすると、学期ないし学年を通じて一つの授業をずっとどこか別のサイトと接続する場合には問題は少ないが、普段は普通に授業を行っていて、ときどきあちこちと接続してゲストとして話をしてもらいたいというとき、教室の手配や回線の準備などインフラの確保に手間がかかる。

しかし、インターネットを利用した場合、通信回線費用をプロジェクトごとに気にする必要が無いというメリット以外に、LAN の口があればどの教室でも使えるため、普段は遠隔システムを利用しない授業でた

まに使用するということが可能となる。その可能性を高めるためには、ソフトの標準化、さもなければソフトはダウンロード自己解凍で、セキュリティーキーを必要な個所に送付すればすぐに使えるなどの工夫が必要である。

2点間の回線があまり細い場合、または不安定な場合は運用上困難が予想されるが、早稲田大学のようにどの教室にもネットワーク回線は来ている、という前提だと、あとは若干の持込で機材のセットアップができるということが利点となる。また、教室にプロジェクタや音響施設が用意してあり、そこのつなぎこみも簡単であれば、講義向けの遠隔システムとしても利用可能である。しかし、いままでの経験では、比較的少人数のゼミや、少人数での打ち合わせなど、専用通信回線のコストが負担しきれないような場面での有効性が感じられる。

参考文献

- [1] ITU-T: Recommendation H.263, "Video coding for low bit rate communication", 1996
- [2] ISO/IEC 11172-2, "Information Technology - Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5Mbit/s - Part2:Video", 1993
- [3] ISO/IEC 13818-2, "Information Technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information- Part2:Video", 1994
- [4] ISO/IEC 14496-2, "Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 2:Visual", 1999.12
- [5] IMnet : <http://imnet.tokyo.jst.go.jp/view/index.html>
- [6] APAN : <http://www.jp.apan.net/>
- [7] 米山他:「H.263とMPEG-4における動画像符号化効率比較」, 情報処理学会全国大会, pp.3-289-290, 1999.3
- [8] ITU-T: Recommendation H.323, "Packet-Based Multimedia Communications Systems", 1996
- [9] Schulzrinne, et al : Real-time Transport Protocol RFC 1889 "A Transport Protocol for Real-Time Applications" (Jan. 1996.)
- [10] 松浦他:「RTP を用いたリアルタイム映像通信のための送信レート FastStart アルゴリズムの検討」, 情報処理学会全国大会, pp.3-531-532, 1999.9
- [11] 柳原広昌,「インターネットを利用した遠隔会議: スタンフォード大学との接続実験」, MNC 公開シンポジウム「メディアを超えて」, 早稲田大学メディアネットワークセンター主催, 早稲田大学 14 号館 B-101, 2001年1月20日
- [12] 柳原広昌・中島康之・米山暁夫・寄高秀洋・原田康也,「インターネットを利用した遠隔会議: スタンフォード大学との接続実験」, 2001PC カンファレンス論文集, pp. 78-79, 2001PC カンファレンス実行委員会編集, CIEC(コンピュータ利用教育協議会)・全国大学生生活協同組合連合会発行, 2001年8月1日
- [13] 伊藤篤・帆足啓一郎・楠元範明・原田康也,「遠隔システムを利用した高度専門教育支援」, 2002PC カンファレンス論文集, pp. -, 2002PC カンファレンス実行委員会編集, CIEC(コンピュータ利用教育協議会)・全国大学生生活協同組合連合会発行, 2002年8月6日

資料は事前に(直前に)ファイルで転送するか、ファイル共有ないし操作の共有をすれば十分実用になる。