

# 次世代リアルタイム遠隔講義システムの実証実験

小峯 隆宏<sup>1,2</sup> 町澤 朗彦<sup>1</sup> 中川 晋一<sup>1</sup> 久保田 文人<sup>1</sup> 丹 康雄<sup>2</sup>

E-mail: komine@crl.go.jp

1 独立行政法人 通信総合研究所 情報通信部門

2 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

**あらまし** 我々は、高品質な音声・映像のリアルタイム双方向伝送により距離感や違和感のない「次世代リアルタイム遠隔講義システム」を研究開発している。本論文ではまず、講師と受講生が違和感なく相互にやりとりできる遠隔講義に必要な機能を明示する。また、我々はこれらの機能の実現に必要な技術的課題を検証するために実施した2つの実験内容について報告する。そして、実験を通じて得られた成果・課題から考案した、リアルタイム遠隔講義システムについて紹介し、その第1回目の実証実験の成果と課題について述べる。

## Trial experiment of the Next Generation real-time remote lecture system

Takahiro Komine<sup>1,2</sup>, Akihiko Machizawa<sup>1</sup>, Shin-ichi Nakagawa<sup>1</sup>, Fumito Kubota<sup>1</sup>, Yasuo Tan<sup>2</sup>

E-mail: komine@crl.go.jp

1 Communications Research Laboratory, Information and Network Systems Division

2 Japan Advanced Institute of Science and Technology, School of Information Science

**Abstract** We have been developing the Next Generation remote lecture system that real-time transmits “high presence” audio/visual images, without having any disturbance in a long distance transmission. We figured out what functions are required to perform the real-time remote lectures with multi-interaction between an instructor and students. We also reconfirmed the technical difficulties by executing some trial experiments and evaluating them. This paper presents introduces the Next Generation remote lecture system, which is developed based on the results and analysis of our past experiments, and reports the results of our first trial for the real-time remote lecture.

## 1. はじめに

遠隔講義などのいわゆる遠隔会議というものは、古くは電話会議から、ISDNを用いたテレビ会議などが使われている。しかし伝送画像の品質は悪く、臨場感のある会議というのは望めなかった。その一方で、インターネットが普及し始めると、そのインターネットを使った遠隔会議や遠隔講義が注目され始めて、VIC ( Video Conference )や VAT( Visual Audio Tool )というシステムの開発が行われてきた。市販のシステムも数多くあり、Polycom 社 ViewStation などのテレビ会議システムが市販されるようになってきた。

また、遠隔講義では、レベルの異なる利用者が存在するため、利用者毎に参照するコンテンツ( 講義内容 )のレベルを変更するような仕組みも提案されており、市販の遠隔講義のサーバも存在している。しかし、これらのシステムは、大画面を使った多人数が一度に受ける講義のための者ではなく、主にテレビやパソコンの画面を使って授業を受けるためのものである。大画面で多人数に対する講義を行うためには、高品質な映像と音声を小さい遅延で伝送することが重要となる。

既に、WIDE(Widely Integrated Distributed Environments)グループの SOI ( School Of Internet )プロジェクトにおいて、大画面で多数の学生を対象としたオン・デマンド型の講義ビデオ配信授業が行われており、誰もが教育を受けやすい社会環境の整備を大きく寄与している[1]。しかし、SOI プロジェクトでは、オン・デマンド型の講義のため、講義中の講師と学生による質疑応答や講師が学生の反応をみて講義内容を一部変更するといった、リアルタイムで相手( 主に講師が講義を受けている学生に対して )の状況を把握し即座に対応するといった、リアルタイム型遠隔講義の実現は難しい。

我々は、大画面で多人数に対するリアルタイム双方向型遠隔講義の実現を目指し、いくつかの遠隔コミュニケーションシステムを研究開発するとともにそれを活用した実証実験を行ってきている。

本論文ではまず、講師と受講生が違和感なく相互にやりとりできる遠隔講義に必要な機能を明示する。また、我々はこれらの機能の実現に必要な技術的課題を検証するために実施した2つの実験内容について報告する。そして、

実験を通じて得られた成果・課題から考案した、リアルタイム遠隔講義システムについて紹介し、その第1回目の実証実験の成果と課題について述べる。最後に同システムに関する今後の改善計画と評価方法について述べる。

## 2. リアルタイム遠隔講義に必要な機能

遠隔地にいる人同士の間で違和感なく会話等を行える遠隔コミュニケーションの実現には、高品質の音声・映像のリアルタイム伝送が必要不可欠である。特に、リアルタイム遠隔講義の場合には、遠隔地にいる講師と受講生の間で講義中いつでも質疑応答ができ、また講師は受講生の些細な反応を見ながら講義内容を一部変更する等の臨機応変な動作が可能である必要がある。

リアルタイム遠隔講義に必要な機能は以下の3つに分類される。

- a. 高品質な音声・映像をできるだけ短い遅延時間で遠隔地に伝送する機能。
- b. 相手の映像を映すモニタ画面と、相手に送信する自分を撮影するビデオカメラの配置を工夫して、できるだけ相手と自分の視線が一致させる機能。
- c. 講師が遠隔地にいる受講生の些細な反応を感じ取ることができるように、受講生自身もしくはその周辺で発生するわずかな音を講師に伝送する機能。

## 3. これまで行った実証実験

### 3.1 遠隔ディベート実験

「ディベート対戦」は、2組のディベーターがある題目に関して肯定派と否定派に分かれて討論を繰り広げ、その討論内容について審判が勝敗をつけるというものである。よってディベート対戦では、自分達のプレゼンテーションをいかに審判に印象づけられるかという点や、相手のわずかな反応を感じとって即座に討論戦術を変更していくことが非常に重要である。我々はこのディベートを遠隔ディベートとして実現させることに挑戦し、その技術的課題を洗い出すことにした[2]。

この実験でのネットワーク構成は図1に示すように、2組にディベーターと審判の3地点をATMネットワークで結び音声・映像の伝送にはNTSC-MPEG2符号化装置(符号化及び複合化に処理時間は計約0.3s)を使用した。

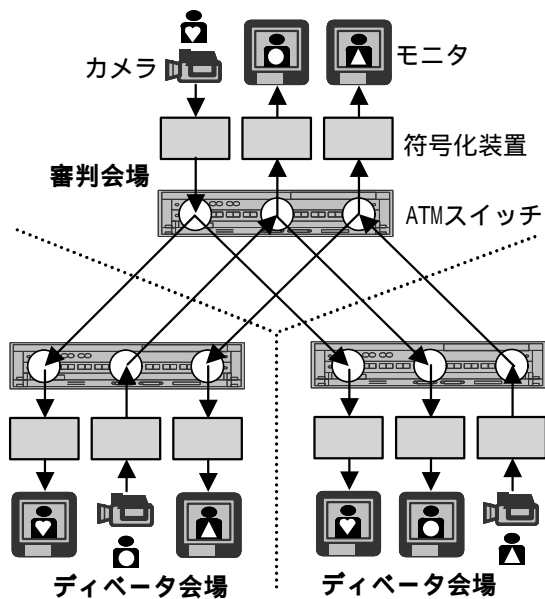


図1．遠隔ディベートのシステム構成

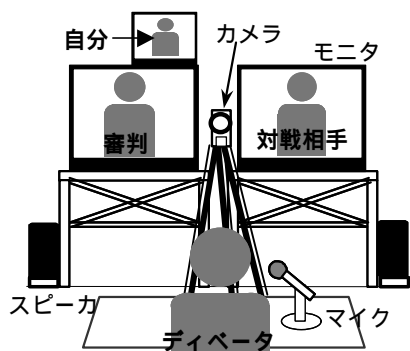


図2．第1回実験時の画面提示構成



図3．第2回実験時の画面提示構成

1回目の実験は、図2のような機器配置構成で実際ディベート対戦経験のある学生により実施した。ビデオカメラと審判及び対戦相手が映っているモニターをできるだけ近づけている。

しかし、結果としては審判と対戦相手の両方の様子を同時に感じとることが難しく改善が必要になった。

2回目の実験は、図3に示すような大きなモニター画面に、審判の映像、対戦相手の映像、自分が喋ることのできる残り時間の表示の3つを画面合成装置によって構成し、再度実証実験を試みた。その結果、相手との視線もほぼ一致し違和感なく討論することが可能であることが判明した。

また、我々はこの実験後に参加者にアンケートを実施し、映像品質向上の必要性和音声エコーバックの低減化という解決すべき技術的課題を抽出した。

### 3.2 心臓外科ワークショップ実証実験

我々は、通信総合研究所（CRL）とカナダ Communications Research Centre (CRC)との間を複数の ATM ネットワークにより接続し、両研究所において遠隔ワークショップを開催し、両国の心臓外科医の方々にその最新技術に関する討論を行っていただいた[3]。この分野のワークショップでは、手術で使用する細い糸をも判別できる高画質の画像伝送が必要不可欠であり、我々はこの高品質動画像のリアルタイム伝送に挑戦した。

図4は本実験のネットワーク構成を示しており、CRLとCRCは、いくつかの光ファイバー網とINTELSAT衛星回線によって結ばれており、最大45MbpsのATM通信ネットワーク（片道伝送遅延約0.3s）を確立した。音声・画像の伝送にはHDTV-MPEG2符号化装置（符号化及び複合化に処理時間は計約0.7s）と前回使用したNTSC-MPEG2符号化装置も比較のため使用した。

実験後に参加者にアンケートを実施した結果、本システムが、色合い・鮮明度等を含めて臨場感のある画像を遠隔地にリアルタイムに伝送できることが検証できた。しかし、一方で音声・映像の大きな伝送遅延（約1秒）がスムーズな会話には大きな障害になることが再検証された。またや音声エコーバックによる不快感（臨場感の欠如）については、実際にはNTSC-MPEG2符号化装置を使用した場合とほぼ同じ状況だったにもかかわらず、参加者にはかなり気になっていたことが判明した。これは、映像の品質が向上したことによりこれまでは

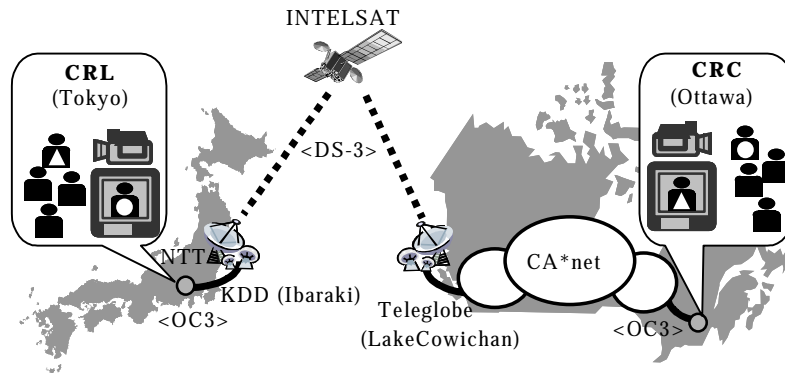


図4．心臓外科ワークショップのシステム構成

あまり気にならなかった音声の品質劣化が相対的に大きく感じられてしまうためだと思われる。

題の解決を目的としており、実験後、講師及び受講生からその評価をしてもらい、システムの改善を行っている。

#### 4．リアルタイム遠隔講義実証実験

##### 4.1 概要

北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）と通信総合研究所（CRL）は、遠隔地とのリアルタイム情報交換を実現する遠隔コミュニケーションシステムに関する共同研究を進めており、その一環として現在、次世代遠隔講義システムの実現に取り組んでいる。

2000年9月には、遠隔講義実証実験として、通信総合研究所にいる講師が北陸先端科学技術大学院大学にいる受講生に対して情報科学研究科連携講座「超高速ネットワーク構成学」の遠隔講義を実施し、国立大学大学院として最初の遠隔講義による単位を発行した。この実証実験は、2章であげた機能の実現と3章で述べたこれまでの実験において判明した技術的課

##### 4.2 1回目の実証実験

図5に、2000年9月に行った1回目の遠隔講義実験のシステム構成を示す。JAISTとCRLは研究開発用ギガビットネットワーク（JGN）により接続されている[4][5]。本システムの中核は、デジタルビデオ（DV）の高品質な映像・音声をATMネットワーク上でリアルタイム伝送するATM-IEEE1394 Link Unit（Link Unit）であり、表1にその諸元を示している[6]。DV信号の規格は、高品質の画像情報をMPEGのような圧縮処理をせずにそのまま扱うため、極めて短い処理時間で音声と画像を伝送することが可能である。

双方の会場には2台のビデオカメラと大型スクリーンを設置しその配置を工夫することにより臨場感のある画像を提供することにし

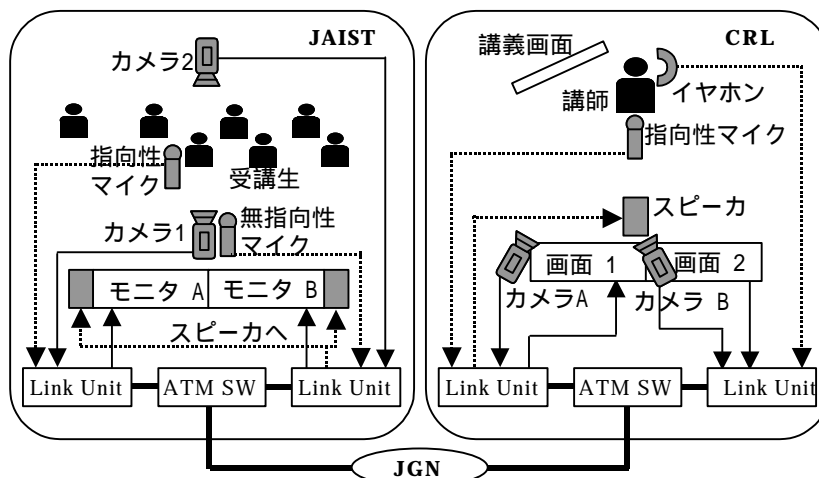


図5．第1回リアルタイム遠隔講義のシステム構成

表 1 . ATM-IEEE1394 Link Unitの諸元

IEEE1394 (DV) 部	
クロマフォーマット	4:1:1
走査線数	525本
フレーム数	30 frames/s
水平解像度	500本以上
画像圧縮比	1/5
Stream Rate	約28 Mbps (画像25.9 Mbps) (音声1.7 Mbps)
ATM 部	
ATM interface	AAL5
Transport rate	約35 Mbps
変換部	
ATMバッファ容量	512 AAL-PDU
DV用バッファ容量	1024 packets

た。我々はまた、講師・受講生間の質疑応答用のマイク以外に、受講生側会場に無指向性マイククロフオンを設置しわずかな同会場の発するわずかな音を集音しこれを講師のイヤホンに送信する試みを実施した。

#### 4.3 実験結果

映像に関しては、Link Unit による遅延時間が短い高品質なリアルタイム画像伝送の実現と、講師側及び受講生側会場にそれぞれ2台ずつのカメラ映像を駆使することにより、臨場感のある映像伝送に成功した。

一方、講師がイヤホンから受講生の反応を感じ取る試みは、講師自身の発する音声が大きく遅延しかなりの音量で戻ってくるエコーバックを軽減させられなかったために、講師は多少のストレスを感じるようになった。本実験中をはじめこれまでの実証実験においても市販のエコーキャンセル装置を数種類使用したが、同装置が有効に働くのはある範囲の音声量のとときであり、今回のように講師が発する音声が大きさが激しく変動する場合には、有効範囲を超える音声のみを自動的に減衰させるシステムが必要である。

#### 5 . まとめ

本論文では、「次世代リアルタイム遠隔講義システム」の実現に向けて、遠隔講義に必要な機能の明示とその機能の実現に必要な技術的課題を検証するため実証実験の報告を行った。またそれらを通じて得られた成果・課題から考察した、リアルタイム遠隔講義システムについて紹介し、その第1回目の実証実験の成果と課

題についても述べた。

今後は、エコーキャンセル装置を有効に機能させるシステムの実現させより快適な遠隔講義システムの改善を目指すとともに、今回使用した Link Unit の機能を市販コンピュータで実現させた DVTS ( Digital Video Transport System [7] ) に置きかえて同システムを高速インターネット上で活用していく予定である。このインターネット上での展開は「次世代リアルタイム遠隔講義システム」の実現に重要で、同システムでは単に遠隔地からの音声・画像伝送による講義を受けるだけではなく、インターネット上に無数に存在するであろう、各受講生にとってその講義の理解に有効な付加情報などをリアルタイムもしくは蓄積情報として提供することも可能になり得る。

なお、ここで挙げた今後の課題については改善・検討を進めるとともに、2001年10月より本格的に始められている JASIT 遠隔講義において引続き実証実験も行い実際の講師及び受講生からの意見も反映しながら評価・改善を行う予定である。

(本研究は、JGN を活用した通信放送機構との共同研究 JGN-G11027 である。)

#### 参考文献

- [1] [http://wwdddww.soi.wide.ad.jp/aboutsoi/aboutsoi\\_e.html](http://wwdddww.soi.wide.ad.jp/aboutsoi/aboutsoi_e.html)
- [2] 伊藤求, 他: “ディベーターにとって快適な遠隔ディベート”, 教育システム情報学会誌, 14, 3, pp.105-109 (1997)
- [3] 小峯隆宏, 他: “GIBN Multimedia Network Experiments ATM Satellite Communication Experiments between Japan and Canada”, Proceedings of PTC '98, pp.820-825 (1998)
- [4] [http://www.jgn.tao.go.jp/english/index\\_E.html](http://www.jgn.tao.go.jp/english/index_E.html)
- [5] 小峯隆宏, 他: “Development of the Japan Gigabit Network”, Proceedings of ICATM2000, pp.543-548 (2000)
- [6] 丹康雄, 他: “Plug and Play Campus Digital Video Network with IEEE1394 and ATM”, International Conference on Computer Communication 99, 1999
- [7] <http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/>