

## JGN II を利用した高大連携遠隔実験授業の実践報告

樋口 祐紀<sup>1</sup> 小山田 誠<sup>1</sup> 橋本 浩二<sup>2</sup> 三石 大<sup>1</sup> 岩崎 信<sup>1</sup>  
最上 忠雄<sup>3</sup> 長谷川 晃<sup>3</sup> 中島 平<sup>1</sup> 柴田 孝義<sup>2</sup>

あらまし: 現在, 我々は, これからの新しい理科教育手法の1つとして, 大型実験装置を利用した高大連携物理実験授業の可能性の模索を行っている. 加えて, 情報通信技術を利用した効果的な遠隔授業の実施のために, マルチメディア教材の対話的な提示が可能な対話型教授システムの開発を行っている. 今回は, 東北大学と岩手県の会場とを JGN II による高速ネットワーク回線により接続し, 岩手県内の高校生を対象として, 我々が開発した DV によるマルチメディア通信システム MidField, 及び対話型教授システム IMPRESSION を利用し, 東北大学が所有する水素イオン加速器を題材とした実験授業を実施した. その結果, 臨場感のある映像に加え, 複数のマルチメディア教材を活用して対話的に授業を展開することにより, 遠隔授業においても十分な実験授業を実施できることを確認した.

### A Practice of a Distance Experimental Class by the Collaboration between High School and University with JGN II

YUKI HIGUCHI<sup>1</sup>, MAKOTO OYAMADA<sup>1</sup>, KOJI HASHIMOTO<sup>2</sup>, TAKASHI MITSUISHI<sup>1</sup>, SHIN IWASAKI<sup>1</sup>,  
TADAO MOGAMI<sup>3</sup>, AKIRA HASEGAWA<sup>3</sup>, TAIRA NAKAJIMA<sup>1</sup> and TAKAYOSHI SHIBATA<sup>2</sup>

**Abstract:** In order to develop a new educational program in the science field, we are studying on high school-university cooperative class using a large-scaled experimental facility owned by research university. We also focus on the improvement of our interactive instruction system for the effective implementation of distance education with information technology. In this paper, we connected between Miyagi and Iwate sites with the JGN II, and performed a two-day distance class about the hydrogen ion accelerator for high school students in Iwate. In this class, we used MidField and IMPRESSION. MidField is a multimedia communication system with DV format, and IMPRESSION is an interactive instruction system with shared multimedia teaching materials. As a result of this class, we confirmed we can perform adequate distance class with realistic live video, several multimedia materials, and interactive instructional program even if separated environment.

## 1 はじめに

従来の ISDN 回線を用いたテレビ会議システムによるものに代わり, 近年ではインターネットを用いた遠隔授業の試みが多くなされている. 中でも JGN(Japan Gigabit Network: 研究開発テストベッド・ネットワーク)等の大容量通信回線を用いて動画像やマルチメディアコンテンツをやり取りするものも増えている<sup>[1][2]</sup>.

これまで我々は, 大学の授業を高校生に提供する高大連携授業<sup>[3]</sup>の一環として, 東北大学工学部に設置されている大型実験装置を用いた物理実験授業を行ってきた<sup>[4]</sup>. 今回, 本授業を我々が開発したマルチメディア通信システム MidField, 及び対話型教授システム IMPRESSION を用いて, 東北大学工学部量子科学館から岩手 IT 研究開発支援センターへ JGN II<sup>[5]</sup>回線を介して配信する試みを行った. 本稿では, 本授業の概要, 用いたシステムの特徴, 及び本授業の評価について述べ, この考察を行う.

## 2 遠隔物理実験授業の概要

我々がこれまで行ってきた高大連携授業において題材としてきた大型実験装置とは, イオンを真空中で加速す

る装置であり, 様々な試料に照射して利用するものである. 東北大学工学部に設置されている装置は, コッククロフト・ワルトン型水素イオン加速器(以下, 加速器)と呼ばれ, 全高が6mあり, 移動は不可能である. この加速器は, 原子, イオン, 力学, 電磁気, 放射線の基礎概念など高校までに学習する科学的概念が関連した総合的な題材であり, 学習内容を熟慮する事により, 高校生の理科学習を促進する良材となり得るとの考えから用いている. これまで我々は対面授業形式の高大連携授業を2度実施しており, それぞれ受講者から好評を得ている.

今回, 我々は新しい理科教育手法と, 情報通信技術を利用した遠隔授業の効果的な実現手法の双方の模索を目的として, これまで行ってきた高大連携授業を遠隔授業形式で行う事を検討し, 実施した. 授業は, 2004年10月30日(土), 31日(日)の2日間のそれぞれ10:00~15:00の時間帯に岩手県盛岡市の高校2年生15名を対象として行った. 授業の内容は, 加速器の遠隔見学, 遠隔操作や小実験を行う事で加速器の構造や原理を学習する内容となっている. 授業の概要を表1に示す.

今回, 実験の解説を行う教師と加速器の撮影や操作を行う TA は東北大学工学部量子科学館(以下, SCA)から授業に参加した. また, 授業の進行を行う教師, 小実験の補助を行う TA と生徒は, 岩手 IT 研究開発支援センター(以下, NiCT)から授業に参加した. さらに利用したアプ

<sup>1</sup>東北大学大学院 教育情報学研究部/教育部 Graduate School of Educational Informatics, Tohoku University

<sup>2</sup>岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

<sup>3</sup>東北大学大学院 工学研究科 Graduate School of Engineering, Tohoku University

表 1: 授業の概要

1 日目: 2004/10/30 (土)		2 日目: 2004/10/31 (日)	
時間帯	授業内容	時間帯	授業内容
10:00-11:15	導入	10:00-10:15	導入
11:15-12:00	遠隔見学	10:15-12:30	遠隔運転
12:00-13:00	昼休み	12:30-13:15	昼休み
13:00-14:30	小実験	13:15-14:00	結果観測
14:30-15:00	まとめ	14:00-15:00	まとめ

表 2: 授業参加者の配置と役割

	SCA	NiCT
教師	2 名 (装置の解説)	1 名 (授業進行/解説)
生徒	—	15 名
TA	2 名 (撮影/運転)	2 名 (実験補助)
サポート	4 名 (PC 操作/撮影)	4 名 (PC 操作/撮影)

リケーションが稼働する PC の操作や授業撮影のためにサポート人員をそれぞれに配置した。授業参加者の配置、人数、及びそれぞれの役割を表 2 に示す。

### 3 システム構成

#### 3.1 ネットワーク構成

今回は、加速器が設置されている SCA, 受講会場の NiCT, 及び利用したサーバ機が設置されている教育情報学研究所 (以下, EITU) をそれぞれ接続する必要があった。SCA と EITU 間は TAINS/G を介して Gigabit Ethernet 回線で接続し, TAINS/G と NiCT 間は JGN II 回線 700Mbps を予約して接続した。ネットワークの構成を図 1 に示す。

#### 3.2 機器構成

今回, SCA には PC2 台, 加速器の内部, 全景や操作盤の撮影用カメラ 10 台, 授業風景撮影用カメラ 1 台, プロジェクタとスクリーン 1 組, 大型の手描き入力機能付きディスプレイ 1 台を設置し, 複数の無線マイクとヘッドホンを用いた。EITU にはサーバ機 2 台を設置した。NiCT には PC2 台, 授業風景撮影用カメラ 2 台, プロジェクタとスクリーン 2 組, 液晶タブレットディスプレイ 1 台を設置し, 複数の無線マイクを用いた。機器構成の略図を図 2 に示す。

#### 3.3 利用アプリケーション

今回, 音声と映像の相互通信のために, マルチメディア通信システム MidField<sup>[6]</sup> を利用し, ネットワークを介した教材の提示や描き込み等による教示のために, 対話型教授システム IMPRESSION<sup>[7]</sup> を利用した。

MidField は, ネットワーク接続されたコンピュータシステム上のプログラムに対してマルチメディア通信機能を提供するミドルウェアである。今回は, これをユーザインタフェースを実装した単体のアプリケーションとして, DV(Digital Video) ストリームの送受信に用いた。

IMPRESSION は, 対面授業, 遠隔授業を問わず利用可能な教授システムである。本システムでは, インターネット上で提供される各種多様なマルチメディア教材を教師と生徒とのインタラクションに応じて提示しながら授業を進行できる。授業中の教示方法には, 描き込み, 図

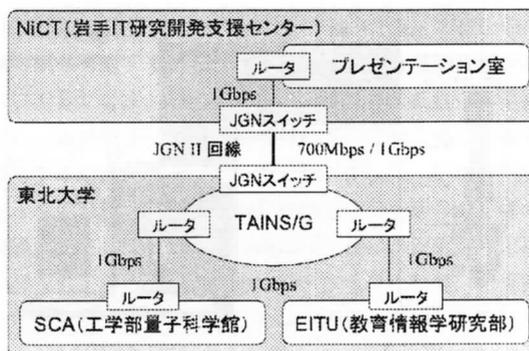


図 1: ネットワーク構成

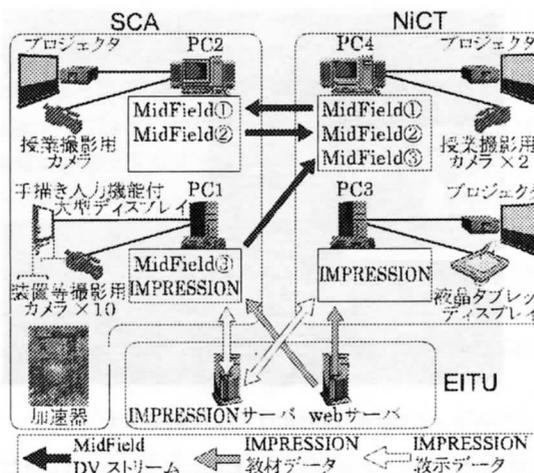


図 2: 機器構成と利用アプリケーション

やビデオ等の提示, スライドの切り替え提示, ポインタによる指示機能を利用できる。また, 実施した授業内容は記録され, 授業後にオンデマンド教材として利用できる。本システムの実行例を図 3 に示す。

今回, それぞれのアプリケーションを図 2 に示す環境において用いた。SCA の PC1 では, 授業に参加して加速器の解説を行うために IMPRESSION の端末を実行すると共に, 加速器の全景や加速器内のイオンビーム等の映像を NiCT へ配信するために MidField を実行した。PC2 では, SCA 内の講師の音声と映像を NiCT へ配信するために MidField を実行した。また, PC1 と PC2 では, 今回用いたアプリケーションの動作確認のために Ethereal<sup>[8]</sup> を実行してパケットのキャプチャを行い, 通信トラフィックの計測を行った。EITU のサーバ機では, IMPRESSION の操作内容を中継する授業管理サーバと, マルチメディア教材を配信する web サーバをそれぞれ実行した。NiCT の PC3 では, 授業進行のために IMPRESSION の端末を実行した。PC4 では, NiCT 内の教師と生徒の音声と映像を SCA へ配信するために MidField を実行した。

### 4 実験結果と考察

以上のシステム構成を基に, 遠隔授業形式の物理実験授業を実施した。図 4 は, SCA において撮影した運転結

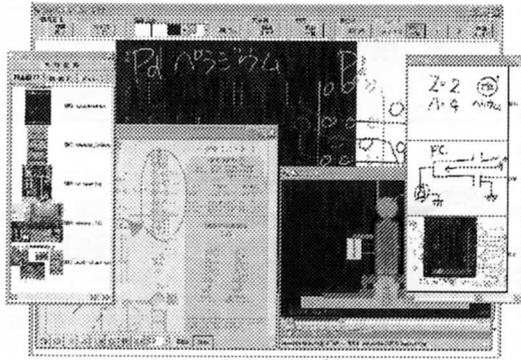


図 3: IMPRESSION の実行例

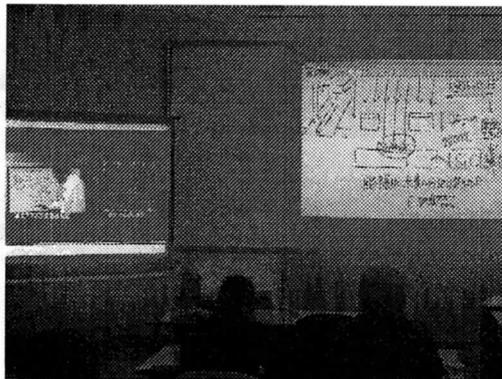


図 4: 遠隔物理実験授業の様子

果の試料と、これを解説する教師の映像が MidField により配信され、その際に行った IMPRESSION への描き込み内容と併せて NiCT 会場内に提示されている様子である。

#### 4.1 通信トラフィック

SCA の PC1, PC2 で計測した両日の通信トラフィックを図 5, 6 に示す。両日の結果を比較すると、2 日目に比べて 1 日目は通信量の変動が大きい事が分かる。

まず、1 日目の授業開始直後に PC1 の通信量が上昇している原因については、IMPRESSION の受講者端末が web サーバから合計約 853MByte の教材データをダウンロードしたためである。2 日目は教材データのキャッシュを利用したため、ダウンロードを行っていない。

次に、1 日目の授業終了間近に PC1 の通信量が一時的に上昇している部分以外では 2 日目より低い値を示していることが確認できる。PC1 では DV ストリームの配信を行っており、DV の規格では 28.8Mbps の帯域幅を必要とする。しかしながら、PC1 では約 20.0Mbps の通信量に留まっていた。この様に十分な帯域幅を用いずに通信を行っていた原因については、IMPRESSION の実装の効率化が十分ではなかったために PC の資源が不足し、DV カメラから IEEE1394 を介して入力されるフレームデータが欠落していたことによると考えられる。PC1 では加速器の全景やイオンビーム等の比較的動きの少ない映像のみを送信しており、音声は送信していなかった。このため、参加者は授業中にこの事態に気付くことは無かった。一

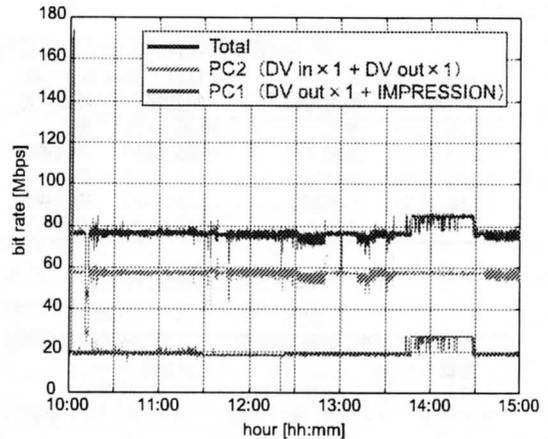


図 5: 1 日目の通信トラフィック

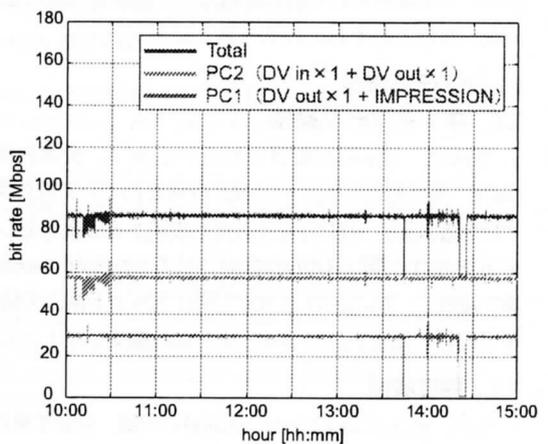


図 6: 2 日目の通信トラフィック

時的に通信量が上昇した原因については、IMPRESSION を起動していなかったため、PC の資源不足の問題が解消し、本来の帯域幅となったことによると考えられる。

最後に、2 日目に PC2 の通信量が 2 度大きく低下している事が確認できる。1 度目の低下の際には、PC1 では新たな利用教材の登録作業を行い、これに伴い PC2 でも教材データのダウンロードを行っている。このため、PC1 の資源が不足し、MidField が一時的に動作しなくなったと考えられる。2 度目の低下に関しては、PC の操作を誤り、MidField を停止してしまった事による。

以上の結果から、アプリケーションや、誤操作の問題が判明したものの、授業進行を妨げるほどの大きな問題は無く授業を終えられた。今回の様に 3 つの DV ストリームと対話型教授システムを用いた場合には、教材の取得を除き、約 100Mbps 程度の帯域により、十分に対話的な授業を実施できる事が確認できた。

#### 4.2 生徒からの評価

両日の授業終了後に生徒に本授業への評価を求めた。質問用紙は 15 名に配布し、14 名から回答を得た。回答結果の内、音声と映像の通信に関する択一選択式の質問への回答結果を図 7, 8 に示す。

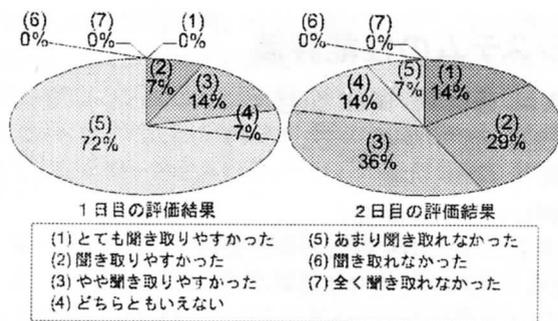


図7: 遠隔サイトの教師の音声に対する評価

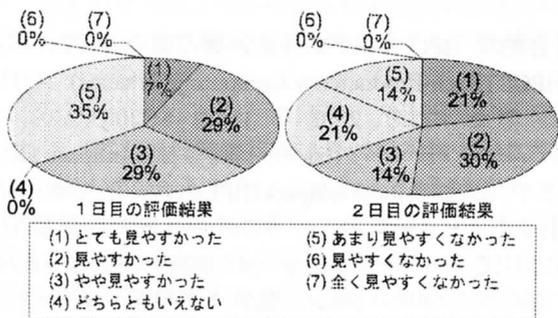


図8: 遠隔サイトの教師の映像に対する評価

1日目の音声に対する評価が低いですが、この原因については、1日目はSCAで用いたマイクの調整を的確に行えなかったため、NiCTに届く音声の音量が小さい、エコーやハウリングが起こる等の問題が発生したためであると考えられる。この問題は2日目には改善されている。

また、同様に1日目の映像に対する評価も比較的低い結果となったが、この原因については、1日目にSCAで用いたカメラのコードが外れ、映像配信が停止するアクシデントが発生したことによると考えられる。映像の品質には問題はなかったものの、このアクシデントが生徒の印象に強く残った事が考えられる。

#### 4.3 教師とTAからの評価

実験授業後に教師とTAに本授業で使用したシステムの機能、並びにこれによる遠隔授業環境に関して自由記述式による評価を求めた。質問用紙は7名に配付し、全員から回答を得た。

システムの機能に対する評価では、「静止画、動画、webページによる教材を容易に提示でき、これに描き込みを加えられる教示方法は有効」や「説明箇所に合わせてポイントを意識的に使うなど、遠隔ならではの授業方法が必要」といった回答を得られた。これらの結果から、今回用いたIMPRESSIONにより、遠隔授業においても十分な教示が可能であり、遠隔授業を意識した利用を行う事で、さらに効果的な教授が可能である事を期待できる内容であったと考えられる。

次に、遠隔授業の環境に対する評価では、「カメラ目線を意識する事と、そのための撮影方法を考慮する事で、コミュニケーションの臨場感を損なわない方法が必要」や、

「加速器の大きさ・迫力や、操作する臨場感・実感を伝える方法を考慮する事で、授業全体に対する意識を損なわない方法が必要」という回答を得られた。これらの結果から、遠隔授業における動機付けや、そのための方法を再考する必要があることが明らかになった。また、今回、マイクの音量調整等の不備や映像通信の切断等の不慮の事態が発生した。このような際に「生徒に不安感を与えないようにする必要」や「機器やスタッフの整備、相互協力と鍛錬が必要」であることは本授業に参加した教師とTAの共通見解であった。

#### 5 まとめ

今回、高校生を対象とした高大連携授業の一環として、JGN II回線を介して、マルチメディア通信システムMidFieldと対話型教授システムIMPRESSIONを利用して、東北大学工学部に設置されている大型実験装置を用いた物理実験授業を遠隔授業形式で行った。

評価結果から、今回用いた通信ネットワークや、アプリケーションにより十分な授業を実施できることが明らかになった。しかしながら、コミュニケーションや実験装置の臨場感を如何に伝えるか、また、遠隔授業を意識した教示方法など、遠隔授業ならではの教授方法を確立する必要があることが明らかになった。

今後、今回の結果を基に授業内容や教授方法を再考し、今回の様な加速器を用いた実験授業へ多地点から参加する形式へ拡張した遠隔授業を検討する予定である。

#### 謝辞

本実験授業に御協力頂きました岩手県立盛岡第一高等学校 互野恭治先生、参加して頂きました生徒の皆さん、ネットワークの整備においてお世話になりました東北大学情報シナジーセンターの方々、東北大学情報科学研究科曾根研究室の方々にこの場を借りて御礼申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 渡辺健次, 大谷誠, 田中久治, 飯盛義徳, 近藤弘樹: ギガビットネットワークによる高精細映像を用いた遠隔講義の実践, 日本教育工学会誌 Vol.25 pp.149-154 (2001).
- [2] Aiguo He, 加羅淳, 程子学, 郷健太郎, 小山明夫, 程同軍, 今宮淳美: RIDEE-SPS: リアルタイム双方向遠隔教育環境のプレゼンテーションシステム, 情報処理学会論文誌 Vol.44, No.3, pp.700-708 (2003).
- [3] リクルート社: 大学の授業を高校に「開放」する動き出した「高大連携」, カレッジマネジメント Vol.18, No.4, pp.41-57 (2000).
- [4] 小山田誠, 岩崎信: 物理分野における高大連携課外授業の実施報告と展望, 日本教育工学会 第20回全国大会講演論文集 pp.669-670 (2004).
- [5] JGN2 HomePage, <http://www.jgn.nict.go.jp/>
- [6] 橋本浩二, 柴田義孝: 利用者環境を考慮した相互通信のためのミドルウェア, 情報処理学会論文誌 Vol.46, No.2, pp.403-417 (2005).
- [7] 樋口祐紀, 三石大, 鈴木克明: ネットワーク上の共有教材の対話的提示が可能なインストラクションシステム, マルチメディア通信と分散処理 (DPS) ワークショップ論文集 Vol.2003 No.19 pp.227-232 (2003).
- [8] Ethereal: A Network Protocol Analyzer, <http://www.ethereal.com/>