

# 臨場感をともなう演奏用遠隔教育システム

荒 新吾

法政大学大学院工学研究科機械工学専攻

田中 豊

法政大学工学部機械工学科

近年、コンピュータを用いた教育（CAI）が様々な教育の分野で実験的に行われている。しかし従来のCAIは、コンピュータの性能やデータの通信速度の限界により、テキストや静止画像を中心に構成された臨場感に欠けるものが主であり、教材などの適用分野も限られていた。本研究では、臨場感をともなう遠隔教育システムの開発の一環として、バーチャルコンサートホール概念を用いた遠隔教育システムの構築を行う。全体のシステムと教育用アプリケーションの開発を行い、システム上での試験運用の結果からシステムの評価と検討を行う。

## 1. はじめに

近年、パーソナルコンピュータの普及と高性能化にともない、コンピュータとネットワーク通信を用いた遠隔教育が様々な教育の分野で実験的に行われている<sup>[1][2]</sup>。こうしたコンピュータを用いた教育(Computer Assisted Instruction: CAI)は、映像や音声教育に持ちこむことにより、文字だけではわかりにくい事柄を効果的に学習者に伝えることが期待できる<sup>[3]</sup>。しかし従来のCAIは、コンピュータの性能やデータの通信速度の限界により、テキストや静止画像を中心に構成された臨場感に欠けるものがほとんどであり、教材の適用分野も限られていた。

最近では、通信衛星やインターネットを利用した遠隔教育システムを導入する大学や、テレビ会議システムを使って授業を行う英会話教室も見られるようになってきた。しかしこれらの方法は、実際に授業を受けるための機材が非常に高価であったり、学習者に講義室と同じような臨場感を提示できなかったりするといった欠点を持っている。

そこで本研究では、こうした問題を解決し、臨場感をともなう遠隔教育システムの開発の一環として、より安価で容易に使用することのできる音楽を用いた遠隔教育システムの開発を行う。また、試作開発したシステム上で模擬的に音楽の遠隔授業を行い、その運用をとおしてシステムの評価と検討を行う。



図1 バーチャルコンサートホール

## 2. システム構成

### 2.1 バーチャルコンサートホール

図1に本研究で開発した演奏用遠隔教育システムの概念図を示す。このシステムの核となるのは、ネットワーク参加型のバーチャルコンサートホールである。このバーチャルコンサートホールは、コンピュータ上に構築した仮想的な空間に複数のユーザーがインターネットなどのネットワークを使って参加し、リアルタイムに音楽を共演することができる仕組みである。参加者の一人が演奏を行う（音を発すると）、ネットワークを介してその演奏音が他の参加者に配信される。これを複数の場所から同時に行うことによって、あたかも参加者全員が同じ空間を共有し、演奏参加者が共演しているような感覚が得られる。

### 2.2 ハードウェア構成

図2に構築したシステムの構成を示す。システムでは遠隔地より音楽の授業を行う教員側のパーソナルコンピュータ (Teacher PC) と授業を受ける複数の参加者のパーソナルコンピュータ (Student PC) が、LANまたはインターネットを介して接続されている。参加者らは教員のPCを仮のサーバとして、ピアツーピアでお互いに接続される。教員と学生のそれぞれのPCにはCCDカメラとヘッドフォンが接続されており、双方の演奏音とその様子を動画像と音声として提示する。

音楽の演奏を行うために、PC付属のキーボードを仮想的なピアノの鍵盤として使用する。キーボードのキーを押すことで、ピアノ鍵盤のように音を出し、接続先にもその演奏音を送信する。

### 2.3 ソフトウェア構成

図3にソフトウェア構成の概略を示す。実際に遠隔地からの音楽教育を行うためには、演奏データやCCDカメラによる映像の送受信、指導用の楽譜の提示、文字または声による会話といった様々な機能が必要である。本研究では、演奏データの送受信以外の機能を安価に実現するために、Microsoft社のMicrosoft Net Meeting (MNM)

を使用した。MNM は専用のサーバ(ILS)に参加しているユーザー間で上記の機能を実現するアプリケーションである。

演奏データの送受信には、Visual C++を用いて作成したアプリケーションのバーチャルコンサートホール(Virtual Concert Hall: VCH)を使用する。このアプリケーションを起動し、他のPCと接続した後にキーボードを叩くと、自身のヘッドフォンから音が聞こえ、同時に演奏のデータが接続先の複数のPCに送信される。音を受信した側のPCは、送られてきた複数の演奏データを自身のPCでミキシングし、ひとつの音楽としてヘッドフォンから再生する。

MNM は VCH のメニューに張られたリンクから起動する。教師と生徒は MNM の機能のひとつであるチャットと呼ばれるネットワークを介した文字会話のソフトを使用して、適宜ディスカッションを行いながら交互、もしくは同時に演奏をすることにより、音楽の授業を行う。また、一対一ならば CCD カメラを使用して、お互いの様子を動画像で送受信することもできる。図 4 にソフトウェア稼動時の PC 画面の一例を示す。

VCH の中では演奏データとして MIDI 形式<sup>[4]</sup>を採用している。MIDI とは音声そのものではなく、楽器の種類や音階、音の強さなどを記した楽譜データであり、データ容量が生音にくらべて格段に少ないので、データ転送の負担を軽減することができる。

### 3. 模擬授業とその評価方法

構築したシステムを用いて実際に音楽の実験模擬授業をおこなった。実験ではピアノのレッスンを想定し、「かえるの歌」を題材として、10人の被験者を2人1組で5組にわけ、5回の演奏授業を行った。またこれらの授業を10人の第三者に鑑賞者としてPC上で見学してもらった。図5にこの授業風景を示す。

まず教師は生徒達に、音階練習やテンポの刻みかたの練習をさせ、基礎を磨かせる。この練習を続けていくうちに、ある程度技術の向上が見られてきたら、教師は演奏する楽譜の画像データをMNMで生徒に送り、まず自分が模範演奏を行う。ついで生徒たちにもひとりずつ練習をさせ、その後その内容についてディスカッションを行う。さらに生徒が二人ともきちんと弾けるようになったら、輪唱の形式で一緒に演奏させることにより、共演の技術を磨く。最後に発表会として、演奏を鑑賞者に聞いてもらい、演奏の感想をアンケート調査する。

演奏終了後、生徒である被験者と鑑賞者である被験者に、(1)ネットワークの通信時間遅れによる演奏遅れの体感評価、(2)音質、(3)システム使用上の問題点、(4)音楽鑑賞ツールとしての評価(鑑賞者のみ)、(5)教育ツールとしての評価(生徒のみ)、の五項目についてアンケートをとり、システム性能を評価した。

### 4. 評価結果および考察

#### 4.1 通信時間の遅れ

被験者 20 人全員が、音楽を演奏もしくは鑑賞するにあたって、通信時間遅れはまったく気にならなかったと回答した。各生徒とも技術が向上するにしたがって、輪唱形式の演奏もまったく滞ることなく演奏できるようにな

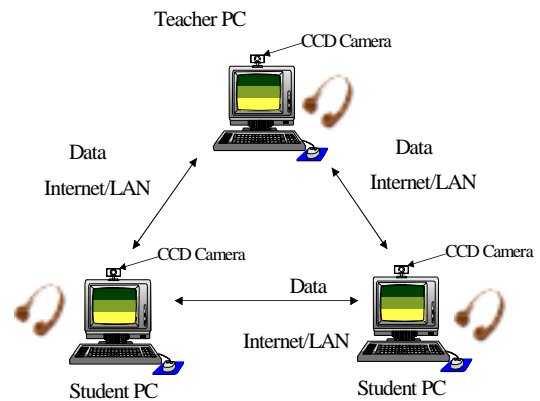


図 2 ハードウェア構成

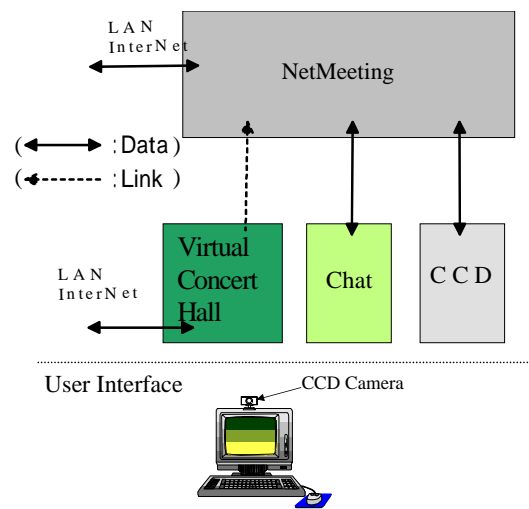


図 3 ソフトウェア構成

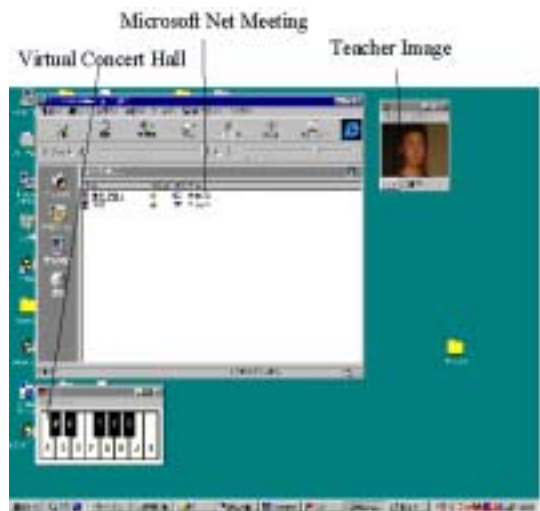


図 4 ソフトウェア稼動時の画面イメージ



図5 授業風景

った。この結果からデータ量の小さいMIDIデータを使用した楽器は、ネットワークを用いた遠隔教育システムの中で有効に機能することがわかる。なお今回の実験は150メートル程度の距離しか離れていないローカルなネットワーク内での実験であり、より遠隔地を結んだ実験では通信時間の遅れが大きくなることも予想される。

#### 4.2 音質

半数の被験者からは概ねよい評価を得た。しかし「音に伸びがない」「強弱がない」と答えた被験者も半数以上いた。これはPCのキーボードを鍵盤として使っている以上、ある程度はさけられない問題である。しかしインターフェイスを各楽器メーカーの販売しているMIDI楽器に変更したり、演奏音にプログラム上の音加工処理を施したりすることにより改善できると考えられる。

#### 4.3 システム使用上の問題点

本システムの問題点として、演奏者である生徒側からは、キーボードの弾きづらさ、チャットの使用の難しさ、指揮者の不在によるタイミング取得の難しさなどが挙げられた。弾きづらさに関しては、市販のMIDI楽器に変えることで改善できる。チャットの難しさは、文字による会話の代わりにMNMの音声機能を使ってマイクで話をすることで改善できる。しかし会話は通常、演奏後のディスカッション時のみ行うので大きな問題とはならないと考えられる。指揮者の役割は基本的に教師が行うこと

になっている。しかしそれとは別に、PC画面上に仮想指揮棒や仮想メトロノームを表示するなどしてタイミングを合わせる機能をアプリケーションに付与すれば教師の負担が減り、また学生が自主的に演奏を行うことができるので、より効果的な授業を行うことができると考えられる。今後は、時間遅れの問題も考慮しながら、この機能を追加する必要がある。

鑑賞者である被験者からは、生徒の楽器がどれも同じなので誰が演奏しているのかわかりづらいとの評価を得た。この問題は各学生の楽器を、MIDI情報の上で、それぞれ音色の違う楽器に割り当てることで解決できる。

#### 4.4 教育ツール・音楽鑑賞ツールとしての評価

生徒役になった10人の被験者の回答では、8人から教育用ツールとして有効であるとの評価を得た。残りの2人は、メトロノームなどの機能を追加すれば使用に耐えうると回答した。今後はより完成されたシステムにするため、必要と思われる機能を付加していく必要がある。また聴衆として参加した10人の被験者からは、鑑賞ツールとして概ね良いとの評価が得られた。

#### 5. おわりに

本研究では、MIDI形式の音楽データを利用した安価で容易に使用できる遠隔音楽教育システムの提案と試作開発を行った。実験により本システムは通信時間遅れをほとんど感じさせることなく、演奏を行えることがわかった。また数回の模擬授業をとおして、教育ツールとしての有効性を確認した。今後は本システムを基礎に、学習者がより能動的に興味をもって学習することができる機能を付加していき、さらなる総合的な音楽教育システムとしての完成を図る予定である。

#### 参考文献

- [1] Andrea R. Gooden, Computer in the Classroom, NTT出版, 1997.
- [2] 森田, 高田, 大成, 東, イントラネットを利用した経営システム工学の導入実験, 情報教育方法研究論文誌, 1998.
- [3] 田中, 中井, 松山, 岩崎, 次世代遠隔教育支援システムの開発, 法政大学計算科学研究センター研究報告, 12, pp.13-16, 1999.
- [4] 田辺, Windows サウンドプログラミング 音の知識 x プログラミングの知識, 翔泳社, 2001.

キーワード.

CAI、ネットワーク、音楽教育、バーチャルコンサートホール

.....

Summary.

**Immersive Distance Learning for Playing on Musical Instruments**

Shingo Ara

Graduate School of Engineering, Hosei University

Yutaka Tanaka

Department of Mechanical Engineering, Hosei University

Recently, Computer Assisted Instruction (CAI) class has been experimentally carried out in wide variety of education and training. It is effective for students in class to learn by using motion pictures and real sound. Conventional CAI systems have consisted of text and still images based on contents without a sense of reality. There are a few exceptions, but a special hardware and software for processing the contents are expensive. The purpose of this study is to develop a musical instruments learning system communicated by network between some users. Each user such as teachers and students are connected and collaborate with another users in the musical contents. In this system every user are virtually located in a virtual concert hall and share the same time and same music contents. Performance of the developed learning system is experimentally investigated for twenty subjects as the users in music class. After the users collaborate and practice a predetermined music for playing the virtual keyboard in the class, the audience appreciates and evaluates the playing of the keyboard in the virtual concert hall. Almost the entire subjects are pointed out that the learning system has good performance for playing on the music keyboard. There are some problem about the sound quality and operation of the virtual keyboard in the system. Commercial available MIDI instruments are effective to solve these problems.

Keywords.

CAI, Network, Music Education, Virtual Concert Hall