インタラクティブな遠隔講義の為の簡易型多地点中継システムの実現

佐藤貴子

Inexpensive multi-point control unit for the interactive distance education

Takako SATO

In this paper we present an inexpensive Multi-point Control Unit of the Interactive Multimedia Education System (IMES) for the interactive distance education. The importance of the joint researches and the collaborative educations is increasing nowadays where the globalization is expanding in various fields. To realize the continuous collaborative educations/researches, we have already developed the IMES for the distance education through the internet network. By using IMES, we can broadcast the lecturer's voice, the lecturer's camera image and the presentation image with the laser pointer position. In addition, we can share the students' voice, the students' camera image and the laser pointer position. So we can discuss and question/answer in real time.

To share the lecture at more than three places, we have to use the multi-point control unit. The commercial product of multi-point control unit are too expensive to introduce. So we have developed the multi-point control unit inexpensively.

Keywords：Distance Education, Interactive Multimedia Education System, Multi-point Control Unit

1.　はじめに

インターネット網の世界的な整備により、世界中の人と自宅や職場に居ながらにしてコミュニケーションをとることは今や日常的となっている。電子メールやSNSでの交流はもちろん、skype等によるボイスチャットも今や海外との間で使われるようになってきた。

一方、グローバル化社会の進む今日では、環境問題や経済問題、安全保障の問題など、地球規模で影響を及ぼす事柄は非常に多くなってきており、国をまたいだ研究、調査、討論の重要性は高まっている。全体をマクロな視点でとらえると同時に、地域ごとに存在する特有の問題にも目を向けるためには、国や地域を超えた共同研究、共同調査、研究討論や合同授業の開設等は重要な要素である。しかしながら、講義や討論の度に直接研究者が各地に赴くには物理的・金銭的制約があり、毎週決まった時間に全員が参加する講義を実施したり、通常研究室で頻繁に行われているような輪講や打ち合わせを国や地域をまたいで行ったりすることはまず不可能である。

筆者が昨年度まで在籍していた横浜国立大学では、平成21年に、科学技術戦略推進費「リスク共生型環境再生リーダー育成」プログラム（平成 21～25 年度、実施代表者：金子信博）が採択された。これは、アジア・アフリカの9ヶ国（インドネシア、マレーシア、タイ、フィリピン、ベトナム、中国、ケニア、マダガスカルと日本）の9大学で環境問題について考える教育プログラムであった。地域の発展に伴い環境問題が起きることは避けられないが、かといって発展を止めることはできない。そこでいかにして環境リスクと共存しながら地域の発展を目指したらよいかを考え、次世代を担うリーダーを育成することを目的としていた。一言で環境リスクといっても地域ごとに抱える問題は大きく異なる。そこで、各拠点の研究者・学生たちが頻繁かつ活発に議論を行い、相互の問題を理解し、解決への糸口を話し合う必要があった [1]。

ICT 技術を生かした教育上の取り組みとして近年注目を浴びている MOOCs（ムークス：Massive Open Online Courses） [2] [3]は、世界中に点在する膨大な数の受講生へ向けた公開講義には適しているものの、一般的な講義の人数規模でグループワークや発表・討論を伴いリアルタイムに議論する授業形態には適していない[i]。

そこで我々は、既に横浜国大－横浜市大間で取り組まれていた遠隔講義による授業を行うことを考えた。

文部科学省「魅力ある大学院教育」イニシアティブ「医学情報処理エキスパート育成拠点の形成」（平成17～18 年度、実施代表者：有澤博）、ならびに大学院教育改革支援プログラム（大学院 GP）「医療・福祉分野で活躍できる情報系人材の育成」（平成 19～21 年度、実施代表者：有澤博）の 2 つの教育プログラムでは、主に工学的背景をもつ横浜国立大学の大学院生に、横浜市立大学大学院医学研究科（修士課程）の基礎講義を聴講させていただくプログラムである。地理的に近いとはいえ公共交通機関で 1 時間弱かかるため、教員や学生が物理的に移動して受講することはスケジュール的に困難であった。そこで、上記のようなインタラクティブ性を重視したツールとして、新たに講師と受講生が互いに顔を見、かつ高精細な討論資料を共有し、互いに資料を指し示しながら講義や討論を行えるシステムとして、IMES (Interactive Multimedia Education System)を開発した。本システムでは、講師と受講生の互いのカメラ映像、および音声をリアルタイムに双方向にやり取りができると同時に、投影資料（パワーポイントなどのプレゼンテーションファイル等）をレーザポインタの軌跡とともに共有し、講師がどこを指し示しながら話しているかについても共有できるようにしている。レーザポインタは受講生の側からも指し示すことができ、質問や討論を行う場合でも双方向にやり取りが行える。なお、カメラ映像と音声の伝送には現在は市販の TV 会議システムを利用している [4] [5]。

IMES を、国内 2 大学での遠隔講義から海外 9 大学での多地点遠隔講義で利用するにあたって、問題となる点は 2 つあった。1 つはインターネット回線の速度が地点ごとに大きく異なり、もっとも回線速度の遅い地域では単純に教室のカメラ映像と投影資料の 2 画面を共有することが難しかったこと、もう 1 つは双方向ではなく多地点で接続し、お互いに他の 8 地点の様子を映す映像・音声が全部見聞きできるようにすることであった。

1 つめの回線速度については、IMES での通信方式を工夫し、インターネット回線の使用容量の節約にも取り組んだ。インターネット網の整備状況は国ごとに大きく異なり、日本のようにほぼ全戸に高速インターネット網が普及している国ばかりではない。我々は、アジア・アフリカ地域の複数大学との遠隔講義実現のため、投影資料・レーザポインタの軌跡の共有に使う伝送容量を下げ、より円滑な遠隔講義の実現に取り組んできた。その結果、映像・音声の相互伝送には市販の TV 会議システムを用い、並行して投影資料共有システムを用いて投影資料（パワーポイントなどのプレゼンテーション資料）を全地点と共有することができるようになった。この詳細については文献 [4]に記述している。

2 つめで、問題となるのが市販の TV 会議システムにおける最大接続地点数である。我々は、9 ヶ国 9 大学を結んでの遠隔講義を目指していたが、通常の TV 会議システムは 1 対 1 接続が主であり、オプションを加えても最大 3～6 地点での接続が限度であった[ii]。多地点接続専用のサーバを導入することで数十～数百地点の同時接続が可能にはなるが、導入には数千万以上の投資が必要であり、1 大学・1 プロジェクトでの導入は不可能であった。

そこで我々は、市販の TV 会議システムを組み合わせて 10 地点～15 地点での接続を可能にする、簡易型 MCU (Multi-point Control Unit) を構築することを考えた。

本稿では、まず IMES のシステム概要と従来の多地点オプション付き TV 会議システムの機能と働きについて述べたうえで、簡易型 MCU の考え方と要求される機能を整理し、実際に構築した簡易型 MCU について述べる。

2.　IMES によるインタラクティブな講義

前章で述べてきたとおり、本稿が対象とする遠隔講義はグループワークや発表・討論を伴うようなインタラクティブ性の強い講義を対象としている。その上で、必要となる技術要素は以下と考えた。

①　講師と受講生のカメラ映像が相互に見える
②　講師はもちろん、受講生側の音声も講師・受講生全てに聞こえる
③　投影資料（パワーポイントなどのプレゼンテーション資料）を細かい文字や図・グラフが読める程度に高画質に共有できる
④　投影資料中のどこを指示しながら話しているか、も共有できる

市販の TV 会議システムは、本来、企業の本社－支社間の会議などを想定して作られており、専用のインターネット回線を引くなど高速なインターネット環境下であれば上記のうち、①・②と投影資料の共有は TV 会議システム単体でも実現できる。しかし、回線速度が遅いと映像・音声のリアルタイム性が優先されてしまうため、投影資料の画質が非常に悪く文字が読めない、数分程度遅延して届くなど、ほぼ実用に耐えない。

そこで我々は、①②の基本的な映像・音声の伝送を TV 会議システムで行い、③④は投影資料・レーザポインタ共有システムを並行して用いることとした。特に投影資料・レーザポインタ共有システムでは講義中の伝送容量の節約に取り組み、インターネット回線の狭い地域との遠隔講義を実現した。

IMES における基本的な送受信の概念は次の図 1 の通りである。

基本的には各教室では、講師や他の教室（3 地点以上の場合）の様子を写したカメラ映像の画面と、投影資料を映す画面の 2 画面を装備する。投影資料とレーザポインタ位置は映像・音声とは別に共有される。

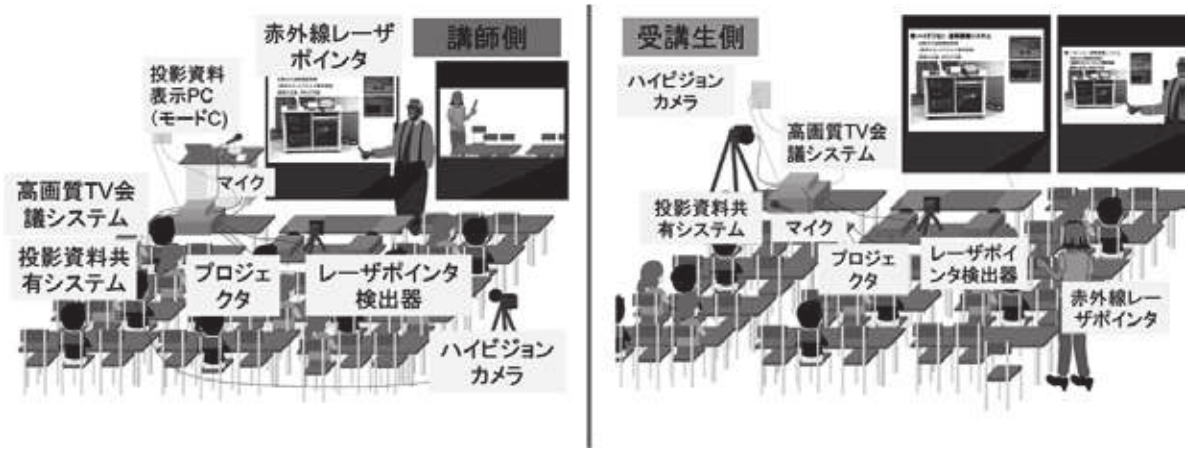


図 1　IMES を用いた基本的な遠隔講義の概念

2.1.　TV 会議システムによる映像・音声の伝送

カメラ映像は最も説得力のある基本的な情報やりとりの手段であるが、データ量の多さゆえ、インターネット回線で安定して伝送するためには技術上の困難があり、それを克服するための多くの研究開発が行われてきた。

要求される技術としては、Internet 上に 1 対向、あるいは複数の拠点間で大量のデータ（映像、音声）が流れるため、データ圧縮技術等を駆使し、リアルタイムに確実に送信再生することが基本である。TV 会議システムではハードディスクレコーダ等でも用いられている H.264 という方式で、データ量を圧縮しながらも人間が見て不自然でない映像のエンコード・デコードが可能となった。

2.2.　投影資料・レーザポインタ共有システム

大学等の講義では、講師の講義資料や学生のプレゼンテーションなど、パワーポイント等の投影資料を用いることが非常に多い。しかも、説明文のみならず、添え字付きの数式や化学式、地図やグラフなどの細か

い図表、精細な写真やアニメーションなど、様々なコンテンツを盛り込んだ資料が多い。2.1 で述べた H.264 方式はカメラ映像の伝送には向いているが、細かな文字や精細な図・写真を高画質に伝送するには不十分である。しかし、画面の解像度を XGA（1024×768 ピクセル）と仮定すると、1 画面のデータ量は 19M ビットにもなってしまい、データ圧縮は必要不可欠である。画像の圧縮手法は様々あるが、文字が中心の場合、写真の場合、グラフなどが中心の場合などにより画質劣化が少なく圧縮効率の高い圧縮方式が異なるため、一律に高効率の圧縮方法を使うことができない。

そのため、IMES で我々が開発した方式では、共有しないといけない投影資料を講義直前までに予め共有しておき、講義中にはページ替えやレーザポインタの軌跡など、リアルタイム性を要する非常に軽いデータだけを共有することとした。しかしそのためには授業に参加する全サイトに対してその日の全授業に必要な投影資料を確実に届けておくことが必要である。我々はそれを PMCU（Presentation Multipoint Communication Unit）という簡単なサーバを立てておき、このサーバに事前に講義用の投影資料をファイル化してアップロードしておき、一方各受講サイトは講義前までの好きな時にサーバからファイルをダウンロードするという方法により解決した。現在の PMCU はノート PC 程度の簡単なものですみ、配信サイト数も 20 以上と十分な性能を持っている。この投影資料の共有方式を我々は『モード B』プレゼンテーションと呼んでいる。概念図を図 2 に、実際の講義風景を図 3 に示す。

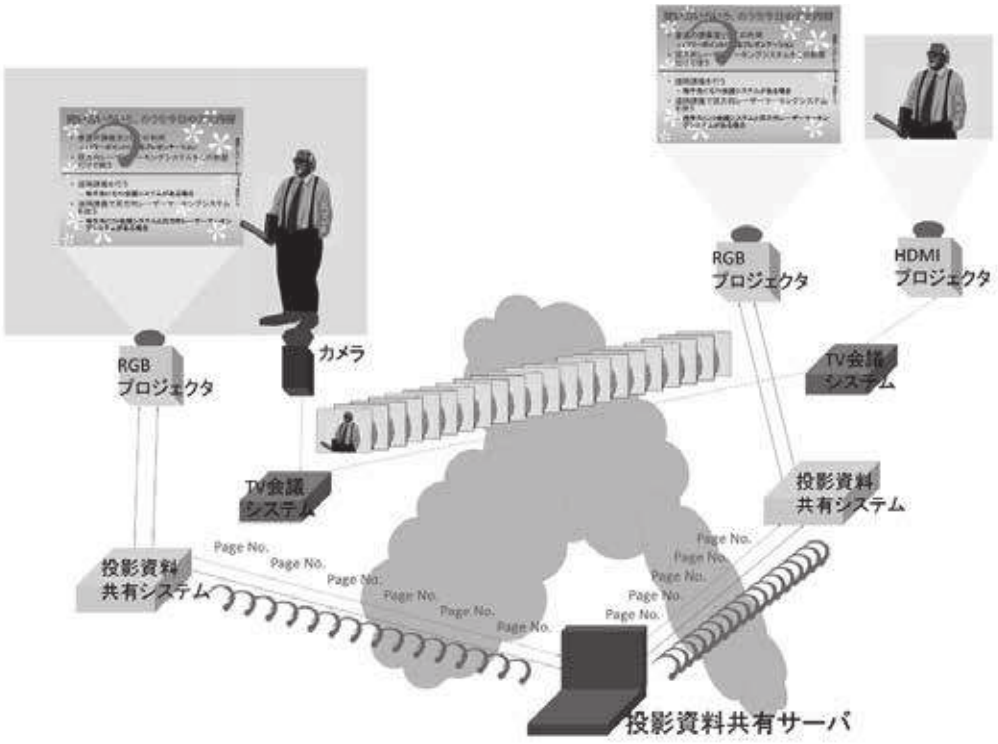


図 2　モード B による投影資料・レーザポインタ軌跡の共有



図 3　IMES を用いた講義風景（2 地点の場合）

3.　簡易型 MCU の必要性と要件

3.1.　　多地点接続オプション付き TV 会議システムの機能と働き

1 対 1 接続の TV 会議システムでは、一方の TV 会議システムから接続先 TV 会議システムの IP アドレスを指定するなどして双方向通信を開始するが、多地点接続の場合では参加箇所のうち一か所の TV 会議システムに多地点接続オプションをインストールし、この地点と全ての他の参加地点とが双方向通信を行うことで多地点接続を開始する[iii]。多地点接続オプション付き TV 会議システムが全体の通信のホストとなっているようなイメージとなり、表示画面の画面分割の切り替えはホスト側のみで行え、他の地点はホストから配信された映像を受診して表示することとなる。

通常の通信では、TV 会議システムでは、通信の開始・終了、音声のミュート、相手側の自分側の表示画面の切り替え（ピクチャーインピクチャーで相手側の映像の中に小さく自分側の表示画面を埋め込むなど）をリモコン操作等により行う。多地点接続オプション付き TV 会議システムではこれに加え、細かな画面分割等の表示切り替えに関する操作を行うことができる。

画面分割の種類はおおむね以下の通りである（図 4）。

①　分割モード

接続地点が 4 地点以下の場合は画面を 4 分割して全地点を表示する。5～6 地点の場合は、1 地点を右下に大き目に、残りの地点をその周囲に配置する。この際、どの地点を大き目に映すかは、手動で指定するモードと、自動で音量最大の地点に切り替わるモードがある。

②　フルスクリーンモード

どこか 1 地点の映像を画面全体に移す。この時、残りの地点の映像は見えなくなる。どの地点を映すかは、手動で指定するモードと、自動で音量最大の地点が映るモードがある。

我々の運用では、講義中に全地点の様子を確認するため、接続地点が 6 地点以下の際には講義の進行に合わせて以下のように切り替えていた。

- 司会・講師が話す時や、学生がプレゼンテーションを行うとき：
  話者（司会・講師・発表者）がいる地点を大き目に映るように分割画面とする
- 質問を募る間：
  発言する地点がわかりやすいよう、音量最大の地点が大き目に映るように分割画面とする

- 話者によるデモンストレーションなど特に映像を大きく映したいとき：
  話者の地点をフルスクリーンモードとする

次節より、これと同等の機能を 7 地点以上が参加した多地点接続による講義で行う手法について述べていく。



図 4　多地点接続における画面分割の種類

3.2.　簡易型 MCU の必要性

これまでに述べた中で、投影資料やレーザポインタの軌跡については、既に我々が開発したシステムで 20 地点以上での共有が可能となった。しかし、市販の TV 会議システムを用いた映像・音声の共有は 1 対 1 での接続が基本セットとなっており、多地点中継のためには専用のサーバないしオプションの導入が必要である。

専用のサーバでは数十～数百地点の同時多地点接続を行うことができ、抜粋した数地点のカメラ映像の分割画面の中継や発言者のいる 1 地点を大写しするなど画面の配置を自由に変えられるフレキシビリティがある。しかし、前述のとおり導入には数千万円以上の投資が必要であり、1 大学の 1 プロジェクトで導入することは不可能である。

一方、国立情報学研究所では、学術認証フェデレーションを通じて MCU サーバの貸し出しを行っている[7]。これは、事前予約することで MCU サーバをネットワーク越しに操作しながら多地点中継を行うことができるサービスであり、利用できるサーバ数は日本全体で 4 台である。そのため、たまに行う研究ミーティングやシンポジウム等のイベントでの利用は考えられるが、講義のように毎週決まった時間に 1 時間半～2 時間程度、通年で占有することは難しいといえる。

そこで我々は、多地点接続オプションを導入した市販の TV 会議システムを複数台組み合わせ、安価に 10 地点以上の多地点接続を実現することを考えた。

3.3.　簡易型 MCU の要件

これまでに述べたとおり、投影資料は並行して投影資料共有システムで共有することから、TV 会議システムではカメラ映像と音声のみを共有すればよい。簡易型 MCU の構成には SONY 社製 PCS-XG80 の MCU オプションインストール済みのものを用いることとした。

ここで、簡易型 MCU に求められる要件を考える。

① カメラ映像は、一方的に発言者の地点のみを配信するだけでなく、全地点で双方向に観ることができる
② 講師側のみならず学生側からも発言できるようにし、全ての音声は全地点に配信できるようにする

③　講師のプレゼンテーションや学生の発表などある１地点が中心になって話しているときと、全体での討論中や全地点から質問を募っているときなど、状況に応じて画面の配置を切り替えることができる

PCS-XG80 では、MCU オプション導入済みの２台をネットワーク越しに相互接続することで 10 台での多地点接続ができる機能はあるが、この機能利用時は通常と異なり、画面の配置が「話者（音量が最大の地点）の映像の全画面表示を配信する」しか選べない。そのため、質問を募る際に司会者の映像しか見えず、どこかの地点で挙手していても見えない、同時に２地点以上が発言してもマイクのボリュームが大きいところのみ表示されてしまうため残りの地点は無視されてしまうなどの問題があった。

そこで、我々は、ネットワーク越しではなく物理的に多地点接続機能付き TV 会議システム同士を接続して簡易 MCU を構築することを考えた。

通常、TV 会議システムで映像・音声をやり取りする場合、カメラ、マイク、プロジェクタ、スピーカを接続する。入力はカメラで撮った自分側の映像とマイクに入る自分側の音声であり、出力はネットワーク越しに送られてきた相手側の映像と自分側の映像を合成したものをプロジェクタに、相手側の音声をスピーカに送る。このプロジェクタ出力の信号をもう１台の TV 会議システムのカメラ映像の代わりに入力し、スピーカへの出力新語を相手側のマイクの代わりに入力してやることで、直接接続していない地点の映像・音声を配信できるようにするしくみである。２台で構成する場合の配線の概念図を図 5 に示す。

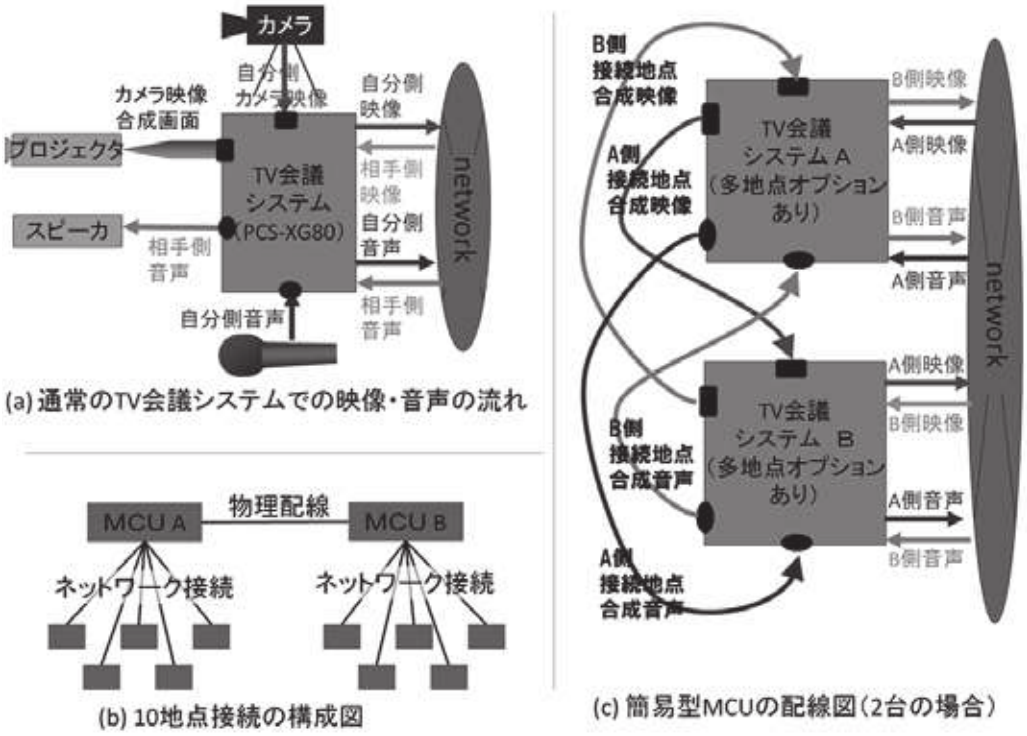


図 5　簡易 MCU の構成の概念図（2 台構成の場合）

配線そのものは単純な考え方であるが、このシステムを実運用で使う場合には大きな問題がある。それは、同時に２台の TV 会議システムをそれぞれ適切に操作しないと、望んだ配置の画面を表示することができないことである。例えば、TV 会議システム A に接続した３番目の地点を大き目に映して分割画面にしたい場合は、

- A 側：3 番目の地点を大き目にする分割画面
- B 側：自分自身を大き目にする分割画面

のように操作して初めて A 側･B 側両方の地点から A 側 3 番目の地点が大き目に映るようになる。そのため、2 台の TV 会議システムには違う操作を行うが、講義中、特に質疑応答など頻繁に切り替えが必要な場合に、咄嗟に最適な操作を選ぶことは非常に難しい。

そこで我々は、TV 会議システムと PC を有線接続し外部から操作できる機能を用いて 2 台の多地点接続機能付き TV 会議システムを同時に操作するシステムを構築することにした。

4.　TV 会議システム 2 台による簡易型 MCU の構築

まず、我々は図 4 に示した 2 台構成の簡易型 MCU を構築し、最大 10 地点での接続を可能にした。

今回、我々が使用した機器は以下の通りである。

- ソニー社製 TV 会議システム PCS-XG80（多地点接続オプション付き）　2 台
- 簡易型 MCU 操作用ノート PC　1 台
- HDMI→Component 信号変換器（Cypress Technology 社製 CP-292）　2 台[iv]
- HDMI 分配器　2 台
- HDMI ディスプレイ　1 台

これらを図 6 の通りに配線した。HDMI 分配器と HDMI ディスプレイは、現在の簡易型 MCU の画面を確認するためのモニタとして使っている。

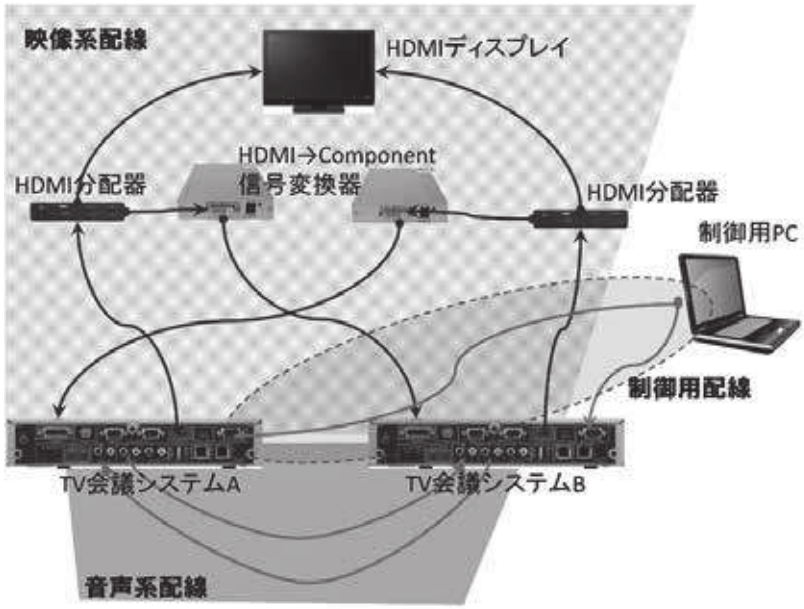


図 6　簡易型 MCU の配線図（2 台構成の場合）

4.1.　2 台構成の為の要件の詳細化

2 台の TV 会議システムで構成する前提で、3.3 に述べた画面構成の要件を整理すると、以下の通りとなった。

(ア) 講師や学生のプレゼンテーション中など、発言者が明らかで、話者をなるべく大き目に映しつつ全地点表示するモード（図 7　(a)）

(イ) 質問の受付中など、全地点ほぼ等分に表示するモード（図 7　(b)）

(ウ) デモンストレーション中など、ある 1 地点のみを全画面表示するモード（図 7　(c)）

このように制御するためには表 1 のように制御することとなる。

4.2.　2 台構成による簡易型 MCU の構築

実際に構築した簡易型 MCU を図 8 に、制御ソフトウェアの画面を図 9 に、この MCU を用いて中継している画面を図 10 に示す。

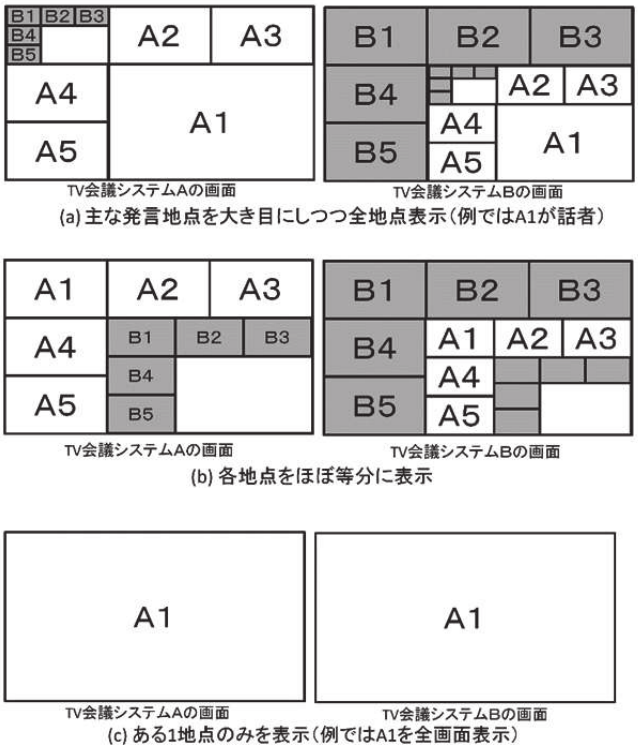


図 7　簡易 MCU で実現すべき画面構成の要件（2 台構成）

表 1　簡易 MCU を構成する 2 台の TV 会議システムの制御方法（A1 が話者と仮定）

	TV会議システムAの操作	TV会議システムBの操作
（ア）	A1を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示
（イ）	自機を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示
（ウ）	A1を全画面表示	自機を全画面表示



図 8　簡易型 MCU　外観図（2 台構成）

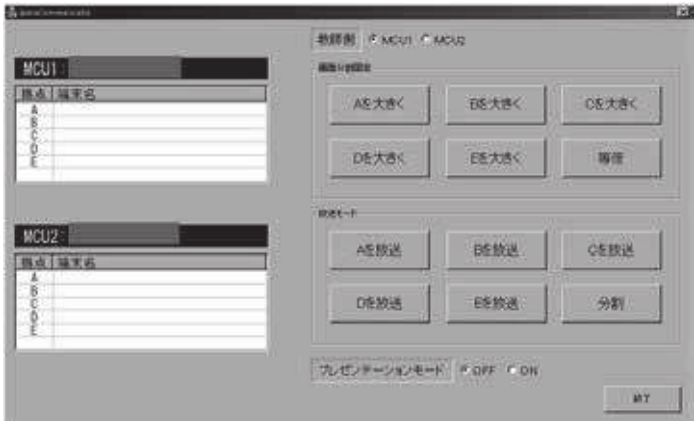


図 9　簡易 MCU 制御ソフトウェア（2 台構成用）



図 10　多地点中継の画面（2 台構成：右下が発言中）

5.　TV 会議システム 3 台による簡易型 MCU の構築

前章で示した簡易型 MCU では、最大 10 地点での接続が可能となった。我々が行ってきた通常の講義では 9 大学・9 地点での多地点中継だったためこれで十分であるが、運用の過程で、9 大学とは別の国にいる講師に自国から講義の発信を検討したり、他大より途中の数回のみ講義に参加したいという打診があったりしたため、TV 会議システムをもう 1 台加え、3 台で簡易型 MCU を構成することを考えた。

ここで、2 台の場合は映像・音声を相互に入出力し合うように配線すればよいが、3 台に代わると単純な配線だけでは解決しないこと、話者が決まっている場合に 15 地点全部を同時に表示しようとすると話者画面が小さくなりすぎることが判明した。

そこで、配線については、次の方針で考えることとした。

- 映像は、多入力多出力スイッチャを導入し[v]、時間ごとに切り替えることでトータルでは全地点見えるように配慮する。多入力多出力スイッチャも、TV 会議システム同様 PC から制御する。
- 音声は、出力をモノラル（左右同じ音声が流れる）に設定したうえで、左音声を 2 台目、右音声 3 台目のように互い違いに接続し、再生時には入力の左右を混ぜて疑似的に音声をミックスする[vi]。

この場合の配線の概念図を図 11 に示す。

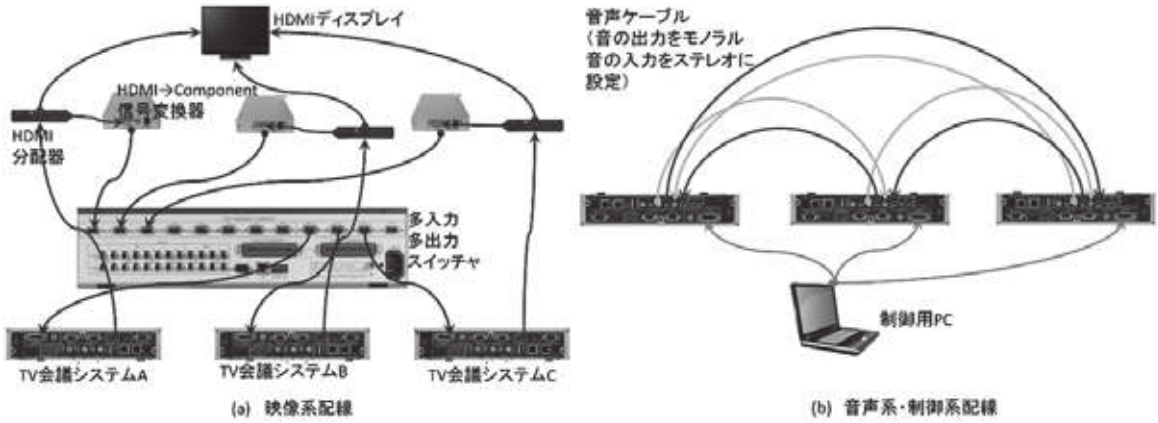


図 11　簡易型 MCU の配線図（3 台構成の場合）

また、3 台構成において我々が使用した機器は以下の通りである。

- ソニー社製 TV 会議システム PCS-XG80（多地点接続オプション付き）　3 台
- 簡易型 MCU 操作用ノート PC　1 台
- HDMI→Component 信号変換器（Cypress Technology 社製 CP-292）　3 台
- マトリックススイッチャ（イメージニクス社製 DSA-84）　1 台
- HDMI 分配器　3 台
- HDMI ディスプレイ　1 台

5.1.　3 台構成の為の要件の詳細化

ここまでの議論を踏まえ、画面構成の要件を 3 台の場合に合わせて整理し直したところ、以下の通りとなった。

(ア) 講師や学生のプレゼンテーション中など、発言者が明らかで、話者をなるべく大き目に映す場合。話者と同じ多地点 TV 会議システムに接続している地点では、多くの時間帯で同じ多地点 TV 会議システムにつないでいるサイトが見え、時折他の多地点 TV 会議システムにつないでいるサイトが見える。(図 12 (a)　TV 会議システム A) 話者と異なる多地点 TV 会議システムに接続している地点では、同じ多地点 TV 会議システムにつないでいるサイトと話者と同じ多地点 TV 会議システムにつないでいるサイトが見え、時折、話者は見えないが残りの 5 地点が見える画面に切り替わる（図 12　(a)　TV 会議システム B/C)

(イ) 質問の受付中など、全地点ほぼ等分に表示する場合。自分と同じ多地点 TV 会議システムに接続しているサイトが最も大きく見え、2 番目と 3 番目の大きさで見えるサイトは時間をおいて切り替わる (図 12 (b))

(ウ) デモンストレーション中など、ある 1 地点のみを全画面表示する場合。(図 12　(c))

このように制御するためには表 2 のように制御することとなる。

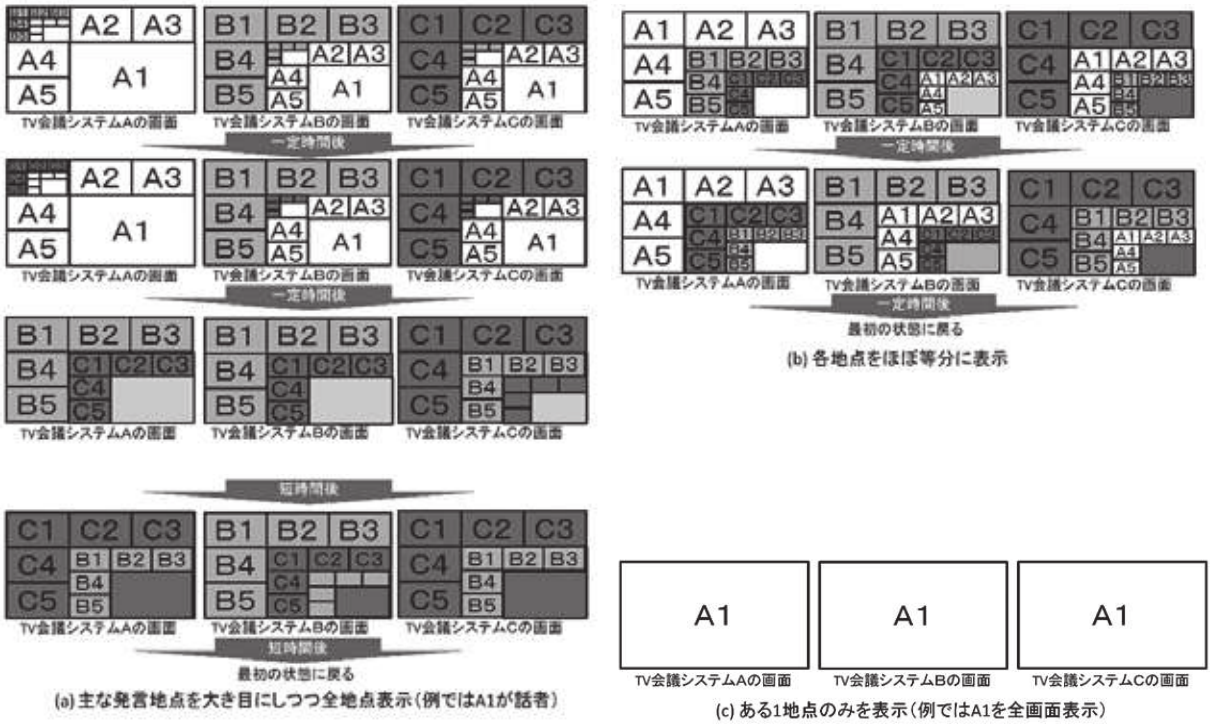


図 12　簡易 MCU で実現すべき画面構成の要件（3 台構成）

5.2.　3 台構成による簡易型 MCU の構築

実際に構築した簡易型 MCU を図 13 に、制御ソフトウェアの画面を図 14 に、この MCU を用いてテスト通信した画面を図 15 に示す。

表 2　簡易 MCU を構成する 3 台の TV 会議システムと多入力多出力スイッチャの制御方法
（A1 が話者と仮定）

	TV会議システムAの操作	TV会議システムBの操作	TV会議システムCの操作	多入力多出力スイッチャ		
				Aへの出力	Bへの出力	Cへの出力
（ア）	A1を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	B	A	A
	長めに時間を置く					
	A1を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	C	A	A
	長めに時間を置く					
	自機を全画面表示	自機を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	B	C	B
	短い時間を置く					
	自機を全画面表示	自機を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	C	C	B
	短い時間を置く					
	最初に戻る					
（イ）	自機を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	B	C	A
	長めに時間を置く					
	自機を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	自機を大き目に分割表示	C	A	B
	長めに時間を置く					
	最初に戻る					
（ウ）	A1を全画面表示	自機を全画面表示	自機を全画面表示	指定なし	A	A



図 13　簡易型 MCU　外観図（3 台構成）



図 14　簡易 MCU 制御ソフトウェア（3 台構成用）



図 15　多地点中継の画面（3 台構成：ほぼ等倍表示モード）

6.　まとめ

本稿では、TV 会議システムによる 7 か所以上の多地点遠隔講義を簡易かつ安価に行うための簡易型 MCU 装置を構築し、実際の遠隔講義や共同研究ミーティングで利用して有用性を示した。

実際に多地点での遠隔講義を実施する上で感じたことは、2 地点間での遠隔講義以上に各サイトに気を配り、置き去りのサイトを作らないようにするということである。学生のプレゼンテーションや講師の発信地点を持ち回りにする、質疑応答の時間に単に全体から質問を募るだけでなく発言の少ないサイトに積極的に質問を促すなど、工夫をすることで単なるビデオ講義の視聴とは違う“ライブ”の講義に参加しているという意識を学生に持たせることは、学習意欲を引き出すうえでも重要だと感じた。

文献目録

[1] S. Y. M. K. E. Nobuhiro Kaneko, *Sustainable Living with Environmental Risks*, Springer, 2014.

[2] V. A. Group, “Research & Practice in Assessment -- Special Issue: MOOCs & Technology,” *Research & Practice in Assessment,* 第 巻 8, 2013.

[3] P. Y. Greta Keremidchieva, “Challenges and Advantages of Distance Learning Systems,” *Information & Security,* 第 巻 6, pp. 115-121, 2001.

[4] ソニー株式会社, HD ビジュアルコミュニケーションシステム取扱説明書（バージョン 2.3）, 2010.

[5] ポリコム社, 管理者用ガイド : VSX シリーズバージョン:8.5, 2006.

[6] 佐藤貴子,“インタラクティブな遠隔講義のための講義支援システムの構築,” *相模女子大学紀要（社会系）*, 第 巻 77C, p. to appear, 2015.

[7] 国立情報学研究所, “FaMCUs -- Federation Authenticated MCU Service,” [オンライン]. Available: https://mcus.nii.ac.jp/.

---

i 質問やそれに対する討論を行う掲示板のような機能はあっても、講義中に講師が生徒を当てて答えさせたり、講義の進行中に講師を交えた討論を行ったりすることはできない。

ii 我々が用いていた SONY 社製 PCS-XG80 ではオプションを導入して最大 6 地点まで接続が可能である。

iii SONY 社製 TV 会議システムの場合。

iv TV 会議システムの映像出力が HDMI、映像入力が Component であるため。

v　映像をリアルタイムに合成できる機器を 3 台導入することも考えられるが、今回はシステムの簡素化をめざし用いなかった。

vi　厳密に行うのであれば、音声ミキサーを 3 台導入し、1 台目・2 台目の音声を混ぜたものを 3 台目に入力するなどの処置が必要であるが、今回はシステムの簡素化をめざしミキサーは用いなかった。