

## 複数台カメラによる講義の観測と撮像

椋木雅之 西口敏司 美濃導彦

〒606-8501 京都市左京区吉田二本松町  
京都大学 総合情報メディアセンター

**あらまし** 講義室に設置した多種のセンサを用いて講義を観測し、複数台のカメラにより撮影する手法について述べる。撮影の目的として、遠隔講義と講義のアーカイブの二種類を設定し、それぞれの撮影方針について述べる。遠隔講義においては、講義の撮影をプレゼンテーションの記録と捉え、そのためにもっとも重要な対象を各時点で優先して撮影するという撮像方針をとる。複数台のカメラは、対象の映像を途切れることなく撮影する目的で機能を振り分ける。一方、講義アーカイブにおいては、講義の撮影を対話の記録と捉え、「話し手」「聞き手」双方の情報を多様な方向、大きさから撮影するという撮影方針をとる。複数台のカメラは、多様性のある映像の取得のために機能を振り分ける。撮影のために必要な講義の観測においては、講義を構成する講師、受講者、教材の状態検出が共通に必要であるという立場から、撮影目的には依存しないと考える。そして、状態検出に必要な信頼性、精度を確保するために、複数のセンサを組み合わせ利用している。最後に、これらを実装する共通プラットフォームとして開発中の、共有黒板を介した分散システムについて述べる。このシステムは拡張性、モジュール性が高く、遠隔講義、講義アーカイブの両方でセンサ情報取得や状態検出の処理を共通に利用できるよう設計されている。

## Observation and Shooting of Lectures Using Multiple Cameras

MUKUNOKI Masayuki, NISHIGUCHI Satoshi, MINOH Michihiko

Center for Information and Multimedia Studies,  
Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan.

**Abstract** We describe a method to take the video of the lectures by controlling multiple cameras. We consider two kinds of the applications, one is remote lecturing and the other is lecture archiving. We reveal that recording the presentation objects is important for remote lecturing, on the other hand, recording the communication itself is important for lecture archiving. Considering the above, we construct the basic policy for each application to control the cameras. We also describe the methods to observe the lectures. We are currently implementing these applications on the shared blackboard system.

# 1 はじめに

本稿では、遠隔講義・講義アーカイブのための講義の観測・撮像法について述べる。

近年のネットワークの高速・大容量化に伴い、遠隔地をネットワークで結んだ遠隔講義が盛んに行われるようになってきた。同時に、生涯学習や個別学習への要求の高まりから、一旦行った講義を学習教材として編集し利用したいという講義アーカイブへの要求も大きくなってきている。遠隔講義や講義アーカイブを行うためには、講義の記録と伝送または蓄積が必要となる。講義の記録においては、容易に視聴でき多くの情報を含む映像による記録が重要となる。しかし、講義の映像による記録（撮像）を人手により行うことは、大学での講義を想定すると、人員、コストの面から現実的でない。そこで、講義の撮像を自動化することが望まれている。

講義の撮像に関しては、遠隔講義において、情報発生量に基づく撮像 [1]、動的状況に基づく撮像 [2]、講義の状態遷移に基づく撮像 [3] などの研究が行われてきた。講義アーカイブに関しては、それほど多くの研究例はないが、映像へのインデキシングを主目的として、講義状況を利用したインデキシング [4] が行われている。

我々は、遠隔講義、講義アーカイブを「講義の撮像」という枠組の中で捉え、並行して研究を行っている。その中で、両者の違いに関する知見を蓄積してきた。一方で、両者において講義の観測という面では共有できる部分が非常に大きいことも分かってきた。本稿では、これらの経験を踏まえ、遠隔講義、講義アーカイブのために我々がやっている観測・撮像手法を両者の比較を交えながら紹介する。同時に、両者で共有できる観測部分を共通プラットフォームとして作成したシステムについて紹介する。

以下、2節では想定する講義を示すとともに、講義の撮像に関する遠隔講義、講義アーカイブそれぞれの基本的な考え方を述べる。3節では、講義の撮像において共通な講義の観測部分について述べる。4節では、遠隔講義、講義アーカイブそれぞれの撮像手法について述べる。5節では、現在構築している遠隔講義、講義アーカイブのための共通プラットフォームについて述べる。

## 2 講義の撮像

### 2.1 対象とする講義

大学での講義には、ディスカッション・実験・演習・輪講・発表・フィールドワークなど様々な形態がある。

本稿においては、講師が知識を受講者に伝達する教授型の一斉授業を対象とする。

講義の構成要素は、講師、受講者、教材である。講師は、特定の領域を自由に移動して、教材を使用しながら講義を行う。受講者は、固定された学生専用の椅子のいずれかに着席し、時間中は移動することなく講義を受講する。教材は、PowerPoint とオンライン黒板を想定する。これらは、電子的な手段で提供されており、その記録、伝送、蓄積は講義の撮像とは別に行われていると仮定する。

### 2.2 講義撮像の観点

遠隔講義、講義アーカイブの利用目的は、利用者や場面によって様々な場合が考えられる。それに応じて、講義も異なった捉え方が必要である。

講義を情報伝達という観点から見ると、講義において最も重要なのは、講師が持っている知識をいかに学生に伝達するかである。本稿では、講師が持っている知識を「講義内容」と呼ぶ。講師は講義の中で様々なプレゼンテーションを利用して、学生に対して講義内容を伝達する。プレゼンテーションにおいては、PowerPoint・オンライン黒板などの教材を使用し、講師の発話・ジェスチャなどの手段も併用する。また、理解を深めるものとして、講師と受講者との質疑も行われるが、これもプレゼンテーションの一種とみなすことができる。すなわち、講師から見た講義は「講義内容をプレゼンテーションを介して学生に伝える」もの、学生から見た講義は「講義内容を講師のプレゼンテーションを介して理解する」ものであると考えることができる。従って、プレゼンテーションを的確に撮影することが重要となる。

講義に対する他の見方は、講義が双方向の対話の一形態であるという捉え方である。対話には、「話し手」と「聞き手」という役割が存在する。対話の参加者は各時点ではこれらの役割のいずれかを担う。対話はこのような役割分担を切り替えながら進行していく。講義においては、通常の教授時には、「話し手」が講師、「聞き手」が受講者となるが、質疑においては、質問者と講師が「話し手」「聞き手」を切替えながら対話する。対話の記録においては「話し手」「聞き手」の情報とこれらの時系列に伴う切り替わりの情報が重要となる。また、講義においては特に「話し手」が講師である場合、講師が利用する教材も、「話し手」の記録の際に同時に撮影する必要がある。

遠隔講義においては、遠隔地の参加者は講義内容の理解が目的であり、情報の伝達が重要であるので、講義をプレゼンテーションとして捉える。この場合、講師から受講者への一方向的な情報伝達の記録に重点が

おかれる。一方、講義アーカイブにおいては、利用者の目的は講義内容の理解だけでなく、講師自身による授業評価や、講義内容とは直接関係のない雑談部分の参照など、様々な利用法が考えられる。従って、講義アーカイブのための撮影時には、様々な利用要求に応えられるよう、講義を対話とみなし、講師と受講者の双方を含んだ対話全体を記録することに重点をおく。

### 3 複数センサによる講義の観測

#### 3.1 センサ情報の共有

講義を適切に撮影するためには、講義状況を認識してそれに適した撮影をする必要がある。講義をプレゼンテーションと捉える場合でも、対話と捉える場合でも、講義を構成しているものは講師、受講者、教材であり、これらの状態により講義状況が定義される。センサは、これらの講義の構成要素の状態を検出するために利用される。

講義の中で講師、受講者、教材がとりえる状態は限られたものであり、これらの状態を検出するセンサは共有可能である。すなわち、講義の観測という点では、遠隔講義、講義アーカイブにおける違いはほとんどなく、同種のセンサ情報が共有できる。

#### 3.2 撮像に必要な対象情報

講義状況を認識するために、講師、受講者、教材について下記の状態を検出する。

- 講師の位置・指示動作・向き・移動速度
- 受講者の活性度、活性度の高い学生の人数、質問者位置、着席位置
- 話者の有無
- 板書の有無
- PowerPoint 操作の有無

#### 3.3 利用するセンサ

前節の種々の情報を検出するために、以下のセンサを利用する。

**固定カメラによる講師の位置検出** 講師が画像内に映るように設置した観測カメラの画像からフレーム間差分によって講師の画像上での位置を求める。次に観測カメラの世界座標系での位置や焦点位置、パン・チルト角度、ズーム値などのカメラパラメータから世界座標系での講師の存在可能範囲（直線）を求める。この直線と、世界座標系において講師が移動可能な床からの高さが一定の平面との交点から、講師の位置を求める（図1）。

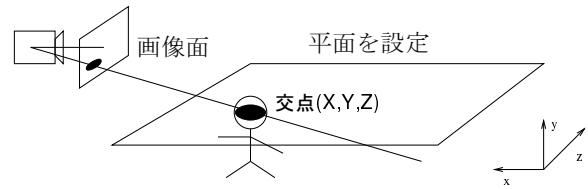


図1: 単眼カメラによる講師位置検出



図2: 天井魚眼カメラの映像

**固定カメラによる受講者の活性度、活性度の高い学生の人数検出** 受講者は固定された椅子に着席していることから、カメラを固定して撮影すれば、その画面内での受講者の顔の位置は限定される。講義室内を撮影した画像において、その画像内の各座席位置について、その座席に受講者が座ったときの顔の位置を実験的に調べ、顔が出現する近傍をその座席位置に対する探索範囲とする。観測映像のフレーム間差分を取り、座席  $i$  に対応する探索範囲  $u_i$  内の差分ピクセル数  $d_i$  を元に、活性度  $a_i$  をすべての  $i$  について算出する。 $u_i$  に含まれる映像中のピクセル数を  $m_i$  とすると、 $a_i$  を

$$a_i = \frac{d_i}{m_i}$$

によって正規化し、活性度を算出する。

同一の座席において複数の固定カメラから学生の活性度が算出された場合、その平均を取る。受講者の活性度がある閾値  $TH_{std}$  を越えた場合、活性度が高いとみなして、その人数を計数する。

活性度の検出には、受講者を前方から撮影したカメラだけでなく、講義室の天井に埋め込まれた魚眼カメラも使用する（図2）。複数のカメラを使用することにより、信頼性が向上するとともに、天井カメラによりオクルージョンの影響なく、検出が可能となる。

**ポジションセンサによる講師の位置・指示動作・向き・移動速度検出** 講義の中で圧倒的に多くの情報を発信

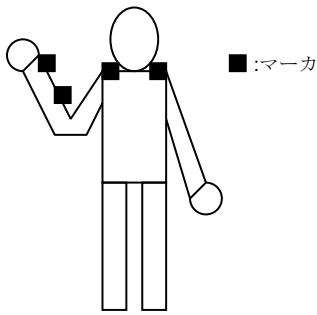


図 3: マーカーの取り付け

する講師に対しては、より詳細かつ正確な情報抽出が必要である。本システムでは、ポジションセンサを利用して、講師の詳細な情報を得る。ポジションセンサは、測定範囲内にある複数のマーカーを識別して検出し、それぞれの3次元位置を出力する。講師の両肩と利き腕の肘、手首の計4箇所に図3に示したように、マーカーを取り付ける。両肩のマーカー位置の平均により講師の位置を算出する。また、肘と手首のマーカーの延長線上にPowerPointまたはオンライン黒板が表示されている場合、指示動作とみなす。さらに、右肩と左肩のマーカーの位置関係から講師の向きを、講師位置の時間差分から講師の移動速度を検出する。

**マイクアレイによる話者有無・話者位置検出** 音声処理によって、話者の有無と位置を計測する。

講義室のすべての音声を獲得できるようにするために、講義室を取り囲むようにマイクを設置する。各マイクにアナログ音声が入力されるとA/D変換を行なわれ、音声の大きさがデジタル値として得られる。

マイク入力信号には常にノイズが存在する。そこで、入力音声レベルを最大入力レベルで割った値がある閾値 $TH_{mic}$ 以上になったとき、話者ありとする。

話者の位置の計測手法として、白色化相互相関法(CSP法:Cross-Power Spectrum phase analysis)による音源推定法を使用する[5]。

本研究では、複数のマイク対 $MIC_{pair}$ に対してCSP法を用い、各マイク対の到来時間差から音源存在可能曲線を求める。講義室を領域分割(講師については、講師が移動可能な領域を一定の大きさに区切った単位ごとに、受講者については座席ごとに)し、各マイク対に対して音源存在可能曲線が通る領域を投票する。すべてのマイク対が投票を行った結果、ある領域の投票数が $TH_{pair}$ 以上ならば、その領域に音源が存在するものとする。

**オンライン黒板による板書の有無検出** オンライン黒板は、計算機に接続された黒板であり、付属のペンを

使って黒板に描画すると、その軌跡が計算機上に記録される。この記録を伝送、蓄積することで、遠隔講義、講義アーカイブにおいて板書を伝送、蓄積することができる。

このオンライン黒板への入力を検出することにより、オンライン黒板の使用の有無を検出する。

**PowerPointによる操作の有無検出** PowerPointが動作している計算機上で、PowerPointへの入力を監視、記録するソフトウェアを使用する。これにより、講師がPowerPointに対してスライド切替えやマウス移動などの入力を行うと、それを検出して記録することができる。入力があった場合に、操作ありと判断する。

### 3.4 複数センサの利用

講師、受講者、教材といった種々の対象の状態を検出するためには、それぞれに対応したセンサが必要である。

一つの対象についても、センサの特性により複数のセンサが必要となる。単眼カメラによる位置検出やマイクアレイによる話者位置検出などは、カメラ一つ、マイク一つでは誤差が大きく信頼性も低い結果しか得られない。複数のカメラ、マイク対からの結果を投票により統合することにより、精度と信頼性の向上がはかれる。

位置検出に使用している、画像処理、ポジションセンサ、音声処理それぞれについては、表1のような利点欠点が存在する。従って、複数のセンサを組み合わせることにより、観測範囲の拡大、環境変化時の対処、データ欠損への対処が可能となり、ロバストな観測が行えるようになる。ここでは、

- ポジションセンサが利用できる場合は、その情報を優先
- 音声処理が利用できる場合は、その情報を利用
- どちらも利用できなければ、画像処理結果の情報を利用

という段階的な組合せによりこれらのセンサー情報を統合する。

## 4 複数カメラによる講義の撮影

### 4.1 遠隔講義のための撮影

#### 4.1.1 複数カメラの利用

遠隔講義では、一般に、提供する映像は1本のみであり、複数のカメラを利用しているにもかかわらず実際に利用される映像は限られている。遠隔講義では映像を実時間で

表 1: 位置センサの利点・欠点

センサ	画像処理	ポジションセンサ	音声処理
利点	検出範囲が広い	正確である 細かい位置の検出が可能 環境変化, 暗い環境に強い	検出範囲が広い
欠点	観測範囲を広くするほど精度が落ちる 環境変化, 暗い環境に弱い	検出範囲が狭い オクルージョンが発生する	話者がいるときのみしか検出できない

途切れることなく提供する必要があり、講義中で生じたイベントの発生に遅れることなく対処して適切な映像を撮影し続ける必要がある。そのため、複数用意しているカメラのうち、映像が伝送されていないカメラについては、次に生じ得る講義状況を予測して、予防的にカメラ動作を割り当てていく必要がある。また、映像を途切らせないため、対象を画像内から外した場合に備えて、より大きな範囲での撮影カメラを待機させておくなど、予備的なカメラ割り当ても必要となる。

#### 4.1.2 カメラワークのノウハウの導入

遠隔講義のための撮影では、撮影した1本の映像を人間が視聴するという点も考慮する必要がある。例えば、プロカメラマンによる講義撮影を解析した結果、

- 講師が静止して話を続けていても、一定時間でカメラを切替える
- カメラ切替えにおいては、ロングショット→ミドルショット→バーストショットといった段階的なカメラワーク切替えが多く見られる
- 講師や受講者、教材以外に、教室の全景を交えることがある

などの特徴があった。これらは、

- 同一の映像が続くことにより視聴者が飽きるのを防ぐ
- カメラ切替えのつながりが分かりやすいようにする
- 遠隔地に教室全体の雰囲気伝える

といったことが撮影において重要であることを示唆している。このような講義内容の伝達以外の見やすさの要素を実現するために、撮影ノウハウを導入する必要がある。

#### 4.1.3 講義状況に基づく撮影方針

遠隔講義のための撮影では、プレゼンテーションの記録が重要である。そのため、前節で観測したセンサ情報をもとに、各時点でもっとも重要なプレゼンテーション要素を選択し、撮影する必要がある。

**話者が存在する状況での撮影方針** 話者が存在する講義状況では、プレゼンテーションの実体は話者であるので、話者を撮影する。

話者が複数存在するときには、どの話者を撮影するかが問題となるが、講義において話者が存在するのは

- 講師が受講者に話をする
- 受講者が講師に質問する

であり、同時に複数の人物が発言することはないとする。

**教材を使用している状況での撮影方針** 講師が教材を使用する講義状況では、プレゼンテーションの実体は、教材または講師となる。講師が教材を使用する方法は以下の2種類ある。

- 教材を操作してプレゼンテーションを行う
- 教材を指示してプレゼンテーションを行う

教材に何らかの操作を行った場合には、その変化は遠隔地にも伝送される。そのため、教材そのものを撮影して遠隔地に送信する必要はない。この状況では、講師を撮影する。

教材を手や指し棒を使って指示して、受講者の注目を集めながらプレゼンテーションを行っている場合には、教材に入力がないので、遠隔地には何の情報も伝送されず、そのままでは講師が指示している様子が理解できていない。そのため、講師が教材を指示している様子を撮影して遠隔地に送信する必要がある。この場合、指示している様子が分かるよう、講師と教材両者を含んだ映像を撮影する。

**話者が存在しない状況での撮影方針** 話者が存在しない状況では、プレゼンテーションが行われていないとみなせる。しかし、話者は常に発話するわけではなく、話に区切りを付けるために、短時間発話をやめ、その後、再び発話を再開することが多い。そこで、話者が存在しない時間が短時間の場合には、前の状態のまま撮影を続けておき、話者が存在しない時間がある時間より長くなった場合には、講義室全体ができるだけ映るようにする。

**受講者がざわめいている状況での撮影方針** 講義において受講者がざわめいているときには、受講者にとって予想外のことが起こっている状況であると考えられる。予想外のことが起きた後には、それについての行動が行われると予想される。そのため、ざわめいている様子が遠隔地において理解できるように撮影する必要がある。

ここで、複数の受講者がざわめく可能性がある。ざわめいている受講者がある人数以下の場合にはその受講者を、ある人数以上の場合には受講者全体を撮影する。

#### 4.1.4 遠隔講義撮影の実装

講義状況の優先度を下記のように定める。

- 受講者がざわついている
- 教材を指示
- 教材を使用
- 話者が存在する
- 話者が存在しない

検出された講義状況を優先度に従って採用し、選択した対象の撮影に最も適したカメラを撮影用に割り当てる。他のカメラについては、

- 撮影カメラが対象を外した場合に備えた予備的なカメラワーク
- 状態の変化に備えた予防的なカメラワーク
- 撮影ノウハウ実現のためのカメラ切替えに備えたカメラワーク

のいずれかを行うよう、上記の優先順序で割り当てる。まず、1台のカメラを現在の撮影対象を含む引いたカメラワークに設定する。他のカメラは、現在とは異なる講義状況に対処するために、講義状況の優先順位に従い、予防的に配置する。撮影ノウハウに基づくカメラ切替えが必要となった場合には、これらのカメラの中から最も撮影に適したものを選択し、撮影用に割り当てる。この際、交替で撮影用でなくなったカメラについては、予防的なカメラワークのいずれかを割り当てる。講義状況が変化した場合には、これらの処理を最初からやり直し、カメラ割当を行う。これにより、常に予防的、予備的なカメラを確保しつつ、撮影ノウハウをいかしたカメラ制御が可能となる。

## 4.2 講義アーカイブのための撮影

講義アーカイブでは、実時間での映像撮影は行いが、映像提供は実時間で行う必要がない。撮影された映像は、すべて蓄積して再利用できるので、再利用性の高

い映像の撮影が重要である。すなわち、講義内容の理解という単一の観点で最良の映像を得ようとするのではなく、対話記録として、多様性のある映像を得ることが目標となる。そのために、複数のカメラの機能を適切に割り当てる必要がある。

### 4.2.1 映像の多様性

多様な映像としては、次の二つの性質が考えられる。

**見え方に対する多様性** 講義のある時点で、ある対象が異なるカメラから撮影されている。

**空間に対する多様性** 講義のある時点で、複数の異なる対象が複数の異なるカメラから撮影されている。

見え方に対する多様性は、一つの物体が複数の異なる画角から異なる大きさで撮影されている多様性である。同じ物体でも画角の違いにより見える部分が異なるため、このような多様性は有用である。また、撮影された物体の大きさが大きければ、詳細な情報（例えば顔の表情）まで読みとれる一方で、その映像からは他の物体との関係や周囲の状況の理解がしにくいというトレードオフの関係がある。従って、大きさの多様性も有用である。

空間に対する多様性は、多くの異なる物体を撮影した映像が存在するという多様性である。講義を映像で記録した場合、映像に映っていない部分の情報は完全に失われてしまう。これを避けてなるべく多くの情報を残すには、空間に対する多様性が有用である。

ここで、映像の多様性という観点のみから考えると、ランダムに撮影対象を決定し、その撮影対象についてランダムにカメラを割り当てるという手法も考えられる。しかし、講義状況を無視したこのような手法では、有用な映像が得られる可能性が低いという問題がある。そこで、撮影対象それぞれに対して、評価値を定義し、評価値に応じた確率で対象を選択、撮影する手法を採用する。

### 4.2.2 評価値に基づくカメラ割り当て

遠隔講義のように、トップダウンに定めた講義状況をもとに、各講義状況毎のカメラワークを規定する方法では、講義アーカイブに適した多様性のある映像を取得することは難しい。そこで、検出した対象情報(3.2節)を元に、対話の「話し手」「聞き手」の観点から撮影対象を分類し、各撮影対象のカメラ毎の評価値を決定し、複数カメラへの機能分担を実現する。

まず、話者の検出により、「話し手」を検出する。「話し手」が受講者である場合、質疑であるとみなせるので、以降一定時間の間、質問者と講師とが「話し手」

「聞き手」であるとみなす。それ以外の場合は、講師が「話し手」受講者が「聞き手」となる。

「話し手」については、その位置、向きに応じて、カメラからの撮影のしやすさを重みづけて、「話し手」をそのカメラで撮影する際の評価値とする。「聞き手」についても同様に位置、向きを考慮するが、受講者が「聞き手」の場合は同時に受講者の活性度を考慮して、活性度の高い受講者ほど評価値が高くなるよう設定する。

ここまでの、「話し手」「聞き手」それぞれについて、各カメラで撮影する評価値が得られる。カメラの割当では、まず「話し手」に対してあらかじめ設定した上限数以下のカメラを評価値に応じた確率で割り当てる。「話し手」を撮影する大きさは、講師の指示動作、移動速度を元に、同様に評価値を計算して、確率的に定める。

残りのカメラについては、「聞き手」を撮影する。「聞き手」が受講者であった場合、評価値の高さに応じて、受講者を選択して撮影する。この際、互いに近い位置の座席で評価値が高ければ、それらの座席を同時に撮影することにより、「聞き手」を撮影する大きさを変化させる。

「話し手」「聞き手」の役割が変化することによりこのカメラ割当を行う。これにより、各カメラ割当区間において、見え方に対する多様性、空間に対する多様性の高い映像を得るように複数カメラを割り当てることができる。

## 5 システム構成

我々は、これまでに述べた遠隔講義システム、講義アーカイブシステムを構築するために、図4のような共通プラットフォームを作成している。

共通プラットフォームは、各種センサー、共有黒板、撮影用カメラ・映像スイッチャ、センサー情報取得モジュール、イベント検出モジュール、撮影制御モジュールおよびそれらが利用するセンサー API、共有黒板 API、撮影制御 API からなる。遠隔会議、講義アーカイブシステムは、それぞれ、これらのモジュールを利用して構築される。

センサー情報取得モジュールは、講義室内の各種センサーからの情報を受け取り、その情報を共有黒板に登録可能な形式に変換して書き込む。各種のセンサには、それらを扱う API が用意されている。逆に、新たなセンサを共通プラットフォームに追加して利用できるようにするためには、そのセンサのための API を用意し、それを用いてセンサー情報取得モジュールを追加すればよい。

共有黒板 [6] は、共通プラットフォーム内のデータ

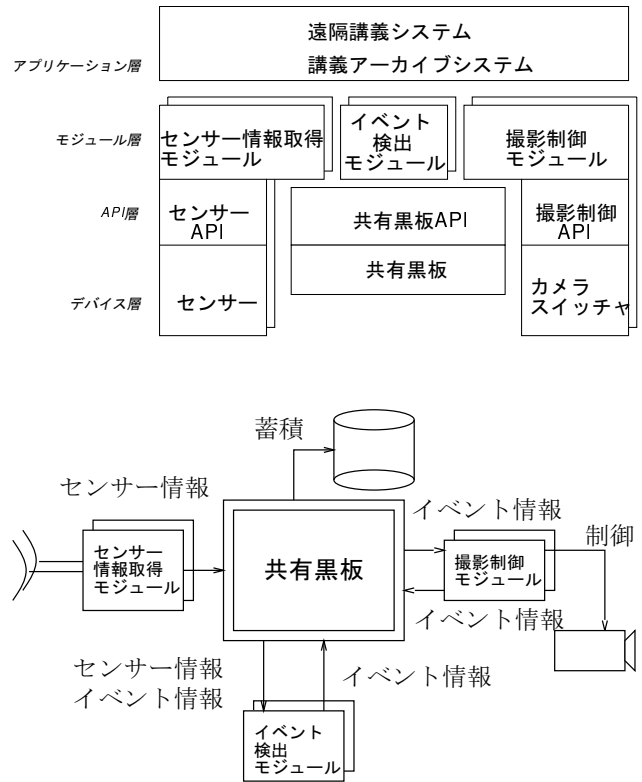


図 4: システム構成

交換のために存在しており、通信用の仮想デバイスとみなせる。共有黒板に登録されるデータは、データの種類を表す ID とデータの登録された時刻の情報、および、データの内容をもつ。共有黒板への読みだし要求は、データ ID と時刻情報からなる。実時間性を確保するために、共有黒板では、読みだし要求に含まれる時刻情報より新しい、最新のデータのみを提供する。より新しいデータが存在しない場合は、新しいデータが書き込まれるまで待つか、データが存在しない旨を通知する。共有黒板に登録されたデータは、講義アーカイブなどで参照するために、データベースに追加して蓄積される。

共有黒板との通信が集中することにより、この部分が共通プラットフォーム全体のボトルネックとなることを避けるため、複数の共有黒板をネットワーク上に分散配置し、機能毎に負荷を分散することが可能である。

イベント検出モジュールは、共有黒板に所定のデータが登録されると、それらを利用して何らかの処理を行い、結果を再び共有黒板に登録する。例えば、マイクアレイから得られた話者位置と単眼カメラから得られた講師位置を照合して、その時点で講師が発話しているという情報を新たに登録するといった処理が行える。イベント検出には、様々な種類の処理が考えられ

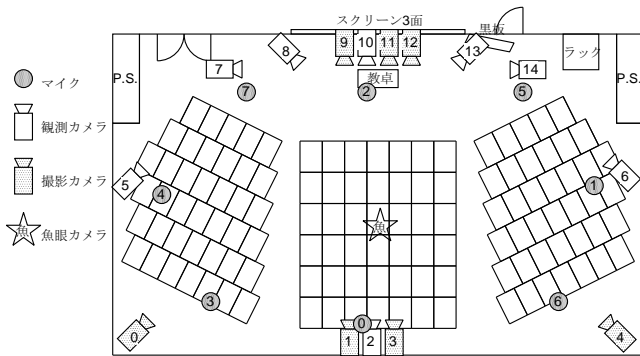


図 5: 実験環境

るが、各処理に応じたイベント検出モジュールを追加することにより拡張可能である。

イベント検出により何らかの撮影制御が必要になった場合には、撮影制御モジュールがそれを検出し、カメラやスイッチャを制御して、撮影、映像切替えを行う。この際、利用したカメラやスイッチャの制御情報をイベント情報として共有黒板に登録しておくことにより、講義アーカイブでの事後の参照やカメラパラメータに依存した処理などで利用することが可能となる。

このような構成をとることにより、拡張性、モジュール性にすぐれた分散システムを容易に構築できる。また、遠隔講義システムと講義アーカイブシステムでは、センサ情報取得モジュールはほぼ完全に共有できるうえ、イベント検出モジュールについても共通性が大きい。両者で大きく異なる撮影制御の部分は、撮影制御モジュールの入れ換えにより対処できる。このように、共通のモジュールを利用できるため、システム構築が容易であり、様々なプロトタイピングも行いやすくなっている。

現在、図 5 に示した実際の講義室環境で、センサ情報取得モジュール、イベント検出モジュールの実装を進めている。今後は、前節で述べた撮影方針を実装し、現実の遠隔講義等で有効性を検証していく予定である。

## 6 おわりに

本稿では、遠隔講義、講義アーカイブそれぞれに対する撮像法と、両者に共通する講義観測法について述べた。遠隔講義と講義アーカイブでは、必要とされる映像が異なる。そのため、遠隔講義が講義内容の伝達という目的に重点をおき、プレゼンテーションの記録が重要であるのに対し、講義アーカイブでは多様な利用形態を想定し、講義で行われた対話を中心に記録することが重要であることを述べた。一方で、講義状況に応じた撮影をするために必要な講義の観測について

は、講義を構成している講師、受講者、教材の状態検出であり、センサ情報を共有できることを述べた。さらに、現在実装中の遠隔講義、講義アーカイブ用共通プラットフォームについて述べた。これは、共有黒板を介した分散システムとして実現されており、拡張性、モジュール性が高いシステムである。

現在、センサの情報取得やイベント検出について実装が進んでいる。今後は、検出したイベントを元に先に述べた撮影方針にしたがって、遠隔講義、講義アーカイブそれぞれのための撮影制御を実装し、実際の講義に適用して実証的に有効性を検証していく予定である。

## 参考文献

- [1] 大西 正輝, 泉 正夫, 福永 邦雄, “情報発生量の分布に基づく遠隔講義撮影の自動化,” 信学論 J82-D-II, No.10, pp.1590-1597, 1999.
- [2] 亀田 能成, 石塚 健太郎, 美濃 導彦, “状況理解に基づく遠隔講義のための実時間映像化手法,” 情処研報 CVIM, Vol.2000, No.33, No.121-11, pp.81-88, 2000.
- [3] 先山卓朗, 大野直樹, 椋木雅之, 池田克夫, “遠隔講義における講義状況に応じた送信映像選択”, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol.J.84, No.2, pp.248-257, 2001
- [4] 石塚 健太郎, 亀田 能成, 美濃 導彦, “講義の自動撮影系における音声・映像インデキシング,” 信学技報 PRMU, Vol.99, No.709, PRMU99-258, pp.91-98, 2000.
- [5] Maurizio Omologo, Piergiorgio Svaizer, “Acoustic Event Localization Using a Crosspower-Spectrum Phase Based Technique,” Proc. IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process., vol.5, pp.231-234, 1994.
- [6] 日浦 慎作, 村瀬 健太郎, 松山隆司, “ダイナミックメモリを用いた実時間対象追跡,” 情処論 Vol.41, No.11, pp.3082-3091, 2000.