

解説 特集・論文特集「知能メディアの教育応用」

# 教室における画像処理

## Image Processing in a Classroom

美濃 導彦  
Michihiko Minoh

京都大学学術情報メディアセンター  
Academic Center for Information and Media Studies, Kyoto University.  
minoh@media.kyoto-u.ac.jp

**Keywords:** communication support, distance education, automatic shooting system.

### 1. はじめに

計算機とネットワークが融合した情報メディア技術は、社会における人間どうしのコミュニケーションに新たな選択肢を導入しつつある [角所 99]。人間が出会うことなく計算機を介して実時間で通信したり、電子メールでいつでもどこでもコミュニケーションを取り合ったり、インターネットに存在する膨大な情報を検索することや自分の意見をインターネットに発信することも容易になっている。

このような情報メディア技術が社会的に大きなインパクトをもつ分野の一つとして教育がある。特に、人間としての成長が終わり、一人前になった人間に対する高等教育や生涯教育は、知識や技能を身につけるといった側面があり、情報メディアを用いて支援することが有効であると考えられている。

情報メディア技術の特徴の一つは、時間と空間の制約から人間を解放することである。情報メディア技術により支援された教育は、e-learning と呼ばれ、それを受けたい人は、いつでもどこでも受講することができる。逆の見方をすれば、教育がグローバル化することであり、言語の問題がなければ世界のどの国の教育でも受けられることを意味する。このインパクトはかなり大きなものがあり、教育に対してグローバルな市場が形成される可能性を秘めている [バーチャル・ユニバーシティ 01]。

本稿では、高等教育を情報メディアにより支援するために必要な画像処理技術を中心に議論する。具体的には、教育の形態を考えたいうえでどのような画像処理が教室で必要になるかを明確にし、実験的に作成した講義の自動撮影システムについて述べる。

### 2. 教育現場としての教室

大学においては、さまざまな形態の教育が提供されている。その中でも、講師が黒板や資料などを使って、学生に講演する形態の講義が最も一般的である。

講義においては、多数の受講生が一人の講師の授業を

受ける。講師は、自分のもっている知識を学生に伝えることを主目的として、資料や黒板を活用して講義を進める。受講生は、必要に応じて講師に質問をしたり、講師からの発問に回答する。ほかの受講生の質問や回答を共有することにより、より理解が深まる側面も重要である。

このように、講義は講師と受講生、受講生どうしのマルチメディアコミュニケーションであり、人間の基本的な活動の一つとして位置づけられる。講師は、受講生の反応を感じながら講義を進めている。そこに講師の人間性が現れ、受講生との一体感が生まれる。

講義をこのように人間どうしのコミュニケーションと捉えると、講師と受講生の情報のやり取りをうまく支援することが、情報メディアを使った教育で望まれていることになる。

支援の方法は大きく分けて2種類ある。一つは、空間的に離れた受講生が情報メディアを利用して実時間で講義を受けられる遠隔講義、もう一つは空間的制約だけでなく時間的制約をも克服する講義のアーカイブ、配信システムである。このようなシステムで必要となる画像処理技術について次章以下で述べる。

### 3. 複数台カメラの設置

実際の教室で行われる人間どうしのコミュニケーションを支援するためには、コミュニケーションを行っている当事者、特に話者をうまく撮影する必要がある。そのためには、教室内のどこに話者がいるかを検出する問題とその話者を撮影する問題に対処しなければならない。

話者の検出問題は、本質的には発せられる音声に基づくべきである。話者がマイクを利用しない場合は、教室に多数のマイクを設置し、音源同定を行うことにより、ある程度、話者の位置が検出できる。話す場合は、人間の動作が大きくなるという仮定を置くと、画像処理を利用してある程度、話者の検出ができる。もちろん、あくびなどで動作が大きくなると、話者以外でも話者として検出される。この場合、教室を観測する観測カメラは、教室全体を観測できなければならず、教室の広さ、検出する領域の大きさ、カメラの画角を考慮すると、複数台

の観測カメラを設置する必要が生じる。

話者の表情がわかる映像を取得するという制約を課すと、3次元空間における話者の位置検出に必要な精度が決定できる。教室という大きな空間で、この精度を実現するためには、画像処理だけでなく、音声や、利用できるならば位置センサなどを併用し、広い範囲である程度の位置検出精度を保つ枠組みを考えなければならない。

話者の位置が検出できると、次はその話者を撮影する。このとき、撮影カメラの位置が固定されていると、話者の向きによってはその顔を撮影できない。そこで、話者をさまざまな方向から撮影できるように、撮影カメラを複数台設置する必要がある。

教室で行われている人間どうしのコミュニケーションを撮影するときの重要な点は、コミュニケーションを妨害しないという点である。したがって、撮影のために教室に複数台の観測カメラと複数台の撮影カメラを設置する場合も、教室の周りに設置することが原則である。これは、撮影される映像の見やすさや良さにとっては、大きな制約となる。

#### 4. 自動撮影システム

このような考え方に基づいて、遠隔講義と講義のアーカイブ化に用いるために、講義の自動撮影システムを構築した。

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 [大西 99]、動的状況に基づく撮像 [亀田 00]、講義の状態遷移に基づく撮像 [先山 01] 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 [石塚 00] 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」という枠組みの中で捉え研究を行っている。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わかってきた。これらの経験を踏まえ、遠隔講義、講義アーカイブのための観測・撮像手法を両者の比較を交えながら述べる [棕木 02]。

##### 4.1 講義形態と取得する情報

講義にはさまざまな形態があるので、まず、処理対象とする講義の形態を定める。

- (1) 教材は原則として電子メディアで用意され、プロジェクタに投影される。
- (2) 学生はPCをもたず、教室でプロジェクタを見ながら講義を受ける。
- (3) 講師は電子黒板に板書する。
- (4) 電子黒板の情報は教材と切り替えてプロジェクタに投影する。

この形態の講義は、電子教材や電子黒板を利用することを除けば、大学で普通に行われているものである。

このような講義が教室で行われた場合、教室に存在するメディア情報として以下のようなものが考えられる。

- (1) プロジェクタに投影される教材
- (2) 電子黒板に提示される情報
- (3) 講師の指示動作
- (4) 講師の説明音声
- (5) 生徒の反応
- (6) 生徒の質問音声

(1)、(2)の情報はすでに電子化されており、内容的には問題はない。これらの情報に対して、どのタイミングでどの内容が提示されたかという時刻情報が必要である。(3)の講師の指示動作が講義要約のための映像を取得するうえで重要である。講師の行動状況は、講師の音声かどの教材を説明しているかと深い関係がある。講師の指示動作は、教材の中のどの部分を説明しているかの情報を示している。したがって、講師が教室のどの位置にいるかを計測し、講師の映像を取得することで、教室内のさまざまなマルチメディア情報が関連付けられることになる。(4)はマイクで講師の音声を撮り続けられればよいが、ほかの情報と同期を取るために時刻情報が必要である。

(5)に関しては、生徒が多数いること、個々の生徒の反応も映像化する必要があること、生徒全体の雰囲気も必要なことなどを考えなければならない。(6)に関しては質問する生徒にマイクをもたせることで対処できるが、講師と違って誰がしゃべるかわからないので、マイクを回す時間を考慮しなければならない。

##### 4.2 複数種類のセンサによる講義の観測

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応じた撮影をする必要がある。講義を構成している構成要素は講師、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、講義構成要素の状態を検出するために利用される。

講義状況を認識するために、講師、受講者、教材について次の状態を検出する。

- 講師の位置・指示動作・向き・移動速度
- 受講者の活性度（動き）、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
- 電子教材操作の有無

これらの情報を検出するために、以下のセンサを利用する。

- (1) 固定カメラによる講師の位置検出

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

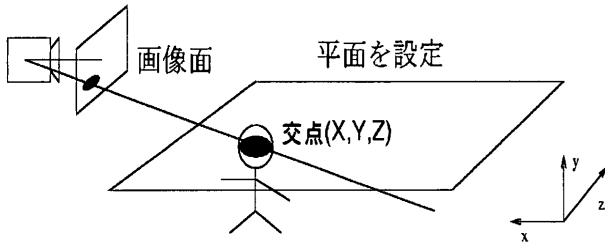


図1 単眼カメラによる講師位置検出

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、講師の頭の高さを変定した平面との交点から、講師の位置を求める(図1)。

(2) 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、画面内での受講者の顔の位置は限定される。教室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  $d_i$  をもとに、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しきい値  $TH_{std}$  を超えた場合、活性度が高いとみ

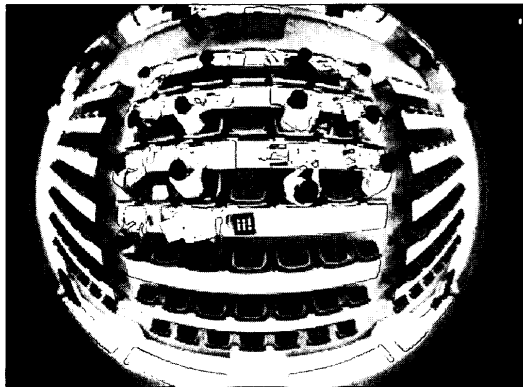


図2 天井魚眼カメラの映像

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、教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がなく、検出が可能となる。

(3) 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。ここでは、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クを識別して検出し、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か所に図3に示したように、マークを取り付ける。両肩のマーク位置の平均により講師の位置を算出する。また、肘と手首のマークの延長線上に電子教材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、右肩と左肩のマーク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。

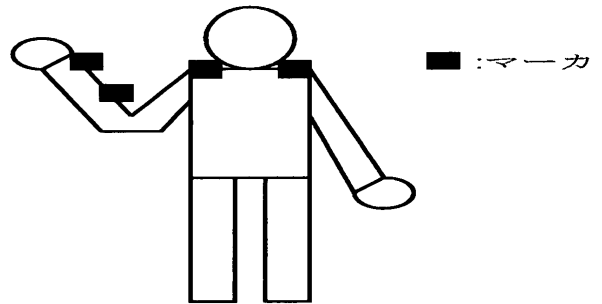


図3 講師へのマークの取付け

(4) 分散マイクによる話者有無・話者位置検出

教室のすべての音声を獲得できるようにするために、教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変換が行われ、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しきい値  $TH_{mic}$  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

表1 利用するセンサの比較

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

定法を使用する [Omologo 94].

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。教室を領域分割（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。

(5) 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、板書情報を伝送、蓄積することができる。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。

(6) 電子教材操作の有無検出

電子教材提示ソフトが動作している計算機上で、提示ソフトへの入力を監視、記録するソフトウェアを使用する。これにより、講師が電子教材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。

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図れる。

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。したがって、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

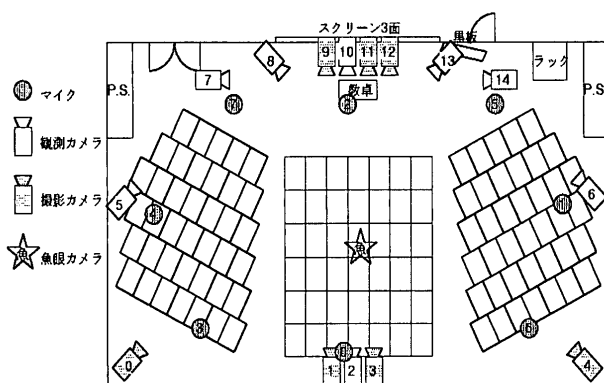


図4 講義撮影の実験環境

- 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情報を統合する。

図4に示した実際の教室環境で、画像処理とそのほかの処理を併用し、講義の状況を観測する。観測情報に基づき、撮影カメラを制御して講義を撮影する。

4.3 複数カメラによる講義の撮影

講義を撮影するに当たっては、撮影する目的として遠隔講義と講義アーカイブを考える。これらの利用目的に応じて、講義に対して異なった撮影方法が必要である。

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、講師がもっている知識をいかに学生に伝達するかである。講師がもっている知識を「講義内容」と呼ぶと、講師は講義の中でプレゼンテーションを行って、学生に講義内容を伝達する。このとき、電子教材・オンライン黒板などを使用する。また、講師と受講者との質疑も行われる。すなわち、講師から見た講義は「講義内容を学生に伝える」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。したがって、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。

講義に対するほかの見方は、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」を切り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替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をおいて撮影する [八木 01].

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、さまざまな利用法が考えられる。したがって、講義アーカイブのための撮影時には、さまざま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置く [石塚 00].

§ 1 遠隔講義のためのカメラ制御

遠隔講義では、一般に、遠隔地に提供する映像は1本

のみであり、複数のカメラを利用していても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なければならない。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。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、予備的なカメラ割当ても必要となる。

#### (1) 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を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り替える
- 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の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[ダニエル・アリホン 80]。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わ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。

#### (2) 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。そのために、前節で観測したセンサ情報をもとに、各時点で最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。

##### (2.1) 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。

##### (2.2) 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。また、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ようす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ようすを撮影して遠隔地に送信する必要がある。この場合、指示しているようすがわかるよう、講師と教材両者を含んだ映像を撮影する。

##### (2.3) 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、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、教室全体ができるだけ映るようにする。

##### (2.4) 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。そのため、ざわめいているようす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。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。

##### (3) 講義の撮影

講義状況の優先度を下記のように定める。

- ① 受講者がざわついている
- ② 教材を指示
- ③ 教材を使用
- ④ 話者が存在する
- ⑤ 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同定し、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。ほか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備的なカメラワーク
- 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

のいずれかを割り当てる。

まず、1台のカメラを現在の撮影対象を含むロングショットのカメラワークに設定する。ほかのカメラは、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

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、カメラ割当てを行う。これにより、常に予防的、予備的なカメラを確保しつつ、撮影ノウハウを生かしたカメラ制御が可能となる。

## § 2 講義アーカイブのためのカメラ制御

講義アーカイブでは、実時間での映像撮影は行うが、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。

多様な映像としては、次の二つの性質が考えられる。

### (1) 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。

### (2) 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方向から異なる大きさで撮影されている多様性である。同じ物体でも方向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、その映像からはほか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。したがって、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った手法も考えられる。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。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。

検出した対象情報をもとに、講義における対話の「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ごとの評価値を決定し、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。

ここまでで、「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。カメラの割当てでは、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」が講師の場合、撮影する大きさは、講師の指示動作、移動速度をもと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」の役割が変化するとこのカメラ割当てを行う。これにより、各カメラ割当て区間において、見え方に対する多様性、空間に対する多様性の高い映像が得られるように複数カメラを割り当てることができる。

## 5. 実講義での利用

これまで述べてきたシステムを実際に構築し、実際の講義で利用している。特に、遠隔講義のシステムは、京都大学で行っている UCLA との遠隔講義 (TIDE プロジェクト) に実用されている。遠隔講義を受講した学生にアンケートを行って、システムの性能を評価した結果、学生はそれほど問題なくシステムを受け入れ、講義を楽しんでいることが判明した [Murakami 01a, 村上 01b]。

講義のアーカイブシステムのほうは、ようやく構築がすんだところであり、今後、実利用していく予定である。

## 6. おわりに

教室で行われる講義を人間どうしのコミュニケーションと捉え、それを自然な形で支援するという考え方に基づき、講義を自動撮影するシステムを中心に、教室で行われる画像処理について述べた。

教育は、人間どうしのコミュニケーションが基本であるので、今後は、講義の形態だけでなく、ほかのさまざまな教育形態での人間どうしのコミュニケーションを対象に、画像を中心とするメディアによる支援を考えてゆきたい。

## ◇ 参 考 文 献 ◇

- [ダニエル・アリホン 80] ダニエル・アリホン 著, 岩本憲児, 出口丈人 訳: 映画の文法, 紀伊国屋書店 (1980)
- [石塚 00] 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, 電子情報通信学会技術報告, PRMU, Vol. 99, No. 709, PRMU99-258, pp. 91-98 (2000)
- [角所 99] 角所 考, 美濃導彦: コミュニケーションのための視覚情報処理, 画像電子学会誌, Vol. 28, No. 5, pp. 495-502 (1999)
- [亀田 00] 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, 情報処理学会技術報告, CVIM, Vol. 2000, No. 33, No. 121-11, pp. 81-88 (2000)
- [棕木 02] 棕木雅之, 西口敏司, 美濃導彦: 複数台カメラによる講義の観測と撮像, 情報処理学会技術報告, CVIM131-11, p. 77-84 (2002)
- [Murakami 01a] M. Murakami, K. Yagi, K. Kakusho and M. Minoh: Evaluation of Distance Learning Course shared by UCLA and Kyoto University, *Proc. Int. Conf. on Information Technology Based Higher Education and Training* (2001-07)
- [村上 01b] 村上正行, 八木啓介, 角所 考, 美濃導彦: 受講経験・日米受講習慣の影響に注目した遠隔講義システムの評価要因分析, 電子情報通信学会論文誌 (D-I), Vol. J84-D-I, No. 9, pp. 1421-1430 (2001-09)
- [大西 99] 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, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol. J82, No.10, pp. 1590-1597 (1999)
- [Omologo 94] M. Omologo and P. 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)

- [先山 01] 先山卓朗, 大野直樹, 棕木雅之, 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. J84, No. 2, pp. 248-257 (2001)
- [バーチャル・ユニバーシティ 01] バーチャル・ユニバーシティ, アルク (2001)
- [八木 01] 八木啓介, 亀田能成, 中村素典, 美濃導彦: UCLA との遠隔講義プロジェクト TIDE におけるシステム構成, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol. J84, No. 6, pp. 1132-1139 (2001)

2002年4月16日 受理

## — 著 者 紹 介 —



美濃 導彦

1978年京都大学工学部情報工学科卒業。1983年同大学院博士課程修了。同年工学部助手, 1987~88年マサチューセッツ州立大学客員研究員, 1989年京都大学工学部付属高度情報開発実験施設助教授, 1995年同教授, 1997年京都大学総合情報メディアセンター教授, 2002年京都大学学術情報メディアセンター教授。画像処理, 人工知能, 知的コミュニケーション関係の研究に従事。博士(工学), IEEE, ACM, 情報処理学会, 電子情報通信学会, 画像電子学会, 日本ロボット学会各会員。