

# 赤外線照射マイクを追尾する質問者自動撮影システム

市村 哲<sup>†1</sup> 福田 正城<sup>†1</sup> 田 胡 和 哉<sup>†1</sup>

学会発表やセミナー等において質問者を自動的にズーム撮影するための方法について研究を実施した。本論文では、マイクに取り付けた赤外線 LED によって被験者の口元または顔部分を照射し、赤外線通過フィルタを装着したビデオカメラで認識して撮影するシステムを提案する。数百名程度を収容する大きな会場においても、正確に質問者の位置を認識して拡大撮影できる利点がある。実験評価の結果、太陽光を取り込まない講堂において質問者が起立して質問した場合には、高い精度で質問者位置を認識できることが分かった。試作したプロトタイプシステムの設計、実装、評価について述べる。

## Tracking Questioner with Infrared-ray-emitting Microphone

SATOSHI ICHIMURA,<sup>†1</sup> MASAKI FUKUDA<sup>†1</sup> and KAZUYA TAGO<sup>†1</sup>

We have studied how a question and answer session in conferences/seminars could be recorded without dedicated cameramen, and developed a video-recording system that automatically zooms in the questioner holding an infrared-ray-emitting microphone in his/her hand. The microphone is designed to illuminate the face of the questioner while he/she is taking through the microphone, and a video camcorder equipped with infrared-ray transmissive filter tracks the questioner's face illuminated by the infrared-ray. The experiment showed that the system had the capability to accurately track questioners in a large auditorium under the conditions that the sunlight was shut out and questioners stood up. The system design, implement issues, and evaluations are discussed.

### 1. はじめに

プレゼンテーションは、学会発表やセミナー等において情報共有のための基本的な行為であり、きわめて重要なグループ活動の 1 つである。そしてその際には、疑問点や理解が不十分であった点を質問するための質疑応答の時間が確保されることが多い。組織やコミュニティの活性化のためには活発な議論が不可欠であることから、学会発表においては、プレゼンテーション時間と同じ程度の質疑応答時間が確保される例も珍しくない。

さらに近年のデジタルビデオカメラの低価格化、インターネットの普及、映像圧縮技術の進展等により、セミナーや会議の様子をビデオカメラで撮影して保存したり、インターネット/イントラネットで映像配信したりする例が増えてきている<sup>1)</sup>。このようにすれば、プレゼンテーションの場にいなかった人であっても、後からプレゼンテーションや質疑応答を視聴したり、または、離れた場所からリアルタイムにリモート視聴

したりできるという利点がある。

著者らは過去の研究において、講師の姿や動きを検出して自動的にデジタルズーム撮影し、即座にインターネット映像配信できる講義収録システム ChalkTalk を構築した<sup>2),3)</sup>。ハイビジョンカメラ 1 台を教室の後方に固定設置しておくだけで講師の動きを自動撮影できるため、専属カメラマンが不要となるという利点があった。また、人間が行うカメラワークに近い講師追跡動画を作成する工夫を施すことにより、ユーザ評価実験の結果から、人が撮影した講義収録映像と比較しても劣らない見やすさを有する映像を作成できることを確認できた。しかしながら、ChalkTalk は講師のみを撮影対象としていたために、質疑応答が定期的に行われる学会発表やセミナー等には対応できないという問題があった。そこで今回、学会発表やセミナー等において質問者を自動的に撮影するための方法について研究を行った。

数十名以上の聴衆が参加する学会発表やセミナーでは、発表者や質問者のためにマイクを用意することが普通であることに着目し、本論文では、このマイクを利用して質問者の位置を特定して自動撮影するシステムの提案を行う<sup>4)</sup>。通常、発表者は、会場後方の聴衆

<sup>†1</sup> 東京工科大学  
Tokyo University of Technology

にまで声が届くようにマイクを用い、また質問者は、発表者や他の聴衆に質問が聞こえるようにマイクを使用する。発表者には発表者専用マイクが用意されるが、質疑応答の際は、会場内に質問者用のワイヤレスマイクを数本用意しておき、司会（または座長）が指名した質問者にこの質問者用マイクを回して用いることが多い。またプレゼンテーションをビデオカメラで撮影する場合についていえば、発表者用マイクと質問者用マイクを用意することが不可欠といわれている。ビデオカメラ本体の内蔵マイクで録音した場合、話者の音声を周囲の雑音が遮ったり、遠くの質問者の音声をほとんど記録できなかったりすることが多く、非常に聞きにくい映像となってしまうという問題がしばしば発生するためである。

本研究では、質問者用ワイヤレスマイクに赤外線投射機能を付与し、この赤外線の照射によって質問者の位置を特定するアプローチを行った。質問者がマイクを使用している際に質問者の顔に赤外線を照射し、その照射された顔部分を固定設置したビデオカメラで認識してデジタルズーム撮影できるようになっている。本システムの構成によれば、撮影時にカメラマンを必要とせず、システムの設置や持ち運び利用も容易であるという利点や、正確に質問者の顔を拡大撮影できるという利点がある。本論文では、試作したプロトタイプシステムの設計、実装、評価について述べる。

## 2. 関連研究

従来から、ビデオカメラによって講義やセミナーを自動撮影しようとする研究は多く存在している。たとえば、講師を自動撮影するためのシステムとしては、固定カメラとズーム制御可能なカメラとを併用し、動物体検出手法を用いて固定カメラ映像から講師の位置を検出してズーム制御可能なカメラで拡大撮影するシステム<sup>5)–9)</sup>や、固定設置したハイビジョンカメラ映像から講師の位置を検出し、講師付近をデジタルズームによって拡大撮影するとともに、講師が書いた板書を逐次記録するシステム<sup>1)</sup>が存在する。しかしながら、講師以外は静止物体であると仮定したシステムであるため、多くの人が密着して着席している聴衆席の映像から質問者を検出することはきわめて困難であるという問題がある。

また、数名程度が参加する会議を自動撮影するための技術として、マイクロフォンアレイに入力した音声の到来方向から発言者の位置を検出し、この発言者を自動的に拡大撮影しようとする手法<sup>10),11)</sup>がある。しかしながら、人物をマイクロフォンアレイの周囲に着

席させなければならないという制約や、10名を超える参加者の中から発言者を特定することは難しいという制約から、数十名から数百名の中から質問者を特定することは実質的に不可能であるという問題がある。

大人数の中から質問者を自動撮影するシステムとしては、大学講義を自動収録するシステムとして、魚眼レンズ付きカメラと多数のマイクロフォンを講義室の天井に配置し、受講者が発言したときの発言者位置を推定するシステム<sup>13)</sup>が提案されている。しかしながら音声到来方向認識と動物体認識を併用しても、確実に質問者をズーム撮影することは難しく、特に、空調設備が作動していたとき認識精度が良くなかったことが報告されている。このため、今回のような学会発表やセミナーの記録には利用することが難しいと思われる。また、設置コストが膨大であることや、他の部屋に持ち運んで用いることができないという問題があった。

## 3. 提案

従来研究の問題点を鑑み、著者らは、数十名以上の聴衆が参加する学会発表やセミナーにおいて、質問者を確実に拡大撮影できるシステムの実現を目的とした研究を実施した。そして、質問者用ワイヤレスマイクに赤外線投射機能を付与し、赤外線発光を認識することによって質問者の位置を特定するアプローチを行った。

プレゼンテーションの場において質問者を撮影する場合、従来、専門のカメラマンが会場の前方からビデオ撮影することが一般的である。そこで本システムにおいても、質問者を自動撮影するビデオカメラを会場前方に設置し、赤外線照射された質問者を検出してその領域を拡大撮影するようにした。本システム使用時にはカメラマンが存在しないため、カメラマンがいることにより質問者が撮影されていることを意識して緊張するという問題の解消にもつながることが期待できる。

本システムでは民生用ビデオカメラを2台使用し、1台のカメラに光吸収・赤外線通過フィルタ（以下、赤外線通過フィルタ）<sup>14)</sup>を装着して赤外線照射位置（質問者位置）を特定し、もう1台のビデオカメラで質問者の顔近辺の映像をデジタルズーム撮影するようになっている。市販の赤外線発光LED（以下、赤外線LED）<sup>15)</sup>、赤外線通過フィルタ、および、ビデオカメラのみによって構成でき、かつ、システムの設置や持ち運び利用も容易であるという利点がある。また、撮影された映像はビデオテープに記録されるほか、デジタルビデオ編集またはインターネット配信に利用しや

すい形式に変換される。

なお、赤外線は人間の目には見えないため、照射しても人の注意を引かず、また、眩しいといった問題が生じないという利点がある。本システムに用いた近赤外線は、可視光線に近い性質を持つため「見えないが、可視光線に似た性質の光」として分類されており、セキュリティ用 CCD カメラの夜間光源等に広く利用される等、安全性、コスト面ともに問題のないものである。

#### 4. 予備実験

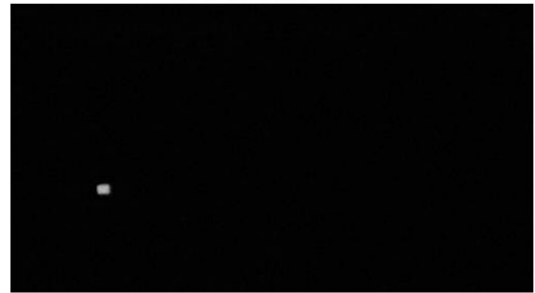
著者らは最初、マイクに赤外線 LED をいくつか取り付け、その LED の発光自体を赤外線通過フィルタを取り付けたビデオカメラで撮影すれば遠くの質問者でも検出できるのではないかと考えた。しかしながら、赤外線 LED から 5m 離れた箇所に赤外線通過フィルタ付きビデオカメラを設置して予備実験したところ、ビデオカメラに映る発光部分がきわめて小さく、ノイズに紛れてしまうおそれがあることが分かった(34万画素を有する一般的な DV カメラを用い、ズームレバーを最もワイド側に設定して撮影)。今回のように数十名以上の聴衆が参加するプレゼンテーション会場を対象とした場合、数十メートル離れた質問者を撮影することを考慮する必要がある。

そこで、質問者が質問する際にマイクを口元に近づけることに着目し、マイクに取り付けた赤外線 LED によって質問者の口元または顔部分を照射し、この照射した部分をビデオカメラで検出する方式を考えた。赤外線 LED 自体の発光を検出する場合と比較して発光領域が大きく広がることを期待できるため、遠くのビデオカメラからでも検出できる可能性がある。そこで、56個の赤外線 LED を平面に配置した照射装置を試作して予備実験を行った。予備実験では、赤外線を被験者の顔に向けて照射し、5m 離れた箇所に赤外線通過フィルタ付きビデオカメラを設置して観察した。赤外線通過フィルタを取り付ける前の通常ビデオ映像を図 1(a) に、赤外線通過フィルタを取り付けた後のビデオ映像を図 1(b) に示す。しかしながら、図 1(b) に示されるように、赤外線照射装置の発光部しか検出できず、赤外線照射された部分はほとんど検出できないという結果となった。赤外線 LED 自体の明度と比較して照射された部分の明度が低いことが原因と考えられる。

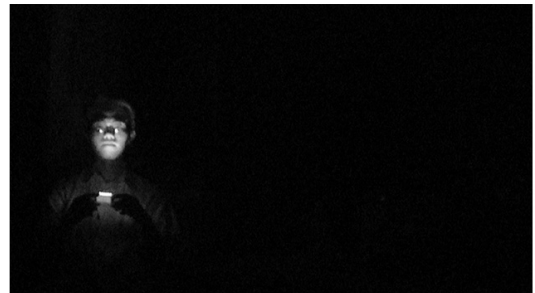
この問題に対処するため、市販のビデオカメラに搭載されているナイトショット機能(別名、赤外線撮影モード)を利用し、微弱な赤外線をビデオカメラで撮



(a)通常撮影時



(b)赤外線通過フィルタ使用時



(c)赤外線通過フィルタおよびナイトショット利用時

図 1 赤外線照射実験(予備実験)

Fig. 1 Infrared-ray-emitting test (Pretest).

影できるようにした。ビデオカメラの CCD は赤外線に対しても感度を持つため、一般的なビデオカメラには赤外線カットフィルタが組み込まれており、可視光線のみが CCD に届くようになっている。この赤外線カットフィルタをあえて用いない撮影モードがナイトショット機能である。ナイトショット機能を有効にすることにより赤外線域の画像撮影が可能となる。

前述の予備実験と同様の方法で被験者の顔を赤外線照射し、5m 離れた箇所に赤外線通過フィルタ付きビデオカメラをナイトショット機能を有効にして設置して撮影した。赤外線通過フィルタを取り付け、かつ、ナイトショット機能を利用して撮影したビデオ入力映像を図 1(c) に示す。実験の結果、図 1(c) に示されるように、赤外線 LED の発光部だけでなく赤外線照射された顔もビデオカメラで検出できることが確認できた。

## 5. 実 装

### 5.1 システム構成

本システムにおける赤外線発光部は、一般的なワイヤレスマイクに嵌め込んで装着できる形状となっており、質問者がマイクを持って話す際に、質問者の顔が自然と赤外線によって照射されるようになっている。

赤外線発光部を構成する赤外線 LED は、順方向に電流を流すと赤外線を発するデバイスであり、安価に購入可能な市販品である。LED の一種であるため、点灯と消灯をきわめて小電力でコントロールできるという利点を有している。今回使用した LED は、波長が 940 nm の光を発光する一般的な赤外線 LED である。赤外線発光部には赤外線 LED を 40 個を使用し、12 V 電圧で駆動するようにした。赤外線発光部をマイクに取り付けた様子を図 2 (a) に示す。

なお、赤外線 LED をマイク本体に組み込んで構成することができれば、小型化されるだけでなくワイヤレスマイクのバッテリーと電源を共用することができると推測できる。また、現時点では、マイクと赤外線 LED の ON/OFF スイッチは独立しているが、赤外線 LED をマイク本体に組み込む際には、バッテリー節約の見地からマイクスイッチを入れたときだけ赤外線 LED を発光させるようにすることが望ましい。また、プロトタイプでは、赤外線 LED を常時点灯させているが、一定時間間隔で点滅するように構成すればさらにバッテリーを節約する効果が期待できる。ただし、LED の個数としては、質問者の顔を照射するための光量が不足しない程度の個数である必要がある。光量が不足すると、本システムの画像ノイズ除去処理によって除去されてしまう可能性が高まるため、LED の個数を減らしたり駆動電圧を下げたりする際は注意が必要である。

一方、赤外線検出部は、赤外線通過フィルタとナイトショット機能付きビデオカメラ<sup>16)</sup> とから構成される。本ビデオカメラはハイビジョン撮影機能を有しているが、本システムでは非ハイビジョン撮影モード (DV 撮影モード) で利用している。赤外線通過フィルタは、紫外線カットフィルタの一種であり、可視光を吸収して赤外光を透過する性質を有している。このフィルタをカメラに装着することにより赤外線だけを抽出することが可能となる。今回用いた赤外線通過フィルタは安価に購入できる市販品 (富士フィルム製 IR94) である。ナイトビジョン機能付きビデオカメラ (ワイドコンバージョンレンズ装着) に赤外線通過フィルタを取り付けた様子を図 2 (b) に示す。



(a) 赤外線発光部を取り付けたマイク



(b) 赤外線通過フィルタを取り付けたビデオカメラ

図 2 赤外線照射/検出装置

Fig. 2 Infrared-ray-emitting and detecting device.

本システムの構成においては、赤外線通過フィルタを装着したナイトビジョン機能付きビデオカメラで赤外線照射位置 (質問者位置) を検出し、もう 1 台のビデオカメラで質問者の顔近辺の映像をデジタルズーム撮影するようになっている。両ビデオカメラはできるだけ隣接するようにして会場前方に固定設置され、さらに両ビデオカメラの撮影範囲が同じになるように画角調整される。

2 台のビデオカメラの映像は DV 端子 (IEEE1394 端子) を通して 1 台のパソコンに入力され、アプリケーションによってリアルタイムで画像処理 (後述) される。実装したアプリケーションのユーザインタフェースを図 3 に示す。赤外光検出結果と画像拡大部分の対応関係が確認しやすいように、操作画面上には、赤外線通過フィルタ付きビデオカメラの映像 (左パネル) と、質問者拡大撮影用ビデオカメラの映像 (右パネル) とを並んで表示するようにデザインした。また、質問者拡大撮影用ビデオカメラの映像としては、拡大前映



図 3 ユーザインタフェース

Fig.3 User interface.

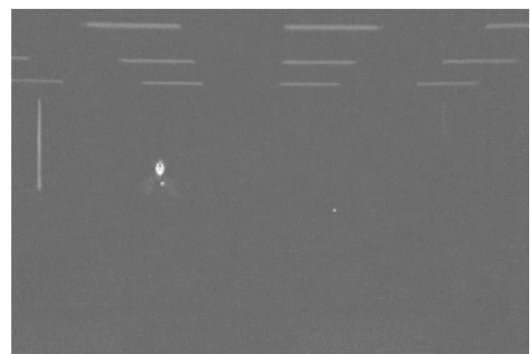
像，拡大範囲を赤枠で拡大前映像に重畳した映像，および，拡大後映像を切り替えて表示できるようにした．質問者拡大撮影用ビデオカメラの映像はハードディスクにデジタル記録可能となっている．

### 5.2 画像処理

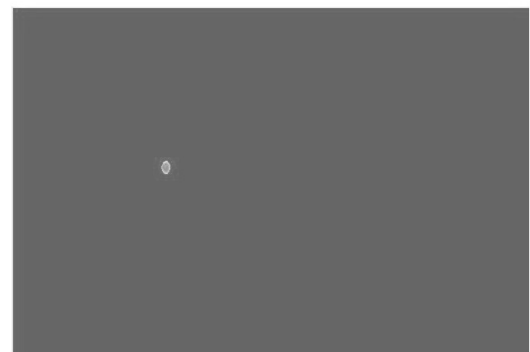
赤外線検出部によって入力されたビデオ映像から質問者位置を検出する画像処理方法について述べる．

まず，赤外線通過フィルタを装着したナイトショット機能付きビデオカメラにより撮影したビデオ映像を，一定の輝度をしきい値として2値化する．次に，一定の大きさをしきい値としてノイズ除去処理を施し，続いてラベリング処理によって個々の発光領域に分割する．そして次に，天井照明として一般的な直管型蛍光灯や光の反射等の他の赤外線光源を除去するために，各発光領域の縦横サイズ比で有効発光領域を判別する．本実装では，縦横サイズ比が1:4から4:1の間に収まる場合に有効発光領域と判別している．そして最後に，最も大きな有効発光領域を人物の顔として判定するようになっている．画像処理前の画像を図4(a)，処理後の画像を図4(b)に示す(本大学の80名小教室にて撮影)．

なお，質問者が持つ赤外線照射機能付きマイクは動物体であり，一方，蛍光灯等は静止物体と見なすことができるため，この特徴を利用して両者を区別する動物体認識の機能についても検討した．しかしながら，質問者が遠く離れている場合，質問者が動いていることをビデオカメラで検出することが難しいケースが多いことが予備実験で分かり，質問者を検出できない可



(a) 画像処理前



(b) 画像処理後

図 4 赤外線検出のための画像処理

Fig.4 Process of Infrared-ray detection.

能性が高まるおそれがあることから採用を見送ることとした．

次に，質問者を拡大する画像処理方法について述

べる。

質問者拡大撮影用ビデオカメラとしては 34 万画素 (720 × 480 ピクセル) の DV カメラを用いているが、デジタルズームでは、認識した質問者の顔の位置を中心とした 100 × 75 ピクセルの矩形領域を 720 × 480 ピクセルに固定倍率で拡大表示するようにした。当初、赤外線が照射された質問者の顔の大きさを認識し、その顔の大きさから質問者とビデオカメラの距離を推測して拡大倍率を変更することも考えたが、極度にデジタルズームした顔画像是むしろ見にくいことや、赤外線のあたり具合によって顔の大きさ推定の誤差が生じる可能性が高いことから採用しないこととした。

### 6. 評価実験と考察

マイクに取り付けた赤外線 LED によって被験者の口元または顔部分を照射し、赤外線通過フィルタを装着したナイトビジョン機能付きビデオカメラで撮影する実験を、本大学の 80 名小教室、160 名中教室、310 名大教室において実施した。

前述のとおり、赤外線通過フィルタ付きビデオカメラ、および、質問者拡大撮影用ビデオカメラとしては、34 万画素の一般的な DV カメラを用いた。また、教室全体をカバーできるように、両ビデオカメラともカメラの光学ズーム倍率は基本的に最大ワイドとし、さらに両ビデオカメラにワイドコンバージョンレンズ (0.7 倍拡大レンズ) を装着した。ただし、両ビデオカメラの撮影範囲が同じになるように、2 台のビデオカメラを隣接して設置した後に光学ズーム倍率を微調整した。なお、ワイドコンバージョンレンズ装着による撮影画像の歪は認められなかった。

ここでは、質問者位置検出が最も難しいと思われる 310 名大教室 (横 30m × 縦 25m) で行った実験の結果について述べる。実際の質問状況に近づけるため、質問者役被験者の周り (主に前列) には被験者を取り囲むように 3~6 名の聴衆役を配置した。なお、教室内に太陽光は入らず、天井照明として一般的な直管型蛍光灯が用いられている状態であった。

#### 6.1 質問者位置検出実験

質問者位置検出実験の結果について述べる。

まず、ビデオカメラの設置について、光学ズーム倍率を最大ワイド側に設定しさらにワイドコンバージョンレンズを装着して実験を行ったが、横長の大教室全域を 1 台のビデオカメラではカバーできないことが分かった。ビデオカメラを教壇上 (教室の前方中央) に設置した場合は、教壇から見て左右の数列が撮影範囲外となり、310 席中の約 200 席しか撮影できない結果

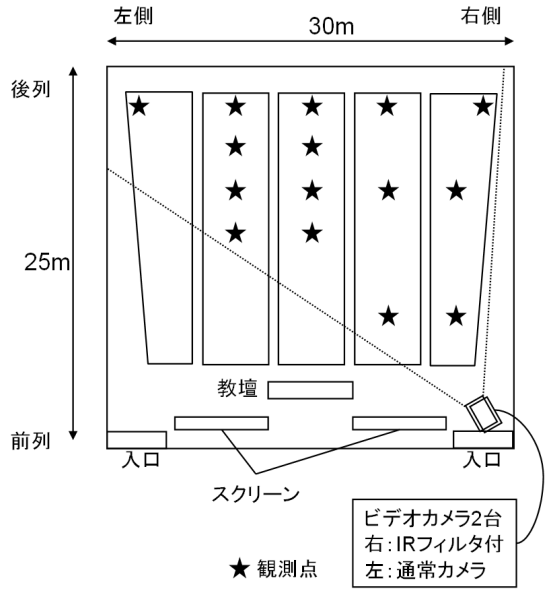


図 5 実験環境

Fig. 5 Experimental environment.

となった。一方、ビデオカメラを教室の角 (教室のななめ前方) に設置した場合は死角が減少し、310 席中の約 260 席を撮影可能であることが分かった。

そこで本実験では、図 5 に示されるようにビデオカメラを教室の角に設置し、教壇から見て左端前列部分を撮影範囲から除外した 260 席を対象とすることとした。実際の運用でも、ビデオカメラ 1 組で撮影する場合には聴衆の座る場所を限定したり、2 組のビデオカメラを交差するように設置したりする必要があると推測される。

次に、ビデオカメラで撮影可能な範囲内に 15 カ所の観測地点 (図 5 参照) を設け、各観測地点において立って発話する被験者を検出し、自動拡大撮影する実験を 2 回ずつ計 30 回行った。

260 席を対象とした質問者位置検出実験の結果、前記 30 回の試行すべてにおいて正しく被験者位置を検出することができた。また、マイクを持ったまま質問者が教室内を移動しても追従して検出できることを確認した。特に、カメラの位置から最も遠い席の被験者についても、マイクを持った姿を検出してデジタルズーム表示することができ、想定した使用状況においては問題が発生しないことを確認できた。

続いて、質問者位置検出機能の限界を調べるために実験環境を様々に変更して実験を行った。結果を以下に示す。

- (1) 質問者が着席したまま質問した場合、前列に

座っている人の陰になり検出できないケースがあった。

- (2) 教室内に太陽光を取り込んだ場合、質問者を検出できないケースがあった。

(1) に関し、質問者が着席したまま質問することを許容した際には、ビデオカメラの組を高い位置に設置する必要があると思われる。しかしながら、高い位置にビデオカメラを設置すると質問者を上から見下ろした撮影映像になってしまうため、通常の運用では質問者に起立するように周知する必要があると思われる。

(2) に関し、太陽光の影響については、直射日光が差し込んでいた席に質問者が存在する場合は検出できない結果となった。また、太陽光を取り入れるための窓が撮影範囲内に存在した場合もその窓は赤外線発光領域として認識される結果となった。太陽光に含まれる赤外線がきわめて強いことが原因と考えられるため、実質的には、本システムを使用する際はカーテン・ブラインドを使用する必要があると思われる。

さらに、太陽光の影響を受けない教室において、赤外線通過フィルタを通過する可能性のある光を対象とした動作確認実験を行った。本実験では、ノートPCに搭載された赤外線通信ポート、および、PCプロジェクタレンズから漏れる強い光について検証し、以下のような知見を得た。

- (1) ノートPCの赤外線通信ポートの光は、すべてノイズとして除去された。
- (2) ビデオカメラがプロジェクタレンズを直接撮影しないように設置を工夫することが望ましい。

(1) に関し、ノートPCの場合、赤外線通信を行っていない状態（赤外線受信待機状態）であっても、約5秒ごとに約0.5秒間の赤外線照射が行われていることが確認された。そこで、教室の聴講席複数箇所にノートPCを置き（赤外線通信ポートをビデオカメラに向けて設置）赤外線照射の影響を測定する実験を実施した。結果として、いずれの箇所に置いた場合でもノートPCからの赤外線発光は本システムの画像ノイズ除去処理によって除去されることが分かった。ノートPCの赤外線通信ポートの発光面積はきわめて小さく、光量も小さいことがその理由として考えられる。

(2) に関し、PCプロジェクタの非常に明るいレンズを撮影した場合には、サイズは小さいが明るい赤外線発光物体として赤外線通過フィルタを通過することが分かった。発光サイズが小さいために、通常はノイズとして除去されると推測されるが、設置場所やプロジェクタの種類によっては質問者と間違われる程度のサイズとして認識されるおそれがある。この問題を除

表 1 比較評価結果  
Table 1 Result of comparison test.

	映像Aがよい	やや映像Aがよい	どちらとも言えない	やや映像Bがよい	映像Bがよい
近距離	3名	4名	1名	2名	0名
中距離	5名	5名	0名	0名	0名
遠距離	6名	4名	0名	0名	0名

去するためには、プロジェクタレンズの横に遮蔽物を置く等して、教室前方斜め前に設置したビデオカメラがプロジェクタレンズを直接撮影しないように設置を工夫することが望ましい。発光サイズが小さく、その光源位置があらかじめ分かっている場合には、この方法による問題回避が可能である。

## 6.2 質問者拡大撮影実験

次に、質問者拡大撮影実験の結果について述べる。

本実験では、提案システムが生成した画像と通常のビデオカメラ画像の見やすさを相対比較する目的で、本システムを用いて質問者を自動ズーム撮影した映像Aと、本システムを用いずに撮影した映像B（デジタルズームなし映像）とを被験者に呈示し、どちらの映像中の質問者が見やすいか評価させる実験を行った。

大学生被験者10名に対し、「映像Aが良い」、「やや映像Aが良い」、「どちらともいえない」、「やや映像Bが良い」、「映像Bが良い」の5選択肢から選ばれるアンケート調査を行った。またこの際、どのような条件で本システムの効果がより大きく発揮されるのかを調べる目的で、ビデオカメラと質問者の距離を、近距離（5m）、中距離（10m）、遠距離（15m）と変化させ、それぞれの距離における両映像を呈示して実験を行った。

実験結果を表1に示す。結果に示されるように、質問者の位置がカメラから遠いほど映像Aの方の評価が高く、中距離と遠距離については、すべての被験者が映像Aの方が見やすい映像であると回答した。近距離においても平均すれば映像Aの方が見やすい映像であると評価されており、自動ズーム撮影の効果が分かった。

次に、提案システムが生成した画像が見やすいかどうかについての人の絶対的な評価を得る目的で、上記映像Aのみについて、近距離（5m）、中距離（10m）、遠距離（15m）における拡大映像の見やすさを、とても見やすい～とても見にくい5段階で評価させた。映像Aの例を図6に示す。被験者は大学生被験者10名である。PC画面に3つのウィンドウを同時表示し



(a)近距離(5m)



(b)中距離(10m)



(c)遠距離(15m)

図 6 質問者拡大映像の例

Fig. 6 Zoomed picture of the questioner.

表 2 拡大画像評価結果

Table 2 Evaluation of zoomed picture.

	とても見やすい	見やすい	どちらとも言えない	見づらい	とても見づらい
近距離	6名	1名	1名	2名	0名
中距離	1名	3名	6名	0名	0名
遠距離	1名	0名	1名	6名	2名

(ウィンドウ配置はランダム), それぞれに近距離, 中距離, 遠距離における質問者拡大映像を表示して各被験者に見せた.

実験結果を表 2 に示す. 結果に示されるように, 質問者の位置がカメラから遠いほど顔画像が小さくなり見にくいことが分かった. この問題に対しては, 本実装では質問者拡大撮影用ビデオカメラとして DV カメラ (34 万画素) を用いたが, 代わりにハイビジョンカメラ (155 万画素の HDV カメラ等<sup>16)</sup>) を用いれば, より高解像度で質問者の姿を撮影することができるため問題を軽減することができると思われる. また, 機

器設置 (両カメラのキャリブレーション等) の手間が多少増加するが, コンピュータ制御可能な首振りカメラを利用して質問者を撮影すれば, さらに高解像度で質問者の姿を撮影することが可能になると考えられる.

## 7. おわりに

質疑応答が定期的に行われる学会発表やセミナー等において質問者を自動的にデジタルズーム撮影するための方法について研究し, 本論文において, 質問者用ワイヤレスマイクに取り付けた赤外線 LED によって被験者の口元または顔部分を照射し, 赤外線通過フィルタを装着したナイトビジョン機能付きビデオカメラで認識して撮影するシステムを提案した.

撮影時にカメラマンを必要とせず, システムの設置や持ち運び利用も容易であるという利点や, 数百名程度を収容する大きな会場においても正確に質問者の位置を認識して拡大撮影できるという利点がある. 実験評価の結果, 太陽光を取り込まない部屋において利用した場合には, 正確に質問者位置を認識できることが分かった.

## 参考文献

- 1) 市村, 福井, 井上, 松下: Web 学習用講義コンテンツを自動作成する板書講義収録システム, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.10, pp.2938-2946 (2006).
- 2) 市村, 井上, 宇田, 伊藤, 田胡, 松下: Chalk-Talk: 講師動画と板書静止画の同時記録が可能な講義自動収録システム, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.3, pp.924-931 (2006).
- 3) Ichimura, S.: Delivering Chalk Talks on the Internet, 40th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-40 2007), Collaboration Systems Track, p.4 (8pages), IEEE CS Press (Jan. 2007).
- 4) 福田, 井上, 市村: 赤外線照射マイクを追尾する質問者自動撮影システム, 第 69 回情報処理学会全国大会, 6X-1 (2007).
- 5) Liu, Q., Rui, Y., Gupta, A. and Cadiz, J.: Automating Camera Management for Lecture Room Environments, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2001)*, Vol.3, pp.442-449 (2001).
- 6) Bianchi, M.: Automatic Video Production of Lectures Using an Intelligent and Aware Environment, *Proc. ACM Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM 2004)*, pp.117-123 (2004).
- 7) Zhang, C., Crawford, J., Rui, Y. and He, L.: An Automated End-to-End Lecture Capturing



- and Broadcasting System, *Proc. ACM Multimedia '05*, pp.808–809 (2005).
- 8) 大西, 村上, 福永: 状況理解と映像評価に基づく講義の知的自動撮影, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol.J85-D-II, No.4, pp.594–603 (2002).
  - 9) 大西, 泉, 福永: 講義映像における板書領域のブロック分割とその応用, 電子情報通信学会論文誌 (D-I), Vol.J83-D-I, No.11, pp.1187–1195 (2000).
  - 10) 大西, 影林, 福永: 視聴覚情報の統合による会議映像の自動撮影, 電子情報通信学会論文誌研究速報 (D-II), Vol.J85-D-II, No.3, pp.537–542 (2002).
  - 11) 富野, 井上, 市村, 松下: 多人数参加型テレビ会議システムにおける発言者拡大映像の作成, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.7, pp.2091–2098 (2006).
  - 12) Cruz, G. and Hill, R.: Capturing and Playing Multimedia Events with STREAMS, *Proc. ACM Multimedia 94*, pp.193–200 (1994).
  - 13) 西口, 東, 亀田, 角所, 美濃: 講義自動撮影における話者位置推定のための視聴覚情報の統合, 電学論 C, Vol.124, No.3, pp.729–739 (2004).
  - 14) 光吸収・赤外線透過フィルター, 富士フィルム (2007). <http://fujifilm.jp/personal/sheetfilter/ir.html>
  - 15) 赤外線 LED, 型番 OSIR5113A (2007). <http://akizukidenshi.com/catalog/items2.php?c=iredled>
  - 16) <http://www.sony.jp/products/Consumer/handycam/PRODUCTS/HDR-HC1/>

(平成 19 年 4 月 12 日受付)

(平成 19 年 10 月 2 日採録)



市村 哲 (正会員)

1989年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。1994年同大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。同年富士ゼロックス(株)入社。1997~1999年富士ゼロックスパロアルト研究所(FXPAL)駐在。2002年東京工科大学助教授。2007年より同大学准教授。グループウェア, ネットワークサービス, 生体情報活用等の研究に従事。『IT TEXT 基礎 Web 技術』, 『IT TEXT 応用 Web 技術』(オーム社)。DICOMO 2003 & DICOMO 2005 優秀論文賞受賞。ACM, 電子情報通信学会各会員。



福田 正城

2007年東京工科大学コンピュータサイエンス学部卒業。講義支援システム, 動画処理, 自動撮影技術等の研究・開発に従事。



田胡 和哉 (正会員)

1986年筑波大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。筑波大学電子情報工学系助手, 東京大学工学部助手, 日本 IBM 東京基礎研究所を経て 2003年東京工科大学コンピュータサイエンス学部助教授。2007年より同大学教授。オペレーティングシステムの構成方式に興味を持つ。1984年情報処理学会論文賞。ACM 会員。