

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：33302

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650571

研究課題名(和文)一斉授業の双方向コミュニケーションを活性化するための画像処理技術の研究

研究課題名(英文)The research of image processing to accelerate classroom communication

研究代表者

鎌田 洋(KAMADA, HIROSHI)

金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授

研究者番号：20569884

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：学校教育の一斉授業において、教員の問いかけに対して学生が選択的にカードを挙げた教室風景を画像処理して得た認識情報をもとに、教員と学生の双方向コミュニケーションを活性化する方法について研究を実施した。カードにプリンタ色、蛍光色や色上質紙を用いた比較実験を行い、反射しにくい黒上質紙の台紙に、照明によらず色が安定している蛍光紙を貼ったカードの仕様を確定して、対応した画像処理方法を研究開発した。最終的に、教室において机の上にカードを設置した予備実験においてカード検出率99%、授業で学生が挙げたカードの集計値については93%を達成した。本システムにより、授業にて学生の回答集計を即座にできるようになった。

研究成果の概要(英文)：To accelerate communication between a teacher and many students in classroom, I researched the method and the system that can count students' raising the color cards processing images input with web cameras. To improve recognition accuracy of the system, I experimented and compared using many kinds of cards with printed color, fluorescent color, and colored papers. I decided best color cards consisting of fluorescent color paper and black colored paper, and I developed the image processing algorithm to recognize the color cards. I achieved recognition accuracy 99% for the color cards setting on the classroom desks in the preliminary experiment, and I achieved recognition accuracy 93% for students' raising the color cards in the classroom experiment. I have applied the system to lectures in classrooms, and I have verified an effect accelerating communication between a teacher and many students.

研究分野：教育工学、画像処理

キーワード：双方向システム 一斉授業 能動学習

1. 研究開始当初の背景

(1)学校教育の一斉授業では、1人の教員が多数の学生を教育するため、教員から学生への一方の講義が基本になり、個別の学生の理解度に応じた教育が困難になる。この問題の解決のためには、授業を効率的に運用して、多様な学生に対処する必要な時間を生み出すとともに、学生とのコミュニケーションを促進して学生の理解度を把握することが必要になる。

(2)この双方向授業を実現するために、複数の授業システムがあるが、導入するIT機器への投資コストと維持管理コストのために大きく普及するに至っていない。また、IT端末を通じたコミュニケーションは対面性が低い欠点がある。教員の問いかけに対する学生の回答用IT端末としては、専用の超小型端末、学生の携帯電話、学生用PC端末が用いられている。専用の超小型端末は学生の作業スペースを制限しない長所がある一方で、紛失のリスクのため管理コストが生じる。学生の携帯電話を用いるシステムでは、該当する携帯電話を所有しない学生については携帯電話を購入する必要がある。学生用PC端末を用いるシステムは、教室全体をIT化する投資が必要である。

(3)これに対して、研究代表者は、学生に複数の色付き紙カードを配布しておき、教員の質問に対して回答に対応する色の紙カードを学生に挙げさせる方法をもとに、学生が挙げた回答に対応する紙カードを自動集計するPCとWebカメラからなる簡便なシステムを提案した。システムの概念図を図1に示す。このシステムを実現すれば、従来システムに比べて、導入コストが低く、維持管理しやすく、かつ使用方法が簡便である利点がある。

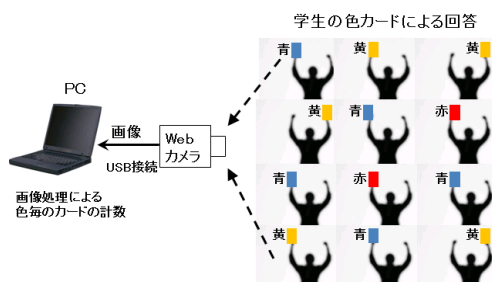


図1 システムの概念図

< 引用文献 >

TERADA.LENON : “LENON システム” , <http://www.t-lenon.com/whatlenon.html> (2014.12.7 取得) .  
 ICブレインズ: “Socrates システム” <http://www.icbrains.com/soctop.html> .  
 シー・エス・イー : “mm-card システム” , <http://www.cseldt.co.jp/products/mmcard/> .  
 コンピュータウイング : “Wingnet システム” , <http://www.cwg.co.jp> .  
 末武国弘 : “教育工学による大学教授方法の改

善” , 神奈川大学工学研究所所報 , 第 12 号 , pp.23-38 ( 1989 ) .

鎌田洋 : “双方向授業を指向した Web カメラと画像処理を利用した簡便法” , Computer & Education , Vol.31, pp.74-77 (2011).

2. 研究の目的

(1) 第 4 期科学技術基本計画の基本認識でも記されているように、少子高齢化と人口減少の進展をはじめとする要因による産業競争力の長期低落傾向は日本の未曾有の危機である。この危機を打開するには、進学率が約 50% になった大学教育の充実が必須であり、本研究では、教育の中心である一斉授業における教師と学生の双方向コミュニケーションの活性化を目的とする。

(2) 学校教育の一斉授業は、教師から履修学生への一方の知識伝達に偏りがちであるが、一斉授業において履修学生が選択的にカードを挙げた風景を画像処理して得た認識情報をもとに、教員と学生の双方向コミュニケーションを活性化する方式の研究を行う。具体的には、1) 履修学生に数種類のカードを配布しておき、教師の質問に対して回答に対応するカードを履修学生に挙げさせる、2) カードを挙げた学生の風景をカメラで画像入力する、3) 本研究の技術により、教員の PC において、カードの種類と数等を自動集計する、4) 自動集計した結果をもとに授業の進行を適応させる、ための研究を行う。カメラと PC とカードのみからなる簡便なシステムにより、いつでもどこでも教員と学生の双方向コミュニケーションを実現する技術の研究する。

(3) 研究代表者はこれまで画像処理技術について研究を行い、道路環境認識システムなどリアルタイムシステムの構築に研究成果があった。この画像処理技術を末武でのカードの認識に応用することにより、自動集計できる簡便なシステムが構築可能であることを着想するに至った。研究代表者は、既に試作システムを開発して予備実験を実施した。この結果、教室の大きさ、形、色彩、照明条件により、大きく認識精度が影響を受ける課題が判明した。本研究では、この課題を解決する画像処理方式、カード設計方式、授業運営への適用方式の研究を行う。一斉授業におけるカードを用いた IT 集計方式の精度と効果と運用方式を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 研究代表者は既に試作システムを開発して予備実験を実施した。この結果、教室の大きさ、形、色彩、照明条件により、大きく認識精度が影響を受ける課題が判明した。本研究では、この課題を解決する画像処理方式、カード設計方式、授業運営への適用方式の研究を行う。画像処理方式とカードの設計方式の組み合わせにより、画像処理によるカ

ードの認識精度の向上を達成する。これにより、一斉授業におけるカードを用いた IT 集計方式の精度と効果を明らかにする。本研究は 3 年間に渡り、初年度である平成 24 年度は開発用システムの一次構築とともにカード仕様の選択方式の開発と選択実験を行う。平成 25 年度は開発用システムの完成版構築とともに、認識精度向上方式の開発と評価実験を行う。最終年度である平成 26 年度は授業現場である教室での実証システムを構築するとともに、実際の授業での運用方式と最終評価実験を行う。

(2) 本研究の中心的な課題は、教室において学生が挙げたカードの画像処理による高精度認識方式の確立である。この課題を解決するために、すでに試作を行ったシステムをもとに、画像処理の高精度化方式の研究を行う。試作システムは、ハードウェアは PC と Web カメラからなり、画像処理はソフトウェアで実行している。一斉授業で学生が紙カードを挙げたシーンを Web カメラで捉えて、画像処理技術により、同じ色のカードを瞬時にカウントする PC システムである。画像処理の内容は、入力画像から紙カードの色に対応する該当色部分を抽出して、領域をカウントするものである。紙カードの色は 3 色であり各色 10 枚ずつ計 30 枚の紙カードをフロアに配置した予備実験では、計 6 回の実験で 100% 正しくカウントできたのは 3 回であり、残り 3 回は 1 つの色のカードについて 1 枚から 3 枚のカウント誤差が認められた。また、30 名の学生が出席した実際の授業における実験では、サンプル画像では正しくカウントできたが、教室の色や照明条件により大きく影響を受けることが判明した。これらの実験における誤認識の原因を詳細に分析して、高精度にカードを認識する方式を研究する。

(3) 以上のような画像認識の高精度化の研究を、実験を行い検証しつつ着実に実施する。また、開発した画像処理方式により適用可能な環境条件を方式段階ごとに明らかにしていく。試作システムにおいて用いたカードは、従来研究で用いられた赤、青、黄の 3 色の紙カードを使用した。進化の過程で高度に発達した視覚機能により、人間はどんな色も周りの照明条件をもとに補正して正しい物理色を推定できるが、カメラで捉えた物理色は照明条件の刻々と変化しており、最先端の画像処理技術でも、照明条件に対応した人間と同等の色補正機能は未だ実現されていない。このような技術状況において、本研究は教室という環境におけるカードの認識という課題に挑戦する。最先端の画像処理技術を駆使するとともに、画像処理技術との組み合わせにより高精度認識を実現できるカード仕様も研究する。具体的には、教室の照明条件の変化や周りの色の影響を受けにくいカードの色、材質、形の研究、カード上のマークによる高精度認識の実現研究を実施する。

#### 4. 研究成果

(1) 学校教育の一斉授業において履修学生が選択的にカードを挙げた風景を画像処理して得た認識情報をもとに、教員と学生の双方向コミュニケーションを活性化する方式について研究を実施した。初年度は、開発用システムの一次構築とともにカード仕様の改良を行った。前年度に試作したシステムに認識プロセスの各段階の処理データを可視化するツールを組み込み、誤認識の場合に認識プロセスのどの段階で失敗したかを明らかにできるようにして一次の開発用システムとした。この一次の開発用システムを用いて、試作システムの画像処理のプロセスとカードを改良した。試作システムにはカード認識のために大きく 2 つの問題があった。第 1 の問題はカードの色を正確に識別することである。第 2 の問題は教室で広く散在した色つきカードを捉えることである。第 1 の問題を解決するためには、カードに白と黒の 2 色の枠を付け、カードの内部色が背景と混在しないようにしたうえで、定めた仕様のカードを風景画像から抽出する画像処理方式を開発した。まず入力画像から抽出した黒領域について外部輪郭が四角形かつ内部色が該当色の場合にカードと判定するようにした。また、使用環境におけるカードの色を登録する色キャリブレーション技術を開発した。第 2 の問題を解決するためには、試作システムが 1 台のカメラのみで画像入力するのに対して、2 台のカメラからの入力画像を処理するシステムに拡張したうえで 2 枚の画像の処理結果を統合する処理を開発した。以上のように、初年度は、改良したマーカーを抽出する画像処理技術、色キャリブレーション技術、複数カメラを利用したカード抽出技術を開発することで、試作システムの 2 つの問題を解決してシステムを改良した。比較実験の結果、初年度の研究により、本システムのカード認識率が前年度の試作システムの認識率を上回ることを確認できた。

(2) 2 年目は初年度の成果システムをもとに、認識精度向上方式の開発を行い、開発用システムの完成版構築とともに評価実験を行った。初年度システムの入力部は、2 台のカメラを教卓に離れて置いていたので、後ろの学生のカードが前の学生に重なる不具合と 2 台のカメラの中間部分を捉えられない問題があった。そこで、2 台のカメラを向きだけ変えて 3 脚に固定する治具を開発して従来の問題を解消した。カードについては学生の指が黒枠にかかる場合にカードを認識できないので、カードのレイアウトを変更して持ち手部分をつけた。また、カードの色が赤、黄、青であったが、色相空間で等距離にある印刷の 3 原色であるマゼンタ、イエロー、シアンに変更し、色の識別尺度をユークリッド距離からマハラノビス距離に変更することにより、色の識別力を向上させた。画像処理については、照明むらがある場合に 2 値化処理が

失敗することがあったため、2 値化の閾値を任意の座標点について設定できるようにして、設定した点を頂点にした三角形分割により、他の点における 2 値化のしきい値を自動的に決定できるようにした。完成した開発用システムを用いて、実際の授業に適用した。本システムを授業に適用した結果、教員は学生の理解度や学習に対する興味や意欲などの状況を確認しながら授業を進行できたので、授業運営が円滑になった。

(3)最終年度は、授業現場である教室での実証用システムを構築するとともに、実際の授業での運用方式の構築と最終評価実験を行った。このために、カードにプリンタ色以外の蛍光色や色上質紙を用いた比較実験を行い、実験結果を用いてカードの仕様を確定した。2 年目のカードは、周囲に同様な色がある場合に対応するために、カードを色部分の周囲に黒枠を設けた仕様であったが、照明に対してカードが反射する場合やカードが遠方の場合はカードの黒枠の検出に失敗するケースがあった。そこで、3 年目は、反射しにくい黒上質紙の台紙に、照明によらず色が安定している蛍光紙を貼ったカードの仕様に改良した。カードの仕様の変更に対応して画像処理方式も変更した。この結果、教室(A)において机の上にカードを設置した予備実験において、2 年目システムのカード検出率は 64%であったが、3 年目システムのカード検出率は 99%に向上した。授業で学生が挙げたカードの集計値については、教室(A)よりも小さい教室(B)における 2 年目システムのカード検出率は 70%であったが、教室(A)における 3 年目システムのカード検出率は 93%に向上した。本システムの役立ち度に関する学生へのアンケートでは、2 年目システムについては、「役立つ」と回答した学生が 33%であり、「役立たない」と回答した学生は 28%であったが、3 年目システムについては「役立つ」と回答した学生が 39%と増加して、「役立たない」と回答した学生は 14%と半数に減少した。本システムを授業に使用した結果、教員と学生が学習効果、学習意欲の集計値を即座に確認することができるようになった。

(4)本研究は、物理的な媒体であるカードを用いて IT コミュニケーションを実現しようとするものであり、物理世界と仮想的な IT を結ぶ新しいインタフェース技術研究である特色がある。本研究のアイデアの斬新な点は、従来は純粋な物理媒体として用いられているカードを IT システムの入力とするところである。日常の物理世界と IT コミュニケーションを統合した点が独創的である。環境画像からカード画像を分離することが必要であるが、教室環境を予め特定できない。また、画像中のカード部分は、カメラからの距離が遠くなるほど小さくなり、向きにより見え方の形も面積も変わり、照明条件により物理的な色も変化する。学生の人数は予め特定することはできず、カードを挙げる位置は学

生の姿勢や手の位置により変化する。このような教室全体の画像処理を行う研究は他に類を見ない。

(5)カードの仕様と対応する画像認識方式を改善し続けることにより、カードの認識精度を順次向上した。この結果、実験室の中での認識実験から、実際の授業に試用できるまでになり、授業におけるカードの認識精度はサンプル実験で 93%まで向上した。システムに関する有用度に関する学生のアンケート結果では、初期段階では、役立たないと判断する学生が多かったが、役立つ 39%、役立たない 14%、どちらでもない 48%まで評価を向上した。しかしながら、役立つと判断した学生の割合は 39%に留まっており、役立たないと判断した学生は 14%いる。また、認識できないカードが 7%ある。そこで、今後、本システムの有用度を向上するために、選択肢の数の増加などカードの利便性向上、カードの認識精度のさらなる向上、授業におけるカードの利用方法に関する研究が必要である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

H. Kamada, K. Masuda, A Feasibility Study of Automatic Response Analyzer in Classroom Using Image Processing and Cards, *ICIC Express Letters, Part B: Applications (An International Journal of Research and Surveys)*, Vol.6, No.4, pp.919-926, 2015. (査読あり)

鎌田洋, 増田和朗, 寺田正史: 画像処理を用いた簡便な双方向システムの授業適用, *CIEC 研究会報告集*, Vol.5, pp.68-73, 2014. (査読あり)

H. Kamada, K. Masuda, An Automatic Response Analyzer in Classroom Using Cards and Image Processing, *ICIC Express Letters, : An Intl. Journal of Research and Surveys*, Vol.7, No. 5, pp.1681-1686, 2013. (査読あり)

増田和朗, 鎌田洋: 画像処理を用いた簡便な双方向授業システム, *CIEC 研究会論文誌*, Vol.4, pp.56-59, 2013. (査読あり)

[学会発表](計 8 件)

鎌田洋, 増田和朗: 簡便な双方向システムを用いた一斉授業の能動学習, 日本工学教育協会 平成 26 年度工学教育研究講演会講演論文集, pp.350-351, 2014.8.29, 広島大学工学部(東広島キャンパス, 広島県・東広島市).

鎌田洋: 画像処理を用いた簡便な双方向システムの研究開発と一斉授業での実践, 平成 26 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会資料集, pp.90-91, 2014.8.8, 東京理科大学 森戸記念館(東京都新宿

区)。

Guillen Pier, 増田和朗, **鎌田洋**: Color Analysis of Cards to Improve Detection using Web Cameras, 平成 26 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F59, 2014.9.11, 富山高等専門学校 本郷キャンパス(富山県・富山市)。

増田和朗, **鎌田洋**: 双方向授業のための画像処理システム, 平成 26 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F58, 2014.9.11, 富山高等専門学校 本郷キャンパス(富山県・富山市)。

増田和朗, **鎌田洋**: 双方向授業のための画像処理システム, 平成 25 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F2-39, 2013.9.21, 金沢大学 自然科学本館・大講義棟(石川県・金沢市)。

寺田正史, 鈴木貴彬, 増田和朗, **鎌田洋**: 画像処理を用いた簡便な双方向授業システムの評価実験, 平成 25 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F2-40, 2013.9.21, 金沢大学 自然科学本館・大講義棟(石川県・金沢市)。

増田和朗, **鎌田洋**: 画像処理を用いた授業応答の自動計数システムの検討, NICOGRAPH 2012 Autumn, pp.35-36, 2012.11.16, 京都大学 学術情報メディアセンター(京都府・京都市)。

増田和朗, 橋本悠司, **鎌田洋**: Web カメラとカードを利用した簡便な双方向授業システム, 平成 24 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F-80, 2012.9.1, 富山県立大学(富山県・射水市)。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

金沢工業大学情報技術研究所ホームページ, プロジェクト4 画像処理、パターン認識、メディア応用の研究開発 研究成果, 画像処理による双方向コミュニケーションシステムの研究開発, [http://www.kanazawa-it.ac.jp/itfl/progress\\_p4.html](http://www.kanazawa-it.ac.jp/itfl/progress_p4.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鎌田 洋(KAMADA, Hiroshi)

金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授

研究者番号: 20569884