

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500164

研究課題名（和文） 視覚障害者支援のためのコンピュータビジョン

研究課題名（英文） Computer Vision for Assisting Visually Impaired People

研究代表者

金子 透（KANEKO TORU）

静岡大学・工学部・教授

研究者番号：50293600

研究成果の概要（和文）：本研究では、視覚障害者が豊かな社会生活を営むための視覚機能補助システムをコンピュータビジョン技術を用いて実現することを目的に研究を行った。具体的な支援例として、ATMのタッチパネル操作を誘導するウェアラブルビジョンシステム、書籍の文章を音声に変換する書籍音読システム、色覚障害者に色情報を伝える色情報提示システムを取り上げ、これらシステムを実現するための手法の提案および実験によるその有効性の確認を行った。

研究成果の概要（英文）：This research aimed at realizing vision assist systems which help visually impaired people lead rich lives by computer vision technology. We proposed systems for guiding touch panel operation at ATM, for reading books aloud, and for presenting color information to color deficient people. Experiments showed the validity of the systems.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：ウェアラブルビジョン / コンピュータビジョン / タッチパネル操作 / 文字認識 / 書籍音読 / 画像処理 / 色覚 / 視覚障害者支援

1. 研究開始当初の背景

現在、視覚障害者に対する社会的支援やインフラの整備が進みつつあるものの、街中では文字や映像などによって情報が提示されていることが主であり、これらの環境で視覚情報は必要不可欠である。例えば、従来はボタンであったATMや自動発券装置のインタフェースには、主にタッチパネルが使用されている。当然、これらの装置では視覚情報に基づいた利用者の操作が必要不可欠である

ため、視覚障害者は使用することはできない。ボタンとタッチパネルの両方を備えた装置や、タッチパネルのボタン表示の横に点字を備えた装置も存在するが、前者についてはあまり普及しておらず、後者については必ずしも視覚障害者の全員が点字を読むことができるわけではないことを考えると、万全の方式ではない。そこで視覚障害者自身が手軽に装備でき、タッチパネル操作の誘導が可能となるシステムを提供することができれば、そ

の有効性は非常に高い。

また人間が豊かな生活を送る上で欠かせないものに読書がある。ラジオやテレビ、あるいは日常の会話の中で、様々なニュースや情報は聴覚を通してある程度入手でき、また古今東西の名作や話題の新刊はボランティアによる音読や点字翻訳を利用できることも多い。しかし全ての書籍を対象としている訳ではないので、視覚障害者各人が自分の好みの書籍をいつでも読める、という状況にはなっていない。このような状況の解決策として、スキャナーから印刷物を入力してこれを文字認識して音声に変換する装置が市販されているが、厚手の書籍の場合、紙面を平坦な面として入力できないため正しく文字認識ができない、という問題点がある。そこで簡単な操作で書籍を正しく自動認識し、これを音読するシステムの実現が望まれる。

2. 研究の目的

(1) ATMのタッチパネル操作を誘導するウェアラブルビジョンシステム

視覚センサ（カメラ）を用いて周囲の状況を認識するウェアラブルシステム（気軽に身体に装着してどこへでも持ち運べるシステム）を構築し、視覚障害者に対するタッチパネル操作の誘導法を提案する。

(2) 書籍の文章を音声に変換する書籍音読システム

視覚障害者が健常者と同様の動作で読書が可能システムとして、机の上に見開いた状態で置かれた書籍の画像をカメラで入力し、得られた画像情報をコンピュータにより音声に変換して利用者に提供する操作性の良い書籍音読システムを構築する。

(3) 色覚障害者に色情報を伝える色情報提示システム

色覚障害者にとって判別困難な色の組み合わせを有する対象をカメラ画像より検出し、判別困難な色の領域が互いに判別可能となるように補助情報を加えて利用者に提供するシステムを構築する。

3. 研究の方法

(1) ATMのタッチパネル操作を誘導するウェアラブルビジョンシステム

ステレオカメラを装着したカメラユニット部、マイク・ヘッドフォンのオーディオヘッドセットから成るセンシング部分と、パーソナルコンピュータ、タッチパネルを模した液晶表示端末により構成されるタッチパネル操作誘導実験システム（図1）を用いて、必要機能を実現する処理方式の検討を行う。具体的な検討項目としては、カメラで撮影したタッチパネル画像からのボタン位置と利

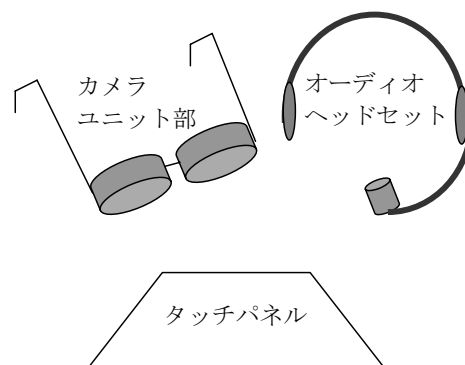


図1. タッチパネル操作誘導実験システム

用者の指先位置の検出法、指先のボタン位置への効率的な誘導法等が挙げられる。

(2) 書籍の文章を音声に変換する書籍音読システム

ステレオカメラと照明装置、スピーカー、パーソナルコンピュータにより構成される書籍音読システム（図2）を用いて、必要機能を実現する処理方式の検討を行う。具体的な検討項目としては、見開いた書籍紙面を正しく文字認識するためのステレオ画像変換法、認識結果を正しい順序で音声合成により読み上げるための書籍ページのレイアウト分析法等が挙げられる。

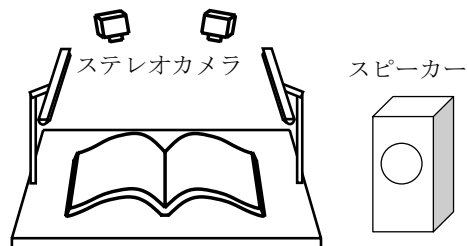


図2. 書籍音読システム

(3) 色覚障害者に色情報を伝える色情報提示システム

プロジェクタとカメラ、コンピュータにより構成される実験システム（図3）を用いて、必要機能を実現する処理方式の検討を行う。

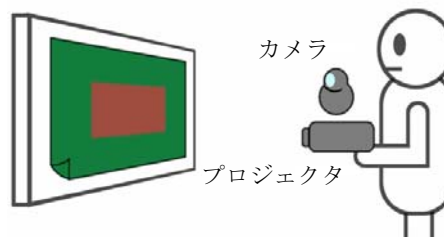


図3. プロジェクタ・カメラシステム

具体的な検討項目としては、画像からの色覚障害者にとって判別困難な色の組み合わせを有する領域の検出法、その領域に対する色覚障害者のための補助情報のプロジェクタによる実対象上への提示法等が挙げられる。

4. 研究成果

(1) ATMのタッチパネル操作を誘導するウェアラブルビジョンシステム

本研究では、利用者が装着しているステレオカメラで撮影したタッチパネルの画像から、ボタンと利用者の指先の相対的な3次元位置関係を検出し、指先を目的のボタン位置に誘導する方式について検討した。以下に、提案システムの具体的な処理手順を示す。

(手順1) 人とシステムの座標系合わせ

利用者が指で示した正面方向をもとに、利用者の認識している座標系にシステムの座標系を合わせる。

(手順2) 操作するボタン名の指示

利用者が発声したボタンの数字・記号をシステムが音声認識し、その結果を音声出力により復唱することで確認を行う。

(手順3) タッチパネルボタンの検出

ステレオカメラにより得られた画像から、タッチパネル上の文字領域を抽出して文字認識することでボタンを検出する。この際、ボタンが手で隠れて認識できなくなる問題が生ずるので、画面領域のコーナーの位置情報を利用して、予め記憶した平面マップの位置関係の対応から、隠れた部分のボタン位置を補完する。

(手順4) 指の検出

画像中の肌色領域を手の領域として抽出し、その領域の輪郭線の幾何学的な特徴を調べることにより、画像上の指先の位置と指さし方向を特定する。

(手順5) 3次元計測

左右両画像に対して検出したボタン、指先について左右画像の対応をとって、その3次元座標を算出する。

(手順6) 誘導音の出力

利用者に対して、目標ボタンの位置がわかるように誘導音を出力する。

上記の処理手順のうち手順3～手順6を繰り返すことにより、利用者は逐次更新される誘導音を頼りに指先をボタンの位置まで移動させることができる。図4は手順4の指の検出例を示したものであり、原画像の肌色領域を手の領域として抽出し、その輪郭線を多角形で近似して、手の領域の重心から最も遠い位置にある輪郭線上の鋭角の頂点を指先として定める。また、指先頂点を挟む2直線で成す鋭角を等分する直線方向を指さし方向とする。



図4. 指の検出

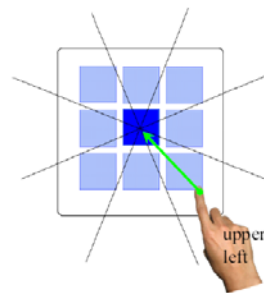


図5. 8方向提示

実験の結果、誘導方法については、目標ボタンのある方向を現在指がある位置から見た8方向(図5)で提示することで、正しく誘導できることが示された。また方向提示は音声による方法がよく、その際の距離の提示については、音声出力の間隔の変化による方法や数値・距離を発声する方法よりも、目標ボタンに近づくにつれて音量を変える方法の方が誘導しやすいという結果が得られた。なお誘導中に指が不用意に他のボタンに触れることがないように、ボタンの接近を警告音で知らせることが有効であった。さらに、パネル上の文字サイズについての検討も行ったところ、小さなボタンは大きなボタンに比べて操作時間が長くなったものの、高い確率で正しくボタンを操作することが可能であることがわかった。

(2) 書籍の文章を音声に変換する書籍音読システム

本システムでは、見開いた書籍紙面を撮影したステレオ画像を処理して、紙面の3次元形状を計測する。そして得られた形状データをもとに紙面を平坦化した画像に変換して、画像の幾何学歪みと陰影の補正を行う。この補正画像に文字認識処理を施すことにより、文字を正しく認識することが可能となる。また認識した文字群について書籍ページのレイアウトとの関係进行分析し、正しい順序で文

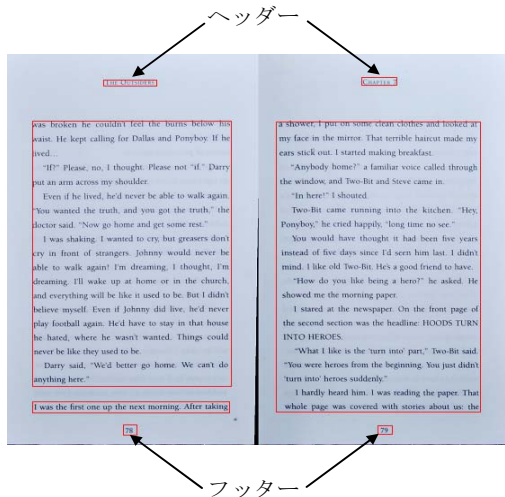


図6. ヘッダーとフッターの検出例



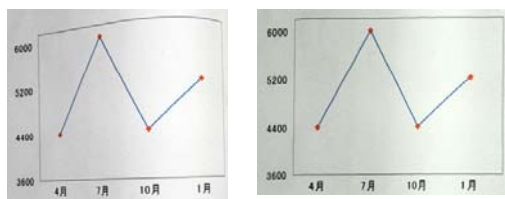
(a)モザイク無し (b)モザイク有り

図7. モザイクによる解像度の向上

章を音声合成により読み上げる。この際、書籍画像中の本文、ページ番号、ヘッダーやフッターの領域を自動検出し、音読する順番を決定する。

以上のような処理手順に基づいて実験を行い、方式の有効性を確認した。図6にヘッダーとフッターの検出例を示す。

また安価な低解像度の Web カメラでも書籍音読システムが実現できるよう処理の改良を行った。具体的には、低解像度カメラを用いて連続的に書籍の部分画像を撮影し、撮影画像をつなぎ合わせて高解像度の画像を生成するモザイク処理を導入した。これにより、図7に示すように画像の解像度が上がり、文字認識率を向上させることが出来た。なお、モザイク処理をするための画像間の位置あわせには SIFT 特徴量を利用した。



(a)入力画像 (b)歪補正画像

図8. グラフの歪補正例

さらに、文章のみならず紙面中の図や表も音読の対象として検討を加えた。図については、棒グラフと折れ線グラフを対象とした認識と音読を行った。歪を補正したグラフ画像

(図8(b))に対して、文字認識により縦横軸の項目名を読み取ると共に、Hough変換により図の直線成分を抽出して得られるグラフとしての特徴点の位置を調べて、縦横の軸の対応する項目を読み上げていく方式について検討した。

(3) 色覚障害者に色情報を伝える色情報提示システム

本システムにおいては、判別困難な配色の推定には、xy色度図上において色覚の種類ごとに与えられる混同色中心点から放射状に伸びる直線である混同色線を用いる。そして取得されたカメラ画像中の2つの色について、互いの混同色線のなす角が小さく、かつxy色度図上での距離が離れている場合、両色は判別が困難な配色であるとみなす。

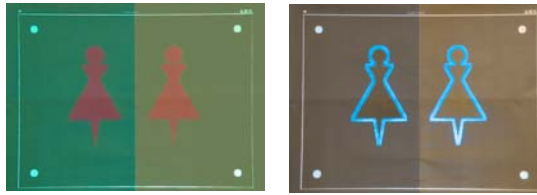
システムが互いに判別困難な色の領域の検出をした場合、その実物体上にプロジェクタで利用者の判別可能な色の投影を、下記の3つの方法のいずれかにより行う。

- ・両領域の間に境界線を投影する
- ・両領域にそれぞれの色名を投影する
- ・1つの領域を他の判別可能な色で塗潰す

ここで本システムでは、プロジェクタとカメラを利用者が身につけて使用することを想定しているため、システムと対象物の相対的な位置・姿勢が絶えず変化すると考える必要がある。そこで本研究では、看板や掲示板などを想定して対象物を平面に限定し、プロジェクタで投影したマーカーを用いて射影変換行列を算出し、それを用いて実物体と投影画像の位置合わせを常時行う。マーカー位置の算出は、マーカーを投影していない時のカメラ画像とマーカーを投影した時のカメラ画像の差分処理を行い、差の大きい部分をマーカーとして抽出する。

また本システムは、色情報を投影した後、新たに取得したカメラ画像を用いて、システム系と対象物の相対的な位置関係の変化を常時検出する。算出された変化量が微小である場合には、システムと対象物の間に相対的な位置関係の変化が無いと判定し、前フレームの色情報を投影し続ける。それ以外の場合には、システムと対象物の間に相対的な位置関係の変化があると判断し、新たに色情報を更新し投影する。本研究では、システムと対象物の相対的な位置関係の変化の算出にオプティカルフローを用いた。

以上のような方式のシステムを提案し、卓上型のプロジェクタを用いて基礎実験を行った。その結果、方式の有効性を確認するこ



(a)入力画像

(b)境界線表示

図9. 境界線表示例

とができた。図9に、色覚障害者にとって判別困難な配色のある入力画像と、その画像に対して境界線表示による補助情報提示を行った例を示す。なお画面の4隅にある白い丸印はマーカーである。

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2件)

- ① 久野 素有, 山下 淳, 金子 透: "ステレオカメラを用いたタッチパネル操作支援システムの構築", 電気学会論文誌 D, 査読有り, Vol.131, No. 4, pp.458-465, April 2011.
- ② 宮木 理恵, 山下 淳, 金子 透: "プロジェクタ・カメラシステムを用いた色覚障害者への色情報提示", 電気学会論文誌 D, 査読有り, Vol.131, No. 4, pp.497-504, April 2011.

[学会発表] (計10件)

- ① 鈴木 良典, 山下 淳, 金子 透, 浅間一: "形状歪み補正を利用した表及びグラフを含んだ書籍の音読", 映像情報メディア学会メディア工学研究会, 横浜, 2012年2月18日.
- ② 久野 素有, 山下 淳, 金子 透: "ステレオカメラを用いたタッチパネル操作支援システムにおける指先とパネルの誤接触防止", 2011年度精密工学会秋季大会学術講演会, 金沢, 2011年9月20日.
- ③ 宮木 理恵, 山下 淳, 金子 透: "プロジェクタ・カメラシステムを用いた色覚特性者への色情報提示", 映像情報メディア学会メディア工学研究会, 横浜, 2011年2月19日.
- ④ Atsushi Yamashita, So Kuno, and Toru Kaneko: "Assisting System of Visually Impaired in Touch Panel Operation Using Stereo Camera", The 2011 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP2011), Brussels

(Belgium), 2011年9月12日.

- ⑤ Atsushi Yamashita, Rie Miyaki and Toru Kaneko: "Color Information Presentation for Color Vision Defective by Using a Projector Camera System", The ACCV2010 Workshop on Application of Computer Vision for Mixed and Augmented Reality, Queenstown (New Zealand), 2010年11月9日.
- ⑥ 大石 将太, 山下 淳, 金子 透: "ステレオ画像を用いた書籍画像の形状歪み・陰影補正による文字認識および読み上げ順序を考慮した音読システム", 精密工学会画像応用技術専門委員会サマーセミナー2010, 新潟, 2010年8月30日.
- ⑦ 久野 素有, 山下 淳, 金子 透: "ステレオカメラを用いたタッチパネル操作支援システムにおける誘導方法の検討", 第16回画像センシングシンポジウム, 横浜, 2010年6月10日.
- ⑧ 宮木 理恵, 山下 淳, 金子 透: "動き情報を考慮したプロジェクタ・カメラシステムによる色覚障害者への色情報提示", 第16回画像センシングシンポジウム, 横浜, 2010年6月10日.
- ⑨ 三井 嘉弘, 山下 淳, 金子 透: "単眼カメラを用いて撮影した折れや湾曲を有する文書画像の歪み補正とモザイクング", 映像情報メディア学会メディア工学研究会, 横浜, 2010年2月27日.
- ⑩ 宮木 理恵, 山下 淳, 金子 透: "プロジェクタ・カメラシステムを用いた色覚障害者への色情報提示", 電気学会一般産業研究会, 徳島, 2009年12月11日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金子 透 (KANEKO TORU)
静岡大学・工学部・教授
研究者番号: 50293600

(2) 研究分担者

山下 淳 (YAMASHITA ATSUSHI)
東京大学大学院・工学系研究科・准教授
研究者番号: 30334957