

機関番号：32306

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008年度～2010年度

課題番号：20500486

研究課題名（和文）視覚障害者のための周辺状況認知システムの構築とその評価に関する研究

研究課題名（英文）Construction of Surrounding Situation Sensing System for Visually Handicapped Person and Research of the Evaluation.

研究代表者

竹上 健 (TAKEGAMI TAKESHI)

高崎商科大学・商学部・准教授

研究者番号：70383148

研究成果の概要（和文）：ステレオ視で多地点の距離計測を連続的に行い、距離値が大きく変化する点を検出して下り階段やホーム段差の検出が可能であることを確認した。ステレオ視のセンシング補完として照明不要の超音波距離センサーが利用できることを確認した。白杖には計測器具を一切取り付けべきではないと判断した。2つのセンシングを組み合わせたウェアラブルシステムと白杖で、視覚障害者のための周辺状況認知システムの構築の可能性を確認した。

研究成果の概要（英文）：In a continuous distance measurement of multi point by the stereo-vision, it was confirmed that the sensing of the descending stairs and the platform edge were possible by the detection of big changes of the distance value. It was confirmed the ultrasonic ranging sensor that did not need lighting was able to use as a supplementation with the sensing by the stereo-vision. It was judged that any measuring device should not be installed on the white-cane at all. The feasibility of the surrounding situation sensing system for the visually handicapped person was confirmed by constructing the wearable system that combined two sensing methods and the white-cane.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：視覚障害者支援、福祉工学、周辺状況認知、ステレオ視、超音波距離センサー

1. 研究開始当初の背景

今日、身体に障害を持った人々への行動支援や生活支援はさまざまな分野で行われている。たとえば、駅舎などにおいては障害者や高齢者等のために安全対策が整備されつつあるが、決して十分な状態ではない。点字ブロックや手すり等ですらまだまだ未整備であり、視覚障害者が介助者無しで行動する場合は大きな危険が伴う。視覚障害者が線路

に誤って落ちる事故が相次いでおり、平成6年12月以降、全国で既に11人もの視覚障害者が亡くなっている。また、鉄道事業の安全確保などのために6鉄道事業者を調査した結果では、「線路が急カーブしていることによりプラットホームと車両の乗降口との隙間が大きく開いている」「プラットホームの幅員や通路部分が狭いものがあり、必要により旅客の転落を防止するための措置の一層の

推進が必要」との報告がある。こういった車両の乗降口との隙間が大きく開いていることやプラットフォームの幅員の狭さを点字ブロック等で視覚障害者に認知させることはきわめて難しい。

視覚障害者は、介助者がいる場合であっても、互いが異性同士であった場合トイレを案内する際にも問題が残る。トイレまでは案内できても、具体的に便器の前に立たせられなければ障害者は用が足せない。しかしながら、障害者の介助のためであっても、介助者は異性のトイレに入っていくことはできない。

駅やトイレの問題に限らず、根本的に問題を解決するには、視覚障害者がいつでもどこでも基本的に一人で行動できる支援システムを構築することが必要不可欠と判断される。また、その手法が、今日のように、一部の施設に限られた場合では、視覚障害者の単独行動は遠い将来においても可能性が薄いと思われる。視覚障害者本人が身につけて、単独での行動を支援・介助できるシステムの構築が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究では、視覚障害者が身につけたビデオカメラから取得した画像に対して画像処理を行い、視覚障害者がいるまわりの状況を把握し音声にてその状況を知らせる周辺状況認知システムの構築を目的とする。利用者は小型ノート PC を身につけて前方や足元方向などの検知を行う。これにより、両手は全くフリーな状態であるために、これまでのように杖や触感による認知も可能であり、加えて、システムから提供される情報により、進むべき方向の判断や足元のクリティカルな状況等を判断する。

画像処理は、非接触・非拘束での観察が可能という特長を有しているが、その反面、照明条件の影響を受けやすいという欠点がある。これらのことから、近年、赤外線 LED を照明として撮像される場合が多い。赤外光は人には感知できないために計測のための照明が回りにいる人々への障害とならない。また、自然光や人工の可視光と違い、強弱の変化や他からの写りこみの影響も少なく、夜間や照明が不安定な条件においても観測が可能である。しかしながら、赤外線 LED の照射距離などに制限があり、ある程度近い場所しか認識できない可能性も残る。以上のことから、可視光と赤外光の両方での検出結果を組み合わせるなどの手法を検討し、検出精度の高精度化を図る。また、照明条件だけの検討でなく、超音波距離センサーなどの別なセンシングとの補完を行うことで、検出エラーなどの防止策も検討する。

システム利用時には、周囲の人々のプライバシーを守ることや迷惑をかけないという

事項についても十分に配慮する必要がある。本研究のシステムでは、意図しなくてもカメラで多くの人々の顔画像なども取得することになる。しかしながら、画像処理後の認知結果のみを利用者に知らせる前提であるため、画像は保存せずに処理後に随時破棄していくため、周囲の人々のプライバシー保護には十分に配慮できると考えている。認知結果は、身につけた振動具や音声ソフトによる読み上げで視覚障害者に知らせる予定であるが、この際にも周囲の人々への影響を最小限にする手法の検討も研究目的としている。

3. 研究の方法

(1) 先行研究調査

視覚障害者の行動支援ツールとしては白杖に超音波距離センサーを取り付けた研究や商品化されたものが多くあることから、こういった行動支援ツールの調査・研究を行う。

(2) 視覚障害者からの聞き取り調査

視覚障害者の行動や白杖の使い方の実態、および行動支援に関する要求事項などを把握するために、視覚障害を持つ方へお願いして、聞き取り調査を行う。

(3) 超音波距離センサーに関する実験

画像処理は、照明条件の影響を受けやすいという欠点がある。これに対し、超音波距離センサーは全く照明のない環境下においても距離計測が可能のため、超音波距離センサーによるセンシングの補完を考えており、超音波距離センサーを用いた周辺状況認知に関する実験を行う。

(4) 画像処理（ステレオ視）をメインとしたシステム構築に関する研究

超音波距離センサーは狭路における障害物検出には、周辺からの超音波の跳ね返りを受けることから検出に難題が残る。当初より画像処理をメインのシステムとして検討しており、具体的にはステレオ視を活用して進行方向の段差検出などの特性を確認する。

(5) ウエアラブルシステムに関する検討

周辺状況認知システムを実利用するにはウエアラブル化は必須事項であり、聞き取り調査結果や実験結果などを踏まえてウエアラブル化に関する検討を行う。

4. 研究成果

(1) 先行研究に関する調査結果

これまでにも、視覚障害者の行動を支援しようとする研究・開発が行われてきており、具体例を図1の視覚障害者の行動支援の例に示す。

図1(a)は(株)TNK製の「色識別誘導白杖」

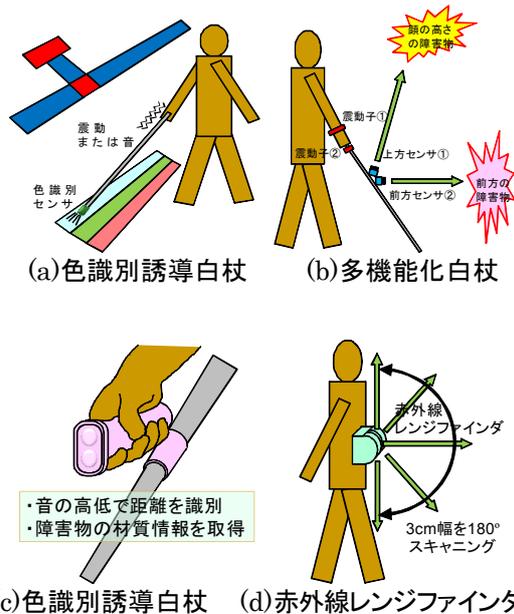


図1 視覚障害者の行動支援の例

(製品名：マイ・ケーン)について、その概略を示したもので、これは杖の先端に内蔵された色識別センサーで歩行路上に描かれたラインなどの色を検知し、その色情報を振動や音によって知らせるものである。点字ブロックのように凹凸がなくても進路の情報を得ることができ、すでに市役所や病院などで利用実績があるとのことであるが、あらかじめラインテープなどを敷設しておく必要があり利用個所が大きく限定される。

図1(b)は秋田県立大学で研究されている「多機能化白杖」について、その概略を示したもので、これは杖の2ヶ所に前方と上方に向けて距離センサーを取りつけ、前方の障害物や顔の高さにある突起物を検出しようとするものである。障害物などを検知すると、それぞれの距離センサーに対応して用意されている振動子を振動させて利用者に知らせるものであり、比較的簡単に構成されていることから費用や重さなどでメリットがあると思われる。しかしながら、駅ホーム端や下り階段など不連続な段差がある場合の検出に関しては議論されていない。

図1(c)は、白杖に取付けて使用するグリップ部のみの製品「K・SONAR」についてその概略を示したものである。グリップ部に超音波センサーが組込まれており、グリップ部を前方に向けて約5m×2mの範囲を超音波により検知し、ヘッドフォンで音としてその情報を伝えるものである。音の高低で距離を識別し、キンキンした硬い音やザワザワした柔らかい音で障害物の材質の情報が得られるとのことであるが、両耳をふさぐ形式のヘッドフォンの使用や音の状況での情報伝達では視覚障害者にとって特に大事な聴覚への

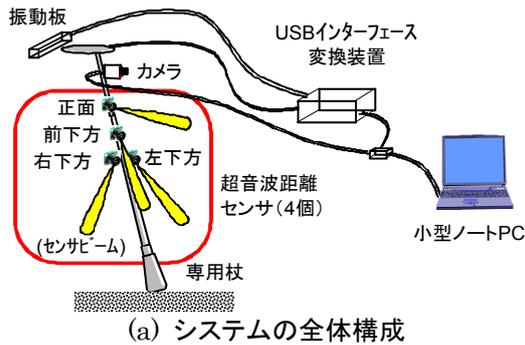
悪影響が懸念される。

図1(d)は、山梨大学大学院での「赤外線レンジファインダ」を利用して前方方向を上下にスキャンしながら障害物を検出しようとする研究について、その概略を示している。上下180°方向を100分割してスキャンし、各角度における障害物までの距離を音の周波数に変換して音を出すことで利用者に知らせている。ウェアラブルシステムであることから両手が自由に使え、屋内のビニールタイプの床面においても2m以上先での検出が可能とのことであり、下り階段などの検出も議論されている。しかしながら、利用者が検出結果を得るにはスキャンごとに周波数を変化させた音を聴き続ける必要があり、視覚障害者に残された重要な感覚チャンネルである聴覚への負担が懸念される。

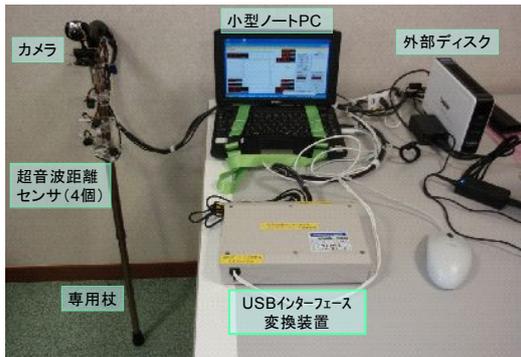
(2) 視覚障害者からの聞き取り調査結果

聞き取りをお願いしたのは、群馬県高崎市在住の60歳代の男性で生まれつきの全盲の方である。はり・きゅう治療院の院長で、日ごろヘルパーさんと一緒に行動しているとのことであった。聞き取り内容の概要は以下のとおりである。

- ①点字ブロックの段差は車椅子での移動に大きな障害となっている。また、弱視の方のために歩道と点字ブロックのコントラストをより高めるべきである。
- ②介助者がいたにもかかわらず、視覚障害者が下り階段で転落する事故に遭遇したことがある。また、盲学校時代に自らも駅の階段で転落した経験がある。幸いなことに、ともに大きな事故には至らなかった。
- ③視覚障害者は、一人の場合はすべての順路を覚えて行動している。このため、なんらかの原因で順路から外れると行動できなくなってしまう。
- ④白杖の使い方に限定はなく、床や路面をたたいたり滑らせたり、あるいは点字ブロックを確認するために車のワイパーのように動かしたり、利用者がそれぞれ独自の使い方を利用している。
- ⑤下り階段に差し掛かったことは、声の聞こえ方や周りの雰囲気、あるいは空気の微妙な流れなどで察知している。この場合、杖で足場の滑り止めを確認して階段であることを確定判断している。下り階段が近いとわかるだけでも非常に助かる。
- ⑥交差点は、騒音や周りの雰囲気、空気の流れ、足元の傾きなどで判断している。車の交通量が少なく歩行者もほとんどいない場合には安全が判断しづらく、道路に一步踏み出すのはかなりの覚悟がいる。
- ⑦自分は生まれつきの全盲だから、見えないことが当たり前であるが、中途での視覚障害者はほとんど自立が不可能である。自宅から



(a) システムの全体構成



(b) システムの全体写真

図2 超音波距離センサー実験システム

出られない上に、自宅の中だけの行動も大変という話を数多く聞く。

本人も階段からの転落の経験があり、下り階段が近いとわかるだけでも非常に助かるとのことから、本システムの開発が有意義であることが確認できた。

(3) 超音波距離センサーに関する実験結果

図2に超音波距離センサーに関する実験システムについて示す。図2(a)のシステムの全体構成に示すように、システムは4つの超音波距離センサーと1台のカメラを備えたもので、超音波による距離センシングと同時に画像データの収集を可能とするシステムである。

① 正反射における距離計測結果

超音波距離センサーは、水平方向に向けて計測する場合、つまり構造物からの反射をほぼ直角に受信できる正反射の場合には、問題なく距離計測ができることが確認した。

② 指向性の違いによる差異確認

指向性の広範囲なものは障害物を確実に認識できるが、その位置の正確な特定に難点があり、指向性の鋭いものは障害物を認識できればその位置精度は高いが、障害物見落としの可能性も高まるという難点があることを確認した。

③ 床面の状態による反射への影響

図3に滑らかな床面における計測結果を示す。図では計測された4つの距離センサーのデータの対比図を示しており、直線路を来て

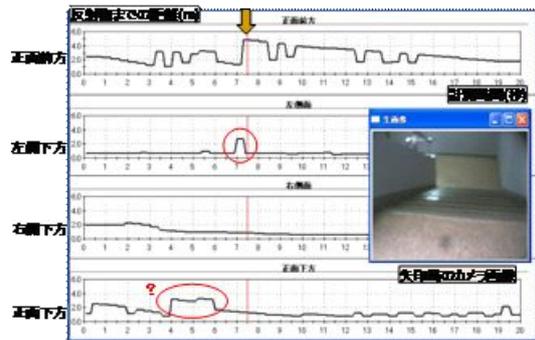


図3 滑らかな床面における計測結果

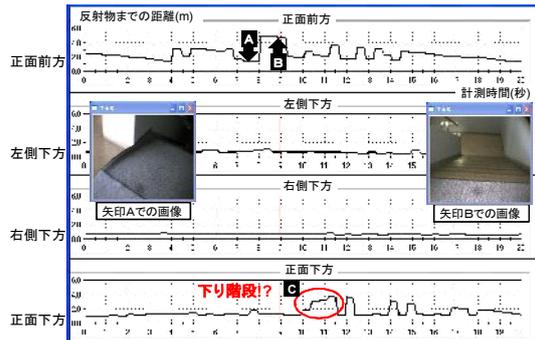
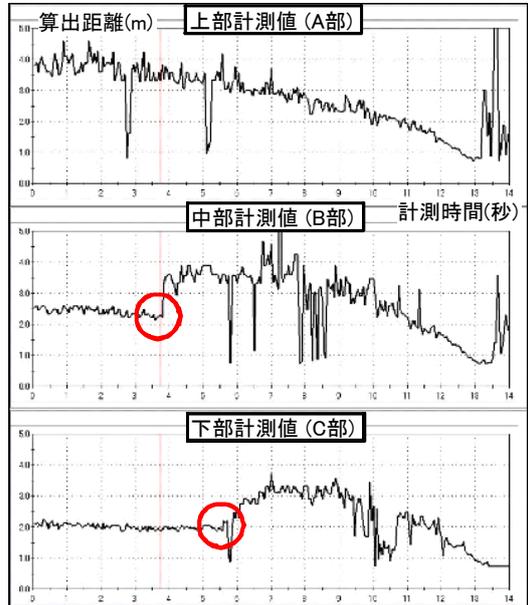
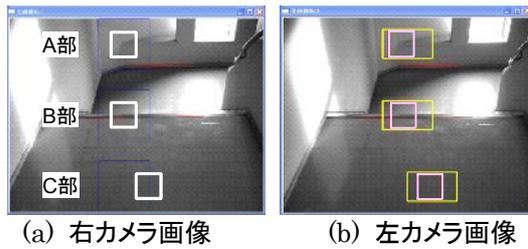


図4 下り階段検出に関する計測結果

右に回りながら下り階段に差し掛かり、数段下った際のデータを示したものである。図における最下段のデータは正面斜め下方に向けた超音波距離センサーの計測データを示しているが、床まで約1m程度の値を示すところが、図内に丸枠で示しているように、3mを超える実際より大きな計測値となっている。この現象は、上から2段目の左側斜め下方のセンサーデータにも現れており、正面斜め下方のセンサーだけの異常値ではないことがわかる。実験では足元の段差を検知するために斜め下方に向けて超音波を放射し、その反射を同じ位置で捉えようとしている。床面が粗い場合は乱反射を起こしてさまざまな方面に反射されるため、距離計測が可能であるが、建物内などで床が滑らかな場合には、床面で反射してさらにその先の壁面で反射した音波を基準に距離計測を行ってしまい、実際よりも大きな値を示す場合があることを確認した。

④ 下り階段の検出

図4に下り階段検出に関する計測結果を示す。これは図3で示した実験と同じ環境において、床面にマットを敷いて行った結果である。直線路を来て右回りをしている際に階段の手すりからの反射(矢印A)を検知したのち、下り階段に体を向けた部分で、反射物までの距離が約5m程度(エコー無し)という結果となっている。これだけのデータだと下り階段を障害物のない水平路と判断してしまう可能性がある。この検出から少し遅れて

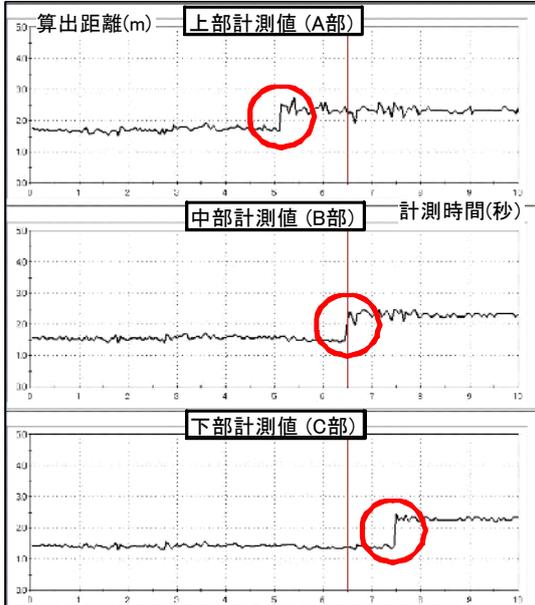
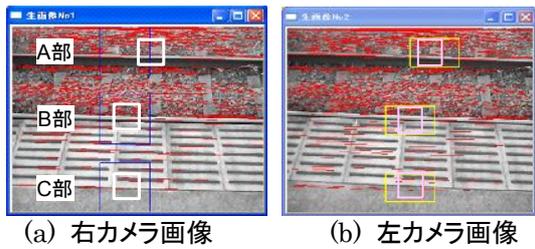


(c) 距離計測データ
図5 ステレオ視による下り階段での距離計測

正面斜め下方に向けた距離センサーの値が増加（丸枠C）しており、斜め下方に障害物がない（床がない）ということから、水平路でないことが判断できる。検出に時間的な遅れが認められることから、正面下方の距離センサーの位置や角度などの調整の必要があるが、超音波距離センサーを複数組み合わせることで、視覚障害者向けの周辺状況認知システムへの有効活用の可能性を確認することができた。

⑤センサーを組み合わせた障害物検出
指向性の幅広いセンサー3個を組み合わせ、前方向を幅広く検出すると同時に検出位置を5つのブロックに別けて障害物検出を行う実験を行った。杖の先端を床にあてて回転させながら計測した場合では5ブロックの計測が可能であることが確認できた。しかしながら、杖は常に持ち歩き不安定な状態にあることから、実利用を考えた場合、有効性に疑問が残る。

(4) ステレオ視による距離計測結果
距離計測の一例として、図5にステレオ視による下り階段での距離計測を示す。右カメラ画像のA部・B部・C部の正方形枠領域を基準に、左カメラ画像の横長の四角枠内でマッチング処理を行っており、この中でマッ



(c) 距離計測データ
図6 ステレオ視による駅ホームでの距離計測

チング度で対応領域を求めた位置が横長四角枠内に表示された正方形の枠で示されている。右側の3つの折れ線グラフは算出された距離値を連続して示したものである。計測は下り階段に差しかかる廊下から開始し、階段に差しかかった後、全部を下って踊り場の先の壁面に近づくまで行っている。また、上部では現れていないが、中部と下部の計測結果には○枠で示すように、明らかに距離計測値が大きく変化する点が現れている。この変化点は、中部では計測開始から4秒弱で計測され、下部では6秒弱で計測されていることから、明確な時間差が生じていることが確認できる。こういった複数観測ポイントの連続データを計測することで距離値の変化点を検出して利用しようとするものである。中部での変化点を検出した時点で利用者に注意を促し、続いて下部の変化が観測されたときに確定情報を与えるなど、下り階段検出への有効性を確認することができた。

図6にステレオ視による駅ホームでの距離計測を示す。計測の状況は下り階段と同様であるが、下り階段での結果を受けてカメラを若干下方に向けて計測している。これにより、図5で変化点が計測できていなかった上部計測値でも明確な変化点を計測することができている。上部・中部・下部での計測結果は

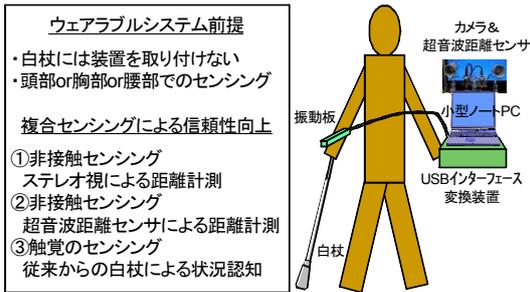


図7 複合センシングの提案とイメージ



図8 ウェアラブル化の準備

ほぼ同等に約 1m の段差値を示しており、時間的なずれも明確に計測できている。ホーム端では階段以上の段差があることから下り階段検出ができれば、ホーム端での段差検出は問題ないものと判断できる。

(5) ウェアラブルシステムに関する検討

図7に、複合センシングの提案とイメージについて示す。システムはウェアラブルを前提としており、白杖にはセンシング装置を一切取り付けずに、頭部や胸部あるいは腰部でのセンシングを考えている。また、カメラと超音波距離センサーはほぼ同じ高さに配置するものとし、ステレオ視のためのカメラは前方向を若干下方に向け、超音波距離センサーは前方と前斜め下方に向けてセットすることを考えている。ステレオ視と超音波距離センサーによる距離計測を組み合わせた周辺状況認知では、照明条件に大きく影響を受ける画像処理と滑らかな床面で誤検出する超音波による計測を互いに補完できる可能性がある。また、ウェアラブルシステムにすることで両手が自由に使えることになり、白杖を使ってこれまでと同様に触感による状況確認が行えることになる。つまり、2つの非接触センシングと白杖による触覚のセンシングを組み合わせて活用することが可能であり、周辺認知の信頼性の増大とともに、視覚障害者が単独行動できるシーンをより広げられる可能性がある。

図8に、ウェアラブル化の準備として構築した簡易的なウェアラブルシステムを示す。これは、晴眼者が視覚情報を得ている両眼とほぼ同じ高さでのセンシングを行うためにステレオカメラをゴーグルにセットし、ノートPCを腰部に保持するものである。現在、この簡易的なウェアラブルシステムでの実験を開始しており、今後、ステレオ視と超音波距離センサーの計測組み合わせ条件や周辺状況認知の判断基準を確立していく予定である。

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3件)

- ①竹上健、榊健二、ステレオ視と超音波距離センサを用いた視覚障害者のための周辺状況認知の検討、電子情報通信学会技術研究報告、査読無、Vol. 110, No. 418, 2011、pp. 63-68
- ②竹上健、視覚障害者のための周辺状況センシング支援ツールの研究、高崎商科大学叢書、査読無、第6号、2011、pp. 21-30
- ③竹上健、複数の超音波距離センサを使用した視覚障害者のための周辺状況認知の検討、高崎商科大学紀要、査読無、第25号、2010、pp. 35-45

[学会発表] (計1件)

- ①竹上健、榊健二、カメラ画像と超音波距離センサを併用した視覚障害者のための周辺状況認知の検討、映像情報メディア学会、査読無、第4部門(ヒューマンインフォメーション)、4-1、2011、愛媛大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹上 健 (TAKEGAMI TAKESHI)
高崎商科大学・商学部・准教授
研究者番号：70383148

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

中野 文平 (NAKANO BUNPEI)
高崎商科大学・商学部・教授
研究者番号：10016660