

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01773

研究課題名（和文）経路撮影に基づく歩行者・パーソナルモビリティナビゲーション基盤の構築

研究課題名（英文）Establishment of Pedestrian and Personal Mobility Navigation Technology Based on Pre-recorded Route Video

研究代表者

亀田 能成（Kameda, Yoshinari）

筑波大学・計算科学研究センター・教授

研究者番号：70283637

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,500,000円

研究成果の概要（和文）：カメラ撮影によって指定した映像経路に沿って、歩行者や、個人が移動に使うパーソナルモビリティ機器等を、ロバストかつ精密に誘導するICT基盤を構築した。また、歩行者を誘導するには安全確保も行われるべきであるという観点から、歩行者前方領域の安全確認を行う研究を推進した。視覚障害者を主な支援対象とし、ナビゲーションを適切に行うインタフェースを実現した。視覚障害者の社会的見守りとして、白杖歩行の姿勢を正確に推定する方法も実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

GPSなどのインフラに頼ることなく、スタンドアロンで1メートル単位の経路上ナビゲーションを実現する本研究成果は、視覚障害者の自由な外出への大きな足掛かりとなる。10cm程度の目標物に対する誘導も実現できていることから、押しボタン等の小さいものに対しても今後は直接誘導することが可能である。白杖利用時の姿勢推定技術は、視覚障害者の状態を細やかに調査することを今後可能にする。

研究成果の概要（英文）：We have developed an ICT infrastructure for robust and precise guidance of pedestrians and personal mobility devices along video paths specified by camera shots. In addition, from the viewpoint that safety should be ensured in guiding pedestrians, we promoted research on safety confirmation in the area in front of pedestrians. We realized an interface that provides appropriate navigation for the visually impaired as the main target of support. As a social watchdog for the visually impaired, we also realized a new method to accurately estimate the posture of walking with a white cane.

研究分野：コンピュータビジョンとパターン認識応用

キーワード：コンピュータビジョン 映像解析 一人称映像 視覚障害者 歩行支援 歩行ナビゲーション SLAM

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

本研究計画「経路撮影に基づく歩行者・パーソナルモビリティナビゲーション基盤の構築」の開始当初は、視覚障害者を含む歩行者を、正確かつ的確に目標とする経路に沿って誘導するという先進的な研究について、有効な取り組み方法が見当たらない状況であった。歩行者ナビゲーション技術はすでに社会的に実用化されていた。しかし、その誘導は道路や通路ごとまでであった。例えば、目的地までの経路上で、ある通路を通ることになったとする。従来型の歩行者ナビゲーションでは、その通路を通ることは指示するが、通路内のどの辺りを通るべきかを1m程度の単位で指示することは想定されていなかった。視覚障害者などのある種類の歩行者に対しては、通路の右側を歩く、あるいは、壁に沿って壁から1mのところを歩くなどの高精度なナビゲーションが必要とされる。そのための基盤技術を確立することが本研究の目標であった。長期的には、本基盤により、視覚障害者の単独外出を実現することが究極の目標である。また、2017年当時、まだ社会に浸透していなかったパーソナルモビリティによるナビゲーションを知的に支援する研究も社会的に待たれていた。以上が、研究開発当初の背景である。

2. 研究の目的

本研究「経路撮影に基づく歩行者・パーソナルモビリティナビゲーション基盤の構築」では、カメラ撮影によって指定した映像経路に沿って、歩行者や、個人が移動に使うパーソナルモビリティ機器等を、ロバストかつ精密に誘導するICT基盤の構築を狙うことを目標として、研究を開始した。

当初の研究目的のサブゴールは、映像解析とパターン認識の絶妙なバランスでの技術的ソリューションによって、(1)誰でも簡単に経路を用意できる枠組みで本基盤を成立させること、(2)指定経路に沿っての誘導しか考えない代わりに経路上の移動をロバストかつ精密に定位すること、(3)空間的にわかりやすい指示によって高精度で安定的にヒトを誘導すること、を理論的にも実証的にも成し遂げることであった。技術的な解決法は当初計画とずれることがあったが、このそれぞれについて、概ね目標を達成できたと考えている。また、研究を進めていく上で、歩行者を誘導するには安全確保も行われるべきであるという議論から、そのための研究も推進した。

3. 研究の方法

研究の方法として、計画当初から想定していた目標に対する取り組み(1),(2),(3)についてまず述べる。そのあと、研究を進めていくうちに取り組みを始めた派生研究 についても述べる。

(1)経路撮影映像：誰でも簡単に経路を用意できる枠組み

視覚障害者の外出に当たっては、通常、その経路を綿密に計画する。これに相当するものとして、本研究では、歩行経路の設定者が、単眼カメラを構えて、最大で15分程度の経路を一人称視点で撮影する。これは視覚障害者の実際の外出の前に行われているものとする。提案手法の社会的可用性を確保するため、撮影にはスマートフォンなどに搭載されているごく一般的なカメラを利用する。以後、経路撮影に用いたカメラを記録カメラと呼び、位置定位のときに撮影に使うカメラを検索カメラと呼ぶ。こうした目的では、VSLAMの導入がまず想定されるが、様々な歩行経路のうちにはVSLAMでのマップ構築に成功できない部分が存在する。また、カメラの内部パラメータ推定が出来るとは限らない状況も想定する。すなわち、本研究では、記録カメラ、撮影カメラとも内部パラメータが推定できるとは限らず、かつSLAMも成功しない状況が含まれる経路撮影映像を想定する。これにより、技術に明るくない設定者であっても経路撮影が容易にできることになる。実際に設定者として視覚障害者の外出を支援するボランティアであったりすることを想定しており、そうした人たちは動画撮影に慣れているわけではないことから、このような配慮は重要である。

(2)経路上定位：経路上の定位を高精度かつ頑健に実現

一般に、記録カメラで経路撮影映像を取得する日時と、利用者である視覚障害者が検索カメラで自己位置を問い合わせる日時は異なる。日時が異なれば、屋外であれば太陽の位置や天候、人工照明によって光源環境が異なるのが当然であるし、混んでいる都心部などでは、路上の歩行者や車両や路上の展示物なども違うのが自然である。こうした大きな変化により、VSLAMによるマップ構築はしばしば困難に直面する。我々が提案する手法は、画像局所特徴量を検索に用いる手法である。経路上のある地点に利用者である視覚障害者がいるとしよう。検索カメラがその地点での一人称視点画像を撮影する。その検索画像が、経路撮影映像中のどのフレームに最も類似しているかを検索し、最も類似したフレームの経路撮影映像内時刻から、現在位置を求める。検索は局所特徴量を直接用い多数の対応によって類似性を判定するため、本手法は照明変動・事物変化等の環境変動に対して対応可能であるという特性を有する。さらに、同一経路に対する撮影日時の異なる複数の経路撮影映像を用意することで、経路上定位の頑健性を高める方法も提案する。また、研究の後期においては、VSLAMの研究が進んだことから、類似画像検索とVSLAMをハイブリッドに組み合わせて、位置推定をより頑健に行う方法についても研究を推進した。このアプローチの場合、計算負荷が問題になるため、すべての演算をローカルな計算資源で行うのではなく、

リモートでの計算資源との協調を適切に行う方法の考案に注力した。

さらに、その派生で、複数の記録カメラの同時利用による効率の良いリアルタイムマップ構築方法の研究も行った。この研究では、それぞれの記録カメラが撮影するフレーム毎にマップ構築とマップ内定位を非同期に行い、かつ協調動作するための処理コストを最小化しているのが特徴である。

(3)空間誘導：空間的にわかりやすい指示による高精度かつ安定な誘導法

晴眼者の歩行に対する誘導では、複合現実感技術によって、歩行方向を提示する研究を行った。この場合は、対象者の視界の理解を妨げるべきではないことから、ARとして僅かな仮想物体表示を動的に視界内に挿入する方法を提案した。

一方、視覚障害者に対する指示とインタラクションには制約が多い。様々な予備調査を踏まえて、本研究では、量的な指示については信号音提示によるソニフィケーションインタフェースを用い、概念的な指示については音声提示を用いる方法を採用することとした。この方法に基づいて1メートル単位程度の誘導に成功した。

また、研究を進めていたところ、視覚障害者への誘導では、10センチメートル程度の精度の誘導も行われるべきであるという意見が得られた。1メートル単位の誘導は、例えばお店のドア、エレベータの入り口、家の玄関、座るべき椅子の大きさに相当する。これに対して、支援者なしでの行動を実現するには、ドアノブ、エレベータのボタン、玄関のインタフォン、椅子の背もたれに独力で手を延ばせる必要がある。そこで、10センチメートル単位、言い換えれば手のひらサイズの対象までの誘導を実現する方法も研究し提案することとした。

点字ブロックまでの誘導

想定した経路の出発地点に来ることができれば、本研究でのアプローチによって、その後は目的地まで対象者をナビゲーションすることができる。一方で、そこに至るまでの支援についても研究を進めた。研究の取り組みとしては、スマートフォンカメラによる点字ブロックの検知と、最寄りの点字ブロックまでの誘導について研究を行った。点字ブロックについては、現実に存在する様々な見かけの点字ブロック画像を学習することで、検知能力を高めている。

周囲の安全確認

歩行者に対するナビゲーション指示、特に視覚障害者への指示に当たっては、周囲の安全確認が必須である。多くの視覚障害者は白杖を用いているが、方向転換や階段等の上下動を含む移動については、慎重な行動が要求される。特に本研究アプローチでは、経路撮影映像の取得と、実際の歩行との間にタイムラグが存在し、その間に予期せぬ障害物や陥没等が路面に現れている可能性がある。そこで、本研究では、指示方向に歩行可能領域が確保されているかどうかを併せて確認する手法を確立した。

一つ目は、デプスカメラを用いた安全歩行領域の推定とそこからの安全歩行領域の提示である。この研究の特徴は、屋内外のどちらでも利用可能なデプスカメラを撮影時に装着することで、白杖での検知が難しい凹面形状に対する警告も提示できることである。例えば、本手法により、段差で下に降りていくところなどを事前に提示することができる。安全歩行領域の端までの距離は量的な情報なので、提示は信号音によるソニフィケーションで行う。

二つ目は、通常のRGBカメラを用いたパー型障害物の自動検知である。白杖歩行において、対応が難しいとされるのが、凹面形状と、中空にパー状に設置されている構造物である。広場を仕切るために設置されたポールとその間に張られたチェーンなどがその一例である。こうしたパー型構造物は白杖の先に当たることはないため、ときに足を取られたりして危険な状態になりうる。この研究では、深層学習を用いて、パー型構造物の見かけの特徴を学習し、セマンティックセグメンテーションによって当該物体の存在を検知することに成功した。利用方法の特性から、大量の学習データが必要であるため、その取得のために、RGB-Dカメラを用いて、距離2.5メートル以内のパー型構造物領域を自動抽出しアノテーションする仕組みを実現した。

他にも、やはり白杖として検出が難しいと考えられる滑りやすい路面の検出を画像認識によって行う方法についても研究を進め、マンホールや鋼板などについては検出可能との成果を得た。

パーソナルモビリティ機器の利用による同行介助

本研究基盤により正確な誘導や安全確認がより高レベルでできるようになっても、安全性を完全にできるとは考えるべきではない。そこで、無人のパーソナルモビリティ機器を対象者に先行させ、見かけ上、当該機器が先導している形で同行介助を実現する方法についても研究を進めた。本研究で用いていたパーソナルモビリティ機器は大きめのスーツケース程度の大きさであり、路面の専有面積で見ると、人間一人が立っている場合と大きな違いはない。機器に搭載したカメラにより、機器から後ろにいる対象者までの距離が一定になるように制御する。

白杖歩行者の見守り

視覚障害者の外出を支援する上で、その状況確認も社会的な見守りとして行うべきであるとの考えから、広域撮影映像からの白杖利用者の検知と、その白杖利用状態を推定する研究を進めることとした。

広域撮影映像の処理では、映像処理コストが問題になる。広域撮影が固定定点カメラでの撮影であると仮定し、歩行者の出現頻度とその追跡結果とを組み合わせることで映像処理コストを削減する方法について研究を進めた。これにより、広域撮影映像から白杖利用者がどこに存在しているかを検知できるようになった。

さらに、白杖を体の一部と見なすアプローチを取ることで、対象者の歩き方を、白杖の動きも含めて推定する方法を実現した。この研究の特徴は、対象者の姿勢推定のための学習時に、白杖を使って歩いている様子を教師データとして与えている点である。これにより、白杖を単に持っているだけの状態などは、学習させた歩行状態とは異なるという判定ができるようになっていく。

パーソナルモビリティ普及への提言

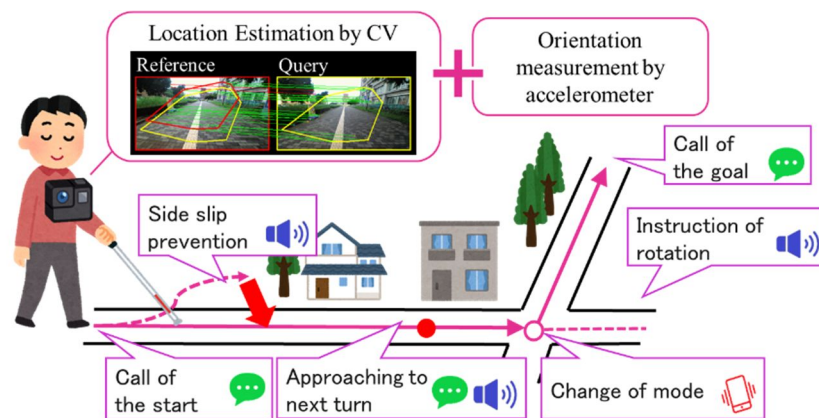
パーソナルモビリティ利用者に対するナビゲーション基盤の確立についても研究を行う予定であったが、2017年以降法律等での規制が進んだこともあり、パーソナルモビリティでナビゲーションを受けて利用する実験環境を用意しにくくなった。その状況を打開すべく、パーソナルモビリティが社会に浸透していくための条件を議論しその見解を発表した。また、パーソナルモビリティ機器がみずから周囲に走行状態に関する情報を発信し、社会的安心感を高めるための研究を推進した。

なお、当初計画では、最終年度(2020年度)に統合プロトタイプシステムによる視覚障害者における実験を行う予定であった。しかしながら、新型コロナウイルス感染拡大に伴う社会情勢のために、実験時期を2021年度に延期することとした。実際には2021年度になっても感染収束の見通しがつかなかったため、検証実験は研究テーマごとに分けて行った。

4. 研究成果

全てを詳述することはできないので、幾つか抜粋して研究成果を示す。見出し後の記号は3。研究の方法での項目との対応を示している。図は我々の既発表論文からの引用を含む。

【経路撮影映像による定位と音声・音信号の組み合わせによる視覚障害者誘導】(1)(3)



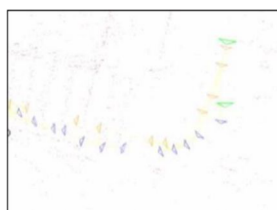
まず準備として、視覚障害者が歩きたい経路を決め、その経路に沿って、ボランティアが記録カメラで経路映像を事前に撮影する。視覚障害者は本研究成果によるカメラシステムを身に付ける。コースに沿って歩くと、局所特徴量による類似画像検索と、その対応関係の幾何的な分布を解析して、経路上のどこま

で来たかを正確に推定する。歩行の方向に関しては、IMUも利用する。我々の提案手法では、同じ経路に対する2本以上の撮影映像を統合して活用することが可能である。用いる映像の本数が増えても、それに比例したオンライン処理コストにならないよう工夫しているのが手法上の特徴の一つである。ナビゲーション指示の全容を図に示す。直線歩行時には経路に対する左右のずれのみが問題になることから、その修正に特化したソニフィケーションインターフェースを用意している。視覚障害者のターン・パイ・ターン形式の歩行に合わせたナビゲーション切り替えを行い、その切り替え提示には音声を用いている。

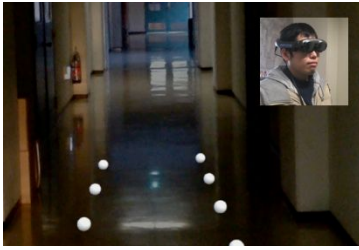
【統合環境協調型 SLAM におけるフレーム単位での地図構築】(2)

2つのカメラヘッドを自由に動かして、統合的で一貫性のある環境マップをビデオフレームごとに構築する手法 TWIN HEAD SLAM を提案した。複数のカメラによる視覚的 SLAM は協調的 SLAM と呼ばれる。構築された統合環境マップは、即時に各カメラに個別に取り付けられた2つのトラッキングモジュールで共有される。本研究の貢献は、両カメラでの入力のビデオフレームごとに非同期に統合環境マップを更新することを、計算量最小で実現できることである。このことは、一方のカメラで得られた重要な情報を、もう一方のカメラのトラッキングモジュールで即座に利用することができることを意味する。我々は OpenVSLAM をもとに提案手法を実装し、2台のカメラからの映像入力を用いて、一貫性のある統一環境マップが作成できることを示した。

提案手法の実装システムを実行したときの様子を下図左に示す。黄色のピラミッドと紫色のピラミッドは、それぞれ異なるカメラで推定されたカメラ位置に対応する。緑色のピラミッドはカメラの最新位置を示している。点群は統合環境マップにおける三次元特徴点である。下図右はこの実験時の2台のカメラの映像の様子である。上段と下段がそれぞれのカメラに該当する。



【アクティブパターンを用いた歩行者向け方向提示】(3)



晴眼者向けの歩行ナビゲーション支援として、左図に示すようなARデバイスによる方向提示方法を提案した。歩行者の視覚による安全確認を妨げないように、進行方向を示すアクティブパターンは路面近くの左右に配置され、手前から奥に向かって流れているように提示される。左右に曲がる場合はアクティブパターンの流れが道なりに曲がっていく形で表示される。評価実験時に、ARデバイス内で注視点解析を行い、アクティブパターンを見ている度合いを調査した。

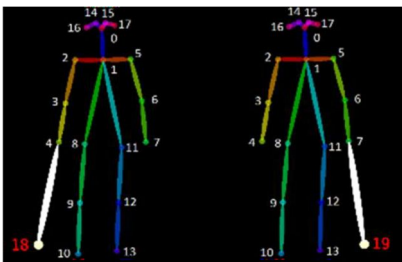
【視覚障害者のための手のひらサイズの物体への3段階ナビゲーション】(3)



視覚障害者を利用者として想定して、手のひらサイズの目標物への3段階ナビゲーション法を提案した。提案手法の特徴は、カメラ付きウェアラブルデバイスを用いることで、視覚障害者が触るべき対象物まで円滑に到達できることである。本提案方式では、事前に映像の軌跡を設定するだけで、屋内のあらゆる状況に適用できる。ナビゲーションは、経路ナビゲーション、ボディナビゲーション、ハンドナビゲーションの3つのステージに分解される(左図)。経路ナビゲーションについては、先行研究の成果であるClewアプリを利用する。続く2つのステージではARアンカーを導入する。ARアンカーは、あらかじめ対象物に登録しておく。音によるガイダンスで手のひらサイズの分解能で目標物に到達できるよう、適切な音声ガイダンスを設計した。ステージの切り替えは振動で通知する。6.4メートル先の壁にあるインターフォンまでのナビゲーション実験を行った時の様子を右図に示す。

【白杖を組み込んだ人体骨格による視覚障害者の歩行状態推定】

本研究では、白杖を使う視覚障害者の姿勢と状態を画像から推定するにあたって、白杖が対象者の腕の延長と見なす方法を提案する。これにより、白杖使用中の歩行者の姿勢を安定して推定することに成功した。提案手法では、既存の人体姿勢推定手法であるOpenPoseを拡張し、白杖を持つ人の姿勢を推定する。



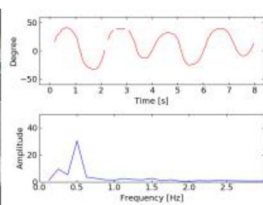
ここでは、白杖を人体骨格モデルの一部として組み込んでいる。番号18と番号19が拡張骨格で追加された体の一部である。これが白杖に相当する。利き手が左右のどちらかであることから、モデルは二種類用意している。

白杖を持つ視覚障害者の画像データベースを構築し、拡張人体骨格モデルのネットワーク学習を行った。右利きと左利きの歩行者を分けて学習させる必要があるため、学習画像から白杖を持つ手の左右を判別する方法も開発した。

実験結果の幾つかを下図に示す。



姿勢推定の結果から、白杖の動きを解析することができる。白杖の角度に着目し、その揺れ頻度を分析する。本手法によって、白杖を持った人間の姿勢と白杖の振れ幅を正しく推定できることを確認した。下図右上の振幅グラフ(横軸:時間,縦軸:振幅)から、白杖が周期的に振られていることがわかる。下図右下の周波数解析グラフ(横軸:周期,縦軸:強度)からもそのことが



明確にわかる。白杖で何かを検知して振り方が変化すると、このような波形が崩れることから、対象者の歩行の様子が変化したことを検知することも可能である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計42件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 大西 衝, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 119-457
2. 論文標題 ヒヤリハット事例の仮想立ち合いにおける注視点をういた安心感評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 251-256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小河原 洸貴, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 119-457
2. 論文標題 視覚障がい者向けターンバイターンナビゲーションにあわせた音振動提示	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 245-250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 梁 梓龍, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 119-457
2. 論文標題 Visual SLAMに基づく室内での移動と手の誘導への支援	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 209-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田村 優, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 119-386
2. 論文標題 アクティブパターンの複合現実感型表示を用いた歩行者への情報提示	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 25-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中泉 安貴, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 広域観測カメラによる視覚障がい者検出	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2019	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村 将太郎, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 ウェアラブルカメラからの点字ブロックの種類と位置の推定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2019	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小河原 洗貴, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 ターンバイターン方式ナビゲーションに適した音と振動によるインタフェース	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2019	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 康平, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 119-222
2. 論文標題 類似画像検索とSLAMによる協調的位置推定システムの性能評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 89-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 康平, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 2019- ITS-77-30
2. 論文標題 類似画像検索とSLAMの協調的位置推定における負荷分散法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会 研究報告 - ITS	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小河原 洸貴, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 2019- ITS-77-19
2. 論文標題 類似画像検索における歩行位置推定能力の実地検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会 研究報告 - ITS	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大木 郁登, 宍戸 英彦, 亀田 能成	4. 巻 121-423
2. 論文標題 手持ちのスマートフォンによる歩行者の自由歩行時における進行方向推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 39-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石川 晋也, 宍戸 英彦, 吉田 健司, 亀田 能成	4. 巻 121-423
2. 論文標題 VRシミュレーションによるバスケットボール時の視覚探索運動の定量化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 284-289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中泉 安貴, 穴戸 英彦, 亀田 能成	4. 巻 121-423
2. 論文標題 映像からの視覚障がい者に対する白杖の動き推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 43-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Liang Zilong, Shishido Hidehiko, Kameda Yoshinari	4. 巻 -
2. 論文標題 Three-stage navigation to hand size object for visually impaired	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT) 2022	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2626172	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamasaki Riku, Shishido Hidehiko, Kameda Yoshinari	4. 巻 -
2. 論文標題 A frame-by-frame integrated environment map building method in cooperative SLAM	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT) 2022	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2626168	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakaizumi Yasutaka, Shishido Hidehiko, Kameda Yoshinari	4. 巻 -
2. 論文標題 Posture estimation for the visually impaired people using human skeleton with a white cane	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT) 2022	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2625878	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 古府 侑樹, 宍戸 英彦, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 滑りやすい歩行領域の画像からの深層学習による検出	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2021	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大木 郁登, 宍戸 英彦, 亀田 能成	4. 巻 121-52
2. 論文標題 歩行の安全確保に向けた単眼RGB画像からのパー型障害物検出	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告WIT	6. 最初と最後の頁 48-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakaizumi Yasutaka, Shishido Hidehiko, Kameda Yoshinari	4. 巻 -
2. 論文標題 Video dividing method for high-resolution video regardless of people position	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT) 2021	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2590798	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ogahara Koki, Shishido Hidehiko, Kitahara Itaru, Kameda Yoshinari	4. 巻 -
2. 論文標題 Information display design on turn-by-turn navigation for visually impaired people	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT) 2021	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2590797	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田村 優, 宍戸 英彦, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 アクティブパターンにおける視線追跡機能を用いた検証手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2020	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村 将太郎, 宍戸 英彦, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 自走式ロボット組み込みのための点字ブロック認識手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2020	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 梁 梓龍, 宍戸 英彦, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 室内誘導における拡張現実を用いた手の誘導方法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2020	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 亀田 能成, Zhang Weiyi, 大西 衝	4. 巻 120-190
2. 論文標題 パーソナルトランスポーターに対する安心感醸成とその評価への試み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 13-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 亀田 能成	4. 巻 22
2. 論文標題 視覚障がい者の外出のための歩行者ナビゲーション支援技術の研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 福祉のまちづくり研究	6. 最初と最後の頁 40-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamasaki Kohei, Shishido Hidehiko, Kitahara Itaru, Kameda Yoshinari	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation for hybrid location estimation system of image retrieval and SLAM	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Workshop on Advanced Image Technology(IWAIT) 2020	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2566223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 南雲 悠太, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 118-502
2. 論文標題 歩行者を先導するコンパニオンロボットの間合いの調査	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 MVE研究会	6. 最初と最後の頁 115-119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小河原 洸貴, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 118-405
2. 論文標題 類似画像検索による歩行位置精度向上のための凸包の利用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 MVE研究会	6. 最初と最後の頁 5-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 康平, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 118-405
2. 論文標題 類似画像検索とSLAMの同時利用による歩行者位置推定の頑健性向上	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 MVE研究会	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zhang Weiyi, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 路面におけるパーソナルトランスポートの安全領域の可視化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2018	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山本 早里, 伊藤 誠, 岡 瑞起, 亀田 能成, 矢野 博明, 川本 雅之	4. 巻 -
2. 論文標題 スマートシェアードスペースの実現に向けた取り組み	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2018	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 亀田 能成	4. 巻 118-226
2. 論文標題 立ち乗り型パーソナルトランスポーターによる移動様式の変革	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 MVE研究会	6. 最初と最後の頁 37-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小河原 洸貴, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 ステレオ音と振動提示による歩行誘導インタフェースと評価方法の検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第21回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2018)	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 岡本商店街における屋外ナビゲーション実験実施報告	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 感覚代行シンポジウム	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazuho Kamasaka, Itaru Kitahara, and Yoshinari Kameda	4. 巻 242
2. 論文標題 Image Based Location Estimation for Walking Out of Visual Impaired Person	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The 14th Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe Conference 2017 (Harnessing the Power of Technology to Improve Lives)	6. 最初と最後の頁 709-716
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/978-1-61499-798-6-709	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Imai Kenta, Kitahara Itaru, Kameda Yoshinari	4. 巻 -
2. 論文標題 Detecting walkable plane areas by using RGB-D camera and accelerometer for visually impaired people	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 3DTV Conference 2017	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/3DTV.2017.8280422	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 今井 健太, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 RGB-Dカメラを用いた歩行安全領域の検出と提示方法の検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2017	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 釜坂 一步, 北原 格, 一刈 良介, 興梠 正克, 蔵田 武志, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 カメラベース位置推定手法へのPDRの統合及び音声インタフェースの検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 HCGシンポジウム2017	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小河原 洸貴, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 117-252
2. 論文標題 事前撮影映像に基づく視覚障害者の歩行誘導インタフェースの検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 今井 健太, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 -
2. 論文標題 RGB-Dカメラと加速度センサを併用した歩行可能な平面領域の検出	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 第20回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2017)	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 南雲 悠太, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 117-485
2. 論文標題 広視野画像と深度画像を利用した経路誘導のための性能評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 5-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小河原 洸貴, 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成	4. 巻 117-485
2. 論文標題 ステレオ音と振動提示による視覚障害者誘導インタフェース	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 技術研究報告MVE	6. 最初と最後の頁 17-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 亀田 能成
2. 発表標題 岡本商店街における屋外ナビゲーション実験 -2017/11/26実施報告 (技術) -
3. 学会等名 第13回サイトワールド
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuta Nagumo, Itaru Kitahara, and Yoshinari Kameda
2. 発表標題 Location Estimation from Pre-Recorded Video Taken by Omnidirectional Cameras
3. 学会等名 Asia-Pacific Workshop on Mixed and Augmented Reality (APMAR) 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

画像研の研究紹介（映像）
<https://www.youtube.com/channel/UCLh7dS1xJdk2VYkRX00iWEw>
亀田能成の発表文献リスト
<http://www.kameda-lab.org/research/publication/index-j.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	北原 格 (Kitahara Itaru) (70323277)	筑波大学・計算科学研究センター・教授 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------