

令和 3 年 5 月 17 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11546

研究課題名(和文) どこでも歩行者ナビ：事前データ収集を必要としない歩行者ナビゲーションの開発

研究課題名(英文) Pedestrian navigation everywhere: Development of pedestrian navigation without prior data collection

研究代表者

菅谷 至寛 (SUGAYA, Yoshihiro)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号：80323062

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、人間が利用するために提供されている案内表示等を利用して歩行者ナビゲーションを実現するための技術を確立し、実用化レベルまで高めることを目指した。従来手法では利用できるフロアマップに大きな制約があったが、深層学習の導入により様々なタイプのマップに対応できるようになった。また、マップ中の既知のオブジェクトを利用して初期パラメータを決定する手法を提案し、ユーザーの手動による初期位置の指定を省略できる可能性を示した。さらに、天井吊り案内板による位置推定の検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、事前準備を必要としない歩行者ナビゲーションフレームワークの適用範囲を大幅に拡大することができた。従来はカラーで通路が単色で描かれたマップのみを想定していたが、様々なマップに対応できるようになった。また、一部のマップではユーザータップによる初期位置の指定を省略することが可能になった。ナビゲーションを必要とするユーザーは現在位置がわからない場合もあるため、これはユーザビリティの向上に大きく寄与すると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we aimed to establish a technique for realizing pedestrian navigation using an information board, which is provided for humans.

Although conventional methods had significant limitations on the floor maps that can be used, we introduced deep learning to deal with various types of maps. We also proposed a method to determine the initial parameters using known objects in the map, and showed the possibility of eliminating the manual specification of the initial position by the user. In addition, we studied the position estimation using a ceiling-suspended guide plate.

研究分野：ユビキタスコンピューティング

キーワード：歩行者ナビゲーション 位置推定 ユビキタスコンピューティング computer vision

### 1. 研究開始当初の背景

スマートフォンの普及や 2020 年東京オリンピックに向けてのインバウンド増加の期待から歩行者ナビゲーションが注目されているが、屋外では広く利用されているのに対し、屋内では極限られた場所でのみしか利用できない。屋内ナビを提供している施設も存在するが、どこでも好みのアプリで利用できる屋外とは異なり、極限られた施設において専用のアプリによって個別に提供されているのが実情である。これは、屋内では衛星による測位ができないこと、電子マップが限られた場所でのみしか入手できないことが主な原因である。

屋内位置推定は様々な研究が行われているが、多くの手法では、測位のためのインフラの設置や測位したい現地での事前データ収集が必要であり、施設管理者の協力が become なる場合が多い。また、マップに関しても施設管理者から事前に提供を受けることを前提としている。その結果、屋内ナビの提供は施設管理者側に提供の強い動機や意志がある場合に限られ、利用者の要望とは必ずしも一致しない。これは、利用者がナビゲーションを必要としても利用できるとは限らないことを意味する。

### 2. 研究の目的

研究代表者らは、これまでに、人間が利用するために掲示されている案内表示等を利用することで、測位インフラや事前のデータ収集、及び電子マップの提供が無くても、屋内での歩行者ナビゲーションを実現できるフレームワークの基礎的な部分の提案を行ってきた。地下街やショッピングモール、駅などに掲示されている案内板にはフロアマップが含まれていることが多く、その画像をその場で解析し理解することでナビゲーションに必要な電子マップをその場で得ることができる。さらに、スマートフォン内蔵の慣性センサ等を用いて相対的な位置の変化を知ることができる歩行者デッドレコニング (PDR) を組み合わせることで、屋内での歩行者ナビゲーションが実現可能であることを確認している。

しかし、適用できるマップに大きな制約があること、ナビゲーション開始時にユーザーがマップ上での現在位置を 2 回程度指し示す必要があるなど、提案フレームワークを実際に利用できるようにするためには多くの問題が残されていた。本研究では、人間が利用するために提供されている案内表示等を利用して歩行者ナビゲーションを実現するための技術を確立し、実用化レベルまで高めることを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) フロアマップ画像の解析

本研究は、地下街やショッピングモール、ターミナル駅などでの歩行者ナビを想定しており、このような施設では、出入口やエスカレーター等の近くにフロアマップを含んだ案内板が設置されていることが多い。このフロアマップを撮影しその場で解析することで電子マップとしてナビゲーションに利用することを想定しているが、フロアマップにはさまざまなバリエーションが存在する。研究代表者らによる従来手法では、通路領域の抽出にヒューリスティックな手法を用いていたため適用できるマップにかなりの制限があった。より多くのマップに対応するために、本研究では機械学習を導入する。これによって、データの拡充に伴い様々なタイプのマップにおける精度やロバスト性の向上が期待できる。

#### (2) 初期パラメータ決定方法の検討

あらかじめ準備されている電子マップと異なり、撮影したフロアマップを解析することによって得られたマップは、縮尺と方位が不明であり、グローバル座標との対応も取れていない。提案フレームワークでは、最も基礎的な方法として、ユーザーがマップ上での現在位置を 2 回タップする (マップ撮影時および 10 歩程度歩いた後) ことによって初期位置、縮尺および方位のパラメータを初期化し、粒子フィルタによって位置推定を行いながら縮尺と方位の更新を行っていた。しかし、ユーザーが手動で現在位置を指示することは大きな負担であり、また、ユーザーによっては現在位置を認識できていない場合もあるため、ユーザーの指示によらない初期パラメータ推定手法を検討する。

#### (3) 天井吊り案内板による大まかな絶対位置推定

提案するフレームワークでは位置推定に PDR を用いているが、これは相対的な位置の変化を知ることができる手法であり絶対位置は分からない。また、センサードリフトの問題によって推定位置が徐々にずれてしまう場合がある。よって、初期位置を何らかの手法によって得る必要があるほか、途中で位置のキャリブレーションを行うことが望ましい。

PDR に粒子フィルタによるマップマッチングを合わせて用いるため、精度はそれほど高くなくても有効である可能性があるが、提案フレームワークの目的に照らして、事前準備やインフラの設置が不要な手法である必要がある。そこで、駅などに多く設置されている、天井から吊り下げられた案内板 (天井吊り案内板) を利用した大まかな絶対位置推定手法の検討を行う。

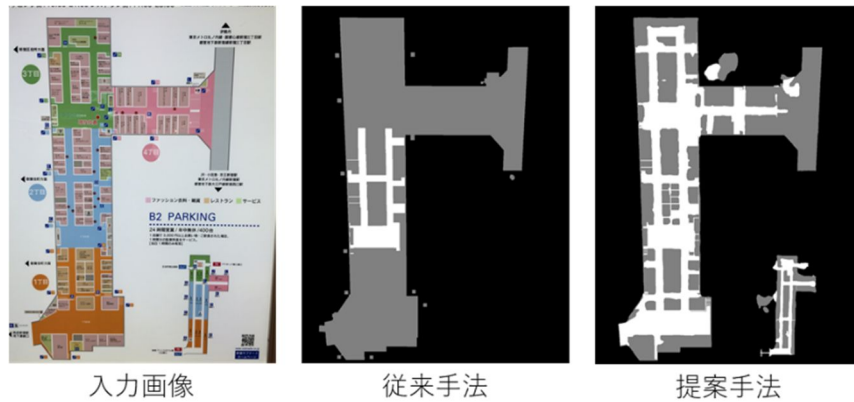


図 1 通路領域の抽出

#### 4. 研究成果

##### (1) フロアマップ画像の解析

CAD 出力のマップを計算機で解析する手法は古くから研究されており比較的容易であるが、フロアマップはデザイナーによってデザインされた意匠であり、デザイン性や見やすさのために様々なバリエーションが存在するため難易度が高い。研究代表者らによる従来手法では、対象としてマップがカラーで描画され、かつ、通路領域が単色であるものを想定し、ヒューリスティックな手法によって通路領域抽出を実現していた。したがって、想定されていないタイプのマップでは精度が著しく低かった。

そこで、機械学習の一つであり近年多くの分野で広く取り入れられている深層学習による semantic segmentation をベースとした通路領域抽出手法を検討した。Semantic segmentation は様々な手法が提案されているが、比較的軽量な手法である BiSeNet をベースとした手法を開発した。

これは教師あり学習による手法であり、学習サンプルとそれに対応する教師データが必要である。これまでに研究代表者らは、全国の 500 以上の実際の商業施設・公共施設のフロアマップ画像を収集しており、まず、それらの画像に対して手動で通路領域のアノテーションの付与を行うことで、学習及び評価用のデータベースを構築した。

構築したデータベースを用いて学習及び評価を行ったところ、従来手法では困難であった通路が複数色で彩色されたマップでも正しく通路領域が抽出される(図1)など、良好な結果が得られた。しかし、通路領域が途切れてしまう場合が存在していたため、morphology 処理と Felzenszwalb らの領域分割結果を利用した後処理の追加を検討した。その結果、recall が大幅に向上した。これらの成果によって、適用できるマップが大幅に拡大した。

##### (2) 初期パラメータ決定方法の検討

位置、マップの縮尺、方位の初期パラメータを決定するために最も簡単な手法として、提案フレームワークではユーザーが現在位置を 2 回タップするという方法を取っていた。この方法は、ユーザーにとっては大きな負担であり、そもそも一部のユーザーは現在位置を把握できていない場合もある。提案フレームワークでは粒子フィルタを用いたマップマッチングによってパラメータは更新されていくため、必ずしも正確な値でなくてもよいということに着目し、マップ内の情報から自動で初期パラメータを決定する手法を検討した。

フロアマップ中には現在位置の表示があるものが多く、保有するサンプル約 500 を精査したところ 94%では現在地マークの表示があった。マップ中の現在地マークを検出することで、撮影位置におけるグローバル座標とマップ内の位置を対応させることができる。また、案内板を正面にして写真を撮ることを想定し、初期方位を地図内の上方向と仮定すると、およそ 90%のマップに対応できる。縮尺に関しては、マップ内である程度大きさが決まっているものを基準に大まかな縮尺の初期値を決定した。マップ内のエレベータのアイコンを検出し、標準的なエレベータの大きさ(1辺の長さ)を 1.8m と仮定した。

フロアマップ内の現在位置およびエレベータのアイコン検出には、深層学習による物体検出手法の一つである YOLOv2 を利用し、約 9 割の精度で検出が可能であった。また、実際の商業施設で取得した歩行データを用い、上記初期パラメータ決定手法を用いて、歩行パス(歩行の経路)の推定精度をユーザーの 2 点タップによるものと比較したところ、4/6 の歩行データでは正しく推定でき精度も向上していた。提案手法によって、手動による初期化を省略できる場合があることが分かった。2/6 のデータでは全く推定できていなかったが、これは、マップ中のエレベータの領域の推定に失敗したことが原因であった。

##### (3) 天吊り案内板による大まかな絶対位置推定

位置に関する初期パラメータ決定の一手法として、あるいは、位置推定動作中のキャリブレーションのために、天吊り案内板による大まかな絶対位置推定を以前から検討していたが、原理的に可能であることを確認した段階にとどまり、実際に利用するには多くの課題があった。本研究では実際に動作させるために必要な要素技術として、天吊り案内板の検出の改良、天吊り案内板内の情報の抽出、距離の推定の検討を行った(図2)。

#### 天吊り案内板検出の改良

従来手法では初期検討として、色彩・彩度・明度の特徴を利用して案内板の検出を行っていたが、これは特定の地域・場所に依存した手法でありロバストではない。本研究では深層学習による物体検出手法の一つである M2Det を用いて検出を行った。

#### 天吊り案内板内の情報の抽出

従来手法では文字情報の読み取りが 100%可能であると仮定しており、手法については検討されていなかった。本研究では、矢印や数字などの重要な記号の抽出に M2Det を使用した後に、文字領域の検出を深層学習による文字検出手法の一つである PMTD によって行い、文字認識には tesseract-ocr を利用した。天吊り案内板には複数の出口に関する情報が含まれている場合があるが、記号や文字情報のグループの推定にも M2Det を用いた。また、文字認識結果に誤りが含まれることを想定したマッチング手法についても検討した。

#### 撮影位置から案内板までの距離の推定

提案手法では、天吊り案内板内の出口の情報とマップから抽出した通路グラフを照合することによって、天吊り案内板がグラフ上のどのエッジに対応するかを推定する。しかし、二つの交差点間の通路のどの位置かはわからない。そこで、位置を絞り込むために、撮影位置から天吊り案内板までの距離を一枚の画像から推定する手法の検討を行った。案内板の面積とアスペクト比を特徴量として SVR を用い、およそ 7 割の画像で 10m 以内の精度で距離を推定できることが分かった。

仙台駅構内の画像について実験を行い提案手法の有効性を確認した。通路グラフ上での位置推定精度は 88%であり、多くの場合に非常に大まかな位置推定が可能であることが分かった。失敗原因としては、キーワードの認識ミスや、そもそも論理的に特定不可能なケースも存在していた。距離推定を含めた推定誤差は画像によって大きなばらつきがあった。天吊り案内板は交差点付近に設置されていると仮定していたが、当てはまらないケースも存在していたことが一因である。

本手法の要素技術のうち、案内板検出やキーワード検出等は機械学習を用いており、学習データを追加すれば仙台駅以外にも対応できると考えられる。しかし、情報のマッチングはヒューリスティックな部分があり、他の場所に適用するためにはさらなる検討が必要である。また、マップからの情報抽出についても手作業が必要な部分があり、課題として残されている。

#### (4) まとめ

以上の技術の開発により、提案フレームワークの適用範囲を大幅に拡大することができた。従来はカラーで通路が単色で描かれたマップのみを想定していたが、様々なマップに対応できるようになった。また、一部のマップではユーザータップによる初期位置の指定を省略することが可能になった。ナビゲーションを必要とするユーザーは現在位置がわからない場合もあるため、これはユーザビリティの向上に大きく寄与すると考えられる。天吊り案内板による絶対位置のキャリブレーションは実用化に大きく近づいたが、マップからの情報抽出は手動であり、その場で適用できる状況には至っていない。さらなる技術開発が必要である。国内外の研究等において、測位インフラの設置及び事前データ収集を必要としないナビゲーションシステムはほとんど例がなく、本研究の成果は独自性がある。

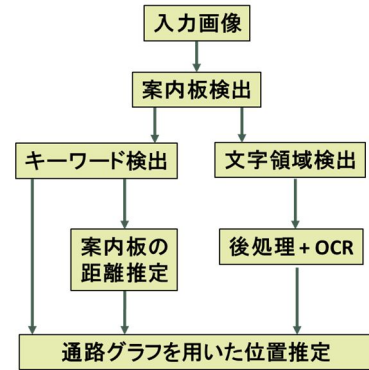


図 2 天吊り案内板による位置推定

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 菅谷 至寛, 坂井 清士郎, 宮崎 智, 大町 真一郎	4. 巻 48
2. 論文標題 環境中文字認識を利用した情報提供アプリケーションのためのウェアラブルシステムの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 画像電子学誌	6. 最初と最後の頁 248-257
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 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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 大谷 昌輝, 菅谷 至寛, 宮崎 智, 大町 真一郎
2. 発表標題 マルチタスク学習によるフロアマップ中の通路領域推定と特徴点検出
3. 学会等名 第23回 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本田 大智, 菅谷 至寛, 宮崎 智, 大町 真一郎
2. 発表標題 歪みのあるフロアマップ上での慣性センサを用いた位置推定法の検討
3. 学会等名 2020年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshihiro Sugaya, Kento Tonosaki, Masaki Otani, Tomo Miyazaki, Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Indoor Navigation using an Illustrated Non-digital Map on Information Board
3. 学会等名 RIEC International Symposium "When AI Meets Human Science": The 4th Tohoku - NTU Symposium on Interdisciplinary AI and Human Studies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹村 貴文, 菅谷 至寛, 宮崎 智, 大町 真一郎
2. 発表標題 屋内撮影画像中の案内板までの実距離推定手法の検討
3. 学会等名 2019年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小泉 翔太, 菅谷 至寛, 宮崎 智, 大町 真一郎
2. 発表標題 略地図画像からの道路領域抽出手法の検討
3. 学会等名 2019年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹村 貴文, 菅谷 至寛, 宮崎 智, 大町 真一郎
2. 発表標題 天吊り案内板を用いた屋内ナビゲーション手法の検討
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	大町 真一郎  (OMACHI Shinichiro)  (30250856)	東北大学・工学研究科・教授    (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	宮崎 智  (MIYAZAKI Tomo)  (10755101)	東北大学・工学研究科・助教    (11301)	

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