

平成 30 年 5 月 21 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12014

研究課題名(和文) 掲示された案内図を利用する屋内位置推定と歩行者ナビゲーション

研究課題名(英文) Pedestrian indoor localization and navigation using posted information board

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) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、電子化された屋内マップや測位インフラが整備されていない施設でも、スマートフォンだけで屋内歩行者ナビゲーションを実現することを目指している。利用者向けに掲示されている案内板内のフロアマップをスマートフォンで撮影し、解析することで電子マップをその場で作成する。これを歩行者デッドレコニングと組み合わせることでナビゲーションを実現する。撮影したフロアマップを解析する手法、および縮尺・方位が不明なマップを用いてマップマッチングを行う手法を開発した。上記の手法をスマートフォンに実装し、提案するフレームワークが実際に動作することを確認した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we aim to realize indoor pedestrian navigation only with a smartphone even in the facilities without indoor maps and positioning infrastructures. Taking a picture of a floormap within an information board, which is posed for humans, with a smartphone, and it is analyzed to create a digitized map on the spot. The indoor pedestrian navigation can be realized by using the improvisational digitized map and the pedestrian dead reckoning. We developed a method to analyze a floormap image and a method to perform map matching using a map with unknown scale and orientation. We implemented the method on smartphones, and confirmed that the proposed framework can be worked in actual environments.

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

近年、スマートフォンの地図・ナビゲーションアプリ等、位置情報を利用したサービスが注目されている。

屋外での位置推定手法としては GPS 等の GNSS (Global Navigation Satellite System) が広く普及しているが、衛星からの電波が届きにくい屋内では使用できない。屋外での GNSS に相当するようなデファクトスタンダードと言える手法は、いまだ存在しておらず、どこでも位置推定が行えるという状況には至っていない。

様々な屋内位置推定手法が研究されているが、多くの手法では事前のデータ収集や専用のインフラ(機器)の設置を必要とする。例えば、Wi-Fi フィンガープリンティングを利用した手法では、事前に電波強度を測定することでフィンガープリンティングマップを作成する必要があり、画像マッチングによる手法では位置情報付きの現地画像を収集・学習しておく必要がある。スマートフォンの内蔵センサを利用した歩行者デッドレコニングではインフラや現地でのデータ収集は必要ないが、そもそも相対的な位置の変化を知る手法であるため、開始位置の座標を別途知る必要がある。また多くの場合、センサドリフトによる誤差の累積を回避するためにマップマッチングによる補正を行うため、マップマッチングのための情報を含んだ電子マップが必要である。いずれの手法でも、事前のデータ収集・更新や、少なくとも電子マップの提供が必要である。

### 2. 研究の目的

本研究では、できるだけ現地での事前準備を必要としない位置推定とナビゲーションシステムの開発を目的とする。人が利用するために掲示された案内板を利用し、屋内ナビゲーションシステムのための電子マップの提供が無い場合でもナビゲーションを実現するための基礎技術を開発することを目指す。

### 3. 研究の方法

地下街や大型ショッピングモール、ターミナル駅などでの歩行者ナビゲーションを想定しており、そのような施設では、出入口やエレベーター、エスカレータ付近にフロアマップを含む案内板が設置されていることが多い。本研究では、前章で述べた目的を達成するために、その案内板に含まれるフロアマップを利用する。

まず、ユーザーは人が利用するために掲示されたマップ(案内図)をスマートフォン等のカメラで撮影する。取得したフロアマップの画像を解析することで、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。さらに現在位置が得られれば、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と組み合わせることで、ナビ

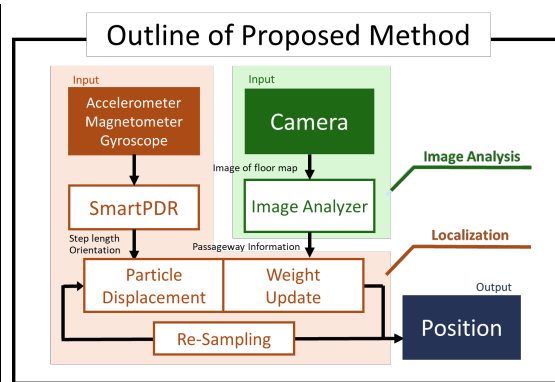


図 1 提案するフレームワーク

ゲーションシステムの構築が可能となる。取得したマップは方位および縮尺が不明だが、マップは平面であるため、何らかの方法を用いて 2 か所以上で現在地を得る(実世界との対応を取る)ことで概ねそれらを推定でき、ナビゲーションを実現できると考えられる。以上のフレームワーク(図 1)を実現するための基礎技術を開発する。

#### (1) 案内板画像の取得

本研究では多量の案内板画像サンプルが必要であるが、我々の知る限り、そのようなデータベースは整備されていない。そこで、まず案内板画像を収集し、少なくとも一定量の画像にアノテーションを付与する。

#### (2) フロアマップ画像の解析

本研究で相対的な位置推定に用いるデッドレコニングでは、センサドリフトによって誤差が蓄積していく問題がある。そのため、マップマッチングによって精度の向上を図る。そのために、画像処理によって通路を推定する。

#### (3) 位置推定

本研究では歩行者デッドレコニングは既存の手法を利用するが、縮尺および方位が不明なマップを用いるため、マップマッチングに改良を加える。また、取得したマップは必ずしも正しくないため、部分的な歪に対応するための手法を検討する。

### 4. 研究成果

#### (1) 案内板画像データベースの構築とフロアマップの分類

まず、研究の初期段階において、スマートフォンで撮影された国内 8 都市、およそ 100 枚の案内板画像を収集し、フロアマップの分類を行った。その後もデータの拡充を続け、約 400 のフロアマップを複数方向から撮影した 2000 枚以上の画像からなるデータベースを構築した。そのうち 150 のフロアマップに関しては、学習及び評価に使用するために、マップ領域および通路領域のアノテーションを手動で付加している。

#### (2) フロアマップ画像の解析

### 通路領域の推定

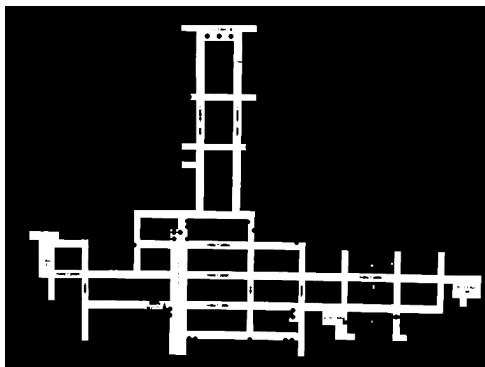
本手法では歩行者デッドレコニングを用いて位置推定を行うが、デッドレコニングだけでは誤差が累積していくためマップマッチングを併せて行う場合が多い。そのためには、通路領域の情報が必要である。フロアマップの分類によって得られた知見を参考に、スマートフォン等のカメラで撮影された案内板中のフロアマップ画像から通路領域を推定する手法を開発した。

まず、入力画像に mean shift 法による色に関するクラスタリングを行う。また、それとは別に、Canny 法を用いてエッジ抽出を行っておく。この二つの情報を併せて用いることでラベリングを行い、領域分割を行う。

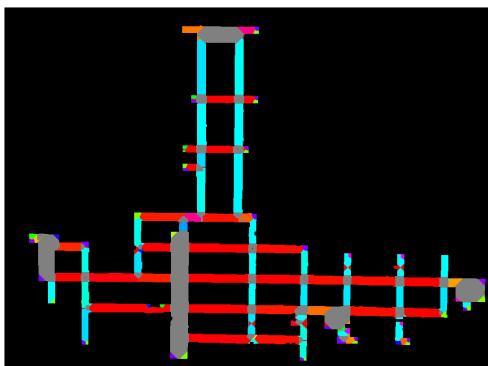
次に、どのラベルが通路を表すラベル



(a) 入力画像



(b) 推定された通路領域



(c) 通路属性マップ

図 2 フロアマップ画像の解析

であるかを推定する。それぞれのラベルの多くは単色であり、通路、店、マークなどを示しているはずである。フロアマップの分類の知見から、通路と店は異なる色で描画されていることが多く、また、通路は単一の色で表されている場合が多い。また、通路はマップ全体に広がっており、それぞれの店に比べて面積が大きい場合が多いと考えられる。以上の条件を利用した判定木によって、最も通路らしいラベルをまず一つ判定する。さらに、その情報を用いて、ラベリング時にたまたま分割されてしまった他の通路ラベルを推定し、統合する。

104 枚のフロアマップ画像で実験を行い、約 68% の画像で通路領域を正しく推定することができた。

### 地図領域推定

前項の通路領域推定手法では地図領域があらかじめ判っている必要がある。研究の初期段階には手でマスク画像を作成していたが、それは手間のかかる作業である。それでは、フロアマップを含む案内板画像をスマートフォンのカメラで撮影し、その場で電子マップを得るという目的が達成できない。そこで、その場で容易に実行できる簡単なユーザー入力だけで、地図領域を半自動で推定する手法を開発した。

ユーザーは撮影したマップ画像において、マップのまわりを大まかになぞる（正確でなくてよい）。この入力をヒントとして地図領域のマスクを作成する。Snakes を用いた手法、GrubCut を用いた手法、GrubCut と閉領域検出を組み合わせた手法をそれぞれ開発し、比較検討を行った。その結果、GrubCut に閉領域検出を組み合わせた手法で概ね良好に地図領域を推定できることが分かった。

### 通路属性マップ

通路の方向や広場を考慮したマップマッチングを行うために、通路領域の理解をさらに深めた「通路属性マップ」を作成する手法を開発した。通路属性マップは地図画像と同じ面積を持つ画像で、各画素は、{ 通路外領域, 通路, 広場 } のいずれかの属性を持つ。通路である領域では、さらに、通路の方向の情報を保持する。

通路領域の細線化を行うことで通路のグラフ化を行い、通路の方向を取得する。また、SWT (Stroke Width Transform) を用いて通路の幅を計算する。この二つの情報を組み合わせることで通路属性マップを得る。図 2 にフロアマップ解析結果の例を示す。

### (3) 位置推定

提案する屋内位置推定・ナビゲーションでは、マップマッチングによる補正を組み合わせた歩行者デッドレコニング

を用いて位置推定を行うが、縮尺・方位が不明なマップを用いることが特徴である。なお、マップマッチングには粒子フィルタを用いる。

ユーザーは、まず、スマートフォンで案内板画像を撮影後に現在地をタップする。数歩歩いた後に再び現在地をタップすることで、2か所でマップと現実世界との対応が取れるため、大まかな現在位置、縮尺・方位が推定できる。しかし、この時点では少なくない誤差を含んでおり、歩行を重ねると次第に誤差が大きくなってしまふ。そこで、マップマッチングに改良を加え、現在地だけでなく、マップの縮尺、方位を同時に推定・補正する手法を開発した。なお、最初の2か所でのタップは、粒子の収束を加速するために初期値を与えるに過ぎないことに注意されたい。

さらに、マップの局所的な歪への対応についても検討を行った。案内板に含まれるフロアマップは、エスカレータ等が実際より大きく描かれていたり、店の大きさが不正確であったりする場合がある。これによって、経路（現在位置）の推定を誤ったり、粒子フィルタによるマップマッチングにおいて粒子が全て消滅してしまったりすることがある。この問題に対処するため、通路属性マップの情報を利用した、粒子の尤度計算の改良を行った。人は通路に沿って移動する可能性が高いと仮定し、通路に沿った方向に移動する粒子により高い重みを与える。この手法によって、局所的な歪（デフォルメ）があるマップでも、前述の問題が起これにくくなる場合があることを確認した。

スマートフォンに提案手法を実装し、このアイデアが実際に動作することを確認できた。案内板画像撮影後のマッ

プ解析等の準備時間は数秒程度であり、実用可能な処理時間である。現在位置（軌跡）推定は一般的なAndroidスマートフォン（タブレット）上でリアルタイムに動作する。さらに、いくつかの実際の施設において、撮影した案内板画像および歩行データを用いて評価を行い、8割程度の場合に概ね正しい位置と経路が推定できることを確認した。図3に実際の商業施設での位置（軌跡）推定結果の例を示す。

#### (4) 絶対位置推定手法の検討

前述のように提案するフレームワークでは、最初の2か所の現在地をユーザーのタップによって手動で入力しているが、より簡単な別の手法によって現在位置を推定することができれば有用である。そこで、絶対位置を測位インフラなしで推定する手法として、地下鉄・地下道などに設置されている天吊り案内板を利用する手法の基礎的な検討を行った。

天吊り案内板には出口番号と方位が表示されており、人間は多くの場合、この情報とマップだけからおおよその位置を論理的に特定可能である。そこで、これを模倣することを考える。マップに記された情報から各出口への経路グラフを構築し、天吊り案内板の表示と照合することで、大まかな位置を照合できることを確認した。現在のところ手動の処理が多く基礎的段階ではあるが、情景画像中の物体認識・文字認識と組み合わせることで、大まかな現在位置を推定するために利用できると考えられる。

#### 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）

〔学会発表〕（計6件）

Yoshihiro Sugaya, Kento Takeda, Tomo Miyazaki, Shinichiro Omachi, A Preliminary Study on Location Estimation without Preparation using Ceiling Signboard, International Conference Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN 2017), 2017.

Tomoya Honto, Yoshihiro Sugaya, Tomo Miyazaki, Shinichiro Omachi, Analysis of Floor Map Image in Information Board for Indoor Navigation, International Conference Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN 2017), 2017.

Kento Tonosaki, Yoshihiro Sugaya, Tomo Miyazaki, and Shinichiro Omachi, Improvement of Map Matching for Indoor Navigation Exploiting Photo of

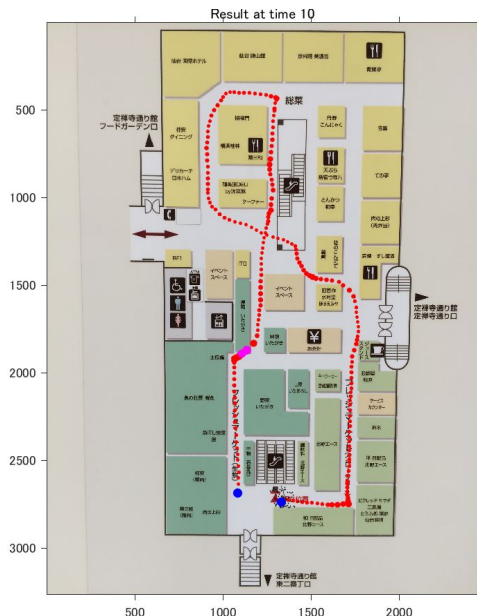


図3 位置（軌跡）推定結果の例

Information Board, International Conference Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN 2016), 2016.  
Kenta Takeda, Yoshihiro Sugaya, Tomo Miyazaki, Shinichiro Omachi, Signboard Extraction and Recognition in Subway Station Premises, 平成 28 年度 電気関係学会東北支部連合大会, 2016.

Kento Tonosaki, Yoshihiro Sugaya, Tomo Miyazaki, Shinichiro Omachi, Indoor Localization by Map Matching Using One Image of Guide Plate, The Eighth International Conferences on Pervasive Patterns and Applications (PATTERNS 2016), 2016.

Kento Tonosaki, Yoshihiro Sugaya, Tomo Miyazaki, Shinichiro Omachi, Survey of Guide Plates and Fundamental Study of Map Image Analysis for Indoor Navigation, 平成 27 年度 電気関係学会東北支部連合大会, 2015.

〔産業財産権〕

出願状況（計 1 件）

名称：情報端末、位置推定方法、および位置推定プログラム

発明者：菅谷 至寛，外崎 健人，大町 真一郎，宮崎 智

権利者：同上

種類：特許

番号：特願 2016-056139

出願年月日：平成 28 年 3 月 18 日

国内外の別：国内

6．研究組織

(1)研究代表者

菅谷 至寛 (SUGAYA, YOSHIHIRO)

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：80323062

(2)研究分担者

大町 真一郎 (OMACHI, SHINICHIRO)

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：30250856

(3)連携研究者

なし