

オフライン環境のためのモバイル端末を用いた地図拡張システム

田家 花純[†] 北山 大輔[†]

[†] 工学院大学 情報学部 情報デザイン学科 〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1-24-2

E-mail: tj210077@ns.kogakuin.ac.jp, tkitayama@cc.kogakuin.ac.jp

あらまし 近年, 外国人観光客などが増えつつあるが, 滞在期間の短い観光客は, スマートフォンなどを持っていても, オフラインの可能性が高い. そこで我々は, オフライン環境でも現在地や目的地を確認できる地図拡張システムを提案する. このシステムでは, 先ず駅や道路端などの公共空間に設置された, 地図をスマートフォン等で撮影する. 次に, 地図の左上と右下の緯度経度座標を, 撮影した写真のピクセルに当てはめる. このことにより, サイネージなどの地図コンテンツをモバイル端末で拡張することができる.

キーワード モバイルデバイス, 地理情報, GIS

1. はじめに

現在, 世界的にスマートフォン等のモバイルデバイスが普及し, GPS や Wi-Fi 測位を用いた, 様々な地理ナビゲーションシステムが誰でも手軽に利用できる. 旅行など外出の際も, 事前に目的地の位置などを確認しておかずとも, リアルタイムナビゲーションを移動中でも利用できる. しかし, これらのナビゲーションシステムは, モバイル端末がオンライン環境にあることが前提となっている.

国際化がすすむ近年, 外国人観光客が増えつつあるが, 海外からの来訪者は, モバイルデバイスを所持していても, 渡航先の海外ではオフライン状態である可能性が高い. 現状, 世界各国ではスマートフォン等, モバイルデバイスを購入する際には, 通信事業者と契約し, 通信事業者の提供する電波に購入したデバイスを接続するのが主流となっている. しかし, 契約した通信事業者の電波を海外でも利用できる『国際ローミング』を使用すると通信費が高くなってしまう. また, 東京メトロで公衆 Wi-Fi のサービスが始まるなど, 日本国内でのインフラ整備が進むが, 電波の届く範囲に限られている Wi-Fi では, 移動しながらの利用が主となるナビゲーションシステムには不向きであると考えられる. そのため, 多くの場合, 移動中の外国人観光客はオフラインである.

こうした外国人観光客は, 事前にガイドブックなどを購入し, 持参する場合や, 駅や道路など公共空間に設置された地図を頼りにする場合が多い. しかし, いざ現地でもガイドブックを開いてみても, ガイドブックに載った簡略化された地図では, ランドマークとなる建物や施設が描かれておらず, また, 言語の違いから現在地名や目的地名をマップ上から見つけることができずに, 道に迷ってしまうことが多々ある.

そこで本研究では, 駅や道路端など, 公共空間に設置されたサイネージに表示されている周辺地図を, モバイルデバイスに搭載されたカメラを用いて撮影し, 撮影した地図画像に, 描画されている範囲の緯度経度座標をもたせ, オフライン環境でも利用可能な地図拡張システムを提案する.

2. 研究概要

提案システムでは, 公共空間に設置されたサイネージ地図を, スマートフォン等に搭載されたカメラで撮影し, 地図に描画された範囲, 四角形の左上の角と右下の角の緯度・経度座標を撮影した地図写真のピクセル座標に当てはめる. オフライン状態でもモバイル端末から GPS の取得は可能であるため, 移動中に道に迷った際に立ち止まった地点の緯度・経度を GPS から取得し, 先に撮影した地図画像のピクセル座標へと変換する. また同様に, オンライン時に取得した訪問オブジェクトの位置情報がある場合に, それらの位置情報も地図画像に表示することが可能である.

このことにより, その地図上での現在地や訪問オブジェクトの位置関係を, オフライン環境においても把握することが可能となる. 図 1 は提案システムの概念図である.

提案システムの実現に向けて, 本研究では以下に取り組む.

- 撮影画像における地図領域の特定手法の開発
- オフライン環境下における拡張地図の有用性評価

3. 地図画像の取得

地図画像の取得には, 駅や道路端などに設置された周辺案内サイネージを用いる. 利用者の行動開始地点などに設置されており, 設置された地点の周辺地図のため, 目的地が掲載されている可能性も高い.

3.1 画面上の地図領域の特定

スマートフォン等のモバイル端末に搭載されたカメラを用い, 駅などに設置されているサイネージ地図を撮影する. ユーザは, 描画された地図全域が欠けないようにファインダーに収める.

図 2 のように, 撮影した画像には, 地図の描かれていないフレームの部分が含まれるため, 地図の描かれた領域を直接的に写真から認識することは困難である. しかし, 撮影時の状況から, サイネージの地図は以下の特徴を持っていると仮定し, これらを用いて, 地図の描かれた領域を特定する.

- サイネージの地図は四角形であることが多い
- 複合的な地図ではなく, 単一の地図である

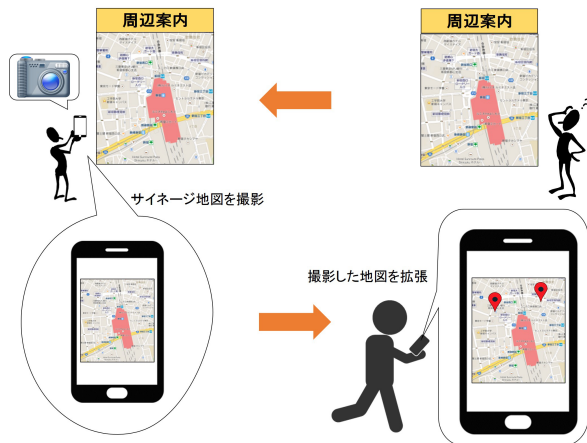


図 1 提案システムの概念図



図 2 周辺案内図

- 地図全体を撮影するため、画像中の大部分を占める
また、地図領域には他領域に比べて線が多く、複雑な変化を持つ領域となることが考えられる。そのため複雑な領域を撮影された地図領域と判定する。以下にその手法を説明する。

まず、撮影した画像を、コンピュータビジョンライブラリ OpenCV を用いて画像の 2 値化を行う。撮影した画像を図 2 に示す。サイネージを撮影した画像は、地図、サイネージ自体、サイネージ周辺風景など、様々な種類のコンテンツが含まれることとなる。また地図では、地図としての背景に淡い色が使われることが多く、CANNY 法などのエッジ検出アルゴリズムや閾値を固定にした 2 値化アルゴリズムでは、地図領域と他域の境界を検出できないことが多い。そのため本手法では、移動平均法によって、画像中のピクセル値を、周辺のピクセル領域と比

較して閾値の決定を行う。移動平均法ではノイズが多数検出されてしまうため、膨張・収縮処理を行い、ノイズの除去を行う。2 値化し、ノイズを除去すると図 3 のような結果が得られる。

次に、画像を $N \times N$ ピクセルの領域に分割し、その分割領域の複雑さを判定する。複雑さ判定には様々な方法が考えられるが、本稿では単純にその分割領域に含まれる 2 値化した後の白のピクセル数を複雑度の指標として用いる。線が入り乱れる複雑な領域ではその線を示す白のピクセルが多くなり、サイネージのフレームや複雑ではない風景では黒のピクセルが多くなると考えられる。複雑度判定においても、移動平均法を行っており、分割領域毎に上下左右領域における白のピクセル数の平均と比較し、対象の分割領域の白ピクセル数が周辺の平均を n 以上上回っている場合に、相対的に複雑な領域と判断する。複雑な領域を白、複雑でない領域を黒に塗りつぶした結果を図 4 に示す。

地図を中心に撮影していると仮定した場合、中心から順に、地図、サイネージのフレーム、風景が現れると考えられる。そのため、中心から順次領域を拡大していくと、サイネージのフレームが出現した段階で複雑でない領域の量が有意に増えると考えられる。そのため、現在の領域に含まれる複雑な領域の割合と、新たに拡大して得られる領域の複雑な領域の割合の差が閾値 m を上回るまで領域の拡大を続ける。以下にアルゴリズムを示す。

- (1) 画像の中心に初期領域として $M \times M$ の分割領域を与え、 X とおく。
 - (2) X に含まれる複雑な領域の割合 C_X を算出する。
 - (3) X の上方向へ k 分割領域分拡大した $M + k \times M$ を Y とし、 $Y - X$ の領域に含まれる複雑な領域の割合 C_{Y-X} を算出する。
 - (4) $C_X - C_{Y-X}$ が閾値 m 以下であれば、 Y を X とし、拡大領域を左、下、右と変更しながら 2 から繰り返す。
 - (5) 上下左右全ての方向への領域の拡大ができない場合、処理を終了し、最終的に得られた領域を地図領域とする。
- 図 5 で示す四角の領域が地図として抽出された領域である。

3.2 実空間上の地図領域の特定

本研究は、オフライン環境にあるモバイル端末でも利用できる周辺地図の作成を目的としているため、オンライン接続することなく、取得した地図画像に対し、実空間を地図領域に当てはめなければならない。本章では、前章で取得した画像を、地図として利用可能とする、実空間の特定方法について説明する。

3.1 頁で取得した地図画像は、このままではただの周辺案内を写した写真に過ぎない。この地図画像に、地図領域として描画された範囲の実空間を当てはめなければならない。実空間を特定する指標として、緯度・経度がある。サイネージに表示された地図は、設置場所が固定されており、地図に描かれている範囲も決まっている。サイネージに表示された地図の左上の頂点と、右下の頂点に描画された地点、そしてサイネージの設置されていた地点、これら 3 つの地点の緯度・経度を、あらかじめサイネージと共にタグ情報として持たせておくことにより、地図領域の特定が可能となる。本稿では、取得した地図画像は

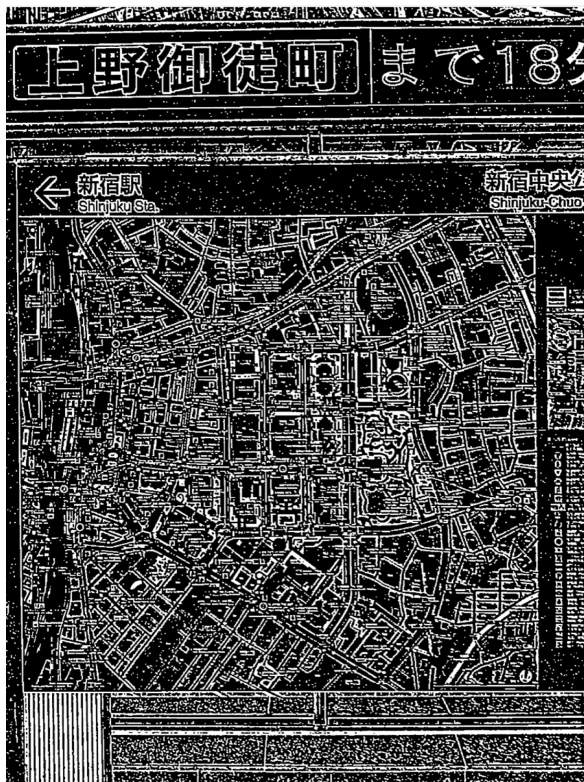


図 3 2 値化画像

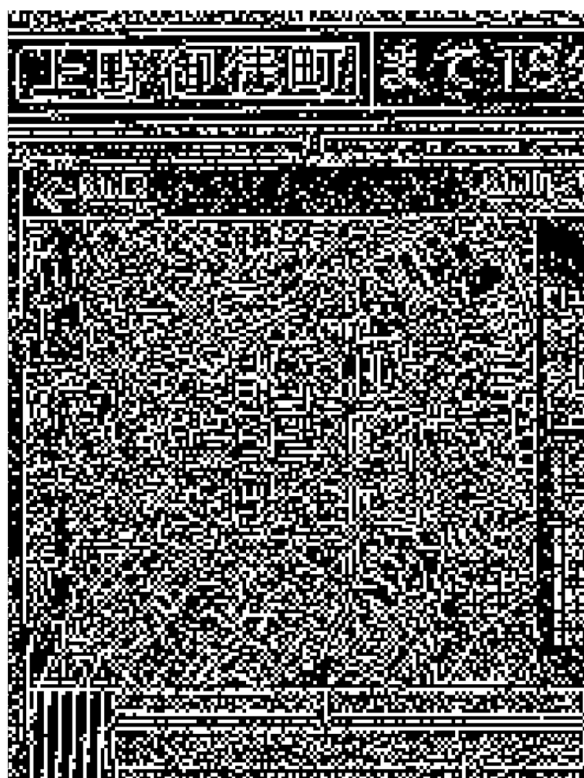


図 4 複雑度判定

北が上向きになるように描かれている、という強い仮定をおいている。しかし、現実には地図の方角は不明であるため、地図のタグとしては、さらに左下の頂点座標、右上の頂点座標が必要となる。

タグ情報のモバイル端末に転送するのには、QR コードを用



図 5 検出した地図領域

いる。現在普及しているスマートフォン等であれば、QR コードリーダーが標準的に搭載されているため、カメラ機能を使ってタグ情報を取り込むことが可能となる。また、緯度・経度などの数値的な情報だけであれば、オンライン接続の必要もなく、オフライン環境に適していると考ええる。

上記の手法により、取得した地図画像と、緯度・経度情報を組み合わせることで、オフライン環境でも周辺地図データを作成可能とした。

4. 対象座標のマッピング

前章で作成した地図画像に対し、緯度・経度情報を、比の計算を用いてあてはめる。一般的に、画像上のピクセル座標は、画像の左上を原点とする座標系で定められている。取得した地図画像のサイズの幅を $width$ 、高さを $height$ とし、ピクセル座標系の原点 $(0, 0)$ に、地図の左上地点の緯度・経度 $(lat_1, lang_1)$ を当てはめる。地図の右下の地点を $(lat_2, lang_2)$ とし、ピクセル座標の終点 $(width - 1, height - 1)$ にあてはめる。以上を地図画像に当てはめたのが図 6 である。

緯度・経度情報を付与した地図画像を周辺地図データとし、このデータに以下の式で目標座標を求める。

$$width_x = \frac{width \times |lat_1 - lat_x|}{|lat_1 - lat_2|} \quad (1)$$

$$height_y = \frac{height \times |lang_1 - lang_y|}{|lang_1 - lang_2|} \quad (2)$$

ここで、 $lat_x, lang_y$ はピクセル座標に変換したい緯度・経度であり、 $width_x, height_y$ は求めたいピクセル座標である。

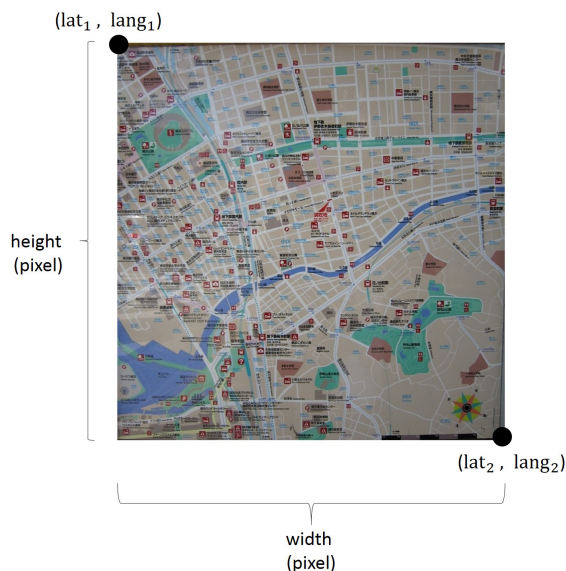


図 6 緯度・経度座標とピクセル座標

上記の式に、現在地や、目的の訪問オブジェクトの緯度・経度を入力することによって、取得した地図画像上に、座標点をプロットする。

5. プロトタイプシステムの実装

本研究では、Android を搭載したデバイス向けのアプリケーションとして実装する。前章までに説明した手法を実現する UI を、以下に記すモードで用意した。

- 地図画像取得モード

地図画像の取得をするために、カメラを起動する。注意点として、地図画像の取得には四角形の検出を行うので、ユーザは地図の描かれている範囲が欠けることの無いように、かつ画面の大部分を占めるように撮影を行う。

ユーザがシャッターを押したら、自動的に 3.1 頁で説明した処理を行い、検出した地図画像をプレビューする。正しく処理がされたかをユーザが判断し、正しく地図画像が取得されていた場合は地図データとしてデバイスに保存される。また、複数地点で地図を取得できるよう、最大 5 枚の地図画像の保存に対応する。

- QR コード取得モード

QR コードの取得には、Google 社の開発する、オープンソースライブラリ ZXing を用いる。ZXing では、様々な一次元や二次元のバーコード作成、操作に対応している。

QR コードに記録しておく情報は、サイネージに掲載された地図の左上頂点、右下頂点、そしてサイネージの設置地点の 3 か所の、緯度・経度情報を持たせる。サイネージの設置地点の座標も与えておくことで、ユーザが実際に歩きだし、再び地図を見た場合に、地図の取得地点からどのくらい離れたかも把握することができる。

- 目的地登録モード

公衆 Wi-Fi 接続時など、オンライン接続が可能な際に、目的地点や訪問オブジェクトの所在する緯度・経度などを取得する。

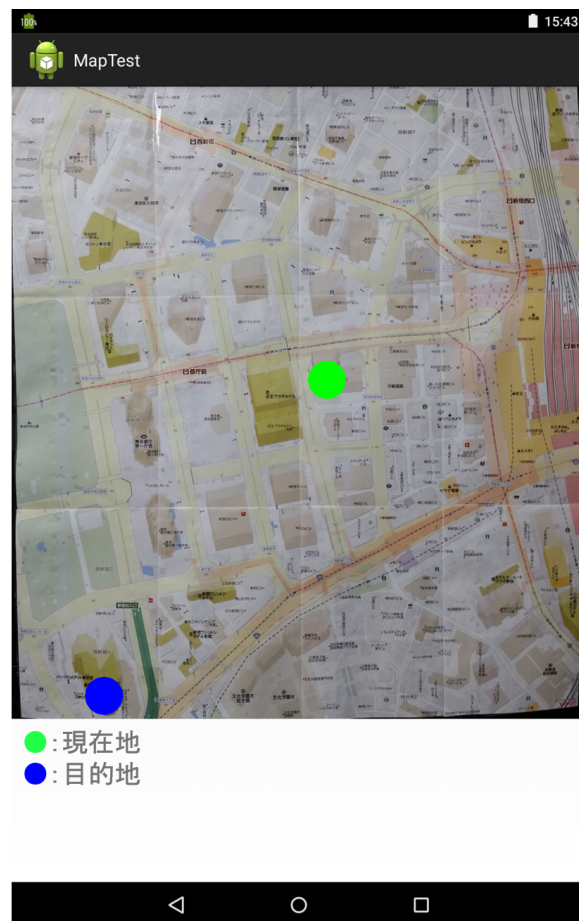


図 7 プロトタイプ画面

取得した緯度・経度情報はリスト化され、デバイス内に保存される。

- マップ表示モード

撮影し、取得した地図をサイドバー形式で、リスト表示する。ユーザが選択すると、選択した地図データが画面上に表示される。メニュー項目として『現在地』と『登録地点』を用意し、『現在地』を選択すると、GPS からユーザの現在地の緯度・経度を取得し、地図上にプロットする。『登録地点』を選択すると、事前取得した訪問オブジェクトのリストが表示され、選択された地点にマークを表示する。

実際に現在地をプロットした画面が図 7 である。緑のマークが GPS から取得した緯度経度座標で、現在地を表している。青のマークがあらかじめ保存しておいた目的地点の緯度経度である。

6. 評価実験

実装したプロトタイプシステムで、本手法の有効性を検証する実験を行った。今回の実験では、工学院大学を中心とした、約 1km 四方の範囲の地図を使用した。また、Android 端末は Asus 社製 Nexus7 を使用し、実験開始から終了まで、完全なオフライン状態で実験を行った。工学院大学の周辺 1km、新宿西口周辺エリアの地理情報に詳しくない被験者 8 名に、ランダムに目的地を与え、本システムを使って地図の取得から目的地ま



図 8 GoogleMap 上で示した A 地点と B 地点



図 10 B 地点と C 地点の差異

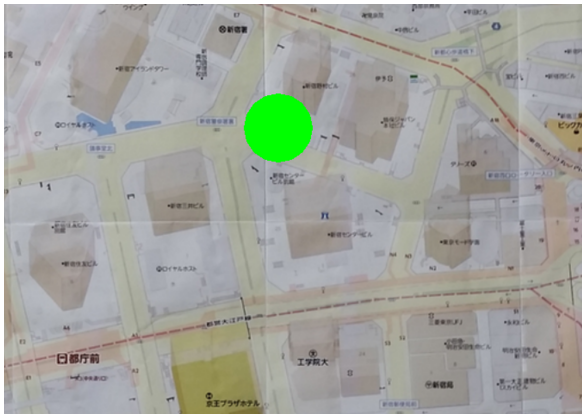


図 9 地図画像上の B 地点

での移動行程を記録。実験終了後にアンケート方式のユーザ評価を行った。

6.1 フィールド実験

地図の取得後、ユーザが目的地まで移動する際に、本システムを使って GPS 情報を取得して地図上にプロットし、現在地の確認を行う行動を 1 回の試行として、

- 試行回数
- 試行を行った地点 (A 地点)
- GPS から取得した緯度 経度の示す地点 (B 地点)
- 本システムが地図画像上にプロットした地点 (C 地点)

を記録した。

記録から、A 地点、B 地点、C 地点の差異を明らかにし、本手法の検証を行った。記録の一例を GoogleMap を用いて可視化したものが図 8, 9, 10 である。図 8 のように、実験記録を GoogleMap 上に可視化し、緯度・経度から、各地点間の距離を算出した。A 地点、B 地点の距離を GPS 誤差とし、B 地点と C 地点の差をシステム誤差として、全ての実験記録の平均が 1 表である。この図 8 上の A 地点、B 地点の実際の距離は約 200m であった。B 地点を、本システムが地図画像上にプロットしたのが図 9 であり、図 9 の上に、図 8 を透過して重ね合わせたものが図 10 である。

GPS 誤差の平均値は約 76m となり、GPS が指し示す地点と、本システムが指し示す地点との誤差が約 11m であったことから、取得した GPS に対して、本システムは正確な位置をプ

表 1 誤差結果

被験者	GPS 誤差平均 (km)	システム誤差平均 (km)
1	0.094	0.010
2	0.107	0.004
3	0.095	0.017
4	0.065	0.006
5	0.046	0.008
6	0.056	0.011
7	0.076	0.019
8	0.070	0.009
平均	0.076	0.011

ロットしていると言える。また、表 2 が実験終了後のアンケート内容と、被験者の回答の平均値である。設問 (1)~(4) は、1 を悪い、5 を良いとする 5 段階の数値で評価を行い、設問 (5) では「いいえ」を 0、「はい」を 1 として回答した。

サイネージ地図の多くは約 1km 四方の範囲の地図であり、ガイドブックなどに掲載されている地図に比べると縮尺が大きく、この程度の尺度であれば、目印となる建物名なども見つけやすいと考えられる。また、1 回の試行のたび、GPS の取得にかかる時間は 10 秒程度であったため、オフライン状態でも時間を要することなく、手軽に現在地の確認ができたといえる。

また、設問 (5) には被験者全員が「はい」と回答し、本研究の提案する手法はオフライン環境のモバイル端末でも有効な地図拡張システムであるといえる。

7. 関連研究

関連研究として、範囲の限られた屋内施設で、モバイル端末を用いて施設内をナビゲーションするシステムがあげられる。高梨ら [1] は、地下街やデパートなど、屋内にあるショッピングモール内で利用できる測位デバイスがないことを指摘し、近年公共施設などに普及しつつあるデジタルサイネージに、フロアマップなどの地図データを持たせ、モバイルデバイスを用いて歩行者を誘導するシステムを提案している。また、小林ら [2] は QR コードをタグ情報として用い、QR コードを大学内や図書館などの屋内施設の様々な場所に設置し、スマートフォンを用いて QR コードを読み取ることにより、読み取った地点からのルート案内システムを提案している。西村ら [3] は、モバイル

表 2 アンケート評価

設問	回答平均値
(1) 地図のデータは取得しやすかったか	4.25
(2) 現在地を取得した際に、自分がだいたいどのあたりに居るか把握できたか	4.25
(3) 地図上で目印などが確認できたか	3.62
(4) 手軽に現在地が確認できたか	4.50
(5) 海外渡航時など、このシステムがあったら利用したいか	1.00

端末に搭載された加速度センサとマイクを用いて、デバイス保持者の歩行動作をセンシングし、周囲の混雑具合を考慮したナビゲーションを提案している。布引ら [4] は、ショッピングセンター内などで屋内測位システムを用いて、利用者の位置に合わせた的確なサービスの提供システムと、その管理システムについて提案している。これらの研究は、モバイル端末をナビゲーションに利用する、という点では本研究と類似しているが、限られた屋内環境を想定している、という点で異なる。

また、サイネージに関する研究では、鈴木ら [5] は、従来の紙媒体のサイネージに対し、掲載情報の更新コストと可視性を指摘し、新たなハイパーパネル式のサイネージを提案している。また、ナビゲーションツールとしての利用も提案されているが、オフライン状態のユーザに対しては考慮されていない。

位置推定に関する研究では、小河原ら [6] は、GPS の測位環境によって生じる位置推定の誤差を指摘し、GPS 測位と、スマートフォン等に搭載されたセンサを用いて相対的に移動を測定する DR (DeadReckoning) を組み合わせ、位置推定の精度を向上させるシステムを提案している。古川ら [7] は、GPS などの複数センサを用いた移動判定ではデバイスの電池の消耗が激しいことを指摘し、加速度センサのみでの移動判定アルゴリズムを提案している。また、児島ら [8] は、GPS での位置情報に加え、カメラで撮影した道路標識を、地図データベースと照らし合わせ、詳細な位置を求める手法を提案している。これらの研究は、既存のインフラとモバイル端末を用いて位置推定システムを利用する、という点では本研究と類似しているが、地上や地下街など様々な場所での利用を想定している。本研究での提案システムは屋外での使用を想定し、GPS による測位誤差はほぼ慮されていなかった。今後は位置推定精度の向上を目的とし、これらのセンサによる位置推定も取り入れていきたい。

地図認識に関する研究を述べる。北山ら [9] は、近年、旅行情報の掲示などに多く用いられてる略地図に対し、位置関係などの正確性を指摘し、デフォルメ地図の評価システムを提案している。本研究で用いている地図は、略されていない、建物や土地が正確に描画された地図を用いたが、これらの略地図なども利用可能にし、利用の幅の拡大を図りたいと考えている。また、志久ら [10] は地図上の文字列を認識し、地名などの検索に利用する手法を提案している。本研究では、地図上の目印となるビル名などの発見は、ユーザによる目視のみであった。今後は地図上の文字認識もすることで、地図上の建物も検索可能にしていきたい。

8. ま と め

本稿では、モバイルデバイスと、地図の緯度経度情報を用いて、公共空間に設置されたサイネージ地図の拡張システムを提案した。モバイル端末のカメラ機能と、QR コードを用いて情報の読み取りを行うため、オフライン状態のモバイル端末でも地図の取得を可能とした。ユーザによる評価実験から、提案手法の正確性と有効性を確認した。

今後は、オンライン環境でオンラインナビゲーションシステムを用いる場合と、本などの紙媒体の地図のみを用いた場合のユーザ行動の変化に関するフィールド実験を行い、提案システムの有用性評価を実施する。また、本研究では、地図画像の認識の際、画面上の四角形を条件としたが、書籍などに掲載された地図に歪みがある場合の認識精度の検証を行い、撮影時のゆがみや台形補正を考慮した認識アルゴリズムの提案を課題とし、地図の方角も考慮した座標変換にも対応していきたいと考えている。

謝 辞

本研究の一部は、平成 26 年度科研費若手研究 (B)(課題番号：24700098) によるものです。ここに記して謝意を表すものとします。

文 献

- [1] 高梨 郁子, 菅沼 優子, 久永 聡, 田中 敦, 田中 聡, “インタラクティブサイネージシステムと携帯電話による歩行者誘導”, 情報処理学会 研究報告, Vol.2007-ITS-28(10)
- [2] 小林 誠, 黒沼 紀彦, 五百蔵 重徳, “QR コードによるナビゲーションシステムのスマートフォンを用いた実装”, 情報処理学会 研究報告, Vol.2012-MBL-64(9)
- [3] 西村 友洋, 樋口 雄大, 山口 弘純, 東野 輝夫, “スマートフォンを活用した屋内環境における混雑センシング”, 情報処理学会論文誌, Vol.55 No.12 2511-2523 (Dec.2014)
- [4] 布引 佑来, 松浦 知史, 猪俣 敦夫, 藤川 和利, “屋内位置情報サービス提供システムにおける位置情報を考慮した負荷分散手法の提案と評価”, 電子情報通信学会技術研究報告, SITE2011-53, 1A2011-103
- [5] 鈴木 浩, 服部 哲, 佐藤 尚, 速水 治夫, “ポスター上の座標位置に対応したデジタル情報を表示可能なハイパーパネルシステムの提案”, 情報処理学会論文誌, Vol.55 No.1 151-162 (Jan.2014)
- [6] 小河原 亮, 羽多野 裕之, 藤井 雅弘, 伊藤 篤, 渡辺 裕, “GPS 測位情報とセンサ情報に基づく位置推定システムに関する研究”, 情報処理学会論文誌, Vol.56 No.1 2-12 (Jan.2015)
- [7] 古川 侑紀, 西山 勇毅, 大越 匡, 中澤 仁, 高汐 一紀, 徳田 英幸, “加速度センサのみを用いた移動手段判定アルゴリズムの評価”, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-MBL-70(43)
- [8] 児島 伴幸, 戸川 望, 柳澤 政生, 大附 辰夫, “歩行者ナビゲーションにおける道路標識を用いた位置特定システムのための撮

影状況に依存した認識度調査”，電子情報通信学会技術研究報告，ITS2008-14-37-42

- [9] 北山 大輔，李 龍，角谷 和俊，“地理的正確性と空間的コンテキストに基づくデフォルメ地図分析”，情報処理学会論文誌 データベース，Vol.4 No.2 172-184（July.2011）
- [10] 志久 修，姉川 正紀，中村 彰，黒田 英夫，“文字列辞書を用いた地図中の文字列抽出の一手法”，電子情報通信学会論文誌 D-II，情報・システム，J78-D-2，1919-1922