

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500111

研究課題名(和文) モバイル機器とインフラ設置機器が協調動作する歩行者ナビゲーション環境の実現

研究課題名(英文) Realization of Pedestrian Navigation Environments Based on Mobile/Infrastructure Collaborative Operation

研究代表者

長谷川 孝明 (HASEGAWA, Takaaki)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：00189531

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題は、携帯電話機などのモバイル機器とインフラ設置機器(キオスク型端末)が協調動作することを前提とした歩行者ナビゲーション環境の実現を目指すものである。具体的には、モバイル機器を用いたシステムの基本性能の向上と処理方法の比較、キオスク型端末を用いたシステムの案内情報と提示方法の評価、キオスク型端末で提示した案内文をモバイル機器で持ち運ぶ効果の検証を行った上で、協調動作を前提としたシステムの構築を行い、モバイル機器とインフラ設置機器の協調動作を前提とした歩行者ナビゲーションシステムの基本設計手法の知見を得、シームレスな歩行者ナビゲーション環境の社会実現に向けた可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：This research aims to realize the pedestrian navigation environment collaborating with mobile devices and kiosk type equipment. In particular, 1) improving basic performance of the mobile type system and comparing processing method of the system, 2) evaluating guidance information of the kiosk type system and its presentation method, 3) verifying effects of taking route guidance statements presented on the kiosk type system to the mobile type system, 4) constructing the system with collaborative operation of mobile devices and kiosk type equipment. From the above, we have obtained knowledge on the basic design method of the pedestrian navigation systems with collaborative operation of mobile devices and kiosk type equipment and have shown the possibility of realizing the seamless pedestrian navigation environments.

研究分野：システム創成情報学

科研費の分科・細目：情報学、メディア情報学・データベース

キーワード：歩行者ナビゲーションシステム

### 1. 研究開始当初の背景

歩行者が安全・安心・快適に移動するための手段として、「歩行者ナビゲーションシステム」が広く注目され、研究開発が盛んに行われている。

既存の歩行者ナビゲーションシステムは、モバイル機器（モバイル端末）もしくはインフラ設置機器（キオスク型端末）のいずれかにより案内を行っている。モバイル機器による案内では、HMI (Human-Machine Interface) として利用できる面積が狭いこと、ユーザがモバイル機器を所持していなければならないこと、ユーザの位置や方向の特定が正確・高精度に行えない状況があることなどが課題として挙げられる。また、キオスク型端末による案内では、キオスク型端末の設置にコストがかかること、キオスク型端末から提示された案内情報をユーザが記憶しなくてはならないことなどが課題として挙げられる。

これらの問題は、モバイル機器とキオスク型端末が協調動作することを念頭に置いた歩行者ナビゲーションシステムを実現することによって改善されると考えられるが、このような歩行者ナビゲーションシステムの構築に必要な知見が不十分であり、システムの実現には至っていなかった。

### 2. 研究の目的

モバイル機器とキオスク型端末（インフラ設置機器）が協調動作することを前提とした歩行者ナビゲーション環境の実現方法を明らかにするため、本研究課題では MICO (Mobile/Infrastructure Collaborative Operation) 指向の歩行者ナビゲーションシステムのシステムアーキテクチャの確立、および、それにもとづくシステム構築を行う。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、モバイル機器とキオスク型端末が協調動作することを前提とした MICO 指向の歩行者ナビゲーション環境の実現に向けて、以下の計画にもとづいて研究を進めた。

- (1) モバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムの位置特定サブシステムの高度化
- (2) モバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムの実現方法の検討
- (3) キオスク型端末を用いた歩行者ナビゲーションシステムが提示する案内情報および HMI の検討
- (4) キオスク型端末で提示した案内文をモバイル機器で持ち運ぶ効果の検証
- (5) MICO 指向の歩行者ナビゲーションシステムの構築

### 4. 研究成果

- (1) モバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムの位置特定サブシステムの高度化

MICO 指向の歩行者ナビゲーションシステムは、モバイル機器単独、キオスク型端末単独でも歩行者ナビゲーションシステムとして動作することを前提としている。また、モバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムが提供するナビゲーションサービスの質は、そのシステムが利用する位置特定サブシステムの位置特定性能に大きく依存することから、モバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムの位置特定サブシステムの高度化を行った。

#### a) 無線 LAN による位置特定の性能評価

スマートフォンの普及、位置にもとづくサービス (LBS; Location-Based Services) に対する需要の高まり、無線 LAN アクセスポイント (Wi-Fi AP) の低価格化、Wi-Fi スポットの拡大などにより、Wi-Fi は GPS に次ぐ第二の位置特定社会基盤となりつつある。しかし、Wi-Fi を用いた位置特定において、その性能に影響を与える要因に関する研究が少ないことから、Wi-Fi AP の配置方法の違い、人による電波の遮蔽の有無 (図 1)、位置特定に利用する AP の属性の違い (位置特定専用を設置された AP (専用 AP)、通信など別用途で設置された AP (一般 AP)) などについて、屋内廊下、体育館、グラウンド、中庭でそれぞれ性能評価を行った。その結果、人による電波の遮蔽を考慮したデータベース構築が重要であること、Wi-Fi を用いた位置特定において、一般 AP に専用 AP を加えることで位置特定性能が大幅に向上すること (図 2) を明らかにした。

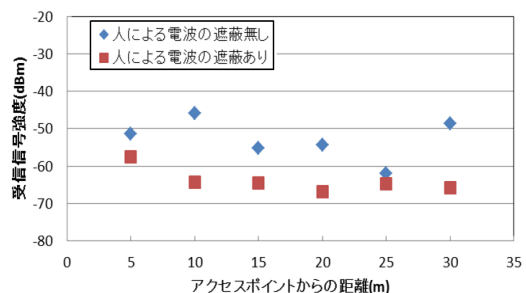


図 1: Wi-Fi 受信信号強度の距離特性 (屋内廊下)

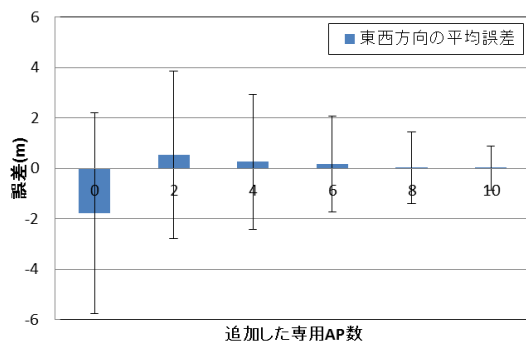
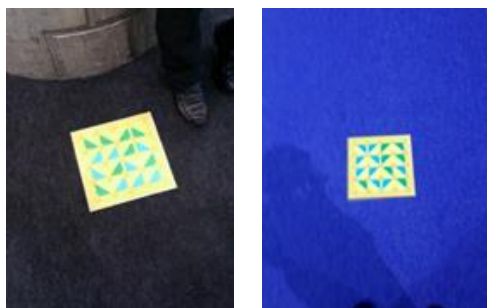


図 2: 専用 AP の追加設置効果 (体育館)

b) 視覚障害者誘導用ブロックを用いたマーカ型位置特定サブシステムの位置特定性能の改善

本研究代表者は、モバイル機器のカメラと地面に敷設したマーカを用いた地面ベースの位置特定手法として、M-CubITS (M-sequence Multimodal Markers for ITS; M-Cubed for ITS)を2003年に提案し、視覚障害者誘導用ブロック(点字ブロック)などをマーカとして用いて来た。しかし、従来の位置特定アルゴリズムでは、照明などの変化が原因で位置特定の失敗が多く発生していた。そこで、モバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムの位置特定サブシステムの位置特定性能改善を目的として、膨張収縮処理の導入、警告ブロック型マーカへの冗長付加、k-means法を用いたマーカ色のクラスタリングを導入した。その結果、例えば、屋外に設置した誘導ブロック型マーカの位置特定成功率を68%から80%に改善させることができた。また、2013年10月に東京ビッグサイトで開催されたITS世界会議東京2013のショーケースにておいて、屋内シームレス測位基盤・ナビゲーションデモを行い、イベント会場におけるシステム構築・サービスの提供方法に関する知見を得た。ショーケースで使用したマーカを図3に示す。



(a) 展示会場内 (b) 会議場内  
図3: ITS世界会議東京2013で用いたマーカ

c) マーカ種自動識別と統合システムの構築

M-CubITSは、種々のマーカを適材適所に敷設することで、M-CubITSおよびモバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムの利用可能範囲を拡大することができる。しかし、ユーザがこれら3種類のマーカを識別しながら利用するのは非合理的なため、システムがマーカの種類を自動的に識別し、適切な処理アルゴリズムで位置特定を行うために、マーカ種自動識別手法の導入とこれを用いた統合システムの構築を行った。マーカ種自動識別手法では、M-CubITSのマーカに用いられている色と各マーカ領域の重心間距離を用いることでマーカ種識別率100%を実現した。また、本手法を用いた統合システムを構築することで、M-CubITSおよびモバイル機器

を用いた歩行者ナビゲーションシステムの利用可能範囲を拡大することができた。

(2) モバイル機器を用いた歩行者ナビゲーションシステムの実現方法の検討

既存のモバイル機器を用いてM-CubITS歩行者WYSIWYASナビゲーションシステムを実現する方法には3種類(端末処理型、メールサーバ処理型、ウェブサーバ処理型)があるが、MICO指向の歩行者ナビゲーションシステムを実現する上で、これら三種の処理方式の違いによって生じる各システムの特徴の差を明らかにしておくことが重要である。そこで、これら三種の歩行者ナビゲーションシステムに関して、歩行者ナビゲーションコンセプトリファレンスモデルを用いた解析および三者比較実験を行った結果、健常者の利便性や受容性を重視すると端末処理型、視覚障害者のアクセシビリティを重視するとメールサーバ処理型、データベースの更新・ソフトウェアの開発コストの観点では、メールサーバ処理型またはサーバ処理型が有利になるという結果を得た。つまり、歩行者ナビゲーションシステムの研究開発を進めていく上では、対象となるユーザ、利用可能なモバイル機器、利用場所などを考慮することが重要であることを明らかにした。

(3) キオスク型端末を用いた歩行者ナビゲーションシステムが提示する案内情報およびHMIの検討

キオスク型端末のみを利用する場合に、システムが提示する案内文と経路の複雑さの関係性を明らかにするために、「経路複雑度」を定義した上で、案内情報の詳細度(=案内文の長さ)の異なる3種類の案内文を用いて、埼玉大学構内を移動する実験を行った。案内文の長さは、S(16文字以下)、M(17~39文字)、L(40文字以上)の3種類で、文字数が少なく記憶しやすいが案内情報がやや少ないSから案内情報は十分だが文字数が多く記憶しにくいL、その中間のMとした。詳細度の異なる案内情報の提示例を図4に示す。実験の結果、案内文の長さは簡単な経路ではM、複雑な経路ではLを用いることで、目的地到達に要する時間が短く、提示された経路から逸脱する割合が減少するという結果が得られた。

次に、キオスク型端末において地図と案内文の適切な提示方法について検討を行った。具体的には、案内文のみ、地図のみ、地図・案内文併用(表示領域の拡大機能あり)、地図・案内文併用(表示領域の拡大機能なし)の4種類の案内画面を用いて、経路の複雑さに対する旅行時間とシステムの操作時間の関係について検証を行った。地図と案内文に

よる案内情報の提示例を図5に示す。旅行時間の観点では、経路の複雑さが増すと、地図のみの案内画面より、案内文を含む案内画面の方が短い旅行時間となった。これは、簡単な経路では地図を見ることで経路の全体把握がしやすい一方、複雑な経路では案内文による詳細な情報が必要になるためと考えられ、案内文の重要性が示された。システムの操作時間の観点では、地図のみの案内画面が最も操作時間が短くなった。これは、地図が経路の全体把握、案内文が目的地付近などの詳細な情報が必要な箇所を示すことで、地図と案内文が相互に補完していると考えられる。また、地図の拡大縮小機能については、地図の表示範囲が1kmを超えると被験者全員が地図の拡大機能を使用したことから、1kmを超える範囲で案内を行う場合、地図の拡大縮小機能が必要になることを示した。

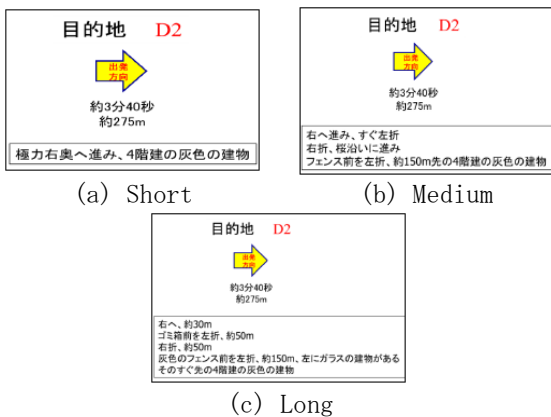


図4: 詳細度の異なる案内文による案内情報の提示例

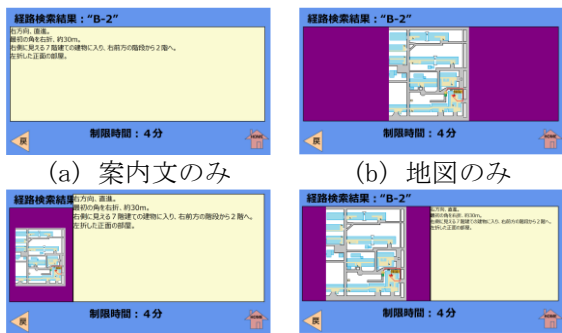


図5: 地図と案内文による案内情報の提示例

#### (4) キオスク型端末で提示した案内文をモバイル機器で持ち運ぶ効果の検証

ここまで得られた知見をもとに、MICO指向の歩行者ナビゲーションシステムの機能の一つであるキオスク型端末で提示された案内文をモバイル機器で持ち運ぶ効果について検証を行った。案内情報の詳細度(文字数)の異なる案内文の組み合わせとキオスク

型端末での案内文の読み取り時間の関係を図6に示す。図6より、案内文を持ち運ぶことに要する時間の削減に効果があることを確認した。また、システム構築に必要な知見として、キオスク型端末では、研究方法(3)キオスク型端末を用いた歩行者ナビゲーションシステムが提示する案内情報およびHMIの検討で求めた適切な文字数の案内文を提示する。モバイル機器では目的地までの経路の複雑さ(距離、曲がる回数、性別から算出)に応じて、キオスク型端末と同じ案内文、もしくは、それ以上に詳しい案内文を持ち運ぶと効果が高いことを明らかにした。

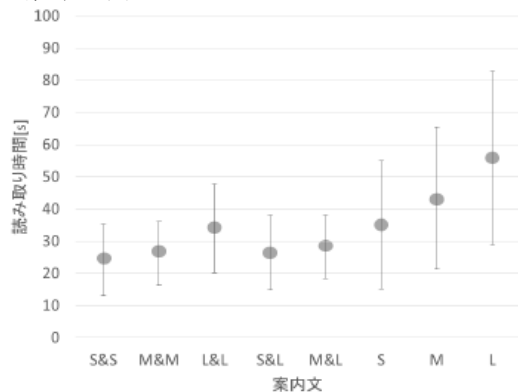


図6: 案内情報の詳細度が異なる案内文と案内文の読み取り時間の関係

#### (5) MICO 指向の歩行者ナビゲーションシステムの構築

ここまで得られた知見をもとに、埼玉大学構内の建物の案内を行うMICO指向の歩行者ナビゲーションシステムを構築した。キオスク型端末にはWindows OS搭載のタッチパネルPC用アプリケーションソフトウェアを開発し、実装した。このキオスク型端末にユーザが目的地情報を入力すると、画面上に案内情報とQRコードが表示される。ユーザはこのQRコードを読み取ることで、案内情報を持ち運ぶことができ、また、QRコードの利用はモバイル機器の種類や機種に依存しないMICO指向の歩行者ナビゲーションシステムの実現を可能とする。キオスク型端末の案内情報表示例を図7に、モバイル機器でQRコードを読み取った結果の一例を図8に示す。

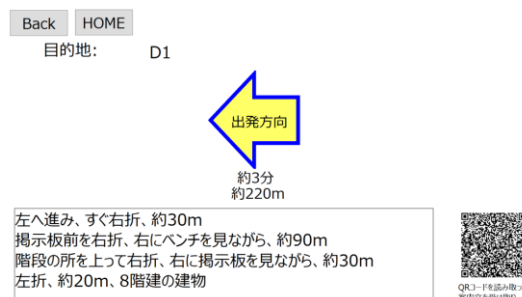


図7: キオスク型端末の案内情報表示例





図 8: モバイル機器で QR コードを読み取った結果の一例

以上を通じて、本研究課題では、モバイル機器（モバイル端末）とインフラ設置機器（キオスク型端末）が協調動作することを前提とした MICO 指向の歩行者ナビゲーションシステムの基本設計手法の知見を得、シームレスな歩行者ナビゲーション環境の社会実現に向けた可能性を示した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 6 件）

- ① 間邊哲也, 長谷川孝明, “歩行者ナビゲーションコンセプトリファレンスモデルに基づく M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムの三者比較,” 電子情報通信学会論文誌 A, vol. J96-A, no. 9, pp. 661-675, Sept. 2013. [査読有]  
<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=A3000372>
- ② 間邊哲也, 長谷川孝明, 松岡義大, 古川誠治, 福田朗, “プラットフォーム指向の歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムの提案,” 電子情報通信学会論文誌 A, vol. J95-A, no. 3, pp. 268-282, March 2012. [査読有]  
<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=A3000369>
- ③ 間邊哲也, 長谷川孝明, “歩行者ナビゲーションコンセプトリファレンスモデルの提案,” 電子情報通信学会論文誌 A, vol. J95-A, no. 3, pp. 283-302, March 2012. [査読有]  
<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=A3000370>

他

〔学会発表〕（計 7 件）

- ① 藤原高之, 間邊哲也, 長谷川孝明, “視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムにおける位置特定について,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2013-78, pp. 85-90, March 13th 2014, 京都大学.
- ② 山本徳之, 原田悟, 間邊哲也, 長谷川孝明, “モバイル/インフラ協調型歩行

者ナビゲーションにおける案内文および地図の効果について,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2013-79, pp. 91-96, March 13th 2014, 京都大学.

- ③ 野田真吾, 間邊哲也, 長谷川孝明, 渡部晴夫, 木村寛治, 原田良一, 星悠太郎, “屋内無線 LAN 位置特定における専用アクセスポイントの設置効果について,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2012-59, pp. 7-12, March 11th 2013, 京都大学.
- ④ 野田真吾, 間邊哲也, 長谷川孝明, “屋内廊下における無線 LAN による位置推定に関する一検討,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2012-41, pp. 239-244, Feb. 18th 2013, 北海道大学.
- ⑤ 劉暢, 長谷川孝明, 間邊哲也, 山本徳之, “キオスク型歩行者ナビゲーションシステムが提供する案内文について,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2012-42, pp. 245-250, Feb. 18th 2013, 北海道大学.

他

〔産業財産権〕

○取得状況（計 1 件）

名称：マーカー素子の配置方法及び識別方法  
発明者：長谷川孝明, 間邊哲也, 他 3 名  
権利者：住友大阪セメント(株), 埼玉大学  
種類：特許  
番号：特許第 4750193 号  
取得年月日：2011 年 5 月 27 日  
国内外の別：国内

〔その他〕

長谷川・間邊研究室：  
<http://www.hslab.ees.saitama-u.ac.jp/>  
学術情報発信システム SUCRA：  
<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 孝明 (HASEGAWA, Takaaki)  
埼玉大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：00189531

(2) 研究分担者

間邊 哲也 (MANABE, Tetsuya)  
埼玉大学・大学院理工学研究科・助教  
研究者番号：20640197  
(平成 25 年度より研究分担者)

研究協力者

日本信号株式会社：  
古川誠治, 松岡義大, 渡部晴夫,  
木村寛治, 原田良一, 星悠太郎  
株式会社エージーピー：  
福田朗

住友大阪セメント株式会社：

川俣孝治，北本康雄，和田泰生

関東学院大学：

永長知孝

パナソニックシステムネットワークス株式会社：

相原弘一

鶴岡工業高等専門学校：

金帝演

埼玉大学：

芹澤崇，町田修宏，吉田祐一，野田真吾，  
劉暢，金山知基，山本徳之，藤原高之，  
原田悟