

視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 歩行者ナビゲーションシステムについて

山下 清司^{†a)} 長谷川孝明[†]

On the M-CubITS Pedestrian Navigation System Using Textured Paving Blocks
Seiji YAMASHITA^{†a)} and Takaaki HASEGAWA[†]

あらまし 本論文では M-CubITS を用いた WYSIWYAS な歩行者ナビゲーションシステムの構築と実験が行われている。WYSIWYAS とは見たままの世界にナビゲーションを表示する直感的で分かりやすいナビゲーションの設計概念である。まず、基礎的システムを構築し、基礎実験を行っている。次に、視覚障害者誘導用ブロック(点字ブロック)を用いた M-CubITS を提案し、実験システムを構築し、屋内、屋外で実験を行っている。
キーワード M-CubITS, WYSIWYAS, 歩行者ナビゲーション, 視覚障害者誘導用ブロック

1. ま え が き

ITS は自動車のためだけの技術ではない。ITS とは IT で高度化される人と物の移動システムである。この中では、歩行者のためのナビゲーションシステムも重要な役割を果たしている。

現在、歩行者のためのポジショニングシステム及びナビゲーションシステムに対するニーズが高まっており、様々な種類のシステムが実用化されている。しかし、これらのシステムにはまだ多くの問題点が残っている。

ポジショニングシステムとして広く知られている GPS [1] は見通しの良い屋外では高い精度を得ることができる。しかし、直進性の強い電波を用いているため、高層ビルの立ち並ぶ都市部ではマルチパスやシャドウイングの影響により精度が著しく低下してしまう。また、電波の届きにくい屋内や地下街などで利用は困難となる。PHS を用いたポジショニングシステム [2] は、PHS の基地局があれば屋内や地下街でも利用可能であるが、マイクロセルのセル半径の精度しか得ることができない。視覚障害者誘導用ブロック(点字ブ

ロック)に埋め込んだ RFID を白杖の先端のアンテナで受信しナビゲーションを受ける視覚障害者のためのシステムも研究されている [3]。しかし、このシステムでは視覚障害者誘導用ブロックに RFID を埋め込むために大きなコストがかかる上、受信機を搭載する特殊な白杖を用意する必要があり、健常者には利用しにくいという問題がある。

ITS プラットホームとして図 1 に示す EUPITS (Evolutional Ubiquitous Platform for ITS) が提案されている [4]~[6]。この中でポジショニングサブプラットフォームの一つとして M-CubITS (M-sequence Multimodal Marker for ITS) が提案されている [5]。M-CubITS は路上に設置されたマーカ素子をユーザのもつカメラで取り込み、マーカのもつ情報をもと

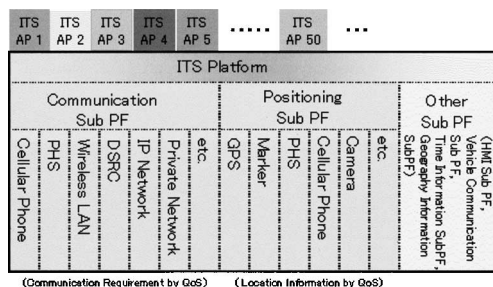


図 1 ITS プラットホーム EUPITS

Fig. 1 ITS platform EUPITS.

[†] 埼玉大学工学部, さいたま市

Department of Electrical and Electronic Systems Engineering, Saitama University, 225 Shimo-okubo, Sakura-ku, Saitama-shi, 338-8570 Japan

a) E-mail: yamasei@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

にポジショニングを行うシステムである．M-CubITSを用いることにより既存のポジショニングシステムが抱える問題を解決し，また，直感的で分かりやすい WYSIWYAS (What You See Is What You Are Suggested) [5] な歩行者ナビゲーションの提供が可能となる．自動車でのポジショニングを目的とした M-CubITS の実験は文献 [7], [8] で行われているが，歩行者のためのナビゲーションシステムとして実装実験はなされていない．

本論文では，M-CubITS を用いた歩行者ナビゲーションの基礎システムを構築し，基礎実験を行う．更に基礎実験において問題となった点を改良した視覚障害者誘導用ブロックを用いた WYSIWYAS 歩行者ナビゲーションシステムを提案し，実験を行う．

まず，2. では M-CubITS 及び WYSIWYAS なナビゲーションについて説明する．3. では M-CubITS の基礎システムを構築し，基礎実験を行う．4. では視覚障害者誘導用ブロックを用いた WYSIWYAS 歩行者ナビゲーションを提案し，5. でシステムの構築及び実験を行う．

2. M-CubITS を用いた WYSIWYAS 歩行者ナビゲーションシステム

2.1 M-CubITS [5]

M-CubITS (M-sequence Multimodal Marker for ITS; エムキュービット) は M 系列レーンマーカシステム [9] ~ [15] を発展させたシステムである．M 系列状に 0, 1 の符号をもつマーカ素子を道路や歩道に設置する．このマーカ素子をユーザがもつカメラで読み込み符号列を得，データベースとの比較から M 系列上のチップ特定を行い現在位置を特定する．近年，自動車では車載カメラ搭載車種が増え，歩行者がもつ携帯電話や PDA などの携帯端末の多くがデジタルカメラを搭載している．これらのカメラをインフラとして

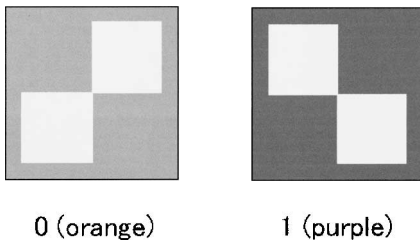


図 2 M-CubITS 素子
Fig. 2 M-CubITS elements.

利用することにより少ないコストでシステムを普及させることが可能となる．

M 系列におけるチップ特定の原理を説明する．一般に，符号長 $L = 2^m - 1$ チップの M 系列では連続した m チップを観測することにより，符号長内で一意に位置特定が可能となる．カメラから読み込んだ連続した m チップの符号列をデータベースとしてもっている符号長 L チップの符号列と比較することで，撮影位置を一意に特定することが可能となる．

M-CubITS では図 2 のような 2 種類のマーカに 0, 1 の情報を与え，色彩や形状により識別を行う．また，更に多くの色や形状を用いることにより，多値化マーカにも容易に拡張可能である．マーカ素子はマルチモーダルであるので 0, 1 の識別を色のみではなく，モノクロカメラによる形状や，赤外線・紫外線カメラによる非可視光で行うことも考慮されている．

2.2 WYSIWYAS [5]

現在実用化されている歩行者のためのナビゲーションシステムは，その多くがナビゲーションを端末上の電子地図に表示するという表現方法をとっている．しかし，紙の地図と大差のないこのような表示では，利用者は地図と現実世界を対応付ける必要がある．方向音痴な人はこの対応付けが苦手であるといわれている．より直感的で，分かりやすいナビゲーションが求められている．

WYSIWYAS (What You See Is What You Are Suggested) は，ワープロなどで用いられる WYSIWYG (What You See Is What You Get) に対応する設計概念である．WYSIWYG は画面で見たものと同じイメージの印刷結果を得ることができる．これに対し，WYSIWYAS は図 3 に示すように，カメラ

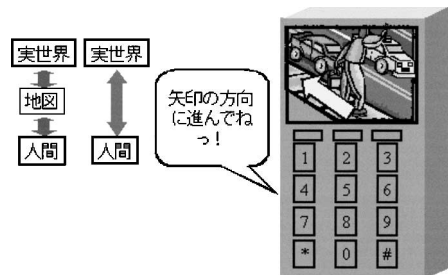


図 3 WYSIWYAS:What You See Is What You Are Suggested
Fig. 3 WYSIWYAS:What You See Is What You Are Suggested.

で撮影した画像上に目的地へ向かうべき方向が示される。自分が今見ている景色そのままである撮影画像上に進むべき方向が示されれば、誰にとっても直感的で大変分かりやすいナビゲーションとなる。この WYSIWYAS なナビゲーションは M-CubITS を用いることにより実現することが可能となる。

3. 基礎実験

M-CubITS を用いた WYSIWYAS 歩行者ナビゲーションの基礎システムを構築し実験を行う [16]。

3.1 システムの構築

本基礎実験では図 4 に示す青色と黄色 2 色の三角形のマーカに 0, 1 の情報を与え M-CubITS 素子として用いる。符号の判別は色彩のみによって行う。三角形のマーカ素子を用いることにより M 系列を読み込む方向を撮影画像から得ることができる。自動車における M-CubITS では車線上の M-CubITS 素子を読み込む方向は常に一定であるので M 系列を読み込む方向について特に考慮する必要はない。しかし、歩行者ナビゲーションにおいて撮影は M-CubITS 素子列の正側、逆側どちら側からも行われる。図 2 のようなマーカ素子を用いた場合どちら側から見てもそれぞれのマーカ

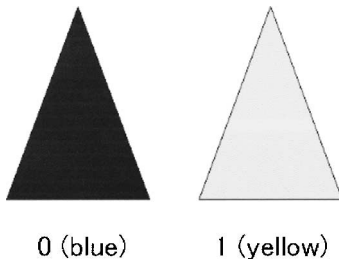


図 4 基礎実験で用いる M-CubITS 素子
Fig. 4 M-CubITS elements of the basic experiment.

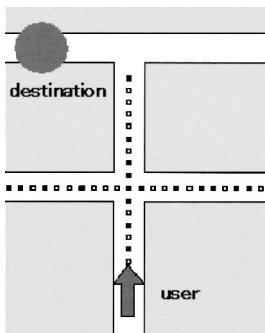


図 5 M-CubITS 素子の配置
Fig. 5 The placement of marker elements.

素子は同じ形をしているので、例えば正側から撮影し読み込んだ符号列が 1011 だった場合、逆側から撮影すると 1101 となる。両者は全く異なる位置を示すためこのままではポジショニングが行えない。撮影方向が不明のまま一意にポジショニングを行うためには 2 倍の長さの符号列を読み込む必要があり、非常に効率が悪い。そこで、マーカ素子の形状を三角形にし撮影画像から素子の向きを識別することにより、M 系列を読み込む方向を得てポジショニングが可能となる。

本実験では図 5 に示すような屋内の廊下を想定し、目的地を設定した。今回用意した M 系列は 10 段のシフトレジスタより生成される符号長 1023 のものである。連続した 10 チップを認識することにより 1023 チップの中でチップ特定が可能となる。

3.2 処理方法と HMI (Human Machine Interface)

[処理の手順]

(1) 特定色抽出

図 6 に示す撮影画像の RGB データをもとに色相データを取得、マーカに用いられる特定色を抽出する (図 7 参照)。

(2) ノイズ除去

ある画素を中心とした 3×3 のマトリックスを用い、マトリックス内の画素数がしきい値以上なら中心座標を追加し、しきい値以下なら中心座標を削除する (図 8 参照)。ノイズ除去後の画像を図 9 に示す。

(3) 探索領域限定

輪郭線検出を行い、手前 3 画素について重心を求め、重心の座標をもとに素子の並びの傾きを求め、その傾きに沿った一定の幅の領域を素子の存在する探索

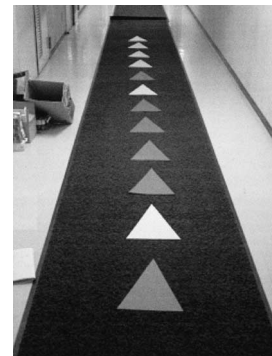


図 6 撮影画像
Fig. 6 A picture taken by a user.

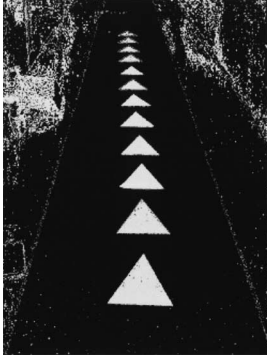


図 7 特定色抽出
Fig. 7 Particular color abstraction.

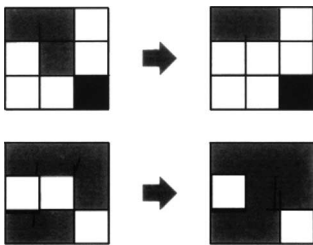


図 8 ノイズ除去
Fig. 8 Noise reduction.



図 9 ノイズ除去後
Fig. 9 After noise reduction.

領域とする (図 10 参照)。

(4) 符号列取得

図 10 に示すように索領域内だけを対象に輪郭線検出を行う。あるしきい値以上の輪郭線長をもつものを素子と判断する。素子と判断した領域の色相から 0, 1 の符号列を得る。

(5) 素子形状判定

手前から 2 番目の素子に注目し、三角形の形状を判定する。図 11 のように三角形を上下に 2 分割し、面

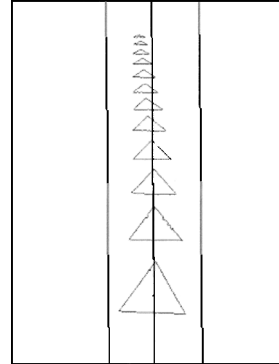


図 10 探策領域限定
Fig. 10 Search area limitation.

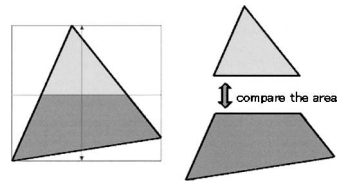


図 11 素子形状判定
Fig. 11 Distinguish elements figures.

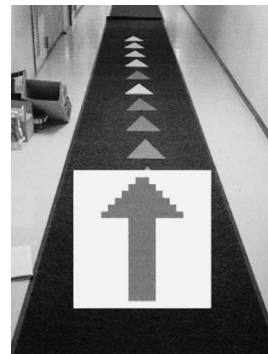


図 12 ナビゲーションの表示例
Fig. 12 A example of the navigation.

積を比較する。手前の面積の方が大きければ撮影方向は M 系列の正の向きである。手前の面積の方が小さければ M 系列の逆向きに撮影したと判断し、得た符号列の並びを逆向きにする。

(6) データベースと比較し現在位置を特定

データベースの M 系列と撮影から得られた符号列を比較し、M 系列上でのチップ特定を行う。

(7) HMI

図 12, 図 13 に WYSIWYAS 表示と地図表示の例を示す。

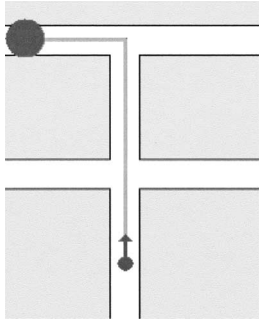


図 13 地図の表示例
Fig. 13 An example of the map.

3.3 実験結果と評価

撮影に用いたカメラは CASIO QV-3000EX (330 万画素), 画像サイズは 768 × 1024 である. 撮影場所は屋内の廊下で, 照明は蛍光灯である.

実験の結果, 屋内でのポジショニング及び WYSIWYAS なナビゲーションの提示を行うことができた. 更に目的地までの電子地図を提示した. しかし, いくつかの課題も明らかとなった. 今回の実験で用いたような目立つ色のマーカ素子は建物内の景観を損なうため実用的とはいえない. 今回のマーカ素子に代わるマーカ素子を用いる必要がある. また, 何度か撮影を行っているときポジショニングに失敗する例も存在した. 原因は手前の 3 素子に注目し探索領域限定を行う手法であった. 今回の手法では手前に大きなノイズがあった場合, それをマーカ素子と認識してしまい探索領域にずれが生じてしまう場合があった. その結果, 符号列が得られずポジショニングが行えなかった. このため探索領域限定を行う手法を改善しロバスト性を高める必要があることを認識した.

4. 視覚障害者誘導用ブロックを用いた WYSIWYAS ナビゲーションシステムの提案

4.1 歩行者ナビゲーションシステムにおける M-CubITS

基礎実験で用いた M-CubITS マーカ素子には景観を損なうという問題があった. しかし, 色彩を用いる従来の方法でマーカを識別するためにはマーカ素子は目立つ色である方が認識しやすかった. 可視光を用いない方法として, 非可視光である赤外光や紫外光で識別するマーカ素子を用いる方法がある. しかし, 現在の一般的な携帯電話などに搭載される CCD カメラは

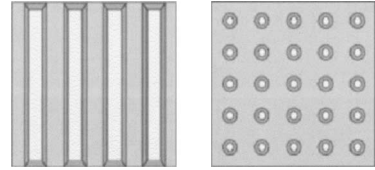


図 14 視覚障害者誘導用ブロック
Fig. 14 Textured paving blocks.

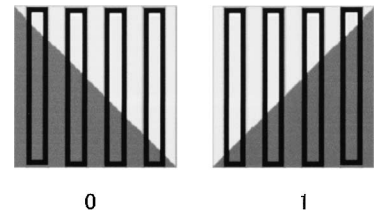


図 15 視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 素子

Fig. 15 M-CubITS elements of textured paving blocks.

赤外, 紫外光には対応しておらず, 機器の改造をしなければ利用できない.

そこで, 本論文では可視光で識別可能でありながら景観を損なうことが問題とならないマーカ素子として, 視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS を提案する.

4.2 視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS

視覚障害者誘導用ブロックは一般に点字ブロックといわれる視覚障害者の歩行を助ける働きをするブロックである. 図 14 に示すように移動方向を示す線状ブロックと, 危険や方向転換の存在を示す点状ブロックの 2 種類がある. JIS により形状については規定されているが, 色についての指定はない [17]. そこで, 本論文では図 15 に示す視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS を提案する. 視覚障害者誘導用ブロックを赤色と黄色で三角形に塗装し, その三角形の向きにより 0, 1 を識別する. 基礎実験と同様に素子の形状から M 系列を読み込む方向も判断する. 線状ブロックについて例示したが, 点状ブロックについても同様である.

視覚障害者誘導用ブロックを用いることにより様々な利点が生じる. まず, このシステムは健常者だけでなく視覚障害者にとっても利用しやすいといえる. 誘導ブロック利用時に進行方法に向かって撮影をすれば, 音声によってナビゲーションが行われるというような

アプリケーションは容易に構築できる。この点は、特殊な白杖をもつ一部の視覚障害者のみが利用可能である前述の RFID タグを用いたシステムとは大きく異なる。コストの面で見ても大変有利である。なぜなら、必要となるのは塗装された視覚障害者誘導用ブロックのみで、端末として必要なカメラ搭載型携帯電話は既に広く普及しているからである。また、赤色と黄色という目立つ色で塗装していることにより、視覚障害者誘導用ブロック本来の機能は損なっていない。そして、新たに本システムのために目立つ色のマーカを設置していく必要はないという点で、特段の景観の低下を招かないと考えられる。視覚障害者誘導用ブロックは公共施設や道路をはじめあらゆる場所で設置されているためシステムの導入も容易となる。

5. システムの構築

5.1 M-CubITS マーカ素子の配置

今回用いる M 系列は基礎実験のときと同様の 10 段のシフトレジスタより生成される符号長 1023 チップのものである。連続した 10 チップを認識することにより M 系列上での位置を特定する。得られた位置情報をデータベースと照らし合わせ、進むべき方向を撮影画像上に示し、目的地までの電子地図も表示する。本論文で構築するシステムでは M-CubITS のマルチモーダル特性（カラー、モノクロ、非可視光の利用）は用いずカラーカメラによる識別のみで符号列の検出を行う。それは歩行者のもつ携帯端末に搭載されるカメラは現在その多くがカラー撮影可能なデジタルカメラであるからである。

5.2 処理方法と HMI

図 16 の撮影画像に対して処理を行う。基本的な処

理及び HMI は 3. と同様であるので、異なる点を中心に説明を行う。

(1) 色相による特定色抽出

基礎実験と同様である（図 17 参照）。

(2) ノイズ除去

基礎実験と同様である（図 18 参照）。

(3) 探索領域限定

基礎実験で課題となった手法を見直し、より高いロバスト性が望める手法を用いる。

x 軸上の一つの点から図 19 のように放射状に広がる直線上に存在する素子数をカウントする。これを x 軸上すべての点を起点にして行う。そしてあるしきい値の素子数が存在する直線の傾きの平均を求める。ここで求めた傾きが、M-CubITS 素子列の並びの傾きである。この傾きをもとにして探索領域を限定する。

(4) 探索領域内での特定色抽出

探索領域内で素子のもつ赤色を探索すると図 20 のように素子の赤色の部分を抽出することができる。

(5) 輪郭線抽出

抽出された赤色部分の輪郭線を検出することにより三角形の形状が浮かび上がる（図 21 参照）。

(6) 三角形の素子の面積比率により符号を判定

基礎実験と同様に三角形を中心から上下に分割し面積比率を求めることにより撮影方向を判断する。また、三角形を左右に分割し面積比率を求めることにより符号を判定し 0, 1 の符号列を得る。

(7) 符号列をデータベースと比較し位置特定を行う

基礎実験と同様である。

(8) HMI

基礎実験と同様である。

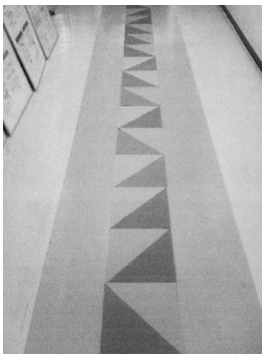


図 16 撮影画像

Fig. 16 A picture shot by a user.

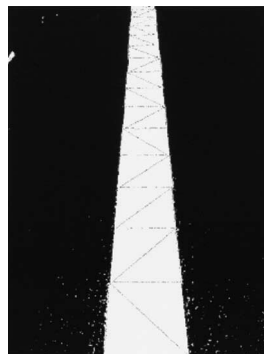


図 17 特定色抽出

Fig. 17 Particular color abstraction.

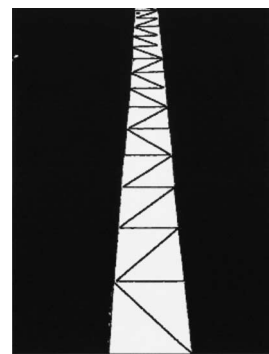


図 18 ノイズ除去

Fig. 18 Noise reduction.

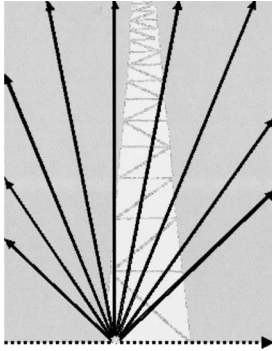


図 19 領域限定のための素子分布探策
Fig. 19 Search distributions of elements for area limitation.



図 20 領域限定後の赤色分布を探策
Fig. 20 Search distribution of red color after search area limitation.

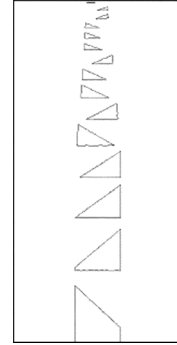


図 21 輪郭線抽出
Fig. 21 Frame detection.



図 22 屋外での撮影画像
Fig. 22 A picture taken by a user at outdoors.

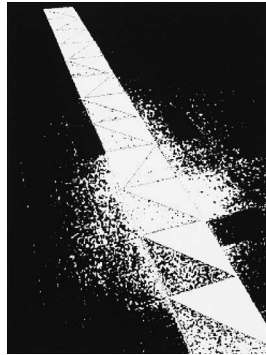


図 23 特定色抽出
Fig. 23 Particular color abstraction.

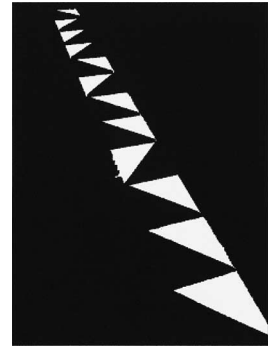


図 24 探策領域限定後の赤色分布
Fig. 24 Distributions of red color after search area limitation.

5.3 評価

撮影に用いたカメラは SHARP V601SH (200 万画素 CCD カメラ搭載携帯電話), 画像サイズは 768×1024 である。撮影場所は屋内の廊下及び屋外の歩道上である。

屋内、屋外どちらにおいても正確に符号列を読み込み、ポジショニング及びナビゲーションを表示することができたことを確認した。撮影した画像の一例を図 22 に示す。タイル状の模様のある路面に設置した M-CubITS 素子を斜めから撮影した場合である。特定色抽出後は図 23 に示すように多くのノイズを含んでいる。しかし、改良した探索領域限定法によってノイズの影響を減らし、斜めの領域を検出し、赤色の特定色を抜き出すことにより図 24 のような符号検出ができ、ポジショニングを行うことができた。

6. むすび

本論文では M-CubITS を用いた WYSIWYAS な歩行者ナビゲーションシステムを構築し実験を行った。WYSIWYAS とは見たままの世界にナビゲーションを表示するという直感的で分かりやすいナビゲーションの設計概念である。まず基礎的システムを構築し、実験を行った。次に景観の問題及び現行の携帯電話や PDA 端末のそのままの利用に考慮し、かつ視覚障害者にも利用しやすい視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS を提案し実験を行った。このシステムは GPS が苦手とする屋内やビル街において利用可能であり、WYSIWYAS なナビゲーションを実現する技術である。また、ユーザのもつ携帯端末のカメラでの利用を前提とし、簡単な塗装で既存の視覚障害者誘導用ブロックを M-CubITS 素子として利用できるため低いコストで実現が可能となる。今回の実験では実際

に携帯電話に搭載されているデジタルカメラにより撮影した画像をもとに処理を行ったが、屋内、屋外ともにポジショニング及びナビゲーションの表示を行うことに成功している。

今後の課題としては GPS などの既存のシステムとの連携、電子地図とのマッピング方法などを考慮する必要がある。また、可視光のマーカを使えない場所や状況でのナビゲーションや、よりロバストに検出を行うためにマーカのマルチモーダル性を生かすシステムの構築の検討を行いたい。更に、大規模な実装実験を行い、天候、照明状況、夜間、素子のはく離や劣化、撮影時の遮断などの種々の状況においてマーカ素子の読取りが完全に成功するか、また、撮影位置、M-CubITS 素子の素材、端末の性能、HMI の分かりやすさなどによるポジショニングへの影響について評価を行う予定である。

文 献

- [1] H.S. Cobb, GPS Pseudolite: Theory, Design, and Applications, Ph.D. Dissertation, Stanford University, 1997.
- [2] 保坂良資, 斎藤正男, “PHS を技術基板とする徘徊老人定位に適した電子マーカの仕様の研究” 信学論 (D-II), vol.J82-D-II, no.12, pp.2367-2374, Dec. 1999.
- [3] 国土交通省ホームページ <http://www.mlit.go.jp>
- [4] 長谷川孝明, “ITS とシステム創成に関する一考察” 信学技報, ITS2002-120, 2003.
- [5] 長谷川孝明, “ITS プラットフォーム “EUPITS” —実現へのアプローチ” 信学技報, ITS2003-8, May 2003.
- [6] 長谷川孝明, “ITS プラットフォーム “EUPITS” —具体化に向けて” 信学技報, ITS2003-26, Sept. 2003.
- [7] 金 帝演, 長谷川孝明, “M-CubITS によるポジショニングの実験的検討” 信学技報, ITS2003-71, Feb. 2004.
- [8] 金 帝演, 長谷川孝明, “M-CubITS における色と形状によるポジショニングに関する一検討” 信学技報, ITS2004-71, May 2004.
- [9] T. Hasegawa and A. Widodo, “The vehicle positioning system by using PN code magnetic markers and it's applications,” Proc. ISITA '98, 1998.
- [10] 関根宗徳, 長谷川孝明, “PN 符号化磁気マーカのマッピングについて” 信学技報, ITS99-41, Dec. 1999.
- [11] 上村克成, 長谷川孝明, “PN 符号化磁気マーカの実証実験について” 2001 信学総大, SA-9-5, March 2001.
- [12] 金 帝演, 長谷川孝明, “道路プラットフォームにおける PN 符号化磁気マーカシステムに関する一検討” 信学技報, ITS2001-31, Dec. 2001.
- [13] 金 帝演, 長谷川孝明, “PN 符号化磁気マーカの再引き込みと交差点での適用について” 信学技報, ITS2002-13, July 2002.
- [14] J. Kim and T. Hasegawa, “On re-positioning of the PN coded magnetic markers in road platform,” Proc. ITSC2002, pp.259-262, Sept. 2002.
- [15] 金 帝演, 長谷川孝明, ““M-CubITS” によるポジショニングの実験的検討” 信学技報, ITS2003-71, Feb. 2004.
- [16] 山下清司, 長谷川孝明, “カメラ付き携帯電話による M-CubITS 歩行者ナビゲーションについて” 信学技報, ITS2003-113, March 2004.
- [17] 日本工業規格, “視覚障害者誘導用ブロック等の突起の形状, 寸法及びその配列” JIS T 9251, 2001.
(平成 16 年 6 月 1 日受付, 9 月 13 日再受付, 10 月 25 日最終原稿受付)



山下 清司 (学生員)

平 16 埼玉大・工・電気電子システム工学卒。平 16 同大理工学研究所電気電子システム工学専攻入学。現在、同博士前期課程在学中。ITS における歩行者ナビゲーションに関する研究に従事。



長谷川孝明 (正員)

昭 56 慶大・工・電気卒。昭 61 同大大学院博士課程了。同年埼玉大・工・電気助手。現在、同電気電子システム工学科助教授。工博。平 7~8 カナダ・ビクトリア大客員研究員。人から人へ、人から機械へ、の本質的な情報通信を行うための技術及び人の移動のための技術に興味をもつ。これまでスペクトル拡散通信システム、CDMA、ニューラルネットとその情報システムへの応用、画像入力マイクロホンなどの人間の意思伝達を含む情報通信の方式・情報と信号の処理の研究に携わる。近年は、ITS 実現のための新しい情報通信パラダイムやポジショニングシステム、意思伝達を含む新しい情報通信工学を模索している。平 2 年度本会篠原記念学術奨励賞受賞、著書「スペクトル拡散技術の基礎と応用」(分担執筆)、「プライマリー C 言語ノート」, 「モバイル・コンピューティング教科書」(分担執筆)など。IEEE, 情報理論とその応用学会, 国際交通安全学会, 情報処理学会各会員。