

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とその実験

山下 清司 長谷川 孝明

埼玉大学工学部電気電子システム工学科
〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: {yamasei, takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

あらまし 本稿では視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS による WYSIWYAS な歩行者ナビゲーションシステムの提案と実験が述べられている。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わかりやすいナビゲーションの設計概念である。視覚障害者誘導用ブロックを着色したものをマーカとして用い、携帯や PDA が搭載するカメラで撮影し、位置を特定するシステムである。また、マーカの多値化の実験も行われている。3.6m の撮影で約 5000km の中からの位置特定を行えるシステムの実現の可能性を示している。

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

The M-CubITS Pedestrian Navigation System using Textured Paving Blocks and its Experiments

Seiji YAMASHITA Takaaki HASEGAWA

Faculty of Engineering, Saitama University 255 Shimo-okubo, Sakura-ku, Saitama, 338-8570 Japan

E-mail: {yamasei, takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

Abstract In this paper, we propose the WYSIWYAS M-CubITS pedestrian navigation system using textured paving blocks. WYSIWYAS is a basic navigation display design concept with the meaning of "What You See Is What You Are Suggested". In this system, textured paving blocks are used as markers, and mobile phone terminal or PDA built-in camera is used for a sensor. Positioning is carried out by taking of textured paving block markers. Finally, multi level markers are examined and experimented. It is shown that this system has a capability of location determination with taking a picture of 12 texture paving blocks (3.6m) in a 5000km long way.

Keyword M-CubITS, WYSIWYAS, Pedestrian navigation system, Tactile tiles

1. まえがき

ITS とは IT で高度化される人と物の移動システムであり、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。

ITS プラットフォーム EUPITS (Evolutional Ubiquitous Platform for ITS) [1]-[3] における要素技術の一つとして、自動車やバイクそして歩行者をはじめ多くのユーザが利用可能な高精度ポジショニングシステムである M-CubITS (M-sequence Multimodal Marker for ITS) が提案されている [2]。著者らは文献 [4] において M-CubITS 歩

行者ナビゲーションシステムの構築と実験を行った。その結果、M-CubITS を用いることにより直感的でわかりやすい WYSIWYAS (What You See Is What You Are Suggested) [2] なナビゲーション表示を得ることができた。しかし、このとき構築したシステムでは屋内外において、通路に目立つ色のマーカを設置することにより景観を損ねるという問題点が存在した。

これに対し、非可視光のマーカを用いるという方法が存在するが、現在広く普及している携帯電話や PDA のカメラをそのまま用いることは難しい。

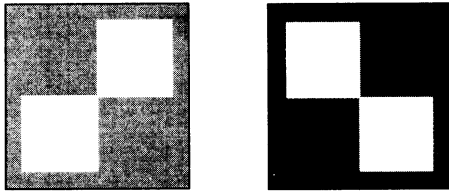


図1 M-CubITS素子

本稿では目立つ色で設置されることを必要とされる視覚障害者誘導用ブロック一つを M-CubITS 素子として用いることで、別途着色されたマーカを設置する必要の無い、視覚障害者誘導用ブロックを用いた歩行者ナビゲーションのシステムを提案し、実験を行う。

まず、2. では、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述べ、3. では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について提案を行い実験システムを構築し、実験を行った結果を示す。4. ではさらに視覚障害者誘導用ブロックの多値化への検討を行い、実験を行った結果を示す。

2. カメラ付き携帯電話による M-CubITS 歩行者ナビゲーション

2.1 M-CubITS[2][5][6]

M-CubITS(エムキュービッツ:M-sequence Multimodal Marker for ITS)とは図1のようなマルチモーダルマーカ素子に1/0の符号を与え、M系列状に通行区分線、路側帯、路側、駐車場、通路などに配置し、それらを自動車、バイク、歩行者などが装備するカメラで読み込み、マーカ素子の並びを検出しデータベースとの比較からカメラの位置と方向を特定するポジショニングシステムである。

一般に、符号長 $M = 2^m - 1$ の M 系列では、連続した m チップを観測することにより位置特定が可能となる。また、初期位置を特定した後は1チップ読み込むごとに正確な位置特定が可能となる。

M-CubITS は屋外だけでなく、GPS が苦手とする高層ビル街、屋内、地下街などでも高精度なリアルタイム位置特定が可能である。マーカ素子はペイントにより作成が可能であり、端末にはすでに普及しているカメラと通信機能があればよいため、軽いインフラ投資によりシステムが実現可能となる。

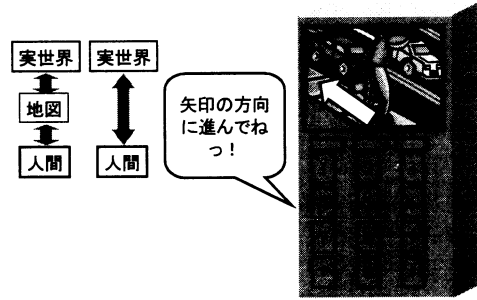


図2 WYSIWYG: What You See Is What You Getに対応する概念で、WYSIWYAS: What You See Is What You Are Suggested)

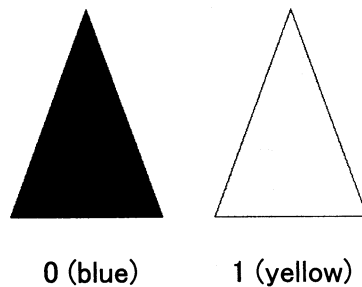


図3 基礎実験で用いたM-CubITSマーカ素子

2.2 WYSIWYAS[2][4]

WYSIWYAS (What You See Is What You Are Suggested)は、ワープロなどで用いられるWYSIWYGに対応する設計概念である。WYSIWYG (What You See Is What You Get)は画面内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 はカメラで撮影した画面上に目的地へ向かうべき方向が表示される。いわゆる方向音痴の人は現実世界と地図との対応付けが不得手であるため道に迷ってしまう。しかし、地図を介することなく見たままの風景に進むべき方向が示されれば直感的な提示となりわかりやすくなる。(図2参照)

現在普及している携帯電話やPDAの多くはデジタルカメラを搭載している。この点に着目し、M-CubITS 歩行者ナビゲーションではカメラ搭載携帯端末により路上に設置された歩行者用M-CubITSマーカ素子を撮影し、ポジショニングを行い撮影した写真の上に目的地までの方向を示す。

2.3 基礎実験[4]

著者らは、文献[4]において M-CubITS 歩行者ナビゲーションシステムの基礎実験を行った。この中で用いたM-CubITS マーカ素子は図3のような三角形の形状で青色と黄色に塗装し1/0の情報を与えている。通路上に設置したM-CubITS マーカ素子をデジタルカメラで撮影し、その画

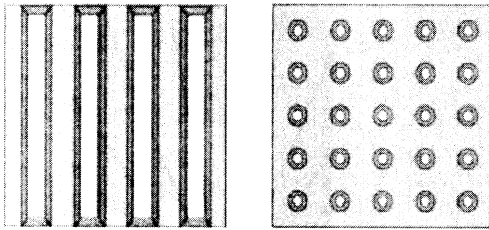


図4 視覚障害者誘導用ブロック

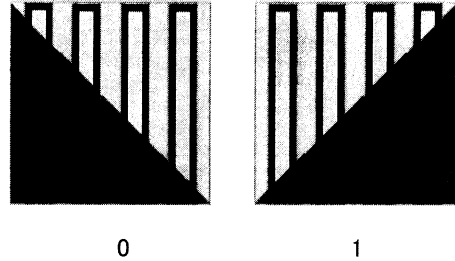


図5 視覚障害者誘導用ブロックを用いたM-CubITS素子

像から色相と形状を抽出し、それを元に符号列を取得した。符号列とデータベースを照らし合わせることで位置特定をし、画面上に行くべき方向を WYSIWYAS 表示した。

しかし、実用性を考慮した場合、屋内外に本システムのために新たに目立つ色のマーカー素子を設置するのは景観面から困難であると考えられた。また、基礎実験システムではノイズの影響を受けやすく、よりロバスト性の高い処理方法の必要性がある。

3. 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

3.1 歩行者ナビゲーションシステムにおける M-CubITS の要求条件

歩行者用 M-CubITS では自動車用 M-CubITS[5] のように連続的に撮影を行うことが困難であるため一度の撮影で多くの素子を捉えられるよう素子の間隔を狭める必要がある。また、自動車用 M-CubITS では道路の車線上にマーカー素子を設置するため素子を読み込む方向が常に一定である。しかし、歩行者用 M-CubITS では歩行者の撮影方向が M 系列の順方向、逆方向の両方に対応する必要がある。さらに、基礎実験で用いた M-CubITS マーカー素子には景観を損ねるという問題点があった。しかし、色相を用いる方法でマーカーを識別するためにはマーカー素子は目立つ色である方が認識しやすかった。景観に配慮するため、可視光を用いず、非可視光である赤外光や紫外光により識別するマーカー素子を用いる方法もある。しかし、現在の一般的な携帯電話などに搭載されるデジタルカメラは赤外、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。

本稿では可視光で識別可能でありながら、新たに本システムのために目立つ色のマーカーを設置していく必要は無いという点で、特段の景観の低下を招かないシステムとして、視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS を提案する。

3.2 視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS の提案

視覚障害者誘導用ブロックは一般に点字ブロックと呼ば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4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[7]、色彩についての指定は無い。そこで、本稿では図5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。元々黄色に塗装されている視覚障害者誘導用ブロックの半分の領域を赤色に塗装し、この三角形の領域の向きにより 1/0 を判別する。M 系列を読み込む方向が順方向か逆方向かを撮影画像から判断可能となるよう塗装の形状は四角形ではなく三角形にしている。今回用いた視覚障害者誘導用ブロック 1 枚は 30cm×30cm の正方形である。

視覚障害者誘導用ブロックによるマーカー素子を用いたことにより基礎実験で用いたシステムと比較して以下に示すような様々な利点が生じる。

- 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言える。視覚障害者誘導用ブロックを利用して歩行中に進行方向に向かって撮影を行えば音声によってナビゲーションが行われる、このようなアプリケーションが容易に構築可能だからである。
- 視覚障害者誘導用ブロックに赤色と黄色という目立つ塗装を施していることにより、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ーを設置していく必要は無いという点で、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。

また、M-CubITS 歩行者ナビゲーションの特長である、低コストでの実現が可能である。本システムで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、端末としてはすでに広く普及しているカメラ搭載携帯端末にソフトウェアをインストールするだけで利用できる。

視覚障害者誘導用ブロックを利用した歩行者ナビゲーション

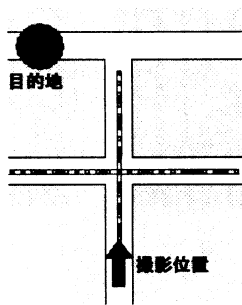


図6 M-CubITSマーカー素子の配置

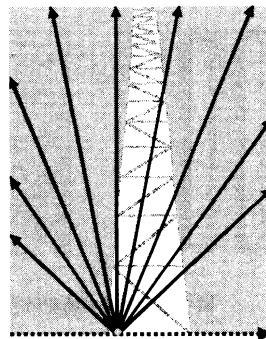


図8 領域限定のための素子分布探索



図7 撮影画像

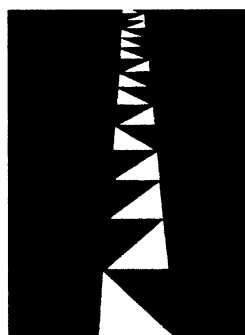


図9 探索領域内での特定色抽出

ョンシステムとして、視覚障害者誘導用ブロックに埋め込んだ RFID タグを、受信機を搭載した白杖によって読み取りナビゲーションを受けるシステムが提案されている[8]. このシステムを利用するためには特殊な白杖などの RF リーダ及びそのリーダをタグに近づける必要がある. この点において、本提案システムは広く普及しているカメラを搭載した携帯端末を利用することにより、視覚障害者だけでなく健常者も利用しやすいシステムとなっている.

3.3 視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS の提案

3.3.1 実験システムの構築

本実験では図6のような屋内外の通路を想定し、目的地を設定した. 今回用いる 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 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.

3.3.2 実験

撮影画像は図7のようになる. この画像に対して以下の処理を行う.

- (1) 色相による特定色抽出

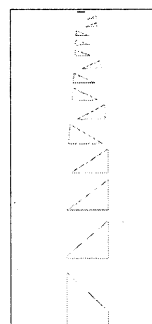


図10 輪郭線抽出

撮影画像の RGB データから色相データを得て、マーカに用いられる特定色を抽出する.

- (2) ノイズ除去

ローパスフィルターに通すことにより、ノイズ除去を行う.

- (3) 探索領域限定

軸上の一つの点から図8のように放射状に広がる直線上に存在する素子数を計測する. これを x 軸上全

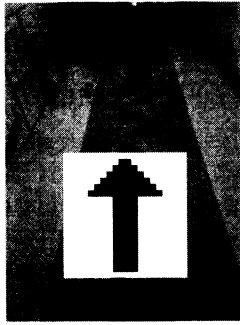


図11 WYSIWYASナビゲーション表示

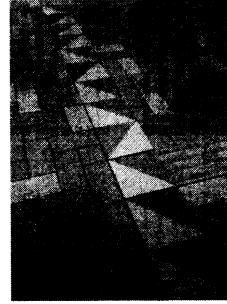


図13 斜め方向からの撮影

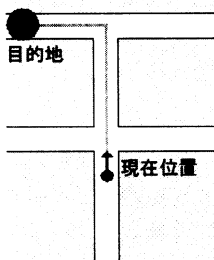


図12 目的地までの地図を表示

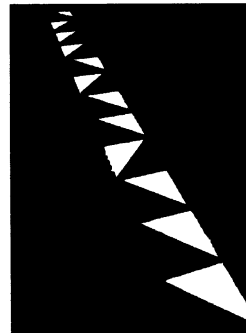


図15 斜め方向からの撮影

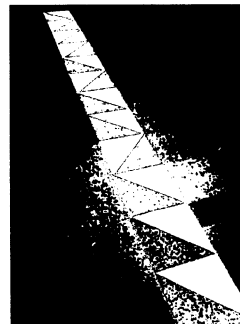


図14 特定色抽出

ての点を起点にして行い、閾値以上素子を持つ直線の傾きの平均を求める。この傾きがマーカ素子を撮影したときに生じた傾きであると考え、この傾きに沿っ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持つ赤色を探索すると図9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10参照)

(6) 符号列取得

三角形の形状を判別することにより、符号を判定する。各三角形を中心から左右に分割し面積比を求めることによりそれぞれの素子の1/0の符号を判定する。また、上下に分割し面積比を求めることにより撮影方向を判断する。そしてこれらの情報より符号列を得る。

(7) 位置特定

撮影で得た符号列をデータベースのM系列と比較し、M系列上でのチップ特定を行う。撮影位置より一番近いマーカ素子の位置特定が行える。

(8) HMI

図11, 12にWYSIWYAS表示と地図表示の例を示す。

3.3.3 評価

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

屋内、屋外ともに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表示を行うことができた。撮影した画像の一例を図13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例である。特定

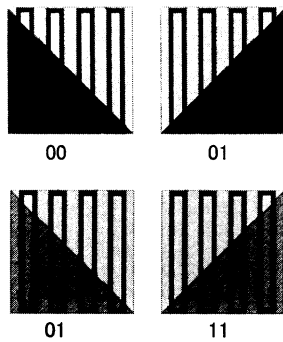


図16 4値マーカ

色抽出後は図14に示すように多くのノイズを含んでいる。しかし、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、赤色の特定色を抽出することにより図15のような符号検出ができ、位置特定を行うことができた。

今回用いた M 系列は前述のとおり符号長 1023 チップのものである。視覚障害者誘導用ブロックを 1023 枚直線状に敷設した場合総延長は約 300m になる。M-CubITS 素子 10 チップ分である 3m を撮影すれば 300m の中でポジショニングを行えることになる。300m の系列長では撮影者のおおよその位置が GPS などによりある程度わかっていたとしても実用性を考えた場合短すぎると考えられる。

しかしながら、符号長 $L = 2^{13} - 1 = 8191$ チップの M 系列を前提とした場合、M-CubITS 素子 13 チップ分である 3.9m を撮影すれば、2.4km の中でポジショニングを行うことができる。すなわち認識させるチップ数を 3 チップ多く設計すれば、特定できる距離は 8 倍となる。このほかに、同じ画面の解像度のまま特定距離を延ばす方法が存在する。それは多値マーカを用いて 1 つのマーカに複数のビットを割り当てる方法である。これについては次節で述べる。

4. マーカの多値化への検討

4.1 多値マーカによる M-CubITS

一度に読み込む M-CubITS 素子数を増やさずにより長い系列を利用可能とするために、素子 1 つに 2 ビット以上の情報を持たせる多値マーカによる M-CubITS を検討する。

本稿では図16に示すような 4 種類の M-CubITS マーカ素子を用いる。マーカ素子は黄色の視覚障害者誘導用ブロックに蛍光色の緑色と赤色を塗装することにより作成し、それぞれ 00/01/10/11 の情報を与える。蛍光色による塗装を施したのは視覚障害者による視認性を考慮したためである。

4.2 実験

上述の 4 値マーカを 12 枚直線状に並べ、いくつかの場所や環境下において撮影を行う。撮影場所は屋内の廊下、屋外のタイル状に模様のある歩道（薄曇）、屋外のアスファ

ルトの歩道（薄曇）、屋外のアスファルトの歩道（晴天）の 4 通りである。12 枚の 4 値マーカは 24 ビットの情報量を持つ

ため、符号長 $L = 2^{24} - 1 = 16777216$ チップの M 系列を前提としたシステムが構築可能である。

4.3 結果と検討

上記の撮影場所、撮影条件において M-CubITS 素子の認識はおおむね成功した。しかし、統計量として十分な結果を得ていないため、詳細については次の機会に発表する。

今回の実験では、12 枚の視覚障害者誘導用ブロックの撮影に成功している。これは 3.6m 撮影し 12 枚のマーカ素子を認識することにより約 5000km の中で位置特定が可能となることを意味する。以上により本手法による WYSIWYAS 歩行者ナビによるシステム構築の見通しを得た。

5. むすび

本稿では、視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS による WYSIWYAS 歩行者ナビゲーションシステムの構築、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わかり易いナビゲーションの設計概念である。視覚障害者誘導用ブロックを M-CubITS 素子として用いることにより、景観の問題を緩和し、現行の携帯端末そのままの利用を可能とし、そして視覚障害者にとっても使いやすいシステムとなったと考えられる。

さらに、実用性を考慮し多値マーカを検討した。様々な状況下での利用を想定し実験を行った。統計量としては不十分ではあるがおおむね成功し、視覚障害者誘導用ブロックを 3.6m 撮影することにより、約 5000km の中から位置特定を行うことが可能な WYSIWYAS ナビゲーションシステムの見通しを得た。今後の課題は、種々の状況における大量かつ広範なマーカの認識の実験を進めるとともに、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を含む基本的な設計法の確立し、さらに多値マーカによる PDA を前提とした実装実験を行い、実用化を考慮し、天候、照明状況、夜間など種々の状況、M-CubITS 素子の素材、素子の剥離や劣化、端末の性能、撮影時の遮蔽、HMI のわかりやすさなどの総合評価を行いたい。

謝辞

本実験にご協力いただいた株式会社ヤマウ江藤氏、大蔵氏、木村氏に深謝する。

文献

- [1] 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, pp.13-17, 2003.
- [2] 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, pp.41-47, 2003.
- [3] 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, pp.29-35, 2003.
- [4] 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, pp.21-25, 2004.
- [5] 金 定演, 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, pp.49-59, 2004.
- [6] 金 定演, 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, ITS2003-71, pp.7-12, 2004.
- [7] 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
- [8] 国土交通省ホームページ <http://www.mlit.go.jp>