

通信および地図情報が不要な ナビゲーションシステム

五百蔵重典†

本論文では、通信機能が無く、地図情報も保持しないクライアントでも実現可能な、離散型ナビゲーションシステムを提案する。本ナビゲーション方式は、位置情報を木構造で表現することで、2次元バーコードに格納できる程度まで案内情報を小さくすることを可能にしている。そして、クライアント機器は目的地情報と案内情報を使った、簡単な計算で移動方向をナビゲーションする。本方式は、2次元バーコードおよびカメラ付携帯電話で実現可能なため、本ナビゲーションシステムは安価に実現可能であるという特徴を持つ。

Navigation System without Telecom Equipment or Map Information

SHIGENORI IOROI†

In this paper, we propose discrete navigation system using client equipment without telecom equipment or map information. This navigation method reduces guide information up to the extent that can be stored in two dimension bar code by expressing the location information using the tree structure. Then, the client equipment does an easy calculation by using the destination information and guide information, and, indicates the direction of the movement. Because this method can be implemented with two dimension bar code and the camera addition cellular phone, this navigation system can be implemented at a low price.

1. はじめに

我々は通信も地図情報も必要としない屋内向けナビゲーションシステムの研究を進めている^[1]。本ナビゲーションシステムは、クライアント端末に軽微なプログラムを載せ、地図情報などのデータファイルをクライアント端末が持つ必要がなく、サーバーとの通信も必要としないシステムである。そのため、処理能力が低く、通信装置も持たず、記憶装置も小量のクライアントでナビゲーションを実現可能である。そして実装形態のひとつとして、カメラつき携帯電話と2次元バーコードによる実装が可

能なため、導入も簡単であるという利点がある。さらにナビゲーション情報を得るためにバーコードを読み込むという手間がある反面、測位誤差がないという特徴がある。本研究では、提案システムを実装し、その際に得られた知見などを述べ、実用システムへ適用するための課題についてまとめる。

2. 関連知識

2.1 現在地取得方法

ナビゲーションシステムの多くは、広範な範囲で測位可能であるという特徴を持つGPSを用いて現在地の情報を取得している。GPSを用いた測位は、人工衛星からの電波を受信する必要があるため、屋内でのナビゲーションには不向きである。そこで、屋内でも利用可能にするために、建物の屋根などから受信したGPS電波を、建物内に再放射する方法が提案されている^[3]。しかし、この方法ではGPSが内包する10m程度の誤差を引き継いでしまうため、数m程度の誤差で抑える必要のある店舗または部屋などへの案内には適さないのが現状である。

PlaceEngine^[4]は、あらかじめWiFi基地局と位置の関係を大量にDBに保存しておく。そして、現在取得したWiFi基地局名のリストとDBを照らし合わせて、現在地を推測する位置取得方式である。WiFiスキャンは1秒程度で終わるため、GPSに比べて高速に位置取得が可能である。ただし、DBを持つPlaceEngineサーバーに問い合わせをしなくてはならないため、通信が必須となる。DBをローカルに持つ実装も存在するが、2Gバイト程度の容量をクライアント機器が確保しなければならない。測位精度はDBに登録されている情報に依存し、5mから50m程度となる。

電波強度は距離の2乗に反比例して弱まる性質を利用し、複数の電波の電波強度から現在地を推定する手法がある。電波強度は安定しないため、様々な方法が提案されている^[7]。測位精度は安定せず、10m程度の誤差が出てしまう。

UWB-IR(Ultra WideBand-Impulse Radio)を使った方式^[8]では、無線信号の受信時刻を使って、30cm程度の誤差で測位することが可能である。しかし、電波法上の問題およびシステムの設置や管理の簡便性に関して、問題が残っている。

非接触型RFIDを使った方法では、非接触型RFIDタグがアンテナ内にあるかどうかで、サーバー側がクライアントの位置を推定できる。電波は10m程度の範囲に届くため、測位精度は10m程度になる。また、位置を知るのはクライアントではなく、サーバー側であるため、位置情報またはナビゲーションをクライアントに通知する手段が必要である。

パッシブ方式の非接触型RFIDは、電池を使わない代わりにアンテナの受信範囲が

† 神奈川工科大学 情報学部 情報工学科. ioroi@ic.kanagawa-it.ac.jp

狭い。そのため、利用者側から見ると、アンテナに近づける行為が必要となる。そのため、システムが利用者の位置を知るといよりも、利用者が自分の位置を知らせるといふ行為に近い。この方式を使ったシステムとして、ナビゲーションシステムではないが、出席をとるシステム（更に Felica チップ内蔵携帯電話で可能なシステム^[5]）、特定の場所を通過したことを知らせるシステム^[6]、などがある。

2.2 ナビゲーションシステム

現在のナビゲーションシステムの実装形式には、クライアントサーバー方式とスタンドアロン方式がある。携帯電話で実現されているナビゲーションシステムは、クライアントサーバー方式である。クライアント（携帯電話）は地図情報を持たないため、GPS を使用して得た位置情報をサーバーに送信し、サーバーにナビゲーションを依頼する。サーバーは、予め入力された目的地情報と現在地情報からナビゲーション情報を作成し、クライアントに送信する。つまり、この方式はクライアントが地図情報を保持しない代わりに、サーバーとの通信を必要とするシステムであると言える。一方、車用ナビゲーションシステムはスタンドアロン方式である。スタンドアロン方式は、サーバーおよび通信機器を必要としない代わりに、地図情報を保持する機器は必要である。

2.3 QR コード

2次元バーコードは、縦と横の2方向に情報を持つことで記録できる情報量を増加させている。QR コードは、株式会社デンソーウェーブ（開発当時は株式会社デンソーの中の一部門）が開発した2次元バーコードである。QR コードのQRはQuick Response という言葉に由来し、素早い読み取りを目指して開発され、このように命名された。

QR コードは、数字や漢字などあらゆるデータを扱うことができ、扱うデータによって一つのQRコードに格納できる文字数が変わる。英数字の場合、4296文字となっている。それぞれの容量は表1に示す。

表1 QRコードの収納可能文字数

扱う情報の種類	収納可能な容量
数字のみ	7,089文字
英数	4,296文字
バイナリ（8ビット）	2,953バイト
漢字・全角カナ	1,817文字

3. 本システムの概要

3.1 システム概要

本ナビゲーションシステム^[1]は、目的地となりえる場所にタグが配置されており、タグは特定の固定情報を配信している。利用者はナビゲーション機能付きタグリーダーを持っている。ナビゲーション機能付きタグリーダーに目的地を入力した後、近くのタグを読み込む。するとナビゲーション機能付きタグリーダーに内蔵されたプログラムによって移動方向をナビゲーションされる。移動先で、再度タグを読み込み、指示された移動方向へ移動する。タグの読み込みと移動を繰り返すことで、目的地までたどり着く。目的地でタグを読み込むと、ナビゲーション機能付きタグリーダーは現在地に到着したことを知らせる。

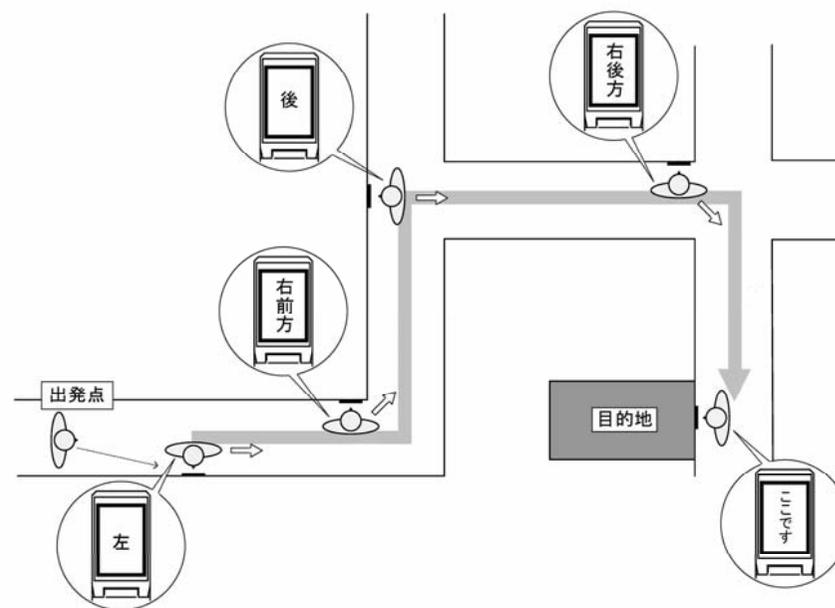


図1 ナビゲーションのイメージ

ナビゲーションに必要な情報は2次元バーコードから読み取るため、端末それ自体に地図情報を保持する必要が無く、軽微なプログラムを搭載することが可能な安価な端末で実現可能である。

本ナビゲーションシステムでは、タグが固定の情報を発信する必要がある。タグが発信する情報は、同一フロアーに存在する目的地の量に比例する。通常のビルであれば、本タグが発信する情報は数10文字程度である。図書館のような本棚を目的とした場合は、本学付属図書館の場合、約400文字程度の情報が必要である。そのため、タグは、2次元バーコードを利用することが可能である。

現在の携帯電話は、iアプリと呼ばれる自作プログラムを作成する機能が備えられている。2次元バーコードを読み込む機能は、DoJa3.5(FOMA900i シリーズ。2003年末から発売開始)から有している。そのため、2011年現在のカメラ付き携帯電話は、ほとんど2次元バーコードを読む機能を備えている。本ナビゲーションシステムで使用するナビゲーションソフトは、地図データを必要とせず、ナビゲーションアルゴリズムも簡単である。そのため、iアプリとして実装することが可能である。

上記の理由から、本ナビゲーションシステム^[1]を実現する一形態は、2次元バーコードおよびカメラ付き携帯電話を利用した方式である。以下説明を簡単にするために、この実現方法によるものとして説明を行うが、本ナビゲーションシステムは、2次元バーコードを使った方式に限るものではない。

3.2 ナビゲーションの仕組み

本システムは、位置情報を階層構造として表現し、コード化する方法と、目的地に貼られた案内情報の格納方法の2通りの工夫によって実現されている。本ナビゲーションは、「3.2.1項で示される位置情報を使って表された目的地情報」と「3.2.2項で現される案内情報」を使って、移動方向を示すことが出来る。移動方向の計算の仕方は、3.2.3項で述べる。

3.2.1 位置情報の表現方法

現在地および目的地などで使う位置情報は、住所は「神奈川県」の下に「川崎市」や「厚木市」があるように木構造で表されている。住所と同様に、位置情報は「神奈川県」-[厚木市]-[下荻野]-[1030]-[情報学部棟]-[8階]-[802号室]のように木構造のノードを辿った形式で表す。

システム上でノードは、コード化して表す。例えば、位置「[神奈川県]-[学生サービス棟]-[2階]-[12号室]」は、「1.3.2.12」とコード化される。木構造の深さを階層

と呼ぶことにする。それぞれ同一の階層では付番は連続している。

説明では、階層の深さをピリオドを使って表すが、実装上では、Base64と同様な割り当てを行い、10より大きい値も一文字で表現している(例:「132C」)。この表現方法のとき、区切り記号の「.」は不要である。

3.2.2 案内情報の表現方法

目的地になりえる箇所には、案内情報を格納したバーコードが貼られている。案内情報は、現在の階層と、同じ階層の他の目的地への移動方向、他の階層へ移動するときの移動方向が格納されている。例えば現在、「[神奈川県]-[情報学部棟]-[8階]-[803号室]」にいる場合は、現在地のあるフロアーの情報「神奈川県 情報学

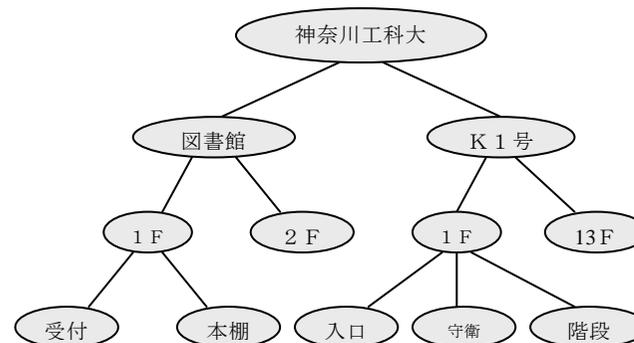


図2 位置情報を木構造で表す例

部棟8階」と、「情報学部棟8階」の他の号室へ向かうための移動方向および他の階層へ移動するための移動方向を、案内情報として格納する。つまり、図3に表される情報が格納されている。

ここは神奈川工科大学 情報学部棟 8階
801号室へは 左 に移動する
802号室へは 左 に移動する
803号室は 現在地
804号室へは 右 に移動する
805号室へは 右 に移動する
806号室へは 右 に移動する
807号室へは 右 に移動する
808号室へは 右 に移動する
809号室へは 左 に移動する
810号室へは 左 に移動する
情報学部棟 8階を出るためには、 右 へ移動する
情報学部棟を出るためには、 右 へ移動する
神奈川工科大学を出るためには、 右 へ移動する

図 3 案内情報の例

これらの情報を単純に格納するとデータ量が多くなってしまうため、圧縮した表現を用いて格納する。データはコロンで区切られた3種類の情報からなる。1番目の情報は、現在地がどの階層に属しているかである。図4は「神奈川工科大学 情報学部棟 8階」が「118」とコード化されている例である。2番目の情報は、同一階層にある場所に行くためには、どの方向に移動すればよいかを表す情報である。この情報は、コード化された目的順でソートされて格納されている。ソートされているので、移動方向だけ順に格納するだけで、表現可能である。「右」を「R」、「左」を「L」および「現在地」を「T」で表すと、図3内の同一フロア内での移動情報は、「LLTRRRRLL」と表される。3番目の情報は、フロアを出るための移動情報である。フロアを出るためには、階段やエレベータなどの特定の場所を通らなくてはならない。その特定の場所へ案内する。図3内の外部へ移動するための情報は、どれも「R」であるため、「RRR」となる。まとめると、図3の情報は、図4のように表現される。



図 4 バーコードのデータ構造

3.2.3 ナビゲーション情報の取得

目的地はナビゲーションの前に入力されている必要がある。本実装では、バーコードを読み込むことで、目的地を入力するように実装している。目的地は、位置情報の表現方法で示した方法で格納されている。

目的地の情報と案内情報でどのように、ナビゲーション情報を生成するかを示す。案内情報から、現在地を取得できることを仮定している。

1. 現在地と目的地が完全に等しい場合、「ここです」と表示する
 - 例：現在地が「神奈川工科大学 K1号館 8階 田中研究室 (1.1.8.3)」、目的地が「同(1.1.8.3)」のとき、「ここです」と表示する
2. 現在地が目的地のサフィックスになっている場合、「中に入ってください」と表示する
 - 例：現在地が「神奈川工科大学 K1号館 8階 田中研究室 (1.1.8.3)」、目的地が「神奈川工科大学 K1号館 8階 田中研究室 電話機前(1.1.8.3.4)」のとき、「中に入ってください」と表示する
3. 現在地の最後の部分 (i階層目) が異なっている場合、案内情報の進行方向情報の中の、「目的地のi階層目」の値(j)を取り出し、進行方向情報のj番目を表示する
 - 例：現在地が「神奈川工科大学 K1号館 8階 田中研究室 (1.1.8.3)」、目的地が「神奈川工科大学 K1号館 8階 五百蔵研究室 (1.1.8.2)」のとき、「1.1.8.2」の4番目の情報「2」を元に、進行情報の「LLTRRRRLL」の2番目の情報である「L」を取り出す。そして、Lに対応する「左へ進んでください」と表示する
4. 現在地の途中 (i階層目) が異なっていた場合、階層情報のi階層目の情報を元に案内情報を表示する
 - 例：現在地が「神奈川工科大学 K1号館 8階 田中研究室 (1.1.8.3)」、目的地が「神奈川工科大学 K1号館 7階 小平研究室 (1.1.7.9)」のとき、3番目が異なっている。そのため、階層移動情報の3番目の情報である「R」を取り出す。そして、Rに対応する「右へ進んでください」と表示する。この案内は階段などへの移動方向を表している。
 - 例：階層移動情報を複数持つのは、現在地が1階の場合に必要なためである。つまり、現在地が1階にあるとき、目的地が同一の建物の別フロアであれば階段に案内すべきであるし、目的地が別の建物内にある場合は現在の建物の出口へ案内するように、案内箇所が異なる。

階段のように階層を移動する箇所は、そのフロア内での移動の案内と、階層の移動の案内の両方を必要とする。そのため、両方の情報を備える必要がある。このとき、図 5 に例示するように、データをセミコロンで区切り、フロア内の移動情報と、階の移動情報の 2 個を保持する。分かりやすさのために、図 5 はセミコロンで改行しているが、実際は 1 行である。また、図 5 では、階段が「1.1.8.10」の位置にあるとしている。

```
118:LLLLLLRRRT:AAA;
11:DDDDDDDAUUUU:DD
```

図 5 階段などに配置されるバーコードのデータ例

図 5 のように情報が 2 個あるバーコードのときは、これらを分割して、個別の案内情報として利用する。そして、先述したとおりの方法で、目的地の情報と比べてナビゲーションを行う。ただし、ナビゲーションの結果が「A」のときは、もう一方の情報を使って再度、ナビゲーション情報を得るようにする。図 5 の最初の 1 行目は、同一フロア内を扱う案内情報が格納されている。この案内情報でナビゲーションをすると、階層移動情報が「A」になっているため、別のフロアや別の建物に移動する必要がある場合は、もう一方の案内情報(図 5 の 2 行目)を利用して、ナビゲーションすることが促される。図 5 の 2 行目の案内情報は、階を移動するための案内情報である。「D」は「下の階に移動してください」、「U」は「上の階に移動してください」を表している。図 5 の 2 行目の情報には、8 階部分を表すところが「A」になっている。これは現在 8 階にいるため、8 階の案内情報を得るためには、もう一方の案内情報(図 5 の 1 行目)を使って再度ナビゲーション情報を得るようにする指示である。この案内の計算は、図 5 の 2 行のどちらを先に使って計算しても適切にナビゲーションできるようになっている。

4. 実証実験

適切な情報を持つバーコードを各箇所には貼らなくてはならない。手作業での作成は煩雑で、間違いが発生するためバーコードを作成するプログラムを作成した。プログラムは Microsoft Office Excel2003 と、そのマクロ機能である Visual Basic for Application を使って作成した。まず、図 6 に示すように、Excel で作成したい地図を描く。白い

セル(以下、白セル)が道であり、黒いセルおよび赤いセル(以下、それぞれ、黒セル、赤セル)が目的地である。この目的地である黒セルと赤セルは、1 箇所だけ白セルと設置してはならない。この制約はバーコードリーダーを読み込む方向を知るためである。また、目的地に与えられた番号は、1 番から隙間無く付番されていなければならない。黒セルは通常の目的地であり、赤セルは階層を移動するときの場所である。この例では、階の移動は階段でのみすることになっている。黒セルまたは赤セルに隣接するセルに文字が書かれていた場合、その文字はその位置を表すキャプションとなる。ピンク色のセル(以下、桃セル)は、目的とはならず、案内用のタグを出力するものである。

プログラムを起動すると、まず現在地を決め、この現在地からそれぞれの目的地に移動するには、どの方向へ移動すればよいかを求める。これを全ての目的地に対して行う。処理速度は地図の大きさに比例するが、図 6 程度の大きさの地図では、約 2 秒程度で求めることができる。そして、バーコードを作成し、地図上に貼り付けると、図 7 のようになる。

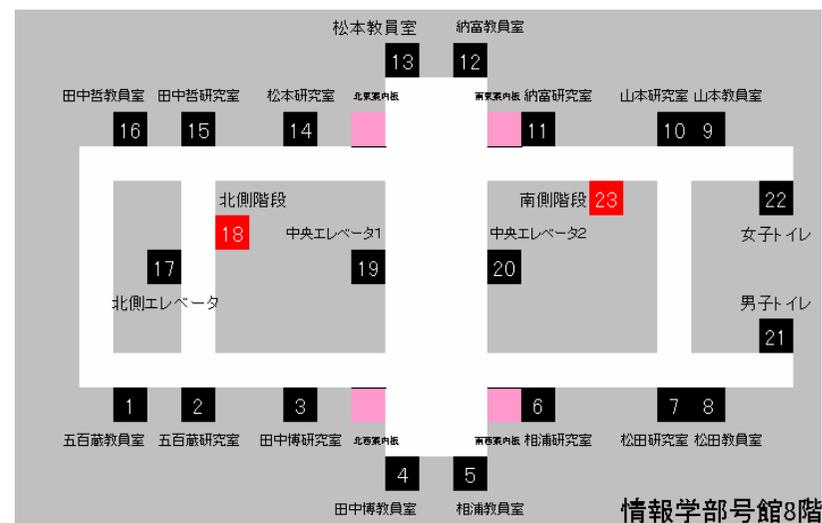


図 6 バーコード作成のための地図作成画面の例

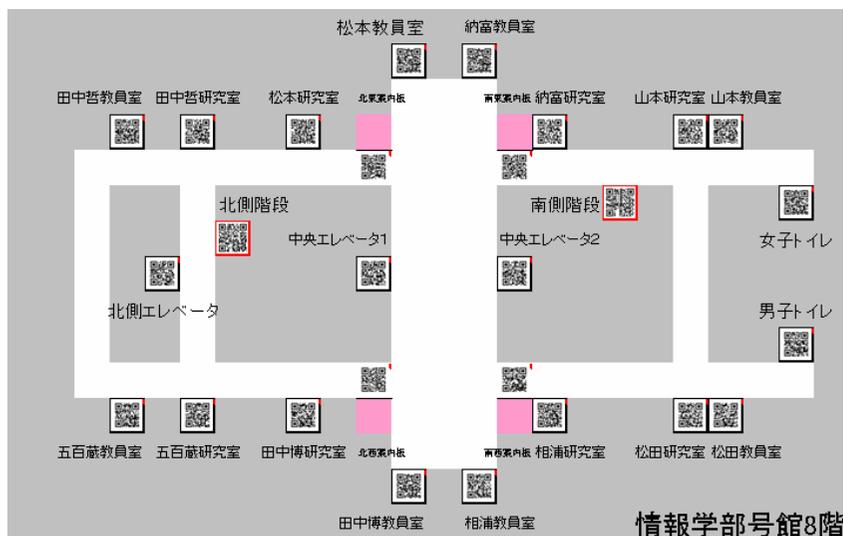


図 7 地図上に必要なバーコードを配置した例

バーコードは、実際の箇所に貼らなくてはいけないため、同時に貼り付け用のバーコード画像がファイルとして、出力する機能も備えている。差し込み印刷をして、図 8 のようなシールを目的地の分だけ作成する。



図 8 貼り付けるバーコードの例

研究は特許出願済みである^[1]。携帯電話上で動く i-アプリも作成済みである。実証実験は、本学情報学部棟 7 階および 8 階で行っている。

本ナビゲーションシステムのクライアントシステムは、VBA 版と i アプリ版がある。

VBA 版のクライアント部分のプログラム両は 250 行程度である。i アプリ版のソースコードは 349 行であり、コンパイル済みのプログラムは 4,305 バイトである。非常に小さいプログラムとして実現可能であることが分かった。

5. 考察

実証実験を行った結果、曲がり角に案内用のバーコードがあった方がよいということが分かった。しかし、目的地セルは、白セルに 1 箇所しか接してはいけないう制約があるため、角に目的地セルを配置することができない。そのため、罫線をつけることで、どちら側からの読み込みであるかを明らかにする機能を追加した。さらに、「左前方」、「右前方」という案内方向を追加して、より自然なナビゲーションを実現する必要があることが分かり、改良を行った。

目的地となりえる箇所にバーコードを貼らなくてはいけないうのは手間である。しかし、バーコードを貼るのは一度だけであるので、問題ないと思われる。またタグとして RFID などを使った場合には、電池切れや電源の配線などが必要になる。バーコードをタグとして使った方法は、これらよりも手間が少ないため、バーコードによる実現方法は有用であると思われる。

従来のナビゲーションシステムは、GPS または電波強度を利用するなどして、現在地を取得して、ナビゲーションを行っている。屋内でのナビゲーションでは、1, 2m 程度の誤差しか許容されないが、この範囲で測位できる有効な方法は確立されてない。本システムは、バーコードをかざして読み取るという動作のとき、現在地を取得しているため、測位誤差は全く生じていない。正確には、従来のナビゲーションシステムは連続的なナビゲーションを提供しているのに対し、本ナビゲーションシステムは離散的なナビゲーションを提供していると言える。

5.1 適用例

本研究を図書館での図書案内に適用することもできる。ただし、図書の案内およびスーパーの商品案内は、棚の位置と棚の何段目に商品があるかまででの案内となる。

神奈川工科大学付属図書館での適用を例に考える。本学付属図書館で最も本棚が多い箇所は 2 階にある。ここにはおよそ 400 本の本棚がある。そのため、案内情報は 400 文字を超えてしまう。しかし、カメラ付き携帯電話では、271 文字までしか読み込め

ないものがほとんどである。2 階を幾つかのブロックに分けることで対処可能であるが、遠回りの案内をするという問題点がある。小林^[2]は、この問題の解決を試みている。

図書館と同様に、スーパーなどの商品案内にも利用できる。スーパーなどの場合、目的地の入力をチラシに描かれた商品に添えられたバーコードの読み込みで可能にすることで、直感的に利用しやすいシステムになることが考えられる。

また、本研究は動物園や遊園地などの広くて多くの人が集まるアミューズメント施設でのナビゲーションに適していると思われる。なぜならば、地図情報を必要としないため、該当するアミューズメント施設専用のソフトではなく、携帯電話にインストール済みの汎用的なソフトを使ってナビゲーション可能である。すなわち、たまにしか来ない場所での使用にも適している。加えて、サーバーを必要としないシステムのため、多くの人が同時にサービスを利用してもサーバーの負荷があがらないという利点もある。

6. まとめ

本研究では、クライアントが地図情報を持たず、かつ通信も必要としないナビゲーションシステムを提案した。本ナビゲーションシステムは従来の連続したナビゲーションシステムではなく、離散的なナビゲーションシステムである。離散的である代わりに、現在地の測位誤差が全くないシステムになっている。測位誤差が無いため、従来測位が難しかった屋内でのナビゲーションに適していると思われる。

本システムの実現の一形態として、タグとして2次元バーコード（以下、バーコード）を使用し、ナビゲーション装置としてカメラつき携帯電話を使用することができる。このような実現形態が可能なので以下のような利点を持っている。(1) 目的地に貼るバーコードは紙製なため安価に実現可能である、(2) ナビゲーション端末として現在ほとんどの人が持っているカメラつき携帯電話を利用することができるため特別なハードウェアを用意する必要がない、(3)ナビゲーションソフトは地図情報を持たないため、汎用的であり、ソフトの容量も非常に小さく、携帯電話にインストールすることもできる。

[1] 五百蔵重典: ナビゲーションシステム. 特願 2009-281662 (2009)

[2] 小林誠, 五百蔵重典: 通信も地図情報も不要なナビゲーションシステムの図書館

検索システムへの適用. 第 10 回情報科学技術フォーラム(FIT2011). 情報処理学会. (2011) to appear

- [3] 片山友幸: GPS リピータシステムによる地下街測位と経路案内の実験(<小特集> ユビキタス時代の屋内位置検知技術). 電子情報通信学会誌 vol. 92, No.4 pp276-280 (2009)
- [4] 暦本純一, 塩野崎敦, 末吉 隆彦: PlaceEngine--実世界集合知に基づく WiFi 位置情報基盤. インタ-ネットコンファレンス論文集. pp. 95-104. (2006)
- [5] モバイル学生証(神奈川工科大学). <http://www.kait.jp/kaitwalker/news.html>. (2005)
- [6] 小田急安心グーパス. <http://goopas.jp/> (2001)
- [7] P. Bahl and V.N. Padmanabhan: "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System". Proceedings of Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFCOM 2000) Vol.2 pp.775-784 (2000)
- [8] 水垣健一: UWB-IR 無線方式による屋内位置検知. 電子情報通信学会誌 vol. 92, No.4 pp256-261 (2009)