

## 通信も地図情報も不要なナビゲーションシステムの

## 蔵書検索システムへの適用

Improvement of Navigation System  
without Telecommunication Equipment or Map Information to Search Book小林 誠†  
Makoto Kobayashi五百蔵 重典†  
Shigenori Ioroi

## 1. まえがき

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<sup>[1],[2]</sup>。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、処理能力の低い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のため、低コストで導入できるという利点がある。本ナビゲーションシステムを、図書館の蔵書検索やスーパーの商品案内などに適用を試みたところ、カメラつき携帯電話で読み込める上限を超える2次元バーコードを必要とすることが分かった。従来手法でも階層の段数を増やすことで対応可能であるが、ナビゲーションの案内が不適切になるという問題が発生する。そこで、本研究では、上位階層間での移動情報を付加した形でのデータ形式を提案する。そして本方式を実装し、本学の図書館を適用例として評価する。

## 2. 関連技術

## 2.1 QRコード

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たため、このように命名された。2次元バーコードは従来のバーコードとは違い、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、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2.1に示す。

表 2.1 QRコードの収納可能文字数

扱う情報	収納可能な容量
数字のみ	最大7089文字
英数	最大4296文字
バイナリ(8ビット)	最大2953バイト
漢字・全角カナ	最大1817文字

## 2.2 通信も地図情報も不要なナビゲーションシス

## テム

本ナビゲーションシステム<sup>[1],[2]</sup>を実現する一形態として、最も一般的な実現方法である2次元バーコードを使用した方式がある。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、2次元バーコードを使った方式に限るものではない。

本ナビゲーションシステムは、目的地になりえる箇所に2次元バーコードを配置する。そして予め入力された目的地情報と、バーコードから読み込んだ情報を使ってナビゲーションを行う。そのためクライアントとして必要な機器はバーコードを読み取る機器だけである。

携帯電話で使われているナビゲーションシステムは、GPSを用いて現在地を取得し、その後サーバーと通信を行う。本ナビゲーションシステムは通信を必要としないという利点がある。そのため建物内などの通信を行うことが困難な場所の案内でも適用可能である。そしてバーコードを翳して読み取るという動作が必要な反面、測位誤差は全く生じないという利点がある。

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、カーナビゲーション端末のように端末自身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できる安価な端末で実現可能である。

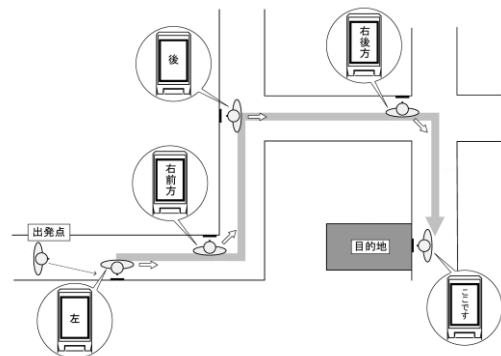


図 2.1 本ナビゲーションのイメージ図

## 2.2.1 目的地到達までの流れ

バーコードは目的地となりえる箇所すべてに配置される。バーコードには他のバーコードがある位置への移動方向、および他のバーコードと区別するために割り振られた番地の情報が記述されている。このバーコードを読み込み、案内に従い移動すれば目的地まで辿り着くことができる(参照: 図 2.1)。

案内を開始するためには、まず目的地の情報を取得する必要がある。これは案内板などから取得する。目的地

が設定されたら、次は現在地の情報を取得する。この二つの情報を比較し、現在いる場所が目的地かどうかの判定を行う。目的地ならば案内は終了する。目的地の場所でないならば、現在地のQRコードに書かれた目的地への移動方向を参照し、目的地への方向を取得する。

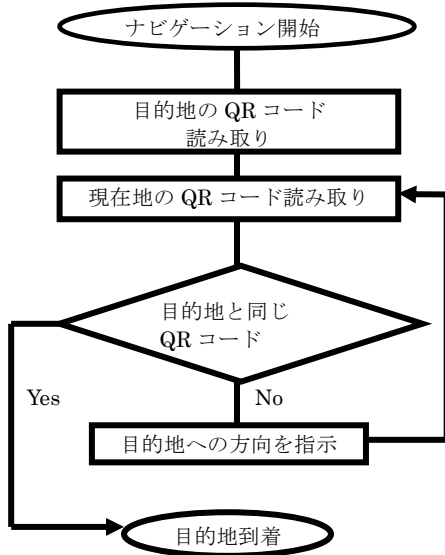


図 2.2 目的地到達までのフローチャート

### 2.2.2 階層構造の設定

本ナビゲーションシステムは位置の指定方法として、目的となりえる場所である各部屋および施設に番地を割り当てる。この時に番地が割り当てられる場所を“目的地候補地”と呼ぶ。番地はそれぞれの階層を木構造のノードとして、番号を割り振る。一般的な番地割り当ての例としては、建物、階、部屋および設備を順に子ノードとして、番地を割り当てる。

木構造において自身よりも上位のノードを“上位レベル”，下位のノードを“下位レベル”，同じ親ランクを持つ子ランク同士を“同レベル”と呼ぶ。

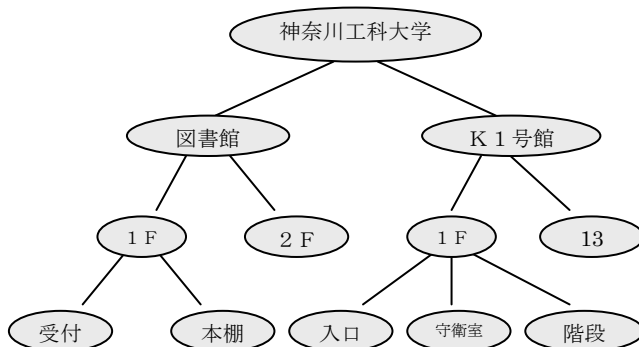


図 2.3 木構造で番地を割り振る例

図 2.3 を用いてノードの関係を具体的に述べると、図書館の“1F”から見た“上位レベル”は“図書館”と“神奈川工科大学”となる。そして“同レベル”は“2F”などの図書館の階層の情報である。さらに“下位レベル”

は“受付”などの設備や部屋である。

現在地や目的地は、この階層構造に付番して表現する。例えば、「神奈川工科大学 K1 号館 8 階 田中研究室」がそれぞれ 1, 1, 8, 3 と付番されているとすると、該当箇所は「1183」というコードで表現される。

### 2.2.3 QRコードに書かれている内容

QRコードに記述される情報は、階層情報をもとに作られる。QRコードのデータ構造は以下のように“:”で三つに区切られている。前半部を階層情報、中心部を進行方向情報、後半部を階層移動情報と呼ぶ。それぞれ図 2.4 に示す。



図 2.4 バーコード内のデータ構造の例

#### (1) 階層情報

バーコードが貼付される箇所の上位レベルまでの情報が記述される。情報は階層がより上位のものから順に記述する。

図 2.4 の例では、「118」と記載されている。これは現在のフロアである「神奈川工科大学 K1 号館 8 階」を現している。

#### (2) 進行方向情報

バーコードが貼付される箇所の同レベルに存在する目的地それぞれに辿り着くための経路が記述される。情報は、振り分けられた番地の番号が小さい進行方向情報から記述する。

進行方向情報および後述する階層移動情報は、移動方向を現す。移動方向を表す記号として、L, R, B, l, r, D および U がある。これは、それぞれ「左」、「右」、「後ろ」、「斜め左」、「斜め右」、「下」および「上」方向への移動を指示するものである。また T は、現在地を表し、ナビゲーションの際は「ここです」と表示する。

#### (3) 階層移動情報

目的地の存在する場所が上位レベルの段階で違っていた場合、別の階層に移動するための情報が記述される。具体例を述べると、ある階から別の階に移動するときである。このとき、階段またはエレベータなどの階を移動するための場所に移動する必要がある。そこへの案内を示す。

階層移動情報は、階層情報と同じく階層が上位のものへの移動方向から記述する。具体例を述べると、現在地がある建物の 1 階で、目的地が同じ建物の別の階のときは階段などへ案内し、目的地が別の建物のときには出口に案内しないとイケない。

### 2.2.4 案内方向の決定方法

目的地と現在地は 2.2.2 節で述べたコード化がなされている。このコード化された目的地と現在地を見比べることで目的地への案内を取得することが可能である。案内方向が決定するまでの一連の流れを図 2.5 に示す。

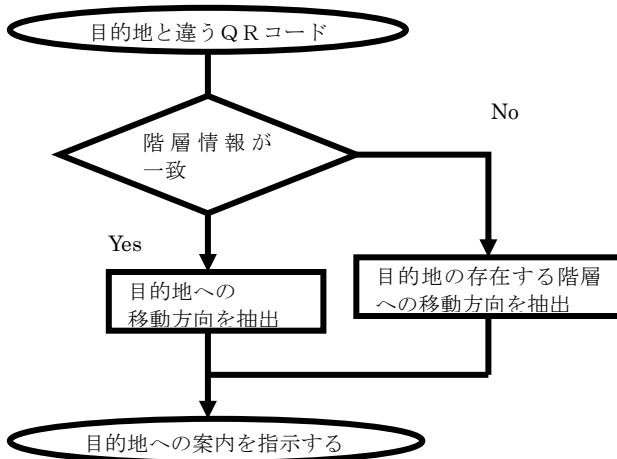


図 2.5 案内方向決定までのフローチャート

### 3. 問題点

本研究で今まで対象としてきた建物の部屋案内のように、一つの階層に枝が多くない場合（約 200 以外）、実用に供することが分かっている<sup>[2]</sup>。本システムは、図書館の蔵書検索や、スーパーなどの商品案内にも適用可能である。しかし、これらの適用例では、案内地点が多いため、携帯電話上で動作できないという問題がある。

#### 3.1 QR コードに書き込める情報量の限界

本研究では、本システムの一実装形態としてカメラつき携帯電話を使った方法を採用している。QR コードに書き込める情報量は、英数字の場合 4,296 文字であるが、携帯電話読み込むことができる文字数は、特別な機種でない限り 271 文字という制約がある。

蔵書検索に必要な QR コードの情報量を、神奈川工科大学付属図書館を例に考える。この図書館で最も本棚が多い 2 階がもっとも QR コードの情報量が多くなる。案内に必要な番地の情報は、建物、階、本棚、および棚の段である。通常の建物内の案内とは違い、図書館には部屋という概念がない。それぞれのレベルの中で最も多くなる情報は本棚間の案内である。神奈川工科大学の 2 階にある本棚の数はおよそ 400 本である。すなわち同レベル移動の情報量が 400 文字以上必要になり、この部分の移動情報だけで携帯電話で読み込むことができる文字の限界を超えてしまうという問題が生じる。

#### 3.2 従来システムで情報量を減らす場合

上記のような状況を現在のシステムで情報量を減らしたいとき、減らしたいフロアに擬似的な部屋で分割する方法が考えられる。各部屋を用意することで、一つのフロアに存在する目的地の数を少なくすることで QR コードに書き込む情報を減らす方法である。

本ナビゲーションシステムは、別のレベルに移動するとき、すなわち階または建物を移動するときには、階段または出入口を通らなくてはならないという点に着目

して、QR コードに格納している情報量を減らしている。そのため、フロアの分割の方法には注意が必要である。

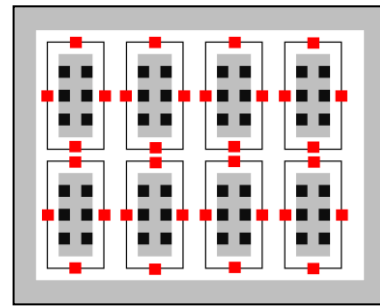


図 3.1 フロアの分割例

図 3.1 はフロアの分割の一例を示すために、図書館を上から見た図である。白い箇所は道であり、グレーで島になっているのは背中合わせに配置された書架である。黒い箇所は目的地候補地であり、赤い箇所は階層を変えるための場所、すなわち通常の場合の階段にあたる場所である。フロア分割された他の目的地へ移動する場合は、赤い箇所を経由する必要がある。他の階層へ移動できるように、四方に赤い箇所が用意されている。この方法で分割すると、適切に移動箇所を示せない。なぜならば、赤い箇所を扉に見立てて、部屋を出たとする。この後、部屋の外周の道を辿って、別の部屋に移動しなくてはならない。しかし部屋の外周の道に該当する箇所はなく、必要な案内情報のバーコードを貼る場所はない。（もし貼るとしたら、床や天井に貼るという不自然な場所に貼らなくてはならない。）

そのため、案内可能な分割をするためには、疑似的に分けた部屋すべてに行くことができる経路地点を用意する必要がある。この地図の例では、横方向の中央の道を各部屋に行くための道とし、それに 6 個の部屋が隣接するような分割とする。

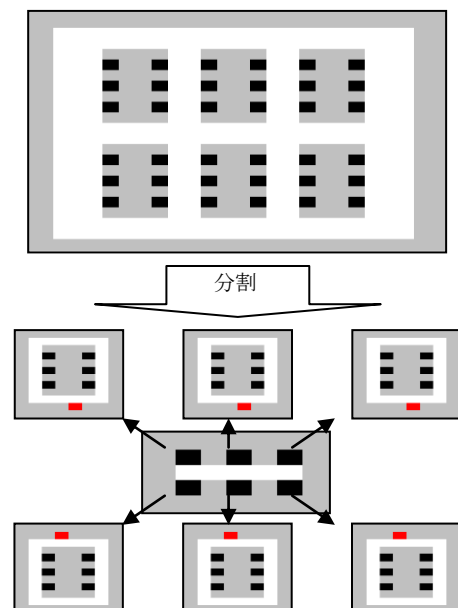


図 3.2 擬似的な階層分けの例

しかしこの分割方法でも、案内が遠回りで不自然になってしまう場合が存在する。図 3.3 は、本来ならば真後ろに案内するのが適切な案内である。しかし二つの地点は同一階層にないため、まず階層を移動しなければならない。すなわち赤い箇所立ち寄りなくてはならない。赤い箇所に着くと、横方向中央の道を右に移動することで階層を移動できる。その後、目的の箇所に移動することが可能になる。このように異なる階層間の移動で、不必要な移動を伴う案内をしてしまう問題がある。

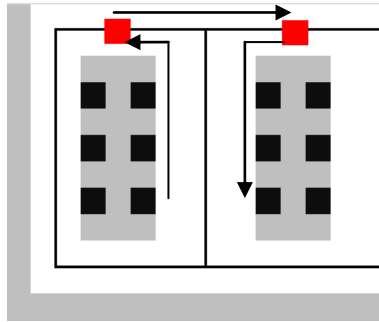


図 3.3 擬似的に階層を分けた場合の不適切な案内の例

## 4. 解決案

階層を設ける方法では、QR コードに格納する情報量（以下、情報量）を減らすことができるが、案内が不適切になる場合がある。そのため情報量を減らしつつ案内を的確にする必要がある。そこで、同じ経路を辿られやすい目的地候補が固まっている箇所をまとめて案内できるようにし、フロア内移動の情報を分けることで情報量の削減を図る。以降「目的地候補が固まっている箇所」を「ブロック」と呼ぶ。また、ブロック間の移動の情報を付加することで、不適切な案内を減らす。

この解決法は、階層を1段階増やし、一番詳細な部分の階層間の移動情報を付加しているとみなすこともできる。

### 4.1 ブロック分け

ブロック分けは3章で述べた方法と同様に、一つの階層を複数に区分けする。しかし区切られたマップを別の階層としては扱わず、一つの階層として扱う点が従来とは異なる。一つの階層として扱うことで、3章で述べたように経由地点（赤い箇所）を作る必要がなく、自然な目的地案内が可能となる。

ブロックに分けた際、フロア案内情報は案内を作成する地点を含むブロックの範囲内にある目的地候補を含める。別ブロックにある目的地候補への案内のために、ブロックへの移動方向を情報として付加する。

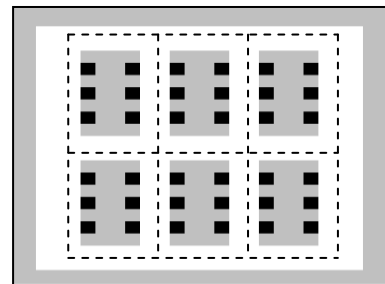
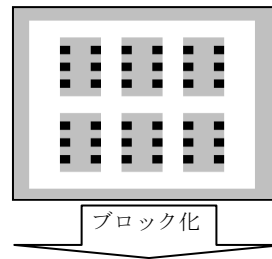


図 4.1 ブロック分けを行う場合の例

案内情報には、自身と同じ破線内にある目的地候補への案内のみ保持する。他の目的地候補への移動方向はブロックへの案内としてまとめて案内される。

従来の案内とブロック分けを使った案内の違いを述べる。図 4.2 の左側は、ブロック 1 にある地点からブロック 2 への移動方向を示す図である。それぞれの目的地への案内が全て必要になることがわかる。図 4.2 の右側は、ブロックを使った案内である。ブロック 2 にある目的地は全て、ブロック 2 への移動という案内に集約できるため、QR コードに書かれる案内情報を削減することができる。

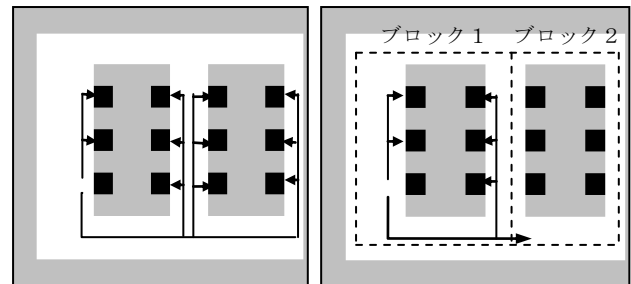


図 4.2 従来の案内情報(左側)とブロック分けした場合の案内情報(右側)

### 4.2 従来システムからの変更点

#### 4.2.1 QR コードに書き込まれる内容の変更点

ブロック分けすることによってブロック間を移動するための情報を追加する必要がある。つまり、目的地が存在するブロックの番地番号と、他のブロックへの移動方向である。

このブロック間の移動方向は従来までのQRコードに書かれる内容の末尾に付け加えることとする。移動方向の取得は従来までの方法と同じで、取得したいブロックに含まれる現在地から最も近い目的地候補への経路案内

が記述される。記述されるときに他の階層移動情報との区別を付けるため、区切り文字を置く。それに加え、自身がどのブロックに属するかを階層情報部分末尾に書き加える。

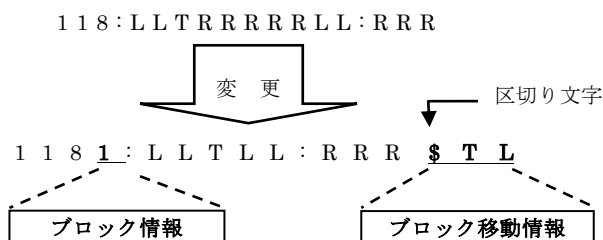


図 4.3 書き込まれる情報の変更点の例

#### 4.2.2 ブロック内方向の決定の際の変更点

従来のナビゲーション方法では目的地と現在地の情報を比べ、階層が異なる箇所では、階層移動のためのナビゲーションを決定する。しかしブロックという概念を導入したため、ブロック情報と他のブロック移動情報が案内情報に追加されている。そのためナビゲーション部分も、ブロック情報が異なった場合に対応した機能を追加する必要がある。

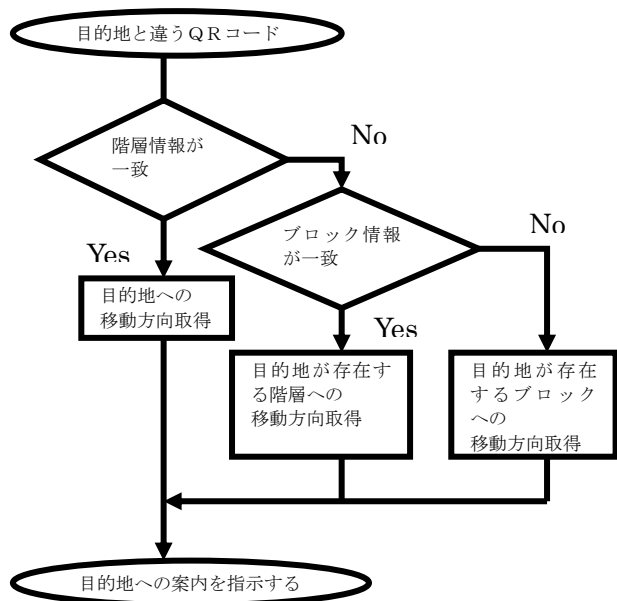


図 4.4 変更された案内方向決定までのフローチャート

### 4.3 ブロック分けによる影響

#### 4.3.1 最短経路で案内できない場合

他のブロックにある目的地への移動の際、疑似階層を作ったときに起こるような最短経路を通る案内にならない場合が存在する。これは目的地の存在するブロックへの最短経路と、目的地への最短経路が異なる場合に起こる。最短経路の案内にならないだけで、目的地へ辿り着

くことは可能である。

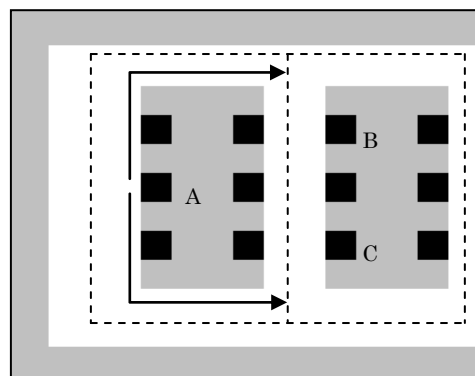


図 4.5 最短経路で案内できない場合が存在する移動例

図4.5はブロック1の地点Aからブロック2への移動を示す図である。図4.5の場合は地点Aからブロック2への移動は上下どちらに進んでも距離は等しいが、案内情報として記述される内容は上方向または下方向の案内のどちらか一つである。そして、ブロックへ移動するための最短経路を格納する。もし上方向への案内が記載されていた場合、地点Aから地点Cへの移動は遠回りになってしまう。また下方向への案内が記載されていた場合、地点Aから地点Bへの案内は遠回りになってしまう。ブロックまでの最短距離を示すことにより、全体としての最短経路を示すことができない場合が、ブロック化により生じてしまうことが分かった。しかし、移動距離がやや伸びるだけで、致命的な問題にはなっていないと推測している。

#### 4.3.2 適切なブロック化

前項で、ブロック化により、最短経路を示すことができない場合があることが分かった。しかし、これはブロック化を工夫することで、ある程度防げる。図4.5で、移動方向は上または下である。つまり、上に行かなくてはいけないところを下に行ってしまう、または、下に行かなくてはいけないところを上に行ってしまう間違いが生じるということである。この間違いを少なくするためには、図4.6の右側に示すように、ブロック分けすればよい。

図4.6で、△で示される現在地と目的地を考える。図4.6の左側では、目的地の△は別ブロックであるため、最短でブロックに移動できる箇所を案内する。それは下側を通る経路である。一方、図4.6の右側では、同一ブロックに属しているため、最短経路を案内することができる。同様に図4.6で、◇で表される現在地と目的地を考える。先ほどと同様に、図4.6の左側では、ブロックに到達するまでの最短経路を示してしまうため、結果的に遠回りの案内をしてしまう。また図4.6の右側では、最短経路を案内可能である。

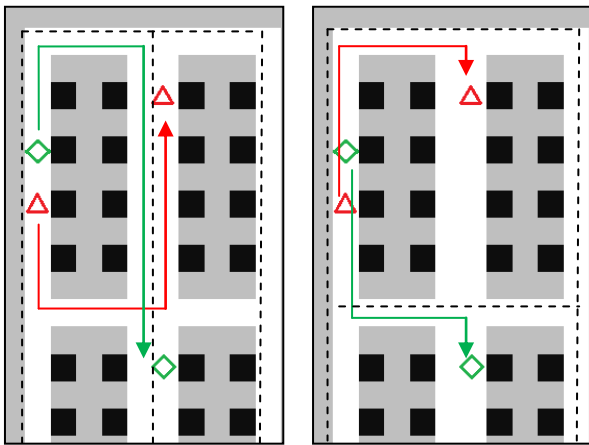


図 4.6 不適切なブロック化の例(左側)と適切なブロック化の例(右側)

## 5 実験

ブロック分けによって削減できる情報量を調べるため、従来システムとブロック分けの案内情報と最短経路で案内できる場合の情報量を比較する。

まず、ブロック分けを行った場合と行わなかった場合の情報量の比較の実験を行う。続いてブロック分けを行った際に生じる“最短経路で案内できない場合”がどういった時に起こるのかを調べるための実験を行う。

### 5.1 実際に使用したマップ

実験で使うマップは神奈川県立大学附属図書館を共通して使用する。作成するマップの条件を以下に示す。

- (1) 目的地候補は本棚、階段、エレベータ、トイレである。
- (2) 机などは目的地候補に含めない。

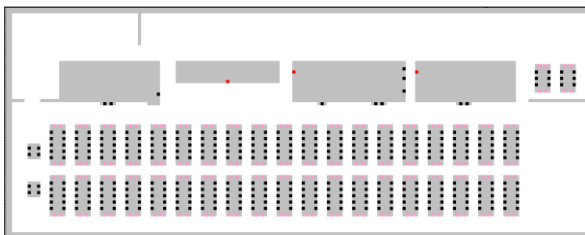


図 5.1 神奈川県立大学附属図書館 2 階のマップ

図 5.1 の黒い箇所と赤い箇所が目的地として設定された場所である。黒と赤の違いは赤い箇所は階段やエレベータなどの階層を変えるための場所であり、黒は目的地である。灰色の箇所は物や壁などで進入できない場所である。ピンクの箇所は案内板のように利用できる 2 次元バーコードである。すなわち、ほかの目的地と同様に機能するが、その箇所が目的地となりえない 2 次元バーコードである。

神奈川県立大学附属図書館の本棚は 5 本を 1 列にならべている。段数は 7 段であり、バーコードは各段に貼られている。

### 5.2 情報量の比較

案内情報(2次元バーコード)は、従来方法とブロック分けによる方法の 2 種類を作成する。ブロック分けは複数のパターンを用意し、それぞれの情報量を比較する。比較対象は階段やエレベータ以外の目的地の中で一番情報量の多い箇所である。案内情報の作成方法を以下に示す。

- (1) 従来方法で作成した案内情報
- (2) ブロック小 (ブロック数 48)
- (3) ブロック大 (ブロック数 29)

作成した案内情報の情報量は表 5.1 のとおりである。

表 5.1 情報量の比較

	合計文字数
従来方法	422
ブロック小	68
ブロック大	59

### 5.3 最短経路で案内できない場合の比較

ブロック分けを行った際の問題点として前述した“最短経路で案内できない場合”がどのくらいの頻度で起こるのか調べるため、複数のパターンでブロック分けを行い、遠回りになってしまう案内の量を数え上げる。ブロック分けを行わなければこの問題は起こらないため、従来方法は比較対象に含まないこととする。

“最短経路で案内できない場合”が起こるのは他のブロックへの移動の際に複数の経路がある場合である。試すパターンは経路の種類が多いものと少ないものを比較する。

また他のブロックへの移動の際に起こる問題なので、ブロックの数を減らす(ブロックを大きくする)ことで変化が出てくるかどうかの実験も同時に行う。ブロックの大きさを変化させる際、経路の数は変わらないようにする。また、疑似階層化を施した場合のパターンも比較するが、作った中で最も“最短経路で案内できない場合”が少なくなったパターンのみ比較を行う。

ブロック分けのパターンを以下に示す。

- (1) ブロック小, 経路少 (ブロック数 48)
- (2) ブロック小, 経路多 (ブロック数 48)
- (3) ブロック大, 経路少 (ブロック数 29)
- (4) ブロック大, 経路多 (ブロック数 29)
- (5) 疑似階層化

作成した案内情報の最短経路で案内できない場合の数は表 5.2 のとおりである。

表 5.2 最短経路で案内できない場合の数

	経路	最短経路でない案内の個数
ブロック小	少	72
	多	259
ブロック大	少	68
	多	252
擬似階層化		136

擬似的に階層を作った場合よりも、最短経路で無い案内の数は増大するが、他のブロックへ移動する経路が少なくなるようにブロック分けを行えば“最短経路で案内できない場合”を減らすことが可能になるという結果になった。ブロックの大きさを変えるより、他のブロックへの移動経路の数の方が大きく影響すると思われる。

ブロックを大きくすることで最短経路を示す場合が多くなった理由として、現在地と同じブロックにある目的地が増えるため、その分正確な案内ができるようになるためだと思われる。ブロックを大きくした際、“最短経路で案内できない場合”が少ししか減少しないのはこのためである。

経路の減少によって“最短経路で案内できない場合”が大幅に減少した要因として考えられるのは、ただ単純に他のブロックへ行く際の選択肢が減ったので、間違える可能性が減少したからだと思われる。

この実験により、経路が多くならないようにブロックを作ることによって擬似的に階層を作った場合よりも的確な案内が可能となることが実証された。

## 6. 考察

ブロック分けにより情報量を減少させることができる。表 5.1 に示すように、実験の結果から、ブロック分けの大きさで、減少させられる情報量の差はあるが、ブロック分けをするかしないかの方が影響が大きいことが分かった。そのため、ブロックの大きさに拘る必要性はそれほど大きく無いことが分かった。一方、表 5.2 に示すように、大きいブロックを作ると、適切な案内ができる傾向にあることも分かった。

表 6.1 従来方式とブロック分け方式の比較

		情報量	的確な案内
従来方式	変更なし	×	◎
	擬似階層化	○	×
ブロック大	経路少	○	○
	経路多	○	△
ブロック小	経路少	△	○
	経路多	△	△

ブロック分けによる情報量の削減に成功し、ブロックの分け方次第ではあるが今までと遜色ない案内が可能となった。今後の課題として、図書館で実際に利用するために必要な機能の開発である。すなわち図書館に設置してあるパソコンで蔵書検索を行った段階で案内情報を表

示させ、そこから案内をスタートさせるようにするなどの機能を使えるようにすることである。

## 7 むすび

本研究は、我々が開発した通信も地図も不要なナビゲーションシステムを、QR コードおよびカメラ付き携帯電話を用いて実装し、図書館の蔵書検索へ適用した際の問題点とその解決策について述べた。具体例として図書館の蔵書検索を例に挙げたが、スーパーおよびホームセンターのような平面的に広い売り場に配置された商品の案内システムとしても適用可能であると思われる。

具体的には、図書館のように広いフロアを持つ場合、携帯電話で読み込み可能な QR コードの情報量を超過してしまう問題点が発生していますが、これを“ブロック化”という概念を導入することで解決した。また“ブロック化”による解決策は、最短経路の案内を示せない場合がどの程度あるかを示した。そして、さらに最短経路の案内ではなくなるが、実用上問題にならない程度の最短経路でない案内であることを示した。

“ブロック化”を行わない場合、案内情報は携帯電話が読み込める文字数の限界を超えているが、ブロック分けを行った場合の案内情報はこの文字数を超えない。図書館の蔵書案内のように、有用な適用例が、携帯電話で実現可能であることを示せたのは有用である。

本研究により、情報量が多い場所でも QR コードを用いたナビゲーションシステムを活用することができるようになった。今後は目的地の入力方法を工夫するなどして、実際の図書館で採用されることが目標である。

- [1] 五百蔵重典: ナビゲーションシステム. 特願 2009-281662 (2009)
- [2] 五百蔵重典: 通信および地図情報が不要なナビゲーションシステム. 情報処理学会. 「マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム」 DICOMO2011.6C4, pp.1084-1090. (2011).