G-03

迷いやすい人の特徴を考慮した屋内ナビゲーションシステムの開発

Development of Indoor Navigation System in Consideration of the Features of Those who Stray Easily

奥村　賢悟 †　　吉野　孝 ‡
Kengo Okumura　Takashi Yoshino

1.　はじめに

近年，スマートフォンの利用者が増加している．その中でも位置情報を利用したサービスが多く使われており，2011 年度の調査では利用率が 52.5 %にのぼっている [1]．サービスの利用用途として，周辺の地図情報を調べる，あるいは目的地までのナビゲーションを行うものが上位を占めている [1]．

建物の高層化や建て増しにより，建物の構造が複雑になっている．それに伴い携帯端末を利用した屋内ナビゲーションの需要が高まり，それに関する研究が活発に行われている．しかし，屋内ナビゲーションの既存研究の多くは利用対象者が絞られていない．つまり，道に迷いやすい人がナビゲーションを利用することが多いにも関わらず，道に迷いやすい人についての考慮がなされていない．このため本研究では，迷いやすい人の特徴を考慮した屋内ナビゲーションシステム DoCoKa を構築した．

2.　屋内ナビゲーションの問題点

現在ナビゲーションには，位置情報として GPS 情報が多く用いられている．しかし屋内では GPS 情報を受信することが困難である．また GPS 情報では 10〜15m の誤差が生じるため，部屋と部屋が隣接した場所を案内する必要がある屋内ナビゲーションにおいて，GPS 情報を使用することは困難である．この他にも現在位置の推定に RFID や無線 LAN などの電波強度を利用した研究がなされているが，専用のデバイスが必要であったり，精度が不十分であったり，導入にコストがかかってしまうといった問題点が存在している [2, 3]．

3.　道に迷いやすい人の特徴

人は道に迷う際にヒューマンエラーを起こしており，これらに関して多く研究が行われている．その中でも道に迷う人の特徴として以下の特徴があげられている [4]．

(1) マップの利用が苦手

(2) 方位の意識が不十分

(3) 目印の記憶が曖昧

(1) のマップの利用が苦手と (2) の方位の意識が不十分であることの具体例としては，目的地と現在地の位置関係が分からず，迷った際にどちらに進めば良いか分からなくなり，経路におけるプランニングができていないことがあげられている．(3) の目印の記憶が曖昧であることの具体例としては，目印となる物を覚えておらず，曲がる場所を間違ってしまったり，見落としてしまうことがあげられている．

† 和歌山大学大学院システム工学研究科，Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University
‡ 和歌山大学システム工学部，Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

4.　屋内ナビゲーションシステム DoCoKa

本章では，屋内ナビゲーションシステム DoCoKa について述べる．DoCoKa では屋内ナビゲーションを行う端末として Android OS を搭載したスマートフォン SH-13C を利用する．位置情報の推定には，QR コードによる情報とスマートフォンに搭載されている各種センサを利用する．QR コードにはマップの座標とノードの番号を格納する．また格納されているデータの場所に QR コードを配置しておく．

4.1　DoCoKa の概要

DoCoKa の概要を図 1 に示す．図 1-(1) で，QR コードを読み取る．QR コードを読み込むことで，自分の現在地を取得することができる．次に図 1-(2) で，目的地の設定を行う．目的地をリストの中から選択することで，目的地が設定される．図 1-(1) の QR コードによる初期位置の取得と図 1-(2) の目的地の設定が行われることで，図 1-(3) のナビゲーションが開始される．図 1-(3) のナビゲーションでは，位置を推定しながらナビゲーションの情報が提示がされる．位置の推定方法とナビゲーションの方法については後述する．

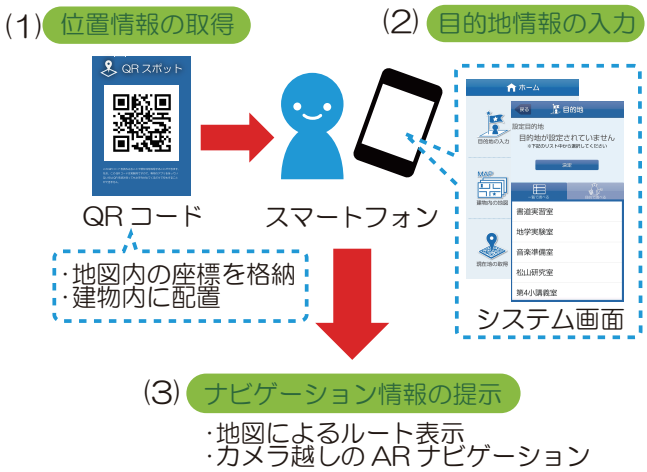

図 1: DoCoKa 概要

4.2　位置の推定方法

QR コードによる初期位置の取得後，方位センサと加速度センサを利用し，歩数によりユーザがどの方向にどれだけ進んだのかを記録する．歩数の取得には端末で取得した加速度の値をワールド座標系に変換し，高さの変化の値をみることで歩数をカウントするアルゴリズムと，端末付属の歩数計アプリケーションをそれぞれ利用している．歩幅は男性の平均身長，女性の平均身長からそれぞれ算出している．

4.3　ナビゲーションの方法

図 2 に，ナビゲーション画面を示す．ナビゲーション画面ではカメラ越しの映像に擬似 AR でナビゲーションの指示が表

表 1: 移動平均時間

経路 1		目的地 1	目的地 2	目的地 3	目的地 4	目的地 5
紙地図利用	移動時間	108 秒	132 秒	119 秒	105 秒	121 秒
	標準偏差	35.8 秒	13.1 秒	15.9 秒	12.3 秒	10.4 秒
システム利用	移動時間	152 秒	199 秒	169 秒	145 秒	178 秒
	標準偏差	43.6 秒	54.9 秒	18.7 秒	14.4 秒	24.4 秒
端末利用考慮時間		130〜135 秒	146〜165 秒	131〜149 秒	116〜131 秒	134〜151 秒
端末利用考慮時間とシステム利用の関係		×	×	×	×	×

経路 2		目的地 1	目的地 2	目的地 3	目的地 4	目的地 5
紙地図利用	移動時間	114 秒	118 秒	89 秒	105 秒	108 秒
	標準偏差	15.7 秒	43.0 秒	19.4 秒	8.8 秒	21.7 秒
システム利用	移動時間	146 秒	168 秒	102 秒	135 秒	125 秒
	標準偏差	37.2 秒	16.5 秒	10.3 秒	2.1 秒	8.7 秒
端末利用考慮時間		126〜142 秒	131〜147 秒	99〜111 秒	116〜131 秒	130〜135 秒
端末利用考慮時間とシステム利用の関係		△	×	○	△	○

※端末利用考慮時間とは，紙地図利用時にシステム利用の場合と同じ 1 割〜2 割減少した速度で歩いたと仮定した時にかかる時間である．

図 2: ナビゲーション画面

示される．長谷川ら [5] が提案している，“ WYSIWYAS(What You See Is What You Are Suggested) ”という直感的なナビゲーションを参考にした．図 2 のように，ユーザがたどるべき道のりの方向の矢印が表示される．この他にも画面上部に，取るべき行動の指示が表示される．指示の内容としては，次のノードまでの歩数表示や曲がる方向，目的地到着などの事前通知が表示される．ここでのノードとは，建物内での分岐点やフロア移動を行う場所，部屋の入口が密集している場所のことを示している．また，ナビゲーション画面中では QR コードの自動読み取りが行われており，画面遷移を行わず QR コードの読み取りが行えるようになっている．

5. 実験

本章では，事前調査と比較実験について述べる．事前調査では空間認知能力の測定を，比較実験では紙地図利用とシステム利用の比較実験を行った．

5.1 事前調査

事前調査として，屋内における空間認知能力について測定を行った．空間認知能力の測定には，方向感覚を測定する方向感覚質問紙簡易版（SDQ-S）[6] をもとに質問内容を屋内用に変更を加えた．合計得点が高いほど方向感覚が優れており，低いほど方向感覚が劣っているといえるが，厳密に何点以上が良いという基準は定まっていない．20 名の大学生に回答してもらった点数の分布を図 3 に示す．点数の平均は 60.3 点である．今回は 60 点以下の人を道に迷いやすい人と定義する．

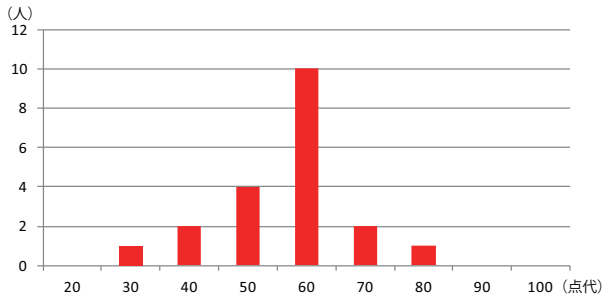

図 3: 屋内方向感覚得点分布図

5.2 比較実験

前節で述べた事前調査をふまえ，点数ごとの比較実験を行った．本実験では，紙地図を利用した場合とシステムを利用した場合の被験者の行動の違いを観察した．被験者は紙地図利用 10 名 (迷いやすい人 4 名)，システム利用 3 名（迷いやすい人 2 名）の計 13 人で行った．実験場所は和歌山大学教育学部本館棟，被験者には 2 種類の経路を移動してもらった．1 つの経路には目的地が 5 つ設定されており，目的地を順番に移動してもらう．また行動の様子をビデオカメラで記録し，実験後にアンケートを実施した．

6. 実験結果と考察

本章では，実験における時間比較，行動比較，アンケート結果についての結果と考察を述べる．

6.1 時間比較

表 1 に紙地図利用とシステム利用の移動にかかった時間を示す．計測した時間は，紙地図利用では動き始めてから目的地を到達するまでの時間，システム利用では初期位置を取得してから目的地を到達するまでの時間である．また，紙地図利用における経路 1 の目的地 3，目的地 4，目的地 5 の移動平均時間に関しては被験者 1 名が順番を間違ったため，9 名の平均としている．システム利用では，途中でシステムが止まって復旧するまでの時間は移動時間には含めないものとしている．表 1 より，すべての経路においてシステム利用が時間がかかる結果となった．なお，携帯端末の画面を見ながら移動を行うことで，

表 2: 迷いやすい人の移動平均時間

経路 1		目的地 1	目的地 2	目的地 3	目的地 4	目的地 5
紙地図利用	移動時間	99 秒	140 秒	131 秒	110 秒	123 秒
システム利用	移動時間	170 秒	225 秒	177 秒	143 秒	183 秒
端末利用考慮時間		110〜124 秒	156〜175 秒	145〜163 秒	122〜137 秒	136〜154 秒
端末利用考慮時間とシステム利用の関係		×	×	×	△	×
移動時間差（システム利用－紙地図利用)		+71 秒	+85 秒	+46 秒	+33 秒	+60 秒

経路 2		目的地 1	目的地 2	目的地 3	目的地 4	目的地 5
紙地図利用	移動時間	115 秒	149 秒	101 秒	110 秒	125 秒
システム利用	移動時間	124 秒	160 秒	101 秒	135 秒	127 秒
端末利用考慮時間		128〜144 秒	165〜186 秒	122〜126 秒	122〜137 秒	139〜156 秒
端末利用考慮時間とシステム利用の関係		○	○	○	○	○
移動時間差（システム利用－紙地図利用)		+9 秒	+11 秒	0 秒	+25 秒	+2 秒

※端末利用考慮時間とは，紙地図利用時にシステム利用の場合と同じ 1 割〜2 割減少した速度で歩いたと仮定した時にかかる時間である．

表 3: アンケート結果

	質問内容	評価		
(1)	システムは目的地に着くための手助けになった	4	5	5
(2)	移動中に自分がどのフロアにいるか不安になった	1	1	3
(3)	QR コードにより自分の位置が分かり安心につながった	4	4	5
(4)	自分がどちらに進めばいいかすぐに判断できた	3	4	3
(5)	QR の場所は適切だった	4	3	4
(6)	ナビゲーションの指示はわかりやすかった	4	4	4
(7)	地図がなくても指示や矢印に従えば, 目的地付近にたどり着くことができた	4	5	5
(8)	目的地付近にたどり着いた後に目的地を探すのは容易だった	3	4	1

※評価は 1: 強く同意しない，2: 同意しない，3: どちらともいえない，4: 同意する，5: 強く同意する

移動速度が落ちてしまうのは一般的な現象であり，携帯電話の利用中の歩行速度は一般の歩行速度に比べておよそ 1 〜2 割減少している [7]．表 1 に端末利用考慮時間，端末利用考慮時間とシステム利用の関係を示す．端末利用考慮時間とは，紙地図利用時にシステム利用の場合と同じ 1 割〜2 割減少した速度で歩いたと仮定した時にかかる時間を示している．また端末利用考慮時間とシステム利用の関係については，システム利用の移動時間が端末利用考慮時間内またはそれ以下である場合は○，端末利用考慮時間を超えて 10 秒以内の場合は△，それ以上の場合は×としている．速度が落ちたことを考慮したとしても，半数が時間がかかっている結果となった．

次に道に迷いやすい被験者（5.1 節で 60 点以下の被験者）の 6 人（紙地図利用 4 人，システム利用 2 人）における移動平均時間を表 2 に示す．表 2 より半分以上が端末利用考慮時間内またはそれ以下や，端末利用考慮時間に近い値になっていることがわかる．また，端末利用考慮時間を考慮しなくてもシステム利用が紙地図利用と同等の時間の場合も存在しているので，迷いやすい人にはシステムが有用である可能性が考えられる．さらに時間も紙地図を利用するよりも短縮できる可能性が考えられる．

6.2 行動比較

紙地図利用において，迷いやすい被験者は 1 度通った確実な道を通る傾向にあり，すべての移動において最短ルートではなかった．システム利用では被験者は常に画面の矢印に従おうとしており，歩数のカウントが正確にできていない場合は，そのまま目的地を通り過ぎてしまうなど，間違ってしまうことがあった．またシステムで方角が出るまでの時間差が生じてしまうことや，持ち方の変化や揺れにより，指示が先に出てしまうことが曲がり角付近で生じており，被験者に混乱をまねいていた．これらの表示のズレが生じることに関しては，システム上のマップマッチングによる座標推移が簡易的なアルゴリズムだったためだと考えられる．

6.3 アンケート結果

表 3 にシステム利用者のアンケート結果を示す．アンケートには 5 段階評価のリッカート尺度を利用している．表 3-(3) の「QR コードにより自分の位置が分かり安心につながった」表 3-(7) の「地図がなくても指示や矢印に従えば目的地付近にたどり着くことができる」という項目で高い評価を得ることができた. また自由記述の欄に「自分で地図を覚える必要がなく，自分で考えなくてもよい」といった回答が得られた．これより，本システムが迷いやすい人の特徴を考慮できているのではないかと考えられる．

7. おわりに

本稿では，迷いやすい人の特徴を考慮した屋内ナビゲーションシステム DoCoKa の開発を行った．道に迷いやすい人はシステムを利用することで移動時間を短縮できる可能性があることがわかった．また，アンケート結果から，本システムは迷いやすい人の特徴を考慮できていると考えられる．今後はシステムの表示速度とマップマッチングの精度の向上を図り，多くの被験者によるシステムの評価を行う．

参考文献

[1] インプレス R ＆ D インターネットメディア総合研究所：インターネット携帯白書 2011，インプレスジャパン, p.201 (2011).

[2] 小室信喜ほか：UHF 帯 RFID を用いる屋内位置推定における人体の影響を考慮したシミュレーション，電子情報通信学会技術研究報告，CAS, 回路とシステム, Vol.108, No.455, pp.95-100 (2009).

[3] 青山雅樹：介護施設における徘徊老人の位置情報追跡システムの研究，電子情報通信普及財団研究調査報告書，No.24, pp.575-587 (2009).

[4] 浅村亮彦：なぜ道にまようのか－空間認知におけるヒューマンエラー－，北海学園大学経営論集，Vol.3, pp.131-135 (2005).

[5] 間邉哲也，長谷川孝明：建物内における M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムの提案，電子情報通信学会技術研究報告，ITS, Vol.106, No.82, pp.47-51 (2006).

[6] 竹内謙彰：「方向感覚質問紙」作成の試み（1）－質問項目の収集及び因子分析結果の検討－，愛知教育大学研究報告，Vol.39, pp.127-140 (1990).

[7] 刈込渉ほか：歩行中における携帯電話の使用実態，日本大学理工学部学術講演会講演論文集，Vol.48, pp.364-365 (2004).