

論文

RFID タグによる位置特定と歩行者ナビゲーションシステムの開発

内田 敬[†] 大藤 武彦^{††} 菅 芳樹^{†††} 田名部 淳^{††††}
佐藤 光^{†††††}

RFID TAG-Based Locationing and Development of Algorithms for Pedestrian Navigation

Takasi UCHIDA , Takehiko DAITO , Yoshiki SUGA , Jun TANABE , and Kou SATO

あらまし 歩行者を対象としたナビゲーションシステムは、ITS の主要な開発分野の一つとして、現在様々な取組がなされている。歩行者ナビゲーションにおいては、利用者の位置、進行方向を正確に把握することが、カーナビと比較してより重要かつ困難であり、GPS や Bluetooth 電波タグなどを利用した位置特定技術の種々のプロトタイプシステムが提案されている。著者らは、密集都心部で屋内外を問わず高精度位置特定を行うために、高密度配置型の低出力 RFID タグと受信機からなるプロトタイプシステムを作製した。そして高精度位置特定を前提として、利用者の進行方向を特定し、利用者を目的地まで経路誘導するための歩行者ナビゲーションシステムを開発した。本論文では、RFID タグを用いた位置特定と、歩行者ナビゲーションシステムの誘導アルゴリズムについて提案を行う。更に、開発した位置特定・歩行者ナビゲーションシステムを用いて実証実験を行った結果として、本システムの有効性が確認されたことを示す。

キーワード ITS , RFID , 位置特定 , 歩行者ナビゲーション

1. まえがき

近年、ITS (Intelligent Transport Systems 高度道路交通システム) の主要な開発分野の一つである歩行者 ITS の本格的な実用化を目指して、官民の協力・連携のもとに研究開発 実験が全国で盛んに行われている。

ITS では車両を対象としたサービスが先行しているが、歩行者 ITS では“歩行者などの支援 (Support for Pedestrians)”として、歩行者にも多様なサービスを提供することを目指している[1]~[3]。その一つとして、歩行者を対象としたナビゲーションシステムがある[4]~[8]。

平成 13 年には大阪市・梅田地下街において、「バリアフリー経路案内などの歩行者支援に関する ITS 実験」が行われている[9]。この実験では、PDA を所持した人が地下街の交差点などに設置してある電波タグ (Bluetooth を利用) により位置確認を行うことで、目的地まで行くことが可能であるか、情報提供の有効性、問題点、改善方向の検討が行われている。

一般に、利用者に適切な情報を提供するためには、利用者の所在位置や進行方向を正確に把握することが重要である。次のような位置特定技術を用いた種々のプロトタイプシステムが提案されている。

GPS (Global Positioning System)

衛星から受信した情報から位置を特定する技術。GPS による位置特定の精度は比較的高く、誤差は 30m 程度である。しかし GPS の電波は直進性が高いため、

† 大阪市立大学大学院工学研究科, 大阪市
Department of Civil Engineering, Osaka City University, Sugimoto
3-3-138, Sumiyoshi-ku, Osaka, 558-8585, Japan

†† 株式会社 交通システム研究所, 大阪市
Transportation System Studies Laboratory Co.,Ltd, Dai-1 Suehiro
Bldg., 1-20, Nishinakajima 7-chome, Yodogawa-ku, Osaka,
532-0011, Japan

††† 株式会社 空間システム, 大阪市
Space System Inc., Muses 1 Bldg., 1-1-11, Tsurigane-cho,
Chuo-ku, Osaka, 540-0035, Japan

†††† 株式会社 都市交通計画研究所, 大阪市
Institute of Urban Transport Planning Co.,Ltd., Muses 1 Bldg.,
1-1-11, Tsurigane-cho, Chuo-ku, Osaka, 540-0035, Japan

††††† パシフィックコンサルタンツ株式会社, 東京都
Pacific Consultants Co.,LTD., Shinjuku-Daiichiseimei Bldg., 2-7-1,
Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, 163-0730, Japan

建物の中やビルの谷間などでは精度が不十分になる．特に地下街では利用することができない．

スードライト (Pseudolites)

ビルの谷間など，GPS 衛星の電波を受信しにくい場所で GPS 測位を行うために，地上に GPS 衛星と同様の信号を出す機器を設置し，位置検出の精度を向上させる技術．

PHS (Personal Handy-phone System)，携帯電話

既設の基地局からの受信電波の強さから現在位置を特定する技術．位置特定の精度は比較的低い．なお，最近では GPS を搭載した携帯電話も増加しており，GPS 衛星と基地局から送信される両方の情報を利用して位置検出を行う技術も開発されている．

ブルートゥース (BlueTooth)

ブルートゥースは，パソコン，家電製品，携帯電話などを結ぶ 2.45GHz 帯の近距離電波であり，国際的な標準化が行われている．このブルートゥースの通信方式を使用するタグからの固有識別信号を受信して位置を特定する技術．

車のナビゲーションシステムでは，これら既存の位置特定技術における位置特定精度でも十分ではあるが，歩行者をナビゲーションすることを考えた場合には，更なる高精度の位置特定精度が必要である．特に，歩行者を地上やビル内，地下街などシームレスな環境で目的地までの経路をナビゲーションするためには，既存技術のみでは不十分である．実際，上で述べた梅田地下街 ITS 実験でも，「スタート時に位置特定するのに時間がかかる」，「電波の感度が不安定であり，位置特定が安定しない」などの問題点が指摘されている．そのため，本研究では高い位置特定精度を得るために，低出力の RFID タグを高密度配置することで，歩行者をナビゲーションするために必要な位置特定精度を確保することとした．

RFID タグは，主には物流で利用されており，商品管理や移動物の監視用などで実用化されている．しかし，RFID タグの活用領域は物流のみに限定されるものではなく，RFID タグを用いて歩行者の位置特定を行う手法も提案されている[10]～[12]．RFID タグで歩行者の位置を特定する方法としては，(a)歩行者が RFID タグを携帯する方式と，(b)地上部に RFID タグを設置する方式の 2 つの方法が考えられる．本システムでは，誘導や情報提供に通信インフラが不要であり，サービスエリアの拡大が容易である(b)方式を採用することとした．



図1 受信機，RFID タグ及び携帯端末 (PDA)

Fig.1 Receiver, RFID Tag and Mobile Terminal (PDA)

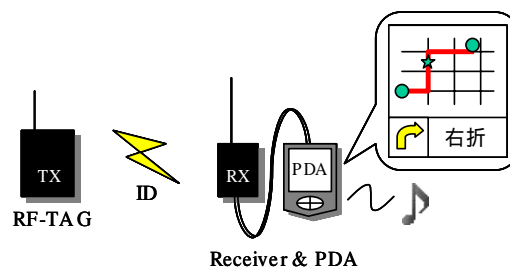


図2 ナビゲーションシステムの機器構成

Fig.2 Hardware of the Navigation System

本論文では高精度位置特定を前提とした誘導アルゴリズムを提案し，実環境での実証実験により，その有効性を示す．なお，実証実験では RFID タグを用いて位置特定を行っているが，誘導アルゴリズムは位置特定技術を限定するものではない．所要精度が確保できるエリアであれば，例えば GPS も有力な技術である．

以下，2.において，今回プロトタイプとして作成した歩行者ナビゲーションシステムの概要について述べる．3.において，RFID タグによる位置特定について述べ，4.において，歩行者ナビゲーションソフトウェアの処理概要について述べる．5.，6.では，経路誘導のアルゴリズムと，例外処理について提案し，7.において，そのシステムを用いて実環境で実証実験を行った結果について述べる．最後に，8.で，まとめと今後の課題について述べる．

2. 歩行者ナビゲーションシステムの概要

歩行者ナビゲーションシステムを開発するため，図1に示す受信機，RFID タグ，携帯端末(ソフトウェア)のプロトタイプを作製した．ナビゲーションシステムの機器構成を図2に示す．

Direction	Sound Pattern
Straight	· · · ·
Left	· · · · · · · ·
Right	· · · · · · · ·
Back	· · · · · · · ·
Goal	· · · · · · · ·
OB / Alert	· · · · · · · ·

· short sound - long sound

図3 音信号

Fig.3 Auditory Signals

RFID タグはアクティブタイプとし、固有の ID を 100ms おきに発信する仕様となっている。ただし、RFID タグを設置することによる電波障害が起きないように、携帯端末が近傍に存在するときのみ電波を発信する機能を備えている。なお、利用周波数帯は発信側が 315MHz、受信側が 438MHz であり、交信距離は約 20m である。

携帯端末は市販の PDA (Compaq 社製 , iPAQ H3870) と受信機 (RX) をシリアル接続して運用を行った。PDA の OS は Linux (Pocket PC2002 上からエミュレート) を用いた。

ソフトウェアは、1) 初期位置・進行方向の特定、2) 目的地選択、3) ナビゲーション、4) 目的地到着通知・目的施設情報表示の 4 つの機能により構成されている。

ナビゲーションは、画面情報 (地図、地図上に表示した出発地・目的地・現在位置・経路、進行方向を示す矢印及び文字) と図 3 に示す音信号 (短音と長音の組合せによって進行方向を提供) によって行う仕様となっている。なお、本システムではウインドウショッピングなど歩行者の「ながら歩行」の利便性を図って、音信号による誘導を基本としている。また、目的地に到着した際には、目的施設の情報とその方向が提供される。

3. RFID タグによる位置特定

本システムでは高い位置特定精度を得るため、RFID タグを地上部に高密度に設置する。なお、RFID タグの設置場所は、経路誘導の必要性から交差点や曲がり角、交差点間の距離が長い場合にはその中間点、階段、エスカレータ、目的施設周辺である。

利用者 (RX) が設置された RFID タグの近くを通ると RFID タグは自己 ID を送信する。送信された ID を受信機 (RX) で受信し、データベースを参照して現在の位置を特定する (図 4)。交信距離は 20m 程度であるから、

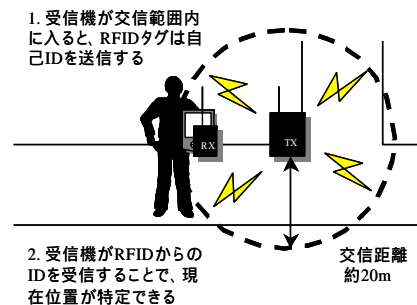


図4 RFID タグによる位置特定

Fig.4 Locating by RFID TAG

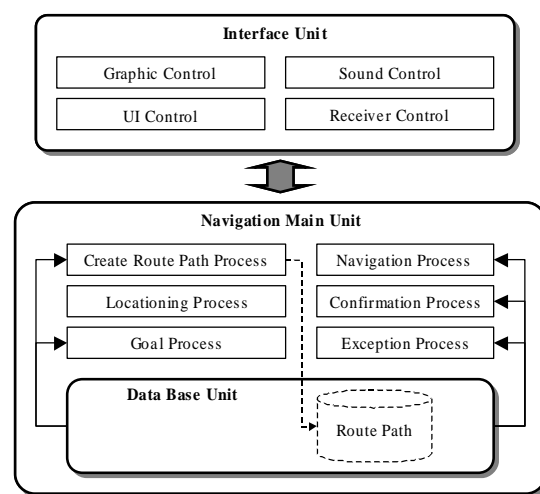


図5 ナビゲーションソフトウェアの処理構成

Fig.5 Configuration of Navigation Software Function

1 つの (最強の) RFID 信号を採用することで 20m 程度以下の誤差で位置を特定できる。現在の位置と進行方向から誘導方向を決定し、画面情報、音信号により歩行者のナビゲーションを行う。

4. ナビゲーションソフトウェアの概要

4.1 ナビゲーションソフトウェアの処理構成

ナビゲーションソフトウェアは、インターフェース部、ナビゲーションメイン部の 2 つのサブシステムから構成される (図 5)。

インターフェース部では、画面描画、音信号出力、受信機制御、目的地入力や目的施設情報表示などのユーザインターフェース制御の 4 つの制御処理を行う。

ナビゲーションメイン部では、誘導経路作成処理、位置特定処理、経路確認処理、経路誘導処理、目的地到着時処理、例外処理の 6 つの処理を行う。また、

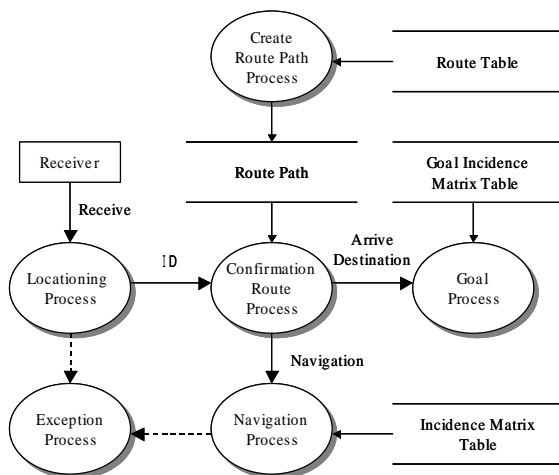


図6 データフローダイアグラム
Fig.6 Data Flow Diagram (DFD)

データベース部を含んでおり、データベースデータの読み・検索処理を行う。

まず、出発位置と目的位置が決定した段階で誘導経路列を作成する。そして逐次、受信機からの情報を基に位置特定処理では位置特定を行う。経路確認処理では目的地に到着しているか否かや、経路を逸脱していないかなど、現在位置の経路照合を行う。また、経路誘導列から次に進むべき経路を取得する。なお、目的地に到着している場合には、目的地到着処理が実行される。経路誘導処理で誘導の方向や、音信号データなどを作成し、インターフェース部はそのデータを基にして、画面描画、音信号出力などを行う。

4.2 データベースとソフトウェア処理の関係

本システムでは RFID タグをノードとするネットワークを想定し、(1)経路テーブル、(2)接続関係テーブル、(3)目的施設接続関係テーブルの3つのデータベースを用いてナビゲーションを行う。データベースとソフトウェア処理の関係を図6に示す。また、テーブル定義を表1に示す。なお、テーブルの各カラム(X0, X1, X2 など)については、5.で述べるものとする。

(1)経路テーブルには、すべてのパターンの起点と終点間の経路が格納されている。なお、本テーブルは必ずしも予め用意しておく必要はなく、出発位置と目的位置が決定した段階で最短経路探索法などを用いてそのつど作成してもよい。

(2)接続関係テーブルには、3隣接ノード間の接続関係データ(誘導の方向)及び情報提供のタイミングが格納されており、歩行者への経路誘導を行う際の処理で用いる。

表1 テーブル定義

Table 1 Database Schema

Route Table	Goal Incidence Matrix Table
Origin ID	X0
Destination ID	X1
Number of Passing IDs	Facility Direction
Passing ID(from Origin to Destination)	Timing 1
	Timing 2
	Timing 3

Incidence Matrix Table
X0
X1
X2
Direction
Timing1
Timing2
Timing3

(3)目的施設接続関係テーブルには、進行方向と目的施設の接続関係データが格納されており、目的地に到着した際の処理で用いる。

5. ナビゲーションアルゴリズム

RFID タグから受信した ID より、歩行者を目的地へ誘導するための経路誘導アルゴリズムフローを図7に示す。

最初に、出発地の位置と歩行してきた方向を取得し、目的地を利用者に設定してもらう。その後、現在位置を受信機により取得するたびに誘導経路列と照合を行い、目的地に到着、若しくは、経路を逸脱して OB となるまで、誘導方向、誘導のタイミングを取得し、画面情報・音信号によりナビゲーションを行う。

以下にそれぞれの処理について述べる。なお、例外処理については6.で述べるものとする。

5.1 出発地の位置と進行方向の特定

ナビゲーション開始直後では、現在の位置と進行方向を特定する必要がある。そのため、隣接する2つの異なる ID を受信するまで利用者に歩行してもらい、出発地の位置と進行方向を取得する。

2つの異なる ID を受信し、現在位置と歩行してきた方向が特定できた場合には警告音を出し、利用者に目的地施設の選択を促す。利用者により目的地の選択が完了した段階で目的地施設までのナビゲーションが開始される。

5.2 誘導経路データの作成

出発地 ID(Origin Position ID)と目的地 ID(Destination Position ID)に対応した経路情報を経路テーブルから取得し、以下に示す誘導経路列(Rpl)を作成する。

$$Rpl(Ori, Des) = \{ N_1, N_2, N_3, \dots, N_n \}$$

Ori : Origin Position ID

Des : Destination Position ID

N_i : Position ID

5.3 経路確認処理

本アルゴリズムでは以下に示す3つの変数を用いて進行方向を取得し、また、経路の確認を行う。

X0 : Previous Position ID

X1 : Present Position ID

X2 : Next Position ID

今、RFID タグから ID(N)を受信したとすると、以下のように各変数を更新し、誘導方向(X2)を取得する。

N X1 の場合、

X0 = X1

X1 = N

X2 = Fp(Rpl, X0, X1)

なお、Fp は X0, X1 と誘導経路列(Rpl)から次に受信すべき ID を返す関数であり、次のように定義する。

```
for ( i = 1; i <= n-2; i++ ) {
    If ( X0 = fRp(i) && X1 = fRp(i+1) ) return fRp(i+2);
}
return NULL;
```

ここで、fRp(i)は、Rpl データの i 番目の ID を返す関数である。

次に、目的地に到着しているか否かや、誘導経路を逸脱していないかなど、誘導経路上の歩行照査を以下の方法で行う。

X1 = Des の場合、目的地に到着

Fp(Rpl, X0, X1)= NULL の場合、経路を逸脱

目的地に到着している場合には、5.5 で述べる目的地到着時の処理を実行する。また、経路を逸脱している場合には、6.2(c)で述べる誤進入・経路逸脱処理を実行する。

5.4 経路誘導処理

ここでは、利用者に提供すべき誘導方向情報と、その情報提供のタイミングについて述べる。

a) 誘導方向情報の取得

X0, X1, X2 の3つの変数から、利用者に提供すべき方向情報(例えば直進、右左折など)を接続関係テーブルから取得する。取得された方向情報に応じた文字情報、画像情報を画面表示し、それとともに、音信号を出力する。

b) 情報提供のタイミング

RFID タグは約20mの交信距離を持っているため、IDを受信し、誘導すべき方向が決定した段階で直ちに情報提供を行うと、利用者にとっては早過ぎる段階での

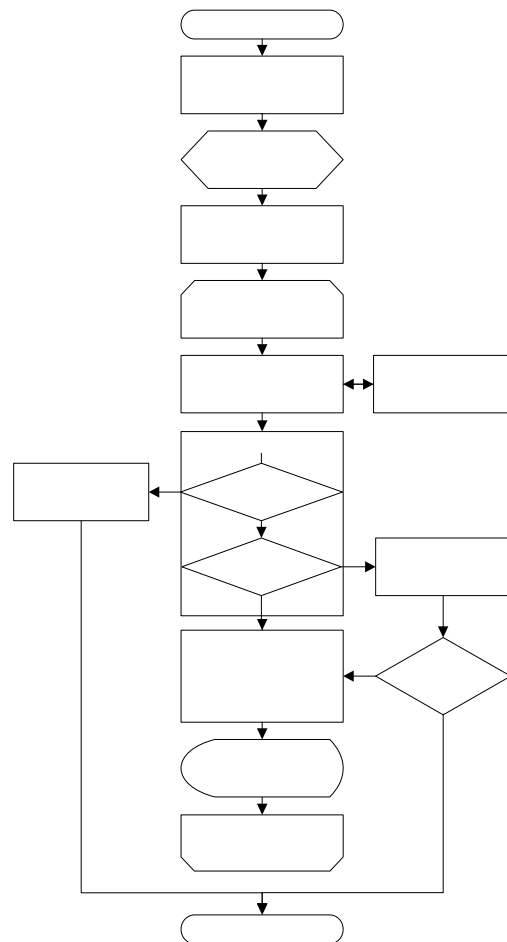


図7 経路誘導アルゴリズムフロー図

Fig.7 Flow Chart of the Navigation Algorithm

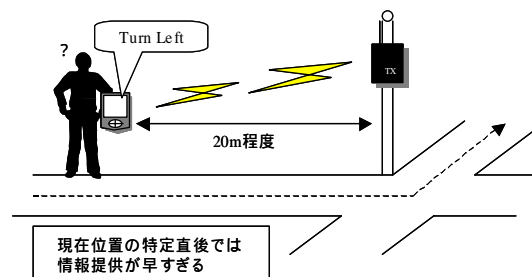


図8 情報提供のタイミング

Fig.8 Timing of Providing Information

情報提供となり、スムーズな経路誘導が行えない可能性がある(図8)。そのため、IDを受信してからある程度のタイムラグを設けて情報提供を行うこととし、その情報提供のタイムラグの大きさは誘導方向情報の取得と同時に接続関係テーブルから取得する。

なお、その情報提供のタイミングの値は RFID タグの設置環境における電波の伝搬状況により方向別に異

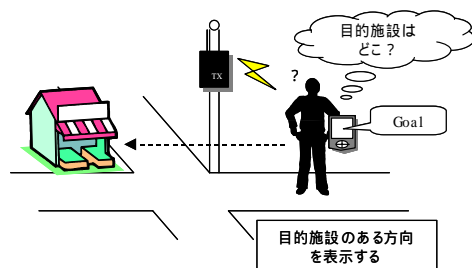


図9 目的施設の方向表示

Fig.9 Indication of Direction to Goal Establishment

なるため、RFID タグ単位でアプローチ方向別に与える必要がある。

また、音信号は街中の喧騒などにより聞き逃す可能性があるため、本システムでは複数回（最高で3回）出力できるようにし、その出力タイミングもそれぞれ設定できるようにした。

5.5 目的地到着時の処理

利用者が目的地に到着した際には、目的地に到着したことを画面情報、音信号情報で知らせるだけでなく、目的施設の方向も提供する方が利用者にとっての利便性は高くなる（図9）。そのため、歩行してきた方向から見てどの方向に目的の施設があるのかを、目的施設接続関係テーブルから取得し、画面情報として提供を行う。

なお、経路誘導時の情報提供のタイミングと同様に、ここでも情報提供時にタイムラグを設けている。

6. 例外発生時の処理

ここでは、例外が発生したときの処理について述べる。本システムでは次のパターンの例外を規定した。

(1) 現在位置特定時の例外処理

- a) 複数のIDを受信した際の処理
- b) 予期せぬID受信時の処理

(2) 経路誘導時の例外処理

- c) 誤進入・経路逸脱処理
- d) ID欠落処理

6.1 現在位置特定時の例外処理

a) 複数のIDを受信した際の処理

RFID タグが近接して設置されている場所では、交信領域内に複数のRFID タグが存在する可能性があり、また、地下街などではマルチパスの影響により、複数のIDを受信する可能性がある。そのため、複数IDを受信することを想定した現在位置を特定するためのアルゴリズムの実装が必要となる。

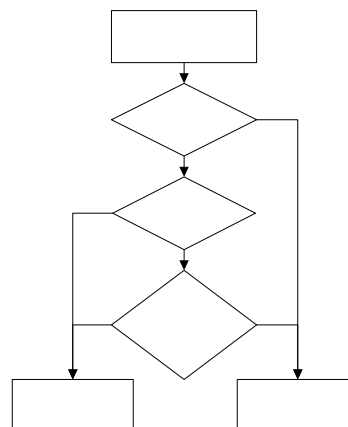


図10 誤進入・経路逸脱処理フロー図

Fig.10 Flow Chart of Exception Process (c)

受信機はRFID タグからの受信データを2.5秒間蓄積する。RFID タグは100ms 間隔で自己IDを送信している。通常、近い方のRFID タグから受信する割合は高くなるため、本システムでは2.5秒間に受信した回数が最大となるIDを現在位置IDとして採決することで、現在位置を特定することとした。

b) 予期せぬID受信時の処理

RFID タグの電波が電波伝搬状況により予期せぬほど遠方まで伝搬する場合がある。こうした予期せぬIDを受信した場合には、そのIDを現在位置として利用しないための処理が必要である。そのため、本アルゴリズムでは2.5秒間に受信したIDの数が極端に少ない場合には、そのIDを現在位置として利用せず、破棄することとした。

6.2 経路誘導時の例外処理

c) 誤進入・経路逸脱処理

利用者が目的地までの経路から逸脱した場合でも、所期の目的地まで誘導を続けられるような機能を実現するアルゴリズムの実装が必要である。そのため、本システムでは図10に示すような誤進入・経路逸脱時の例外処理アルゴリズムを用いて、利用者が経路を逸脱した場合に正しい経路への復帰を促す機能を実装した。

IDを受信した際、そのIDが誘導経路列に示される次に受信すべきID(X2)と一致していない場合は、経路を逸脱したもものとして例外処理を実行する。

今、受信したIDが正しい経路と隣接しているかを判定し、隣接している場合は「戻れ」の指示を出力して正しい経路への復帰を促す。隣接していない場合は、大きく経路をはずれたものとして、ナビゲーションを中止する。

しかし、電波の伝搬状況により偶然に経路外のIDを受信する可能性があるため、直ぐにはOBとしてナビゲーションを中止せず、t秒間OB処理をペンディング状態とし、別のIDを受信するために待機する。

t秒間に別のIDを受信しなかった場合には、そのままOBとしてナビゲーションを中止する。t秒間に別のIDを受信した場合、そのIDが経路上のIDか、若しくは経路と隣接している場合には経路誘導の指示を行いナビゲーションを継続する。それ以外の場合には、OBとしてナビゲーションを中止する。

d) ID 欠落処理

RFID タグの機器障害や、人体効果、電波の伝搬状況などにより、正しい経路上を歩行しているにも関わらず受信機がID(X2)を受信できないままに誘導経路列上で更に目的地よりのIDを受信してしまう可能性がある。そこで、受信したIDが次に受信すべきID(X2)と一致していない場合でも、そのIDが誘導経路上のIDである場合にはOBとせず、そのまま経路誘導を行えるようにした。

7. 実証実験

今回作製したプロトタイプシステムを用いて、平成14年11月に大阪市中央区内で健常者を対象とした実証実験を行った。

この実証実験は、大阪市中央区の繁華街（地下鉄心斎橋駅を中心とする約500m四方のエリア。地下街を含む）に152基のRFIDタグを設置し、約70の施設・店舗へのナビゲーションを行ったものである。延べ10日間の実験期間中に60名のモニターが参加した。各モニターは1時間程度の誘導歩行実験を行い、引き続いて歩行者ナビゲーションシステムについてのアンケート調査を行った。また、ナビゲーションソフトにはログ保存機能を実装し、利用者のPDA操作に関する情報や、歩行中に受信したIDなどを記録した。

実験終了後、ナビゲーションログから利用者が目的地まで到着することのできた回数をカウントし、システムの有効性について目的地に到着した割合（成功率）から分析を行った。また、アンケート結果から右左折などの誘導情報が適切なタイミングで提供されていたのかについて分析を行い、本システムの今後の利用可能性についても検討した。

(1) 成功率

本システムを用いて経路誘導を行い、目的地まで到着することのできた割合である成功率を図11に示す。

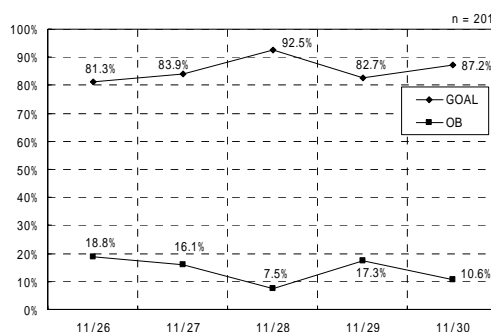


図11 成功率

Fig.11 Success Rate

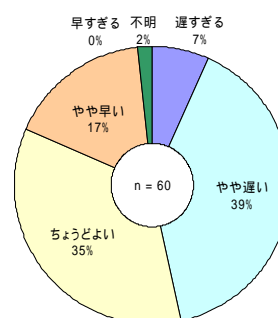


図12 誘導のタイミング

Fig.12 Timing of navigation information

約8割以上の高い成功率となっており、歩行者ナビゲーションシステムの有効性が確認できた。

なお、OBの発生はRFIDタグが近接している場合や地下街などで発生する傾向がみられた。このことより、誘導のために設置位置の変更が不可能な場合でも電波の混信が発生しないような対応策（RFIDタグ出力の調整機能など）を講ずることで、ナビゲーションシステムの有効性を高めることが可能であると考えられる。

(2) 誘導のタイミング

歩行者を誘導する上で重要な要素の一つである誘導のタイミングに関しては、「やや遅い」との回答が最も多くなっていた。次いで、「ちょうどよい」という評価が多くなっている。

しかし、同一地点を同一方向に進行した場合でも「人通りなどによる電波伝搬状況の変化」、「歩行速度の違い」、「情報提供タイミングに関する個人的嗜好の差違」などによって評価が分かれる場合がある。そのため、「早すぎる」、「遅すぎる」の回答があわせて7%程度であったことを考えれば、本システムの経路誘導には大きな問題は生じておらず、経路誘導のタイミングからもシステムの有効性が確認できたといえる。

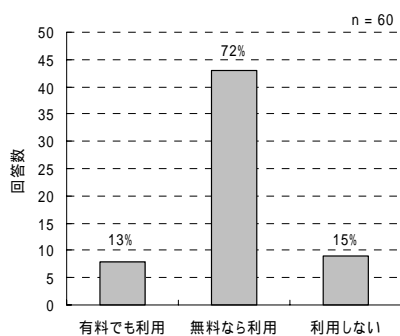


図 13 利用の有無
Fig.13 Willingness to Use

表 2 支払い意志額
Table 2 Willingness to Pay

サービス形態	n = 60		
	平均	中央値	最高
機器: 実費, サービス: 無料	13,302	10,000	45,000
機器: 無料, サービス: 有料(月額)	833	500	5,000
機器: 無料, サービス: 有料(1回のナビあたり)	160	50	1,000

単位: 円

(3) サービスの利用意向

本システムの今後の利用可能性に関しては、全体の 2/3 以上が「無料なら利用」と回答しており、また「有料でも利用」との回答も 1/6 程度あり、今回はプロトタイプでの実験でありながら高い評価を得られた。

なお、PDA などの機器の購入（サービスは無料）に対する支払い意志額（WTP）を質問したところ、携帯電話程度と解釈できる回答が最も多く（約 10,000 円）、サービスに対する対価（機器は無料）としては月額で 500 円程度、1 回あたりでは 50 円程度との回答が多くなっていた。

8. むすび

歩行者を目的地まで経路誘導するための歩行者ナビゲーションシステムの開発を行った。また、システムのプロトタイプを作成し、それを用いて実証実験を行い、システムの有効性を検証した。

このアルゴリズムは、高精度の位置情報を用いて歩行者を目的地まで誘導するためのアルゴリズムであり、今回使用した RFID タグ以外の位置特定技術でも、高密度・高精度の位置特定が可能ならば、同様のアルゴリズムを用いてナビゲーションを行うことができる。

今後は、誘導アルゴリズムの高度化として、経路逸

脱時のリルート機能の実装が必要であると考えられる。今回のシステムでは、誘導経路はあらかじめデータベースに格納しておく方法を用いており、また、利用者が正しい経路から大きく逸脱した場合には、ナビゲーションを中止する仕様となっている。改良版では、経路を大きく逸脱した場合でも、経路誘導を行うことができる機能の実装を予定している。

謝辞 実証実験にあたっては国土交通省近畿地方整備局、大阪市計画調整局、NPO 法人長堀 21 世紀計画の会にご支援、ご協力をいただきました。ここに、記して感謝の意を表します。

文 献

- [1] 国土交通省道路局
<http://www.its.go.jp/ITS/j-html/>
- [2] 国土交通省近畿地方整備局
<http://www.kkr.mlit.go.jp/road/its/>
- [3] (財)道路新産業開発機構
<http://www.hido.or.jp/ITS/>
- [4] 史亜芳, 小谷信司, 森英雄, “歩行ガイドロボットの経路理解支援システム,” 信学論 (D-I), vol.J86-D-I, no.4, pp.269-279, 2003.
- [5] e!京都プロジェクト
<http://www.astem.or.jp/proj/e-proj/>
- [6] 藤井憲作, 杉山和弘, “歩行者ナビゲーション支援のための場所案内文生成手法,” 信学論 (D-II), vol.J82-D-II, no.11, pp.2026-2034, 1999.
- [7] 上野秀樹, 柴田康弘, 大野啓文, “歩行者情報支援システム,” 東芝レビュー, vol.55, no.11, pp.7-10, 2000.
- [8] 久保田浩司, 前田典彦, 菊池保文, “歩行者ナビゲーションシステムの提案と評価,” 情処学論, vol.42, no.7, pp.1858-1865, 2001.
- [9] 大阪市計画調整局, ITS (高度道路交通システム) 社会実験調査 - 梅田ターミナル地区移動支援実験 - 報告書, 2002.
- [10] 内田敬, “用語と解説 電波タグ,” 交通工学, vol.37, no.5, pp.56, 2002.
- [11] 円谷太輔, 佐々木淳, 船生豊, “RFID を用いたバスの運行情報提供システムの検討,” 2002 情報科学技術フォーラム, O-31, pp.387-388, 2002.
- [12] 椎尾一郎, “RFID を利用したユーザ位置検出システム,” 情処学 HI 研報, vol.2000, no.39, pp.56-50, 2000.