

# 都市内空間における位置情報と携帯ナビゲーションを活用した回遊行動分析に関する研究\*

## Research on location information and Actions Analysis Applied by a Portable Navigation Systems in Urban Area

花田 晃二\*\*・中野 雅弘\*\*\*・片桐 信\*\*\*\*

By Koji HANADA・Masahiro NAKANO・Shin・KATAGIRI

### 1. 背景と目的

近年、携帯ナビゲーションが注目されている。これは位置特定機能を利用することによって、現在地から目的地までの移動をスムーズに案内するという行動支援システムのことである。携帯ナビゲーションを利用することによって、知らない場所でも迷うことなく目的地に到着出来たり、体の不自由な方でも目的地に到着できるよう階段を避ける事が出来たり、また、ヒトの回遊行動に影響を与えることによって都市の活性化が期待される。このようなヒトの回遊行動に対して、急激に普及しつつあるGPSの情報を活用する可能性が生まれてきた。<sup>1) 2)</sup>

都市内での回遊移動をコントロールし、その精度を維持しながら都市の活性化や施設の最適配置のあり方の検討に役立つことが考えられる。このため、位置情報の精度の確認や、携帯ナビゲーションシステムなどの機能を検証することと、ヒトの回遊行動への影響を調べる必要がある。また今後は、都市の活性化や環境負荷軽減への効果が考えられ、さらにナビゲーションシステムの今後のあり方についても検討が必要であると考えられる。<sup>3)</sup>

本論文は、地理情報システムの利用<sup>4)</sup>などを都市計画へ応用することも目的としている。さらに、その結果として、リアルタイムでユビキタス的に情報の取得が可能になれば、都市内動態の主体である「人の動き」を把握することにより、位置特定技術による都市の将来の活性化、都市施設の最適配置など、都市計画への有益な情報となることも考えられる。<sup>5) 6) 7)</sup>

### 2. GPSによる位置特定調査

#### (1) 調査方法と手順

本調査では、GPSデータ測定ポイント周辺の状況がGPSの精度に関係するかどうかの検討を行った。その結果から、本論文の目的である都市の活性化や携帯ナビゲーションのあり方の検討について利用可能かを考察する。調査に用いたデバイスはGPSデータ

\*キーワード：GPS、都市の活性化、携帯ナビゲーション、\*\*（株）コムニチュア（大阪府西区江戸堀 3-3-15、TEL06-6446-3334）、\*\*\*フェロ会員、工博、大阪産業大学工学部都市創造工学科（大阪府大東市中垣内 3-1-1、TEL072-875-3001）、\*\*\*\*正会員、工博、摂南大学理工学部都市環境工学科（大阪府寝屋川市池田中町 17-8、TEL072-839-9117

を取得する為に、GPS 付きデジタルカメラ（MODEL AXD625）、GPS 付きカメラ付きロケータ、衛星の数や配置のデータを取得するためのミニPC（工人舎SCシリーズ）を使用した。この衛星配置図取得時に得られる東経緯度もGPSデータとして使用した。<sup>8)</sup>

調査の手順として、①事前に調査する場所の地図を取得し、地図上に移動経路、データ取得ポイントを設定する。合計18ポイントある。②測定地点に行き、捕捉衛星が表示されているPC画面をGPS付きカメラにて撮影する。この時、カメラにもGPSの位置データが取得される。③①で設定した移動経路を移動し、GPS付きカメラと工人舎PCを使用し、ポイントごとにデータを取得していく。④ポイントごとに取得したデータをGoogle earth上で表示する。⑤Google earthに表示された各ポイントの取得データ（GPS付きカメラと工人舎PC）と、事前に設定していたポイントとの誤差を求める。⑥ゼンリンマップを使って、各取得ポイントの半径50m円内（180° 120° 90°）に含まれる建物の高さや数を調べる。⑦各ポイントにおけるGPS精度の誤差が建物の高さとその距離などの要素とどのような関係があるかを考察するため、誤差と各要素の相関を調べ回帰分析した。

#### (2) 調査結果

##### 1) 公園（都心部：鞆公園）

##### ① 工人舎ミニPC測定データ

工人舎ミニPCで得られた各ポイントでの誤差、半径50m円内（180° 120° 90°）での建物平均高さ、建物数、捕捉衛星数、普通感度衛星数を下記に示す。（表2-1）

表2-1 誤差と捕捉衛星と建物平均高さの関係

ポイント	工人舎PC誤差	捕捉衛星数	普通感度衛星数	50m円内での180°円弧 建物平均高さ	50m円内での120°円弧 建物平均高さ	50m円内での90°円弧 建物平均高さ
1	28.7	9	3	19.6	20.0	23.5
2	47.7	9	3	14.1	15	13.5
3	31.35	9	3	10.4	10.1	11.5
4	44.5	8	4	18	23	23
5	21.8	8	3	18.3	18	18.7
6	64	8	3	11.2	13.1	12
7	41.5	8	3	16.8	17.7	21.8
8	33.5	8	2	25.5	25.5	26
9	23.5	8	2	22.7	13.7	14.3
10	26.5	8	2	13.6	13.7	12
11	12.2	8	2	11.1	16.5	18
12	18.4	8	2	7.3	7.3	8.6
13	20.7	8	3	23.3	18	24
14	21	8	1	11	11.8	13.3
15	2.6	9.5	2	28.7	29.1	29.1
16	24.7	8	2	26.6	24	22
17	13.7	8	2	23.4	21	21
18	3.7	9	2	19.8	20.4	23.5

全体的に建物平均高さが高い所で誤差が大きくなっている。ポイント18での建物平均高さ（180° 円弧）が19.6mであるが誤差は3.7mと小さい。このことから一概に建物平均高さが高いほど誤差が大きいは言えない。

② 工人舎PCでの衛星配置図とストリートビュー

以下に測定例として測定ポイント周辺の様子（左側：ストリートビュー）と衛星の数及び配置図（右側：工人舎PC）を示す。

（韮公園ポイント1）

補足衛星は11個と多いが、大通り沿いで南側は抜けているが普通衛星が3つと少ないことが分かる。



図2-1 ストリートビュー



図2-2 衛星配置図

(3) 分析結果

① 相関の比較

各ポイントの誤差をヒストグラム化し、異常値はカットした。また、回帰分析を行うためのデータに使用可能か判断するために、平均高さとの相関を分析した。半径50m円内での相関は強いとは言えない結果が出たため、余計な建物を含んでいる場合があるということで、30m円内での相関を求めたところ、より相関がないという結果が出た。さらに、広い範囲での建物に誤差は影響していると考え、75m円内での相関を行い、その結果を下記に示す。

a. GPS付きカメラでの相関

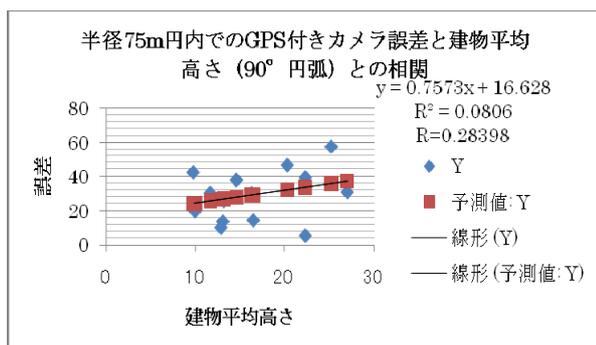


図2-3 誤差と建物平均高さ（90°）との相関

b. 工人舎PCでの相関

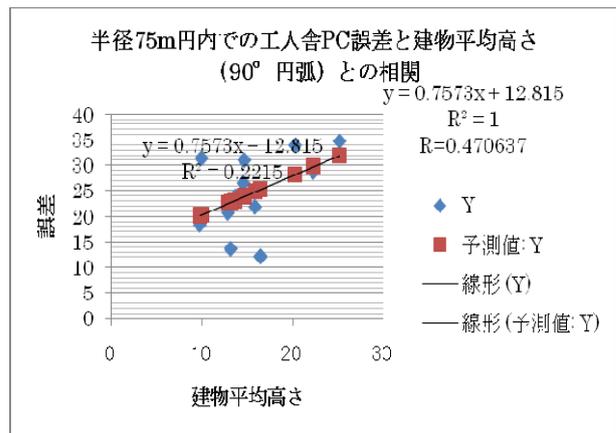


図2-4 誤差と建物平均高さ（90°）との相関

相関図より、工人舎PCでの相関が一番強いので、このデータを用いて回帰分析を行った。その結果、建物平均高さ、建物数、捕捉衛星数、の間には相関があり、これらは説明変数として扱うことが可能であると考えられる。

② 単回帰分析

（単回帰式と相関係数）

単回帰分析を行うことにより、各項目と誤差との相関を求めると同時に、相対誤差を求めることで単回帰式によって求められた値と実際の誤差の値を比較する。

単回帰式と相関係数は以下ようになった。

- 建物平均高さ： $y = 0.76x + 12.82$   $R = 0.471$
- 建物数： $y = 0.2109x + 22.552$   $R = 0.232445$
- 捕捉衛星数： $y = -5.6988x + 72.239$   $R = 0.370844$

この結果から、建物平均高さとの相関はある程度相関があるという結果が得られた。

③ 重回帰分析

（重回帰式と相関係数）

さらに、建物と誤差との関係を知る為、建物平均高さとの相関を基準にして考え、建物平均高さとの相関、建物平均高さとの相関、建物平均高さとの相関に分けて重回帰分析を行う。

重回帰式と相関係数は以下ようになった。

- 建物平均高さとの相関と建物数： $1.019518x_1 + 0.415485x_2 + 4.355289$   $R = 0.636109$
- 建物平均高さとの相関と捕捉衛星数： $0.611795x_1 - 2.84626x_2 + 38.8271$   $R = 0.497622$

(4) 考察

今回の調査から、GPS精度の誤差は測定地点周辺の建物平均高さ、建物数、捕捉衛星数に影響を受けているものと考えられる。ただ、捕捉衛星数は8個、9個、9.5個の3つと安定しているが、精度は良くなったり悪くなったりしているので一概には言えない。建物平均高さにおいては、高い所ほど精度が悪くなると考えら

れる。建物数においては、建物が多い所では精度が悪くなると思われる。このようなことから、上空の状態や周辺の建物の配置が関係していると考えられる。

(5) まとめ

GPS測定ポイント周辺の建物の高さや建物数が精度と関係が深いと考えており、本調査ではある程度相関が強いと言える。また、GPS精度は広い範囲での建物の影響を受けるということが分かった。しかし、平均高さが高い所でGPSの精度は良くなり、平均高さが低い所で誤差が大きくなるといったポイントもあった。よって、周辺環境による影響を受けていると考えられる。このようなことから、GPSデータを取得する際に衛星数や周辺の環境などを把握していれば、ある程度精度のあるデータの取得が可能であり、本調査の目的である都市の活性化や携帯ナビゲーションのあり方の検討について利用可能であると考えられる。

ら、それらについて大阪難波駅・京橋駅・大阪駅で調査した。それらの調査場所の詳細を下記に示す。

表3-1 調査場所

	出発地	到着地
各駅から目的地までのルート	大阪難波駅(近鉄線)	なんばパークス
	天満駅(大阪環状線)	阪神百貨店
	京橋駅(地下鉄鶴見線)	大阪ビジネスパーク
各ターミナルでの乗換えルート	大阪難波駅(近鉄線)	JR難波駅
	京橋駅(JR東西線)	京橋駅(京阪)
	大阪駅(JR線)	梅田駅(阪急線)

3. 都市内移動と携帯ナビゲーション

(1) 目的

本論文の目的である、都市の活性化及び都市施設の最適配置など都市計画への足がけとするために、都市内回遊者の利用分野を考慮して、都市内移動で「GPS付携帯ナビゲーション」を利用して目的地までの道のりを移動することをと仮定し、次の3ルートを選定した。3ルートは、A:距離の短いルート B:階段の少ないルート C:屋根の多いルート、であり、それぞれについて利便性、GPSの精度、ルート表示精度、移動時間などの比較を行い、その結果を評価した。<sup>9) 10)</sup>

(2) 調査方法

①GPS付きナビタイムを利用した場合

ナビタイムは様々なヒトが使用すると想定しているため、ここではそのような操作性を確認するため、3つの代表的な使い方について評価を行った。まず、一般的に利用される「早く行きたい」という人を対象とした、A:距離の短いルート、B:階段の少ないルート(バリアフリーを想定した)、C:屋根の多いルート(ベビーカーなどを使う婦人などを想定した)の評価を行った。

②調査場所

本調査は、多くのヒトの回遊移動への利便性を確かめるため、人の行き来が多いとされる都心部での調査を全18ケース行った。1つは各駅～目的地のルート。2つ目は比較的大きなターミナルで他の公共交通機関への乗換えルートを調査した。1については3つのメニューの「距離の短いルート」、「階段の少ないルート」、「屋根の多いルート」を大阪難波駅・天満駅・京橋駅の違いを調べた。2つめの大きなターミナルでの乗換は、バリアフリーなどのさまざまな障害があることか

(3) 調査結果

1) 各駅から目的地までのルート

①大阪難波駅～なんばパークス(距離の短いルート)

ここでは一例として、18ケースから特徴的なGPSナビタイムについていくつか説明します。今回の調査の評価結果は良いは「○」、少し悪いは「△」、悪いは「×」、とした。また、評価しやすくするため、出発地から目的地までの間を複数の区間にかけて評価した。

(ルート2)

分析結果として、このルートでは高島屋などの高い建物が影響したのか受信状況が悪かった。また、ルート表示ミスがあるが高島屋構内入口が分かりやすかったので、迷わず目的地に到着できた。同様にして天満駅～阪神百貨店・京橋駅～OBPの評価を行った。

ケース	出発地	到着地	評価	ナビタイム	ナビタイム	ナビタイム
1) 大阪難波駅	大阪難波駅	なんばパークス	距離の短いルート	○	△	△
2) 天満駅	天満駅	阪神百貨店	階段の少ないルート	×	×	×
3) 京橋駅	京橋駅	大阪ビジネスパーク	屋根の多いルート	○	○	○

図3-1 A:距離の短いルート



図3-2 表示画面



図3-3 出発地

②天満駅～阪神百貨店（屋根の多いルート）  
（ルート5）

分析結果として、このルートでは、地下街を歩くため GPS 信号は受信しなかった。また、ルート表示に詳細情報が少なかったため、構内の案内板を見て目的地に到着した。これらは、地下街を歩くというルート指示があったため、結果的に屋根の多いルートが選定されている。

時刻	出発地	目的地	経路	GPS受信状況	ナビ画面表示	ナビ画面表示	ナビ画面表示
10:14	天満駅地下街入口	阪神百貨店	地下街	受信なし	0	0	0
					x	0	△
					x	0	△
					x	0	△
					x	△	x
10:20	目的地						

図3-4 c:屋根の多いルート



図3-5 表示画面①



図3-6 出発地

2) 各ターミナルでの乗換えルート

①大阪難波駅～JR難波駅（屋根の多いルート）  
（ルート1）

分析結果として、このルートは、GPS 受信状況があまり良くなかったが、ルート表示が正常だったため、迷うことなく目的地に到着した。また、表示では、屋外を歩くルートであったため、屋根がなく屋根の多いルートという目的を果たしていなかった。同様に、JR京橋駅～京阪京橋駅およびJR大阪駅～阪急梅田駅の評価を行った。

時刻	出発地	目的地	経路	GPS受信状況	ナビ画面表示	ナビ画面表示	ナビ画面表示
10:14	大阪難波駅入口	JR難波駅	屋外	受信あり	0	x	△
					x	0	△
10:15	目的地				x	0	△

図3-5 C:屋根の多いルート



図3-6 表示画面



図3-7 出発地

(4) 考察

1) 各駅から目的地までの考察

①距離の短いルート

このルートでは基本的に他のルートに比べて距離は短かったが、実際に歩いてみると、指示のない路地を歩く方が距離は短い場合があった。よって、路地などの狭いルートを設定すればもう少し距離の短いルートが可能になると考えられる。

## ②階段の少ないルート

このルートでは基本的に他のルートに比べて階段は少なかったが、地下街などに入る際は階段を使用してしまう場合があった。その為、少し距離は長くなっても良いので、エレベーターやエスカレーターなどを使用するルート提示などがあれば、よりバリアフリー化が実現されると考えられる。

## ③屋根の多いルート

このルートでは基本的に他のルートに比べて屋根は多かった。しかし、構内を歩くということで GPS 受信状況が悪く、現在位置を把握しにくいというデメリットがある。このような箇所において、GPS 情報を何らかの工夫により入手できれば、ルート案内の精度は向上すると考えられる。

### 2) 各ターミナルでの乗換えルート

#### ①距離の短いルートでの考察

このルートでは基本的に他のルートと距離は変わらなかった。また、このメニューを選択することは目的地に早く着きたいと考えられるので、時間帯別などの工夫をすることにより、メニューの精度向上を図ることが可能と考えられる。

#### ②階段の少ないルートでの考察

このルートでは、主にエスカレーターを使用するなどして階段を使用するのを回避していた。しかし、階段を使用する場所の周辺にはエレベーターがある場合もある。そのような施設がルート画面に表示されるように改善されれば、よりバリアフリー化されたルートの提供が可能となり、サービス性はより向上するものと考えられる。

#### ③屋根の多いルートでの考察

このルートでは、基本的に駅構内ということで屋根があるルートは多かった。しかしこのメニューを使用する方たちは雨に濡れたくない、ベビーカーを押しているなどと考えられる為、エスカレーターへの誘導よりエレベーターへの誘導をするように改善されれば、このメニューのサービス性は向上するものと考えられる。

### (5) まとめ

今回の調査から、GPS 付きナビタイムを使用することにより、知らない初めての土地に行ったとしても一応目的地に到着できるということが分かった。また、地下街などに入ると GPS の精度が悪くなる。その場合、ルート表示のみで行動することになるが、その他の補足情報が少ないので迷う可能性がある。このような場合、別の手段で GPS 信号を受信して利用者に提供するなど工夫が考えられる。また、リルート（再検索）機能を使用すれば、現在位置の把握やルートから外れ

た場合でも、新しいルートを検索可能であるため、利用は有効である。また、ルート表示の詳細情報を増やし改善することも必須であると考えられる。さらに、出発地から目的地までの距離が長い場合、徒歩で移動するのは不便なので、レンタサイクル利用の情報などを提供すれば、さらに快適に行動できると考えられる。

## 4. さいごに

今回の調査では、携帯電話による位置特定機能を利用し、人々の回遊行動を誘導する事により、都市の活性化などに利用可能であるかを目的とした。その結果、①自己の位置精度をさらに向上させること、②GPS 信号が入手できない箇所での工夫、③地図情報の更なる精度向上、などを行うことにより、携帯ナビゲーションシステムの機能向上が実現されるものと思われる。また、このような行動支援によって、人が快適に行動することや移動することによって、街が活性化されることも考えられる。

### 【参考文献】

- 1) 千葉真 徳永幸之 鈴木明宏 神尾敬 飯田修章 「GPS 乗降カウンターを用いたコミュニティバスの利用分析と運行計画策定に関する研究」 土木計画学研究発表会講演集 Vol. 38 No. 274 2008
- 2) 山根公八 立石亮介 「PT 調査における GPS 携帯電話の実用性に関する研究」 土木計画学研究発表会講演集 Vol. 38 No. 243 2008
- 3) 吉井芳聡 内田敬 「視覚障害者街歩き支援ハイブリッドケイタイナビの実用化に関する研究」 土木計画学研究発表会講演集 Vol. 40 No. 179 2009
- 4) 小林亘 小原弘志 橋本裕也 成田一真 「社会資本管理のための空間情報連携共通プラットフォームの構築に関する研究」 土木情報利用技術論文集 Vol. 17 2008
- 5) 多田俊也 赤羽弘和 「GPS および磁気センサによる人の移動奇跡の連続推定」 土木計画学研究発表会講演集 Vol. 40 No. 176 2009
- 6) 中野雅弘 奥野正富 山崎弘 太田智 「移動体通信技術を用いた都市内動態把握に関する研究」 土木情報利用技術論文集 Vol. 14 2005
- 7) 峰秀彰 吉村和也 森下浩志 中野雅弘 「都市内位置情報を活用したモバイルナビゲーションの有効性に関する実証的研究」 土木計画学研究発表会講演集 Vol. 38 2008
- 8) 土屋淳 辻宏道 著 「新・やさしいGPS測量」 2001
- 9) 高田恭宏 佐田達典 「UHF 帯 RFID を用いた屋内歩行者の通過検知のための基礎的研究」 土木情報利用技術論文集 Vol. 17 2008
- 10) ナビタイムジャパン

<http://corporate.navitime.co.jp/tech/index.html>