

細分化した基準点電界強度ベクトルを参照する PHS ベース 位置特定手法の検討*

Examination of the PHS location positioning method using the time-dependent reference base-station vector.*

岡本 篤樹**・内田 敬***

By Atsuki OKAMOTO** and Takashi UCHIDA***

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

中心市街地の課題として、商業施設における商業活力の向上が挙げられる。商業活力の向上は、1)商業施設間の活発な回遊行動(集客数増大)、2)店舗間の回遊・購買行動(滞在時間増大)、の2つの視点から捉えることができる。中心市街地の活性化に大きな影響を与える1)は2)と密接に関連している。したがって、ヒトの集客性や回遊行動を分析するためには、施設間の回遊だけでなく、個別店舗での滞在時間や購買行動も同時に観測し、より詳細な回遊行動分析を行う必要がある。一方、情報通信技術の発達に伴いGPS・PHSなどの位置特定機能を利用した回遊調査が行われている。しかし、GPSは都市内における地下街施設等での利用は困難である。また、PHSは都市内での位置誤差が大きいことから、既存の位置特定手法ではヒトの詳細な動きを捉えることは困難である。

本研究では、移動体が携帯するPHSの受信電界強度データを利用する。すなわち、受信電界強度が基地局からの距離に依存して減衰するという特性を利用する。ところが、距離減衰の程度は、空間条件により大きく異なる。例えば、地下商業施設においては、マルチパスの影響で実距離が遠くとも受信強度が大きい場合がある。さらに、通行者の影響により、受信状況は時間的にも変動する。そこで、このように時間的・空間的に変動・変化する受信状況を定まった場所で連続的に記録する観測点(以後「固定基準点」と称する)を複数設け、その記録を参照することで、移動体の受信電界強度に介在するノイズの影響を除去することを考える。都心の地下商業施設は通路幅が狭く、歩行者の交通量変化が激しい。つまり、マルチパス等の影響を受けやすく位置特定が難しい場所といえる。一方、郊外の公園はオープン空間であり、比較的位置特定しやすい場所である。

本稿では、①固定基準点時間細分化の位置特定手法の提案、②都市及び郊外における位置精度の比較検討、の2つを内容とする。①はPHSによる位置精度は時間変動する電界強度の受信状況に依存することから、それを考慮した位置特定手法を提案する。②では、①で提案した位置特定手法を用いて、都心及び郊外での位置精度を比較し、そのパラメータについて知見を示す。

(2) 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

近年、PHS・GPSの位置特定機能を利用した交通行動及び回遊調査¹⁾が行われ、その課題として、①調査に応じた位置精度、②データ処理コスト、の大きく2つが挙げられている。①について、ヒトの詳細な回遊行動分析を行う立場からは、位置特定誤差を10m以内に抑えることで、滞店舗や移動軌跡を推定できることが分かっている。②について、位置特定手法の改良を行うことでデータ処理コストを最小限に抑えることが考えられている。

本研究では、移動体が基地局から受信する電界強度を用いて、位置特定を行う。その手法は島田他²⁾によって提案されており、基本的にその位置特定手法を用いるが、これまでの研究成果³⁾を踏まえて、位置特定手法を改良する。その手法を元にデータ処理コストが高くなることを許容して改良した場合、どの程度まで位置精度が向上するか検討する。また、その手法を用いて、環境・条件の異なる場所で実験した場合の位置精度比較を行い、位置特定手法の特徴を明らかにし、今後の課題を示す。

2. 位置特定手法

(1) 本研究の位置特定方法

本研究で用いる位置推定方法を簡単に述べる。電界強度空間において、固定基準点と移動体の近接性を示す指標を式(1)から算出する。式(1)は時々刻々と変化する電波受信状況の移動体受信ベクトルを反映させるため、分子の固定基準点ベクトルに対角行列 Δ_t を乗じる。

$$F_{ii} = \frac{|\vec{\alpha}_i \cdot \Delta_t - \vec{\beta}_t|^2}{|\vec{\alpha}_i|^2 + |\vec{\beta}_t|^2} \quad (1)$$

$\vec{\alpha}_i$: i 番目の固定基準点電界強度ベクトル

$\vec{\beta}_t$: 時刻 t の移動体の受信電界強度ベクトル

i : 固定基準点番号 ($i=1, 2, \dots, i, \dots, I$)

t : 受信時刻 ($t=1, 2, \dots, t, \dots, T$)

k : 基地局番号 ($k=1, 2, \dots, k, \dots, K$)

$$\Delta_t = \begin{Bmatrix} \delta_{t1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \delta_{t2} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \delta_{tk} & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \delta_{tK} \end{Bmatrix}$$

$$\delta_{tk} = \begin{cases} 0 & (\text{移動体の受信ベクトル要素がない場合}) \\ 1 & (\text{移動体の受信ベクトル要素がある場合}) \end{cases}$$

移動体の推定座標($\bar{X}_t(m), \bar{Y}_t(m)$)は固定基準点の

*キーワード: 歩行者交通行動, 位置特定手法, IT

**学生員, 工修, 大阪市立大学大学院工学研究科

(〒558-8585 大阪市住吉区杉本町3丁目3番138号)

TEL 06-6605-2731, FAX 06-6605-3077)

***正員, 工博, 大阪市立大学大学院工学研究科

座標を指標 F_{ii} の逆数で重みを付けて平均した値とし、式 (2)、(3) から算出する。 $m=\infty$ のときには、最も近接する固定基準点の座標のみを反映することになる。逆に $m=0$ のときには、近接度には関係なく、全ての固定基準点の座標を均等に反映する。パラメータ m の意味については、次項で詳しく説明する。

$$\bar{X}_i(m) = \sum_{i=1}^I \left(\frac{1}{F_{ii}}\right)^m x_i / \sum_{i=1}^I \left(\frac{1}{F_{ii}}\right)^m \quad (2)$$

$$\bar{Y}_i(m) = \sum_{i=1}^I \left(\frac{1}{F_{ii}}\right)^m y_i / \sum_{i=1}^I \left(\frac{1}{F_{ii}}\right)^m \quad (3)$$

x_i : i 番目の固定基準点 x 座標

y_i : i 番目の固定基準点 y 座標

m : パラメータ

$$G(m) = \sum_{i=1}^T \sqrt{(\bar{X}_i(m) - X_i)^2 + (\bar{Y}_i(m) - Y_i)^2} / T \quad (4)$$

(2) 位置特定方法の改良

改良点を述べる前に、位置誤差の生じる原因を考えなければならない。これまでの研究から、固定基準点は時々刻々と変化する電界強度を観測し、その電波ノイズが位置誤差を生じさせていることが分かった³⁾。そこで、固定基準点ベクトルから生じる位置誤差の原因について表-1にまとめた。表-1の1)は電波状況から偶然に電波を受信することである。そのため、受信率閾値を設け偶然受信した電波を除去する。ここで、受信率は基地局からの受信回数を最大受信回数で割った百分率とする。2)について、電界強度と距離の関係がある。一定距離まで電界強度は単調減衰するが、その一定距離を超えると距離減衰感度は悪くなる。このため、電界強度が弱い場合には、電界強度空間から実空間上の距離を求めるときに誤差が生じる原因となる。そこで、電界強度閾値を設け、弱い電波を除去する。3)は、時間変動する電波状況では、電界強度の強さが一定でないことから、観測された電界強度の平均値を用いている。

表-1 位置誤差の原因と対策

Sq	位置誤差原因	対策
1)	電波の受信状況	受信率閾値を設け、偶然受信した電波を除去する。
2)	電界強度の大きさ	電界強度の閾値を設け、弱い電波を除去する。
3)	電界強度の変動	測定時間内受信した電界強度の平均値を用いる。

以上の位置誤差の原因と対策を示した。ここでは、さらに位置精度を向上するための改良について述べる。位置精度向上の改良点として、表-2の①~④の4つの方法が考えられる。これまでの研究で④近接性指標算出方法の改良を行った。本研究では②電界強度ベクトルの時間細分化の改良を行う。

表-1の3)から固定基準点ベクトルは観測時間帯に受信したすべての電界強度値を平均し、参照ベクトルとして位置特定を行っている。この場合、観測時間内の平均的な値として固定基準点ベクトルを作成していること

になる。しかし、電波状況は時々刻々と変化的なことが分かっていることから、移動体を受信した時間帯の電界強度ベクトルと観測時間帯の平均値を用いた固定基準点ベクトルで位置特定を行うより、移動体の受信状況に最も近い固定基準点ベクトルを用いる方が位置精度を向上させられる。つまり、②の改良である電界強度ベクトルの時間的細分化を行うことになる。

表-2 位置精度向上の改良点

改良点	精度向上の要素	説明
① 配置位置の改良	a) 固定基準点 b) 自営基地局	配置位置の受信状況や配置密度を考慮する。つまり、受信状況が良く、配置密度が高くなれば位置精度が向上する。
② 電界強度ベクトルの時間細分化	c) 固定基準点ベクトル	移動体が基地局からの電波を受信している時間帯の固定基準点ベクトルを標本抽出し、新たに固定基準点ベクトルを作成する。
③ 空間を細分化し、パラメータを推定	d) パラメータ	移動体の移動空間を細分化し、その空間に適したパラメータを推定することで位置精度を向上する。
④ 近接性指標算出方法の改良	e) 移動体の受信ベクトル f) 近接性指標	時々刻々と変化する電波受信状況を移動体の受信ベクトルから反映させることを考える。

③において、パラメータ m は前項で示したように移動体の位置を電界強度空間における近接性に基づいて実空間上にマッピングする際に固定基準点座標を反映する度合いを示す。例えば、固定基準点が疎に設置されている場合には、移動体の受信ベクトルと近接性を示すべき固定基準点ベクトルは少ない。つまり、位置を推定するための情報が少ないことを意味する。そのため、最も近接性の高い固定基準点ベクトルの位置座標をより反映するために、 m の値は大きくなるであろう。一方、固定基準点が密に設置してある場合には、移動体と高い近接性を示す固定基準点ベクトルが多数存在する。これは位置を推定するための情報が多いことを意味し、高い近接性を示す固定基準点座標を少しずつ反映すべきことから、 m の値は小さくなるであろう。ただし、移動体の受信する電界強度は実空間ごとに受信状況がかなり変化することから、パラメータ値も実空間ごとにそれぞれ異なった値になる。改良方策として、人通りや店舗間隔などの空間のもつ特徴から空間細分化を行い、その空間に適したパラメータを推定することが考えられる。

これらの改良を行うことで位置精度は向上すると考える。しかしながら、高精度にすれば、コストやデータ処理にかかる時間は一般に大きくなる。例えば、①の改良点は高密度配置による位置精度の向上であり、設備投資などのコストは大きくなる。②、③、④は移動体の位置を推定するまでのデータ処理コストの問題がある。データ処理を細分化することで位置精度は良くなるが、そのデータ処理コストや時間は莫大なものになる。これより、位置精度とコストの2つの側面からの検討を将来は行う必要がある。

(3) 改良後の位置特定方法

位置特定フローを図-1に示し、本研究の位置特定手法で改良した、固定基準点ベクトルの時間細分化法について述べる。固定基準点の細分化の前処理として、表-1の1)から、受信率 10%以下のベクトル要素を除去する。

次に、固定基準点ベクトルを時間別に細分化する。固定基準点ベクトルは観測時間帯に受信される電界強度値の統計データである。これまでの研究では、データ処理コストの問題などから、最も簡単な方法として固定基準点ベクトルは観測時間帯の電界強度の平均値を用いていた。本研究では、時間変動する電波状況を考慮し、移動体と同時帯の固定基準点ベクトルを作成することで、位置精度を向上させる。

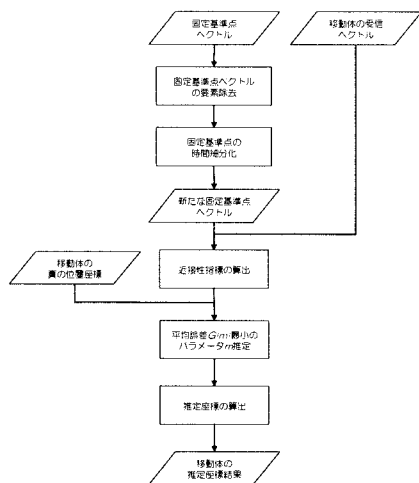


図-1 位置特定フロー

3. フィールド実験

(1) 実験概要

大阪市内のクリスタ長堀地下商業施設と堺市内の大泉緑地において実験を行った。クリスタ長堀の通路幅は約13m、通路の両縁に複数の店舗が建ち並び、1店舗の間口は約10~20mである。このクリスタ長堀の中央部に自営基地局(11基)と固定基準点(8台)を設置した。一方、大泉緑地内には樹の道エリアと称するウッドチップをちりばめた幅2mの道があり、生い茂った木々の中を散策できるオープンなスペースとなっている。このエリアに自営基地局(7基)と固定基準点(8台)を設置した。クリスタ長堀と大泉緑地のフィールド実験場所を図-2に示す。

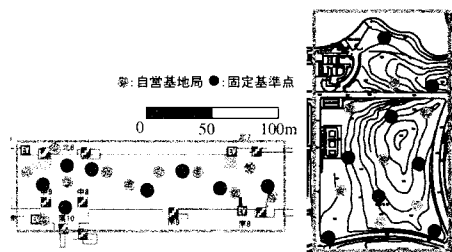


図-2 実験エリアと配置図

都心の商業施設が集積したエリアでは、店舗内での滞在・店舗間の回遊行動を分析するための位置特定が必要である。クリスタ長堀は、通路の両縁に複数の異なった業種の店舗が建ち並んだ地下商業施設である。地下鉄の駅と地上繁華街を結ぶ通路としての利用も多い。一方、郊外の緑地公園では、広大な敷地に点在する施設間の回

遊や施設利用に関する分析のための位置特定が必要である。また、電波状況に関しては、クリスタ長堀中央部は通路壁でのマルチパスや人通りが多いことから、電波の乱反射・吸収があり、電波受信状況は悪い。大泉緑地は郊外の比較的大きな緑地公園であり、週末には公園施設を利用する家族連れやバードウォッチングを楽しむ人達が訪れる公園である。特に、樹の道エリアの人通りは少なく電波受信状況はかなり良好である。

真値を得るためにエリア内を歩行する人をテストと呼ぶ。この2つの実験でテストはあらかじめ設定された移動ルートを歩行した。滞在地点と時刻に関する真値を得るために、テストの回遊行動を追従しながらビデオカメラで撮影した。クリスタ長堀実験では商業施設内での店舗間の移動や滞在の識別可能性をみるため途中3箇所に滞在させた。1箇所当たりの滞在時間は3分である。大泉緑地実験では、公園内の散策時を想定し、テストはかなり遅い速度で歩行を行い、樹の道エリアの2カ所でそれぞれ1分間の滞在を行った。固定基準点とテストが携帯しているPHS端末のデータ収集周期は共に15秒である。実験の概略を比較する表を表-3に示す。

表-3 実験の概略

	クリスタ長堀実験	大泉緑地実験
実験場所	クリスタ長堀 中央部 (都市内・地下空間)	大泉緑地 樹の道エリア (郊外・オープン空間)
実験日時	2004/2/26 9:00~21:00	2004/12/11 10:00~18:00
テスト時間	15:17:30~15:29:00 11分30秒	14:58:00~15:9:15 11分15秒
テスト	1名	1名
実験エリア	200m×50m	200m×100m
デバイス 配置状況	自営基地局 (11台) 固定基準点 (8台)	自営基地局 (7台) 固定基準点 (8台)

クリスタ長堀と大泉緑地では、実験エリアが狭く、配置密度の高いクリスタ長堀の方が平均誤差は小さくなると予想される。パラメータ m は、固定基準点の密度が高いクリスタ長堀はパラメータ値が小さくなる可能性があるが、電波状況の良い大泉緑地も安定した基準点からの電界強度を参照できることから、パラメータ値は、小さくなると考えられる。時間細分化した固定基準点を用いた場合は、時間変動を考慮し、テストと同条件・状態に近いベクトルを参照できることから、平均誤差は小さくなると考えられる。パラメータについては、固定基準点を細分化した場合の方が参照するベクトル要素が少なくなることから、1つの固定基準点の座標をより反映しようとするため、パラメータの値は大きくなると考えられる。

(2) 分析概要

実験結果を実験別と固定基準点ベクトルのケース別(①時間細分化なし、②時間細分化あり)に分け、計4つの固定基準点ベクトルを算出し、位置推定を行う。分析概要比較の表を表-4に示す。

①は、実験日に観測された電界強度値の平均であるため、電波状況が不安定な基地局からの電波を受信し、固

定基準点ベクトルとする可能性がある。ただし、データ処理コストは最低限度に抑えられる。②はテストと同時時間帯の電界強度ベクトルを算出することから、電界強度の時間変動を反映し、テストとほぼ同条件及び状態の電界強度ベクトルを作成できる。しかし、データ処理コストはテストの移動時間帯で細分化するため、①と比較すると高くなる。本実験ではテスト1名であるがテストの数が増えるほどテストと同時時間帯の固定基準点ベクトルを作成することが必要となるため、データ処理コストはかなり高くなる。これら4つの固定基準点ベクトルを用いて、クリスタ長堀と大泉緑地公園でのテストの位置を推定する。分析項目は、1) パラメータ m と平均誤差 $G(m)$ 、2) 移動軌跡、の2つとする。

表一 4 分析概要比較

実験別	固定基準点 時間細分化	固定基準点 観測時間
クリスタ 長堀実験	①なし	9:00～21:00 12時間
	②あり	15:17:30～15:29:00 11分30秒
大泉緑地 公園実験	①なし	10:00～18:00 8時間
	②あり	14:58:00～15:09:15 11分15秒

1) について、パラメータ m は電界強度空間から実空間へマッピングするための重要な要素であり、都市内と郊外により、そのパラメータがどの程度異なるのかを確認する。また、時間細分化した固定基準点を用いたケースでは、テストの移動ベクトルとほぼ同じ電波状況の固定基準点を参照して位置推定が可能となるため、時間変動による電界強度ノイズが軽減され、高精度な位置特定が行えることを期待する。つまり、電界強度空間から実空間にマッピングする際に参照する固定基準点ベクトルのベクトル要素数が少なくかつ電界強度値の精度が良い場合において、パラメータ m の変化の程度を確認する。また、最大誤差を算出し平均ベクトル要素との関係をケース別に比較検討する。

2) については、テストの移動軌跡と推定座標の移動軌跡を比較検討する。ここでは、固定基準点及び自営基地局の設置位置、店舗・通路・樹の道等の関係からプロットされた推定座標の関係を確認し、推定座標がどの程度テストの移動軌跡を再現できているかを確認する。また、都市内（地下空間）と郊外（オープン空間）での座標推定精度の比較検討を行う。

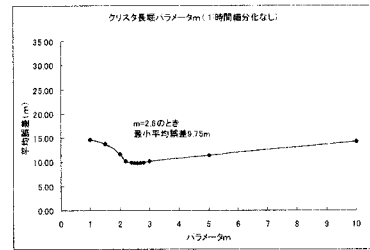
4. 位置推定結果

(1) パラメータ m と平均誤差 $G(m)$

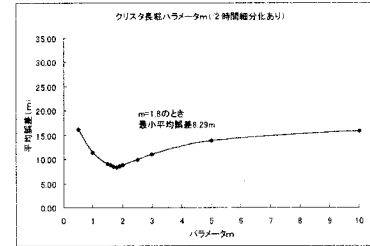
図-3はクリスタ長堀と大泉緑地のパラメータ・平均誤差の関係を示す。グラフから、i) クリスタ長堀と大泉緑地を比較すると、平均誤差の最小値に達するまでの減少傾向はクリスタ長堀の方が緩やかである。ii) 時間細分化あり・なしで比較した場合、最小値に達した後、時間細分化ありの方が急激に増大していることが分かる。

i) については、実験エリアの大きさが関係している

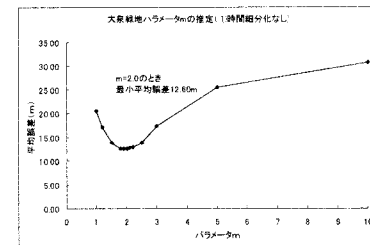
と考えられる。実験エリアの大きい大泉緑地では、固定基準点の設置間隔が広くパラメータがある程度適合するまで、平均誤差が大きくなる。



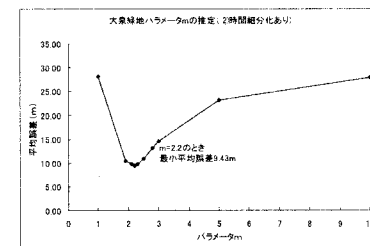
(a) クリスタ長堀：時間細分化なし



(b) クリスタ長堀：時間細分化あり



(c) 大泉緑地：時間細分化なし



(d) 大泉緑地：時間細分化あり

図-3 パラメータ m と平均誤差

ii) 時間細分化ありの場合には、移動体の受信環境により近い状況を表す固定基準点ベクトルを参照しているから、最適な重みパラメータ m を適用したときには、時間細分化なしの場合よりも精確な位置特定が達成される。ところが、 m が過小、すなわち近接度をあまり考慮せずより多くの固定基準点座標を反映する場合のみならず、近接度を重視しすぎる(m が過大の) 場合にも、時間細分化なしの場合と同程度の誤差が生じる。前者は、当然といえようが、後者は、事前の予想に反する。極端な例として、移動体の受信時刻に完全に対応する時刻の固定基準点ベクトルを参照し、なおかつ固定基準点の密度が極

めて高い場合を想定すると、最近接の1固定点のみを考慮する(重みパラメータの値は ∞ に近づく)こととなり、そのときの位置特定誤差はゼロに近づくはずであるから、時間帯細分化ありの場合には、全般的な精度向上が期待される。今回の結果がその期待に反するのは、空間的な受信状況の差異が大きく、その影響を除去するには固定点の設置密度が不十分であったと推察される。

表一5 実験別ケース別結果まとめ

実験別	電界強度 時間細分化	パラメータ	平均誤差 (m)	最大誤差 (m)	平均ベクトル要素数	
					固定基準点	移動体
クリスタ 長堀実験	①なし	2.6	9.75	39.36	7.83	6.10
	②あり	1.8	8.28	28.82	6.42	
大泉緑地 公園実験	①なし	2.0	12.60	58.81	6.00	5.39
	②あり	2.2	9.43	40.48	5.29	

実験別ケース別のテストの位置推定を行った結果を表一5にまとめた。固定基準点はクリスタ長堀の方が密に設置されているが、大泉緑地はオープン空間であって電波状況が安定しているといえる。そのため、平均誤差が最小となるパラメータ値はクリスタ長堀と大泉緑地ではほとんど変わらない結果となった。ここでの電波状況の安定性をa)空間的電波状況、b)時間的電波状況、の2つとし、a)の観点から電波状況の安定性を述べる。

平均誤差が最小となる重みパラメータ値は、クリスタと比較して疎に配置した大泉緑地とはほぼ同じ値となった。このことは、実空間においては疎密の違いがあるが、受信電界強度空間においては、両地は同程度の固定基準点密度とみなすべきことを意味する。実際に図-4の大泉緑地の方が距離と受信電界強度の相関、すなわち各固定基準点の参照にあたっての信頼度は高く、疎配置であることを補っていると見ることができる。

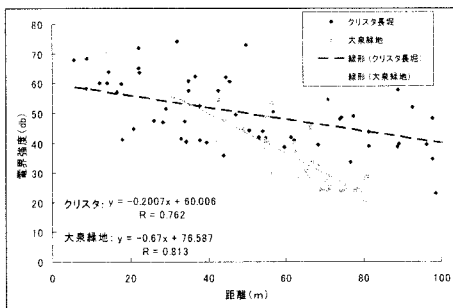


図-4 エリア別電界強度と距離の関係

表一5のクリスタでのパラメータ値は、時間細分化したケースの値が小さくなっているが、大泉緑地では、時間細分化したケースの方が若干大きな値となっている。これは、実験エリアの空間条件の違いやテストの移動状況の違いが関係している。つまり、時間細分化した電界強度ベクトルを用いたケースにおいて、マルチパスや人体効果の影響を受けやすいクリスタ長堀では、多くの固定基準点座標を反映させるためにパラメータ値が小さくなっていると考えられる。一方、大泉緑地ではパラメータ値が大きくなっていることから、より近接した固定基

準点座標を反映させる方が平均誤差を小さくしている。

平均誤差について、クリスタ・大泉緑地実験共に②のケースの方が良い結果となった。最大誤差が①のケースと比較して小さくなっていることが分かる。これは参照すべき②の固定基準点ベクトルがテストの時間変動を考慮しているため、テストが偶然に受信した電波にも対応し、位置推定していることが考えられる。これは、平均ベクトル要素数からも確認できる。固定基準点の平均ベクトル要素数とは、1つの固定基準点が持っているベクトル要素数のことである。移動体の平均ベクトル要素数とは、時間ごとにベクトルの要素数が変化することから、テスト時間あたりのベクトル要素数の平均とした。つまり、テスト時間あたりの平均ベクトル要素数は、テストが受信した電波状況を反映したものであり、その平均と固定基準点ベクトルの要素数が近いほど、時間変動を考慮しているといえ、偶然受信した電波やたまたま受信できなかった電波を考慮していると考えられる。

(2) 移動軌跡

クリスタ長堀におけるテストの真の移動軌跡と推定座標を図-5に示す。

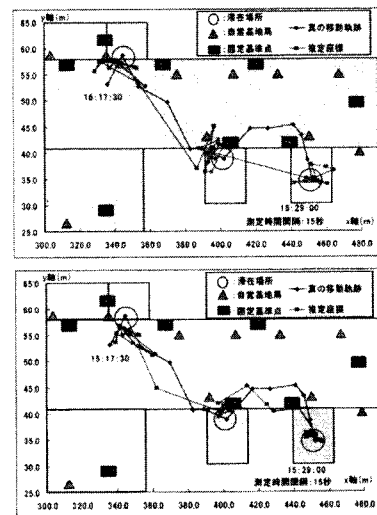


図-5 クリスタ長堀(上:ケース① 下:ケース②)

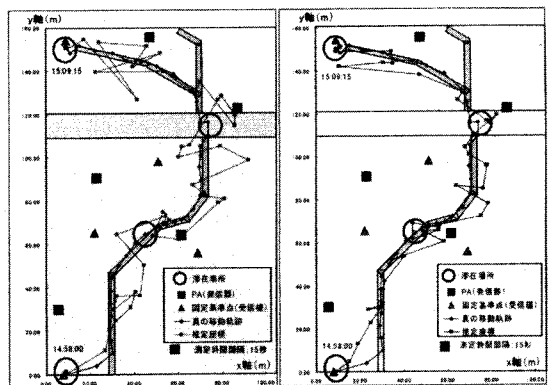


図-6 大泉緑地(右:ケース① 左:ケース②)

テストの滞在した店舗は、ほぼその位置を推定できているといえよう。店舗前でウィンドショッピングなどを想定した場合、滞り場所が店舗の中である必要はなく、ある程度幅を持たせた滞在店舗の特定で十分であると考えられる。一方、移動時の推定座標については、大まかな移動軌跡は推定できるが、通路のどちら側を歩いていたのかについては、まだ十分な位置精度は得られていない。しかし、通路壁と店舗を跨ぐ移動など実際にあり得ないものに関しては、位置推定された結果を補正し、再度プロットするといった対応を考えることができる。

大泉緑地におけるテストの真の座標と推定座標を図-6に示す。大泉緑地樹の道エリアはオープン空間で人通りもほとんど無い場所である。ここでは、電波の反射や人体効果の影響なども無いことから比較的安定した電波状態であった。また、②のケースでは平均誤差が10m前後となり、テストの軌跡をほぼ推定することができている。ただし、固定基準点及び自営基地局の設置密度が低いところでは移動時の推定座標にばらつきが見られる。

(3) パラメータと移動軌跡のまとめ

データ処理コストを許容した位置特定手法を用いて、位置精度を最大限まで上げるといった意図をもち本研究に取り組んだ。本研究の目的を1) 平均誤差が10m程度まで減少させられること、2) 環境の異なるエリアでのパラメータ特性の確認、といった2点とする。

1) について、少なくとも改良できる1ケースだけでも位置精度を改善することであり、手法の改良を行えば、より精度の高い位置特定が可能であることが分かった。

2) はパラメータ値を求めるのではなく、その空間特性を知ることに着目した。基準点を密設置した場合、パラメータ値は小さくなると考えられたが、基地局との電波状況が悪いような場合、疎設置された状態と同じ状態になり、予想されたパラメータ値と異なる反例が得られた。

5. まとめ

クリスタと大泉緑地において、テストの位置推定を行った。クリスタは地下商業施設内であり、通路壁によるマルチパス等の影響から電波状況が悪いエリアである。一方、大泉緑地は遮蔽物等の影響が多少あるが、電波状況が良好なエリアである。このように、位置特定手法を検討する場合に両極端なエリアで比較した。

本研究では、高精度な位置特定を行うために手法を改良し、位置精度を最大限まで向上した。全ケースで位置精度を保証することはできないが、クリスタの場合では、手法の改良前と改良後で約10m以上も精度の向上があった。パラメータについては、両実験場所ともほぼ同値であったことから、環境・条件の異なる場所で電波状況が似通った状態であるといえる。クリスタのように基準点を密配置した場合でも、電波状況が安定していなければ、疎配置した状況と同じになることが分かった。

今後、都市内での回遊行動を分析するためには、店舗内位置や店舗前（ウィンドショッピング）を判別できる程度の位置精度が必要である。一方で、コスト面からの検討も重要な課題であり、調査目的に応じた位置精度が確保できる最適な基地局・基準点の設置密度とデータ処理コストに関して検討する必要がある。

参考文献

- 1) 朝倉康夫, 羽藤英二, 大藤武彦, 田名部淳:「PHSによる位置情報を用いた交通行動調査手法」, 土木学会論文集, No.653/IV-48, pp95-104, 2000
- 2) 島田雅俊, 井料隆雅, 朝倉康夫:「基準観測点を用いたPHSによる移動体の位置特定手法の開発と評価」, 土木計画学研究・講演集 No.28, CD-ROM, 2003
- 3) 岡本篤樹, 内田敬:「電界強度の時間変動を考慮したPHSによる移動体位置特定手法に関する検討」, 土木計画学研究・講演集 No.30, CD-ROM, 2004

時間細分化した基準点電界強度ベクトルを参照する PHS ベース位置特定手法の検討と位置精度比較*

岡本 篤樹**・内田 敬***

本稿では電界強度の時間変動を考慮し、参照するベクトルを算出するために、基準ベクトルを時間細分化する手法を提案した。位置特定実験を都市地下施設のクリスタ長堀と郊外大泉緑地で実施した。マルチパス等の影響から電波状況の悪いクリスタと電波状況の良い大泉緑地で、位置精度を比較し位置精度に重要なパラメータについて、その知見を示した。

本研究の知見として、1) 位置特定手法を改良したとき、それぞれの実験場所で位置精度が向上したこと、2) パラメータ値がほぼ同じ値となったことから、これは基準点を密配置した場合でも、疎配置と同様の電波状況であることを意味するパラメータの特性が分かったこと、の2点である。

Examination of the PHS location positioning method using the time-dependent reference base-station vector. *

By Atsuki OKAMOTO** and Takashi UCHIDA***

In this paper, the location positioning method was improved the time-dependent the time subdivision reference base-station vector, and presuming a tester's position. We proposed that we compute the time subdivision reference base-station vector, considering temporal variation received signal strength. The field research was CRYSTA of urban underground and the suburban Oizumi Park. Position accuracy was compared in CRYSTA and Oizumi, and we showed the knowledge about the parameter of an element important for position accuracy.

The knowledge of this research is described below. 1) When the location positioning method was improved, position accuracy became good in each experiment place. 2) Since the parameter became the almost same value, we found the parameter characteristic by the electric situation.