

I-23 移動体通信技術を用いた都市内動態把握に関する実証的研究

A Empirical Research on Movement Grasp in City used of Mobile Telecommunications Technology

中野雅弘¹・奥野正富²・山崎弘³・太田智⁴

Masahiro Nakano, Masatomi Okuno, Hiroshi Yamazaki, and Satoshi Oota

抄録: 現在、都市計画段階における行動調査は、パーソントリップ調査を中心としているが、正確性、即時性、対象者への負担、費用などの問題が存在していた。一方、近年の情報・通信技術の飛躍的向上により携帯電話やPHSおよびGPS等の位置特定技術の進展は目覚ましい。本研究の目的は、それら位置特定技術を用いて、都市内行動者の位置精度の確保および移動手手段の特定などを調査結果から考察することにある。その結果、携帯電話やPHSによる移動体通信情報にGPSやD-GPSを併用することにより精度向上が可能であることが判明した。さらに、その取得データの分析を通じて都市内施設の最適配置の評価に関する可能性を探るものである。

Abstract: As for the action investigations of the city planning and the transport planning, etc. at the plan stage, there were a lot of investigations by the questionnaire form of the paper base that centered on the persontrip investigation now. In these methods, problems of the load increase and the cost increase, etc. to accuracy and a character and an immediate object person existed. On the other hand, the progress of positional specific technologies such as the pedestrian navigations and GPS (Global Positioning System) by the cellular phone and PHS is remarkable because of a rapid improvement of information and the communication technology in recent years. The purpose of this research is considered the possibility such as the specification of securing and the transportation of accuracy in various places of those who act by the movement in the city from a variety of investigation results by using those positional specific technologies and exists in the examination of the feasibility. As a result, in mobile telecommunications information on which the cellular phone and PHS depend though there is a limit on accuracy. And it turned out that accuracy was able to improve by using GPS and D-GPS together. In addition, it is the one to search for the possibility to the evaluation of the best arrangement of facilities in the city through the analysis of the acquisition data.

1. 目的

これまでの都市交通計画分野での行動調査は、パーソントリップ調査をはじめとしてアンケート形式による調査が主であった。アンケート調査には、①正確なデータを得るために設問数が多くなり被験者の負担が大きい、②アンケート記入までのタイムラグにより記述漏れや記述錯誤が生じやすい、③移動経路を記入してもらった場合、土地勘の無いところでは正確な記入をってもらうことは困難、④回収した調査票から抽出する作業に莫大な時間やコストがかかる。等といった問題点がある。

一方、近年、携帯電話やPHSをはじめとする移動体通信システムを用いた位置情報特定サービスにより歩行者ナビゲーション等のサービスが開始されている。この移動体通信システムを用いた位置特定技術を都市交通計画分野の調査に用いることで被験者への負担やコスト的な問題点を改善し、大量の被験

者の位置情報が得られることが可能性を秘めている。

本研究では、移動体通信システムの位置特定機能を用いて、都市内の様々な場所でその精度を維持しながら交通行動調査の可能性と、位置特定システムの違いによりどのような変化がみられるかを課題とし、移動体通信機器を用いた交通行動調査のあり方についての検討を行う。また、取得したデータを分析することにより都市施設等の配置についての評価が可能であるかの考察を行う

2. PHS (PEAMON) による都市内行動調査

(1) 都市内移動時の位置精度と加速度波形の特徴

交通行動実験で得られる位置情報の精度を把握することと、京都市内での調査結果を用いて加速度波形の特徴を把握し、実際の行動パターンを確定する。

a) PEAMONの概要

PHSは携帯電話と比べて基地局間の距離が短く、

1: フェロー会員 工博 大阪産業大学 工学部 教授 (〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1, Tel :072-875-3001)

2: 正会員 工修 NTT インフラネット(株) 開発企画部 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 2-4-11, Tel :06-4705-7593)

3: 正会員 工修 NTT インフラネット(株) 設備マネジメント部 (〒532-0033 大阪市淀川区新高 3-2-6, Tel :06-4807-9101)

4: 学生会員 大阪産業大学大学院 工学研究科 (〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1, Tel :072-875-3001)

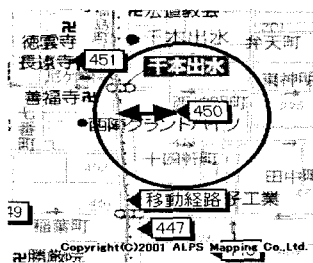


図-1 測位データの誤差

位置情報を得ることが可能である。そのPHS技術を用いた位置特定技術としてPEAMONがある。PEAMON (PErsonal Activity MONitor) とは、多層化された都市空間でシームレスに人の位置情報を収集できるPHS位置特定機能と、行動・移動識別が可能な加速度センサを組み合わせた新たなデバイスである。また、オフライン式データ蓄積型により測定料金が低コストで位置精度の向上も可能である。データ処理により位置特定機能 (PHS) から得られる位置情報と加速度センサから得られる加速度データの波形分析結果を組み合わせ、解析することによって従来の位置特定だけでなく、使用した移動手段 (徒歩・バス・電車等) を推定することも可能である。

b) 位置情報の精度

精度を検証するための誤差については、移動時の位置を15秒間隔に測位した時の位置情報を電子地図帳 (プロアトラス) に表示し、実際に通った経路位置について比較し、その離間距離 (⇔) を誤差として求めた。(図-1)

表-1~表-3は、異なる移動手段を離れた電車、バス、歩行行動時の位置データ誤差をまとめたものである。移動手段別でみると、電車による行動の誤差が最も小さく、バス、徒歩の順に大きくなる結果が得られた。なお、歩行時とバス乗車時の線路別走行位置誤差では誤差の範囲に大きな違いがあることがわかった。このことから、走行速度が速くなるほど誤差が少なくなるという傾向がある。また、都市内の中心地で基地局の濃度が濃いと考えられる四条河原町では、測位データの精度が良かった。

c) 加速度データの特徴

移動手段の交通行動の特徴として、走行時に加速度データの標準偏差を図-2~図-4に示す。図-2は電車走行時 (停車、発進時は除外) で、標準偏差の変動は少しあるが安定している。図-3はバス走行時で波形は大きく変化しているが、ところどころで安定的な部分が見られる。図-4は徒歩による標準偏差で、電車に比べて値が大きめであり、波形が大きく変化している特徴がある。

表-1 電車乗車時の位置誤差

| 区間(発~着) | ポイント数 | 標準偏差(m) | 平均(m) |
|---------|-------|---------|-------|
| 阪急桂駅~ | 62 | 31.57 | 25.08 |
| 阪急嵐山 | 59 | 23.38 | 20.21 |

表-2 バスの位置誤差

| 区間(発~着) | ポイント数 | 標準偏差(m) | 平均(m) | 加重平均(m) |
|---------|-------|---------|-------|---------|
| 嵐山~ | 80 | 74.30 | 77.70 | 55.15 |
| 西大路三条 | 79 | 68.93 | 74.13 | |
| 壬生交通局~ | 74 | 54.87 | 39.62 | |
| 千本北大路 | 73 | 38.48 | 35.04 | |
| 金閣寺~ | 145 | 51.49 | 48.78 | |
| 銀閣寺 | 143 | 43.55 | 45.32 | |
| 浄土寺~ | 33 | 79.71 | 55.52 | |
| 京都美術館 | 32 | 33.90 | 42.91 | |
| 京都美術館~ | 37 | 52.18 | 62.09 | |
| 祇園 | 34 | 53.76 | 53.76 | |

表-3 歩行時の位置誤差

| 区間 | ポイント数 | 標準偏差(m) | 平均(m) | 加重平均(m) |
|-------|-------|---------|--------|---------|
| 嵐山 | 142 | 81.17 | 92.88 | 61.09 |
| 西大路三条 | 127 | 34.00 | 37.60 | |
| 金閣寺 | 115 | 148.42 | 138.33 | |
| 銀閣寺 | 98 | 38.54 | 51.17 | |
| 京都美術館 | 73 | 31.65 | 40.18 | |
| 四条河原町 | 234 | 26.79 | 27.28 | |

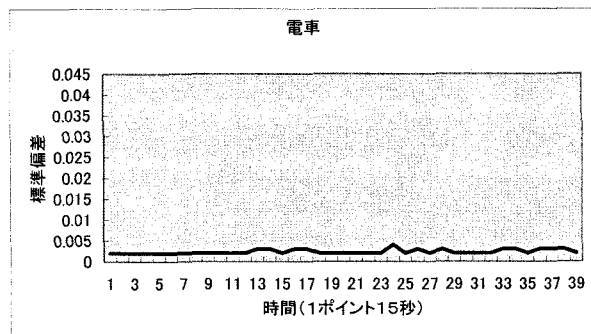


図-2 電車の加速度の標準偏差

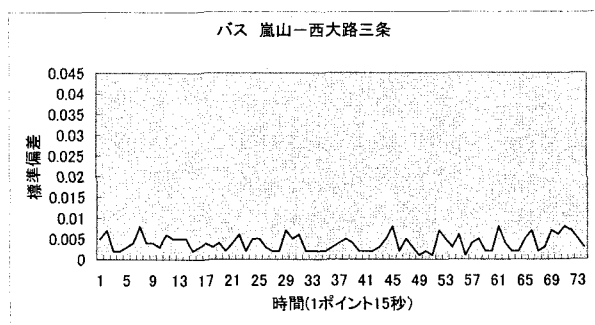


図-3 バスの加速度の標準偏差

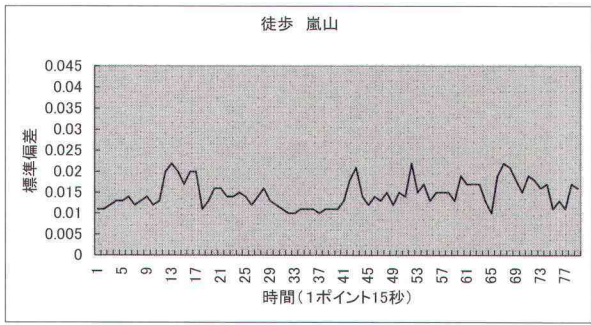


図-4 徒歩の加速度の標準偏差

(2) 都市内の駐車場利用者を対象とした調査(大阪市内)

a) 調査結果の概要

表-4 駐車場での調査の概要(2003年)

| | 谷町 | 土佐堀 | 新大阪駅南 |
|------------|-------|-------|-------|
| 調査日 | 5月26日 | 6月18日 | 7月16日 |
| 協力人数(人) | 44 | 45 | 33 |
| データ取得台数(台) | 26 | 34 | 14 |
| 取得率(%) | 59 | 76 | 42 |

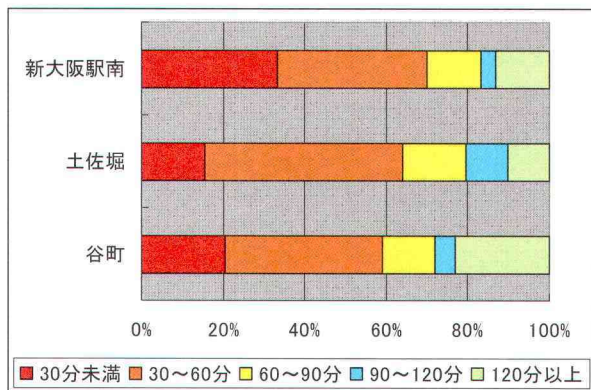


図-5 各駐車場における駐車時間

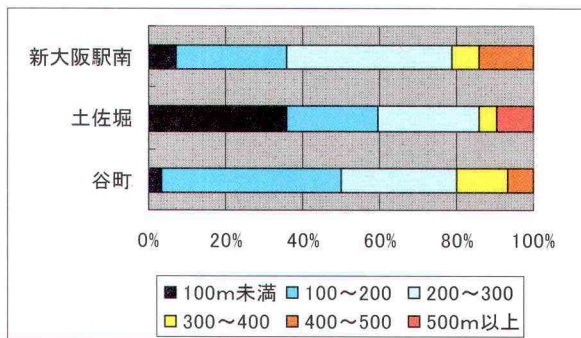


図-6 各駐車場における目的地までの距離

PHS機能による位置特定技術の把握、及び都市内における動態把握を目的とした調査の例として、大阪市内の駐車場における駐車後の回遊状況調査を行った。

この調査ではPHSによる位置特定機能を利用した端末「PEAMON」を利用した。調査対象は、大阪市道路公社の協力を得て、官庁と企業の立地している谷町駐車場、企業の多い土佐堀駐車場、および交通ターミナルの新大阪駅南駐車場とした。

駐車場別の調査協力者と PEAMON データの取得台数を表-4に示す。

各調査駐車場における駐車時間及び駐車場からの目的地までの距離割合を図-5、図-6に示す。まず駐車時間では官庁中心の谷町が最も長く、土佐堀、新大阪駅南の順であり、ターミナル利用者は比較的短い。さらに、目的地までの距離は、土佐堀が短く新大阪駅南と谷町は同程度である。

b) 個別被験者のデータ(谷町駐車場)

谷町駐車場における被験者の例を図-7に示す。この被験者は、谷町駐車場に駐車後、法務局と府庁新別館を目的としている。府庁新別館の滞在箇所と思われるデータが北側にずれて位置特定されている。法務局



図-7 谷町駐車場での被験者の軌跡



図-8 土佐堀駐車場での被験者の軌跡

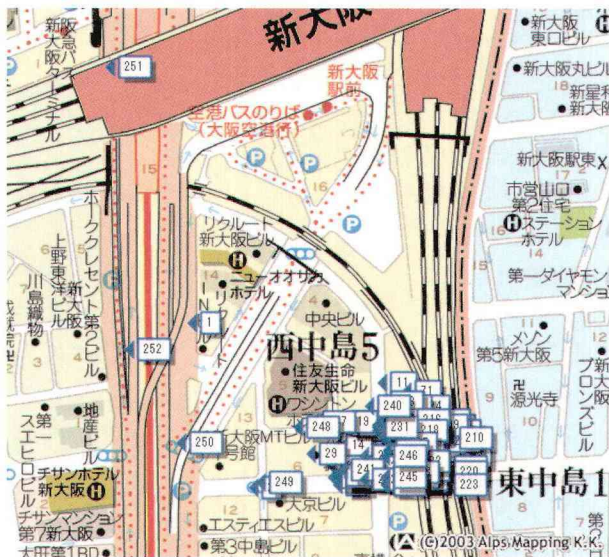


図-9 新大阪駅南駐車場での被験者の軌跡

での滞在データは、誤差が小さく20~50mである。府庁新別館付近では、電波の受信状況が悪く位置特定に影響を与えているものと考えられる。

c) 個別被験者のデータ(土佐堀駐車場)

土佐堀駐車場において駐車場から目的地まで距離のある被験者の例を図-8に示す。被験者の目的地である土佐堀3丁目のマンション付近(図-8上●印)までほぼ道路に沿う形で位置特定がされていることがわかる。途中経路では、位置特定がよいことがわかる。なお、滞在地点のデータは実際の滞在地点付近に位置特定されていて誤差が小さいものと、川を越え北側に約100m程度の誤差のものがある。これは、この付近では、北側に大規模な施設があり、その施設に設置された出力の強いアンテナから取得する電波が影響しているものと考えられる。

d) 個別被験者のデータ(新大阪駅南駐車場)

新大阪駅南駐車場において、目的地での滞在時間が長時間の被験者のデータを図-9に示す。滞在中の大きなデータのばらつきが少ないので、特定の範囲に位置特定が集中して滞在が判別できるものである。この付近は、PHSでの電波受信環境が良好であると考えられ、誤差も実際の滞在所を中心として±30m前後に収まっている。

(3) PHSによる調査のまとめ

PHSによる位置特定システムでは、加速度センサーデータの分析により利用交通機関の推定が可能なこと、また、都市の駐車場利用者の行動調査を実施した結果、PHSシステムによる位置データのみでは移動経路の正確な把握が不十分なこと、駐車場利用者は、駐車場から徒歩5分~10分以内の施設を利用する割合が高く、駐車後の回遊といった行動がなかった。また、駐車時間についても1時間未満での短時間での利用者が多く、長時間利用者で



図-10 携帯電話搭載GPSによる測定結果

表-5 携帯電話搭載によるGPSの誤差

| | 1回目 | 2回目 | 3回目 |
|---------|-------|-------|-------|
| 最大値(m) | 74.08 | 60.76 | 57.81 |
| 最小値(m) | 12.68 | 11.54 | 6.58 |
| 平均値(m) | 40.10 | 31.61 | 37.23 |
| 標準偏差(m) | 19.13 | 15.10 | 16.53 |

も目的場所は1箇所のみという場合がほとんどであった。

3. GPSによる位置特定

(1) 都心部(谷町駐車場地区)におけるGPS調査
PHS(PEAMON)による位置精度を比較するために、全地球測位システム(GPS)を用いて位置特定実験を行った。

a) 携帯電話搭載GPSによる測定

谷町駐車場周辺における携帯電話搭載のGPSの測定は、PHSを使用した調査で目的地として多かった法務局や大阪府庁の周辺部として10箇所測定するポイントを設定し、3回測定した。測定した結果を図-10に示す。概ね測定ポイントを推定できる所に位置特定されているが、誤差のある場合も見られる。東側の設定ポイントでは、測定毎の位置特定が近いが、西側の設定ポイントでは、測定毎に位置特定にばらつきがみられる。これは、西側設定ポイントが建物の影部分にて測定となったため、建物にてGPS衛星からの電波が遮られたことが影響していると考えられる。

設定ポイントと位置特定場所の誤差を地図上にて計測すると、表-5のようになった。なお、異常値を除去するため誤差が100mを超えた点を除いて計算している。異常値の割合は1回目と2回目の測定で1回ずつである。全測定に対する異常値の発生割合は、6.67%である。3回の測定から谷町駐車場周辺では、平均30m~40mの誤差があった。

b) 普及型GPS (PDA端末に装着) による測定

谷町駐車場周辺では、PDA端末に装着した普及型GPSによる測定を携帯電話搭載のGPSによる実験と同じ測定コースで行った。測定結果を図-11に示す。

測定コースを西側、南側、東側、北側に分割して取得結果を分析してみる。分析区間において任意点(10~20点)を選択し、誤差を計測する。任意点における実在の位置は建物と道路の境界線上を歩行したものと仮定し、時間を基準に推定する。この位置を基に誤差値の計測を行う。

測定コース西側における計測結果を表-6に示す。西側では、南向きに道路東側を歩行し測定した。3週目の精度が1週目に比べて悪い。西側は測定コースにおいて最初に通る経路である。単独測位の初期段階において、GPS電波の取得環境が1週目についてはなるべく感度の良好な所でGPSの設定を実施したが、3回目は感度があまり良好でない場所で設定を行ったことが影響しているものと考えられる。1週目では、10m以上の誤差は僅かであった。

測定コース南側にて選択した点における誤差の計測結果を表-7に示す。測定コース南側では、道路北側を東向きに歩行し測定した。1週目と3週目では、平均値は同程度であるが、3週目の方がばらつきが多くみられた。

測定コース東側では、道路西側を北向きに測定した。誤差の平均は、1、3週目とも10m±2m程度であり、表-8より妥当な結果であるといえる。誤差の分布では、1週目では5m前後の精度の割合が高く、3週目では15m以上の割合が高い。

測定コース北側では、道路南側を西向きに歩行し

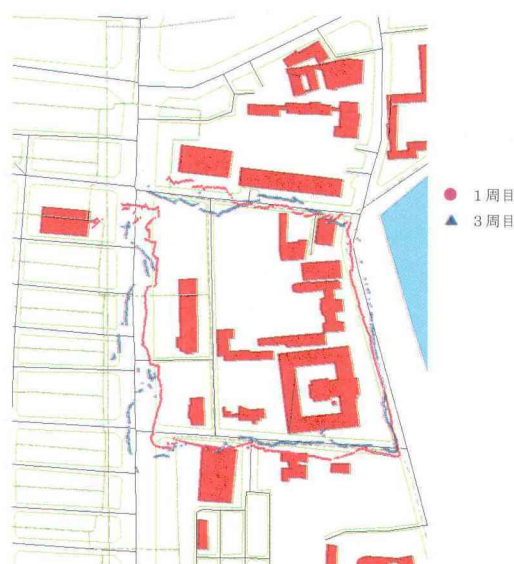


図-11 普及型GPSによる測定結果(GIS表示)

表-6 西側でのGPSの誤差(m)

| | 1週目 | 3週目 |
|------|-------|--------|
| 平均 | 7.73 | 34.32 |
| 最小値 | 0.88 | 8.40 |
| 最大値 | 21.95 | 64.77 |
| 分散 | 21.66 | 189.69 |
| 標準偏差 | 4.65 | 13.77 |

表-7 南側でのGPS誤差(m)

| | 1週目 | 3週目 |
|------|--------|---------|
| 平均 | 20.82 | 19.37 |
| 最小値 | 12.62 | 6.79 |
| 最大値 | 25.79 | 41.76 |
| 分散 | 12.331 | 107.385 |
| 標準偏差 | 3.512 | 10.363 |

測定した。(表-9)平均値は1週目、3週目とも10m前後であったが、1週目のほうがデータのばらつきが多いといえる。妥当な精度である10m前後までのデータは、1週目、3週目とも70%程度であった。

谷町駐車場周辺におけるGPSによる測定では、測定コース西側、南側における精度が悪く、東側、北側では精度が高かった。

表-8 東側でのGPSの誤差(m)

| | 1週目 | 3週目 |
|------|--------|--------|
| 平均 | 8.19 | 12.42 |
| 最小値 | 3.62 | 0.57 |
| 最大値 | 20.72 | 21.71 |
| 分散 | 19.433 | 51.588 |
| 標準偏差 | 4.408 | 7.182 |

表-9 北側でのGPSの誤差(m)

| | 1週目 | 3週目 |
|------|--------|--------|
| 平均 | 10.30 | 10.23 |
| 最小値 | 0.00 | 0.00 |
| 最大値 | 25.53 | 16.34 |
| 分散 | 63.640 | 25.025 |
| 標準偏差 | 7.977 | 5.003 |

(2) 商店街(アーケード下)における測定(普及型GPS)

商店街でGPSにおける位置特定を試み、アーケード下にある商店街におけるGPSを用いる調査において、GPSによる電波が取得可能であるか、及びGPSでの取得による問題点、改善点を検討する。

実験は、大阪市の天神橋筋商店街を対象に行った。GPS端末は(1)b)で使用した普及型GPS端末とした。南森町の天神橋2丁目交差点をスタート地点とし、天神橋筋商店街の北端である天神橋6丁

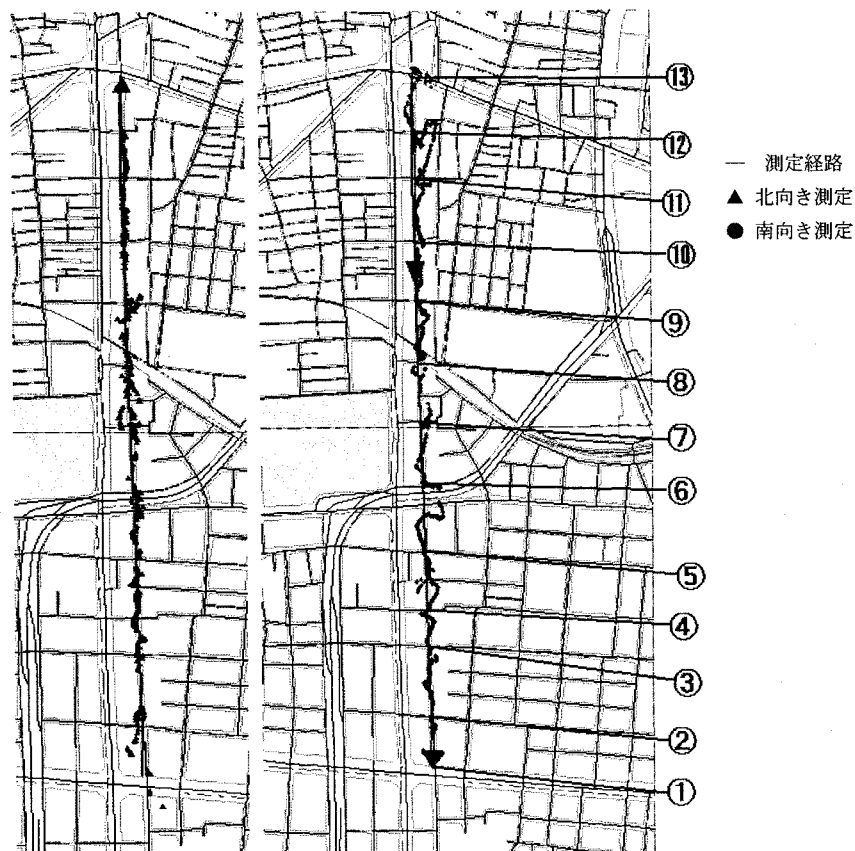


図-12 天神橋筋商店街でのGPS測定（計測間隔15秒）結果（GIS表示）

目交差点までの往復とする。全区間アーケードに覆われており、JR大阪環状線のガード下や阪神高速道路の高架下区間もあり、GPSによる取得自体困難であると考えられる場所である。測定結果を、図-12に示す。

北方向に測定した時の取得率は、アーケードの影響からか、50%程度の取得率であった。しかしながら当初想定されたよりも取得できることが判明した。南方向の測定では、75%の取得率があることからアーケード下でも分析可能な取得率は期待できるものと考えられる。

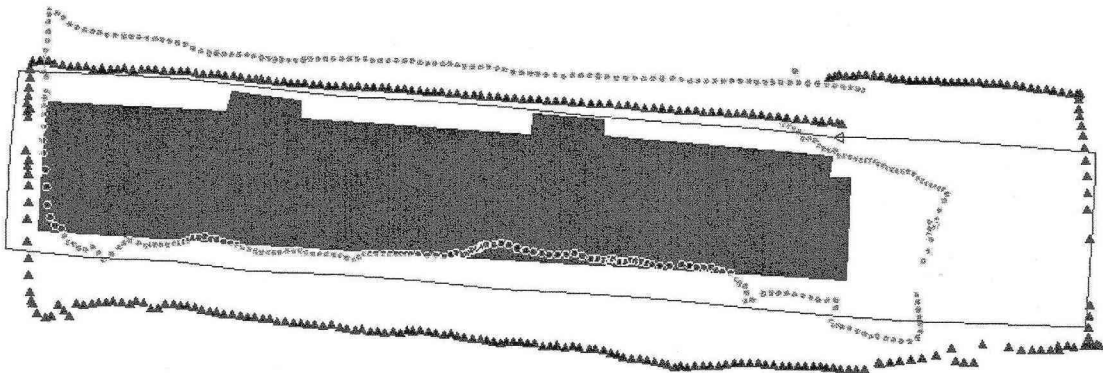
図-12より、北方向への測定では、取得率は低いですが南方向への測定に比べ東西方向へのばらつきは小さい。方向別の測定結果を交差点部での通過時間を基に13点を選択し、誤差を測定してみる。（表-10）北方向への測定ではPoint1⇒13、南方向への測定ではPoint13⇒1の順となる。

北方向への測定の場合、最大誤差は約180mで最低でも約50mの誤差が出ている。平均では約100mの誤差が出ている。いずれのポイントでも位置特定は、実際の地点よりも南側に出ている。一方、南方向での測定については、測定開始後、すぐに大きな誤差が見られていた後、徐々に精度が高くなり、最終地点付近で再び精度が悪くなっている。最大誤

差は約130mで精度が悪いが、最低誤差は約10mでGPS機器による測定誤差の許容範囲となっている。平均誤差は北方向への測定よりも精度がよく約50mであった。南方向への測定では、北方向への測定と違い全体的に北側にずれていた。アーケード下でGPS衛星からの受信環境が良好ではない中、実施した場合、初期設定を行った方向へ位置特定がずれる傾向があるといえる。このことは初期設定の重要性和、東西方向に延伸している経路等他の場所でも実施して検証してみる必要がある。

表-10 各Pointでの誤差(m)

| point | 北向き時 | 南向き時 |
|-------|--------|--------|
| 1 | 71.36 | 80.52 |
| 2 | 130.28 | 74.09 |
| 3 | 115.02 | 68.25 |
| 4 | 181.85 | 52.63 |
| 5 | 65.00 | 58.17 |
| 6 | 82.51 | 57.20 |
| 7 | 80.32 | 113.43 |
| 8 | 47.11 | 31.29 |
| 9 | 129.43 | 8.49 |
| 10 | 137.21 | 16.19 |
| 11 | 115.78 | 24.09 |
| 12 | 80.67 | 130.01 |
| 13 | 99.90 | 41.70 |



— ; 測定経路 ○ ; 補正前ポイント ▲ ; 補正後ポイント

図-13 D-GPSシステムを用いた補正前と補正後

アーケード下の商店街において、回遊状況を調査する目的でGPS端末を使用する場合、GPSに期待される精度は十分ではないが、取得自体が不可能ではないことが明らかになった。また、店舗の中では全く取得できなくなるため、PHSによる位置特定等補完する必要があると考えられる。

(3) 建物(5階建)近傍におけるD-GPS測定

D-GPSを利用したリアルタイムの一般的なGPS測位機は、精度が高いが高価であり被験者に端末を貸し出す事を想定する回遊調査においては現実的ではない。そこで、リアルタイムではなくD-GPSデータを取得後、パソコン上のプログラムにおいて処理補正する携帯型のD-GPS端末を利用する。これは、普及型の端末よりは高価であるがリアルタイムで処理を行うD-GPSに比べて安価で精度が期待できるとされている。後処理においては、

国土地理院がネットで提供している電子基準点による観測データを利用する。電子基準点は、地震・火山の調査研究や各種測量の基準点として全国に122点設置されている。この実験では、地理的条件から生駒基準局のデータを用いた。

大阪産業大学内の建物(5階建)周りで1回測定

表-11 データ取得状況

| | 補正前 | 補正後 |
|---------|--------|--------|
| 測定時間 | 5:45 | 5:45 |
| データ取得数 | 321 | 318 |
| データ取得率 | 93.04% | 92.17% |
| PDOP 平均 | 8.06 | 5.29 |

表-12 測定データの補正前と後の比較 (m)

| | 補正前 | 補正後 |
|----|-------|------|
| 1 | 6.83 | 1.87 |
| 2 | 6.19 | 2.42 |
| 3 | 5.53 | 2.58 |
| 4 | 4.88 | 2.10 |
| 5 | 4.62 | 1.40 |
| 6 | 4.64 | 1.38 |
| 7 | 4.65 | 2.17 |
| 8 | 3.63 | 2.41 |
| 9 | 4.30 | 3.37 |
| 10 | 8.27 | 3.75 |
| 11 | 5.10 | 1.95 |
| 12 | 6.14 | 1.94 |
| 13 | 8.39 | 8.00 |
| 14 | 7.81 | 9.65 |
| 15 | 6.96 | 6.21 |
| 16 | 6.61 | 6.02 |
| 17 | 2.58 | 5.98 |
| 18 | 4.22 | 6.49 |
| 19 | 5.41 | 6.30 |
| 20 | 6.67 | 6.55 |
| 21 | 8.35 | 6.96 |
| 22 | 12.31 | 8.18 |
| 23 | 14.80 | 8.79 |
| 24 | 17.05 | 8.05 |
| 25 | 18.58 | 8.12 |
| 26 | 21.62 | 5.46 |
| 27 | 20.65 | 2.45 |
| 28 | 19.87 | 3.01 |
| 29 | 18.82 | 1.14 |
| 30 | 12.18 | 7.36 |
| 31 | 8.00 | 7.31 |
| 32 | 3.35 | 7.12 |
| 33 | 6.40 | 7.83 |
| 34 | 6.50 | 7.07 |
| 平均 | 8.88 | 5.04 |

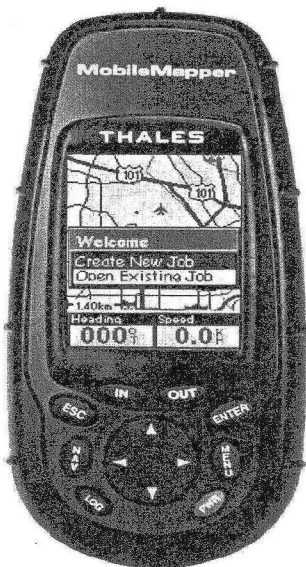


図-14 後処理型D-GPS端末(MobileMapper)

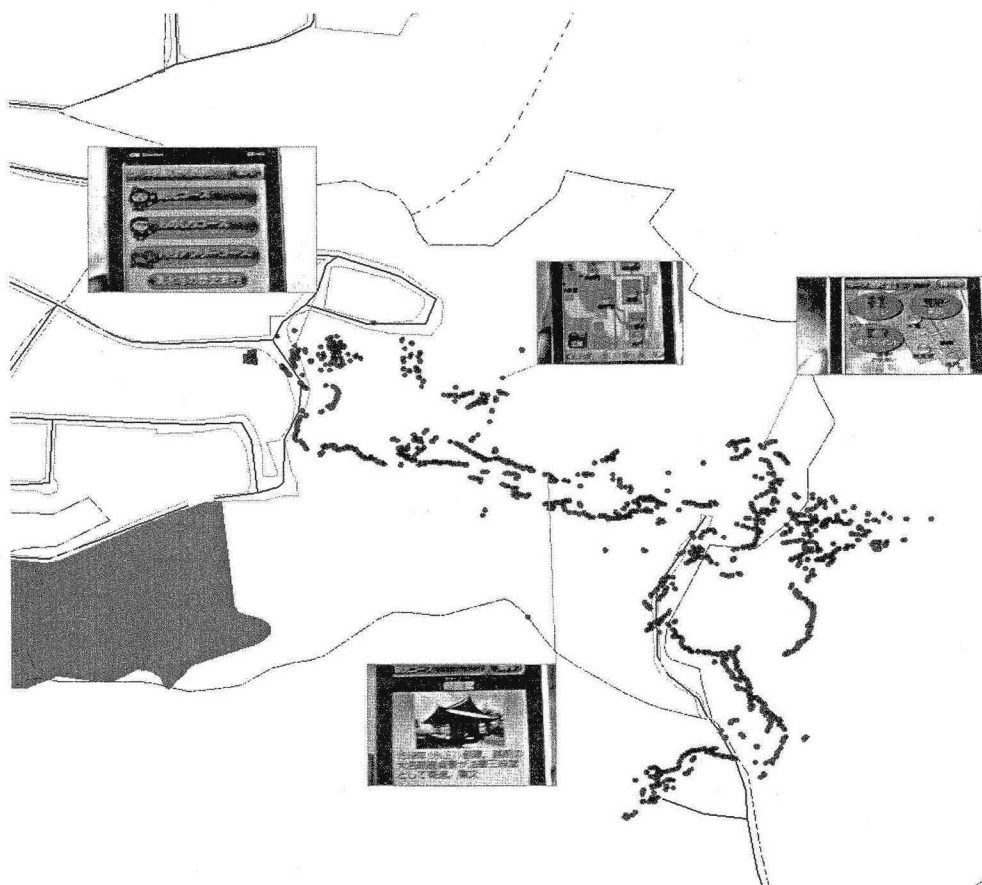


図-15 清水寺でのPDA観光案内とGPS軌跡データ (GIS表示)

し、補正前と補正後のデータを図-13 (図中の小さい補正前●、補正後▲)に示す。1周におけるデータの取得状況を表-11 (PDOPとは、複数の衛星配置の最適性を表す指標)に示す。取得した位置情報のうち3箇所において補正ができなかった。これは、高層建造物の吹き抜け部分になっているので、補正前のデータから補正計算を行うのに十分なデータが収集できていなかったためである。測定区間において、90%以上データを取得できているので、取得率が高いといえる。また、位置精度は、補正前より補正後の方が小さいことから、基地局データによる処理後に精度が向上することを示している。

補正前単独測位時とDGPSによる補正処理後データの誤差を表-12に示す。建物の北側に比べて南側の精度が悪くなっている。全体の平均では、約5mの精度であるが、単独測位で10m以上の悪い精度だったポイントでの精度の向上が十分でないことがわかる。一部に補正後の精度が補正前に比べて悪い場合もあるが、これらのポイントでは、DGPSによる補正後のPDOP値が高く、補正が正しくできなかった点だと思われる。また、補正前でPDOP値が3以下のものは無かったが、補正後では、3以下の許容範囲内のPDOP値もみられる。DGPSによる飛躍的な精度向上はみられなかったが、

PDOP値を分析することにより、単独測位のみではGPSでの位置特定に適さない場合でも、DGPSでは、改善がみられることが多いことがわかる。

DGPSによる補正後の精度が5m程度になったことで、都市内の回遊行動調査にDGPSを使用した場合、進行左右方向のどちらを移動したのかまで把握できることが期待できる。

(4) 京都市の観光地案内としてのGPS (京都市内観光ナビ)

清水寺にて実施されているPDAを利用した観光案内を体験して、観光地におけるGPSデータと融合した観光案内情報の提供の可能性を考える。観光案内の体験と同時に普及型GPSを用いた位置測定を行った。GPSにより得られた位置情報データの軌跡と清水寺におけるPDAによる観光ナビデータを組み合わせた結果を図-15に示す。GPSによる測定結果に関しては、概ね良好な取得結果であったが一部に特異値も見られる。参道上では、比較的良好な取得が得られている。他の調査場所におけるGPSでは、1つの場所で長時間滞在したりして移動速度が遅いと位置特定がブレるといった傾向がみられたが、今回は比較的歩行経路を的確に捕らえているといえる。PDAによる観光案内を体験した上で、現在位置がわからずに次に案内のある施設がどこな

のかわからない場面もあった。GPSによって現在位置を同時に表示できれば、そのような問題は解消されるものと考えられる。GPSシステムによる現在位置情報の表示方法では、建物内等では補正しての表示が必要となると考えられる。カーナビゲーションシステムでは、GPS衛星のみでは位置把握が困難なトンネル内などでは、自走経路による補正を行っているが、歩行者を対象にした場合は、移動制約が少ないので難しいと考えられる。しかし、今回の清水寺境内のみを対象にした観光案内等狭域でのGPSを活用したシステムを考える場合、補正方法は比較的容易な構築ができるものと思われる。例えば、清水寺においては、無線LANのアクセスポイント等を設置し、観光スポットに入ると自動的に案内を始める仕組み等が将来望ましいシステムと考えられる。

(5) GPSによる測定結果のまとめ

携帯電話搭載のGPSでは約40m、普及型のGPSでは約10～20mの誤差範囲があることがわかった。PHSによる位置測位に比べて、移動経路の特定は容易であった。また、受信状況によって精度の良い場所と悪い場所に分かれた。

商店街でのGPS測位では、GPS衛星が把握できないアーケード下でもある程度の測位は可能であったが、精度は良くなかった。

後処理型のDGPSを利用した精度補正前・補正後の違いを検証し、補正により精度の向上が確認できた。しかし、単独測位ではGPSの取得環境が悪い場所では、補正ができない場合があるため単独測位の精度補正システムの検討が必要であろう。

4. 課題と展望

(1) PHSの特性

PHSによる特性は、ビル内等の建物内や地下街等GPSでは把握の難しい空間での位置取得ができることにある。ビルの各階に電波を増幅させるパワーアンテナを設置することによって、立体方向での位置把握も可能である。パワーアンテナは、室内の電波受信環境の向上のためPHS事業者によって無償または低廉な価格にて配布されているので比較的容易に調達することができる。パワーアンテナにもPHSの各基地局と同様に固有のID番号が付加されているので、位置特定を行うためのPHS端末に特別な設定等の必要がないことも利点である。PHSによる位置特定の精度は、100m程度の誤差を考慮する必要があるが、主要な建物や駅構内等では基地局のIDに施設情報が付加されており、位置精度の向上につながっている。都市内の行動調査にお

いて、被験者が地下鉄を使用した場合、地下鉄乗車区間での位置把握はできない。しかしPHSを利用した調査においても地下鉄の走行区間全てで電波が受信できず乗車区間を的確に把握することは難しいが、各駅構内ではPHSの圏域に当たり、駅ごとの基地局IDにより確実に位置特定ができる。この駅情報を追跡することによって被験者の乗車区間や路線を特定できる。GPSを利用した場合、地下鉄等を利用した被験者の行動を分析することは困難と思われるが、PHSによって各駅で位置特定出来るため、被験者の行動を把握することで、行動分析が可能になる。

(2) GPSの特性

GPSの特性は、PHSでの位置特定に比べて精度向上が期待できる点にある。単独測位時でも20m前後の精度を期待でき、都市内の行動調査を行う場合には十分な精度である。携帯電話搭載のGPSでの精度が40m前後、普及型のGPSでは、GPS衛星からの電波を取得できる環境が悪いと思われる高層ビル等が密集している地区で20m前後、それ以外の場所では10m前後の誤差があった。これは、GPS端末での性能仕様値が10mであるので、妥当な結果であるといえる。また、アーケード等により空が見えない場所でも取得状況は良くないが測定は可能であることがわかった。アーケード下では50m以上の誤差があった。50m以上の誤差では誤差が大きいためGPSのみの調査で判定するには無理がある。GPSによる調査を行う場合は、PHSでの位置特定システムを併用する方法等ならかの補助的な調査も必要になるものと考えられる。

単独測位によるGPSでの位置誤差は10m前後であるが、DGPSでの補正後の位置誤差は5m前後であった。本研究で用いた電子基準点を用いた補正では、電子基準点の情報が得られるのは調査時間から約6時間後であるが、都市交通計画分野においてリアルタイムで位置情報を取得する必要がある場合は少なく、調査結果を調査終了後に分析を行うという場合が多い。よって、後処理方式の電子基準点を用いる補正方法は有効であると考えられる。都市内の歩行者移動経路に着目した調査の場合、歩行者が道路上の左右どちらを歩行したのか等の情報が重要になる場面もある。DGPSによる補正では、5m前後の精度が期待でき、このような要求に応えることが可能になる。

GPSは、昨今日常生活の様々な場面で使われている。その中で、GPSを搭載した携帯電話は約100万台普及している。携帯電話搭載のGPSによる精度は、本研究では40m前後の誤差でありそれほど精度が高いとはいえない。しかし、今後は携帯

電話の精度向上が期待出来、最新の機種を使用した場合は、精度がある程度向上されているものと思われる。

このように、GPS搭載の携帯電話を使用した調査を実施すれば、かなりの規模の調査が実施できるものと思われる。

(3) 課題と展望

本研究では、PHSシステムを使用した駐車場利用者を対象とした駐車後の回遊行動調査を実施した。その結果、PHSシステムのみで移動経路を把握するには難しく、アンケート等との補完が必要であり、このままでは被験者の負担軽減にならない。

①位置特定精度

GPSによる位置特定に関しては、都心部では高層ビル等の影響によりかなりの高精度な結果がわかるわけではないが、PHSシステムの場合に比べて、得られたデータのみで移動経路の推定はある程度可能であった。道路の左右どちらを歩行したのか等の詳細なデータが必要な場合には、DGPSを用いることである程度可能であると考えられる。

位置精度の問題では、PHSでは位置精度に限界があるので、地下街や狭域なエリアでの調査では対象を考慮する必要があるといえる。また、PHS利用者自体の減少によりPHS事業者の事業撤退等一部のキャリアをつかった位置特定ができなくなっている場面もある。GPSでの位置特定は、10m前後の精度が期待でき、この点GPS衛星を把握できる場所では測位に向かない点があるが無線LANやBluetooth(10m程度の範囲で2.45GHz帯の電波で1Mbpsが可能な無線方式)などの補助的システムを確立することが必要である。

②個人情報の問題

昨今、個人情報の扱い方により慎重さが求められる。都市交通計画分野での行動調査では、被験者の協力が不可欠であり、また日常での行動を把握することが要求される場面が多い。動態把握技術を活用することで、被験者の行動様式が詳細にわかることから、個人情報やプライバシーには十分な配慮を行わないと、被験者の協力が得られず、調査方法も絵に書いた餅にすぎないということも考えられる。また、端末を貸与して調査協力をしてもらう場合、未回収を防ぐ対策を立てておく必要がある。

(4) 調査結果を生かした都市施設のあり方

調査により得られた位置データを利用することにより、都市内での動態状況が分析でき、都市施設(駐車場、商店街、駅前広場など)の最適なあり方を考える上で有益な情報となる可能性を秘めている。

①回遊行動のパターン

本研究で行った駐車場の利用者の回遊行動調査の

結果、都市への車で訪れる場合、目的地近隣の駐車場に駐車し、目的場所で用事が済み次第、駐車場に戻り、帰路に着くか、あるいは車で次の目的地等に向かう場合がほとんどであった。駐車場から目的地までの往復での被験者がほとんどであった。平日に実施したため、ビジネスでの利用者が多いことを考慮しても、都心部へ車で来訪する人は、目的を持って来訪し、目的が達成するとすぐに帰るというパターンが多いことがわかった。

②魅力ある都市づくりへの反映

駐車場の利用実態分析では、駐車後のトリップ数をできるだけ確保し、長時間滞在してもらえる施設づくりが必要であると思われる。そのためには、都市施設の面からだけでなく駐車料金の一定額上限設定などソフト面での工夫も必要である。

パーソントリップ調査等では、点と点のデータしか得られないが、位置データを活用することで点と点を結ぶ線のデータが得られ、都市の人の流れを分析することができる。都市の人の流れから、閑散としている地区、活気のある地区がよりはっきりすると同時に、通行量が多いだけで通過地点として利用されているのか、滞在地点として利用されているのかを判断できる。閑散としている地区や通過地点として利用されている地区では、活性化のため問題点を洗い出して、活性化するための対策を行う等の方針を出す必要がある。

謝辞: 本研究にあたり、大阪市道路公社の駐車場にてアンケート調査を実施したが、これにあたり、公社の方々にも多大なご協力をいただいたことを感謝します。

参考文献

- 1) 吉田樹・竹内伝史・秋山哲男「市街地における駐車場選択行動に与える街路環境の影響」第26回土木計画学研究・講演集 2002
- 2) 中嶋康博・西山良孝・矢部努・牧村和彦・田中利行「移動体通信機器を用いた歩行者交通行動のモビリティ指標化に関する基礎的研究」第25回土木計画学研究・講演集 2002
- 3) 植木健一・安達伸一・山崎晴彦・本田陽子「PHS計測器を活用した歩行者の行動特性分析」第27回土木計画学研究・講演集 2003
- 4) 岡村篤樹「都市商業施設内におけるPHSシステムを応用した位置特定手法～基準点観測点を用いた地下商業施設内での位置特定手法に関する検討～」第29回土木計画学研究・講演集 2004
- 5) 本郷達也・朝倉康夫「GPSによる移動位置データを用いた奈良飛鳥地域での周遊行動の分析」土木学会第58回年次学術講演集 2003
- 6) 杉沼浩司編著「図解入門よくわかる最新移動体通信の基本と仕組み」P58-61 秀和システム 2001
- 7) 土屋淳・辻宏道著「改訂版GPS測量の基礎」社団法人日本測量協会 P123-128 1999

(2005.5.17 受付)