

狭域調査におけるPHSシステムによる位置特定機能の利用可能性について*

Possibility of Cellular Phone Based Location Positioning System in Narrow Area Investigation*

岡本篤樹**・近藤勝直***・朝倉康夫****・田名部淳**

By Atsuki OKAMOTO**・Katsunao KONDO***・Yasuo ASAKURA****・Jun TANABE**

1. はじめに

パーソントリップ調査に代表される大規模なアンケート形式の交通行動調査は、もともと社会基盤整備を目的とした交通需要予測のためのものであり、比較的狭い都市空間を対象とした交通計画の際のデータソースとしては必ずしも適切ではない。被験者の記憶に依存するアンケート形式の調査は位置と時刻の精度に限界があることに加え、データ収集からコーディング、解析に至るまでの時間と費用も無視できない。調査・計画の対象地域が狭く、かつ迅速で正確な解析が要求される場合に利用可能な新しい行動調査手法の開発が求められている。一方、マーケティング・リサーチの分野では小規模であっても情報量の多いデータを収集してきた。少人数を対象にしたインタビュー調査や、Point of Sale (以下 POS) データを用いたスキャンパネル調査など、収集された情報量の多いデータを処理・分析する様々な手法が開発されている。

今日では、情報・通信技術の高度化に伴い、GPS・PHS Personal Handy-phone System (以下 PHS) などに代表される移動体通信システムは飛躍的に利用者の数を増加させており、交通行動調査の分野でもそれらの機材を利用した調査手法が提案されるようになってきた。GPS により収集した位置情報を主に車両の移動分析に用いる事例は既に報告されている。PHS に関しても位置特定サービスを利用した人の行動観測手法、データ解析手法が開発されてきている^{1)・2)}。

*キーワード: 交通行動分析, 歩行者交通行動, 狭域調査

**正員 (株) 都市交通計画研究所。〒540-003 大阪市中央区釣鐘町 1-1-11. Tel: 06-6945-0144 / Fax: 06-6946-1069

***正員 工博/商博 中内 学園流通科学大学。〒651-2188 神戸市西区学園西町 3-1. Tel: 078-796-4840 / Fax: 078-7 94-3054

****正員 工博 愛媛大学工学部環境建設工学科。〒790-8577 松山市文京町 3. Tel: 089-927-9825 / Fax: 089-927-9843

本研究では、商店街やショッピングセンターなどでの消費者の買い回り行動の調査(追跡型調査)に、PHS の位置特定機能を利用した調査手法が適用可能かどうかを調べることを目的としている。地下街・建物内でもアンテナ基地局や自営アンテナ(以下パワーアンテナ)の電波を受信することができるPHS機能をもったオフライン型の端末【PErsonal Activity MONitor】(以下PEAMON)を用いて、大型小売店舗の食料品売場内に配置したパワーアンテナのID(以下CSID)と電界強度(以下RSSI)の強さから、売場内での被験者の位置を特定することのできる調査システムの提案と、観測データから経路や滞在時間等を算出する方法論の開発を試みる。

2. 調査システム構成

移動体である消費者にはPHSによる位置特定機能を持ったPEAMONを携帯してもらう。PEAMONはオフラインでのデータ収集デバイスであるが、オンラインでのデータ収集が必要なら通話機能を持ったPHSであっても構わない。PHSの位置特定サービスが持つ誤差は、基地局アンテナ密度が比較的高い都心部でも平均50m程度であるため、そのままではショッピングセンター内の位置特定には使えない。本研究では、パワーアンテナを高密度で配置し、かつ位置特定のためのRSSIの閾値を適切に設定することにより、店舗内での位置特定を試みる。

写真 2.1 はパワーアンテナの外観である。外観寸法は高さ 105mm, 幅 120mm, 奥行き 12mm, 重さ 110g で簡単に設置することができる。パワーアンテナは PHS の基地局アンテナの電波を受信し、その電波を増幅し中継する際にパワーアンテナ固有の CSID を発信する。パワーアンテナは、PHS の利用者が電波の届きにくい郊外などでサービスを受けるためのもの(以下ではノーマルアンテナと呼ぶ)である。パワーアンテナには自ら電

波を発信し、電波の出力強度を 8 段階に調整できるもの(以下ではアッテネータアンテナと呼ぶ)も開発されている。このアッテネータアンテナを利用することにより、PHS 基地局の電波が届かない場所(郊外・建物内)でも PHS による位置特定機能を用いた調査が可能となる。

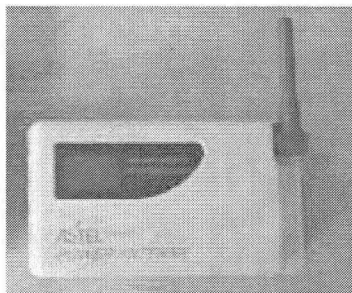


写真 2.1 パワーアンテナの外観(ノーマルアンテナ)

写真 2.2 は PEAMON の外観である。外観寸法は高さ 120mm, 幅 70mm, 奥行き 12mm, 重さ 125 g である。PHS の位置特定機能を持ち、地下街・建物内でも位置特定が可能である。

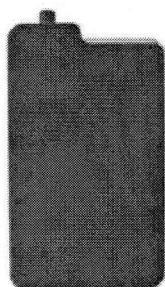


写真 2.2 PEAMONの外観

3.分析手法

PEAMONはオフライン型の蓄積型端末であり、基地局やパワーアンテナのCSIDとそのRSSIを内部(32MBフラッシュメモリ)に蓄積することが可能である。一方、電波を送信するパワーアンテナは、基地局アンテナ同様、それぞれ固有のCSIDを持ち、その情報を電波にのせて送信している。パワーアンテナを観測したい地点(施設など)に設置し、被験者が携帯しているPEAMONより収集されるCSID-RSSIデータ(CSIDとRSSI)の変化を捉えることにより、その地点に近接した否かを判別する。これをCSID解析と呼んでいる³⁾。CSID解析を改良し、パワーアンテナによる滞在判定を行う場合のフローチャートを図

3. 1に示した。主な改良点は、(1)PA_CSID・RSSIデータから設定したパワーアンテナの閾値を超えたものを抽出すること、(2)アッテネータアンテナ・ノーマルアンテナの電波の強さ・減衰の状況などを考慮しアッテネータアンテナのデータを優先して、被験者の最も近くにあるパワーアンテナを選び出すこと、(3)選び出されたパワーアンテナの連続性を調べて移動滞在を判定することである。パワーアンテナから受信される電波は、マルチパスや人体効果によって時々刻々変動する。そのため、パワーアンテナ付近に数時間滞在している場合でも、RSSI閾値を超えないような時間帯や他のパワーアンテナのRSSIが閾値を超えて選出されるということが発生する。このようなケースでCSID解析を行うと1回の滞在が複数の滞分に分割されてしまう、あるいは滞在と判定されないといった問題が生じる。そこで、連続性のチェックでは、ある時刻tのチェックを行う場合、RSSIの時間変動から生じる不連続な同一パワーアンテナの選出を考慮して、前後の時間帯に同一のパワーアンテナが選出されていたとき、同じ地点に滞在していたと見なし前後のパワーアンテナを補間する。滞在判定については、同一のパワーアンテナが3個(約15秒間)以上連続した場合、“滞在”と判定する。

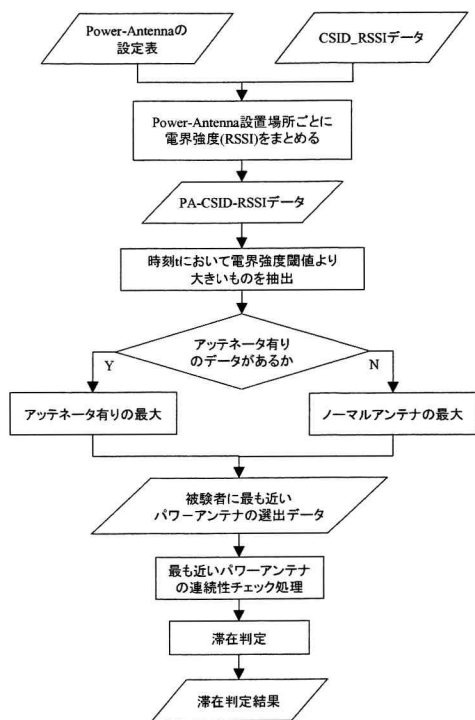


図 3.1 パワーアンテナを用いた滞在判定

4.実験内容

(1) 実験の枠組み

大型小売店舗内の食料品売場(概ね1000m²のエリア)において、消費者の買い回り行動を把握するために表4.1に示す枠組みで実験を行った。PEAMONのデータ収集周期を約5秒間隔とすることで、より詳細な行動を把握できるようにした。

表 4.1 実験の 枠組み

項目	内容
日時	2001/04/12 21:00-23:00 (閉店後)
対象地域	大型小売店舗 食料品売場
被験者	店舗内回遊(1名)
計測機器	PEAMON(蓄積型Off-Line PHS) パワーアンテナ VTR

(2) パワーアンテナ設置地点とRSSI閾値

アッテネータアンテナは RSSI を調節できることから、主通路を中心として配置した。ノーマルアンテナは商品の陳列棚による RSSI の減衰が確認されたため、棚をはさんだ通路に配置した。図4.1はパワーアンテナの設置図である。

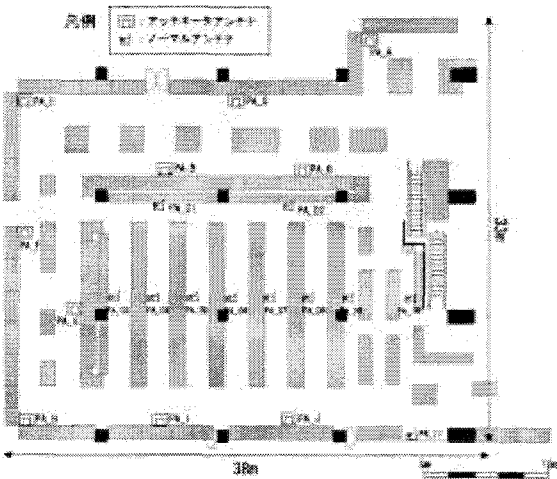


図 4.1 パワーアンテナ配置図

RSSI 閾値に関しては、パワーアンテナ減衰実験により、アッテネータアンテナが 55db、ノーマルアンテナが 72db とし、PEAMON が受信した RSSI のうち閾値を越えたものだけを滞在判定に利用した。

(3) 被験者の回遊ルート

被験者にはあらかじめルートと滞在場所を指定して店内を回遊させた。滞在地点は全部で21地点あり、店内の通路を限無く歩行するようなルートを設定した。滞在場所と時刻に関する真値を得るために、被験者の回遊行動をVTRで撮影した。図4.2は被験者の回遊ルートとデータ取得時間を示している。

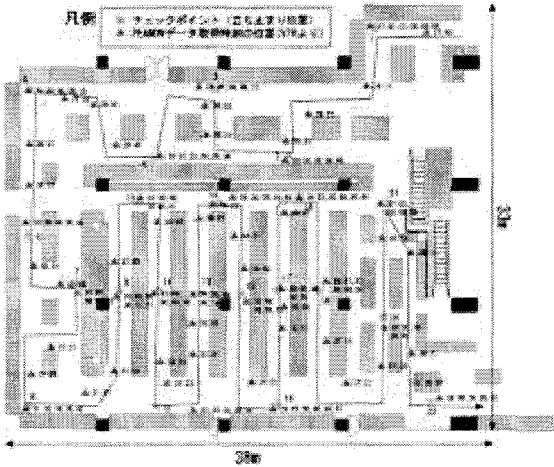


図 4.2 被験者の 回遊ルートとデータ取得地点

5.滞在判別結果

図5.1はパワーアンテナ設置位置における滞在判定結果をグラフにしたものである。図中の①部分について、被験者の RSSI のデータを見ると、アンテナ”PA_C, PA_D”からの電波を受信しているが、設定した RSSI の閾値を超えていないため、滞在判定が不可能であった。②・③部分の”PA_02, PA_04, PA_06, PA_07, PA_09”に関しても①と同様の理由により”滞在”と判定することができなかった。④部分については”PA_G”の前に滞在していたにもかかわらず”PA_F”の電波を強く受信していたため、判定を誤っている。また、⑤部分については、被験者の移動中に商品棚を挟んだ”PA_B”から強い電波を受信したため、”PA_B”に滞在したという判定になった。これらの結果をまとめると、多少の時間のずれはあるが、正確に”滞在”と判定している地点が 13 箇所、電波を受信することができずに判定できない地点が 7 箇所、移動・滞在時に他のパワーアンテナの電波を受信し誤判定になっている地点が 2 箇所となっている。

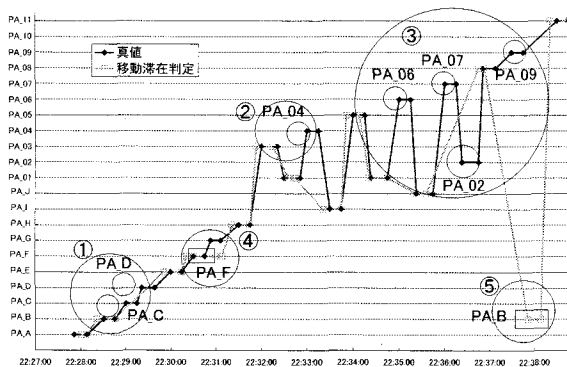


図 5.1 真値と滞在判定結果比較

6.考察

被験者がパワーアンテナ付近に滞在していたときに被験者の携帯したPEAMONがパワーアンテナから受けたRSSIの関係を表6.1に示した。“最大測定回数”は、パワーアンテナ付近で滞在していた時間内に取得可能な最大測定回数を意味し、“RSSIデータ受信回数”はその時に実際に受信できた回数である。PEAMONの受信できるアンテナ数に制約(RSSIの大きい順に最大7つ)があり、マルチパスや人体効果の影響でパワーアンテナのRSSIが弱いときなど受信できない場合がある。

表 6.1 滞在時におけるRSSIの関係

パワーアンテナ	最大測定回数	RSSIデータ 受信回数	RSSIデータ 受信率(%)	RSSIデータ受信時の 平均RSSI(db)
PA.A	5	5	100%	59.4
PA.B	4	3	75%	66.0
PA.C	4	0	0%	-
PA.D	5	1	20%	68.0
PA.E	4	4	100%	64.8
PA.F	4	4	100%	59.0
PA.G	3	0	0%	-
PA.H	4	4	100%	64.3
PA.I	4	4	100%	59.3
PA.J	5	3	60%	66.7
PA.01	10	10	100%	74.8
PA.02	5	2	40%	78.0
PA.03	5	4	80%	75.0
PA.04	4	3	75%	72.3
PA.05	4	4	100%	74.3
PA.06	4	0	0%	-
PA.07	4	0	0%	-
PA.08	5	5	100%	74.2
PA.09	4	4	100%	72.8
PA.11	4	4	100%	76.8

5章の滞在判定結果で“滞在”と判定することができなかった”PA.C, PA.G, PA.06, PA.07”はパワーアンテナ付近に滞在していたにもかかわらず、パワーアンテナから電波を受信していないことがわかる。“PA.02”は“RSSIデータ受信時の平均RSSI”は高い値を示しているが、“RSSIデータ受信率”が低い値を示しているため“滞在”と判定されなかった。また、“PA.04, PA.09”は“RSSIデータ受信率”は互いに高い値を示しているが、“RSSIデータ受信時の平均RSSI”が72～73dbであり、RSSI閾値を超えていない時間帯があったため、“滞在”と判定することができなかった。これらの原因として、パワーアンテナの設置状態・他のパワーアンテナの電波状態・パワーアンテナの器機障害などが考えられる。

7.おわりに

本稿では、PHS機能を持った移動体通信デバイスの一つであるPEAMON(受信器)とパワーアンテナ(発信器)を用いた狭域の移動・行動調査方法を新たに提案した。CSID解析の改良により滞在判別を行うことで、パワーアンテナを設置した場所での人の滞在を概ね把握することができた。今後、調査の目的に応じたパワーアンテナの設置間隔を確認し、位置特定精度を上げることが重要な課題である。なお、各パワーアンテナの電界強度分布図に基づく位置特定手法や、各地点におけるCSIDとRSSIの関係からパターン分類を行い、調査エリアをいくつかのゾーンに分割するとともに、被験者のゾーン間の移動を捕らえる手法なども検討中である。

参考文献

- 1) 朝倉 康夫, 羽藤英二, 大藤武彦, 田名部淳 (2000) 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, pp.95-104.
- 2) 朝倉康夫, 羽藤英二 (2001) 特定地区に集中する交通需要の適正化・分散方策～移動体通信による位置データの利用可能性～. 土木計画学シンポジウム講演集, <http://www.e-tsu.org/>
- 3) OKAMOTO A et al. (2001) Monitoring Personal Travel Behaviour using a Cellular Phone System with Power Antennas and CSID Analysis. the 8th ITS World Congress in Sydney 2001, CD-ROM.