

経路トポロジー値による回遊行動分析

Analysis of wandering behaviour with route topology index

松田 壮*・井料 隆雅**・藤井 康平***・朝倉 康夫****

By So MATSUDA*・Takamasa IRYO**・Kohei FUJII***・Yasuo ASAKURA****

1. はじめに

従来、観光地において観光客の回遊行動を分析する際には主に質問紙調査が用いられてきた。しかし観光回遊行動という地理に不案内な地域における繰り返しのない非日常的な行動データを取得する場合、想起に基づいて記述される質問紙調査では位置と時間の回答精度は必ずしも高いとは言えない。一方、携帯電話やPHSといった移動体通信システムを用いた位置特定手法の発展により、移動体の行動を客観的に捉えることが可能となってきた。特にPHSは高密度に基地局が配置されており、都市内における移動体行動の把握に適したシステムといえる。

移動体通信システムを用いた観光回遊行動の既存調査・研究として、

- ①GPS位置データによる観光施設範囲の画定¹⁾
 - ②位置データによるアクティビティパターン分析²⁾
 - ③都市内回遊行動における空間データマイニング³⁾
- 等が挙げられる。①の研究では観光客の行動の集積から観光施設の範囲を策定する方法の提案を行っており、回遊行動そのものを取り扱った研究ではない。②の研究では移動体の位置データから得られた行動パターンの配列をアクティビティパターンと定義し、それらを利用してアクティビティ分析を行っている。しかし個々人の行動の類似性にのみ言及しており行動の空間的な分析はなされていない。③の研究では特定の商業施設と近隣の他の施設との相互関係についてデータマイニング手法を用いて分析する方法を

提案している。しかし施設間の遷移についてのみ分析が行われ、滞在や利用した経路等は特に考慮されていない。そこで本研究では、狭域の回遊行動を対象とし、個人の訪問・滞在といった行動のみならず、物理的な回遊経路の特性を明らかにすることで各被験者の回遊行動を記述し、回遊パターンを抽出することを目的とする。また抽出された回遊パターンと被験者の所持情報との関係について分析を行う。

2. 実験データの概要

本研究で用いられる被験者の行動データ取得を目的とした実験を、兵庫県神戸市中央区北野・山本地区北野異人館街（以下、北野地区）を対象に平成15年11月2日（日）、3日（祝）、22日（土）の3日間行った。実験概要を表1-1に示す。

被験者は公募により事前に募集した。被験者の属性による偏りを排除するために、被験者は「女子大学生の2人組（ペア）」と限定した。また、回遊対象地区に関する情報の所持の有無が回遊行動にどのような結果を与えるかを調べるために、各被験者に渡す所持情報に差異をつけた。被験者ペアの所持情報には所持情報(P)、(M)、(W)の3種類があり、所持情報(P)は周辺地図と推奨ルートをもつペア、所持情報(M)は周辺地図を持つペア、また所持情報(W)は情報を持たないペアである。表1-2に所持情報毎の被験者ペア数を示す。

本実験で得た被験者の行動データは、PEAMON (PErsonal Activity MONitor) と呼ばれるPHSシステムを用いてPHSの基地局が発信する電波の強度（電界強度）の情報をを用いて移動体の位置を特定したデータと、路側に観測員を配置し、被験者IDと通過した時刻、方向を観測したデータ、また実験後に被験者に行ったアンケート調査のデータの3種類である。

Keywords : 回遊行動, PHS, 観光情報

*学生員, 神戸大学大学院自然科学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1, T/F:078-803-6208)

**正員, 工博, 神戸大学工学部建設学科助手

***非会員, 東京建物株式会社

****正員, 工博, 神戸大学大学院自然科学研究科

表 1-1 実験概要

項目	内容
1 実験対象エリア	神戸市中央区北野・山本地区
2 被験者	女子大学生ペア, 事前に確保
3 日時	平成15年11月2日, 3日, 22日 11時30分～18時00分
4 使用機器	PEAMON 50台 Power Antenna 35台
5 取得データ	PEAMONによる位置データ 定点観測員による経路特定データ 被験者事後アンケート調査データ

表 1-2 所持情報毎の被験者ペア数

実験日(曜日)	天候	被験者ペア所持情報(P)	被験者ペア所持情報(M)	被験者ペア所持情報(W)	被験者ペア計
1 11/2(日)	曇/雨	5	9	3	17
2 11/3(祝)	雨	6	5	5	16
3 11/22(土)	晴	9	7	7	23
計	—	20	21	15	56

所持情報(P): 所持情報として周辺地図と推奨ルートを持つペア
 所持情報(M): 所持情報として北野地区の周辺地図を持つペア
 所持情報(W): 所持情報なしのペア

PEAMONによる行動データ取得の方法にはいくつかの既存の手法があるが、本研究では島田ら⁴⁾による実験エリアのPHSの基地局(Power Antenna)の位置座標が既知でない場合における基準観測点による移動体の位置推定手法を用いた。この手法を用いることによる平均誤差は事前に行ったフィールド実験によって30～40mであることが明らかになっている。

3. 移動体行動データの分析

今回の実験で得られた3種類のデータより被験者ペア毎の行動軌跡を作成した。行動軌跡はドットの集合であり、各ドットは被験者ペアID, 時刻, 移動・滞在フラグといった属性データを持っている。

3-1. 被験者ペア毎の訪問施設数と総移動距離

行動データより被験者ペア毎に基礎集計を行った。被験者の回遊行動について実験日程別の訪問施設数と総移動距離との関係を図1-1に示す。各被験者ペアの訪問施設数は日程別に大きな差は見られない。また総移動距離については日程毎にばらつきが見られ、天候が回遊行動に少なからず影響を与えているものと考えられる。

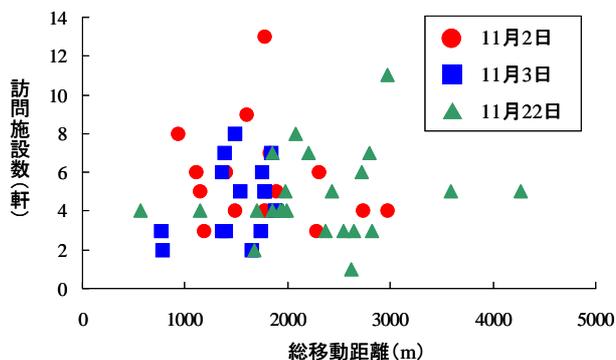


図 1-1 被験者ペア毎の訪問施設数と総移動距離の関係

3-2. 施設毎の訪問・滞在特性

北野地区に点在する施設について、行動データから延べ訪問ペア数・平均滞在時間を集計した結果を図1-2, 1-3に示す。各施設の延べ訪問ペア数を示した図1-2を見ると、延べ訪問ペア数が施設間で大きな差があることが分かる。一方、平均滞在時間を示した図1-3を見ると延べ訪問ペア数が多い施設の分布とは異なっていることが分かる。

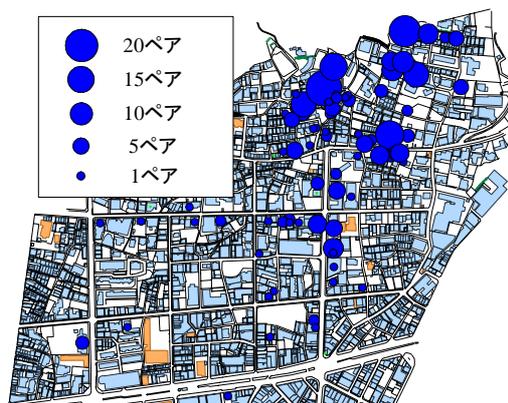


図 1-2 各施設の延べ訪問ペア数

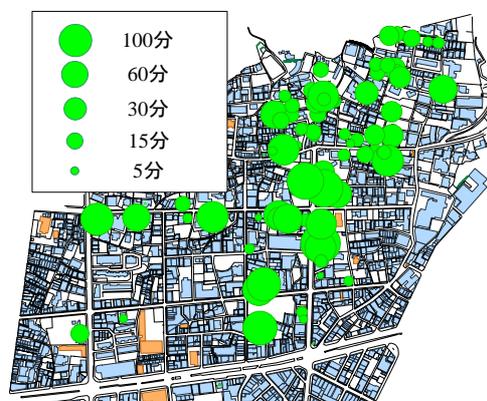


図 1-3 各施設の平均滞在時間

次にこのような分布の相違について詳しく見ていくため、各施設の属性を観光施設、飲食店、その

他（雑貨屋、飲食売店、その他施設）の3つに区分し、施設属性毎の延べ訪問ペア数と平均滞在時間との関係を図1-4に示す。

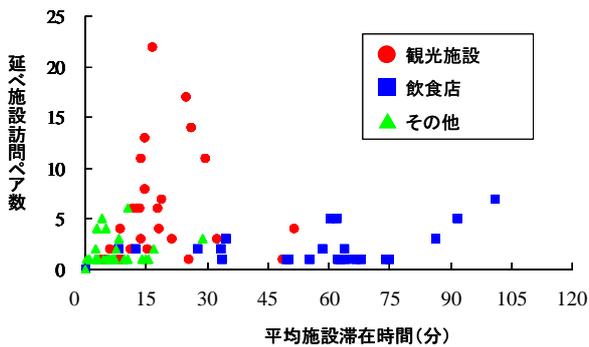


図 1-4 施設毎の延べ訪問ペア数と平均滞在時間の関係

上図より各施設の属性により被験者ペアの滞在特性が異なっていることが分かる。つまり観光施設は延べ施設訪問ペア数については非常にばらつきが大きく延べ訪問ペア数が10ペアを超える施設もいくつか見られるが各施設の平均滞在時間については施設間に大きな差が見られずほとんどの施設の平均滞在時間が30分を下回っている。一方、飲食店は平均滞在時間について非常に大きなばらつきが見られるが、延べ訪問ペア数については全体の傾向として少なくなっていることが見て取れる。

3-3. 経路トポロジー値による回遊経路特性判定

本研究では、被験者ペアの回遊行動の軌跡の特徴を表現するために「経路トポロジー値」と呼ばれる値を提案する。交通行動の経路の分析手法としてこれまで用いられてきたものの1つとして「重複率」を考慮する方法がある。一般的な経路の重複率の算出方法としては、経路aの長さを l_a 、経路bの長さを l_b 、経路aと経路bが重複する長さを l_{ab} とすると重複率 σ_{ab} は l_{ab} を l_a と l_b の積の平方根で割った値で与えられる。また経路aと経路bに囲まれた面積を A_{ab} 、経路aの長さを l_a とすると、経路aと経路bの平均的な位相の差 ϕ_{ab} は A_{ab} を l_a で割った値で与えられる。

重複率は厳密な経路の重複を評価する目的には向いているが、経路の大雑把な形をとらえる目的には向いていない。なぜなら、多少経路が外れることと大きく経路が外れることとのどちらともが同じ重みで評価されてしまうからである。そこで今回は経路の「トポロジー」的な特徴を知ることが可能な指

標として「経路トポロジー値」を提案する。

経路トポロジーは以下のように定義される。まず、分析対象地区内に基準点 $O(x_0, y_0)$ を設定する。次に、被験者が時刻 t に存在する点 $P(t)$ の座標を $(x(t), y(t))$ と示す。また、時刻 $t+\Delta t$ に存在する点 $P(t+\Delta t)$ の座標を $(x(t+\Delta t), y(t+\Delta t))$ と示す。これら三点がなす各 $\angle P(t)OP(t+\Delta t)$ を $\Delta\theta(t)$ とする。この $\Delta\theta(t)$ は時刻 t から時間 $t+\Delta t$ までの間に被験者が基準点に対して動いた角度である。 $\Delta\theta(t)$ を被験者が移動したすべての時刻について加算したものを「経路トポロジー値」と定義する。図2-1に算出方法について示す。

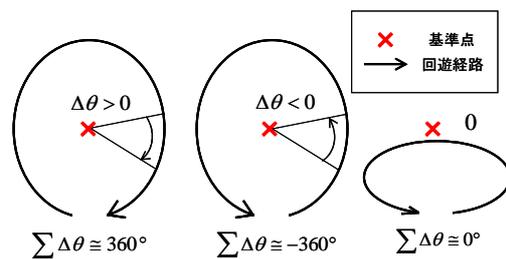


図 2-1 経路トポロジー値算出方法の概念図

経路トポロジー値は、被験者が基準点を中心に左回りに回ったか、右回りに回ったかの情報を与える。経路トポロジー値は、被験者ペアが左回りの回遊経路を辿るならば負の大きな角度となり、右回りの回遊経路を辿るならば正の大きな角度になる。もし基準点を囲まない回遊経路であれば角度は0として算出される。本研究ではこれらの算出した角度を経路トポロジー値として定義する。基準点としては、被験者の所持情報と回遊経路の関係を分析するために、被験者ペアに所持情報(P)として配布した推奨ルートに囲まれる領域における点を選択した。図2-2に推奨ルートと基準点の位置を示す。

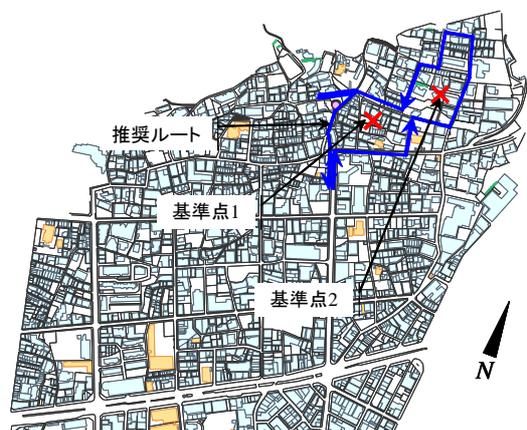


図 2-2 推奨ルートと基準点の位置

3-4. 所持情報と経路トポロジー値の関係

経路トポロジー値を用いて被験者ペアの所持情報と回遊経路の関係を分析する。2つの基準点に対する経路トポロジー値を全被験者について計算し、所持情報別に比較することを行う。表3-2に所持情報別に算出した結果を示す。また、図3-1に代表的な回遊経路パターンを示す。基準点1における経路トポロジー値について、所持情報(P)、所持情報(M)ではほぼ半数の被験者ペアが負に大きな経路トポロジー値を持っている。よって、所持情報(P)か(M)かの差異は、被験者ペアが基準点1を中心に左回りの回遊経路を辿るかどうかという点について影響を与えるとは言い難い。一方で基準点2における経路トポロジー値については所持情報(P)、(M)間で大きな差が見られる。所持情報(P)の半数の被験者ペアが基準点2についての経路トポロジー値が負の大きな値を持つのにに対し、所持情報(M)の被験者ペアについては基準点2について負の大きな値はほとんど見ることができない。このことから推奨ルートが所持情報(P)の被験者ペアの回遊行動に少なからず影響を与えていると考えられる。

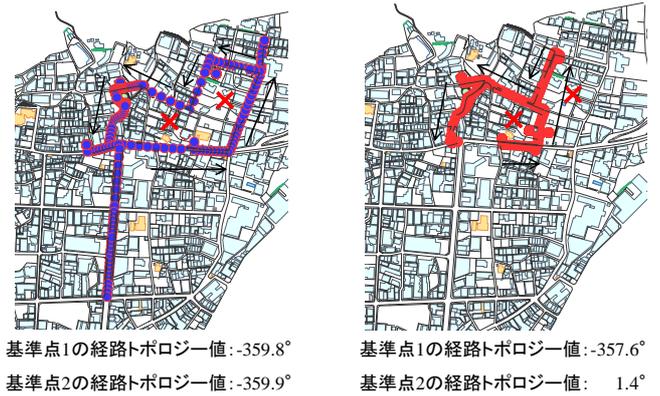


図3-1 代表的な回遊経路と経路トポロジー値

今回は一定の回遊経路を所持情報として与えた場合の被験者ペアの回遊行動への影響を見るにとどまったが、今後回遊経路パターン抽出を重視するのであれば経路トポロジー値の手法にはさらに工夫が必要となってくると考えられる。例えば、基準点の配置、密度等によって抽出される回遊経路パターンの数は変化する。ここで回遊経路パターンの数がむやみに増えるようであればパターン抽出の意味が無くなってしまうため、回遊経路の特性を適確に表現できるように調整が必要である。今後の課題として回遊行動の分析において、回遊経路単独の分析ではなく施設等との関係を考慮していく必要があると思われる。

表3-2 所持情報毎の経路トポロジー値

所持情報(P)			所持情報(M)			所持情報(W)		
被験者ID	基準点1	基準点2	被験者ID	基準点1	基準点2	被験者ID	基準点1	基準点2
1	-10.0	-367.0	3	-336.2	-335.8	2	28.4	21.0
4	-62.4	-63.5	5	3.8	2.3	9	-1.9	-1.1
8	-300.4	-298.0	6	-3.2	-2.0	12	-357.6	1.4
10	-359.8	-359.9	7	-356.0	2.4	23	-2.5	-1.3
13	-360.9	-360.4	11	-1.8	-1.0	24	4.0	2.2
21	0.5	0.3	14	-367.2	-3.5	30	-1.8	-1.1
26	-360.5	-360.3	16	6.5	3.0	31	-360.9	-360.4
28	360.3	0.1	17	2.5	1.5	32	-0.7	-0.4
33	355.9	357.9	19	0.6	0.3	35	2.0	-359.0
34	-355.8	-357.8	20	-360.6	-0.3	36	0.2	0.1
39	-360.5	-0.2	22	-360.0	-360.0	37	-365.6	-3.2
40	-358.5	-359.2	25	1.4	0.7	47	364.1	362.5
44	-1.5	-0.8	27	-368.3	-365.0	52	-1.2	360.0
46	-360.0	0.0	38	-353.1	4.3	55	-362.1	-361.1
48	-1.0	-360.0	41	0.0	0.0	57	-2.0	-1.4
50	-7.3	-4.5	42	-5.0	-2.6			
51	10.6	6.4	43	5.0	2.6			
53	-0.9	-0.5	45	-0.8	-0.4			
54	-2.4	-361.3	49	-1.2	-0.8			
			56	-360.8	-0.2			

4. まとめと今後の課題

本研究では、多量かつ正確な移動体行動データを基にして、狭域において頻出する回遊経路パターンを経路トポロジー値として記述することを試みた。これにより経路の重複を厳密に議論することなく幾つかの回遊経路パターンの抽出が可能となった。

参考文献

- 1)内田敬, 金田倫子, 朝倉康夫, 吉田長裕, 日野泰雄: 行動軌跡データに基づく回遊対象施設範囲の画定に関する研究, 土木計画学会CDROM, No.28, 2003.
- 2)寺谷寛紀, 羽藤英二: 移動体位置データを基にした移動-活動マッチングモデル, 土木計画学会CDROM, No.28, 2003.
- 3)羽藤英二, 中西雅一, 寺谷寛紀, 柏谷増男: 都市内回遊行動評価のための空間データマイニング, 土木計画学会CDROM, No.26, 2002.
- 4)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, 土木計画学会CDROM, No.28, 2003.