経路トポロジー値による歩行者回遊行動分析

神戸大学大学院　学生員　○三馬　千春
神戸大学大学院　学生員　松田　壮
神戸大学工学部　正会員　井料　隆雅
神戸大学大学院　正会員　朝倉　康夫

1．はじめに

本研究では，都市内観光地でのヒトの回遊行動に着目し，「経路トポロジー値」によって回遊軌跡を定量化し，さらに「クラスター分析」によって回遊形状のパターン分類を行う方法を提案する．

2．データ

分析対象とした観光地は神戸市中央区北野・山本地区である．このエリアを 2 名ペアとなった被験者が自由に回遊行動した結果である行動軌跡データをもとに分析を行う．行動軌跡データは移動体通信システムと定点観測等により収集したものであり，被験者ペア毎に位置データ，時刻，移動滞在を示すフラグを持つドットデータで構成されている．被験者 57 組のうち，データに欠損のあった 7 組を除いた 50 組を有効な被験者データとして扱う．

3．経路トポロジー値[1)]

本研究では，回遊行動の軌跡の幾何学的な特徴を定量的に表現する指標である，経路トポロジー値を用いる．

(1) 経路トポロジー値の定義

経路トポロジー値は，回遊経路の形状を単独の値で表現するために考案した指標値である．ある基準点を設定したとき，被験者が基準点に対してどの方向に，どれだけの角度を移動したかで回遊軌跡を評価する．つまり，設定した基準点を中心に動いた角度の合計が「経路トポロジー値」の定義である．この値は被験者が左回りの回遊経路を巡るならば負，右回りの回遊経路を巡るならば正の値をとるものとする．基準点を含まない回遊経路であればトポロジー値は 0 とする．

keywords:経路トポロジー値，回遊行動
連絡先：〒657-8501　神戸市灘区六甲台町 1－1
TEL 078-803-6360　　FAX 078-803-6360

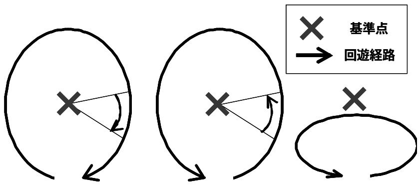

図 1　経路トポロジー値算出方法の概念図

図 1 に経路トポロジー値の概念図を示す．複数の基準点を配置して，それらの基準点ごとにトポロジー値を算出すれば，回遊形状の詳細を表現することができる．この場合は，回遊経路は基準点ごとの経路トポロジー値を要素とするベクトルで表現される．

(2)基準点の配置方法

実際のエリアでの分析では，対象地区の特性を考慮した上で基準点の数，密度，配置方法を決定していく必要がある．本研究では，メッシュ配置（50m および 100m 間隔）と，街区ブロック配置の 3 通りの方法で基準点を配置して比較した．基準点数は,それぞれ 60 箇所，15 箇所，21 箇所である．**図 2，図 3** に分析対象地区における基準点の配置を示す．

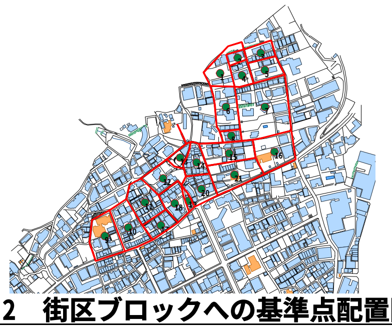

図 2　街区ブロックへの基準点配置図

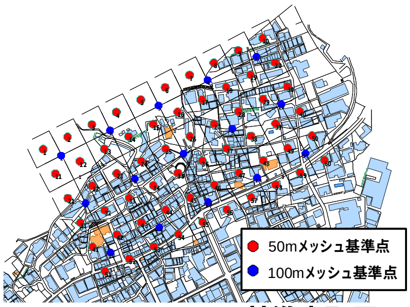

図 3　メッシュへの基準点配置図

３．クラスター分析を用いた回遊形状分類

(1) 分析方法

行動軌跡データを基に，被験者の経路トポロジー値を基準点ごとに求める．異なった被験者の回遊形状を比較するには，以下の式(1)で被験者間の経路トポロジー値（ベクトル）の差異を評価する．これをクラスター分析における「距離」とみなすことにより，回遊形状の分類を行うものとする．

$$d_{mn} = \sqrt{\sum_{i=1}^{l}(x_{im}-x_{in})^2} \qquad (1)$$

ここで，x_{im}, x_{in} は，被験者 m,n の基準点 i に対する経路トポロジー値，d_{mn} は被験者 m,n 間の距離である．

なお，経路トポロジー値は，右回り，すなわち正の大きな角度のときは 1, 左回りの負の大きな角度は -1 に変換して数値化するものとする．

(2)分析結果

図 4 に基準点を街区ブロックに配置した場合の経路トポロジー値に基づくクラスター分析により得られた樹形図を示す．距離の閾値を 10.5 とすると，樹形図は大きく 2 つのクラスターに分類される．（この傾向は 50m メッシュ配置，100m メッシュ配置の樹形図においても同様であった．）左側にあるクラスターをクラスターA, 右側にあるクラスターをクラスターB とする．ここで，さらにクラスターA,B に分類される回遊経路の特徴を示す指標として，以下の式で定義する回遊方向支配率を用いて考察する．

$$\omega = \sum|r_{-1}| \Big/ \left(\sum|r_{-1}| + \sum r_1\right) \qquad (2)$$

$$0 \le \sum|r_{-1}| + \sum r_1 \le N \qquad (3)$$

ここに，ω は，ある経路の回遊方向支配率，$\sum|r_{-1}|$ は，その経路に関して経路トポロジー値-1 となる基準点の総数，$\sum r_1$ は，同経路に関して経路トポロジー値 1 のとなる基準点の総数，N は，基準点配置方法に固有の値である．

回遊方向支配率は 1.0（単純な左回り）もしくは 0（単純な右回り）に近づくほど回遊方向がより支配的になり，回遊経路は単純な形状であることを表しており，0.5 に近いほど複雑な形状であると考えられる．そこで，$0 \le \omega < 0.5$ の被験者を右回りが支配的な回遊特性 R を持つとし，$0.5 \le \omega \le 1.0$ の被験者を左回りが支配的な回遊特性 L を持つとする．また，回遊ループを伴わない往復の多い回遊行動のように，経路トポロジー値の個数の総和が一定の数 N に満たない回遊行動を行った被験者を回遊特性 Z に分類する．

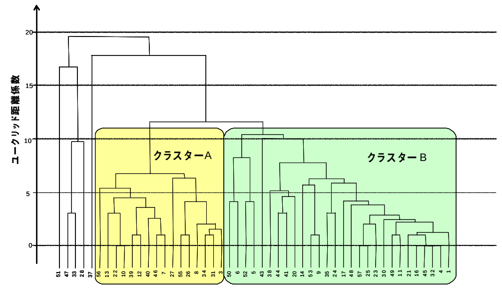

図 4 クラスター分析結果（街区ブロック配置）

クラスターA はクラスターB に比べ，結合される全体の距離係数が小さくなっている．クラスターA に分類される多くの被験者は回遊特性 L をもち，そのうちの, 回遊方向支配率が 1.0 に近い被験者である．つまり，クラスターA は，回遊方向が左回りに支配されている，単純な回遊形状をもつ被験者が分類されたクラスターといえる．一方,クラスターB には回遊特性Rと回遊特性Zをもつ被験者が混在している．つまり，クラスターB には右回りが支配的な被験者と経路トポロジー値が算出されない回遊行動を行った被験者が分類されたクラスターといえる．回遊特性 L をもつ被験者のうち，回遊方向支配率が 1.0 未満の被験者もクラスターB に分類されている．**図 5** にそれぞれのクラスターの代表的な回遊形状を示す．

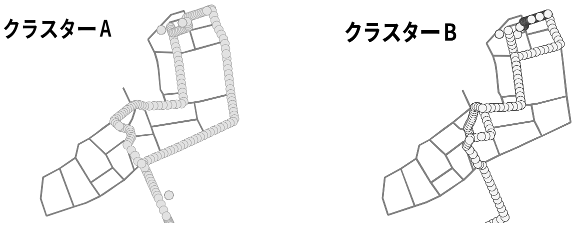

図 5 各クラスターの代表的な回遊形状

４．まとめ

観光地の回遊行動データを用いて，経路トポロジー値により回遊の方向性と大きさが表現できることを示した．さらにクラスター分析により回遊パターンを分類し，その特性を示すことができた．この一連の方法は，街区特性の分類にも適用できる．

参考文献

1)松田壮，井料隆雅，藤井康平，朝倉康夫：経路トポロジー値による回遊行動分析, 第 30 回土木計画学研究発表会・講演集 CDROM NO.30,2004 年