

散策機能に着目した線形緑地の活用可能性 -大阪府寝屋川市を対象にして-

大川 雄三¹・山口 敬太²・川崎 雅史³

¹非会員 京都大学大学院修士課程 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂
現・株式会社 日建設計シビル, E-mail:okawa.yuzo@nikken.jp)

²正会員 京都大学大学院助教 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂
E-mail:yamaguchi.keita.8m@kyoto-u.ac.jp)

³正会員 京都大学大学院教授 工学研究科
E-mail:kawa@art.mbox.media.ecs.kyoto-u.ac.jp

本研究では、都市緑地および散策空間（主に歩道）の連続性を、散策空間の質の類型に基づく「抵抗比率」の考え方を導入して評価する。抵抗比率は実際の距離に対する心理的距離の相対値として仮定的に示され、散策ルートの選好性から決定する。グラフ理論における重力モデルに散策空間の類型に応じて、経路間の空間相互作用力、散策交通量、潜在距離と実際の散策経路データの関係から抵抗比率を算定した。その結果、緑道、河川・水路沿いの遊歩道の抵抗比率は 0.477、水路または緑量の多い住宅地内の歩道は 0.611 と通常の道路と比べて小さな値を有し、長距離でも散策しやすい空間特性を持つことを明らかにし、緑地と散策空間の連結性を評価し、その向上に緑道が寄与していることを示した。

Keywords : *Urban green spaces, Walking behavior, Gravity model, Walking Resistivity*

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

都市インフラを整備する目的は、市民により良いサービスを提供し、生活の質(QoL)を向上させることにある。これまで、豊かな緑地、公共空間はそれらを確保する重要度は感じられていても、その効果を客観的に説明することが難しく、結果として開発の犠牲になりがちであった¹。近年では環境やレクリエーションなどを重視した平成6年の緑の基本計画の制定、平成7年の緑の政策大綱や、民間活力導入を主題とした平成16年の都市公園法の改正などのように、都市公園行政の充実が図られているが、魅力ある都市圏、生活圏の創造には選択と集中が迫られており、限られた予算の中で効果的な緑地整備をすることが重要となる。

そうした中、緑道、河川緑地、耕作地などの公園と異なる緑地スペース(以下、空地)は、ときに公園と同じく良好な景観を形成し、人々の日常の歩行環境を提供する。ジョギングやウォーキング、サイクリングなどの散策行動は医療費の削減にも密接に関係していると考えられており²、散策のための空間づくりは都市環境のアメニティ形成には非常に重要であると考えられる。和田らは、散策行動を行う者は単一の空間を利用しているのではなく、魅力的な水辺や木の多い場所などを通過、または立

寄りながら散策行動がとられている場合が多いことを指摘する³。したがって、健康活動やレクリエーションを促進するには、活動を行いやすい、または活動を誘発させるルートや拠点のネットワーク形成が重要になる。換言すると、散策空間の観点からは、空地と公園などを一体的に捉えて保全整備することが肝要であり、公園などの活動拠点だけでなく、拠点間のつながりとしての空地を評価する必要がある。国内の都市公園・緑地の計画の現状は、公園配置において種別に誘致距離標準を設定して居住者のアクセシビリティを確保している手法をとってきた経緯があるが⁴、今後は公園、緑地の近接性評価だけではなく、連結性や系統化という視点も重要になると考えられる。最近では欧米を中心とした「ランドスケープ・アーバンイズム」⁵などにみられる運動のように、様々な観点から都市のヴォイドの中に面的な空間のまとまりを評価、抽出して計画を行うようなデザイン思想も活発化している。このように空地の活用という点において様々な活動や実践がみられるものの、人間が活動する場としての空地のネットワーク評価が方法論として確立されるまでに至っていない。

以上より、本稿では散策空間のネットワーク性に着目し、拠点と拠点間ルートを分析する手法を新たに設定する。その手法を用いて緑地の分布状況を分析することで、今後の公園・緑地計画に活用していくことを目的とする。

(2) 既往関連研究と研究の位置づけ

本研究は、地理情報システム(GIS)のネットワーク解析を用いて、重力モデルに歩行者の散策ルートの選好特性や緑地の質を考慮したものを基に、ネットワーク性を把握することのできる新たな指標を設定する。それにより、都市に分散する公園・空地の散策機能としての有用性の検証と、散策ネットワークとして適切な空間配置に関する分析・考察を行う。ネットワーク解析を用いた都市の空間分析に関する研究は複数存在し、ここでは特に本稿と関連の強いものを紹介する。

重力モデルを利用した研究では Kong ら⁶の研究が挙げられる。この研究では、生物多様性を測るために、生態学における従来の重力モデルを採用し、距離に抵抗比率を乗じることで最小コスト経路を設定し、モデルの精緻化を行っている。石川ら⁷においては、連結性を考慮するために競合着地モデルの考え方に共通した緑地の集塊性を新しい指標として提案し、森林分布の分析を行っている。

緑地の特性や散策行動の選好特性に関するものとしては、外井ら⁸の研究が挙げられ、散策経路の利用実態の分析を通して、散策路の道路特性による選好特性と経路の形状の特性を分析している。

そのほか、歩行行動のネットワーク分析を題材にしたものでは、福山ら⁹のリンク媒介中心性をテーマにしたもの、木川らのスペースシンタククス法を用いて街路の幾何学関係を解いたもの¹⁰、蔡ら¹¹のアクセシビリティから捉えた都市公園の選択性に関するものが挙げられる。

これらに対して、本研究の特徴は人間の散策行動に着目しており、散策行動の実態データに基づくパラメータの推定を行っていることにあるといえる。

(3) 対象地概要

研究対象地は大阪府寝屋川市全域とした。寝屋川市は北河内地域に位置し、市制施行 50 周年を迎えた平成 13 年に特例市となった。戦後以来、都市化が進んで住宅都市として発展し、人口は同府吹田市に次ぐ約 23 万人である¹⁷。対象地として選定した理由は、①廃川跡緑地に代表されるような線形緑地を有しているため、緑地形状が緑地計画上においてどれほど有用性をもつかどうか検証しやすいこと②緑地や公園のネットワーク形成を景観計画の目標として掲げており、それに基づく整備が進められているため、指標の有効性を検討しやすいこと③対象地においては現在も継続して緑地の整備・計画が進められており、整備候補地が複数あげられており、今後の緑地のネットワーク形成に先立ち基礎的知見を与えられること、以上の3点が挙げられる。

(4) 研究の構成

研究の構成は以下の通りである。①散策空間の特性を適切に評価できるようにするため、重力モデルに抵抗比率の考え方を導入した仮説モデルを提示し、その算定方法を詳説する。②対象地における歩行者を対象にしたヒアリング、アンケート調査によって歩行行動の実態を把握し、それを仮説モデルに代入して抵抗比率を算出する。③抵抗比率が導入された、歩行者からみた緑地の連担性に考慮した新しい指標を設定し、散策行動に与える緑道の効果を検証する。

2. 散策経路の特性と分析に用いる指標

本章では、散策空間の質の類型に基づく「抵抗比率」の考え方を導入することで、対象地における散策空間(主に歩道)の空間特性を分析する。抵抗比率は実際の距離に対する心理的距離の相対値として仮定的に示され、散策ルートの選好性から決定する。抵抗比率の算出にあたっては、散策空間の類型に応じた空間相互作用力、散策頻度、潜在距離、散策拠点の評価点と実際の散策経路データの関係から算定する方法をとる。

(1) 散策空間の相互作用力

はじめに、散策空間の空間特性を把握するにあたって、歩行者の散策しようとする働きを散策空間における相互作用力として定義する。散策空間の相互作用力は、グラフ理論における重力モデルを基にしながら、散策空間の質を考慮したものである。

重力モデルは、物理学における万有引力の法則を模倣したものを発端に空間相互作用モデルとして発展の跡を辿り、現在は様々な分野で利用されている¹²。生態学分野においては、緑地に生息する生物に必要である連続した緑地群を分析するために 1986 年から提案されたことに始まり¹³、モデルを精緻化するための研究が現在まで行われている。また、交通工学でも同じく、交通施設の整備によって交通環境が大きく変化した場合の交通パターンの変化予測に用いられ、誘発需要の推計を含め、ネットワーク形状の変化が需要に及ぼす影響を試算するような場合に簡便に用いることのできるモデルである¹⁴。これら空間的相互作用の重力モデルは、集計データに関する数理モデルとしては高い説明力を持ち、実証研究においては依然として高い有用性を持つといわれている。本稿では、生態学における重力モデルを参考にし、それを人間の散策行動に当てはめるために組み替える方法をとる。まず、基となる重力モデルは式(1)で定義される¹⁵。

$$G_{ab} = \frac{N_a N_b}{D_{ab}^2} \quad (1)$$

G_{ab} は緑地 a, b 間の相互作用力を表し, N_a, N_b は緑地 a, b をそれぞれノードとして置き換えた場合のノードの重み, D_{ab} はノード N_a, N_b 間の距離である.

ノードの重みの値については, 生態学では様々な検証が行われており, 土地面積から算出したもの^{16,17}, 植生分布などから総合的に評価を行い, 点数を代入したもの¹⁸などが挙げられる. 本研究では人間の散策行動を主題とするため, 散策空間は緑地空間に限らないこと, 散策空間の重みは土地面積などの物理的環境のみで評価できるものではないことを考慮し, また手法の簡略化をめざして, 散策を行う該当者の評価点より値を決定する.

また, 拠点間の経路に関しても, 歩行者は散策行動においてなんらかの理由で好ましい散策ルートを選択しているため, 等距離であっても好ましいものとそうでないものでは心理的な距離に相違があることを考慮する必要がある. したがって, 実際の距離に対する心理的距離の相対値とした「抵抗比率」の考え方を導入し, 物理距離に抵抗比率を乗じた潜在距離を設定する. 式(1)のノード

間の距離 D_{ab} を潜在距離へと置き換えた式(2)を散策空間の相互作用力として定義する.

$$G_{ij} = \frac{N_i^\alpha N_j^\beta}{L_{ij}^\gamma} \quad (2)$$

ここで, G_{ij} は散策空間における拠点 i, j間の相互作用力を表し, N_i, N_j は散策拠点 ij をノードに置き換えた時のノード i, j の重み, L_{ij} はノード i, j 間の潜在距離, α, β, γ はパラメータである. このモデルにおいては, パラメータ α, β, γ の値は実績の相互作用力 G_{ij} の値を用いて最小二乗法により決定される. パラメータの設定と表記方法に関しては単純重力モデルの一般形として採用されているものを用いた¹⁹.

また, 潜在距離に関しては式(3)で定義される.

$$L = \sum_n \frac{\rho_m}{\rho_{\max}} \cdot D_n \quad (\rho_m \in S) \quad (3)$$

D_n は経路間における n 番目の経路長, ρ_m は対象地における抵抗比率の集合 S に属する経路分類 m の抵抗比率である(図-1). ρ_{\max} は対象地における最大抵抗比率であり, これを式(3)で除することで, 最大抵抗率を 1 としたときの ρ_m の相対的な抵抗比率の値を算出している.

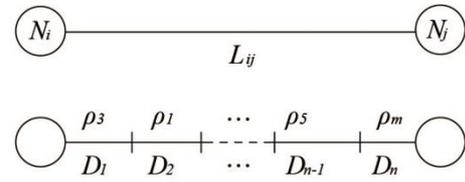


図-1 潜在経路の算出

(2) 散策行動と散策経路

式(2), (3)を前提として, 実際の散策経路から抵抗比率を算出する. 本研究は対象地に在住している歩行者を対象にして, 散策空間に関するアンケート・聞き取り調査を行い, 得られた散策実態のデータから経路間の空間相互作用力, 散策頻度, 潜在距離, 散策拠点の評価点の関係より抵抗比率を算定する方法をとる.

抵抗比率を算出するにあたって, 最初に実績の相互作用力 G_{ij} を算出する必要がある. そのために, 歩行者の散策する働きについて仮定を立てる. 歩行者の散策する働きは, 回答者の散策拠点間における散策の動機, すなわち, 目的地に向かって行動を起こすように仕向ける心理的特性である. その働きは, 経路間の散策する頻度が高いほど大きいことが想定される(図-2). ここでは, 1年間あたりの散策日数を散策頻度Fとして代入する.

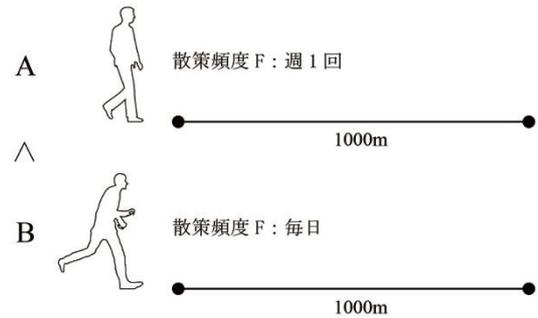


図-2 散策する働きの大きさ

以上の想定より, 本項では散策しようとする働きを散策空間の相互作用力として置き換え, 散策頻度, 散策距離と比例関係であることを示したものを, 式(4)として定義する.

$$G_{ij} = k \cdot F_{ij} \quad (4)$$

G_{ij} は散策拠点 ij 間における散策空間の相互作用力, F_{ij} は ij 間の散策頻度, kはパラメータである. 式(4)に式(2)を代入すると式(5)で示される.

$$\frac{N_i^\alpha N_j^\beta}{L_{ij}^\gamma} = k \cdot F_{ij} \quad (L_{ij} \geq 0) \quad (5)$$

ここで、通常の重力モデル、すなわちノード間における距離が定数式である場合、対数変換によって線形化を行い、最小二乗法を用いて各パラメータを決定する。しかしながら、式(5)はノード間における距離が潜在距離 L で表されるため、抵抗比率を変数として含む方程式となり、線形化することが困難である。したがって、式(3)における抵抗比率を現象の記述を損なわない形で変形する必要が生じるが、今回はそれを行わず、生態学における重力モデル²⁰⁾に倣って各パラメータの値を $\alpha=\beta=1.0$, $\gamma=2.0$ とする。パラメータであるべき乗の推定を含め、これらの新しい指標は、本来は様々な調査から帰納的に確定すべき問題であるが、相互作用力の式において生態学における重力モデルを基にした潜在距離の2乗分の1、散策拠点ノードの1乗を用いた理由として、緑地のつながりを把握する指標として広く利用されていることを挙げる。

式(5)に先述した各パラメータを代入し、 L_{ij} について整理したものを、式(6)として示す。

$$L_{ij} = \left(\frac{N_i N_j}{k \cdot F_{ij}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (L_{ij} \geq 0) \quad (6)$$

式(6)より、歩行者の実際の散策経路は、潜在距離は各散策拠点ノードの2分の1乗に比例し、散策頻度の2分の1乗と反比例の関係を持つことを意味する。

式(6)の左辺に式(3)を代入することにより、散策空間の類型に基づく抵抗比率を変数とした式(7)を示すことができる。

$$\sum_n \frac{\rho_m}{\rho_{\max}} \cdot D_n = \left(\frac{N_i N_j}{k \cdot F_{ij}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\rho_m \in S, L_{ij} \geq 0) \quad (7)$$

式(7)に、対象地の散策空間に関するアンケート・聞き取り調査で得られた散策経路データを代入して、多変量解析を用いて抵抗比率を算出する。解析方法は重回帰分析を用いた。

2. 散策行動の実態調査

本節ではアンケート・聞き取り調査により散策行動の実態を考証して、対象地における散策空間の特性及び分布を把握し、散策空間の類型に基づく抵抗比率を算定した。その手順を以下に示す(図-3)。

①調査により得た散策ルートから、散策経路長 D 、立寄地の評価点 N 、散策頻度 F を抽出する。

②散策ルートの好きな箇所及び選定理由を根拠にして、抵抗比率の分類を行う。その後、対象地における散策空間の類型化を行う。

③類型化された散策空間のネットワークと回答者の散策ルートを重ね合わせ、抵抗比率の種類に応じた散策ルートのリンクを作成し、潜在距離 L を導出する。

④前節より定義した潜在距離に関する式(5)に、調査から得られる散策ルートごとの潜在距離 L 、散策頻度 F 、散策拠点ノード N の重みを代入し、得られた方程式から多変量解析を用いて、類型化された散策空間の抵抗比率 ρ を算定する。

⑤別途、写真を用いた十段階評価による抵抗比率の算出も行うことで、多変量解析によって得られた各抵抗比率が妥当であるか検討する。

⑥得られた抵抗比率から散策頻度 F に関する分布図を作成し、調査データとの比較・分析を行う。

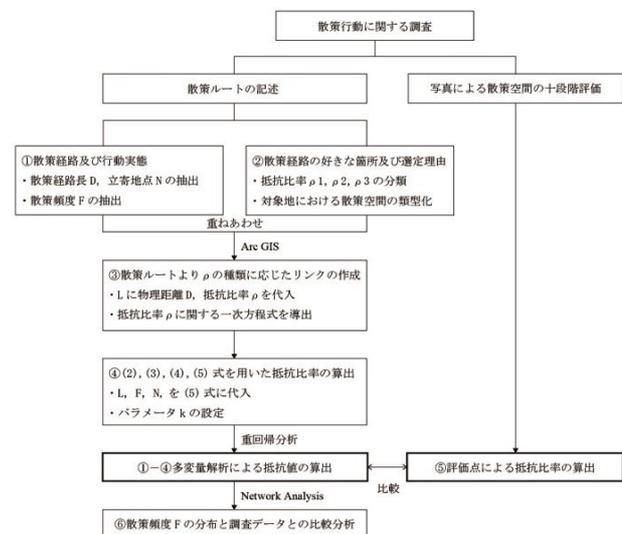


図-3 抵抗比率算出の流れ

(1) 調査概要

散策行動の実態を把握するために、直接対話形式または訪問留置形式によるヒアリング・アンケート調査を行った(表-1)。調査期間は平成26年12月から平成27年3月の4ヶ月であり、調査対象者は寝屋川市域およびその近辺に在住する104名を対象にして散策行動と経路に関するアンケート調査を行った。直接対話形式における回答者数は34名、訪問留置形式における回答者数は70名となった。このうち、散策経路分析に関して有効な回答は29名(27.8%)²¹⁾、散策ルートは40本、散策ルート上の立寄地間の経路は143本であった。質問内容は個人属性に関する項目、頻度、目的、時刻や時間などの散歩行動意識に関する項目と、散策経路を地図に直接記入する項目で構成

表-1 調査概要

対象者	寝屋川市および市域近辺の居住者
場所	寝屋川市全域
日時	2014年12月～2015年3月
調査方法	34名に対しては個別訪問による直接対話形式の聞き取り調査、70名に対して郵送によるアンケート方式
調査人数	104名
散策ルートの選定理由における有効回答数	32名(38.3%), 53つ
写真評価における有効回答数	44名(42.3%)
散策経路記述における有効回答数	29名(27.8%), 40本
立寄点、立寄地点間経路の抽出数(仮想点含む)	56ヶ所、143本

表-2 ヒアリング・アンケート調査の質問内容

問1	居住地
問2	性別・年齢
問3	6枚の風景写真(図5-4)をみて、散策する場合にどれぐらいの距離を歩きたいか考えながら、10点満点で歩きやすさを評価 (1)公園内の歩道 (2)緑量の多い住宅地の歩道 (3)耕作地沿いの歩道 (4)水路のある歩道 (5)幹線道路 (6)住宅街内の歩道
問4	普段利用する散策経路の記入(地図内に記入、複数回答可)
問5	散策の頻度(経路ごとに複数回答可)
問6	出発点/到着点(エリア)、目的地、立寄地の記入
問7	散策経路上で好きなルートの記入(複数回答可)
問8	散策経路上の散策に利用する緑地と好きなルートを五段階で評価とその評価理由
問9	2005年以前(寝屋川市駅前の「せせらぎ公園」が整備される前)に利用していた散策経路が、現在の散策経路と違いがある場合は、問4-8と同様に当時の散策実態を回答。

される(表-2)。また、算定された各抵抗比率が妥当な数字であるかどうか判断するため、表6-2中の問3において、散策環境による各歩行可能距離に関する項目も設け、十段階の写真評価による散策空間の評価点も算出した(図-4)。



図-4 アンケート・問3に利用した写真

3. 散策行動の実態調査

(1) 写真を用いた縦断回評価による抵抗比率の推定

重回帰分析によって求められた抵抗比率(表-7)につい

て妥当性を検証する目安として、散策環境による歩行可能距離も計測するための写真を用いたアンケート調査を行った(表-3)。この調査における有効回答数は44であった。質問項目においては問3が該当する(表-2, 図-4)。これにより、散策空間は評価点数の値によって大きく3つに分類できることがわかった。また、結果として、重回帰分析によって導き出された抵抗比率の値と点数評価による抵抗比率の値を比較すると、緑地の園路は大きな差はないように見受けられ、重回帰分析によって得られた抵抗比率に関して一定の妥当性があることがいえる。

(2) 対象地における散策空間の類型化

本項では、歩行者の散策ルートの選定理由を根拠にししながら、対象地における散策空間の類型化を行う。質問項目の問4以降(表-2)に示すように、地図を確認しながら日常的に利用する散策ルートを記入してもらった。その際、散策経路上で特に好ましい箇所を明記してもらい、その理由も回答してもらった。散策経路の好きな箇所及び選定理由の有効回答者数は32名、回答数は53であった。

表-3 各写真における点数評価の集計

は

アンケートの問題番号	問3-1	問3-2	問3-3	問3-4	問3-5	問3-6
空間分類	緑地内の園路	緑量の多い住宅地沿いの歩道	耕作地沿いの歩道	水路沿いの歩道	幹線道路沿い	住宅地沿いの歩道
抵抗比率の分類	ρ_1	ρ_2	ρ_2	ρ_2	ρ_3	ρ_3
点数	人数					
10点	24	3	2	2		1
9点	4	1		2		
8点	12	6	5	5	2	1
7点	4	2	4	6		1
6点		8	6	11	4	4
5点		12	14	7	6	10
4点		2	3	4	3	4
3点		6	4	3	4	8
2点		1	2	1	6	7
1点		1			5	1
0点		2	4	3	14	7
合計	44	44	44	44	44	44
平均点	9.091	5.409	5.045	5.636	2.523	3.500
逆数	0.110	0.185	0.198	0.177	0.396	0.286
問3-5を1とした時の逆数の相対値	0.278	0.466	0.500	0.448	1.000	0.721

表-4 散策ルートの選定理由

散策ルートが好きな理由(意見数)	
水・緑環境どちらにもちなんているもの(7)	その他(20)
水や緑などの自然が多い(6)	鳥に餌やりが出来て良い
川のせせらぎと緑が美しい	冬場に鳥を観察できる
植物、緑環境にちなんているもの(18)	自動車の往来が少ない(5)
緑がある(7)	高台で景色が開けて気持ちが良い
植物から季節の移り変わりが楽しむことが出来る(2)	高台がある
花や木が多い(2)	見晴らしがよい(3)
桜の木がある(3)	古い家が多く街並みが良い
桜並木(2)	覆屋の街並みがよい
つつじが綺麗	商店街がよい
ドングリ拾いを楽しみに緑を歩く	道が広い
水環境にちなんているもの(8)	明るいところ
川沿い(2)	歩きやすい舗装
川が見られる	舗装が土
川の生物を観ていて楽しい	坂道、健康のため
水辺がある(2)	
サギやコイが観れる	
カモが泳いでいるのを観る	

有効回答者数32名、回答数53

水辺や緑環境、またはそれにちなんだ生物の観察、花や紅葉による季節の移り変わりを楽しむ回答が非常に多かった(表-4)。合計回答数は33(62.3%)にも及ぶ。これより、本稿では水や緑環境の豊富さを分類にあたっての基準とした。また、自動車の往来が少ないことを選定理由にした回答も5と多く存在したため、自動車交通の多寡も分類基準として考慮する。以上を踏まえて、散策空間を3つに類型化した。(表-5)。

次に、得られた空間分類を基にし、対象地のネットワーク図を作成した(図-5)。ネットワークに対する散策空間の割当ては、現地調査、googleストリートビュー、「寝屋川再生WS」²²における地域資源の抽出マップ、「寝屋川市景観基本計画」²³における景観資源マップの分析を用いて、筆者が総合的に評価して行った。

表-5 散策空間の分類

抵抗比率	リンクの分類
ρ_1	<ul style="list-style-type: none"> 緑地内の歩道 河川・水路沿いの歩道(アクセスあり)
ρ_2	<ul style="list-style-type: none"> 緑量の多い住宅地内の歩道 河川、水路沿いの歩道(アクセスなし) 農道 自動車交通の少ない歩道
ρ_3	<ul style="list-style-type: none"> その他歩道

回答のうち、植物、緑環境に関連することを選定理由にしたものは18、水環境に関連したものは8、そのどちらにも関連したものは7と、散歩ルートの好きな箇所に

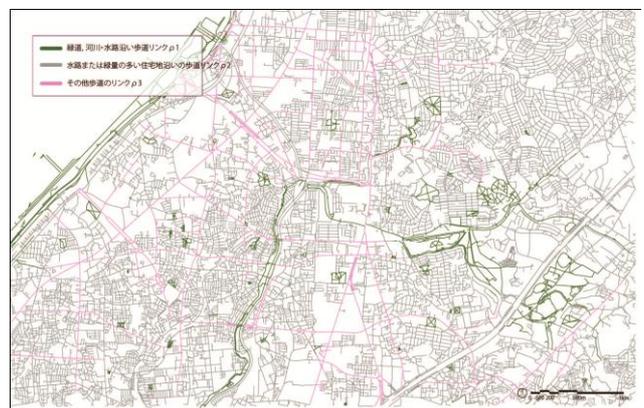


図-5 散策空間が分類されたネットワーク図

(1) 多変量解析を用いた抵抗比率の算定

a) 立寄地ノードと散策経路の抽出

ここでは、類型化された散策空間のネットワーク図と実際の散策経路を重ね合わせ、散策データごとの潜在距離を導出する。潜在距離の導出例として、ある回答者から散策経路のデータが1つ得られた場合を考える(図-6)。この場合、潜在距離の導出は式(7)に値を代入することで、式(8)となる。

i, j 間の散策頻度 $ij F = 365$ (日 / 年)

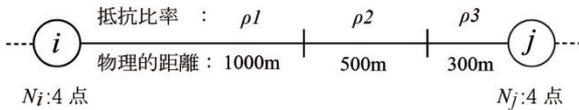


図-6 散策経路の抽出例

$$L = 1000\rho_1 + 500\rho_2 + 300\rho_3 = \left(\frac{4 \cdot 3}{k \cdot 365} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

この抵抗比率に関する一次方程式は、多変量解析の視点では左辺の各抵抗比率の係数が説明変数、右辺を被説明変数として捉えることが出来る。したがって、抵抗比率に関する一次方程式を散策経路のデータごとに作成し、重回帰分析を用いて抵抗比率を算定する。比例定数である k に関しては、異なる仮定を結ぶためのパラメータとして設定したものであり、重回帰分析において各抵抗比率の相対値を算出するにあたっては k の値は影響を与えないため、今回の解析では $k=1.0$ として使用するものとする。

散策経路の抽出にあたって本研究においては、散策経路の抽出にあたり、散策ルート上の立寄地間で分割し、分割された散策経路を個々の方程式を作成する²⁴(表-6)。これより、一つの散策ルートから、複数の散策経路を抽出することが可能となる。分割せずに一つの散策ルートから方程式を導出する方法も有効であると考えられるが、本稿では統計上の母数を多くすることに配慮して、分割することとした。

表-6 散策経路の抽出例

方法	リンクの分類	得られる方程式の数
分割		3

(2) 仮想的な立寄地ノードの割付

前述より、今回は分割された散策経路データより抵抗比率を算出する方法をとるが、いずれにしても、抽出された散策ルート及び立寄地ノードから潜在距離を算出する上で問題となるのが、立寄地ノード間の距離が大きく異なることに起因する散策経路データの誤差の大きさである。アンケート・聞き取り調査においても、回答者が立寄地を記述し忘れている場合や、意識されずに記述されない場合があり、その立寄地の有無によって抵抗比率の回帰式に大きな誤差が発生することが考えられる。したがって、この問題を解消するために、回答者によって記入された立寄地に加えて、新しく立寄地ノードを仮想的に導入する。具体的には、①散策ルートの出発・終着点②緑地(公園、寺社)を通過している場合、緑地中央部分、すなわち緑地領域と重なる経路リンクの中心点において、新しく立寄地ノードを追加する(図-7)。なお、立寄地ノードの重みについては回答者によって評価(3-5点)されているが、仮想的に導入された立寄地ノード及び評価点がつけられていない立寄地ノードの評価点数に関しては一律3点とした。

また、散策ルートに関しても、距離が極端に小さい、あるいは大きいものについては除外した。具体的には、散策ルートの全長が1000m以下のもの、また、散策経路間の物理距離が100-5000mの範囲外のものを除外の対象としている(表-9)。結果として、重回帰分析に利用することのできる散策ルートは40本となり、立寄地間の散策経路は143本となった(図-8)。

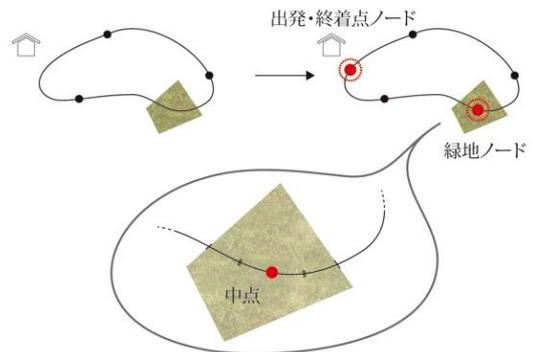


図-7 仮想的な立寄地ノードの割付

以上を踏まえて、アンケート・聞き取り調査によって得られた散策経路及び散策経路上の立寄地の評価点データを整理した。計数にあたっては、公園内などに記入されたノードに関しては同じ場所のノードとしている。その結果、河川沿いや公園内の園路は好んで散策経路として利用されており、自動車交通も比較的少ないルートを選んでいくことがわかった(図-9)。また、河川沿いの緑

地は立寄り点ノードとして利用されていることが多く、評価も高いことがみてとれた(図-10).

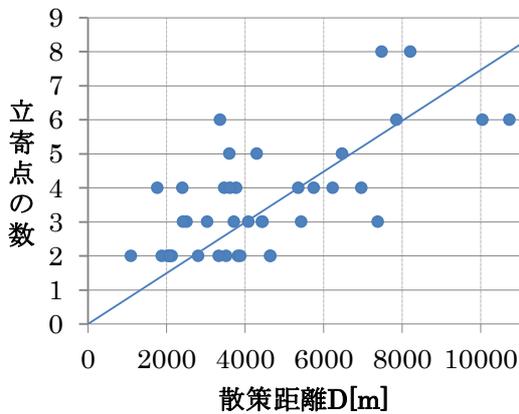


図-8 立寄点と散策経路Dの関係

表-7 各説明変数の相関行列

	ρ_1 緑道、河川・水路沿いの 遊歩道	ρ_2 水路または緑量の多い 住宅地沿いの歩道	ρ_3 その他道路
ρ_1	1.000		
ρ_2	-0.234	1.000	
ρ_3	-0.260	-0.126	1.000

表-8 経路の分類と抵抗比率

説明変数			重相関係数 R	F値
x1: 抵抗比率 ρ_1	x2: 抵抗比率 ρ_2	x3: 抵抗比率 ρ_3		
$5.347 \times 10^{-1}(6.722)$	$6.845 \times 10^{-1}(6.103)$	$1.120 \times 10^{-1}(5.156)$	0.555	1.90E-16
抵抗比率			値	相対値
ρ_1 緑道および河川・水路沿いの遊歩道			5.347×10^{-1}	0.477
ρ_2 緑量の多い住宅地または水路沿いの歩道			6.845×10^{-1}	0.611
ρ_3 その他歩道			1.120×10^{-1}	1.000

---の内はT値

最初に、説明変数相互間における多重共線性の有無を判断するため、相関係数の算出を行った(表-7)。強い相関性があるとされる0.7以上を多重共線性があるという基準²⁵で確認したところ、いずれの説明変数にも確認されなかった。重回帰分析の結果を示す(表-8)。重回帰式のF値は5%の水準で有意であった。結果より、散策空間の抵抗比率は ρ_3 の値を1としたとき、緑道、河川・水路沿いの歩道の抵抗比率 $\rho_1=0.476$ 、緑量の多い住宅地沿いの歩道の抵抗比率 $\rho_2=0.650$ となった。これは、散策行動において通常の歩道では100m歩行することに対して、緑道、河川・水路沿いの歩道は実際の距離に対する心理的距離として47.6m、緑量の多い住宅地沿いの歩道では65mを歩行するに等しいことを意味する²⁶(図-11)。

3. 散策空間の分布と考察

表-9 重回帰分析に用いる散策ルートと立寄地ノードの数

散策者	散策ルート	散策距離D[m]	立寄り点の数
1	1	3780.3	4
	2	7482.8	8
2	3	1097.9	2
3	4	3827.4	2
4	5	5753.7	4
5	6	6474.7	5
6	7	4301.2	5
7	8	8207.8	8
8	9	3885.3	2
	10	2023.4	2
	11	4450.8	3
9	12	3367.5	6
10	13	10044.7	6
	14	1769.2	4
	15	2136.8	2
11	16	2407.8	4
12	17	4643.2	2
13	18	7861.4	6
	19	3037.8	3
	20	2517.5	3
14	21	3470.7	4
15	22	3601.4	5
16	23	2098.8	2
17	24	3715.4	3
18	25	10739.0	6
19	26	3623.0	4
20	27	4643.2	2
21	28	1884.9	2
22	29	5360.9	4
23	30	6238.8	4
24	31	4435.5	3
25	32	6969.4	4
26	33	2806.2	2
	34	3526.2	2
	35	5434.1	3
27	36	4087.0	3
	37	3330.7	2
	38	7380.3	3
29	39	2075.5	2
	40	2422.4	3



図-11 最小コスト経路の比較($\rho_1=0.477$, $\rho_2=0.611$, $\rho_3=1.00$)

前述で得られた抵抗比率を基にして、散策頻度の結果と実際の分布(図-9)をよりわかりやすく比較するため、

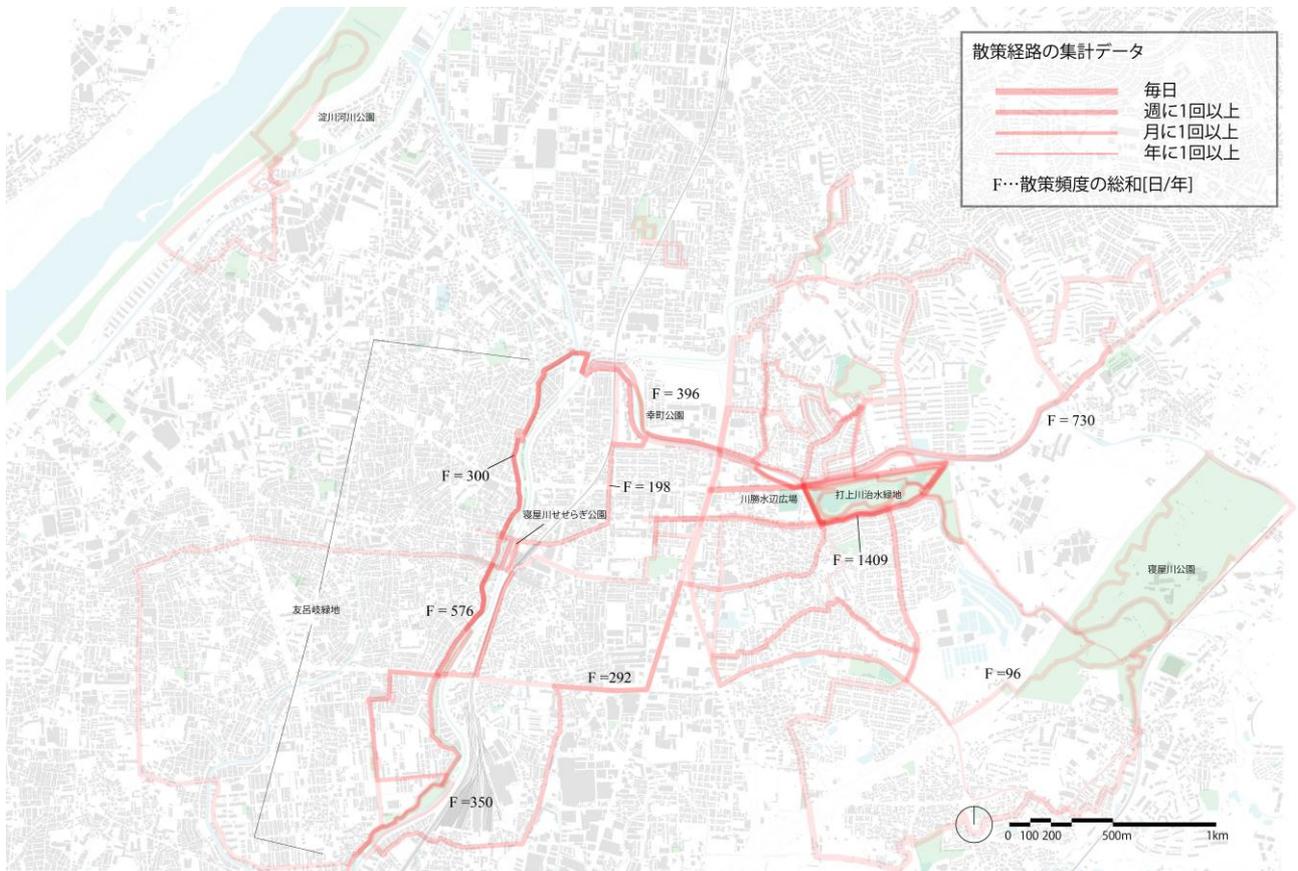


図-9 歩行者の散策経路の分布

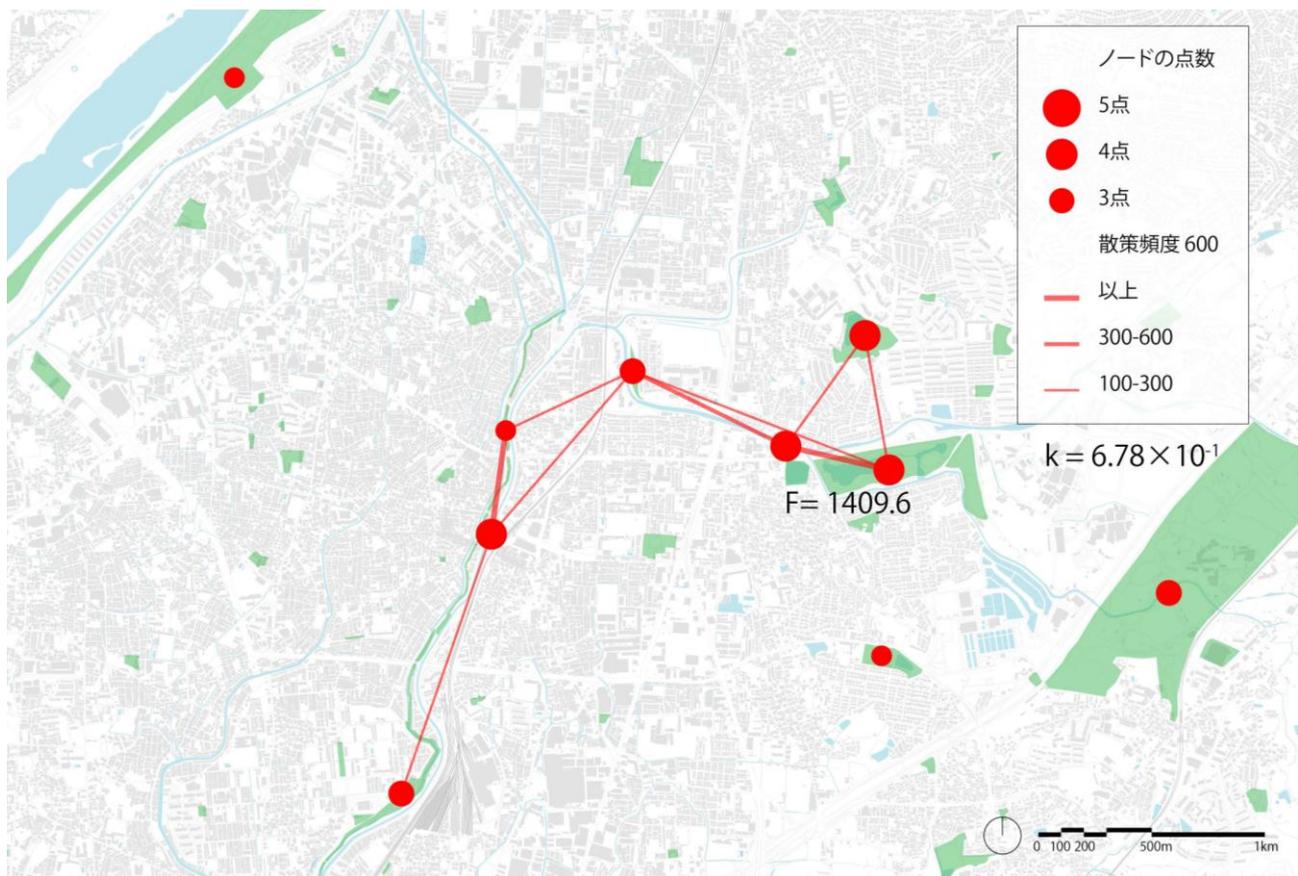


図-12 散策頻度 F の分布($k=0.678$, $\rho_1=0.477$, $\rho_2=0.611$, $\rho_3=1.00$)

散策頻度 F の結果が 100 以上のものに限り、比例定数 k の値を全体の差分が最小となるように設定して散策拠点間における散策頻度 F の分布図を作成した (図-12) . F の分布を算定した散策拠点は、回答者が立寄地として回答の多かった箇所 (図-10) を参照して選定している. ノードの重みづけに関しては、立寄地ノードの合計評価点が 15 点以上のもを 5 点、10-15 点のもを 4 点、5 点-10 のもを 3 点としている. それより小さな立寄地に関しては、散策頻度 F を算定しなかった.

散策頻度 F の結果 (図-12) と前述の散策空間の分布 (図-9) を図-9 と図-12 を相対的に比較する (図-13) . 散策頻度 F が大きいところが実際の散策空間として好んで利用されていることがわかる. 具体的には南北を縦断する友呂岐緑地と、東西に横切る寝屋川を軸とし、線形緑地と水路沿いに位置する公園同士の結びつきが強いことが示されている. これより、散策頻度 F を指標とした散策空間の結びつきを分析することは、一定の有効性があるように考えられる.

5. まとめと今後の課題

本研究では、散策空間の質の類型に基づく「抵抗比率」の考え方を導入し、グラフ理論における重力モデルに散策空間の類型に応じて経路間の空間相互作用力、散策交通量、潜在距離と実際の散策経路データの関係から抵抗比率を算定した. その結果、緑道や河川・水路沿いの遊歩道の抵抗比率はその他歩道が1であることにに対して 0.477、水路または緑量の多い住宅地内の歩道の抵抗比率は 0.611 と小さな値を示し、長距離でも散策しやすい空間特性を持つことが分かった. また、その値は写真によるアンケート調査結果とも酷似していることから、一定の妥当性が確認できた.

本論で得た抵抗値を加味したモデル上の散策頻度の分布から緑地のネットワーク性を考察した. その結果、何億に縦断する友呂岐緑地の緑地リンクが軸となり、ネットワーク上で大きな役割を果たしているを明らかにした. また、モデルによる散策頻度の分布は、アンケートやヒアリング調査で得た実態と類似することがわかった.

参考文献、注釈

¹日本建築学会：緑地・公共空間と都市建築 (日本建築学会叢書-都市建築の発展と制御シリーズ), 2006

²和田章仁：散策空間の整備に関する空間評価要素の考察, 土木計画学・講演集, No.19(2), 1996

³国土交通省都市局：都市公園法運用指針 (第2版), 2012

⁴石川幹子：都市と緑地—新しい都市環境の創造に向けて, 岩波書店, 2001

⁵前掲 6, 都市と緑地—新しい都市環境の創造に向けて

⁶Fanhua Kong, Haiwei Yin, Nobukazu Nakagoshi, Yueguang Zong : Urban Green space network developmet for biodiversity conservation : Identification based on graph theory and gravity modeling, Landscape and Urban Planning, No.95, 16-27, 2010

⁷小林雄介, 石川幹子：細密メッシュデータを用いた森林の集塊性の分析手法に関する研究, 第38回日本都市計画学術研究論文集, No.40-3, pp.619-623, 2005

⁸外井哲志, 坂本紘二, 井上信昭, 中村宏, 根本敏則：道路特性と経路の形状要素を考慮した散歩経路の利用構造に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.869-878, 1999

⁹福山祥代, 羽藤英二：バルセロナの歴史的発展過程と歩行者の行動圏域を考慮した広場—街路のネットワーク分析, 土木学会論文集 D1 (景観・デザイン), Vol.68, No.1, 13-25, 2012

¹⁰木川剛志, 古川正雄：都市エンロロピー係数を用いた都市形態解析手法, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.39-3, pp.823-828, 2004

¹¹蔡鴻昌, 武田重昭, 加我宏之, 増田昇：アクセシビリティから捉えた都市公園の選択制の評価に関する研究—大阪府堺市を事例として—, 日本都市計画学会都市計画論文集, Vol.49, No.3, 2014

¹²石川義孝：空間的相互作用モデル—その系譜と体系—, 地人書房, 1988

¹³Foman, R.T.T., Godron, M. : Landscape Ecology, 1986, John Wiley and Sons, New York, NY.

¹⁴前掲 1, 空間的相互作用モデル—その系譜と体系—

¹⁵Linehan, J., Gross, M., Finn, J.: Greenway planning: developing a Landscape ecological network approach, Landscape and Urban Planning, No.33, pp.179-193 1995

¹⁶前掲 4, greenway planning: developing a Landscape ecological network approach,

¹⁷Rudd, H., Vala, J., Schaefer, V.: Importance of Backyard Habitat in a Comprehensive Biodiversity Conservation Strategy: A Connectivity Analysis of Urban Green Spaces, Restoration Ecology, Vol.10, No.2, pp.368-375, 2002

¹⁸前掲 6, Urban Green space network developmet for biodiversity conservation : Identification based on graph theory and gravity modeling,

¹⁹前掲 1, 空間的相互作用モデル—その系譜と体系—

²⁰前掲 2, Landscape Ecology

²¹有効回答率が低かった理由として、本研究では歩行を移動手段としている者のみを対象にしたこと、1000m 以下の短い散策経路については除外したこと、対象地である寝屋川市以外の場所の散策行動や、仕事や用事のついでに歩くといった、散策自体が目的となっていないことが明確である行動については有効回答としなかったことを挙げる.

²²寝屋川市：平成 23 年度第 1 回寝屋川再生ワークショップ資料, pp.2-14, 2011

²³寝屋川市：寝屋川市景観基本計画, pp.34-70, 2010

²⁴立寄ノード間の相互作用力の和と、散策ルートの潜在距離 L の和に関する方程式を作成する方法をとる. しかし、この方法では収集できる散策ルートならびに潜在距離の方程式の量が少なく、導出にも大きな手間がかかってしまうことになる.

²⁵岩永雅也, 大塚雄作, 高橋一男：社会調査の基礎 (放送大学教材), 2003

²⁶散策経路を分割しなかった場合においても、産出された抵抗比率を参考として記載しておく. この場合は、抵抗比率の数値はそれぞれ ρ_3 の値を 1 としたとき、緑道、河川・水路沿いの歩道の抵抗比率 $\rho_1 = 0.227$ 、緑量の多い住宅地沿いの歩道の抵抗比率 $\rho_2 = 0.209$ となった.