

Space Syntax を用いた甲府中心市街地の定量的評価と回遊行動の関係性

山梨大学 工学部土木環境工学科 学生会員 ○末木 祐多
山梨大学 大学院総合研究部 正会員 佐々木 邦明

1. はじめに

1.1 研究背景

近年、地方都市の中心市街地の衰退は大きな問題となっている。甲府市においても、賑わいの指標として使用されることの多い小売業販売額・地価・歩行者交通量はすべて減少傾向にある。そうした中で甲府市は 2008 年から「中心市街地活性化法」に認可を受け様々な取り組みを行っている。

取り組みの 1 つに“中心市街地を活性化するには、公共公益施設や商業施設が集積できる拠点や回遊性を創出する基盤整備が重要”として、拠点整備事業等が行われた。結果として“甲府駅北口では、広場を含めた拠点づくりが賑わいに大きく貢献した”とされている。しかしその賑わいの効果の広がりは限定的であり、歩行者の回遊行動を促すことで、賑わいを他のエリアへ波及させる歩行空間の整備を甲府市の課題としている。こうした潮流は甲府市に限ったことではなく全国的に“歩いて楽しい街づくり”や“歩行者中心の街づくり”を掲げ、歩行空間の整備を行い中心市街地の活性化を図っている。

ここで、回遊行動を促す為の歩行空間について考えると、重要な要素のひとつに街路によって構成される都市構造、言い換えると動線がどのように街を構成しているか、ということが挙げられる。分かりやすい街路には分かりやすい街路の、複雑な街路には複雑な街路の特性があると考えられる。しかし、そのような特性は数値化が困難であり、定量的には考えられてこなかったとすることができるだろう。

そこで、都市空間構造の客観的な評価、数値化の方法として近年 Space Syntax 理論（以下 S.S.）が注目

されている。S.S.は個々の場所の特性を、「繋がり方・関係性」という要素に着目して、数学的に分析する空間分析手法であり、都市の街路構造の幾何学的な定量的分析を行うことができる。

1.2 研究目的

本研究では、甲府市中心街の街路構造を数値化することで、まちの構造を数値化する。街路構造の数値化には、S.S.で用いられる街路の利用効率・ポテンシャルを示す指標を用いる。また土地利用をあわせてデータ化することで、構築された環境と回遊行動の関係性を分析する。この街路構造の評価と土地利用、歩行者交通量調査の結果を比較し、これらの関係性を明らかにすることを目的とする

1.3 対象地域と分析単位

本研究では、甲府市の中心市街地として図 1 に示す地域を対象とし、その対象地域から 77 の道路リンクを抽出し、これを分析単位として分析を行う。

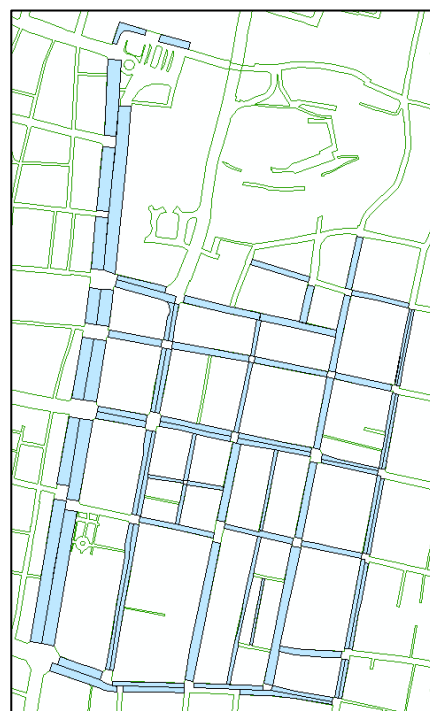


図 1 対象地域と分析単位

キーワード：中心市街地、歩行者交通量、Space Syntax

山梨大学土木環境工学科交通工学講座

(〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 Tel/Fax 055-220-8671)

E-mail : t12ce060@yamanashi.ac.jp

2 研究方法

本研究では、街路構造の指標、土地利用データを用いて地域環境を数値化し、回遊行動データとして歩行者交通量調査の結果を用いて分析を行う。以下では、それらのデータ作成の概要を示す。

2.1 街路構造

街路構造の数値化には Space Syntax 理論を用いる。以下では、S.S.の概要、算出される指標、本研究における算出方法を述べる。

2.1.1 Space Syntax の概要

Space Syntax は、個々の場所の特性を繋がり方・関係性という要素に着目して、数学的に分析する空間分析手法であり、これみよって空間構造を定量的に分析することができる。

都市空間の分析においては、街路を線形化して分析していく方法が主流であり、この方法は Axial Analysis 呼ばれる。本研究でも Axial Analysis を用いる為、以降は Axial Analysis に限って記述していく。

2.1.2 算出される指標

Axial Analysis では、できるだけ長く、できるだけ少ない線分で空間を線形化するという法則の基、地図上の街路空間に対して線分を引くことで、空間を線形化する。この線形化された線分を Axial Line と呼び、Axial Line を解析することで、それぞれの Axial Line に対して、Integration Value (以下 Int,V) という指標が算出される。Int,V はそれぞれの街路の利用効率・ポテンシャルを示し、Int,V の高い街路では移動効率に優れた街路と考えることができ、Int,V の低い街路は複雑で移動効率の悪い街路と考えることができる。本研究では、街路構造の指標として、この Int,V を用いる。

2.1.3 本研究における算出方法

Axial Analysis では、目的に応じて解析領域を限定することがあり、解析領域を限定しない Global と解析領域を限定する Local という 2 つの方法がある。歩行者行動の分析には解析領域を指定する方法が適しているとされている為、解析領域に必要な Buffer

Zone を設け Local の解析結果より算出された Int,V を使用した。

2.2 土地利用

回遊行動と影響があると考えられるデータとして、建築物利用割合と歩道整備率を算出した。

2.2.1 建築物利用割合

分析対象街路の沿道の 1 F 建築物利用を目視にて確認し、建築物の利用用途を表 1 に示す類型に分類した後、分析単位での土地・建築物利用割合を算出した。

表 1 類型

土地利用・業種利用
小売業(総合)
小売業(食品系)
小売業(日用雑貨)
小売業(その他)
飲食業
サービス・娯楽業
公共施設・事業所
住宅
空き店舗
駐車場・駐輪場
その他

2.2.2 歩道整備率

国土地理院の基盤地図情報を元に、GIS 上にて分析単位ごとの歩道整備率を算出した

2.3 歩行者交通量

本研究では、歩行者回遊行動データとして歩行者交通量データを使用する。この為、分析単位として設定した道路リンクごとの歩行者交通量データが必要であり、対象地域として設定した範囲において 78 地点の歩行者交通量データが必要であった。78 地点と多数の調査地点の調査のため、通常の定点調査ではなく移動式交通量調査（以下 GC 調査）を行った。GC 調査は、ある地点の交通量を一定の時間でサンプリングし、調査地点を変えてサンプリングを行い、一定の間隔でそれを繰り返す調査である。

GC 調査では、交通量を拡大換算するため、既存の甲府市中心市街地の歩行者交通量調査を利用して、妥当性の検討を行った。既存の調査では、調査地点が 21 地点、本研究での調査との重複地点が 11 地点と少ないものの、定点を同時間帯調査していることから、検証対象データとして使用した。相関分析の結果、相関係数は 0.94 と高い相関を示した。このことから、GC 調査の結果は妥当であるとして分析を進める。

本研究では、各地点 5 分間の調査を行い、1 時間で 10 地点調査することを 1 サイクルとした。これを 10 時から 20 時まで行い、調査した交通量に 12 を掛けることで、時間帯ごとの交通量としている。調査日程は以下の通り行った。

平日：H28 11月19日（土）

休日：H28 12月8日（木）

3 分析内容

環境を構築するデータとして作成した数値、回遊行動の指標として得られた数値が連続数である為、歩行者交通量を目的変数に取り重回帰分析を行った。

3.1 重回帰分析

重回帰分析は、1つの目的変数を複数の独立変数で説明する為の分析手法である。

$$y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + \varepsilon \quad (1)$$

y:目的変数 X:独立変数

a:定数項 ε :誤差項

b:回帰係数

上記の式で表される重回帰式には、 ε で示した誤差項には系列相関が存在しないという仮定がおかれている。しかし本研究で扱う歩行者交通量では、誤差項において空間的な自己相関があることは明らかである。このため、空間的自己相関を考慮した重回帰モデルとした。

また、通常重回帰モデルでは変数間の交互作用は仮定していない。しかし事前に行った基礎集計より変数間の交互作用があることが想定できた為、交互作用を考慮したモデルとした。

3.1.1 空間的自己相関の考慮

上述したように、重回帰分析では誤差項に系列相関がないという仮定がおかれているが、連続したリンクにおける交通量は、誤差項に空間的な自己相関が現れる。このため以下の式に示すように誤差項に空間的自己相関を明示したモデルにする必要がある。

$$y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + u \quad (2)$$

$$u = c * W * y + \varepsilon$$

W:空間重み付け行列

c:空間パラメータ

ここで、Wで示した空間重み付け行列は空間の隣接関係から作られる行列である。本研究のモデルでは横断歩道を一回渡ることによって移動できるリンク間を

隣接していると定義し、隣接行列を作成し、その隣接行列を行和で標準化することで空間重み付け行列を作成した。この空間重み付け行列に歩行者交通量の値を掛けることで、あるリンクに対する隣接リンクの交通量の平均を取る変数が作成され、その変数で空間的な自己相関を表現することで、誤差項から系列相関を取り除くことができる。

3.1.2 交互作用効果

重回帰式において、ある独立変数の効果が他の独立変数の値によって変化する場合があります、この他の変数の効果を交互作用効果という。しかし、一般重回帰式では各説明変数の主効果の程度を問題とし、交互作用効果は仮定していない。

事前に行った基礎集計より、Int,Vと歩行者交通量の散布図を歩道整備率の高いリンクと低いリンクで分けた図を作成すると、歩道整備率が高い街路は、低い街路に比べて歩行者交通量が多くなることが分かった。これより、Int,Vの効果は、歩道整備率によって変化的ことが示唆された。このように、Int,Vの歩行者交通量への効果が、他の建築物利用のデータによって変化すると思われる傾向が見られた。このため、交互作用考慮した検討を行う。

交互作用効果は、説明変数同士の積の項を新たな説明変数として組み込むことで表現する。

$$y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1X_2 + \dots + \varepsilon \quad (3)$$

上記のように表される交互作用を考慮した重回帰式は以下のように変形できる。

$$y = a + b_2X_2 + (b_1 + b_3X_2) * X_1 + \dots + \varepsilon \quad (4)$$

変形した式を見ると、X1についての1次式と見ることができ、X1の効果はX2の値によって変化的ことが表現できていることがわかる。

本研究で用いるモデルにおいては、Int,Vの値と他の建築物利用用途の変数をかけた項を用いることによって、Int,Vの効果は他の建築物利用用途の変数によって変化するかどうか、ということの検討を行う。また相互作用の検討の際には変数を中心化してから相互作用項を作成する必要があるため、以下に示す結果では標準化偏回帰係数のみ記載している。

3.2 分析結果

3.2.1 平日の分析結果

平日の歩行者交通量の合計を目的変数とした分析結果を表 2 に示す。説明変数の相関は 0.5 以上のものは無いので、多重共線性の指標 VIF にて変数の選択に配慮した。修正済み決定係数は、0.6942 とやや高く、Int,V は有意で正の値を示している。また、交互作用項を含めると Int,V の係数は、 $(0.1759+0.5932 \times \text{複合商業施設})$ となり、Int,V の影響力はリンクに複合商業施設があるとより強い正の影響力が示される。

表 2 平日の分析結果

目的変数:平日合計歩行者交通量			
説明変数	標準化偏回帰係数	T値	判定
Int,V	0.1759	2.101	*
歩道整備率	0.1817	2.347	*
土地利用	複合施設	0.5932	**
	飲食店	0.1791	*
Int,V * 複合施設	0.3622	2.979	**
空間自己相関	0.4647	5.709	**
修正済決定係数	0.6942		
***=P値<0.01 **=P値<0.05 *=P値<0.1			

3.2.2 休日の分析結果

休日の歩行者交通量の合計を目的変数とした分析結果を表 3 に示す。説明変数の相関は 0.5 以上のものは無いので、多重共線性の指標 VIF にて変数の選択に配慮した。修正済み決定係数は、0.7532 と高く、Int,V は有意で正の値を示している。また、交互作用項を含めると Int,V の係数は、 $(0.1759+0.2339 \times \text{歩道整備率}+0.29148 \times \text{飲食店})$ となり、Int,V の影響力はリンクの歩道整備率が高い、リンクに飲食店が多いリンクに、より強い正の影響力が示される。

表 3 休日の分析結果

目的変数:休日合計歩行者交通量				
説明変数	標準化偏回帰係数	T値	判定	
Int,V	0.16691	2.021	*	
歩道整備率	0.2339	3.038	**	
土地利用	複合施設	0.37497	5.284	**
	飲食店	0.29148	4.27	**
	サービス業	-0.09517	-1.52	
Int,V * 歩道整備率	0.14487	2.023	*	
Int,V * 飲食店	0.14267	1.965	.	
空間自己相関	0.40922	5.197	**	
修正済決定係数	0.7532			
***=P値<0.01 **=P値<0.05 *=P値<0.1				

4 結論

本研究では、甲府市の中心市街地の街路構造、土地利用を数値化し、定量的に歩行環境を構築した上で、歩行者交通量調査にて回遊行動のデータ把握し、調査結果を目的変数に取り重回帰分析を行うことで、それらの関係性を定量的に分析した。

その結果、街路構造の利用効率を示す Int,V の値が正の影響を与えることを示した。また、重回帰分析に相互作用項を加えることによって、平日の分析では、Int,V は複合商業施設があるリンクで、より強い正の影響を与えることを示し、休日の分析では、歩道整備率が高いリンク、飲食店が多いリンクで、より強い正の影響を与えることを示した。

以上のように、歩行者の回遊行動に対して街路構造が影響力を及ぼしていることや、相互作用項を検討することにより、土地利用が街路構造の回遊行動の影響力に対して、影響力を持つことを示した。このことから、重回帰分析を行い相互作用項の検討を行うことは、街路のポテンシャルをより有効に活用する為の検討方法として有効であると考えられる。

5 まとめ

本研究では、以上のように地域環境を数値化し、歩行者交通量を目的変数に重回帰分析を行うことで、それらの関係性を定量的に明らかにした。また、交互作用項の検討を行うことで、街路のポテンシャル活用についての検討方法として、有効性を示した。

今後の方針として、対象地域内の駐車場が歩行者の発生地となっていることが考えられることから、対象地域内の駐車場のキャパシティのデータを得て、分析の説明変数に組み込むことを検討する。

参考文献

- 1) 甲府市：中心市街地活性化基本計画 2016
- 2) 古谷知之：Rによる空間データの統計分析 2011
- 3) 山野弘隆：「Space Syntax と歩行者交通量からわかる都市構造と街路の特性に関する研究」2009
- 4) 北村将之,中川大：「土地利用及び業種構成が商店街の賑わいに及ぼす影響に関する研究」土木学会論文集, 2014
- 5) 前田和寛：重回帰分析の応用的手法 2008