

賑わいのある都心づくりのための歩行者回遊行動の推定*

Estimation of pedestrian circulation flows for creation of lively city center*

高橋宏史**・塚口博司***

By Hirofumi TAKAHASHI**・Hiroshi TSUKAGUCHI***

1. はじめに

我が国では1960年代以降、モータリゼーションの進展が続き、自動車交通に過度に依存した社会となった。このため交通混雑が激しくなり、都心地区へのアクセシビリティが低下する一方で、道路整備によって利便性が向上した郊外には大型店舗の進出が相次いだ。これによって、都心地区の相対的な地位が低下した。中心市街地における売場面積や販売額の比率が年々減少していることが指摘されている¹⁾。また、人口が100万人を越すような大都市でも百貨店の撤退が相次ぐなど、都心地区の衰退は全国的に深刻化している。

一方、都心地区の限られた街路空間では、全ての自動車需要を受け入れることは困難であるという考え方が定着してきた。さらに、近年の環境意識の高まりを受けて、歩行者交通の重要性が再認知されるようになってきた。2009年には「環境モデル都市」が選定されたが、申請した82都市のうち50都市が徒歩や自転車への交通手段の転換を目指すとしていた²⁾。

多くの都市で快適な歩行者空間づくりが検討されている。魅力的な歩行環境を整備することによって、来街者の都心商業地区での回遊性を向上させるとともに、地区内での滞在時間や立ち寄り施設数の増加などが期待されるからである。すなわち、街路空間を歩行者にとって魅力的にすることは、地区全体の活性化につなげる方法として有効であると考えられるからである。

トランジットモールに関しては、これまでに柳沢³⁾、川上⁴⁾、阿部ら⁵⁾がそれぞれの対象都市の社会実験をもとに効果を分析している。本研究で扱う京都市の「歩いて楽しいまちなか戦略」社会実験でも、多くの調査が行われ、効果が評価された。しかし、これらの多くは、地点ごとの歩行者交通量の増加や心象を評価したものが多

く、回遊行動の面的な拡がり进行分析したものは少ない。本研究は、2007年10月に実施された京都市四条通におけるトランジットモール社会実験⁶⁾において、回遊行動がどの程度増加していたかを推定することによって、賑わいのある都心づくりを目指した歩行環境の整備が、実際の回遊行動に及ぼす影響を分析することを目的とした。

2. 対象地区の概要

本研究では京都市の都心地区を対象とする。具体的には、御池、河原町、四条、および烏丸通に囲まれたエリアである。この地区は古くから京都市の商業、金融、娯楽の中心であり、歴史的都心地区として位置づけられている地区の中核である。

当該地区内（東西：約880m、南北：約790m）には、商業施設が点在しており、歩行環境を整備することで回遊行動の拡がり期待できるエリアである。また、京都市は「環境モデル都市」に選定されており、自動車交通に頼らない歩行者優先のまちづくりが進められている。特に、対象地区ではトランジットモール化も含めた面的な歩行空間整備である「歩いて楽しいまちなか戦略」社会実験が2007年に行われるなど、現実の施策方針として歩行者優先のまちづくりが目指されているエリアである。

現状を見ると、この地区の歩行環境は決して望ましいものではない。主な130リンク（東西：9、南北：11街路）のうち、歩行者用道路や歩道などが整備されているのは59リンクに過ぎない。その他の71リンクでは、自

*キーワード：回遊行動、トランジットモール、社会実験

**正会員、工修、中央復建コンサルタンツ(株)

***フェロー会員、工博、立命館大学理工学部都市システム工学科
(滋賀県草津市野路東1-1-1, tel:077-561-2735, e-mail:tsukaguc@se.ritsumei.ac.jp)

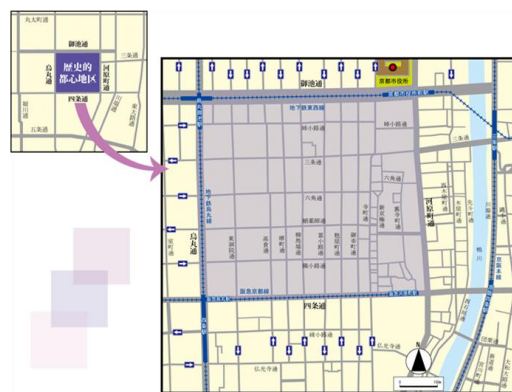


図-1 対象地区の概略図⁶⁾

動車、自転車、歩行者の混合空間となっており、錯綜が見られる。このため、来街者の8割近くが当該地区の歩行空間は歩みにくいと回答している⁷⁾。このように、目指すべき地区の姿と現状は乖離しており、賑わいのある街を実現するために改善が求められている。

当地区におけるこれまでの取り組みとしては、「歩いて楽しいまちなか戦略」が2006年から始動し、歩行者優先のまちづくりが検討されてきた。その一環で行われた社会実験では、多くの来街者が歩行環境の改善に満足と回答していた。また、中心街路である四条通の歩行環境に関しては、歩行空間密度や歩行速度のばらつきが示され、歩行者が自由に歩きやすい環境となっていたと考えられる。また、来街者グループが会話を楽しんで横に並んで歩ける割合は、大通と細街路ともに上昇したことが示されている⁸⁾。このように、歩行環境改善の効果が大きいことが示され、効果が認められるが、恒久的な改善への展開が望まれている。

3. 歩行者回遊行動に関する調査

(1) 調査の概要

既往の研究や四条通の社会実験時の調査では、種々の効果分析が行われている。しかしながら、これらは断面交通量の変化や自動車と歩行者の錯綜の減少など、地点ごとに評価されているものが多い。トランジットモールを始めとした街路運用に関する社会実験の効果は、地点ごとに捉える交通現象の変化だけでなく、歩行者の回遊行動の増加といった視点からも調べるのが重要である。本稿では、対象地区において来街者に対する新たな調査を実施し、回遊行動の現状を把握するとともに、社会実験時の回遊行動変化の推定を試みた。

調査内容は、来街者の基本的な属性に加え、対象地区内における立ち寄り施設、施設間の歩行経路、滞留時間である。調査票は、2009年11月28日(土)、29日(日)に街頭で配布し、後日郵送にて回収した。なお、多様な被験者が確保できるように考慮し、配布場所は地区内の10ヶ所とした。各地点で約200部ずつ、全体で計1918部を配布した。回収部数は624部であった(回収率32.5%)。

(2) 属性ごとの回遊行動特性

属性ごとの回遊行動特性を示す。ここでは、性別、年齢、利用交通手段に着目して、滞留時間、立ち寄り施設数、回遊行動距離を集計した。滞留時間とは、来街者が地区内の交通結節点に到着した時刻から、回遊行動を経て、帰宅するために交通結節点を出発した時刻までを指す。また、回遊行動距離とは、来街者が回遊行動を開始した交通結節点から、終了した交通結節点までの歩行距離を指す。この結果を、図-2から図-4に示す。

各項目によって、抽出できた有効サンプル数は異なり、滞留時間は338件、立ち寄り施設数は549件、回遊行動距離は304件であった。なお、このため、交通結節点が明確でない徒歩による来街者については、滞留時間と回遊行動距離を算出していない。各項目における各属性のサンプル数は、以下の図中の()内に示した。

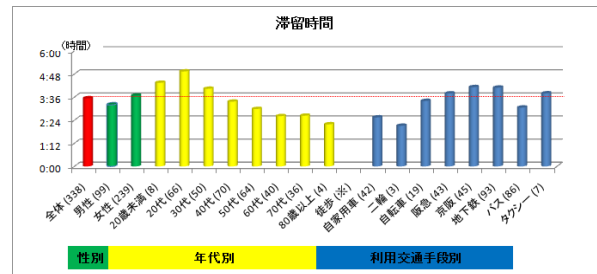


図-2 属性別にみた滞留時間

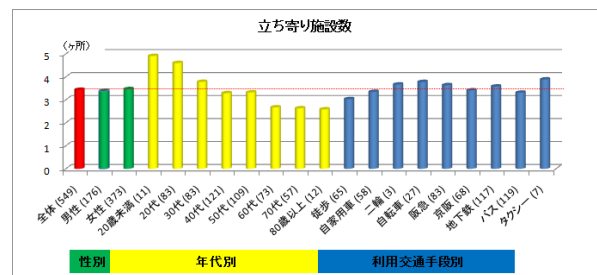


図-3 属性別にみた立ち寄り施設数

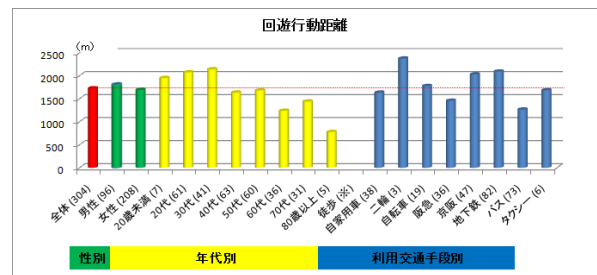


図-4 属性別にみた回遊行動距離

全被験者に対する平均滞留時間は3時間32分、平均立ち寄り施設数は3.44ヶ所、平均回遊行動距離は1,726mであった。

性別で見ると、滞留時間と立ち寄り施設数では女性の方が大きいですが、回遊行動距離では男性の方が大きな値を示す結果となった。男性の方が、限られた時間でも、遠くまで回遊行動を行っている可能性がうかがえる。

年齢別では、20歳未満、20歳代、30歳代の三世代は3項目全てで全平均を上回っており、若年層ほど滞留時間が長く、立ち寄り施設数も多く、回遊行動距離も長い傾向にある。

利用交通手段別に関しては、同じ公共交通利用者でも、鉄道利用者の場合には滞留時間が長くなる傾向があるが、バス利用者の滞留時間は、全体の平均よりも30分以上短い。これと合わせて、回遊行動距離の短さからみても、バス利用者の回遊行動には拡がりがない可能性を示唆し

ている。

また、自動車利用者は、立ち寄り施設数や回遊行動距離では全体の平均に近いが、滞留時間は1時間程度、短い値となっている。これは、時間制の駐車料金システムが影響しているためではないかと考えられる。

(2) 回遊行動の拡がり

回遊行動の広がりを調べるために、対象区域を図-5に示す6ブロックに分けるとともに、商業施設を大規模商業施設、商店街およびその他の商業施設に区分した。なお、ここで商店街とは実際のブロックB、Eにおいて他の商業施設と区別するために設定したものであり、当該地区における商店街を網羅したものではない。図-5には合計22施設群ごとの立ち寄り回数が見られており、円の大きさが立ち寄り行動数を表している。先述のように、ヒアリングは対象地区において均等に実施されているから、図-5に示す結果は、回遊行動が地区の東側を中心に展開していることがわかる。また、大規模商業施設の集客力が大きいこともわかる。

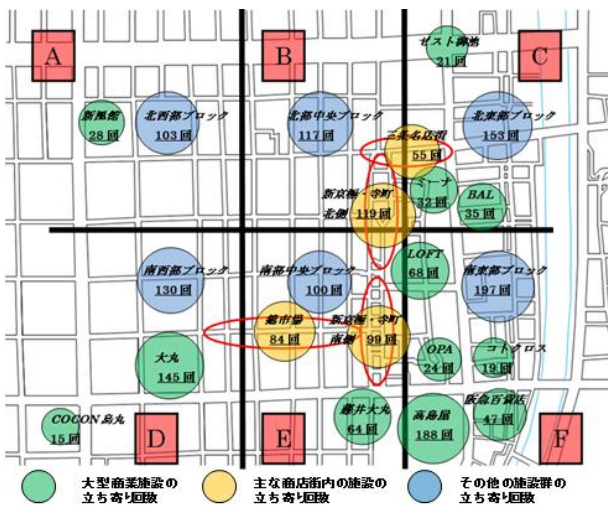


図-5 立ち寄り行動数の分布

また、回遊行動の形態を見ると、回遊行動を開始した交通結節点と異なる交通結節点を終了地点に選択する回遊行動が半数近くを占めることが明らかとなった。この地区には、鉄道、バスともに多くの交通結節点が存在するため、来街者が回遊行動を開始した交通結節点にとらわれることなく、回遊行動の終点を選んでいることがうかがえる。

回遊行動は、これが開始された交通結節点が存在するブロックへの立ち寄りを中心に行われている一方で、2割近い人が、最も遠いブロックまで足を延ばしている来訪者も少なくないことが明らかとなった。特に、Aブロック北西部から回遊行動を開始した来街者は、最も離れたFブロック南東部にも半数近い人が足を延ばしている。これをさらに詳しく見てみると、表-1に示すよ

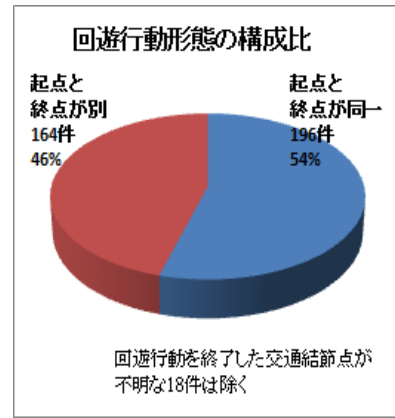


図-6 回遊行動形態の構成比

表-1 回遊行動の開始地区と回遊行動の関係

		A	B	C	D	E	F
回遊行動を開始した交通結節点が存在する地区		北西部	北中部中央	北東部	南西部	南中部中央	南東部
A	北西部	56%	40%	28%	42%	28%	47%
C	北東部	13%	48%	64%	21%	25%	51%
D	南西部	16%	13%	15%	84%	56%	47%
F	南東部	4%	22%	28%	24%	48%	83%

○ その交通結節点が存在する地区への拡がり確率
 ○ その交通結節点が存在する地区から最も離れた地区への拡がり確率

うに、回遊行動の開始ブロックと回遊先のブロックの関係が明らかとなる。

4. マルコフモデルを用いた回遊行動の定量的表現

来訪者の回遊行動は推移確率行列として表わせる。ここでは、回遊行動が推移確率行列 P とした吸収マルコフ連鎖モデルの形で再現できるかを確認する。

マルコフ連鎖では、“時点 n において状態 i であったとき、次の時点 n+1 で状態 j に推移する確率は、時点 n-1 以前にどのような状態であったかには、無関係

$$P = \begin{matrix} H_0 \\ H \\ I \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Q_{HI} \\ S_{IH_0} & 0 & R_{II} \end{bmatrix} \dots \text{式(1)}$$

H₀ : 出口ノード H : 入口ノード I : 商業地ノード

Q_{hi} = (q_{hi}) R_{ii} = (r_{ii}) S_{ih₀} = (s_{ih₀})

q_{hi} = 入口ノード h にいる来街者が、第 1 目的地として、商業地 i を選択する確率

r_{ij} = 商業地 i にいる来街者が次の目的地として、商業地 j に立ち寄る確率 (i ≠ j)

s_{ih₀} = 商業地 j にいる来街者が出口ノード h₀ から帰宅する確率

である”という仮定に基づいている。なお、商業地ノードは図-5に示した A から F の6ブロックであり、吸収ノードは主要交通結節点が存在する A、C、D、F の4ブロックである。吸収マルコフ連鎖を表現する式は式(1)に示すとおりである。

ここで、推移確率行列を用いて、m回目の立ち寄り時点で来街者が地区内に残っている確率（滞留率）を求め、これを実態調査から得られた実績値と比較することによって、マルコフ連鎖として取扱うことの是非を検討した。立ち寄り回数の少ない段階では、実際の値が10%程度大きくなるが、7カ所目以降になると逆に小さくなっており差が生じており、若干の差異が見られる。

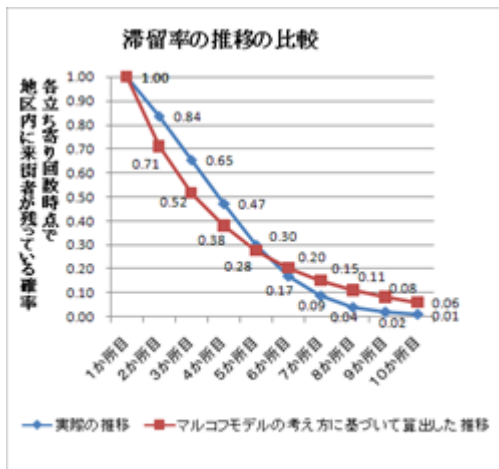


図-7 滞留率の推移の比較

この原因はマルコフモデルの斉次性にあると考えられる。すなわち、表-2に示すように、来街者が交通結節点ノードに吸収される確率は立ち寄り時点ごとに変化しており、来街者の回遊行動は厳密にはマルコフ連鎖で表すことは適切でない。しかし、吸収マルコフ連鎖として表現することは簡便であり、実用性が高いと考えられるため、本稿では推移確率行列に若干の修正を加えることとした。

表-2 各立ち寄り回数終了後に吸収される確率

	推移確率行列による吸収確率(一定)	各立ち寄り回数の終了後による吸収確率									
		1カ所目	2カ所目	3カ所目	4カ所目	5カ所目	6カ所目	7カ所目	8カ所目	9カ所目	10カ所目
北西部	0.22	0.17	0.19	0.14	0.43	1.00	0.00	0.00	-	-	-
北部中央	0.19	0.11	0.15	0.17	0.33	0.40	0.33	0.50	0.00	0.00	-
北東部	0.31	0.08	0.26	0.44	0.35	0.38	0.55	0.75	1.00	1.00	-
南西部	0.39	0.19	0.41	0.45	0.62	0.40	0.91	0.40	0.75	0.67	1.00
南部中央	0.16	0.07	0.09	0.14	0.26	0.45	0.33	0.14	0.00	-	-
南東部	0.33	0.25	0.28	0.32	0.32	0.44	0.40	0.78	-	1.00	0.50

赤字: 推移確率行列による吸収確率を下回っている箇所

具体的には、各ブロックにおける吸収確率を立ち寄り回数に応じた実績値を用いて修正することにした。この結果、図-8に示すとおり、実際の推移とマルコフ連鎖の考え方に基いて算出した推移が、ほぼ一致する結果となっている。また、各地区の来街者一人あたりの平均

立ち寄り回数も、実際の値を再現するものとなっている。

以下では、修正された推移確率行列を用いて、吸収マルコフ連鎖の考え方に従って、対象地区内における回遊行動の概要を再現することにしたい。

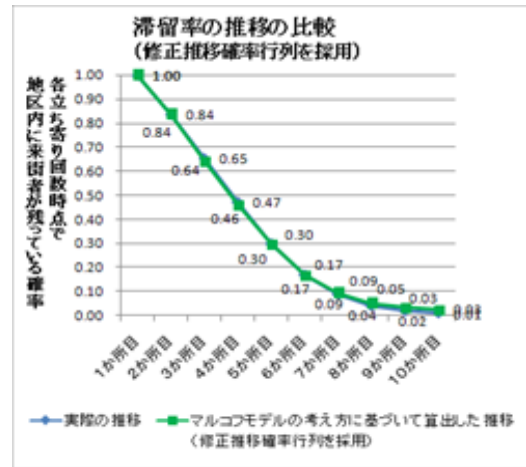


図-8 滞留率の推移の比較 (修正後)

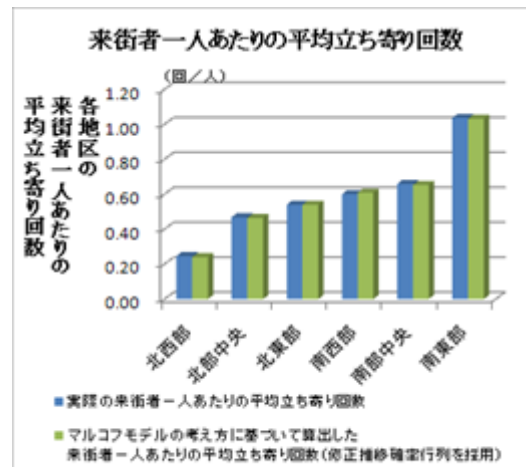


図-9 平均立ち寄り回数の比較

5. 回遊行動の再現

本章では、来街者の回遊行動を吸収マルコフ連鎖の考え方に基いて、シミュレーションによって再現することを試みた。シミュレーションのフローは図-10のとおりである。ここでは、1,000,000サンプルでシミュレーションを行い、その結果を表-3に示す。

表-3は、回遊行動の開始ブロック別に各ブロックの訪問確率を示したものである。表中の黒字の数値は表-1の再掲である。任意のブロックから回遊行動を開始した来街者が回遊行動中に各ブロックに立ち寄る確率をほぼ一致しており、回遊行動がほぼ再現されていると考えられる。

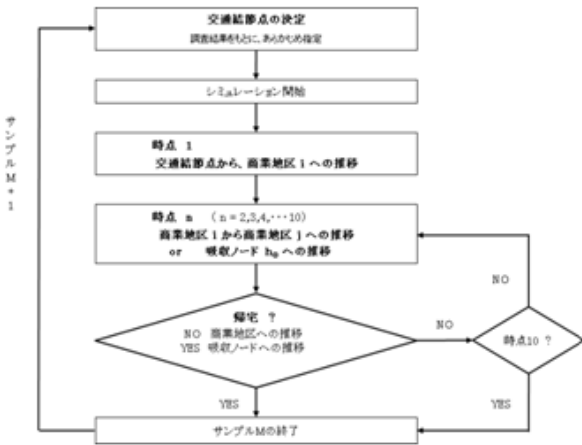


図-10 回遊行動シミュレーションのフロー

表-3 回遊行動の開始地区と回遊行動の拡がりの比較

交通結節点	商業地区	商業地区					
		A 北西部	B 北部中央	C 北東部	D 南西部	E 南部中央	F 南東部
A 北西部	実際の回遊行動の拡がり	56%	40%	28%	42%	28%	47%
	シミュレーションによる回遊行動の拡がりの推定値	58%	36%	32%	37%	30%	42%
C 北東部	実際の回遊行動の拡がり	13%	48%	64%	21%	25%	52%
	シミュレーションによる回遊行動の拡がりの推定値	8%	46%	62%	21%	32%	60%
D 南西部	実際の回遊行動の拡がり	16%	13%	15%	84%	56%	47%
	シミュレーションによる回遊行動の拡がりの推定値	13%	20%	18%	81%	51%	41%
F 南東部	実際の回遊行動の拡がり	4%	22%	28%	24%	48%	83%
	シミュレーションによる回遊行動の拡がりの推定値	4%	23%	27%	25%	41%	85%

6. 社会実験時における回遊行動の推定

2007年10月に実施された交通社会実験では、社会実験の前後に四条通の柳馬場一富小路間において歩行者交通量が測定されている。2006年10月1日（日）に測定された事前調査結果では、12時～20時までの8時間で47,405人であり、2007年10月14日（日）の社会実験時では、同区間の歩行者交通量が50,699人となり6.9%増加した。この歩行者交通量の増加に着目し、社会実験時における回遊行動の変化を推定することにした。

まず、前章で述べたシミュレーション結果より、総来街者数と四条通の柳馬場一富小路間を通行する可能性の高いトリップ数との比率を求めた。次に、社会実験時には大きなイベントは行われなかったから、来街者総数は大きく増加してはいないと想定するとともに、社会実験における歩行環境の改善によって、各立ち寄り行動の終了後に来街者が帰宅行動を選択し、吸収ノードである交通結節点に向かう確率が減少していたと考えた。そこで、交通結節点での吸収確率を2.5%ずつ2.5～15%まで段階的に吸収確率を減少させ、四条通の歩行者交通量との関係を調べた。この結果、吸収確率を7.5%減少させたときが最も整合性の高い結果となった。このとき、来

表-4 吸収確率と歩行者交通量、立ち寄り回数の関係

吸収確率の減少率	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%	15.0%
推定歩行者通行量の増加率	394	396	407	417	432	433	439
推定歩行者通行量の増加率	0%	0.51%	3.30%	5.84%	9.64%	9.90%	11.42%
来街者一人あたりの平均立ち寄り回数	3.64	3.70	3.77	3.82	3.90	3.96	4.05
来街者一人あたりの平均立ち寄り回数の増加率	0%	1.65%	3.57%	4.95%	7.14%	8.79%	11.26%

街者一人当たりの平均立ち寄り回数は平常時の3.64回から、3.82回に上昇したことになる。

次に、社会実験時の回遊行動を推定する。ここではハブモデルを用いた。このモデルの考え方は、‘買物客がある商業集積を選択する確率は、その売場面積に比例し、そこまでの距離に反比例する’というものである。このモデルは元来、小売商圏を示すもので、自宅からの商業地選択の確率を表現するものである。しかし、商業地の持つ魅力度を売り場面積、その商業地までの抵抗を距離で表現する考え方は、回遊行動中においても適用できると考えられる。

$$P_{ij} = \frac{S_j}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{S_j}{D_{ij}^\lambda} \right)}$$

P_{ij} : 地点 i から、次に j が選択される確率
 S_j : 地点 j の売場面積（魅力度）
 D_{ij} : 地点 i と j までの距離（抵抗値）
 λ : 距離の抵抗係数

… 式 (2)

なお、ここでは前述の調査から得られた商業地選択確率 P_{ij} をもとに λ のパラメータ推計を行ったところ、交通結節点から商業施設への最初の回遊行動には $\lambda_a = 1.9$ 、その後の回遊行動中には $\lambda_b = 1.6$ が得られた。来街者が交通結節点から最初の商業地を選ぶ際は、その後の回遊行動中よりも距離に対して大きな抵抗を感じているようである。

さて、本研究では歩行環境の改善によって、来街者が感じる距離抵抗値 D_{ij} が減少すると想定し、社会実験時での歩行者交通量の増加が、この抵抗



図-11 想定された抵抗値の削減

値が減少したことによるものであったと考えた。そして、歩行環境の改善がなされたと考えられる OD 間の抵抗値をそれぞれ減少させた。東西方向の推移に関しては、四条通における歩行者交通量の増加率に基づいて 10%、南北方向には、細街路における歩行者交通量の増加に基づいて 20%、それぞれ抵抗値を減少させた。D、E、F の域内間の推移にも、10%の抵抗値の減少があったと仮定した。

南北 OD 間の移動にも歩行環境の改善がなされたから、ハフモデルにおける抵抗値を減少させたが、北側地区への回遊行動の拡がりには示されなかった。これは、社会実験において、南北間の OD 間の移動の増加を期待して歩行環境の改善が行われたが、北側地区での歩行環境改善が十分ではなく、当該地区に来街者が留まらなかったからではないかと思われる。A⇔D 間や B⇔E 間の移動は増加しており、南北間の移動は活発になったといえる。しかし、A、B、C の北側地区では、同ゾーン内での移動が減少している。一方で、南側地区では東西方向を中心にトリップが増加しており、同地区内での滞留も増加するなど、地区の活性化に効果が大きかったと思われる。すなわち、社会実験のような環境改善では、地区全体の来街者一人当たりの立ち寄り回数は増加したが、効果の程度には各ブロックに差があったことがうかがえる。

表-5 社会実験による立ち寄り回数の変化

	北西部	北部中央	北東部	南西部	南部中央	南東部
社会実験時における歩行環境改善がもたらした地区ごとの推定増減値	-0.02	-0.01	-0.03	+0.06	+0.04	+0.04

単位：回/人

表-6 各 OD 間推移確率の変化

	A	B	C	D	E	F
A 北西部	-14%	1%	-12%	21%	-15%	-19%
B 北部中央	-20%	-4%	-5%	5%	37%	2%
C 北東部	5%	-1%	-7%	8%	3%	-7%
D 南西部	73%	7%	-1%	13%	12%	8%
E 南部中央	-100%	64%	-18%	8%	7%	7%
F 南東部	-	-30%	-1%	7%	5%	3%

--- 北⇔北の推移 — 南⇔南の推移
 北⇔南の推移

7. まとめ

本研究では、京都市の都心地区を対象として、来街者へのヒアリング調査に基づいて回遊行動の現状を調べた。その結果、対象地区における来街者の回遊行動の特性を把握することができた。

当該地区では2007年10月にトランジットモールに関する交通社会実験が実施されたが、その際に地区内の回遊行動がどの程度増加したかについては十分に把握されていなかった。そこで、本研究では、簡便な回遊行動の推定方法を提案し、これを用いて社会実験時の回遊行動の変化を推定した。その結果、全体として回遊行動が増加していたと考えられるが、回遊行動が増加した区域があった一方で、逆に減少した区域があったと推測される。今後さらに、交通環境の改善と来街者の回遊行動の関係について分析を行ってみたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：「中心市街地再生のためのまちづくりのあり方について、アドバイザー会議報告書」概要版，pp.1，2004
- 2) 石田東生：環境モデル都市と交通政策，交通工学研究会，交通工学 第44巻 第2号 pp.1-pp.2，2009
- 3) 柳沢吉保、高山純一、轟直樹：中心市街地回遊トリップ特性に着目したトランジットモールの導入効果に関する評価分析－長野市中心市街地中央通りの交通社会実験を事例として－、日本都市計画学会学術研究論文集(41) NO.3 p.31-p.36 2006年
- 4) 川上洋司、堀井茂毅、川本義海：来街者の行動・意識から見た都心部街路空間の評価に関する研究－福井市トランジットモール等社会実験を事例として－、土木計画学研究・講演集 No.25 p.807-p.808
- 5) 阿部宏史、牧野浩、粟井睦夫、波多野吉紀：岡山市都心部におけるトランジットモール社会実験の評価と課題、第20回交通工学研究発表会論文報告集、p.97-p.100、2000年
- 6) 京都市 歩いて楽しいまちなか戦略 HP <http://www.city.kyoto.lg.jp/tokei/page/0000033359.html>
- 7) 『「歩いて楽しいまちなか戦略」社会実験関連データ集』京都市 歩いて楽しいまちなか戦略推進協議会 2007年
- 8) 高橋宏史、塚口博司：トランジットモールを中心とした交通社会実験における歩行環境改善、第63回土木学会全国大会講演集 IV-273、2008年