

# OD推定を内包した都心回遊シミュレーションモデルの開発\*

## Development of Urban Round Trip Simulation Model involved OD Estimation\*

三谷卓摩\*\*・羽藤英二\*\*\*

By Takuma MITANI\*\*・Eiji HATO\*\*\*

### 1.はじめに

中心市街地の商業地域といったミクروسケールでの人のニーズに応じたマーケティング情報を引き出すためには、より細かい調査を行い分析する必要がある。消費者の渡り歩く行動、すなわち立ち寄った場所やそこでの目的などについて、行われてきた順に尋ねていく調査(回遊行動調査)を行い、より小さなゾーンや施設そのものを調査・分析の対象とすることが必要である。しかし従来は都市空間全体などのマクروسケールでの分析が多くなされており、街区や個別の商業施設といったミクروسケールを分析対象として詳細に人間行動を観察し、それに基づいてモデルを構築した例は少ない。そこで、本研究では、詳細な回遊実態調査を実施し、それに基づいた都心回遊シミュレーションモデルを開発する。回遊行動シミュレーションモデルの特徴は以下の3点である。(1)個人属性の違いによる回遊行動の違いを表現できる。(2)エリアではなく個別の施設間の移動が可能である。(3)相対的吸引力を考慮した推移確率による施設間の関連性を表現できる。以上の3点を考慮した都市空間における回遊行動を記述することのできる都心回遊シミュレーションモデルの開発を目指す。



図-1 調査対象地域

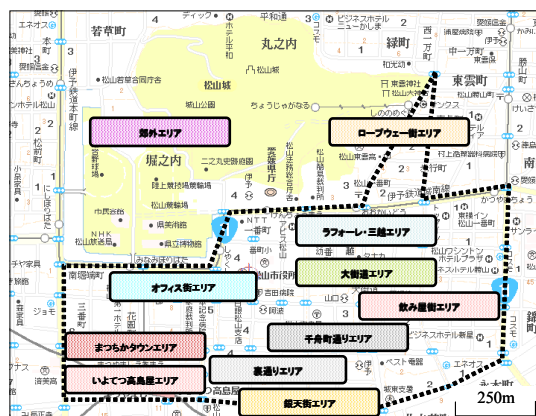


図-2 対象エリアの分類

### 2.松山回遊実態調査

#### (1)調査概要

2004年6月13日、19日と11月6日、7日のそれぞれ週末2日間の計4日間に松山回遊行動実態調査を実施した。調査対象地域を図-1に示す。調査対象地域は松山市の中心市街地である大街道、銀天街商店街を中心としており、L字型に形成されているのが特徴である。通過する人に調査の趣旨を説明したうえでアンケート票を配布し、郵送方式により回収を行った。配布するアンケート票は、その日の出発地点から、立ち寄った施設と移動について帰宅するまで順番に記入してもらったものを作成した。対象エリアは、図-2に示す11のエリアに分類した。

\*キーワード：都心回遊、OD推定、ミクروسケール

\*\*学生員、工修、愛媛大学大学院理工学研究科システム工学専攻  
(e-mail:mitani@eh.cee.ehime-u.ac.jp)

\*\*\*正員、工博、愛媛大学工学部環境建設工学科

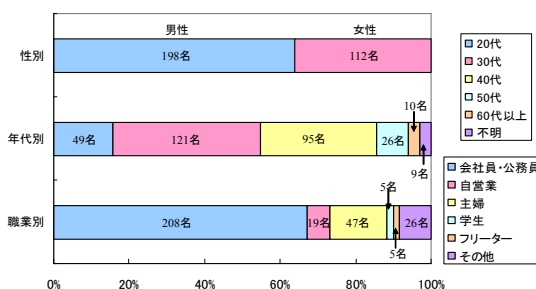


図-3 被験者属性

#### (2)活動データの基礎集計

活動データより得られる指標を集計した結果を表-1に示す。全体をみると、立ち寄り施設数は約4箇所、1施設あたりの滞在時間は35分という結果になった。また、移動時間と施設滞在時間の比率は1:2となった。つぎに、属性別の特徴を述べる。性別に着目すると、男性に比べ女性のほうが立ち寄り施設数が多く、施設内での滞在時間

表-1 活動データの集計

属性	立ち寄り施設数 (箇所)	立ち寄り店舗数 (箇所)	移動時間 分	施設滞在時間 (分)	平均 (施設滞在時間)	平均 (店舗滞在時間)
全体	4.14	4.95	70.48	145.45	35.10	29.40
男性	3.99	4.51	75.77	136.18	34.13	30.20
女性	4.22	5.16	67.92	149.92	35.55	29.07
10代	4.68	5.59	68.77	146.40	31.31	26.20
20代	4.44	5.21	78.92	169.32	38.18	32.53
30代	4.53	5.65	78.57	143.30	31.62	25.38
40代	4.11	4.89	64.62	152.85	37.18	31.26
50代	3.15	3.87	53.78	117.30	37.19	30.30
60代以上	3.12	3.48	55.30	91.93	29.45	26.38
会社員	4.16	4.94	76.40	156.47	37.64	31.70
自営業	3.19	3.88	64.43	153.03	47.94	39.39
主婦	3.84	4.66	55.83	106.65	27.77	22.89
学生	4.47	5.25	68.88	146.30	32.70	27.85
アルバイト・パート	4.75	5.80	70.72	156.60	32.97	27.00
無職	3.65	4.06	51.65	117.88	32.32	29.04
その他	4.54	5.68	87.20	166.00	36.60	29.23
松山市	3.94	4.66	56.60	137.47	34.88	29.48
北条市	3.91	4.27	85.63	148.75	38.05	34.81
東温市	3.00	3.33	64.50	159.78	53.26	47.93
伊予市	4.95	6.25	76.67	167.75	33.89	26.84
松前町	4.83	5.33	85.80	147.33	30.48	27.62
県内 (上記市町村を除く)	5.48	6.92	170.03	170.88	31.17	24.68
県外	4.75	6.25	102.00	212.50	44.74	34.00
1人	3.61	4.19	54.77	134.77	37.33	32.13
2人	4.41	5.47	79.83	145.55	32.97	26.63
3人以上	4.42	5.05	76.40	163.92	37.11	32.46
徒歩	3.89	4.53	52.57	118.85	30.56	26.25
自転車	4.05	4.61	57.92	150.60	37.23	32.67
バイク	4.47	5.07	56.27	158.33	35.45	31.25
バス	4.15	5.35	75.05	135.70	32.70	25.36
鉄道	4.24	5.00	89.85	199.62	47.10	39.92
路面電車	4.11	5.05	53.50	113.28	27.59	22.42
タクシー	3.50	3.50	88.00	285.00	81.43	81.43
乗用車	4.32	5.42	92.25	141.98	32.87	26.21

が長い長いことが分かった。移動時間に関しては、男性のほうが長い結果となった。年代別では、50代60代といった世代の立ち寄り施設数が少ない結果が出た。つづいて、職業に着目すると、学生、アルバイト・パートといった時間制約のない属性の立ち寄り施設数が多いことが分かった。また、主婦は移動時間、施設滞在時間ともに短いという結果になった。これは、主婦が効率よく買物行動をしていると考えられる。視点をかえて、施設の滞在時間が短いことに着目すると、主婦にとって中心市街地はあまり魅力のない地域になっていると考えられる。行動人数ごとに集計した活動データをみると、人数が多くなるにつれて立ち寄り施設数と施設滞在時間が増加している。これは人数が増えると、個人の行動に比べ自由が少なく、人と合わしながら行動をすることが影響していると考えられる。移動手段については、乗用車に比べ、徒歩や自転車といった駐車制約のない移動手段のほうが、立ち寄り施設数が少なくなった。徒歩と自転車を比較では、立ち寄り施設数がほとんど変わらないにも関わらず、施設滞在時間に約30分の差が生じた。これは、主な移動手段が徒歩の被験者の多くが調査対象地域である松山中心市街地内に居住していることにより、自転車を利用した被験者より施設滞在時間が少なくなったと考えられる。

(3) データマイニング分析

条件部を「施設属性」、結論部を「施設属性」とし、属性

表-2 条件部:施設属性-結論部:施設属性(全体)

条件部	結論部	サポート	確信度
複合施設	複合施設	0.430	0.583
複合施設	服飾施設	0.154	0.209
服飾施設	複合施設	0.147	0.707
複合施設	喫茶店	0.140	0.189
複合施設	その他の専門店	0.140	0.189

表-3 条件部:施設属性-結論部:施設属性(男性)

条件部	結論部	サポート	確信度
男性 && 複合施設	複合施設	0.1075	0.612
男性 && 喫茶店	複合施設	0.0466	0.591
男性 && 服飾施設	複合施設	0.0430	0.800
男性 && その他の専門店	複合施設	0.0394	0.393
男性 && 服飾施設	服飾施設	0.0358	0.667
男性 && 複合施設	喫茶店	0.0358	0.204

表-4 条件部:施設属性-結論部:施設属性(女性)

条件部	結論部	サポート	確信度
女性 && 複合施設	複合施設	0.323	0.573
女性 && 複合施設	服飾施設	0.125	0.223
女性 && 複合施設	その他の専門店	0.118	0.210
女性 && 複合施設	ドラッグストア、100円ショップ等	0.115	0.204
女性 && 服飾施設	複合施設	0.104	0.674
女性 && 複合施設	喫茶店	0.104	0.185

表-5 立ち寄り回数上位の10施設

施設名	利用回数	構成割合
伊予鉄高島屋	167	13.02%
三越 松山店	126	9.82%
銀天街ショッピングビルGET	55	4.29%
ラフォーレ原宿松山	44	3.43%
紀伊國屋書店 松山店	26	2.03%
明屋書店 松山本店	18	1.40%
松山中央郵便局	18	1.40%
明屋書店 大街道店	17	1.33%
ベスト電器 松山本店	16	1.25%
ロック松山店	16	1.25%
BE-FLAT	16	1.25%

表-6 立ち寄り回数上位の10施設の相対的吸引力

施設名	相対的吸引力
伊予鉄高島屋	0.2997
三越 松山店	0.1649
銀天街ショッピングビルGET	0.0616
ラフォーレ原宿松山	0.0497
紀伊國屋書店 松山店	0.0288
明屋書店 松山本店	0.0117
松山中央郵便局	0.0032
明屋書店 大街道店	0.0063
ベスト電器 松山本店	0.0121
ロック松山店	0.0070
BE-FLAT	0.0088

別に行動文脈を抽出した。全体の結果を表-2に示す。男性と女性の結果を表-3と表-4に示す。中心市街地において、複合施設を中心とした回遊行動がされていることが分かる。男性と女性を比較した場合、男性は服飾施設、喫茶店と複合施設が中心の回遊行動がとられているが、女性の場合は複合施設を中心として、様々な属性の施設との組合せの行動が多くされており、行動が多様であることが分かる。この違いは、男女間による趣味や嗜好の違いが生じたものと考えられる。

(4) 施設間推移確率の算出

中心市街地内を回遊する人は、ランダムウォーク的な性格をもっている。各施設や店舗の立ち寄る客数や客層に差が見られるのが一般的である。これは商業施設の立地条件や魅力度に差異が生じているためであると考えられる。そこで、本節では相対的な回遊客の吸引力について検討を行い、回遊時の施設間推移確率の算出を行う。

表-5に立ち寄り回数上位の10施設を示す。いよてつ高島屋、三越松山店などの複合施設での立ち寄り回数が多いことが分かる。これは、施設としての吸引力が高いということが出来る。また、本屋やドラッグストアなどの立

ち寄り回数も多いという結果が出た。

このように回遊する客の吸引力は、一般に施設に立ち寄り人数を平均滞在時間の積で表すことが妥当であると考えられる。以下の式で、施設*i*の相対的吸引力 $w_i$ を定義する。

$$w_i = \frac{\sum_k T_k N_{ik} Q_{ik}}{\sum_i \sum_k T_k N_{ik} Q_{ik}} \quad (1)$$

ここで、 $T_k$ ：グループ*k*の中心市街地への入込人数

$N_{ik}$ ：グループ*k*の施設*i*の立ち寄り回数（回）

$Q_{ik}$ ：グループ*k*の施設*i*での平均滞在時間（分）

立ち寄り回数が多かった上位 64 施設における相対的吸引力を算出した。表-6 に示す。いよつ高島屋と三越松山店の吸引力の高さが非常に目立つ結果となった。立ち寄り回数の多いその他の複合施設も吸引力が高い値をとっているが、立ち寄り回数の少ないカラオケボックスやパチンコ屋といった長時間の滞在が考えられる施設においても、高い吸引力を示していた。

つぎに、相対的吸引力を用いて、施設間の推移確率を算出する。新しい商業施設が中心市街地に立地することを考えれば、何らかの方法により施設間の推移確率行列を推計することが必要となる。ここで、推移確率が各施設の相対的吸引力と関係していることと考える。中心市街地内で多くの人が立ち寄っている上位 64 施設を列挙した上で、推移確率を計算する。中心市街地を訪問した人を一人と考え、この客が施設*i*から施設*j*に回遊する確率を $P_{ij}$ とし、以下の式で表す。

$$P_{ij} = \frac{\left( \frac{N_i}{\sum N_i} \right)^\alpha w_j^\beta}{T_{ij}^\gamma} \quad (2)$$

ここで、関係の強い施設属性を考慮するために、データマイニングで抽出した条件部が「施設属性」、結論部が「施設属性」である行動文脈の上位 5 個を式(3)にダミー変数として組み込む。

$$P_{ij} = \frac{\left( \frac{N_i}{\sum N_i} \right)^\alpha w_j^\beta e^{\sum_k \Omega_k \delta_{ij}}}{T_{ij}^\gamma} \quad (3)$$

$N_i$ ：施設の訪問比率

$w_j$ ：施設*j*の相対的吸引力

$T_{ij}$ ：施設*i*と施設*j*の距離（*m*）

$\delta_{ij}$ ：ダミー変数

{ 行動文脈の条件を含んでいれば :1  
 行動文脈の条件を含んでいない :0

$\alpha, \beta, \gamma, \Omega_k$ ：パラメータ

$P_{ij}$ を予測するために重回帰分析を行った。

推定したパラメータ結果を表-7 に示す。重相関係数、自由度調整済決定係数ともに良好な結果が得られた。推定したパラメータ値を用いて、商業施設が立地した場合の新規商業施設から中心市街地内の施設へ、または中心市街地内の施設から新規商業施設への推移確率を算出する。

表-7 パラメータ推定結果

	パラメータ	推定値	t値
	$N_i$	-0.734	-28.35
	$w_i$	0.108	6.42
	$T_{ij}$	-0.070	-2.71
説明変数	$\Omega_1$	0.324	2.94
	$\Omega_2$	0.010	0.07
	$\Omega_3$	0.301	2.06
	$\Omega_4$	-0.064	-0.48
	$\Omega_5$	-0.603	-2.91
定数項		-3.944	-18.75
サンプル数		249	
重相関係数		0.918	
自由度調整済決定係数		0.838	

$\Omega_1$ ：行動文脈【複合施設-複合施設】のパラメータ

$\Omega_2$ ：行動文脈【服飾施設-複合施設】のパラメータ

$\Omega_3$ ：行動文脈【複合施設-喫茶店】のパラメータ

$\Omega_4$ ：行動文脈【飲食店-複合施設】のパラメータ

$\Omega_5$ ：行動文脈【複合施設-ドラッグストア、100円ショップ等】のパラメータ

### 3.都心回遊シミュレーション

#### (1)都心回遊シミュレーションモデルの構築

松山回遊行動実態調査(回遊調査)から得られた分析結果をもとに都心回遊行動(ある施設に何の目的で訪れ、どれくらい滞在し、どのような経路で移動したかなど)を個人単位で記述できる都心回遊シミュレーションモデルを構築する。モデルは以下の8つのSTEPから構成される。

##### (STEP.1) 個人属性(性別, 年齢, 職業)の決定

個人属性の選択確率は、回遊調査から得られた個人属性の割合を選択確率として用いる。

##### (STEP.2) 来街・移手段の決定

来街手段は、回遊調査から得られた来街手段の割合を選択確率として用いる。移手段は、決定した来街手段によって選択確率が与えられ、自転車で来街した場合は徒歩と自転車、その他は全て徒歩で移動とする。

##### (STEP.3) 行動数(立ち寄り箇所数)の決定

行動数(立ち寄り箇所数)を決定する。行動数選択肢は、最小行動数の1箇所から最大行動数の8箇所の8種類とする。行動数は、回遊調査から得た行動数の割合を選択確率として用いて決定する。

##### (STEP.4) 回遊行動開始地点, 終了地点の決定

ネットワーク上における回遊行動の開始地点(以下 O 地点)と終了地点(以下 D 地点)を決定する。OD 地点は、北、東、南、西の4地点とする。OD 分布およびOD 交通量は、次節に示すOD 推定結果に基づいて決定する。



図-4 シミュレーション実行画面

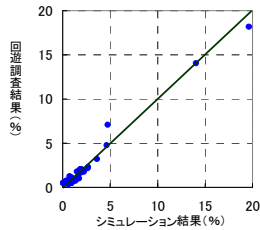


図-5 立ち寄り回数構成割合の相関関係

### (STEP.5) 各行動の立ち寄り施設の決定

立ち寄り施設は、調査によって利用回数の多かった上位64個の施設を用いる。施設間推移確率によって施設間の移動施設が決定される。

### (STEP.6) 移動経路の決定

移動経路は移動コストが最小となる経路を選択する。それぞれのリンクに移動コストを設定することで、移動コストが最小となる経路を選択する。

### (STEP.7) 行動開始時刻、施設滞在時間の決定

回遊行動の開始時刻は、回遊調査から得た回遊行動開始時刻の分布割合を用いて選択確率を算出し決定する。施設滞在時間は、回遊調査を集計して施設ごとの平均滞在時間をもとにし決定する。同一施設においても、個人差(大小5%程度)をランダムで与える。

### (STEP.8) 時刻 $t$ における位置座標の計算

ある時刻 $t$ における位置座標を計算する。移動時は、選択した移動手段から移動速度を決定する。つぎに、移動時は、設定された移動速度を用いてリンク長からリンク $T_i$ 座標を計算する。この計算を通過リンク分繰り返す。施設滞在時は滞在時間分、施設の位置座標をそのまま時刻 $t$ における位置座標とする。

設定人数を5000人として、都心回遊シミュレーションを行った。シミュレーション実行画面を図-4に示す。シミュレーションによる都心回遊行動の再現が可能になった。精度検証として施設別の立ち寄り回数構成割合から実態調査とシミュレーション結果の相関関係を図-5に示す。相関係数0.89と非常に高い値を示している。よって、回遊調査結果を十分に再現できていると考えられる。

## (2) OD推定による現況再現

実際の回遊状況を再現するためには回遊調査結果の拡大をしなければならないが、その方法として観測リンク交通量を用いたOD交通量の補正を行った。図-6にOD推定のフレームワークを示す。まず、観測リンク交通量からのOD推定により現実の発生集中交通量を推定する。<sup>1)</sup>

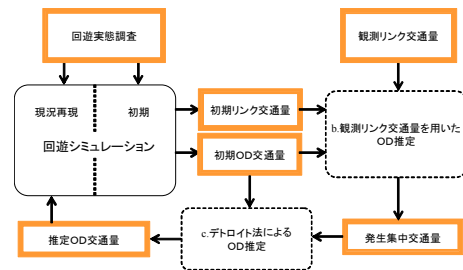


図-6 OD推定のフレームワーク

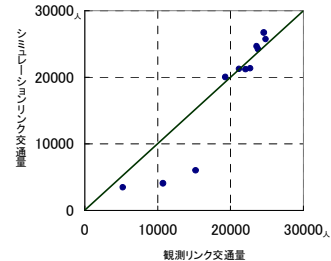


図-7 リンク交通量の相関関係

さらに、回遊調査結果のOD分布と観測リンク交通量からのOD推定で求めた発生集中交通量からデトロイト法によりOD推定を再度行った。2度のOD推定の結果、重相関係数は0.90となり高い値を示した。図-7にリンク交通量の相関関係を示す。このOD交通量を基にして現況再現を行った。

## (3) シナリオシミュレーション

新規施設が立地することを想定したシナリオシミュレーションを実行し、(2)で求めた現況再現結果との比較分析を行った。新規施設立地場所は、大街道と銀天街の交差点の大街道側とした。施設間推移確率を算出する回帰式を用いて、新規施設を含めた全65施設間の推移確率を算出した。なお、新規施設における推移確率算出時に必要な施設訪問比率、施設の相対的吸引力は、いよてつ高島屋と同値とした。その他のシミュレーションの設定条件は、現況再現時と同じとした。新規施設が立地により交通量が増加したリンクは、大街道と千舟町通りといよてつ高島屋から千舟町通りのリンクで多くみられた。交通量が減少したリンクは、銀天街であった。これは、新規施設が立地によりいよてつ高島屋のシェアが減少し、銀天街での交通量が減少したと考えられる。以上の結果から、今回作成した都心回遊シミュレーションを用いることで新規施設の都心回遊への影響を分析可能であることが分かった。

## 謝辞

なお、本研究にあたっては、(株)シアテックの森三千浩氏、愛媛大学大学院の玉国和広氏に多大なる協力を得た。ここに記し感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 加藤 義昭, 小川 祐亮, 藤井 聡, 菊地 輝, 北村 隆一: 交通流シミュレータDEBNetSを利用したOD推定アルゴリズムの開発と検証, 第2回ITSシンポジウム, pp.315-320, 2003.