

# MCMC法を用いた巨大選択肢集合下での目的地選択行動の再現

*Simulation of Destination Choice under Huge Choice Sets:*

*Application of Markov Chain Monte Carlo Algorithms*

菊池輝\*, 山本俊行\*\*, 芦川圭\*\*\*, 北村隆\*\*\*\*

By Akira Kikuchi, Toshiyuki Yamamoto, Kei Ashikawa and Ryuichi Kitamura

## 1. はじめに

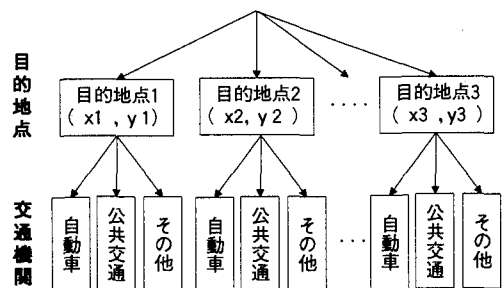
交通計画や交通政策の決定にあたって、交通需要を予測することは不可欠であり、交通行動を再現する様々なモデルが構築されてきた。近年では非集計分析手法の発展により、よりミクロな視点からの交通需要予測・交通政策評価が可能となってきた。しかしながら空間表現手法としては、集計的分析手法が主流であった頃より用いられている従来のゾーンシステムが、現在でも一般に採用されている。ゾーンシステムでは、対象地域を市区町村別など複数のゾーンに分割し、ゾーン内の全ての地点情報はそのゾーンの代表地点に集約する。また、起終点間の自動車や電車の所要時間、費用といった移動抵抗データは、全て各ゾーンの代表地点間の値で表現している。すなわち、本来地理平面上に連続的に分布している出発地点・目的地から算出されるべき移動抵抗データを、ゾーン単位に集約しているため、その集約に伴う誤差が交通政策の評価に影響を及ぼすという指摘もある。この影響は、長距離トリップの場合には、さほど大きなものではないが、特にゾーン内のトリップや隣接ゾーン間のトリップなど短距離トリップにおいては、実際の出発地・目的地と、それらを内包するゾーンの代表点との位置的なずれが交通行動の再現の精度に大きく影響を与えてしまう。この問題は、TDM (Travel Demand Management) のようなソフトウェア的政策が重要になり、取り扱うべき交通行動がより詳細になり、そして、交通需要予測手法の基本的な考え方が従来の集計的アプローチから非集計アプローチへ、そして、アクティビティアプローチへと推移するにつれて、より重大な問題となりつつあると考えられる。ただし、より詳細なゾーンを用いる場合には、選択肢間の独立性に関する仮定が成立しない危険性があり、注意が必要である。

ゾーンシステムを適用しない研究としてBen-Akiva & Watanatadaの研究<sup>1)</sup>がある。この研究では、目的地を点として考え、連続した全ての地点での選択確率を出力する連続目的地選択モデルを構築している。しかしこの研

究では、モデルが定式化されているものの、モデルは極度に理想化された抽象的な平面上で定義されているにすぎず、具体的な推定計算、あるいは、そのモデルを用いた需要解析手法も提案されていない。

また菊池ら<sup>2)</sup>は目的地の空間表現手法をゾーンシステムから、直交座標系でトリップの起終点を表現する座標システムへの移行を提案している。その際、障壁となる膨大な地域属性データや座標間移動抵抗データの加工上の問題については、地理情報システム (以下、GIS) を活用することにより一括して操作することで対処し、個人の目的地選択行動を座標システム上で再現するモデルを提案している。

しかし座標システムを用いた場合、選択肢の数は膨大となるため、従来のようにすべての選択肢の選択確率を算定し、需要予測を行うことは、計算コスト上現実的な方法ではない。そこで本研究では、このような問題点を克服し、効率的に目的地点を再現する方法として、マルコフ連鎖モンテカルロ法<sup>3)</sup> (Markov chain Monte Carlo algorithms; 以下、MCMC法) を用いた目的地選択行動の再現法を開発し、その妥当性・有用性に考察を加える。



## 2. 目的地選択確率の定式化

図1 ネスティッドロジットモデルの選択構造

個人の交通機関と、地理平面上の目的地点選択確率の定式化にあたっては、図1の構造を仮定するネスティッドロジットモデルを適用し、以下のように定式化する。

$$PD(x, y, m) = PD(x, y)P(m | x, y) \quad (1)$$

$PD(x, y, m)$  : 地点 $(x, y)$ を選択し、かつ、機関 $m$ を選択する確率密度

キーワード: 分布交通 交通行動分析, MCMC法

\* 学生員 工修 京都大学工学研究科土木システム工学専攻

\*\* 正員 工博 京都大学工学研究科土木システム工学専攻

\*\*\* 学生員 京都大学工学研究科土木システム工学専攻

\*\*\*\* 正員 Ph.D 京都大学工学研究科土木システム工学専攻

(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5136 FAX 075-753-5916)

$PD(x, y)$  : 地点 $(x, y)$ を選択する確率密度

$P(m | x, y)$  : 地点 $(x, y)$ を選択するという条件のもとで、  
機関 $m$ を選択する確率

ここで $P(m | x, y)$ は、以下のロジット型の関数を用いる。

$$P(m | x, y) = \frac{\exp(V_{m|xy})}{\sum_{m \in \Omega_m | x, y} \exp(V_{m|xy})} \quad (2)$$

$\Omega_m | x, y$  : 地点 $(x, y)$ を目的地とする場合の、分析  
者にとつての交通機関選択肢集合

$V_{m|xy}$  : 地点 $(x, y)$ 、交通機関 $m$ の確定効用

さらに、 $PD(x, y)$ は、

$$LS_{xy} = \ln \left\{ \sum_{m \in \Omega_m | x, y} \exp(V_{m|xy}) \right\} \quad (3)$$

なるログサム変数 $LS_{xy}$ を仮定すると、

$$PD(x, y) = \frac{\exp(V_{xy} + \lambda LS_{xy})}{\sum_{xy \in \Omega_{xy}} \exp(V_{xy} + \lambda LS_{xy})} \quad (4)$$

$V_{xy}$  : 地点 $(x, y)$ の確定効用

$\Omega_{xy}$  : 目的地地点選択肢集合

となる。

ここで、分析者が外生的に設定した微小区域を選択肢として用いた場合、区域の大きさの決定方法によって目的地の選択確率が変化しないように配慮が必要であり、理論上の整合性を満たすためには、目的地の効用関数が以下のような形で示されることが望ましい<sup>4)</sup>。

$$V_{xy} = V'_{xy} + \ln \left( \sum_k \beta_k X_{kxy} \right) \quad (5)$$

$V'_{xy}$  : 規模以外の変数によって構成される効用

$\beta_k$  : パラメータ

$X_{kxy}$  : 地点 $(x, y)$ の規模変数

しかし(5)式は通常の最尤推定法によってパラメータが推定できないため、本研究では次式の簡略式を用いる。

$$V_{xy} = V'_{xy} + \ln X_{0xy} + \sum_k \beta_k \ln (X_{kxy} / X_{0xy}) \quad (6)$$

(6)式は、目的地の規模変数の中で分割の基準となる一変

数 $X_{0xy}$ を選定し、他の変数にはこの変数の単位あたりの規模、すなわち密度に変換して用いる方法であり、選択肢の分割に対して適切な特性となることが示されている<sup>5)</sup>。本研究では、この分割の基準となる変数として選択肢の面積を用い、規模変数を単位面積あたりの量で表すこととする<sup>1)</sup>。

### 3. MCMC法を用いた目的地地点選択行動の再現

#### (1) 選択行動の再現方法

座標システムによる目的地地点選択行動の再現を行う場合、選択肢集合が膨大となるため、(1)式で表される選択確率をすべての選択肢集合について算出することは現実的ではない。本研究ではこの問題点への対処策として、統計物理の分野に始まり、近年になって広い範囲での応用が注目されているMCMC法を適用する。MCMC法は、マルコフ連鎖であらわされるダイナミクスを利用して、与えられた確率分布からのサンプルを得るアルゴリズムで<sup>3)</sup>、離散選択モデルのパラメータ推定<sup>6), 7)</sup>などに用いられている。交通工学の分野では、道路ネットワークの確率的利用者均衡配分状態の算出<sup>8)</sup>や一日の個人の活動パターン<sup>9)</sup>の生成手法<sup>9)</sup>に適用されている手法である。

本研究における具体的なアルゴリズムを図2に示すとともに、詳細を解説する。

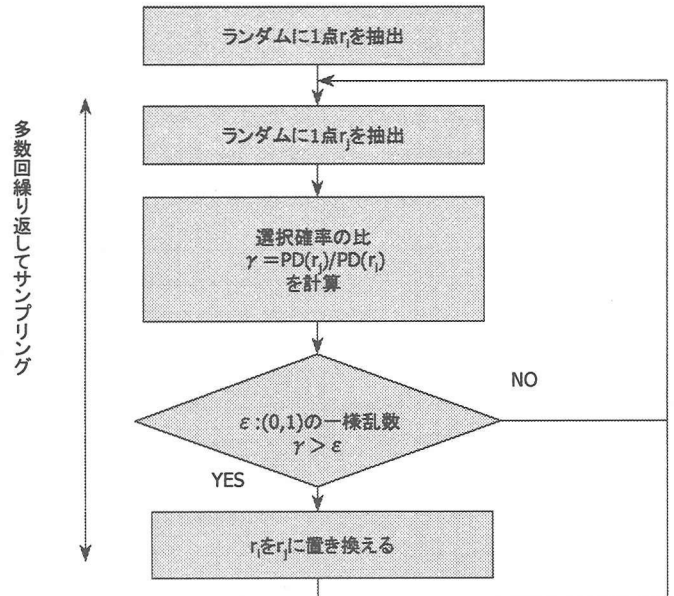


図2 MCMC法を用いた目的地地点選択行動の再現方法

- ① 選択肢集合の中からランダムに1地点  $r_i(x_i, y_i)$  を抽出し、これを初期状態とする。
- ② ランダムに1地点  $r_j(x_j, y_j)$  を抽出する。
- ③ 2地点の選択確率の比 $\gamma$ を求める。

$$\gamma = \frac{PD(x_j, y_j)}{PD(x_i, y_i)} = \frac{\exp(V_{x_j y_j} + \lambda LS_{x_j y_j})}{\exp(V_{x_i y_i} + \lambda LS_{x_i y_i})} \quad (7)$$

④  $(0, 1)$  の一様乱数  $\varepsilon$  を生成し,

$$\gamma > \varepsilon \quad (8)$$

のとき  $r_i$  を  $r_j$  で置き換え, ②に戻る. (8)式を満足しない場合は, 置き換えをせずに②へ戻る.

上記②~④の手順を, ある初期状態から開始して多数回繰り返すことにより初期状態の影響は緩和される. 緩和された後に, 十分大きい間隔でサンプルを抜き出せば, これらは定常分布からランダムにサンプリングしたものを見なすことができる. すなわち, このようにして目的地のサンプルを抽出することで, 目的地選択行動を再現できる.

以上の手法を用いれば, (7)式で表されるように, 2地点の選択確率の比は2地点の確定効用の指数の比と同値となり, これを利用することで, 選択肢集合すべての地点の選択確率を算出することなく, ランダムなサンプリングが可能となり, 計算コストの大きな削減が期待できる.

## (2)円領域におけるシミュレーション

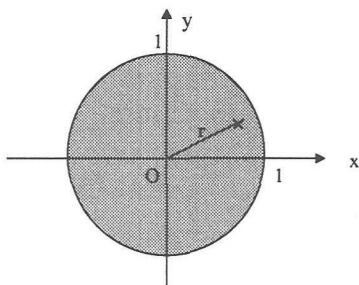


図3 仮想的な円領域

3(1)で示したMCMC法による目的地選択行動再現の挙動を確認するために, 以下のような仮想的な領域を想定してシミュレーションを行った.

図3のような  $x$ - $y$  直交座標系に原点  $O$  を中心とする半径1の円からなる領域を想定し, 目的地はこの領域内に限られるものとする. 出発地を原点とし, 原点からの距離が大きくなるにつれ一次的に目的地の効用が小さくなるように効用関数を設定する. すなわち, 原点からの距離  $r$  ( $0 \leq r \leq 1$ ) の点の効用が,

$$V(r) = -\alpha r \quad (\alpha > 0) \quad (9)$$

で表されるとする. この効用関数にロジットモデルを適用すると, 原点  $O$  からの距離が  $r$  である円周上の一点が選択される確率は,  $\exp\{V(r)\}$  に比例する. 全選択肢の選択確率の総和が1であることから,

$$\int_0^1 2\pi kr \cdot \exp\{V(r)\} dr = 1 \quad (10)$$

となり,  $k$  は以下の式で与えられる.

$$k = \frac{\alpha^2}{2\pi\{1 - (\alpha + 1)e^{-\alpha}\}} \quad (11)$$

以上の仮定のもとで, (5)式の  $\alpha$  の値を2通り設定 ( $\alpha = 1, 5$ ) し, MCMC法による目的地選択行動シミュレーションを行った. 初期状態の影響が緩和されるまでに10,000点を抽出し, 以降1,000個の間隔で10,000点をサンプリングした. その出力を原点からの距離で集計した結果を図4および図5に示す.

目的地分布の理論値 (半径  $r$ , 微小幅  $\Delta r$  の微小領域が選択される確率) は,

$$P(r) = \frac{\alpha^2}{1 - (\alpha + 1)e^{-\alpha}} re^{-\alpha r} \cdot \Delta r \quad (12)$$

であるので, この理論値を合わせて図4および図5に示す. なお, 図中では  $\Delta r = 0.05$  としている. ここで理論値と再現結果の  $\chi^2$  検定 (自由度19) を行ったところ,  $\alpha = 1$  における  $\chi^2$  値は  $14.92 < \chi^2_{0.05} = 30.14$  ( $p = 0.73$ ),  $\alpha = 5$  における  $\chi^2$  値は  $10.46 < \chi^2_{0.05} = 30.14$  ( $p = 0.94$ ) となった. この結果よりほぼ理論値に一致した再現結果が得られることがわかり, MCMC法による計算法の妥当性が確認されたものと考えられる.

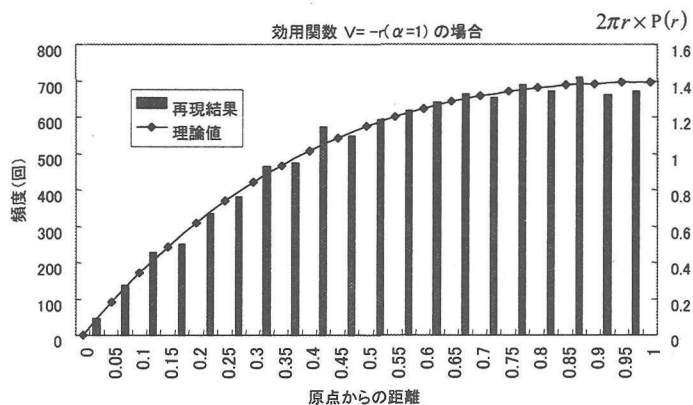


図4 円領域シミュレーション結果 ( $\alpha = 1$ )

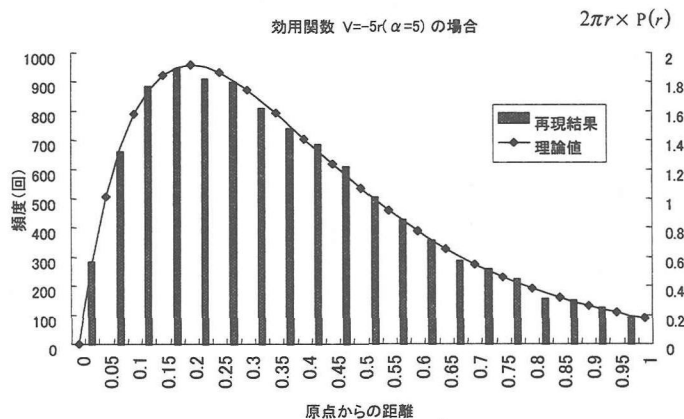


図5 円領域シミュレーション結果 ( $\alpha = 5$ )

## 4. 京都市中心部を対象としたシミュレーション

ここではMCMC法を用いた目的地点選択シミュレーションを現実の地域を対象とした分析に適用した結果を示す。

## (1)データの概要と推定結果

2. で定式化した選択モデルのパラメータを推定するために、個人が実際に行ったトリップデータ<sup>[2]</sup>とそのトリップ形態の要因としての個人属性データ、地点属性データ等が必要である。本研究ではそれらをアンケート調査や国勢調査データ、事業所・企業統計データ等から収集し、地理情報システム（以下GIS）を用いてデータベース化した。さらに任意の地点間の交通機関別移動抵抗データに関しては、道路交通・公共交通シミュレーションモデル<sup>[10]</sup>およびGISを用いて算定した。上記データの加工にあたっては、トリップの起終点を表現することが問題でない程度に十分に小さな微小領域（10m×10mの矩形）を単位としている。またシミュレーションの対象とした地域は、上述のアンケート調査での回答方法、GIS利用時の座標特定方法を考慮し、京都市中心部（東西13km、南北11km）の矩形領域とした。ここで対象地域内の全ての目的地点は約140万地点である。なおデータの詳細および加工方法に関しては文献2)を参照されたい。

表1 パラメータの推定結果

| 変数の説明                              | 座標システム <sup>a)</sup> |       | ゾーンシステム <sup>b)</sup> |       |
|------------------------------------|----------------------|-------|-----------------------|-------|
|                                    | パラメータ                | t値    | パラメータ                 | t値    |
| <b>下位レベル(機関選択)</b>                 |                      |       |                       |       |
| (公共交通機関)                           |                      |       |                       |       |
| 定数項                                | -4.913               | -6.62 | -6.546                | -6.56 |
| 所要時間(分)                            | -0.055               | -3.64 | -0.016                | -1.20 |
| 費用(円)                              | -0.003               | -1.48 | 0.001                 | 0.30  |
| 次の固定活動地点への所要時間(分)                  | -0.014               | -1.16 | 0.007                 | 0.48  |
| 次の固定活動地点への費用(円)                    | -0.002               | -1.22 | 0.005                 | 1.69  |
| 距離(km)                             | 0.001                | 5.19  | -0.173                | -1.17 |
| 年齢                                 | 0.050                | 6.02  | 0.043                 | 5.66  |
| <b>(自動車)</b>                       |                      |       |                       |       |
| 定数項                                | -3.682               | -6.67 | -2.700                | -5.25 |
| 所要時間(分)                            | 0.037                | 1.56  | -0.050                | -2.74 |
| 次の固定活動地点への所要時間(分)                  | -0.040               | -2.14 | -0.002                | -0.09 |
| 距離(km)                             | 0.001                | 2.36  | -0.170                | -1.15 |
| 性別(男性:1, 女性:0)                     | 0.897                | 3.83  | 0.877                 | 3.79  |
| <b>(その他の交通機関)</b>                  |                      |       |                       |       |
| 所要時間(分)                            | -0.031               | -0.63 | -0.123                | -2.96 |
| 次の固定活動地点への所要時間(分)                  | -0.071               | -4.50 | -0.001                | -0.20 |
| <b>上位レベル(目的地選択)</b>                |                      |       |                       |       |
| 距離(km)                             | -0.876               | -3.91 | 0.114                 | 0.44  |
| ゾーンの面積(m <sup>2</sup> )の対数値        | 1.000                | (固定)  | 1.000                 | (固定)  |
| 10m四方換算の全産業の従業員数の対数値               | 0.418                | 4.10  | 0.590                 | 0.002 |
| 10m四方換算のその他の施設 <sup>c)</sup> 数の対数値 | 0.375                | 2.85  | 0.536                 | 0.05  |
| ログサム変数                             | 1.000                | (固定)  | 1.000                 | (固定)  |
| <b>サンプル数</b>                       |                      |       |                       |       |
|                                    | 2940                 |       | 2940                  |       |
| L(0)                               | -877.96              |       | -877.96               |       |
| L(β)                               | -474.82              |       | -559.68               |       |
| χ <sup>2</sup>                     | 806.28               |       | 636.57                |       |

座標システム<sup>a)</sup> 精度10mの擬似連続座標システム

ゾーンシステム<sup>b)</sup> パーソントリップ調査の入力ゾーンによる分割(ゾーン数41)

その他の施設<sup>c)</sup> 学校・病院・寺社・旅館・浴場など

表1に2. で定式化したネスティッドロジットモデルのパラメータ推定結果を示す。なお比較のために座標シ

テムを用いた場合と、ゾーンシステムを用いた場合の推定結果を掲載する。ここでの座標システムとは、上述データ加工における微小領域を単位とした擬似連続座標システムである。またゾーンシステムとは、平成2年京阪神パーソントリップ調査における入力ゾーンを採用し、各ゾーンの代表地点を設定し代表地点間の移動抵抗を算出している。また推定にあたっては、全選択肢を用いることをせずに、菊池ら<sup>2)</sup>と同様の方法を用い、選択肢集合をランダムにサンプリングした後に、二肢選択として推定を行った<sup>4)</sup>。

表1より、ほとんどのパラメータのt値の絶対値が、ゾーンシステムよりも座標システムにおいて大きくなっている。これは特に公共交通機関の所要時間や費用および目的地への距離などで著しく、座標システムの採用により、ゾーンシステムにおける空間情報の集約の誤差が軽減されたと言える。またL(β)の値を比較しても、座標システムを用いた場合の方が精度が高いという結果を得た。これらの結果より、目的地を細分化することで選択肢間の独立性の仮定が損なわれる可能性があるものの、ゾーンシステムと比較した場合、空間情報の集約誤差の軽減効果の方が大きく、直交座標系を用いたモデルの優位性が示されたものと考えられる。

## (2)シミュレーション結果

表1に示した座標システムを利用した場合の推定結果を用いて、以下の2つのケースに関して、京都市中心部における目的地点選択シミュレーションを行った。

ケース1：公共交通機関のサービス水準が現況の場合

ケース2：公共交通機関のサービス水準が向上した場合  
(公共交通機関の所要時間が一律30%減少)

対象とした個人の属性は45歳の男性で、出発地点は京都市の都心部である下京区四条高倉付近、次の固定活動場所<sup>[3]</sup>は京都市左京区田中・京阪出町柳駅付近である。

3(1)のアルゴリズムに従って、初期条件を除去するために10,000個の目的地点を抽出し、以降1,000個の間隔で100地点をサンプリングした。シミュレーションにより抽出された目的地点をGISを用いて地図上にプロットした結果を図6に示す。図6中で「S」が出発地点、「N」が次の固定活動場所を表している。なお、明らかに活動が実行不可能である地点<sup>[4]</sup>をのぞいた選択肢集合の大きさは約74万であり、シミュレーション時間は、Pentium II (300MHz)のPC (Linux) で約8分であった。

この結果より、都心部を中心に目的地点がサンプリングされていることが示された。これは、実際京都市の都心部は従業員数が都心周縁部よりも多く、表1の推定結果における全産業の従業員数のパラメータ(0.418)の影響が結果として現れたためである。また次の固定活動場所付近よりも出発地点付近に集中している。さらにサービ

ス水準が向上した場合を見ると、現況のサービス水準に比べて、後に表2で示すように目的地点が分散傾向にあることが伺え、これは推定結果のパラメータのうち、公共交通機関の費用(-0.003)および次の固定活動地点への公共交通機関の費用(-0.002)の符号が負になっている影響が再現された結果と思われる。

以上、シミュレーション時にMCMC法を利用し効率化を図った場合においても、その結果は推定したモデルの影響が反映されており、全体として良好な再現結果が得られたと言えるであろう。しかしながら、ケース1、ケース2を問わず、少数ではあるが出発地点・次の固定活動場所から離れた地点がサンプリングされている。これは、目的地点を決定する際に、プリズム制約<sup>11)</sup>を考慮していないことが原因と考えられる。これに関しては3(1)のアルゴリズムにおいて、ランダムに地点を抽出した段階で、プリズム制約を満たすか否かを確認するようアルゴリズムを変更すれば容易に対処可能である。また同様の考え方で、目的地点の認知モデルを導入することも可能である。

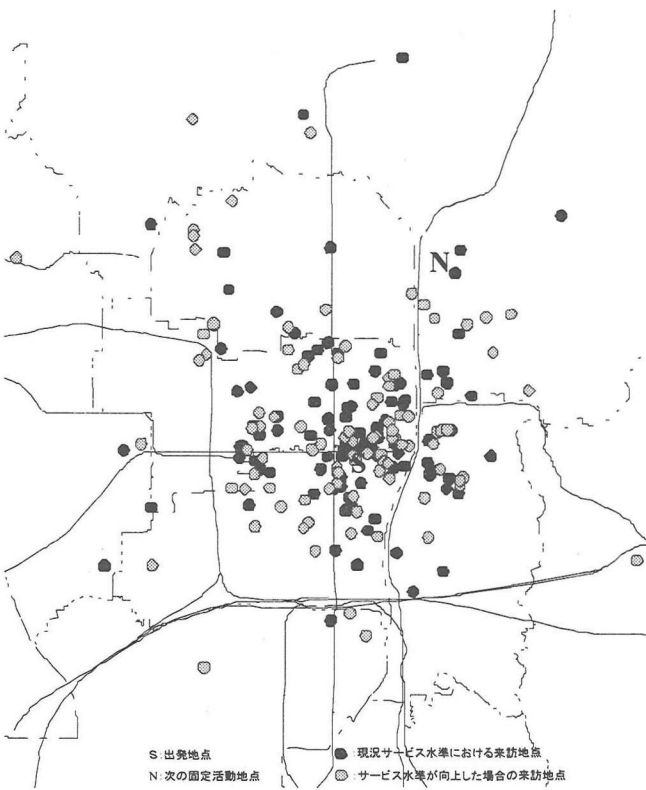


図6 京都市中心部を対象としたシミュレーション結果

次に出発地点および次の固定活動地点から各再現地点への直線距離を集計した結果を表2に示す。ここで分散の差異の検定を行ったところ、有意水準98%で、現況サービス水準よりもサービス水準が向上した場合の分散が大きいという結果になった。一方、直線距離の平均値には有意な差は見られなかった。これらの結果より、公共交通機関のサービス水準が向上することにより、活動地

点の決定にはサービス水準以外の要因（地点属性等）がより影響を及ぼすことになり、活動地点選択の範囲が広まったと解釈することができる。

表2 出発地点・次の固定活動地点から来訪地点への直線距離の平均

|                                                | ケース1                               | ケース2                               |
|------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 出発地からの直線距離<br>+<br>次の固定活動地点<br>からの直線距離<br>(分散) | 4396m<br><br>( $2.1 \times 10^6$ ) | 4533m<br><br>( $3.6 \times 10^6$ ) |

5. おわりに

本研究では、座標システムを用いた目的地点選択モデルの課題点であった、膨大な選択肢集合の取り扱いに対処するために、MCMC法を適用することで効率的なサンプリングを行う方法を提案した。さらに提案した方法を用いて、仮想的な領域を想定したシミュレーションおよび京都市中心部を対象としたシミュレーションを行い、シミュレーション結果からMCMC法によるサンプリングの挙動を調べ、推定したモデルの影響を反映した結果が得られること、および計算コストの面でも実用的な手法であることを確認した。しかしながらより現実的な選択行動の再現を行うためには、プリズム制約を考慮した選択肢集合の特定を行うほか、地点属性として周辺地域の集積効果をあらわす変数の導入、ゾーンシステムによる方法との比較等さらなる課題も残されている。

註

- [1]本研究の応用例では $X_{0,y}$ は定数であり、(6)式内でキャンセルするようになっている。
- [2]平成10年11月に京都市民から3000世帯を居住地ベースで無作為抽出し、アンケート調査を行った。京都市中心部の地図(南北約11km、東西約13km)を調査票に掲載し、その地図上に、調査日におけるすべてのトリップのトリップエンドを点として記入することを促すと同時に、利用した交通機関やトリップエンドでの活動内容、活動場所の種類、活動終了時刻の記入を促し、GISを用いデータベース化した。なお、本研究ではこのデータベースより買物・社交・レジャー等の自由目的トリップのみを抽出し、モデル推定を行った。
- [3]一日の任意の時刻は個人の自由意思で決定可能な自由時間帯と、時間利用形態が先決されている固定時間帯から構成されるという仮定に基づき、自由時間帯における活動を自由活動、固定時間帯における活動を固定活動と表記する。
- [4]河川や湖沼などの水域や、鉄道敷領域、道路領域などを指す。

## 参考文献

- 1) Ben-Akiva, M. and T. Watanatada: Application of a Continuous Spatial Choice Logit Model, In Manski, C.F. and D. Mcfadden (eds.) *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*, pp. 320-343, The MIT Press, 1981.
- 2) 菊池 輝, 小畑 篤史, 藤井 聡, 北村 隆一: GISを用いた交通機関・目的地選択モデル: ゾーンシステムから座標システムへの地理空間表現手法の移行に向けて, 土木計画学研究・論文集, No. 17, pp. 605-612, 2000.
- 3) 伊庭幸人: マルコフ連鎖モンテカルロ法とその統計学への応用, 統計数理, 第44巻第1号, pp. 49-84, 1996.
- 4) Ben-Akiva, M. and S.R. Lerman: *Discrete Choice Analyses*, pp.253-275, The MIT Press, 1985.
- 5) Ben-Akiva, M., T.L. Sherman and B. Kullán: Disaggregate Travel Models for San-Francisco Bay Areas, Non-Home-Based Models, *Transportation Research Record*, 673, pp. 93-99, 1978.
- 6) Hajivassiliou, V., D. McFadden and P. Ruud: Simulation of Multivariate Normal Rectangle Probabilities and their Derivatives Theoretical and Computational Results, *Journal of Econometrics*, Vol. 72, pp.85-134, 1996.
- 7) Chiang, J., S. Chib and C. Narasimhan: Markov Chain Monte Carlo and Models of Consideration Set and Parameter Heterogeneity, *Journal of Econometrics*, Vol. 89, pp. 223-248, 1999.
- 8) Hazelton, M.L., S. Lee and J.W. Polak: Stationary States in Stochastic Process Models of Traffic Assignment: a Markov Chain Monte Carlo Approach, *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, pp.341-357, 1996.
- 9) Yamamoto, T., R. Kitamura and K. Kishizawa: Sampling Alternatives from a Colossal Choice Set: an Application of the MCMC Algorithm, accepted for publication in *Transportation Research Record*.
- 10) 西尾健司, 中川大, 松中亮治, 伊藤雅: 共通運賃精度の導入による所要時間短縮効果に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No. 21(2), pp.293-296, 1998.
- 11) Hagerstrand, T.: What about People in Regional Science? *Papers of the Regional Science Association*, Vol. 23, pp. 7-21, 1970.

---

## MCMC法を用いた巨大選択肢集合下での目的地選択行動の再現

菊池 輝, 山本 俊行, 芦川 圭, 北村 隆一

本研究では、従来より用いられてきたゾーンシステムにおける問題点に着目し、空間表現技法として直交座標系でトリップ目的地点を表現する座標システムを用いた目的地選択行動の再現手法を開発した。巨大となる目的地選択肢集合に対処するため、MCMC法を適用することで効率的なサンプリングを行った。仮想的な領域を想定したシミュレーションの再現値は、設定した効用関数より算定した理論値とほぼ一致し、本研究による計算法の妥当性を確認した。また京都市中心部を対象としたシミュレーションにおいても、推定したパラメータの影響を反映する再現値が得られ、目的地選択行動の再現方法として有用な手法であることが示された。

---

## Simulation of Destination Choice under Huge Choice Sets:

### Application of Markov Chain Monte Carlo Algorithms

Akira Kikuchi, Toshiyuki Yamamoto, Kei Ashikawa and Ryuichi Kitamura

A destination choice model is developed, using a coordinates-based methodology, to resolve the problems arising from zone systems on which most models developed so far are based. To evaluate destination choice probabilities and simulate choice behavior efficiently with huge choices sets, the MCMC method is applied. The distribution of destination locations obtained by a simulation on a hypothetical uniform area is almost identical to the theoretical distribution, suggesting the validity of the MCMC method. From the result of a simulation run in Kyoto, it is confirmed that the MCMC method is a useful technique as a method of forecasting destination choice behavior with huge choice sets.

---