

# 都市施設配置計画の支援ツールとしての土地利用交通モデルの開発に関する研究\*

## Development of Land Use and Transportation Model for Support Tool of Urban Facility Location Planning \*

坂本将吾\*\* , 杉田浩\*\*\* , 谷下雅義\*\*\*\* , 鹿島茂\*\*\*\*\*  
 By Shogo SAKAMOTO\*\* , Hiroshi SUGITA\*\*\* , Masayoshi TANISHITA\*\*\*\* , Shigeru KASHIMA\*\*\*\*\*

### 1. 背景・目的

人口減少・高齢化に伴い、都市圏内においても、人口・世帯構成、およびその空間分布も急激に変化することが予想される。子供の離家によって郊外部に取り残される高齢者のみの世帯の増加などがその例の一つと考えられる。これに対して、現況の都市施設(病院、学校など)の配置では、需要に偏りが生じることも考えられ、人口・世帯分布の変化に対応した都市施設配置計画の見直しが必要となる。

この場合、利用者の利便性、環境・エネルギー、都市経営など各種視点から、総合的に都市施設配置計画代替案を評価し、望ましい代替案を選択することが重要となる。都市施設の配置は、利用者の交通行動を変化させることに留まらず、良い病院のそばに移り住むなど、居住地選択にも影響する可能性もある。そのため、都市施設計画案の評価には、交通と土地利用の相互依存関係を内包した土地利用・交通モデルが有効なツールとなる。

本研究では、これまで著者らが構築してきた土地利用・交通モデルを部分的に改良して、都市施設配置計画の支援ツールとしての利用可能性を検討することを目的とする。具体的には都市施設のうち、病院を例に次の分析を行う。

- ・ 病院の立地が世帯タイプごとの居住地選択へ与える影響の分析
- ・ 病院の立地変化が世帯タイプ別交通費用と交通エネルギー消費量に与える影響のシミュレーション分析

なお、都市施設配置の代替案を評価する指標としては、先にあげた視点のうち、利用者の利便性の視点から1人あたり交通費用、環境・エネルギーの視点から、1人あたり交通エネルギー消費量を取り上げることとした<sup>[1]</sup>。

### 2. 本研究の土地利用・交通モデルの特徴

#### (1) モデル構造

著者らが構築してきた土地利用交通モデルは、Lowryタイプの配分型モデルであり、交通施策や土地利用施策

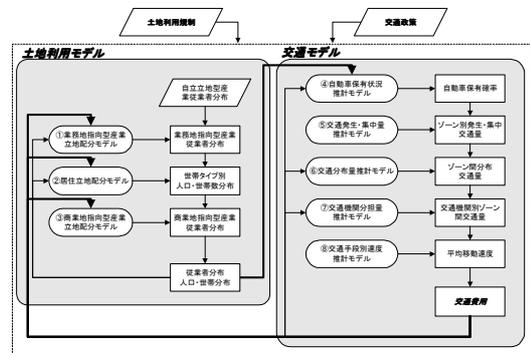


図1 土地利用・交通モデルの全体構造

表1 世帯タイプの分類

| 世帯タイプ | ライフステージ               |
|-------|-----------------------|
| 世帯1   | 単身就業世帯                |
| 世帯2   | 夫婦のみの就業世帯             |
| 世帯3   | 夫婦と子供からなる就業世帯         |
| 世帯4   | 夫婦と子供とその他の世帯員からなる就業世帯 |
| 世帯5   | 夫婦と高齢者を含む就業世帯         |
| 世帯6   | その他の就業世帯              |
| 世帯7   | 高齢者のみの世帯              |
| 世帯8   | 非就業世帯                 |

注) 「高齢者」は60歳以上の者、「夫婦」は18歳以上60歳以下の男女が世帯に各1人以上いる場合、各1人ずつを指す。

の評価モデルとして開発してきたものである。世帯タイプ別に評価指標が算出でき、都市圏全体の効果に加え、施策の効果が世帯間で公平かどうか判断する指標がアウトプットされるといった特徴を持つ<sup>1)</sup>。

#### (2) 世帯タイプの区分

従来の土地利用モデルでは世帯を区分して取り扱っているものは少なく、区分していても、世帯主の年齢による区分などである<sup>2)</sup>。

世帯タイプにより重要度が高い施設が異なり、配置変更の影響も世帯タイプにより差異があると考えられる。高齢者世帯が区分できるよう配慮し、8つの世帯タイプに区分した(表1)。なお、高齢者を含む世帯は世帯タイプ5・7である。

#### (3) 居住立地モデルと居住地魅力度モデル

居住立地モデルはグラビティタイプのモデルで、居住地魅力度と居住地までの一般化交通費用で従業者の立地を世帯タイプ別に決定する。居住地魅力度を決定する要素として「広さ」と「利便性」を想定した。広さはゾーン内の居住空間の有無を、利便性は活動の集積度合いと都市施設の整備状況を、示す代理変数を設定する。

\*キーワード 都市計画, 土地利用

\*\* 学生員 中央大学大学院 (東京都文京区春日 1-13-27, TEL03-3817-1810, E-mail: s-shogo@civil.chuo-u.ac.jp)

\*\*\* 正員 博(工) 財団法人計量計画研究所 (新宿区市谷本村町 2-9 TEL.03-3268-9939, E-mail :hsugita@ibs.or.jp)

\*\*\*\* 正員 博(工) 中央大学理工学部

\*\*\*\*\* 正員 工博 中央大学理工学部

$$T_{ij}^h = E_j^h \times \frac{LP_i^h \times \exp(-\beta^h \times CC_{ij}^h)}{\sum_i LP_i^h \times \exp(-\beta^h \times CC_{ij}^h)} \quad (1)$$

$$LP_i^h = f(SP_i, AG_i, UF_i) \quad (2)$$

$T_{ij}^h$  : jゾーンに就業地を持ちiゾーンを居住地とする世帯タイプhに属する従業者数の通勤トリップ分布

$E_j^h$  : jゾーンにおける世帯タイプhの従業者数(人)

$CC_{ij}^h$  : 世帯タイプhに属する人の通勤トリップのi jゾーン間一般化交通費用(円)

$LP_i^h$  : 世帯タイプhに属する人のiゾーンの居住地魅力度

$SP_i$  : 居住空間の有無を示す変数,

$AG_i$  : 活動の集積度合いを示す変数

$UF_i$  : iゾーンの都市施設変数

#### (4)本研究での居住地魅力度モデル

都市施設計画を評価できるように、居住地魅力度の大きさを算定する(2)式を次のように定式化した。

居住地魅力度は、広さ(ゾーン内の居住空間の有無)の変数として、市街化区域面積/ゾーン面積( $UA_i/Sq_i$ )と、利便性を示す活動の集積度合いの変数として人口密度( $PD_i$ )、それに、本研究では都市施設として病院を取り上げるので、都市施設変数 $UF_i$ として、ゾーン別病床数( $HB_i$ )を用いることとした(式(3))。

$$LP_i^h = \alpha_0^h + \alpha_1^h(UA_i/Sq_i) + \alpha_2^h(PD_i) + \alpha_3^h(HB_i) \quad (3)$$

$UA_i$  : ゾーンiの市街化区域面積(km<sup>2</sup>)

$Sq_i$  : ゾーンiの面積

$PD_i$  : ゾーンiの人口密度

$HB_i$  : ゾーンiの病床数

### 3. 対象都市圏・都市施設の概要・使用データ

#### (1) 対象都市圏の概要・使用データ

仙台都市圏を対象にケーススタディを行った。なお、モデルのパラメータ推定には、パーソントリップデータ(以下、PT調査)を用いた(表2)。ゾーン区分はPT調査の大ゾーンとし、地域を都心・都心周辺・郊外・その他の地域、区分して分析した。

#### (2) 対象都市施設

本研究では都市施設として病院を取り上げる。対象とした病院は、宮城県保健福祉部医療整備課発行の、宮城県病院名簿<sup>3)</sup>に記載されている150の病院のうち、PT調査のゾーン内の90の病院である。病院は各病院が持つ規模、機能によりその重要さは異なる。そのため、変数として、病床数を用いることとした。ここで病床とは、医療法第27条の規定により使用許可を受けた病床のうち、精神病床・感染症病床・結核病床・療養病床・一般病床の5種類の合計数とする。

表2 対象都市圏の概要

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| 面積(km <sup>2</sup> )              | 2183   |
| 人口(千人)                            | 1493   |
| 総世帯数(世帯)                          | 501747 |
| 高齢者を含む世帯(世帯)                      | 114030 |
| 平均ゾーン面積あたり病床数(床/km <sup>2</sup> ) | 51     |
| 平均ゾーン人口あたり病床数(床/人)                | 0.04   |

|       |       |             |
|-------|-------|-------------|
| PTデータ | 調査回/年 | 第三回<br>1992 |
|       | 対象市町村 | 5市14町1村     |
|       | 大ゾーン数 | 44          |

|      |        |             |
|------|--------|-------------|
| 地域区分 | 都心     | 1           |
|      | 都心周辺   | 2~6, 15     |
|      | 郊外     | 7~14, 16~20 |
|      | その他の地域 | 21~44       |

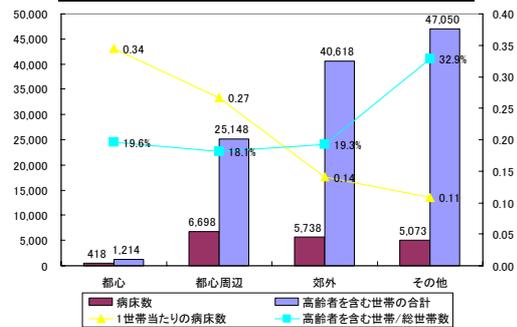


図2 地域別の病床数と高齢者を含む世帯あたりの病床数

#### (3) 高齢者のいる世帯と病院数の分布状況

病床数は都心よりも都心周辺のほうが多いが、郊外、その他の地域と都心から離れるにつれて減少している。一方、高齢者のいる世帯は都心から離れるに従い増加している。また、総世帯に占める高齢者を含む世帯の割合もその他地域で高くなっている(図2)。

### 4. モデルの構築

#### (1) パラメータの推定

居住立地モデルの距離逓減係数 $\beta^h$ と居住地魅力度モデルのパラメータを表3・表4に示す。各世帯タイプ間のパラメータの差異を見るために、居住地魅力度モデルのパラメータを標準化して比較する(図3)。これを見ると、世帯タイプ間で病床数を重視する傾向に差があることがわかる。特に、ともに高齢者を含む世帯である世帯5と世帯7の符号が逆になっているなど、予想とは異なる結果もわかる。活動の集積度合いへの選好もタイプ間で異なり、世帯人員が多くなるほど小さくなっている。

表3 居住立地モデルの距離逓減係数( $\beta^h$ ) ( )内は重相関係数

|           | 世帯1                | 世帯2                | 世帯3                | 世帯4                | 世帯5                | 世帯6                | 世帯7                |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| $\beta^h$ | 1.82E-03<br>(0.92) | 1.19E-03<br>(0.87) | 1.70E-03<br>(0.81) | 1.50E-03<br>(0.79) | 1.57E-03<br>(0.70) | 1.27E-03<br>(0.83) | 6.80E-04<br>(0.82) |

表4 居住地魅力度のパラメータ ( )内はt値

|                                 | 世帯1                | 世帯2             | 世帯3             | 世帯4               | 世帯5               | 世帯6             | 世帯7             |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 市街化区域面積/<br>ゾーン面積( $\alpha_1$ ) | -238.24<br>(-3.85) | 16.30<br>(0.86) | 21.60<br>(0.96) | 128.52<br>(2.94)  | 88.95<br>(2.04)   | 27.61<br>(1.76) | 11.99<br>(1.82) |
| 人口密度( $\alpha_2$ )              | 0.11<br>(9.22)     | 0.05<br>(12.10) | 0.05<br>(9.48)  | 0.07<br>(5.51)    | 0.05<br>(5.42)    | 0.03<br>(7.59)  | 0.003<br>(1.88) |
| 病床数( $\alpha_3$ )               | 0.064<br>(1.71)    | 0.02<br>(1.71)  | 0.035<br>(2.05) | -0.067<br>(-2.39) | -0.049<br>(-1.85) | 0.018<br>(1.77) | 0.004<br>(1.42) |

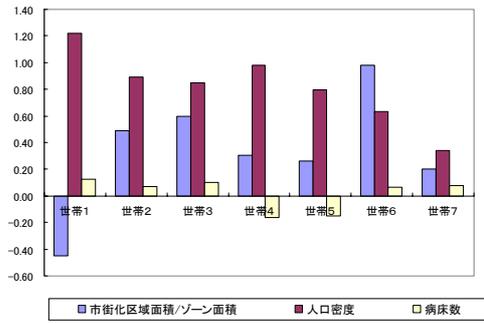


図3 居住地魅力度モデル標準化パラメータ

(2) 現況再現性の確認

土地利用・交通モデルの全体を稼働させ、現況再現性を確認した。ゾーン別の総世帯数についてみると、実績値と推計値の相関係数は0.78であった。また、評価指標である交通費用、交通エネルギー消費量についても十分再現できている(表5)。

表5 評価指標の現況再現性

|         |     | 徒歩  | 自動車  | バス   | 鉄道  |     |
|---------|-----|-----|------|------|-----|-----|
| 交通費用    | 世帯5 | 再現値 | 509  | 1122 | 205 | 476 |
|         |     | 推定値 | 508  | 1188 | 122 | 379 |
|         | 世帯7 | 再現値 | 490  | 598  | 514 | 334 |
|         |     | 推定値 | 492  | 718  | 316 | 416 |
| 交通エネルギー | 世帯5 | 再現値 | 4512 | 265  | 272 |     |
|         |     | 推定値 | 4496 | 90   | 205 |     |
|         | 世帯7 | 再現値 | 2216 | 603  | 151 |     |
|         |     | 推定値 | 2719 | 253  | 229 |     |

5. シミュレーション

(1) シミュレーションケースの設定

表6にシミュレーションケースについて示す。

表6 シミュレーションケース

| ケース          | 設定                                   |
|--------------|--------------------------------------|
| ケース① (均等ケース) | すべてのゾーンの病床数を現状の平均408床にする             |
| ケース② (集中ケース) | 郊外のすべての病床を都心・都心周辺に均等配分する(各ゾーン819床増加) |

(2) シミュレーション結果

<世帯の居住立地の変化>

図4に各ケースの現況からの地域別の世帯数の変化を示す。ケース1はすべての世帯タイプが大きさは違うが同じ傾向の変化であるが、ケース2は世帯タイプ4・5がその他の世帯タイプと異なる変化をしている。ケース2について高齢者を含む世帯タイプを見ると、郊外の世帯が都心周辺とその他の地域に移っていることがわかるが、世帯タイプ5は郊外へ、世帯タイプ7は都心周辺へと主に移り、同じ高齢者を含む世帯タイプでも逆の傾向がある(図5)。

<交通エネルギー消費量の変化>

図6に全手段の交通エネルギー消費量の各ケースと現況での変化を示す。世帯タイプ間で変化の大きさが異なる。交通エネルギー消費量の削減効果は、都心に都市施設を集中させる(ケース2)の方が、どの地域にも同じ水準で整備する(ケース1)より大きい可能性を示している。

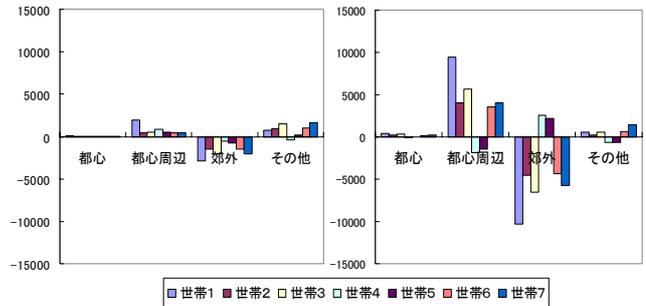


図4 地域別世帯数の変化(左:ケース1, 右:ケース2)

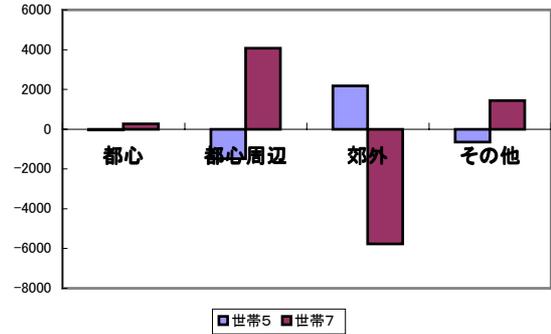


図5 ケース1の高齢者を含む世帯の世帯数の変化

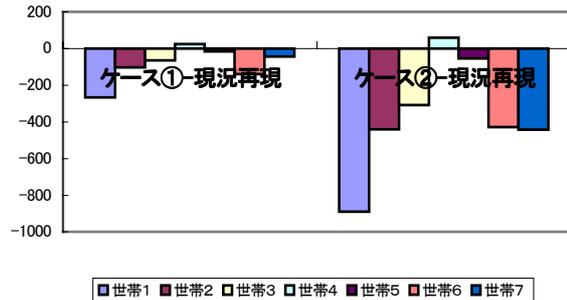


図6 交通エネルギー消費量の変化

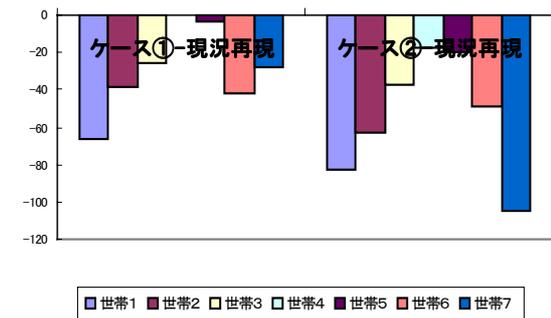


図7 世帯タイプ別交通費用の変化

<世帯タイプ別交通費用の変化の違い>

図7は各ケースでの世帯タイプ別交通費用の変化である。世帯タイプ間で変化の大きさがどちらのケースにおいても様々である事がわかる。また、交通費用の削減効果も、都心に集中させる(ケース2)の方がどの地域にも同じ水準で整備する(ケース1)より大きい可能性を示している。

### (3) 考察

以上の分析より、以下の知見を得た。

- ・ 世帯タイプごとに居住魅力度の重視する点異なる。なかでも同じ高齢者を含む世帯であっても病床数を重視する傾向が逆になっている。
- ・ 世帯タイプ間で施設配置変更の影響による評価指標の変化の傾向が異なる
- ・ 交通エネルギー消費量・交通費用の削減には、病院を都心に集中させるほうがどの地域にも同じ水準で整備するより効果が高い可能性がある

本研究のシミュレーション分析の課題としては病院の評価には、病床数だけでなく医者数や科の違いを考慮した変数で分析し、より具体的な病院の配置計画を検討する必要があること、また評価指標として病院建設に伴う費用やエネルギー消費や運営費用などを評価指標に加えること、が挙げられる。

### 6. 結論

本研究では、土地利用・交通モデルの都市施設配置計画の支援ツールとして活用の検討を、病院を例に行った。

本研究で用いた土地利用・交通モデルは、計画の公平性についての議論のため、都市施設配置の変更が世帯タイプ間で影響が異なるかを明確にすることを意図して、土地利用モデルにおける行動主体を世帯タイプにより分類している。評価指標も複数の視点からの評価が可能な指標となっている。そして本研究の土地利用・交通モデルを用いたシミュレーション結果から以下の知見を得た。

都市施設配置変更は交通行動にも影響を与え、結果交通エネルギー消費量や交通費用を変化させる。そのため、都市施設配置計画においても土地利用と交通の相互作用を考慮するべきであり、土地利用・交通モデルを支援ツールとして活用できると考えられる。

都市施設配置変更の影響は、世帯タイプによって異なる。そのため、計画の公平性を議論するために土地利用・交通モデルを支援ツールとして用いるときの要件として、世帯タイプごとの評価が可能であること、が挙げられる。

ただし、本研究においては、施設配置計画の際に重要な視点である都市経営、すなわち、整備・運営費用の点については、言及しておらず、これは今後の課題となる。

なお、ケーススタディにおけるゾーンの区分は大ゾーンと若干大きめであるため、ゾーンを細分化したうえでモデルの適用も今後の課題となる。

最後に、本研究のモデルは、ミクロ経済理論などの行動理論に基づいたものではなく、Lowryモデルをベースとした配分型のマクロタイプのモデルである。そのため、現実の行動を描写するといったことにはなっておらず、

行動理論に基づく土地利用・交通モデルに比較し、理論的な精密さに欠けるといった点を持つことはいなめない。しかし、行動理論に基づく土地利用・交通モデルは、モデルのパラメータ推定の際のデータ制約等の点から、実社会の再現性といった点から不十分といった面も持ち、行動主体も家計、企業、開発者といった分類である。本研究のモデルは行動主体(家計)を世帯タイプに区分し取り扱っているため、施設配置変更による主体間で影響の違いを把握できるという利点を持つ。

以上、2つのタイプのモデルはそれぞれ良い点、悪い点を持っている。本研究での行動主体の分類(世帯タイプ)を維持したまま行動理論に基づくモデルをめざし結果の妥当性を向上させることも一つの方向と考えられる。しかし、ただ、やみくもに行動理論に基づくモデルを目指すのではなく、計画の具体性の程度など、計画段階によりマクロ的なモデルとミクロ的な行動理論に基づくモデルを使い分けていくなどの工夫が必要と考えられる。

#### 補注[1]

・ 交通エネルギー消費量：交通手段別にエネルギー原単位と平均移動距離を乗じて推計する。エネルギー原単位は走行速度の関数である。徒歩は交通エネルギーを消費しないものとする。

$$\text{オートバイ: } E_{ij}^m = (h_1 / n^c) \times d_{ij}^m \quad \text{自動車: } E_{ij}^c = \frac{(\epsilon^c (v^c_{ij}) \times h_1)}{n^c} \times d_{ij}^c$$

$$\text{バス: } E_{ij}^B = \frac{\epsilon^B (v^B_{ij}) \times h_2}{n^B} \times d_{ij}^B \quad \text{鉄道: } E_{ij}^R = G \times d_{ij}^R$$

・ 交通費用：費用と所要時間を時間評価値で金額換算した時間費用を合わせたものを交通費用とする。

$$\text{徒歩: } C_{ij}^w = \epsilon \times t_{ij}^w \quad \text{オートバイ: } C_{ij}^m = \frac{d_{ij}^m \times \beta}{\delta} + \alpha \times t_{ij}^m$$

$$\text{自動車: } C_{ij}^c = (\epsilon^c (v^c_{ij}) \times \beta) / n^c \times d_{ij}^c + \alpha \times t_{ij}^c$$

$$\text{バス: } C_{ij}^B = F_{ij}^B + \alpha \times t_{ij}^B \quad \text{鉄道: } C_{ij}^R = F_{ij}^R + \alpha \times t_{ij}^R$$

$d$ : 平均移動距離 (km/人・日)  $v$ : 平均移動速度 (km/h)

$\epsilon(v)$ : 燃料消費量 (cc/km)  $\delta$ : バイクの燃費 (円/km)

$G$ : 鉄道のエネルギー消費原単位 (kcal/人キロ)

$h$ : 発熱量 (1: ガソリン 8,400kcal/l 2: 軽油 9,200kcal/l)

$n$ : 平均乗車人数 (人)

$C$ : 交通費用 (円/人・日)

$t$ : 平均移動時間 (分)  $F$ : 料金 (円)  $\alpha$ : 時間評価値 (円/分)

$\beta$ : ガソリン単価 (円/l)

$m$ : オートバイ,  $c$ : 自動車,  $B$ : バス,  $R$ : 鉄道

### 6. 参考文献

- 1) 杉田浩: 日本の土地利用政策、交通政策が都市構造に与えた影響に関する基礎的研究, 中央大学博士論文, 2002
- 2) 古谷知之: 総合的な交通政策・計画の分析評価手法とモデルの展開, 道経研シリーズA-107 pp75-122, 2003
- 3) 宮城県HP: <http://www.pref.miyagi.jp/index.htm> (H18.5月8日更新)