

# マイクロシミュレーションによる 都市居住誘導政策評価

金崎 智也<sup>1</sup>・北詰 恵一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 一般社団法人システム科学研究所 (〒604-8223 京都市中京区新町通四条上ル小結棚町428)  
E-mail:kanasaki@issr-kyoto.or.jp

<sup>2</sup>正会員 関西大学教授 環境都市工学部都市システム工学科 (〒565-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)  
E-mail:kitazume@kansai-u.ac.jp

土地利用モデルを用いることが政策設計に有用であるとされUrbanSim<sup>1)</sup>を始めとする海外の実用型マイクロシミュレーションが適用実績を重ねる一方で我が国では適用実績がほとんどない状況である。そこで本研究では平成23年に実施したアンケートデータをもとに作成した初期マイクロデータ<sup>2)</sup>をもとに、転居行動の分析、ロジットモデルによる意思選択行動の推定を行い富山市における実用型マイクロシミュレーションシステムの構築を行った。さらに、都心への居住誘導を目的とした補助金支援政策を設定し、シミュレーション結果を用いた政策評価を行った。そこからマイクロシミュレーションの特色である詳細なデータから得る多様な指標と政策評価への適用の有用性が示唆された。

**Key Words :** Land-Use Models, Micro-simulation, Policy Assessment

## 1. はじめに

国立社会保障・人口問題研究所によると2019年には世帯数も減少に転じると予想されている。また平均世帯人員は2035年には2.20人と世帯規模の縮小も進行するとされる。さらに単独世帯率も2035年には4.7ポイント増加し全世帯の37.2%が単独世帯となり、併せて高齢世帯主の単独世帯も増加していく。一方でこれまでの都市構造をみると人口増加・経済成長による市街地の拡大、郊外居住者の増加を経てきた。それゆえ現在では過度な自動車交通依存、都市施設の維持管理等の行政コストの増大など多様な問題を抱えており、特に地方都市においては深刻な問題である。このように人口増加を前提として拡散してきた都市構造が人口減少下で抱える問題は多岐にわたる。そこで集約型都市構造へ向けた取り組みが青森市や富山市を先進都市として近年盛んである。集約化の第一歩となるのは都市機能の移転であるが、ただ一概に都心部に集約化・高密度化するものではなく、それぞれの地域の生活拠点に応じた多極型の集約化の動きがある。また集約化の対象は都市機能のみに限らず世帯や企業の立地も含まれる。例えば富山市の世帯の立地誘導政策をみると、補助金による都心誘導や公共交通の整備がもたらすアクセシビリティ向上による沿線誘導など政策は様々である。将来の人口減少を見据えてどのような地区に集約化するのか。あるいはどのような属性をもった世帯に政策のターゲットをあてるのかなど政策設計がもた

らず影響は大きいものとされる。そこで政策立案者が政策設計する際にはシミュレーションを行い、政策の実施による将来の都市の姿を事前に把握できることは非常に有用である。また市民へ政策の理解を促すものにもなる。土地利用モデルには、均衡論をベースにした経済理論に依拠した精緻なモデルが存在し、政策の便益計測や費用対効果の観点からの政策代替案比較に非常に有効なものであるが、一方で、詳細な主体によるシミュレーションによって政策による都市の将来の姿をわかりやすく示してくれるタイプのモデルも多く存在する。海外ではUrbanSimを始めとする後者の実都市型のモデルが多数存在するが、我が国においては適用実績がほとんどない状況である。

## 2. 目的・研究方法

将来の都市の姿をシミュレーションするシステムの構築を行い、シミュレーション結果を用いて政策に対する指標出力・評価を行うことが本研究の目的である。本研究グループは実用型土地利用マイクロシミュレーションモデルの構築に向けて、独自により詳細な属性を有する個票データを得るために2011年11月に富山県富山市を対象としたアンケート調査を行った。旧富山市と旧婦中町に居住する世帯を対象に抽出率10%の14,073世帯に郵送送付、郵送回収にて実施した。回収数は5,089世帯である。この得た個票データから転居行動の分析を行い、転

居行動に関わる意思決定要因をロジットモデルによって明らかにする。

### 3. マイクロシミュレーションシステムの構築

本システムでは最小単位を個人とし立地主体数は約40万人である。ゾーン数は国勢調査中ゾーン82地区。基準年次を2010年とし2040年まで計算間隔5年のシミュレーションを行う。シミュレーションの1サイクルを図1に示す。まずt期における個人データをもとに個人属性遷移モデルによってt+5期の初期個人データを作成。そして個人データに付与された世帯番号から集計を行い、作成された世帯データは転居行動モデルへと移る。転居行動モデルを終え住宅属性や居住地が更新された世帯データをもとに個人データの更新を行いt+5期の最終個人データが確定する。

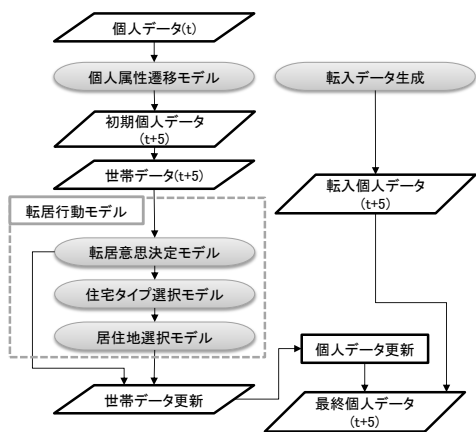


図1 システムの全体像

#### (1) 初期データの作成

マイクロシミュレーションにおいて基準年次におけるマイクロデータの作成は重要なプロセスである。本システムでは杉木・村中ら<sup>2)</sup>によって提案された初期マイクロ世帯データ推計システムにより作成された世帯データを用いた。作成される世帯データには世帯の属性（世帯人数、世帯タイプ、住宅タイプ）と世帯員の個人属性（5歳階級年齢、性別、続柄、職業、通勤通学先ゾーン、自分専用自動車の有無）が付与されている。さらに本研究では住宅延べ床面積、築年数、居住年数、女性の生涯出生数を新たに追加している。

#### (2) 個人属性遷移モデル

##### (a) 生残プロセス

国立社会保障・人口問題研究所が公表している市町村別の将来の生残率<sup>3)</sup>を用いる。男女別に乱数比較によってt+5期の生残判定を行う。

##### (b) 結婚プロセス

生残者は続いて既婚判定に移り未婚の場合は初婚率との乱数比較によって結婚候補者となるかの判定を行う。初婚率は人口動態調査をもとに2006年～2010年までの各年に結婚生活に入り届け出た件数の総和を2010年国勢調査における男女別の5歳階級別の未婚人口で割った値を用いる。なお結婚候補者は5歳階級別に候補者リストにまとめられ同一年齢階級におけるGale-Shapleyアルゴリズムで決定する。候補者数は男女によって異なるため人数の少ない方に数を調整し候補から外れた者は結婚に至らないものとする。結婚相手が決まった男性は離家判定（離家率：0.785）を行い離家する場合は新規世帯番号が付与される。相手の女性は男性の選択に同調するものとする。

##### (c) 出生プロセス

出生判定は期間内に出生するかの判定を行い出生した場合のみ期間内再出生判定を行う。判定には女性の生涯出生数を考慮した5歳階級別の出生率を用いる。出生率は人口動態保険諸・市町村別統計の2008年～2012年の母の年齢階級別出生率をベースに独自に作成する。まず2010年国勢調査より各5歳階級別の有配偶率を求め公表されている出生率を割った値を階級別の出生率とする。次に出生順位を考慮する。2010年における全国の出生順位別にみた母の年齢別出生率から第一子、第二子、第三子以上の比を算出。算出された比をもとに有配偶率を考慮した出生率を出生順位ごとに配分する。算出された値を生涯出生数を考慮した5歳階級別出生率とする。

#### (3) 転居行動モデル

期間内に転居か定住かについての転居意思発生モデル、住宅の所有関係や建築形態など住宅属性を決定する住宅タイプ選択モデル、市内のどの地区に居住するかを決定する居住地選択モデルの一連の転居行動を表現する3つのモデルについて述べる。なお本システムの3つのモデルはネスト構造ではなく逐次的構造の関係にある。

##### (a) 転居意思発生モデル

世帯は転居か定住かの二者択一の選択行動をとる。現在居住する住宅から得られる効用と転居することによって新しい住宅から得られる効用とを比較し、より高い効用が得られる選択を行うものとする。効用関数形を線形とし係数には金崎ら(2013)<sup>4)</sup>で得られた従前の住宅形態別の2005年から5年間における転居意思選択行動の二項ロジットモデルによる推定結果を用いる。

変数に用いる転居後の住宅の延べ床面積には住生活基本計画で定められている誘導居住面積水準を用いる。誘導居住面積水準とは「世帯人数に応じて、豊かな住生活の実現の前提として多様なライフスタイルに対応するた

めに必要と考えられる住宅の面積に関する水準」のことである。同計画で定められている下記の算出方法に基づき世帯人数に応じた面積を算出する。ただし、3歳未満は0.25人、3歳以上6歳未満は0.5人、6歳以上10歳未満は0.75人とし、2人に満たない場合は2人とする。また5人以上は算出された面積から5%を控除した値を決定値とする。

表-1 転居意思選択の推定結果<sup>④</sup>

説明変数	持家居住世帯		借家居住世帯	
	係数	(t値)	係数	(t値)
世帯主年齢(歳)	$-8.45 \times 10^3$	(-0.57)	$-3.72 \times 10^3$	(-0.32)
世帯人数(人)	$1.81 \times 10^1$	(1.45)	<b><math>4.76 \times 10^1</math></b>	<b>(3.74)</b>
築年数(年)	<b><math>5.93 \times 10^2</math></b>	<b>(3.70)</b>	-	-
延べ床面積(m <sup>2</sup> )	$-8.92 \times 10^3$	(-5.60)	<b><math>-2.11 \times 10^2</math></b>	<b>(-4.61)</b>
居住年数(年)	$-1.29 \times 10^2$	(-0.68)	<b><math>3.33 \times 10^2</math></b>	<b>(2.00)</b>
定数項	<b>-3.06</b>	<b>(-3.69)</b>	$-7.86 \times 10^1$	(-1.31)

※借家居住世帯の延べ床面積は1人当たり延べ床面積を示す

表-2 誘導居住面積水準の算出方法

世帯人員	一般型(戸建住宅)	都市居住型(集合住宅)
単身者	55m <sup>2</sup>	40m <sup>2</sup>
2人以上	25m <sup>2</sup> ×世帯人数 +25m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> ×世帯人数 +15m <sup>2</sup>

### (b) 住宅タイプ選択モデル

住宅タイプの選択は持家・戸建住宅、持家・集合住宅、借家・集合住宅の3選択肢とする。建築形態と所有関係の選択構造は並列であることが妥当であるとされた。<sup>⑤</sup>

本モデルの効用計算では効用関数形を線形とし係数は金崎ら(2014)<sup>⑥</sup>で得られた住宅タイプ選択行動の推定結果(表3)を用いる。転居が発生した世帯データをもとに誘導居住面積水準、家賃を算出した上各選択肢の効用計算を行い最も効用の高い選択肢を転居後の住宅タイプとする。

表-3 住宅タイプ選択の推定結果<sup>⑥</sup>

説明変数	持家		借家
	戸建	集合	集合
家賃(円/月)	<b><math>-3.54 \times 10^1</math></b> <b>(-7.35)</b>		
自動車保有台数(台)	-	$-4.54 \times 10^1$ (-1.84)	<b><math>-6.62 \times 10^1</math></b> <b>(-3.38)</b>
誘導居住面積水準差(m <sup>2</sup> )	-	<b><math>8.32 \times 10^3</math></b> <b>(2.85)</b>	<b><math>7.37 \times 10^3</math></b> <b>(3.22)</b>
年代ダミー(20歳代=1,他=0)	-	$-6.86 \times 10^1$ (-1.00)	<b>1.31</b> <b>(3.67)</b>
定数項	-	$-6.00 \times 10^1$ (-1.62)	<b><math>-9.06 \times 10^1</math></b> <b>(-3.09)</b>

( )内はt値

ここで変数に使用している家賃について述べる。まず借家の場合は物件情報として公開されているため直接測定可能である。推定に使用するデータはリクルートが運営する不動産情報サイト「SUUMO」に2014年6月20日時点で掲載されている富山市内の1,574戸の賃貸物件データを用いる。公開されている物件情報のうち、シミュレーションで表現可能な延べ床面積、築年数、建築形態、賃料、所在地を取得した。これらを用いて回帰分析を行った結果、符合条件、決定係数とも妥当な値を得て、t値も有意な値を得た。持家の場合は実際には月々の支払は行われていないため測定することはできない。そこで住宅購入時にかかる総費用は住宅ローンによって全額返済すると仮定。1年当たりの値を12で除したものを持家の1ヶ月当たりの家賃相当とする。なお、返済期間、金利については次のように設定する。住宅金融支援機構が公表している「民間住宅ローンの貸出動向調査」によると、2010度の新規貸出における約定貸出期間は平均25.3年であることから「持家取得世帯は貸出期間25年、同一の金利」と仮定する。金利の値は都市銀行のHPで掲載されている長期全期間固定型25年における3社の5年間(2009年~2013年)の平均値(年2.82%)を用いた。次に不動産取引総費用について述べる。持家において同一の延べ床面積を有する場合でも戸建住宅と集合住宅の間には価格差が表れる。土地総合情報システムに掲載されている不動産取引価格情報をもとに平成19年第1四半期~平成25年第三半期に富山市で行われた不動産取引データの中から「種類:宅地」「地域:住宅地」「建物の用途:住宅」「備考に特に記載のないこと」を条件に抽出したデータを用いた。推定は分譲戸建て住宅(土地と建物)1,154件と分譲集合住宅(中古マンション等)322件を個々に行う。変数に延べ床面積(m<sup>2</sup>)、築年数(年)、加えて立地特性を考慮するために都心までの時間(分)を用いて回帰分析を行った。都心までの時間は、物件の所在地をもとに物件の属する国勢調査中ゾーンを求め、中ゾーンの代表点と富山市役所までの自動車移動所要時間の値である。また各中ゾーンの代表点は行政センター・公民館の所在地としている。これらのデータを回帰分析することにより得られたパラメータから不動産取引総費用関数の式(1)を得た。これにより選択肢の住宅を購入する際に発生する不動産取引総費用を算出する。

$$Cost_i = a_{i0} + a_{i1}F_i + a_{i2}Y_i + a_{i3}T_i \quad (1)$$

$i$ : 分譲戸建て住宅( $i=1$ ) 分譲集合住宅( $i=2$ ),  
 $Cost_i$ : 住宅 $i$ の不動産取引総費用(万円),  $F_i$ : 住宅 $i$ の延べ床面積(m<sup>2</sup>),  $Y_i$ : 住宅 $i$ の築年数(年),  
 $T_i$ : 住宅 $i$ の位置する地区の代表点から都心までの時間(分),  $a_{in}$ : 推定されたパラメータ

なお、選択肢となる住宅の延べ床面積 ( $F_i$ ) は誘導居住面積水準の値を用いる。また都心までの時間 ( $T_i$ ) は住宅タイプによって転居による移動方向に傾向が確認できるため以下のルールに従い決定する。

持家一戸建住宅：現在居住する日常生活圏域の期待値
持家一集合住宅：都心部での期待値

### (c) 居住地選択モデル

このモデルでは 82 地区からどの地区へ移り住むのかを決定する。まず立地選択における非集計行動モデルの課題となる選択肢の設定について述べる。本モデルでは選択肢集合の生成とその代表地区の決定の際に現在の居住地からの移動距離と通勤時間にそれぞれ着目している。まず現在の居住地区に対して 82 地区を①自地区、②隣接地区（地区境界線を共有する地区）、③それ以外の地区の 3 つの選択肢集合に分類する。次に、各地区と世帯代表者の通勤地区との自動車所要時間を算出し、選択肢集合の中で最小所要時間となる地区を選択肢集合の代表地区とする。こうして選ばれた 3 つの代表地区を選択肢とする。効用計算は効用関数形を線形とし係数は金崎ら (2014)<sup>6</sup> で得られた移動パターン別の推定結果（一部を表 4 に記す）を用いて最も効用の高い選択肢を転居後の居住地とする。

表-4 借家から持家への転居行動における居住地選択推定結果<sup>6</sup>

説明変数	自地区	隣接	それ以外
地価 (千円/㎡)		$-2.31 \times 10^2$ (-3.66)	
通勤時間 (分)		$1.32 \times 10 \times 1$ (7.08)	
小中学生人数 (人)	-	$-9.62 \times 10^1$ (-2.21)	$-7.57 \times 10^1$ (-1.96)
20 歳代ダミー (20 歳代=1, 他=0)	-	2.22 (1.88)	1.67 (1.85)
30 歳代ダミー (30 歳代=1, 他=0)	-	<b>2.44</b> (2.18)	<b>1.97</b> (2.37)
40 歳代ダミー (40 歳代=1, 他=0)	-	<b>2.54</b> (2.13)	1.72 (1.89)
定数項	-	-1.39 (-1.28)	$-2.60 \times 10^1$ (-0.33)

( )内は値

## 4. シミュレーションの再現性

まず、シミュレーション推計値と現実の富山市の人口動態との比較を行う。シミュレーションに使用した初期データは 2010 年の国勢調査結果をもとに作成されたため住民基本台帳とは初期時点で誤差があるので留意したい。表 5 はシミュレーション結果と住民基本台帳との比較を示したものである。推定データはシミュレーション

を 5 回行い総人口が最大値を示した組み合わせを記した。1 年の違いがあるが推定データが現実値を大きく下回っていることがわかる。これは出生数と婚姻件数が現実より少ない値であることが一つの要因であると考えられる。個人遷移モデルにおける出生率と初婚率に過小評価があるものとされる。

表-5 シミュレーションデータと住民基本台帳との比較

	初期データ (2010.10.1)	住民基本台帳 (2010.9 月末)
総人口	406,595	417,714
世帯数	158,078	161,589
	推定データ (2015.10.1)	住民基本台帳 (2014.9 月末)
総人口	383,231	419,907
世帯数	160,499	170,513

次に、住民基本台帳人口との人口構成の比較を行う (図 2)。概ね人口構成は一致している。0~4 歳の誤差は先述の出生数の過小評価によるものであると考えられる。20~24 歳における推定値と住民基本台帳人口との誤差は県外流出大学生によるものであるとされる。富山県では大学進学者の 7 割が県外へ流出するが住民票を移していない場合はそのまま人口として数え上げられるのでこのような結果となっている。2010 年における国勢調査と住民基本台帳との比較においてもこの人数の誤差は確認されたため異常値を示すものではないと判断できる。

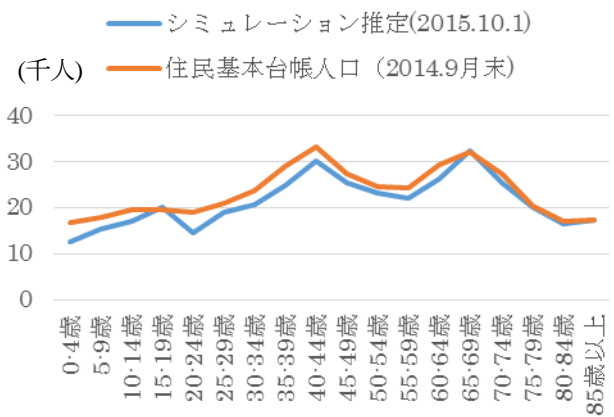


図-2 シミュレーション推計値と住民基本台帳との比較

## 5. シミュレーションの再現性

このシミュレーションを用いて富山市における居住誘導政策案を検討する。政策案は都心地区への誘導を促進する補助金支援である。設定した条件の下で政策案が都心居住に及ぼす影響を測ることを目的とする。シミュレーションでは居住地選択モデルで地価を変数に組み込んでいることから地価に対する減額措置を行う。居住地選択

時の選択肢に都心地区がある場合は該当する選択肢の地価を減額率に応じて減額した値を用いる。減額率は 0～50%の範囲で 5%刻みに設定しそれぞれ 5 回ずつ計 55 回の 2015 年の予測シミュレーションを行う。なお、今回は政策の認知度は考慮せず、全市民が認知しているものとする。図 3 はシミュレーション結果から富山市の総世帯数に占める都心地区居住世帯の割合を減額率ごとに最大値と最小値をそれぞれプロットしたものである。

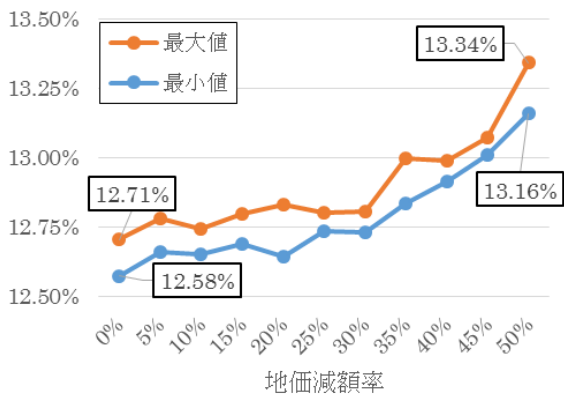


図-3 地価減額率別の政策効果

シミュレーション推計による 2015 年の富山市の総世帯数は平均 160,394 世帯である。減額率ごとに都心地区に居住する世帯の割合をみると減額率 5～30%の範囲では政策による影響に大きな変化はないものとされるが 30%を境に都心居住世帯の割合が顕著に増加している。また、0%と 5%を比べると明らかに割合の増加があることから政策による影響の存在が確認できる。以上のことから 5 年という短い経過時間ではあるが都心地区への居住誘導を目的とした政策の有用性を確認することができた。しかし、一定の減額率まではあまり効果に差がみられず、現実的な補助率の範囲では目に見える形での効果が期待できないことから、さらなる効果を求めるにはライフステージのタイミングに応じた生活公共サービス水準向上などの別の政策との組み合わせによる相乗効果を図るか投機的な減額率の引き上げが考えられる。今回の適用例から得られた本システムの改良点を挙げる。1 つ目は複数の政策による相互影響の比較。長期にわたって実行する政策が 1 つであることはなく複数の政策が同時に実行されるはずである。そのような状況の下である政策の影響を評価するときには他の政策による影響が表現できる必要がある。2 つ目は政策に反応した世帯の属性を出力。これはマイクロシミュレーションの特徴である個々のデータをどのように追うかが課題となる。またどのような表現方法が適切であるかの検討も必要である。

## 6. おわりに

今回構築したシミュレーションは推定に課題を残しながらも一定の再現性が確認でき、システムのアウトフレームが構築できたものとする。またシンプルな政策に対する評価ではあるがマイクロシミュレーションの政策評価への適用例も示すことができた。今回は比率のみのアウトプットに留まったが詳細なマイクロデータを有する本シミュレーションでは多様なアウトプットが考えられる。また様々な政策の評価を試みる中で適切な評価指標のアウトプットに対応するためにモデル自体も常に改善されていくことが望ましい。今後の課題として、シミュレーション推定に残された個人遷移モデルにおける出生数、結婚プロセスの見直し、また政策のリスク管理への応用を視野に入れた政策指標出力の検討が挙げられる。さらに政策立案への利用を想定し GIS と連携するシステム作りが必要となる。

なお本研究は、平成23～25年度科学研究費補助金(基礎研究(B))、課題番号：23360228、研究課題名：縮退状況における都市マネジメントのための世帯マイクロシミュレーションシステム)の研究の成果の一部をとりまとめたものである。記して謝意を表したい。

## 参考文献

- (1) Hunt J.D.: Integrated Land Use Transport Models, An Introduction, Presented by invitation at the 87<sup>th</sup> Annual Transportation Research Board Conference, Sponsored Workshop 169, Washington D.C., U.S.A., 2008.
- (2) 杉木直・村中智哉・宮本和明：実都市を対象とした初期マイクロデータの推定手法の適用と検証，土木学会土木計画学研究・講演集，Vol.47，CD-ROM，2013.
- (3) 村中智哉・杉木直・大谷紀子・宮本和明：富山市を対象とした世帯マイクロデータの設定と検証，土木学会土木計画学研究・講演集，Vol.49，CD-ROM，2014.
- (4) 国立社会保障・人口問題研究所：将来の生残率，純移動率，子ども女性比と 0-4 歳性比--『日本の地域別将来推計人口』（平成 25 年 3 月推計）
- (5) 金崎智也・北詰恵一：土地利用マイクロシミュレーションのための年代の違いを考慮した世帯別転居行動分析，土木学会土木計画学研究・講演集，Vol.47，CD-ROM，2013.
- (6) 金崎智也・北詰恵一：建物形態・所有形態選択モデルの構築，不動産学会秋季全国大会，2014.
- (7) 金崎智也・北詰恵一・井ノ口弘昭：富山市における住宅地選択モデルによる都市政策評価，土木学会土木計画学研究・講演集，Vol.49，CD-ROM，2014.
- (8) 土木学会：非集計行動モデルの理論と実際，第 1 版，2002

(2015. 4. 24 受付)