

# 住民の転居行動と生活行動に対する 都市環境政策効果推計

仲田 俊亮<sup>1</sup>・北詰 恵一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 東海旅客鉄道株式会社 (〒450-6101 愛知県名古屋市中村区名駅1-1-4JRセントラルタワーズ)  
E-mail:mrc.nsk4288@gmail.com

<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

本研究では、集約型都市実現を目的として、郊外に無秩序に広がった住宅地を都市部または公共交通沿線に集約させることを目指した政策や環境負荷低減を目的とした政策をマイクロシミュレーションと家庭内電気使用量推計を用いて評価することを目的としている。具体的には、マイクロシミュレーションの一部である居住地選択モデルにおいて、これまでの通勤時間に着目した選択から、都心からの距離・公共交通圏の利便性に着目したものに改良した。生活行動としては家庭内の電気使用量に着目し、個人属性・世帯属性・まちの成り立ち別の相違を把握した。転居行動と生活行動の両面から集約型都市についてアプローチした本モデルをクールスポット政策に適用した結果、その効果はわずかであるが、都市環境政策効果を推計できることを示すことができた。

**Key Words :** *Urban Environmental Policy, Electric power consumption, Land-Use Model*

## 1. はじめに

我が国では、人口増加・経済成長に対応するため、都市郊外における住宅地の開発が活発に行われてきた。しかし、近年では人口減少の一途をたどり、今後30年間で約2割程度の人口減少が、15～64歳人口においては約3割程度人口減少が見込まれている<sup>1)</sup>。このことから財政は逼迫し、郊外に拡散した居住者を支えるサービスの提供が困難になると考えられる。この問題は、人口減少が大きく見込まれている地方都市において特に重大な社会問題となっている。また、2011年に発生した東日本大震災を受け、エネルギー供給構造に対する課題も再認識された。これらの課題を解決する都市構造として、低炭素都市づくりガイドライン<sup>2)</sup>等で集約型都市への転換が掲げられている。国内の動きとして、2012年に「都市の低炭素化の促進に関する法律」の制定や、2014年の「都市再生特別措置法の改正による立地適正化計画の制度化」等が実施され、集約型都市実現に向けた機運が高まっていると言える。先駆的な取り組みとして、富山市や青森市が挙げられる。例えば富山市では、都心地区への人口誘導、都心地区からの移転の抑制等を目的とした「まちなか居住推進事業」や、公共交通の活性化によるコンパクトなまちづくりを目的とした「公共交通沿線居住推進事

業」等が実施されている。これまでの集約型都市構造に関する研究として、土屋ら<sup>3)</sup>、中井ら<sup>4)</sup>等の研究が挙げられるが人々の動きをマイクロシミュレーションにより詳細に捉え、政策を定量的に評価した研究はまだまだ多くなされていない。マイクロシミュレーションを構築する利点として、政策効果を表現できる出力データの多様性が挙げられる。政策実施による効果を個人ベースから世帯ベース、さらに地域ベースで出力し、集計や指標も容易に作成可能となる。集約型都市を実現するためにも、政策設計者が事前に将来の都市の姿を把握し、設計した政策の効果を実前に推計することは非常に有用である。

## 2. 目的

上記のような問題意識から、本研究では、既存<sup>5)</sup>のマイクロシミュレーションを改良し、さらに電気使用量推計モデルを追加することにより、集約型都市実現に向けた政策の効果環境評価の一つである電気使用量(家庭内)等から推計することを目的とする。マイクロシミュレーションの全体像を図-1に示す。背景色が付いている部分が改良・追加した部分である。

マイクロシミュレーションの改良については、居住地

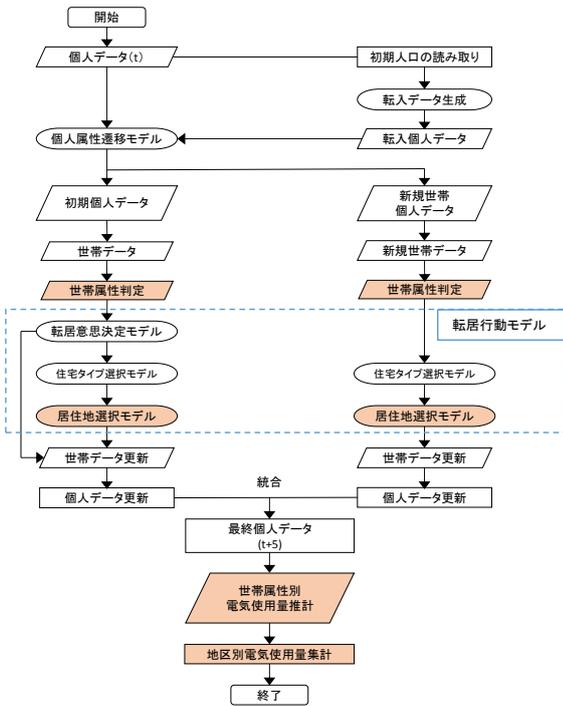


図-1 マイクロシミュレーションの全体像

選択モデルでの居住地選択肢を都心からの距離および公共交通圏に着目したものに改良した。電気使用量の算出については、マイクロシミュレーションの特徴である個人・世帯単位のデータを活かせるよう、個人属性・世帯属性の多様性を表現できるものにし、さらにまちの成り立ちによる街区分類も考慮したものとなっている。

### 3. 対象地域

本研究の対象地域は、富山市全域である。先に述べたように富山市は国内でも集約型都市に関する先進的な取り組みを行っていると同時に、2011年11月に転居に関するアンケートを、2014年1月に環境意識に関するアンケートを、富山市を対象に行っており、独自の詳細なデータを所有しているため対象地域として選定した。また対象ゾーンは既存のマイクロシミュレーションと同様に国勢調査中ゾーンに対応した82地区としている<sup>9)</sup>。

### 4. 電気使用量の算出

家庭内の電気使用量の算出方法は仲田<sup>9)</sup>と同様の方法を採用する。ここでは、新たに考慮したまちの成り立ちによる街区分類について述べる。街区単位での人口増減や戸建比率を指標にまちの成り立ちとして整理し、図-2のように街区を分類していく。それぞれの街区の特徴を、「人口増：新たな住民が加わるコミュニティ」、「人口減：従来からの住民によるコミュニティ」と想定した。

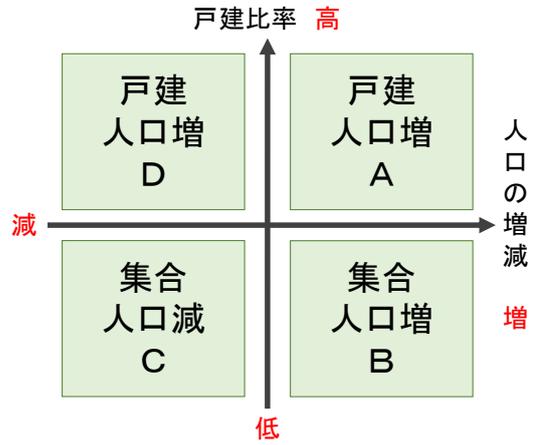


図-2 まちの成り立ちによる街区分類

この街区分類を反映させる部分は、家庭内の協調・協力行動をする確率である。家庭内協調・協力行動をする確率は以下の式(1)より求められる行為時間算出の際に用いられている。

$$\begin{aligned}
 A_{ij} &= \sum (0.5 \times \delta_{ij}) \\
 \delta_{ij} &= \text{If}(p_{ij} > R, 1, 0) \\
 \delta'_{ij} &= \text{If}(\text{And}(\delta_{ij} = 1, (\sum [\delta_{ij}] - \delta_{ij}) \geq 1), 1, 0) \\
 A'_{ij} &= \sum (0.5 \times \delta'_{ij}) \\
 \delta''_{ij} &= \text{If}(\text{And}(\delta'_{ij} = 1, C_{ij} > R), 1, 0)
 \end{aligned} \tag{1}$$

$p_{ij}$ : 個人*i*が時刻*j*に行為を行う確率

$A_{ij}$ : 個人*i*が行為に関して家族と一緒に過ごす時間*h*/day

$C_{ij}$ : 個人*i*が行為において協調・協力行動をする確率

(アンケート調査より得値である)

$R$ : 乱数

$C_{ij}$ について個人属性によって一定の値を用いるのではなく、 $C_{ij}$ を図-2に示す4つの地域特性単位で設定し、その中における詳細な地域属性の変化に基づく個人の値を分散として求めた。地域特異的に算出された値の特徴として、集合住宅または人口減少地区での値が大きい傾向にあった。また、家庭内電気使用と関連ある器具として考慮しているテレビ・エアコン・照明のうち、照明が最も大きい値を示している個人属性が多くみられた。理由として、前者は、戸建住宅よりも集合住宅の方が、床面積が小さく、個人の部屋を持っていないケースが考えられ、それにより家族と一緒に過ごすことに対する抵抗が小さいと考えられる。後者は、テレビやエアコンに比べ、家族と同一の部屋で過ごすように協調・協力するという行動は、他人によって自身の行動があまり制約されないため、協調・協力行動を行いやすいと考えられる。また、これまでの各属性について、個人属性を「6歳以下子供、女性パートアルバイト」を加えた9分類、世帯属性を378分類としている。

以上の地域特性を反映させた電気使用量を図-3に示す。図-3に示した電気使用量は「学生2人、男性勤め人、女性主婦」で構成される4人世帯である。図から見て取

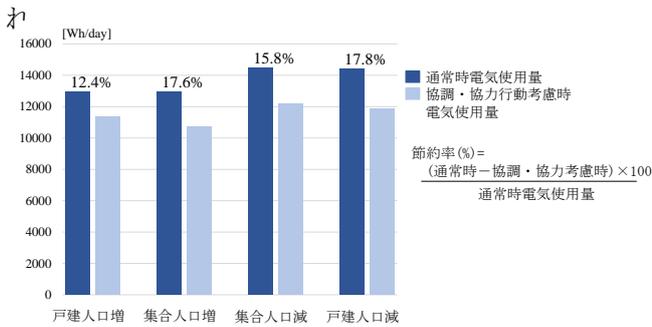


図-3 電気使用量と節約率

るように集合住宅地区、人口減少地区で節約効果が大きくなっている。このように同じ世帯属性であっても住んでいる地区特性による電気使用量の違いを表現している。ここで、本研究での電気使用量算出方法において、床面積や戸建住宅・集合住宅による要素を入れていない。そのため、計算結果で推計される電気使用量を戸建住宅と集合住宅が集約された状態ととらえることとし、それぞれの電気使用量についてはアンケート調査より得られる戸建住宅・集合住宅別の1か月あたりの電気使用量の比を用いて算出する。アンケート結果より、1ヶ月の平均電気使用量は戸建住宅で729.4kWh/月、集合住宅で467.3kWh/月となった。これより、戸建住宅と集合住宅の電気使用量の比を1.5:1とし、これらの値を用いて都市環境政策前後での富山市全体の家庭内の電気使用量の変化を分析していく。

また、算出された電気使用量の妥当性について以下の方法で検証する。参考とする値は1世帯当たり全消費電力量4,432kWh/年<sup>7)</sup>を用いる。本研究で算出された電気使用量を元に、世帯人数別平均電気使用量を求め、世帯人数別世帯数等<sup>8)</sup>の値を用いて以下の式により、本研究における1世帯平均年間電気使用量を求める。

平日日数を245日、休日数を120日とし、さらにエアコンの使用期間(JIS規格)を考慮すると、本研究の1世帯平均年間電気使用量は4,391[kWh/year]となり差は1%以下となった。よって、この値を用いて政策効果推計を行うこととする。アンケート調査の実測値が大きくなった要因としては、冬季の調査であること、対象地域の多くが積雪地域であることが考えられる。

### 5. 居住地選択モデル

既存の居住地選択<sup>9)</sup>モデルは、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着目していた。82地区を①自治区、②隣接地区、③それ以外の地区の3つの選択肢集合に分類し、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した。そして選ばれた3つの代表地区を選択肢とし、最も効用が大きい選択肢を転居先としていた。

本研究では、より政策目的に合致させるために、選択肢を都心からの距離と、公共交通の利便性に着目し、「公共交通圏都心・公共交通圏近郊・公共交通圏郊外・非公共交通圏近郊・非公共交通圏郊外」の5つとした。都心とは富山市中心市街地活性化基本計画において中心市街地区域に指定されているエリアとする。近郊は都心に中心である富山駅から半径10km圏内とし、郊外はそれ以外のエリアとする。公共交通圏は駅から半径500mおよび公共交通沿線居住推進事業にて指定されているバス路線から300m圏内とし、それ以外を非公共交通圏とする。各地区の判定方法は、次の方法で行った。まず地区を構成する町丁目を5つの分類のどれに当てはまるかを判定する。その町丁目単位の判定結果を用いて、都心からの距離については、最も割合が大きい判定をその地区の判定とする。公共交通の利便性については、地区内に公共交通圏と判定された町丁目があり、かつ地区内の町丁目のうち最大人口を示す町丁目が公共交通圏であれば、その地区を公共交通圏と判定する。図-4に5つの選択肢の区分図を示す。ここで、公共交通沿線居住推進事

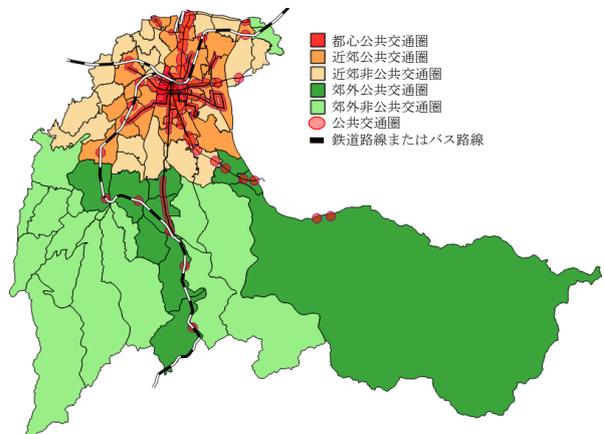


図-4 居住地選択肢区分図

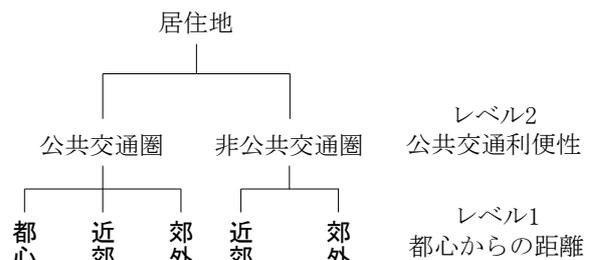


図-5 居住地選択構造

業では推進地区に指定されていないエリアも本研究では公共交通圏としていることに注意されたい。

本研究では、モデルの選択構造を図-5のように想定しネスティッドロジットモデル(以下 NL モデル)を適用した。図 5 に従う同時確率は以下の式(2)の通りである<sup>9)</sup>。

$$P(s, m) = \frac{\exp(V_s + \lambda \Lambda_s)}{\sum_{s'} \exp(V_{s'} + \lambda \Lambda_{s'})} \times \frac{\exp(V_m + V_{sm})}{\sum_{m'} \exp(V_{m'} + V_{sm'})} \quad (2)$$

$V_s$  : 公共交通の利便性による効用

$V_m$  : 都心からの距離による効用

$V_{sm}$  : 公共交通の利便性と都心からの距離の双方に関連した効用

$\lambda$  : 合成変数のパラメータ

ただし

$$\Lambda_s = \ln \sum_{m'} \exp(V_{m'} + V_{sm'})$$

NL モデルのパラメータの推定方法には、同時推定法と段階推定法があるが、本研究では同時推定法によってパラメータの推定を行った。推定には統計ソフトの R を使用した。効用の確定項は個人特性と地区特性によって定まるとし、個人特性はアンケート調査より、地区特性は公的統計調査<sup>10)</sup>よりデータを整理した。個人特性を表す変数としては「世帯人数、小学生人数、ひとり当たり自動車台数」、地区特性を表す変数としては「選択地域地価/前回居住地平均地価」とした。選択地域地価は、各選択肢に属する地区の中での最高地価とした。

推定結果を表-1に示す。ログサム変数のパラメータは 0.309 と 1 より小さく妥当である。しかしモデルの適合度を示す尤度比は 0.093 と小さい。各説明変数のパラメータに注目すると、世帯人数の符号がマイナスになっており、これは国勢調査における都心から離れるほど世帯人数が大きくなる傾向と同様のことを示しており、符号は妥当であると判断できる。ひとり当たり自動車台数の符号はプラスであり、富山市では近郊であっても自動車社

会であることを示している。

## 6. 都市環境政策の高架推計および推計結果

本研究では、都市環境政策として「クールスポット事業」を取り上げる。実際に東京都で「クールスポット創出支援事業」という名で、区市町村・事業者を対象に、設備設置に対する補助金を用意している。同様の事業を富山市で実施した時の効果推計として、家庭内電力使用量の削減量を推計する。クールスポットの効果として、自宅内ではなく、屋外で多くの人と同一の空間を共有することによる一世帯当たりの電気使用量の削減が挙げられる。つまり、外出することによる起床在宅時間を削減することが可能であると言える。そこで、電力使用量算出に用いている、時刻別起床在宅率を一定の割合で削減することで、その様子を表現する。今回はクールスポットの中でも集合住宅内のコミュニティスペースを整備したケースを考える。クールスポットとして集合住宅のコミュニティスペース以外に図書館やショッピングセンター等が考えられるが、最も気軽に利用できるものが集合住宅のコミュニティスペースであると考え、取り上げることとした。時刻別起床在宅率を削減する割合は、アンケート調査より得る。アンケート調査の質問項目である「あなたの家の近くにクールスポットができた場合、どのような施設なら利用しますか？」に対し、「集合住宅の集会等室等のコミュニティ施設」と回答した割合を利用割合として利用する。表-2 に個人属性別利用割合を示す。またすべての時間帯について削減するのではなく、クールスポットの利用時間として考えられる、13~17 時の起床在宅率のみ削減し、住宅タイプが集合住宅の世帯のみ対象とする。さらに、富山市全域の集合住宅を整備することは現実的ではないと考え、全地区の中で集合住宅比率上位 5 地区の集合住宅を整備したケースも同時に考える。クールスポット整備による効果は以下の式(3)により算出する。

表-1 居住地選択推定結果

説明変数	公共 都心	公共 近郊	公共 郊外	非公共 近郊	非公共 郊外
世帯人数(人)	-03103 (-1.177)		—		
小中学生人数 (人)	—	0.625 (2.853)	—	0.625 (2.853)	—
ひとり当たり 自動車台数(台)	—	0.378 (1.213)			
選択地価 /前回地価	—		-6852 (-3549)		
定数項	-1.108 (-0.800)	0.767 (0.560)	3.532 (2.015)	2.599 (5.431)	—
$\lambda$	0.309				
尤度比	0.094				

表-2 個人属性別利用割合

個人属性	回答割合(%)	個人属性	回答割合(%)
学生	9.1	女主婦	5.0
男勤め 人	10.4	男 60 歳 以上	8.5
女勤め 人	3.8	女 60 歳 以上	5.3
男無職	8.9	女パート	3.4

$$\text{節約効果\%} = \frac{\{(\text{整備前富山市合計電使用量}) - (\text{整備後富山市合計電使用量})\}}{(\text{整備前富山市合計電使用量})} \times 100 \quad (3)$$

表-3 利用率向上による節約効果の変化

		利用割合	利用割合	利用割合
		現状	+10%	+20%
富山市全体	節約効果	0.08%	0.23%	0.37%
	単身世帯換算	292世帯	827世帯	1341世帯
集合住宅地区	節約効果	0.01%	0.04%	0.07%
	単身世帯換算	39世帯	156世帯	249世帯

表-3に式(3)より算出された節約効果と、節約量を平均単身世帯電気使用量で換算した結果を示す。現状の利用割合では富山市全体で整備をしたとしても、節約効果は0.08%であり、集合住宅地区のみのケースでは節約効果は0.01%と小さい。これを受け、クールスポットを整備するだけではなく、広報や啓発活動を行うことで利用率が向上したケースを考える。具体的には、表-2で最大である10%を基準として、全個人属性の利用割合が10%向上したケースと、その倍である20%向上したケースを考える。表3より利用割合を向上させることで、節約効果は大きくなっている。このことから、ただ環境を整備するのではなく、利用促進といったソフト面での取り組みも重要であることがわかる。

## 7. おわりに

既存のマイクロシミュレーションに、家庭内電気使用量推計モデルを追加することができた。世帯人数で統一した推計ではなく、世帯を構成する個人属性の多様性、居住地の特性を反映することで、マイクロシミュレーションの特徴を生かせるものとなっている。これにより、個人の動きと同時に、環境指標の一つである電気使用量という視点から評価指標を作ることが可能となった。今回は、都市環境政策として、クールスポットのみの評価に

留まったが、集約型都市に向けた、例えば居住推進地区への転居に対する補助金事業に対しても、電気使用量という環境面からの評価が可能となり、一定の成果を上げられたと考える。また、「公共交通圏都心・公共交通圏近郊・公共交通圏郊外・非公共交通圏近郊・非公共交通圏郊外」という集約型都市を意識した5つの選択肢の居住地選択モデルの推定結果を示すことができた。

今後の課題としては、環境評価を電気使用量だけでなく、交通行動に由来するCO<sub>2</sub>発生量推計モデルの追加、下宿生が多い地区の扱いなどが挙げられる。これらの課題解決により、より多くの都市環境政策を扱うことが可能になると考えられる。

## 参考文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所,日本の地域別将来推計人口,2013年3月推計.
- 2) 国土交通省・地域整備局,低炭素都市づくりガイドライン,2010.
- 3) 土屋信夫・長谷川翔生・今井敬一,コンパクトシティに関わる政策研究(コンパクトシティ施策の有効性に関する研究),2014年度国土文化研究所年次報告.
- 4) 中井秀信・森本章倫,コンパクトシティ政策が民生・交通部門のエネルギー消費量に与える影響に関する研究,土木学会論文集 D,Vol.64,2008.
- 5) 金崎智也・北詰恵一,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,土木学会土木計画学研究・講演集,Vol.51,2015.
- 6) 仲田俊亮・北詰恵一,家庭内の協調・協力行動による世帯別節電効果の推計,土木学会土木計画学研究・講演集,Vol.49,2014.
- 7) 省エネルギーセンター,平成 24 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業報告書,平成 25 年 4 月.
- 8) 総務省,平成 22 年度国勢調査
- 9) 交通工学研究会,やさしい非集計分析,第 1 版,2013.
- 10) 国土交通省地価公示・都道府県地価調査,<<http://www.land.mlit.go.jp/landPrice/AriaServlet?MOD=2&TYP=0>>,2016/1/15 アクセス.

(2016. 4. 22 受付)