

# 土地利用-交通-エネルギーモデルによるスマートシティーシミュレーション:リアルタイム計測情報の動的データ同化手法に関する予備的な検討

山形与志樹 国立環境研究所 主席研究員(サービス科学研究センター 客員教授)  
 瀬谷創 国立環境研究所 特別研究員

## 【研究の背景と目的】

近年、我が国を含む世界各国でスマートシティに関する取り組みが行われている(例、マハダールシティ、横浜)。しかしながら、これらの取り組みの多くは、スマートメータ、電気自動車(EV)の導入といった個別の取り組みに終始しており、温暖化対策、防災、超高齢社会等の様々な観点を考慮しながら、将来の土地利用-交通-エネルギーを最適化し、家計の生活の質(QOL)の増大を図るといった、より総合的な観点からのスマートシティの計画が求められている。

言うまでもなく、土地利用(企業や世帯の立地)は、電力需要や交通分布パターン(通勤や買い物)に影響を与え、鉄道網敷設といった交通整備は、土地利用(住宅建設)や電力需要に影響を与える。したがって、電力を含む都市レベルのエネルギー計画においては、都市構造の影響を明示的に考慮することが不可欠である。一方で、このような3要素の相互作用を考慮した都市モデルの開発は学術分野ではほとんど見られないのが現状である。このような背景から筆者は、土地利用・交通・エネルギーの相互作用を考慮した動的な統合評価モデルの開発に着手した(Yamagata and Seya, 2012; 山形・瀬谷, 2012)。図-1に計画の全体構想を示す。

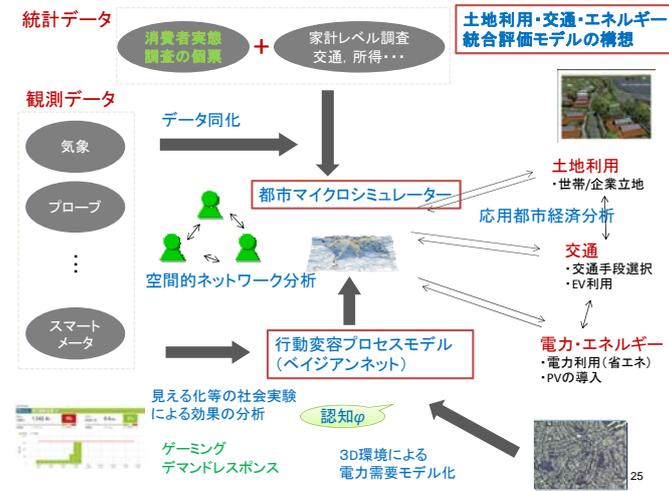


図-1: 土地利用-交通-エネルギーモデルの構想

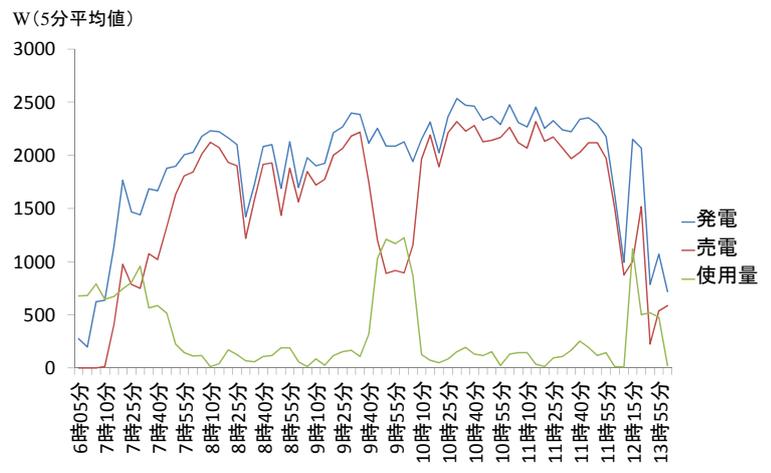


図-2: スマートメーターによる電力の計測例 (ある1世帯、5月の計測)

電力を含む動的なモデルでは、1日内の短期変動(within-day dynamics)が重要になるため、モデルキャリブレーションを数年に一度の統計調査のみで行うことは難しい。そこで本研究では、多様な情報をIT技術によって計測/収集/蓄積し、土地利用・交通・エネルギーを持続可能な方法で制御し、快適な生活環境の実現を目指す。筆者らは既に、北海道弟子屈町、長野県鬼無里村において、自治体・住民の協力の下、スマートメータによる電力の計測を開始している(図-2、Matsui et al., 2012)。この電力データは1分ごとに得られるため、比較的大規模である。今後このデータを用いて、短期電力需要予測モデルを逐次的にキャリブレーションする方法論を開発する予定である。

## 【土地利用・交通・エネルギーモデルとデータ同化】

近年の土地利用モデルでは、家計や企業の立地行動をランダム効用理論に基づく離散選択モデルで記述することが多い。90年代以降開発が進められているマイクロシミュレーションをベースとしたモデルでは、ロジット型の立地ゾーン選択確率にしたがって、各世帯を乱数でゾーンに配分する。しかしながら、選択確率は初期時点のデータを用いて計算され、その時間変化は考えないため、時間が長期になる程、当てはまりは悪くなる可能性がある。一方で、人口、空家率等、いくつかのデータについては統計調査の行われる時点で観測データが得られるため、それらを組み合わせることでモデルの予測精度が改善すると考えられる(データ同化、樋口編, 2011)。本研究では、佐藤・樋口(2008)の消費者来店行動に関するモデルを応用し、転居マイクロシミュレーションモデルをデータ同化する方法論を開発する予定である。また、立地選択において空間相関を明示的に考慮した新たなモデルを開発することも課題の一つである。



$$\text{観測モデル: } P(y_{i,t}^h | P_{i,t}^h, P_{i,m}^h) = (P_{i,t}^h \cdot P_{i,m}^h)^{y_{i,t}^h} (1 - P_{i,t}^h \cdot P_{i,m}^h)^{1-y_{i,t}^h}; \quad P_{i,t}^h = \frac{\exp(u_{i,t}^h)}{\sum_i \exp(u_{i,t}^h)}; \quad P_{i,m}^h$$

$$\text{システムモデル: } Z_{i,t}^h \sim f_{i,t}^h(Z_{i,t}^h, v_{i,t}^h)$$

ゾーン選択確率 転居確率

ただし、 $t$  期に世帯  $h$  がゾーン  $i$  に立地:  $y_{i,t}^h = 1$ , そうでない:  $y_{i,t}^h = 0$ ;  $u_{i,t}^h = f(X_{i,t}^h, Z_{i,t}^h)$ : 立地効用  
 $X_{i,t}^h$ : 説明変数ベクトル,  $Z_{i,t}^h$ : 時変パラメータベクトル

同様に電力需要にモデルにも、一般化状態空間モデルの枠組みで、計測データの同化による予測精度の向上が可能であると考えられる。しかしながら、このような取り組みは現状ほとんど見られない。短期電力需要の予測は、非線形予測であるため、ニューラルネット、ガウシアンプロセス等が用いられることが多い(山形・瀬谷, 2012)。本研究では今後、ガウシアンプロセスをベースとした短期電力需要予測モデルを開発し、データ同化手法(粒子フィルタ)を取り入れてゆく予定である。これにより、計測したスマートメータのデータを活用し、地域レベルの電力需要を精度よく予測するための方法論を確立したいと考えている。

## 【参考文献】

- ・佐藤忠彦・樋口知之: 動的個人モデルによる消費者来店行動の解析, 日本統計学会誌, 38(1), 1-19, 2008.
- ・樋口知之編: データ同化入門, 朝倉書店, 2011.
- ・山形与志樹・瀬谷創: 土地利用・交通・エネルギーモデルの展望, 土木計画学研究・講演集, 45, CD-ROM, 2012.
- ・Matsui, K., Yamagata, Y., Ochiai, H., and Sato, M.: A feasibility study of CO<sub>2</sub> emission evaluation model and real-time metering system in households with EV and PV, presented at the 19<sup>th</sup> ITS World Congress 2012, Austria, 22-26, October, 2012.
- ・Yamagata, Y., and Seya, H.: An integrated modelling for smart city: Toward efficient CO<sub>2</sub> management of EV transport using PV system, presented at the 19<sup>th</sup> ITS World Congress 2012, Austria, 22-26, October, 2012.