

# 多様性を考慮した動的な生活行動決定モデルの構築

川村 淳貴 市川 学 出口 弘 (東京工業大学)

## Development of a Dynamic Model for Inhabitants' Behavior Considering Lifestyle Diversity

\*J. Kawamura M. Ichikawa and H. Deguchi (Tokyo Institute of Technology)

**Abstract**— As a component of next-generation energy system, Smart Community has energy control system called by Demand Response. The experimental Demand Response in Japan has analyzed the relations between electricity price and the amount of reducing power consumption. However, the reduction may affect customers such as their lifestyle. Therefore, it is useful to analyze lifestyle changes or behavior change caused by power reduction. In this study, we propose a inhabitants' behavior model focused on diversity of the individual, to analyze the relations between DR and lifestyle by social simulation.

**Key Words:** Lifestyle, Demand Response, Social Simulation

### 1 はじめに

次世代エネルギーシステムの構成要素の一つとして、需要家が需給調整を行うデマンドレスポンス (DR) がある。家庭向け DR に関しては、主に時間帯に応じて電力料金を調節することでピークシフト・カットを行う電気料金ベースの実証実験が、横浜市、豊田市、けいはんな、北九州市の4都市を中心に行われており、全体としての電力消費量への影響が議論されている<sup>1)2)</sup>。

豊田市では、太陽光発電を設置していない80世帯を対象として、2013年1月から5季連続で実証実験を行っており、2012年度冬に15%、2013年度夏に11%、同冬に10%の電力削減効果が得られたとされている。また、2013年夏には、料金の差による節電行動の違いとして、ピーク時にkWh当たり料金変動無し、50円、80円、110円の4つのケースでDRを実施し、料金変動無しで11%、50円で12%、80円で14%、110円で16%削減したことを確認している<sup>1)</sup>。

また、節電要請の時間帯に関する分析もなされている。豊田市では、大規模な工場が多数あり、工場が一斉に動き出す午前中に電力ピークを迎えることから、9:00-12:00に節電要請を実施している。一方、横浜市では、予想最高気温に基づき、夏期では13:00-16:00、冬期では17:00-20:00に節電要請を実施している<sup>2)</sup>。

一方で、需給調整は需要家の協力があって成り立つため、要請側である電力会社やアグリゲータの視点だけでなく、被要請側である需要家にもたらす影響の議論も必要である。けいはんなの実証実験では、DR要請時の在宅状況や節電行動に関するアンケート調査を行っている<sup>3)</sup>。この調査から、節電要請は空調調節や待機電力削減だけでなく、生活行動そのものにも影響を与えることを示唆している。そこで、本研究では、需要家のライフスタイルに着目する。

本来、ライフスタイルへの節電要請の影響を分析するならば、アンケートやヒアリングなどの実態調査をすべきだが、DR自体が実証実験の最中であり、そのような調査を独自に行うことは困難である。また、ライフスタイルは、人々のライフステージや性別、曜日などの属性によって大きく異なり、属性毎に大域的なことを示すには十分な標本数が必要であることから、実態調査は大規模に成らざるを得ない。

そこで、本研究では、ライフステージや性別、曜日を属性とした生活行動に関する統計調査から、個人が多様な生活行動を振る舞うシミュレーションモデルを構築し、その上で仮想的な社会実験として、節電時の行動様式を仮定したときの生活行動を分析する手法をとる。本論文では、そのベースモデルとなる節電要請を評価可能な生活行動を表現するモデルの構築方法を提案する。

### 2 関連研究と本研究の位置づけ

エネルギー消費に関する生活行動に焦点を当てた研究は、谷本らの研究<sup>4)</sup>と下田らの研究<sup>5)</sup>があり、いずれも生活行動に関する統計調査を用いた生活スケジュールを生成するモデルを提案している。その後、続報として生活行動モデルからエネルギー需要推計モデルや水需要推計モデルに拡張されている。

また、上述の手法に関連する研究として、下田らの手法を組み込んだ家庭部門の全国のエネルギー需要推計モデルを構築し、省エネルギー電力機器の効果を検討する研究<sup>6)</sup>や、スマートコミュニティ構想を受けて、家庭部門だけでなく、人の移動による輸送部門を考慮したコミュニティ型のエネルギー需要推計に関する研究<sup>7)</sup>がなされている。

一方で、統計調査による手法では、エネルギー消費にかかる家電・照明・空調などの利用と生活行動の関係に恣意的な仮定を入れざるを得ないという課題がある。そこで、統計調査によるアプローチ以外の関連研究として、エネルギー消費量の系統をクラスタリングし、センサ情報などに対応させることで、家庭内における行動とエネルギー消費の相互関係を明らかにし、その情報をユーザに開示することで、省エネルギーのための行動改善を促すための研究<sup>8)</sup>がなされている。

谷本らの手法<sup>4)</sup>は、ライフステージや性別、曜日などの属性が等しくても、行動や時間に多様性のある生活行動を表現可能であるが、1日のスケジュール全体を出力するモデルとなっており、任意の時刻で行動様式を変更することができず、節電要請に反応可能なモデルとなっていない。そのため、本研究では、ある時刻に行動様式を動的に変更可能なモデルを構築し、ライフスタイルの再現性をモデルの精度として、先行研究<sup>4)</sup>との比較を行うことでモデルの妥当性を検証する。

### 3 モデル

#### 3.1 統計データと定義と加工

本研究では、NHK 放送文化研究所による生活行動に関する統計調査<sup>9)</sup>を用いる。統計データには、調査対象の性別や就業状態、曜日などの属性分類<sup>1)</sup>のもと、行為分類<sup>2)</sup>ごとのデータが存在する。属性分類集合  $Attr = \{a_i | i = 1, 2, \dots, n\_attr\}$ 、行為分類集合  $Beh = \{b_j | j = 1, 2, \dots, n\_beh\}$ 、定義域  $\{0, 1, \dots, 95\}$  をとる時刻変数  $t$  とするとき、統計データを Table 1 に示す。総務省が行っている生活行動に関する調査<sup>10)</sup>も存在するが、各行為の継続時間に関する標準偏差が存在しないため、主として用いない。なお、行為者標準偏差 (B) は (1) 式で解析的に算出することができる。

Table 1: Definition of Statistical Data

データ	定義
行為者比率 $r(a_i, b_j)$	1日の中で行為 $b_j$ を15分以上した人が全体を占める割合
時刻別行為者率 $p(a_i, b_j, t)$	(15分刻み)時刻 $t$ のとき、行為 $b_j$ をしている人が全体に占める割合
全体平均時間(A) $\mu_A(a_i, b_j)$	行為 $b_j$ をしなかった人を含めた全員の時間量の平均
全体標準偏差(A) $\sigma_A(a_i, b_j)$	行為 $b_j$ をしなかった人を含めた全員の時間量のばらつき
行為者平均時間(B) $\mu_B(a_i, b_j)$	行為 $b_j$ を15分以上した人の時間量の平均

$$\sigma_B(a_i, b_j) = \sqrt{\frac{\sigma_A(a_i, b_j)^2 + \mu_A(a_i, b_j)^2}{r(a_i, b_j)} - \mu_B(a_i, b_j)^2} \quad (1)$$

また、統計データには、該当行為が1日に何回行われたかという情報が無い。そのため、複数回行われることが想定される行為(通勤、食事など)では、1日の行為回数を規定することで、より現実に近い生活行動を表現できる。そこで、時刻別行為者率  $p(a_i, b_j, t)$  の分布が明確な多峰性を持つとき、その分布を単峰になるように分解し、その峰数を1日の行為回数とする。例えば、「食事」行為に関しては、朝食・昼食・夕食を取ることが一般的であり、峰数も明確に3つ現れる。

このとき、行為分類集合  $Beh$  を更新し、全体平均時間  $\mu_A(a_i, b_j)$  および行為者平均時間  $\mu_B(a_i, b_j)$  は、時刻別行為者率  $p(a_i, b_j, t)$  の単峰の積分値で按分した値とする。全体標準偏差  $\sigma_A(a_i, b_j)$  は、分解前後で変動係数が保持されると仮定して算出し、行為者標準偏差  $\sigma_B(a_i, b_j)$  は、(1) 式で算出し直す。

ただし、明確に多峰性が現れない行為もあるため、ある程度の恣意性が入ることは否めない。本モデルでは、ある行為の多峰性分布を分解するかどうかを判断するため、分解前後でシミュレーション結果の比較を行い、該当行為の統計値とシミュレーション結果の誤差が小さくなるものを採用した。

なお、本モデルの毎ステップは実世界の1分に対応

<sup>1)</sup>男女年層別「10代・20代・30代・40代・50代・60代・70代以上」とする14分類、職業分類別「農林漁業者・自営業者・販売職/サービス職・技能職/作業職・経営職/管理職・専門職/自由職/その他・主婦・無職・学生」とする9分類、男女就業状態別「有職者・勤め人・勤め人以外の有職者」とする6分類、在学別「高校生・中学生・小学生」とする3分類、地域・規模別「東京圏・大阪圏・30万人以上の市・10万人以上の市・5万人以上の市町村・5万人未満の市町村」とする6分類、計38分類毎に曜日別「平日・土曜・日曜」の属性(計114分類)が存在する。

する。そのため、シミュレーション内の時刻は、定義域  $\{0, 1, \dots, 1439\}$  をとる変数  $step$  によって定義される。

#### 3.2 エージェントの保持変数と意思決定フロー

このモデルにおけるエージェントは生活行動を行う人間である。各エージェントは属性  $a_i$  を持つ他に、行為時間集合  $ScheduleSet = \{st_j | j = 1, 2, \dots, n\_beh, st_j \in \mathbb{N}^+\}$ 、現在行為  $currentBehavior \in Beh$ 、現在行為の残量  $residualTime = st_j$  の保持変数を持つ。各保持変数の説明を Table 2 に示す。

Table 2: Agent's Variables

保持変数名	説明
行為時間集合 $ScheduleSet$	各行為の継続時間[min.]の集合。エージェントが各行為 $b_j$ を何分行うかが格納されている。
現在行為 $currentBehavior$	エージェントが現在行っている行為を表す。
現在行為の残量 $residualTime$	$currentBehavior$ に対応する $ScheduleSet$ 内の行為継続時間[min.]を表す。
起床時刻 $wakeupTime$	エージェントはこの時刻に従って起床し、フローチャートに従って行為決定を始める。

モデル内では、初期値として、平均起床時刻に関する確率分布<sup>10)</sup>に従って、各エージェントの起床時刻が決定される。エージェントは、その起床時刻から自身の保持変数と Fig. 1 のフローチャートに従って意思決定を行う。なお、1日に1回行われる  $ScheduleSet$  の更新はスケジュール決定アルゴリズムによって決定され、次の行為を選択する際の  $currentBehavior$  の更新は行為決定アルゴリズムによって決定される。2つのアルゴリズムについては次節で説明する。

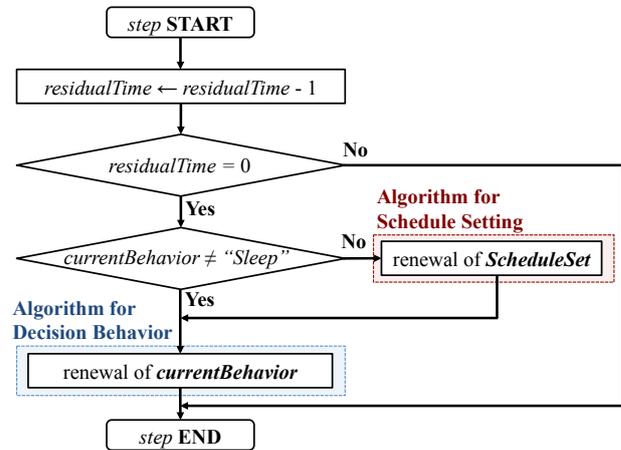


Fig. 1: Flowchart of Agent in Simulation 'step'

<sup>2)</sup>NHK 調査<sup>9)</sup>の小分類(28分類)データを用いるが、電力消費に関連する「炊事・掃除・洗濯」行為は分割した方が都合が良い。総務省調査<sup>10)</sup>では、90分類で時刻別行為者率が存在するため、炊事を「食事の管理」、掃除を「住まいの手入れ・整理」、洗濯を「衣類の手入れ」に対応すると仮定し、時刻別行為者率を用いて按分することで次の30分類とした。

1. 睡眠、2. 食事、3. 身の回りの用事、4. 療養・静養、5. 仕事、6. 仕事のつきあい、7. 授業・学内の活動、8. 学校内の学習、9. 炊事、10. 掃除、11. 洗濯、12. 買い物、13. 子どもの世話、14. 家庭雑事、15. 通勤、16. 通学、17. 社会参加、18. 会話・交際、19. スポーツ、20. 行楽・散策、21. 趣味・娯楽・教養、22. インターネット、23. テレビ、24. ラジオ、25. 新聞、26. 雑誌・マンガ・本、27. CD・テープ、28. ビデオ・DVD、29. 休息、30. その他

### 3.3 スケジュール決定アルゴリズム

スケジュール決定アルゴリズムでは、1日に行う生活行為を選択し、選択された行為の行為継続時間  $st_j$  を算出し、エージェントの  $ScheduleSet$  に格納する。疑似コードを Algorithm 1 に示し、概要を以下に示す。

---

#### Algorithm 1 Schedule Setting

---

**Require:**  $r(a_i, b_j), \mu_B(a_i, b_j), \sigma_B(a_i, b_j)$   
**Ensure:** calculate all  $st_j$  in  $ScheduleSet$

- 1:  $ScheduleSet = \{st_j | j = 1, 2, \dots, n\_beh, st_j \in \mathbb{N}^+\}$
- 2:  $DummySet = \{dst_j | dst_j \in \{0, 1\}\}$
- 3:  $u(0, 1)$ : function generating uniform random number (Range :  $[0, 1]$ )
- 4:  $LN(\mu, \sigma)$ : function generating lognormal random number
- 5: **while**  $1440 - \alpha \leq \sum_{j=1}^{n\_beh} st_j \leq 1440 + \alpha$  **do**
- 6:   **for**  $j \in 1, 2, \dots, n\_beh$  **do**
- 7:     **if**  $u(0, 1) \leq r(a_i, b_j)$  **then**
- 8:        $dst_j \leftarrow 1$
- 9:     **else**  $\{u(0, 1) > r(a_i, b_j)\}$
- 10:        $dst_j \leftarrow 0$
- 11:     **end if**
- 12:   **end for**
- 13:   **for**  $j \in 1, 2, \dots, n\_beh$  **do**
- 14:     **if**  $dst_j = 1$  **then**
- 15:        $st_j \leftarrow LN(\mu_B(a_i, b_j), \sigma_B(a_i, b_j))$
- 16:     **else**  $\{dst_j = 0\}$
- 17:        $st_j \leftarrow 0$
- 18:     **end if**
- 19:   **end for**
- 20: **end while**
- 21: **return**  $ScheduleSet$

---

#### Step.1 各行為を行うか否かの決定 (6–12 行)

1日に行為  $b_j$  の選択を行為者比率  $r(a_i, b_j)$  に従って決定する。このとき、妥当な生活行動を表現するため、通勤(通学)を選択するならば、必ず仕事(学校)も選択する従属制約を仮定する。

#### Step.2 行為継続時間 $st_j$ の算出 (13–19 行)

行為  $b_j$  の行為継続時間分布を平均  $\mu_B(a_i, b_j)$ 、標準偏差  $\sigma_B(a_i, b_j)$  の対数正規分布に従うと仮定し、Step.1 で選択された行為のみ、対数正規乱数によって  $ScheduleSet$  内の行為継続時間  $st_j$  を算出する。なお、対数正規分布を仮定するのは取り得る値が非負であるためである。

#### Step.3 判定処理 (5, 20 行)

行為継続時間の総和が  $1440 \pm 15[min.]$  であれば、 $ScheduleSet$  として採用する。これは、大まかな1日のスケジュールとなるための制約である。そうでなければ、Step.1 に戻り再び行為を選び直す。

#### 3.3.1 従属制約

スケジュール決定アルゴリズムでは、モデルの精度向上のため、2つの従属制約を仮定している。

1つ目は、多峰性分布を分解した行為について、Step.1 における判定は1回とする制約である。例えば、食事1、食事3が選択され、食事2が選択されないというスケジュールは認められない。これは、分解

前と分解後の行為者平均時間や行為者標準偏差が一致しなくなることを避けるためである。

2つ目は、行為：通勤(通学)–仕事(学校)について、通勤(通学)が選択された場合は、必ず仕事(学校)も選択されるとする制約である。これは、出勤(登校)および退勤(下校)をしたにもかかわらず、仕事(学校)が選択されないのは不自然であると考えられるためである。

### 3.4 行為決定アルゴリズム

行為決定アルゴリズムでは、遺伝的アルゴリズムにおける選択の手法の一つであるルーレット選択により、次に行う行為を決定し、 $currentBehavior$  を更新する。ここでは、個体を各エージェントが持つ  $ScheduleSet$  における  $st_j > 0$  となる行為、適応度を各行為の時刻別行為者率  $p(a_i, b_j, t)$  としてルーレット選択を適応する。疑似コードを Algorithm 2 に示し、概要を以下に示す。

---

#### Algorithm 2 Decision Behavior

---

**Require:**  $ScheduleSet, p(a_i, b_j, t), step$   
**Ensure:** decide  $currentBehavior$

- 1:  $t \leftarrow step/15$
- 2:  $rand \leftarrow u(0, 1)$
- 3:  $sumProb \leftarrow 0, selProb \leftarrow 0$
- 4:  $u(0, 1)$ : function generating uniform random number (Range :  $[0, 1]$ )
- 5: **for**  $j \in 1, 2, \dots, n\_beh$  **do**
- 6:   **if**  $st_j > 0$  **then**
- 7:      $sumProb \leftarrow sumProb + p(a_i, b_j, t)$
- 8:   **end if**
- 9: **end for**
- 10: **if**  $sumProb = 0$  **then**
- 11:   **return** “sleep”
- 12: **end if**
- 13: **for**  $j \in 1, 2, \dots, n\_beh$  **do**
- 14:   **if**  $st_j > 0$  **then**
- 15:      $selProb \leftarrow selProb + p(a_i, b_j, t)/sumProb$
- 16:     **if**  $selProb > rand$  **then**
- 17:       **return**  $b_j$
- 18:     **end if**
- 19:   **end if**
- 20: **end for**

---

#### Step.1 sumProb の算出 (5–12 行)

各エージェントの  $ScheduleSet$  内 (“Sleep”を除く)に予定のある行為 ( $st_j > 0$ ) における、時刻別行為者率  $p(a_i, b_j, t)$  の総和  $sumProb$  を算出する。“Sleep”を除くのは、スケジュールの最後に行う行為を “Sleep” と仮定しているためである。従って、 $sumProb$  が 0 ならば “Sleep” 以外の全てのスケジュールが終わったとして、 $currentBehavior$  に “Sleep” を代入する。

#### Step.2 ルーレット選択による決定 (13–20 行)

$sumProb > 0$  ならば、“Sleep” 以外に選択できる行為が  $ScheduleSet$  内に存在する。このとき、個体を  $ScheduleSet$  内に予定のある行為 ( $st_j > 0$ ) とし、適応度を該当する行為の時刻別行為者率  $p(a_i, b_j, t)$  としてルーレット選択を行う。

### 3.4.1 順序制約

行為決定アルゴリズムでは、モデルの精度向上のため、順序制約を2つ設定している。

1つ目は、多峰性分布を分解した行為について、分割した行為を連続で選択しないとする制約である。例えば、仕事1が終了した後、次の行為として仕事2を選択することはできない。これは、行為回数を規定するために多峰性分布の分解をしており、行為回数を数えるためには、該当行為の間に別の行為が少なくとも一つ以上行われる必要があるためである。

2つ目は、行為：通勤(通学)–仕事(学校)について、通勤1(通学1)が *ScheduleSet* 内に存在するならば、仕事1(学校1)は選択されず、同様に、仕事2(学校2)が *ScheduleSet* 内に存在するならば、通勤2(通学2)は選択されないとする制約である。これは、この順序制約を入れることにより、モデルの精度が向上するためである。

## 4 モデルの検証

人間を対象とする社会シミュレーション研究では、構築したモデルを検証する手続きは2つあるとされる。1つは、構築したモデルを基にコーディングしたプログラムが、期待されたように動くことを確認するモデルの正当性 (verification) である。もう1つは、得られたシミュレーション結果から、対象となる現象を表現するモデルとして良いかどうかを判断するモデルの妥当性 (validation) である<sup>11)</sup>。

正当性の検証では、行為選択・時間の多様性や各制約が全てのエージェントに機能していることを示す必要があるが、紙面の都合上省略する。ここでは、妥当性の検証として、統計調査による統計量とシミュレーション結果から得られた統計量を比較し、ライフスタイルの再現を確認する。

### 4.1 スケジュール決定アルゴリズムの検証

スケジュール決定アルゴリズムの検証では、選択された行為時間集合 *ScheduleSet* の結果および統計調査について、行為者比率、全体平均時間 (A), 全体標準偏差 (A) で比較することで、妥当性を検証する。ここでは、属性：有職者・男性・平日について1000エージェント発生させた場合について比較を行った。

Fig. 2は、行為者比率、全体平均時間 (A), 全体標準偏差 (A) について、シミュレーション値を縦軸、統計値を横軸としてプロットした散布図である。これは、グラフの来各線上に近いほど統計調査の値と一致していることを表している。

行為者比率と全体平均時間 (A) については、概ね統計調査の値と一致していることが読み取れる。ただし、「仕事」行為に関しては、統計調査の値より行為者比率が高く、全体平均時間 (A) も大きくなっている。これは、「仕事」行為における統計調査の全体平均時間 (A) が大きいため、Step. 1で「仕事」行為が選択されないとき、Step. 3の判定条件を満たせないためである。

また「テレビ」行為に関しては、行為者比率および全体平均時間ともに統計調査の値より小さくなった。これは、属性：有職者・男性・平日の1日を大きく占める「睡眠」行為と「仕事」行為の行為者比率がほぼ1であるため、次に行為者平均時間が大きい「テレビ」行為が選択されると、Step. 3の判定条件を満たせず、そ

のため、判定条件を満たす場合は行為継続時間が小さいときに限られ、行為者比率は小さくなったと考えられる。

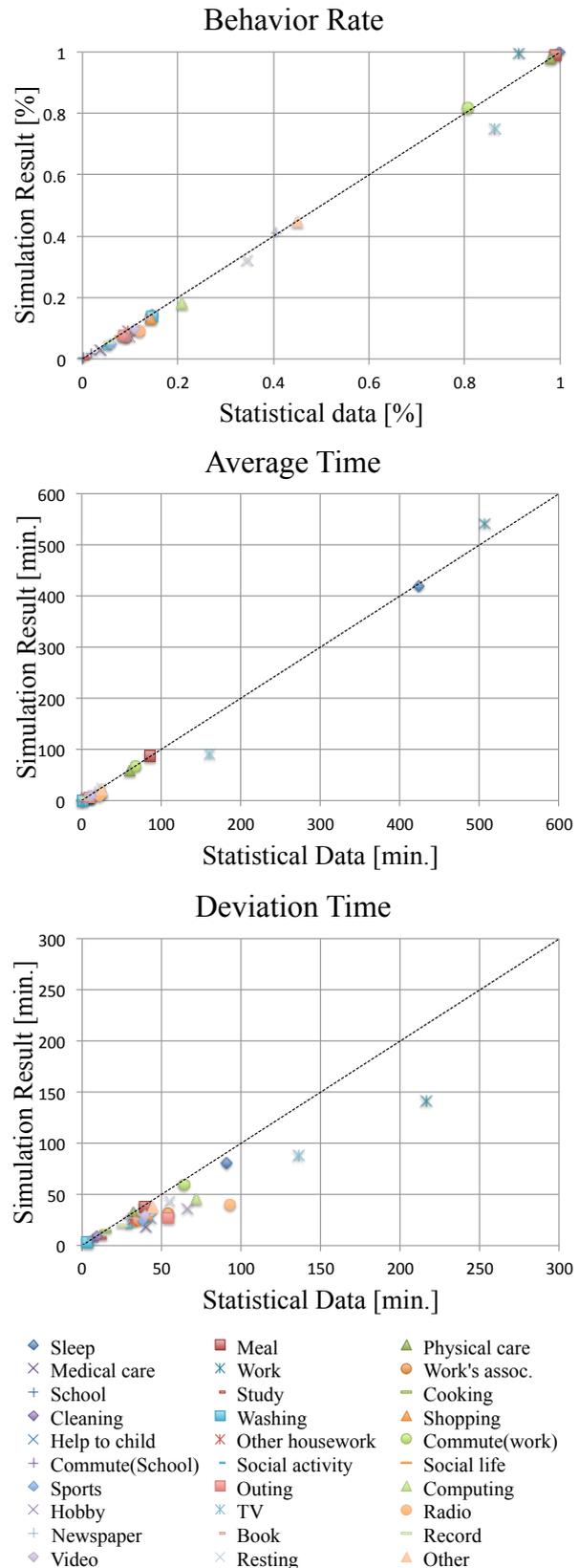


Fig. 2: Statistical Data and Simulation Result (Behavior Rate, Average Time, and Deviation Time)

全体標準偏差 (A) については、統計調査の値よりも小さくなる傾向が得られた。これも Step. 3 における判定条件の影響によるものであると考えられる。判定処理条件とする  $1440 \pm \alpha[\text{min.}]$  の  $\alpha$  を大きくすることで判定条件を緩めれば、統計調査の値により近づくと考えられるが、次の日の起床時刻がそれだけばらつくこととなる。

#### 4.2 行為決定アルゴリズムの検証

行為決定アルゴリズムの検証では、シミュレーション結果および統計調査について、時刻別行為者率で比較することで、妥当性を検証する。ここでは、スケジュール決定アルゴリズムの検証と同様に、属性：有職者・男性・平日について 1000 エージェント発生させた場合について比較を行った。

Fig. 3 は、統計調査の値とシミュレーション結果について、各行為の時刻別行為者率を 100 % 積み上げ面グラフで示したものである。比較より、概ね統計調査の値と一致していることが読み取れる。ただし、12:00 頃の「食事」行為の峰性の再現が乏しく、それに伴う

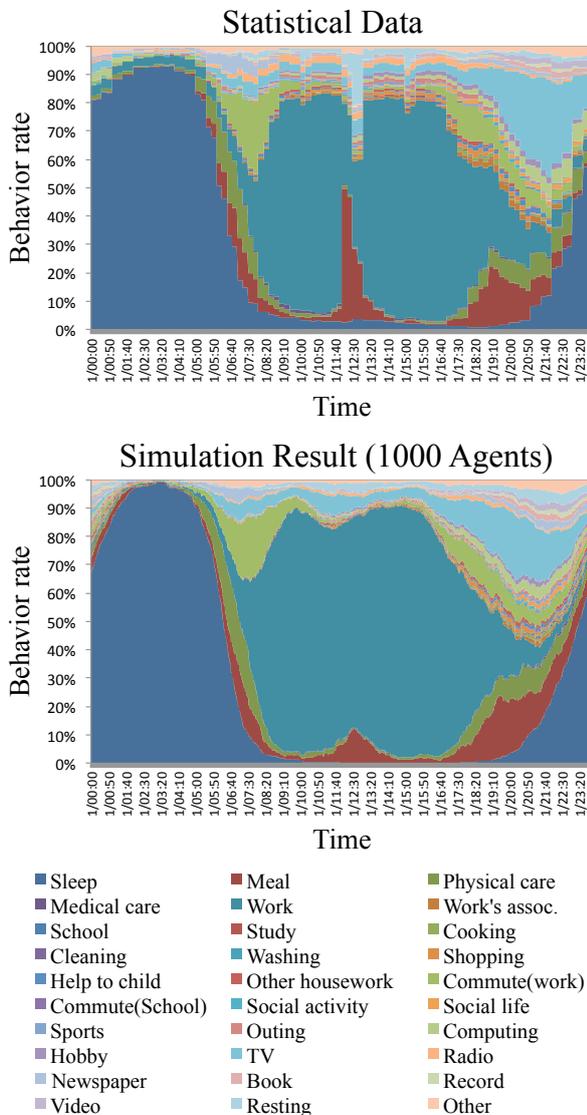


Fig. 3: Statistical Data and Simulation Result (Time-series Behavior Ratio)

「仕事」行為の峰性の再現が乏しい。また、20:00 以降に「テレビ」行為の大きなピークを迎えるが、統計調査の値より小さくなることが確認できる。

#### 4.3 評価値による安定性と優位性の検証

先行研究<sup>4)</sup>では、統計調査の値との全体の誤差を評価するために、(2) 式の評価指標を定義している。なお、 $p_s(a_i, b_j, step)$  はシミュレーション結果の時刻別行為者率である。

$$EST(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^{n\_beh} \sum_{t=0}^{95} \sum_{s=0}^{14} |p(a_i, b_j, t) - p_s(a_i, b_j, 15t + s)|}{n\_beh \times 96 \times 15} \quad (2)$$

EST 値そのものには意味が無いが、時刻単位で行動様式を変更可能にした本研究の手法と先行研究の手法の精度を比較することができる。そこで、モデルの安定性の確認として、5 回分のシミュレーション結果 (1000 エージェント) の EST 値の最大値と最小値を示した上で、先行研究が扱った属性毎に本モデルの平均値と先行研究の EST 値で比較した。

Table 3 より、EST 値は概ね同等もしくは小さいことが読み取れる。すなわち、時刻単位での行動様式を変更可能にしつつ、同等の精度を持つモデルを構築できたことがわかる。従って、先行研究のモデルを改良できたと言える。さらに、EST 値の最大値と最小値から、モデルの安定性のある程度認めることができる。

Table 3: EST Value of Previous Research's Result<sup>4)</sup> and Simulation Result

属性 $a_i$	本研究の提案手法			先行研究	
	max	min	average		
勤め人・男性	平日	0.0088	0.0086	0.0087	0.0151
	土曜	0.0121	0.0118	0.0119	0.0175
	日曜	0.0115	0.0108	0.0110	0.0163
勤め人・女性	平日	0.0118	0.0113	0.0116	0.0262
	土曜	0.0126	0.0120	0.0123	0.0163
	日曜	0.0131	0.0125	0.0127	0.0166
70歳以上・男性	平日	0.0140	0.0136	0.0137	0.0189
	土曜	0.0138	0.0132	0.0135	0.0140
	日曜	0.0132	0.0129	0.0131	0.0142
70歳以上・女性	平日	0.0140	0.0138	0.0139	0.0159
	土曜	0.0133	0.0128	0.0131	0.0161
	日曜	0.0149	0.0144	0.0147	0.0138
主婦	平日	0.0138	0.0135	0.0136	0.0137
	土曜	0.0140	0.0134	0.0137	0.0143
	日曜	0.0144	0.0141	0.0143	0.0148
高校生	平日	0.0104	0.0103	0.0103	0.0156
	土曜	0.0155	0.0150	0.0153	0.0167
	日曜	0.0159	0.0157	0.0158	0.0162
中学生	平日	0.0115	0.0115	0.0115	0.0134
	土曜	0.0166	0.0165	0.0165	0.0198
	日曜	0.0142	0.0138	0.0140	0.0155
小学生	平日	0.0134	0.0132	0.0133	0.0130
	土曜	0.0146	0.0142	0.0145	0.0142
	日曜	0.0151	0.0147	0.0150	0.0118

また、通勤(通学)と仕事(学校)に導入した従属・順序制約により、制約が大きく関連する属性である、勤め人・平日や学生・平日のEST値が、他の属性と比べて大きく減少していることが読み取れる。

## 5 おわりに

本研究では、エネルギー消費に関わる生活行動に着目し、DRによるライフスタイルの影響を分析するために、時刻単位での行動様式を変更可能にした上で、個人が多様な生活行動を振る舞うシミュレーションモデルの手法を提案した。ライフステージや性別、曜日とする様々な属性を表現可能であることを示した上で、統計調査による統計量の比較および先行研究による評価値の比較により、モデルの精度としてライフスタイルの再現に関する妥当性・安定性・優位性を示した。

今後の課題としては、モデルの改善として時刻別行為率の各行為の誤差(EST値)をさらに小さくすることである。通勤(通学)と仕事(学校)の行為間に制約を加えることで、勤め人や学生の全体誤差を小さくしたことから、他の行為間の妥当な制約を加えることで、他の属性も改善できる可能性がある。

今後の展望としては、節電時の行動様式を定義することで、本モデルを用いた節電要請によるライフスタイルの影響評価を行う。このとき、電力価格ベースでDRの実証実験が行われていることから、電力価格に反応するような行動様式を定式化する必要がある。そのためには、電力価格を踏まえた節電意識や節電時の行動様式やDRに関する文献調査を行う必要があると考えられる。

## 謝辞

この研究は科学技術融合振興財団の助成を受けて行われた。ここに謝意を表す。

## 参考文献

- 1) Japan Smart City Portal : 160世帯を対象にしたDR実証で電力使用抑制を確認 - 豊田市 (2014) <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscp/20140523/398924/> (閲覧日:2014-08-24)
- 2) Japan Smart City Portal : CEMSが支える国内最大のDR実証実験で最大15.2%のピークカット実現 - 横浜市 (2014) <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscp/20140605/401140/> (閲覧日:2014-08-24)
- 3) Japan Smart City Portal : 冬季の大規模デマンドレスポンスで需要抑制効果を確認 - けいはんな (2013) <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscp/20131129/375437/> (閲覧日:2014-08-24)
- 4) 相良 博喜, 谷本 潤, 萩島 理 : 第3報 普遍的データ生成法, 空気調和・衛生工学会論文集 **105**, 29/35 (2005)
- 5) Yoshiyuki Shimoda et al. : Residential end-use energy simulation at city scale, *Building and Environment* **39**, 959/967 (2004)
- 6) 西尾 健一郎, 浅野 浩志 : 世帯の多様性を考慮した家庭部門エネルギー需要生成ツールの開発, 電力中央研究所研究報告, **Y05008** (2006)
- 7) 渡邊 裕美子, 岩船 由美子 : 人口構成の変化を考慮した地域における長期的なエネルギー需要の推計, エネルギー資源学会論文集 **34**, no.6, 18/28 (2013)
- 8) Chao Chen, Diane J. Cook, and Aaron S. Crandall : The user side of sustainability: Modeling behavior and energy usage in the home, *Pervasive and Mobile Computing* **9**, 161/175 (2013)

- 9) NHK放送文化研究所 : データブック 国民生活時間調査 2010, NHK 出版 (2011)
- 10) 総務省統計局 : 平成23年社会生活基本調査 (2011)
- 11) Nigel Gilbert, Klaus G. Troitzsch : Simulation for the social scientist, Open University Press (1999)