

# 分散型電源が導入された世帯の電力消費モデルの構築

○兵藤峻 市川学 出口弘 (東京工業大学)

## Building a Model of Household Power Consumption with Distributed Generators Installed

\*S. Hyodo, M. Ichikawa and H. Deguchi (Tokyo Institute of Technology)

**Abstract**— Against the power crisis caused by Great East Japan Earthquake and concern about exhaustion of fossil fuels, the spread of distributed generators such as solar power generation and storage battery is promoted. If they become popular, the distributed power system can generate enough electricity power to a community. For analyzing the distributed power system, we will build a model of community power consumption with distributed generators installed. In this paper, as the first step of building the community model, we build a model of household power consumption with distributed generators installed.

**Key Words:** Distributed Generators, Diversity of Behavior, Consumption of a Household

## 1 はじめに

### 1.1 研究背景

東日本大震災に起因する電力危機や化石燃料枯渇への懸念を背景に次世代に向けた電力システムに関する議論が盛んに行われている<sup>1)</sup>。その中で、太陽光発電や蓄電池等の分散型電源の普及が促進されている。しかし、普及した際には、従来需要側だった世帯などの主体が発電するようになることで、発電主体が多様化し電力需給構造が複雑化するという問題や、太陽光発電等の出力が天候に依存するため、発電を従来の化石燃料のように計画的に行う事ができず電力不足時・余剰時において、電力の不安定化が起きるといった問題が生じると考えられる。これらの問題は、現在の集中型電力システムでは対応が難しいと考えられている<sup>2)</sup>。このことから、将来的には電力システムは、現在需要側である家庭やビル等を電力システムに組み込み、コミュニティ内で発電・蓄電・電力需給調整を行い上述の複雑化、不安定化に対応できるような自律・分散型へと移行すると考える。

### 1.2 研究目的

上記の背景のもと本研究では自律・分散型システムに着目し、モデルの構築およびそれを用いた分析を行う。太陽光発電や蓄電池といった分散型電源が各世帯に導入された仮想コミュニティ<sup>1)</sup>において、各世帯の人々が自律的に行動し電力消費を行う現象を表現できるモデルの構築を行う。その上で、コミュニティ内での電力融通、電力消費行動、電力自給率の三つの観点に着目し分析を行う。

## 2 関連研究と本研究の位置づけ

現在、自律・分散型電力システムに関する研究は多々行われている。松山ら<sup>3)</sup>は、家庭・オフィスなどに配置される分散型電源を効率的に管理運用するための新たなエネルギーマネジメント方式として「エネルギーの情報化」というコンセプトを提案し、研究開発を行っている。

また、谷口ら<sup>4)</sup>は各世帯や各事業所に発電装置と蓄電池を設置する分散型の電力網を前提とした自律分散型

スマートグリッド i-Rene(Inter Intelligent Renewable Energy Network) と呼ばれる地産地消型の電力ネットワークモデルを提案し研究を進めている。さらに、伊藤ら<sup>5)</sup>は大型蓄電池や電力売買による電力マネジメントにより、電力自給率がどう変化するかの研究を行っている。松山らの研究は、コミュニティでの電力自給を想定している点で、本研究と関連するが、彼らの研究の中心は、「エネルギーの情報化」実現に向けたデバイス開発であり、シミュレーション研究である本研究とは異なる。谷口ら、伊藤らの研究は分散型電源活用し、電力のマネジメントを試みるという点で本研究と関連する。しかし、かれらの研究は、電力マネジメントの方法により電力自給率がどう変化するかが議論の中心であり、本研究で着目する人々の生活行動が考慮されていない。そのため、人々が行動し電力消費を行う中で発電、蓄電、電力融通により電力状況がどう変化するか議論が行われていない。その中で、本研究では、各世帯の人々が自律的に行動し電力消費を行う現象を表現できるモデルの構築を行う。そのため、本研究では、電力融通方法、電力自給率に加え人々の生活行動も踏まえ分析可能となる。この点で本研究は他研究にない新規性を有する。

## 3 モデル

### 3.1 全体像

本研究では、太陽光発電や蓄電池といった分散型電源を備えた各世帯の人々が生活行動を行う中で電力消費を行い、さらには世帯間で電力状況に応じて電力融通を行えるモデルの構築を行う。モデル構築は二段階にわたって行う。一段階目は、1つの世帯についての電力消費の表現および、分散型電源の導入である。分散型電源は、世帯との親和性が高い太陽光発電と蓄電池をモデルに組み込む。

そして、二段階目は、一段階目で構築した世帯モデル間で電力融通を行えるコミュニティモデルの構築である。それに向け、現段階では、一段階目である分散型電源が導入された世帯の電力消費を表現できるモデルの構築を行った。今回構築したモデルは「生活行動モデル」、「電力消費モデル」、「分散型電源モデル」の三つに分けられる。それぞれについて以下で説明する。また、モデルの全体像のイメージを Fig.1 に示す。

<sup>1</sup>ここでは、十軒以下程度から数千軒の世帯の集まりとする

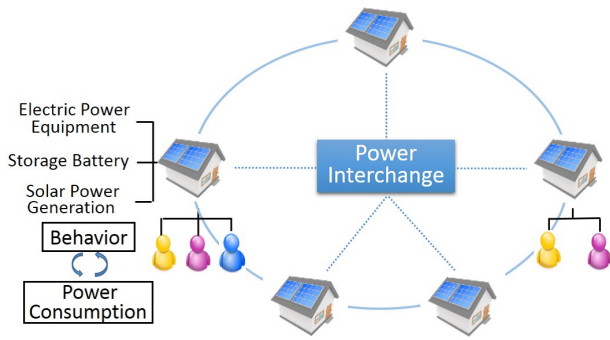


Fig. 1: model image

### 3.2 生活行動モデル

本モデルは、世帯各人の属性（主婦\_土曜日, 男勤め人\_平日 etc）ごとに生活行動スケジュールを作成するモデルである。生活行動スケジュール作成においては、NHK 放送文化研究所による生活行動に関する統計データ<sup>6)</sup>を主として使用する。統計データの小分類の行為28種類と、その中の「炊事・掃除・掃除」を統計データ<sup>7)</sup>の時刻別行為者率を用いて、「炊事」「掃除」「洗濯」とにわけた合計30分類の行為が行われる。そして、それらは属性別の行為の行為者比率、平均時間、標準偏差、時刻別行為確率を基に決定される1日の行動スケジュールに沿って実行される。モデルの1ステップは実世界の1分に相当する。属性別のデータを使用することで、多様性のある生活行動を実現している。モデルの詳細については文献<sup>8)</sup>を参照されたい。

### 3.3 電力消費モデル

本モデルは、世帯の電力消費モデルを表現するモデルである。世帯の各人が、1「行為を世帯内で行うか」、2「行為において電力消費を行うか」の意思決定を行う中で、世帯の電力消費を決定する。1, 2について以下で説明する。また、Fig.2にモデル内での各人の意思決定の流れ、Table1に行為分類の一覧、および各行為の在宅状況と電力消費可能性を示す。  
 (在宅状況：○必ず在宅 ×必ず非在宅 △在宅率に依存  
 電力消費：○電力消費可能性あり ×電力消費可能性なし)

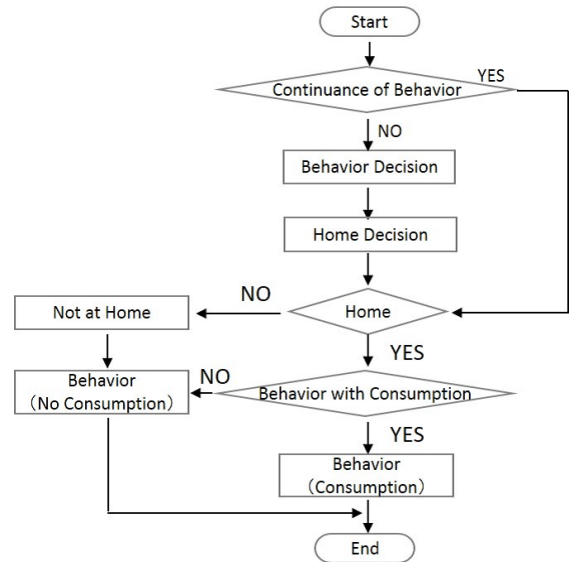


Fig. 2: Decision Making Flow

#### 3.3.1 在宅判断について

行為が在宅で行われるかどうかは文献<sup>4)</sup>の行為の定義および先行研究<sup>6)</sup>から、行為を

- 「在宅」
- 「非在宅」
- 「在宅率に依存」

の三つに分類し、それに応じて決まるとした。行為の分類が「在宅」の場合は、その行為は常に世帯内で行われる（睡眠、炊事 etc）。逆に行為の分類が「非在宅」の場合は、その行為は常に世帯外で行われる（通勤、通学 etc）。そして「在宅率に依存」の場合、文献<sup>6)</sup>の在宅についての時刻別行為者率  $p(a_{i,j}, b_{k,n}, t)$  を使用し決定するとした（食事、テレビ etc）。

( $a_{i,j}$  : 属性,  $b_{k,n}$  : 行為,  $t$  : 時刻)  
 ( $i$  : 行為者の index,  $j$  : 曜日の index,  $k$  : 行為の index,  $n$  : 行為分割の index)

Table 1: 行為分類の一覧および、各行為の在宅状況と電力消費

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

行為決定時の  $p(a_{i,j}, b_{k,m}, t)$  を在宅判断の選択確率として用い、在宅と判断されれば、該当行為の継続時間の間は在宅、逆の場合非在宅となる。

### 3.3.2 電力消費について

モデル内における電力消費は大きく分けて「行為による消費」「照明による消費」の2つに分類される。

ここで、時刻  $t$  における

「行為による消費」での電力消費量を  $C^{behavior}(t)$

「照明による消費」での電力消費量を  $C^{lighting}(t)$

とする。

「行為による消費」は文献<sup>6)</sup>の行為の定義から行為ごとに「電力消費なし」と「電力消費あり」の二つに分類し、「電力消費あり」の行為が在宅にて行われる場合に電力消費が生じる。そして各行為による電力消費量は、各行為とその行為により使用が想定される一般的な電力機器、その機器の消費電力、使用時間、使用確率を設定し、それを基に算出される。また、想定した機器で待機電力が生じると考えられるものは、常に待機電力が発生する。機器の消費電力、待機電力については資料<sup>10)11)</sup>を基に設定した。使用時間、使用確率については、資料<sup>10)</sup>を利用し設定した。使用時間、使用確率についての詳細は後述する。Table2にモデル内で考慮した電力機器、それらの消費電力、待機電力、その機器に対応する行為、機器使用時間、使用確率を示す。なお機器の保有数については、資料<sup>10)</sup>の世帯人数別機器保有率を用いて、世帯人数に応じて保有数が設定されるようにした。

「照明による消費」は先行研究<sup>12)</sup>を参考に設定した。点灯可能時間は0:00~8:00, 18:00~24:00とした。そして、照明による電力消費量は以下の(1)式で定義した。

$$C^{lighting}(t) = P^{HomeWakeUp}(t) \times F \times L \times 1/60 \quad (1)$$

$C^{lighting}(t)$ : 時刻  $t$  における照明による電力消費量

$P^{HomeWakeUp}(t)$ : 時刻  $t$  における起床在宅者人数 (人)

$F$ : 世帯人員1人あたりの平均床面積  $36m^2$ <sup>13)</sup>

$L$ :  $1m^2$  あたりの照明量  $5W$ <sup>14)</sup>

#### 機器の使用時間、使用確率について

電力消費を表現するためには、行為と結びつけた機器の使用時間、使用確率を設定する必要がある。行為には、行為と機器の使用が直接紐付けられるものとそ

うでないものがある。行為と機器の使用が直接紐くものについては、行為が行われる際には、行為継続時間にわたってその機器を使用していると考えられるので、行為継続時間を使用時間、使用確率を100%とした。行為と機器の使用が直接紐付かないものに関しても、使用時間、使用確率を設定する必要がある。しかし、上記のように行為継続時間にわたって機器を使用し続けるとするのは不適切である。なぜなら、たとえば炊事や掃除などにおいて、電子レンジや掃除機を使用し続けるとは考えづらいからである。そこで、以下のように設定した。

今回考慮した電力機器の中で、行為と機器の使用が直接紐づかないものは「ドライヤー」「電子レンジ」「トースター」「炊飯器」「掃除機」「洗濯機」の六つである。その中で、個人のために使用される機器「ドライヤー」については、文献<sup>14)</sup>を参考に、使用時間を開始3分、使用確率を100%とした。他の機器に関しては、使用が世帯の他の人員にも関係する機器だと考えられる。(毎回炊事において、世帯の全員が電子レンジを使用するとは考えづらい)そこで、これらの機器の使用時間、使用確率については世帯人員に依存し決定するとした。決定方法について以下に示す。

世帯人員に依存して、使用時間・確率が決まる機器は「電子レンジ」「トースター」「炊飯器」「掃除機」「洗濯機」である。これらの機器の使用を考えた際に、同様のルールで使用時間、使用確率を設定するのは不適切だと考えられる。なぜなら、それぞれの一日の使用頻度、一回における使用時間が異なるからである。そこで、Table3に示したように、機器の分類を行った。この分類から、機器の使用回数を分類Aの場合は、無制限、分類Bの場合は、一日一回とした。そして分類毎に使用時間、使用確率を設定した。

Table 3: 電力機器の分類

分類	使用時間・頻度	電力機器
分類A	使用時間: 短 使用頻度: 多	電子レンジ, トースター 掃除機
分類B	使用時間: 長 使用頻度: 少	炊飯器 洗濯機

#### 使用時間

分類の機器については、普段その行為を行う時間が

Table 2: 考慮した電力機器、消費・待機電力、対応行為、および使用時間・確率

電力機器	消費電力 (W)	待機電力 (W)	対応行為	使用時間	使用確率 (%)
ドライヤー	1000	0	身の回りの用事	行為開始から3分	100
電子レンジ	1300	2.74	炊事	世帯人員に依存	世帯人員に依存
トースター	1000	0.04			
炊飯器	1000	0.9			
掃除機	1000	0	掃除	世帯人員に依存	100
洗濯機	500	3.45	洗濯	世帯人員に依存	100
ラジオ・CD	30	10.48	ラジオ・CD	行為継続時間	100
DVD	30	11.33	DVD	行為継続時間	100
TV	150	3.2	TV	行為継続時間	100
PC	50	0	PC	行為継続時間	100
冷蔵庫	300	0	—	常に使用	—

長い属性の人間が、その機器を使用する場合に長めの時間使用すると考えられる。そこで、機器の使用時間は以下の (2) 式で定義した。

$$t_{use}(a_{i,j}, b_{k,n}, l) = T_{1l} \times \frac{\mu_B(a_{i,j}, b_{k,n})}{\sum_{member\ home} \mu_B(a_{i,j}, b_{k,n})} \quad (2)$$

分類 B については、使用者が世帯の誰であっても、機器の使用を始めたら途中で機器を止める可能性が低いと考えられる。そこで、使用時間を以下 (3) 式のように定義した。

$$t_{use}(a_{i,j}, b_{k,n}, l) = T_{2l} B \quad (3)$$

$l$  : 電力機器

$t_{use}(a_{i,j}, b_{k,n}, l)$  :  $a_{i,j}$  の  $b_{k,n}$  における機器  $l$  の使用時間

$\mu_B(a_{i,j}, b_{k,n})$  :  $a_{i,j}$  による  $b_{k,n}$  の行為者平均時間

$T_{1l}$  : 分類 A 機器の使用時間統計データ<sup>10)</sup>

$T_{2l}$  : 分類機器の使用時間統計データ<sup>10)</sup>

### 使用確率

分類 A 機器は、行為が複数回にわたって行われる場合でも (ex. 主婦は炊事が炊事 1,2,3 に分割されている), その機器を使用する確率は同程度だと考えられる (主婦が炊事において、朝も昼も夜も、同程度で電子レンジを使う) そこで、以下 (4) 式のように定義した。

$$p_{use}(a_{i,j}, b_{k,n}, l) = \frac{\sum_{n=1}^N \mu_B(a_{i,j}, b_{k,n})}{\sum_{member\ home} \mu_B(a_{i,j}, b_{k,n})} \quad (4)$$

$N$  : 行為の分割数 (ex. 主婦 炊事なら炊事 1,2,3 に分割されているので、 $N = 3$  となる)

$member\ home$  : 世帯人員

分類 B 機器は、使用回数が一日一回である。使用が特定のタイミングに偏りすぎないようにするため、以下 (5) 式のように定義した。

$$p_{use}(a_{i,j}, b_{k,n}, l) = \frac{\mu_B(a_{i,j}, b_{k,n})}{\sum_{member\ home} \mu_B(a_{i,j}, b_{k,n})} \quad (5)$$

### 3.4 分散型電源モデル

本モデルにおいて導入する分散型電源は太陽光発電と蓄電池である。資料<sup>15)</sup>を基に太陽光発電量は以下の (6) 式で定義した。

$$G^{solar}(t) = Q^{solar}(t) \times K \times P \div R \times 1/60 \quad (6)$$

$G^{solar}(t)$  : 時刻  $t$  における発電量 (Wh)

$Q^{solar}(t)$  : 時刻  $t$  における日射量 ( $W/m^2$ )

$K$  : 損失係数

$P$  : システム容量 (kW)

$R$  : 標準状態における日射強度 ( $kW/m^2$ )

また、蓄電池については、今回は簡単のため充放電に関して損失なしで行えるとした。そして、充放電は以下に従って行われる。

充電

$G^{solar}(t) - (C^{behavior}(t) + C^{lighting}(t)) = S'(t) > 0$  のとき

$$S(t+1) = S(t) + S'(t)$$

ただし、 $S(t+1) \geq S_{max}$  の場合  $S(t+1) = S_{max}$

放電

$G^{solar}(t) - (C^{behavior}(t) + C^{lighting}(t)) = S'(t) < 0$  のとき

$$S(t+1) = S(t) - S'(t)$$

ただし、 $S(t+1) \leq 0$  の場合  $S(t+1) = 0$

$S(t)$  : 時刻  $t$  における蓄電量

## 4 モデルの評価

ここでは、現段階までに構築したモデルの評価を行う。電力消費モデルにより世帯の電力消費量を求め、それが世帯電力消費の特徴を表現できているかで妥当性評価を行った。次に、太陽光発電のみ導入した場合と、太陽光発電と蓄電池を導入した場合とで、分散型電源導入による世帯の電力状況の変化が表現できているかの確認を行った。

### 4.1 世帯電力消費の表現

現在モデルでは、以下の 9 種類の家族構成を表現できるようにしている。{1. 単身世帯 (男有職者), 2. 単身世帯 (女有職者), 3. 単身世帯 (男老人), 4. 単身世帯 (女老人), 5. 夫婦世帯 (男有職者, 主婦) 6. 老夫婦世帯 (男老人, 女老人) 三人世帯 (男有職者, 主婦, 小学生 or 中学生 or 高校生), 四人世帯 (男有職者, 主婦, (小学生 or 中学生 or 高校生) × 2), 五人世帯 (男有職者, 主婦, (小学生 or 中学生 or 高校生) × 3)}

今回は、ごく一般的な世帯と考えられる主婦, 有職者男, 小学生からなる三人世帯の電力消費量を用いて評価した。

三人世帯を 50 世帯発生させ、1 回 1 週間のシミュレーションを 5 回実行した。そして、1 ステップ (1 分に相当) ごとの電力消費量の平均値を用いて評価を行った。今回評価において用いたデータは、建築の光熱水原単位<sup>16)</sup>のデータとインターネットサイト<sup>17)</sup>のグラフから読み取ったデータである。現状のモデルでは冷暖房を考慮していないので、文献<sup>16)</sup>では、冷暖房の電力消費を含まないデータを、インターネットサイト<sup>17)</sup>では、冷暖房使用が少ないと考えられる 10 月のデータを採用した。シミュレーション結果、建築の光熱水原単位のデータ、インターネットサイトのグラフから読み取ったデータを Fig.3 に示す。

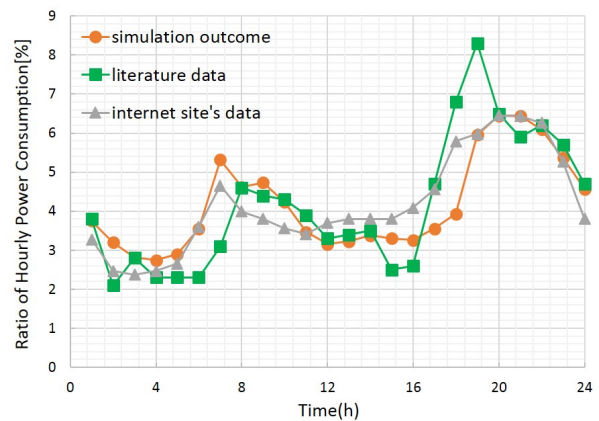


Fig. 3: Simulation Outcome and Comparative Data

Fig.3の横軸は時刻、縦軸は一日の電力消費量の時間帯別割合である。今回評価に用いたデータは1971年(光熱水原単位)と2002年(インターネットサイト)のものであり、消費割合の数値をそれぞれの時間帯で等しいや、等しくないといった定量的な比較を行うのは適切ではないと考える。そこでグラフの形状に着目した。シミュレーション結果を見ると、朝と夜に電力消費量のピークが生じ、昼の間は消費量があまり多くないことが確認できる。これは、今回評価に用いた二つのデータと類似する。また、2012年に行われた大阪府環境審議会新たなエネルギー社会づくり検討部会の資料<sup>18)</sup>にも「家庭では在宅率が高まる夕刻以降、全体の電力に占める割合も高くなる傾向にある」という記載がある。これらのことから、モデルにおいて世帯の電力消費の特徴を表現できていると考えられる。

#### 4.2 分散型電源導入による世帯の電力状況の変化

モデル内に分散型電源を導入することで、世帯の電力状況の変化が表現できていることの確認を行った。資料<sup>15)</sup>を基に、損失係数  $K = 0.73$ 、システム容量  $P = 4kW$ 、標準状態における日射強度  $R = 1$  と設定した。また、日射量は、日本気象協会の太陽光発電用標準気象データ METPV-11<sup>19)</sup>を使用した。今回は中間期の日射量が多い日のデータを用いた。以上の設定の基シミュレーションを行った。なお、世帯数、回数は先ほどと同様である。太陽光発電のみを導入したときの結果を Fig.4 に、太陽光発電と蓄電池を導入したときの結果を Fig.5 に示す

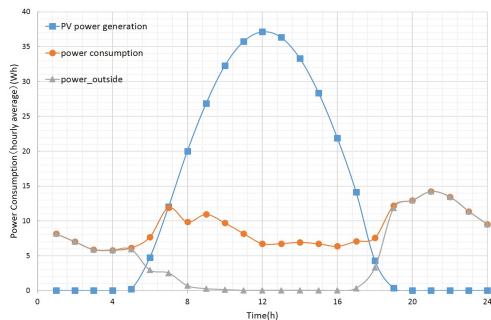


Fig. 4: Solar Power Generation installed

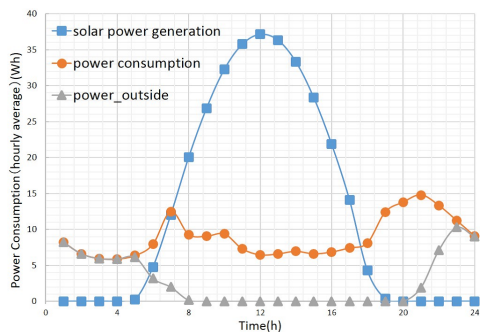


Fig. 5: Solar Power Generation and Storage Battery installed

Fig.4, Fig5ともに横軸は時刻、縦軸は電力消費量(Wh)の時間帯平均である。Fig.4を見ると太陽光発電が行われるときは、その電力が使用されており、また発電が行われないときは外部電力が使用されていることが確認できる。

次に Fig.5を見ると、先ほど同様、太陽光発電が行われるときは、その電力が使用されている。さらに蓄電池により、発電が行われなくなった後も外部電力を使用せずに電力がまかなわれることが確認できる。以上より、太陽光発電、蓄電池を導入した際の電力状況が表現できていると考えられる。

## 5 まとめと今後の展望

複数の世帯からなるコミュニティモデル作製の第一段階として、分散型電源が導入された世帯の電力消費モデルを作製した。そして、二つのデータを用い、モデルにおいて、朝と夜に電力消費のピークが生じるという世帯電力消費の特徴が表現できていることを確認した。さらに、分散型電源による世帯の電力状況の変化が表現できていることを示した。

今回は一日の電力消費カーブの形状によりモデルの評価を行った。しかし、今後世帯やコミュニティの電力自給率といったものを定量的に評価するには、形状による評価だけでは不十分であると考えられる。そこで、今後は、調査資料<sup>20)</sup>に記載されている世帯人数別電力消費量(年間)などとモデルで算出される電力消費量の比較を行いモデルの妥当性をさらに高めていく。これにより、電力について定量的に議論できるモデルへと改良する。その上で、モデル内において世帯間電力融通を表現する。目標とするモデル構築後は、電力融通方法、電力自給率、電力消費行動の観点から分析を行う。

## 参考文献

- 1) 一人ひとりがエネルギーを考える世界へ”スマートシティ”[http://www.tel.co.jp/museum/magazine/environment/120401\\_interview02/](http://www.tel.co.jp/museum/magazine/environment/120401_interview02/) (閲覧日:2014 08 - 19)
- 2) 電力システムを“硬直的で脆弱”から“自律分散型”へ送電網の開放と公正な電力取引市場の創設が急務 <http://diamond.jp/articles/-/16801> (閲覧日:2014 08-19)
- 3) 松山隆司:”エネルギーの情報化とは一背景, 目的, 基本アイデア, 実現手法”情報処理 51(8), 926-933, 2010-08-15
- 4) 谷衛, 宮崎洸, 谷口忠大:”自律分散型スマートグリッドにおける適応的電力取引モデルと価格形成分析”, インテリジェントシステム・シンポジウム講演論文集 2011(21), 335/338(2011)
- 5) 金森亮, 川口将吾, 伊藤孝行:”エージェントシミュレーションによるコミュニティに基づく電力マネジメントモデルの有効性の検証”, The 27th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (2013)
- 6) 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)
- 7) 総務省統計局:”平成 23 年度社会生活基本調査”(2011)
- 8) 川村淳貴, 市川学, 出口弘:”多様性を考慮した動的な生活行動決定モデルの構築”第 7 回社会システム部会
- 9) 相良博善, 谷本潤, 萩島理:”エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 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(2003)
- 10) (財)省エネルギーセンター:”平成 24 年度待機時消費電力調査”(2013)
- 11) 資源エネルギー庁:”家庭の節電対策メニュー”(2011)
- 12) 西尾健一郎, 浅野浩志:”世帯の多様性を考慮した課程部門エネルギー需要生成ツールの開発”, 電力中央研究所報告, Y05008,(2006)

- 13) 政府統計：“平成 22 年度 1 世帯当たり平均室数-平均床面積-世帯人員 1 人当たり平均室数-平均床面積，都道府県-20 大都市（再掲）”（2011）
- 14) 相良博善，谷本潤，萩島理：“エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 第 4 報生成データの検証”，空気調和・衛生工学会論文集 (110),35/41(2006)
- 15) 独立行政法人新エネルギー産業技術総合開発機構：“大規模太陽光発電システム導入の手引書”（2012）
- 16) 尾島俊雄研究室：“建築の光熱水原単位 [東京版]”，早稲田大学出版部（1995）
- 17) 節電というけれど…。誰も知らない家庭のホントの「需要カーブ」<http://astand.asahi.com/magazine/wrscience/2012050700008.html>(閲覧日:2014 08 19)
- 18) 大阪府環境審議会新たなエネルギー社会づくり検討部会”電力需要の平準化と電力供給の安定化に関する検討について”[http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/15930/00093425/6\\_siryu1-1.pdf](http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/15930/00093425/6_siryu1-1.pdf)(閲覧日:2014 08-19)
- 19) 日本気象協会：太陽光発電用標準気象データ METPV-11，独立行政法人新エネルギー産業技術総合開発機構年間時別日射量データベース (2012)  
<http://app7.infoc.nedo.go.jp/>
- 20) 三菱総合研究所：“平成 23 年度エネルギー消費状況調査（民生部門エネルギー消費実態調査）”（2012）