

マルチエージェントシミュレーションに基づいた 電力消費におけるマイクロマクロリンク分析に関する一考察

十見 俊輔^{†1}服部 宏充^{†2 †3}^{†1} 京都大学工学部情報学科^{†2} 京都大学大学院情報学研究科^{†3} JST, CREST

1 はじめに

東日本大震災に起因する電力供給環境の変化により、十分な電力量の安定供給に困難が生じており、今後、系統側の電力供給体制の整備だけでなく、人々の電力利用状況の変化を陽に取り入れた系統の運用計画の設計が必要と考えられる。電力消費情報を発信し、人々に節電を呼びかける試みが既に行われているが、それに対する人々の行動変化は非一様で [1]、結果の解析的な分析が難しい。このような、個の挙動の集積によって挙動を変化させる系のモデル化にはマルチエージェントシミュレーションが有効である。

本稿では、節電行動の効果検証を目的に、社会の電力消費動向を模擬するマルチエージェントシミュレーションを実現する。ここでは、節電行動に関する局所の相互作用と、その集積から計算される社会全体の節電効果に基づき、行動を刻々変化させるエージェントモデルを設計する。そして、仮想の社会モデルで得られる節電効果をシミュレーションによって計算し、電力消費におけるマイクロとマクロ関係について考察する。

2 関連研究

文献 [1] は東日本大震災後に人々が節電行動を採った心理的要因を明らかにするため、グループインタビューによる定性調査とインターネットによる定量調査を実施している。分析の結果「外部からの影響→心理的要因→節電行動実施」の構造を持つ節電行動規定要因モデルが提示され、節電に関する他者の取り組みや社会の電力消費動向情報（電気予報）が節電行動に影響を与える事が陽に示されている。これは、社会全体の節電効果が、局所の相互作用と、その結果の集積のフィードバックによって規定される事を表している。

文献 [2] では、太陽光発電の普及予測をするマルチエージェントシミュレーションのため、政府の宣伝効果と周辺家庭からの口コミ効果により導入の意思決定を行うエージェントモデルを設計している。すなわち、局所と大域からの影響を表現した社会モデルに基づく計算が実施され、その有用性が述べられている。

3 シミュレーションの設計

政府・電力会社からの節電要請と周囲の動向に基づき節電行動を決定するエージェントから成る、マルチ

Micro-Macro Link Analysis of Power Consumption by Multi-Agent Simulation

Shunsuke JUMI, and Hiromitsu HATTORI

^{†1} Department of Information Science, Kyoto University

^{†2} Graduate School of Informatics, Kyoto University

^{†3} JST, CREST

表 1: 節電メニューと実施率

節電内容	節電効果	実施率
冷蔵庫	2%	71.4%
暖冷房（使用を控える）	50%	62.1%
娯楽（テレビ）	2%	46.6%
照明	5%	46.1%
待機電力	2%	33.9%

エージェントシミュレーションの設計について述べる。

文献 [1] の規定要因モデル、および文献 [2] を参考に、節電を要請する (1) 広報エージェント、および電力需要家である (2) 家庭エージェントのモデルを設計する。広報エージェントは以下の変数を持つ。

- 家庭への影響力: I_G
- 要請節電率: SR_{Total}
- 達成節電率: $SR_{TotalResult}$

概念的な存在である広報エージェントはシミュレーション空間上には配置されないが、全家庭エージェントの節電意欲に I_G の影響を与える。 I_G は節電要請の強さを表し、その値は社会に要請する節電率 SR_{Total} と達成した節電率 $SR_{TotalResult}$ の差に比例する。

家庭エージェントは以下の変数を持つ。

- 節電意欲: M
- 節電目標: SR_{goal}
- 節電結果: SR_{result}
- 広報エージェントに対する感度: S_G
- 家庭エージェントに対する感度: S_H

節電意欲 M は要請節電率に対して達成を目指す割合と定義する。ただし、要請以上の節電はせず、かつ意図的な電力消費増は発生しないと仮定し、 $0 \leq M \leq 1$ とする。 SR_{goal} は各家庭における節電の達成目標である。例えば SR_{Total} が 10% で $M = 0.8$ ならば、その家庭は節電率 8% を目標とする。

節電結果 SR_{result} は、家庭エージェントが決定した節電行動の結果、実際に得られる電力消費量で、以下のように計算される。まず、家庭の電力消費に占める割合が高い冷暖房、照明、冷蔵庫、娯楽情報（テレビ、PC）に関して、日本建築学会「住宅におけるエネルギー消費量データベース」* の電力消費データを基に電力消費パターンを作成する。次に、「電力需要に関する検討会合」「エネルギー・環境会議」の合同会合における家電

*<http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/index.htm>

の節電メニュー* (表1) に基づき、節電行動を決定する。本稿では、節電効果の合計が節電目標 SR_{goal} を満たすまで、実施率に基づいて調整された選択確率に基づく節電内容の選択を繰り返す素朴なモデルを用いた。

選択された節電行動による削減量は、表1の節電効果と節電意欲にランダム要素を加えて決定する。具体的には、各節電内容に関して、節電意欲を M 、節電効果を E_{base} (単位 W) としたとき、実際の節電効果 E を、

$$E = g(M) * E_{base} \quad (1)$$

と計算する。ここで関数 g は、節電意欲を具体的な消費電力削減量への変換計算を行う。

S_G, S_H は、外部から得る情報による影響の度合いを表す定数である。

以上より、家庭エージェントは2つの状態 $s_0 (SR_{result} < SR_{TotalResult})$ 、および $s_1 (SR_{result} \geq SR_{TotalResult})$ を持つ。 s_0 は自分の節電結果が社会全体の節電効果への貢献が小さく、 s_1 は逆に貢献が大きい状態である事を意味する。

家庭エージェント A の節電意欲 M を更新する式を以下のように定めた。この時、シミュレーション空間上で A から距離 R 以内に存在する家庭エージェントを、意欲の更新に影響を与え得る近傍のエージェントとする。 A から距離 R 以内に存在する状態 s_0 と s_1 エージェントの集合をそれぞれ N_{s0} 、 N_{s1} とすると、節電意欲 M は以下に従い更新される。

$$I'_G = \frac{SR_{Total} - SR_{TotalResult}}{SR_{Total}} \quad (2)$$

$$I_G = \begin{cases} 0 & (I'_G < 0) \\ I'_G & (otherwise) \end{cases} \quad (3)$$

$$I_H = \begin{cases} \alpha & (|N_{s0}| \leq |N_{s1}|) \\ -\alpha & (|N_{s0}| > |N_{s1}|) \end{cases} \quad (4)$$

$$M_{new} = M_{old} + S_G I_G + S_H I_H \quad (5)$$

式(2)、および式(3)は、要請節電率と実際の節電結果の差が大きいほど危機感が増し、節電意欲への影響が増すことを表している。また、式(4)により、近傍における s_0, s_1 の家庭数の影響を反映している。すなわち、社会全体の節電効果に対して、良い影響か、悪い影響かいずれかを与える多数派に、定数 α が定める度合いで同調する事を示している。

4 シミュレーション結果と考察

エージェント数 9000、要請節電率 10% の設定の下、以下の4つのシナリオに関するシミュレーションを行い、結果の比較、考察を行った。

1. 感度が低い家庭エージェントの割合が多い場合
2. 感度が低い家庭エージェントと高いエージェントが均質に混ざって配置されている場合
3. 感度が低い家庭エージェントと高いエージェントの配置に偏りがある場合

* http://www.kantei.go.jp/jp/singi/electricity_supply/20120518/siryou3.pdf

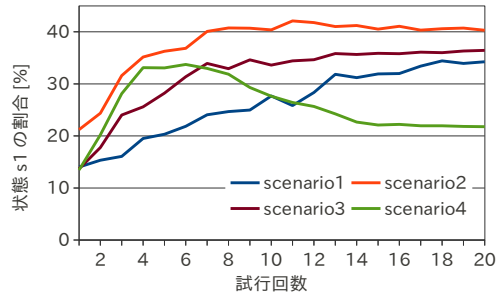


図1: s_1 状態にあるエージェントの割合の変化

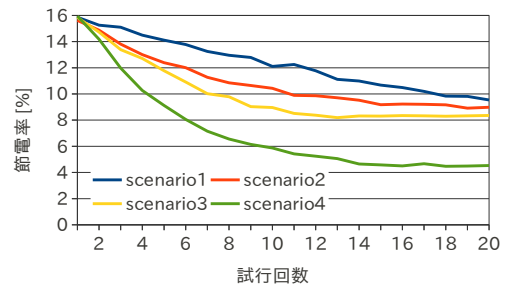


図2: 節電率 $SR_{TotalResult}$ の変化

4. 感度が高い家庭エージェントの割合が多い場合

シミュレーション結果を図1、および図2に示す。図1は、試行回数を横軸とし、節電に貢献が大きい家庭エージェント数の変化を表し、図2は、社会全体の節電率の変化を表す。シナリオ1～3では、貢献の大きいエージェント数が緩やかに増加しながら収束する傾向を示しており、節電率も要請節電率付近にほぼ収束している。シナリオ4は特徴的な変化を見せており、貢献の大きいエージェント数が初期の増加傾向から減少に転じたまま他のシナリオの半数程度に収束し、節電率が低い結果となった。本シナリオでは、全てのエージェントが外部からの影響に対して高感度であるため、繰り返しの過程で形成された多数の s_0 のエージェントによるクラスターが強固に維持されたものと推測される。

5 まとめ

本稿では、局所と大域からの作用により行動を変化させるエージェントを設計し、マルチエージェントシミュレーションによる節電効果の予測計算を行った。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究 (S) の補助を受けた。

参考文献

- [1] 八木田克英, 岩船由美子, 荻原美由紀, 藤本剛志. 東日本大震災後の家庭における節電行動の規定要因. エネルギー・資源学会論文誌, Vol. 33, No. 4, 2012.
- [2] 実世界とエージェントシミュレーション協同研究委員会. 太陽光発電の普及予測. 実世界とエージェントシミュレーション, pp. 41-44, 2012.