

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650067

研究課題名(和文) マルチエージェントシミュレーションによる再生可能エネルギー導入効果予測技術の開発

研究課題名(英文) Research on Prediction Technology for the Introduction of Renewable Energy based on Multi-Agent Simulation

研究代表者

服部 宏充 (HATTORI, Hiromitsu)

京都大学・情報学研究科・助教

研究者番号：50455581

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、細粒度の行動モデルの相互作用の連鎖を計算し、複雑現象を再現するマルチエージェントシミュレーションに基づき、大規模分散型電力供給システムのデザインに資する電力流通シミュレーションの実現を試みる。本シミュレーションにより、人間(社会)に対して、未知の社会システムに関する、より精緻な予想情報を与える事を目指す。

研究成果の概要(英文)：In this research, I tried to realize power grid simulation based on multi-agent simulation in order to design a potential power supply system with distributed power sources. I tried to provide better prediction of the future of human society with the simulation.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：マルチエージェントシミュレーション 知的エージェント

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災後に発生した電力不安の下で、電力使用状況データの提供が行われ、その結果得られた節電効果は、低炭素化社会実現の新たなアプローチを示唆する壮大な社会実験の様相を呈した。すなわち、情報が人の行動を変化させ、その集積が大きな省エネルギー効果を生むことが社会で実証された。これは、新技術や制度を導入した時の人々の行動によって社会の低炭素化がどう進むかを予測するシミュレーションを行い、得られる予測情報の提供により人々の行動を変化させて、未知の低炭素型社会を導く、情報主導の新しいアプローチの可能性を示唆している。発電・蓄電のデバイスをはじめとした技術開発のみに頼らず、再生可能エネルギーの利用や低炭素化に寄与する行動を促進する情報技術の活用により、低炭素化社会への転換の加速を試みる研究開発も必要と考えられる。スマートグリッド関連技術 (e.g., Google PowerMeter) に見られるように、エネルギー消費量の可視化が人間の行動に影響を与える事実は公知だが、本研究では、マルチエージェントシミュレーションの予測情報により、未来の人間社会を低炭素化に導く可能性を求め、関連する技術の開発を試みた。

2. 研究の目的

本研究では、発電ならびに電力消費動向の変化に対応する次世代の電力インフラの挙動を計算するための、都市・地域規模の電力流通シミュレーションを実現する。先般の東日本大震災では、従来のトップダウンの電力供給システムの脆弱性が明らかとなった。一方、太陽光発電、蓄電池、電気自動車 (EV) の技術も進歩を遂げており、一般の人々が発電、蓄電、送電の手段を有するかつてない社会環境が着実に整いつつある。この社会環境変化を背景として、情報システムが、例えば Wikipedia や YouTube のように、一般の情報消費者が情報発信者にもなる双方向性を備えた情報流通基盤へと変容を遂げ、現代の情報社会を支えているように、一般の電力消費者が発・蓄・送電を担い、ボトムアップに民生需要を支える電力流通基盤が構想できる。トップダウンな電力供給制御に自律分散型の電力供給制御を組み合わせた、新たな電力制御方式に基づく電力供給システムを、先端のマイクロシミュレーション技術を基に設計する事が本研究のねらいである。

超大規模な分散型電力供給システムの構想・設計における隘路は、多様な発電・蓄電性能、電力消費パターンなどを織り込んだ社会動態予測の計算方法にある。家庭をはじめとする小規模発電拠点に整いつつある太陽光発電、コージェネ等の発電設備の性能は様々で運転条件も異なり、普及の兆しを見せている蓄電池の性能・容量も同様に様々である。これら小規模発電拠点の配置・運用のパターンには限りのない可能性があり、その中

で日々刻々と変化する個人の生活行動に基づく電力消費を勘案し、新たな電力供給システムを設計することは、明らかに人間の能力を超えている。本研究は、細粒度の行動モデルの相互作用の連鎖を計算し、複雑現象を再現するマルチエージェントシミュレーションに基づき、大規模分散型電力供給システムのデザインに資する電力流通シミュレーションの実現を試みる。本シミュレーションにより、人間 (社会) に対して、未知の社会システムに関する、より精緻な予想情報を与える事を目指す。

3. 研究の方法

(1) 人間行動モデリング：電力消費行動モデルの構築

電力消費に関連したライフスタイルに対する選好 (e.g., 節電意欲, 近傍家庭の動向, etc.) についてのデータを基に、モデル構築のための基本属性、ならびにパラメータを決定し、家庭における電力利用を模擬するエージェントモデルを構築する。より具体的には以下の通りである。

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家庭エージェントを作成する。そのために、

- ・ 既存文献 (八木田ほか, 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(4), 2012) を基に、電力需要を家である家庭エージェントのモデルを設計する。家庭エージェントは以下の5つの変数を持つ。
 - 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
 - 近傍の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。広報エージェントとは、節電要請を行うことで、全家庭エージェントの節電意欲に影響を与える、概念的に存在するエージェントである。

- ・ 前項における節電結果 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」を参考に、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の節電メニュー (http://www.kantei.go.jp/jp/singi/electricity_supply/20120518/siryou3.pdf) に基づき、

節電行動を決定する。本研究では、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、節電メニューに明示されている節電効果と節電意欲にランダム要素を加えて決定する。なお、前項の S_g および 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、自分の節電結果が社会全体の節電効果への貢献が小さい (s_0)、もしくは貢献が大きい (s_1) という2つの状態を持ち得る。各家庭エージェントは、近傍の家庭エージェントの状態について、多数派からの影響を受けるよう定義する。すなわち、節電への貢献が小さいエージェントが周辺に多数いる家庭エージェントは節電意欲を下げ、貢献が大きいエージェントが多数いる場合は節電意欲を高める。

(2) シナリオ策定と環境整備: EV による PV 電力流通シミュレーション

再生可能エネルギーに関しては太陽光発電 (PV) の大規模導入が希求されており、社会の低炭素化に関しては交通分野で電気自動車 (EV) へのシフトへの期待が大きい。そこで、スマートグリッドに関連した Vehicle-to-Grid (V2G) の活動を参考に、電力と交通を接合するシミュレーションシナリオを策定する。具体的には、PV に基づく分散型電源の普及を想定し、広域で分散発生する余剰 PV 電力を、EV を介して集電・配電する仮想の都市型電力流通システムを構想する。本システムのシミュレーションは再生可能エネルギーシェアリングの仮想社会実験環境となり、この仮想の社会環境下での、個々人の行動 (電力消費・電力提供)、社会全体の電力利用効率、および再生可能エネルギー導入への影響を分析・検証する環境を提供する事に成る。

4. 研究成果

(1) 電力消費行動モデルの構築と検証

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、構築したモデルの機能について考察を行った。

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
4. 感度が高い家庭エージェントの割合が多い場合

シミュレーションの結果より、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があり、節電率も要請節電率付近にほぼ収束する事が示された。一方、シナリオ 4 は特徴的で、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。当該シナリオでは、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低貢献度エージェントによるクラスターが強固に維持され、低い節電率を招いたと推察される。このように、構築したエージェントモデルによって、節電意欲に影響するエージェントの相互作用により、全体の結果が変化する事が確認できた。

(2) EV による PV 電力流通シミュレーション環境の整備

都市の交通システムに埋め込まれる、再生可能電力流通を実現する社会システムの検証を行うための、マルチエージェントシミュレーション基盤を整備した。本研究では、異なる社会システムである交通と電力流通を統合的に模擬する一つのシミュレーションを実現するのではなく、それぞれの挙動を模擬するシミュレーションの連携により、これら異種のシステムから成る仮想の社会環境を生成、分析可能とするシミュレーションプラットフォームの構築と、関連ツールの整備を行った。本プラットフォームは、多種多様な社会システムが複合する都市活動を模擬する計算基盤として利用可能となるよう設計・実装を試みており、今後にもむけた高い拡張可能性を保持している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

{ 雑誌論文 } (計 0 件)

{ 学会発表 } (計 2 件)

2. 樋口彰, 服部宏充. プローブカーデータに基づいた京都市観光者の観光行動分析. 人工知能学会第 28 回全国大会, 松山市, 2014.05.12.
1. 十見俊輔, 服部宏充. 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ミクロマクロリンク分析に関する一考察. 情報処理学会第 75 回全国大会, pp.2-401--2-402, 仙台市, 2013.03.08.

{ 図書 } (計 0 件)

{ 産業財産権 }
出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

服部 宏充 (HATTORI HIROMITSU)
京都大学大学院・情報学研究科・助教
研究者番号：50455581

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし