

電力料金変動制度を想定したエージェントシミュレーション

川口 将吾†

水谷 信泰†

金森 亮†

伊藤 孝行†,††

†名古屋工業大学 大学院情報工学専攻 / 大学院産業戦略工学専攻

††東京大学政策ビジョン研究センター

1 はじめに

本論文では、今後広がる事が予想されている電力供給側と電力需要側のコミュニティとの電力売買のシミュレーション実験を行い、柔軟な電力料金体系の必要性を示す。シミュレーションには国際交渉エージェント競技会 ANAC2011(Automated Negotiating Agents Competition) の決勝ラウンドで用いられた 8 つの交渉エージェントを用いている。

ANAC とは、効用情報非公開下での二者間多論点交渉問題を対象とした優秀な自動交渉エージェントを決める競技会である。ANAC は現在までに AAMAS2010, AAMAS2011 において二度開催されており、世界中から様々な戦略をもったエージェントが提案された [1]。

ANAC2011 においては、世界中から 18 エージェントが集められ GENIUS(General Environment for Negotiation with Intelligent multi-purpose Usage Simulation) [2] というシミュレーターを用いて争われた。ANAC で行われる互いに効用情報を明らかにしない交渉は現実の世界の交渉問題での重要なモデルであり、また交渉のシナリオも売買の値段交渉等、現実世界の交渉に近い問題設定がなされている。

2 協調的電力売買モデル

2.1 交渉プロトコル

本電力売買シミュレーションでは alternative offers プロトコルを採用した。このプロトコルにおいて電力供給側と需要側が電力売買交渉を行う流れを示す。需要側と供給側は交互に以下に示す Offer, Accept, End Negotiation の 3 つの行動の中から一つを選択することが出来、Offer を選択した場合は相手に行動が移り、Accept, End Negotiation を選択した場合は電力売買交渉は終了する。

- Offer: 自身の合意候補案を交渉相手に提示し、行動選択権を交渉相手に移動する。
- Accept: 交渉相手から提示された合意案候補を受け入れる事であり、この場合、両者で合意が成立

し、互いに合意案を自身の効用空間で評価した効用値を得て交渉は終了する。

- End Negotiation: 交渉全体を放棄する事を意味し、効用値を得ずに交渉は終了する。

2.2 選好情報の定義

以下に、本電力売買シミュレーションで用いられている選好情報の定義について示す。

まず、電力売買交渉で起こりうる全ての結果の集合を Ω とし、これを交渉のドメインとする。交渉ドメインは電力売買に参加する需要側、供給側両者が把握できる情報であり、一つの交渉のセッションの間は変更されることはない。また、需要側、供給側に双方に Ω の上で表現される選好情報が存在する。需要側、供給側両者の選好情報は起こりうる結果 $\omega \in \Omega$ を写像する効用関数 U によってモデル化され、 U は範囲 $[0, 1]$ を取る。交渉ドメイン Ω は電力売買の全ての参加者に公開されるが、選好情報は個人情報であり、交渉相手に公開されることはない。

取り得る結果 $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_m)$ としたとき、効用関数は以下の式 1 と定義する。

$$U(\omega) = \sum_{i=1}^m w_i \frac{u(w_i)}{\max\{u(\omega)\}} \quad (1)$$

ここで w_i は標準化係数であり ($\sum w_i = 1$)、そして $u(w_i)$ は $[0, 1]$ の範囲において独立した交渉の論点 x_i の評価関数である。

3 実験設定

第2章で示した電力売買モデルは、ANAC の交渉モデルに基づいているため、GENIUS 上で ANAC に参加したエージェントを用いてシミュレーションを行う事ができる。そこで本電力売買シミュレーションでは ANAC2011 の決勝戦に参加した 8 つのエージェントを用い、電力料金変動制度を想定した需要側と供給側コミュニティの電力売買交渉実験を行った。シミュレーションの方法としては電力需要側と供給側の選好情報を作成し、それぞれを 8 つのエージェントへの割り当てを変更しながら繰り返し電力売買交渉シミュレーションを行う物である。

†Shogo KAWAGUCHI †Nobuyasu MIZUTANI †Ryo KANAMORI
†,††Takayuki ITO

†Master course of Techno-Business Administration, Department of Computer Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology

††Todai Policy Alternatives Research Institute

需要側と供給側の選好情報の構造としては、各論点は24時間を4時間毎で区切った6つの時間帯それぞれにおいて、5つの価格帯 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 が存在するものとする。ここで、二つの価格帯 x_i, x_j の関係は $i < j$ の時、 x_i よりも x_j の方が高価であることを示している。

電力売買シミュレーションで用いる各コミュニティにおける選好情報の各論点毎の標準化係数は、経済産業省資源エネルギー庁が公表している東京電力管内の夏期最大電力使用日の需要構造推計 [3] を元に作成を行った。この資料は平成23年3月11日に発生した東日本大震災により、電力の供給力が大幅に減少したため、政府が電力需給緊急対策本部にて、東京電力管内の産業、業務、家庭の各部門において、夏期電力需要がピークを迎える場合の需要構造について推定を行った物である。本シミュレーションでは需要構造推計に記されている家庭、オフィスビル、飲食店の需要カーブを使用した。これはそれぞれが各時間帯毎での需要カーブが大きく異なるためである。

各コミュニティの評価関数の設定は、標準化係数列を w_i 、価格帯を x_i としたとき、以下の式2で定義する。この式2は標準化係数列を w_i に応じて、価格が安い方を高く評価する物である。発電所側の評価関数は、現在の電力料金設定に用いられている画一的な価格の選好を持つ物と、式2を価格が高ければ評価を高くするように反転させた式から生成した2種類を用意し、それぞれの発電所を従来型、提案型と表記する。

$$u = \frac{w_i / \max\{w_i\} * (5 - x_i)}{4} + 1 - \frac{w_i}{\max\{w_i\}} \quad (2)$$

4 まとめと今後の課題

電力売買交渉シミュレーションの実験結果を表1と図1に示す。表1は需要側、供給側に8つのエージェントをそれぞれ割り当てて交渉のシミュレーションを行い、従来型または提案型の発電所と需要側コミュニティそれぞれの組み合わせで両者が得られた平均的な効用値と、交渉ドメインを解析して算出したナッシュ交渉解との距離を示している。ナッシュ交渉解との距離は交渉が理想的なものにどれほど近いかを示している。また図1は表1をグラフ化した物である。

図1から分かることは、もとよりナッシュ交渉解との差が小さかった飲食店コミュニティの結果は維持したまま、一般家庭とオフィスはナッシュ交渉解との距離が縮まったと言うことであり、このことは電力需要側が現在よりも柔軟な価格付けを行う事の必要性を示唆している。

表 1: 実験結果-ナッシュ交渉解との距離

| 発電所 | 需要側 | ナッシュ交渉解との距離 |
|-----|------|-------------|
| 従来型 | 一般家庭 | 0.135 |
| 提案型 | 一般家庭 | 0.086 |
| 従来型 | オフィス | 0.218 |
| 提案型 | オフィス | 0.170 |
| 従来型 | 飲食店 | 0.062 |
| 提案型 | 飲食店 | 0.067 |

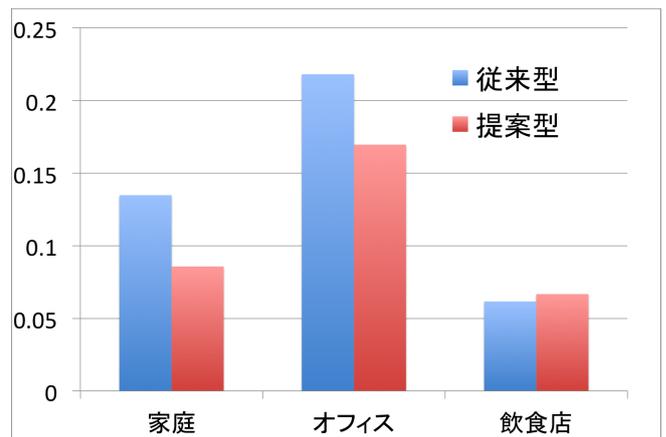


図 1: ナッシュ交渉解との距離

今後の課題としては、GENIUSの枠組みを拡張し、需要側が同時に複数の供給側と交渉可能にするとしたより現実的なシミュレーションを行っていくことが考えられる。

参考文献

- [1] Shogo Kawaguchi, Katsuhide Fujita, and Takayuki Ito. Compromising strategy based on estimated maximum utility for automated negotiation agents competition (anac-10). In *24th International Conference on Industrial Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems (IEA/AIE-2011)*, pp. 501–510, 2011.
- [2] R. Lin, S. Kraus, D. Tykhonov, K. Hindriks, and C. M. Jonker. Supporting the design of general automated negotiators. In *Proceedings of the Second International Workshop on Agent-based Complex Automated Negotiations (ACAN2009)*, 2009.
- [3] 夏期最大電力使用日の需要構造推計 (東京電力管内). <http://www.meti.go.jp/setsuden/20110513taisaku/16.pdf>.