

電力マネジメントの制約を考慮した提携形成手法の提案

新美 真†

伊藤 孝行‡

†名古屋工業大学大学院情報工学専攻

‡名古屋工業大学 情報科学フロンティア研究院

1 はじめに

スマートグリッドが世界的に進められている。スマートグリッドとは機能および制御機能を付加した電力網である。スマートグリッドでは電力事業所から末端の電力機器までを高機能な電力制御端末同士により結び合わせ、自律分散的な制御方式を可能とする。自律分散的な制御方式により、従来型の中央制御では達成不可能である需給バランスの効率的な調整や、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを用いた発電設備によるエネルギー自給率の向上や地球温暖化対策などが可能となる。

風力や太陽光のような自然エネルギーによる発電は、二酸化炭素が発生しないので地球温暖化防止に役立つ点や、再生可能なエネルギーである点がメリットとして存在する。しかし、天候によって発電できる量が変動し電気系統が不安定になるというデメリットが存在している。したがって、デメリットを克服するための取り組みとして、蓄電池を用いた電力マネジメントの研究 [1] が行われている。

榎ら [1] は、電力を融通しあうコミュニティを動的に形成する電力融通手法を導入した。エージェントが家庭の代理となって電力融通および提携形成を行う。電力マネジメントシミュレータを用いて、提携を1日毎に変化させることで太陽光発電によって変化する家庭の需給バランスを上手く調整し、無駄な電力を抑制していることを示した。

本研究では、提携形成手法に主眼を置き、より効率的に電力融通が可能となる提携形成手法を提案する。

本論文の構成を以下に示す。第2章は既存の提携形成手法である C-Link について述べる。第3章では提案手法である Concurrent C-Link について言及する。第4章では実験設定及び結果について述べる。最後に本論文をまとめる。

2 既存手法：C-Link

C-Link は、farinelli らによって提案された提携形成手法である [2]。C-Link は、凝集型クラスタリングを採用したアルゴリズムである。

エージェント集合 N と任意の部分集合 S に対して実数値を返すことのできる特性関数 $v(S)$ が与えられた時、C-Link は以下の手続きに則り提携を形成する。

1. 各提携がエージェント一つで構成される提携構造から開始する。
2. 任意の二つの提携を統合した時の評価値を求め、配列に保存する。
3. 配列の中で評価値が最大となる提携の組み合わせを選出し、組み合わせた時の評価値を一時記憶領域に保存する。
4. 提携を統合した時の評価値が負になる、または全体提携が形成された時終了する。
5. 提携を統合し、新しく作成された提携について適合関数の評価値を計算し、配列を更新する。
6. 配列の中で評価値が最大となる提携の組み合わせを選出し、組み合わせた時の評価値を一時記憶領域に保存する。
7. step 4 に戻る。

評価値は、式 1 によって表される。

$$sf(C_i, C_j) = v(\{C_i \cup C_j\}) - v(C_i) - v(C_j) \quad (1)$$

式 1 は提携 C_i と提携 C_j が提携を組んだ時の提携値と単独で存在する時の提携値の合計との差分を表す。したがって、式 1 が正となる時 C_i と C_j は提携を組んだ方が提携値がより多くなるので望ましいということがわかる。

3 提案手法：Concurrent C-Link

本研究では、電力マネジメントにおける提携形成手法の制約として、以下の2点を考慮する。

- 提携がネットワーク（電力網）によって直接接続されている
- 提携サイズが限定されている

ここで、C-Link を電力マネジメントに応用するとエージェントが孤立してしまう状況が発生しうる。例えば、

Coalition Formation Method considering limitation of an Electricity Manegiment

†Makoto NIIMI ‡Takayuki ITO

†Department of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

‡Frontier Research Institute for Information Science, Nagoya Institute of Technology

周囲の提携サイズが上限に達してしまったために提携を組むことができない状況に直面する可能性が存在する .

本提案手法では, C-Link を変更した Concurrent C-Link を提案することで本課題の解決に取り組む .

Concurrent C-Link は以下の手続きに則り提携を形成する .

1. 各提携がエージェント一つで構成される提携構造から開始する .
2. 任意の二つの提携を統合した時の評価値を求め, 配列に保存する .
3. 配列の中で評価値が最大となる提携の組み合わせを選出し, 組み合わせた時の評価値を一時記憶領域に保存する .
4. 提携を統合した時の評価値が負になる, または全体提携が形成された時 step 8 へ移行する .
5. 提携を統合し, 組み合わせる前の提携を含む組み合わせの評価値を配列から削除する .
6. 配列の中で評価値が最大となる提携の組み合わせを選出し, 組み合わせた時の評価値を一時記憶領域に保存する .
7. step 4 に戻る .
8. step 5 で提携が統合された場合は step 2 に戻る, されていない場合は終了する .

ここで, 評価値は式 1 に従う .

Concurrent C-Link と C-Link の違いは, 提携が統合された際に配列を更新するか削除するかの差である . Concurrent C-Link では, 一度配列が作成されると評価値が正となる提携の組み合わせを複数統合する場合が存在する . 複数の提携が統合されることで孤立するエージェントが生み出される可能性を減らしうる .

4 評価実験

4.1 実験設定

提案手法である Concurrent C-Link の評価実験の設定について述べる . 本論文の実験設定は, 榎らの実験設定に従う [1] . エージェント数は 64, 家庭の持つ蓄電池容量は 5kWh, 1 日のタイムステップを 96 ステップとし, 30 日間行った . エージェントの配置は 7km 四方の正方形に 1km 間隔で配置されている . 提携可能なエージェントはエージェントの周囲 1.5km 以内に存在する 8 エージェントである . 提携サイズの上限は 8 とした . 特性関数は電力事業所と直接電力を売買した時の金額とコミュニティ内で電力を売買した時の金額の差額によって表現される .

4.2 実験結果

Concurrent C-Link および C-Link を比較した結果について述べる . 図 1 は Concurrent C-Link と C-Link の余剰電力量を 1 日毎に比較した図になる . 図 1 から, 既存手法である C-Link よりも提案手法である Concurrent C-Link のほうが余剰電力量が少ないことがわかる .

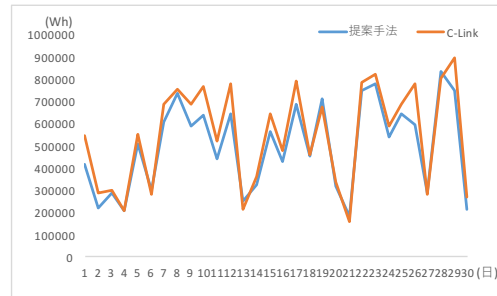


図 1: Concurrent C-Link と C-Link の 1 日あたりの余剰電力量の比較

また, 電力事業所との総融通量を表 1 にまとめる . 表 1 から余剰電力を約 1478649(Wh) 削減できていることがわかり, 電力事業所の負担を軽減できているといえる .

Concurrent C-Link	C-Link
14912050.47(Wh)	16390699.75(Wh)

表 1: Concurrent C-Link と C-Link の総余剰電力量の比較

5 まとめと今後の課題

本研究では C-Link を変更した提携形成手法 Concurrent C-Link を提案した . 拡張元である C-Link と Concurrent C-Link を電力シミュレーションを用いて比較した . 実験によって, 提案手法は電力事業所との電力融通量をより削減可能であることを確認した . 今後の課題としてより効率的な電力融通が可能となる提携形成手法の考案があげられる .

参考文献

- [1] 榎優一, 伊藤孝行, “提携ゲームに基づく動的なコミュニティ形成による電力マネジメント”, 情報処理学会第 78 回全国大会, 2016 .
- [2] Farinelli, Alessandro and Bicego, Manuele and Ramchurn, Sarvapali and Zuchelli, Marco, “C-link: A hierarchical clustering approach to large-scale near-optimal coalition formation”, AAAI Press/International Joint Conferences on Artificial Intelligence, 2013.