

## 小型コジェネレーション機器の最適運用計画手法の検討

01306400 電力中央研究所 \*所 健一 TOKORO Ken-ichi  
電力中央研究所 篠原 靖志 SHINOHARA Yasushi

## 1. はじめに

家庭への設置を考えた、小型燃料電池などのコジェネレーション機器（コジェネ機器）の開発が進められている。これらの機器が実用化された時、生成される電力と熱を有効に活用していくには、機器の運用計画が非常に重要になると予想される。小型コジェネ機器は出力を迅速／細やかに調整することが難しいことから、事前に想定される電力・熱（給湯）の需要に合わせて運用計画を立てておき、この計画に従って運転を行っていく運用方法が採られると考えられている。しかし、家庭など小規模な需要家の電力・熱需要は、帰宅時間の遅れなど、個々人の行動の違いにより大きく変化し、需要の不確実性が高い。このため1つの需要パターンを予測し、これを基に運用を計画する従来手法 [1, 2] を用いた場合には、実際の需要パターンが予測を外れ、電力と熱を活用しきれない計画となる可能性が高い。そこで、不確実な需要を前提とした運用計画手法として、需要パターンを複数のシナリオとして予測し、シナリオに対する期待コストが最小となる計画を求める方法について検討した。実際の家庭で計測した電力・熱の需要データを用いて数値実験を行ったところ、この確率計画法の考えに基づく運用計画を行うことで、従来手法と比べ年間 2,700 円以上のエネルギーコストが削減できた。

## 2. 最適運用計画問題

与えられた過去の電力・熱の需要実績データを基に、コストが最小となるようなコジェネ機器の将来の各時間帯での出力レベルを決定する。コジェネ機器が取り得る電気出力のレベルは離散的であり、生成される熱（お湯）の量も電気出力のレベルに合わせて離散的に変化する。また、家庭では入浴時など、ある時間帯に集中して大量のお湯が使われることが多く、コジェネ機器の熱を有効活用するには、貯湯槽などの蓄熱装置の併設が効果的である。そこで、蓄熱装置が併設されている場合には、その効果を考慮したうえで、最適な出力レベルを決定する。

最小化の目的とするコストとしては、以下の4つ項目の合計を考える。

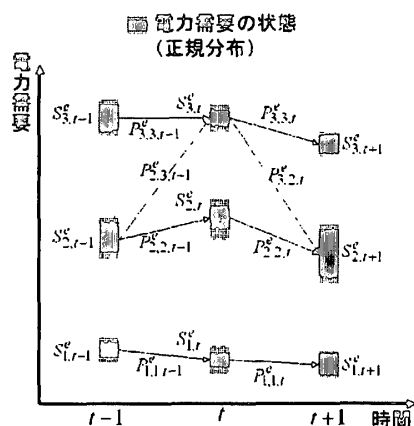


図 1: 状態遷移モデル

- (1) コジェネ機器の燃料費 コジェネ機器で消費される燃料コスト。
- (2) スタートアップコスト コジェネ機器を一度停止した後で、再び立ち上げる際に必要となるコスト。
- (3) 電力の取引コスト コジェネ機器からの出力だけでは不足する電力を外部から購入するコスト。余剰電力を買い取ってもらえる場合には、そのコスト（利益）を加える。
- (4) 熱の購入コスト コジェネ機器から生成されるお湯と、貯湯槽に蓄えられているお湯では需要を賄いきれない場合、不足するお湯を沸かすために使用するエネルギーコスト。

## 3. 需要シナリオの予測

以下で述べる手順により、電力と熱（給湯）の需要パターンのシナリオを予測する。

## (1) 状態遷移モデルによる表現

音声認識等で用いられている隠れマルコフモデル [3] と同様の考え方をを用いて、電力需要を図 1 に示した状態遷移モデルで表現する。時刻  $t$  の電力需要は、 $S_{1,t}^e$  から  $S_{n,t}^e$  のいずれかの状態に属し、それぞれの状態は固有の平均と分散を持つ正規分布に従うものとする。また、状態  $S_{i,t}^e$  に属する電力需要は、次の時間帯  $t+1$  には一定の確率  $P_{i,j,t}^e$  で状態  $S_{j,t+1}^e$  へと推移する。熱

需要についても同様に、状態遷移モデルを用いて表現する。

## (2) パラメータ推定

過去の需要実績を基に、状態遷移モデルのパラメータを推定する。まずは各時刻の電力と熱の実績データをそれぞれの状態にクラスタリングしたうえで、状態推移確率  $P_{i,j,t}^e$  を推定する。また、各クラスタに分類された実績データから、それぞれの状態の平均と分散を推定する。熱需要の状態遷移モデルについても同様にパラメータを推定する。

## (3) シナリオ生成

推定された状態遷移モデルに基づいて、エネルギー需要（電力需要と熱需要の組合せ）のシナリオをランダムに生成する。

## 4. 最適な運用計画の探索

分散型電源の取り得る出力レベルが離散的であることから、運用計画問題は組合せ最適化問題となり、蓄熱装置が併設されている場合は、ある時間帯に作ったお湯をそれ以降の時間帯でも利用可能となることから、問題はさらに複雑になる。このため一般的な確率計画法の手法では、最適な運用計画を実用的な計算時間で求めることは難しい。そこで、ここでは遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて最適な運用計画（各時間帯でのコジェネ機器の出力レベル）を探索した。

GA の適用方法としては、コジェネ機器の各時間帯での出力レベルを個体の染色体にコード化し、生成した全シナリオに対する平均コストで個体を評価した。遺伝的アルゴリズムのパラメータとしては、集団の個体数を 20 とし、これに 0.8 の確率で一様交叉を、0.05 の確率で一様変異の遺伝的操作を加えた。また、アルゴリズムの終了条件としては、個体集団が 300 世代に達した段階でアルゴリズムを終了した。

## 5. 数値実験

関西電力（株）エネルギー利用技術研究所より提供いただいた、現実の家庭での 1 年間の電力・熱需要の実績データを用いて、容量 200 リットルの貯湯槽が併設された、1.0kW の小型燃料電池の翌日 24 時間の 1 時間毎の出力レベルを決定する数値実験を行った。燃料電池の電気出力レベルとしては、0%、25%、50%、75%、100% の 5 つのレベルを選択可能とし、状態遷移モデルにより生成した 1,000 シナリオに対して、期待コストが最小となる運用計画を求めた。

従来の運用計画手法を用いた場合と比較して、提案する計画手法を用いることで削減される月別のコスト

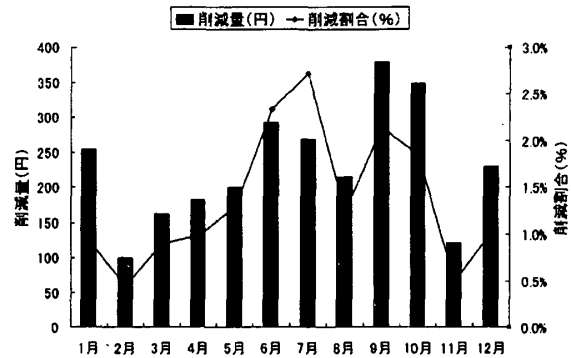


図 2: 提案手法による各月のコスト削減効果

は図 2 のようになった。提案手法を用いることで、各月ともエネルギーコストが削減された。削減コストの合計は 1 年で 2,758 円になり、これは年間の電力・熱のエネルギーコストの 1.2% にあたる。また特に季節の変わり目で需要予測が困難となる 9、10 月に提案手法によるコスト削減効果が大きくなっている。逆に、2 月においては 9 月と比べて従来手法と開発手法のコスト差が小さいが、これは実験に用いた実績データの 2 月の需要変動が比較的穏やかであり、従来手法による需要予測が大きく外れることが比較的少なかったことが原因と考えられる。

## 6. おわりに

需要の不確実性が高いケースにおけるコジェネ機器の運用計画手法として、状態遷移モデルにより起こりえるエネルギー需要のシナリオを生成し、このシナリオに対する期待コストが最小となる運用計画を GA を用いて求める、比較的単純な手法の適用を検討した。実際の家庭の電力・熱需要のデータを用いて、この手法の有効性を検証したところ、エネルギーコストの削減に有効であることが確認できたので、現在はより経済的な運用計画を求めることを目的に、シナリオの生成方法、運用計画の探索方法の両面で改良を進めている。

## 参考文献

- [1] 篠原靖志, 吉光司: 「電力有効利用支援システムの開発」, 電力中央研究所研究報告, R98008 (1999)
- [2] 吉光司, 篠原靖志, 浅利真宏: 「家庭用電力有効利用支援システムの開発—電力有効利用支援のための機能の開発とその評価—」, 電力中央研究所研究報告, R99011 (2000)
- [3] 鹿野清宏, 伊藤克亘, 河原達也, 武田一哉, 山本幹雄: 「音声認識システム」, オーム社 (2001)