解説

ヒートポンプ式給湯機の汎用運転規則の生成†

所 健一*・小松 秀徳*・篠原 靖志*

1. はじめに

企業、家庭でエネルギーを効率良く利用し、コストを削減するには、それぞれのエネルギー消費のパターン・量に適したエネルギー機器を選択・導入し、これを適切に運用していくことが重要となる。そして、こうしたエネルギー機器の選択・運用の最適化には、情報技術の活用が有効と期待される。そこで電力中央研究所では、情報技術を活用したエネルギー機器の選択・運用の最適化検討の第一歩として、エコキュートの名で知られる家庭用ヒートポンプ式給湯機(以降、HP式給湯機)の機器選択や運用の最適化に関する検討を行っている。

HP式給湯機は大気中の熱を汲み上げて湯を生成するヒートポンプと、生成した湯を貯める貯湯タンクから構成され、現在はヒートポンプの出力や貯湯タンク容量が異なる、複数のHP式給湯機が市販されている。そこで、対象とする家庭の給湯需要や機器の設置スペースなどの条件に合わせて、機器コストと機器使用期間中の運転コスト(給湯に要した電気代)の合計が最小となるHP式給湯機(ヒートポンプと貯湯タンクの組合せ)を選択するツールを開発した[1]。

また、HP式給湯機は運転規則に基づいて湯を生成するタイミングと生成する湯量を決定する。このため、HP式給湯機の運転コストは運転規則に依存して決まり、各家庭の給湯需要に合った運転規則を設定することで運転コストが低減する。そこで、各家庭の給湯需要に合わせて、運転コストが最小となる運転規則(個別最適運転規則)を生成する手法を開発し、各家庭の給湯需要に合わせた運転規則を採用することによるコスト低減効果を検証した[2, 3]。

前述の個別最適運転規則の生成には、対象家庭の給湯需要データが必要となる。しかし、給湯需要データの計測には多大な時間とコストを要する。もし給湯

需要を計測することなく最適な運転規則を設定できれば、より実用的な運転規則の最適化が行える。そこで、対象家庭の給湯需要データが与えられない条件の下で、多くの家庭で運転コストが小さくなる運転規則(汎用運転規則)を生成する方法について検討した[4]。

本文では、これらHP式給湯機の選択・運用の最適化に関する研究のうち、汎用運転規則の生成に関する検討結果について紹介する。なお、以降は運転コストの最小化を目的とした汎用運転規則の生成について説明するが、説明する運転規則の生成方法は消費エネルギーの最小化、CO₂排出量の最小化などを目的とした汎用規則の生成にも適用が可能である。

2. HP式給湯機

本節ではHP式給湯機のモデル化と現状の機器で採用されている運転規則について説明する。

2.1 HP式給湯機のモデル化

HP式給湯機は大きく、湯を生成するヒートポンプと、生成した湯を貯める貯湯タンクから構成される。このうちヒートポンプは取り込んだ外気をコンプレッサーにより圧縮する事で高温化し、その熱を利用して湯を生成する。この湯を生成する際のエネルギー消費効率(COP: Coefficient Of Performance)は、外気温度、入水温度、生成する湯の温度(沸上げ温度)により変化する。ここではヒートポンプのCOPが式(1)の線形式により計算されるものとモデル化し、HP式給湯機のカタログデータを基に a_1 から a_4 の係数を決定した。

$$COP = a_1 \cdot \text{気温} - a_2 \cdot \text{入水温度} - a_3 \cdot \text{沸上げ温度} + a_4 \quad (1)$$

貯湯タンクに関しては放熱ロスのみを考慮し、現時点から t 時間後に放熱ロスにより失われる熱量 $LH(t)$ を以下のように計算する。

$$LH(t) = H_0 \cdot r^{t/24} \quad (2)$$

ここで H_0 は現時点で貯湯タンクに蓄えられている湯の熱量を表す。 r は24時間後に失われる貯湯タンク内

† Generating versatile operation rules of a heat pump water heater
Ken-ichi TOKORO, Hidenori KOMATSU and Yasushi SHINOHARA

* (財)電力中央研究所 システム技術研究所
System Engineering Research Laboratory
Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)

熱量の割合を表すパラメータであり、対象機器の r の値は既知であると仮定する。

2.2 現状の運転ルール

現状のHP式給湯機には、「おまかせ運転モード」などと呼ばれる運転モードが搭載されており、この運転モードを選択した場合には、湯切れを起こさず、しかもなるべく無駄な湯を生成しないよう、過去の実績に合わせて湯が自動的に生成され、貯湯タンクに貯められる[5]。この湯を生成するタイミングと量は、基本的には以下の2種類の運転ルールにより決定される。

ルール1：決められた時刻までに、過去1週間の給湯実績から計算される量の湯を生成する。

ルール2：貯湯タンク内の湯があらかじめ決めておいた下限量を下回った場合、貯湯タンク内の湯が一定量に達するまで湯を追加する。

ルール1は基本的には1日の給湯需要を賄う湯を深夜電力を用いて生成し、貯湯タンクに貯めておくための運転ルールである。貯湯タンクに貯めておく湯量は過去1週間の給湯実績に基づいて決定される。また、ルール2は貯湯タンク内の湯を使い切ってしまう湯切れを防止するため、必要最低限の湯を常に貯湯タンクに維持するためのルールである。

この現状の運転ルールは、過去の実績から計算される1日の需要量に見合った量の湯を、深夜電力を用いて朝までに貯湯タンクに貯める運転が基本となっている。しかし、1日分の湯を貯湯タンクに貯めることができない、貯湯タンク容量が小さい省スペース型の機器などでは、新たな運転ルールを用いることで、給湯コストが低減できると期待される。

3. 汎用運転ルール

複数のif-thenルールから構成される汎用運転ルールを生成することを検討する。一つのif-thenルールは、湯生成の開始条件を記述する「条件部」と、ヒートポンプの起動方法と停止条件を記述する「アクション部」から成る。条件部は6個の数字の並び、アクション部は5個の数字の並びで表現される(表1)。以降、if-thenルールの条件部とアクション部の詳細について説明する。

て説明する。

3.1 条件部

以下の3種類の条件に基づき、湯生成の開始を決定する。

3.1.1 日付条件

一般に家庭の給湯需要は夏期に減少し、冬期に増加する。このため無駄な湯の生成を防ぐには、季節による給湯需要の変化に合わせて、ヒートポンプの起動・停止を変化させることが有効と考えられる。そこで、日付情報(1月1日からの経過日数)により、ヒートポンプの起動・停止を決定する。条件部の数字 d_s 、 d_e が $d_s < d_e$ の場合、日付 D が $d_s \leq D \leq d_e$ を満たせば D は条件を満たすとする。また $d_s > d_e$ の場合には、 $D \leq d_e$ または $d_s \leq D$ の時、日付 D は条件を満たすとする。なお、 $d_s = d_e$ の場合は日付によらず、常にこの条件が満たされるものとする。

3.1.2 時刻条件

季節と同じく、給湯需要は時刻により変化する。多くの家庭では、夕食の準備や入浴のため、夕方・夜間の給湯需要が大きくなる。また、HP式給湯機を導入した場合の料金メニューの下では、電気代も時間により変化する。このため、運転コストを最小とする汎用運転ルールの生成には、日付に加えて時刻を考慮してヒートポンプの起動タイミングを決定する必要がある。そこで、条件部として時刻を考慮する。条件部の数字 t_s 、 t_e が $t_s < t_e$ の場合、時刻 T が $t_s \leq T \leq t_e$ を満たせば T は条件を満たすとする。また $t_s > t_e$ の場合は、 $T \leq t_e$ または $t_s \leq T$ の場合に T は条件を満たすとする。日付と同様、 $t_s = t_e$ の場合は時刻とは無関係に、常にこの条件が満たされるものとする。

3.1.3 直前使用量条件

一般の家庭では入浴が一日の給湯需要の大きな割合を占め、浴槽への湯張りを入浴時間中は比較的大量の湯が継続して消費される傾向が見られる。そこで、入浴に合わせたヒートポンプの起動停止が決定できるよう、条件部として直前の湯の使用量を考慮した。直前10分間の使用湯量 W が $d_{\min} \leq W \leq d_{\max}$ ならば、直前

表1 if-thenのルール

条件部						アクション部				
日付	時刻	直前需要		目標貯湯量		累積需要	起動方法			
d_s	d_e	t_s	t_e	$d_{\min}$	$d_{\max}$	f_{Trn}	R_{Sf}	$f_{\max}$	t_p	f_{St}

使用量の条件を満たすものとする。この条件と時刻条件との組合せにより、その家庭の入浴パターンに合った湯生成ができるようになると期待される。また、直前需要量に関する条件にはワイルドカード(任意の値を許す条件)も用意する。仮に d_{max} がワイルドカードの値をとった場合、 $d_{min} \leq W$ となれば条件を満たすとする。

3.2 アクション部

アクション部は条件部が満たされた時のヒートポンプの起動方法と、ヒートポンプの停止条件とを規定する。

なお、同時に複数のif-thenルールの条件部が満たされた場合には、条件を満たしたif-thenルールのうち、後述する式(3)で計算される目標貯湯量が最大となるif-thenルールに従いヒートポンプの起動・停止を行う。

3.2.1 起動方法

異なる2種類の起動方法を考える。アクション部の数字 f_{st} の値が0なら以下のオンデマンド型の起動方法、1なら目標時刻型の起動方法を選択する。

オンデマンド型 オンデマンド型の起動方法では、条件部を満たした時点で直ちにヒートポンプを起動する。そして、湯が後述する目標貯湯量に達した時点でヒートポンプを停止する。貯湯タンク内の湯が少なくなった場合、湯切れを防ぐために湯を追加する役割を果たすif-thenルールなどに、このオンデマンド型のアクションが有効になると考えられる。

目標時刻型 目標時刻型のアクションでは、条件部の日付条件、直前給湯需要条件の2条件が満たされた場合、貯湯タンク内の湯が条件部の t_e で指定された時刻に目標貯湯量になるようにヒートポンプを起動する。具体的には、目標貯湯量から現在の貯湯量を引いた値を計算し、これとヒートポンプの性能(単位時間当に生成可能な湯量)から、時刻 t_e に目標貯湯量に達するためにヒートポンプが起動を開始しなければならない時刻を計算し、この時刻にヒートポンプを起動する。

3.2.2 停止条件

貯湯タンク内の湯の熱量が、式(3)で計算される目標貯湯量 V^{Obj} か、貯湯タンクの最大貯湯容量に達した時点でヒートポンプを停止する。

$$V^{Obj} = R_{sf} \cdot (H^{Pas} + V^{Trn}) \quad (3)$$

ここで、 R_{sf} はアクション部に記載された数字であり、0.05から2までの値(0.05刻み)を取る。また、 H^{Pas} は過去の時刻 t_s から t_p までの累積給湯需要の実績を表し、式(4)で計算される。

$$H^{Pas} = \begin{cases} 1/56 \sum_{D=1}^{D \leq 56} \sum_{t=t_s}^{t \leq t_s+t_p} HD_t^D & \text{if } f_{\max} = 0 \\ \max(\sum_{D=1}^{D \leq 56} \sum_{t=t_s}^{t \leq t_s+t_p} HD_t^D) & \text{if } f_{\max} = 1 \end{cases} \quad (4)$$

ここで HD_t^D は D 日前の時刻 t の需要を表す。

なお、給湯需要に関しては来客などにより、ごく稀に極端に大きな需要が発生する場合がある。単純に式(3)で目標貯湯量を決定すると、こうした極端に大きな給湯需要が発生した場合、その影響で無駄な湯を生成してしまうことが長く続く。そこで、こうした稀にしか発生しない給湯需要の影響を排除するため、過去56日間の同時刻の給湯需要の分布を計算し、平均から 6σ 以上大きい値は特異値として式(4)の計算から除外した。

また、式(3)の V^{Trn} は過去の未達成の目標貯湯量を表し、式(5)で計算される。

$$V^{Trn} = \begin{cases} 0 & f_{Trn} = 0 \\ V_p^{Obj} - \bar{V} & f_{Trn} = 1 \end{cases} \quad (5)$$

V_p^{Obj} は前回のヒートポンプ起動時に計算された V^{Obj} の値、 $\bar{V}$ は貯湯タンクの最大貯湯容量を表す。つまり $f_{Trn} = 1$ の場合には、前回のヒートポンプ起動時に貯湯タンク容量の制約により目標とする湯が生成できなかった場合、その差分が次のヒートポンプ起動時に補われる。

3.3 汎用運転ルールの生成に用いる給湯需要

一般的に機器評価のために利用されている標準給湯需要データの一種である、IBEC-Lモード[6]を用いて汎用運転ルールを生成する。ただし、IBEC-Lモードのみを用いてルールを生成した場合、入浴時間がIBEC-Lモードとは異なる家庭では湯切れなどの問題が発生することが想定される。そこで、IBEC-Lモードの需要ピークの時間帯(21時の入浴時間帯)を前後にずらした複数の給湯需要データを作成し(図1)、これらの需要データのいくつかから構成されるデータセットを作成し、このデータセットに含まれる給湯需要に対する汎用運転ルールを生成することとした。後述す

図1 ピーク時間帯をずらした給湯需要データ

る評価実験では、以下の5種類のデータセットを考えた。

- 3データセット ピークが7時, 21時, 23時にある3種類の給湯需要データの集合
- 6データセット ピークが2時, 4時, 7時, 11時, 17時, 21時にある6種類の給湯需要データの集合
- 12データセット 1時, 3時…23時と2時間おきにピークがある12種類の給湯需要データの集合
- 24データセット 1時, 2時…23時と1時間おきにピークがある24種類の給湯需要データの集合
- 48データセット 0時30分, 1時…23時30分と30分おきにピークがある48種類の給湯需要データの集合

なお、上記のデータセットでは、電気の時間帯別料金の切替時間帯と、NHKの生活時間調査[7]の結果を考慮し、データセットに組み入れる給湯需要データを選択した。

3.4 汎用運転ルールの生成

汎用運転ルールとしては、どのような需要パターンに対しても運転コストが極端に増加しない運転ルール

が適切だと考えた。そこで、データセットに含まれる、それぞれの需要パターンに対して、個別に運転コストが最小となる最適な運転ルール(個別最適運転ルール)[2]を求め、この個別運転ルールによる運転を行った場合からのコストの増加率が、データセットの中でほぼ均等に最小となる運転ルールを探索することを目的とした。

具体的には、式(6)の関数値 Obj を最小化する運転ルールを生成した。

$$Obj = \max_{i \in DS} \frac{C_i}{C_i^{Ind}} + N_{Shrt} \cdot P \quad (6)$$

ここで DS はデータセットを表す。 C_i は汎用運転ルールを用いた場合のデータセット DS に含まれる需要パターン i の年間の給湯コストである。また C_i^{Ind} は需要パターン i の個別運転ルールを用いた場合の年間の給湯コストである。 N_{Shrt} は湯切れ回数、 P は湯切れのペナルティを表す。

式(6)を最小化する運転ルールをGAの枠組みを用いて探索した。複数個のif-thenルールを一行に並べたものを染色体として表現し、これに交叉、突然変異の遺伝的操作を加えて、新たな個体を生成した。個体数は50とし、定常状態GAにより個体を進化させ、2,000世代に達した時点で探索を終了した。

遺伝的操作として、交叉は確率0.9の二点交叉を適用し、突然変異については、条件部を満たしたif-thenルールと、満たさなかったif-thenルールに対して、それぞれ異なる突然変異率を割り当てる不均一な突然変異を適用した。条件部を満たしたif-thenルールに対しては遺伝子長の逆数を、条件部を満たさなかったif-thenルールに対しては1.0を突然変異率とした。

4. 評価実験

実際の家庭10世帯で計測した1年分の給湯需要データを用いて、生成した汎用運転ルールを評価した。汎用運転ルールを構成するif-thenルールの数と、ルール生成に用いるデータセットの組合せを変化させ、HP式給湯機(ヒートポンプ出力4.5kW、貯湯タンク容量300リットル)の汎用運転ルールを生成し、この生成した汎用運転ルールを10世帯の家庭に適用した場合の運転コストと湯切れ回数を評価した。

4.1 条件部の判定緩和

厳密に現在日付、現在時刻、直前需要量の3条件全てを満たした場合のみヒートポンプを起動させた場合、if-thenルール数とデータセットのいずれの組合

表2 コスト増加率の最大値(湯切れ世帯数)

	3 データセット	6 データセット	12 データセット	24 データセット	48 データセット
3 ルール	9.7%(1)	23.0% (0)	20.4% (1)	21.3 (1)	16.6%(2)
5 ルール	28.7% (1)	7.7% (1)	19.4% (2)	12.1% (0)	14.3% (1)
7 ルール	17.7% (1)	11.7% (1)	20.3% (1)	35.0% (0)	9.6% (2)
9 ルール	23.6% (2)	42.0% (0)	33.7% (0)	27.0% (0)	18.0% (0)

せで生成した汎用ルールにおいても湯切れが発生する世帯が存在した。そこで、生成した汎用運転ルールの3条件のうち、2条件を満たした場合はヒートポンプを起動するよう条件部の判定を緩和してみた。その結果、湯切れが発生する世帯は無くなり、運転コストもほとんど変化しなかった。そこで、標準給湯需要データを基に作成したデータセットを用いて生成した汎用運転ルールを実際の家庭に適用する場合には、三つの条件のうち、二つの条件が満足した時点でヒートポンプを起動するよう、条件部の判定基準を緩和することとした。以降では、この条件部の判定緩和を行った場合の結果を示す。

4.2 if-thenルール数とデータセット

汎用運転ルールとは別に、各世帯の給湯需要に対する個別最適運転ルールを既開発手法により求め[2]、この個別最適運転ルールを用いた場合と比べ、汎用運転ルールによりどれだけ運転コストが増加するかを表す、式(7)で計算されるコストの増加率 R_i^{Cost} を計算した。

$$R_i^{Cost} = \frac{C_i}{C_i^{Ind}} \quad (7)$$

ここで C_i は汎用運転ルールを用いた場合の世帯 i の運転コスト、 C_i^{Ind} は給湯需要に合わせて生成した個別最適運転ルールを用いた場合の世帯 i の運転コストである。

10世帯のそれぞれについてコストの増加率を計算し、その最大値 $\max_i R_i^{Cost}$ を求めたところ、if-thenルール数とデータセットにより、 $\max_i R_i^{Cost}$ の値は表2のように変化する(カッコ内の数字は汎用運転ルールで湯切れが生じた世帯の数)。

表2の結果を見ると、if-thenルール数を5、入力データとして24データセットを用いた場合、湯切れが生じる世帯はなく、またコストの増加率が最低となった。今回評価に用いた給湯需要データについては、if-thenルール数5と、24データセットの組合せにより汎用運転ルールを生成するのが最適と考えられる。この場合、汎用ルールを用いても、各家庭の給湯需要に合わせて最適化した個別最適化運転ルールと比較してコストの増加率は最大でも12.1%に抑えられた。

4.3 世帯毎のコスト増加率

汎用運転ルールを用いた場合、運転コストの増加率が高くなる世帯の特徴を見るため、世帯毎の個別運転ルールを用いた場合からのコスト増加率と、式(8)で計算される需要変化 DC_i の関係を図示すると図2のようになった。

$$DC_i = (\max_d CD_i^d - \min_d CD_i^d) / \bar{CD}_i \quad (8)$$

ここで CD_i^d は世帯 i の d 日の累積給湯需要を、 $\bar{CD}_i$ は世帯 i の累積給湯需要の平均を表す。

この図からは給湯需要の変化が大きい世帯ほど、汎用運転ルールのコスト増加率が高くなる傾向が見られる。このうち需要変化とコスト増加率の高い世帯4、世帯7の給湯需要を詳しく調べると、これら2世帯は夏期はシャワーのみの入浴となるため、年間の需要変化が大きくなっていた。また、シャワーだけの入浴から湯張りを行う入浴に切り替わる時期に、特に給湯コストが大きくなっていることが分かった。

例外として世帯2、世帯9のように、給湯需要の変化は大きくないものの、コストの増加率が高い世帯も存在している。なお、世帯2、世帯9でコストの増加率が大きくなっている理由については、現在分析中である。

図2 需要変化の大きさとコスト増加率

表3 生成された汎用運転ルール

ルール	条件部						アクション部				
	日付		時刻		直前需要		目標貯湯量		累積需要	起動方法	
	d_s	d_e	t_s	t_e	$d_{\min}$	$d_{\max}$	f_{Trn}	R_{Sf}	$f_{\max}$	t_p	f_{St}
1	—	—	13時	13時	—	—	0	0.4	1	8時間	オンデマンド
2	7月後半	4月後半	9時	5時	—	400kcal	0	1.8	1	22時間	目標時刻5時
3	—	—	9時	7時	—	1200kcal	1	1.2	0	12時間	目標時刻7時
4	4月後半	11月	13時	7時	—	4400kcal	1	1.45	0	18時間	目標時刻7時
5	1月	8月後半	9時	8時	2400kcal	3600kcal	1	0.5	1	17時間	目標時刻8時

4.4 生成された汎用運転ルール

生成された汎用運転ルールについて検証する。表3は、if-thenルール数を5、入力データを24ピークデータとして生成した汎用運転ルールである。

汎用運転ルールのif-thenルールのうち、ルール2、3、4、5は順に5時、7時、7時、8時までに湯を沸かす、目標時刻型のルールとなっている。これらのルールの動作を分析すると、次のような挙動を示す。まず、ルール2で5時まで湯を貯める。次にルール2で貯めた湯では足りない場合、ルール3、4により7時までに湯が追加される。それでも湯が必要量に足りない場合、また朝の段階で湯が消費されて貯湯タンク内の湯が少なくなった場合には、ルール5により8時までにさらに湯が追加される。

また、ルール1は最低限必要な湯を常に維持するためのルールとなっており、貯湯タンク内の湯が少なくなった場合にヒートポンプを起動し、湯切れを防止する働きをする。

5. おわりに

本稿では、電力中央研究所で行っているエネルギー機器の選択・運用の最適化に情報技術を活用する検討のうち、HP式給湯機の汎用運転ルールの生成方法について紹介した。

HP式給湯機は運転ルールに基づいて湯を生成するタイミングと量を決定している。このため各家庭の給湯需要を計測し、計測した給湯需要に合わせて運転ルールを設定することで、運転コストが削減できると期待される。しかし、給湯需要データの計測には、膨大なコストと時間を要する。そこで、機器評価に用いられる標準給湯データのみを用いて、運転コストを小さくする汎用的な運転ルールを生成することを検討した。

標準給湯データの給湯需要のピーク時間をずらすことで、バリエーションを持たせたデータセット(給湯

需要データの集合)を作成し、このデータセットを用いて複数のif-thenルールにより構成される汎用運転ルールを生成した。生成した汎用運転ルールの性能を実際の家庭で計測した給湯需要データを用いて評価したところ、給湯需要を計測し、この給湯需要に合わせて個別最適運転ルールを生成した場合と比べて、運転コストの増加率は最大でも12.1%に抑えられた。

本稿ではHP式給湯機を対象とした機器の選択・運用の最適化に関する検討について紹介したが、現在はHP式給湯機だけに限らず、太陽光発電や蓄電池などの連携を含め、家庭全体でのエネルギーの有効活用へと情報技術を活用することを検討中である。

参 考 文 献

- [1] 所, 橋本, 篠原「ヒートポンプ式給湯機最適構成探索ツールの開発」電中研報告 R06018, 2007年
- [2] 小松, 所, 篠原「ヒートポンプ式給湯機の最適運転ルール生成手法の開発」電中研報告 R08016, 2009年
- [3] 小松, 所, 篠原「遺伝的アルゴリズムを用いたヒートポンプ式給湯機の効率的な運転ルールの探索」電気学会論文誌C, Vol.130, No.2, pp.194-200, 2010年
- [4] 小松, 所, 篠原「ヒートポンプ式給湯機の汎用ルールの開発—多様な世帯に対して経済的な運転が可能となる汎用ルール—」電中研報告 R10011, 2011年
- [5] 土屋「ヒートポンプ給湯機における貯湯制御」オペレーションズ・リサーチ, Vol.54, No.6, pp.319-324, 2009年
- [6] (財) 建築環境・省エネルギー機構 (IBEC)「住宅・建築省エネルギーハンドブック」2002年
- [7] NHK放送文化研究所「2005年国民生活時間調査報告書」2006年

(2011年10月24日 受付)

[問い合わせ先]

〒201-8511 東京都狛江市岩戸北2-11-1

(財)電力中央研究所 システム技術研究所 所 健一

TEL: 03-3480-2111

FAX: 03-5497-0318

E-mail: tokoro@criepi.denken.or.jp

著者紹介

ところ けんいち
所 健一 [非会員]

1987年3月慶應義塾大学理工学部管理工学科卒業、1989年同大学院理工学修士課程終了。同年(財)電力中央研究所入所。博士(工学)。現在、電気事業における最適化に関する研究に従事。電気学会、情報処理学会、日本オペレーションズ・リサーチ学会各会員。

こまつ ひでのり
小松 秀徳 [非会員]

2005年東京大学工学部卒、2007年同大学院工学系研究科修士課程修了。同年(財)電力中央研究所入所。現在リスク認知バイアス、地球温暖化の数理モデルに関する研究に従事。

しのはら やすし
篠原 靖志 [非会員]

1982東大・理・情報科学卒、1984同大学院理学系研究科修士課程了。同年、(財)電力中央研究所入所。知識獲得、機械学習の研究に従事。博士(情報学)。情報処理学会、ACM各会員。