

目的環境を実現する複数家電の最適状態決定法について

畠中 貫太¹ 金 鎔煥¹ 片山 喜章¹

概要: 家電には様々な種類が存在しており、その多くは我々の生活環境に影響を与え、より快適な環境を実現するために利用される。既存研究では、家電を用いたある実現したい特定の環境(以下目的環境)を記録・実現する研究を行ってきた。本稿では、環境は映像、音量、温度、湿度、風速、照度の6つの要因(以下環境要因)で構成されるものとし、目的環境はこの環境要因の値で定義されるものとする。

この環境要因に対して影響を与えるものとして家電の機能の状態を定義し、目的環境が与えられた時に現在の環境との差分を家電の機能によって埋めることで目的環境を実現することを考える。目的環境の実現にあたって、1つの家電によって複数の環境要因に対して影響力があることが多く、また、1つの環境要因が複数の家電によって影響される場合を考慮した上で、家電の機能の状態を決定しなければならない。この問題を考える時に解となる各家電の状態は一意に定まらない場合や目的環境を正確に実現できる解が存在しない場合が発生し、これを求めるためには各家電の状態の全組み合わせを確認する必要がありその組み合わせの数は膨大である。そこで、環境要因に優先順位を与え、かつ、膨大な組み合わせの中から解を求めるために分枝限定法を利用することで、現実的な時間で目的環境に最も近い解となる家電の状態の組合せの1つを求めることの出来る手法を提案する。

An Optimal State Decision Method for Household Appliances to Realize a Target Environment

1. はじめに

現在、様々な種類の家電製品が普及しており、その多くは我々の生活環境(温度、湿度、照度等)をより快適にさせるための働きをもっている。また、家電の多機能化によって、ユーザが家電の制御をより詳細に設定できるようになり、より快適な生活環境をつくりあげることができるようになった。

家電を生活環境に影響を及ぼす力を持つものと考えた時、家電の種類によって特徴がみられる。ランプやラジオといった、照度に対してのみ、音に対してのみ影響を与えるような単純な機能しか持たない家電が存在する。一方で、エアコンといった、温度のように本来影響を与えたい生活環境だけでなく風速や音といった別の複数の生活環境までも影響を及ぼしてしまうような家電も同時に存在する。このような特徴を持つ複数の家電による生活環境の構成を考えるには、家電同士が互いに影響しあう状況を鑑みる必要がある。

既存研究として、家電を用いて、ある実現したい特定の環境(以下目的環境)を記録・実現するシステム [1] がある。環境を6つの要因(以下環境要因)に分類し数値化することで定義する。また、その環境に影響を与える力として、家電の機能の状態に作用力を定義し、家電の状態を変更することで現在の環境の値と目的環境との差分を作用力によって埋めることで環境の実現を果たしていた。しかし、環境の実現を図る際に環境要因に特に優先度などを設定しておらず、システムによって決めている順番で1つずつ環境要因を合わせていた。そのため、環境要因の値を合わせていく中で、既に合わせた環境要因が他の家電の操作によって変化されても対応しない。よって既存研究には以下の問題点がある。
既存研究の問題点 提案される家電状況(家電を構成する機能の集合) 目的環境がユーザの求める環境ではない可能性がある

そこでこの問題を解決するために、目的環境の環境要因の値として具体的な数値であることを求めない*(ドントケア入力)を許す。これにより環境要因に優先順位を付与し、より目的環境として適した環境要因となる家電状況を求めることを考える。しかしその場合、解となる各家電の

¹ 名古屋工業大学大学院
Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Aichi 466-8555, Japan

状態が一意に定まらず、複数の解が存在する場合は考えられる。また存在している家電の作用力では、どのような状態の組合せをとっても目的環境を実現する解が存在しない場合も考えられる。そこでこの2つの場合に対して、解が複数存在する場合は、現在の家電の状況をなるべく維持するという指標を用意することで、最も状態が変化した家電の数が小さくなる解を、また、解が存在しない場合は、現在の環境から最も目的環境に近づけることが可能となる解を、それぞれ実行可能解の中から選ぶことで最適解とする。しかし、存在する全家電の状態を決定しなければ解となる環境の値が決定できないため、実行可能解を全て求めるためには存在する家電の状態の全ての組合せを確認する必要がある、その数は膨大なものになってしまう。よって目的環境を実現するための各家電の状態の組合せを求めるには以下の問題点がある。

問題点 膨大な数の状態の探索からどのような目的環境に対しても最適解を求める必要がある。

そこで膨大な組合せの中から、ある家電の状態を決定した時に、その時点でどの程度目的環境を実現し得るかという指標に基づいた分枝限定法を用いて解を求めるアルゴリズムを提案する。これにより、現実的な時間で目的環境に対する最適解となる家電の状態の組合せの1つを求めることが可能となる。

以下では、2章で関連研究である既存研究について詳しく説明を行う。3章でシステムモデルと問題の定義を行う。4章で提案アルゴリズムについての説明を行う。5章ではまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

2.1 環境の記録・再現機能を有する家電制御システム [1]

既存研究 [1] では、ユーザが任意の場所で環境を記録することができ、その環境をユーザが指定した場所で再現することが可能なシステムを提案している。このシステムにおいて環境とは、映像（映像の有無）、音（dB）、温度（℃）、湿度（%）、風速（m/s）、照度（lux）の6つの環境要因で定義している。環境の再現のために制御対象家電を選択し、その状態を決定する。ここで、目的環境となるように必要な家電とその状態を決定するために、各家電の状態が影響を及ぼす環境要因とその影響度を認識する方法として、各家電の状態変化における各環境要因への影響度を表した作用力定義表（図1）を用意している。

このように、環境の定義を行い作用力定義表を用意することで各家電の状態の環境への影響度を具体的に求め、ユーザが目的環境を設定した際の現在の環境と目的環境との差分を少しずつ小さくしていくことで目的環境の実現を図るシステムとなっている。本稿における目的環境の実現においてもこのシステムと同様の方法で目的環境の実現を図る。

しかし、表中の風速の欄のエアコンと扇風機のように、同

要因	種類	機能	状態	機能2	状態2	作用力	
映像	TV	電源	ON			1	
			OFF			0	
音量	TV	電源	OFF			0	
			音量	0	電源	ON	0
			
			30	電源	ON	90	
	Audio	電源	OFF			0	
			Disc	STOP			0
				0	Disc	Play	0
			音量
30	Disc	Play	90				
温度	エアコン	設定温度	電源	OFF		0	
			18	電源	ON	18	
			...	電源	ON	...	
			30	電源	ON	30	
湿度	加湿器	モード	電源	OFF		0	
			Low	電源	ON	30	
			Middle	電源	ON	40	
			High	電源	ON	50	
	除湿機	モード	電源	OFF		0	
			Low	電源	ON	-30	
			Middle	電源	ON	-40	
			High	電源	ON	-50	
明るさ	TV	電源	ON			5	
			OFF			0	
	ライト	モード	Bright	電源	ON	20	
			Dark	電源	ON	8	
電源	OFF			0			
風速	エアコン	モード	電源	OFF		0	
			Low	電源	ON	10	
			Middle	電源	ON	20	
			High	電源	ON	30	
	扇風機	モード	電源	OFF		0	
			Low	電源	ON	10	
			Middle	電源	ON	20	
			High	電源	ON	30	

図1 作用力定義表

じ環境要因に対して作用する家電が存在している場合にどちらが選ばれるかは任意となっている。また、環境要因毎に分類しているため、TVのように複数の環境要因に跨って存在する家電が発生する。こうした場合、1つの環境要因に対して目的環境との差分を埋めようと状態を決定した時に、別の環境要因に関して差分が広がってしまう場合が考えられ、既存研究ではこの問題は解決されていない。

2.2 分枝限定法 [2]

提案アルゴリズムの中で、大規模探索を行う手法として分枝限定法を用いる。分枝限定法は、解くべき問題を場合分けによって分割する分枝操作と、解かなくてもよい問題を無視する枝刈りを行う限定操作の2つの基本操作を行うことによって問題解決を行う。

分枝操作によって場合分けされた部分問題に対して最適解を求めることで暫定解を更新する。生成された部分問題の最適解が現在算出されている暫定解よりも評価が悪い場合は、その部分問題の中には最適解となる解が存在してい

ないとして探索を限定することで、探索数の削減を行えることが特徴である。

また、分枝操作を行いながら探索を行うため木構造の形をとるが、幅優先探索や深さ探索優先と違い、暫定解が優れている要素から優先して問題を解くことが可能なため、限定操作が行われた場合に直近の葉を探索する必要がないことも特徴の1つである。

この分枝限定法を用いることで、計算終了までに解く部分問題が少なく、解を早く得ることが可能となる。

3. システムモデルと問題の定義

本稿で扱う環境や家電のモデル化、各環境要因に対する作用力の計算方法、および目的環境を達成するための問題定義を示す。

3.1 環境モデル

本稿における環境とは、映像(映像の有無を0と1の2値で表す)、音量(dB)、温度(°C)、湿度(%), 風速(m/s)、照度(lux)の6つの環境要因の数値で構成されるものと定義される。以降で定義される各用語の6つの変数の添字はそれぞれ、1に映像,2に音量,3に温度,4に湿度,5に風速,6に照度が対応しているものとする。

実現しようとしている環境を目的環境 $G = \{g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6\}$, 目的環境が与えられた時の現在の環境を現在環境 $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\}$ とする。目的環境の環境要因の値には任意の値を表す* (ドントケア入力) を許すものとする。

3.2 家電モデル

本稿における家電とは、機能の集合として定義している。家電は、家電が持つ各機能(電源機能や音量機能等)で構成され、各機能はそれぞれ状態を持つ(図2)。

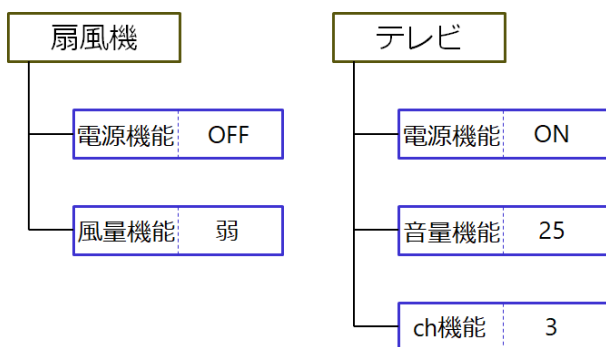


図2 家電の定義例

このように家電を定義することで、各家電の持つ機能の状態によって環境要因に対する影響力として作用力 $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6\}$ を、家電の状態1つ1つに定義する。各環境要因に対する作用力の単位はその環境要因と

同様のものである。

目的環境の実現は、この作用力を用いて現在環境の値を変動させ目的環境と現在環境との差分を埋めることで行う。差分を埋めるために作用力を用いる際には、現在の家電の状態の作用力を基準として、状態を遷移した後の作用力を演算する必要がある。そのため、現在の家電の状態の作用力を P_0 とし、現在の家電の状態の作用力を基準とした作用力として $P' = \{p'_1, p'_2, p'_3, p'_4, p'_5, p'_6\}$ を改めて計算する必要がある。

$$P' = P - P_0$$

3.3 遷移後環境

目的環境との一致比較のために,3.2節で求めた P' を用いて、各家電の状態を遷移した後の環境として遷移後環境 $P_e = \{p_{e1}, p_{e2}, p_{e3}, p_{e4}, p_{e5}, p_{e6}\}$ を定義する。遷移後環境 P_e の各要素の値を以下に定義していく。以下では存在する家電の数を n とし、相対作用力の2つ目の添字は i 番目の家電を指すものとする。

3.3.1 p_{e1} 映像

遷移後環境の映像の要素である p_{e1} は、存在する家電の中で1つでも映像に対する作用力 p'_1 が1ならば1を、全ての相対作用力が0ならば0をとる値と定義する。

$$p_{e1} = \bigvee_{i=1}^n p'_1 i$$

3.3.2 p_{e2} 音量

遷移後環境の音量の要素である p_{e2} は、存在する家電が発生する音量の作用力 p'_2 の対数の和の値と定義する。ただし、前提として自然発生している音はないものとする。これは、自然音によっては音量の値が正確に計算できず、 p_{e2} の値が不正確になってしまうためである。

$$p_{e2} = 10 * \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{p'_{2i}}{10}}$$

3.3.3 p_{e3} 温度

温度に対して作用力を持つ家電には、エアコンのように具体的な数値を設定温度として作用力を持つ家電と、ストーブのように具体的な数値を持たずに現在の温度よりも温度を上げるという作用力を持つ家電が存在する。そのため、遷移後環境の温度の要素である p_{e3} の定義は、設定温度を持つ家電が存在するかどうかによって計算方法が異なる。

$$p_{e3} = p_{3i} \tag{1}$$

$$p_{e3} = c_3 + \sum_{i=1}^n p_{3i} \tag{2}$$

(1) は i 番目の家電の作用力が設定温度を持つ場合であり,(2) は設定温度を持つ作用力が存在しない場合である。作用力に設定温度を持つものの方が影響力が大きいと考えることにより,(1) では設定温度を持たない作用力はその効力

が吸収されるものとする。ただし、設定温度を持つ作用力が複数存在する場合は暖房ならば最大値、冷房ならば最小値の値をとる。また、暖房と冷房が同時に存在する場合は暖房が優先されるものとする。

3.3.4 p_{e4} 湿度

相対湿度である湿度 (%) は本来、温度が定まった後に空气中に含有される蒸気量から算出される。そのため、湿度の作用力としての単位は時間あたりの排出蒸気量 (kg/h) が正しいが、作用力の単位に環境要因の単位でもある % を用いることで、遷移後環境の湿度の要素である p_{e4} を作用力の和で定義できるものとする。

$$p_{e4} = c_4 + \sum_{i=1}^n p_{4i}$$

3.3.5 p_{e5} 風速

遷移後環境の風速の要素である p_{e5} は、存在する家電の中で最も相対作用力が大きいものの値と定義する。ただし、室内を想定しているため自然風は吹いていないものとする。これは、自然風によっては風速の値が正確に計算できず、 p_{e5} の値が不正確になってしまうためである。

$$p_{e5} = \max\{p_{51}, p_{52}, \dots, p_{5n}\}$$

3.3.6 p_{e6} 照度

照度の単位である lux は光束量を表している。本稿では存在する家電の作用力によって生じる最大の光束量を環境の照度と考える。そのため、遷移後環境の照度の要素である p_{e6} は、作用力の和の値として定義する。

$$p_{e6} = c_6 + \sum_{i=1}^n p_{6i}$$

3.4 目的環境達成定義

次の条件を満たすとき、求められた遷移後環境 P_e を構成する各家電の機能の状態の組合せは目的環境を達成する解とする。

条件 ある遷移後環境の全ての環境要因が目的環境 G の値と一致する (ただし、 $g_i = *$ ($1 \leq i \leq 6$) である環境要因は一致させなくてもよい)

ただし、どのような P_e をとっても条件が満たせない場合、現在環境 C と目的環境 G の差分が最も小さくなるような P_e を構成する各家電の機能の状態の組合せを解とする。また、解となる P_e が複数ある場合、家電の現在の状態を出来るだけ維持し、目的環境 G において $*$ が指定されている環境要因において現在環境 C との差分が最も小さくなる P_e を構成する各家電の機能の状態の組合せを解とする。

4. 提案アルゴリズム

アルゴリズムの基本戦略について説明する。本稿で提案するアルゴリズムに用いる値である優先度と将来性に関する説明を行った後にアルゴリズムの基本動作を述べる。また、家電の機能の状態の組合せを発見する手法として、計算終了までに解く部分問題が少なく、解を早く得やすい分枝限定法を用いる。

4.1 優先度

複数の環境要因に作用力を持つ家電が存在する場合でも目的環境を実現するために、目的環境の環境要因に優先順位として優先度という数値を付与することで状態を決定する家電を選択する。優先度を考える時に、各環境要因間の評価尺度を揃える必要性と、与えられた目的環境によって環境要因に優先順位を付与する必要がある。そこで、各環境要因の値を平準化すること、および目的環境による環境要因の重み付けを考える。

4.1.1 平準化

各環境要因の値が一般的な家屋の屋内において取り得る値を考えた場合、以下の表のようになると考えられる。

映像	音量	温度	湿度	風速	照度
0,1	10~90	0~40	0~100	0~10	0~300

表 1 各環境要因の取り得る値の範囲

そこで、各環境要因の評価尺度を揃えるために、各環境要因の最小値が 0、最大値が 100 となるような平準化 L を、

$$L = \{l_1 = 100, l_2 = 0.125, l_3 = 2.5, l_4 = 1, l_5 = 10, l_6 = \frac{1}{3}\}$$

という固定値として定義する。ただし、音量の平準化である l_2 のみ本来の値の 10 分の 1 の値をとっている。これは家電の特徴として、電源を入れ動作させるだけで音量を発生するものが多いことから意図的に優先順位を下げたものである。

4.1.2 重み付け

環境要因に優先順位を付与するために、本アルゴリズムにおける目的環境の環境要因の値にはドントケア入力を許容している。ドントケア入力は、その環境要因に関しては具体的な数値を指定せずどのような値をとっても目的環境を満たしているとするものである。そのため、目的環境の値がドントケア入力であるかどうかによって各環境要因に重み付け W を定義する。

$$W_i = \begin{cases} 0.01 & (g_i = *) \\ 100 & (otherwise) \end{cases} \quad (1 \leq i \leq 6)$$

こうして得られた平準化 L と重み付け W を用いて優先度 Pr を以下の式によって求める。

$$Pr_i = W_i * L_i \quad (1 \leq i \leq 6)$$

求めた優先度 Pr の値の降順となるように環境要因を並べ替えたものが環境要因の優先順位となる。この優先度に従っ

た優先順位が高い環境要因の差分を埋めるほど目的環境と現在環境との差が少なくなるといった評価を行うために、以降のアルゴリズムでは求められた優先度の数値を基準として差分を埋めることを考える。

優先度に従った環境要因から差分を埋めるような作用力を持つ家電を決定するために、各家電がどの環境要因に対して作用力を持つかといった家電作用力相対表(表2)を用意する。各環境要因に対して作用力を持っていれば1を、そうでなければ0の値をとり、計算された優先度に従って表を並び替えることによって状態を決定する家電を選択する。

家電名	温度	湿度	映像	風速	音量	照度
家電1	1	1	0	1	1	0
家電2	1	0	1	0	0	0
家電3	0	1	0	0	0	0
家電4	0	0	1	0	1	1
家電5	0	0	0	0	0	1
...

表2 家電作用力相対表

4.2 将来性

優先度を付与することで環境要因に優先順位が決まり状態を決定する家電の選択が可能となった。しかし、目的環境を実現する各家電の機能の状態の組合せの最適解を求めるためには家電の状態の全組み合わせを確認する必要がある。家電の全組み合わせは膨大な量であり、それらの全探索は現実的ではない。そこで、家電の機能の状態の組合せを発見する手法として分枝限定法を用いる。しかし、存在する家電の状態を全て決定するまで、家電によって構成される環境要因の値は決定できないため、優先度を設けただけでは分枝限定法を適用できず結果として全探索と変化がない。そこで、ある家電の状態を決定した時にそれ以降の探索で、どれだけ目的環境を達成し得るかといった指標となる将来性 F という数値を導入する。この将来性 F は値が小さいほど評価が高いものとする。

目的環境達成条件を満たすことを考える際、優先度に従った家電の状態を1つずつ決定していく中で以降の家電の状態選択でどれだけ差分を埋めることが可能かを判明させるためには、全ての家電の状態を決定しその家電全体作用力を計算する必要がある。これは、存在している家電の中で最後に選択された家電によってそれまで計算されていた家電全体作用力が変動する可能性が存在するためである。よって、存在している全ての家電の状態を決定しなければ、それら家電によって構成される環境と目的環境との差分が評価できないため、家電の機能の状態の全ての組合せを確認する必要がある。

そこで、ある家電の状態を決定した時に、まだ選択されて

いない家電によって各環境要因の目的環境との差分がどれだけ埋められるか、或いは埋められないかといった数値を将来性に加える。加える数値を求めるために前節で求めた優先度 Pr および家電作用力相対表を用いる。

現在環境と目的環境との差分を埋めるために家電の機能の状態を1つずつ決定することを考えている。決定される家電の順番は優先度が付与された環境要因に従って並び替えられた家電作用力相対表の降順となるため、優先度に従った順に環境要因の値を目的環境に近づける動作をとる。この動作に従って家電の状態を決定していくと、ある段階で近づけようとしている環境要因に作用力を持つ家電と持たない家電の境界が現れる。この時、近づけようとしていた環境要因が未だ目的環境と一致していなかった場合、これ以降の家電の状態を如何にしてもこの環境要因の差分 $diff$ を埋めることが叶わず、以降の探索で残り続けることが家電作用力相対表から分かる。よってこのような差分 $diff$ をペナルティ D として将来性に数値として加える。ペナルティは優先度の補正をかけることによって、優先度の高い環境要因のものほど値が大きくなるものとする。

$$D = diff * Pr_i ((1 \leq i \leq 6))$$

差分に優先度の補正をかけると、目的環境の環境要因の値にドントケア入力指定されているものは限りなく小さくなる事が分かる。よって目的環境の値にドントケア入力指定されている環境要因は、探索が進む中で目的環境に近づける家電の状態を決定してもその差分がほとんど変わらない場合が発生するこの時この特徴を利用することで、以降の探索を限定することが考えられる。この限定操作を行うために、目的環境が与えられた時の家電の現状態から各家電の状態がそれまでの探索で変更された数 N_c だけ将来性の値に加算することを考える。

$$N_c = \begin{cases} N_c + 1 & (\text{状態が変更される場合}) \\ N_c & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (N_c \text{の初期値は} 0)$$

この N_c によって、ある家電の状態を決定することを考えた時、状態を変更した時に目的環境へと近づけることのできる優先度補正付きの差分が1よりも小さいならば、家電の状態を変更しないという選択が可能となる。また、ある家電の状態を決定する時に、優先度補正付きの差分が1よりも小さい場合、それ以降に選択される家電の優先度はより小さいことが考えられるため、以降選択される家電は現状態を維持する選択をとることが可能となる。よって探索数の大幅な削減が実現可能となる。また、この N_c を家電の状態をなるべく現状態を維持するという指標にすることも同時に可能となる。

さらに、家電の状態を決定する時、目的環境に近づけようとしている環境要因よりも優先度の低い環境要因は目的環境を実現していない場合がほとんどである。これは、優先

度の低い環境要因に対して作用力を持つ家電の状態が未だに決定されていない可能性が高いためである。この特徴から、家電作用力相対表を用いることで、まだ選択されていない家電の内、将来的にいくつの家電の状態を変更する必要があるのかといった数 N_f を求められる。この時、現在参照している環境要因よりも優先度の低い環境要因群に対して、複数の家電による論理和をとり全て 1 となる家電の数を N_f とする。 N_f の値の求め方の例として、本稿 4.1.2 節で用いた家電相対作用力表である表 2 が与えられた場合を考える。どの家電も状態が未選択である初期状態を考えると、家電 1 と家電 2 と家電 4 の論理和をとることで全ての環境要因の値を 1 に出来るため、 $N_f = 3$ となる。この時、家電 1 と家電 4 のみの論理和だけでも全ての環境要因の値を 1 にすることが可能である。しかしこうした場合でも、家電作用力相対表の降順に家電の状態を決定する手順は変わらないため、この N_f は理論的に最小となる数ではなく表の降順に従って求めればよい。

こうして得られた D, N_c, N_f の値の和をとったものが、探索中に家電の状態を決定した時の状況 1 つ 1 つに求められる将来性 F となる。

$$F = D + N_c + N_f$$

4.3 アルゴリズムの動作

アルゴリズムの動作を順を追って説明する。

手順 1 設定された目的環境に従って各環境要因に重み付けを行う。

手順 2 求められた重み付けと平準化の値を用いることによって、与えられた目的環境に従った優先度が求められ、環境要因に優先順位が優先度の降順に決定される。

手順 3 優先度の降順に決定された環境要因の優先順位となるように家電作用力表が並び替えられる。以降、並び替えられた家電作用力相対表の降順に、家電の状態を分枝限定法によって決定していく。

手順 4 家電作用力相対表によって選択された家電の状態を決定するために、その家電の機能の全状態の Node を生成する。生成される Node のそれぞれに対して D, N_c, N_f を求め、各 Node の将来性を算出する。この時、 D が 1 よりも小さいならば、現在選択されている家電以降の状態を全て現状態のままよいとして以降の探索を限定する。

手順 5 求められた将来性の昇順となるように優先度付きキューに生成された全 Node を格納する。この時、将来性が同値となった Node に関しては、その Node を構成する家電の機能の状態の組合せから家電全体作用力 P_e を求め、それによる目的環境との優先度補正付きの差分が小さいものが優先されるものとする。その際、状態が決定されていない家電は目的環境が与えられた時

の状態の作用力として計算を行う。

手順 6 キューの先頭 Node を取り出し家電作用力相対表に従った次の家電の状態の決定のために手順 4,5 と同様の操作を行う。

手順 7 全ての家電の状態が決定されるまで手順 4~6 を繰り返す。

手順 1~7 によって得られた家電の機能の状態の組合せが目的環境を実現するための最適解となる。

Algorithm1 分枝限定法による解を求めるアルゴリズム

平準化 L と重み付け W により優先度 P_r を求める。
優先度 P_r に従った順に操作家電の順番を並び替える。
将来性による優先度付きキューに現在環境および家電の現状態で構成される Node を格納する。

(1) キューの先頭 Node を取り出し、次に選択される家電の状態の数だけ Node を生成する。

(2) 生成された Node 毎に計算される将来性を付与し、生成された全ての Node をキューに格納する。

取り出された Node によって全ての家電の状態が決定されるか、限定による探索が終了するまで 1,2 を繰り返す。

以上の戦略を実現したアルゴリズムが Algorithm1 である。

5. 評価実験

提案アルゴリズムの評価を存在する家電の機能の状態の全組み合わせから最適解を求める力づく法と比較して行う。存在する家電として、テレビ、エアコン、卓上ランプ、蛍光灯、除加湿器、扇風機、ラジオ、ビデオ、石油ストーブを想定した。機能の状態の全組合せは 270200448 通りである。さらに、現在環境および目的環境のケースとして以下の表のような場合を用意する。用意された複数のケースに対して提案アルゴリズムと力づく法において目的環境を達成する組合せを求める。力づく法では、達成する解が見つかった場合に探索は終了せず、達成する全ての解を求めた後に最も目的環境との差分が小さく、かつ家電が現状態から変更されていない状態の組合せを選択するものとした。これら 2 つの探索法において、探索した組合せの数と探索にかかった時間を比較する。

映像	音量	温度	湿度	風速	照度
0	10	20	60	10	0

表 3 現在環境

	映像	音量	温度	湿度	風速	照度
ケース 1	1	40	*	*	*	300
ケース 2	1	40	25	50	5	300
ケース 3	1	*	*	*	*	*

表 4 目的環境ケース

	力づく法	提案アルゴリズム
総探索数	270299448 通り	16908 通り
探索時間 (ms)	610387	954

表 5 目的環境ケース 1 の結果

	力づく法	提案アルゴリズム
総探索数	270299448 通り	6480 通り
探索時間 (ms)	1035889	678

表 6 目的環境ケース 2 の結果

	力づく法	提案アルゴリズム
総探索数	270299448 通り	103 通り
探索時間 (ms)	11077561	654

表 7 目的環境ケース 3 の結果

また、力づく法と提案アルゴリズムにおける最適解は以下の表のようになった。表中には変化した機能の遷移のみ記述した。

	力づく法	提案アルゴリズム
テレビ	電源:OFF → ON	電源:OFF → ON
エアコン	変化なし	変化なし
卓上ランプ	電源:OFF → ON	電源:OFF → ON
蛍光灯	電源:OFF → ON	電源:OFF → ON
除加湿器	変化なし	変化なし
扇風機	変化なし	変化なし
ラジオ	音量:5 → 20	音量:5 → 20
ビデオ	変化なし	変化なし
石油ストーブ	電源:OFF → ON	電源:OFF → ON

表 8 目的環境ケース 1 における最適解の家電状況の変化

	力づく法	提案アルゴリズム
テレビ	電源:OFF → ON	電源:OFF → ON
エアコン	設定温度:20℃ → 25℃ 風量:強 → 中	設定温度:20℃ → 25℃ 風量:強 → 中
卓上ランプ	電源:OFF → ON	電源:OFF → ON
蛍光灯	電源:OFF → ON	電源:OFF → ON
除加湿器	変化なし	変化なし
扇風機	変化なし	変化なし
ラジオ	音量:5 → 20	音量:5 → 20
ビデオ	変化なし	変化なし
石油ストーブ	電源:OFF → ON	電源:OFF → ON

表 9 目的環境ケース 2 における最適解の家電状況の変化

用意した現在環境力づく法による解はもちろん、提案アルゴリズムによって求められた解においても各ケースにおける最適解が求めることが出来た。

	力づく法	提案アルゴリズム
テレビ	電源:OFF → ON	電源:OFF → ON
エアコン	変化なし	変化なし
卓上ランプ	変化なし	変化なし
蛍光灯	変化なし	変化なし
除加湿器	変化なし	変化なし
扇風機	変化なし	変化なし
ラジオ	変化なし	変化なし
ビデオ	変化なし	変化なし
石油ストーブ	変化なし	変化なし

表 10 目的環境ケース 3 における最適解の家電状況の変化

得られた結果から、力づく法と提案手法に探索に要する時間に大きな差異が見られ、また、力づく法による解はもちろん、提案アルゴリズムによって求められた解においても各ケースにおける最適解を求められていることが分かる。このことから、今回得られた家電の機能の状態の組合せを家電の操作系列に置き換え、ユーザの目的環境を実際の家電に反映させるシステムにアルゴリズムを組み込むことを考える。その際、そのシステム全体の遅延を考えた場合、提案システムによる待機時間の有用性が判る。

6. おわりに

本論文では、環境を環境要因の値で定義し、家電に環境に対する作用力を定義することによって、複数家電による目的環境を達成する最適状態の決定アルゴリズムを提案した。また、目的環境によって環境要因に優先度を付与することによって、目的環境に応じて調えるべき要因を決定することで、より目的環境に近づけることを可能とする解を求めることを可能とした。

今後の課題として、より目的環境に近づけやすく且つより少ない探索数で解を求めることが可能となるように、平準化や重み付けの数値の最適化が挙げられる。

また、本論文では目的環境に近づけることのみを評価基準として分枝限定法によって複数家電の最適状態を決定しているが、消費エネルギーの観点の評価を加えた場合といった家電ならではの評価項目を加えた場合のアルゴリズムの改良についても考えられる。

参考文献

- [1] 近藤隆史, 片山喜章:“環境要因に対する家電の作用力に基づく環境の記録・再現方法に関する研究”,2008-UBI-020,pp.22-30(2009)
- [2] 今野浩:“整数計画法と組合せ最適化”,産業図書 (1983)