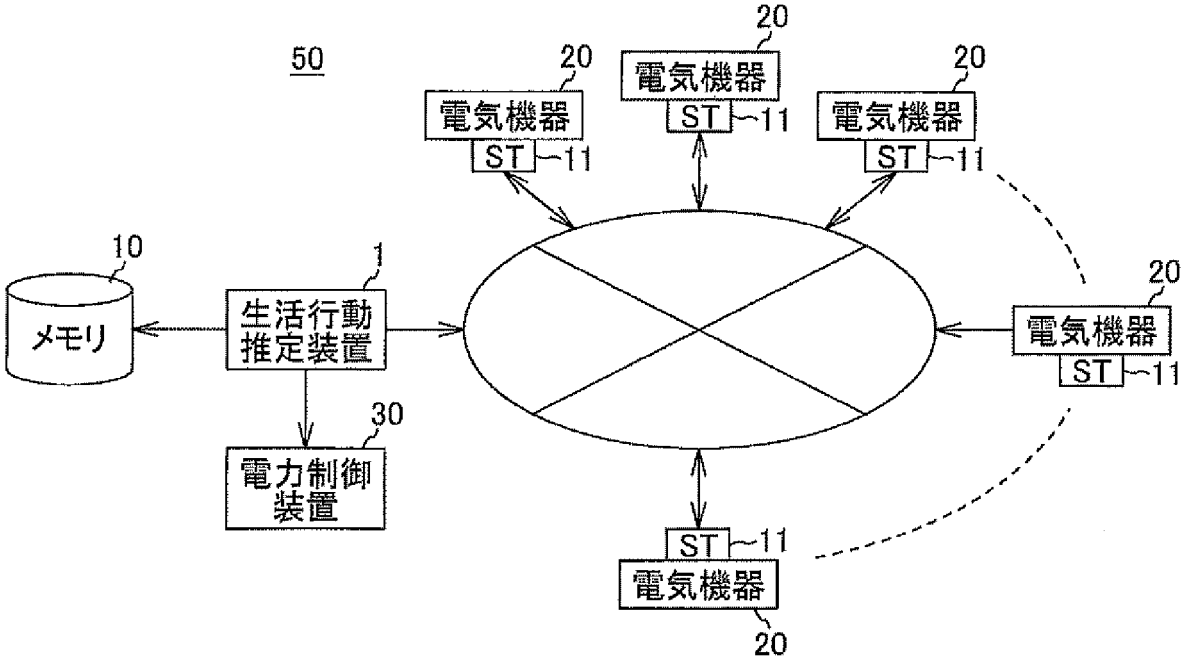
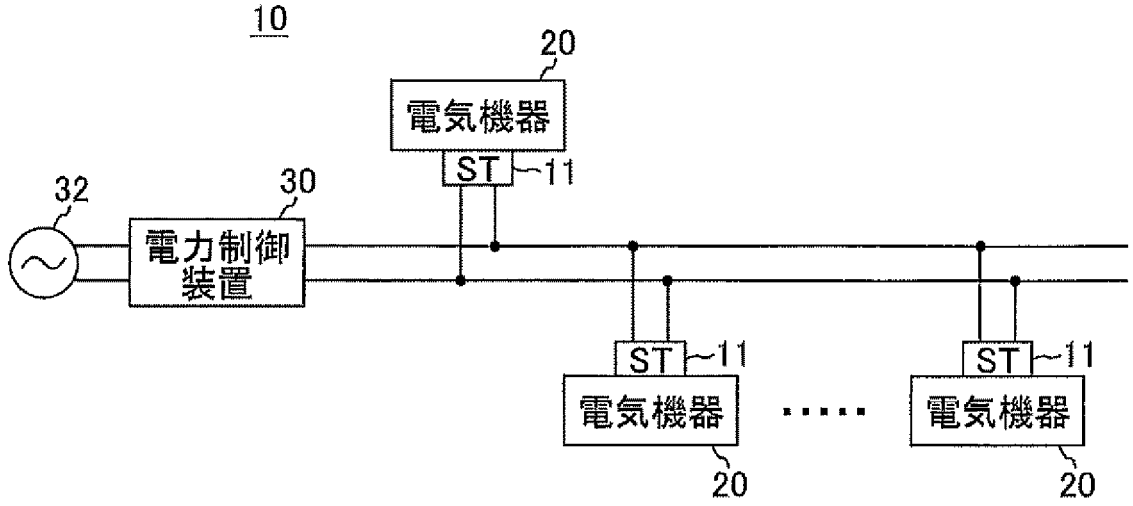
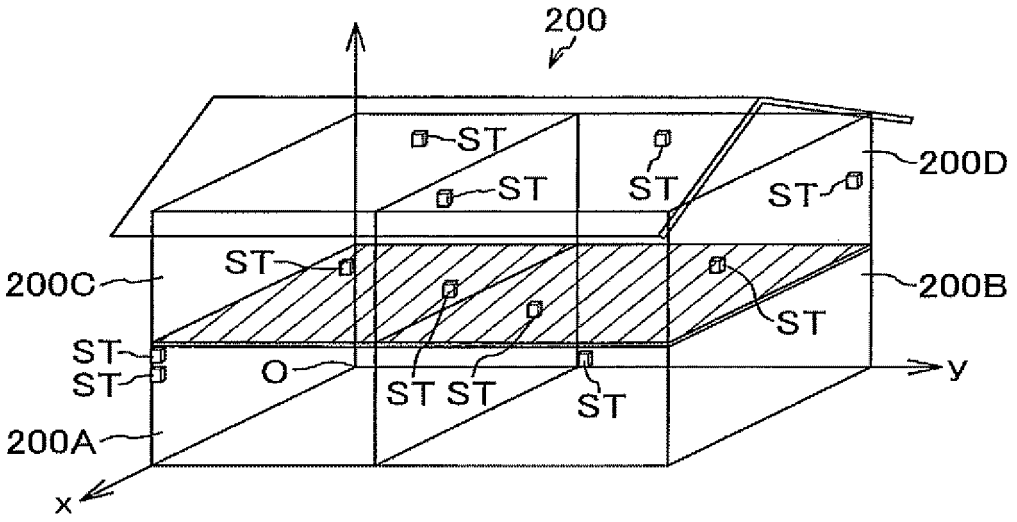
[図1]


50
20
電気機器
ST
11
10
メモリ
1
生活行動
推定装置
30
電力制御
装置

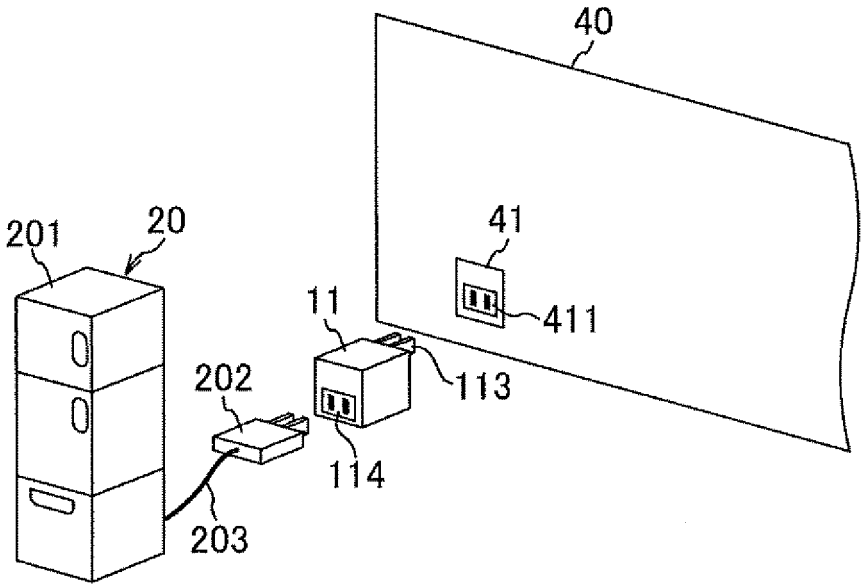
[図2]


10
20
電気機器
ST
11
32
30
電力制御
装置
電気機器

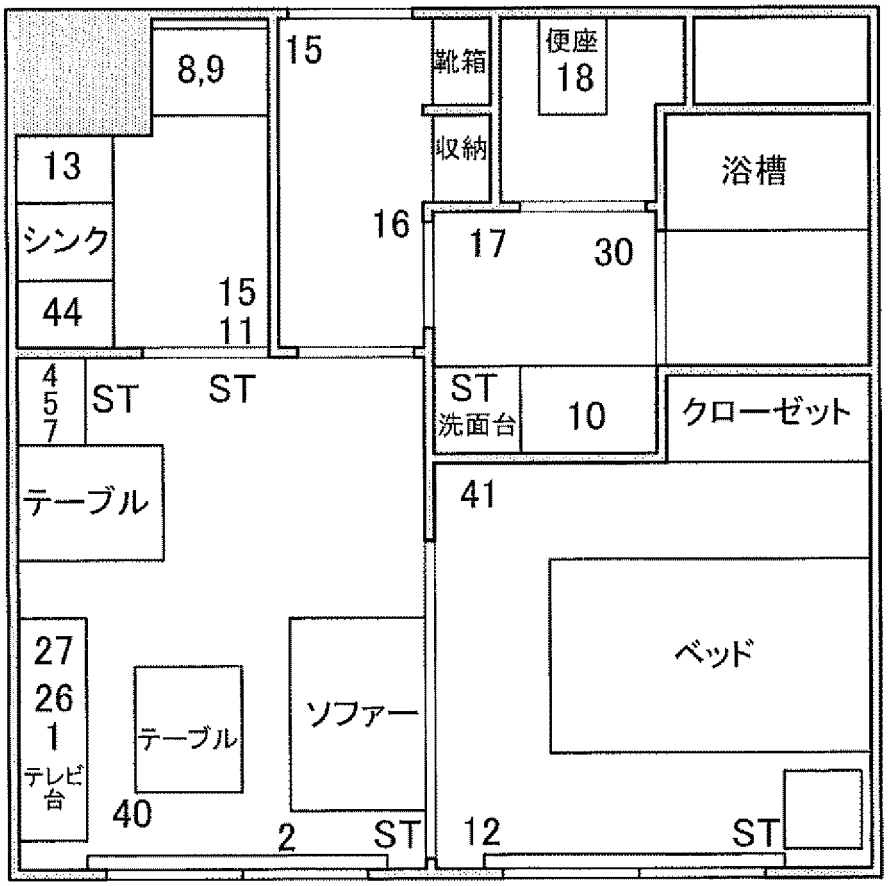
[図3]


200
ST
200D
200C
200B
200A
O
x
y

[図4]

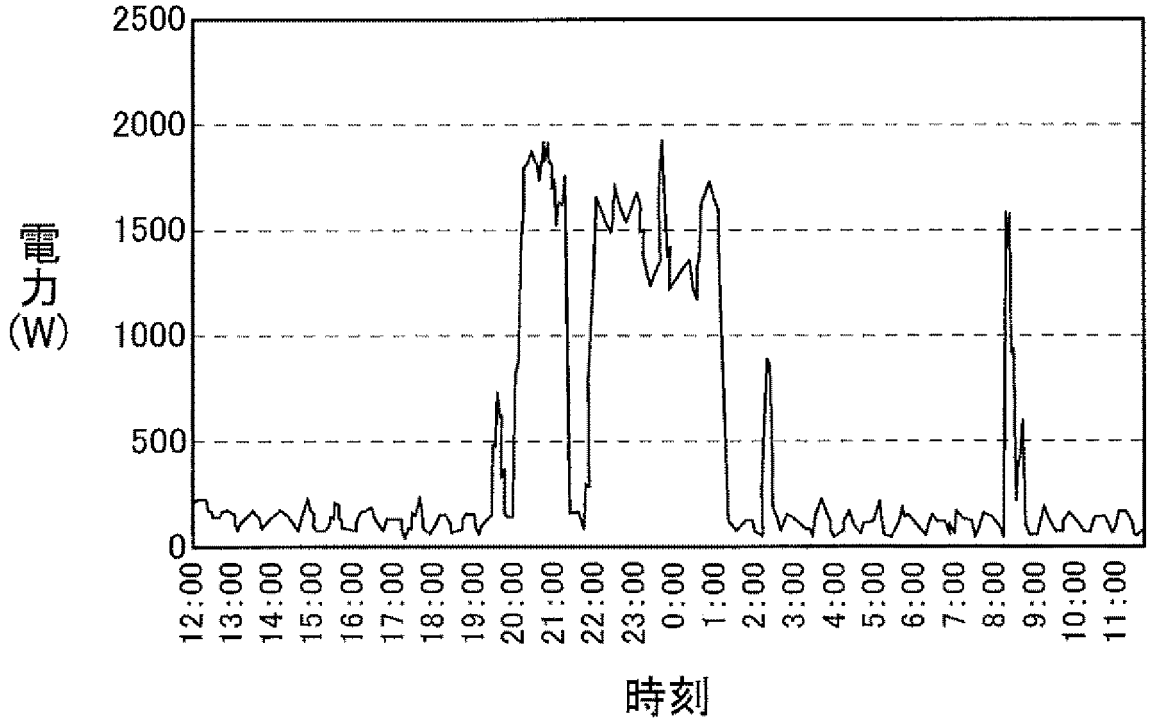

40
41
411
201
20
11
113
202
114
203

[図5]

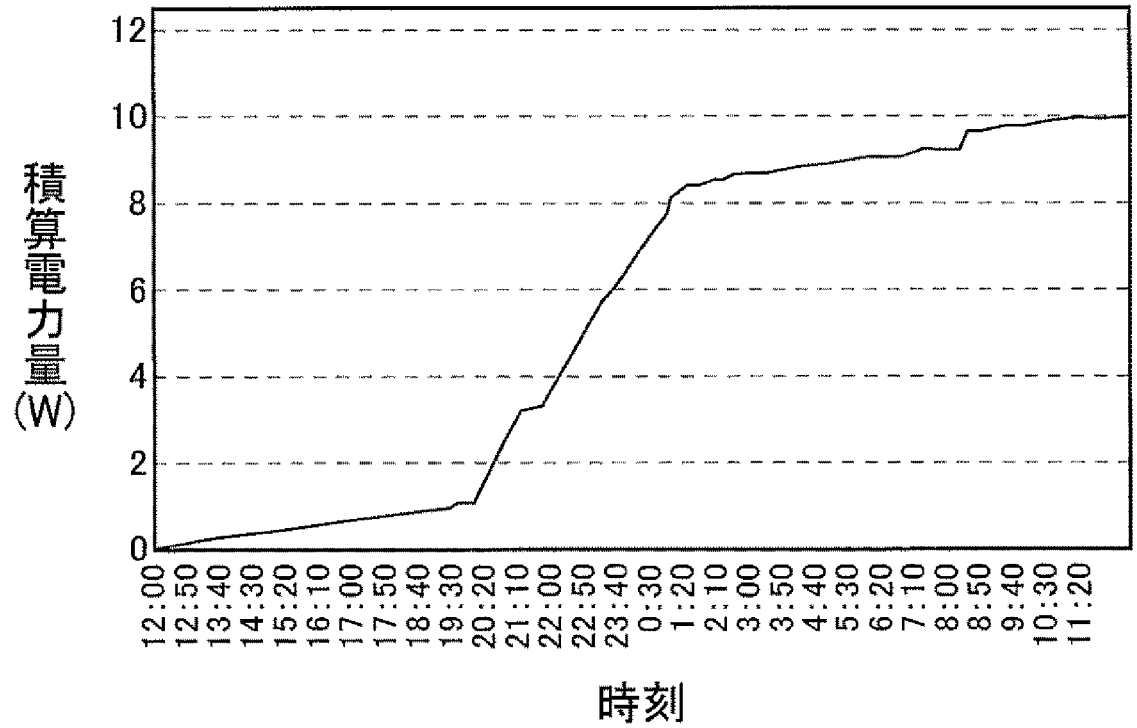

8,9
15
靴箱
便座
18
収納
浴槽
13
シンク
44
16
17
30
15
11
4
5
7
ST
ST
ST
洗面台
10
クローゼット
テーブル
41
ベッド
27
26
1
テレビ台
テーブル
ソファー
40
2
ST
12
ST

家電の配置

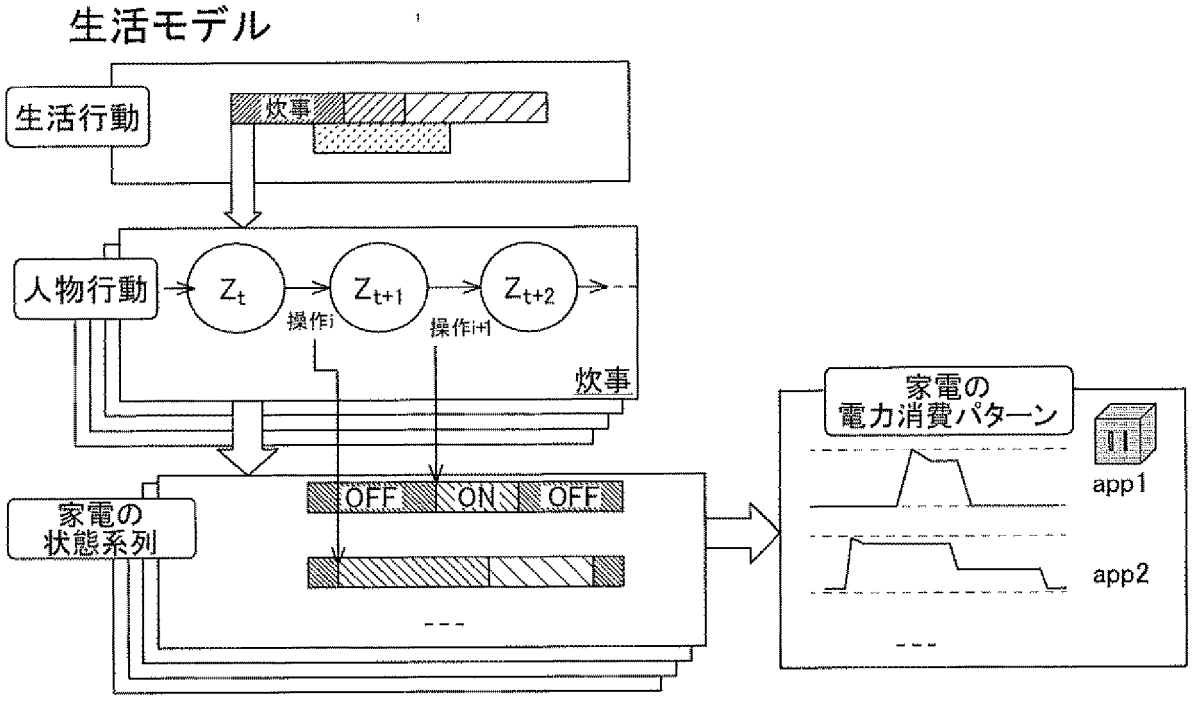
[図6]


2500
2000
1500
1000
500
0
電力(W)
12:00
13:00
14:00
15:00
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00
22:00
23:00
0:00
1:00
2:00
3:00
4:00
5:00
6:00
7:00
8:00
9:00
10:00
11:00
時刻

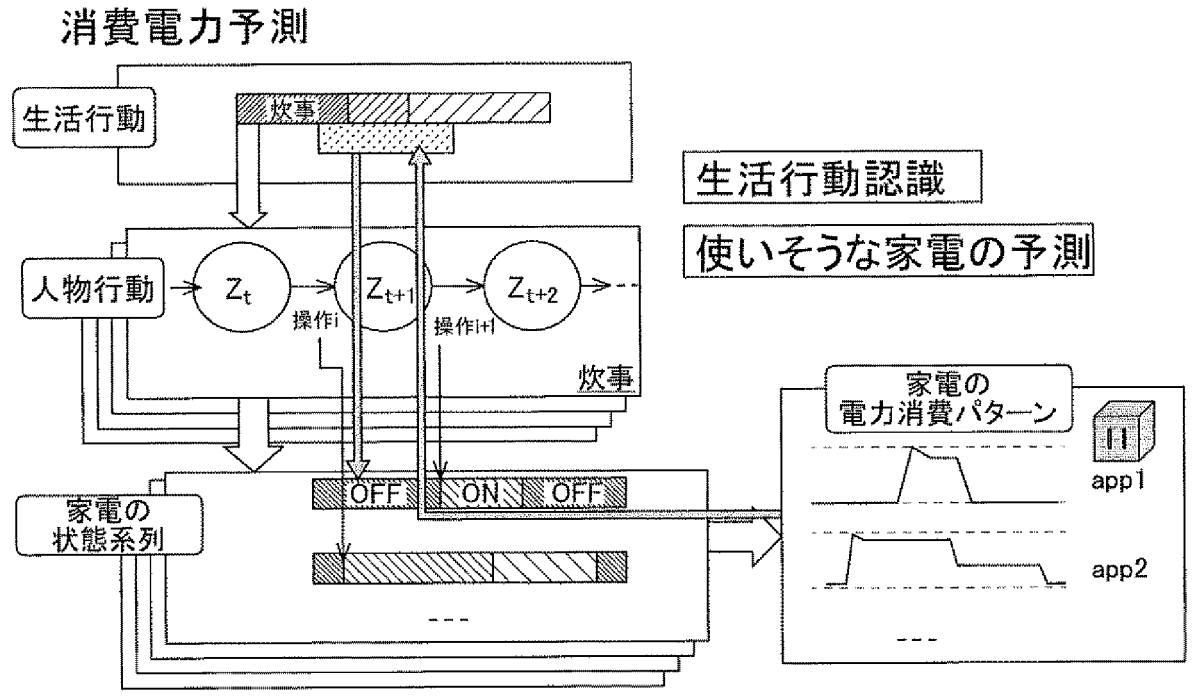
[図7]


12
10
8
6
4
2
0
積算電力量(W)
12:00
12:50
13:40
14:30
15:20
16:10
17:00
17:50
18:40
19:30
20:20
21:10
22:00
22:50
23:40
0:30
1:20
2:10
3:00
3:50
4:40
5:30
6:20
7:10
8:00
8:50
9:40
10:30
11:20
時刻

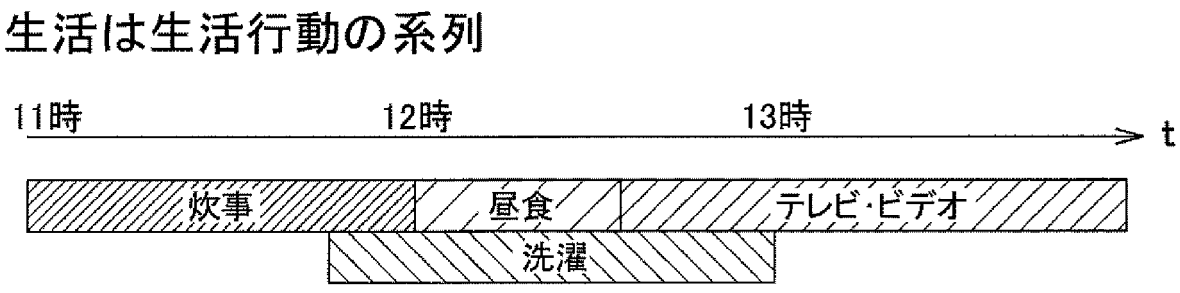
[図8]


生活モデル
生活行動
炊事
人物行動
Z_t
Z_{t+1}
Z_{t+2}
操作i
操作i+1
炊事
家電の
状態系列
OFF
ON
OFF
家電の
電力消費パターン
app1
app2

[図9]


消費電力予測
生活行動
炊事
人物行動
Z_t
Z_{t+1}
Z_{t+2}
操作i
操作i+1
炊事
家電の
状態系列
OFF
ON
OFF
生活行動認識
使いそうな家電の予測
家電の
電力消費パターン
app1
app2

[図10]


生活は生活行動の系列
11時
12時
13時
t
炊事
昼食
テレビ・ビデオ
洗濯

[図11]

生活行動

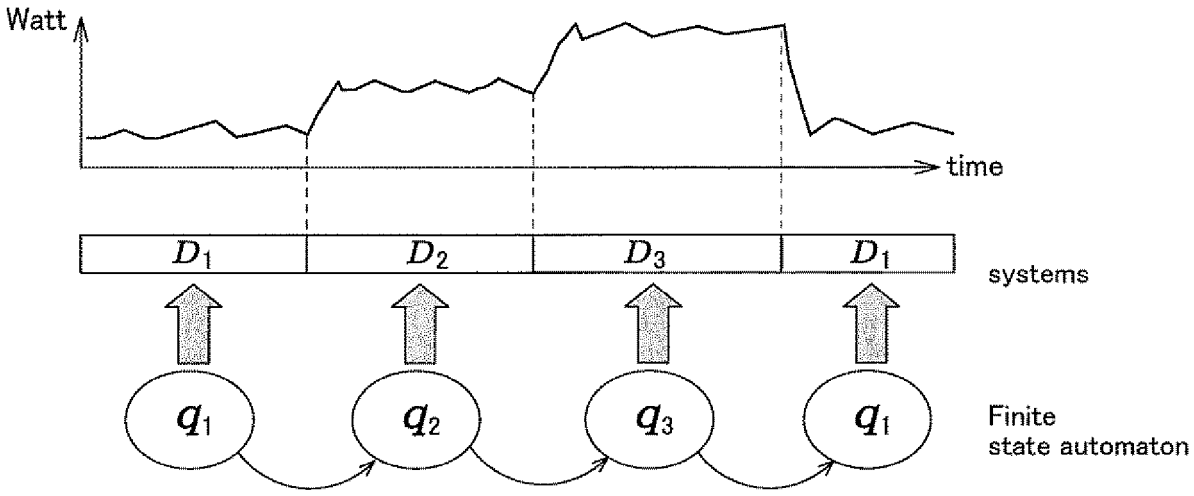
（ａ）NHKの国民生活時間調査

睡眠	仕事のつきあい	子供の世話	会話・交際	テレビ	ビデオ・DVD
食事	授業・学内活動	家庭雑事	スポーツ	ラジオ	休息
身の回りの用事	学校外の学習	通勤	行楽・散策	新聞	その他
療養・静養	炊事洗濯掃除	通学	趣味・娯楽・教養	雑誌・漫画・本	不明
仕事	買い物	社会参加	インターネット	CD・テープ	—

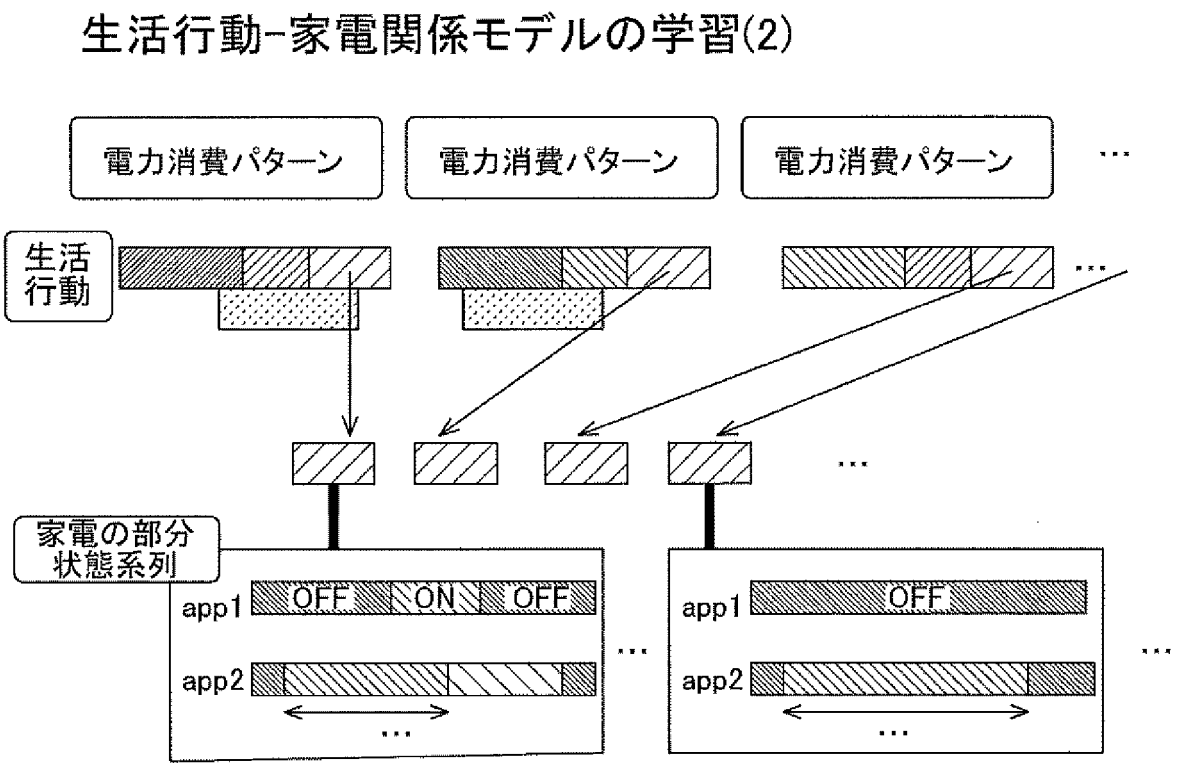
（ｂ）

睡眠	入浴	育児・家庭雑事
食事	身の回り(洗面等)	仕事学業
炊事		炊事
洗濯	休憩	その他
掃除	趣味・娯楽・テレビ	外出

[図12]



[図13]

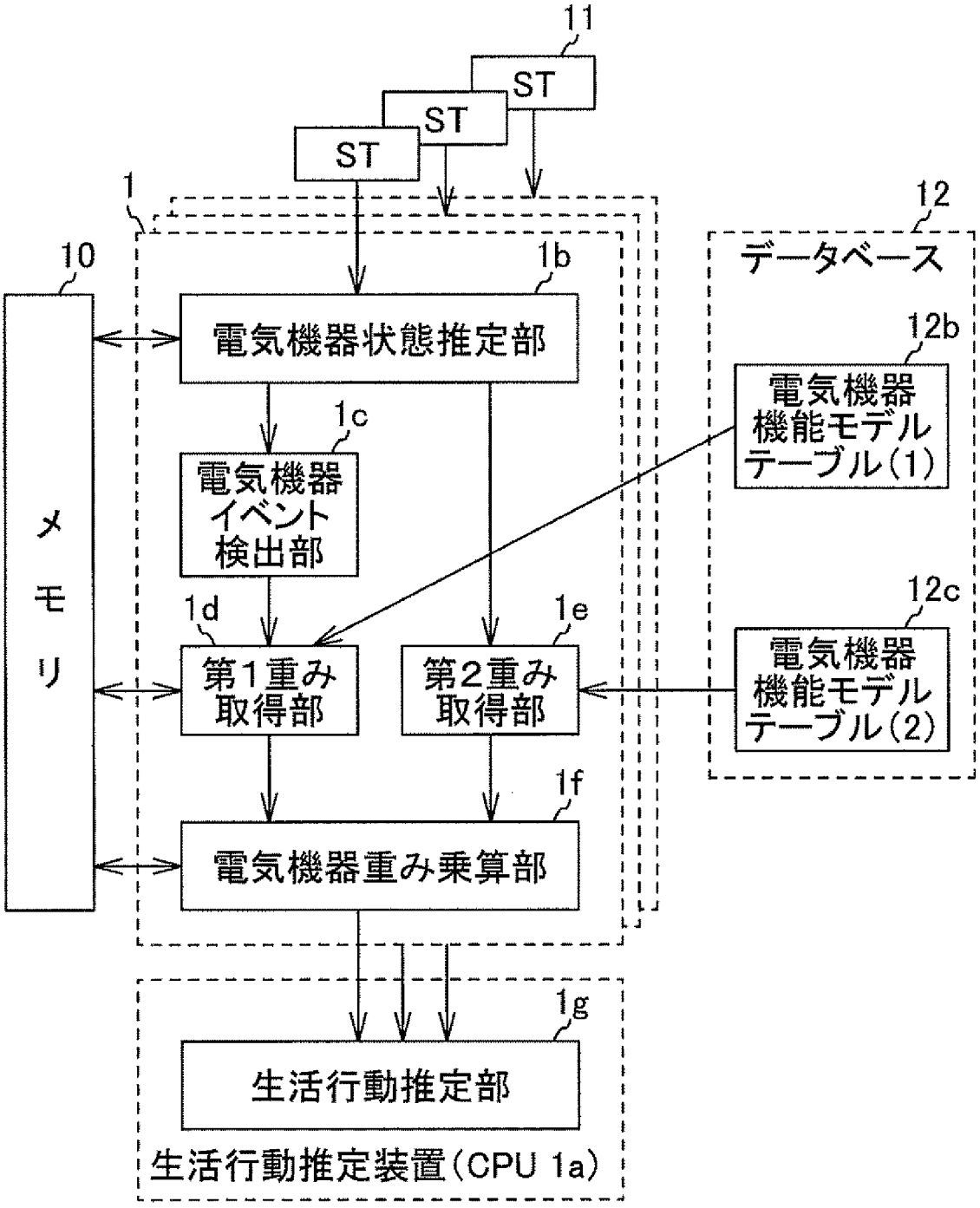


[図14]

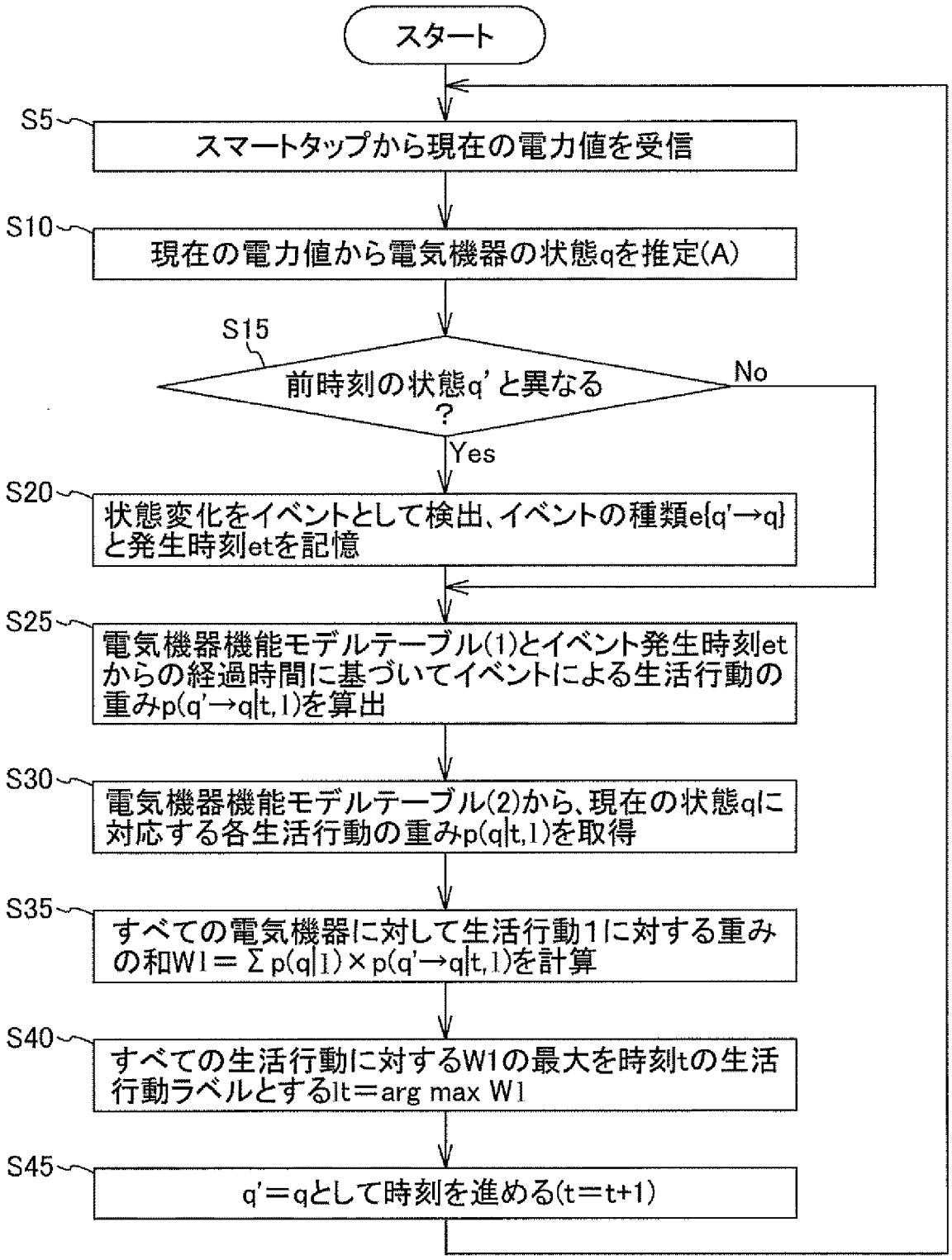
Ex)テレビのON

趣味娯楽テレビ	休息	炊事	食事	掃除	身の回り	入浴	睡眠	仕事学業	…
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	

[図15]


11
ST
ST
ST
1
12
データベース
10
1b
電気機器状態推定部
12b
電気機器
機能モデル
テーブル(1)
1c
電気機器
イベント
検出部
メモリ
1d
1e
12c
第1重み
取得部
第2重み
取得部
電気機器
機能モデル
テーブル(2)
1f
電気機器重み乗算部
1g
生活行動推定部
生活行動推定装置(CPU 1a)

[図16]


スタート
S5
スマートタップから現在の電力値を受信
S10
現在の電力値から電気機器の状態qを推定(A)
S15
前時刻の状態q'と異なる？
No
Yes
S20
状態変化をイベントとして検出、イベントの種類e{q'→q}と発生時刻etを記憶
S25
電気機器機能モデルテーブル(1)とイベント発生時刻etからの経過時間に基づいてイベントによる生活行動の重みp(q'→q|t,l)を算出
S30
電気機器機能モデルテーブル(2)から、現在の状態qに対応する各生活行動の重みp(q|t,l)を取得
S35
すべての電気機器に対して生活行動lに対する重みの和Wl＝Σp(q|l)×p(q'→q|t,l)を計算
S40
すべての生活行動に対するWlの最大を時刻tの生活行動ラベルとするlt＝arg max Wl
S45
q'＝qとして時刻を進める(t＝t+1)

[図17]

家電機能モデルテーブル(1)

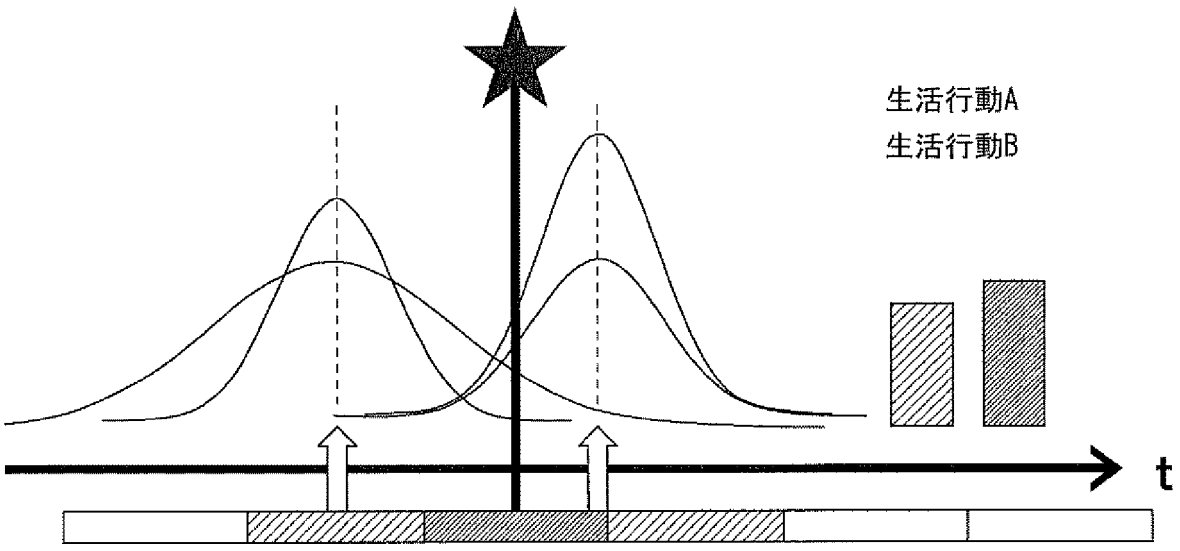
家電	前状態→次状態	炊事	洗濯	娯楽	学習	…
リビング照明	オフ→オン	0	0	0.5	0.5	…
	オン→オフ	0.5	0	0	0	…
洗濯機	オフ→オン	1	0	0	0	…
	オン→オフ	1	0	0	0	…

[図18]

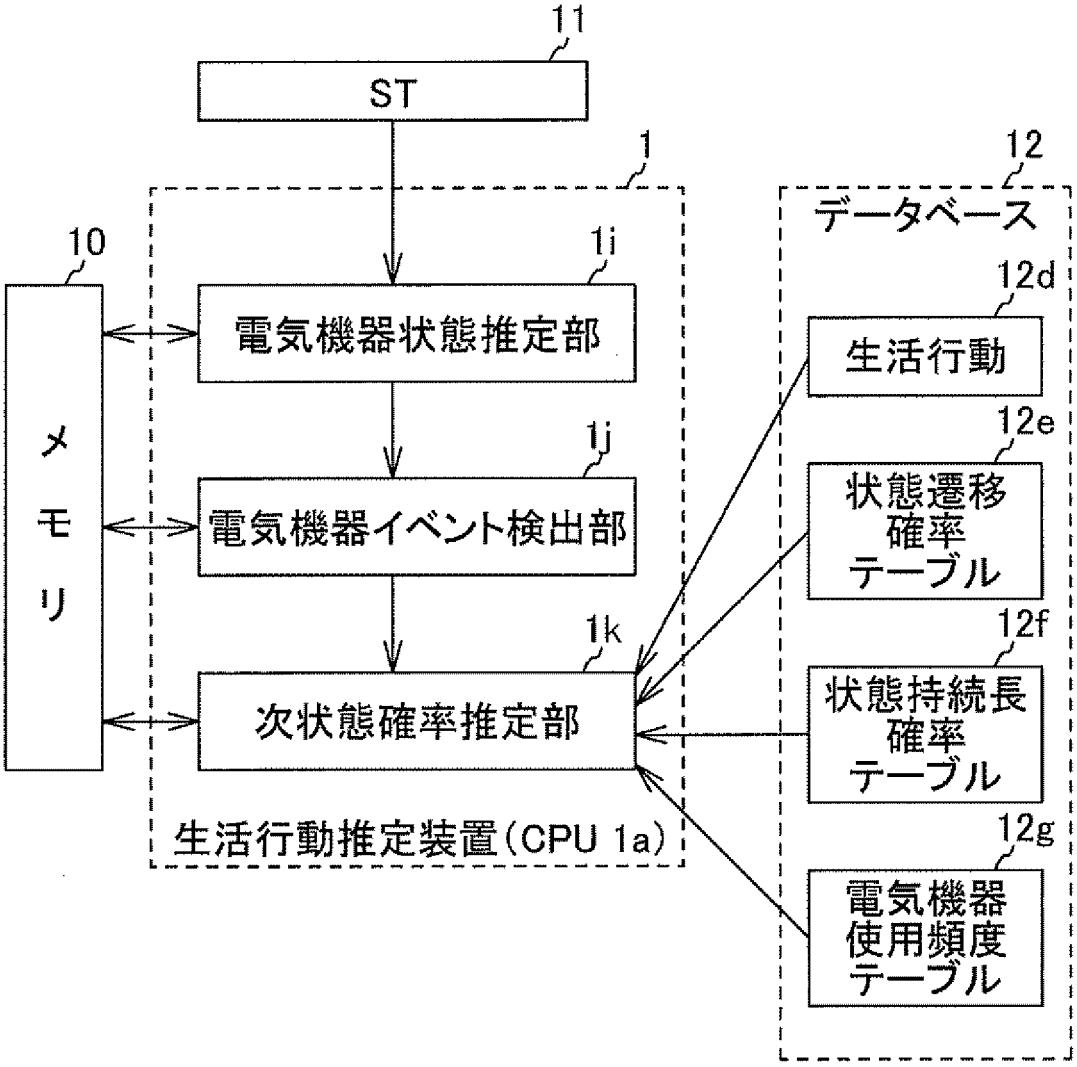
家電機能モデルテーブル(2)

家電	前状態→次状態	炊事	洗濯	娯楽	学習	…
リビング照明	明るい	0.2	0.2	0.8	0.8	…
	中間	0.5	0.2	0.8	0.8	…
	暗い	0.2	0.2	0.6	0.6	…
テレビ	オン	0.2	0.2	0.9	0.2	…

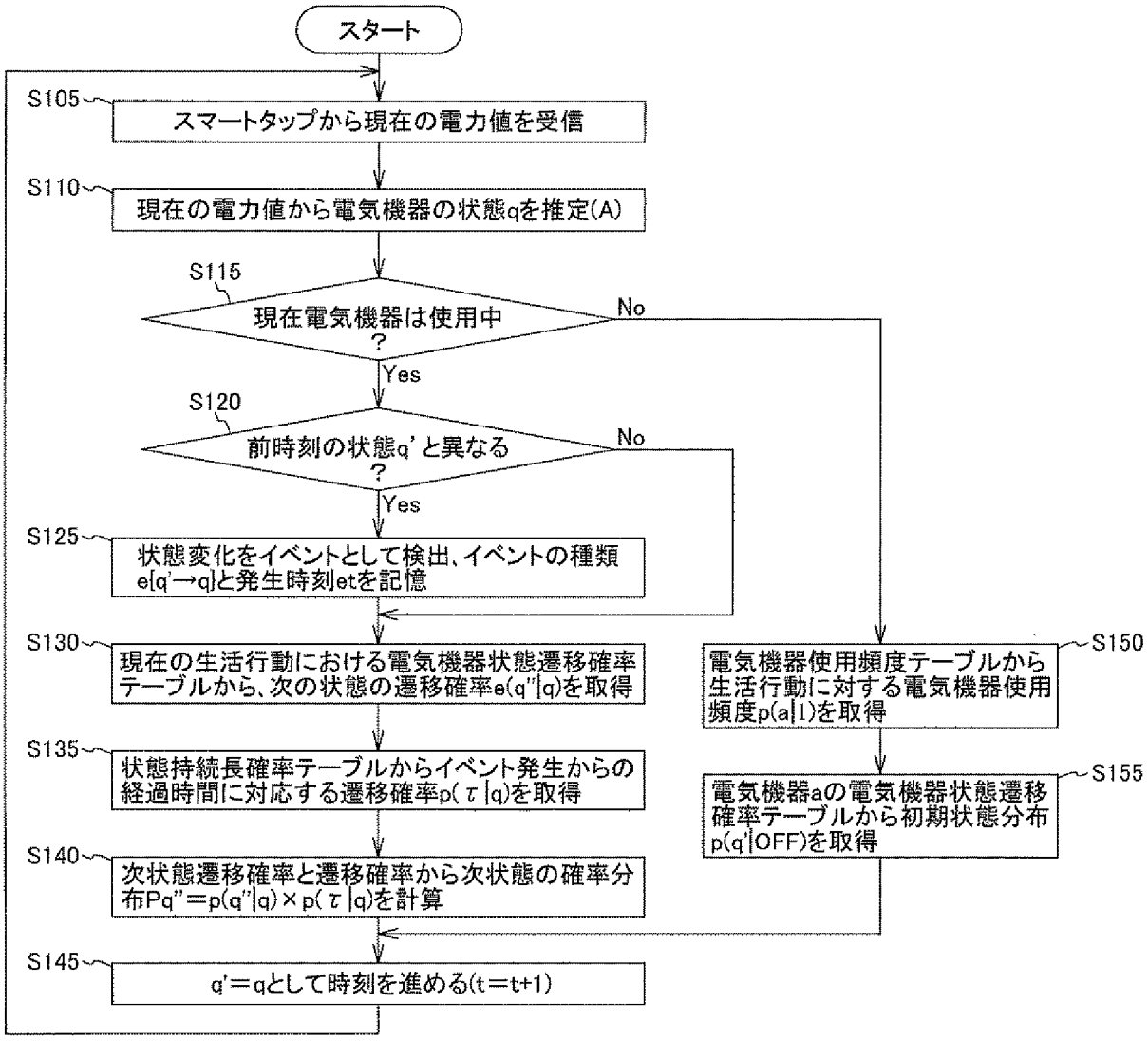
[図19]



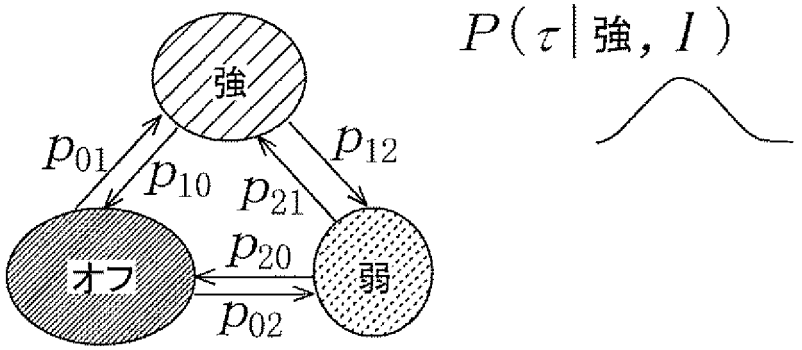
[図20]


11
ST
1
12
データベース
10
1i
12d
電気機器状態推定部
生活行動
メモリ
1j
12e
電気機器イベント検出部
状態遷移確率テーブル
1k
12f
次状態確率推定部
状態持続長確率テーブル
12g
電気機器使用頻度テーブル
生活行動推定装置(CPU 1a)

[図21]


スタート
S105
スマートタップから現在の電力値を受信
S110
現在の電力値から電気機器の状態qを推定(A)
S115
現在電気機器は使用中？
No
Yes
S120
前時刻の状態q'と異なる？
No
Yes
S125
状態変化をイベントとして検出、イベントの種類e[q'→q]と発生時刻etを記憶
S130
現在の生活行動における電気機器状態遷移確率テーブルから、次の状態の遷移確率e(q''|q)を取得
S135
状態持続長確率テーブルからイベント発生からの経過時間に対応する遷移確率p(τ|q)を取得
S140
次状態遷移確率と遷移確率から次状態の確率分布Pq''=p(q''|q)×p(τ|q)を計算
S145
q'=qとして時刻を進める(t=t+1)
S150
電気機器使用頻度テーブルから生活行動に対する電気機器使用頻度p(a|1)を取得
S155
電気機器aの電気機器状態遷移確率テーブルから初期状態分布p(q'|OFF)を取得

[図22]


強
弱
オフ
p_{01}
p_{10}
p_{12}
p_{21}
p_{20}
p_{02}
$P(\tau|\text{強}, 1)$

[図23]

家電状態遷移確率テーブル

（ａ）

リビング照明		次状態			
		オフ	弱	中	強
前状態	オフ		0.1	0.2	0.7
	弱	0.3		0.5	0.2
	中	0.2	0.4		0.4
	強	0.1	0.3	0.7	

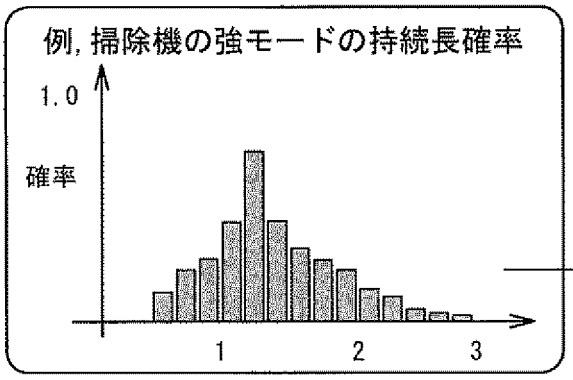
（ｂ）

掃除機		次状態			
		オフ	弱	中	強
前状態	オフ		0.1	0.2	0.7
	弱	0.3		0.5	0.2
	中	0.2	0.4		0.4
	強	0.1	0.3	0.7	

[図24]

状態持続長確率テーブル

（ａ）



（ｂ）

掃除機		持続時間（秒）			
		0.2	0.4	0.6	…
状態	弱	0.1	0.2	0.2	…
	中	0.02	0.1	0.1	…
	強	0.01	0.05	0.09	…

[図25]

家電使用頻度テーブル

（ａ） IHの使用確率

睡眠	0
朝食	0
昼食	0
入浴	0
身の回り	0
炊事	0.67
仕事学業	0
趣味娯楽	0
テレビデオ	0

（ｂ） テレビの使用確率

睡眠	0
朝食	1
昼食	1
入浴	0
身の回り	0.66
炊事	1
仕事学業	0
趣味娯楽	1
テレビデオ	1

[図26]

家電の使用確率と貢献度

（ａ）IHの使用確率

睡眠	0
朝食	0
昼食	0
入浴	0
身の回り	0
炊事	0.67
仕事学業	0
趣味娯楽	0
テレビデオ	0

（ｂ）テレビの使用確率

睡眠	0
朝食	1
昼食	1
入浴	0
身の回り	0.66
炊事	1
仕事学業	0
趣味娯楽	1
テレビデオ	1

（ｃ）テレビの貢献度

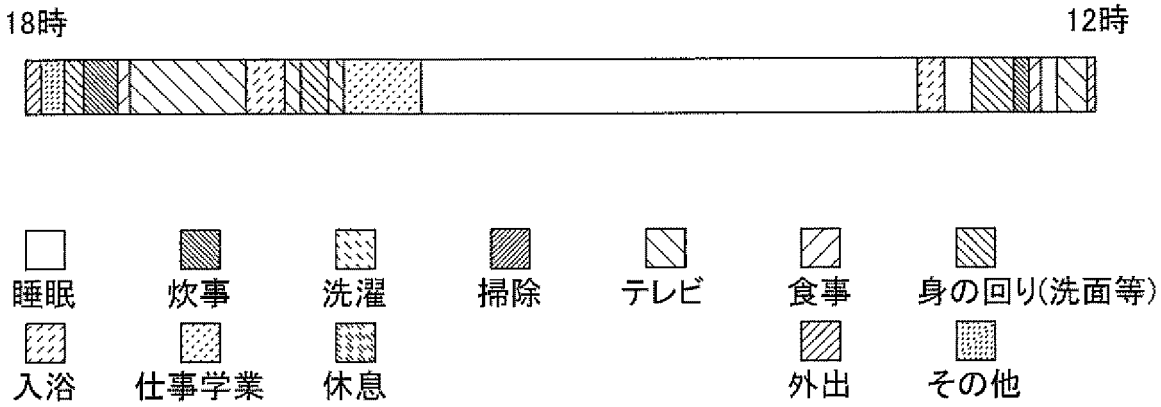
睡眠	0
朝食	1.72
昼食	1.72
入浴	0
身の回り	1.06
炊事	1.72
仕事学業	0
趣味娯楽	1.72
テレビデオ	1.72

（ｄ）炊事に対する貢献度

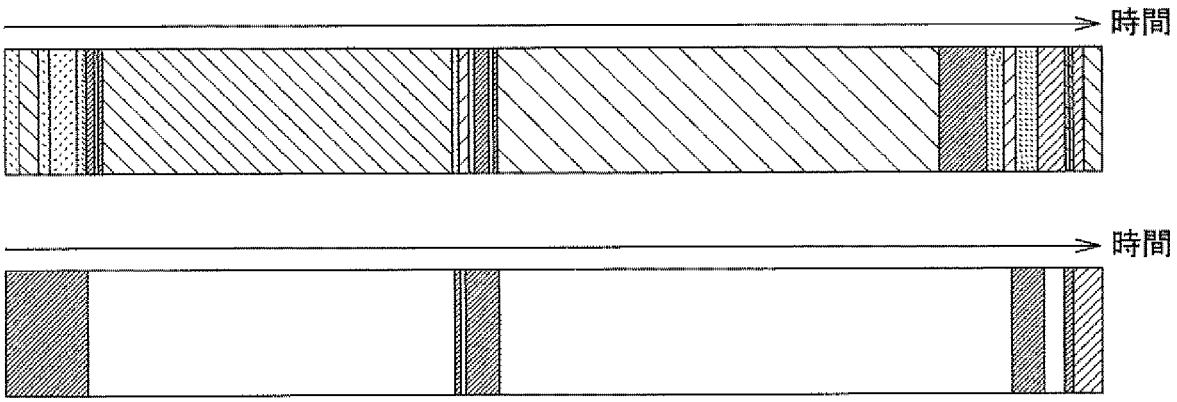
TV	1.72
Living	1.15
Refrigerator	1
Corridor	0
Kitchen1	4.9
Pot	4.84
Washlet	1
Restroom	0
Bath1	0
Kitchen2	1.78
CoffeeMaker	3.76
MicrowaveOven	6.88
IH	5.8
Bath2	0
notePC	0

[図27]

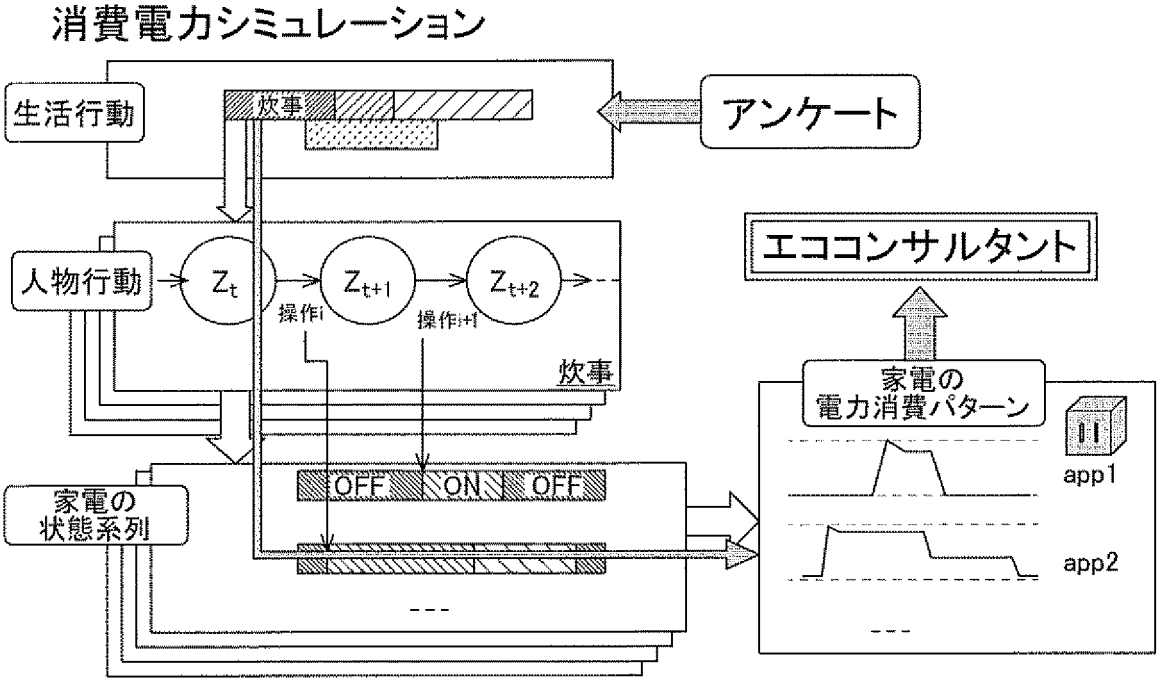
生活行動認識結果



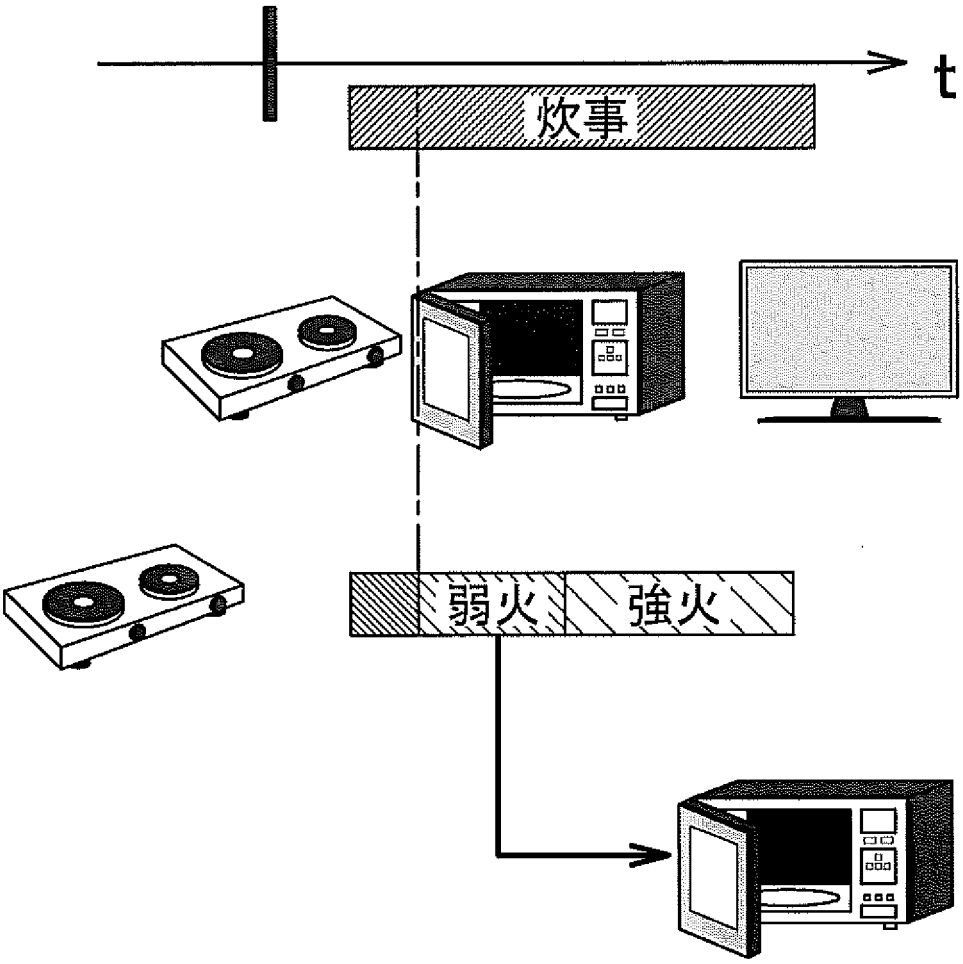
[図28]


生活行動認識
時間
時間

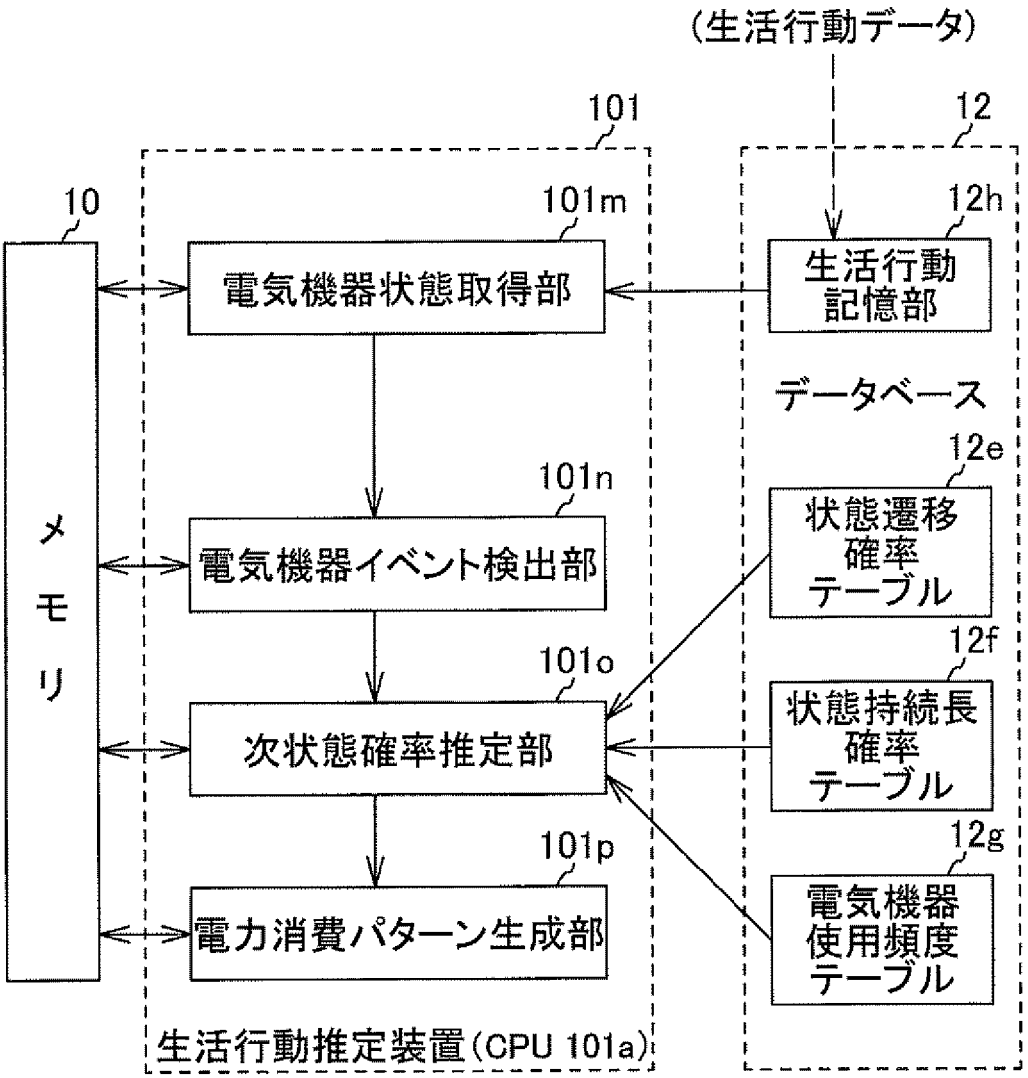
[図29]


消費電力シミュレーション
生活行動
炊事
アンケート
人物行動
Z_t
Z_{t+1}
Z_{t+2}
操作i
操作i+1
炊事
エココンサルタント
家電の
電力消費パターン
app1
app2
家電の
状態系列
OFF
ON
OFF

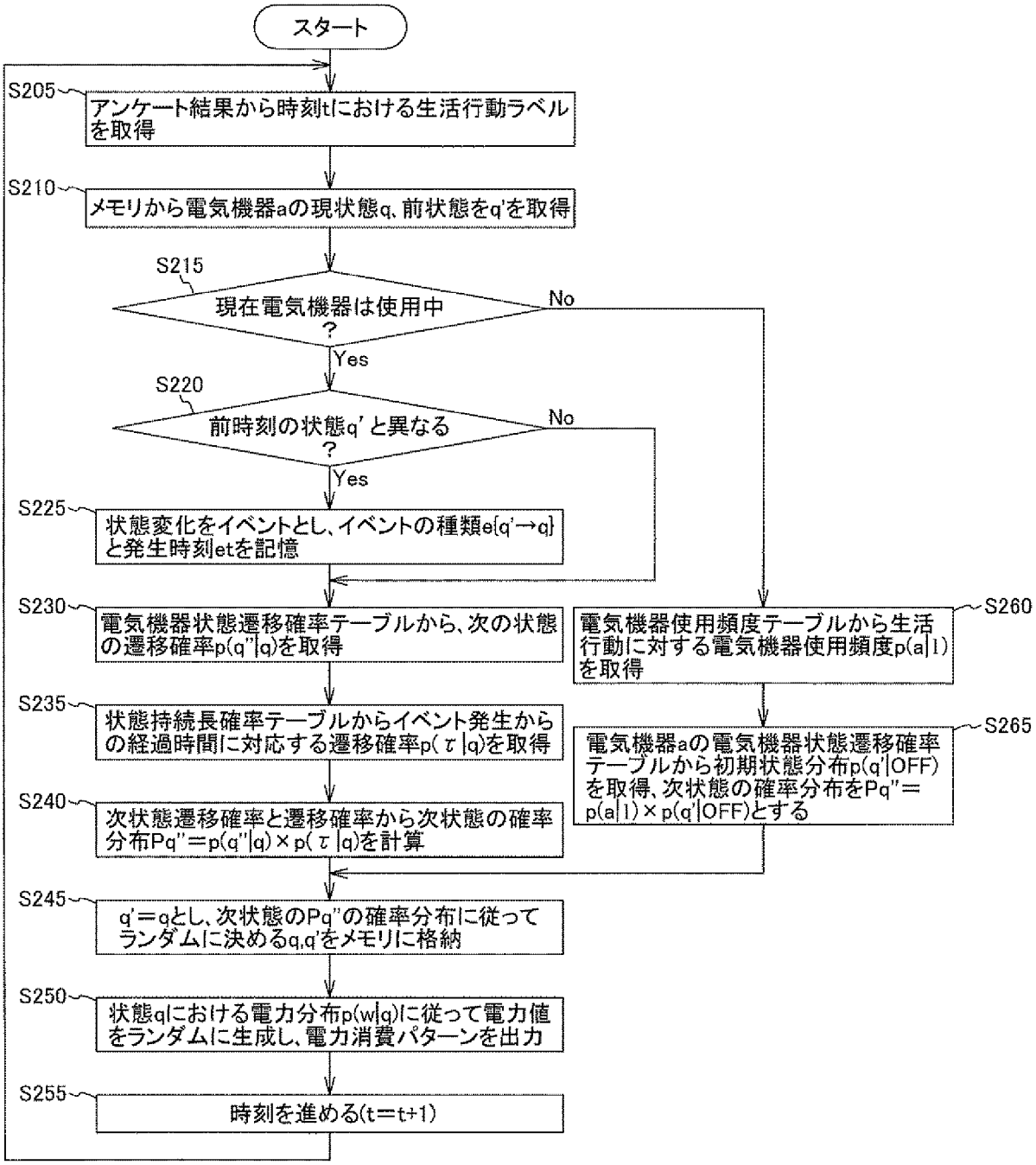
[図30]



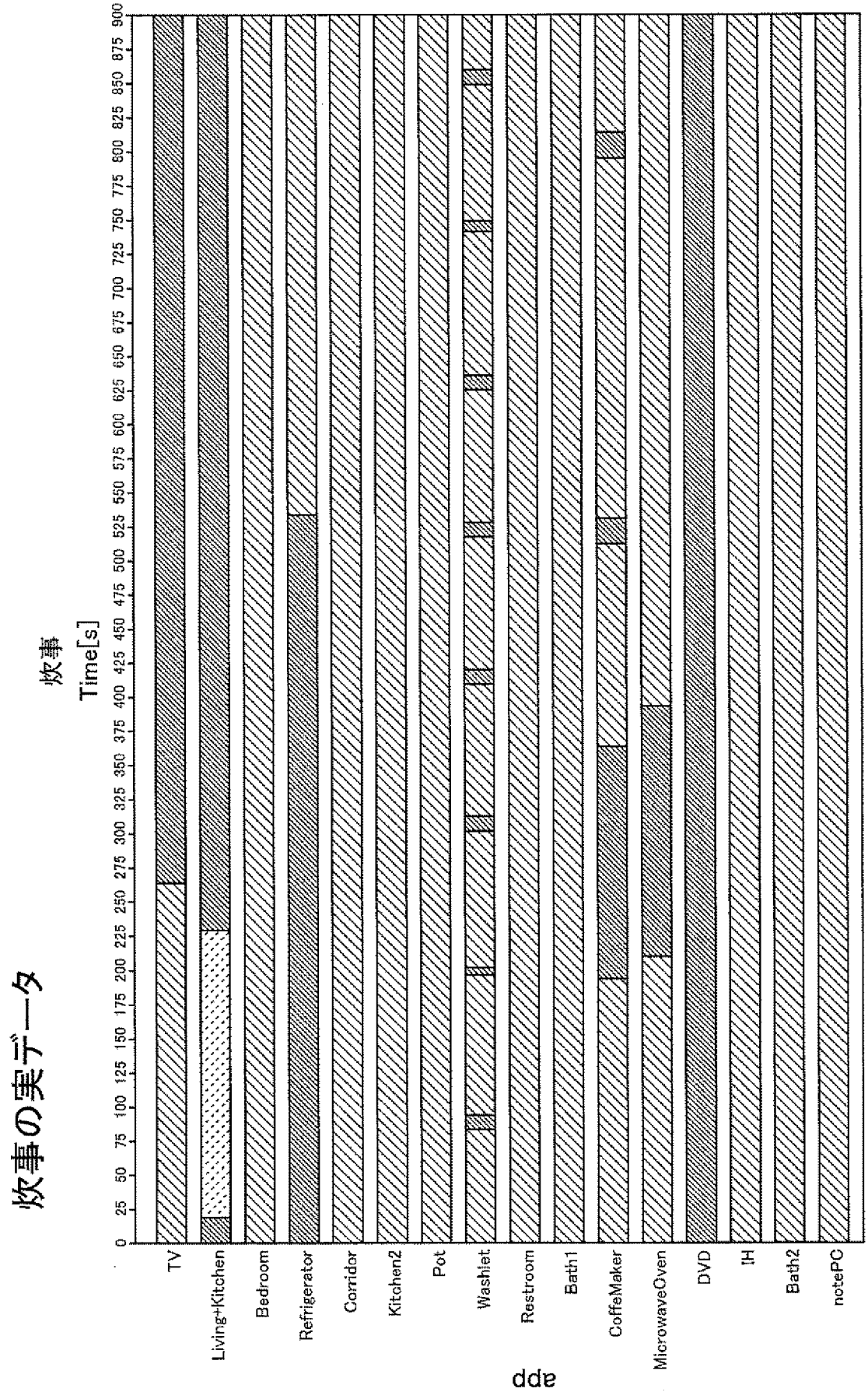
[図31]


(生活行動データ)
101
12
10
101m
12h
電気機器状態取得部
生活行動記憶部
データベース
12e
101n
状態遷移確率テーブル
メモリ
電気機器イベント検出部
12f
101o
次状態確率推定部
状態持続長確率テーブル
12g
101p
電力消費パターン生成部
電気機器使用頻度テーブル
生活行動推定装置(CPU 101a)

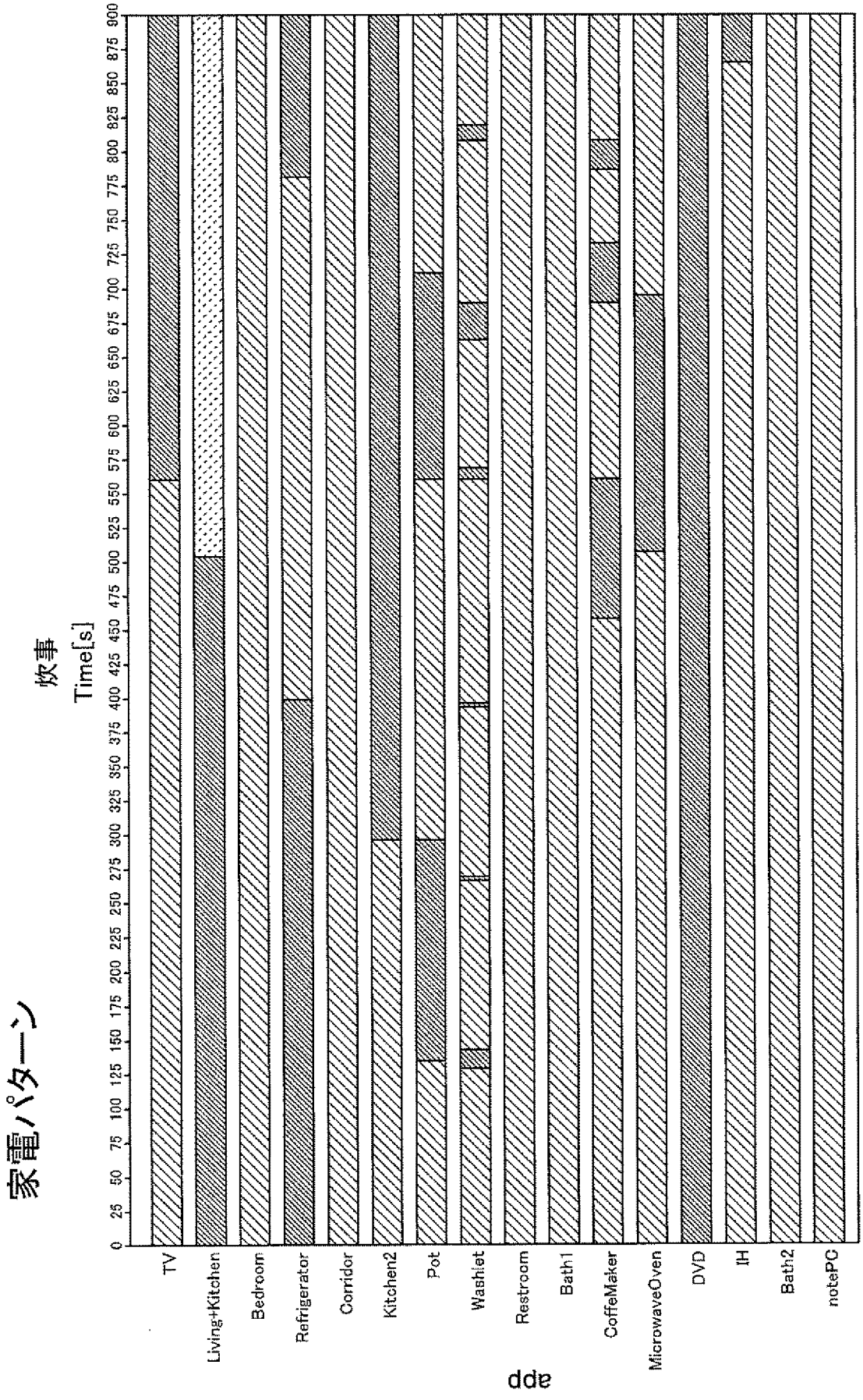
[図32]


スタート
S205
アンケート結果から時刻tにおける生活行動ラベルを取得
S210
メモリから電気機器aの現状態q、前状態をq'を取得
S215
現在電気機器は使用中？
No
Yes
S220
前時刻の状態q'と異なる？
No
Yes
S225
状態変化をイベントとし、イベントの種類e[q'→q]と発生時刻etを記憶
S230
電気機器状態遷移確率テーブルから、次の状態の遷移確率p(q''|q)を取得
S235
状態持続長確率テーブルからイベント発生からの経過時間に対応する遷移確率p(τ|q)を取得
S240
次状態遷移確率と遷移確率から次状態の確率分布Pq''=p(q''|q)×p(τ|q)を計算
S245
q'=qとし、次状態のPq''の確率分布に従ってランダムに決めるq,q'をメモリに格納
S250
状態qにおける電力分布p(w|q)に従って電力値をランダムに生成し、電力消費パターンを出力
S255
時刻を進める(t=t+1)
S260
電気機器使用頻度テーブルから生活行動に対する電気機器使用頻度p(a|1)を取得
S265
電気機器aの電気機器状態遷移確率テーブルから初期状態分布p(q'|OFF)を取得、次状態の確率分布をPq''=p(a|1)×p(q'|OFF)とする

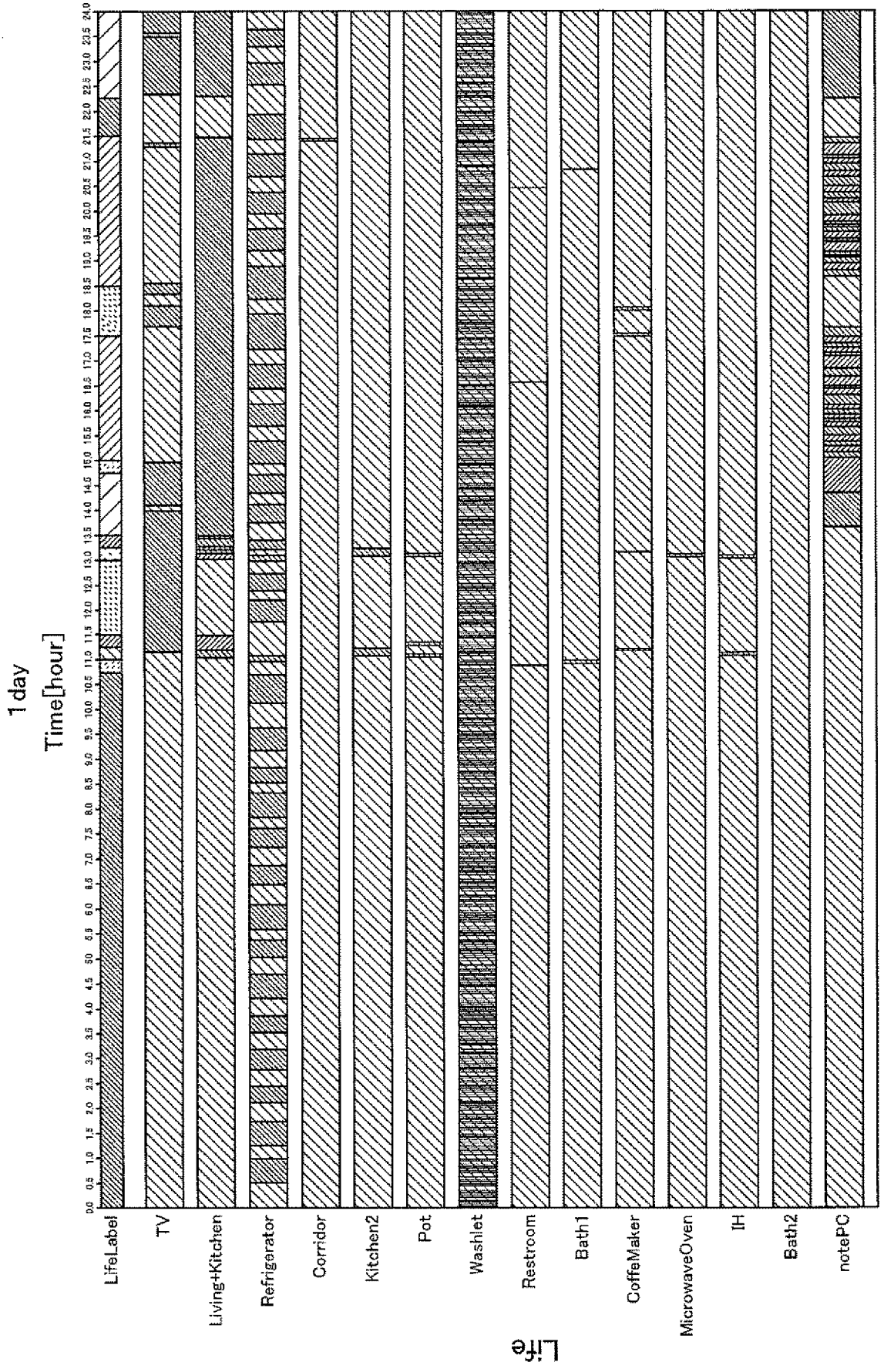
[図33]


炊事の実データ
炊事
Time[s]
0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 300 325 350 375 400 425 450 475 500 525 550 575 600 625 650 675 700 725 750 775 800 825 850 875 900
app
TV
Living+Kitchen
Bedroom
Refrigerator
Corridor
Kitchen2
Pot
Washlet
Restroom
Bath1
CoffeMaker
MicrowaveOven
DVD
IH
Bath2
notePC

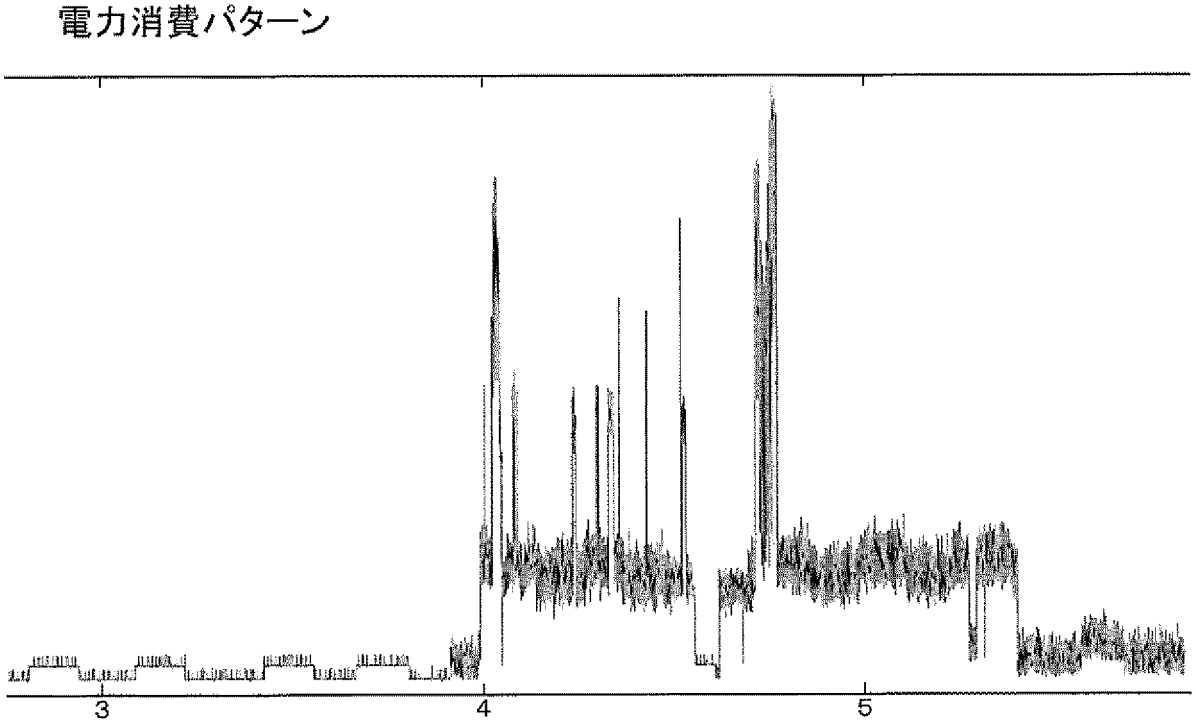
[図34]


家電パターン
炊事
Time[s]
0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 300 325 350 375 400 425 450 475 500 525 550 575 600 625 650 675 700 725 750 775 800 825 850 875 900
TV
Living+Kitchen
Bedroom
Refrigerator
Corridor
Kitchen2
Pot
Washiet
Restroom
Bath1
CoffeMaker
MicrowaveOven
DVD
IH
Bath2
notePC
app

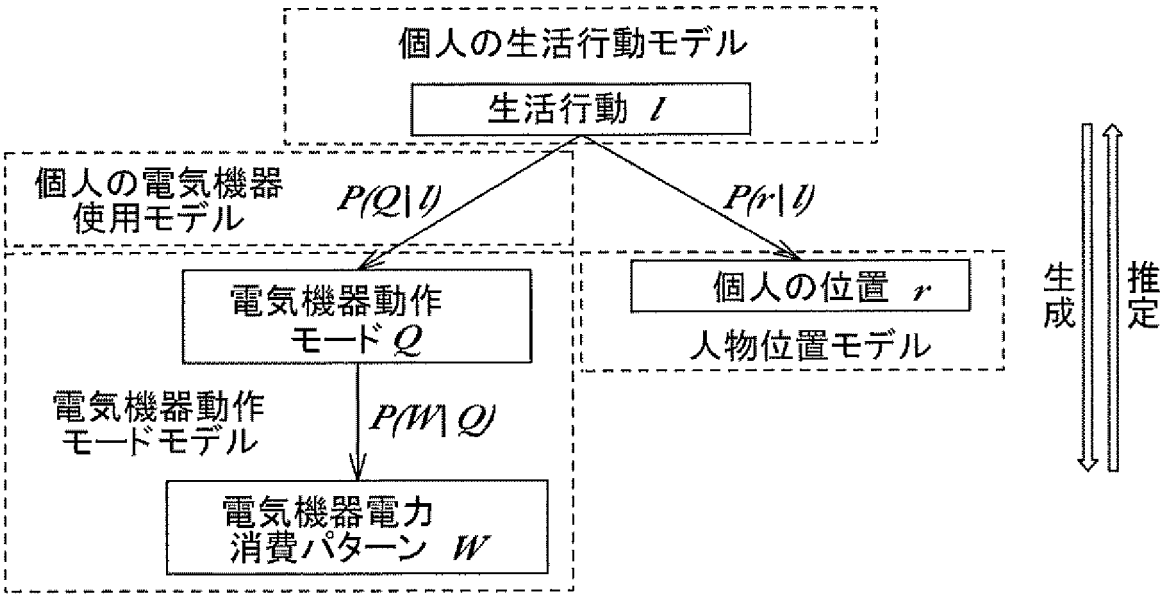
[図35]


1 day
Time[hour]
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0 15.5 16.0 16.5 17.0 17.5 18.0 18.5 19.0 19.5 20.0 20.5 21.0 21.5 22.0 22.5 23.0 23.5 24.0
Life
LifeLabel
TV
Living+Kitchen
Refrigerator
Corridor
Kitchen2
Pot
Washlet
Restroom
Bath1
CoffeMaker
MicrowaveOven
IH
Bath2
notePC

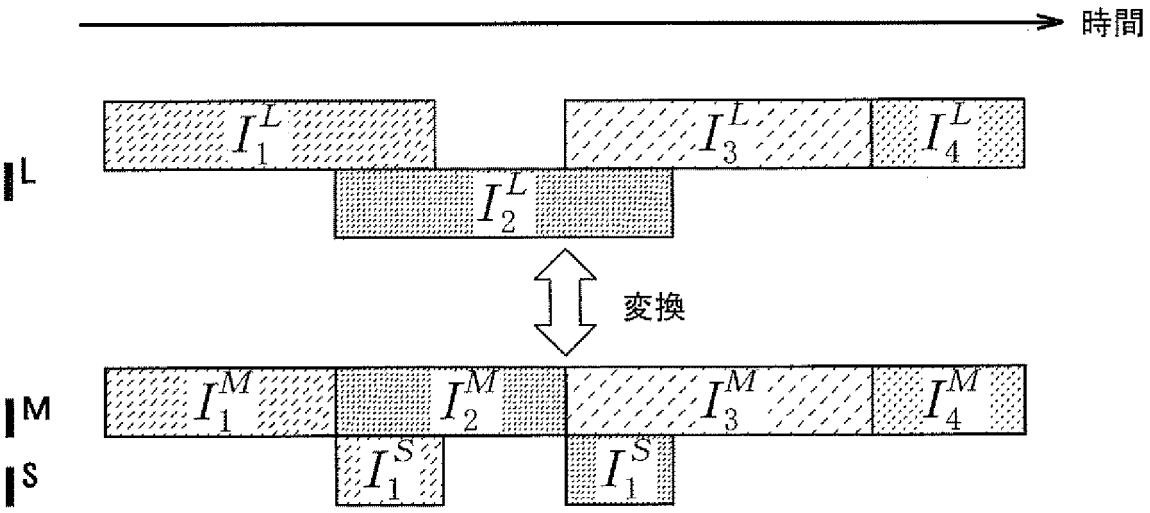
[図36]


電力消費パターン
3
4
5

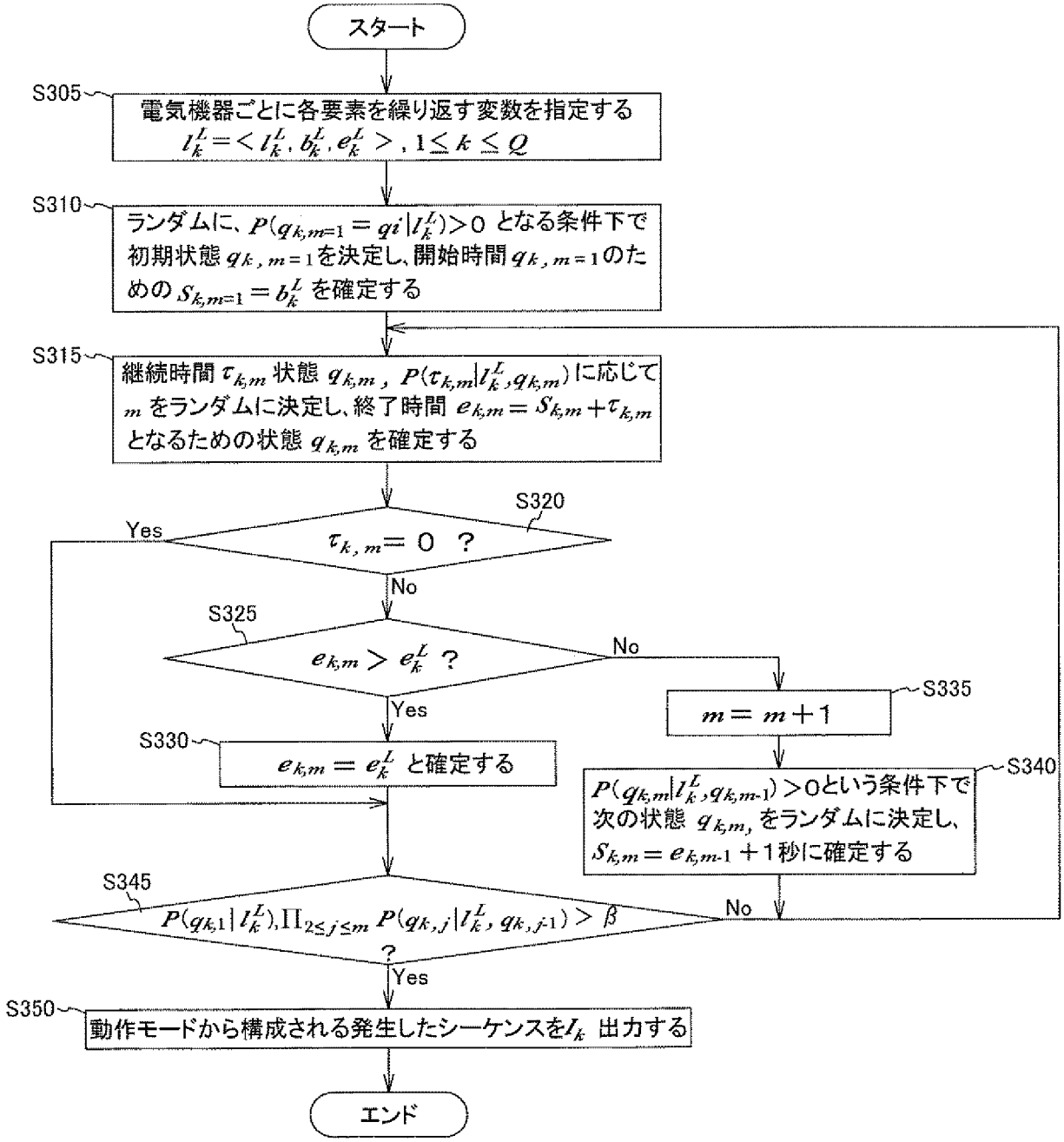
[図37]


個人の生活行動モデル
生活行動 l
個人の電気機器
使用モデル
P(Q|l)
P(r|l)
電気機器動作
モード Q
個人の位置 r
人物位置モデル
電気機器動作
モードモデル
P(W|Q)
電気機器電力
消費パターン W
生成
推定

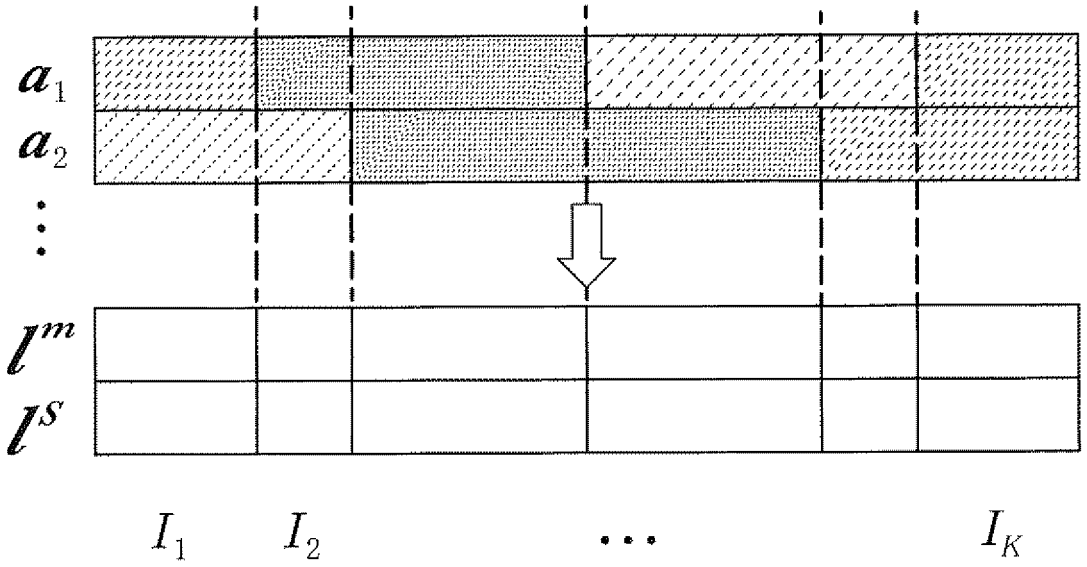
[図38]



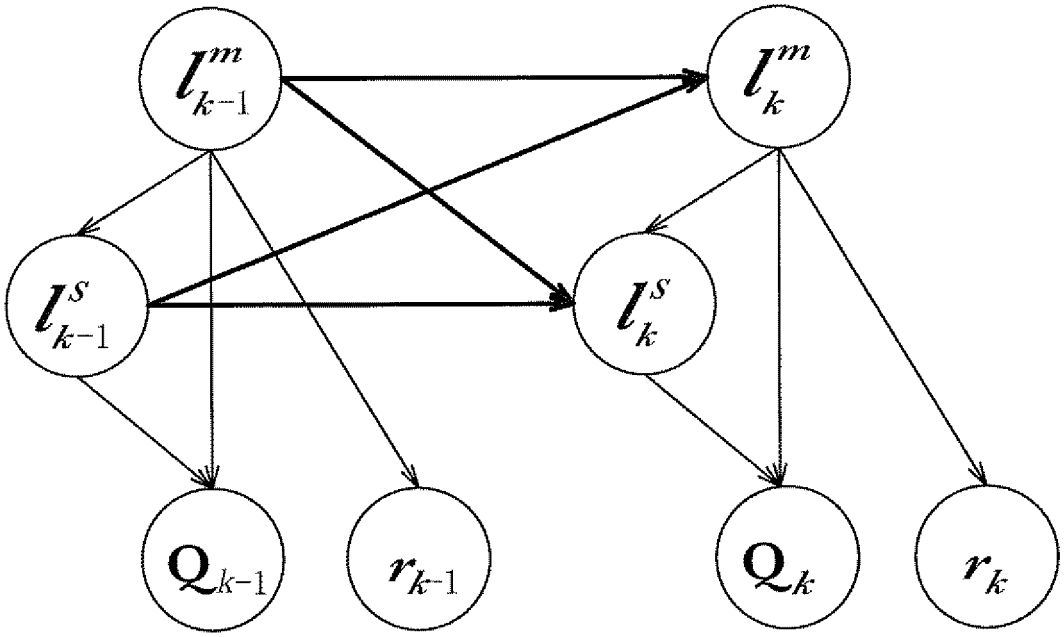
[図39]


スタート
S305
電気機器ごとに各要素を繰り返す変数を指定する
$I_k^L = < I_k^L, b_k^L, e_k^L >, 1 \leq k \leq Q$
S310
ランダムに、$P(q_{k,m=1} = qi | I_k^L) > 0$ となる条件下で初期状態 $q_{k,m=1}$ を決定し、開始時間 $q_{k,m=1}$ のための $S_{k,m=1} = b_k^L$ を確定する
S315
継続時間 $\tau_{k,m}$ 状態 $q_{k,m}$, $P(\tau_{k,m} | I_k^L, q_{k,m})$ に応じて m をランダムに決定し、終了時間 $e_{k,m} = S_{k,m} + \tau_{k,m}$ となるための状態 $q_{k,m}$ を確定する
S320
$\tau_{k,m} = 0$ ？
Yes
No
S325
$e_{k,m} > e_k^L$ ？
No
Yes
S330
$e_{k,m} = e_k^L$ と確定する
S335
$m = m + 1$
S340
$P(q_{k,m} | I_k^L, q_{k,m-1}) > 0$という条件下で次の状態 $q_{k,m}$, をランダムに決定し、$S_{k,m} = e_{k,m-1} + 1$秒に確定する
S345
$P(q_{k,1} | I_k^L), \Pi_{2 \leq j \leq m} P(q_{k,j} | I_k^L, q_{k,j-1}) > \beta$ ？
No
Yes
S350
動作モードから構成される発生したシーケンスをI_k 出力する
エンド

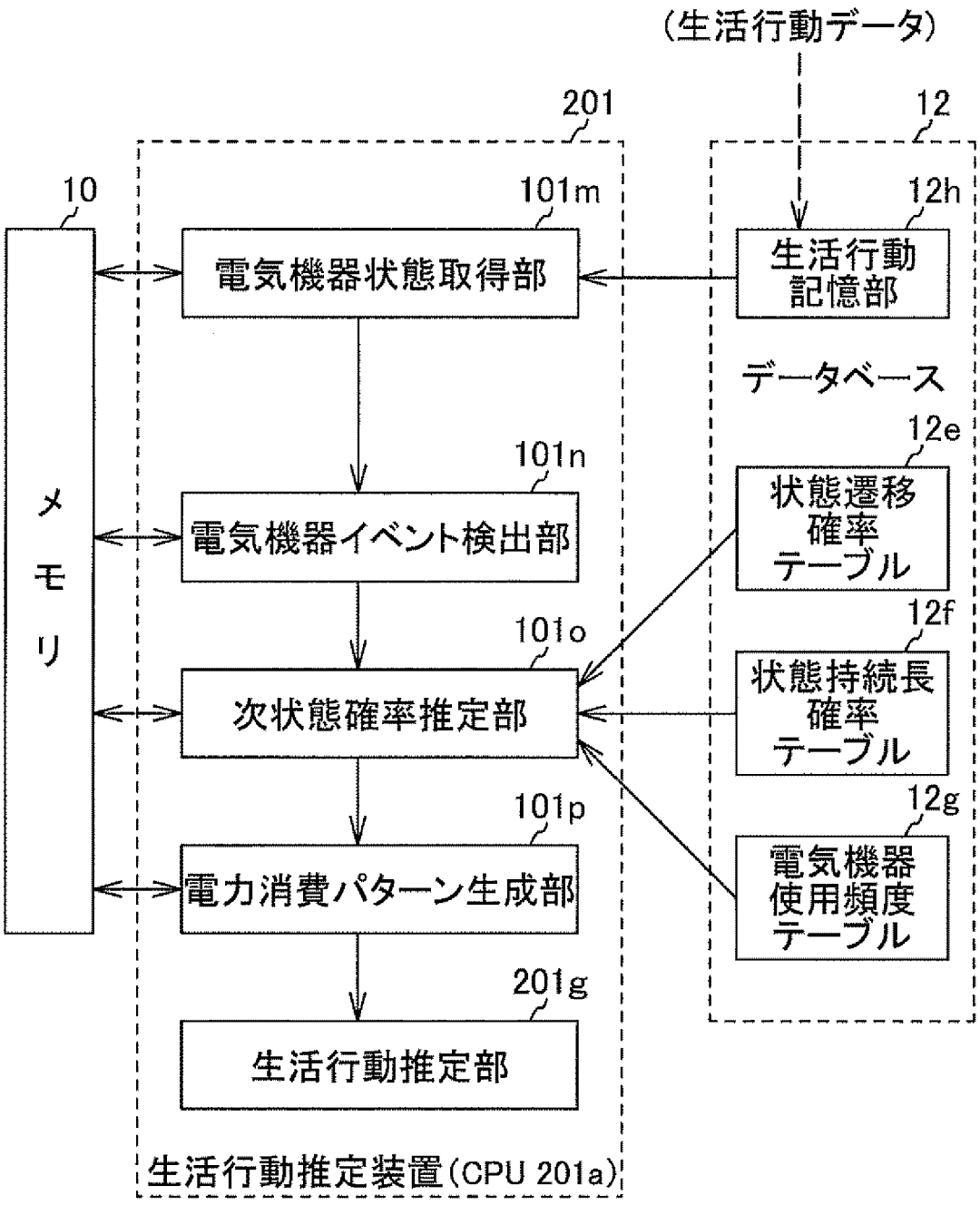
[図40]



[図41]



[図42]

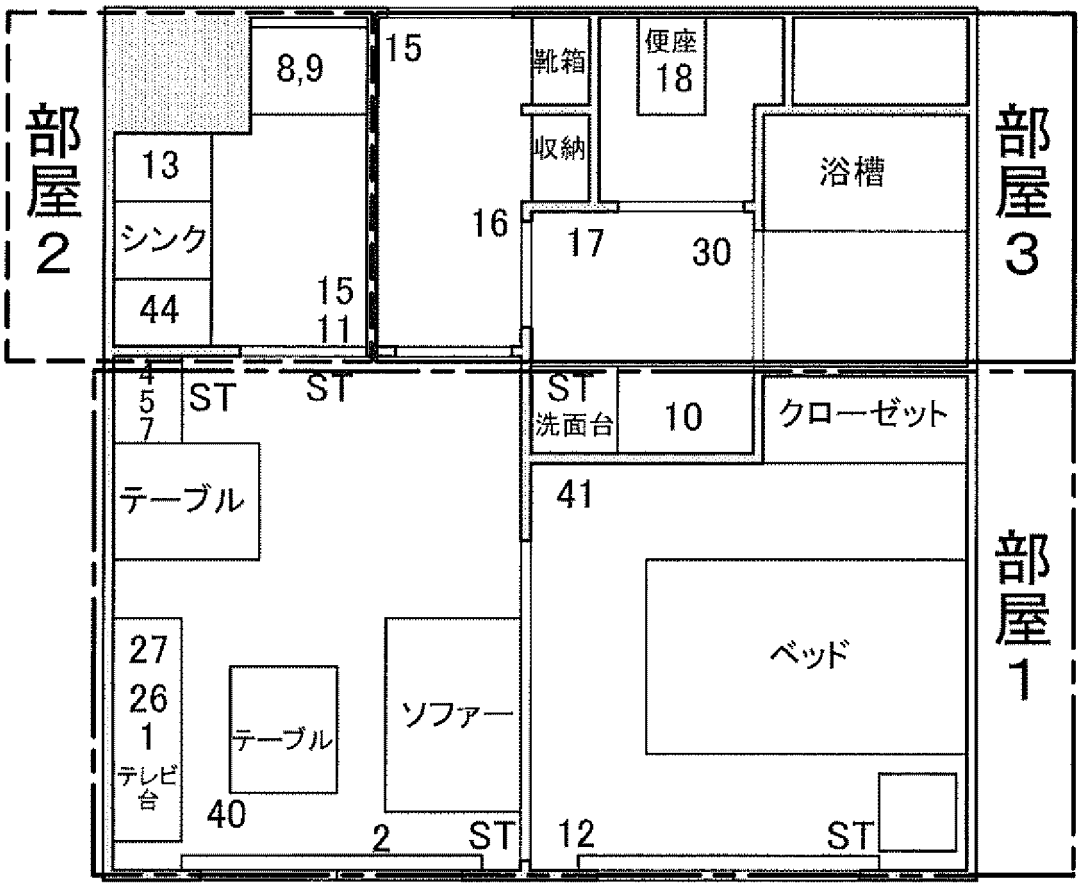

(生活行動データ)
201
12
10
101m
12h
電気機器状態取得部
生活行動
記憶部
データベース
12e
101n
メモリ
電気機器イベント検出部
状態遷移
確率
テーブル
12f
101o
次状態確率推定部
状態持続長
確率
テーブル
12g
101p
電力消費パターン生成部
電気機器
使用頻度
テーブル
201g
生活行動推定部
生活行動推定装置(CPU 201a)

[図43]

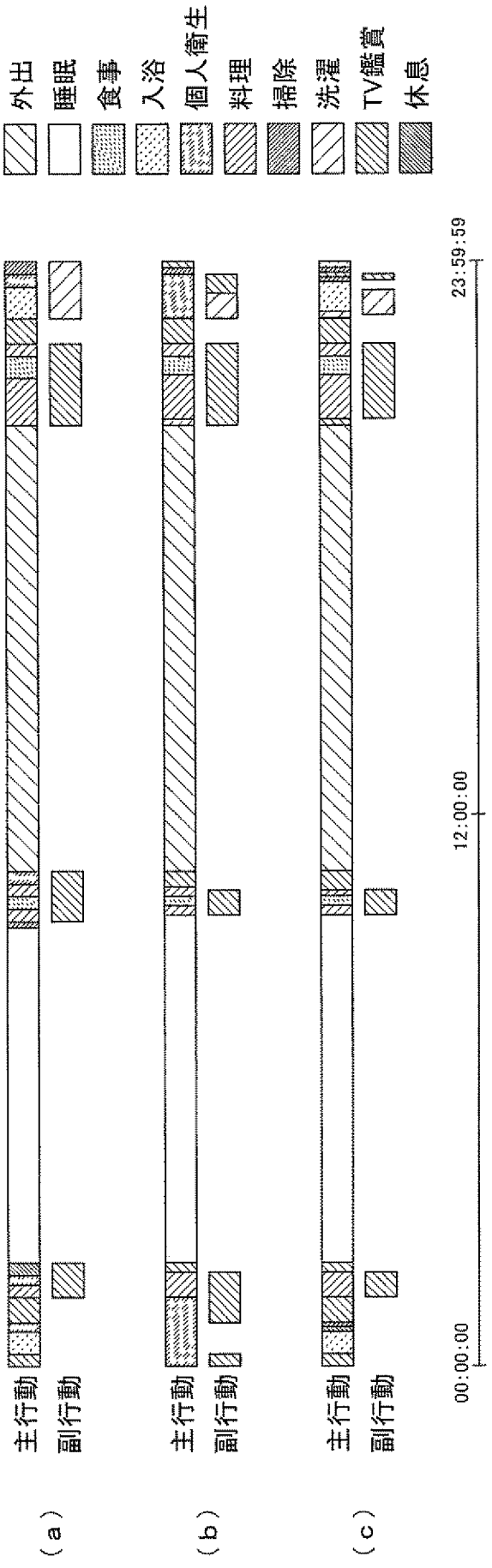
電気機器関数を基礎にした確率／習得した確率

$P(a_c \mid I_g)^{\gamma}$	外出	睡眠	食事	入浴	個人衛生	料理	掃除	洗濯	雑事	仕事 学業	娯楽	TV鑑賞	休息	会話	$\lambda(c)$
テレビ	0/0	0/0	0/0.10	0/0.03	0/0.01	0/0.02	0/0.04	0/0.02	0/0	0/0.01	0.25/0.20	0.75/0.25	0/0	0/0	0.10
エアコン	0/0	0/0	0.50/0.18	0/0.01	0.04/0.06	0/0.01	0.07/0.06	0/0.01	0.11/0.11	0.13/0.11	0.13/0.09	0.13/0.11	0.33/0.25	0.50/0.50	0.02
リビングルーム照明	0/0	0/0	0/0.05	0/0.06	0.04/0.07	0/0.01	0.07/0.09	0/0.05	0.11/0.11	0.13/0.16	0.13/0.13	0.13/0.14	0.33/0.25	0.50/0.50	0.11
寝室照明	0/0	0/0	0/0	0/0	0.04/0.06	0/0	0.07/0.06	0/0	0.11/0.11	0/0	0/0	0/0	0.33/0.25	0/0	0
冷蔵庫	0/0	0/0	0/0.09	0/0.03	0/0.02	0.04/0.05	0/0	0/0.04	0/0	0/0.02	0/0.05	0/0.06	0/0	0/0	0.09
廊下照明	0/0	0/0	0/0	0/0	0.04/0.06	0/0	0.07/0.06	0/0	0.11/0.11	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0
キッチン照明1	0/0	0/0	0/0.07	0/0.04	0/0.02	0.22/0.23	0.07/0.09	0/0.03	0.11/0.11	0/0.05	0/0.03	0/0.05	0/0	0/0	0.10
キッチン照明2	0/0	0/0	0/0.12	0/0	0/0.01	0.22/0.24	0.07/0.04	0/0	0.11/0.11	0/0	0/0	0/0.10	0/0	0/0	0.25
ポット	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.07/0.08	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0
電子レンジ	0/0	0/0	0.50/0.25	0/0	0/0.02	0.22/0.15	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0.04	0/0	0/0	0.52
IH調理器	0/0	0/0	0/0.14	0/0	0/0	0.22/0.18	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0.09	0/0	0/0	0.43
洗面所照明	0/0	0/0	0/0	0/0	0.26/0.11	0/0.02	0.07/0.02	0/0	0.11/0.11	0/0	0/0.02	0/0.08	0/0.25	0/0	0.73
トイレ照明	0/0	0/0	0/0	0.25/0.17	0.26/0.33	0/0	0.07/0.06	0.14/0.08	0.11/0.11	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0
バスルーム照明	0/0	0/0	0/0	0.75/0.50	0.04/0.07	0/0	0.07/0.03	0/0.15	0.11/0.11	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.41
ドライヤ	0/0	0/0	0/0	0/0	0.26/0.11	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.83
掃除機	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.40/0.35	0/0.08	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.83
洗濯機	0/0	0/0	0/0	0/0.16	0/0.03	0/0	0/0.11	0.86/0.47	0/0	0/0.04	0/0.08	0/0.02	0/0	0/0	0.32
ノートPC	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0.01	0/0.01	0/0	0/0.07	0/0	0.75/0.61	0.50/0.40	0/0.07	0/0	0/0	0.35

[図44]


部屋2
8,9
15
靴箱
便座
18
収納
浴槽
部屋3
13
シンク
44
16
17
30
15
11
4
5
7
ST
ST
ST
洗面台
10
クローゼット
テーブル
41
部屋1
27
26
1
テレビ台
テーブル
ソファー
ベッド
40
2
ST
12
ST

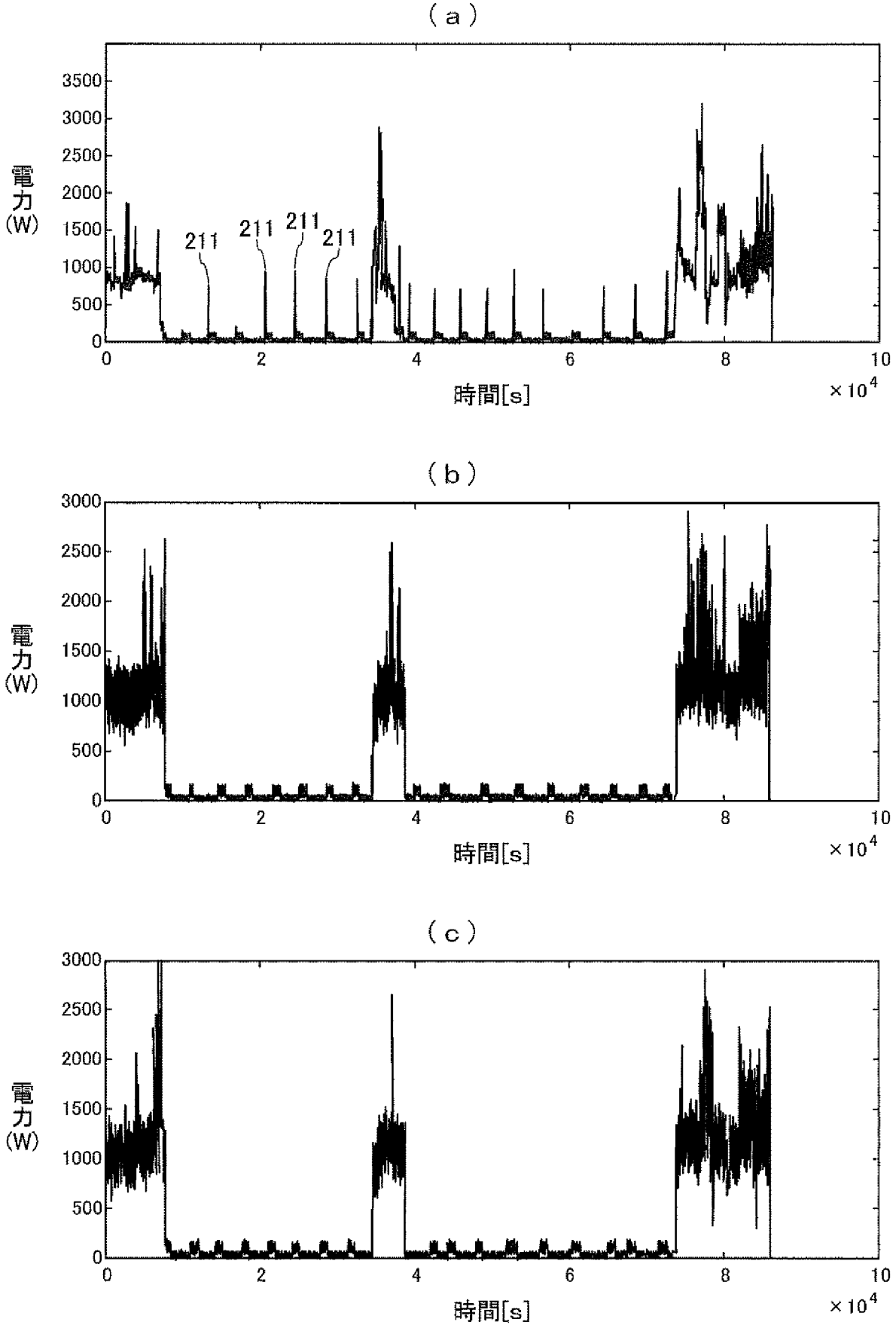
[図45]


外出
睡眠
食事
入浴
個人衛生
料理
掃除
洗濯
TV鑑賞
休息
(a)
(b)
(c)
主行動
副行動
00:00:00
12:00:00
23:59:59

[図46]

		A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	平均
wo／学習	再現率	20/26=0.77	15/18=0.83	20/22=0.91	15/18=0.83	9/14=0.64	7/9=0.78	6/12=0.5	10/12=0.83	13/19=0.68	10/19=0.53	16/21=0.76	0.746
	適合率	23/24=0.96	22/25=0.88	26/28=0.93	22/26=0.85	9/16=0.56	7/12=0.58	9/12=0.75	14/14=1.0	18/21=0.86	11/17=0.65	25/33=0.76	0.784
	F値	0.85	0.85	0.92	0.84	0.60	0.67	0.60	0.91	0.76	0.58	0.76	0.758
w／学習	再現率	22/26=0.85	15/18=0.83	19/22=0.86	15/18=0.83	9/14=0.64	8/9=0.89	6/12=0.5	10/12=0.83	14/19=0.74	10/19=0.53	16/21=0.76	0.771
	適合率	28/31=0.9	20/20=1	24/27=0.88	21/30=0.7	10/21=0.48	8/11=0.73	9/13=0.69	14/14=1.0	22/25=0.88	13/16=0.81	24/28=0.86	0.786
	F値	0.87	0.91	0.87	0.76	0.55	0.80	0.58	0.91	0.80	0.64	0.81	0.773

[図47]


(a)
電力(W)
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
211
211
211
211
0
2
4
6
8
10
時間[s]
×10^4
(b)
電力(W)
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
2
4
6
8
10
時間[s]
×10^4
(c)
電力(W)
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
2
4
6
8
10
時間[s]
×10^4