

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7888309号
(P7888309)

(45)発行日 令和8年7月13日(2026. 7. 13)

(24)登録日 令和8年7月3日(2026. 7. 3)

(51)Int. Cl.

H 0 2 J 3/46 (2026. 01)

G 0 6 Q 50/06 (2024. 01)

F I

H 0 2 J 3/46

G 0 6 Q 50/06

請求項の数 13 (全 19 頁)

(21)出願番号	特願2022-44103(P2022-44103)	(73)特許権者	000164391
(22)出願日	令和4年3月18日(2022. 3. 18)		九電テクノシステムズ株式会社
(65)公開番号	特開2023-137750(P2023-137750A)		福岡県福岡市南区清水4丁目19番18号
(43)公開日	令和5年9月29日(2023. 9. 29)	(74)代理人	100092772
審査請求日	令和7年1月23日(2025. 1. 23)		弁理士 阪本 清孝
		(74)代理人	100119688
			弁理士 田邊 壽二
		(72)発明者	岡田 洋
			福岡県福岡市南区清水4丁目19番18号
			九電テクノシステムズ株式会社内
		(72)発明者	高橋 浩
			福岡県福岡市南区清水4丁目19番18号
			九電テクノシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】状態遷移装置、方法及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

オートマトンを用いることにより、要求される成績の時系列を入力とし、当該要求を満たす複数の対象の状態の時系列を決定する状態遷移装置であって、

前記状態は、前記複数の対象の全てのうち各々が各時刻において稼働しているか否かに応じて定まり、且つ、予め設定されている有限集合のいずれかの元であり、

各時刻において、前記対象の前記状態が当該時刻において要求される成績を満たすように、当該時刻の前時刻について決定済みである状態から遷移させることによって当該時刻における状態を決定することを、時系列上の各時刻において順次繰り返すことにより前記状態の時系列を自動で決定し、

各時刻において前記遷移させるために、当該前時刻について決定済みである状態と前記要求される成績に応じて参照される状態遷移行列であって、遷移前の状態に対して可能な遷移後の状態の情報を少なくとも含むものを参照することを特徴とする状態遷移装置。

【請求項2】

前記要求される成績には、前記複数の対象の最大稼働能力に関する第1成績が含まれ、

各時刻において、当該時刻の状態を次時刻で維持したとすると、次時刻において前記第1成績が達成されない場合に、前記第1成績に関連して予め設定される第1状態遷移行列を参照することによって前記遷移させることで、次時刻における状態を決定することを特徴とする請求項1に記載の状態遷移装置。

【請求項3】

前記要求される成績には、前記複数の対象の最小稼働能力に関する第2成績が含まれ、各時刻において、当該時刻の状態を次時刻で維持したとすると、次時刻において前記第2成績が達成されない場合に、前記第2成績に関連して予め設定される第2状態遷移行列を参照することによって前記遷移させることで、次時刻における状態を決定することを特徴とする請求項2に記載の状態遷移装置。

【請求項4】

各時刻において、当該時刻の状態を次時刻で維持したとすると、次時刻において前記第1成績及び前記第2成績が達成される場合に、当該時刻の状態を次時刻でも維持したものとして、次時刻における状態を決定することを特徴とする請求項3に記載の状態遷移装置。

10

【請求項5】

前記第1状態遷移行列及び前記第2状態遷移行列には、前記可能な遷移後の状態のそれぞれについての優先度の情報が含まれ、

当該優先度によるスコアと、その他のスコアとの重みづけ和として算出される総合スコアが最大となるものを遷移後の状態として決定し、

前記その他のスコアは、稼働効率性、稼働累積時間、最低稼働継続時間及び最大停止継続時間のうち少なくとも1つによるスコアであることを特徴とする請求項3または4に記載の状態遷移装置。

【請求項6】

前記時系列上の各時刻のうち初期時刻についての状態を、前記第1成績及び前記第2成績を達成するものとして、手動選択を受け付けることにより決定する、または、所定規則により自動決定することを特徴とする請求項3ないし5のいずれかに記載の状態遷移装置。

20

【請求項7】

前記複数の対象のそれぞれは発電機であり、前記第1成績は定格出力に関するものであり、前記第2成績は最低出力に関するものであることを特徴とする請求項3ないし6のいずれかに記載の状態遷移装置。

【請求項8】

前記要求される成績には、前記複数の対象の作業量に関する第1成績と、前記複数の対象の作業コストに関する第2成績と、が含まれ、

30

各時刻において、当該時刻の状態を次時刻で維持したとすると、次時刻において前記第1成績が達成されない場合に、前記第1成績に関連して予め設定される第1状態遷移行列を参照することによって前記遷移させることで、次時刻における状態を決定し、

各時刻において、当該時刻の状態を次時刻で維持したとすると、次時刻において前記第2成績が達成されない場合に、前記第2成績に関連して予め設定される第2状態遷移行列を参照することによって前記遷移させることで、次時刻における状態を決定し、

各時刻において、当該時刻の状態を次時刻で維持したとすると、次時刻において前記第1成績及び前記第2成績が達成される場合に、当該時刻の状態を次時刻でも維持したものとして、次時刻における状態を決定することを特徴とする請求項1に記載の状態遷移装置。

40

【請求項9】

各時刻において、当該時刻の前時刻について決定済みである状態から遷移させることによって当該時刻における状態を前記決定するために、

各時刻において、前記対象の前記状態が当該時刻における成績を満たすことを課すことに加えて、当該時刻よりも後の一定範囲の時刻における成績を満たすことを課すことを特徴とする請求項1ないし8のいずれかに記載の状態遷移装置。

【請求項10】

各時刻において、当該時刻の状態を次時刻で維持したとすると、次時刻において前記第1成績及び前記第2成績が達成されない場合に、前記第2状態遷移行列を参照するのではなく前記第1状態遷移行列を参照することによって前記遷移させることで、次時刻にお

50

る状態を決定することを特徴とする請求項 3 ないし 8 のいずれかに記載の状態遷移装置。

【請求項 1 1】

各時刻において前記遷移させるために参照される前記状態遷移行列は、当該時刻に依存したものとして設定されていることを特徴とする請求項 1 ないし 1 0 のいずれかに記載の状態遷移装置。

【請求項 1 2】

オートマトンを用いることにより、要求される成績の時系列を入力とし、当該要求を満たす複数の対象の状態の時系列を決定する、コンピュータによって実行される状態遷移方法であって、

前記状態は、前記複数の対象の全てのうち各々が各時刻において稼働しているか否かに応じて定まり、且つ、予め設定されている有限集合のいずれかの元であり、

各時刻において、前記対象の前記状態が当該時刻において要求される成績を満たすように、当該時刻の前時刻について決定済みである状態から遷移させることによって当該時刻における状態を決定することを、時系列上の各時刻において順次繰り返すことにより前記状態の時系列を自動で決定し、

各時刻において前記遷移させるために、当該前時刻について決定済みである状態と前記要求される成績に応じて参照される状態遷移行列であって、遷移前の状態に対して可能な遷移後の状態の情報を少なくとも含むものを参照することを特徴とする状態遷移方法。

【請求項 1 3】

コンピュータを請求項 1 ないし 1 1 のいずれかに記載の状態遷移装置として機能させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、オートマトンモデルを用いることで例えば電力システムの設備等について稼働計画を行うことに利用可能な状態遷移装置、方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

電力システム等の設備の運用計画等を行う技術として、様々な既存技術が存在する。

【0 0 0 3】

特許文献 4 は、「統一モデリング言語の状態遷移図に基づいて作成された制御仕様に応じた状態および状態の遷移情報を有する状態遷移機械を用いて複数の電子機器を制御する制御システム」を開示している。特許文献 1 は、「機器の状態が継続している時間である状態継続時間を前記機器ごとに算出する算出部と、前記状態継続時間が最小継続時間以上となる条件で、前記機器の運転および停止を制御するための変数の値を前記機器ごとに決定する決定部とを備える運転計画装置」を開示している。特許文献 2 は、「予測された総電力需要情報と発電設備データと運用上の制約条件などの運用計画情報とから発電機の起動停止の運用計画」をラグランジェ緩和法およびダイナミックプログラミングにて作成する電力系統の需給計画作成装置を開示している。特許文献 3 は、「事前に計算された予測負荷を供給すると同時に、多数の制約条件を考慮したうえで、運用コストを最小にするように各発電機の運用計画を決定する発電機起動停止計画において、高速に解を得ることができる優先リスト法により複数個の初期解を得ておき、次に、優先リスト法により得られた複数個の初期解にいくつかのヒューリスティック手法を適用する」発電機の起動停止計画作成方法を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開 2018-155449 号公報

【特許文献 2】特開 2000-184592 号公報

【特許文献 3】特開 2004-064901 号公報

【特許文献4】特開2017-004171号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

以上のような従来技術のスケジュール・計画の作成は、最適化理論を適用した最適化問題としての取扱が一般的であり、人的な作業を自動（機械）化する枠組み（フレームワーク）とは異なるものであるため、この枠組みにおける利便性を提供することができないという課題があった。

【0006】

すなわち、最適化理論で自動計算すること以外にも、人的作業として煩雑で時間を要しているスケジューリング作業も存在しており、このような作業に関して、自動（機械）化および自動（機械）化のフレームワークを提供すれば、人的作業が効率化され、煩雑な作業からの解放や人件費の削減が期待できる。

【0007】

上記従来技術の課題に鑑み、本発明は、人的作業を効率化することのできる状態遷移装置、方法及びプログラムを提供することを特徴とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するため、本発明は、オートマトンを用いることにより、要求される成績の時系列を入力とし、当該要求を満たす複数の対象の状態の時系列を決定する状態遷移装置であって、前記状態は、前記複数の対象の全てのうち各々が各時刻において稼働しているか否かに応じて定まり、且つ、予め設定されている有限集合のいずれかの元であり、各時刻において、前記対象の前記状態が当該時刻において要求される成績を満たすように、当該時刻の前時刻について決定済みである状態から遷移させることによって当該時刻における状態を決定することを、時系列上の各時刻において順次繰り返すことにより前記状態の時系列を自動で決定し、各時刻において前記遷移させるために、当該前時刻について決定済みである状態と前記要求される成績に応じて参照される状態遷移行列であって、遷移前の状態に対して可能な遷移後の状態の情報を少なくとも含むものを参照することを特徴とする。また、当該装置に対応する方法またはプログラムであることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、各時刻において次の時刻の状態を決定する方式で要求される稼働成績を満たす稼働状態の時系列を自動決定することにより、人的作業を効率化して、稼働状態の時系列を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】一実施形態に係る状態遷移装置の機能ブロック図である。

【図2】総需要曲線及び再エネ曲線の一例をグラフとして示す図である。

【図3】説明例として、個別要素となる合計6台の発電機を説明欄に示し、これに対応する状態、要素状態ベクトル及び出力をテーブル形式で示す図である。

【図4】説明例として、数集合である入力集合をグラフで示す図である。

【図5】一実施形態に係る状態遷移のフローチャートである。

【図6】2つの状態遷移行列をテーブル形式で示す図である。

【図7】状態遷移装置を用いた計画作成の第1事例を示す図である。

【図8】状態遷移装置を用いた計画作成の第2事例を示す図である。

【図9】図6の2つの状態遷移行列の変形例をテーブル形式で示す図である。

【図10】状態遷移装置を用いた計画作成の第3事例を示す図である。

【図11】状態遷移装置を用いた計画作成の第4事例を示す図である。

【図12】一般的なコンピュータにおけるハードウェア構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

<装置構成と動作の全体概要>

図1は、一実施形態に係る状態遷移装置1の機能ブロック図である。状態遷移装置1は、処理部11及び記憶部12を備える。

【0012】

本実施形態では、スケジュール・計画自動作成オートマトンA（オートマトンモデル）として、トランスデューサ有限オートマトン（順序機械）のムーア・マシンを用いて、

$A = \{\text{入力集合} I, \text{状態集合} S, \text{出力集合} O, \text{状態遷移関数} \delta, \text{出力関数} \lambda\}$

と定義する。オートマトンAの状態集合Sの状態はスケジュール・計画に関するすべてのスケジュール・計画対象となる個別要素の前記スケジュール・計画に必要な状況（様相）を把握できる要素数の要素状態ベクトルであり、入力集合Iの入力は時間・時刻の情報を有する。

10

【0013】

また、以下のように「定義域→値域」として関数を表現する通り、状態遷移関数 δ は入力Iと状態Sに依存して状態Sを出力するものであり、ムーア・マシンの型の出力関数 λ は状態Sのみに依存して出力Oを出力するものである。

状態遷移関数 $\delta : I \times S \rightarrow S$

出力関数 $\lambda : S \rightarrow O$

【0014】

状態遷移機械（オートマトンAのプログラムを実行する状態遷移装置1）はオートマトンAに従い、入力Iに対して入力Iと状態Sに応じた状態遷移関数 $\delta (I \times S \rightarrow S)$ による処理を行い、出力関数 $\lambda (S \rightarrow O)$ により状態Sに依存した出力Oを得る仮想的な自動機械であり、図1の状態遷移装置1として具現化される。

20

【0015】

なお、オートマトンそれ自体は前掲の特許文献4等にも開示される既存手法であり、一般には記号系列を処理する手法であるが、本実施形態では特に、スケジュール作成を自動化することに特化したものとして時間情報などを繰り込んだものとして定義し、人的作業の効率化等を実現する。

【0016】

すなわち、オートマトンAで定義された入力集合に属し時間・時刻を有する入力Iが、該時間・時刻の順に従い入力系列として状態遷移装置1の処理部11に入力され、記憶部12に記憶された状態Sと状態遷移関数 δ とを参照し、処理部11で入力Iとともにスケジュール・計画対象となるすべての個別要素の様相を示す状態Sの継続または状態Sの遷移を処理し、処理後の状態Sに依存して記憶部12に記憶された出力関数 λ を用い処理部11で処理され出力される。入力Iと状態Sと出力Oは記憶部12に前記時間・時刻の入力系列と状態系列と出力系列として記憶され、スケジュール・計画対象となるすべての個別要素の状態Sを前記入力Iの有する時間・時刻の順に状態系列として得ることでスケジュール・計画を自動作成する。

30

【0017】

なお、以下の説明例においては、このように予め定義するオートマトンAの構成データの具体例を次のもの（それぞれ後述）として説明する。すなわち、入力集合Iの具体例が、各時刻 $t=1,2,\dots$ において与えられる時系列データである発電機必要供給能力C1及び必要最低出力C2（後述する図4で入力InputSとして示すデータ）である。また、状態集合Sに属する状態（状態集合Sに属する元）の具体例が状態 i であって状態ベクトル $v(i)$ として表現され、入力時系列に対応して時系列 $\{i(t)|t=1,2,\dots\}$ として自動決定されるものである。また、出力集合は具体的に、入力C1,C2を充足するように自動決定される時系列データとしての定格出力ST1及び最低出力ST2である。また、出力関数 λ の具体例は、状態 i に対応する状態ベクトル $v(i)$ から、対応する{定格出力,最低出力}を算出する関数であり、数式の形で与えられるものである。また、状態遷移関数 δ は、前時刻 $t-1$ の状態 $i(t-1)$ から現時刻 t の状態 $i(t)$ を自動決定する規則の集合として与えられる関数であり、具体的に後

40

50

述する図5のフローチャートで表現されるものである。

【0018】

<説明例による状態遷移装置1の処理内容の詳細>

以下、一実施形態に係る状態遷移装置1による計画自動作成の詳細に関して、説明例として、1日24時間の電力の総需要曲線C_{total}と再生可能エネルギー曲線C_{renew}（以降再エネ曲線とよぶ）が与えられた場合の発電機の運用（稼働）計画の自動作成を行う場合を説明する。図2は、総需要曲線C_{total}及び再エネ曲線C_{renew}の一例をグラフとして示す図である。

【0019】

なお、以下の説明においてベクトルは、例えば2次元ベクトルで第1要素がaであり第2要素がbであるベクトルについて、数式中等では[a b]のような数学上慣用される表記を用いるが、文中では適宜、要素間の識別性の視認性を確保する観点から、{a,b}のように、カンマ区切りの2要素集合（順序対）の表記も用いるものとする。（[a b]と{a,b}は同じであるものとする。）

【0020】

<問題設定について>

この図2の例の場合の、運用計画の自動作成における問題設定は次の通りである。

【0021】

すなわち、図2の各時刻の総需要曲線C_{total}に予備力を加えた電力を再エネ曲線とともにスケジュール・計画対象である発電機の出力でその出力範囲（最低出力50%～定格出力100%）内で賄う必要がある。総需要曲線C_{total}、予備力、再エネ曲線C_{renew}及び発電機出力の時刻tの値をそれぞれ、C_{total}(t)、Res(t)、C_{renew}(t)、Pow(t)として表記すると、概念的には、以下の式(1)が成立するような発電機出力Pow(t)を得る運用計画を作成する必要がある。（なお、出力Pow(t)に関して具体的には後述する式(2),(3)を用いることで、発電機必要供給能力C1(t)及び必要最低出力C2(t)として求める。）

$$C_{total}(t)+Res(t)=C_{renew}(t)+Pow(t) \quad \cdots(1)$$

【0022】

<運用計画の対象となる個別要素と条件について>

また、本説明例では、図3の模式的な説明欄EXに示されるように、スケジュール・計画の対象となるすべての個別要素は定格出力6000kW発電機4台ga1,ga2,ga3,ga4と4500kW発電機2台gb1,gb2であるものとし、これらのうち少なくとも6000kW発電機2台は常時稼働する条件であるものとする。このような個別要素及び条件に対して、同図3のテーブルT3に、対応する状態i(i=1,⋯,9)とその要素状態ベクトルv(i)等が示される。要素状態ベクトルv(i)は2次元ベクトルであり、第1成分は6000kWの稼働台数で第2成分は4500kWの稼働台数である。

$$v(i)=\{6000\text{kW稼働台数}, 4500\text{kW稼働台数}\}$$

【0023】

テーブルT3ではさらに、各状態iに依存した出力out(i)として発電機合計の定格出力・最低出力が示されている。状態iに依存した出力集合out(i)は定格出力と最低出力のふたつの数値の成分から構成されるベクトルの集合となる。

$$out(i)=\{\text{状態iでの定格出力}, \text{状態iでの最低出力}\}$$

【0024】

すなわち、状態iに依存した出力out(i)を算出するための出力関数は、状態iの要素状態ベクトルv(i)で示される該当する発電機容量と台数と出力範囲（100%～50%）での算出式であり、予め各状態iの出力は定格出力（出力範囲100%）と最低出力（出力範囲50%）として算出可能である。

【0025】

例えば、状態i=5は、v(5)=[3 1]であることから6000kWが3台稼働し、4500kWが1台稼働する状態を意味し、出力out(5)の2要素を以下のように算出できる。

$$\text{定格出力}=6000*3+4500*1=22500[\text{kW}]$$

10

20

30

40

50

最低出力=6000*3*0.5+4500*1*0.5=11250[kW]

【0026】

ここで、本実施形態では、図3のテーブルT3に例示されるように、ユーザインタフェースの観点（オートマトンAを事前に定義しておく際に、当該定義する作業を行うユーザに対するユーザインタフェースの観点）から次のような特徴を有する。

【0027】

すなわち、状態*i*は状態に依存した出力out(*i*)である定格出力と最低出力の降順（大きい順）に順序付けられており、その順序での数値番号を状態としている。状態*i*を状態に依存した出力の降順で順序付けした数値*i*として表現することで、状態遷移の判断する入力と状態で決める状態遷移関数の構成が容易となり、状態の要素状態ベクトルにより稼働する発電機の容量と台数とが明確に識別できる。また、状態*i*の数値*i*（識別子）がそのまま、対応する出力out(*i*)の大小の順位を表すものとなっているので、状態遷移の際に、状態*i*の上げ下げで出力out(*i*)の上げ下げが可能となるように構成されている。

【0028】

<入力集合について>

図4に、説明例として、数集合である入力集合InputSをグラフで示す。データ形式として、入力InputSは24時間の時刻0時から5分間隔で23時55分までの時刻順の288個の2列の数値系列C1,C2で与えられる。このように入力集合InputS={C1,C2}は時間・時刻の情報を有する入力で構成されている。

【0029】

具体的内容に関して、図4に与えられた時間・時刻情報を有する2列の入力系列InputSのうち第1の入力系列C1は、総需要曲線C_{total}に予備力（Res(*t*））を含めた曲線から再エネにて発電が確約されるであろう電力曲線（図2の再エネ曲線C_{renew}の各数値に1以下の係数*r*を掛けた数値）と蓄電池容量のbattery[kW]（ここでは定数）を差し引いた曲線C1であり、前述の式(1)と同様に時刻*t*の関数で関係を表現すると以下の式(2)の通りとなる。

$$C1(t)=C_total(t)+Res(t)-r*C_renew(t)-battery \quad \cdots (2)$$

【0030】

また、第2の入力系列C2は図2の総需要曲線C_{total}から再エネ曲線C_{renew}を差し引いた曲線C2であり、以下の式(3)の通りとなる。

$$C2(t)=C_total(t)-C_renew(t) \quad \cdots (3)$$

【0031】

すなわち、上記の式(2),(3)の通り具体的に算出される時間・時刻の情報を有し時系列順に入力される入力集合InputS={C1,C2}は、同一時間・時刻における、最大の発電機必要供給力と必要最低出力の2つの数値の成分からなるベクトルの集合である。

【0032】

<状態遷移関数による状態遷移について>

状態遷移装置1による運用計画の作成においては、上記の第1系列C1を発電機の出力範囲内で供給可能な最大の発電機必要供給力とし、上記の第2系列C2を発電機の出力範囲内で供給可能な最小の必要最低出力として電力供給を成立させる必要があり、状態遷移関数はこれを基本条件とする。

【0033】

図5は、一実施形態に係る状態遷移のフローチャートであり、その全体構造として、各時刻*t*においてステップS1,S2の場合分け判定による分岐により、ステップS3,S4,S5のいずれかが適用され、1つ前の時刻*t-1*について既に決定済みである状態*i(t-1)*から遷移する形で現在時刻*t*の状態*i(t)*を決定することを各時刻*t*（整数番号で指定される各時刻*t*=1,2,3,⋯）について繰り返すものである。（なお、遷移の結果として、前時刻*t-1*の状態*i(t-1)*と現時刻*t*の状態*i(t)*とが同一となる場合もあれば、異なるものとなる場合もある。）以下、図5のフローチャートの各ステップの説明のために、各時刻*t*の状態*i(t)*における定格出力の値をP1(*t*)とし、最低出力の値をP2(*t*)とする。（すなわち、状態*i(t)*に対応する

、図3で前述した出力集合 $out(i)=out(i(t))$ について $out(i(t))=\{P1(t),P2(t)\}$ とベクトルで表現する。)

【0034】

状態遷移関数の基本条件は、出力集合 $out(i(t))$ として決定される定格出力及び最低出力 $\{P1(t),P2(t)\}$ に関して、以下の通り発電機必要供給力以上の定格出力（定格条件と呼ぶ）で必要最低出力以下の最低出力（最低条件と呼ぶ）となることであり、図5のフローに従い、この基本条件を満足する状態への遷移が求められる。

- 基本条件は、定格条件と最低条件の両方が成立することである。
- 定格条件が成立する、すなわち、「 $P1(t) \geq C1(t)$ 」が真である。
- 最低条件が成立する、すなわち、「 $P2(t) \leq C2(t)$ 」が真である。

10

【0035】

ステップS1にて、時系列順に入力された現時刻 t の入力のベクトル $\{C1(t),C2(t)\}$ （発電機必要供給力と必要最低出力）に対し現状の状態 $i(t)$ で出力されているベクトル $\{P1(t),P2(t)\}$ （定格出力と最低出力）が基本条件を満足しているか否かを判断し、以下のように基本条件を満足していればステップS5へ進み、満足していなければステップS2へと進む。

- 「 $P1(t) \geq C1(t)$ 且つ $P2(t) \leq C2(t)$ 」が真ならステップS5へ
- 上記が偽（基本条件を満足しない）ならステップS2へ

【0036】

なお、このステップS1では、現時刻 t の状態 $i(t)$ について仮の値として、前時刻 $t-1$ について既に決定済みである状態 $i(t-1)$ を「 $i(t)=i(t-1)$ 」として割り当てたうえで、出力のベクトル $\{P1(t),P2(t)\}$ を計算して、上記の基本条件を満たすか否かの判定を行う。（すなわち、ステップS1の時点では現時刻 t の状態 $i(t)$ はまだ決定していない段階であり、以降のステップで分岐して到達するステップS3,S4,S5のいずれかにおいて、現時刻 t の状態 $i(t)$ が決定され確定する。）

20

【0037】

ステップS5では、状態 $i(t)$ （前時刻 $t-1$ の状態 $i(t-1)$ を仮の値として割り当てたもの）が、現時刻 t においても基本条件を満足しているため、状態 $i(t)$ を前時刻の状態 $i(t-1)$ と同一のものとして継続するものとして決定（ステップS1における $i(t)=i(t-1)$ との仮の割り当てをそのまま遷移結果として確定）してからステップS6へ進む。

【0038】

ステップS2以降では、入力のベクトルに対し現状の状態（ $i(t)=i(t-1)$ として仮割り当てしたもの）が基本条件の定格条件を満足していなければステップS3において現状の状態より定格出力が高い状態へ遷移させ、最低条件を満足していなければステップS4において現状の状態より最低出力が低い状態へ遷移させる。ただし、図5のフロー構造でステップS2の判定条件の配置等で実現されているように、定格条件と最低条件のうち定格条件が優先される。

30

【0039】

すなわち、ステップS2では、入力のベクトル $\{C1(t),C2(t)\}$ に対し現状の状態 $i(t)=\{P1(t),P2(t)\}$ が基本条件の定格条件を満足していない状態に該当するかを以下のように判定し、該当していればステップS3へ進み、該当していなければステップS4へと進む。

40

- 「 $P1(t) < C1(t)$ 」（定格条件を満足しない状態に該当する）ならステップS3へ
- 上記に該当しない（定格条件は満足する）ならステップS4へ

【0040】

ステップS3では、定格条件を満たさない場合向けの第1の状態遷移行列 $T6a$ を用いて前時刻 $t-1$ の状態 $i(t-1)$ から現時刻 t の状態 $i(t)$ へと遷移させることで現時刻 t の状態 $i(t)$ を決定してから、ステップS6へ進む。ステップS4では、最低出力条件を満たさない場合向けの第2の状態遷移行列 $T6b$ を用いて前時刻 $t-1$ の状態 $i(t-1)$ から現時刻 t の状態 $i(t)$ へと遷移させることで現時刻 t の状態 $i(t)$ を決定してから、ステップS6へ進む。（これら2つの行列 $T6a,T6b$ は図6を参照して後述する。）ステップS6では時刻 t を次の時刻 $t+1$ へと更新してからステップS1へと戻ること、以上の図5のフローが各時刻 $t=1,2,\dots$ の入力 $\{C1(t)$

50

,C2(t)}に対して繰り返し実行される。

【0041】

なお、基本条件を満足しない場合（すなわち、定格条件と最低出力条件のうち少なくとも一方を満足しない場合）のステップS2,S3,S4において、定格条件を満たさない場合は、最低出力条件を満たすかどうかの有無を問わずにステップS3が適用されるため、定格条件と最低出力条件のうち定格条件の方を優先した処理が実現される。ステップS4が適用されるのは、基本条件を満足せず且つ定格条件を満足する場合であり、基本条件のうち最低出力条件のみを満足しない場合となる。

【0042】

<状態遷移関数で選択される状態遷移行列について>

図6は、以上の図5のステップS3,S4で用いる2つの状態遷移行列T6a,T6bをそれぞれテーブル形式で示す図である。すなわち、ステップS3にて定格条件を満たさない場合に状態遷移関数で選択される第1の状態遷移行列T6aと、ステップS4にて最低出力条件を満たさない場合に選択される第2の状態遷移行列T6bが図5に示されている。状態数×状態数の行列で現状態から次の状態への遷移の有無と優先順位が示されている。数値の零は遷移不能で低い数値の優先順位が高い。ここでの優先順位の数値は稼働・停止の台数としている。

【0043】

例えば、現状の状態が7（要素状態ベクトル $v(7)=[3 \ 0]$ つまり6000kWが3台稼働、且つ、4500kWは未稼働）で定格条件を満足しない場合には定格出力を増加する必要があるので、第1の状態遷移行列T6aを参照すると、状態7よりも大きな数値の状態への遷移（稼働台数を減らす方向への遷移）は零として不能となっており、優先順位が高いのは状態4（要素状態ベクトル $v(4)=[4 \ 0]$ ）と状態5（要素状態ベクトル $v(5)=[3 \ 1]$ ）となる。

【0044】

すなわち、この例では、ある現時刻tにおいて状態 $i(t)=7$ であり、定格条件を満足しない場合には、第1の状態遷移行列T6aの情報において状態7から遷移する先の状態として、以下の通り優先順位が設定されている。

（最高）優先順位1 状態4($v(4)=[4 \ 0]$),状態5($v(5)=[3 \ 1]$),状態7($v(7)=[3 \ 0]$)
 優先順位2 状態2($v(2)=[4 \ 1]$),状態3($v(3)=[3 \ 2]$)
 （最低）優先順位3 状態1($v(1)=[4 \ 2]$),状態6($v(6)=[2 \ 2]$)

【0045】

この例では、状態7からの状態遷移の前後で、定格出力は以下のように変化することとなる。（なお、「状態7→7」の遷移は、最小稼働継続時間や最大停止継続時間の制約条件などにより基本条件を満足しない場合でも現状態を継続することが可能であることが考慮され、例外的な状況（その説明は省略する）への対処を可能にするためのものである。）

（最高）優先順位1 状態7→4（定格出力18000kW→24000kW）
 状態7→5（定格出力18000kW→22500kW）
 状態7→7（定格出力18000kW→18000kW）
 優先順位2 状態7→2（定格出力18000kW→28500kW）
 状態7→3（定格出力18000kW→27000kW）
 （最低）優先順位3 状態7→1（定格出力18000kW→33000kW）
 状態7→6（定格出力18000kW→21000kW）

【0046】

上記の例に現れているように、定格電力の不足に対処し、定格電力の不足を解消するための第1の状態遷移行列T6aは、次のようなことを考慮して予め設計しておくことができるものである。

- 定格出力を増やす方向の遷移が必要である。
- 定格出力を増やしすぎると、トレードオフ関係にある最低出力の方の余裕（稼働計画上のマージン）が減るため、定格出力が増えすぎる遷移に関しては優先順位を下げる。
- 同程度に定格出力を増やすことが可能な遷移であっても、要素状態ベクトル $v(i)$ の変化

10

20

30

40

50

が大きい遷移は、発電機状態の変化が大きく、制御負荷等が大きいと考えられるため、優先順位を下げる。

【0047】

なお、最低出力の超過に対処し、最低出力の超過を解消するための第2の状態遷移行列T6bについても上記と同様の考慮で以下のように予め設計しておくことができるものである。

●最低出力を減らす方向の遷移が必要である。

●最低出力を減らしすぎると、トレードオフ関係にある定格出力の方の余裕（稼働計画上のマージン）が減るため、最低出力が減りすぎる遷移に関しては優先順位を下げる。

●同程度に最低出力を減らすことが可能な遷移であっても、要素状態ベクトル $v(i)$ の変化が大きい遷移は、発電機状態の変化が大きく、制御負荷等が大きいと考えられるため、優先順位を下げる。

【0048】

なお、定格電力及び最低出力とは比例関係にあって増減挙動が一致し、入力としての発電機必要供給力及び必要最低出力も互いに相関して増減挙動が概ね一致するものであり、稼働計画作成においては「定格電力 $\geq$ 発電機必要供給力」且つ「最低出力 $\leq$ 必要最低出力」が要求されるため、入力集合における発電機必要供給能力と必要最低出力の間にはトレードオフ関係があり、これに対する出力集合である定格電力と最低出力の間にもトレードオフ関係がある。

【0049】

なお、ステップS3やステップS4において、いずれの状態に遷移するかは稼働・停止の台数のみ優先順位（図6の第1及び第2の状態遷移行列T6a,T6bで設定されている優先順位）に加えて、稼働効率性や稼働累積時間・最低稼働継続時間・最大停止継続時間などさまざまな条件を優先順位として考慮されることで、自動判断することができる。

【0050】

例えば、ステップS3の場合、優先順位（第1の状態遷移行列T6aに記載のもの）のスコアを $s1$ とし、稼働効率性のスコアを $s2$ とし、累積時間等のスコアを $s3$ とし、これらの重み付け和で総合スコア $w1*s1+w2*s2+w3*s3$ （ $w1,w2,w3$ は予め設定しておく重み）を求め、この総合スコアが最大となるものを遷移先の状態として自動決定するようにしてよい。（なお、各スコアは優先順位が高いほどスコアの値が高いものとして設定する。例えば状態遷移行列のスコア $s1$ について、優先順位が高い方（昇順での順位が小さい方）から1,2,3位の場合にそれぞれ、スコアの値 $s1=3,2,1$ 等のように設定すればよい。すなわち、1位の最高順位の場合に最高スコア $s1=3$ 等とし、3位の最低順位の場合に最低スコア $s1=1$ 等とすればよい。）

【0051】

稼働効率性のスコア $s2$ と累積時間等のスコア $s3$ とは、遷移先の候補となる状態 $i(t)$ の関数として、あるいはさらに、前時刻 $t-1$ までの一定期間に渡る決定済みの過去状態 $i(t-1)$, $i(t-2)$, ..., $i(t-k)$ （ $k \geq 1$ は当該期間の長さ）も引数として加えた関数として、自動算出するための所定の規則（計算式など）を設定しておくことで、自動算出することができる。

【0052】

また、このような総合スコアの判断に加えて／あるいは代えて、ルールベースの判断等で遷移先の状態を自動決定してもよい。総合スコアについて、 $s1,s2,s3$ の全部ではなく任意の一部のみを用いてもよい。（例えば $s1$ のみ用いる場合であれば、図6に例示されるような第1及び第2の状態遷移行列T6a,T6bで設定されている優先順位のうち最高順位のものに自動遷移することができる。ただしこの場合、図6の具体的な例のように最高順位を複数設定するのではなく、ただ1つのみに設定しておく必要がある。）また、総合スコアについて、 $s1,s2,s3$ 以外の要因をスコア要素 $s4,s5$,...として追加で考慮してもよい。

【0053】

このように、各時刻 $t=1,2,\dots$ に対して、前時刻 $t-1$ の状態 $i(t-1)$ から現時刻 t の状態 $i(t)$ への状態遷移を自動決定することができるため、運用計画の作成において、状態遷移装置

10

20

30

40

50

1により人的作業の負担を低減し、コスト等の低減を達成することができる。

【0054】

なお、初期時刻(例えば $t=1$ とする)の状態 $i(1)$ については、対応する入力 $\{C1(1), C2(1)\}$ に対して基本条件を満たすものを、ユーザが手動で選択してもよいし、基本条件を満たす状態を自動決定するように所定規則を定義しておくことで状態遷移装置1において自動決定するようにしてもよい。

【0055】

<まとめ>

以上の通り、スケジュール・計画自動作成オートマトンAにより発電機の運用（稼働）スケジュール・計画は、図4の時間・時刻情報を有する入力系列 $InputS=\{C1, C2\}$ が時系列順に発電機必要供給量と必要最低出力のふたつの数値を成分とするベクトルとして、状態遷移装置1の処理部11に入力され、記憶部12に記憶された現状の状態 $i(t)=\{P1(t), P2(t)\}$

（ステップS1で前時刻 $t-1$ の決定済み状態 $i(t-1)$ を仮に割り当てたもの）と、図3の各状態 i に対する各発電機の稼働台数での定格出力と最低出力のふたつの数値で構成される出力ベクトル $out(i)$ を参照し、記憶部12に記憶された状態遷移関数で処理部11は現時刻 t の入力 $\{C1(t), C2(t)\}$ に対して基本条件を満足するなら現状態を継続して $i(t)=i(t-1)$ とし、定格条件を満たさなければ図6の第1の状態遷移行列 $T6a$ を選択し、最低条件を満たさなければ図6の第2の状態遷移行列 $T6b$ を選択し、選択した状態遷移行列の現状状態の遷移先の優先順位（総合スコア $w1*s1+w2*s2+w3*s3$ 等による優先順位）で状態 $i(t-1)$ から状態 $i(t)$ に遷移させて現時刻 t の入力 $\{C1(t), C2(t)\}$ に対し基本条件を満足する出力となし、当該入力 $\{C1(t), C2(t)\}$ と決定した状態 $i(t)$ とその出力 $\{P1(t), P2(t)\}$ を記憶部12に記憶し、入力系列への出力系列と状態系列を得る問題へと定式化された。

【0056】

なお、前述の通り、初期状態 $i(1)$ は最初の入力 $\{C1(1), C2(1)\}$ において基本条件を満たす条件として選択すればよく、選択には先の稼働効率性や稼働累積時間・最低稼働継続時間・最大停止継続時間などさまざまな条件の優先順位を考慮してもよい。

【0057】

得られた状態系列 $\{i(t)|t=1, 2, \dots, N\}$ （ N は系列の長さであり、図2等の例では $N=288$ ）は入力系列 $\{\{C1(t), C2(t)\}|t=1, 2, \dots, N\}$ の有する時間・時刻情報 t に対する発電機の稼働台数つまり発電機の稼働スケジュール・計画であり、出力系列 $\{\{P1(t), P2(t)\}|t=1, 2, \dots, N\}$ は状態が示す発電機の稼働時の出力である。

【0058】

なお、状態遷移装置1では、最終出力に相当する出力系列 $\{\{P1(t), P2(t)\}|t=1, 2, \dots, N\}$ に代えて、いわば中間出力に相当する得られた状態系列 $\{i(t)|t=1, 2, \dots, N\}$ を出力するようにしてもよいし、これらの両方を出力するようにしてもよい。

【0059】

なお、前掲の特許文献1～5等の従来技術では、個別機器の起動・停止を状態と定義した状態遷移を示しており、複数機器のすべてを網羅した状態の把握や、すべての機器を網羅した同一性のある時間や時刻の動作の把握や、時間や時刻の制約条件や状態間の遷移の可能性を陽に表現することが困難であったのに対し、本実施形態では当該困難に対処することができる。例えば、状態 i には状態ベクトル $v(i)$ として6000kW, 4500kWの稼働台数が対応しており、複数機器を網羅している。また、状態遷移関数では、全ての遷移可能性を陽に表現している。

【0060】

以下では、状態遷移装置1による諸々の計画作成例（第1～第4事例）を説明しながら、状態遷移装置1の種々の実施形態（以上の説明の変形例や代替例などを含む）を説明する。

【0061】

<状態遷移装置1による計画作成例についての第1事例>

図7は、状態遷移装置1を用いた計画作成の第1事例を示す図であり、状態遷移装置1

に対して、図4と同様の入力集合の入力系列 $\text{InputS}=\{C1, C2\}$ を入力して計画作成を実施し、得られた状態系列 $\{ST11, ST12\}$ と出力系列 $\{P11, P12\}$ とをグラフとして示している。初期状態は7（要素状態ベクトル $v(3)=[3 \ 0]$ 、6000kW3台のみが稼働）が選択され、6時ころに定格条件を満たさず、図6の第1の状態遷移行列 $T6a$ により状態4（要素状態ベクトル $v(4)=[4 \ 0]$ ）に遷移し、18時ころ同じく定格条件を満たさず第1の状態遷移行列 $T6a$ により状態2（要素状態ベクトル $v(2)=[4 \ 1]$ ）に遷移し、入力系列 $\{C1, C2\}$ における発電機の稼働スケジュール・計画を状態系列 $\{ST11, ST12\}$ として、発電機の定格出力と最低出力とを出力系列 $\{P11, P12\}$ として得ることができる。

【0062】

＜状態遷移装置1による計画作成例についての第2事例＞

10

図8は、状態遷移装置1を用いた計画作成の第2事例を示す図であり、状態遷移装置1に対して、図4と同様の入力集合の入力系列 $\text{InputS}=\{C1, C2\}$ を入力して計画作成を実施し、得られた状態系列 $\{ST21, ST22\}$ と出力系列 $\{P21, P22\}$ とをグラフとして示している。図7の第1事例との相違点として、図8の第2事例は、4500kWの発電機（2台全て）が、時刻8:00から16:00以内でのみ（新たな）起動が可能という追加的な制約が課された事例であり、状態遷移関数が時間・時刻に依存することになる。

【0063】

すなわち、第2事例では、時刻8:00から16:00以内でのみ全ての発電機（6000kW4台と4500kW2台）を新たに起動する対象として選択可能であるため、第1事例と同様に、第1及び第2の状態遷移行列として図6の状態遷移行列 $T6a, T6b$ を用いるが、時刻0:00以降から時刻8:00前と、時刻16:00後から時刻24:00までの間は、上記の追加制約によって一部のみの発電機（6000kW4台のみ）を新たに起動する対象として選択可能であることを反映した、図6の行列の変形例である第1及び第2の状態遷移行列として、図9の状態遷移行列 $T9a, T9b$ を用いる。

20

【0064】

例えば、図9の変形例の第1の状態遷移行列 $T9a$ に関して、状態7（要素状態ベクトル $v(7)=[3 \ 0]$ ）の遷移において、対応する変形前の図6の行列 $T6a$ では状態8,9以外の状態への遷移が可能なのに対し、変形例の第1の状態遷移行列 $T9a$ では現状態7以外では状態4（要素状態ベクトル $v(4)=[4 \ 0]$ ）のみ遷移が可能である等の形で、4500kWの発電機の稼働ができないことを反映した状態遷移行列となっており、該時間帯にはこの状態遷移行列 $T9a$ が選定される。

30

【0065】

さらに図8の16:00以降は状態4で定格条件を満たすことができないため、4500kWの稼働時間帯である16:00に予め稼働させ状態2（要素状態ベクトル $v(2)=[4 \ 1]$ ）としており、その入力時刻16:00の発電機必要供給力と必要最低出力のふたつの数値で構成されるベクトル $\{C1(16:00), C2(16:00)\}$ ではなく、時刻16:00～24:00の時間帯の発電機必要供給力と必要最低出力のふたつの数値列で構成される以下の行列 M である。

【0066】

【数1】

$$M = [C1(16:00 \sim 24:00) \quad C2(16:00 \sim 24:00)] = \begin{bmatrix} C1(16:00) & C2(16:00) \\ C1(16:05) & C2(16:05) \\ \vdots & \vdots \\ C1(23:50) & C2(23:50) \\ C1(23:55) & C2(23:55) \end{bmatrix}$$

【0067】

なお、上記の行列 M に代えて、以下のベクトル m （期間16:00～24:00でのワースト状況として、当該期間内での発電機供給力 $C1(t)$ の最大値及び必要最低出力 $C2(t)$ の最小値を行列 M 内から抽出したベクトル m ）を入力として用いてもよい。

【0068】

【数2】

$$m = [C1(16:00\sim 24:00)_{\max} \quad C2(16:00\sim 24:00)_{\min}]$$

$$C1(16:00\sim 24:00)_{\max} = \max \{C1(16:00), C1(16:05), \dots, C1(23:50), C1(23:55)\}$$

$$C2(16:00\sim 24:00)_{\min} = \min \{C2(16:00), C2(16:05), \dots, C2(23:50), C2(23:55)\}$$

【0069】

＜状態遷移装置1による計画作成例についての第3事例＞

図10は、状態遷移装置1を用いた計画作成の第3事例を示す図であり、以下、この第3事例を例として、状態遷移装置1で用いる各時刻 t での入力 $\{C1(t), C2(t)\}$ の別の実施形態を説明する。

10

【0070】

すなわち、この別の実施形態では、時刻 t の入力として、同時刻 t の入力 $\{C1(t), C2(t)\}$ に代えて、未来時刻 $t+\alpha$ （事例では α は1時間相当）の入力 $\{C1(t+\alpha), C2(t+\alpha)\}$ として、発電機必要供給力と必要最低出力のふたつの数値を成分とするベクトルを利用する。あるいは、第2事例で説明した行列 M やベクトル m と同様に、現時刻 t から未来時刻 $t+\alpha$ に渡る範囲を入力として利用してもよい。

【0071】

入力が未来となる点（あるいは未来までも含む点）以外は、図10の第3事例は図7の第1事例と共通であり、第1事例では6時ころに状態遷移していたのが第3事例では5時ころの遷移となる。すなわち、第1事例において基本条件を満たさなくなった時点で遷移していたのに対比して、第3事例では未来時刻 $t+\alpha$ まで考慮した入力とすることで事前に遷移させることが可能となり、基本条件をより余裕を持って満足する状態系列 $\{ST31, ST32\}$ と出力系列 $\{P31, P32\}$ 、すなわち、スケジュール・計画を得ることできる。

20

【0072】

＜状態遷移装置1による計画作成例についての第4事例＞

図11は、状態遷移装置1による計画作成例についての第4事例を示す図であり、時刻20:00以降において基本条件を満足する範囲で稼働台数を抑制する条件（「抑制条件」とする）を状態遷移関数に付加した場合である。すなわち、第4事例は、第2事例の変形例であり、状態遷移行列を使い分ける時間帯は第2事例と同一であって0:00以降から8:00前（8:00含まない）までと16:00後（16:00含まない）から24:00までの時間帯では図9の新規起動を禁止する状態遷移行列 $T9a, T9b$ を利用し、8:00以降から16:00以前までの時間帯では禁止しない図6の状態遷移行列 $T6a, T6b$ を利用するものであり、第2事例では課していなかった上記の抑制条件を追加するものである。この設定により、第2事例からの相違点として第4事例では16:00以降の22:00頃に状態2（要素状態ベクトル $v(2)=[4 \ 1]$ ）から図9の変形例（16:00以降の4500kWの稼働開始を制限したものであり、稼働を継続することや停止は制限しない）の、最低出力条件を満たさない場合の第2の状態遷移行列 $T9b$ （に相当するもの）を用い状態4（要素状態ベクトル $v(4)=[4 \ 0]$ ）へ遷移させている。結果として、図11に示される状態系列 $\{ST41, ST42\}$ と出力系列 $\{P41, P42\}$ が得られている。状態遷移行列の選定のほかこのような状態遷移関数の時間・時刻の情報への依存も可能である。

30

40

【0073】

＜状態遷移行列の設定やその他の設定について＞

状態遷移行列は運転員の過去の稼働時の状態遷移実績から時間帯や他の条件を考慮し運転員の経験則から構成することも可能であるし、使用しながらその稼働状況で学習させることも可能である。さらに、稼働効率や稼働累積継続時間や稼働・停止コストなどさまざまな評価関数を設定し、それに修理や故障などの稼働条件や種々の制約条件を考慮した優先順位で状態遷移行列を構成することで最適化運用が可能となる。

【0074】

＜状態遷移装置1での計画自動作成の適用対象について＞

以上の説明では、電力システムの設備である発電機の運用・稼働の計画自動作成を状態

遷移装置1において行う場合を例としたが、状態遷移装置1は同様にしてその他の計画対象にも適用することが可能である。

【0075】

例えば、繁忙時間帯（24個の時間帯ごとの作業予測 $Y1, Y2, \dots, Y24$ ）を有する24時間営業店でパートのスケジューリングとして、

ベテラン	（時給 $B1$ ，作業効率 $K1$ ）	$N1$ 名
一般	（時給 $B2$ ，作業効率 $K2$ ）	$N2$ 名
新人	（時給 $B3$ ，作業効率 $K3$ ）	$N3$ 名

で継続してパート業務を担うようにし、 $X1$ 時間以上作業で休みは $X2$ 時間以上の人件費を抑え休暇や作業予測範囲などを考慮したパートスケジューリングの自動決定を状態遷移装置1で実行することもできる。

10

【0076】

この場合、オートマトンAのデータとして以下のような定義を用いればよい。

- ・入力集合： 作業予測 $Y1 \sim Y24$ と予測範囲 時刻情報を有する作業量と範囲
（さらに、時間帯ごとに許容される人件費も入力集合に含めてもよい）
- ・状態集合： [ベテラン人数 一般人数 新人人数]
- ・出力集合： [作業出力 人件費出力]

【0077】

なお、発電機の例の場合において出力集合の定格出力と最低出力とにトレードオフ関係を設定できたのと同様に、パート業務の場合における出力集合の作業出力と人件費出力（及び対応する入力集合における作業及び人件費）とにも、トレードオフ関係があるものとして設定することができる。すなわち、以下の関係により、ベテラン、一般、新人について、ベテランの側ほど時給が高い代わりに作業効率も高いという関係を事前設定することで、入力集合及び出力集合にトレードオフ関係が設定される。

20

時給に関して、 $B1 > B2 > B3$
作業効率に関して、 $K1 > K2 > K3$

【0078】

このように、発電機あるいはパートの例のように、状態遷移装置1は成績達成能力に関してランク付けされた稼働要素の種類ごとの稼働数（6000kW, 4500kW発電機あるいはベテラン、一般、新人のパート）が稼働することで、所与の時系列上での稼働成績（発電機必要供給力と必要最低出力あるいは作業出力と人件費出力）を達成するためのスケジューリング一般に適用することが可能である。

30

【0079】

<ハードウェア構成等に関して>

図12は、一般的なコンピュータ装置70におけるハードウェア構成の例を示す図である。状態遷移装置1は、このような構成を有する1台以上のコンピュータ装置70として実現可能である。なお、2台以上のコンピュータ装置70で状態遷移装置1を実現する場合、ネットワーク経由で処理に必要な情報の送受を行うようにしてよい。コンピュータ装置70は、所定命令を実行するCPU（中央演算装置）71、CPU71の実行命令の一部又は全部をCPU71に代わって又はCPU71と連携して実行する専用プロセッサとしてのGPU（グラフィックス演算装置）72、CPU71（及びGPU72）にワークエリアを提供する主記憶装置としてのRAM73、補助記憶装置としてのROM74、通信インタフェース75、ディスプレイ76、マウス、キーボード、タッチパネル等によりユーザ入力を受け付ける入力インタフェース77、これらの間でデータを授受するためのバスBSと、を備える。

40

【0080】

状態遷移装置1の処理部11は、処理部11の処理内容に対応する所定のプログラムをROM74から読み込んで実行するCPU71及び／又はGPU72によって実現することができる。なお、CPU71及びGPU72は共に、演算装置（プロセッサ）の一種である。記憶部12は、処理部11による処理に必要な各種の情報を記憶しておくために、RAM73によって、あるいは、RAM73及びROM74によって実現することができる。ここで、表示関連の処理が行われる場合にはさら

50

に、ディスプレイ76が連動して動作し、データ送受信に関する通信関連の処理が行われる場合にはさらに通信インタフェース75が連動して動作し、ユーザによる判断入力等を受け付ける場合はさらに、入力インタフェース77が連動して動作する。

【0081】

なお、処理部11が行う処理の全部または一部に関して、プログラムを汎用プロセッサであるCPU71及び／又はGPU72で読み込んで実行することによって実現するのではなく、その他の特定処理に特化した専用プロセッサや回路等の処理によって実現するようにしてもよい。状態遷移装置1で得た結果やこれに関連する情報を図7のグラフのような形式で、ディスプレイ76に表示するようにしてもよい。初期状態や事前に定義するオートマトンAのモデル情報について、入力インタフェース77を介してユーザ入力を受け付けることで、状態遷移装置1に記憶させるようにしてもよい。

10

【0082】

<状態遷移装置1で扱うデータについて>

状態遷移装置1では、入力集合InputSについて、リアルタイムに読み込んでリアルタイムの現在時刻としての各時刻tでの状態及び出力を得るようにしてもよいし、予め一定期間（未来の期間を含んでもよい）に渡る所定のデータとして用意されている入力集合InputSを読み込んで、当該データ内における各時刻tに対して状態及び出力を得るようにしてもよい。（なお、所定のデータの全体について状態及び出力が得られた場合は、図5のフローを終了してよい。）

【0083】

<要素状態ベクトルの定義の仕方について>

以上の説明では、例えば発電機による例の場合に、状態iのベクトル $v(i)$ を{6000kW稼働台数,4500kW稼働台数}としたが、より詳細な情報を与えることのできる状態ベクトルとして、個別の稼働要素の各々について、その稼働有無を2値の値で与えたものを用いてもよい。すなわち、発電機の例の場合であれば、 $v(i)=\{a1,a2,a3,a4,b1,b2\}$ と6次元ベクトルとし、要素a1,a2,a3,a4をそれぞれ1,2,3,4機目の6000kW発電機の稼働の有無に関する状態を表すものとし、要素b1,b2をそれぞれ1,2機目の4500kW発電機の稼働の有無に関する状態を表すものとしてもよい。

20

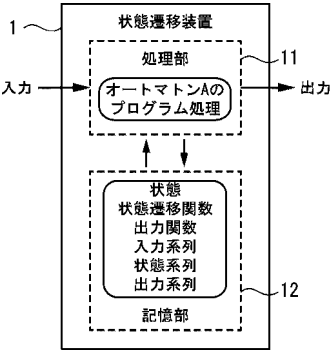
【符号の説明】

【0084】

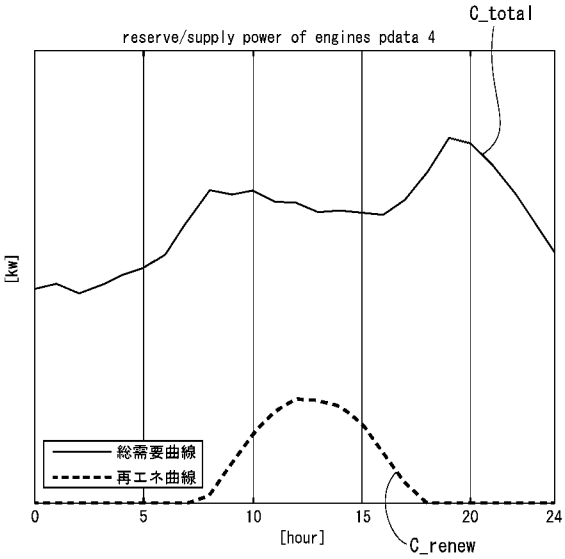
1…状態遷移装置、11…処理部、12…記憶部、13…表示部、14…入力部

30

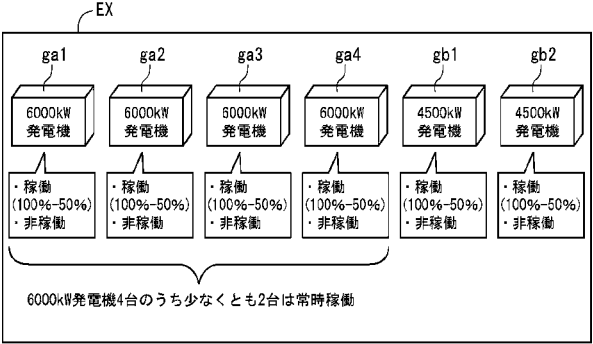
【図 1】



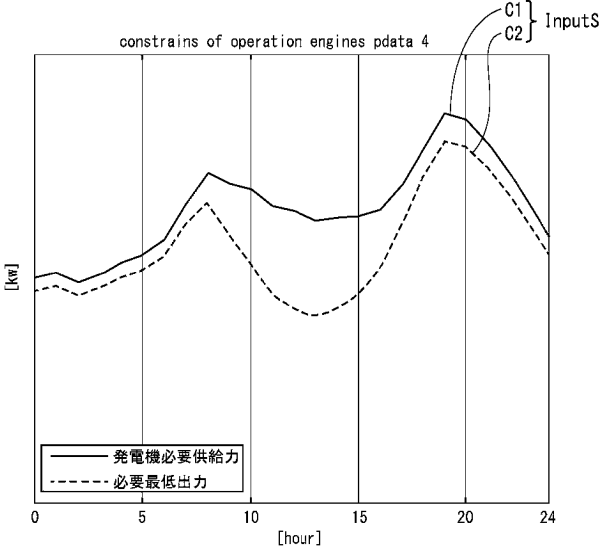
【図 2】



【図 3】



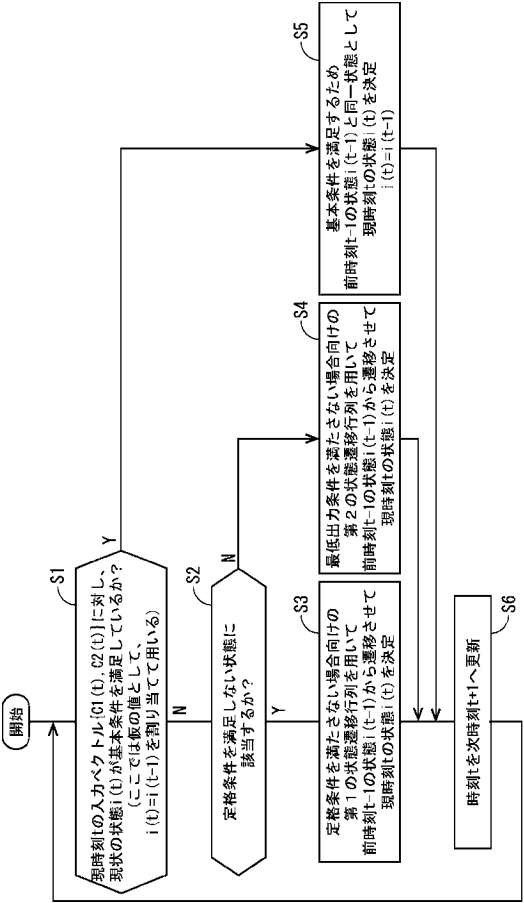
【図 4】



状態 i (i=1,...,9)	要素状態ベクトル v(i) = {6000kW稼働台数, 4500kW稼働台数}	状態に依存した出力集合 out(i) = {定格出力(i), 最低出力(i)}
1	[4 2]	33000 16500
2	[4 1]	28500 14250
3	[3 2]	27000 13500
4	[4 0]	24000 12000
5	[3 1]	22500 11250
6	[2 2]	21000 10500
7	[3 0]	18000 9000
8	[2 1]	16500 8250
9	[2 0]	12000 6000

T3

【図 5】



【図 6】

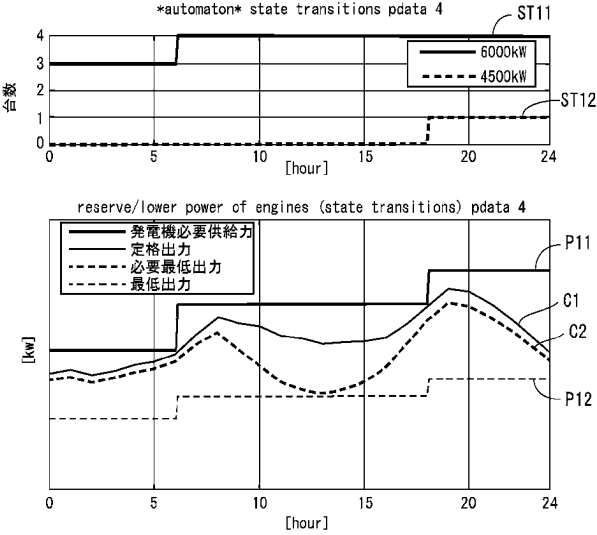
T6a

状態	次状態 (遷移状態)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	2	1	0	0	0	0	0	0
4	2	1	3	1	0	0	0	0	0
5	2	1	1	2	1	0	0	0	0
6	2	3	1	4	2	1	0	0	0
7	3	2	2	1	1	3	1	0	0
8	3	2	2	3	1	1	2	1	0
9	4	3	3	2	2	2	1	1	1

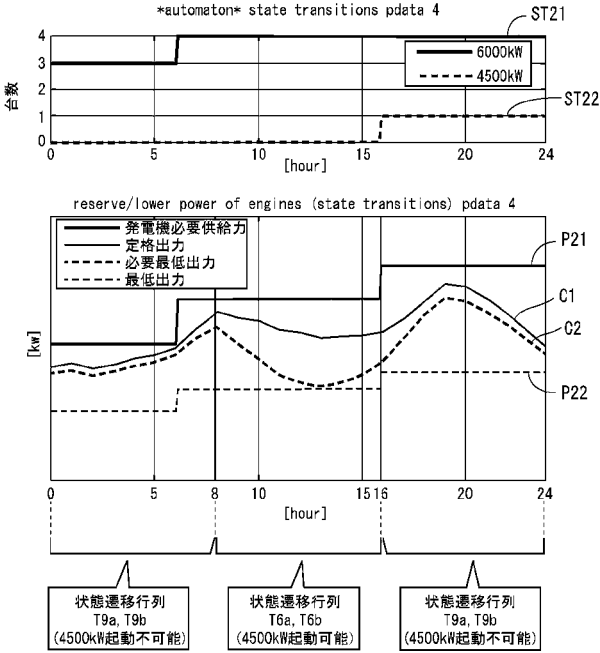
T6b

状態	次状態 (遷移状態)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	1	2	2	3	3	4
2	0	1	2	1	1	3	2	2	3
3	0	0	1	3	1	1	2	2	3
4	0	0	0	1	2	4	1	3	2
5	0	0	0	0	1	2	1	1	2
6	0	0	0	0	0	1	3	1	2
7	0	0	0	0	0	0	1	2	1
8	0	0	0	0	0	0	0	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1

【図 7】



【図 8】



【図 9】

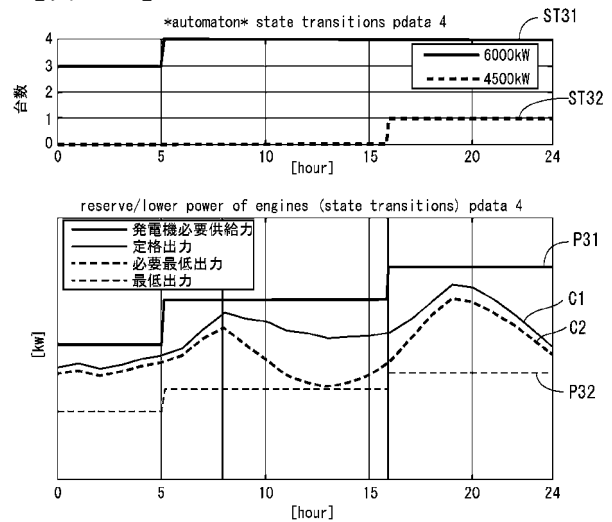
T9a

		次状態 (遷移状態)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
現 状 態	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	5	0	1	0	2	1	0	0	0	0
	6	2	3	1	4	2	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	8	0	2	0	3	1	0	2	1	0
	9	0	0	0	0	2	0	0	1	0

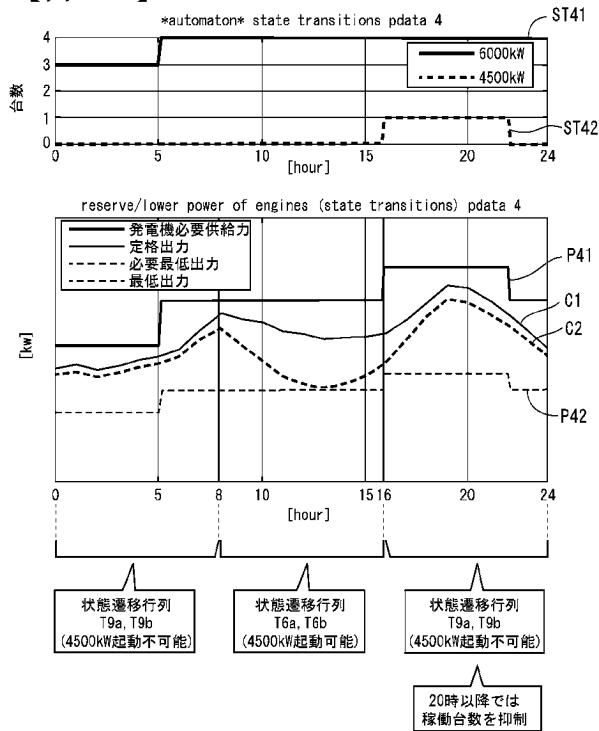
T9b

		次状態 (遷移状態)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
現 状 態	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4
	2	0	1	0	1	1	0	2	2	3
	3	0	0	1	3	1	1	2	2	3
	4	0	0	0	1	0	0	1	0	2
	5	0	0	0	0	1	0	1	1	2
	6	0	0	0	0	0	1	3	1	2
	7	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	8	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1

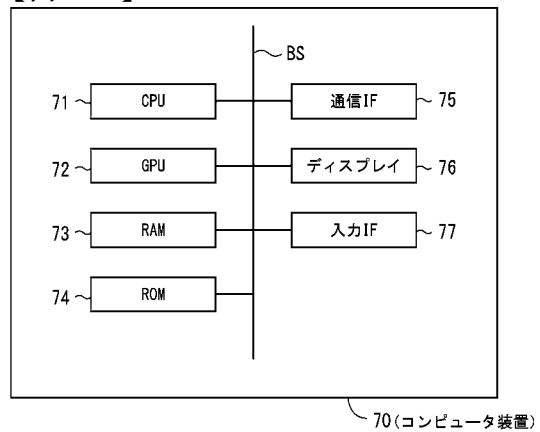
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 鳥飼 孝幸

福岡県福岡市南区清水4丁目19番18号 九電テクノシステムズ株式会社内

審査官 福田 正悟

(56)参考文献 特開2003-299246 (JP, A)

特開2016-032337 (JP, A)

特開2017-022939 (JP, A)

特開2017-182399 (JP, A)

特開2016-093050 (JP, A)

米国特許出願公開第2007/0211887 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 3/46

G06Q 50/06