

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年10月19日(19.10.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/199482 A1

- (51) 国際特許分類:
G06F 1/3206 (2019.01) G06F 1/329 (2019.01)
G06F 1/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/017844
- (22) 国際出願日: 2022年4月14日(14.04.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中里 彦俊 (NAKAZATO, Hikotoshi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1

N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 新井 誠亮 (ARAI, Seisuke); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 金子 雅志 (KANEKO, Masashi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

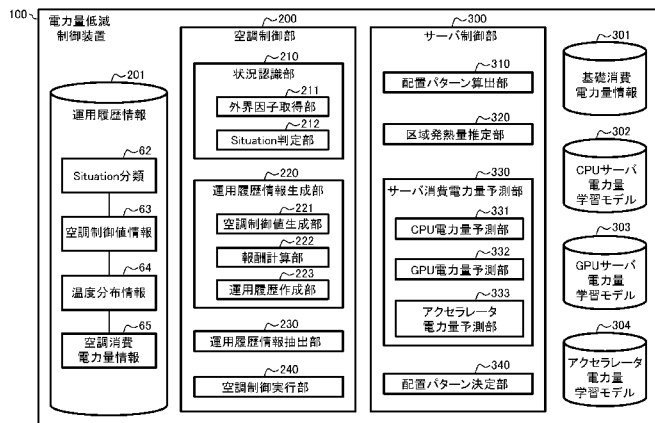
(74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所 (ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目1番18号 ヒューリック虎ノ門ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL,

(54) Title: ELECTRIC POWER AMOUNT REDUCTION CONTROL DEVICE, ELECTRIC POWER AMOUNT REDUCTION CONTROL METHOD, ELECTRIC POWER AMOUNT REDUCTION CONTROL SYSTEM, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 電力量低減制御装置、電力量低減制御方法、電力量低減制御システム、および、プログラム

[図5]



- 62... Situation CLASSIFICATION
63... AIR CONDITIONING CONTROL VALUE INFORMATION
64... TEMPERATURE DISTRIBUTION INFORMATION
65... AIR CONDITIONING ELECTRIC POWER CONSUMPTION AMOUNT INFORMATION
100... ELECTRIC POWER AMOUNT REDUCTION CONTROL DEVICE
200... AIR CONDITIONING CONTROL UNIT
201... OPERATION HISTORY INFORMATION
210... STATUS RECOGNITION UNIT
211... EXTERNAL FACTOR ACQUISITION UNIT
212... Situation DETERMINATION UNIT
220... OPERATION HISTORY INFORMATION GENERATION UNIT
221... AIR CONDITIONING CONTROL VALUE GENERATION UNIT
222... FEE CALCULATION UNIT
223... OPERATION HISTORY CREATION UNIT
230... OPERATION HISTORY INFORMATION EXTRACTION UNIT
240... AIR CONDITIONING CONTROL EXECUTION UNIT
300... SERVER CONTROL UNIT
301... BASIC ELECTRIC POWER CONSUMPTION AMOUNT INFORMATION
302... CPU SERVER ELECTRIC POWER AMOUNT LEARNING MODEL
303... GPU SERVER ELECTRIC POWER AMOUNT LEARNING MODEL
304... ACCELERATOR ELECTRIC POWER AMOUNT LEARNING MODEL
310... ARRANGEMENT PATTERN CALCULATION UNIT
320... AREA HEAT GENERATION AMOUNT ESTIMATION UNIT
330... SERVER ELECTRIC POWER CONSUMPTION AMOUNT PREDICTION UNIT
331... CPU ELECTRIC POWER AMOUNT PREDICTION UNIT
332... GPU ELECTRIC POWER AMOUNT PREDICTION UNIT
333... ACCELERATOR ELECTRIC POWER AMOUNT PREDICTION UNIT
340... ARRANGEMENT PATTERN DETERMINATION UNIT

(57) Abstract: An electric power amount reduction control device (100) comprises: an air conditioning control value generation unit (221) that generates an air conditioning control value; an air conditioning control execution unit (240) that causes control of a plurality of air conditioners to be executed using the air conditioning control value; an operation history creation unit (223) that acquires temperature distribution information (64) and the air conditioning electric power consumption amounts of the plurality of air conditioners as a control result and creates operation history information (201); an arrangement pattern calculation unit (310) that calculates an arrangement pattern for a processing load; an area heat generation amount estimation unit (320) that estimates a predicted heat generation amount for each of arrangement control areas; a server electric power consumption amount prediction unit (330) that calculates a server electric power consumption amount for each of the arrangement control areas (30); and an arrangement pattern determination unit (340) that calculates

CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the total of the server electric power consumption amount and the air conditioning electric power consumption amounts in each arrangement pattern and determines an arrangement pattern in which the total is smallest.

- (57) 要約: 電力量低減制御装置 (100) は、空調制御値を生成する空調制御値生成部 (221)、空調制御値を用いて複数の空調機の制御を実行させる空調制御実行部 (240)、制御結果として、温度分布情報 (64) および複数の空調機の空調消費電力量を取得し、運用履歴情報 (201) を作成する運用履歴作成部 (223)、処理負荷の配置パターンを算出する配置パターン算出部 (310)、各配置制御区域の発熱予測量を推定する区域発熱量推定部 (320)、配置制御区域 (30) それぞれのサーバ消費電力量を算出するサーバ消費電力量予測部 (330)、および、各配置パターンにおいて、サーバ消費電力量と空調消費電力量との合計量を算出し、合計量が最小となる配置パターンを決定する配置パターン決定部 (340) を備える。

明 細 書

発明の名称：

電力量低減制御装置、電力量低減制御方法、電力量低減制御システム、および、プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、データセンタ（以下、「DC」と称する場合がある。）における消費電力量を低減する、電力量低減制御装置、電力量低減制御方法、電力量低減制御システム、および、プログラムに関する。

背景技術

[0002] データセンタ（DC）における空調の消費電力量の比率は大きな比率を占めており、DCの数や規模の拡大に応じて、空調の消費電力量の削減が求められている。また、DCにおけるデータ処理量は、年々増加傾向にあり、DC全体としての電力消費効率（ある一定量のデータ処理に対するDC全体の消費電力量）の向上が必要となる。

[0003] 空調の消費電力量、および、サーバ（IT装置）の消費電力量を考慮し、DC全体の消費電力量を最適化する技術として、非特許文献1に記載の技術が公開されている。

非特許文献1のデータセンタ向け空調連係IT負荷配置最適化方式では、データセンタのIT機器の稼働情報や監視情報を収集することにより、IT機器の将来の負荷の推移を予測し、IT機器の電力増分に応じた空調設備の電力増分を算出する。そして、時系列でIT機器への負荷集約率が高まるように、つまりIT機器の稼働台数が削減されるように、データセンタの電力量である目的関数が最小となる最適化問題を解く。これにより、データセンタの電力量を最小化するIT機器へのIT負荷（仮想マシン）の配置を算出する。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：沖津潤 外4名、「環境配慮型データセンタ向け空調連係IT負荷配置最適化方式」、F I T (Forum on Information Technology) 2010、第9回情報科学技術フォーラム、RC-009

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、非特許文献1に記載の技術では、空調設備の電力の算出に用いる空調電力モデルにおいて、DCごとに異なる設備条件に依存しない汎用的なルールベース基準を採用している。そのため、空調設備の配置位置、気流、DC内のサーバ配置構成、熱冷却効率などの個別の設備条件を考慮した、DCのトータルとしての電力量を低減するための最適化を行うことは難しかった。

[0006] さらに、DC内では、CPU (Central Processing Unit) サーバ、GPU (Graphics Processing Unit) サーバ、アクセラレータが混在する環境において、負荷処理がなされることが想定される。ここで、アクセラレータは、例えば、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、TPU (Tensor Processing Unit) 等である。

[0007] このCPU、GPU、アクセラレータは、負荷処理時のサーバ冷却に要する消費電力量が異なる。具体的には、CPUは、常温の範囲内において、消費電力量の変動がほとんど見られないのに対し、GPUサーバやアクセラレータでは、常温の範囲内であっても、消費電力量の変動が発生することが想定される。

[0008] 本出願の発明者は、GPUサーバについて、常温の範囲内である20℃と33℃に、吸込口温度を設定し、GPUサーバ内のGPUカードの温度 (GPU温度)、消費電力量、FAN回転率を測定した。

その結果、GPU温度は、図1で示すように、吸込口温度について20℃と33℃とを比較すると、33℃ではおよそ10度上昇する。また、GPUカードの消費電力量も、図2で示すように、33℃ではおよそ20W上昇す

る。また、GPUサーバのFAN回転率も、図3で示すように、33℃ではおよそ10%上昇する。なお、図1～図3の横軸は、測定開始からの時間[分：秒]を表す。

[0009] 実験では、吸込口温度が20℃のとき、GPUカード4枚の消費電力量は「0.66kWh」、GPUカードを除くGPUサーバ本体の消費電力量は「0.33kWh」であり、GPUサーバ全体では、「0.99kWh」であった。一方、吸込口温度が33℃のとき、GPUカード4枚の消費電力量は「0.72kWh」、GPUカードを除くGPUサーバ本体の消費電力量は「0.37kWh」であり、GPUサーバ全体では、「1.09kWh」であった。この結果から、吸込口温度が22℃から33℃に上昇することにより、GPUサーバ全体で約9%の消費電力量の増加が確認された。

[0010] つまり、従来研究では、CPUサーバ、GPUサーバ、アクセラレータ等が混在する環境において、吸込口温度に対する冷却機能に要する消費電力特性の違いを考慮したモデリングができていなかった。より具体的には、空調制御段階を「強」にすると、吸込口温度は「低」となり、サーバ消費電力量は「低」となり下がるが、空調消費電力量は「高」となる。一方、空調制御段階を「低」にすると、吸込口温度は「高」となり、サーバ消費電力量は「高」となり上がるが、空調消費電力量は「低」とすることができる。即ち、空調制御に伴う空調消費電力量の高低と、サーバ消費電力量の高低とがトレードオフの関係となっている。よって、サーバ消費電力量と空調消費電力量からなるDC全体の消費電力量を正確に推定することが難しく、DC内の負荷処理の配置や空調制御の最適解を求めることにより、DC全体の消費電力量を低減することができなかった。

[0011] このような点に鑑みて本発明がなされたのであり、本発明は、CPUサーバ、GPUサーバ、アクセラレータ等が混在する環境において、サーバ消費電力と空調消費電力とからなるトータルの消費電力量を低減することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明に係る電力量低減制御装置は、CPUサーバ、GPUサーバおよびアクセラレータ、並びに複数の空調機を制御する電力量低減制御装置であって、前記CPUサーバ、前記GPUサーバ、前記アクセラレータの何れかが配置される複数の配置制御区域と、前記複数の空調機による空調制御の効果を測定するエリアである空調制御区域とが、設定されており、前記電力量低減制御装置が、前記複数の空調機に設定する、少なくとも目標温度を含む空調制御値を生成する空調制御値生成部と、前記空調制御値を用いて前記複数の空調機の制御を実行させる空調制御実行部と、前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータに処理負荷を配置した複数の配置パターンにおいて、前記空調制御実行部が前記複数の空調機を前記空調制御値により制御した結果について、前記目標温度を指標として評価する報酬を算出し、前記報酬が所定の条件を満たすか否かを判定する報酬計算部と、前記所定の条件を満たすと判定された前記空調制御値による制御結果として、温度分布情報および前記複数の空調機のア空调消費電力量を取得し、前記複数の配置パターンそれぞれにおける各配置制御区域の発熱予測量に対応付けた運用履歴情報を作成する運用履歴作成部と、前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータに対する処理負荷の情報を用いて、新規の前記処理負荷を配置する複数の配置パターンを算出する配置パターン算出部と、前記算出した配置パターン毎に、前記配置制御区域それぞれに属する、CPUサーバ、GPUサーバおよびアクセラレータに処理負荷が配置された場合の発熱量を合計することにより、各前記配置制御区域の発熱予測量を推定する区域発熱量推定部と、各前記配置制御区域の発熱予測量の情報を用いて、前記運用履歴情報を参照し、各配置パターンにおいて前記空調制御値により制御した場合の、前記温度分布情報および前記空調消費電力量を抽出する運用履歴情報抽出部と、抽出した前記温度分布情報と新規の処理負荷に関する情報とを用いて、前記配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域毎に、各CPUサーバの消費電力量、各GPUサーバの消費電力量および各アクセラレータの消費電力量を合計したサーバ消費電力量を算出するサーバ消

費電力量予測部と、前記配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域それぞれの前記サーバ消費電力量を合計し、その合計であるトータルのサーバ消費電力量と、抽出した前記空調消費電力量との合計量を算出し、算出した合計量が最小となる配置パターンを、前記処理負荷を配置する配置パターンに決定する配置パターン決定部と、を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、CPUサーバ、GPUサーバ、アクセラレータ等が混在する環境において、サーバ消費電力と空調消費電力とからなるトータルの消費電力量を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]吸込口温度が20℃と33℃における、GPU温度を比較するための図である。

[図2]吸込口温度が20℃と33℃における、GPUカードの消費電力量を比較するための図である。

[図3]吸込口温度が20℃と33℃における、GPUサーバのFAN回転率を比較するための図である。

[図4]本実施形態に係る電力量低減制御装置を含む電力量低減制御システムの全体構成を示す図である。

[図5]本実施形態に係る電力量低減制御装置の構成例を示す機能ブロック図である。

[図6]本実施形態に係るSituation分類を説明するための図である。

[図7]本実施形態に係る温度分布情報を説明するための図である。

[図8]本実施形態に係る電力量低減制御装置が実行する、運用履歴情報生成処理の流れを示すフローチャートである。

[図9]本実施形態に係る電力量低減制御装置が実行する、配置パターン決定処理の流れを示すフローチャートである。

[図10]本実施形態に係る電力量低減制御装置の機能を実現するコンピュータの一例を示すハードウェア構成図である。

発明を実施するための形態

[0015] 次に、本発明を実施するための形態（以下、「本実施形態」と称する。）について説明する。

図4は、本実施形態に係る電力量低減制御装置100を含む電力量低減制御システム1の全体構成を示す図である。

[0016] 図4に示すように、電力量低減制御システム1は、所定の制御区域（後記する「配置制御区域」）に收容される複数の、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5、および、複数の空調機2を有するデータセンタ（DC10）と、電力量低減制御装置100とを備えて構成される。所定の制御区域（配置制御区域）に收容される複数の、CPUサーバ3、GPUサーバ4、および、アクセラレータ5を、以下において「サーバ群」または総称して「サーバ」と表記する場合がある。図4および後記する図7において、サーバ3を塗りつぶしなしの六角形で表し、GPUサーバ4を複数の斜線を引いた六角形で表し、アクセラレータ5をドットで塗りつぶした六角形で表す。このサーバ群には、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5のそれぞれが少なくとも1台以上備わる場合のほか、GPUサーバ4が0台でありCPUサーバ3とアクセラレータ5で構成される場合、アクセラレータ5が0台でありCPUサーバ3とGPUサーバ4で構成される場合も含まれる。

なお、電力量低減制御装置100は、DC10の内部に設けられてもよいし、DC10とは別の場所に設けられ、複数のDC10を制御するようにしてもよい。

[0017] この電力量低減制御装置100は、不図示の空調管理装置を介して、DC10内に設けられた空調機2（図4においては、空調機「1」「2」「3」）の状態情報を取得したり、空調制御情報を送信したりしてもよいし、空調管理装置を介さず直接各空調機2と通信接続されていてもよい。

また、電力量低減制御装置100は、不図示のサーバ管理装置を介して、DC10内に設けられたサーバ群として收容されるCPUサーバ3、GPU

サーバ4, アクセラレータ5の状態情報を取得したり制御情報を送信したりしてもよいし、直接各CPUサーバ3, GPUサーバ4, アクセラレータ5と通信接続されていてもよい。

[0018] 本実施形態におけるDC10では、収容する全体のサーバ(CPUサーバ3、GPUサーバ4、および、アクセラレータ5)について、図4で示すように、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5それぞれが配置されるエリアごとに分けし、「配置制御区域」として制御を行う。この配置制御区域30は、処理負荷(仮想リソース、GPUやアクセラレータの処理等)を配置するまとまったサーバ群を収容するエリアである。図4においては、配置制御区域「1」～「6」が設けられた例を示している。

[0019] なお、DC10では、CPUサーバ3において仮想化基盤が構築され、コンテナやVMを用いて運用されるものとして説明する。オープンソースの仮想化基盤としては、クラウド環境構築用のソフトウェアであるOpenStack(登録商標)や、コンテナ化されたワークロードやサービスを運用管理するためのソフトウェアであるKubernetes(登録商標)が知られている。OpenStackは、主に物理マシンや仮想マシン(VM)の管理・運用に用いられる。Kubernetesは、主にコンテナの管理・運用に用いられる。

本明細書においては、仮想化基盤において仮想化されたアプリケーション(1つ以上のコンテナや、1つ以上のVM等で構成)のことを仮想リソースと称する。なお、Kubernetesでは、アプリケーションの最小実行単位が、1つ以上のコンテナにより構成されるPodとなる。

[0020] 本実施形態ではサーバ群の配置制御区域30に対応付けて、図4で示すように「空調制御区域」を設ける。空調制御区域20は、空調制御による室温効果を測定するまとまったエリアであり、各サーバ(CPUサーバ3, GPUサーバ4, アクセラレータ5)の吸込口側、吐出口側のいずれかに面しているものとする。

空調機2から送風される空気は、例えばDC10のフロアの床下に設けられた配管等を介して、吸込口側の空調制御区域20(図4では、空調制御区

域「3」「4」「7」「8」)から吹き出される。そして、吐出口側の空調制御区域20(図4では、空調制御区域「1」「2」「5」「6」)に設けられた配管の吸込口から、各サーバの熱により温度上昇した空気を取り込み、空調機2へと戻る気流を生じさせる。

[0021] この空調制御区域20それぞれには、複数のセンサ(温度センサ等)が設置されている。また、各配置制御区域30のGPUサーバ4およびアクセラレータ5の吸込口にも温度センサが設置される。さらに、DC10の外部にもセンサ(温度センサ等)が設置される。これらのセンサから得られた情報(センサ情報)を、通信回線等を介して、電力量低減制御装置100が取得することができる。

[0022] 本実施形態に係る電力量低減制御装置100は、CPUサーバ3に対する処理負荷となる仮想リソース、および、GPU/アクセラレータに対する負荷についての生成/削除スケジュール情報に基づき、負荷をそれぞれのサーバリソース(本実施形態では、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5を意味する。)に配置した配置パターンにおける配置制御区域30毎の発熱量(後記する「配置制御区域の発熱予測量」)を予測する。なお、上記の「/」は、「および/または」を意味する。電力量低減制御装置100は、DC10の外部の温度やフロア温度、配置制御区域30の発熱予測量それぞれの状況(後記する「Situation」)毎に、複数段階の空調機2の空調制御値を設けて、各段階で制御したときの温度分布情報および空調消費電力量情報を保持しておく。そして、電力量低減制御装置100は、各段階で制御したときの温度分布情報等に基づき、各配置制御区域30のサーバ消費電力量(後記する、「総サーバ消費電力量」)を算出し、そのサーバ消費電力量と空調消費電力量の合計量が最小となる配置パターンを決定する(詳細は後記)。以下、電力量低減制御装置100について詳細に説明する。

[0023] <電力量低減制御装置>

図5は、本実施形態に係る電力量低減制御装置100の構成例を示す機能ブロック図である。

電力量低減制御装置１００は、サーバリソース（ＣＰＵサーバ３，ＧＰＵサーバ４，アクセラレータ５）の負荷の各配置パターンにおける配置制御区域３０毎の発熱量（発熱予測量）を予測し、その状況（Situation）において、空調機２の空調制御をした場合の、温度分布情報６４と空調消費電力量情報６５とを取得する。そして、電力量低減制御装置１００は、学習モデルを用いて、ＣＰＵサーバ３，ＧＰＵサーバ４，アクセラレータ５それぞれのサーバ消費電力量を算出し、それらを合計して配置制御区域３０毎の、ＣＰＵサーバ３，ＧＰＵサーバ４，アクセラレータ５の総消費電力量を算出する。電力量低減制御装置１００は、各配置制御区域３０のＣＰＵサーバ３，ＧＰＵサーバ４，アクセラレータ５の総消費電力量を合計したトータルのサーバ消費電力量（後記する「総サーバ消費電力量」）と、その空調消費電力量との合計量を算出し、その合計量が最小となる配置パターンを決定し、それに基づき、負荷配置および空調制御を実行する。

この電力量低減制御装置１００は、制御部、入出力部、記憶部（いずれも図示省略）を備えるコンピュータにより構成される。

[0024] 入力部は、ＤＣ１０内の各装置（各空調機２や各サーバ（ＣＰＵサーバ３，ＧＰＵサーバ４，アクセラレータ５））等との間の情報について入出力を行う。この入出力部は、通信回線を介して情報の送受信を行う通信インタフェースと、不図示のキーボード等の入力装置やモニタ等の出力装置との間で情報の入出力を行う入出力インタフェースとから構成される。

[0025] 記憶部は、ハードディスクやフラッシュメモリ、ＲＡＭ（Random Access Memory）等により構成される。

この記憶部には、制御部の各機能を実行させるためのプログラムや、制御部の処理に必要な情報が一時的に記憶される。また、この記憶部には、各配置パターンにおける、Situationそれぞれについての、空調機２の制御値（空調制御値情報６３）や、その制御結果としての温度分布情報６４、空調消費電力量情報６５等で示される運用履歴情報２０１が記憶される。さらに、記憶部には、各サーバ（ＣＰＵサーバ３，ＧＰＵサーバ４，アクセラレータ５

）の発熱予測量を算出するための基礎消費電力量情報301、CPUサーバ3の消費電力量を予測するためのCPUサーバ電力量学習モデル302、GPUサーバ4の消費電力量を予測するためのGPUサーバ電力量学習モデル303、および、アクセラレータ5の消費電力量を予測するためのアクセラレータ電力量学習モデル304が記憶される（詳細は後記）。

[0026] 制御部は、電力量低減制御装置100が実行する処理の全般を司り、図5で示すように、空調制御部200とサーバ制御部300とを含んで構成される。

[0027] ≪空調制御部≫

空調制御部200は、制御前のDC10内のフロアの平均温度（フロア平均温度）、外温（外気温度）、配置制御区域30ごとの発熱予測量をSituation構成要素とし、各Situationの各空調制御段階（各空調機2の空調制御値を段階的に設定）において、制御ターンにおいて温度分布情報64を取得し、空調消費電力量情報65を算出することにより、運用履歴情報201を生成する。この運用履歴情報201を生成するフェーズを学習フェーズと称する。また、空調制御部200は、実際に負荷配置と空調制御を実行する運用フェーズにおいて、各配置制御区域30の発熱予測量の情報をサーバ制御部300から取得すると、該当するSituation（Situation分類62）に相当する運用履歴情報201を抽出し、温度分布情報64および空調消費電力量情報65を、サーバ制御部300に出力する。そして、空調制御部200は、サーバ制御部300が決定した配置パターンにおける空調制御を各空調機2に実行させる。

この空調制御部200は、状況認識部210、運用履歴情報生成部220、運用履歴情報抽出部230および空調制御実行部240を備える。

[0028] 状況認識部210は、Situationを構成するパラメータ要素である外界因子の情報を取得する。そして、状況認識部210は、各外界因子を複数レンジに分割し、各レンジ領域を組み合わせたものを1Situationとし、取得した外界因子の情報により、どのSituationに属するかを示すSituation分類62を

決定する。

この状況認識部 210 は、外界因子取得部 211 と Situation 判定部 212 とを備える。

[0029] 外界因子取得部 211 は、外界因子の測定結果の情報を取得する。ここで、外界因子は、空調消費電力量の増減に影響を及ぼす要素であり、Situation 分類 62 を構成するパラメータ要素を意味する。ここでは外界因子を、(1) 制御前の DC10 内のフロア平均温度、(2) 外温（外気温度）、(3) 配置制御区域 30 ごとの発熱予測量とする。

[0030] (1) 制御前の DC10 内のフロア平均温度を、外界因子取得部 211 は、次のようにして算出する。外界因子取得部 211 は、当該空調制御区域 20 の温度センサから取得した温度の平均値を算出し、空調制御区域 20 ごとの平均温度を算出する。そして、外界因子取得部 211 は、算出した空調制御区域 20 ごとの平均温度をフロア全体で平均し、得られた温度をフロア平均温度とする。

[0031] (2) 外温は、DC10 の外部に設置された温度センサから得られる情報である。

(3) 配置制御区域 30 ごとの発熱予測量は、サーバ制御部 300 が算出する情報である（詳細は後記）。

外界因子取得部 211 は、この外界因子の情報を取得すると、Situation 判定部 212 に出力する。

[0032] Situation 判定部 212 は、外界因子取得部 211 が取得した情報が、どの Situation 分類 62 に属するかを判定する。

各外界因子は、最小値～最大値の間でその外界因子の特性に応じて複数個のレンジに分割される。そして、各外界因子を分割したレンジを組み合わせたものを、1 Situation として定義する。以下、図 6 を参照して説明する。

[0033] 図 6 に示すように、外界因子のそれぞれを「factor」とし、分割するレンジを定義（以下、「分割定義」と称する。）する。

例えば、図 6 の Situation 分類 62 で示す「factor 1」の外界因子は「フロ

ア平均温度」であり、分割定義は「0-48度を6分割」である。「factor 2」の外界因子は「外温」であり、分割定義は「0-48度を6分割」である。「factor 3」の外界因子は「配置制御区域1の発熱予測量」であり、分割定義は「0-200Wを20分割」である。以下同様に、「factor 8」の外界因子は「配置制御区域6の発熱予測量」であり、分割定義は「0-200Wを20分割」である。

[0034] ここで、Situation判定部212が取得した外界因子の情報が、図6で示す外界因子情報61であったとする。この場合、Situation判定部212は、「factor 1」（フロア平均温度）の値が「25」であるから、「レンジ」として「24-32レンジ」（24度以上32度未満）に含まれるとし、「factorレンジ識別子」を「factor1-4」とする。この「factorレンジ識別子」は、例えば、0-48度を6分割した、0度以上8度未満を「factor1-1」、8度以上16度未満を「factor1-2」、16度以上24度未満を「factor1-3」のようにし、属するレンジを識別する情報である。他の「factor」において同様である。

[0035] Situation判定部212は、外界因子の「factorレンジ識別子」の情報を組み合わせて「Situation分類」とし、「factor1-4_factor2-4_factor3-4_factor4-4_factor5-5_factor6-5_factor7-4_factor8-4」であると判定する。

このようにして、Situation判定部212は、外界因子の取得情報に基づき、「Situation分類」を判定する。

[0036] 図5に戻り、運用履歴情報生成部220は、各Situationにおいて空調機2の制御を複数段階に分けた空調制御値に基づき、空調機2を制御した結果としての温度分布情報64と空調消費電力量情報65とにより、運用履歴情報201を生成する。

この運用履歴情報生成部220は、空調制御値生成部221と、報酬計算部222と、運用履歴作成部223とを備える。

[0037] 空調制御値生成部221は、各Situationにおいて、空調機2の制御の複数段階に分けた空調制御値を生成する。

具体的には、空調制御値生成部221は、空調機2それぞれで設定変更可

能な制御パラメータ（例えば、設定温度（目標温度）、風量等）について、各パラメータを上限値から下限値までの間のM段階に分ける。そして、各段階のパラメータを組み合わせて（1つの）空調機2の制御対象となる空調制御値情報63を生成する。

この生成された空調制御値情報63に基づき、空調制御実行部240が、例えば、空調機「1」→「2」→「3」の順番に制御したり、空調機「1」と「2」、空調機「2」と「3」、空調機「1」と「3」の組合せで制御したり、空調機「1」「2」「3」を同時に制御したりといった複数のパターンで空調制御を実行する。

[0038] 報酬計算部222は、空調制御値生成部221が生成した空調制御値により制御を実行した結果を評価する指標として報酬（温度報酬）を計算する。そして、報酬計算部222は、制御結果が所定の報酬を満たすか否か、つまり、所定の条件を満たす空調制御値であるか否かを判定する。

[0039] この報酬計算部222は、空調制御区域20ごとに、高温警戒報酬と低温警戒報酬の2種類の報酬を定義し、ターン毎の制御結果の報酬を算出する。

高温警戒報酬は、制御前の温度が目標温度よりも高い場合、つまり、室温が高く温度を下げる方向に制御する場合に適用される。低温警戒報酬は、制御前の温度が目標温度よりも低い場合、つまり、室温が低すぎるため温度を上げる方向に制御する場合に適用される。

[0040] 報酬計算部222は、報酬を計算する際に、「ターンの目標温度」と「ターン制御後の温度」の差、つまり、目標温度と現在温度との乖離を指標として、報酬を算出する。

例えば、高温警戒報酬の場合、「ターン制御後の温度」が「ターンの目標温度」以下であれば、報酬「100%」とする。また、「ターン制御後の温度」が「ターンの目標温度」から+1度上がるごとに報酬を「-10%」とする。なお、この報酬は上記の値に限定されず、任意に設定可能である。

一方、低温警戒報酬の場合、「ターン制御後の温度」が「ターンの目標温度」以上であれば、報酬「100%」とする。また、「ターン制御後の温度」が

「ターンの目標温度」から－１度下がるごとに報酬を「－１０％」とする。なお、この報酬は上記の値に限定されず、任意に設定可能である。

そして、報酬計算部２２２により計算された報酬について、所定の閾値（％）以上のときに、所定の条件を満たし合格とし、所定の閾値（％）未満のときに不合格とする。

[0041] なお、報酬計算部２２２は、高温警戒報酬と低温警戒報酬の両方で合格した場合に、最終的な合格と判定するようにしてもよい。例えば、空調機２の制御前の最初の温度が目標温度より高く、高温警戒報酬に基づき空調制御値による制御を行った場合、所定の合格閾値は超えているが、目標温度を過ぎて低温になりすぎる制御を行う可能性がある。この場合、空調消費電力を過剰に消費してしまう。よって、制御前の温度が目標温度より低い場合には、低温警戒報酬に基づき、合格と判定されるまで制御を行う。このように、報酬計算部２２２が、高温警戒報酬と低温警戒報酬の両方で合格と判定することにより、適正な範囲内で制御可能な空調制御値を選択することが可能となる。

[0042] また、報酬計算部２２２は、ターン制御後の各空調制御区域２０のセンサの平均温度（フロア平均温度）が、規定の範囲（例えば、５℃から３５℃）の範囲以外となった場合に、その空調制御値について不合格とする。また、ＧＰＵサーバ４については、ＧＰＵ温度（ＧＰＵカード温度）とＧＰＵサーバの消費電力量との関係から予め設定した規定の範囲内にＧＰＵ温度が収まっていない場合に不合格とする。アクセラレータ５については、アクセラレータ温度（アクセラレータ内部の温度）と、消費電力量との関係から予め設定した規定の範囲内にアクセラレータ温度が収まっていない場合に不合格とする。これは、実際にＤＣ１０で負荷処理する際に、採用される見込みのない、ＤＣ１０内の機器の管理に不適当な温度となる運用履歴を、無駄に記憶しないための処理である。

[0043] 運用履歴作成部２２３は、各Situationにおいて空調制御値生成部２２１が生成した空調制御値情報６３に基づき、各空調機２を空調制御実行部２４０

が制御した結果として、温度分布情報 6 4 と空調消費電力量情報 6 5 とを取得する。

即ち、運用履歴作成部 2 3 3 は、各Situationにおいて空調制御値生成部 2 2 1 が生成した、各パラメータをM段階に分けた組合せのパターンそれぞれの空調制御値について、空調制御実行部 2 4 0 による制御を実行させ、温度分布情報 6 4 と、その空調制御値を実行した際の空調消費電力量情報 6 5 とを取得する。

なお、運用履歴作成部 2 2 3 は、報酬計算部 2 2 2 が所定の条件を満たさず、不合格とした空調制御値およびその制御結果は、運用履歴情報 2 0 1 の作成対象から除外する。

[0044] 図 7 は、本実施形態に係る温度分布情報 6 4 を説明するための図である。温度分布情報 6 4 は、図 7 で示す、G P Uサーバ 4 の吸込口側に設けられた温度センサ 4 4 や、アクセラレータ 5 の吸込口側に設けられた温度センサ 5 5 により、その制御ターンの各時間推移に亘って測定される温度情報である。温度センサ 4 4, 5 5 は、その識別情報が予め G P Uサーバ 4, アクセラレータ 5 の識別情報と対応付けられた上で、温度計測が行われる。ターンの開始から終了まで、フロア内のすべての温度センサ 4 4, 4 5 が各時間推移（所定の時間間隔）で温度測定を行い、その結果情報が、温度分布情報 6 4 として生成される。

なお、以下において、G P Uサーバ 4 の吸込口側に設けられた温度センサ 4 4 に計測された温度を「G P U吸込口温度」、アクセラレータ 5 の吸込口側に設けられた温度センサ 5 5 により計測された温度を「アクセラレータ吸込口温度」と称する。

[0045] 空調消費電力量情報 6 5 は、空調制御実行部 2 4 0 が各空調機 2 を空調制御値情報 6 3 に基づき制御したそのターンにおいて、空調機 2 を監視する不図示の消費電力量計測手段により計測された各空調機 2 のトータルの消費電力量である。例えば、各時間推移（所定の時間間隔）で各空調機 2 の消費電力量が計測され、そのターンにおいて計測された消費電力量を合計した値が

、空調消費電力量情報 6 5 として算出される。

[0046] 運用履歴作成部 2 3 3 は、空調制御実行部 2 4 0 が空調制御を実行した際の、Situation (Situation 分類 6 2) および空調制御値情報 6 3 に、その制御結果として得られた、温度分布情報 6 4 と、空調消費電力量情報 6 5 とを対応付けた運用履歴情報 2 0 1 を作成し、記憶部 (図示省略) に格納する。

[0047] 運用履歴情報抽出部 2 3 0 は、運用フェーズにおいて、サーバ制御部 3 0 0 (区域発熱量推定部 3 2 0) から、各配置制御区域 3 0 の発熱予測量の情報を取得する。そして、運用履歴情報抽出部 2 3 0 は、その制御ターン開始時における Situation 分類 6 2 を、状況認識部 2 1 0 を介して確定する。

そして、運用履歴情報抽出部 2 3 0 は、確定した Situation 分類 6 2 における、各空調制御値情報 6 3 で制御した結果である、温度分布情報 6 4 および空調消費電力量情報 6 5 を、運用履歴情報 2 0 1 から抽出する。運用履歴情報抽出部 2 3 0 は、その抽出した温度分布情報 6 4 および空調消費電力量情報 6 5 の情報を、サーバ制御部 3 0 0 (サーバ消費電力量予測部 3 3 0、配置パターン決定部 3 4 0) に出力する。

[0048] 空調制御実行部 2 4 0 は、学習フェーズにおいて、各 Situation での上記した複数パターンでの空調機 2 の制御を、空調制御値生成部 2 2 1 が生成した空調制御値で実行する。

また、空調制御実行部 2 4 0 は、運用フェーズにおいて、サーバ制御部 3 0 0 が決定した、最適な配置パターンにおける、各空調機 2 の空調制御を実行する。

[0049] ≪サーバ制御部≫

サーバ制御部 3 0 0 は、CPU に対する処理負荷となる仮想リソースおよび GPU / アクセラレータに対する負荷の生成 / 削除スケジュール情報に基づき、負荷をそれぞれのサーバリソース (CPU サーバ 3、GPU サーバ 4、アクセラレータ 5) に配置した配置パターンにおける配置制御区域 3 0 毎の発熱量 (配置制御区域 3 0 の発熱予測量) を算出する。そして、サーバ制御部 3 0 0 は、空調制御部 2 0 0 から取得した、Situation ごとの各段階で空

調制御した温度分布情報 64 等に基づき、各配置制御区域 30 のサーバ消費電力量を合計したトータルのサーバ消費電力量（総サーバ消費電力量）を算出する。サーバ制御部 300 は、総サーバ消費電力量と空調消費電力量の合計値を算出し、その合計量が最小となる配置パターンを決定する。

このサーバ制御部 300 は、配置パターン算出部 310 と、区域発熱量推定部 320 と、サーバ消費電力量予測部 330 と、配置パターン決定部 340 とを備える。

[0050] 配置パターン算出部 310 は、各制御ターンの開始時に、CPUサーバ 3 に対する処理負荷となる仮想リソースおよび GPU/アクセラレータに対する負荷についての生成/削除スケジュール（以下、「負荷処理スケジュール情報」と称する。）を取得する。

そして、配置パターン算出部 310 は、直近のリソース使用状況（例えば、CPU、GPU、アクセラレータの使用率等）に基づき、新規の負荷を各サーバリソース（CPUサーバ 3、GPUサーバ 4、アクセラレータ 5）に配置した配置パターンを算出する。

なお、配置パターン算出部 310 は、各サーバリソース（CPUサーバ 3、GPUサーバ 4、アクセラレータ 5）に負荷を配置後、各サーバリソースにおけるリソース占有量が、負荷容量（上限値）×所定の閾値以下となるようにする。

[0051] 区域発熱量推定部 320 は、配置パターン算出部 310 が算出した配置パターン毎に、各サーバリソース（CPUサーバ 3、GPUサーバ 4、アクセラレータ 5）の消費電力量を、基礎消費電力量情報 301 を参照して予測する。そして、区域発熱量推定部 320 は、配置制御区域 30 ごとのサーバ配置構成に基づき、各配置パターンにおける配置制御区域 30 ごとのトータルの発熱予測量を算出する。

この基礎消費電力量情報 301 は、各サーバリソースの吸込口等の温度変更に伴うサーバ消費電力量の変更を考慮しない、例えば、所定温度（18℃）での正常な状態の基準となる消費電力量である。

[0052] 具体的には、例えば、配置制御区域「1」にCPU処理「a」を12Pod、GPU処理「b」を5個、FPGA処理「c」を10個実行させる負荷処理スケジュール情報であるとする。ここで、基礎消費電力量情報301が、CPUについて1サーバあたり1Podが「100w」、GPUについて1サーバあたり1個が「5kw」、FPGAについて1サーバあたり1個が「20w」であるとする。この場合、配置制御区域「1」のCPUサーバ3の消費電力量は「1.2kw」、GPUサーバ4の消費電力量は「5kw」、FPGAの消費電力量は「0.2kw」となる。

[0053] そして、区域発熱量推定部320は、該当配置制御区域30の発熱量Wを以下の式(1)により求める。

配置制御区域の発熱量W = 該当配置制御区域のCPUサーバ消費電力量 × k_c + 該当配置制御区域のGPUサーバ消費電力量 × k_g + 該当配置制御区域のアクセラレータ消費電力量 × k_a ……式(1)

なお、 k_c 、 k_g 、 k_a は、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5それぞれの稼働時におけるDC10内の各ルームでの空調冷却への負担量を事前計測することにより求める係数である。

区域発熱量推定部320は、上記の式(1)を用いて、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5の発熱量を合計することにより、各配置制御区域30の発熱量を算出し、配置制御区域30の発熱予測量とする。

そして、区域発熱量推定部320は、算出した各配置制御区域30の発熱予測量を、空調制御部200(運用履歴情報抽出部230)に出力する。

[0054] サーバ消費電力量予測部330は、各制御ターンの開始時に、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5に対する負荷処理スケジュール情報(新規の処理負荷に関する情報)と、空調制御部200(運用履歴情報抽出部230)から取得した配置パターンの温度分布情報64とを用いて、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5それぞれについて、配置制御区域30ごとの総消費電力量(CPUサーバ総消費電力量、GPUサー

バ総消費電力量、アクセラレータ総消費電力量）を算出する。

サーバ消費電力量予測部 330 は、各配置パターンにおいて、その配置制御区域 30 の CPU サーバ総消費電力量と、GPU サーバ総消費電力量と、アクセラレータ総消費電力量とを合計し、配置制御区域 30 それぞれのサーバ消費電力量を算出する。

このサーバ消費電力量予測部 330 は、CPU 電力量予測部 331 と、GPU 電力量予測部 332 と、アクセラレータ電力量予測部 333 とを備える。

[0055] CPU 電力量予測部 331 は、各制御ターン開始時に、負荷処理スケジュール情報に基づく新規配置予定の仮想リソース量の情報（例えば、CPU コア数）や、その時点の CPU サーバ 3 のリソース使用状況（例えば、CPU 使用率）を取得する。そして、CPU 電力量予測部 331 は、各 CPU サーバ 3 の消費電力量を、CPU サーバ電力量学習モデル 302 を用いて予測する。

より詳細には、CPU 電力量予測部 331 は、制御ターンの切替時に、前制御ターンで処理が終了した仮想リソース（例えば、Pod）を削除する。そして、CPU 電力量予測部 311 は、今回の制御ターンの開始時に、削除分の Pod を除いた場合の各 CPU サーバ 3 のリソース使用率（例えば、CPU 使用率、メモリ使用率など）を取得する。CPU 電力量予測部 311 は、負荷処理スケジュール情報に基づき、新たな Pod を各 CPU サーバ 3 に配置した場合のリソース使用率の予測値を計算する。そして、CPU 電力量予測部 311 は、このリソース使用率の予測値を、CPU サーバ電力量学習モデル 302 に入力することにより、各 CPU サーバ 3 の消費電力量を算出する。

さらに、CPU 電力量予測部 331 は、各配置制御区域 30 の CPU サーバ 3 の配置構成に基づき、配置制御区域 30 それぞれにおいて、各 CPU サーバ 3 について算出した消費電力量を合計した CPU サーバ総消費電力量を算出する。

[0056] ここで、CPUサーバ電力量学習モデル302は、CPUサーバ3のリソース使用状況（例えば、CPU使用率やメモリ使用率など）を入力情報とし、CPUサーバ3の消費電力量を出力情報とする学習モデルである。このCPUサーバ電力量学習モデル302を、CPUサーバ3のリソース使用状況と、そのときの結果情報であるサーバ消費電力量とを学習データとして、予め作成しておく。

[0057] GPU電力量予測部332は、負荷処理スケジュール情報により得られる新規に処理を予定している処理負荷の種類（以下、「負荷種類」と称する。）、GPU吸込口温度、GPUカード数等に基づき、GPUサーバ電力量学習モデル303を用いて、各GPUサーバ4のGPUサーバ消費電力量を予測する。さらに、GPU電力量予測部332は、各配置制御区域30のGPUサーバ4の配置構成に基づき、配置制御区域30それぞれにおいて、各GPUサーバ4の消費電力量を合計したGPUサーバ総消費電力量を算出する。

なお、負荷種類は、GPUサーバ4を実行する用途に応じた負荷の種類としての、例えば、画像処理、機械学習処理、ネットワーク処理、仮想空間処理等であり、負荷処理スケジュール情報を用いて、それぞれの負荷種類が特定できるものとする。また、GPUサーバ4は、負荷処理スケジュール情報に基づき、1台につき単一種類のアプリケーションを実行することを前提とする。

[0058] このGPUサーバ電力量学習モデル303は、直接GPUサーバ消費電力量を予測する手法（一段階式）と、GPU温度（GPUカード温度）を介して二段階でGPUサーバ消費電力量を予測する手法（二段階式）がある。

[0059] （一段階式）では、GPUサーバ電力量学習モデル303として、1つの学習モデルを用いる。

このGPUサーバ電力量学習モデル303は、GPU吸込口温度、負荷種類、GPUカード数を入力情報とし、GPUサーバ4の消費電力量を出力情報とする学習モデルである。このGPUサーバ電力量学習モデル303を、

G P U吸込口温度、負荷種類、G P Uカード数と、そのときのG P Uサーバ4の消費電力量の情報とを学習データとして、予め作成しておく。

[0060] G P U電力量予測部332は、一段階式を採用する場合に、ターンの始めに処理未割当ての各G P Uサーバ4に対し、G P U吸込口温度、負荷種類、G P Uカード数に基づき、G P Uサーバ電力量学習モデル303を用いて、各G P Uサーバ4のG P Uサーバ消費電力量を予測する。

なお、G P U吸込口温度は、ターンの始めは、現時点での各G P Uサーバ4の吸込口温度（G P U吸込口温度）を用い、それ以降は、空調制御部200から取得した温度分布情報64で示される各G P Uサーバ4のG P U吸込口温度の情報（現時点のG P U吸込口温度と同じ温度から始まる温度分布情報64）を用いる（二段階式でも同様である。）。

[0061] （二段階式）では、G P Uサーバ電力量学習モデル303として、2つの学習モデル（第1 G P U学習モデル303 a、第2 G P U学習モデル303 b）を用いる。

第1 G P U学習モデル303 aは、G P U吸込口温度、負荷種類、G P Uカード数を入力情報とし、G P U温度を出力情報とする学習モデルである。この第1 G P U学習モデル303 aを、G P U吸込口温度、負荷種類、G P Uカード数と、そのときのG P U温度とを学習データとして、予め作成しておく。

[0062] 第2 G P U学習モデル303 bは、G P U温度を入力情報とし、G P Uサーバ4の消費電力量を出力情報とする学習モデルである。この第2 G P U学習モデル303 bを、G P U温度と、その時のG P Uサーバ4の消費電力量とを学習データとして、予め作成しておく。

[0063] G P U電力量予測部332は、二段階式を採用する場合に、ターンの始めに処理未割当ての各G P Uサーバ4に対し、G P U吸込口温度、負荷種類、G P Uカード数に基づき、第1 G P U学習モデル303 aを用いて、G P U温度を予測する。そして、G P U電力量予測部332は、その予測したG P U温度に基づき、第2 G P U学習モデル303 bを用いて、各G P Uサーバ

4のGPUサーバ消費電力量を予測する。

[0064] GPU電力量予測部332は、各配置制御区域30のGPUサーバ4の配置構成に基づき、配置制御区域30それぞれにおいて、予測した各GPUサーバ4の消費電力量を合計することにより、その配置制御区域30のGPUサーバ総消費電力量を算出する。

[0065] アクセラレータ電力量予測部333は、負荷処理スケジュール情報により得られる新規に処理を予定しているアクセラレータ処理負荷の種類（負荷種類）、アクセラレータ吸込口温度、アクセラレータ処理回路数等に基づき、アクセラレータ電力量学習モデル304を用いて、各アクセラレータ5のアクセラレータ消費電力量を予測する。さらに、アクセラレータ電力量予測部333は、各配置制御区域30のアクセラレータ5の配置構成に基づき、配置制御区域30それぞれにおいて、各アクセラレータ5の消費電力量を合計したアクセラレータ総消費電力量を算出する。

なお、負荷種類は、アクセラレータ5を実行する用途に応じた負荷の種類として、例えば、画像処理、機械学習処理、インターネット処理、暗号化処理等であり、負荷処理スケジュール情報を用いて、負荷種類が特定できるものとする。また、アクセラレータ5は、負荷処理スケジュールに基づき、1台につき単一種類のアプリケーションを実行することを前提とする。

[0066] このアクセラレータ電力量学習モデル304は、GPUサーバ電力量学習モデル303と同様に、直接アクセラレータ消費電力量を予測する手法（一段階式）と、アクセラレータ温度（アクセラレータ内部の温度）を介して二段階でアクセラレータ消費電力量を予測する手法（二段階式）がある。

[0067] （一段階式）では、アクセラレータ電力量学習モデル304として、1つの学習モデルを用いる。

このアクセラレータ電力量学習モデル304は、アクセラレータ吸込口温度、負荷種類、アクセラレータ処理回路数を入力情報とし、アクセラレータ5の消費電力量を出力情報とする学習モデルである。このアクセラレータ電力量学習モデル304を、アクセラレータ吸込口温度、負荷種類、アクセラ

レータ処理回路数と、そのときのアクセラレータ 5 の消費電力量の情報とを学習データとして、予め作成しておく。

[0068] アクセラレータ電力量予測部 333 は、一段階式を採用する場合に、ターンの始めに処理未割当ての各アクセラレータ 5 に対し、アクセラレータ吸入口温度、負荷種類、アクセラレータ処理回路数に基づき、アクセラレータ電力量学習モデル 304 を用いて、各アクセラレータ 5 のアクセラレータ消費電力量を予測する。

なお、アクセラレータ吸入口温度は、ターンの始めは、現時点での各アクセラレータ 5 の吸入口温度（アクセラレータ吸入口温度）を用い、それ以降は、空調制御部 200 から取得した温度分布情報 64 で示される各アクセラレータ 5 のアクセラレータ吸入口温度の情報（現時点のアクセラレータ吸入口温度と同じ温度から始まる温度分布情報 64）を用いる（二段階式でも同様である。）。

[0069] （二段階式）では、アクセラレータ電力量学習モデル 304 として、2つの学習モデル（第 1 アクセラレータ学習モデル 304 a，第 2 アクセラレータ学習モデル 304 b）を用いる。

第 1 アクセラレータ学習モデル 304 a は、アクセラレータ吸入口温度、負荷種類、アクセラレータ処理回路数を入力情報とし、アクセラレータ温度を出力情報とする学習モデルである。この第 1 アクセラレータ学習モデル 304 a を、アクセラレータ吸入口温度、負荷種類、アクセラレータ処理回路数と、そのときのアクセラレータ温度とを学習データとして、予め作成しておく。

[0070] 第 2 アクセラレータ学習モデル 304 b は、アクセラレータ温度を入力情報とし、アクセラレータ 5 の消費電力量を出力情報とする学習モデルである。この第 2 アクセラレータ学習モデル 304 b を、アクセラレータ温度と、その時のアクセラレータ 5 の消費電力量の情報とを学習データとして、予め作成しておく。

[0071] アクセラレータ電力量予測部 333 は、二段階式を採用する場合に、ター

ンの始めに処理未割当ての各アクセラレータ 5 に対し、アクセラレータ吸込口温度、負荷種類、アクセラレータ処理回路数に基づき、第 1 アクセラレータ学習モデル 304 a を用いて、アクセラレータ温度を予測する。そして、アクセラレータ電力量予測部 333 は、その予測したアクセラレータ温度に基づき、第 2 アクセラレータ学習モデル 304 b を用いて、各アクセラレータ 5 のアクセラレータ消費電力量を予測する。

[0072] アクセラレータ電力量予測部 333 は、各配置制御区域 30 のアクセラレータ 5 の配置構成に基づき、配置制御区域 30 それぞれにおいて、予測した各アクセラレータ 5 の消費電力量を合計することにより、その配置制御区域 30 のアクセラレータ総消費電力量を算出する。

[0073] そして、サーバ消費電力量予測部 330 は、各配置パターンにおいて、その配置制御区域 30 の CPU サーバ総消費電力量と、GPU サーバ総消費電力量と、アクセラレータ総消費電力量とを合計し、配置制御区域 30 それぞれのサーバ消費電力量を算出する。

[0074] 配置パターン決定部 340 は、各配置パターンにおいて、配置制御区域 30 それぞれのサーバ消費電力量を合計し、その合計したトータルのサーバ消費電力量（総サーバ消費電力量）を算出する。配置パターン決定部 340 は、算出した総サーバ消費電力量と、空調制御部 200 から取得した、その配置パターンにおける空調消費電力量との合計量を計算し、その合計量が最小となる配置パターンを決定する。

[0075] <処理の流れ>

次に、本実施形態に係る電力量低減制御装置 100 が実行する処理の流れについて説明する。

ここでは、図 8 を参照して、学習フェーズにおいて行われる、運用履歴情報生成処理を説明する。また、図 9 を参照して、運用フェーズにおいて行われる、配置パターン決定処理を説明する。

[0076] <<運用履歴情報生成処理>>

図 8 は、本実施形態に係る電力量低減制御装置 100 が実行する、運用履

歴情報生成処理の流れを示すフローチャートである。

[0077] まず、電力量低減制御装置 100 の空調制御部 200（運用履歴情報生成部 220）の空調制御値生成部 221 は、空調機 2 それぞれで設定変更可能な制御パラメータ（例えば、設定温度（目標温度）、風量等）について、複数段階に分けた空調制御値を生成する（ステップ S1）。

具体的には、空調制御値生成部 221 は、各パラメータを上限值から下限値までの間の M 段階に分け、各段階のパラメータを組み合わせ、各空調機 2 の空調制御値情報 63 を生成する。

[0078] そして、生成された空調制御値情報 63 に基づき、空調制御実行部 240 は、複数のパターンでの空調制御を実行する（ステップ S2）。例えば、空調制御実行部 240 は、各空調制御値について、空調機「1」→「2」→「3」の順番に制御したり、空調機「1」と「2」、空調機「2」と「3」、空調機「1」と「3」の組合せで制御したり、空調機「1」「2」「3」を同時に制御したりといった複数のパターンで空調制御を実行する。

[0079] 次に、ステップ S3 において、運用履歴情報生成部 220（報酬計算部 222）は、空調制御値生成部 221 が生成した空調制御値により空調制御を実行した結果を評価する指標として報酬（温度報酬）を計算する。そして、報酬計算部 222 は、制御結果が所定の報酬を満たすか否か、つまり、所定の条件を満たす空調制御値であるか否かを判定する。

報酬計算部 222 は、計算した報酬が、所定の閾値以上であり、制御ターン後のフロア平均温度や、GPU 温度、アクセラレータ温度等が規定の範囲であるなどの所定の条件を満たす場合に、合格と判定する。

[0080] 続いて、運用履歴情報生成部 220（運用履歴作成部 223）は、各 Situation において空調制御値生成部 221 が生成し、報酬計算部 222 によって合格と判定された空調制御値情報 63 を用いて、各空調機 2 を空調制御実行部 240 が制御した結果として、温度分布情報 64 と空調消費電力量情報 65 とを取得する（ステップ S4）。

この温度分布情報 64 は、GPU サーバ 4 の吸込口側に設けられた温度セ

ンサ44により計測されるGPU吸込口温度と、アクセラレータ5の吸込口側に設けられた温度センサ55による計測されるアクセラレータ吸込口温度とを、所定の時間間隔で測定した情報である。また、空調消費電力量情報65は、所定の制御ターンにおいて計測された各空調機2のトータルの消費電力量である。

[0081] そして、運用履歴作成部223は、空調制御実行部240が空調制御を実行した際の、Situation（Situation分類62）および空調制御値情報63に、その制御結果として得られた、温度分布情報64と、空調消費電力量情報65とを対応付けて運用履歴情報201を作成し（ステップS5）、記憶部に記憶する。

[0082] 電力量低減制御装置100は、この運用履歴情報201の生成処理を、運用フェーズの前の学習フェーズの段階で予め作成しておく。

[0083] ≪配置パターン決定処理≫

図9は、本実施形態に係る電力量低減制御装置100が実行する、配置パターン決定処理の流れを示すフローチャートである。

[0084] まず、電力量低減制御装置100のサーバ制御部300（配置パターン算出部310）は、負荷処理スケジュール情報を取得し、各制御ターンの開始時に、直近のリソース使用状況（例えば、CPU、GPU、アクセラレータの使用率等）に基づき、新規の負荷を各サーバリソース（CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5）に配置する配置パターンを算出する（ステップS10）。

[0085] 続いて、区域発熱量推定部320は、配置パターン算出部310が算出した配置パターン毎に、各サーバリソース（CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5）の消費電力量を、基礎消費電力量情報301を参照して予測する。そして、区域発熱量推定部320は、配置制御区域30ごとのサーバ配置構成に基づき、各配置パターンにおける配置制御区域30ごとのトータルの発熱予測量（配置制御区域の発熱予測量）を算出する（ステップS11）。

そして、区域発熱量推定部 320 は、算出した各配置制御区域 30 の発熱予測量を、空調制御部 200（運用履歴情報抽出部 230）に出力する。

[0086] 次に、空調制御部 200 の運用履歴情報抽出部 230 は、サーバ制御部 300（区域発熱量推定部 320）から、各配置制御区域 30 の発熱予測量の情報を取得する。そして、運用履歴情報抽出部 230 は、その制御ターン開始時における Situation 分類 62 を、状況認識部 210 を介して判定する（ステップ S12）。

運用履歴情報抽出部 230 は、判定した Situation 分類 62 における、各空調制御値情報 63 で制御した結果である、温度分布情報 64 および空調消費電力量情報 65 を、運用履歴情報 201 から抽出する（ステップ S13）。運用履歴情報抽出部 230 は、その抽出した温度分布情報 64 および空調消費電力量情報 65 を、サーバ制御部 300 に出力する。

[0087] 続いて、サーバ制御部 300 のサーバ消費電力量予測部 330 は、CPU サーバ 3、GPU サーバ 4、アクセラレータ 5 に対する負荷処理スケジュール情報に基づき、空調制御部 200（運用履歴情報抽出部 230）から取得した配置パターンの温度分布情報 64 等を用いて、CPU サーバ 3、GPU サーバ 4、アクセラレータ 5 それぞれについて、配置制御区域 30 ごとの総消費電力量（CPU サーバ総消費電力量、GPU サーバ総消費電力量、アクセラレータ総消費電力量）を算出する（ステップ S14）。

[0088] 具体的には、サーバ消費電力量予測部 330（CPU 電力量予測部 331）は、各制御ターンの開始時に、負荷処理スケジュールに基づく新規配置予定の仮想リソース量の情報（例えば、CPU コア数）や、その時点の CPU サーバ 3 のリソース使用状況（例えば、CPU 使用率）を取得し、CPU サーバ電力量学習モデル 302 を用いて、各 CPU サーバ 3 の消費電力量を予測する。さらに、CPU 電力量予測部 331 は、各配置制御区域 30 の CPU サーバ 3 の配置構成に基づき、配置制御区域 30 それぞれにおいて、各 CPU サーバ 3 の消費電力量を合計した CPU サーバ総消費電力量を算出する。

- [0089] また、サーバ消費電力量予測部 330（GPU 電力量予測部 332）は、各制御ターンの開始時に、負荷処理スケジュール情報から得られる新規の負荷の負荷種類、温度分布情報 64 から得られる GPU 吸込口温度、GPU カード数に基づき、GPU サーバ電力量学習モデル 303 を用いて、各 GPU サーバ 4 の GPU サーバ消費電力量を予測する。さらに、GPU 電力量予測部 332 は、各配置制御区域 30 の GPU サーバ 4 の配置構成に基づき、配置制御区域 30 それぞれにおいて、各 GPU サーバ 4 の消費電力量を合計した GPU サーバ総消費電力量を算出する。
- [0090] また、サーバ消費電力量予測部 330（アクセラレータ電力量予測部 333）は、各制御ターンの開始時に、負荷処理スケジュール情報から得られる新規の負荷の負荷種類、温度分布情報 64 から得られるアクセラレータ吸込口温度、アクセラレータ処理回路数に基づき、アクセラレータ電力量学習モデル 304 を用いて、各アクセラレータ 5 のアクセラレータ消費電力量を予測する。さらに、アクセラレータ電力量予測部 333 は、各配置制御区域 30 のアクセラレータ 5 の配置構成に基づき、配置制御区域 30 それぞれにおいて、各アクセラレータ 5 の消費電力量を合計したアクセラレータ総消費電力量を算出する。
- [0091] そして、サーバ消費電力量予測部 330 は、各配置パターンにおいて、その配置制御区域 30 の CPU サーバ総消費電力量と、GPU サーバ総消費電力量と、アクセラレータ総消費電力量とを合計し、配置制御区域 30 それぞれのサーバ消費電力量を算出する（ステップ S15）。
- [0092] 配置パターン決定部 340 は、各配置パターンにおいて、配置制御区域 30 それぞれのサーバ消費電力量を合計し、その合計したトータルのサーバ消費電力量（総サーバ消費電力量）を算出する。配置パターン決定部 340 は、算出した総サーバ消費電力量と、空調制御部 200 から取得した、その配置パターンにおける空調消費電力量との合計量を計算し、その合計量が最小となる配置パターンを決定する（ステップ S16）。
- [0093] このようにして、電力量低減制御装置 100 は、CPU サーバ、GPU サ

ーバ、アクセラレータ等が混在するデータセンタの環境において、サーバ消費電力と空調消費電力とからなるデータセンタのトータルの消費電力量を低減する、処理負荷の配置パターンと空調制御値とを決定することができる。

[0094] <ハードウェア構成>

本実施形態に係る電力量低減制御装置１００は、例えば図１０で示すような構成のコンピュータ９００によって実現される。

図１０は、本実施形態に係る電力量低減制御装置１００の機能を実現するコンピュータ９００の一例を示すハードウェア構成図である。コンピュータ９００は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）９０１、ＲＯＭ（Read Only Memory）９０２、ＲＡＭ９０３、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）９０４、入出力Ｉ／Ｆ（Interface）９０５、通信Ｉ／Ｆ９０６およびメディアＩ／Ｆ９０７を有する。

[0095] ＣＰＵ９０１は、ＲＯＭ９０２またはＨＤＤ９０４に記憶されたプログラムに基づき作動し、制御部による制御を行う。ＲＯＭ９０２は、コンピュータ９００の起動時にＣＰＵ９０１により実行されるブートプログラムや、コンピュータ９００のハードウェアに係るプログラム等を記憶する。

[0096] ＣＰＵ９０１は、入出力Ｉ／Ｆ９０５を介して、マウスやキーボード等の入力装置９１０、および、ディスプレイやプリンタ等の出力装置９１１を制御する。ＣＰＵ９０１は、入出力Ｉ／Ｆ９０５を介して、入力装置９１０からデータを取得するとともに、生成したデータを出力装置９１１へ出力する。なお、プロセッサとしてＣＰＵ９０１とともに、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）等を用いても良い。

[0097] ＨＤＤ９０４は、ＣＰＵ９０１により実行されるプログラムおよび当該プログラムによって使用されるデータ等を記憶する。通信Ｉ／Ｆ９０６は、通信網（例えば、ＮＷ（Network）９２０）を介して他の装置からデータを受信してＣＰＵ９０１へ出力し、また、ＣＰＵ９０１が生成したデータを、通信網を介して他の装置へ送信する。

[0098] メディアＩ／Ｆ９０７は、記録媒体９１２に格納されたプログラムまたは

データを読み取り、RAM 903を介してCPU 901へ出力する。CPU 901は、目的の処理に係るプログラムを、メディア1/F 907を介して記録媒体912からRAM 903上にロードし、ロードしたプログラムを実行する。記録媒体912は、DVD (Digital Versatile Disc)、PD (Phase change rewritable Disk) 等の光学記録媒体、MO (Magneto Optical disk) 等の光磁気記録媒体、磁気記録媒体、半導体メモリ等である。

[0099] 例えば、コンピュータ900が本発明の電力量低減制御装置100として機能する場合、コンピュータ900のCPU 901は、RAM 903上にロードされたプログラムを実行することにより、電力量低減制御装置100の機能を実現する。また、HDD 904には、RAM 903内のデータが記憶される。CPU 901は、目的の処理に係るプログラムを記録媒体912から読み取って実行する。この他、CPU 901は、他の装置から通信網 (NW 920) を介して目的の処理に係るプログラムを読み込んでもよい。

[0100] <効果>

以下、本発明に係る電力量低減制御装置100等の効果について説明する。

本発明に係る電力量低減制御装置は、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5、並びに複数の空調機2を制御する電力量低減制御装置100であって、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5の何れかが配置される複数の配置制御区域30と、複数の空調機2による空調制御の効果を測定するエリアである空調制御区域20とが、設定されており、電力量低減制御装置100は、複数の空調機2に設定する、少なくとも目標温度を含む空調制御値を生成する空調制御値生成部221と、空調制御値を用いて複数の空調機2の制御を実行させる空調制御実行部240と、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5に処理負荷を配置した複数の配置パターンにおいて、空調制御実行部240が複数の空調機2を空調制御値により制御した結果について、目標温度を指標として評価する報酬を算出し、報酬が所定の条件を満たすか否かを判定する報酬計算部222と

、所定の条件を満たすと判定された空調制御値による制御結果として、温度分布情報 64 および複数の空調機の空調消費電力量を取得し、複数の配置パターンそれぞれにおける各配置制御区域 30 の発熱予測量に対応付けた運用履歴情報 201 を作成する運用履歴作成部 223 と、CPU サーバ 3、GPU サーバ 4 およびアクセラレータ 5 に対する処理負荷の情報を用いて、新規の処理負荷を配置する複数の配置パターンを算出する配置パターン算出部 310 と、算出した配置パターン毎に、配置制御区域 30 それぞれに属する、CPU サーバ 3、GPU サーバ 4 およびアクセラレータ 5 に処理負荷が配置された場合の発熱量を合計することにより、各配置制御区域 30 の発熱予測量を推定する区域発熱量推定部 320 と、各配置制御区域 30 の発熱予測量の情報を用いて、運用履歴情報 201 を参照し、各配置パターンにおいて空調制御値により制御した場合の、温度分布情報 64 および空調消費電力量を抽出する運用履歴情報抽出部 230 と、抽出した温度分布情報 64 と新規の処理負荷に関する情報とを用いて、配置パターンそれぞれにおいて、配置制御区域 30 毎に、各 CPU サーバ 3 の消費電力量、各 GPU サーバ 4 の消費電力量および各アクセラレータ 5 の消費電力量を合計したサーバ消費電力量を算出するサーバ消費電力量予測部 330 と、配置パターンそれぞれにおいて、配置制御区域 30 それぞれのサーバ消費電力量を合計し、その合計であるトータルのサーバ消費電力量と、抽出した空調消費電力量との合計量を算出し、算出した合計量が最小となる配置パターンを、処理負荷を配置する配置パターンに決定する配置パターン決定部 340 と、を備えることを特徴とする。

[0101] このようにすることで、電力量低減制御装置 100 は、CPU サーバ 3、GPU サーバ 4、アクセラレータ 5 が混在する環境において、サーバ消費電力と空調消費電力とからなるトータルの消費電力量を低減することができる。

[0102] また、本発明に係る電力量低減制御装置は、データセンタ 10 が有する、CPU サーバ 3、GPU サーバ 4 およびアクセラレータ 5、並びに複数の空

調機 2 を制御する電力量低減制御装置 100 であって、データセンタ 10 のフロアには、処理負荷を配置するまとまったサーバ群として、CPUサーバ 3、GPUサーバ 4、アクセラレータ 5 の何れかが配置される複数の配置制御区域 30 と、複数の空調機 2 による空調制御の効果を測定するエリアである空調制御区域 20 とが、設定されており、電力量低減制御装置が、複数の空調制御区域 20 で測定された温度の平均値から算出するフロア平均温度、データセンタ 10 の外部の温度である外温、および、処理負荷がサーバ群に配置された場合の予測量である各配置制御区域 30 の発熱予測量、を含む空調制御に関する外界因子の情報を取得する外界因子取得部 211 と、外界因子それぞれの値を所定のレンジ幅に分割し、外界因子ごとに分割したレンジを組み合わせる Situation 分類 62 として定義し、取得した外界因子の情報がどの Situation 分類 62 に属するかを判定する Situation 判定部 212 と、Situation 分類 62 それぞれにおいて、複数の空調機 2 に設定する、少なくとも目標温度を含む空調制御値を生成する空調制御値生成部 221 と、空調制御値を用いて複数の空調機 2 の制御を実行させる空調制御実行部 240 と、空調制御実行部 240 が複数の空調機 2 を空調制御値により制御した結果を、目標温度を指標として評価する報酬を算出し、報酬が所定の条件を満たすかを判定する報酬計算部 222 と、所定の条件を満たすと判定された空調制御値による制御結果として、GPUサーバ 4 の吸込口での温度を示す GPU 吸込口温度、および、アクセラレータの吸込口での温度を示すアクセラレータ吸込口温度、を示す温度分布情報 64 と、当該空調制御値による制御を行った場合の複数の空調機 2 の空調消費電力量とを取得し、空調制御を実行した際の、Situation 分類 62 および空調制御値に、その制御結果として取得した、温度分布情報 64 と、空調消費電力量とを対応付けた運用履歴情報 201 を作成する運用履歴作成部 223 と、各配置制御区域 30 の発熱予測量の情報を取得すると、Situation 判定部 212 を介して、現時点の Situation 分類 62 を判定し、運用履歴情報 201 を参照して、各配置パターンにおいて空調制御値により制御した場合の、温度分布情報 64 および空調消費電力

量を抽出する運用履歴情報抽出部230と、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5に対する処理負荷の生成および削除のスケジュールを示す負荷処理スケジュール情報を取得し、新規の処理負荷を、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5それぞれに配置する配置パターンを算出する配置パターン算出部310と、算出した配置パターン毎に、配置制御区域30それぞれに属する、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5に処理負荷が配置された場合の発熱量を合計することにより、各配置制御区域30の発熱予測量を推定する区域発熱量推定部320と、負荷処理スケジュール情報と、抽出された温度分布情報64とを用いて、配置パターンそれぞれにおいて、配置制御区域30のCPUサーバ3の消費電力量を合計したCPUサーバ総消費電力量、配置制御区域30のGPUサーバの消費電力量を合計したGPUサーバ総消費電力量、配置制御区域30のアクセラレータの消費電力量を合計したアクセラレータ総消費電力量を算出し、当該配置制御区域のCPUサーバ総消費電力量、GPUサーバ総消費電力量およびアクセラレータ総消費電力量を合計し、配置制御区域30それぞれのサーバ消費電力量を算出するサーバ消費電力量予測部330と、配置パターンそれぞれにおいて、配置制御区域30それぞれのサーバ消費電力量を合計し、その合計であるトータルのサーバ消費電力量と、抽出した空調消費電力量との合計量を算出し、算出した合計量が最小となる配置パターンを、処理負荷を配置する配置パターンに決定する配置パターン決定部340と、を備えることを特徴とする。

[0103] このようにすることで、電力量低減制御装置100は、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5が混在するデータセンタ10の環境において、サーバ消費電力と空調消費電力とからなるデータセンタ10のトータルの消費電力量を低減することができる。

[0104] また、電力量低減制御装置100において、CPUサーバ3のリソース使用状況を入力情報として、当該CPUサーバ3の消費電力量を出力情報とするCPUサーバ電力量学習モデル302と、GPUサーバ4の、GPU吸込

口温度、処理負荷の種類およびGPUカード数を入力情報とし、当該GPUサーバ4の消費電力量を出力情報とするGPUサーバ電力量学習モデル303と、アクセラレータ5の、アクセラレータ吸込口温度、処理負荷の種類およびアクセラレータ処理回路数を入力情報とし、当該アクセラレータ5の消費電力量を出力情報とするアクセラレータ電力量学習モデル304とを備えており、サーバ消費電力量予測部330が、CPUサーバ3の消費電力量を、CPUサーバ電力量学習モデル302を用いて算出し、GPUサーバ4の消費電力量を、GPUサーバ電力量学習モデル303を用いて算出し、アクセラレータ5の消費電力量を、アクセラレータ電力量学習モデル304を用いて算出することを特徴とする。

[0105] このように、電力量低減制御装置100は、CPUサーバ電力量学習モデル302と、GPUサーバ電力量学習モデル303と、アクセラレータ電力量学習モデル304とを用いて、CPUサーバ3、GPUサーバ4、アクセラレータ5それぞれの消費電力量を好適に算出することができる。

[0106] また、電力量低減制御装置100において、GPUサーバ電力量学習モデル303の代わりに、GPUサーバ4の、GPU吸込口温度、処理負荷の種類およびGPUカード数を入力情報とし、GPUカードの温度を示すGPU温度を出力情報とする第1GPU学習モデルと、GPU温度を入力情報とし、当該GPUサーバの消費電力量を出力情報とする第2GPU学習モデルとを備え、サーバ消費電力量予測部330が、GPU温度を、第1GPU学習モデルを用いて算出した上で、GPUサーバ4の消費電力量を、第2GPU学習モデルを用いて算出することを特徴とする。

[0107] このようにすることによっても、電力量低減制御装置100は、第1GPU学習モデルを用いてGPU温度を算出した上で、第2GPU学習モデルとを用いて、GPUサーバ4の消費電力量を好適に算出することができる。

[0108] また、電力量低減制御装置100において、アクセラレータ電力量学習モデル304の代わりに、アクセラレータ5の、アクセラレータ吸込口温度、処理負荷の種類およびアクセラレータ処理回路数を入力情報とし、アクセラ

レータ内部の温度を示すアクセラレータ温度を出力情報とする第1アクセラレータ学習モデルと、アクセラレータ温度を入力情報とし、当該アクセラレータの消費電力量を出力情報とする第2アクセラレータ学習モデルとを備え、サーバ消費電力量予測部330が、アクセラレータ温度を、第1アクセラレータ学習モデルを用いて算出した上で、アクセラレータの消費電力量を、第2アクセラレータ学習モデルを用いて算出することを特徴とする。

[0109] このようにすることによっても、電力量低減制御装置100は、第1アクセラレータ学習モデルを用いてアクセラレータ温度を算出した上で、第2アクセラレータ学習モデルを用いて、アクセラレータ5の消費電力量を好適に算出することができる。

[0110] また、電力量低減制御装置100において、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5それぞれに関する所定温度での基準となる消費電力量を示す基礎消費電力量情報301を備えており、区域発熱量推定部320が、基礎消費電力量情報301を用いて、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5それぞれの消費電力量を算出することにより、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5それぞれの発熱量を算出することを特徴とする。

[0111] このように、電力量低減制御装置100は、所定温度での基準となる消費電力量を示す基礎消費電力量情報を備えておくことにより、CPUサーバ3、GPUサーバ4およびアクセラレータ5それぞれの発熱量を推定することが可能となる。

[0112] なお、本発明は、以上説明した実施形態に限定されるものではなく、多くの変形が本発明の技術的思想内で当分野において通常の知識を有する者により可能である。

符号の説明

- [0113]
- | | |
|---|-------------|
| 1 | 電力量低減制御システム |
| 2 | 空調機 |
| 3 | CPUサーバ |

- 4 GPUサーバ
- 5 アクセラレータ
- 10 データセンタ（DC）
- 20 空調制御区域
- 30 配置制御区域
- 62 Situation分類
- 63 空調制御値情報
- 64 温度分布情報
- 65 空調消費電力量情報
- 100 電力量低減制御装置
- 200 空調制御部
- 201 運用履歴情報
- 210 状況認識部
- 211 外界因子取得部
- 212 Situation判定部
- 220 運用履歴情報生成部
- 221 空調制御値生成部
- 222 報酬計算部
- 223 運用履歴作成部
- 230 運用履歴情報抽出部
- 240 空調制御実行部
- 300 サーバ制御部
- 301 基礎消費電力量情報
- 302 CPUサーバ電力量学習モデル
- 303 GPUサーバ電力量学習モデル
- 304 アクセラレータ電力量学習モデル
- 310 配置パターン算出部
- 320 区域発熱量推定部

- 3 3 0 サーバ消費電力量予測部
- 3 3 1 C P U 電力量予測部
- 3 3 2 G P U 電力量予測部
- 3 3 3 アクセラレータ電力量予測部
- 3 4 0 配置パターン決定部

請求の範囲

[請求項1]

C P Uサーバ、G P Uサーバおよびアクセラレータ、並びに複数の空調機を制御する電力量低減制御装置であって、

前記C P Uサーバ、前記G P Uサーバ、前記アクセラレータの何れかが配置される複数の配置制御区域と、前記複数の空調機による空調制御の効果を測定するエリアである空調制御区域とが、設定されており、

前記電力量低減制御装置は、

前記複数の空調機に設定する、少なくとも目標温度を含む空調制御値を生成する空調制御値生成部と、

前記空調制御値を用いて前記複数の空調機の制御を実行させる空調制御実行部と、

前記C P Uサーバ、前記G P Uサーバおよび前記アクセラレータに処理負荷を配置した複数の配置パターンにおいて、前記空調制御実行部が前記複数の空調機を前記空調制御値により制御した結果について、前記目標温度を指標として評価する報酬を算出し、前記報酬が所定の条件を満たすか否かを判定する報酬計算部と、

前記所定の条件を満たすと判定された前記空調制御値による制御結果として、温度分布情報および前記複数の空調機の高調消費電力量を取得し、前記複数の配置パターンそれぞれにおける各配置制御区域の発熱予測量に対応付けた運用履歴情報を作成する運用履歴作成部と、

前記C P Uサーバ、前記G P Uサーバおよび前記アクセラレータに対する処理負荷の情報を用いて、新規の前記処理負荷を配置する複数の配置パターンを算出する配置パターン算出部と、

前記算出した配置パターン毎に、前記配置制御区域それぞれに属する、C P Uサーバ、G P Uサーバおよびアクセラレータに処理負荷が配置された場合の発熱量を合計することにより、各前記配置制御区域の発熱予測量を推定する区域発熱量推定部と、

各前記配置制御区域の発熱予測量の情報を用いて、前記運用履歴情報を参照し、各配置パターンにおいて前記空調制御値により制御した場合の、前記温度分布情報および前記空調消費電力量を抽出する運用履歴情報抽出部と、

抽出した前記温度分布情報と新規の処理負荷に関する情報とを用いて、前記配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域毎に、各CPUサーバの消費電力量、各GPUサーバの消費電力量および各アクセラレータの消費電力量を合計したサーバ消費電力量を算出するサーバ消費電力量予測部と、

前記配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域それぞれの前記サーバ消費電力量を合計し、その合計であるトータルのサーバ消費電力量と、抽出した前記空調消費電力量との合計量を算出し、算出した合計量が最小となる配置パターンを、前記処理負荷を配置する配置パターンに決定する配置パターン決定部と、

を備えることを特徴とする電力量低減制御装置。

[請求項2]

データセンタが有する、CPUサーバ、GPUサーバおよびアクセラレータ、並びに複数の空調機を制御する電力量低減制御装置であって、

前記データセンタのフロアには、処理負荷を配置するまとまったサーバ群として、CPUサーバ、GPUサーバ、アクセラレータの何れかが配置される複数の配置制御区域と、前記複数の空調機による空調制御の効果を測定するエリアである空調制御区域とが、設定されており、

前記電力量低減制御装置は、

複数の前記空調制御区域で測定された温度の平均値から算出するフロア平均温度、前記データセンタの外部の温度である外温、および、前記処理負荷が前記サーバ群に配置された場合の予測量である各前記配置制御区域の発熱予測量、を含む空調制御に関する外界因子の情報

を取得する外界因子取得部と、

前記外界因子それぞれの値を所定のレンジ幅に分割し、前記外界因子ごとに分割したレンジを組み合わせるSituation分類として定義し、取得した前記外界因子の情報がどのSituation分類に属するかを判定するSituation判定部と、

前記Situation分類それぞれにおいて、前記複数の空調機に設定する、少なくとも目標温度を含む空調制御値を生成する空調制御値生成部と、

前記空調制御値を用いて前記複数の空調機の制御を実行させる空調制御実行部と、

前記空調制御実行部が前記複数の空調機を前記空調制御値により制御した結果を、前記目標温度を指標として評価する報酬を算出し、前記報酬が所定の条件を満たすか否かを判定する報酬計算部と、

前記所定の条件を満たすと判定された前記空調制御値による制御結果として、前記G P Uサーバの吸込口での温度を示すG P U吸込口温度、および、前記アクセラレータの吸込口での温度を示すアクセラレータ吸込口温度、を示す温度分布情報と、当該空調制御値による制御を行った場合の前記複数の空調機の空調消費電力量とを取得し、空調制御を実行した際の、前記Situation分類および前記空調制御値に、その制御結果として取得した、前記温度分布情報と、前記空調消費電力量とを対応付けた運用履歴情報を作成する運用履歴作成部と、

各前記配置制御区域の発熱予測量の情報を取得すると、前記Situation判定部を介して、現時点の前記Situation分類を判定し、前記運用履歴情報を参照して、各配置パターンにおいて前記空調制御値により制御した場合の、前記温度分布情報および前記空調消費電力量を抽出する運用履歴情報抽出部と、

前記C P Uサーバ、前記G P Uサーバおよび前記アクセラレータに対する処理負荷の生成および削除のスケジュールを示す負荷処理スケ

ジュール情報を取得し、新規の前記処理負荷を、前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータそれぞれに配置する配置パターンを算出する配置パターン算出部と、

前記算出した配置パターン毎に、前記配置制御区域それぞれに属する、CPUサーバ、GPUサーバおよびアクセラレータに処理負荷が配置された場合の発熱量を合計することにより、各前記配置制御区域の発熱予測量を推定する区域発熱量推定部と、

前記負荷処理スケジュール情報と、抽出された前記温度分布情報とを用いて、前記配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域の前記CPUサーバの消費電力量を合計したCPUサーバ総消費電力量、前記配置制御区域の前記GPUサーバの消費電力量を合計したGPUサーバ総消費電力量、前記配置制御区域の前記アクセラレータの消費電力量を合計したアクセラレータ総消費電力量を算出し、当該配置制御区域の前記CPUサーバ総消費電力量、前記GPUサーバ総消費電力量および前記アクセラレータ総消費電力量を合計し、前記配置制御区域それぞれのサーバ消費電力量を算出するサーバ消費電力量予測部と、

配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域それぞれのサーバ消費電力量を合計し、その合計であるトータルのサーバ消費電力量と、抽出した前記空調消費電力量との合計量を算出し、算出した合計量が最小となる配置パターンを、前記処理負荷を配置する配置パターンに決定する配置パターン決定部と、

を備えることを特徴とする電力量低減制御装置。

[請求項3]

前記電力量低減制御装置は、

前記CPUサーバのリソース使用状況を入力情報として、当該CPUサーバの消費電力量を出力情報とするCPUサーバ電力量学習モデルと、前記GPUサーバの、GPU吸込口温度、前記処理負荷の種類およびGPUカード数を入力情報とし、当該GPUサーバの消費電力

量を出力情報とするGPUサーバ電力量学習モデルと、前記アクセラレータの、アクセラレータ吸込口温度、前記処理負荷の種類およびアクセラレータ処理回路数を入力情報とし、当該アクセラレータの消費電力量を出力情報とするアクセラレータ電力量学習モデルとを備えており、

前記サーバ消費電力量予測部は、前記CPUサーバの消費電力量を、前記CPUサーバ電力量学習モデルを用いて算出し、前記GPUサーバの消費電力量を、前記GPUサーバ電力量学習モデルを用いて算出し、前記アクセラレータの消費電力量を、前記アクセラレータ電力量学習モデルを用いて算出すること

を特徴とする請求項1または請求項2に記載の電力量低減制御装置。

[請求項4]

前記電力量低減制御装置は、

前記GPUサーバ電力量学習モデルの代わりに、前記GPUサーバの、前記GPU吸込口温度、前記処理負荷の種類およびGPUカード数を入力情報とし、前記GPUカードの温度を示すGPU温度を出力情報とする第1GPU学習モデルと、前記GPU温度を入力情報とし、当該GPUサーバの消費電力量を出力情報とする第2GPU学習モデルとを備え、

前記サーバ消費電力量予測部は、前記GPU温度を、前記第1GPU学習モデルを用いて算出した上で、前記GPUサーバの消費電力量を、前記第2GPU学習モデルを用いて算出すること

を特徴とする請求項3に記載の電力量低減制御装置。

[請求項5]

前記電力量低減制御装置は、

前記アクセラレータ電力量学習モデルの代わりに、前記アクセラレータの、前記アクセラレータ吸込口温度、前記処理負荷の種類およびアクセラレータ処理回路数を入力情報とし、前記アクセラレータ内部の温度を示すアクセラレータ温度を出力情報とする第1アクセラレー

タ学習モデルと、前記アクセラレータ温度を入力情報とし、当該アクセラレータの消費電力量を出力情報とする第2アクセラレータ学習モデルとを備え、

前記サーバ消費電力量予測部は、前記アクセラレータ温度を、前記第1アクセラレータ学習モデルを用いて算出した上で、前記アクセラレータの消費電力量を、前記第2アクセラレータ学習モデルを用いて算出すること

を特徴とする請求項3に記載の電力量低減制御装置。

[請求項6]

前記電力量低減制御装置は、

前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータそれぞれに関する所定温度での基準となる消費電力量を示す基礎消費電力量情報を備えており、

前記区域発熱量推定部は、前記基礎消費電力量情報を用いて、前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータそれぞれの消費電力量を算出することにより、前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータそれぞれの発熱量を算出すること

を特徴とする請求項1または請求項2に記載の電力量低減制御装置

。

[請求項7]

CPUサーバ、GPUサーバおよびアクセラレータ、並びに複数の空調機を制御する電力量低減制御装置の電力量低減制御方法であって、

前記CPUサーバ、前記GPUサーバ、前記アクセラレータの何れかが配置される複数の配置制御区域と、前記複数の空調機による空調制御の効果を測定するエリアである空調制御区域とが、設定されており、

前記電力量低減制御装置は、

前記複数の空調機に設定する、少なくとも目標温度を含む空調制御値を生成するステップと、

前記空調制御値を用いて前記複数の空調機の制御を実行させるステップと、

前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータに処理負荷を配置した複数の配置パターンにおいて、前記複数の空調機を前記空調制御値により制御した結果について、前記目標温度を指標として評価する報酬を算出し、前記報酬が所定の条件を満たすか否かを判定するステップと、

前記所定の条件を満たすと判定された前記空調制御値による制御結果として、温度分布情報および前記複数の空調機の空調消費電力量を取得し、前記複数の配置パターンそれぞれにおける各配置制御区域の発熱予測量に対応付けた運用履歴情報を作成するステップと、

前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータに対する処理負荷の情報を用いて、新規の前記処理負荷を配置する複数の配置パターンを算出するステップと、

前記算出した配置パターン毎に、前記配置制御区域それぞれに属する、CPUサーバ、GPUサーバおよびアクセラレータに処理負荷が配置された場合の発熱量を合計することにより、各前記配置制御区域の発熱予測量を推定するステップと、

各前記配置制御区域の発熱予測量の情報を用いて、前記運用履歴情報を参照し、各配置パターンにおいて前記空調制御値により制御した場合の、前記温度分布情報および前記空調消費電力量を抽出するステップと、

抽出した前記温度分布情報と新規の処理負荷に関する情報とを用いて、前記配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域毎に、各CPUサーバの消費電力量、各GPUサーバの消費電力量および各アクセラレータの消費電力量を合計したサーバ消費電力量を算出するステップと、

前記配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域それぞれの

前記サーバ消費電力量を合計し、その合計であるトータルのサーバ消費電力量と、抽出した前記空調消費電力量との合計量を算出し、算出した合計量が最小となる配置パターンを、前記処理負荷を配置する配置パターンに決定するステップと、

を実行することを特徴とする電力量低減制御方法。

[請求項8]

CPUサーバ、GPUサーバおよびアクセラレータ、並びに複数の空調機を制御する電力量低減制御装置を備える電力量低減制御システムであって、

前記CPUサーバ、前記GPUサーバ、前記アクセラレータの何れかが配置される複数の配置制御区域と、前記複数の空調機による空調制御の効果を測定するエリアである空調制御区域とが、設定されており、

前記電力量低減制御装置は、

前記複数の空調機に設定する、少なくとも目標温度を含む空調制御値を生成する空調制御値生成部と、

前記空調制御値を用いて前記複数の空調機の制御を実行させる空調制御実行部と、

前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータに処理負荷を配置した複数の配置パターンにおいて、前記空調制御実行部が前記複数の空調機を前記空調制御値により制御した結果について、前記目標温度を指標として評価する報酬を算出し、前記報酬が所定の条件を満たすか否かを判定する報酬計算部と、

前記所定の条件を満たすと判定された前記空調制御値による制御結果として、温度分布情報および前記複数の空調機の空調消費電力量を取得し、前記複数の配置パターンそれぞれにおける各配置制御区域の発熱予測量に対応付けた運用履歴情報を作成する運用履歴作成部と、

前記CPUサーバ、前記GPUサーバおよび前記アクセラレータに対する処理負荷の情報を用いて、新規の前記処理負荷を配置する複数

の配置パターンを算出する配置パターン算出部と、

前記算出した配置パターン毎に、前記配置制御区域それぞれに属する、CPUサーバ、GPUサーバおよびアクセラレータに処理負荷が配置された場合の発熱量を合計することにより、各前記配置制御区域の発熱予測量を推定する区域発熱量推定部と、

各前記配置制御区域の発熱予測量の情報を用いて、前記運用履歴情報を参照し、各配置パターンにおいて前記空調制御値により制御した場合の、前記温度分布情報および前記空調消費電力量を抽出する運用履歴情報抽出部と、

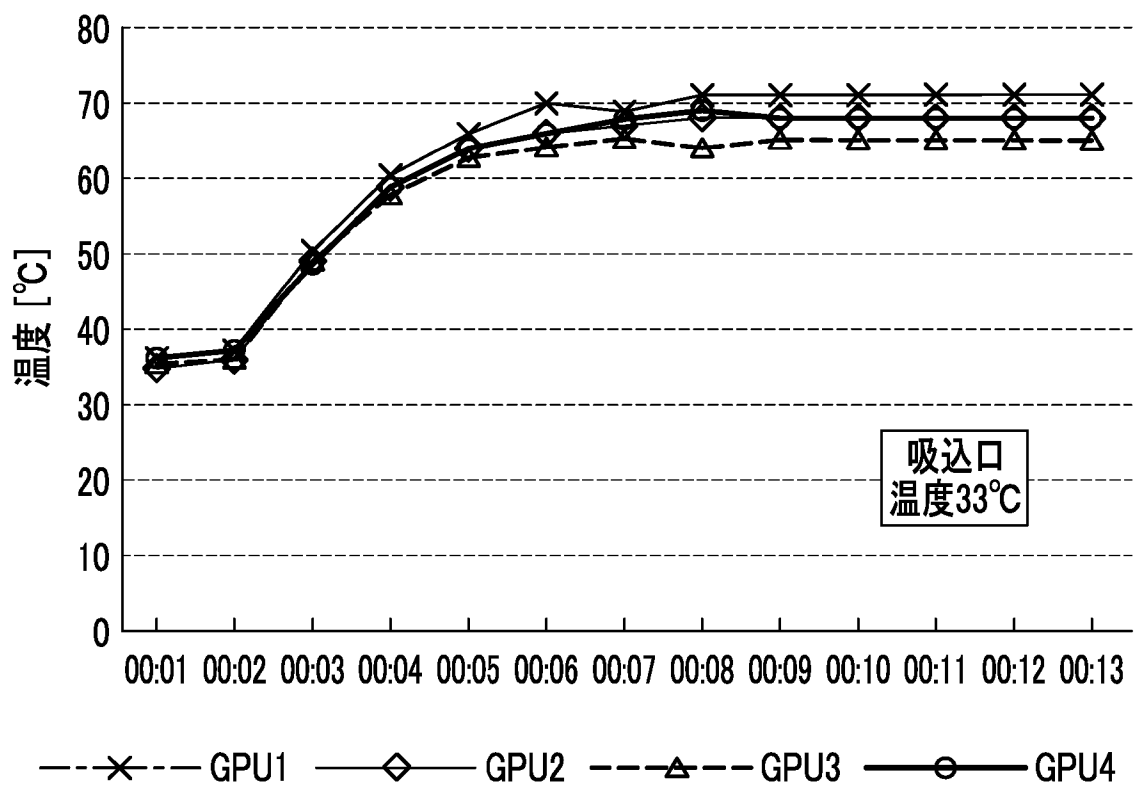
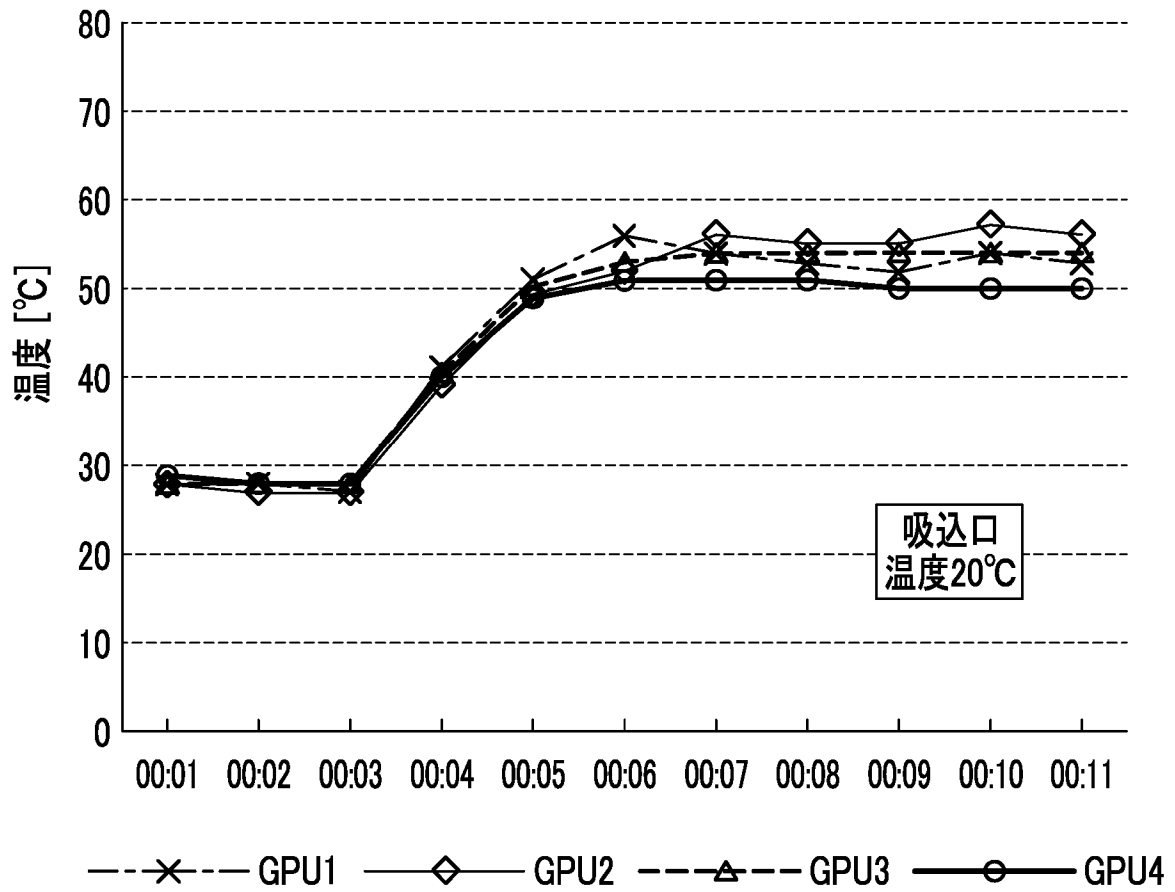
抽出した前記温度分布情報と新規の処理負荷に関する情報とを用いて、前記配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域毎に、各CPUサーバの消費電力量、各GPUサーバの消費電力量および各アクセラレータの消費電力量を合計したサーバ消費電力量を算出するサーバ消費電力量予測部と、

前記配置パターンそれぞれにおいて、前記配置制御区域それぞれの前記サーバ消費電力量を合計し、その合計であるトータルのサーバ消費電力量と、抽出した前記空調消費電力量との合計量を算出し、算出した合計量が最小となる配置パターンを、前記処理負荷を配置する配置パターンに決定する配置パターン決定部と、

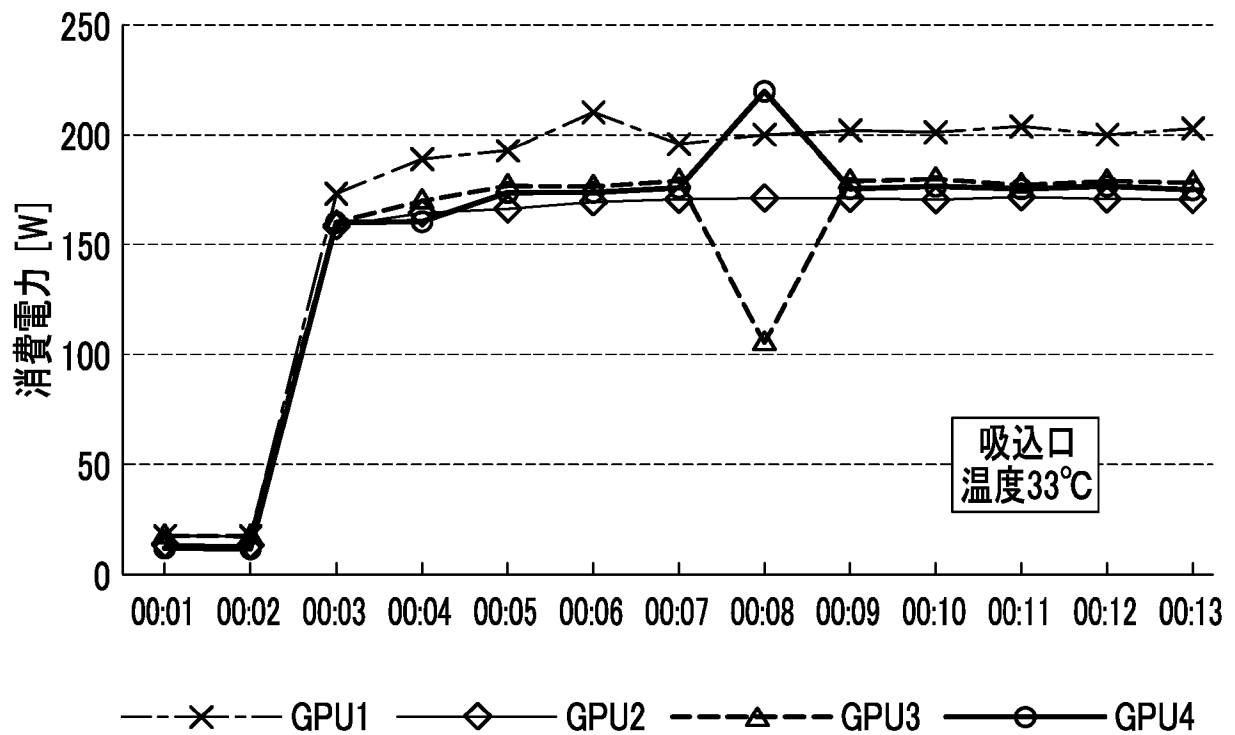
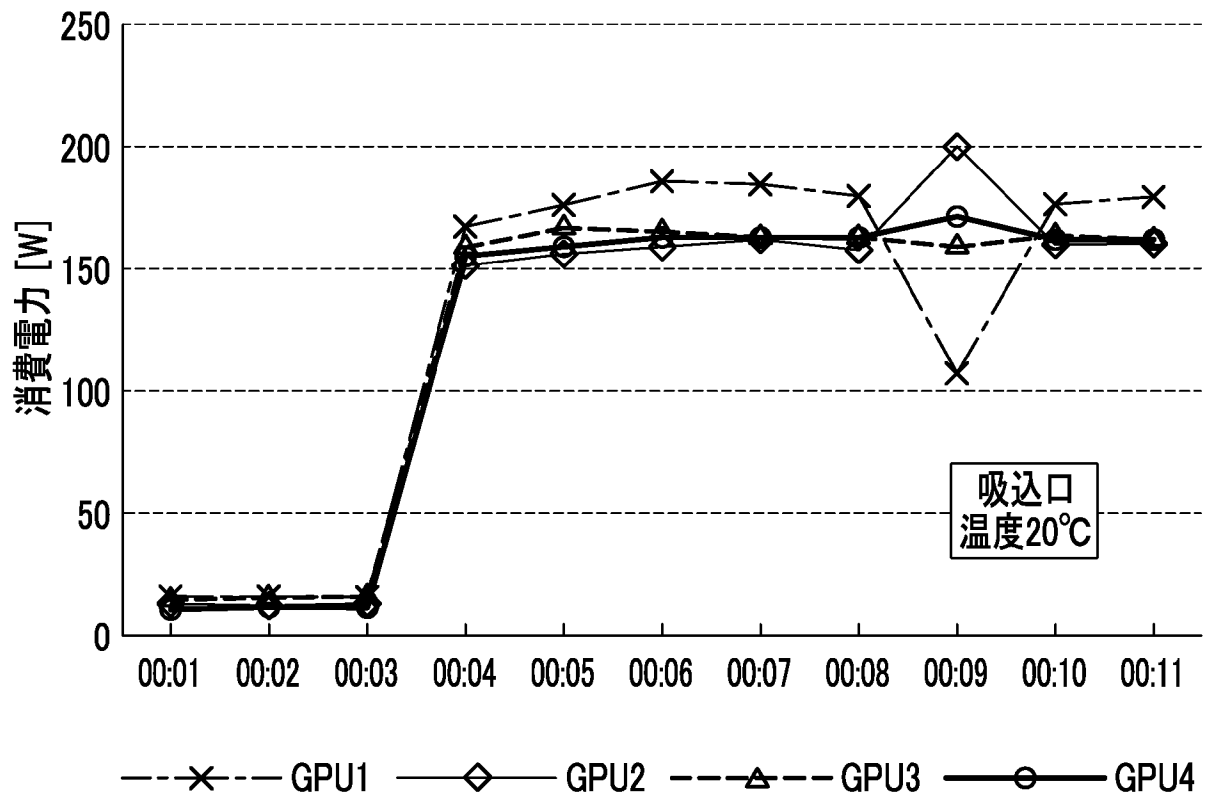
を備えることを特徴とする電力量低減制御システム。

[請求項9] コンピュータを、請求項1または請求項2に記載の電力量低減制御装置として機能させるためのプログラム。

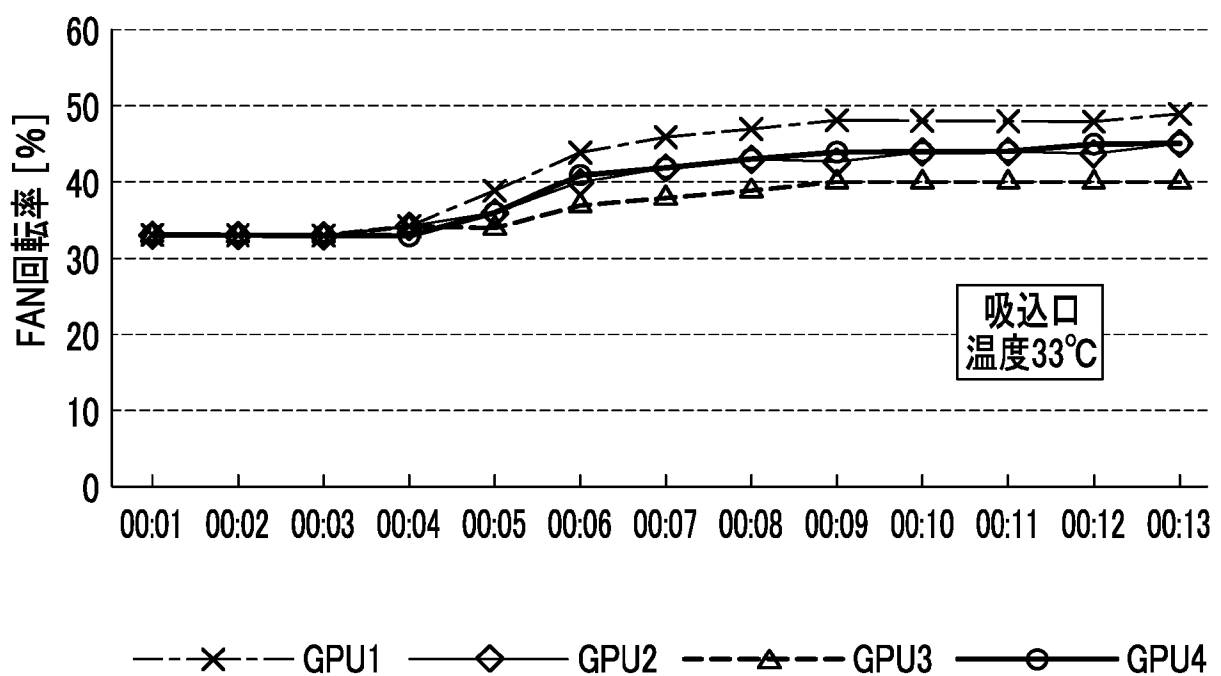
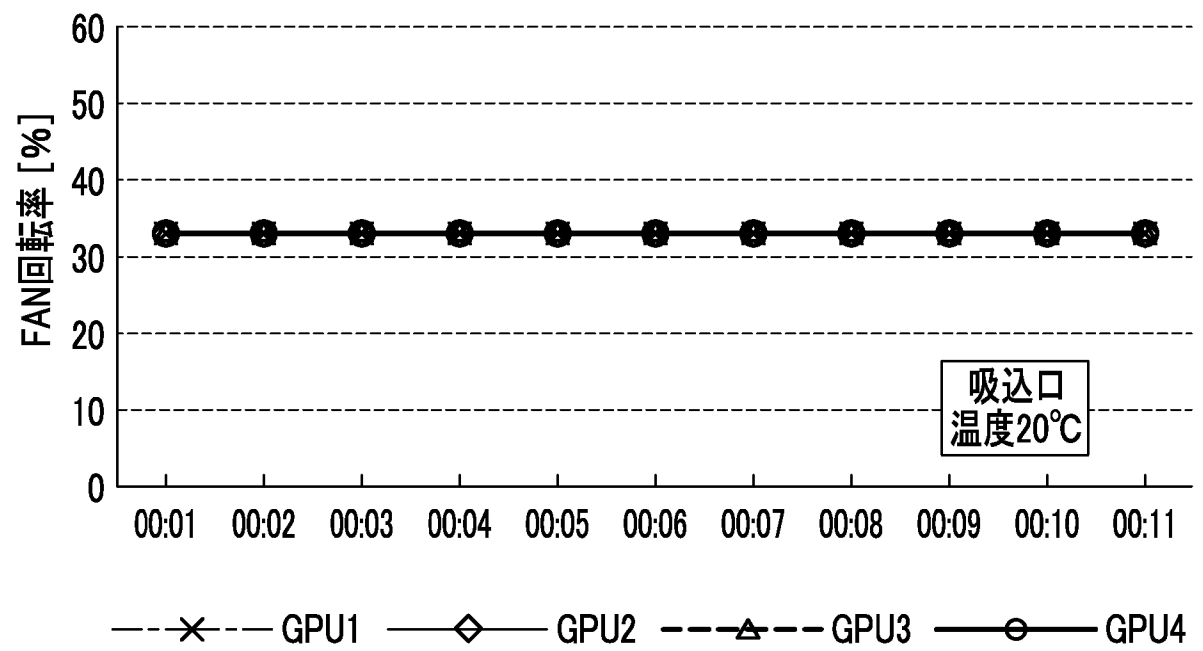
[図1]



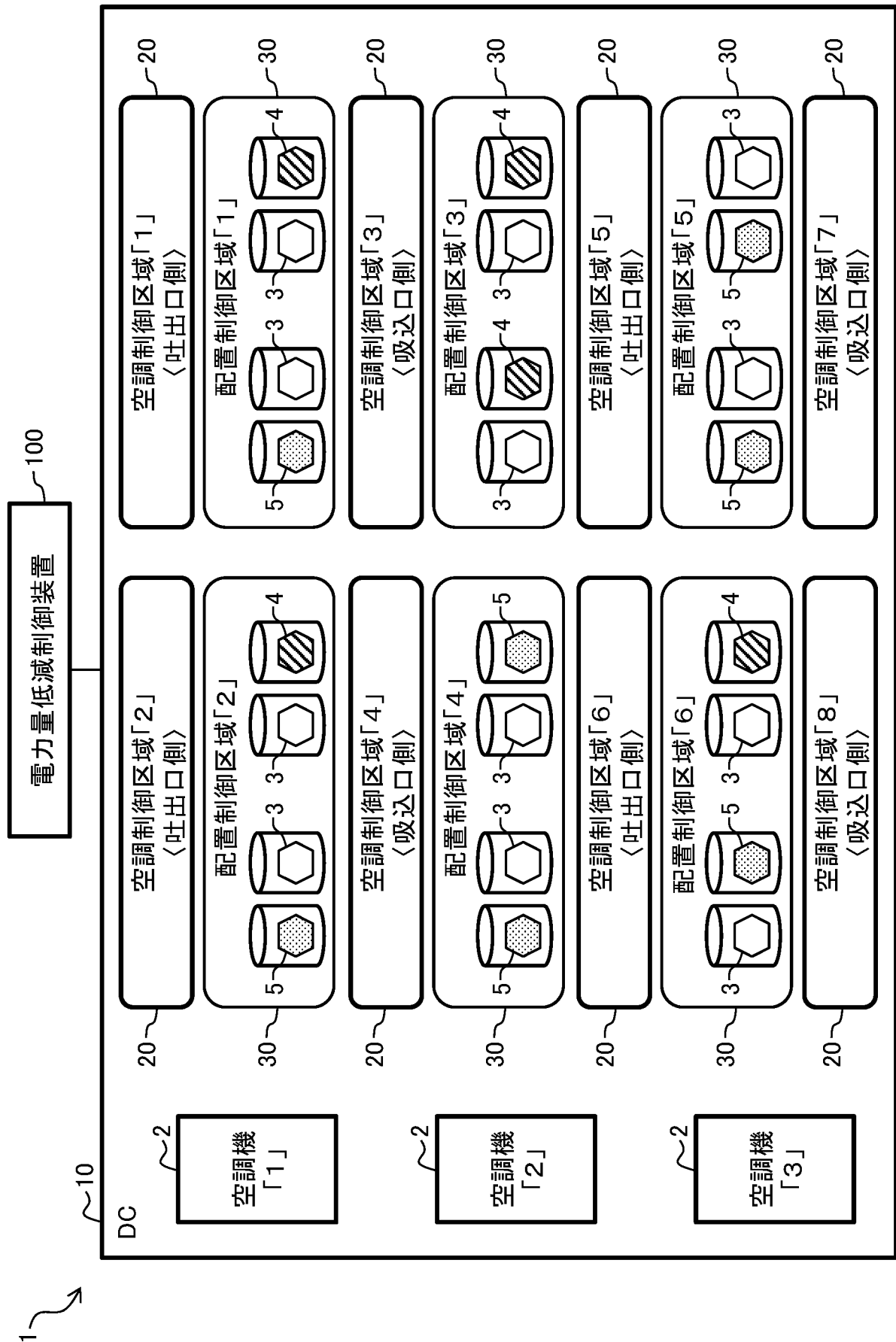
[図2]



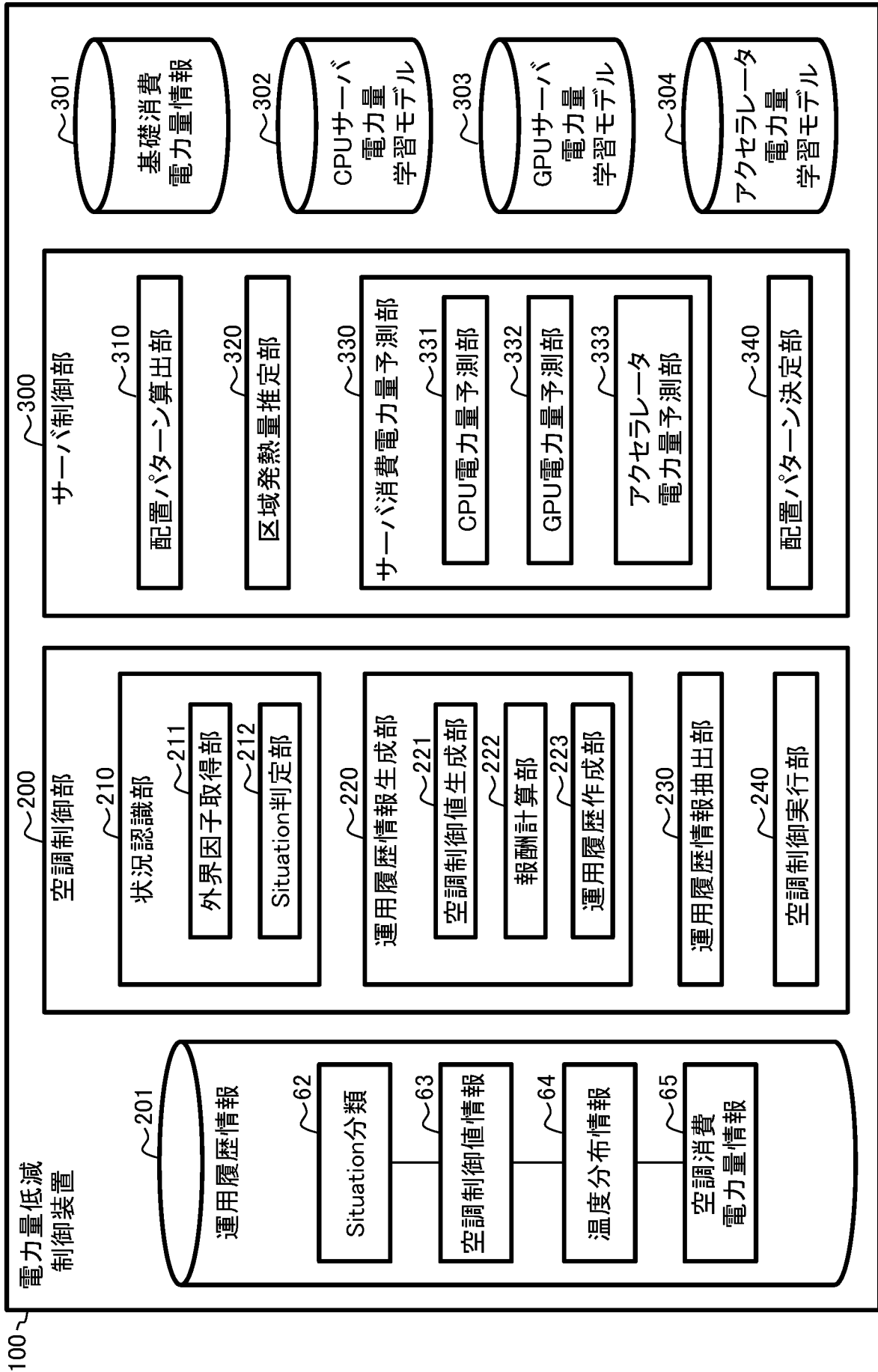
[図3]



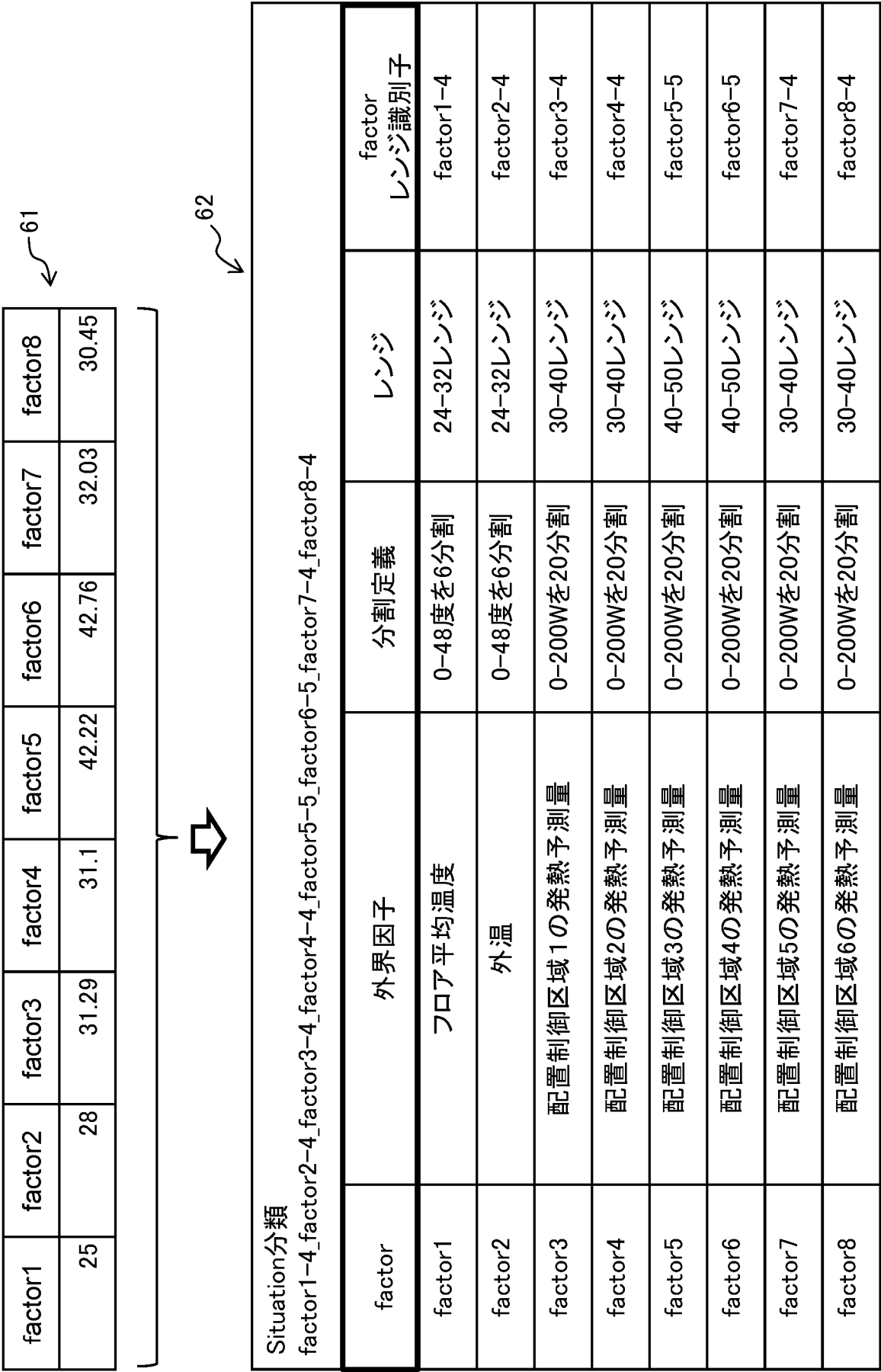
[図4]



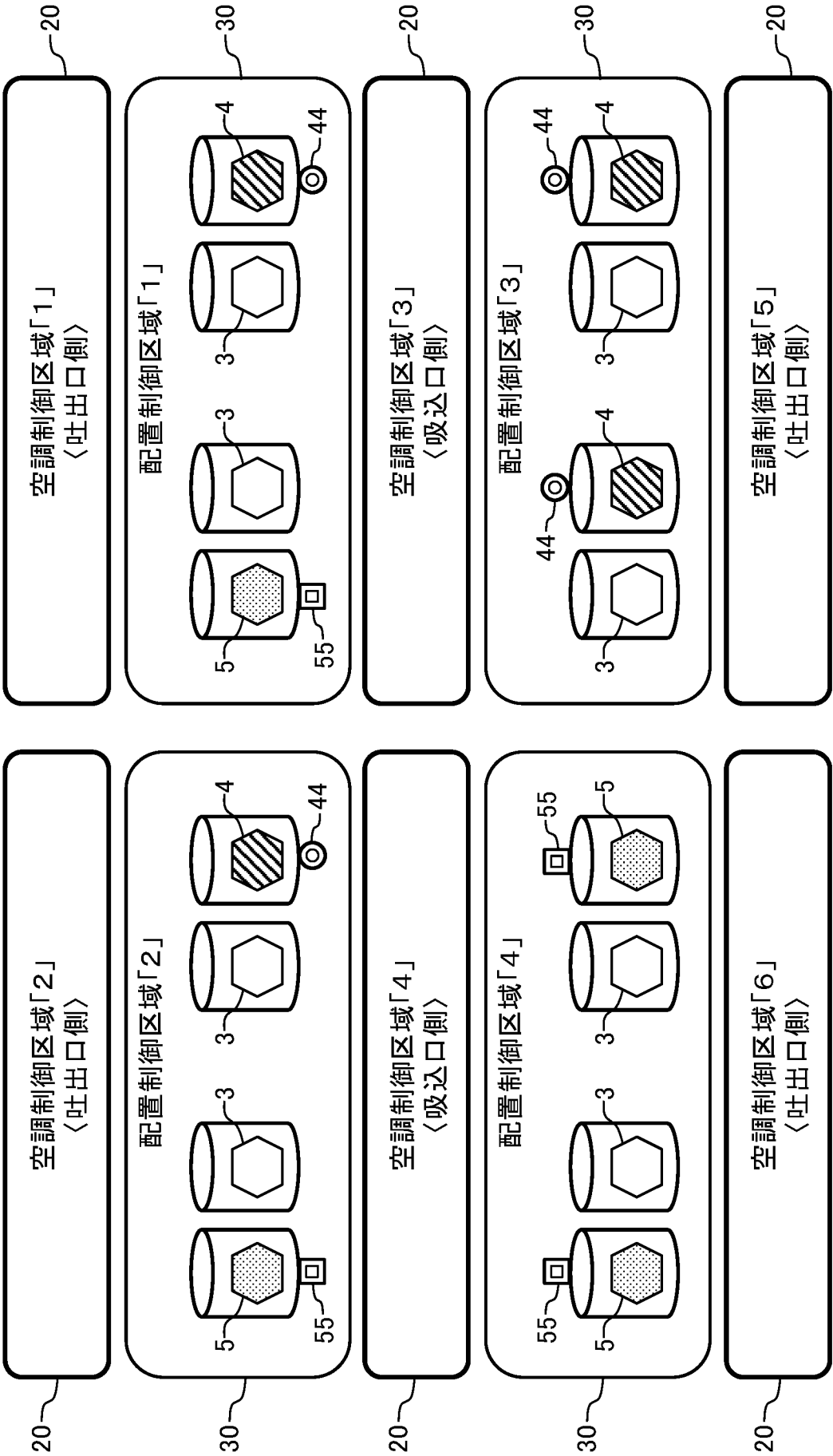
[図5]



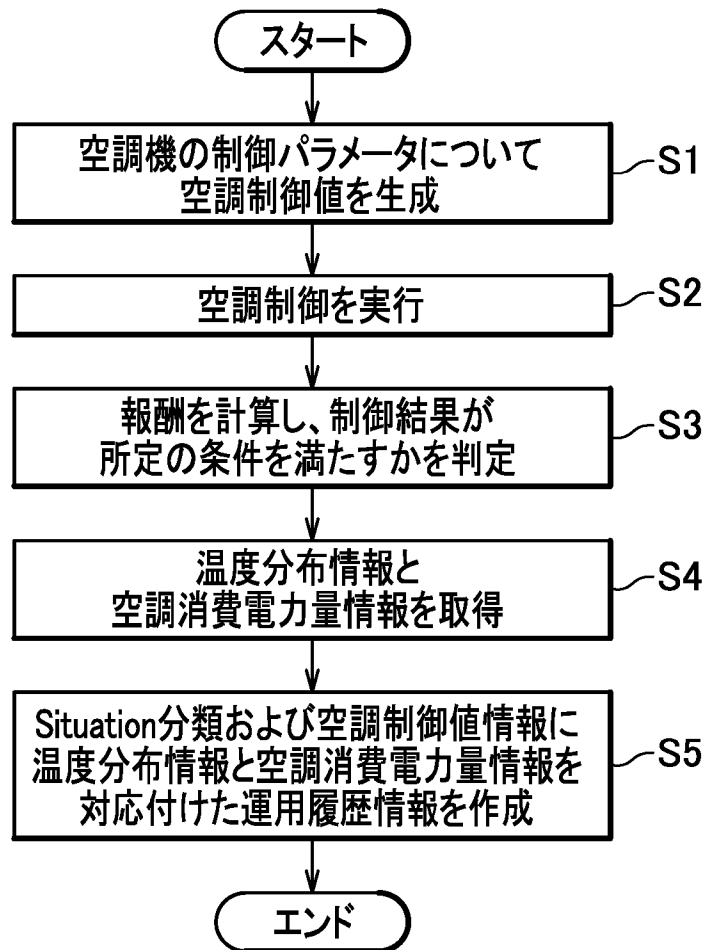
[図6]



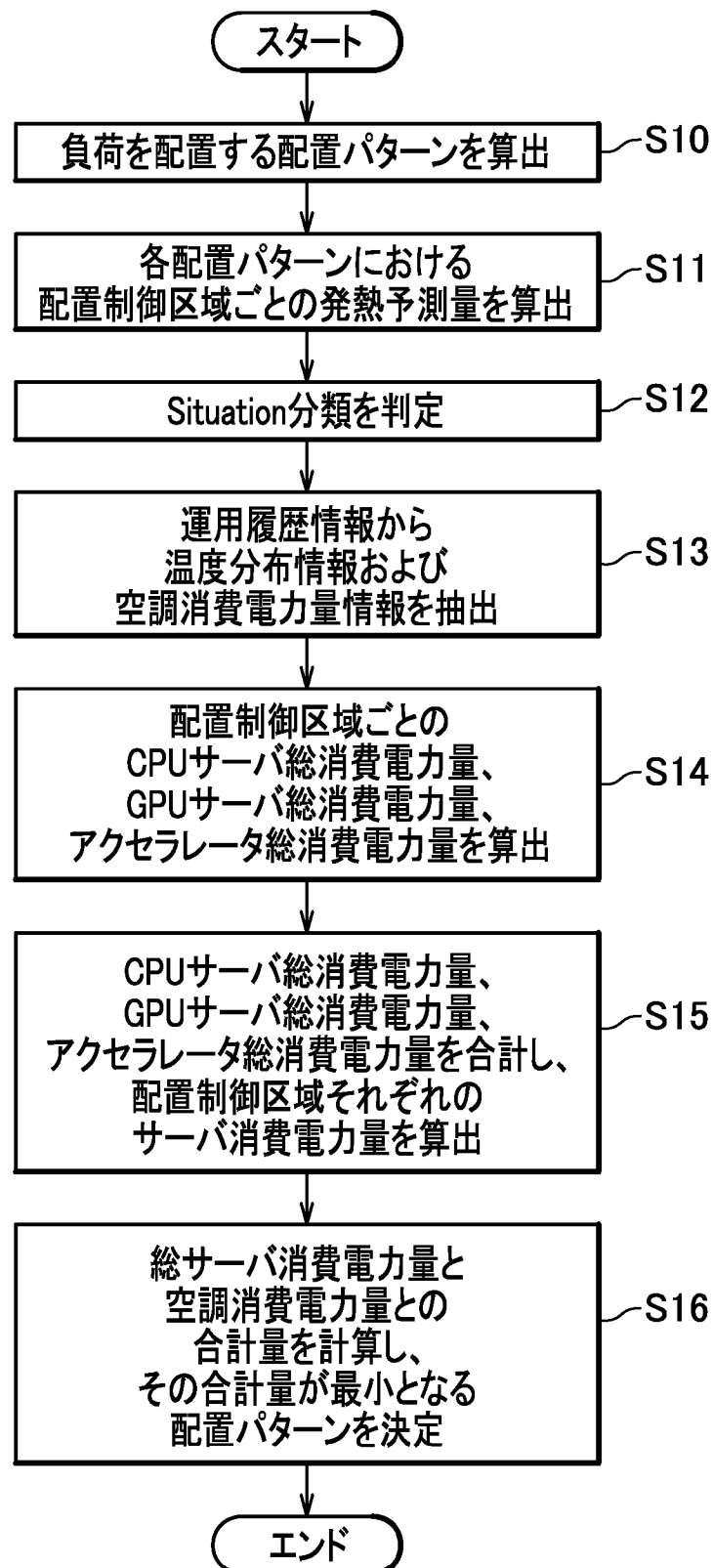
[図7]



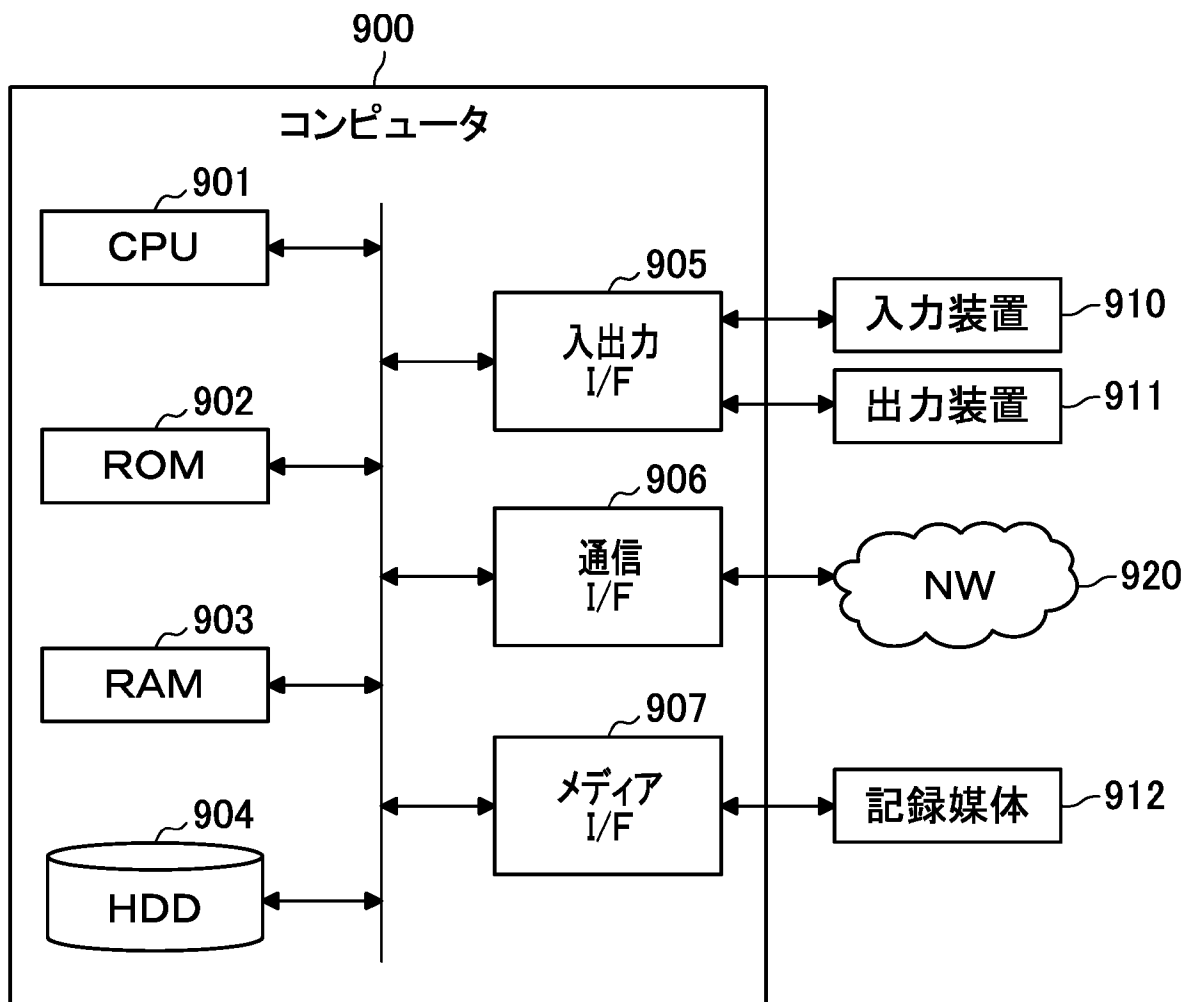
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/017844

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G06F 1/3206**(2019.01)i; **G06F 1/20**(2006.01)i; **G06F 1/329**(2019.01)i

FI: G06F1/3206; G06F1/20 D; G06F1/20 B; G06F1/329

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F1/3206; G06F1/20; G06F1/329

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-50378 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 16 March 2015 (2015-03-16)	1-9
A	JP 2013-152552 A (HITACHI LTD) 08 August 2013 (2013-08-08)	1-9
A	JP 2018-48750 A (TOSHIBA CORP) 29 March 2018 (2018-03-29)	1-9
A	WO 2019/154739 A1 (ABB SCHWEIZ AG) 15 August 2019 (2019-08-15)	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 July 2022

Date of mailing of the international search report

19 July 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/017844

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2015-50378	A	16 March 2015	(Family: none)			
JP	2013-152552	A	08 August 2013	US	2013/0191676	A1	
				EP	2620837	A1	
				CN	103218678	A	
JP	2018-48750	A	29 March 2018	(Family: none)			
WO	2019/154739	A1	15 August 2019	EP	3525563	A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06F 1/3206(2019.01)i; G06F 1/20(2006.01)i; G06F 1/329(2019.01)i FI: G06F1/3206; G06F1/20 D; G06F1/20 B; G06F1/329										
B. 調査を行った分野										
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G06F1/3206; G06F1/20; G06F1/329										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2022年									
日本国実用新案登録公報	1996-2022年									
日本国登録実用新案公報	1994-2022年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
A	JP 2015-50378 A（日本電信電話株式会社）16.03.2015（2015-03-16）	1-9								
A	JP 2013-152552 A（株式会社日立製作所）08.08.2013（2013-08-08）	1-9								
A	JP 2018-48750 A（株式会社東芝）29.03.2018（2018-03-29）	1-9								
A	WO 2019/154739 A1（ABB SCHWEIZ AG）15.08.2019（2019-08-15）	1-9								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 </td> <td> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 08.07.2022	国際調査報告の発送日 19.07.2022									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 白石 圭吾 5E 9856 電話番号 03-3581-1101 内線 3521									

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/017844

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2015-50378	A	16.03.2015	(ファミリーなし)			
JP	2013-152552	A	08.08.2013	US	2013/0191676	A1	
				EP	2620837	A1	
				CN	103218678	A	
JP	2018-48750	A	29.03.2018	(ファミリーなし)			
WO	2019/154739	A1	15.08.2019	EP	3525563	A1	