

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-200360

(P2017-200360A)

(43) 公開日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H02S 50/00 (2014.01)	H02S 50/00	5F151
G06Q 50/06 (2012.01)	G06Q 50/06	5L049

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2016-90699 (P2016-90699)	(71) 出願人	000002299 清水建設株式会社 東京都中央区京橋二丁目16番1号
(22) 出願日	平成28年4月28日 (2016. 4. 28)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100146835 弁理士 佐伯 義文
		(74) 代理人	100161506 弁理士 川淵 健一
		(72) 発明者	古川 慧 東京都中央区京橋二丁目16番1号 清水建設株式会社内
		Fターム(参考)	5F151 KA10 5L049 CC06

(54) 【発明の名称】 太陽光発電量予測システム、太陽光発電量予測方法、プログラム

(57) 【要約】

【課題】 太陽光発電量を、簡単に且つ高精度に予測できる太陽光発電量予測システムを提供する。

【解決手段】 カメラ12は、空画像を撮影する。機械学習マシン11は、カメラ12で撮影された空画像を用いて機械学習アルゴリズムにより太陽光発電装置13の発電量を予測する。

【選択図】 図1

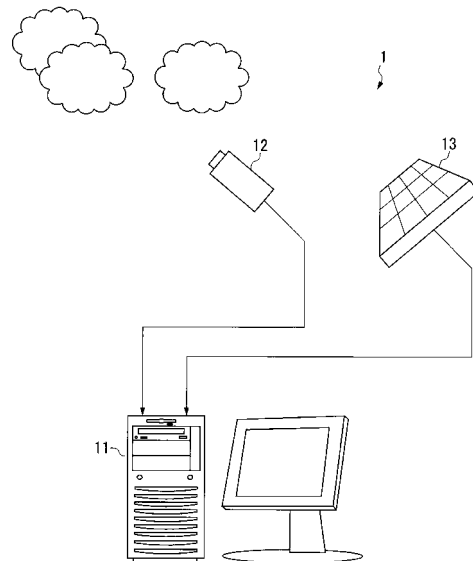


図1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

空画像を撮影するカメラと、
前記カメラで撮影された空画像を用いて機械学習アルゴリズムにより太陽光発電の発電量を予測する機械学習マシンと
を備えることを特徴とする太陽光発電量予測システム。

【請求項 2】

前記空画像は、前記カメラのホワイトバランスを固定値にして撮影することを特徴とする請求項 1 に記載の太陽光発電量予測システム。

【請求項 3】

コンピュータを用いた太陽光発電量予測方法であって、
カメラが空画像を撮影するステップと、
機械学習マシンが前記カメラで撮影された空画像を用いて機械学習アルゴリズムにより太陽光発電の発電量を予測するステップと
を有することを特徴とする太陽光発電量予測方法。

【請求項 4】

コンピュータに、
空画像をカメラで撮影するステップと、
前記カメラで撮影された空画像を用いて機械学習アルゴリズムにより太陽光発電の発電量を予測するステップと
を実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、太陽光発電量予測システム、太陽光発電量予測方法、プログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

需要家が太陽光発電装置を設置することが増加し、また蓄電池やガスエンジンなど他の分散型電源を併用することで、効果的に消費電力を抑制するマイクログリッドと呼ばれる仕組みが開発されている。マイクログリッドの効果を最大化するためには、太陽光発電の発電量を予測し、それに合わせて他の電源の発電・放電を最適化することが求められる。しかしながら、太陽光発電の発電量は日射量や気温など自然環境の影響で発電量が決まるため、その発電量を正確に予測することは難しい。

【0003】

太陽光発電量を高精度に予測する方法として、例えば特許文献 1 に示すものが提案されている。特許文献 1 では、物理気象モデルを用いることで、太陽光パネルに到達する日射量を正確にシミュレートし、それに基づき発電量を算出している。

また、不確実な気象データを使わず太陽光発電量を予測する方法として、例えば特許文献 2 に示すものが提案されている。特許文献 2 では、他の太陽光発電装置の発電量の実績を用いて、予測対象の太陽光発電装置の発電量の予測をしている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2011 - 159199 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 196968 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

特許文献 1 に示されるものでは、物理気象モデルを用いる事で、太陽光パネルに到達する光量を正確にシミュレートし、それに基づき発電量を算出している。しかしながら、こ

10

20

30

40

50

の方法を使うには、高度な物理学・気象学などの知識を必要とし、また非常に高性能なコンピュータ端末を用いる必要があり、誰でも容易に扱えるものではない。

また、特許文献2に示されるものでは、発電量の実績データを融通しあうためにネットワークの構築が必要であり、さらに需要家間の了解やセキュリティ面での解決など、複数の問題が存在する。

【0006】

上述の課題を鑑み、本発明は、太陽光発電量を、簡単に且つ高精度に予測できる太陽光発電量予測システム、太陽光発電量予測方法、及びプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

【0007】

上述の課題を鑑み、本発明の一態様に係る太陽光発電量予測システムは、空画像を撮影するカメラと、前記カメラで撮影された空画像を用いて機械学習アルゴリズムにより太陽光発電の発電量を予測する機械学習マシンとを備えたことを特徴とする。

【0008】

本発明の一態様に係る太陽光発電量予測方法は、コンピュータを用いた太陽光発電量予測方法であって、カメラが空画像を撮影するステップと、機械学習マシンが前記カメラで撮影された空画像を用いて機械学習アルゴリズムにより太陽光発電の発電量を予測するステップとを有することを特徴とする。

【0009】

20

本発明の一態様に係るプログラムは、コンピュータに、空画像をカメラで撮影するステップと、前記カメラで撮影された空画像を用いて機械学習アルゴリズムにより太陽光発電の発電量を予測するステップとを実行させる。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、機械学習により、空画像から太陽光発電の発電量を予測している。これにより、簡単に且つ高精度に、太陽光発電量を予測できる。また、本発明によれば、高度な知識および高価な機材を使うこと無く、容易に高精度な予測が可能である。さらに、本発明によれば、1需要家内でシステムが完結するため、他需要家との調整やセキュリティの確保などは不要である。

30

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る太陽光発電量予測システムの構成を示す図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る太陽光発電量予測システムにおける機械学習マシンの一例を示すブロック図である。

【図3】ニューラルネットワークのモデルの説明図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る太陽光発電量予測システムにおける太陽光発電量予測アルゴリズムの説明図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る太陽光発電量予測システムでの処理を示すフローチャートである。

40

【図6】本発明の第2の実施形態に係る太陽光発電量予測システムの構成を示す図である。

【図7】本発明の第2の実施形態における学習データ及び教師データの説明図である。

【図8】本発明の第2の実施形態における入力データ及び出力データの説明図である。

【図9】本発明の第2の実施形態に係る太陽光発電量予測システムでの入力データと教師データの説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

< 第1の実施形態 >

50

図1は、本発明の第1の実施形態に係る太陽光発電量予測システム1の構成を示す図である。図1に示すように、本発明の第1の実施形態に係る太陽光発電量予測システム1は、機械学習マシン11と、カメラ12と、太陽光発電装置13とから構成される。

【0013】

カメラ12は、太陽光発電装置13が置かれている周辺の空画像を撮影し、この空画像の画像データを出力する。空画像の撮影は、所定時間毎に、定期的に行われる。太陽光発電装置13は、太陽光を電力に変換する。機械学習マシン11は、空画像を用いて機械学習アルゴリズム（例えば、ニューラルネットワーク）により発電量を予測する。機械学習マシン11としては、PC（Personal Computer；パーソナルコンピュータ）を用いることができる。機械学習マシン11で予測された太陽光発電装置13の発電量は、例えば、マイクログリッドにおいて、他の電源の発電・放電を最適化するのに用いることができる。

10

【0014】

図2は、機械学習マシン11の一例を示すブロック図である。図2に示すように、機械学習マシン11は、CPU（Central Processing Unit；中央演算処理装置）51と、ROM（Read Only Memory；読み出し専用メモリ）52と、RAM（Random Access read/write Memory；読み書き可能なメモリ）53と、HDD（Hard Disk Drive；ハードディスクドライブ）54と、表示部55と、入力部56と、外部インターフェース57と、通信部58とを備える。また、各ブロック間における各信号のやりとりは、バス59を介して行われる。

20

【0015】

CPU51は、各種制御プログラムに基づいて、機械学習マシン11の各部を制御するものである。ROM52は、読み出し専用のメモリであり、ブートプログラム等が記憶されている。RAM53は、CPU51のメインメモリ（主記憶装置）に用いられるメモリであり、CPU51において実行されるプログラムの作業領域等を記憶するものである。HDD54は、各種アプリケーションプログラムやデータが格納される。

【0016】

本実施形態では、HDD54に格納されるアプリケーションプログラムとして、太陽光発電量予測アプリケーションプログラム60が含まれる。この太陽光発電量予測アプリケーションプログラム60は、空画像を用いて機械学習アルゴリズムにより、発電量を予測するものである。

30

【0017】

表示部55は、CPU51の制御に基づいて各種情報を表示する。表示部55としては、例えば、LCD（Liquid Crystal Display；液晶ディスプレイ）等のディスプレイを用いることができる。入力部56は、例えば、各種入力キーからなるキーボードやマウス（または、ポインティングデバイス）である。外部インターフェース57は、カメラ12や太陽光発電装置13等の外部機器と接続するためのインターフェースである。

【0018】

次に、本発明の第1の実施形態に係る太陽光発電量予測システム1における太陽光発電量予測アルゴリズムについて説明する。本実施形態では、ニューラルネットワークを用いた機械学習により、空画像から太陽光発電の発電量を予測している。ニューラルネットでは、入力データと教師データを組として与え、未知の入力データから出力されたデータと教師データの誤差を計算し、それに基づきパラメータを更新（学習）していく。

40

【0019】

図3は、ニューラルネットワークのモデルを示している。図3に示すモデルから、予測値 y は、以下の式により求めることができる。

【0020】

【数 1】

$$y = L \sum_n (W_i X_i + a) \quad (1)$$

【0021】

上式において、 X_i (X_1, X_2, \dots) は入力データ、 W_i (W_1, W_2, \dots) は重みパラメータ、 a はバイアスパラメータ、 L は活性化関数、 y は予測値である。学習は、上式により求められる予測値と、実際の値（教師データ）との誤差を求め、この誤差が最小となるようにパラメータを更新していく。

10

【0022】

本実施形態では、入力データ X_i として、カメラ 1 2 で撮影された空画像（RAW 画像）を用いている。すなわち、図 4 は、本発明の第 1 の実施形態に係る太陽光発電量予測システム 1 における太陽光発電量予測アルゴリズムの説明図である。図 4 に示すように、カメラ 1 2 は、所定時間毎に連続的に空画像 P_1, P_2, P_3, \dots を撮影する。

【0023】

一例として、カメラ 1 2 は、西の空を、日中の時間帯（例えば 4 時から 20 時の範囲）に、1 時間毎に撮影する。西から東へ吹く偏西風の通り道に日本列島が位置していることから、日本国内においては、一般的に、天気は西から東へと変化していく場合が多い。そのため、天気に大きく影響される日射量の予測においては、西の空を撮影することがより有効であると考えられる。

20

【0024】

なお、このとき、カメラ 1 2 の撮影方向やホワイトバランス等のパラメータは一定（固定値）にしておく。なぜならば、カメラ 1 2 が空を撮影する時の撮影条件を一定に保つことによって、より精度高くパラメータが更新（学習）されるためである。

【0025】

各時間においてカメラ 1 2 で撮影された空画像 P_1, P_2, P_3, \dots の RAW 画像データは、空画像 P_1, P_2, P_3, \dots 毎に水平方向及び垂直方向に並ぶ画素値のデータ（ピクセル単位のデータ）に展開され、それぞれ入力データ $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{ij}$ とされる。そして、それぞれの空画像について、(1) 式に示したように、入力データ X_i ($X_{11}, X_{12}, \dots, X_{ij}$) と、重みパラメータ W_i ($W_{11}, W_{12}, \dots, W_{ij}$) と、バイアスパラメータ a から、所定時間後の太陽光発電量の予測値 y ($y =$ キロワット) が求められる。そして、所定時間経過後に太陽光発電装置 1 3 から取得された実際の発電量 (A キロワット) と、予測値 (y キロワット) との誤差が計測され、この誤差に基づいて、重みパラメータ $W_{11}, W_{12}, \dots, W_{ij}$ がそれぞれ更新される。そして、この更新が、それぞれの空画像の入力データ $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{ij}$ が入力される度に繰り返されることによって、重みパラメータ $W_{11}, W_{12}, \dots, W_{ij}$ の学習がなされる。

30

40

【0026】

なお、各空画像がピクセル単位のデータに展開されたデータ ($X_{11}, X_{12}, \dots, X_{ij}$) そのものを入力データとするのではなく、当該ピクセル単位のデータに展開されたデータに対して、例えば、畳み込みニューラルネットワーク (CNN; Convolutional Neural Network) の手法を用いることにより画像の平滑化や鮮鋭化を行うフィルタ処理や、学習に必要な情報を抽出するプーリング処理を施したデータを入力データとするようにしてもよい。

【0027】

図 5 は、本発明の第 1 の実施形態に係る太陽光発電量予測システム 1 での処理を示すフローチャートである。図 5 において、CPU 5 1 は、所定時間経過したかどうかを判定し

50

、所定時間経過すると、カメラ12により空画像の撮影を行う(ステップS101)。次に、CPU51は、カメラ12で撮影された空画像を用いて、(1)式に基づいて、時刻Tnでの太陽光発電装置13の発電量の予測値を算出する(ステップS102)。

【0028】

そして、CPU51は、時刻Tnでの実際の太陽光発電装置13の発電量を取得しているかどうかを判定する(ステップS104)。時刻Tnでの実際の太陽光発電装置13の発電量を取得していなければ(ステップS104:No)、CPU51は、処理をステップS101にリターンする。

【0029】

時刻Tnでの実際の太陽光発電装置13の発電量を取得していれば(ステップS104:Yes)、CPU51は、時刻Tnでの太陽光発電装置13の発電量予測値と、同一の時刻Tnでの太陽光発電装置13の実際の発電量とを比較して、誤差を算出する(ステップS106)。そして、CPU51は、太陽光発電装置13の発電量予測値と実際の発電量との誤差に基づいて、パラメータを更新し(ステップS106)、処理をステップS101にリターンする。

10

【0030】

以上説明したように、本発明の第1の実施形態に係る太陽光発電量予測システム1では、ニューラルネットワークを用いた機械学習により、空画像から太陽光発電の発電量を予測している。本実施形態では、複雑な演算や、膨大な計測値が不要であるため、機械学習マシン11は、PCにより実現可能である。また、機械学習マシン11としてPCを用いた場合には、1需要家内でシステムが完結するため、他需要家との調整やセキュリティの確保などが不要となる。これにより、マイクログリッドにおいて、太陽光発電の発電量の予測値に応じて、他の電源の発電・放電を最適化することができる。

20

【0031】

なお、上述の例では、1つのカメラ12で空画像を撮影しているが、複数のカメラで様々な方向の空画像を撮影して、太陽光発電の発電量を予測しても良い。

【0032】

また、上述の例では、カメラ12からのRAW画像データを用いている。これは、画像データから画素値のデータに容易に展開できるからである。勿論、カメラ12の画像データを圧縮して記録しても良い。この場合、圧縮された画像データを展開してから、画素値のデータを取得することができる。

30

【0033】

また、上述の例では、カメラ12で、所定時間毎に空画像の静止画を撮影しているが、カメラ12で空画像の動画撮影を行うようにしても良い。

【0034】

また、上述の例では、機械学習手法としてニューラルネットを用いているが、他の機械学習手法(サポートベクターマシンなど)を用いてもよい。

【0035】

<第2の実施形態>

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。図6は、本発明の第2の実施形態に係る太陽光発電量予測システム101の構成を示すものである。

40

【0036】

図6に示すように、本発明の第2の実施形態に係る太陽光発電量予測システム101は、機械学習マシン111と、カメラ112と、太陽光発電装置113と、温度計121と、天気予報データ収集部122とから構成される。機械学習マシン111、カメラ112、太陽光発電装置113は、第1の実施形態における機械学習マシン11、カメラ12、太陽光発電装置13と同様である。

【0037】

本発明の第2の実施形態では、第1の実施形態に係る太陽光発電量予測システム1の構成に加えて、更に、温度計121と天気予報データ収集部122とが設けられている。温

50

度計 1 2 1 は、太陽光発電装置 1 1 3 が置かれている周辺の外気温を計測する。天気予報データ収集部 1 2 2 は、太陽光発電装置 1 1 3 が置かれている周辺の天気予報データ（降水確率、気圧、晴天／曇り／雨、等）を収集する。天気予報データは、例えば、インターネットにより取得できる。

【 0 0 3 8 】

前述の第 1 の実施形態では、ニューラルネットワークを用いた機械学習により、空画像から太陽光発電の発電量を予測している。本実施形態では、空画像だけでなく、更に、太陽光の発電量と関連のある情報、例えば、外気温や天気予報のデータを用いて、ニューラルネットワークを用いた機械学習により、太陽光発電の発電量を予測している。これにより、更に、太陽光発電の発電量の予測値の精度を上げることができる。

10

【 0 0 3 9 】

図 7 は、本発明の第 2 の実施形態における学習データ及び教師データを示し、図 7 (B) は予測値を示し、図 7 (C) はパラメータを示している。図 7 (A) に示すように、この実施形態では、空画像のデータの他に、外気温のデータと、天気予報のデータとが学習データとして用いられる。また、発電量の計測値が教師データとして用いられる。空画像のデータは、所定時間毎のカメラ 1 1 2 の撮影画像から取得される。外気温のデータは、所定時間毎の温度計 1 2 1 の計測値から取得される。天気予報のデータは、天気予報データ収集部 1 2 2 から取得される。発電量のデータは、実際の太陽光発電装置 1 1 3 の発電量の計測値である。

【 0 0 4 0 】

第 2 の実施形態では、これら空画像のデータと、外気温のデータと、天気予報のデータとから、図 7 (B) に示すように、太陽光発電装置 1 1 3 の発電量の予測値が求められる。そして、この太陽光発電装置 1 1 3 の発電量の予測値と、同一時刻の太陽光発電装置 1 1 3 の発電量の計測値との誤差に基づいて、図 7 (C) に示すようなパラメータが求められる。このパラメータは、同様の処理を繰り返すことで更新されていく。

20

【 0 0 4 1 】

図 8 は、本発明の第 2 の実施形態における入力データ及び出力データを示している。上述のように、太陽光発電装置 1 1 3 の発電量の予測値と、同一時刻の太陽光発電装置 1 1 3 の発電量の計測値との誤差に基づいて、最適なパラメータが求められる。太陽光発電装置 1 1 3 の発電量は、このパラメータを用いて予測される。

30

【 0 0 4 2 】

図 8 (A) は入力データ、図 8 (B) は出力データを示している。図 8 (A) に示すように、入力データとして、空画像のデータと、外気温のデータと、天気予報のデータとが入力されると、上述のようにして求められたパラメータを用いて、図 8 (B) に示すように、太陽光発電装置 1 1 3 の発電量の予測値が出力データとして得られる。

【 0 0 4 3 】

図 9 は、本発明の第 2 の実施形態に係る太陽光発電量予測システム 1 0 1 での入力データと教師データの例を示している。図 9 の例では、カメラ 1 1 2 からは、所定時間毎に、空画像のデータ「cloud1.bmp」、「cloud2.bmp」、「cloud3.bmp」が取得される。また、空画像を取得した各時点で、温度計 1 2 1 からは、外気温のデータ「B1度」、「B2度」、「B3度」が取得され、また、天気予報データ収集部 1 2 2 から、天気予報データ「C1」、「C2」、「C3」が取得される。これらが入力データとなる。また、太陽光発電装置 1 1 3 からは、発電量のデータ「A1キロワット」、「A2キロワット」、「A3キロワット」が取得される。この発電量データが教師データとなる。これらの入力データと教師データとを用いて、パラメータが求められる。

40

【 0 0 4 4 】

なお、上述の例では、空画像のデータの他に、外気温のデータと、天気予報のデータとを用いて、機械学習により、太陽光発電の発電量を予測しているが、更に、日射量、湿度等のデータを用いても良い。

【 0 0 4 5 】

50

なお、太陽光発電量予測システム 1、101の全部または一部の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行ってもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。

【0046】

また、「コンピュータシステム」は、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）も含むものとする。

また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであっても良い。

10

【0047】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

20

【符号の説明】

【0048】

- 1, 101 : 太陽光発電量予測システム
- 11, 111 : 機械学習マシン
- 12, 112 : カメラ
- 13, 113 : 太陽光発電装置
- 121 : 温度計
- 122 : 天気予報データ収集部

30

【図1】

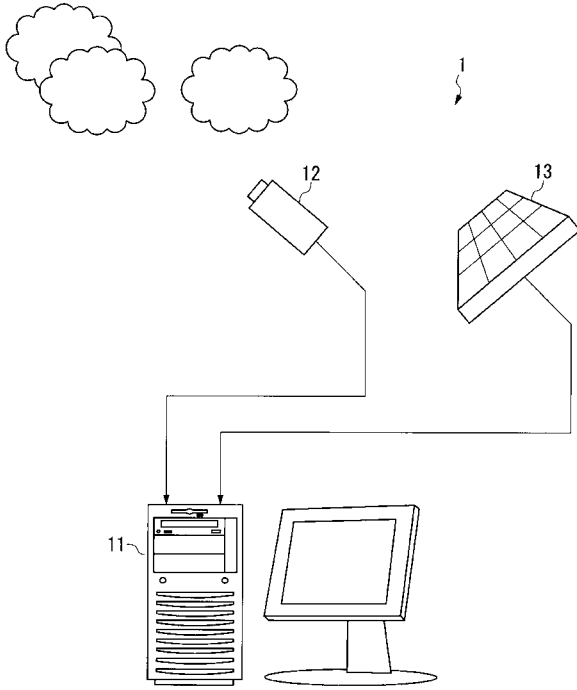


図1

【図2】

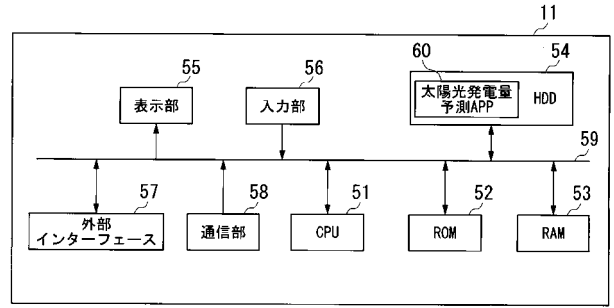


図2

【図3】

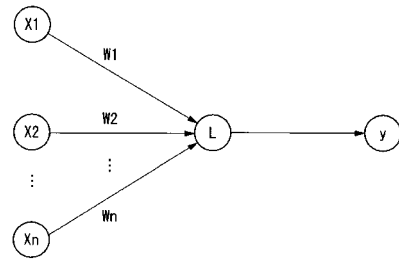


図3

【図4】

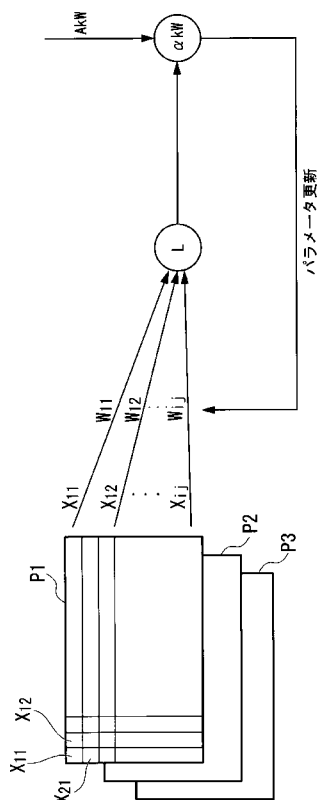


図4

【図5】

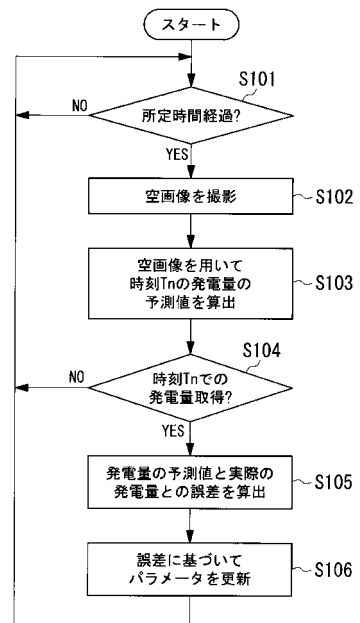


図5

【 図 6 】

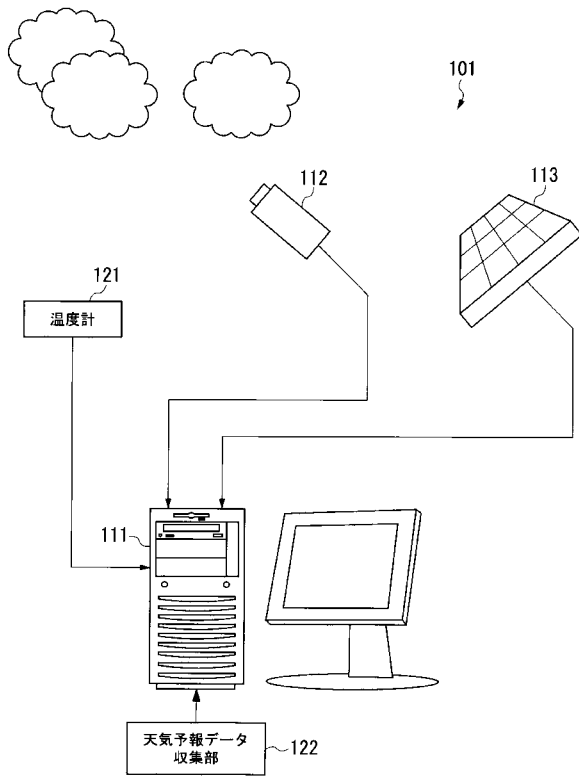


図 6

【 図 7 】

(A)

空画像	外気温	天気予報	発電量 (計測値)
X1.1	X2.1	X3.1	Y1
X1.2	X2.2	X3.2	Y2
X1.3	X2.3	X3.3	Y3

(B)

発電量 (予測値)
y1
y2
y3

(C)

パラメータ
W1
W2
W3

図 7

【 図 8 】

(A)

空画像	外気温	天気予報
X1.4	X2.4	X3.4
X1.5	X2.5	X3.5
X1.6	X2.6	X3.6

(B)

発電量 (予測値)
y4
y5
y6

図 8

【 図 9 】

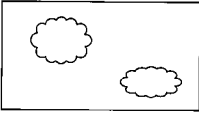
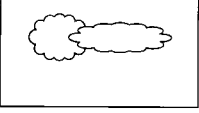
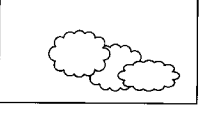
空画像	外気温	天気予報	発電量 (予測値)
 cloud1.bmp	B1°C	C1	A1 kW
 cloud2.bmp	B2°C	C2	A2 kW
 cloud3.bmp	B3°C	C3	A3 kW

図 9