

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6325331号
(P6325331)

(45) 発行日 平成30年5月16日 (2018.5.16)

(24) 登録日 平成30年4月20日 (2018.4.20)

(51) Int.Cl. F 1
GO 1 W 1/10 (2006.01) GO 1 W 1/10 R

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-93014 (P2014-93014)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成26年4月28日 (2014.4.28)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2015-210222 (P2015-210222A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成27年11月24日 (2015.11.24)	(74) 代理人	100107582
審査請求日	平成28年9月14日 (2016.9.14)		弁理士 関根 毅
		(74) 代理人	100117787
			弁理士 勝沼 宏仁
		(74) 代理人	100118876
			弁理士 鈴木 順生
		(72) 発明者	柿元 満
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内
		(72) 発明者	羽生 雄毅
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気象予測補正装置、気象予測補正方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

予測値を算出された気象情報の前記予測値に基づいて、時間関係に基づく気象情報の予測値、位置関係に基づく気象情報の予測値、及び物理学に基づく気象情報の予測値の少なくとも1つを算出する算出部と、

前記算出部により予測値が算出された前記気象情報を含む、予測値を算出された複数の気象情報の中から、対象気象情報の予測値を補正するための気象情報を選択する選択部と、

前記選択部により選択された前記気象情報を変数として含む補正式と、前記選択された気象情報の予測値とに基づいて、前記対象気象情報の予測値を補正する補正部と、
を備える気象予測補正装置。

【請求項 2】

前記選択部は、前記対象気象情報の測定値と前記複数の気象情報の予測値との相関度に基づいて、前記気象情報を選択する
請求項 1 に記載の気象予測補正装置。

【請求項 3】

前記予測値を算出された複数の気象情報には、数値シミュレーションにより予測値を算出された気象情報が含まれる

請求項 1 又は請求項 2 に記載の気象予測補正装置。

【請求項 4】

10

20

前記補正部により補正された対象気象情報の予測値と前記対象気象情報の測定値との比較結果に基づいて、前記補正式を更新するか否かを判定する判定部をさらに備える
請求項 1～請求項 3 のいずれか 1 項に記載の気象予測補正装置。

【請求項 5】

前記選択部は、測定値を取得された複数の気象情報の中から、前記対象気象情報の予測値を補正するための気象情報を選択する
請求項 1～請求項 4 のいずれか 1 項に記載の気象予測補正装置。

【請求項 6】

予測値を算出された気象情報の前記予測値に基づいて、時間関係に基づく気象情報の予測値、位置関係に基づく気象情報の予測値、及び物理学に基づく気象情報の予測値の少なくとも 1 つを算出し、

10

前記少なくとも 1 つの予測値が算出された前記気象情報を含む、予測値を算出された複数の気象情報の中から、対象気象情報の予測値を補正するための気象情報を選択し、

選択された前記気象情報を変数として含む補正式と、前記選択された気象情報の予測値とに基づいて、前記対象気象情報の予測値を補正する、
気象予測補正方法。

【請求項 7】

予測値を算出された気象情報の前記予測値に基づいて、時間関係に基づく気象情報の予測値、位置関係に基づく気象情報の予測値、及び物理学に基づく気象情報の予測値の少なくとも 1 つを算出する算出ステップと、

20

前記算出ステップにより予測値が算出された前記気象情報を含む、予測値を算出された複数の気象情報の中から、対象気象情報の予測値を補正するための気象情報を選択する選択ステップと、

選択された前記気象情報を変数として含む補正式と、前記選択された気象情報の予測値とに基づいて、前記対象気象情報の予測値を補正する補正ステップと、
をコンピュータに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】

本発明の実施形態は、気象予測補正装置及び気象予測補正方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

今日、気象予測の基本は数値シミュレーションである。数値シミュレーションは、主に大気物理学に基づいて大気の動的挙動を数値モデル化したプログラムを用いて実行される。しかしながら、数値シミュレーションで用いられる数値モデルが現実の大気の動的挙動を簡略化したものであることや、数値シミュレーションで用いられる初期値に誤差が含まれることが原因となり、数値シミュレーションにより得られる予測値と、実際の測定値との間には誤差が生じる。

【0003】

従来、この誤差を、数値シミュレーションの数値モデルとは異なる統計的モデルを用いて補正する試みが行われている。統計的モデルを用いた補正方法として、例えば、気象情報の予測値と測定値との関係から、線形回帰モデルを用いて誤差を算出する方法が提案されている。

40

【0004】

しかしながら、ある気象状態における個々の気象情報（例えば気温）は、当該気象状態における他の複数の気象情報（例えば日射量や湿度など）と密接に関連しているため、上述のような、個々の気象情報の予測値と計測値とから誤差を算出する統計的モデルでは、予測値を精度よく補正することが困難であった。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【0005】

【特許文献1】特開2011-159199号公報

【特許文献2】特開2012-10508号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

気象情報を高精度に予測することができる気象予測補正装置及び気象予測補正方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

10

一実施形態に係る気象予測補正装置は、選択部と、生成部と、補正部とを備える。選択部は、予測値を算出された複数の気象情報の中から、対象気象情報の予測値を補正するための気象情報を選択する。生成部は、選択部により選択された気象情報を変数として含む補正式を生成する。補正部は、生成部により生成された補正式と、気象情報の予測値とに基づいて、対象気象情報の予測値を補正する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1実施形態に係る気象予測補正装置の機能構成を示すブロック図。

【図2】予測値DBに記憶された予測値の履歴データの一例を示す図。

【図3】測定値DBに記憶された測定値の履歴データの一例を示す図。

20

【図4】第1実施形態に係る気象予測補正装置のハードウェア構成を示す図。

【図5】第1実施形態に係る気象予測補正方法を示すフローチャート。

【図6】第2実施形態に係る気象予測補正装置の機能構成を示すブロック図。

【図7】予測値算出部による予測値算出方法の例を示す図。

【図8】予測値DBに記憶された予測値の履歴データの一例を示す図。

【図9】第2実施形態に係る気象予測補正方法を示すフローチャート。

【図10】第3実施形態に係る気象予測補正装置の機能構成を示すブロック図。

【図11】第3実施形態に係る気象予測補正方法を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0009】

30

以下、気象予測補正装置（以下、「補正装置」という）及び気象予測補正方法（以下、「補正方法」という）の実施形態について図面を参照して説明する。

【0010】

（第1実施形態）

まず、第1実施形態に係る補正装置及び補正方法について、図1～図5を参照して説明する。図1は、本実施形態に係る補正装置の機能構成を示すブロック図である。図1に示すように、補正装置10は、予測値DB11と、測定値DB12と、変数選択部13と、補正式生成部14と、補正式記憶部15と、予測値補正部16とを備える。

【0011】

補正装置10は、対象となる気象情報（以下、「対象気象情報」という）の予測値を、補正式を用いて補正する。ここでいう気象情報とは、気象状態を示す物理量や当該物理量から算出される特徴量のことであり、例えば、気温、気圧、風速、相対湿度、雲量、日射強度、降雨量、降雪量、日射量、及びshowalter指数などが含まれる。

40

【0012】

以下では、便宜のため、補正装置10により補正される前の予測値を単に予測値と称し、補正された後の予測値を補正值と称する。また、気象情報Xの予測値をX_p、測定値をX_m、補正值をX_aと称する。例えば、気温Tの予測値はT_p、測定値はT_m、補正值はT_aである。

【0013】

予測値DB11は、複数の気象情報の、過去の予測値を記憶するデータベースである。

50

過去の予測値とは、現在以前の予測日時に対して算出された予測値のことである。各気象情報の予測値は、時系列の履歴データとして記憶されている。

【0014】

予測値DB11は、気象数値シミュレータ20から複数の気象情報の予測値を取得する。気象数値シミュレータ20は、大気の状態の時間的な変化を、物理法則に従った数値モデルを利用してシミュレーションし、各種の気象情報の予測値を算出する装置である。

【0015】

気象数値シミュレータ20は、数値モデルとして、流体方程式や、放射計算、雲物理計算などを利用する。放射計算は、雲量と、雲量に基づく太陽光の散乱を考慮して、地表に届く光の量や大気の温まり方を計算するために用いられる。放射計算は、日射強度の予測値を算出する際に重要な数値モデルである。

10

【0016】

雲物理計算は、大気中の水分量に基づいて、水蒸気として存在する水分量、凝集し水滴となる水分量、氷として存在する水分量、雨となり降下する水分量などを計算するために用いられる。雲物理計算は、降雨量や降雪量の予測値を算出する際に重要な数値モデルであるとともに、日射強度の予測値を算出する際にも重要な数値モデルである。これは、雲物理計算により、雲量が算出されるためである。

【0017】

気象数値シミュレータ20は、地表からの輻射や水蒸気の蒸発量などを計算するために、上記以外の複数の数値モデルを利用してもよい。また、気象数値シミュレータ20は、3次元空間上の異なる地点ごとに気象情報の予測値を算出することも可能である。

20

【0018】

ここで、図2は、予測値DB11に記憶された予測値の一例を示す図である。図2において、uは東西方向の風速(m/sec)、vは南北方向の風速(m/sec)、wは鉛直方向の風速(m/sec)、pは気圧(Pa)、Tは気温(K)、hは相対湿度(%)を表す。図2では、予測間隔が10分となっているが、予測間隔はこれに限られない。気象数値シミュレータ20が、3次元空間上の異なる地点ごとに気象情報の予測値を算出する場合には、予測値DB11には、図2のような履歴データが、異なる地点ごとに記憶されていてもよい。

【0019】

なお、予測値DB11は、気象数値シミュレータ20が予測値を算出する複数の気象情報のうち、一部の気象情報の予測値を記憶してもよいし、全ての気象情報の予測値を記憶してもよい。また、予測値DB11には、気象数値シミュレータ20以外の外部装置から取得された気象情報の予測値が記憶されてもよい。

30

【0020】

測定値DB12は、対象気象情報を含む少なくとも1つの気象情報の測定値を記憶するデータベースである。各気象情報の測定値は、時系列の履歴データとして記憶されている。

【0021】

測定値DB12は、気象情報測定装置30から、対象気象情報を含む少なくとも1つの気象情報の測定値を取得する。気象情報測定装置30は、気象情報を測定する測定装置である。気象情報測定装置30として、例えば、日射計、温度計、湿度計、及び風量計や、これらを組合せた計測装置を用いることができる。また、測定値DB12は、異なる地点に設置された複数の気象情報測定装置30から気象情報の測定値を取得してもよい。

40

【0022】

ここで、図3は、測定値DB12に記憶された測定値の一例を示す図である。図3において、Tは気温(K)、hは相対湿度(%)を表す。図3では、測定間隔が10分となっているが、測定間隔はこれに限られない。また、測定値DB12が、異なる地点に設置された複数の気象情報測定装置30から気象情報の測定値を取得する場合には、測定値DB12には、図3のような履歴データが、異なる地点ごとに記憶されていてもよい。

50

【0023】

変数選択部13（以下、「選択部13」という）は、予測値DB11に予測値を記憶された気象情報の中から、対象気象情報の予測値を補正するための気象情報を選択する。変数選択部13が選択した気象情報が、補正式に用いられる変数となる。選択部13は、変数として対象気象情報の予測値の補正に適した気象情報を選択する。

【0024】

一般に、補正式に用いられる変数が多いと、過学習と呼ばれる現象が起きやすくなる。過学習とは、補正式に含まれるパラメータを最適化する過程で、最適化のために用いたデータに対してのみ高い補正精度を有するように、パラメータが最適化されてしまうことである。過学習が起きると、一般に、補正式の補正精度は低下する。選択部13により、補正に適した気象情報だけを変数として選択することにより、このような過学習を避けることができる。

10

【0025】

また、一般に、気象数値シミュレータ20は多数の気象情報の予測値を算出するため、気象数値シミュレータ20から取得した全ての気象情報が補正式の変数として用いられると、最適化に必要な計算量が増大する恐れがある。選択部13により、気象情報を選択することにより、このような計算量の増大を防ぐことができる。

【0026】

ここで、選択部13による、気象情報の選択方法について説明する。選択部13は、補正に適した気象情報として、対象気象情報の測定値と相関の高い気象情報を選択する。選択部13は、まず、測定値DB12から取得した対象気象情報の測定値と、予測値DB11から取得した各気象情報の予測値と、の相関度を算出する。相関度の算出方法については後述する。

20

【0027】

選択部13は、予測値DB11に記憶された全ての気象情報について相関度を算出すると、算出した相関度に基づいて、1つ又は複数の気象情報を選択する。選択部13は、例えば、予め決められた所定数の気象情報を、相関度が高い順に選択してもよいし、所定の閾値より相関度が高い気象情報を選択してもよい。選択部13による気象情報の選択方法はこれに限られない。

【0028】

なお、一般に、対象気象情報の予測値を補正する補正式には当該対象気象情報が含まれるため、選択部13は、変数の1つとして対象気象情報を選択する。そこで、選択部13は、相関度を算出せずに対象気象情報を変数として選択してもよい。これにより、選択部13の計算量を削減することができる。

30

【0029】

次に、相関度の算出方法について説明する。ここでいう相関度とは、2つの量の相関の度合いを示すパラメータである。相関度として、例えば、相関係数を用いることができる。一般に、2つの量 ξ 、 η の値の組 $(\xi_1, \eta_1), \dots, (\xi_N, \eta_N)$ が与えられたとき、その相関係数 $\text{corr}(\xi, \eta)$ は、以下の式で計算することができる。

【0030】

40

【数 1】

$$\text{corr}(\xi, \eta) = \frac{\text{cov}(\xi, \eta)}{\text{var}(\xi)^{1/2} \text{var}(\eta)^{1/2}}$$

ただし、

$$\begin{aligned}\bar{\xi} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \xi_i, \\ \text{cov}(\xi, \eta) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\xi_i - \bar{\xi})(\eta_i - \bar{\eta}), \\ \text{var}(\xi) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\xi_i - \bar{\xi})^2\end{aligned}$$

10

【0031】

また、相関度として、 ξ と η との誤差の平均 $\epsilon(\xi, \eta)$ や、二乗誤差の平均 $\epsilon^2(\xi, \eta)$ を用いることもできる。 $\epsilon(\xi, \eta)$ 、 $\epsilon^2(\xi, \eta)$ は、以下の式で計算することができる。

20

【0032】

【数 2】

$$\begin{aligned}\epsilon(\xi, \eta) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\xi_i - \eta_i| \\ \epsilon^2(\xi, \eta) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\xi_i - \eta_i)^2\end{aligned}$$

30

【0033】

以上説明した相関係数、誤差平均、及び二乗誤差平均は、いずれも値が小さい方が、相関度が高いことを意味する。なお、相関度は、相関係数、誤差平均、及び二乗誤差平均に限られず、相関度として、2つの量の相関の度合いを示す任意のパラメータを用いることができる。

【0034】

補正式生成部14（以下、「生成部14」という）は、選択部13により選択された気象情報を変数として含む補正式を生成する。補正式は、一般に、複数の変数（気象情報）と複数のパラメータとからなり、例えば、以下のような線形回帰式となる。

40

【0035】

【数 3】

$$\theta_a = A_1 \varphi_1 + A_2 \varphi_2 + \dots + A_N \varphi_N + B$$

【0036】

ここで、 θ_a は、対象気象情報 θ の補正值、 A_i （ $i = 1 \sim N$ ）及び B はパラメータ、 φ_i （ $i = 1 \sim N$ ）は選択部13により選択された N 個の気象情報の予測値である。

【0037】

生成部14は、補正式の各変数 φ_i に、予測値DB11から取得した時刻 t における予

50

測値 ϕ_{it} を代入して、時刻 t における補正值 θ_{at} を算出する。そして、算出した補正值 θ_{at} と、測定値 DB 12 から取得した時刻 t における対象気象情報 θ の測定値 θ_{mt} とを比較して、補正值 θ_{at} と測定値 θ_{mt} との差の所定期間の合計値 I が小さくなるように、各パラメータ A_i 及び B の値を決定する。補正值 θ_{at} と測定値 θ_{mt} との差として二乗誤差を用いる場合、下記の I が最小となるように、パラメータ A_i の値を決定する。

【0038】

【数4】

$$I = \sum_{t=1}^T (\theta_{mt} - \theta_{at})^2 \quad 10$$

【0039】

このとき、各パラメータ A_i は、以下の式の解として容易に決定することができる。

【0040】

【数5】

$$\frac{\partial I}{\partial A_i} = 0 \quad 20$$

【0041】

このように、生成部 14 は、パラメータを最適化された補正式を生成する。補正式により補正された予測値が、測定値に合うように、補正式のパラメータを最適化する操作を学習と呼ぶ。生成部 14 は、生成した補正式を補正式記憶部 15 に記憶する。なお、補正式は、線形回帰式に限られず、ロジスティック回帰などの非線形回帰式であってもよい。

【0042】

補正式記憶部 15（以下、「記憶部 15」という）は、生成部 14 が生成した補正式を記憶する。対象気象情報が複数ある場合、記憶部 15 は、対象気象情報ごとに補正式を記憶する。

30

【0043】

予測値補正部 16（以下、「補正部 16」という）は、生成部 14 により生成された補正式と、予測値 DB 11 から取得した予測値とに基づいて、対象気象情報の予測値を補正し、対象気象情報の補正值 θ_a を算出する。補正值 θ_a は、補正式の各変数 ϕ_i に、測定値 DB 11 から取得した気象情報 ϕ_i の予測値 ϕ_{ip} を代入することにより算出される。例えば、対象気象情報 θ の時刻 t における補正值 θ_{at} を算出する場合、補正式の各変数 ϕ_i に、時刻 t における気象情報 ϕ_i の予測値 ϕ_{ip_t} を代入する。

【0044】

補正部 16 により補正された対象気象情報の予測値は、補正装置 10 のユーザの利用する端末に出力される。或いは、外部機器に送信され、送信された機器における制御に利用される。

40

【0045】

以上説明した補正装置 10 は、コンピュータ装置 100 を基本ハードウェアとして使用することで実現することができる。コンピュータ装置 100 は、図 4 に示すように、CPU 101 と、入力部 102 と、表示部 103 と、通信部 104 と、主記憶部 105 と、外部記憶部 106 とを備え、これらはバス 107 により相互に接続されている。

【0046】

入力部 102 は、キーボード、マウス等の入力デバイスを含み、入力デバイスの操作による操作信号を CPU 101 に出力する。表示部 103 は、LCD (Liquid Crystal Display)、CRT (Cathode Ray Tube) 等の表示ディスプレイを含む。通信部 104 は、無

50

線または有線の通信手段を有し、所定の通信方式で、気象数値シミュレータ20や気象情報測定装置30などの外部装置と通信を行う。

【0047】

外部記憶部106は、例えば、ハードディスク、メモリ装置、CD-R、CD-RW、DVD-RAM、DVD-R等の記憶媒体である。外部記憶部106は、補正装置10の処理をCPU101に実行させるためのプログラムを記憶している。

【0048】

主記憶部105は、CPU101による制御の下で、外部記憶部106に記憶されたプログラムを展開し、プログラムの実行時に必要なデータ、及び制御プログラムの実行により生じたデータ等を記憶する。CPU101が当該プログラムを実行することにより、選択部13、生成部14、及び補正部16の機能構成は実現される。主記憶部105は、不揮発性メモリや揮発性メモリ等の任意のメモリ装置により構成される。

10

【0049】

なお、上記のプログラムは、コンピュータ装置100に予めインストールされていてもよいし、CD-ROM等の記憶媒体に記憶され、コンピュータ装置100に適宜インストールされてもよい。また、コンピュータ装置100は、入力部102及び表示部103を備えない構成も可能である。

【0050】

次に、本実施形態に係る補正装置10の動作について、図5を参照して説明する。図5は、補正装置10による予測値の補正方法を示すフローチャートである。図5において、処理の開始時点では、補正式が生成されていないものとする。

20

【0051】

まず、選択部13は、対象気象情報 θ に応じた気象情報を、予測値DB11に記憶された気象情報の中から選択する(ステップS1)。上述の通り、選択部13は、対象気象情報 θ の測定値 θ_m と、予測値DB11に記憶された気象情報 ϕ の予測値 ϕ_p との相関度を算出し、算出した相関度に応じて、相関度が高い気象情報 ϕ_i ($i=1, \dots, N, N \geq 1$)を選択する。

【0052】

次に、生成部14は、気象情報 ϕ_i を変数として含む補正式のパラメータを最適化することにより、補正式を生成する(ステップS2)。パラメータは、対象気象情報 θ の測定値 θ_m と、補正式に気象情報 ϕ_i の予測値 ϕ_{ip} を代入して得られる補正值 θ_a と、の差が最小になるように決定される。

30

【0053】

次に、補正部16は、予測時刻における、各気象情報 ϕ_i の予測値 ϕ_{ip} を、予測値DB11から取得し(ステップS3)、予測時刻における補正值 θ_a を算出する(ステップS4)。

【0054】

予測時刻が複数設定され、予測値 θ_p を補正されていない予測時刻が存在する場合(ステップS5のNO)、処理はステップS3に戻り、補正部16は、未処理の予測時刻における補正值 θ_a を算出する。一方、全ての予測時刻に対して予測値 θ_p の補正が終了した場合(ステップS5のYES)、処理はステップS6に進む。

40

【0055】

ステップS6において、対象気象情報が複数設定され、予測時刻 θ_p を補正されていない対象気象情報が存在する場合(ステップS6のNO)、処理はステップS1に戻り、選択部13は、未処理の対象気象情報に応じた気象情報を選択する。一方、全ての対象気象情報に対して予測時刻 θ_p の補正が終了した場合(ステップS6のYES)、補正装置10の処理は終了する。

【0056】

以上説明した通り、本実施形態に係る補正装置10及び補正方法によれば、予測時刻における対象気象情報の予測値を、対象気象情報と相関度の高い複数の気象情報からなる補

50

正式によって、統計的に補正することができる。したがって、対象気象情報の予測値と測定値との関係から予測値を統計的に補正する従来の補正装置に比べて、精度よく予測値を補正する、すなわち、対象気象情報を精度よく予測することができる。

【0057】

なお、上記の説明では、処理の開始時点で補正式が生成されていない場合について説明したが、補正式がすでに生成されている場合には、ステップS1, S2を省略すればよい。この場合、補正部16は、記憶部15から生成済みの補正式を取得して、対象気象情報の補正値を算出する。

【0058】

また、本実施形態において、補正装置10と、気象数値シミュレータ20と、気象情報測定装置30とは、それぞれ別体として構成されているが、これらの装置のうち2つ以上を一体に構成することも可能である。

10

【0059】

(第2実施形態)

次に、第2実施形態に係る補正装置及び補正方法について、図6～図9を参照して説明する。ここで、図6は本実施形態に係る補正装置10を示すブロック図である。図6に示すように補正装置10は、予測値算出部17をさらに備える。他の構成は第1実施形態に係る補正装置10と同様である。

【0060】

予測値算出部17（以下、「算出部17」という）は、予測値DB11に記憶された気象情報の予測値に基づいて、新たな気象情報の予測値を算出する。すなわち、算出部17は、予測値DB11に記憶された気象情報から、新たな気象情報を生成することができる。算出部17が算出した新たな気象情報の予測値は、予測値DB11に記憶される。選択部13は、気象数値シミュレータ20により予測値を算出された気象情報と、算出部17により予測値を算出された新たな気象情報と、の中から補正式の変数となる気象情報を選択する。図6に示すように、算出部17は、時間構造抽出部171と、空間構造抽出部172と、物理構造抽出部173とを備える。

20

【0061】

時間構造抽出部171は、予測値DB11に記憶された気象情報の予測値から、時間関係に基づく新たな気象情報の予測値を算出する。時間関係に基づく新たな気象情報とは、同一地点の異なる日時における気象情報から算出される気象情報である。このような気象情報として、同一地点の異なる日時における気象情報の差分を算出することが考えられる。ある気象情報 $V(t)$ の差分は、以下の式により算出することができる。

30

【0062】

【数6】

$$V_p(t) \rightarrow \frac{V_p(t) - V_p(t - \delta t)}{\delta t}$$

【0063】

上記の式において、 δt は任意である。一般に、時間的に大きく変動する気象情報が存在する場合、気象状態が大きく変わっていることを意味しており、当該気象情報の変動が予測値の誤差の原因となっている可能性が高い。そのため、同一地点の異なる日時における気象情報の差分を補正式の変数として用いることで、補正の精度を向上させることができる。

40

【0064】

同一地点の異なる日時における気象情報の差分は、上記のような1階差分ではなく、2階差分などの高次元の差分であってもよいし、差分の絶対値に意味がない場合には、 δt による割り算を省略してもよい。

【0065】

50

また、時間関係に基づく新たな気象情報として、同一地点の異なる日時における気象情報の平均を算出することも考えられる。ある気象情報 V の平均は、以下の式により算出することができる。

【0066】

【数7】

$$V_p(t) \rightarrow \bar{V}_p(t) = \frac{V_p(t) + V_p(t - \delta t)}{2}$$

10

【0067】

上記の式において、 δt は任意である。一般に、数値シミュレーションによる個々の予測値に誤差が生じている場合であっても、平均的には予測精度が高い場合が多い。そのため、同一地点の異なる日時における気象情報の平均を補正式の変数として用いることで、補正式の補正精度を向上させることができる。

【0068】

空間構造抽出部 172 は、予測値 DB11 に記憶された気象情報の予測値から、位置関係に基づく新たな気象情報の予測値を算出する。位置関係に基づく気象情報とは、異なる地点の同一日時における気象情報から算出される気象情報である。このような気象情報として、異なる地点の同一日時における気象情報の差分、平均、及び合計などを算出することが考えられる。

20

【0069】

例えば、平面上の地点 A の上空の高度 i における雲量 C_i が予測値 DB11 に記憶されている場合、地点 A の上空の全ての高度の雲量 C_i を合計した総雲量 C_{total} を算出することが考えられる。総雲量 C_{total} は、以下の式により算出される。

【0070】

【数8】

$$C_{total} = \sum_i C_i$$

30

【0071】

対象気象情報が日射強度の場合、各高度 i での雲量 C_i より、総雲量 C_{total} の方が、日射強度の予測値の補正に有効である可能性が高い。このように、位置関係に基づく新たな気象情報を補正式の変数として用いることで、補正式の補正精度を向上させることができる。

【0072】

なお、時間関係及び位置関係に基づく気象情報は、上述のような差分、平均、及び合計に限られず、予測値 DB11 に記憶された気象情報の分散、標準偏差、期待値、相加平均、及び相乗平均や、フーリエ変換やウェーブレット変換して得られる値（周波数など）であってもよい。

40

【0073】

物理構造抽出部 173 は、予測値 DB11 に記憶された気象情報の予測値から、物理学に基づく新たな気象情報の予測値を算出する。物理学に基づく気象情報とは、気象状態を示すために有意な、物理学（気象学）的に算出される気象情報である。このような気象情報として、気象状態を示す変数（気象情報）が本来有する意味を利用することが考えられる。

【0074】

例えば、気象現象は空気の流れの中で生じるため、空気の流れに沿ってある量がどれだけ変化しているかが根本的に意味を持つ。そこで、ある気象情報の、質量微分を算出する

50

ことが考えられる。質量微分は以下の式により算出することができる。

【0075】

【数9】

$$\frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$$

【0076】

また、物理学に基づく気象情報として、気象学的に知られている指数を用いることも考えられる。例えば、気象学では、大気の安定度を評価するShowalter指数と呼ばれる指数が知られている。Showalter指数は、以下の式で表される。

10

【0077】

【数10】

$$\text{Showalter 指数} = T_{500} - T_{500}^*$$

【0078】

上記の式において、 T_{500} は、500hPaにおける気温であり、 T_{500}^* は、850hPaの空気塊を断熱的に凝結高度まで持ち上げ、そこから湿潤断熱的に500hPaまで持ち上げたときの当該空気塊の気温である。

20

【0079】

Showalter指数は、数値シミュレーションでは計算されない場合が多いが、予測値DB11に記憶された気象情報から算出することができる。大気が不安定な場合、数値シミュレーションの予測値の誤差が大きくなる可能性が高い。Showalter指数を補正式の変数として用いることで、補正式の補正精度を向上させることができる。

【0080】

なお、気象学的に知られている指数は、K指数やLifted指数などであってもよいし、アンサンブル予測により算出される予測値の不確定性であってもよい。

【0081】

ここで、図8は、予測値DB11に記憶された予測値の一例を示す図である。図8において、 v は南北方向の風速(m/sec)の差分、 p (バー)は平均気圧(Pa)、 $T_{500} - T_{500}^*$ はShowalter指数(°C)を表す。図8では、予測間隔が10分となっているが、予測間隔はこれに限られない。気象数値シミュレータ20が、3次元空間上の異なる地点ごとに気象情報の予測値を算出する場合には、予測値DB11には、図8のような履歴データが、異なる地点ごとに記憶されていてもよい。

30

【0082】

なお、新たな予測値の算出方法は、上記の方法に限られず、時間関係、位置関係、及び物理学に基づく気象情報を任意に組み合わせて、新たな気象情報を生成することも可能である。ここで、図7は、予測値算出部17による新たな予測値の算出方法の例を示す図である。図7(A)～(C)は、時間構造抽出部171、空間構造抽出部172、及び物理構造抽出部173のいずれかだけを用いて新たな予測値を算出する方法を示している。

40

【0083】

図7(D)は、時間構造抽出部171により時間関係に基づく新たな予測値を算出し、当該新たな予測値に基づいて、物理構造抽出部173により物理学に基づく新たな予測値を算出する方法を示している。

【0084】

図7(E)は、時間構造抽出部171及び物理構造抽出部173を用いて、新たな予測値をそれぞれ算出する方法を示している。図7(F)は、時間構造抽出部171及び物理構造抽出部173を用いて、新たな予測値をそれぞれ算出し、これらの予測値に基づいて、物理構造抽出部173により物理学に基づく新たな予測値を算出する方法を示している

50

。

【0085】

算出部17による新たな予測値の算出方法は、図7に示した例に限られず、図7の例の順番や組合せを変化させてもよい。また、これらの算出方法を任意に組み合わせて新たな予測値を算出することも可能である。

【0086】

次に、本実施形態に係る補正装置10による補正方法について、図9を参照して説明する。図9は、補正装置10による処理を示すフローチャートである。

【0087】

まず、算出部17は、予測値DB11から気象情報の予測値を取得し、新たな気象情報の予測値を算出する（ステップS7）。算出部17により生成された新たな気象情報は、予測値DB11に記憶される。新たな気象情報の生成方法は上述の通りである。

10

【0088】

その後、選択部13は、予測値DB11に記憶された気象情報の中から補正式に用いる気象情報を選択する（ステップS1）。以降の処理は、第1実施形態に係る補正方法と同様である。

【0089】

以上説明した通り、本実施形態に係る補正装置及び補正方法によれば、予測値DB11に記憶された気象情報から、新たな気象情報を生成し、当該新たな気象情報を補正式の変数として用いることができる。これにより、生成可能な補正式の範囲を拡張することができる。

20

【0090】

また、新たな気象情報として、予測値の補正により適した気象情報を生成して補正式を生成することにより、予測値の補正精度を向上させることができる。

【0091】

例えば、数値シミュレーションにより、基本的な気象情報しか算出されていない場合であっても、それらの気象情報から、日射量、雲量、及び降水量などの、より補正に適した気象情報を生成することが可能となる。

【0092】

（第3実施形態）

30

次に、第3実施形態に係る補正装置及び補正方法について、図10及び図11を参照して説明する。ここで、図10は本実施形態に係る補正装置の機能構成を示すブロック図である。図10に示すように補正装置10は、更新判定部18を備える。他の構成は第1実施形態に係る補正装置10と同様である。

【0093】

更新判定部18（以下、「判定部18」という）は、記憶部15に記憶された補正式を更新するか否かを判定する。判定部18は、例えば、補正式による補正精度に基づいて、更新するか否かを判定する。

【0094】

具体的には、判定部18は、対象気象情報 θ の補正值 θ_a と測定値 θ_m とを比較し、比較結果に応じた補正精度を算出する。判定部18は、補正精度として、 θ_m と θ_a との誤差の平均 ε や、二乗誤差の平均 ε^2 を用いることができる。 ε 、 ε^2 は、以下の式で計算することができる。

40

【0095】

【数 1 1】

$$\epsilon = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\theta_{mi} - \theta_{ai}|$$

$$\epsilon^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\theta_{mi} - \theta_{ai})^2$$

10

【0096】

判定部 18 は、算出された補正精度と、閾値とを比較して、補正精度が閾値を下回った場合に、補正式を更新すると判定する。閾値は、予め設定された所定値であってもよいし、外部から入力可能な可変の値であってもよい。

【0097】

補正式の補正精度が、期間が経過するほど劣化しやすくなると考えられる場合には、上記のような誤算の単純平均のかわりに、加重平均や平滑平均などを用いてもよい。

【0098】

また、判定部 18 は、例えば、季節の変化に基づいて、更新するか否か判定してもよい。これは、ある季節に生成された補正式の補正精度は、当該季節の間は維持されるが、次の季節に移り変わると劣化する、ということが考えられるためである。

20

【0099】

具体的には、一年を、春（3月～5月）、梅雨（6月～7月中旬）、夏（7月下旬～8月）、秋（9月～11月）、冬（12月～2月）というように分割し、季節ごとの期間を設定する。判定部 18 は、設定された期間が経過するごとに、補正式を更新するよう判定する。

【0100】

なお、上記の期間は一例であり、例えば、一年を 365 日に分割してもよいし、1 週間ごとに分割してもよい。

30

【0101】

次に、本実施形態に係る補正装置 10 による補正方法について、図 11 を参照して説明する。図 11 は、補正装置 10 による処理を示すフローチャートである。

【0102】

まず、判定部 18 は、記憶部 15 から対象気象情報に応じた補正式を取得し、当該補正式を更新するか否か判定する（ステップ S8）。判定方法は上述の通りである。

【0103】

判定部 18 が補正式を更新すると判定した場合（ステップ S8 の YES）、処理はステップ S1 に進む。以降の処理は、第 1 実施形態と同様である。一方、判定部 18 が補正式を更新しないと判定した場合（ステップ S8 の NO）、処理はステップ S3 に進み、補正部 16 は、記憶部 15 から生成済みの補正式を取得して、対象気象情報の補正値を算出する。

40

【0104】

以上説明した通り、本実施形態に係る補正装置及び補正方法によれば、補正式が生成されてから、判定部 18 が当該補正式を更新すると判定するまでの期間、同一の補正式が利用され、新たな補正式の生成処理が行われな。したがって、補正処理における計算量を低減し、補正処理の高速化することができる。また、判定部 18 は、補正精度が維持されるように更新の判定を行うため、補正精度の維持したまま、計算量を低減することができる。

【0105】

50

(第4実施形態)

次に、第4実施形態に係る補正装置及び補正方法について説明する。本実施形態において、補正装置10の構成は第1実施形態に係る補正装置10と同様である。

【0106】

上述の各実施形態では、補正式の変数として、数値シミュレーションにより予測値を算出された気象情報や、当該気象情報の予測値から算出された新たな気象情報が用いられてきた。本実施形態では、これらの気象情報とともに、気象情報測定装置30により測定値を取得された気象情報が、補正式の変数として用いられる。

【0107】

すなわち、選択部13は、対象気象情報の予測値を補正するための気象情報として、予測値DB11に予測値を記憶された1以上の気象情報と、測定値DB12に測定値を記憶された1以上の気象情報と、を選択する。選択部13による気象情報の選択方法は第1実施形態と同様である。

10

【0108】

本実施形態では、例えば、明日の気温の予測値を補正するために、今日の気温や降水量の測定値を用いるような場合を想定している。したがって、補正式に変数として含まれる上記の測定値には、予測時刻以前の測定値が代入される。

【0109】

選択部13により、測定値DB12から選択される気象情報は、対象気象情報と測定地点が異なる同種の気象情報であってもよい。すなわち、対象気象情報が日射量の場合、選択部13は、測定地点が異なる日射量を変数として選択することができる。

20

【0110】

以上のような構成により、本実施形態に係る補正装置及び補正方法によれば、生成可能な補正式の範囲を拡張することができる。

【0111】

なお、本実施形態に係る補正装置10に、算出部17をさらに備える構成も可能である。算出部17により、測定値DB12に記憶された気象情報から、新たな気象情報を生成し、選択部13が当該新たな気象情報を補正式の変数として選択してもよい。これにより、生成可能な補正式の範囲をさらに拡張することができる。

【0112】

30

例えば、気象情報測定装置20により、気象情報が画像として観測され、測定値DB12に記憶されている場合、算出部17は、当該画像から特徴量を算出してもよい。具体的には、画像の平均的な明るさ、色合いなどの特徴量を気象情報として算出することが可能である。

【0113】

なお、本発明は上記各実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記各実施形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることによって種々の発明を形成できる。また例えば、各実施形態に示される全構成要素からいくつかの構成要素を削除した構成も考えられる。さらに、異なる実施形態に記載した構成要素を適宜組み合わせてもよい。

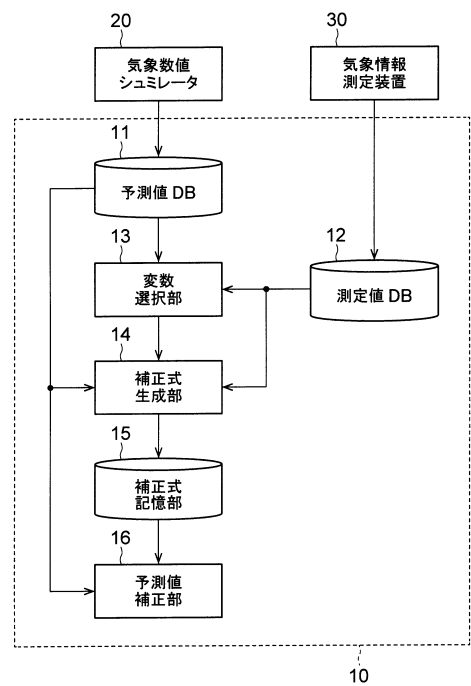
40

【符号の説明】

【0114】

10：気象予測補正装置、11：予測値DB、12：測定値DB、13：変数選択部、14：補正式生成部、15：補正式記憶部、16：予測値補正部、17：予測値算出部、171：時間構造抽出部、172：空間構造抽出部、173：物理構造抽出部、18：更新判定部、20：気象数値シミュレータ、30：気象情報測定装置、100：コンピュータ装置、101：CPU、102：入力部、103：表示部、104：通信部、105：主記憶部、106：外部記憶部、107：バス

【図 1】



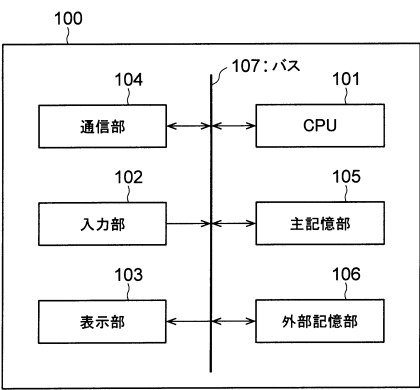
【図 2】

時刻	u	v	w	p	T	h	日射強度	雲量
...	...	...	...	...	...	...	...	...
2013-06-22 06:00:00	2.0	3.2	-0.3	980	298	33	532	0.01
2013-06-22 06:10:00	2.1	3.0	-0.3	980	297	34	800	0.11
2013-06-22 06:20:00	2.2	2.9	-0.5	992	295	33	422	0.07
2013-06-22 06:30:00	2.2	2.5	-0.7	995	294	34	729	0.05
2013-06-22 06:40:00	2.1	2.5	-0.3	1012	292	33	618	0.03
...	...	...	...	...	...	...	...	...

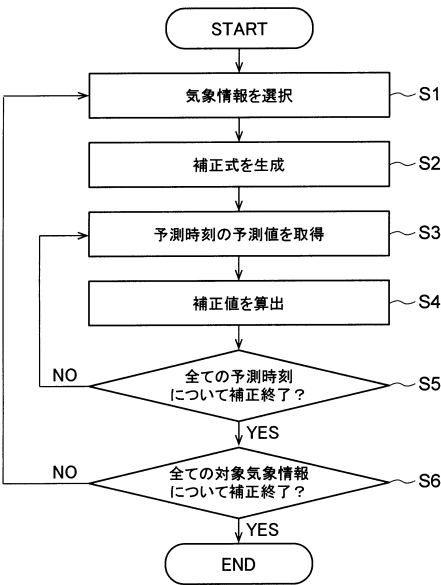
【図 3】

時刻	T	h
...	...	...
2013-06-22 06:00:00	293.2	33.2
2013-06-22 06:10:00	293.5	33.9
...	...	...

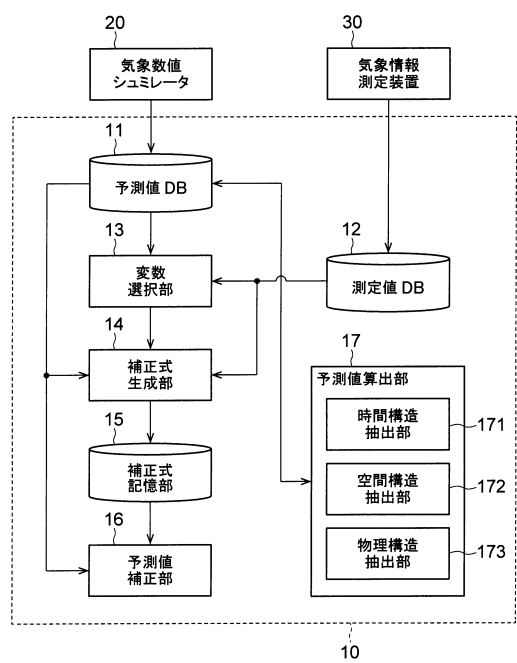
【図 4】



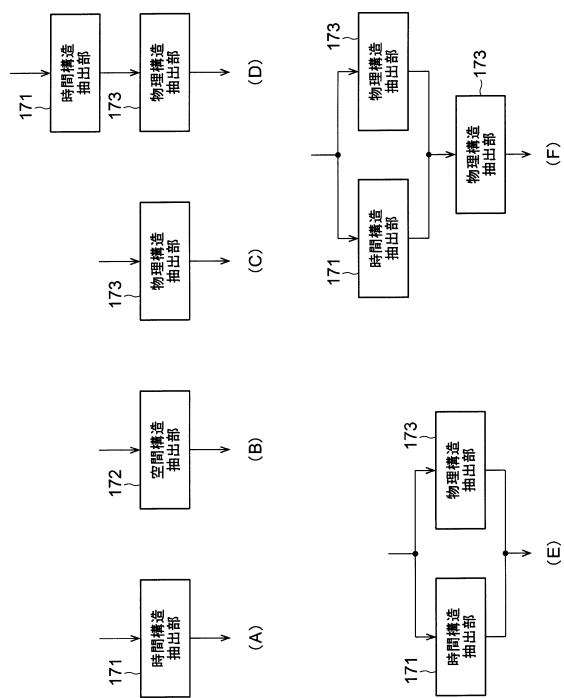
【図 5】



【図 6】



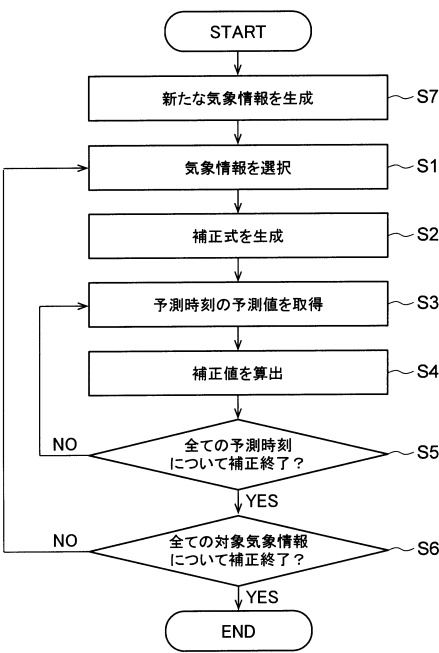
【図 7】



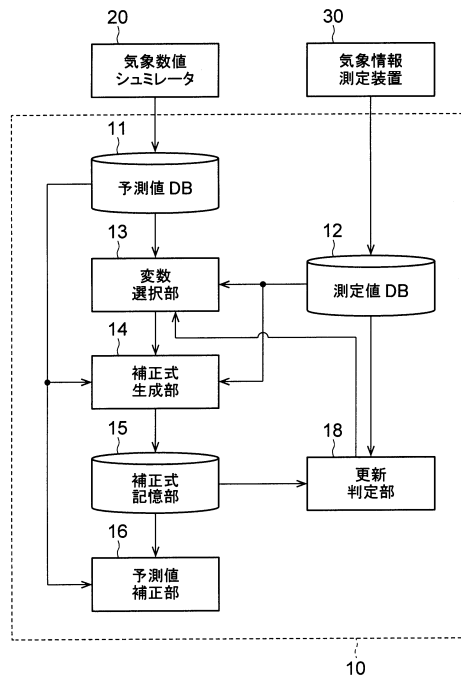
【図 8】

時刻	...	$V_t - V_{t-1}$	$\bar{p}$	$T_{500} - T_{500}^*$	...
...	...	...	...	...	...
2013-06-22 06:00:00	...	0.2	979	5.0	...
2013-06-22 06:10:00	...	-0.2	980	5.5	...
2013-06-22 06:20:00	...	-0.1	986	4.9	...
2013-06-22 06:30:00	...	-0.4	993	4.8	...
2013-06-22 06:40:00	...	0.0	996	4.7	...
...	...	...	...	...	...

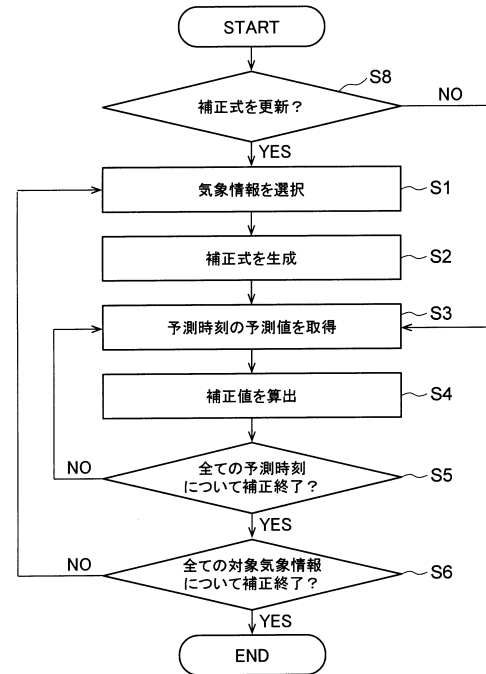
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 河原 智一
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 小林 英樹
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 鎌田 雄喜
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 素川 慎司

- (56)参考文献 特開2005-274171 (JP, A)
特開昭50-127682 (JP, A)
特開平11-064538 (JP, A)
特開2011-150496 (JP, A)
特開平09-167152 (JP, A)
特開2011-053168 (JP, A)
特開平06-301669 (JP, A)
特開2004-019583 (JP, A)
特開2009-047515 (JP, A)
特開2001-349960 (JP, A)
特開平05-253797 (JP, A)
米国特許出願公開第2008/0167822 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01W 1/00