

(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
2019年3月14日(14.03.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/049601 A1

- (51) 国際特許分類:
G01W 1/10 (2006.01) G01W 1/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/029852
- (22) 国際出願日: 2018年8月9日(09.08.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-170844 2017年9月6日(06.09.2017) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY) [JP/JP]; 〒1828522 東京都調布市深大寺東町七丁目4番地1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉川 栄一(YOSHIKAWA, Eiichi); 〒1828522 東京都調布市深大寺東町七丁目4番地1 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構内 Tokyo (JP). 牛尾 知雄(USHIO,

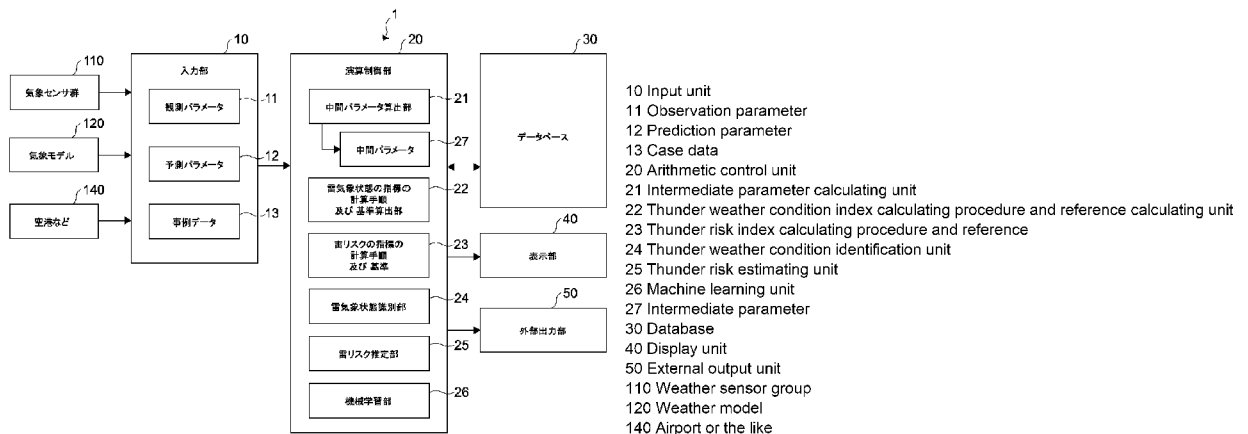
Tomoo); 〒1910065 東京都日野市旭が丘六丁目6番地 公立大学法人首都大学東京日野キャンパス内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大森 純一(OMORI, Junichi); 〒1070052 東京都港区赤坂7-5-4 U & M 赤坂ビル2F 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, 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, JO, 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,

(54) Title: THUNDER THREAT INFORMATION PROVIDING DEVICE, THUNDER THREAT INFORMATION PROVIDING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 雷脅威情報の提供装置、雷脅威情報の提供方法及びプログラム



(57) Abstract: [Problem] To provide a thunder threat information providing device, a thunder threat information providing method and a program capable of providing a user with accurate information relating to the threat of thunder. [Solution] This thunder threat information providing device 1 includes: an input unit 10 for inputting an observation parameter 11 relating to meteorological observed data, a prediction parameter 12 relating to meteorological predicted data, and case data 13 relating to a case that occurred in relation to the occurrence of thunder; an intermediate parameter calculating unit which, on the basis of the input observation parameter 11 and prediction parameter 12, calculates an intermediate parameter 27 which is a parameter relating to a physical quantity associated with the occurrence of thunder and which cannot be obtained directly from the observed data or the predicted data; and an arithmetic control unit 20 which estimates the threat of thunder on the basis of the observation parameter 11, the prediction parameter 12, the case data 13 and the intermediate parameter 27.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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))

(57) 要約: 【課題】雷の脅威に関する精度の良い情報をユーザに提供することができる雷脅威情報の提供装置、雷脅威情報の提供方法及びプログラムを提供すること。【解決手段】雷脅威情報の提供装置1は、気象の観測データについての観測パラメータ11、気象の予測データについての予測パラメータ12及び雷の発生に関連して発生した事例についての事例データ13を入力する入力部10と、入力された観測パラメータ11及び予測パラメータ12に基づき、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって観測データ又は予測データから直接得られない中間パラメータ27を算出する中間パラメータ算出部と、観測パラメータ11、予測パラメータ12、事例データ13及び中間パラメータ27に基づき、雷の脅威を推定する演算制御部20とを有する。

明 細 書

発明の名称：

雷脅威情報の提供装置、雷脅威情報の提供方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、航空機被雷の危険性など、雷の脅威に関する情報を提供する雷脅威情報の提供装置、雷脅威情報の提供方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 航空機運航は、巡航フェーズと離着陸フェーズに大別され、それぞれに個別の気象情報支援技術が用いられる。巡航フェーズにおける雷気象情報支援としては、気象庁が運用するLIDENを用いた情報が広く用いられており、また巡航中の航空機は回避行動をとりやすいことも合わせて、巡航フェーズの被雷はあまり発生していない。一方、被雷全体の90%以上が離着陸フェーズにおいて発生している（非特許文献1参照）。

[0003] ハネウエル社は、航空機搭載レーダに対して脅威検知機能を付加しており、この脅威検知機能は雷を含む種々の気象脅威を検知することができる。ただし、現状は何の脅威かは特定できないものと思われる。

この機能は、航空機搭載レーダの観測値であるエコー強度のみから脅威検知を行うものであるが、そもそも雷（自然雷）発生とエコー強度の相関は低いことが知られており、航空機避雷に対する効果は少ないと予想される。この機能は国内の運航会社が一部導入しているが、実運用に移る前の検証段階である（特許文献1参照）。

[0004] 自衛隊（小松基地）では、Lightning Detection and Warning System (LiDAS)と呼ばれるシステムを配備している。LiDASは、気象レーダと雷放電標定装置、電場計で構成されるシステムであり、作業員が観測結果を見て、航空機被雷の危険性を総合的に判断している。一部航空会社が利用しており、効果を挙げている。

雷に関連する複数種類の気象観測データを使用することで、総合的には雷

発生に相関が高い情報を得ているものと考えられるが、システムとして雷気象状態を識別する機能を持たず、習熟した作業員による識別が必要である。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-241412号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：WEATHER-Eyeビジョン、WEATHER-Eyeコンソーシアム、4.4節
平成29年2月22日 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 発行

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明の目的は、雷の脅威に関する精度の良い情報をユーザに提供することができる雷脅威情報の提供装置、雷脅威情報の提供方法及びプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するため、本発明の一形態に係る雷脅威情報の提供装置は、気象の観測データについての観測パラメータ、気象の予測データについての予測パラメータ及び雷の発生に関連して発生した事例についての事例データを入力する入力部と、前記入力された観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって前記観測データ又は前記予測データから直接得られない中間パラメータを算出する中間パラメータ算出部と、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、雷の脅威を推定する雷脅威推定部とを具備する。

本発明では、観測パラメータ、予測パラメータ及び事例データに加えて、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって観測データ又は予測データから直接得られない中間パラメータを用いて雷の脅威を推定しているので、雷の脅威に関する精度の良い情報をユーザに提供することができる

。

[0009] 本発明の一形態に係る雷脅威情報の提供装置は、前記雷脅威推定部が、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、所定の分解能で雷気象状態を識別する雷気象状態識別部を有してもよい。

[0010] 本発明の一形態に係る雷脅威情報の提供装置は、前記雷脅威推定部が、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、被雷に伴うＱＣＤ（品質・コスト・期限）に関する損失を含む雷リスクを推定する雷リスク推定部を有してもよい。

[0011] 本発明の一形態に係る雷脅威情報の提供装置は、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記中間パラメータ及び前記事例データを関連付けて蓄積するデータベースを更に具備し、前記入力部は、リアルタイム又は準リアルタイムに取得した前記観測パラメータ及び前記予測パラメータを入力し、前記中間パラメータ算出部は、前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、前記中間パラメータを算出し、前記雷脅威推定部は、前記データベースに蓄積された観測パラメータ、予測パラメータ、中間パラメータ及び事例データに基づき、前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した観測パラメータ、予測パラメータ及び前記中間パラメータに対応する雷の脅威を推定するように構成してもよい。

[0012] 本発明の一形態に係る雷脅威情報の提供装置は、前記雷気象状態識別部における状態識別の計算手順及び判断基準が、機械学習によって決定され、且つ、更新されるように構成してもよい。

本発明の一形態に係る雷脅威情報の提供装置は、前記雷リスク推定部におけるリスク推定の計算手順及び判断基準が、機械学習によって決定され、且つ、更新されるように構成してもよい。

これにより、雷の脅威に関するより精度の良い情報をユーザに提供することができる。

[0013] 本発明の一形態に係る雷脅威情報の提供方法は、気象の観測データについ

ての観測パラメータ、気象の予測データについての予測パラメータ及び雷の発生に関連して発生した事例についての事例データを入力し、前記入力された観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって前記観測データ又は前記予測データから直接得られない中間パラメータを算出し、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、雷の脅威を推定し、前記推定した雷の脅威に関する情報を表示する。

[0014] 本発明の一形態に係る雷脅威情報の提供方法は、前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、所定の分解能で雷気象状態を識別してもよい。

[0015] 本発明の一形態に係る雷脅威情報の提供方法は、前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、被雷に伴うQCD（品質・コスト・期限）に関する損失を含む雷リスクを推定する。

[0016] 本発明の一形態に係るプログラムは、気象の観測データについての観測パラメータ、気象の予測データについての予測パラメータ及び雷の発生に関連して発生した事例についての事例データを入力し、前記入力された観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって前記観測データ又は前記予測データから直接得られない中間パラメータを算出し、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、雷の脅威を推定し、前記推定した雷の脅威に関する情報を表示部に表示するステップをコンピュータに実行させる。

[0017] 本発明の一形態に係るプログラムは、前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、所定の分解能で雷気象状態を識別するステップをコンピュータに実行させてもよい。

[0018] 本発明の一形態に係るプログラムは、前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、被雷に伴うＱＣＤ（品質・コスト・期限）に関する損失を含む雷リスクを推定するステップをコンピュータに実行させてもよい。

発明の効果

[0019] 本発明により、雷の脅威に関する精度の良い情報をユーザに提供することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の一実施形態に係る雷脅威情報の提供装置の構成を示すブロック図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る雷気象状態の識別技術を説明するための図である。

[図3]本発明の一実施形態に係る雷リスクの推定技術を説明するための図である。

[図4]本発明の一実施形態に係る雷気象状態及び雷リスクに関する指標の計算手順及び基準の決定のフローを説明するためのブロック図である。

[図5]本発明の一実施形態に係る雷脅威情報の提供装置の運用時のフローを説明するためのブロック図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

この実施形態は、本発明に係る雷脅威情報の提供装置を、空港周辺をカバーする地上設置型のシステムに適用した例である。なお、本発明は実施形態に限定して解釈されないことは勿論である

[0022] [雷脅威情報の提供装置の構成]

図1は、本発明の一実施形態に係る雷脅威情報の提供装置の構成を示すブロック図である。

雷脅威情報の提供装置1は、入力部10と、演算制御部20と、データベース30と、表示部40と、外部出力部50とを有する。

- [0023] 入力部 10 は、複数種類の観測パラメータ 11、予測パラメータ 12 及び事例データ 13 が入力される。観測パラメータ 11 は、航空機や様々な地点から取得される。予測パラメータ 12 は、例えば気象庁など公的機関やコマーシャルベースの機関から提供される気象予測データに応じたパラメータである。事例データ 13 は、例えば空港を離着陸した、典型的には着陸した航空機について各空港やデータセンタ 140 などから取得される。
- [0024] 観測パラメータ 11 は、気象の観測データについてのパラメータであり、気象センサ群 110 から得られたパラメータである。観測パラメータ 11 は、典型的には、空港気象レーダから取得したエコー強度やドップラー速度の時空間分布、フライトデータレコーダやラジオゾンデから取得した航空機位置や気温の高度分布などである。
- [0025] 予測パラメータ 12 は、気象の予測データについてのパラメータであり、気象モデル 120 から得られたパラメータである。予測パラメータ 12 は、典型的には、気象モデル 120 から取得した当該時刻もしくは周辺時刻の水蒸気量である。
- [0026] 事例データ 13 は、雷の発生に関連して発生した実際の事例についてのデータである。典型的には、事例データ 13 としては、被雷有無を問わずレーダエコーに接近して着陸した航空機を選定し、その航空機についての被雷の有無、被雷した場合は被雷時刻、機体の損傷程度、被雷による運航への影響である。
- [0027] 演算制御部 20 は、装置全体を統括的に制御するとともに、中間パラメータ算出部 21 と、雷気象状態の指標の計算手順及び基準算出部 22 と、雷リスクの指標の計算手順及び基準 23 と、雷気象状態識別部 24 と、雷リスク推定部 25 と、機械学習部 26 とを有する。雷リスクとは、被雷に伴う QCD（品質・コスト・期限）に関する損失もそのリスクの中を含む。
- [0028] 中間パラメータ算出部 21 は、中間パラメータ 27 を算出する。中間パラメータ 27 は、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって観測データ又は予測データから直接得られないパラメータである。中間パラメ

ータ算出部 21 は、典型的には、三軸風向風速や乱流スペクトル強度、エコー強度の短期予測結果などである。

三軸風向風速は、気象レーダで計測される視線方向速度と気象モデルが出力する風向風速を、統合処理することによる高精度の風向風速である。気象レーダ、気象モデル、どちらも単体で風向風速を計算できるが、どちらも精度が不十分あるのに対して、三軸風向風速は精度が高い。三軸風向風速のうち特に上昇流速度が雷との関連が深い。

乱流スペクトル強度は、電荷の拡がりに関連が深いと考えられ、上記三軸風向風速から計算可能な値である。

エコー強度の短期予測結果は、エコー強度の時空間分布から算出される。

[0029] 雷気象状態の指標の計算手順及び基準算出部 22 は、データベース 30 に蓄積された過去の観測パラメータ 11、予測パラメータ 12、中間パラメータ 27 と事例データ（被雷有無）13 との関係性から、雷気象状態識別指標の計算手順及び判断基準を、計算機等によって自動で学習する。雷気象状態識別指標の計算手順及び判断基準は、設計者が任意に設定してもよい。

[0030] 雷リスクの指標の計算手順及び基準算出部 23 は、データベース 30 に蓄積された過去の観測パラメータ 11、予測パラメータ 12、中間パラメータ 27 と事例データ（被雷有無や被雷による運航への影響）13 との関係性から、雷リスク指標の計算手順及び判断基準を、計算機等によって自動で学習する。雷リスク指標の計算手順及び判断基準は、設計者が任意に設定してもよい。

[0031] 雷気象状態識別部 24 は、上記の雷気象状態識別指標の計算手順及び判断基準に基づき、リアルタイム又は準リアルタイムで入力部 10 により入力された観測パラメータ 11、予測パラメータ 12 及び中間パラメータ 27 に対応する雷気象状態を所定の分解能で識別する。

[0032] ここでの中間パラメータ 27 は、リアルタイム又は準リアルタイムで入力部 10 により入力された観測パラメータ 11 及び予測パラメータ 12 に基づき算出されたパラメータである。

- [0033] 所定の分解能とは、典型的には、雷気象状態（被雷の危険性がある状態）を、航空機の経路選択に資する程度の分解能である。具体的には、例えば、分解能は、1 km×1 km平面、所定の高さ単位の空間グリッドで網羅する程度である。
- [0034] 雷リスク推定部25は、上記の雷リスク指標の計算手順及び判断基準に基づき、リアルタイム又は準リアルタイムで入力部10により入力された観測パラメータ11、予測パラメータ12及び中間パラメータ27に対応する雷リスクを推定する。
- [0035] この中間パラメータ27は、上記と同様に、リアルタイム又は準リアルタイムで入力部10により入力された観測パラメータ11及び予測パラメータ12に基づき算出されたパラメータである。
- [0036] 機械学習部26は、雷気象状態の指標の計算手順及び基準算出部22及び雷リスクの指標の計算手順及び基準算出部23における計算手順及び判断基準を機械学習により更新する。
- [0037] データベース30は、観測パラメータ11、予測パラメータ12、中間パラメータ27及び事例データ13を関連付けて蓄積する。データベース30に格納されるデータは、例えば、以下の項目を各列に格納する時系列データである。
- ・ 観測パラメータ11
 - 時間
 - 航空機位置
 - 航空機計測気温
 - レーダエコー関連パラメータ
 - ・ 中間パラメータ27
 - 風向風速関連パラメータ
 - ・ 予測パラメータ12
 - 水蒸気量関連パラメータ
 - ・ 事例データ13

被雷有無

被雷損傷程度

運航への影響度

[0038] 表示部40は、雷気象状態の識別結果や雷リスクの推定結果を地図上に表示する。

外部出力部50は、雷気象状態の識別結果や雷リスクの推定結果を地図上に表示することができるデータを外部に出力する。例えば、当該装置は、外部出力部50の出力を、送信機（図示を省略）介して空港に着陸しようとする航空機に送信し、航空機のコックピット内の表示部（図示を省略）に表示させるようにしてもよい。これにより、航空機を操縦するパイロットは、その表示に基づいて被雷のリスクを自ら判断し、その空港に着陸するか否かを決めることができる

[0039] [雷気象状態の識別技術について]

図2は、雷気象状態の識別技術を説明するための図である。

雷気象状態の指標の計算手順及び基準算出部22による雷気象状態識別指標の計算手順及び判断基準の算出は、例えば概念的には以下のとおり行われる。

[0040] 図2のx軸を観測パラメータ11、予測パラメータ12及び中間パラメータ27のうち一つのパラメータ値、y軸を観測パラメータ11、予測パラメータ12及び中間パラメータ27のうち他のパラメータ値として、データベース30の観測パラメータ11、予測パラメータ12及び中間パラメータ27のデータ201をプロットする。

[0041] これとともに、事例データ13から被雷有無のデータを得て、プロット点のデータのそれぞれについて被雷有無を明示する。図2中、白抜きの丸点が被雷なしのデータ、黒塗りの丸点が被雷有りのデータである。

[0042] 図2中、202の線分は、雷気象状態識別指標の判断基準である。この雷気象状態識別指標の判断基準の線分202は、被雷なしのデータ領域と被雷有りのデータの領域とを区分するように設定される。この設定は、計算機等

によって自動で学習してもよいし、設計者などが任意に設定してもよい。

[0043] 図2中では、線分202は直線であるが、一般的な曲線や一般的とはいえない曲線も含まれ、被雷なしのデータ領域と被雷有りのデータの領域とを区分する線であればよい。なお、被雷なしのデータ領域と被雷有りのデータの領域とを線分によって明確に区分できない場合もある。例えば、被雷なしのデータ領域の領域に黒塗りの丸点が含まれる場合もあるが、その場合には例えばそのような領域に含まれる黒塗りの丸点は無視して線引きをしても構わない。

[0044] 図2は、2つのパラメータに応じたデータをプロットしているが、3つ以上のパラメータに対するデータをプロット、つまり高次元プロットしてもよい。

[0045] 雷気象状態識別部24は、リアルタイム又は準リアルタイムで入力部10により入力された観測パラメータ11、予測パラメータ12及び中間パラメータ27に対応するデータが上記の図2の中のどの位置にあるかを判断し、その位置が線分202で区分される被雷なしのデータ領域と被雷有りのデータの領域のうちどちらにあるかを判断する。これにより、雷気象状態識別部24は、雷気象状態を識別する。

[0046] 機械学習部26は、データベース30にデータが蓄積されていくと、その蓄積されたデータに応じた機械学習により線分202を再設定（更新）する。これにより、より精度よく雷気象状態を識別することができるようになる。

[0047] この実施形態に係る雷脅威情報の提供装置1では、雷気象状態の識別情報に基づいて回避行動を取ることで、離着陸フェーズにおける被雷件数を削減することが期待できる。

[0048] [雷リスクの推定技術について]

図3は、雷リスク（運航リスク）の推定技術を説明するための図である。

雷リスクの指標の計算手順及び基準算出部23による雷リスク指標の計算手順及び判断基準の算出は、例えば概念的には以下のとおり行われる。

[0049] 図3の $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ は、データベース30に蓄積された観測パラメータ11、予測パラメータ12、中間パラメータ27及び事例データ13に基づき設定される。この設定は、計算機等によって自動で学習してもよいし、設計者などが任意に設定してもよい。

[0050] 事例データ13は、被雷有無を問わずレーダエコーに接近して着陸した航空機を選定し、その航空機についての被雷の有無、被雷した場合は被雷時刻、機体の損傷程度、被雷による運航への影響などである。事例データ13には、被雷に伴う経済的な損失が含まれる。

[0051] 雷リスクは、例えば、現在着陸しようとしている航空機が仮に着陸した場合に、被雷する確率や、被雷した場合の運航遅延時間や機体損傷程度、復旧に必要なコスト等の運航に対する影響度とから推定される指標である。例えば、雷リスクは、そのリスクの程度に応じて、「低」、「中」、「高」のようにリスクの程度が段階的に示される。

[0052] $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ は、リアルタイム又は準リアルタイムで入力部10により入力された観測パラメータ11、予測パラメータ12及び中間パラメータ27に応じて、上記のような段階を推定するための関数である。ここで、 n は例えば入力されるパラメータの数である。

[0053] リアルタイム又は準リアルタイムで入力部10により入力された観測パラメータ11、予測パラメータ12及び中間パラメータ27が $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ に入力されると、 $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ より「低」、「中」、「高」のようにリスクの程度が出力される。

$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ は例えば、 $y=a_1x_1+a_2x_2+\dots+a_nx_n$ のような線形関数である。データベース30で関連付けられ、事例ごとに存在する $(y, x_1, x_2, \dots, x_n)$ のセットから、 $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ を決定する。この場合、一般的には、 $(y, x_1, x_2, \dots, x_n)$ のセットは n 個以上必要で、最小二乗法等で $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ を決定することができる。

[0054] 機械学習部26は、データベース30にデータが蓄積されていくと、その蓄積されたデータに応じた機械学習により $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ を再

設定する。これにより、より精度よく雷リスクを推定することができるようになる。

例えば、機械学習部 26 は、ニューラルネットワークにより構成することができる。ニューラルネットワークは、例えば上記の線形関数を複数層組み合わせ構成される。例えば、文献「C.M.Bishop著 Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.」に詳しく記載されている。本発明は、上記の層の数を多く設定することで、深層学習を行ってもよい。

[0055] 国内の航空機運航では、年間数百件の被雷が発生している。航空機被雷が直接重大事故につながる可能性は極めて低いものの、機体外板等に発生する損傷を修理するために年間数億円規模の費用が発生していると推算されている。これは小修理のみの費用であるため、恒久修理を含めるとより大きな費用が発生していることになる。また、被雷を受けた機体の検査や応急処置には少なからず時間を要するため、小規模な損傷でもしばしば次便の遅延につながることはもちろん、大規模な損傷の場合は欠航に至り、運航スケジュールに大きな影響を及ぼす。更に我が国では、冬季日本海側において、冬季雷と呼ばれる高エネルギーの雷が発生し、長年運航各社にとっての懸念材料となっている。

[0056] この実施形態に係る雷脅威情報の提供装置 1 では、雷気象状態の如く気象物理量に準ずる指標ばかりでなく、雷リスク、言い換えると運航リスクに関する指標で評価し、その情報を提供することで、例えば運航者が特別な専門知識を有さずとも回避行動を取ることができ、加えて雷被害に対するリスクマネジメントを実施できるようになる

[0057] [雷気象状態及び雷リスクに関する指標の計算手順及び基準の決定のフロー]

図 4 は上記指標の計算手順及び基準の決定のフローを説明するためのブロック図である

(1) 航空機被雷に関するデータベース 30 の作成・保持

演算制御部 20 は、入力部 10 を介して気象センサ群 110 より観測パラ

メータ 1 1 を取得する (S 1)。

演算制御部 2 0 は、入力部 1 0 を介して気象モデル 1 2 0 より予測パラメータ 1 2 を取得する (S 2)。

演算制御部 2 0 は、観測パラメータ 1 1 及び予測パラメータ 1 2 より中間パラメータ 2 7 を算出する (S 3)。

演算制御部 2 0 は、事例データ 1 3 を取得する (S 4)。

演算制御部 2 0 は、これらのパラメータ 1 1、1 2、2 7 と事例データ 1 3 とを関連付けて航空機被雷に関するデータベース 3 0 に蓄積する (S 5)。

(2) 雷気象状態指標の計算手順及び判断基準の決定

演算制御部 2 0 は、上記入力データと事例データ (被雷有無) との関係性から、雷気象状態識別指標の計算手順及び判断基準を、計算機等によって自動で学習する (S 6)。

(3) 雷リスク指標の計算手順及び判断基準の決定

演算制御部 2 0 は、上記入力データと事例データ (被雷有無や被雷による運航への影響など) との関係性から、雷リスク指標の計算手順及び判断基準を、計算機等によって自動で学習する (S 7)。

(4) 機械学習

演算制御部 2 0 は、新たに収集した事例データ 1 3 を追加して、S 1 ~ S 7 を実施し、精度を高める。

[0058] [雷脅威情報の提供装置 1 の運用時のフロー]

図 5 は雷脅威情報の提供装置 1 の運用時のフローを説明するためのブロック図である。

(1) 観測パラメータの取得

演算制御部 2 0 は、入力部 1 0 を介して気象センサ群 1 1 0 より上記観測パラメータ 1 1 をリアルタイムで取得する (S 8)。

(2) 予測パラメータの取得

演算制御部 2 0 は、入力部 1 0 を介して気象モデル 1 2 0 より上記予測パ

ラメータ 12 を取得する (S9)。

(3) 中間パラメータ算出

演算制御部 20 は、上記観測パラメータ 11 及び予測パラメータ 12 より中間パラメータ 27 をリアルタイムで算出する (S10)。

(4) 雷気象状態識別

演算制御部 20 は、リアルタイムで取得した上記 3 種のパラメータ 11、12、27 を入力とし、S6 で決定した計算手順及び判断基準に従って、雷気象状態識別を行う (S11)。

(5) 雷リスク推定

演算制御部 20 は、リアルタイムで取得した上記 3 種のパラメータ 11、12、27 を入力とし、S7 で決定した計算手順及び判断基準に従って、雷リスク推定を行う (S12)。

(6) 表示

演算制御部 20 は、表示部 40 としての付属のディスプレイや外部出力部 50 を介して外部ディスプレイ 130 に、雷気象状態識別もしくは雷リスク推定結果を地図上に表示する (S13)。

[0059] [その他]

本発明は上記の実施形態に限定されず様々変形や応用が可能である。

例えば、無人機運航に本発明を適用することができる。無人機運航については、現在はルールがないが、無人機が多く飛行するようになれば、より安全な運航が求められる。そのような運航に本発明を適用することで安全性を高めることができる。

また、本発明は自然雷にも適用可能である。特に雷による停電によって経済的デメリットが大きい工場や、危険な物質や薬品などが漏れる危険性がある工場などの操業停止判断について本発明を適用することで経済性及び安全性の向上を図ることができる。

[0060] 上記の実施形態に関して、本発明は更に以下の方法やプログラムを開示する。

(1) 気象の観測データについての観測パラメータ、気象の予測データについての予測パラメータ及び雷の発生に関連して発生した事例についての事例データを入力し、

前記入力された観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって前記観測データ又は前記予測データから直接得られない中間パラメータを算出し、

前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、雷の脅威を推定し、

前記推定した雷の脅威に関する情報を表示する

雷脅威情報の提供方法。

(2) 上記(1)の雷脅威情報の提供方法であって、

前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、所定の分解能で雷気象状態を識別する

雷脅威情報の提供方法。

(3) 上記(1)又は(2)に記載の雷脅威情報の提供方法であって、

前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、被雷に伴うQCD(品質・コスト・期限)に関する損失を含む雷リスクを推定する

雷脅威情報の提供方法。

(4) 上記(1)、(2)又は(3)に記載の雷脅威情報の提供方法であって、

データベースに前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記中間パラメータ及び前記事例データを関連付けて蓄積し、

前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した前記観測パラメータ及び前記予測パラメータを入力し、

前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、前記中間パラメータを算出し、

前記データベースに蓄積された観測パラメータ、予測パラメータ、中間パラメータ及び事例データに基づき、前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した観測パラメータ、予測パラメータ及び前記中間パラメータに対応する雷の脅威を推定する

雷脅威情報の提供方法。

(5) 上記(2)に記載の雷脅威情報の提供方法であって、

前記状態識別の計算手順及び判断基準を、機械学習によって決定し、且つ、更新する

雷脅威情報の提供方法。

(6) 上記(3)に記載の雷脅威情報の提供方法であって、

前記リスク推定の計算手順及び判断基準を、機械学習によって決定し、且つ、更新する

雷脅威情報の提供方法。

(7) 気象の観測データについての観測パラメータ、気象の予測データについての予測パラメータ及び雷の発生に関連して発生した事例についての事例データを入力し、

前記入力された観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって前記観測データ又は前記予測データから直接得られない中間パラメータを算出し、

前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、雷の脅威を推定し、

前記推定した雷の脅威に関する情報を表示部に表示する

ステップをコンピュータに実行させるプログラム。

(8) 上記(7)に記載のプログラムであって、

前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、所定の分解能で雷気象状態を識別する

ステップをコンピュータに実行させるプログラム。

(9) 上記(7)又は(8)に記載のプログラムであって、

前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、被雷に伴うQCD(品質・コスト・期限)に関する損失を含む雷リスクを推定する

ステップをコンピュータに実行させるプログラム。

(10) 上記(7)、(8)又は(9)に記載のプログラムであって、

データベースに前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記中間パラメータ及び前記事例データを関連付けて蓄積し、

前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した前記観測パラメータ及び前記予測パラメータを入力し、

前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、前記中間パラメータを算出し、

前記データベースに蓄積された観測パラメータ、予測パラメータ、中間パラメータ及び事例データに基づき、前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した観測パラメータ、予測パラメータ及び前記中間パラメータに対応する雷の脅威を推定する

ステップをコンピュータに実行させるプログラム。

(11) 上記(8)に記載のプログラムであって、

前記状態識別の計算手順及び判断基準を、機械学習によって決定し、且つ、更新する

ステップをコンピュータに実行させるプログラム。

(12) 上記(9)に記載のプログラムであって、

前記リスク推定の計算手順及び判断基準を、機械学習によって決定し、且つ、更新する

ステップをコンピュータに実行させるプログラム。

符号の説明

[0061] 1 雷脅威情報の提供装置

10 入力部

- 1 1 観測パラメータ
- 1 2 予測パラメータ
- 1 3 事例データ
- 2 0 演算制御部
- 2 1 中間パラメータ算出部
- 2 4 雷気象状態識別部
- 2 5 雷リスク推定部
- 2 6 機械学習部
- 2 7 中間パラメータ
- 3 0 データベース
- 4 0 表示部

請求の範囲

- [請求項1] 気象の観測データについての観測パラメータ、気象の予測データについての予測パラメータ及び雷の発生に関連して発生した事例についての事例データを入力する入力部と、
- 前記入力された観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって前記観測データ又は前記予測データから直接得られない中間パラメータを算出する中間パラメータ算出部と、
- 前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、雷の脅威を推定する雷脅威推定部と
- を具備する雷脅威情報の提供装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の雷脅威情報の提供装置であって、
- 前記雷脅威推定部は、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、所定の分解能で雷気象状態を識別する雷気象状態識別部を有する
- 雷脅威情報の提供装置。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の雷脅威情報の提供装置であって、
- 前記雷脅威推定部は、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、被雷に伴うQCD（品質・コスト・期限）に関する損失を含む雷リスクを推定する雷リスク推定部を有する
- 雷脅威情報の提供装置。
- [請求項4] 請求項1から3のうちいずれか1項に記載の雷脅威情報の提供装置であって、
- 前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記中間パラメータ及び前記事例データを関連付けて蓄積するデータベースを更に具備し、
- 前記入力部は、リアルタイム又は準リアルタイムに取得した前記観測パラメータ及び前記予測パラメータを入力し、

前記中間パラメータ算出部は、前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、前記中間パラメータを算出し、

前記雷脅威推定部は、前記データベースに蓄積された観測パラメータ、予測パラメータ、中間パラメータ及び事例データに基づき、前記リアルタイム又は準リアルタイムに取得した観測パラメータ、予測パラメータ及び前記中間パラメータに対応する雷の脅威を推定する雷脅威情報の提供装置。

[請求項5] 請求項2に記載の雷脅威情報の提供装置であって、
前記雷気象状態識別部における状態識別の計算手順及び判断基準は、機械学習によって決定され、且つ、更新される雷脅威情報の提供装置。

[請求項6] 請求項3に記載の雷脅威情報の提供装置であって、
前記雷リスク推定部におけるリスク推定の計算手順及び判断基準は、機械学習によって決定され、且つ、更新される雷脅威情報の提供装置。

[請求項7] 気象の観測データについての観測パラメータ、気象の予測データについての予測パラメータ及び雷の発生に関連して発生した事例についての事例データを入力し、

前記入力された観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって前記観測データ又は前記予測データから直接得られない中間パラメータを算出し、

前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、雷の脅威を推定し、

前記推定した雷の脅威に関する情報を表示する雷脅威情報の提供方法。

[請求項8] 請求項7に記載の雷脅威情報の提供方法であって、
前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予

測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、所定の分解能で雷気象状態を識別する

雷脅威情報の提供方法。

[請求項9]

請求項7又は8に記載の雷脅威情報の提供方法であって、

前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、被雷に伴うQCD（品質・コスト・期限）に関する損失を含む雷リスクを推定する

雷脅威情報の提供方法。

[請求項10]

気象の観測データについての観測パラメータ、気象の予測データについての予測パラメータ及び雷の発生に関連して発生した事例についての事例データを入力し、

前記入力された観測パラメータ及び予測パラメータに基づき、雷の発生に関連する物理量についてのパラメータであって前記観測データ又は前記予測データから直接得られない中間パラメータを算出し、

前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、雷の脅威を推定し、

前記推定した雷の脅威に関する情報を表示部に表示する

ステップをコンピュータに実行させるプログラム。

[請求項11]

請求項10に記載のプログラムであって、

前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、所定の分解能で雷気象状態を識別する

ステップをコンピュータに実行させるプログラム。

[請求項12]

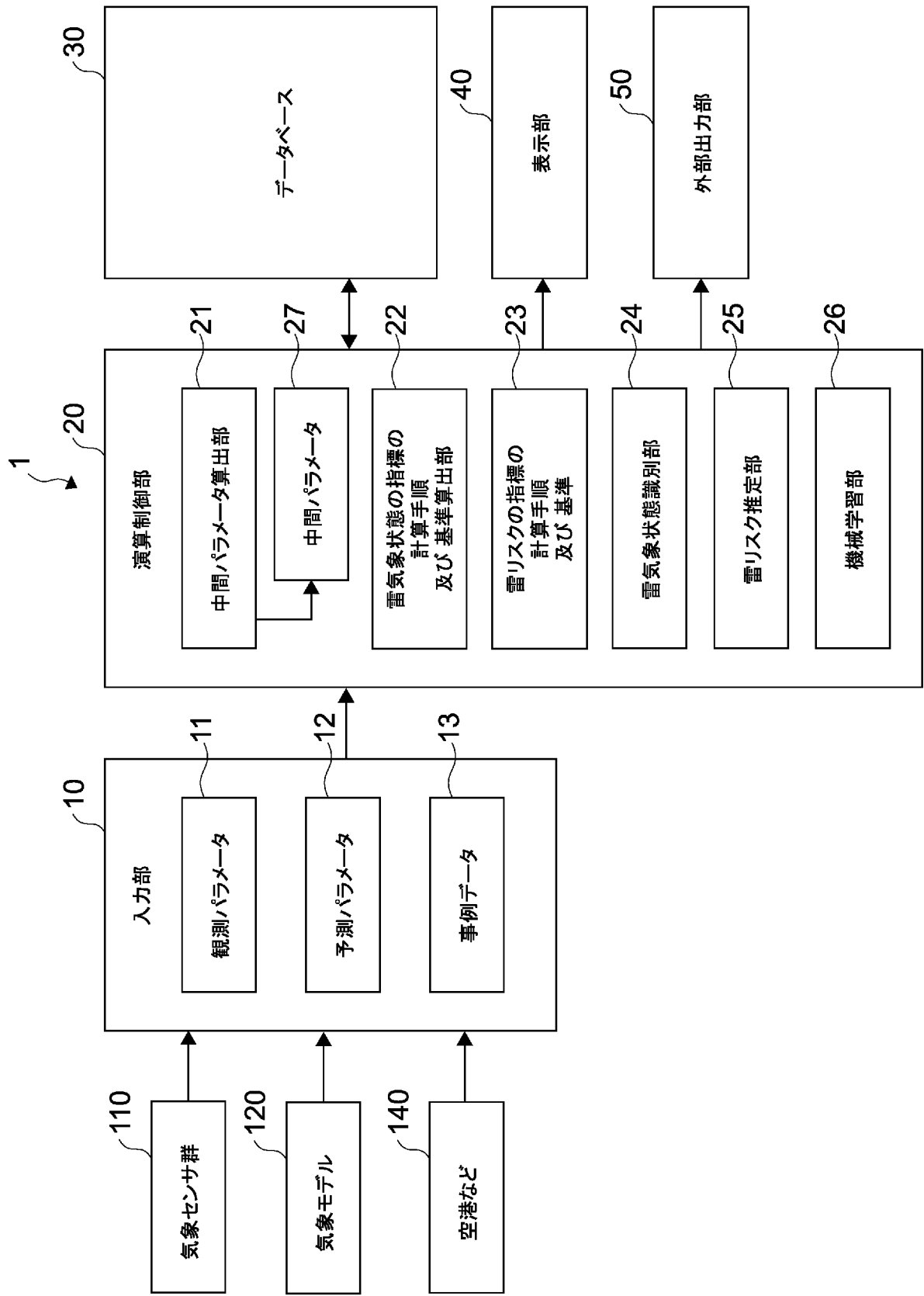
請求項10又は11に記載のプログラムであって、

前記雷の脅威を推定するステップは、前記観測パラメータ、前記予測パラメータ、前記事例データ及び前記中間パラメータに基づき、被雷に伴うQCD（品質・コスト・期限）に関する損失を含む雷リスク

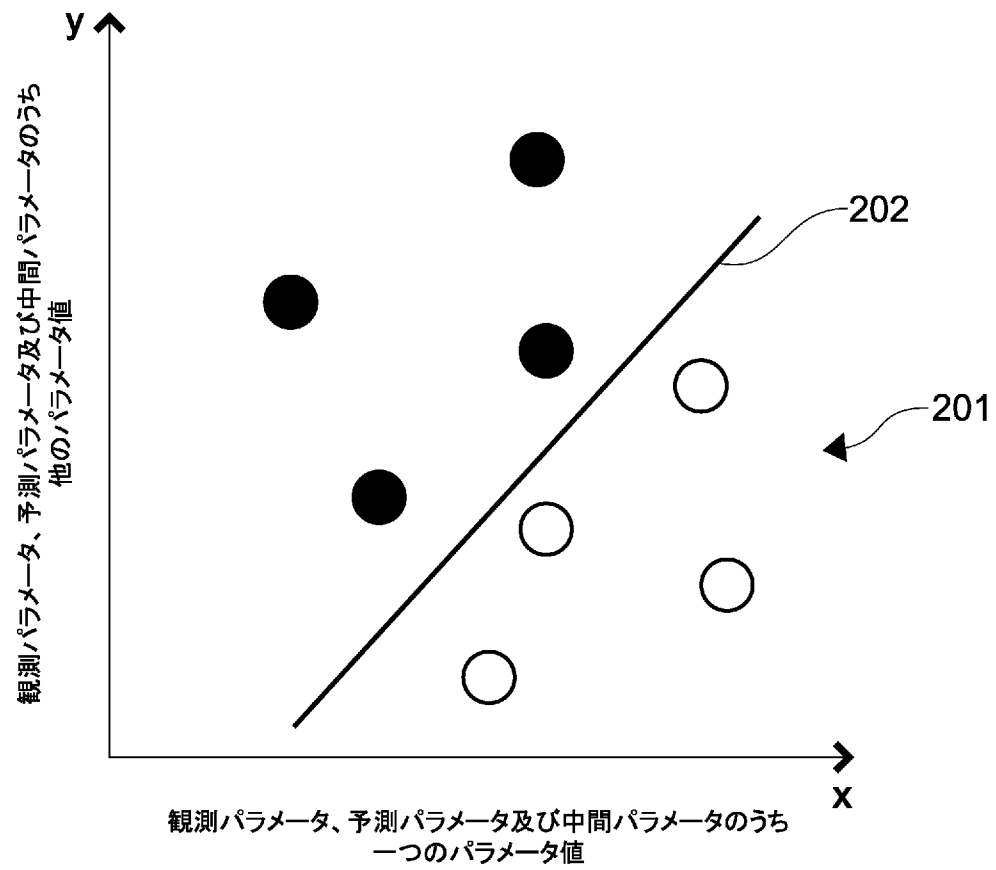
を推定する

ステップをコンピュータに実行させるプログラム。

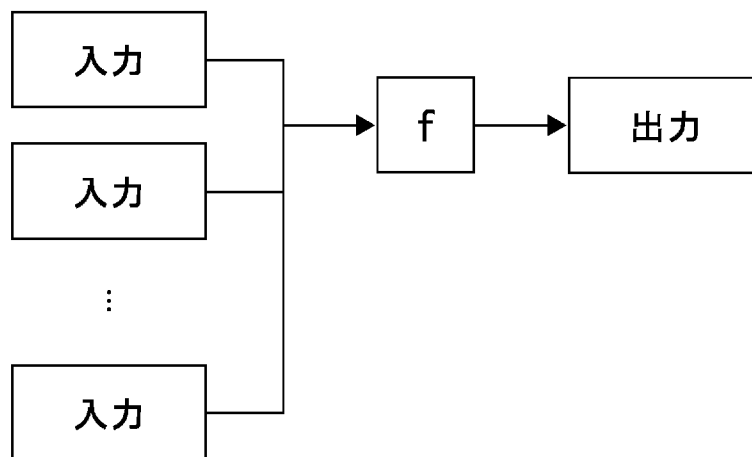
[図1]



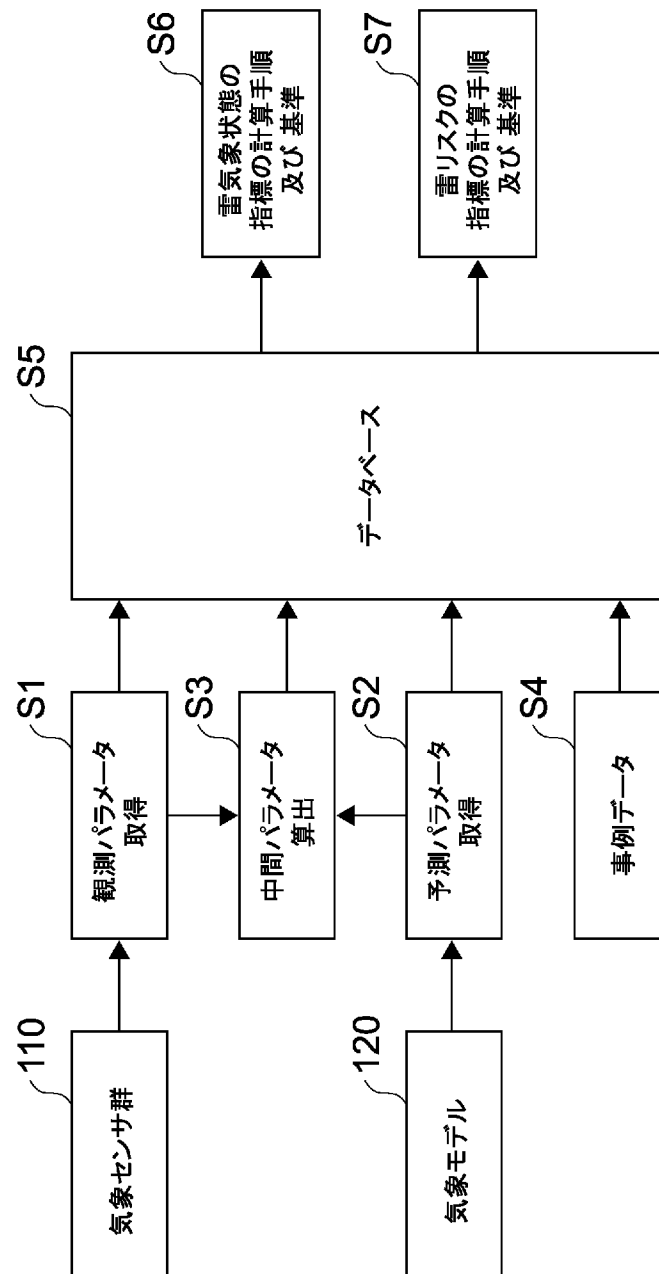
[図2]



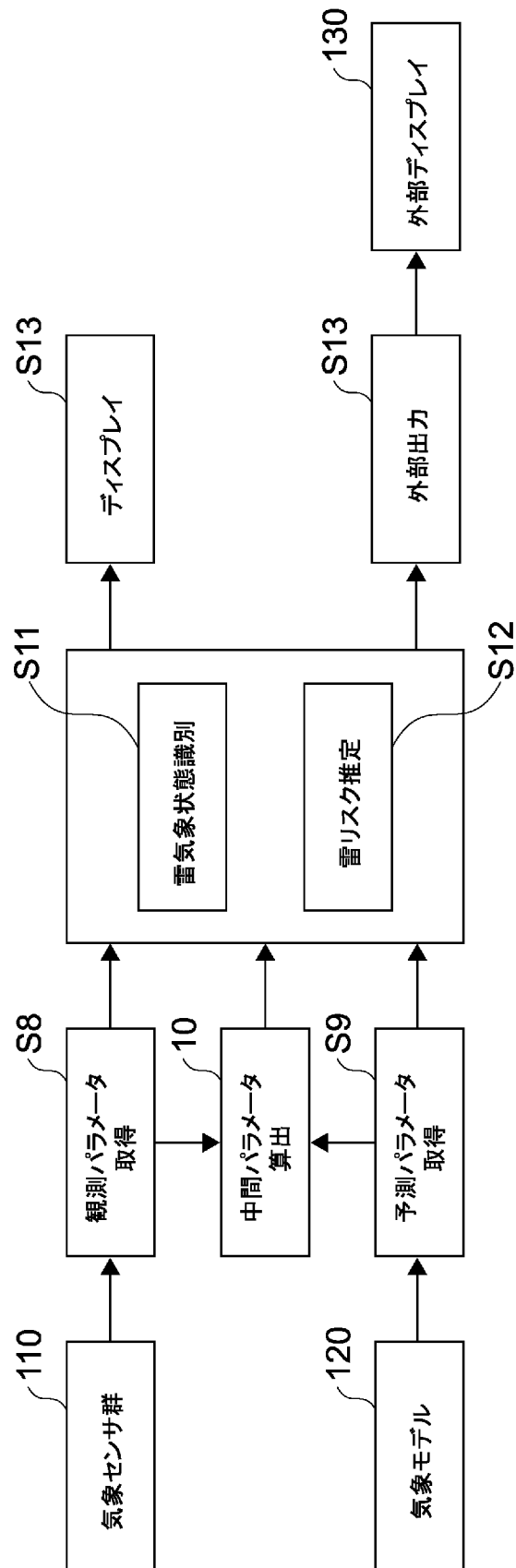
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/029852

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01W1/10 (2006.01) i, G01W1/02 (2006.01) i

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)

Int.Cl. G01W1/10, G01W1/02

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-192311 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 27 August 2009, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2009-31104 A (TOSHIBA CORPORATION) 12 February 2009, entire text, all drawings (Family: none)	1-12



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

09.10.2018

Date of mailing of the international search report

16.10.2018

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/029852

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-73670 A (NAGOYA ELECTRIC WORKS CO., LTD.) 17 March 1998, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	吹山直樹 ほか, 気象因子を用いた発雷予測の検討, 電気学会論文誌 B, 20 March 1996, vol. 116, no. 4, pp. 461-468, (FUKIYAMA, Naoki et al., Lightning forecast method by using meteorological factors, The transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan. B)	1-12
A	佐藤浩史 ほか, オンライン雷予測システム, NTT 技術ジャーナル, December 2007, vol. 19, no. 12, pp. 26-29, (SATO, Hiroshi et al., Online lightning prediction system, NTT Gijutu Journal)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01W1/10(2006.01)i, G01W1/02(2006.01)i

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))

Int.Cl. G01W1/10, G01W1/02

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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

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 2009-192311 A (日本電信電話株式会社) 2009.08.27, 全文全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2009-31104 A (株式会社東芝) 2009.02.12, 全文全図 (ファミリーなし)	1-12

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。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「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矛盾するものではなく、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

09.10.2018

国際調査報告の発送日

16.10.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

素川 慎司

2 J

4844

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

C (続き) . 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 10-73670 A (名古屋電機工業株式会社) 1998. 03. 17, 全文全図 (ファミリーなし)	1-12
A	吹山直樹 ほか, 気象因子を用いた発雷予測の検討, 電気学会論文誌B, 1996. 03. 20, Vol. 116, No. 4, p. 461-468	1-12
A	佐藤浩史 ほか, オンライン雷予測システム, N T T技術ジャーナル, 2007. 12, Vol. 19, No. 12, p. 26-29	1-12