

(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
2020年9月17日(17.09.2020)



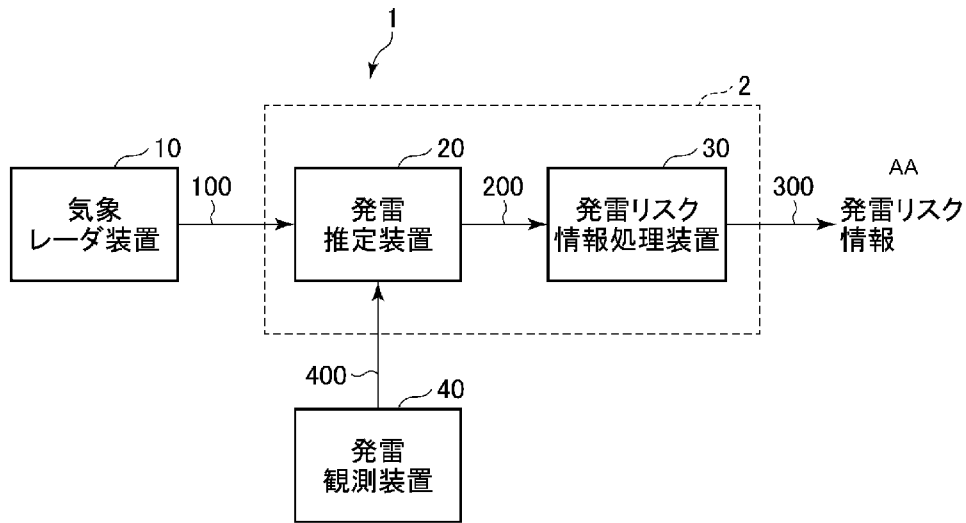
(10) 国際公開番号

WO 2020/183862 A1

- (51) 国際特許分類:
G01W 1/10 (2006.01) G01S 13/95 (2006.01)
G01S 7/02 (2006.01) **INFRASTRUCTURE SYSTEMS & SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 Kanagawa (JP).**
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/050551 (72) 発明者: 小林 哲也 (KOBAYASHI, Tetsuya); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝インフラシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (22) 国際出願日: 2019年12月24日(24.12.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 蔵田 昌俊, 外 (KURATA, Masatoshi et al.); 〒1050014 東京都港区芝三丁目2番1号 セレスティン芝三井ビルディング11階 鈴榮特許総合事務所内 Tokyo (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (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,
- (30) 優先権データ:
特願 2019-044831 2019年3月12日(12.03.2019) JP
- (71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). 東芝インフラシステムズ株式会社 (TOSHIBA

(54) Title: LIGHTNING ESTIMATION DEVICE, SYSTEM, AND METHOD

(54) 発明の名称: 発雷推定装置、システムおよび方法



- 10 Weather radar device
- 20 Lightning estimation device
- 30 Lightning risk information processing device
- 40 Lightning observation device
- AA Lightning risk information

(57) Abstract: The lightning estimation device according to this embodiment comprises a first acquisition unit, second acquisition unit, and lightning analysis unit. In this invention, a radar analysis data acquisition unit acquires, from a radar device, radar analysis data including feature detection areas obtained through feature area analysis of a weather phenomenon observed at a prescribed period. A lightning data acquisition unit acquires lightning data including lightning point observation results. The lightning analysis unit uses integrated data obtained by synchronizing and associating the



WO 2020/183862 A1

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, 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,
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))

radar analysis data and lightning data to analyze the spatial correlation between the feature detection areas and lightning points.

(57) 要約 : 本実施形態の発雷推定装置は、第1取得部と、第2取得部と、発雷解析部段とを備えた構成である。レーダ解析データ取得部は、レーダ装置から、所定の周期で観測される気象現象の特徴領域を解析して得られる特徴検出領域を含むレーダ解析データを取得する。発雷データ取得部は、発雷地点の観測結果を含む発雷データを取得する。発雷解析部は、前記レーダ解析データと前記発雷データとを同期させて対応付けた統合データを使用して、前記特徴検出領域と前記発雷地点との空間相関度を解析する。

明 細 書

発明の名称：発雷推定装置、システムおよび方法

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、発雷推定装置、システムおよび方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ (dual polarization phased-array weather radar) 又はマルチパラメータフェーズドアレイ気象レーダ (multi-parameter phased-array weather radar) と呼ばれる、気象レーダ (MP気象レーダとも呼ばれる) が開発されている。

[0003] 気象レーダは、例えば豪雨を引き起こす積乱雲などの気象現象の特徴を、3次元の観測データとして高速に取得することが可能である。気象現象の観測としては、積乱雲では豪雨をもたらすだけでなく、発雷 (雲放電や対地放電 (落雷)) も発生し易いため、発雷の観測も重要である。発雷の状況は時間的に急速に変化するため、発雷を観測して得られる発雷データだけでは、発雷リスクを的確に評価して、落雷による災害等を未然に回避することが困難である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2017-134062号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] そこで、気象レーダによる観測データと発雷データとを使用して、発雷リスクを的確に評価できる発雷推定装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本実施形態の発雷推定装置は、第1取得部と、第2取得部と、発雷解析部とを備えた構成である。第1取得部は、レーダ装置から、所定の周期で観測される気象現象の特徴領域を解析して得られる特徴検出領域を含むレーダ解

析データを取得する。第2取得部は、発雷地点の観測結果を含む発雷データを取得する。発雷解析部は、前記レーダ解析データと前記発雷データとを同期させて対応付けた統合データを使用して、前記特徴検出領域と前記発雷地点との空間相関度を解析する。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]第1実施形態に係るシステムの構成を示すブロック図。
[図2]第1実施形態に係る気象レーダ装置の構成を示すブロック図。
[図3]第1実施形態に係る発雷推定装置の構成を示すブロック図。
[図4]第1実施形態に係る発雷リスク情報処理装置の構成を示すブロック図。
[図5]第1実施形態に係る気象レーダ装置の動作を説明するフローチャート。
[図6]第1実施形態に係る発雷推定装置の動作を説明するフローチャート。
[図7]第1実施形態に係る雷解析データを説明するための概念図。
[図8]第1実施形態に係る発雷リスクの判定結果の一例を示す図。
[図9]第2実施形態に係るシステムの構成を示すブロック図。
[図10]第3実施形態に係るシステムの構成を示すブロック図。
[図11]図10に示したレーダ解析最適化装置の構成を示すブロック図。

実施形態

[0008] 以下図面を参照して、実施形態を説明する。

[0009] [1] 第1実施形態

[システムの構成]

図1は、本実施形態のシステム1の構成を示すブロック図である。図1に示すように、システム1は、気象レーダ装置10と、発雷推定装置20と、発雷リスク情報処理装置30とを有する構成である。

[0010] 本実施形態の気象レーダ装置10は、二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ（以下、単に気象レーダと表記する場合がある）を含む（図2を参照）。発雷推定装置20は、気象レーダ装置10から観測データに基づいたレーダ解析データ100、及び発雷観測装置40から発雷データ400を取得し、発雷推定処理を実行する。発雷リスク情報処理装置30は、発雷推定装置2

0から雷解析データ200を取得し、発雷リスク情報300を生成する。

[0011] 発雷推定装置20及び発雷リスク情報処理装置30は、ソフトウェア及びハードウェアからなるコンピュータシステム2により実現される。また、発雷観測装置40は、本実施形態のシステム1の外部システムに含まれて、例えば、ネットワーク上の発雷観測サービス用のサーバにより実現される。コンピュータシステム2は、ネットワークを経由して当該発雷観測装置40から発雷データ400を受信して、発雷推定装置20に入力する。

[0012] 図2は、気象レーダ装置10の構成を示すブロック図である。図2に示すように、気象レーダ装置10は、気象レーダ11と、レーダ信号処理部12と、通信インターフェイス(I/F)13と、ローデータ(RAWデータ)処理部14と、RAWデータ格納部15と、レーダデータ解析部16とを含む。

[0013] 気象レーダ11は、フェーズドアレイアンテナを使用して、1回転のアンテナにより例えば30秒周期で3次元空間の全てを観測する。レーダ信号処理部12は、気象レーダ11により受信されたレーダ信号(反射波信号)に対して、増幅処理や変調処理などの信号処理を実行する。通信I/F13は、レーダ信号処理部12により信号処理されたレーダ信号をRAWデータ処理部14に伝送する。

[0014] RAWデータ処理部14は、レーダ信号処理部12からのレーダ信号から、デジタルの3次元観測データ(RAWデータ)を生成する。RAWデータ格納部15は、RAWデータ処理部14により生成される1周期分(例えば30秒間)の3次元観測データを格納する。レーダデータ解析部16は、RAWデータ格納部15から1周期分の3次元観測データを取り出して解析処理を実行し、後述するレーダ解析データ100を出力する。

[0015] なお、レーダデータ解析部16は、数値気象予測モデルの出力結果、地上気象観測データ、リモートセンシング気象測器による測定データ、及びインターネットからSNS(Social Networking Service)などのユーザ情報を入力できる構成でもよい。

- [0016] 図3は、発雷推定装置20の構成を示すブロック図である。図3に示すように、発雷推定装置20は、データ同期収集部21と、統合データ解析部22と、レーダ解析データ取得部23と、発雷データ取得部24とを含む。
- [0017] レーダ解析データ取得部23は、レーダデータ解析部16から出力されるレーダ解析データ100を取得する。発雷データ取得部24は、発雷観測装置40から発雷データ400を取得する。
- [0018] データ同期収集部21は、レーダ解析データ取得部23により取得されたレーダ解析データ100と、発雷データ取得部24により取得された発雷データ400とを入力して、同期をとって収集する。即ち、データ同期収集部21は、レーダ解析データ100と発雷データ400とを同期させて、同時刻で対応付けた統合データ210を生成して出力する。
- [0019] 統合データ解析部22は、データ同期収集部21からの統合データ210を入力し、発雷に関する解析処理を実行し、後述する雷解析データ200を生成する。なお、統合データ解析部22は学習機能を含み、過去の雷解析データ200を蓄積して、当該学習機能を雷解析データ200の生成処理に利用する構成でもよい。
- [0020] 図4は、発雷リスク情報処理装置30の構成を示すブロック図である。図4に示すように、発雷リスク情報処理装置30は、発雷リスク判定部31と、発雷リスク情報生成部32と、発雷予測部33とを含む。発雷リスク判定部31は、統合データ解析部22から雷解析データ200を入力し、当該雷解析データ200に基づいて、後述する発雷リスクを判定して判定結果310を出力する。
- [0021] なお、発雷リスク判定部31は、他の数値気象予測モデルの出力結果、地上気象観測データ、リモートセンシング気象測器による測定データ、及びインターネットからSNSなどのユーザ情報を入力できる構成でもよい。
- [0022] 発雷リスク情報生成部32は、発雷リスク判定部31からの発雷リスクの判定結果310を入力して、後述する発雷リスク情報300を生成する。発雷リスク情報300には、人口や地理的条件なども加味した災害や停電等の

リスクに関する情報も含まれる。なお、発雷リスク情報生成部32は、数値気象予測モデルの出力結果、地上気象観測データ、リモートセンシング気象測器による測定データ、土地利用データ、地形データ、河川流域データ、地質データ、路線情報、及び交通情報などを入力できる構成でもよい。

[0023] ここで、発雷リスク情報生成部32と同様に、発雷予測部33は、発雷リスク判定部31からの発雷リスクの判定結果310を入力し、当該判定結果310に基づいて数十分先までの短期の発雷予測を実行し、当該予測結果330を発雷リスク情報生成部32に出力する。発雷リスク情報生成部32は、発雷予測部33からの予測結果330も含めた発雷リスク情報300を生成する。

[0024] コンピュータシステム2は、例えば端末装置に発雷リスク情報300を出力して、端末装置の表示画面上に当該発雷リスク情報300を表示させてもよい。あるいは、コンピュータシステム2は、当該発雷リスク情報300を、ネットワークを経由してメールにより通知し、気象情報の提供用サーバなどに伝送してもよい。

[0025] [システムの処理]

以下、図5から図8を参照して、本実施形態のシステムの処理を説明する。図5は、気象レーダ装置10に含まれるレーダデータ解析部16の動作を説明するフローチャートである。図6は、発雷推定装置20の動作を説明するフローチャートである。図7は、雷解析データを説明する概念図である。図8は、発雷リスクの判定結果の一例を示す図である。

[0026] 図5に示すように、レーダデータ解析部16は、RAWデータ格納部15において、1周期分の3次元観測データが受信されて格納されると（S1のYES）、レーダデータ解析処理を実行する（S2）。具体的には、レーダデータ解析部16は、RAWデータ格納部15から1周期分の3次元観測データを取り出して、各偏波パラメータに対する閾値処理、及び数値変換処理などのレーダデータ解析処理を実行する。

[0027] レーダデータ解析部16は、3次元観測データから、発雷が発生し易い積

乱雲などの特徴領域を解析（検出）し、当該特徴領域を示すレーダ解析データ100を生成する（S3）。当該特徴領域は、例えばエコー頂高度、積乱雲内の降水コア領域、雹の存在確率、及び積乱雲内の鉛直流の強度などを含む。レーダデータ解析部16は、当該特徴領域を2次元又は3次元のレーダ解析データ100として、気象レーダ11の観測周期（例えば30秒）毎に出力する（S3）。

[0028] 次に、図6に示すように、発雷推定装置20では、データ同期収集部21は、レーダデータ解析部16からのレーダ解析データ100と、発雷観測装置40からの発雷データ400を受信して、同期をとって収集する（S10のYES）。データ同期収集部21は、レーダ解析データ100と発雷データ400とを同期させて、同時刻で対応付けた統合データ210として、統合データ解析部22に出力する（S11）。

[0029] 統合データ解析部22は、データ同期収集部21からの統合データ210を入力し、発雷に関する解析処理を実行する（S12）。具体的には、統合データ解析部22は、レーダ解析データ100から得られる積乱雲の特徴領域を検出した特徴検出領域と、発雷データ400から得られる発雷地点との空間相関度を解析し、当該解析結果を雷解析データ200として生成する（S13）。ここで、発雷データ400は、発雷の地点を示す位置情報を含む。特徴検出領域は、積乱雲の発生領域を示し、すなわち雷が発生する可能性が高い領域である。

[0030] 図7は、雷解析データを説明する概念図である。図7に示すように、レーダ解析データ100に基づいて、積乱雲の特徴検出領域70を、例えば2次元の平面領域として取得できる。統合データ解析部22は、特徴検出領域70内において、発雷データ400から得られる発雷地点71の密度に基づいて空間相関度を算出する。

[0031] 即ち、特徴検出領域70内において、高い密度の発雷地点71が観測された領域73は、空間相関度が大きい領域として定義する。一方、発雷地点71の密度が疎な領域72は、空間相関度が小さい領域として定義する。これ

らの空間相関度を示す領域は、矩形領域、同心円状領域、あるいは0～100の連続した数値で表現した等値線で囲われた領域として定義してもよい。また、特徴検出領域70内において、空間相関度の解析結果で定義されない領域は、空間相関度なしの領域と定義してもよい。

[0032] 統合データ解析部22は、積乱雲の特徴検出領域70内において、空間相関度が相対的に小さい領域72及び相対的に大きい領域73を示す解析結果を含む雷解析データ200を出力する(S14)。空間相関度が相対的に小さい領域72は、実際に発雷の頻度が小さい領域である。一方、空間相関度が相対的に大きい領域73は、発雷の可能性が高く、実際に発雷が高頻度で発生している領域である。

[0033] なお、統合データ解析部22は、統合データ210及び雷解析データ200を長期間に渡って蓄積し、この蓄積データを機械学習機能や深層学習機能により、例えばレーダ解析データのみから雷解析データ200を生成する構成でもよい。

[0034] 次に、発雷リスク情報処理装置30は、発雷リスク判定部31と、発雷リスク情報生成部32と、発雷予測部33とを含む。図8は、発雷リスク判定部31による発雷リスクの判定結果310の一例を示す図である。

[0035] 発雷リスク判定部31は、統合データ解析部22から雷解析データ200を入力し、当該雷解析データ200に基づいて、図8に示すような発雷リスクの判定結果310を出力する。ここで、雷解析データ200は、積乱雲の特徴検出領域、発雷地点（発雷位置）、及び空間相関度の解析結果を含む。

[0036] 図8に示すように、発雷リスク判定部31は、例えば発雷リスクとして4段階（極大、大、中、小）で判定した判定結果310を出力する。判定結果310において、特徴検出領域内において、空間相関度が相対的に大きい領域については、発雷リスクが極大と判定される。また、空間相関度が相対的に中程度の領域については、発雷リスクが大と判定される。また、特徴検出領域において、空間相関度無しの領域については、発雷データによる発雷地点が存在する領域については、発雷リスクが中と判定される。発雷地点が存在

しない領域については、特徴検出領域内であれば、発雷リスクが小と判定される。

[0037] 発雷予測部33は、発雷リスク判定部31からの発雷リスクの判定結果310を入力し、当該判定結果310に基づいて数十分先までの短期の発雷予測処理を実行する。発雷予測部33は、例えば2次元移流モデル等の既知の方法により、注目すべき発雷リスクの領域に対して発雷の予測結果330を算出する。また、発雷予測部33は、時間分解能が高いデータの入力が可能であるため、予測の時間ステップを数十秒から数分とする高時間分解能の予測結果330を算出できる。

[0038] さらに、発雷リスク情報生成部32は、発雷リスク判定部31からの発雷リスクの判定結果310及び発雷予測部33からの予測結果330を使用して、特徴検出領域に基づいた地域に対する発雷リスクの高低を示す発雷リスク情報300を生成する。発雷リスク情報300には、人口や地理的条件などに重み付けした災害や停電等のリスクに関する情報を含めてもよい。地理的条件には、例えばイベントなどの開催会場の周辺が含まれ、これに重み付けしてもよい。

[0039] なお、発雷リスク情報生成部32は、一定期間の予測結果330を蓄積し、過去の予測結果330と現況の発雷リスクの判定結果310とを比較し、この比較結果に基づいて制度の高い発雷リスク情報300を生成する構成でもよい。具体的には、発雷リスク情報生成部32は、過去の予測結果330から発雷リスクが高いと判定されて、現況の発雷リスクの判定結果も高い場合には、当該現況の発雷リスクよりもさらに危険度の高い情報として提供してもよい。

[0040] なお、発雷リスク情報生成部32は、発雷リスク情報300を数値化した情報として生成してもよいし、確率予測モデルや学習型モデルを利用して発雷リスク情報300を生成してもよい。

[0041] 以上のように本実施形態によれば、気象レーダ11を使用して、例えば30秒周期で観測される時空間的に連続したレーダデータから、発雷が発生し

易い積乱雲の特徴検出領域を示すレーダ解析データを取得できる。このレーダ解析データと、高時間分解能の発雷データとを同期させて、同時刻で対応付けた統合データを使用して、積乱雲の特徴検出領域と、発雷データから得られる発雷地点との空間相関度を解析できる。具体的には、本実施形態の発雷推定装置 20 は、当該空間相関度、積乱雲の特徴検出領域、及び発雷地点（発雷位置）の解析結果を含む雷解析データを出力する。

[0042] 雷解析データに含まれる空間相関度は、特徴検出領域内の発雷リスクを判定できる情報である。本実施形態は、発雷リスクを 4 段階で判定する（図 8 を参照）。従って、本実施形態の発雷リスク情報処理装置 30 は、発雷推定装置 20 により算出された雷解析データを使用して、リアルタイムでかつ高精度で発雷リスクの判定結果を含む発雷リスク情報を出力できる。

[0043] なお、発雷リスク情報処理装置 30 は、観測結果である発雷リスクの判定結果及び短期の発雷予測結果以外に、人口情報、土地情報、路線情報、及び交通情報なども組み合わせることにより、人的及び経済的な雷災害に対するリスク情報を、高精度かつ迅速に提供できる。例えば、発雷リスクが大きく、また人的な雷災害に対するリスクが大きいと想定されるゴルフ場などを特定して、迅速にリスク情報を提供できる。これにより、本実施形態の発雷リスク情報処理装置 30 を含むコンピュータシステム 2 を、当該雷災害に対するリスク情報を、例えば、ネットワークを経由してメールにより一般市民に対して通知し、また、気象情報の提供用サーバなどに提供できる防災システムを構築できる。

[0044] [2] 第 2 実施形態

第 2 実施形態は、雷に関する情報をユーザに提供するための実施例である。

[0045] 図 9 は、第 2 実施形態に係るシステム 1 の構成を示すブロック図である。システム 1 は、表示データ生成部 50 と、記憶部 51 と、表示装置 52 と、通信部 53 とをさらに備える。発雷推定装置 20 及び発雷リスク情報処理装置 30 の構成は、第 1 実施形態と同じである。

- [0046] 記憶部51は、地図データを格納する。
- [0047] 表示データ生成部50は、発雷推定装置20から雷解析データ200を受信し、発雷リスク情報処理装置30から発雷リスク情報300、発雷の予測結果（発雷予測結果）330、及び発雷リスクの判定結果（発雷リスク判定結果）310を受信し、記憶部51から地図データを受信する。表示データ生成部50は、受信した複数の情報を用いて、表示データを生成する。
- [0048] すなわち、表示データ生成部50は、雷解析データ200に含まれる空間相関度に関する情報（空間相関情報）を数値化する。表示データ生成部50は、発雷リスクと判定された領域を地図上に表示するとともに、数値化された空間相関情報を「発雷リスクの判定信頼度」として当該領域に重畳して表示する。例えば、数値化された空間相関情報は、空間相関度を例えば0～100の数値として表され、この数値をカラーのグラデーションで視角的に認識しやすい情報として表示される。
- [0049] 発雷リスクの判定信頼度は、発雷リスク情報300に重畳させて表示してもよい。また、発雷リスクの判定信頼度は、ボタンなどで切り替えて表示させてもよい。
- [0050] また、発雷予測結果330に対しても同様に空間相関情報を数値化し、地図上で予測信頼度として発雷予測結果330に重畳して表示してもよい。
- [0051] 表示装置52は、画面（ディスプレイ）を有し、表示データ生成部50から送信された表示データを画面に表示する。
- [0052] （他の実施例）
- 表示データ生成部50は、ある地点にいるユーザの携帯端末に、発雷情報に関するプッシュ通知を行う。通信部53は、ネットワークを介して外部機器（携帯端末を含む）と通信を行う。
- [0053] 具体的には、表示データ生成部50は、ユーザがいる地点の直上や特定範囲内の発雷情報を用いて、閾値判定を行う。通知の閾値は、ユーザごと、ユーザのいる地点ごとに異なって設定される。そして、表示データ生成部50は、閾値判定により通知が必要と判定されたユーザに、発雷情報を通知する

。これにより、ユーザごとに最適な発雷情報を提供することができる。

[0054] [3] 第3実施形態

第3実施形態は、機械学習又は深層学習を用いて、発雷リスク判定を最適化するようにしている。

[0055] 図10は、第3実施形態に係るシステム1の構成を示すブロック図である。システム1は、レーダ解析最適化装置60をさらに備える。

[0056] レーダ解析最適化装置60は、気象レーダ装置10からレーダ解析データ100を受信し、発雷推定装置20から雷解析データ200を受信する。レーダ解析最適化装置60は、機械学習機能又は深層学習機能を有する。レーダ解析最適化装置60は、レーダ解析最適化情報600を生成する。レーダ解析最適化情報600は、レーダデータ解析部16に送信される。

[0057] 図11は、図10に示したレーダ解析最適化装置60の構成を示すブロック図である。レーダ解析最適化装置60は、データ蓄積部61と、最適化パラメータ解析部62とを備える。

[0058] データ蓄積部61は、気象レーダ装置10からのレーダ解析データ100と、発雷推定装置20からの雷解析データ200とを蓄積する。

[0059] 最適化パラメータ解析部62は、データ蓄積部61に蓄積された複数のレーダ解析データ100及び複数の雷解析データ200を用いて、機械学習又は深層学習を行う。最適化パラメータ解析部62は、レーダ装置11に含まれるレーダデータ解析部16における特徴検出領域の解析パラメータを、発雷リスク判定に最適化する。

[0060] すなわち、最適化パラメータ解析部62は、特徴検出領域のうち空間相関度が大きい領域（実際に雷が発生している領域）を学習し、この学習結果として最適化パラメータを算出する。最適化パラメータは、レーダデータ解析部16が検出した特徴検出領域と、空間相関度が大きい領域とのずれが少なくなるように決定される。レーダデータ解析部16は、レーダ解析最適化情報600に含まれる最適化パラメータを用いて、特徴検出領域を解析する。これにより、レーダデータ解析部16は、より高い精度で、空間相関度が

きい領域（実際に雷が発生している領域）を特徴検出領域として抽出することができる。

[0061] レーダ解析最適化装置60が生成したレーダ解析最適化情報600を気象レーダ装置10内のレーダデータ解析部16に送信するタイミングは、任意に設定することも可能である。基本的には、レーダ解析最適化装置60で学習が進み、学習結果が出た後にレーダデータ解析部16にフィードバックすることが望ましい。また、例えば、ユーザが指定したタイミングで、レーダ解析最適化情報600をレーダ解析最適化装置60からレーダデータ解析部16に送信するようにしてもよい。

[0062] なお、上記実施形態では、二重偏波フェーズドアレイ気象レーダを例に挙げて説明しているが、これに限定されるものではない。上記実施形態は、二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ以外の気象レーダにも適用可能である。

[0063] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

請求の範囲

- [請求項1] レーダ装置から、所定の周期で観測される気象現象の特徴領域を解析して得られる特徴検出領域を含むレーダ解析データを取得する第1取得部と、
- 発雷地点の観測結果を含む発雷データを取得する第2取得部と、
- 前記レーダ解析データと前記発雷データとを同期させて対応付けた統合データを使用して、前記特徴検出領域と前記発雷地点との空間相関度を解析する発雷解析部と、
- を具備する発雷推定装置。
- [請求項2] 前記レーダ装置は、二重偏波フェーズドアレイ気象レーダを含む、請求項1に記載の発雷推定装置。
- [請求項3] 前記特徴検出領域は、積乱雲の発生領域を含む、請求項1に記載の発雷推定装置。
- [請求項4] 前記発雷解析部は、前記空間相関度を含む雷解析データを、発雷リスクを判定するための情報として出力する、請求項1に記載の発雷推定装置。
- [請求項5] 前記特徴検出領域内において、相対的に高い密度の前記発雷地点が観測された領域は、前記空間相関度が大きく、発雷リスクが大きい領域として定義される、請求項1に記載の発雷推定装置。
- [請求項6] 前記レーダ解析データと前記発雷データとを同期させて、同時刻で対応付けた前記統合データを収集する収集部をさらに具備する、請求項1に記載の発雷推定装置。
- [請求項7] 請求項1に記載の発雷推定装置と、
- 二重偏波フェーズドアレイ気象レーダを含むレーダ装置と、
- 発雷リスク情報処理装置と、
- を具備するシステムであって、
- 前記発雷リスク情報処理装置は、
- 前記発雷推定装置から取得される雷解析データを使用して、前記雷

解析データに含まれる特徴検出領域と発雷地点との空間相関度に基づいて、前記特徴検出領域内の発雷リスクの判定結果を含む発雷リスク情報を生成する、システム。

[請求項8] 前記発雷リスク情報処理装置は、前記特徴検出領域内の発雷リスクの判定結果として、前記特徴検出領域内において空間相関度が相対的に大きい領域については発雷リスクが極大と判定し、空間相関度が相対的に中程度の領域については発雷リスクが大と判定し、空間相関度無しの領域については発雷地点が存在する領域については発雷リスクが中と判定し、空間相関度無しの領域については発雷地点が存在しない領域については発雷リスクが小と判定する、請求項7に記載のシステム。

[請求項9] 地図情報と、前記空間相関度を数値化した情報とを含む表示データを生成する生成部と、
前記表示データを画面に表示する表示装置と、
をさらに具備する、請求項7に記載のシステム。

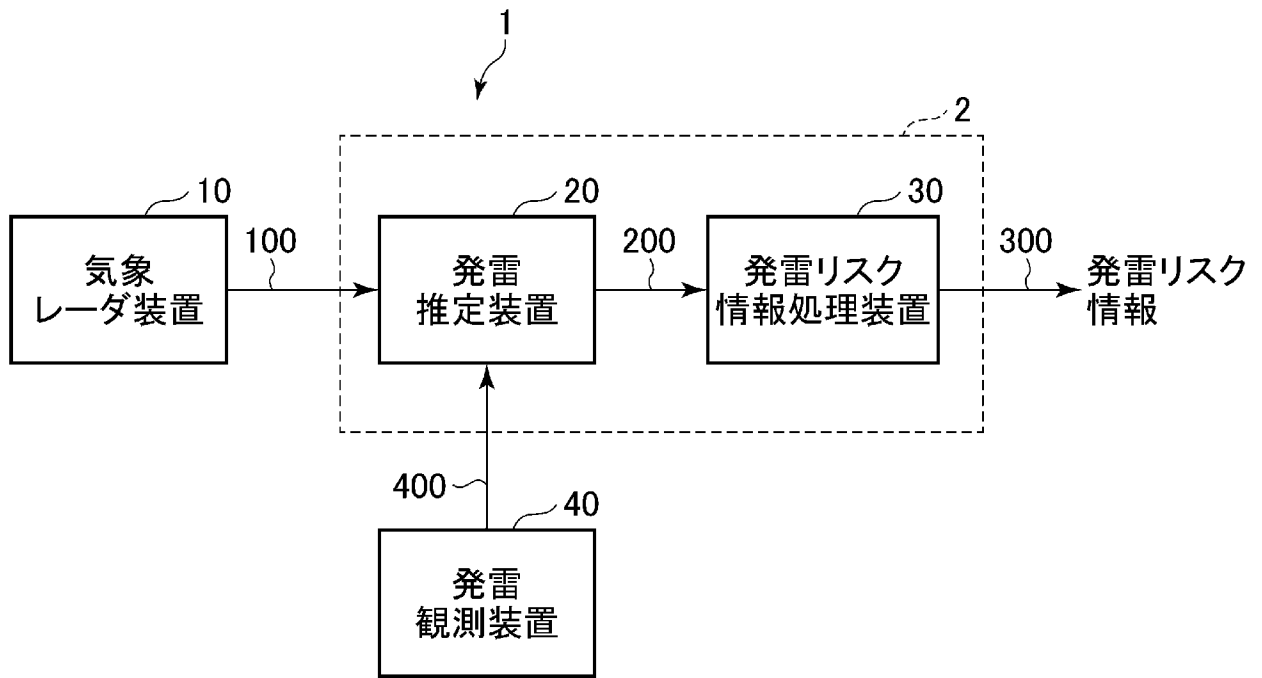
[請求項10] レーダ装置を使用して発雷現象を解析する方法であって、
前記レーダ装置から、所定の周期で観測される気象現象の特徴領域を解析して得られる特徴検出領域を含むレーダ解析データを取得する処理と、
発雷地点の観測結果を含む発雷データを取得する処理と、
前記レーダ解析データと前記発雷データとを同期させて対応付けた統合データを使用して、前記特徴検出領域と前記発雷地点との空間相関度を解析する処理と、
を実行する、方法。

[請求項11] 前記特徴検出領域と発雷地点との空間相関度に基づいて、特徴検出領域内の発雷リスクの判定結果を含む発雷リスク情報を生成する、請求項10に記載の方法。

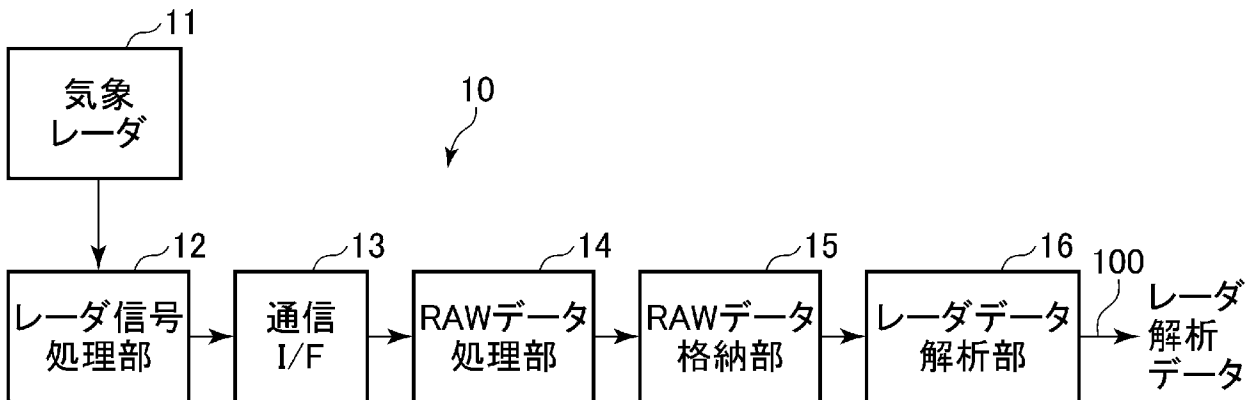
[請求項12] 前記特徴検出領域内の発雷リスクの判定結果として、

前記特徴検出領域内において空間相関度が相対的に大きい領域については発雷リスクが極大と判定し、空間相関度が相対的に中程度の領域については発雷リスクが大と判定し、空間相関度無しの領域については発雷地点が存在する領域については発雷リスクが中と判定し、空間相関度無しの領域については発雷地点が存在しない領域については発雷リスクが小と判定する、請求項 1 1 に記載の方法。

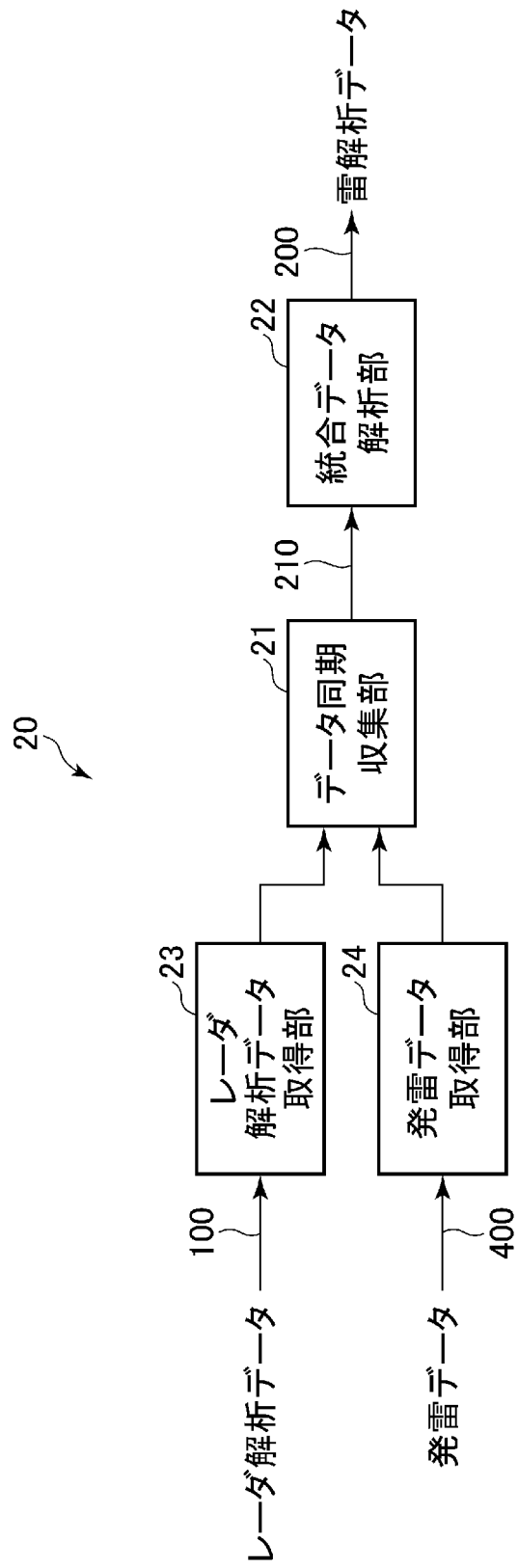
[図1]



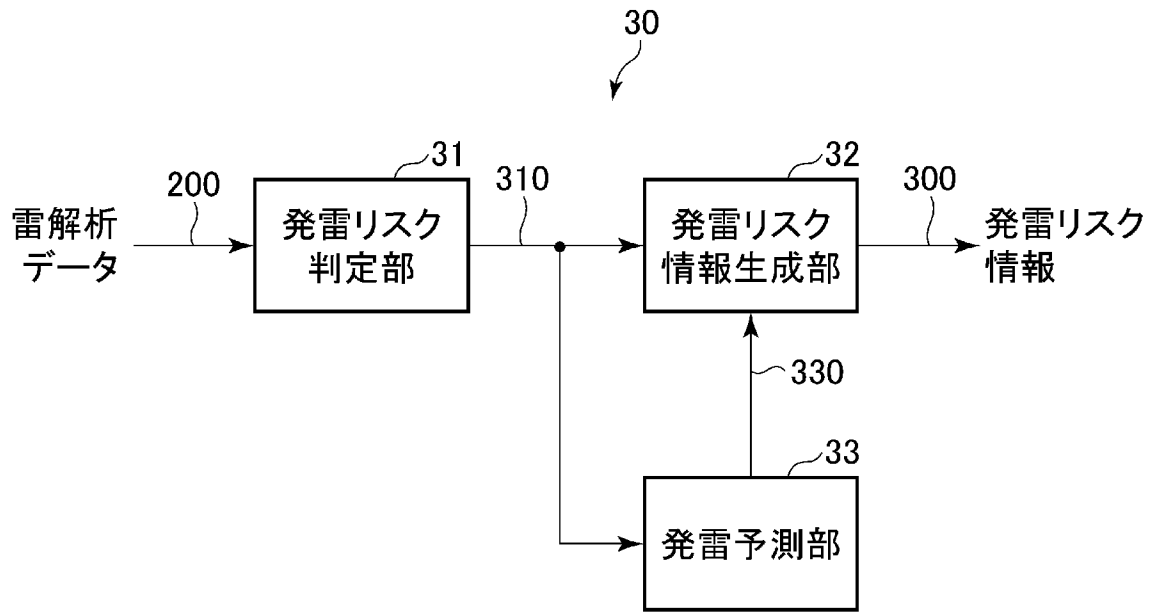
[図2]



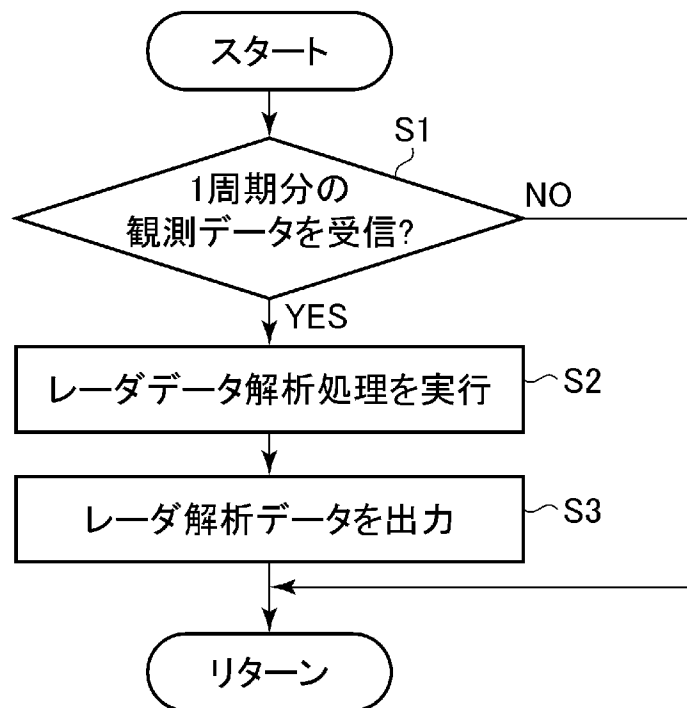
[図3]



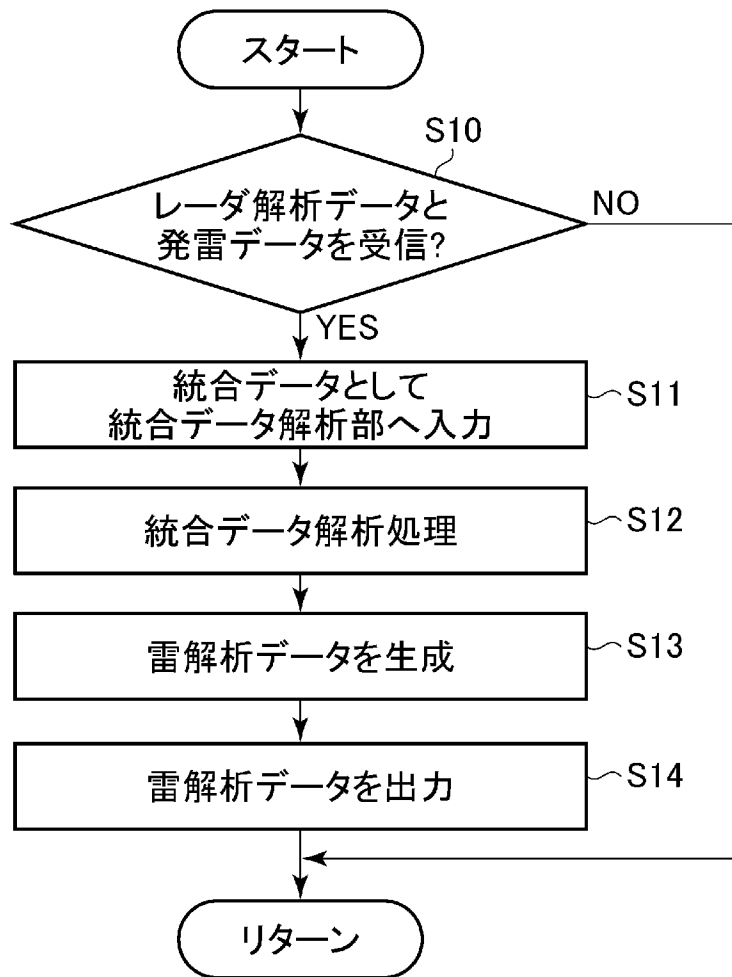
[図4]



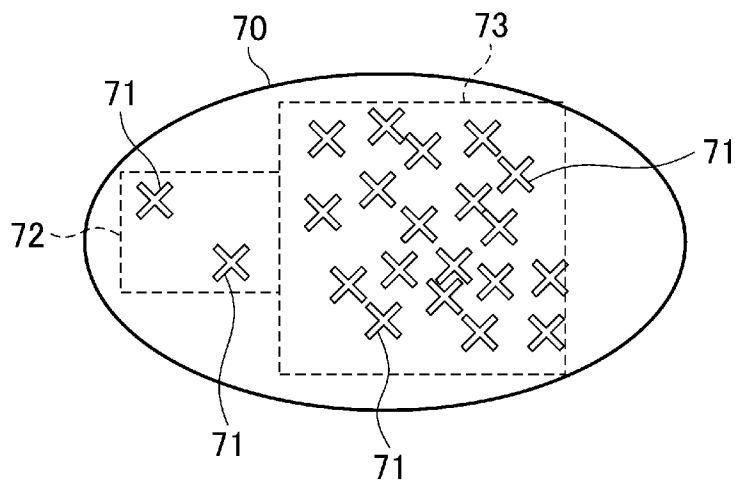
[図5]



[図6]



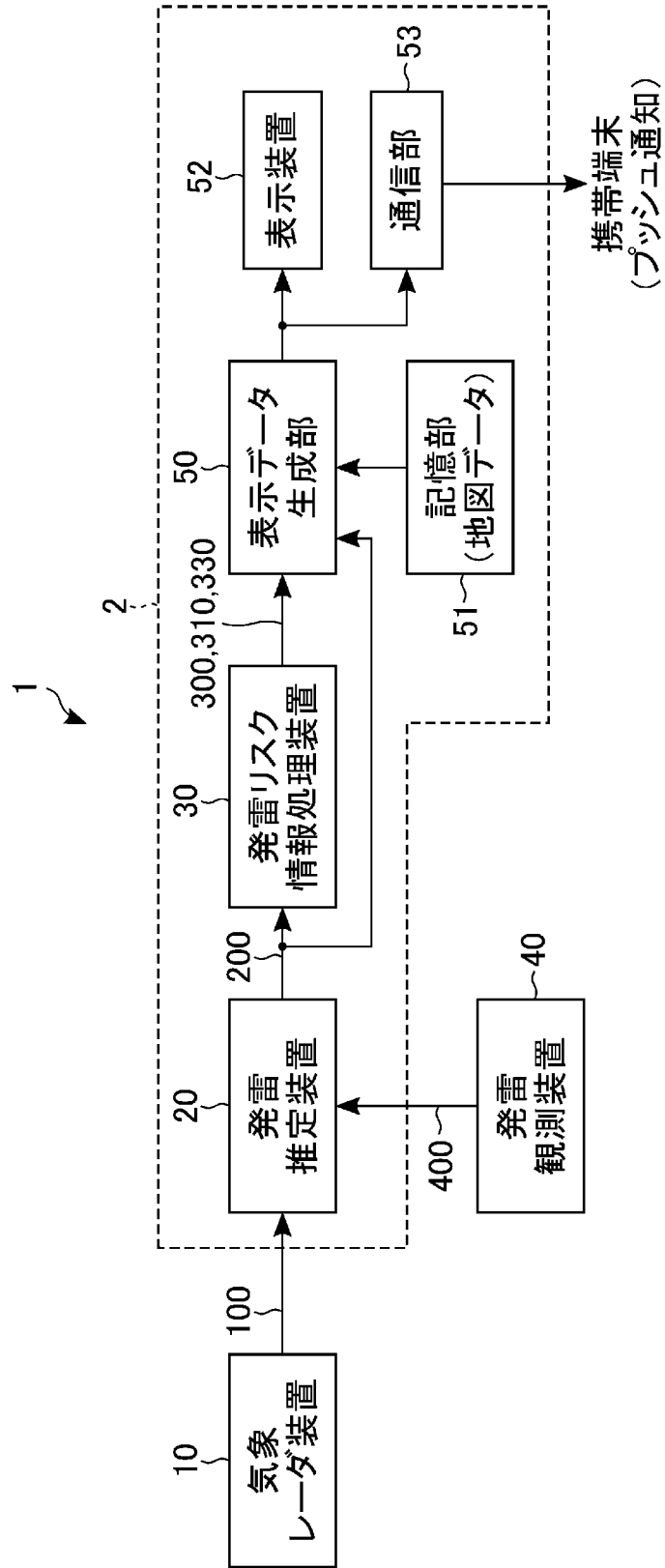
[図7]



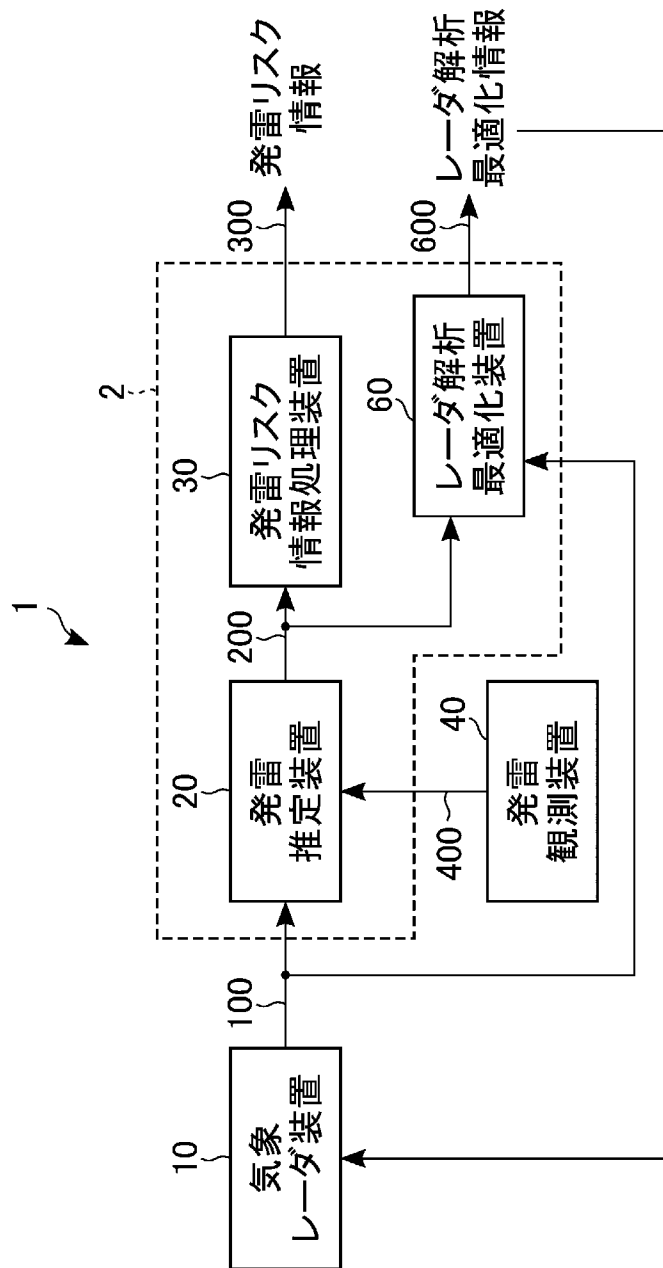
[図8]

判定結果 (発雷リスク)	レーダ解析結果と 発雷データの 空間相関	発雷データで 示す発雷	レーダ解析結果での 特徴検出領域
極大	大	—	—
大	中	—	—
中	なし	あり	なし
小	なし	なし	あり

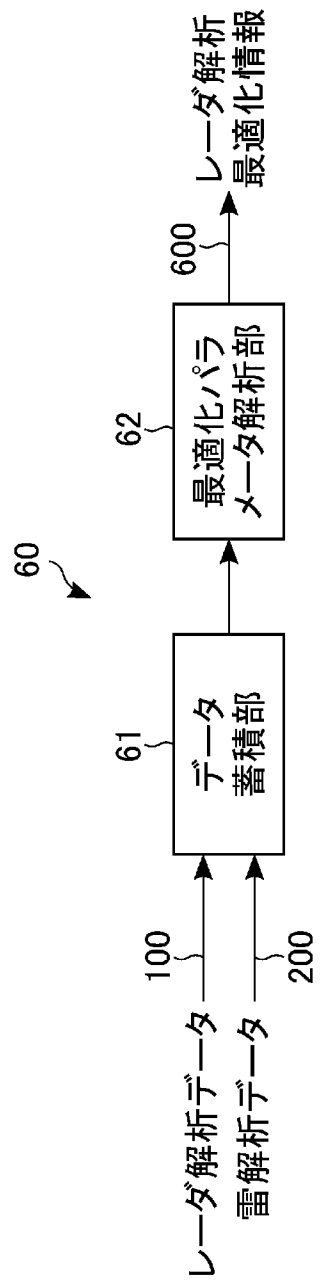
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/050551

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01W1/10 (2006.01) i, G01S7/02 (2006.01) i, G01S13/95 (2006.01) i
 FI: G01W1/10 T, G01S7/02 216, G01S13/95, G01W1/10 E

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, G01S7/02, G01S13/95

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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	園井康夫, SAFIR による雷観測結果と気象用レーダエコーとの照合, 電気学会論文誌 B, 20 September 1993, vol. 113, no. 9, pp. 987-993, in particular, section 3 (SONOI, Yasuo et al. Comparison between Lightning Observation by SAFIR and Meteorological Radar Echo. IEEJ Transactions on Power and Energy.)	1-12
A	US 2017/0363773 A1 (RUZANSKI, Evan) 21 December 2017, entire text, all drawings	1-12
A	JP 2004-069478 A (JAPAN WEATHER ASSOCIATION) 04 March 2004, entire text, all drawings	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
05.02.2020

Date of mailing of the international search report
18.02.2020

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 REPORTInternational application No.
PCT/JP2019/050551

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 2004-061416 A (THE KANSAI ELECTRIC POWER CO., INC.) 26 February 2004, entire text, all drawings	1-12
A	JP 08-122433 A (THE TOKYO ELECTRIC POWER CO., INC.) 17 May 1996, entire text, all drawings	1-12
A	JP 2012-108004 A (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 07 June 2012, entire text, all drawings	1-12
A	CN 103337133 A (GUANGDONG POWER GRID CO., LTD., ZHONGSHAN POWER SUPPLY BUREAU) 02 October 2013, entire text, all drawings	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/050551

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2017/0363773 A1	21.12.2017	(Family: none)	
JP 2004-069478 A	04.03.2004	(Family: none)	
JP 2004-061416 A	26.02.2004	(Family: none)	
JP 08-122433 A	17.05.1996	US 5839089 A entire text, all drawings	
JP 2012-108004 A	07.06.2012	KR 10-1996-0014970 A (Family: none)	
CN 103337133 A	02.10.2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01W 1/10(2006.01)i; G01S 7/02(2006.01)i; G01S 13/95(2006.01)i FI: G01W1/10 T; G01S7/02 216; G01S13/95; G01W1/10 E		
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）） G01W1/10; G01S7/02; G01S13/95 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 - 2020年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2020年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2020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 (JDreamII)		
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	園井康夫, SAFIRによる雷観測結果と気象用レーダエコーとの照合, 電気学会論文誌 B, 1993.09.20, Vol.113, No.9, pp.987-993 特に、第3章	1-12
A	US 2017/0363773 A1 (RUZANSKI, Evan) 21.12.2017 (2017 - 12 - 21) 全文全図	1-12
A	JP 2004-069478 A (財団法人日本気象協会) 04.03.2004 (2004 - 03 - 04) 全文全図	1-12
A	JP 2004-061416 A (関西電力株式会社) 26.02.2004 (2004 - 02 - 26) 全文全図	1-12
A	JP 08-122433 A (東京電力株式会社) 17.05.1996 (1996 - 05 - 17) 全文全図	1-12
A	JP 2012-108004 A (中国電力株式会社) 07.06.2012 (2012 - 06 - 07) 全文全図	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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	
“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		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
05.02.2020	18.02.2020	
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） 素川 慎司 2J 4844 電話番号 03-3581-1101 内線 3252	

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	CN 103337133 A (GUANGDONG POWER GRID CO., LTD., ZHONGSHAN POWER SUPPLY BUREAU) 02.10.2013 (2013 - 10 - 02) 全文全図	1-12

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/JP2019/050551

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 2017/0363773 A1	21.12.2017	(ファミリーなし)	
JP 2004-069478 A	04.03.2004	(ファミリーなし)	
JP 2004-061416 A	26.02.2004	(ファミリーなし)	
JP 08-122433 A	17.05.1996	US 5839089 A 全文全図 KR 10-1996-0014970 A	
JP 2012-108004 A	07.06.2012	(ファミリーなし)	
CN 103337133 A	02.10.2013	(ファミリーなし)	