

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7641854号
(P7641854)

(45)発行日 令和7年3月7日(2025.3.7)

(24)登録日 令和7年2月27日(2025.2.27)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 Q 50/02 (2024.01)

G 0 6 Q 50/02

請求項の数 11 (全27頁)

(21)出願番号	特願2021-134011(P2021-134011)	(73)特許権者	523380173 ヒタチ・エナジー・リミテッド H I T A C H I E N E R G Y L T D スイス、8 0 5 0 チューリッヒ、ブラ ウン・ボベリ・シュトラーセ、5
(22)出願日	令和3年8月19日(2021.8.19)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(65)公開番号	特開2023-28354(P2023-28354A)	(72)発明者	趙 ゆう 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内
(43)公開日	令和5年3月3日(2023.3.3)	審査官	大野 朋也
審査請求日	令和6年6月26日(2024.6.26)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 植生管理システム及び植生管理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

分析対象の施設及び植生をリモートセンシングによって撮影したリモートセンシングデータを用いて、前記植生が前記施設に接触するリスクを分析する植生管理システムであって、

前記リモートセンシングデータに撮影された植生を分類する植生分類部と、
前記植生分類部による植生の分類結果及び前記リモートセンシングデータに基づいて、所定の長期時系列における植生の範囲変動である長期広域変動を予測する長期変化予測部と、

前記植生分類部による植生の分類結果及び前記リモートセンシングデータに基づいて、所定の短期時系列における植生の範囲変動である短期広域変動を予測する短期変化予測部と、

前記長期変化予測部による予測結果と前記短期変化予測部による予測結果とに基づいて、前記植生と前記施設との接触によるリスクを判定するリスク判定部と、
前記リスク判定部によるリスクの判定結果を可視化する可視化部と、
を備えることを特徴とする植生管理システム。

【請求項 2】

前記植生分類部によって分類された植生ごとに、前記リモートセンシングデータに撮影された植生の樹冠の高さである樹高を推定する樹高推定部、をさらに備え、

前記長期変化予測部は、前記長期広域変動の予測に加えて、前記樹高推定部による樹高

の推定結果に基づいて、前記長期時系列における植生の樹高変動である長期樹高変動を予測し、

前記短期変化予測部は、前記短期広域変動の予測に加えて、前記樹高推定部による樹冠の高さの推定結果に基づいて、前記短期時系列における植生の樹高変動である短期樹高変動を予測し、

前記リスク判定部は、前記長期変化予測部による前記長期広域変動及び前記長期樹高変動の予測結果と、前記短期変化予測部による前記短期広域変動及び前記短期樹高変動の予測結果と、に基づいて、前記植生と前記施設との接触によるリスクを判定する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の植生管理システム。

【請求項 3】

前記リスク判定部による判定結果と前記可視化部によって生成された可視化のためのデータとに基づいて、前記植生と前記施設との接触によるリスクを解消するための保守作業を指示する保守指示部、をさらに備える

ことを特徴とする請求項 2 に記載の植生管理システム。

【請求項 4】

前記リスク判定部による前記リスクの判定には、

少なくとも一部期間が重複する長期時系列及び短期時系列のそれぞれについて、前記長期広域変動及び前記短期広域変動で予測された前記植生の範囲変動によって前記植生と前記施設とが広域的に接触するリスクを評価する生長リスク判定と、

前記生長リスク判定が行われた前記長期時系列及び前記短期時系列のそれぞれについて、前記長期樹高変動及び前記短期樹高変動で予測された前記植生の樹高変動によって前記植生と前記施設とが詳細に接触するリスクを評価する接触リスク判定と、

前記接触リスク判定の評価結果に基づいて、前記施設の被害リスクをシミュレーションによって予測する被害リスク判定と、が含まれる

ことを特徴とする請求項 2 に記載の植生管理システム。

【請求項 5】

前記リスク判定部は、前記生長リスク判定において、

前記短期広域変動の予測結果を用いて、気象変動を要因とする植生の倒伏によるリスクを推定する短期生長リスクモデルを構築し、

前記長期広域変動の予測結果を用いて、植生の生長によるリスクを推定する長期生長リスクモデルを構築する

ことを特徴とする請求項 4 に記載の植生管理システム。

【請求項 6】

前記リスク判定部は、二次元モデルを用いて前記生長リスク判定を行い、当該判定によって植生と施設との接触が予測された場合に、予測された接触箇所について三次元モデルを用いて前記接触リスク判定及び前記被害リスク判定を行う

ことを特徴とする請求項 4 に記載の植生管理システム。

【請求項 7】

過去の時系列における複数のリモートセンシングデータと、植生の生理特性に関する植生情報データと、植生及び施設の位置及び形状に関する情報を含む地理データと、地域の環境に関する環境データと、施設の管理及び保安に関する管理データと、を含む入力データを取得し、データベースに格納するデータ取得部、をさらに備え、

前記植生分類部は、前記管理データ以外の前記入力データを用いて、前記リモートセンシングデータに撮影された植生を分類し、当該分類の結果をマッピングした植生分類マップを生成し、

前記樹高推定部は、前記管理データ以外の前記入力データを用いて、前記植生分類部によって分類された植生に対する樹冠の高さを推定する樹高推定モデルを作成し、当該樹高推定モデルによる樹高の推定結果をマッピングした樹高マップを生成し、

前記長期変化予測部は、過去の長期時系列における前記リモートセンシングデータ、前記植生分類部による植生の分類結果、当該植生について前記植生情報データに示される生

10

20

30

40

50

理特性、前記地理データ、及び前記環境データを用いて、将来の長期時系列におけるリモートセンシングデータを予測する長期時系列変化予測モデルを生成し、当該長期時系列変化予測モデルによる予測結果をマッピングした長期植生広域マップを生成し、さらに、当該長期植生広域マップに対して前記樹高推定モデルを用いて樹高を推定し、その推定結果をマッピングした長期樹高予測マップを生成し、

前記短期変化予測部は、過去の短期時系列における前記リモートセンシングデータ、前記植生分類部による植生の分類結果、当該植生について前記植生情報データに示される生理特性、前記地理データ、及び前記環境データを用いて、将来の短期時系列におけるリモートセンシングデータを予測する短期時系列変化予測モデルを生成し、当該短期時系列変化予測モデルによる予測結果をマッピングした短期植生広域マップを生成し、さらに、当該短期植生広域マップに対して前記樹高推定モデルを用いて樹高を推定し、その推定結果をマッピングした短期樹高予測マップを生成し、

前記リスク判定部は、前記長期変化予測部及び前記短期変化予測部による生成物と前記地理データとを用いて、前記植生と前記施設との接触によるリスクを判定し、

前記保守指示部は、前記リスク判定部による判定結果と前記可視化部によって生成された可視化のためのデータと前記管理データとに基づいて、前記保守作業の指示内容を決定し、出力する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の植生管理システム。

【請求項 8】

前記所定の長期時系列には、樹木の生長による植生の変動を確認できる程度の時間間隔が指定され、前記所定の短期時系列には、気象変動を要因とする植生の変動を確認できる程度の時間間隔が指定される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の植生管理システム。

【請求項 9】

分析対象の施設及び植生をリモートセンシングによって撮影したリモートセンシングデータを用いて、前記植生が前記施設に接触するリスクを分析する、植生管理システムによる植生管理方法であって、

前記植生管理システムが、前記リモートセンシングデータに撮影された植生を分類する植生分類ステップと、

前記植生管理システムが、前記植生分類ステップによる植生の分類結果及び前記リモートセンシングデータに基づいて、所定の長期時系列における植生の範囲変動である長期広域変動を予測する長期変化予測ステップと、

前記植生管理システムが、前記植生分類ステップによる植生の分類結果及び前記リモートセンシングデータに基づいて、所定の短期時系列における植生の範囲変動である短期広域変動を予測する短期変化予測ステップと、

前記植生管理システムが、前記長期変化予測ステップによる予測結果と前記短期変化予測ステップによる予測結果とに基づいて、前記植生と前記施設との接触によるリスクを判定するリスク判定ステップと、

前記植生管理システムが、前記リスク判定ステップによるリスクの判定結果を可視化する可視化ステップと、

を備えることを特徴とする植生管理方法。

【請求項 10】

前記植生管理システムが、前記植生分類ステップで分類された植生ごとに、前記リモートセンシングデータに撮影された植生の樹冠の高さである樹高を推定する樹高推定ステップ、をさらに備え、

前記長期変化予測ステップにおいて前記植生管理システムは、前記長期広域変動の予測に加えて、前記樹高推定ステップによる樹高の推定結果に基づいて、前記長期時系列における植生の樹高変動である長期樹高変動を予測し、

前記短期変化予測ステップにおいて前記植生管理システムは、前記短期広域変動の予測に加えて、前記樹高推定ステップによる樹冠の高さの推定結果に基づいて、前記短期時系

10

20

30

40

50

列における植生の樹高変動である短期樹高変動を予測し、

前記リスク判定ステップにおいて前記植生管理システムは、前記長期変化予測ステップによる前記長期広域変動及び前記長期樹高変動の予測結果と、前記短期変化予測ステップによる前記短期広域変動及び前記短期樹高変動の予測結果と、に基づいて、前記植生と前記施設との接触によるリスクを判定する

ことを特徴とする請求項 9 に記載の植生管理方法。

【請求項 11】

前記植生管理システムが、前記リスク判定ステップの判定結果と前記可視化ステップで生成された可視化のためのデータとに基づいて、前記植生と前記施設との接触によるリスクを解消するための保守作業を指示する保守指示ステップ、をさらに備える

ことを特徴とする請求項 10 に記載の植生管理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、植生管理システム及び植生管理方法に関し、リモートセンシングの計測情報を用いて植生の接触に対する電力施設の保守作業を支援する植生管理システム及び植生管理方法に適用して好適なものである。

【背景技術】

【0002】

従来の電力施設保守作業では、定時的に、配電線や送電線等の電力施設が配置されたルートを手動的に調査し、樹木が電力施設に接触する等の問題が生じるおそれがある場所に対して、樹木枝の除去や除草剤の使用等の作業を行っていた。これに対して近年では、人手不足などの理由から調査作業を自動化する取り組みが進んでいる。

【0003】

この調査作業の自動化の取り組みにおいては、配電線や送電線といった電力施設の多くが山間部等の人が立ち入り難い場所に設置されていることを考慮して、電力施設や樹木（植生）を遠隔から監視できるリモートセンシング技術が注目されている。リモートセンシング技術の代表的な手段として、人工衛星や航空機、ドローン等の利用がある。さらに、植生と施設との接触を判定する方法として、LiDAR（Light Detection and Ranging）センサを活用した三次元計測による植生接触判定の研究開発が進んでいる。

【0004】

例えば特許文献 1 には、リモートセンシング技術によって撮影されたリモートセンシング画像に基づいて、植物の成長を分析するシステムが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開 2016-123369 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来技術では、リモートセンシングデータを活用して施設と植生との接触を分析する際に、LiDAR センサ等のリモートセンシングセンサを活用した三次元計測による植生接触判定を行う必要があり、精確な判定を行うために、撮影範囲が広域になったり、撮影時期が頻繁になったりすることで、コストが非常に嵩むという問題があった。また、ユーザに対する可視化や操作の直観化を支援するためには、施設及び植生の三次元化が不可欠なプロセスであり、そのために大量、異種、時系列の地理情報が必要となる点も、コストが増加する要因となっていた。

【0007】

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、コストの増加を抑制するとともに、植生と施設とが接触するリスクの分析を精確に行うことが可能な植生管理システム及び植生管

10

20

30

40

50

理方法を提案しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

かかる課題を解決するため本発明においては、分析対象の施設及び植生をリモートセンシングによって撮影したリモートセンシングデータを用いて、前記植生が前記施設に接触するリスクを分析する植生管理システムであって、前記リモートセンシングデータに撮影された植生を分類する植生分類部と、前記植生分類部による植生の分類結果及び前記リモートセンシングデータに基づいて、所定の長期時系列における植生の範囲変動である長期広域変動を予測する長期変化予測部と、前記植生分類部による植生の分類結果及び前記リモートセンシングデータに基づいて、所定の短期時系列における植生の範囲変動である短期広域変動を予測する短期変化予測部と、前記長期変化予測部による予測結果と前記短期変化予測部による予測結果とに基づいて、前記植生と前記施設との接触によるリスクを判定するリスク判定部と、前記リスク判定部によるリスクの判定結果を可視化する可視化部と、を備える植生管理システムが提供される。

10

【0009】

また、かかる課題を解決するため本発明においては、分析対象の施設及び植生をリモートセンシングによって撮影したリモートセンシングデータを用いて、前記植生が前記施設に接触するリスクを分析する、植生管理システムによる植生管理方法であって、前記植生管理システムが、前記リモートセンシングデータに撮影された植生を分類する植生分類ステップと、前記植生管理システムが、前記植生分類ステップによる植生の分類結果及び前記リモートセンシングデータに基づいて、所定の長期時系列における植生の範囲変動である長期広域変動を予測する長期変化予測ステップと、前記植生管理システムが、前記植生分類ステップによる植生の分類結果及び前記リモートセンシングデータに基づいて、所定の短期時系列における植生の範囲変動である短期広域変動を予測する短期変化予測ステップと、前記植生管理システムが、前記長期変化予測ステップによる予測結果と前記短期変化予測ステップによる予測結果とに基づいて、前記植生と前記施設との接触によるリスクを判定するリスク判定ステップと、前記植生管理システムが、前記リスク判定ステップによるリスクの判定結果を可視化する可視化ステップと、を備える植生管理方法が提供される。

20

【発明の効果】

30

【0010】

本発明によれば、コストの増加を抑制するとともに、植生と施設とが接触するリスクの分析を精確に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の一実施形態に係る植生管理システム1の構成例を示すブロック図である。

【図2】植生管理システム1のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図3】植生管理システム1における全体処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図4】データベース20に格納されるデータのイメージを説明する図である。

【図5】植生分類処理の処理手順例を示すフローチャートである。

40

【図6】植生分類マップの一例を説明する図である。

【図7】樹高推定処理の処理手順例を示すフローチャートである。

【図8】樹高マップの一例を説明する図である。

【図9】長期変化予測処理の処理手順例を示すフローチャートである。

【図10】長期植生広域マップ及び長期樹高予測マップの生成イメージを説明する図である。

【図11】短期変化予測処理の処理手順例を示すフローチャートである。

【図12】短期植生広域マップ及び短期樹高予測マップの生成イメージを説明する図である。

【図13】リスク判定処理の処理手順例を示すフローチャートである。

50

- 【図 1 4】 生長リスクモデルによる生長リスク判定の一例を説明する図である。
【図 1 5】 接触リスクモデルによる接触リスク判定の一例を説明する図である。
【図 1 6】 被害シミュレーションによる被害リスク判定の一例を説明する図である。
【図 1 7】 可視化処理の処理手順例を示すフローチャートである。
【図 1 8】 可視化のイメージ例を示す図である。
【図 1 9】 保守指示処理の処理手順例を示すフローチャートである。
【図 2 0】 保守指示の表示出力例を示す図である。
【図 2 1】 保守支援画面の一例を示す図である。
【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態を詳述する。

【0013】

図 1 は、本発明の一実施形態に係る植生管理システム 1 の構成例を示すブロック図である。本実施形態に係る植生管理システム 1 は、ユーザから指定された分析対象の地域（対象地域）について、リモートセンシングデータを利用して植生と電力施設との接触リスクを分析する電力施設保守向けの植生管理システムである。

【0014】

図 1 に示すように、植生管理システム 1 は、異種の複数の入力データ 10（リモートセンシング画像データ 10 a、植生情報データ 10 b、地理データ 10 c、環境データ 10 d、管理データ 10 e）が入力されるシステムであって、データ取得部 11（リモートセンシングデータ取得部 11 a、地理情報取得部 11 b、環境情報取得部 11 c、管理情報取得部 11 d）、データベース生成部 12、植生分類部 13、樹高推定部 14、長期変化予測部 15、短期変化予測部 16、リスク判定部 17、可視化部 18、保守指示部 19、及びデータベース 20 を備えて構成される。各部の詳細は、以降の説明のなかで適宜示される。なお、図 1 においては、データの移動や処理の遷移が矢印付きの実線で表されているが、データベース 20 に対しては、ほぼすべての構成からのアクセスが行われるため、矢印の表示を省略している。

【0015】

入力データ 10 を構成する個々のデータについて説明する。

【0016】

リモートセンシング画像データ 10 a は、リモートセンシングセンサが地表を観測することによって得られる時系列の画像データであり、具体的には例えば、RapidEye、MODIS（Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer）、LANDSAT、Sentinel、ICESat（Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite）等による衛星写真や航空写真である。リモートセンシング画像データ 10 a には、例えば、時系列の低解像度リモートセンシング画像及び高解像度リモートセンシング画像を用いることができるが、本実施形態においてリモートセンシング画像データ 10 a のデータの種類の制限はこれらに限定されるものではなく、例えば、同一のリモートセンシング画像における時系列画像を用いてもよい。なお、本説明において、解像度の高低は、絶対的な基準によるものではなく、相対的な比較による。

【0017】

植生情報データ 10 b は、植生の生理特性に関して取得されたデータであり、データの種類の制限されないが、例えば、植生分布情報、スペクトル情報、植生種類情報、及び樹高（樹冠高さ）情報等である。

【0018】

上記データのうち、植生分布情報は、緯度経度、及び分布形状の位置等を示す情報である。また、スペクトルデータは、光学センサ（特に、対象物からの光によって情報を得る受動型センサ）が植生を観測することによって得られるスペクトルライブラリのデータである。受動型センサは、基本的に目（肉眼）と同様の構造及び機能を有しており、詳細には、レンズなどの光学系（目の水晶体に相当）が対象物からの光を集め、検出系（目の網

10

20

30

40

50

膜に相当)の上に結像して、スペクトルや空間的な情報(例えば、色や形)を得る。特にスペクトル(色)については、目が可視光線だけをとらえるのに対して、光学センサでは可視光線から赤外線までの広範囲の波長域に亘って検知することができ、これにより、目では判読することができない鉱物・岩石や植生の識別、地表面の温度、土地の利用状況、海や湖沼の水資源やプランクトン資源等、数多くの有益な情報を得ることができる。またさらに、光学センサは、これらの有益な情報を広範囲に亘る二次元像として得ることもできる。また、植生種類情報及び樹高情報は、現地サンプリング及び実測によって得られる。

【0019】

地理データ10cは、地理情報システム(GIS:Geographic Information System)から提供される地理情報のデータであって、電力施設(配電線及び送電線等)及び植生に関する位置と形状(例えばポリゴン)の情報とを含む。地理データ10cは、現地で取得されるデータと衛星や航空機等から取得されるデータとを植生管理システム1において共用する際に不可欠なデータである。

【0020】

環境データ10dは、現地(地域)の環境に関するデータであって、例えば、分析対象の地域における土壌データ、気象データ、標高データ、傾斜度データ等が挙げられる。気象データは、具体的には、アメダスのデータ、MODIS地表面温度データ、気象局データ等が挙げられるが、これらに限定されない。

【0021】

管理データ10eは、保守指示部19による保守指示の内容を決定する際に参照されるデータであって、電力施設の管理及び保安に関する情報が含まれる。具体的には例えば、管理データ10eは、電力会社の運行保安メモ、ログ、履歴等の運用上のデータであり、電力会社から提供される。

【0022】

図2は、植生管理システム1のハードウェア構成例を示すブロック図である。図2には、リモートセンシング観測装置2から提供されるリモートセンシング画像データ10aが植生管理システム1に入力される様子が示されている。

【0023】

図2において、リモートセンシング観測装置2は、リモートセンシングセンサ(LiDAR等)を備えた観測衛星や航空機等であり、その種類は限定されない。リモートセンシング観測装置2は、リモートセンシングセンサによる観測結果としてリモートセンシング画像データ10aを定期的に提供する。そして、植生管理システム1は、このリモートセンシング画像データ10aを入力データ10の1つとして取得する。本実施形態では、リモートセンシング画像データ10aに、観測衛星で取得した衛星画像を用いて説明する。

【0024】

植生管理システム1は、演算機能を有する一般的なコンピュータシステム(PC)で実現することができ、例えば図2に示したように、CPU(Central Processing Unit)1a、RAM(Random Access Memory)1b、及び記憶装置1c等を備えて構成される。なお、植生管理システム1は、図2に図示した以外の構成を備えてもよく、例えば、保守指示の出力先としてディスプレイ等の出力装置を備えることが考えられる。

【0025】

植生管理システム1において、図1に示した各機能部(データ取得部11、データベース生成部12、植生分類部13、樹高推定部14、長期変化予測部15、短期変化予測部16、リスク判定部17、可視化部18、保守指示部19)は、それぞれ演算処理を行うため、役割ごとに分けられた複数のCPU1a及びRAM1bの組合せとして実装される。これら各機能部は、記憶装置1cにアクセスすることにより、データの読み出し/書き込みを行うことができる。また、図1に示した植生管理システム1のデータベース20は、記憶装置1cによって実装される。記憶装置1cは、具体的には例えば、PCに内蔵されるHDD(Hard Disk Drive)やSSD(Solid State Drive)等の記憶媒体だけでなく、PCに外部接続されるUSB(Universal Serial Bus)メモリ等の記憶媒体を含むこ

10

20

30

40

50

とができる。また、P Cとネットワークを介して通信可能に接続されたデータベース等の記憶手段も、記憶装置 1 c の一形態に含めてよい。

【0026】

図3は、植生管理システム1における全体処理の処理手順を示すフローチャートである。なお、図3に示す処理の開始に先立ち、植生管理システム1には、分析対象の地域（対象地域）がユーザから指定される。

【0027】

まず、ステップS1では、データ取得部11によって、入力データ10の植生管理システム1への入力が行われる。データ取得部11の個別の構成で説明すると、リモートセンシングデータ取得部11aがリモートセンシング画像データ10a及び植生情報データ10bを取得し、地理情報取得部11bが地理データ10cを取得し、環境情報取得部11cが環境データ10dを取得する。本実施形態では、環境データ10dは、気温、雨量、または日照等に関する気象データを含むとするが、他の種類のデータであってもよい。また、管理情報取得部11dは、管理データ10eを取得する。本実施形態では、管理データ10eは、監視ログ、伐採ログ、保守場所、及び時間履歴を含むとするが、他の種類のデータであってもよい。そして、ステップS1でデータ取得部11が取得した入力データ10は、データベース生成部12に送信される。

【0028】

次のステップS2では、データベース生成部12が、ステップS1でデータ取得部11から送信された入力データ10をデータベース20に格納するとともに、下記のデータ生成処理を行い、その処理後のデータをデータベース20に格納する。

【0029】

データ生成処理は、主に、後述する各部による処理を行うために必要な中間データを用意するための処理であって、詳しくは、以下のような処理が行われる。データ生成処理において、データベース生成部12は、まず、地理データ10cに含まれる位置及び形状の情報を用いて、過去の時系列のリモートセンシング画像データ10a（例えば衛星画像とする）に対して、ユーザから指定された対象地域のマスキングを行う。さらに、データベース生成部12は、リモートセンシング画像データ10aからマスキングパートである対象地域を抽出した「リモートセンシングデータ」と、地理データ10cから対象地域に関する情報を抽出した「地理データ」とを組み合わせ、対象地域のマッピングデータを生成する。なお、本例では、上記抽出されるリモートセンシングデータには、デジタル表面モデルを示すリモートセンシングデータが少なくとも含まれるとする。また、データベース生成部12は、植生情報データ10b及び環境データ10dに対しても、対象地域のマスキングを行い、対象地域に関する情報を抽出した「植生情報データ」及び「環境データ」を生成する。また、データベース生成部12は、管理データ10eに対しても、対象地域のマスキングを行い、対象地域に関する情報を抽出した「管理データ」を抽出してもよい。そして、データベース生成部12は、上記生成した様々なデータをデータベース20に格納する。さらに、ステップS2において、データベース生成部12は、上述したデータ以外にも、データベース20に格納されたリモートセンシングデータ、植生情報データ、地理データ及び環境データを適宜組み合わせマッピングを行い、そのマッピングデータをデータベース20に格納する。

【0030】

次のステップS3では、植生分類部13が、ステップS2で生成されてデータベース20に格納されたリモートセンシングデータ及び地理データ（または、地理データを組み合わせたマッピングデータ）と植生情報データとに基づいて、植生の種別を判別し、判別した植生の種別をマッピングデータに反映した「植生分類マップ」を生成してデータベース20に格納する（植生分類処理）。植生分類処理の詳細は、図5等を参照しながら後述する。

【0031】

次のステップS4では、樹高推定部14が、データベース20に格納された植生分類マ

10

20

30

40

50

ップ、リモートセンシングデータ（デジタル表面モデルを示すリモートセンシングデータの多バンド衛星画像データ）、地理データ、環境データ（気象データ、標高データ）などを用いて、ステップＳ３で分類された植生ごとに、リモートセンシングデータに撮影された植生の樹冠高さを推定する樹高推定モデルを構築し、当該モデルを用いて各植生の樹高を推定し、推定結果を地理データにマッピングした樹高マップを生成し、樹高推定モデル及び樹高マップをデータベース２０に格納する（樹高推定処理）。樹高推定処理の詳細は、図７等を参照しながら後述する。

【００３２】

次のステップＳ５では、長期変化予測部１５が、データベース２０に格納された植生分類マップ、環境データ、及び過去の長期的な時系列によるリモートセンシングデータ等を用いて、所定の（例えばユーザから指定される）長期時系列における植生の範囲変動である長期広域変動を予測し、さらに、ステップＳ４で生成された樹高推定モデルを用いて、同じく所定の長期時系列における植生の樹高変動である長期樹高変動を予測し、それらの予測結果をデータベース２０に格納する（長期変化予測処理）。長期変化予測処理の詳細は、図９等を参照しながら後述する。

【００３３】

次のステップＳ６では、短期変化予測部１６が、データベース２０に格納された植生分類マップ、環境データ、及び過去の短期的な時系列によるリモートセンシングデータ等を用いて、所定の（例えばユーザから指定される）短期時系列における植生の範囲変動である短期広域変動を予測し、さらに、ステップＳ４で生成された樹高推定モデルを用いて、同じく所定の短期時系列における植生の樹高変動である短期樹高変動を予測し、それらの予測結果をデータベース２０に格納する（短期変化予測処理）。短期変化予測処理の詳細は、図１１等を参照しながら後述する。

【００３４】

次のステップＳ７では、リスク判定部１７が、長期変化予測部１５及び短期変化予測部１６による長期／短期の広域変動及び樹高変動の予測結果と、樹高推定部１４によって生成された樹高マップ等とに基づいて、時系列変動に伴う植生と電力施設との接触リスクを判定（算出）し、判定結果（リスク判定結果）をデータベース２０に格納する（リスク判定処理）。リスク判定処理において、リスク判定部１７は、まず、データベース２０に格納された長期／短期の植生広域マップ、樹高マップ、及び電力施設の地理データをリモートセンシングデータにマッピングする。次に、リスク判定部１７は、植生広域マップの時系列変動と電力施設との二次元の位置関係を評価し、植生樹高の時系列変動と電力施設との三次元の位置関係を評価する。そして、リスク判定部１７は、両評価の結果に基づいて、植生の生長リスク、植生と電力施設との接触リスク、及び電力施設の被害リスクを判定し、判定結果をデータベース２０に格納する。リスク判定処理の詳細は、図１３等を参照しながら後述する。

【００３５】

次のステップＳ８では、可視化部１８が、データベース２０に格納された広域変動及び樹高変動の予測結果とリスク判定結果とを用いて、特定時間（またはユーザによる指定時間）の時間間隔による二次元または三次元の可視化を行う（可視化処理）。可視化処理の詳細は、図１８を参照しながら後述する。

【００３６】

そして、最後のステップＳ９では、保守指示部１９が、ステップＳ８までの分析結果及び可視化結果とデータベース２０に格納された管理データ１０e（あるいは管理データ）とに基づいて、保守指示をユーザに提示する（保守指示処理）。保守指示処理の詳細は、図１８を参照しながら後述する。

【００３７】

以上のステップＳ１～Ｓ９の処理が行われることにより、植生管理システム１では、ユーザから指定された対象地域について、リモートセンシングデータを利用して、対象地域が広範囲であっても低コストで精確に、植生の長期及び短期に亘る変動を予測し、電力施

10

20

30

40

50

設と植生との接触リスクを分析し、その分析結果に基づいて、保守作業をユーザに指示することができる。また、植生管理システム1では、上記の一連の分析において入力または生成された各種のデータ（入力データ、中間データ、出力データ）がデータベース20に格納されるため、これらのデータを以降の分析や別の分析に利用することもできる。

【0038】

図4は、データベース20に格納されるデータのイメージを説明する図である。図4には、中間データとして利用されるデータの一例として、リモートセンシングデータである衛星画像201、植生情報データ202、地理データ203、環境データ204、及び管理データ205について、それぞれのイメージが可視的に示されている。

【0039】

ステップS2で前述したように、衛星画像201は、データベース生成部12によって対象地域が抽出された時系列のリモートセンシング画像データ10aの一例である。また同様に、植生情報データ202は、対象地域に関する情報が抽出された植生情報データ10bの一例であり、地理データ203は、対象地域に関する情報が抽出された地理データ10cの一例であり、環境データ204は、対象地域に関する情報が抽出された環境データ10dの一例であり、管理データ205は、対象地域に関する情報が抽出された管理データ10eの一例である。但し、図4では、簡略のため、各情報の詳細な内容の図示は省略している。

【0040】

図5は、植生分類処理の処理手順例を示すフローチャートである。前述したように、植生分類処理は図3のステップS3の処理に相当し、植生分類部13によって実行される。

【0041】

図5によればまず、植生分類部13は、図3のステップS2においてデータベース生成部12がリモートセンシングデータと地理データを組み合わせて生成した、対象地域のマッピングデータを取得する（ステップS11）。次に、植生分類部13は、図3のステップS2で生成された環境データ、植生情報データ及び地理データを組み合わせたマッピングデータを取得する（ステップS12）。ステップS11、S12の処理は、実行順序を入れ替えてもよいし、並行して実行されてもよい。

【0042】

なお、ステップS11、S12において、植生分類部13は、データベース生成部12から対象のデータを直接取得してもよいし、データベース20に格納された対象のデータを取得してもよい。これは、本実施形態に係る植生管理システム1では、中間データも含めて基本的に全てのデータはデータベース20に格納されるためであり、後述するその他の機能部による処理でも同様に、所望のデータを、生成元の機能部から取得してもよいし、データベース20から取得してもよい。

【0043】

次に植生分類部13は、ステップS11、S12で取得した対象地域のマッピングデータ及び植生情報データ等を用いて、マッピング範囲における植生の種別を判別する（ステップS13）。植生の種別を判別する「植生分類」の具体的な方法としては例えば、機械学習の手法を用いて、植生情報データとに含まれるスペクトルライブラリデータを学習し、植生のスペクトル特徴量から類別を推定することができる。なお、植生分類の方法は、上記例に限らず、その他の公知の手法を用いてもよい。

【0044】

次に、植生分類部13は、ステップS13で分類した植生の種別ごとに、地理データを記録することによって、植生分類マップを生成し、データベース20に提供する（ステップS14）。

【0045】

なお、ステップS11～S14の処理は、時系列の過去のマッピングデータを対象に繰り返し実行されてよく、その結果、植生分類部13は、時系列の過去の植生分類マップを生成することができる。

10

20

30

40

50

【0046】

図6は、植生分類マップの一例を説明する図である。図6(A)には、図5のステップS13の植生分類が行われる前の対象地域のマッピングデータの一例として、分類前マップ画像211が示され、図6(B)には、植生分類後に図5のステップS14で生成される植生分類マップの一例として、植生分類マップ画像212が示されている。図6(A)に示したように、分類前マップ画像211は、通常の衛星画像（リモートセンシングデータ）である。これに対して図6(B)に示した植生分類マップ画像212は、分類前マップ画像211に植生分類を通じて、植生の種別ごとに色付けしたマッピング画像を生成したものである。なお、植生分類マップ画像212では、対象地域における各種の地理情報について、地理データに基づいて、範囲や形状の色分けがなされてもよい。

10

【0047】

図7は、樹高推定処理の処理手順例を示すフローチャートである。前述したように、樹高推定処理は図3のステップS4の処理に相当し、樹高推定部14によって実行される。

【0048】

図7によればまず、樹高推定部14は、データベース20から、デジタル表面モデルを示すリモートセンシングデータの多バンド衛星画像を取得する（ステップS21）。次に、樹高推定部14は、地理データ、環境データ、及び植生情報データを取得する（ステップS22）。さらに、樹高推定部14は、植生分類処理で生成された種別ごとの植生分布を示す植生分類マップを取得する（ステップS23）。ステップS21～S23の処理は、実行順序を入れ替えてもよいし、並行して実行されてもよい。

20

【0049】

次に、樹高推定部14は、ステップS21～S23で取得したデータに基づいて、植生分類処理で分類された植生に対する樹冠高さを推定する樹高推定モデルを作成する（ステップS24）。樹高推定モデルの作成には、既知の方法を採用してよいが、例えばRandom forestの機械学習モデルを利用することができる。この場合、デジタル表面モデルの値を目的変数とし、他のスペクトルデータ、気象データ、標高データ、植生情報データなどを説明変数とすることで、樹高推定モデルを構築することができる。

【0050】

次に、樹高推定部14は、ステップS24で構築した樹高推定モデルを用いて、植生の種別ごとに樹冠の高さ（樹高）を推定する（ステップS25）。そして、樹高推定部14は、ステップS25の推定結果を地理データにマッピングして樹高マップを生成し、ステップS24で構築した樹高推定モデルとともに、樹高マップをデータベース20に格納し（ステップS26）、樹高推定処理を終了する。

30

【0051】

図8は、樹高マップの一例を説明する図である。図8(A)には、樹高推定処理が行われる前の対象地域のマッピングデータの一例として、推定前マップ画像221が示され、図8(B)には、樹高推定の結果に基づいて図7のステップS26で生成される樹高マップの一例として、樹高マップ画像222が示されている。図8(A)に示したように、推定前マップ画像221は、通常の衛星画像（リモートセンシングデータ）である。これに対して図8(B)に示した樹高マップ画像222は、推定前マップ画像221に、各植生について樹高推定モデルを用いて推定した樹冠の高さを、高さごとに色付けしたマッピング画像を生成したものである。なお、樹高マップ画像222では、対象地域における各種の地理情報について、地理データに基づいて、範囲や形状の色分けがなされてもよい。

40

【0052】

図9は、長期変化予測処理の処理手順例を示すフローチャートである。前述したように、長期変化予測処理は、図3のステップS5の処理に相当し、長期変化予測部15によって実行される。

【0053】

なお、図9に示す長期変化予測処理は、植生の長期的な変動を予測する処理であるが、本実施形態における「長期」とは、樹木等の生長による植生の変化・変動を確認できる程

50

度の長期的な期間を意味しており、例えば、1年程度を単位として考えることができる。これに対し、図11に示す短期変化予測処理は、植生の短期的な変動を予測する処理であるが、本実施形態における「短期」とは、天候や季節変化によって樹木が倒伏する等のように、気象変動を要因とする植生の変化・変動を確認できる程度の短期的な期間を意味しており、例えば、3ヶ月程度を単位として考えることができる。

【0054】

図9によればまず、長期変化予測部15は、植生分類処理の結果（樹高推定モデル、植生分類マップ）をデータベース20から取得する（ステップS31）。次に、長期変化予測部15は、過去の長期的な時系列によるリモートセンシングデータの多バンド衛星画像をデータベース20から取得する（ステップS32）。さらに、長期変化予測部15は、環境データ、植生情報データ、及び地理データをデータベース20から取得する（ステップS33）。ステップS31～S33の処理は、実行順序を入れ替えてもよいし、並行して実行されてもよい。

【0055】

次に、長期変化予測部15は、ステップS32で取得した長期時系列リモートセンシングデータに基づいて、長期の将来におけるリモートセンシングデータを予測する長期時系列変化予測モデルを生成する（ステップS34）。長期時系列予測モデルは、例えばRNN（回帰型ニューラルネットワーク）を生成することによって時系列変動を予測することができるが、その他の既知のモデルを生成して予測するようにしてもよい。

【0056】

次に、長期変化予測部15は、ステップS34で生成した予測モデルを用いて、ユーザから指定される長期の指定時間後（あるいは指定時間経過ごと）の植生の広域変動を予測し、その予測結果をマッピングした広域マップを生成する（ステップS35）。すなわち、ステップS35で生成される広域マップは、長期に亘る植生の広域変動の予測結果を表す。なお、広域マップの生成時には、ステップS31～S33で取得した各種データ（植生分類マップ、環境データ、植生情報データ、及び地理データ）を適宜利用してもよい。

【0057】

次に、長期変化予測部15は、ステップS35で生成した植生の広域マップに対して、図7の樹高推定処理で生成された各種植生の樹高推定モデルを用いて樹高推定を行うことにより、長期の指定時間後（あるいは指定時間経過ごと）の植生の樹高変動を予測し、その予測結果をマッピングした樹高予測マップを生成する（ステップS36）。なお、樹高予測マップの生成時には、ステップS31～S33で取得した各種データ（植生分類マップ、環境データ、植生情報データ、及び地理データ）を適宜利用してもよい。

【0058】

なお、以下の説明では、長期変化予測処理のステップS35で生成される植生の広域マップと、後述する短期変化予測処理のステップS45で生成される植生の広域マップとを区別するために、前者を長期植生広域マップと称し、後者を短期植生広域マップと称する。同様に、長期変化予測処理のステップS36で生成される樹高予測マップを長期樹高予測マップと称し、短期変化予測処理のステップS46で生成される樹高予測マップを短期樹高予測マップと称する。

【0059】

そして最後に、長期変化予測部15は、ステップS35、S36の予測結果（長期植生広域マップ及び長期樹高予測マップ）をデータベース20に格納し、長期変化予測処理を終了する。

【0060】

図10は、長期植生広域マップ及び長期樹高予測マップの生成イメージを説明する図である。図10では、長期的時系列の一例として、時間 t_1 、 t_2 、現在（now）、 t_3 の間隔が1年とされている。

【0061】

図10に示すように、長期変化予測処理において、長期変化予測部15は、過去の時間

10

20

30

40

50

ｔ１，ｔ２における衛星画像（広域マップ２３１，２３２）から、長期時系列変化予測モデルを用いて、将来の指定時間（例えば時間ｔ３）における植生の広域変動を予測し、予測結果をマッピングした広域マップ（広域マップ２３３）を生成する。また、図示は省略しているが、時間ｔ３以降の各時間についても同様に植生の広域変動予測を行って広域マップを生成する。この結果、将来について予測された広域マップが、広域範囲における植生の長期的な変動予測を表す長期植生広域マップとなる。

【００６２】

次いで、長期変化予測部１５は、各時間の広域マップ（広域マップ２３１～２３３）のそれぞれに対して、樹高推定モデルを用いて植生の樹高を推定し、推定結果をマッピングした樹高マップ（樹高マップ２３４～２３６）を生成する。これらの樹高マップのうち、将来時間（時間ｔ３、及びそれ以降の時間）について生成された樹高マップが、長期的な時系列における樹冠の高さの変動予測を表す長期樹高予測マップとなる。

【００６３】

図１１は、短期変化予測処理の処理手順例を示すフローチャートである。前述したように、短期変化予測処理は、図３のステップＳ６の処理に相当し、短期変化予測部１６によって実行される。

【００６４】

図１１によればまず、短期変化予測部１６は、植生分類処理の結果（植生分類マップ）をデータベース２０から取得する（ステップＳ４１）。次に、短期変化予測部１６は、過去の短期的な時系列によるリモートセンシングデータの多バンド衛星画像をデータベース２０から取得する（ステップＳ４２）。さらに、短期変化予測部１６は、環境データ、植生情報データ、及び地理データをデータベース２０から取得する（ステップＳ４３）。ステップＳ４１～Ｓ４３の処理は、実行順序を入れ替えてもよいし、並行して実行されてもよい。

【００６５】

次に、短期変化予測部１６は、ステップＳ４２で取得した短期時系列リモートセンシングデータに基づいて、短期の将来におけるリモートセンシングデータを予測する短期時系列変化予測モデルを生成する（ステップＳ４４）。短期時系列予測モデルは、例えばＲＮＮ（回帰型ニューラルネットワーク）を生成することによって時系列変動を予測することができるが、その他の既知のモデルを生成して予測するようにしてもよい。

【００６６】

次に、短期変化予測部１６は、ステップＳ４４で生成した予測モデルを用いて、ユーザから指定される短期の指定時間後（あるいは指定時間経過ごと）の植生の広域変動を予測し、その予測結果をマッピングした短期植生広域マップを生成する（ステップＳ４５）。すなわち、短期植生広域マップは、短期に亘る植生の広域変動の予測結果を表す。なお、短期植生広域マップの生成時には、ステップＳ４１～Ｓ４３で取得した各種データ（植生分類マップ、環境データ、植生情報データ、及び地理データ）を適宜利用してもよい。

【００６７】

次に、短期変化予測部１６は、ステップＳ４５で生成した短期植生広域マップに対して、図７の樹高推定処理で生成された各種植生の樹高推定モデルを用いて樹高推定を行うことにより、短期の指定時間後（あるいは指定時間経過ごと）の植生の樹高変動を予測し、その予測結果をマッピングした短期樹高予測マップを生成する（ステップＳ４６）。なお、短期樹高予測マップの生成時には、ステップＳ４１～Ｓ４３で取得した各種データ（植生分類マップ、環境データ、植生情報データ、及び地理データ）を適宜利用してもよい。

【００６８】

そして最後に、短期変化予測部１６は、ステップＳ４５，Ｓ４６の予測結果（短期植生広域マップ及び短期樹高予測マップ）をデータベース２０に格納し、短期変化予測処理を終了する。

【００６９】

図１２は、短期植生広域マップ及び短期樹高予測マップの生成イメージを説明する図で

10

20

30

40

50

ある。図 1 2 では、短期的時系列の一例として、時間 t_1 , t_2 , 現在 (now) , t_3 の間隔が 3 ケ月とされている。

【 0 0 7 0 】

図 1 2 に示すように、短期変化予測処理において、短期変化予測部 1 6 は、過去の時間 t_1 , t_2 における衛星画像（広域マップ 2 4 1 , 2 4 2）から、短期時系列変化予測モデルを用いて、将来の指定時間（例えば時間 t_3 ）における植生の広域変動を予測し、予測結果をマッピングした広域マップ（広域マップ 2 4 3）を生成する。また、図示は省略しているが、時間 t_3 以降の各時間についても同様に植生の広域変動予測を行って広域マップを生成する。この結果、将来について予測された広域マップが、広域範囲における植生の短期的な変動予測を表す短期植生広域マップとなる。

10

【 0 0 7 1 】

次いで、短期変化予測部 1 6 は、各時間の広域マップ（広域マップ 2 4 1 ~ 2 4 3）のそれぞれに対して、樹高推定モデルを用いて植生の樹高を推定し、推定結果をマッピングした樹高マップ（樹高マップ 2 4 4 ~ 2 4 6）を生成する。これらの樹高マップのうち、将来時間（時間 t_3 、及びそれ以降の時間）について生成された樹高マップが、短期的な時系列における樹冠の高さの変動予測を表す短期樹高予測マップとなる。

【 0 0 7 2 】

図 1 3 は、リスク判定処理の処理手順例を示すフローチャートである。前述したように、リスク判定処理は図 3 のステップ S 7 の処理に相当し、リスク判定部 1 7 によって実行される。なお、図 1 3 において、ステップ S 5 1 , S 5 2 の処理は、実行順序を入れ替えてもよく、または並行して実行してもよい。

20

【 0 0 7 3 】

図 1 3 によればまず、リスク判定部 1 7 は、短期変化予測処理で生成された短期植生広域マップ及び短期樹高予測マップを、例えばデータベース 2 0 から取得する（ステップ S 5 1）。次に、リスク判定部 1 7 は、長期変化予測処理で生成された長期植生広域マップ及び長期樹高予測マップを、例えばデータベース 2 0 から取得する（ステップ S 5 2）。

【 0 0 7 4 】

次に、リスク判定部 1 7 は、ステップ S 5 1 , S 5 2 で取得した短期植生広域マップ及び長期植生広域マップを用いて、短期／長期に亘る植生の範囲変動による、植生と電力施設との広域的な接触リスク（生長リスク）を評価する生長リスクモデルを構築する（ステップ S 5 3）。具体的には、リスク判定部 1 7 は、短期植生広域マップから、数か月等の短期の時系列経過において、天候や季節変化等の気象変動を要因とする植生（樹木等）の倒伏がどの程度発生するかという倒伏リスクを推定する短期生長リスクモデルを構築し、当該モデルをデータベース 2 0 に格納する。また、リスク判定部 1 7 は、長期植生広域マップから、1 年等の長期の時系列経過における植生（樹木等）の生長による接触リスクを推定する長期生長リスクモデルを構築し、当該モデルをデータベース 2 0 に格納する。

30

【 0 0 7 5 】

次に、リスク判定部 1 7 は、ステップ S 5 3 の生長リスクモデルから算出される短期／長期の生長リスクと、ステップ S 5 1 , S 5 2 で取得した短期／長期の樹高予測マップと、電力施設（例えば送電線や配電線）に関する地理データとに基づいて、短期／長期に亘る植生の樹高変動による、植生（樹木等）と電力施設との詳細な接触リスクを評価する接触リスクモデルを構築し、当該モデルによる評価結果をデータベース 2 0 に格納する（ステップ S 5 4）。すなわち、接触リスクモデルによる接触リスクの判定では、電力施設の地理情報と植生（樹木等）の境界線の地理情報を照合し、接触の有無（あるいは接触場所）を判定する。接触リスクモデルの構築方法は特に限定されないが、例えば、数式モデル、ディープラーニング、または機械学習等を利用して構築することができる。

40

【 0 0 7 6 】

次に、リスク判定部 1 7 は、ステップ S 5 4 で算出した接触リスクに基づいて、電力施設の被害リスクを予測する被害シミュレーションを実行し（被害リスク判定）、その予測結果をデータベース 2 0 に格納し、リスク判定処理を終了する。

50

【0077】

図14は、生長リスクモデルによる生長リスク判定の一例を説明する図である。図14には、時間 t_1 、 t_2 、 t_3 （ t_3 は将来）の時系列経過における生長リスクモデル250のイメージとして、各時間における植生の広域マップ及び電力施設とを二次元にマッピングした二次元マップ251、252、253が示されている。

【0078】

図14において、二次元マップ251では、植生範囲251aと送電線251b（電力施設の一例）とが接触していない。また、二次元マップ252でも、植生範囲252aと送電線252bとは接触していない。一方、将来の予測モデルである二次元マップ253では、植生範囲253aと送電線253bとが、リスク箇所253cにおいて接触する可能性があることが示されている。このような生長リスクモデル250からは、時間 t_3 においてリスク箇所253cの生長リスクが判定される。上記のような生長リスクモデルを用いた生長リスク判定では、短期生長リスクモデルを用いた判定と、長期生長リスクモデルを用いた判定とが別々に実行される。そして、短期生長リスク判定では、天候（雨や台風など）及び季節変化といった気象変動によって樹木が倒伏する等の短期生長リスクを判定することができる。また、長期生長リスク判定では、樹木の生長による長期生長リスクを判定することができる。

【0079】

図15は、接触リスクモデルによる接触リスク判定の一例を説明する図である。図15には、時間 t_1 、 t_2 、 t_3 （ t_3 は将来）の時系列経過における接触リスクモデル260のイメージとして、各時間における植生及び電力施設が三次元にマッピングされている。個別には、各時間における植生の樹冠を示す樹冠モデル261、262、263と、電力施設の一例である電柱264及び送電線265が示されている。電力施設の配置は、地理データから生成することができる。

【0080】

図15において、時間 t_1 、 t_2 における樹冠モデル261、262は、電柱264及び送電線265の何れとも接触していない。一方、将来の予測モデルである時間 t_3 の樹冠モデル263は、送電線265とリスク箇所266において接触する可能性があることが示されている。このような接触リスクモデル260からは、時間 t_3 においてリスク箇所266の接触リスクが判定される。

【0081】

図16は、被害シミュレーションによる被害リスク判定の一例を説明する図である。図16には、被害シミュレーションに用いられる被害リスクモデル270のイメージ図が示されている。被害リスク判定では、接触リスク判定で判定された、接触可能性が高い場所（例えば図15のリスク箇所266）について、詳細判断が行われる。具体的には、図16に示したように、被害リスクモデル270は、電力施設と植生の三次元モデル（電柱271、配電線272、植生273）を用いて、樹木の高さ、風速、倒伏、植生量の拡大（本実施形態では樹冠の拡大）を考慮し、植生の接触による電力施設の被害リスクを判定する。リスク判定の手法は、上記例に限定されず、既知の他の手法を用いてもよい。

【0082】

上述したように、図13に示したリスク判定処理では、短期／長期の広域的な生長リスクの判定（ステップS53）、短期／長期における接触リスクの判定（ステップS54）、接触リスクが判定された箇所における被害リスクの判定（ステップS55）という3種類の判定が実行される。このうち、生長リスクの判定は、将来を推定した生長モデルから大まかな「広域リスク」を予測する処理と捉えることができ、接触リスクの判定は、電力施設の地理データを用いて、より細やかな「詳細リスク」を予測する処理と捉えることができる。また、被害リスクの判定は、上記の詳細リスクが予測された箇所について、接触の度合いから具体的な被害リスクを予測する処理と捉えることができる。したがって、リスク判定部17は、例えば、二次元モデルを用いた生長リスク（広域リスク）の判定によって大まかに接触の可能性が予測された場合に、予測された接触箇所について三次元モデ

10

20

30

40

50

ルを用いた接触リスク（詳細リスク）の判定及び被害シミュレーションを行うことによって、接触箇所で予測される被害リスクを詳しく分析する等、リスク判定処理における各種判定を段階的に実行するようにしてもよい。なお、上記の場合、接触リスク判定及び被害シミュレーションで三次元モデルを使用する理由は、高精度の接触判定を行うためであるが、高精度の判定結果が得られる方法であればこれに限定されるものではなく、例えば、通常よりも高精度のリモートセンシングデータ（衛星画像）を用いる等してもよい。

【0083】

図17は、可視化処理の処理手順例を示すフローチャートである。前述したように、可視化処理は図3のステップS8の処理に相当し、可視化部18によって実行される。なお、図17において、ステップS61，S62の処理は、実行順序を入れ替えてもよく、または並行して実行してもよい。

10

【0084】

図17によればまず、可視化部18は、短期変化予測処理で生成された短期植生広域マップ及び短期樹高予測マップと、これらのマップに対応する、電力施設（例えば配電線及び送電線）及び植生に関する地理データを、例えばデータベース20から取得する（ステップS61）。次に、可視化部18は、長期変化予測処理で生成された長期植生広域マップ及び長期樹高予測マップと、これらのマップに対応する、電力施設（例えば配電線及び送電線）及び植生に関する地理データを、例えばデータベース20から取得する（ステップS62）。

【0085】

次に、可視化部18は、リスク判定処理のステップS53で算出された生長リスクの判定結果に基づいて、生長リスクの可視化を行う（ステップS63）。可視化の際は、ステップS61，S62で取得したデータを適宜組み合わせる利用することができる。

20

【0086】

次に、可視化部18は、リスク判定処理のステップS54で算出された接触リスクの判定結果に基づいて、接触リスクの可視化を行う（ステップS64）。可視化の際は、ステップS61，S62で取得したデータを適宜組み合わせる利用することができる。

【0087】

次に、可視化部18は、リスク判定処理のステップS55で算出された被害リスクの判定結果に基づいて、被害リスクの可視化を行い（ステップS65）、可視化処理を終了する。可視化の際は、ステップS61，S62で取得したデータを適宜組み合わせる利用することができる。

30

【0088】

図18は、可視化のイメージ例を示す図である。図18では、図17のステップS63における生長リスクの可視化の一例を示している。

【0089】

図18には、指定時間 t_1 ， t_2 ， t_3 の各時間について、広域変動の可視化イメージ281と樹高変動の可視化イメージ282とが二次元画像で示されている。広域変動の可視化イメージ281及び樹高変動の可視化イメージ282は、指定時間の生長リスク判定で用いられた植生広域マップ及び樹高マップからそれぞれ生成することができる。なお、図18では静止画で示しているが、各可視化イメージは、指定された時間間隔（ $t_1 \sim 3$ ）の間で、指定された時間分解能で、動画を表示するようにしてもよい。

40

【0090】

また、具体例の図示は省略するが、図17のステップS64における接触リスクの可視化の際は、図15に例示したような三次元画像（あるいは動画）を用いて、指定時間における植生と電力施設との接触リスクを表示すればよい。また、図17のステップS65における被害リスクの可視化の際は、図16に例示したような二次元画像（あるいは動画）を用いて、指定時間における植生の接触による電力施設の被害リスクを表示すればよい。被害リスクの可視化では三次元画像（あるいは動画）を用いることもできる。また、図17のステップS63～S65における各リスク判定の可視化は、後述する図21のように

50

、管理画面上にまとめて表示する等してもよい。

【0091】

図19は、保守指示処理の処理手順例を示すフローチャートである。前述したように、保守指示処理は図3のステップS9の処理に相当し、保守指示部19によって実行される。

【0092】

図19によればまず、保守指示部19は、リモートセンシングデータをデータベース20から取得し、入力する(ステップS71)。ステップS81で取得するリモートセンシングデータとしては、例えば、衛星画像、ドローン画像、車載カメラ画像などを挙げることができるが、その他のデータでもよい。

【0093】

次に、保守指示部19は、ステップS81で取得したリモートセンシングデータを用いたリスク判定処理の判定結果を確認する(ステップS72, S73)。

【0094】

詳しくは、ステップS72において保守指示部19は、広域の接触リスクを確認する。具体的には、保守指示部19は、リスク判定処理における生長リスク判定(図13のステップS53)で判定された広域のリスク箇所(例えば、図14のリスク箇所253c)や、可視化処理における生長リスク可視化(図17のステップS63)で可視化された広域のリスク状況(例えば図18で可視化イメージ281に示されたリスク箇所)を確認し、電力施設と植生との間で広域の接触リスクが予測される関心領域を選出する。関心領域の選出は、リスク値の定量化に基づいて閾値を用いて選出すればよいが、その他の方法を用いてもよい。

【0095】

そしてステップS73において保守指示部19は、ステップS72で選出した関心領域に対して、詳細な接触リスクを確認する。具体的には、保守指示部19は、リスク判定処理における接触リスク判定(図13のステップS54)で判定された詳細なリスク箇所(例えば、図15のリスク箇所266)や、可視化処理における接触リスク可視化(図17のステップS64)で可視化された詳細なリスク状況を確認し、電力施設と植生との間で接触リスクが予測される詳細領域を特定する。詳細領域の特定は、リスク値の定量化に基づいて閾値を用いて決定すればよいが、その他の方法を用いてもよい。

【0096】

次に、保守指示部19は、ステップS72, S73で確認した広域リスク及び詳細リスクの確認結果と、及びステップS73で特定した詳細領域とに基づいて、これらに対応する管理データをデータベース20から取得し、必要な保守作業の指示内容を決定する(ステップS74)。ステップS74で決定される保守作業の指示内容には、例えば、保守場所の特定、配車の最適化、人員の出張計画、機材の搬送等を含めることができる。また、保守作業の指示内容を決定する方法は、特定の方法に限定しないが、例えば、特定したリスク場所(詳細領域)をリスト化し、リストの登録内容から保守作業に伴う人員派遣や機材運搬についてのルート及び時間を最適化すればよい。そして保守指示部19は、決定した保守作業の指示内容を、所定の出力装置(例えば液晶ディスプレイやプリンタ等)から出力し、保守指示処理を終了する。

【0097】

図20は、保守指示の表示出力例を示す図である。図20に示した保守指示画面290は、図19のステップS74で出力される保守作業の指示内容の出力例であって、植生管理システム1の表示装置(不図示)に表示される表示画面である。

【0098】

図20の保守指示画面290には、オフィス、2つの機材倉庫(機材倉庫1~2)、及び4つのリスク場所(リスク場所1~4)が示されている。保守指示部19は、保守作業の指示内容を決定する際(図19のステップS74)、各リスク場所に対するオフィス及び機材倉庫の位置を参考にして、人員派遣及び機材搬送の最適ルートを探索する。さらに、保守指示部19は、移動時間及び保守作業時間を考慮した計算を行うことによって、各

10

20

30

40

50

リスク場所における保守時間を推定し、ルートと時間との指示を合わせて保守指示画面 290 に表示する。具体的には図 20 の保守指示画面 290 の場合、各リスク場所への移動及び保守作業実施の日程が、4 月 12 日または 4 月 13 日に予定され、人員派遣や機材運搬のルートが矢印付きの線で表されている。なお、このような保守作業の指示内容は、リスク場所の数や位置、オフィス及び倉庫の位置、等によって異なるものとなる。

【0099】

なお、保守指示部 19（または可視化部 18）は、可視化及び保守指示に関する保守支援画面を管理用の GUI（Graphical User Interface）等に表示して、保守作業をサポートするようにしてもよい。

【0100】

図 21 は、保守支援画面の一例を示す図である。図 21 に示す保守支援画面 300 は、保守作業者の端末に GUI 表示される保守支援画面の一例であり、変動表示ブロック 301、変動表示ブロック 302、リスク表示ブロック 303、及び保守指示ブロック 304 が含まれる。なお、GUI の詳細デザイン及び詳細項目は、図 21 の例に限定されるものではない。

【0101】

変動表示ブロック 301 は、長期変動における生長リスクの予測結果を表示するブロックであり、変動表示ブロック 302 は、短期変動における生長リスクの予測結果を表示するブロックである。変動表示ブロック 301、302 は、時間軸に設けたスライドバーの操作によって、所望の指定時間におけるリスク箇所や接触状況を確認できるようにしている。リスク表示ブロック 303 は、予測されるリスクの詳細な情報を表示するブロックであり、リスク場所のリストを表示し、緯度経度、リスク度、予測時間などの情報を表示する。保守指示ブロック 304 は、保守作業の指示内容を表示するブロックであり、例えば、図 20 に例示した保守指示画面 290 と同様の表示を行う。

【0102】

以上に説明したように、本実施形態に係る植生管理システム 1 によれば、過去から現在まで時系列で広域を撮影可能な複数のリモートセンシングデータを用いて、植生の種別を判別し、長期間及び短期間における植生の範囲変動を予測し、長期及び短期に亘る植生の変動予測の結果に基づいて、植生と施設（例えば電力施設）との接触のリスクを判定し、可視化することができる。このような植生管理システム 1 では、二次元データのリモートセンシングデータを活用し、過去の計測データ（リモートセンシングデータ）から植生の分類や将来の変動予測を長期／短期の 2 通りの時系列で行うことができ、さらに、施設との接触リスクを必ずしも三次元データを使用することなく判定し、可視化することができる。したがって、本実施形態に係る植生管理システム 1 によれば、三次元データを使用することによるコストの増加を抑制するとともに、植生と施設とが接触するリスクの分析を精確に行うことが可能となる。

【0103】

また、本実施形態に係る植生管理システム 1 は、リモートセンシングデータに基づいて、種別を分類した植生について、植生の水平方向の変動（広域変動）だけでなく、樹冠の高さを推定することにより、植生の垂直方向の変動（樹高変動）も予測することができる。さらに、このような変動予測を長期時系列及び短期時系列の両方で行った結果を用いて、施設との接触リスクを判定することから、正確かつ高精度なリスク分析を低コストに実現することができる。

【0104】

また、本実施形態に係る植生管理システム 1 は、リモートセンシングデータに基づいて、種別を分類した植生について、植生の水平方向の変動（広域変動）と垂直方向の変動（樹高変動）との双方について、ユーザから指定される時間または時間間隔における植生量の変化を予測することができ、施設との接触リスクを分析することから、ユーザにとって利便性の高いシステムを提供することができる。

【0105】

また、本実施形態に係る植生管理システム 1 によれば、生長リスク判定及び接触リスク判定による判定結果を二次元または三次元で可視化できることにより、接触リスクがある場所の接触状況を視覚的に判断しやすくすることができる。

【0106】

また、植生管理システム 1 は、リスク判定及び可視化の結果に基づいて保守作業の指示を行うことにより、ユーザに適切な保守作業を容易に認識させることができる。また、保守作業の作業内容を決定する際には、図 20 に示したように、保守作業の作業内容を決定する際に、複数のリスク場所に関する情報を集積して総合的に判断することにより、人員や機材の導入ルートを最適化することができ、より効率的な保守作業の指示を実現することができる。また、図 21 に示したようにリスク判定の結果と可視化データとをともに表示することにより、必要な情報をユーザに分かりやすく伝えることができる。

10

【0107】

また、本実施形態に係る植生管理システム 1 は、過去に計測したデータを用いて、植生の長期間及び短期間の樹高変化予測を行い、植生の広域範囲及び樹高の変動を予測する。このとき、樹高予測やシミュレーションで使用するデータを内挿することで、実際に現地で樹高を計測する頻度を抑制しながら、かつ、分析に三次元データを過度に使用することなく（あるいは全く使用せずに）、植生と施設の接触を予防することができる。この結果、本実施形態に係る植生管理システム 1 は、植生及び施設の点検コストを大幅に下げる効果に期待できる。また、広範囲を撮影可能なリモートセンシングデータに基づいて植生の分析を行うことから、従来よりも広範囲で植生の監視が可能となり、施設の点検及び保守に高く貢献できることが見込まれる。

20

【0108】

なお、本発明は上述した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上述した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【0109】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段などは、それらの一部または全部を、例えば集積回路で設計するなどによりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能などは、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイルなどの情報は、メモリや、ハードディスク、SSDなどの記録装置、または、IC (Integrated Circuit) カード、SDカード、DVD (Digital Versatile Disc) などの記録媒体に置くことができる。

30

【0110】

また、図面において制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際にはほとんど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

40

【符号の説明】

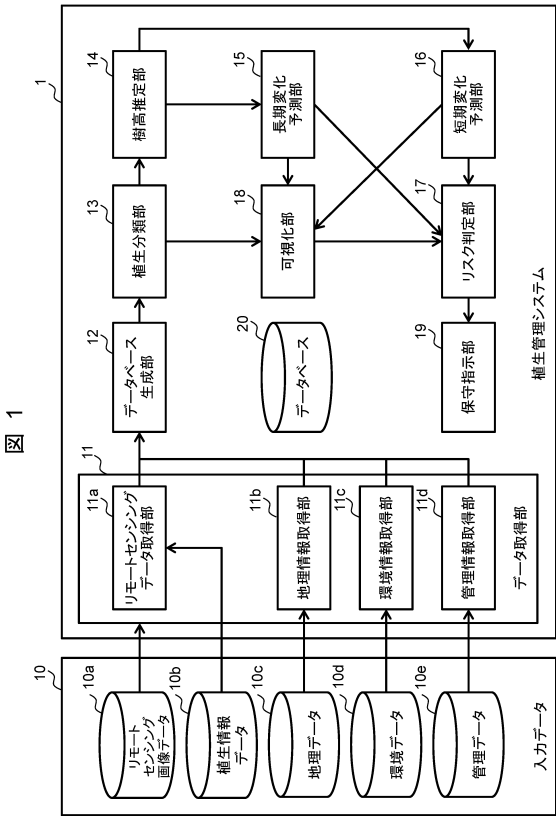
【0111】

- 1 植生管理システム
- 1 a CPU
- 1 b RAM
- 1 c 記憶装置
- 2 リモートセンシング観測装置
- 10 入力データ
- 10 a リモートセンシング画像データ
- 10 b 植生情報データ

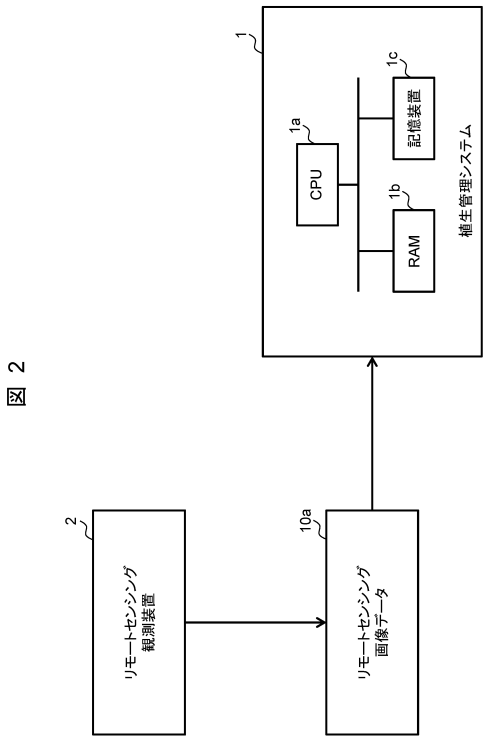
50

1 0 c	地理データ	
1 0 d	環境データ	
1 0 e	管理データ	
1 1	データ取得部	
1 1 a	リモートセンシングデータ取得部	
1 1 b	地理情報取得部	
1 1 c	環境情報取得部	
1 1 d	管理情報取得部	
1 2	データベース生成部	
1 3	植生分類部	10
1 4	樹高推定部	
1 5	長期変化予測部	
1 6	短期変化予測部	
1 7	リスク判定部	
1 8	可視化部	
1 9	保守指示部	
2 0	データベース	
2 0 1	衛星画像	
2 0 2	植生情報データ	
2 0 3	地理データ	20
2 0 4	環境データ	
2 0 5	管理データ	
2 1 1	分類前マップ画像	
2 1 2	植生分類マップ画像	
2 2 1	推定前マップ画像	
2 2 2	樹高マップ画像	
2 3 1～2 3 3, 2 4 1～2 4 3	広域マップ	
2 3 4～2 3 6, 2 4 4～2 4 6	樹高マップ	
2 5 0	生長リスクモデル	
2 6 0	接触リスクモデル	30
2 7 0	被害リスクモデル	
2 8 1, 2 8 2	可視化イメージ	
2 9 0	保守指示画面	
3 0 0	保守支援画面	

【図面】
【図 1】

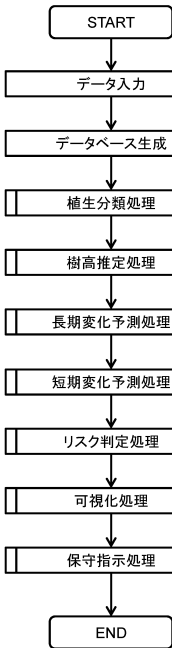


【図 2】

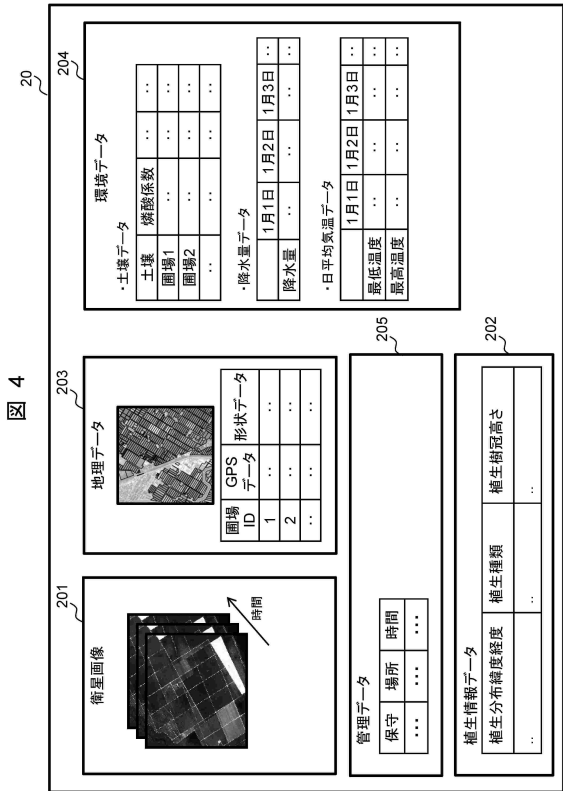


【図 3】

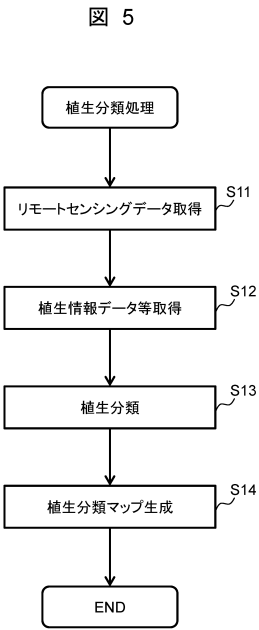
図 3



【図 4】

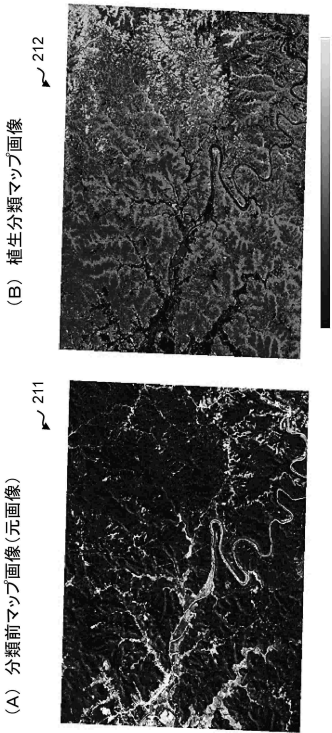


【図 5】

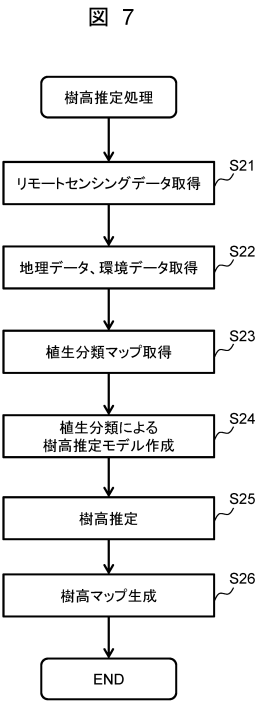


【図 6】

図 6

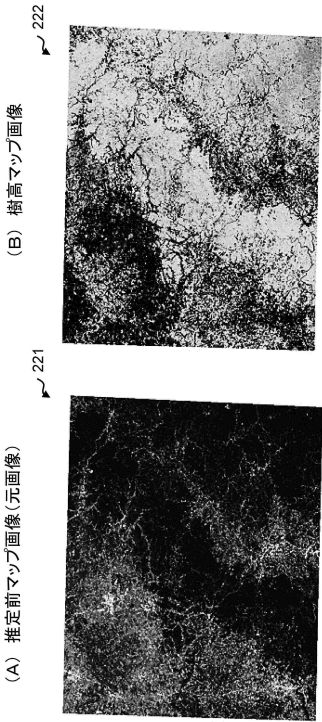


【図 7】



【図 8】

図 8



10

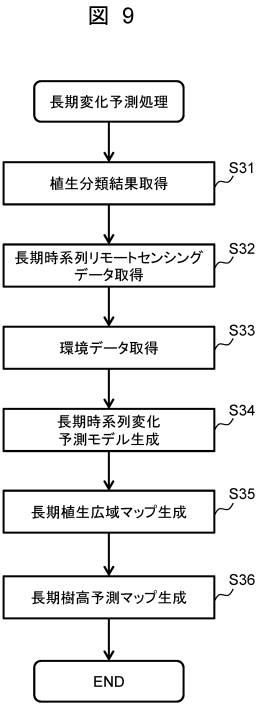
20

30

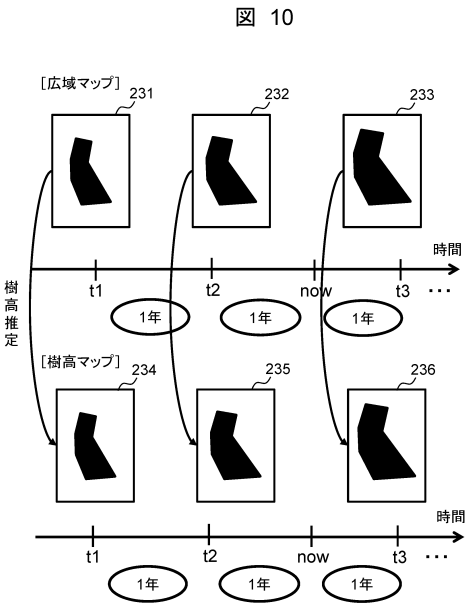
40

50

【図 9】



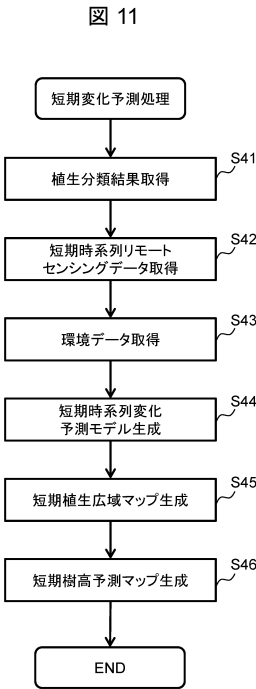
【図 10】



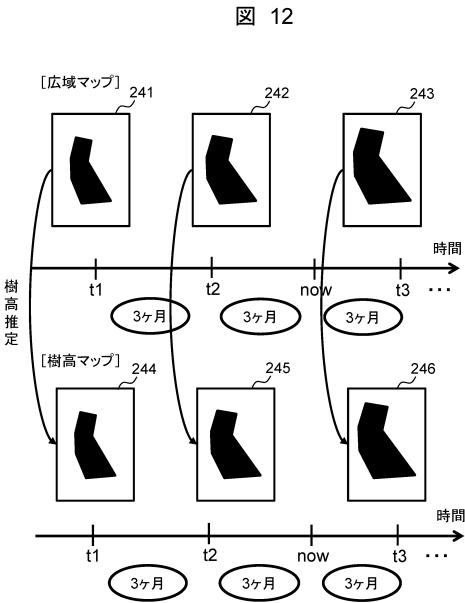
10

20

【図 11】



【図 12】

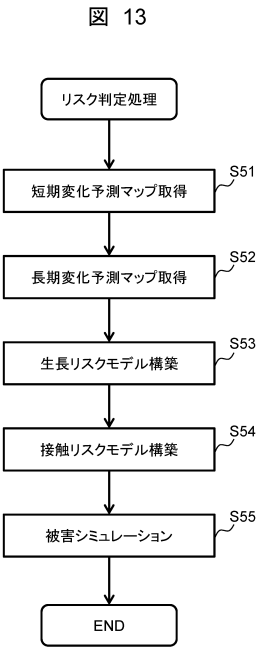


30

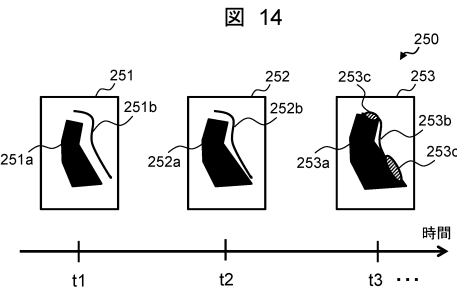
40

50

【図 1 3】



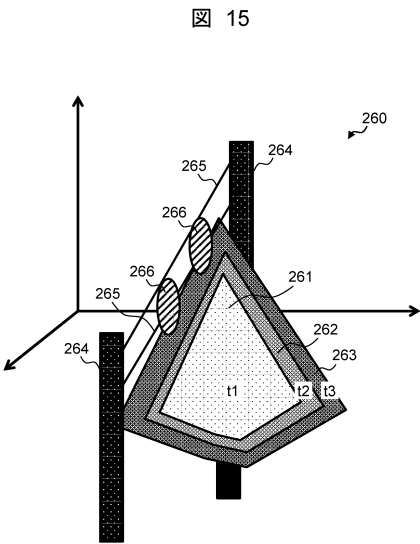
【図 1 4】



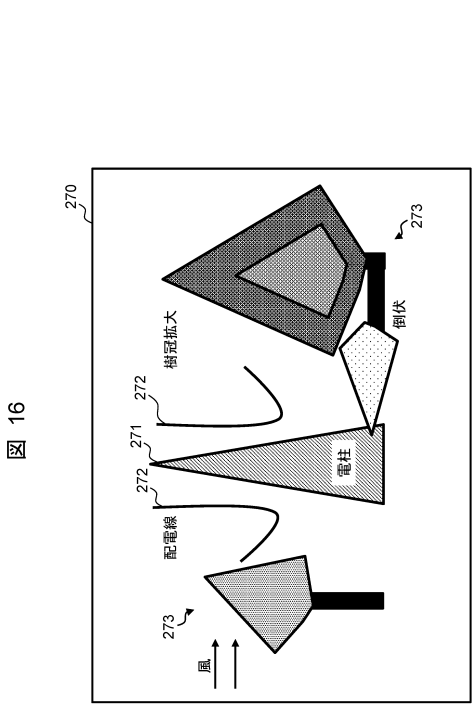
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

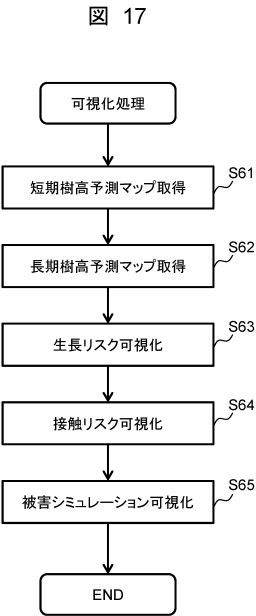


30

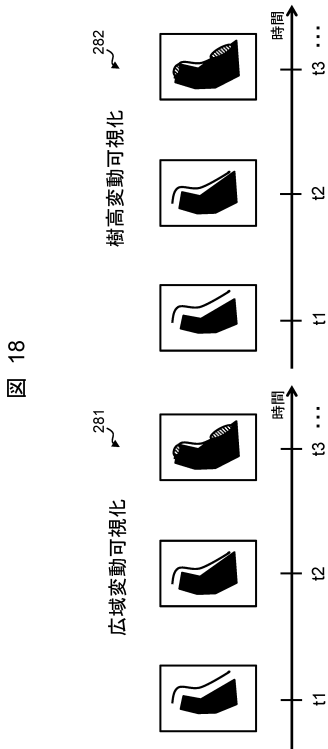
40

50

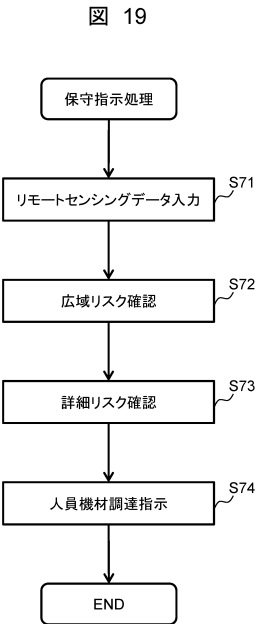
【図 17】



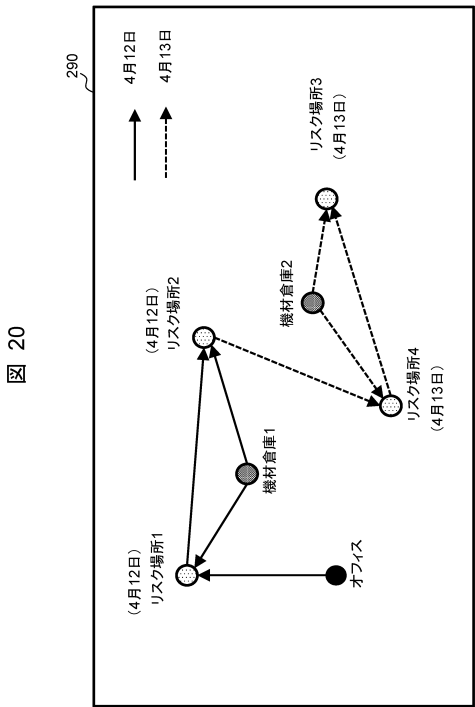
【図 18】



【図 19】



【図 20】



10

20

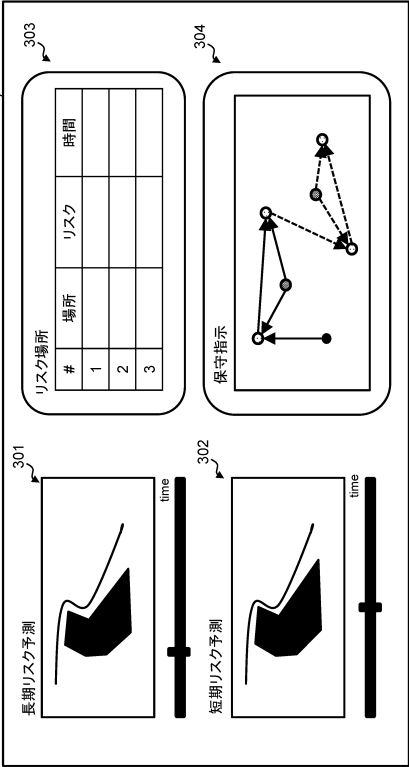
30

40

50

【図 21】

図 21



フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2020/0235559 (US, A1)
米国特許出願公開第2018/0098137 (US, A1)
特開2011-010479 (JP, A)
特許第6806397 (JP, B1)
特開2008-079549 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G06Q 10/00-99/00