(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2023-160104
(P2023-160104A)
(43)公開日　令和5年11月2日(2023.11.2)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
G06T	*1/00 (2006.01)*	G06T	1/00	200D	5B050
G06T	*7/00 (2017.01)*	G06T	7/00	640	5B175
G06T	*7/55 (2017.01)*	G06T	7/55		5L096
G06F	*16/587 (2019.01)*	G06F	16/587		

審査請求　未請求　請求項の数　11　ＯＬ　（全23頁）

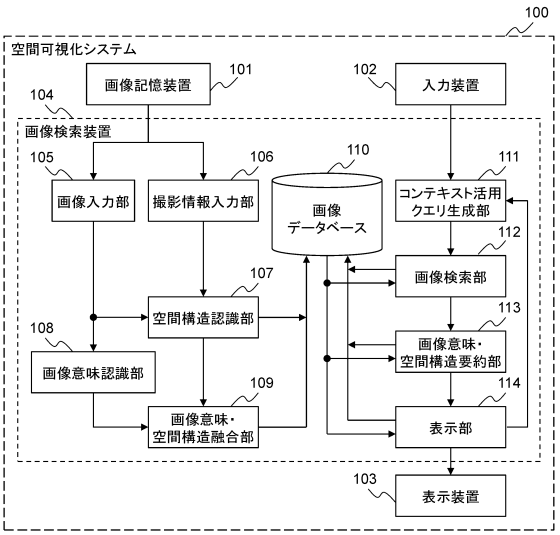
(21)出願番号　特願2022-70193(P2022-70193)
(22)出願日　令和4年4月21日(2022.4.21)

(71)出願人　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　110001678
藤央弁理士法人
(72)発明者　渡邉　裕樹
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
(72)発明者　岡崎　聡一郎
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
(72)発明者　三木　亮祐
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
(72)発明者　吉永　智明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　空間可視化システム及び空間可視化方法

(57)【要約】
【課題】煩わしい操作を不要とし、所望の画像を取得する。
【解決手段】空間可視化システムであって、所定の演算処理を実行する演算装置と、前記演算装置がアクセス可能な記憶装置とを備え、前記演算装置が、複数の画像から空間構造を構成する空間構造認識部と、前記演算装置が、前記複数の画像の各々に含まれるオブジェクトを検出する画像意味認識部と、前記演算装置が、前記検出されたオブジェクトの前記空間構造上での空間位置を推定する画像意味・空間構造融合部とを有し、前記記憶装置は、前記空間構造を構成する元となった画像の情報と、前記構成された空間構造と、前記検出されたオブジェクトの情報を格納することを特徴とする。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
空間可視化システムであって、
所定の演算処理を実行する演算装置と、
前記演算装置がアクセス可能な記憶装置とを備え、
前記演算装置が、複数の画像から空間構造を構成する空間構造認識部と、
前記演算装置が、前記複数の画像の各々に含まれるオブジェクトを検出する画像意味認識部と、
前記演算装置が、前記検出されたオブジェクトの前記空間構造上での空間位置を推定する画像意味・空間構造融合部とを有し、
前記記憶装置は、前記空間構造を構成する元となった画像の情報と、前記構成された空間構造と、前記検出されたオブジェクトの情報を格納することを特徴とする空間可視化システム。
【請求項２】
請求項１に記載の空間可視化システムであって、
前記記憶装置は、前記検出されたオブジェクトの位置及びサイズの情報を格納することを特徴とする空間可視化システム。
【請求項３】
請求項２に記載の空間可視化システムであって、
前記記憶装置は、前記検出されたオブジェクトが撮影された画像の撮影位置からの当該オブジェクトの方向及び距離の情報を格納することを特徴とする空間可視化システム。
【請求項４】
請求項１に記載の空間可視化システムであって、
前記記憶装置は、前記空間構造を構成する元となった画像の特徴量を格納することを特徴とする空間可視化システム。
【請求項５】
請求項２に記載の空間可視化システムであって、
前記空間構造認識部は、前記画像の撮影位置の情報及び空間構造構成の処理過程で推定された値の少なくとも一方から、当該画像の三次元位置及び姿勢を推定し、
前記画像意味・空間構造融合部は、前記検出されたオブジェクトの画像中の二次元位置と前記推定された画像の三次元位置及び姿勢と前記構成された空間構造から、前記オブジェクトの空間構造上の三次元位置及びサイズを推定し、前記記憶装置に格納することを特徴とする空間可視化システム。
【請求項６】
請求項５に記載の空間可視化システムであって、
前記画像意味・空間構造融合部は、前記画像の中心位置の垂線から所定の範囲内で検出されたオブジェクトについて、空間構造上の三次元位置とサイズを推定することを特徴とする空間可視化システム。
【請求項７】
請求項１に記載の空間可視化システムであって、
前記画像意味・空間構造要約部は、前記オブジェクトの情報の類似度によって前記オブジェクトをクラスタリングし、生成されたクラスタに含まれる全てのオブジェクトを含む領域を示すグループアイコンを前記空間構造上に配置することを特徴とする空間可視化システム。
【請求項８】
請求項１に記載の空間可視化システムであって、
画像意味・空間構造要約部は、クラスタに含まれる全てのオブジェクトの種別によって表示態様が異なるアイコンのラベルを表示することを特徴とする空間可視化システム。
。
【請求項９】

請求項１に記載の空間可視化システムであって、
表示されている空間情報の視点位置及び視線方向を取得し、取得した位置及び姿勢の情報から、ユーザの注視点の三次元位置を条件に含む検索クエリを生成するコンテキスト活用クエリ生成部と、
前記生成された検索クエリを用いて前記記憶装置から画像を取得する画像検索部とを有することを特徴とする空間可視化システム。
【請求項１０】
請求項９に記載の空間可視化システムであって、
前記コンテキスト活用クエリ生成部は、前記視点位置から見た空間情報を画像として、当該画像の画像特徴量を計算し、前記計算された画像特徴量を条件に含む検索クエリを生成することを特徴とする空間可視化システム。
【請求項１１】
計算機が実行する空間可視化方法であって、
前記計算機は、所定の演算処理を実行する演算装置と、前記演算装置がアクセス可能な記憶装置とを有し、
前記空間可視化方法は、
前記演算装置が、複数の画像から空間構造を構成する空間構造認識手順と、
前記演算装置が、前記複数の画像の各々に含まれるオブジェクトを検出する画像意味認識手順と、
前記演算装置が、前記検出されたオブジェクトの前記空間構造上での空間位置を推定する画像意味・空間構造融合手順と、
前記演算装置が、前記空間構造を構成する元となった画像の情報と、前記構成された空間構造と、前記検出されたオブジェクトの情報を前記記憶装置に格納する手順とを含むことを特徴とする空間可視化方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、空間可視化システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
地球温暖化による災害が頻発しており、現場人員不足による対応遅れ、被害拡大による生命や財産への脅威が増大している。災害発生時には、迅速に広域被害状況を把握し、退避経路への誘導など、短時間に被害を抑えるための対策が求められている。また、平時にもインフラの異変を察知するために広域の点検作業が必要となっている。迅速に広域の状況を把握し、異変を検知するために、固定監視カメラだけでなく、移動型のウェアラブルカメラや無人航空機（ＵＡＶ）により撮影された映像を対象とした、人工知能（ＡＩ）技術による自動映像解析が注目を集めている。また、フォトグラメトリ技術などによって、複数の画像から三次元空間構造を再構成する方法が提案されており、移動型カメラで撮影された映像から俯瞰的な状況把握が可能になっている。
【０００３】
本技術分野の背景技術として、以下の先行技術がある。特許文献１（特開２０１９－２１１２５７号公報）には、検査対象物を検査する検査システムは、カメラを備える飛行装置が検査物を撮影した複数の画像に基づいて、検査対象物の３次元モデルを生成する３次元モデル生成部と、複数の画像のそれぞれについて、３次元座標系における画像を撮影した撮影位置およびカメラの視点軸方向を取得する撮影情報取得部と、複数の画像のそれぞれについて、画像に基づいて検査対象物の異常を検出する異常検出部と、検出した異常について、撮影位置および視点軸方向に応じて３次元座標系における位置である異常位置を特定する異常位置特定部と、異常位置をマッピングした３次元モデルを表示する３次元モデル表示部と、を備える検査対象物を検査する検査システムが記載されている。これにより、画像上で検出した異常箇所を、三次元モデル上で容易に特定し、ユーザに迅速かつ的

確に提供できる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１９－２１１２５７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
特許文献１は、検査システムへの適用を想定しており、撮影装置と検査対象との距離は比較的短く、大きく変化しない。また、ユーザが三次元モデル上で指定した異常箇所の画像をピンポイントで特定できればよい。一方で、災害状況など広範囲に多数点在する大小多種の物体や事象を、様々な距離や角度から撮影する場合、特許文献１のようにピンポイントで示された物体の座標から全体の状況の把握は困難である。また、多数の検出点が存在する場合、ユーザの三次元モデル上の座標指定のみを手がかりにした画像の取得は、ユーザに煩わしい操作を要求し、所望の画像を困難にする。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本願において開示される発明の代表的な一例を示せば以下の通りである。すなわち、空間可視化システムであって、所定の演算処理を実行する演算装置と、前記演算装置がアクセス可能な記憶装置とを備え、前記演算装置が、複数の画像から空間構造を構成する空間構造認識部と、前記演算装置が、前記複数の画像の各々に含まれるオブジェクトを検出する画像意味認識部と、前記演算装置が、前記検出されたオブジェクトの前記空間構造上での空間位置を推定する画像意味・空間構造融合部とを有し、前記記憶装置は、前記空間構造を構成する元となった画像の情報と、前記構成された空間構造と、前記検出されたオブジェクトの情報を格納することを特徴とする。
【発明の効果】
【０００７】
本発明の一態様によれば、災害状況など広範囲に多数点在する大小多種の物体や事象を、空間構造上で適切に可視化し、状況を迅速に把握できる。前述した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施例の説明によって明らかにされる。
【図面の簡単な説明】
【０００８】
【図１】実施例１の空間可視化システムの構成例を示すブロック図である。
【図２】実施例１の空間可視化システムのハードウェア構成例を示すブロック図である。
【図３Ａ】実施例１の画像データベースの構成例を示す説明図である。
【図３Ｂ】実施例１の画像データベースの構成例を示す説明図である。
【図３Ｃ】実施例１の画像データベースの構成例を示す説明図である。
【図４】実施例１の空間構造認識部による空間構造構成処理の概要を説明する図である。
【図５】実施例１の画像意味認識部による画像認識処理の概要を説明する図である。
【図６】実施例１の画像意味・空間構造融合部による処理の概要を説明する図である。
【図７】実施例１のデータベース登録処理のフローチャートである。
【図８】実施例１の画像検索装置による空間可視化・画像検索処理を説明する図である。
【図９】実施例１の画像検索装置による空間可視化・画像検索処理のフローチャートである。
【図１０】実施例１のオブジェクト情報要約処理の概要を説明する図である。
【図１１】実施例２の画像検索装置による要約処理のフローチャートである。
【図１２】実施例３の三次元ビューアのコンテキストを活用した画像検索を説明する図である。
【図１３】実施例３の画像検索装置のコンテキスト活用画像検索処理のフローチャートである。

【図１４】実施例１～３の画像検索装置を用いて、空間情報の可視化と画像検索を行うための操作画面の構成例を示す図である。
【図１５】実施例１の空間可視化システムの処理の一例を説明するシーケンス図である。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。本実施形態は本発明を実現するための一例に過ぎず、本発明の技術的範囲を限定するものではない。各図において共通の構成については同一の参照符号が付されている。
【実施例１】
【００１０】
本実施形態の画像検索装置１０４は、移動型の撮影装置が取得した画像を解析して、空間構造を構成する。また、画像に含まれるオブジェクト（物体や事象）の意味情報を検出し、検出されたオブジェクトの空間構造上の位置とサイズを推定して、空間情報と意味情報の両方を保持する画像データベース１１０を構築する。ユーザは、検出されたオブジェクトを空間構造上で俯瞰的に確認できるため、撮影された一枚一枚の画像を確認することなく、広域で発生した事象を迅速に把握できる。なお、本実施例では特に限定的な説明がない限り、「空間」を三次元空間の意味で使用する。
【００１１】
なお、画像意味認識処理での検出対象のオブジェクトは、人や車など背景との明確な境界が認識できる物体でも、土砂崩れ、火災、煙など定形でない事象でもよい。ただし、空間構造上の位置を求める必要があるために、構造情報が存在しない領域（例えば空中）で発生した事象は正確に扱えない。その場合、概略の位置を可視化するユースケースには利用可能である。
【００１２】
図１は、実施例１の空間可視化システム１００の構成例を示すブロック図である。
【００１３】
空間可視化システム１００には、以下のユースケースが考えられるが、これに限定されない。
（１）災害状況把握：広範囲で発生した土砂崩れ、洪水、火災と、人、車、建物などの位置を把握することで、救援活動や復興計画に活用する。
（２）インフラ保守：建物や橋梁などの劣化や破損を定期的に検査することで、倒壊を未然に防止する。
（３）在庫管理：屋外や大規模倉庫において保管されている資材やアセットの量を数値化することで、サプライチェーンを最適化する。また、異常を早期に発見することで、在庫損失を防止する。
（４）広域警備：固定監視カメラでカバーできない広範囲の人や車の流れや、事故、事件を検知して、俯瞰的に警戒する。
【００１４】
また、本実施例では、撮影装置としてＵＡＶ（Unmanned Aerial Vehicle）を想定するが、撮影装置の自己位置と姿勢が取得又は推定できれば、ウェアラブルカメラなどの任意の撮影装置で取得したデータに対して空間可視化システム１００を適用できる。「自己位置」とは、撮影装置の実空間上の三次元座標であり、ＵＡＶにおいては衛星測位システム（ＧＮＳＳ：Global Navigation Satellite System）や高度センサで取得できる。「姿勢」とは、撮影装置の回転情報であり、ＵＡＶにおいてはジャイロセンサで取得できる。
【００１５】
以下では、災害状況把握用途を例にして、各構成を説明する。
【００１６】
空間可視化システム１００は、移動型撮影装置で取得された動画像の解析によって、画像データベース１１０を構築し、空間構造上に配置されたオブジェクト検出結果をユーザ

に提示する。空間可視化システム１００は、画像記憶装置１０１、入力装置１０２、表示装置１０３、及び画像検索装置１０４を有する。

【００１７】

画像記憶装置１０１は、静止画や動画の画像データ及び画像データに付随する属性情報を保存する記憶媒体であり、コンピュータ内蔵のハードディスクドライブや、ネットワークを介して接続されるストレージ装置（例えば、ＮＡＳ（Network Attached Storage）、ＳＡＮ（Storage Area Network））などで構成できる。また、画像記憶装置１０１は、撮影装置から継続的に入力されるデータを一時的に保持するキャッシュメモリでもよい。画像記憶装置１０１は、記憶装置２０２に含まれてもよい。

【００１８】

入力装置１０２は、マウス、キーボード、タッチデバイスなどの、ユーザの操作を画像検索装置１０４に伝えるための入力インターフェースである。入力装置１０２がスマートフォンやタブレット、ヘッドマウントディスプレイなどの加速度センサが搭載された装置である場合、入力装置１０２の姿勢情報を画像検索装置１０４に入力できる。表示装置１０３は、液晶ディスプレイなどの出力インターフェースであり、画像検索装置１０４による検索結果の表示、ユーザとの対話的操作などのために用いられる。

【００１９】

画像検索装置１０４は、検索に必要な空間情報と画像意味情報を抽出し、データベース化するための登録処理、及び登録されたデータを用いた空間構造の可視化・画像検索処理を実行する装置である。以下、登録処理について説明する。

【００２０】

登録処理では、画像検索装置１０４は、画像記憶装置１０１に蓄積された画像及び属性情報から、空間構造を構成し、画像意味情報を抽出し、画像意味情報と空間構造を融合して画像データベース１１０に登録する。空間構造は三次元空間上の点の集合として表現され、点同士の連結を記述することでメッシュを表現できる。さらに、メッシュに対応した画像データを付与することで、テクスチャ付きの空間構造を表現できる。画像意味情報は、画像に含まれるオブジェクトの種別と二次元画像上の位置の情報を持つ。空間情報付きの画像意味情報は、これに加えて、オブジェクトの空間構造上での三次元位置とサイズの情報を持つ。なお、登録処理の詳細は図７を参照して説明する。

【００２１】

空間構造の可視化・画像検索処理では、ユーザが入力装置１０２から指定した検索条件を用いて、検索条件に合致する画像を画像データベース１１０から検索し、表示装置１０３に情報提示するための、検索処理を実行する。画像検索装置１０４は、画像データベース１１０から読み出した空間構造を用いて、三次元ビューアをユーザに提供できる。また、空間情報付き画像意味情報を用いて、三次元で表示された空間構造上に画像認識によって得られたオブジェクトの情報を表示できる。これにより、ユーザは画像認識結果の空間的な分布状況の概要を直感的に把握できる。また、三次元ビューアで指定した領域に対応する画像情報を容易に取得できる。

【００２２】

画像検索装置１０４は、画像入力部１０５、撮影情報入力部１０６、空間構造認識部１０７、画像意味認識部１０８、画像意味・空間構造融合部１０９、画像データベース１１０、コンテキスト活用クエリ生成部１１１、画像検索部１１２、画像意味・空間構造要約部１１３、及び表示部１１４を有する。

【００２３】

画像入力部１０５は、画像記憶装置１０１から静止画データ又は動画データの入力を受け付け、画像検索装置１０４の内部で使用するデータ形式に変換する。例えば、画像入力部１０５が受け付けたデータが動画データである場合、画像入力部１０５は、フレーム（静止画データ形式）に分解する動画デコード処理を実行する。

【００２４】

撮影情報入力部１０６は、画像記憶装置１０１から撮影装置の位置情報や姿勢情報が記

録されたデータを受け付ける。位置情報は撮影装置の実空間上の三次元座標であり、姿勢情報は撮影装置の回転角を表す。位置情報と姿勢情報は画像入力部１０５で取得された各画像に対して取得される。また、この他に、撮影時刻、移動速度、加速度、視野角、焦点距離、レンズ歪などのカメラパラメータを受け付けてもよい。

【００２５】

空間構造認識部１０７は、画像入力部１０５が取得した複数の画像から空間構造を構成する。異なる視点から撮影された複数画像からの空間構造の構成には、Structure from Motion（ＳｆＭ）やVisual Simultaneous Localization and Mapping（ｖＳＬＡＭ）、その他の既知のフォトグラメトリ技術を使用できる。このとき、撮影情報入力部１０６で取得した実空間上の位置と姿勢、カメラパラメータなどを補助情報として与えることで、より正確な構成が可能となる。画像に対する位置と姿勢情報が存在しない場合、空間構造構成処理の過程で推定値が得られるため、以降の処理では推定された位置と姿勢情報を用いる。

【００２６】

画像意味認識部１０８は、画像入力部１０５が取得した各画像に対して、画像認識処理を実行して、画像中のオブジェクトや事象を検出する。画像認識処理には、既知の画像分類方法、物体検出方法、領域推定方法などを使用できる。近年の多くの方法では機械学習により認識モデルを構成でき、使用するモデルを変えて任意の対象を検出できる。複数種別の対象を検出可能な一つのモデルを使用しても、種別に応じて複数のモデルを使用してもよい。画像認識処理の結果、画像中のオブジェクトの二次元座標、オブジェクトの種別、認識結果の信頼度、が得られる。

【００２７】

画像意味・空間構造融合部１０９は、撮影情報入力部１０６で取得された画像の位置・姿勢情報と、画像意味認識部１０８で得られたオブジェクトの二次元座標から、空間構造認識部１０７で構成された空間構造におけるオブジェクトの三次元位置とサイズを求め、前述した一連の処理で得られた情報を画像データベース１１０に格納する。オブジェクトの三次元位置は、画像の位置・姿勢情報を用いてオブジェクトの画像中の中心座標から光軸上に直線を伸ばしたとき、空間構造と衝突する三次元座標を求めることで、推定できる。オブジェクトのサイズは、オブジェクトの種別に応じて予め設定された値を用いてもよいし、画像上のオブジェクトのサイズと、画像と空間構造の衝突点までの距離を用いて計算してもよい。また、画像意味・空間構造融合部１０９は、画像の見た目の特徴を数値化した画像特徴量を抽出して、画像データベース１１０に格納してもよい。画像特徴量は、通常、固定長のベクトルデータで与えられ、ベクトル間距離が近い画像は見た目の類似性が高くなるため、以降で説明する空間可視化・画像検索処理において必要に応じて類似画像検索に使用できる。

【００２８】

画像データベース１１０は、登録処理によって得られた、空間構造情報、画像情報、及びオブジェクト情報を保持する。画像データベース１１０は、画像検索装置１０４の各部からの問い合わせに対して、クエリの条件を満たす登録データを検索したり、指定されたＩＤのデータを出力したりできる。また、画像特徴量を用いることでクエリ画像と類似した登録画像を出力できる。画像データベース１１０の構造の詳細は図３Ａから図３Ｃを参照して後述する。

【００２９】

以上が、画像検索装置１０４の登録処理における各部の動作である。次に、画像検索装置１０４の空間可視化・画像検索処理における各部の動作を説明する。なお、空間可視化・画像検索処理の詳細は図９のフローチャートで説明する。

【００３０】

コンテキスト活用クエリ生成部１１１は、入力装置１０２からユーザの操作情報を受け取り、表示部１１４からユーザに提示される空間構造の状態を受け取り、これらの情報から画像検索のクエリを生成する。クエリは、空間構造の識別子や、オブジェクトの種別、

オブジェクトの位置などの条件でもよいし、類似検索のための画像特徴量でもよい。また、１以上の条件と画像特徴量の組み合わせでもよいし、これらの画像特徴量や条件に優先度や重みを付してもよい。

【００３１】

画像検索部１１２は、コンテキスト活用クエリ生成部１１１で生成されたクエリを用いて、画像データベース１１０からオブジェクト情報を検索する。例えば、クエリが条件で与えられた場合、条件に一致する登録データを出力し、クエリがベクトルデータで表される画像特徴量で与えられた場合、ベクトル間の距離を計算し、類似度が高い（ベクトル間の距離が近い）順に登録データを出力する。

【００３２】

画像意味・空間構造要約部１１３は、画像検索部１１２で得られた検索結果に対して、ユーザに提示するデータを要約して簡略化する。なお、ユーザの指示に従って要約処理をスキップして全ての検索結果を表示してもよい。要約処理では、例えば、空間位置が近く、同じ種別のオブジェクトを重複データと判定して除外したり、三次元上の一つのオブジェクトと判定して結合したりする。

【００３３】

表示部１１４は、画像データベース１１０から読み出した空間構造を三次元ビューアに表示し、入力装置１０２からユーザが指定した視点で空間構造を可視化する。また、画像意味・空間構造要約部１１３から得られた画像検索結果を、三次元ビューアに重畳表示する。登録処理の画像認識によって得られたオブジェクトは、空間位置の情報を持つため、例えば、空間構造上にアイコンとして配置してもよい。また、必要に応じて、画像データや属性情報を画像データベース１１０から読み出し、画像を加工して画面上に表示してもよい。

【００３４】

以上に画像検索装置１０４の空間可視化・画像検索処理における各部の動作を説明した。なお、画像検索装置１０４の登録処理と空間可視化・画像処理は同時に実行できるようにするとよい。例えば、空間構造を構成するのに十分な画像が入力済みであれば、構成された空間構造を表示装置１０３に表示しながら、新たに入力される画像からはオブジェクトを検出し、検出されたオブジェクトを逐次ビューアに追加表示するような、リアルタイムシステムに適用できる。手法はｖＳＬＡＭなどに限定されるが、逐次入力される画像に対して空間構造を更新する方法を用いれば、最新の空間構造をビューアに表示できる。

【００３５】

図２は、本実施例の空間可視化システム１００のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【００３６】

画像検索装置１０４は、プロセッサ２０１、記憶装置２０２及びネットワークインターフェース装置（ＮＩＣ）２０４を有する。プロセッサ２０１、記憶装置２０２及びネットワークインターフェース装置２０４は、例えば、バスで接続される。

【００３７】

記憶装置２０２は、任意の種類の記憶媒体、例えば、半導体メモリとハードディスクドライブとの組み合わせによって構成される。なお、図１に示す画像入力部１０５、撮影情報入力部１０６、空間構造認識部１０７、画像意味認識部１０８、画像意味・空間構造融合部１０９、コンテキスト活用クエリ生成部１１１、画像検索部１１２、画像意味・空間構造要約部１１３、及び表示部１１４などの機能部は、プロセッサ２０１が記憶装置２０２に格納された処理プログラム２０３を実行することによって実現される。言い換えると、各機能部が実行する処理は、処理プログラム２０３に定められた手順に基づいて、プロセッサ２０１が実行する。また、画像データベース１１０のデータは、記憶装置２０２に格納される。なお、処理負荷分散などを目的として空間可視化システム１００を複数の装置で構成する場合は、画像データベース１１０を備える装置と処理プログラム２０３を実行する装置とは、ネットワークで接続された物理的に異なる装置でもよい。

【００３８】
プロセッサ２０１が実行するプログラムは、リムーバブルメディア（ＣＤ－ＲＯＭ、フラッシュメモリなど）又はネットワークを介して画像検索装置１０４に提供され、記憶装置２０２の不揮発性の非一時的記憶媒体（例えば、ハードディスクドライブ）に格納される。このため、空間可視化システム１００は、リムーバブルメディアからデータを読み込むインターフェースを有するとよい。
【００３９】
画像検索装置１０４は、物理的に一つの計算機上で、又は、論理的又は物理的に構成された複数の計算機上で構成される計算機システムであり、複数の物理的計算機資源上に構築された仮想計算機上で動作してもよい。例えば、登録処理と空間可視化・画像処理は、別の物理的又は論理的計算機上で動作するものでも、一つの物理的又は論理的計算機上で動作するものでもよい。
【００４０】
図３Ａ、図３Ｂ、図３Ｃは、本実施例の画像データベース１１０の構成例を示す説明図である。
【００４１】
なお、本実施例において、画像検索装置１０４が使用する情報は、データ構造に依存せず、どのようなデータ構造で表現されてもよい。図３Ａ、図３Ｂ、図３Ｃは、テーブル形式の例を示すが、例えば、テーブル、リスト、データベース又はキューから適切に選択したデータ構造体が、情報を格納できる。
【００４２】
画像データベース１１０は、例えば、空間構造を保持する空間構造テーブル３００（図３Ａ）と、画像情報を保持する画像テーブル３１０（図３Ｂ）と、オブジェクト情報を保持するオブジェクトテーブル３２０（図３Ｃ）と、を含む。各テーブル構成及び各テーブルのフィールド構成は一例であり、例えばアプリケーションに応じてテーブル及びフィールドが追加又は削除されてもよい。また、同様の情報を保持していれば、テーブル構成を変えてもよい。例えば、画像テーブル３１０とオブジェクトテーブル３２０とが結合され一つのテーブルでもよい。
【００４３】
図３Ａに示す空間構造テーブル３００は、空間構造ＩＤフィールド３０１、及び空間構造データフィールド３０２を含む。
【００４４】
空間構造ＩＤフィールド３０１は、各空間構造情報の一意の識別情報を保持する。空間構造データフィールド３０２は、構成された空間構造データを保持する。空間構造データは、三次元の頂点座標点と、頂点座標点を連結するメッシュ構造情報、テクスチャ画像データなどで構成される。それぞれ三次元ビューアで表示する際に、点群表示、メッシュ表示、テクスチャ付きメッシュ表示に必要になるが、互換性があれば任意の形式で保持してよい。また、点群のみ、メッシュのみ、など表示の種類が限定できれば、一部のデータだけを保持してもよい。
【００４５】
図３Ｂに示す画像テーブル３１０は、画像ＩＤフィールド３１１、空間構造ＩＤフィールド３１２、画像データフィールド３１３、位置フィールド３１４、姿勢フィールド３１５、及び画像特徴量フィールド３１６を含む。必要に応じて、画像の撮影時刻などのフィールドを含めてもよい。
【００４６】
画像ＩＤフィールド３１１は、各画像情報の一意の識別情報を保持する。空間構造ＩＤフィールド３１２は、画像が撮影された空間への参照であり、空間構造テーブル３００で管理される空間構造ＩＤを保持する。画像データフィールド３１３は、画面表示に用いられる画像データをバイナリで保持する。位置フィールド３１４は、画像が撮影された空間上の三次元位置を保持する。三次元位置は、例えば、［緯度，経度，高度］のような実空

間における座標系によって表される絶対位置でもよいし、空間構造の座標系における＜ｘ、ｙ、ｚ＞のような相対位置でもよい。姿勢フィールド３１５は、撮影装置の回転角を表すデータを保持する。回転角は様々な方法で表現でき、画像意味・空間構造融合部１０９や表示部１１４で姿勢情報を用いる際に、空間構造上の撮影装置の姿勢を適切に再現できるものであればよい。例えば、［ロール，ピッチ，ヨー］の三次元ベクトルで表現してもよいし、クォータニオンのような４次元ベクトルで表現してもよい。画像特徴量フィールド３１６は、画像全体の特徴を表す数値ベクトルを保持する。

【００４７】

図３Ｃに示すオブジェクトテーブル３２０は、オブジェクトＩＤフィールド３２１、画像ＩＤフィールド３２２、オブジェクト種別フィールド３２３、画像内位置フィールド３２４、信頼度フィールド３２５、空間位置フィールド３２６、方向フィールド３２７、距離フィールド３２８、及びサイズフィールド３２９を含む。

【００４８】

オブジェクトＩＤフィールド３２１は、各オブジェクト情報の一意の識別情報を保持する。画像ＩＤフィールド３２２は、オブジェクトが検出された元の画像への参照であり、画像テーブル３１０で管理される画像ＩＤを保持する。オブジェクト種別フィールド３２３は、オブジェクトの種別を保持する。オブジェクトの種別は、図示するように直接文字列で保持してもよいし、種別に対応する数値で保持してもよい。画像内位置フィールド３２４は、オブジェクトの画像内での位置情報を保持する。例えば、オブジェクトの領域を矩形で表現する場合、［左上ｘ座標，左上ｙ座標，幅ｗ，高さｈ］の４次元ベクトルで表現できる。信頼度フィールド３２５は、画像認識結果の信頼度を表す数値を保持する。例えば、０．０から１．０の範囲の値であり、１．０が最も信頼度が高い。空間位置フィールド３２６は、画像意味・空間構造融合部１０９によって計算された、三次元空間上でのオブジェクトの座標を保持する。方向フィールド３２７は、三次元空間上で撮影装置とオブジェクトを結ぶ直線の向きを保持する。向きの値から、オブジェクトがどの角度から撮影されたかを知ることができる。距離フィールド３２８は、三次元空間上で撮影装置とオブジェクトを結ぶ直線の長さを保持する。距離の値から、オブジェクトがどれくらい遠くから撮影されたかを知ることができる。サイズフィールド３２９は、画像意味・空間構造融合部１０９によって計算された、三次元空間上でのオブジェクトのサイズ情報を保持する。サイズ情報は、例えば、半径でもよく、ｘ，ｙ，ｚの各軸の範囲でもよく、オブジェクトを囲むメッシュデータでもよい。以降の例では、簡単のため、半径をサイズ情報とする。

【００４９】

図４は、本実施例の空間構造認識部１０７による空間構造構成処理の概要を説明する図である。

【００５０】

空間構造構成にはＳｆＭやｖＳＬＡＭなどの既知の方法を用いることができる。空間構造構成のためには、撮影装置４０１で取得された異なる視点の複数の画像４０２が必要になる。各画像から多数の特徴点４０３を抽出し、画像間で特徴点の照合処理を行い、複数の画像に写っている同一の点を見つける。撮影装置の位置及び姿勢を推定し、三角測量の原理に基づいて求めた点の三次元位置を推定する。このとき、画像に対応する実世界の位置情報や姿勢情報を参照して、位置の精度を向上するとよい。これを繰り返すことで、多数の三次元点の集合（点群）を取得できる。そして、近接する点を繋げてメッシュを生成し、メッシュにテクスチャを投影する。構成された空間構造４０４は、三次元ビューアで様々な視点から表示できる。

【００５１】

図５は、本実施例の画像意味認識部１０８による画像認識処理の概要を説明する図である。

【００５２】

画像認識処理では、入力画像５０１に含まれる人、車、建物などのオブジェクトや、土

砂崩れ、火災、煙などの事象を検出する。画像認識には、深層学習で訓練したオブジェクト領域に反応するモデルを用いた物体検出方法や領域検出方法などの既知の方法を用いることができる。処理の結果、例えば、オブジェクト領域を囲む矩形５０２、オブジェクトの種別５０３、及び認識の信頼度５０４を含む画像意味情報が得られる。

【００５３】

図６は、本実施例の画像意味・空間構造融合部１０９による処理の概要を説明する図である。

【００５４】

画像意味・空間構造融合部１０９は、画像意味認識部１０８で検出されたオブジェクト６０１の空間構造４０４における三次元位置とサイズを求める。まず、撮影時に記録されたデータや空間構造認識部１０７で推定された値から、オブジェクトを含む画像６０２の三次元位置及び姿勢を求める。次に、画像の位置及び姿勢から光軸上に直線６０３を延伸し、空間構造４０４と衝突する点６０４を求め、オブジェクトの三次元位置とする。オブジェクトのサイズ６０５は、オブジェクトの種別から予め定められた値を使って求めてもよいし、画像中のオブジェクトの矩形サイズを三次元空間上の画像とオブジェクトの距離に比例して拡大した値を用いてもよい。

【００５５】

入力画像の認識処理及びデータベース登録処理は、図３Ａから図３Ｃに記載したデータベースの構成例の情報が蓄積されれば登録時の手順は任意でよく、例えば図７のフローチャートに示す手順を用いてもよい。

【００５６】

図７は、データベース登録処理のフローチャートである。以下、図７の各ステップについて説明する。なお、データ登録処理の実行トリガは、ユーザが撮影した画像データ群をシステムに入力すること等である。トリガの詳細は、登録処理及び検索処理の全体シーケンス図である図１５で後述する。

【００５７】

画像入力部１０５は、画像記憶装置１０１から画像データを取得し、取得した画像データを必要に応じてシステム内部で利用可能な形式に変換する（Ｓ７０１）。例えば、動画データの入力を受け付けた場合、動画データをフレーム（静止画データ形式）に分解する動画デコード処理などが変換処理である。

【００５８】

撮影情報入力部１０６は、画像記憶装置１０１に記録された撮影時の撮影装置の位置及び姿勢のデータを取得し、必要に応じて座標系を変換する（Ｓ７０２）。

【００５９】

空間構造認識部１０７は、ステップＳ７０１で取得された画像集合と、ステップＳ７０２で取得された画像の位置及び姿勢のデータを用いて、空間構造を構成し、空間構造データを画像データベース１１０に登録する（Ｓ７０３）。この結果、点群、メッシュ、又はテクスチャ付きメッシュなどの空間構造データが取得できる。

【００６０】

画像検索装置１０４は、ステップＳ７０１で取得された画像の各々にステップＳ７０５からステップＳ７０９の手順を実行する（Ｓ７０４）。

【００６１】

空間構造認識部１０７は、ステップＳ７０２で取得した撮影装置の情報、及びステップＳ７０３の空間構造構成の処理過程で推定された値の少なくとも一方から、ステップＳ７０１で取得された画像に三次元位置及び姿勢の情報を付与し、画像データベース１１０に画像情報を登録する（Ｓ７０５）。

【００６２】

画像意味認識部１０８は、ステップＳ７０１で取得された画像から画像認識処理によってオブジェクトを検出する（Ｓ７０６）。この結果、画像中の二次元座標上のオブジェクトの位置とサイズが得られる。

【００６３】
画像意味・空間構造融合部１０９は、ステップＳ７０６において所定領域内でオブジェクトが検出されればステップＳ７０８の手順を実行し、所定領域内でオブジェクトが検出されなければステップＳ７１０に進む（ステップＳ７０７）。ここで所定領域とは、撮影装置の光軸（画像の中心位置の垂線）から大きく離れていない領域である。光軸から離れた位置のオブジェクトは、空間構造上の位置を求める際に、カメラパラメータが正確に反映されていないと誤差が大きくなるため、必要に応じて除外するとよい。多くのオブジェクト検出結果を残したい場合は、中心座標からの距離に反比例する位置推定信頼度を画像データベース１１０に記録し、位置推定信頼度に応じて表示するオブジェクトを絞り込むとよい。
【００６４】
画像意味・空間構造融合部１０９は、ステップＳ７０６で得られたオブジェクトの画像中の二次元位置と、ステップＳ７０５で得られた画像の三次元位置及び姿勢と、ステップＳ７０３で構成された空間構造から、オブジェクトの空間構造上の三次元位置とサイズを推定する（Ｓ７０８）。この処理では図６の説明で前述したとおり、画像から光軸上に伸ばした直線と空間構造の衝突する点と距離を求めることで、オブジェクトの位置とサイズを求める。
【００６５】
画像意味・空間構造融合部１０９は、ステップＳ７０６からステップＳ７０８で得られたオブジェクト情報を画像データベース１１０に登録する（Ｓ７０９）。また、画像意味・空間構造融合部１０９は、必要に応じて画像特徴量を計算し、画像データベース１１０の画像テーブル３１０の画像特徴量フィールド３１６に格納してもよい。
【００６６】
画像意味認識部１０８は、全ての画像の処理を終えたら、登録処理を終了する（Ｓ７１０）。継続的に新しいデータが画像記憶装置１０１に記録される場合、新しいデータが記憶されるまで待機した後にステップＳ７０１に戻り登録処理を繰り返す。
【００６７】
図８は、本実施例の画像検索装置１０４による空間可視化・画像検索処理を説明する図である。
【００６８】
画像データベース１１０に格納された空間構造、画像情報、オブジェクト情報は、入力装置１０２からのユーザの操作に応じて表示装置１０３に表示される。ユーザは、マウスカーソル８０１などによって画面に表示されたユーザインタフェースを操作する。例えば、空間構造ＩＤ入力フォーム８０２に空間構造のＩＤが入力されると、コンテキスト活用クエリ生成部１１１が入力されたＩＤの空間構造を取得するクエリを生成し、画像検索部１１２が空間構造と当該空間に含まれるオブジェクトの情報を画像データベース１１０から取得する。画像意味・空間構造要約部１１３は、画像データベース１１０から取得したオブジェクト情報を必要に応じて集約する。例えば、空間位置が近いオブジェクトをグループ化する。表示部１１４は、空間構造４０４やオブジェクトのアイコン８０３を表示装置１０３に表示する。また、ユーザがオブジェクトのアイコンを選択すると、オブジェクトが検出されたもとの画像の詳細情報を画像データベース１１０から取得して、ポップアップウィンドウ８０４に画像を表示する。
【００６９】
図９は、本実施例の画像検索装置１０４による空間可視化・画像検索処理のフローチャートである。以下、図９の各ステップについて説明する。
【００７０】
コンテキスト活用クエリ生成部１１１は、入力装置１０２からユーザの画面操作を取得し、空間構造のＩＤを受け取る。画像検索部１１２は、指定されたＩＤの空間構造データを画像データベース１１０から取得する（Ｓ９０１）。
【００７１】

表示部１１４は、ステップＳ９０１で取得した空間構造データが表す空間構造を三次元ビューアによって表示装置１０３に表示する（Ｓ９０２）。

【００７２】

画像検索部１１２は、指定されたＩＤの空間構造上のオブジェクトＩＤリストを画像データベース１１０から取得する（Ｓ９０３）。

【００７３】

画像検索装置１０４は、ステップＳ９０３で取得したオブジェクトＩＤの各々にステップＳ９０５からステップＳ９１０の手順を実行する（Ｓ９０４）。

【００７４】

画像意味・空間構造要約部１１３は、画像データベース１１０からオブジェクト情報を取得する（Ｓ９０５）。

【００７５】

画像検索装置１０４は、オブジェクトの空間位置の近傍に既に他のオブジェクトが配置されていたらステップＳ９０８を実行し、他のオブジェクトが配置されていなければステップＳ９０７を実行する（Ｓ９０６）。

【００７６】

表示部１１４は、ステップＳ９０２で表示した空間構造上に重畳してオブジェクトのアイコンを配置する（Ｓ９０７）。オブジェクトの推定サイズに従ってアイコンのサイズや色などのスタイルを変えてもよい。

【００７７】

画像検索装置１０４は、ユーザがオブジェクトアイコンを選択したらステップＳ９０９を実行し、ユーザがオブジェクトアイコンを選択していなければステップＳ９１１を実行する（Ｓ９０８）。

画像検索部１１２は、選択されたオブジェクトが検出された画像情報を、画像データベース１１０から取得する（Ｓ９０９）。

【００７８】

表示部１１４は、三次元ビューアによって、ステップＳ９０２で表示した空間構造に重畳して、ステップＳ９０９で取得した画像情報の詳細をポップアップウィンドウで表示する（Ｓ９１０）。

【００７９】

画像検索装置１０４は、全てのオブジェクトＩＤの処理が終わったら、可視化・画像検索処理を終了する（Ｓ９１１）。なお、Ｓ９０８からＳ９１０は、ユーザの画面操作に従って随時実行される。

【００８０】

図１５は、実施例１の空間可視化システム１００の処理の一例を説明するシーケンス図である。図１５は、具体的には、前述した空間可視化システム１００の画像登録処理Ｓ１５０００及び空間可視化・画像検索処理Ｓ１５２０における、ユーザ１２００、画像記憶装置１０１、計算機１５４０、及び画像データベース１１０間の処理シーケンスを示す。なお、計算機１５４０は、画像検索装置１０４を実現する計算機である。

【００８１】

登録処理Ｓ１５００は、ユーザ１２００が計算機１５４０にデータの登録を要求すると開始される（Ｓ１５０１）。登録処理Ｓ１５００では、図７で説明した処理に相当し、ユーザが指定した画像ファイルの処理が終わるまで、繰り返し実行される。計算機１５４０は、画像記憶装置１０１に画像・位置データを要求し（Ｓ１５０２）、画像記憶装置１０１から画像・位置データを取得する（Ｓ１５０３）。計算機１５４０は、取得した複数の画像・位置データを用いて空間構造を構成し（Ｓ１５０４）、構成した空間構造を画像データベース１１０に登録し（Ｓ１５０５）、空間構造ＩＤを受領する（Ｓ１５０６）。各画像に対して一連の処理Ｓ１５０７を実施する。一連の処理Ｓ１５０７では、画像意味情報を認識し（Ｓ１５０８）、オブジェクトの空間位置とサイズを推定する（Ｓ１５０９）。計算機１５４０は、推定したオブジェクトの空間位置とサイズを画像データベース１１

０に登録し（Ｓ１５１０）、空間構造ＩＤを受領する（Ｓ１５１１）。全ての画像の処理が終わったら登録完了をユーザ１２００に通知する（Ｓ１５１２）。

【００８２】

空間可視化・画像検索処理Ｓ１５２０は、図９で説明した処理に相当し、ユーザ１２００が計算機１５４０に情報表示を要求する開始される（Ｓ１５２１）。計算機１５４０は、ユーザが表示を要求した空間情報を画像データベース１１０から取得し（Ｓ１５２２、Ｓ１５２３）、当該空間情報に関連付けられた画像とオブジェクト情報を取得する（Ｓ１５２４、Ｓ１５２５）。これらの情報は表示のために適切に加工され（Ｓ１５２６）、表示装置１０３を通じてユーザ１２００に提示される（Ｓ１５２７）。ユーザ１２００が入力装置１０２を通じて計算機１５４０に画面視点操作の指示を与えると（Ｓ１５２８）、計算機１５４０は三次元空間上の仮想撮影装置の姿勢情報を変更し、姿勢情報を取得する（Ｓ１５２９）。そして、仮想撮影装置からの注視点に基づくクエリを生成し（Ｓ１５３０）、画像データベース１１０を検索する（Ｓ１５３１）。検索結果は表示装置１０３の画面に描画されユーザに情報が提示される（Ｓ１５３２）。

【００８３】

以上に述べたように、実施例１の空間可視化システム１００によれば、災害状況など広範囲に多数存在する大小多種のオブジェクトや事象を空間構造上で適切に可視化でき、ユーザは状況を迅速に把握できる。

【実施例２】

【００８４】

次に、本発明の実施例２を説明する。実施例１では、オブジェクト検出結果を空間構造上のアイコンとして表示して、広域の状況を迅速に把握可能とし、必要な画像情報へのアクセスを容易にしている。しかし、画像数が増え、多種多様なオブジェクトや事象が検出されると、画面上に多数のアイコンが表示され、所望の情報へのアクセスが困難になる。実施例２では、多数のオブジェクト情報を広範囲で要約する方法を示す。なお、実施例２では、実施例１との同一の処理及び機能の説明は省略し、主に差異点を説明する。

【００８５】

図１０は、オブジェクト情報要約処理の概要を説明する図である。

【００８６】

画面１００１は、空間構造４０４とオブジェクトのアイコン１００２を俯瞰視点で表示した結果である。画面の一部はオブジェクトアイコンで埋め尽くされており、視認性が低下している。要約処理では、例えばデータクラスタリング方法を用いて、オブジェクト情報をグループ化して、グループアイコン１００３を表示する。また、グループに含まれるオブジェクトの種別を纏めた文字列のラベル１００４で表示する。種別の組み合わせによって表示態様を変えてもよい。例えば、災害関係の種別が含まれる場合は強調表示してもよい。クラスタリング方法は、例えば、既知のＫ－ｍｅａｎｓ法などを用いることができる。クラスタリング処理は、各オブジェクト情報から抽出した空間位置を示すベクトルデータを使用できる。その他に、オブジェクトの種別、サイズ、撮影の向きや距離などをベクトルに加えてもよい。

【００８７】

図１１は、実施例２の画像検索装置１０４による要約処理のフローチャートである。以下、図１１の各ステップについて説明する。

【００８８】

画像検索部１１２は、空間構造上に表示するオブジェクト情報のリストを取得する（Ｓ１１０１）。

【００８９】

画像検索装置１０４は、ユーザからの入力、又は画面上に表示されるアイコンの数から要約処理が必要かを判定し、要約処理が必要であると判定すればステップＳ１１０３に進み、要約処理が必要でないと判定すれば、図９のフローチャートに従って各オブジェクトのアイコンを表示して処理を終了する。

【００９０】
画像意味・空間構造要約部１１３は、ステップＳ１１０１で取得したオブジェクト情報リストからベクトル集合を生成し、ベクトル集合に対するクラスタリング処理によってオブジェクトをグループ化する（Ｓ１１０３）。オブジェクト情報のベクトル集合の生成では、オブジェクトの空間位置やオブジェクト種別の数値などを用いて、既知のＫ－ｍｅａｎｓ法などを用いてベクトル化できる。Ｋ－ｍｅａｎｓ法は、クラスタの数を指定する必要があるので、ユーザが指定した数値又は所定値を使用するとよい。また、クラスタの数が自動的に決定されるＸ－ｍｅａｎｓ法を使用してもよい。
【００９１】
画像意味・空間構造要約部１１３は、ステップＳ１１０３で得られたクラスタに対して、ステップＳ１１０５からステップＳ１１０７を実行する（Ｓ１１０４）。
【００９２】
画像意味・空間構造要約部１１３は、クラスタに含まれるオブジェクトの位置及び種別情報を画像データベース１１０から取得する（Ｓ１１０５）。
【００９３】
画像意味・空間構造要約部１１３は、クラスタに含まれるオブジェクトを含む領域を示すグループアイコン１００３を生成し、生成したグループアイコン１１０３を空間構造上に配置する（Ｓ１１０６）。
【００９４】
画像意味・空間構造要約部１１３は、クラスタに含まれる全てのオブジェクトの種別を集計し、アイコンのラベル１００４を生成し、生成したラベル１００４表示する（Ｓ１１０７）。オブジェクト種別の組み合わせによってラベル１００４の表示態様を変えてもよい。
【００９５】
画像検索装置１０４は、全てのクラスタについて処理が終わったら、要約処理を終了する。
【００９６】
以上に述べたように、実施例２の空間可視化システム１００によれば、実施例１の効果の他、大量の画像認識結果を空間上に要約して表示できるため、ユーザは広範囲を効率的に把握できる。
【実施例３】
【００９７】
次に、本発明の実施例３を説明する。実施例１では、ユーザがオブジェクトのアイコンを選択すると画像情報の詳細が表示されるユーザインタフェースの例を示した。しかし、画像やオブジェクトの数が多くなると、一つ一つアイコンをクリックして必要な情報を表示する方法は効率が悪い。実施例３では、ユーザの操作及び三次元ビューアの状態から得られるコンテキスト情報を用いて、自動的に検索クエリを生成し、画像の詳細情報を提示する方法を示す。なお、実施例３では、実施例１との同一の処理及び機能の説明は省略し、主に差異点を説明する。
【００９８】
図１２は、三次元ビューアのコンテキストを活用した画像検索を説明する図である。
【００９９】
実施例３の空間可視化システム１００において、ユーザ１２００は、表示装置１０３に表示された空間構造を入力装置１０２で操作し、視点を変えながら空間構造を閲覧する。ユーザ１２００が自由に視点を変えても、画面の中央１２０１がユーザの注視点になっている可能性が高い。また、画面に表示される空間構造は、三次元空間内でユーザの操作によって自由に移動可能な仮想の撮影装置１２０２から撮影された画像であると考えられる。このとき、画像意味・空間構造融合部１０９におけるオブジェクトの二次元位置から三次元位置を推定する処理と同様に、三次元構造におけるユーザの注視点の位置を推定できる。注視点の三次元位置１２０３が推定されると、その周辺のオブジェクト情報を画像デ

ータベース１１０から自動的に取得できる。例えば、注視点から所定の検索距離範囲１２０４に含まれるオブジェクトを検索する。このとき、オブジェクトの空間位置１２０５だけでなく、サイズ１２０６を考慮して注目点からの距離を計算してもよい。また、距離だけでなく、撮影された方向、撮影装置からの距離、画像の類似度、オブジェクトの種別を検索条件に加えてもよい。検索結果の一覧１２０８は自動的にユーザに提示される。

【０１００】

図１３は、実施例３の画像検索装置１０４のコンテキスト活用画像検索処理のフローチャートである。以下、図１３の各ステップについて説明する。

【０１０１】

表示部１１４は、ユーザ入力に応じて、三次元空間上の仮想撮影装置の位置及び姿勢を変更し、仮想撮影装置から見た空間情報を画面に描画する（Ｓ１３０１）。

【０１０２】

コンテキスト活用クエリ生成部１１１は、表示部１１４から仮想撮影装置の位置及び姿勢の情報を取得する（Ｓ１３０２）。取得した仮想撮影装置の位置及び姿勢は、視点位置及び視線方向である。

【０１０３】

コンテキスト活用クエリ生成部１１１は、ステップＳ１３０２で取得した位置及び姿勢の情報から、ユーザの注視点の三次元位置を推定し、検索クエリを生成する（Ｓ１３０３）。検索クエリには、注視点からの距離範囲の条件以外に、撮影の方向、撮影装置からの距離、オブジェクトの種別を加えることができる。また、仮想撮影装置から見た空間情報を画像として、当該画像の画像特徴量を計算し、類似画像検索を行ってもよい。

【０１０４】

画像検索部１１２は、ステップＳ１３０３で生成したクエリに合致する画像及びオブジェクトの情報を画像データベース１１０から取得する（Ｓ１３０４）。

【０１０５】

画像意味・空間構造要約部１１３は、必要に応じて検索結果を要約する（Ｓ１３０５）。要約処理は実施例２で示した方法と同様である。

【０１０６】

表示部１１４は、ステップＳ１３０４で得られた画像及びオブジェクトの情報を画面に表示する（Ｓ１３０６）。表示方法は、検索結果一覧をポップアップウィンドウに表示してもよいし、三次元空間に直接表示してもよい。

【０１０７】

以上の処理は、ユーザのボタンクリックなどの操作をトリガとして実行してもよく、仮想撮影装置の位置又は姿勢の変更をトリガとして実行してもよい。

【０１０８】

以上に述べたように、実施例３の空間可視化システム１００によれば、ユーザは三次元ビューアの視点操作と連動した直感的な検索クエリ生成により、ユーザがオブジェクトを選択しなくても画像の詳細情報を提示でき、必要な情報を効率的に取得できる。特に、入力装置１０２と表示装置１０３に、スマートフォン、タブレット、ヘッドマウントディスプレイなどを用いる場合、画面上で詳細な条件を指定する操作が困難な場合がある。このため、デバイスの加速度センサと三次元ビューアの視点操作を連動させれば、デバイスを動かすだけで異なる視点の三次元構造とそれに対応した画像及びオブジェクトの情報をユーザに提示できる。

【０１０９】

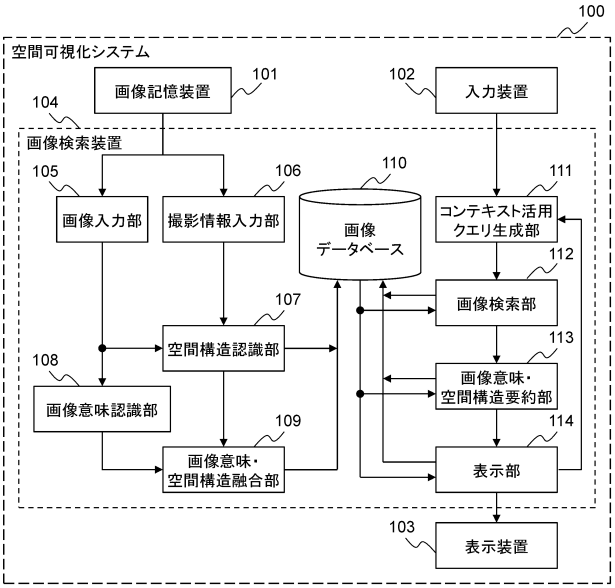
また、実施例２と実施例３の組み合わせによって、例えば、ユーザが三次元構造をズームアウトして俯瞰的に表示しているときはクラスタ単位で要約表示し、ズームインして表示しているときは個々のオブジェクトのアイコンを表示してもよい。

【０１１０】

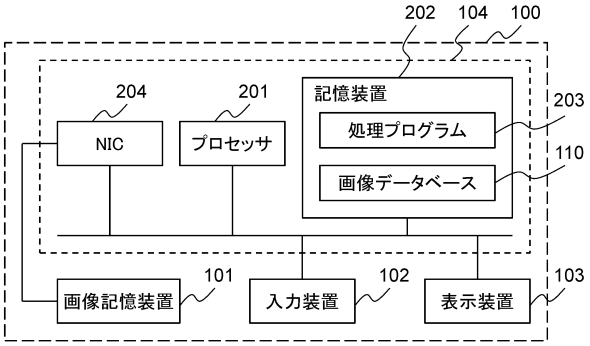
図１４は、前述した実施例１から３の画像検索装置１０４を用いて、空間情報の可視化と画像検索を行うための操作画面の構成例を示す図である。

【０１１１】
画像検索装置１０４は、処理結果を表示装置１０３に表示する。ユーザは、入力装置１０２によって、画面上に表示されたマウスカーソル１４０１などを用いて、画像検索装置１０４に操作情報を入力する。画面には、空間構造４０１、画像の詳細情報１４０２，オブジェクトアイコン又はグループ化アイコン１４０３、画像検索条件１４０４、及び画像検索結果１４０５が表示される。画像検索結果１４０５は画像特徴量の類似度の順に表示するとよいが、表示順序を変更可能とするとよい。画面の構成例は一例であり、これらの要素を自由に配置して画面を構成してもよい。
【０１１２】
なお、本発明は前述した実施例に限定されるものではなく、添付した特許請求の範囲の趣旨内における様々な変形例及び同等の構成が含まれる。例えば、前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本発明は限定されない。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てもよい。また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えてもよい。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をしてもよい。
【０１１３】
また、前述した各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等により、ハードウェアで実現してもよく、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。
【０１１４】
各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリ、ハードディスク、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ　Ｓｔａｔｅ　Ｄｒｉｖｅ）等の記憶装置、又は、ＩＣカード、ＳＤカード、ＤＶＤ等の記録媒体に格納できる。
【０１１５】
また、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、実装上必要な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よい。
【符号の説明】
【０１１６】
１００　空間可視化システム
１０１　画像記憶装置
１０２　入力装置
１０３　表示装置
１０４　画像検索装置
１０５　画像入力部
１０６　撮影情報入力部
１０７　空間構造認識部
１０８　画像意味認識部
１０９　空間構造融合部
１１０　画像データベース
１１１　コンテキスト活用クエリ生成部
１１２　画像検索部
１１３　空間構造要約部
１１４　表示部
２０１　プロセッサ
２０２　記憶装置
２０３　処理プログラム
２０４　ネットワークインターフェース装置
３００　空間構造テーブル

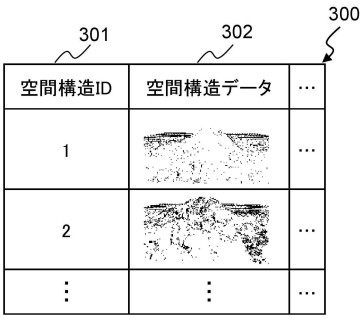
３１０　画像テーブル
３２０　オブジェクトテーブル
【図面】
【図１】



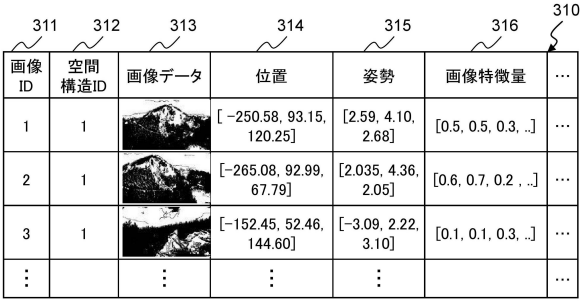
【図２】



【図３Ａ】



【図３Ｂ】

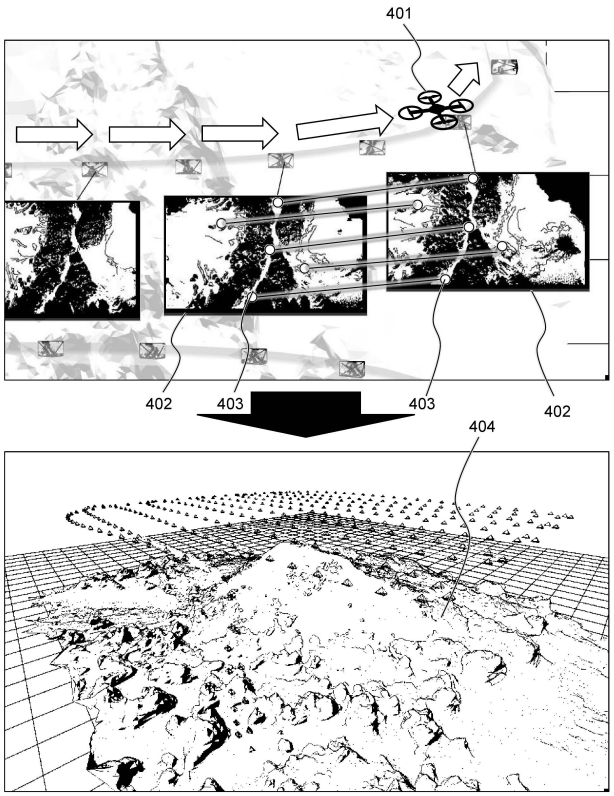


【図３Ｃ】

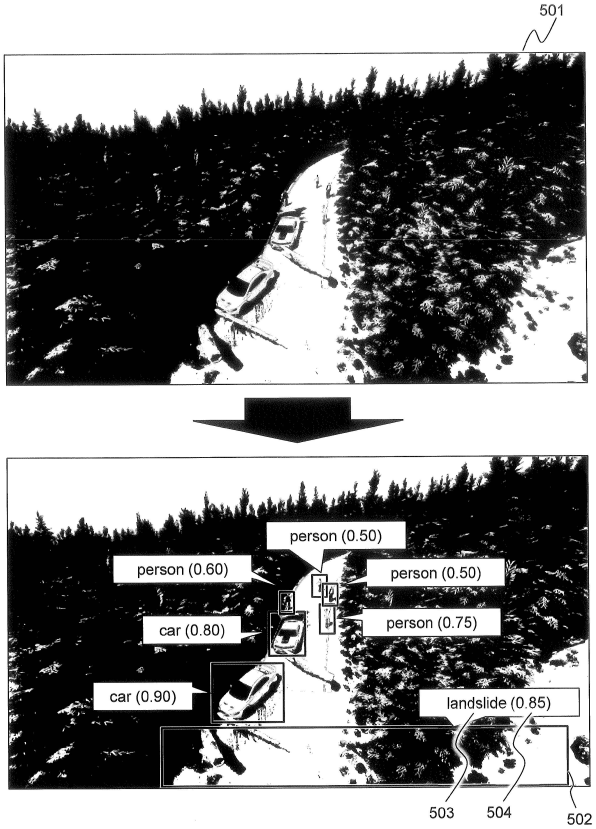
320

321 オブジェクトID	322 画像ID	323 オブジェクト種別	324 画像内位置	325 信頼度	326 空間位置	327 方向	328 距離	329 サイズ	…
1	1	landslide	[634, 92, 579, 988]	0.90	[160.23, 60.86, 67.04]	[0.82, 0.29, 0.48]	109.71	35	…
2	3	landslide	[961, 496, 808, 312]	0.65	[−215.44, 49.15, 93.60]	[−0.78, −0.06, −0.61]	63.98	20	…
3	3	car	[1089, 592, 39, 17]	0.80	[−257.86, 56.30, 63.22]	[−0.79, 0.02, −0.61]	133.22	5	…
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	…

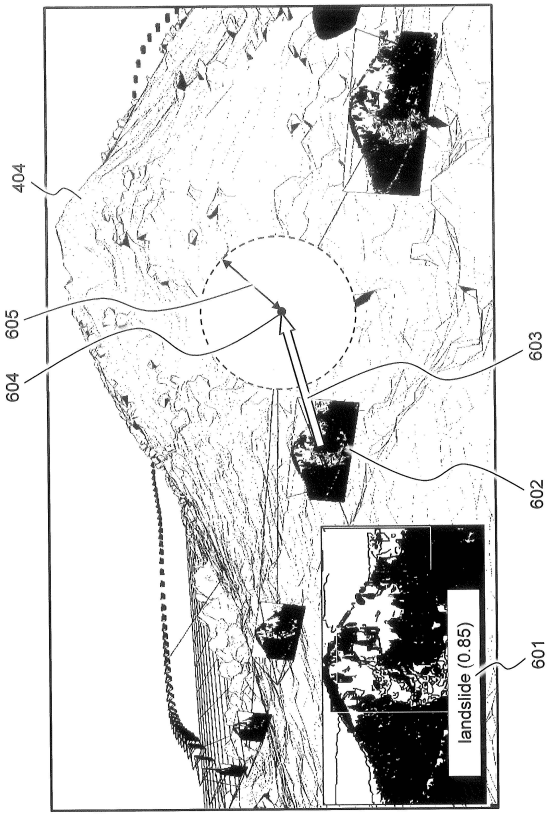
【図４】



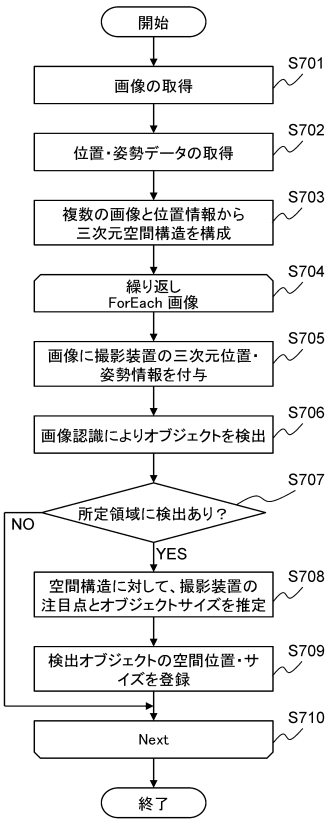
【図５】



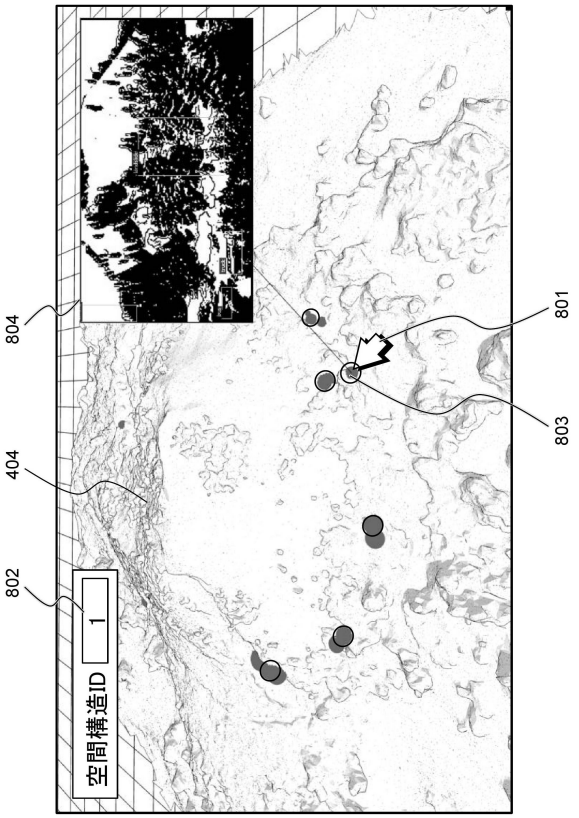
【図６】



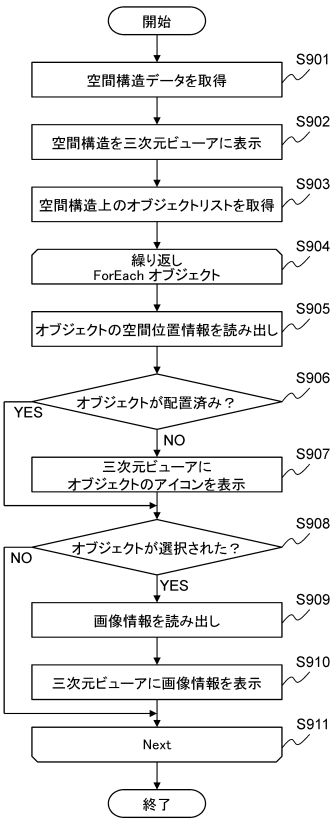
【図７】


開始
画像の取得
S701
位置・姿勢データの取得
S702
複数の画像と位置情報から
三次元空間構造を構成
S703
繰り返し
ForEach 画像
S704
画像に撮影装置の三次元位置・
姿勢情報を付与
S705
画像認識によりオブジェクトを検出
S706
所定領域に検出あり？
S707
NO
YES
空間構造に対して、撮影装置の
注目点とオブジェクトサイズを推定
S708
検出オブジェクトの空間位置・サ
イズを登録
S709
Next
S710
終了

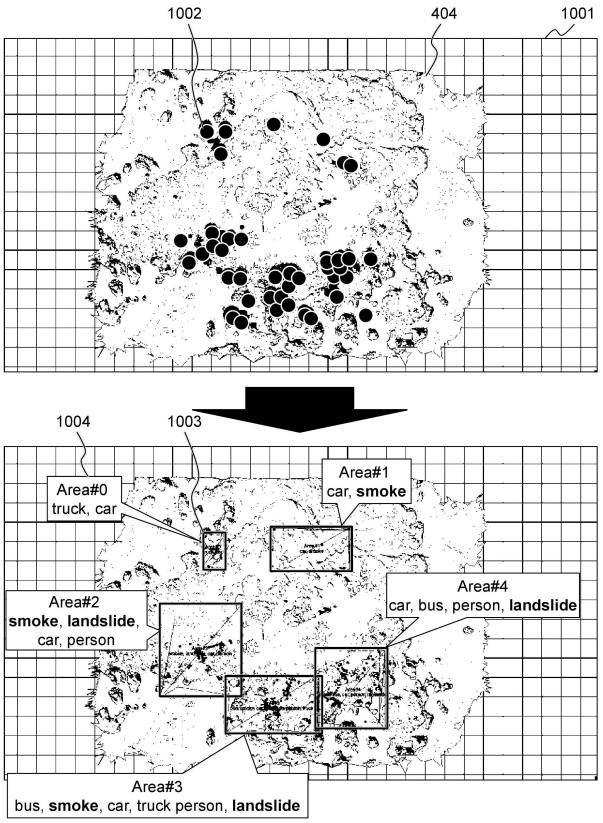
【図８】


804
801
803
404
802
空間構造ID
1

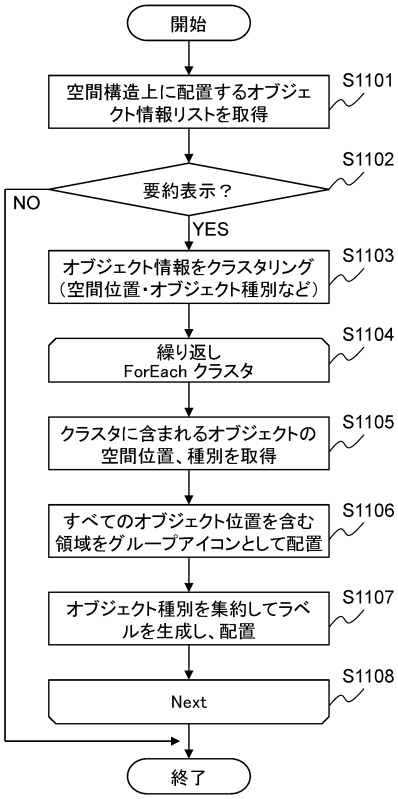
【図９】


開始
空間構造データを取得
S901
空間構造を三次元ビューアに表示
S902
空間構造上のオブジェクトリストを取得
S903
繰り返し
ForEach オブジェクト
S904
オブジェクトの空間位置情報を読み出し
S905
オブジェクトが配置済み？
S906
YES
NO
三次元ビューアに
オブジェクトのアイコンを表示
S907
オブジェクトが選択された？
S908
NO
YES
画像情報を読み出し
S909
三次元ビューアに画像情報を表示
S910
Next
S911
終了

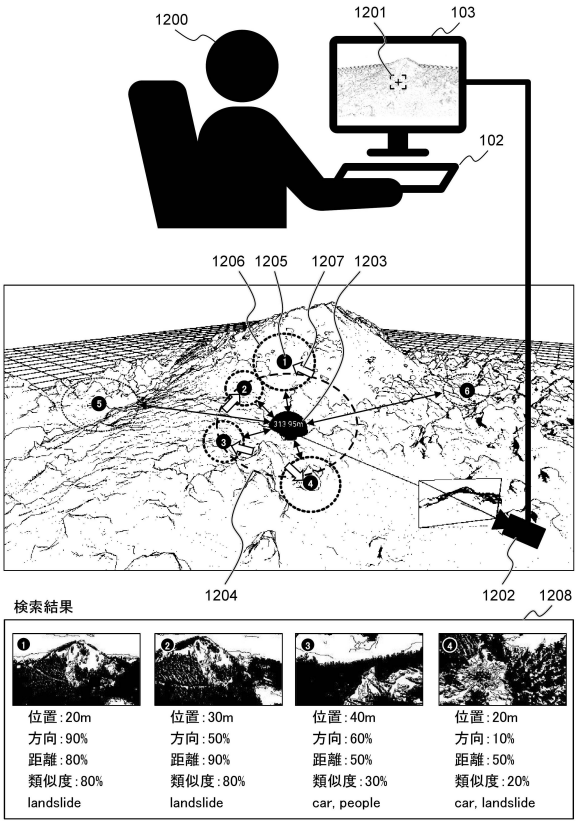
【図１０】


1002
404
1001
1004
1003
Area#0
truck, car
Area#1
car, smoke
Area#2
smoke, landslide,
car, person
Area#4
car, bus, person, landslide
Area#3
bus, smoke, car, truck person, landslide

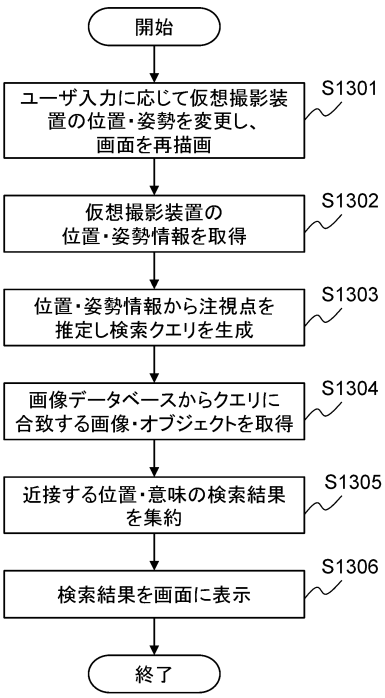
【図１１】



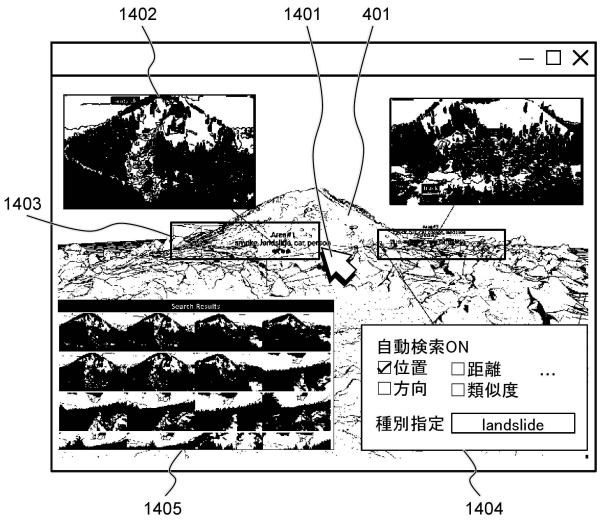
【図１２】



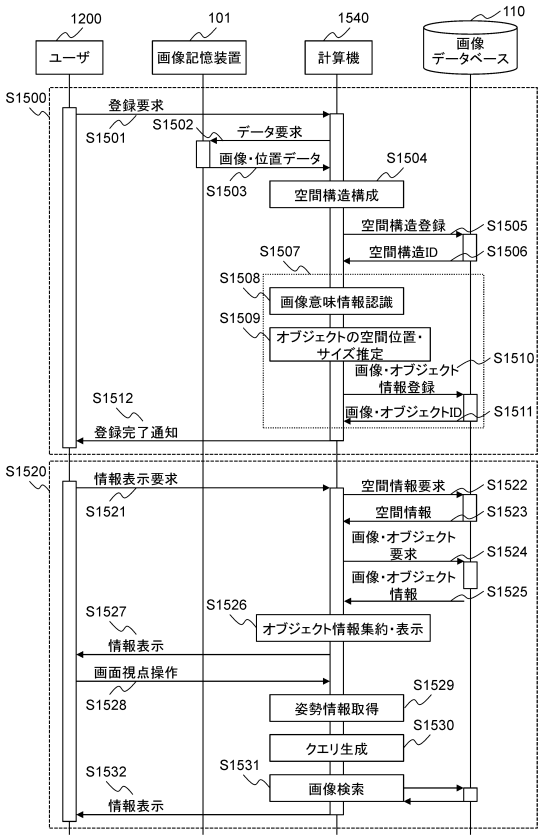
【図１３】



【図１４】



【図１５】


1200
ユーザ
101
画像記憶装置
1540
計算機
110
画像
データベース
S1500
登録要求
S1501
S1502
データ要求
画像・位置データ
S1503
S1504
空間構造構成
空間構造登録
S1505
空間構造ID
S1506
S1507
S1508
画像意味情報認識
S1509
オブジェクトの空間位置・
サイズ推定
S1510
画像・オブジェクト
情報登録
画像・オブジェクトID
S1511
S1512
登録完了通知
S1520
情報表示要求
S1521
空間情報要求
S1522
空間情報
S1523
画像・オブジェクト
要求
S1524
画像・オブジェクト
情報
S1525
S1526
オブジェクト情報集約・表示
S1527
情報表示
画面視点操作
S1528
S1529
姿勢情報取得
S1530
クエリ生成
S1531
画像検索
S1532
情報表示

フロントページの続き

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
(72)発明者 廣池 敦
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

Ｆターム（参考） 5B050 AA07 BA02 BA09 BA11 DA07 EA07 EA19 EA28 FA02 FA19
GA08
5B175 DA03
5L096 CA04 DA01 FA66 FA67 FA69 MA07