

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7691007号
(P7691007)

(45)発行日 令和7年6月11日(2025.6.11)

(24)登録日 令和7年6月3日(2025.6.3)

(51)国際特許分類

E 0 2 F 9/26 (2006.01)
G 0 6 T 19/00 (2011.01)

F I

E 0 2 F 9/26
G 0 6 T 19/00A
A

請求項の数 6 (全16頁)

(21)出願番号	特願2024-5668(P2024-5668)	(73)特許権者	000246273 コベルコ建機株式会社 広島県広島市佐伯区五日市港2丁目2番 1号
(22)出願日	令和6年1月17日(2024.1.17)	(74)代理人	110000800 デロイトトーマツ弁理士法人
(62)分割の表示	特願2022-121870(P2022-121870 の分割 原出願日 令和4年7月29日(2022.7.29)	(72)発明者	関口 伸吾 東京都品川区北品川5丁目5番15号 コベルコ建機株式会社内
(65)公開番号	特開2024-32802(P2024-32802A)	(72)発明者	高木 徳雄 東京都品川区北品川5丁目5番15号 コベルコ建機株式会社内
(43)公開日	令和6年3月12日(2024.3.12)	(72)発明者	柿原 巧弥
審査請求日	令和6年5月20日(2024.5.20)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 施工支援装置および施工支援方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

施工を行う領域における地中に埋設している地中埋設物に関する情報に基づいて、前記地中埋設物の上側の領域であって、前記地中埋設物の地表からの深さ位置に応じて識別可能に差別化されたオブジェクトを前記地中埋設物に沿って配置した施工支援画像データを生成する手段を有する施工支援装置。

【請求項2】

前記地中埋設物に関する情報は、前記地中埋設物の位置の情報を含む請求項1に記載の施工支援装置。

【請求項3】

前記施工支援画像データは、前記地中埋設物の地表からの深さの情報を含む請求項1に記載の施工支援装置。

【請求項4】

前記施工支援画像データは、前記地中埋設物に沿った複数の矩形のデータを含む請求項1乃至3のいずれか1項に記載の施工支援装置。

【請求項5】

前記施工支援画像データが、作業環境を撮像した撮像画像に重畳して出力される請求項1乃至3のいずれか1項に記載の施工支援装置。

【請求項6】

コンピュータに、施工を行う領域における地中に埋設している地中埋設物に関する情報

に基づいて、前記地中埋設物の上側の領域であって、前記地中埋設物の地表からの深さ位置に応じて識別可能に差別化されたオブジェクトを前記地中埋設物に沿って配置した施工支援画像データを生成する機能を実現させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、作業機械によって地中を掘削中に、地中埋設物を誤って損傷することを防止するための技術に関する。

【背景技術】

【0002】

油圧ショベルを用いて地表近くの地中に埋設された埋設物の周囲の土を掘削するに際して、埋設物を破損させることなく、しかも掘削作業を効率的に行うことのできる技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。具体的には、埋設管の絶対位置とバケット刃先の絶対位置との関係が決められ、この関係に基づいてバケットによる掘削位置および掘削深さが決定される。この決定された掘削位置および掘削深さを例えばモニタ表示することで、オペレータはモニタ表示を見ながら埋設物の破損を防止しつつ油圧ショベルの操作を確実に、かつ迅速に行うことができる。

【0003】

作業機による掘削の正確性及び効率性を向上させることができる技術が提案されている（例えば、特許文献2参照）。具体的には、レーダーが地表から所定の精度で探査を行うことができる深度である許容深度と、レーダーが探査を行った探査位置と、に基づいて、許容深度および作業装置が掘削作業を行う掘削位置がマップに表示される。例えば、1つの作業場内を複数の地中探索エリアに区分されたメッシュ型の作業場マップにおいて、各地中探索エリアに対応する分割データに対して、探査結果および許容深度を示す複数のグループ（複数のランク）が割り当てられている。作業場マップにおいて、各地中探索エリアQnに予め割り当てられたグループ（ランク）が識別できるように、グループ（ランク）が色、数値、文字等で示されている。

地中埋設物の位置および姿勢をユーザに把握させるためには、2次元画像よりも3次元画像のほうが好ましいが、施工支援画像データはその情報量の豊富さゆえにデータ量が過多になる傾向がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2003-056010号公報

【文献】特開2021-189127号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

そこで、本発明は、地中埋設物への接触を回避する建設機械の動作制御に活用可能なデータを生成する装置等を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の施工支援装置は、

施工を行う領域における地中に埋設している地中埋設物に関する情報に基づいて、前記地中埋設物の上側の領域であって、前記地中埋設物の地表からの深さ位置に応じて識別可能に差別化されたオブジェクトを前記地中埋設物に沿って配置した施工支援画像データを生成する手段を有する。

【0011】

前記構成の施工支援装置において、

前記地中埋設物に関する情報は、前記地中埋設物の位置の情報を含む

10

20

30

40

50

ことが好ましい。

【0013】

前記構成の施工支援装置において、

前記施工支援画像データは、前記地中埋設物の地表からの深さの情報を含むことが好ましい。

【0015】

前記構成の施工支援装置において、

前記施工支援画像データは、前記地中埋設物に沿った複数の矩形のデータを含むことが好ましい。

また、前記施工支援画像データが、作業環境を撮像した撮像画像に重畠して出力されることが好ましい。

10

【0017】

本発明のプログラムは、コンピュータに、施工を行う領域における地中に埋設している地中埋設物に関する情報に基づいて、前記地中埋設物の上側の領域であって、前記地中埋設物の地表からの深さ位置に応じて識別可能に差別化されたオブジェクトを前記地中埋設物に沿って配置した施工支援画像データを生成する機能を実現させるためのプログラムである。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】施工支援装置の構成に関する説明図。

20

【図2】遠隔操作装置の構成に関する説明図。

【図3】作業機械の構成に関する説明図。

【図4】地中探索機の構成に関する説明図。

【図5】施工支援装置（施工支援システム）の機能に関する説明図。

【図6】作業環境画像および施工支援画像に関する説明図。

【図7A】複数の地中探索エリアの固定的な配置態様に関する説明図。

【図7B】複数の地中探索エリアの流動的な配置態様に関する説明図。

【図8A】重複度が閾値以上である地中探索エリアの処理方法に関する説明図。

【図8B】重複度が閾値未満である地中探索エリアの第1処理方法に関する説明図。

【図8C】重複度が閾値未満である地中探索エリアの第2処理方法に関する説明図。

30

【図9】代表座標値の決定方法に関する説明図。

【図10】施工支援画像の他の実施形態に関する説明図。

【発明を実施するための形態】

【0026】

（施工支援装置の構成）

図1に示されている施工支援システムは、本発明の一実施形態としての施工支援装置10と、施工支援装置10と相互にネットワーク通信可能に構成されている遠隔操作装置20、作業機械40および地中探索機60と、により構成されている。施工支援装置が、施工支援装置10と、遠隔操作装置20、作業機械40および地中探索機60のうち1つまたは2つと、により構成されていてもよい。施工支援装置10および遠隔操作装置20の相互通信ネットワークと、施工支援装置10および作業機械40の相互通信ネットワークと、施工支援装置10および地中探索機60の相互通信ネットワークと、は同一であってもよく相違していてもよい。

40

【0027】

（施工支援装置の構成）

施工支援装置10は、一または複数のコンピュータまたはサーバコンピュータにより構成されている。図1に示されているように、施工支援装置10は、データベース102と、地中探索結果認識要素120と、代表深さ位置決定要素121と、施工支援画像データ生成要素122と、を備えている。データベース102は、撮像画像データのほか、施工対象領域の地中埋設物の探索結果等を記憶保持する。データベース102は、施工支援装

50

置 1 0 とは別個のデータベースサーバにより構成されていてもよい。施工支援装置 1 0 の各構成要素は、演算処理装置（シングルコアプロセッサまたはマルチコアプロセッサもしくはこれを構成するプロセッサコア）により構成され、メモリなどの記憶装置から必要なデータおよびソフトウェアを読み取り、当該データを対象として当該ソフトウェアにしたがった後述の演算処理を実行する。

【 0 0 2 8 】

本発明の構成要素が情報（またはデータ）を「認識する」とは、当該情報を受信、読み取りまたは検索等により取得すること、基礎となるデータまたは信号に対して演算処理を実行することにより当該情報を決定、測定、同定、推定、予測等することなど、当該情報を後続の演算処理の実行に際して利用可能な形態で準備するあらゆる処理を包含する概念である。

10

【 0 0 2 9 】

（遠隔操作装置の構成）

図 1 に示されているように、遠隔操作装置 2 0 は、遠隔制御装置 2 0 0 と、遠隔入力インターフェース 2 1 0 と、遠隔出力インターフェース 2 2 0 と、を備えている。遠隔制御装置 2 0 0 は、演算処理装置（シングルコアプロセッサまたはマルチコアプロセッサもしくはこれを構成するプロセッサコア）により構成され、メモリなどの記憶装置から必要なデータおよびソフトウェアを読み取り、当該データを対象として当該ソフトウェアにしたがった演算処理を実行する。

【 0 0 3 0 】

遠隔入力インターフェース 2 1 0 は、遠隔操作機構 2 1 1 を備えている。遠隔出力インターフェース 2 2 0 は、遠隔画像出力装置 2 2 1 と、遠隔音響出力装置 2 2 2 と、遠隔無線通信機器 2 2 4 と、を備えている。

20

【 0 0 3 1 】

遠隔操作機構 2 1 1 には、走行用操作装置と、旋回用操作装置と、ブーム用操作装置と、アーム用操作装置と、バケット用操作装置と、が含まれている。各操作装置は、回動操作を受ける操作レバーを有している。走行用操作装置の操作レバー（走行レバー）は、作業機械 4 0 の下部走行体 4 1 を動かすために操作される。走行レバーは、走行ペダルを兼ねていてもよい。例えば、走行レバーの基部または下端部に固定されている走行ペダルが設けられていてもよい。旋回用操作装置の操作レバー（旋回レバー）は、作業機械 4 0 の旋回機構 4 3 を構成する油圧式の旋回モータを動かすために操作される。ブーム用操作装置の操作レバー（ブームレバー）は、作業機械 4 0 のブームシリンダ 4 4 2 を動かすために操作される。アーム用操作装置の操作レバー（アームレバー）は作業機械 4 0 のアームシリンダ 4 4 4 を動かすために操作される。バケット用操作装置の操作レバー（バケットレバー）は作業機械 4 0 のバケットシリンダ 4 4 6 を動かすために操作される。

30

【 0 0 3 2 】

遠隔操作機構 2 1 1 を構成する各操作レバーは、例えば、図 2 に示されているように、オペレータが着座するためのシート S t の周囲に配置されている。シート S t は、アームレスト付きのハイバックチェアのような形態であるが、ヘッドレストがないローバックチェアのような形態、または、背もたれがないチェアのような形態など、オペレータが着座できる任意の形態の着座部であってもよい。

40

【 0 0 3 3 】

シート S t の前方に左右のクローラに応じた左右走行レバー 2 1 1 0 が左右横並びに配置されている。一つの操作レバーが複数の操作レバーを兼ねていてもよい。例えば、図 2 に示されているシート S t の左側フレームの前方に設けられている左側操作レバー 2 1 1 1 が、前後方向に操作された場合にアームレバーとして機能し、かつ、左右方向に操作された場合に旋回レバーとして機能してもよい。同様に、図 2 に示されているシート S t の右側フレームの前方に設けられている右側操作レバー 2 1 1 2 が、前後方向に操作された場合にブームレバーとして機能し、かつ、左右方向に操作された場合にバケットレバーとして機能してもよい。レバーパターンは、オペレータの操作指示によって任意に変更され

50

てもよい。

【0034】

遠隔画像出力装置221は、例えば図2に示されているように、シートStの前方、左斜め前方および右斜め前方のそれぞれに配置された略矩形状の画面を有する中央遠隔画像出力装置2210、左側遠隔画像出力装置2211および右側遠隔画像出力装置2212により構成されている。中央遠隔画像出力装置2210、左側遠隔画像出力装置2211および右側遠隔画像出力装置2212のそれぞれの画面（画像表示領域）の形状およびサイズは同じであってもよく相違していてもよい。遠隔画像出力装置221は、単一の湾曲したまたは湾曲可能な画像出力装置、シートStの前方を囲むように配置される2つまたは4つ以上の画像出力装置により構成されていてもよい。

10

【0035】

図2に示されているように、中央遠隔画像出力装置2210の画面および左側遠隔画像出力装置2211の画面が傾斜角度1（例えば、120°～1150°）をなすように、左側遠隔画像出力装置2211の右縁が、中央遠隔画像出力装置2210の左縁に隣接している。図2に示されているように、中央遠隔画像出力装置2210の画面および右側遠隔画像出力装置2212の画面が傾斜角度2（例えば、120°～2150°）をなすように、右側遠隔画像出力装置2212の左縁が、中央遠隔画像出力装置2210の右縁に隣接している。当該傾斜角度1および2は同じであっても相違していてもよい。

20

【0036】

中央遠隔画像出力装置2210、左側遠隔画像出力装置2211および右側遠隔画像出力装置2212のそれぞれの画面は、鉛直方向に対して平行であってもよく、鉛直方向に対して傾斜していてもよい。中央遠隔画像出力装置2210、左側遠隔画像出力装置2211および右側遠隔画像出力装置2212のうち少なくとも1つの画像出力装置が、複数に分割された画像出力装置により構成されていてもよい。例えば、中央遠隔画像出力装置2210が、略矩形状の画面を有する上下に隣接する画像出力装置により構成されていてもよい。

20

【0037】

遠隔音響出力装置222は、一または複数のスピーカーにより構成され、例えば図2に示されているように、シートStの後方、左アームレスト後部および右アームレスト後部のそれぞれに配置された中央音響出力装置2220、左側音響出力装置2221および右側音響出力装置2222により構成されている。中央音響出力装置2220、左側音響出力装置2221および右側音響出力装置2222のそれぞれの仕様は同じであってもよく相違していてもよい。

30

【0038】

（作業機械の構成）

図1に示されているように、作業機械40は、実機制御装置400と、実機入力インターフェース410と、実機出力インターフェース420と、実機無線通信機器422と、を備えている。実機制御装置400の構成要素のそれぞれは、演算処理装置（シングルコアプロセッサまたはマルチコアプロセッサもしくはこれを構成するプロセッサコア）により構成され、メモリなどの記憶装置から必要なデータおよびソフトウェアを読み取り、当該データを対象として当該ソフトウェアにしたがった演算処理を実行する。

40

【0039】

作業機械40は、例えばクローラショベル（建設機械）であり、図3に示されているように、クローラ式の下部走行体41と、下部走行体41に旋回機構43を介して旋回可能に搭載されている上部旋回体42と、を備えている。上部旋回体42の前方左側部にはキャブ42C（運転室）が設けられている。上部旋回体42の前方中央部には作業機構44が設けられている。

【0040】

実機入力インターフェース410は、実機操作機構411と、実機撮像装置412と、実

50

機測位装置 414 と、を備えている。実機操作機構 411 は、キャブ 42C の内部に配置されたシートの周囲に遠隔操作機構 211 と同様に配置された複数の操作レバーを備えている。遠隔操作レバーの操作態様に応じた信号を受信し、当該受信信号に基づいて実機操作レバーを動かす駆動機構またはロボットがキャブ 42C に設けられている。実機撮像装置 412 は、例えばキャブ 42C の内部に設置され、フロントウィンドウおよび左右サイドウィンドウ越しに作業機構 44 の少なくとも一部を含む環境を撮像する。フロントウィンドウおよびサイドウィンドウのうち一部または全部が省略されていてもよい。実機測位装置 414 は、GPS または GNS および必要に応じてジャイロセンサ等により構成され、作業機械 40 の位置（緯度および経度）を測定する。

【0041】

10

図 3 に示されているように、作業機構 44 は、上部旋回体 42 に起伏可能に装着されているブーム 441 と、ブーム 441 の先端に回動可能に連結されているアーム 443 と、アーム 443 の先端に回動可能に連結されているバケット 445 と、を備えている。作業機構 44 には、伸縮可能な油圧シリンダにより構成されているブームシリンダ 442、アームシリンダ 444 およびバケットシリンダ 446 が装着されている。

【0042】

ブームシリンダ 442 は、作動油の供給を受けることにより伸縮してブーム 441 を起伏方向に回動させるように当該ブーム 441 と上部旋回体 42 との間に介在する。アームシリンダ 444 は、作動油の供給を受けることにより伸縮してアーム 443 をブーム 441 に対して水平軸回りに回動させるように当該アーム 443 と当該ブーム 441 との間に介在する。バケットシリンダ 446 は、作動油の供給を受けることにより伸縮してバケット 445 をアーム 443 に対して水平軸回りに回動させるように当該バケット 445 と当該アーム 443 との間に介在する。

20

【0043】

（地中探索機の構成）

図 1 に示されているように、地中探索機 60 は、探索制御装置 600 と、探索記憶装置 602 と、深さ位置測定要素 611 と、探索位置測定要素 612 と、探索無線通信機器 624 と、を備えている。

【0044】

30

深さ位置測定要素 611 は、地中レーダー装置により構成され、地中埋設物の地表からの深さ位置を測定する。例えば、図 4 に示されているように、1 台の地中探索機 60 の異なる位置のそれぞれに複数の深さ位置測定要素 611 が搭載されていてもよい。探索位置測定要素 612 は、GPS または GNS および必要に応じてジャイロセンサ等により構成され、地中探索機 60 の 2 次元位置（緯度および経度）を測定する。

【0045】

探索記憶装置 602 は、深さ位置測定要素 611 により測定された深さ位置および探索位置測定要素 612 により測定された水平位置を地中探索結果として記憶保持する。探索記憶装置 602 は、そのほか、探索座標系（地中探索機 60 に対して位置および姿勢が固定されている座標系）における地中レーダー装置の座標値を記憶保持していてもよい。探索無線通信機器 624 は、探索記憶装置 602 に記憶保持されている地中探索結果をネットワーク経由で施工支援装置 10（またはデータベースサーバ）に対して送信するように構成されている。地中探索結果はデータベース 102 に蓄積または保存される。

40

【0046】

（機能）

前記構成の施工支援装置および撮像機能制御システムの機能について図 5 に示されているフローチャートを用いて説明する。当該フローチャートにおいて「C」というブロックは、記載の簡略のために用いられ、データの送信および／または受信を意味し、当該データの送信および／または受信を条件として分岐方向の処理が実行される条件分岐を意味している。

【0047】

50

遠隔操作装置 20において、遠隔制御装置 200により、遠隔無線通信機器 224を通じて、施工支援装置 10に対して地上状況確認要求が送信される（図 4 / STEP 210）。オペレータにより遠隔入力インターフェース 210を通じた第 1 指定操作の有無が判定され、当該判定結果が肯定的である場合に地上状況確認要求が送信されてもよい。「第 1 指定操作」は、例えば、オペレータが遠隔操作を意図する作業機械 40を指定するための遠隔入力インターフェース 210におけるタップなどの操作である。

【0048】

施工支援装置 10において、地上状況確認要求が受信された場合、施工支援装置 10から当該地上状況確認要求が該当する作業機械 40に対して送信される（図 4 / C10）。

【0049】

作業機械 40において、実機無線通信機器 424を通じて地上状況確認要求が受信された場合（図 4 / C40）、実機制御装置 400が実機撮像装置 412を通じて取得された撮像画像（適当な画像処理が施されていてもよい。）を表わす撮像画像データが施工支援装置 10に対して送信される（図 4 / STEP 410）。

【0050】

施工支援装置 10において、撮像画像データが受信された場合（図 4 / C11）、施工支援装置 10から撮像画像に応じた環境画像データが遠隔操作装置 20に対して送信される（図 4 / STEP 110）。環境画像データは、撮像画像データそのもののほか、撮像画像に基づいて生成された模擬的な環境画像を表わす画像データである。

【0051】

遠隔操作装置 20において、遠隔無線通信機器 224を通じて環境画像データが受信された場合（図 4 / C21）、遠隔制御装置 200により、環境画像データに応じた環境画像が遠隔画像出力装置 221に出力される（図 4 / STEP 212）。

【0052】

これにより、例えば、図 6 に示されているように、キャブ 42C の前方に広がる地面のほか、作業機構 44 の一部であるブーム 441、アーム 443 および施工対象領域における（パケット 445 による作業対象である）瓦礫または土砂の山などが映り込んでいる環境画像が遠隔画像出力装置 221に出力される。

【0053】

遠隔操作装置 20において、遠隔制御装置 200により、遠隔無線通信機器 224を通じて、施工支援装置 10に対して地中状況確認要求が送信される（図 4 / STEP 220）。オペレータにより遠隔入力インターフェース 210を通じた第 2 指定操作の有無が判定され、当該判定結果が肯定的である場合に地中状況確認要求が送信されてもよい。「第 2 指定操作」は、例えば、オペレータが遠隔操作を意図する作業機械 40を指定するための遠隔入力インターフェース 210におけるタップなどの操作である。第 2 指定操作は、第 1 指定操作と同一の操作であってもよいし異なる操作であってもよい。

【0054】

施工支援装置 10において、地中状況確認要求が受信された場合（図 4 / C20）、地中探索結果認識要素 120 により、当該地中状況確認要求に係る施工対象領域における、地中探索機 60 による地中探索結果が認識（データベース 102 から検索）される（図 4 / STEP 120）。

【0055】

施工対象領域は、例えばその境界を表わす世界座標系の水平座標値（X（経度），Y（緯度））の集合により特定される。施工対象領域は、施工支援装置 10 と遠隔操作装置 20 またはその操作対象である作業機械 40との通信に基づき、例えば、遠隔操作装置 20 および / または作業機械 40 を識別するための識別子に基づき、データベース 102 が検索されることにより認識される。

【0056】

施工対象領域における複数の地中探索エリアのそれぞれにおいて、地中探索機 60 により測定された配管等の地中埋設物の地表からの深さ位置（Z（深度））が地中探索結果と

10

20

30

40

50

して認識される。各地中探索エリアは、例えばその境界を表わす世界座標系の水平座標値（X（経度），Y（緯度））の集合により特定される。複数の地中探索エリアは、相互に隣接または連続して定義されていてもよいが、相互に離間して定義されていることが好ましい。複数の地中探索エリアの形状、または、形状およびサイズは同一であってもよく、相違していてもよい。

【0057】

複数の地中探索エリアが固定的に定義されていてもよい。例えば、図7Aに示されているように、相互に離間して規則的に（正方格子状または三角格子状に）配置されている略矩形状または正方形形状の複数の地中探索エリア S_{i1} 、 S_{i2} 、 \dots 、 S_{im} 、 S_{im+1} が複数の地中探索エリアとして定義されていてもよい。複数の地中探索エリア S_{i1} 、 S_{i2} 、 \dots 、 S_{im} 、 S_{im+1} が相互に隣接してまたは連続して規則的に配置されていてもよい。この場合、図7Aに破線矢印で示されているように、地中探索機60が受動的または能動的に変位した場合、地中探索エリア S_{i1} 、 S_{i2} 、 \dots 、 S_{im} 、 S_{im+1} における地中探索結果がデータベース102に登録され、地中探索結果認識要素120により認識されうる。地中探索エリアの形状は、三角形状、台形状、平行四辺形上、正多角形状（正六角形、正八角形、正十二角形など）、円形状または橢円形状など、さまざまな形状であってもよい。

【0058】

複数の地中探索エリアが地中探索機60による探索結果に応じて流動的に定義されていてもよい。例えば、図7Bに破線矢印で示されているように、地中探索機60が受動的または能動的に変位する過程で、所定周期のそれぞれにおいて図7Bに黒丸（○）で表わされている箇所が地中埋設物の地表からの深さ位置が測定された地中探索点である場合を想定する。この場合、当該地中探索点（2次元座標値（X（緯度），Y（経度））により定義される）を中心または重心とし、相互に離間して不規則的に配置されている略矩形状または正方形形状の複数の地中探索エリア S_{i1} 、 S_{i2} 、 \dots 、 S_{im} 、 S_{im+1} が複数の地中探索エリアとして定義されていてもよい。一の所定周期において複数の地中探索点が存在する場合、それらの重心が各地中探索エリア S_{ik} ($k = 1, 2, \dots, m, m + 1$) の中心または重心として定義されてもよい。各地中探索エリア S_{ik} のサイズおよび形状はさまざまに変更されてもよいが、あらかじめ定義されていることが好ましい。各地中探索エリア S_{ik} のサイズは、地中探索機60の変位速度および所定周期（時間間隔）に応じて定められてもよい。

【0059】

複数の地中探索エリアが地中探索機60の変位態様に応じて流動的に定義されていてもよい。例えば、地中探索機60が受動的または能動的に変位する過程において、地中探索機60の所定周期ごとの重心の位置（2次元座標値により定義される）を中心または重心とし、相互に離間して配置されている略矩形状または正方形形状の複数の地中探索エリア S_{i1} 、 S_{i2} 、 \dots 、 S_{im} 、 S_{im+1} が複数の地中探索エリアとして定義されていてもよい。各地中探索エリア S_{ik} の姿勢（例えば、長辺または短辺の方位）は、地中探索機60の変位方向に沿うように定義されていてもよい。

【0060】

ここで、複数の地中探索エリアが重複している場合の処理に関して説明する。例えば、図8A左側に示されている略矩形状の2つの地中探索エリア S_1 および S_2 の重複度が閾値以上である場合、他の地中探索エリア S_1 が削除（間引き）された結果として残った一の地中探索エリア S_2 が、図8A右側に示されている単一の地中探索エリア S として定義される。重複している複数の地中探索エリアのうち、地中探索機60により測定された深さ位置の地表からの距離または平均距離が最大（または最小）である一の地中探索エリアを除く他の地中探索エリアが削除されてもよい。重複している複数の地中探索エリアのうち、地中探索機60による深さ位置の測定数が最多（または最少）である一の地中探索エリアを除く他の地中探索エリアが削除されてもよい。

【0061】

一方、図8B左側に示されている略矩形状の2つの地中探索エリア S_1 および S_2 の重複

10

20

30

40

50

度が閾値未満である場合、図 8 B 右側に示されているように、当該 2 つの地中探索エリア S_1 および S_2 がまとめられた単一の地中探索エリア S_+ が定義される。図 8 C 左側に示されている略矩形状の 2 つの地中探索エリア S_1 および S_2 の重複度が閾値未満である場合、図 8 C 右側に示されているように、当該 2 つの地中探索エリア S_1 および S_2 が相互に離間するように変位された 2 つの地中探索エリア S_1' および S_2' が定義されてもよい。

【 0 0 6 2 】

続いて、代表深さ位置決定要素 1 2 1 により、複数の地中探索エリアのそれぞれにおける一または複数の深さ位置からなる深さ位置群のそれぞれの代表位置が決定される（図 4 / S T E P 1 2 1）。

【 0 0 6 3 】

例えば、図 9 に黒丸（○）で模式的に示されているように、一の地中探索エリアにおいて地中探索機 6 0 により地表からの深さ位置が測定された地中埋設物の複数の地中探索点 $P_1, P_{i-1}, P_i, P_{i+1}, P_{n-1}, P_n$ からなる地中探索点群が存在する場合について考察する。この場合、地表に最も近い地中探索点 P_+ または地表から最も遠い地中探索点 P_1 の深さ位置が当該地中探索点群の代表深さ位置として決定されてもよい。複数の地中探索点 $P_1, P_{i-1}, P_i, P_{i+1}, P_{n-1}, P_n$ の平均深さ位置（図 9 の一点鎖線参照）または中心深さ位置もしくは最頻深さ位置（図 9 の点線参照）が、当該地中探索点群の代表深さ位置として決定されてもよい。

【 0 0 6 4 】

続いて、施工支援画像データ生成要素 1 2 2 により、施工支援画像データが生成され、かつ、遠隔操作装置 2 0 に対して送信される（図 5 / S T E P 1 2 2）。施工支援画像データは、地中探索点群のそれぞれの代表深さ位置を表わすように複数の地中探索エリアのそれぞれに配置されている複数のオブジェクトが含まれている 3 次元画像を表わす 3 次元画像データである。

【 0 0 6 5 】

オブジェクトは、例えば、図 5 に示されているように、略矩形状または略正方形状の地中探索エリアが鉛直方向または深さ方向に投影されたような形状およびサイズを有し、かつ、水平面に対して平行な閉曲面 m_1 および m_2 ある。複数の地中探索エリアの形状（例えば、略矩形状または略正方形状）およびサイズのそれぞれが同一である場合、オブジェクトとしての複数の閉曲面の形状およびサイズのそれぞれも同一になる。複数の地中探索エリアの形状が同一である場合、オブジェクトとしての複数の閉曲面の形状も同一になり、相似する。

【 0 0 6 6 】

閉曲面は、B e z i e r（ベジエ）曲面および／または N U R B S（非一様有理 B スプライン）曲面などの複数の制御点により定義される曲面として定義されていてもよい。当該曲面は連続性（G 1 連続性、G 2 連続性または G 3 連続性）を有する曲面として定義されていてもよい。例えば、閉曲面がベジエ三角形曲面によって定義される場合、ベジエ三角形曲面の制御ネットの定義域が水平面に張られた三角形メッシュにより定義され、地中探索点が制御点とされたうえで、三角パッチの連続性が確保されるように閉曲面が定義される。

【 0 0 6 7 】

遠隔操作装置 2 0 において、遠隔無線通信機器 2 2 4 を通じて施工支援画像データが受信された場合（図 4 / C 2 2）、遠隔制御装置 2 0 0 により、施工支援情報に応じた施工支援画像が遠隔画像出力装置 2 2 1 に出力される（図 4 / S T E P 2 2 2）。

【 0 0 6 8 】

これにより、例えば、図 6 に示されているように、施工対象領域に含まれる複数の地中探索エリアのそれぞれにおいて、地中探索点群の代表深さ位置に配置された複数の閉曲面 m_1 および m_2 を含む施工支援画像が、環境画像に重畠された形で遠隔画像出力装置 2 2 1 に出力される。図 6 に示されている第 1 オブジェクト群 M_1 を構成する複数の閉曲面 m_1 および第 2 オブジェクト群 M_2 を構成する複数の閉曲面 m_2 のそれぞれの意匠（例えば、色）

10

20

30

40

50

が、閉曲面 m_1 および m_2 の深さ位置に応じて識別可能に差異化されている。図 6 に示されているように、各閉曲面 m_1 、 m_2 から地表まで延びる鉛直線分がオブジェクトの一部を構成してもよいが、当該鉛直線分は省略されてもよい。

【0069】

施工支援情報におけるオブジェクトの空間占有様態が世界座標系で定義されているので、オブジェクトの配置様態が環境画像座標系に座標変換される。この座標変換のため、作業機械 40 の世界座標系における座標値が GPS 等を用いて測定され、実機撮像装置 41 2 の実機座標系（上部旋回体 42 に対して位置および姿勢が固定された座標系）が、遠隔制御装置 200 を構成する記憶装置および / またはデータベース 102 に記憶保持されてもよい。オペレータは、遠隔画像出力装置 221 に出力された環境画像およびこれに重畳された施工支援画像を見ながら、バケット 445 を動かすように遠隔操作機構 211 を構成する操作レバーを操作することができる。

10

【0070】

そのほか、施工支援画像が環境画像に重畳されずに、単独で遠隔画像出力装置 221 に出力されてもよい。この場合、3 次元仮想空間において地表に存在する作業機械 40 および地中埋設物の地表からの深さ位置を表わすように配置されたオブジェクトのそれぞれの空間占有様態を表わす 3 次元モデル画像が施工支援画像として、環境画像とは別個に遠隔画像出力装置 221 に出力される。施工支援情報により表わされる閉曲面の配置様態が世界座標系で定義されているので、作業機械 40 の世界座標系における座標値が GPS 等を用いて測定され、遠隔制御装置 200 を構成する記憶装置および / またはデータベース 102 に記憶保持されてもよい。

20

【0071】

遠隔操作装置 20 において、遠隔制御装置 200 により遠隔操作機構 211 の操作様態が認識され、かつ、遠隔無線通信機器 224 を通じて、当該操作様態に応じた遠隔操作指令が施工支援装置 10 に対して送信される（図 5 / STEP 214）。

【0072】

施工支援装置 10 において当該遠隔操作指令が受信された場合、当該遠隔操作指令が作業機械 40 に対して送信される（図 5 / C14）。

【0073】

作業機械 40 において、実機制御装置 400 により、実機無線通信機器 422 を通じて操作指令が受信された場合（図 5 / C44）、作業機構 440 等の動作が制御される（図 5 / STEP 414）。例えば、バケット 445 により作業機械 40 の前方の施工対象領域の土を掘り起こしてすくい、上部旋回体 42 を旋回させたうえで施工対象領域の外にバケット 445 から土を落とす作業が実行される。

30

【0074】

（作用効果）

前記機能を発揮する施工支援装置 10 によれば、複数の地中探索エリア S_{i1} 、 S_{i2} 、 S_{im} 、 S_{im+1} （図 7A および図 7B 参照）のうち少なくとも一部の地中探索エリアにおいて、地中探索機 60 により地表からの深さ位置が測定された地中埋設物の地中探索点 P_1 、 P_{i-1} 、 P_i 、 P_{i+1} 、 P_{n-1} 、 P_n のそれぞれの深さが代表深さ位置に集約される（図 5 / STEP 121、図 9 参照）。そして、当該複数の地中探索エリア S_{i1} 、 S_{i2} 、 S_{im} 、 S_{im+1} のそれぞれに配置されている代表深さ位置を表わすオブジェクトとしての閉曲面 m_1 、 m_2 が含まれている 3 次元画像を表わす施工支援画像データが生成される（図 5 / STEP 122、図 5 参照）。

40

【0075】

これにより、地中探索機 60 によるすべての地中探索点 P_1 、 P_{i-1} 、 P_i 、 P_{i+1} 、 P_{n-1} 、 P_n の深さ位置のそれぞれを表わす複数のオブジェクトが含まれている施工支援画像データが生成される場合と比較して、施工支援画像データのデータ量の低減が図られている。遠隔出力インターフェース 220 を構成する遠隔画像出力装置 221 に出力された施工支援画像（図 5 参照）における複数のオブジェクトとしての閉曲面 m_1 、 m_2 の空間占有

50

態様を通じて、当該遠隔画像出力装置 221 に接したユーザまたはオペレータに 3 次元実空間における地中埋設物の空間占有態様を把握させることができる。

【 0 0 7 6 】

さらに、オブジェクトとしての各閉曲面 m_1 、 m_2 は該当する代表深さ位置を表わすように別個独立に配置されればよく、複数のオブジェクトの間の相対的な位置および姿勢が調節される必要がない分だけ、施工支援画像データの生成処理に要する演算処理負荷の軽減が図られる。

【 0 0 7 7 】

(本発明の他の実施形態)

前記実施形態では、施工支援装置 10 が遠隔操作装置 20、作業機械 40 および地中探索機 60 とは別個のコンピュータにより構成されていたが、他の実施形態として、施工支援装置 10 が、遠隔操作装置 20、作業機械 40 または地中探索機 60 に搭載されていてもよい。

10

【 0 0 7 8 】

前記実施形態では、作業機械 40 がオペレータにより遠隔操作装置 20 を通じて遠隔操作されていたが、他の実施形態として、作業機械 40 が当該作業機械 40 に搭乗したオペレータにより実機操作されてもよい。この場合、施工支援装置 10 から作業機械 40 に対して施工支援画像データが送信され(図 5 / STEP 122 参照)、実機出力インターフェース 420 を構成する実機画像出力装置に当該データに応じた施工支援画像が出力されてもよい(図 5 参照)。

20

【 0 0 7 9 】

地中探索エリアに配置されているオブジェクトとして、当該地中探索エリアの地表から地中探索点群の代表深さ位置まで延在する立体物が含まれている 3 次元画像を表わす施工支援画像データが生成されてもよい。例えば、図 10 に示されているように、地中探索エリアのそれぞれにおいて地表に底面が配置され、代表深さ位置に頂点が配置されている複数の逆円錐体 m_1 、 m_2 がオブジェクトとして含まれている 3 次元画像を表わす施工支援画像データが生成されてもよい。図 5 に示されている例と同様に、第 1 オブジェクト群 M_1 を構成する複数の逆円錐体 m_1 および第 2 オブジェクト群 M_2 を構成する複数の逆円錐体 m_2 のそれぞれの意匠(例えば、色)が、閉曲面 m_1 および m_2 の深さ位置に応じて識別可能に差異化されている。

30

【 0 0 8 0 】

立体物の表面は、Bezier(ベジエ)曲面および/または NURBS(非一様有理 B スプライン)曲面などの複数の制御点により定義される曲面として定義されていてよい。当該曲面は連続性(G1 連続性、G2 連続性または G3 連続性)を有する曲面として定義されていてよい。立体物は、逆円錐体とは異なる逆四角錐体などの逆錐体、逆錐台、柱体、球体または橢円球体など、様々な形状の立体物であってよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 1 】

10 施工支援装置

40

102 データベース

120 地中探索結果認識要素

121 代表深さ位置決定要素

122 施工支援画像データ生成要素

20 遠隔操作装置

200 遠隔制御装置

210 遠隔入力インターフェース

211 遠隔操作機構

220 遠隔出力インターフェース

221 遠隔画像出力装置

222 遠隔音響出力装置

50

2 2 4 遠隔無線通信機器

4 0 作業機械

4 1 下部走行体

4 2 上部旋回体

4 2 C キャブ(運転室)

4 4 作業機構

4 4 5 バケット

4 0 0 実機制御装置

4 1 0 実機入力インターフェース

4 2 0 実機出力インターフェース

6 0 地中探索機

6 0 0 探索制御装置

6 0 2 探索記憶装置

6 1 1 深さ位置測定要素

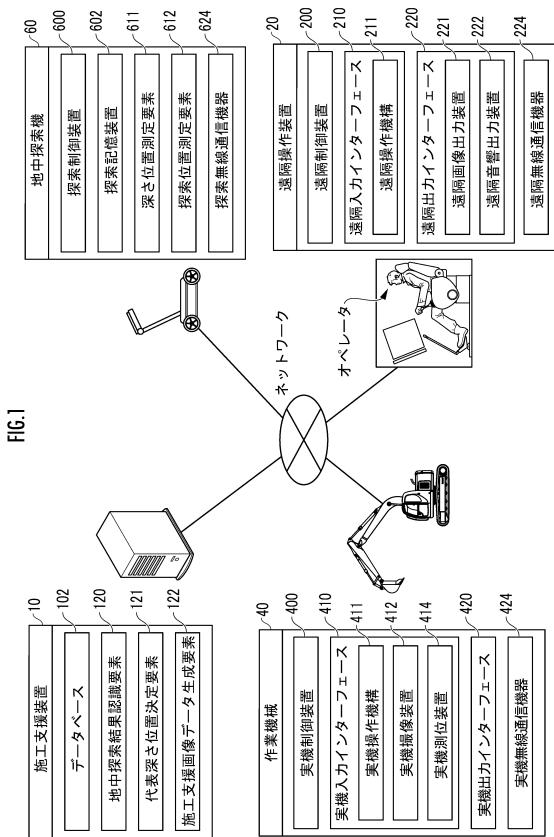
6 1 2 探索位置測定要素

6 2 4 探索無線通信機器

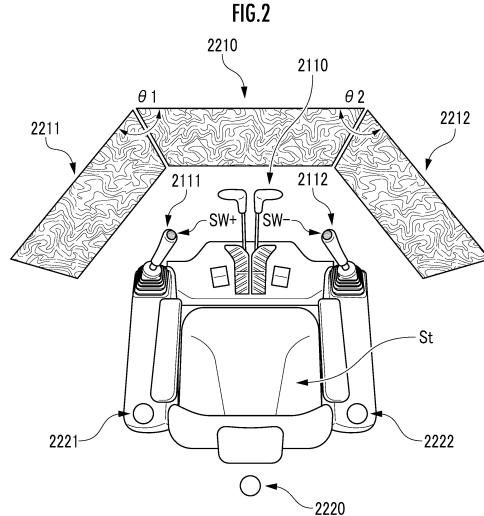
m₁、m₂ オブジェクト(閉曲面、立体物)P₁、P_{i-1}、P_i、P_{i+1}、P_{n-1}、P_n 地中探索点S_{i1}、S_{i2}、S_{im}、S_{im+1} 地中探索エリア。

【図面】

【図1】



【図2】



10

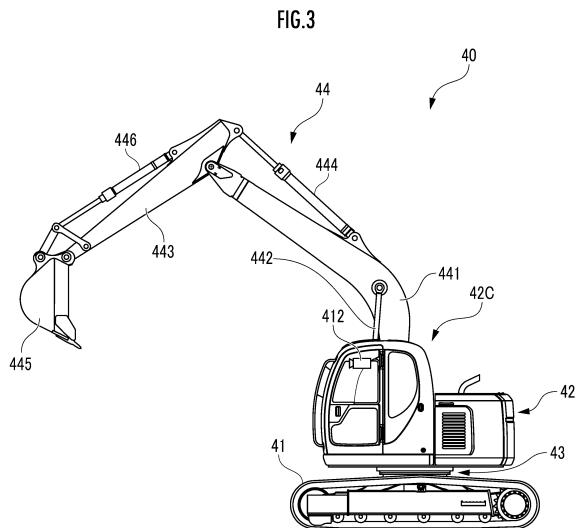
20

30

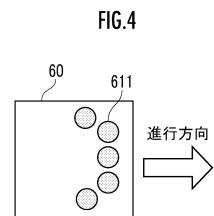
40

50

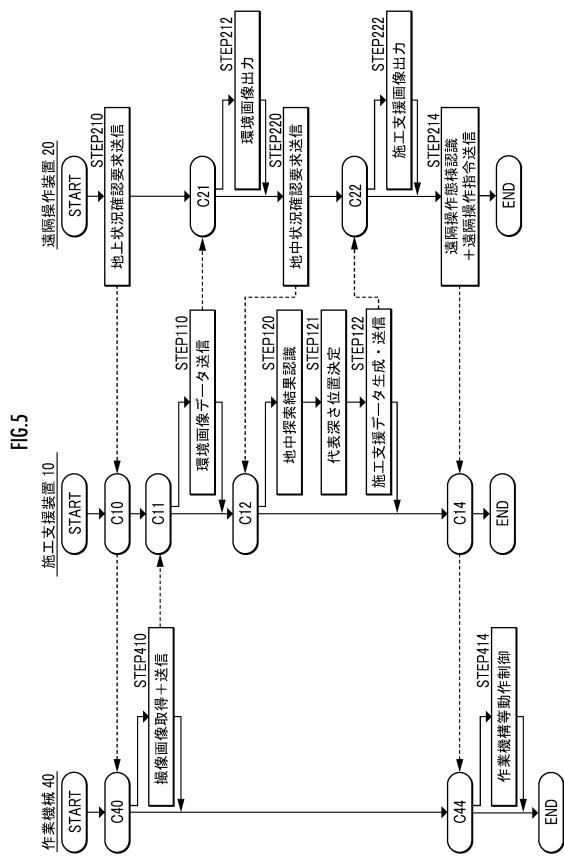
【図3】



【 図 4 】



【図5】



【图6】

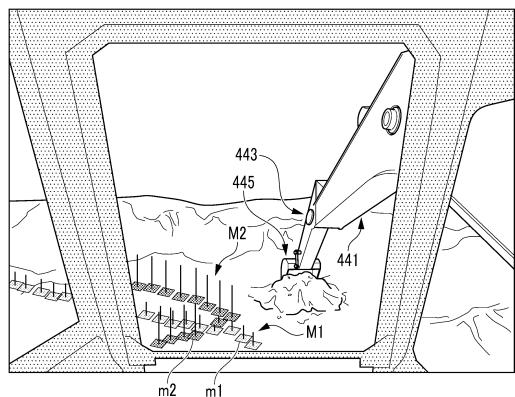
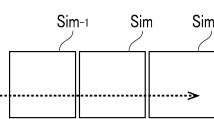
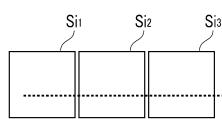


FIG.6

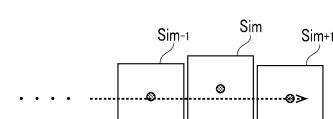
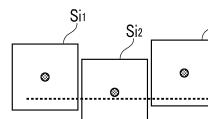
【図 7 A】

FIG.7A



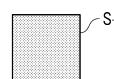
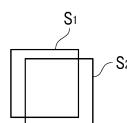
【図 7 B】

FIG.7B



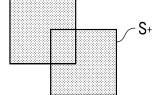
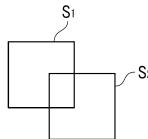
【図 8 A】

FIG.8A



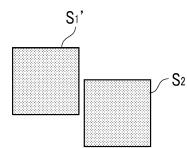
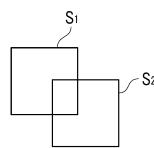
【図 8 B】

FIG.8B



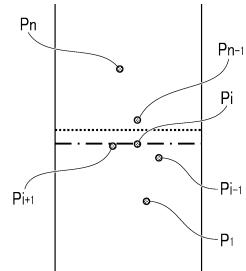
【図 8 C】

FIG.8C



【図 9】

FIG.9



10

20

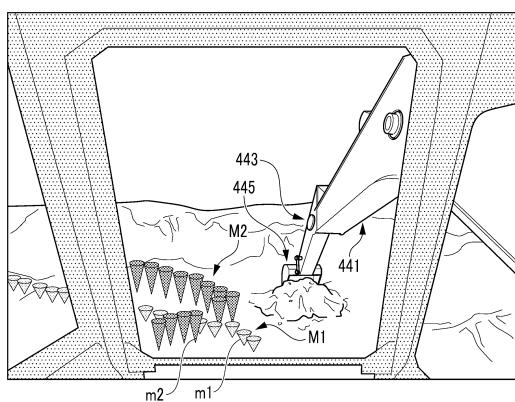
30

40

50

【図 10】

FIG.10



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献

国際公開第2019/124549 (WO, A1)
特開2012-133471 (JP, A)
特開2015-114823 (JP, A)
特開2003-075546 (JP, A)
特開2023-128880 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

E 02 F 9 / 26
G 06 T 19 / 00