

(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
2017年7月6日(06.07.2017)



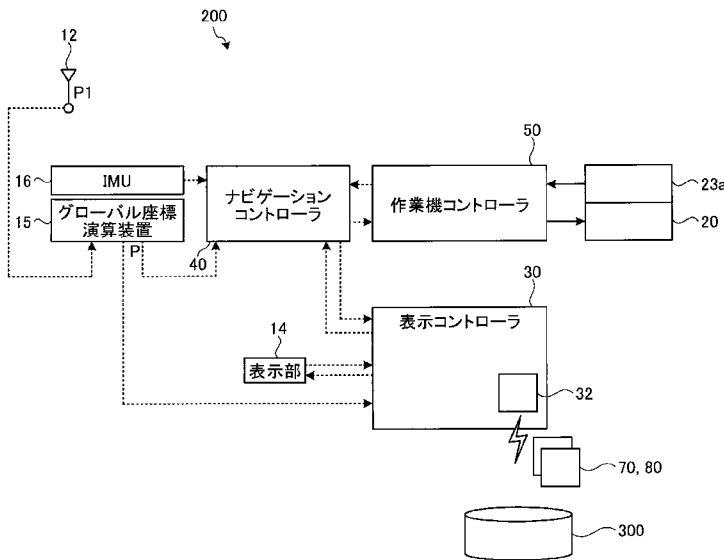
(10) 国際公開番号
WO 2017/115879 A1

- (51) 国際特許分類:
E02F 9/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/001142
- (22) 国際出願日: 2017年1月13日(13.01.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所(KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂2-3-6
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 倉金 徹(KURAKANE, Toru); 〒1078414
東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小松製作
所内 Tokyo (JP). 藤井 悠人(FUJII, Yuto); 〒
1078414 東京都港区赤坂2-3-6 株式会
社小松製作所内 Tokyo (JP). 別府 広太(BEPPU,
Kota); 〒1078414 東京都港区赤坂2-3-6 株
式会社小松製作所内 Tokyo (JP). 古田 良夫
(KODA, Yoshio); 〒1078414 東京都港区赤坂2-3
-6 株式会社小松製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所
(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒
1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号
虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IR, IS, 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,

[続葉有]

(54) Title: WORK MACHINE CONTROL SYSTEM AND WORK MACHINE CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 作業機械の制御システム及び作業機械の制御方法



- 14 Display unit
- 15 Global coordinate calculation device
- 30 Display controller
- 40 Navigation controller
- 50 Work machine controller

(57) Abstract: This work machine control system is provided with: an acquisition unit for acquiring multiple pieces of current topographic data indicating the current topography of the work site at which the work machine is performing work; and a compositing unit that, on the basis of multiple pieces of the current topographic data acquired by the acquisition unit, generates composite current topographic data for the work site on the basis of a predetermined rule.

(57) 要約: 作業機械の制御システムは、作業機械が作業を行う作業現場の現況地形を示す複数の現況地形データを取得する取得部と、前記取得部で取得された複数の前記現況地形データに基づいて、所定の規則に基づいて前記作業現場の合成現況地形データを生成する合成部とを備える。

WO 2017/115879 A1



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).

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則 48.2(h))

添付公開書類:

— 出願人の請求に基づく第 21 条(2)(a)による期間経過前の公開。

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：作業機械の制御システム及び作業機械の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、作業機械の制御システム及び作業機械の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、ブルドーザ等の作業機械において、ICT (Information and Communication Technology) の活用が進められている。例えば、GNSS (Global Navigation Satellite Systems) 等を搭載して自身の位置を検出し、その位置情報と作業現場の現況地形を示す現況地形データとを比較し、作業機の位置又は姿勢等を演算処理して求める作業機械等がある（例えば、特許文献1参照）。現況地形データは、例えば外部のサーバ等によって管理されており、このようなサーバから作業機械に送信されるようになっている。作業機械は、サーバから送信される1種類の現況地形データを受信して演算処理等を行っている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-205955号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] このような作業機械においては、近年、例えば現況地形データを用いて作業機の自動制御を精度よく行うことが求められる。この場合、管理装置から送信される現況地形データの精度によっては、作業機の自動制御を精度よく行うことが困難な場合がある。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、高精度の現況地形データを用いて作業機の自動制御を精度よく行うことが可能な作業機械の制御システム及び作業機械の制御方法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

[0006] 本発明の態様に従えば、作業機械が作業を行う作業現場の現況地形を示す複数の現況地形データを取得する取得部と、前記取得部で取得された複数の前記現況地形データに基づいて、所定の規則に基づいて前記作業現場の合成現況地形データを生成する合成部とを備える作業機械の制御システムが提供される。

発明の効果

[0007] 本発明の態様によれば、高精度の現況地形データを用いて作業機の自動制御を精度よく行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本実施形態に係る作業機械の一例を示す図である。

[図2]図2は、本実施形態に係る作業機械の制御システムである制御システムの一例を示すブロック図である。

[図3]図3は、表示コントローラの一例を示すブロック図である。

[図4]図4は、現況地形データの一例を示す図である。

[図5]図5は、参照地点の一例を示す図である。

[図6]図6は、合成現況地形データを生成する処理を模式的に示す図である。

[図7]図7は、合成現況地形データを生成する処理を模式的に示す図である。

[図8]図8は、合成現況地形データの一例を示す図である。

[図9]図9は、設計地形データ、合成現況地形データ及び仮想設計データを対応させて示す図である。

[図10]図10は、本実施形態に係る作業機械の制御方法の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明に係る作業機械の制御システム及び作業機械の制御方法の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

[0010] 図1は、本実施形態に係る作業機械の一例を示す図である。本実施形態で

は、作業機械として、例えばブルドーザ100を例に挙げて説明する。ブルドーザ100は、車両本体10と、作業機20とを有する。本実施形態において、ブルドーザ100は、例えば建設現場、鉱山等の作業現場において用いられる。

[0011] 図1に示すX軸、Y軸、Z軸は、グローバル座標系におけるX軸、Y軸、Z軸を示している。本実施形態においては、車両本体10に対して作業機20がある方向を前方とする。したがって、作業機20に対して車両本体10がある方向を後方とする。本実施形態においては、履帯11aが地面と接する接地面に対して車両本体10ある方向を上方とし、車両本体10から接地面に向かう方向、すなわち重力方向を下方とする。なお、図1では、前後方向をX方向に一致させ、車幅方向をY方向に一致させ、上下方向をZ方向に一致させた状態でブルドーザ100を配置している。

[0012] 車両本体10は、走行部としての走行装置11を有する。走行装置11は、履帯11aを有する。履帯11aは、車両本体10の左右のそれぞれに配置される。走行装置11は、不図示の油圧モータにより履帯11aを回転させることにより、ブルドーザ100を走行させる。

[0013] 車両本体10は、アンテナ12を有する。アンテナ12は、ブルドーザ100の現在位置を検出するために用いられる。アンテナ12は、グローバル座標演算装置15と電氣的に接続されている。グローバル座標演算装置15は、ブルドーザ100の位置を検出する位置検出装置である。グローバル座標演算装置15は、GNSS (Global Navigation Satellite Systems、GNSSは全地球航法衛星システムをいう) を利用してブルドーザ100の現在位置を検出する。以下の説明において、アンテナ12を、適宜GNSSアンテナ12と称する。GNSSアンテナ12が受信したGNSS電波に応じた信号は、グローバル座標演算装置15に入力される。グローバル座標演算装置15は、図1に示すグローバル座標系(X、Y、Z)におけるGNSSアンテナ12の設置位置を求める。全地球航法衛星システムの一例としては、GPS (Global Positioning System) が挙げられるが、全地球航法衛

星システムは、これに限定されるものではない。GNSSアンテナ12は、例えば運転室13の上端に設置されることが好ましい。なお、GNSSアンテナ12は、例えば2つ配置されてもよい。この場合、2つのGNSSアンテナ12から得られるデータを用いて方位データを生成可能である。

[0014] 車両本体10は、運転者が着座する運転席が設けられた運転室13を有する。運転室13には、各種の操作装置及び画像データを表示する表示部14が配置される。表示部14は、例えば、液晶表示装置等であるが、これに限定されるものではない。表示部14は、例えば入力部と表示部を一体化したタッチパネルを用いることができる。また、運転室13には、不図示の操作装置が設けられる。操作装置は、作業機20及び走行装置11の少なくとも1つを操作するための装置である。

[0015] 作業機20は、作業具であるブレード21と、ブレード21を支持するリフトフレーム22と、リフトフレームを駆動するリフトシリンダ23とを有する。ブレード21は、刃先21pを有する。刃先21pは、ブレード21の下端部に配置される。整地作業又は掘削作業等の作業において、刃先21pは、地面に接触する。ブレード21は、リフトフレーム22を介して車両本体10に支持される。リフトシリンダ23は、車両本体10とリフトフレーム22とを連結する。リフトシリンダ23は、リフトフレーム22を駆動してブレード21を上下方向に移動させる。作業機20は、リフトシリンダセンサ23aを含む。リフトシリンダセンサ23aは、リフトシリンダ23のストローク長さを示すリフトシリンダ長データLaを検出する。

[0016] 図2は、本実施形態に係る作業機械の制御システムである制御システム200の一例を示すブロック図である。図2に示すように、制御システム200は、グローバル座標演算装置15と、角速度及び加速度を検出する状態検出装置であるIMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) 16と、ナビゲーションコントローラ40と、表示コントローラ30と、作業機コントローラ (作業機制御部) 50と、を含む。

[0017] グローバル座標演算装置15は、グローバル座標系で表されるアンテナ1

2の位置データである基準位置データP1を取得する。グローバル座標演算装置15は、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサである処理部と、RAM (Random Access Memory) 及びROM (Read Only Memory) 等の記憶装置である記憶部とを有する。

[0018] グローバル座標演算装置15は、基準位置データP1に基づいて、車両本体10の位置を示す位置データPを生成する。位置データPは、グローバル座標系(X、Y、Z)における位置を示す。グローバル座標演算装置15は、生成した位置データPを、ナビゲーションコントローラ40及び表示コントローラ30に出力する。

[0019] IMU16は、ブルドーザ100の動作を示す動作情報を検出する状態検出装置である。実施形態において、動作情報は、ブルドーザ100の姿勢を示す情報を含んでもよい。ブルドーザ100の姿勢を示す情報は、ブルドーザ100のロール角、ピッチ角及び方位角が例示される。IMU16は、車両本体10に取り付けられている。IMU16は、例えば運転室13の下部に設置されてもよい。

[0020] IMU16は、ブルドーザ100の角速度及び加速度を検出する。ブルドーザ100の動作にともない、ブルドーザ100には、走行時に発生する加速度、旋回時に発生する角加速度及び重力加速度といった様々な加速度が生じるが、IMU16は少なくとも重力加速度を検出して出力する。ここで、重力加速度は、重力に対する抗力に対応した加速度である。IMU16は、例えばグローバル座標系(X、Y、Z)において、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の加速度と、X軸、Y軸及びZ軸周りの角速度(回転角速度)とを検出する。

[0021] 表示コントローラ30は、表示部14にガイダンス画面等の画像を表示させる。表示コントローラ30は、通信部32を有する。通信部32は、外部の通信機器との間で通信が可能である。通信部32は、例えば管理サーバ300等から作業現場の現況地形データ70及び設計地形データ80を受信する。通信部32は、USBメモリ等の外部記憶装置、PC、携帯端末から作

業現場の現況地形データ70及び設計地形データ80を受信してもよい。

[0022] ナビゲーションコントローラ40は、CPU等のプロセッサである処理部と、RAM及びROM等の記憶装置である記憶部とを有する。ナビゲーションコントローラ40には、グローバル座標演算装置15の検出値、IMU16の検出値、後述する作業機コントローラ50からの出力値が入力される。ナビゲーションコントローラ40は、グローバル座標演算装置15の検出値及びIMU16の検出値から、ブルドーザ100の位置に関連する位置情報を求めて表示コントローラ30に出力する。ナビゲーションコントローラ40は、表示コントローラ30から出力される仮想設計データ81が入力される。ナビゲーションコントローラ40は、仮想設計データ81に基づいてブレード21の刃先21pの目標刃先位置を設定し、作業機コントローラ50に出力する。

[0023] ナビゲーションコントローラ40は、作業機コントローラ50から刃先位置データが入力される。刃先位置データは、刃先21pの3次元位置である刃先位置を示すデータである。ナビゲーションコントローラ40は、刃先位置データに基づいて、目標刃先位置を示す目標刃先位置データを生成する。ナビゲーションコントローラ40は、目標刃先位置データを生成する際、作業現場の現況地形を示す現況地形データを用いる。ナビゲーションコントローラ40は、例えば現況地形データにより示される現況地形を所定距離だけ下方にオフセットした仮想目標地面を生成し、刃先21pが当該仮想目標地面に沿うように目標刃先位置データを生成する。

[0024] 作業機コントローラ50は、CPU等のプロセッサである処理部と、RAM及びROM等の記憶装置である記憶部とを有する。作業機コントローラ50は、ブレード21の位置情報を用いて、上記刃先位置データを検出する。作業機コントローラ50は、ナビゲーションコントローラ40から出力される目標刃先位置が入力される。作業機コントローラ50は、目標刃先位置データに基づいて、作業機20の動作を制御する作業機指令値を生成して出力する。また、作業機コントローラ50は、リフトシリンダセンサ23aから

出力されるリフトシリンダ長データ L_a が入力される。作業機コントローラ50は、リフトシリンダ長データ L_a に基づいて、ブレード21のリフト角 θ_a （図1参照）を算出する。リフト角 θ_a は、ブレード21の原点位置からの下降角度、すなわち、刃先21pの地中への貫入深さ又は地上からの高さに対応する。図1において、リフトフレーム22及びブレード21の原点位置が二点鎖線で示されている。リフトフレーム22及びブレード21が原点位置に位置する場合、ブレード21の刃先21pは地面に接触する。ブレード21を原点位置から下降させた状態でブルドーザ100が前進することによって、ブルドーザ100による整地作業及び掘削作業を行う。作業機コントローラ50は、リフトシリンダセンサ23aの検出値に基づいて、現在の刃先21pの位置に関する刃先位置及びリフト角 θ_a を示す信号をナビゲーションコントローラ40に出力する。

[0025] 図3は、ナビゲーションコントローラ40の一例を示すブロック図である。図3に示すように、ナビゲーションコントローラ40は、処理部44と、記憶部45とを有する。ナビゲーションコントローラ40は、処理部44及び記憶部45がバスライン46等の信号性を介して接続される。また、記憶部45は、処理部44において各種の処理を行うためのプログラム及びデータ等を記憶する。記憶部45は、例えば、後述する現況地形データ70と、設計地形データ80と、合成現況地形データ73とを記憶する。

[0026] 図4は、現況地形データの一例を示す図である。図4に示すように、現況地形データ70は、作業現場を複数のグリッド領域Gに区画した場合における、グリッド領域G毎の高さ位置（Z座標）に関するデータである。グリッド領域Gは、グローバル座標系のX方向及びY方向に所定間隔ごとに設けられている。各グリッド領域Gは、グローバル座標系の位置データ（X，Y，Z）が蓄積されている。なお、現況地形データ70は、グリッド領域Gにおける任意の位置の高さデータに関するデータであればよく、例えばグリッド領域Gの中心位置の高さデータであってもよいし、グリッド領域Gの4隅の高さデータであってもよい。グリッド領域Gは、例えば正方形に設定される

が、これに限定されるものではなく、例えば長方形、平行四辺形、三角形等、他の形状であってもよい。

[0027] 本実施形態において、現況地形データ70は、例えば作業現場の現況地形を各種の測定手法を用いて測定することにより生成される。現況地形データ70は、例えば測定手法等が異なる複数種類の現況地形データを含む。現況地形データ70を生成するための測定手法としては、例えば、作業現場を走行する車両の位置情報を用いて現況地形を測定する手法、作業現場を走行するブルドーザ100等の作業機械の位置情報を用いて現況地形を測定する手法、測量車を走行させて現況地形を測量する手法、静止した測量器を用いて現況地形を測量する手法、ステレオカメラを用いて現況地形を測定する手法、ドローン等の無人飛行体により現況地形を測定する手法等が挙げられる。なお、ドローン等による計測は、例えばカメラ等を用いて現況地形を撮影し、撮影結果から現況地形データを測定する手法であってもよいし、レーザスキャナを用いて現況地形データを測定してもよい。現況地形データ70には、測定手法等を識別するための識別情報が付与されてもよい。

[0028] 処理部44は、例えばCPU等のプロセッサである。処理部44は、取得部62と、検定部63と、合成部64と、生成部65と、表示制御部66と、現況地形データ算出部61とを有する。

[0029] 現況地形データ算出部61は、例えば作業現場のうちブルドーザ100が通過した領域についての現況地形を示す現況地形データ70を算出する。現況地形データ算出部61は、例えばグローバル座標演算装置15で出力される位置情報に基づいて現況地形データ70を算出する。この場合、現況地形データ算出部61は、例えばブルドーザ100が通過した領域に対応するグリッド領域G毎のZ座標を算出する。

[0030] 取得部62は、作業現場の現況地形を示す複数の現況地形データ70を取得する。取得部62が取得する現況地形データ70は、例えば管理サーバ300から受信する現況地形データ70と、現況地形データ算出部61で生成される現況地形データ70とを含む。

- [0031] 取得部62が取得する複数の現況地形データ70は、測定手法等に応じて、精度やデータを有する範囲等が異なる場合がある。例えば、作業現場における車両の位置情報を用いて測定を行うことで得られる現況地形データ70は測定時の走行速度が速くなるため、測定精度が低くなる。一方、作業現場の広い領域に亘って走行させて現況地形データ70を測定することにより、データの存在するグリッド領域Gの数を多くすることができる。
- [0032] また、上記車両に比べて走行速度が低いブルドーザ100等の作業機械の位置情報を用いて得られる現況地形データ70は、走行速度が低い分、測定精度が高くなる。一方、ブルドーザ100は、例えば作業現場のうちブルドーザ100が作業を行う箇所及び作業のために移動する箇所を主として走行するため、データの存在するグリッド領域Gの数が限られる。
- [0033] 検定部63は、取得部62で取得される現況地形データ70の検定を行う。検定部63は、現況地形データ70の取得時刻及び現況地形データ70の精度のうち少なくとも一方に基づいて検定を行う。検定部63は、検定結果により、所定の基準を満たす現況地形データ70を採用し、所定の基準を満たさない現況地形データ70を破棄する。なお、検定部63は、設けられなくてもよい。
- [0034] 合成部64は、合成現況地形データ73を生成する。合成現況地形データ73は、作業現場のうち所定の参照地点の現況地形を示す現況地形データである。
- [0035] 図5は、参照地点の一例を示す図である。図5では、ブルドーザ100を矩形により模式的に示している。図5に示すように、参照地点75は、ブルドーザ100の走行装置11の走行方向に対応して設定される複数の地点である。各参照地点75は、ブルドーザ100の現在位置を基準として、走行方向の前方及び後方に直線方向に設定される。各参照地点75の設定数及び参照地点75同士の間隔は任意である。したがって、例えば各参照地点75は、図5に記載されているように等間隔に設定されてもよい。また、現在位置に対して前方と後方とで参照地点75の設定数が等しくてもよいし、異な

ってもよい。複数の参照地点75は、グローバル座標演算装置15で出力される位置情報に基づいて設定される。なお、参照地点75は、上記に限定されず、どのような位置に設定してもよい。なお、各参照地点75におけるX座標及びY座標は、ブルドーザ100の位置情報、ブルドーザ100の向き情報に基づいて求められる。

[0036] ここで、合成部64により合成現況地形データ73を生成する処理の一例を説明する。合成部64は、合成現況地形データ73を生成する場合、複数の現況地形データ70の対応する又は同一の位置における位置データを所定の規則に基づいて合成し、1つの合成現況地形データ73を生成する。本実施形態の一例として、以下参照地点75を用いて合成現況地形データ73を生成する場合について説明する。まず合成部64は、1つの現況地形データ70における各グリッド領域Gにおける位置データ(X、Y、Z)と、参照地点75におけるX方向及びY方向についての位置データ(X、Y)とに基づいて、参照地点75における高さデータ(Z座標)を求める。この場合、合成部64は、Z座標を求めようとする参照地点75について、当該参照地点75の周囲にあるグリッド領域G(例えば4つ)の座標(X、Y、Z)に基づいて、例えば線形補間によりZ座標を計算する。このような処理を参照地点75毎に行い、各参照地点75のZ座標の集合(以下、部分現況地形データと表記する)を算出する。なお、本実施形態において、部分現況地形データは、現況地形データの一例である。

[0037] 図6及び図7は、各参照地点75についてZ座標を算出する処理を模式的に示す図である。まず、合成部64が複数種類の現況地形データ70のうち、例えばブルドーザ100等の作業機械の位置情報を用いて現況地形を測定して得られた現況地形データ70を第1現況地形データ71として設定した場合を説明する。この場合、第1現況地形データは、ブルドーザ100が走行したグリッド領域Gについては位置データが算出されてデータが存在するが、ブルドーザ100が走行していないグリッド領域Gについては位置データが存在しない。位置データが存在するグリッド領域Gを有効グリッド領域

G 1、位置データが存在しないグリッド領域Gを無効グリッド領域G 2と定義する。図6 (a) では、ブルドーザ100が通過したグリッド領域Gが有効グリッド領域G 1となり、ブルドーザ100が通過していないグリッド領域Gが無効グリッド領域G 2となっていることを示している。合成部64は、有効グリッド領域G 1における位置情報を用いて算出可能な範囲で、各参照地点75のZ座標を算出する。図6 (a) に示すように、合成部64は、有効グリッド領域G 1の近傍に存在する参照地点75 (75 a、75 b、75 c、75 d、75 e) について、当該有効グリッド領域G 1の位置データを用いてZ座標を算出する。また、合成部64は、図6 (a) における位置データを有しない無効グリッド領域G 2の近傍に存在する参照地点75 (75 f、75 g、57 h) については、Z座標を算出しない。この結果、合成部64は、参照地点75 a、75 b、75 c、75 d、75 eの位置情報の集合を第1部分現況地形データ71として生成する。

[0038] 図6 (b) は、第1部分現況地形データ71における各参照地点75のZ座標を示している。Z座標が求められた参照地点75 a、75 b、75 c、75 d、75 eには、高さデータが存在しているものの、Z座標が求められなかった参照地点75 f、75 g、57 hには、高さデータが存在していない。

[0039] 次に、合成部64が複数種類の現況地形データ70のうち、例えば車両の位置情報を用いて現況地形を測定して得られた現況地形データ70を第2現況地形データとして設定した場合を説明する。図7 (a) は、例えば検定部63により一部のデータが破棄された場合の例を示している。図7 (a) に示すように、合成部64は、破棄されたグリッド領域Gを、データが存在しない無効グリッド領域G 4として取り扱う。このため、図7 (a) に示す場合、合成部64は、有効グリッド領域G 3の近傍の位置情報を用いて算出可能な範囲で、参照地点75のZ座標を算出する。図7 (a) に示すように、合成部64は、有効グリッド領域G 3の近傍に存在する参照地点75 (75 a、75 b、75 c、75 d、75 e、75 f、57 h) については、当該

有効グリッド領域G3の位置情報を用いてZ座標を算出する。また、合成部64は、無効グリッド領域G4の近傍に存在する参照地点75gについては、Z座標を算出しない。この結果、合成部64は、参照地点75a、75b、75c、75d、75e、75f、57hの位置情報の集合を第2部分現況地形データ72として生成する。

[0040] 図7(b)は、第2部分現況地形データ72における各参照地点75のZ座標を示している。Z座標が求められた参照地点75a、75b、75c、75d、75e、75f、57hには、高さデータが存在しているものの、Z座標が求められなかった参照地点75gには、高さデータが存在していない。

[0041] なお、上記の例において、参照地点75gについては、第1部分現況地形データ71及び第2部分現況地形データ72のいずれにおいてもZ座標が存在しない。このような場合、合成部64は、上記の無効グリッド領域G4の周囲に配置される有効グリッド領域G3の位置情報に基づいて、線形補間等の方法により無効グリッド領域G4の位置情報を補完してもよい。そして、合成部64は、当該無効グリッド領域G4を有効グリッド領域G3とした場合、当該有効グリッド領域G3の位置情報を用いて参照地点75gのZ座標を計算することができる。

[0042] また、上記の例では、合成部64が第1部分現況地形データ71及び第2部分現況地形データ72の2種類の部分現況地形データを算出する場合を例に挙げて説明したが、これに限定されるものではない。例えば、合成部64は、3種類以上の部分現況地形データを算出してもよい。また、合成部64は、上記とは異なる種類もしくは異なる測定方法により求められた現況地形データ70から、部分現況地形データを求めてもよい。

[0043] 合成部64は、複数の部分現況地形データを算出した後、各部分現況地形データに含まれるデータを合成して、合成現況地形データを生成する。合成部64は、部分現況地形データを合成する場合、例えば所定の規則に基づいて合成する。所定の規則としては、例えば、現況地形データ70毎に予め設

定された優先順位がある。現況地形データ 70 毎に予め設定された優先順位を用いる場合、合成部 64 は、優先順位の高い現況地形データ 70 から算出された部分現況地形データの各参照地点 75 の Z 座標を優先的に採用する構成としてもよい。この優先順位は、例えば現況地形データ 70 の測定手法毎に設定される。例えば、精度が低い測定手法により求められた現況地形データ 70 には、優先順位を低く設定するようにしてもよい。

[0044] 図 8 (a) は、合成現況地形データ 73 の一例を示す図である。合成部 64 は、例えば各参照地点 75 について、所定の規則に基づいて第 1 部分現況地形データ 71 及び第 2 部分現況地形データ 72 の高さデータを合成することで、図 8 (a) に示すような合成現況地形データ 73 を生成する。本実施形態においては、所定の規則として、各現況地形データ 70 に設定される優先順位に基づいて、各参照地点 75 毎における高さデータを求める、すなわちいずれかの部分現況地形データ 71, 72 から高さデータを抽出する、という規則を採用する場合について説明する。本実施形態においては、第 1 現況地形データ (第 1 部分現況地形データ) 71 が第 2 現況地形データ (第 2 部分現況地形データ) 72 よりも優先順位が高い場合を例に挙げて説明する。

[0045] 合成現況地形データ 73 は、第 1 現況地形データ (第 1 部分現況地形データ) 71 が第 2 現況地形データ (第 2 部分現況地形データ) 72 よりも優先するという規則の下、参照地点 75 a、75 b、75 c、75 d、75 e においては、第 1 部分現況地形データ 71 から高さデータを抽出する。また、合成現況地形データ 73 は、参照地点 75 f、75 h においては、第 2 部分現況地形データ 72 から高さデータを抽出する。参照地点 75 g は、Z 座標のデータを有しない。

[0046] 図 8 (b) は、合成現況地形データ 73 における各参照地点 75 の Z 座標を示している。参照地点 75 a、75 b、75 c、75 d、75 e においては、第 1 部分現況地形データ 71 から抽出された高さデータが、参照地点 75 f、75 h においては、第 2 部分現況地形データ 72 から抽出された高さ

データが記載されている。参照地点 75 a、75 b、75 c、75 d、75 e における破線の高さデータは、優先順位が低く採用されなかった第 2 部分現況地形データ 72 における高さデータである。

[0047] なお、上述のように第 2 部分現況地形データ 72 における無効グリッド G4 を補完して得られた位置情報に基づいて参照地点 75 g の高さデータを取得してもよい。また、例えば図 8 (b) における参照地点 75 g ʼにあるように、参照地点 75 f 及び参照地点 75 h の高さデータから線形補間して参照地点 75 g の高さデータを取得してもよい。

[0048] 生成部 65 は、合成部 64 で生成された合成現況地形データ 73 に基づいて作業現場の仮想設計データ 81 を生成する。図 9 は、設計地形データ 80 と、図 8 に示す各参照地点 75 における合成現況地形データ 73 と、仮想設計データ 81 と、を対応させて示す図である。設計地形データ 80 は、施工現場における最終的な目標面を意味している。仮想設計データ 81 は、作業現場の現況地形から設計地形に到達するための中間設計地形を示す設計データである。中間設計地形は、例えばブルドーザ 100 が 1 回又は数回の掘削作業により到達するよう設定される目標地形である。図 9 に示すように、仮想設計データ 81 は、合成現況地形データ 73 と設計地形データ 80 との間の値であり、一例として、合成現況地形データ 73 を Z 座標下方向にオフセットして形成してもよい。また、仮想設計データ 81 は、例えば、現況地形を平滑化処理した上で Z 座標下方向にオフセットさせた形状に形成してもよい。仮想設計データ 81 に基づいて作業機 20 の自動制御を段階的に複数回行うことにより、作業現場の地形を最終設計データの形状に近づけることができる。この複数回の作業により、作業現場の地形を徐々に凹凸が少なくなるようにすることができる。

[0049] 図 10 は、本実施形態に係る作業機械の制御方法の一例を示すフローチャートである。ステップ S T 10 において、表示コントローラ 30 の取得部 62 は、記憶部 35 に記憶された複数の現況地形データ 70 を取得する。このような現況地形データ 70 として、上記のように、例えば車両の位置情報を

用いて現況地形を測定して得られた現況地形データ70、ブルドーザ100等の作業機械の位置情報を用いて現況地形を測定して得られた現況地形データ70、測量車を走行させて現況地形を測量して得られた現況地形データ70、静止した測量器を用いて現況地形を測量して得られた現況地形データ70、ステレオカメラを用いて現況地形を測定する手法、ドローン等の無人飛行体により現況地形を撮影して撮影結果から現況地形を求めて得られた現況地形データ70等が挙げられる。なお、ステップST10の後、検定部63は、取得した現況地形データ70の検定処理を行ってもよい。

[0050] 次に、ステップST20において、合成部64は、取得した複数種類の現況地形データ70について、グリッド領域Gの位置情報に基づいて、例えば各参照地点75のZ座標の集合である部分現況地形データを算出する。次に、ステップST30において、合成部64は、所定の規則に基づいて、各部分現況地形データに含まれるデータを合成して合成現況地形データを生成する。合成部64は、生成した合成現況地形データ73を記憶部35に記憶する。次に、ステップST40において、生成部65は、記憶部35に記憶された当該合成現況地形データ73に基づいて、仮想設計データ81を生成する。

[0051] 次に、ステップST50において、ナビゲーションコントローラ40及び作業機コントローラ50は、生成された仮想設計データ81に基づいて作業機20の制御を行う。この場合、ナビゲーションコントローラ40は、生成した仮想設計データ81に基づいて、ブレード21の刃先21pの目標刃先位置を設定し、作業機コントローラ50に出力する。作業機コントローラ50は、ナビゲーションコントローラ40から出力される目標刃先位置の値に基づいて、作業機20の動作を制御する作業機指令値を出力する。このように、作業機20の動作は、仮想設計データ81に基づいて制御される。

[0052] 以上のように、本実施形態に係る作業機械の制御システムは、ブルドーザ100が作業を行う作業現場の現況地形を示す複数の現況地形データ70を取得する取得部62と、取得部62で取得された複数の現況地形データ70

に基づいて、所定の規則に基づいて作業現場の合成現況地形データ73を生成する合成部64とを備える。また、本実施形態に係る作業機械の制御方法は、ブルドーザ100が作業を行う作業現場の現況地形を示す複数の現況地形データ70を取得することと、取得された複数の現況地形データ70に基づいて、所定の規則に基づいて作業現場の合成現況地形データ73を生成することを含む。この構成によれば、複数種類の現況地形データ70を用いて合成現況地形データ73を生成することにより、作業現場の現況地形データを広範囲にかつ高精度に残すことができる。これにより、高精度な現況地形データである合成現況地形データ73を用いて作業機20の自動制御を精度よく行うことが可能となる。

[0053] 本実施形態に係る作業機械の制御システム200は、合成現況地形データ73と、作業現場の設計地形を示す設計地形データ80とに基づいて作業現場の仮想設計データ81を生成する生成部65を更に備える。この構成によれば、合成現況地形データ73に基づいて仮想設計データ81を生成するため、高精度な仮想設計データ81を用いて作業機20を制御することが可能となる。

[0054] 以上、実施形態を説明したが、前述した内容により実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さらに、実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換及び変更のうち少なくとも1つを行うことができる。例えば、ナビゲーションコントローラ40が実行する各処理は、表示コントローラ30、作業機コントローラ50又はこれら以外のコントローラが実行してもよい。

[0055] また、上記実施形態では、作業機械として、ブルドーザ100を例に挙げて説明したが、これに限定するものではなく、油圧ショベル又はホイールローダー等、他の作業機械であってもよい。また、上記実施形態における制御システム200は、ブルドーザ100等の作業機械に設けられてもよいし、

管理サーバ300等に設けられてもよいし、作業機械と管理サーバが分担してもよい。

[0056] また、上記実施形態では、現況地形データ70として、ブルドーザ100等の作業機械の位置情報を用いて測定される第1現況地形データと、車両の位置情報を用いて測定される第2現況地形データとを例に挙げて説明したが、これに限定されるものではない。例えば、現況地形データ70として、上述したように例えば測量器を用いた測量結果、又は、ドローン等の無人飛行体を用いて現況地形を検出した場合の検出結果等が用いられてもよい。

[0057] また、上記実施形態では、合成部64が合成現況地形データ73を生成する際の所定の規則として、予め現況地形データ70に設定された優先順位に基づいて合成現況地形データ73を生成する構成を例に挙げて説明したが、これに限定されない。例えば、合成部64は、第1部分現況地形データ71と第2部分現況地形データ72におけるある位置(X、Y座標)における高さデータ(Z座標)の平均値または中央値を算出し、算出結果を合成現況地形データ73として採用してもよい。また、この場合、合成部64は、第1部分現況地形データ71と第2部分現況地形データ72とを所定の条件に基づいて、重み付け平均した結果を合成現況地形データ73としてもよい。また、合成部64は、例えば複数の部分現況地形データにおける対応した位置(X、Y座標)毎に最もZ座標の低いデータ又は最もZ座標の高いデータを採用し合成現況地形データ73としてもよい。また、GNSS電波に含まれる精度情報や、当該現況地形データ70を測定した手法を示した情報(測定手法情報)、又は現況地形データ70を測定した時間を示す時間情報を、現況地形データ70における位置情報に付与しておき、当該精度情報や当該測定手法情報に基づいて、優先順位づけ又は重み付け平均を行って合成現況地形データ73としてもよい。また、例えば、複数の現況地形データ70毎に測定手法情報を付与しておき、予め定められた測定手法に応じた優先順位または重み付け平均に基づいて、合成部64が合成現況地形データ73を生成するようにしてもよい。また、現況地形データ70の各測定方法に応じて例

例えば優先順位又は数値化された精度情報を設定しておいてもよい。

[0058] また、例えば、車両等の位置情報を用いて現況地形を測定する場合、各種センサの精度や計算アルゴリズムに応じて精度が異なる場合がある。したがって、各種センサの精度や計算アルゴリズムに応じて、現況地形データ70に測定手法情報又は精度情報を付与してもよい。

[0059] また、上記実施形態においては、合成部64が、部分現況地形データ71, 72を用いて合成現況地形データ73を生成したが、その実施形態に限定されない。例えば、合成部64は、部分現況地形データを用いず、複数の現況地形データ70を所定の規則により合成し、合成現況地形データ73とするようにしてもよい。

[0060] また、上記実施形態では、合成部64が部分現況地形データ71, 72として参照地点75毎にZ座標を算出する場合を例に挙げて説明したが、これに限定されない。例えば、合成部64は、現況地形データ70から部分現況地形データを算出せずに、複数の現況地形データ70をその状態で合成し、合成現況地形データ73とするようにしてもよい。すなわち、合成部64は、合成現況地形データ73において高さデータが存在する位置として、各参照地点75に代えて、グリッド領域Gにおいて位置情報を有する地点の位置となるよう、合成現況地形データ73を生成してもよい。

[0061] また、上記実施形態では、合成現況地形データが、参照地点75のような特定の地点における位置データの集合である場合を例に挙げて説明したが、これに限定されない。例えば、合成現況地形データは、作業現場の一部又はすべての領域における位置データの集合であってもよい。

符号の説明

[0062] G グリッド領域

G1、G3 有効グリッド領域

G2、G4 無効グリッド領域

10 車両本体

11 走行装置

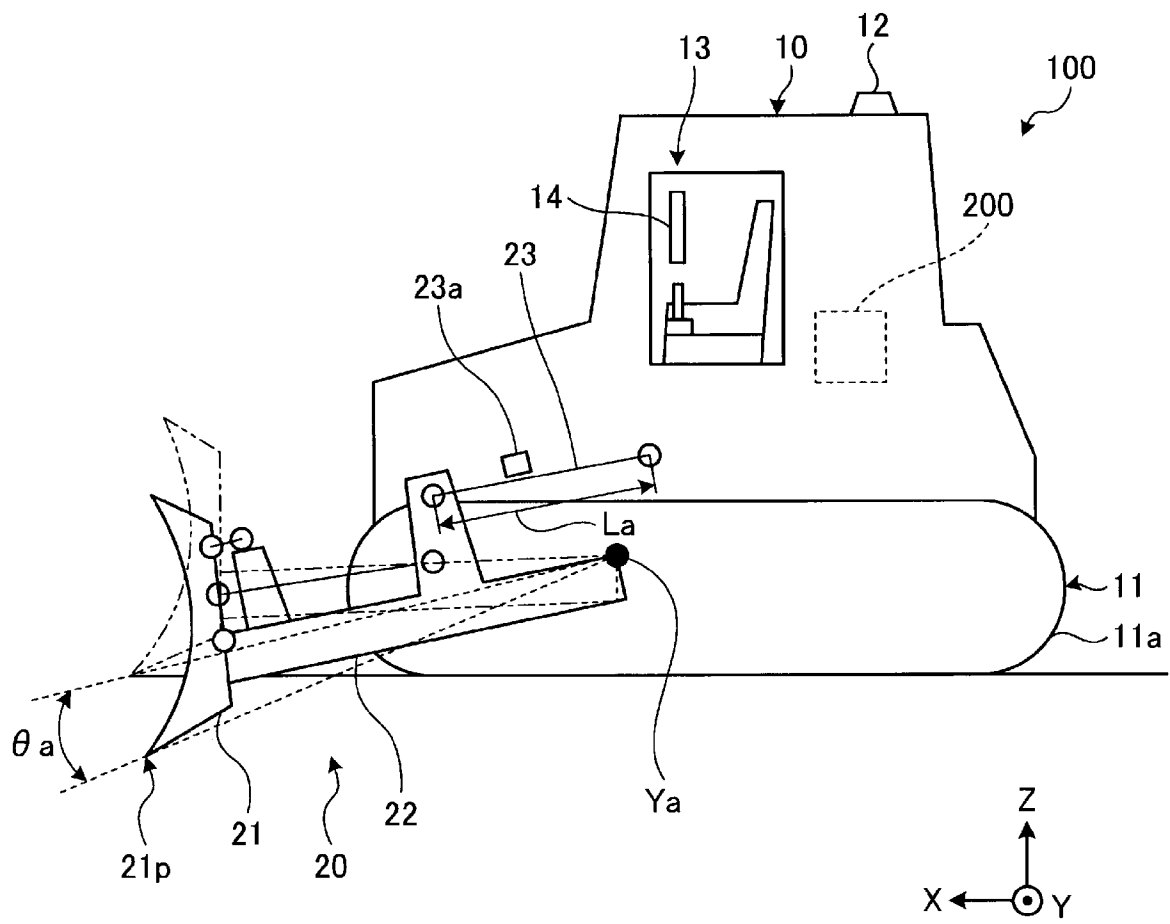
- 1 1 a 履帯
- 1 2 アンテナ
- 2 0 作業機
- 2 1 ブレード
- 2 1 p 刃先
- 3 0 表示コントローラ
- 4 0 ナビゲーションコントローラ
- 5 0 作業機コントローラ
- 6 1 現況地形データ算出部
- 6 2 取得部
- 6 3 検定部
- 6 4 合成部
- 6 5 生成部
- 6 6 表示制御部
- 7 0 現況地形データ
- 7 1 第 1 部分現況地形データ
- 7 2 第 2 部分現況地形データ
- 7 3 合成現況地形データ
- 7 5, 7 5 a, 7 5 b, 7 5 c, 7 5 d, 7 5 e, 7 5 f, 7 5 g, 7 5 h
参照地点
- 8 0 設計地形データ
- 8 1 仮想設計データ
- 1 0 0 ブルドーザ
- 2 0 0 制御システム
- 3 0 0 管理サーバ

請求の範囲

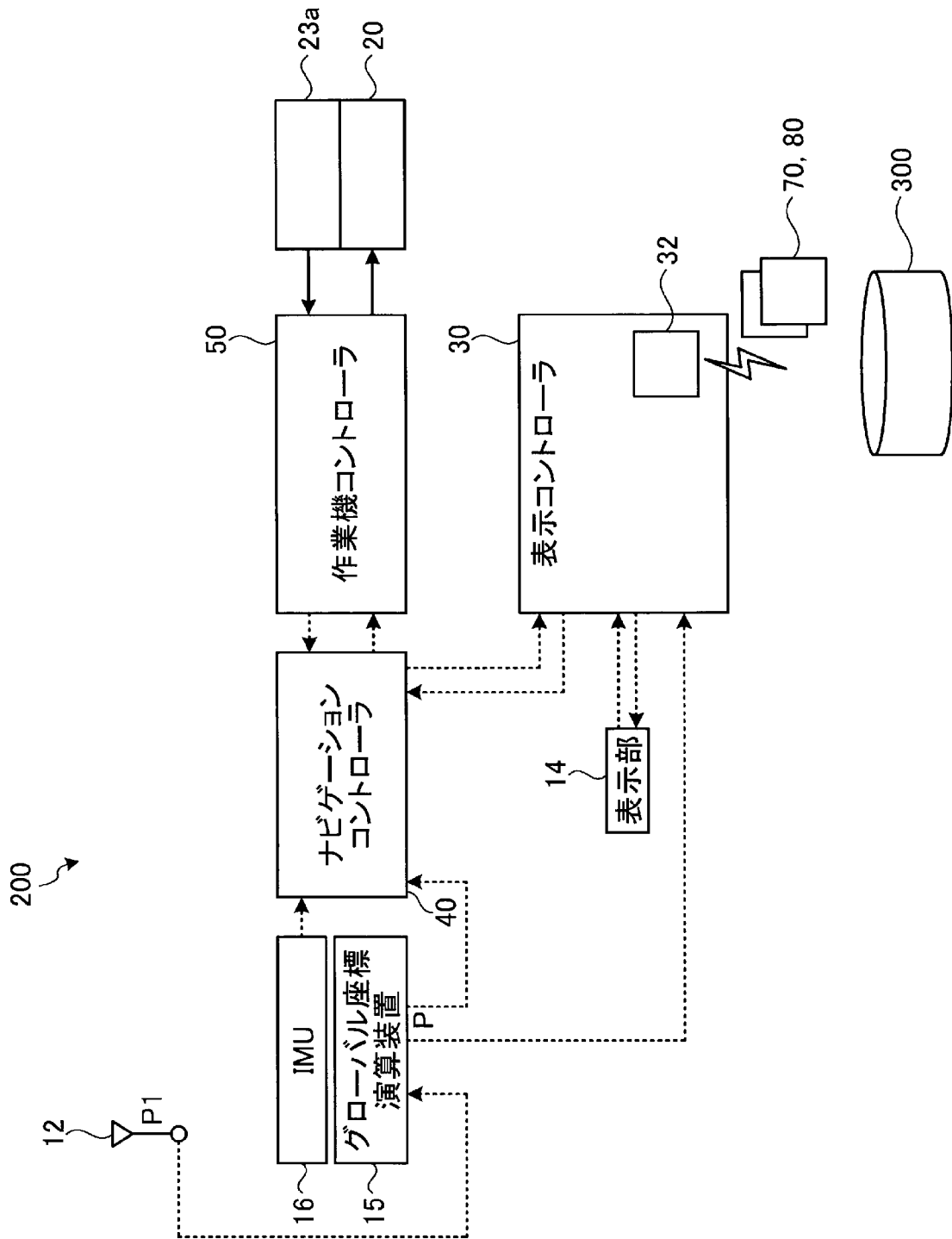
- [請求項1] 作業機械が作業を行う作業現場の現況地形を示す複数の現況地形データを取得する取得部と、
前記取得部で取得された複数の前記現況地形データに基づいて、所定の規則に基づいて前記作業現場の合成現況地形データを生成する合成部と
を備える作業機械の制御システム。
- [請求項2] 前記合成部は、前記取得部で取得された複数の前記現況地形データにおける測定手法情報又は精度情報に基づいて、前記作業現場の合成現況地形データを生成する、
請求項1に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項3] 前記合成部は、優先順位又は重み付け平均を用いて前記作業現場の合成現況地形データを生成する、
請求項1又は2に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項4] 前記合成現況地形データに基づいて前記作業機を制御する作業機制御部を更に備える
請求項1～3のいずれか一項に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項5] 前記合成現況地形データは、前記現況地形データの一部である部分現況地形データに基づいて生成される
請求項1～4のいずれか一項に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項6] 前記合成部は、前記取得部で取得された複数の前記現況地形データにおける高さデータを比較し、最も高い又は最も低い前記高さデータを抽出することにより、前記作業現場の合成現況地形データを生成する、
請求項1に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項7] 作業機械が作業を行う作業現場の現況地形を示す複数の現況地形データを取得することと、
取得された複数の前記現況地形データに基づいて、所定の規則に基

づいて前記作業現場の合成現況地形データを生成することと
を含む作業機械の制御方法。

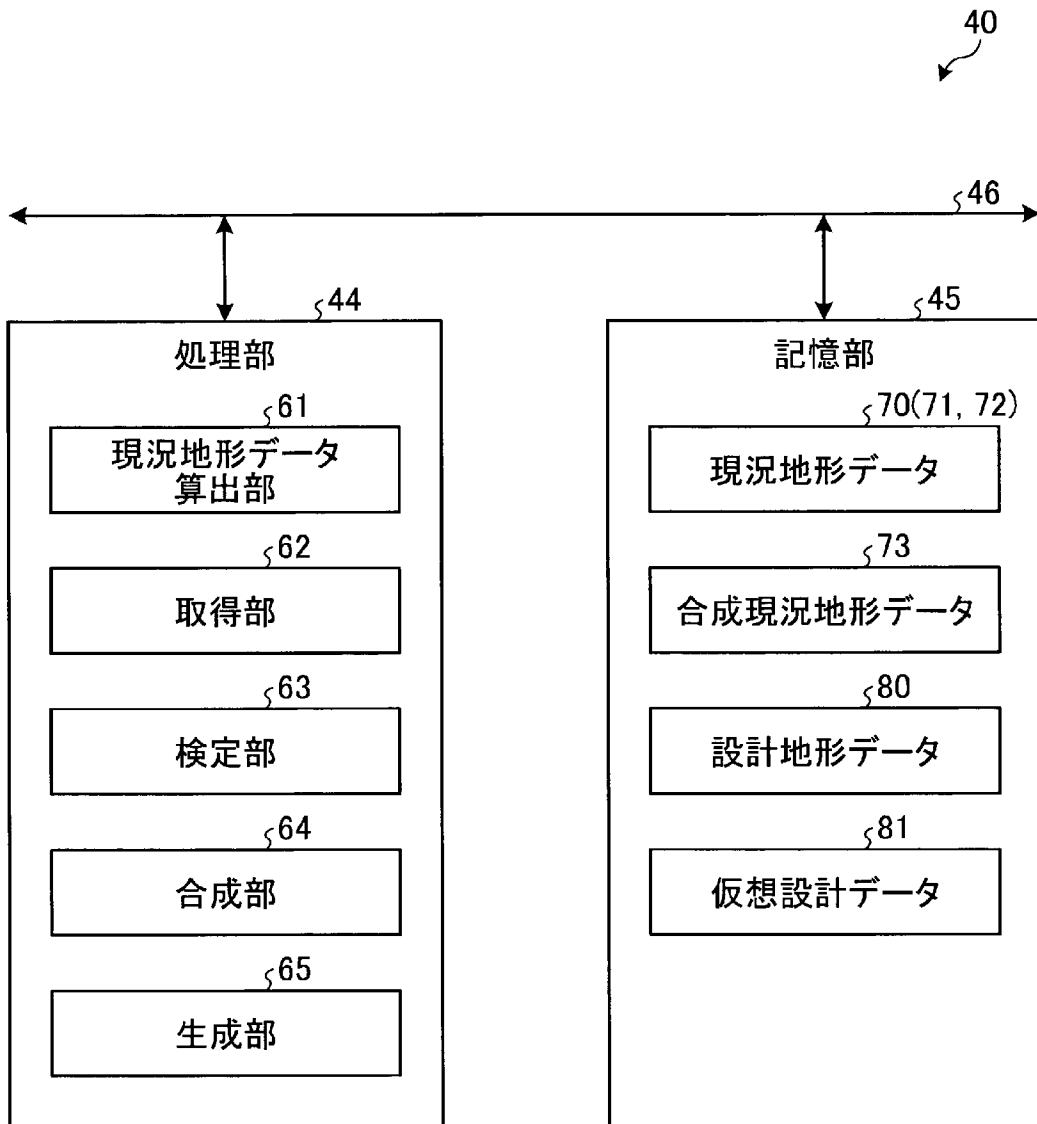
[図1]



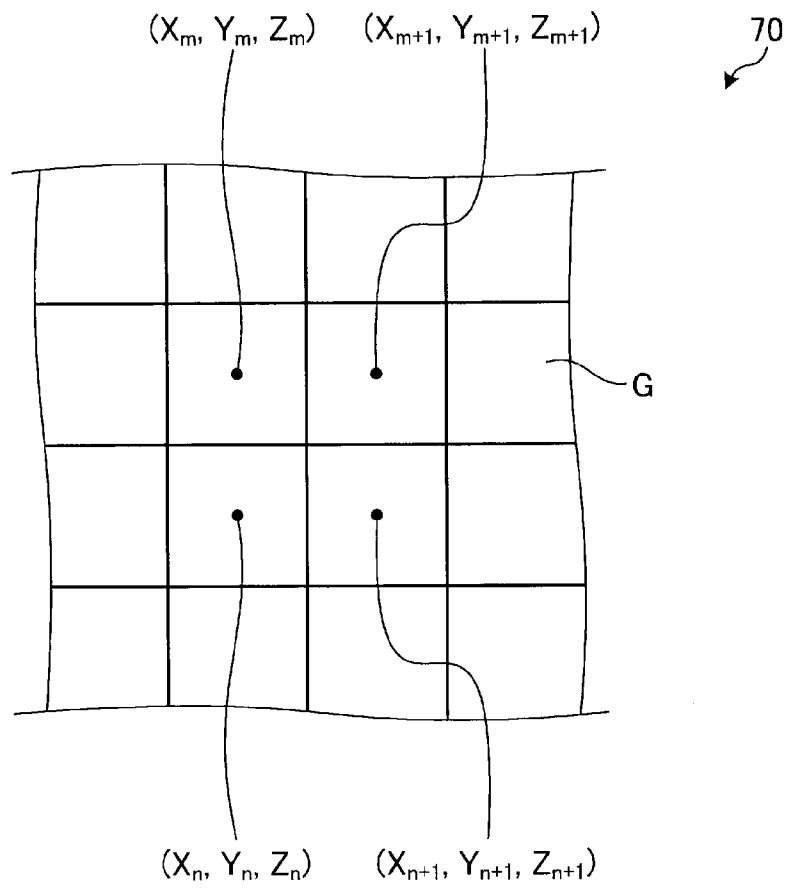
[図2]



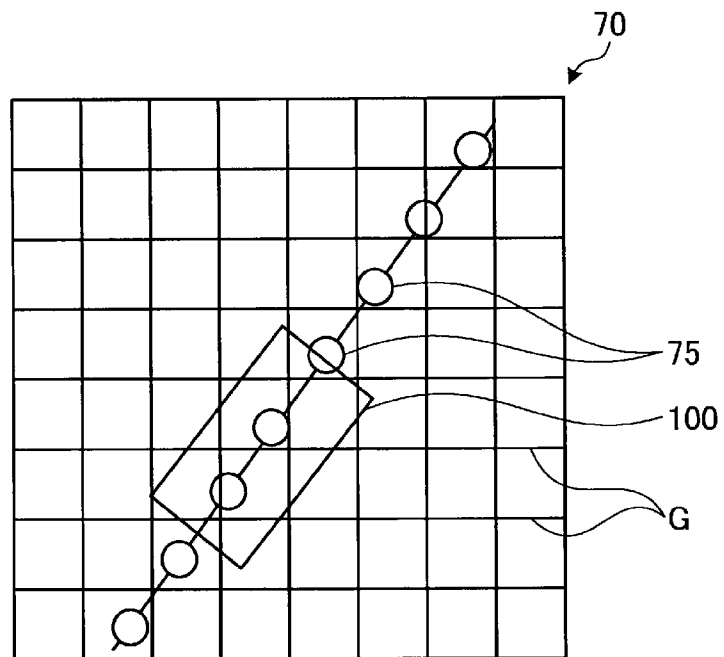
[図3]



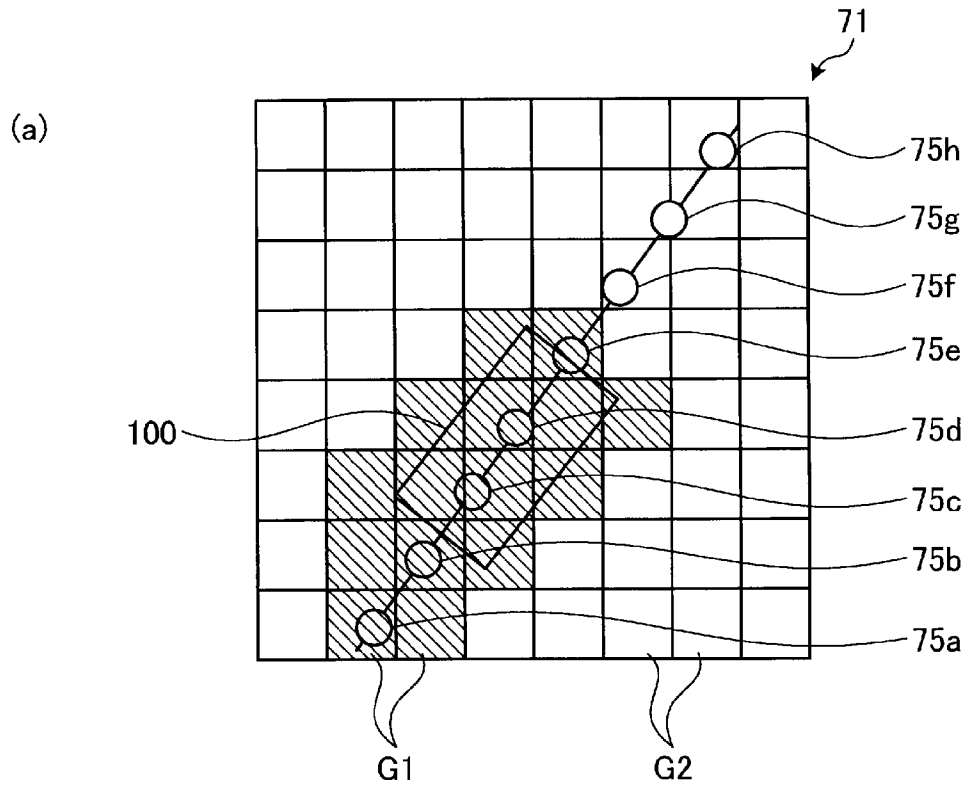
[図4]



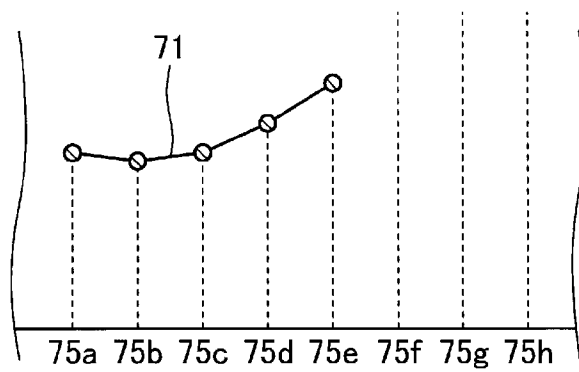
[図5]



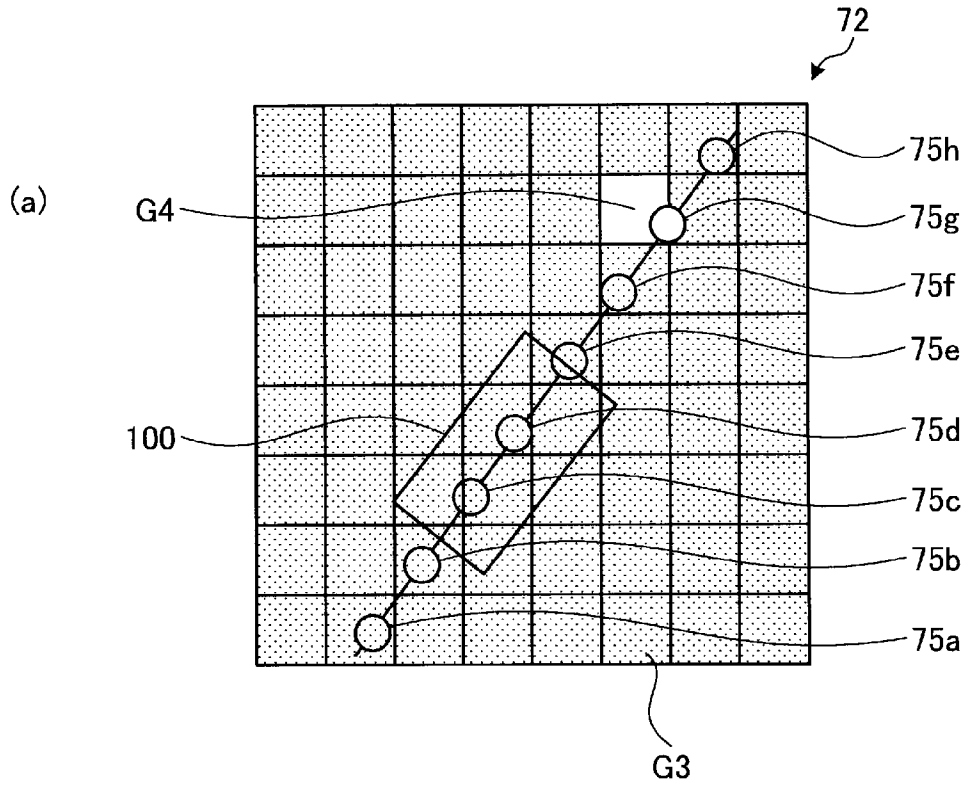
[図6]



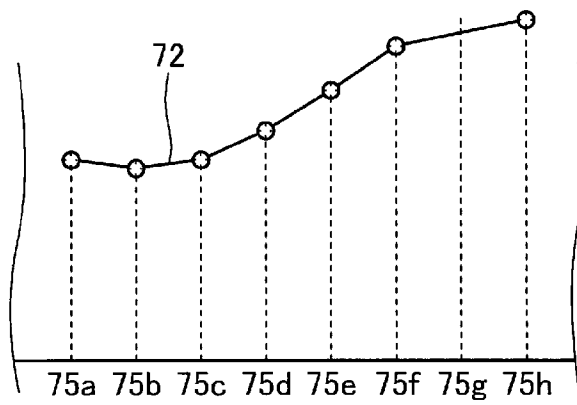
(b)



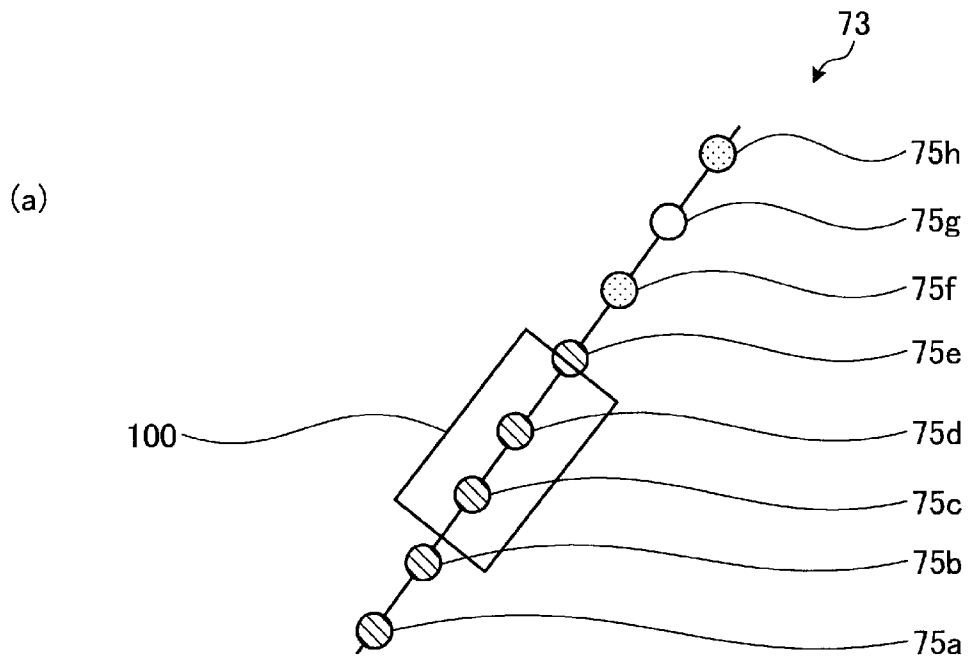
[図7]



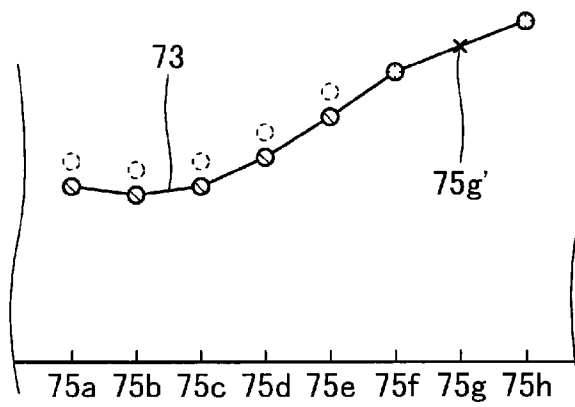
(b)



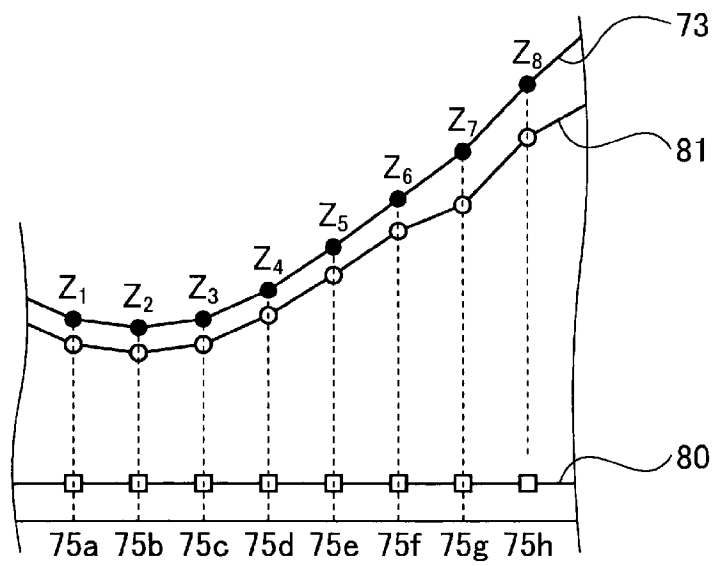
[図8]



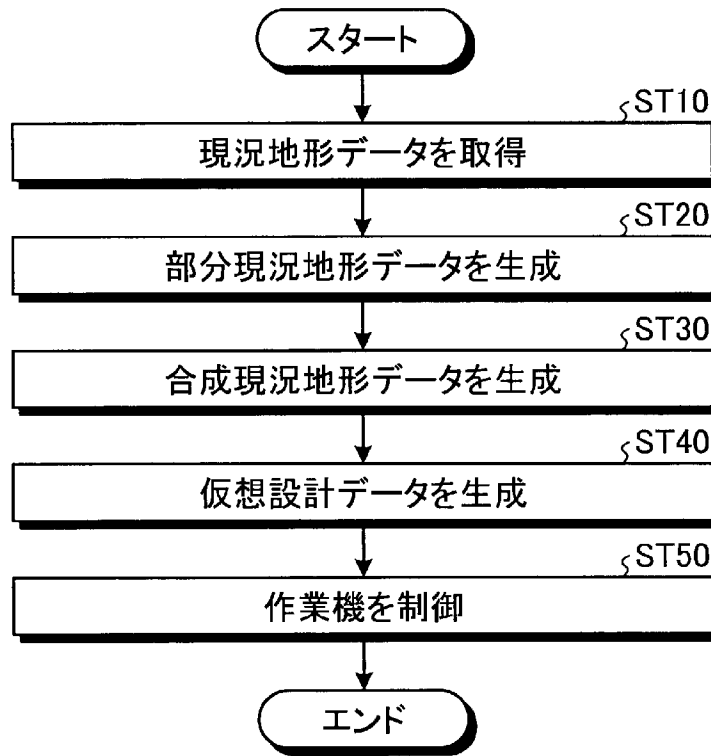
(b)



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/001142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
E02F9/26(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
E02F9/26, E02F9/20, G05D1/02, G01S13/90, G09B29/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2015/194601 A1 (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 23 December 2015 (23.12.2015), paragraphs [0009] to [0042]; fig. 1, 4 (Family: none)	1-7
Y	JP 2017-004373 A (Ricoh Co., Ltd.), 05 January 2017 (05.01.2017), paragraph [0034] & US 2016/0363454 A1 paragraph [0035]	1-7
Y	JP 9-230039 A (Mitsubishi Electric Corp.), 05 September 1997 (05.09.1997), paragraphs [0001], [0035] to [0087] (Family: none)	2, 3, 5

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 29 March 2017 (29.03.17)	Date of mailing of the international search report 11 April 2017 (11.04.17)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001142

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-235646 A (Hitachi, Ltd.), 07 September 2006 (07.09.2006), paragraphs [0019] to [0054]; fig. 1, 7, 16 (Family: none)	6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. E02F9/26(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. E02F9/26, E02F9/20, G05D1/02, G01S13/90, G09B29/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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)

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
Y	WO 2015/194601 A1 (住友重機械工業株式会社) 2015.12.23, 段落 [0009] - [0042], 図 1、4 (ファミリーなし)	1-7
Y	JP 2017-004373 A (株式会社リコー) 2017.01.05, 段落 [0034] & US 2016/0363454 A1, 段落 [0035]	1-7

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「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	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 29.03.2017	国際調査報告の発送日 11.04.2017
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 西田 光宏 電話番号 03-3581-1101 内線 3237
	2B 3609

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 9-230039 A (三菱電機株式会社) 1997.09.05, 段落 [0001]、[0035] - [0087] (ファミリーなし)	2, 3, 5
Y	JP 2006-235646 A (株式会社日立製作所) 2006.09.07, 段落 [0019] - [0054], 図 1、7、16 (ファミリーなし)	6