

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2020-530077

(P2020-530077A)

(43) 公表日 令和2年10月15日 (2020. 10. 15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
E O 2 F 9/28 (2006. 01)	E O 2 F 9/28 B	2 D 0 0 3
G O 1 S 19/49 (2010. 01)	G O 1 S 19/49	2 D 0 1 5
G O 1 S 19/14 (2010. 01)	G O 1 S 19/14	5 J 0 6 2
E O 2 F 9/20 (2006. 01)	E O 2 F 9/20 N	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2020-505439 (P2020-505439)	(71) 出願人	506196063
(86) (22) 出願日	平成30年7月13日 (2018. 7. 13)		キャタピラー トリンブル コントロール
(85) 翻訳文提出日	令和2年3月31日 (2020. 3. 31)		テクノロジーズ、 エルエルシー
(86) 国際出願番号	PCT/US2018/041983		アメリカ合衆国 4 5 4 2 4 - 1 0 9 9
(87) 国際公開番号	W02019/027656		オハイオ州 デイトン、 ケレンバーガー
(87) 国際公開日	平成31年2月7日 (2019. 2. 7)		ロード 5 4 7 5
(31) 優先権主張番号	15/667, 488	(74) 代理人	100137969
(32) 優先日	平成29年8月2日 (2017. 8. 2)		弁理士 岡部 憲昭
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100104824
			弁理士 亀場 仁
		(74) 代理人	100121463
			弁理士 矢口 哲也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単一の位置センサを用いる回転プラットフォームのヨーおよび回転中心の決定方法

(57) 【要約】

プラットフォームのヨーおよび回転中心を、単一の全球測位衛星システム (GNSS) デバイスおよび慣性計測ユニット (IMU) を用いて決定する。GNSSデバイスの測定中心は、回転中心から離れたプラットフォーム上に置かれ、かつ回転中心とは既知の空間的關係性で配置される。プラットフォームは、回転中心を中心にして第1の向きと第2の向きとの間で回転される (602)。IMUは、プラットフォームの、第1の向きと第2の向きとの間のピッチ、ロールおよびヨーの変化を決定するために使用される (604)。GNSSデバイスは、第1の向きと第2の向きとの間のGNSSデバイスの測定中心の位置の変化を決定するために使用される (606)。プラットフォームのヨーは、第2の向きにおいて決定され、かつプラットフォームの回転中心の位置は、グローバル座標系で決定される (608)。

【選択図】 図6

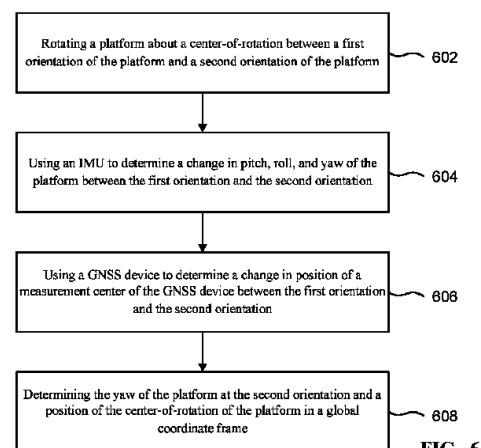


FIG. 6

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

掘削機プラットフォームのヨーおよび回転中心を、単一の全球測位衛星システム（GNSS）デバイスおよび慣性計測ユニット（IMU）を用いて決定するための方法であって、前記GNSSデバイスの測定中心は、前記掘削機プラットフォーム上に前記回転中心から離れて置かれ、かつ前記回転中心とは既知の空間的関係性で配置され、前記方法は、

前記掘削機プラットフォームを、前記回転中心を中心にして、前記掘削機プラットフォームの第1の向きと前記掘削機プラットフォームの第2の向きとの間で回転させるステップであって、前記第1の向きは、前記第2の向きとは異なり、かつ前記掘削機プラットフォームの前記回転中心の位置は、前記第1の向きおよび前記第2の向きにおいて略同じである、ステップと、

前記IMUを用いて、前記第1の向きと前記第2の向きとの間の前記掘削機プラットフォームのピッチ、ロールおよびヨーの変化を決定するステップと、

前記GNSSデバイスを用いて、前記第1の向きと前記第2の向きとの間の前記GNSSデバイスの前記測定中心の位置の変化を決定するステップであって、前記位置の変化は、前記第1の向きにおける前記測定中心の第1の位置および前記第2の向きにおける前記測定中心の第2の位置に基づき、他の位置情報はなんら使用されない、ステップと、

前記第2の向きにおける前記掘削機プラットフォームのヨー、およびグローバル座標系における前記掘削機プラットフォームの前記回転中心の位置を決定するステップであって、前記ヨーおよび前記回転中心の位置は、

前記掘削機プラットフォームの前記ピッチ、前記ロールおよび前記ヨーの変化、

前記GNSSデバイスの前記測定中心の前記位置の変化、

前記GNSSデバイスの前記測定中心の前記第2の位置、

前記第2の向きにおける前記掘削機プラットフォームの前記ピッチおよび前記ロール、および、

前記GNSSデバイスの前記測定中心と前記回転中心との前記既知の空間的関係性、に基づいて決定される、ステップを含む、

方法。

【請求項 2】

前記第1の向きと前記第2の向きとの間の前記掘削機プラットフォームの回転は、約20°未満である、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記第1の向きと前記第2の向きとの間の前記掘削機プラットフォームの回転は、約15°未満である、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記第1の向きと前記第2の向きとの間の前記掘削機プラットフォームの回転は、約5°～約15°の間である、請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記第1の向きにおける前記GNSSデバイスの前記測定中心の前記第1の位置、前記第2の向きにおける前記GNSSデバイスの前記測定中心の前記第2の位置および前記GNSSデバイスの前記測定中心の前記位置の変化は、前記GNSSデバイスを用いて前記グローバル座標系で決定される、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

前記掘削機プラットフォームの前記ヨーの前記変化は、前記掘削機プラットフォームが前記第1の向きと前記第2の向きとの間で回転する際の回転速度に基づいて決定される、請求項1に記載の方法。

【請求項 7】

前記第2の向きにおける前記掘削機プラットフォームの前記ヨーは、前記グローバル座標系を参照して決定される、請求項1に記載の方法。

【請求項 8】

前記GNSSデバイスの前記測定中心と前記回転中心との前記既知の空間的関係性は、前記掘削機プラットフォームの座標系における少なくとも1つの軸に沿った前記GNSSデバイスの前記測定中心と前記回転中心との距離を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

掘削機プラットフォームのヨーおよび回転中心を、単一の全球測位衛星システム（GNSS）デバイスおよび慣性計測ユニット（IMU）を用いて追跡するための方法であって、前記GNSSデバイスの前記測定中心は、前記掘削機プラットフォーム上に前記回転中心から離れて置かれ、かつ前記回転中心とは既知の空間的関係性で配置され、前記方法は、

前記掘削機プラットフォームを、前記回転中心を中心にして、前記掘削機プラットフォームの第1の向きと前記掘削機プラットフォームの第2の向きとの間で回転させるステップであって、前記掘削機プラットフォームの前記第1の向きは、前記掘削機プラットフォームの前記第2の向きとは異なり、かつ前記掘削機プラットフォームの前記回転中心の第1の位置は、前記第1の向きおよび前記第2の向きにおいて略同じである、ステップと、

前記第2の向きにおける前記掘削機プラットフォームの前記ヨーを決定し、かつ前記回転中心の前記第1の位置をグローバル座標系において決定するステップであって、前記ヨーおよび前記回転中心の前記第1の位置は、部分的に、前記第1の向きと前記第2の向きとの間の前記GNSSデバイスの前記測定中心の位置の変化に基づいて決定され、前記位置の変化は、前記第1の向きにおける前記GNSSデバイスの前記測定中心の第1の位置、および前記第2の向きにおける前記GNSSデバイスの前記測定中心の第2の位置に基づいて決定されるステップと、この後、

前記掘削機プラットフォームを、前記回転中心を中心にして第3の向きまで回転させるステップと、

前記第3の向きにおける前記掘削機プラットフォームの前記ヨーを決定し、かつ前記回転中心の前記第2の位置を前記グローバル座標系において決定するステップであって、前記ヨーおよび前記回転中心の前記第2の位置は、

前記第2の向きにおける前記掘削機プラットフォームの前記ヨー、

前記グローバル座標系における前記回転中心の前記第1の位置、

前記IMUからの観察結果、

前記第3の向きにおける前記掘削機プラットフォームのピッチおよびロール、

前記第3の向きにおける前記GNSSデバイスの前記測定中心の第3の位置、および

前記GNSSデバイスの前記測定中心と前記回転中心との前記既知の空間的関係性、に基づいて決定される、ステップを含む、方法。

【請求項10】

前記掘削機プラットフォームの前記回転中心の第1の位置は、前記第1の向きにおける前記測定中心の前記第1の位置および前記第2の向きにおける前記測定中心の前記第2の位置を除き、前記GNSSデバイスの他の位置をなんら用いることなく決定される、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記掘削機プラットフォームの前記第1の向きと前記第2の向きとの間の回転は、約20°未満であり、かつ前記掘削機プラットフォームの前記第3の向きへの回転は、約20°未満である、請求項9に記載の方法。

【請求項12】

前記掘削機プラットフォームの速度は、前記掘削機プラットフォームがトラムしている（t r a m m i n g）かどうかを決定するために使用される、請求項9に記載の方法。

【請求項13】

前記IMUの前記観察結果は、直交する3軸のジャイロ測定値を含む、請求項9に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 14】

前記第2の向きにおける前記掘削機プラットフォームの前記ヨーを決定することは、前記掘削機プラットフォームの回転速度を決定することを含む、請求項9に記載の方法。

【請求項 15】

前記GNSSデバイスの前記測定中心と前記回転中心との前記既知の空間的関係性は、前記掘削機プラットフォームの座標系における少なくとも1つの軸に沿った前記GNSSデバイスの前記測定中心と前記回転中心との距離を含む、請求項9に記載の方法。

【請求項 16】

外部座標系において回転プラットフォームのヨーおよび前記回転プラットフォームの回転中心を決定するためのシステムであって、前記システムは、

測定中心を前記回転プラットフォームの前記回転中心から離れた第1の場所に置かれ、かつ前記回転中心と既知の空間的関係性で配置されている全球測位衛星システム（GNSS）デバイスであって、前記回転プラットフォームの位置情報を決定するように構成される、GNSSデバイスと、

前記回転プラットフォームの前記回転中心から離れた第2の場所で前記回転プラットフォームへ結合される慣性計測ユニット（IMU）であって、前記IMUは、前記回転プラットフォームのピッチ、ロールおよびヨーを測定するように構成される、IMUと、

前記GNSSデバイスおよび前記IMUと通信可能に結合されるプロセッサであって、前記プロセッサは、前記回転プラットフォームの前記ヨー、および前記外部座標系における前記回転プラットフォームの前記回転中心の位置を決定するように構成される、プロセッサであって、前記プロセッサは、前記ヨーおよび前記回転中心の位置を、

前記回転プラットフォームの第1の向きと前記回転プラットフォームの第2の向きとの間の前記回転プラットフォームの前記ピッチ、前記ロールおよび前記ヨーの変化、

前記第1の向きと前記第2の向きとの間の前記GNSSデバイスの前記測定中心の位置の変化であって、前記位置の変化は、前記第1の向きにおける前記測定中心の第1の位置および前記第2の向きにおける前記測定中心の第2の位置に基づき、他の位置情報はなら使用されない、位置の変化、

前記GNSSデバイスの前記測定中心の前記第2の位置、

前記第2の向きにおける前記回転プラットフォームの前記ピッチおよび前記ロール、および、

前記測定中心と前記回転中心との前記既知の空間的関係性、
に基づいて決定するように構成される、プロセッサを備える、
システム。

【請求項 17】

前記回転中心の位置は、前記第1の向きおよび前記第2の向きにおいて略同じである、請求項16に記載のシステム。

【請求項 18】

前記第1の向きと前記第2の向きとの間の前記回転プラットフォームの回転は、約20°未満である、請求項16に記載のシステム。

【請求項 19】

前記IMUは、直交する3軸の各々に関する情報を測定するためのジャイロおよび加速度計を含む、請求項16に記載のシステム。

【請求項 20】

前記回転プラットフォームは、掘削機プラットフォームであり、かつ前記外部座標系は、実世界座標系であり、前記システムは、さらに、前記掘削機プラットフォームへ結合されるバケットを備え、前記プロセッサは、さらに、前記バケットの掘削エッジの場所を前記実世界座標系において決定するように構成される、請求項16に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

[0001]本出願は、2017年8月2日に提出された米国出願第15/667,488号明細書の出願の利益を主張するものであり、該出願の内容は全て、あらゆる目的で参照により本願に組み込まれる。

【0002】

[0002]本明細書に記述する実施形態は、概して、掘削機で使用されるものなどの回転プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定することに関する。決定されるヨーおよび回転中心は、たとえば、掘削プロセス中のバケット先端の場所を推定するために使用され得る。

【背景技術】

10

【0003】

[0003]多くの場合、掘削機プラットフォームなどのプラットフォームの位置および向きを決定しかつ追跡することは、有益である。本明細書で使用する掘削機は、広義には、回転プラットフォームを含むあらゆるタイプの建設機械を指す。回転プラットフォームは、概して、軌道またはホイールを含む下部構造体の頂上にある。建設機械の一部のタイプは、回転プラットフォームへ連結されるバケットまたは他の器具を含む。プラットフォームの位置および向きは共に、たとえば、バケットまたは他の器具の空間における場所を決定するために必要とされることがある。この情報は、たとえば、掘削プロセスの間に有用である。

【0004】

20

[0004]位置および向きを決定するための従来技術は、プラットフォームの回転中にいくつかの位置測定値を取得し、かつ曲線の当てはめを用いて円弧を測定値に合わせる。これらの従来技術では、当てはめに適する曲線を提供するために、プラットフォームを最大100°またはそれ以上回転させなければならないことが多い。一例として、位置測定速度10Hzを想定すると、4秒間に渡る約100°の旋回は、曲線の当てはめ用に40個のデータポイントを提供する。位置および向きが分かれば、プラットフォームを大きく旋回させる必要なしに、より小さい変化を追跡することができる。しかしながら、プラットフォームがある場所から別の場所へ移動される場合、新しい場所における位置および向きを決定するために、大きい回転を要する初期化プロセスが繰り返されなければならない。

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

[0005]この点に鑑みて、回転プラットフォームの位置および向きを決定するための改良された方法が望まれる。

【0006】

[0006]本明細書に記述する実施形態は、回転プラットフォームの位置および向きを決定するための改良されたシステムおよび方法を提供する。位置は、典型的にはプラットフォームの回転中心にあり、かつ向きは、概してプラットフォームのヨーを指す。他の軸（ピッチおよびロール）の向きは、重力に対し、傾斜計などのデバイスを用いて直に測定することができる。

40

【0007】

[0007]ヨーおよび回転中心は、いくつかの異なる測定デバイスを用いて決定することができる。本明細書に記述する実施形態は、概して、位置情報については全球測位衛星システム（GNSS）デバイスを用い、かつ回転情報については慣性計測ユニット（IMU）を用いる。同じ、または類似の情報を提供する他の測定デバイスが使用される場合もあることは、認識されるべきである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

[0008]ある実施形態によれば、掘削機プラットフォームのヨーおよび回転中心を、単一のGNSSデバイスおよびIMUを用いて決定する方法が開示される。GNSSデバイス

50

の測定中心は、掘削機プラットフォーム上へ回転中心から離して置かれ、かつ回転中心とは既知の空間的関係性で配置される。本方法は、掘削機プラットフォームを、回転中心を中心にして、掘削機プラットフォームの第1の向きと掘削機プラットフォームの第2の向きとの間で回転させることを含む。第1の向きは、第2の向きとは異なり、かつ掘削機プラットフォームの回転中心の位置は、第1の向きおよび第2の向きにおいて略同じである。IMUは、掘削機プラットフォームの、第1の向きと第2の向きとの間のピッチ、ロールおよびヨーの変化を決定するために使用される。GNSSデバイスは、第1の向きと第2の向きとの間のGNSSデバイスの測定中心の位置の変化を決定するために使用される。位置の変化は、第1の向きにおける測定中心の第1の位置、および第2の向きにおける測定中心の第2の位置を基礎とし、他の位置情報は存在しない。掘削機プラットフォームのヨーは、第2の向きにおいて決定され、かつ掘削機プラットフォームの回転中心の位置は、グローバル座標系で決定される。ヨーおよび回転中心の位置は、掘削機プラットフォームのピッチ、ロールおよびヨーの変化、GNSSデバイスの測定中心の位置の変化、GNSSデバイスの測定中心の第2の位置、第2の向きにおける掘削機プラットフォームのピッチおよびロール、およびGNSSデバイスの測定中心と回転中心との既知の空間的関係性を基礎として決定される。

10

【0009】

[0009]ある実施形態において、掘削機プラットフォームの第1の向きと第2の向きとの間の回転は、約20°未満であり、また実施形態によっては、約5°～約15°であってもよい。

20

【0010】

[0010]別の実施形態において、第1の向きにおけるGNSSデバイスの測定中心の第1の位置、第2の向きにおけるGNSSデバイスの測定中心の第2の位置およびGNSSデバイスの測定中心の位置の変化は、GNSSデバイスを用いてグローバル座標系で決定される。

【0011】

[0011]別の実施形態において、掘削機プラットフォームのヨーの変化は、掘削機プラットフォームが第1の向きと第2の向きとの間で回転する際の回転速度に基づいて決定される。

【0012】

[0012]別の実施形態において、第2の向きにおける掘削機プラットフォームのヨーは、グローバル座標系を参照して決定される。

30

【0013】

[0013]さらに別の実施形態において、GNSSデバイスの測定中心と回転中心との間の既知の空間的関係性は、掘削機プラットフォームの座標系における少なくとも1つの軸に沿ったGNSSデバイスの測定中心と回転中心との距離を含む。

【0014】

[0014]別の実施形態によれば、単一のGNSSデバイスおよびIMUを用いて掘削機プラットフォームのヨーおよび回転中心を追跡するための方法は、掘削機プラットフォームを、回転中心を中心にして、掘削機プラットフォームの第1の向きと掘削機プラットフォームの第2の向きとの間で回転させることを含む。掘削機プラットフォームの第1の向きは、掘削機プラットフォームの第2の向きとは異なり、かつ掘削機プラットフォームの回転中心の第1の位置は、第1の向きおよび第2の向きにおいて略同じである。掘削機プラットフォームのヨーは、第2の向きにおいて決定され、かつ回転中心の第1の位置は、グローバル座標系で決定される。ヨーおよび回転中心の第1の位置は、部分的に、GNSSデバイスの測定中心の第1の向きと第2の向きとの間の位置の変化を基礎として決定され、かつこの位置の変化は、第1の向きにおけるGNSSデバイスの測定中心の第1の位置、および第2の向きにおけるGNSSデバイスの測定中心の第2の位置を基礎として決定される。この後、掘削機プラットフォームは、回転中心を中心に第3の向きまで回転され、第3の向きにおける掘削機プラットフォームのヨーが決定され、かつ回転中心の第2の

40

50

位置がグローバル座標系で決定される。ヨーおよび回転中心の第2の位置は、第2の向きにおける掘削機プラットフォームのヨー、グローバル座標系における回転中心の第1の位置、IMUからの観察結果、第3の向きにおける掘削機プラットフォームのピッチおよびロール、第3の向きにおけるGNSSデバイスの測定中心の第3の位置、およびGNSSデバイスの測定中心と回転中心との既知の空間的関係性を基礎として決定される。

【0015】

[0015]ある実施形態において、掘削機プラットフォームの回転中心の第1の位置は、第1の向きにおける測定中心の第1の位置および第2の向きにおける測定中心の第2の位置を除き、GNSSデバイスの他の位置をなんら用いることなく決定される。

【0016】

[0016]別の実施形態において、掘削機プラットフォームの第1の向きと第2の向きとの間の回転は、約20°未満であり、かつ掘削機プラットフォームの第3の向きへの回転は、約20°未満である。

【0017】

[0017]別の実施形態において、掘削機プラットフォームの速度は、掘削機プラットフォームがトラムしている (t r a m m i n g) かどうかを決定するために使用される。

【0018】

[0018]さらに別の実施形態において、IMUの観察結果は、直交する3軸のジャイロ測定値を含む。

【0019】

[0019]さらに別の実施形態によれば、外部座標系において回転プラットフォームのヨーおよび回転プラットフォームの回転中心を決定するためのシステムは、測定中心を回転プラットフォームの回転中心から離れた第1の場所に置きかつ回転中心と既知の空間的関係性で配置しているGNSSデバイスを含む。GNSSデバイスは、回転プラットフォームの位置情報を決定するように構成される。本システムは、回転プラットフォームの回転中心から離れた第2の場所において回転プラットフォームへ連結されるIMUも含む。IMUは、回転プラットフォームのピッチ、ロールおよびヨーを測定するように構成される。本システムは、GNSSデバイスおよびIMUと通信可能式に連結されるプロセッサも含む。プロセッサは、回転プラットフォームのヨー、および外部座標系における回転プラットフォームの回転中心の位置を決定するように構成される。プロセッサは、ヨーおよび回転中心の位置を、回転プラットフォームの第1の向きと回転プラットフォームの第2の向きとの間の回転プラットフォームのピッチ、ロールおよびヨーの変化、第1の向きと第2の向きとの間のGNSSデバイスの測定中心の位置の変化、GNSSデバイスの測定中心の第2の位置、第2の向きにおける回転プラットフォームのピッチおよびロール、および測定中心と回転中心との既知の空間的関係性、を基礎として決定するように構成される。位置の変化は、第1の向きにおける測定中心の第1の位置、および第2の向きにおける測定中心の第2の位置を基礎としてもよく、他の位置情報はなんら使用されない。

【0020】

[0020]ある実施形態において、IMUは、直交する3軸の各々に関する情報を測定するためのジャイロおよび加速度計を含む。

【0021】

[0021]別の実施形態において、回転プラットフォームは、掘削機プラットフォームであり、かつ外部座標系は、実世界座標系である。本システムは、掘削機プラットフォームへ連結されるバケットも含み、プロセッサは、実世界座標系におけるバケットの掘削エッジの場所を決定するように構成される。

【0022】

[0022]本明細書に記述する実施形態を用いれば、従来技術を凌ぐ多くの利点が達成される。たとえば、一部の実施形態は、プラットフォームの大きい回転を要することなく、ヨーおよび回転中心の決定を可能にする。実施形態によっては、ヨーおよび回転中心を正確に決定するための情報を提供するに当たって、たとえば、約5°～15°の小さい回転で

10

20

30

40

50

足りる。掘削機のアプリケーションにおいて、これは、プラットフォームの大きい回転を要する個別の初期化ステップが不要であるという理由で、効率を高めることができる。他の実施形態において、ヨーおよび回転中心は、連続的または周期的に決定されて変化が明らかにされかつ追跡される。掘削機のアプリケーションでは、これにより、ユーザの操作を簡単にすることができる。実施形態に依存して、これらの利点のうちの1つまたはそれ以上が存在し得る。本明細書を通じ、添付の図面を参照して、これらの、および他の利点について説明する。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本明細書に記述する実施形態のうちのいくつかによって使用され得る掘削機を示す略側面図である。 10

【図2】いくつかの実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定しかつ追跡するための方法を示すフローチャートである。

【図3】ある実施形態による、プラットフォームの姿勢の変化を決定するための方法を示すフローチャートである。

【図4】ある実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定するための方法を示すフローチャートである。

【図5】ある実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心の変化を追跡するための方法を示すフローチャートである。

【図6】ある実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定するための方法を示すフローチャートである。 20

【図7】ある実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を追跡するための方法を示すフローチャートである。

【図8】いくつかの実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定しかつ追跡するためのシステムを示す略ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

[0031]本明細書に記述する実施形態は、回転プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定しかつ追跡するための改良されたシステムおよび方法を提供する。実施形態によっては、第1および第2の向きにおけるプラットフォームの位置を決定するために、たとえば、GNSSデバイスが使用されてもよい。各向きにおける位置は、プラットフォームのヨーおよび外部座標系における回転中心の位置を決定するために、他のIMU情報と併せて使用されてもよく、他の位置情報はなんら使用されない。実施形態によっては、第1の向きと第2の向きとの間のプラットフォームの回転は、僅か5°であってもよい。 30

【0025】

[0032]このアプリケーションを通じて使用される回転プラットフォームの実際の一例は、可動軌道またはホイールへ連結される回転体を有する掘削機である。掘削機は、単一例として使用されるものであり、本明細書に記述する実施形態が、回転プラットフォームを含む他のあらゆる機器、車両、機械装置またはデバイスによって使用され得ることは、認識されるべきである。掘削機で使用される場合、入手される情報は、既知の技術に従って、バケットまたは器具の場所を実世界座標系において決定するために使用されてもよい。 40

【0026】

[0033]図1は、回転プラットフォーム11と、ブーム12と、スティック16と、バケット20とを含む掘削機を示す略側面図である。ブーム12は、旋回点（不図示）でプラットフォーム11へ旋回可能に連結され、スティック16は、旋回点18でブーム12へ旋回可能に連結され、かつバケット20は、旋回点22でスティック16へ旋回可能に連結される。油圧デバイス24、26、28は、ブーム12、スティック16およびバケット20を動かすために設けられる。バケット20は、掘削を支援し得る歯30を含む。プラットフォーム11は、作業現場周辺の掘削機の移動を容易にするホイールまたは軌道を 50

含み得る下部構造体 3 2 上に支持される運転室 3 1 を含む。プラットフォーム 1 1 は、油圧モータ 3 3 により、略垂直な軸 3 5 を中心にして回転されることが可能である。掘削機が、オーガ、トレンチャ、コンパクタなどの、バケット 2 0 以外の他の器具またはツールと共に使用可能であることは、認識されるべきである。

【0027】

[0034] 掘削機は、通常、様々なセンサを利用して、様々な機械エレメントの位置を監視しかつ／またはオペレータにエレメントの位置表示を提供する。一例として、プラットフォーム 1 1、ブーム 1 2、スティック 1 6 およびバケット 2 0 の間の角度は、エンコーダおよび／またはセンサを用いて決定されることが可能である。たとえば、これらの物体の角度は、IMU などの傾斜計を用いて、重力との相対で決定されることが可能である。図 1 の例において、掘削機は、プラットフォーム 1 1 上に IMU 4 2 を、ブーム 1 2 上に IMU 4 4 を、スティック 1 6 上に IMU 4 6 を、かつバケット 2 0 上に IMU 4 8 を含む。これらの IMU は、たとえば、重力に対するこれらの物体の角度を決定し、かつ 1 つまたは複数の軸（たとえば、x、y および／または z 軸）を中心とするこれらの物体の回転を決定するために使用可能である。

10

【0028】

[0035] この実施例の掘削機は、関連するメモリを有するコントローラ 5 0 を含む。コントローラ 5 0 は、IMU に応答して、バケット 2 0 の位置を物体の角度および回転に基づいて決定する。位置は、プラットフォーム 1 1 に対して、またはプラットフォーム 1 1 上の一点に対して決定されることが可能であり、または、プラットフォーム 1 1 は、位置を外部座標系または実世界座標系で決定できるようにする GNSS デバイス 3 4 などの位置センサを含んでもよい。本明細書で使用する実世界座標系またはグローバル座標系は、掘削機の外部にあって掘削機から独立している基準点を基礎とするものである。

20

【0029】

[0036] コントローラ 5 0 も、プラットフォーム 1 1 のヨーおよび回転中心の位置を決定し得る。この情報は、バケット 2 0 の位置の決定および制御に使用されてもよい。回転中心は、x 軸、y 軸および z 軸の交点に位置決めされてもよい。図 1 の実施例において、プラットフォーム 1 1 は、垂直軸 3 5 と、水平軸 3 6 と、紙面に垂直に延びる軸との交点に回転中心 1 4 を有する。

【0030】

30

[0037] 後にさらに詳しく説明するように、回転中心 1 4 のヨーおよび位置は、GNSS デバイス 3 4 および IMU 4 2 を用いて決定されてもよい。GNSS デバイス 3 4 は、測定される GNSS デバイス 3 4 の位置がプラットフォーム 1 1 の回転に伴って変わるように、プラットフォーム 1 1 上へ回転中心 1 4 とは別個の離れた場所に置かれる。GNSS デバイス 3 4 は、回転中心 1 4 とは既知の空間的関係性で配置される。たとえば、GNSS デバイス 3 4 は、プラットフォーム 1 1 の座標系における既知の場所に配置されてもよい。IMU 4 2 も、回転の測定を容易にするために、回転中心 1 4 とは別個の離れた場所に置かれてもよい。

【0031】

[0038] GNSS デバイス 3 4 のアンテナが、GNSS デバイス 3 4 の受信機とは別個に位置決めされ得ることは、認識されるべきである。GNSS デバイス 3 4 が回転中心 1 4 から離れた場所に置かれていると記述される場合、回転中心 1 4 から離れて位置決めされるものは、アンテナの少なくとも 1 つの位相中心（または測定中心）である。したがって、受信機の場所に関わりなく、GNSS デバイス 3 4 による位置測定値は、プラットフォーム 1 1 の回転に伴って変わる。これは、唯一の動きが回転である場合には変化し得ない回転中心 1 4 の位置とは対照的である。

40

【0032】

[0039] GNSS デバイス 3 4 は、既知の技術に従って、衛星信号を用いて位置情報を決定するように構成される。GNSS デバイス 3 4 は、全地球測位システム (GPS)、GLONASS、ガリレオ、北斗またはこれらに類似するものなどのあらゆる衛星測位シス

50

テムの一部であってもよい。実施形態によっては、単一のGNSSデバイス34を用いて、プラットフォーム11の回転中心14の位置が決定されてもよい。

【0033】

[0040] IMU42は、既知の技術に従って、加速度計、ジャイロ스코プおよび／または磁力計を用いてプラットフォーム11の回転に関連づけられる特有の力、角速度および／または他の値を決定するように構成される。IMU42は、x軸、y軸およびz軸の各々について、加速度計、ジャイロ스코プおよび／または磁力計を含んでもよい。実施形態によっては、単一のIMUを用いてプラットフォーム11のヨーが決定されてもよい。

【0034】

[0041] 図2は、いくつかの実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定しかつ追跡するための方法を示すフローチャートである。この図に示す方法は、3つの主要なステップを含む。第1のステップは、回転プラットフォームの姿勢変化を決定するために使用されてもよく、次のステップは、回転プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定するために使用されてもよく、かつ最後のステップは、回転プラットフォームのヨーおよび回転中心を追跡するために使用されてもよい。これらの各ステップについては、以下、各ステップに関連づけられる入力および出力を含む図3～図5に関連してより詳細に説明する。

【0035】

[0042] 図3は、ある実施形態による、プラットフォームの姿勢の変化を決定するための方法を示すフローチャートである。姿勢変化は、プラットフォームの回転、および第1の向きから第2の向きへの変化によって生じる。

【0036】

[0043] 図3において、入力変数は、プラットフォームの第1の向きにおける測定値に基づいて提供され、出力値は、プラットフォームの第1および第2の向きにおける測定値に基づいて決定される。プラットフォーム11は、第1の向きが第2の向きとは異なるように回転される。プラットフォームは、回転中心を中心にして、回転中心の位置が第1の向きおよび第2の向きにおいて略同じであるように回転される。実施形態によっては、出力値が決定される間、プラットフォーム11に直線的な動きはない。

【0037】

[0044] 図3に示す入力変数は、プラットフォームの第1の向きにおける測定値に基づいて提供される。これらの変数には、下記が含まれる。

P_1 GNSSデバイスにより提供されるプラットフォームの水平位置である。

θ_1 IMUにより提供されるプラットフォームのピッチである。

ϕ_1 IMUにより提供されるプラットフォームのロールである。

ω IMUにより提供されるジャイロ観察結果を含む。

【0038】

[0045] ジャイロ観察結果(ω)は、プラットフォームの回転速度を決定するために使用可能である。回転速度は、プラットフォームの回転を決定するために使用可能である。プラットフォームの回転は、約20°未満の回転であってもよく、かつ実施形態によっては、回転は、約5°～約15°の間であってもよい。回転の中心は、1つまたは複数の軸(たとえば、ピッチ、ロールおよび／またはヨー)であってもよい。

【0039】

[0046] 図3に示す出力値は、プラットフォームの第1の向きとプラットフォームの第2の向きとの間の変化またはデルタ測定値である。出力変数には、下記が含まれる。

$\Delta\psi$ IMUにより提供されるプラットフォームのヨーの変化である。

$\Delta\theta$ IMUにより提供されるプラットフォームのピッチの変化である。

$\Delta\phi$ IMUにより提供されるプラットフォームのロールの変化である。

ΔP GNSSデバイスの測定中心の水平位置の変化である。

【0040】

[0047] プラットフォームのヨーの変化は、プラットフォームが第1の向きと第2の向き

10

20

30

40

50

との間で回転する際の回転速度に基づいて決定されてもよい。位置の変化は、第 1 の向きにおける G N S S デバイスの測定中心の第 1 の位置、および第 2 の向きにおける G N S S デバイスの測定中心の第 2 の位置を基礎とする。位置の変化は、これらの 2 つの位置測定値から決定され得、これ以外の位置情報は使用されない。

【 0 0 4 1 】

[0048]ある実施形態において、姿勢の変化は、次式を用いて決定されてもよい。

$$\Delta\psi = \dot{\psi}\Delta t \quad (1)$$

ここで、 Δt は、位置変化の時間、

$\dot{\psi}$

は、ヨーレートである。

$$\dot{\psi} = \frac{\omega_x \sin(\theta) + \omega_z \cos(\theta)}{\cos(\varphi)} \quad (2)$$

ここで、

$$\omega \triangleq (\omega_x, \omega_y, \omega_z)$$

、 θ および ϕ は、各々プラットフォームのピッチおよびロールである。また、

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \quad (3)$$

ここで、

θ_1

および

θ_2

は、各々位置 1 および位置 2 におけるプラットフォームのピッチであり、かつ、

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (4)$$

ここで、

φ_1

および

φ_2

は、各々位置 1 および位置 2 におけるプラットフォームのロールであり、かつ、

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (5)$$

ここで、

P_1

および

P_2

は、各々位置 1 および位置 2 における G N S S デバイスの測定中心の位置である。

【 0 0 4 2 】

[0049]図 4 は、ある実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定するための方法を示すフローチャートである。ヨーおよび回転中心は、プラットフォームの第 1 の向きおよびプラットフォームの第 2 の向きにおいて取得される情報に基づいて決定される。ある実施形態において、ヨーおよび回転中心を決定するために使用される入力変数は、図 3 における姿勢変化の決定に使用される入力変数および出力値を含む。具体的には、入力変数は、下記を含んでもよい。

$\Delta\psi$ 第 1 の向きと第 2 の向きとの間のプラットフォームのヨーの変化である。

$\Delta\theta$ 第 1 の向きと第 2 の向きとの間のプラットフォームのピッチの変化である。

$\Delta\phi$ 第 1 の向きと第 2 の向きとの間のプラットフォームのロールの変化である。

ΔP 第 1 の向きと第 2 の向きとの間の G N S S デバイスの測定中心の水平位置の変化

10

20

30

40

50

である。

P_2 第2の向きにおけるGNSSデバイスの測定中心の水平位置である。

θ_2 第2の向きにおけるプラットフォームのピッチである。

ϕ_2 第2の向きにおけるプラットフォームのロールである。

r GNSSデバイスの測定中心とプラットフォームの回転中心との間の既知の空間的関係性である。

【0043】

[0050]空間的関係性 (r) は、プラットフォームに関連づけられる座標系において、GNSSデバイスの測定中心とプラットフォームの回転中心との関係性を画定する。空間的関係性 (r) は、GNSSデバイスの測定中心と、プラットフォームに関連づけられる座標系における少なくとも1つの軸に沿った回転中心との距離を含んでもよい。

10

【0044】

[0051]出力値は、実世界座標系における、第2の向きにおけるプラットフォームのヨー、および回転中心の位置を含む。具体的には、出力値は、下記を含む。

Ψ_2 第2の向きにおけるプラットフォームのヨーである。

P_{COR} 回転中心の位置である。

【0045】

[0052]第2の向きにおけるプラットフォームのヨーおよび回転中心の位置は、実世界座標系を参照して決定されてもよい。先に説明したように、プラットフォームの回転中心の場所は、第1の向きおよび第2の向きの双方において略同じであってもよい。ある実施形態において、ヨーおよび回転中心の位置は、次式を用いて決定されてもよい。

20

$$\psi_2 = \text{atan2}(\sin(\psi_2), \cos(\psi_2)) \quad (6)$$

ここで、

$$\begin{cases} \sin(\psi_2) = \frac{([0 \ -1]A) \cdot \Delta P}{A_1^2 + A_2^2} \\ \cos(\psi_2) = \frac{A \cdot \Delta P}{A_1^2 + A_2^2} \end{cases} \quad (7)$$

かつ、

$$A \triangleq \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} = B - \begin{bmatrix} \cos(\Delta\psi) & \sin(\Delta\psi) \\ -\sin(\Delta\psi) & \cos(\Delta\psi) \end{bmatrix} C \quad (8)$$

30

かつ、

$$B = \begin{bmatrix} \cos(\varphi_2) & \sin(\varphi_2)\sin(\theta_2) & \sin(\varphi_2)\cos(\theta_2) \\ 0 & \cos(\theta_2) & -\sin(\theta_2) \end{bmatrix} r \quad (9)$$

かつ、

$$C = \begin{bmatrix} \cos(\varphi_1) & \sin(\varphi_1)\sin(\theta_1) & \sin(\varphi_1)\cos(\theta_1) \\ 0 & \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) \end{bmatrix} r \quad (10)$$

40

かつ、

$$P_{COR} = P_2 - Dr \quad (11)$$

かつ、

$$D = \begin{bmatrix} \cos(\varphi_2)\cos(\psi_2) & -\cos(\theta_2)\sin(\psi_2) + \sin(\theta_2)\sin(\varphi_2)\cos(\psi_2) & \sin(\theta_2)\sin(\psi_2) + \cos(\theta_2)\sin(\varphi_2)\cos(\psi_2) \\ \cos(\varphi_2)\sin(\psi_2) & \cos(\theta_2)\cos(\psi_2) + \sin(\theta_2)\sin(\varphi_2)\sin(\psi_2) & -\sin(\theta_2)\cos(\psi_2) + \cos(\theta_2)\sin(\varphi_2)\sin(\psi_2) \end{bmatrix} \quad (12)$$

である。

【0046】

50

[0053] ヨーおよび回転中心の位置が決定されると、プラットフォームは、如何様に回転されてもよく、ヨーおよび回転中心の変化の追跡が可能である。たとえば、プラットフォームが掘削機の一部であれば、プラットフォームは、掘削プロセスの間に回転され得、これによりヨーが変化する。掘削プロセスは、掘削機の動きも引き起こし得、これにより、回転中心の位置が変化する。掘削機は、作業現場のある場所から別の場所へも移動し得、これにより、回転中心の位置が変わる。これらの変化は、本明細書に記述する実施形態を用いて連続的または周期的に追跡されてもよい。

【0047】

[0054] 図5は、ある実施形態による、ヨーおよび回転中心の位置の変化を追跡するための方法を示すフローチャートである。この方法は、プラットフォームの第2の向きと、これに続くプラットフォームの第3の向きとの間の変化を追跡するために使用されてもよい。プラットフォームは、第2の向きと第3の向きとの間で回転されてもよく、かつ移動もされても（たとえば、ある場所から別の場所へ運ばれても）よい。図5の方法は、プラットフォームの任意の回転および／または移動の間または後の変化を追跡するために使用されてもよい。ヨーおよび回転中心の位置の追跡に使用される入力変数は、下記を含む。

Ψ_2 第2の向きにおけるプラットフォームのヨーである。

P_{COR} 第2の向きにおける回転中心の位置である。

ω 第3の向きおよび／または位置におけるジャイロ観測結果を含む。

θ 第3の向きおよび／または位置におけるプラットフォームのピッチである。

ϕ 第3の向きおよび／または位置におけるプラットフォームのロールである。

P 第3の向きおよび／または位置におけるGNSSデバイスの測定中心の水平位置である。

V 第2の向きおよび／または位置から第3の向きおよび／または位置へ移動する間のGNSSデバイスの測定中心の水平線形速度である。

r GNSSデバイスの測定中心とプラットフォームの回転中心との既知の空間的関係性である。

【0048】

[0055] 位置（ P ）に関連する速度（ V ）およびプラットフォームのジャイロデータは、プラットフォームがある場所から別の場所へ移動している（または、運ばれている）か、プラットフォームの動きが回転のみであるか、を決定するために使用されてもよい。

【0049】

[0056] 出力値は、実世界座標系における、第3の向きにおけるプラットフォームのヨー、および回転中心の位置を含む。具体的には、出力値は、下記を含む。

$\hat{\psi}$

第3の向きにおけるプラットフォームのヨーである。

$\hat{P}_{COR}$

第3の向きおよび／または位置における回転中心の位置である。

【0050】

[0057] ある実施形態において、ヨーおよび回転中心は、状態ベクトル X :

$$X \triangleq \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix} \quad (13)$$

を有するカルマンフィルタを用いて追跡されてもよく、ここで、

10

20

30

40

50

$$\begin{cases} \hat{\psi} = \text{atan2}(X_1, X_2) \\ \hat{P}_{COR} = \begin{bmatrix} X_3 \\ X_4 \end{bmatrix} \end{cases} \quad (14)$$

であって、状態遷移行列 F は、

$$F = \begin{bmatrix} 1 & T\dot{\psi} & 0 & 0 \\ -T\dot{\psi} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

10

である。ここで、 T は、フィルタのサンプリング時間であり、観察モデル H は、

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

であり、観察値 Z は、

$$Z = \begin{bmatrix} \sin(\tilde{\psi}) \\ \cos(\tilde{\psi}) \\ \tilde{P}_{COR} \end{bmatrix} \quad (17)$$

20

である。ここで、

は、既定のヨー変化（たとえば、各 2° のヨー変化）に利用可能となる次の向き 3、4、5、他におけるヨーおよび回転中心の観察結果を示す。

【0051】

[0058] 図 6 は、ある実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定するための方法を示すフローチャートである。本方法は、プラットフォームを、回転中心を中心にして、プラットフォームの第 1 の向きとプラットフォームの第 2 の向きとの間で回転させることを含む（602）。回転中心の位置は、第 1 の向きおよび第 2 の向きにおいて略同じであってもよい。第 1 の向きと第 2 の向きとの間のプラットフォームの回転は、約 20° 未満であってもよく、かつ実施形態によっては、約 $5^\circ \sim 15^\circ$ の間であってもよい。

30

【0052】

[0059] IMU は、プラットフォームの、第 1 の向きと第 2 の向きとの間のピッチ、ロールおよびヨーの変化を決定するために使用される（604）。

【0053】

[0060] GNSS デバイスは、第 1 の向きと第 2 の向きとの間の GNSS デバイスの測定中心の位置の変化を決定するために使用される（606）。位置の変化は、第 1 の向きにおける測定中心の第 1 の位置、および第 2 の向きにおける測定中心の第 2 の位置を基礎としてもよく、他の位置情報はなんら使用されない。

40

【0054】

[0061] プラットフォームのヨーは、第 2 の向きにおいて決定され、かつ回転中心の位置は、グローバル座標系で決定される。（608）。ヨーおよび回転中心の位置は、掘削機プラットフォームのピッチ、ロールおよびヨーの変化、GNSS デバイスの測定中心の位置の変化、第 2 の向きにおける GNSS デバイスの測定中心の第 2 の位置、第 2 の向きにおけるプラットフォームのピッチおよびロール、および GNSS デバイスの測定中心と回転中心との既知の空間的関係性を基礎として決定されてもよい。

50

【0055】

[0062]図7は、ある実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を追跡するための方法を示すフローチャートである。本方法は、プラットフォームを、回転中心を中心にして、プラットフォームの第1の向きとプラットフォームの第2の向きとの間で回転させることを含む(702)。回転中心の位置は、第1の向きおよび第2の向きにおいて略同じであってもよい。

【0056】

[0063]第2の向きにおけるプラットフォームのヨーが決定され、かつ回転中心の第1の位置がグローバル座標系において決定される(704)。ヨーおよび回転中心の第1の位置は、第1の向きと第2の向きとの間のGNSSデバイスの測定中心の位置の変化を部分的に基礎として決定されてもよい。ある実施形態において、測定中心の位置の変化は、第1の向きにおける測定中心の第1の位置、および第2の向きにおける測定中心の第2の位置を基礎として決定されてもよい。測定中心の位置の変化は、GNSSデバイスの他の位置をなんら用いることなく決定されてもよい。

【0057】

[0064]プラットフォームは、回転中心を中心にして第3の向きまで回転され(706)、第3の向きにおける掘削機プラットフォームのヨーが決定され、かつプラットフォームの回転中心の第2の位置がグローバル座標系において決定される(708)。ある実施形態において、第3の向きにおけるヨーおよび回転中心の第2の位置は、第2の向きにおけるプラットフォームのヨー、グローバル座標系における回転中心の第1の位置、IMUからの観察結果、第3の向きにおけるプラットフォームのピッチおよびロール、第3の向きにおけるGNSSデバイスの測定中心の第3の位置、およびGNSSデバイスの測定中心と回転中心との既知の空間的関係性を基礎として決定されてもよい。IMUの観察結果は、直交する3軸のジャイロ測定値を含んでもよい。

【0058】

[0065]図6～図7に例示する特有のステップが、一部の実施形態による特定の方法を提供するものであることは、認識されるべきである。代替実施形態によれば、他の順序のステップも実行され得る。たとえば、一部の実施形態は、概説した上述のステップを異なる順序で実行してもよい。さらに、図6～図7に例示する個々のステップは、様々な順序で実行され得る複数のサブステップを含んでもよい。さらに、特定のアプリケーションに依存して、追加の手順が加えられても、取り除かれてもよい。

【0059】

[0066]図8は、いくつかの実施形態による、プラットフォームのヨーおよび回転中心を決定しかつ追跡するためのシステムを示す略ブロック図である。システムは、GNSSデバイスと、IMUと、プロセッサとを含む。

【0060】

[0067]先に説明したように、GNSSデバイスは、プラットフォームの回転中心から離れた第1の場所に置かれかつ回転中心とは既知の空間的関係性で配置される測定中心を有してもよい。GNSSデバイスは、プラットフォームの位置情報を決定するように構成されてもよい。

【0061】

[0068]IMUは、やはりプラットフォームの回転中心から離れた第2の場所でプラットフォームへ結合されてもよい。IMUは、直交する3軸の各々に関する情報を測定するための少なくとも1つのジャイロおよび加速度計を含んでもよい。IMUは、プラットフォームのピッチ、ロールおよびヨーの変化を測定するように構成されてもよい。

【0062】

[0069]プロセッサは、GNSSデバイスおよびIMUへ通信可能に結合されてもよい。プロセッサは、広義には、メモリなどの他のコンポーネントを含み得る、かつプラットフォームのヨーおよび外部座標系におけるプラットフォームの回転中心の位置を決定するように構成され得るコンピューティングデバイスを表してもよい。構成によっては、プロセ

ッサは、他の入力を受信しかつ／または情報をディスプレイへ出力するように構成されてもよい。

【0063】

[0070]実施形態によっては、プロセッサは、ヨーおよび回転中心の位置を、プラットフォームの第1の向きとプラットフォームの第2の向きとの間のプラットフォームのピッチ、ロールおよびヨーの変化、第1の向きと第2の向きとの間のGNSSデバイスの測定中心の位置の変化、第2の向きにおける測定中心の第2の位置、第2の向きにおけるプラットフォームのピッチおよびロール、および測定中心と回転中心との既知の空間的関係性、を基礎として決定するように構成されてもよい。

【0064】

[0071]第1の向きと第2の向きとの間のGNSSデバイスの測定中心の位置の変化は、第1の向きにおける測定中心の第1の位置、および第2の向きにおける測定中心の第2の位置を基礎としてもよく、他の位置情報はなんら使用されない。

【0065】

[0072]一部の実施形態が、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、ミドルウェア、マイクロコード、ハードウェア記述言語またはこれらの任意の組合せによって実装され得ることは、認識されるべきである。ソフトウェア、ファームウェア、ミドルウェアまたはマイクロコードに実装される場合、必要なタスクを実行するためのプログラムコードまたはコードセグメントは、記憶媒体などのコンピュータ可読媒体に記憶されてもよい。プロセッサは、必要なタスクを実行するように適合化されてもよい。「コンピュータ可読媒体」という用語は、ポータブルまたは固定式記憶デバイス、光学記憶デバイス、無線チャネル、SIMカード、他のスマートカード、および命令あるいはデータを記憶し、包含しかつ伝送することができる他の様々な非一時的媒体を含むが、これらに限定されない。

【0066】

[0073]以上、本発明を特有の実施形態に関連して説明したが、当業者には、本発明の範囲が本明細書に記載した実施形態に限定されないことが明らかであるはずである。たとえば、本発明の1つまたは複数の実施形態の特徴は、本発明の範囲を逸脱することなく、他の実施形態の1つまたは複数の特徴と組み合わせられてもよい。したがって、本明細書本文および図面は、制限的な意味ではなく、例示的と見なされるべきものである。したがって、本発明の範囲は、上述の明細書本文を参照して決定されるべきではなく、添付の特許請求の範囲およびその等価物の全範囲を参照して決定されるべきものである。

【図 1】

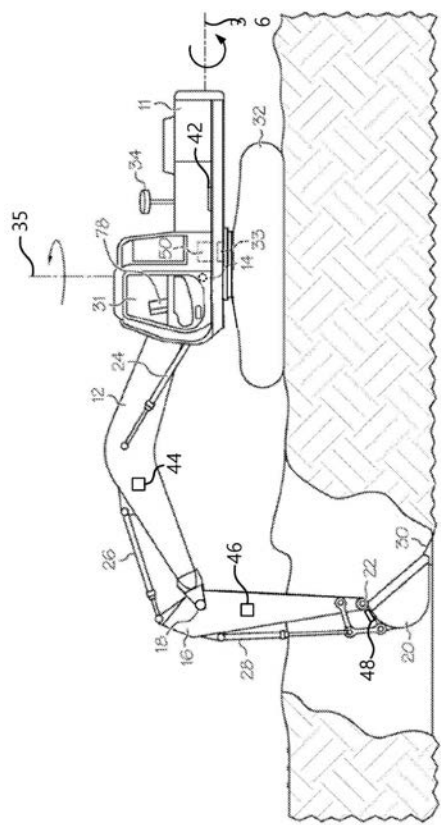


FIG. 1

【図 2】

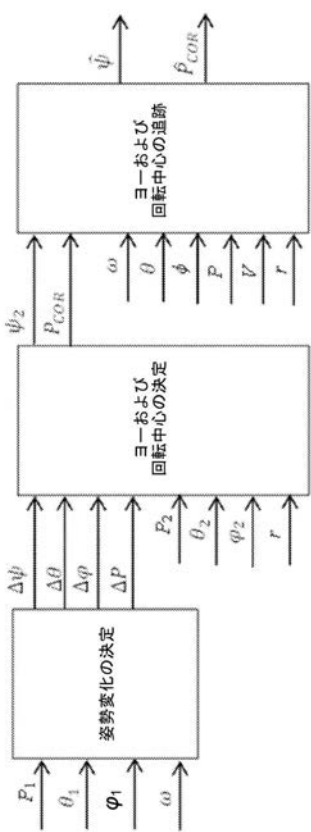


FIG. 2

【図 3】

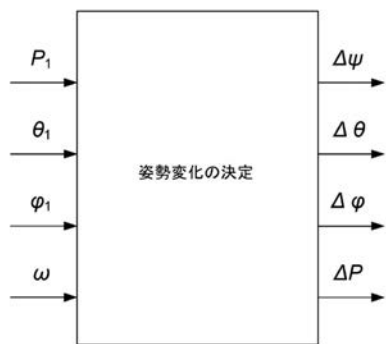


FIG. 3

【図 4】

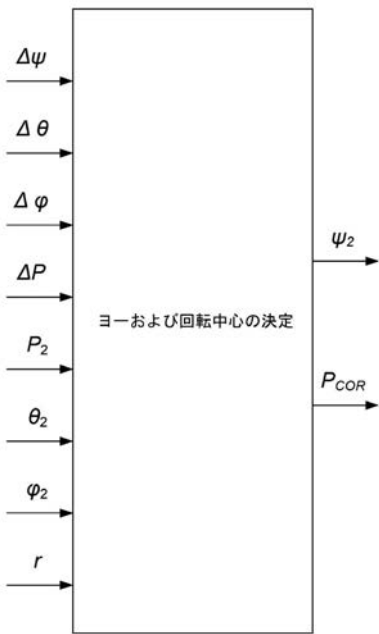


FIG. 4

【図 5】

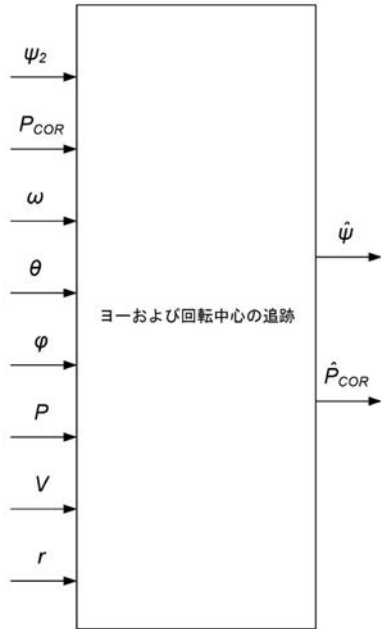


FIG. 5

【図 6】

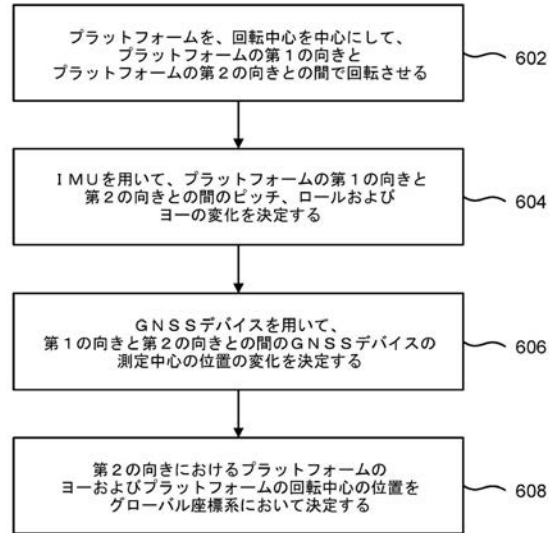


FIG. 6

【図 7】

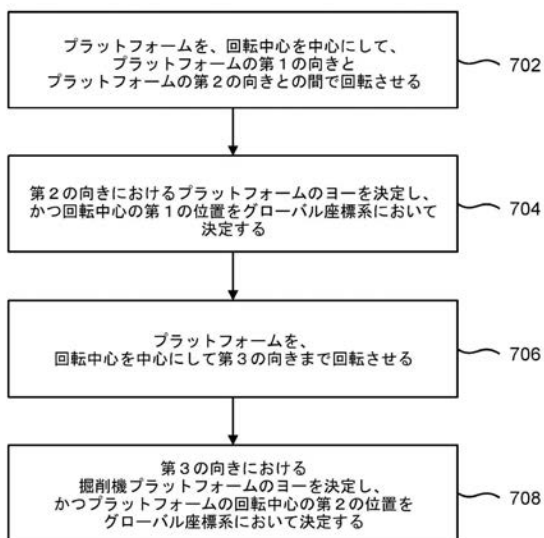


FIG. 7

【図 8】

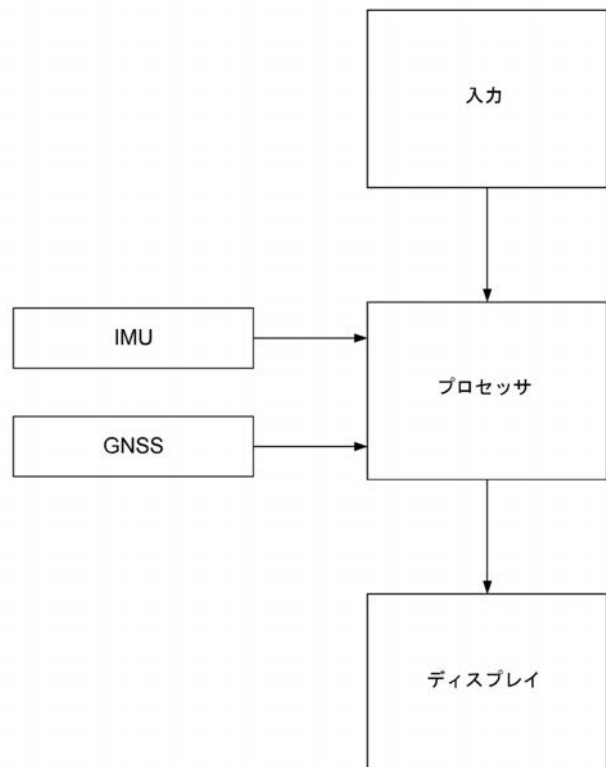


FIG. 8

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2018/041983

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G05D1/08 A01B69/00 G01S19/41
ADD.

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)

G05D A01B G01S

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

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

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2005/094412 A2 (MODULAR MINING SYSTEMS INC [US]; KNOWLTON TIMOTHY J [US]; GAY KENNETH) 13 October 2005 (2005-10-13) page 9, line 21 - page 26, line 21 figures 1-8 abstract	1-20
A	US 2016/348343 A1 (KANEMITSU YASUO [JP] ET AL) 1 December 2016 (2016-12-01) page 3, paragraph 36 - page 13, paragraph 126 figures 1-7 abstract	1-20
A	US 5 438 771 A (SAHM W CHARLES [US] ET AL) 8 August 1995 (1995-08-08) column 7, line 25 - column 11, line 28 figures 8,9 abstract	1-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier application or patent but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 October 2018

Date of mailing of the international search report

22/10/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

von Walter, Sven-Uwe

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2018/041983

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2005094412 A2	13-10-2005	US 2005197755 A1 WO 2005094412 A2	08-09-2005 13-10-2005
US 2016348343 A1	01-12-2016	CN 105518226 A DE 112015000055 T5 JP 6162807 B2 JP W02015167022 A1 KR 20160140332 A US 2016348343 A1 WO 2015167022 A1	20-04-2016 14-01-2016 12-07-2017 20-04-2017 07-12-2016 01-12-2016 05-11-2015
US 5438771 A	08-08-1995	AU 681289 B2 DE 19581454 B3 DE 19581454 T1 JP 3662587 B2 JP H09500700 A RU 2134329 C1 US 5438771 A WO 9530799 A1 ZA 9503150 B	21-08-1997 22-08-2013 27-02-1997 22-06-2005 21-01-1997 10-08-1999 08-08-1995 16-11-1995 04-01-1996

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(72)発明者 アラム, ニマ

アメリカ合衆国, オハイオ州 4 5 4 2 4, デイトン, ケレンバーガー ロード 5 4 7 5

Fターム(参考) 2D003 AA01 AB04 AC06 BA02 BB09 CA02 CA10 DA04 DB04 DB05

FA02

2D015 HA03 HB04 HB05

5J062 BB08 CC07 FF01 FF04