

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6951494号
(P6951494)

(45) 発行日 令和3年10月20日(2021.10.20)

(24) 登録日 令和3年9月28日(2021.9.28)

(51) Int.Cl. F I
G O I S 19/54 (2010.01) G O I S 19/54

請求項の数 5 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2020-55684 (P2020-55684)	(73) 特許権者	000005522 日立建機株式会社 東京都台東区東上野二丁目16番1号
(22) 出願日	令和2年3月26日(2020.3.26)	(74) 代理人	110002572 特許業務法人平木国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2021-156678 (P2021-156678A)	(72) 発明者	板東 幹雄 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43) 公開日	令和3年10月7日(2021.10.7)	(72) 発明者	魚津 信一 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社 土浦工場内
審査請求日	令和3年3月3日(2021.3.3)	審査官	東 治企

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両と、前記車両に取り付けられて衛星測位システムの電波を受信する第1アンテナおよび第2アンテナと、前記電波に基づく前記第1アンテナの位置情報および前記第1アンテナと前記第2アンテナとの間の基線方向を出力する受信機と、前記車両の速度、加速度、および角速度を計測するセンサと、前記車両の位置および姿勢を推定する制御装置と、を備えた作業車両であって、

前記制御装置は、

前記速度、前記加速度、および前記角速度に基づいて、中心および半径が同一の円周に沿って走行する旋回走行と、一直線に走行する直進走行とを含み、前記速度の平均値が所定の速度閾値よりも高い定常走行を検出する検出機能と、

前記車両に対する前記第1アンテナおよび前記第2アンテナの設置情報に基づいて第1車両方向を算出する機能と、

前記定常走行として前記直進走行が検出された場合に、現在の前記第1アンテナの前記位置情報と一周期前の前記第1アンテナの前記位置情報との差分に基づいて算出される移動ベクトルを第2車両方向として設定し、前記定常走行として前記旋回走行が検出された場合に、前記車両の旋回中心と回転中心とに基づいて第2車両方向を算出する機能と、

前記第2車両方向に基づいて前記第1車両方向を修正するための方向修正パラメータを算出する機能と、

前記方向修正パラメータと前記第1車両方向に基づいて前記車両の前記位置および前記

姿勢を推定する推定機能と、を有する作業車両。

【請求項 2】

前記制御装置は、前記方向修正パラメータの使用可否を判定する機能をさらに有し、
前記推定機能は、前記方向修正パラメータが使用可能である場合に、前記方向修正パラメータと前記第 1 車両方向に基づいて前記車両の前記位置および前記姿勢を推定する、請求項 1 に記載の作業車両。

【請求項 3】

前記車両に取り付けられたベッセルと、前記ベッセルを昇降させる昇降機構と、前記ベッセルの高さを検知する昇降センサと、を備え、

前記定常走行は、前記ベッセルの高さが、所定の高さ閾値よりも低いことを含む、請求項 1 に記載の作業車両。 10

【請求項 4】

オペレータへ情報を通知するための情報通知装置を備え、

前記制御装置は、前記方向修正パラメータが所定の閾値を超えた場合に、前記第 1 アンテナおよび前記第 2 アンテナの前記設置情報に対する誤差情報を、前記情報通知装置へ出力する、請求項 1 に記載の作業車両。

【請求項 5】

前記制御装置は、前記車両の走行を制御する走行制御機能を有し、

前記走行制御機能は、前記検出機能によって前記定常走行が検出されなかった場合に、前記定常走行の条件を満たすように前記車両を制御する、請求項 1 に記載の作業車両。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、作業車両に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から GPS 衛星等の測位用信号を送信する送信機からの電波を受信してキャリアディファレンシャル測位を行う際のキャリア位相整数値バイアスを決定する方法、物体や移動体の方位・姿勢を計測する方法および装置に関する発明が知られている（下記特許文献 1 を参照）。 30

【0003】

特許文献 1 に記載された方位・姿勢計測装置は、キャリア位相整数値バイアス決定装置と、方位または姿勢を求める手段と、から成る（請求項 5 等）。前記キャリア位相整数値バイアス決定装置は、第 1・第 2 のアンテナと、アンテナ方位観測手段と、算出、修正、および決定を行う手段と、を備える（請求項 4 等）。上記アンテナ方位観測手段は、複数の測位用送信機からの測位用信号を、第 1・第 2 のアンテナでそれぞれ受信し、測位用信号のキャリア位相変化量に基づいて第 1 のアンテナに対する第 2 のアンテナの方位を求める。

【0004】

上記算出、修正、および決定を行う手段は、次のように動作する。まず、第 1 のアンテナに対する第 2 のアンテナの方位、第 1・第 2 のアンテナ間の距離、および測位用送信機の位置から求まる計算上のキャリア位相差である計算位相差を算出する。また、第 1・第 2 のアンテナで受信した前記測位用信号のキャリア位相差の小数部である観測位相差を求め、前記計算位相差の小数部が ± 0.5 サイクルの範囲で前記観測位相差と一致するように前記計算位相差を修正する。そして、該修正後の計算位相差を前記観測位相差の整数値バイアスとして決定する（請求項 4 等）。 40

【0005】

上記方位または姿勢を求める手段は、上記キャリア位相整数値バイアス決定装置で求められた整数値バイアスと前記観測位相差とから第 1 のアンテナに対する第 2 のアンテナの相対位置を求め、該相対位置から第 1・第 2 のアンテナ間の方位または姿勢を求める（請 50

求項 5 等)。

【 0 0 0 6 】

また、上記方位・姿勢計測装置は、前記第 1・第 2 のアンテナを、略水平面を前後方向に進行する移動体に設け、前記アンテナ方位観測手段が、前記移動体の移動にともなう第 1・第 2 のアンテナの移動による前記測位用信号のキャリア位相変化量に基づいて前記移動体の進行方位を観測する。さらに、この装置は、該進行方位を移動体の前方方位と見なして、該移動体の前方方位と移動体に対する第 1・第 2 のアンテナの取り付け位置関係から第 1 のアンテナに対する第 2 のアンテナの方位を観測する (請求項 7 等)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 0 4 3 2 1 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

たとえば、ダンプトラックなどの作業車両は、車両の方向を計測するために、上記従来の方角・姿勢計測装置と同様に、全球測位衛星システム (GNSS) などの衛星測位システムの電波を受信する第 1 のアンテナと第 2 のアンテナを備える。このようなアンテナは、たとえば、車体によって電波が遮蔽されるのを回避するために、車体から上方へ延びるポール先端に設置される。

【 0 0 0 9 】

また、作業車両は、たとえば、鉱石や土砂などを積載したり、その積載物を降ろしたり、凹凸の多い地面の上を走行したりすることで、アンテナに振動や衝撃が作用することがある。そのため、時間の経過にともなう、アンテナの実際の設置位置と、あらかじめ設定された設置位置との間に誤差が生じ、その設定された設置位置に基づいて算出される車両の方向と、実際の車両の方向との間に誤差が生じることがある。

【 0 0 1 0 】

このような場合、前記従来の方角・姿勢計測装置は、略水平面を前後方向に進行する移動体の移動にともなう第 1・第 2 のアンテナの移動に基づいて、移動体の進行方位を観測する。しかし、作業車両が走行する鉱石の採掘現場や建設現場では、作業車両が略水平面を前後方向に進行する機会が限定されている。そのため、作業車両においては、このような限定された条件ではなく、より柔軟にアンテナの設置位置の誤差を検出することが求められている。

【 0 0 1 1 】

本開示は、従来装置よりも柔軟にアンテナの設置位置の誤差を検出することが可能な作業車両を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本開示の一態様は、車両と、前記車両に取り付けられて衛星測位システムの電波を受信する第 1 アンテナおよび第 2 アンテナと、前記電波に基づく前記第 1 アンテナの位置情報および前記第 1 アンテナと前記第 2 アンテナとを結ぶ基線方向を出力する受信機と、前記車両の速度、加速度、および角速度を計測するセンサと、前記車両の位置および姿勢を推定する制御装置と、を備えた作業車両であって、前記制御装置は、前記速度、前記加速度、および前記角速度に基づいて、中心および半径が同一の円周に沿って走行する巡回走行と、一直線に走行する直進走行とを含み、前記速度の平均値が所定の速度閾値よりも高い定常走行を検出する検出機能と、前記車両に対する前記第 1 アンテナおよび前記第 2 アンテナの設置情報に基づいて第 1 車両方向を算出する機能と、前記定常走行として前記直進走行が検出された場合に、現在の前記第 1 アンテナの前記位置情報と一周期前の前記第 1 アンテナの前記位置情報との差分に基づいて算出される移動ベクトルを第 2 車両方向として設定し、前記定常走行として前記巡回走行が検出された場合に、前記車両の巡回中心と

10

20

30

40

50

回転中心とに基づいて第2車両方向を算出する機能と、前記第2車両方向に基づいて前記第1車両方向を修正するための方向修正パラメータを算出する機能と、前記方向修正パラメータと前記第1車両方向に基づいて前記車両の前記位置および前記姿勢を推定する推定機能と、を有する作業車両である。

【発明の効果】

【0013】

本開示の上記一態様によれば、従来の装置よりも柔軟にアンテナの設置位置の誤差を検出することが可能な作業車両を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本開示に係る作業車両の実施形態1を示す側面図。

【図2】図1の作業車両の制御装置の機能ブロック図。

【図3】図1の作業車両の制御装置による処理の一例を示すフロー図。

【図4】図3のセンサ情報を記憶する処理を説明する表。

【図5】図3の位置および方向を記憶する処理を説明する表。

【図6】図3の定常走行を検出する処理のフロー図。

【図7】第1および第2アンテナ間の基線方向と車両方向との関係を示す模式図。

【図8】図3の第1車両方向を算出する処理のフロー図。

【図9】図8の処理で取得される方向修正パラメータを説明する模式図。

【図10】図3の第2車両方向を算出する処理のフロー図。

【図11】定常走行に含まれる旋回の一例を示す模式図。

【図12】車両の回転中心を説明する模式図。

【図13】図3の方向修正パラメータを算出する処理のフロー図。

【図14】方向修正パラメータを説明する模式図。

【図15】本開示に係る作業車両の実施形態2における制御装置の機能ブロック図。

【図16】図15の制御装置の定常走行検出機能による処理の一例を示すフロー図。

【図17】図15の制御装置の走行制御機能による処理の一例を示すフロー図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照して本開示に係る作業車両の実施形態を説明する。

【0016】

[実施形態1]

図1は、本開示に係る作業車両の実施形態1を示す側面図である。図2は、図1の作業車両100の制御装置150の機能ブロック図である。本実施形態の作業車両100は、たとえば、鉱石の採掘現場や建設現場で使用されるダンプトラックである。作業車両100は、たとえば、車両110と、測位装置120と、センサ130と、ベッセル140と、制御装置150とを備えている。

【0017】

車両110は、たとえば、車体フレーム111と、車輪112と、キャビン113とを備えている。車体フレーム111は、たとえば、ラダー状の構造体である。車体フレーム111は、たとえば、車軸に取り付けられた左右の車輪112を、サスペンションを介して支持している。また、車体フレーム111は、たとえば、図示を省略するエンジン、発電機、モータ、動力伝達機構、操舵機構、油圧装置、および車両制御用のアクチュエータなどを支持している。

【0018】

車輪112は、たとえば、動力伝達機構を介してモータに接続され、モータによって駆動されて車両110を走行させる。キャビン113は、作業車両100のオペレータが搭乗するための車室である。キャビン113の内部には、たとえば、図示を省略するステアリングホイール、操作ペダル、操作レバー、情報装置、スピーカ、計器、表示ランプなどが設置されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

測位装置 1 2 0 は、たとえば、全球測位衛星システム（GNSS）などの衛星測位システムによって構成することができる。測位装置 1 2 0 は、たとえば、第 1 アンテナ 1 2 1 と、第 2 アンテナ 1 2 2 と、受信機 1 2 3 とを備えている。第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 は、たとえば、車両 1 1 0 に取り付けられ、GNSS などの衛星測位システムの電波を受信する。

【 0 0 2 0 】

第 1 アンテナ 1 2 1 と第 2 アンテナ 1 2 2 は、たとえば車両 1 1 0 の前後方向および高さ方向に直交する車両 1 1 0 の幅方向に離隔して設置される。第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 は、たとえば、車両 1 1 0 に固定されたボールの先端に取り付けられ、ベッセル本体 1 4 1 の前端部 1 4 1 a の定常位置よりも高い位置に設置される。

10

【 0 0 2 1 】

受信機 1 2 3 は、たとえば、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 に対して信号ケーブルを介して接続されている。受信機 1 2 3 は、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 が受信した電波に基づいて、第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報、および、第 1 アンテナ 1 2 1 と第 2 アンテナ 1 2 2 との間の基線方向を出力する。ここで、基線方向とは、たとえば、第 1 アンテナ 1 2 1 の設置位置と、第 2 アンテナ 1 2 2 の設置位置とを結ぶ直線方向である。

【 0 0 2 2 】

センサ 1 3 0 は、たとえば、速度センサ 1 3 1 と、加速度センサ 1 3 2 と、角速度センサ 1 3 3 と、を含む。また、図 1 および図 2 に示す例において、センサ 1 3 0 は、たとえば、昇降センサ 1 3 4 を含んでいる。これらのセンサ 1 3 0 は、たとえば、コントロールエリアネットワーク（CAN）を介して制御装置 1 5 0 と通信可能に接続されている。なお、測位装置 1 2 0 によって測定された位置に基づいて、制御装置 1 5 0 によって車両 1 1 0 の速度を算出する場合は、測位装置 1 2 0 を速度センサとして用い、速度センサ 1 3 1 を省略してもよい。

20

【 0 0 2 3 】

速度センサ 1 3 1 は、たとえば、車輪 1 1 2 の回転速度に基づいて車両 1 1 0 の速度を検知し、その速度を制御装置 1 5 0 へ出力する。加速度センサ 1 3 2 は、たとえば、重力加速度を除いた車両 1 1 0 の加速度を検知し、その加速度を制御装置 1 5 0 へ出力する。角速度センサ 1 3 3 は、たとえば、車両 1 1 0 の角速度を検知し、その角速度を制御装置 1 5 0 へ出力する。昇降センサ 1 3 4 は、たとえば、ベッセル本体 1 4 1 を昇降させる昇降シリンダ 1 4 2 のストロークを含むベッセル本体 1 4 1 の昇降状態を検知し、その昇降状態を制御装置 1 5 0 へ出力する。

30

【 0 0 2 4 】

ベッセル 1 4 0 は、たとえば、ベッセル本体 1 4 1 と、昇降シリンダ 1 4 2 と、回転軸 1 4 3 とを有している。ベッセル本体 1 4 1 は、たとえば、底部の後方側に設けられた回転軸 1 4 3 を中心に回転可能に車体フレーム 1 1 1 の上に支持されている。ベッセル本体 1 4 1 は、たとえば、作業車両 1 0 0 において、鉱石、岩石、砂利、土砂などの積載物を積載して運搬するための部分である。

40

【 0 0 2 5 】

昇降シリンダ 1 4 2 は、たとえば、車両 1 1 0 の幅方向の両側に設けられた一对の油圧シリンダである。昇降シリンダ 1 4 2 は、ピストンロッドの先端がベッセル本体 1 4 1 の底部の回転軸 1 4 3 よりも前方に連結され、ピストンロッドと反対側のシリンダチューブの端部が車体フレーム 1 1 1 の下部に連結されている。昇降シリンダ 1 4 2 は、制御装置 1 5 0 によって制御される油圧装置の一部を構成する。昇降シリンダ 1 4 2 は、ピストンロッドを伸縮させることで、回転軸 1 4 3 を中心としてベッセル本体 1 4 1 を回動させ、ベッセル本体 1 4 1 の前端部 1 4 1 a を昇降させる。

【 0 0 2 6 】

制御装置 1 5 0 は、たとえば、マイクロコントローラまたはファームウェアなどのコン

50

コンピュータシステムである。制御装置 150 は、たとえば、中央処理装置 (CPU)、RAM や ROM などの記憶装置、その記憶装置に記憶されたプログラムおよびデータ、タイマーならびに信号の入出力を行う入出力部などによって構成されている。制御装置 150 とセンサ 130 は、たとえば、それぞれ時刻同期されて一定の周期で動作しているため、時刻のずれによる信号の取り零しが防止されている。また、制御装置 150 の駆動周期は、たとえば、センサ 130 の最も短い出力周期と等しくすることができる。

【0027】

制御装置 150 は、たとえば、図 2 に示すように作業車両 100 の位置および姿勢を算出する機能 F100 と、作業車両 100 の状態を監視する機能 F200 とを有している。制御装置 150 のこれらの機能は、たとえば、制御装置 150 の記憶装置に記憶されたプログラムを、CPU によって実行することによって実現することができる。以下の説明では、作業車両 100 の位置および姿勢を算出する機能 F100 を、算出機能 F100 と略称し、作業車両 100 の状態を監視する機能 F200 を、状態監視機能 F200 と略称する場合がある。

10

【0028】

図 2 に示す例において、制御装置 150 の算出機能 F100 は、たとえば、アンテナ設置情報を記憶する機能 F101 と、位置および方向の情報を記憶する機能 F102 と、センサ情報を記憶する機能 F103 と、方向修正パラメータを記憶する機能 F108 とを有している。以下の説明では、制御装置 150 のこれらの機能を、それぞれ、記憶機能 F101、F102、F103、F108 と略称する場合がある。

20

【0029】

また、図 2 に示す例において、制御装置 150 の算出機能 F100 は、さらに、第 1 車両方向を算出する機能 F104 と、第 2 車両方向を算出する機能 F105 と、定常走行を検出する機能 F106 と、方向修正パラメータを算出する機能 F107 とを有している。以下の説明では、制御装置 150 のこれらの機能を、それぞれ、算出機能 F104、F105、検出機能 F106、算出機能 F107 と略称する場合がある。

【0030】

また、図 2 に示す例において、制御装置 150 の算出機能 F100 は、さらに、方向修正パラメータの使用可否を判定する機能 F109 と、作業車両 100 の位置および姿勢を推定する機能 F110 とを有している。以下の説明では、制御装置 150 のこれらの機能を、それぞれ、判定機能 F109、推定機能 F110 と略称する場合がある。

30

【0031】

図 3 は、図 1 の作業車両 100 の制御装置 150 による処理の一例を示すフロー図である。制御装置 150 は、たとえば、算出機能 F100 によって、図 3 に示す処理を実行する。具体的には、制御装置 150 は、図 3 に示す処理を開始すると、たとえば、記憶機能 F103 によって、センサ情報を記憶する処理 P1 を実行する。この処理 P1 において、記憶機能 F103 は、制御装置 150 の入出力部を介してセンサ 130 から入力されたセンサ情報を、制御装置 150 を構成する記憶装置に記憶させる。

【0032】

図 4 は、処理 P1 において記憶機能 F103 によって記憶されるセンサ情報の一例を示す表 T1 である。センサ情報は、たとえば、センサ 130 に含まれる速度センサ 131、加速度センサ 132、角速度センサ 133、および昇降センサ 134 のそれぞれからの出力値である速度 v 、加速度 a 、角速度 w 、および昇降状態 h を含む。また、センサ情報は、たとえば、各出力値が出力された時刻 $t, t-1, \dots, t-m, \dots$ を含む。制御装置 150 の記憶装置は、たとえば、現在時刻 t のセンサ情報と、現在時刻 t よりも前の時刻 $t-1, \dots, t-m, \dots$ のセンサ情報とを含む、一定の期間のセンサ情報を記憶している。

40

【0033】

制御装置 150 の記憶装置にセンサ情報が記憶される一定の期間は、少なくとも、第 1 アンテナ 121 の位置情報と、第 1 アンテナ 121 と第 2 アンテナ 122 とを結ぶ基線方向とが、受信機 123 から共に出力される周期以上の期間である。また、センサ情報に含

50

まれる速度、加速度、および角速度は、速度センサ 1 3 1、加速度センサ 1 3 2、および角速度センサ 1 3 3 の出力値であってもよく、各センサの出力値を車両座標で三次元表記に変換した値であってもよい。

【 0 0 3 4 】

次に、制御装置 1 5 0 は、たとえば、第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報と、第 1 アンテナ 1 2 1 と第 2 アンテナ 1 2 2 とを結ぶ基線方向とが、共に受信機 1 2 3 から取得されているか否かを判定する処理 P 2 を実行する。なお、第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報は、GNSS の電波を受信した第 1 アンテナ 1 2 1 から受信機 1 2 3 へ信号が入力され、その結果、受信機 1 2 3 から出力される第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報である。また、基線方向は、たとえば、GNSS の電波を受信した第 1 アンテナ 1 2 1 と第 1 アンテナ 1 2 1 から受信機 1 2 3 へ信号が入力され、その結果、受信機 1 2 3 から出力される第 1 アンテナ 1 2 1 と第 2 アンテナ 1 2 2 とを結ぶ直線方向である。

10

【 0 0 3 5 】

制御装置 1 5 0 の記憶機能 F 1 0 2 は、たとえば、受信機 1 2 3 から、それぞれ一定の周期で、第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報と、基線方向とを取得して、制御装置 1 5 0 の記憶装置に記憶させている。したがって、処理 P 2 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報と、第 1 アンテナ 1 2 1 と第 2 アンテナ 1 2 2 とを結ぶ基線方向とが、共に受信機 1 2 3 から取得されているか否かを判定する。

【 0 0 3 6 】

具体的には、たとえば、受信機 1 2 3 から、第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報が 1 [Hz] の周期で出力され、第 1 アンテナ 1 2 1 と第 2 アンテナ 1 2 2 とを結ぶ基線方向が $1 0 \text{ [Hz]}$ の周期で出力されているとする。この場合、制御装置 1 5 0 は、処理 P 2 において、受信機 1 2 3 から基線方向のみが取得された時刻においては、第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報が取得されなかった (NO) と判定し、後述する処理 P 1 3 を実行する。一方、制御装置 1 5 0 は、処理 P 2 において、第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報と基線方向とが共に取得された (YES) と判定すると、次の処理 P 3 を実行する。

20

【 0 0 3 7 】

図 5 は、処理 P 3 において制御装置 1 5 0 の記憶装置に記憶される第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報 p と基線方向 d の一例を示す表 T 2 である。処理 P 3 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、記憶機能 F 1 0 2 により、受信機 1 2 3 から取得した第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報 p と基線方向 d とを、取得した時刻 $t, t - m, \dots, t - 6m, \dots$ とともに記憶装置に記憶させる。

30

【 0 0 3 8 】

図 5 は、第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報 p と、基線方向 d とが、周期 m ごとに共に出力される例を示している。第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報 p は、たとえば、地図上の点を示す情報であり、2次元または3次元の位置情報である。また、第 1 アンテナ 1 2 1 と第 2 アンテナ 1 2 2 とを結ぶ基線方向 d は、たとえば、2次元もしくは3次元のベクトル、または方位である。図 3 に示すように、処理 P 3 の終了後、制御装置 1 5 0 は、次の処理 P 4 を実行する。

【 0 0 3 9 】

図 6 は、図 3 の定常走行を検出する処理 P 4 のフロー図である。なお、図 6 に示す各処理は、たとえば、制御装置 1 5 0 の検出機能 F 1 0 6 によって実行することができる。制御装置 1 5 0 は、処理 P 4 を開始すると、まず、平均速度を算出する処理 P 4 0 1 を実行する。具体的には、この処理 P 4 0 1 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、記憶装置を参照し、測位装置 1 2 0 から一周前前の第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報 p が取得された時刻を参照する。さらに、制御装置 1 5 0 は、たとえば、一周前前の第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報 p が取得された時刻から現在までの車両 1 1 0 の速度 v を用いて、車両 1 1 0 の平均速度を算出する。

40

【 0 0 4 0 】

次に、制御装置 1 5 0 は、算出した車両 1 1 0 の平均速度が、所定の速度閾値 V_{th} よ

50

りも高いか否かを判定する処理 P 4 0 2 を実行する。この処理 P 4 0 2 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、算出した車両 1 1 0 の平均速度が所定の速度閾値 V_{th} 以下 (NO) と判定すると、次の処理 P 4 0 8 を実行する。

【 0 0 4 1 】

処理 P 4 0 8 において、制御装置 1 5 0 は、記憶装置に記憶された定常走行フラグを 0 に設定し、図 6 に示す処理を終了する。この定常走行フラグが 0 の状態は、作業車両 1 0 0 が定常走行をしていないことを示している。すなわち、定常走行は、車両 1 1 0 の速度の平均値が、所定の速度閾値 V_{th} よりも高いことを含む。これにより、車両 1 1 0 の停車中や速度閾値 V_{th} 以下の低速走行が定常走行から除外される。

【 0 0 4 2 】

一方、処理 P 4 0 2 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、算出した車両 1 1 0 の平均速度が所定の速度閾値 V_{th} よりも高い (YES) と判定すると、次の処理 P 4 0 3 を実行する。処理 P 4 0 3 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、ベッセル 1 4 0 の高さを算出する。具体的には、制御装置 1 5 0 は、たとえば、記憶装置を参照し、現在時刻と、一周期前の測位装置 1 2 0 の出力が取得された時刻のベッセル 1 4 0 の昇降状態に基づいて、ベッセル 1 4 0 の高さを算出する。ここで、ベッセル 1 4 0 の高さは、たとえば、ベッセル本体 1 4 1 の前端部 1 4 1 a の高さである。

【 0 0 4 3 】

たとえば、ベッセル 1 4 0 の昇降状態が、制御装置 1 5 0 の記憶装置にベッセル本体 1 4 1 の角度として記憶されているとする。この場合、制御装置 1 5 0 は、たとえば、ベッセル本体 1 4 1 の角度の正弦を用いて、ベッセル本体 1 4 1 の前端部 1 4 1 a の高さを求めることができる。なお、ベッセル本体 1 4 1 の寸法データは、たとえば、あらかじめ制御装置 1 5 0 の記憶装置に記憶されている。処理 P 4 0 3 の終了後、制御装置 1 5 0 は、次の処理 P 4 0 4 を実行する。

【 0 0 4 4 】

処理 P 4 0 4 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、処理 P 4 0 3 で算出したベッセル 1 4 0 の高さが、所定の高さ閾値 H_{th} よりも低いかなかを判定する。より詳細には、制御装置 1 5 0 は、たとえば、現在時刻と、前回の測位装置 1 2 0 から位置情報 p が取得された時刻とのそれぞれのベッセル 1 4 0 の高さが、高さ閾値 H_{th} よりも低いかなかを判定する。ここで、高さ閾値 H_{th} は、たとえば、第 1 アンテナ 1 2 1 もしくは第 2 アンテナ 1 2 2 の高さと同じ高さ、または、第 1 アンテナ 1 2 1 と第 2 アンテナ 1 2 2 のうち、より低い方の高さに設定することができる。

【 0 0 4 5 】

処理 P 4 0 4 において、制御装置 1 5 0 が、たとえば、現在時刻と、前回の測位装置 1 2 0 から位置情報 p が取得された時刻との両方または一方で、ベッセル 1 4 0 の高さが高さ閾値 H_{th} 以上である (NO) と判定したとする。この場合、制御装置 1 5 0 は、前述の定常走行フラグを 0 に設定する処理 P 4 0 8 を実行し、図 6 に示す処理 P 4 を終了する。

【 0 0 4 6 】

また、処理 P 4 0 4 において、制御装置 1 5 0 が、たとえば、現在時刻と、前回の測位装置 1 2 0 から位置情報 p が取得された時刻との両方または一方で、ベッセル 1 4 0 の高さが高さ閾値 H_{th} より低い (YES) と判定したとする。この場合、制御装置 1 5 0 は、たとえば、作業車両 1 0 0 の走行状態を算出する処理 P 4 0 5 を実行する。より具体的には、制御装置 1 5 0 は、処理 P 4 0 5 において、作業車両 1 0 0 の角速度、角加速度、および加速度のそれぞれの平均値と、車両 1 1 0 の方向の変化を算出する。

【 0 0 4 7 】

ここで、作業車両 1 0 0 の角速度、角加速度、および加速度のそれぞれの平均値は、たとえば、前回の測位装置 1 2 0 から位置情報 p が取得された時刻から現在時刻までの平均値である。作業車両 1 0 0 の角加速度は、たとえば、ある時刻における作業車両 1 0 0 の角速度と、その一周期前の時刻における作業車両 1 0 0 の角速度との差分から算出するこ

10

20

30

40

50

とができる。車両110の方向、すなわち車両方向の変化は、たとえば、以下のように算出することができる。

【0048】

図7は、第1アンテナ121と第2アンテナ122とを結ぶ基線方向 d と、車両方向 Dv との関係を示す模式図である。図7に示す例において、作業車両100は、前回の測位装置120から位置情報 p が取得された時刻から現在時刻までの間に、車両110が中心 Ct を中心とする円周に沿って角度 θ だけ回転して移動している。この場合、車両方向 Dv は、車両110が回転した角度 θ と等しい角度で変化する。同様に、基線方向 d すなわち基線ベクトルも、車両110が回転した角度 θ と等しい角度で変化する。

【0049】

このように、車両方向 Dv が変化する角度 θ と、基線方向 d が変化する角度 θ は等しい。そのため、現在時刻と、前回の測位装置120から位置情報 p が取得された時刻との間の基線方向 d の角度変化を算出することで、車両方向 Dv の角度変化を算出することができる。すなわち、制御装置150は、処理P405において、たとえば、基線方向 d の角度変化を算出することで、車両方向 Dv の角度変化を算出する。以上のように、処理P405において、制御装置150は、たとえば作業車両100の角速度、角加速度、および加速度のそれぞれの平均値と、車両方向 Dv の角度変化とを算出する。

【0050】

次に、制御装置150は、たとえば、作業車両100の走行状態が、定常走行であるか否かを判定する処理P406を実行する。ここで、定常走行とは、たとえば、作業車両100が一定の運動状態で走行している状態である。より具体的には、作業車両100の定常走行は、たとえば、中心および半径が同一の円周に沿って作業車両100が走行する旋回と、作業車両100が一直線に走行する直進とを含む。なお、定常走行は、旋回および直進に限定されず、他の走行状態を含んでもよい。

【0051】

処理P406において、制御装置150は、たとえば、前の処理P405で算出した車両方向 Dv の変化と、車両110の角速度の時間積分との差が閾値以下である場合に、作業車両100が中心および半径が同一の円周に沿って走行する旋回中と判定する。この場合、作業車両100の旋回が定常走行に含まれることから、制御装置150は、処理P406において、作業車両100の走行状態が定常走行である(YES)と判定し、次の処理P407を実行する。

【0052】

また、処理P406において、制御装置150は、たとえば、前の処理P405で算出した車両110の角加速度および加速度の平均値が閾値以下である場合に、作業車両100が一直線に走行する直進中であると判定する。この場合、作業車両100の直進が定常走行に含まれることから、制御装置150は、処理P406において、作業車両100の走行状態が定常走行である(YES)と判定し、次の処理P407を実行する。

【0053】

一方、前の処理P405で算出した車両方向 Dv の変化と、車両110の角速度の時間積分との差が閾値より大であるか、または、車両110の角加速度および加速度の平均値が閾値より大であったとする。この場合、処理P406において、制御装置150は、作業車両100の走行状態が定常走行ではない(NO)と判定し、前述の定常走行フラグを0に設定する処理P408を実行して、図6に示す処理P4を終了する。

【0054】

処理P407において、制御装置150は、前述の処理P405で算出した車両110の角速度の平均値の絶対値 $|ave|$ が、所定の角速度閾値 th より小であるか否かを判定する。この処理P407において、制御装置150は、絶対値 $|ave|$ が角速度閾値 th より小である(YES)と判定すると、記憶装置に記憶された定常走行フラグを1に設定する処理P409を実行して、図6に示す処理P4を終了する。この定常走行フラグが1の状態は、作業車両100の走行状態が直進であることを示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

一方、処理 P 4 0 7 において、制御装置 1 5 0 は、絶対値 $| a v e |$ が角速度閾値 $t h$ 以上である (N O) と判定すると、記憶装置に記憶された定常走行フラグを 2 に設定する処理 P 4 1 0 を実行して、図 6 に示す処理 P 4 を終了する。この定常走行フラグが 2 の状態は、作業車両 1 0 0 の走行状態が、中心および半径が同一の円周に沿って走行する旋回であることを示している。処理 P 4 の終了後、制御装置 1 5 0 は、図 3 に示す処理 P 5 を実行する。

【 0 0 5 6 】

処理 P 5 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、検出機能 F 1 0 6 により、作業車両 1 0 0 の走行状態が、定常走行であるか否かを判定する。具体的には、制御装置 1 5 0 は、検出機能 F 1 0 6 により、前の処理 P 4 で設定されて記憶装置に記憶された定常走行フラグを参照する。参照した定常走行フラグが 0 である場合、作業車両 1 0 0 が定常走行をしていないことを示しているので、制御装置 1 5 0 は、検出機能 F 1 0 6 により、定常走行ではない (N O) と判定し、位置および姿勢を推定する処理 P 1 3 を実行する。

【 0 0 5 7 】

作業車両 1 0 0 が特定の旋回や直進を含む定常走行をしていない場合、制御装置 1 5 0 は、処理 P 1 3 において、前回までの処理 P 6 から処理 P 1 2 までを経て記憶装置に記憶された方向修正パラメータを用いて、作業車両 1 0 0 の位置および姿勢を推定する。この作業車両 1 0 0 の位置および姿勢を推定する処理 P 1 3 については、以下で処理 P 6 から処理 P 1 2 までを説明した後に詳述する。

【 0 0 5 8 】

処理 P 5 において、参照した定常走行フラグが 1 または 2 である場合、作業車両 1 0 0 が定常走行をしていることを示しているので、制御装置 1 5 0 は、検出機能 F 1 0 6 により、定常走行である (Y E S) と判定し、第 1 車両方向を算出する処理 P 6 を実行する。ここで、第 1 車両方向とは、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 の設置情報に基づいて算出される車両 1 1 0 の方向である。この設置情報は、たとえば、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 が設置された位置の座標を含み、図 2 に示す制御装置 1 5 0 の記憶機能 F 1 0 1 により、制御装置 1 5 0 の記憶装置に記憶されている。

【 0 0 5 9 】

図 8 は、第 1 車両方向を算出する処理 P 6 のフロー図である。制御装置 1 5 0 は、たとえば、第 1 車両方向を算出する処理 P 6 を開始すると、まず、算出機能 F 1 0 4 により、方向修正パラメータを取得する処理 P 6 0 1 を実行する。この処理 P 6 0 1 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、記憶機能 F 1 0 1 によって記憶装置に記憶された最新の方向修正パラメータを、算出機能 F 1 0 4 によって取得する。

【 0 0 6 0 】

図 9 は、図 8 に示す処理 P 6 0 1 において取得される方向修正パラメータを説明する模式図である。第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 は、車両 1 1 0 に設置されて位置が固定される。この車両 1 1 0 に対する第 1 アンテナ 1 2 1 の設置位置と第 2 アンテナ 1 2 2 の設置位置に基づいて、第 1 アンテナ 1 2 1 から第 2 アンテナ 1 2 2 へ向かうベクトル $A v$ を求めることができる。また、車両 1 1 0 の前後方向に平行な車両 1 1 0 の中心線の方向を車両方向 $D v$ とする。

【 0 0 6 1 】

この場合、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 の設置情報は、車両方向 $D v$ とベクトル $A v$ とのなす角であるアンテナ設置角 を含む。そして、方向修正パラメータは、何らかの原因によりアンテナ設置角 に変化が生じた場合に、その変化を補正するためのパラメータである。アンテナ設置角 および方向修正パラメータは、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 の設置位置を車両 1 1 0 に固定された座標系の座標で表しても、たとえば座標変換を行うことで、同様に算出することが可能である。

【 0 0 6 2 】

方向修正パラメータは、後述する処理 P 8 において、制御装置 1 5 0 の算出機能 F 1 0

10

20

30

40

50

7により算出されて、記憶機能F108により記憶装置に記憶される。なお、制御装置150の記憶装置には、たとえば、一定期間分の方向修正パラメータが、それぞれ、時刻とともに記憶されている。また、処理P8が未実施で方向修正パラメータが算出されていない場合には、制御装置150の記憶装置には、初期値としての0が記憶されている。方向修正パラメータが0の場合は、アンテナ設置角の補正は行われない。

【0063】

次に、制御装置150は、たとえば、算出機能F104により、第1車両方向を算出する処理P602を実行する。具体的には、たとえば、制御装置150は、算出機能F104により、図9に示すアンテナ設置角から方向修正パラメータを差し引いた値と、図9に示すベクトル A_v とを用いて、車両方向 D_v を算出し、図8に示す処理P6を終了する。この処理P6で算出される車両方向 D_v が、第1アンテナ121および第2アンテナ122の設置位置に由来する、第1車両方向である。次に、制御装置150は、たとえば算出機能F105により、図3に示すように、第2車両方向を算出する処理P7を実行する。

10

【0064】

図10は、第2車両方向を算出する処理P7のフロー図である。図10に示す各処理は、たとえば、制御装置150の算出機能F105によって実行される。制御装置150は、処理P7を開始すると、まず、アンテナ位置の差分を算出する処理P701を実行する。処理P701において、制御装置150は、測位装置120の受信機123から制御装置150へ入力され、制御装置150の記憶機能F102によって記憶装置に記憶された第1アンテナ121の位置情報 p を取得する。ここで、制御装置150は、現在の第1アンテナ121の位置情報 p と、一周期前の第1アンテナ121の位置情報 p とを取得する。

20

【0065】

さらに、この処理P701において、制御装置150は、現在の第1アンテナ121の位置情報 p と、一周期前の第1アンテナ121の位置情報 p との差分に基づいて、車両110の移動方向を算出する。より詳細には、制御装置150は、現在の第1アンテナ121の位置情報 p と、一周期前の第1アンテナ121の位置情報 p との差分に基づいて、車両110の移動ベクトルを算出する。

【0066】

次に、制御装置150は、定常走行フラグが2であるか否かを判定する処理P702を実行する。処理P702において、制御装置150が、定常走行フラグは2ではない(N O)、すなわち、定常走行フラグが1であると判定したとする。この場合、車両110の走行状態は一直線に走行する直進であり、車両方向 D_v と車両110の進行方向とが一致する。そのため、制御装置150は、前の処理P701で算出した車両110の移動ベクトルを第2車両方向として設定する処理P706を実行し、図10に示す処理P7を終了する。

30

【0067】

一方、処理P702において、制御装置150が、定常走行フラグは2である(Y E S)と判定したとする。この場合、車両110の走行状態は、中心および半径が同一の円に沿って走行する旋回である。そのため、制御装置150は、車両110の旋回を中心の位置を算出する処理P703を実行する。

40

【0068】

図11は、作業車両100の定常走行に含まれる旋回の一例を示す模式図である。図11では、中心 C_t を左回り(反時計回り)に旋回する車両110の現在時刻における位置と、一周期前の時刻における位置とを示している。制御装置150は、処理P703において、まず、一周期前の時刻の第1アンテナ121の位置情報 p と、現在時刻の第1アンテナ121の位置情報 p とに基づいて、一周期前の時刻における車両110の車両方向 D_v を算出する。

【0069】

50

ここで、車両110は、中心Ctおよび半径が同一の円に沿って旋回している。そのため、一周期前の時刻から現在時刻までの間の中心Ctの周りの車両110の回転角度は、一周期前の時刻の車両方向Dvと現在時刻の車両方向Dvとの間の角度に等しい。車両110の旋回の中心Ctは、前述の処理P701で算出した移動ベクトルMvの二等分線上にある。また、移動ベクトルMvから旋回の中心Ctまでの距離Dは、移動ベクトルMvの長さをLとして、次の式(1)によって求めることができる。

【0070】

$$D = L / \{ 2 \times \tan(\theta / 2) \} \dots (1)$$

【0071】

したがって、処理P703において、制御装置150は、たとえば、車両110の角速度の平均から移動ベクトルMvに対する法線を算出することで、旋回の中心Ctを算出することができる。次に、制御装置150は、車両110の回転中心を算出する処理P704を実行する。

10

【0072】

この処理P704において、制御装置150は、まず、第1アンテナ121の位置から車両110の回転中心へ向かうベクトルを算出する。そのために、制御装置150は、第1アンテナ121の設置位置から加速度センサ132の設置位置へ向かうベクトルと、加速度センサ132の設置位置から車両110の回転中心へ向かうベクトルとを算出する。

【0073】

図12は、車両110の回転中心Ctvを説明する模式図である。車両110の回転中心Ctvは、車両110を一つの剛体と考え、車両110の速度ベクトルVvの方向と車両方向Dvとが等しくなる点である。なお、車両110の速度ベクトルVvの方向は、車両110の旋回の中心Ctと車両110の回転中心Ctvとを結ぶ線分の法線方向である。加速度センサ132の設置位置から車両110の回転中心Ctvへ向かうベクトルは、次のように算出することができる。

20

【0074】

前述の処理P4で算出された車両110の加速度の平均値の中から車両110の前後方向の成分であるaxを抽出する。さらに、ヨー方向の角速度の平均値wzと、車両方向Dvからのずれgを用いる。これにより、加速度センサ132の設置位置から車両110の回転中心Ctvへ向かうベクトルを(ax/(wz×wz), g)のように求めることができる。

30

【0075】

以上により、第1アンテナ121から加速度センサ132へ向かうベクトルと、加速度センサ132から車両110の回転中心Ctvへ向かうベクトルとが求められる。さらに、これらのベクトルを加算することで、第1アンテナ121から車両110の回転中心Ctvへ向かうベクトルを求めることができる。

【0076】

また、車両110が低速で走行している場合には、アッカーマンジオメトリに従って後輪軸中心Craを車両110の回転中心に規定することもできる。この場合は、車両110の仕様に基づいて、第1アンテナ121から後輪軸中心Craまでのベクトルを予め算出して、制御装置150の記憶装置に記憶しておくことができる。

40

【0077】

さらに、処理P704において、制御装置150は、第1アンテナ121から車両110の回転中心Ctvへ向かうベクトルと、第1アンテナ121と第2アンテナ122とを結ぶ基線方向のベクトルとを用いて、車両110の回転中心Ctvを算出する。具体的には、記憶機能F102によって制御装置150の記憶装置に記憶された一周期前の第1アンテナ121の位置を中心として、第1アンテナ121から車体フレーム111の回転中心Ctvへ向かうベクトルを回転させる。

【0078】

このときのベクトルの回転量は、たとえば、第1車両方向を算出することで決定される

50

。ここで、第1車両方向は、たとえば、前述の処理P602と同様に、図9に示すアンテナ設置角から方向修正パラメータを差し引いた値と、一周期前の第1アンテナ121から第2アンテナ122へ向かうベクトル A_v とを用いて求めることができる。以上により、制御装置150は、処理P704において、車両110の回転中心 C_{tv} を算出することができる。

【0079】

次に、制御装置150は、第2車両方向を算出する処理P705を実行する。この処理P705において、制御装置150は、前述の処理P703で算出した車両110の旋回中心 C_t と、前述の処理P704で算出した車両110の回転中心 C_{tv} とに基づいて、第2車両方向を算出して、図10に示す処理P7を終了する。

10

【0080】

この処理P7で算出される第2車両方向は、測位装置120受信機123から出力された情報に由来する車両方向である。第2車両方向は、車両110の旋回中心 C_t から車両110の回転中心 C_{tv} へ向かうベクトルに対して右手系で求めた法線方向として、算出することができる。次に、制御装置150は、図3の方向修正パラメータを算出する処理P8を実行する。

【0081】

図13は、方向修正パラメータを算出する処理P8のフロー図である。図14は、処理P8を説明する模式図である。制御装置150は、処理P8を開始すると、まず、修正角を算出する処理P801を実行する。修正角は、たとえば、第1車両方向 D_{v1} と第2車両方向 D_{v2} とのなす角である。ここで、第1車両方向 D_{v1} は、第1アンテナ121と第2アンテナ122の設置位置に由来する車両方向であり、第2車両方向 D_{v2} は、測位装置120の受信機123から出力された第1アンテナ121の位置情報 p に由来する車両方向である。

20

【0082】

すなわち、第1車両方向 D_{v1} は、第1アンテナ121および第2アンテナ122の設置位置の誤差の影響を受けるのに対し、第2車両方向 D_{v2} は、第1アンテナ121および第2アンテナ122の設置位置の誤差の影響を受けない。したがって、第2車両方向 D_{v2} が実際の車両方向であると考え、制御装置150は、算出機能F107により、第1車両方向 D_{v1} と第2車両方向 D_{v2} との差分を算出し、第1車両方向 D_{v1} を第2車両方向 D_{v2} と等しくするための修正角を算出する。

30

【0083】

次に、制御装置150は、方向修正パラメータを更新する処理P802を実行する。この処理P802において、制御装置150は、たとえば、算出機能F107により、記憶装置に記憶された方向修正パラメータに、前の処理P801で算出された修正角を加算することで、方向修正パラメータを更新する。次に、制御装置150は、方向修正パラメータを記憶する処理P803を実行する。この処理P803において、制御装置150は、たとえば、記憶機能F108により、前の処理P802で更新された方向修正パラメータを記憶装置に記憶させ、図13に示す処理P8を終了する。

【0084】

次に、制御装置150は、たとえば、判定機能F109により、図3に示すように、方向修正パラメータが収束したか否かを判定する処理P9を実行する。第2車両方向 D_{v2} は、図10に示す車両110の回転中心 C_{tv} を算出する処理P704においても用いられている。そのため、第2車両方向 D_{v2} にも、前回の方向修正パラメータでは除去しきれない誤差が生じている。この誤差を減少させるため、制御装置150は、処理P9において、前の処理P8で算出した最新の方向修正パラメータを用いて再度計算を行うことで、収束演算を実施する。

40

【0085】

処理P9において、制御装置150は、たとえば、図13に示す処理P801で算出された修正角の絶対値が、あらかじめ設定した閾値よりも小さい場合に、方向修正パラメ

50

ータが収束した (Y E S) と判定し、次の処理 P 1 0 を実行する。一方、処理 P 9 において、制御装置 1 5 0 は、たとえば、修正角 の絶対値が、あらかじめ設定した閾値以上である場合に、方向修正パラメータが収束していない (N O) と判定し、処理 P 6 から処理 P 9 までを繰り返し実行する。

【 0 0 8 6 】

次に、制御装置 1 5 0 は、たとえば、判定機能 F 1 0 9 により、方向修正パラメータの平均値を算出する処理 P 1 0 を実行する。方向修正パラメータは、サンプリング周期ごとに測位装置 1 2 0 の受信機 1 2 3 から制御装置 1 5 0 に入力される第 1 アンテナ 1 2 1 の位置情報 p に基づいて算出される。そのため、第 1 アンテナ 1 2 1 が受信した G N S S の電波に基づいて受信機 1 2 3 が測位計算を行う際に発生する位置誤差によって、方向修正パラメータにも誤差が生じる。

10

【 0 0 8 7 】

この方向修正パラメータの誤差を除去するために、制御装置 1 5 0 は、処理 P 1 0 において、方向修正パラメータの逐次平均を実行する。方向修正パラメータの逐次平均においては、たとえば、積算回数の上限を設定したり、忘却係数を導入したりすることで、積算回数の過度の増加を抑制してもよい。これにより、方向修正パラメータの変化が反映されなくなるのを防止できる。

【 0 0 8 8 】

次に、制御装置 1 5 0 は、たとえば、判定機能 F 1 0 9 により、方向修正パラメータの使用可否を判定する処理 P 1 1 を実行する。前述のように、各時刻において算出された方向修正パラメータは誤差を含むため、所定の期間に算出された方向修正パラメータの平均値を算出する。そのため、一定数以上の方向修正パラメータが算出されていることと、周期毎の方向修正パラメータの変動が過大にならないことが必要である。

20

【 0 0 8 9 】

したがって、処理 P 1 1 において、制御装置 1 5 0 は、方向修正パラメータの算出数が所定の閾値以上であり、かつ、方向修正パラメータの最新の平均と一周期前の平均との差が所定の閾値以下である場合に、方向修正パラメータを使用可 (Y E S) と判定する。この場合、制御装置 1 5 0 は、方向修正パラメータを用いて車両方向を補正する処理 P 1 2 を実行し、補正した車両方向に基づいて、推定機能 F 1 1 0 により、車両 1 1 0 の位置および姿勢を推定する処理 P 1 3 を実行する。

30

【 0 0 9 0 】

一方、処理 P 1 1 において、制御装置 1 5 0 は、方向修正パラメータを使用不可 (N O) と判定すると、方向修正パラメータを使用せずに、推定機能 F 1 1 0 により車両 1 1 0 の位置および姿勢を推定する処理 P 1 3 を実行する。最後に、制御装置 1 5 0 は、処理 P 1 0 で算出された方向修正パラメータの平均値と、処理 P 1 3 で推定された車両 1 1 0 の位置および姿勢を、状態監視機能 F 2 0 0 へ C A N を介して出力する処理 P 1 4 を実行する。以上により、制御装置 1 5 0 の算出機能 F 1 0 0 による図 3 に示す各処理が終了する。

【 0 0 9 1 】

次に、制御装置 1 5 0 の状態監視機能 F 2 0 0 は、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 の設置情報と、方向修正パラメータとに基づいて、第 1 アンテナ 1 2 1 または第 2 アンテナ 1 2 2 の設置位置に誤差が生じていることを検出する。また、制御装置 1 5 0 の状態監視機能 F 2 0 0 は、たとえば、方向修正パラメータが所定の閾値を超えた場合に、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 の設置位置の異常を判定する。

40

【 0 0 9 2 】

この場合、作業車両 1 0 0 は、オペレータまたはユーザへ情報を通知するための情報通知装置を備えていてもよい。情報通知装置としては、たとえば、液晶表示装置、表示ランプ、スピーカ、ブザーなどを使用することができる。これにより、制御装置 1 5 0 の状態監視機能 F 2 0 0 は、方向修正パラメータが所定の閾値を超えた場合に、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 の設置情報に対する誤差情報を情報通知装置へ出力して、

50

作業車両100のオペレータまたはユーザに異常を通知することができる。

【0093】

以上のように、本実施形態の作業車両100は、車両110と、その車両110に取り付けられて衛星測位システムの電波を受信する第1アンテナ121および第2アンテナ122とを備えている。また、作業車両100は、衛星測位システムの電波に基づく第1アンテナ121の位置情報 p 、および、第1アンテナ121と第2アンテナ122との間の基線方向 d を出力する受信機123を備えている。また、作業車両100は、車両110の速度、加速度、および角速度を計測するセンサ130と、車両110の位置および姿勢を推定する制御装置150と、を備えている。そして、制御装置150は、検出機能F106と、算出機能F104と、算出機能F105と、算出機能F107と、推定機能F110と、を有する。検出機能F106は、車両110の速度、加速度、および角速度に基づいて定常走行を検出する機能である。算出機能F104は、車両110に対する第1アンテナ121および第2アンテナ122の設置情報に基づいて第1車両方向 $Dv1$ を算出する機能である。算出機能F105は、定常走行が検出された場合に、第1アンテナ121の位置情報 p の時間変化に基づいて第2車両方向 $Dv2$ を算出する機能である。算出機能F107は、第2車両方向 $Dv2$ に基づいて第1車両方向 $Dv1$ を修正するための方向修正パラメータを算出する機能である。推定機能F110は、方向修正パラメータと第1車両方向 $Dv1$ に基づいて車両110の位置および姿勢を推定する機能である。

10

【0094】

このような構成により、本実施形態の作業車両100によれば、従来の装置よりも柔軟に第1アンテナ121および第2アンテナ122の設置位置の誤差を検出することが可能になる。より詳細には、第1アンテナ121および第2アンテナ122は、衛星測位システムからの電波が車両110やベッセル140などによって遮蔽されないように、たとえば、車体フレーム111から上方に延びるポールの先端に取り付けられる。また、作業車両100は、たとえば、ベッセル140に鉱石や土砂などを積載したり、ベッセル140から積載物を降ろしたり、鉱山や建設現場などの凹凸の多い地面の上を走行したりする。そのため、第1アンテナ121および第2アンテナ122には、振動や衝撃が作用することがある。すると、時間の経過にともなって、第1アンテナ121および第2アンテナ122のあらかじめ設定された設置位置と、実際の設置位置との間に誤差が生じることがある。このような場合、あらかじめ設定された設置位置に基づいて算出される第1車両方向 $Dv1$ と、実際の車両方向との間に誤差が生じることがある。

20

30

【0095】

そこで、本実施形態の作業車両100は、前述のように、制御装置150の検出機能F106によって定常走行が検出された場合に、第1アンテナ121が受信した衛星測位システムの電波に基づく第1アンテナ121の位置情報 p の時間変化を用いて第2車両方向 $Dv2$ を算出する。そして、第2車両方向 $Dv2$ に基づいて第1車両方向 $Dv1$ を修正するための方向修正パラメータを算出し、その方向修正パラメータと第1車両方向 $Dv1$ に基づいて車両110の位置および姿勢を推定する。すなわち、本実施形態の作業車両100は、従来の装置のような極めて限定された走行状態だけではなく、より多様な走行状態を含む定常走行を行うことで、第1車両方向 $Dv1$ と実際の車両方向 Dv との間の誤差をより柔軟に補正することができる。また、第1アンテナ121および第2アンテナ122の設置位置に生じた誤差を検出するための作業が不要となる。

40

【0096】

また、本実施形態の作業車両100において、制御装置150は、方向修正パラメータの使用可否を判定する判定機能F109をさらに有している。そして、制御装置150の推定機能F110は、方向修正パラメータが使用可能である場合に、方向修正パラメータと第1車両方向 $Dv1$ に基づいて、車両110の位置および姿勢を推定する。この構成により、たとえば、大きな誤差を含む方向修正パラメータに基づいて第1車両方向 $Dv1$ が補正されることが防止され、第1車両方向 $Dv1$ をより正確に補正することが可能になる。

50

【 0 0 9 7 】

また、本実施形態の作業車両 1 0 0 において、定常走行は、中心および半径が同一の円周に沿って走行する旋回と、一直線に走行する直進とを含む。この構成により、従来の装置のような作業車両 1 0 0 が略水平面を前後方向に進行する極めて限定された走行状態だけではなく、旋回と直進を含む定常走行を行うことで、第 1 車両方向 $D v 1$ と実際の車両方向との間の誤差をより柔軟に補正することができる。

【 0 0 9 8 】

また、本実施形態の作業車両 1 0 0 において、定常走行は、車両 1 1 0 の速度の平均値が所定の速度閾値 $V t h$ よりも高いことを含む。この構成により、車両 1 1 0 が停止しているような場合や、車両 1 1 0 が速度閾値 $V t h$ 以下の速度で徐行しているような場合を、定常走行から除外して、車両 1 1 0 の位置および姿勢をより正確に推定することが可能になる。

10

【 0 0 9 9 】

また、本実施形態の作業車両 1 0 0 は、車両 1 1 0 に取り付けられたベッセル 1 4 0 と、ベッセル 1 4 0 を昇降させる昇降機構である昇降シリンダ 1 4 2 と、ベッセル 1 4 0 の高さを検知する昇降センサ 1 3 4 と、を備えている。そして、本実施形態の作業車両 1 0 0 において、定常走行は、ベッセル 1 4 0 の高さが、所定の高さ閾値 $H t h$ よりも低いことを含む。

【 0 1 0 0 】

この構成により、本実施形態の作業車両 1 0 0 は、たとえばベッセル本体 1 4 1 の前端部 1 4 1 a が、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 の高さに基づく高さ閾値 $H t h$ 以上である場合に、第 2 車両方向 $D v 2$ が算出されない。そのため、衛星測位システムから第 1 アンテナ 1 2 1 または第 2 アンテナ 1 2 2 への電波がベッセル 1 4 0 によって遮られた状態で第 2 車両方向 $D v 2$ を算出することが防止され、第 2 車両方向 $D v 2$ の誤差が減少する。したがって、本実施形態の作業車両 1 0 0 によれば、車両 1 1 0 の位置および姿勢をより正確に推定することが可能になる。

20

【 0 1 0 1 】

また、本実施形態の作業車両 1 0 0 は、オペレータまたはユーザへ情報を通知するための情報通知装置を備えることができる。この場合、制御装置 1 5 0 は、方向修正パラメータが所定の閾値を超えた場合に、第 1 アンテナ 1 2 1 および第 2 アンテナ 1 2 2 の設置情報に対する誤差情報を、情報通知装置へ出力することができる。この構成により、本実施形態の作業車両 1 0 0 は、オペレータまたはユーザへ第 1 アンテナ 1 2 1 または第 2 アンテナ 1 2 2 の設置位置の誤差が生じていることを通知できる。

30

【 0 1 0 2 】

以上説明したように、本実施形態によれば、従来の装置よりも柔軟に第 1 アンテナ 1 2 1 または第 2 アンテナ 1 2 2 の設置位置の誤差を検出することが可能な作業車両 1 0 0 を提供することができる。

【 0 1 0 3 】

[実施形態 2]

以下、実施形態 1 で用いた一部の図を援用し、さらに図 1 5 から図 1 7 を参照して、本開示に係る作業車両の実施形態 2 を説明する。図 1 5 は、本開示に係る作業車両の実施形態 2 を示す制御装置 1 5 0 の機能ブロック図である。本実施形態の作業車両 1 0 0 は、制御装置 1 5 0 が備える機能が、前述の実施形態 1 の作業車両 1 0 0 と異なっている。本実施形態の作業車両 1 0 0 のその他の点は、前述の実施形態 1 の作業車両 1 0 0 と同様であるため、同様の部分には同一の符号を付して説明を省略する。

40

【 0 1 0 4 】

本実施形態の作業車両 1 0 0 において、制御装置 1 5 0 は、前述の実施形態 1 の算出機能 $F 1 0 0$ と同様の位置および姿勢の算出機能 $F 1 0 0'$ を有している。また、本実施形態の作業車両 1 0 0 において、制御装置 1 5 0 は、状態監視機能 $F 2 0 0$ に代えて、走行制御機能 $F 3 0 0$ を有している。本実施形態の制御装置 1 5 0 において、算出機能 $F 1 0$

50

0'は、推定機能F110による車両110の位置および姿勢の推定結果と、検出機能F106による定常走行の検知結果を、走行制御機能F300へ出力する。

【0105】

走行制御機能F300は、算出機能F100'から入力された推定結果と検知結果に基づいて、車両110の走行制御を実行する。より具体的には、走行制御機能F300は、車両110の各種のアクチュエータを制御して、車両110のアクセルペダル、ブレーキペダル、変速機、ステアリングホイールなどを自動的に操作して、車両110を走行させる。また、本実施形態の作業車両100において、制御装置150は、たとえば、検出機能F106により、図3および図4に示す定常走行を検出する処理P4に代えて、図16に示す定常走行を検出する処理P4'を実行する。

10

【0106】

図16は、本実施形態の制御装置150の検出機能F106による処理P4'の一例を示すフロー図である。図16に示す処理P4'において、図6に示す実施形態1の処理P4と同様の処理には、同一の符号を付して説明を省略する。

【0107】

図16に示す処理P4'の処理P402において、制御装置150は、車両110の平均速度が所定の速度閾値Vth以下(NO)と判定すると、たとえば検出機能F106により、記憶装置に記憶された速度不足フラグを1に設定する処理P411を実行する。この速度不足フラグが1に設定された状態は、車両110の速度が不足しているために方向修正パラメータの算出ができない状態であることを示している。処理P411の終了後、制御装置150は、前述の実施形態1と同様に、定常走行フラグを0に設定する処理P408を実行する。

20

【0108】

また、図16に示す処理P4'の処理P406において、制御装置150は、車両110の走行状態が定常走行ではない(NO)と判定すると、たとえば検出機能F106により、記憶装置に記憶された非定常フラグを1に設定する処理P412を実行する。この非定常フラグが1に設定された状態は、車両110の走行状態が定常走行ではなく、方向修正パラメータの算出ができない状態であることを示している。処理P412の終了後、制御装置150は、前述の実施形態1と同様に、定常走行フラグを0に設定する処理P408を実行する。

30

【0109】

なお、速度不足フラグおよび非定常フラグの初期値は0であり、制御装置150のサンプリング周期毎の起動と同時に初期化される。速度不足フラグまたは非定常フラグが1に設定されると、方向修正パラメータは算出されず、作業車両100の姿勢の推定誤差が大きくなる。そこで、本実施形態の制御装置150は、走行制御機能F300により、車両110の走行状態が定常走行となるように、車両110の走行制御を実行する。

【0110】

図17は、本実施形態の作業車両100における制御装置150の走行制御機能F300による処理P15の一例を示すフロー図である。制御装置150は、図17に示す処理P15を開始すると、まず、記憶装置に記憶された速度不足フラグおよび非定常フラグを取得する処理P1501を実行する。

40

【0111】

次に、制御装置150は、速度不足フラグが1であるか否かを判定する処理P1502を実行する。この処理P1502において、制御装置150は、速度不足フラグが1である(YES)と判定すると、車両110の速度が不足して方向修正パラメータが算出できない状態であることが判断できる。この場合、制御装置150は、車両110を速度閾値Vthを超える所定の速度まで加速させる走行制御のパラメータを設定する処理P1503を実行する。この処理P1503の終了後、制御装置150は、後述する割り込みの有無を判定する処理P1509を実行する。

【0112】

50

一方、処理 P 1 5 0 2 において、制御装置 1 5 0 は、速度不足フラグが 1 ではない (N O) と判定すると、非定常フラグが 1 であるか否かを判定する処理 P 1 5 0 4 を実行する。この処理 P 1 5 0 4 において、制御装置 1 5 0 は、非定常フラグが 1 ではない (N O) と判定すると、車両 1 1 0 の走行状態は方向修正パラメータを算出可能な定常走行であると判断できることから、後述する割り込みの有無を判定する処理 P 1 5 0 9 を実行する。

【 0 1 1 3 】

一方、処理 P 1 5 0 4 において、制御装置 1 5 0 は、非定常フラグが 1 である (Y E S) と判定すると、車両 1 1 0 の速度が所定の速度閾値 V_{th}' よりも高いか否かを判定する処理 P 1 5 0 5 を実行する。この処理 P 1 5 0 5 において、制御装置 1 5 0 は、車両 1 1 0 の速度が速度閾値 V_{th}' よりも高い (Y E S) と判定すると、車両 1 1 0 の速度が定常走行の速度範囲に入るように、車両 1 1 0 を減速させる走行制御のパラメータを設定する処理 P 1 5 0 6 を実行する。この処理 P 1 5 0 6 の終了後、制御装置 1 5 0 は、後述する割り込みの有無を判定する処理 P 1 5 0 9 を実行する。

10

【 0 1 1 4 】

一方、処理 P 1 5 0 5 において、制御装置 1 5 0 は、車両 1 1 0 の速度が所定の速度閾値 V_{th}' 以下である (N O) と判定すると、車両 1 1 0 の速度に調整の余裕がないと判断できる。この場合、制御装置 1 5 0 は、車両 1 1 0 の角速度の絶対値 $|\omega|$ が所定の角速度閾値 ω_{th} よりも低い (Y E S) と判定すると、車両 1 1 0 が直進していると判断できる。この場合、制御装置 1 5 0 は、ステアリングホイールの操舵角を維持する走行制御のパラメータを設定する処理 P 1 5 0 8 を実行する。この処理 P 1 5 0 8 の終了後、制御装置 1 5 0 は、後述する割り込みの有無を判定する処理 P 1 5 0 9 を実行する。

20

【 0 1 1 5 】

一方、処理 P 1 5 0 7 において、制御装置 1 5 0 は、車両 1 1 0 の角速度の絶対値 $|\omega|$ が所定の角速度閾値 ω_{th} 以上である (N O) と判定すると、割り込みの有無を判定する処理 P 1 5 0 9 を実行する。この処理 P 1 5 0 9 において、制御装置 1 5 0 は、他の制御装置から制御を停止させる割り込み信号が入力されたか否かと、車両 1 1 0 のオペレータによる車両 1 1 0 の操作の割り込みがあるか否かを判定する。

30

【 0 1 1 6 】

この処理 P 1 5 0 9 において、制御装置 1 5 0 は、割り込みがない (N O) と判定すると、前述の処理 P 1 5 0 3、P 1 5 0 6、または P 1 5 0 8 において設定されたパラメータに基づいて車両 1 1 0 の走行制御を行う処理 P 1 5 1 0 を実行し、図 1 7 に示す処理 P 1 5 を終了する。一方、処理 P 1 5 0 9 において、制御装置 1 5 0 は、割り込みがある (Y E S) と判定すると、前述の処理 P 1 5 0 3、P 1 5 0 6、または P 1 5 0 8 において設定されたパラメータに基づく車両 1 1 0 の走行制御を中止する処理 P 1 5 1 1 を実行し、図 1 7 に示す処理 P 1 5 を終了する。

【 0 1 1 7 】

以上のように、本実施形態の作業車両 1 0 0 において、制御装置 1 5 0 は、車両 1 1 0 の走行を制御する走行制御機能 F 3 0 0 を有している。この走行制御機能 F 3 0 0 は、検出機能 F 1 0 6 によって車両 1 1 0 の定常走行が検出されなかった場合に、定常走行の条件を満たすように車両 1 1 0 を制御する。このような構成により、本実施形態の作業車両 1 0 0 によれば、実施形態 1 の作業車両 1 0 0 と同様の効果を奏することができるだけでなく、制御装置 1 5 0 によって車両 1 1 0 の走行状態を定常走行に制御して、より確実に方向修正パラメータを算出することが可能になる。

40

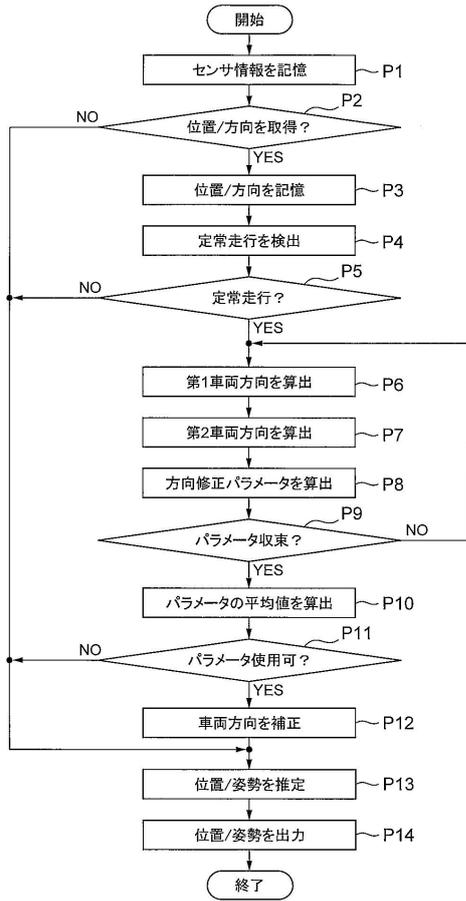
【 0 1 1 8 】

以上、図面を用いて本開示に係る作業車両の実施形態を詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があっても、それらは本開示に含まれるものである。

【 符号の説明 】

50

【図3】



【図4】

T1

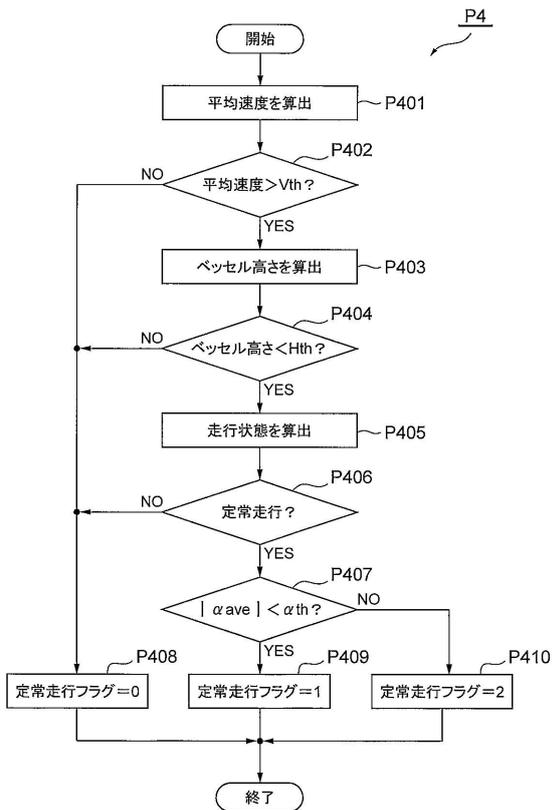
時刻	t	t-1	...	t-m	...
角速度	w(t)	w(t-1)	...	w(t-m)	...
加速度	a(t)	a(t-1)	...	a(t-m)	...
速度	v(t)	v(t-1)	...	v(t-m)	...
昇降状態	h(t)	h(t-1)	...	h(t-m)	...

【図5】

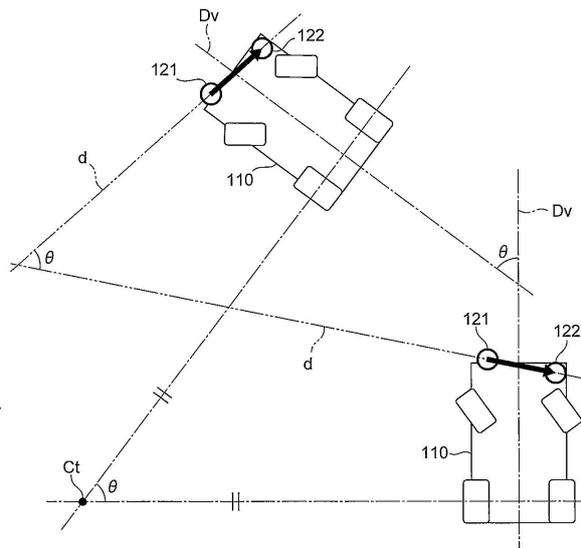
T2

時刻	t	t-m	...	t-6m	...
アンテナ位置	p(t)	p(t-m)	...	p(t-6m)	...
アンテナ基線方向	d(t)	d(t-m)	...	d(t-6m)	...

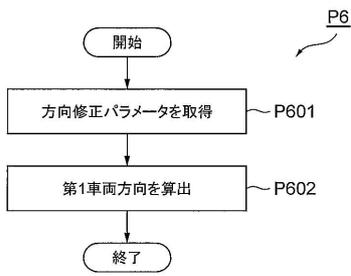
【図6】



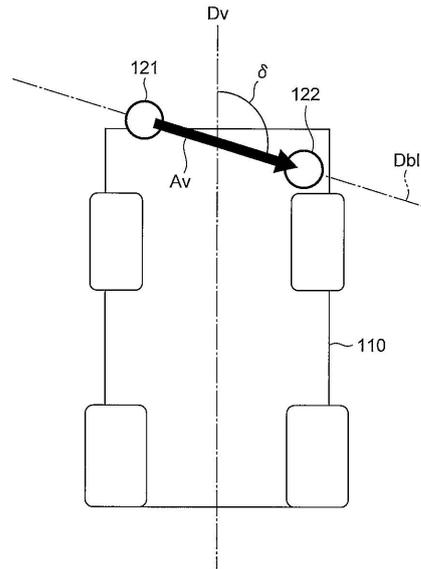
【図7】



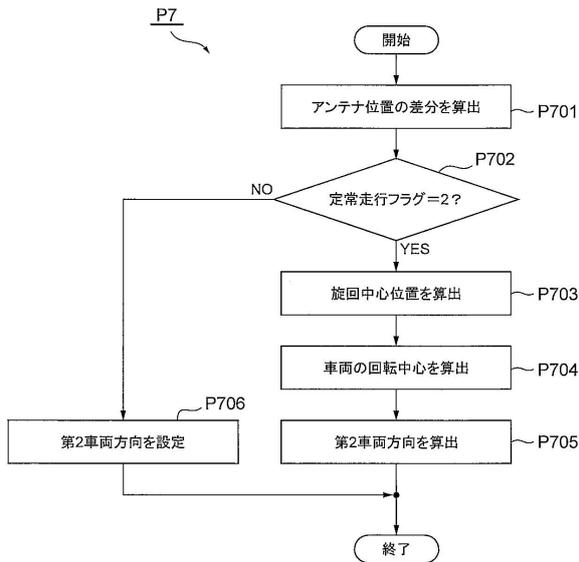
【図8】



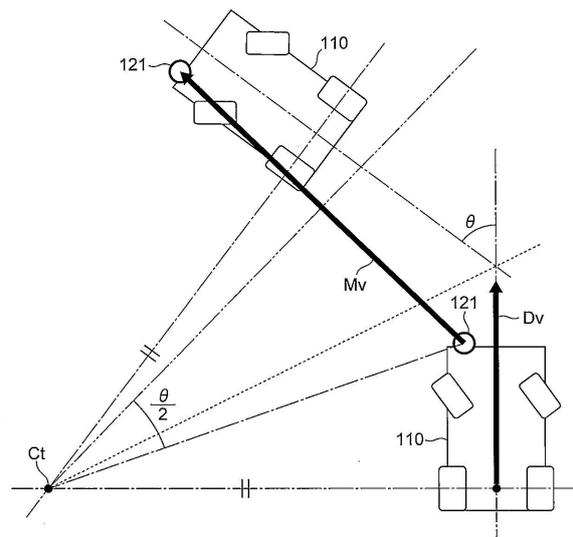
【図9】



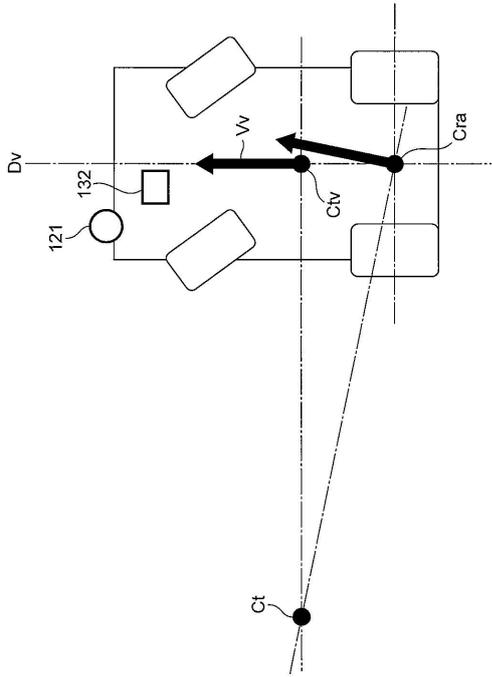
【図10】



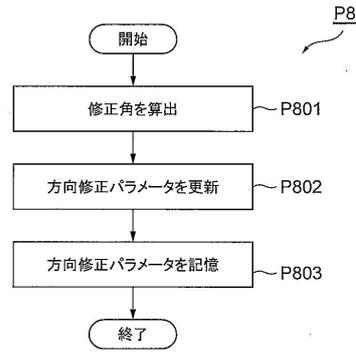
【図11】



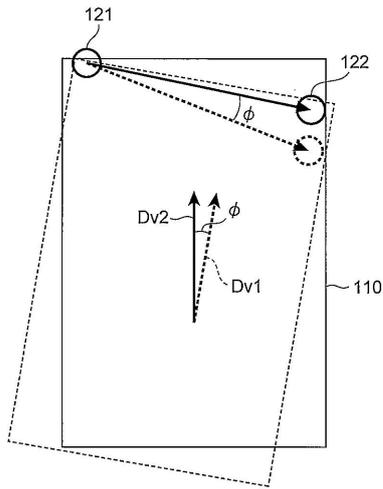
【図12】



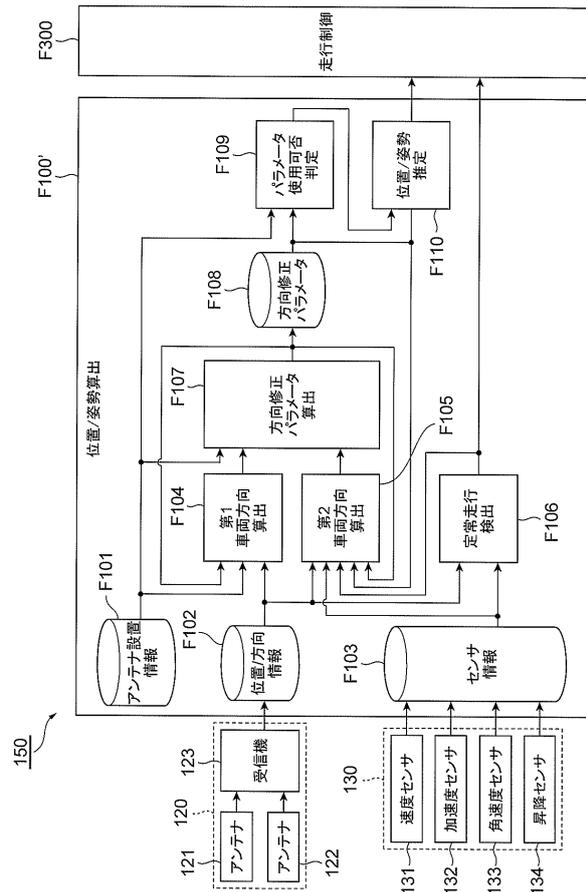
【図13】



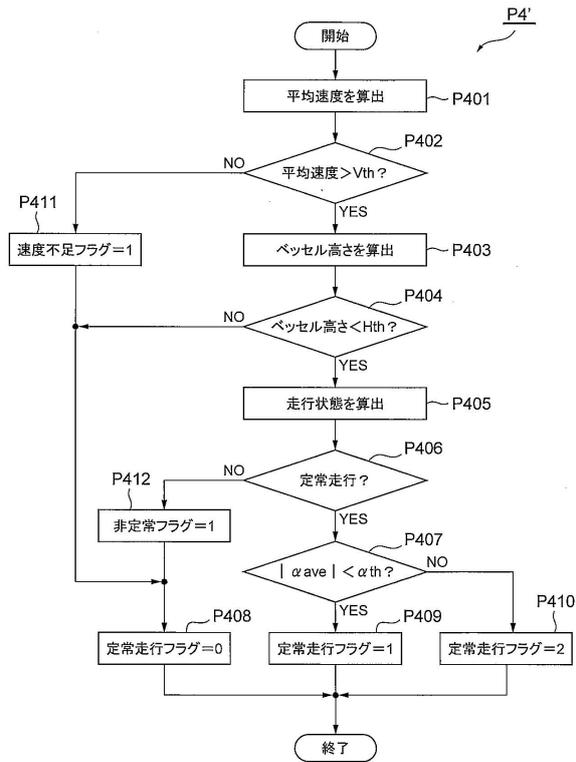
【図14】



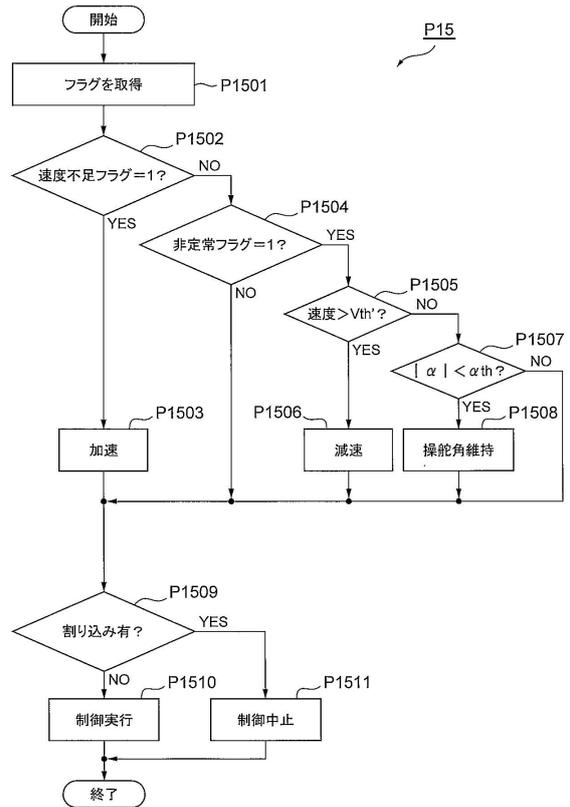
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-228318(JP,A)
特開平04-359113(JP,A)
国際公開第2007/066695(WO,A1)
特開2002-358122(JP,A)
特開2013-169931(JP,A)
特開2013-170903(JP,A)
国際公開第2006/067968(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 19/00-19/55
G01C 21/00-21/36
G01C 23/00-25/00