

(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
2020年6月4日(04.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/111088 A1

(51) 国際特許分類:
A01B 69/00 (2006.01) G05D 1/02 (2020.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/046267

(22) 国際出願日: 2019年11月27日(27.11.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

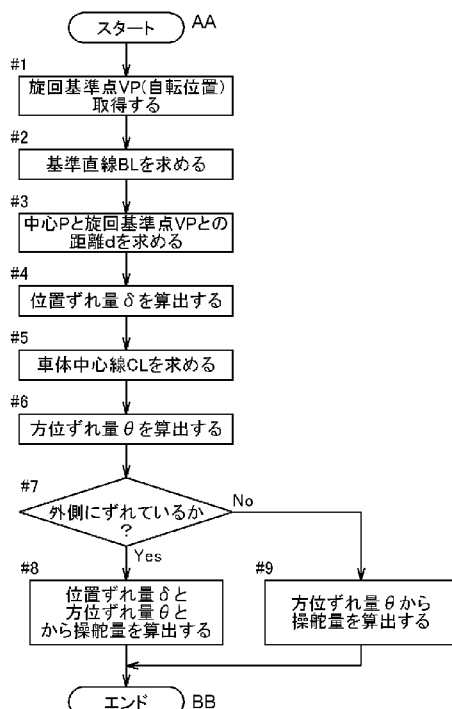
(30) 優先権データ:
特願 2018-225375 2018年11月30日(30.11.2018) JP

(71) 出願人: 株式会社クボタ (KUBOTA CORPORATION) [JP/JP]; 〒5568601 大阪府大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 中 林 隆 志 (NAKABAYASHI Takashi); 〒5900823 大阪府堺市堺区石津北町64番地 株式会社クボタ 堺製造所内 Osaka (JP). 佐野友彦 (SANO Tomohiko); 〒6610967 兵庫県尼崎市浜一丁目1番1号 株式会社クボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP). 吉田脩 (YOSHIDA Osamu); 〒6610967 兵庫県尼崎市浜一丁目1番1号 株式会社クボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP). 川畑翔太郎 (KAWAHATA Shotaro); 〒6610967 兵庫県尼崎市浜一丁目1番1号 株式会社クボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP). 安東寛通 (ANDO Hiromichi); 〒6610967 兵庫県尼崎市浜一丁目1番1号 株式会社クボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP). 丸尾賢 (MARUO Satoshi);

(54) Title: AUTOMATIC STEERING SYSTEM, AUTOMATIC STEERING METHOD, AND AUTOMATIC STEERING PROGRAM

(54) 発明の名称: 自動操舵システム、自動操舵方法および自動操舵プログラム



#1 Acquire turning reference point VP (rotation position)
#2 Determine reference straight line BL
#3 Determine distance d between center P and turning reference point VP
#4 Calculate positional deviation quantity δ
#5 Determine chassis center line CL
#6 Calculate azimuthal deviation quantity θ
#7 Is deviation toward outer side?
#8 Calculate steering quantity from positional deviation quantity δ and azimuthal deviation quantity θ
#9 Calculate steering quantity from azimuthal deviation quantity θ
AA Start
BB End

(57) Abstract: This automatic steering system causes a work vehicle to travel automatically so as to trace a preset turning circle, and is provided with: a reference point calculation unit for calculating the position of a reference point VP in a work vehicle; a reference straight line calculation unit for calculating, as a reference straight line BL, a straight line that passes through the center P of the turning circle and the reference point VP; a chassis orientation calculation unit for calculating a chassis orientation indicating the orientation of a chassis of the work vehicle; an azimuthal deviation quantity calculation



〒6610967 兵庫県尼崎市浜一丁目1番1号 株式会社クボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 R & C (R&C IP LAW FIRM); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目3番3号 Osaka (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, JO, 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, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

unit for calculating, as an azimuthal deviation quantity θ , an intersecting angle formed between the vehicle orientation and a line which passes through the reference point VP and which is perpendicular to the reference straight line BL; a deviation direction determination unit for determining the positional relation between the reference point VP and the outer circumference of the turning circle; and a steering control unit which outputs a steering quantity so that the azimuthal deviation quantity θ becomes smaller in the case when the reference point VP is located on the inner side of the outer circumference of the turning circle.

(57) 要約: 設定された旋回円に沿って作業車を自動走行させる自動操舵システムであって、作業車における基準点VPの位置を算出する基準点算出部と、旋回円の中心Pと基準点VPとを通る直線を基準直線BLとして算出する基準直線算出部と、作業車の車体の向きを示す車体方位を算出する車体方位算出部と、基準点VPを通り基準直線BLに垂直な線と車体方位との交差角を方位ずれ量 θ として算出する方位ずれ量算出部と、基準点VPと旋回円の外周との位置関係を判定するずれ方向判定部と、基準点VPが旋回円の外周より内側に位置する場合、方位ずれ量 θ が小さくなる操舵量を出力する操舵制御部とを備える。

明 細 書

発明の名称：

自動操舵システム、自動操舵方法および自動操舵プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、設定された旋回円に沿って作業車を自動走行させる自動操舵システム、自動操舵方法および自動操舵プログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 による農業用作業車は、GPS 衛星からの電波を受信する GPS 受信装置を備え、算出された自車位置に基づいて、目標経路に追従するように自動走行する。直進走行では、直線状の目標経路から車体がずれた場合には、つまり、車体中心線上に設置されている制御基準点が目標経路からずれた場合には、位置偏差（位置ずれ）および方位偏差（方位ずれ）に基づいて、操舵制御が行われる。旋回走行では、車体前側の前輪中心部が制御基準位置に設定され、旋回経路の中心と制御基準位置とを結ぶ直線と、旋回経路と、の交点を通る車体の接線ベクトルに対する、制御基準位置の位置偏差と方位偏差が算出される。算出された位置偏差と方位偏差に基づいて操舵制御が行われる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：日本国特開 2002-358122 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 による操舵制御では、位置偏差（位置ずれ量）と方位偏差（方位ずれ量）とを求めるために、旋回経路の旋回中心と制御基準位置とを結ぶ直線と、旋回経路と、の交点を通る車体の接線ベクトルを算出する必要があるが、接線ベクトルの算出は演算負荷が高いため、演算時間がかかる。また、作業車では、乗用車などに比べて小さい旋回半径が用いられるので、旋回

走行において接線ベクトルは急速に変化していくことになり、演算負荷の高い接線ベクトルの算出を短時間で行う必要がある。これを行うためには、高いコストの演算機能が要求される。

[0005] また、車体が旋回経路の内側にある場合と外側にある場合とで、操舵制御に伴って車体や圃場が受ける影響が異なる。例えば、車体が旋回経路の外側にある場合は、操舵方向は同一で操舵量を増大させるだけである。これに対して、車体が旋回経路の内側にある場合は、操舵量が増大するだけでなく、制御前後で操舵方向が逆向きに操舵される。そのため、位置ずれ量と方位ずれ量との両方を用いて操舵制御を行うと、車体が旋回経路の内側にある場合、操舵方向が逆転して操舵角の変更量が大きくなりすぎ、車体の走行が不安定になったり、圃場を荒らしたりする場合があった。

[0006] このような実情に鑑み、旋回走行において、簡単な算法で高速に位置ずれ量および方位ずれ量を算出することができ、正確で適切な操舵制御が可能な自動操舵システムが要望されている。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一実施形態に係る自動操舵システムは、設定された旋回円に沿って作業車を自動走行させる自動操舵システムであって、前記作業車における基準点の位置を算出する基準点算出部と、前記旋回円の中心と前記基準点とを通る直線を基準直線として算出する基準直線算出部と、前記作業車の車体の向きを示す車体方位を算出する車体方位算出部と、前記基準点を通り前記基準直線に垂直な線と前記車体方位との交差角を方位ずれ量として算出する方位ずれ量算出部と、前記基準点と前記旋回円の外周との位置関係を判定するずれ方向判定部と、前記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合、前記方位ずれ量が小さくなる操舵量を出力する操舵制御部とを備える。

[0008] 作業車が旋回円の外側にずれている場合には、作業車を旋回経路である旋回円上に戻すために、操舵方向が現状の操舵方向と同じで操舵量が多くなるように操舵制御が行われる。これに対して、作業車が旋回円の内側にずれている場合には、作業車を旋回経路である旋回円上に戻すために、操舵方向が

現状の操舵方向と逆向きになるように操舵制御が行われる。そのため、作業車が旋回円の内側にずれている場合には、作業車が急激に旋回し、作業車の走行安定性が悪化したり、作業車の旋回により圃場が荒らされる場合があった。このような問題を解決するために、作業車が旋回円の内側にずれている場合には、作業車が旋回円の外側にずれている場合と異なり、操舵制御が方位ずれ量のみに基づいて行われる。これにより、作業車が急激に旋回することが抑制され、作業車の走行安定性が悪化したり、作業車の旋回により圃場が荒らされることが抑制されて、正確で適切な操舵制御が可能となる。

[0009] また、前記操舵制御部は、現在の操舵量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D制御方式またはP I制御方式で前記操舵量を演算して出力することが好ましい。

[0010] このような構成により、経時的に方位ずれ量がフィードバックされ、より迅速かつ正確に、適切な操舵制御が行われる。

[0011] また、前記基準直線と前記旋回円との交点から前記基準点までの距離を位置ずれ量として算出する位置ずれ量算出部を備え、前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合、前記操舵制御部は、前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とが小さくなる操舵量を出力することが好ましい。

[0012] このような構成により、作業車が旋回円の外側にずれている場合には、位置ずれ量と方位ずれ量とに基づいて迅速かつ細かな操舵制御を行うことができると共に、作業車が旋回円の内側にずれている場合には、作業車が急激に旋回することが抑制され、正確で適切な操舵制御が可能となる。

[0013] また、前記操舵制御部は、現在の操舵量と前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D制御方式またはP I制御方式で前記操舵量を演算して出力することが好ましい。

[0014] このような構成により、経時的に方位ずれ量と共に位置ずれ量がフィードバックされ、より迅速かつ正確に、適切な操舵制御が行われる。

[0015] 本発明の一実施形態に係る自動操舵方法は、設定された旋回円に沿って作業車を自動走行させる自動操舵方法であって、前記作業車における基準点の

位置を算出する工程と、前記旋回円の中心と前記基準点とを通る直線を基準直線として算出する工程と、前記作業車の車体の向きを示す車体方位を算出する工程と、前記基準点を通り前記基準直線に垂直な線と前記車体方位との交差角を方位ずれ量として算出する工程と、前記基準点と前記旋回円の外周との位置関係を判定する工程と、前記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合、前記方位ずれ量が小さくなる操舵量を出力する工程とを備える。

[0016] このように、作業車が旋回円の内側にずれている場合には、作業車が旋回円の外側にずれている場合と異ならせることが可能となり、操舵制御が方位ずれ量のみに基づいて行われる。その結果、作業車が急激に旋回することが抑制され、作業車の走行安定性が悪化したり、作業車の旋回により圃場が荒らされることが抑制されて、正確で適切な操舵制御が可能となる。

[0017] また、出力される前記操舵量は、現在の操舵量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D制御方式またはP I制御方式で演算されることが好ましい。

[0018] このような構成により、経時的に方位ずれ量がフィードバックされ、より迅速かつ正確に、適切な操舵制御が行われる。

[0019] また、前記基準直線と前記旋回円との交点から前記基準点までの距離を位置ずれ量として算出する工程を備え、前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合、出力される前記操舵量は、前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とが小さくなる操舵量であることが好ましい。

[0020] このような構成により、作業車が旋回円の外側にずれている場合には、位置ずれ量と方位ずれ量とに基づいて迅速かつ細かな操舵制御を行うことができると共に、作業車が旋回円の内側にずれている場合には、作業車が急激に旋回することが抑制され、正確で適切な操舵制御が可能となる。

[0021] また、出力される前記操舵量は、現在の操舵量と前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D制御方式またはP I制御方式で演算されることが好ましい。

[0022] このような構成により、経時的に方位ずれ量と共に位置ずれ量がフィードバックされ、より迅速かつ正確に、適切な操舵制御が行われる。

[0023] 本発明の一実施形態に係る自動操舵プログラムは、設定された旋回円に沿って作業車を自動走行させる自動操舵プログラムであって、前記作業車における基準点の位置を算出する手順と、前記旋回円の中心と前記基準点とを通る直線を基準直線として算出する手順と、前記作業車の車体の向きを示す車体方位を算出する手順と、前記基準点を通り前記基準直線に垂直な線と前記車体方位との交差角を方位ずれ量として算出する手順と、前記基準点と前記旋回円の外周との位置関係を判定する手順と、前記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合、前記方位ずれ量が小さくなる操舵量を出力する手順とをコンピュータに実行させるためのものである。

[0024] このように、作業車が旋回円の内側にずれている場合には、作業車が旋回円の外側にずれている場合と異ならせることが可能となり、操舵制御が方位ずれ量のみに基づいて行われる。その結果、作業車が急激に旋回することが抑制され、作業車の走行安定性が悪化したり、作業車の旋回により圃場が荒らされることが抑制されて、正確で適切な操舵制御が可能となる。

[0025] また、出力される前記操舵量は、現在の操舵量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、PID制御方式またはPI制御方式で演算されることが好ましい。

[0026] このような構成により、経時的に方位ずれ量がフィードバックされ、より迅速かつ正確に、適切な操舵制御が行われる。

[0027] また、前記基準直線と前記旋回円との交点から前記基準点までの距離を位置ずれ量として算出する手順をコンピュータに実行させ、前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合、出力される前記操舵量は、前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とが小さくなる操舵量であることが好ましい。

[0028] このような構成により、作業車が旋回円の外側にずれている場合には、位置ずれ量と方位ずれ量とに基づいて迅速かつ細かな操舵制御を行うことができると共に、作業車が旋回円の内側にずれている場合には、作業車が急激に

旋回することが抑制され、正確で適切な操舵制御が可能となる。

[0029] また、出力される前記操舵量は、現在の操舵量と前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D制御方式またはP I制御方式で演算されることが好ましい。

[0030] このような構成により、経時的に方位ずれ量と共に位置ずれ量がフィードバックされ、より迅速かつ正確に、適切な操舵制御が行われる。

[0031] 上記自動操舵システム、自動操舵方法および自動操舵プログラムにおいて、前記P I D制御方式および前記P I制御方式における制御ゲインは、前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合の方が、前記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合より大きくしても良い。

[0032] このように、作業車が旋回円の内側にずれている場合には、外側にずれている場合より制御ゲインを小さくし、ずれ量に対する操舵制御量を小さくすることができる。その結果、作業車が急激に旋回することが確実に抑制され、正確でより適切な操舵制御が可能となる。

[0033] また、前記位置ずれ量が所定の値より大きい場合、前記方位ずれ量を入力パラメータから除外しても良い。

[0034] このような構成により、ずれ量が大きな場合でも、過大な操舵制御が抑制され、急激な旋回が抑制される。

[0035] また、前記方位ずれ量が所定の角度より小さい場合、前記方位ずれ量を入力パラメータから除外しても良い。

[0036] このような構成により、過敏な旋回が抑制され、走行安定性が確保される。

[0037] また、前記旋回円として、急旋回用旋回円と、前記急旋回用旋回円より半径が大きい緩旋回用旋回円とが選択可能に用意されても良い。

[0038] このような構成により、作業状況に応じた適切な旋回を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]自動操舵システムを採用した作業車の一例としてのコンバインの側面図

である。

[図2]コンバインの自動走行の概要を示す図である。

[図3]自動走行における走行経路を示す図である。

[図4]後進を用いた旋回走行経路の例を示す図である。

[図5]後進を用いた旋回走行経路の例を示す図である。

[図6]コンバインの制御系の構成を示す機能ブロック図である。

[図7]位置ずれ量および方位ずれ量を算出する際に用いられる基本原理を説明する説明図である。

[図8]旋回制御における別な実施形態を示す模式図である。

[図9]旋回制御における別な実施形態を示す模式図である。

[図10]旋回制御における別な実施形態を示す模式図である。

[図11]旋回制御における別な実施形態を示す模式図である。

[図12]車体が内側の場合の位置ずれ量および方位ずれ量を算出する際に用いられる基本原理を説明する説明図である。

[図13]旋回制御の工程を順に示す図である。

発明を実施するための形態

[0040] 次に、本発明の自動操舵システムを採用し、自動走行可能である作業機の一例として、普通型のコンバインを取り上げて説明する。なお、本明細書では、特に断りがない限り、「前」（図1に示す矢印Fの方向）は車体前後方向（走行方向）における前方を意味し、「後」（図1に示す矢印Bの方向）は車体前後方向（走行方向）における後方を意味する。また、左右方向または横方向は、車体前後方向に直交する車体横断方向（車体幅方向）を意味する。「上」（図1に示す矢印Uの方向）および「下」（図1に示す矢印Dの方向）は、車体の鉛直方向（垂直方向）での位置関係であり、地上高さにおける関係を示す。

[0041] 図1に示すように、このコンバインは、走行車体（作業車に相当）10、クローラ式の走行装置11、運転部12、脱穀装置13、穀粒タンク14、収穫部H、搬送装置16、穀粒排出装置18、自車位置検出モジュール80

を備えている。

[0042] 走行装置 11 は、走行車体 10（以下単に車体 10 と称する）の下部に備えられている。コンバインは、走行装置 11 によって自走可能に構成されている。この走行装置 11 は、左右一対のクローラ機構（走行ユニット）から構成された操舵走行装置である。左のクローラ機構（左走行ユニット）のクローラ速度と右のクローラ機構（右走行ユニット）のクローラ速度とは独立して調整可能であり、この速度差の調整により車体 10 の走行方向での向きが変更される。運転部 12、脱穀装置 13、穀粒タンク 14 は、走行装置 11 の上側に備えられ、車体 10 の上部を構成している。運転部 12 は、コンバインを運転する運転者やコンバインの作業を監視する監視者が搭乗可能である。通常、運転者と監視者とは兼務される。なお、運転者と監視者とが別人の場合、監視者は、コンバインの機外からコンバインの作業を監視していても良い。

[0043] 穀粒排出装置 18 は、穀粒タンク 14 の後下部に連結されている。また、自車位置検出モジュール 80 は、運転部 12 の前上部に取り付けられている。

[0044] 収穫部 H は、コンバインにおける前部に備えられている。そして、搬送装置 16 は、収穫部 H の後側に接続されている。また、収穫部 H は、切断機構 15 およびリール 17 を有している。切断機構 15 は、圃場の植立穀稈を刈り取る。また、リール 17 は、回転駆動しながら収穫対象の植立穀稈を掻き込む。この構成により、収穫部 H は、圃場の穀物（農作物の一種）を収穫する。そして、コンバインは、収穫部 H によって圃場の穀物を収穫しながら走行装置 11 によって走行する作業走行が可能である。

[0045] 切断機構 15 により刈り取られた刈取穀稈は、搬送装置 16 によって脱穀装置 13 へ搬送される。脱穀装置 13 において、刈取穀稈は脱穀処理される。脱穀処理により得られた穀粒は、穀粒タンク 14 に貯留される。穀粒タンク 14 に貯留された穀粒は、穀粒排出装置 18 によって機外に排出される。

[0046] 運転部 12 には、通信端末 2 が配置されている。本実施形態において、通

信端末 2 は、運転部 1 2 に固定されている。しかしながら、本発明はこれに限定されず、通信端末 2 は、運転部 1 2 に対して着脱可能に構成されていても良い。また、通信端末 2 はコンバインの機外に持ち出されても良い。

[0047] 図 2 に示すように、このコンバインは、圃場において設定された走行経路に沿って自動走行する。このためには、自車位置が必要である。自車位置検出モジュール 8 0 には、衛星航法モジュール 8 1 と慣性航法モジュール 8 2 とが含まれている。衛星航法モジュール 8 1 は、人工衛星 G S からの G N S S (g l o b a l n a v i g a t i o n s a t e l l i t e s y s t e m) 信号 (G P S 信号を含む) を受信して、自車位置を算出するための測位データを出力する。慣性航法モジュール 8 2 は、ジャイロ加速度センサおよび磁気方位センサを組み込んでおり、瞬時の走行方向を示す位置ベクトルを出力する。慣性航法モジュール 8 2 は、衛星航法モジュール 8 1 による自車位置算出を補完するために用いられる。慣性航法モジュール 8 2 は、衛星航法モジュール 8 1 とは別の場所に配置しても良い。

[0048] このコンバインによって圃場での収穫作業を行う場合の手順は、以下に説明する通りである。

[0049] まず、運転者兼監視者は、コンバインを手動で操作し、図 2 に示すように、圃場内の外周部分において、圃場の境界線に沿って周回するように収穫走行を行う。これにより既刈地 (既作業地) となった領域は、外周領域 S A として設定される。そして、外周領域 S A の内側に未刈地 (未作業地) のまま残された領域は、作業対象領域 C A として設定される。図 2 は、外周領域 S A と作業対象領域 C A の一例を示している。

[0050] また、このとき、外周領域 S A の幅をある程度広く確保するために、運転者は、コンバインを 2 ～ 3 周走行させる。この走行においては、コンバインが 1 周する毎に、コンバインの作業幅分だけ外周領域 S A の幅が拡大する。最初の、2 ～ 3 週の走行が終わると、外周領域 S A の幅は、コンバインの作業幅の 2 ～ 3 倍程度の幅となる。この周回走行は、予め与えられた圃場外形状態データに基づいて自動走行によって行われても良い。

- [0051] 外周領域S Aは、作業対象領域C Aにおいて収穫走行を行うときに、コンバインが方向転換するためのスペースとして利用される。また、外周領域S Aは、収穫走行を一旦終えて、穀粒の排出場所へ移動する際や、燃料の補給場所へ移動する際等の移動用のスペースとしても利用される。
- [0052] なお、図2に示す運搬車C Vは、コンバインから排出された穀粒を収集し、運搬することができる。穀粒排出の際、コンバインは運搬車C Vの近傍へ移動した後、穀粒排出装置18によって穀粒を運搬車C Vへ排出する。
- [0053] 外周領域S Aおよび作業対象領域C Aが設定されると、図3に示すように、作業対象領域C Aにおける走行経路が算定される。算定された走行経路は、作業走行のパターンに基づいて順次設定され、設定された走行経路に沿って、コンバインが自動走行する。なお、このコンバインは、旋回走行のための旋回パターンとして、図3に示すようなU字状の旋回走行経路に沿って方向転換するU旋回パターンと、図4に示すような前後進を繰り返しながら方向転換する α 旋回パターンと、図5に示すような後進走行をともなってU旋回パターンよりも狭い領域でU旋回パターンと同様の方向転換をするスイッチバック旋回パターンとを有する。図4の α 旋回パターンでは、90°の繰り返し旋回走行経路が示されている。この繰り返し旋回走行では、その経路は、移行元走行経路L 1から、前進走行経路M L 1、後進走行経路M L 2、前進走行経路M L 3を経て、移行先走行経路L 2に至る。図5のスイッチバック旋回パターンでは直線往復走行での経路移行で用いられる180°の繰り返し旋回走行が示されている。この繰り返し旋回走行でも同様に、その経路は、移行元走行経路L 1から、前進走行経路M L 4、後進走行経路M L 5、前進走行経路M L 6を経て、移行先走行経路L 2に至る。このような後進を含む旋回走行は、穀粒タンク14が満杯になって、作業対象領域C Aの走行経路から離脱したコンバインが、運搬車C Vに対して位置合わせする時などにも行われる。
- [0054] 図6に、本発明による自動操舵システムを利用するコンバインの制御系が示されている。コンバインの制御系は、多数のE C Uと呼ばれる電子制御ユ

ニットからなる制御ユニット５、および、この制御ユニット５との間で車載ＬＡＮなどの配線網を通じて信号通信（データ通信）を行う各種入出力機器から構成されている。

[0055] 報知デバイス６２は、運転者等に作業走行状態や種々の警告を報知するためのデバイスであり、ブザー、ランプ、スピーカ、ディスプレイなどである。通信部６６は、このコンバインの制御系が、通信端末２との間で、あるいは、遠隔地に設置されている管理コンピュータとの間でデータ交換するために用いられる。通信端末２には、圃場に立っている監視者、またはコンバイン乗り込んでいる運転者兼監視者が操作するタブレットコンピュータ、自宅や管理事務所に設置されているコンピュータなども含まれる。制御ユニット５は、この制御系の中核要素であり、複数のＥＣＵの集合体として示されている。自車位置検出モジュール８０からの信号は、車載ＬＡＮを通じて制御ユニット５に入力される。

[0056] 制御ユニット５は、入出力インタフェースとして、出力処理部５０３と入力処理部５０２とを備えている。出力処理部５０３は、機器ドライバ６５を介して種々の動作機器７０と接続している。動作機器７０として、走行関係の機器である走行機器群７１と作業関係の機器である作業機器群７２とがある。走行機器群７１には、例えば、操舵機器７１０、エンジン機器、変速機器、制動機器などが含まれている。作業機器群７２には、収穫部Ｈ（図１参照）、脱穀装置１３（図１参照）、搬送装置１６（図１参照）、穀粒排出装置１８（図１参照）における動力制御機器などが含まれている。

[0057] 入力処理部５０２には、走行状態センサ群６３、作業状態センサ群６４、走行操作ユニット９０、などが接続されている。走行状態センサ群６３には、エンジン回転数センサ、オーバーヒート検出センサ、ブレーキペダル位置検出センサ、変速位置検出センサ、操舵位置検出センサなどが含まれている。作業状態センサ群６４には、収穫作業装置（収穫部Ｈ、脱穀装置１３、搬送装置１６、穀粒排出装置１８）の駆動状態を検出するセンサ、穀稈や穀粒の状態を検出するセンサなどが含まれている。

[0058] 走行操作ユニット９０は、運転者によって手動操作され、その操作信号が制御ユニット５に入力される操作具の総称である。走行操作ユニット９０には、主変速操作具９１、操舵操作具９２、モード操作具９３、自動開始操作具９４、などが含まれている。手動走行モードでは、操舵操作具９２を中立位置から左右に揺動操作することにより、左のクローラ機構のクローラ速度と右のクローラ機構のクローラ速度とが調整され、車体１０（以下、いずれも図１参照）の向きが変更される。本発明では、車体１０が進行する向きを変更する操作を操舵と総称し、車輪等の向きを変えることだけでなく、左右のクローラの速度を調整することも操舵すると称す。モード操作具９３は、自動運転が行われる自動走行モードと手動運転が行われる手動走行モードとを切り替えるための指令を制御ユニット５に与える機能を有する。自動開始操作具９４は、自動走行を開始するための最終的な自動開始指令を制御ユニット５に与える機能を有する。なお、モード操作具９３による操作とは無関係に、自動走行モードから手動走行モードへの移行が、ソフトウェアによって自動的に行われる場合もある。例えば、自動運転が不可能な状況が発生すると、制御ユニット５は、強制的に自動走行モードから手動走行モードへの移行を実行する。

[0059] 制御ユニット５には、報知部５０１、走行制御部５１、作業制御部５２、走行モード管理部５３、走行経路設定部５４、自車位置算出部５５、車体方位算出部５６、位置ずれ量算出部５７、方位ずれ量算出部５８、基準直線算出部５９が備えられている。報知部５０１は、制御ユニット５の各機能部からの指令等に基づいて報知データを生成し、報知デバイス６２に与える。自車位置算出部５５は自車位置検出モジュール８０から逐次送られてくる測位データに基づいて、予め設定されている車体１０の基準点の地図座標（または圃場座標）である自車位置を算出する。つまり、自車位置算出部５５は、車体１０の基準点の位置を算出する基準点算出部として機能する。この基準点には、後で説明される車体基準点や旋回基準点などが含まれる。車体方位算出部５６は、自車位置算出部５５で逐次算出される自車位置から、微小時

間での走行軌跡を求めて車体 10 の走行方向での向きを示す車体方位を決定する。また、車体方位算出部 56 は、慣性航法モジュール 82 からの出力データに含まれている方位データに基づいて車体方位を決定することも可能である。

[0060] 走行制御部 51 は、エンジン制御機能、操舵制御機能、車速制御機能などを有し、走行機器群 71 に制御信号を与える。作業制御部 52 は、収穫作業装置（収穫部 H（図 1 参照）、脱穀装置 13（図 1 参照）、搬送装置 16（図 1 参照）、穀粒排出装置 18（図 1 参照）など）の動きを制御するために、作業機器群 72 に制御信号を与える。

[0061] 走行制御部 51 に含まれているずれ方向判定部 509 は、後述の位置ずれ量算出部 57 によって算出される位置ずれ量に基づいて、車体 10 が旋回経路の内側にずれているか、外側にずれているかを判定する。走行制御部 51 に含まれている操舵制御部 510 は、位置ずれ量算出部 57 によって算出される位置ずれ量と、方位ずれ量算出部 58 によって算出される方位ずれ量との少なくとも一方に基づいて操舵量を算出して、操舵機器 710 に出力する。つまり、操舵制御部 510 は、走行経路設定部 54 によって設定された目標となる走行経路と、自車位置算出部 55 によって算出された自車位置との間の位置ずれ量と方位ずれ量との少なくとも一方が小さくなるように操舵制御（旋回制御）を行う。この実施形態では、操舵制御部 510 には、P I D 制御方式または P I 制御方式が採用される。もちろん、他の制御方式が採用されても良い。このコンバインは自動走行で収穫作業を行う自動運転と手動走行で収穫作業を行う手動運転との両方で走行可能である。このため、走行制御部 51 には、さらに、手動走行制御部 511 と自動走行制御部 512 とが含まれている。なお、自動運転を行う際には、自動走行モードが設定され、手動運転を行うためには手動走行モードが設定される。上述したように、走行モードの切り替えは、走行モード管理部 53 によって管理される。

[0062] なお、走行制御部 51 の操舵制御部 510 は、車体 10 が旋回経路の内側にずれているか、外側にずれているかに応じて、操舵制御の構成を異ならせ

ても良い。例えば、車体 10 が巡回経路の外側にずれている場合は、位置ずれ量と、方位ずれ量とに基づいて操舵量を算出して、操舵機器 710 に出力する。また、車体 10 が巡回経路の内側にずれている場合は、位置ずれ量を考慮せず、方位ずれ量のみに基づいて操舵量を算出して、操舵機器 710 に出力する。このように制御することにより、操舵方向が逆転して操舵角の変更量が大きくなりすぎ、車体の 10 走行が不安定になったり、圃場を荒らしたりすることが抑制される。その結果、巡回走行において、簡単な算法で高速に位置ずれ量および方位ずれ量を算出して、正確で適切な操舵制御が可能となる。

[0063] 自動走行モードが設定されている場合、自動走行制御部 512 は、操舵制御部 510 と協働しながら、自動操舵および停止を含む車速変更の制御信号を生成して、走行機器群 71 を制御する。その際、車速変更に関する制御信号は、前もって設定された車速値に基づいて生成される。

[0064] 走行経路設定部 54 は、管理している巡回経路を含む走行経路を順次選択して、走行目標経路として設定する。巡回経路は、実質的には巡回円の円弧である。この巡回円の中心と巡回円の半径とによって、円弧状の巡回経路が規定される。車体 10 が正確に巡回経路を走行すると仮定した場合、この巡回円の中心が車体 10 の巡回中心となる。走行経路設定部 54 で管理される走行経路は、走行経路設定部 54 が経路算出アルゴリズムによって自ら生成することもできるが、通信端末 2 や遠隔地の管理コンピュータ等で生成されたものをダウンロードしたものを用いることも可能である。

[0065] 手動走行モードが選択されている場合、運転者による操作に基づいて、手動走行制御部 511 が制御信号を生成し、走行機器群 71 を制御することで、手動運転が実現する。なお、走行経路設定部 54 によって算出された走行経路は、手動運転であっても、コンバインが当該走行経路に沿って走行するためのガイダンス目的で利用することができる。

[0066] 位置ずれ量算出部 57 は、走行経路設定部 54 によって設定された走行経路と、自車位置算出部 55 によって算出された自車位置との間の距離である

位置ずれを算出する。方位ずれ量算出部 5 8 は、走行経路設定部 5 4 によって設定された走行経路の延び方向と、車体方位算出部 5 6 によって算出された車体方位と、の間の角度差を方位ずれとして算出する。この実施形態では、自転車位置算出部 5 5 によって算出された自転車位置は、ずれのない理想的な旋回走行において、旋回円によって規定される旋回経路の上に乗る点である旋回基準点としている。もちろん、直線走行経路におけるずれのない理想的な走行においても、この旋回基準点は直線走行経路に乗ることになるので、旋回基準点は直線走行経路における車体基準点として用いることができる。その場合、旋回基準点と車体基準点は同一となる。

[0067] 基準直線算出部 5 9 は、基準直線を算出する。基準直線は、旋回走行における、位置ずれ量算出部 5 7 による位置ずれ量の算出、および、方位ずれ量算出部 5 8 による方位ずれ算出の算出に用いられる。次に、図 7 を用いて、基準直線と位置ずれ量と方位ずれ量との関係を説明する。

[0068] 図 7、図 12 は、旋回前の走行経路である旋回前走行経路から旋回先の走行経路である旋回後走行経路へ旋回走行する際に設定された、旋回円 C と車体 10 との関係を示している。図 7 に示す例では、旋回前走行経路と旋回後走行経路とは直交関係であり、旋回経路は、旋回円 C の 90° 円弧である。また、車体 10 は旋回円 C の外側にずれている。図 12 に示す例では、旋回前走行経路と旋回後走行経路とは平行関係であり、旋回経路は、旋回円 C の 180° 円弧である。また、車体 10 は旋回円 C の内側にずれている。なお、旋回前走行経路と旋回後走行経路との関係は例示であり、いずれの場合も車体 10 が旋回円 C の内側または外側にずれることが想定される。図 7、図 12 の説明で用いられる符号は、以下のように定義される。C は旋回円を示す。P は旋回円 C の中心である。旋回円の中心 P の座標値は (X, Y) であり、走行経路設定部 5 4 によって管理されている。R は旋回円 C の半径である。VP は、車体 10 の旋回基準点（車体基準点）であり、座標値 (x, y) で表される。旋回基準点 VP の座標値 (x, y) は、自転車位置算出部 5 5 によって算出される。CL は、車体 10 の前後方向に延びた中心線である車

体中心線である。 d は、旋回円の中心 P と旋回基準点 $V P$ との2点間距離である。 $B L$ は、旋回円の中心 P と旋回基準点 $V P$ との2点を結ぶ直線であり、この直線が、「基準直線」である。 $P L$ は、旋回基準点 $V P$ を通過して基準直線 $B L$ に垂直な直線であり、以下、「方位基準線」と称する。

[0069] 図7は、旋回走行途中の状態を示しており、車体10は、旋回円 C の外側に位置ずれしていると共に、方位基準線 $P L$ に対して右側に車体方位（車体中心線 $C L$ ）がずれている。また、図12は、旋回走行途中の状態を示しており、車体10は、旋回円 C の内側に位置ずれしていると共に、方位基準線 $P L$ に対して左側に車体方位（車体中心線 $C L$ ）がずれている。基準直線算出部59は、旋回円の中心 P と旋回基準点 $V P$ との2点を結ぶ直線式を求め、基準直線 $B L$ を算出する。位置ずれ量算出部57は、旋回円の中心 P と旋回基準点 $V P$ との2点間距離 d を算出し、この2点間距離 d から R を減算することで位置ずれ量 δ を算出する。この減算では、正負符号が考慮され、減算値が負であれば、車体10は旋回円 C の内側に位置ずれしていることになり、減算値が正であれば、車体10は旋回円 C の外側に位置ずれしていることになる。ずれ方向判定部509は、位置ずれ量 δ の正負符号を判定し、車体10が旋回円 C の内側にずれているか外側にずれているかを判定する。方位ずれ量算出部58は、車体中心線 $C L$ と方位基準線 $P L$ とがなす角度（交差角）を方位ずれ量 θ として算出する。方位ずれ量 θ が正の値であれば、車体10は走行方向で右方向にずれていることになり、方位ずれ量 θ が負の値であれば、車体10は走行方向で左方向にずれていることになる。このようにして、微小走行単位で、位置ずれ量 δ と方位ずれ量 θ を算出して、操舵制御部510に与えることで、 $P I D$ または $P I$ 制御に基づいた操舵量が出力される。

[0070] 図6，図7，図12を参照しながら、図13を用いて、旋回走行における操舵量の算出手順の一例を以下に示す。

[0071] (1) 自車位置算出部55から車体10の自車位置である旋回基準点 $V P$ の座標値（ x 、 y ）が取得される（図13のステップ#1）。

- [0072] (2) 基準直線 BL の直線式が求められる (図 13 のステップ # 2)。
- [0073] (3) 旋回円 C の中心 P と旋回基準点 VP との間の長さである 2 点間距離 d が求められる (図 13 のステップ # 3)。
- [0074] (4) 2 点間距離 d から旋回円 C の半径 R が減算されて、その値が位置ずれ量 δ とされる (図 13 のステップ # 4)。
- [0075] (5) 車体方位算出部 56 からの車体方位に基づいて車体中心線 CL の直線式が求められる (図 13 のステップ # 5)。
- [0076] (6) 基準直線 BL の直線式に基づいて、基準直線 BL に垂直な方位基準線 PL が算出され、車体中心線 CL と方位基準線 PL とがなす角度 (交差角) が方位ずれ量 θ として算出される (図 13 のステップ # 6)。
- [0077] (7) 位置ずれ量 δ の正負符号から車体 10 が旋回円 C の内側にずれているか外側にずれているかが判定される (図 13 のステップ # 7)。
- [0078] (8) 外側にずれている場合、位置ずれ量 δ と方位ずれ量 θ とから操舵量が算出される (図 13 のステップ # 8)。
- [0079] (9) 内側にずれている場合、方位ずれ量 θ とから操舵量が算出される (図 13 のステップ # 9)。
- [0080] このように、旋回円 C に対して車体 10 が内側にずれているか外側にずれているかに応じて、操舵制御を異ならせることにより、状況に適した操舵制御が可能となる。旋回円 C に対して車体 10 が内側にずれている場合、内向きに旋回している車体 10 を外向きに旋回させる傾向となり、旋回方向の変位量が多くなり、急激な旋回が行われることになる。このような旋回が行われると、車体 10 の走行安定性が低下したり、圃場を荒らしたりすることになる。そのため、旋回円 C に対する車体 10 の位置関係に応じて操舵制御を異ならせることにより、旋回方向の変位量を抑制し、急激な旋回を回避することが可能となる。例えば、旋回円 C に対して車体 10 が外側にずれている場合には、位置ずれ量 δ と方位ずれ量 θ とを用いて操舵制御を行い、旋回円 C に対して車体 10 が内側にずれている場合には、位置ずれ量 δ を考慮せず、方位ずれ量 θ のみを用いて操舵制御を行う。これにより、旋回方向の変位

量等を決定するパラメータが削減され、急激な旋回が抑制される。その結果、車体 10 の走行安定性が低下したり、圃場を荒らしたりすることを抑制できる、適切な操舵制御を行うことが可能となる。

[0081] なお、(3)、(4)に代えて、基準直線 BL と旋回円 C との交点が簡単に求められる場合には、求められた交点と旋回基準点 VP との 2 点間距離を演算することで位置ずれ量 δ が得られる。また、基準点を通り基準直線に垂直な直線の直線式が簡単に求められる場合には、(6)に変えて、直接、車体中心線 CL と基準直線 BL とのなす角度（交差角）を求めて、当該角度から 90° 減算した値を方位ずれ量 θ としても良い。

[0082] 次に、旋回円を用いた自動操舵で旋回走行誤差が生じた場合の対処策を列挙する。

(A) 図 8 は、設定された旋回円 C（旋回円 C の半径が R とする）での旋回走行において、旋回終了時に位置ずれ量 δ が生じている状況を示している。このような旋回ずれが生じた原因として、「旋回開始時において車体 10 の方位がずれていた」、あるいは、「圃場の滑りなどにより実際の旋回半径が大きくなった」といった複数の原因が考えられるので、決定的な対策を講じることが困難である。この問題を解決するために、旋回開始時および旋回終了時の実際の車体 10 の位置と方位とから、適正に旋回走行できる適正化旋回円 C_o が算出される。図 8 に示すように、旋回開始時の車体 10 の旋回基準点 VP を通って車体中心線 CL に垂直な直線 K1 と、旋回終了時の車体 10 の旋回基準点 VP を通って車体中心線 CL に垂直な直線 K2 との交点を求め、その交点を中心として、旋回開始時の車体 10 の旋回基準点 VP と旋回終了時の車体 10 の旋回基準点 VP とを通る円が適正化旋回円であり、半径 R_c を有する。以降の旋回走行では、この適正化旋回円 C_o を設定することにより、旋回ずれの少ない旋回走行が期待できる。

[0083] (B) 図 9 は、設定された旋回円 C での旋回走行で旋回走行誤差が生じた際に、この旋回走行誤差を次の旋回走行で考慮して、より旋回ずれの少ない旋回走行を実現しようとする方策を示している。ここでは、最初の旋回走行

で生じた位置ずれ量 δ を入力パラメータとして、その位置ずれ量 δ を解消するために必要な旋回開始点のずらし量 ΔL を導出する関数： $F(\delta)$ が用いられる。このような関数 $F(\delta)$ はシミュレーションや実験を通じて作成することができる。関数 $F(\delta)$ によって導出されたずらし量 ΔL で、次の旋回経路の旋回開始予定点 P_s を修正旋回開始点 P_c にずらすことで、次の旋回走行における旋回ずれを少なくすることが期待される。

[0084] (C) 図10では、図9で示された旋回ずれ改善策に類似する旋回ずれ改善策が示されている。ここでは、最初の旋回走行で生じた位置ずれ量 δ を入力パラメータとして、その位置ずれ量 δ を解消するために必要な旋回円の半径の調整量 ΔR を導出する関数： $G(\delta)$ が用いられる。このような関数 $G(\delta)$ もシミュレーションや実験を通じて作成することができる。次の旋回走行では、関数 $G(\delta)$ によって導出された調整量 ΔR で調整された半径 R_c を有する適正化旋回円 C_o が旋回円 C に代えて用いられる。その際、旋回円の中心 P も新たな中心 P' に移動する。この適正化旋回円 C_o を用いることで、旋回ずれを少なくすることが期待される。

[0085] (D) 図11は、設定された旋回円 C での旋回走行で旋回走行誤差が生じた際に、旋回開始時の車体10の方位ずれ量 θ_s と、旋回終了時の車体10の方位ずれ量 θ_e と、を用いて、次の旋回走行で設定される旋回円を調整して、より旋回ずれの少ない旋回走行を実現しようとする方策を説明するものである。このため、ここでは、旋回開始時の方位ずれ量 θ_s および旋回開始時の方位ずれ量 θ_e を入力パラメータとして、その旋回ずれを解消するために必要な旋回円 C の半径の調整量 ΔR を導出する関数： $J(\theta_s, \theta_e)$ が用いられる。このような関数 $J(\theta_s, \theta_e)$ もシミュレーションや実験を通じて作成することができる。次の旋回走行では、関数 $J(\theta_s, \theta_e)$ によって導出された調整量 ΔR で調整された半径 R_c を有する適正化旋回円 C_o を旋回円 C に代えて用いることで、旋回ずれを少なくすることが期待される。

[0086] (E) 実際のコンバインの旋回軌跡に基づく旋回半径は、穀粒タンク14

に貯留されている穀粒の量で変動することが経験的に知られている。このように、貯留穀粒量 V によって生じる旋回走行誤差は、貯留穀粒量 V によって半径を調整される旋回円を設定することで、改善することができる。このためには、貯留穀粒量 V を入力パラメータとして、旋回円の半径の調整量 ΔR を導出する関数： $H(V)$ が用いられる。その際、 $V=0$ の時の調整量 ΔR が0とされ、満量までの調整量が段階的に増加されると好適である。

[0087] なお、上述した(A)から(E)の対処策において、旋回ずれが生じた旋回円と次に旋回走行する旋回円が同じ半径を有すると仮定していたが、もし半径が異なる旋回円に対して上述した方策を適用する場合には、予め作成しておいた半径の差を補正する補正係数テーブルを用いることで、そのような旋回円の半径の差による問題を解消することができる。

[0088] 〔別実施の形態〕(1)操舵量を制御する際に、位置ずれ量 δ があらかじめ定められた所定の値(しきい値) δT_1 より小さい場合、操舵制御部510は、位置ずれ量 δ を用いずに方位ずれ量 θ にのみ基づいて操舵量を算出しても良い。これにより、過敏な旋回が抑制され、走行安定性が確保される。

[0089] (2)位置ずれ量 δ があらかじめ定められた所定の値(しきい値) δT_2 より大きい場合、操舵制御部510は、方位ずれ量 θ を用いずに位置ずれ量 δ にのみ基づいて操舵量を算出しても良い。これにより、位置ずれ量が大きな場合でも、過大な操舵制御が抑制され、急激な旋回が抑制される。

[0090] (3)方位ずれ量 θ があらかじめ定められた所定の角度(しきい値) θT_3 より小さい場合、操舵制御部510は、方位ずれ量 θ を用いずに位置ずれ量 δ にのみ基づいて操舵量を算出しても良い。これにより、過敏な旋回が抑制され、走行安定性が確保される。

[0091] (4)ずれ方向判定部509にて車体10が旋回円Cの内側にずれていると判定された場合、操舵制御部510は、操舵制御に用いられる制御ゲインを、車体10が旋回円Cの外側にずれている場合より小さくし、車体10が旋回円Cの内側にずれていると判定された場合には操舵制御を緩やかに行うようにしても良い。例えば、車体10が旋回円Cの外側にずれている場合の制

御ゲインは0.8とされ、車体10が旋回円Cの内側にずれている場合の制御ゲインは0.6とされる。これによって、車体10が旋回円Cの内側にずれている際の、過大な操舵制御が抑制され、急激な旋回が抑制される。

[0092] (5) 実際のコンバインの旋回は、穀粒タンク7に貯留されている穀粒の量に影響されるため、操舵制御部510は、操舵量を算出する際に、穀粒タンク7に貯留されている穀粒の量（モミ重量）を考慮しても良い。

[0093] (6) 上述した実施形態では、旋回経路に用いられる旋回円は、圃場に対して走行経路作成アルゴリズムによって生成されるか、あるいは人為的に生成された走行経路に含まれており、走行時において、走行経路設定部54により、順次、目標走行経路として設定される。その際、旋回ずれの発生等に基づいて、旋回円の半径が自動的に変更される例も説明した。これに加えて、人為的に旋回円の半径を変更する構成が採用されても良い。例えば、半径の大きな旋回円（緩旋回用旋回円）が設定される「緩やかモード」と、半径が小さな旋回円（急旋回用旋回円）が選択される「高速モード」といった複数の旋回モードを選択できる人為操作具を設けても良い。「穏やかモード」が選択されると、極力圃場を荒らさない旋回が実現し、「高速モード」が選択されると、旋回走行の時間が短くなり、作業時間が短縮される。なお、実際の車体10の旋回半径は、左右のクローラ機構のクローラ速度の差、あるいは左右の駆動車輪の速度差によって決まってくるが、走行動力をクローラ機構や駆動車輪に伝達する油圧伝動機構における油圧を調整して、旋回半径を調整することも可能である。

[0094] (7) 上述した実施形態では、自車位置検出モジュール80として、衛星航法モジュール81と慣性航法モジュール82との組み合わせたものが用いられていたが、衛星航法モジュール81だけでも良い。また、自車位置や車体方位を、カメラによる撮影画像に基づいて算出する方法が採用されても良い。

[0095] (8) 図6で示された各機能部は、主に説明目的で分けられている。実際には、各機能部は他の機能部と統合しても良いし、または複数の機能部に分けても良い。さらに、制御ユニット5に構築されている機能部のうち、走行

モード管理部 5 3、走行経路設定部 5 4、位置ずれ量算出部 5 7、方位ずれ量算出部 5 8、基準直線算出部 5 9 のうちの全て、または一部が、制御ユニット 5 に接続可能な携帯型の通信端末 2（タブレットコンピュータなど）や管理事務所等に設置されるコンピュータ等に構築され、無線や車載 LAN 等を経由して制御ユニット 5 とデータ交換するような構成を採用しても良い。

[0096] また、これらの機能部はハードウェアで構成されても良いが、ソフトウェアで構成されても良い。ソフトウェアで構成される場合、制御ユニット 5 等に設けられる記憶装置（図示せず）にこれらの機能を実現するプログラムが格納され、プログラムは制御ユニット 5 等が備える ECU や CPU 等のプロセッサにより実行される。

[0097] なお、上述の実施形態（別実施形態を含む、以下同じ）で開示される構成は、矛盾が生じない限り、他の実施形態で開示される構成と組み合わせて適用することが可能であり、また、本明細書において開示された実施形態は例示であって、本発明の実施形態はこれに限定されず、本発明の目的を逸脱しない範囲内で適宜改変することが可能である。

産業上の利用可能性

[0098] 本発明は、普通型のコンバインだけでなく、自脱型のコンバインにも適用可能である。

また、本発明は、トウモロコシ収穫機、ジャガイモ収穫機、ニンジン収穫機、サトウキビ収穫機等の種々の収穫機、田植機、トラクタなどの圃場作業車にも適用できる。さらには、本発明は、芝刈機や建機などにも適用可能である。

符号の説明

[0099] 1 0 走行車体（作業車）
 5 5 自車位置算出部（基準点算出部）
 5 6 車体方位算出部
 5 7 位置ずれ量算出部
 5 8 方位ずれ量算出部

5 9	基準直線算出部
5 0 9	ずれ判定部
5 1 0	操舵制御部
B L	基準直線
C	旋回円
C L	車体中心線（車体方位）
P	中心
P L	方位基準線
V P	旋回基準点（基準点）
δ	位置ずれ量
θ	方位ずれ量

請求の範囲

- [請求項1] 設定された旋回円に沿って作業車を自動走行させる自動操舵システムであって、
- 前記作業車における基準点の位置を算出する基準点算出部と、
- 前記旋回円の中心と前記基準点とを通る直線を基準直線として算出する基準直線算出部と、
- 前記作業車の車体の向きを示す車体方位を算出する車体方位算出部と、
- 前記基準点を通り前記基準直線に垂直な線と前記車体方位との交差角を方位ずれ量として算出する方位ずれ量算出部と、
- 前記基準点と前記旋回円の外周との位置関係を判定するずれ方向判定部と、
- 前記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合、前記方位ずれ量が小さくなる操舵量を入力する操舵制御部とを備える自動操舵システム。
- [請求項2] 前記操舵制御部は、現在の操舵量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D制御方式またはP I制御方式で前記操舵量を演算して出力する請求項1に記載の自動操舵システム。
- [請求項3] 前記基準直線と前記旋回円との交点から前記基準点までの距離を位置ずれ量として算出する位置ずれ量算出部を備え、
- 前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合、前記操舵制御部は、前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とが小さくなる操舵量を入力する請求項1または2に記載の自動操舵システム。
- [請求項4] 前記操舵制御部は、現在の操舵量と前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D制御方式またはP I制御方式で前記操舵量を演算して出力する請求項3に記載の自動操舵システム。
- [請求項5] 前記P I D制御方式および前記P I制御方式における制御ゲインは、前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合の方が、前

記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合より大きい請求項4に記載の自動操舵システム。

[請求項6] 前記位置ずれ量が所定の値より大きい場合、前記方位ずれ量を入力パラメータから除外する請求項4または5に記載の自動操舵システム。

[請求項7] 前記方位ずれ量が所定の角度より小さい場合、前記方位ずれ量を入力パラメータから除外する請求項4から6のいずれか一項に記載の自動操舵システム。

[請求項8] 前記旋回円として、急旋回用旋回円と、前記急旋回用旋回円より半径が大きい緩旋回用旋回円とが選択可能に用意されている請求項1から7のいずれか一項に記載の自動操舵システム。

[請求項9] 設定された旋回円に沿って作業車を自動走行させる自動操舵方法であって、

前記作業車における基準点の位置を算出する工程と、

前記旋回円の中心と前記基準点とを通る直線を基準直線として算出する工程と、

前記作業車の車体の向きを示す車体方位を算出する工程と、

前記基準点を通り前記基準直線に垂直な線と前記車体方位との交差角を方位ずれ量として算出する工程と、

前記基準点と前記旋回円の外周との位置関係を判定する工程と、

前記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合、前記方位ずれ量が小さくなる操舵量を出力する工程とを備える自動操舵方法。

[請求項10] 出力される前記操舵量は、現在の操舵量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、PID制御方式またはPI制御方式で演算される請求項9に記載の自動操舵方法。

[請求項11] 前記基準直線と前記旋回円との交点から前記基準点までの距離を位置ずれ量として算出する工程を備え、

前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合、出力され

る前記操舵量は、前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とが小さくなる操舵量である請求項 9 または 10 に記載の自動操舵方法。

[請求項12] 出力される前記操舵量は、現在の操舵量と前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D 制御方式または P I 制御方式で演算される請求項 11 に記載の自動操舵方法。

[請求項13] 前記 P I D 制御方式および前記 P I 制御方式における制御ゲインは、前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合の方が、前記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合より大きくされる請求項 12 に記載の自動操舵方法。

[請求項14] 前記位置ずれ量が所定の値より大きい場合、前記方位ずれ量が入力パラメータから除外される請求項 12 または 13 に記載の自動操舵方法。

[請求項15] 前記方位ずれ量が所定の角度より小さい場合、前記方位ずれ量が入力パラメータから除外される請求項 12 から 14 のいずれか一項に記載の自動操舵方法。

[請求項16] 前記旋回円として、急旋回用旋回円と、前記急旋回用旋回円より半径が大きい緩旋回用旋回円とが選択可能に用意されている請求項 9 から 15 のいずれか一項に記載の自動操舵方法。

[請求項17] 設定された旋回円に沿って作業車を自動走行させる自動操舵プログラムであって、

前記作業車における基準点の位置を算出する手順と、

前記旋回円の中心と前記基準点とを通る直線を基準直線として算出する手順と、

前記作業車の車体の向きを示す車体方位を算出する手順と、

前記基準点を通り前記基準直線に垂直な線と前記車体方位との交差角を方位ずれ量として算出する手順と、

前記基準点と前記旋回円の外周との位置関係を判定する手順と、

前記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合、前記方位

ずれ量が小さくなる操舵量を出力する手順とをコンピュータに実行させるための自動操舵プログラム。

[請求項18] 出力される前記操舵量は、現在の操舵量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D制御方式またはP I制御方式で演算される請求項17に記載の自動操舵プログラム。

[請求項19] 前記基準直線と前記旋回円との交点から前記基準点までの距離を位置ずれ量として算出する手順をコンピュータに実行させ、

前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合、出力される前記操舵量は、前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とが小さくなる操舵量である請求項17または18に記載の自動操舵プログラム。

[請求項20] 出力される前記操舵量は、現在の操舵量と前記位置ずれ量と前記方位ずれ量とを入力パラメータとして、P I D制御方式またはP I制御方式で演算される請求項19に記載の自動操舵プログラム。

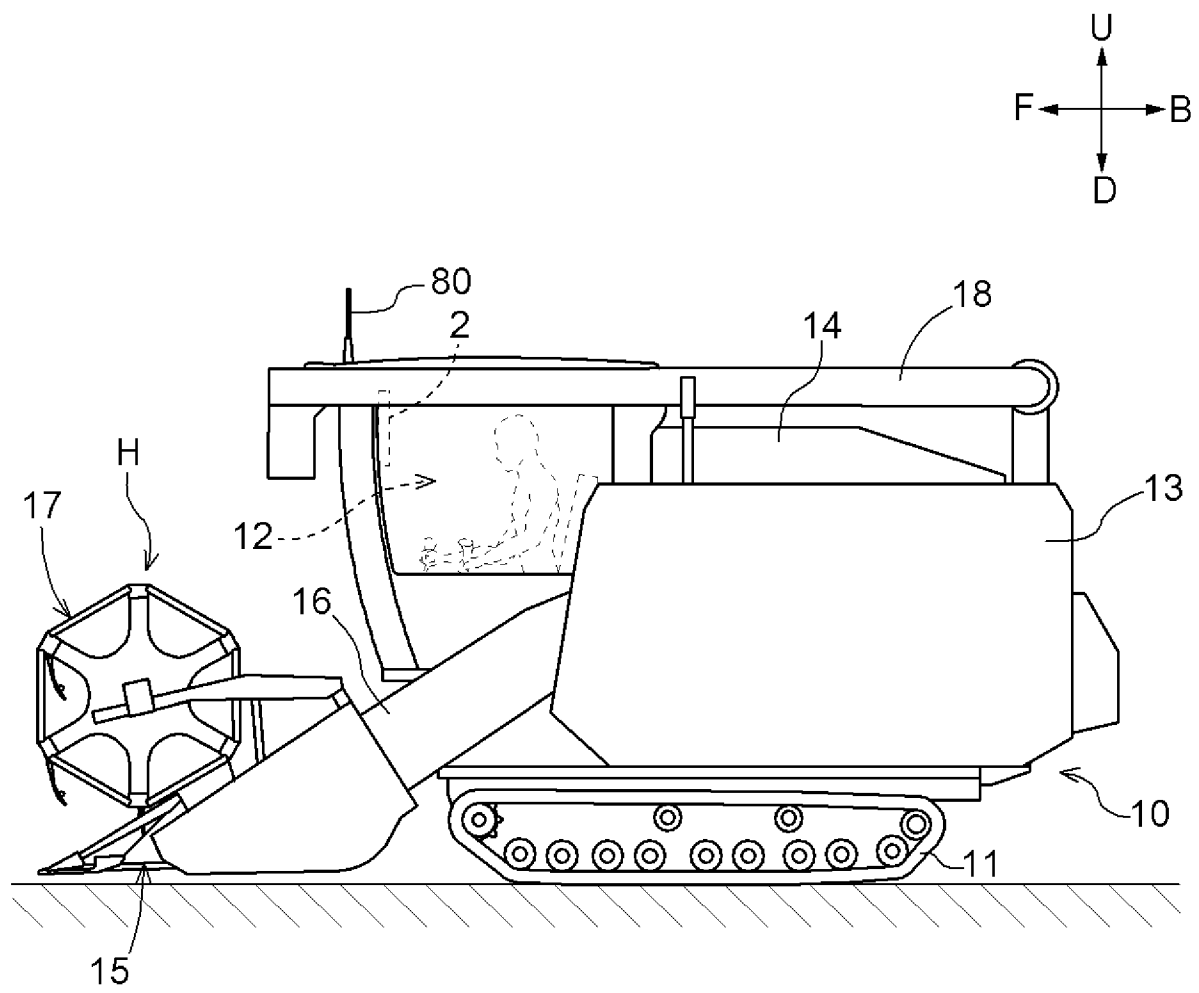
[請求項21] 前記P I D制御方式および前記P I制御方式における制御ゲインは、前記基準点が前記旋回円の外周より外側に位置する場合の方が、前記基準点が前記旋回円の外周より内側に位置する場合より大きくされる請求項20に記載の自動操舵プログラム。

[請求項22] 前記位置ずれ量が所定の値より大きい場合、前記方位ずれ量が入力パラメータから除外される請求項20または21に記載の自動操舵プログラム。

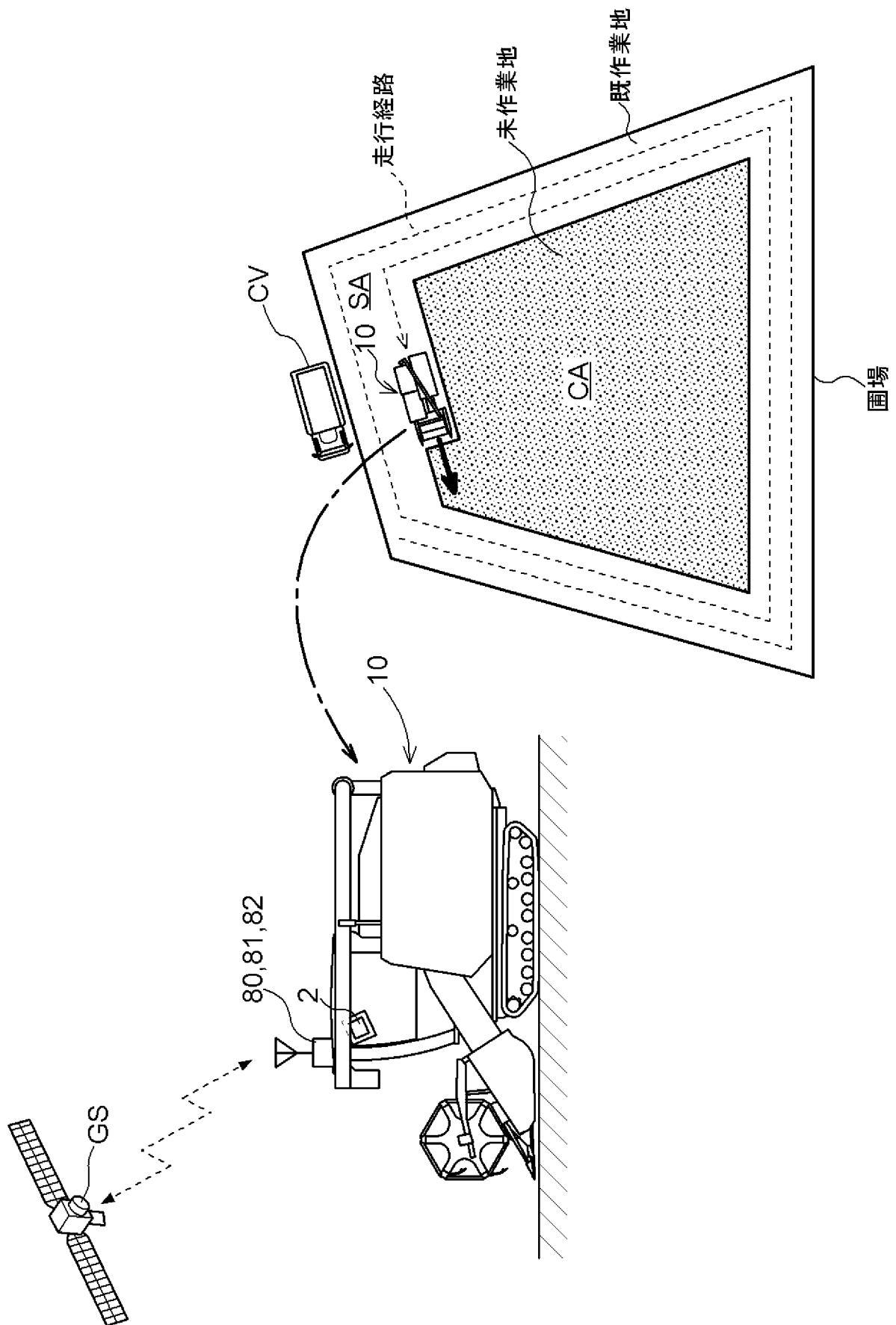
[請求項23] 前記方位ずれ量が所定の角度より小さい場合、前記方位ずれ量が入力パラメータから除外される請求項20から22のいずれか一項に記載の自動操舵プログラム。

[請求項24] 前記旋回円として、急旋回用旋回円と、前記急旋回用旋回円より半径が大きい緩旋回用旋回円とが選択可能に用意されている請求項17から23のいずれか一項に記載の自動操舵プログラム。

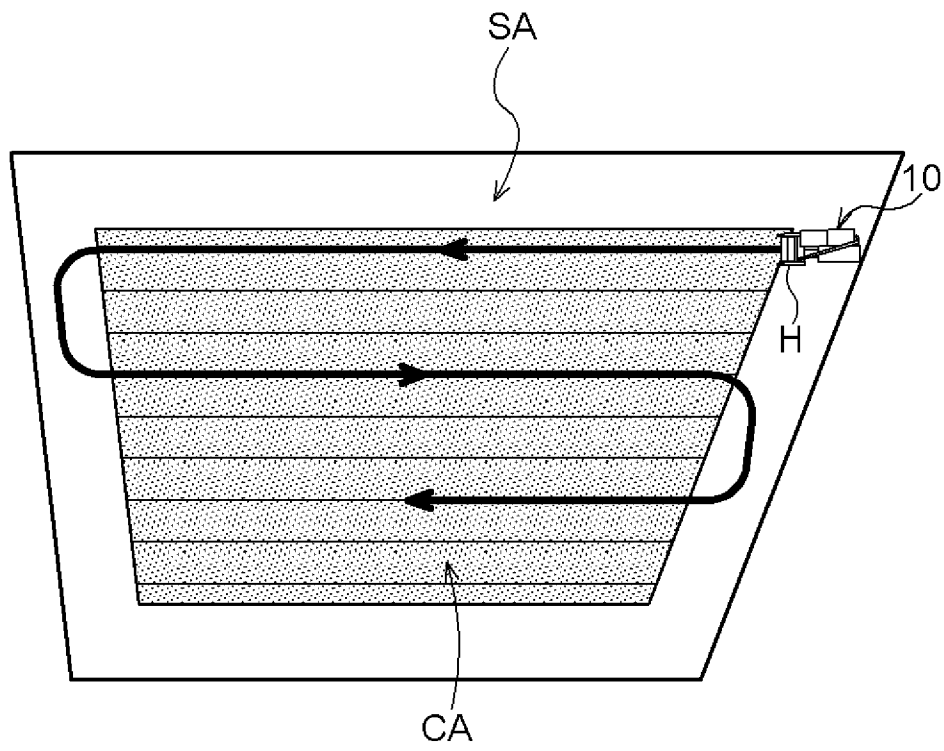
[図1]



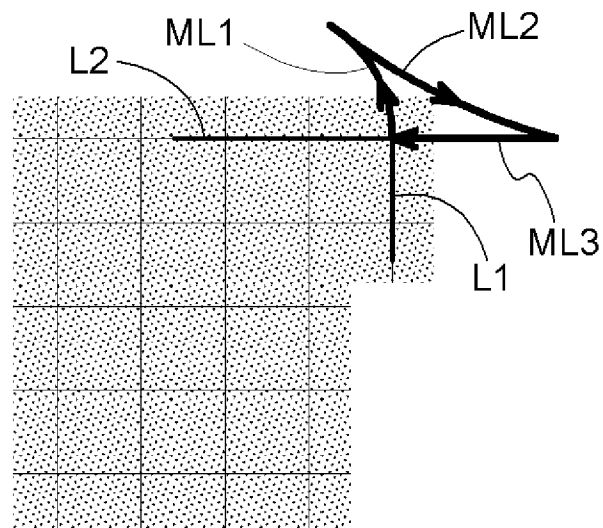
[図2]



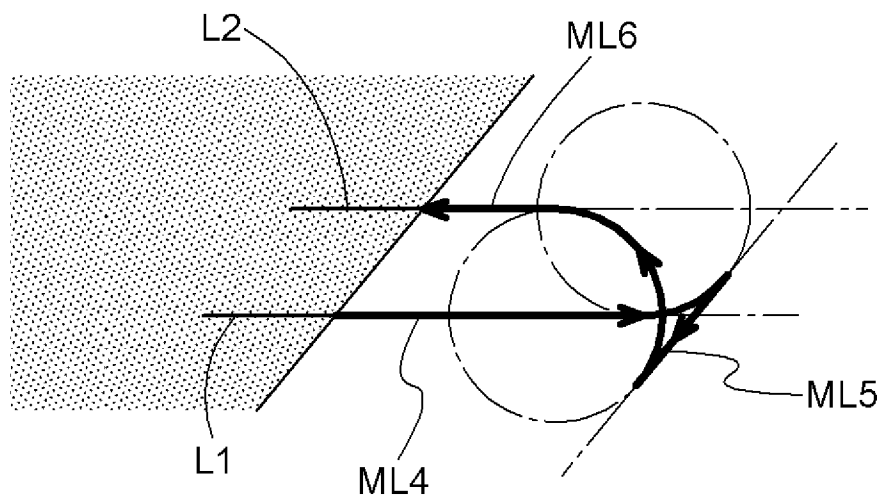
[図3]



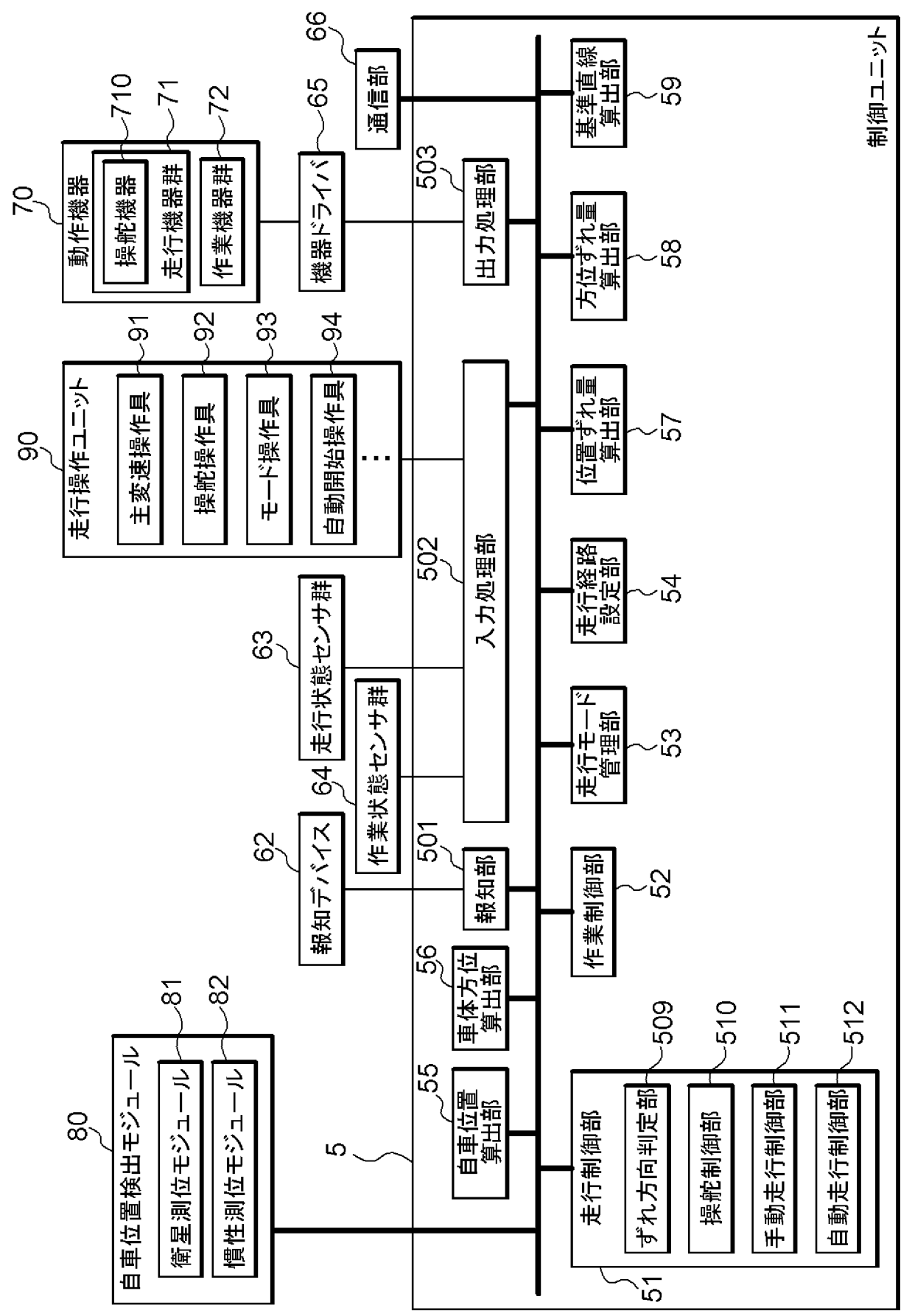
[図4]



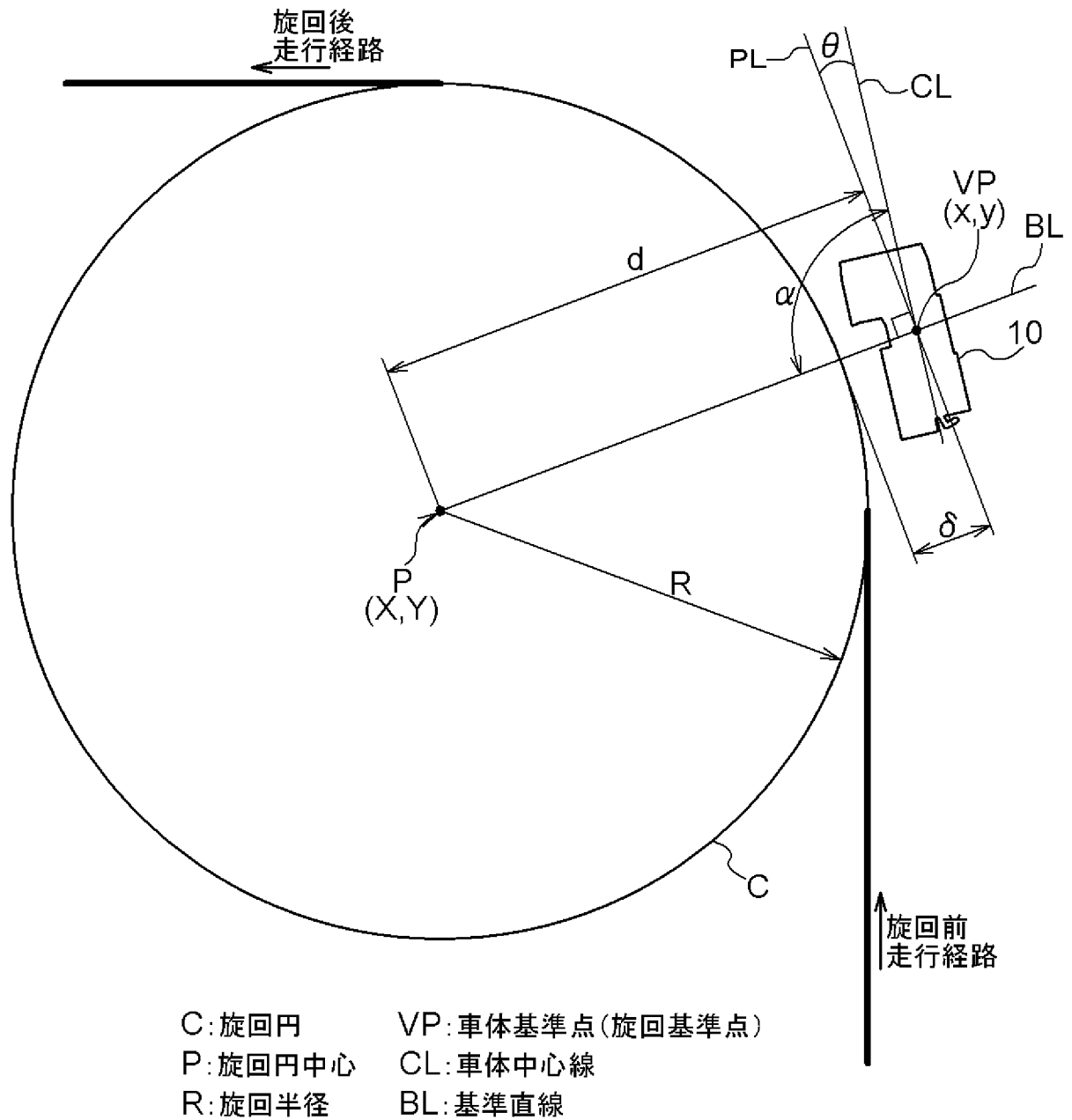
[図5]



[図6]



[図7]



θ : PLとCLとのなす角度(方位ずれ量)

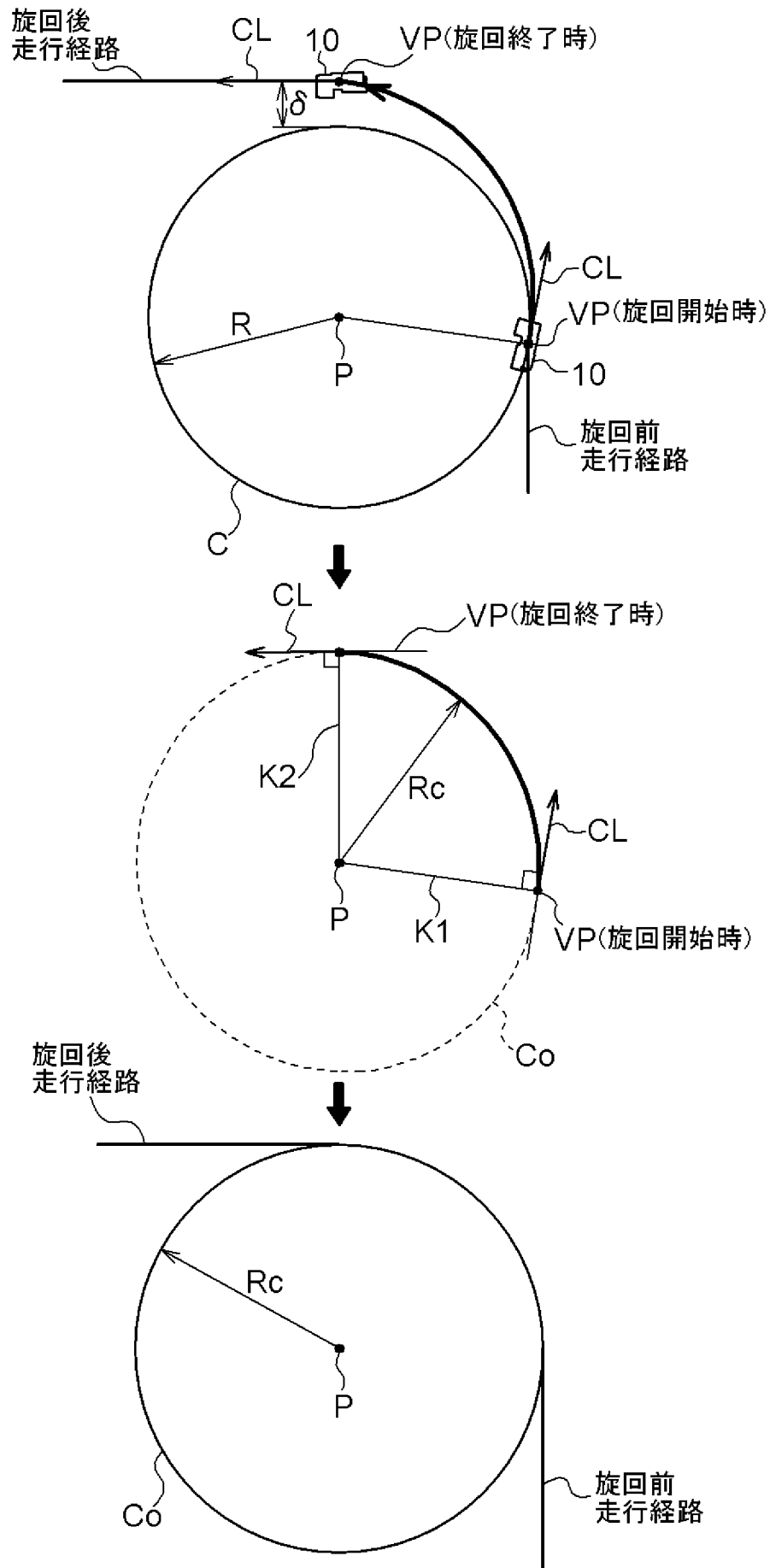
d : PからVPまでの距離

δ : VPから旋回円までの距離(位置ずれ量)

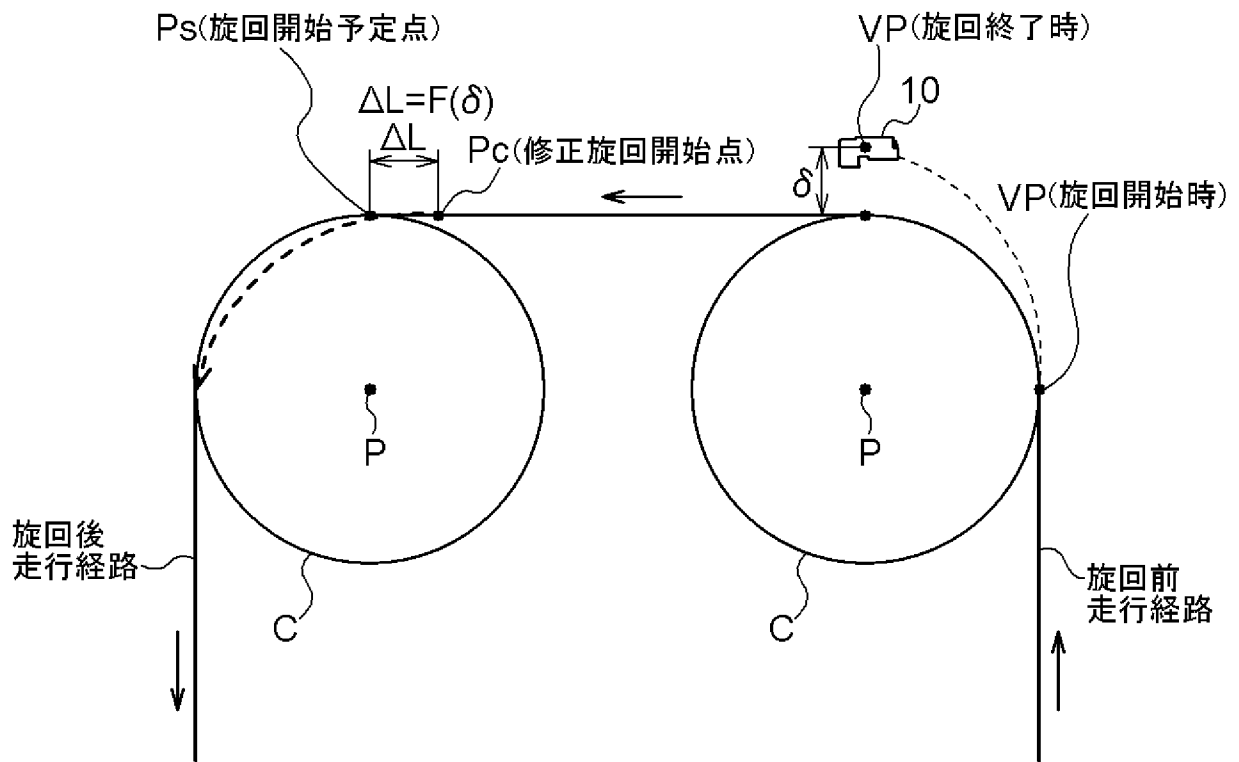
PL: 方位基準線

α : 基準直線と車体中心線のなす角度

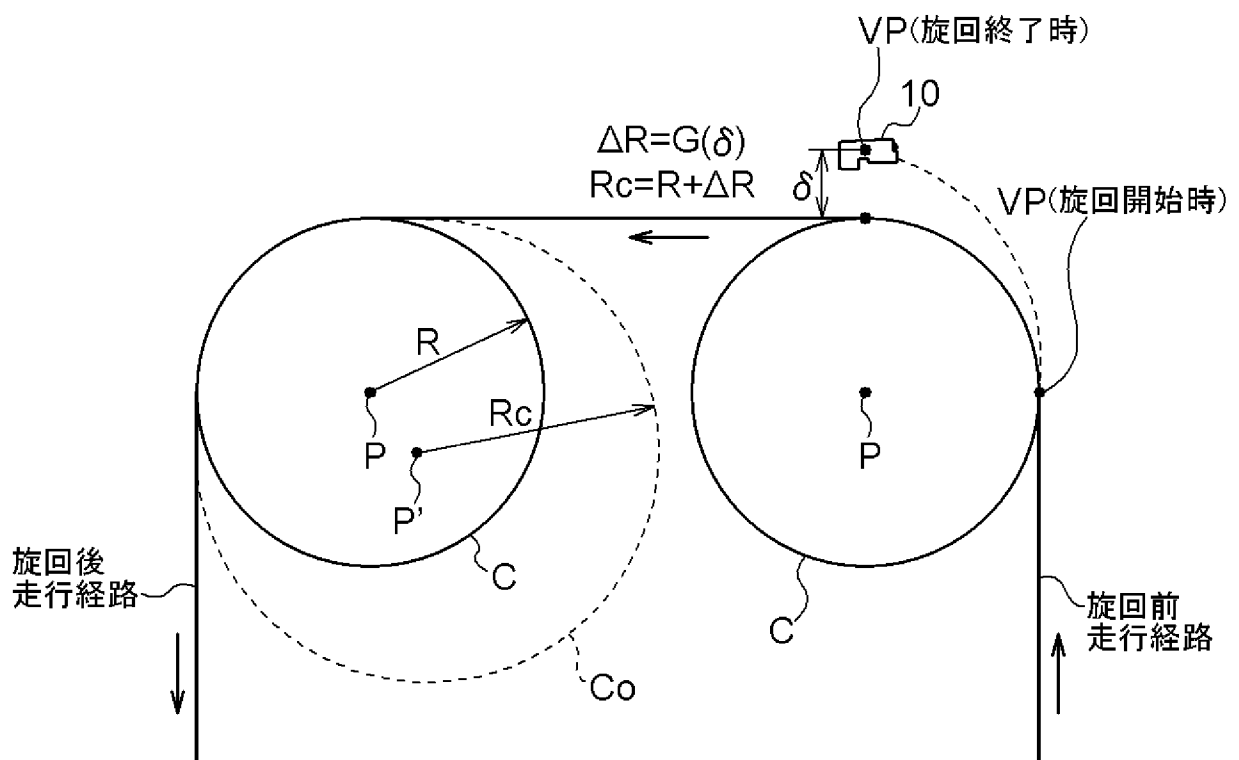
[図8]



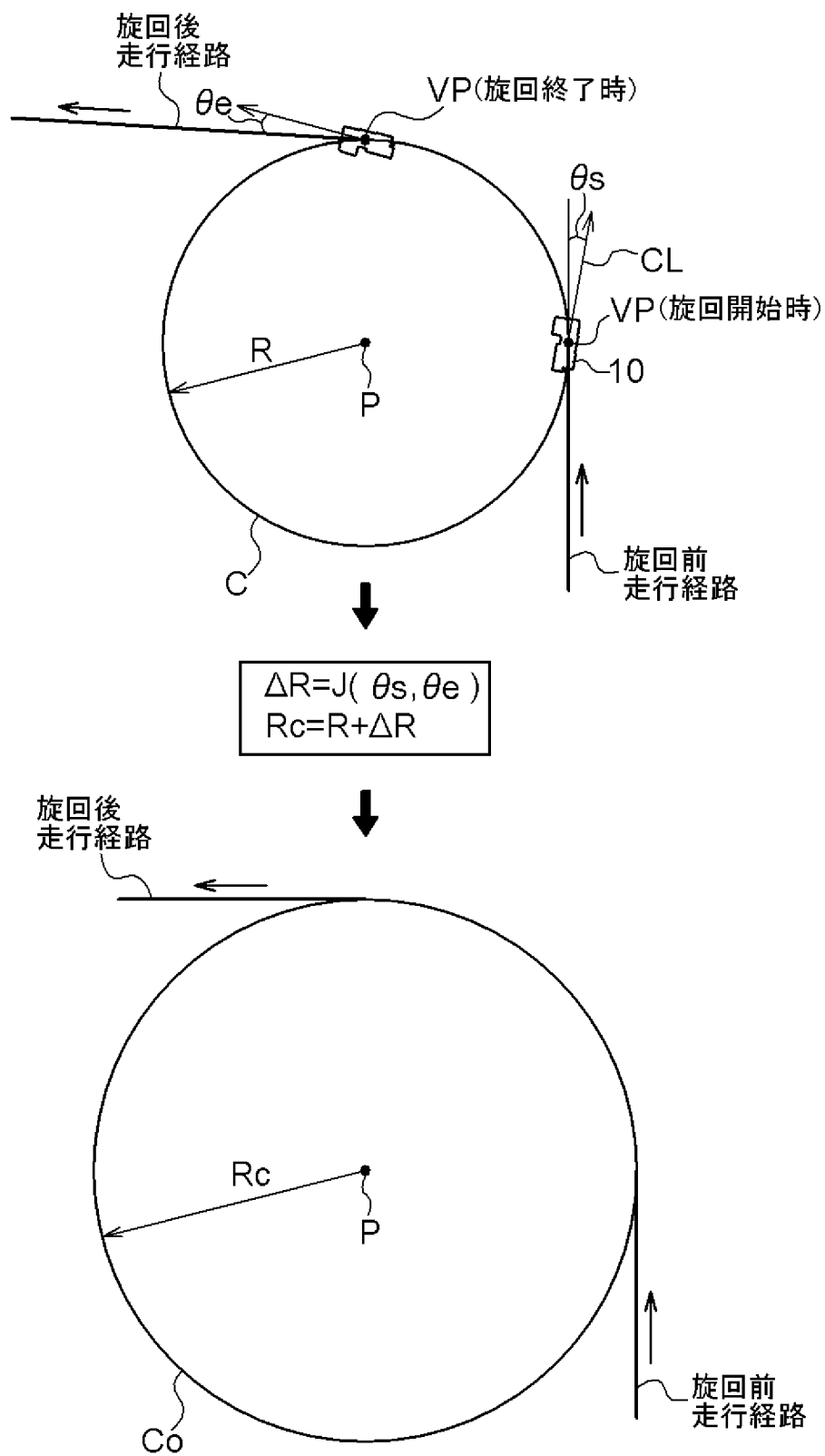
[図9]



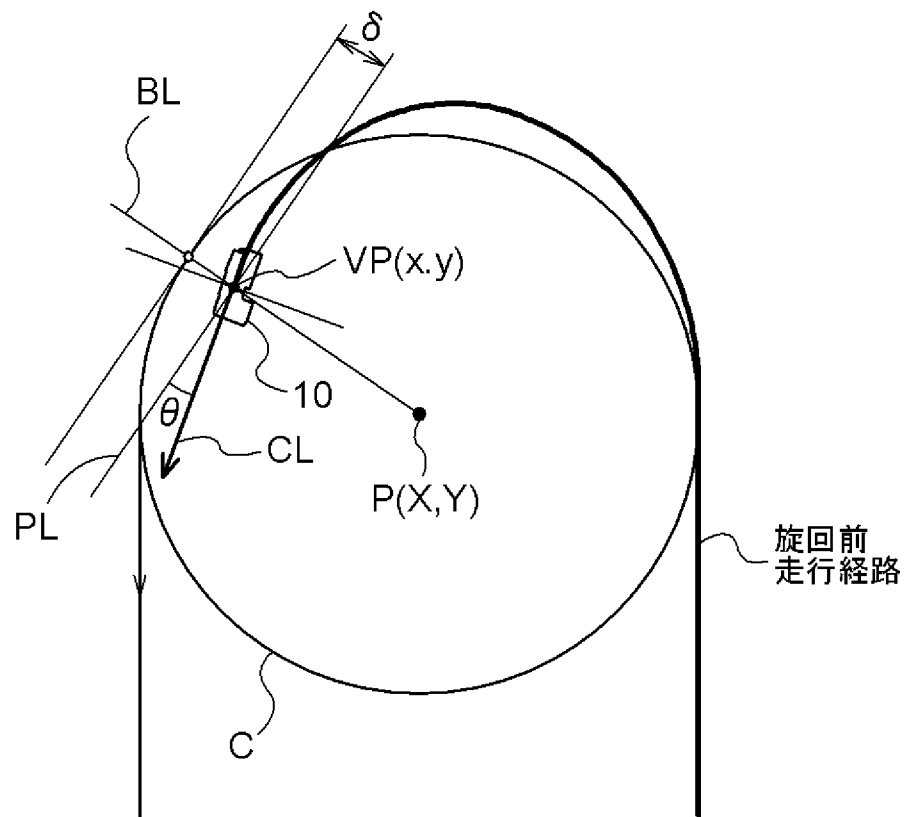
[図10]



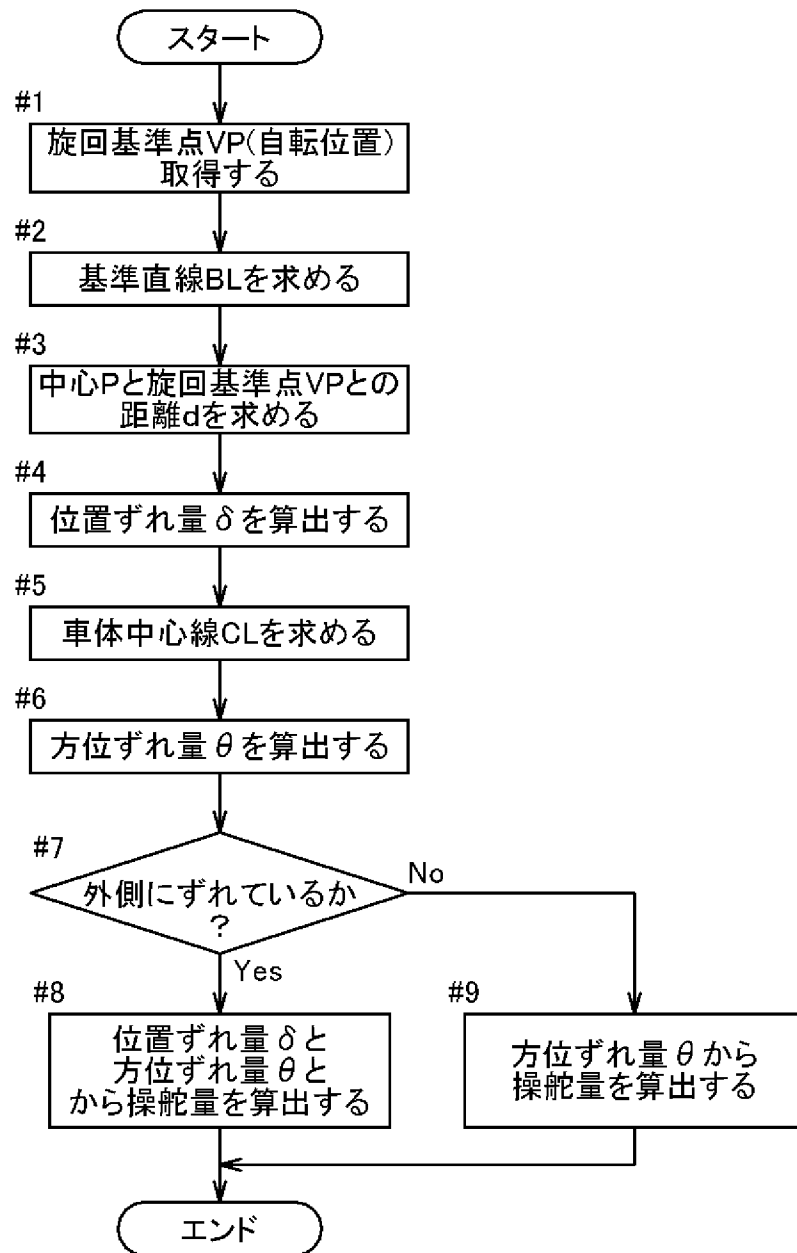
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/046267

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. A01B69/00 (2006.01) i, G05D1/02 (2020.01) i
FI: G05D1/02N, A01B69/00303F

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)

Int.Cl. A01B69/00, G05D1/02

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
A	JP 2002-182746 A (YANMAR AGRICULT EQUIP CO., LTD.) 26 June 2002, paragraphs [0019], [0031]-[0033], fig. 16, 17	1-24
A	JP 2011-123822 A (TSUBAKIMOTO CHAIN CO.) 23 June 2011, paragraphs [0036]-[0044], fig. 3-5	1-24
P, A	WO 2019/123923 A1 (KUBOTA CORPORATION) 27 June 2019, claims 7, 17, paragraphs [0060]-[0069], fig. 8-12	1-24

☐ 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
17.01.2020

Date of mailing of the international search report
28.01.2020

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/046267

JP 2002-182746 A 26 June 2002 (Family: none)

JP 2011-123822 A 23 June 2011 (Family: none)

WO 2019/123923 A1 27 June 2019 JP 2019-113960 A
paragraphs [0040]-[0049], fig. 7-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） A01B 69/00(2006.01)i; G05D 1/02(2020.01)i FI: G05D1/02 N; A01B69/00 303F														
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）） A01B69/00; G05D1/02														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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												
A	JP 2002-182746 A（ヤンマー農機株式会社）26.06.2002（2002 - 06 - 26） 段落[0019], [0031]-[0033], 図16-17	1-24												
A	JP 2011-123822 A（株式会社椿本チエイン）23.06.2011（2011 - 06 - 23） 段落[0036]-[0044], 図3-5	1-24												
P, A	WO 2019/123923 A1（株式会社クボタ）27.06.2019（2019 - 06 - 27） 請求項7, 17, 段落[0060]-[0069], 図8-12	1-24												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 17.01.2020	国際調査報告の発送日 28.01.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 影山 直洋 3U 5785 電話番号 03-3581-1101 内線 3364													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/046267

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2002-182746	A	26.06.2002	(ファミリーなし)	
JP	2011-123822	A	23.06.2011	(ファミリーなし)	
WO	2019/123923	A1	27.06.2019	JP 2019-113960 A	
				段落[0040]-[0049], 図7-11	