

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7470878号
(P7470878)

(45)発行日 令和6年4月18日(2024.4.18)

(24)登録日 令和6年4月10日(2024.4.10)

(51)国際特許分類 F I
G 0 5 D 1/244(2024.01) G 0 5 D 1/244
G 0 5 D 1/43 (2024.01) G 0 5 D 1/43

請求項の数 17 (全22頁)

| | | | |
|-------------|-----------------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願2023-555994(P2023-555994) | (73)特許権者 | 000128946 マミヤ・オーピー株式会社 埼玉県飯能市大字新光 1 番地 1 |
| (86)(22)出願日 | 令和3年10月28日(2021.10.28) | (74)代理人 | 100094569 弁理士 田中 伸一郎 |
| (86)国際出願番号 | PCT/JP2021/039882 | (74)代理人 | 100103610 弁理士 吉 田 和彦 |
| (87)国際公開番号 | WO2023/073882 | (74)代理人 | 100109070 弁理士 須田 洋之 |
| (87)国際公開日 | 令和5年5月4日(2023.5.4) | (74)代理人 | 100067013 弁理士 大塚 文昭 |
| 審査請求日 | 令和5年12月15日(2023.12.15) | (74)代理人 | 上杉 浩 |
| 早期審査対象出願 | | (74)代理人 | 100120525 弁理士 近藤 直樹 |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 車両、操舵制御のためのシステム、方法、プログラム、プログラムを記録した記録媒体、自動走行システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電磁誘導線から発生する磁界を検出して前記電磁誘導線に沿って自動走行可能な車両のための操舵制御システムであって、

前記車両に取り付けられた複数の誘導線検出センサと、

制御サイクル毎に、前記複数の誘導線検出センサにより取得された検出データから算出した前記車両の前記電磁誘導線からのずれに基づいて、そのずれを打ち消すように前記車両を旋回させ、又は前記車両を直進させるような走行制御信号を生成し、出力する制御装置と、

を備え、

前記複数の誘導線検出センサのずれ検出基準点が、前記車両の旋回中心となるピボットから水平方向の距離 l [m] だけ前方側に離れた位置に配置されており、

前記距離 l [m] は、前記制御サイクルを t [秒]、前記車両が前記電磁誘導線上を走行する時の速度を v [m / 秒]、前記ずれ検出基準点の前記電磁誘導線からの水平方向のずれ許容幅を D [m]、前記車両の最小旋回半径を R [m] としたとき、 $t v$ [m] 以上かつ

$$\sqrt{R^2 - (R - D)^2} \text{ [m]}$$

以下である操舵制御システム。

【請求項 2】

前記複数の誘導線検出センサとして、一組の中央誘導線検出センサ、左側誘導線検出センサ、及び右側誘導線検出センサのみを有し、

前記ずれ検出基準点が前記車両の中央線上に配置され、中央誘導線検出センサが前記ずれ検出基準点に配置され、前記左側誘導線検出センサ及び前記右側誘導線検出センサが、前記車両の中央線に垂直で前記中央誘導線検出センサを通る直線上に、前記中央誘導線検出センサの左側と右側にそれぞれ配置されている請求項 1 に記載の操舵制御システム。

【請求項 3】

前記ずれ許容幅は、前記中央誘導線検出センサから、前記中央誘導線検出センサの前記磁界を検出可能な最大の水平方向の距離である最大検出距離である請求項 2 に記載の操舵制御システム。

10

【請求項 4】

前記車両は、前輪と後輪とを備え、

前記前輪が、駆動輪であり、前記後輪が、操舵輪であり、

前記前輪の車軸の中心が前記ピボットである請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の操舵制御システム。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の前記操舵制御システムから出力される前記走行制御信号に基づいて自己の走行を駆動する走行駆動機構を含む車両。

【請求項 6】

前記車両は芝刈り機である請求項 5 に記載の車両。

20

【請求項 7】

電磁誘導線から発生する磁界を検出して前記電磁誘導線に沿って自動走行可能な車両のための操舵制御方法であって、

前記車両には、複数の誘導線検出センサが取り付けられており、

制御サイクル毎に、前記複数の誘導線検出センサにより取得された検出データから算出した前記車両の前記電磁誘導線からのずれに基づいて、そのずれを打ち消すように前記車両を旋回させ、又は前記車両を直進させるような走行制御信号を生成し、出力し、

前記複数の誘導線検出センサのずれ検出基準点が、前記車両の旋回中心となるピボットから水平方向の距離 l [m] だけ前方側に離れた位置に配置されており、

30

前記距離 l [m] は、前記制御サイクルを t [秒]、前記車両が前記電磁誘導線上を走行する時の速度を v [m / 秒]、前記ずれ検出基準点の前記電磁誘導線からの水平方向のずれ許容幅を D [m]、前記車両の最小旋回半径を R [m] としたとき、 $t v$ [m] 以上かつ

$$\sqrt{R^2 - (R - D)^2} [m]$$

以下である操舵制御方法。

【請求項 8】

前記複数の誘導線検出センサとして、一組の中央誘導線検出センサ、左側誘導線検出センサ、及び右側誘導線検出センサのみを有し、

40

前記ずれ検出基準点が前記車両の中央線上に配置され、中央誘導線検出センサが前記ずれ検出基準点に配置され、前記左側誘導線検出センサ及び前記右側誘導線検出センサが、前記車両の中央線に垂直で前記中央誘導線検出センサを通る直線上に、前記中央誘導線検出センサの左側と右側にそれぞれ配置されている請求項 7 に記載の操舵制御方法。

【請求項 9】

前記ずれ許容幅は、前記中央誘導線検出センサから、前記中央誘導線検出センサの前記磁界を検出可能な最大の水平方向の距離である最大検出距離である請求項 8 に記載の操舵制御方法。

【請求項 10】

50

前記車両は、前輪と後輪とを備え、
前記前輪が、駆動輪であり、前記後輪が、操舵輪であり、
前記前輪の車軸の中心が前記ピボットである請求項 7 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の操舵制御方法。

【請求項 1 1】

請求項 7 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の操舵制御方法をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載のコンピュータプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

10

【請求項 1 3】

電磁誘導線から発生する磁界を検出して前記電磁誘導線に沿って自動走行可能な車両のための自動走行システムであって、

互いに交差せず互いに隣接して配置された、複数の閉ループ電磁誘導線と、

前記複数の閉ループ電磁誘導線にそれぞれ対応する電源装置と、
を含み、

前記複数の閉ループ電磁誘導線の各々の一部が、走行経路を形成するように、互いに隣接して配置され、

前記複数の閉ループ電磁誘導線毎に対応する電源装置がそれぞれ接続され、前記電源装置から前記複数の閉ループ電磁誘導線に同じ周波数の低周波の交流電流が供給される、
自動走行システム。

20

【請求項 1 4】

前記同じ周波数の低周波の交流電流は、同期が取られている請求項 1 3 に記載の自動走行システム。

【請求項 1 5】

前記車両は、自動走行モードとして、受信した測位信号に基づいて自動走行を行う測位モードと、電磁誘導線から発生する磁界を検出して前記電磁誘導線に沿って自動走行を行う電磁誘導モードを有し、

前記電磁誘導線が敷設されていない経路は、前記測位モードで自動走行が行われる請求項 1 3 又は 1 4 に記載の自動走行システム。

30

【請求項 1 6】

走行経路のうちの、測位信号を受信できない、又は測位信号の受信強度が弱い部分に前記電磁誘導線が敷設されている請求項 1 3 ~ 1 5 のいずれか 1 項に記載の自動走行システム。

【請求項 1 7】

前記車両は、請求項 5 又は 6 に記載の車両である請求項 1 3 ~ 1 6 のいずれか 1 項に記載の自動走行システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、自動走行車両、自動走行車両の操舵制御のためのシステム、方法、プログラム、プログラムを記録した記録媒体、自動走行システムに関する。

40

【背景技術】

【0 0 0 2】

路面に埋設した電磁誘導線に交流電流を供給し、これにより発生する交流磁界を、車両の中心線に対して左右に等間隔で配置した 2 つの磁気センサによって検出し、2 つの磁気センサに発生する誘起電力を検出して電磁誘導線の位置を判断して、判断された電磁誘導線の位置に基づいて操舵を行い、車両を電磁誘導線に沿って走行させる自動走行システムが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2003-5832号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献1に記載されているような従来の電磁誘導線による自動走行システムは、(1)大規模な敷設工事が必要なこと、(2)電磁誘導線経路以外の経路は自動走行させることができないこと、(3)長距離の電磁誘導線へ電力を供給する必要があるため電力を供給する電源が大規模なものとなること等の問題がある。

10

【0005】

また、電磁誘導線による自動走行システムにおいては、車両が電磁誘導線から逸脱しないような制御を行う必要がある。

【0006】

そこで、本発明は、大規模な敷設工事や大規模な電源の必要ない電磁誘導による自動走行システムを提供ことを目的の1つとする。

【0007】

また、本発明は、車両が電磁誘導線から逸脱しないような制御を可能とすることを目的の1つとする。

【課題を解決するための手段】

20

【0008】

本発明の1つの態様は、電磁誘導線から発生する磁界を検出して前記電磁誘導線に沿って自動走行可能な車両のための操舵制御システムであって、前記車両に取り付けられた複数の誘導線検出センサと、制御サイクル毎に、前記複数の誘導線検出センサにより取得された検出データから算出した前記車両の前記電磁誘導線からのずれに基づいて、そのずれを打ち消すように前記車両を旋回させ、又は前記車両を直進させるような走行制御信号を生成し、出力する制御装置と、を備え、前記複数の誘導線検出センサのずれ検出基準点が、前記車両の旋回中心となるピボットから水平方向の距離 l [m] だけ前方側に離れた位置に配置されており、前記距離 l [m] は、前記制御サイクルを t [秒]、前記車両が前記電磁誘導線上を走行する時の速度を v [m/秒]、前記ずれ検出基準点の前記電磁誘導線からの水平方向のずれ許容幅を D [m]、前記車両の最小旋回半径を R [m] としたとき、 $t v$ [m] 以上かつ

30

$$\sqrt{R^2 - (R - D)^2} \text{ [m]}$$

以下である操舵制御システムを提供するものである。

【0009】

前記複数の誘導線検出センサは、中央誘導線検出センサ、左側誘導線検出センサ、及び右側誘導線検出センサであり、前記ずれ検出基準点が前記車両の中央線上に配置され、中央誘導線検出センサが前記ずれ検出基準点に配置され、前記左側誘導線検出センサ及び前記右側誘導線検出センサが、前記車両の中央線に垂直で前記中央誘導線検出センサを通る直線上に、前記中央誘導線検出センサの左側と右側にそれぞれ配置されているものとすることができる。

40

【0010】

前記ずれ許容幅は、前記中央誘導線検出センサから、前記中央誘導線検出センサの前記磁界を検出可能な最大の水平方向の距離である最大検出距離であるものとすることができる。

【0011】

前記車両は、前輪と後輪とを備え、前記前輪が、駆動輪であり、前記後輪が、操舵輪であり、前記前輪の車軸の中心が前記ピボットであるものとすることができる。

50

【 0 0 1 2 】

本発明の1つの態様は、前記操舵制御システムから出力される前記走行制御信号に基づいて自己の走行を駆動する走行駆動機構を含む車両を提供するものである。

【 0 0 1 3 】

本発明の1つの態様は、電磁誘導線から発生する磁界を検出して前記電磁誘導線に沿って自動走行可能な車両のための操舵制御方法であって、前記車両には、複数の誘導線検出センサが取り付けられており、制御サイクル毎に、前記複数の誘導線検出センサにより取得された検出データから算出した前記車両の前記電磁誘導線からのずれに基づいて、そのずれを打ち消すように前記車両を旋回させ、又は前記車両を直進させるような走行制御信号を生成し、出力し、前記複数の誘導線検出センサのずれ検出基準点が、前記車両の旋回中心となるピボットから水平方向の距離 l [m] だけ前方側に離れた位置に配置されており、前記距離 l [m] は、前記制御サイクルを t [秒]、前記車両が前記電磁誘導線上を走行する時の速度を v [m/秒]、前記ずれ検出基準点の前記電磁誘導線からの水平方向のずれ許容幅を D [m]、前記車両の最小旋回半径を R [m] としたとき、 $t v$ [m] 以上かつ

$$\sqrt{R^2 - (R - D)^2} \text{ [m]}$$

以下である操舵制御方法を提供するものである。

【 0 0 1 4 】

前記複数の誘導線検出センサは、中央誘導線検出センサ、左側誘導線検出センサ、及び右側誘導線検出センサであり、前記ずれ検出基準点が前記車両の中央線上に配置され、中央誘導線検出センサが前記ずれ検出基準点に配置され、前記左側誘導線検出センサ及び前記右側誘導線検出センサが、前記車両の中央線に垂直で前記中央誘導線検出センサを通る直線上に、前記中央誘導線検出センサの左側と右側にそれぞれ配置されているものとすることができる。

【 0 0 1 5 】

前記ずれ許容幅は、前記中央誘導線検出センサから、前記中央誘導線検出センサの前記磁界を検出可能な最大の水平方向の距離である最大検出距離であるものとすることができる。

【 0 0 1 6 】

前記車両は、前輪と後輪とを備え、前記前輪が、駆動輪であり、前記後輪が、操舵輪であり、前記前輪の車軸の中心が前記ピボットであるものとすることができる。

【 0 0 1 7 】

本発明の1つの態様は、前記操舵制御方法をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラムを提供するものである。

【 0 0 1 8 】

本発明の1つの態様は、前記コンピュータプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供するものである。

【 0 0 1 9 】

本発明の1つの態様は、電磁誘導線から発生する磁界を検出して前記電磁誘導線に沿って自動走行可能な車両のための自動走行システムであって、互いに隣接して配置された、複数の閉ループ電磁誘導線と、前記複数の閉ループ電磁誘導線にそれぞれ対応する電源装置と、を含み、前記複数の閉ループ電磁誘導線の各々の一部が、走行経路を形成するように、互いに隣接して配置され、前記複数の閉ループ電磁誘導線毎に対応する電源装置がそれぞれ接続され、前記電源装置から前記複数の閉ループ電磁誘導線に同じ周波数の低周波の交流電流が供給される自動走行システムを提供するものである。

【 0 0 2 0 】

前記同じ周波数の低周波の交流電流は、同期が取られているものとすることができる。

【 0 0 2 1 】

10

20

30

40

50

前記車両は、自動走行モードとして、受信した測位信号に基づいて自動走行を行う測位モードと、電磁誘導線から発生する磁界を検出して前記電磁誘導線に沿って自動走行を行う電磁誘導モードを有し、前記電磁誘導線が敷設されていない経路は、前記測位モードで自動走行が行われるものとすることができる。

【0022】

走行経路のうちの、測位信号を受信できない、又は測位信号の受信強度が弱い部分に前記電磁誘導線が敷設されているものとすることができる。

【0023】

前記車両は、請求項5又は6に記載の車両であるものとすることができる。

【発明の効果】

【0024】

上記構成を有する本発明によれば、大規模な敷設工事や大規模な電源の必要ない電磁誘導による自動走行システムを提供することができる。

【0025】

また、上記構成を有する本発明によれば、車両が電磁誘導線から逸脱しないような制御を可能とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】芝刈り作業本発明の1つの実施形態に係る、芝刈り機の自動走行に必要となる装置類の全体概要図である。

【図2】本発明を適用した1つの実施形態に係る芝刈り機の側面外観図である。

【図3】本発明の1つの実施形態に係る芝刈り機の主要部の上面概念図である。

【図4】電磁誘導線からの誘導線検出センサのずれと電磁誘導線と誘導線検出センサの位置関係の関係を示す図である。

【図5】電磁誘導線上を自動走行する際の幾何学的関係を示す図である。

【図6】ピボットの軌跡と中央誘導線検出センサの軌跡の関係を示す図である。

【図7】ピボットの軌跡と中央誘導線検出センサの軌跡の関係を示す図である。

【図8】ピボットの軌跡と中央誘導線検出センサの軌跡の関係を示す図である。

【図9】ピボットの軌跡と中央誘導線検出センサの軌跡の関係を示す図である。

【図10】本発明の1つの実施形態に係る操舵制御処理の例のフローチャートである。

【図11】走行経路の一例を示す図である。

【図12】本発明の1つの実施形態に係る自動走行システムの全体構成を示す図である。

【図13】電磁誘導線に供給される交流電流と同期信号の一例を示す図である。

【図14】隣接する閉ループ電磁誘導線の交流電流の位相が揃っている場合とずれている場合の電界強度の比較図である。

【0027】

以下、本発明の操舵制御システム、操舵制御システムを搭載した車両、自動走行システムを、ゴルフ場の芝刈りを行う芝刈り機に適用した場合を一例として説明する。

【0028】

<全体概要>

図1は、本発明の1つの実施形態に係る、芝刈り機の自動走行に必要となる装置類の全体概要図である。本実施形態では、RTK-GPS方式(Real Time Kinematic GPS: 干渉測位方式)を用いて、現在位置の計測を行いながらゴルフ場の芝刈り作業を行う芝刈り機1の例を示す。

【0029】

基地局3は、RTK-GPSの基準局に相当するGPS受信装置31及び送受信装置32と、GPSアンテナ35と、通信アンテナ36とを備えている。基地局3は、その経度、緯度、高さが既知の地点に設置される。GPS受信装置31は、芝刈り機1の位置情報の誤差を補正するための補正情報を生成する。この補正情報は、送受信装置32及び通信アンテナ36を通じて、芝刈り機1へ適宜送信される。補正情報の送信タイミングは、例

10

20

30

40

50

例えば、芝刈り機 1 が要求するタイミングであったり、所定の間隔（例えば 1 0 0 m s 毎）であったりする。

【 0 0 3 0 】

本実施形態においては、測位方式として、R T K - G P S 方式を用いているが、デファレンシャル G P S 方式（Differential G P S：相対測位方式）を用いてもよい。

【 0 0 3 1 】

芝刈り機 1 は、機体 1 0、制御装置 1 1、車速センサ 1 2、方位角速度センサ 1 3、左側誘導線検出センサ 1 4、中央誘導線検出センサ 1 5、右側誘導線検出センサ 1 6、駆動制御部 1 7、G P S アンテナ 1 8、通信アンテナ 1 9、刈り刃（前方）2 0、刈り刃（後方）2 1、駆動輪 2 2、操舵輪 2 3、操作入力部 2 4、表示部 2 5、音声出力部 2 6 を備えている。

10

【 0 0 3 2 】

制御装置 1 1 は、C P U、通信機能、ストレージ機能（内部記録媒体並びに外部記録媒体に対するドライブユニット及びノ又は入出力インタフェース）及び表示機能（ディスプレイ）を備えたコンピュータ装置と、所定のコンピュータプログラムとで構成される。このコンピュータプログラムは、コンピュータ装置を、G P S 受信部 1 0 1、送受信部 1 0 2、車両情報受信部 1 0 5、駆動指令部 1 0 6、制御情報生成部 1 0 7、記憶部 1 0 8、リムーバブル記録媒体インタフェース部 1 0 9、主制御部 1 1 2、として機能させる。主制御部 1 1 2 は、各部の動作を統括的に制御する。このコンピュータ装置は、時刻データと制御動作の同期クロックとを出力する R T C（Real Time Clock）モジュールを備えたものである。芝刈り機が方位角速度センサを備えていない等の場合のために、制御装置 1 1 が、方位角速度センサを備えてもよい。制御装置 1 1 の詳細については後述する。

20

【 0 0 3 3 】

車速センサ 1 2 は、芝刈り機 1 の前進又は後退する際の走行速度を検出する。方位角速度センサ 1 3 は、三次元軸線回り（ロール、ピッチ、ヨー）の角速度により芝刈り機 1 の傾き、旋回、ふらつき等の挙動（動態）を検出する。方位角速度センサ 1 3 で計測すべきデータを加速度計で代用しても良い。また、芝刈り機 1 が備える各種計器の計測結果を取り込むことで、センサ 1 1、1 2 を代用することもできる。

【 0 0 3 4 】

中央誘導線検出センサ 1 5、左側誘導線検出センサ 1 4、右側誘導線検出センサ 1 6 の 3 つの誘導線検出センサは、電磁誘導線上の走行経路を自動走行する際に、電磁誘導線に供給された交流電流によって発生する交番磁界の強度を検出する。

30

【 0 0 3 5 】

駆動制御部 1 7 は、後述する作業制御信号に基づいて芝刈り機 1 が備える刈り刃の昇降及び作動等を駆動する作業駆動機構を制御したり、後述する走行制御信号に基づいて芝刈り機 1 の右左への旋回、前進、後退等を駆動する走行駆動機構を制御する。この駆動制御部 1 7 は、図示されるように、制御装置 1 1 とは別に設けても良いが、制御装置 1 1 の一機能として実現しても良い。

【 0 0 3 6 】

G P S アンテナ 1 8 は、G P S 衛星から送信された G P S データを受信する位置検出センサとして機能するものである。通信アンテナ 1 9 は、基地局 3 の通信アンテナ 3 6 との間の通信を可能にする。この通信は、上記の芝刈り機 1 の位置情報の誤差を補正するための補正情報、芝刈り機 1 のオペレータとの通信、芝刈り機 1 の遠隔操作のための信号等の送受信に使用される。

40

【 0 0 3 7 】

操作入力部 2 4 は、キーボードやマウス等から構成されるが、これらに限定されるものではない。

【 0 0 3 8 】

表示部 2 5 は、C R T、液晶ディスプレイ、積層表示灯等から構成されるが、これらに限定されるものではない。

50

【 0 0 3 9 】

音声出力部 2 6 は、スピーカ等から構成されるが、これに限定されるものではない。

【 0 0 4 0 】

< 芝刈り機 >

図 2 は芝刈り機 1 を側面から見た外観図である。図 3 は、本発明の 1 つの実施形態に係る芝刈り機の主要部の上面概念図である。上述した制御装置 1 1、車速センサ 1 2、方位角速度センサ 1 3、駆動制御部 1 7、及び走行駆動機構及び作業駆動機構は、芝刈り機 1 の機体 1 0 に内蔵されている。

【 0 0 4 1 】

方位角速度センサ 1 3 は、芝刈り機 1 の挙動が正しく伝達される位置に設置される。GPS アンテナ 1 8 は、芝刈り機 1 の機体のほぼ中心部位、すなわち機体の長さ方向と幅方向それぞれのほぼ中心となるように備えられる。また、通信アンテナ 1 9 は、GPS アンテナ 1 8 の受信の障害にならないように芝刈り機 1 の機体の後方表面から突出するように取り付けられる。

10

【 0 0 4 2 】

中央誘導線検出センサ 1 5、左側誘導線検出センサ 1 4、右側誘導線検出センサ 1 6 の 3 つの誘導線検出センサは、刈り刃（前方）2 0 に取り付けられたステア 2 7 に取り付けられている。中央誘導線検出センサ 1 5 は、芝刈り機 1 の中央線 C 上で、芝刈り機 1 の旋回中心となる駆動輪 2 2 の車軸の中心に位置するピボット P v から後述の距離 l [m] だけ離れた位置に配置され、左側誘導線検出センサ 1 4 と右側誘導線検出センサ 1 6 は、芝刈り機 1 の中央線 C に垂直で中央誘導線検出センサ 1 5 を通る直線上に、中央誘導線検出センサ 1 5 の左側と右側に、中央誘導線検出センサ 1 5 から後述の距離 D [m] だけ離れた位置に配置されている。

20

【 0 0 4 3 】

上述のように、芝刈り機 1 は、芝を刈るための一対の刈り刃（前方）2 0、刈り刃（後方）2 1 を備えている。前方の刈り刃 1 8 は、走行方向と直交する方向の刈り幅 W [m] のうち、左右端の芝を刈り取る。後方の刈り刃 1 9 は、刈り幅 W [m] のうち、中央部の芝を刈り取る。この刈り幅 W [m] が、芝刈り機 1 の 1 回の走行、作業で芝を刈り取ることができる作業幅となる。

【 0 0 4 4 】

< 制御装置 >

図 1 に戻り、制御装置 1 1 の GPS 受信部 1 0 1 は、GPS アンテナ 1 8 で受信した GPS データを制御情報生成部 1 0 7 へ出力する。送受信部 1 0 2 は、通信アンテナ 1 9 を介して、制御情報生成部 1 0 7 と基地局 3 との間の通信を可能にし、通信アンテナ 1 9 で受信した芝刈り機 1 の位置情報の誤差を補正するための補正情報を制御情報生成部 1 0 7 へ出力する。制御情報生成部 1 0 7 は、GPS アンテナ 1 8 で受信した GPS データと通信アンテナ 1 9 で受信した芝刈り機 1 の位置情報の誤差を補正するための補正情報に基づいて、芝刈り機 1 の現在位置を表す位置情報を生成する。また、送受信部 1 0 2 は、有線若しくは無線、又は LAN (Local Area Network) 若しくは公衆通信回線を問わず任意のネットワークに接続されることができる。

30

40

【 0 0 4 5 】

車両情報受信部 1 0 5 は、車速センサ 1 2 及び方位角速度センサ 1 3、及び / 又は GPS データによる位置の追跡から、芝刈り機 1 の走行速度、方位、挙動を表す検知情報を取得する。取得した情報がアナログデータの場合には、それらをデジタルデータに変換して出力する。その際、必要に応じて、方位角速度センサ 1 3 の出力からオフセット成分及びドリフト成分の除去処理等を施すデータ補正を行う。また、車両情報受信部 1 0 5 は、中央誘導線検出センサ 1 5、左側誘導線検出センサ 1 4、右側誘導線検出センサ 1 6 による磁界強度を取得する。車両情報受信部 1 0 5 の出力情報は、現在時刻データと関連付けて、記憶部 1 0 8 に記録される。

【 0 0 4 6 】

50

駆動指令部 106 は、制御情報生成部 107 の出力情報（走行制御信号 / 作業制御信号）に基づいて、芝刈り機 1 を走行制御あるいは作業制御するために走行駆動機構あるいは作業駆動機構の制御内容を定めた情報を駆動制御部 17 へ出力する。駆動制御部 17 は、この情報をもとに、芝刈り機の走行駆動機構あるいは作業駆動機構を制御する。これにより、芝刈り機 1 による自動走行や自動走行による芝刈り作業が可能となる。

【0047】

記憶部 108 は、走行経路及び動作データや所定のコンピュータプログラム等を記録することができる。記憶部 108 は、ハードディスクや半導体メモリ等の任意の数の記憶部品から構成されるが、これらに限定されるものではない。

【0048】

リムーバブル記録媒体インタフェース部 109 には、CD-ROM や DVD 等の光ディスク、USB メモリ、SD メモリカード等のリムーバブル記録媒体 40 が着脱自在に装着することができる。また、リムーバブル記録媒体インタフェース部 109 は、装着されたリムーバブル記録媒体 40 に記録されたデータを読み出したり、リムーバブル記録媒体 40 にデータを書き込んだりすることができる。リムーバブル記録媒体インタフェース部 109 は、例えばリムーバブル記録媒体 40 が CD-ROM や DVD 等の光ディスクであれば専用のリーダ / ライタ等であり、USB メモリであれば USB ポート等であり、SD メモリカードであればカードスロット等であるが、これらに限定されるものではない。

【0049】

走行経路及び動作データが、記憶部 108 又はリムーバブル記録媒体インタフェース部 109 に装着されたリムーバブル記録媒体 40 に記録されている。動作データは、走行経路と関連付けられた、芝刈り機 1 の走行中あるいは停止中の刈り刃（前方）20、刈り刃（後方）21 の昇降動作や回転の起動又は停止などを含む芝刈り作業に係る各種設定、芝刈り機 1 の速度や自動走行モードを含む。自動走行モードは、受信した測位信号に基づいて自動走行を行う測位モードと、電磁誘導線から発生する磁界を検出して前記電磁誘導線に沿って自動走行を行う電磁誘導モードを含む。制御情報生成部 107 は、測位モードである場合、その走行経路及び動作データと GPS データや各種センサ 11 等より取得した現在位置とに基づいて、電磁誘導モードにおいては、中央誘導線検出センサ 15、左側誘導線検出センサ 14、右側誘導線検出センサ 16 により取得した磁界強度から算出した芝刈り機 1 の電磁誘導線 E からのずれに基づいて、走行制御信号及び作業制御信号を生成し、出力する。これにより自動走行による作業を可能にする。

【0050】

< 操舵制御システム >

次に、本発明の一実施形態に係る操舵制御システム及び方法について説明する。まず、その原理について説明する。図 4 は、電磁誘導線からの誘導線検出センサのずれと電磁誘導線と誘導線検出センサの位置関係の関係を示す図である。図 5 は、電磁誘導線上を自動走行する際の幾何学的関係を示す図である。図 6 から図 9 は、ピボットの軌跡と中央誘導線検出センサの軌跡の関係を示す図である。図 10 は、本発明の 1 つの実施形態に係る操舵制御処理の例のフローチャートである。

【0051】

操舵制御システム 60 は、制御装置 11、中央誘導線検出センサ 15、左側誘導線検出センサ 14、右側誘導線検出センサ 16 を含む。

【0052】

図 4 は、芝刈り機 1 の進行方向に垂直な断面における、電磁誘導線からの誘導線検出センサのずれと電磁誘導線と誘導線検出センサの位置関係の関係を示す図である。図 4 を参照して、電磁誘導線 E から中央誘導線検出センサ 15 までの垂直方向の高さを h [m]、電磁誘導線 E からの中央誘導線検出センサ 15 の水平方向のずれ、すなわち電磁誘導線 E から中央誘導線検出センサ 15 までの水平方向の距離を d [m]、電磁誘導線を通る鉛直方向の直線と中央誘導線検出センサ 15 とのなす角度を θ とすると、電磁誘導線 E から誘導線検出センサ 15 までの距離（磁力線半径） r [m] は、 $r = d / \sin \theta$ [m] とな

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 5 3 】

電磁誘導線 E から中央誘導線検出センサ 1 5 までの垂直方向の高さ h [m] は一定であるとみなすと、 $d = r \cdot \sin$ [m] であるので、電磁誘導線 E から中央誘導線検出センサ 1 5 までの水平方向の距離 d の値は電磁誘導線 E から中央誘導線検出センサ 1 5 までの距離 r [m] に比例する。また、電磁誘導線 E から発する磁界の強さは、電磁誘導線 E から中央誘導線検出センサ 1 5 までの距離 r [m] に反比例するため、 r [m] が大きくなるほど、中央誘導線検出センサ 1 5 が検出する磁界は弱くなる。よって、閾値の強度以下の信号を検出しないようにすると、中央誘導線検出センサ 1 5 が検出可能な最大の r [m] の値を決定することができる。 d [m] の値は r [m] の値に比例するので、中央誘導線検出センサ 1 5 が検出可能な最大の d [m] の値も決定することができる。この検出可能な最大の水平方向の距離 d [m] を最大検出距離 D [m] と呼ぶことにする。本実施形態においては、左側誘導線検出センサ 1 4 と右側誘導線検出センサ 1 6 の検出性能が同じであり、最大検出距離も D [m] とする。

10

【 0 0 5 4 】

上述のように、中央誘導線検出センサ 1 5 は、芝刈り機 1 の中央線 C 上でピボット P v から距離 l [m] だけ離れた位置に配置され、左側誘導線検出センサ 1 4 と右側誘導線検出センサ 1 6 は、芝刈り機 1 の中央線 C に垂直で中央誘導線検出センサ 1 5 を通る直線上に、中央誘導線検出センサ 1 5 の左側と右側に、中央誘導線検出センサ 1 5 から最大検出距離 D [m] だけ離れた位置に配置されている。中央誘導線検出センサ 1 5、左側誘導線検出センサ 1 4、右側誘導線検出センサ 1 6 は、検出性能が同じであるから、このような配置により、中央誘導線検出センサ 1 5 の位置の電磁誘導線 E からのずれが検出できる。

20

【 0 0 5 5 】

制御装置 1 1 の制御情報生成部 1 0 7 は、車両情報受信部 1 0 5 により取得された、中央誘導線検出センサ 1 5、左側誘導線検出センサ 1 4、及び右側誘導線検出センサ 1 6 により取得された検出データである磁界強度に基づいて、芝刈り機 1 の電磁誘導線 E からのずれを算出する。具体的には、中央誘導線検出センサ 1 5 が磁界を検出せず、左側誘導線検出センサ 1 4 が磁界を検出した場合は、電磁誘導線 E が左側誘導線検出センサ 1 4 の左側に位置するようにはずれていると判定することができる。また、中央誘導線検出センサ 1 5 が磁界を検出せず、右側誘導線検出センサ 1 6 が磁界を検出した場合は、電磁誘導線 E が右側誘導線検出センサ 1 6 の右側に位置するようにはずれていると判定することができる。そして、中央誘導線検出センサ 1 5 が磁界を検出し、左側誘導線検出センサ 1 4 が磁界を検出した場合は、電磁誘導線 E が中央誘導線検出センサ 1 5 と左側誘導線検出センサ 1 4 の間に位置するようにはずれていると判定することができる。また、中央誘導線検出センサ 1 5 が磁界を検出し、右側誘導線検出センサ 1 6 が磁界を検出した場合は、電磁誘導線 E が中央誘導線検出センサ 1 5 と右側誘導線検出センサ 1 6 の間に位置するようにはずれていると判定することができる。

30

【 0 0 5 6 】

ただし、本実施形態においては、芝刈り機 1 (より厳密には、中央誘導線検出センサ 1 5 の位置) が電磁誘導線 E からそれ以上ずれた場合に芝刈り機 1 を停止させるずれ許容幅を最大検出距離 D [m] と設定し、中央誘導線検出センサ 1 5 が磁界を検出しなかったときに、制御情報生成部 1 0 7 は、芝刈り機 1 を停止させる走行制御信号を生成し、芝刈り機 1 を停止させる。

40

【 0 0 5 7 】

なお、芝刈り機 1 の電磁誘導線 E からのずれの算出は、制御情報生成部 1 0 7 で算出する構成に限定されるものではなく、例えば、制御装置 1 1 の外部で算出し、算出されたずれを制御装置が受け取る構成等他の任意の適切な構成とすることができる。

【 0 0 5 8 】

また、中央誘導線検出センサ 1 5 を配置せず、左側誘導線検出センサ 1 4 と右側誘導線検出センサ 1 6 のみでも、左側誘導線検出センサ 1 4 の位置と右側誘導線検出センサ 1 6

50

の位置の midpoint の電磁誘導線 E からのずれは算出できるので、中央誘導線検出センサ 15 を配置しない構成としてもよい。

【0059】

図5を参照して、芝刈り機1の操舵が行われたとき、芝刈り機1は、ピボット(制御点)Pvが、操舵輪の法線が交差する点(旋回中心O)を半径Rとする円弧の軌道を通るように移動する。ここで、左側誘導線検出センサ14と右側誘導線検出センサ16は、実際の制御には必要なものの、以下で考察する中央誘導線検出センサ15の芝刈り機1の前後方向の配置位置の範囲には影響しないため、図5では省略している。

【0060】

上述のように、制御情報生成部107は、中央誘導線検出センサ15、左側誘導線検出センサ14、右側誘導線検出センサ16により取得した磁界強度から算出した芝刈り機1の電磁誘導線Eからのずれに基づいて、走行制御信号を生成し、出力する。具体的には、制御情報生成部107は、制御サイクルt[秒]毎に、中央誘導線検出センサ15、左側誘導線検出センサ14、右側誘導線検出センサ16により取得した磁界強度から算出した芝刈り機1の電磁誘導線Eからのずれに基づいて、そのずれを打ち消すように芝刈り機1を旋回させ、又は芝刈り機1を直進させるような走行制御信号を生成し、出力する。出力された走行制御信号は駆動指令部106を介して駆動制御部17に送られ、駆動制御部17は受け取った走行制御信号に応じて、駆動輪22を制御し、操舵輪23を旋回させる。

【0061】

なお、本実施形態においては、芝刈り機1は、電磁誘導線上を走行する際は、後進を行わないものとする。

【0062】

以上を前提に、芝刈り機1が電磁誘導線から逸脱することなく自動走行可能とするための中央誘導線検出センサ15の芝刈り機1の前後方向の配置位置の範囲について考察する。ここで、芝刈り機1は、最小旋回半径よりも小さい旋回半径で旋回することはできないので、走行経路は、最小旋回半径よりも小さい曲率半径のカーブを含んではならない。また、逆に、芝刈り機1は、最小旋回半径以上のカーブは走行することができる。よって、芝刈り機1が電磁誘導線から逸脱することなく自動走行可能であるか否かの限界の走行経路は、最小旋回半径を半径とする円弧を考えればよい。言い換えれば、最小旋回半径を半径とする円弧の電磁誘導線から逸脱することなく自動走行可能であるならば、最小旋回半径よりも小さい曲率半径のカーブを含まない走行経路は自動走行可能である。したがって、以下では、走行経路が最小旋回半径を半径とする円弧である場合について検討する。

【0063】

(ピボットPv上にある場合)

まず、中央誘導線検出センサ15が、ピボットPv上にある場合を考えてみる。

【0064】

図6を参照して、中央誘導線検出センサ15が初期位置P0にある時は、制御情報生成部107はずれを検出しないので、操舵制御システム60は操舵を行わず、芝刈り機1は直進する。芝刈り機1が電磁誘導線E上を走行する時の速度をv[m/秒]としたとき、1制御サイクル後、すなわちt秒後のピボットPv及び中央誘導線検出センサ15は、初期位置P0からtv[m]だけ直進したP1の位置となる。

【0065】

1制御サイクル後のこのタイミングで、制御情報生成部107は、電磁誘導線Eとのずれを検出するので、操舵制御システム60は、芝刈り機1を、最小旋回で電磁誘導線に近づくように、すなわち最小旋回半径で左側に旋回するように操舵する。しかしながら、この時、ピボットPvは、位置P1にあるので、図6から分かるように、芝刈り機1が最小旋回で旋回しても電磁誘導線Eに近づくことはできず、芝刈り機1は電磁誘導線Eに戻ることはできない。すなわち、旋回タイミングが遅すぎるので、芝刈り機1が電磁誘導線Eに戻ることはできない。

【0066】

10

20

30

40

50

したがって、芝刈り機 1 の位置が電磁誘導線 E からずれた場合に、芝刈り機 1 が電磁誘導線 E に戻れるようにするためには、旋回タイミングを早める必要がある。そのためには、中央誘導線検出センサ 15 をピボット P v よりも前方側に配置する必要があるが、どのくらいの距離だけ前方に配置すれば芝刈り機 1 が電磁誘導線 E に戻ることができるようになるかについて以下検討する。

【 0 0 6 7 】

(ピボット P v から最も近い配置)

まず、ピボット P v から最も近い配置について検討する。図 7 を参照して、 $l = t v [m]$ 、すなわち、中央誘導線検出センサ 15 が、芝刈り機 1 の中央線 C 上でピボット P v から距離 $t v [m]$ だけ離れて配置されている場合を考える。ピボット P v の初期位置を P 2、中央誘導線検出センサ 15 の初期位置を P 3 とする。初期位置において、中央誘導線検出センサ 15 は、電磁誘導線 E 上の位置にあり、中央誘導線検出センサ 15 はずれを検出しないので、操舵制御システム 60 は操舵を行わず、芝刈り機 1 は直進する。1 制御サイクル後、すなわち t 秒後のピボット P v 及び中央誘導線検出センサ 15 は、初期位置 P 2、P 3 からそれぞれ $t v [m]$ だけ、初期位置での芝刈り機 1 の中心線に沿って前方に直進した P 3、P 4 の位置となる。

【 0 0 6 8 】

1 制御サイクル後のこのタイミングで、中央誘導線検出センサ 15 は、中央誘導線検出センサ 15 の位置が電磁誘導線 E から右側にずれていることを検出するので、操舵制御システム 60 は、芝刈り機 1 を、最小旋回で電磁誘導線に近づくように、すなわち最小旋回半径で左側に旋回するように操舵する。この時、ピボット P v は、位置 P 3 にあるので、図 7 から分かるように、芝刈り機 1 は、最小旋回で旋回することにより、電磁誘導線 E から逸脱することなく、電磁誘導線 E 上を走行することができる。

【 0 0 6 9 】

また、中央誘導線検出センサ 15 が、ピボット P v から $t v [m]$ よりも小さい距離しか離れていなかった場合は、芝刈り機 1 は電磁誘導線 E に戻ることができないことが図 6 と図 7 の比較により理解することができる。

【 0 0 7 0 】

一方、図 8 を参照して、このような中央誘導線検出センサ 15 の配置において、初期位置において、中央誘導線検出センサ 15 が、芝刈り機 1 の中央線 C に垂直な方向に右側に距離 $D [m]$ だけ離れた場所にある場合を考える。ピボット P v の初期位置を P 5、中央誘導線検出センサ 15 の初期位置を P 6 とする。初期位置において、中央誘導線検出センサ 15 は、中央誘導線検出センサ 15 の位置が電磁誘導線 E から右側にずれていることを検出するので、操舵制御システム 60 は、芝刈り機 1 を、最小旋回で電磁誘導線に近づくように、すなわち最小旋回半径で左側に旋回するように操舵する。1 制御サイクル後、すなわち t 秒後のピボット P v の位置は、最小旋回半径 R の円周上を距離 $t v [m]$ だけ進んだ位置 P 7 となり、中央誘導線検出センサ 15 の位置は、位置 P 7 から、位置 P 7 における最小旋回半径 R の円周の接線方向に前方に $t v [m]$ だけ離れた位置 P 8 となる。位置 P 8 において、中央誘導線検出センサ 15 の位置は、依然として電磁誘導線 E から右側にずれているので、制御情報生成部 107 は、中央誘導線検出センサ 15 の位置が電磁誘導線 E から右側にずれていることを検出するので、操舵制御システム 60 は、芝刈り機 1 を、再度、最小旋回で電磁誘導線に近づくように、すなわち最小旋回半径で左側に旋回するように操舵する。このような操舵を制御サイクル毎に繰り返すことにより、芝刈り機 1 は電磁誘導線 E に戻ることができる。

【 0 0 7 1 】

以上から、芝刈り機 1 が電磁誘導線から逸脱することなく自動走行可能とするための、中央誘導線検出センサ 15 をピボット P v から最も近くに配置する場合の中央誘導線検出センサ 15 の位置は、中央誘導線検出センサ 15 が、芝刈り機 1 の中央線 C 上でピボット P v から距離 $t v [m]$ だけ離れた位置であることが分かる。

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

50

(ピボット P v から最も遠い配置)

次に、ピボット P v から最も遠い配置について検討する。図 9 を参照して、

$$l = \sqrt{R^2 - (R - D)^2} \text{ [m]}$$

すなわち、中央誘導線検出センサ 15 が、芝刈り機 1 の中央線 C 上でピボット P v から距離

$$\sqrt{R^2 - (R - D)^2} \text{ [m]}$$

だけ離れて配置されていて、初期位置において、中央誘導線検出センサ 15 が、芝刈り機 1 の中央線 C に垂直な方向に右側にずれ許容幅 D [m] の距離だけ離れた場所にある場合を考える。ピボット P v の初期位置を P 9、中央誘導線検出センサ 15 の初期位置を P 10 とする。初期位置において、制御情報生成部 107 は、中央誘導線検出センサ 15 の位置が電磁誘導線 E から右側にずれていることを検出するので、操舵制御システム 60 は、芝刈り機 1 を、最小旋回で電磁誘導線に近づくように、すなわち最小旋回半径で左側に旋回するように操舵する。よって、芝刈り機 1 は、最小旋回半径の電磁誘導線 E 上を走行する。このとき、中央誘導線検出センサ 15 の軌跡は、最小旋回半径 R の電磁誘導線 E と平行となる、すなわち電磁誘導線 E に近づくことはできないが、遠ざかることもない。よって、制御サイクル毎に最小旋回半径で左側に旋回するように操舵しても、中央誘導線検出センサ 15 の軌跡は、最小旋回半径 R の電磁誘導線 E と平行のままとなる。

【 0 0 7 3 】

したがって、芝刈り機 1 が電磁誘導線からずれ許容幅 D [m] より大きく逸脱することなく自動走行可能とするための、中央誘導線検出センサ 15 をピボット P v から最も遠くに配置する場合の中央誘導線検出センサ 15 の位置は、中央誘導線検出センサ 15 が、芝刈り機 1 の中央線 C 上でピボット P v から距離

$$\sqrt{R^2 - (R - D)^2} \text{ [m]}$$

だけ離れた位置であることが分かる。

【 0 0 7 4 】

以上から、 l [m] を t_v [m] 以上、

$$\sqrt{R^2 - (R - D)^2} \text{ [m]}$$

以下となるように中央誘導線検出センサ 15 を配置すれば、芝刈り機 1 が電磁誘導線 E から逸脱しても電磁誘導線 E に戻れるように制御できることが分かる。

【 0 0 7 5 】

以上の説明においては、中央誘導線検出センサ 15、左側誘導線検出センサ 14、及び右側誘導線検出センサ 16 の 3 つの誘導線検出センサによって、中央誘導線検出センサ 15 の位置の電磁誘導線 E からのずれが検出されていた。すなわち、中央誘導線検出センサ 15、左側誘導線検出センサ 14、及び右側誘導線検出センサ 16 の 3 つの誘導線検出センサによって検出される電磁誘導線 E からのずれの検出基準点は、中央誘導線検出センサ 15 の位置であった。よって、一般に、複数の誘導線検出センサが車両に取り付けられている場合、複数の誘導線検出センサによって検出される電磁誘導線 E からのずれの検出基準点が、上記の条件 (t_v [m] 以上、

$$\sqrt{R^2 - (R - D)^2} \text{ [m]}$$

以下) を満たす、ピボットから水平方向の距離 l [m] だけ前方側に離れた位置に配置されていれば、ずれの検出基準点が電磁誘導線からずれ許容幅 D [m] より大きく逸脱する

ことなく自動走行可能であることも理解される。

【 0 0 7 6 】

以上の原理を前提に、本発明の 1 つの実施形態に係る操舵制御方法の例について説明する。

【 0 0 7 7 】

車両情報受信部 1 0 5 は、中央誘導線検出センサ 1 5、左側誘導線検出センサ 1 4、及び右側誘導線検出センサ 1 6 から、各誘導線検出センサにより取得された検出データである磁界強度を取得する (S 1)。

【 0 0 7 8 】

制御情報生成部 1 0 7 は、制御サイクル t [秒] 毎に、中央誘導線検出センサ 1 5、左側誘導線検出センサ 1 4、右側誘導線検出センサ 1 6 により取得した磁界強度から算出した芝刈り機 1 の電磁誘導線 E からのずれに基づいて、そのずれを打ち消すように芝刈り機 1 を回転させ、又は芝刈り機 1 を直進させるような走行制御信号を生成し、出力する (S 2)。出力された走行制御信号は駆動指令部 1 0 6 を介して駆動制御部 1 7 に送られ、駆動制御部 1 7 は受け取った走行制御信号に応じて、駆動輪 2 2 を制御し、操舵輪 2 3 を回転させる (S 3)。

【 0 0 7 9 】

本実施形態においては、誘導線検出センサの構成が、中央誘導線検出センサ 1 5、左側誘導線検出センサ 1 4、及び右側誘導線検出センサ 1 6 の 3 つの誘導線検出センサによって検出される電磁誘導線 E からのずれの検出基準点が、中央誘導線検出センサ 1 5 の位置である構成であり、前輪が駆動輪、後輪が操舵輪で、ピボット P_v が駆動輪の車軸の中心に位置している車両であったが、このような車両に限定されるものでなく、ピボット (制御点) P_v が一意に決まる車両については、駆動方式 (2 輪駆動、3 輪駆動、4 輪駆動、等) や操舵方式 (前輪操舵、後輪操舵) に依らず、複数の誘導線検出センサによって検出される電磁誘導線 E からのずれの検出基準点が、 t_v [m] 以上かつ

$$\sqrt{R^2 - (R - D)^2} [m]$$

以下を満たす、ピボット P_v から水平方向の距離 l [m] だけ前方側に離れた位置に配置されているのであれば、任意の適切な誘導線検出センサの構成や車両とすることができる。

【 0 0 8 0 】

本実施形態によれば、芝刈り機 1 が電磁誘導線から逸脱しないような制御を可能とすることができる。

【 0 0 8 1 】

上記実施形態においては、ずれ許容幅を中央誘導線検出センサの最大検出距離と設定したが、ずれ許容幅は、中央誘導線検出センサの最大検出距離でなくともよく、任意の適切な幅とすることができる。

【 0 0 8 2 】

操舵制御システムの一部機能は、別体のサーバ、基地局、タブレット型のコンピュータ等の、走行制御装置とは別体のものとして構成してもよい。

【 0 0 8 3 】

< 自動走行システム >

次に、本発明の一実施形態に係る自動走行システムについて説明する。図 1 1 は、走行経路の一例を示す図である。図 1 2 は、本発明の 1 つの実施形態に係る自動走行システムの全体構成を示す図である。図 1 3 は、電磁誘導線に供給される交流電流と同期信号の一例を示す図である。図 1 4 は、隣接する閉ループ電磁誘導線の交流電流の位相が揃っている場合とずれている場合の電界強度の比較図である。

【 0 0 8 4 】

図 1 1 は、走行経路の一例を示す図で、カート道 CP からホール H に進入し、ホール H の芝刈りを行い、ホール H から再びカート道 CP に戻り、カート道 CP を進み、カート道

C P から車庫 W に入る走行経路 T P を示す図である。図 1 2 は、切り換えポイント S W P 1 付近から切り換えポイント S W P 2 付近までを拡大した、本発明の 1 つの実施形態に係る自動走行システムの全体構成を示す図である。

【 0 0 8 5 】

自動走行システム 5 は、第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1 と第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2、第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1、第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2 にそれぞれ対応する第 1 の電源装置 5 1、第 2 の電源装置 5 2 を含む。第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1 と第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2 は隣接して配置されている。第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1、第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2 には、対応する第 1 の電源装置 5 1、第 2 の電源装置 5 2 がそれぞれ接続されている。

10

【 0 0 8 6 】

第 1 の電源装置 5 1 は、第 1 の交流電流生成部 5 1 1 と同期信号生成部 5 1 3 を備える。また、第 2 の電源装置 5 2 は、第 2 の交流電流生成部 5 2 1 を備える。第 1 の交流電流生成部 5 1 1 と第 2 の交流電流生成部 5 2 1 は、同じ周波数の低周波の交流電流を生成する。本実施形態においては、例えば、図 1 3 に示されるような 1 . 5 k H z の矩形波交流電流を生成するが、これに限定されるものではなく、生成する交流電流の周波数は、他の任意の適切な低周波の周波数とすることができ、また、生成する交流電流の形状は、他の任意の適切な形状の交流電流とすることができる。

【 0 0 8 7 】

同期信号生成部 5 1 3 は、所定のタイミングで同期信号を生成する。同期信号生成部 5 1 3 で生成された同期信号は、第 2 の交流電流生成部 5 2 1 に供給され、第 2 の交流電流生成部 5 2 1 は、この同期信号に基づいて、所定のタイミングで、第 1 の交流電流生成部 5 1 1 によって生成される矩形波交流電流と同期した矩形波交流電流を生成する。このように、所定のタイミングで、第 1 の交流電流生成部 5 1 1 によって生成される矩形波交流電流と第 2 の交流電流生成部 5 2 1 によって生成される矩形波交流電流の同期が取られる。

20

【 0 0 8 8 】

切り換えポイント S W P 1 から切り換えポイント S W P 2 までの走行経路 T P は電磁誘導線上にある。具体的には、第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1 の第 1 の部分 C L 1 P と第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2 の第 1 の部分 C L 2 P が、走行経路 T P を形成するように、互いに隣接して配置されている。第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1 の第 1 の部分 C L 1 P の両端と第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2 の第 1 の部分 C L 2 P の両端において、第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1 と第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2 は直角に折り曲げられ、折り曲げられた部分はカート道 C P 上で直線状となっている。このような構成とすることによって、第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1 と第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2 を接近して隣接させ、走行経路 T P 上の電磁誘導線間の間隔を小さくすることができ、また、芝刈り機 1 が、走行経路 T P の方向ではなく、第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1 や第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2 の折れ曲がった方向に誘導されることを防止することができる。

30

【 0 0 8 9 】

このように、第 1 の閉ループ電磁誘導線 C L 1 と第 2 の閉ループ電磁誘導線 C L 2 が接近して隣接するようにされているので、第 1 の交流電流生成部 5 1 1 により生成される交流電流と第 2 の交流電流生成部 5 2 1 により生成される交流電流の位相がずれると、図 1 4 の右側の図に示されるように、隣接部付近で互いの、交流電流から発生する交番磁界が一部打ち消し合い、磁界強度が低下し、各誘導線検出センサが磁界を検出することができなくなり、走行を継続することが困難となる。したがって、第 1 の交流電流生成部 5 1 1 により生成される交流電流と第 2 の交流電流生成部 5 2 1 により生成される交流電流が高精度で位相のずれがほとんどないような場合でないときは、上述のように、第 1 の交流電流生成部 5 1 1 により生成される交流電流と第 2 の交流電流生成部 5 2 1 により生成される交流電流を同期信号によって、同期させることにより、隣接部付近での磁界強度が低下することを抑制して（図 1 4 の左側の図参照）、走行を継続すること可能とすることができる。

40

50

【 0 0 9 0 】

上記実施形態においては、走行経路 T P を構成する、隣接する閉ループ電磁誘導線が 2 つであったが、走行経路 T P を構成する、隣接する閉ループ電磁誘導線の数に 2 つに限定されるものではなく、任意の他の適切な数とすることができる。

【 0 0 9 1 】

切り換えポイント S W P 1、S W P 2 は、G P S 衛星からの測位信号が良好に受信可能な位置に設定されており、上述の自動走行システム 5 において、芝刈り機 1 は、自動走行モードを測位モードとして、設定された走行経路に沿って自動走行し、切り替えポイント S W P 1 に達すると、測位モードから電磁誘導モードに自動走行モードを切り換えて、電磁誘導による自動走行を行う。そして、切り替えポイント S W P 2 に達すると、自動走行モードを電磁誘導モードから測位モードに切り換えて、測位 (G P S) による自動走行を行い車庫 W に向かう。自動走行モードの切り換えは、記憶部 1 0 8 又はリムーバブル記録媒体インタフェース部 1 0 9 に装着されたリムーバブル記録媒体 4 0 に記録された走行経路及び動作データに基づいて制御情報生成部 1 0 7 によって生成される走行制御信号によって行われる。

10

【 0 0 9 2 】

上記実施形態によれば、従来の長距離の電磁誘導線に電力を供給可能な容量の大きい電源が必要でないので、本実施形態の閉ループ電磁誘導線を数珠繋ぎすることによって長距離にわたって電磁誘導線による自動走行が可能となる。

【 0 0 9 3 】

G P S による測位信号に基づいて自動走行を行う場合、G P S 衛星からの測位信号が良好に受信できる必要がある。しかしながら、例えば、ゴルフコースにおいては、樹木が多く上空の見晴らしが悪い箇所も多い。芝刈り機が芝刈り作業を行うフェアウェイにおいては上空の視界を遮る樹木はごく一部に限られるものの、ホールとホールの間のカート道については、山間部を開拓した場所が多いため、作業ホール間のカート道は前述の樹木に加え、道幅が狭く高低差も大きい。芝刈り機に搭載されたジャイロセンサや車速センサ等から自己位置を推定し走行することもできるが、上述のような区間では路面の起伏や路面状況の変化に対応しきれず、自己位置を正確に求めることができないため、走行経路を自動走行することが難しい。本実施形態によれば、そのような測位モードでの自動走行が難しい区間を電磁誘導モードでの自動走行に切り換えて自動走行を行うことによって、G P S 信号等の測位信号を受信できない、又は測位信号の受信強度が弱い経路が走行経路に含まれていても、全区間にわたって自動走行を可能とすることができる。

20

30

【 0 0 9 4 】

なお、上記の実施形態の方法を実現するコンピュータプログラムを記録した記録媒体を、制御装置 1 0 に対して供給してもよい。この場合、制御装置 1 0 のコンピュータが、記録媒体に記録されたコンピュータプログラムを読み取り、実行することによって、本発明の目的を達成することができる。したがって、記録媒体から読み取られたコンピュータプログラム自体が本発明の方法を実現するため、そのコンピュータプログラムが本発明を構成する。

【 0 0 9 5 】

上記の実施形態においては、本発明を芝刈り機に適用した例を説明したが、本発明は、散水機、散布機、施肥機、種まき機、土壌状態測定機、収穫機、耕耘機、耕土機、整地機をはじめとする農業機械、清掃機械、カート等の他の任意の適切な車両に適用可能である。

40

【 0 0 9 6 】

上記の実施形態においては、測位モードで用いる測位信号は G P S データであったが、測位モードで用いる測位信号はこれに限定されるものではなく、車両の種類に応じて、G P S データ、無線 L A N のアクセスポイントから発信されるビーコン信号、B L E ビーコン信号、インパルス方式 U W B (I R - U W B) 信号、I M E S (I n d o o r M e s s a g i n g S y s t e m) 信号等他の適切な任意の測位信号、又はそれらの全部又は一部の組み合わせとすることができる。

50

【 0 0 9 7 】

以上、本発明について、例示のためにいくつかの実施形態に関して説明してきたが、本発明はこれに限定されるものでなく、本発明の範囲及び精神から逸脱することなく、形態及び詳細について、様々な変形及び修正を行うことができることは、当業者に明らかであろう。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 8 】

| | |
|--------------------------------|----|
| 1 . . . 芝刈り機 | |
| 1 0 . . . 本体 | |
| 1 1 . . . 制御装置 | 10 |
| 1 2 . . . 車速センサ | |
| 1 3 . . . 方位角速度センサ | |
| 1 4 . . . 左側誘導線検出センサ | |
| 1 5 . . . 中央誘導線検出センサ | |
| 1 6 . . . 右側誘導線検出センサ | |
| 1 7 . . . 駆動制御部 | |
| 1 8 . . . G P S アンテナ | |
| 1 9 . . . 通信アンテナ | |
| 2 0 . . . 刈り刃 (前方) | |
| 2 1 . . . 刈り刃 (後方) | 20 |
| 2 2 . . . 駆動輪 | |
| 2 3 . . . 操舵輪 | |
| 2 4 . . . 操作入力部 | |
| 2 5 . . . 表示部 | |
| 2 6 . . . 音声出力部 | |
| 2 7 . . . ステア | |
| 1 0 1 . . . G P S 受信部 | |
| 1 0 2 . . . 送受信部 | |
| 1 0 5 . . . 車両情報受信部 | |
| 1 0 6 . . . 駆動指令部 | 30 |
| 1 0 7 . . . 制御情報生成部 | |
| 1 0 8 . . . 記憶部 | |
| 1 0 9 . . . リムーバブル記録媒体インタフェース部 | |
| 1 1 2 . . . 主制御部 | |
| 3 . . . 基地局 | |
| 3 1 . . . G P S 受信装置 | |
| 3 2 . . . 送受信装置 | |
| 3 5 . . . G P S アンテナ | |
| 3 6 . . . 通信アンテナ | |
| 4 0 . . . リムーバブル記録媒体 | 40 |
| 5 . . . 自動走行システム | |
| 5 1 . . . 第 1 の電源装置 | |
| 5 1 1 . . . 第 1 の交流電流生成部 | |
| 5 1 3 . . . 同期信号生成部 | |
| 5 2 . . . 第 2 の電源装置 | |
| 5 2 1 . . . 第 2 の交流電流生成部 | |
| 6 0 . . . 操舵制御システム | |
| P v . . . ピボット | |
| R . . . 最小旋回半径 | |
| C . . . 芝刈り機の中心線 | 50 |

- D・・・最大検出距離、ずれ許容幅
- E・・・電磁誘導線
- CP・・・カート道
- H・・・ホール
- W・・・車庫
- TP・・・走行経路
- SWP1、SWP2・・・切り換えポイント
- CL1・・・第1の閉ループ電磁誘導線
- CL1P・・・第1の閉ループ電磁誘導線CL1の第1の部分
- CL2・・・第2の閉ループ電磁誘導線
- CL2P・・・第2の閉ループ電磁誘導線CL1の第1の部分

10

【図面】

【図1】

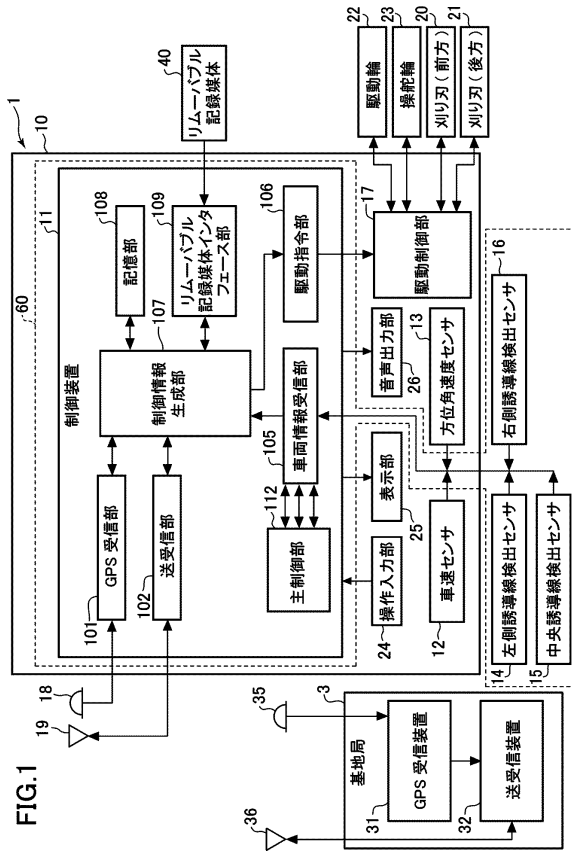


FIG.1

【図2】

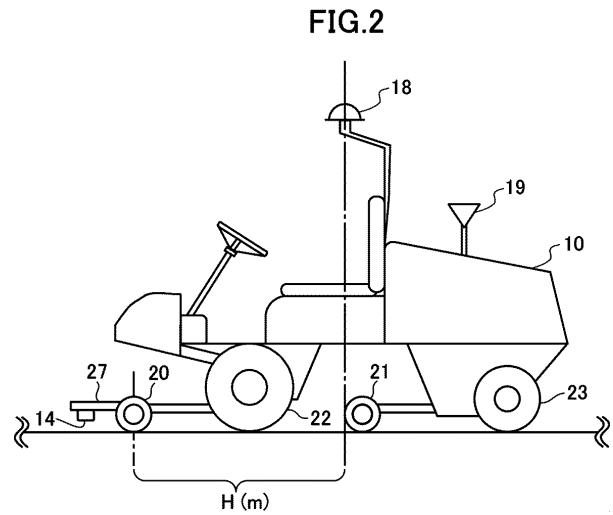


FIG.2

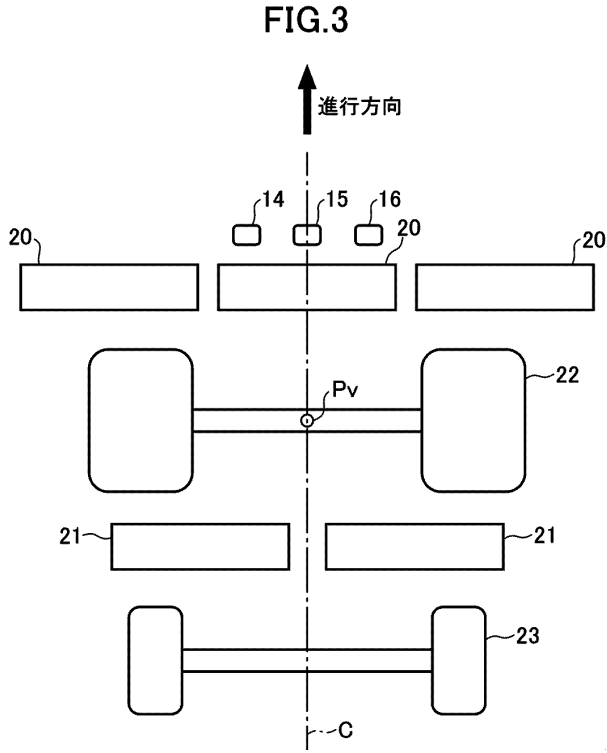
20

30

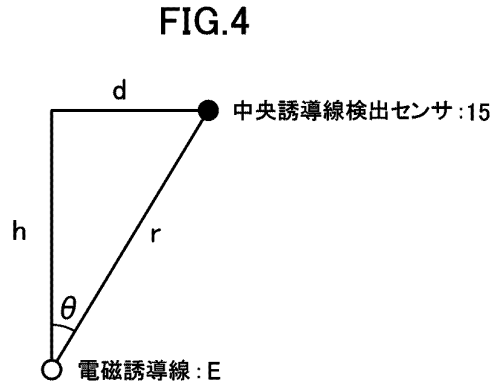
40

50

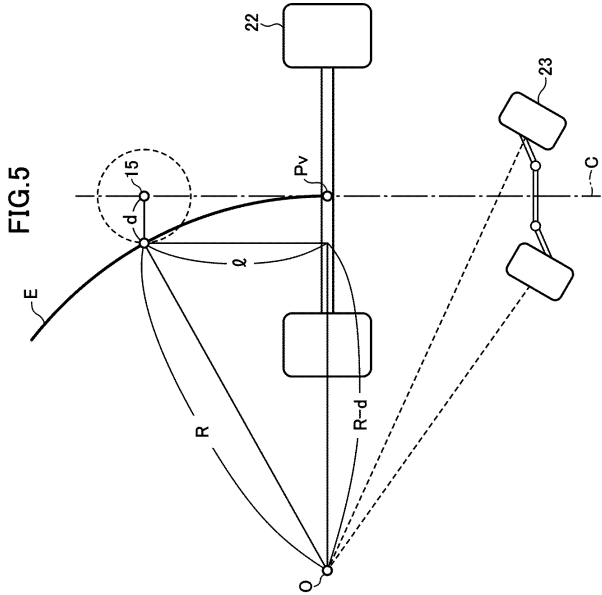
【 図 3 】



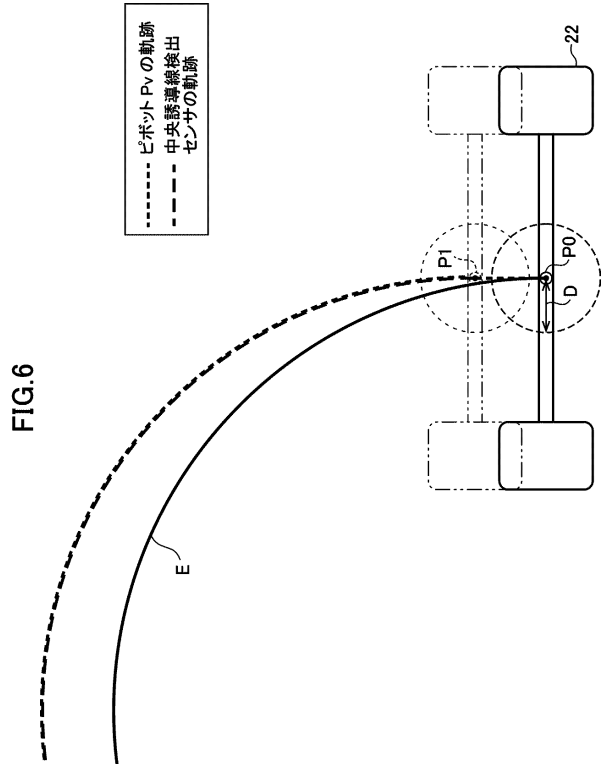
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



10

20

30

40

50

【図7】

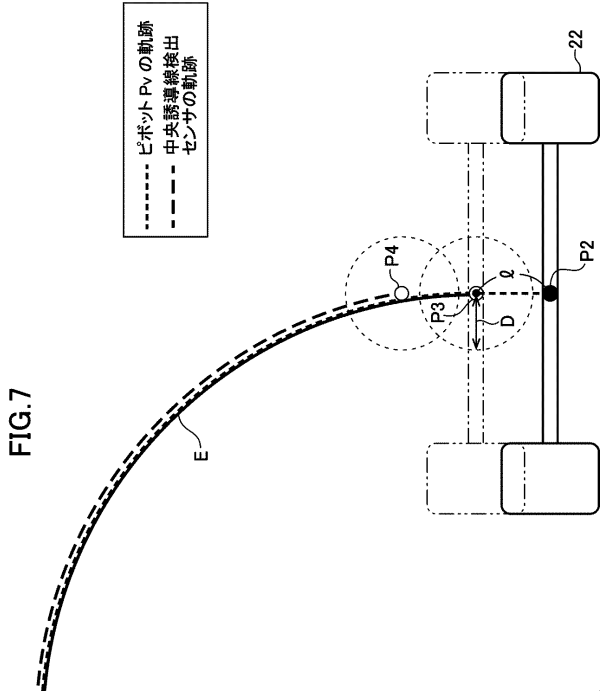


FIG.7

【図8】

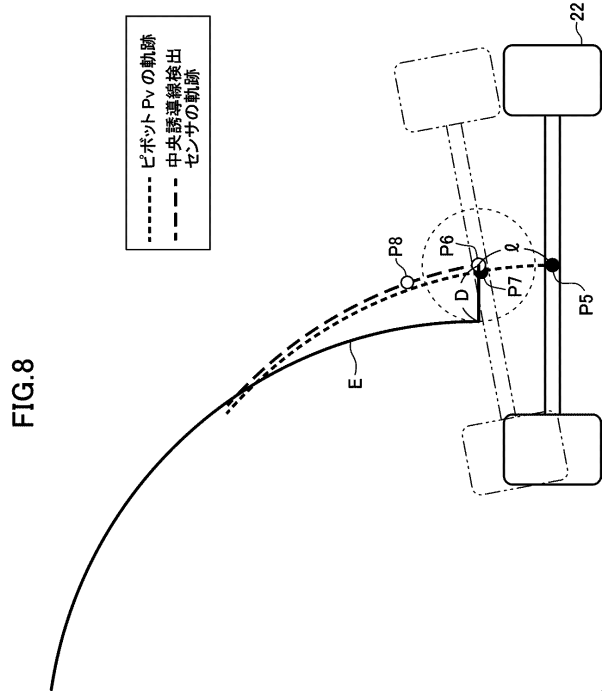


FIG.8

【図9】

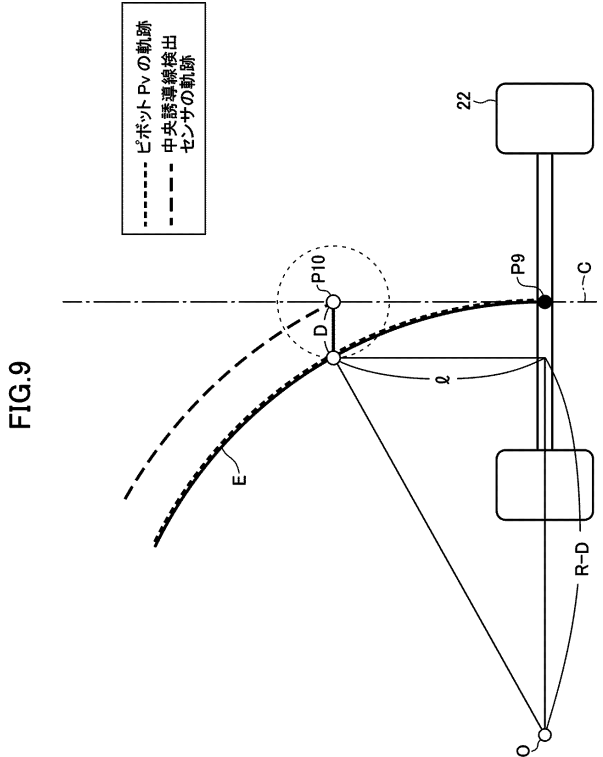


FIG.9

【図10】

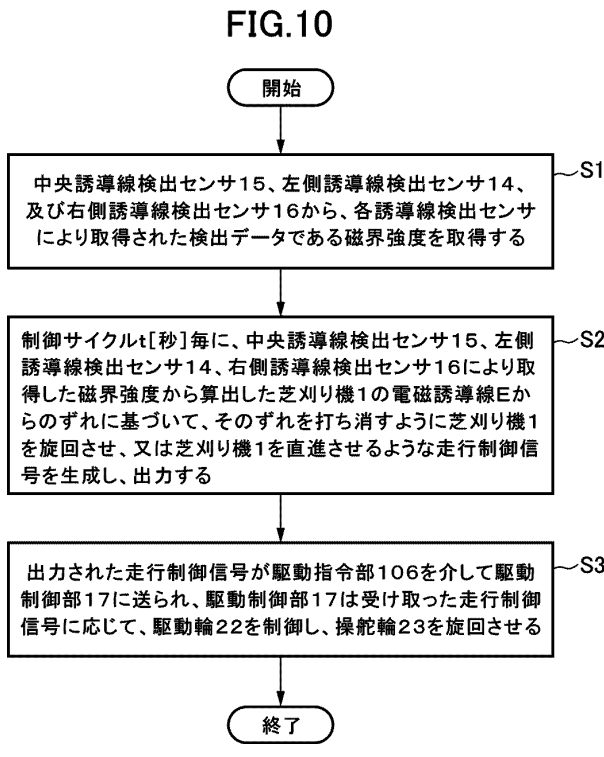


FIG.10

開始

S1
中央誘導線検出センサ15、左側誘導線検出センサ14、及び右側誘導線検出センサ16から、各誘導線検出センサにより取得された検出データである磁界強度を取得する

S2
制御サイクルt[秒]毎に、中央誘導線検出センサ15、左側誘導線検出センサ14、右側誘導線検出センサ16により取得した磁界強度から算出した芝刈り機1の電磁誘導線Eからのずれに基づいて、そのずれを打ち消すように芝刈り機1を旋回させ、又は芝刈り機1を直進させるような走行制御信号を生成し、出力する

S3
出力された走行制御信号が駆動指令部106を介して駆動制御部17に送られ、駆動制御部17は受け取った走行制御信号に応じて、駆動輪22を制御し、操舵輪23を旋回させる

終了

10

20

30

40

50

【図 1 1】

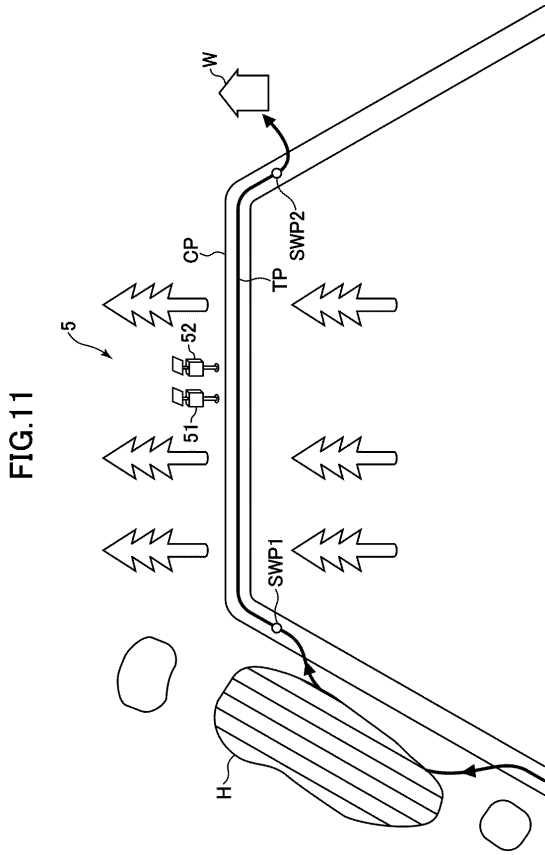


FIG. 11

【図 1 2】

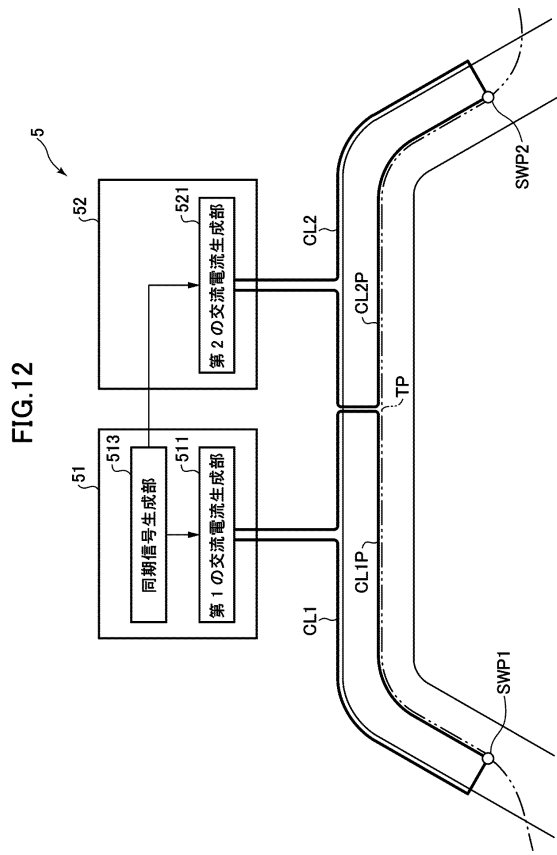


FIG. 12

【図 1 3】

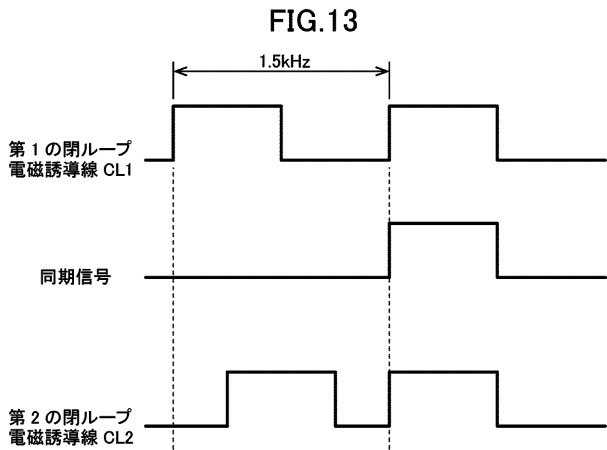


FIG. 13

【図 1 4】

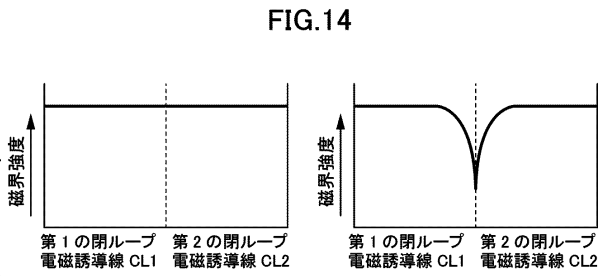


FIG. 14

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (74)代理人 100139712
弁理士 那須 威夫
- (74)代理人 100141553
弁理士 鈴木 信彦
- (74)代理人 100151987
弁理士 谷口 信行
- (72)発明者 鈴木 聡
東京都新宿区西新宿 6 丁目 1 8 番 1 号 住友不動産新宿セントラルパークタワー 2 5 階 マミヤ・オ
ーピー株式会社内
- (72)発明者 鈴木 敬文
東京都新宿区西新宿 6 丁目 1 8 番 1 号 住友不動産新宿セントラルパークタワー 2 5 階 マミヤ・オ
ーピー株式会社内
- (72)発明者 菅原 洋
東京都新宿区西新宿 6 丁目 1 8 番 1 号 住友不動産新宿セントラルパークタワー 2 5 階 マミヤ・オ
ーピー株式会社内
- 審査官 堀内 亮吾
- (56)参考文献 特開昭 6 2 - 1 7 5 8 1 3 (J P , A)
特開平 5 - 3 4 5 0 5 6 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 8 6 7 6 7 (J P , A)
特開平 3 - 1 9 2 4 0 6 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 1 4 0 4 2 4 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 5 D 1 / 2 4 4
G 0 5 D 1 / 4 3