

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6301702号
(P6301702)

(45) 発行日 平成30年3月28日(2018.3.28)

(24) 登録日 平成30年3月9日(2018.3.9)

(51) Int. Cl. F I
A O 1 B 69/00 (2006.01) A O 1 B 69/00 3 O 3 Z
G O 5 D 1/02 (2006.01) G O 5 D 1/02 N

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-67007 (P2014-67007)	(73) 特許権者	000001052
(22) 出願日	平成26年3月27日 (2014.3.27)		株式会社クボタ
(65) 公開番号	特開2015-188351 (P2015-188351A)		大阪府大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号
(43) 公開日	平成27年11月2日 (2015.11.2)	(74) 代理人	110001818
審査請求日	平成28年6月27日 (2016.6.27)		特許業務法人R&C
		(72) 発明者	藤本 義知
			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
		(72) 発明者	荒木 浩之
			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
		(72) 発明者	魚谷 安久
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業車協調システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

親作業車とこの親作業車に倣う無人操縦式の子作業車とによって、作業機を用いた対地作業を行う作業車協調システムであって、

前記親作業車の位置である親位置を検出する親位置検出モジュールと、

前記子作業車の位置である子位置を検出する子位置検出モジュールと、

前記親位置から前記親作業車の走行軌跡を算定する親走行軌跡算定部と、

前記親作業車の走行軌跡から前記子作業車の目標走行位置を算定する子走行目標算定部と、

前記親作業車によって実行された作業運転に関する親作業運転パラメータを前記作業運転が実行された時点での前記親位置にリンクさせて生成する親パラメータ生成部と、

前記親作業運転パラメータに基づいて、前記子作業車において前記作業運転が実行されるように、前記親作業運転パラメータに対応する前記子作業運転パラメータを前記作業運転が実行された前記親作業車の位置に対応する前記子作業車の目標走行位置にリンクさせて生成する子パラメータ生成部と、

前記子位置と前記目標走行位置と前記子作業運転パラメータに基づいて前記子作業車を無人操縦する操縦制御部と、

が備えられ、

前記作業運転パラメータには、変速装置と制動装置とを含む走行系に対する操作に関する走行制御パラメータ、または前記作業機に対する作業操作と非作業操作に関する作業制

10

20

御パラメータ、あるいはその両方が含まれている作業車協調システム。

【請求項 2】

前記子パラメータ生成部は、前記親作業車の仕様と前記子作業車の仕様とを記録した仕様記録部を備えるとともに、前記親作業車の仕様と前記子作業車の仕様との違いに基づいて前記親作業運転パラメータを補正して前記子作業運転パラメータを生成する請求項 1 に記載の作業車協調システム。

【請求項 3】

前記子走行目標算定部は、前記親作業車の対地作業幅及び前記子作業車の対地作業幅と、前記親作業車の走行軌跡とから前記子作業車の目標走行位置を算定し、前記操縦制御部は、前記目標走行位置を用いて前記親作業車の対地作業跡を追従するように前記子作業車を無人操縦する請求項 1 または 2 に記載の作業車協調システム。

10

【請求項 4】

前記子位置検出モジュールと前記操縦制御部とが前記子作業車に搭載され、前記親位置検出モジュールと、前記親走行軌跡算定部と、前記子走行目標算定部と、前記親パラメータ生成部と、前記子パラメータ生成部とが前記親作業車に搭載され、前記子作業車と前記親作業車とが相互にデータ伝送可能に接続されている請求項 1 から 3 に記載の作業車協調システム。

【請求項 5】

前記子位置検出モジュールと前記操縦制御部とが前記子作業車に搭載され、前記親位置検出モジュールと、前記親パラメータ生成部とが前記親作業車に搭載され、前記親走行軌跡算定部と、前記子走行目標算定部と、前記子パラメータ生成部とが、別個のコントロールユニットに構築され、前記コントロールユニットと前記子作業車と前記親作業車とが相互にデータ伝送可能に接続されている請求項 1 から 3 に記載の作業車協調システム。

20

【請求項 6】

前記親作業車は有人操縦式である請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の作業車協調システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、本発明は、親作業車と、この親作業車による対地作業を倣いながら対地作業走行する無人操縦式の子作業車とを関係させる作業車協調システムに関する。

30

【背景技術】

【0002】

親作業車の実際の走行位置に基づいて順次目標走行位置を決定し、その目標走行位置を目指して子作業車を操縦する車両制御システムが、特許文献 1 から知られている。この車両制御システムでは、親作業車に対して設定された X (経度) 方向と Y (緯度) 方向のオフセット量を維持するように子作業車を親作業車に追従させる制御モードや親作業車の走行軌跡を作業幅分だけ平行移動させることによって得られる走行経路を目標走行経路として子作業車を親作業車に追従させる制御モードなどが開示されている。ここでは、作業車の走行位置は GPS (全地球測位衛星システム) を用いて取得しているが、GPS による走行位置情報に基づくトラクタの無人操縦制御技術は特許文献 2 に詳しく説明されている。

40

【0003】

特許文献 1 による追従制御では、広大な作業地における作業を意図しており、畦等によって境界づけられた比較的狭い面積の田畑などの作業地を複雑な経路で走行することは意図されていない。そのような田畑などで行われる作業走行では、180°や90°の方向転換だけでなく、減速、加速、停止、発進などの走行系操作を繰り返す必要がある。さらに作業走行の種類によっては、作業装置の駆動や駆動中断、作業装置の上昇や下降などの作業系操作の繰り返しも要求される。例えば、狭い圃場などにおける稲や麦の刈取り作業

50

では、圃場の中央領域に対して直進作業走行とUターンとを繰り返して走行する往復走行と、Uターン作業領域の周囲に規定される回り作業領域を回りながら作業する回り走行とに分けて行われる。このため、圃場は、予めUターン作業領域と、回り作業領域とに区分けされ、それぞれにおいて、走行系操作や作業系操作が頻繁に行われる。しかしながら、このような単純でない作業走行の実現は、広大な作業地を一定の走行系操作と作業系操作で作業走行することを目的としている従来のシステムでは、困難である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許公報6,732,024号

【特許文献2】米国特許公報6,052,647号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明による、走行系操作や作業系操作が頻繁に行われる作業走行を、親作業車に倣って子作業車が行うことができる作業車協調システムが要望されている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

親作業車とこの親作業車に倣う無人操縦式の子作業車とによって、作業機を用いた対地作業を行う作業車協調システムにおいて、本発明によるシステムは、前記親作業車の位置である親位置を検出する親位置検出モジュールと前記子作業車の位置である子位置を検出する子位置検出モジュールと、前記親位置から前記親作業車の走行軌跡を算定する親走行軌跡算定部と、前記親作業車の走行軌跡から前記子作業車の目標走行位置を算定する子走行目標算定部と、前記親作業車によって実行された作業運転に関する親作業運転パラメータを前記作業運転が実行された時点での前記親位置にリンクさせて生成する親パラメータ生成部と、前記親作業運転パラメータに基づいて、前記子作業車において前記作業運転が実行されるように、前記親作業運転パラメータに対応する前記子作業運転パラメータを前記作業運転が実行された前記親作業車の位置に対応する前記子作業車の目標走行位置にリンクさせて生成する子パラメータ生成部と、前記子位置と前記目標走行位置と前記子作業運転パラメータに基づいて前記子作業車を無人操縦する操縦制御部と、を備えている。

【0007】

この構成によれば、親作業車で実行された作業運転に関する親作業運転パラメータが親作業車の位置とリンクさせて生成されるので、この親作業運転パラメータから、作業走行において、作業走行時に特定の操作が行われた親作業車の位置がわかる。言い換えると、特定の走行位置でどのような操作がおこなわれるのかを把握することができる。この親作業運転パラメータに基づいて、子作業車の対応する目標走行位置にリンクさせた子作業車のための子作業運転パラメータが生成される。その際、この子作業運転パラメータは、子作業車の目標走行位置において実行されるべき操作内容を示すデータとして生成される。したがって、作業運転パラメータと子位置と前記目標走行位置と子作業車とに基づいて子作業車が操縦されることで、子作業車が親作業車の作業運転に忠実に倣った作業運転が実現する。

【0008】

走行しながら作業を行う作業車においては、作業の種類によっては、減速、加速、停止、発進などの走行に関する操作が重要となる場合、作業装置の駆動や駆動中断、作業装置の上昇や下降などの作業装置に関する操作が重要となる場合、その両方の場合が重要となる。このことから、前記作業運転パラメータには、変速装置と制動装置とを含む走行系に対する操作に関する走行制御パラメータ、または前記作業機に対する作業操作と非作業操作に関する作業制御パラメータ、あるいはその両方が含まれる。これによって、作業に適した作業車協調システムを提供することができる。

【0009】

10

20

30

40

50

協調システムで利用される親作業車と子作業車が同じ仕様であれば、親作業車と子作業車とは、同じ操作をすれば同じ作業運転となる。しかしながら、異なった仕様の親作業車と子作業車が利用される場合には、親作業車に対する操作と同じ操作を子作業車に与えて同じ結果がえられるとは限らない。このことから本発明の好適な実施形態の1つでは、前記子パラメータ生成部は、前記親作業車の仕様と前記子作業車の仕様とを記録した仕様記録部が備えられるとともに、前記親作業車の仕様と前記子作業車の仕様との違いに基づいて前記親作業運転パラメータを補正して前記子作業運転パラメータを生成するように構成される。

【0010】

特に、親作業車と子作業車で、同じ作業地を区分けして作業走行する場合には、作業地に対する作業残しをなくするためには、親作業車の対地作業幅と子作業車の対地作業幅を正確に考慮する必要がある。このため、本発明の好適な実施形態の1つでは、前記子走行目標算定部は、前記親作業車の対地作業幅及び前記子作業車の対地作業幅と、前記親作業車の走行軌跡とから前記子作業車の目標走行位置を算定し、前記操縦制御部は、前記目標走行位置を用いて前記親作業車の対地作業跡を追従するように前記子作業車を無人操縦する。

【0011】

先行する親作業車に子作業車を追従させるための機能部は、できるだけ1つのコントロールユニットに収めることが望ましい。この目的のため、本発明の好適な実施形態の1つでは、前記子位置検出モジュールと前記操縦制御部とが前記子作業車に搭載され、前記親位置検出モジュールと、前記親走行軌跡算定部と、前記子走行目標算定部と、前記親パラメータ生成部と、前記子パラメータ生成部とが前記親作業車に搭載され、前記子作業車と前記親作業車とが相互にデータ伝送可能に接続されている。この構成では、子作業車はわずかな改造だけで済むので、複数台の子作業車を用いるシステムには好都合である。

【0012】

また、さらに別の好適な実施形態では、前記子位置検出モジュールと前記操縦制御部とが前記子作業車に搭載され、前記親位置検出モジュールと前記親パラメータ生成部とが前記親作業車に搭載され、前記親走行軌跡算定部と、前記子走行目標算定部と、前記子パラメータ生成部とが、別個のコントロールユニットに構築され、前記コントロールユニットと前記子作業車と前記親作業車とが相互にデータ伝送可能に接続されている。この構成では、作業車と別個に構成されるコントロールユニットに本発明を実現する主要な機能が構築されているので、親作業車及び子作業車の改造は少なくて済む。親作業車及び子作業車とコントロールユニットとをWiFiや電話回線などを利用してデータ伝送可能に接続すれば、この作業車協調システムをクラウドシステムとして利用することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の作業車協調システムにおける、親作業車と子作業車との間のデータの流れを説明する模式図である。

【図2】作業車協調システムの実施形態において、作業車として適用された耕耘装置付きトラクタの側面図である。

【図3】Uターン作業領域における作業走行とUターン走行での親作業車及び子作業車の走行軌跡を示す模式図である。

【図4】回り作業領域における作業走行とUターン走行での親作業車及び子作業車の走行軌跡を示す模式図である。Uターン作業領域から回り作業走行領域に至る子作業車の親作業車に対する追従の基本原理を説明する模式図であり、(a)は、作業地全体での親作業車と子作業車の走行軌跡を示し、(b)親作業車の切り返し走行と回り作業走行の走行軌跡を示し、(c)は子作業車の切り返し走行と回り作業走行の走行軌跡を示す。

【図5】作業車協調システムを構築する機能部を示す機能ブロック図である。

【図6】直線状の作業走行における基本的な制御データの流れを示す模式図である。

【図7】Uターン走行における基本的な制御データの流れを示す模式図である。

10

20

30

40

50

【図 8】 繰り返し走行における基本的な制御データの流れを示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明による作業車協調システムの具体的な実施形態を説明する前に、図 1 を用いて、親作業車を扱う子作業車の作業走行における基本的なデータの流れを説明する。この作業車協調システムでは、有人操縦式の親作業車 1 P とこの親作業車 1 P に倣って同じような対地作業を子作業車 1 C が無人操縦で行う。

【0015】

親作業車 1 P が先行して、作業走行を開始すると、随時、GPS などの測位機能を用いて親作業車 1 P の現在位置である親位置が検出され、データ伝送可能にデータ化される（#001）。さらに、親作業車 1 P の運転者が、ブレーキ操作やアクセル操作や変速操作などの走行系操作を行うと、その操作内容が運転パラメータとしてデータ伝送可能にデータ化される（#002）。また、親作業車 1 P の運転者が、作業装置の動力伝達クラッチに対する入り切り操作や、作業装置の昇降による作業装置の作業状態と非作業状態への切り替え操作などの作業系操作を行うと、その操作内容が作業パラメータとしてデータ伝送可能にデータ化される（#003）。運転パラメータと作業パラメータとは、その操作時点での親位置とリンクされ、作業運転パラメータとして取り扱われる（#004）。

【0016】

親作業車 1 P に遅れて子作業車 1 C が発車するが、子作業車 1 C においても、随時、GPS などの測位機能を用いて子作業車 1 C の現在位置である子位置が検出され、データ伝送可能にデータ化される（#005）。

【0017】

協調制御を管理しているコントロールユニットは、随時生成されて伝送されてくる親位置データに基づいて親作業車 1 P の走行軌跡（親走行軌跡）を算定する。この親走行軌跡に倣うように子作業車 1 C を走行させるために、子作業車 1 C から伝送されてきた子位置データと親走行軌跡とから子作業車 1 C を無人追従走行させるための目標走行位置が算定される。算定された目標走行位置は子作業車 1 C に送られる。

【0018】

コントロールユニットに送られてきた作業運転パラメータに運転パラメータが含まれていると、この運転パラメータに規定されている、親作業車 1 P で実行された走行系操作と同等な子作業車 1 C における操作内容が、予め登録されている親作業車仕様と子作業車仕様とに基づいて作成された変換テーブルを用いて、導出される。導出された走行系操作内容は、その操作が行われるべき子作業車 1 C の位置である目標走行位置とリンクされる（#008）。同様に、コントロールユニットに送られてきた作業運転パラメータに作業パラメータが含まれていると、この作業パラメータに規定されている、親作業車 1 P で実行された作業系操作と同等な子作業車 1 C における操作内容が、上記の変換テーブルを用いて、導出される。導出された作業系操作内容は、その操作が行われるべき子作業車 1 C の位置である目標走行位置とリンクされる（#009）。目標走行位置とリンクされた走行系操作内容及び作業系操作内容は、子作業車 1 C のための作業運転パラメータとして子作業車 1 C で利用可能なようにデータ化され、子作業車 1 C に伝送される（#010）。

【0019】

子作業車 1 C では、コントロールユニットから受け取った目標走行位置に基づいて、この目標走行位置に、検出された子位置が一致するように操向制御される（#011）。また、コントロールユニットから受け取った作業運転パラメータに、検出された現状の子作業車 1 C の走行位置（子位置）で操作すべき作業パラメータが含まれておれば、その運転パラメータに基づいて走行系の操作が実行され、作業パラメータが含まれておれば、その作業パラメータに基づいて、作業系の操作が実行される（#012）。

【0020】

次に、本発明の作業車協調システムの具体的な実施形態の 1 つを説明する。この実施形態では、作業車は、図 2 で示されているように、畦によって境界づけられた田畑を耕耘す

10

20

30

40

50

る耕耘装置 5 を対地作業装置として装備したトラクタである。耕耘装置 5 は車体 3 の後部に油圧式の昇降機構 4 を介して装備されている。耕耘装置 5 を下降させることで耕耘作業が行われ、耕耘装置 5 を上昇させることで耕耘作業が中断する。前輪 2 a と後輪 2 b とによって支持された車体 3 の前部にエンジン 2 1 が、車体 3 の中央部に变速装置 2 2 が搭載されている。变速装置 2 2 の上方には、操向操作、エンジン操作、变速操作などの走行系操作を行う操作具、昇降機構 4 の昇降操作などの作業系操作を行う操作具が配置された操縦部 3 0 が形成されている。この実施形態では、親作業車 1 P としての親トラクタ 1 P と、子作業車 1 C としての子トラクタ 1 C とは、実質的に同形であり、親トラクタ 1 P は運転者によって操縦され、子トラクタ 1 C は無人操縦される。

【 0 0 2 1 】

図 3 及び図 4 で示された対地作業地は、外周囲を畦によって境界づけられ圃場である。簡略化して示されているが、この圃場は、直進作業走行と U ターンとを繰り返して作業が実施される長方形の U ターン作業領域 A と、この U ターン作業領域 A の周囲に規定される四角形環状の回り作業領域 B とに区分けされている。この作業地区分けは、圃場作業において一般的に行われているもので、回り作業領域 B は枕地作業とも呼ばれる。この例では、対地作業としてトラクタによる耕耘作業を例としており、U ターン作業領域 A に対する作業を最初に行い、その後に回り作業領域に対する作業を行う。なお、回り作業領域 B は、U ターン作業領域 A に対する耕耘作業時の非作業 U ターン走行のための領域としても利用される。U ターン作業領域 A の作業から回り作業領域 B の作業に移行する際には、回り作業領域 B における効率的な回り作業を行うために、U ターン作業領域 A の作業終了点から、回り作業領域 B における作業出発点への切り返し走行が行われる。

【 0 0 2 2 】

まずは、図 3 を用いて、U ターン作業領域 A での親トラクタ 1 P と子トラクタ 1 C との協調走行を説明する。U ターン作業領域 A では、直進作業走行と U ターンとを繰り返しながら耕耘作業が実施される。なお、通常、U ターン作業領域 A は圃場の中央に位置するので、U ターン作業領域 A を簡単に中央領域 A と呼び、回り作業領域 B は圃場の周辺近くに位置するので、回り作業領域 B を簡単に周辺領域 B と呼ぶ。

【 0 0 2 3 】

作業装置 5 を下降させた作業状態で親トラクタ 1 P による中央領域 A の作業走行（実質的には直線走行）が開始される。所定時間遅れて、作業装置 5 を下降させた作業状態で子トラクタ 1 C による追従作業走行が開始される。これにより、親トラクタ 1 P の作業幅と子トラクタ 1 C の作業幅とによる協調的な耕耘作業が行われていく。その際、親トラクタ 1 P と子トラクタ 1 C との走行横断方向の位置ずれ量は、理想的には（親作業幅 + 子作業幅）/ 2 であるが、追従誤差による作業残しを避けるために、例えば数十 cm 程度のオーバーラップが設定されている。図 3 に示されているように、親トラクタ 1 P が中央領域 A から周辺領域 B に到達すると、耕耘装置 5 が上昇させられ、親トラクタ 1 P の U ターン走行が開始される。その時点の親トラクタ 1 P の位置が、親 U ターン開始点 P1 として記録される。親トラクタ 1 P が U ターン走行し、中央領域 A に再び進入すると、耕耘装置 5 が下降させられ、親トラクタ 1 P の作業走行が再開される。その時点の親トラクタ 1 P の位置が、親 U ターン終了点 P2 として記録される。親 U ターン開始点 P1 及び親 U ターン終了点 P2 が記録されると、子トラクタ 1 C の子 U ターン開始点 Q1 及び子 U ターン終了点 Q2 が算定される。対応する図示された周辺領域 B では、子 U ターン開始点 Q1 は、親トラクタ 1 P と子トラクタ 1 C の横方向の間隔及びオーバーラップ量を考慮して、親 U ターン開始点 P1 からずらせた位置となる。子 U ターン終了点 Q2 は、親 U ターン終了点 P2 と子 U ターン開始点 Q1 との間の位置となり、例えば図 3 の例では中間位置としている。なお、図示されていないが、反対側で U ターンを行うときには、親 U ターン開始点 P1 及び親 U ターン終了点 P2 と子 U ターン開始点 Q1 及び子 U ターン終了点 Q2 との位置関係はちょうど逆となり、子 U ターン終了点 Q2 は親 U ターン終了点 P2 よりさらに外側の位置で、親トラクタ 1 P と子トラクタ 1 C の耕耘幅及びそのオーバーラップ量から求められる。

【 0 0 2 4 】

10

20

30

40

50

子Uターン開始点Q1及び子Uターン終了点Q2が算定されると子Uターン開始点Q1から子Uターン終了点Q2に至る子Uターン走行経路が算定される。さらに、子Uターン終了点Q2の手前で、子トラクタ1Cがほぼ作業走行の方向姿勢に達する位置を追従開始点Qsとして算定する。つまり、この追従開始点Qsは、ここから親トラクタ1Pへの追従を開始することにより、Uターン終了点Q2から始まる子トラクタ1Cの作業走行軌跡が親トラクタ1Pの作業走行軌跡に正確に対応することができる位置である。

【0025】

子トラクタ1Cが子Uターン開始点Q1に達すると、作業装置5が上昇させられ、非作業状態での子トラクタ1CのUターン走行が開始される。子トラクタ1CのUターン走行においては、子トラクタ1Cが追従開始点Qsに到達するかどうかチェックされる。子トラクタ1Cが追従開始点Qsに到達すると、子トラクタ1CのUターン走行が終了し、作業装置5が上昇させられ、作業状態での子トラクタ1Cの追従走行、つまり作業走行が再開される。このような中央領域Aでの作業走行（実質的には直線走行）と、周辺領域Bでの非作業走行（Uターン走行）との繰り返しで、中央領域Aに対する耕耘作業を完了する。

【0026】

次に、図4を用いて、回り作業領域Bでの親トラクタ1Pと子トラクタ1Cとの協調走行を説明する。なお、図4では、親トラクタ1Pの走行軌跡は黒太線で示され、子トラクタ1Cの走行軌跡は白太線で示されて、さらに、切り返し走行軌跡は点線描画で区別されている。また、図4では、親トラクタ1P及び子トラクタ1Cの対地作業幅はそれぞれWpとWcで示されている

まず、親トラクタ1Pは、非作業状態（耕耘装置を上昇）で、中央領域（Uターン作業領域）Aの作業終了点である切り返し走行開始点Pp1から出発して、圃場の1つのコーナ領域に設定された回り作業開始点（切り返し走行完了点となる）Pp3にトラクタ後端を向き合わせるように前進巡回走行する。トラクタ後端が回り作業開始点Pp3に向き合った切り返し点Pp2で停止し、次に回り作業開始点Pp3に達するまで後進走行し、切り返し走行を完了する。切り返し走行を完了すると、親トラクタ1Pは、作業状態（耕耘装置5を下降）で、周辺領域（回り作業領域）Bを前進走行する。この回り作業走行は実質的には直線状の走行軌跡となるように行われる。

【0027】

上述した親トラクタ1Pの走行軌跡から親トラクタ1Pが切り返し走行を実施したことが検知されると、当該走行軌跡と、親トラクタ1P及び子トラクタ1Cの対地作業幅（以下単に作業幅と略称する）とから子トラクタ1Cの切り返し走行開始点Pc1と切り返し走行完了点Pc3とが算定される。切り返し走行開始点Pc1と切り返し走行完了点Pc3とが算定されると、親トラクタ1Pの切り返し走行と同じ方向での巡回前進走行の停止点（切り返し点）Pc2も算定され、この停止点Pc2まで子トラクタ1Cを、非作業状態で巡回前進走行させる。その際、子トラクタ1Cの巡回前進走行は、回り作業走行を行っている親トラクタ1Pとの干渉が避けられるまで、禁止される。子トラクタ1Cの巡回前進走行の停止点Pc2から切り返し走行完了点Pc3までの後進走行における目標走行位置は、子トラクタ1Cの轍が親トラクタ1Pの回り作業幅に入り込まないという条件下で、親トラクタ1Pの切り返し後進走行の走行軌跡とは無関係に算定される。切り返し走行完了点Pc3である回り作業走行開始点からの回り作業走行における走行目標位置は、親トラクタ1Pの作業幅及び子トラクタ1Cの作業幅と、親トラクタ1Pの回り作業走行軌跡とから、互いの作業幅の所定のオーバーラップを維持する条件下で算定される。切り返し走行完了点Pc3である回り作業走行開始点から出発する回り作業走行に先立って作業装置5が下降される。回り作業走行における走行目標位置が算定されていくので、この走行目標位置に基づいて、子トラクタ1Cの回り作業走行が、作業装置5を下降させた作業状態で実行される。以上のような、前進と後進とによる切り返し走行と、直線状の前進による回り作業走行との繰り返しで、回り作業領域Bの耕耘作業が完了する。

【0028】

10

20

30

40

50

図5で示すように、この実施形態では、作業車協調システムを構築するための電子コントロールユニットが、親トラクタ1Pに装備される親機コントロールユニット6と子トラクタ1Cに装備される子機コントロールユニット7とに分割されている。親機コントロールユニット6と子機コントロールユニット7とは、互いに無線方式でデータ伝送できるように、それぞれ通信モジュール60と70を備えている。

【0029】

親機コントロールユニット6は、さらに、親位置検出モジュール61、親走行軌跡算定部62、Uターン作業領域走行制御モジュール63、回り作業領域走行制御モジュール64、子走行目標算定部65、作業運転パラメータ管理モジュール8などの機能部を備えている。これらの機能部は、ハードウェアとの連携動作を行うこともあるが、実質的にはコンピュータプログラムの起動によって実現する。

10

【0030】

親位置検出モジュール61は、GPSを利用して、自身の位置つまり親トラクタ1Pの位置を検出する。親走行軌跡算定部62は、親位置検出モジュール61で検出された位置から親トラクタ1Pの走行軌跡を算定して記録する。

【0031】

Uターン作業領域走行制御モジュール63は、Uターン作業領域Aにおける走行を制御する制御モジュールである。Uターン作業領域走行制御モジュール63は、次の機能を有する：

(1) 圃場における回り作業領域Bの割り当てを示すために、Uターン作業領域Aの外形を特定する位置座標を記録するが、この記録は必須ではなく、省略してもよい。

20

(2) Uターン作業領域における親トラクタ1P及び子トラクタ1Cの作業状態での実質的に直線状の往路走行と復路走行との間で必要となる、非作業状態でのUターンを行う領域でもある回り作業領域でのUターンを検知する。

(3) 親トラクタ1Pの耕耘幅及び子トラクタ1Cの耕耘幅と、親トラクタ1Pの作業走行軌跡と、子トラクタ1Cの位置とに基づいて、互いの耕耘幅のオーバーラップも考慮して、Uターン作業領域Aにおける子トラクタ1Cの目標走行経路を算定する。Uターン作業領域Aにおける子トラクタ1Cの目標走行経路には、子トラクタ1CのUターン作業領域における直線状往復走行経路と、子トラクタ1Cの回り作業領域におけるUターン走行経路を所定のUターン走行経路演算アルゴリズムに基づいて算定するUターン走行経路が含まれている。

30

【0032】

回り作業領域走行制御モジュール64は、回り作業領域Bにおける走行を制御する制御モジュールである。回り作業領域走行制御モジュール64は次の機能を有する：

(1) 親トラクタ1P及び子トラクタ1Cの回り作業領域Bにおける、前進と後進とからなる繰り返し走行と回り作業走行とを含む回り走行を検知する。当該検知のために、Uターン作業領域Aの外形を特定する位置座標及び作業対象となっている圃場の外形を特定する位置座標が利用される。

(2) 親トラクタ1Pの作業幅及び子トラクタ1Cの作業幅と、親トラクタ1Pの繰り返し走行における繰り返し走行開始点Pp1と繰り返し走行完了点Pp3とを含む繰り返し走行軌跡とから、子トラクタ1Cの繰り返し走行開始点Pc1と繰り返し走行完了点Pc3とを含む繰り返し走行における目標走行軌跡を算定する。

40

(3) 親トラクタ1Pの作業幅及び子トラクタ1Cの作業幅と、親トラクタ1Pの回り作業走行軌跡とから、繰り返し走行完了点Pc3から次の繰り返し走行開始点Pc1までの子トラクタ1Cの回り作業走行における目標走行経路を算定する。

【0033】

子走行目標算定部65は、Uターン作業領域走行制御モジュール63及び回り作業領域走行制御モジュール64と協働して、親トラクタ1Pの走行軌跡から子トラクタ1Cの目標走行位置を算定する。子走行目標算定部65は、算定した子トラクタ1Cの目標走行位置を、通信モジュール60を介して子機コントロールユニット7に送信する。

50

【 0 0 3 4 】

作業運転パラメータ管理モジュール 8 は、図 1 を用いて説明した、親トラクタ 1 P と子トラクタ 1 C との間の走行系操作及び作業系操作に関するパラメータの転送を実現する。このため、作業運転パラメータ管理モジュール 8 は、親パラメータ生成部 8 1 と、子パラメータ生成部 8 2 と、パラメータ変換部 8 3 とを備えている。親パラメータ生成部 8 1 は、親トラクタ 1 P によって実行された作業運転に関する親作業運転パラメータを、親位置検出モジュールによって検出された親位置にリンクさせて生成する。子パラメータ生成部 8 2 は、親作業運転パラメータに基づいて、子トラクタ 1 C の対応する目標走行位置にリンクさせた子作業運転パラメータを生成する。なお、親トラクタ 1 P と子トラクタ 1 C との仕様が全く同じであれば、親作業運転パラメータをそのまま子作業運転パラメータとして適用することができる。しかし、互いの仕様が異なる場合には、親トラクタ 1 P と子トラクタ 1 C との仕様が登録され、親トラクタ 1 P の操作内容に適應する他方の子トラクタ 1 C の操作内容が関係付けられているパラメータ変換部 8 3 によって、パラメータ変換が行われる。

10

【 0 0 3 5 】

生成された作業運転パラメータは、子走行目標算定部 6 5 で算定された目標位置にリンクされた形態ないしはリンク可能な形態で、通信モジュール 6 0 を介して子機コントロールユニット 7 に送信される。

【 0 0 3 6 】

子機コントロールユニット 7 は、通信ジュール 7 0 と、子位置検出モジュール 7 1 と、操縦制御部 7 2 とを備えている。子位置検出モジュール 7 1 は、親位置検出モジュール 6 1 と同様に、GPS を利用して自身の位置つまり子トラクタ 1 C の位置を検出する。得られた子トラクタ 1 C の位置データは、親機コントロールユニット 6 側での子トラクタ 1 C の位置確認のために、通信ジュール 7 0 を介して親機コントロールユニット 6 に送信される。操縦制御部 7 2 は、親機コントロールユニット 6 から無線送信されてきた走行目標位置に基づいて、子トラクタ 1 C の前輪 2 a の操向や後輪 2 b の駆動を制御して、子トラクタ 1 C を順次設定される目標走行位置に無人操縦する。さらに、操縦制御部 7 2 は、作業運転パラメータがリンクしている走行目標位置に子トラクタ 1 C が到達した時点で、当該作業運転パラメータに含まれている、走行系操作や作業系操作を実行して、子トラクタ 1 C の走行速度の変更や、昇降機構 4 による作業装置 5 の昇降制御を行う。

20

30

【 0 0 3 7 】

次に、図 6、図 7、図 8 を用いて、有人操縦の親トラクタ 1 P と無人操縦の子トラクタ 1 C との間の協調制御における基本的な制御データの流れを説明する。図 6 は、実質的に直線状の走行軌跡を残す作業走行のための協調制御における制御データの流れを模式的に示している。図 7 は、U ターン走行のための協調制御における制御データの流れを模式的に示している。図 8 は、繰り返し走行のための協調制御におけるデータの流れを模式的に示している。

【 0 0 3 8 】

図 6 に示すように、直線状の走行軌跡を残す作業走行における協調制御では、所定のサンプリング周期で生成された親トラクタ 1 P の実際の走行位置を示す親トラクタ位置（親位置）から親トラクタ走行軌跡（親走行軌跡）が算定される（# a）。算定された親トラクタ走行軌跡と各時点での、子トラクタ 1 C の実際の走行位置を示す子トラクタ位置（子位置）とを用い、さらに親作業車作業幅と子作業車作業幅と双方の作業幅のオーバーラップ量とを考慮して、子トラクタ 1 C のための作業走行目標位置が算定される（# b）。この算定された作業走行目標位置データが操縦制御目標値となって、子トラクタ 1 C は親トラクタ 1 P と共同して幅広の対地作業を行うべく無人操縦される（# c）。

40

【 0 0 3 9 】

親トラクタ 1 P の作業走行中に運転者によって走行系操作や作業系操作が行われた際には、その親トラクタ 1 P における操作内容を示す作業運転パラメータ（親パラメータ）が生成され、その操作時の親位置とリンクされる（# d）。親位置とリンクされた作業運転

50

パラメータは、パラメータ変換部 84 のパラメータ変換テーブルを用いて、子トラクタ 1 C に適した作業運転パラメータ（子パラメータ）に変換される（# e）。変換された子パラメータは、対応する作業目標走行位置とリンクされる（# f）。この子パラメータに基づく操作を行うべき走行位置に子トラクタ 1 C が達すると、操作のための制御命令に変換され（# g）、この制御命令によって走行系操作機器や作業系操作機器が制御される。これにより親トラクタ 1 P に倣った子トラクタ 1 C の実質的に直線状の作業走行が実現する。

【 0 0 4 0 】

図 7 に示すように、往復作業走行時の方向転換である U ターン走行における協調制御では、親位置に関連付けられた、親トラクタ 1 P における U ターン開始操作及び U ターン終了操作とから、親トラクタ 1 P の U ターン開始点 P 1 と U ターン終了点 P 2 が算定される（# a1）。さらに、U ターン開始点 P 1 と U ターン終了点 P 2 とその間の走行における親位置とからこの親トラクタ 1 P の U ターン走行軌跡（親 U ターン走行軌跡）が算定される（# a2）。さらに、親 U ターン相応軌跡に親作業幅と子作業幅と双方のオーバーラップ量とを考慮して、子トラクタ 1 C のための U ターン走行目標位置が算定される（# b）。この算定された子 U ターン走行目標位置が操縦制御目標値となって、子トラクタ 1 C は U ターン走行を行うべく無人操縦される（# c）。

【 0 0 4 1 】

なお、この U ターン走行においても、親トラクタ 1 P の U ターン走行中に、運転者によって走行系操作や作業系操作が行われた際には、その操作内容を示す作業運転パラメータ（親パラメータ）が生成され、当該操作時の親位置とリンクされる（# d）。親位置とリンクされた作業運転パラメータは、子トラクタ 1 C に適した作業運転パラメータ（子パラメータ）に変換される（# e）。変換された子パラメータは、対応する U ターン目標走行位置とリンクされる（# f）。この子パラメータに基づく操作を行うべき走行位置に子トラクタ 1 C が達すると、操作のための制御命令に変換され（# g）、この制御命令によって走行系操作機器や作業系操作機器が制御される。これにより親トラクタ 1 P に倣った子トラクタ 1 C の U ターン走行が実現する。

【 0 0 4 2 】

図 8 に示すように、回り作業領域における繰り返し走行における協調制御では、親位置に関連付けられた、親トラクタ 1 P における繰り返し開始操作及び繰り返しのための停止操作及び繰り返し完了操作とから、親トラクタ 1 P の繰り返し走行開始点 P p1、繰り返し点（前後進切替り点）P p2、繰り返し走行完了点 P p3 が算定される（# a1）。さらに、繰り返し走行開始点 P p1、繰り返し点 P p2、繰り返し走行完了点 P p3 及びその間の走行における親位置とからこの親トラクタ 1 P の繰り返し走行軌跡（親繰り返し走行軌跡）が算定される（# a2）。さらに、親繰り返し走行軌跡に親作業車作業幅と子作業車作業幅と双方のオーバーラップ量とを考慮して、子トラクタ 1 C のための繰り返し走行目標位置が算定される（# b）。この算定された子繰り返し走行目標位置が操縦制御目標値となって、子トラクタ 1 C は繰り返し走行を行うべく無人操縦される（# c）。なお、図 8 では、繰り返し走行開始点は単に繰り返し開始点と、繰り返し走行完了点は単に繰り返し完了点と記されている。

【 0 0 4 3 】

この繰り返し走行においても、先の U ターン走行と同様に、親トラクタ 1 P の繰り返し走行中に運転者によって走行系操作や作業系操作が行われた際には、その操作内容を示す作業運転パラメータ（親パラメータ）が生成され、当該操作時の親位置とリンクされる（# d）。親位置とリンクされた作業運転パラメータは、子トラクタ 1 C に適した作業運転パラメータ（子パラメータ）に変換され（# e）、変換された子パラメータは、対応する作業目標走行位置とリンクされる（# f）。この子パラメータに基づく操作を行うべき走行位置に子トラクタ 1 C が達すると、操作のための制御命令に変換され（# g）、この制御命令によって走行系操作機器や作業系操作機器が制御される。これにより親トラクタ 1 P に倣った子トラクタ 1 C の繰り返し走行が実現する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

〔別実施の形態〕

(1) 上述した実施形態では、子トラクタ1Cは一台であったが、類似する制御方法で複数台の子トラクタ1Cにも本発明を適用することは可能である。その際、子トラクタ1Cが2台とすれば、2つの追従制御方法が可能である。その1つでは、第1の子トラクタ1Cは、親トラクタ1Pの軌跡に基づいて親トラクタ1Pの作業幅を考慮して追従制御され、第2の子トラクタ1Cは、親トラクタ1Pの軌跡に基づいて、第1の子トラクタ1Cの作業幅も考慮して追従制御される。他の1つでは、第1の子トラクタ1Cは、親トラクタ1Pの軌跡に基づいて追従制御され、第2の子トラクタ1Cは、第1の子トラクタ1Cを親トラクタ1Pとして追従制御される。つまり、子トラクタ1Cが複数台ある場合には、先行する子トラクタ1Cを、親トラクタ1Pとする追従制御も可能である。

10

(2) 上述した実施の形態では、親トラクタ1Pは有人操縦式であったが、この親トラクタ1Pも、プログラム制御方式やリモコン制御方式を採用して、無人運転することも可能である。本発明は、親トラクタ1P、つまり親作業車も無人運転される形態も対象としている。さらには、本発明は、親トラクタ1Pと子トラクタ1Cの両者が有人であってもよい。例えば、親トラクタ1Pの運転は熟練者が行い、子トラクタ1Cの運転は非熟練者が行い、子トラクタ1Cの走行系操作及び作業系操作の一部分が親トラクタ1Pで生成された作業運転パラメータに基づいて実行されるようにすれば、非熟練者の負担が軽減される。

(3) 上述した実施形態では、作業車として耕耘装置5を搭載したトラクタを取り上げたが、耕耘装置5に代えて散布装置や施肥装置など他の作業装置を搭載しても、本発明の特徴を有効に利用することができる。さらにはその他の作業車、例えばコンバイン、田植機、芝刈機、除草機、ブルドーザなどの土木建設機械などにも本発明は適用可能である。また、親作業車と子作業車は同機種でなくてもよい、例えばコンバインと搬送トラックなどの組み合わせでもよい。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 5 】

本発明は、複数の作業車が協調して作業走行する制御システムに適用可能である。

【符号の説明】

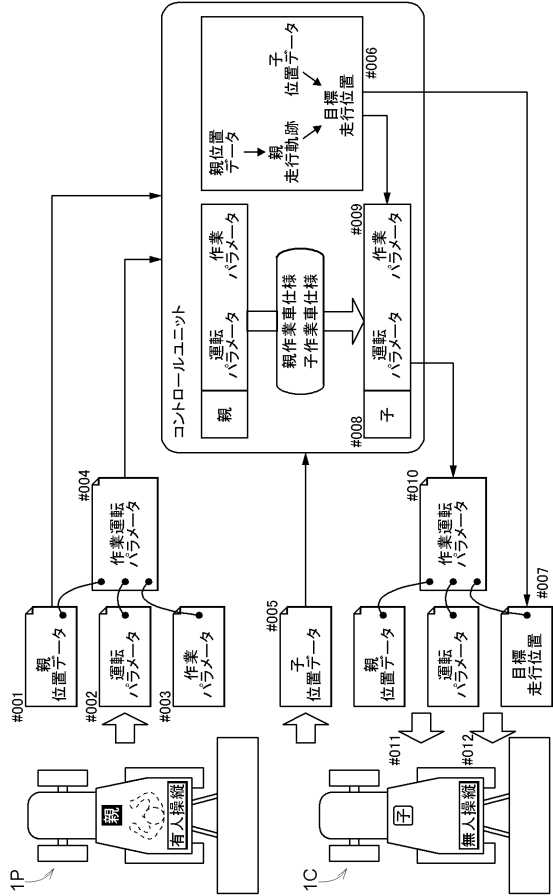
【 0 0 4 6 】

- 1 P : 親作業車 (親トラクタ)
- 1 C : 子作業車 (子トラクタ)
- 6 1 : 親位置検出モジュール
- 6 2 : 親走行軌跡算定部
- 6 3 : Uターン制御モジュール
- 6 4 : 回り走行制御モジュール
- 6 5 : 走行目標算定部
- 7 : 子機コントロールユニット
- 7 0 : 通信ジュール
- 7 1 : 子位置検出モジュール
- 7 2 : 操縦制御部
- 8 : 作業運転パラメータ管理モジュール
- 8 1 : 親パラメータ生成部
- 8 2 : 子パラメータ生成部
- 8 3 : パラメータ変換部

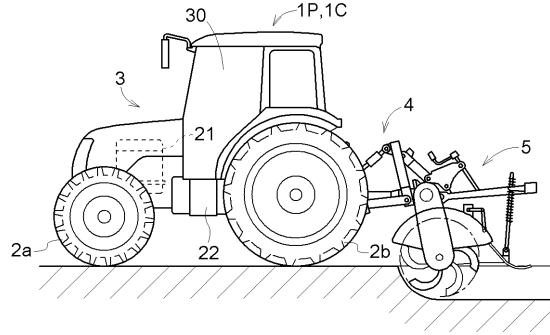
30

40

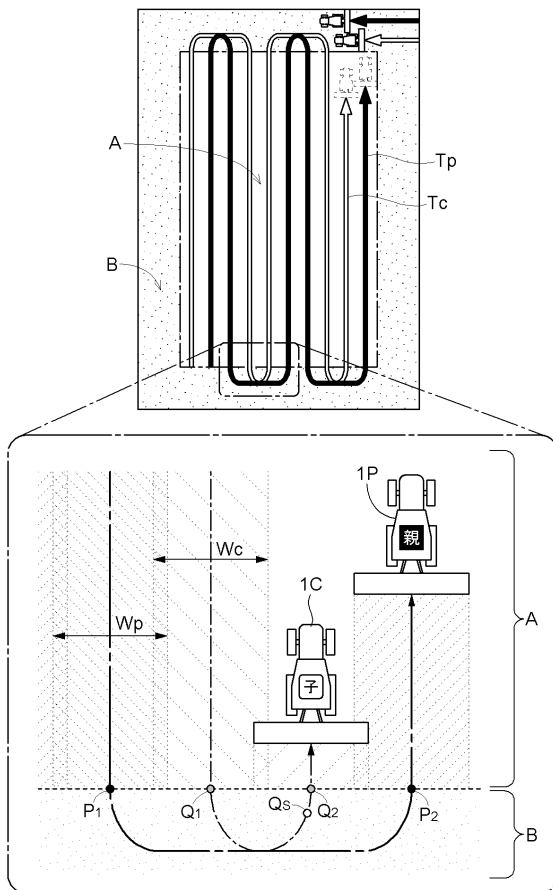
【 図 1 】



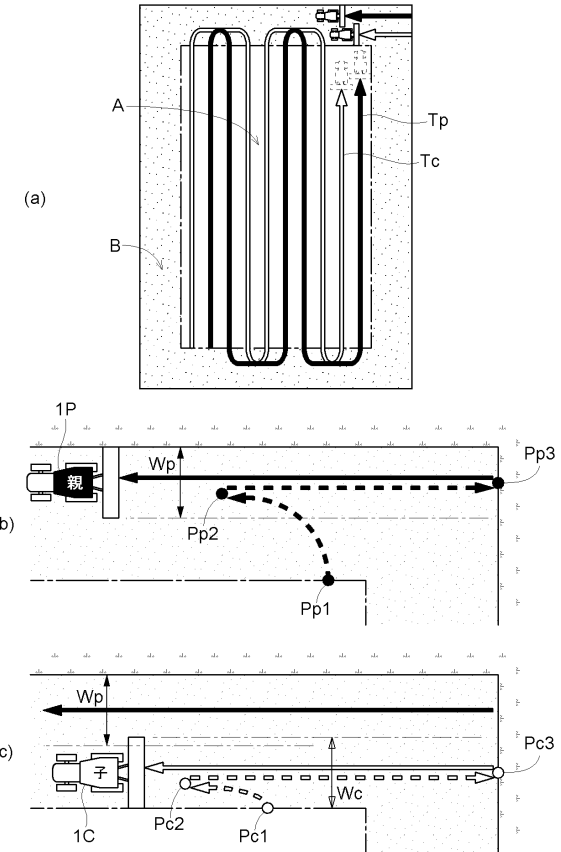
【 図 2 】



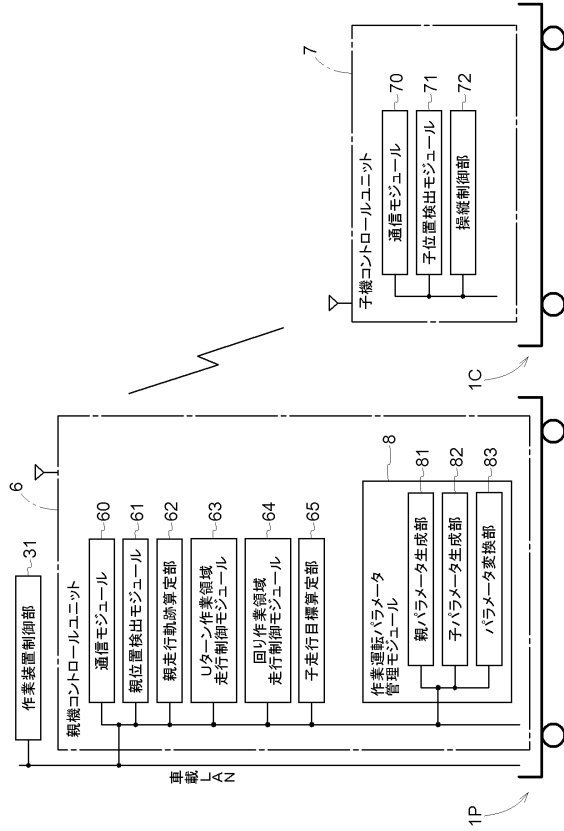
【 図 3 】



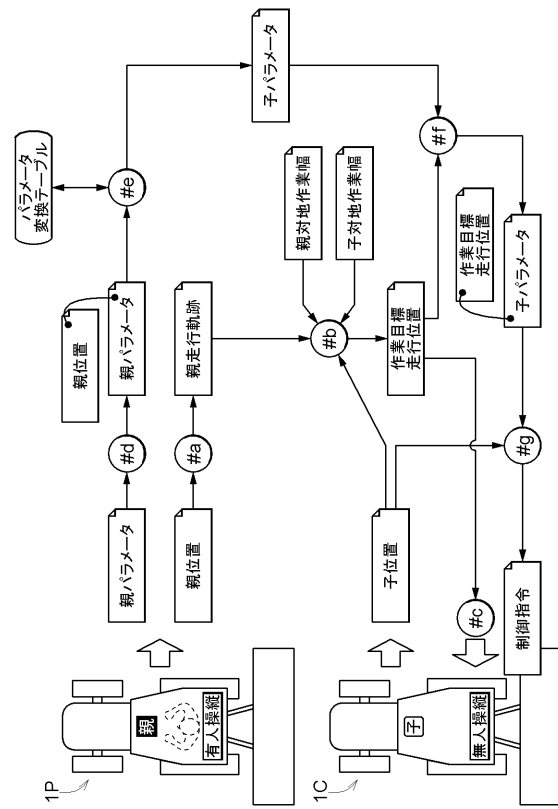
【 図 4 】



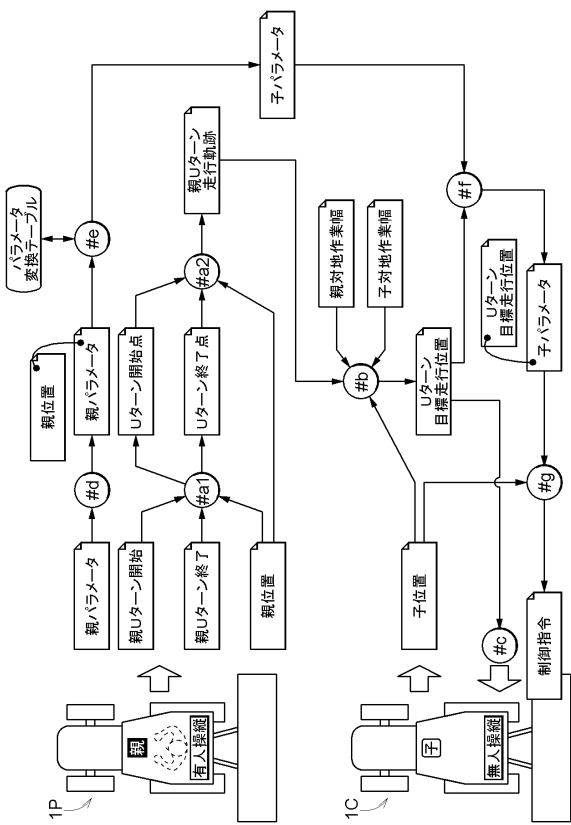
【図5】



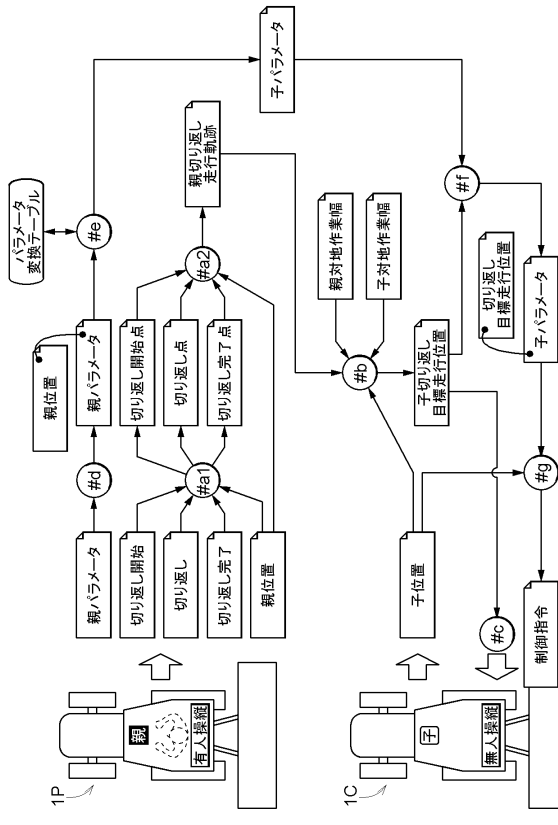
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

審査官 中村 圭伸

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2002/0165649 (US, A1)
特表2001-507843 (JP, A)
米国特許出願公開第2011/0112730 (US, A1)
特開2000-014208 (JP, A)
特開平11-039036 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A01B 69/00
G05D 1/00 - 1/02