

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7659659号
(P7659659)

(45)発行日 令和7年4月9日(2025.4.9)

(24)登録日 令和7年4月1日(2025.4.1)

(51)国際特許分類	F I	
G 0 1 C 21/34 (2006.01)	G 0 1 C 21/34	
G 0 5 D 1/43 (2024.01)	G 0 5 D 1/43	
G 0 5 D 1/644(2024.01)	G 0 5 D 1/644	
A 0 1 B 69/00 (2006.01)	A 0 1 B 69/00	3 0 3 Z
G 0 6 Q 50/02 (2024.01)	G 0 6 Q 50/02	
請求項の数 14 (全57頁)		

(21)出願番号	特願2023-566252(P2023-566252)	(73)特許権者	000001052 株式会社クボタ 大阪府大阪市浪速区敷津東一丁目2番4 7号
(86)(22)出願日	令和4年11月28日(2022.11.28)	(74)代理人	100101683 弁理士 奥田 誠司
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/043810	(74)代理人	100155000 弁理士 喜多 修市
(87)国際公開番号	WO2023/106158	(74)代理人	100139930 弁理士 山下 亮司
(87)国際公開日	令和5年6月15日(2023.6.15)	(74)代理人	100188813 弁理士 川喜田 徹
審査請求日	令和6年5月24日(2024.5.24)	(74)代理人	100202197 弁理士 村瀬 成康
(31)優先権主張番号	特願2021-197898(P2021-197898)	(74)代理人	100202142
(32)優先日	令和3年12月6日(2021.12.6)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
(31)優先権主張番号	特願2021-197899(P2021-197899)		
(32)優先日	令和3年12月6日(2021.12.6)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 自動運転を行う農業機械のための経路計画システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

自動運転を行う農業機械のための経路計画システムであって、
 複数の圃場、複数の待機場所、および前記複数の圃場と前記複数の待機場所とを結ぶ道を含む地図を記憶する記憶装置と、
 前記地図上における前記農業機械の各作業日における経路を生成する処理装置と、
 を備え、
 前記処理装置は、
 前記複数の圃場における作物の生育状況、前記複数の圃場における農作業の進捗状況、前記複数の圃場における作付状況、および気象状況の少なくとも一つを示す情報に基づいて、前記複数の待機場所のそれぞれの周囲に位置する圃場における作業日の分布を決定し、前記作業日の分布に基づいて、各作業日において前記農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、前記複数の待機場所の中から決定し、
 前記最後の農作業が行われる圃場から前記特定の待機場所までの経路を生成する、
 経路計画システム。

【請求項2】

前記処理装置は、各作業日における前記特定の待機場所を決定するとき、前記作業日の分布に基づいて、次の作業日に農作業が行われる圃場群を特定し、前記圃場群に最も近い待機場所を前記特定の待機場所として決定する、請求項1に記載の経路計画システム。

【請求項3】

前記処理装置は、各作業日における前記特定の待機場所を決定するとき、前記作業日に前記最後の農作業が行われる第1圃場に最も近い待機場所、または、前記作業日の分布から特定される次の作業日において最初に農作業が行われる第2圃場に最も近い待機場所を、前記特定の待機場所として決定する、請求項1に記載の経路計画システム。

【請求項4】

前記処理装置は、前記第1圃場に最も近い待機場所、および前記第2圃場に最も近い待機場所のうち、前記第1圃場から前記待機場所を経由して前記第2圃場まで移動するときの移動距離がより短い待機場所を、前記特定の待機場所として決定する、請求項3に記載の経路計画システム。

【請求項5】

前記処理装置は、前記複数の圃場における前記作物の生育状況に応じて、前記作業日の分布を更新する、請求項1に記載の経路計画システム。

【請求項6】

前記処理装置は、前記複数の圃場における前記農作業の進捗状況に応じて、前記作業日の分布を更新する、請求項1に記載の経路計画システム。

【請求項7】

前記処理装置は、前記複数の圃場における前記作付状況に応じて、前記作業日の分布を更新する、請求項1に記載の経路計画システム。

【請求項8】

前記処理装置は、前記複数の待機場所のそれぞれが位置する地域における前記気象状況に応じて、前記作業日の分布を更新する、請求項1に記載の経路計画システム。

【請求項9】

前記処理装置は、各作業日における前記特定の待機場所を決定するとき、前記作物の生育状況、前記農作業の進捗状況、前記作付状況、および前記気象状況の少なくとも1つを管理する管理装置から前記情報を取得する、請求項1に記載の経路計画システム。

【請求項10】

前記処理装置は、生成した前記経路を示す情報、または前記経路に沿って前記農業機械を移動させる指令を、前記農業機械に送信する、請求項1に記載の経路計画システム。

【請求項11】

前記処理装置は、
前記農業機械を含む複数の農業機械の各作業日における経路を生成し、
前記複数の圃場における作物の生育状況、前記複数の圃場における農作業の進捗状況、前記複数の圃場における作付状況、および気象状況の少なくとも1つを示す前記情報に基づいて、各作業日において各農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、前記複数の待機場所の中から決定し、
前記最後の農作業が行われる圃場から前記特定の待機場所までの経路を前記農業機械ごとに生成する、
請求項1に記載の経路計画システム。

【請求項12】

請求項1から11のいずれかに記載の経路計画システムと、
前記処理装置によって生成された前記経路に沿って前記農業機械を移動させる制御装置と、
を備える制御システム。

【請求項13】

請求項12に記載の制御システムと、
前記制御装置によって制御される駆動装置と、
を備える農業機械。

【請求項14】

自動運転を行う農業機械のための経路計画システムにおける処理装置によって実行される方法であって、

10

20

30

40

50

複数の圃場、複数の待機場所、および前記複数の圃場と前記複数の待機場所とを結ぶ道を含む地図を取得することと、

前記地図上における前記農業機械の各作業日における経路を生成することと、
を含み、

前記経路を生成することは、

前記複数の圃場における作物の生育状況、前記複数の圃場における農作業の進捗状況、前記複数の圃場における作付状況、および気象状況の少なくとも1つを示す情報を取得することと、

前記情報に基づいて、前記複数の待機場所のそれぞれの周囲に位置する圃場における作業日の分布を決定することと、

前記作業日の分布に基づいて、各作業日において前記農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、前記複数の待機場所の中から決定することと、

前記最後の農作業が行われる圃場から前記特定の待機場所までの経路を生成することと、
を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、自動運転を行う農業機械のための経路計画システムに関する。

【背景技術】

【0002】

圃場で使用される農業機械の自動化に向けた研究開発が進められている。例えば、GNSS (Global Navigation Satellite System) などの測位システムを利用して圃場内を自動で走行するトラクタ、コンバイン、および田植機などの作業車両が実用化されている。圃場内だけでなく、圃場外でも自動で走行する作業車両の研究開発も進められている。

【0003】

特許文献1および2は、道路を挟んで互いに離れた2つの圃場間で無人の作業車両を自動走行させるシステムの例を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2021-073602号公報

【文献】特開2021-029218号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本開示は、自動運転を行う農業機械の経路計画をより効率的に行うための技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一態様による経路計画システムは、自動運転を行う農業機械のための経路計画システムである。前記経路計画システムは、複数の圃場、複数の待機場所、および前記複数の圃場と前記複数の待機場所とを結ぶ道を含む地図を記憶する記憶装置と、前記地図上における前記農業機械の各作業日における経路を生成する処理装置と、を備える。前記処理装置は、前記複数の圃場における作物の生育状況、前記複数の圃場における農作業の進捗状況、前記複数の圃場における作付状況、および気象状況の少なくとも1つを示す情報に基づいて、各作業日において前記農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、前記複数の待機場所の中から決定し、前記最後の農作業が行われる圃場から前記特定の待機場所までの経路を生成する。

【0007】

10

20

30

40

50

本開示の他の態様による経路計画システムは、複数の地域に跨って自動運転を行う農業機械のための経路計画システムである。前記経路計画システムは、前記複数の地域を含む領域の地図を記憶する記憶装置と、処理装置とを備える。前記処理装置は、前記農業機械によって実行される農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報に基づいて、前記農業機械が前記複数の地域の各々において前記農作業を実行する時期を決定し、地域ごとに決定した前記時期に、前記農業機械が前記農作業を実行するように、前記地図上における前記農業機械の経路を生成する。

【 0 0 0 8 】

本開示の包括的または具体的な態様は、装置、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム、もしくはコンピュータが読み取り可能な非一時的記憶媒体、またはこれらの任意の組み合わせによって実現され得る。コンピュータが読み取り可能な記憶媒体は、揮発性の記憶媒体を含んでいてもよいし、不揮発性の記憶媒体を含んでいてもよい。装置は、複数の装置で構成されていてもよい。装置が2つ以上の装置で構成される場合、当該2つ以上の装置は、1つの機器内に配置されてもよいし、分離した2つ以上の機器内に分かれて配置されていてもよい。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本開示の実施形態によれば、自動運転を行う農業機械の経路計画をより効率的に行うことが可能になる。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 1 0 】

【図1】本開示の例示的な第1の実施形態による農業管理システムの概要を説明するための図である。

【図2】作業車両、および作業車両に連結されたインプラメントの例を模式的に示す側面図である。

【図3】作業車両およびインプラメントの構成例を示すブロック図である。

【図4】RTK-GNSSによる測位を行う作業車両の例を示す概念図である。

【図5】キャビンの内部に設けられる操作端末および操作スイッチ群の例を示す図である。

【図6】管理装置および端末装置のハードウェア構成を例示するブロック図である。

【図7】圃場内を目標経路に沿って自動で走行する作業車両の例を模式的に示す図である。

30

【図8】自動運転時の操舵制御の動作の例を示すフローチャートである。

【図9A】目標経路Pに沿って走行する作業車両の例を示す図である。

【図9B】目標経路Pから右にシフトした位置にある作業車両の例を示す図である。

【図9C】目標経路Pから左にシフトした位置にある作業車両の例を示す図である。

【図9D】目標経路Pに対して傾斜した方向を向いている作業車両の例を示す図である。

【図10】複数の作業車両が圃場の内部および圃場の外側の道を自動走行している状況の例を模式的に示す図である。

【図11】端末装置に表示される設定画面の一例を示す図である。

【図12】管理装置によって作成される農作業のスケジュールの例を示す図である。

【図13】経路計画時に参照される地図の一例を示す図である。

40

【図14】大域的経路の一例を示す図である。

【図15】大域的経路の他の例を示す図である。

【図16】障害物が存在する環境で生成される大域的経路および局所的経路の一例を示す図である。

【図17】複数の待機場所を含む地域の地図の他の例を示す図である。

【図18】待機場所と圃場との対応関係を示すテーブルの一例を示す図である。

【図19】待機場所と圃場との対応関係を明示した地図の一例を示す図である。

【図20】各圃場における作物の生育状況を管理するテーブルの一例を示す図である。

【図21】図20に示す例に対応する複数の圃場の作業日の分布の例を示すテーブルである。

50

- 【図 2 2】各圃場における農作業の進捗状況を管理するテーブルの一例を示す図である。
- 【図 2 3】図 2 2 に示す例に対応する複数の圃場の作業日の分布の例を示す図である。
- 【図 2 4】作付け情報と、各待機場所に属する圃場の数との対応関係の例を示す図である。
- 【図 2 5】図 2 4 に示す例に対応する複数の圃場の作業日の分布を示す図である。
- 【図 2 6】各作業日における気象状況と特定の待機場所との関係の例を示す図である。
- 【図 2 7】図 2 6 に示す例において農作業が行われる日と、選択される特定の待機場所の例を示す図である。
- 【図 2 8】管理装置による動作の例を示すフローチャートである。
- 【図 2 9】本開示の例示的な第 2 の実施形態による農業管理システムの概要を説明するための図である。
- 【図 3 0】管理装置によって実行される動作の一例を示すフローチャートである。
- 【図 3 1】農業機械が移動する領域の一例を示す図である。
- 【図 3 2】農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報の一例を示す図である。
- 【図 3 3】農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報の他の例を示す図である。
- 【図 3 4】各農作業の作業計画の一例を示す図である。
- 【図 3 5】端末装置に表示される設定画面の一例を示す図である。
- 【図 3 6】経路計画時に参照される地図の一例を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】

【0011】

(用語の定義)

本開示において「農業機械」は、農業用途で使用される機械を意味する。農業機械の例は、トラクタ、収穫機、田植機、乗用管理機、野菜移植機、草刈機、播種機、施肥機、農業用ドローン、および農業用移動ロボットを含む。トラクタのような作業車両が単独で「農業機械」として機能する場合だけでなく、作業車両に装着または牽引される作業機（インプラメント）と作業車両の全体が1つの「農業機械」として機能する場合がある。農業機械は、圃場内の地面に対して、耕耘、播種、防除、施肥、作物の植え付け、または収穫などの農作業を行う。これらの農作業を「対地作業」または単に「作業」と称することがある。車両型の農業機械が農作業を行いながら走行することを「作業走行」と称することがある。

【0012】

「自動運転」は、運転者による手動操作によらず、制御装置の働きによって農業機械の移動を制御することを意味する。自動運転を行う農業機械は「自動運転農機」または「ロボット農機」と呼ばれることがある。自動運転中、農業機械の移動だけでなく、農作業の動作（例えば作業機の動作）も自動で制御されてもよい。農業機械が車両型の機械である場合、自動運転によって農業機械が走行することを「自動走行」と称する。制御装置は、農業機械の移動に必要な操舵、移動速度の調整、移動の開始および停止の少なくとも1つを制御し得る。作業機が装着された作業車両を制御する場合、制御装置は、作業機の昇降、作業機の動作の開始および停止などの動作を制御してもよい。自動運転による移動には、農業機械が所定の経路に沿って目的地に向かう移動のみならず、追尾目標に追従する移動も含まれ得る。自動運転を行う農業機械は、部分的にユーザの指示に基づいて移動してもよい。また、自動運転を行う農業機械は、自動運転モードに加えて、運転者の手動操作によって移動する手動運転モードで動作してもよい。手動によらず、制御装置の働きによって農業機械の操舵を行うことを「自動操舵」と称する。制御装置の一部または全部が農業機械の外部にあってもよい。農業機械の外部にある制御装置と農業機械の間では、制御信号、コマンド、またはデータなどの通信が行われ得る。自動運転を行う農業機械は、人がその農業機械の移動の制御に関与することなく、周囲の環境をセンシングしながら自律的に移動してもよい。自律的な移動が可能な農業機械は、無人で圃場内または圃場外（例えば道路）を走行することができる。自律移動中に、障害物の検出および障害物の回避動作を行ってもよい。

【0013】

「作業計画」は、農業機械によって実行される1つ以上の農作業の予定を定めるデータである。作業計画は、例えば、農業機械によって実行される農作業の順序および各農作業が行われる圃場を示す情報を含み得る。作業計画は、各農作業が行われる予定の日および時刻の情報を含んでいてもよい。各農作業が行われる予定の日および時刻の情報を含む作業計画を、特に「作業スケジュール」または単に「スケジュール」と称する。作業スケジュールは、各作業日に行われる各農作業の開始予定時刻および/または終了予定時刻の情報を含み得る。作業計画あるいは作業スケジュールは、農作業ごとに、作業の内容、使用されるインプメント、および/または、使用される農業資材の種類および分量などの情報を含んでいてもよい。ここで「農業資材」とは、農業機械が行う農作業で使用される物資を意味する。農業資材を単に「資材」と呼ぶことがある。農業資材は、例えば農薬、肥料、種、または苗などの、農作業によって消費される物資を含み得る。作業計画は、農業機械と通信して農作業を管理する処理装置、または農業機械に搭載された処理装置によって作成され得る。処理装置は、例えば、ユーザ（農業経営者または農業者など）が端末装置を操作して入力した情報に基づいて作業計画を作成することができる。本明細書において、農業機械と通信して農作業を管理する処理装置を「管理装置」と称する。管理装置は、複数の農業機械の農作業を管理してもよい。その場合、管理装置は、複数の農業機械の各々が実行する各農作業に関する情報を含む作業計画を作成してもよい。作業計画は、各農業機械によってダウンロードされ、記憶装置に格納され得る。各農業機械は、作業計画に従って、予定された農作業を実行するために、自動で圃場に向かい、農作業を実行することができる。

10

20

【0014】

「環境地図」は、農業機械が移動する環境に存在する物の位置または領域を所定の座標系によって表現したデータである。環境地図を単に「地図」または「地図データ」と称することができる。環境地図を規定する座標系は、例えば、地球に対して固定された地理座標系などのワールド座標系であり得る。環境地図は、環境に存在する物について、位置以外の情報（例えば、属性情報その他の情報）を含んでいてもよい。環境地図は、点群地図または格子地図など、さまざまな形式の地図を含む。環境地図を構築する過程で生成または処理される局所地図または部分地図のデータについても、「地図」または「地図データ」と呼ぶ。

【0015】

「大域的経路」(global path)は、経路計画を行う処理装置によって生成される、農業機械が自動で移動するときの出発地点から目的地点までを結ぶ経路のデータを意味する。大域的経路を生成することを大域的経路計画(global path planning)と称する。以下の説明において、大域的経路を「目標経路」または単に「経路」とも称する。大域的経路は、例えば、農業機械が通過すべき複数の点の座標値によって規定され得る。農業機械が通過すべき点を「ウェイポイント」と称し、隣り合うウェイポイント間を結ぶ線分を「リンク」と称する。

30

【0016】

「局所的経路」(local path)は、大域的経路に沿って農業機械が自動で移動するとき逐次生成される、障害物を回避可能な局所的な経路を意味する。局所的経路を生成することを局所的経路計画(local path planning)と称する。局所的経路は、農業機械が移動している間に、農業機械が備える1つ以上のセンシング装置によって取得されたデータに基づいて逐次生成される。局所的経路は、大域的経路の一部に沿った複数のウェイポイントによって規定され得る。ただし、大域的経路の付近に障害物が存在する場合、その障害物を迂回するようにウェイポイントが設定され得る。局所的経路におけるウェイポイント間のリンクの長さは、大域的経路におけるウェイポイント間のリンクの長さよりも短い。局所的経路を生成する装置は、大域的経路を生成する装置と同一でもよいし、異なってもよい。例えば、農業機械による農作業を管理する管理装置が大域的経路を生成し、農業機械に搭載された制御装置が局所的経路を生成してもよい。

40

【0017】

50

「待機場所」は、農業機械が農作業を行わない間、待機するために設けられる場所である。農業機械が自動運転を行う環境中に、1つ以上の待機場所が設けられ得る。待機場所は、例えば、倉庫、車庫、納屋、駐車場、またはその他の施設であり得る。待機場所は、複数のユーザが共同で管理または使用する場所であってもよい。待機場所は、農業機械のユーザとは異なる農業従事者の自宅または事業所における倉庫、納屋、車庫、または駐車場であってもよい。あるいは、待機場所は、ユーザに自動運転農機を貸し出すサービスを提供する事業者が運営する場所であってもよい。農業機械が移動する環境中に複数の待機場所が点在していてもよい。待機場所において、農業機械の部品もしくはインプルの交換もしくはメンテナンス、または資材の補充などの作業が行われてもよい。その場合、待機場所には、それらの作業に必要な部品、工具類、または資材が配置され得る。

10

【0018】

(実施形態)

以下、本開示の実施形態を説明する。ただし、必要以上に詳細な説明は省略することがある。例えば、既によく知られた事項の詳細な説明および実質的に同一の構成に関する重複する説明を省略することがある。これは、以下の説明が不必要に冗長になることを避け、当業者の理解を容易にするためである。なお、発明者は、当業者が本開示を十分に理解するために添付図面および以下の説明を提供するのであって、これらによって特許請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものではない。以下の説明において、同一または類似の機能を有する構成要素については、同一の参照符号を付している。

【0019】

以下の実施形態は例示であり、本開示の技術は以下の実施形態に限定されない。例えば、以下の実施形態で示される数値、形状、材料、ステップ、ステップの順序、表示画面のレイアウトなどは、あくまでも一例であり、技術的に矛盾が生じない限りにおいて種々の改変が可能である。また、技術的に矛盾が生じない限りにおいて、一の態様と他の態様とを組み合わせることが可能である。

20

【0020】

以下、農業機械の一例であるトラクタなどの作業車両に本開示の技術を適用した実施形態を主に説明する。本開示の技術は、トラクタなどの作業車両に限らず、他の種類の農業機械にも適用することができる。例えば、農業機械は、農業用ドローン、すなわち無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)であってもよい。農業用ドローンは、播種、肥料散布、または農薬散布などの、空中から実行可能な農作業に利用され得る。農業用ドローンは、空中から作物の生育状況をセンシングする用途で使用されてもよい。そのようなドローンも本開示における農業機械に該当する。

30

【0021】

(実施形態1)

図1は、本開示の例示的な実施形態による農業管理システムの概要を説明するための図である。図1に示す農業管理システムは、農業機械100と、端末装置400と、管理装置600とを備える。端末装置400は、農業機械100のユーザが使用するコンピュータである。管理装置600は、農業管理システムを運営する事業者が管理するコンピュータである。農業機械100、端末装置400、および管理装置600は、ネットワーク80を介して互いに通信することができる。図1には1台の農業機械100が例示されているが、農業管理システムは、複数の農業機械を含んでいてもよい。

40

【0022】

本実施形態における農業機械100はトラクタである。農業機械100は、トラクタ以外の作業車両または他の種類の農業機械であってもよい。農業機械100は、後部および前部の一方または両方にインプルメントを装着することができる。農業機械100は、インプルメントの種類に応じた農作業を行いながら圃場内を走行することができる。農業機械100は、インプルメントを装着しない状態で圃場内または圃場外を走行してもよい。

【0023】

農業機械100は、自動運転機能を備える。すなわち、農業機械100は、手動によら

50

ず、制御装置の働きによって走行することができる。本実施形態における制御装置は、農業機械100の内部に設けられ、農業機械100の速度および操舵の両方を制御することができる。農業機械100は、圃場内に限らず、圃場外（例えば道路）を自動走行することもできる。

【0024】

農業機械100は、GNSS受信機およびLiDARセンサなどの、測位あるいは自己位置推定のために利用される装置を備える。農業機械100の制御装置は、農業機械100の位置と、管理装置600によって生成された目標経路の情報とに基づいて、農業機械100を自動で走行させる。制御装置は、農業機械100の走行制御に加えて、インプラメントの動作の制御も行う。これにより、農業機械100は、圃場内を自動で走行しながらインプラメントを用いて農作業を実行することができる。さらに、農業機械100は、圃場外の道（例えば、農道または一般道）を目標経路に沿って自動で走行することができる。農業機械100は、圃場外の道に沿って自動走行を行うとき、カメラまたはLiDARセンサなどのセンシング装置から出力されるデータに基づいて、障害物を回避可能な局所的経路を目標経路に沿って生成しながら走行する。農業機械100は、圃場内においては、上記と同様に局所的経路を生成しながら走行してもよいし、局所的経路を生成せずに目標経路に沿って走行し、障害物が検出された場合に停止する、という動作を行ってもよい。

10

【0025】

管理装置600は、農業機械100による農作業を管理するコンピュータである。管理装置600は、例えば圃場および農作業に関する情報をクラウド上で一元管理し、クラウド上のデータを活用して農業を支援するサーバコンピュータであり得る。管理装置600は、例えば、農業機械100の作業計画を作成し、その作業計画に従って、農業機械100の大域的経路計画を行う。

20

【0026】

管理装置600は、圃場内と圃場外とで異なる方法で大域的経路（目標経路）を生成する。管理装置600は、圃場内の目標経路を、圃場に関する情報に基づいて生成する。例えば、管理装置600は、予め登録された圃場の外形、圃場の面積、圃場の出入口の位置、農業機械100の幅、インプラメントの幅、作業の内容、栽培される作物の種類、作物の生育領域、作物の生育状況、または作物列もしくは畝の間隔などの、種々の情報に基づいて圃場内の目標経路を生成することができる。管理装置600は、例えば、ユーザが端末装置400その他のデバイスを用いて入力した情報に基づいて圃場内の目標経路を生成する。管理装置600は、圃場内の経路を、例えば作業が行われる作業領域の全体をカバーするように生成してもよい。あるいは、管理装置600は、圃場内については、作業領域の外側のみ目標経路を生成し、作業領域の内側には目標経路を生成しなくてもよい。その場合、農業機械100は、カメラまたはLiDARセンサから出力されたデータに基づいて作物列または畝列を認識し、認識した作物列または畝列に沿った局所的経路を生成しながら走行してもよい。一方、管理装置600は、圃場外の目標経路を、作業計画に従って生成する。例えば、管理装置600は、作業計画が示す農作業の順序、各農作業が行われる圃場の位置、圃場の出入口の位置、各農作業の開始予定時刻および終了予定時刻、路面状態、気象状況、または交通状況などの、種々の情報に基づいて圃場外の目標経路を生成することができる。

30

40

【0027】

管理装置600は、さらに、農業機械100または他の移動体がLiDARセンサなどのセンシング装置を用いて収集したデータに基づいて、環境地図の生成および編集を行ってもよい。管理装置600は、生成した作業計画、目標経路、および環境地図のデータを農業機械100に送信する。農業機械100は、それらのデータに基づいて、移動および農作業を自動で行う。

【0028】

なお、大域的経路計画および環境地図の生成（または編集）は、管理装置600に限ら

50

ず、他の装置が行ってもよい。例えば、農業機械100の制御装置が、大域的経路計画または環境地図の生成もしくは編集を行ってもよい。このように、環境地図を生成する装置と、作業計画を生成する装置と、経路計画を行う装置とが、異なる場所に分散していてもよい。

【0029】

端末装置400は、農業機械100から離れた場所にいるユーザが使用するコンピュータである。図1に示す端末装置400はラップトップコンピュータであるが、これに限定されない。端末装置400は、デスクトップPC (personal computer) などの据え置き型のコンピュータであってもよいし、スマートフォンまたはタブレットコンピュータなどのモバイル端末でもよい。端末装置400は、農業機械100の作業計画(例えば各農作業のスケジュール)を作成するために必要な情報をユーザが入力するための設定画面をディスプレイに表示する。ユーザが設定画面上で必要な情報を入力し送信の操作を行うと、端末装置400は、入力された情報を管理装置600に送信する。管理装置600は、その情報に基づいて作業計画を作成する。端末装置400は、農業機械100が農作業を実行する1つ以上の圃場の登録にも使用され得る。

10

【0030】

以下、本実施形態におけるシステムの構成および動作をより詳細に説明する。

【0031】

[1. 構成]

図2は、農業機械100、および農業機械100に連結されたインプラメント300の例を模式的に示す側面図である。本実施形態における農業機械100は、手動運転モードと自動運転モードの両方で動作することができる。自動運転モードにおいて、農業機械100は無人で走行することができる。農業機械100は、圃場内と圃場外の両方で自動運転が可能である。

20

【0032】

図2に示すように、農業機械100は、車両本体101と、原動機(エンジン)102と、変速装置(トランスミッション)103とを備える。車両本体101には、タイヤ付きの車輪104と、キャビン105とが設けられている。車輪104は、一对の前輪104Fと一对の後輪104Rとを含む。キャビン105の内部に運転席107、操舵装置106、操作端末200、および操作のためのスイッチ群が設けられている。農業機械100が圃場内で作業走行を行うとき、前輪104Fおよび後輪104Rの一方または両方にはタイヤではなくクローラが取り付けられていてもよい。

30

【0033】

農業機械100は、農業機械100の周囲をセンシングする複数のセンシング装置を備える。図2の例では、センシング装置は、複数のカメラ120と、LiDARセンサ140と、複数の障害物センサ130とを含む。

【0034】

カメラ120は、例えば農業機械100の前後左右に設けられ得る。カメラ120は、農業機械100の周囲の環境を撮影し、画像データを生成する。カメラ120が取得した画像は、遠隔監視を行うための端末装置400に送信され得る。当該画像は、無人運転時に農業機械100を監視するために用いられ得る。カメラ120は、農業機械100が圃場外の道(農道または一般道)を走行するときに、周辺の地物もしくは障害物、白線、標識、または表示などを認識するための画像を生成する用途でも使用され得る。

40

【0035】

図2の例におけるLiDARセンサ140は、車両本体101の前面下部に配置されている。LiDARセンサ140は、他の位置に設けられていてもよい。LiDARセンサ140は、農業機械100が主に圃場外を走行している間、周囲の環境に存在する物体の各計測点までの距離および方向、または各計測点の2次元もしくは3次元の座標値を示すセンサデータを繰り返し出力する。LiDARセンサ140から出力されたセンサデータは、農業機械100の制御装置によって処理される。制御装置は、センサデータと、環境

50

地図とのマッチングにより、農業機械 100 の自己位置推定を行うことができる。制御装置は、さらに、センサデータに基づいて、農業機械 100 の周辺に存在する障害物などの物体を検出し、農業機械 100 が実際に進むべき局所的経路を、大域的経路に沿って生成することができる。制御装置は、例えば S L A M (Simultaneous Localization and Mapping) などのアルゴリズムを利用して、環境地図を生成または編集することもできる。農業機械 100 は、異なる位置に異なる向きで配置された複数の L i D A R センサを備えていてもよい。

【 0 0 3 6 】

図 2 に示す複数の障害物センサ 130 は、キャビン 105 の前部および後部に設けられている。障害物センサ 130 は、他の部位にも配置され得る。例えば、車両本体 101 の側部、前部、および後部の任意の位置に、1つまたは複数の障害物センサ 130 が設けられ得る。障害物センサ 130 は、例えばレーザスキャナまたは超音波ソナーを含み得る。障害物センサ 130 は、自動走行時に周囲の障害物を検出して農業機械 100 を停止したり迂回したりするために用いられる。L i D A R センサ 140 が障害物センサ 130 の1つとして利用されてもよい。

10

【 0 0 3 7 】

農業機械 100 は、さらに、G N S S ユニット 110 を備える。G N S S ユニット 110 は、G N S S 受信機を含む。G N S S 受信機は、G N S S 衛星からの信号を受信するアンテナと、アンテナが受信した信号に基づいて農業機械 100 の位置を計算するプロセッサとを備え得る。G N S S ユニット 110 は、複数の G N S S 衛星から送信される衛星信号を受信し、衛星信号に基づいて測位を行う。G N S S は、G P S (Global Positioning System)、Q Z S S (Quasi-Zenith Satellite System、例えばみちびき)、G L O N A S S、G a l i l e o、および B e i D o u などの衛星測位システムの総称である。本実施形態における G N S S ユニット 110 は、キャビン 105 の上部に設けられているが、他の位置に設けられていてもよい。

20

【 0 0 3 8 】

G N S S ユニット 110 は、慣性計測装置 (I M U) を含み得る。I M U からの信号を利用して位置データを補完することができる。I M U は、農業機械 100 の傾きおよび微小な動きを計測することができる。I M U によって取得されたデータを用いて、衛星信号に基づく位置データを補完することにより、測位の性能を向上させることができる。

30

【 0 0 3 9 】

農業機械 100 の制御装置は、G N S S ユニット 110 による測位結果に加えて、カメラ 120 または L i D A R センサ 140 などのセンシング装置が取得したセンシングデータを測位に利用してもよい。農道、林道、一般道、または果樹園のように、農業機械 100 が走行する環境内に特徴点として機能する地物が存在する場合、カメラ 120 または L i D A R センサ 140 によって取得されたデータと、予め記憶装置に格納された環境地図とに基づいて、農業機械 100 の位置および向きを高い精度で推定することができる。カメラ 120 または L i D A R センサ 140 が取得したデータを用いて、衛星信号に基づく位置データを補正または補完することで、より高い精度で農業機械 100 の位置を特定できる。

40

【 0 0 4 0 】

原動機 102 は、例えばディーゼルエンジンであり得る。ディーゼルエンジンに代えて電動モータが使用されてもよい。変速装置 103 は、変速によって農業機械 100 の推進力および移動速度を変化させることができる。変速装置 103 は、農業機械 100 の前進と後進とを切り換えることもできる。

【 0 0 4 1 】

操舵装置 106 は、ステアリングホイールと、ステアリングホイールに接続されたステアリングシャフトと、ステアリングホイールによる操舵を補助するパワーステアリング装置とを含む。前輪 104 F は操舵輪であり、その切れ角 (「 操舵角 」 とも称する。) を変化させることにより、農業機械 100 の走行方向を変化させることができる。前輪 104

50

Fの操舵角は、ステアリングホイールを操作することによって変化させることができる。パワーステアリング装置は、前輪104Fの操舵角を変化させるための補助力を供給する油圧装置または電動モータを含む。自動操舵が行われるときには、農業機械100内に配置された制御装置からの制御により、油圧装置または電動モータの力によって操舵角が自動で調整される。

【0042】

車両本体101の後部には、連結装置108が設けられている。連結装置108は、例えば3点支持装置（「3点リンク」または「3点ヒッチ」とも称する。）、PTO（Power Take Off）軸、ユニバーサルジョイント、および通信ケーブルを含む。連結装置108によってインプリメント300を農業機械100に着脱することができる。連結装置108は、例えば油圧装置によって3点リンクを昇降させ、インプリメント300の位置または姿勢を変化させることができる。また、ユニバーサルジョイントを介して農業機械100からインプリメント300に動力を送ることができる。農業機械100は、インプリメント300を引きながら、インプリメント300に所定の作業を実行させることができる。連結装置は、車両本体101の前方に設けられていてもよい。その場合、農業機械100の前方にインプリメントを接続することができる。

10

【0043】

図2に示すインプリメント300は、ロータリ耕耘機であるが、インプリメント300はロータリ耕耘機に限定されない。例えば、シーダ（播種機）、スプレッタ（施肥機）、移植機、モア（草刈機）、レーキ、ベアラ（集草機）、ハーベスタ（収穫機）、スプレイヤ、またはハローなどの、任意のインプリメントを農業機械100に接続して使用することができる。

20

【0044】

図2に示す農業機械100は、有人運転が可能であるが、無人運転のみに対応していてもよい。その場合には、キャビン105、操舵装置106、および運転席107などの、有人運転にのみ必要な構成要素は、農業機械100に設けられていなくてもよい。無人の農業機械100は、自律走行、またはユーザによる遠隔操作によって走行することができる。

【0045】

図3は、農業機械100およびインプリメント300の構成例を示すブロック図である。農業機械100とインプリメント300は、連結装置108に含まれる通信ケーブルを介して互いに通信することができる。農業機械100は、ネットワーク80を介して、端末装置400および管理装置600と通信することができる。

30

【0046】

図3の例における農業機械100は、GNSSユニット110、カメラ120、障害物センサ130、LiDARセンサ140、および操作端末200に加え、農業機械100の動作状態を検出するセンサ群150、制御システム160、通信装置190、操作スイッチ群210、ブザー220、および駆動装置240を備える。これらの構成要素は、バスを介して相互に通信可能に接続される。GNSSユニット110は、GNSS受信機111と、RTK受信機112と、慣性計測装置（IMU）115と、処理回路116とを備える。センサ群150は、ステアリングホイールセンサ152と、切れ角センサ154、車軸センサ156とを含む。制御システム160は、記憶装置170と、制御装置180とを備える。制御装置180は、複数の電子制御ユニット（ECU）181から186を備える。インプリメント300は、駆動装置340と、制御装置380と、通信装置390とを備える。なお、図3には、農業機械100による自動運転の動作との関連性が相対的に高い構成要素が示されており、それ以外の構成要素の図示は省略されている。

40

【0047】

GNSSユニット110におけるGNSS受信機111は、複数のGNSS衛星から送信される衛星信号を受信し、衛星信号に基づいてGNSSデータを生成する。GNSSデータは、例えばNMEA-0183フォーマットなどの所定のフォーマットで生成される

50

。GNSSデータは、例えば、衛星信号が受信されたそれぞれの衛星の識別番号、仰角、方位角、および受信強度を示す値を含み得る。

【0048】

図3に示すGNSSユニット110は、RTK (Real Time Kinematic) - GNSSを利用して農業機械100の測位を行う。図4は、RTK - GNSSによる測位を行う農業機械100の例を示す概念図である。RTK - GNSSによる測位では、複数のGNSS衛星50から送信される衛星信号に加えて、基準局60から送信される補正信号が利用される。基準局60は、農業機械100が作業走行を行う圃場の付近(例えば、農業機械100から10km以内の位置)に設置され得る。基準局60は、複数のGNSS衛星50から受信した衛星信号に基づいて、例えばRTCMフォーマットの補正信号を生成し、GNSSユニット110に送信する。RTK受信機112は、アンテナおよびモデムを含み、基準局60から送信される補正信号を受信する。GNSSユニット110の処理回路116は、補正信号に基づき、GNSS受信機111による測位結果を補正する。RTK - GNSSを用いることにより、例えば誤差数cmの精度で測位を行うことが可能である。緯度、経度、および高度の情報を含む位置情報が、RTK - GNSSによる高精度の測位によって取得される。GNSSユニット110は、例えば1秒間に1回から10回程度の頻度で、農業機械100の位置を計算する。

10

【0049】

なお、測位方法はRTK - GNSSに限らず、必要な精度の位置情報が得られる任意の測位方法(干渉測位法または相対測位法など)を用いることができる。例えば、VRS (Virtual Reference Station) またはDGPS (Differential Global Positioning System) を利用した測位を行ってもよい。基準局60から送信される補正信号を用いなくても必要な精度の位置情報が得られる場合は、補正信号を用いずに位置情報を生成してもよい。その場合、GNSSユニット110は、RTK受信機112を備えていなくてもよい。

20

【0050】

RTK - GNSSを利用する場合であっても、基準局60からの補正信号が得られない場所(例えば圃場から遠く離れた道路上)では、RTK受信機112からの信号によらず、他の方法で農業機械100の位置が推定される。例えば、LiDARセンサ140および/またはカメラ120から出力されたデータと、高精度の環境地図とのマッチングによって、農業機械100の位置が推定され得る。

30

【0051】

本実施形態におけるGNSSユニット110は、さらにIMU115を備える。IMU115は、3軸加速度センサおよび3軸ジャイロスコープを備え得る。IMU115は、3軸地磁気センサなどの方位センサを備えていてもよい。IMU115は、モーションセンサとして機能し、農業機械100の加速度、速度、変位、および姿勢などの諸量を示す信号を出力することができる。処理回路116は、衛星信号および補正信号に加えて、IMU115から出力された信号に基づいて、農業機械100の位置および向きをより高い精度で推定することができる。IMU115から出力された信号は、衛星信号および補正信号に基づいて計算される位置の補正または補完に用いられ得る。IMU115は、GNSS受信機111よりも高い頻度で信号を出力する。その高頻度の信号を利用して、処理回路116は、農業機械100の位置および向きをより高い頻度(例えば、10Hz以上)で計測することができる。IMU115に代えて、3軸加速度センサおよび3軸ジャイロスコープを別々に設けてもよい。IMU115は、GNSSユニット110とは別の装置として設けられていてもよい。

40

【0052】

カメラ120は、農業機械100の周囲の環境を撮影する撮像装置である。カメラ120は、例えば、CCD (Charge Coupled Device) またはCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) などのイメージセンサを備える。カメラ120は、他にも、1つ以上のレンズを含む光学系、および信号処理回路を備え得る。カメラ120は、農業機械100の走行中、農業機械100の周囲の環境を撮影し、画像(例えば動画)の

50

データを生成する。カメラ120は、例えば、3フレーム/秒（fps: frames per second）以上のフレームレートで動画を撮影することができる。カメラ120によって生成された画像は、例えば遠隔の監視者が端末装置400を用いて農業機械100の周囲の環境を確認するとき利用され得る。カメラ120によって生成された画像は、測位または障害物の検出に利用されてもよい。図2に示すように、複数のカメラ120が農業機械100の異なる位置に設けられていてもよいし、単数のカメラが設けられていてもよい。可視光画像を生成する可視カメラと、赤外線画像を生成する赤外カメラとが別々に設けられていてもよい。可視カメラと赤外カメラの両方が監視用の画像を生成するカメラとして設けられていてもよい。赤外カメラは、夜間において障害物の検出にも用いられ得る。

【0053】

障害物センサ130は、農業機械100の周囲に存在する物体を検出する。障害物センサ130は、例えばレーザスキャナまたは超音波ソナーを含み得る。障害物センサ130は、障害物センサ130から所定の距離よりも近くに物体が存在する場合に、障害物が存在することを示す信号を出力する。複数の障害物センサ130が農業機械100の異なる位置に設けられていてもよい。例えば、複数のレーザスキャナと、複数の超音波ソナーとが、農業機械100の異なる位置に配置されていてもよい。そのような多くの障害物センサ130を備えることにより、農業機械100の周囲の障害物の監視における死角を減らすことができる。

【0054】

ステアリングホイールセンサ152は、農業機械100のステアリングホイールの回転角を計測する。切れ角センサ154は、操舵輪である前輪104Fの切れ角を計測する。ステアリングホイールセンサ152および切れ角センサ154による計測値は、制御装置180による操舵制御に利用される。

【0055】

車軸センサ156は、車輪104に接続された車軸の回転速度、すなわち単位時間あたりの回転数を計測する。車軸センサ156は、例えば磁気抵抗素子（MR）、ホール素子、または電磁ピックアップを利用したセンサであり得る。車軸センサ156は、例えば、車軸の1分あたりの回転数（単位：rpm）を示す数値を出力する。車軸センサ156は、農業機械100の速度を計測するために使用される。

【0056】

駆動装置240は、前述の原動機102、変速装置103、操舵装置106、および連結装置108などの、農業機械100の走行およびインプリメント300の駆動に必要な各種の装置を含む。原動機102は、例えばディーゼル機関などの内燃機関を備え得る。駆動装置240は、内燃機関に代えて、あるいは内燃機関とともに、トラクション用の電動モータを備えていてもよい。

【0057】

ブザー220は、異常を報知するための警告音を発する音声出力装置である。ブザー220は、例えば、自動運転時に、障害物が検出された場合に警告音を発する。ブザー220は、制御装置180によって制御される。

【0058】

記憶装置170は、フラッシュメモリまたは磁気ディスクなどの1つ以上の記憶媒体を含む。記憶装置170は、GNSSユニット110、カメラ120、障害物センサ130、LiDARセンサ140、センサ群150、および制御装置180が生成する各種のデータを記憶する。記憶装置170が記憶するデータには、農業機械100が走行する環境内の地図データ（環境地図）、および自動運転のための大域的経路（目標経路）のデータが含まれ得る。環境地図は、農業機械100が農作業を行う複数の圃場およびその周辺の道の情報を含む。環境地図および目標経路は、管理装置600におけるプロセッサによって生成され得る。なお、本実施形態における制御装置180は、環境地図および目標経路を生成または編集する機能を備えている。制御装置180は、管理装置600から取得した環境地図および目標経路を、農業機械100の走行環境に応じて編集することができる

10

20

30

40

50

。記憶装置 170 は、通信装置 190 が管理装置 600 から受信した作業計画のデータも記憶する。作業計画は、複数の作業日にわたって農業機械 100 が実行する複数の農作業に関する情報を含む。作業計画は、例えば、各作業日において農業機械 100 が実行する各農作業の予定時刻の情報を含む作業スケジュールのデータであり得る。記憶装置 170 は、制御装置 180 における各 ECU に、後述する各種の動作を実行させるコンピュータプログラムも記憶する。そのようなコンピュータプログラムは、記憶媒体（例えば半導体メモリまたは光ディスク等）または電気通信回線（例えばインターネット）を介して農業機械 100 に提供され得る。そのようなコンピュータプログラムが、商用ソフトウェアとして販売されてもよい。

【0059】

制御装置 180 は、複数の ECU を含む。複数の ECU は、例えば、速度制御用の ECU 181、ステアリング制御用の ECU 182、インプルメント制御用の ECU 183、自動運転制御用の ECU 184、経路生成用の ECU 185、および地図生成用の ECU 186 を含む。

【0060】

ECU 181 は、駆動装置 240 に含まれる原動機 102、変速装置 103、およびブレーキを制御することによって農業機械 100 の速度を制御する。

【0061】

ECU 182 は、ステアリングホイールセンサ 152 の計測値に基づいて、操舵装置 106 に含まれる油圧装置または電動モータを制御することによって農業機械 100 のステアリングを制御する。

【0062】

ECU 183 は、インプルメント 300 に所望の動作を実行させるために、連結装置 108 に含まれる 3 点リンクおよび PTO 軸などの動作を制御する。ECU 183 はまた、インプルメント 300 の動作を制御する信号を生成し、その信号を通信装置 190 からインプルメント 300 に送信する。

【0063】

ECU 184 は、GNSS ユニット 110、カメラ 120、障害物センサ 130、LiDAR センサ 140、およびセンサ群 150 から出力されたデータに基づいて、自動運転を実現するための演算および制御を行う。例えば、ECU 184 は、GNSS ユニット 110、カメラ 120、および LiDAR センサ 140 の少なくとも 1 つから出力されたデータに基づいて、農業機械 100 の位置を特定する。圃場内においては、ECU 184 は、GNSS ユニット 110 から出力されたデータのみに基づいて農業機械 100 の位置を決定してもよい。ECU 184 は、カメラ 120 または LiDAR センサ 140 が取得したデータに基づいて農業機械 100 の位置を推定または補正してもよい。カメラ 120 または LiDAR センサ 140 が取得したデータを利用することにより、測位の精度をさらに高めることができる。一方、圃場外においては、ECU 184 は、LiDAR センサ 140 またはカメラ 120 から出力されるデータを利用して農業機械 100 の位置を推定する。例えば、ECU 184 は、LiDAR センサ 140 またはカメラ 120 から出力されるデータと、環境地図とのマッチングにより、農業機械 100 の位置を推定してもよい。自動運転中、ECU 184 は、推定された農業機械 100 の位置に基づいて、目標経路または局所的経路に沿って農業機械 100 が走行するために必要な演算を行う。ECU 184 は、ECU 181 に速度変更の指令を送り、ECU 182 に操舵角変更の指令を送る。ECU 181 は、速度変更の指令に応答して原動機 102、変速装置 103、またはブレーキを制御することによって農業機械 100 の速度を変化させる。ECU 182 は、操舵角変更の指令に応答して操舵装置 106 を制御することによって操舵角を変化させる。

【0064】

ECU 185 は、農業機械 100 が目標経路に沿って道路上を走行している間、障害物を回避可能な局所的経路を逐次生成する。ECU 185 は、農業機械 100 の走行中、カメラ 120、障害物センサ 130、および LiDAR センサ 140 から出力されたデータ

10

20

30

40

50

に基づいて、農業機械100の周囲に存在する障害物を認識する。ECU185は、認識した障害物を回避するように局所的経路を生成する。ECU185は、管理装置600の代わりに大域的経路計画を行う機能を備えていてもよい。その場合、ECU185は、記憶装置170に格納された作業計画に基づいて農業機械100の移動先を決定し、農業機械100の移動の開始地点から目的地点までの目標経路を決定する。ECU185は、記憶装置170に格納された道路情報を含む環境地図に基づき、例えば最短の時間で移動先に到達できる経路を目標経路として作成することができる。

【0065】

ECU186は、農業機械100が走行する環境の地図を生成または編集する。本実施形態では、管理装置600などの外部の装置によって生成された環境地図が農業機械100に送信され、記憶装置170に記録されるが、ECU186が代わりに環境地図を生成または編集することもできる。ECU186が環境地図を生成する場合、環境地図は、LiDARセンサ140から出力されたセンサデータに基づいて生成され得る。環境地図を生成するとき、ECU186は、農業機械100が走行している間にLiDARセンサ140から出力されたセンサデータに基づいて3次元の点群データを逐次生成する。ECU186は、例えばSLAMなどのアルゴリズムを利用して、逐次生成した点群データを繋ぎ合わせるにより、環境地図を生成することができる。このようにして生成された環境地図は、高精度の3次元地図であり、ECU184による自己位置推定に利用され得る。この3次元地図に基づいて、大域的経路計画に利用される2次元地図が生成され得る。本明細書では、自己位置推定に利用される3次元地図と、大域的経路計画に利用される2次元地図とを、いずれも「環境地図」と称する。ECU186は、さらに、カメラ120またはLiDARセンサ140から出力されたデータに基づいて認識された構造物、路面の状態、または道の通行可能性等に関する種々の属性情報を、地図に付加することによって地図を編集することもできる。

【0066】

これらのECUの働きにより、制御装置180は、自動運転を実現する。自動運転時において、制御装置180は、計測または推定された農業機械100の位置と、目標経路とに基づいて、駆動装置240を制御する。これにより、制御装置180は、農業機械100を目標経路に沿って走行させることができる。

【0067】

制御装置180に含まれる複数のECUは、例えばCAN(Controller Area Network)などのピークバス規格に従って、相互に通信することができる。CANに代えて、車載イーサネット(登録商標)などの、より高速の通信方式が用いられてもよい。図3において、ECU181から186のそれぞれは、個別のブロックとして示されているが、これらのそれぞれの機能が、複数のECUによって実現されていてもよい。ECU181から186の少なくとも一部の機能を統合した車載コンピュータが設けられていてもよい。制御装置180は、ECU181から186以外のECUを備えていてもよく、機能に応じて任意の個数のECUが設けられ得る。各ECUは、1つ以上のプロセッサを含む処理回路を備える。

【0068】

通信装置190は、インプレメント300、端末装置400、および管理装置600と通信を行う回路を含む装置である。通信装置190は、例えばISOBUS-TIM等のISOBUS規格に準拠した信号の送受信を、インプレメント300の通信装置390との間で実行する回路を含む。これにより、インプレメント300に所望の動作を実行させたり、インプレメント300から情報を取得したりすることができる。通信装置190は、さらに、ネットワーク80を介した信号の送受信を、端末装置400および管理装置600のそれぞれの通信装置との間で実行するためのアンテナおよび通信回路を含み得る。ネットワーク80は、例えば、3G、4Gもしくは5Gなどのセルラー移動体通信網およびインターネットを含み得る。通信装置190は、農業機械100の近くにいる監視者が使用する携帯端末と通信する機能を備えていてもよい。そのような携帯端末との間では、

10

20

30

40

50

Wi-Fi (登録商標)、3G、4Gもしくは5Gなどのセルラー移動体通信、またはBluetooth (登録商標)などの、任意の無線通信規格に準拠した通信が行われ得る。

【0069】

操作端末200は、農業機械100の走行およびインブルメント300の動作に関する操作をユーザが実行するための端末であり、バーチャルターミナル(VT)とも称される。操作端末200は、タッチスクリーンなどの表示装置、および/または1つ以上のボタンを備え得る。表示装置は、例えば液晶または有機発光ダイオード(OLED)などのディスプレイであり得る。ユーザは、操作端末200を操作することにより、例えば自動運転モードのオン/オフの切り替え、環境地図の記録または編集、目標経路の設定、およびインブルメント300のオン/オフの切り替えなどの種々の操作を実行することができる。これらの操作の少なくとも一部は、操作スイッチ群210を操作することによっても実現され得る。操作端末200は、農業機械100から取り外せるように構成されていてもよい。農業機械100から離れた場所にいるユーザが、取り外された操作端末200を操作して農業機械100の動作を制御してもよい。ユーザは、操作端末200の代わりに、端末装置400などの、必要なアプリケーションソフトウェアがインストールされたコンピュータを操作して農業機械100の動作を制御してもよい。

10

【0070】

図5は、キャビン105の内部に設けられる操作端末200および操作スイッチ群210の例を示す図である。キャビン105の内部には、ユーザが操作可能な複数のスイッチを含むスイッチ群210が配置されている。操作スイッチ群210は、例えば、主変速または副変速の変速段を選択するためのスイッチ、自動運転モードと手動運転モードとを切り替えるためのスイッチ、前進と後進とを切り替えるためのスイッチ、およびインブルメント300を昇降するためのスイッチ等を含み得る。なお、農業機械100が無人運転のみを行い、有人運転の機能を備えていない場合、農業機械100が操作スイッチ群210を備えている必要はない。

20

【0071】

図3に示すインブルメント300における駆動装置340は、インブルメント300が所定の作業を実行するために必要な動作を行う。駆動装置340は、例えば油圧装置、電気モータ、またはポンプなどの、インブルメント300の用途に応じた装置を含む。制御装置380は、駆動装置340の動作を制御する。制御装置380は、通信装置390を介して農業機械100から送信された信号に応答して、駆動装置340に各種の動作を実行させる。また、インブルメント300の状態に応じた信号を通信装置390から農業機械100に送信することもできる。

30

【0072】

次に、図6を参照しながら、管理装置600および端末装置400の構成を説明する。図6は、管理装置600および端末装置400の概略的なハードウェア構成を例示するブロック図である。

【0073】

管理装置600は、記憶装置650と、プロセッサ660と、ROM(Read Only Memory)670と、RAM(Random Access Memory)680と、通信装置690とを備える。これらの構成要素は、バスを介して相互に通信可能に接続される。管理装置600は、農業機械100が実行する圃場における農作業のスケジュール管理を行い、管理するデータを活用して農業を支援するクラウドサーバとして機能し得る。ユーザは、端末装置400を用いて作業計画の作成に必要な情報を入力し、入力した情報をネットワーク80を介して管理装置600にアップロードすることが可能である。管理装置600は、その情報に基づき、農作業のスケジュールすなわち作業計画を作成することができる。管理装置600は、さらに、環境地図の生成または編集、および農業機械100の大域的経路計画も実行することができる。管理装置600が環境地図を生成する代わりに、管理装置600の外部のコンピュータから環境地図が配信されてもよい。

40

【0074】

50

通信装置 690 は、ネットワーク 80 を介して農業機械 100 および端末装置 400 と通信するための通信モジュールである。通信装置 690 は、例えば、IEEE 1394 (登録商標) またはイーサネット (登録商標) などの通信規格に準拠した有線通信を行うことができる。通信装置 690 は、Bluetooth (登録商標) 規格もしくは Wi-Fi 規格に準拠した無線通信、または、3G、4G もしくは 5G などのセルラー移動体通信を行ってもよい。

【0075】

プロセッサ 660 は、例えば中央演算処理装置 (CPU) を含む半導体集積回路であり得る。プロセッサ 660 は、マイクロプロセッサまたはマイクロコントローラによって実現され得る。あるいは、プロセッサ 660 は、CPU を搭載した FPGA (Field Programmable Gate Array)、GPU (Graphics Processing Unit)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、ASSP (Application Specific Standard Product)

10

、または、これら回路の中から選択される 2 つ以上の回路の組み合わせによっても実現され得る。プロセッサ 660 は、ROM 670 に格納された、少なくとも 1 つの処理を実行するための命令群を記述したコンピュータプログラムを逐次実行し、所望の処理を実現する。

【0076】

ROM 670 は、例えば、書き込み可能なメモリ (例えば PROM)、書き換え可能なメモリ (例えばフラッシュメモリ)、または読み出し専用のメモリである。ROM 670 は、プロセッサ 660 の動作を制御するプログラムを記憶する。ROM 670 は、単一の記憶媒体である必要はなく、複数の記憶媒体の集合体であってもよい。複数の記憶媒体の集合体の一部は、取り外し可能なメモリであってもよい。

20

【0077】

RAM 680 は、ROM 670 に格納された制御プログラムをブート時に一旦展開するための作業領域を提供する。RAM 680 は、単一の記憶媒体である必要はなく、複数の記憶媒体の集合体であってもよい。

【0078】

記憶装置 650 は、主としてデータベースのストレージとして機能する。記憶装置 650 は、例えば、磁気記憶装置または半導体記憶装置であり得る。磁気記憶装置の例は、ハードディスクドライブ (HDD) である。半導体記憶装置の例は、ソリッドステートドライブ (SSD) である。記憶装置 650 は、管理装置 600 とは独立した装置であってもよい。例えば、記憶装置 650 は、管理装置 600 にネットワーク 80 を介して接続される記憶装置、例えばクラウドストレージであってもよい。

30

【0079】

端末装置 400 は、入力装置 420 と、表示装置 430 と、記憶装置 450 と、プロセッサ 460 と、ROM 470 と、RAM 480 と、通信装置 490 とを備える。これらの構成要素は、バスを介して相互に通信可能に接続される。入力装置 420 は、ユーザからの指示をデータに変換してコンピュータに入力するための装置である。入力装置 420 は、例えば、キーボード、マウス、またはタッチパネルであり得る。表示装置 430 は、例えば液晶ディスプレイまたは有機 EL ディスプレイであり得る。プロセッサ 460、ROM 470、RAM 480、記憶装置 450、および通信装置 490 のそれぞれに関する説明は、管理装置 600 のハードウェア構成例において記載したとおりであり、それらの説明を省略する。

40

【0080】

[2 . 動作]

次に、農業機械 100、端末装置 400、および管理装置 600 の動作を説明する。

【0081】

[2 - 1 . 自動走行動作]

まず、農業機械 100 による自動走行の動作の例を説明する。本実施形態における農業

50

機械 100 は、圃場内および圃場外の両方で自動で走行することができる。圃場内において、農業機械 100 は、予め設定された目標経路に沿って走行しながら、インプリメント 300 を駆動して所定の農作業を行う。農業機械 100 は、圃場内を走行中、障害物センサ 130 によって障害物が検出された場合、走行を停止し、ブザー 220 からの警告音の発出、および端末装置 400 または管理装置 600 への警告信号の送信などの動作を行う。圃場内において、農業機械 100 の測位は、主に GNSS ユニット 110 から出力されるデータに基づいて行われる。一方、圃場外において、農業機械 100 は、圃場外の農道または一般道に設定された目標経路に沿って自動で走行する。農業機械 100 は、圃場外を走行中、カメラ 120 または LiDAR センサ 140 によって取得されたデータに基づいて局所的経路を生成しながら走行する。圃場外において、農業機械 100 は、障害物が検出されると、障害物を回避するか、その場で停止する。圃場外においては、GNSS ユニット 110 から出力される測位データに加え、LiDAR センサ 140 またはカメラ 120 から出力されるデータに基づいて農業機械 100 の位置が推定される。

10

【0082】

以下、農業機械 100 が圃場内を自動走行する場合の動作をまず説明する。農業機械 100 が圃場外を自動走行する動作と、圃場外における大域的経路計画および局所的経路計画の処理については、後述する。

【0083】

図 7 は、圃場内を目標経路に沿って自動で走行する農業機械 100 の例を模式的に示す図である。この例において、圃場は、農業機械 100 がインプリメント 300 を用いて作業を行う作業領域 72 と、圃場の外周縁付近に位置する枕地 74 とを含む。地図上で圃場のどの領域が作業領域 72 または枕地 74 に該当するかは、ユーザによって事前に設定され得る。この例における目標経路は、並列する複数の主経路 P1 と、複数の主経路 P1 を接続する複数の巡回経路 P2 とを含む。主経路 P1 は作業領域 72 内に位置し、巡回経路 P2 は枕地 74 内に位置する。図 7 に示す各主経路 P1 は直線状の経路であるが、各主経路 P1 は曲線状の部分を含んでもよい。主経路 P1 は、例えば、ユーザが操作端末 200 または端末装置 400 におけるディスプレイに表示された圃場の地図を見ながら、圃場の端付近の 2 点（図 7 における点 A および B）を指定する操作を行うことによって自動で生成され得る。その場合、管理装置 600 は、ユーザが指定した点 A と点 B とを結ぶ線分に平行に、複数の主経路 P1 を設定し、それらの主経路 P1 を巡回経路 P2 で接続することによって圃場内の目標経路を生成する。図 7 における破線は、インプリメント 300 の作業幅を表している。作業幅は、ユーザが操作端末 200 または端末装置 400 を操作することによって設定され、記録され得る。あるいは、作業幅は、インプリメント 300 を農業機械 100 に接続したときに自動で認識され、記録されてもよい。複数の主経路 P1 の間隔は、作業幅に合わせて設定され得る。このように、目標経路は、自動運転が開始される前に、ユーザの操作に基づいて作成され得る。目標経路は、例えば圃場内の作業領域 72 の全体をカバーするように作成され得る。農業機械 100 は、図 7 に示すような目標経路に沿って、作業の開始地点から作業の終了地点まで、往復を繰り返しながら自動で走行する。なお、図 7 に示す目標経路は一例に過ぎず、目標経路の定め方は任意である。

20

30

【0084】

次に、制御装置 180 による圃場内における自動運転時の制御の例を説明する。

40

【0085】

図 8 は、制御装置 180 によって実行される自動運転時の操舵制御の動作の例を示すフローチャートである。制御装置 180 は、農業機械 100 の走行中、図 8 に示すステップ S121 から S125 の動作を実行することにより、自動操舵を行う。速度に関しては、例えば予め設定された速度に維持される。制御装置 180 は、農業機械 100 の走行中、GNSS ユニット 110 によって生成された農業機械 100 の位置を示すデータを取得する（ステップ S121）。次に、制御装置 180 は、農業機械 100 の位置と、目標経路との偏差を算出する（ステップ S122）。偏差は、その時点における農業機械 100 の位置と、目標経路との距離を表す。制御装置 180 は、算出した位置の偏差が予め設定さ

50

れた閾値を超えるか否かを判定する（ステップS123）。偏差が閾値を超える場合、制御装置180は、偏差が小さくなるように、駆動装置240に含まれる操舵装置の制御パラメータを変更することにより、操舵角を変更する。ステップS123において偏差が閾値を超えない場合、ステップS124の動作は省略される。続くステップS125において、制御装置180は、動作終了の指令を受けたか否かを判定する。動作終了の指令は、例えばユーザが遠隔操作で自動運転の停止を指示したり、農業機械100が目的地に到達したりした場合に出され得る。動作終了の指令が出されていない場合、ステップS121に戻り、新たに計測された農業機械100の位置に基づいて、同様の動作を実行する。制御装置180は、動作終了の指令が出されるまで、ステップS121からS125の動作を繰り返す。上記の動作は、制御装置180におけるECU182、184によって実行される。

10

【0086】

図8に示す例では、制御装置180は、GNSSユニット110によって特定された農業機械100の位置と目標経路との偏差のみに基づいて駆動装置240を制御するが、方位の偏差もさらに考慮して制御してもよい。例えば、制御装置180は、GNSSユニット110によって特定された農業機械100の向きと、目標経路の方向との角度差である方位偏差が予め設定された閾値を超える場合に、その偏差に応じて駆動装置240の操舵装置の制御パラメータ（例えば操舵角）を変更してもよい。

【0087】

以下、図9Aから図9Dを参照しながら、制御装置180による操舵制御の例をより具体的に説明する。

20

【0088】

図9Aは、目標経路Pに沿って走行する農業機械100の例を示す図である。図9Bは、目標経路Pから右にシフトした位置にある農業機械100の例を示す図である。図9Cは、目標経路Pから左にシフトした位置にある農業機械100の例を示す図である。図9Dは、目標経路Pに対して傾斜した方向を向いている農業機械100の例を示す図である。これらの図において、GNSSユニット110によって計測された農業機械100の位置および向きを示すポーズが $r(x, y, \theta)$ と表現されている。 (x, y) は、地球に固定された2次元座標系であるXY座標系における農業機械100の基準点の位置を表す座標である。図9Aから図9Dに示す例において、農業機械100の基準点はキャビン上のGNSSアンテナが設置された位置にあるが、基準点の位置は任意である。 θ は、農業機械100の計測された向きを表す角度である。図示されている例においては、目標経路PがY軸に平行であるが、一般的には目標経路PはY軸に平行であるとは限らない。

30

【0089】

図9Aに示すように、農業機械100の位置および向きが目標経路Pから外れていない場合には、制御装置180は、農業機械100の操舵角および速度を変更せずに維持する。

【0090】

図9Bに示すように、農業機械100の位置が目標経路Pから右側にシフトしている場合には、制御装置180は、農業機械100の走行方向が左寄りに傾き、経路Pに近付くように操舵角を変更する。このとき、操舵角に加えて速度も併せて変更してもよい。操舵角の大きさは、例えば位置偏差 x の大きさに応じて調整され得る。

40

【0091】

図9Cに示すように、農業機械100の位置が目標経路Pから左側にシフトしている場合には、制御装置180は、農業機械100の走行方向が右寄りに傾き、経路Pに近付くように操舵角を変更する。この場合も、操舵角に加えて速度も併せて変更してもよい。操舵角の変化量は、例えば位置偏差 x の大きさに応じて調整され得る。

【0092】

図9Dに示すように、農業機械100の位置は目標経路Pから大きく外れていないが、向きが目標経路Pの方向とは異なる場合は、制御装置180は、方位偏差 θ が小さくなるように操舵角を変更する。この場合も、操舵角に加えて速度も併せて変更してもよい。

50

操舵角の大きさは、例えば位置偏差 x および方位偏差 y のそれぞれの大きさに応じて調整され得る。例えば、位置偏差 x の絶対値が小さいほど方位偏差 y に応じた操舵角の変化量を大きくしてもよい。位置偏差 x の絶対値が大きい場合には、経路 P に戻るために操舵角を大きく変化させることになるため、必然的に方位偏差 y の絶対値が大きくなる。逆に、位置偏差 x の絶対値が小さい場合には、方位偏差 y をゼロに近づけることが必要である。このため、操舵角を決定するための方位偏差 y の重み（すなわち制御ゲイン）を相対的に大きくすることが妥当である。

【 0 0 9 3 】

農業機械 1 0 0 の操舵制御および速度制御には、P I D 制御または M P C 制御（モデル予測制御）などの制御技術が適用され得る。これらの制御技術を適用することにより、農業機械 1 0 0 を目標経路 P に近付ける制御を滑らかにすることができる。

10

【 0 0 9 4 】

なお、走行中に 1 つ以上の障害物センサ 1 3 0 によって障害物が検出された場合には、制御装置 1 8 0 は、農業機械 1 0 0 を停止させる。このとき、ブザー 2 2 0 に警告音を発生させたり、警告信号を端末装置 4 0 0 または管理装置 6 0 0 に送信したりしてもよい。障害物の回避が可能な場合、制御装置 1 8 0 は、障害物を回避するように駆動装置 2 4 0 を制御してもよい。

【 0 0 9 5 】

本実施形態における農業機械 1 0 0 は、圃場内だけでなく、圃場外でも自動走行が可能である。圃場外において、制御装置 1 8 0 は、カメラ 1 2 0 または L i D A R センサ 1 4 0 から出力されたデータに基づいて、農業機械 1 0 0 から比較的離れた位置に存在する物体（例えば、他の車両または歩行者等）を検出することができる。制御装置 1 8 0 は、検出された物体を回避するように局所的経路を生成し、局所的経路に沿って速度制御および操舵制御を行うことにより、圃場外の道における自動走行を実現できる。

20

【 0 0 9 6 】

このように、本実施形態における農業機械 1 0 0 は、無人で圃場内および圃場外を自動で走行できる。図 1 0 は、複数の農業機械 1 0 0 が圃場 7 0 の内部および圃場 7 0 の外側の道 7 6 を自動走行している状況の例を模式的に示す図である。記憶装置 1 7 0 には、複数の圃場およびその周辺の道を含む領域の環境地図および目標経路が記録される。環境地図および目標経路は、管理装置 6 0 0 または E C U 1 8 5 によって生成され得る。農業機械 1 0 0 が道路上を走行する場合、農業機械 1 0 0 は、インプラメント 3 0 0 を上昇させた状態で、カメラ 1 2 0 および L i D A R センサ 1 4 0 などのセンシング装置を用いて周囲をセンシングしながら、目標経路に沿って走行する。走行中、制御装置 1 8 0 は、局所的経路を逐次生成し、局所的経路に沿って農業機械 1 0 0 を走行させる。これにより、障害物を回避しながら自動走行することができる。走行中に、状況に応じて目標経路が変更されてもよい。

30

【 0 0 9 7 】

[2 - 2 . 作業計画の作成]

本実施形態における農業機械 1 0 0 は、管理装置 6 0 0 によって生成された作業計画に従って圃場間の移動、および各圃場での農作業を自動で実行する。作業計画は、農業機械 1 0 0 によって実行される 1 以上の農作業に関する情報を含む。例えば、作業計画は、農業機械 1 0 0 によって実行される 1 以上の農作業、および各農作業が行われる圃場の情報を含む。作業計画は、複数の作業日にわたって農業機械 1 0 0 が実行する複数の農作業、および各農作業が行われる圃場の情報を含んでいてもよい。より具体的には、作業計画は、作業日ごとに、どの時刻に、どの農業機械が、どの圃場で、どの農作業を行うかを示す作業スケジュールの情報を含むデータベースであり得る。以下、作業計画がそのような作業スケジュールのデータである場合の例を説明する。作業計画は、ユーザが端末装置 4 0 0 を用いて入力した情報に基づいて、管理装置 6 0 0 のプロセッサ 6 6 0 によって作成され得る。以下、作業スケジュールの作成方法の例を説明する。

40

【 0 0 9 8 】

50

図 1 1 は、端末装置 4 0 0 の表示装置 4 3 0 に表示される設定画面 7 6 0 の一例を示す図である。端末装置 4 0 0 のプロセッサ 4 6 0 は、ユーザによる入力装置 4 2 0 を用いた操作に应答して、スケジュール作成のためのアプリケーションソフトウェアを起動して、図 1 1 に示すような設定画面 7 6 0 を表示装置 4 3 0 に表示させる。ユーザは、この設定画面 7 6 0 上で、作業スケジュールの作成に必要な情報を入力することができる。

【 0 0 9 9 】

図 1 1 は、農作業として、稲作用の圃場において肥料の散布を伴う耕耘が行われる場合の設定画面 7 6 0 の一例を示している。設定画面 7 6 0 は、図示されるものに限定されず、適宜変更が可能である。図 1 1 の例における設定画面 7 6 0 は、日付設定部 7 6 2、作付計画選択部 7 6 3、圃場選択部 7 6 4、作業選択部 7 6 5、作業者選択部 7 6 6、時間設定部 7 6 7、機械選択部 7 6 8、肥料選択部 7 6 9、および散布量設定部 7 7 0 を含む。

10

【 0 1 0 0 】

日付設定部 7 6 2 には、入力装置 4 2 0 によって入力された日付が表示される。入力された日付が農作業の実施日として設定される。

【 0 1 0 1 】

作付計画選択部 7 6 3 には、予め作成された作付計画の名称の一覧が表示される。一覧の中から所望の作付計画をユーザが選択することが可能である。作付計画は、作物の種類・品種ごとに予め作成され、管理装置 6 0 0 の記憶装置 6 5 0 に記録される。作付計画は、どの作物をどの圃場に作付けするか（すなわち植え付けるか）という計画である。作付計画は、作物を圃場に作付けする前に、複数の圃場を管理する管理者等によって行われる。図 1 1 の例では、稲の品種「こしいぶき」の作付計画が選択されている。この場合、設定画面 7 6 0 で設定される内容は、「こしいぶき」の作付計画に関連付けられる。

20

【 0 1 0 2 】

圃場選択部 7 6 4 には、地図中の圃場が表示される。ユーザは、表示された圃場の中から任意の圃場を選択できる。図 1 1 の例では、「圃場 A」を示す部分が選択されている。この場合、選択された「圃場 A」が、農作業が行われる圃場として設定される。

【 0 1 0 3 】

作業選択部 7 6 5 には、選択された作物を栽培するために必要な複数の農作業が表示される。ユーザは、複数の農作業の中から 1 つの農作業を選択することができる。図 1 1 の例では、複数の農作業の中から「耕耘」が選択されている。この場合、選択された「耕耘」が、実施される農作業として設定される。

30

【 0 1 0 4 】

作業者選択部 7 6 6 には、予め登録された作業者が表示される。ユーザは、表示された複数の作業者の中から一人以上の作業者を選択することができる。図 1 1 の例では、複数の作業者のうち、「作業者 B、作業者 C」が選択されている。この場合、選択された「作業者 B、作業者 C」が、その農作業を実施または管理する担当の作業者として設定される。なお、本実施形態では、農業機械は自動で農作業を行うため、作業者は実際には農作業を行わず、農業機械が実行する農作業を遠隔で監視するだけであってもよい。

【 0 1 0 5 】

時間設定部 7 6 7 には、入力装置 4 2 0 から入力された作業時間が表示される。作業時間は、開始時刻および終了時刻によって指定される。入力された作業時間が、農作業が実行される予定時間として設定される。

40

【 0 1 0 6 】

機械選択部 7 6 8 は、その農作業において使用される農業機械を設定する部分である。機械選択部 7 6 8 には、例えば、予め管理装置 6 0 0 によって登録された農業機械の種類または型式、および使用可能なインプレメントの種類または型式等が表示され得る。ユーザは、表示された機械の中から、特定の機械を選択することができる。図 1 1 の例では、型式が「NW 4 5 1 1」であるインプレメントが選択されている。この場合、そのインプレメントが、当該農作業において使用される機械として設定される。

【 0 1 0 7 】

50

肥料選択部 769 には、予め管理装置 600 によって登録された複数の肥料の名称が表示される。ユーザは、表示された複数の肥料の中から特定の肥料を選択することができる。選択された肥料が当該農作業において使用される肥料として設定される。

【0108】

散布量設定部 770 には、入力装置 420 から入力された数値が表示される。入力された数値が散布量として設定される。

【0109】

設定画面 760 において、作付計画、圃場、農作業、作業者、作業時間、肥料、散布量が入力され、「登録」が選択されると、端末装置 400 の通信装置 490 は、入力された情報を管理装置 600 に送信する。管理装置 600 のプロセッサ 660 は、受信した情報を記憶装置 650 に記憶させる。プロセッサ 660 は、受信した情報に基づいて、各農業機械に実行させる農作業のスケジュールを作成し、記憶装置 650 に記憶させる。

10

【0110】

なお、管理装置 600 によって管理される農作業の情報は上述したものに限定されない。例えば、圃場で使用される農薬の種類および散布量を設定画面 760 で設定できるようにしてもよい。図 11 に示す農作業以外の農作業に関する情報を設定できるようにしてもよい。

【0111】

図 12 は、管理装置 600 によって作成される農作業のスケジュールの例を示す図である。この例におけるスケジュールは、登録された農業機械ごとに、農作業が行われる日および時間、圃場、作業内容、および使用されるインプリメントを示す情報を含む。スケジュールは、図 12 に示す情報以外にも、作業内容に応じた他の情報、例えば農薬の種類または農薬の散布量などの情報を含んでいてもよい。このようなスケジュールに従い、管理装置 600 のプロセッサ 660 は、農業機械 100 に農作業の指示を出す。スケジュールは、農業機械 100 の制御装置 180 によってダウンロードされ、記憶装置 170 にも格納され得る。その場合、制御装置 180 は、記憶装置 170 に格納されたスケジュールに従って自動的に動作を開始してもよい。

20

【0112】

本実施形態では、作業計画は管理装置 600 によって作成されるが、作業計画は他の装置によって作成されてもよい。例えば、端末装置 400 のプロセッサ 460 または農業機械 100 における制御装置 180 が作業計画を生成または更新する機能を備えていてもよい。

30

【0113】

[2 - 3 . 経路計画]

次に、本実施形態における経路計画の動作の例をより詳細に説明する。

【0114】

本実施形態における管理装置 600 は、農業機械 100 のための経路計画システムとして機能する。記憶装置 650 は、複数の圃場、複数の待機場所、および複数の圃場と複数の待機場所とを結ぶ道を含む地図を記憶する。管理装置 600 のプロセッサ 660 は、地図上における農業機械 100 の経路（前述の大域的経路）を生成する処理装置として機能する。管理装置 600 は、作業計画に基づいて、各作業日における農業機械 100 の経路を生成する。例えば、管理装置 600 は、作業計画が示す各作業日における農作業の予定に従って、各作業日における圃場間の経路、および圃場と待機場所とを結ぶ経路を生成する。

40

【0115】

図 13 は、経路計画時に参照される地図の一例を示す図である。この地図は、2次元のデジタル地図であり、管理装置 600 または他の装置によって生成され得る。図 13 に示す地図は、農業機械 100 が農作業を行う複数の圃場 70 およびその周辺の道 76 における各点の位置（例えば緯度および経度）の情報を含む。この地図は、さらに、農業機械 100 が一時的に待機する複数の待機場所 90 の位置情報も含む。待機場所 90 は、例えば

50

、農業管理システムの管理者によって予め登録され、記憶装置 650 に記録される。図 13 に示すような地図は、農業機械 100 が走行し得る地域の全体にわたって作成され得る。なお、図 13 に示す地図は 2 次元の地図であるが、3 次元の地図を経路計画に利用してもよい。

【0116】

待機場所 90 は、例えば複数の農業機械が共同で利用する場所であり得る。待機場所 90 は、例えば、農業管理システムを運営する事業者、農業協同組合、または市町村が管理・運営する駐車場または車庫などの施設であってもよい。待機場所 90 が夜間に施錠される施設であれば、待機場所 90 で停車中の農業機械の盗難を予防することができる。いずれかの圃場の一部が待機場所 90 として利用されてもよい。図 13 には、3 つの待機場所 90 が例示されているが、2 つまたは 4 つ以上の待機場所 90 が設けられていてもよい。

10

【0117】

管理装置 600 は、各作業日における農作業が開始する前に、その作業日に農作業が予定されている圃場を含む領域の地図を記憶装置 650 から読み出し、当該地図に基づいて農業機械 100 の経路（大域的経路）を生成する。

【0118】

図 14 は、生成される経路の一例を示す図である。図 14 には、ある作業日に農作業が行われる圃場群 70A と、次の作業日に農作業が行われる圃場群 70B と、さらに次の作業日に農作業が行われる圃場群 70C とが例示されている。図 14 には、農業機械 100 が待機するための 3 つの待機場所 90A、90B、90C も例示されている。図 14 においては、説明の便宜上、圃場群 70A、70B、70C、および待機場所 90A、90B、90C が、互いに比較的近くに位置しているように描かれている。現実には、これらの圃場群 70A、70B、70C、および待機場所 90A、90B、90C の相互の距離は長くてもよく、例えば 500m から 10km、またはそれ以上であってもよい。

20

【0119】

図 14 において、管理装置 600 によって生成される経路のうち、道 76 上に生成される経路が矢印で示されている。圃場内に生成される経路の図示は省略されている。圃場内の経路については、図 7 を参照して説明したように、圃場外の経路とは別に生成される。管理装置 600 は、圃場外の経路と、圃場内の経路とを接続することによって全体の大域的経路を生成する。図 14 における実線矢印は、ある作業日における農業機械 100 の経路の例を示している。破線矢印は、次の作業日における農業機械 100 の経路の例を示している。

30

【0120】

図 14 に示す例では、管理装置 600 は、待機場所 90A を出発地点として、圃場群 70A を順に経由して待機場所 90B に至る経路を一作業日の経路として生成する。これは、次の作業日において農作業が予定されている圃場群 70B に最も近い待機場所 90B であるからである。管理装置 600 は、次の作業日の経路として、待機場所 90B を出発地点として、圃場群 70B を順に経由して待機場所 90C に至る経路を生成する。これは、さらに次の作業日において農作業が予定されている圃場群 70C に最も近い待機場所 90C であるからである。このように、管理装置 600 は、各作業日において最後に農作業が行われる圃場から、次の作業日において農作業が行われる圃場群からの平均的な距離が最も短い待機場所までの経路を生成する。農業機械 100 は、生成された経路に沿って走行する。

40

【0121】

図 14 に示す例では、ある作業日において、農業機械 100 は、待機場所 90A を出発して、その日に農作業が予定されている圃場群 70A を順に訪れ、スケジュールに示された農作業を各圃場で実行する。各圃場において、農業機械 100 は、例えば図 7 から図 9D を参照して説明した方法で、作業走行経路に沿って自動走行を行いながら、農作業を行う。1 つの圃場において農作業が終了すると、農業機械 100 は次の圃場に入り、同様に農作業を行う。このようにして、その日の最後の圃場での農作業が終了すると、農業機械

50

100は、待機場所90Bに移動する。農業機械100は、次の作業日まで待機場所90Bで待機する。次の作業日において、農業機械100は、待機場所90Bを出発して、その日に農作業が予定されている圃場群70Bを順に訪れ、スケジュールに示された農作業を各圃場で実行する。その日の最後の圃場での農作業が終了すると、農業機械100は、待機場所90Cに移動し、さらに次の作業日まで待機場所90Cで待機する。さらに次の作業日においても同様に、農業機械100は、待機場所90Cを出発して、圃場群70Cで順に農作業を行った後、所定の待機場所に向かう。このような動作により、スケジュールに従って、最適な経路で効率的に農業機械100を移動させながら予定された農作業を完了することができる。この例のように、複数の待機場所を設けることにより、毎回同一の場所（例えば保管庫）に帰還する場合と比較して、農業機械100の移動に要する時間および燃料の消費量を抑えることができる。結果として、複数の作業日にわたる一連の農作業を効率化することができる。

10

【0122】

次に、図15を参照しながら、大域的経路の生成方法の例をさらに詳細に説明する。図15は、ある作業日において生成される大域的経路の一例を示す図である。この例では、管理装置600は、待機場所90から、4つの圃場70を経由して待機場所90に戻る経路を生成する。管理装置600は、圃場70内に第1経路30Aを生成し、圃場70の周辺の道76上に第2経路30Bを生成する。図15において、左下の圃場70についてのみ、第1経路30Aが示されており、他の圃場70における第1経路の図示は省略されている。

20

【0123】

管理装置600は、地図上の各圃場70の内部に、図15において実線矢印で示すような第1経路30Aを生成する。管理装置600は、第1経路30Aを、図7を参照して説明したように、ユーザによる事前の設定に基づいて生成する。第1経路30Aは、開始地点Sから終了地点Gまで、往復を繰り返しながら作業領域72の全体をカバーするように生成され得る。第1経路30Aにおける列の間隔は、農業機械100およびインプラメント300の幅および旋回性能を考慮して決定され得る。管理装置600は、圃場70内の第1経路30Aを、登録された圃場70に関する情報に基づいて生成する。例えば、管理装置600は、登録された圃場70の外形および面積、ならびにユーザによって設定された作業領域73および枕地74の範囲等の情報に基づいて、第1経路30Aを生成する。第1経路30Aは、例えば、農業機械100による自動運転の運用を開始する前に、圃場70ごとに生成され得る。

30

【0124】

管理装置600は、さらに、待機場所90から圃場70までの経路、および、複数の圃場70を結ぶ経路を、第2経路30Bとして生成する。図15の例において、管理装置600は、道76に加えて、圃場70の入口に第2経路30Bを生成し、且つ、入口に生成した第2経路30Bと第1経路30Aの開始地点Sとを結ぶ第3経路30Cを生成する。管理装置600はまた、道76に加えて、圃場70の出口に第2経路30Bを生成し、且つ、出口に生成した第2経路30Bと第1経路30Aの終了地点Gとを結ぶ第4経路30Dを生成する。図15に示す例では、圃場70の入口と出口とが共通しており、以下、これを出入口71と表記する。各圃場70は、複数の出入口71を有していてもよく、入口と出口とが異なる箇所に設けられていてもよい。環境地図は、各圃場70の位置情報に加えて、各圃場70の出入口71（あるいは入口および出口）の位置情報も含んでいる。管理装置600は、その位置情報に基づいて、第2経路30Bを生成することができる。管理装置600は、第3経路30Cおよび第4経路30Dを、圃場70において農作業が既に行われた領域を除く領域に生成する。これにより、農作業が既に行われた作業領域72が農業機械100によって踏み荒らされることを回避することができる。

40

【0125】

管理装置600は、上記の経路生成処理を各圃場70およびその周辺の道76について実行することにより、所定期間（例えば半日、一日、三日など）における全ての経路を生

50

成することができる。例えば、各作業日において、管理装置 600 は、その作業日に予定されている全ての農作業を完了するために必要な全ての経路を、農業機械 100 の走行開始前に生成してもよい。あるいは、管理装置 600 は、各作業日に予定されている農作業の一部を実施するための経路をまず生成し、当該農作業の一部が終了した後、その作業日における残りの農作業を実施するための経路を生成してもよい。さらに、管理装置 600 は、複数の作業日に予定されている全ての農作業を完了するために必要な全ての経路を一度に生成してもよい。管理装置 600 は、一旦生成した経路を、農作業の進捗状況、気象状況、交通状況、または農道の状態などの種々の状況に応じて、変更してもよい。

【0126】

管理装置 600 は、所定の経路生成アルゴリズムに従って道 76 に沿った第 2 経路 30 B を生成する。管理装置 600 は、例えばダイクストラ法または A* 法などの探索アルゴリズムに基づく経路生成アルゴリズムに従って第 2 経路 30 B を生成することができる。管理装置 600 は、作業計画に基づく所定のタイミングで第 2 経路 30 B を自動で生成してもよいし、ユーザからの指示に応じて第 2 経路 30 B を生成してもよい。管理装置 600 は、圃場 70 に向かう道 76 (例えば農道) の状態に応じて第 2 経路 30 B を決定してもよい。例えば、圃場 70 に向かう道に沿って樹木が生い茂り、GNSS 衛星からの電波の受信を妨げるおそれがある場合には、管理装置 600 は、そのような道を除外して第 2 経路 30 B を生成してもよい。

10

【0127】

以上の動作により、管理装置 600 は、農業機械 100 の出発地点から、1 つ以上の圃場 70 を経由して、終着地点に至る大域的経路を生成することができる。管理装置 600 は、例えば所定の期間 (一日、半日、3 時間等) ごとに農業機械 100 の経路を生成してもよい。管理装置 600 は、予め作成されたスケジュールに従って、農業機械 100 が、指定された時刻に指定された圃場 70 で農作業を実行するように、農業機械 100 の大域的経路を生成する。生成された大域的経路の情報は、農業機械 100 に送信され、記憶装置 170 に記録される。自動運転制御を行う ECU 184 は、大域的経路に沿って農業機械 100 が走行するように、ECU 181 および 182 を制御する。これにより、農業機械 100 は、大域的経路に沿って走行を開始する。

20

【0128】

農業機械 100 が圃場外を走行しているとき、大域的経路上またはその付近に、歩行者または他の車両などの障害物が存在することがある。農業機械 100 が障害物に衝突することを回避するために、制御装置 180 における ECU 185 は、農業機械 100 の走行中、障害物を回避可能な局所的経路を逐次生成する。ECU 185 は、農業機械 100 が走行しているとき、農業機械 100 が備えるセンシング装置 (障害物センサ 130、LiDAR センサ 140、およびカメラ 120 等) によって取得されたセンシングデータに基づいて、局所的経路を生成する。局所的経路は、大域的経路の一部に沿った複数のウェイポイントによって規定される。ECU 185 は、センシングデータに基づいて、農業機械 100 の進路上またはその付近に障害物が存在するか否かを判断する。そのような障害物が存在する場合、ECU 185 は、障害物を避けるように複数のウェイポイントを設定して局所的経路を生成する。障害物が存在しない場合、ECU 185 は、大域的経路にほぼ平行に局所的経路を生成する。生成された局所的経路を示す情報は、自動運転制御用の ECU 184 に送られる。ECU 184 は、局所的経路に沿って農業機械 100 が走行するように、ECU 181 および ECU 182 を制御する。これにより、農業機械 100 は、障害物を回避しながら走行することができる。なお、農業機械 100 が走行する道路に信号機が存在する場合、農業機械 100 は、例えばカメラ 120 が撮影した画像に基づいて信号機を認識し、赤信号で停止し、青信号で発進する、といった動作を行ってもよい。

30

40

【0129】

図 16 は、障害物が存在する環境で生成される大域的経路および局所的経路の一例を示す図である。図 16 において、大域的経路 30 が点線矢印で例示され、走行中に逐次生成される局所的経路 32 が実線矢印で例示されている。大域的経路 30 は、複数のウェイポ

50

イント30pによって規定される。局所的経路32は、ウェイポイント30pよりも短い間隔で設定された複数のウェイポイント32pによって規定される。各ウェイポイントは、例えば、位置および向きを有する。管理装置600は、複数のウェイポイント30pを、道76の交差点を含む複数の箇所によって大域的経路30を生成する。ウェイポイント30pの間隔は、比較的長く、例えば数メートルから数十メートル程度であってもよい。ECU185は、農業機械100の走行中、センシング装置から出力されたセンシングデータに基づいて、複数のウェイポイント32pを設定することにより、局所的経路32を生成する。局所的経路32におけるウェイポイント32pの間隔は、大域的経路30におけるウェイポイント30pの間隔よりも短い。ウェイポイント32pの間隔は、例えば、数十センチメートル(cm)から数メートル(m)程度であり得る。局所的経路32は、農業機械100の位置を起点とする比較的狭い範囲(例えば数メートル程度の範囲)内に生成される。図16には、農業機械100が圃場70の間の道76に沿って走行し、交差点で左折する間に生成される一連の局所的経路32が例示されている。ECU185は、農業機械100の移動中、ECU184によって推定された農業機械100の位置から、例えば数メートル先の地点までの局所的経路を生成する動作を繰り返す。農業機械100は、逐次生成される局所的経路に沿って走行する。

10

【0130】

図16に示す例では、農業機械100の前方に障害物40(例えば人)が存在する。図16には、農業機械100に搭載されたカメラ120、障害物センサ130、またはLiDARセンサ140などのセンシング装置によってセンシングされる範囲の一例が扇形で例示されている。このような状況において、ECU185は、センシングデータに基づいて検出された障害物40を回避するように、局所的経路32を生成する。ECU185は、例えば、センシングデータと、農業機械100の幅(インプラメントが装着されている場合はインプラメントの幅も含む)とに基づいて、農業機械100が障害物40に衝突する可能性があるかを判断する。農業機械100が障害物40に衝突する可能性がある場合、ECU185は、その障害物40を避けるように複数のウェイポイント32pを設定して局所的経路32を生成する。なお、ECU185は、障害物40の有無だけでなく、路面の状態(例えば、ぬかるみ、陥没等)をセンシングデータに基づいて認識し、走行が困難な箇所が検出された場合、そのような箇所を回避するように局所的経路32を生成してもよい。農業機械100は、局所的経路32に沿って走行する。局所的経路32をどのように設定しても障害物40を回避できない場合、制御装置180は、農業機械100を停止させてもよい。このとき、制御装置180は、端末装置400または管理装置600に警告信号を送信して監視者に注意喚起を行ってもよい。停止後、障害物40が移動して衝突のおそれなくなったことを認識した場合、制御装置180は、農業機械100の走行を再開してもよい。

20

30

【0131】

[2-4. 状況に応じた待機場所の決定]

次に、農業機械の待機場所を決定する方法のより詳細な例を説明する。以下の説明では、農業機械100を含む複数の農業機械が、比較的広い地域内で自動運転を行い、その地域における複数の圃場で農作業を自動で行う例を説明する。農業機械は、例えば、気象条件の異なる複数の地域を含む広い領域内で自動運転を行ってもよい。そのような農業機械は、各地域における複数の圃場において、ユーザに代行して農作業を行うサービスに利用されてもよい。

40

【0132】

図17は、農業機械が農作業を行う地域の地図の一例を示す図である。なお、図17に示す地図は、国土地理院が作成した空中写真を加工して作成された説明用の地図である。実際に用いられる地図は、国土地理院が作成した空中写真に基づいているとは限らず、任意のデータ形式を有してよい。地図は、農業機械が移動する地域の全体にわたって生成され、記憶装置650に記録される。

【0133】

50

図 1 7 に示す地図は、複数の圃場 7 0、複数の待機場所 9 0、およびそれらの周辺の道 7 6 における各点の位置（例えば緯度および経度）の情報を含む。図 1 7 に示す地図には、待機場所 9 0 の位置が のマークで示されている。待機場所 9 0 は、例えば、農業管理システムを運営する事業者が管理する倉庫、車庫、または駐車場などの施設であり得る。いずれかの圃場の一部が待機場所 9 0 として利用されてもよい。

【 0 1 3 4 】

各農業機械は、管理装置 6 0 0 の管理下で自動運転を行い、それぞれに割り当てられた農作業を実行する。地図は、管理装置 6 0 0 の管理下で運用される全ての農業機械が移動する地域の全体をカバーするように予め作成される。各農業機械は、例えば前述の農業機械 1 0 0 のようなトラクタであってもよいし、田植機、コンバイン、野菜収穫機、または農業用ドローンなどの、他の種類の農業用の移動体であってもよい。

10

【 0 1 3 5 】

図 1 7 には、5 つの待機場所 9 0 が例示されている。待機場所 9 0 は、例えば数百メートルから数キロメートル程度の間隔で設定され得る。待機場所 9 0 の数および分布は、運用される農業機械の台数、圃場 7 0 の分布、農業機械が運用される地域の広さ、および道路交通環境等の種々の条件に応じて決定される。待機場所 9 0 は、例えば農業管理システムの管理者等によって登録される。各待機場所 9 0 の位置情報および各待機場所 9 0 に対応する圃場群を示す情報が記憶装置 6 5 0 に予め記録される。

【 0 1 3 6 】

本実施形態における管理装置 6 0 0 は、複数の圃場 7 0 における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも 1 つを示す情報に基づいて、各作業日において各農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、複数の待機場所 9 0 の中から決定する。管理装置 6 0 0 は、その作業日に最後の農作業が行われる圃場から当該特定の待機場所までの経路を生成する。これにより、各作業日において農業機械が最後の農作業を行った後に向かう特定の待機場所を、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、または気象状況などの種々の状況に応じて適切に選択することができる。

20

【 0 1 3 7 】

作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、または気象状況は、作業計画に影響を及ぼす。例えば、作物の生育または農作業の進捗が予定よりも早いまたは遅い場合、作業計画を見直す必要性が生じる。あるいは、悪天候のために当初予定されていた農作業を行うことができなかった場合、その後の作業計画を見直す必要性が生じる。また、作物の品種によって最適な農作業の時期が異なる場合、作付けされている作物の品種に応じて作業計画を調整する必要性が生じることがある。

30

【 0 1 3 8 】

上記のような場合に備えて、本実施形態における管理装置 6 0 0 は、各圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも 1 つをモニタリングする。管理装置 6 0 0 は、農業機械の各作業日における経路を生成するとき、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも 1 つに基づいて、その作業日における作業終了後の待機場所を決定する。例えば、管理装置 6 0 0 は、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも 1 つに基づいて、複数の待機場所のそれぞれの周囲に位置する圃場における作業日の分布を決定する。管理装置 6 0 0 は、決定した作業日の分布に基づいて、各作業日において農業機械が最後の農作業を行った後に向かう特定の待機場所を決定する。管理装置 6 0 0 は、例えば、各作業日における特定の待機場所を決定するとき、各待機場所の周囲に位置する圃場における作業日の分布に基づいて、次の作業日に農作業が行われる圃場群を特定し、その圃場群に最も近い待機場所を上記特定の待機場所として決定してもよい。ここで、圃場群に最も近い待機場所とは、複数の待機場所のうち、当該圃場群に含まれる複数の圃場からの直線距離または移動距離の平均値が最小である待機場所を意味する。そのような動作により、農業機械の移動距離を短くし、移動時間の短縮および燃料消費量の低減などの効果を得る

40

50

ことができる。

【0139】

本実施形態においては、複数の待機場所と、複数の圃場との対応関係を示すデータ（例えばテーブル）が記憶装置650に予め記録されている。図18は、待機場所と圃場との対応関係の一例を示すテーブルの一例を示す図である。このテーブルでは、100の圃場（圃場#1～#100）のうち、圃場#1～#30は待機場所Aに対応付けられ、圃場#31～#60は待機場所Bに対応付けられ、圃場#61～#100は待機場所Cに対応付けられている。以下の説明において、ある圃場とある待機場所とが対応付けられているとき、その圃場がその待機場所に「属する」と表現する。図18に示すようなテーブルは、例えば、圃場#1～#30に最も近い待機場所が待機場所Aであり、圃場#31～#60に最も近い待機場所が待機場所Bであり、圃場#61～#100に最も近い待機場所が待機場所Cである場合に生成され得る。管理装置600は、このようなテーブルを参照することで、次の作業日に予定されている農作業が行われる圃場群に近い待機場所を決定することができる。なお、図18に示すテーブルは一例であり、待機場所の数は3に限らず、4以上でもよい。また、各待機場所に対応付けられる圃場の数は任意であり、図示される数に限定されない。この点は以降の図においても同様である。

10

【0140】

図19は、待機場所と圃場との対応関係を明示した地図の一例を示す図である。待機場所90Aに属する圃場群70Aと、待機場所90Bに属する圃場群70Bと、待機場所90Cに属する圃場群70Cとが、異なる模様で示されている。このように、農業機械100によって自動で農作業が行われる圃場の各々は、その圃場に比較的近い1つの待機場所に対応付けられる。なお、各圃場は、必ずしも最も近い待機場所に対応付けられる必要はない。作付けされる作物または所有者などの属性に応じて近隣の圃場を同じグループとしてまとめた方がよい場合がある。そのような場合、個々の圃場ではなく圃場のグループを1つの待機場所と対応付けてもよい。そのような形態では、グループ内の一部の圃場が、最も近い待機場所とは異なる待機場所（例えば2番目に近い待機場所）に対応付けられる場合もある。

20

【0141】

本実施形態における管理装置600は、一人以上のユーザから取得したデータに基づいて、例えば図12に例示されるような作業計画を農業機械ごとに生成する。管理装置600は、その作業計画に基づいて、各農業機械の各作業日における経路を決定し、当該経路に沿って移動して農作業を実行するように各農業機械に指示する。作業計画は、各農業機械が農作業を行う複数の圃場における作業日の分布を定める。管理装置600は、作業計画が示す作業日の分布に従って、各作業日において各農業機械が農作業を終了した後に移動する特定の待機場所を決定する。特定の待機場所を決定するにあたり、管理装置600は、各圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、または気象状況などの種々の状況を示す情報（例えばテーブル等のデータ）を参照する。管理装置600は、それらの状況に応じて作業計画を更新し、更新された作業計画が示す作業日の分布に従って農業機械の各作業日における待機場所および経路を決定する。管理装置600は、それらの状況を、例えば作業日ごと、または一定の時間ごとに確認し、状況に応じて作業計画を修正し、修正した作業計画に応じて各作業日における待機場所を決定してもよい。

30

40

【0142】

以下、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、または気象状況に応じて待機場所を決定する方法の具体例を説明する。

【0143】

図20は、各圃場における作物の生育状況を管理するテーブルの一例を示す図である。このテーブルは、各圃場における作物の生育状況（例えば平均の草丈）および予定作業日の情報を含む。作物の生育状況に関するデータは、例えばLiDARセンサまたはカメラを搭載したドローンなどの移動体によって取得され得る。生育状況は、作物の草丈に限らず、例えば植生指数のような他の指標で表現されていてもよい。管理装置600は、各圃

50

場における作物の生育状況に応じて、各圃場における収穫などの農作業の予定作業日を決定し、テーブルに書き込む。例えば、管理装置600は、作物の生育が早い圃場ほど早く作業が行われるように各圃場の作業日を決定する。図20に示す例では、待機場所Bに属する圃場#31～#60における作物の生育が相対的に早く、待機場所Cに属する圃場61～100における作物の生育が相対的に遅い。このような場合、管理装置600は、待機場所Bに属する圃場#31～#60の作業日を早くし、待機場所Cに属する圃場#61～#100の作業日を遅くする。なお、図20に示すテーブルには、説明の便宜上、各圃場がどの待機場所に対応するかを示す情報が含まれているが、その情報が省略されていてもよい。図18に示すように、圃場と待機場所との対応関係が、別のテーブルに記録されている場合、図20に示すテーブルには、待機場所の情報が含まれていなくてもよい。この点については、以降の図においても同様である。

10

【0144】

図21は、図20に示す生育状況における複数の圃場の作業日の分布の例を示すテーブルである。管理装置600は、各待機場所に属する圃場のうち、農作業が行われる圃場の数を作業日ごとに集計する。管理装置600は、例えば、作業日ごとに、周辺に農作業が行われる圃場の数が最も多い待機場所を、その日の最後の農作業が終了した後に農業機械が向かう特定の待機場所として決定する。図21の例では、管理装置600は、9月1日から9月5日までは待機場所Bを、9月6日から9月10日までは待機場所Aを、9月11日から9月15日までは待機場所Cを、特定の待機場所として決定する。

【0145】

このように、図20および図21に示す例においては、管理装置600は、複数の圃場における作物の生育状況に応じて、作業日の分布を更新し、更新した作業日の分布に基づいて各作業日における特定の待機場所を決定する。これにより、例えば作物の生長の早い圃場から順に農作業を行うように各圃場の作業日を設定することができ、且つ、農業機械の総移動距離を短くし、より効率的に農作業を実行することが可能になる。

20

【0146】

図22は、各圃場における農作業の進捗状況を管理するテーブルの一例を示す図である。このテーブルは、各圃場における特定の農作業の進捗状況および予定作業日の情報を含む。進捗状況は、例えば、その時点で農作業が既に完了しているか否かを示すステータスの情報によって表現され得る。図22に示す例では、農作業が耕耘であり、進捗状況が「耕耘未」または「耕耘済」などのステータスによって表現されている。この例では、管理装置600は、進捗状況が「耕耘未」である圃場について、予定作業日を決定し、テーブルにその情報を書き込む。管理装置600は、定期的に（例えば毎日）、耕耘が完了していない圃場について、翌日以降の作業日を決定し、テーブルを更新する。図22の例では、待機場所Cに近い圃場#61～#100における作業は既に完了している。このような場合、作業が未完了の残りの圃場について、例えばその時点における農業機械の位置に近い圃場から順に農作業が行われるように作業日が決定され得る。農業機械が耕耘を完了した圃場については、進捗状況が「耕耘未」から「耕耘済」に変更される。進捗状況の変更は、例えば農業機械から送信される作業完了通知などの情報に基づいて自動で行われ得る。あるいは、農業機械の位置情報に基づいて農業機械が作業を終えて圃場から出たことを検知した場合に作業が完了したと判断して進捗状況を変更してもよい。

30

40

【0147】

図23は、図22に示す例に対応する複数の圃場の作業日の分布の例を示す図である。管理装置600は、作業日ごとに、周辺で農作業が行われる圃場の数が最も多い待機場所を特定の待機場所として決定する。この例では、4月19日および4月20日においては、待機場所Bに属する圃場でのみ農作業が予定されているため、待機場所Bが特定の待機場所として決定される。4月21日および4月22日においては、待機場所Aに属する圃場でのみ農作業が予定されているため、待機場所Aが特定の待機場所として決定される。このようにして作業日の分布が決められた後も、作業が予定通りに進まず、作業の進捗が予定よりも遅れる場合がある。その場合、管理装置600は、進捗状況を更新し、更新さ

50

れた進捗状況に基づいて、各圃場における作業日を修正する。

【0148】

このように、図22および図23に示す例においては、管理装置600は、複数の圃場における農作業の進捗状況に応じて、作業日の分布を更新し、更新した作業日の分布に基づいて各作業日における特定の待機場所を決定する。これにより、例えば農作業の進捗に合わせて、適切な待機場所を決定し、経路計画を最適化することができる。これにより、農業機械の総移動距離を短くし、より効率的に農作業を実行することが可能になる。

【0149】

図24は、作付け情報と、各待機場所に属する圃場の数との対応関係の例を示す図である。作付け情報は、例えば、作付けされる作物の品種を表す。図24の例では、「こしひかりA」、「こしひかりB」、「ひのひかり」といった稲の品種が作付け情報として記録されている。このような場合、管理装置600は、同一の品種の作物が作付けされる圃場における農作業が短期間で集中的に行われるように、各圃場における作業日を決定する。図24に示す例では、「こしひかりA」が作付けされる圃場は待機場所Bの周辺に集中し、「こしひかりB」が作付けされる圃場は待機場所Aの周辺に集中し、「ひのひかり」が作付けされる圃場は待機場所Cの周辺に集中している。「こしひかりA」、「こしひかりB」、「ひのひかり」の順に、代掻きまたは田植え等の農作業が行われるものとする。この場合、管理装置600は、待機場所Bの周辺の圃場における作業日を早くし、次いで待機場所Aの周辺の圃場における作業日を設定し、待機場所Cの周辺の圃場における作業日を遅くする。

【0150】

図25は、図24に示す例に対応する複数の圃場の作業日の分布を示す図である。この例では、管理装置600は、農業機械が、待機場所Bに属する圃場群、待機場所Aに属する圃場群、待機場所Cに属する圃場群の順に移動するように、各圃場における作業日を決定する。その結果、管理装置600は、4月19日から4月21日までは待機場所Bを、4月22日から4月27日までは待機場所Aを、4月28日から5月3日までは待機場所Cを、特定の待機場所として決定する。

【0151】

このように、図24および図25に示す例においては、管理装置600は、複数の圃場における作付状況に応じて、作業日の分布を更新し、更新した作業日の分布に基づいて各作業日における特定の待機場所を決定する。これにより、例えば同一の品種の作物が作付けされた圃場における農作業を短期間で集中的に行う必要がある場合に、適切な待機場所を決定し、経路計画を最適化することができる。結果として、農業機械の総移動距離を短くし、より効率的に農作業を実行することが可能になる。

【0152】

図26は、各作業日における気象状況と特定の待機場所との関係の例を示す図である。この例では、待機場所A、B、Cは、気象状況が異なる程度に互いに離れている。管理装置600は、例えば、気象データを配信するサーバコンピュータから、インターネット等のネットワークを介して、各待機場所が位置する地点の気象データを取得する。図26の例では、4月19日から数日間は、待機場所Bの地点のみ晴天が続き、待機場所AおよびCのそれぞれの地点では、少なくともいずれかの日に雨が降る見込みである。その後は、待機場所AおよびBでは晴れ、待機場所Cでは雨から次第に天気が回復する。このような場合、管理装置600は、まず待機場所Bの周辺の圃場で農作業が行われ、次に待機場所Aの周辺の圃場で農作業が行われ、さらにその後、待機場所Cの周辺の圃場で農作業が行われるように、各圃場における作業日を決定する。

【0153】

図27は、図26に示す例において農作業（この例では耕耘）が行われる日と、選択される特定の待機場所の例を示す図である。この例では、4月19日から4月21日は、待機場所Bの周辺の圃場で耕耘が行われるため、待機場所Bが特定の待機場所として選択される。4月22日から4月24日は、待機場所Aの周辺の圃場で耕耘が行われるため、待

10

20

30

40

50

機場所 A が特定の待機場所として選択される。4月25日から4月26日は、待機場所 C の周辺の圃場で耕耘が行われるため、待機場所 C が特定の待機場所として選択される。

【0154】

このように、図26および図27に示す例においては、管理装置600は、複数の待機場所のそれぞれが位置する地点における気象状況に応じて、作業日の分布を更新し、更新した作業日の分布に基づいて各作業日における特定の待機場所を決定する。これにより、例えば天気の良い場所における農作業を避け、天気の悪い場所における農作業を優先的に行うことが可能になる。天候の悪化によって当初予定されたスケジュールを変更する必要がある場合でも、適切な待機場所を決定し、経路計画を最適化することができる。これにより、農業機械による農作業をより効率的に実行することが可能になる。

10

【0155】

図20から図27に示す各例では、管理装置600は、各圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況のいずれかに応じて、特定の待機場所を決定する。そのような動作に代えて、管理装置600は、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況のうち任意の2つ以上に基づいて特定の待機場所を決定してもよい。それらの状況を複合的に考慮することにより、状況に応じたより適切な経路計画が可能になり、農業機械の運行をさらに効率化することができる。

【0156】

以上のように、本実施形態における管理装置600は、複数の圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つに基づいて、各待機場所の周囲に位置する圃場における作業日の分布を決定する。管理装置600は、作業日の分布に基づいて、各作業日において農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を決定する。例えば、管理装置600は、各作業日における特定の待機場所を決定するとき、作業日の分布に基づいて、次の作業日に農作業が行われる圃場群を特定し、当該圃場群に最も近い待機場所を特定の待機場所として決定してもよい。あるいは、管理装置600は、各作業日における特定の待機場所を決定するとき、その作業日に最後の農作業が行われる第1圃場に最も近い待機場所を、特定の待機場所として決定してもよい。すなわち、管理装置600は、その作業日に最後の農作業が行われる第1圃場に最も近い待機場所、または、作業日の分布から特定される次の作業日において最初に農作業が行われる第2圃場に最も近い待機場所を、特定の待機場所として決定してもよい。第1圃場に最も近い待機場所と、第2圃場に最も近い待機場所とが異なる場合、管理装置600は、第1圃場に最も近い待機場所、および第2圃場に最も近い待機場所のうち、第1圃場から待機場所を経由して第2圃場まで移動するときの移動距離がより短い待機場所を、特定の待機場所として決定してもよい。これにより、圃場と待機場所との移動距離および移動時間を短縮することができるため、燃料の消費量を抑えながら、効率的な運行が可能になる。

20

30

【0157】

図28は、本実施形態における管理装置600による動作の例を示すフローチャートである。図28に示すステップS141からS144の動作を実行することにより、管理装置600は、ある作業日における農業機械の大域的経路計画を行い、農業機械に自動運転を実行させることができる。図28に示す経路計画の動作は、農業機械の移動を開始する前の任意のタイミングで行われ得る。経路計画は、農業機械の移動開始の直前に行われてもよいし、移動開始の前日以前に行われてもよい。

40

【0158】

ステップS141において、管理装置600は、各圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つを示す情報を取得する。当該情報は、管理装置600自身が管理していてもよいし、管理装置600とは異なる装置が管理していてもよい。作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況が、複数の装置によって分散して管理されていてもよい。ここで取得される情報は、例えば、図20、図22、図24、および/または図26に示すような情報であり得る。

50

【 0 1 5 9 】

ステップ S 1 4 2 において、管理装置 6 0 0 は、当該作業日において農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を決定する。例えば、管理装置 6 0 0 は、ステップ S 1 4 1 において取得した情報に基づいて、当該作業日において農作業が行われる第 1 圃場群を決定し、第 1 圃場群に最も近い第 1 待機場所を特定の待機場所として決定してもよい。あるいは、管理装置 6 0 0 は、ステップ S 1 4 1 において取得した情報に基づいて、次の作業日において農作業が行われる第 2 圃場群を決定し、第 2 圃場群に最も近い第 2 待機場所を特定の待機場所として決定してもよい。第 1 待機場所と第 2 待機場所とが異なる場合、管理装置 6 0 0 は、第 1 待機場所および第 2 待機場所のうち、農業機械の移動距離が短くなる方を特定の待機場所として選択してもよい。

10

【 0 1 6 0 】

ステップ S 1 4 3 において、管理装置 6 0 0 は、当該作業日における経路を生成する。すなわち、管理装置 6 0 0 は、当該作業日における出発地点である待機場所から、その日に農作業が行われる 1 つ以上の圃場を経由して、ステップ S 1 4 2 において決定した待機場所に至る大域的経路を生成する。この経路は、例えば、農業機械の総移動距離を最短にするように決定され得る。

【 0 1 6 1 】

ステップ S 1 4 4 において、管理装置 6 0 0 は、生成した経路の情報を含む移動指令を農業機械に送信する。この移動指令は、経路情報に加えて、例えば、どの時刻にどの圃場で農作業を実行すべきかを示すスケジュールの情報も含み得る。農業機械の制御装置は、この移動指令に応答して、指定された時刻に自動運転を開始し、指定された経路に沿って移動する。農業機械は、例えば図 1 6 を参照して説明した方法で、障害物を回避可能な局所的経路を生成しながら、移動する。

20

【 0 1 6 2 】

以上の動作により、管理装置 6 0 0 は、ある作業日における農業機械の経路を生成することができる。管理装置 6 0 0 は、例えば、作業日ごとに図 2 8 に示す動作を実行することにより、各作業日における農業機械の経路を生成し、農業機械に移動を指示することができる。なお、管理装置 6 0 0 は、一旦農業機械に移動指令を送った後、再び図 2 8 に示す動作を行い、経路または待機場所を修正してもよい。例えば、農業機械の移動中に天候の急変によって当初予定されていた作業が実行できなくなる場合がある。そのような場合でも、移動開始後に図 2 8 に示す動作を（例えば一定時間ごとに）行うことにより、待機場所および経路を適切に変更することができる。

30

【 0 1 6 3 】

上記の実施形態における管理装置 6 0 0 は、複数の農業機械の各作業日における経路を生成する。この場合、管理装置 6 0 0 は、複数の圃場における作物の生育状況、複数の圃場における農作業の進捗状況、複数の圃場における作付状況、および気象状況の少なくとも 1 つを示す情報に基づいて、各作業日において各農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、複数の待機場所の中から決定する。管理装置 6 0 0 は、最後の農作業が行われる圃場から特定の待機場所までの経路を農業機械ごとに生成する。これにより、農業機械ごとに、総移動距離を最短にする最適な経路を決定することができる。なお、農業機械は複数に限らず、単数であってもよい。

40

【 0 1 6 4 】

（実施形態 2）

次に、本開示の第 2 の実施形態を説明する。以下の説明において、実施形態 1 と異なる点を主に説明し、重複する事項についての説明は省略する。

【 0 1 6 5 】

図 2 9 は、本開示の例示的な第 2 の実施形態による農業管理システムの概要を説明するための図である。図 2 9 に示す農業管理システムは、複数の農業機械 1 0 0 と、管理装置 6 0 0 とを備える。図 2 9 には、複数のユーザが使用する複数の端末装置 4 0 0 も示されている。管理装置 6 0 0 は、農業管理システムを運営する事業者が管理するコンピュータ

50

である。各農業機械 100 および各端末装置 400 は、ネットワーク 80 を介して管理装置 600 と通信することができる。図 29 には 3 台の農業機械 100 が例示されているが、農業管理システムは、2 台以下または 4 台以上の農業機械 100 を含んでいてもよい。農業管理システムは、例えば、トラクタ、田植機、コンバイン、および/または農業用ドローンなどの、種類の異なる複数の農業機械を含んでいてもよい。各農業機械 100 は、管理装置 600 からの指示に従い、それぞれに割り当てられた農作業を、指定された圃場で実行する。

【0166】

図 29 に示す農業管理システムは、例えば、自動運転を行う複数の農業機械 100 を用いた農作業の代行サービスに利用され得る。そのようなシステムにおいては、複数の農業機械 100 の各々が、契約者である複数のユーザが管理する複数の圃場間を移動し、指定された圃場において指定された農作業を実行するように制御され得る。管理装置 600 は、各ユーザがそれぞれの端末装置 400 を用いて入力した農作業の概略計画を示す情報に基づいて各農業機械 100 の作業計画を作成し、その作業計画に基づいて各農業機械 100 の経路計画を行ってもよい。そのようなサービスに農業管理システムが利用される場合、管理装置 600 は、各ユーザへの課金に関する処理を実行してもよい。なお、管理装置 600 は、複数のコンピュータの集合体であってもよい。例えば、管理装置 600 は、各農業機械 100 の作業計画を作成するコンピュータと、各農業機械 100 の経路計画を行うコンピュータと、各ユーザへの課金処理を行うコンピュータとを含んでいてもよい。

【0167】

上記のような農作業の代行サービスは、例えば国、州、地方、県、または複数の国に跨る領域などの、広い領域にわたって提供され得る。その場合、サービスが提供される地域は、気候または気象条件の異なる複数の地域を含み得る。地域によって気温、湿度、降水量、および日照量などの気象条件が異なり得る。このため、個々の農作業（例えば、耕耘、播種、植え付け、防除、施肥、収穫など）を実行すべき時期も地域によって異なり得る。そこで、本実施形態における管理装置 600 は、予め記憶装置に記録された、地域ごとの農作業の時期の目安を示す情報を取得し、その情報に基づいて、各農業機械 100 が各地域において農作業を実行すべき時期を決定する。農作業の時期の目安を示す情報は、例えば、耕耘、播種、植え付け、防除、施肥、または収穫などの、農作業の種類ごとに作成され得る。管理装置 600 は、地域ごとに決定した時期に各農業機械 100 が所定の農作業を実行するように、各農業機械 100 が移動すべき経路を決定する。管理装置 600 は、各農業機械 100 が移動する領域の地図を参照して、各農業機械 100 が移動すべき地図上の経路を生成し、各農業機械 100 にその経路情報を送信する。各農業機械 100 は、受信した経路情報に基づいて移動し、それぞれに割り当てられた圃場で所定の農作業を実行する。各農業機械 100 は、実施形態 1 における農業機械 100 と同様の構成を有している。各農業機械 100 は、自動運転によって圃場内および圃場外（例えば道路）を走行することが可能である。

【0168】

端末装置 400 は、農業機械 100 から離れた場所にいるユーザが使用するコンピュータである。端末装置 400 は、図 29 に示すようなラップトップコンピュータ、スマートフォン、またはタブレットコンピュータなどのモバイル端末でもよいし、デスクトップ PC などの据え置き型のコンピュータであってもよい。各端末装置 400 は、作業計画（例えば各農作業のスケジュール）を作成するために必要な情報をユーザが入力するための設定画面をディスプレイに表示する。ユーザが設定画面上で必要な情報を入力し送信の操作を行うと、端末装置 400 は、入力された情報を管理装置 600 に送信する。管理装置 600 は、その情報に基づいて作業計画を作成する。端末装置 400 は、農業機械 100 が農作業を実行する 1 つ以上の圃場の登録にも使用され得る。

【0169】

次に、本実施形態における経路計画の動作の例をより詳細に説明する。

【0170】

管理装置 600 は、複数の地域に跨って自動運転を行う各農業機械 100 のための経路計画システムとして機能する。記憶装置 650 は、複数の地域を含む領域の地図を記憶する。例えば、記憶装置 650 は、気候または気象条件の異なる複数の地域を含む比較的広い領域の地図を記憶する。管理装置 600 のプロセッサ 660 は、地図上における各農業機械 100 の経路（前述の大域的経路）を生成する処理装置として機能する。

【0171】

図 30 は、管理装置 600 によって実行される動作の概要を示すフローチャートである。本実施形態では、各農業機械 100 によって実行される農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報が予め記憶装置 650 に記録されている。管理装置 600 は、当該情報を記憶装置 650 から取得する（ステップ S241）。管理装置 600 は、当該情報に基づいて、各農業機械 100 が複数の地域の各々において農作業を実行する時期を決定する（ステップ S242）。管理装置 600 は、地域ごとに決定した時期に、各農業機械 100 が当該農作業を実行するように、地図上における各農業機械 100 の経路を生成する（ステップ S243）。例えば、管理装置 600 は、地域ごとに決定した時期において各農業機械 100 が当該農作業を実行する複数の作業日を決定し、各作業日における各農業機械 100 の経路を生成する。管理装置 600 は、生成した経路の情報を含む移動指令を各農業機械 100 に送信する（ステップ S244）。この移動指令は、経路情報に加えて、例えば、どの時刻にどの圃場で農作業を実行すべきかを示すスケジュールの情報も含み得る。各農業機械 100 の制御装置 180 は、この移動指令に応答して、指定された時刻に自動運転を開始し、指定された経路に沿って農業機械 100 を移動させ、圃場内で農作業を実行させる。

【0172】

図 31 は、農業機械 100 が移動する領域の一例を示す図である。この例では、各農業機械 100 は、比較的長期間（例えば、数週間から数ヶ月、またはそれ以上）にわたって日本全国の広い範囲を移動し、各地域における圃場で農作業を実行する。図 31 に示す例では、農業機械 100 が農作業を行う領域は 8 つの地域 A ~ H に分けられている。地域 A が最も南に位置し、次いで地域 B、C、D、E、F、G の順に概ね南から北に分布し、地域 H が最も北に位置している。

【0173】

図 31 に示す各地域は、1 万平方キロメートル（ km^2 ）以上 10 万 km^2 以下の面積を有し、1000 以上の圃場を含み得る。各地域は、この例よりも大きくても小さくてもよい。各地域は、例えば 30 km^2 以上の面積、および / または 100 以上の圃場を有し得る。隣り合う 2 つの地域は、道路を介して互いに往来が可能である。本明細書において、周囲を畦または農道などの通路によって区画された農業用地を 1 つの圃場とする。各圃場は、例えば畑、水田、果樹園、または牧草地であり得る。

【0174】

図 32 は、図 31 に示す例における農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報の一例を示す図である。農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報は、例えば図 32 に示すようなテーブルの形式で作成され得る。図 32 に示すテーブルは、ある特定の農作業についての各地域における作業時期の目安（例えば推奨時期）を示している。このようなテーブルが、例えば農作業の種類ごとに作成され、記憶装置 650 に記録され得る。

【0175】

日本のように北半球に位置する国では、一般に、南に位置する地域ほど温暖で、北に位置する地域ほど寒冷である傾向がある。そのような国では、作物を生育させるために行われる種々の農作業（例えば、耕耘、播種、植え付け、施肥、防除、草刈り、または収穫など）の推奨時期が、南に位置する地域ほど早く、北に位置する地域ほど遅い傾向がある場合がある。地域によって個々の農作業の推奨時期が異なる場合、地域ごとの農作業の推奨時期に合わせて、農業機械 100 に農作業を実行させる時期を決定することが好ましい。例えば、農業機械 100 が、比較的温暖な地域で農作業を行った後、より寒冷な地域に移動して農作業を行うように、気温の推移に応じて農業機械 100 の移動を制御することが

好ましい場合がある。そこで、本実施形態における管理装置 600 は、図 3 2 に例示されるような、農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報に基づいて、各農業機械 100 が各地域において農作業を実行する時期を決定する。管理装置 600 は、地域ごとに決定した時期に、各農業機械 100 が当該農作業を実行するように、各農業機械 100 の各作業日における経路を生成する。例えば、管理装置 600 は、農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報に基づいて、複数の作業日にわたる各農業機械 100 の作業計画を作成し、その作業計画に従って、各農業機械 100 の各作業日における経路を生成してもよい。各農業機械 100 は、生成された経路に沿って移動し、作業計画が示す各圃場で農作業を実行する。各農業機械 100 は、地域間を移動するために、公道を含む道路を自動で走行してもよい。

10

【0176】

図 3 1 および図 3 2 に示す例では、農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報が、北に位置する地域ほど農作業の時期が遅い傾向があることを示している。このような場合、管理装置 600 は、当該傾向に合わせて、日が経過するにつれて農業機械 100 を徐々に北上させるように、農業機械 100 が各地域において農作業を実行する時期を決定する。この例とは反対に、農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報が、南に位置する地域ほど農作業の時期が遅い傾向を示す場合もある。例えば、南半球においては、一般に、北に位置する地域ほど温暖で、南に位置する地域ほど寒冷であり、南に位置する地域ほど農作業の時期が遅い傾向を示す場合がある。そのような場合、管理装置 600 は、その傾向に合わせて、日が経過するにつれて農業機械 100 を徐々に南下させるように、農業機械 100 が各地域において当該農作業を実行する時期を決定してもよい。このように、管理装置 600 は、気温の推移に従って、気温が比較的高い地域から気温がより低い地域に徐々に農業機械 100 が移動するように、各農業機械 100 の各作業日における経路を生成してもよい。

20

【0177】

ここで、ある時期においてある農作業に適した気候または気象状態にある地帯を、気象における前線になぞらえて「作業前線」と呼ぶことにする。図 3 1 に示す例では、日が経過するにつれて作業前線は概ね南から北に移動する。しかしながら、作業前線は必ずしもこのような単純な推移を示さない場合も多い。気候は、緯度だけでなく、例えば標高、地形、および季節風の影響の度合い等の種々の地理的条件によって異なり得る。また、地域によって生育される作物の品種が異なることによって同様の農作業であっても推奨される時期が異なる場合もある。したがって、作業前線は、一般に、南から北、あるいは北から南のように単純に移動するとは限らない。そのような場合であっても、農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報を適切に作成することにより、各地域において適切な時期に農作業を実施することができる。

30

【0178】

農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報は、例えば、各地域における農業協同組合等の組織が公表する農作業ごとの推奨時期の情報等に基づいて作成され得る。当該情報は、システムの管理者が作成してもよいし、インターネット等に公開された情報に基づいてシステムが自動で作成してもよい。当該情報は、農作業のシーズン毎に変更されてもよいし、一度作成された後は複数シーズンにわたって使用されてもよい。

40

【0179】

図 3 1 および図 3 2 に示す例では、各農業機械 100 は、図示されている 8 つの地域の全てにおいて農作業を行う。このような形態に限らず、各農業機械 100 は、一部の地域でのみ農作業を行ってもよい。例えば、農業機械 100 ごとに、どの地域の農作業を行うかが予め定められていてもよい。一例として、地域ごとに異なる農業機械群に農作業を実行させてもよい。その場合、管理装置 600 は、第 1 の農業機械群が第 1 の時期（例えば 3 月中旬）に地域 A における複数の圃場で農作業を実行した後、第 2 の農業機械群が第 2 の時期（例えば 3 月下旬）に地域 B における圃場で農作業を行うように、各農業機械 100 の作業計画を作成してもよい。地域 C ~ H についても同様に、それぞれの地域を担当す

50

る農業機械群が、農作業の時期の目安を示す情報に基づく適切な時期に、それぞれの地域における圃場で農作業を行うように、各農業機械の作業計画が作成されてもよい。あるいは、第1の農業機械群が地域AおよびBを担当し、第2の農業機械群が地域BおよびCを担当し、第3の農業機械群が地域Cおよび地域Dを担当する、といったように、1つの農業機械群が2つ以上の地域における圃場で農作業を行ってもよい。

【0180】

本実施形態におけるシステムは、複数種類の農業機械によって複数種類の農作業を複数の地域で実行する用途で利用されてもよい。例えば、トラクタ、田植機、草刈機、ドローン、および/またはコンバインといった複数種類の農業機械を用いて、複数種類の農作業を複数の地域で実行してもよい。

10

【0181】

図33は、農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報の他の例を示す図である。図33は、水田における稲作で行われる複数種類の農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報を含むテーブルの例を示している。この例では、農業機械100が農作業を行う領域が6つの地域a~fに分けられている。図33に示すテーブルは、6種類の農作業(田起こし、代掻き、田植え、除草剤散布、肥料散布、および刈取り)のそれぞれについて、地域ごとの時期の目安(例えば推奨時期)を記録する。なお、農作業の種類は、この例に限らず、生育される作物に応じて様々である。図33に示すように、農作業の種類に応じて異なる種類の農業機械が使用され得る。例えば、田起こしおよび代掻きは、インプルメント(例えば、ロータリ、プラウ、またはハロー等)を装着したトラクタによって実行され得る。田植えは、田植機によって実行され得る。除草剤散布および肥料散布は、ドローンによって実行され得る。刈取りは、コンバインによって実行され得る。図33に示す例では、図32に示す例とは異なり、農作業の時期の目安が、具体的な日付の情報を含む期間(例えば、「3月1日~4月17日」など)として表現されている。このように、農作業の時期の目安を示す情報は、様々な形式で記録され得る。なお、特定の農業機械(例えば田植機またはコンバイン等)が公道を走行することが法令で規制されている場合は、システムはそれらの農業機械を含まずに構成され得る。

20

【0182】

本実施形態における管理装置600は、図32または図33に例示されるような、1種類以上の農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報に基づいて、各農業機械100の作業計画を作成する。管理装置600は、作成した作業計画に従って、各農業機械100の作業日ごとの経路を生成し、各農業機械100に移動および農作業の指示を出す。

30

【0183】

作業計画は、各農業機械100によって実行される1以上の農作業に関する情報を含む。例えば、作業計画は、各農業機械100によって実行される1以上の農作業、および各農作業が行われる圃場の情報を含む。作業計画は、複数の作業日にわたって各農業機械100が実行する複数の農作業、および各農作業が行われる圃場の情報を含んでいてもよい。より具体的には、作業計画は、作業日ごとに、どの時刻に、どの農業機械が、どの圃場で、どの農作業を行うかを示す作業スケジュールの情報を含むデータベースであり得る。以下、作業計画がそのような作業スケジュールのデータである場合の例を説明する。

40

【0184】

図34は、各農業機械100の作業計画の例を示す図である。この例における作業計画は、登録された農業機械100ごとに、農作業が行われる日および時間、圃場、作業内容、および使用されるインプルメントを示す情報を含む。作業計画は、図34に示す形式に限らず、作業に関連する他の情報を含んでいてもよい。例えば、農薬または肥料の種類または散布量などの情報が作業計画に含まれていてもよい。このような作業計画に従い、管理装置600のプロセッサ660は、各農業機械100の各作業日における経路を生成し、各農業機械100に農作業の指示を出す。作業計画は、農業機械100の制御装置180によってダウンロードされ、記憶装置170にも格納され得る。その場合、制御装置180は、記憶装置170に格納された作業計画が示すスケジュールに従って自動的に動作

50

を開始してもよい。

【0185】

管理装置600は、農作業の時期の目安を示す情報だけでなく、各ユーザが端末装置400を用いて入力した情報に基づいて作業計画を作成してもよい。例えば、管理装置600は、各ユーザが管理する1つ以上の圃場における農作業の種類ごとの概略計画を示す情報に基づいて作業計画を作成してもよい。

【0186】

図35は、端末装置400の表示装置430に表示される設定画面760の一例を示す図である。端末装置400のプロセッサ460は、ユーザによる入力装置420を用いた操作にตอบสนองして、作業計画作成のためのアプリケーションソフトウェアを起動して、図35に示すような設定画面760を表示装置430に表示させる。ユーザは、この設定画面760上で、作業計画の作成に必要な概略計画の情報を入力することができる。

10

【0187】

図35は、農作業として、稲作用の圃場において肥料の散布を伴う耕耘が行われる場合の設定画面760の一例を示している。設定画面760は、図示されるものに限定されず、適宜変更が可能である。図35の例における設定画面760は、期間設定部771、時間設定部772、作付品種選択部773、圃場選択部764、作業選択部765、機械選択部768、肥料選択部769、および散布量設定部770を含む。

【0188】

期間設定部771には、ユーザが入力した期間が表示される。ユーザは、農作業の実施を希望する期間を入力する。入力された期間に含まれる日が農作業の実施日の候補として設定される。

20

【0189】

時間設定部772には、ユーザが入力した作業時間が表示される。ユーザは、農作業の実施を希望する作業時間を入力する。作業時間は、開始時刻および終了時刻によって指定される。入力された作業時間が、農作業が実行される時間の候補として設定される。

【0190】

作付品種選択部773には、作付けされる（すなわち植え付けられる）作物の品種の一覧が表示される。一覧の中から所望の品種をユーザが選択することが可能である。図35の例では、稲の品種「こしいぶき」が選択されている。

30

【0191】

圃場選択部764には、地図中の圃場が表示される。ユーザは、表示された圃場の中から任意の圃場を選択できる。図35の例では、「圃場A」を示す部分が選択されている。この場合、選択された「圃場A」が、農作業が行われる圃場として設定される。ユーザは複数の圃場を同時に選択することもできる。

【0192】

作業選択部765には、選択された作物を栽培するために必要な複数の農作業が表示される。ユーザは、複数の農作業の中から1つの農作業を選択することができる。図35の例では、複数の農作業の中から「耕耘」が選択されている。この場合、選択された「耕耘」が、実施される農作業として設定される。

40

【0193】

機械選択部768は、その農作業において使用される農業機械を設定する部分である。機械選択部768には、例えば、予め管理装置600によって登録された農業機械の種類または型式、および使用可能なインプレメントの種類または型式等が表示され得る。ユーザは、表示された機械の中から、特定の機械を選択することができる。図35の例では、型式が「NW4511」であるインプレメントが選択されている。この場合、そのインプレメントが、当該農作業において使用される機械として設定される。

【0194】

肥料選択部769には、予め登録された複数の肥料の名称が表示される。ユーザは、表示された複数の肥料の中から特定の肥料を選択することができる。選択された肥料が当該

50

農作業において使用される肥料として設定される。

【0195】

散布量設定部770には、入力装置420から入力された数値が表示される。入力された数値が散布量として設定される。

【0196】

設定画面760において、希望期間、作業時間、作付品種、圃場、作業、肥料、散布量が入力され、「登録」が選択されると、端末装置400の通信装置490は、入力された情報を管理装置600に送信する。管理装置600のプロセッサ660は、受信した情報を記憶装置650に記憶させる。

【0197】

なお、管理装置600によって管理される農作業の情報は上述したものに限定されない。例えば、圃場で使用される農薬の種類および散布量を設定画面760で設定できるようにしてもよい。図35に示す農作業以外の農作業に関する情報を設定できるようにしてもよい。

【0198】

管理装置600は、各ユーザの端末装置400から受信した情報と、農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報とに基づいて、各農業機械100に実行させる農作業の作業計画を作成する。例えば、管理装置600は、地域ごとに、各ユーザによって入力された農作業の希望期間および希望作業時間と、その農作業の時期の目安を示す情報とを考慮して、各農作業の実際の作業日と作業時間とを決定する。具体的には、管理装置600は、その地域に配備された農業機械100の台数、分布、および使用状況と、その地域において農作業が行われる圃場の分布と、各ユーザが希望する作業日時と、その地域における作業時期の目安とを総合的に考慮して、各圃場における農作業の実施日時を決定する。各圃場における農作業の実施日時の決定には、例えばディープニューラルネットワークなどの人工知能(AI)を利用したアルゴリズムが用いられてもよい。管理装置600は、決定した農作業の実施日時をユーザが使用する端末装置400に通知する。決定した実施日時がユーザの希望する日時と異なる場合は、その旨の情報が通知されてもよい。管理装置600は、決定した各圃場における農作業の実施日時に基づいて、各農業機械100の作業日ごとの経路計画を実行する。

【0199】

以下、農業機械100の作業日ごとの経路計画の方法の具体例を説明する。以下の説明では、農業機械100がトラクタなどの作業車両であり、圃場の外側の経路が道路(農道または一般道)上に生成される例を説明する。なお、農業機械100がドローンなどの飛行体である場合、圃場外の経路が道路上に生成される必要はない。

【0200】

図36は、経路計画時に参照される地図の一例を示す図である。図36には、日本のある地域における地図の一例が小さく例示されている。この地図は、図17に示す地図に相当する。この地図は、2次元のデジタル地図であり、管理装置600または他の装置によって生成され得る。このような地図が、農業機械100が移動する地域の全体について予め生成され、記憶装置650に記録され得る。なお、図36および図17に示す地図は2次元の地図であるが、3次元の地図を経路計画に利用してもよい。

【0201】

前述のように、図17に示す地図は、農業機械100が農作業を行う複数の圃場70およびその周辺の道76における各点の位置(例えば緯度および経度)の情報を含む。この地図は、さらに、農業機械100が一時的に待機する複数の待機場所90の位置情報も含む。待機場所90は、例えば、農業管理システムの管理者によって予め登録され、記憶装置650に記録され得る。

【0202】

図17に示すような地図は、農業機械100が移動する地域の全体にわたって作成され得る。このように、地図は、各地域における、複数の圃場、複数の待機場所、および複数

10

20

30

40

50

の圃場と複数の待機場所とを結ぶ道を示す情報を含み得る。

【0203】

管理装置600は、各作業日における農作業が開始する前に、その作業日に農作業が予定されている圃場を含む領域の地図を記憶装置650から読み出し、当該地図と、作業計画とに基づいて農業機械100の経路（大域的経路）を生成する。管理装置600は、作業計画に基づいて、各作業日において農業機械100が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、複数の待機場所の中から決定し、最後の農作業が行われる圃場から特定の待機場所までの経路を生成する。

各作業日における農業機械100の経路を生成する方法は、実施形態1における方法と同様である。例えば図14または図15を参照して説明したように、管理装置600は、各作業日における農業機械100の経路を生成することができる。

10

【0204】

管理装置600は、作業計画を作成した後、状況に応じて作業計画を修正してもよい。例えば、実施形態1と同様の方法により、管理装置600は、複数の圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つに応じて作業計画を更新してもよい。その場合、管理装置600は、更新した作業計画に従って各作業日における農業機械100の経路を生成する。これにより、各作業日における農業機械100の経路を、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、または気象状況などの種々の状況に応じて適切に設定することができる。

【0205】

作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、または気象状況は、作業計画に影響を及ぼす。例えば、作物の生育または農作業の進捗が予定よりも早いまたは遅い場合、作業計画を見直す必要性が生じる。あるいは、悪天候のために当初予定されていた農作業を行うことができなかつた場合、その後の作業計画を見直す必要性が生じる。また、作物の品種によって最適な農作業の時期が異なる場合、作付けされている作物の品種に応じて作業計画を調整する必要性が生じることがある。

20

【0206】

上記のような場合に備えて、管理装置600は、各圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つをモニタリングしてもよい。管理装置600は、農業機械100の各作業日における経路を生成するとき、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つに基づいて、その作業日以降の作業計画を修正してもよい。管理装置600は、修正した作業計画に基づいて、複数の待機場所のそれぞれの周囲に位置する圃場における作業日の分布を決定することができる。管理装置600は、決定した作業日の分布に基づいて、各作業日において農業機械100が最後の農作業を行った後に向かう特定の待機場所を決定し、圃場間の経路と、圃場と待機場所とを結ぶ経路とを生成することができる。管理装置600は、各作業日における特定の待機場所を決定するとき、例えば、各待機場所の周囲に位置する圃場における作業日の分布に基づいて、次の作業日に農作業が行われる圃場群を特定し、その圃場群に最も近い待機場所を上記特定の待機場所として決定してもよい。そのような動作により、農業機械の移動距離を短くし、移動時間の短縮および燃料消費量の低減などの効果を得ることができる。

30

40

【0207】

本実施形態においても、図20から図27に示す各例のように、管理装置600は、各圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況のいずれかに応じて作業計画を修正するように構成され得る。そのような動作に代えて、管理装置600は、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況のうちの任意の2つ以上に基づいて作業計画を修正してもよい。それらの状況を複合的に考慮することにより、状況に応じたより適切な経路計画が可能になり、農業機械の運行をさらに効率化することができる。

【0208】

50

(他の実施形態)

上記の実施形態の構成および動作は例示にすぎず、本開示は上記の実施形態に限定されない。以下、他の実施形態を例示する。

【0209】

上記の実施形態1では、管理装置600におけるプロセッサ660が、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つを管理し、且つ、各作業日における待機場所の決定および農業機械の大域的経路計画を行う。このような形態に代えて、例えば、管理装置600とは異なる処理装置が、各作業日における待機場所の決定および農業機械の大域的経路計画を行ってもよい。その場合、処理装置は、管理装置600から、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つを示す情報を取得し、その情報に基づいて、各作業日における特定の待機場所を決定し、農業機械の経路を生成することができる。そのような処理装置は、農業機械の内部に設けられた制御装置であってもよい。

10

【0210】

上記の実施形態2では、管理装置600におけるプロセッサ660が、農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報に基づいて農業機械100の作業計画を作成し、その作業計画に基づいて当該農業機械100の経路計画を行う。このような形態に代えて、例えば、管理装置600とは異なる処理装置が、農業機械100の経路計画を行ってもよい。その場合、処理装置は、管理装置600から作業計画を取得し、その情報に基づいて、各作業日における農業機械100の経路を生成することができる。そのような処理装置は、農業機械100の内部に設けられた制御装置180であってもよい。なお、上記の実施形態では、システム内に複数の農業機械100が含まれるが、農業機械100は単数であってもよい。

20

【0211】

上記の各実施形態における技術は、トラクタなどの作業車両に限らず、例えば農業用ドローン(すなわちUAV)に適用されてもよい。農業用ドローンの経路計画を行う処理装置は、図16に示す例とは異なり、道76に沿って経路を生成する必要はない。例えば、待機場所と圃場との間、および圃場間を直線的に結ぶ経路を農業用ドローンの経路として生成してもよい。

【0212】

以上の実施形態における経路計画あるいは自動運転制御を行うシステムを、それらの機能を有しない農業機械に後から取り付けることもできる。そのようなシステムは、農業機械とは独立して製造および販売され得る。そのようなシステムで使用されるコンピュータプログラムも、農業機械とは独立して製造および販売され得る。コンピュータプログラムは、例えばコンピュータが読み取り可能な非一時的な記憶媒体に格納されて提供され得る。コンピュータプログラムは、電気通信回線(例えばインターネット)を介したダウンロードによっても提供され得る。

30

【0213】

以上のように、本開示は、以下の項目に記載の経路計画システム、農業機械の制御システム、および農業機械を含む。

40

【0214】

[項目1]

自動運転を行う農業機械のための経路計画システムであって、
複数の圃場、複数の待機場所、および前記複数の圃場と前記複数の待機場所とを結ぶ道を含む地図を記憶する記憶装置と、

前記地図上における前記農業機械の各作業日における経路を生成する処理装置と、
を備え、

前記処理装置は、

前記複数の圃場における作物の生育状況、前記複数の圃場における農作業の進捗状況、前記複数の圃場における作付状況、および気象状況の少なくとも1つを示す情報に基づい

50

て、各作業日において前記農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、前記複数の待機場所の中から決定し、

前記最後の農作業が行われる圃場から前記特定の待機場所までの経路を生成する、経路計画システム。

【 0 2 1 5 】

上記の構成によれば、複数の圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つに基づいて、作業日ごとに適切な待機場所を決定し、その作業日に最後の農作業が行われる圃場から当該待機場所までの経路を生成することができる。これにより、事前に待機場所を決定することなく、作業日ごとの状況に応じて適切な待機場所を決定することが可能になる。

10

【 0 2 1 6 】

[項目 2]

前記処理装置は、

前記作物の生育状況、前記農作業の進捗状況、前記作付状況、および前記気象状況の少なくとも1つに基づいて、前記複数の待機場所のそれぞれの周囲に位置する圃場における作業日の分布を決定し、

前記作業日の分布に基づいて、各作業日における前記特定の待機場所を決定する、項目 1 に記載の経路計画システム。

【 0 2 1 7 】

これにより、各待機場所の周囲に位置する圃場における作業日の分布を、作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つに基づいて適切に決定し、当該作業日の分布に応じて、各作業日における特定の待機場所を適切に決定することが可能になる。

20

【 0 2 1 8 】

[項目 3]

前記処理装置は、各作業日における前記特定の待機場所を決定するとき、前記作業日の分布に基づいて、次の作業日に農作業が行われる圃場群を特定し、前記圃場群に最も近い待機場所を前記特定の待機場所として決定する、項目 2 に記載の経路計画システム。

【 0 2 1 9 】

これにより、次の作業日に農作業が行われる圃場群に最も近い待機場所に農業機械を移動させることができる。このため、農業機械の移動距離を短縮し、移動に伴うエネルギーの消費を抑制することができる。

30

【 0 2 2 0 】

[項目 4]

前記処理装置は、各作業日における前記特定の待機場所を決定するとき、前記作業日に前記最後の農作業が行われる第 1 圃場に最も近い待機場所、または、前記作業日の分布から特定される次の作業日において最初に農作業が行われる第 2 圃場に最も近い待機場所を、前記特定の待機場所として決定する、項目 2 に記載の経路計画システム。

【 0 2 2 1 】

これにより、各作業日に最後の農作業が行われる第 1 圃場、または、その次の作業日に最初の農作業が行われる第 2 圃場に最も近い待機場所に農業機械を移動させることができる。このため、農業機械の移動距離を短縮し、移動に伴うエネルギー消費を抑制することができる。

40

【 0 2 2 2 】

[項目 5]

前記処理装置は、前記第 1 圃場に最も近い待機場所、および前記第 2 圃場に最も近い待機場所のうち、前記第 1 圃場から前記待機場所を経由して前記第 2 圃場まで移動するときの移動距離がより短い待機場所を、前記特定の待機場所として決定する、項目 4 に記載の経路計画システム。

【 0 2 2 3 】

50

これにより、各作業日に最後の農作業が行われる第1圃場に最も近い待機場所、および、その次の作業日に最初の農作業が行われる第2圃場に最も近い待機場所のうち、移動距離がより短くなる待機場所に農業機械を移動させることができる。このため、農業機械の移動に伴うエネルギー消費をさらに抑制することができる。

【0224】

[項目6]

前記処理装置は、前記複数の圃場における前記作物の生育状況に応じて、前記作業日の分布を更新する、項目2から5のいずれかに記載の経路計画システム。

【0225】

これにより、作物の生育状況に応じて更新された作業日の分布に基づいて適切な待機場所を決定し、その待機場所に農業機械を移動させることができる。

10

【0226】

[項目7]

前記処理装置は、前記複数の圃場における前記農作業の進捗状況に応じて、前記作業日の分布を更新する、項目2から6のいずれかに記載の経路計画システム。

【0227】

これにより、農作業の進捗状況に応じて更新された作業日の分布に基づいて適切な待機場所を決定し、その待機場所に農業機械を移動させることができる。

【0228】

[項目8]

前記処理装置は、前記複数の圃場における前記作付状況に応じて、前記作業日の分布を更新する、項目2から7のいずれかに記載の経路計画システム。

20

【0229】

これにより、作付状況に応じて更新された作業日の分布に基づいて適切な待機場所を決定し、その待機場所に農業機械を移動させることができる。

【0230】

[項目9]

前記処理装置は、前記複数の待機場所のそれぞれが位置する地域における前記気象状況に応じて、前記作業日の分布を更新する、項目2から8のいずれかに記載の経路計画システム。

30

【0231】

これにより、気象状況に応じて更新された作業日の分布に基づいて適切な待機場所を決定し、その待機場所に農業機械を移動させることができる。

【0232】

[項目10]

前記処理装置は、各作業日における前記特定の待機場所を決定するとき、前記作物の生育状況、前記農作業の進捗状況、前記作付状況、および前記気象状況の少なくとも1つを管理する管理装置から前記情報を取得する、項目1から9のいずれかに記載の経路計画システム。

【0233】

これにより、処理装置は、管理装置から取得した情報に基づいて、前記作物の生育状況、前記農作業の進捗状況、前記作付状況、および前記気象状況の少なくとも1つを把握し、適切な待機場所を決定することができる。

40

【0234】

[項目11]

前記処理装置は、生成した前記経路を示す情報、または前記経路に沿って前記農業機械を移動させる指令を、前記農業機械に送信する、項目1から10のいずれかに記載の経路計画システム。

【0235】

これにより、前記農業機械は、前記処理装置が生成した適切な経路に沿って移動するこ

50

とができる。

【 0 2 3 6 】

[項目 1 2]

前記処理装置は、

前記農業機械を含む複数の農業機械の各作業日における経路を生成し、

前記複数の圃場における作物の生育状況、前記複数の圃場における農作業の進捗状況、前記複数の圃場における作付状況、および気象状況の少なくとも1つを示す前記情報に基づいて、各作業日において各農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、前記複数の待機場所の中から決定し、

前記最後の農作業が行われる圃場から前記特定の待機場所までの経路を前記農業機械ごとに生成する、

項目 1 から 1 1 のいずれかに記載の経路計画システム。

10

【 0 2 3 7 】

これにより、複数の作業日にわたる複数の農業機械の経路を、複数の圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも1つに応じて適切に決定することができる。このため、複数の農業機械による農作業をさらに効率化することができる。

【 0 2 3 8 】

[項目 1 3]

項目 1 から 1 2 のいずれかに記載の経路計画システムと、

前記処理装置によって生成された前記経路に沿って前記農業機械を移動させる制御装置と、

を備える制御システム。

20

【 0 2 3 9 】

[項目 1 4]

項目 1 3 に記載の制御システムと、

前記制御装置によって制御される駆動装置と、

を備える農業機械。

【 0 2 4 0 】

[項目 1 5]

複数の地域に跨って自動運転を行う農業機械のための経路計画システムであって、

前記複数の地域を含む領域の地図を記憶する記憶装置と、

前記農業機械によって実行される農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報に基づいて、前記農業機械が前記複数の地域の各々において前記農作業を実行する時期を決定し、地域ごとに決定した前記時期に、前記農業機械が前記農作業を実行するように、前記地図上における前記農業機械の経路を生成する処理装置と、

を備える経路計画システム。

30

【 0 2 4 1 】

上記の構成によれば、農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報に基づいて、農業機械が各地域において農作業を実行する時期を決定し、決定した時期に応じて農業機械の経路を生成することができる。これにより、地域ごとの時期の目安に応じた適切な経路に沿って農業機械に自動運転を実行させることが可能になる。

40

【 0 2 4 2 】

[項目 1 6]

前記処理装置は、地域ごとに決定した前記時期において前記農業機械が前記農作業を実行する複数の作業日を決定し、各作業日における前記農業機械の経路を生成する、項目 1 5 に記載の経路計画システム。

【 0 2 4 3 】

これにより、地域ごとの時期の目安に応じた適切な経路を作業日ごとに生成することができる。

50

【 0 2 4 4 】

[項目 1 7]

前記処理装置は、前記農作業の地域ごとの時期の目安を示す前記情報に基づいて、複数の作業日にわたる前記農業機械の作業計画を作成し、前記作業計画に従って、前記農業機械の各作業日における経路を生成する、項目 1 5 または 1 6 に記載の経路計画システム。

【 0 2 4 5 】

これにより、地域ごとの時期の目安に応じて作成した作業計画に従って、農業機械の各作業日における経路を適切に生成することができる。

【 0 2 4 6 】

[項目 1 8]

前記処理装置は、前記複数の圃場における作物の生育状況、前記複数の圃場における農作業の進捗状況、前記複数の圃場における作付状況、および気象状況の少なくとも 1 つに応じて、前記作業計画を更新し、更新した前記作業計画に従って、各作業日における前記農業機械の経路を生成する、項目 1 7 に記載の経路計画システム。

【 0 2 4 7 】

これにより、複数の圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも 1 つに応じて、柔軟に作業計画を更新し、各作業日における農業機械の経路を最適化することができる。

【 0 2 4 8 】

[項目 1 9]

前記地図は、各地域における、複数の圃場、複数の待機場所、および前記複数の圃場と前記複数の待機場所とを結ぶ道を示す情報を含み、

前記処理装置は、前記作業計画に基づいて、各作業日において前記農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、前記複数の待機場所の中から決定し、前記最後の農作業が行われる圃場から前記特定の待機場所までの経路を生成する、

項目 1 7 または 1 8 に記載の経路計画システム。

【 0 2 4 9 】

これにより、複数の圃場における作物の生育状況、農作業の進捗状況、作付状況、および気象状況の少なくとも 1 つに基づいて、作業日ごとに適切な待機場所を決定し、その作業日の最後の農作業が行われる圃場から当該待機場所までの経路を生成することができる。このため、事前に待機場所を決定することなく、作業日ごとの状況に応じて適切な待機場所を決定することが可能になる。

【 0 2 5 0 】

[項目 2 0]

前記農作業の地域ごとの時期の目安を示す前記情報が、北に位置する地域ほど前記農作業の時期が遅い傾向を示す場合、前記処理装置は、前記傾向に合わせて、日が経過するにつれて前記農業機械を徐々に北上させるように、前記農業機械が前記複数の地域の各々において前記農作業を実行する時期を決定する、項目 1 5 から 1 9 のいずれかに記載の経路計画システム。

【 0 2 5 1 】

これにより、農作業の推奨時期が北に位置する地域ほど遅い傾向を示す場合に、その傾向に合わせて適切な時期に農業機械に農作業を実行させることが可能になる。

【 0 2 5 2 】

[項目 2 1]

前記農作業の地域ごとの時期の目安を示す前記情報が、南に位置する地域ほど前記農作業の時期が遅い傾向を示す場合、前記処理装置は、前記傾向に合わせて、日が経過するにつれて前記農業機械を徐々に南下させるように、前記農業機械が前記複数の地域の各々において前記農作業を実行する時期を決定する、項目 1 5 から 2 0 のいずれかに記載の経路計画システム。

【 0 2 5 3 】

10

20

30

40

50

これにより、農作業の推奨時期が南に位置する地域ほど遅い傾向を示す場合に、その傾向に合わせた適切な時期に農業機械に農作業を実行させることが可能になる。

【 0 2 5 4 】

[項目 2 2]

前記処理装置は、生成した前記経路を示す情報、または前記経路に沿って前記農業機械を移動させる指令を、前記農業機械に送信する、項目 1 5 から 2 1 のいずれかに記載の経路計画システム。

【 0 2 5 5 】

これにより、前記農業機械は、前記処理装置が生成した適切な経路に沿って移動することができる。

10

【 0 2 5 6 】

[項目 2 3]

前記処理装置は、地域ごとに決定した前記時期に、前記農業機械を含む複数の農業機械が前記農作業を実行するように、前記複数の農業機械の各々の経路を生成する、項目 1 5 から 2 2 のいずれかに記載の経路計画システム。

【 0 2 5 7 】

これにより、各農業機械の経路を地域ごとの農作業の時期の目安に従って適切に生成することができる。このため、複数の農業機械による農作業をさらに効率化することができる。

【 0 2 5 8 】

20

[項目 2 4]

前記処理装置は、
 複数種類の農作業のそれぞれについて、地域ごとの時期の目安を示す情報を取得し、
 前記情報に基づいて、前記複数種類の農作業のそれぞれに割り当てられた複数の農業機械が各地域においてそれぞれの農作業を実行する時期を決定し、
 決定した前記時期に、各農業機械が前記それぞれの農作業を実行するように、各農業機械の経路を生成する、
 項目 2 3 に記載の経路計画システム。

【 0 2 5 9 】

これにより、地域ごとの農作業の推奨時期に合わせて、複数の農業機械を用いた複数種類の農作業を効率的に実施することができる。

30

【 0 2 6 0 】

[項目 2 5]

前記処理装置は、
 複数のユーザが使用する複数の端末装置から、各ユーザが管理する 1 つ以上の圃場における農作業の種類ごとの概略計画を示す情報を取得し、
 前記概略計画を示す情報と、前記農作業の種類ごとに取得した前記地域ごとの時期の目安を示す情報とに基づいて、各農業機械の作業計画を作成し、
 前記作業計画に従って、各農業機械の各作業日における経路を生成する、
 項目 2 4 に記載の経路計画システム。

40

【 0 2 6 1 】

これにより、例えばユーザが作成した農作業の種類ごとの概略計画および地域ごとの農作業の時期の目安に合わせた適切な経路を生成することができる。

【 0 2 6 2 】

[項目 2 6]

項目 1 5 から 2 5 のいずれかに記載の前記経路計画システムと、
 前記処理装置によって生成された前記経路に沿って前記農業機械を移動させる制御装置と、
 を備える制御システム。

【 0 2 6 3 】

50

[項目 2 7]

項目 2 6 に記載の制御システムと、
前記制御装置によって制御される駆動装置と、
を備える農業機械。

【 0 2 6 4 】

[項目 2 8]

自動運転を行う農業機械のための経路計画システムにおける処理装置によって実行される方法であって、

複数の圃場、複数の待機場所、および前記複数の圃場と前記複数の待機場所とを結ぶ道を含む地図を取得することと、

前記地図上における前記農業機械の各作業日における経路を生成することと、
を含み、

前記経路を生成することは、

前記複数の圃場における作物の生育状況、前記複数の圃場における農作業の進捗状況、前記複数の圃場における作付状況、および気象状況の少なくとも一つを示す情報を取得することと、

前記情報に基づいて、各作業日において前記農業機械が最後の農作業を行った後に移動する特定の待機場所を、前記複数の待機場所の中から決定することと、

前記最後の農作業が行われる圃場から前記特定の待機場所までの経路を生成することと、

を含む方法。

【 0 2 6 5 】

[項目 2 9]

複数の地域に跨って自動運転を行う農業機械のための経路計画システムにおける処理装置によって実行される方法であって、

前記複数の地域を含む領域の地図を取得することと、

前記農業機械によって実行される農作業の地域ごとの時期の目安を示す情報を取得することと、

前記情報に基づいて、前記農業機械が前記複数の地域の各々において前記農作業を実行する時期を決定することと、

地域ごとに決定した前記時期に、前記農業機械が前記農作業を実行するように、前記地図上における前記農業機械の経路を生成することと、

を含む方法。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 2 6 6 】

本開示の技術は、例えばトラクタ、収穫機、田植機、乗用管理機、野菜移植機、草刈機、播種機、施肥機、または農業用ロボットなどの農業機械のための経路計画システムに適用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 2 6 7 】

3 0 . . . 大域的経路、3 2 . . . 局所的経路、4 0 . . . 障害物、5 0 . . . G N S S 衛星、6 0 . . . 基準局、7 0 . . . 圃場、7 2 . . . 作業領域、7 4 . . . 枕地、7 6 . . . 道、8 0 . . . ネットワーク、9 0 . . . 待機場所、1 0 0 . . . 農業機械、1 0 1 . . . 車両本体、1 0 2 . . . 原動機（エンジン）、1 0 3 . . . 変速装置（トランスミッション）、1 0 4 . . . 車輪、1 0 5 . . . キャビン、1 0 6 . . . 操舵装置、1 0 7 . . . 運転席、1 0 8 . . . 連結装置、1 1 0 . . . G N S S ユニット、1 1 1 . . . G N S S 受信機、1 1 2 . . . R T K 受信機、1 1 5 . . . 慣性計測装置（IMU）、1 1 6 . . . 処理回路、1 2 0 . . . カメラ、1 3 0 . . . 障害物センサ、1 4 0 . . . L i D A R センサ、1 5 0 . . . センサ群、1 5 2 . . . ステアリングホイールセンサ、1 5 4 . . . 切れ角センサ、1 5 6 . . . 車軸センサ、1 6 0 . . . 制御システム、1 7

10

20

30

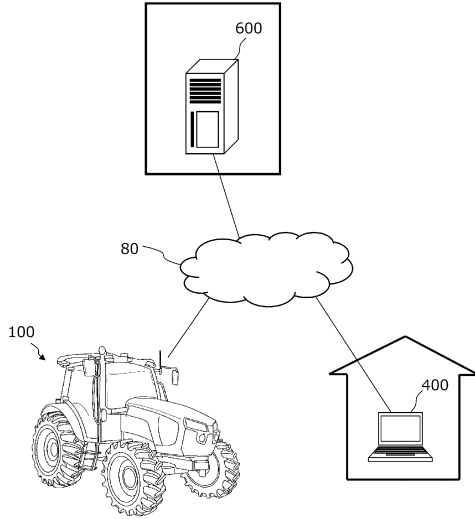
40

50

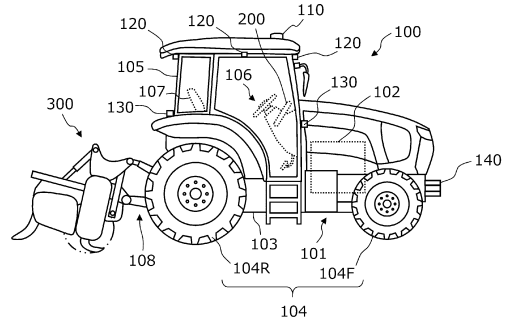
0・・・記憶装置、180・・・制御装置、181～186・・・ECU、190・・・通信装置、200・・・操作端末、210・・・操作スイッチ群、220・・・ブザー、240・・・駆動装置、300・・・インブルメント、340・・・駆動装置、380・・・制御装置、390・・・通信装置、400・・・端末装置、420・・・入力装置、430・・・表示装置、450・・・記憶装置、460・・・プロセッサ、470・・・ROM、480・・・RAM、490・・・通信装置、600・・・管理装置、650・・・記憶装置、660・・・プロセッサ、670・・・ROM、680・・・RAM、690・・・通信装置

【図面】

【図1】



【図2】



10

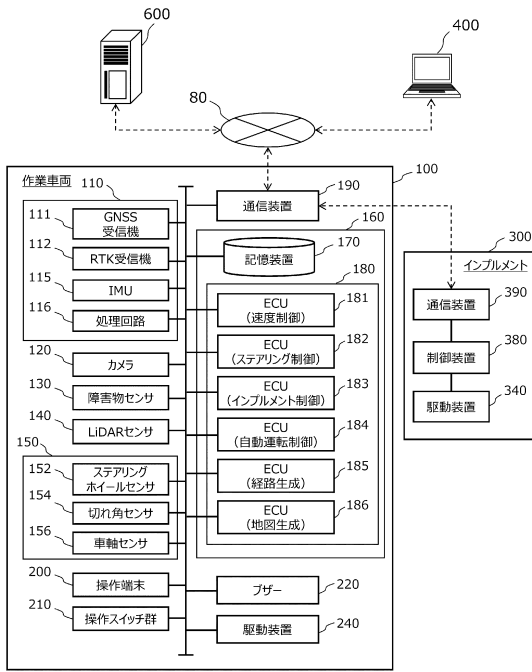
20

30

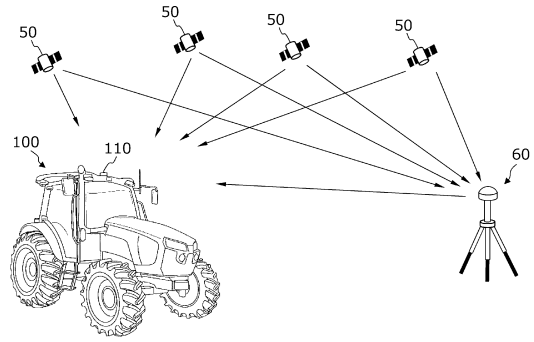
40

50

【図3】



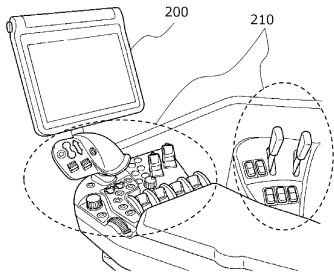
【図4】



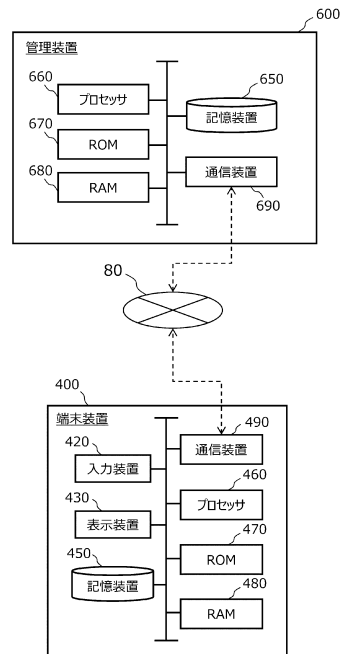
10

20

【図5】



【図6】

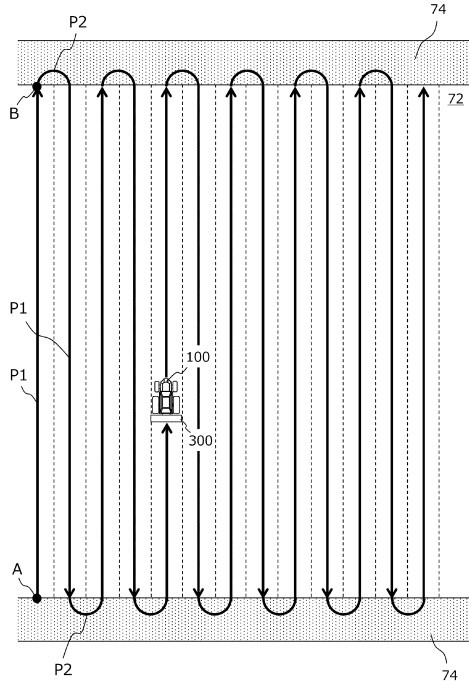


30

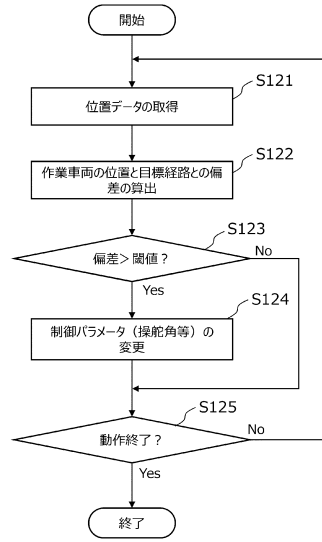
40

50

【図7】



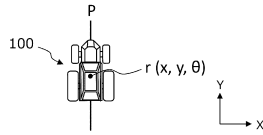
【図8】



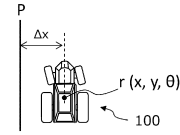
10

20

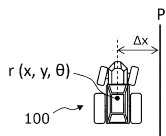
【図9A】



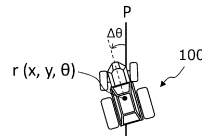
【図9B】



【図9C】



【図9D】

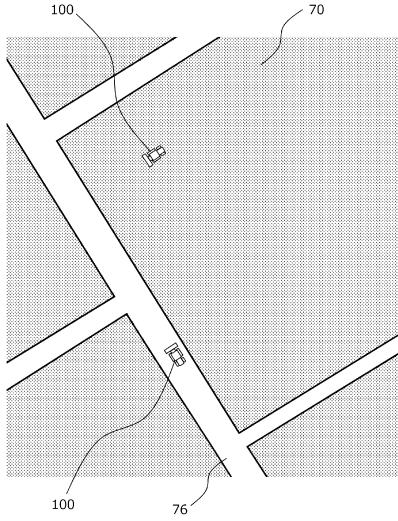


30

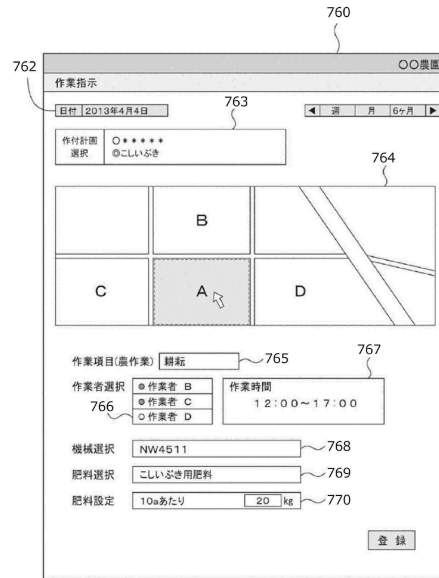
40

50

【図10】



【図11】

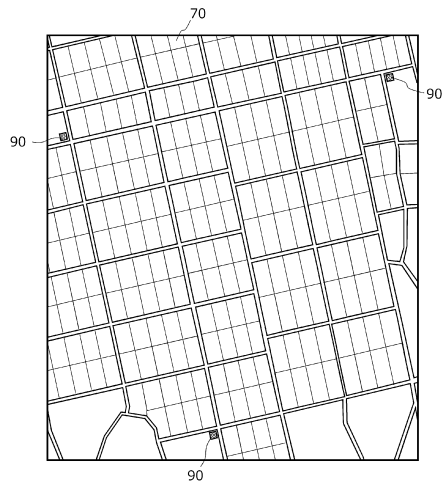


10

【図12】

農業機械	日時	圃場	作業内容	インブルメント
農業機械A	2021/6/21 8:00~11:00	圃場A	農業散布	インブルメントA
農業機械A	2021/6/21 12:00~14:00	圃場B	農業散布	インブルメントA
農業機械A	2021/6/21 15:00~18:00	圃場C	農業散布	インブルメントA
農業機械A	2021/6/22 8:00~12:00	圃場D	耕耘	インブルメントB
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

【図13】



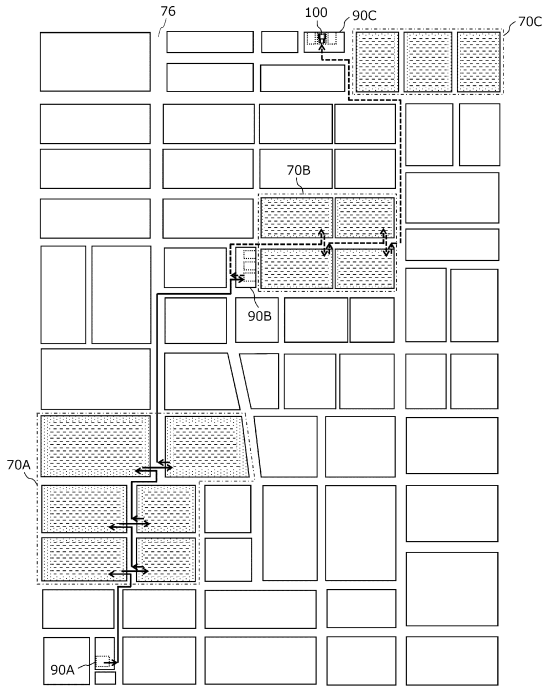
20

30

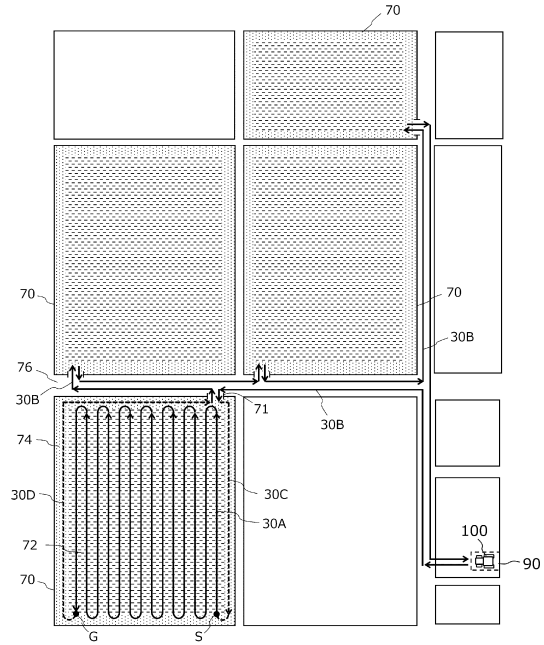
40

50

【 図 1 4 】



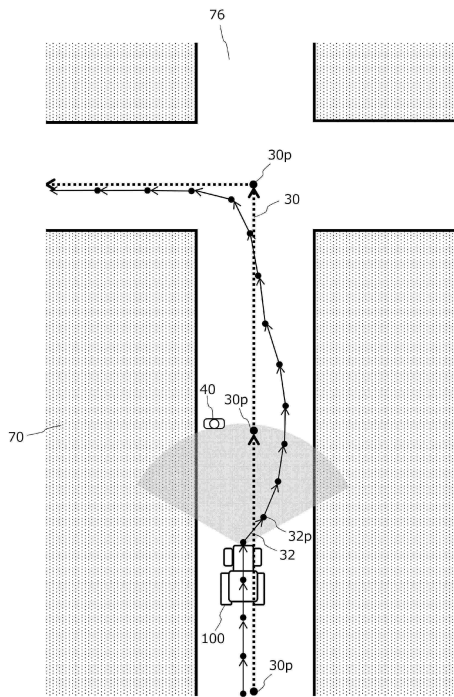
【 図 1 5 】



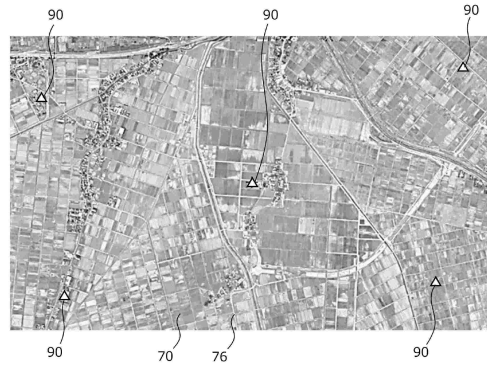
10

20

【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



30

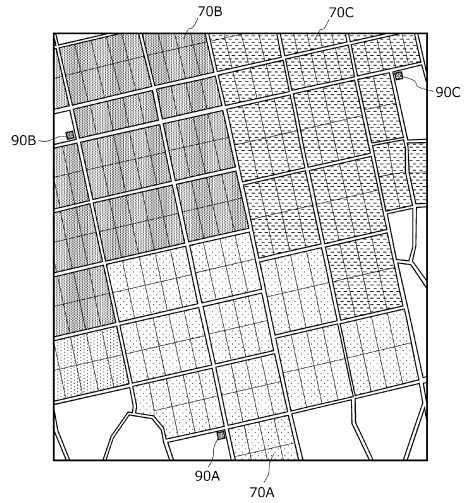
40

50

【 図 1 8 】

圃場	待機場所
圃場#1	待機場所 A
圃場#2	
圃場#3	
・	
・	
圃場#30	
圃場#31	待機場所 B
圃場#32	
圃場#33	
・	
圃場#60	
圃場#61	待機場所 C
圃場#62	
圃場#63	
・	
圃場#100	

【 図 1 9 】



10

20

【 図 2 0 】

圃場	待機場所	生育状況 (草丈)	予定 作業日
圃場#1	待機場所 A	101cm	9月6日
圃場#2		100cm	9月7日
圃場#3		101cm	9月6日
・		・	・
圃場#30		99cm	9月8日
圃場#31		105cm	9月2日
圃場#32	待機場所 B	104cm	9月3日
圃場#33		106cm	9月1日
・		・	・
圃場#60		101cm	9月6日
圃場#61		94cm	9月13日
圃場#62	待機場所 C	96cm	9月11日
圃場#63		96cm	9月11日
圃場#100		95cm	9月12日

【 図 2 1 】

	待機場所 A 圃場数	待機場所 B 圃場数	待機場所 C 圃場数	特定の待機場所
9月1日	0	6	0	待機場所 B
9月2日	0	6	0	
9月3日	0	5	0	
9月4日	0	5	0	
9月5日	0	6	0	
9月6日	6	2	0	待機場所 A
9月7日	8	0	0	
9月8日	6	0	0	
9月9日	7	0	0	
9月10日	3	0	1	待機場所 C
9月11日	0	0	12	
9月12日	0	0	10	
9月13日	0	0	10	
9月14日	0	0	5	
9月15日	0	0	2	

30

40

50

【 図 2 2 】

圃場	待機場所	進捗状況	予定作業日
圃場# 1	待機場所 A	耕耘未	4月22日
圃場# 2		耕耘未	4月22日
圃場# 3		耕耘未	4月22日
・	待機場所 A	・	・
・		・	・
・		・	・
圃場#30	待機場所 B	耕耘済	—
圃場#31		耕耘未	4月20日
圃場#32		耕耘未	
圃場#33	耕耘未		
・	待機場所 B	・	
・		・	
・		・	
圃場#60	待機場所 C	耕耘未	4月19日
圃場#61		耕耘済	—
圃場#62		耕耘済	
圃場#63	耕耘済		
・	待機場所 C	・	
・		・	
・		・	
圃場#100	待機場所 C	耕耘済	

【 図 2 3 】

	待機場所 A 圃場数	待機場所 B 圃場数	待機場所 C 圃場数	特定の待機場所
4月19日	0	10	0	待機場所 B
4月20日	0	20	0	
4月21日	5	0	0	待機場所 A
4月22日	15	0	0	

10

【 図 2 4 】

作付け情報 (品種)	待機場所 A 圃場数	待機場所 B 圃場数	待機場所 C 圃場数
こしひかり A	5	28	0
こしひかり B	25	2	0
ひのひかり	0	0	40

【 図 2 5 】

	待機場所 A 圃場数	待機場所 B 圃場数	待機場所 C 圃場数	特定の待機場所
4月19日	0	9	0	待機場所 B
4月20日	0	11	0	
4月21日	0	10	0	
4月22日	2	0	0	待機場所 A
4月23日	6	0	0	
4月24日	6	0	0	
4月25日	7	0	0	
4月26日	6	0	0	
4月27日	3	0	0	
4月28日	0	0	3	待機場所 C
4月29日	0	0	9	
4月30日	0	0	8	
5月1日	0	0	8	
5月2日	0	0	7	
5月3日	0	0	5	

20

30

40

50

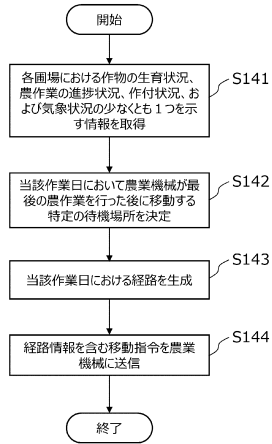
【 図 2 6 】

	待機場所 A	待機場所 B	待機場所 C	特定の待機場所
4月19日	晴のち雨	晴	雨	待機場所 B
4月20日	雨	晴	雨	
4月21日	晴	晴	雨時々曇り	
4月22日	晴	晴	雨時々曇り	待機場所 A
4月23日	晴	晴	くもり	
4月24日	晴	晴	晴	
4月25日	晴	晴	くもり	待機場所 C
4月26日	晴	晴	くもり	

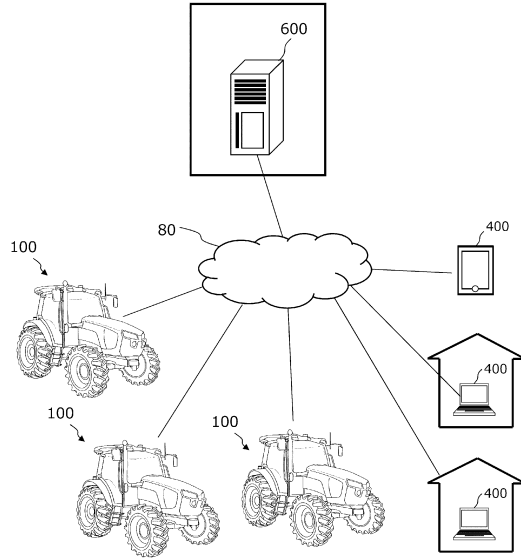
【 図 2 7 】

	待機場所 A	待機場所 B	待機場所 C	特定の待機場所
4月19日	-	耕耘	-	待機場所 B
4月20日				
4月21日				
4月22日	耕耘	-	-	待機場所 A
4月23日				
4月24日				
4月25日	-	-	耕耘	待機場所 C
4月26日				

【 図 2 8 】



【 図 2 9 】



10

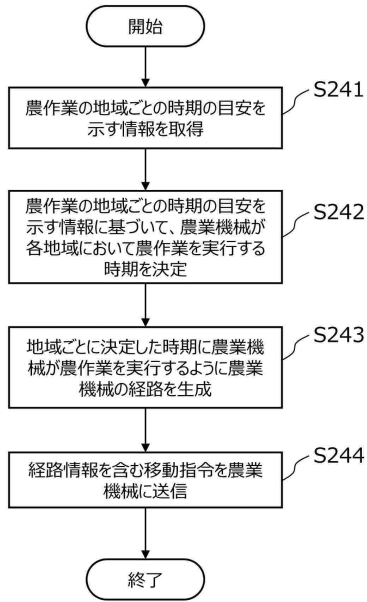
20

30

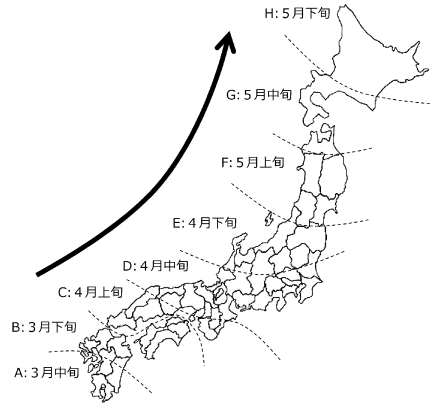
40

50

【図 3 0】



【図 3 1】



10

20

【図 3 2】

地域	作業時期
地域 A	3月中旬
地域 B	3月下旬
地域 C	4月上旬
地域 D	4月中旬
地域 E	4月下旬
地域 F	5月上旬
地域 G	5月中旬
地域 H	5月下旬

【図 3 3】

	田起こし (トラクタ)	代掻き (トラクタ)	田植え (田植機)	除草剤散布 (ドローン)	肥料散布 (ドローン)	刈取り (コンバイン)
地域 a	3月11日～ 4月17日	5月6日～ 5月16日	5月13日～ 5月23日	5月23日～ 5月28日	6月3日～ 7月19日	9月13日～ 9月23日
地域 b	3月16日～ 4月22日	5月11日～ 5月21日	5月18日～ 5月28日	5月28日～ 6月4日	6月8日～ 7月24日	9月18日～ 9月28日
地域 c	3月21日～ 4月27日	5月16日～ 5月26日	5月23日～ 6月2日	6月4日～ 6月9日	6月13日～ 7月31日	9月23日～ 10月3日
地域 d	3月26日～ 5月2日	5月21日～ 5月31日	5月28日～ 6月7日	6月9日～ 6月14日	6月18日～ 8月5日	9月28日～ 10月8日
地域 e	3月31日～ 5月7日	5月26日～ 6月5日	6月2日～ 6月12日	6月14日～ 6月19日	6月23日～ 8月10日	10月3日～ 10月13日
地域 f	4月5日～ 5月12日	5月31日～ 6月10日	6月7日～ 6月17日	6月19日～ 6月24日	6月28日～ 8月15日	10月8日～ 10月18日

30

40

50

【 図 3 4 】

農業機械C				
農業機械B				
農業機械A				
日	時間	圃場	作業	インブルメント
2021/4/22	8:00~11:00	圃場#1	耕耘	インブルメントA
2021/4/22	12:00~14:00	圃場#2	耕耘	インブルメントA
2021/4/22	15:00~18:00	圃場#3	耕耘	インブルメントA
2021/4/23	8:00~11:00	圃場#4	耕耘	インブルメントA
2021/4/23	12:00~14:00	圃場#5	耕耘	インブルメントA
2021/4/23	15:00~18:00	圃場#6	耕耘	インブルメントA
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

【 図 3 5 】

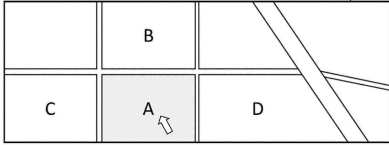
760

作業計画 ○○農園

希望期間 2021年4月20日~2021年4月30日 761

作業時間 12:00 ~ 17:00 772

作付品種 こしいぶき 773 764



作業 耕耘 765

機械 NW4511 768

肥料 こしいぶき用肥料 769

散布量 10aあたり 20 kg 770

登録

10

20

【 図 3 6 】



30

40

50

フロントページの続き

- 弁理士 北 倫子
- (72)発明者 久保田 祐樹
大阪府堺市堺区匠町1番地11 株式会社クボタ グローバル技術研究所内
- (72)発明者 反甫 透
大阪府堺市堺区匠町1番地11 株式会社クボタ グローバル技術研究所内
- (72)発明者 大久保 樹
大阪府堺市堺区匠町1番地11 株式会社クボタ グローバル技術研究所内
- (72)発明者 太田 一輝
大阪府堺市堺区匠町1番地11 株式会社クボタ グローバル技術研究所内
- 審査官 上野 博史
- (56)参考文献 特開2017-068869(JP,A)
特開平11-299351(JP,A)
特開2019-128660(JP,A)
特開2018-005467(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01C 21/34
G05D 1/43
G05D 1/644
A01B 69/00
G06Q 50/02