(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 1 月 21 日(21.01.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/009688 A1

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

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/061542

(22) 国際出願日: 2015 年 4 月 15 日(15.04.2015)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2014-146163 2014 年 7 月 16 日(16.07.2014) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社リコー(RICOH COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒1438555 東京都大田区中馬込一丁目３番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(71) 出願人 (米国についてのみ): 松村 昌平(MATSUMURA, Shohei) [JP/JP]; 〒1438555 東京都大田区中馬込一丁目３番６号 株式会社リコー内 Tokyo (JP). 冨井 靖浩(TOMII, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒1438555 東京都大田区中馬込一丁目３番６号 株式会社リコー内 Tokyo (JP). 野口 貴史(NOGUCHI, Takashi) [JP/JP]; 〒1438555 東京都大田区中馬込一丁目３番６号 株式会社リコー内 Tokyo (JP). 増田 憲介(MASUDA, Kensuke) [JP/JP]; 〒1438555 東京都大田区中馬込一丁目３番６号 株式会社リコー内 Tokyo (JP). 押切 幸治(OSHIKIRI, Kohji) [JP/JP]; 〒1438555 東京都大田区中馬込一丁目３番６号 株式会社リコー内 Tokyo (JP). 傳田 壮志(DENDA, Takeshi) [JP/JP]; 〒1438555 東京都大田区中馬込一丁目３番６号 株式会社リコー内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITOH, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ (明治安田生命ビル) １６階 Tokyo (JP).

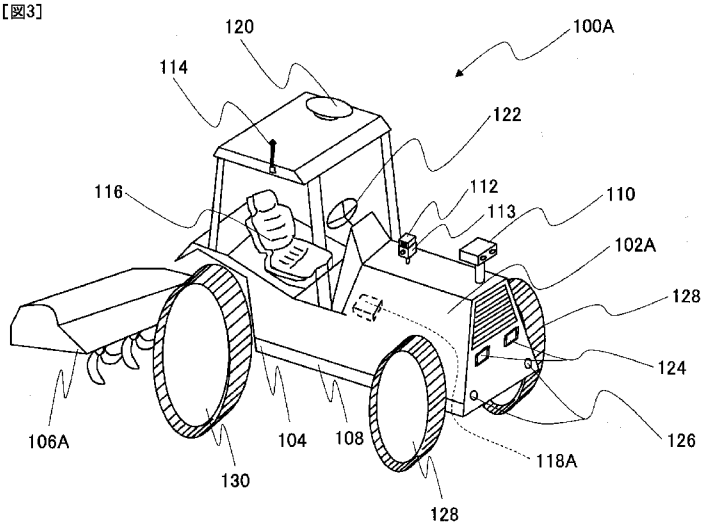
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) **Title**: SYSTEM, MACHINE, CONTROL METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称 : システム、機械、制御方法、プログラム

[図3]



(57) **Abstract**: The present invention comprises: first operating devices (104 and 106A) which perform operations with respect to a first target; at least one sensor (110, 112 and 113) which acquire analogue information from the first target; and a control device which identifies the first target on the basis of at least one type of first digital information, from a plurality of types of digital information relating to the first target, acquired from the analogue information acquired by the sensors, and which controls the operations performed by the first operating devices with respect to the identified first target, on the basis of at least one type of second digital information which differs from the first digital information.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/009688 A1

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

本発明は、第一の対象に対する動作を行う第一の動作装置（１０４，１０６Ａ）と、前記第一の対象からアナログ情報を取得する少なくとも一つのセンサ（１１０，１１２、１１３）と、該センサにより取得したアナログ情報から取得される前記第一の対象に関する複数種類のデジタル情報のうち、少なくとも一種類の第一のデジタル情報に基づいて前記第一の対象を特定し、前記第一のデジタル情報とは異なる少なくとも一種類の第二のデジタル情報に基づいて前記特定した第一の対象に対する前記第一の動作装置による動作を制御する制御装置と、を備えている。

明　細　書

発明の名称 ： システム、機械、制御方法、プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、システム、機械、制御方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 機械を使って移動と作業を自動的に行う技術が知られている。たとえば、特許文献１では、光源と検出器を有する反射ベース・センサーの農作物検知ヘッド（Ｃｒｏｐ　ｓｅｎｓｉｎｇ　ｈｅａｄ）を車両に連結し、この車両を使って農作物検知ヘッドを農作物付近に通過させることで農作物の農作物データを収集する。この農作物データに基づいて農作物が必要とする物質（たとえば、肥料、種、栄養物、水、化学薬品など）の量を求めて、車両につながった散布器からの物質散布量を調整する。物質散布量の調整は、車両の速度を変えることにより行い、散布量を増加させたい場合には車両速度を減速し、散布量を減少させたい場合には車両速度を速める。この速度の調整は自動的に行われる。

[0003] しかしながら、この技術では、最初に田畑内のすべての区画に対して農作物ヘッドを連結した車両で走査し、その後に散布器を連結した車両の動きを自動制御しながら農作物に物質を散布するという動作をしなければならず、物質散布という作業を行うために車両は少なくとも二度圃場内を走行しなければならない。また、物質の散布量は車両の速度を変えることにより行うので、個々の農作物の状況に応じた精密な物質散布が難しい。このように、たとえば全体的な作業時間の短縮や個別の対象ごとに正確な情報に基づく精密な物質の供給というようにさらなる効率化を図る余地があると考えられる。そして、そのような移動や作業などの効率化を通じてシステム全体としての効率をさらにあげたい場合には、さらなる創意工夫が必要となる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表２０１０－５１７５６７号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明は、上記課題に鑑み、システム全体の効率化をはかることができる装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のシステムは、第一の対象に対する動作を行う第一の動作装置と、前記第一の対象からアナログ情報を取得する少なくとも一つのセンサと、該センサにより取得したアナログ情報から取得される前記第一の対象に関する複数種類のデジタル情報のうち、少なくとも一種類の第一のデジタル情報に基づいて前記第一の対象を特定し、前記第一のデジタル情報とは異なる少なくとも一種類の第二のデジタル情報に基づいて前記特定した第一の対象に対する前記第一の動作装置による動作を制御する制御装置と、を備えている。

発明の効果

[0007] 本発明によればシステム全体の効率化をはかることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]発明の一実施形態における圃場（農作業地）のシステム構成を模式的に示す図である。

[図2]発明の一実施形態における全体的な制御を司るサーバー装置を含む情報通信システム構成を模式的に示す図である。

[図3]発明の一実施形態における機械の一例である農業機械を示す図である。

[図4]発明の一実施形態における機械の一例である農業機械の他の例を示す図である。

[図5]発明の一実施形態における機械を移動させるための伝動装置の一例を示す図である。

[図6]発明の一実施形態における機械を移動させるための伝動装置の他の例を示す図である。

[図7]発明の一実施形態におけるセンサ装置の一種であるステレオカメラ装置の外観を示す図である。

[図8]発明の一実施形態におけるステレオカメラ装置の構成を示す図である。

[図9]発明の一実施形態におけるステレオカメラ装置に搭載されるＦＰＧＡの機能を機能ブロック図で示したものである。

[図10]発明の一実施形態におけるステレオカメラ装置で測距を行うための原理を説明する模式図である。

[図11A]発明の一実施形態における基準画像である。

[図11B]発明の一実施形態における比較対象として、図１１Ａの基準画像に対するエッジ検出法による視差画像である。

[図11C]発明の一実施形態における、図１１Ａの基準画像に対するＳＧＭ法による視差画像を示す概念図である。

[図12A]発明の一実施形態におけるステレオカメラ装置が撮像した基準画像における基準画素を示す概念図である。

[図12B]発明の一実施形態におけるステレオカメラ装置により、基準画像のある領域（所定の基準画素）に対する比較画像の指定範囲におけるコスト（一致度または非類似度、類似度）を検出する過程を説明する図である。

[図13]発明の一実施形態におけるステレオカメラ装置で取得したずれ量とコスト値との関係を示す図である。

[図14]発明の一実施形態におけるステレオカメラ装置でコストを合成する過程を模式的に表現した図である。

[図15]発明の一実施形態におけるステレオカメラ装置でずれ量と合成したコスト値との関係を示す図である。

[図16]発明の一実施形態におけるレーザレーダ装置の構成を示す図である。

[図17]発明の一実施形態におけるマルチスペクトルカメラ装置（測色カメラ装置）の外観を示す図である。

[図18]発明の一実施形態におけるマルチスペクトルカメラ装置（測色カメラ装置）の構成を示す図である。

[図19]発明の一実施形態におけるマルチスペクトルカメラ装置に搭載可能なフィルタと絞りを示す図である。

[図20]発明の一実施形態におけるマルチスペクトルカメラ装置の撮像画像を示す図である。

[図21]発明の一実施形態におけるマルチスペクトルカメラ装置の撮像画像におけるマクロピクセルの拡大図である。

[図22]発明の一実施形態におけるマルチスペクトルカメラ装置で測定できる波長と分光反射率の関係を示す図である。

[図23A]発明の一実施形態におけるマルチスペクトルカメラ装置に搭載可能な他のフィルタと絞りの例である。

[図23B]発明の一実施形態におけるマルチスペクトルカメラ装置に搭載可能な他のフィルタと絞りの例である。

[図24]植物の葉に対する典型的な分光反射スペクトルを示す図である。

[図25]発明の一実施形態におけるマルチスペクトルカメラ装置を利用したモニタリング装置の一例を示す図である。

[図26]発明の一実施形態における全天球カメラ装置を利用したモニタリング装置の一例を示す図である。

[図27]発明の一実施形態における全天球カメラ装置の外観を示す図である。

[図28]発明の一実施形態における全天球カメラ装置の光学系を示す図である。

[図29]発明の一実施形態における全天球カメラ装置の構成を示す図である。

[図30A]発明の一実施形態における全天球カメラ装置で撮影された半球画像（後側）を説明するための図である。

[図30B]発明の一実施形態における全天球カメラ装置で撮影された半球画像（後側）を説明するための図である。

[図30C]発明の一実施形態における全天球カメラ装置で撮影された画像が正距円筒図法により表された正距円筒画像を説明するための図である。

[図31]発明の一実施形態における全天球カメラ装置を利用したモニタリング

装置の他の例を示す図である。

[図32]発明の一実施形態におけるシステムで自動制御を行うための初期設定の処理を説明するフローチャートである。

[図33]発明の一実施形態におけるシステムで自動制御を行うための初期設定の続きの処理を説明するフローチャートである。

[図34]発明の一実施形態におけるシステムの自動制御による農業機械の移動および作業の全体的な処理を説明するフローチャートである。

[図35A]発明の一実施形態におけるシステムの図３４に示すフローチャートのＳ１６２、Ｓ１７０、Ｓ１８０の工程を詳細に説明するフローチャートである。

[図35B]図３５ＡのＳ２０２の工程においてステレオカメラ装置で撮像した画像のうちの基準画像を示す。

[図36]図３５に示すフローチャートの続きの処理を説明するフローチャートである。

[図37A]発明の一実施形態におけるシステムの図３５に示すフローチャートのＳ２２４の工程が単なる移動の場合の処理を詳細に説明するフローチャートである。

[図37B]発明の一実施形態におけるシステムの図３５に示すフローチャートのＳ２２４の工程が連続的な作業を伴う場合の処理を詳細に説明するフローチャートである。

[図38]発明の一実施形態における連続的な作業を行う機械の一例として圃場の均平化を行うための農業機械を示す図である。

[図39]発明の一実施形態における農業機械による均平化作業の様子を示す模式図である。

[図40]発明の一実施形態における均平化作業を行う農業機械が行う図３７Ｂに示すフローチャートのＳ２６２の工程を詳細に説明するフローチャートである。

[図41A]発明の一実施形態における均平化作業を行う農業機械によるレーザ照

射を行うレーザレーダ装置の回転とレーザ受光装置の位置との関係を上方から観察した模式図である。

[図41B]発明の一実施形態における均平化作業を行う農業機械によるレーザ照射を行うレーザレーダ装置の回転とレーザ受光装置の位置との関係を上方から観察した模式図である。

[図41C]発明の一実施形態における均平化作業を行う農業機械によるレーザ照射を行うレーザレーダ装置の回転とレーザ受光装置の位置との関係を上方から観察した模式図である。

[図42]発明の一実施形態における農業機械による均平化作業の他の例の様子を示す模式図である。

[図43]本発明の一実施形態において、作業が必要な箇所を特定し、農業機械を用いてその箇所に作業をさせるためのシステム構成の一部を示す模式図である。

[図44]本発明の一実施形態における農業機械を用いて作業（施肥）を行う様子を示す図である。

[図45A]本発明の一実施形態における農業機械で用いられる作業装置としての施肥装置を説明する図である。

[図45B]本発明の一実施形態における施肥機の断面図である。

[図46]本発明の一実施形態におけるモニタリング装置からの情報に基づいて作業を行う箇所を特定するためのサーバー装置の処理に関するフローチャートである。

[図47]本発明の一実施形態における農業機械で対象ごとに作業の必要性を判断してから作業を行う場合の図３５のフローチャートのＳ２２４の工程の詳細なフローチャートを示す図である。

[図48]本発明の一実施形態における電気駆動の農業機械が充電のため作業を中断する場合の動作を示す図である。

[図49]本発明の一実施形態における農業機械が燃料や作業リソースの残量が少なくなるなどによって当初予定していた動作を実行することができなくな

る場合に実行する動作に関するフローチャートを示す図である。

[図50A]本発明の一実施形態における作業中断位置において中断位置に正確に位置するための位置合わせのために用いられる対象との距離測定の様子を模式的に示す図である。

[図50B]本発明の一実施形態における作業中断位置において中断位置に正確に位置するための位置合わせのために用いられる対象との距離測定の様子を模式的に示す図である。

[図51]本発明の一実施形態における電気駆動の農業機械が非接触型充電装置を使って充電を行った直後の様子を示す図である。

[図52]本発明の一実施形態におけるシステムによって、害獣といった異常を検知し、害獣を追い出す様子を示す図である。

[図53]本発明の一実施形態におけるシステムにおいて、図５２に示す様子を上方から模式的に示した図である。

[図54]本発明の一実施形態におけるシステムで異常が発生した場合になされる処理のフローチャートである。

[図55]本発明の一実施形態における図５４に示すフローチャートの続きの処理を示すフローチャートである。

[図56]本発明の一実施形態における農業機械が検出した異常（害獣）の画像とその画像に重畳して表示される距離や大きさの情報の一例を示す図である。

[図57]本発明の一実施形態における農業機械の他の例として移動式のスプリンクラーによる移動と作業（散水）の様子を示す図である。

[図58]本発明の一実施形態における農業機械の他の例としてクアッドコプターによる移動（飛行）と作業（散布）を示す図である。

[図59]本発明の一実施形態における情報通信システムの他の例を示す図である。

[図60]本発明の他の実施形態として農業機械に換えて建築作業機を移動機械（作業機械）とした例を示す図である。

符号の説明

[0009] １００　　農業機械

１００Ａ、１００Ｃ　　トラクター

１１０　　ステレオカメラ装置

１１２　１１２－２　　レーザレーダ装置

１１３　　マルチスペクトルカメラ装置

３１０　　コスト算出部

３２０　　コスト合成部

３３０　　視差値導出部

３５０、３６０　　農作物

５００、５５５　　圃場モニタリング装置

５０１　　全天球カメラ装置

５５０　　状態モニタリング装置

７０４　　サーバー

７０５　　映像サーバー

７０６、７０８　　データベース

７０７　　操作管理用サーバー

７１０、７１２　　ユーザ端末

８５０　　スプリンクラー

１１００　ヘリコプター

１５００　全体システム

１５０１　システム

１５０２　情報通信システム

発明を実施するための最良の形態

[0010] 以下、図１から図６０を用いて、本発明の実施形態について説明する。本実施の形態は、移動しながら作業を行ったり、移動した後に作業を行ったりする農業機械や建設機械等の走行機械、飛行機械、船舶、潜水機械、ロボット等の移動体自体と、それらの移動体に対して直接または間接的に制御を行

い、所望の作業を実行するためのシステムについての一例を示すものである。本実施形態は上記のとおりさまざまな移動体に適用できるが、ここでは移動と作業の内容が直感的に分かりやすい農業機械を対象として基本的な構成や動作の説明を行う。

[0011] 〔全体システムの概要〕

＜圃場におけるシステム構成＞

圃場における農作業において、トラクターなどの農業機械の移動および農業機械を使った作業の効率化を図ることが課題となっており、可能な限り人の手を使わずに自動制御でそれらを行うことが望まれている。図１に本実施形態が適用される圃場におけるシステム１５０１の構成を示す。本実施形態の全体システム１５００は、図１のシステム１５０１と図２の情報通信システム１５０２の全体である。以下では、全体システム１５００について述べた場合でも、システム１５０１、又は、情報通信システム１５０２の説明の場合があるし、システム１５０１、又は、情報通信システム１５０２について述べた場合でも、全体システム１５００の説明の場合がある。

[0012] 図１における圃場には、農業機械１００としてのトラクター、農作物３５０、全天球カメラを用いた圃場モニタリング装置５００、マルチスペクトルカメラ（または測色カメラ）を用いた状態モニタリング装置５５０、圃場の整地（均平化）作業を行うためのレーザ受光位置フィードバック装置（レーザ受光装置）６１０等が存在する。それぞれの機械、装置の構成や動作は、後ほど詳細に説明が行われる。

[0013] 図中の破線は、無線通信による情報の送受信を示しており、農業機械１００、圃場モニタリング装置５００、状態モニタリング装置５５０などは無線通信ネットワークを構築する。この無線通信は、図２で示す情報通信システム１５０２の無線アクセスポイント７００に接続される。このように農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、状態モニタリング装置５５０などと情報通信システム１５０２は連携して動作を行うことにより、手動による操作は初期設定など最小限にとどめ、あとは自動制御による農業機械１００

の移動や作業を行うことができる。これによって、作業の効率化を実現することができる。これらの無線通信を使った情報通信システム１５０２の動作は、後ほど詳細に説明される。

[0014] なお、図１の圃場は屋外の圃場を示しているが、これに限られず、ビニールハウスによる温室栽培やその他室内で農作物を生産する場合も本実施形態に含まれる。

[0015] この圃場におけるシステム１５０１と次に説明する情報通信システム１５０２とによって本実施形態における全体システム１５００が構築される。全体システム１５００は、これらの機械や装置を使って手動操作をできるだけ省いた効率的な農作業を行う。

[0016] なお、図面の符号（図面内の番号）の後ろにつけられるアルファベットＡ、Ｂ、Ｃなどはその符号で示される装置や機械、部品等において、基本的な機能は同じであるが、異なる機能を有する場合に、それらを区別するためにつけられる。実施形態の説明において、これらの区別が不要な場合は、アルファベットは省略して説明を行う。この場合、アルファベットを有するすべての機械や装置がその説明の対象となる。

[0017] また、符号の後ろにハイフンと数字で示すものは、基本的に符号のみのものと同一または類似する機能を果たすが、構成が異なることを示す。今後の説明において、意識して区別していない場合は、符号の後ろのハイフンと数字は省略して説明を行う。この場合、符号のみのものと符号の後ろにハイフンと数字を有するすべての機械や装置がその説明の対象となる。

[0018] さらに、以後の説明で「ユーザ端末７１０、７１２」のように符号間に読点つけて連続で表現する場合には、基本的に「ある符合または／および別の符号」または「すべての符号のうち少なくとも一つ」という意味である。上記の例だと、「ユーザ端末７１０または／および７１２」または「ユーザ端末７１０と７１２のうち少なくとも一つ」である。

[0019] ＜情報通信システム構成＞

図２は、本実施形態が適用される情報通信システムの構成を示す。本情報

通信システム１５０２は、無線アクセスポイント７００、インターネット７０２、サーバー７０４、データベース７０６、データベース７０８、ユーザ端末７１０、ユーザ端末７１２を含んでいる。

[0020] 無線アクセスポイント７００、サーバー７０４、データベース７０６、７０８は、有線によってインターネット７０２に接続されているが、これに限られず無線接続でもよい。また、ユーザ端末７１０、７１２は、有線または無線によりインターネット７０２に直接接続されてもよいし、無線アクセスポイント７００やその他の中継器を介して接続されていてもよい。

[0021] 無線アクセスポイント７００は、圃場における機械や装置との情報通信を行うため、屋外用遠距離無線ＬＡＮアクセスポイントであり、指向性アンテナ７０１を備えている。特定の方向から情報が通信されない場合には指向性アンテナ７０１には無指向性アンテナが使用されてもよい。また、無線アクセスポイント７００は、ルータータイプであって、ルーティング機能やネットワークアドレス変換（Ｎｅｔｗｏｒｋ　Ａｄｄｒｅｓｓ　Ｔｒａｎｓｌａｔｉｏｎ：ＮＡＴ）機能を有する。ルーティング機能により、ＴＣＰ／ＩＰネットワークにおいて、目的ホストまでのパケット送信時に、最適な経路を選択して送信することができる。また、ＮＡＴ機能により、２つのＴＣＰ／ＩＰネットワークの境界にあるルータやゲートウェイが、双方のＩＰアドレスを自動的に変換してデータを転送することができる。これらの機能によって、サーバー７０４などとの間で効率的な情報通信を行うことができる。

[0022] 無線規格は、標準規格であるＩＥＥＥ８０２．１１シリーズに準拠しているものを使用するが、それに限られない。たとえば、移動体通信システムで使用される、Ｗ－ＣＤＭＡ（ＵＭＴＳ）方式やＣＤＭＡ２０００　１Ｘ方式、Ｌｏｎｇ　Ｔｅｒｍ　Ｅｖｏｌｕｔｉｏｎ（ＬＴＥ）方式などであってもよい。

[0023] サーバー７０４は、ＣＰＵ７０４１、ＲＯＭ７０４２、ＲＡＭ７０４３、ソリッドステートドライブ（Ｓｏｌｉｄ　Ｓｔａｔｅ　Ｄｒｉｖｅ：ＳＳＤ）７０４４、インターフェース（Ｉ／Ｆ）７０４５を含む。なお、ＳＳＤ７

０４４に加えて、またはＳＳＤ７０４４に代えてハードディスクを備えていてもよい。ＣＰＵ７０４１は、サーバー７０４においてプログラムを実行する主体である。ＲＯＭ７０４２には、電源投入直後にＣＰＵ７０４１が処理すべき内容や最小限必要な命令群が記録されている。ＲＡＭ７０４３は、ＣＰＵ７０４１が処理するデータの一時保管のためのメモリである。このサーバー７０４は、農業機械１００や各種の圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０の制御を行う制御装置として機能する。

[0024] サーバー７０４は、無線アクセスポイント７００を介して、図１に示す圃場の農業機械１００、圃場モニタリング装置５００、状態モニタリング装置５５０などと情報通信を行う。また、サーバー７０４は、データベース７０６、７０８、ユーザ端末７１０、７１２とも情報通信を行う。このサーバー７０４が実行する動作については後述する。サーバー７０４が実行する動作は、ＳＳＤ７０４４に格納されたプログラムがＣＰＵ７０４１によってＲＡＭに読み出され、ＲＡＭに読み出されたデータに基づいてＣＰＵ７０４１により実行される。なお、ＳＳＤ７０４４に格納されたプログラムは、更新可能となっている。また、プログラムは、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－ＲＯＭ、ＳＤカード、ＵＳＢメモリなどの携帯可能な記録媒体に格納されていてもよく、その場合、それらの媒体からサーバー７０４が読み出してプログラムが実行される。また、サーバー７０４はインターフェースを介してインターネット７０２に接続される。

[0025] ここで、全体システム１５００は無線通信により情報のやりとりが行われるため、その情報を正確に送受するとともに、その送受信される情報に対するセキュリティを確保しなければならないという課題がある。このため、サーバー７０４は、農業機械１００やユーザ端末７１０、７１２等から取得した位置情報から、その農業機械１００やユーザ端末７１０、７１２等が圃場や情報通信関連施設など特定の領域内に位置するか否かを判断する。特定の領域に位置する場合には、その農業機械１００やユーザ端末７１０、７１２等と認証処理を行い、認証に成功した場合にだけ、本実施形態の全体システ

ム１５００を適用する。すなわち、全体システム１５００で通信される情報は暗号化されており、認証が成功した場合にだけ、復号のための鍵が付与され、意味のある情報通信が可能となる。一方、認証に失敗した場合には、情報の復号化ができないため、意味のある情報通信が行えず、全体システム１５００が利用できなくなる。このようにして、全体システム１５００の安全性を高めている。また、仮に農業機械１００が盗難にあった場合であっても、認証ができない場合には、その農業機械１００の使用ができないようにすれば、盗難防止に役立つ。なお、情報通信システム１５０２を利用するための機器が特定の領域内に位置するか否かを問わず、認証処理を行うものであってもよい。認証は本実施形態のように使用者のユーザＩＤ入力やパスワード入力によって行われてもよいし、農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、状態モニタリング装置５５０などの場合にはその機械や装置が有する固有ＩＤを使って行ってもよい。また、安全性を考慮しない場合には、認証や暗号化、復号化の処理は不要である。

[0026] また、全体システム１５００又はその一部を利用者（ユーザー）に提供する場合に、全体システム１５００の利用について正確かつ容易に把握し、効率的に利用者に全体システム１５００の利用料等を請求できるようにすることが望まれる。このため、サーバー７０４は、後述の課金処理（請求書発行）も行う。このようにサーバー７０４では多くの処理を行うため、ハイパフォーマンスでロバストなコンピュータが使用される。ただし、これまで説明した、または今後説明するサーバー７０４で行う処理を複数のサーバー（コンピュータ）が分担して行ってもよい。たとえば、全体システム１５００の管理用のサーバー、認識・分析用サーバー、課金管理用サーバーなどに分けて処理を行うこともできる。

[0027] またさらに、全体システム１５００のようにシステムは複数の構成要素が連動して動作することにより成り立つため、システム内における構成要素の障害に対して素早く対処することが課題となる。この課題に対応するため、サーバー７０４は、農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、５５５

、状態モニタリング装置５５０に故障等の障害が発生しないか監視する。障害を検知した場合には、サーバー７０４は、情報通信システム１５０２を含む全体システム１５００の提供者又は全体システム１５００によるサービス提供者およびユーザ端末７１０、７１２に自動的に通知するようになっている。なお、農業機械１００等が故障等の障害を検知した場合に、サーバー７０４からのクエリーを待たずにサーバー７０４に通知してもよい。このように、全体システム１５００は障害対応を行えるので、システム内で不具合が生じた場合にサービス提供者等は早急に事態を把握でき、対応を行うことができる。

[0028] 全体システム１５００では、自動走行のために進行方向にある障害物や作業の対象である農作物の認識を正確に行うことが課題の一つとなっている。そこで、この認識処理を正確に、迅速に行うためにデータベース７０６は、各種のデータを保管する。サーバー７０４は、このデータベース７０６に保管されているデータを使って、後述の認識処理を行う。データベース７０６に格納されるデータは、主として、画像データ（認識処理に使う標準パターンなど）とその画像データの属性や種類およびその種類に対応する農業機械１００の対応を示す情報である。画像データと属性や種類を示すデータ等は関連付けられた状態で保管される。なお、データベース７０６は、インターネット７０２を介して情報を提供するコンテンツデータを格納するものであってもよい。この場合も画像データとその属性や種類を示すデータ等は関連づけられている。このようなデータを蓄積すればするほど精度の高い認識処理を行うことができるようになる。

[0029] 上記の認識処理に加え、圃場における作業情報や作業対象である農作物の状態などを蓄積し、上記の課金処理や将来の作業を効率的に行えるようにすることも重要である。このため、データベース７０８は、主として農業機械１００、圃場モニタリング装置５００、状態モニタリング装置５５０など圃場から送信される情報を格納するための保管場所である。たとえば、作業の開始時間、中断時間、終了時間や、作業が必要な場所の情報、肥料を与えた

場所などの作業位置および年月日時間、後述の正規化植生指数ＮＤＶＩ、害虫情報などである。このような情報をデータベース化して蓄積し、蓄積したデータを分析し、活用することで、将来の営農の効率化を図ることができる。すなわち、サーバー７０４等が蓄積した情報を分析して、農作物の育成状況や出荷時期などに特定の傾向を導出し、その傾向に基づいて、たとえば、肥料をどの程度施せば、狙っている品質の農作物や所望の時期に農作物を得ることができるか等を割り出すことができる。とくに正規化植生指数ＮＤＶＩの値によって収穫時期を予期できるようになるので、圃場で育成される農作物から多くの情報を蓄積することが望ましい。

[0030] またさらに、作物の販売価格は需要と供給の関係により決定されるため、需要が高いタイミングでその作物を出荷することが望まれる。そこでデータベース７０８は市場からの出荷情報や在庫情報も記憶する。たとえば、出荷される農作物（の包装）に対して無線タグやバーコードなどの識別可能な情報を付与する。出荷から市場に出回るまで移動や保管を行うタイミングで識別情報から作物の種類を取得し、逐次データベース７０８に識別された情報や識別場所、識別時間などの情報を保管する。なお、識別された情報の取得は、無線タグ読み取り装置やバーコードリーダーなどを有するシステムにおいてなされ、識別時間情報や識別場所情報等農作物の追跡に必要な情報とともにインターネット７０２を経由してデータベース７０８に保管される。これにより本実施形態におけるユーザ（ユーザ端末７１０、７１２を使用）やサーバー７０４は農作物の移動を追跡することができ、農作物の需要の状況を判断できる。すなわち、消費者が好む農作物は在庫が少ない、あるいは移動が早いので、サーバー７０４は（あるいはユーザがユーザ端末７１０、７１２を介して）データベース７０８に保管された情報を分析し、そのような農作物を特定できる。そして、サーバー７０４は、このような消費者が好む農作物については早く出荷できるように、農業機械１００などを制御してその農作物に肥料や水遣り、二酸化炭素の供給を行うなどして植物の生長を促進し、早期に収穫を行うことが可能となる。

[0031] また、作業対象である農作物の収穫時期や収穫量を予測できるとシステム利用者（ユーザー）により大きな価値を提供できることになる。これを実現するため、サーバー７０４は、ユーザ端末７１０、７１２からの指示に応じて、後述する正規化植生指数ＮＤＶＩや水ストレスの度合いや散水や施肥の程度、日照時間、気温、湿度などの作物が実際に育成された条件（育成条件）とそれらの条件下での植物の育成度合い、収穫時期、収穫量などを使って多変量解析、分析を行うことができる。これらのデータが蓄積されればされるほど、高精度のアウトプット（収穫時期や収穫量）予測を行うことができる。なお、上記の育成条件は、圃場にある農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０、インターネットを介して提供される環境に関するコンテンツ情報（天候情報など）、及び、ユーザによる入力などのいずれかまたはそれらの組み合わせによって、サーバー７０４が取得することになる。なお、予測されたアウトプットは、ユーザ端末７１０、７１２に送信され、表示が行われる。また、このアウトプットの予測情報はインターネットなどの電気通信回線を通して、またはその予測情報を記録した記録媒体の提供を通じて他のユーザや顧客に対して独立して販売することができる情報財（Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｇｏｏｄｓ）でもある。

[0032] なお、データベース７０６、７０８は、サーバー７０４と別の構成として説明したが、データベース７０６、７０８の少なくとも一つをサーバー７０４内に存在させてもよい。この場合、ＳＳＤの領域を分割して、それぞれのデータベースを構成するようにしてもよい。またはデータベース７０６、データベース７０８の少なくとも一つを、インターネット７０２を介さずにサーバー７０４に有線または無線で接続してもよい。このようにすることで、インターネットを介しての通信を行わなくて良いので、データベースにアクセスする必要がある処理の迅速化を図ることができる。

[0033] ユーザ端末７１０は、タブレットタイプのコンピュータである。また、ユーザ端末７１２は、スマートフォン等のように使用する場所を選ばないモバ

イルタイプのコンピュータである。これらの端末は、４つの衛星からＧｌｏｂａｌ　Ｐｏｓｉｔｉｏｎｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ（ＧＰＳ）信号を受信して現在位置を特定する機能を有する。なお、圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０等の絶対位置が分かっている場合には、それらの装置３つ以上から信号を受信し、それらの信号の減衰や受信の遅延から現在位置を特定してもよい。

[0034] なお、ユーザ端末７１０や７１２は、タブレットタイプのコンピュータやモバイルタイプのコンピュータに限られず、デスクトップタイプのコンピュータや何かに組み込まれた組み込み式のコンピュータ、あるいは腕時計や眼鏡などウェアラブルタイプのコンピュータであってもよい。

[0035] これらのユーザ端末７１０、７１２から圃場の農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０などにサーバー７０４を介して指示を送ることができる。たとえば、農業機械１００への作業開始命令などの送信である。また、ユーザ端末７１０や７１２は、圃場の農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、状態モニタリング装置５５０からの通知や情報を、サーバー７０４経由で取得することができる。たとえば、ユーザ端末７１０、７１２では、農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、状態モニタリング装置５５０で取得した画像を表示することができる。サーバー７０４はこれらユーザ端末７１０、７１２と農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、状態モニタリング装置５５０との間での情報のやり取りをモニタリングし、それらをデータベース７０６やデータベース７０８に記録する。なお、サーバー７０４でのモニタリングを行わない場合には、ユーザ端末７１０、７１２は、サーバー７０４を介さずに直接農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０と情報通信を行うことができる。

[0036] なお、本実施形態の情報通信システム１５０２はインターネット７０２経由で情報のやりとりを行う、いわゆるクラウドタイプのシステムであるが、これに限られず、たとえば、ユーザの施設内などに専用通信網を構築し、そ

の専用通信網だけ、あるいはその専用通信網とインターネットの組み合わせにより情報のやりとりをおこなうものであってもよい。これにより、高速な情報伝達を行うことが可能となる。また、サーバー７０４の機能やそれが行う処理を農業機械１００が備えていてもよい。これによって更に農業機械１００による作業などの処理速度を速めることができる。

[0037] なお、本実施形態の全体システム１５００は図１に示すような圃場におけるシステム１５０１と図２に示すような情報通信システム１５０２で構成されるが、上述の情報通信システム１５０２におけるサーバー７０４やデータベース７０６、７０８を圃場のシステム１５０１における農業機械１００や圃場モニタリング装置５００などに組み込むこともできる。

〔農業機械、装置の説明〕

続いて図３から図３１を使って、本実施形態における農業機械、農業機械等に備え付けられる各種センサ装置、圃場に設置される装置について説明する。

[0038] ＜農業機械＞

全体システム１５００の構成要素の一つである農業機械は、効率的な作業を実現するために、サーバー７０４からの指示に基づいて自動で走行し、自動で作業対象である農作物（第一の対象の一例である）や土壌（第二の対象の一例である）などに対して作業を行うことができるものである。図３は主として農業機械１００Ａの外観を示す図である。なお、他の図面において同じ符号がつけられているときには、同様の機能を発揮するので説明を省略する場合がある。

[0039] この農業機械１００Ａはトラクターを示すが、本実施形態の農業機械は他の農業機械、たとえば、田植機、コンバイン、バインダ、飼料作物用機械、ロボット農薬散布機、移動式スプリンクラー、成果物収穫用ロボット、農作業用飛行物体など移動しながら作業を行う機械であってもよい。

[0040] 農業機械１００Ａは、原動機１０２Ａ、伝動装置１０４、作業装置１０６Ａ、支持装置１０８、ステレオカメラ装置１１０、レーザレーダ装置１１２

、マルチスペクトルカメラ装置１１３、無線通信用アンテナ１１４、手動操作部１１６、制御装置１１８Ａ、ＧＰＳ用アンテナ１２０、舵取り装置１２２、一対の照明灯１２４、一組の超音波ソナー装置１２６、一組の前輪１２８と後輪１３０を備えている。

[0041] 原動機１０２Ａは、農業機械１００Ａの内側にあり、エンジン（内燃機関）などの原動機またはエネルギーを受け入れる部分を指す。本実施形態においては、内燃機関はディーゼル機関であり、軽油が燃料として用いられるが、これに限られず、ガソリンを燃料とするガソリン機関や重油を燃料とするディーゼル機関であってもよい。手動操作部１１６にあるアクセルペダルの操作や制御装置１１８Ａから制御信号に応じてシリンダ内のピストンの往復運動の速度を変化させる。後述するバッテリ２２４に充電を行うための発電機も備える。なお、電気のみで動く農業機械の場合には、モータが原動機１０２Ａとなる。このモータの回転速度を変化させて農業機械の走行速度を変化させることになる。また、原動機１０２Ａは電気モータと内燃機関を組み合わせたハイブリッドタイプの原動機でもよい。さらに原動機１０２Ａは、水素を燃料とする機関や燃料電池によって動力を生み出す機関などであってもよい。

[0042] 伝動装置１０４は、ベルト、チェーン、歯車など受け入れたエネルギーを伝達したり、変換したりする部分である（伝動装置１０４は動作装置の一例である）。すなわち、原動機１０２Ａの動力発生源（内燃機関やモータ等）で発生させた動力を農業機械１００の各部に伝達する装置である。この伝動装置１０４の詳細は後述する。

[0043] 作業装置１０６は、すきやプラウ、播種機や植え付け装置、施肥装置、二酸化炭素発生装置など、所望の作業や仕事を目的に動作する部分である（例えば作動装置）。１０６Ａは複数の耕うんづめを備えた耕うん用装置を示す。農業機械１００Ａに牽引される作業装置１０６Ａは作業ごとに異なるものとなる。作業装置１０６は動作装置の一例である）

支持装置１０８は、原動機１０２Ａや伝動装置１０４、作業装置１０６Ａ

をそれぞれ適所に保持する部分である。

[0044] ステレオカメラ装置１１０は、２つの光学系と撮像素子を備え、主として測距のためのステレオ画像を取得するための撮像センサ装置である。このステレオカメラ装置１１０は、農業機械１００の進行方向にある障害物や作業対象を検知したり、測定対象までの距離や対象の大きさを検知したりするのに使われる装置であり、農業機械１００Ａの自動走行に大きな役割を果たすものである（距離（視差を含む）や大きさは第二のデジタル情報又は第四のデジタル情報の一例である）。 このステレオカメラ装置１１０は農業機械１００Ａの先頭近傍に、鉛直軸に対して回転可能に設置される。ステレオカメラ装置１１０の回転は手動または制御装置１１８Ａからの制御により行う。先頭付近に設置することで、前方の画像を取得しやすく、測距精度も高められる。なお、設置位置は先頭近傍に限られず、たとえば、無線通信用アンテナ１１４やＧＰＳ用アンテナ１２０が設置されている屋根の上のように農業機械１００Ａの周囲を見渡しやすい箇所に設置してもよい。また、農業機械１００Ａ周辺の状況を正確に把握するため、農業機械１００Ａの前方と後方、または／および側面側など複数設置してもよい。また、本実施形態のように回転は一軸だけの回転に限られず、所望の位置、角度の画像を得ることができるように複数軸に対して回転できるものであってもよい。この場合も手動または制御装置１１８Ａによる制御で回転することができる。このステレオカメラ装置１１０の構成等は後に詳細に説明される。なお、通常の撮像画像よりも高コントラストの撮像画像を得たい場合には、偏光フィルタをステレオカメラ装置１１０の撮像素子（画像センサ１３ａ、１３ｂ）の受光側に設置し、Ｓ偏光、Ｐ偏光それぞれの偏光画像を取得するようにしてもよい。ステレオカメラ装置１１０をこのような偏光ステレオカメラ装置にすれば、圃場の畝や霜など通常のカメラでは判別しにくいものを高いコントラストで検出できるので容易に判別することができるようになる。なお、距離を測定する必要がない場合には、ステレオカメラ装置１１０に代えて撮像素子が一つの偏光カメラ装置を農業機械１００に設置してもよい。

[0045] 本実施形態におけるレーザレーダ装置１１２は、所定波長のレーザを２次元に走査しながら出力し、物体からの反射光から物体までの距離を認識するセンサ装置である。ライダー（LIDAR:Light Detection And Ranging）装置、レーザレンジファインダー装置ともいう。なお、レーザの走査は１次元とすることも可能である。このレーザレーダ装置１１２はマルチスペクトルカメラ装置１１３の上方位置に、鉛直軸に対して回転可能に設置されている。設置場所は、マルチスペクトルカメラ装置１１３の上方に限られない。たとえば、後述の農業機械１００Ｃでは屋根の上に回転可能に設置されている。また、本実施形態のように回転は一軸だけの回転に限られず、所望の位置、角度でレーザの出射、入射を行うことができるように複数軸に対して回転できるものであってもよい。これらの回転動作は手動または制御装置１１８Ａからの制御により行う。このレーザレーダ装置１１２の構成や動作は後に詳細に説明される。 マルチスペクトルカメラ装置１１３は物体からの分光情報を取得する撮像センサ装置であり、農作物生育状況等を取得することができる。このマルチスペクトルカメラ装置１１３は鉛直軸に対して回転可能に設置されており、近傍にレーザレーダ装置１１２を備えている。このように近傍のレーザレーダ装置１１２から所望の波長のレーザ光を出射して、その反射率を撮像画像という面で把握することができるので、農作物の正確な生育状況を観測することができる。また、本実施形態のように回転は一軸だけの回転に限られず、所望の位置、角度の画像を得ることができるように複数軸に対して回転できるものであってもよい。これらの回転動作は手動または制御装置１１８Ａからの制御により行う。なお、レーザレーダ装置１１２のレーザ光の反射を用いて分光情報を得ない場合には、レーザレーダ装置１１２の近傍に設ける必要はない。

[0046] 無線通信用アンテナ１１４は、他の農業機械１００や圃場モニタリング装置５００、状態モニタリング装置５５０、無線アクセスポイント７００などと無線通信で情報を送受信するためのアンテナである。無線信号を受信しやすいよう農業機械１００Ａの屋根に取り付けられている。この無線通信用ア

ンテナ１１４は無線の中継も行うことができる。

[0047] 手動操作部１１６は農業機械１００Ａを手動により操作する部分である。後述の舵取り装置１２２の一部であるステアリングハンドルやアクセルペダル、ブレーキペダル、運転席などを含む。

[0048] 制御装置１１８Ａは、原動機１０２Ａ、伝動装置１０４、作業装置１０６Ａ、ステレオカメラ装置１１０、レーザレーダ装置１１２、無線通信用アンテナ１１４、手動操作部１１６、舵取り装置１２２等と情報のやり取りを行い、農業機械１００Ａの制御を行う。制御装置１１８Ａは、作業装置１０６との情報のやり取りで作業装置１０６Ａを特定することができる。この制御装置１１８Ａは、農業機械１００Ａの内部に設置されている。制御装置１１８Ａは、照明灯１２４や農業機械１００の進行方向の方位などを検知できる地磁気センサ、対象に対して音による威嚇を行う警笛等にも電気的に接続されており、それらの制御を行う。また、制御装置１１８Ａは、無線通信用アンテナ１１４を介してサーバー７０４やユーザ端末７１０、７１２と通信することができる。なお、制御装置１１８Ａは、ＣＰＵやＲＡＭ、ＲＯＭ、メモリ等から構成されており、メモリに格納されたプログラムに基づいてＣＰＵが制御処理を実行する。

[0049] ＧＰＳ用アンテナ１２０は、農業機械１００の絶対位置を認識するために４つの衛星からＧＰＳ信号を受信するためのアンテナである。ＧＰＳ信号を受信しやすいよう農業機械１００Ａの屋根に設置されている。このように農業機械１００Ａは、ＧＰＳ衛星を利用して位置を特定できるので、たとえば、農業機械１００Ａが盗難にあった場合にも、ネットワーク環境が整っていれば、その位置を特定でき、当該農業機械１００Ａを容易に発見することができる。なお、このＧＰＳ用アンテナ１２０は、このＧＰＳ信号に換えて、またはＧＰＳ信号とともに、絶対位置が分かっている圃場モニタリング装置５００や状態モニタリング装置５５０など３つ以上の装置から無線信号を受信するものであってもよい。この場合、その受信信号の減衰、または送信から受信までに要する時間や遅延時間から現在の絶対位置を特定してもよい。

特に圃場が室内の場合などＧＰＳ信号の取得が困難な場合に有効である。

[0050] 舵取り装置１２２は、ステアリングハンドルやステアリングギアボックス、両前輪をつなぐタイロッド、アームなどから構成され、農業機械の旋回を行う装置である。ステアリングハンドルの操作または制御装置１１８からの制御信号に応じて前輪の向きを変更する。

[0051] 照明灯１２４は、夜間照明や対象に対する光による威嚇などのために農業機械１００Ａの前方を明るくするライトである。

[0052] 超音波ソナー装置１２６は、弾性波（音波）を物体にあて、その反射波の検出までの時間を測定することでその物体までの距離を認識するセンサ装置である。主としてステレオカメラ装置１１０が捉えられない死角における障害物などとの距離計測に使われる。超音波ソナー装置１２６が測定する超音波情報は、第二のデジタル情報、第四のデジタル情報の一例である。

[0053] 前輪１２８は、農業機械１００Ａの移動や舵取り装置１２２の操作により農業機械１００Ａの旋回動作を行うためのものである。

[0054] 後輪１３０は、伝動装置１０４において原動機１０２Ａの動力発生源で発生した動力が最終的に伝達される箇所で、これらが回転することで農業機械１００Ａが前後に動くことになる。

[0055] なお、本実施形態における農業機械（トラクター）１００Ａは、農業機械１００Ａの外から情報を取得するためのセンサ装置として、ステレオカメラ装置１１０、レーザレーダ装置１１２、マルチスペクトルカメラ装置１１３、超音波ソナー装置１２６を備えるが、すべて備えていなければならないわけではなく、行いたい作業に応じて使用するセンサ装置を設置すればよい。また、当然、これらのセンサ装置以外のセンサ、たとえば、赤外線センサや温度センサ、湿度センサなどを備えていてもよい。それらのセンサで取得した情報は、サーバー７０４に送信される。サーバー７０４は、データベース７０８にそれらの情報を保管し、収穫時期などの予測に利用する。

[0056] 図４は、他の農業機械１００Ｂを示す。１００Ｂもトラクターである。１００Ａと異なる点は、１００Ｂには手動操作部１１６がない点である。すな

わち、１００Ｂは遠隔操作または自動制御により作業を行う農業機械である。また、この農業機械１００Ｂはステレオカメラ装置１１０が前後左右に設置されており、それらが撮像する画像に基づいても走行や作業が行える。このため、農業機械１００Ａと比較すると、より自動操作や遠隔操作を容易にするものであるといえる。なお、農業機械１００Ｂの前後に設置されたステレオカメラ装置１１０の上方にはひさしを設けており、これによって雨や雪などからステレオカメラ装置１１０を汚れにくくしている。

[0057] 農業機械１００Ｂに内蔵された制御装置１１８Ｂは、農業機械１００Ａにある手動操作部１１６との接続が不要となる。一方で、複数のステレオ画像を処理しなければならないため、制御装置１１８Ｂが処理しなければならない情報量は大きくなるので、制御装置１１８Ａより高性能なＣＰＵを搭載するか、複数のＣＰＵを搭載している。

[0058] また、農業機械１００Ｂは、農業機械１００Ａの舵取り装置１２２のうち、ステアリングハンドルやステアリングギアボックスなど手動操作に必要な構成は省かれている。

[0059] 図４における作業装置１０６は播種装置であるが、これに限定されるものではなく、農業機械１００Ａと同様に幅広い作業装置を連結し、作業を行うことができる。

[0060] なお、図４中、他の符号をつけた構成は、農業機械１００Ａと同様の機能を発揮するので、説明は省略する。

[0061] なお、無線通信用アンテナ１１４（および制御装置１１８Ｂ）は、無線アクセスポイントとして機能する。これにより、農業機械１００を無線通信の中継ポイントとすることができ、無線通信可能な領域を拡大することができる。

[0062] また、図３や図４に示すように農業機械１００は本体部分と作業装置１０６を別体として説明したが、それらが一体化したものであってもよい。また、農業機械１００が複数種類の作業を行うために複数の作業装置１０６を連結するものであってもよい。

[0063] ＜伝動装置＞

図５は、図３または４の伝動装置１０４を詳細に説明する図である。この伝動装置１０４が農業機械１００や作業装置１０６を移動させるための手段となる。図中の実線は運動エネルギーの伝達を、破線は電気信号の伝達を、一点鎖線は電気の供給線を示す。図５は原動機１０２の動力発生源が内燃機関（エンジン）であり、後輪二輪駆動の例である。原動機１０２の動力発生源が電気モータの例は図６に示す。なお、駆動方式は二輪駆動に限られず、四輪駆動でもよい。

[0064] 伝動装置１０４は、後輪１３０、主クラッチ２０２、変速装置２０４、差動装置２０６、ブレーキ装置２０８、２１４、終減速装置２１０、２１６、ＰＴＯ（Ｐｏｗｅｒ　Ｔａｋｅ　Ｏｆｆ）変速装置２２０、ＰＴＯ軸２２２、バッテリ２２４を備える。

[0065] 主クラッチ２０２は、エンジンで発生した動力の伝達を断続させる装置である。エンジン始動やエンジンをつけた状態で走行を停止したり、変速したりする場合に操作される。この主クラッチ２０２は、走行装置とＰＴＯの動力を同時に断続できるものであるが、走行クラッチとＰＴＯクラッチを別ペダルとレバーで断続するものであってもよい。

[0066] 変速装置２０４は、エンジンの動力を、走行状態や作業状態に応じた回転速度とトルクに変換する装置である。トラクターの後退やエンジンが回転状態での農業機械１００の停止を行うために必要な装置である。

[0067] 差動装置２０６は、農業機械１００の旋回を容易にするために左右で異なる速度で回転させ、車輪のすべりをなくすための装置である。

[0068] ブレーキ装置２０８、２１４は、ブレーキペダルが踏み込まれた場合や制御装置１１８からの制御信号に応じて運動エネルギーを吸収して走行速度を下げたり、走行を停止したりするときに使用する装置である。

[0069] 終減速装置２１０、２１６は、変速装置２０４と差動装置２０６のかさ歯車で減速された回転速度をさらに減速して車軸の駆動力をより大きくするための装置である。

[0070] ＰＴＯ変速装置２２０は、エンジンの動力の一部を取り出す動力取り出し装置の変速を行うものである。

[0071] ＰＴＯ軸２２２は、エンジンの動力の一部を取り出すための駆動軸で、作業装置１０６の動力源として利用するものである。

[0072] バッテリ２２４は、電気を化学エネルギーとして蓄えるものである。再び電気エネルギーとして取り出すことでエンジン点火、始動、照明灯１２４、制御装置１１８などの電源となる。

[0073] 制御装置１１８で制御可能な装置にはバッテリ２２４から電気が供給できる。そして、電気エネルギーを運動エネルギーに変換する等して装置を制御する。原動機１０２では、制御装置からの制御信号に基づいて燃料の供給量やタイミングを制御して、ピストンの往復運動を変化させ、運行速度を調整する。変速装置２０４や２２０では、制御信号に基づいて電気エネルギーがアクチュエータを駆動しギアを入れ換え、変速や後退の制御を行う。ブレーキ装置２０８、２１４では、制御信号に基づいてアクチュエータを駆動しブレーキをかけて減速したり、走行を停止させたりする。

[0074] 続いて図６を用いて、農業機械１００を電気により駆動させるための伝動装置１０４（１０４－２）について説明する。図６は、原動機１０２－２を原動力として農業機械１００を動かすための伝動装置１０４－２の詳細を示す。図５と同様、実線は運動エネルギーの伝達を、破線は電気信号の伝達を、一点鎖線は電気の供給線を示す。この例も後輪二輪駆動の例であるが、四輪駆動であってもよい。電気駆動にすると後述のように非接触充電方式を用いれば、人手を使わずに自動充電が可能となるので、全体システム１５００の自動化を進める上で有効な方式である。

[0075] 基本的に図５と同様であるが、異なる点を中心に説明を行う。

原動機１０２－２は、モータコントローラと電動機（モータ）を含むパワーユニットである。この伝動装置１０４－２は、モータによる回転数や回転方向を制御するので、基本的に図５で説明した変速装置２０４は不要だが、よりスムーズな走行を行うために変速装置２０４はあってもよい。

[0076] バッテリ２２４－２はコンバータとバッテリを含むものである。コンバータは交流電圧を直流電圧に変換する。図５のバッテリ２２４と比べて容量が大きい。このバッテリ２２４は複数の小型バッテリを組み合わせて構成してもよい。このバッテリ２２４－２は外部電源２２６から充電が行われる。なお、外部電源２２６は、正確には伝動装置１０４の構成ではないが、電気モータ駆動の農業機械１００には必須の要素となる。この外部電源２２６は、非接触電力伝送技術を採用するので、電気線の接触作業を伴わずにバッテリ２２４－２充電することができる。なお、コンセントなどを使っての接触型でバッテリ２２４－２に充電を行うものであってもよい。

[0077] 図6の作業装置１０６は、図５のようにＰＴＯ軸２２２ではなく、作業装置等への電源２２８からの電気エネルギーにより動作させるものである。ただし、図５と同様にＰＴＯ変速装置２２０やＰＴＯ軸２２２を使って作業装置１０６を動作させてもよい。この場合、図５の伝動装置１０４で利用してきた従来型の作業装置１０６をそのまま利用することができる。

電気モータによる駆動では、モータ特性により、モータの回転数が低い場合（すなわち、低速で移動する場合）でもトルクを高くできるので、自動車などと比較して低速で作業を行う農業機械に適している。また、後述のように自動でバッテリ２２４－２への充電を行うことができるので、一連の農作業について人手をかけずに効率的に行うことが可能となる。なお、伝動装置１０４－２はモータを車輪内に入れこむ、インホイールモータ方式で駆動するものであってもよい。

[0078] ＜ステレオカメラ装置＞

Ａ．ステレオカメラ装置の構成

図７は、ステレオカメラ装置１１０の外観を示す。ステレオカメラ装置１１０はある領域を撮像して、農業機械１００の制御装置１１８やサーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２に伝達可能な画像データを生成するのに加え、撮像した画像内の各地点におけるステレオカメラ装置１１０からの距離情報（または視差値情報）を取得するものである。もちろん、距離情報（ま

たは視差値情報）も制御装置１１８等に伝達可能である。このステレオカメラ装置１１０は、Ｓｅｍｉ－Ｇｌｏｂａｌ　Ｍａｔｃｈｉｎｇ（ＳＧＭ）法を応用した測距を行うことができる。

[0079] ステレオカメラ装置１１０は、本体部２と、本体部２に設けられた一対の円筒状の撮像装置１０ａおよび撮像装置１０ｂとを備えている。なお、このステレオカメラ装置１１０は、回転軸を有する柱によって農業機械１００に回転可能に取り付けられる。この回転動作は手動または制御装置１１８からの制御により行う。

[0080] 図８は、ステレオカメラ装置１１０の全体のハードウェア構成を示す。図８に示されているように、ステレオカメラ装置１１０は、撮像装置１０ａ、撮像装置１０ｂ、信号変換装置２０ａ、信号変換装置２０ｂ、及び画像処理装置３０を備えている。

[0081] このうち、撮像装置１０ａは、前方の光景を撮像して画像を表すアナログ信号（アナログ情報の一例）を生成するものであり、撮像レンズ１１ａ、絞り１２ａ、画像センサ１３ａを備えている。撮像レンズ１１ａは、撮像レンズ１１ａを通過する光を屈折させて物体の像を結像させるための光学素子である。絞り１２ａは、撮像レンズ１１ａを通過した光の一部を遮ることによって、後述する画像センサ１３ａに入力される光の量を調整する。画像センサ１３ａは、撮像レンズ１１ａ及び絞り１２ａから入力された光を電気的なアナログの画像信号に変換する半導体の素子であり、Ｃｈａｒｇｅ　Ｃｏｕｐｌｅｄ　Ｄｅｖｉｃｅ（ＣＣＤ）やＣｏｍｐｌｅｍｅｎｔａｒｙ　Ｍｅｔａｌ　Ｏｘｉｄｅ　Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ（ＣＭＯＳ）によって実現される。なお、撮像装置１０ｂは撮像装置１０ａと同じ構成を備えているため、撮像装置１０ｂについての説明は省略する。また、撮像レンズ１１ａと撮像レンズ１１ｂは、レンズの光軸が互いに平行になるように設置されている。

[0082] また、信号変換装置２０ａは、撮像された画像を表すアナログ信号をデジタル形式の画像データ（デジタル画像情報。第一のデジタル情報、第三のデ

ジタル情報の一例）に変換するものであり、Ｃｏｒｒｅｌａｔｅｄ Ｄｏｕｂｌｅ Ｓａｍｐｌｉｎｇ（ＣＤＳ）２１ａ、Ａｕｔｏ Ｇａｉｎ Ｃｏｎｔｒｏｌ（ＡＧＣ）２２ａ、Ａｎａｌｏｇ Ｄｉｇｉｔａｌ Ｃｏｎｖｅｒｔｅｒ（ＡＤＣ）２３ａ、及びフレームメモリ２４ａを備えている。ＣＤＳ２１ａは、画像センサ１３ａによって変換されたアナログの画像信号から相関二重サンプリングによってノイズを除去する。ＡＧＣ２２ａは、ＣＤＳ２１ａによってノイズが除去されたアナログの画像信号の強度を制御する利得制御を行う。ＡＤＣ２３ａは、ＡＧＣ２２ａによって利得制御されたアナログの画像信号をデジタル形式の画像データに変換する。フレームメモリ２４ａは、ＡＤＣ２３ａによって変換された画像データ（基準画像）を記憶する。

[0083] 同様に、信号変換装置２０ｂは、撮像レンズ１１ｂ、絞り１２ｂ及び画像センサ１３ｂを有する撮像装置１０ｂによって変換されたアナログの画像信号から画像データを取得するものであり、ＣＤＳ２１ｂ、ＡＧＣ２２ｂ、ＡＤＣ２３ｂ、及びフレームメモリ２４ｂを有している。なお、ＣＤＳ２１ｂ、ＡＧＣ２２ｂ、ＡＤＣ２３ｂ、及びフレームメモリ２４ｂはそれぞれＣＤＳ２１ａ、ＡＧＣ２２ａ、ＡＤＣ２３ａ、及びフレームメモリ２４ａと同じ構成であるため、それらについての説明は省略する。ただし、フレームメモリ２４ｂには比較画像が記憶される。

[0084] 更に、画像処理装置３０は、信号変換装置２０ａ及び信号変換装置２０ｂによって変換された画像データを処理するための装置である。この画像処理装置３０は、ＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｇａｔｅ Ａｒｒａｙ）３１、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）３２、ＲＯＭ（Ｒｅａｄ Ｏｎｌｙ Ｍｅｍｏｒｙ）３３、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ）３４、Ｉ／Ｆ（Ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）３５及び符号が３１～３５の上記各構成要素を図８に示されているように電気的に接続するためのアドレスバスやデータバス等のバスライン３９を備えている。

[0085] このうち、ＦＰＧＡ３１は、製造後に購入者や設計者が構成を設定できる集積回路であり、ここでは、画像データが表す画像における視差ｄを算出する処理を行う。ＣＰＵ３２は、ステレオカメラ装置１１０の各機能を制御する。ＲＯＭ３３は、ＣＰＵ３２が視差値導出装置の各機能を制御するために実行する画像処理用プログラムを記憶している。ＲＡＭ３４はＣＰＵ３２のワークエリアとして使用される。Ｉ／Ｆ３５は、農業機械１００の制御装置１１８と接続するためのインターフェースである。 なお、上記の画像処理用プログラムは、インストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルで、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録して流通させてもよい。この記録媒体は、ＣＤ－ＲＯＭやＳＤカード等である。

[0086] 次に、図９は、ステレオカメラ装置１１０の主要部のハードウェア構成を示す。ＦＰＧＡ３１は、図９に示されているように、コスト（一致度または非類似度、類似度）算出部３１０、コスト合成部３２０、視差値導出部３３０を備えている。これらは、ＦＰＧＡの回路の一部であるが、ＲＯＭ３３に格納された画像処理用プログラムが実行されることにより、同じ処理を行うことができるようにしてもよい。

[0087] このうち、コスト算出部３１０は、基準画像Ｉａ内の基準画素の輝度値と、基準画素に対する比較画像Ｉｂ内におけるエピポーラ線上の複数の対応画素の候補の各輝度値とに基づいて、基準画素に対する各対応画素の候補のコスト値Ｃを算出する。

[0088] コスト合成部３２０は、コスト算出部３１０による一の基準画素に対する各対応画素の候補のコスト値と、コスト算出部３１０による他の基準画素に対する各対応画素の候補のコスト値とを合成し、合成コスト値Ｌｓを出力する。なお、この合成の処理は、後述の（式３）に基づいてコスト値Ｃから経路コスト値Ｌｒを算出した後、更に、後述の（式４）に基づいて各放射線における経路コスト値Ｌｒを加算して、最終的に合成コスト値Ｌｓを算出する処理である。

[0089] 視差値導出部３３０は、一の基準画素の基準画像における位置と、コスト

合成部３２０による合成後の合成コスト値Ｌｓが最小となる対応画素の比較画像における位置とに基づいて視差値Δを導出し、各画素における視差値を示す視差画像Ｉｃを出力する。ここで得られた視差値Δと、撮像レンズ１１ａと撮像レンズ１１ｂの焦点距離ｆ、撮像レンズ１１ａと撮像レンズ１１ｂとの間の長さである基線長Ｂを用いて、後述の（式２）から距離Ｚを算出することができる。この距離Ｚを求める処理は視差値導出部３３０で行ってもよいし、ＣＰＵ３２またはサーバー７０４で行ってもよい。このようにしてステレオカメラ装置１１０は撮像した画像に対する視差を利用して撮像した画像の各地点までの距離情報（または視差値情報）を得ることができる。なお、視差値を求める以外の画像処理や画像認識においては基準画像または比較画像のいずれか一方（すなわち、通常の単眼カメラで撮像した画像と同様に一方の画像センサ１３ａまたは１３ｂから得られる画像。すなわち２つの画像のうち一種類の画像。）を用いることができる。

[0090] また、画像情報による測距のみならず、よりコントラストの高い画像を得る方法としてステレオカメラ装置１１０は、画像センサ１３ａ及び１３ｂの受光面に、偏光フィルタ４０を設置してもよい。この偏光フィルタ４０はＳｕｂ－Ｗａｖｅｌｅｎｇｔｈ　Ｓｔｒｕｃｔｕｒｅ（ＳＷＳ）偏光フィルタである。偏光フィルタ４０には、Ｓ偏光成分の光のみを透過する偏光子領域とＰ偏光成分の光のみを透過する偏光子領域が交互に並べられた構造を有する。一つの偏光子領域の大きさは、画像センサ１３ａ及び１３ｂの受光素子一画素の大きさと同じで、それらの各偏光子領域が各画素上に来るように偏光フィルタ４０が設置される。このようにステレオカメラ装置１１０を構成し、それぞれの偏光子領域を透過した光の受光信号ごとに分けて画像を生成することで、Ｓ偏光成分とＰ偏光成分が分離され、Ｓ偏光成分のみの画像とＰ偏光成分のみの画像が得られる。それぞれの画像が第二のデジタル情報、第四のデジタル情報の一例である。ステレオカメラでは２つの撮像素子を使用するので、Ｓ偏光成分のみの画像とＰ偏光成分のみの画像が２枚ずつ得られ、それぞれ同一の偏光成分のみの画像を比較することで、それぞれ視差値

（距離）を求めることが可能である。

[0091] 偏光画像を得ることで、たとえば黒色の被写体の面方位の違いが検知しやすくなる。これは、被写体からの光の偏光状態が、被写体の面方向に応じて異なるためである。また、偏光画像によれば透明な被写体の有無が検知しやすくなる。これは、透明な被写体を光が通過するとき、光の偏光状態に応じて透過率が変化するためである。すなわち、偏光カメラにすれば、ハイコントラストな画像を得ることができ、輝度画像では得られない情報を得ることができる。このように偏光カメラでは通常のカメラでは、捉えにくい地面におりた霜や植物の葉などついた、葉と同様の色（隠蔽色）をした病害虫、植物の構造体（枝間の長さ等）の検出も可能となる。また、さらには、ステレオカメラ装置１１０を偏光ステレオカメラ装置とすることで、霜や病害虫などの情報の他、たとえば、凍結した路面の検知と測距を行えたり、圃場のうねを正確に検知しさらに測距が行えたりする。またさらに、偏光フィルタによって偏光画像を得ることで植物の構造体の検出を容易にすることができる。このため、その偏光画像に対する画像認識率も向上し、たとえば枝と枝の間の茎の長さや太さ、葉の大きさなど植物の外観上の特徴もより正確に捉えることができる。したがって、全体システム１５００は、このような情報を使うことによって植物の生育状況把握や植物の種類の判別（たとえば農作物か雑草かなど）を行うことができる。なお、距離情報を必要としない場合には、単眼カメラと同様にどちらか一方の画像センサ１３ａまたは１３ｂから得られた偏光画像情報だけを使えばよい。もちろん、距離情報も使って正確な大きさなどを調べたい場合には２つの撮像素子から得られる情報を使うことになる。

[0092] Ｂ．ＳＧＭ法を用いた測距方法の説明

続いて、ステレオカメラ装置１１０による測距の方法、とくにＳＧＭ法を用いて視差値を求める方法について説明する。まず、図１０から図１５を用いて、ＳＧＭ法を用いた測距方法の概略について説明する。

[0093] 図１０を用いて、ステレオ画像法により、ステレオカメラから物体に対す

る視差を導き出し、この視差を示す視差値によって、ステレオカメラから物体までの距離を測定する原理について説明する。また、以下では、説明を簡略化するため、所定領域（マッチングブロック）ではなく、一画素単位で説明する。

[0094] まず、図１０で示される撮像装置１０ａおよび撮像装置１０ｂによって撮像された各画像を、それぞれ基準画像Ｉａおよび比較画像Ｉｂとする。なお、図１０では、撮像装置１０ａおよび撮像装置１０ｂが平行等位に設置されているものとする。図１０において、３次元空間内の物体Ｅ上のＳ点は、撮像装置１０ａおよび撮像装置１０ｂの同一水平線上の位置に写像される。すなわち、各画像中のＳ点は、基準画像Ｉａ中の点Ｓａ（ｘ，ｙ）および比較画像Ｉｂ中の点Ｓｂ（ｘ’，ｙ’）において撮像される。このとき、視差値Δは、撮像装置１０ａ上の座標におけるＳａ（ｘ，ｙ）と撮像装置１０ｂ上の座標におけるＳｂ（ｘ’，ｙ’）とを用いて、（式１）のように表される。

Δ＝ｘ’－ｘ　　（式１）

ここで、図１０のような場合には、基準画像Ｉａ中の点Ｓａ（ｘ，ｙ）と撮像レンズ１１ａから撮像面上におろした垂線の交点との距離をΔａにし、比較画像Ｉｂ中の点Ｓｂ（ｘ’，ｙ’）と撮像レンズ１１ｂから撮像面上におろした垂線の交点との距離をΔｂにすると、視差値Δ＝Δａ＋Δｂとなる。

[0095] また、視差値Δを用いることで、撮像装置１０ａ，１０ｂと物体Ｅとの間の距離Ｚを導き出すことができる。具体的には、距離Ｚは、撮像レンズ１１ａの焦点位置と撮像レンズ１１ｂの焦点位置とを含む面から物体Ｅ上の特定点Ｓまでの距離である。図１０に示されるように、撮像レンズ１１ａ及び撮像レンズ１１ｂの焦点距離ｆ、撮像レンズ１１ａと撮像レンズ１１ｂとの間の長さである基線長Ｂ、及び視差値Δを用いて、（式２）により、距離Ｚを算出することができる。

Ｚ＝（Ｂ×ｆ）／Δ　　（式２）

この（式２）により、視差値Δが大きいほど距離Ｚは小さく、視差値Δが小さいほど距離Ｚは大きくなる。

[0096] 続いて、図１１から図１５を用いて、ＳＧＭ法を用いた測距方法について説明する。なお、図１１Ａは基準画像、図１１Ｂは、比較対象として、図１１Ａに対するエッジ検出法による視差画像、図１１Ｃは図１１Ａに対するＳＧＭ法による視差画像を示す概念図である。ここで、基準画像は、物体が輝度によって示された画像である。エッジ検出法による視差画像は、エッジ検出法から導き出された画像であり、基準画像のエッジ部の視差値を示した画像である。ＳＧＭ法の応用による視差画像は、ＳＧＭ法の応用技術によって、基準画像から導き出された画像であり、基準画像の各座標における視差値を示した画像である。図１１Ｃでは色の濃淡により視差値の違いを示している。本例では、色が濃くなるにつれて視差値が小さくなることを示す。すなわち、色が濃くなるにつれて距離が長くなる。

[0097] ＳＧＭ法は、テクスチャが弱い物体に対しても適切に上記視差値を導き出す方法であり、図１１Ａに示されている基準画像に基づいて、図１１Ｃに示されているＳＧＭ法による視差画像を導き出す方法である。なお、エッジ検出法を用いた場合には、図１１Ａに示されている基準画像に基づいて、図１１Ｂに示されているエッジ視差画像が導き出される。図１１Ｂ及び図１１Ｃにおける破線の円８０１内を比べると分かるように、ＳＧＭ法による視差画像は、エッジ検出法による視差画像に比べて、テクスチャが弱い領域等の詳細な情報を表すことができるため、より詳細な測距を行うことができる。

[0098] このＳＧＭ法は、非類似度であるコスト値を算出して直ちに視差値を導出せず、コスト値を算出後、更に、合成非類似度である合成コスト値（Ｓｙｎｔｈｅｓｉｓ　Ｃｏｓｔ）を算出することで視差値を導出し、最終的に全ての画素における視差値を示す視差画像（ここでは、ＳＧＭ法による視差画像）を導き出す方法である。なお、エッジ検出法の場合は、コスト値を算出する点はＳＧＭ法と同じであるが、ＳＧＭ法のように、合成コスト値を算出せずに、エッジ部の視差値のみを算出する。

[0099] 次に、図１２及び図１３を用いて、コスト値Ｃ（ｐ，ｄ）の算出方法について説明する。図１２Ａは基準画像における基準画素を示す概念図、図１２

Ｂは図１２Ａの基準画素に対して比較画像における対応画素の候補を順次シフトしながら（ずらしながら）シフト量（ずれ量）を算出する際の概念図である。図１３は、シフト量毎のコスト値を示すグラフである。

[0100] 図１２Ａに示されているように、基準画像内の所定の基準画素ｐ（ｘ，ｙ）と、この基準画素ｐ（ｘ，ｙ）に対する比較画像内におけるエピポーラ線（Ｅｐｉｐｏｌａｒ　Ｌｉｎｅ）上の複数の対応画素の候補ｑ（ｘ＋ｄ，ｙ）との各輝度値に基づいて、基準画素ｐ（ｘ，ｙ）に対する各対応画素の候補ｑ（ｘ+ｄ，ｙ）のコスト値Ｃ（ｐ，ｄ）が算出される。ｄは、基準画素ｐと対応画素の候補ｑのシフト量（ずれ量）であり、本実施形態では、画素単位のシフト量が表されている。即ち、図１２では、対応画素の候補ｑ（ｘ+ｄ，ｙ）を予め指定された範囲（例えば、０＜ｄ＜２５）において順次一画素分シフトしながら、対応画素の候補ｑ（ｘ+ｄ，ｙ）と基準画素ｐ（ｘ，ｙ）との輝度値の類似度であるコスト値Ｃ（ｐ，ｄ）が算出される。このようにして算出されたコスト値Ｃ（ｐ，ｄ）は、図１３に示されているように、シフト量ｄ毎に示されるグラフによって表すことができる。図１３では、コスト値Ｃは、シフト量ｄ＝５，１２，１９の場合が０（ゼロ）となるため、最小値を求めることができない。このように、テクスチャが弱い物体の場合には、最小値を求めることが困難になる。すなわち、エッジ検出法では、テクスチャが弱い場合に、正確な測距ができない場合がある。

[0101] 次に、図１４及び図１５を用いて、合成コスト値Ｌｓ（ｐ，ｄ）の算出方法について説明する。図１４は、合成コスト値を導き出すための概念図である。図１５は、視差値毎の合成コスト値を示すグラフである。本実施形態における合成コスト値の算出は、ＳＧＭ法に特有の方法であり、コスト値Ｃ（ｐ，ｄ）の算出だけでなく、所定の基準画素ｐ（ｘ，ｙ）の周辺の画素を基準画素とした場合のコスト値を、基準画素ｐ（ｘ，ｙ）におけるコスト値Ｃ（ｐ，ｄ）に集約させて、合成コスト値Ｌｓ（ｐ，ｄ）を算出する方法である。

[0102] ここで、合成コスト値の算出方法について、より詳細に説明する。合成コ

スト値Ｌｓ（ｐ，ｄ）を算出すためには、まず、経路コスト値Ｌｒ（ｐ，ｄ）を算出する必要がある。(式３)は、経路コスト値Ｌｒ（ｐ，ｄ）を算出するための式であり、（式４）は、合成コスト値Ｌｓを算出するための式である。

Ｌｒ（ｐ，ｄ）＝Ｃ（ｐ，ｄ）＋ｍｉｎ｛（Ｌｒ（ｐ－ｒ，ｄ），Ｌｒ（ｐ－ｒ，ｄ－１）＋Ｐ１，Ｌｒ（ｐ－ｒ，ｄ＋１）＋Ｐ１，Ｌｒｍｉｎ（ｐ－ｒ）＋ｐ２｝　　（式３）

ここで、ｒは、集約方法を示す。ｍｉｎ｛｝は、最小値を求める関数である。Ｌｒは、式３に示されているように再帰的に適用される。また、Ｐ１及びＰ２は、予め実験により定められた固定パラメータであり、基準画素ｐ（ｘ，ｙ）から離れた画素ほど、経路コスト値Ｌｒに影響を与えないようなパラメータになっている。例えば、Ｐ１＝４８、Ｐ２＝９６である。

また、（式３）に示されているように、Ｌｒ（ｐ，ｄ）は、基準画素ｐ（ｘ，ｙ）におけるコスト値Ｃに、図１４に示されているｒ方向の各画素における各画素の経路コスト値Ｌｒの最小値を加算することで求められる。このように、ｒ方向の各画素におけるＬｒを求めるため、最初は、基準画素ｐ（ｘ，ｙ）のｒ方向の一番端の画素からＬｒを求め、ｒ方向に沿ってＬｒが求められる。　そして、図１４に示されているように、８方向のＬｒ０，Ｌｒ４５，Ｌｒ９０，Ｌｒ１３５，Ｌｒ１８０，Ｌｒ２２５，Ｌｒ２７０，Ｌｒ３１５求められ、最終的に（式４）に基づいて、合成コスト値Ｌｓが求められる。

Ｌｓ（ｐ，ｄ）＝ΣＬｒ　　（式４）

このようにして算出された合成コスト値Ｌｓ（ｐ，ｄ）は、図１５に示されているように、シフト量ｄ毎に示されるグラフによって表すことができる。図１５では、合成コスト値Ｌｓは、シフト量ｄ＝３の場合が最小値となるため、視差値Δ＝３として算出される。

[0103] なお、ＳＧＭ法はエッジ検出法に比べて処理時間がかかるので、測距の精度よりも処理を迅速に行う必要がある場合には、エッジ検出法により測距を

行うようにしてもよい。この場合、図９におけるコスト合成部３２０の処理を行わず、視差値導出部３３０では、最小のコスト値からエッジ部の視差値のみ導出するようにする。

[0104] なお、本実施形態におけるステレオカメラ装置１１０で測定可能な距離は、１０５ｍであり、誤差は数ｃｍである。

[0105] なお、ステレオカメラ装置１１０に撮像される物体が認識し、その距離がわかれば、その物体の大きさや長さがわかる。すなわち、ステレオカメラ装置１１０のＲＯＭ３３はその距離と一画素あたりの大きさおよび長さの関係のテーブルを記憶しているので、ＣＰＵ３２はその物体の大きさや長さも特定することができる。なお、ＲＯＭ３３が記憶しているのはテーブルでなく、距離と一画素あたりの関係式であってもよい。さらに、ステレオカメラ装置１１０内の処理ではなく、上記のようなテーブル等の大きさや長さの算出に必要なデータを有する、サーバー７０４や農業機械１００の制御装置１１８が物体の大きさや長さを算出するものであってもよい。

[0106] ＜レーザレーダ装置＞

図１６はレーザレーダ装置１１２の構成を示す。レーザレーダ装置１１２による形状情報は第一のデジタル情報、第三のデジタル情報の一例である。また、レーザレーダ装置１１２による距離情報は第二のデジタル情報、第四のデジタル情報の一例である。レーザレーダ装置１１２は、パルスレーザ光を対象物へ照射し、反射したパルスレーザ光の帰還時間ｔを計測し、その照射点までの距離Ｌを（式５）を使って算出する。

Ｌ＝ｃ×ｔ／２　　（式５）　ただし、ｃは光速

さらにレーザレーダ装置１１２は二次元方向にレーザ光をスキャンできるので、対象物各点への方位を求め、対象物の形状の測定を行うこともできる。

[0107] レーザレーダ装置１１２は、本体部５０の中に、レーザダイオード駆動回路５１、レーザダイオード５２、投光レンズ５３、２つの反射ミラー６８、７０、遥動モータ５４、ポリゴンミラー５５、受光レンズ５６、フォトダイ

オード５８、増幅回路６０、時間間隔カウンタ６１、モータ制御回路６２、制御器６４、及び、レーザ光出射入射窓６６を有する。

[0108] レーザダイオード駆動回路５１は、レーザダイオード５２に入力するパルス信号を生成する。レーザダイオード５２はパルスレーザ光を出射する。投光レンズ５３はレーザダイオード５２から発振されたパルスレーザ光を平行光にする。この平行光は、反射ミラー６８、７０によりパルスレーザ光の進行方向を変化させられた後、制御器６４に制御されるモータ制御回路６２によりθ軸５５ａを中心に一定速度で回転するポリゴンミラー５５に入射される。ポリゴンミラー５５は、制御器６４に制御されるモータ制御回路６２によって所定の速度で遥動する遥動モータ５４を使ってϕ軸５４ａを中心に遥動する。これにより、ポリゴンミラー５５に入射するレーザ光は二次元方向に走査され、レーザ光出射入射窓６６を経由して対象物に照射される。また、制御器６４は、不図示の水準器からの信号を取得し、レーザ光が常に水平方向に出射されるようにモータ制御回路６２に指令を出し、遥動モータ５４を動作させϕ軸の回転を制御することができる。対象物から反射されたパルスレーザ光は、ポリゴンミラー５５を介して受光レンズ５６で集光され、フォトダイオード５８で受光され、電気信号に変換される。変換された電気信号は増幅回路６０で増幅された後、時間間隔カウンタ６１により、レーザダイオード５２のパルス発振タイミングと同期したスタートパルスと増幅回路６０から出力されたストップパルスの時間間隔を計測する。制御器６４は、計測された帰還時間ｔ、ポリゴンミラー５５の回転角度θ、遥動角度ϕを極座標系データ（ｔ、θ、ϕ）とし、さらにその極座標データをレーザレーダ装置１１２の設置位置を原点とする三次元空間データ（Ｘ、Ｙ、Ｚ）へ変換することで対象物の形状を求める。

[0109] 制御器６４で得られた情報は、農業機械１００の制御装置１１８、サーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２へ伝達可能である。

[0110] このレーザレーダ装置１１２を水平面に設置した場合、水平画角として約６０度、垂直画角として約３０度、計測範囲は水平面において約６０ｍの範

囲で計測が可能となる。なお、計測範囲は、レーザダイオード５２の種類やレーザダイオード駆動回路５１の出力電圧などにより変化する。

[0111] また、対象物への距離だけを求める場合や、二次元方向のレーザ光走査が不要な場合には、遥動モータ５４によるポリゴンミラー５５の遥動は行わない。この場合、ポリゴンミラー５５のθ軸を中心として回転により、一次元方向へのレーザ光走査が行われる。

[0112] また、使用するレーザダイオード５２は、作業目的に応じて選択される。たとえば、植物の葉の状態から植物の活性度についてマルチスペクトルカメラ装置１１３と組み合わせてアクティブ方式で計測したい場合には、波長が６６０ｎｍ付近の可視赤域のレーザ光を出射できるレーザダイオード５２が使用される（マルチスペクトルカメラ装置１１３を使って植物の活性度を調べる方法については後述する）。このようにレーザレーダ装置１１２をマルチスペクトルカメラ装置１１３と組み合わせて利用する場合には、レーザレーダ装置１１２から出射されるレーザを利用することになるので両者を接近させて配置するのがよい。一方で、レーザレーダ装置１１２単独で作業を行う場合には、両者を接近させて配置する必要性はない。なお、遥動モータ５４、ポリゴンミラー５５を使用するかわりに、二次元で走査可能なＭｉｃｒｏ Ｅｌｅｃｔｒｏ Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ Ｓｙｔｅｍｓ（ＭＥＭＳ）ミラー装置によって、レーザ光走査を行ってもよい。

[0113] さらに、レーザレーダ装置１１２は、ミラーを動かしてレーザを走査せずにグレーティングなどの固定の光学素子でレーザ光を偏向する非走査型レーザレーダ装置により構成してもよい。このように非走査型レーザレーダ装置にすれば、駆動箇所を少なくできるのでとくに移動時に上下動が激しい場合であっても故障を減らすことができる。

[0114] なお、本実施形態における農業機械１００では、レーザレーダ装置１１２は、マルチスペクトルカメラ装置１１３に近接する位置に回転可能に設置されている。この回転動作は手動または制御装置１１８からの制御により行う。

[0115] ＜マルチスペクトルカメラ装置＞

図１７にマルチスペクトルカメラ装置１１３の外観を示す。マルチスペクトルカメラ装置１１３による分光情報は第二のデジタル情報、第四のデジタル情報の一例である。このマルチスペクトルカメラ装置１１３は、撮像画像と撮像された画像における分光反射率を得ることができるカメラ装置である。このマルチスペクトルカメラ装置１１３は、ある一点ではなく、ある範囲（領域、面）における植物の状態を非接触・非破壊で一度に検出するのに適している。マルチスペクトルカメラ装置１１３は、本体部４００と鏡筒部４０２を有する。このマルチスペクトルカメラ装置１１３は回転可能に農業機械１００に設置される。この回転動作は手動または制御装置１１８からの制御により行う。これによって、農業機械１００周辺に対してさまざまな方向にある対象物の反射光を撮像し、植物活性度や枝間の長さや葉の大きさなど育成状況を把握することができる。

[0116] 図１８はこのマルチスペクトルカメラ装置１１３の構成を示す図である。左が正面図、右が側面からみた断面図である。本体部４００は、マイクロレンズアレイ４１４、受光素子アレイ４１６、ＦＰＧＡ４１８、分光反射率算出部４２０を有する。鏡筒部４０２は、発光ダイオード（Ｌｉｇｈｔ　Ｅｍｉｔｔｉｎｇ　Ｄｉｏｄｅ：ＬＥＤ）４０４、メインレンズ４０８、絞り４０９、フィルタ４１０、及び、集光レンズ４１２を有する。

[0117] マイクロレンズアレイ４１４は、複数の小レンズが二次元方向に配列された光学素子である。受光素子アレイ４１６は、複数の受光素子を有し、受光素子（以下「画素」という場合がある）ごとのカラーフィルタが実装されていないモノクロセンサである。受光素子アレイ４１６は、光情報を電気情報に変換するセンサである。

[0118] ＦＰＧＡ４１８は、受光素子アレイ４１６から出力される分光情報である電気情報に基づいて複数種類の分光画像を生成する分光画像生成部である。

[0119] 分光反射率算出部４２０は、ＣＰＵやＲＯＭ、ＲＡＭなどの半導体素子から構成されており、ＦＰＧＡ４１８で生成された分光画像から画素ごとの分

光反射率を算出する。

[0120] このマルチスペクトルカメラ装置１１３からの出力は、ＦＰＧＡ４１８で生成された複数種類の分光画像とそれらの分光画像の各画素の分光反射率である。これらの情報が農業機械１００の制御装置１１８、サーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２や状態モニタリング装置５５０の制御部等に伝達される。

[0121] ＬＥＤ４０４は、鏡筒部４０２の先端部に等間隔に埋設状態で複数配置された光源である。ＬＥＤを光源とすることによって、撮影環境の影響を受けにくくなり、安定した分光情報を得ることが可能となる。メインレンズ４０８は物体４０６からの反射光を絞り４０９を経由してフィルタ４１０に導くレンズである。絞り４０９は、通過する光の量を調整するために用いる遮蔽物である。フィルタ４１０は、分光透過率が空間的に連続的に変化する。すなわち、フィルタ４１０は複数の分光特性を有する。なお、フィルタ４１０の分光透過率の連続性の方向性は、１つの面内であれば限定されない。例えば、メインレンズ４０８の光軸に直交する面において、図１８の右図中の上下方向、又はこれに直交する方向、あるいは斜めに交差する方向などで連続性を有していればよい。集光レンズ４１２は、フィルタ４１０を通過した光をマイクロレンズアレイ４１４に導くためのレンズである。

[0122] ＬＥＤ４０４やその他の光を受けた物体４０６からの反射光は、メインレンズ４０８に入射する。このメインレンズ４０８に入射した光束が分光反射率測定の対象となる。メインレンズ４０８に入射した光束は無数の光線の集合であり、それぞれの光線は絞り４０９の異なる位置を通過する。メインレンズ４０８で集光された前記反射光は、絞り４０９で通過する光量が調整され、フィルタ４１０に入射する。なお、本実施形態では絞り４０９はフィルタ４１０上に存在するが、これに限られない。フィルタ４１０に入射した各光線は異なる分光透過率のフィルタを通過する。フィルタ４１０を通過した光線は、集光レンズ４１２により集光され、マイクロレンズアレイ４１４付近でいったん結像する。なお、メインレンズ４０８の光軸と直交する方向に

複数のマイクロレンズ（小レンズ）が配置されるようにマイクロレンズアレイ４１４は設置される。いったん結像した各光線はマイクロレンズアレイ４１４によって、それぞれ受光素子アレイ４１６の別の位置に到達する。すなわち、受光素子アレイの受光面の位置は光線が通過したフィルタ４１０の位置に対応するので、物体４０６のある一点の分光反射率を同時に測定することができる。

[0123] 図１９は、本実施形態に用いられるフィルタ４１０及び絞り４０９の正面図である。フィルタ４１０の下部が短波長、上部が長波長の分光透過率ピークを持つ。この場合、撮影画像は、図２０に示すように、小さな円が並んだものとなる。円になるのはメインレンズ４０８の絞り４０９の形状が円であるためである。それぞれの小さな円を、ここでは「マクロピクセル」と呼ぶこととする。マクロピクセルを全て集めると１つの画像となる。各マクロピクセルは、マイクロレンズアレイ４１４を構成する各小レンズ（マイクロレンズ）の直下に形成される。マクロピクセルの径とマイクロレンズの径はほぼ同じである。

[0124] 図１８に示すように、マクロピクセルの上部はフィルタ４１０の下部を通過してきた光線が到達し、下部にはフィルタ４１０の上部を通過してきた光線が到達する。フィルタ４１０の下部が短波長、上部が長波長の分光透過率を持つような配置とすると、それに対応するように、マクロピクセルの上部には短波長、下部には長波長の光線が到達する。ＦＰＧＡ４１８は、波長ごとの光線が到達する画素からの分光情報から分光画像を生成する。これにより所望の波長に対する分光画像が複数得られる。分光反射率算出部４２０は、各マクロピクセルの行ごとの平均値を算出し、ＬＥＤ４０４等の照明の分光強度、メインレンズ４０８、集光レンズ４１２の分光透過率、フィルタ４１０の分光透過率、受光素子アレイ４１６の分光感度を考慮して計算することで分光反射率を求めることができる。

[0125] マクロピクセルの拡大図を図２１示す。ここでは、一つのマクロピクセルが１９×１９の画素の場合を考える。この一つのマクロピクセルから物体４

０６のある点の分光反射率を求める。まず、最も短波長（λｓ）側の反射率を求める手順を述べる。マルチスペクトルカメラ装置１１３から得られるデータは受光素子からの出力値であり、出力値は受光素子に入射する光線量に対応している。光線量はＬＥＤ４０４等の照明の分光強度、物体４０６の分光反射率、光学系（メインレンズ４０８、集光レンズ４１２等）の分光透過率、フィルタ４１０の分光透過率、受光素子アレイ４１６の分光感度の５つの特性の波長λsにおける値の積である。よって、物体４０６のλsにおける反射率を求めるには、出力値を分光反射率以外の４つの値で除算すればよい。

[0126] ここでの出力値には、図２１の最下段の行の画素１９個の出力値の総和をマクロピクセルが形成されている面積で除した値を用いる。マクロピクセルが形成されている面積とは、図２１中黒く塗りつぶされている領域以外の光線が届いている面積のことである。これは各行の出力値を規格化するためである。以上の手順でλsでの反射率の相対値を得ることができる。絶対値は別途校正が必要となる。ＬＥＤ４０４等の照明の分光強度、メインレンズ４０８、集光レンズ４１２の分光透過率、フィルタ４１０の分光透過率、受光素子アレイ４１６の分光感度、マクロピクセルの各行の面積は設計時に既知である。以上の処理をマクロピクセルの各行に対して適用することで１９の波長における反射率を得ることができる。

[0127] その測定結果の一例を図２２に示す。横軸が波長、縦軸が分光反射率の相対値である。以上が一つのマクロピクセルに対する処理であり、全てのマクロピクセルに対して同じ処理を適用することで、二次元分光反射率を測定することが可能となるフィルタ４１０は、光学ガラスなどの透明基板に、薄膜を厚みがくさび状に変化するように蒸着することで作製することができる。本実施形態における薄膜の材質は五酸化ニオブであり、短波長側の材質は五酸化タンタルである。薄膜の膜厚は数十～数百ｎｍである。膜厚の薄いほうが短波長、厚いほうが長波長に対応する。薄膜の厚みがくさび状（無段階）に変化するため、分光透過率も連続的に変化する。

[0128] 光の干渉により分光透過率を制御しているので、透過光が強め合う条件が

分光透過率のピーク波長に相当する。透明基板の厚みは、フィルタの保持が可能であればよい。絞り位置付近にレンズが近接している設計のレンズもあり、その場合は薄いほうがよい。例えば０．５ｍｍ程度である。上記のように、連続的な分光透過特性をもつフィルタ４１０を利用することで、連続的な分光反射率を撮影と同時に直接得ることができる。これにより、推定処理は不要となり、ノイズに対するロバスト性の高い二次元分光反射率を測定することができる。

[0129] 次に図２３を使って、本実施形態のマルチスペクトルカメラ装置１１３に使用可能なフィルタの他の例を説明する。図２３Ａのフィルタ４３０は、透過帯域毎に分割した構成を有している。すなわち、フィルタ４３０は、４００ｎｍから５００ｎｍの波長域に対応するフィルタ４３０ａと、５００ｎｍから６００ｎｍの波長域に対応するフィルタ４３０ｂと、６００ｎｍから７００ｎｍの波長域に対応するフィルタ４３０ｃとから構成されている。したがって、フィルタ４３０は、紫外域あるいは赤外域においても連続的に分光透過率が変化するフィルタである。各フィルタ４３０ａ、４３０ｂ、４３０ｃは、それぞれ空間的に連続的に分光透過率が変化するフィルタである。ここでは、図中上から下に向ってそれぞれ波長が大きくなっている。各フィルタ４３０ａ、４３０ｂ、４３０ｃの長手方向の向きは統一する必要はない。要するに、分光透過率が連続的に変化する領域が存在すればよく、方向性は関係ない。また、各フィルタ４３０ａ、４３０ｂ、４３０ｃは上記構成に限定されず、各々異なる波長域を少なくとも一部に有していればよい。各透過帯域は一例であり、これらの値に限定される趣旨ではない。このようにフィルタを分割することで、１画素に対応する波長幅を狭くすることができる。すなわち、波長的な分解能が高い分光反射率測定が可能となる。また、分割して配置することにより、細長いフィルタに比べ、狭い絞り径内で分光透過率の連続性を確保することができる。

[0130] なお、光を効率的に使うため、絞り４０９の形状を四角などの多角形やその他所望の形状に形成してもよい。

[0131] 図２４は、植物の葉に対する典型的な分光反射スペクトルを示す。実線２４０１は正常な葉（植物活性度が高い）、破線２４０２は枯れている葉（植物活性度が低い）のスペクトルである。この図の実線２４０１が示すように、植物活性度が高い正常な葉では波長が６６０ｎｍ近辺の可視赤域（およびそれよりも短い波長領域）２４０４で葉緑体の一種であるクロロフィルの吸収により反射率が低い。一方、近赤外域２４０５の７００ｎｍから１１００ｎｍでは反射率が高い。一方で植物活性度の低い枯れた葉では、クロロフィルが分解するため、可視赤域２４０４での吸収があまり行われずに正常な葉に比べて反射率が高くなる。なお、この傾向は植物の種類を問わず、同様であることが分かっている。そこで、可視赤域２４０４での分光反射率Ｒと近赤外域ＩＲでの分光反射率から（式６）を用いて正規化植生指数（Ｎｏｒｍａｌｉｚｅｄ Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ Ｉｎｄｅｘ：ＮＤＶＩ）を求めることができる。

ＮＤＶＩ＝（ＩＲ－Ｒ）／（ＩＲ＋Ｒ） （式６）

通常、正規化植生指数ＮＤＶＩは－１から＋１までの値があり、値が大きいほど植物の活性度が高いことを示す。マルチスペクトルカメラ装置１１３を使えば、理論的には撮像領域すべてにおいて、この正規化植生指数ＮＤＶＩを求めることができる。すなわち、図２３Ｂのフィルタ４４０のように、可視赤域２４０４の６６０ｎｍの波長域に対応するフィルタ４４０ａと、近赤外域２４０５である７７０ｎｍの波長域に対応するフィルタ４４０ｂを本実施形態のマルチスペクトルカメラ装置１１３のフィルタとして採用する。なお、近赤外域２４０５として、７８５ｎｍや９００ｎｍの波長域に対応するフィルタをフィルタ４４０ｂに採用してもよい。この場合、７８５ｎｍはレーザダイオード（ＬＤ）で容易に得られる波長である。ＬＥＤ４０４の半分は波長が６６０ｎｍ付近の強度が高い光を照射するものを、残りの半分は波長が７７０ｎｍ付近で強度の高い光を照射できるものを設置する。このような構成で、マルチスペクトルカメラ装置１１３で対象の植物にＬＥＤ光の照射を行い、反射光の撮像を行う。そして、ＦＰＧＡ４１８で波長６６０ｎ

ｍにおける分光画像と波長７７０ｎｍにおける分光画像を得る。分光反射率算出部４２０によりそれらの分光画像内の所望の位置または領域における分光反射率を求める。さらに、分光反射率算出部４２０内のＣＰＵは（式６）を適用して正規化植生指数ＮＤＶＩを得る。なお、マルチスペクトルカメラ装置１１３内ではなく、分光画像や分光反射率情報を取得した農業機械１００の制御装置１１８またはサーバー７０４が（式６）を適用し、正規化植生指数ＮＤＶＩを求めてもよい。なお、農作物ごとの正規化植生指数ＮＤＶＩはデータベース７０８に送られ、蓄積される。なお、正規化植生指数ＮＤＶＩではなく、可視赤域（たとえば６６０ｎｍ）２４０４の波長の分光反射率だけを用いて植物の育成状況を把握してもよい。この可視赤域２４０４において、植物活性度の違いによる分光反射率の変化が大きいからである。これにより、生育状況を把握できるとともに近赤外域２４０５における分光反射率の測定や正規化植生指数ＮＤＶＩの算出を省略でき、処理や判断の迅速化を図ることができる。一方、正規化植生指数ＮＤＶＩを求めれば、正規化されたより精密な育成状況（植物活性度）の情報を得ることができる。

[0132] また、正規化植生指数ＮＤＶＩの経日観測によって、収穫時期を正確に予期できる。たとえば、葉物野菜の場合、正規化植生指数ＮＤＶＩが最大時（植物活性度が最も高いとき）に収穫することが望ましい。この正規化植生指数ＮＤＶＩの最大値や最大をむかえる日は作物ごとに異なるので、植物ごとに収穫が望まれる正規化植生指数ＮＤＶＩの範囲を決める。これにはデータベース７０８に蓄積された正規化植生指数ＮＤＶＩのデータを使って、サーバー７０４あるいはユーザ端末７１０、７１２で行うことができる。たとえば、実験的に正規化植生指数ＮＤＶＩの極大値を過ぎるような同種の農作物を複数観測し、そのばらつき度合い等から収穫すべき正規化植生指数ＮＤＶＩの範囲（たとえば、レタスについては正規化植生指数ＮＤＶＩが０．５から０．５５）を決める。そして、マルチスペクトルカメラ装置１１３等で求めた正規化植生指数ＮＤＶＩがその範囲内にある農作物を収穫すればよい。さらに、蓄積したデータから統計的に農作物ごとの正規化植生指数ＮＤＶＩ

の経日変化の傾向を求めることで収穫時期を予測できる。

[0133] さらに、マルチスペクトルカメラ装置１１３によれば、色から成果物（果実）などの品質（糖度）の判定を行うことができる。この場合、図２３Ａの透過帯域（４００ｎｍから５００ｎｍ（４３０ａ）、５００ｎｍから６００ｎｍ（４３０ｂ）、６００ｎｍから７００ｎｍ（４３０ｃ））毎に分割されたフィルタ４３０を使用し、さらに受光素子アレイ４１６の受光素子（画素）ごとにベイヤー配列でＲＧＢのカラーフィルタが配置されたカラーセンサを利用する。このＲＧＢカラーフィルタは、Ｂ（ブルー）では４７０ｎｍ付近に、Ｇ（グリーン）では５４０ｎｍ付近に、Ｒ（レッド）では６２０ｎｍ付近にそれぞれスペクトルのピーク（最大値）を有している。フィルタ４３０を構成する各フィルタ（４３０ａと４３０ｂと４３０ｃ）と、カラーセンサにおけるフィルタ４４０を構成するＲＧＢの各フィルタの分光特性はそれぞれ異なっている。フィルタ４３０を構成する各フィルタと、カラーセンサにおけるフィルタ４４０を構成する各フィルタを光線が通過することで、３×３＝９種類のバンドパスフィルタを通ったのと同様の分光情報を同時に取得することができる。 しかしながら、厳密には、各々のフィルタの分光透過領域の部分のみ光は透過することができるため、本実施形態では実質的に、６種類の分光情報を取得することとなる。このように６種類の分光情報を得られれば、自然界のスペクトルを精度良く計測することができ、撮像した色を正確に認識することが可能となる。このマルチスペクトルカメラ装置は、可視光を精度よく測定できる測色カメラ装置を構成する。たとえば、ある種のイチゴのように熟して赤くなるほど糖度が増す果実では、マルチスペクトルカメラ装置（測色カメラ装置）１１３でその果実全体の分光画像における可視赤域における分光反射率を求めることができるので、その糖度の評価を行うことができる。

[0134] さらに、モモ果実のように果皮が薄い果実に対して、マルチスペクトルカメラ装置１１３によって近赤外領域の分光反射率を測定してそのスペクトル分布から糖度を評価することができる。

[0135] さらに、マルチスペクトルカメラ装置１１３によれば、非破壊・非接触で植物の緑葉などが含有する水分量を測定することができる。これは植物において水分が不足するとその植物に水分ストレスがかかり、緑葉の表面の分光特性が変化するので、この変化をとらえることによって水分量を測定するものである。図２４に示すように可視赤域から近赤外域にかけて反射率が急に高まる領域（レッドエッジ）がある。植物は水ストレスがかかるとこの反射率が高まる領域が波長の短い青色側（左側）にずれることがわかっている（ブルーシフト）。図２４の点線２４０３は水ストレスを与えた場合のブルーシフトの様子を示す。このずれ量を検出できれば植物の葉内の水分量（水ストレスのかかり具合）を特定できる。そこで、この水ストレスの度合いを検出するために、マルチスペクトルカメラ装置１１３は、可視赤域から近赤外域にかけて反射率が急に高まる領域の複数の波長における反射率を測定するため、その複数の波長域に対応できる分光フィルタを備える。たとえば、その分光フィルタは、フィルタ４１０のように可視赤域から近赤外域にかけて連続的に変化するものであってもよいし、所望の波長（たとえば、７１５ｎｍ、７４０ｎｍ）を選択して透過させるフィルタであってもよい。

[0136] これら可視赤域から近赤外域にかけて反射率が急に高まる領域における所望の波長に対する反射率を計測し、基準となる反射率（たとえば水分ストレスをかけていない状態における、それぞれの波長に対する分光反射率）と比較することでずれ量を検出することができる。この場合にＬＥＤ４０４として、可視赤域から近赤外域にかけて反射率が急に高まる領域において所望の波長の光を出力できるＬＥＤを設置して、それらを使用してもよいし、ＬＥＤ４０４による照射を行わずに太陽光を利用して反射率測定を行ってもよい。太陽光を利用する場合には、植物で反射した太陽光から取得した前記複数の波長における分光反射率を、圃場または農業機械１００に設置される標準白色板で反射された太陽光から得た反射率で除し、正規化されたレベル同士を比較することで、太陽光の光量変化による測定値の誤差の影響を少なくすることができる。なお、測定する分光反射率は、２つの波長に対するものに

限られず、精度を上げるために３以上の波長に対して測定してもよい。このようにマルチスペクトルカメラ装置１１３によって植物の含有する水分量を測定することで、測定対象である植物に対して非破壊、非接触で、かつ、迅速な測定が可能となる。

[0137] なお、ＬＥＤ４０４に換えて、またはＬＥＤ４０４とともにレーザレーダ装置１１２から所望波長のレーザ光を植物に照射し、マルチスペクトルカメラ装置１１３がその反射光を撮像するようにしてもよい。レーザレーダ装置１１２は計測位置までの距離を測定できる。このため、マルチスペクトルカメラ装置１１３で撮像した分光画像とレーザレーダ装置１１２で検出した距離情報から、例えば、枝間の茎の長さや葉の大きさを特定あるいは推定する。本実形態において、この特定（または推定）処理は、サーバー７０４で行う。サーバー７０４は、分光画像において後述の認識処理により、葉や枝、茎などを認識する。そして、枝間の長さとして、たとえば距離５０ｃｍで１０００画素分の長さであれば、約５．３ｃｍなどと特定（または推定）する。または葉が距離５０ｃｍで２３万画素を占めている場合にはその面積は１００平方センチメートルであると特定（または推定）する。これらとその農作物の基準となる茎間の長さや葉の大きさを比較して育成状況を把握する。なお、上記の特定処理（または推定処理）は、農業機械１００の制御装置１１８で行ってもよい。

[0138] また、マルチスペクトルカメラ装置（測色カメラ装置）１１３を２台組み合わせて上述のステレオカメラ装置１１０と同様の原理で距離を測定するようにしてもよい。これにより、対象物の画像と分光情報および距離情報（視差値情報）を一回の撮像動作で取得することができる。

[0139] またさらに、マルチスペクトルカメラ装置１１３によって、土壌からの近赤外線の分光反射率を計測し、作物の育成に必要な養分（窒素、リン酸、カリウム）の吸収スペクトルの違いを利用して土壌の状態を把握することができる。全体システム１５００は、把握した土壌の状態に応じて、肥料などのバランスを調整し、土壌のきめ細かい管理を効率的に行うことができる。

[0140] ＜状態モニタリング装置＞

広大な圃場を管理する場合、広範囲にわたる農作物の育成状況などの状態を迅速に認識することが望まれる。図２５は、このマルチスペクトルカメラ装置１１３を使った状態モニタリング装置５５０を示す。この状態モニタリング装置５５０は、圃場などにおける農作物の活性度や土壌等を広範囲で素早く測定するための装置である。状態モニタリング装置５５０は、マルチスペクトルカメラ装置１１３と、マルチスペクトルカメラ装置１１３を水平軸に対して回転可能に保持する保持部４５０と、保持部４５０を鉛直軸に対して回転可能に保持する回転ステージ４５２と、太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換する太陽電池を複数並べ相互接続されたソーラーパネル４５６と、ソーラーパネル４５６で発生させた電気を蓄電する蓄電池とマルチスペクトルカメラ装置１１３へ命令やマルチスペクトルカメラ装置１１３からの情報の入出力制御や通信制御、保持部４５０や回転ステージ４５２の回転制御を行う制御部を格納した格納部４５４Ａと、格納部４５４Ａ内の制御部と接続され、農業機械１００やサーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２と無線通信を行うための無線アンテナ４５８と、マルチスペクトルカメラ装置１１３等を周辺環境から保護する透明なガラス製のカバー４６２と、状態モニタリング装置５５０を高い位置に支持する柱４６０を備えている。この状態モニタリング装置５５０の通信や各種制御、撮像は蓄電池に蓄えられた電気エネルギーを利用して動作する。なお、蓄電池の電気エネルギー不足や蓄電池を使用しない場合には、外部からの電力を使用してもよい。また、カバー４６２は透明であればガラス製でなくてもよく、たとえばアクリルなどの樹脂製であってもよい。このカバー４６２の上方にはソーラーパネル４５６が、下方には格納部４５４Ａが設置される。また、このカバー４６２内にマルチスペクトルカメラ装置１１３、保持部４５０、回転ステージ４５２が設置される。この状態モニタリング装置５５０は、ユーザ端末７１０、７１２やサーバー７０４、農業機械１００からの送信された情報に基づき、周辺領域の農作物を撮像し、それらの農作物の植物活性度を調べる。なお、この撮像

においてはＬＥＤ４０４を使わずに、反射した太陽光を撮像してもよい。また、制御部と無線アンテナ４５８は、無線アクセスポイントとしても機能し、無線の中継を行うことができる。これにより、無線通信を行える領域を拡大することができる。また、制御部は、農業機械１００やサーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２のいずれかからの指示により、当該農業機械１００の位置を特定するための信号を、無線アンテナ４５８を経由して送信する。農業機械１００は、合計３つ以上の状態モニタリング装置５５０または圃場モニタリング装置５００から送信される信号の受信信号の強度（または減衰）または受信時間差から現在の位置を特定できる。

[0141] なお、この状態モニタリング装置５５０の設置位置周辺の地面から反射された光をマルチスペクトルカメラ装置１１３のメインレンズ４０８に入射させるために状態モニタリング装置５５０の上方部分のカバー４６２内側または外側において角度をもたせて反射鏡を設置してもよい。これにより、回転ステージ４５２や格納部４５４Ａなどによって死角となる下方の様子もモニタリングすることができる。

[0142] また、状態モニタリング装置５５０は圃場にある農作物の状態をモニタリングする用途以外にも、波長により分光反射率が異なる特性を有する対象物（たとえば、土壌）をモニタリングするモニタリング装置として使用してもよい。さらには害虫や霜その他の影響により葉自体や葉の表面等が変色する場合があり、状態モニタリング装置５５０はそのような色が変化している植物や領域を検出することもできる。

[0143] ＜圃場モニタリング装置＞

一般的なカメラ装置は、一回で一方向しか撮像を行うことしかできない。したがって、そのようなカメラ装置を使って周囲すべてをモニタリングする場合には、カメラ装置を回転させるなどの操作を行わなければならず、モニタリング装置の大型化や回転機構を設けるためのコストも必要になる。さらには稼動部があるということで一般的に故障が生じやすい。このため広大な圃場におけるモニタリングにおいては、一回の撮影で、できるだけ広い範囲を

撮像できることが望まれる。図２６は、全天球カメラ装置５０１を使った圃場モニタリング装置５００を示す。全天球カメラ装置５０１はセンサの一例である。全天球カメラ装置５０１は一度の撮像で、そのカメラの周囲３６０度を撮像できるもので、圃場に設置することで、圃場はもちろんのこと、たとえば空の画像から天候のモニタリングも行うこともできる。また、この圃場モニタリング装置５００によれば、日照量の評価などを広い領域で行うことができる。図２６において、図２５と同一の符号をつけた構成は、図２５を用いて説明したものと同一の機能を果たすのでここでの説明は省略する。４５４Ｂは、状態モニタリング装置５５０のように蓄電池と制御部を格納する格納部であるが、この制御部はマルチスペクトルカメラ装置１１３ではなく全天球カメラ装置５０１への指示や当該全天球カメラ装置５０１からの情報の入出力制御を行う点と回転制御は行わない点で状態モニタリング装置５５０の制御部と異なる。

[0144] なお、この圃場モニタリング装置５００の設置位置周辺の地面から反射された光を全天球カメラ装置５０１の光学系Ａ、Ｂに入射させるために圃場モニタリング装置５００の上方部分のカバー４６２内側または外側において角度をもたせて反射鏡を設置してもよい。これにより、格納部４５４Ｂなどによって死角となる下方の様子もモニタリングすることができる。

[0145] なお、この全天球カメラ装置５０１を使った圃場モニタリング装置５００は、圃場をモニタリングする用途のほかに、たとえば、監視カメラ装置として使用することができる。

[0146] ＜全天球カメラ＞

図２７から図３０を使って本実施形態における全天球カメラ装置５０１を説明する。図２７は、全天球カメラ装置５０１の正面外観図である。このカメラは魚眼（広角）レンズを備えた２つの光学系Ａ、Ｂと本体部５０２を有する。

[0147] Ａ．全天球カメラの光学系

図２８は、全天球カメラ装置５０１の光学系を示す図である。図２８におい

て、符号Ａ、Ｂで示す部分は撮像光学系を示している。２個の撮像光学系Ａ、Ｂは何れも１８０度より広い画角を持つ広角レンズと、この広角レンズによる像を撮像する撮像素子ＩＡ、ＩＢとにより構成されている。即ち、撮像光学系Ａは、レンズＬＡ１～ＬＡ３により構成される前群、反射面を構成する直角プリズムＰＡ、レンズＬＡ４～ＬＡ７により構成される後群により構成されている。そして、レンズＬＡ４の物体側に開口絞りＳＡが配置されている。撮像光学系Ｂは、レンズＬＢ１～ＬＢ３により構成される前群、反射面を構成する直角プリズムＰＢ、レンズＬＢ４～ＬＢ７により構成される後群により構成されている。そして、レンズＬＢ４の物体側に開口絞りＳＢが配置されている。

[0148] 撮像光学系Ａの前群を構成する、レンズＬＡ１～ＬＡ３は、物体側から順に、ガラス材料による負メニスカスレンズ（ＬＡ１）、プラスチック材料による負レンズ（ＬＡ２）、ガラス材料による負のメニスカスレンズ（ＬＡ３）により構成されている。後群を構成するレンズＬＡ４～ＬＡ７は、物体側から順に、ガラス材料による両凸レンズ（ＬＡ４）、ガラス材料による両凸レンズ（ＬＡ５）と両凹レンズ（ＬＡ６）の張り合わせレンズ、プラスチック材料による両凸レンズ（ＬＡ７）により構成されている。撮像光学系Ｂの前群を構成する、レンズＬＢ１～ＬＢ３は、物体側から順に、ガラス材料による負メニスカスレンズ（ＬＢ１）、プラスチック材料による負レンズ（ＬＢ２）、ガラス材料による負のメニスカスレンズ（ＬＢ３）により構成されている。後群を構成するレンズＬＢ４～ＬＢ７は、物体側から順に、ガラス材料による両凸レンズ（ＬＢ４）、ガラス材料による両凸レンズ（ＬＢ５）と両凹レンズ（ＬＢ６）の張り合わせレンズ、プラスチック材料による両凸レンズ（ＬＢ７）により構成されている。

[0149] これら撮像光学系Ａ、Ｂにおいて、前群のプラスチック材料による負レンズＬＡ２、ＬＢ２、後群のプラスチック材料による両凸レンズＬＡ７、ＬＢ７は両面が非球面であり、他のガラス材料による各レンズは球面レンズである。各広角レンズにおける前側主点の位置は、第２レンズＬＡ２、ＬＢ２と

第３レンズＬＡ３、ＬＢ３との間に設定される。撮像光学系Ａの広角レンズにおける、前群の光軸と反射面との交点と前側主点との距離が図２８におけるｄ１であり、撮像光学系Ｂの広角レンズにおける、前群の光軸と反射面との交点と前側主点との距離がｄ２である。これらの距離ｄ１、ｄ２を広角レンズにおける距離ｄとすると、

条件（１）７．０＜ｄ／ｆ＜９．０

を満足する。

条件（１）の意義について説明すると、条件（１）のパラメータ：ｄ／ｆが小さくなることは、全系の焦点距離：ｆが長くなるか、前群の光軸と反射面との交点と前側主点との距離：ｄが小さくなることを意味する。焦点距離：ｆが大きくなれば、広角レンズの光軸上のレンズ全長が長くなるので、コンパクト化の観点からこれを適当な値に設定すると、その条件においては距離：ｄが小さくなることを意味する。ｄが小さくなると、レンズＬＡ３（ＬＢ３）とプリズムＰＡ（ＰＢ）との間隔が狭くなり、レンズＬＡ３（ＬＢ３）に必要な屈折力を確保するためのレンズ肉厚に対する制限が厳しくなる。そして、条件（１）の下限値を下回ると、レンズＬＡ３（ＬＢ３）の所望の肉厚、形状を加工できなくなったり、加工が難しくなったりする。図２８において、撮像光学系Ａ、Ｂは、図における左右方向において、なるべく近接させることが全天球カメラ装置５０１の小型化の目的に沿う。反射面は直角プリズムＰＡ、ＰＢの斜面であるので、この斜面同士をなるべく近接させることが、上記小型化に有効である。条件（１）において、パラメータ：ｄ／ｆが大きくなることは、前群の光軸と反射面との交点と前側主点との距離：ｄが大きくなることを意味し、これは前群が大型化することを意味する。このような前群の大型化は、全天球カメラ装置５０１の小型化を困難にする。この場合、前群の大きさの増大による全天球カメラ装置５０１の大型化を吸収する方法として、プリズムＰＡ、ＰＢの斜面同士を近接させた状態で、撮像光学系ＡとＢとを図１の上下方向へずらして配置することが考えられる。しかしこのようにすると、各撮像光学系の広角レンズの前群の光軸同士が、図

２８で上下方向にずれるので、このズレ量が程度を超えれば視差の影響が大きくなる。視差の影響を有効に抑えつつ、前群の大型化を許容できるのは、パラメータ：ｄ／ｆが条件（１）の上限より小さい場合である。上記距離：ｄと焦点距離：ｆとの比：ｄ／ｆに対する条件を、全天球カメラ装置５０１について規制するのが

条件（４）１６≦（ｄ１＋ｄ２）／ｆ＜２１

であり、視差の影響を抑えつつ、条件（４）の下限を超えると、プリズムＰＡとＰＢの反射面同士が干渉してしまうし、上限を超えると視差の影響を無視できなくなる。

条件（３）ｎｄ≧１．８

は、プリズムＰＡ、ＰＢの材質として、ｄ線に対する屈折率：ｎｄが１．８より大きいものを用いるべきことを定めている。プリズムＰＡ、ＰＢは、前群からの光を後群に向かって内部反射させるので、結像光束の光路はプリズム内を通る。プリズムの材料が条件（３）を満足するような高屈折率であると、プリズム内の光学的な光路長が、実際の光路長より長くなり、光線を屈曲させる距離を広げることができる。前群・プリズム・後群における前群と後群の間の光路長を機械的な光路長よりも長くでき、広角レンズをコンパクトに構成できる。また、開口絞りＳＡ、ＳＢの近くにプリズムＰＡ、ＰＢを配置することにより、小さいプリズムを用いるができ、広角レンズ相互の間隔を小さくできる。プリズムＰＡ、ＰＢは、前群と後群の間に配置される。広角レンズの前群は、１８０度以上の広画角の光線を取り込む機能をもち、後群は収差補正の結像に効果的に機能する。プリズムを上記の如く配置することにより、プリズムの配置ずれや製造公差の影響を受けにくい。

[0150] Ｂ．全天球カメラの光学系以外の構成

次に、図２９を用いて本実施形態の全天球カメラ装置５０１の構成を示す。図２９に示されているように、全天球カメラ装置５０１は、撮像光学系Ａ、Ｂ、撮像素子ＩＡ、ＩＢ、画像処理ユニット５０４、撮像制御ユニット５０６、ＣＰＵ５１０、ＲＯＭ５１２、Ｓｔａｔｉｃ　Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃ

ｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ（ＳＲＡＭ）５１４、Ｄｙｎａｍｉｃ Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ（ＤＲＡＭ）５１６、操作部５１８、ネットワークＩ／Ｆ５２０、及び、通信部５２２を備えている。撮像素子ＩＡ、ＩＢは、広角レンズによる光学像を電気信号の画像データに変換して出力するＣＭＯＳセンサやＣＣＤセンサなどの画像センサ、この画像センサの水平又は垂直同期信号や画素クロックなどを生成するタイミング生成回路、この撮像素子の動作に必要な種々のコマンドやパラメータなどが設定されるレジスタ群などを有している。撮像素子ＩＡ、ＩＢは、各々、画像処理ユニット５０４とはパラレルＩ／Ｆバスで接続されている。さらに、撮像素子ＩＡ、ＩＢは、撮像制御ユニット５０６とは、シリアルＩ／Ｆバス（Ｉ２Ｃバス等）で接続されている。画像処理ユニット５０４及び撮像制御ユニット５０６は、バス５０８を介してＣＰＵ５１０と接続される。さらに、バス５０８には、ＲＯＭ５１２、ＳＲＡＭ５１４、ＤＲＡＭ５１６、操作部５１８、ネットワークＩ／Ｆ５２０、通信部５２２も接続される。画像処理ユニット５０４は、撮像素子ＩＡ、ＩＢから出力される画像データをパラレルＩ／Ｆバスを通して取り込み、それぞれの画像データに対して所定の処理を施した後、これらの画像データを合成処理して、図３０Ｃに示されているような正距円筒画像のデータを作成する。撮像制御ユニット５０６は、一般に撮像制御ユニット５０６をマスタデバイス、撮像素子ＩＡ、ＩＢをスレーブデバイスとして、Ｉ２Ｃバス等のシリアルＩ／Ｆバスを利用して、撮像素子ＩＡ、ＩＢのレジスタ群にコマンド等を設定する。必要なコマンド等は、ＣＰＵ５１０から受け取る。また、該撮像制御ユニット５０６は、同じくシリアルＩ／Ｆバスを利用して、撮像素子ＩＡ、ＩＢのレジスタ群のステータスデータ等を取り込み、ＣＰＵ５１０に送る。また、撮像制御ユニット５０６は、操作部５１８のシャッターボタンが押下されたタイミングで、撮像素子ＩＡ、ＩＢに画像データの出力を指示する。なお、圃場モニタリング装置５００においてはこの操作部５１８は省略され、ネットワークＩ／Ｆ５２０と接続される、格納部４５４に格納された制御部からの指示に基づいて撮像されることにな

る。

[0151] また、撮像制御ユニット５０６は、後述するように、ＣＰＵ５１０と協働して撮像素子ＩＡ，ＩＢの画像データの出力タイミングの同期をとる同期制御手段としても機能する。ＣＰＵ５１０は、全天球カメラ装置５０１の全体の動作を制御すると共に必要な処理を実行する。ＲＯＭ５１２は、ＣＰＵ５１０のための種々のプログラムを記憶している。ＳＲＡＭ５１４及びＤＲＡＭ５１６はワークメモリであり、ＣＰＵ５１０で実行するプログラムや処理途中のデータ等を記憶する。特にＤＲＡＭ５１６は、画像処理ユニット５０４での処理途中の画像データや処理済みの正距円筒画像のデータを記憶する。操作部１１５は、種々の操作ボタンや電源スイッチ、シャッターボタン、表示と操作の機能を兼ねたタッチパネルなどの総称である。ユーザは操作ボタンを操作することで、種々の撮影モードや撮影条件などを入力することができる。ネットワークＩ／Ｆ５２０は、ＳＤカードやＵＳＢメモリ等の外付けのメディアやパーソナルコンピュータなどとのインターフェース回路（ＵＳＢ　Ｉ／Ｆ等）の総称である。また、ネットワークＩ／Ｆ５２０としては、無線、有線を問わずにネットワークインタフェースである場合も考えられる。ＤＲＡＭ５１６に記憶された正距円筒画像のデータは、このネットワークＩ／Ｆ５２０を介して格納部４５４の制御部と通信を行う。そして、無線アンテナ４５８を経由して農業機械１００、サーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２にデータを送信する。通信部５２２は、短距離無線技術を有する。格納部４５４内の制御部に通信機能を持たせ、通信部５２２と通信を行うようにしてもよいが、全天球カメラ装置５０１を圃場モニタリング装置５００で使用する場合には通信部５２２は省略できる。

[0152] 次に、図３０を用いて、全天球カメラ装置５０１で撮影された画像及び合成された画像を説明する。なお、図３０Ａは全天球カメラ装置５０１で撮影された半球画像（前側）、図３０Ｂは全天球カメラ装置５０１で撮影された半球画像（後側）、図３０Ｃは正距円筒図法により表された画像（「正距円筒画像」という）を示した図である。なお、説明を分かりやすくするために

図３０では、建造物を撮像した例を示している。図３０Ａに示されているように、撮像素子ＩＡによって得られた画像は、撮像光学系Ａによって湾曲した半球画像（前側）となる。また、図３０Ｂに示されているように、撮像素子ＩＢによって得られた画像は、撮像光学系Ｂによって湾曲した半球画像（後側）となる。そして、画像処理ユニット５０４によって、半球画像（前側）と、１８０度反転された半球画像（後側）とは、全天球カメラ装置５０１によって合成され、図３０Ｃに示されているように、正距円筒画像が作成される。画像処理ユニット５０４では、まず、繋ぎ位置を検出する。すなわち、パターンマッチング処理により、エリア毎に基準画像と比較画像のずれ量を算出する。続いて幾何学的変換により歪み補正を行う。すなわち、繋ぎ位置検出結果について、レンズ特性を考慮し、全天球画像フォーマットへ変換する。最後に２枚の画像をブレンドし、一枚の全天球画像を生成する。

[0153] なお、圃場に設置される圃場モニタリング装置５００、５５５の全天球カメラ装置５０１のうちの一部を夜間モニタリング用に暗視カメラとしてもよい。この場合、撮像素子ＩＡ、ＩＢには高感度の受光素子を使用し、圃場への照明として近赤外光を照射し、その反射光を撮像することでモノクロモードの画像を取得できる。

[0154] また、全天球カメラ装置５０１は、ステレオカメラ装置１１０と同様に、撮像素子ＩＡ、ＩＢの受光側に偏光フィルタ（ＳＷＳ偏光フィルタなど）を配置し、Ｓ偏光とＰ偏光による画像を検出するものであってもよい。この場合、全天球カメラ装置５０１においてもハイコントラストの画像を取得することができる。このため、偏光カメラ装置ではないカメラ装置では検出が難しい、面方向に応じて光の偏光状態が異なる被写体（黒い被写体など）や光の偏光状態に応じて透過率が変化する被写体（透明な被写体など）などの検出精度を高めることができる。

[0155] ＜圃場モニタリング装置の他の例＞

図３１は圃場モニタリング装置の他の例を示す。この圃場モニタリング装置５５５は上述の圃場モニタリング装置５００と異なり、ソーラーパネル４５

６や無線アンテナ４５８を透明のカバー４６２と接触させずに、柱４７０を介して上方に設置している。その他の構成は圃場モニタリング装置５００と同じである。このようにすることで、少しだけ上方の画像を取得したい場合にもソーラーパネルが邪魔にならずにすむ。また、図３１の圃場モニタリング装置５５５において、全天球カメラ装置５０１に代えて、図２５に示すマルチスペクトルカメラ装置１１３、保持部４５０、回転ステージ４５２を備え、それらを制御する制御器を有する状態モニタリング装置５５０を構成してもよい。

[0156] なお、この圃場モニタリング装置５５５の設置位置周辺の地面から反射された光を全天球カメラ装置５０１の光学系Ａ、Ｂに入射させるためにカバー４６２上方部分のカバー内側または外側において角度をもたせて反射鏡を設置してもよい。これにより、格納部４５４Ｂなどによって死角となる下方の様子もモニタリングすることができる。

圃場モニタリング装置５００、５５０、状態モニタリング装置５５５は、圃場内に複数設置されているが、圃場の大きさが小さく、１個でモニタリングできる場合には１個だけでもよい。圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０はセンサの一例である。

[0157] 〔システムの動作〕図３２から図５６を用いて、本実施形態における全体システム１５００の動作について説明を行う。なお、全体システム１５００の動作は、農業機械１００、サーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２、その他の圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０、データベース７０６、７０８等が連携して動作するものであって、農業機械１００を手動で運行、作業させるものではない。すなわち、農業機械１００が自動で運行および作業を行うための動作である。全体システム１５００の動作において、これらの図のフローチャートで示す動作は代表的なものである。その他の動作や詳細な動作はすでに文章で説明が行われたか、これから説明が行われる。また、農業機械１００、サーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２、その他の装置（符号１１０、１１２、１１３、５００、５

５０、５５５等の装置）との間における情報のやり取りは、すでに説明を行った有線または無線による通信によって直接または無線アクセスポイント等による中継を介して行われる。電波による無線が有効でない場合には、可視光または不可視光を用いた無線情報通信をおこなってもよい。

[0158] なお、これまでの説明および以後の説明でサーバー７０４が主体となって動作を行うものは、正確にはサーバー内のＣＰＵがＳＳＤに格納されたプログラムに従って行う動作であるが、説明の簡単化のため、サーバー７０４が行うものとして説明する。また、これまでの説明および以後の説明で農業機械１００が主体となって動作を行うものは、正確には農業機械１００に内蔵される制御装置１１８がそこに格納されたプログラムに従って行う動作であるが、説明の簡単化のため、農業機械１００が行うものとして説明する。さらに、これまでの説明および以後の説明でユーザ端末７１０、７１２が主体となって動作を行うものは、正確にはユーザ端末７１０および／またはユーザ端末７１２に内蔵されるＣＰＵが記録媒体に格納されたプログラムおよび／またはユーザ端末の使用者の指示に従って行う動作であるが、説明の簡単化のため、まとめてユーザ端末７１０、７１２が行うものとして説明する。またさらに、これまで説明した、または今後説明される、その他の装置（符号１１０、１１２、１１３、５００、５５０、５５５等の装置）やデータベース７０６、７０８などの動作も、正確にはそれらが備えている制御プロセッサやＣＰＵがそれらの装置やデータベースに格納されているプログラムの沿って行う動作であるが、説明の簡単のために、その他の装置（符号１１０、１１２、１１３、５００、５５０、５５５等の装置）やデータベース７０６、７０８等が行う動作として説明される。

[0159] ＜初期設定＞

手動によらず農業機械１００に移動および作業を行わせるためには、その動作を実行する前に作業箇所や作業内容等を設定する必要がある。図３２と図３３は農業機械１００が圃場で移動や作業を行うために、サーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２、農業機械１００において行う初期設定を説明す

るためのフローチャートである。これらの図に沿って説明を行う。なお、基本的に左側に農業機械１００が行う動作、中央にサーバー７０４が行う動作、右側にユーザ端末７１０、７１２が行う動作を示すが、図によってはそれらのうちの一つまたは二つが行う動作として説明がなされている。

[0160] 本実施形態における全体システム１５００において、初期設定動作が開始されると（Ｓ１００）、サーバー７０４は、圃場を特定するためのデータ、すなわち、圃場の角部や端部の位置情報（経度および緯度、可能であれば高度）または／及び圃場の形状などのデータを送信するようにユーザ端末に問い合わせる（Ｓ１０２）。なお、このＳ１００の工程による初期設定動作の開始は、ユーザ端末からの指示により実行される。

[0161] ユーザ端末７１０又は７１２は、問い合わせに答える形式で入力された、圃場を特定するために必要なデータ（圃場の角部や端部の位置情報（経度および緯度、可能であれば高度）または／及び圃場の形状など）をサーバー７０４に送信する（Ｓ１０４）。このデータ入力において、サーバー７０４やデータベース７０６等、またはインターネットやその他の外部システムが有する地図情報を取得して、その地図情報を使用してデータ入力を行ってもよい。たとえば、地図の各地点において緯度・経度（及び高度）といった位置情報が紐付いている地図をユーザ端末７１０又は７１２の画面上に表示し、その上をユーザが囲むあるいはなぞる形で圃場を指定する。その指定された領域から得られた位置情報等をサーバー７０４に送信してもよい。なお、この圃場特定のためのデータは、全体システム１５００の提供者が予め設定しておいてもよい。 サーバー７０４は、ユーザ端末７１０又は７１２から送られた圃場を特定するための情報を受信し、作業が行われ得る圃場を特定し、名前等の識別情報をつけてサーバー７０４内のＳＳＤに記憶する（Ｓ１０６）。また、圃場特定の情報は、識別情報をつけてデータベース７０８でも記憶される。この記憶された情報があれば、将来ユーザからの情報入力がなくても同じ圃場内で作業を行うことができる。

[0162] 続いて、サーバー７０４は、圃場内で作業を行う箇所を特定するための情

報を送信するよう問い合わせをユーザ端末７１０、７１２に行う（Ｓ１０８）。

[0163] ユーザ端末７１０又は７１２は、問い合わせに答える形式で入力された、作業箇所を特定するために必要なデータ（作業領域の角部や端部の位置情報（経度および緯度、可能であれば高度）または／及び作業領域の形状情報、作業開始位置、作業終了位置、まくら地など）をサーバー７０４に送信する（Ｓ１１０）。このデータ入力において、圃場を特定する場合と同様にサーバー７０４、データベース７０６、またはインターネットやその他の外部システムが有する地図情報を取得して、その地図情報を使用してデータ入力を行ってもよい。たとえば、地図の各地点において緯度・経度（及び高度）といった位置情報が紐付いている少なくとも圃場を示す地図をユーザ端末７１０又は７１２の画面上に表示し、その上をユーザが作業開始位置から作業終了位置までなぞる形や作業箇所を囲み、作業開始・終了位置を特定する形等で作業箇所を指定する。これにより指定された領域から得られた位置情報等をサーバー７０４に送信してもよい。

[0164] サーバー７０４は、ユーザ端末７１０又は７１２から送られた作業箇所を特定するための情報を受信し、作業を行う箇所を特定し、名前等の識別情報をつけてサーバー７０４内のＳＳＤに記憶する（Ｓ１１２）。また、作業箇所を特定する情報は識別情報をつけてデータベース７０８でも記憶される。作業箇所の情報を記憶しておけば、将来同じ作業箇所で同一または異なる作業を行う場合にあらためてユーザに入力させなくてもよくなる。なお、サーバー７０４は圃場モニタリング装置５００，５５５、状態モニタリング装置５５０からの情報に基づいて作業箇所を特定してもよい。

[0165] 続いて、サーバー７０４は、作業の種類（耕起、砕土、整地、田植、施肥、播種、移植、収穫、除草、農薬散布・噴霧、散水、刈払、等）とその作業を行う農業機械およびその運行法（内返し耕、外返し耕、外回り（外巻）耕、内回り（内巻）耕、片道耕、順次耕、縦横がけ、対角線がけ等）または運行順路についてユーザ端末７１０、７１２に問い合わせる（Ｓ１１４）。

[0166] ユーザ端末７１０又は７１２は、ユーザが入力した作業の種類、作業を行う農業機械、運行法または運行順路をサーバー７０４に送信する（Ｓ１１６）。この際、運行順路において部分ごとに作業の種類を変更する、または、ある部分では作業を行わないなどの指定も行うことができる。また、運行順路は、サーバー７０４、７０６、またはインターネットやその他の外部システムが有する地図情報を取得して、その地図情報を使用してデータ入力を行ってもよい。たとえば、地図の各地点において緯度・経度（及び高度）といった位置情報が紐付いている少なくとも作業箇所を示す地図をユーザ端末７１０又は７１２の画面上に表示し、その上をユーザが作業開始位置から作業終了位置までの経路をなぞることで順番に設定することで運行順路を指定する。さらに、その経路の一部で作業を変更する、作業をさせない等の指定も行うことができる。

[0167] サーバー７０４は、ユーザ端末７１０又は７１２から送られた作業の種類、作業を行う農業機械、運行方法または運行順路を特定するための情報を受信し、それらを特定し、名前等の識別情報をつけてサーバー７０４内のＳＳＤに記憶する（Ｓ１１８）。また、それらを特定する情報は識別情報をつけてデータベース７０８でも記憶される。

[0168] 以上、サーバー７０４はＳ１０６、Ｓ１１２、Ｓ１１８で特定した情報を作業データとしてまとめ、それらが間違いないか確認をするためにユーザ端末７１０、７１２に送信する（Ｓ１２０）。この際、特定したデータが過去のものから変更されている場合にはＳＳＤ及びデータベース７０８に記憶されているデータを書き換える。

[0169] ユーザ端末７１０又は７１２は、受信した作業データに対して変更ありか変更なしの確認をサーバー７０４に送信する（Ｓ１２２）。

[0170] サーバー７０４は、ユーザ端末７１０又は７１２から送信された確認情報に基づいて、作業データに変更があるかないか判断する（Ｓ１２４）。

[0171] ここで、変更ありと判断された場合には、ユーザ端末７１０、７１２に変更を行うデータの入力を促す（Ｓ１２６）。

[0172] ユーザ端末７１０又は７１２は、圃場を特定するためのデータ、作業箇所を特定するためのデータ、作業の種類、農業機械、運行法または運行順路を特定するためのデータのうち、少なくとも１つの変更を行う項目を選択し、その変更をサーバー７０４に送信する（Ｓ１２８）。これによりサーバー７０４はＳ１２０の工程に戻り、続きの処理を続行する。

[0173] 一方、Ｓ１２４の工程で、サーバー７０４が変更なしと判断した場合、作業データを農業機械１００に送信する（Ｓ１３０）。

[0174] 農業機械１００は、認識している作業装置１０６が、サーバー７０４から送信された作業の種類を実行できるか判断する（Ｓ１３２）。

[0175] たとえば、農業機械１００に接続されている作業装置１０６が施肥装置であるときに、サーバーから送られてきた作業の種類が播種の場合のように、その作業装置１０６が作業の種類を実行できない状態や農業機械１００に何の作業装置が接続されていない状態では、Ｓ１３２では否定的な判断がなされ、作業の種類と接続する作業装置の少なくともいずれか一方の変更をする、または作業装置を接続するように促すためのエラー情報をサーバー７０４に促す（Ｓ１３４）。

[0176] サーバー７０４は、農業機械１００からこのようなエラー情報を受け取ると、ユーザ端末７１０、７１２に作業の種類と接続する作業装置の少なくともいずれか一方の変更、または作業装置の接続をするように促す通知を行う（Ｓ１３６）。

[0177] ユーザ端末７１０、７１２は、この通知を受け取り、作業種類を変更するか接続する作業装置を変更または接続するか行う（Ｓ１３８）。

[0178] ユーザによってユーザ端末７１０又は７１２が作業の種類を変更する指示を行う場合には、その変更した作業の種類をサーバー７０４に送信し、Ｓ１３０の工程に戻り、変更した作業種類の情報を含め、作業データを農業機械１００に送りなおす。

[0179] 一方、Ｓ１３８の工程において、ユーザがユーザ端末７１０又は７１２を介して作業装置の変更または接続を選択する場合には、農業機械１００はそ

の変更または接続が行われたか否かを判断する（Ｓ１４０）。

[0180] そこで、接続や変更がなされない場合には、Ｓ１４０の工程で処理はとまる。ここで、所定時間経過した場合に、農業機械１００はサーバー７０４を介してユーザ端末に注意を喚起する通知を行ってもよい。

[0181] 一方、Ｓ１４０の工程で、農業機械１００が、作業装置が変更または接続されたと判断した場合、Ｓ１３２の工程に戻る。これらの工程によって、農業機械１００により適切な作業を行うことができるとともに、散水作業を行うべきところで播種作業を行うなど作業種類を誤るという作業の自動化に伴って生じる問題を防止できる。

[0182] Ｓ１３２の工程で、農業機械１００が接続されている作業装置で受信した作業の種類を実行できると判断した場合には、初期設定完了の通知をサーバー７０４に送信する（Ｓ１４２）。

[0183] サーバー７０４は、初期設定完了通知を受信すると、初期設定の内容（最終的に設定された作業データ）と初期設定完了年月日と時刻をＳＳＤまたはデータベース７０８に登録する。さらにユーザ端末７１０、７１２に初期設定完了の通知を送る（Ｓ１４４）。

[0184] ユーザ端末７１０、７１２では初期設定完了通知を受信し（Ｓ１４６）、初期設定作業を終了する（Ｓ１４８）。

[0185] なお、ユーザがサーバー７０４への情報入力できる機能を、手動操作部１１６に備えている農業機械１００を使用する場合にはＳ１０２、Ｓ１１０、Ｓ１１６、Ｓ１２２、Ｓ１２８、Ｓ１３０の各工程は農業機械１００の手動操作部１１６から行うようにしてもよい。この場合には、サーバー７０４は、農業機械１００にも問い合わせを行う。

[0186] なお、サーバー７０４はＳ１０４、Ｓ１１０、Ｓ１１６の問い合わせの順番を変えてもよく、いずれかを組み合わせてまたはまとめて問い合わせるようにしてもよい。

[0187] また、Ｓ１２２の工程において、変更がある場合には、Ｓ１２８で説明したような変更を行う項目とその変更されたデータをサーバー７０４に送るよ

うにしてもよい。

[0188] また、Ｓ１４２の工程において、農業機械１００は初期設定完了の通知をサーバー７０４とユーザ端末７１０、７１２の両方に送信するものであってもよい。

[0189] ＜基本動作＞

続いて、図３４から図５６を用いて通常の作業開始から作業終了までの動作を説明する。農業に限らず、移動と作業を行う機械の自動制御においては、作業開始位置まで機械を移動させ、作業を行い、作業完了後に機械保管する位置まで機械を移動させる必要がある。図３４は作業開始から作業完了（保管位置への移動）までの大まかな動作を示す。図中において、Ｓ１６２、Ｓ１７０およびＳ１８０の工程は別途、図３５Ａなどを利用した説明で定義される処理である。

[0190] 作業開始（Ｓ１５０）は、ユーザ端末７１０，７１２によるサーバー７０４への作業開始指示の送信により始まる（Ｓ１５２）。なお、後述のように圃場における圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０からの指示を端緒として農業機械１００が作業を開始する場合もある。

[0191] サーバー７０４は作業開始指示を受信するとその情報と受信時刻（年月日時刻）をデータベース７０８に記憶し、初期設定済みの農業機械１００に作業開始を支持する（Ｓ１５４）。

[0192] 作業開始指示を受信した農業機械１００は、まず、現在位置（緯度、経度）を確認する（Ｓ１５６）。この確認は、農業機械１００が全体システム１５００で過去に作業を行い、その後、移動がない場合には農業機械１００がデータベース７０８に記録されている保管位置情報を取得することにより行うことができる。データベース７０８に過去の保管位置に関するデータがない場合には、相対測位方式の一つであるＤｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌ　ＧＰＳ（ＤＧＰＳ）測位により位置確認が行われる。これは位置の分かっている基準局が発信するＦＭ放送の電波を利用して、ＧＰＳの計測結果の誤差を修正

して精度を高める方法である。基準局でＧＰＳによる測量を行い、実際の位置とＧＰＳで算出された位置のずれを地上波で送信することにより、衛星からの信号により計測した結果を補正する。通常のＧＰＳ測位は４つの衛星からのＧＰＳ信号を受信して、その衛星位置を既知として衛星からの電波伝搬時間から距離を測定し、衛星から等距離である円弧の交点として緯度、経度を得る。すなわち、衛星が送信するコードを解析し、電波を発信した時刻とＧＰＳ用アンテナ１２０が受信した時刻から衛星と農業機械１００の距離を求め、さらに衛星の位置関係から農業機械１００の位置を特定する。このままだと精度が悪く２０ｍ程度の誤差を含んでしまうので、それを上記のＦＭ地上波で補正することにより誤差を５ｍ程度におさえている。なお、ＧＰＳを利用した測位はＤＧＰＳ方式に限られず、基準局から衛星までの距離を搬送波数と位相を用いて測定し、数ｃｍオーダーの誤差におさえるＲｅａｌ Ｔｉｍｅ Ｋｉｎｅｍａｔｉｃ ＧＰＳ（ＲＴＫＧＰＳ）方式や補正情報配信にインターネットを利用するインターネットＧＰＳ方式などであってもよい。また、圃場内における位置が既知である複数の圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０を利用して位置を特定してもよい。この方法は、圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０のいずれかから特定の位置特定用信号を発信し、農業機械１００の無線通信用アンテナ１１４で受信する。このときの受信信号の強度（振幅）または減衰率からそのモニタリング装置と農業機械１００間の距離を求める。または信号の到達時間を計測し、距離を求めてもよい。３つ以上の圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０からの距離を測定することで、それらの円弧の交点を求め、位置を特定する。

[0193] また、圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０で撮像した画像において、農業機械１００と複数の位置が既知の標識などの位置関係から農業機械１００の位置を特定してもよい。

[0194] さらにはステレオカメラ装置１１０で３点以上の位置が既知の対象物との距離を測定し、そこからそれらの円弧の交点を求めて、位置を特定してもよ

い。この場合、一つの撮像画像内に３点以上の位置が既知の対象物がある場合に限られる。

[0195] また、上記のようなＧＰＳ技術によって測定された距離や圃場内の圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０などを利用して求めた距離、ステレオカメラ装置１１０で測定した距離を組み合わせて現在の位置を特定してもよい。すなわち、３点の位置が既知の地点からの距離が分かれば、農業機械１００またはサーバー７０４は、その位置を算出することができる。なお、ビニールハウスなどの温室栽培で、ＧＰＳ信号が取得できない場合には、ＧＰＳ信号以外の方法により、現在位置を特定する。

[0196] なお、確認する現在位置は、経度や緯度で示す方法のほかに、ある決まった座標系において示される位置（Ｘ、Ｙ）やある既知の地点から方位と距離で示すものなどであってもよい。さらにはＧＰＳ信号または高度計を用いて計測される高度の情報も現在位置を表す情報として使用してもよい。

[0197] 続いて、農業機械１００は前進または後進の方向を確認する（Ｓ１５８）。方位は、農業機械１００に設置されている地磁気センサにより確認される。地磁気センサを使わない場合には、少し農業機械１００を前進または後進させて、その位置情報をＳ１５６の工程と同様の方法で取得し、Ｓ１５６の工程で特定した位置との関係から前進または後進の方位を特定すればよい。ただし、ＧＰＳ等での測位には誤差があるので、その誤差を無視できるだけの前進または後進を行う必要がある。このため、前進を行う場合には、農業機械１００はステレオカメラ装置１１０を使って、進行経路内で前進する位置まで障害物がないことを確認してから、前進する。この前進、後進の移動動作を行うとき、農業機械１００が内燃機関を有する場合、制御装置１１８が原動機１０２内のエンジンに点火を行い、ピストンを動かし、変速装置２０４を１速に入れ、主クラッチ２０２をつないで、エンジンで発生した動力を後輪１３０まで伝達し農業機械１００を前進させる。ピストン運動を速め、進行速度が上がり、エンジンの回転数が所定の値を超えると、制御装置１１８は主クラッチ２０２を切り、変速装置２０４を２速、３速と増加させる

。農業機械１００が電気駆動の場合には、制御装置１１８が原動機１０２－２内のモータを前進する向きに回転させることで運動エネルギーを後輪１３０に伝え、農業機械１００を前進させる。なお、後退する場合には、内燃機関の農業機械１００では制御装置１１８は主クラッチ２０２をきった状態で、変速装置２０４をリアに入れてから主クラッチ２０２をつなぐ。一方、電気駆動の農業機械１００では、モータの回転方向を逆にすることにより、農業機械１００は後進する。このように全体システム１５００は移動前に方位を測定し進行方向を把握するので、あやまった方向に農業機械１００が進行することを防止できる。

[0198] 進行方向（方位）の確認を終えると、農業機械１００は、現在の位置から作業を開始する位置への経路を計算する（Ｓ１６０）。この際、作業の種類に応じた経路を算出する。たとえば、作業の種類が収穫である場合には、作業箇所に入らないような最短の経路を特定する。現在位置と作業開始位置の間にそのような作業箇所がある場合には迂回する経路を算出し特定する。収穫前に作業領域に突入し、進行すると収穫すべき農作物を破壊してしまう可能性があるからである。特に、ステレオカメラ装置１１０を使って撮像した画像から農作物と認識ができないような小さな農作物が栽培されている場合には有効な処理である。一方、作業の種類が均平化などの整地である場合には、作業領域を横切るような経路を算出しても問題ない。作業領域は後々整地されるからである。このように作業の種類に応じた経路を算出するので、作業開始位置まで効率的な移動を行うことが可能となる。なお、この最短経路の算出は、農業機械１００ではなく、サーバー７０４で行ってもよい。この場合、データベース７０８内に格納された圃場内の他の作業データを調べ、他の領域の状態を確認し、経路を算出する。例えば、他の領域で農作物が栽培されている場合には、その領域に農業機械１００が進入することがない最短の経路あるいは最低限の進入で済む最短の経路を導出し、特定する。こうすることで、他の領域で栽培される農作物に影響を与えることを防止する、あるいは影響を最小限におさえることができる。その後、サーバー７０４

は導出した経路を農業機械１００に伝達する。

[0199] 経路が算出されると、農業機械１００は特定した経路に沿って、作業開始位置まで移動する（Ｓ１６２）。この移動処理は図３５Ａから図３７を利用した説明で詳細に定義される。

農業機械１００が作業開始位置まで到達すると、農業機械１００は作業開始位置に到達した旨をサーバー７０４に送信する（Ｓ１６４）。

[0200] サーバー７０４は、この信号を受信すると作業開始年月日時刻をデータベース７０８に記録する（Ｓ１６６）。これにより、作業ログを自動的に残すことができ、課金処理に利用することができるようになる。さらにユーザ端末７１０、７１２に作業開始の通知を行う。

[0201] なお、農業機械１００は、作業開始位置に到達した旨の通知をサーバー７０４のみならず、ユーザ端末７１０、７１２にも送信するものであってもよい。

[0202] ユーザ端末７１０、７１２は作業開始の知らせと開始時刻を受信することで、ユーザは作業がいつ開始されたかを認識できる（Ｓ１６８）。

[0203] そして、農業機械１００は信号を送信した後すぐに作業を開始する（Ｓ１７０）。作業の動作は、図３５Ａ、図３６などを利用した説明で詳細に定義される。

[0204] 作業が終了すると、農業機械１００は作業が終了した旨をサーバー７０４に送信する（Ｓ１７２）。

[0205] サーバー７０４は、この信号を受信すると作業終了年月日時刻をデータベース７０８に記録する（Ｓ１７４）。これにより作業ログを自動的に蓄積することができ、そのログを使った課金処理などに利用できるようになる。さらにユーザ端末７１０、７１２に作業終了の通知を行う。

[0206] なお、農業機械１００は、農業機械は作業が終了した旨の通知をサーバー７０４のみならず、ユーザ端末７１０、７１２にも送信するものであってもよい。

[0207] ユーザ端末７１０、７１２は作業終了の知らせと終了時刻を受信すること

で、ユーザは作業がいつ終了したかを認識できる（Ｓ１７６）。

[0208] 農業機械１００は、作業が終了すると、農業機械１００自体の保管位置までの経路を計算する（Ｓ１７８）。農業機械１００は、作業を行った領域を可能な限り横切らない経路で、かつ、保管位置まで最短となるような経路を導出する。この経路計算はサーバー７０４で行ってもよい。この経路計算の詳細はＳ１６０の工程で説明したのとほぼ同様であるが、整地などの作業を終えた領域には進入しないような経路が算出されることになる。

[0209] 経路計算を終えると、農業機械１００は保管位置まで経路に沿って移動する（Ｓ１８０）。この移動処理は、図３５Ａから図３７を使った説明で定義されている。

[0210] 保管位置まで移動が終了すると、作業は完了する（Ｓ１８２）。なお、保管位置の移動終了時刻と保管位置については後述のＳ２２８、Ｓ２２９の工程によってデータベース７０８に保存されることになる。これにより、将来その農業機械１００を使って作業を行う場合に、作業開始時の位置を素早く認識することができるようになる。

[0211] 自動制御により手動によらず農業機械１００を移動させる場合、移動経路に移動を阻害する状態がなければ簡単に移動することができるが、実際の圃場においてはさまざまな移動を阻害する要因が存在する。そこで、自動制御による移動においてはそのような阻害要因に対して対処できる機能を有することが課題となる。図３５、図３６を用いて、Ｓ１６２、Ｓ１７０、Ｓ１８０の移動工程の詳細な動作、処理について説明を行う。

[0212] Ｓ１６２、Ｓ１７０及びＳ１８０の移動処理は開始すると（Ｓ２００）、まず、ステレオカメラ装置１１０を使って、進行方向の画像を撮像し、進行方向の確認を行う（Ｓ２０２）。本実施形態では、この確認は農業機械１００において行われる。この処理について図３５Ｂを使って説明する。図３５Ｂは、Ｓ２０２の工程においてステレオカメラ装置１１０で撮像した画像のうちの基準画像を示す。ステレオカメラ装置１１０が撮像した範囲において、測距を行う。そして、少なくとも経路内で旋回すべき地点まで、あるいは

測定可能な地点（これらは図中Ｊで示される）までの農業機械１００の経路中（図中、灰色で示した部分）において、下方から上方に画素の視差値情報または距離情報を走査（確認）して距離（または視差値。以下同様）が一定範囲を超えて連続的に変化しない部分（隣接する画素間で一定以上距離が変化しない部分であり、地面と物体との境界を示し、たとえば図中のｈ１である）および／またはその後上方に画素を走査したときに経路内外において距離が突然大きく変化し、その後距離が一定範囲内の連続的な変化をするようになる部分（隣接する画素間で一定以上距離が変化する部分であり、物体と背面との境界を示し、たとえば図中のｈ２である）が含まれるかどうかで判断する。ここで距離が連続するか否かについて一定範囲内かどうかを判断するのは、たとえば、圃場内の畝などの凸凹について障害物として把握されないようにするためである。このため、一定の範囲は、一般的なうね高に対応する値以上に設定されている。なお、距離が突然大きく変化し、その後距離が一定範囲の連続的な変化をするようになる部分（ｈ２）が把握できない場合（たとえば、障害物の高さが高く、撮像画像におさまらない場合や障害物の上端がステレオカメラ装置１１０の測距可能な領域を超えた場合、物体の上端を示す画素ｈ２より上方の画素が地上を示す画素でなくなる場合等）にも障害物ありと判断する。圃場において農業機械１００の経路上に何も存在しない土地を考えると、その土地においてステレオカメラ装置１１０によって測定される距離は、農業機械１００から遠ざかる（図面では上方の位置にいく）につれて連続的に長くなっていく（たとえ、土地が多少傾いていても連続的に距離が増加する）。一方、土地の上にステレオカメラ装置１１０で測定できる大きさ以上の物体（図中のＯ）が存在すると、撮像画像においてその物体が撮像された領域内では測距位置が、上方に変化しても（たとえば図中のｈ１からｈ２の位置）、距離の変化は、その物体に至るまでの連続的な変化に比べて小さくなったり、あまり変化しなかったり、あるいは距離が短くなったりする（一番目の物体は、少なくとも農業機械１００の進行方向に向かって傾斜しながら高くなる領域を有する物体、二番目の物体は、農業

機械１００の進行方向に対して略垂直に立った領域を有する物体、最後の物体は農業機械１００に向かって傾斜する領域を有する物体である）。それらの変化は、距離が突然変化し、その後、距離の変化が連続的に変化する地点（ｈ２）まで続く。さらに、横方向でも、たとえば、左側の境界位置ｗ１と右側の境界位置ｗ２において隣接画素における測定距離が大きく変化する。なお、物体Ｏが撮像画像に納まらないほど大きいときにはｈ２やｗ１、ｗ２が求まらない場合もあるが、この場合にも障害物ありと判断する。このように経路内で旋回位置あるいは測定可能な距離までの農業機械１００の経路内で、少なくとも測定された距離が一定範囲内を超えて不連続に変化する場合（ｈ１がある場合）には障害物ありと判断し、一定範囲内で連続的にしか変化しない場合には障害物なしと判断する。なお、ここで、移動を阻害する要因の一つとして障害物を例に説明したが、これに限られず、進行方向の勾配が急すぎる場合や経路上が陥没して穴が開いている場合なども阻害要因となる。これらの場合も、障害物と同様に測定される距離の変化率から判断されることになる。

[0213] なお、サーバー７０４に基準画像と視差値情報あるいは距離情報を送信し、サーバー７０４で確認してもよい。さらにはサーバー７０４または農業機械１００で後述の認識処理（Ｓ２０８）を行って障害物の有無を判断してもよいが、認識作業に処理時間を要することになる。また、ステレオカメラ装置１１０で把握できない死角については、超音波ソナー装置１２６を使って、障害物がないかを確認することができる。超音波ソナー装置１２６で障害物を確認した場合には、農業機械１００を一旦後進して障害が検出しない方向に旋回して動作を継続する。

[0214] Ｓ２０２の確認処理の結果、経路上に把握できる程度に大きな障害物であるかどうか判断する（Ｓ２０４）。ここで把握できるとは、後段工程（Ｓ２０８）で認識処理を行えることを意味する。この処理について図３５Ｂを参照して説明を行う。上記のように撮像画像の縦方向においては、ｈ１とｈ２の間が障害物Ｏにおける高さ方向が最大となる。またｗ１とｗ２の間が物体

Ｏにおける幅方向が最大となる。このような地点を求め、それらの画素間（ｈ１とｈ２、ｗ１とｗ２）に存在する画素の数を求め、それらが所定値以上または所定値を超える場合に、障害物が認識処理可能な大きさであると判断し、Ｓ２０６の工程に進む。この際、高さ方向または横方向だけで判断を行ってもよい。すなわち、ｈ１とｈ２（またはｗ１とｗ２）間に所定数以上または所定数をこえる画素がある場合に画像認識処理が可能な大きさであると判断し、Ｓ２０６の工程に進む。また、ｈ２、ｗ１、ｗ２のうちの少なくともいずれかが求まらない場合（すなわち、障害物Ｏがｈ２、ｗ１、ｗ２を測定できないほど大きいと推定される場合）にも画像認識処理が可能な大きさであると判断し、Ｓ２０６の工程に進む。一方で、少なくともｈ１とｈ２間およびｗ１とｗ２間のいずれか一方における画素数が所定値以上または所定値を超える場合には障害物は認識処理可能な大きさでないと判断し、Ｓ２２４の工程に進む。急勾配や経路の陥没など障害物とは異なる移動阻害要因に関しても同様にして大きさを判断できる。その後、農業機械１００を前進させ、所定時間経過後、すなわち、少し障害物に近づいたときに（Ｓ２２４，Ｓ２２６、Ｓ２２８、Ｓ２３０、Ｓ２３２、Ｓ２０２の工程を経て）再度、判断を行うことになる。また、Ｓ２０２の工程で、進行方向に障害物がないと判断した場合にもＳ２０４の判断は否定され、Ｓ２２４の工程に進む。なお、サーバー７０４に基準画像と視差値情報あるいは距離情報を送信し、サーバー７０４でＳ２０４の判断をしてもよい。この場合には、Ｓ２０６を省略し、Ｓ２０８の工程の処理を行えばよい。さらには農業機械１００で後述の認識処理（Ｓ２０８）を行って障害物の認識を行ってもよい。

[0215] Ｓ２０２の工程で認識可能な程度の大きな障害物があると判断した場合には、農業機械１００が前進している場合には制御装置１１８でブレーキ装置２０８、２１４を動作させ、農業機械を一旦停止させる。そして、農業機械１００は、ステレオカメラ装置１１０で撮像した画像（基準画像）をサーバー７０４に送信する（Ｓ２０６）。なお、農業機械１００が停止している場合には、制御装置１１８はブレーキ動作を行わない。

[0216] サーバー７０４は画像を受信すると、その画像認識処理を行う（Ｓ２０８）。サーバー７０４は認識処理を次の手順で行う。まずサーバー７０４は、受信画像への補正処理、次いで特徴量抽出処理、そして標準パターンとの比較による識別処理を経て、画像認識を行う。補正処理は受信画像が有する歪みやノイズを低減する処理である。補正はノイズ除去、平滑化、鮮鋭化、二次元フィルタリング処理、特徴量抽出を容易にするための２値化、さらに認識対象とする図形の骨格線を抽出する細線化処理を行う。また、サーバー７０４は後処理のパターンマッチングを正確に行うための正規化処理（画像の拡大や縮小、回転、移動、濃度変換）を施す。特徴量抽出処理は、画像の特徴を忠実に示すパラメータである特徴パラメータを求め、その形状である特徴パターンを求める処理である。サーバー７０４は画像の不連続部分をエッジとして抽出するエッジ抽出を行う。すなわち、サーバー７０４は濃度の変化点を抽出し、画像をいくつかの連続領域に分割する。このエッジ抽出は延長跡法により途切れている点列をつないでから二次微分処理を施すことにより求める。なお、サーバー７０４はエッジ抽出を使わずに、あるいはエッジ抽出とともに領域分割による領域抽出、テクスチャ抽出を行ってもよい。続いて、サーバー７０４は標準パターンと特徴パターンとの比較による識別処理を施し、ある標準パターンと類似する場合にはその画像はその標準パターンと同一カテゴリーとみなす。本実施形態ではサーバー７０４は、データベース７０６に保存されている標準パターンを使ってパターンマッチングを行い、同一、類似のものがあるか検出する。なお、特徴パターンではなく特徴パラメータを使って識別処理を行う場合には、統計的識別法を使って識別を行ってもよい。さらには、エッジや特徴点を抽出して画像を構造解析する場合には構造識別法を使って識別を行ってもよい。このようにして識別が行えたときには、その画像を認識できたとし、識別が行えばないときには認識できないとする（Ｓ２１０）。

[0217] 画像認識でない場合には、ユーザ端末７１０、７１２に送信し、ユーザ（システム利用者）に障害物の種類と対応の入力を促す（Ｓ２１２）。

[0218] ユーザはユーザ端末７１０、７１２を使って、障害物の種類（たとえば、自然物（岩や木、カンガルーや牛などの動物）、人工物（柵や門））とその対応（回避、無視）をサーバー７０４に伝える（Ｓ２１４）。

[0219] サーバー７０４はこれら情報を当該画像およびその特徴パターンに紐付け、新たな標準パターンとしてデータベース７０６に登録する（Ｓ２１６）。これによって、将来、今回の障害物と類似する画像を認識する際に認識を行うことができるようになる。さらにサーバー７０４はデータベース７０８にユーザから情報を取得した情報を記録する。これにより、課金を行う際の値引きを自動的に行うことができるようになる。

[0220] なお、一定時間内にユーザ端末７１０、７１２からＳ２１４の情報を得られない場合には、サーバー７０４はユーザ端末７１０、７１２に督促を出し、入力を促す。さらに一定時間経過するまでに回答がない場合、サーバー７０４は障害物の種類を「不明の障害物」として、その対応は、安全性を考慮して、「回避する」としてデータベース７０６に登録する。後ほどユーザ端末７１０、７１２から障害物の種類と対応が送付されてきた場合には、サーバー７０４はデータベース７０６の登録情報をユーザ端末からの情報に書き換える。

[0221] Ｓ２１０で画像認識ができた場合には、農業機械１００はその認識結果に沿った対応をすることができる。また、ユーザからの情報に基づいても対応を行うことができる。そして、サーバー７０４は対応が回避か否か判断し（Ｓ２１８）、回避すると判断した場合には、旋回の位置、向き、旋回角度（方位）を特定する（Ｓ２２０）。最初の旋回の位置は、障害物の手前であるが、農業機械１００が接続する作業装置１０６の種類によって旋回可能な距離が異なる。小回りが難しい作業装置１０６を備える場合には、障害物に対してかなり手前の位置で旋回を開始するようにする。一方、小回りが利く、あるいは小回りが可能な作業装置１０６を有する場合には障害物の近傍まで直進してもよい。また、旋回方向は、基本的に目的位置まで最短で移動できる方向であるが、障害物の端をＳ２０６の工程で送信した画像を認識処理す

ることにより把握できる場合には、迂回路が短くなるように端までの距離が短いほうに旋回する。Ｓ２０６の工程で送信した画像から判断できない場合には、農業機械１００のステレオカメラ装置１１０を進行方向に向かって左右に所定角度回転させ、そのときに撮像した画像を送って端部までの距離を認識するようにしてもよい。旋回角度または旋回後の方位は、経路が最短となるように設定する。障害物の種類（移動する可能性のある動物など）によっては大きく迂回するような旋回位置、方向、角度を設定する。

[0222] また２回目以降の旋回位置、方向、角度は、認識した障害物の種類（大きさが特定できるもの）または大きさを推定して特定される。

[0223] 特定された目的地までのとりあえずのすべての旋回位置、方向、角度はサーバー７０４から農業機械１００に送信され、受信した農業機械１００はそれらの情報を使って新しい経路情報に更新する（Ｓ２２２）。

[0224] 一方、サーバー７０４が農業機械１００の対応として「回避」でない、すなわち、障害物を無視と判断する場合にはＳ２２３の工程に移る。たとえば障害物が雑草など農業機械１００の進行を妨げるほどのものではなく、かつ、その上を進行しても問題がない場合には、その障害を無視して進行を行う。

[0225] なお、以上はＳ２０８からＳ２２０までの処理をサーバー７０４で行う例を示したが、これらを農業機械１００で行ってもよい。この場合、サーバー７０４が行うとして説明した部分を、農業機械１００が行うと読み替えることになる。

[0226] Ｓ２２３では、農業機械１００は残りの燃料を確認する。農業機械１００が電気モータ駆動の場合には、バッテリの残量を確認する。ここで、燃料あるいはバッテリ残量が少ない場合の全体システム１５００の処理については図４９を用いて後述する。また、この工程において、制御装置１１８内部の計時クロックで計時を開始する。

[0227] この確認を終えると、経路に沿って進行（Ｓ１６２、Ｓ１８０の場合）または進行と作業（Ｓ１７０の場合）を行う（Ｓ２２４）。なお、この進行は

前進、後進双方を含む。また、このＳ２２４の工程は図３７、図４０、図４７、図４９で説明される。

[0228] Ｓ２２４の工程を終えると、農業機械１００はＳ２２３の工程から所定期間（たとえば３秒）経過したかどうか判断する（Ｓ２２６）。これは制御装置１１８内部の計時クロックを利用して行う。

[0229] そして、所定時間経過していない場合には、Ｓ２２３に戻る。一方、所定期間経過した場合には、現在位置の確認を行い、現在位置情報をサーバー７０４に送信する（Ｓ２２８）。現在位置の確認はＳ１５６の工程で説明したとおりである。なお、Ｓ２２６では、所定時間経過したか否かを判断していたが、これを農業機械１００が所定距離移動したか否かで判断するようにしてもよい。

[0230] サーバー７０４は、この現在位置情報をそのときに年月日時刻とともにデータベース７０８に保存する（Ｓ２２９）。これにより、農業機械１００の位置を所定期間間隔でほぼリアルタイムに把握することができる。

[0231] 次に農業機械１００は、目標位置（Ｓ１６２：作業開始位置、Ｓ１７０：作業終了位置、Ｓ１８０：保管位置）に到達したかどうか判断する（Ｓ２３０）。この判断は、Ｓ２２８で求めた現在位置が目標位置と一致するか否かにより行われる。この一致か否かの判断は、位置の特定精度に応じて幅を持たせてもよい。すなわち、現在位置の経度および緯度がある範囲に入っていれば一致と判断してもよい。

[0232] ここで、目標位置と現在位置が一致していれば、農業機械１００はこの移動処理を終了する（Ｓ２３６）。

[0233] 一方、それぞれの位置が一致していない場合、農業機械１００は現在位置が旋回位置かどうか判断する（Ｓ２３２）。ここでも、厳密に一致の場合だけではなく、ある程度幅をもたせてもよい。ここで農業機械１００が旋回位置ではないと判断する場合には、Ｓ２０２の工程に戻る。一方、旋回位置だと判断する場合には、経路情報に基づいて旋回を行う（Ｓ２３４）。旋回動作は、農業機械１００の制御装置１１８が主クラッチ２０２、変速装置２０

４を操作してギアを１速に入れ、ブレーキ装置２０８、２１４を操作しブレーキをかけいったん停止させたり、減速させたりする。その後、制御装置１１８は舵取り装置１２２を操作して舵を切りながら前進または後進することにより旋回を行う。なお、低速で走行している場合やそのときの速度で旋回可能な場合には変速や停止を行わずに旋回動作を行ってもよい。その後、Ｓ２０２の工程に戻る。

[0234] 図３７Ａは、Ｓ１６２とＳ１８０の場合、すなわち、作業を行わず、所定の位置に到達する場合のＳ２２４の動作を示す。農業機械１００は、作業開始位置や保管位置へ移動する場合、すなわち、作業を伴わない、単純な移動だけの場合には、進行する（Ｓ２５２）。この場合、その前段階の処理で特定した農業機械１００の位置が経路からずれていれば、もとの経路に戻すように農業機械１００は舵取り装置１２２などを操作しながら進行する。また、ステレオカメラ装置１１０で撮像した画像を利用して、たとえば畝からずれて走行している場合にその軌道を修正するなど、ＧＰＳその他の位置把握または位置確認システムでは確認できない微小な誤差を調整しながら正確なルートを走行することが可能となる。これ以前に説明を行った、またはこれ以後に説明を行う「進行」動作でも同様に農業機械１００の軌道を経路に戻したり、微小な位置ずれを調整したりする処理を行う。なお、この進行は前進のみならず、後進であってもよい。また、作業開始位置や保管位置、または旋回位置に近づくと減速してもよい。この場合、制御装置１１８が主クラッチ２０２、変速装置２０４、ブレーキ装置２０８、２１４を操作して農業機械１００は減速動作を行う。

[0235] 図３７Ｂは、Ｓ１７０で進行しながら作業対象が個別の農作物ではなく連続的な（あるいは断続的な）作業を行う場合の農業機械１００のＳ２２４の処理動作を示すフローチャートである。このような作業としては、播種や整地、耕耘、通常の散水、施肥などがある。この場合、作業フローが開始されると（Ｓ２６０）、農業機械１００は、進行しながら、所定の作業を行う（Ｓ２６２）。この作業は、図３２または図３３で設定された作業である。こ

の作業は、農作物や土壌、作業位置などの個別状況に関係なく、設定された作業箇所（領域）において連続的に、あるいは均一に行う作業である。作業が断続的に行われる場合であってもよい。作業は、通常、農業機械１００の作業装置１０６によりなされる。次いで、農業機械１００は作業リソースの確認を行う（Ｓ２６４）。作業リソースとは、たとえば、作業の種類が施肥であれば肥料の残量、散水であれば水の残量、播種であれば、種子の残量である。これらが所定量以下または所定量未満になると後述の図４９で示される動作に移行する。そして、この進行および作業の最初のサイクルが終了し（Ｓ２６６）、次回以降の走行、作業などの工程に進む。

[0236] ＜均平化作業＞

図３７Ｂで示す処理の一例として、図３８から図４２を用いて、レーザレーダ装置１１２を使った圃場の均平化作業について説明する（なお、この例ではＳ２６４の作業リソース確認工程は不要なので省略される）。均平化作業は、これまで説明してきた図１で説明した圃場におけるシステム１５０１と図２で説明した情報通信システム１５０２による全体システム１５００のほかに、圃場内でレーザ受光装置（図３９の例における６１０）またはレーザ照射装置（図４２の例における６１８）など特別な装置が必要となるが、自動運転および自動作業の基本的な動作はこれまで説明を行った動作と同様である。このレーザレーダ装置１１２は水平画角６０度の範囲でレーザ光を照射できるので、通常のレーザを使って整地する場合（レーザレベラーを使用する場合）と比較して手間をかけず効率的な均平化作業を行うことができる。さらにレーザレーダ装置１１２を回転させることで、レーザ受光装置の設置位置の変更回数をさらに減少させることができる。

[0237] 図３８は、圃場を整地（均平化）するための作業装置１０６Ｃを備えた農業機械１００Ｃを示す。この農業機械１００Ｃの構成は、基本的に農業機械１００Ａと同様であるが、レーザレーダ装置１１２（およびマルチスペクトルカメラ装置１１３）がルーフ部に設置されている点で農業機械１００Ａと異なる。均平化作業において、レーザレーダ装置１１２の遥動モータ５４は

、水準器の信号に基づく制御器６４からの指令に基づいてレーザが水平に照射されるようにφ軸の回転制御を行う。

[0238] この作業装置１０６Ｃは、運土や置土作業を行う均平板６００と、均平板６００にのった土の横こぼれを防ぐサイドプレート６０２と、表層部を砕土、膨軟し、締りすぎるのを防ぐスプリングタイン６０４と、砕土、鎮圧を行うためのスパイラルローラ６０６と、農業機械１００Ｃの制御装置１１８からの指令により均平板６００などを上下動に動かす電動シリンダを有する。なお、作業装置１０６Ｃは、農業機械１００の制御装置１１８と信号のやり取りを行い、電動シリンダを動作して均平板６００等の上下動を制御する制御プロセッサを備えていてもよい。また、均平板６００などの上下動を行うシリンダは、水圧、空気圧、油圧シリンダのいずれかでもよい。

[0239] 図３９は、この農業機械１００Ｃを使って均平化作業を行っている様子の一例を示している。均平化には農業機械１００Ｃの他にレーザ受光器６１２と無線通信用アンテナ６１４と制御プロセッサを備えたレーザ受光装置６１０を使用する。このレーザ受光装置６１０を畦に設置する。この際、レーザ受光器６１２の受光面が鉛直方向に平行になるように設置する。レーザ受光器６１２はこの状態において、鉛直方向および水平方向に複数の受光素子が設置された構成になっており、どの受光素子で受光したかによってレーザを受光する高さを含む位置を判断できる。この図で符号６２０は均平化された領域を、符号６３０は均平化前の領域を示す。また、符号６４０はレーザレーダ装置１１２により照射されているレーザの様子を示している。このレーザ光がレーザ受光器６１２のいずれかの受光素子に入射する。また、図中の破線は農業機械１００Ｃの無線通信用アンテナ１１４とレーザ受光装置６１０の無線通信用アンテナ６１４が無線通信を行っている様子を示す。受光した高さの情報、すなわち、農業機械１００Ｃは、農業機械１００Ｃが基準より高い位置にあるのか、低い位置にあるのか、または基準位置にあるのかをこの情報により判断する。

[0240] このようなシステム１５０１において、動作の概要は次のとおりである。

すなわち、農業機械１００Ｃはレーザレーダ装置１１２を使い、レーザ受光装置６１０のレーザ受光装置６１０に向かって一次元にレーザを走査しながらレーザを照射する。レーザ受光装置６１０で受光した位置（高さ）情報をレーザ受光装置６１０の制御プロセッサが取得し、無線通信用アンテナ６１４を使って、無線により農業機械１００Ｃに送信する。農業機械１００Ｃは受信した情報に基づき、作業装置１０６Ｃの均平板６００等を上げ下げしながら進行し圃場を均平化する。

[0241] なお、本実施形態においてはレーザレーダ装置１１２を農業機械１００Ｃの屋根に設置しているが、これを作業装置１０６Ｃに設置してもよい。作業装置１０６Ｃに設置すれば均平作業を行う均平板６００等の上げ下げをレーザ受光器６１２のレーザ受光位置に情報を用いてタイミングのずれを少なく行うことができるので、より精密な均平化を行うことができる。この場合、レーザレーダ装置１１２によるレーザ光が農業機械１００Ｃの柱や屋根で遮られないように高い位置に設置し、かつ作業中、レーザ光が水平を保つように制御する必要がある。

[0242] 図４０は、均平化作業を行う場合のＳ２６２の工程の詳細を示すものである。この作業の前に初期設定として、レーザ受光器６１２の標準レベルの高さを均平板６００が基準位置にある高さ（均平化後の圃場の平均的な高さ）になるようにレーザ受光装置６１０を畦に設置する。

[0243] 作業が開始されると（Ｓ３００）、農業機械１００Ｃは均平板６００等を基準位置にある高さに設定し、レーザレーダ装置１１２からレーザ光を照射する（Ｓ３０２）。このレーザ光はレーザ受光装置６１０のレーザ受光器６１２のいずれかの受光素子に入射する。受光信号はレーザ受光装置６１０の制御プロセッサに入力され、制御プロセッサはいずれの位置に設置した受光素子か否かを特定し、無線通信用アンテナ６１４を使って受光位置情報を農業機械１００Ｃに送信する。

[0244] 農業機械１００Ｃは、受信した情報からレーザがレーザ受光器６１２の標準位置よりも高い位置で受光したものかどうか判断する（Ｓ３０４）。標準

よりも高い位置で受光したということは農業機械１００Ｃが存在する地点で土地が盛り上がっていることを示す。この場合、作業装置１０６Ｃの均平板６００等を下げて盛り上がった土地を平坦化しなければならない。そこで、Ｓ３０４の工程で農業機械１００Ｃが標準よりも高い位置で受光したと判断した場合には、若干前進を行い（Ｓ３０６）、均平板６００等がレーザ光を照射した位置に来る前に受信した情報に応じて農業機械１００Ｃは作業装置１０６Ｃに指令を与え均平板６００等を下げる（Ｓ３０８）。なお、求める均平化の精度によってはＳ３０４の前進を省略してもよい。レーザ受光器６１２の受光位置が標準位置よりも相当高い場合には、均平板６００等を相当下げ、受光位置が標準位置よりも少し高い程度の場合には、均平板６００等を下げる程度も少しとする。これは農業機械１００Ｃがレーザ受光装置６１０から受信した情報に基づく動作である。すなわち、レーザ光の受光位置に応じた均平板６００等の上げ下げ量を調整することができる。その後、農業機械１００Ｃを前進させることで（Ｓ３１６）、その作業領域の均平化が行われる。

[0245] 一方、Ｓ３０４の工程において、農業機械１００Ｃが高い位置で受光していないと判断した場合には、今度は低い位置で受光したか否かを受信した情報に基づいて判断する（Ｓ３１０）。低い位置で受光するということは、レーザ照射時に農業機械１００Ｃは均平化される土地よりも低い位置にいるということである。この場合には、農業機械１００Ｃは作業装置１０６Ｃに均平板６００等を上げる動作を行わせることによって、均平板６００等が均平化する量を調整することになる。このため、Ｓ３１０の工程で農業機械１００Ｃが標準位置よりも低い位置で受光したと判断した場合には、若干前進を行い（Ｓ３１２）、均平板６００等がレーザ光を照射した位置に来る前に受信した情報に応じて農業機械１００Ｃは作業装置１０６Ｃに指令を与え均平板６００等を上げる（Ｓ３１４）。なお、求める均平化の精度によってはＳ３１２の前進を省略してもよい。レーザ受光器６１２の受光位置が標準位置に対して相当低い場合には、均平板６００等を相当上げ、受光位置が標準位

置よりも少し高い程度の場合には、均平板６００等をあげる程度も少しとする。これは農業機械１００Ｃがレーザ受光装置６１０から受信した情報に基づく動作である。すなわち、レーザ光の受光位置に応じた均平板６００等の上げ下げ量を調整することができる。その後、農業機械１００Ｃを前進させることで（Ｓ３１６）、その作業領域の均平化が行われる。

[0246] 一方、Ｓ３１０の判断で、標準位置よりも低いと判断されない場合には、レーザを照射した時点で農業機械１００Ｃは基準位置の高さにあるので、均平板６００等の高さを変化させずにそのまま進行を行う（Ｓ３１６）。

[0247] 続いて、レーザレーダ装置１１２を回転させる必要があるかどうか判断する（Ｓ３１８）。

この処理について、図４１を用いて説明を行う。

[0248] 図４１は、農業機械１００Ｃとレーザ受光装置６１０を上空から観察した図である。図中の矢印は農業機械１００Ｃの進行方向を示している。なお、説明の簡単のため、農業機械１００Ｃに接続している作業装置１０６Ｃは省略されている。図４１Ａは農業機械１００Ｃの進行方向上にレーザ受光装置６１０が存在する場合である。この場合、レーザレーダ装置１１２によるレーザ照射は進行方向に対して行えばよく、そうすることでレーザ受光器６１２において作業を行っている圃場側でレーザを受光する。一方、図４１Ｂのように、レーザ受光装置６１０が、農業機械１００Ｃの進行方向からレーザを進行方向にむけて照射した場合にはそのレーザ光を受光できないほどずれた位置にある場合には、農業機械１００Ｃはレーザレーダ装置１１２を回転させ、レーザ光をレーザ受光器６１２で受光できるようにする。さらに図４１Ｃに示すように、農業機械１００Ｃの進行方向がレーザ受光装置６１０側とは反対になった場合、農業機械１００Ｃはレーザレーダ装置１１２をさらに回転させて（たとえば図４１Ａに対して１８０度回転させて）、レーザ光を照射する。レーザレーダ装置１１２の回転が必要か否かはレーザ受光器６１２のレーザ光受光位置で判断する。たとえば、作業を行っている圃場側で受光できずに側面側のみで受光するようになった場合に、レーザレーダ装置

１１２を回転させるようにするなどである。または特定位置で受光するようになったら、その情報を得て回転させるようにしてもよい。なお、レーザレーダ装置１１２は回転によって水平位置やレーザの水平面に対する照射角度は変化しない。

[0249] そして、Ｓ３１８の工程において、回転が必要と判断された場合には、農業機械１００Ｃはレーザレーダ装置１１２を回転させる（Ｓ３２０）。このときの回転角度は予め設定している角度だけ回転させるが、それに限られず、受光位置に応じて回転角度を変化させてもよい。なお、農業機械１００Ｃの旋回中も、常に、あるいは定期的にレーザ光をレーザ受光器６１２に照射し、農業機械１００Ｃはその受光位置のフィードバックを受けてレーザ光がレーザ受光器６１２に到達するようにレーザレーダ装置１１２を回転させる。

[0250] Ｓ３１８の工程において、回転が不要と判断した場合、またはＳ３１８の工程で回転を行った場合、（１サイクル目の）作業を終了させる（Ｓ３２２）。なお、図３４、図３５Ａ、図３６、図３７Ｂに示すように作業開始位置から作業終了位置まで何度も図４０の作業は繰り返されることになる。これによって作業箇所全体の均平化を効率的に行うことができる。なお、Ｓ３１８とＳ３２０の工程をＳ３１６の前に行い、Ｓ３０８とＳ３１４に続く処理およびＳ３１０で否定的な判断を行った場合に続く処理をＳ３１８にするようにしてもよい。

[0251] 図４２は、農業機械１００を使って均平化作業を行う他の例を示している。均平化作業に使うレーザ光の照射は、レーザレーダ装置１１２－２を備えたレーザ照射装置６１８から行われる。レーザ照射装置６１８はレーザレーダ装置１１２－２を水平方向に沿って電動で回転させるステージ６２２とこのステージ６２２を支える長さや角度を調整可能な三脚と、農業機械１００との無線通信用のアンテナ６２４と制御プロセッサを備える。レーザ照射装置６１８のレーザレーダ装置１１２は、φ軸回りに回転させる必要はないので、そのための機構（遥動モータ５４）を省略できる。または、φ軸周りに

回転しないように固定してもよい。このレーザ照射装置６１８は三脚により、畦にレーザ光が水平に出射されるように設置される。農業機械１００は、レーザ受光用機器６１６を有する作業装置１０６Ｃ－２を接続し、均平化作業を行う。レーザ受光用機器６１６は、鉛直方向に延びたポールの上方にレーザ受光器６１２－２を設置する。レーザ受光器６１２－２は鉛直方向と水平方向に複数の受光素子を備えている。水平方向の受光素子はレーザ受光器６１２－２の一周にわたって複数配置される。レーザ受光用機器６１６が検知したレーザ光の高さ情報は、農業機械１００の制御装置１１８に入力される。作業装置１０６Ｃ－２は、レーザ受光器６１２－２が受光したレーザ光の位置に応じて、農業機械１００の制御装置１１８からの指令で均平板等を上下する電動シリンダを備えている。なお、レーザ受光用機器６１６はその検知した受光素子に位置に応じて電動シリンダを動作させ、均平板等を上下動させる制御プロセッサを備えるものであってもよい。なお、図中の破線は、無線によるレーザ照射装置６１８と農業機械１００の通信を示す。

[0252] このようなシステム１５０１において、均平化作業は次のように行われる。まず初期設定として、畦に設置するレーザ照射装置６１８の三脚を、レーザレーダ装置１１２－２から照射されるレーザ光が水平になり、かつ、作業装置１０６Ｃ－２の均平板を基準となる高さの土地に設置した状態でレーザ受光器６１２－２の標準位置にレーザ光が照射されるように調整する。次いで、レーザ光をレーザ受光器６１２－２に向けて照射する。農業機械１００は、受光した受光素子の位置から前記標準位置に対して高い位置で受光したか低い位置で受光したか判断し、標準位置よりも高い位置で受光したと判断した場合には、土地が盛り上がっているので、農業機械１００は均平板を下げて進行し、土地を均平化する。一方、標準位置よりも低い位置で受光したと判断した場合には、土地が基準よりも下がっているので、農業機械１００は均平板を上げて進行し、土地の均平化を図る。なお、均平板の上げ下げは、受光位置が標準位置からどの程度離れているかにしたがう。すなわち、受光位置が標準位置から離れて受光されればされるほど、均平板を大きく上ま

たは下に動かす。さらに標準位置で受光した場合には、均平板は基準高さにあるので、均平板はそのままの高さで進行する。次いで、農業機械１００はレーザ受光器６１２－２内の水平方向においてどの受光素子で受光したかを把握する。その受光位置に応じてレーザレーダ装置１１２－２のレーザ照射角度を変更させる必要があるかどうか判断する。必要がない場合には、とくに通信は行わない。一方、次の作業以降もレーザ光を受光できるように角度変更の必要があると判断する場合、農業機械１００はその受光位置に応じてレーザ照射装置６１８のステージ６２２を回転させるための情報をレーザ照射装置６１８に送信する。レーザ照射装置６１８の制御プロセッサは受信した情報に基づいてステージ６２２を所定角度回転させる。これにより、農業機械１００が作業領域のどの位置で作業をしていても、いつでもレーザ光を受光することができる。

[0253] このような作業を繰り返すことで、このシステム１５０１は作業領域の均平化を効率的に図ることができる。この例の動作を図４０で説明すると、Ｓ３０２は農業機械１００ではなく、レーザ照射装置６１８が行う動作となる。また、Ｓ３２０のレーザレーダ装置の回転も農業機械１００ではなく、レーザ照射装置６１８が行う動作となる。

[0254] なお、圃場に所定の傾斜をもたせて整地したい場合には、レーザレーダ装置１１２または１１２－２におけるφ軸をレーザ光水平照射の角度から所定角度だけ回転させるようにすればよい。

[0255] ＜個別作業＞

農作物などの作業対象ごとに作業の必要性を判断し、必要な場合にのみその作業対象に対して作業を行うことで全体の作業の効率化を図ることができる。図４３から図４７を用いて、今度は圃場におけるシステム１５０１と図２で説明した情報通信システム１５０２とによる全体システム１５００によって自動制御により行うことができる、作物等の状況に応じて個別に行う作業の動作について説明を行う。なお、個別に行う作業としては、施肥、播種、移植、収穫、除草、農薬散布・噴霧、散水、刈払などがあるが、ここでは主

として施肥を例に挙げて、作業の様子の説明を行う。なお、システム１５０１の動作は施肥以外の農作物等ごとに個別に行う作業に対しても適用することができる。

[0256] 図４３は、本実施形態における全体システム１５００を使用して施肥作業を行っている様子を示す図である。農業機械１００は、実線で示した正常に育成している（植物活性度が高い）農作物３５０及び点線で示す育成不良の（活性度が低い）農作物３６０が栽培されている圃場を自動で育成不良の農作物３６０のみに作業（施肥）を行いながら自動で走行している。また、圃場には、高い位置から植物の生育状況をモニタリングするためのマルチスペクトルカメラ（または測色カメラ）を備えた状態モニタリング装置５５０が設置されており、農業機械１００と無線通信を行っている。さらに、全体システム１５００では圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０などで撮像した画像から撮像画像内における所定の位置を特定するための複数の標識３７０が存在する。この標識３７０はそれぞれ異なる番号や文字、色、模様、図形、形状が（あるいはそれらの組み合わせが別々に）施されており、それらが設けられている位置はシステム１５０１において既知となっている。図３２の説明においては、作業を行う作業箇所の特定はユーザ端末７１０、７１２からのデータに基づいて行われたが、サーバー７０４は状態モニタリング装置５５０からの情報に基づいて作業箇所を特定することもできる。この動作については図４６を用いて、後ほど説明する。なお、図４３中、円で囲っている箇所に生育不良の農作物３６０が集中していることを示している。

[0257] 図４４は、システム１５０１における農業機械１００の作業状況の様子を示す図である。この農業機械１００は、本体に施肥用の作業装置（施肥機）１０６Ｄが接続されている。農業機械１００はマルチスペクトルカメラ装置１１３で農作物３５０、３６０の生育状況を確認し、その確認結果に応じて生育不良と判断された農作物３６０の近辺に肥料８０２を散布する。農業機械１００は無線通信用アンテナ１１４を使ってその施肥の情報または植物状

況の情報を送信し、圃場モニタリング装置５５５を中継してサーバー７０４に送っている（図では点線で示す）。なお、農業機械１００は無線が届く範囲に無線アクセスポイント７００が存在する場合などには、圃場モニタリング装置５５５などの中継を行わずにサーバー７０４に送信してもよい。また、他の無線アクセスポイントなどの中継を経由して情報を伝達してもよい。

[0258] 図４５は、植物に肥料を供給するための作業装置（施肥機）１０６Ｄの主要部分を示す。図４５Ａは施肥機の外観を示す一方、農業機械１００本体との接続部分等は省略して示す。この図中の点線４５０１で示す面で切った断面図が図４５Ｂである。この施肥機１０６Ｄは、金属製の筐体８００と肥料送り装置８１０と打ちほぐし胴８１２と散布部８０４と赤外線センサ８０６と肥料投入口８０８を備え、本体内に肥料８０２を備えている。肥料８０２は肥料投入口から筐体８００内に投入される。農業機械１００は、農業機械１００の制御装置１１８からの指示により制御されるＰＴＯ軸２２２の駆動または電源２２８からの電流によって肥料送り装置８１０と打ちほぐし胴を駆動することで、肥料８０２を打ちほぐしながら散布部８０４に送り、散布口から肥料８０２を散布する。また、赤外線センサ８０６は肥料の残量を検出する。検出した肥料残量の情報は、制御装置１１８に伝達される。なお、散布部８０４は柔軟に曲げることができ、散布口を農業機械１００の進行方向に対して右側にも左側にもあるいは後ろ側にも設定することができる。

[0259] 図４６は、サーバー７０４が、状態モニタリング装置５５０などからの情報に基づいて作業箇所を特定するための動作を示すフローチャートである。この図に基づいて状態モニタリング装置５５０などからの情報を使ってサーバー７０４が作業箇所を特定する動作を説明する。この処理を行うことによって広い領域内において予め作業箇所を特定できるようになり、作業の効率化、迅速化を図ることができる。

[0260] サーバー７０４は処理が開始されると（Ｓ３３０）、まず状態モニタリング装置５５０で圃場のある領域を撮像した画像情報と画像情報以外の付加的な情報（植物の生育状態を示す情報（ＮＤＶＩなど）や病害虫の情報や霜情

報、害虫等による変色情報、土壌情報、糖度情報など）を取得する（Ｓ３３２）。なお、サーバー７０４は状態モニタリング装置５５０から、情報処理前のたとえば分光反射率の情報を取得することによって、それを処理して植物の生育状態を示す情報（ＮＤＶＩなど）を求めるようにしてもよい。

[0261] サーバー７０４は、これらの画像と付加情報から散水や肥料散布、除草などの作業が必要な植物が存在する箇所を検出する（Ｓ３３４）。これは、たとえばＮＤＶＩが所定値以下または所定値を下回る箇所を分光画像内で特定することにより行う。ＮＤＶＩ以外には可視赤域の波長（たとえば６６０ｎｍ）に対する分光画像において分光反射率が所定値以下または所定値を下回る箇所を特定するようにしてもよい。なお、サーバー７０４は、状態モニタリング装置５５０にかえて、または状態モニタリング装置５５０とともに圃場モニタリング装置５００、５５５等で検出された情報を取得して、作業必要箇所を検出してもよい。

[0262] 続いて、サーバー７０４は検出した箇所の位置を特定する（Ｓ３３６）。これにはまずサーバー７０４は、Ｓ２０８の工程と同様に画像認識処理を行い、撮像した画像に存在する複数の標識３７０をそれぞれ認識する。サーバー７０４はそれら認識された複数の標識の位置を求める。そして、サーバー７０４は認識された複数の標識と作業が必要な箇所の位置関係から、作業が必要な箇所の位置を特定する。

[0263] そして、サーバー７０４は、特定した位置を作業箇所として農業機械１００およびユーザ端末７１０、７１２に送信して（Ｓ３３８）、処理を終了する（Ｓ３４０）。これによって、農業機械１００は農作物３５０、３６０の生育状況その他の状態を作業可能な領域すべてに渡って一つ一つ計測しなくてもよくなり効率的に作業を行えるようになる。このため、作業時間を短縮することができる。ユーザも作業が必要な箇所を把握することができる。

[0264] 続いて、このような作業対象としての農作物毎に状況を確認しながら個別に作業を行う場合の動作について図４７を用いて説明する。この図４７は、ある対象ごとに個別に作業を行う場合の図３５ＡのＳ２２４の工程を詳細に

説明するものである。

[0265] 処理が開始されると（Ｓ３５０）、農業機械１００は画像情報と付加的な情報を取得し、サーバー７０４に送信する（Ｓ３５２）。この際、農業機械１００の進行を一旦停止させてもよい。この工程は、農業機械１００が有する画像センシング装置であるステレオカメラ装置１１０または／およびマルチスペクトルカメラ装置１１３で得られた撮像画像情報およびそれらの装置から得られる画像情報以外の付加的な情報（ステレオカメラ装置１１０であれば視差値または距離情報、マルチスペクトルカメラ装置１１３であれば波長ごとの分光反射率情報またはその分光反射率を使って算出した情報）であってもよいし、それら撮像画像情報と画像情報以外の付加的な情報に加えてレーザレーダ装置１１２で得た距離情報や形状情報といった画像情報以外の付加的な情報であってもよい。またさらに、農業機械１００、サーバー７０４、ユーザ端末７１０、７１２のいずれかから状態モニタリング装置５５０または圃場モニタリング装置５００、５５５に要求され撮像された画像または状態モニタリング装置５５０または圃場モニタリング装置５００、５５５が自律的に撮像した画像および波長ごとの分光反射率情報またはその分光反射率を使って算出した情報（状態モニタリング装置５５０）または偏光情報や日照領域などの情報（圃場モニタリング装置５００、５５０）を取得し、サーバー７０４に送信してもよい。さらには、画像センシング装置（ステレオカメラ装置１１０、マルチスペクトルカメラ装置１１３、全天球カメラ装置５０１）以外から取得した画像情報以外の情報（たとえば、環境モニタリング装置などが取得する気温、湿度やインターネット７０２を経由して取得する天気予報や日照時間などの情報）をサーバー７０４に送信してもよい。この場合、Ｓ３５２の工程は農業機械１００以外の圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０または／およびサーバー７０４が行ってもよい。この工程で取得し、送信する情報は、農業機械１００が何の作業を行うかによって異なる。たとえば、肥料散布の作業であれば、対象となる植物の生育状態を調べるため、または／および土壌状態を調べるため

にマルチスペクトルカメラ装置１１３で撮像した分光画像と分光反射率情報が適している（農業機械１００のマルチスペクトルカメラ装置１１３で取得したものか、状態モニタリング装置５５０のマルチスペクトルカメラ装置１１３で取得したもののいずれか）。雑草を除草する作業の場合には、植物の種類を正確に判別するために偏光ステレオカメラ装置で捉えた偏光画像と物体までの距離情報が適する。さらに、果実を収穫する作業の場合には、果物の大きさや色、糖度を把握するためのマルチスペクトルカメラ装置１１３で撮像した分光画像と分光反射率情報に加え、作業装置１０６としての収穫ロボットの果実切断保持アームを確実に果実周辺の所定の位置に移動するための情報としてステレオカメラ装置１１０で捉えた画像情報と果実までの距離情報が必要となる（またはステレオカメラ装置１１０に代えて、レーザレーダ装置１１２で測定した距離情報であってもよい。レーザレーダ装置１１２はマルチスペクトルカメラ装置１１３近傍に存在するので狙いの果実に対する位置の検出を精度よく行うことができる）。さらには、水遣り作業の場合には、たとえば、植物活性度を調べるためにマルチスペクトルカメラ装置１１３で取得する画像や分光反射率などの情報に加え、散水の必要性を判別するためにインターネット７０２経由で天候予報（降水量予測）なども取得する。なお、作業はここで述べた作業のみならず、農作物等ある単位ごとに作業を行う施肥、播種、移植、収穫、除草、農薬散布・噴霧、散水、刈払などすべてに適用することができる。この場合、画像情報と画像情報以外の付加的な情報を取得することになる。

[0266] 情報を受信したサーバー７０４は、その情報を分析し、作業に必要な情報を生成し、農業機械１００に送信する（Ｓ３５３）。この情報分析も行う作業に応じて変わる。たとえば、肥料散布の作業であれば、サーバー７０４は図３５ＡのＳ２０８の工程で説明した場合と同様に画像認識を行い、認識した葉ごとにＮＤＶＩ（植物の活性度）を調べたり、土壌のスペクトル分布を調査したりする。その結果、肥料を散布する必要があるかどうか判断する。雑草を除草する作業の場合にはサーバーは画像認識（Ｓ２０８の工程と同様

）を行い、対象物が雑草であるか否かの判断を行い、雑草であると判断するときには、除草剤散布またはピックアップ用のアームをその位置まで持っていくためにその雑草までの距離を求める。果実を収穫する作業の場合には、果実の大きさや色、糖度などを分析し、収穫するか否かを判断する。収穫すると判断する場合には、果実切断保持のロボットアームがその果実周辺の所定位置まで到達できるよう、所定位置までの距離を算出する。さらには、植物活性度や降水予想量から散水作業の要否を判断する。なお、このＳ３５３の工程は、農業機械１００で行ってもよい。

[0267] サーバー７０４による判断結果を得たその情報に基づいて農業機械１００は作業を行うかどうか判断する（Ｓ３５４）。

[0268] Ｓ３５４の工程で、農業機械１００が作業を行うと判断した場合、作業対象が作業装置１０６の作業領域内になるまで進行する（Ｓ３５６）。

[0269] 農業機械１００は、作業が必要とされた農作物などの作業対象近傍に作業装置１０６による作業可能領域が到達したかどうか判断する（Ｓ３５８）。ここで、この判断は、撮像などを行った地点から作業領域と撮像を行った装置までの既知の長さ分を移動したかどうかで判断する。これにはステレオカメラ装置１１０で前方の距離を計測しながら進むか、車輪の回転数から距離を計測して正確に行う。作業の内容によっては位置が少しでもずれると作業に支障をきたしたり作業を失敗したりする可能性があるからである。またＳ３５２の情報取得を状態モニタリング装置５５０で行った場合にはサーバー７０４は複数の標識３７０から農業機械１００の位置を特定し、移動すべき距離を計算する。その距離情報を農業機械１００に送信し、農業機械１００をその距離だけ移動させる。

[0270] なお、Ｓ１５６で説明した位置の特定を作業に支障をきたさない程度に正確に行える場合には、進行前後で特定した位置を比較することで判断してもよい。

[0271] なお、作業装置１０６近傍に画像センシング装置（ステレオカメラ装置１１０、マルチスペクトルカメラ装置１１３、全天球カメラ装置５０１）やレ

ーザレーダ装置１１２などが有る場合など画像情報などを取得した地点で作業を行える場合にはＳ３５６の工程は省略する。

[0272] 作業対象が作業装置１０６の作業可能領域になるまでＳ３５８の判断とＳ３５６の進行は繰り返す。作業対象を行き過ぎた場合にはＳ３５６の工程で後進してもよい。

[0273] 農業機械１００が、作業が必要とされた農作物などの作業対象近傍に作業装置１０６の作業可能領域が到達したと判断した場合には、農業機械１００は作業を実施する（Ｓ３５９）。

[0274] 作業を実施し終えると、農業機械１００は作業位置（作業対象）、作業内容、作業の成功・不成功の別、作業時間などの作業情報をサーバー７０４に送信する（Ｓ３６０）。送信する作業情報は、作業の種類によって変わる。たとえば、作業が収穫だと、作業位置、作業内容、作業の成功不成功の別、作業時間を送信する。作業が散水だと、作業位置、作業内容、散水量、作業時間を送信する。サーバー７０４はこのような作業情報を受信すると、データベース７０８にそれらの情報を保管する（Ｓ３６１）。このように、全体システム１５００は作業位置や作業対象ごとに行われた作業を蓄積していくので、課金処理に使ったり、作業条件と生育条件の比較を行い作業対象に適した作業条件の特定を行ったり、将来の収穫予測のためのデータの蓄積を行ったりできる。サーバー７０４は一定期間（たとえば月や年、または栽培開始からの経過日数）における、作業対象ごとの作業情報を集計し、集計した作業情報（作業内容）をユーザ端末７１０、７１２で表示できる形でそれら端末に提供することができる。また、この作業情報は情報財なので、独立して商取引の対象とすることもでき、たとえば、システム利用者に販売するものであってもよい。

[0275] 一方、Ｓ３５４の工程で農業機械１００が作業不要と判断した場合には、Ｓ３６２に進む。

[0276] Ｓ３６２では、農業機械１００はユーザ端末７１０、７１２（図３２の例）または状態モニタリング装置５５０（図４６の例）によって作業箇所とし

て指定された領域の作業が完了したかどうか判断する。この判断は、その作業箇所の最終位置と現在位置を比較して行う。位置の特定方法は、図３４のＳ１５６の工程の説明と同様であり、比較は図３６のＳ２３０の工程と同様である。

[0277] 農業機械１００が作業完了位置にあると判断した場合、農業機械１００は次の作業箇所があるか否か判断する（Ｓ３６４）。これはサーバー７０４から送信された情報（図３３のＳ１３０や図４６のＳ３３８）により判断する。

[0278] その結果、次の作業箇所があると判断した場合、農業機械１００はその作業箇所への経路を算出する（Ｓ３６６）。これは、図３４のＳ１６０やＳ１７８の工程と同様の方法で最短経路の算出を行う。

[0279] 続いて、農業機械１００は作業リソースの確認を行う（Ｓ３６８）。作業リソースとは、作業を行うために必要な資源であり、たとえば、作業が肥料や水遣りの場合には肥料や水、収穫の場合には収穫物を格納するスペース、播種の場合には種子などである。このＳ３７０はＳ３６２およびＳ３６４で否定的な判断をされた場合に引き続く処理としても行われる。作業リソースが十分にないと農業機械１００が判断する場合のシステム１５０１の動作は、図４９を用いて詳細に説明される。

[0280] 作業リソースの確認後、農業機械１００は同一作業領域内の次の作業位置または次の作業領域（作業箇所）に向かって進行し（Ｓ３７０）、１サイクル目の作業を終了する（Ｓ３７２）。なお、Ｓ３７０の進行は前進だけでなく、後進でもよい。Ｓ３７０での進行は、次の個別判断の対象物の画像などが取得できる位置まで行う。この位置は予め農業機械１００やサーバー７０４が把握していてもよいし、農業機械１００のステレオカメラ装置１１０やマルチスペクトルカメラ装置１１３などで取得する画像に基づいて特定してもよい。

[0281] また、Ｓ３６８とＳ３７０の工程の順序を入れ換えてもよい。この場合、Ｓ３６２およびＳ３６４の工程において否定的な判断をした後に引き続く工

程はＳ３７０になる。

[0282] このような動作を行うことで、移動と対象物の状態に基づく個別の作業と経路移動を１回だけで行うことができ、効率的に作業を完了させることができる。

[0283] なお、この例では作業対象個別の状況（植物活性度など）を計測しながら、個別に施肥などの作業を行う例を説明したが、これに限られず、個別には状況の計測を行わずにすべての農作物３５０および３６０等の作業対象となりうる作業箇所内の領域において個別に施肥などの作業を行うこともできる。また、測定した育成状況などの作業対象個別の状況に応じて作業リソース（たとえば肥料）の量を制御するようなきめ細かい作業を行うことも可能である。

[0284] ＜作業中断処理＞

自動制御による移動や作業を行う場合に、その移動や作業が中断するような場合にも自動的に対処することが望まれる。とくに燃料切れによる移動不可などの中断事由が発生する以前にその中断を予測することで、手動によらなければ復帰ができなくなる前に処理を講じておくことが望ましい。図４８から図５１を用いて、農業機械１００の燃料（バッテリ）残量が少なくなったり、肥料などの作業リソースが少なくなったりした場合の作業中断の処理について説明を行う。なお、圃場モニタリング装置５００，５５５によって、何らかの異常を検知した場合のように燃料やバッテリ、作業リソース以外の事情で作業が中断される特別な場合については、図５２から図５６を用いて詳細に説明がなされる。

[0285] 図４８は、バッテリの残量が少なくなった場合に、電気駆動の農業機械１００Ｂが作業を中断してバッテリ充電を行う過程の様子を示す図である。農業機械１００Ｂは、電気駆動型の農業機械であり、図６に示す伝動装置１０４－２を備えている。作業装置１０６Ｂとして、播種装置を備えており、作業箇所で所定の経路を通って種子をまいている。図中の破線は、この農業機械１００Ｂが作業を行ってきた経路を示し、点線で示す領域において播種が

行われている。この圃場の周辺には複数の標識３７０が存在する。今、農業機械１００Ｂは図の位置でバッテリの残量が残り少なくなっており、作業を最後まで完了させることができなくなったと判断する。この場合、中断位置を記憶し、さらにステレオカメラ装置１１０により、一番近くにある標識３７０との距離Ｄを計測し、記憶する。この距離Ｄは、バッテリ充電後に作業を再開する位置を正確に特定するために使用するものである。その後、農業機械１００Ｂは、実線で示す経路をとおり、バッテリ充電のため、外部電源２２６（非接触電力伝送装置）に行くことになる。そして、充電完了後、作業中断位置に移動し、正確な中断位置から作業を再開する。このように、全体システム１５００によれば、できる限り自動の制御で、燃料やバッテリ、作業リソースの補充を行うことができ、作業の効率化を図ることができる。

[0286] 以上の動作について、詳細に説明したのが、図４９である。図４９は、作業（または移動）中断時の動作フローチャートである。この図４９も図３５Ａにおける Ｓ２２４の工程の作業（作業中断時の別作業）という位置づけで説明がなされる。

[0287] 前提として、図３５ＡのＳ２２３の工程で農業機械１００が燃料（内燃機関式農業機械）またはバッテリ（電気駆動式農業機械）の残量が所定量よりも少なくなった、または所定量以下になったことを認識するか、図４７のＳ３６８で農業機械１００が肥料や種子などの作業リソースが所定量よりもよりも少なくなった、または所定量以下になったことを認識したことにより、この動作フローは開始される（Ｓ４００）。

[0288] まず、農業機械１００は目的の動作（充電や作業リソース充填、確保）が完了しているか判断する（Ｓ４０２）。この処理の開始直後では、この判断では、まだ完了していないと判断するので、続いて作業中断年月日時刻や中断位置や特定した対象物との距離などの作業中断情報（Ｓ４１６の情報）またはＳ４１８の走行中断情報をすでにサーバー７０４に送信したかどうか判断する（Ｓ４０５）。この判断も開始直後においては、送信していないと判断するので、続いて、農業機械１００が何らかの作業（たとえば、施肥、整

地、収穫など）中か否か判断する（Ｓ４０８）。ここでは、農業機械１００が何らかの作業であると判断したとすると、農業機械１００は作業を中断する（Ｓ４１０）。すなわち、農業機械１００は、制御装置１１８によって、走行を停止し、作業装置１０６による作業も停止する。続いて、農業機械１００は、図３４のＳ１５６の工程での説明と同様の方法を用いて現在位置を確認し、制御装置１１８内に記憶する（Ｓ４１２）。

[0289] そして、ステレオカメラ装置１１０を使って、標識３７０その他の特定の対象物からの距離を測定し、制御装置内に記憶する（Ｓ４１４）。これにはまず、対象物を認識する必要がある。この認識には、図３５ＡのＳ２０２、Ｓ２０４の工程で説明したような障害物の特定と同様にして前方にある何らかの物体を特定するか、同図のＳ２０８の工程で説明した画像認識処理を行って特定の対象物を検知する方法がある。前者は後者に比べて迅速に行えるが、精度は後者に比べて悪い。続いて、特定した対象物のある位置との距離を測定する。この位置は、その対象物の中心とするが、それに限定されず、たとえば、あるエッジとなるような箇所としてもよい。

[0290] 図５０はこの対象物を含む撮像画像と測定した距離の例を示す。対象物は、図５０Ａに示すように標識３７０（この標識は「１２」番を示している）といった人工物でも、図５０Ｂのように樹木３７２のような自然物でもよい。図５０Ａでは、農業機械１００（ステレオカメラ装置１１０）から標識３７０（黒丸で示す中央部分）までの距離が１７．２ｍであることを示している。図５０Ｂでは、農業機械１００（ステレオカメラ装置１１０）から樹木３７２（の枝先端）までの距離が１９．０ｍであることを示している。なお、撮像画像に移る複数の地点との距離を測ってもよい。また、農業機械１００が複数のステレオカメラ装置１１０を備えるときは、２以上のステレオカメラ装置１１０が撮像した画像において、１以上の地点との距離を計測してもよい。これらにより、作業再開時の農業機械１００の開始位置合わせをより正確に行うことができる。続いて、サーバー７０４に作業中断年月日時刻や中断位置や特定した対象物との距離といった作業中断情報を送信する（Ｓ

４１６）。

[0291] サーバー７０４はこれらを受信するとユーザ端末７１０、７１２に作業中断情報を送る。これにより、ユーザは、作業が中断したことを把握することができる。また、サーバー７０４は作業中断情報をデータベース７０８に保存する。作業ログを残すとともに、後述の課金処理を正確に行うためである。

[0292] 続いて、農業機械１００は目的とする動作（充電や作業リソース充填、確保）を行う位置までの経路を計算する（Ｓ４１９）。この経路計算は、サーバー７０４に行わせてもよい。なお、目的とする動作を行う位置は、予めそれらの位置が記憶されているサーバー７０４から与えられるが、それに限らず、農業機械１００が有していてもよい。また、ユーザ端末７１０、７１２を介して、ユーザに指定させてもよい。この計算は図３４のＳ１６０やＳ１７８の工程で説明したのと同様で、基本的に最短の経路を算出する。また、Ｓ４０８で作業中と判断しなかった場合（たとえば、作業位置などに向かって走行している時）には、その現在位置をＳ４１２の工程と同様の方法により確認し、現在位置情報および走行中断情報をサーバーに送信し（Ｓ４１８）、現在位置と目的の動作を行う位置までの経路を上記同様に算出する（Ｓ４１９）。なお、この場合にもサーバー７０４に、経路計算を行わせるようにしてもよい。

[0293] そして、経路に沿って、農業機械１００は進行する（Ｓ４２０）。なお、この進行は前進、後進の両方を含む。なお、Ｓ４０５の工程で、すでに農業機械１００が作業中断情報をすでに送信済みと判断する場合には、処理はこのＳ４２０に進み、進行を行う。

[0294] ついで、所定時間（たとえば１秒）経過後、農業機械１００は、目的の動作を行う位置に到着したか否かを判断する（Ｓ４２２）。この判断は図３６のＳ２３０やＳ２３２の工程で説明したような方法で行う。なお、所定期間ではなく、所定距離（たとえば５０ｃｍ）進行ごとにＳ４２２の判断を行ってもよい。この判断で到着していないと判断した場合には、この作業中断の

処理を一旦終了し、図３５Ａ、図３６の一連の動作を経て、再度Ｓ４００の処理から再開される。一方、Ｓ４２２の工程で、農業機械１００が目的の動作を行う位置に到着したと判断した場合、目的の動作を行う（Ｓ４２４）。この動作は、図４８で示すシステム１５０１のように無人で自動的に行うものであってもよいし、手動により行われるものであってもよい。たとえば、人手によって、軽油やガソリンを農業機械１００の燃料タンクに供給するものであったり、肥料を作業装置に補充するものであったりする。この動作は、Ｓ４２６によりモニタリングが行われ、目的の動作が完了するまで行われる。たとえば、農業機械１００は、センサによって、所定量のバッテリ充電が完了したり、肥料が所定量以上供給されたり、収穫物収納用スペースから収穫物が取り除かれたりした場合に目的動作完了を検知し、動作完了と判断する。図５１は外部電源（非接触電力伝送装置）２２６によって農業機械１００Ｂのバッテリ２２４－２に充電が行われた直後の様子を示す。

[0295] 続いて、農業機械１００は目的の動作終了年月日時刻と目的動作内容（バッテリや燃料、肥料等がどの程度供給されたか）などの動作終了情報をサーバー７０４に送信し、さらに作業中断位置までの経路または作業開始位置や保管位置への経路を計算する（Ｓ４２７）。サーバー７０４はユーザ端末７１０、７１２の動作終了情報を送信し、データベース７０８にそれらの情報を保管する。経路計算手法はこれまで説明した手法（Ｓ４１９など）と同様であり、サーバー７０４で行ってもよい。

[0296] そして、農業機械１００は進行（前進または後進）を行う（Ｓ４３０）。たとえば図５２で示すように、バッテリ２２４－２に十分な電気を充電できた場合には作業を再開するために作業中断位置に向けて進行を開始する。なお、目的動作完了後の２回目以降の図４９の動作ループにおけるＳ４０２の工程で農業機械１００が目的の動作を完了していると判断する場合にもこのＳ４３０の工程につながる。

[0297] そして、所定期間経過後に農業機械１００は作業を中断したか否か判断する（Ｓ４３１）。作業中断したと判断しない場合には、Ｓ４４４に進み、こ

の処理を一旦終了させる。

[0298] 一方で農業機械１００が作業を中断したと判断した場合、作業中断位置近傍に到着したかを判断する（Ｓ４３２）。この判断は、基本的にはＳ４２２と同様の方法により行われるが、一致判定の幅をさらに広くし、近傍か否かを判断するようにしてもよい。

[0299] 次いで、農業機械１００はステレオカメラ装置１１０を使ってＳ４１４と同様の方法により、Ｓ４１４で測距した対象物に相当する対象物を特定し、それとの距離を測る（Ｓ４３４）。

[0300] このＳ４３４で測定した対象物との距離とＳ４１４で測距し、記憶した距離が等しいかどうか判断する（Ｓ４３６）。なお、Ｓ４１４で一つのステレオカメラ装置１１０で複数の地点または複数のステレオカメラ装置１１０で複数の地点との距離を測定している場合には、Ｓ４３４でもすべての対応位置を測距し、それらすべてが一致するかどうか判断する。なお、一致の精度は、ステレオカメラ装置１１０の測距の精度に応じて決められる。

[0301] そして、Ｓ４３６の判定で、一致しないと判断した場合には、農業機械１００の制御装置１１８は舵取り装置１２２や伝動装置１０４を動作させて農業機械１００を前後左右に動かし、その距離を一致させるようにする（Ｓ４３８）。１回以上測距をし直して距離が一致すれば、作業中断位置と作業再開位置が一致したと判断し、作業再開年月日時刻とともに作業再開情報をサーバー７０４に送信し（Ｓ４４０）、進行作業を開始する（Ｓ４４２）。サーバー７０４は作業再開情報、開始時刻をユーザ端末７１０、７１２に送信し、さらにはデータベース７０８にそれらの情報を保存する。一方、Ｓ４３６の工程で農業機械１００によって、距離が一致していると判断されると、Ｓ４４０へと進むことになる。このように対象物との距離の一致をみることにより、位置情報に多少のずれがある場合でも作業中断位置と再開位置を精度よく一致させることができる。これによって、たとえば、重複や作業を行っていない隙間ができることなく、作業を行うことができる。

[0302] このようにして作業が再開されると、図４９で示す動作フローは終了し、

図４０や図４７の作業のループで処理が行われることになる。

[0303] ＜異常検知時の動作＞

圃場が広大になればなるほど、たとえば害獣などが侵入するなど異常が発生した場合にマニュアルで追い払うことは大変である。そこで、そのような場合でも自動的に異常に対応できることが望ましい。図５２から図５６を用いて、圃場において異常の発生を検知した場合の動作を説明する。図５２は、圃場モニタリング装置５００を通じて、異常イベントを検知した場合（本例では、農作物に被害を与える可能性のある異常源（主に動物のいわゆる害獣）１０００を検知した場合）に、自動制御の農業機械１００を使って異常源１０００を観測しにいき、異常源１０００への対処を行う様子を示すものである。図中の破線は無線通信による情報の送受信を示すものである。この例では、圃場モニタリング装置５００と農業機械１００の間で情報のやり取りを行っているが、これに限らず、サーバー７０４を介した情報のやりとりでもよい。また、異常の内容は圃場に害獣が侵入したというものに限られず、人的あるいは自然の力によって発生する異常事態すべてを含む。たとえば、火事や見知らぬ者の不法侵入などである。

[0304] 図５３は、図５２の農業機械１００の動作をより詳細に説明するための図であり、図５２の圃場を上方から観察したものである。図に示すように、農業機械１００は農作物９１０が栽培されている領域を避けながら、最短経路で異常源１０００に接近する動作を行う。

[0305] 図５４、図５５は、この異常イベントが発生した場合の本実施形態の全体システム１５００の動作を示すものであり、主としてサーバー７０４と農業機械１００の動作を説明する。図５４は、異常イベント発生から異常への対処完了までの動作を説明するものである。一方、図５５は、図５４のＳ５０２（図４９のＳ４００からＳ４４４と同様の動作）の工程におけるＳ４２２の動作の詳細を説明するものである。

[0306] 異常イベント発生時のフローは圃場モニタリング装置５００に写る（映る）画像に異常を検知することにより開始される（Ｓ４５０、Ｓ４５２）。こ

れは、圃場モニタリング装置５００が撮像した画像をサーバー７０４に送信し、サーバー７０４がその画像を解析することにより実行される動作である。サーバー７０４は図３５ＡのＳ２０８の工程と同様に画像認識を行い、たとえば圃場モニタリング装置５００が撮像した画像内に農業機械１００や農作物９１０、システム利用者（ユーザ）以外のものが映し出された場合に異常が発生したと検知する。なお、他の状態モニタリング装置５５０、圃場モニタリング装置５５５で撮像した画像から異常を検知するものであってもよい。

[0307] サーバー７０４は、この異常を検知するとユーザ端末７１０、７１２に異常を検知した旨と異常状態を撮像した画像、その年月日時刻などを送信する（Ｓ４５４）。そして、データベース７０８にもユーザ端末７１０、７１２に送信した情報と同様の情報を保存する。

[0308] 続いて、サーバー７０４は、発生した異常に対する処理が完了したか否かを判断する（Ｓ４５６）。異常イベント発生直後では、通常、処理は完了していないので次のＳ４５８の認識処理に進む。認識処理は、異常を検知した箇所について、図３５ＡのＳ２０８の工程と同様に画像認識を行う（Ｓ４５８）。この認識処理は、異常箇所の特徴量を求め、データベース７０６等に格納された標準パターンと比較することにより行う。この工程は、サーバー７０４自体が処理完了を行う場合と農業機械１００が処理完了（Ｓ５０２の工程内において行われるＳ４２８の動作終了通知）を行い、その情報を受信してサーバー７０４が処理完了を判断する場合の両方を含む動作である。

[0309] Ｓ４５８の認識処理の結果、サーバー７０４は異常内容を認識できたかどうか判断する（Ｓ４６０）。そして異常の内容を認識できた場合には、その異常内容に応じた動作を行う（Ｓ４６２）。この動作は、異常内容ごとに定義されており、たとえば、無視する、一番近い位置にある農業機械１００を接近させて警笛などを使って威嚇する、異常に対して散水する、などがある。そして、その後、Ｓ４５６の工程に戻り、サーバー７０４が異常に対する処理が完了したと判断すると、異常イベント発生時の処理は終了する（Ｓ４

７４）。

[0310] 一方、Ｓ４６０の工程で、サーバー７０４が異常の内容を確認できない場合には、サーバー７０４は、圃場モニタリング装置５００などで撮像した画像内に存在する位置が既知の複数の標識３７０などから異常領域の場所を特定する（Ｓ４６４）。

[0311] そして、異常内容の確認のために、サーバー７０４は農業機械１００へすでに指示をだしているか判断する（Ｓ４６８）。まだ指示をしていないと判断する場合には、サーバー７０４はデータベース７０８に記憶されている情報を使って異常箇所（異常領域）から一番近くに存在する農業機械１００を特定し、異常内容確認の指示を出す（Ｓ４７０）。なお、農業機械１００は、異常箇所へ直線距離で一番近いものではなく、異常箇所への経路が一番近いものを特定してもよい。

[0312] サーバー７０４は、特定され、異常内容確認の指示がなされた農業機械１００に異常箇所の位置情報を送信する（Ｓ４７２）。

[0313] 一方、Ｓ４６８の工程で、すでに農業機械１００へ異常内容確認の指示を出していると判断する場合には、サーバー７０４はＳ４７２の工程へ進み、Ｓ４６４で特定した異常箇所の位置情報を送信する。そして、サーバー７０４はＳ４５６の工程に戻る。

[0314] これに対して、農業機械１００は次のように動作する。ここで説明するＳ５００、Ｓ５０１、Ｓ５０２は、異常イベント発生時における図３５ＡのＳ２２４の工程を示すものである。

Ｓ２０４またはＳ２２３の工程からＳ２２４の工程に進むと、農業機械１００は（最初だけ作業を中断させ、異常内容確認を行わせるための）Ｓ４７０の工程の指示、およびＳ４７２の異常箇所の位置情報を受信する（Ｓ５００）。そして、農業機械１００は、異常箇所の位置情報にあわせて進行経路を再計算する（Ｓ５０１）。害獣が侵入する場合のように異常箇所は常に所定の箇所にとどまっているとは限らないので、農業機械１００はＳ５００の工程で毎度異常箇所の位置情報を受信する。そして、位置が変わる場合にはＳ

５０１の工程で農業機械１００は進行経路の更新を行うことになる。農業機械１００は、本来の作業を中断し、Ｓ４００からＳ４４４で定義される作業中断時の処理を行う（Ｓ５０２）。そして、Ｓ５０２の工程が終了するとＳ２２６の工程に進むことになる。

[0315] なお、以上の動作は圃場モニタリング装置５００などで撮像した画像を元にサーバー７０４が実行する処理として説明したが、圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０でＳ４５０からＳ４７２で説明した処理を行ってもよい。

[0316] また、本異常発生時の処理は、圃場モニタリング装置５００などで撮像した画像に基づいて始まっているが、農業機械１００に設置されたステレオカメラ装置１１０やマルチスペクトルカメラ装置１１３などによって異常を検知した場合に開始してもよい。この場合、異常内容を撮像した農業機械１００が処理を行うことになる。

[0317] 図５５は、Ｓ５０２の工程における異常イベント発生時のＳ４２２の工程（目的の位置に到着したか否かの判断）の動作を詳細に説明するものである。この処理は、農業機械１００とサーバー７０４の連携により実行される。

[0318] Ｓ４２０の工程を終えると、農業機械１００に搭載したステレオカメラ装置１１０（あるいはマルチスペクトルカメラ装置１１３）により異常内容を検知したかどうか判断する（Ｓ５５０）。これは、農業機械１００がサーバー７０４などから送信された異常箇所の位置近傍に何らかの物体を検知するかどうかが判断する。この判断手法は図３５ＡのＳ２０２、Ｓ２０３で説明した方法を使う。

[0319] そして、異常内容を検知していない場合にはＳ４４４の工程に進む。一方で、異常内容を検知した場合には、農業機械１００は進行をとめる（Ｓ５５２）。そして、ステレオカメラ装置１１０などで撮像した異常内容を含む画像と距離情報、現在位置などをサーバー７０４に送信する（Ｓ５５４）。

[0320] サーバー７０４は異常内容について画像認識処理を行う（Ｓ５５８）。画像認識処理については、図３５ＡのＳ２０８の工程と同様の方法が使われる

。そして、サーバー７０４は、この画像認識ができたかどうか判断する（Ｓ５６０）。

[0321] そして、認識ができないと判断された場合には、農業機械１００から送られた距離情報から農業機械１００が異常内容まで所定の距離以内（たとえば３．５ｍ以内）または所定の距離よりも短い距離にあるか判断する（Ｓ５６２）。すなわち、異常内容を認識できるまで十分接近しているか判断を行う。なお、この動作は、画像認識処理により識別されたエッジ間の長さ（すなわち、物体の大きさ）が、所定以上または所定よりも長いと判断するか否かにより行ってもよい。

[0322] そして、Ｓ５６２の工程で所定の距離以内（所定の距離よりも短い距離）にあると判断した場合には、ユーザ端末７１０、７１２に認識不可能な異常が発生した旨の通知をその異常内容を示す画像とともに送信する（Ｓ５６６）。このときのユーザ端末７１０、７１２で表示される画像の例を図５６に示す。

[0323] この図５６は図５３において農業機械１００が右下にある位置でステレオカメラ装置１１０により撮像されたものである。図５６のように、ユーザ端末７１０、７１２には、ステレオカメラ装置１１０で撮像した画像において異常内容（異常源）１０００が表示され、異常源１０００までの距離１１０３や異常内容の大きさ１１０１などの付加的な情報が表示される。ユーザは、ユーザ端末７１０、７１２からその画像や表示された付加情報をみて異常内容を認識し、異常内容を特定して対処方法（目的の動作）を選択する。そしてそれらを、ユーザ端末７１０または７１２を使ってサーバー７０４に送信することで、サーバー７０４は、目的の動作位置まで到着と判断し、さらに目的の動作を指定する（Ｓ５６８）。さらにサーバー７０４は異常内容と関連画像や特徴パターン、対処方法をデータベース７０６に登録する。これにより、将来同一または類似の異常内容が発生した場合に対処できるようになる。なお、Ｓ５６０の工程で認識できたと判断した場合にも、サーバー７０４は目的動作の位置まで到着したと判断し、その認識できた異常内容に応

じた目的動作（さらに異常内容に接近して、警笛や照明灯１２４の点灯により威嚇する、無視する、異常内容に進行する、異常内容に放水するなど）を指定する（Ｓ５６８）。このサーバー７０４は到着判断と目的動作を農業機械１００に送信する。

[0324] Ｓ５６２の工程において、所定の距離以内（所定の距離よりも短い距離）にあると判断しない場合には、サーバー７０４は到着と判断しない（Ｓ５６４）。サーバー７０４はこの不到着の判断を農業機械１００に送信する。これにより農業機械１００はさらに異常内容に接近することになる。

[0325] そして、サーバー７０４によるＳ５６８またはＳ５６４の工程の判断結果などを受信した農業機械１００は目的動作を行う位置に到着したとサーバー７０４により判断されたか否かを判定する（Ｓ５７０）。そして、到着と判断された場合にはＳ４２４の工程へ、判断されない場合にはＳ４４４の工程へ進む。

[0326] なお、サーバー７０４で行った動作（Ｓ５５６からＳ５６８）は、農業機械１００で行うようにしてもよい。

[0327] このように全体システム１５００は、異常の発生を検知した場合に、その異常に対する適切な処理を効率的に行うことができる。

[0328] なお、本実施形態において、農業機械１００に設置したステレオカメラ装置１１０、マルチスペクトルカメラ装置１１３等や圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０などで取得した画像の認識処理その他画像処理は主としてサーバー７０４で行う例を説明したが、それに限られず、農業機械１００やカメラ装置、圃場モニタリング装置５００などで画像処理を行ってもよい。そうすることで、無線で通信するデータ量を削減し、システム全体として通信データ量を抑制し、全体システム１５００のパフォーマンス（処理時間の迅速化）を図ることができる。一方で、先の例で説明しているようなサーバー７０４でそのような画像処理を行うことで、一般的に農業機械１００などで使用する電気量を抑制でき、特に電気駆動の農業機械を使用する場合には一回の充電で長時間の作業を行うことが可能とな

る。

[0329] 以上の説明は、一台の農業機械１００を使って行う作業であるが、複数台の農業機械１００を無線通信あるいは有線通信により連動させてそれぞれの農業機械が作業を行うものであってもよい。たとえば、先頭の農業機械が圃場を耕し、次の農業機械が施肥や播種を行うものである。この場合でも基本的に先頭の農業機械がこれまで説明した動作を行い、それに続く農業機械が先頭の農業機械からの指示に応じて作業を行うことになる。

[0330] さらにはこれまで説明した動作を複数台の農業機械１００に別個に行わせることでそれぞれの農業機械が連動した動作を行わせるようにしてもよい。

[0331] 〔農業機械の他の例〕

これまで説明した農業機械１００は主としてトラクターの例であったが、図５７および図５８は、本実施形態における農業機械１００の他の例を示す。図５７は移動式のスプリンクラーによる散水作業の様子を、図５８はヘリコプター（クアッドコプター）による肥料散布作業の様子を示す。

[0332] ＜スプリンクラー＞

図５７で示す技術は、農業機械１００としてスプリンクラー８５０を使ったセンターピボット灌漑である。スプリンクラー８５０は、アルミニウム製の散水管８５６を複数連結したものを三角構造（トラス構造）の塔８５４に搭載し、この塔８５４を車輪８５２で移動させながら散水を行う。散水管８５６の各所に散水口８５８と各散水口８５８への水の供給を制御する電子弁８６０を備える。蒸発による損失を防いで農作物３５０や３６０の近くで水を撒いたほうが効率的である。このため、散水管８５６から下に枝分かれさせたドロップ型の散水口８５８を使っているが、これに限られない。このスプリンクラー８５０は一端を中心として円を描くように移動する。そして、その中心となる側から、くみ上げた地下水を供給する。

[0333] このスプリンクラー８５０も農業機械１００と同様にＧＰＳ受信器と無線通信用アンテナおよび制御装置を備えている。この制御装置は各電子弁８６０の開閉の制御も行う。そして、図２で示す情報通信システム１５０２と接

続し、全体システム１５００を構成する。圃場に設置された圃場モニタリング装置５５５からの画像情報や付加情報に基づいてサーバー７０４からの指示を受け、植物活性度が低くなっている農作物３６０の上付近を通過する散水口８５８のみから散水を行う。なお、スプリンクラー８５０自体にマルチスペクトルカメラ装置１１３などを設置し、そこから得られる分光画像、分光情報などに基づいてサーバーまたはスプリンクラー８５０が植物活性度を判定し、散水の制御を行ってもよい。これによって、全体に対して散水する場合に比べ、使用する水を効率化できる。なお、散水する地下水には液体肥料を添加してもよい。また、地下水に代えて、このスプリンクラー８５０により、液体の農薬を散布する作業も行うことができる。この場合には、たとえば偏光フィルタを備えた圃場モニタリング装置５５５から害虫の情報を取得し、害虫が存在する農作物に対してのみ農薬散布を行うようにしてもよい。なお、偏光カメラ装置をスプリンクラー８５０に設置し、そこから得られた偏光画像からサーバー７０４またはスプリンクラー８５０が害虫を検知するようにしてもよい。

[0334] このスプリンクラー８５０は、図３２、図３３、図３４、図３５Ａ、図３６、図３７、図４６、図４７を用いて説明した動作により作業を行う。ただし、このスプリンクラー８５０は、移動の経路が決まっているので、複雑な経路計算は不要である。また、図３５Ａにおける進行方向の確認（Ｓ２０２）やその判断による経路変更（Ｓ２０８からＳ２２２）など、また旋回動作（Ｓ２３２、Ｓ２３４）は不要であるので省略できる。また、作業の中断においてその正確な作業中断位置からの再開が不要であるので、図４９のＳ４１４やＳ４３４、Ｓ４３８などの農業機械の位置合わせのための動作は省略できる。

[0335] なお、農業機械は、センターピボット方式に限定されるものではなく、たとえば、平行移動式の灌漑を行ってもよい。

[0336] このようにして、全体システム１５００では、散水などの作業が必要な対象物に対してのみ、その作業を行うことができるので、リソースを効率的に

使用することができる。

[0337] ＜ヘリコプター＞

図５８は、農業機械１００としてヘリコプター（クアッドコプター）１１００を利用して液体の肥料８０２Ｂの散布作業を行っている様子を示す。このヘリコプター１１００は、ヘリコプター１１００本体から伸びたアーム先端付近に設置される４つのローターヘッド１１０２と、そのローターヘッド１１０２によって回転可能に接続されている４枚のローター１１０４を備え、それらのローター１１０４を回転させることにより、飛行を行う。このヘリコプター１１００は、他に少なくとも、ＧＰＳ用アンテナ１２０、無線通信用アンテナ１１４、ローター１１０４の回転制御も含めてヘリコプター１１００の制御を行う制御装置１１８Ｃ、ステレオカメラ装置１１０、マルチスペクトルカメラ装置１１３、制御装置１１８Ｃの制御に応じて農薬散布を行う作業装置１０６Ｅ、着地する場合に着地点である地表などに接地するランディングギア１１０６を備えている。ステレオカメラ装置１１０は、ヘリコプター１１００が水平飛行している状態において鉛直軸と直交する方向に制御装置１１８Ｃによって回転可能にヘリコプター１１００に設置される。そして、ヘリコプター１１００はステレオカメラ装置１１０を地面に向けることで、農作物などの状況を確認したり、地表とヘリコプター１１００との間の距離を計測して高度を特定したりすることができる。高度は、第二のデジタル情報又は第四のデジタル情報の一例である。

[0338] また、ヘリコプター１１００はステレオカメラ装置１１０を進行方向に向けることで進行方向に障害物（たとえば、圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０などの人工物や農作物以外の高い樹木などの自然物）がないかを確認することも行うことができる。なお、高度は気圧変化に基づいて飛行している高度を特定する高度計により計測してもよい。このヘリコプター１１００はこれまでに説明した方法によりＧＰＳ信号などにより現在位置を検知し、図２の情報通信システム１５０２と無線通信を行う。

[0339] このヘリコプター１１００またはサーバー７０４は、マルチスペクトルカメラ装置１１３によりとらえた分光画像や分光反射率に基づいて、植物活性度などの植物の状況を把握し、それが所定値以下の場合などのときのみヘリコプター１１００は作業装置１０６Ｅを動作させ、肥料８０２Ｂを農作物３６０に散布する。もちろん、ヘリコプター１１００はこれらの情報またはこれ以外の情報に基づいて、同一または異なる作業装置１０６による異なる作業（たとえば、散水作業や農薬散布作業）を行ってもよい。また、色や影の影響をほとんど受けずに物体の表面を観測できる偏光カメラを使えば、葉など植物表面に付着する隠蔽色を有する害虫等を上空から発見でき、農薬をその害虫が存在する植物（あるいはその害虫）だけにピンポイントで散布することができる。

[0340] このヘリコプター１１００は、基本的に図３２、図３３、図３４、図３５Ａ、図３６、図３７、図４６、図４７、図５４、図５５を用いてで説明した動作と同一のフローにより作業を行う。ただし、図３２のＳ１１４からＳ１１６などでは飛行を行う高度も設定する。また、農作物などを飛び越えられるので経路は農業機械１００の走行経路に比べて簡単に計算を行うことができる。

[0341] また、これらの動作における進行は飛行による進行となる。

[0342] なお、使用する農業機械はヘリコプター（クアッドコプター）に限らない。たとえば、ローターなどを８枚備えたオクトコプター等のマルチコプターや気球タイプ、飛行機タイプ、グライダータイプなどその他の飛行機械であってもよい。

[0343] このように全体システム１５００によれば、効率的な作業を行うことができる。

[0344] 〔遠隔操作〕

これまでの例は、本実施形態の全体システム１５００により農業機械１００、スプリンクラー８５０、ヘリコプター１１００などの進行および作業を手動操作によらない自動制御により行う例である。一方、システム利用者にお

いて、農業機械１００の移動や作業を自分の目で見ながら行いたいというニーズが存在する。特に自動制御で行うことが難しい緻密な作業や細かい移動制御をシステム利用者自らが行いたい場合がある。全体システム１５００を応用すると、システム利用者（ユーザ）は遠隔操作により農業機械１００などを動作させることもできる。図５９にこの遠隔操作を行うための情報通信システム１５０２の一例を示す。遠隔操作は、ユーザ端末７１０、７１２を使用してユーザが農業機械１００を操作することをいう。この場合、ユーザが農業機械１００に乗車しながらユーザ端末７１０、７１２を操作する、または農業機械１００など近傍で操作する場合も遠隔操作に含まれる。

[0345] 遠隔操作を行う場合、農業機械１００などで撮像された画像や付加的な情報がサーバー７０４を経由してユーザ端末７１０、７１２の画面に表示されるようにすればよい。この場合、画像上に付加的な情報（距離情報等）が重畳されて表示されることになる。ただし、全体システム１５００では、この画像は映像（動画）情報として送信される。このため、サーバー７０４の作業負荷が多くなるので、実際には図２で示す情報通信システム１５０２において映像情報を専門で扱う映像サーバー７０５をインターネット７０２につながる形で別途設けている（図５９参照）。映像は通信回線の状況等に応じて通信される映像情報の圧縮率を調整できるＨ．２６４　ＳＶＣに準拠する映像データとして送受信されている。このため、映像が途切れることは極めて少ない。なお、農業機械１００などは、Ｈ．２６４　ＳＶＣ以外のフォーマット、たとえばＨ．２６５などに準拠するフォーマットでデータを送信してもよい。さらに農業機械１００などは映像情報ではなく、ＪＰＥＧフォーマットやＰＩＮＧフォーマットなど静止画情報を連続あるいは断続的に送信するようにしてもよい。

[0346] ユーザ端末７１０、７１２で表示する画面の例としては、図５０や図５６に示すようなステレオカメラ装置１１０で撮像した画像である。またマルチスペクトルカメラ装置１１３で撮像した分光画像（たとえば、分光反射率を輝度や色の濃淡で表現した画像）を表示してもよい。そして、ユーザは、そ

の画面を見ながら、進行方向や、旋回、速度を指示し農業機械１００を操作し、さらに作業装置１０６による作業も行える。もちろん、農業機械１００などの操作、作業装置１０６による作業の一方を自動で行うようにして、ユーザは一方のみを行ってもよい。また、圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０で撮像した画像も合わせて表示し、たとえば、遠隔操作を行っている農業機械１００などが圃場のどの位置にあるのかを表示させることもできる。または、圃場の地図とその地図内で農業機械１００がどの位置にあるのか表示させることもできる。この遠隔操作についてはユーザからの指示をすばやく農業機械１００などに反映させる必要があるので、実際には操作管理用に操作管理用サーバー７０７を図２で示す情報通信システム１５０２において設けている（図５９参照）。

[0347] 操作管理用サーバー７０７は、ユーザ端末７１０、７１２に入力される情報に基づいて農業機械１００などに操作指令を出し、農業機械１００などを遠隔で制御する。ユーザ端末７１０、７１２で入力される情報は、タッチパネルやキーボード、マウス操作により手動で入力されてもよいし、音声やジェスチャーなどであってもよい。操作管理用サーバー７０７は、それらの情報を認識するためのプログラムを使って認識を行い、その認識結果に応じた操作指令を農業機械１００などに送信する。

[0348] また、全体システム１５００においては、複数の農業機械１００などから送信される画像や複数の撮像素子で撮像した画像を一度に、あるいは切り替えてユーザ端末７１０、７１２の画面に表示させることもできる。

[0349] このようにシステム利用者は、農業機械１００で撮像した画像以外の情報をユーザ端末７１０、７１２に表示しながら移動や作業を行うことができるので、遠隔操作であっても緻密な作業や細かい移動動作を行うことができる。

[0350] 遠隔操作は、基本的に図３２から図５６で説明した自動制御モードとは別モードとして実行されるものであるが、自動制御中に遠隔操作を行うこともできる。このためには図３２から図５６において説明した動作中において、

農業機械１００で撮像した画像を常に映像サーバー７０５経由でユーザ端末７１０、７１２に送られることになる。また、ユーザ端末７１０または７１２からの遠隔操作は、図３２から図５６で説明した動作にユーザからの指示を割り込ませる形で動作を行わせることで実現するもできる。この場合、ユーザからの指示がない場合には全体システム１５００は図３２から図５６で説明したような自動制御に戻って処理動作を実行することもできる。

[0351] なお、このような遠隔操作や農業機械１００を直接手動によって操作する場合であっても、作業開始・終了・中断・再開情報や農業機械１００の位置、作業位置などの情報は、農業機械１００からサーバー７０４に送信され、サーバー７０４は、データベース７０８に受信した情報を保管する。これによって、将来の作業や次に説明する課金処理を円滑に行うことができるようになる。

[0352] 〔課金処理〕

上述のとおり、サーバー７０４（または課金管理用サーバー。以下同じ）は、課金処理（請求処理）も行う。システム提供者はシステム利用料を適切に回収できることで、経営を継続するとともに新たなサービスを開発したり、現在のサービスを改善したりすることが可能となるので、課金処理を技術によって自動的に正確かつ効率的に行えるようにすることが課題となる。課金方法にはさまざまな形態があり、本実施形態の全体システム１５００のユーザが選択できるようになっている。定額制の課金形態としては、

I図２または図５９で示すような情報通信システム１５０２の使用料

II図１で示すような圃場のシステム（圃場モニタリング装置５００、５５５、状態モニタリング装置５５０、農業機械１００など）１５０１の賃貸料（装置を１個当たり１００ドル／月、農業機械を１個当たり２００ドル／月など）

III土地（圃場）の賃貸料（１平方メートルあたり１５ドルなど）、がある。

[0353] システム利用開始時にシステム提供者と利用者の間で合意した課金の形態は、データベース７０８に登録される。サーバー７０４は、データベース７

０８に登録された課金形態IからIIIに対して、それぞれ単独の、または複数組み合わせたときの料金請求を定期的（たとえば、月ぎめ）でユーザ端末７１０、７１２に送信する。

[0354] 従量制の課金形態としては、i作業の種類、ii作業時間、iii作業箇所の大きさ、iv作業を行った農業機械、vサーバー７０４による分析実施、vi収穫日予測実施、vii市場の需要取得、viiiシステム内の情報通信量、のそれぞれ単独及び／または複数組み合わせがある。これらiからviiiの情報（あるいはiからviiiを生成するための情報）は、上述のようにサーバー７０４によりデータベース７０８に記録されている。たとえば、サーバー７０４は、iとiiの組み合わせに対して、作業の種類（収穫：５ドル／時間）と作業時間（２０時間）で計１００ドルの料金を発生させたり、iとiiiの組み合わせに対して作業の種類（整地：０．２ドル／平方メートル）と作業箇所の大きさ（１０００平方メートル）で計２００ドルの料金を発生させたりする。このようにこの全体システム１５００によれば所定の期間（たとえば１ヶ月間）における作業内容（作業の種類、作業時間、作業箇所の大きさ、作業を行った農業機械など）を特定することが容易にでき、その作業内容に応じた課金を行うことができる。また、サーバー７０４は、このiとiiなどの組み合わせに加え、たとえばviの収穫日予測（１回あたり１０ドル）を実施した回数（５回）で計５０ドルの料金を発生させることも可能である。これらiからviiiは、作業ごとにデータベース７０８に登録される情報に基づいてサーバー７０４が算出し、一定期間（たとえば半年）ごとにユーザ端末７１０、７１２に料金請求を行う。なお、作業時間を使う場合には、作業を中断した時間は差し引かれ、実作業時間により計算が行われる。

[0355] さらに全体システム１５００は成功報酬型の課金形態も提供する。i全体システム１５００を使って収穫した農作物に対する売上に対して一定の割合（たとえば２０％）を課金したり、ii全体システム１５００を使って農作物を育てた場合に、収穫量が増加した分の売上げに対して一定の割合（たとえば５０％）で課金したり、iiiこれらi,iiの課金に収穫した農作物の市場価格を

加味して料金を設定したり（たとえば、市場価格が基準価格に対して一定以上高騰した場合にi,iiの割合を増加させ、暴落した場合に低下させる）する。これらiからiiiを算出するための情報はデータベース７０８に記録されている。サーバー７０４は、データベース７０８に記憶されているデータからこれらの料金を算出し、一定期間（たとえば半年）ごとにユーザ端末７１０、７１２に料金請求を行う。

[0356] 一方で、ユーザが一定の条件を満たした場合に料金を割り引いてもよい。たとえば、ユーザが全体システム１５００に有益な情報（たとえば図３５ＡのＳ２１４の工程で説明した情報）を与えた場合には、所定回数（１０回／月）を上限として１回当たり３ドルの割引を行うことができる。所定の金額を上限としてもよい。この場合もデータベース７０８にその情報が記録されているので、サーバー７０４はそれを参照して割引を行う。これにより、本全体システム１５００の提供者は、今後の全体システム１５００の効率的な運用に必要なデータを取得できるとともに、ユーザはシステム使用料の割引を受けられるので、両者にとって利点があることになる。

[0357] また、ユーザが農業機械１００などを農業機械での手動操作または遠隔操作して作業を行った場合に、自動制御（自動操縦）のときよりもシステム使用料を低減することもできる。この場合の料金設定としては、全体システム１５００によって提供される価値が高い順（自動制御、遠隔操作、手動操作の順）に料金を高く設定する。また、農業機械１００の手動操作部１１６を使っての手動操作を無料とすることもできる。サーバー７０４は、このような割引のための情報をデータベース７０６、７０８やサーバー７０４内のＳＳＤに記憶されたデータから取得し、割引料金を算出し、算出した料金を割り引いてユーザ端末７１０、７１２への料金請求を行う。サーバー７０４は、これらの定額制料金、従量制料金、成功報酬型料金を単独でも、組み合わせて一緒にでも請求することができる。この際、上記の割引も行われることになる。このように作業開始から作業完了まで、さらには収穫以後農作物の小売までの情報を全体システム１５００は自動取得、自動集計できるので、

正確かつ効率的な課金処理を行うことが可能となる。

[0358] なお、全体システム１５００のユーザはユーザ端末７１０、７１２など用いて、クレジットカードやデビットカードその他の電子マネーを使って電子決済を行うことができる。または銀行振り込みでも対応できる。サーバー７０４がユーザ端末７１０、７１２に料金の請求を行ってから所定期日内に料金の支払いを確認できない場合には、督促を、ユーザ端末７１０、７１２に送付したり、郵送等の別の手段により送付したりできる。督促の送付から所定期日内に振込みを確認できない場合には、サーバー７０４はそのユーザが全体システム１５００の一部または全部の使用を利用できないようにする。これにより、使用料を支払わないユーザによる全体システム１５００の利用を制限できる。

[0359] 〔全体システムの応用例〕

図６０は本実施形態の応用の実施形態における移動体（作業体）の他の一例として、建設作業機械（ロードローラー）１２００を示す。この建設作業機械１２００は、重量が重く、接地面積の大きな車輪（ローラー）２０００を持ち、その車輪の重量によって路面一面に圧力をかける作業を行いながら走行し、軟らかい地面を固める。建設作業機械１２００は、さらに内燃機関による原動機１０２Ｄ、伝動装置１０４Ｄ、支持装置１０８Ｄ、ステレオカメラ装置１１０、無線通信用アンテナ１１４、手動操作部１１６、制御装置１１８Ｄ、ＧＰＳ用アンテナ１２０、舵取り装置１１６、一対の照明灯１２４Ｄ、一組の超音波ソナー装置１２６Ｄ、及び、一組の後輪１３０Ｂを備えている。この建設作業機械１２００は、図２または図５９で示すのと同等の情報通信システム１５０２と無線通信により接続されている。

[0360] ステレオカメラ装置１１０で取得した情報に基づいて前方の障害物の検知や測距による地面の凹凸を検知し、まだ固められてない領域として一定以上の凹凸がある領域に対してのみ作業を行うことが可能となる。

[0361] 農業機械１００などによる圃場での作業と作業の種類や作業装置の違いはあるが、基本的にこれまでの実施形態として説明した動作と同様の動作を行

う。

[0362] なお、このような建設作業機械が作業を行う領域は通常は圃場ではなく、建設現場であるので、圃場は建設現場とした動作となる。

[0363] なお、本実施形態で説明した移動体の自動制御を行う全体システム１５００の応用は、建設作業機械だけに限られず、移動と作業を行う装置、機械に対して応用することができる。すなわち、本実施形態の全体システム１５００は、移動を複数種類の情報に基づいて行い、作業も複数種類の情報（たとえば、周波数の異なる電磁波）に基づいて行えるシステムにおいて応用可能である。移動は基本的に位置情報を観測しながら予め定まった経路あるいは修正された経路を進むように制御される。経路決定や移動時の軌道修正は、ＧＰＳ信号という無線信号や既知の地点からの無線信号を利用して実行されるのに加え、ステレオカメラ装置１１０により取得した画像情報や距離情報（または視差値）も利用して位置ずれの補正などを実行し、移動を行う。または、ステレオカメラ装置１１０に代えて、あるいはステレオカメラ装置１１０とともにレーザレーダ装置１１２により進行方向の形状や距離を確認しながら移動してもよい。作業は、主としてレンズと撮像素子を備えたカメラ装置により取得する面の情報とその面の情報に関連する情報とに基づいて行われる。たとえば、ステレオカメラ装置であれば、撮像画像（面の情報）と撮像画像における距離情報（関連情報）となる。マルチスペクトルカメラ装置であれば、撮像画像（面の情報）と撮像画像における分光反射率情報（関連情報）となる。マルチスペクトルカメラ装置とレーザレーダ装置の組み合わせであれば、撮像した分光画像（面の情報）と撮像画像における分光反射率情報およびその画像における距離（関連情報）である。偏光カメラとレーザレーダ装置の組み合わせ、または偏光ステレオカメラ装置であれば、ハイコントラストの偏光撮像画像（面の情報）とその撮像画像における距離（関連情報）である。また、二次元にレーザを照射できるレーザレーダであれば、対象物の形状情報（面の情報）とその形状における距離情報（関連情報）である。さらに、これらのカメラ装置を組み合わせて、たとえば、撮像画像

と距離情報と分光反射率情報により移動や作業を制御したり（ステレオカメラ装置とマルチスペクトルカメラ装置の組み合わせ）、撮像画像と距離情報と偏光画像情報により移動や作業を制御したり（偏光ステレオカメラ）してもよい。またさらに全体システム１５００ではこれらの複合的な情報を用いて作業を行うことができる。

[0364] なお、本実施形態では、電磁波の電波や光（画像）および画像に関連した情報を使って機械の移動、作業を制御するが、これに限られず、他の電磁波（テラヘルツ波）や弾性波（音波）、およびそれらの波に重畳される情報、その他の環境情報を受け取って、それらを利用して移動や作業を制御するシステムであってもよい。

[0365] また、農業機械や建設作業機械などの移動体にカメラ装置を設置して撮像する場合、特に移動しながら撮像を行うと撮像画像がぶれる可能性が高い。それに対しては、撮像時の移動速度（走行速度、飛行速度、潜水速度など）を遅くしたり、シャッター速度を速めたり、レンズや撮像センサに振れ補正機構を設置することで対処できる。さらには複数の撮像画像を使って画像の補正を行ってもよい。

[0366] さらに、本実施形態では、基本的に経路に沿って移動体、作業体を移動させる方式を説明したが、これに限られない。すなわち、ユーザがユーザ端末７１０、７１２によって、ある作業領域または作業箇所を特定すると、各種画像センサ（カメラ装置）やレーザ装置（レーザレーダ装置）、超音波ソナー装置や無線により移動体または作業体の環境を把握しながら、自律的にその領域または箇所内を移動したり、移動しながら作業を行ったりすることになる。この場合には、移動体や作業体は自律制御のための複雑なアルゴリズムを有し、制御装置はそのアルゴリズムに基づいて移動体や作業体などの機械を制御する。この場合の制御装置は、機械内部に設けてもよいし、外部に設け無線通信により機械を制御するようにしてもよい。このアルゴリズムは、移動を行う場合には、移動に関する自律制御を行い、作業を行う場合には物体の操作に関する自律制御を行うものである。

[0367] さらに、全体システム１５００で通信される情報は、それ自体が価値を有する情報財でもあるので、基本的には上述のようにセキュアに管理される。

[0368] 〔本実施形態に基づく発明〕

以上説明を行った本実施形態および応用例には少なくとも次の発明が含まれる。

（１）手動操作によらず移動と対象に対する作業を行う機械であって、複数種類の情報に基づいて前記移動を行い、複数種類の情報に基づいて前記作業を行う機械である。この機械は農業機械、建設機械、飛行機械などあらゆる機械を含む（以下同様）。手動操作によらない（自動制御に基づく）移動を制御するための複数種類の情報とは、無線による位置特定のための情報やステレオカメラ装置その他の測距装置により取得する画像情報や距離情報、あるいはある場所に設置されたモニタリングカメラなどのカメラ装置で取得した画像情報やその画像情報に基づく距離情報などが該当する。手動操作によらない（自動制御に基づく）作業を制御するための複数種類の情報とは、撮像素子で取得した画像情報や分光画像情報、距離情報、反射率情報（分光反射率情報）、偏光画像情報、レーザ装置により取得した形状情報や距離情報などが該当する。このように、手動操作によらない移動を制御するための複数種類の情報と手動操作によらない作業を制御するための複数種類の情報はともに少なくとも二次元で表される（面の）情報を含んでいる。（１）の機械において、前記移動を行うための情報の一つは画像情報であってもよいし、形状に関する情報であってもよい。さらには（１）の機械において、前記作業を行うための情報の一つが画像情報であってもよいし、形状に関する情報であってもよい。なお、これらの機械がステレオカメラ装置を有する場合、それにより取得する距離情報を用いて移動と作業の両方の制御を行うことができる。この機械による手動操作によらない移動と対象に対する作業は、通常、交互または同時に行うものである（以下同様）。

[0369] （２）手動操作によらず移動を行う機械であって、複数種類の情報によって特定した経路に従って前記移動を制御する機械である。手動操作によらな

い移動を制御するために経路は、無線による位置特定のための情報やステレオカメラ装置その他の測距装置により取得する距離情報、あるいは特定の場所に設置可能なモニタリングカメラなどのカメラ装置で取得した画像情報に基づく距離情報などによって特定される。この（２）で記載する機械は、複数種類の情報に基づいて前記作業を行うことができる。（２）の機械において、前記移動を行うための情報の一つは画像情報であってもよい。

[0370] （３）手動操作によらず複数の対象に対する作業を行う機械であって、その機械で取得した各対象の状態に応じて対象ごとに前記作業の実行を判断する機械である。ここで作業の実行とは、作業をする、しないだけではなく、作業の程度（散水の量や肥料の量など）も含んでいる。たとえば、自動制御により、農作物ごとの植物の活性度や特定の波長に対する分光反射率、害虫の有無に基づいてそれらに対する作業（散水や施肥、農薬散布など）を行うものである。また、たとえば、自動制御により、各領域における路面の状況に応じて、その地面を固める作業を行うものである。

[0371] （４）手動操作によらず機械の移動とその機械による作業を制御する制御装置であって、前記機械が取得した画像情報と画像情報に関連する情報に基づいて前記機械の移動と前記作業を制御する制御装置である。この場合、制御装置は、その機械の一部であってもよいし、機械とは別のもの（たとえば、サーバー）であってもよい。

[0372] （５）手動操作によらず機械の移動を制御する制御装置であって、前記機械以外で取得した画像情報と画像情報に関連する情報に基づいて前記機械の移動を制御する制御装置である。この場合、制御装置は、その機械の一部であっても、機械とは別のもの（たとえば、サーバー）であってもよい。

[0373] （６）手動操作によらず機械による作業を制御する制御装置であって、その機械で取得した各対象の状態に応じて前記作業の実行を判断する制御装置である。ここで作業の実行とは、作業をする、しないだけではなく、作業の程度（散水の量や肥料の量など）も含んでいる。

[0374] （７）地表を均平化する作業を行う装置と所定の角度で幅を持って照射さ

れる光を照射する装置と備えた機械であって、その機械とは別の受光器で前記光を受光した位置に応じて均平するための装置を制御する機械である。

[0375] （８）地表を均平する作業を行う装置と光を受光する受光装置とを備えた作業機械と所定の角度で幅を持って照射される光を照射する光照射装置と備えたシステムであって、前記作業機械は前記光照射装置で照射した光を受光した位置に応じて均平するための装置を制御するシステムである。

[0376] （９）手動操作によらず移動と対象に対する作業を行う機械であって、前記作業を中断し、他の場所に移動したとき、中断した作業を再開する場合には前記作業が中断された位置へ戻って作業を再開する。このときの前記作業の中断位置に戻ったかどうかを複数種類の情報を用いて判断する機械である。

[0377] （１０）手動操作によらず移動と対象に対する作業を行う機械であって、別の位置への移動を伴う作業中断事由により作業を中断した場合、その作業中断事由の解消により作業を中断した位置に戻って前記作業を再開する機械である。

[0378] （１１）手動操作によらず少なくとも移動と対象に対する作業の一方を行う機械と、その機械から得られる無線通信による情報を取得して前記機械を制御する制御装置を備えたシステムであって、前記機械から得られる情報は複数の無線中継を経て前記制御装置に入力され、前記制御装置から出力される情報は複数の無線中継を経て前記機械に入力されるシステムである。

[0379] （１２）手動操作によらず移動と対象に対する作業を行う機械であって、異常を検知すると前記作業を中断し、その異常の内容に応じた当該異常に対する動作を行う機械である。

[0380] （１３）移動することができる機械と該機械で撮像した画像を表示してユーザにより前記機械の操作を行わせる端末を備えたシステムであって、前記画像に関連する情報も端末に表示させるシステムである。

[0381] （１４）作業を行う機械とその機械で取得した情報を使って前記作業を前記機械に行わせる指示を出す制御装置とを備えたシステムであって、前記作

業を行った対象と作業の内容を記憶するシステムである。制御装置は記憶した情報を将来の作業の内容を判断するための情報とすることができる。

[0382] （１５）手動操作によらず対象に対する作業を行う機械であって、作業の種類に応じた対象毎の情報を取得し、取得した情報に基づいて作業を行うか否かを判断する機械である。たとえば、作業の種類が散水であれば、マルチスペクトルカメラを使って対象となる作物の状態（植物活性度など）を取得し、それに基づいてその対象となる作物に散水するか否かを決定したり、害虫除去であれば、対象となる作物の表面に害虫がついているか否かを偏光カメラによる撮像画像から判断し、害虫がついている場合のみ農薬を散布したりするなどである。

[0383] （１６）手動操作によらずに対象への作業を行うことができる機械に前記作業を行わせる指示を出す制御装置であって、前記作業を行った場合に、その作業に応じた使用料金を算出する制御装置である。

[0384] （１７）手動操作によらず移動を行うことができる機械の進行方向に当該機械が認識できない障害物がある場合には、さらにその障害物にさらに近づいて認識処理を行う機械である。

[0385] （１８）手動操作によらず移動を行うことができる機械の移動を制御する制御装置であって、前記機械の進行方向に認識できない障害物がある場合には、前記機械をさらにその障害物にさらに近づけてから認識処理を行う制御装置である。

[0386] （１９）可視および不可視の電磁波を取得し、それぞれの電磁波に含まれる情報を認識し、認識した情報に基づいて手動操作によらずに移動と作業を繰り返す機械である。可視の電磁波としては可視光が挙げられ、そこから画像を取得する。不可視の電磁波は、無線電波であったり、不可視光であったりする。

[0387] （２０）手動操作によらず少なくとも移動および作業の一方を行う方法であって、周波数の異なる複数の電磁波を取得し、取得した複数の電磁波に含まれる情報を認識し、認識した情報に基づいて少なくとも移動と作業の一方

を行うものである。この電磁波には、光（可視光と不可視光）、無線電波が含まれる。

[0388] （２１）撮像装置を有する機械であって、撮像した画像内の微小領域ごとが有する画像以外の情報に基づいて少なくとも手動操作によらない移動および作業の一方を行う機械である。

[0389] （２２）手動操作によらずに受信した信号により位置を特定して移動を行う機械であって、ある地点との距離に関する情報を取得する距離情報取得部を有し、該距離情報取得部で取得した距離に関する情報に基づいて前記移動の修正を行う機械である。

[0390] （２３）予め決められた経路に沿って移動を行う機械であって、経路中に経路を変更する理由を検出した場合に、経路を変更して、変更した経路に沿って移動する機械である。

[0391] （２４）進行方向にある障害を検出する障害検出手段と、その障害検出手段により障害を検出した場合にその障害の認識を行う認識手段と、その認識手段により前記障害の認識が行えた場合に、その認識結果に応じた対応を行う制御手段とを備えた機械であって、該制御手段は、前記認識手段により前記障害の認識ができない場合には、障害を回避して移動を行う機械である。

[0392] （２５）作業する領域を特定する装置と、手動操作によらずに前記作業を行う機械と、を備えたシステムであって、前記機械は、前記装置により特定された領域に移動し、その領域における各対象物について作業が必要か否か判断し、必要と判断した対象物に対してのみ作業を行うシステムである。

[0393] （２６）画像を取得する複数のセンサ装置を有する機械において、第一のセンサ装置は、画像と取得した画像における距離情報を取得し、第二のセンサ装置は、画像と取得した画像における色情報を取得する機械である。距離情報に基づく機械の移動を制御するとともに、色情報に基づいて機械による対象物の作業を行うことができる。または距離および色情報に基づいて対象物の作業を行うことができる。

[0394] （２７）手動操作によらず対象物に対して作業を行う機械であって、対象

物から得られる情報及びインターネットにおけるコンテンツ情報から得られる情報に基づいて前記対象物に対する作業を行う機械である。

[0395] （２８）対象物への作業を行う作業装置と前記対象物の現象を情報化する情報化装置とを備えた機械と、情報化装置により情報化された現象を認識する認識手段と該認識手段により認識された現象に応じた判断を行う判断手段を備えた制御装置と、を有するシステムであって、前記機械の作業装置は前記制御装置の判断結果に応じた前記対象物への作業を手動操作によらずに行うシステムである。ここで情報化装置の例としては、本実施形態で説明が行われる各種のカメラ装置やレーザレーダ装置等のセンサ装置である。特に二次元以上の情報をとられるセンサ装置を使えば、把握できる現象の幅も広げることができる。

[0396] （２９）手動操作によらず対象物への作業を行う機械と、前記機械の作業を制御する制御装置とを有するシステムにおいて、前記機械は、前記対象物の少なくとも一部を取得する取得装置を有することができ、前記制御装置は、前記取得装置により取得した対象物の追跡情報を入手し、該追跡情報に基づいて前記機械の対象物への作業を制御するシステムである。ここで取得装置の例としては、本実施形態で説明が行われる作業装置１０６の収穫装置である。この場合、作物の一部である果実や作物自体を収穫する。この果実や作物が出荷された後もバーコード情報などを使って追跡でき、出荷状況や需給状況などを分析することができる。それによって、同一の作物栽培作業へのフィードバックが可能となる。

[0397] （３０）非接触のセンサ装置により取得した情報に基づいて、手動操作によらない移動と作業を行う機械であって、前記非接触のセンサ装置は画像情報と該画像情報に紐付く情報を取得できるカメラ装置である。

[0398] （３１）移動しながら作業を行う、または移動と作業を繰り返し行う、移動作業装置と、

前記作業に関する情報を生成する作業情報生成装置と、受信した情報を蓄積し、蓄積した情報に基づいて所定の期間における作業内容を特定する制御装

置に、前記作業情報生成装置で生成した情報を送信する送信装置と、を備えた機械である。

この場合、前記作業に関する情報は、作業の開始と終了に関する情報を含んでもよい。さらに、前記作業に関する情報は作業の中断と再開に関する情報を含んでもよい。

[0399] （３２）上記（３１）の機械において、作業対象の状態を特定する状態特定部と、該状態特定部で特定された状態に応じて前記作業対象に対する作業を行うか否かを判断する判断部と、をさらに備え、前記作業に関する情報は、前記判断部による判断結果を含む機械である。

[0400] （３３）上記（３１）または（３２）の機械において、前記移動作業装置による作業は、手動によらず行われる。

[0401] （３４）作業対象に対して手動操作によらず作業を行う機械と、該機械から取得した情報に基づいて作業内容の特定を行う制御装置を備えたシステムであって、前記機械は、移動および前記作業を行うものであり、前記作業に関する情報を前記制御装置に送信し、

前記制御装置は、受信した前記作業に関する情報を蓄積し、蓄積した情報に基づいて所定期間における作業内容を特定し、提示するシステムである。

[0402] この場合、前記作業に関する情報は、作業の開始と終了に関する情報を含んでもよい。さらに、前記作業に関する情報は作業の中断と再開に関する情報を含んでもよい。

[0403] また、さらに前記制御装置は、作業中断中の作業内容の特定は行わずに提示を行うものであってもよい。

[0404] これらの場合において、前記作業対象は、農作物であり、前記制御装置は、前記蓄積した情報に基づいて前記農作物の収穫に関する分析を行い、この分析結果を提示するシステムであってもよい。さらに、前記制御装置による前記分析は、前記作業に関する情報に加え、このシステム外部から取得される環境情報も使用して実施されるものであってもよい。

[0405] （３５）作業対象に対して作業を行い、該作業内容の特定を行う作業情報

の生産方法であって、移動しながら前記作業を行う、または移動と前記作業を繰り返し行う、工程と、前記作業に関する情報を生成する工程と、該工程で生成した情報を蓄積する工程と、前記蓄積した情報に基づいて所定期間における作業内容を特定する工程と、前記特定した作業内容を出力する工程と、を含む作業情報の生産方法である。

[0406] （３６）コンピュータに、移動しながら作業を行う、または移動と前記作業を繰り返し行う工程と、前記作業に関する情報を生成する工程と、該工程で生成した情報を蓄積する工程と、蓄積した情報に基づいて所定期間における作業内容を特定する工程と、を実行させるためのプログラムまたはそのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

[0407] （３７）作物の状態を特定するための情報を検出できる検出装置と、該検出装置で検出した情報を取得する管理装置と、を備えたシステムであって、前記検出装置は、非接触で前記作物の状態を特定するための情報を検出するセンサと、該センサで検出した情報を前記管理装置に送信する送信手段と、を備え、前記管理装置は、前記状態検出装置から送信された情報から作物の状態を特定する特定手段と、該特定手段による特定の結果に基づいて作物の収穫に関して予測する予測手段と、を備えたシステムである。

[0408] この場合、前記検出装置は、移動するための移動手段を備え、作物が栽培されている領域を移動しながら作物の状態を判断するための情報の検出を行える。そして、前記検出装置は、前記移動手段を手動操作によらず操作する制御手段を備えている。

[0409] これらにおいて、前記特定手段による特定の結果を記録する記録装置を備え、前記予測手段は、前記記録装置に記録される特定の結果と前記記録装置に過去に記録された特定の結果に基づいて作物の収穫を予測するシステムであってもよい。または、前記検出装置における前記送信手段は、前記状態を特定される作物に対する作業に関する情報も前記管理装置に送信し、前記予測手段は、前記作業に関する情報も用いて作物の収穫を予測するシステムであってもよい。

[0410] （３８）センサにより作物の状態を特定するための情報を該作物に非接触で検出する検出工程と、該検出工程でされた情報から作物の状態を特定する特定工程と、前記特定工程で特定された作物の状態に基づいて作物の収穫に関して予測する予測工程と、該予測工程で予測した結果を出力する工程と、を備えた予測データの生産方法である。この場合、前記特定工程で特定された作物の状態を記録する記録工程を備え、前記予測工程では、前記特定工程で特定された作物の状態および過去に記録された作物の状態に基づいて作物の収穫を予測してもよい。

[0411] （３９）コンピュータに、作物に対してセンサを用いて非接触で検出される情報から作物の状態を特定する特定工程と、前記特定工程で特定された作物の状態に基づいて作物の収穫に関して予測する予測工程と、該予測工程で予測した結果を表示する工程と、を実行させるためのプログラムまたはそのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

[0412] （４０）手動操作によらず移動と作業を行う機械であって、所定の経路で移動する移動手段と、該移動手段により移動を行って作業対象を認識する認識手段と、該認識手段により認識した作業対象の状態を検出する検出手段と、該検出手段による検出結果に基づいて、その作業対象について作業を行うか否かを判断する判断手段と、を備え、該判断手段によって作業を行うと判断した場合、前記作業対象に対して作業を行い、前記判断手段によって作業を行わないと判断した場合、前記作業手段による作業を行わずに、前記移動手段によって移動を行いながら前記認識手段により次の作業対象の認識を行う、機械である。

[0413] この場合、前記判断手段によって作業を行うと判断した場合、前記移動手段によって、前記作業対象の近傍に移動してから該作業対象に対する作業を実施してもよい。

[0414] また、移動のための燃料または電力の残存量を計測する計測手段をさらに備え、前記残存量が所定値を下回った場合または所定値以下となった場合には前記作業を中断し、燃料または電力の供給位置まで移動し、供給完了後に

、作業を中断した位置に戻って作業を再開する機械であってもよい。さらにまた、作業を行うための作業リソースの残存量を確認する確認手段をさらに備え、前記残存量が所定値を下回った場合または所定値以下となった場合には前記作業を中断し、作業リソースの供給位置まで移動し、供給完了後に、作業を中断した位置に戻って作業を再開する機械であってもよい。

[0415] （４１）上記（４０）の機械と、作業が必要な作業対象が存在する領域を特定する特定装置と、を備えたシステムであって、前記特定装置は、前記機械が認識できる領域よりも広い領域における複数の作業対象を認識する広域認識手段と、該広域認識手段により認識された複数の作業対象に作業が必要な作業対象が含まれるか否か判断する広域判断手段と、を有し、前記機械は、前記広域判断手段によって作業が必要な作業対象が含まれると判断された場合に、前記移動手段により、その作業が必要な作業対象が存在する領域に移動し、前記認識手段による認識を開始する、システムである。

[0416] （４２）手動操作によらず移動と作業を行う機械と、前記作業の制御を行う制御装置とを備えたシステムであって、前記機械は、前記所定の経路で移動する移動手段と、該移動手段により移動を行って作業対象を検知する検知手段と、該検知手段により検知した作業対象に関する情報を前記制御装置に送信する送信手段と、前記制御装置による指令に応じて前記作業対象に対して作業を行う作業手段と、を備え、前記制御装置は、前記機械にから送信された情報を受信する受信手段と、該受信手段により受信した前記作業対象に関する情報を用いて前記作業対象を認識する認識手段と、該認識手段により認識した作業対象の状態を検出する検出手段と、該検出手段による検出結果に基づいて、その作業対象について作業を行うか否かを判断する判断手段と、該判断手段によって作業を行うと判断した場合、前記作業対象に対して作業を行うよう前記機械に指令を出し、前記判断手段によって作業を行わないと判断した場合、前記作業手段による作業を行わずに、前記移動手段によって移動を行って前記検知手段により次の作業対象の検知を行うよう前記機械に指令を出す制御手段と、を備えるシステムである。

[0417] この場合、作業が必要な作業対象が存在する領域を特定する特定装置をさらに備え、前記特定装置は、前記機械が検知できる範囲よりも広い領域における複数の作業対象を検知する広域検知手段と、前記検知した複数の作業対象の情報を前記制御装置に装置する送信手段と、を有し、前記制御装置は、前記特定装置にから送信された情報を受信する受信手段と、該受信手段により受信した複数の作業対象の情報に基づいて前記複数の作業対象に作業が必要な作業対象が含まれるか否か判断する広域判断手段と、を有し、前記機械は、前記広域判断手段によって作業が必要な作業対象が含まれると判断された場合に、前記移動手段により、その作業が必要な作業対象が存在する領域に移動し、前記検知手段による検知を開始する、システムであってもよい。

[0418] （４３）作業装置を所定の経路で移動させる移動工程と、該移動工程により移動を行って作業装置による作業対象を認識する認識工程と、認識した作業対象の状態を検出する検出工程と、検出の結果に基づいて、その作業対象について作業を行うか否かを判断する判断工程と、該判断工程によって作業を行うと判断した場合、前記作業装置により前記作業対象に対して作業を行う作業工程と、前記判断工程によって作業を行わないと判断した場合、前記作業工程による作業を行わずに、前記移動工程によって移動を行いながら次の作業対象の認識を行う工程と、を含む作業方法である。

[0419] （４４）コンピュータに、作業装置を所定の経路で移動させる移動工程と、該移動工程により移動を行って作業装置による作業対象を認識する認識工程と、認識した作業対象の状態を検出する検出工程と、検出の結果に基づいて、その作業対象について作業を行うか否かを判断する判断工程と、該判断工程によって作業を行うと判断した場合、前記作業装置により前記作業対象に対して作業を行う作業工程と、前記判断工程によって作業を行わないと判断した場合、前記作業工程による作業を行わずに、前記移動工程によって移動を行いながら次の作業対象の認識を行う工程と、を実行させるためのプログラムまたはそのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

[0420] （４５）現在位置を取得する現在位置取得装置と、画像情報を取得するセンサ装置と、動力源から発生する動力を伝達して移動を行う伝動装置と、前記伝動装置による移動の制御を行う制御装置と、を備えた機械であって、前記制御装置は、前記現在位置取得手段で取得した現在位置に基づいて前記伝動装置による移動を制御し、前記センサ装置で取得した画像情報に基づいて前記移動の修正を行う、機械である。

この場合、前記移動の修正は、前記画像情報から得られる距離に関する情報に基づいて行われる機械であってもよい。さらにこの距離に関する情報は、地表との距離に関する情報であってもよい。またさらに、前記制御装置は、前記画像情報から前記機械の進行方向に存在する物体の認識を行い、認識結果に応じて前記移動の修正を行ってもよい。そして、

前記制御装置は、前記物体の認識ができない場合、ユーザに前記物体の種類の特定を促すものでも、前記物体を回避するように前記移動の修正を行うものであってもよい。

[0421] （４６）現在位置を取得する現在位置取得装置と画像情報を取得するセンサ装置と動力源から発生する動力を伝達して移動を行う伝動装置とを有する機械と、前記機械の移動の制御を行う制御装置と、を備えたシステムであって、前記機械は、前記現在位置取得装置で取得した現在位置と前記センサ装置で取得した画像情報を前記制御装置に送信し、前記制御装置は、取得した前記現在位置に基づいて前記機械の移動を制御し、取得した前記画像情報に基づいて前記機械の移動の修正を行う、システムである。

[0422] （４７）機械を手動によらず移動させる方法であって、現在位置を取得する現在位置取得工程と、画像情報を取得する画像情報取得工程と、動力源から発生する動力を伝達して移動を行う移動工程と、前記現在位置取得工程で取得した現在位置に基づいて前記移動を行う工程と、前記画像情報取得工程で取得した画像情報に基づいて前記移動の修正を行う工程と、を含む方法である。

[0423] （４８）手動操作によらず移動する機械のコンピュータに、現在位置を取

得する現在位置取得工程と、画像情報を取得する画像情報取得工程と、動力源から発生する動力を伝達して移動を行う移動工程と、前記現在位置取得工程で取得した現在位置に基づいて前記移動を行う工程と、前記画像情報取得工程で取得した画像情報に基づいて前記移動の修正を行う工程と、を実行させるためのプログラムまたはそのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

[0424] なお、本国際出願は、２０１４年７月１６日に出願した日本国特許出願２０１４－１４６１６３号に基づく優先権を主張するものであり、日本国特許出願２０１４－１４６１６３号の全内容を本国際出願に援用する。

以上、農業機械や圃場のシステムを実施例により説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能である。

請求の範囲

[請求項1] 第一の対象に対する動作を行う第一の動作装置と、

前記第一の対象からアナログ情報を取得する少なくとも一つのセンサと、

該センサにより取得したアナログ情報から取得される前記第一の対象に関する複数種類のデジタル情報のうち、少なくとも一種類の第一のデジタル情報に基づいて前記第一の対象を特定し、前記第一のデジタル情報とは異なる少なくとも一種類の第二のデジタル情報に基づいて前記特定した第一の対象に対する前記第一の動作装置による動作を制御する制御装置と、を備えたシステム。

[請求項2] 前記第一の動作装置は、動力発生源で発生した動力を、移動のために伝達する伝動装置である、請求項１に記載のシステム。

[請求項3] 前記センサは、前記第一の対象で反射した光を取得する二つの撮像素子を備えたステレオカメラであり、

前記制御装置は、前記第一のデジタル情報として前記第一の対象のデジタル画像情報を、前記第二のデジタル情報として前記第一の対象までの距離に関する情報を取得し、前記第一の対象のデジタル画像情報により前記第一の対象を特定し、前記第一の対象までの距離に関する情報に基づいて前記特定した前記第一の対象に対する前記伝動装置による移動を制御する請求項２に記載のシステム。

[請求項4] 前記第二のデジタル情報は、前記第一の対象の状態を特定する情報であり、

前記第一の動作装置は、前記第一の対象に対して作業を行う作業装置であり、

前記制御装置は、前記第一の対象の状態を特定する情報に基づいて前記特定した第一の対象に対する前記作業装置による作業を制御する請求項１に記載のシステム。

[請求項5] 前記センサは、前記第一の対象で反射した光をＰ偏光成分とＳ偏光

成分に分離して情報を取得するものであり、

前記第一の対象の状態を特定する情報は、前記第一の対象のＰ偏光成分によるデジタル画像情報と前記第一の対象のＳ偏光成分によるデジタル画像情報の少なくとも一方のデジタル画像情報から取得した情報であり、

前記制御装置は、少なくとも一方の前記デジタル画像情報から取得した情報に基づいて、前記特定した第一の対象に対する前記作業装置による作業の実施を行う請求項４に記載のシステム。

[請求項6] 前記センサは、前記第一の対象で反射した光を分光して取得するマルチスペクトルカメラであり、

前記第一の対象の状態を特定する情報は、前記第一の対象の分光反射率に関する情報であり、

前記制御装置は、前記第一の対象の分光反射率に関する情報に基づいて、前記特定した第一の対象に対する前記作業装置による作業の実施の判断を行う請求項４に記載のシステム。

[請求項7] 前記第一の対象とは異なる第二の対象に動作を行う第二の動作装置を備え、

前記制御装置は、前記複数種類のデジタル情報のうち、少なくとも一種類の第三のデジタル情報に基づいて前記第二の対象を特定し、前記第三のデジタル情報とは異なる少なくとも一種類の第四のデジタル情報に基づいて前記特定した第二の対象に対する前記第二の動作装置による動作を制御する、請求項２または３に記載のシステム。

[請求項8] 前記第四のデジタル情報は、前記第二の対象の状態を特定する情報であり、

前記第二の動作装置は、前記第二の対象に対して作業を行う作業装置であり、

前記制御装置は、前記第二の対象の状態を特定する情報に基づいて前記特定した第二の対象に対する前記作業装置による作業を制御する

請求項７に記載のシステム。

[請求項9] 前記センサは、前記第二の対象で反射した光をＰ偏光成分とＳ偏光成分に分離して情報を取得するものであり、

前記第二の対象の状態を特定する情報は、前記第二の対象のＰ偏光成分によるデジタル画像情報と前記第二の対象のＳ偏光成分によるデジタル画像情報の少なくとも一方のデジタル画像情報から取得した情報であり、

前記制御装置は、少なくとも一方の前記デジタル画像情報から取得した情報に基づいて、前記特定した第二の対象に対する前記作業装置による作業の実施を行う請求項８に記載のシステム。

[請求項10] 前記センサは、前記第一の対象で反射した光を分光して取得するマルチスペクトルカメラであり、

前記第二の対象の状態を特定する情報は、前記第二の対象の分光反射率に関する情報であり、

前記制御装置は、前記第二の対象の分光反射率に関する情報に基づいて、前記特定した第二の対象に対する前記作業装置による作業の実施の判断を行う請求項８に記載のシステム。

[請求項11] 請求項２、３、７，８、９、１０のいずれか一項に記載のシステムを備え、前記伝動装置による移動を行う機械であって、

前記制御装置は、前記特定した第一の対象を回避して移動を行うよう前記伝動装置による移動の制御を行う、機械。

[請求項12] 請求項４ないし６のいずれか一項に記載のシステムを備え、

前記制御装置は、前記特定した第一の対象に対して前記第一の対象の状態に応じた作業を行うよう前記作業装置の作業の制御を行う、機械。

[請求項13] 請求項８ないし１０のいずれか一項に記載のシステムを備え、

前記制御装置は、前記特定した第二の対象に対して前記第二の対象の状態に応じた作業を行うよう前記作業装置の作業の制御を行う、機

械。

[請求項14] センサで取得した情報に基づいて対象に対応した動作の制御を行う制御方法であって、

前記センサで取得した前記対象に関するアナログ情報から前記対象に関する複数種類のデジタル情報を取得する工程と、

該工程により取得した前記対象に関する複数種類のデジタル情報のうち、少なくとも一種類のデジタル情報に基づいて前記対象を特定し、他の少なくとも一種のデジタル情報に基づいて前記特定した対象に対する動作を制御する工程と、を含む制御方法。

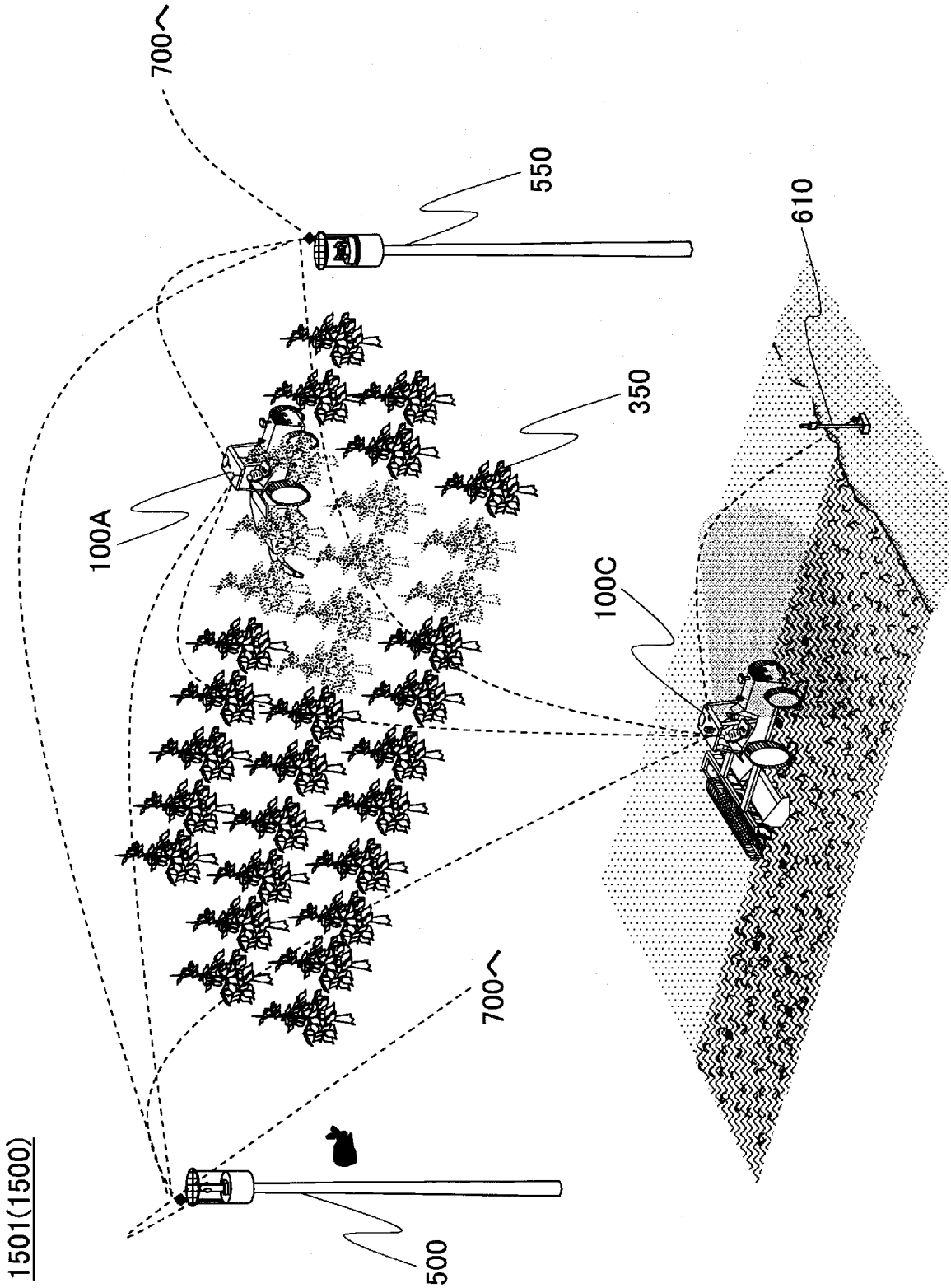
[請求項15] コンピュータに、

センサで取得した対象に関するアナログ情報から前記対象に関する複数種類のデジタル情報を取得する工程と、

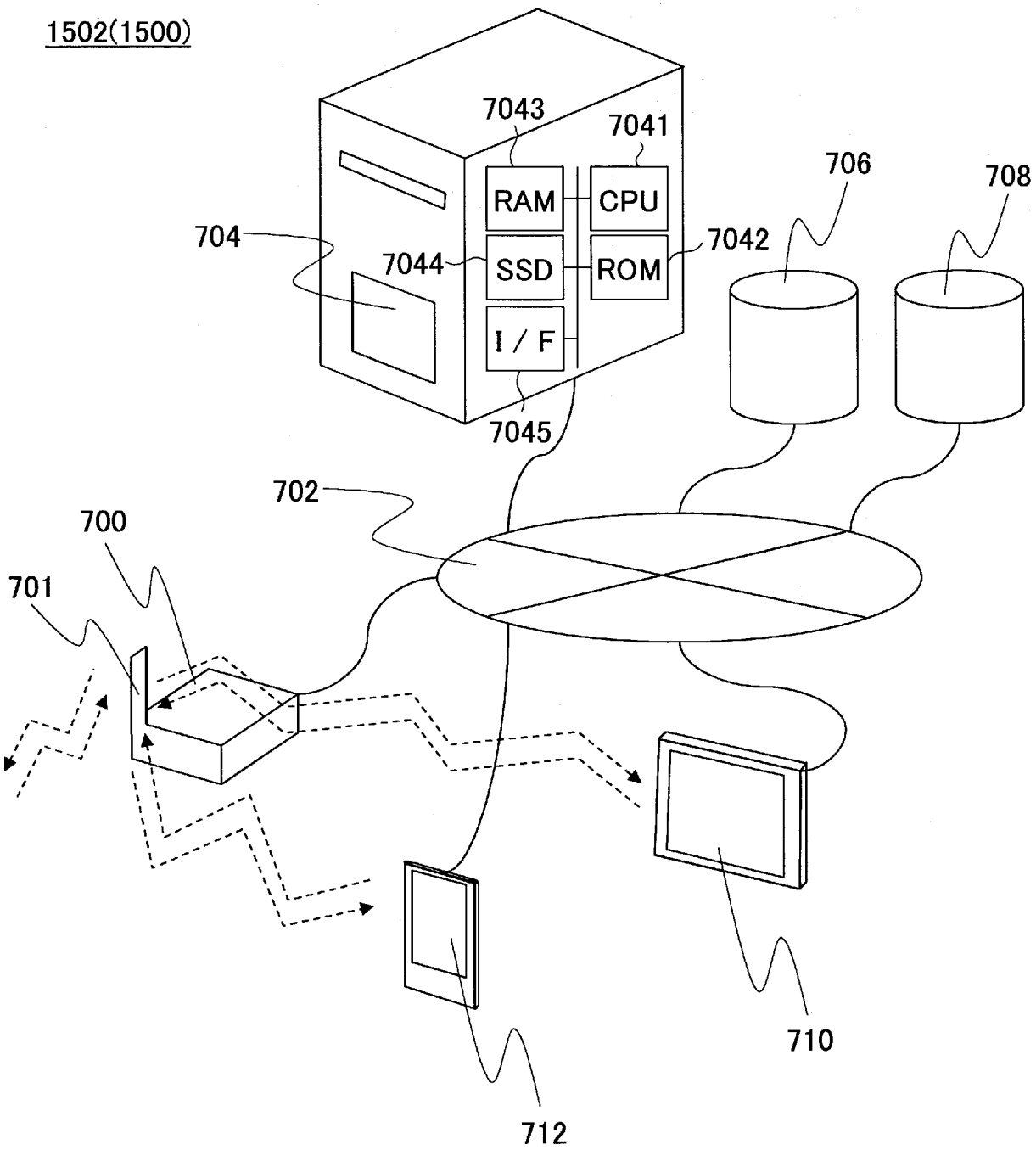
該工程により取得した前記対象に関する複数種類のデジタル情報のうち、少なくとも一種類のデジタル情報に基づいて前記対象を特定し、他の少なくとも一種のデジタル情報に基づいて前記特定した対象に対する動作を制御する工程と、を実行させるためのプログラム。

[請求項16] 請求項１５に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

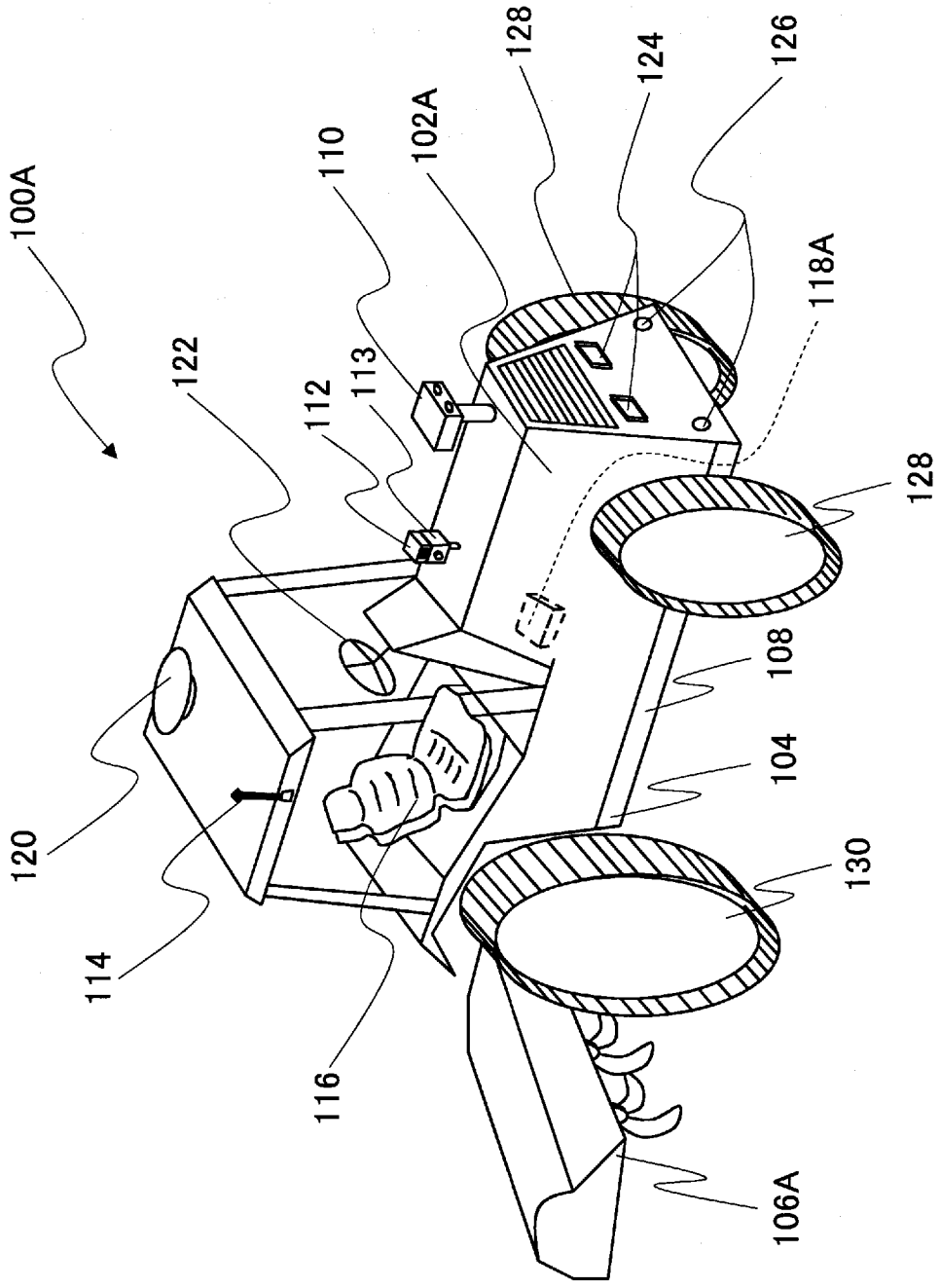
[図1]



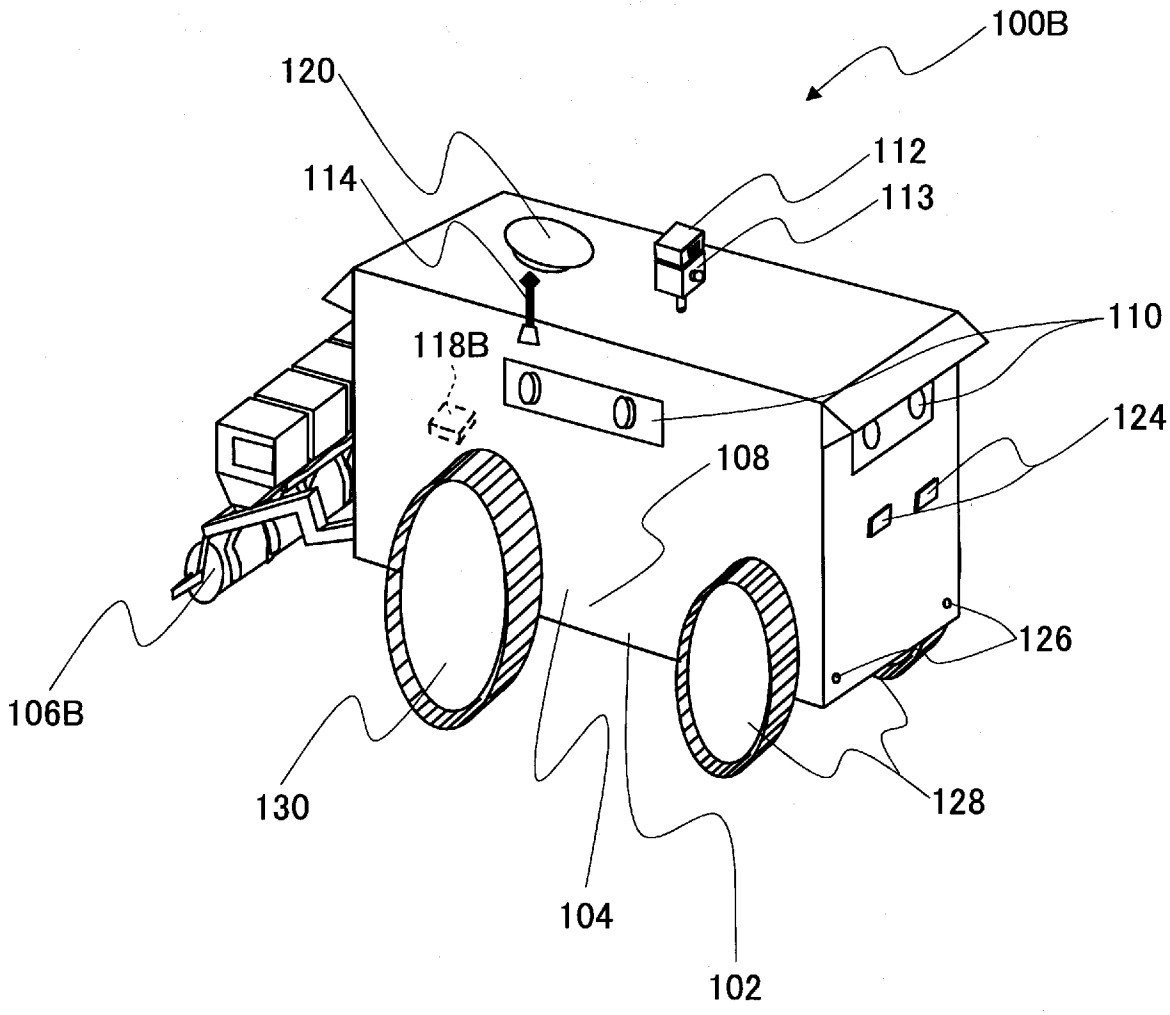
[図2]


1502(1500)
7043
7041
RAM
CPU
706
708
704
7044
SSD
ROM
7042
I / F
7045
702
700
701
710
712

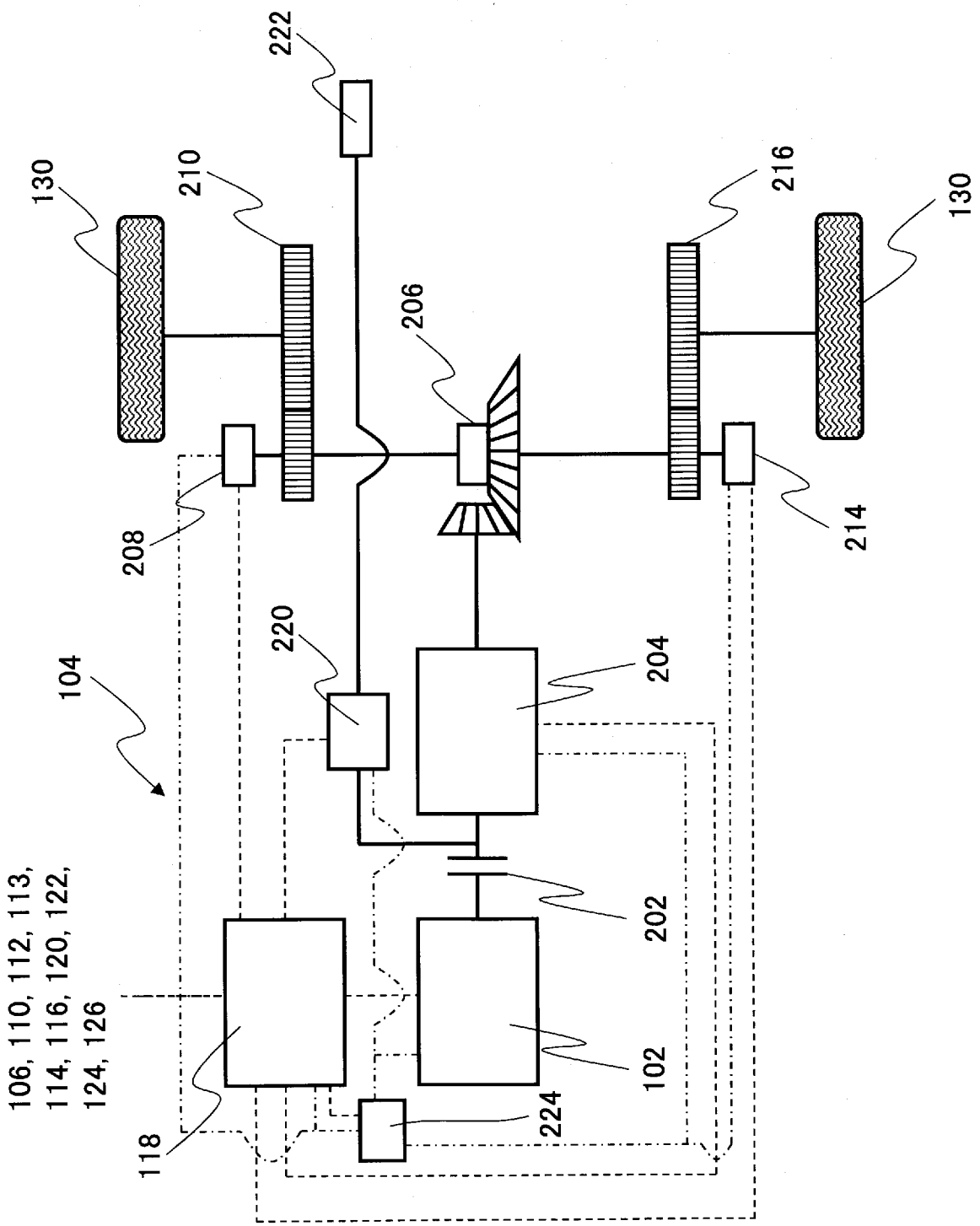
[図3]


100A
122
112
113
110
102A
128
124
126
118A
128
108
104
130
120
114
116
106A

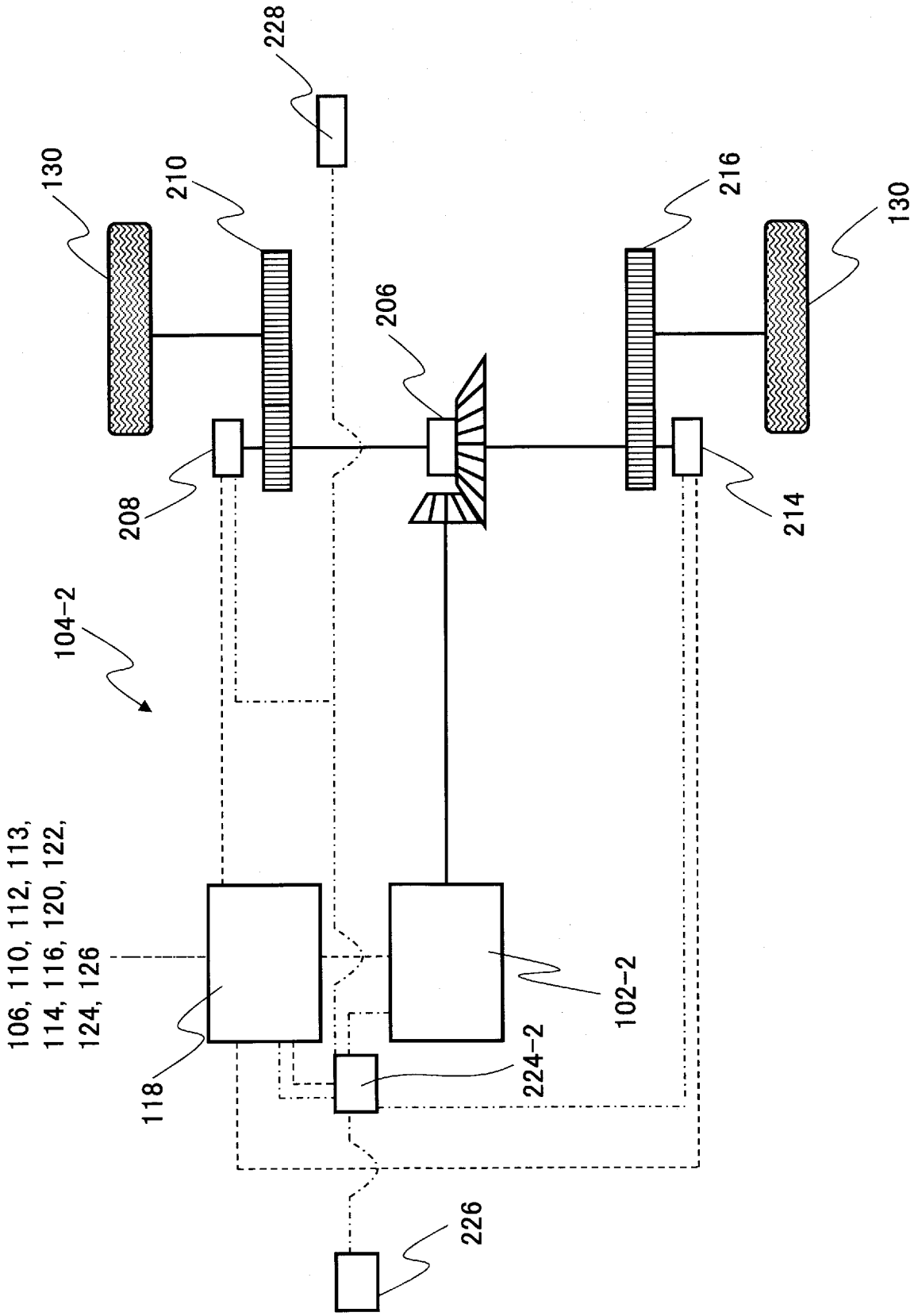
[図4]



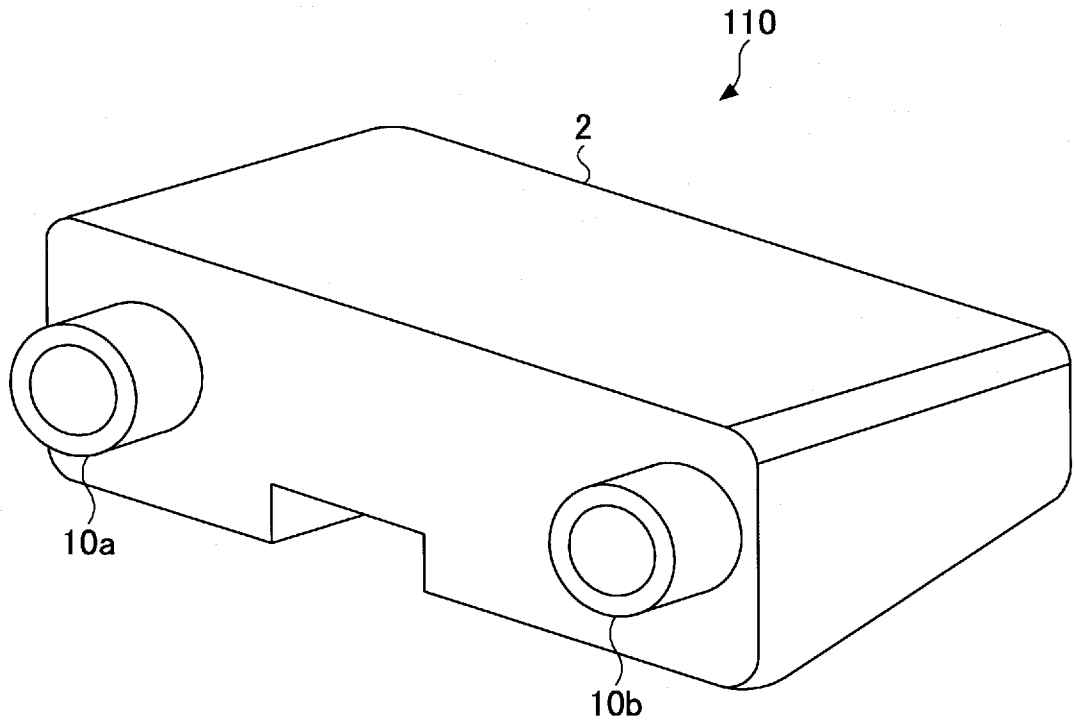
[図5]


222
130
210
216
130
206
208
214
220
204
104
106, 110, 112, 113,
114, 116, 120, 122,
124, 126
202
102
224
118

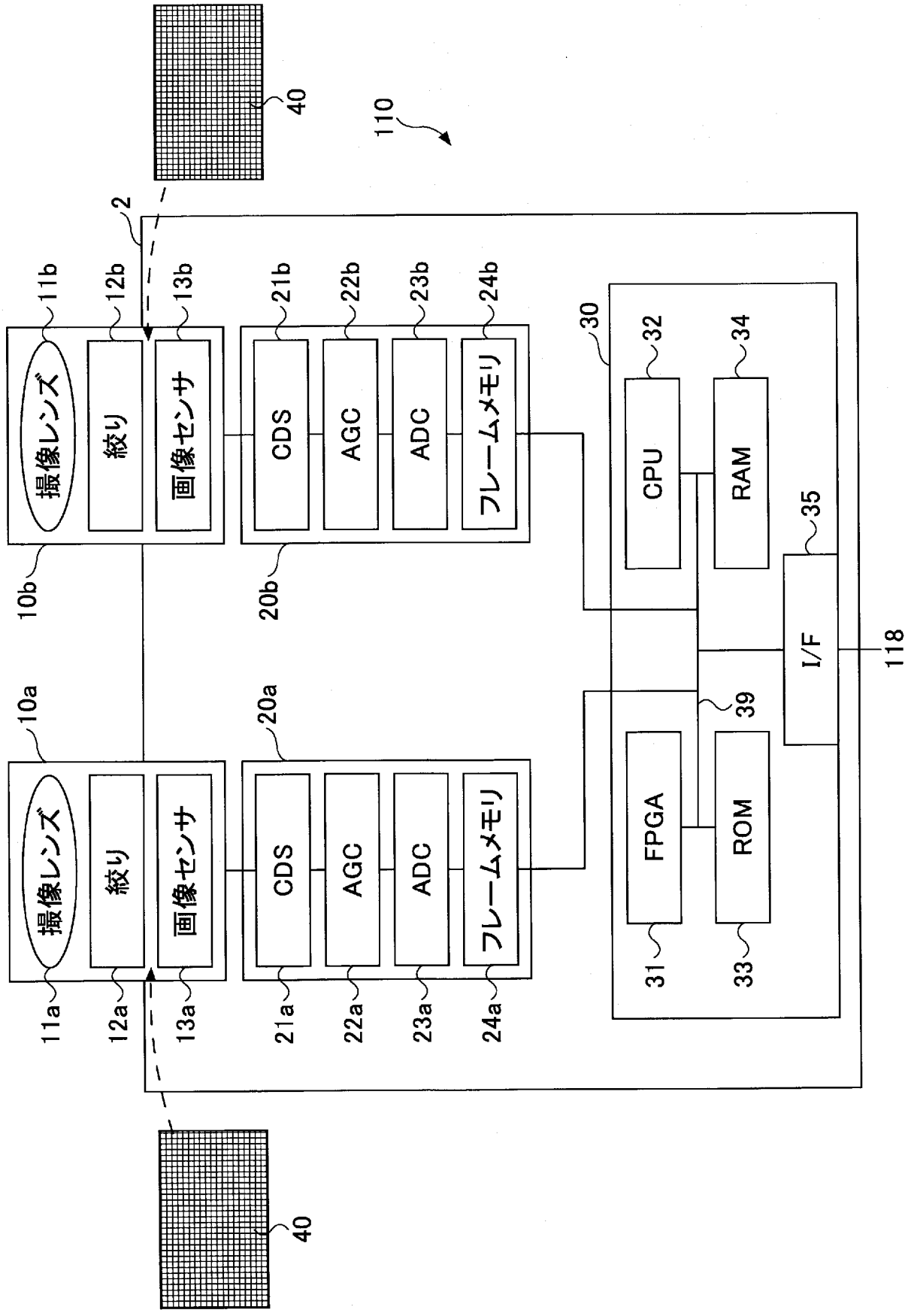
[図6]


228
130
210
216
130
206
208
214
104-2
106, 110, 112, 113,
114, 116, 120, 122,
124, 126
102-2
118
224-2
226

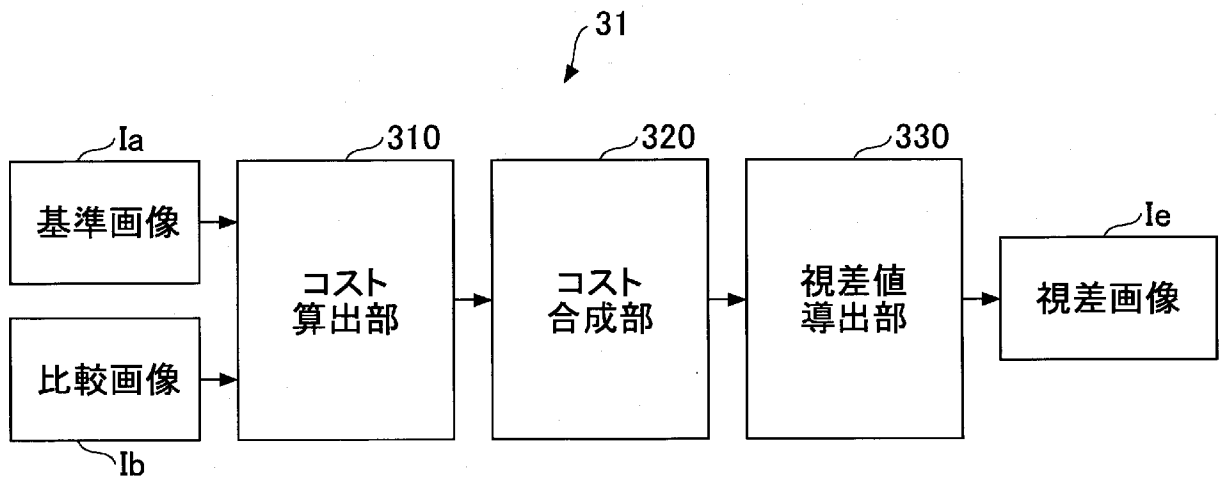
[図7]



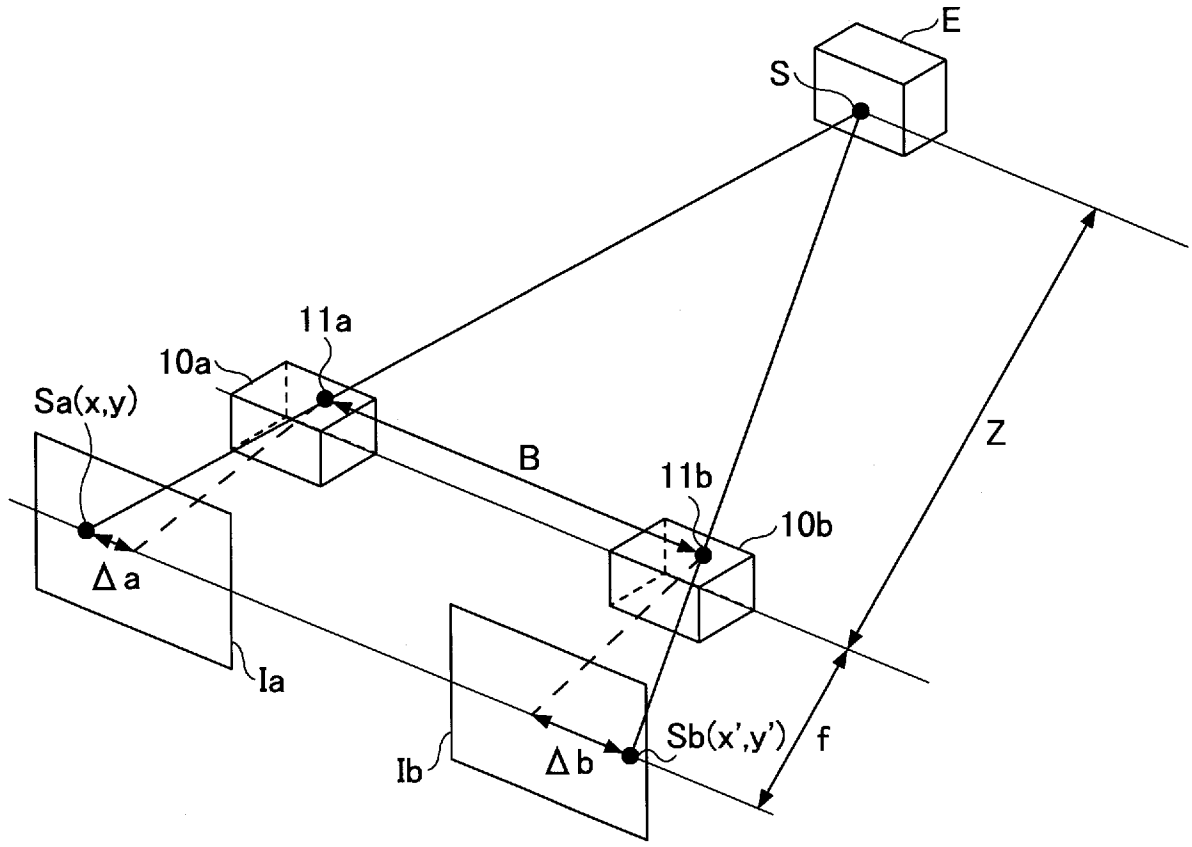
[図8]


40
110
2
11b
12b
13b
21b
22b
23b
24b
30
32
34
撮像レンズ
絞り
画像センサ
CDS
AGC
ADC
フレームメモリ
CPU
RAM
10b
20b
35
I/F
118
10a
20a
39
FPGA
ROM
11a
12a
13a
21a
22a
23a
24a
31
33
40

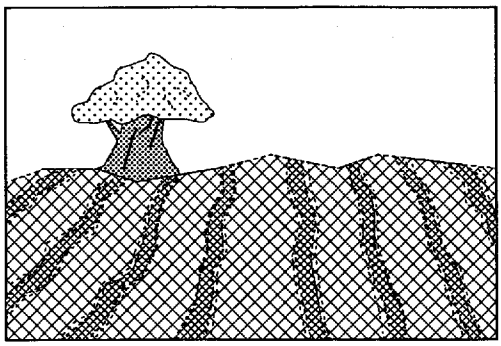
[図9]


31
Ia
基準画像
比較画像
Ib
310
コスト
算出部
320
コスト
合成部
330
視差値
導出部
Ie
視差画像

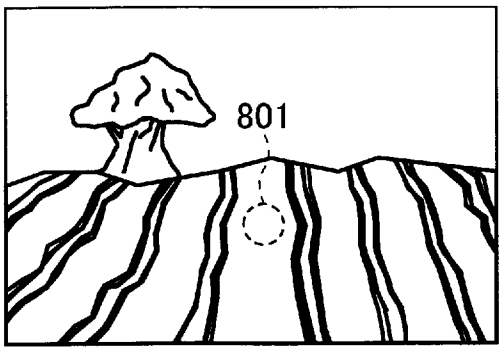
[図10]


E
S
11a
10a
Sa(x,y)
B
11b
10b
Z
Δa
Ia
Ib
Δb
Sb(x',y')
f

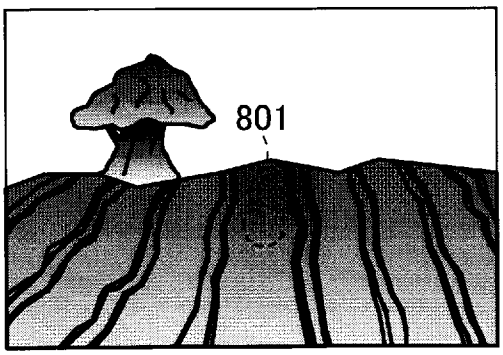
[図11A]



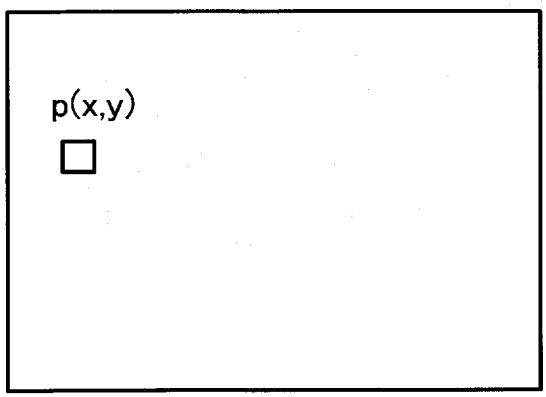
[図11B]



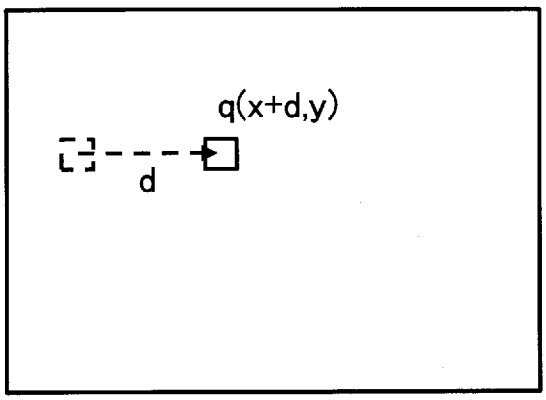
[図11C]



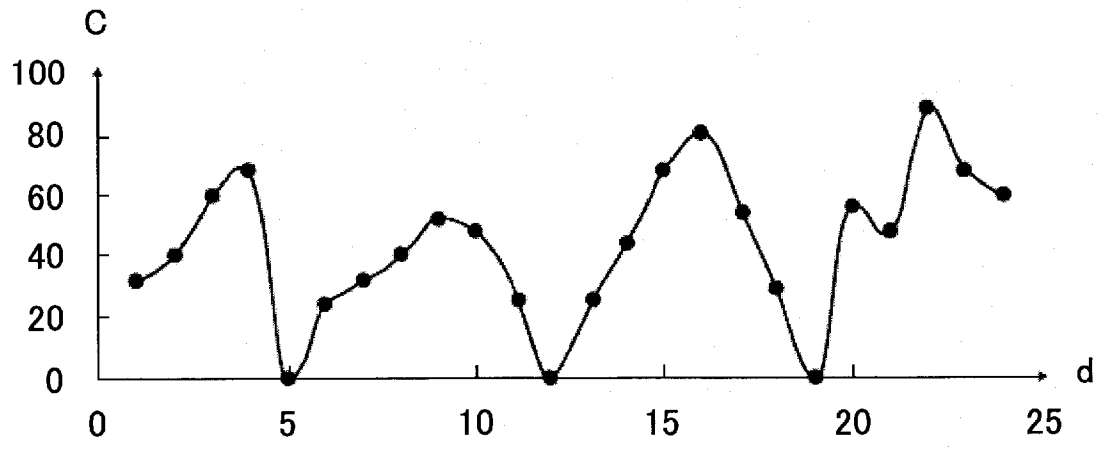
[図12A]



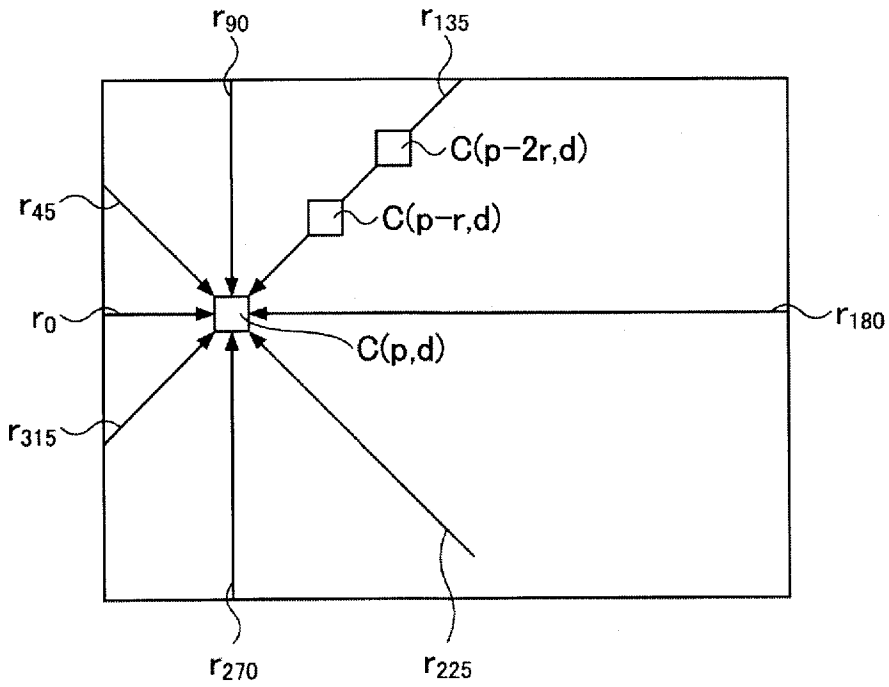
[図12B]



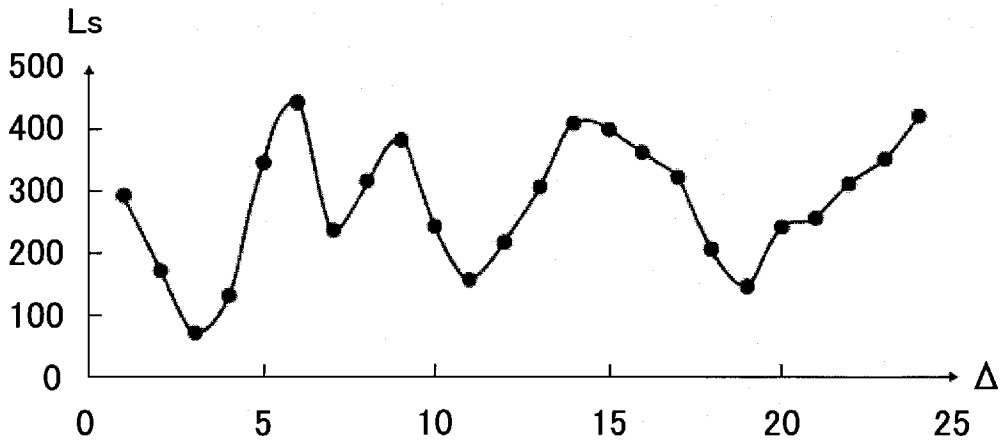
[図13]



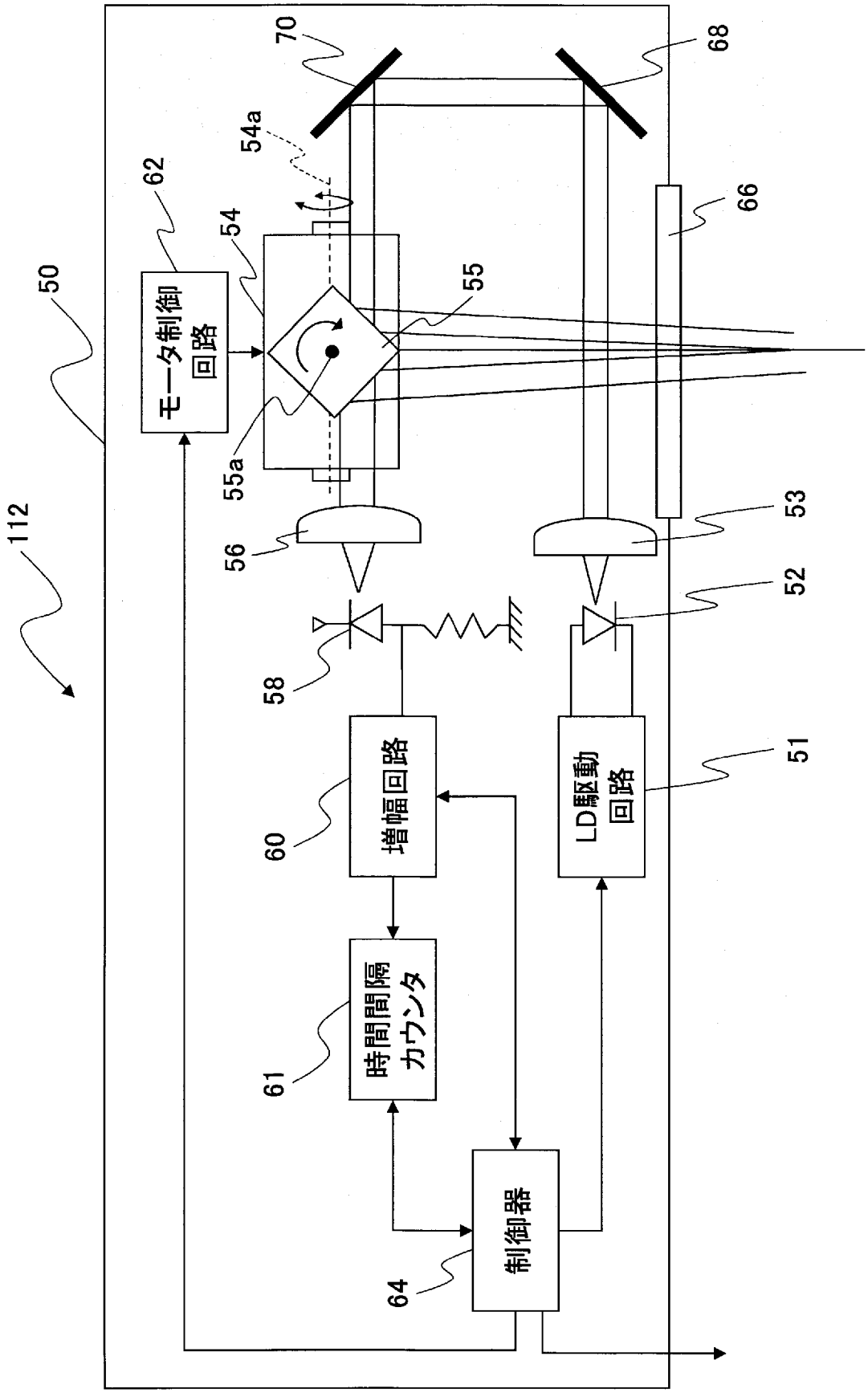
[図14]


r90
r135
C(p−2r,d)
C(p−r,d)
r45
r0
r180
C(p,d)
r315
r270
r225

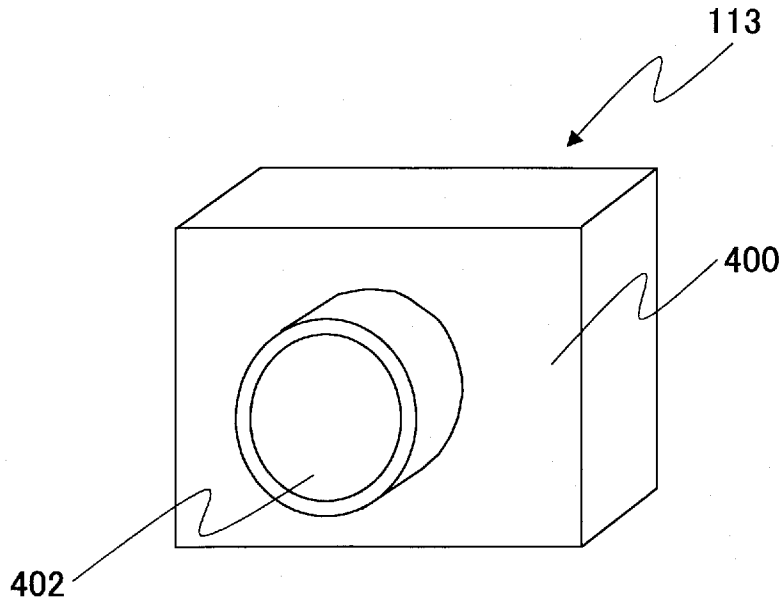
[図15]


Ls
500
400
300
200
100
0
Δ
0
5
10
15
20
25

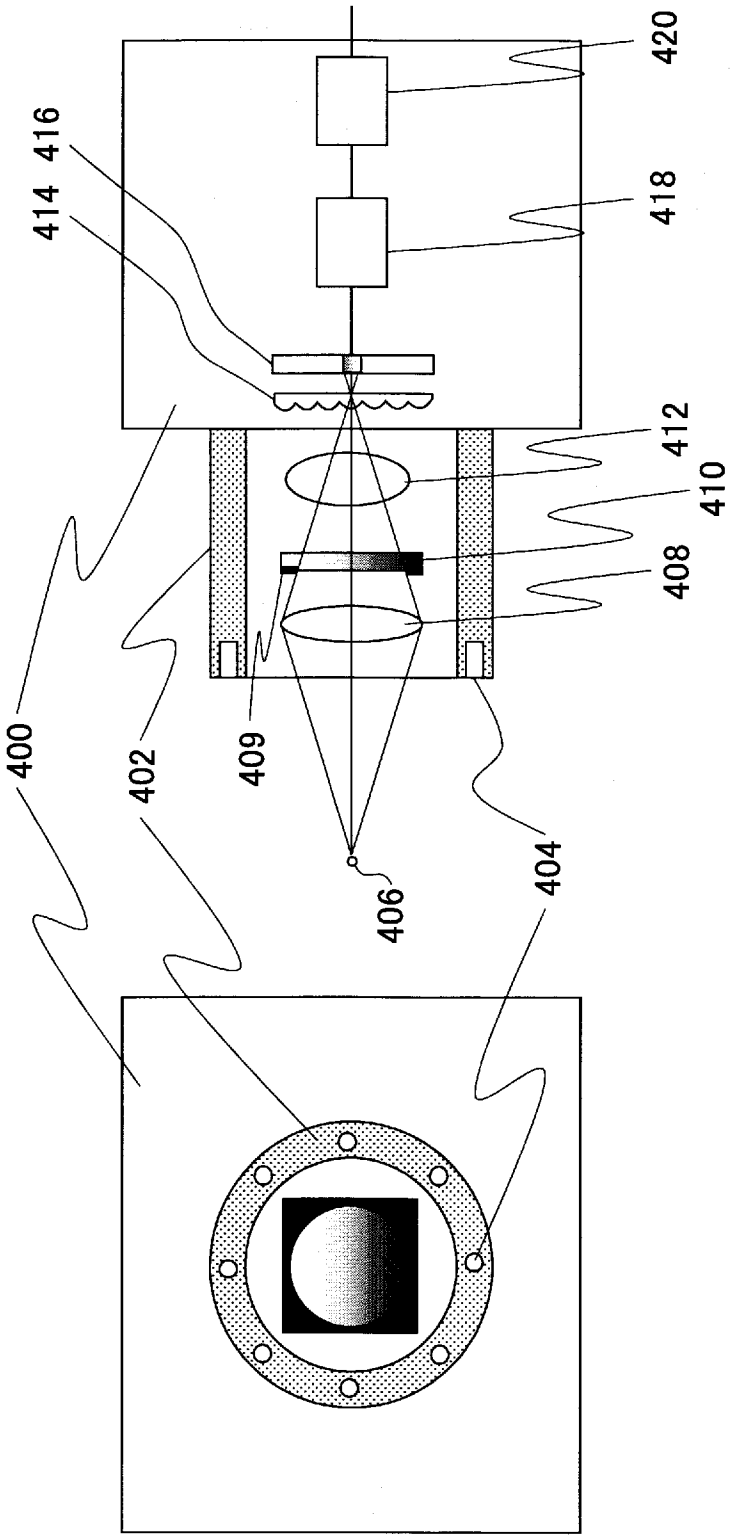
[図16]


112
50
モータ制御回路
62
54
54a
55
55a
70
68
66
56
53
52
58
60
増幅回路
61
時間間隔カウンタ
64
制御器
LD駆動回路
51

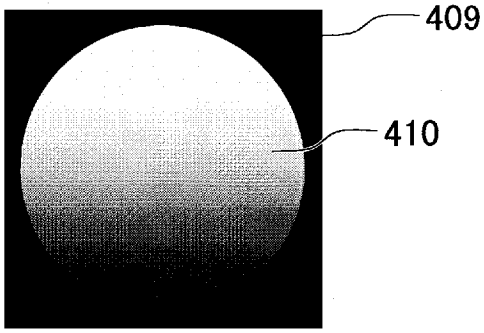
[図17]



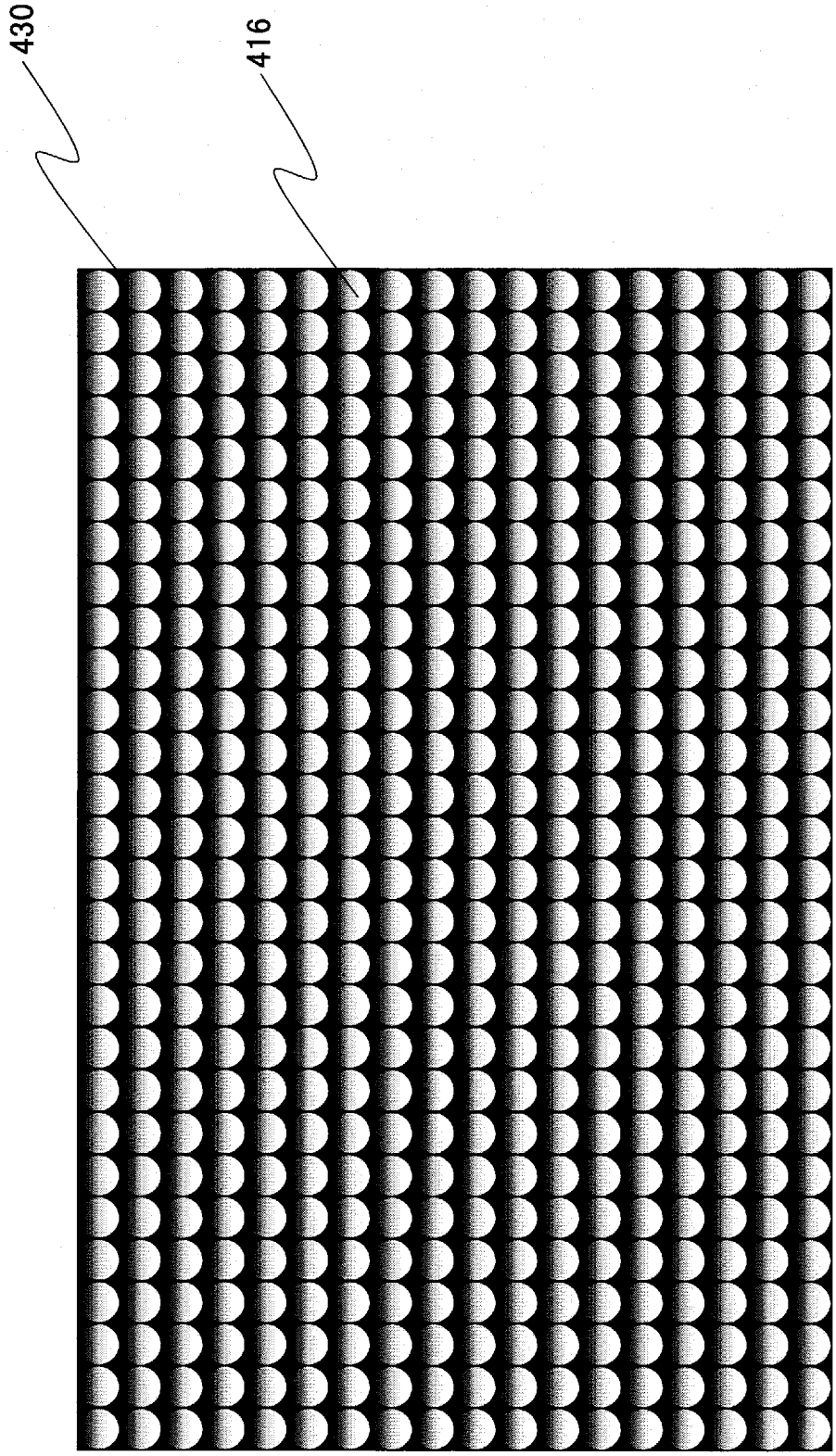
[図18]



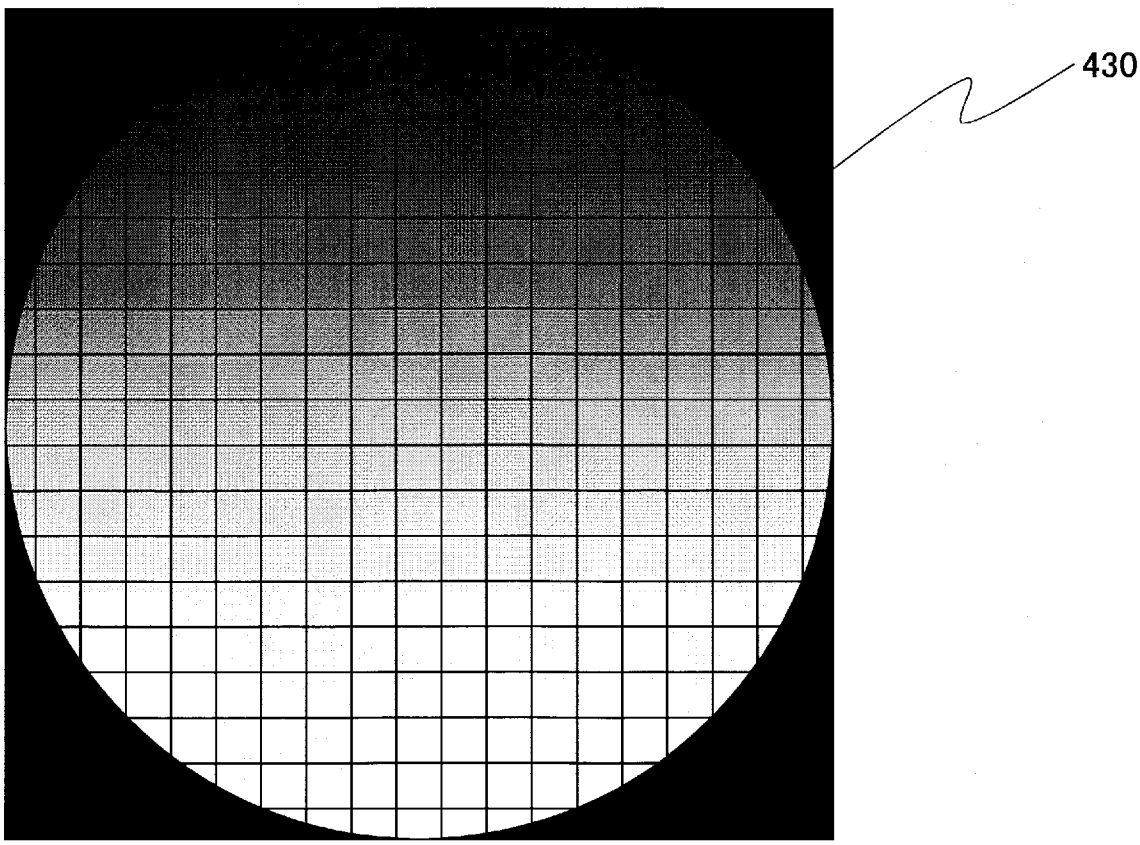
[図19]



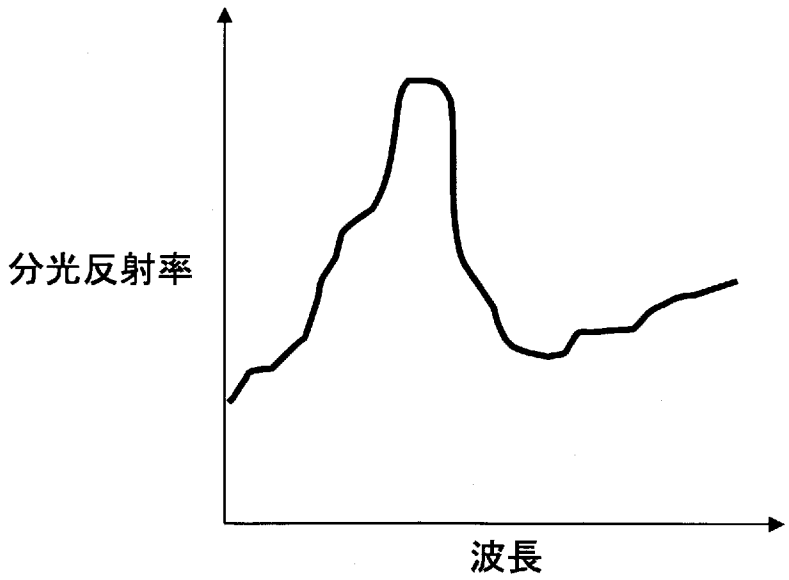
[図20]



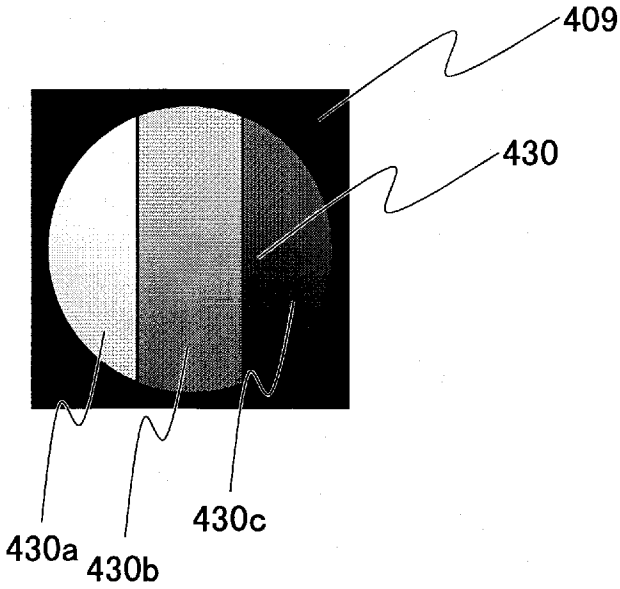
[図21]



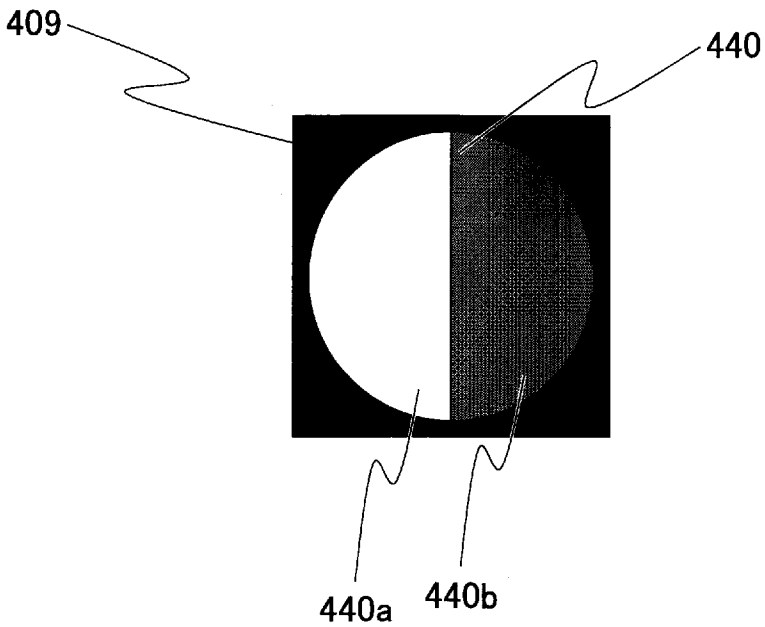
[図22]



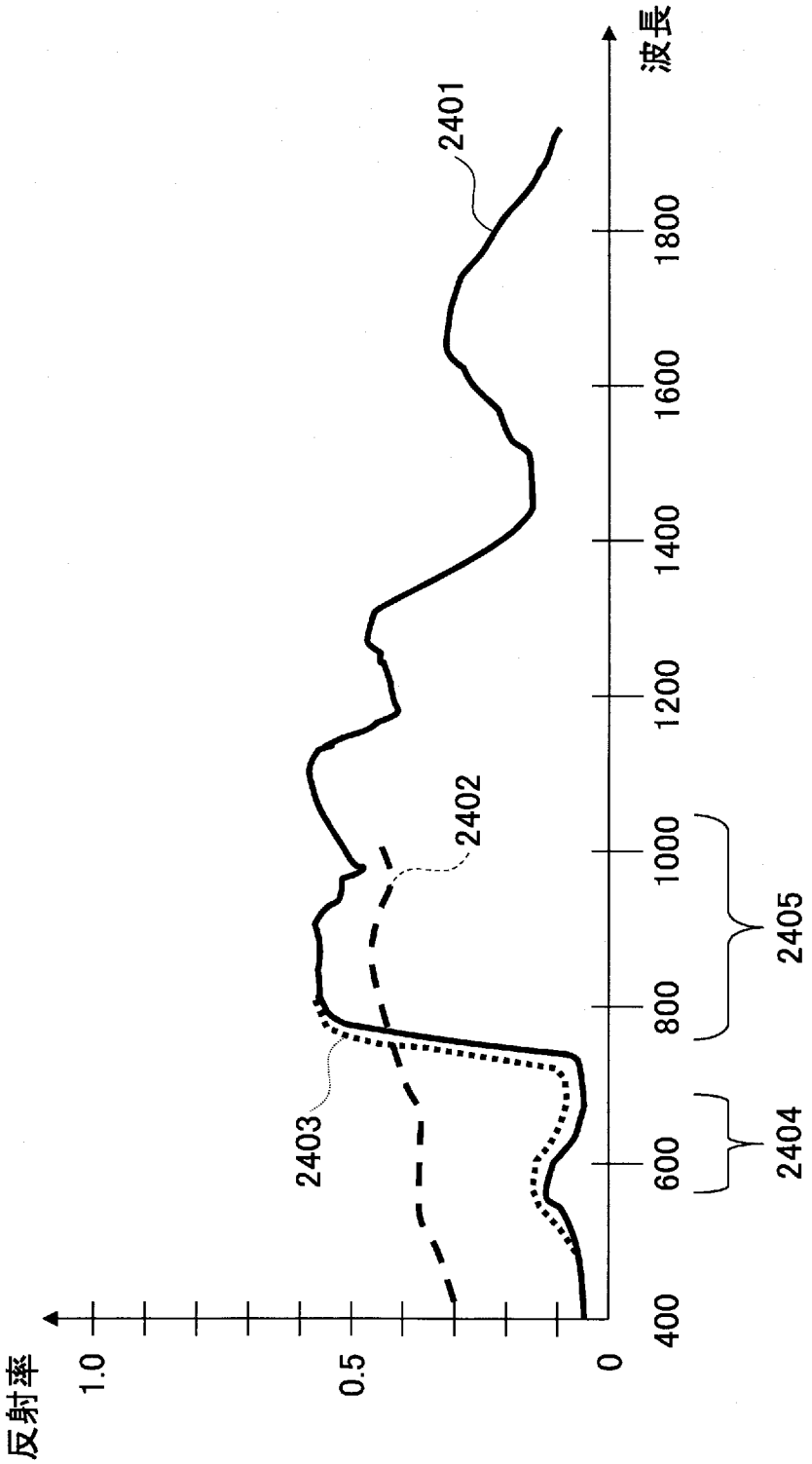
[図23A]



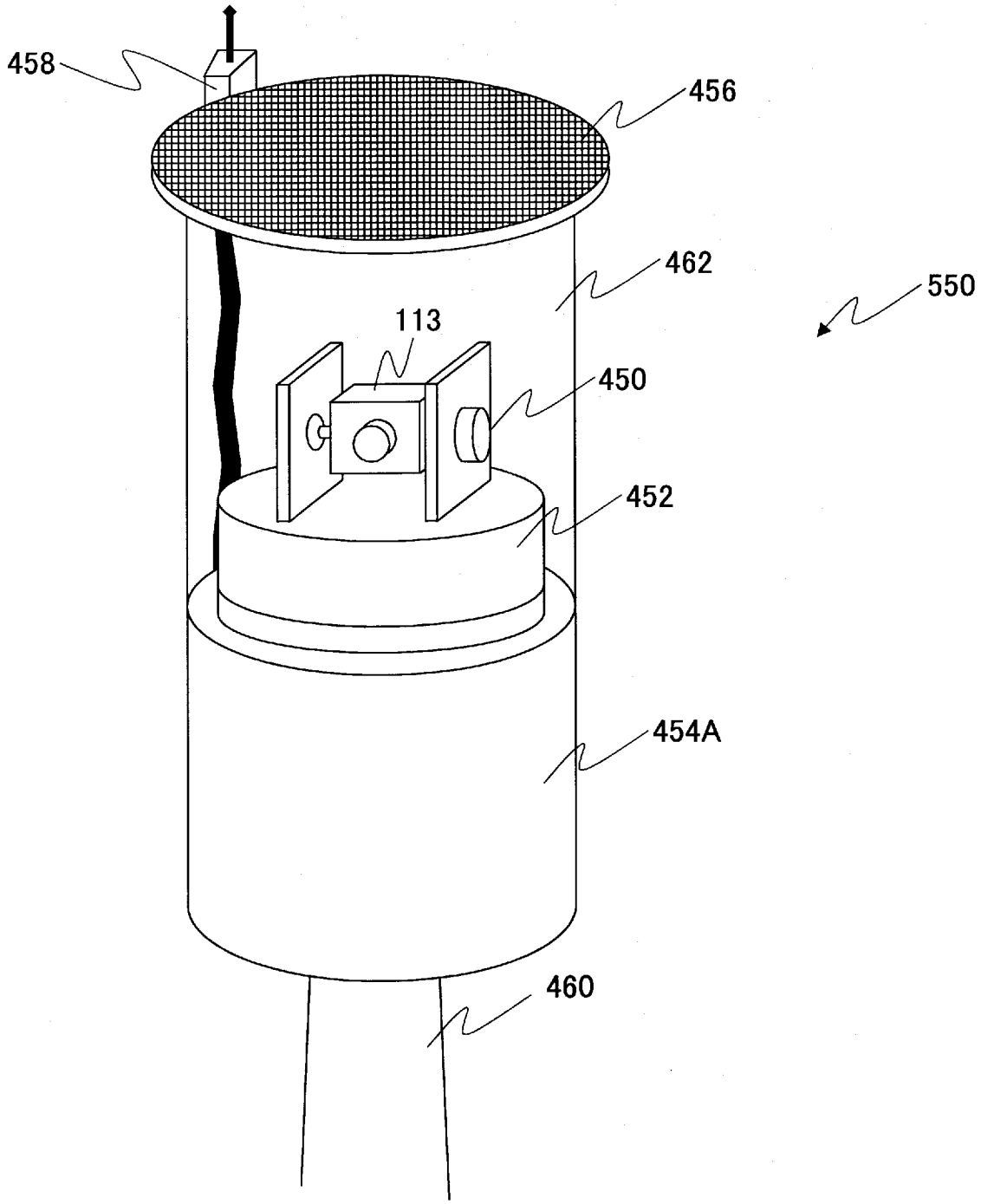
[図23B]



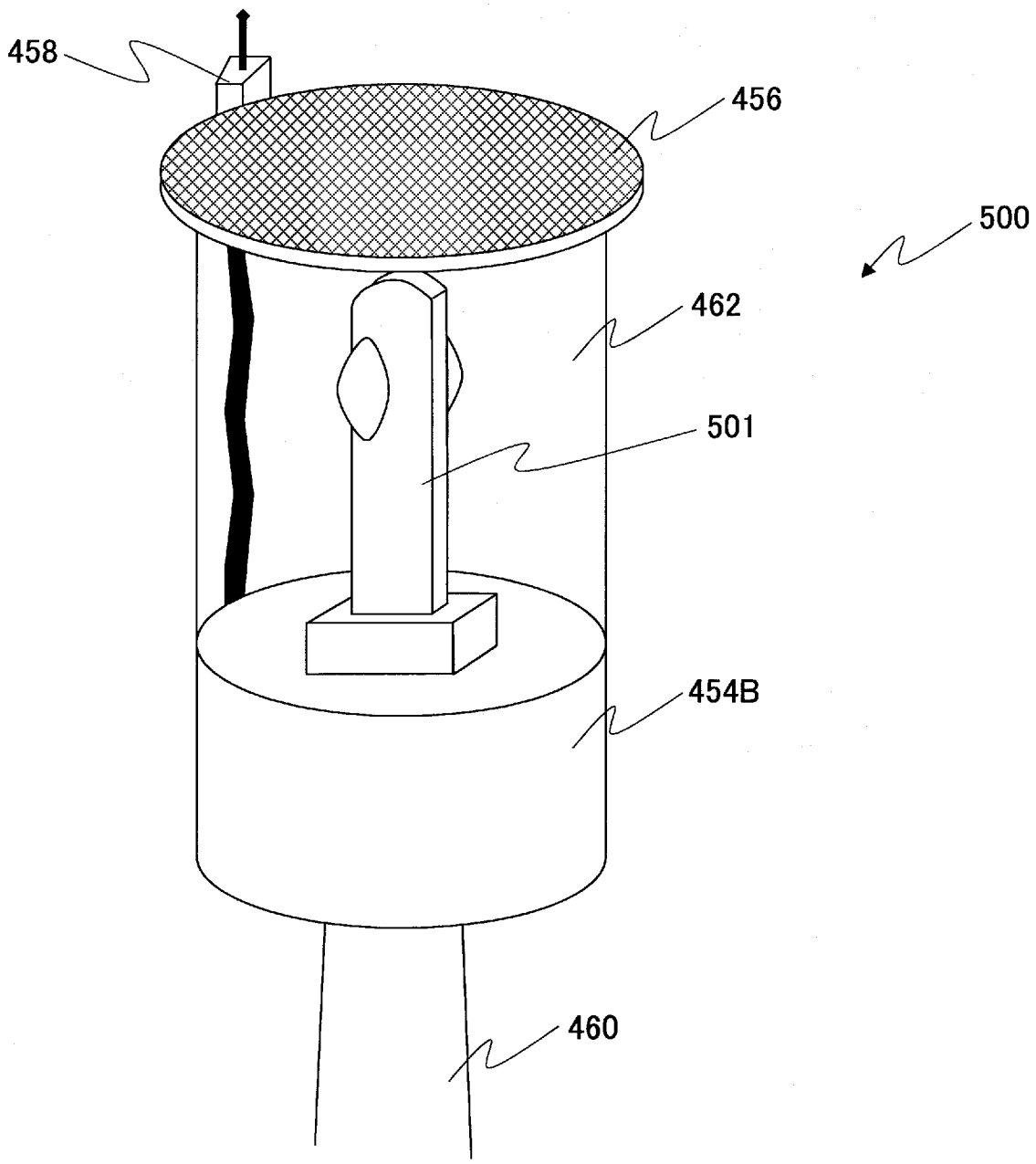
[図24]


反射率
1.0
0.5
0
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
波長
2401
2402
2403
2404
2405

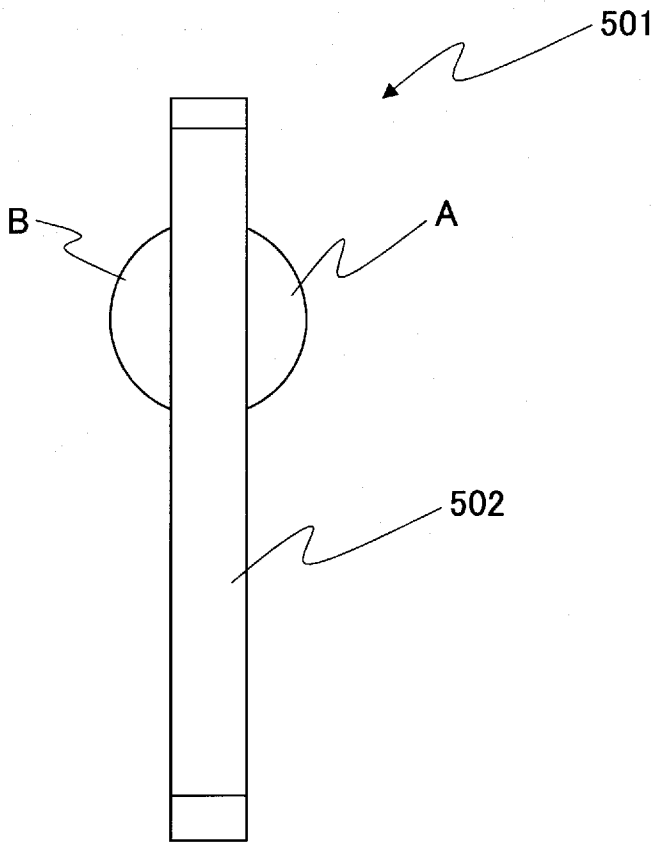
[図25]



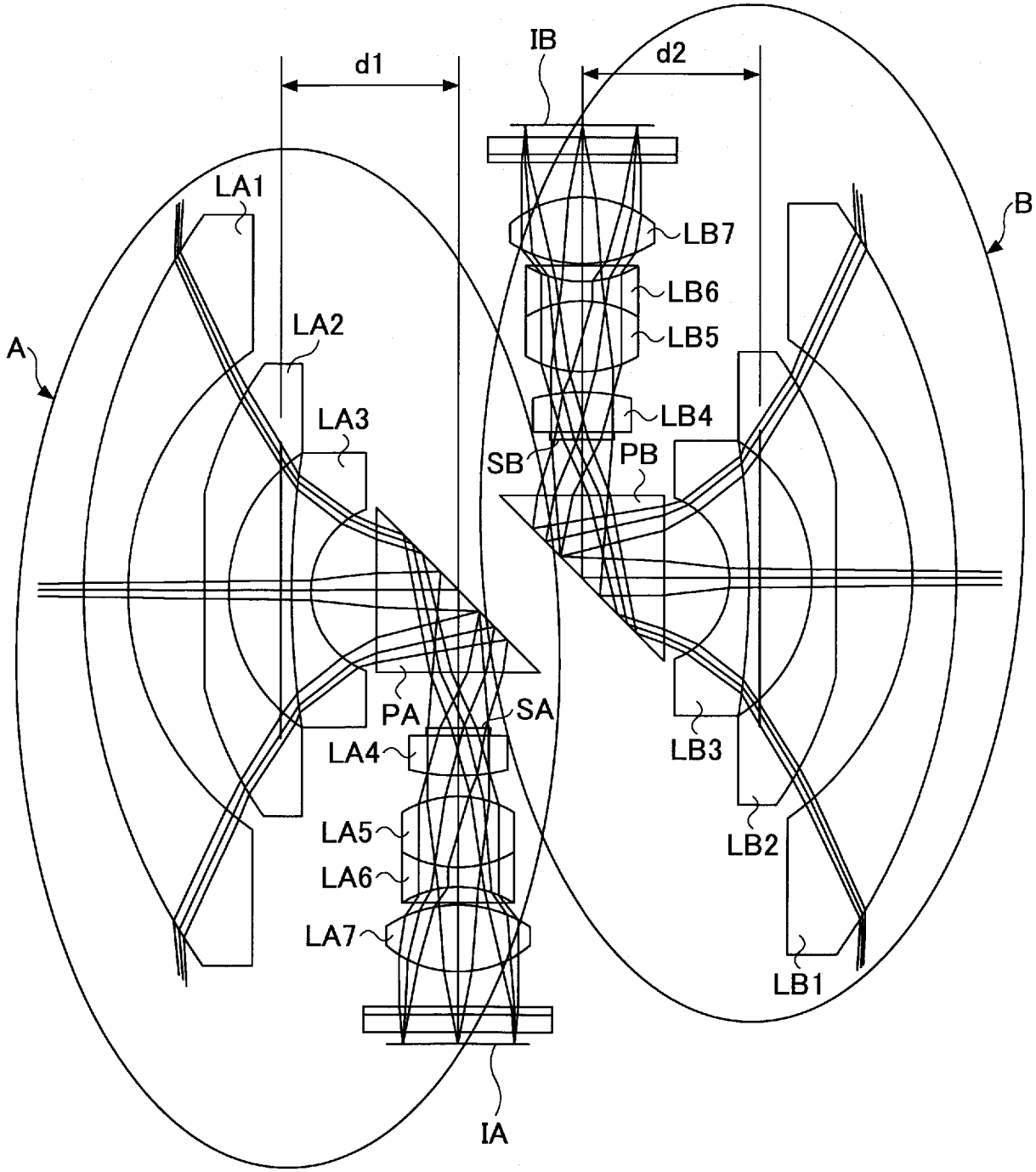
[図26]



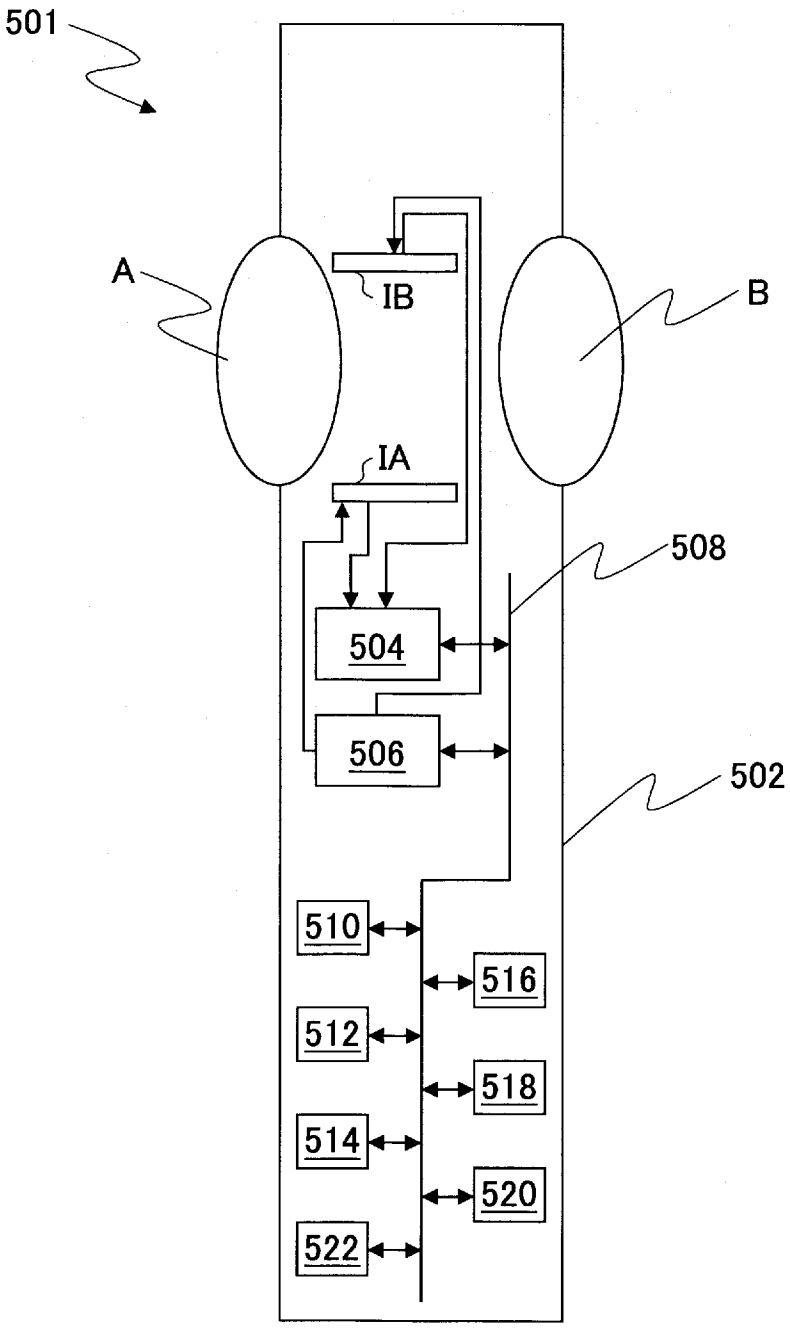
[図27]



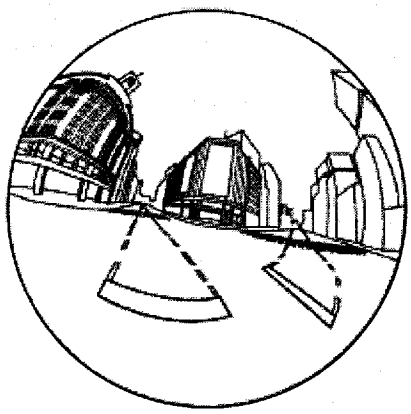
[図28]


d1
d2
IB
LA1
LA2
LA3
LA4
LA5
LA6
LA7
A
B
LB7
LB6
LB5
LB4
LB3
LB2
LB1
SB
PB
PA
SA
IA

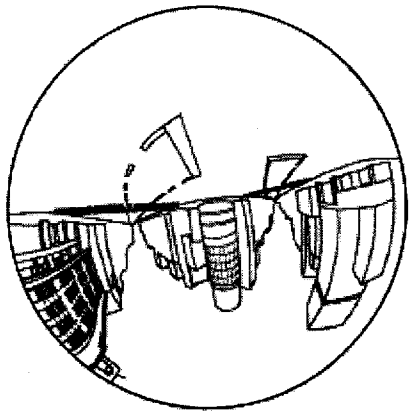
[図29]



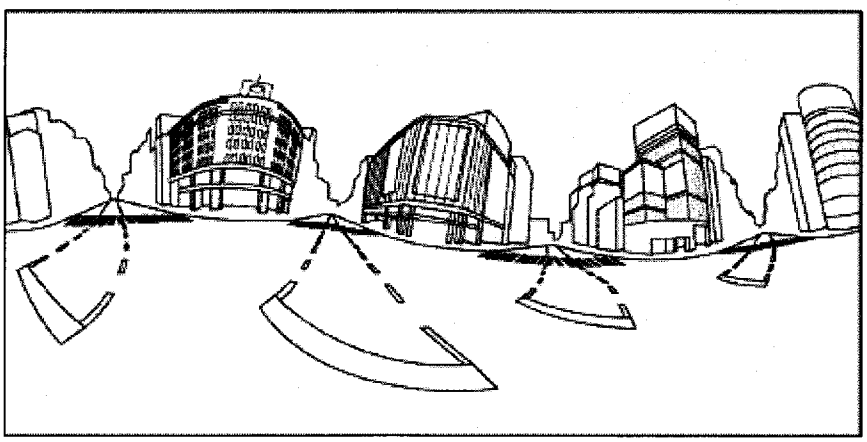
[図30A]



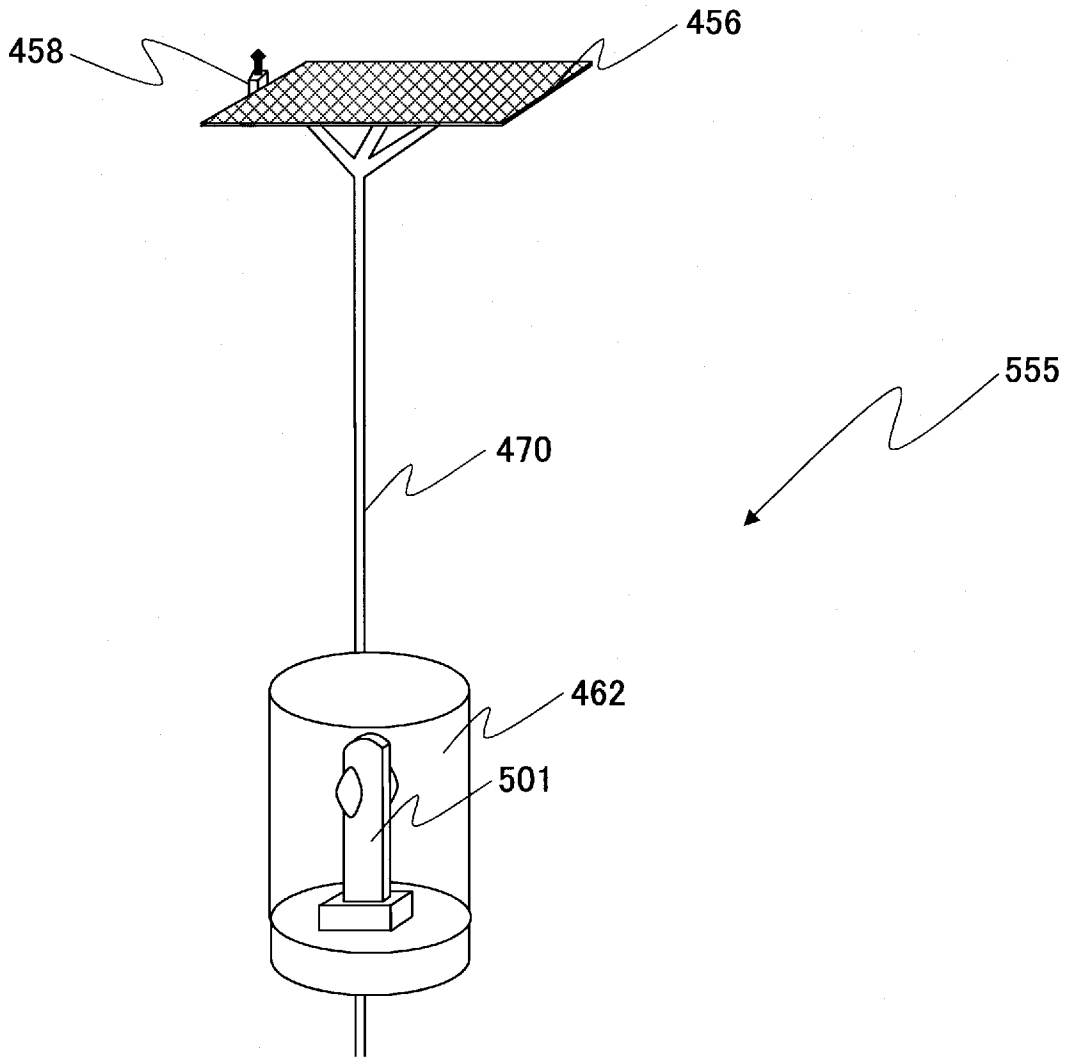
[図30B]



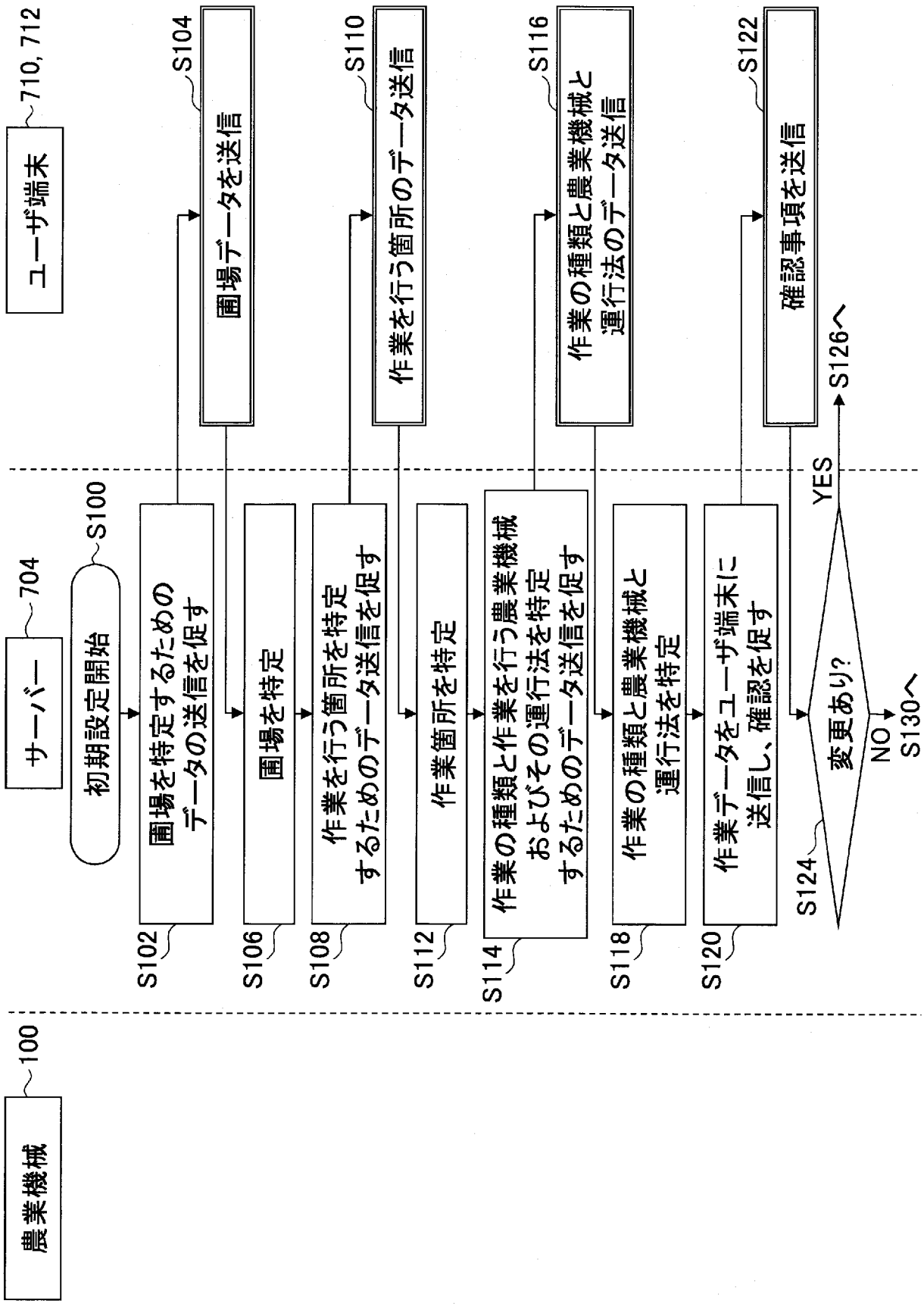
[図30C]



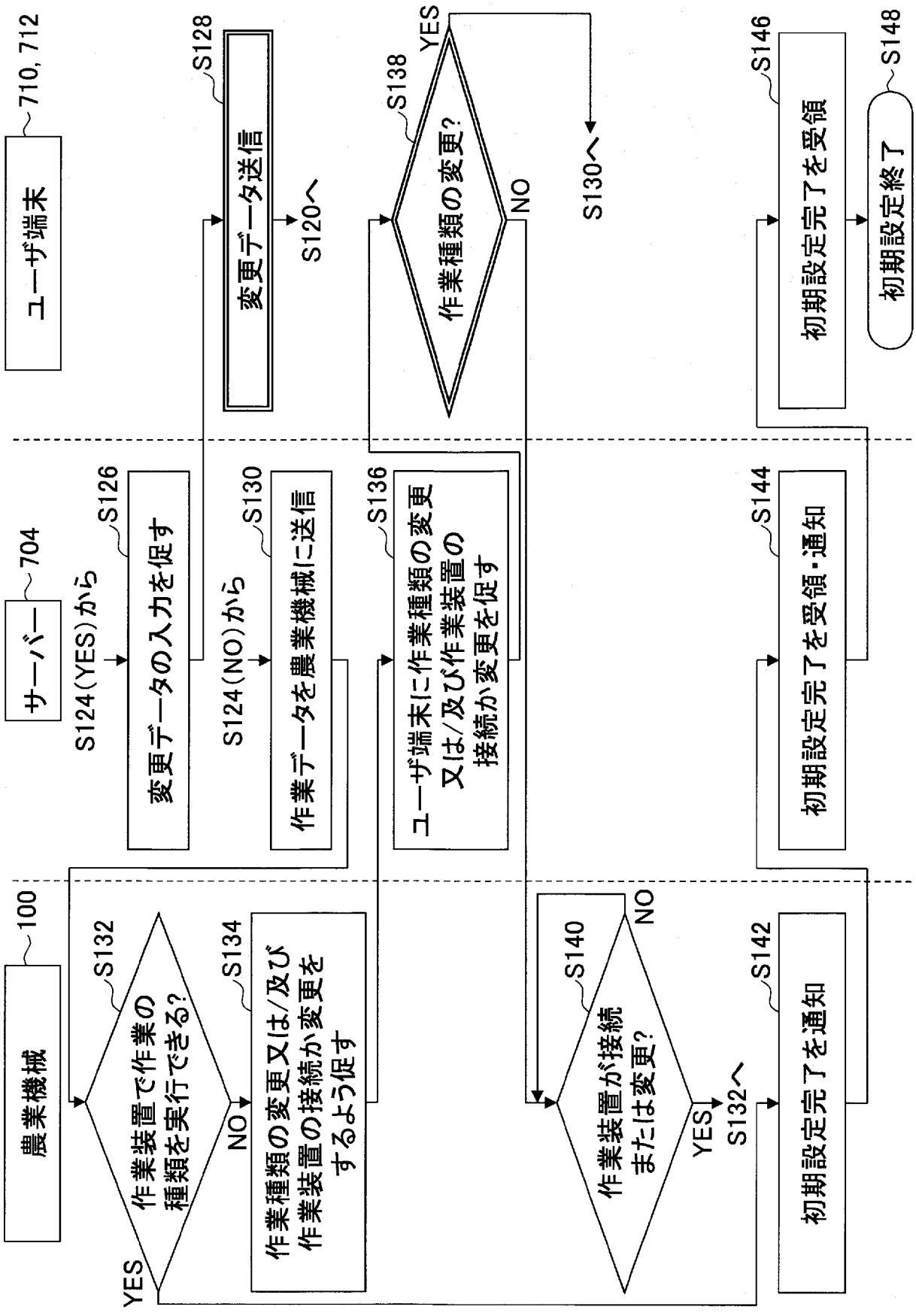
[図31]



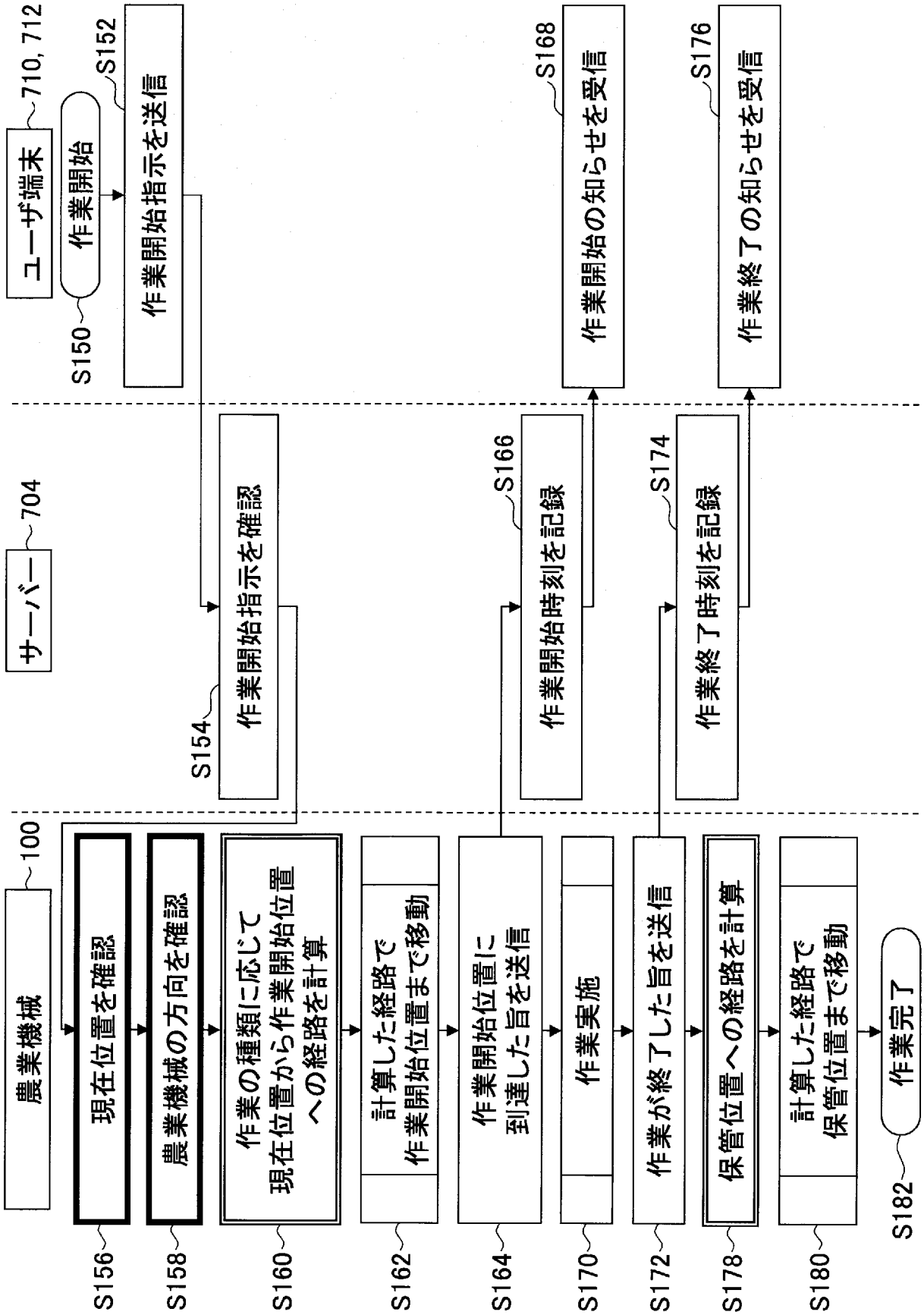
[図32]


農業機械
100
サーバー
704
ユーザ端末
710, 712
初期設定開始
S100
圃場を特定するためのデータの送信を促す
S102
圃場データを送信
S104
圃場を特定
S106
作業を行う箇所を特定するためのデータ送信を促す
S108
作業を行う箇所のデータ送信
S110
作業箇所を特定
S112
作業の種類と作業を行う農業機械およびその運行法を特定するためのデータ送信を促す
S114
作業の種類と農業機械と運行法のデータ送信
S116
作業の種類と農業機械と運行法を特定
S118
作業データをユーザ端末に送信し、確認を促す
S120
確認事項を送信
S122
変更あり?
S124
YES
S126へ
NO
S130へ

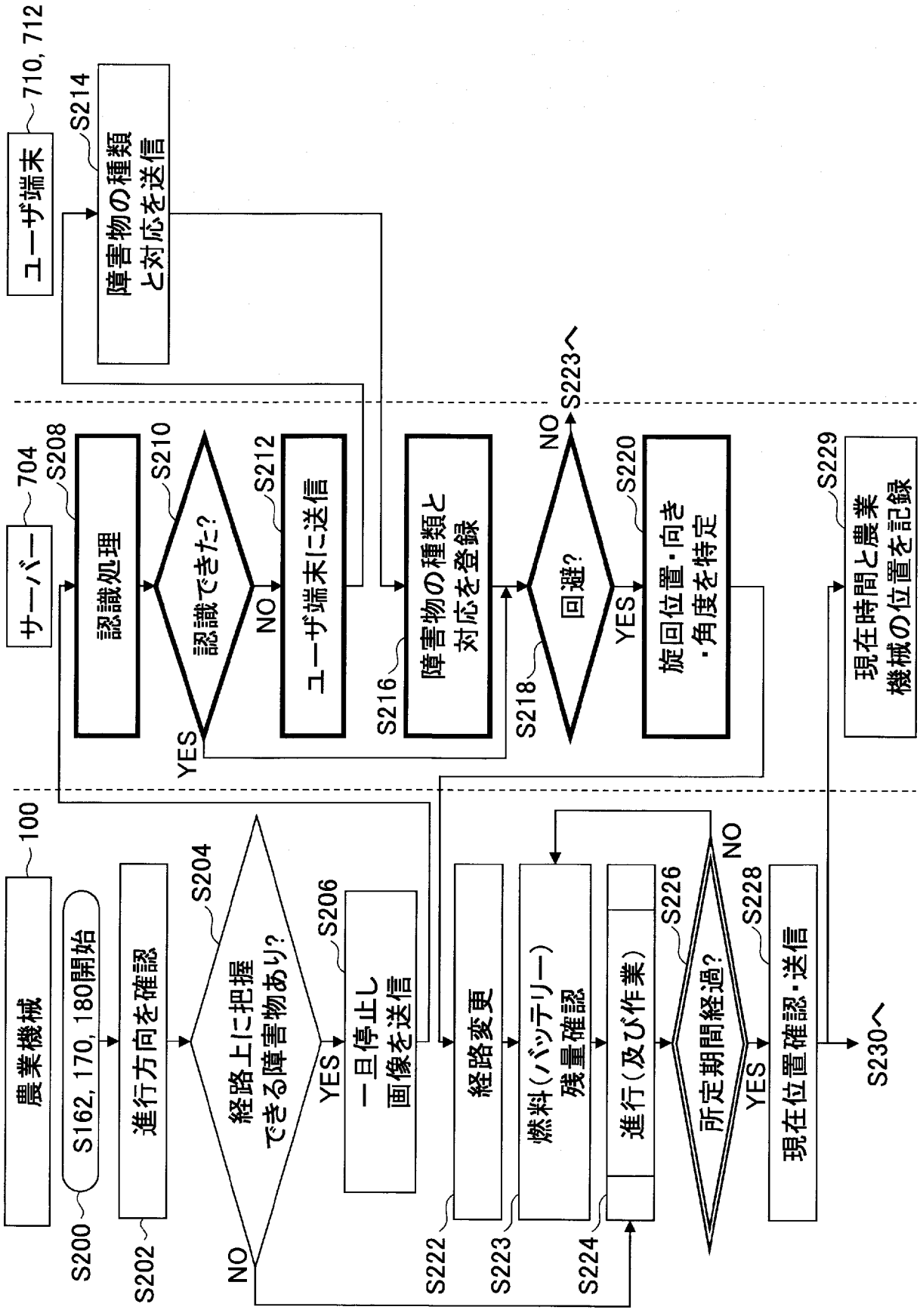
[図33]


農業機械
100
ユーザ端末
710, 712
サーバー
704
作業装置で作業の種類を実行できる?
S132
YES
NO
作業種類の変更又は/及び作業装置の接続か変更をするよう促す
S134
変更データの入力を促す
S126
S124(YES)から
作業データを農業機械に送信
S130
S124(NO)から
変更データ送信
S128
S120へ
ユーザ端末に作業種類の変更又は/及び作業装置の接続か変更を促す
S136
作業種類の変更?
S138
YES
NO
S130へ
作業装置が接続または変更?
S140
NO
YES
S132へ
初期設定完了を通知
S142
初期設定完了を受領・通知
S144
初期設定完了を受領
S146
初期設定終了
S148

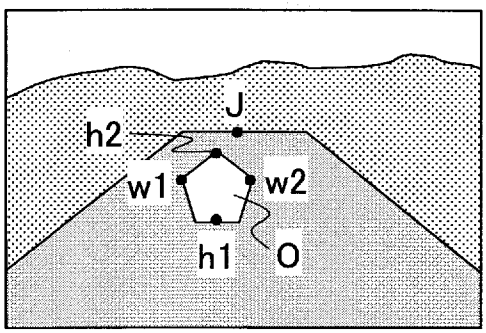
[図34]


ユーザ端末
710, 712
作業開始
S150
S152
作業開始指示を送信
サーバー
704
S154
作業開始指示を確認
S166
作業開始時刻を記録
S168
作業開始の知らせを受信
S174
作業終了時刻を記録
S176
作業終了の知らせを受信
農業機械
100
現在位置を確認
S156
農業機械の方向を確認
S158
作業の種類に応じて
現在位置から作業開始位置
への経路を計算
S160
計算した経路で
作業開始位置まで移動
S162
作業開始位置に
到達した旨を送信
S164
作業実施
S170
作業が終了した旨を送信
S172
保管位置への経路を計算
S178
計算した経路で
保管位置まで移動
S180
作業完了
S182

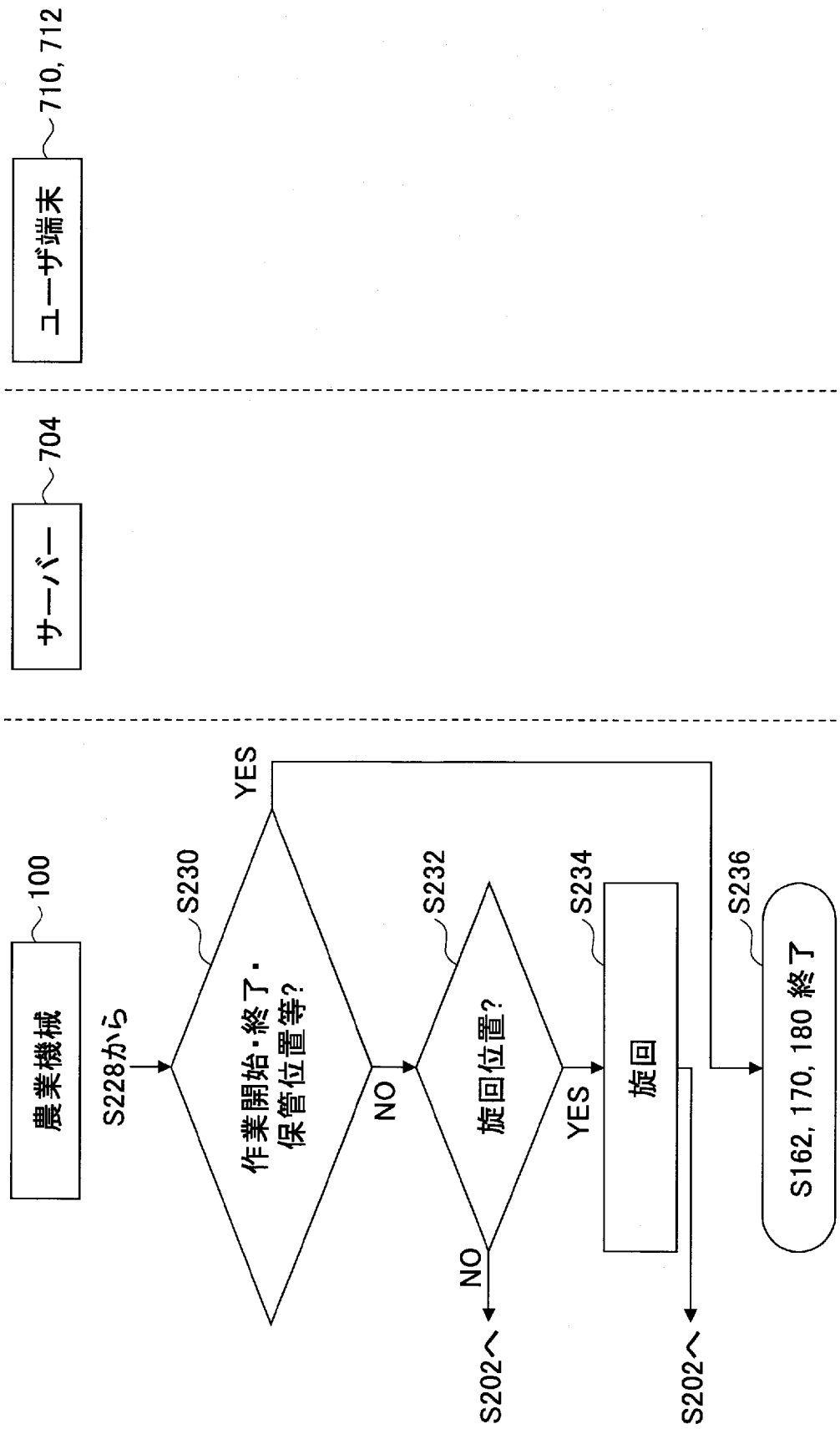
[図35A]


ユーザ端末
710, 712
S214
障害物の種類と対応を送信
サーバー
704
S208
認識処理
S210
認識できた?
YES
NO
S212
ユーザ端末に送信
S216
障害物の種類と対応を登録
S218
回避?
NO
S223へ
YES
S220
旋回位置・向き・角度を特定
S229
現在時間と農業機械の位置を記録
農業機械
100
S162, 170, 180開始
S200
進行方向を確認
S202
S204
経路上に把握できる障害物あり?
NO
YES
S206
一旦停止し画像を送信
S222
経路変更
S223
燃料(バッテリー)残量確認
S224
進行(及び作業)
S226
所定期間経過?
NO
YES
S228
現在位置確認・送信
S230へ

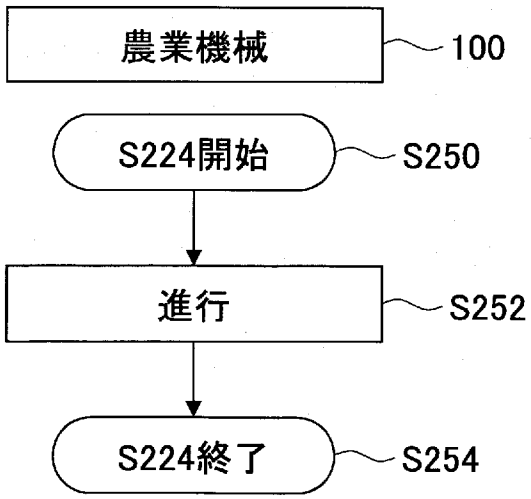
[図35B]



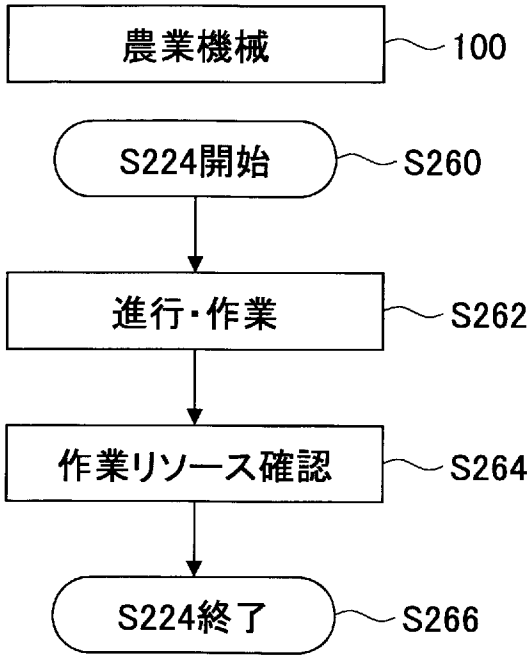
[図36]


ユーザ端末
710, 712
サーバー
704
農業機械
100
S228から
S230
作業開始・終了・保管位置等?
YES
NO
S232
旋回位置?
NO
S202へ
S234
YES
旋回
S202へ
S236
S162, 170, 180 終了

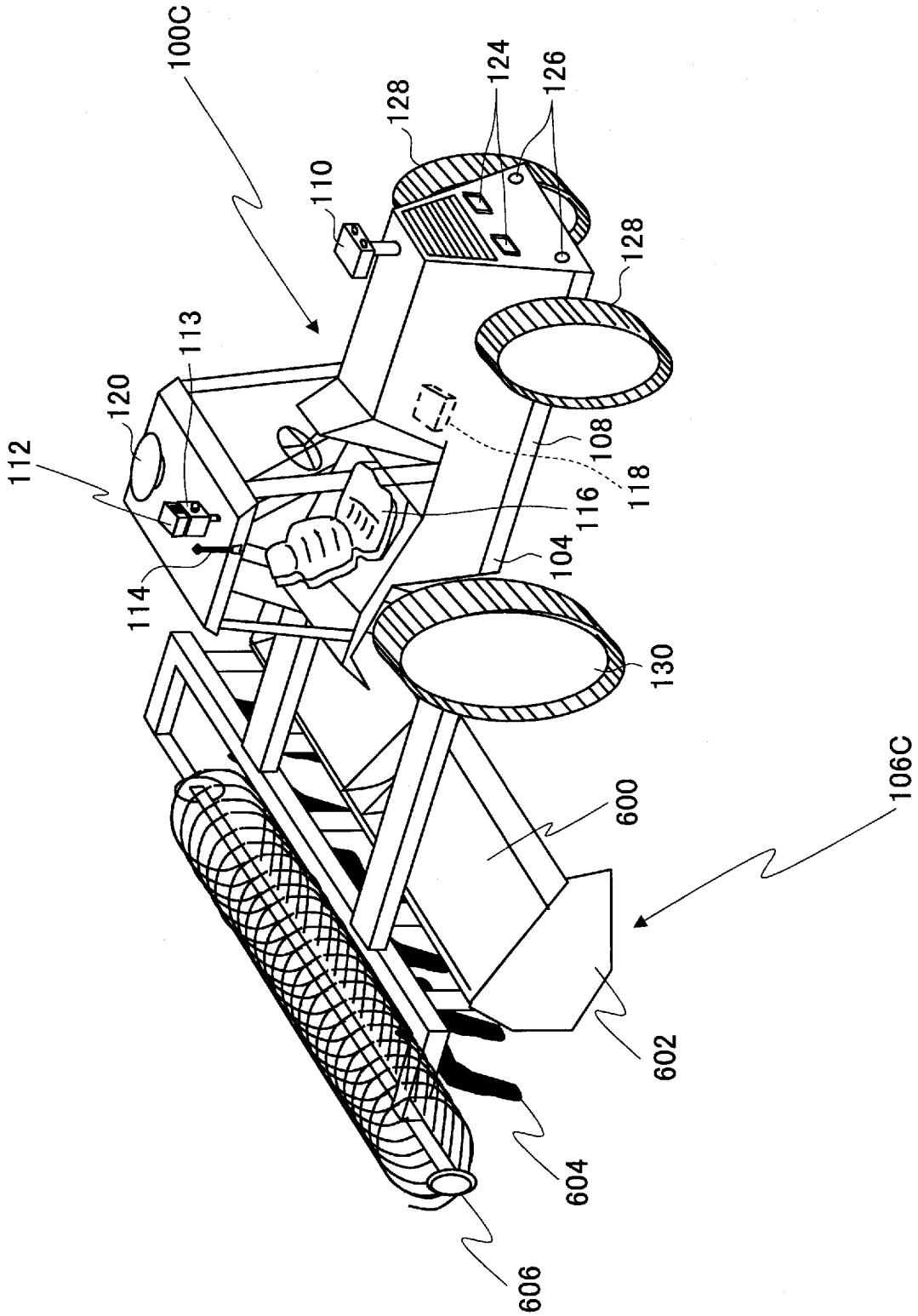
[図37A]


農業機械
100
S224開始
S250
進行
S252
S224終了
S254

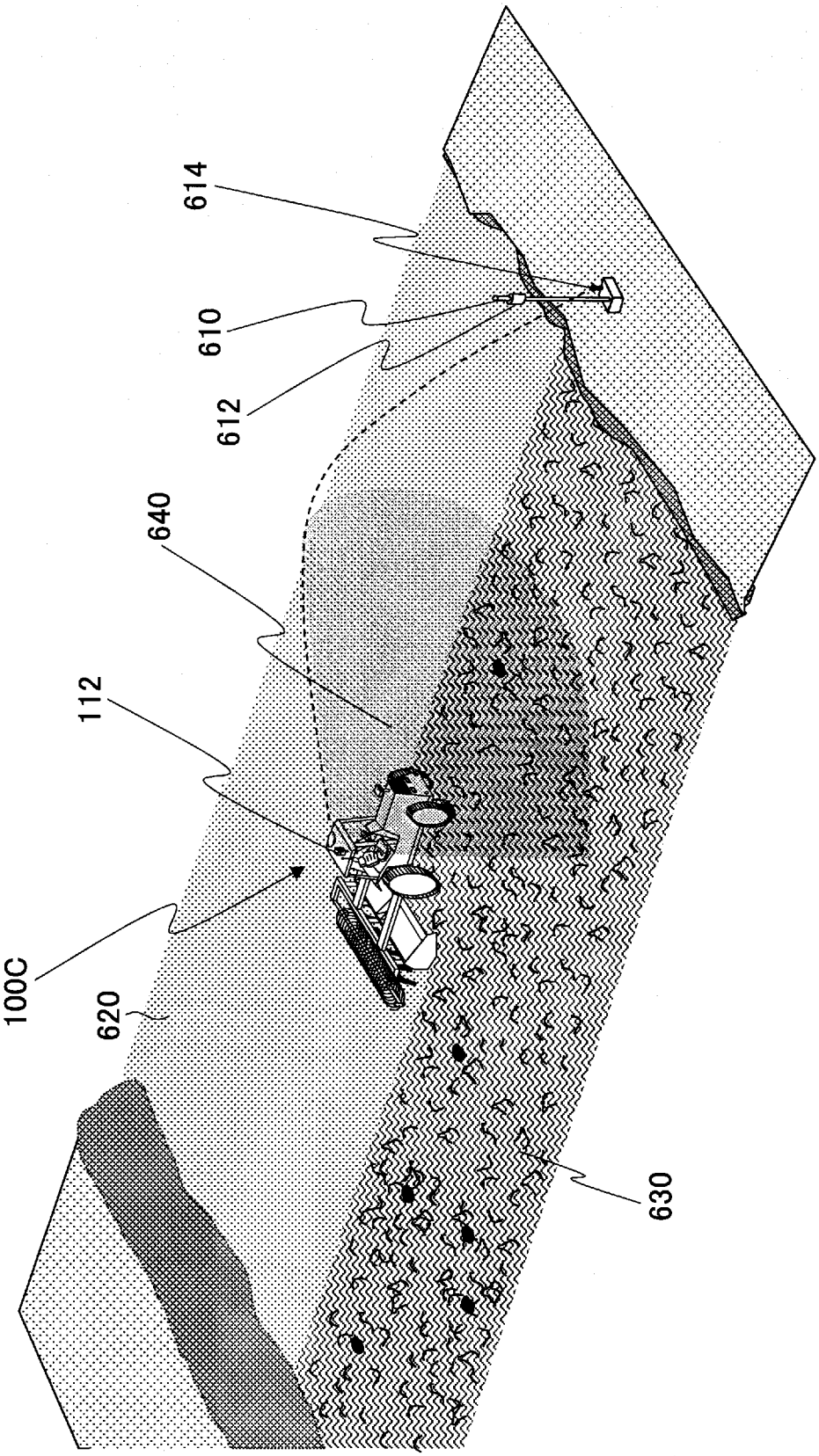
[図37B]


農業機械
100
S224開始
S260
進行・作業
S262
作業リソース確認
S264
S224終了
S266

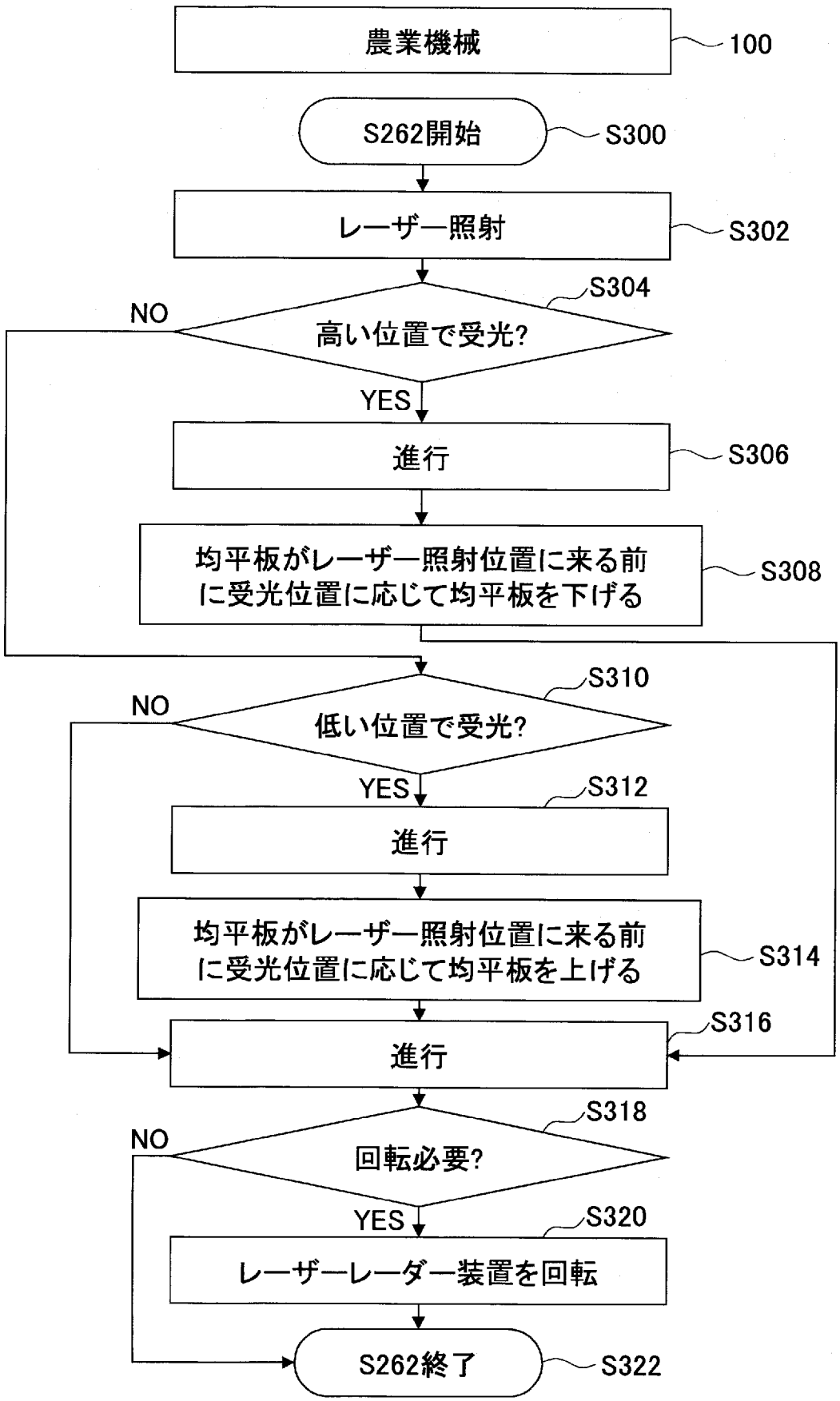
[図38]


100C
128
124
126
110
128
113
120
112
108
118
116
104
114
130
106C
600
602
604
606

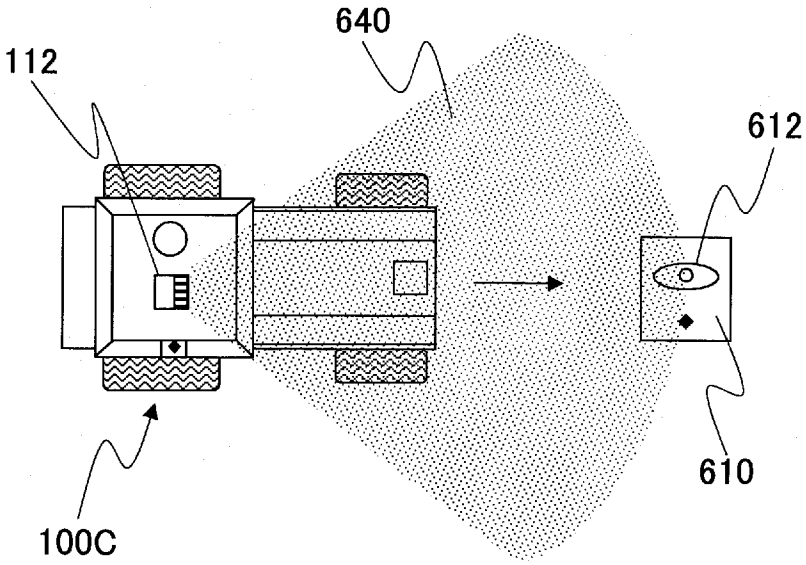
[図39]



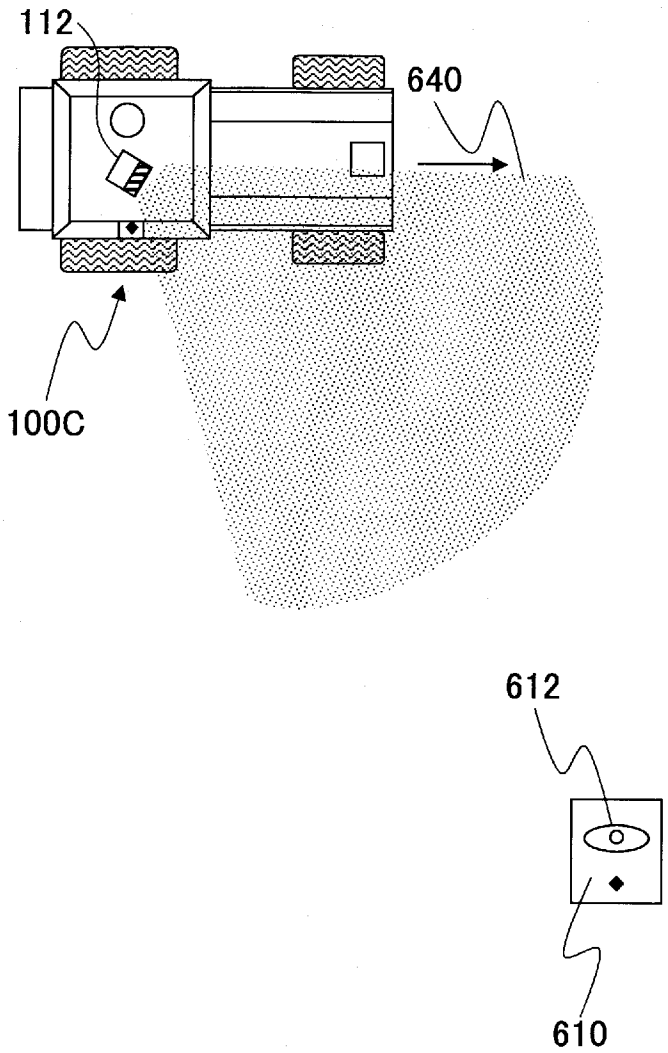
[図40]


農業機械
100
S262開始
S300
レーザー照射
S302
S304
NO
高い位置で受光?
YES
進行
S306
均平板がレーザー照射位置に来る前に受光位置に応じて均平板を下げる
S308
S310
NO
低い位置で受光?
YES
S312
進行
均平板がレーザー照射位置に来る前に受光位置に応じて均平板を上げる
S314
S316
進行
S318
NO
回転必要?
YES
S320
レーザーレーダー装置を回転
S262終了
S322

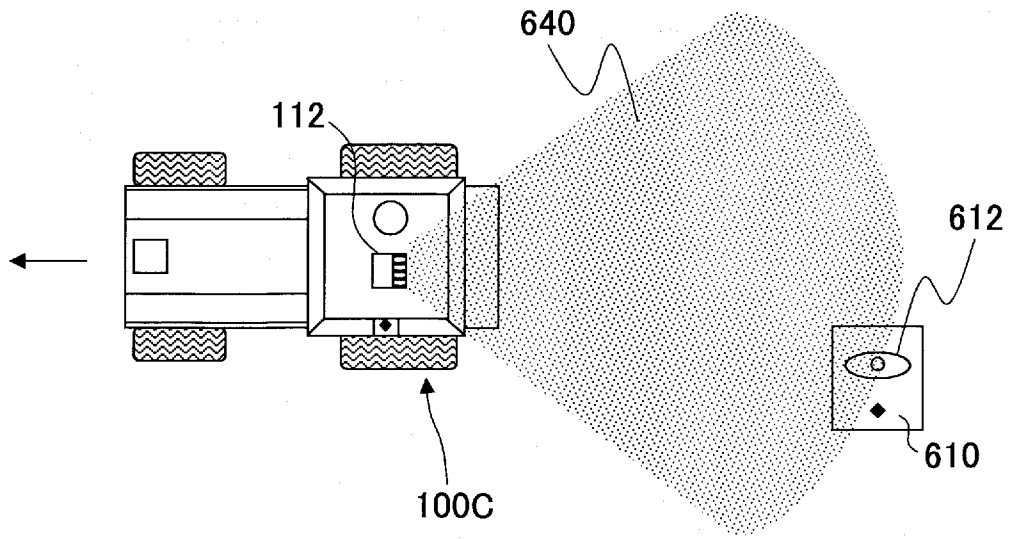
[図41A]



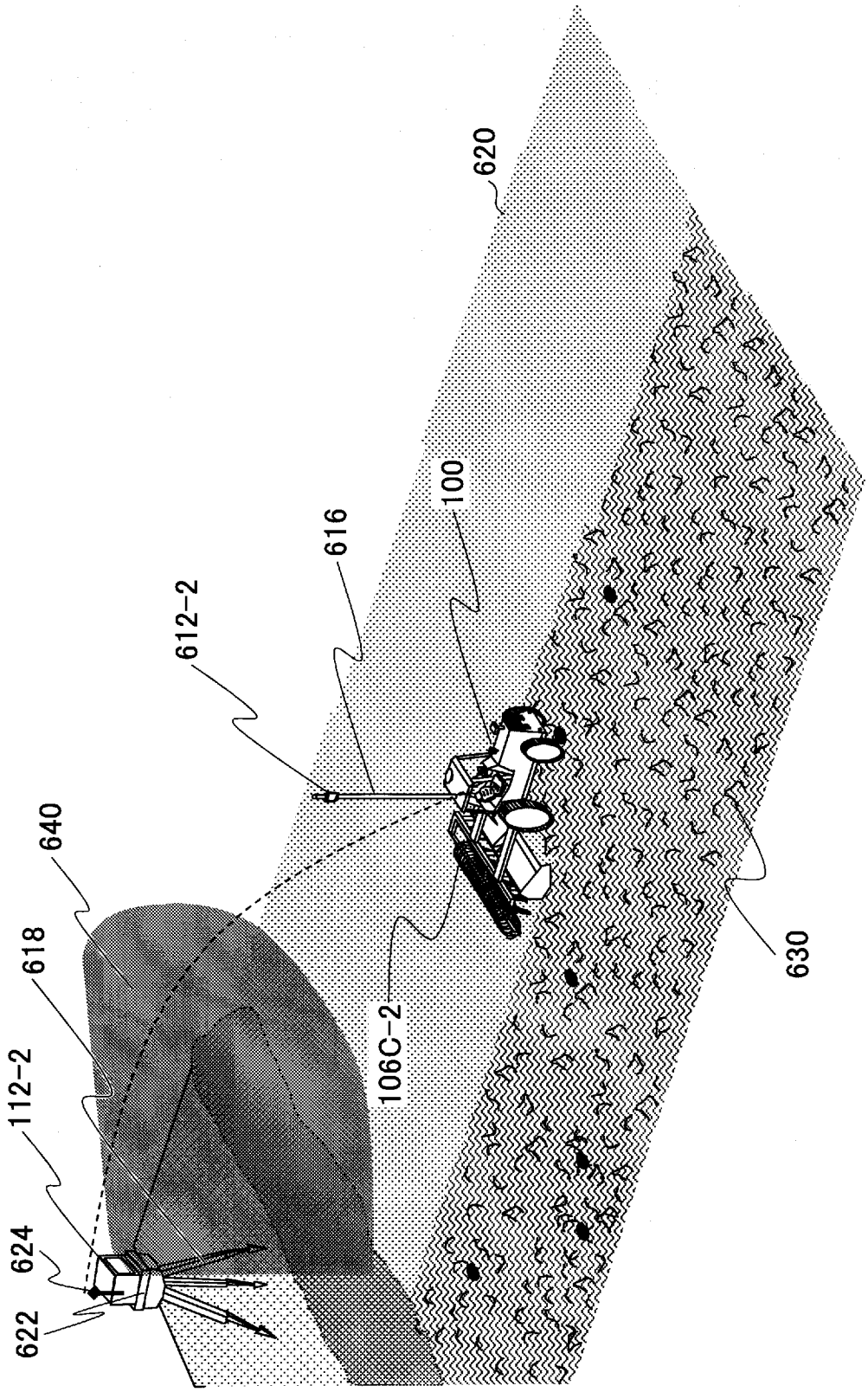
[図41B]



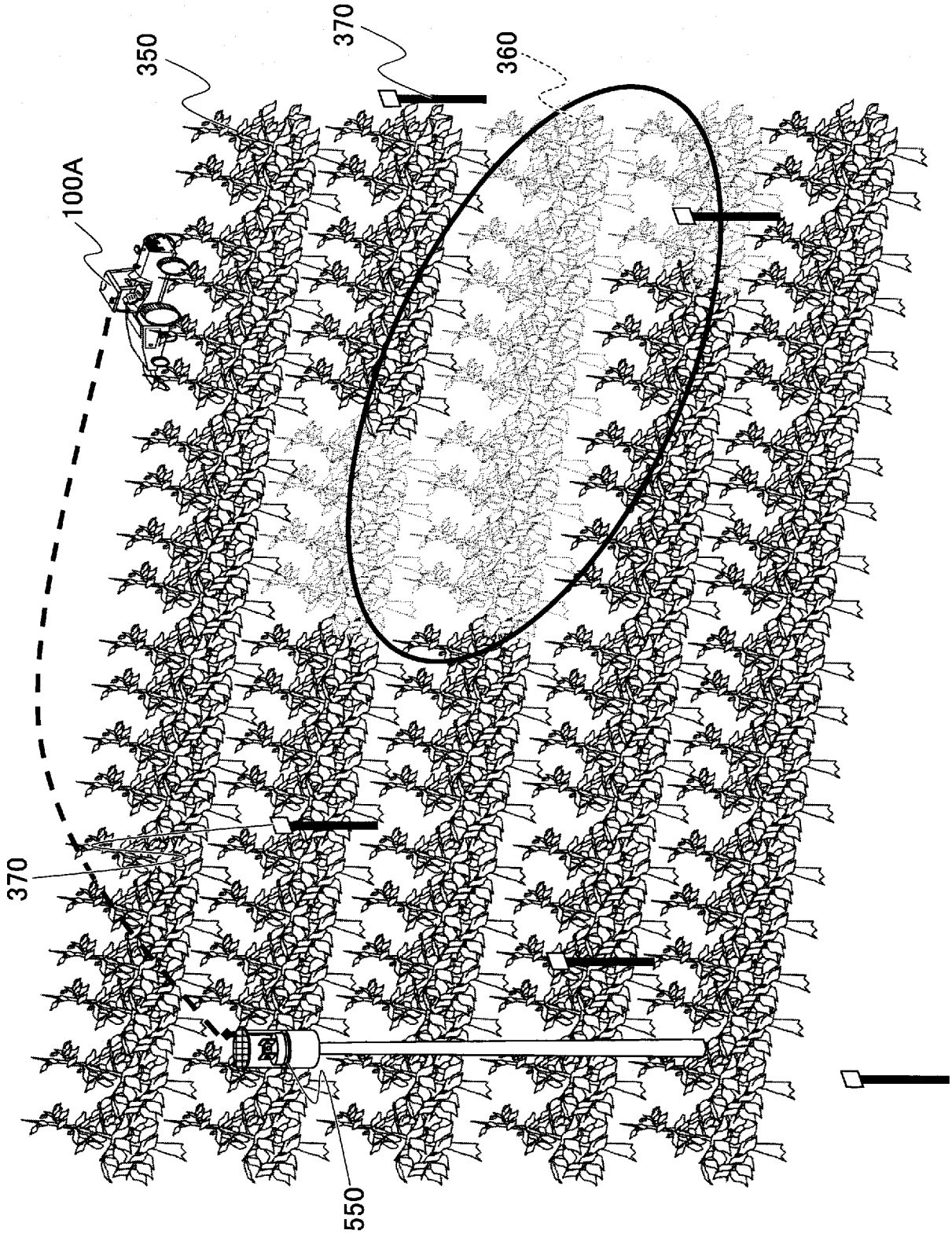
[図41C]



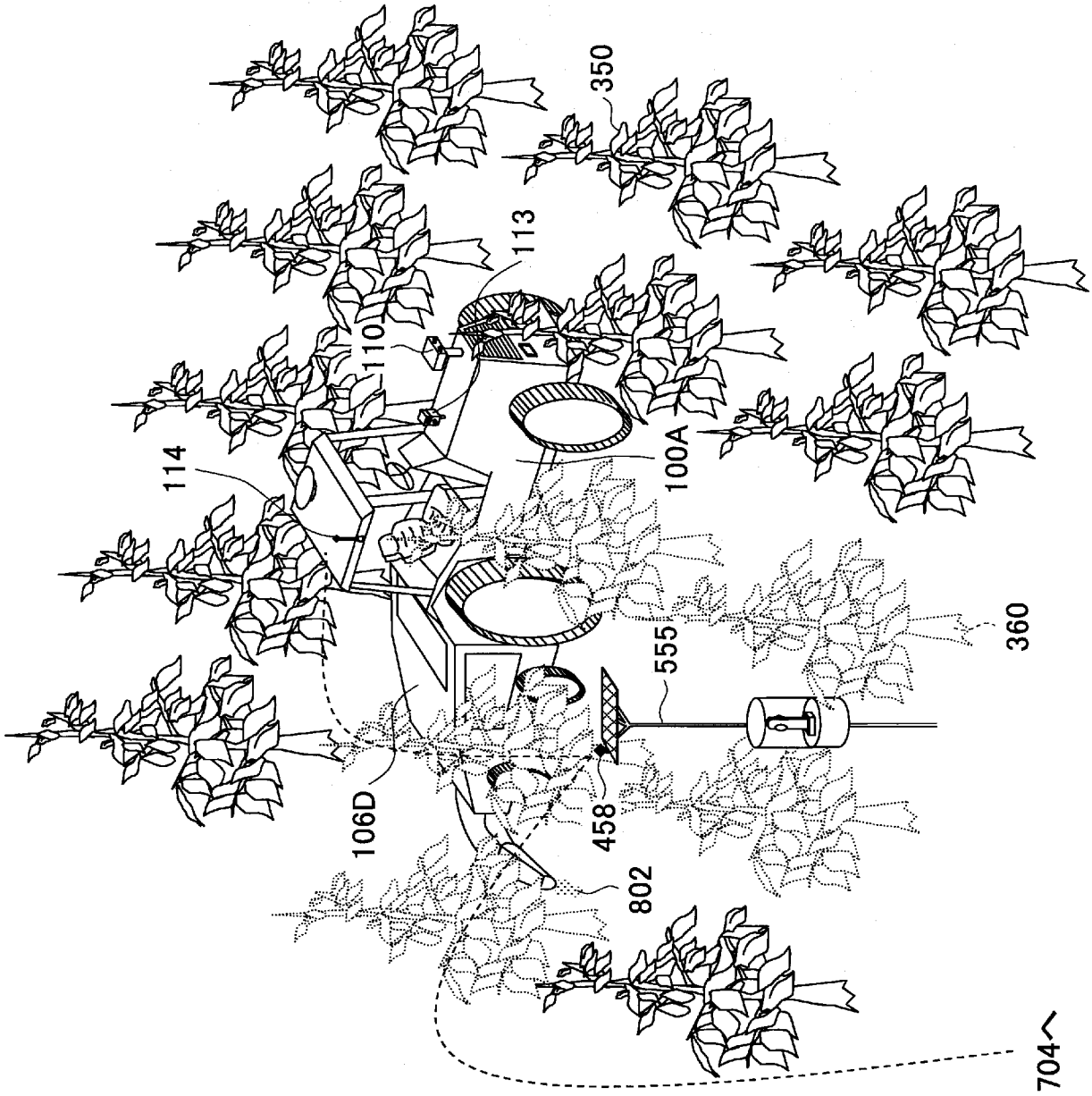
[図42]



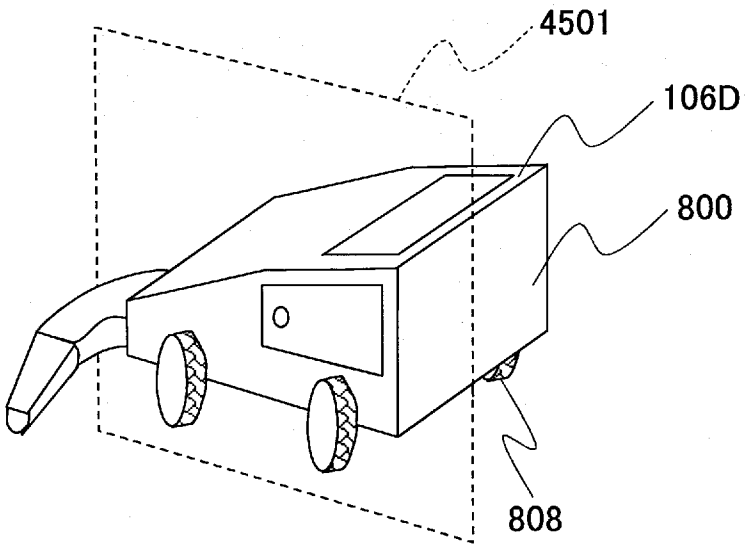
[図43]



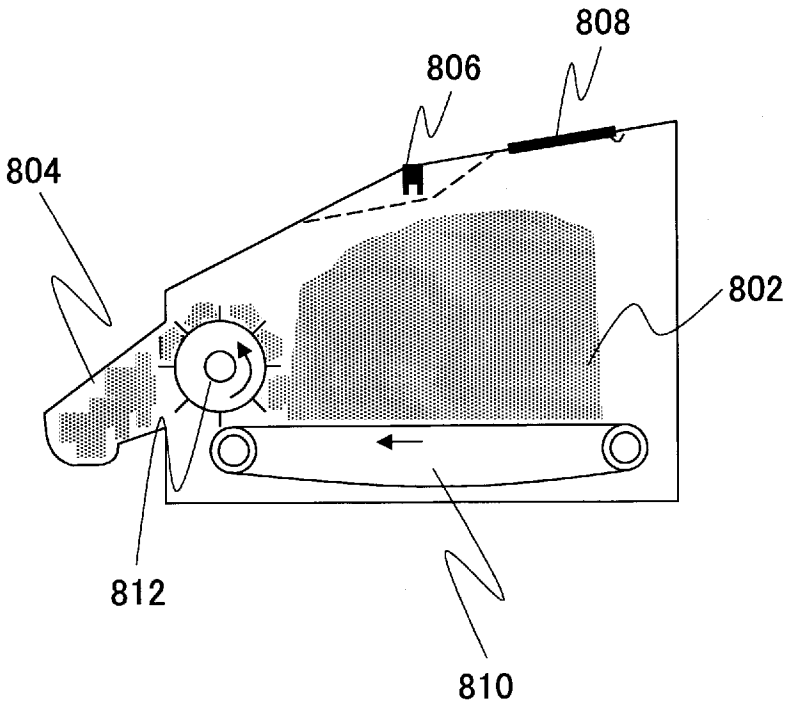
[図44]



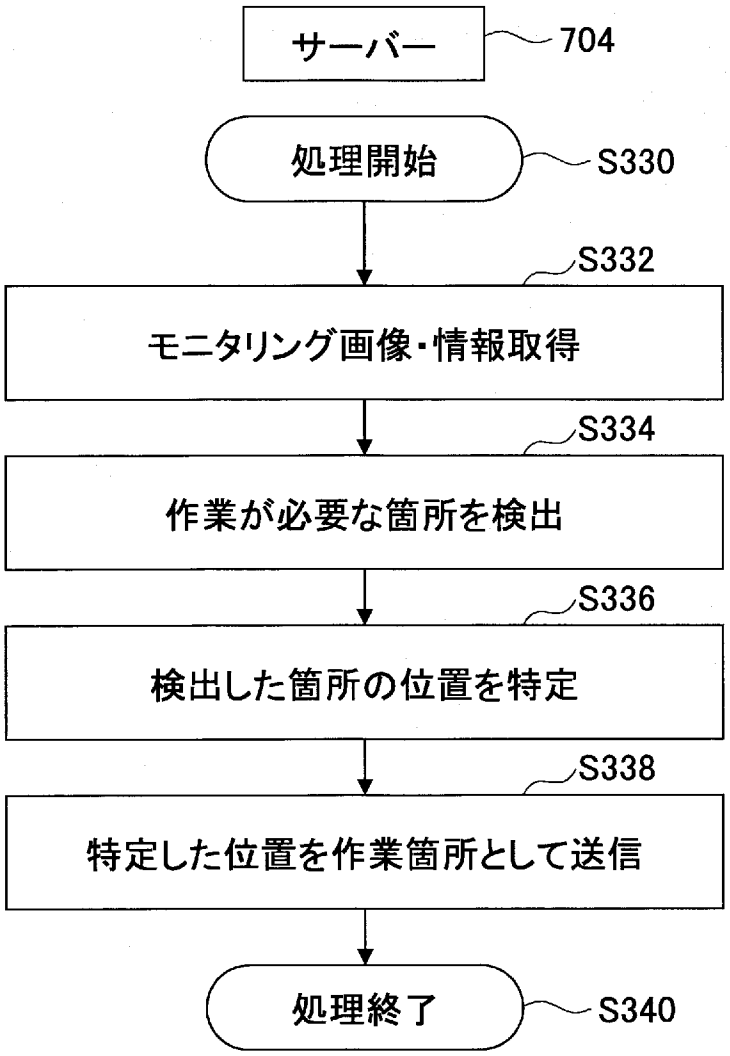
[図45A]



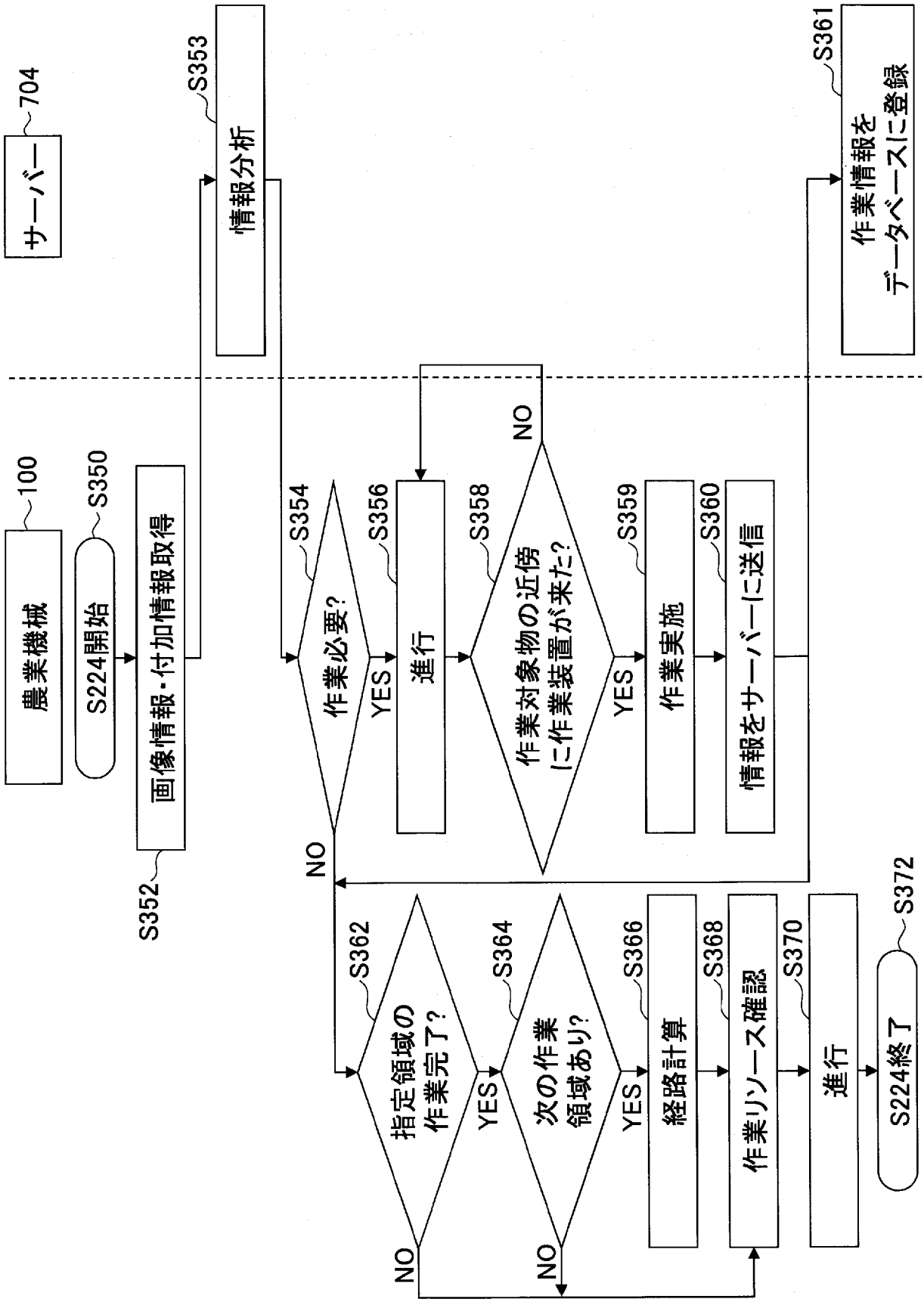
[図45B]



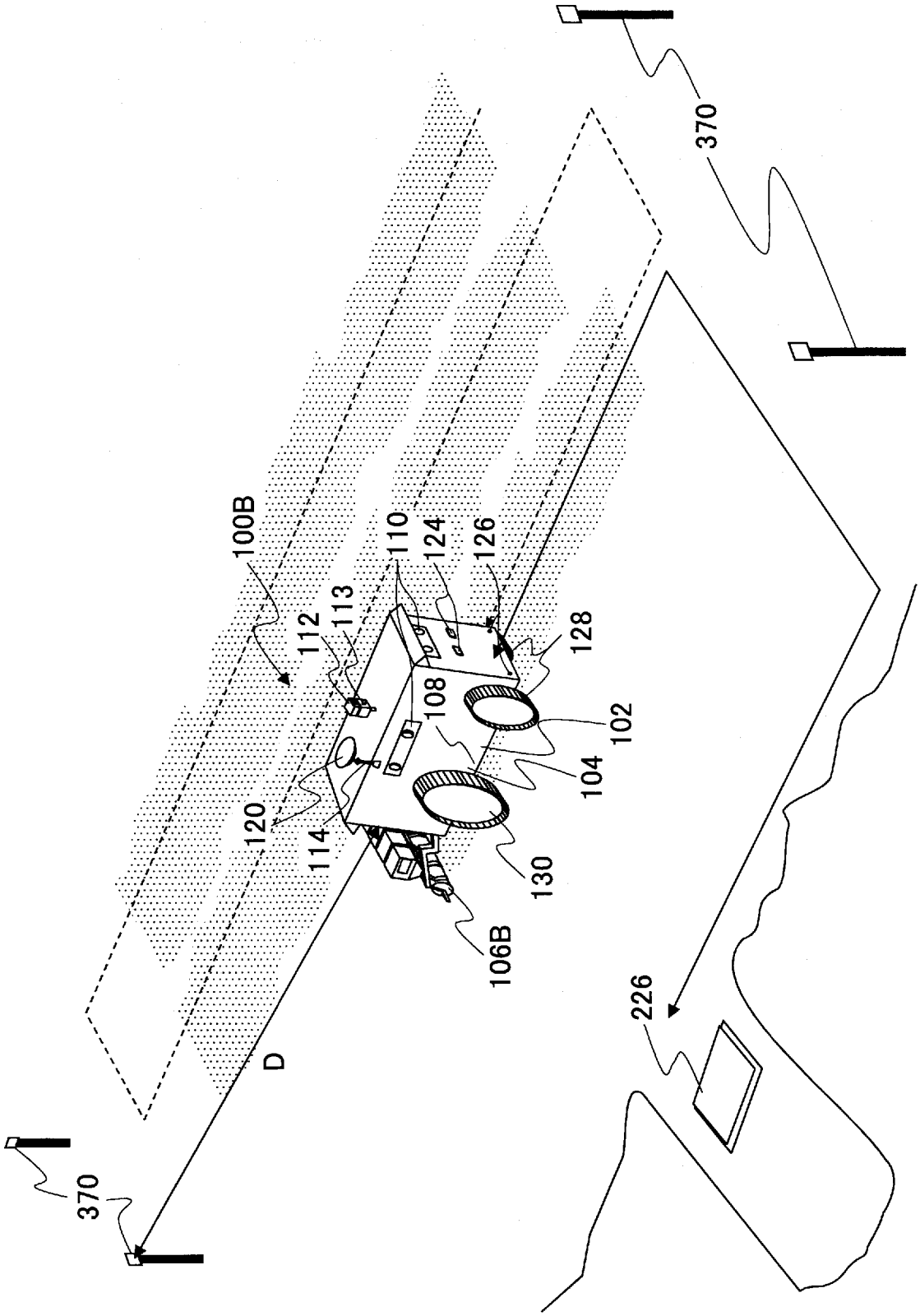
[図46]


サーバー
704
処理開始
S330
S332
モニタリング画像・情報取得
S334
作業が必要な箇所を検出
S336
検出した箇所の位置を特定
S338
特定した位置を作業箇所として送信
処理終了
S340

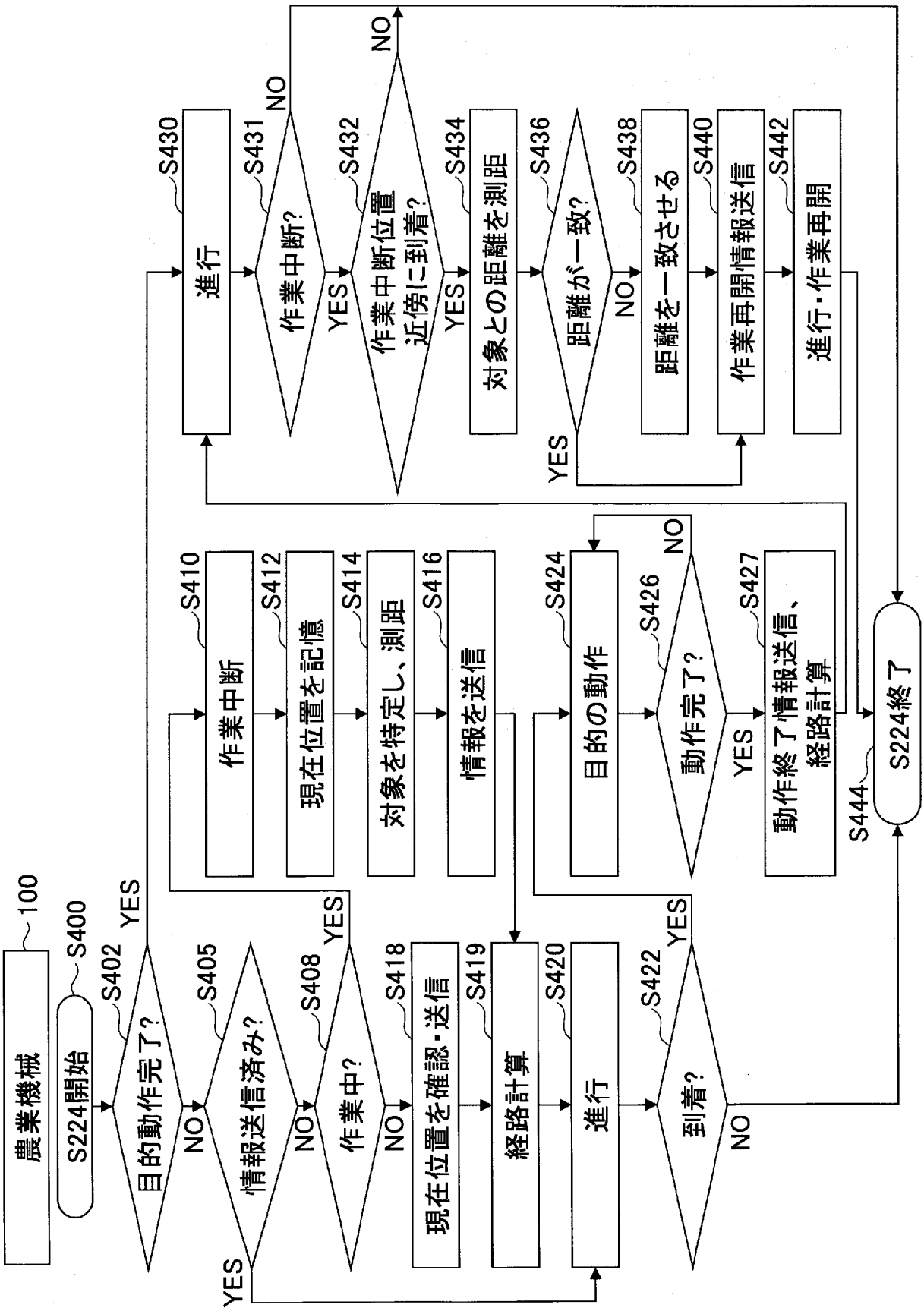
[図47]


サーバー
704
農業機械
100
S224開始
S350
画像情報・付加情報取得
S352
情報分析
S353
作業必要?
S354
YES
進行
S356
作業対象物の近傍に作業装置が来た?
S358
NO
YES
作業実施
S359
情報をサーバーに送信
S360
作業情報をデータベースに登録
S361
NO
指定領域の作業完了?
S362
YES
次の作業領域あり?
S364
NO
YES
経路計算
S366
作業リソース確認
S368
進行
S370
S224終了
S372
NO

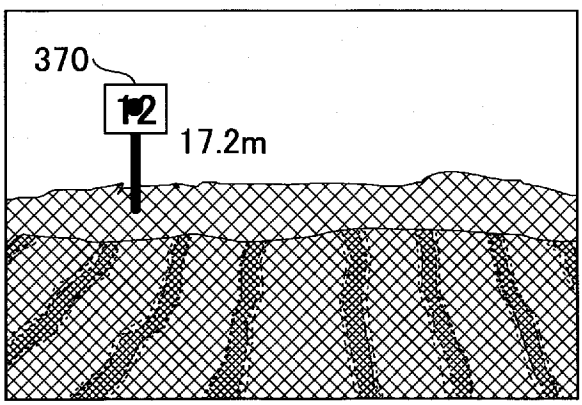
[図48]


370
100B
110
124
126
112
113
128
108
102
104
120
114
130
106B
226
D
370

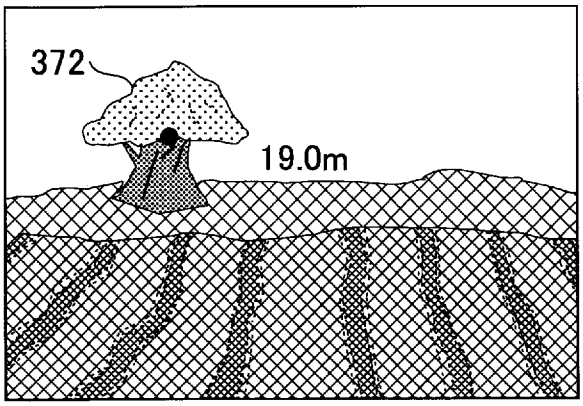
[図49]


100
農業機械
S400
S224開始
S402
目的動作完了?
YES
NO
S405
情報送信済み?
YES
NO
S408
作業中?
YES
NO
S410
作業中断
S412
現在位置を記憶
S414
対象を特定し、測距
S416
情報を送信
S418
現在位置を確認・送信
S419
経路計算
S420
進行
S422
到着?
YES
NO
S424
目的の動作
S426
動作完了?
YES
NO
S427
動作終了情報送信、
経路計算
S430
進行
S431
作業中断?
YES
NO
S432
作業中断位置
近傍に到着?
YES
NO
S434
対象との距離を測距
S436
距離が一致?
YES
NO
S438
距離を一致させる
S440
作業再開情報送信
S442
進行・作業再開
S444
S224終了

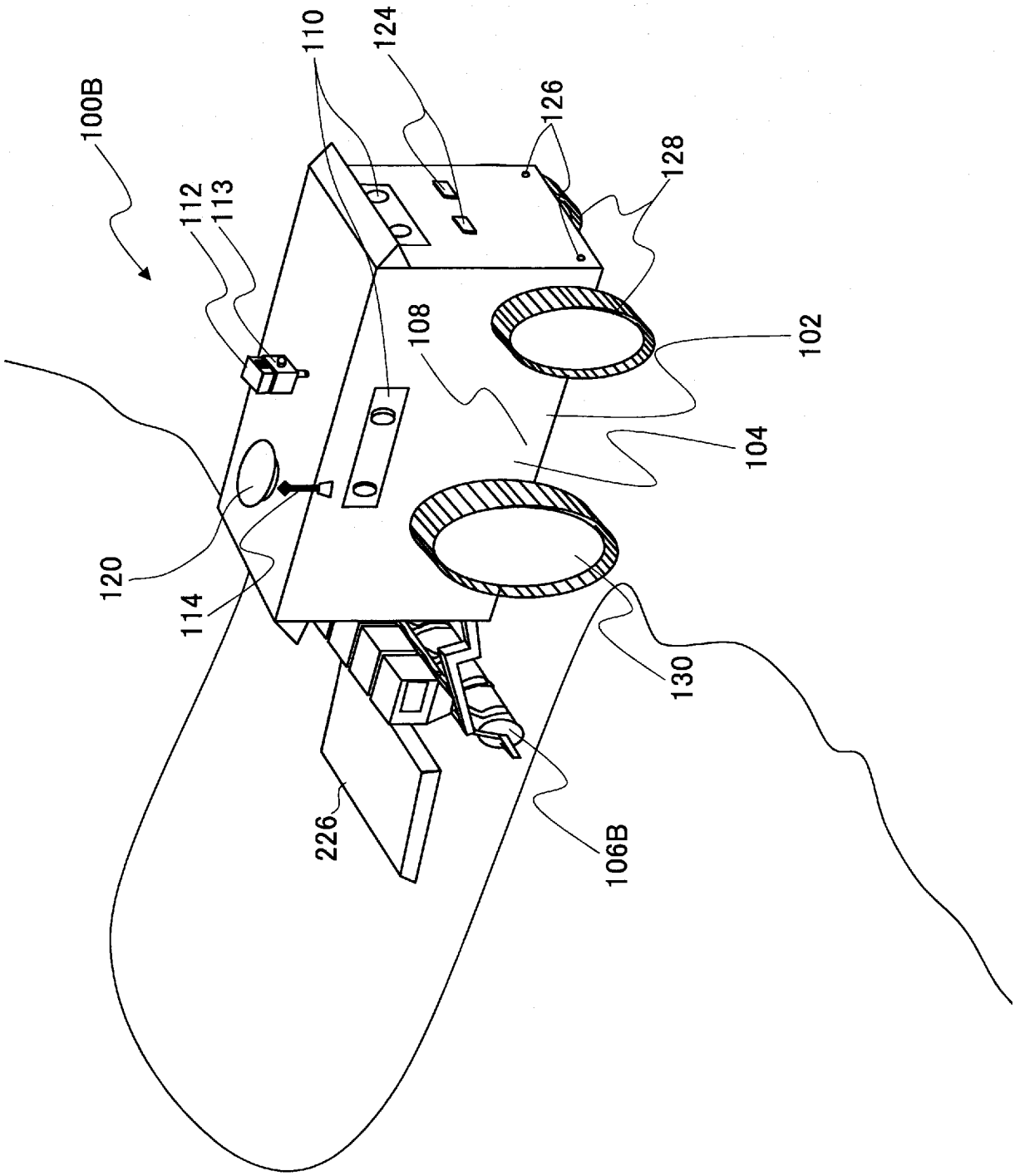
[図50A]



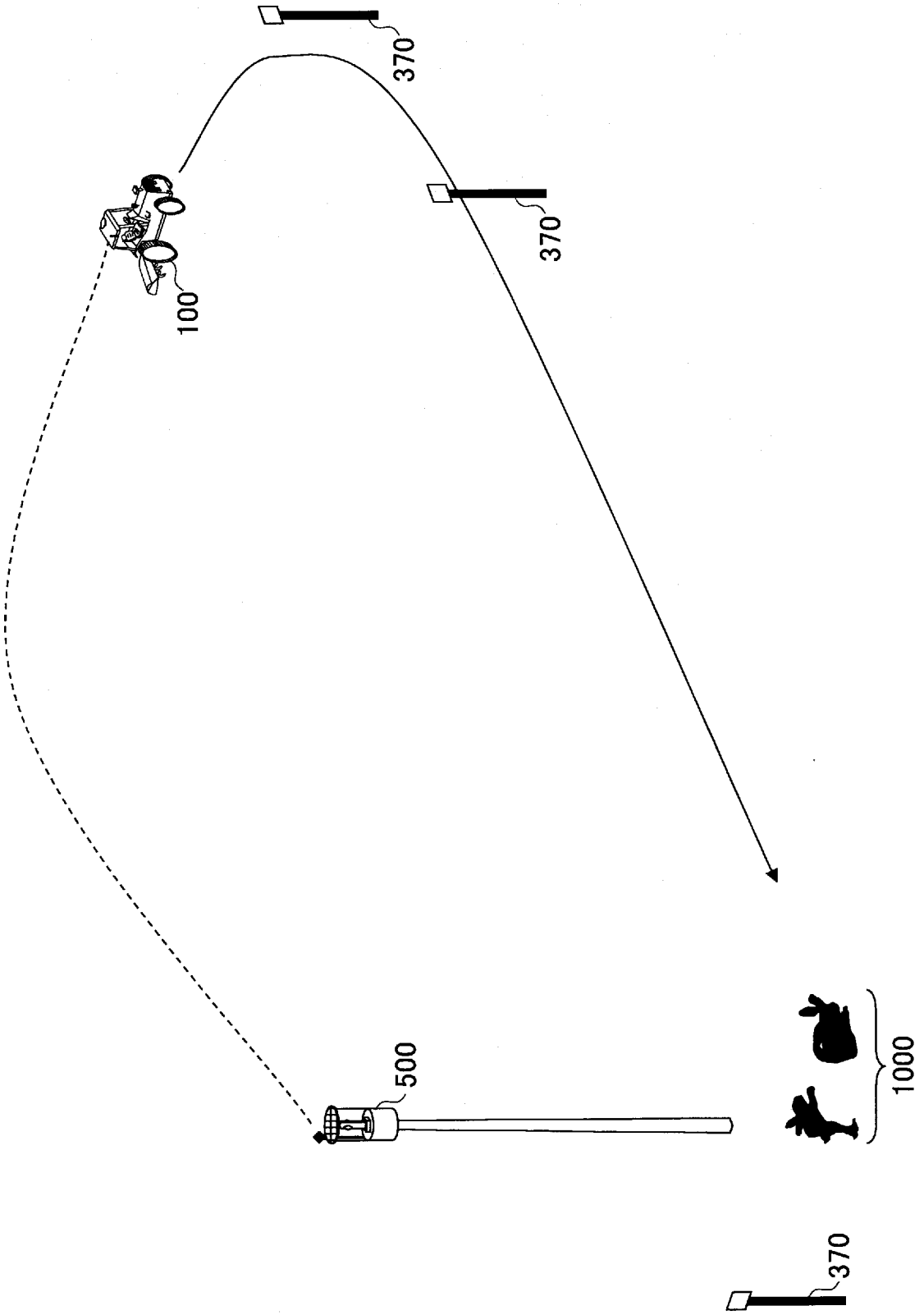
[図50B]



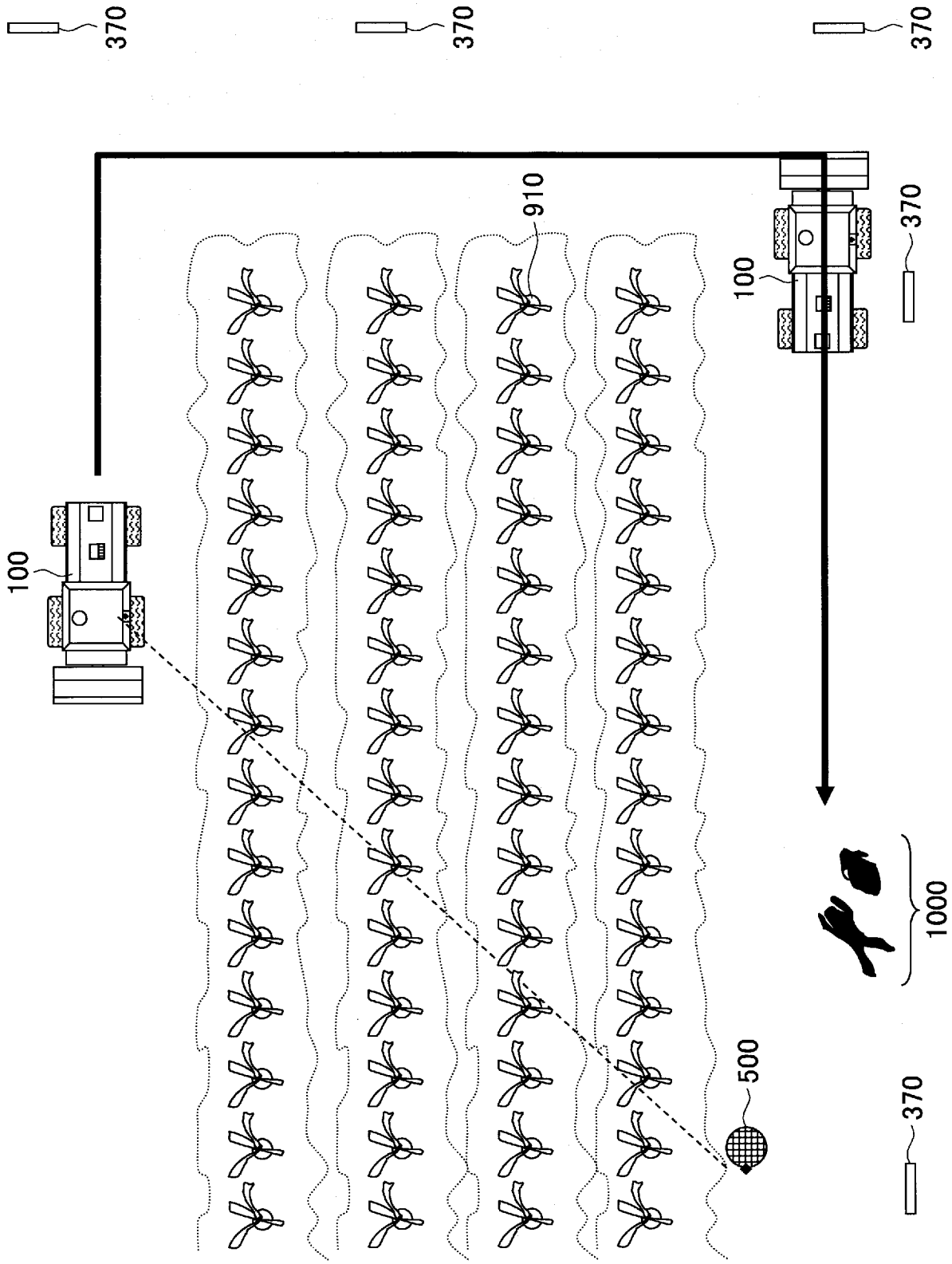
[図51]



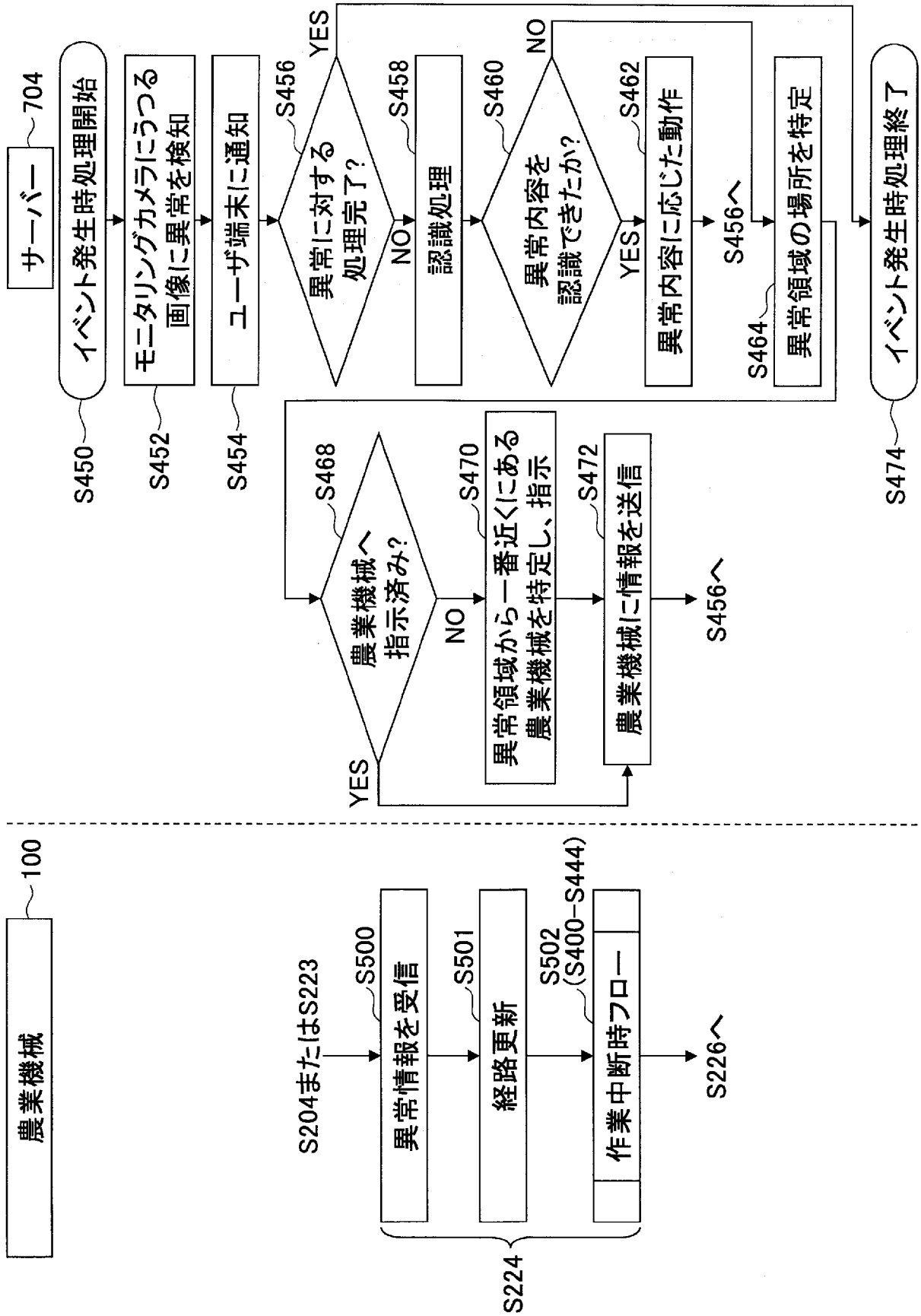
[図52]



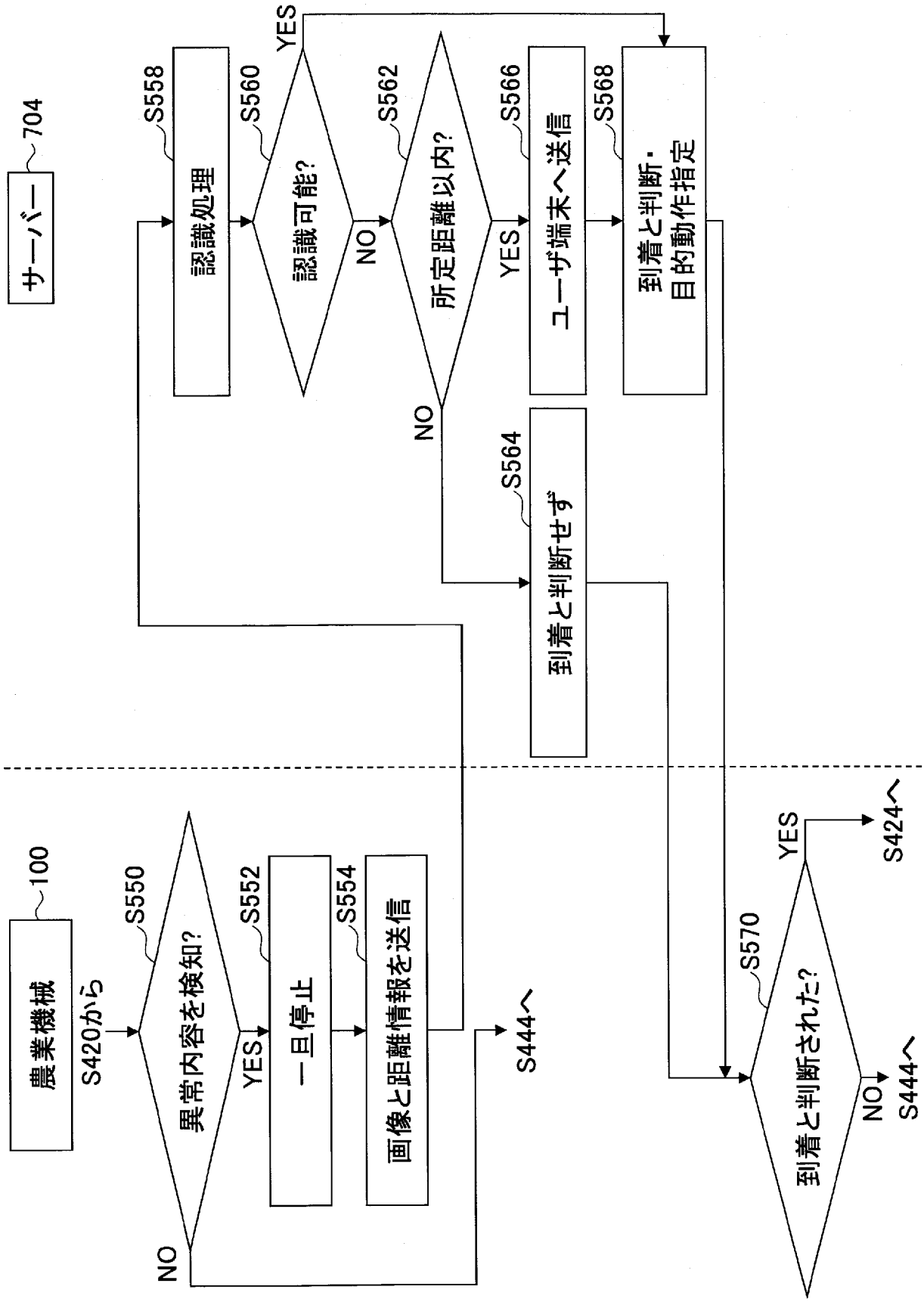
[図53]



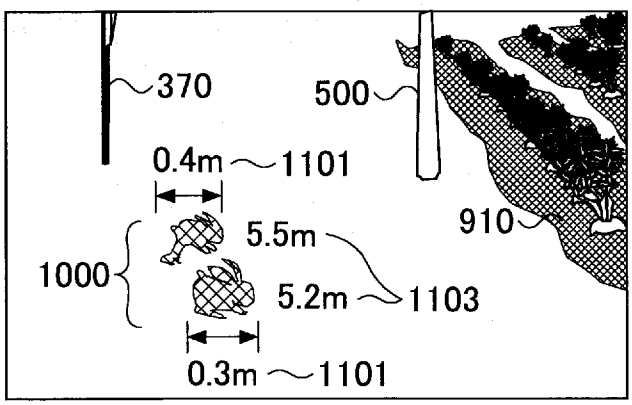
[図54]


サーバー
704
イベント発生時処理開始
S450
モニタリングカメラにうつる画像に異常を検知
S452
ユーザ端末に通知
S454
異常に対する処理完了?
S456
YES
NO
認識処理
S458
異常内容を認識できたか?
S460
NO
YES
異常内容に応じた動作
S462
S456へ
異常領域の場所を特定
S464
イベント発生時処理終了
S474
農業機械へ指示済み?
S468
YES
NO
異常領域から一番近くにある農業機械を特定し、指示
S470
農業機械に情報を送信
S472
S456へ
農業機械
100
S204またはS223
異常情報を受信
S500
経路更新
S501
作業中断時フロー
S502
(S400-S444)
S226へ
S224

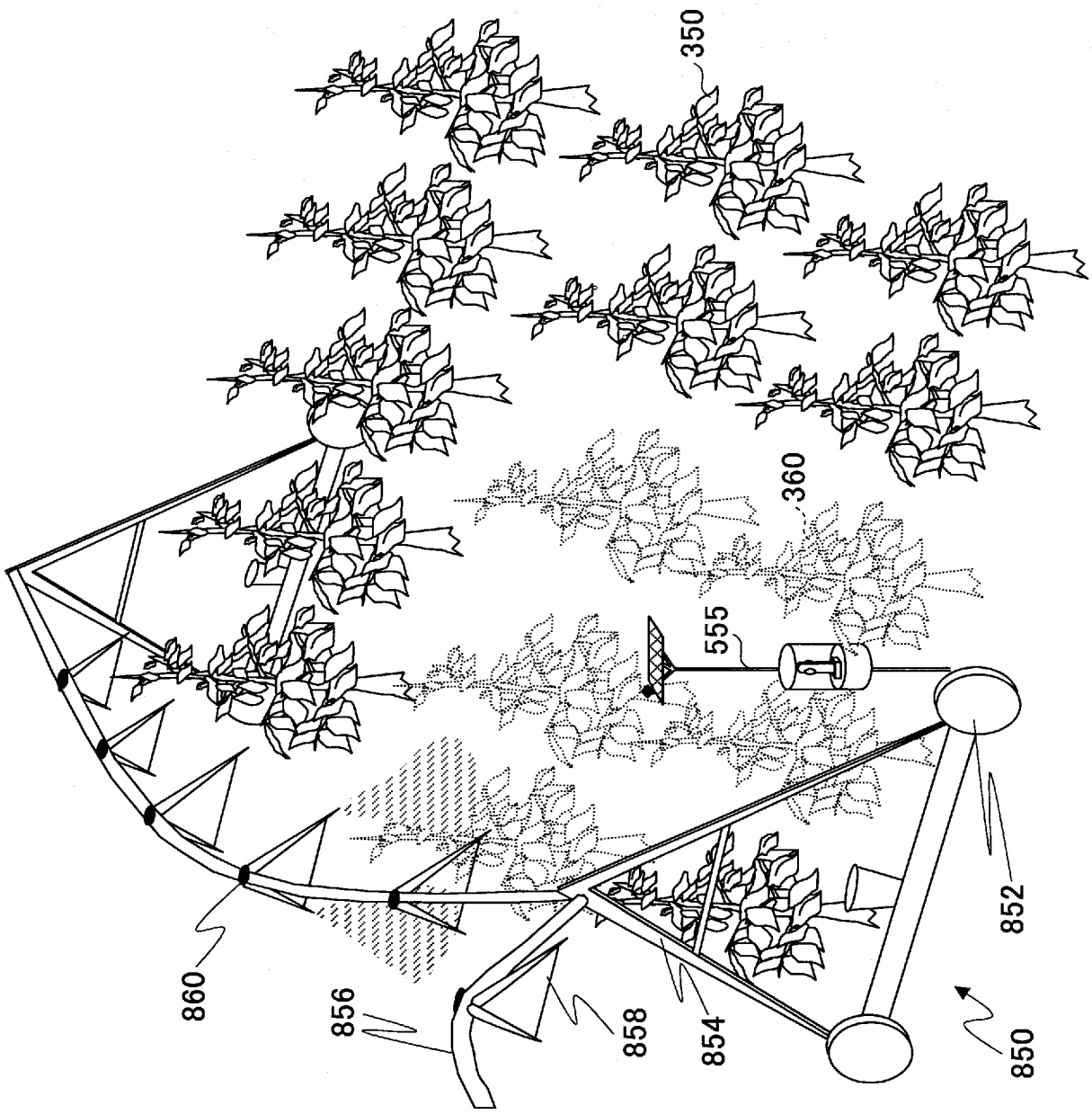
[図55]


農業機械
100
S420から
異常内容を検知?
S550
YES
NO
一旦停止
S552
画像と距離情報を送信
S554
S444へ
サーバー
704
認識処理
S558
認識可能?
S560
YES
NO
所定距離以内?
S562
YES
NO
ユーザ端末へ送信
S566
到着と判断・
目的動作指定
S568
到着と判断せず
S564
到着と判断された?
S570
YES
S424へ
NO
S444へ

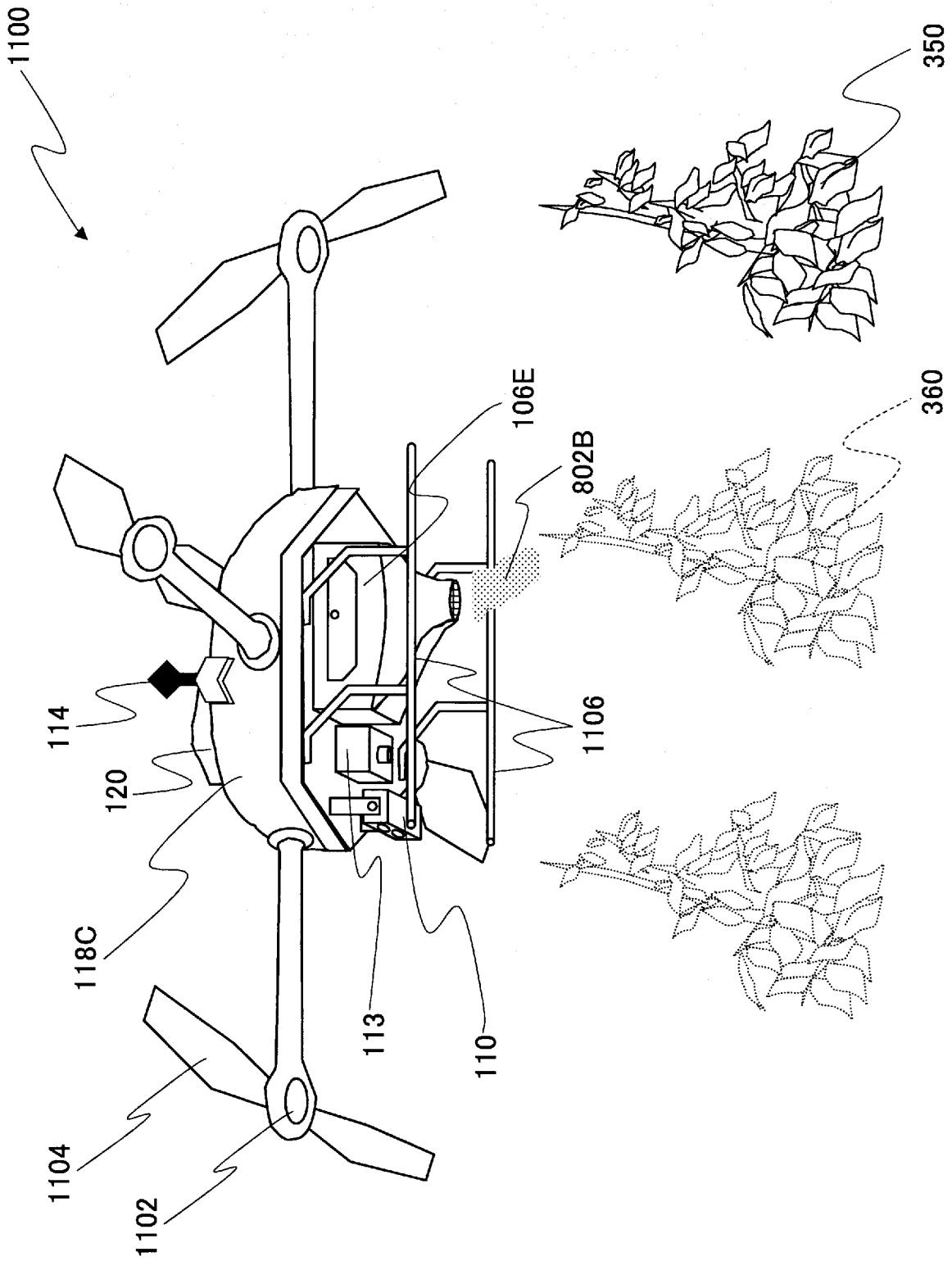
[図56]



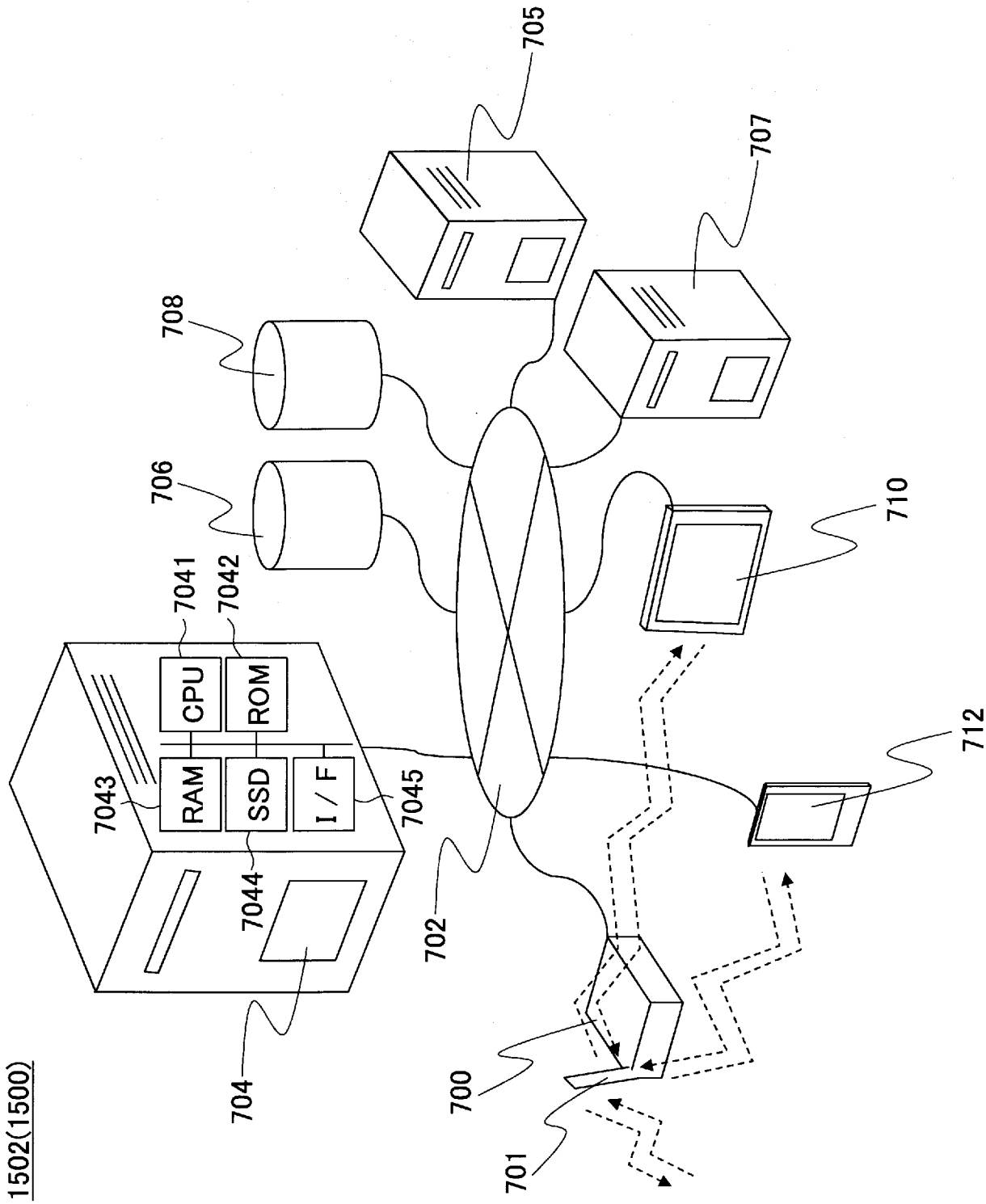
[図57]



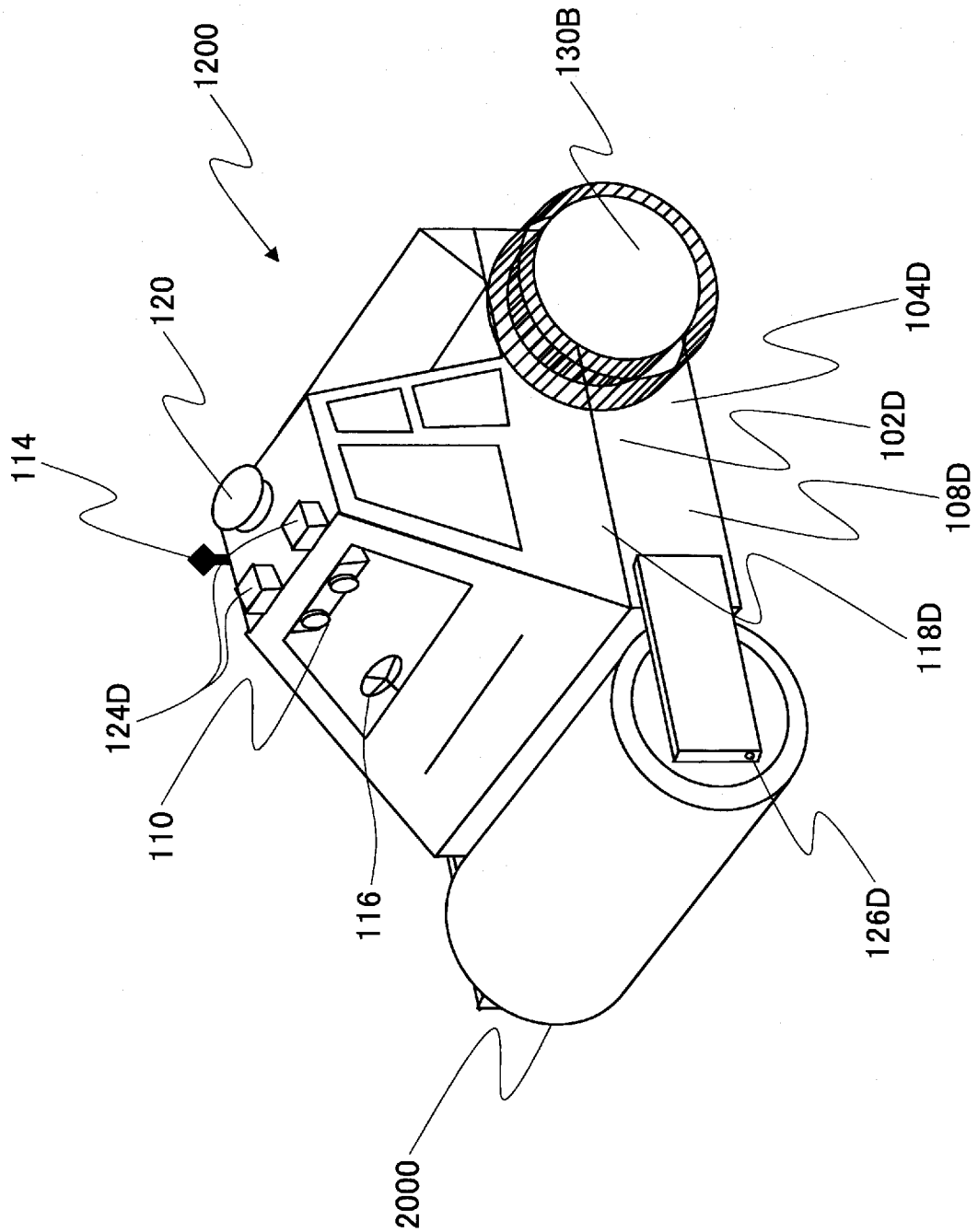
[図58]



[図59]


1502(1500)
CPU
ROM
RAM
SSD
I / F
700
701
702
704
705
706
707
708
710
712
7041
7042
7043
7044
7045

[図60]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/061542

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G05D1/02(2006.01)i, *A01B69/00*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G05D1/02, A01B69/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-280451 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 07 October 2004 (07.10.2004), paragraphs [0040] to [0087]; fig. 1 to 27 & US 2006/0184274 A1 & WO 2004/081683 A1 & DE 112004000438 T5 & TWI 242701 B & KR 10-2005-0108396 A	1-16
Y	JP 3-208105 A (Tennant Co.), 11 September 1991 (11.09.1991), page 5, lower right column, line 20 to page 6, upper left column, line 14; fig. 3 & US 5020620 A & EP 420447 A2	1-3,7-11, 13-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
02 July 2015 (02.07.15)	14 July 2015 (14.07.15)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/061542

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-20543 A (Yamaha Motor Co., Ltd.), 31 January 2013 (31.01.2013), paragraphs [0040] to [0047]; fig. 11 (Family: none)	3,7-10,13
Y	JP 6-133624 A (Yanmar Agricultural Equipment Co., Ltd.), 17 May 1994 (17.05.1994), paragraphs [0009] to [0012]; fig. 1, 3 (Family: none)	1,4-10,12,13
Y	JP 2012-84121 A (Ricoh Co., Ltd.), 26 April 2012 (26.04.2012), paragraph [0019]; fig. 3 & US 2012/0069181 A1 & EP 2439716 A2	5,9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０６１５４２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G05D1/02(2006.01)i, A01B69/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G05D1/02, A01B69/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2004-280451 A（松下電工株式会社）2004.10.07, 段落【００４０】－【００８７】、図１－２７ & US 2006/0184274 A1 & WO 2004/081683 A1 & DE 112004000438 T5 & TWI 242701 B & KR 10-2005-0108396 A	１－１６
Y	JP 3-208105 A（テナント・カンパニー）1991.09.11, 第５頁右下欄第２０行－第６頁左上欄第１４行、第３図 & US 5020620 A & EP 420447 A2	１－３， ７－１１， １３－１６

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０２．０７．２０１５	１４．０７．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｕ　３４３３
後藤　健志
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ｙ	JP 2013-20543 A（ヤマハ発動機株式会社）2013.01.31, 段落【００４０】－【００４７】、図１１（ファミリーなし）	３， ７－１０， １３
Ｙ	JP 6-133624 A（ヤンマー農機株式会社）1994.05.17, 段落【０００９】－【００１２】、図１、図３（ファミリーなし）	１， ４－１０， １２，１３
Ｙ	JP 2012-84121 A（株式会社リコー）2012.04.26, 段落【００１９】、図３ & US 2012/0069181 A1 & EP 2439716 A2	５，９