

(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  
2023年6月29日(29.06.2023)



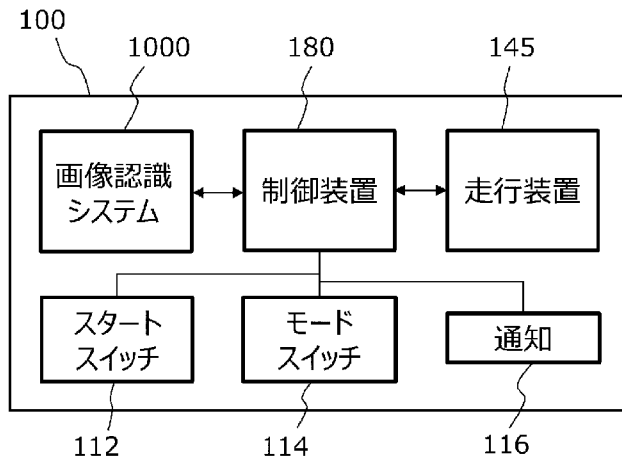
(10) 国際公開番号

WO 2023/120183 A1

- (51) 国際特許分類:  
A01B 69/00 (2006.01) G06T 7/90 (2017.01)  
G06T 7/00 (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/045042
- (22) 国際出願日: 2022年12月7日(07.12.2022)
- (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 2021-210083 2021年12月24日(24.12.2021) JP  
特願 2021-210084 2021年12月24日(24.12.2021) JP
- (71) 出願人: 株式会社クボタ (KUBOTA CORPORATION) [JP/JP]; 〒5568601 大阪府
- 大阪市浪速区敷津東1丁目2番47号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 宮下 隼輔 (MIYASHITA, Shunsuke); 〒5900908 大阪府堺市堺区匠町1番地11 株式会社クボタ グローバル技術研究所内 Osaka (JP). 反甫 透 (TAMBO, Toru); 〒5900908 大阪府堺市堺区匠町1番地11 株式会社クボタ グローバル技術研究所内 Osaka (JP). 長尾 充朗 (NAGAO, Mitsuaki); 〒5900908 大阪府堺市堺区匠町1番地11 株式会社クボタ グローバル技術研究所内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 奥田 誠司 (OKUDA Seiji); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜一丁目8番16号 大阪証券取引所ビル10階 奥田国際特許事務所 Osaka (JP).

(54) Title: AGRICULTURAL MACHINE

(54) 発明の名称: 農業機械



- 112 Start switch
- 114 Mode switch
- 116 Notification
- 145 Traveling device
- 180 Control device
- 1000 Image recognition system

(57) Abstract: This agricultural machine comprises: an image recognition system that detects at least one column region among a ridge and crops provided on the ground of a farm field; a traveling device including a steering wheel; and a control device that can operate in a column following travel mode for controlling the traveling device such that the image recognition system travels along the detected column region. The control device continues traveling for a prescribed time or by a prescribed distance when the image recognition system has detected a defect location in the column region or the end of the farm field during operation in the column following travel mode.

(57) 要約: 農業機械は、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方の列領域を検出する画像認識システムと、操舵輪を含む走行装置と、画像認識システムが検出した列領域に沿って走行するよう走行装置を制御する列倣い走行モードで動作することができる制御装置とを備える。制御装置は、列倣い走行モードで動作中、画像認識システムが列領域の欠損箇所または圃場終端を検出したとき、所定の時間または所定の距離だけ走行を継続する。

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

## 明 細 書

**発明の名称 : 農業機械**

### 技術分野

[0001] 本開示は、農業機械に関する。

### 背景技術

[0002] 圃場で使用されるトラクタなどの作業車両の自動化に向けた研究開発が進められている。例えば、精密な測位が可能なGNSS (Global Navigation Satellite System) などの測位システムを利用して自動操舵で走行する作業車両が実用化されている。自動操舵に加えて速度制御を自動で行う作業車両も実用化されている。

[0003] また、圃場における作物の列（作物列）または畝をカメラなどの撮像装置を用いて検出し、検出した作物列または畝に沿って作業車両の走行を制御するビジョン・ガイダンスシステムが開発されつつある。

[0004] 特許文献1は、列状に形成された畝に作物が植えられた耕作地を畝に沿って走行する作業機を開示している。特許文献1は、車載カメラで耕作地を斜め上方から撮影して取得した原画像を二値化処理した後、平面射影変換画像を生成することを記載している。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2016-208871号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] 画像認識技術を利用して農業機械が作物列または畝などの列領域に沿って自動操舵で走行しているとき、画像認識システムが列領域を常に継続して検出し続けられるとは限られない。

[0007] 本開示は、このような課題を解決することが可能な農業機械を提供する。

#### 課題を解決するための手段

[0008] 本開示による農業機械は、例示的で非限定的な実施形態において、取得した画像から、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方の列領域を検出する画像認識システムと、操舵輪を含む走行装置と、前記走行装置を制御する制御装置であって、前記画像認識システムが検出した前記列領域に沿って走行するよう前記走行装置を制御する列倣い走行モードで動作することができる、制御装置とを備え、前記制御装置は、前記列倣い走行モードで動作中、前記画像認識システムが前記列領域の欠損箇所または圃場終端を検出したとき、所定の時間または所定の距離だけ走行を継続する。

[0009] 本開示の包括的または具体的な態様は、装置、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム、もしくはコンピュータが読み取り可能な非一時的記憶媒体、またはこれらの任意の組み合わせによって実現され得る。コンピュータが読み取り可能な記憶媒体は、揮発性の記憶媒体を含んでいてもよいし、不揮発性の記憶媒体を含んでいてもよい。装置は、複数の装置で構成されていてもよい。装置が2つ以上の装置で構成される場合、当該2つ以上の装置は、1つの機器内に配置されてもよいし、分離した2つ以上の機器内に分かれて配置されていてもよい。

### 発明の効果

[0010] 本開示の実施形態によれば、農業機械が作物列または畝などの列領域に沿って自動操舵走行中に画像認識システムが列領域の欠損箇所または圃場終端を検出した場合でも、自動操舵モードが突然解除されないため、運転者を慌てさせることがない。また、その結果として、運転者が手動操舵へ切り替えるための動作を行う時間的余裕が生まれ、手動操舵による走行、または走行停止などの操作をスムーズに行うことが可能になる。

### 図面の簡単な説明

[0011] [図1]本開示における農業機械の基本構成例を模式的に示すブロック図である。

[図2]画像認識システムの構成例を示すブロック図である。

[図3]農業機械のステアリングホイールの周辺に設けられているスイッチなど

の配置例を模式的に示す図である。

[図4]表示装置の他の例を示す斜視図である。

[図5]農業機械の動作状態を表示する操作端末の表示画面を模式的に示す図である。

[図6]農業機械の他の動作状態を表示する操作端末の表示画面を模式的に示す図である。

[図7]農業機械の更に他の動作状態を表示する操作端末の表示画面を模式的に示す図である。

[図8]農業機械の更に他の動作状態を表示する操作端末の表示画面を模式的に示す図である。

[図9]農業機械の更に他の動作状態を表示する操作端末の表示画面を模式的に示す図である。

[図10]農業機械の更に他の動作状態を表示する操作端末の表示画面を模式的に示す図である。

[図11]農業機械に取り付けられた撮像装置が地面を撮影する様子を模式的に示す図である。

[図12]農業機械に対して固定されたボディ座標系 $\Sigma b$ およびカメラ座標系 $\Sigma c$ と、地面に対して固定されたワールド座標系 $\Sigma w$ との関係を模式的に示す斜視図である。

[図13]地面に複数の作物列が設けられた圃場の一部を模式的に示す上面図である。

[図14]図13に示す農業機械の撮像装置が取得した画像の例を模式的に示す図である。

[図15]農業機械の位置および向き（ヨ一方向の角度）を調整した状態を模式的に示す上面図である。

[図16]図15の状態にある農業機械の撮像装置が取得した画像の例を示す図である。

[図17]本開示の第1実施形態における処理装置の構成例を模式的に示すブロ

ック図である。

[図18]トラクタに搭載された車載カメラが取得した時系列カラー画像における1フレームの画像に対応するモノクロ画像である。

[図19]時系列カラー画像における1フレームの画像のRGB値を緑過剰指標 ( $E \times G = 2 \times g - r - b$ ) に変換した強調画像を示す図である。

[図20]図19の画像における緑過剰指標 ( $E \times G$ ) のヒストグラムである。

[図21]第1画素 (例えば作物画素) と第2画素 (背景画素) とに分類された上面視画像 (俯瞰画像) の例を示す図である。

[図22]カメラ座標系  $\Sigma c 1$  およびカメラ座標系  $\Sigma c 2$  のそれぞれと、基準平面  $R e$  との配置関係を模式的に示す斜視図である。

[図23]上面視画像における作物列の方向と走査ラインの方向とが平行な例を示す模式図である。

[図24]図23の上面視画像について得られた積算値ヒストグラムの例を模式的に示す図である。

[図25]上面視画像における作物列の方向と走査ラインの方向とが交差する例を示す模式図である。

[図26]図25の上面視画像について得られた積算値ヒストグラムの例を模式的に示す図である。

[図27]本開示の実施形態における処理装置が作物列のエッジラインを決定するアルゴリズムの例を示すフローチャートである。

[図28]図21の上面視画像から得られた積算値ヒストグラムを示す図である。

[図29]本開示の実施形態における処理装置が実行する処理を示すブロック図である。

[図30]作物列の一部に欠損箇所がある上面視画像の例を示す模式図である。

[図31]図30の上面視画像について得られた積算値ヒストグラムの例を模式的に示す図である。

[図32]上面視画像を複数のブロックに分割する形態を説明するための図であ

る。

[図33]図32の各ブロックにおける、走査ラインの位置と指標値の積算値との関係を模式的に示す図である。

[図34]図33の各ブロックにおける作物列中心と、作物列中心に対する近似線の例を示す図である。

[図35]図34の近似線に基づいて決定した作物列のエッジラインの例を示す上面図である。

[図36]作物列が曲線上に曲がる部分を含む場合において、上面視画像の一部または全部を複数のブロックに分割して、複数のブロックのそれぞれについて、エッジラインの位置を決定する方法を説明するための図である。

[図37]図37の各ブロックにおける、走査ラインの位置と指標値の積算値（ヒストグラム）との関係を模式的に示す図である。

[図38]図37の各ブロックにおける作物列中心と、作物列中心に対する近似線の例を示す図である。

[図39]図38の近似曲線に基づいて決定した作物列のエッジラインの例を示す上面図である。

[図40]地面に設けられた畝の列を模式的に示す斜視図である。

[図41]撮像装置から時刻  $t$  に取得した画像を示す図である。

[図42]撮像装置から時刻  $t$  に取得した画像と、時刻  $t + 1$  に取得した画像との間にある特徴点の対応関係を模式的に示す図である。

[図43]撮像装置が取得する画像に映る畝および中間領域（作業通路）上の特徴点の移動を模式的に示す斜視図である。

[図44]画像平面に投影された特徴点の移動量（第1移動量）と、基準平面に投影された特徴点の移動量（第2移動量）との関係を模式的に示す図である。

。

[図45]本開示の第2実施形態における処理装置が実行する処理を示すブロック図である。

[図46]走査ライン上における特徴点の高さの平均値と、走査ラインの位置と

の関係を示す図である。

[図47]本開示の第3実施形態における画像認識システムの基本的な構成例を示す図である。

[図48]撮像装置から処理装置が取得した画像の例を示す図である。

[図49]図48の画像の一部を示す図である。

[図50]作物列が設けられた地面の一部を模式的に示す上面図である。

[図51]画像内に映っている前輪の一部に含まれる点P3、P4と、基準平面Re上の対応点P3'、P4'との位置関係を模式的に示す図である。

[図52]本開示における農業機械の基本構成例を模式的に示すブロック図である。

[図53]農業機械の撮像装置が取得する時系列画像の地面における撮像範囲を模式的に示す上面図である。

[図54]圃場の地面における作物列の配置例、および、移動中における農業機械の複数の位置における状態を模式的に示す図である。

[図55]農業機械が図54の位置P10にあるときのサーチ領域と作物列との位置関係を模式的に示す平面図である。

[図56]農業機械が図54の位置P10にあるときのサーチ領域を構成する各ブロックの領域分類の結果を模式的に示す図である。

[図57]農業機械が図54の位置P11にあるときのサーチ領域と作物列との位置関係を模式的に示す平面図である。

[図58]農業機械が図54の位置P11にあるときのサーチ領域を構成する各ブロックの領域分類の結果を模式的に示す図である。

[図59]農業機械が図54の位置P12にあるときのサーチ領域と作物列との位置関係を模式的に示す平面図である。

[図60]農業機械が図54の位置P12にあるときのサーチ領域を構成する各ブロックの領域分類の結果を模式的に示す図である。

[図61]3本の作物列が映る上面視画像のサーチ領域の例を示す図である。

[図62]図61の上面視画像におけるサーチ領域内の各ブロックについて得ら

れた、走査ラインの位置と指標値の積算値との関係（積算値のヒストグラム）を模式的に示す図である。

[図63]図62のサーチ領域内で検出した「列領域」が形成する二次元ブロック配置パターンの例を模式的に示す図である。

[図64]斜めに延びる2本の作物列が映る上面視画像のサーチ領域の例を示す図である。

[図65]図64の上面視画像におけるサーチ領域内の各ブロックについて得られた、走査ラインの位置と指標値の積算値との関係（積算値のヒストグラム）を模式的に示す図である。

[図66]図65のサーチ領域内で検出した「列領域」が形成する二次元ブロック配置パターンの例を模式的に示す図である。

[図67]処理装置が列領域を検出する手順の例を示すフローチャートである。

[図68]本開示の実施形態における処理装置が実行する処理を示すブロック図である。

[図69]サーチ領域内において、農業機械の車輪が通る経路に関連するブロックを示す図である。

[図70]サーチ領域内におけるブロックの他の配置例を示す図である。

[図71]サーチ領域内におけるブロックの更に他の配置例を示す図である。

[図72]本開示の実施形態における農業機械の外観の例を示す斜視図である。

[図73]作業機が装着された状態の農業機械の例を模式的に示す側面図である。

[図74]農業機械および作業機の概略的な構成の例を示すブロック図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示の実施形態を説明する。ただし、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明および実質的に同一の構成に関する重複する説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になることを避け、当業者の理解を容易にするためである。なお、発明者は、当業者が本開示を十分に理解するために添付図面およ

び以下の説明を提供するのであって、これらによって特許請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものではない。以下の説明において、同一または類似の機能を有する構成要素については、同じ参照符号を付している。

[0013] 下記の実施形態は例示であり、本開示の技術は、以下の実施形態に限定されない。例えば、以下の実施形態について示される数値、形状、材料、ステップ、そのステップの順序、表示画面のレイアウトなどは、あくまでも一例であり、技術的に矛盾が生じない限りにおいて種々の改変が可能である。また、技術的に矛盾が生じない限りにおいて、一の態様と他の態様とを組み合わせることが可能である。

[0014] 本開示における「農業機械」は、「耕す」、「植える」、「収穫する」などの農業の基本的な作業を圃場で行う機械を広く含む。農業機械は、圃場内の地面に対して、耕耘、播種、防除、施肥、作物の植え付け、または収穫などの農作業を行う機能および構造を備える機械である。これらの農作業を「対地作業」または単に「作業」と称することがある。また、トラクタのような作業車両が単独で「農業機械」として機能する場合に限られず、作業車両に装着または牽引される作業機（インプルメント）と作業車両の全体がひとつの「農業機械」として機能する場合がある。農業機械の例は、トラクタ、乗用管理機、野菜移植機、草刈機、および、圃場用移動ロボットを含む。

[0015] <基本構成>

本開示の実施形態を具体的に説明する前に、本開示における農業機械の基本構成と動作の例を説明する。

[0016] 図1は、本開示における農業機械の基本構成例を模式的に示すブロック図である。この例における農業機械100は、画像認識システム1000と、操舵輪を含む走行装置145と、走行装置145を制御する制御装置180とを備える。画像認識システム1000は、例えば、図2に示されるように、農業機械100に取り付けられるカメラなどの撮像装置120と、少なくとも1つのコンピュータによって実現され得る処理装置122とを備える。

画像認識システム1000は、撮像装置120によって取得した画像から、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方の列領域を検出するように構成されている。画像認識システム1000による列領域の検出方法については、後に詳しく説明する。

[0017] 本開示における農業機械100は、通常の手動操舵による走行とは別に、「列倣い走行」を行うことができる。「列倣い走行」とは、画像認識システム1000が検出した列領域に沿って自動操舵によって走行することである。列倣い走行モードにおいて、制御装置180は、画像認識システム1000が検出した列領域に沿って走行するように走行装置145を制御する。列倣い走行時における操舵輪の向きは、人がステアリングホイールを操作しなくても、例えばステアリングモータによって自動的に制御される。このような列倣い走行は、走行装置が有する車輪（操舵輪を含むすべての車輪）が、隣接する2本の列領域の間にある領域（作業通路）を通過して移動するように、制御装置180が走行装置145を制御して実行される。したがって、画像認識システム1000は、列倣い走行中、倣いの対象となる列領域の位置（列領域の例えば「エッジ」の位置）と車輪の位置との関係を数センチメートル程度の高い精度でモニタすることができる。

[0018] なお、本開示において、「車輪」は「タイヤ付き車輪」または「無限軌道付き車輪」を意味している。以下、車輪のうちの、例えばタイヤの部分を目指すときは「タイヤ」の文言を使用し、例えば金属製の「ホイール」の部分を目指すときには「金属製ホイール」の文言を使用する。

[0019] このように画像認識システム1000は、画像の中から列領域を検出するだけでなく、検出した列領域の農業機械100に対する相対位置を演算によって高い精度で算出するように構成されている。列領域の農業機械100に対する相対的な位置は、例えば、農業機械100に固定された局所座標系における列領域の座標である。列倣い走行を行うとき、列領域の座標は、地上に固定された世界座標系における座標に変換される必要はない。このため、列倣い走行中の農業機械100は、世界座標系における自己位置（例えば

緯度および経度)を正確に計測する必要はない。しかし、農業機械100が自己位置推定装置を備えている場合、農業機械100に固定された局所座標系における列領域の座標を、地上に固定された世界座標系における座標に変換して列領域の地図を生成してもよい。

[0020] なお、列倣い走行中、農業機械100の走行速度は、運転者(オペレータ)が操作するアクセルペダルおよびブレーキペダルなどの操作部材の位置に応じて制御され得る。ただし、農業機械100の走行速度も制御装置180によって自動制御されてもよい。

[0021] 図1に示されるように、本開示における農業機械100は、列倣い走行の開始を指令するスタートスイッチ112を備えていてもよい。より具体的には、スタートスイッチ112は、画像認識システム1000が検出した列領域に沿って走行するように制御装置180が走行装置145を制御する列倣い走行の開始を指令する。図1の例において、スタートスイッチ112は、制御装置180に接続されているが、画像認識システム1000に接続されていてもよい。

[0022] スタートスイッチ112は、農業機械100における運転席の周囲、あるいはステアリングホイールの周辺に設けられ得る。

[0023] 図3は、農業機械100のステアリングホイール118の周辺に設けられているスイッチなどの配置例を模式的に示す図である。この例において、スタートスイッチ112は、例えば中立位置から上、下、前、後に切換可能なレバーである。スタートスイッチ112は、農業機械100の運転者に操作される部材の一つである。農業機械100には、運転者が操作する各種のスイッチが設けられている。以下、農業機械100の運転者を「オペレータ」と称する。

[0024] 再び図1を参照する。本開示における制御装置180は、列倣い走行モードで動作中、画像認識システム1000が列領域の欠損箇所または圃場終端を検出したとき、所定の時間または所定の距離だけ走行を継続するように構成されている。ここで、「列領域の欠損箇所」の例は、作物列の一部で作物

が枯れるなどして作物列が欠損している部分、畝の一部が破壊されている部分、作物列または畝が部分的に何らかの物体に覆われている部分を含む。また、現実には作物列または畝に欠損が生じている場合だけではなく、画像認識システム1000の誤認識によって列領域として正しく検出できなかった領域も「列領域の欠損箇所」に含まれるものとする。したがって、「列倣い走行モードで動作中、画像認識システムが領域の欠損箇所または圃場終端を検出したとき」とは、「画像認識システムが列領域を見失ったとき」を含むように解釈される。なお、列倣い走行中における圃場終端の検出は、農業機械100が走行中に倣いの対象とする列領域を含む複数の列領域が揃って終端を有していることを検出することによって可能である。

[0025] 画像認識システム1000が「列領域の欠損箇所」を検出した場合、自動操舵モードが突然解除されると、正常な操舵が実行されず、意図しない走行不良の発生する可能性がある。しかし、本開示によれば、画像認識システム1000が列領域を部分的に見失っても、自動操舵モードでの走行が直ちに停止しないため、運転者が手動操舵へ切り替えるための動作を行う時間的余裕が生まれ、手動操舵による走行、または走行停止などの操作をスムーズに行うことが可能になる。農業機械100が圃場終端に近づいたときも、自動操舵モードが突然解除されないため、同様の効果が達成される。

[0026] 農業機械100が停止した後は、オペレータによる手動操作で走行することが可能になる。再び、オペレータが列倣い走行の開始を求める場合、前述したスタートスイッチ112を操作して列倣い走行開始の指令を発すればよい。この場合、画像認識システム1000が列倣い走行が可能な状態にあるか否かを判定し、列倣い走行が可能であるときのみ、自動操舵モードで列倣い走行が再開され得る。

[0027] 画像認識システム1000が列領域を見失った後に継続する自動操舵走行の「所定の時間」は、例えば1秒以上5秒以下の範囲から設定され得る。また、「所定の距離」は、例えば1メートル以上5メートル以下の範囲、あるいは農業機械100の長さから設定され得る。これらの「所定の時間」およ

び「所定の距離」は、制御装置180が農業機械100の走行速度に応じて異なる値に決定してもよい。制御装置180は、「所定の時間」および／または「所定の距離」と走行速度との関係を規定するテーブル、あるいは計算式を記憶装置に格納していてもよい。なお、農業機械100が走行する距離は、制御装置180が例えば走行装置145から取得した車輪の回転数に基づいて決定してもよいし、GNSSなどの測位システム、または自己位置推定技術を用いて決定してもよい。農業機械100が走行する時間は、タイマーによって計測することによって決定され得る。また、農業機械100が走行する距離は、制御装置180が走行速度と走行時間の積に基づいて決定してもよい。

[0028] 一般に、作物列および畝の向きは不連続に大きく変化することはなく、列領域のエッジは、直線または緩やかに方向が変化する曲線によって構成される。このため、制御装置180は、画像認識システム1000が列領域を見失った後、農業機械100が走行してきた経路の延長線に沿って走行するよう走行装置145を制御することが好ましい。制御装置180は、このような走行を継続した後、停止してもよい。

[0029] 制御装置180は、画像認識システム1000が列領域の欠損箇所または圃場終端を検出した後、所定の時間または所定の距離だけ走行を継続している間に、画像認識システム1000が新たな列領域を検出した場合は、新たな列領域に沿って走行するよう走行装置145を制御するように構成されていてもよい。

[0030] なお、農業機械100によって作業機が装着または牽引されている場合、制御装置180は、上記の「所定の時間」または「所定の距離」を作業機に応じて決定してもよい。例えば「所定の距離」は農業機械100の長さとして作業機の長さを加算した長さを基準とし、列領域の欠損箇所または圃場終端を検出してから作業機がその列領域の欠損箇所または圃場終端を作業機が通過する距離としてよい。また、「所定の時間」を作業機の種類に応じた作業速度と作業機の長さを考慮して、作業機がその列領域の欠損箇所または圃場終

端を作業機が通過する時間としてよい。また、作業履歴を記憶している場合において、農業機械100が圃場の終端に接近する場合、隣接する前回の作業終了点を作業機が通過する距離や時間を「所定の距離」、「所定の時間」を設定してもよい。

[0031] 農業機械100は、画像認識システム1000が圃場終端を検出したとき、走行の停止予告をオペレータに通知する通知手段を備えていてもよい。このような通知手段の例は、アイコン、文字または記号を表示する表示装置、LEDなどの発光装置、および、ブザーまたはスピーカなどの音もしくは振動を発生する音響装置を含む。画像認識システム1000が複数の列領域の終端を検出することにより、その結果として圃場終端を検出した場合には、表示装置の画面内に「列倣い走行可能」を示すアイコン、文字または記号が表示され、列倣い走行が不能な状態にある場合には、表示装置の画面内に「列倣い走行不能」を示すアイコン、文字または記号が表示され得る。更に、列倣い走行が不能な状態にある場合において、オペレータによってスタートスイッチ112が操作され、列倣い走行の開始の指令が出されたときは、「現在、列倣い走行はできません」などの音声音が音響装置から発せられたり、文字が表示装置に表示されたりし得る。

[0032] 図3の例において、ステアリングホイール118の周辺に位置する表示装置117に「列倣い走行」の可否を示す記号が通知116として表示され得る。上記のように、画像認識システム1000が列領域の欠損箇所または圃場終端を検出したとき、農業機械100が圃場終端に接近していることを示す通知116が表示装置117に表示され得る。

[0033] 図4は、表示装置117の他の例を示す斜視図である。表示装置117は、運転席の周辺に配置される操作端末200を備えていてもよい。この操作端末200の表示装置117には、例えば図5に示されるように、圃場終端に近づいていることを示す文字、記号などの通知116が表示され得る。図5では、表示装置117に表示される列領域がハッチングされたバー状の領域として模式的に記載されている。

- [0034] 図6は、農業機械100が圃場終端に達し、もうすぐ停止することを予告する通知116の表示の例を示している。
- [0035] 図7は、農業機械100が圃場終端を通り過ぎ、停止したことを示す通知116の表示の例を示している。この通知116は、図7に示されるように、列倣い走行時の自動操舵から手動操舵に切り替わったことを示す情報を含んでいてもよい。
- [0036] 図8は、圃場内で列倣い走行中に画像認識システム1000が列領域の欠損箇所を検出し、所定の時間または所定の距離だけ走行した後、自動で停止することを予告する通知116の表示の例を示している。
- [0037] 図9は、圃場内で列倣い走行中に画像認識システム1000が列領域の欠損箇所を検出したが、停止することなく、自動操舵で列倣い走行を継続することを示す通知116の表示の例を示している。
- [0038] なお、農業機械100が列倣い走行中に圃場終端を超えて停止した後、手動操舵によってオペレータが農業機械100をターンさせて列倣い走行を再開する場合、画像認識システム1000は、農業機械100の車輪の位置に基づいて列倣い走行が可能な状態にあるか否かを判定することが望ましい。画像認識システム1000が列倣い走行が可能な状態にないと判定した場合、そのことを示す通知116が表示装置117に表示されてもよい。
- [0039] 図10は、画像認識システム1000が列倣い走行が可能な状態にないと判定した場合、表示装置117に示される通知116の例を示している。
- [0040] 制御装置180は、画像認識システム1000が列領域を検出し、且つ、列領域の両側または一方の側に所定幅以上の作業通路領域を検出した場合に、列倣い走行モードを実行するように構成されていてもよい。制御装置180は、作業通路領域と操舵輪の位置とに基づいて、操舵輪が作業通路領域を通過できるか否かを決定し、操舵輪が作業通路領域を通過できないと決定したときは、列倣い走行モードを停止するように構成され得る。
- [0041] 農業機械100は、図1および図3に示されるように、自動操舵モードと手動操舵モードを切り替えるモードスイッチ114を備えていてもよい。制

御装置 180 は、モードスイッチ 114 によって自動操舵モードが選択された場合に、スタートスイッチ 112 による列倣い走行の開始を許可することができる。具体的には、モードスイッチ 114 によって自動操舵モードが選択されると、例えば、自動操舵のためステアリングモータに通電が開始され得る。また、画像認識システム 1000 は、モードスイッチ 114 によって自動操舵モードが選択された場合、列領域を検出するための画像認識処理を開始するように構成されてもよい。

[0042] モードスイッチ 114 によって自動操舵モードが選択されたことに応答して画像認識システム 1000 が画像認識処理を開始する場合、画像認識システム 1000 は、画像処理を複数の段階に分けて実行するように構成されていてもよい。

[0043] 図 3 の例において、モードスイッチ 114 は、ステアリングホイール 118 の周辺に設けられている。この例において、モードスイッチ 114 は、押しボタンである。モードスイッチ 114 は、例えば、手動操舵モードから自動操舵モードに切り替えるとき、オフ状態からオン状態に切り替えられる。逆に、自動操舵モードから手動操舵モードに切り替えるとき、オン状態からオフ状態に切り替えられる。言い換えると、モードスイッチ 114 は、自動操舵モードの開始および終了を規定するスイッチである。ただし、本開示において、自動操舵モードの開始は、直ちに自動操舵によって列倣い走行を開始することを意味しない。前述のように、画像認識システム 1000 の検出結果に基づいて列倣い走行可能な状態であると判定され、かつ、オペレータがスタートスイッチ 112 によって列倣い走行の開始を指令したとき、制御装置 180 によって列倣い走行が開始される。

[0044] ある実施形態では、自動操舵モードが有効であり、かつ、列倣い走行が可能な状態において、オペレータがスタートスイッチ 112 を例えば中立位置から下方に切り換えたとき、列倣い走行が開始される。また、列倣い走行中において、オペレータがスタートスイッチ 112 を例えば中立位置から上方に切り換えたとき、スタートスイッチ 112 から出力されていた列倣い走行

の開始を指令する信号の出力が停止されるか、あるいは、スタートスイッチ 112 から列倣い走行の停止を指令する信号が出力され得る。このように、スタートスイッチ 112 は、農業機械 100 が有する列倣い走行の機能をオンにするスイッチであるが、本開示における制御装置 180 は、スタートスイッチ 112 による列倣い走行開始の指令があっても、直ちに列倣い走行を開始しないように構成されていてもよい。画像認識システム 1000 が列倣い走行が可能な状態か否かの判定を行い、列倣い走行が可能な状態と判定された場合のみ、スタートスイッチ 112 による指令を有効にすることが望ましい。この処理および動作は、列倣い走行が可能な状態にない場合に列倣い走行を開始することを防止し、作物列または畝を車輪で踏み壊す事態を回避可能にする。

[0045] なお、列倣い走行中、農業機械 100 の走行速度は、オペレータが操作するアクセルペダルおよびブレーキペダルなどの操作部材の位置に応じて制御され得る。ただし、農業機械 100 の走行速度も制御装置 180 によって自動制御されてもよい。

[0046] 以下、図 1 に示される画像認識システム 1000 の実施形態を説明する。それについて、本開示による農業機械 100 の実施形態を詳しく説明する。

[0047] (画像認識システムの実施形態 1)

まず、本開示の例示的な第 1 の実施形態における画像認識システムを説明する。本実施形態では、「列検出」として作物列の検出が行われる。

[0048] 本実施形態における画像認識システム 1000 は、農業機械 100 に取り付けられて使用される撮像装置 120 を備える(図 2)。撮像装置 120 は、地面の少なくとも一部を含む時系列カラー画像を取得するように農業機械 100 に固定されている。

[0049] 図 11 は、例えばトラクタまたは乗用管理機などの農業機械 100 に取り付けられた撮像装置 120 が地面 10 を撮影する様子を模式的に示している。図 11 の例において、農業機械 100 は、走行可能な車両本体 110 を備え、撮像装置 120 は車両本体 110 に固定されている。参考のため、図 1

1には、互いに直交する $X_b$ 軸、 $Y_b$ 軸、 $Z_b$ 軸を有するボディ座標系 $\Sigma_b$ が示されている。ボディ座標系 $\Sigma_b$ は、農業機械100に固定された座標系であり、ボディ座標系 $\Sigma_b$ の原点は、例えば農業機械100の重心付近に設定され得る。図では、見やすさのため、ボディ座標系 $\Sigma_b$ の原点が農業機械100の外部に位置しているように記載されている。本開示におけるボディ座標系 $\Sigma_b$ では、 $X_b$ 軸は農業機械100が直進するときの走行方向（矢印Fの方向）に一致している。 $Y_b$ 軸は、座標原点から $X_b$ 軸における正方向を見たときの真右の方向に一致し、 $Z_b$ 軸は鉛直下方の方向に一致する。

[0050] 撮像装置120は、例えば、CCD (Charge Coupled Device) またはCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサを有する車載カメラである。本実施形態における撮像装置120は、例えば、3フレーム/秒 (fps: frames per second) 以上のフレームレートで動画を撮影することができる単眼カメラである。

[0051] 図12は、上述したボディ座標系 $\Sigma_b$ と、撮像装置120のカメラ座標系 $\Sigma_c$ と、地面10に固定されたワールド座標系 $\Sigma_w$ との関係を模式的に示す斜視図である。カメラ座標系 $\Sigma_c$ は、互いに直行する $X_c$ 軸、 $Y_c$ 軸、 $Z_c$ 軸を有しており、ワールド座標系 $\Sigma_w$ は、互いに直行する $X_w$ 軸、 $Y_w$ 軸、 $Z_w$ 軸を有している。図12の例において、ワールド座標系 $\Sigma_w$ の $X_w$ 軸および $Y_w$ 軸は、地面10に沿って広がる基準平面Re上にある。

[0052] 撮像装置120は、農業機械100の所定位置に所定方向を向くように取り付けられる。このため、ボディ座標系 $\Sigma_b$ に対するカメラ座標系 $\Sigma_c$ の位置および向きは、既知の状態に固定される。カメラ座標系 $\Sigma_c$ の $Z_c$ 軸は、カメラ光軸 $\lambda_1$ 上にある。図示される例において、カメラ光軸 $\lambda_1$ は、農業機械100の走行方向Fから地面10に向かって傾斜しており、俯角 $\phi$ は、 $0^\circ$ よりも大きい。農業機械100の走行方向Fは、農業機械100が走行している地面10に対して概略的に平行である。俯角 $\phi$ は、例えば $0^\circ$ 以上 $60^\circ$ 以下の範囲に設定され得る。撮像装置120が取り付けられる位置が

地面10に近い場合、俯角 $\theta$ は負の値、言い換えると、正の仰角を有するようカメラ光軸 $\lambda$ 1の向きが設定されていてもよい。

[0053] 農業機械100が地面10の上を走行しているとき、ボディ座標系 $\Sigma b$ およびカメラ座標系 $\Sigma c$ は、ワールド座標系 $\Sigma w$ に対して並進する。走行中、農業機械100がピッチ、ロール、ヨーの方向に回転または揺動すると、ボディ座標系 $\Sigma b$ およびカメラ座標系 $\Sigma c$ は、ワールド座標系 $\Sigma w$ に対して回転し得る。以下の説明においては、簡単のため、農業機械100は、ピッチおよびロールの方向には回転せず、地面10に対して、ほぼ平行に移動するものとする。

[0054] 図13は、地面10に複数の作物列12が設けられている圃場の一部を模式的に示す上面図である。作物列12とは、圃場の地面10に作物が一方向に連続的に作付けされることによって形成された列である。言い換えれば、作物列12とは、圃場の畝に植え付けられた作物の集まりのことである。このように、個々の作物列12は、圃場に植えられた作物の集まりが形成する列であるため、作物列の形状は、厳密には、作物の形状および作物の配置に依存して複雑である。作物列12の幅は、作物の生育に応じて変化する。

[0055] 隣りあう作物列12の間には、作物が植えられていない中間領域14が帯状に存在する。各中間領域14は、隣りあう2本の作物列12の間で対向する2本のエッジラインEに挟まれた領域である。なお、1つの畝に対して、畝の幅方向に複数の作物が作付けされる場合、1つの畝上に複数の作物列12が形成されることになる。即ち、畝の条間に複数の作物列12が形成されることになる。このような場合は、畝上に形成された複数の作物列12のうち、畝の幅方向の端に位置する作物列12のエッジラインEが、中間領域14の基準となる。つまり、中間領域14は、複数の作物列12のエッジラインEのうち、畝の幅方向の端に位置する作物列12のエッジラインEの間となる。

[0056] 中間領域14は、農業機械100の車輪が通過する領域（作業通路）として機能するため、「中間領域」を「作業通路」と称する場合がある。

- [0057] 本開示において、作物列の「エッジライン」とは、農業機械が自動操舵によって列倣い走行をするときの目標経路を規定するための基準の線分（曲線を含み得る）を意味する。このような基準の線分は、農業機械の車輪の通過が許容される帯状の領域（作業通路）の両端として定義され得る。作物列の「エッジライン」を決定する具体的な方法については、後述する。
- [0058] 図13には、作物列12が設けられた圃場に進入しつつある1台の農業機械100が模式的に記載されている。この農業機械100は、左右の前輪（操舵輪）104Fと、左右の後輪104Rとを走行装置145として備えており、作業機（インプラメント）300を牽引している。前輪104Fは操舵輪である。
- [0059] 図13の例では、中央に位置する1本の作物列12の両側に位置する作業通路14に、それぞれ、太い破線の矢印L、Rが記載されている。農業機械100が実線の矢印Cで示される目標経路上を走行するとき、農業機械100の前輪104Fおよび後輪104Rは、作物列12を踏まないように、作業通路14の中を矢印L、Rに沿って移動することが求められる。本実施形態では、農業機械100に取り付けた撮像装置120を用いて画像認識システム1000が作物列12のエッジラインEを検出できるため、制御装置180および走行装置145の働きにより、前輪（操舵輪）104Fおよび後輪104Rが作業通路14の中を矢印L、Rに沿って移動するように農業機械100の操舵・走行を制御することが可能になる。このように作物列のエッジラインEに基づいて、農業機械100の操舵・走行を制御することを「列倣い走行制御」と呼んでもよい。本実施形態の農業機械100は、列倣い走行を行うための自動操舵モードと、通常の手動操舵モードとで走行することが可能である。オペレータが自動操舵モードと手動操舵モードとを切り替えるため、農業機械100は、図1および図3に示されるモードスイッチ114を備えていてもよい。オペレータは、列倣い走行を行うとき、モードスイッチ114を操作して、自動操舵モードを選択する。モードスイッチ114により、自動操舵モードが選択されると、画像認識システム1000は、

撮像装置 120 が取得した画像に基づいて、画像認識処理を開始する。

[0060] 図 14 は、図 13 に示す農業機械 100 の撮像装置 120 が取得した画像 40 の例を模式的に示す図である。地面 10 で平行に延びる複数の作物列 12 および中間領域（作業通路）14 は、理論的には、地平線 11 上にある消失点 P0 で交わる。消失点 P0 が画像 40 の右側の領域に位置している理由は、図 13 に示されるように、農業機械 100 の走行方向 F が、作物列 12 が延びる方向（矢印 C に平行な方向）に対して傾斜しているからである。

[0061] 本実施形態では、後述する方法により、このような画像 40 から作物列 12 を正確に検出し、作物列 12 のエッジライン E を決定することが可能になる。そして、エッジライン E に基づいて、列倣い走行中の農業機械 100 が進むべき経路（目標経路）を適切に生成することができる。その結果、自動操舵により、農業機械 100 の前輪 104 F および後輪 104 R が作業通路 14 の中を矢印 L、R に沿って移動するように農業機械 100 の走行を制御すること（列倣い走行制御）が可能になる。このような列倣い走行制御によれば、GNSS などの測位システムを利用した自動操舵技術では実現困難な、作物の生育状況に応じた精密な自動操舵が可能になる。

[0062] しかしながら、図 13 に示されるように、農業機械 100 の向きと作業通路 14 が延びる方向とが整合していない場合、自動操舵によっては農業機械 100 の前輪 104 F および後輪 104 R が作業通路 14 の中を矢印 L、R に沿って移動することが不可能な場合がある。画像認識システム 1000 は、操舵輪（前輪 104 F）の位置および向きに基づいて、列倣い走行が可能か否かを判定する。画像認識システム 1000 が列倣い走行が不能と判定した場合は、そのことがオペレータに通知される。オペレータは、通知に応じて、手動操舵により、農業機械 100 の位置および／または向きを調整する。

[0063] 図 15 は、目標経路（矢印 C）に対する位置誤差を縮小するように農業機械 100 を操舵して農業機械 100 の位置および向き（ヨー方向の角度）を調整した状態を模式的に示す上面図である。図 16 は、そのような状態にあ

る農業機械100の撮像装置120が取得した画像40の例を示す図である。図15の状態にある農業機械100の前輪104Fおよび後輪104Rは、それぞれ、作業通路14の中を矢印Lおよび矢印Rで示されるライン上に位置している。

[0064] 画像認識システム1000が列倣い走行不能と判定した後、オペレータの手動操舵により、農業機械100の状態が例えば図15に示される状態に変化すると、画像認識システム1000は、列倣い走行可能と判定し、そのことをオペレータに通知し得る。本実施形態では、画像認識システム1000は、通知後にオペレータが図3のスタートスイッチ112により列倣い走行の開始を指令するまで、その場で停止する。この状態でオペレータがスタートスイッチ112を操作して、列倣い走行開始の指令を発すると、制御装置180は、自動操舵による列倣い走行の開始を許可する。

[0065] 自動操舵による列倣い走行が開始し、図15の中央の矢印Cによって示される目標経路Cに沿って農業機械100が走行するとき、農業機械100における制御装置180および走行装置145は、前輪104Fおよび後輪104Rが、それぞれ、作業通路14から逸脱しないように操舵輪の操舵角を制御する。

[0066] 以下、本開示の実施形態による画像認識システムの構成および動作を詳細に説明する。

[0067] 本実施形態による画像認識システム1000は、図2に示すように、前述の撮像装置120と、撮像装置120から取得した時系列カラー画像の画像処理を行う処理装置122とを備える。処理装置122は、農業機械100が備える制御装置180に接続される。

[0068] 図2の処理装置122は、画像認識用の電子制御ユニット（ECU）によって実現され得る。ECUは、車載用のコンピュータである。処理装置122は、撮像装置120が出力する画像データを受け取るように、例えばワイヤハーネスなどのシリアル信号線によって撮像装置120に接続される。処理装置122が実行する画像認識の処理の一部が撮像装置120の内部（カ

メラモジュール内)で実行されてもよい。

[0069] 図17は、処理装置122のハードウェア構成例を示すブロック図である。処理装置122は、プロセッサ20、ROM(Read Only Memory)22、RAM(Random Access Memory)24、通信装置26、記憶装置28を備える。これらの構成要素は、バス30を介して相互に接続される。

[0070] プロセッサ20は、半導体集積回路であり、中央演算処理ユニット(CPU)またはマイクロプロセッサとも称される。プロセッサ20は、画像処理ユニット(GPU)を含んでいてもよい。プロセッサ20は、ROM22に格納された所定の命令群を記述したコンピュータプログラムを逐次実行し、本開示の列検出に必要な処理を実現する。プロセッサ20の一部または全部は、CPUを搭載したFPGA(Field Programmable Gate Array)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)またはASSP(Application Specific Standard Product)であってもよい。

[0071] 通信装置26は、処理装置122と外部のコンピュータとの間でデータ通信を行うためのインタフェースである。通信装置26は、CAN(Controller Area Network)などによる有線通信、または、Bluetooth(登録商標)規格および/またはWi-Fi(登録商標)規格に準拠した無線通信を行うことができる。

[0072] 記憶装置28は、撮像装置120から取得した画像、または、処理の途中における画像のデータを記憶することができる。記憶装置28の例は、ハードディスクドライブまたは不揮発性半導体メモリを含む。

[0073] 処理装置122のハードウェア構成は、上記の例に限定されない。処理装置122の一部または全部が農業機械100に搭載されている必要はない。通信装置26を利用することにより、農業機械100の外部に位置する1または複数のコンピュータを処理装置122の一部または全部として機能させ

ることも可能である。例えば、ネットワークに接続されたサーバコンピュータが処理装置 122 の一部または全部として機能し得る。一方、農業機械 100 が搭載するコンピュータが処理装置 122 に求められるすべての機能を実行してもよい。

[0074] 本実施形態では、このような処理装置 122 が、撮像装置 120 から時系列カラー画像を取得し、下記の動作 S1、S2、S3 を実行する。

(S1) 時系列カラー画像から、検出対象である作物列の色を強調した強調画像を生成する。

(S2) 強調画像から、作物列の色の指標値が閾値以上の第1画素と、この指標値が閾値未満の第2画素とに分類された、地面の上方から見た上面視画像を生成する。

(S3) 第1画素の前記指標値に基づいて、作物列のエッジラインの位置を決定する。

[0075] 以下、動作 S1、S2、S3 の具体例を詳細に説明する。

[0076] 時系列カラー画像は、撮像装置 120 が撮影によって時系列的に取得した画像の集まりである。それぞれの画像は、フレーム単位の画素群によって構成される。例えば、撮像装置 120 が 30 フレーム/秒のフレームレートで画像を出力する場合、処理装置 122 は、約 33 ミリ秒の周期で新しい画像を取得することが可能である。トラクタなどの農業機械 100 が圃場内を走行する速度は、公道を走行する一般の自動車の速度に比べて相対的に低く、例えば時速 10 キロメートル程度以下であり得る。時速 10 キロメートルの場合、約 33 ミリ秒で進む距離は約 6 センチメートルである。このため、処理装置 122 は、例えば 100 ~ 300 ミリ秒程度の周期で画像を取得してもよく、撮像装置 120 が撮像するすべてのフレームの画像を処理する必要はない。処理装置 122 が処理の対象とする画像の取得周期は、農業機械 100 の走行速度に応じて、処理装置 122 が自動的に変更してもよい。

[0077] 図 18 は、農業機械に搭載された撮像装置（この例では単眼カメラ）が取得した時系列カラー画像における 1 フレームの画像 40 に対応する画像であ

る。図18の画像には、圃場の地面に列状に植えられた作物の列（作物列）が映し出されている。この例において、作物の列は、地面の上で、ほぼ平行かつ等間隔に並び、撮像装置のカメラ光軸は農業機械の進行方向を向いている。前述したように、カメラ光軸は、農業機械の進行方向に対して平行である必要はなく、農業機械の進行方向の前方で地面に入射していてもよい。撮像装置の取り付け位置は、この例に限定されない。農業機械に複数の撮像装置が取り付けられる場合、幾つかの撮像装置は、進行方向に対して反対の方向、あるいは、進行方向と交差する方向にカメラ光軸を向けていてもよい。

[0078] 動作S1では、図2の処理装置122が、撮像装置120から取得した時系列カラー画像に基づいて、検出対象である作物列の色を強調した画像（強調画像）を生成する。作物は、太陽光（白色光）を受けて光合成を行うため、クロロフィル（葉緑素）を有している。クロロフィルは、赤色および青色に比べて、緑色の光吸収率が低い。このため、作物によって反射される太陽光のスペクトルは、土壌表面によって反射される太陽光のスペクトルに比べ、緑色の波長範囲で相対的に高い値を示す。その結果、作物の色は、一般に緑色の成分を多く含み、「作物列の色」は、典型例には緑色である。しかし、後述するように、「作物列の色」は、緑色に限定されない。

[0079] 撮像装置120におけるイメージセンサは、行および列状に配列された多数の光検出セルを有している。個々の光検出セルは、画像を構成する画素（ピクセル）に対応し、赤色の光の強度を検出するRサブ画素、緑色の光の強度を検出するGサブ画素、および、青色の光の強度を検出するBサブ画素を含む。各光検出セルにおけるRサブ画素、Gサブ画素、およびBサブ画素で検出される光の出力を、それぞれ、R値、G値、およびB値と呼ぶことにする。以下、R値、G値、およびB値を総称して「画素値」または「RGB値」と呼ぶ場合がある。R値、G値、およびB値を用いる場合、RGB色空間内の座標値によって色を規定することができる。

[0080] 検出対象である作物列の色が緑色である場合、作物列の色を強調した強調画像とは、撮像装置が取得したカラー画像における各画素のRGB値を、G

値のウェイトが相対的に大きな画素値に変換した画像である。強調画像を生成するための、このような画素値の変換は、例えば、「 $(2 \times G \text{ 値} - R \text{ 値} - B \text{ 値}) / (R \text{ 値} + G \text{ 値} + B \text{ 値})$ 」で定義される。ここで、分母の $(R \text{ 値} + G \text{ 値} + B \text{ 値})$ は規格化のための因子である。以下、規格化されたRGB値を $r$   $g$   $b$ 値と称し、 $r = R \text{ 値} / (R \text{ 値} + G \text{ 値} + B \text{ 値})$ 、 $g = G \text{ 値} / (R \text{ 値} + G \text{ 値} + B \text{ 値})$ 、 $b = B \text{ 値} / (R \text{ 値} + G \text{ 値} + B \text{ 値})$ で定義する。「 $2 \times g - r - b$ 」は、緑過剰指標 (ExG: Excess Green Index) と呼ばれる。

[0081] 図19は、図18の画像におけるRGB値を、「 $2 \times g - r - b$ 」に変換した強調画像42を示す図である。この変換により、図19の画像42において、「 $r + b$ 」が $g$ に比べて相対的に小さな画素は明るく表示され、「 $r + b$ 」が $g$ に比べて相対的に大きな画素は暗く表示される。この変換により、検出対象である作物列の色（この例では「緑色」）を強調した画像（強調画像）42が得られる。図19の画像において相対的に明るい画素は、緑色の成分が相対的に大きな画素であり、作物の領域に属している。

[0082] 作物の色を強調する「色の指標値」として、緑過剰指標 (ExG) 以外に、例えば、緑赤植生指標  $(G \text{ 値} - R \text{ 値}) / (G \text{ 値} + R \text{ 値})$  などの他の指標を用いてもよい。また、撮像装置が赤外カメラとしても機能し得る場合は、「作物列の色の指標値」として、NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) を用いてもよい。

[0083] なお、作物列のそれぞれの列が「マルチ」と呼ばれるシート (mulching sheet) によって覆われていることがある。このような場合、「作物列の色」は、「作物を覆って列状に配置される物体の色」である。具体的には、シートの色が無彩色である黒の場合、「作物列の色」は「黒」を意味する。また、シートの色が赤色の場合、「作物列の色」は「赤色」を意味する。このように「作物列の色」は、作物そのものの色だけではなく、作物列を規定する領域の色（土壌表面の色から識別可能な色）を意味する。

[0084] 「作物列の色」を強調した強調画像の生成には、RGB色空間からHSV

色空間への変換を利用してもよい。HSV色空間は、色相（Hue）、彩度（Saturation）、明度（Value）の三つの成分によって構成される色空間である。RGB色空間からHSV色空間に変換した色情報を用いることにより、黒または白のような彩度の低い「色」を検出することができる。OpenCVのライブラリを利用して「黒」を検出する場合、色相を最大範囲（0～179）、彩度を最大範囲（0～255）に設定し、明度の範囲を0～30に設定すればよい。また、「白」を検出する場合は、色相を最大範囲（0～179）、彩度を最大範囲（0～255）に設定し、明度の範囲を200～255に設定すればよい。このような設定範囲に含まれる色相、彩度、明度を有する画素が、検出すべき色を持つ画素である。なお、例えば緑色の画素を検出する場合、色相の範囲を例えば30～90の範囲に設定すればよい。

[0085] 検出対象である作物列の色を強調した画像（強調画像）を生成することにより、作物列の領域を、それ以外の背景領域から区分（抽出）すること（セグメンテーション）が容易になる。

[0086] 次に、動作S2を説明する。

[0087] 動作S2では、処理装置122が、強調画像42から、作物列の色の指標値が閾値以上の第1画素と、この指標値が閾値未満の第2画素とに分類された上面視画像を生成する。上面視画像は、地面の上方から見た画像である。

[0088] 本実施形態では、作物列の色の指標値として、前述した緑過剰指標（ExG）を採用し、判別分析法（大津の二値化）によって判別の閾値を決定する。図20は、図19の強調画像42における緑過剰指標（ExG）のヒストグラムである。ヒストグラムの横軸が緑過剰指標（ExG）であり、縦軸が画像内における画素数（生起頻度に対応）である。図20には、判別分析法のアルゴリズムによって算出された閾値Thを示す破線が示されている。強調画像42の画素は、この閾値Thによって2つのクラスに分類される。閾値Thを示す破線の右側には、緑過剰指標（ExG）が閾値以上の画素の生起頻度が示されており、これらの画素は作物のクラスに属していると推定さ

れる。これに対し、閾値  $T_h$  を示す破線の左側には、緑過剰指標 ( $E \times G$ ) が閾値未満の画素の生起頻度が示されており、これらの画素は土壌などの被作物のクラスに属していると推定される。この例において、指標値が閾値以上の画素である第1画素は、「作物画素」に相当する。一方、この指標値が閾値未満の第2画素は「背景画素」に相当する。背景画素は、土壌の表面など、検出対象以外の物体に対応し、前述した中間領域（作業通路）14は、背景画素によって構成され得る。なお、閾値の決定方法は、上記の例に限定されず、例えば機械学習を利用した他の方法を用いて閾値を決定してもよい。

[0089] 強調画像42を構成する各画素を「第1画素」および「第2画素」の一方に割り当てることにより、強調画像42から検出対象の領域を抽出することができる。また、「第2画素」の画素値に「ゼロ」を与えたり、画像データから第2画素のデータを取り除いたりすることにより、検出対象以外の領域をマスクすることができる。マスクすべき領域を確定するとき、緑過剰指標 ( $E \times G$ ) が局所的に高い値を示す画素をノイズとしてマスク領域に含める処理を行ってもよい。

[0090] 図21は、第1画素と第2画素とに分類された、地面の上方からみた上面視画像44の例を示す図である。図21の上面視画像44は、後述する画像変換の技術により、図19の強調画像42から作成した画像である。この上面視画像44において、作物列の色の指標値（この例では緑過剰指標）が閾値  $T_h$  未満の第2画素は、黒い画素（明度がゼロに設定された画素）である。第2画素によって構成される領域は、主として地面における土壌の表面が見える領域である。図21の上面視画像44には、下辺に接する左右の角部に黒い三角形の領域が存在する。この三角形の領域は、図19の強調画像42には映っていなかった領域に相当する。なお、図18の画像40および図19の強調画像42には、本来は直線であるはずの線が画像の周辺部で歪む現象が観察される。このような画像の歪みは、カメラのレンズの性能に起因して生じており、カメラの内部パラメータを用いて補正され得る。作物領域

の強調、マスク、歪みの補正などの処理は、前処理と呼ぶことができる。前処理は、このような処理以外の処理を含んでいてもよい。

[0091] 図21の上面視画像44は、地面に平行な基準平面 $R_e$ を、基準平面 $R_e$ の法線方向における真上から見た俯瞰画像である。この俯瞰画像は、図19の強調画像42からホモグラフィ変換（平面射影変換）によって生成することができる。ホモグラフィ変換は、幾何学的変換の一種であり、3次元空間内の、ある平面上にある点を、他の任意の平面上にある点に変換することができる。

[0092] 図22は、第1の姿勢（位置および向き：ポーズ）にある撮像装置のカメラ座標系 $\Sigma_{c1}$ 、および第2の姿勢にある撮像装置のカメラ座標系 $\Sigma_{c2}$ のそれぞれと、基準平面 $R_e$ との配置関係を模式的に示す斜視図である。図示される例において、カメラ座標系 $\Sigma_{c1}$ は、その $Z_c$ 軸が基準平面 $R_e$ に斜めに交わるように傾斜している。第1の姿勢にある撮像装置は、農業機械に取り付けられた撮像装置に相当する。これに対して、カメラ座標系 $\Sigma_{c2}$ は、その $Z_c$ 軸が基準平面 $R_e$ に直交している。言い換えると、カメラ座標系 $\Sigma_{c2}$ は、基準平面 $R_e$ を、基準平面 $R_e$ の法線方向における真上から見た俯瞰画像を取得できるように配置された状態にある。

[0093] カメラ座標系 $\Sigma_{c1}$ の原点 $O_1$ から $Z_c$ 軸でカメラの焦点距離だけ離れた位置に仮想的な画像平面 $l_{m1}$ が存在する。画像平面 $l_{m1}$ は、 $Z_c$ 軸およびカメラ光軸 $\lambda_1$ に直交する。画像平面 $l_{m1}$ 上の画素位置は、互いに直交する $u$ 軸および $v$ 軸を有する画像座標系によって定義される。例えば、基準平面 $R_e$ 上に位置する点 $P_1$ および点 $P_2$ の座標が、それぞれ、ワールド座標系 $\Sigma_w$ において、 $(X_1, Y_1, Z_1)$ および $(X_2, Y_2, Z_2)$ であるとする。図22の例では、ワールド座標系 $\Sigma_w$ の $X_w$ 軸および $Y_w$ 軸が基準平面 $R_e$ 上にある。このため、 $Z_1 = Z_2 = 0$ である。基準平面 $R_e$ は、地面に沿って拡がるように設定される。

[0094] 基準平面 $R_e$ 上の点 $P_1$ および点 $P_2$ は、それぞれ、ピンホールカメラモデルの透視投影により、第1の姿勢にある撮像装置の画像平面 $l_{m1}$ 上の点

$p_1$  および点  $p_2$  に変換される。画像平面  $l_{m1}$  において、点  $p_1$  および点  $p_2$  は、それぞれ、 $(u_1, v_1)$  および  $(u_2, v_2)$  の座標で示される画素位置にある。

[0095] 撮像装置が第2の姿勢にある場合、カメラ座標系  $\Sigma_{c2}$  の原点  $O_2$  から  $Z_c$  軸でカメラの焦点距離だけ離れた位置に仮想的な画像平面  $l_{m2}$  が存在する。この例において、画像平面  $l_{m2}$  は、基準平面  $R_e$  に平行である。画像平面  $l_{m2}$  上の画素位置は、互いに直交する  $u^*$  軸および  $v^*$  軸を有する画像座標系によって定義される。基準平面  $R_e$  上の点  $P_1$  および点  $P_2$  は、それぞれ、透視投影により、画像平面  $l_{m2}$  上の点  $p_1^*$  および点  $p_2^*$  に変換される。画像平面  $l_{m2}$  において、点  $p_1^*$  および点  $p_2^*$  は、それぞれ、 $(u_1^*, v_1^*)$  および  $(u_2^*, v_2^*)$  の座標で示される画素位置にある。

[0096] 基準平面  $R_e$  (ワールド座標系  $\Sigma_w$ ) に対するカメラ座標系  $\Sigma_{c1}$ 、 $\Sigma_{c2}$  の配置関係が与えられると、ホモグラフィ変換により、画像平面  $l_{m1}$  上の任意の点  $(u, v)$  から、画像平面  $l_{m2}$  上で対応する点  $(u^*, v^*)$  を求めることができる。このようなホモグラフィ変換は、点の座標を同次座標系で表現すると、3行×3列の変換行列  $H$  によって規定される。

[数1]

$$\begin{pmatrix} u^* \\ v^* \\ 1 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0097] 変換行列  $H$  の中身は、以下に示すように、 $h_{11}$ 、 $h_{12}$ 、 $\dots$ 、 $h_{32}$  の数値によって規定される。

[数2]

$$\begin{pmatrix} u^* \\ v^* \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0098] 8個の数値 ( $h_{11}$ 、 $h_{12}$ 、 $\dots$ 、 $h_{32}$ ) は、農業機械100に取り付け

られる撮像装置120によって、基準平面Re上に置いた校正用ボードを撮影すれば、公知のアルゴリズムを用いて算出することができる。

[0099] 基準平面Re上の点の座標が(X, Y, 0)の場合、それぞれのカメラの画像平面Im1、Im2における対応点の座標は、下記の数3および数4の式に示されるように、個々のホモグラフィ変換行列H1、H2によって点(X, Y, 0)と対応づけられる。

[数3]

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = H_1 \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix}$$

[数4]

$$\begin{pmatrix} u^* \\ v^* \\ 1 \end{pmatrix} = H_2 \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0100] 上記の2式から以下の式が導かれる。この式から明らかなように、変換行列Hは、 $H_2 H_1^{-1}$ に等しい。 $H_1^{-1}$ は、H1の逆行列である。

[数5]

$$\begin{pmatrix} u^* \\ v^* \\ 1 \end{pmatrix} = H_2 H_1^{-1} \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0101] 変換行列H1、H2の中身は、基準平面Reに依存するため、基準平面Reの位置が変わると、変換行列Hの中身も変化する。

[0102] このようなホモグラフィ変換を利用することにより、第1の姿勢にある撮像装置（農業機械に取り付けられた撮像装置）で取得した地面の画像から、地面の上面視画像を生成することができる。言い換えると、ホモグラフィ変換によれば、撮像装置120の画像平面Im1上にある任意の点の座標を、基準平面Reに対して所定の姿勢にある仮想的な撮像装置の画像平面Im2

上にある点の座標に変換することができる。

[0103] 処理装置122は、変換行列Hの中身を算出した後、上記のアルゴリズムに基づくソフトウェアプログラムを実行することにより、時系列カラー画像、または時系列カラー画像の前処理画像から、地面10を上方から見た俯瞰画像を生成する。

[0104] なお、前述の説明では、3次元空間内の点（例えば、P1、P2）が、いずれも、基準平面Re上に位置していると仮定していた（例えば、 $Z1 = Z2 = 0$ ）。作物の基準平面Reに対する高さが0ではない場合、ホモグラフィ変換後の上面視画像において、対応点の位置は正しい位置からシフトする。シフト量の増加を抑制するためには、基準平面Reの高さが検出対象である作物の高さに近いことが望ましい。地面10には、畝、畦、溝などの凹凸が存在している場合がある。そのような場合、基準平面Reを、このような凹凸の底部から上方に変位させてもよい。変位の距離は、作物が作付けされる地面10の凹凸に応じて適切に設定され得る。

[0105] また、農業機械100が地面10を走行しているとき、車両本体110（図11参照）のロールまたはピッチの運動が生じると、撮像装置120の姿勢が変化するため、変換行列H1の中身が変化し得る。このような場合、IMUによって車両本体110のロールおよびピッチの回転角度を計測すれば、撮像装置の姿勢変化に応じて変換行列H1および変換行列Hを補正することができる。

[0106] 本実施形態における処理装置122は、上述の方法により、作物列の色の指標値が閾値以上の第1画素と、この指標値が閾値未満の第2画素とに分類された、地面の上方から見た上面視画像を生成した後、動作S3を実行する。

[0107] 次に、動作S3を説明する。

[0108] 動作S3では、処理装置122が、第1画素の指標値に基づいて、作物列のエッジラインの位置を決定する。具体的には、上面視画像における複数の走査ラインに沿って第1画素（色の指標値が閾値以上の画素）の指標値を積

算する。

- [0109] 図23は、3本の作物列12が映る上面視画像44の例である。この例において、作物列12の方向が画像垂直方向（v軸方向）に平行である。図23は、画像垂直方向（v軸方向）に平行な多数の走査ライン（破線）Sが示されている。処理装置122は、複数の走査ラインS上に位置する画素の指標値を、走査ラインSごとに積算して積算値を得る。
- [0110] 図24は、図23の上面視画像について得られた、走査ラインSの位置と指標値の積算値との関係（積算値のヒストグラム）を模式的に示す図である。図24の横軸は、走査ラインSの、画像水平方向（u軸方向）における位置を示している。上面視画像44において、走査ラインSが横切る画素の多くが作物列12に属する第1画素である場合、その走査ラインSの積算値は大きくなる。一方、走査ラインSが横切る画素の多くが作物列12の間にある中間領域（作業通路）14に属する第2画素（背景画素）である場合、その走査ラインSの積算値は小さくなる。なお、本実施形態において、中間領域（作業通路）14はマスクされており、第2画素の指標値はゼロである。
- [0111] 図24のヒストグラムでは、積算値がゼロまたはゼロに近い凹部領域と、これらの凹部領域によって区分される凸部領域が存在する。凹部領域は、中間領域（作業通路）14に相当し、凸部領域が作物列12に相当する。本実施形態では、凸部領域における積算値のピークの両側の所定位置、具体的には、積算値のピークに対して所定の割合（例えば60%以上90%以下の範囲から選択された値）にある積算値を有する走査ラインSの位置を作物列12のエッジラインの位置として決定する。図24における矢印Wの両端は、各作物列12のエッジラインの位置を示している。なお、図24の例において、各作物列12のエッジラインの位置は、各作物列12の積算値のピークに対して80%の値を持つ走査ラインSの位置である。
- [0112] 本実施形態では、第2画素をマスクしたうえで、各走査ラインS上における作物列の色の指標値を積算している。すなわち、第1画素と第2画素の分類に基づいて2値化された上面視画像について、第1画素の個数（画素数）

をカウントしているのではない。第1画素の個数をカウントする場合、例えば、落ち葉や雑草などに起因して閾値 $T_h$ をわずかに超えるような画素（第1画素に分類される）が多数存在する場合、第1画素のカウント値は増加してしまう。これに対して、本開示の実施形態のように、第1画素の個数ではなく、第1画素の作物列の色の指標値を積算することは、落ち葉や雑草に起因する誤判定を抑制し、列検出のロバスト性を高める。

[0113] 図25は、作物列12が斜めに延びている上面視画像44の例である。図13および図14を参照して説明したように、農業機械100の向きによっては、撮像装置120が取得する画像40において作物列12が延びる方向が画像内で右または左に傾斜し得る。そのような画像からホモグラフィ変換によって上面視画像44を生成すると、図25の例のように、作物列12の方向が、画像垂直方向（ $v$ 軸方向）から傾斜する。

[0114] 図25にも、画像垂直方向（ $v$ 軸方向）に平行な多数の走査ライン（破線） $S$ が示されている。処理装置122が、このような複数の走査ライン $S$ 上に位置する画素の指標値を、走査ライン $S$ ごとに積算して積算値を得ると、図26に示すような積算値のヒストグラムが得られる。図26は、図25の上面視画像について得られた、走査ライン $S$ の位置と指標値の積算値との関係を模式的に示す図である。このヒストグラムからは、作物列12のエッジラインを決定することができない。

[0115] 図27は、走査ライン $S$ の方向（角度）を変化させることにより、作物列12の方向に平行な走査ライン $S$ の方向（角度）を探索する手順の例を示すフローチャートである。

[0116] ステップS10において、走査ライン $S$ の方向（角度）を設定する。ここでは、画像座標系における $u$ 軸を基準として時計回りの角度を $\theta$ とする（図23、図25参照）。角度 $\theta$ の探索は、範囲を例えば60～120度に設定し、角度刻みを例えば1度に設定することができる。この場合、ステップS1では、走査ライン $S$ の角度 $\theta$ として、60、61、62、・・・、119、120度を与える。

- [0117] ステップS 1 2では、それぞれの角度 $\theta$ の方向に延びる走査ラインS上の画素について指標値を積算し、積算値のヒストグラムを作成する。ヒストグラムは、角度 $\theta$ に応じて、異なる分布を示すことになる。
- [0118] ステップS 1 4では、こうして得た複数のヒストグラムから、図2 4に示されるような凹凸の境界が急峻であって、作物列1 2が中間領域1 4から明確に区分されるようなヒストグラムを選択し、そのヒストグラムを生成する走査ラインSの角度 $\theta$ を求める。
- [0119] ステップS 1 6では、ステップS 1 4で求めた角度 $\theta$ に対応するヒストグラムのピーク値から各作物列1 2のエッジラインを決定する。前述したように、ピークの例えば0. 8倍の積算値を持つ走査ラインSの位置をエッジラインとして採用し得る。
- [0120] なお、走査ラインSの方向（角度）を探索するとき、探索範囲内で角度 $\theta$ を1度ずつ変化させるごとに、その角度 $\theta$ の走査ラインS上における積算値のヒストグラムを作成してもよい。ヒストグラムの波形から特徴量（例えば、凹部の深さ／凸部の高さ、包絡線の微分値など）を算出し、その特徴量に基づいて、作物列1 2の方向と走査ラインSの方向とが平行か否かを判定してもよい。
- [0121] なお、角度 $\theta$ を求める方法は、上記の例に限定されない。作物列の延びる方向が測定によって既知である場合、農業機械1 0 0に搭載した慣性計測装置（IMU）によって農業機械の方向を測定し、作物列の延びる方向に対する角度 $\theta$ を求めてもよい。
- [0122] 図2 8は、図2 1の上面視画像から作成した、積算値ヒストグラムの例を示す図である。中央に位置するヒストグラムの凸部について、そのピーク値の0. 8倍の走査ライン位置をエッジラインEの位置としている。このヒストグラムでは、走査ライン位置が中央から左右に離れるにしたがって、凸部のピークが低くなり、かつ、凸部のピークが広がっている。これは、図2 1の画像から明らかのように、上面視画像の中央では、画像の歪みが少ないのに対して、中央から左右に離れるにしたがって、画像の歪みが大きくなって

いることや、下辺の両側に位置する黒い三角形領域が積算値を低下させることに起因している。

[0123] 作物列の検出を農業機械の走行に利用する場合、正確に検出すべき作物列は、画像の中央、または、その周辺である。そのため、上面視画像における左右両端に近い領域における歪みは無視することができる。

[0124] 図29は、本実施形態における処理装置122が実行する一連の処理を示すブロック図である。図29に示されるように、処理装置122は、画像取得32、強調画像生成33、作物列抽出34、およびホモグラフィ変換35を実行することにより、例えば図25に示すような上面視画像44を得ることができる。処理装置122は、更に、走査ライン方向決定36、エッジライン位置決定37を実行することにより、作物列のエッジラインの位置を得ることができる。この後、処理装置122、または、処理装置122からエッジラインの位置を示す情報を得た経路生成装置は、エッジラインに基づいて、農業機械の目標経路生成38を実行することができる。目標経路は、農業機械が備える車輪が、エッジラインEに挟まれる中間領域（作業通路）14の中に維持されるように生成され得る。例えば、金属製ホイールに装着されたタイヤの幅方向における中央部が、中間領域（作業通路）14の両端に位置する2本のエッジラインの中央を通るように目標経路が生成され得る。このような目標経路によれば、農業機械が走行中に目標経路から数センチメートル程度外れても、タイヤが作物列に進入する可能性を低下させることが可能になる。

[0125] 本開示の実施形態によれば、順光、逆光、晴天、曇天、霧などの気象条件や作業時間帯によって変化する日照条件の影響を抑制し、高い精度での作物列の検出が可能になることを確認した。また、作物の種類（キャベツ、ブロッコリ、大根、人参、レタス、白菜などの種別）、生育状態（苗から成長した状態まで）、病害有無、落ち葉・雑草の有無、土壌色が変わってもロバスト性の高い作物列の検出が可能になることを確認した。

[0126] なお、上記の実施形態では、二値化の閾値を求め、閾値以上の画素によっ

て作物領域を抽出するステップを行った後、ホモグラフィ変換を実行している。しかし、作物領域を抽出するステップは、ホモグラフィ変換の後に実行してもよい。具体的には、図29に示される1連の処理において、ホモグラフィ変換35は、強調画像生成33と作物列抽出34との間に実行されてもよいし、画像取得32と強調画像生成33との間に実行されてもよい。

[0127] 上記の方法（アルゴリズム）によって作物列を検出する場合、例えば、図30に示すように、作物列の一部に欠損箇所が存在すると、図31に示すように、画素値の積算値が低下する。このため、このような例では、画素値の積算値の大きさに基づいて、作物列の「欠損箇所」の存在、または「圃場終端」を検出することが可能である。また、画素値の積算値が小さくなり、ノイズレベルに近づくと、演算によってエッジラインを決定することができなくなる。そのような状態は、作物列を見失った状態に相当する。本実施形態における画像認識システム1000によれば、欠損箇所で見失った作物列の一部を見失っても、それまでの列倣い走行に用いたエッジラインから生成した目標経路の延長線を求め、その延長線を目標経路とするように構成され得る。そのため、その延長線に沿った農業機械100の一時的な走行が可能になる。また、画像認識システム1000は、作物列の「欠損箇所」または「圃場終端」を検出した後、走行を継続している間に画素値の積算値が大きくなり、積算値ヒストグラムに凸部領域が現れると、この凸部領域を新たな作物列の列領域として目標経路を生成する。

[0128] 以下、本開示による画像認識システムが実行する列検出方法の改変例を説明する。

[0129] 図32は、上面視画像の一部または全部を複数のブロックに分割し、複数のブロックのそれぞれについて、エッジラインの位置を決定する方法を説明するための図である。

[0130] 本改変例において、処理装置122は、上面視画像44の一部または全部を複数のブロックに分割する。そして、複数のブロックのそれぞれについて、作物列12のエッジラインEの位置を決定する。図示される例において、

3つのブロックB1、B2、B3が、上面視画像内において、画像水平方向に連続する帯形状を有している。処理装置122は、農業機械100の進行方向とは異なる方向の帯形状に基づいて、作物列のエッジラインを決定することができる。

[0131] 図33は、図32の上面視画像のブロックB1、B2、B3のそれぞれにおける、走査ラインSの位置と指標値の積算値との関係（積算値ヒストグラム）を模式的に示す図である。積算を行うときの走査ラインSは、常に画像垂直方向に平行である。指標値の積算は、ブロック単位で行われ、走査ラインSの方向（角度）を変える必要はない。走査ラインSの長さを短縮することにより、作物列12が斜めに延びていても、中間領域（作業通路）14に起因する第2画素（背景画素）の領域を適切に検出することが可能になる。このため、走査ラインSの角度を変化させる必要がなくなる。

[0132] 図33における矢印Wの両端は、ブロックB1、B2、B3のそれぞれで決定された、作物列のエッジラインの位置を示している。図32に示される例において、作物列12の方向は、走査ラインSの方向に対して傾斜している。このため、前述したように、積算値ヒストグラムのピーク値を基準に0.8倍の値を示す走査ライン位置を、作物列12のエッジラインEの位置として採用する場合、そのようなエッジラインEの位置とは、ブロックB1、B2、B3のそれぞれにおける作物列12の中央付近を通る「幅」の両端に相当する。

[0133] 図34は、図33のブロックB1、B2、B3のそれぞれにおける作物列中心 $W_c$ を示している。作物列中心 $W_c$ は、図33の積算値ヒストグラムから求めた作物列のエッジラインを規定する矢印Wの中心から求められ、各ブロックの画像垂直方向における中央に位置している。図34には、同一の作物列12に属する作物列中心 $W_c$ に対する近似線12Cの例が示される。近似線12Cは、例えば、各作物列12の複数の作物列中心 $W_c$ から距離（誤差）の二乗平均が最小になるように求められた直線である。このような近似線12Cは、作物列12の中央を通るラインに相当する。

- [0134] 図35は、図34の近似線12Cから決定した作物列12のエッジラインEの例を示す上面図である。この例において、各作物列12に対応付けられる2本のエッジラインEは、その間隔が矢印Wの長さに等しく、近似線12Cから等距離の位置にある。
- [0135] 本改変例によれば、走査ラインの方向（角度）を変化させる必要がなく、より少ない演算量で作物列12のエッジラインEを求めることができる。なお、各ブロックの画像垂直方向における長さは、例えば、地面における1～2メートルの距離に相当するように設定され得る。本改変例では、1つの画像を3つのブロックに分割して積算値ヒストグラムを求めたが、ブロックの個数は4個以上であってもよい。また、ブロックの形状も上記の例に限定されない。ブロックは、上面視画像内において、画像水平方向又は画像垂直方向のいずれかの方向に連続する帯形状を有し得る。処理装置122は、農業機械100の進行方向とは異なる方向に延びる帯形状のブロックに分割すること、作物列のエッジラインを決定することができる。
- [0136] 図36は、上面視画像44の作物列12が曲線上に曲がる部分を含む様子を模式的に示している。図37は、図36の上面視画像44のブロックB1、B2、B3のそれぞれにおける積算値ヒストグラムを模式的に示している。
- [0137] 図38は、図37のブロックB1、B2、B3のそれぞれにおける作物列中心 $W_c$ と、各作物列中心 $X_c$ に対する近似線12Cの例を示す図である。この例における近似線12Cは、例えば、各作物列12の作物列中心 $W_c$ からの距離（誤差）の二乗平均が最小になるように求められた曲線（例えば3次曲線などの高次の曲線）である。このような近似線12Cは、曲線部分を有する作物列12の中央を通る湾曲したラインに相当する。
- [0138] 図39は、図38の近似線から決定した作物列12のエッジラインEの例を示す上面図である。エッジラインEは、図35を参照して説明した方法と同様の方法で生成される。すなわち、各作物列12に対応付けられる2本のエッジラインEは、その間隔が矢印Wの長さに等しく、近似線12Cから等

距離の位置にある。

- [0139] 以上、説明してきたように、上面視画像を複数のブロックに分割して、それぞれのブロックで積算値のヒストグラムを生成すれば、作物列の方向を求めることが容易になり、また、作物列の方向が途中で変化していても、その変化した方向を知ることが可能になる。
- [0140] 上記の列検出方法は、いずれも、コンピュータに実装され、コンピュータに所望の動作を実行させることによって実施され得る。
- [0141] このように、例えば図36の上面視画像44に示されるようにブロックB1、B2、B3のそれぞれにおける積算値を求める方式によれば、作物列の欠損箇所の位置をより正確に検出することが可能になる。また、決定されるエッジラインが作物列に整合しているため、画像認識システム1000が作物列の欠損箇所で作物列を見失った場合でも、停止するまでの一時的な走行時に作物列に沿った直線または曲線上の適切な列倣い走行を持続することが可能になる。
- [0142] 上記の説明からわかるように、作物列12のエッジラインEの位置を高い位置精度で決定するには、走査ラインの本数を増やしたり、各ブロックの画像垂直方向における長さを小さくしたりすることが望ましい。しかしながら、撮像装置120によって取得される時系列画像のすべてに対して、あるいは、各画像の全範囲に対して、上記の方法で列検出を行うことは、処理装置122の演算負荷を大きくし得る。
- [0143] 前述したように、オペレータがモードスイッチ114によって自動操舵モードを選択したことに応答して、画像認識システム1000が画像処理の動作を開始した後、作物列などの列領域を検出するまでの期間は、低位置精度検出処理を行うようにしてもよい。この低位置精度検出処理は、例えば、撮像装置120が取得した時系列画像から選択される一部の画像を対象とする処理であってもよい。そして、列領域が検出された場合、走査ラインの本数を増やしたり、各ブロックの画像垂直方向における長さを小さくしたり、ブロックの個数を増加させることにより、位置精度を高めた検出処理を開始す

ることが望ましい。列領域が検出され、かつ、列倣い走行が可能と判定された状態で、オペレータがスタートスイッチ 112 によって列倣い走行開始の指令を発した後、精度を高めた検出処理を開始するようにしてもよい。

[0144] このように画像認識システム 1000 が行う処理を 2 段階以上に分けて実行することにより、処理装置 122 の演算負荷を実効的に低下させることができる。

[0145] 上記のブロックは、列検出を決定するために、画像から選択された領域（関心領域）内に設定され得る。列倣い走行を開始する場合、画像認識システム 1000 は、画像認識処理の対象とする関心領域を選択し、列倣い走行時における関心領域を、列倣い走行前における関心領域よりも小さくする処理を行ってもよい。具体的には、列倣い走行時には、倣いの対象となる列領域を含む相対的に狭い範囲を関心領域に選択すればよい。

[0146] （画像認識システムの実施形態 2）

本開示の例示的な第 2 の実施形態における画像認識システムによる列検出を説明する。本実施形態では、「列検出」として畝の検出が行われる。

[0147] 図 40 は、地面 10 に設けられた畝 16 の列を模式的に示す斜視図である。「畝」は、筋まきや筋植えをする植物の作付けが行われる場所であり、間隔をおいて土が高く盛り付けられた、ほぼ直線状に延びる凸部である。畝 16 が延びる方向に垂直な、畝 16 の断面形状は、概略的に、台形、かまぼこ形、半円形であり得る。図 40 では、台形の断面を有する畝 16 が模式的に記載されている。実際の畝は、図 40 に示されるような単純な形状を有しているわけではない。隣接する 2 つの畝 16 の間は中間領域 14 であり、畝間（うねま）と呼ばれる。中間領域 14 は、作業通路として機能する。畝 16 には、作物が作付けされていてもよいし、作付けが行われておらず、全体として土壌だけが露出しているもよい。また、畝 16 のそれぞれをマルチが覆っていてもよい。

[0148] 畝 16 の高さ、幅、間隔は、一様である必要はなく、場所によって変動しているもよい。畝 16 の高さは、一般的には、畝間に対する畝の高低差であ

る。本明細書において、畝16の「高さ」とは、前述した基準平面Reから、それぞれの畝16の上面までの距離によって定義される。

[0149] 図40の例において、畝16のエッジラインは明確である。しかし、現実の畝16は、中間領域14から連続した地面10の一部であり、上述したように畝16の「断面形状」も多様であるため、畝16と中間領域14との境界は、必ずしも明確ではない。本開示の実施形態において、畝16のエッジライン、すなわち、畝16と中間領域14との境界は、各畝16のピークの両側に位置し、かつ、そのピークに対して所定割合の高さにある位置と定義される。エッジラインの位置は、例えば、各畝16のピークに対して、0.8倍の高さを有する位置である。

[0150] 本実施形態による画像認識システム1000も、図2に示すように、撮像装置120と、撮像装置120から取得した時系列カラー画像の画像処理を行う処理装置122とを備える。処理装置122のハードウェア構成は、第1実施形態における処理装置122の構成と同じである。

[0151] 本実施形態において、処理装置122は、撮像装置120から時系列画像を取得し、下記の動作S21、S22、S23を実行する。

(S21) 時系列画像の異なる時刻に取得された複数の画像から、特徴点マッチングにより、複数の特徴点のそれぞれの、画像平面内における第1移動量を求める。

(S22) 複数の特徴点のそれぞれを、画像平面から、地面に対応する基準平面に透視投影し、第1移動量に基づいて基準平面内における各投影点の第2移動量を求める。

(S23) 第2移動量に基づいて、複数の特徴点の基準平面からの高さを推定して地面の畝を検出する。

[0152] 以下、動作S21、S22、S23の具体例を詳細に説明する。

[0153] まず、動作S21を説明する。動作S11では、時系列画像の異なる時刻に取得された複数の画像から、特徴点マッチングにより、複数の特徴点のそれぞれの、画像平面内における第1移動量を求める。時系列画像は、撮像装

置 1 2 0 が撮影によって時系列的に取得した画像の集まりである。時系列画像は、カラー画像である必要はないが、カラー画像であってもよい。撮像装置 1 2 0 が時系列カラー画像を出力する場合、処理装置 1 2 2 が時系列カラー画像の処理対象カラー画像をグレイスケール化してもよい。第 1 実施形態について説明したように、それぞれの画像は、フレーム単位の画素群によって構成される。フレームレートも第 1 実施形態について説明した通りである。

[0154] 図 4 1 は、農業機械 1 0 0 に搭載された撮像装置（この例では単眼カメラ） 1 2 2 が時刻  $t$  に取得した時系列画像における 1 フレームの画像 4 0 ( $t$ ) である。この例において、畝 1 6 に作物は作付けされていない。単眼カメラで撮影された画像 4 0 ( $t$ ) のデータには、奥行き情報は含まれていない。このため、一枚の画像 4 0 ( $t$ ) から、畝 1 6 および中間領域 1 4 の間にある高低差を知ることはできない。

[0155] 撮像装置 1 2 0 は、時刻  $t$  だけではなく、他の時刻、例えば、時刻  $t + 1$ 、 $t + 2$ 、 $t + 3$ 、 $\dots$ において、時系列的に画像 4 0 ( $t + 1$ )、画像 4 0 ( $t + 2$ )、画像 4 0 ( $t + 3$ )、 $\dots$ を取得する。農業機械 1 0 0 が走行中に撮像装置 1 2 0 が時系列的に取得する複数の画像には、それぞれ、地面 1 0 の同一領域が部分的に重複して含まれ得る。

[0156] 本実施形態では、処理装置 1 2 2 が、画像 4 0 ( $t$ )、画像 4 0 ( $t + 1$ )、 $\dots$ から特徴点を抽出する。「特徴点」とは、画素の輝度値または色が周囲の画素から区別でき、その画素の位置を画像内で特定できる点である。画像中の特徴点を抽出することにより、同じシーンを撮影した複数の画像を互いに対応づけることが可能になる。画像中で輝度値および色が一様な領域では、その領域内の画素を周囲の画素から区別することが難しい。このため、特徴点は、画像内で輝度値または色が局所的に変化する領域から選択される。特徴点は「局所特徴量」を有する画素または画素群である。

[0157] 本実施形態において特徴点を抽出する目的は、農業機械 1 0 0 が移動中に取得する時系列画像 4 0 ( $t$ )、画像 4 0 ( $t + 1$ )、 $\dots$ から、特徴点

マッチングを行うことにより、特徴点の移動量を測定することにある。このような特徴点マッチングに適した特徴点の抽出は、処理装置122が画像処理によって実行することができる。画像処理による特徴点抽出アルゴリズムの例は、SIFT (Scale-invariant feature transform)、SURF (Speed-Up ped Robust Feature)、KAZE、A-KAZE (ACCELERATED-KAZE) を含む。KAZEおよびA-KAZEは、SIFTまたはSURFと同様に、拡大縮小・回転・照明変化に強く、ロバスト性の高い特徴点抽出アルゴリズムである。KAZEおよびA-KAZEは、SIFTおよびSURFとは異なり、ガウスフィルターを用いない。このため、KAZEおよびA-KAZEは、回転、スケール、輝度値の変化に影響されにくく、画像内の輝度値および色の変化が比較的小さな領域からも特徴点を抽出することができる。このため、土壌表面のような画像からも、特徴点マッチングに適した特徴点の抽出が容易になる。また、A-KAZEには、KAZEに比べて、ロバスト性が高く、処理速度を高められるという利点がある。本実施形態では、A-KAZEのアルゴリズムにより、特徴点の抽出を行う。ただし、特徴点マッチングのためのアルゴリズムは、この例に限定されない。

[0158] 図42は、撮像装置から時刻 $t$ に取得した画像 $40(t)$ と、時刻 $t+1$ に取得した画像 $40(t+1)$ との間にある特徴点の対応関係を模式的に示している。ここで、時刻 $t$ と刻 $t+1$ との間にある時間の間隔は、例えば、100ミリ秒以上500秒であり得る。

[0159] 画像 $40(t)$ から抽出された複数の特徴点と、画像 $40(t+1)$ において、それら複数の特徴点にそれぞれ対応する複数の特徴点との対応付けは、特徴点マッチングのアルゴリズムによって実行される。図42では、8組の対応する特徴点ペアが矢印で結ばれている。本実施形態において、処理装置122は、画像 $40(t)$ および画像 $40(t+1)$ のそれぞれから、A-KAZEにより、例えば数百から千個数を超える特徴点を抽出することが可能である。抽出する特徴点の個数は、1秒間に処理する画像の枚数に基づ

いて決定され得る。

[0160] このような特徴点マッチングを行った後、処理装置 122 は、複数の特徴点のそれぞれについて、画像平面内における移動量（第 1 移動量）を求める。2 枚の画像 40 (t) および画像 40 (t + 1) から求められる第 1 移動量は、すべての特徴点に共通の値を有するわけではない。第 1 移動量は、地面 10 にある特徴点の物理的な高低差に起因して、異なる値を示す。

[0161] 図 43 は、撮像装置 120 が取得する画像に映る畝 16 および中間領域（作業通路）14 の移動を模式的に示す斜視図であり、画像 40 (t) および画像 40 (t + 1) も模式的に示されている。図 43 には、畝 16 上の点 F1、および中間領域（畝間または作業通路）14 上の点 F2 が図面の左側に水平に移動する様子が模式的に示されている。この水平移動は、農業機械 100 に固定された撮像装置 120 が農業機械 100 とともに右側に移動することによって生じる相対運動である。図 43 では、簡単のため、撮像装置 120 におけるカメラ座標系  $\Sigma_c$  の原点 O は静止し、地面 10 が左側に向かって移動の様子が記載されている。カメラ座標系  $\Sigma_c$  の原点 O の高さは  $H_c$  である。図の例において、畝 16 は、高さ  $d_H$  を有する単純化されたリッジである。

[0162] 図 43 の画像 40 (t) には、畝 16 の特徴点 f1 と、中間領域 14 の特徴点 f2 とが示されている。これらの特徴点 f1、f2 は、A-KAZE などの特徴点抽出アルゴリズムによって抽出された多数の特徴点の例である。画像 40 (t + 1) には、移動後における特徴点 f1、f2 が示されている。また、画像 40 (t + 1) には、参考のため、時刻 t から t + 1 までの時間における特徴点 f1 の移動を示す矢印 A1 と、特徴点 f2 の移動を示す矢印 A2 が記載されている。矢印 A1 の長さ（第 1 移動量の相当）は、矢印 A2 の長さ（第 1 移動量の相当）よりも大きい。このように、画像内における特徴点の移動量（第 1 移動量）とは、カメラ座標系  $\Sigma_c$  の原点 O から被写体の対応点までの距離によって異なる。これは、透視投影の幾何学的な性質に起因する。

[0163] 画像40(t)内の特徴点 $f_1$ 、 $f_2$ は、それぞれ、被写体である地面10の表面における点 $F_1$ 、 $F_2$ を、撮像装置120の画像平面 $l_{m1}$ に透視投影した点である。同様に、画像40(t+1)内の特徴点 $f_1$ 、 $f_2$ は、それぞれ、被写体である地面10の表面における点 $F_1^*$ 、 $F_2^*$ を、撮像装置120の画像平面 $l_{m1}$ に透視投影した点である。透視投影の中心点は、撮像装置120のカメラ座標系 $\Sigma_c$ の原点 $O$ である。透視投影は、双方向の関係にあるため、点 $F_1$ 、 $F_2$ は、画像40(t)内の特徴点 $f_1$ 、 $f_2$ を地面10に透視投影した点であるともいえる。同様に、点 $F_1^*$ 、 $F_2^*$ は、画像40(t)内の特徴点 $f_1$ 、 $f_2$ を地面10に透視投影した点であるともいえる。

[0164] 図43に示されるように、時刻 $t$ から時刻 $t+1$ までの間に、畝16上の点 $F_1$ は点 $F_1^*$ の位置まで移動し、中間領域14上の点 $F_2$ は、点 $F_2^*$ の位置まで移動する。これらの移動の距離は、いずれも、時刻 $t$ から時刻 $t+1$ までの間に農業機械100の走行した距離（水平移動距離）に等しい。これに対して、撮像装置120の画像平面 $l_{m1}$ 上における特徴点 $f_1$ 、 $f_2$ の移動量は、相互に異なる。

[0165] 図44は、撮像装置120の画像平面 $l_{m1}$ における特徴点 $f_1$ に対応する畝16上の点 $F_1$ の移動量( $L$ )と、基準平面 $R_e$ に投影された点（投影点） $F_{1p}$ の移動量（第2移動量 $L+dL$ ）との関係を模式的に示す図である。この例では、基準平面 $R_e$ の高さを中間領域（畝間）14の高さに一致させており、畝16の高さを $dH$ としている。

[0166] 図44からわかるように、畝16上の点 $F_1$ は、農業機械100の走行距離に等しい距離（移動量） $L$ だけ左側に移動しているが、基準平面 $R_e$ に透視投影された点（投影点） $F_{1p}$ の移動量（第2移動量）は、 $L+dL$ で表され、 $L$ よりも長い。これは、畝16上の点 $F_1$ が、基準平面 $R_e$ よりも高い位置にあり、透視投影の中心（カメラ座標系原点 $O$ ）に近いからである。この余分の長さ $dL$ に対応して、画像平面 $l_{m1}$ 上での移動量（第1移動量）も増加している。

[0167] 図44に示される相似な2つの三角形における辺の長さの比率（相似比）から、以下の式が導かれる。

[数6]

$$\frac{H_c}{L + dL} = \frac{(H_c - dH)}{L}$$

[0168] 上式を変形すると、下記の式が得られる。

[数7]

$$dH = H_c \left( 1 - \frac{L}{L + dL} \right)$$

[0169] 本実施形態における処理装置122は、上記の式に基づいて、地面10における凹凸段差の大きさを推定するため、動作S22を実行する。すなわち、複数の特徴点のそれぞれを、画像平面から、地面10に対応する基準平面Reに透視投影し、第1移動量に基づいて基準平面Re内における各投影点の第2移動量（L+dL）を求める。上記の式における距離Lは、農業機械100の走行距離を計測することによって取得することができる。また、カメラ座標系原点Oの基準平面Reからの高さHcは既知である。このため、第2移動量（L+dL）が分かれば、数7の式から、畝16の高さdHを算出することができる。そして、第2移動量（L+dL）は、第1移動量から求めることができる。

[0170] 処理装置122は、動作S22を実行した後、動作S23を実行する。

[0171] 動作S23において、処理装置122は、各特徴点の第2移動量（L+dL）に基づいて、各特徴点の基準平面Reからの高さdHを推定し、地面10の畝16を検出する。

[0172] このように本実施形態では、透視投影の中心点Oの基準平面Reからの高さをHc、複数の特徴点の基準平面Reからの高さをdH、基準平面Re上の（dHがゼロである）特徴点の第2移動量をL、dHがゼロよりも大きな

特徴点の前記第2移動量を $L + dL$ とするとき、 $Hc \cdot (1, 0 - L / (L + dL))$ を各特徴点の高さとして決定することができる。

[0173] 第1移動量から第2移動量を決定するとき、ホモグラフィ変換を利用することができる。具体的には、前述した変換行列 $H1$ の逆行列 $H1^{-1}$ を用いて、画像平面 $Im1$ における各特徴点の座標を、基準平面 $Re$ 上における対応点の座標に変換すればよい。したがって、処理装置122は、まず、画像平面 $Im1$ における各特徴点の移動前後における座標から第1移動量を求める。次に、各特徴点の座標をホモグラフィ変換によって基準平面 $Re$ 上における対応点の座標に変化した後、基準平面 $Re$ 上における移動前後における座標から第2移動量を求めることができる。

[数8]

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix} = H1^{-1} \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0174] 図45は、第2実施形態における処理装置122が実行する一連の処理を示すブロック図である。図45に示されるように、処理装置122は、画像取得52、特徴点マッチング53、移動量計算54、および特徴点高さ推定55を実行する。その結果、画像の中の多数の特徴点のそれぞれについて、基準平面 $Re$ からの高さの推定値を得ることができる。このような高さの推定値の二次元マップは、地面10の表面にある凹凸の高低差分布を示している。

[0175] 第1実施形態について説明したように、本実施形態でも、複数の走査ラインを設定する。ただし、本実施形態では、各走査ラインに沿って特徴点の高さの平均値を計算する。また、走査ラインの方向（角度）を変化させることにより、特徴点の高さ平均値の分布から、畝の延びる方向を見つけることができる。畝16の延びる方向を決定できれば、作物列12のエッジラインを決定した方法と同様の方法により、畝16のエッジラインを決定することが

できる。なお、図32などを参照して説明したように、画像を複数のブロックに分割する方法を採用すれば、走査ライン方向決定56は省略され得る。

[0176] こうして、本実施形態における処理装置122は、図45に示すように、走査ライン方向決定56、エッジライン位置決定57、および目標経路生成58を実行する。

[0177] 図46は、畝が延びる方向に平行な走査ライン上における特徴点の高さの平均値と、走査ラインの位置との関係を示す図である。図46のグラフでは、横軸が走査ラインの位置を示し、縦軸が各走査ライン上の特徴点の高さ平均値である。グラフに示されるように、高さ平均値は、走査ラインの位置が左から右に移動するにともなって、増減を繰り返している。高さ平均値がピークを示す位置が畝の中心に相当している。なお、高さ平均値を示す曲線は、2つの隣り合うピークの間で谷底を形成している。この谷底が中間領域（畝間または作業通路）14の中央付近に相当している。

[0178] 本実施形態において、処理装置122は、高さ平均値が示すピークの位置の両側にあってピークの所定割合（例えば0.8倍）の高さを持つ位置を、畝のエッジラインとして決定する。図46のグラフの上方には、画像内の2つの畝について、それぞれのエッジラインの位置を示す白の矢印が記載されている。上記の方法（アルゴリズム）によって畝を検出する場合、例えば、畝の一部に欠損箇所が存在すると、高さ平均値がほぼ同じ値となり、演算によってエッジラインを決定することができなくなる。そのような状態は、畝を見失った状態に相当する。なお、本実施形態でも、図32から図39を参照して説明したように、画像を複数のブロックに分割し、ブロックごとに走査ライン上における特徴点の高さの平均値を求めてもよい。また、本実施形態においても、画像認識システム1000は、欠損箇所で見失っても、それまでの列倣い走行に用いたエッジラインから生成した目標経路の延長線を求め、その延長線を目標経路とするように構成され得る。そのため、その延長線に沿った農業機械100の一時的な走行が可能になる。また、画像認識システム1000は、畝の「欠損箇所」または「圃場終端」を検

出した後、走行を継続している間に各走査ラインの高さ平均値が差異を示すようになり、ピーク領域が現れると、このピーク領域を新たな畝の列領域として目標経路を生成する。

[0179] 本実施形態によれば、列検出が「作物列の色」に依存しないため、作物の種類や日照条件によって影響されにくい利点がある。野菜作で設けられることの多い「高畝」のように高い畝の検出だけではなく、高さが5～10センチメートルの範囲にある比較的低い畝であっても検出できることを確認した。

[0180] 第1実施形態における作物列の検出と、第2実施形態における畝の検出とを、処理装置122が同時または選択的に実行してもよい。畝に作物が作付けられている場合、作物列のエッジラインと畝のエッジラインが決定される。農業機械の目標経路は、両方または一方のエッジラインに基づいて決定することができる。

[0181] 処理装置122は、作物列検出および畝検出のそれぞれについて、検出の信頼度を算出してもよい。作物列検出の信頼度は、例えば、図33に示される指標値の積算値の分布、あるいはピーク値の大きさなどに基づいて決定してもよい。畝検出の信頼度は、例えば、図46に示される高さの分布における極大値と極小値との差の大きさなどに基づいて決定してもよい。例えば、検出された作物列のエッジラインに基づいて目標経路が生成され、農業機械がその目標経路に沿って走行しているとき、作物列検出が不能になったり、信頼度が所定レベル未満に低下したりした箇所では、畝のエッジラインに基づいて目標経路が生成されるように、バックグラウンドで畝検出が実行されていてもよい。

[0182] なお、処理装置122が作物列検出および畝検出の両方を実行し得る場合において、オペレータの選択に応じて、作物列検出および畝検出の一方、または両方を実行するようにしてもよい。

[0183] (画像認識システムの実施形態3)

以下、本開示の例示的な第3の実施形態における列検出を説明する。ここ

では、関心領域の選択について詳細に説明する。

[0184] 図47は、本実施形態における画像認識システム1000の基本的な構成例を示している。画像認識システム1000は、他の実施形態と同様のハードウェア構成を有する処理装置122を備えている。この処理装置122は、時系列画像から、作物列および畝の少なくとも一方を検出するための関心領域を選択する。この関心領域は、車輪の少なくとも一部を含む大きさおよび形状を有している。

[0185] 図48は、処理装置122が撮像装置120から取得した画像40の例を示している。画像40は、時系列画像の一枚である。この画像40には、作物列12、中間領域14、農業機械100の車両本体110の一部、および前輪104Fの一部が映っている。図48には、参考のため、エッジラインが白線によって示されている。

[0186] 図49は、図48の画像の一部を示す図である。図49では、画像40に映る農業機械100の車両本体110の一部と、前輪104Fの一部が白い線で囲まれている。図49の画像40には、前輪104Fの一部を含む台形の破線によって関心領域60の一例が示されている。この関心領域60は、画像40内にある作物列および畝の少なくとも一方のうち、前輪104Fに対して左側に位置する作物列または畝から、右側に位置する作物列または畝までを含む形状を有している。

[0187] 図21に例示される画像からわかるように、上面視画像の中でも中心部に比べて周辺部では歪みが大きい。その結果、例えば図28に示されるように、走査ラインの位置が中央部から離れるにしたがってピークの値は低下し、ピークの間隔は広がっている。

[0188] 一方、目標経路の選択に必要な、検出すべき作物列または畝は、走行する農業機械の前方付近にある。より具体的には、農業機械の走行装置が有する車輪の周辺に位置する作物列または畝を正確に検出できればよい。本実施形態では、撮像装置120によって取得される画像の全体ではなく、一部の領域に限定して列検出を行うことにより、処理装置122が行う演算の量、演

算に必要な時間を削減することが可能になる。また、画像の周辺における歪みに起因する外れ値を除外できるため、列検出の正確度も高まる。

[0189] 関心領域60の選択（領域設定）は、撮像装置120を農業機械100に取り付ける位置および向き、さらには、農業機械100の構造または形状に依存する。例えば、撮像装置120を農業機械100に取り付けた後、撮像装置120から得られる画像をモニタ画面で確認しながら、関心領域60の範囲（形状、大きさ、位置）を手動で決定してもよい。また、撮像装置120の光学的性能、取り付け位置、農業機械の機種などから、関心領域60の範囲を確定し、処理装置122に入力しておいてもよい。

[0190] 本実施形態における処理装置122は、図49に示されるような画像40から、例えば画像認識技術を利用して、車輪10Fの少なくとも一部を検出するように構成されていてもよい。その場合、検出された前輪104Fの少なくとも一部を含む領域を、関心領域60として選択するように、関心領域60の範囲を適応的に変更することも可能になる。

[0191] 処理装置122は、関心領域60に含まれる前輪104Fの一部の画像に基づいて、検出された作物列12および畝16の少なくとも一方と前輪104Fとの位置関係を推定してもよい。処理装置122は、このような位置関係に基づいて、検出された作物列12および畝16の少なくとも一方と農業機械100との位置関係を推定するように構成され得る。

[0192] なお、処理装置122が農業機械100に対する前輪104Fの正確な位置を示す情報を有していない場合がある。このような位置を示す情報とは、例えば、農業機械100に固定されたボディ座標系 $\Sigma b$ に対する前輪104Fの座標である。このような座標は、あらかじめ処理装置122の記憶装置28に格納されていたとしても、例えば、オペレータが前輪104Fのタイヤサイズを変更したり、左右における前輪104Fの間隔を変更したりすると、正確性が失われる。そのような場合、処理装置122は、関心領域60に含まれる前輪104Fの一部を検出し、検出した前輪104Fの一部の画像に基づいて、農業機械100に対する前輪104Fの位置を推定して

もよい。

[0193] 図50は、作物列12が設けられた地面10の一部を模式的に示す上面図である。図50には、一対の前輪104Fが記載されている。このような上面図の矩形エリア62は、図49の画像の関心領域60に対して前述のホモグラフィ変換を行うことによって生成された上面視画像である。図50において、図49の関心領域60に映っていた車両本体110の記載は省略されている。また、関心領域60に映っていた前輪104Fの一部の画像については、ホモグラフィ変換によって大きく変形するため、図50では、前輪104Fを、基準平面 $R_e$ に「平行投影」した図形の形状を記載している。更に、参考のため、図50には、前輪104Fが地面10に接触するタイヤトレッド（接地面）CAが模式的に記載されている。左右にあるタイヤトレッドCAの中心間距離Tは、「トレッド幅（track）」である。

[0194] 一般に、農業機械100の車両本体110に対して、タイヤトレッドCAの位置は既知である。このため、関心領域60の上面視画像（矩形エリア）62に対するタイヤトレッドCAの位置関係も既知である。しかし、本実施形態のように、関心領域60が1または複数の車輪の少なくとも一部を含むように設定されることにより、以下の効果を得ることができる。

[0195] ・車両本体110の構造は機種により異なり、トレッド幅（タイヤトレッドCAの中心間距離）Tも、機種によって異なり得る。また、同一の機種であっても、前述したようにオペレータがトレッド幅Tを変更することがある。このため、関心領域60の形状およびサイズを、画像に映る車輪104を含むように選択することは、多様な機種に対応可能な画像処理を実現し、オペレータによってトレッド幅Tが変更される場合に対応可能にする。

[0196] ・タイヤトレッドCAの位置をボディ座標系 $\Sigma_b$ の座標として前もって入力することが必ずしも必須では無くなる。撮像装置120が取得した画像に基づいて、ボディ座標系 $\Sigma_b$ における前輪104F、あるいはタイヤトレッドCAの座標を自動的に取得することが可能になる。

[0197] ・画像認識システムが決定した列のエッジライン、あるいは、エッジライ

ンに基づいて生成された目標経路と車輪との位置誤差を画像に基づいてモニタすることが可能になる。

[0198] なお、前述したように、ホモグラフィ変換によって地面の上面視画像を生成した場合、車輪は変形する。列のエッジラインまたは目標経路に対する車輪（特にタイヤトレッドCA）の位置関係を正確には推定するためには、ホモグラフィ変換の補正を行うことが望ましい。以下、この点を説明する。

[0199] 図51は、画像40内に映っている前輪104Fの一部に含まれる点P3、P4と、これらの点P3、P4を基準平面Re上に透視投影した対応点P3'、P4'との位置関係を模式的に示す図である。ワールド座標系における点P3、P4の座標を、それぞれ、 $(X_3, Y_3, Z_3)$ 、 $(X_4, Y_4, Z_4)$ とする。また、ワールド座標系における対応点P3'、P4'の座標を、それぞれ、 $(X_3', Y_3', 0)$ 、 $(X_4', Y_4', 0)$ とする。図51からわかるように、点P3、P4は、基準平面Reよりも高い位置にある。従った、ホモグラフィ変換によって基準平面Reの真上から見た上面視画像を生成すると、基準平面Reにおける対応点P3'、P4'のX座標およびY座標は、それぞれ、点P3、P4のX座標およびY座標からシフトしてしまう。したがって、前輪104Fの一部が映っている画像40に対して、ホモグラフィ変換を行って上面視画像を生成すると、前輪104Fの像は歪んだ形状で上面視画像内に形成され、正確な位置関係を推定することが困難になる。

[0200] このような上面視画像に基づいて、前輪104Fと作物列12または畝16のエッジラインとの位置関係を知るには、対応点P3'、P4'の座標 $(X_3', Y_3', 0)$ 、 $(X_4', Y_4', 0)$ に基づいて、タイヤトレッドCAの中心を推定することが好ましい。

[0201] 図51の例において、前輪104Fの高さHtが既知であれば、画像に映る前輪104F上の点P3、P4の前輪104Fにおける位置は、例えばパターンマッチングなどの手法により、画像内の形状から推定することが可能である。点P3、P4の前輪104Fにおける位置が推定されれば、例えば

、対応点 $P3'$ 、 $P4'$ の座標 $(X3', Y3', 0)$ 、 $(X4', Y4', 0)$ を補正してタイヤトレッドCAの中心位置を推定することができる。

[0202] こうして、本実施形態では、関心領域内に車輪の少なくとも一部を含めることにより、関心領域内から検出した列に対する車輪の配置関係を時系列画像によってモニタすることが可能になる。

[0203] (画像認識システムの実施形態4)

図52は、本開示における農業機械の他の基本構成例を模式的に示すブロック図である。この例における農業機械100は、画像認識システム1000と、操舵輪を含む走行装置145と、走行装置145を制御する制御装置180とを備える。

[0204] 次に、図53を参照する。図53は、農業機械100の撮像装置120が取得する時系列画像の地面における撮像範囲を模式的に示す上面図である。

[0205] 本開示による農業機械100が備える処理装置122は、撮像装置120が出力した時系列画像から、複数のブロック $B(1, 1)$ 、 $\dots$ 、 $B(i, j)$ 、 $\dots$ 、 $B(m, n)$ に分割されたサーチ領域314を選択する。ここで、 $B(i, j)$ は、サーチ領域314内の $i$ 行、 $j$ 列の位置にあるブロックを示す符号である。 $i$ 、 $j$ 、 $m$ 、 $n$ は、いずれも、正の整数であり、 $1 \leq i \leq m$ 、 $1 \leq j \leq n$ 、 $2 \leq m \times n$ の関係を満たす。 $i$ は、ブロック $B(i, j)$ が属する「行」を特定し、 $j$ は、ブロック $B(i, j)$ が属する「列」を特定する。 $m$ は、サーチ領域314に含まれるブロック $B(i, j)$ の行数であり、 $n$ は、サーチ領域314に含まれるブロック $B(i, j)$ の列数である。ブロック $B(i, j)$ は、サーチ領域314内の任意のブロックを指す。

[0206] サーチ領域314は、撮像装置120によって取得される画像に含まれる撮像地面範囲111から選択され得る。撮像地面範囲111は、撮像装置120によって取得される画像のうち、地面の部分を示している。図53における撮像地面範囲111の形状は、簡単のため、扇形であるが、現実の撮像地面範囲111の形状は、この例に限定されない。

[0207] 図53の例において、サーチ領域314は、長方形であり、ブロックB(i, j)は、行および列状に配列されている。長方形のサーチ領域314は、地面における横方向サイズ(幅)Hsと縦方向サイズ(奥行き)Vsによって規定され得る。サーチ領域314の奥行きVsは、例えば1m以上3m以下の範囲内にあり、幅Hsは、例えば1m以上5m以下の範囲内にあり得る。また、サーチ領域314の最も手前の辺は、撮像装置120から前方に例えば1m以上3m以下の距離だけ離れた位置にあり得る。ブロックB(i, j)が長方形(正方形を含む)の場合は、長辺または短辺の長さは、例えば0.2m以上0.5m以下の範囲内にあり得る。

[0208] サーチ領域314は、長方形の形状を有する必要はなく、概略的には、台形、扇形、その他の任意の形状を有し得る。サーチ領域314の形状および/またはサイズは、農業機械100の走行中に変化してもよい。また、図53の例において、ブロックB(i, j)は、位置によらず同一の形状およびサイズを有している。しかし、ブロックB(i, j)の形状および/またはサイズは、サーチ領域314内の位置に応じて異なってもよいし、農業機械100の走行中に変化してもよい。サーチ領域314の大きさまたは形状が変化する場合、サーチ領域314に含まれるブロックの個数(mおよび/またはnの値)が変化してもよい。サーチ領域314の大きさおよび形状が変化しない場合において、サーチ領域314に含まれるブロックの個数(mおよび/またはnの値)、および、ブロックB(i, j)の形状および/またはサイズが変化してもよい。

[0209] 上述したサーチ領域314の形状およびサイズ、ならびに、ブロックB(i, j)の形状、サイズ、個数、および配列を規定する情報またはデータは、予め処理装置122内の記憶装置に記憶され得る。処理装置122は、後述するアルゴリズムを実行するとき、記憶装置から上記の情報またはデータを読み出すことができる。ある態様において、処理装置122は、時系列画像から、地面の少なくともサーチ領域314の上面視画像を生成し、サーチ領域314を複数のブロックに分割する。上面視画像の生成については後述

する。

- [0210] 処理装置 122 は、複数のブロック B ( i , j ) のそれぞれにおいて、地面の領域分類を実行する。「領域分類」は、複数のブロック B ( i , j ) のそれぞれを、例えば、「作物領域」および「非作物領域」のいずれかに分類することを含む。「作物領域」は、例えば、そのブロック内に作物が存在すると推定される領域である。これに対して、「非作物領域」は、例えば、そのブロック内に作物が存在しないと推定される領域である。ある態様において、「作物領域」は、列倣い走行モードにおける倣い対象を含む領域であり、「非作物領域」は、倣い対象を含まない領域である。「非作物領域」は、更に他の複数の領域に分類されてもよい。例えば、「畝領域」、「土壌表面領域」、「水路領域」、「枕地領域」のような種々の領域に分類され得る。「領域分類」のための処理の詳細については、後述する。

- [0211] 処理装置 122 は、サーチ領域 314 内での領域分類の結果に基づいて、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方の列領域を検出する。

- [0212] 図 54 は、圃場の地面における作物列の配置例、および、移動中における農業機械 100 の複数の位置における状態を模式的に示す図である。農業機械 100 の前方には、サーチ領域 314 が示されている。圃場の地面には、作物列 12 が存在し、隣りあう作物列 12 の間には、作物が植えられていない中間領域 14 が帯状に存在する。図 54 には、畦 316 および水路 318 の例が示されている。

- [0213] 図 55 は、農業機械 100 が図 54 の位置 P10 にあるときのサーチ領域 314 と作物列 12 との位置関係を模式的に示す平面図である。図 56 は、このときのサーチ領域 314 を構成する各ブロックの領域分類の結果を模式的に示す図である。図 56 において、ハッチングが付されたブロックは、「作物領域」または「畝領域」に分類されたブロックであり、ハッチングが付されていないブロックは、「作物領域」にも「畝領域」にも分類されなかったブロックである。図 56 のように、ハッチングが付されていないブロック

の列方向前方にハッチングが付されたブロックが存在する場合、「作物領域」または「畝領域」が存在することと判定できる。そのようなハッチングが付されたブロックが列方向前方に連続すると、ハッチングが付された最初のブロックは「作物領域」または「畝領域」の始端と判定することができる。この時、ハッチングが付されたブロックの並び方向は列領域が延びる方向と判定できる。処理装置 122 は、列領域の始端あるいは列領域の存在を検知したとき、農業機械 100 の左右の車輪の位置と列領域との間における位置および向きとの関係から、列倣い走行の起動の可否を判定することができる。図 56 に示される例において、農業機械 100 の走行方向（図 56 の上下方向）に対して傾斜する方向に列方向が延びている。この場合、左右の車輪が作物の植えられていない中間領域 14 を通過可能であるとは決定できないため、オペレータが要求しても列倣い走行は開始されない。

[0214] 図 57 は、農業機械 100 が図 54 の位置 P11 にあるときのサーチ領域 314 と作物列 12 との位置関係を模式的に示す平面図である。図 58 は、このときのサーチ領域 314 を構成する各ブロックの領域分類の結果を模式的に示す図である。図 58 においても、ハッチングが付されたブロックは、「作物領域」または「畝領域」に分類されたブロックであり、ハッチングが付されていないブロックは、「作物領域」にも「畝領域」にも分類されなかったブロックである。

[0215] サーチ領域 314 における複数のブロックのうち、作物領域または畝領域に分類されるブロックは、「列領域」を構成する。したがって、本開示における処理装置 122 は、列領域をブロック単位の空間分解能で検出することが可能になる。列領域と判定されたブロックは、サーチ領域 314 内で二次元ブロック配置パターンを形成する。このような二次元ブロック配置パターンは、サーチ領域 314 の移動に伴って動的に変化し得る。言い換えると、サーチ領域 314 は、農業機械 100 の移動によって圃場の地面を走査する。走査の結果、二次元ブロック配置パターンは、圃場の広い範囲における列領域の配置に対する、農業機械 100 の相対的な位置および向きを推定する

ために有用な情報を提供する。

[0216] 処理装置 122 は、サーチ領域 314 内で検出した列領域がサーチ領域 314 内で形成する二次元ブロック配置パターンに基づいて、俵い対象である列領域を検出し、検出した列領域の配置に応じて、農業機械 100 の走行を制御するための信号を生成するように構成され得る。また、処理装置 122 は、このような二次元ブロック配置パターンに基づいて、列領域が延びる方向を決定したり、列領域のエッジライン、始端、終端、および欠損箇所の少なくとも一つを検出したりすることも可能になる。

[0217] 図 59 は、農業機械 100 が図 54 の位置 P12 にあるときのサーチ領域 314 と作物列 12 との位置関係を模式的に示す平面図である。図 60 は、このときのサーチ領域 314 を構成する各ブロックの領域分類の結果を模式的に示す図である。図 60 においても、ハッチングが付されたブロックは、「作物領域」または「畝領域」に分類されたブロックであり、ハッチングが付されていないブロックは、「作物領域」にも「畝領域」にも分類されなかったブロックである。処理装置 122 は、農業機械 100 が位置 P12 にあるときに、サーチ領域 314 内で検出した列領域が形成する二次元ブロック配置パターンは、ハッチングが付されたブロックの列方向前方にハッチングが付されていないブロックが存在する。このパターンの場合に、農業機械 100 が列領域の終端に達したと判定することが可能である。そして、処理装置 122 は、そのような判定に基づいて、例えば、農業機械 100 の走行速度を低下させたり、オペレータに警告を発したりするような走行制御の信号を生成することが可能になる。

[0218] 図 60 に示される例において、ハッチングが付された全てのブロックの列方向前方にハッチングが付されていないブロックが存在する。この場合、圃場の終端に達したと判定することができる。また、後述する図 63 に示される例においては、中央のハッチングが付されたブロックの列方向前方にハッチングが付されていないブロックが存在し、両側のハッチングが付されたブロックの列方向前方にハッチングが付されたブロックが連続して存在する。

この場合には、中央のハッチングが付されたブロックの「作物領域」または「畝領域」が欠損していると判定することができる。このように、二次元ブロック配置パターンから、作物が有する細かな形状の違いに束縛されず、様々な情報を読み取ることが可能である。

[0219] ある実施形態において、処理装置122は、撮像装置120から時系列カラー画像を取得し、下記の動作S1、S2、S3、S4、S5を実行してもよい。

(S1) 時系列カラー画像から、検出対象である作物列の色を強調した強調画像を生成する。

(S2) 強調画像から、作物列の色の指標値が閾値以上の第1画素と、この指標値が閾値未満の第2画素とに分類された、地面の上方から見た上面視画像を生成する。

(S3') 上面視画像から、複数のブロックに分割されたサーチ領域を選択し、複数のブロックのそれぞれにおいて、地面の領域分類を実行する。本実施形態では、各ブロックにおける第1画素の指標値に基づいて、各ブロックを作物領域と非作物領域とに分類する。

(S4') サーチ領域内での領域分類の結果に基づいて、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方の列領域を検出する。

(S5') サーチ領域内において列領域が形成する二次元ブロック配置パターンに基づいて、農業機械の走行を制御する信号を生成する。

[0220] ここで、動作S1およびS2は、前述した動作と同一である。このため、動作S3' - S5' の具体例を説明する。

[0221] 本実施形態における処理装置122は、前述した実施形態と同様にして、作物列の色の指標値が閾値以上の第1画素と、この指標値が閾値未満の第2画素とに分類された、地面の上方から見た上面視画像を生成した後、動作S3' を実行する。

[0222] 動作S3' では、処理装置122が、上面視画像から、複数のブロックに分割されたサーチ領域を選択し、複数のブロックのそれぞれにおいて、地面

の領域分類を実行する。本実施形態では、各ブロックにおける第1画素の指標値に基づいて、各ブロックを作物領域と、土壌などの非作物領域とに分類する。以下、各ブロックについて領域分類の例を説明する。

[0223] 図61は、3本の作物列12が映る上面視画像44のサーチ領域314の例を示す図である。この例において、作物列12の方向は画像垂直方向（v軸方向）に平行である。中央の作物列12は、サーチ領域314内で途切れている。図61の例において、サーチ領域314は、長方形であり、5行×9列のブロックに分割される。処理装置122は、各ブロックにおいて、画像垂直方向（v軸方向）に平行な複数の走査ライン上に位置する画素の指標値を、走査ラインごとに積算して積算値を得る。

[0224] 図62は、図61の上面視画像におけるサーチ領域内の各ブロックについて得られた、走査ラインの位置と指標値の積算値との関係（積算値のヒストグラム）を模式的に示す図である。図62の各ブロックにおける底辺（横軸）は、走査ラインの、画像水平方向（u軸方向）における位置を示している。上面視画像44のサーチ領域314において、走査ラインが横切る画素の多くが作物列12に属する第1画素である場合、その走査ラインの積算値は大きくなる。一方、走査ラインが横切る画素の多くが作物列12の間にある中間領域（作業通路）14に属する第2画素（背景画素）である場合、その走査ラインの積算値は小さくなる。なお、本実施形態において、中間領域（作業通路）14はマスクされており、第2画素の指標値はゼロである。

[0225] 本実施形態では、第2画素をマスクしたうえで、各走査ライン上における作物列の色の指標値を積算している。すなわち、第1画素と第2画素の分類に基づいて2値化された上面視画像について、第1画素の個数（画素数）をカウントしているのではない。第1画素の個数をカウントする場合、例えば、落ち葉や雑草などに起因して閾値Thをわずかに超えるような画素（第1画素に分類される）が多数存在する場合、第1画素のカウント値は増加してしまう。これに対して、本開示の実施形態のように、第1画素の個数ではなく、第1画素の作物列の色の指標値を積算することは、落ち葉や雑草に起因

する誤判定を抑制し、列検出のロバスト性を高める。

[0226] 図 2 1 の画像から明らかなように、上面視画像の中央では、画像の歪みが少ないのに対して、中央から左右に離れるにしたがって、画像の歪みが大きくなる。作物列の検出を農業機械の走行に利用する場合、正確に検出すべき作物列は、画像の中央、または、その周辺である。サーチ領域 3 1 4 は、上面視画像における左右両端に近い領域における歪みが及ばない位置にある。

[0227] 次に、動作 S 4' を説明する。

[0228] 動作 S 4' では、サーチ領域内での領域分類の結果に基づいて、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方の列領域を検出する。

[0229] 図 6 2 に示されるように、ブロックごとに、指標値の積算値ヒストグラムは異なる。この積算値のブロック内における合計値、または、積算値ヒストグラムの形状などの特徴量に基づいて、処理装置 1 2 2 は、各ブロックの領域分類を行う。処理装置 1 2 2 は、例えば、積算値のブロック内における合計値が所定の閾値を超える場合、そのブロックを「列領域」に分類し、当該閾値未満の場合、そのブロックを「非列領域」に分類するように構成され得る。こうして、処理装置 1 2 2 は、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方である列領域を検出することができる。ここでは、処理装置 1 2 2 は、作物の検出結果に基づいて、倣いの対象である列領域の範囲を決定しているが、後述する他の実施形態では、処理装置 1 2 2 は、地面の凹凸から畝を検出し、それによって列領域の範囲を決定する。

[0230] 図 6 3 は、サーチ領域 3 1 4 内で検出した「列領域」がサーチ領域 3 1 4 内で形成する二次元ブロック配置パターンの例を模式的に示している。図 6 3 では、「列領域」に分類されたブロックにハッチングが施されている。ハッチングが施されていないブロックは、作物が設けられていない地面の領域に対応している。

[0231] 図 6 4 は、斜めに延びる 2 本の作物列 1 2 が映る上面視画像 4 4 のサーチ領域 3 1 4 の例を示す図である。この例において、作物列 1 2 の方向は画像

垂直方向（ $v$ 軸方向）に対して傾斜している。このような場合でも、処理装置122は、各ブロックにおいて、画像垂直方向（ $v$ 軸方向）に平行な複数の走査ライン上に位置する画素の指標値を、走査ラインごとに積算して積算値を得る。

[0232] 図65は、図64の上面視画像におけるサーチ領域内の各ブロックについて得られた、走査ラインの位置と指標値の積算値との関係（積算値のヒストグラム）を模式的に示す図である。前述したように、積算値のブロック内における合計値、または、積算値ヒストグラムの形状などの特徴量に基づいて、処理装置122は、各ブロックの領域分類を行う。

[0233] 図66は、サーチ領域314内で検出した「列領域」がサーチ領域314内で形成する二次元ブロック配置パターンの他の例を模式的に示している。図66では、「列領域」に分類されたブロック（ハッチング付き）の配列が、斜めに延びる作物列12を表している。

[0234] 処理装置122は、このような二次元ブロック配置パターンに基づいて、列領域のエッジライン、始端、終端、および欠損箇所の少なくとも一つを検出すること、あるいは、列領域が延びる方向を決定することができる。

[0235] なお、処理装置122は、第1画素の指標値に基づいて、作物列のエッジラインの位置を決定することができる。具体的には、上面視画像のサーチ領域内において、同一の行に属する全てのブロックにおける複数の走査ラインに沿って第1画素（色の指標値が閾値以上の画素）の指標値を積算する。そして、例えば、各作物列12の積算値のピークに対して80%の値を持つ走査ラインの位置をエッジラインとして決定してもよい。この場合、各作物列12のエッジラインの位置を、ブロックのサイズよりも小さなスケール（より高い分解能）で推定することが可能になる。

[0236] 好ましい実施形態において、処理装置122は、ブロック単位での演算処理を実行して、サーチ領域314内に「列領域」を検出した後、検出した「列領域」を含む行について、エッジラインを決定するための演算処理を行う。

[0237] 次に、動作S 5' を説明する。

[0238] 動作S 5' では、サーチ領域内において列領域が形成する二次元ブロック配置パターンに基づいて、農業機械の走行を制御する信号を生成する。図5 4に示されるように、農業機械1 0 0が例えば位置P 1 0からP 1 9のそれぞれにあるとき、サーチ領域3 1 4内で列領域は、特徴的な二次元ブロック配置パターンを形成し得る。このため、農業機械1 0 0の走行状態を制御するための有用な情報を二次元ブロック配置パターンから取得することが可能になる。

[0239] 例えば、農業機械1 0 0が位置P 1 0からP 1 9のそれぞれにあるとき、サーチ領域3 1 4内で列領域が形成する二次元ブロック配置パターンに基づいて、例えば、以下に示される走行制御が実行され得る。

- ・位置P 1 0 : オペレータが要求しても列倣い走行は開始されない。
- ・位置P 1 1 : 列倣い走行が継続される。
- ・位置P 1 2 : 列倣い走行を停止する準備（例えば減速およびオペレータに対する通知）が開始される。
- ・位置P 1 3 : 列倣い走行を停止する準備（例えば減速およびオペレータに対する通知）、および、次の倣いの対象となる列領域の検出が開始される。
- ・位置P 1 4 : 列領域の補完を行い、列倣い走行が継続される。
- ・位置P 1 5 : 中央の列領域に沿って列倣い走行が実行される。
- ・位置P 1 6 : 曲がっている列領域に沿って列倣い走行が実行される。
- ・位置P 1 7 : 片側に検出される作物列1 2または水路3 1 8に沿った枕地走行が実行される。
- ・位置P 1 8 : 片側に検出される畦3 1 6に沿った枕地走行が実行される。
- ・位置P 1 9 : 農業機械1 0 0の車輪の位置が中間領域1 4から外れているため、列倣い走行が開始されない。

[0240] 処理装置1 2 2が列領域の二次元ブロック配置パターンに基づいて行う走

行制御は、上記の例に限定されない。処理装置 122 は、二次元ブロック配置パターンに基づいて走行制御の内容を決定し、決定した走行制御のための信号を生成する。この信号は、図 52 の制御装置 180 に与えられる。

- [0241] 図 67 は、処理装置 122 が列領域を検出する手順の例を示すフローチャートである。
- [0242] ステップ S20 において、画像からブロックに分割されたサーチ領域を選択する。
- [0243] ステップ S22 では、各ブロックで走査ライン上の画素について色の指標値を積算し、積算値のヒストグラムを作成する。
- [0244] ステップ S24 では、積算値に基づいて各ブロックの領域分類を実行する。領域分類の結果、列領域が決定される。
- [0245] ステップ S26 では、ステップ S24 で求めた列領域が形成する二次元ブロック配置パターンに基づいて、農業機械 100 の走行を制御する信号を生成する。前述したように、二次元ブロック配置パターンは、図 54 に示されるよう、作物列 12 などの列領域、中間領域 14、および、その他の領域の配置に対する農業機械 100 の相対的な位置および向きに依存して変化し、圃場における農業機械 100 の種々の状況に関する豊富な情報を含み得る。
- [0246] 図 68 は、本実施形態における処理装置 122 が実行する一連の処理を示すブロック図である。図 68 に示されるように、処理装置 122 は、画像取得 32、強調画像生成 33、作物列抽出 34、およびホモグラフィ変換 35 を実行することにより、例えば図 21 に示すような上面視画像 44 を得ることができる。
- [0247] 処理装置 122 は、上面視画像 44 から複数のブロックに分割されたサーチ領域 144 の選択した後、積算値ヒストグラム算出 36A、各ブロックの領域分類 37A を実行することにより、列領域を検出することができる。この後、処理装置 122 は、走行制御信号生成 38A を実行する。このとき、処理装置 122 からエッジラインの位置を示す情報が制御装置 180 に与えられてもよい。制御装置 180 は、エッジラインに基づいて、農業機械 1

00の目標経路生成を実行し得る。目標経路は、農業機械が備える車輪が、エッジラインに挟まれる中間領域（作業通路）14の中に維持されるように生成され得る。例えば、金属製ホイールに装着されたタイヤの幅方向における中央部が、中間領域（作業通路）14の両端に位置する2本のエッジラインの中央を通るように目標経路が生成され得る。このような目標経路によれば、農業機械が走行中に目標経路から数センチメートル程度外れても、タイヤが作物列に進入する可能性を低下させることが可能になる。

[0248] 本開示の実施形態によれば、順光、逆光、晴天、曇天、霧などの気象条件や作業時間帯によって変化する日照条件の影響を抑制し、高い精度での作物列の検出が可能になることを確認した。また、作物の種類（キャベツ、ブロッコリ、大根、人参、レタス、白菜などの種別）、生育状態（苗から成長した状態まで）、病害有無、落ち葉・雑草の有無、土壌色が変化してもロバスト性の高い作物列の検出が可能になる。

[0249] なお、上記の実施形態では、二値化の閾値を求め、閾値以上の画素によって作物領域を抽出するステップを行った後、ホモグラフィ変換を実行している。しかし、作物領域を抽出するステップは、ホモグラフィ変換の後に実行してもよい。具体的には、図68に示される1連の処理において、ホモグラフィ変換35は、強調画像生成33と作物列抽出34との間に実行されてもよいし、画像取得32と強調画像生成33との間に実行されてもよい。

[0250] 上記の説明からわかるように、作物列12のエッジラインの位置を高い位置精度で決定するには、走査ラインの本数を増やしたり、各ブロックの画像垂直方向における長さを小さくしたりすることが望ましい。しかしながら、撮像装置120によって取得される時系列画像のすべてに対して、あるいは、各画像の全範囲に対して、上記の方法で列検出を行うことは、処理装置122の演算負荷を大きくし得る。しかしながら、本実施形態によれば、列倣い走行に必要な倣いの対象が含まれる特定のサーチ領域314内の画像データに対する演算を行うため、演算負荷を低減できる。また、作物列12のエッジラインを高い位置精度で決定する演算を、作物列12などの列領域をブ

ロック単位で粗く検出した後に実行すれば、トータルの演算量を低減できる効果も得られる。

[0251] 前述したように、オペレータがモードスイッチによって自動操舵モードを選択したことに応答して、画像認識システム1000が画像処理の動作を開始した後、作物列などの列領域を検出するまでの期間は、ブロック単位の低位置精度検出処理が実行される。そして、列領域が検出された場合、走査ラインの本数を増やしたり、各ブロックの画像垂直方向における長さを小さくしたり、ブロックの個数を増加させることにより、位置精度を高めた検出処理を開始することが望ましい。列領域が検出され、かつ、列倣い走行が可能と判定された状態で、オペレータがスタートスイッチによって列倣い走行開始の指令を発した後、精度を高めた検出処理を開始するようにしてもよい。

[0252] このように画像認識システム1000が行う処理を2段階以上に分けて実行することにより、処理装置122の演算負荷を実効的に低下させることができる。

[0253] 図69は、サーチ領域314内において、農業機械100の車輪が通る経路に関連するブロックを示す図である。この例において、列倣い走行中の農業機械100が備える車輪が通る領域（作業通路）は、ハッチングが付された第2列、第3列、第7列、および第8列のブロック $B(i, 2)$ 、 $B(i, 3)$ 、 $B(i, 7)$ 、および $B(i, 8)$ である。ここで、「 $i$ 」は、1から5の整数である。また、倣いの対象となる「列領域」は、左車輪の左側に位置する第1列のブロック $B(i, 1)$ 、左右の車輪に挟まれる第4列から第6列のブロック $B(i, 4)$ 、 $B(i, 5)$ 、および $B(i, 6)$ 、および、右車輪の右側に位置する第9列のブロック $B(i, 9)$ のいずれかのブロックが該当する可能性が高い。

[0254] このような例において、ハッチングが付された列に属するブロックのいずれかが、「列領域」に分類された場合、列倣い走行に障害が発生する可能性がある。また、ハッチングが付されていない列が、「列領域」に分類されたブロックを全く含まない場合も、倣いの対象が失われているため、列倣い走

行に障害が発生する可能性がある。このような列倣い走行に障害が発生する可能性がある場合、本実施形態における処理装置 122 は、列倣い走行を停止するように農業機械 100 の走行を制御する信号を生成し得る。

[0255] 図 70 は、サーチ領域内におけるブロックの他の配置例を示す図である。この例において、サーチ領域 314 に含まれるブロック B (i, j) のサイズおよび大きさは、一様ではない。図 70 の例におけるブロック配置によれば、農業機械 100 の左右の車輪に挟まれる位置にある作物列の検出分解能を高めることができる。

[0256] 図 71 は、サーチ領域 314 内におけるブロックの更に他の配置例を示す図である。この例では、ブロック B (i, j) のサイズを小さくすることにより、作物列の検出分解能をサーチ領域 314 の全範囲で高めている。このようなブロック配置によれば、農業機械 100 を基準にして作物列の延びる方向をより高い精度で推定することが可能になる（図 66 参照）。処理装置 122 は、図 66 に示される二次元ブロック配置パターンが得られた場合に、図 71 に示されるように各ブロック B (i, j) のサイズを小さくするように構成されていてもよい。

[0257] サーチ領域 144 の形状およびサイズも、固定されている必要はない。例えば、列倣い走行を開始する場合、処理装置 122 は、列倣い走行時におけるサーチ領域 144 を、列倣い走行前におけるサーチ領域よりも小さくする処理を行ってもよい。具体的には、列倣い走行時には、倣いの対象となる列領域を含む相対的に狭い範囲をサーチ領域に選択すればよい。

[0258] （農業機械の実施形態）

次に、実施形態 1 から 4 の画像認識システムを備える農業機械の実施形態を説明する。なお、画像認識システムによる列検出の手順またはアルゴリズムは、上記の実施形態 1 から 4 について説明した手順またはアルゴリズムに限定されない。

[0259] 本実施形態における農業機械は、前述した画像認識システムを備える。また、この農業機械は、自動操舵運転を実現するための制御を行う制御システ

ムを備える。制御システムは、記憶装置と、制御装置とを備えるコンピュータシステムであり、農業機械の操舵、走行、その他の動作を制御するように構成されている。

[0260] 制御装置は、通常の自動操舵動作モードにおいて、測位装置によって農業機械の位置を特定し、前もって生成された目標経路に基づいて、農業機械が目標経路に沿って走行するように農業機械の操舵を制御するように構成されていてもよい。具体的には、作業車両が圃場内を目標経路に沿って走行するように農業機械の操舵輪（例えば前輪）の操舵角を制御してもよい。本実施形態における農業機械は、このような通常の自動操舵モードだけではなく、作物や畝の列が設けられた圃場内で「列倣い走行制御」による走行を行うように構成された自動操舵装置を備える。

[0261] 測位装置は、例えばGNSS受信機を有する。このような測位装置は、GNSS衛星からの信号に基づき、作業車両の位置を特定することができる。しかし、列が圃場にある場合、仮に測位装置が農業機械の位置を高精度に測定できたとしても、列の間は狭く、作物の植えられ方や生育状況によっては、農業機械の車輪などの走行装置が列にはみ出す可能性も高くなる。しかし、本実施形態では、前述した画像認識システムを用いることにより、現実に存在する列を検出して、適切な自動操舵を実行することができる。すなわち、本開示の実施形態における農業機械が備える自動操舵装置（制御装置）は、画像認識システムが決定した列のエッジラインの位置に基づいて、操舵輪の操舵角を制御するように構成される。

[0262] また、本実施形態における農業機械では、画像認識システムの処理装置が、時系列カラー画像に基づいて、列のエッジラインと操舵輪との位置関係をモニタすることが可能である。この位置関係から位置誤差信号を生成すれば、農業機械の自動操舵装置が位置誤差信号を小さくするように操舵角を適切に調整することが可能になる。

[0263] 図72は、本実施形態における農業機械100の外観の例を示す斜視図である。図73は、作業機300が装着された状態の農業機械100の例を模

式的に示す側面図である。本実施形態における農業機械100は、作業機300が装着された状態の農業用トラクタ（作業車両）である。農業機械100は、トラクタに限定されず、また作業機300が装着されている必要もない。本開示における列検出の技術は、例えば、畝立、中耕、土寄、除草、追肥、防除などの畝間作業に使用され得る小型管理機、および野菜移植機に用いて優れた効果を発揮することができる。

[0264] 本実施形態における農業機械100は、撮像装置120と、測位装置130と、障害物センサ136とを備える。図72には1つの障害物センサ136が例示されているが、障害物センサ136は農業機械100の複数の箇所に設けられていてもよい。

[0265] 図73に示すように、農業機械100は、車両本体110と、原動機（エンジン）102と、変速装置（トランスミッション）103とを備える。車両本体110には、車輪104と、キャビン105とが設けられている。車輪104は、一对の前輪104Fと一对の後輪104Rとを含む。キャビン105の内部に運転席107、操舵装置106、操作端末200、および操作のためのスイッチ群が設けられている。スイッチ群は、図1に示されるスタートスイッチ112、およびモードスイッチ114を含み得る。前輪104Fおよび後輪104Rの一方または両方は、タイヤ付き車輪ではなく無限軌道（tracks）を装着した車輪（クローラ）に置き換えられてもよい。農業機械100は、4つの車輪104を駆動輪として備える四輪駆動車であってもよいし、一对の前輪104Fまたは一对の後輪104Rを駆動輪として備える二輪駆動車であってもよい。

[0266] 本実施形態における測位装置130は、GNSS受信機を備える。GNSS受信機は、GNSS衛星からの信号を受信するアンテナと、アンテナが受信した信号に基づいて農業機械100の位置を決定する処理回路とを備える。測位装置130は、GNSS衛星から送信されるGNSS信号を受信し、GNSS信号に基づいて測位を行う。GNSSは、GPS（Global Positioning System）、QZSS（Quasi-Zen

ith Satellite System、例えばみちびき)、GLONASS、Galileo、およびBeiDouなどの衛星測位システムの総称である。本実施形態における測位装置130は、キャビン105の上部に設けられているが、他の位置に設けられていてもよい。

[0267] 測位装置130は、さらに、慣性計測装置(IMU)からの信号を利用して位置データを補完することができる。IMUは、農業機械100の傾きおよび微小な動きを計測することができる。IMUによって取得されたデータを用いて、GNSS信号に基づく位置データを補完することにより、測位の性能を向上させることができる。

[0268] 図72および図73に示す例では、車両本体110の後部に障害物センサ136が設けられている。障害物センサ136は、車両本体110の後部以外の部位にも配置され得る。例えば、車両本体110の側部、前部、およびキャビン105のいずれかの箇所に、1つまたは複数の障害物センサ136が設けられ得る。障害物センサ136は、農業機械100の周囲に存在する物体を検出する。障害物センサ136は、例えばレーザスキャナおよび/または超音波ソナーを備え得る。障害物センサ136は、障害物センサ136から所定の検知エリア(サーチエリア)内に障害物が存在する場合に、障害物が存在することを示す信号を出力する。複数の障害物センサ136が農業機械100の車体の異なる位置に設けられていてもよい。例えば、複数のレーザスキャナと、複数の超音波ソナーとが、車体の異なる位置に配置されていてもよい。そのような多くの障害物センサ136を備えることにより、農業機械100の周囲の障害物の監視における死角を減らすことができる。

[0269] 原動機102は、例えばディーゼルエンジンである。ディーゼルエンジンに代えて電動モータが使用されてもよい。変速装置103は、変速によって農業機械100の推進力および移動速度を変化させることができる。変速装置103は、農業機械100の前進と後進とを切り換えることもできる。

[0270] 操舵装置106は、ステアリングホイールと、ステアリングホイールに接続されたステアリングシャフトと、ステアリングホイールによる操舵を補助

するパワーステアリング装置とを含む。前輪104Fは操舵輪であり、その切れ角（「操舵角」とも称する。）を変化させることにより、農業機械100の走行方向を変化させることができる。前輪104Fの操舵角は、手動操舵が行われるとき、オペレータがステアリングホイールを操作することによって変化させることができる。パワーステアリング装置は、前輪104Fの操舵角を変化させるための補助力を供給する油圧装置または電動モータを含む。自動操舵が行われるときには、農業機械100内に配置された制御装置からの制御により、油圧装置または電動モータ（ステアリングモータ）の力によって操舵角が自動で調整される。

[0271] 車両本体110の後部には、連結装置108が設けられている。連結装置108は、例えば3点支持装置（「3点リンク」または「3点ヒッチ」とも称する。）、PTO（Power Take Off）軸、ユニバーサルジョイント、および通信ケーブルを含む。連結装置108によって作業機300を農業機械100に着脱することができる。連結装置108は、例えば油圧装置によって3点リンクを昇降させ、作業機300の位置または姿勢を制御することができる。また、ユニバーサルジョイントを介して農業機械100から作業機300に動力を送ることができる。農業機械100は、作業機300を引きながら、作業機300に所定の作業を実行させることができる。連結装置は、車両本体110の前方に設けられていてもよい。その場合、農業機械100の前方に作業機を接続することができる。

[0272] 図73に示す作業機300は、例えば、ロータリカルチである。列に倣って走行するときにトラクタなどの作業車両に牽引または装着される作業機300は、畝立、中耕、土寄、除草、追肥、防除などの畝間作業に使用され得るものであれば、任意である。

[0273] 図74は、農業機械100および作業機300の概略的な構成の例を示すブロック図である。農業機械100と作業機300は、連結装置108に含まれる通信ケーブルを介して互いに通信することができる。

[0274] 図74の例における農業機械100は、撮像装置120、測位装置130

、障害物センサ136、操作端末200に加え、駆動装置140、ステアリングホイールセンサ150、切れ角センサ152、制御システム160、通信インタフェース（IF）190、操作スイッチ群210、およびブザー220を備える。測位装置130は、GNSS受信機131と、慣性計測装置（IMU）125とを備える。制御システム160は、記憶装置170と、制御装置180とを備える。制御装置180は、複数の電子制御ユニット（ECU）181から186を備える。作業機300は、駆動装置340と、制御装置380と、通信インタフェース（IF）390とを備える。なお、図74には、農業機械100による自動操舵または自動走行の動作との関連性が相対的に高い構成要素が示されており、それ以外の構成要素の図示は省略されている。

[0275] 測位装置130は、GNSSを利用して農業機械100の測位を行う。測位装置130がRTK受信機を備える場合、複数のGNSS衛星から送信されるGNSS信号に加えて、基準局から送信される補正信号が利用される。基準局は、農業機械100が走行する圃場の周囲（例えば、農業機械100から10km以内の位置）に設置され得る。基準局は、複数のGNSS衛星から受信したGNSS信号に基づいて補正信号を生成し、測位装置130に送信する。測位装置130におけるGNSS受信機131は、複数のGNSS衛星から送信されるGNSS信号を受信する。測位装置130は、GNSS信号および補正信号に基づき、農業機械100の位置を計算することにより、測位を行う。RTK-GNSSを用いることにより、例えば誤差数cmの精度で測位を行うことが可能である。緯度、経度および高度の情報を含む位置情報が、RTK-GNSSによる高精度の測位によって取得される。なお、測位方法はRTK-GNSSに限らず、必要な精度の位置情報が得られる任意の測位方法（干渉測位法または相対測位法など）を用いることができる。例えば、VRS（Virtual Reference Station）またはDGPS（Differential Global Positioning System）を利用した測位を行ってもよい。

- [0276] IMU 135は、3軸加速度センサおよび3軸ジャイロスコープを備える。IMU 135は、3軸地磁気センサなどの方位センサを備えていてもよい。IMU 135は、モーションセンサとして機能し、農業機械100の加速度、速度、変位、および姿勢などの諸量を示す信号を出力することができる。測位装置130は、GNSS信号および補正信号に加えて、IMU 135から出力された信号に基づいて、農業機械100の位置および向きをより高い精度で推定することができる。IMU 135から出力された信号は、GNSS信号および補正信号に基づいて計算される位置の補正または補完に用いられ得る。IMU 135は、GNSS信号よりも高い頻度で信号を出力する。その高頻度の信号を利用して、農業機械100の位置および向きをより高い頻度（例えば、10Hz以上）で計測することができる。IMU 135に代えて、3軸加速度センサおよび3軸ジャイロスコープを別々に設けてもよい。IMU 135は、測位装置130とは別の装置として設けられていてもよい。
- [0277] 測位装置130は、GNSS受信機131およびIMU 135に加えて、他の種類のセンサを備えていてもよい。農業機械100が走行する環境によっては、これらのセンサからのデータに基づいて農業機械100の位置および向きを高い精度で推定することができる。
- [0278] このような測位装置130を利用することにより、前述した画像認識システム1000によって検出した作物列および畝の地図を作製することも可能である。
- [0279] 駆動装置140は、例えば前述の原動機102、変速装置103、デフロック機構を含む差動装置、操舵装置106、および連結装置108などの、農業機械100の走行および作業機300の駆動に必要な各種の装置を含む。原動機102は、例えばディーゼル機関などの内燃機関を備える。駆動装置140は、内燃機関に代えて、あるいは内燃機関とともに、トラクション用の電動モータを備えていてもよい。
- [0280] ステアリングホイールセンサ150は、農業機械100のステアリングホ

イールの回転角を計測する。切れ角センサ 152 は、操舵輪である前輪 104 F の切れ角を計測する。ステアリングホイールセンサ 150 および切れ角センサ 152 による計測値は、制御装置 180 による操舵制御に利用される。

[0281] 記憶装置 170 は、フラッシュメモリまたは磁気ディスクなどの 1 つ以上の記憶媒体を含む。記憶装置 170 は、各センサ、および制御装置 180 が生成する各種のデータを記憶する。記憶装置 170 が記憶するデータには、農業機械 100 が走行する環境内の地図データ、および自動操舵の目標経路のデータが含まれ得る。記憶装置 170 は、制御装置 180 における各 ECU に、後述する各種の動作を実行させるコンピュータプログラムも記憶する。そのようなコンピュータプログラムは、記憶媒体（例えば半導体メモリまたは光ディスク等）または電気通信回線（例えばインターネット）を介して農業機械 100 に提供され得る。そのようなコンピュータプログラムが、商用ソフトウェアとして販売されてもよい。

[0282] 制御装置 180 は、複数の ECU を含む。複数の ECU は、画像認識用の ECU 181、速度制御用の ECU 182、ステアリング制御用の ECU 183、自動操舵制御用の ECU 184、作業機制御用の ECU 185、表示制御用の ECU 186、およびブザー制御用の ECU 187 を含む。画像認識用の ECU 181 は、画像認識システムの処理装置として機能する。ECU 182 は、駆動装置 140 に含まれる原動機 102、変速装置 103、およびブレーキを制御することによって農業機械 100 の速度を制御する。ECU 183 は、ステアリングホイールセンサ 150 の計測値に基づいて、操舵装置 106 に含まれる油圧装置または電動モータを制御することにより、農業機械 100 のステアリングを制御する。ECU 184 は、測位装置 130、ステアリングホイールセンサ 150、および切れ角センサ 152 から出力される信号に基づいて、自動操舵運転を実現するための演算および制御を行う。自動操舵運転中、ECU 184 は、ECU 183 に操舵角の変更の指令を送る。ECU 183 は、当該指令に応答して操舵装置 106 を制御する

ことによって操舵角を変化させる。ECU185は、作業機300に所望の動作を実行させるために、連結装置108の動作を制御する。ECU185はまた、作業機300の動作を制御する信号を生成し、その信号を通信IF190から作業機300に送信する。ECU186は、操作端末200の表示を制御する。ECU186は、例えば、操作端末200における表示装置に、圃場のマップ、検出された作物列また畝、マップ中の農業機械100の位置および目標経路、ポップアップ通知、設定画面などの様々な表示を実現させる。ECU187は、ブザー220による警告音の出力を制御する。

[0283] これらのECUの働きにより、制御装置180は、手動操舵または自動操舵による運転を実現する。通常の自動操舵運転時において、制御装置180は、測位装置130によって計測または推定された農業機械100の位置と、記憶装置170に記憶された目標経路とに基づいて、駆動装置140を制御する。これにより、制御装置180は、農業機械100を目標経路に沿って走行させる。一方、列に沿って走行する列倣い走行制御モードでは、画像認識用のECU181が、検出した作物列または畝から作物列や畝のエッジラインを決定し、このエッジラインに基づく目標経路を生成する。制御装置180は、この目標経路に従った動作を実行する。

[0284] 制御装置180に含まれる複数のECUは、例えばCAN (Controller Area Network) などのピークルバス規格に従って、相互に通信することができる。図74において、ECU181から187のそれぞれは、個別のブロックとして示されているが、これらのそれぞれの機能が、複数のECUによって実現されていてもよい。また、ECU181から187の少なくとも一部の機能を統合した車載コンピュータが設けられていてもよい。制御装置180は、ECU181から187以外のECUを備えていてもよく、機能に応じて任意の個数のECUが設けられ得る。各ECUは、1つ以上のプロセッサを含む制御回路を備える。

[0285] 通信IF190は、作業機300の通信IF390と通信を行う回路である。通信IF190は、例えばISOBUS-TIM等のISOBUS規格

に準拠した信号の送受信を、作業機300の通信IF390との間で実行する。これにより、作業機300に所望の動作を実行させたり、作業機300から情報を取得したりすることができる。通信IF190は、有線または無線のネットワークを介して外部のコンピュータと通信してもよい。外部のコンピュータは、例えば、圃場に関する情報をクラウド上で一元管理し、クラウド上のデータを活用して農業を支援する営農支援システムにおけるサーバコンピュータであってもよい。

[0286] 操作端末200は、農業機械100の走行および作業機300の動作に関する操作をオペレータが実行するための端末であり、バーチャルターミナル(VT)とも称される。操作端末200は、タッチスクリーンなどの表示装置、および／または1つ以上のボタンを備え得る。オペレータは、操作端末200を操作することにより、例えば自動操舵モードのオン／オフの切り替え、クルーズコントロールのオン／オフの切り替え、農業機械100の初期位置の設定、目標経路の設定、地図の記録または編集、2WD／4WDの切り替え、デフロックのオン／オフの切り替え、および作業機300のオン／オフの切り替えなどの種々の操作を実行することができる。これらの操作の少なくとも一部は、操作スイッチ群210を操作することによっても実現できる。操作端末200への表示は、ECU186によって制御される。

[0287] ブザー220は、オペレータに異常を報知するための警告音を発する音声出力装置である。ブザー220は、例えば、列倣い走行モードで動作中、画像認識システム1000が列領域の欠損箇所または圃場終端を検出したとき、警告音を発する。また、農業機械100が目標経路から所定距離以上逸脱した場合に警告音を発してもよい。ブザー220は、列倣い走行が可能な状態にない場合において、オペレータがスタートスイッチ112を操作して列倣い走行開始の指令を発したとき、警告音を鳴らしてもよい。ブザー220の代わりに、操作端末200のスピーカによって同様の機能が実現されてもよい。ブザー220は、ECU186によって制御される。

[0288] 作業機300における駆動装置340は、作業機300が所定の作業を実

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

[0289] 以上の実施形態において、農業機械 100 は、無人で自動運転を行う作業車両であってもよい。その場合には、キャビン、運転席、ステアリングホイール、操作端末などの、有人運転にのみ必要な構成要素は、農業機械 100 に設けられていなくてもよい。無人の作業車両は、自律走行、またはオペレータによる遠隔操作によって、前述の各実施形態における動作と同様の動作を実行してもよい。

[0290] 実施形態における各種の機能を提供するシステムを、それらの機能を有しない農業機械に後から取り付けることもできる。そのようなシステムは、農業機械とは独立して製造および販売され得る。そのようなシステムで使用されるコンピュータプログラムも、農業機械とは独立して製造および販売され得る。コンピュータプログラムは、例えばコンピュータが読み取り可能な非一時的な記憶媒体に格納されて提供され得る。コンピュータプログラムは、電気通信回線（例えばインターネット）を介したダウンロードによっても提供され得る。

### 産業上の利用可能性

[0291] 本開示の技術は、例えば、乗用管理機、野菜移植機、トラクタなどの農業機械に適用することができる。

### 符号の説明

[0292] 10・・・地面、12・・・作物列、14・・・中間領域（作業通路）、16・・・畝、40・・・画像、42・・・強調画像、44・・・上面視画像、100・・・農業機械、110・・・車両本体、120・・・撮像装置、122・・・処理装置、1000・・・画像認識システム

## 請求の範囲

- [請求項1] 取得した画像から、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方の列領域を検出する画像認識システムと、  
操舵輪を含む走行装置と、  
前記走行装置を制御する制御装置であって、前記画像認識システムが検出した前記列領域に沿って走行するよう前記走行装置を制御する列倣い走行モードで動作することができる、制御装置と、  
を備え、  
前記制御装置は、前記列倣い走行モードで動作中、前記画像認識システムが前記列領域の欠損箇所または圃場終端を検出したとき、所定の時間または所定の距離だけ走行を継続する、農業機械。
- [請求項2] 前記制御装置は、前記走行を継続するとき、前記農業機械が走行してきた経路の延長線に沿って走行するよう前記走行装置を制御する、請求項1に記載の農業機械。
- [請求項3] 前記制御装置は、前記走行を継続した後、停止する、請求項1または2に記載の農業機械。
- [請求項4] 前記画像認識システムが圃場終端を検出したとき、前記走行の停止予告をユーザに通知する通知手段を備える、請求項3に記載の農業機械。
- [請求項5] 前記制御装置は、前記走行を継続している間に、前記画像認識システムが新たな列領域を検出した場合、前記新たな列領域に沿って走行するよう前記走行装置を制御する、請求項1または2に記載の農業機械。
- [請求項6] 前記制御装置は、前記農業機械が牽引する作業機に応じて、前記所定の時間または所定の距離を決定する、請求項1から5のいずれか1項に記載の農業機械。
- [請求項7] 前記制御装置は、前記画像認識システムが前記列領域を検出し、且つ、前記列領域の両側または一方の側に所定幅以上の作業通路領域を

検出した場合に、前記列倅い走行モードを実行する、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の農業機械。

[請求項8] 前記制御装置は、前記作業通路領域と前記操舵輪の位置とに基づいて、前記操舵輪が前記作業通路領域を通過できるか否かを決定し、前記操舵輪が前記作業通路領域を通過できないと決定したときは、列倅い走行モードを停止する、請求項 7 に記載の農業機械。

[請求項9] 農業機械が走行する地面を撮影して前記地面の一部を含む時系列画像を取得する撮像装置と、前記時系列画像の画像処理を行う処理装置と、を有する画像認識システムを備え、

前記処理装置は、

前記時系列画像から、複数のブロックに分割されたサーチ領域を選択し、

前記複数のブロックのそれぞれにおいて、前記地面の領域分類を実行し、

前記サーチ領域内で前記領域分類の結果に基づいて、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方の列領域を検出する、農業機械。

[請求項10] 前記処理装置は、前記時系列画像から、前記地面の少なくとも前記サーチ領域の上面視画像を生成し、

前記上面視画像において、前記複数のブロックは、行および列状に配列されている、請求項 9 に記載の農業機械。

[請求項11] 前記処理装置は、前記サーチ領域内で検出した前記列領域が前記サーチ領域内で形成する二次元ブロック配置パターンに基づいて、前記農業機械の走行を制御するための信号を生成する、請求項 9 または 10 に記載の農業機械。

[請求項12] 前記処理装置は、前記サーチ領域内で検出した前記列領域が前記サーチ領域内で形成する二次元ブロック配置パターンに基づいて、前記サーチ領域内において前記列領域が延びる方向を決定する、請求項 9

から11のいずれか1項に記載の農業機械。

[請求項13] 前記処理装置は、前記サーチ領域内で検出した前記列領域が前記サーチ領域内で形成する二次元ブロック配置パターンに基づいて、前記列領域のエッジライン、始端、終端、および欠損箇所 of の少なくとも一つを検出する、請求項9から12のいずれか1項に記載の農業機械。

[請求項14] 前記処理装置は、前記地面の領域分類を実行するとき、前記時系列画像の少なくとも前記サーチ領域から、前記列領域の色を強調した色強調画像を生成し、

前記色強調画像を、前記色の指標値が閾値以上の第1画素と、前記指標値が前記閾値未満の第2画素とに分類し、

前記第1画素の前記指標値に基づいて、前記列領域を検出する、請求項9から13のいずれか1項に記載の農業機械。

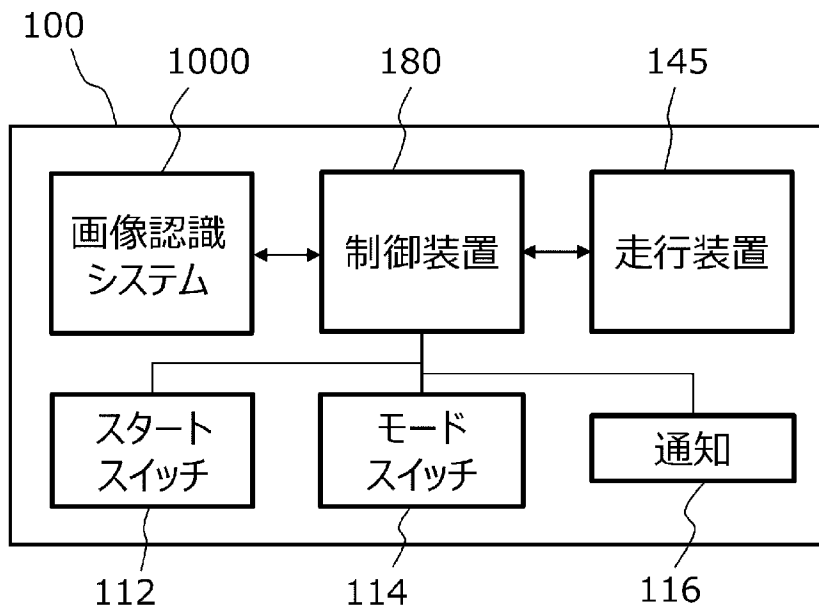
[請求項15] 前記処理装置は、

前記時系列画像の異なる時刻に取得された複数の画像から、特徴点マッチングにより、複数の特徴点のそれぞれの、画像平面内における第1移動量を求め、

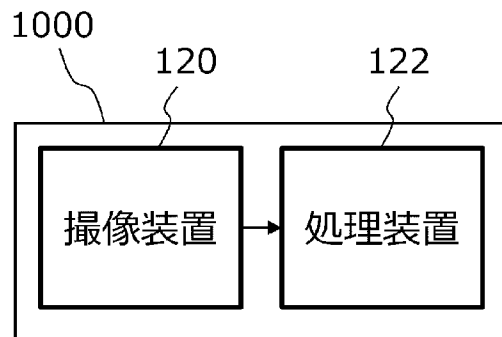
前記複数の特徴点のそれぞれを、前記画像平面から、前記地面に対応する基準平面に透視投影し、前記第1移動量に基づいて前記基準平面内における各投影点の第2移動量を求め、

前記第2移動量に基づいて、前記複数の特徴点の前記基準平面からの高さを推定して前記列領域を検出する、請求項9から14のいずれか1項に記載の農業機械。

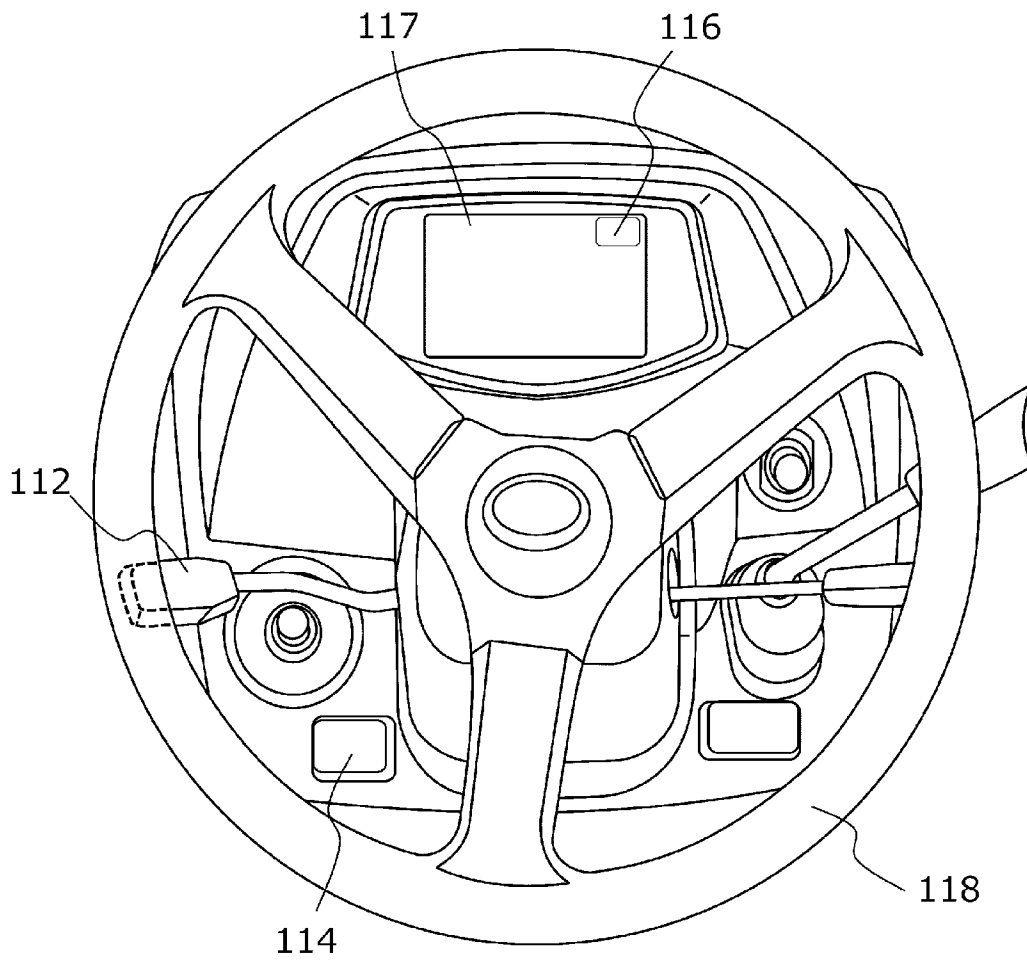
[図1]



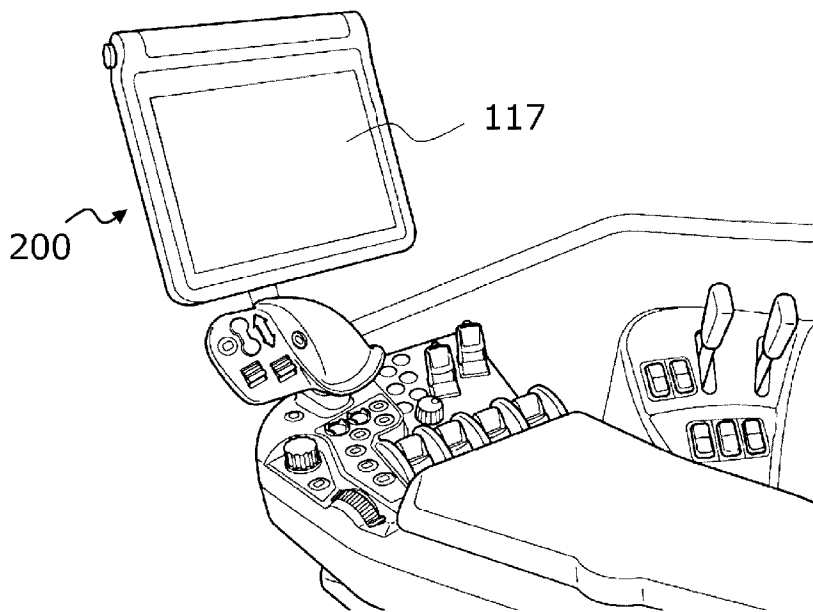
[図2]



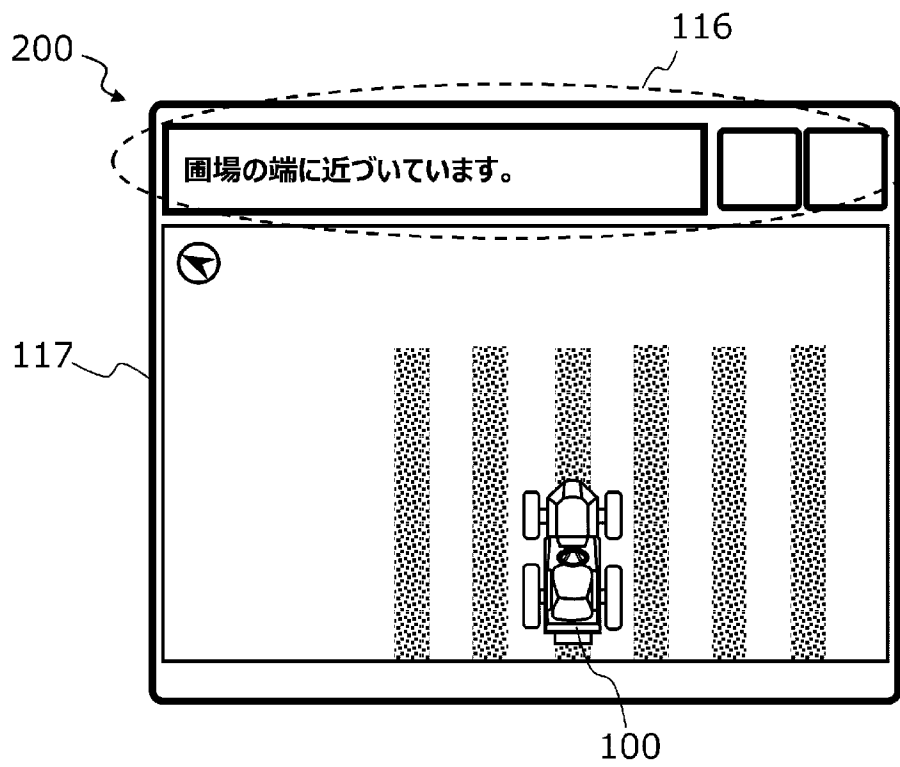
[図3]



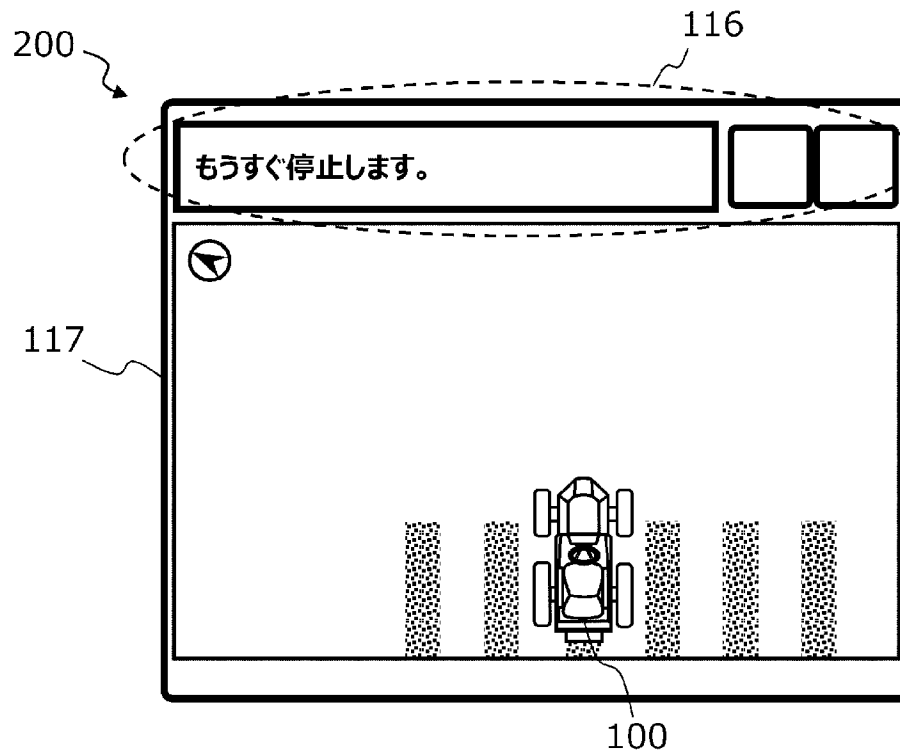
[図4]



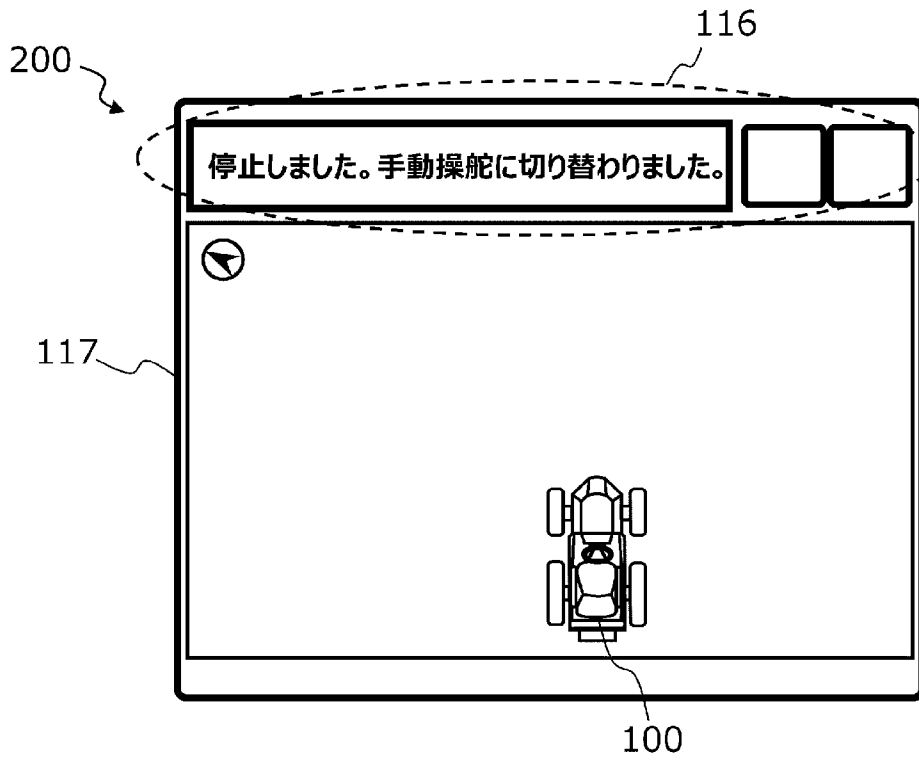
[図5]



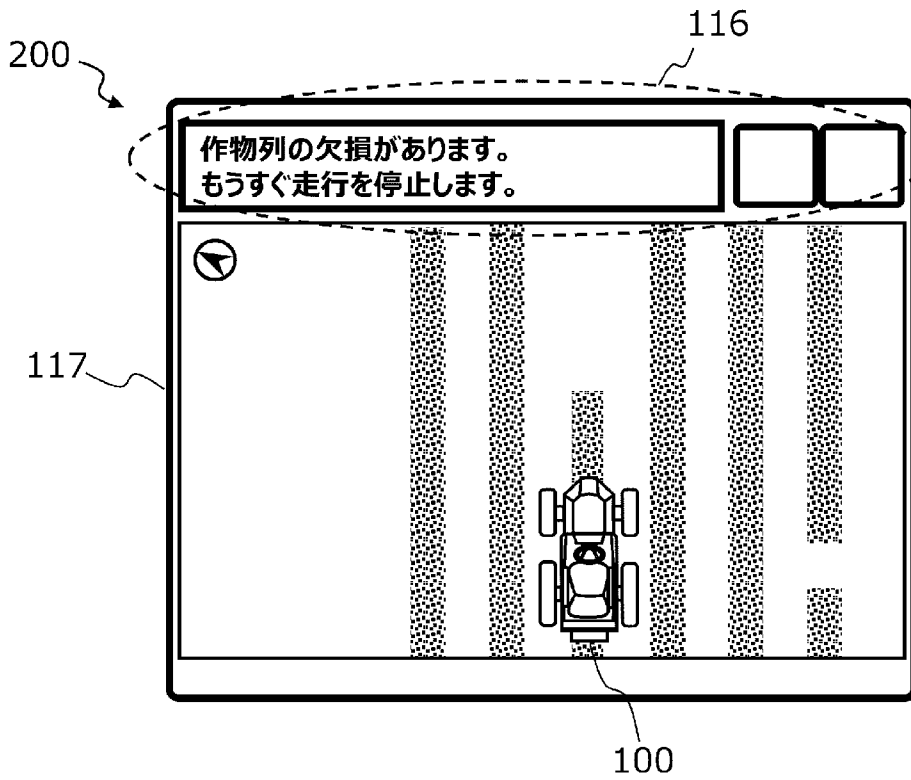
[図6]



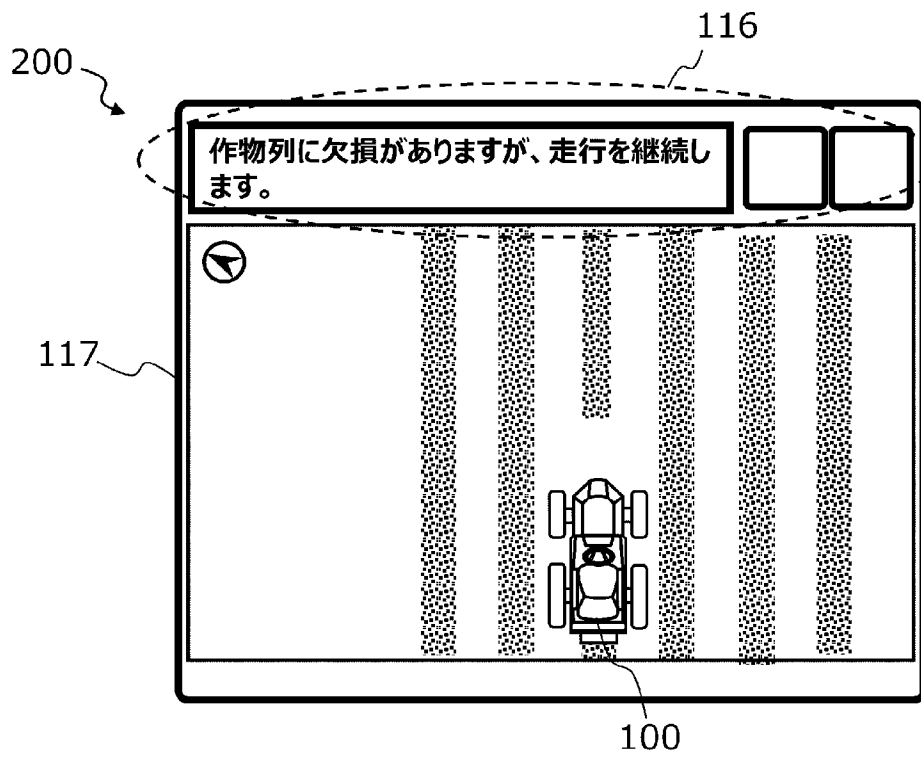
[図7]



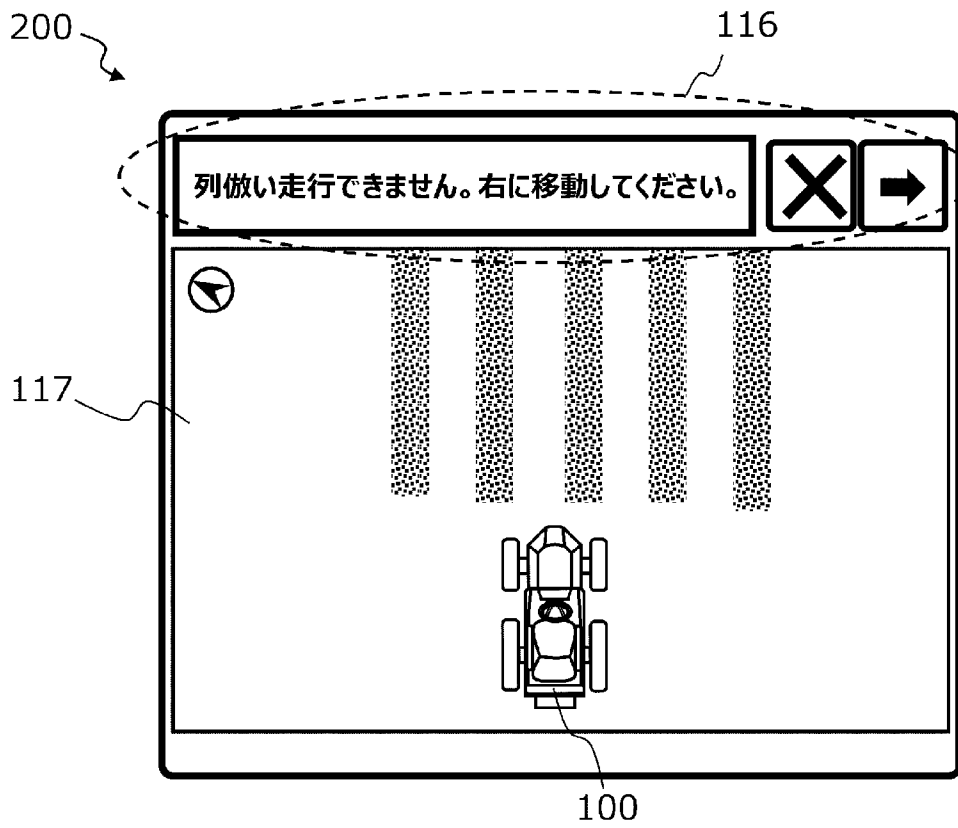
[図8]



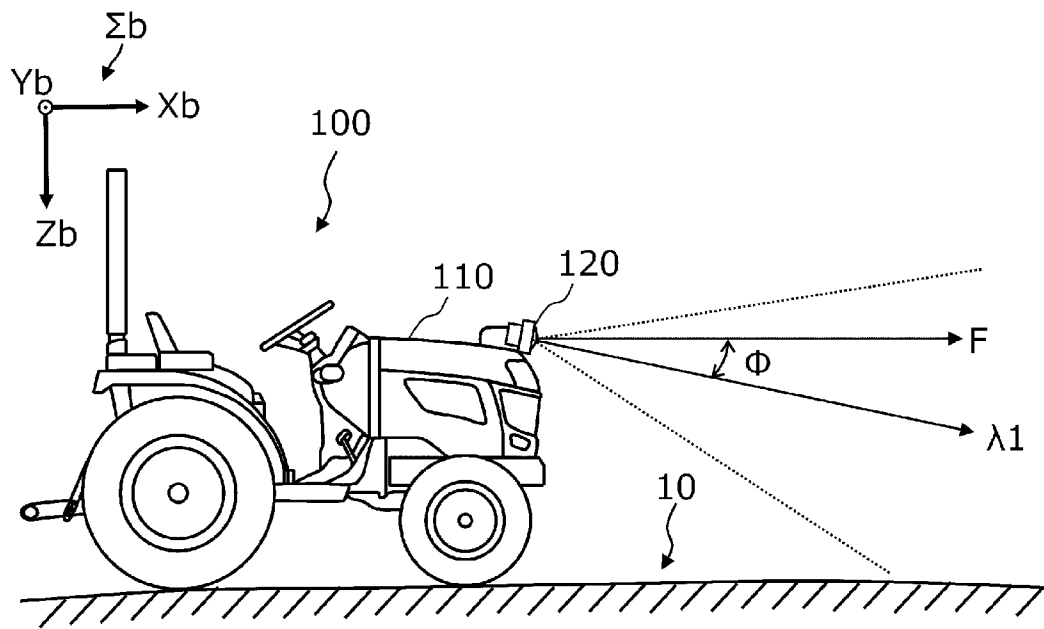
[図9]



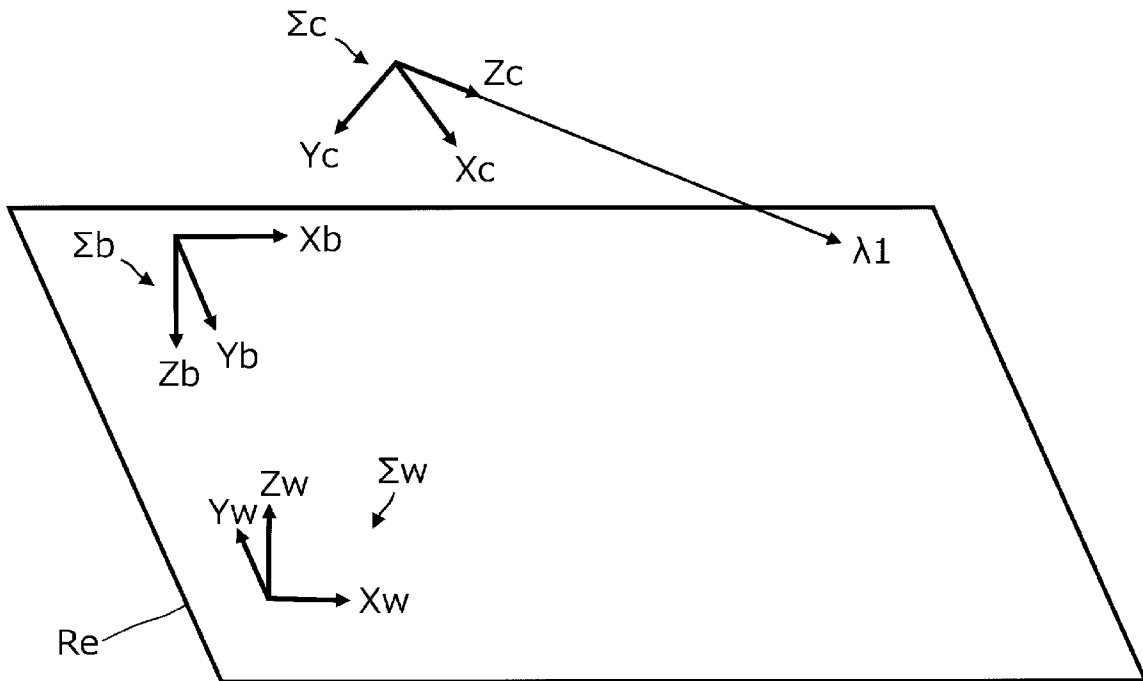
[図10]



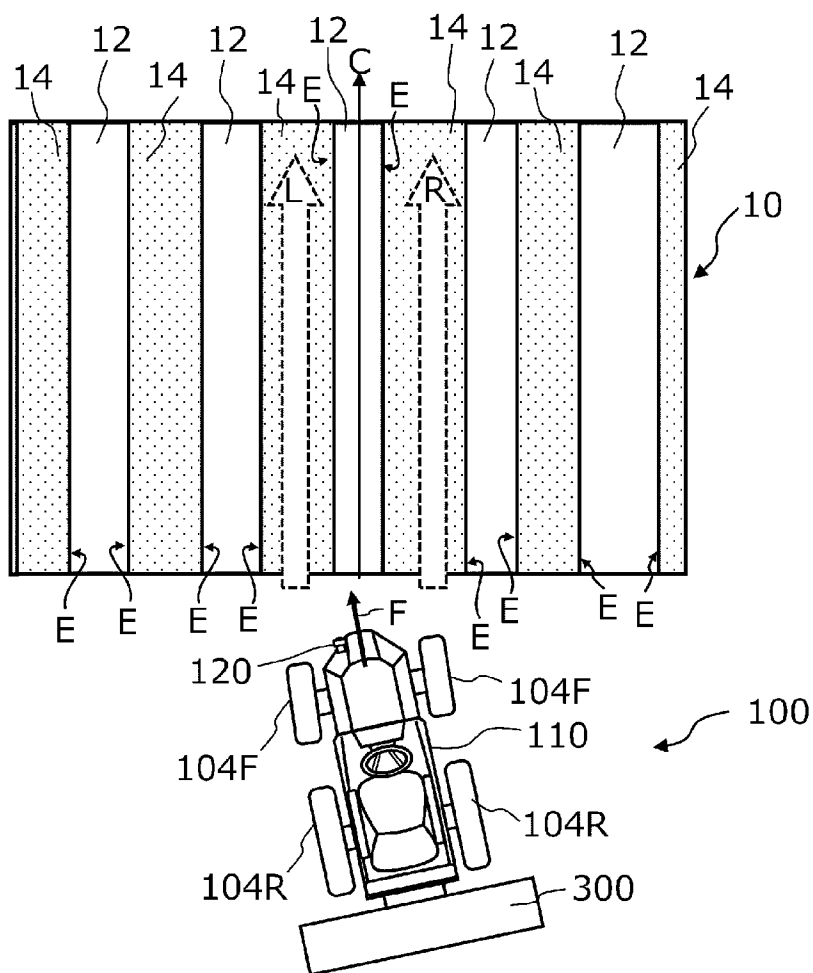
[図11]



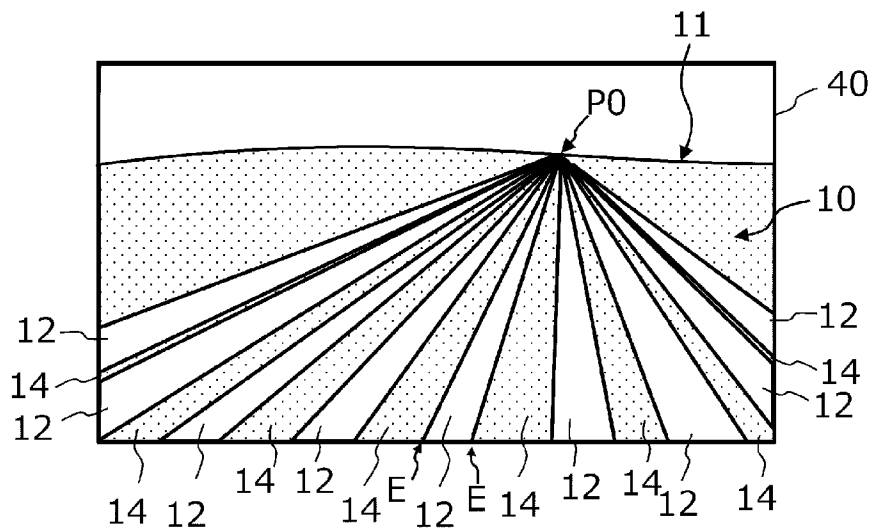
[図12]



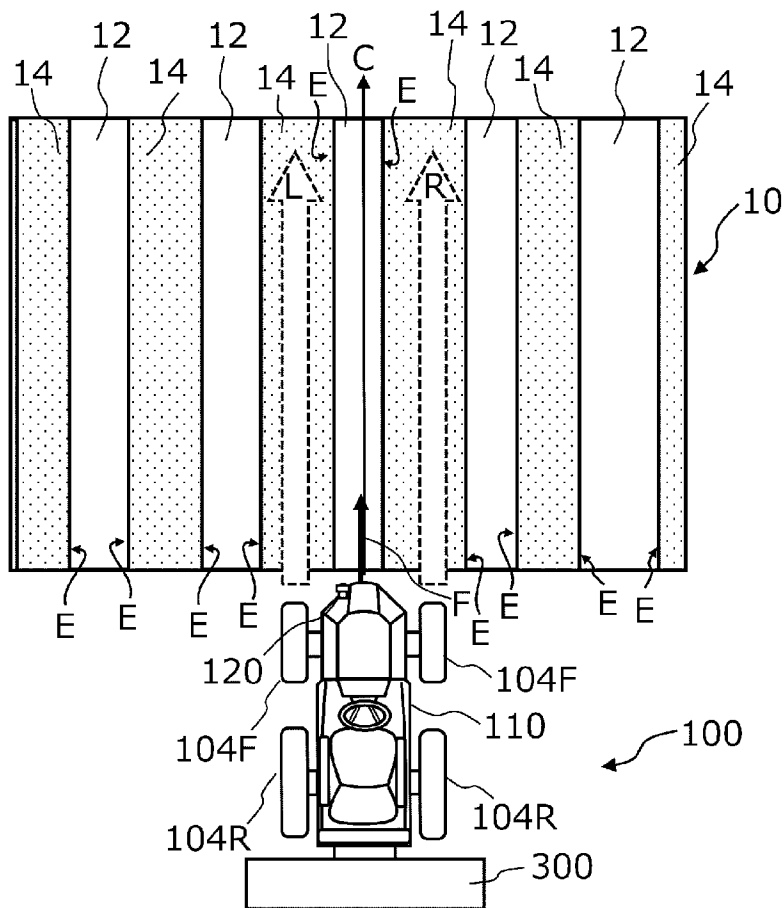
[図13]



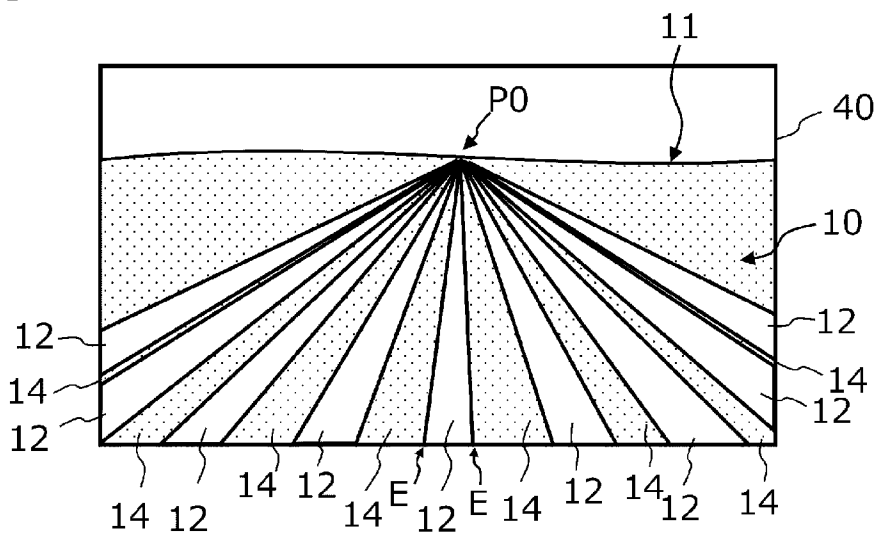
[図14]



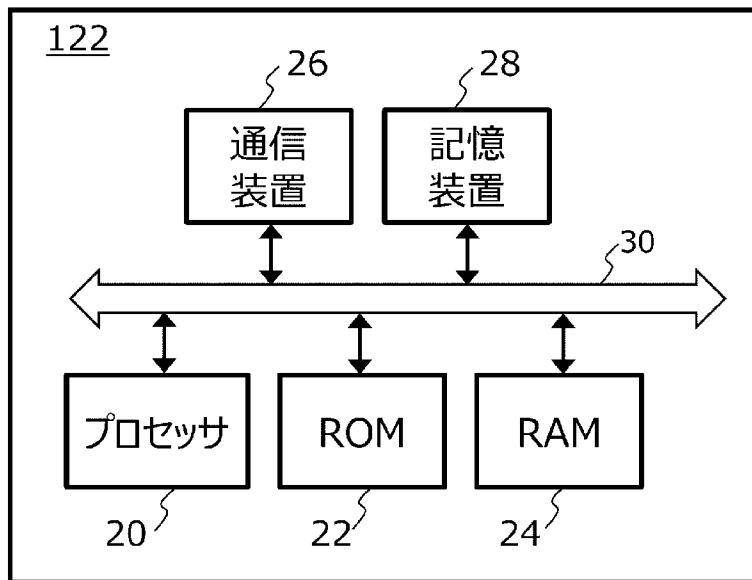
[図15]



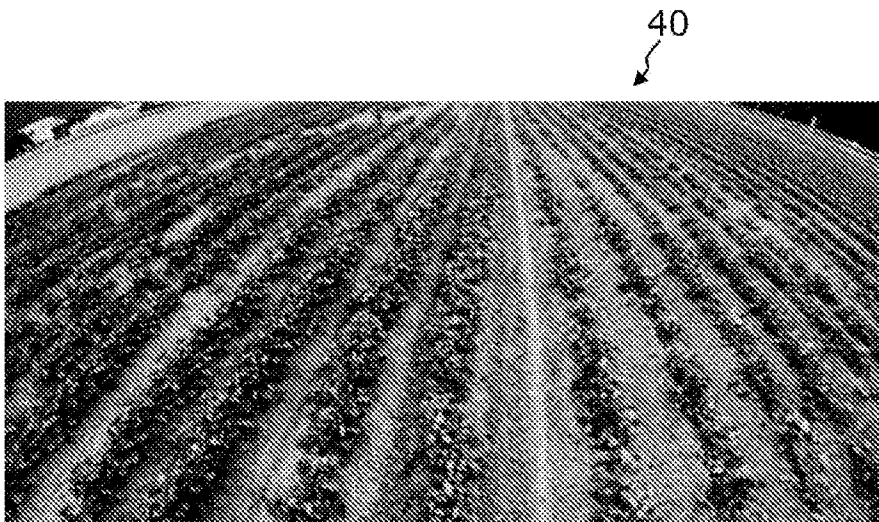
[図16]



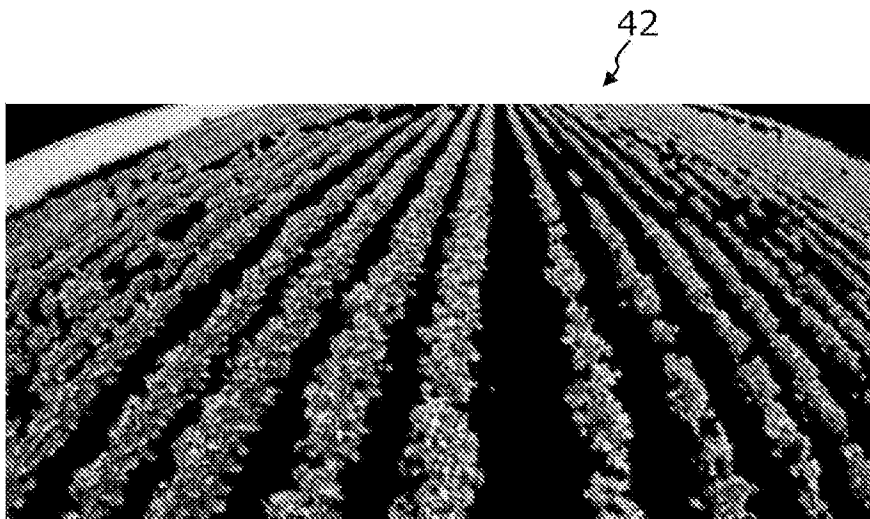
[図17]



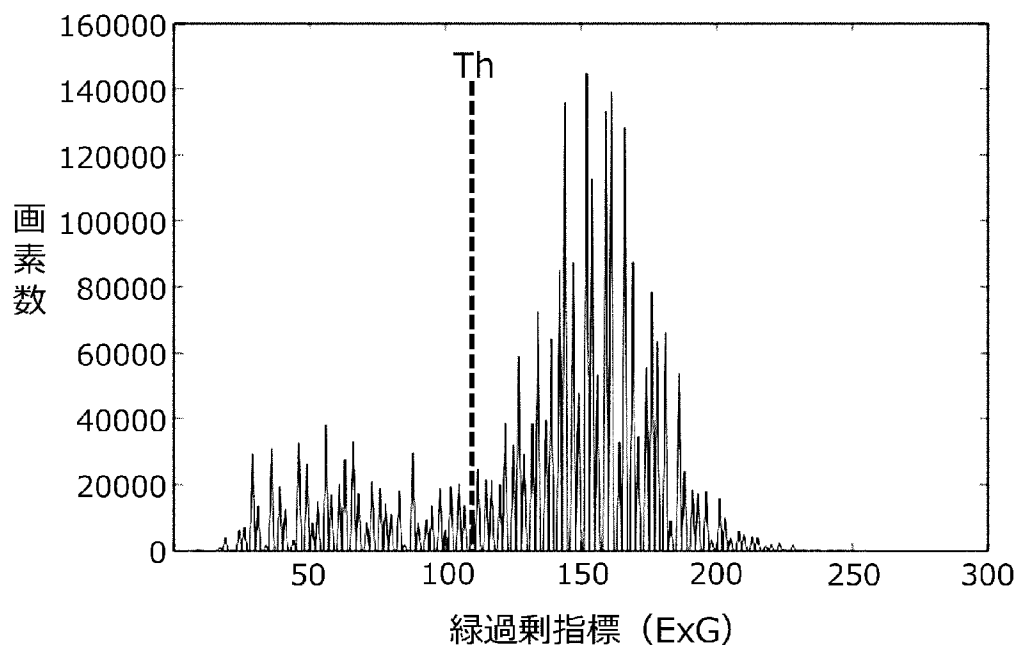
[図18]



[図19]

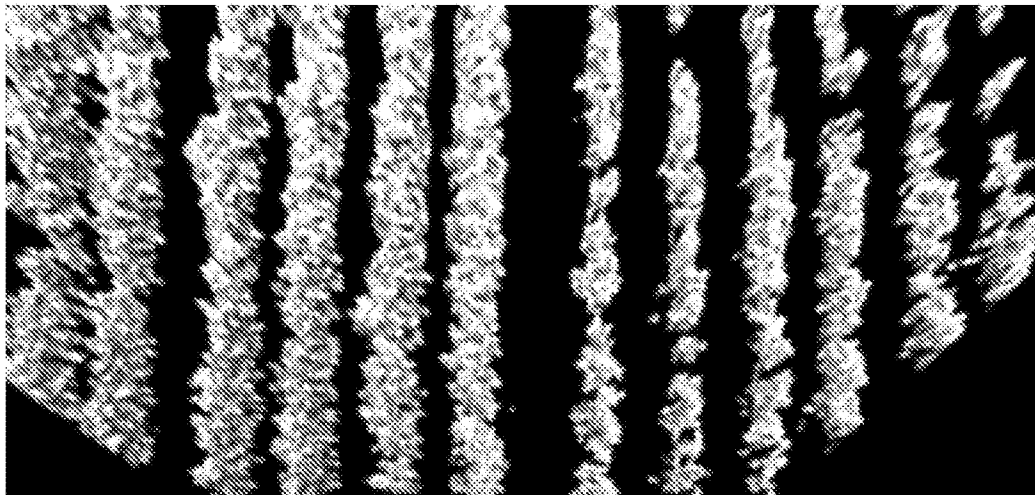


[図20]

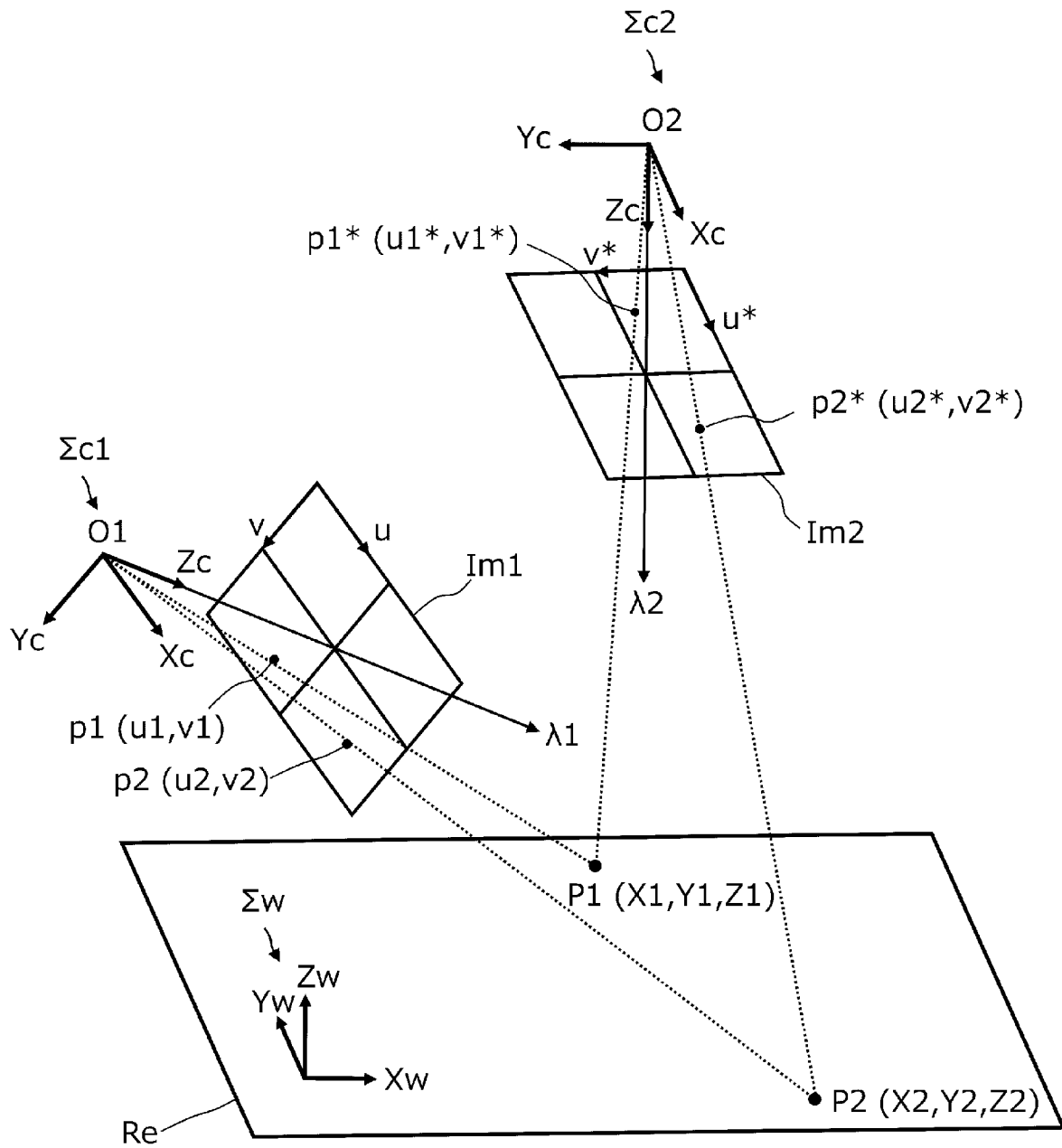


[図21]

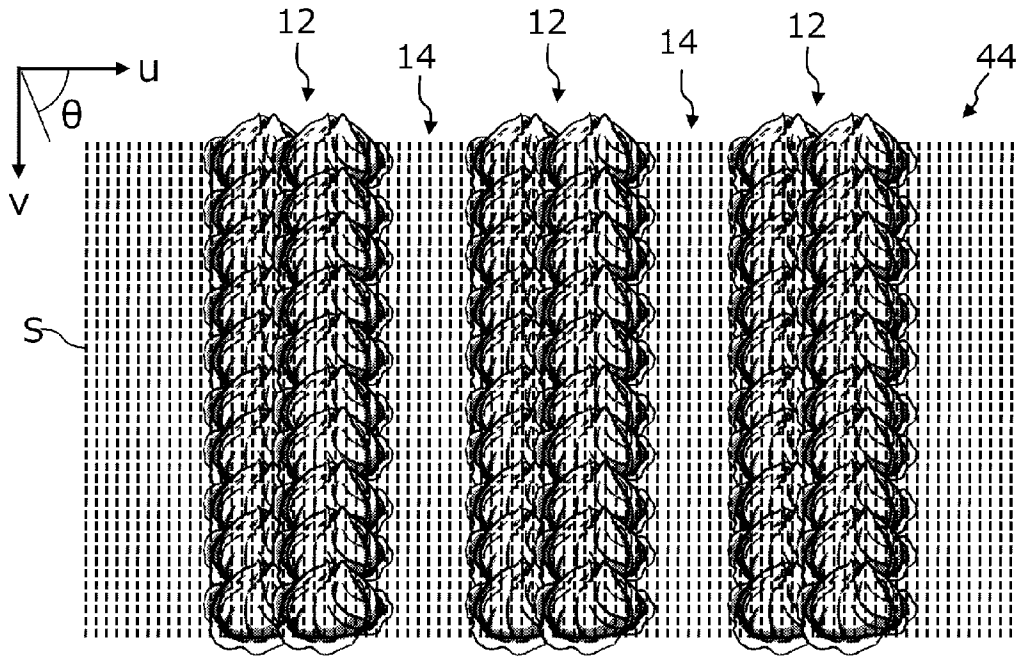
44



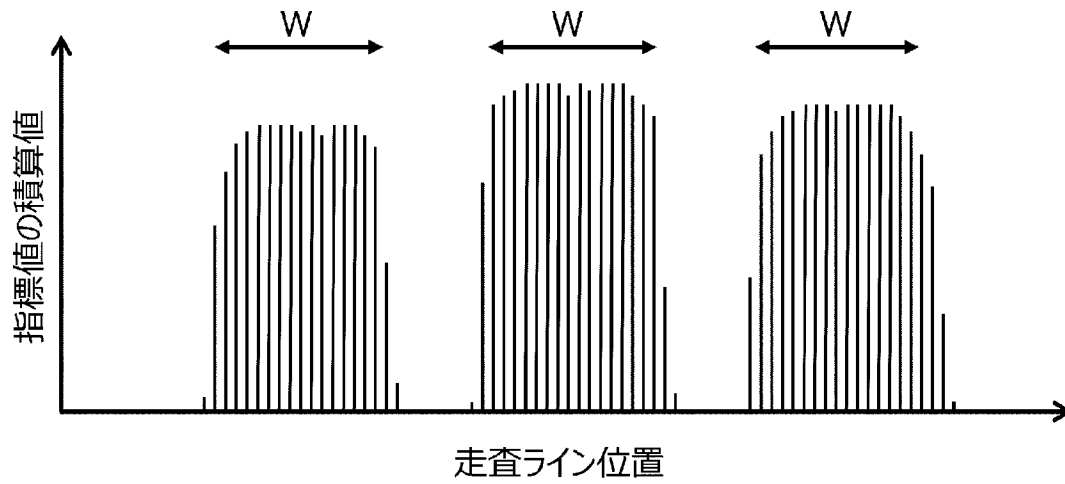
[図22]



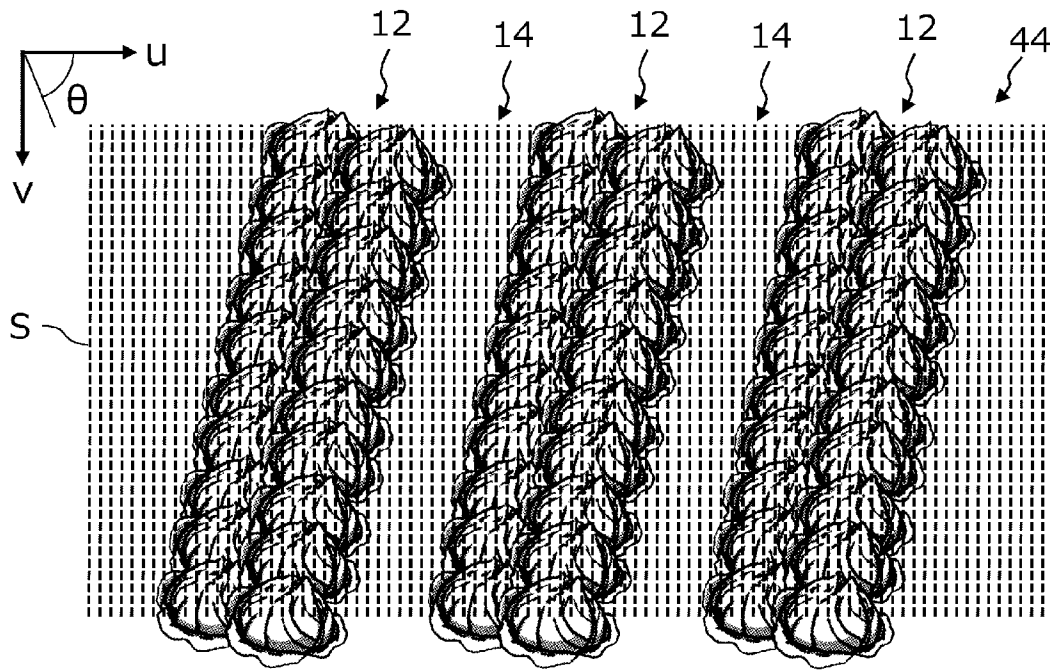
[図23]



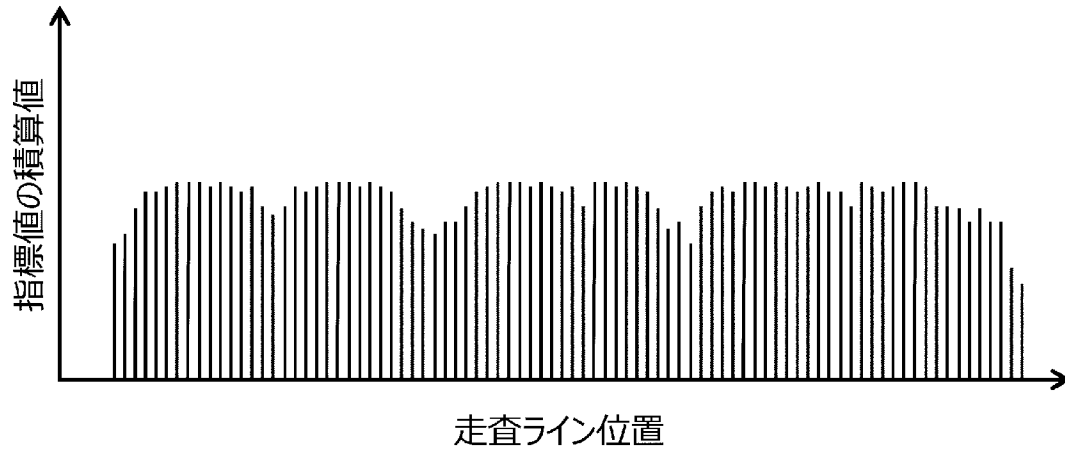
[図24]



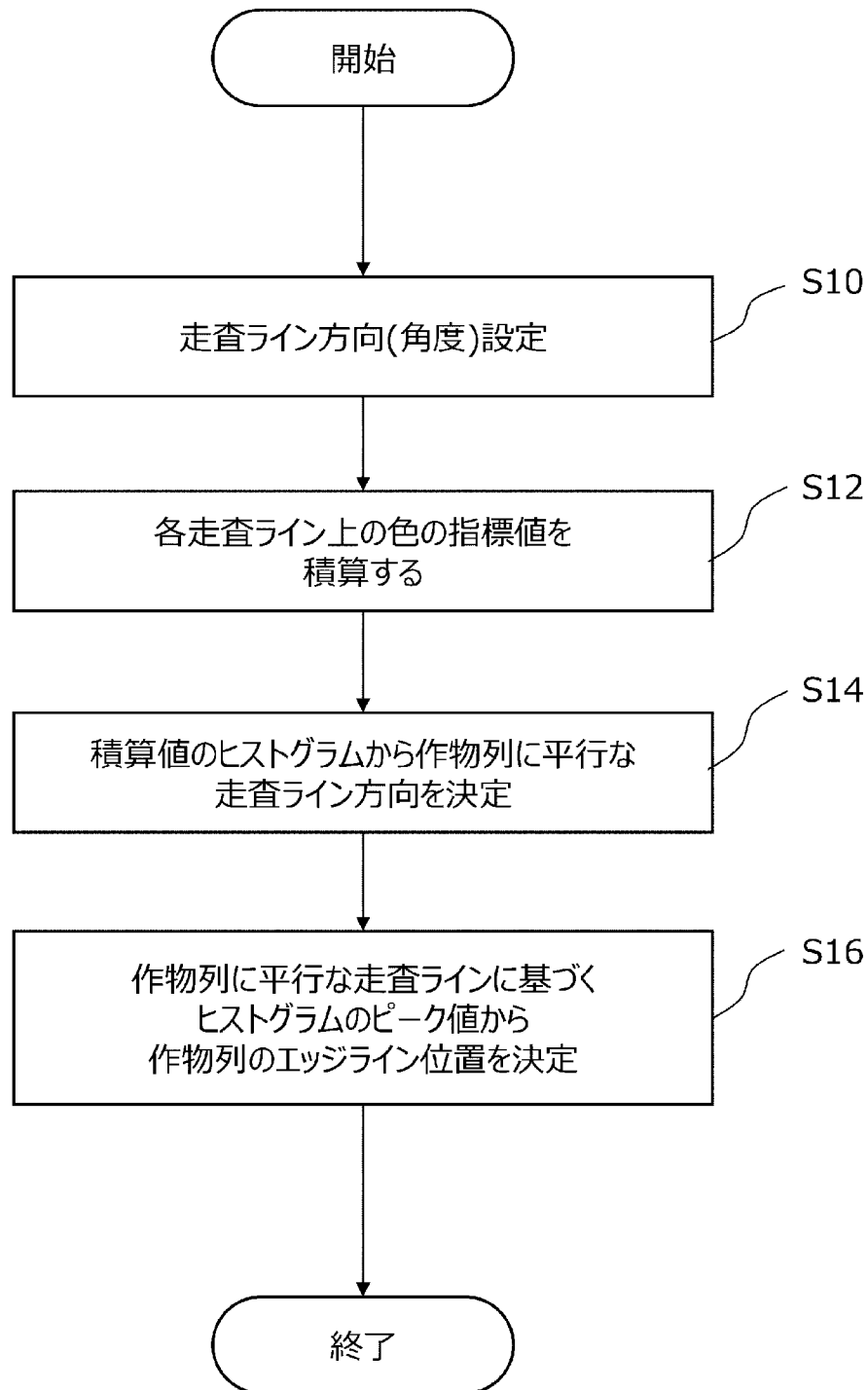
[図25]



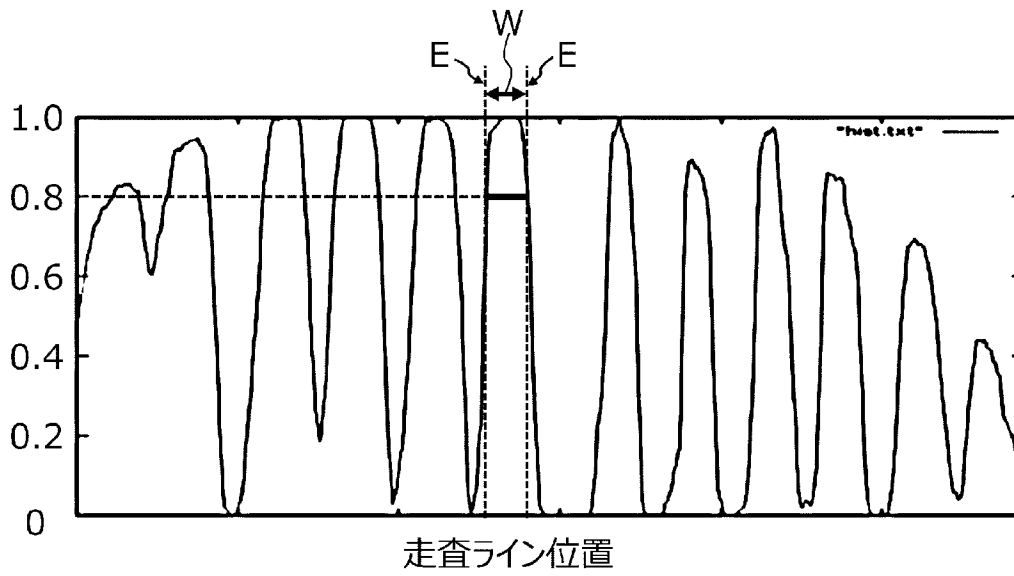
[図26]



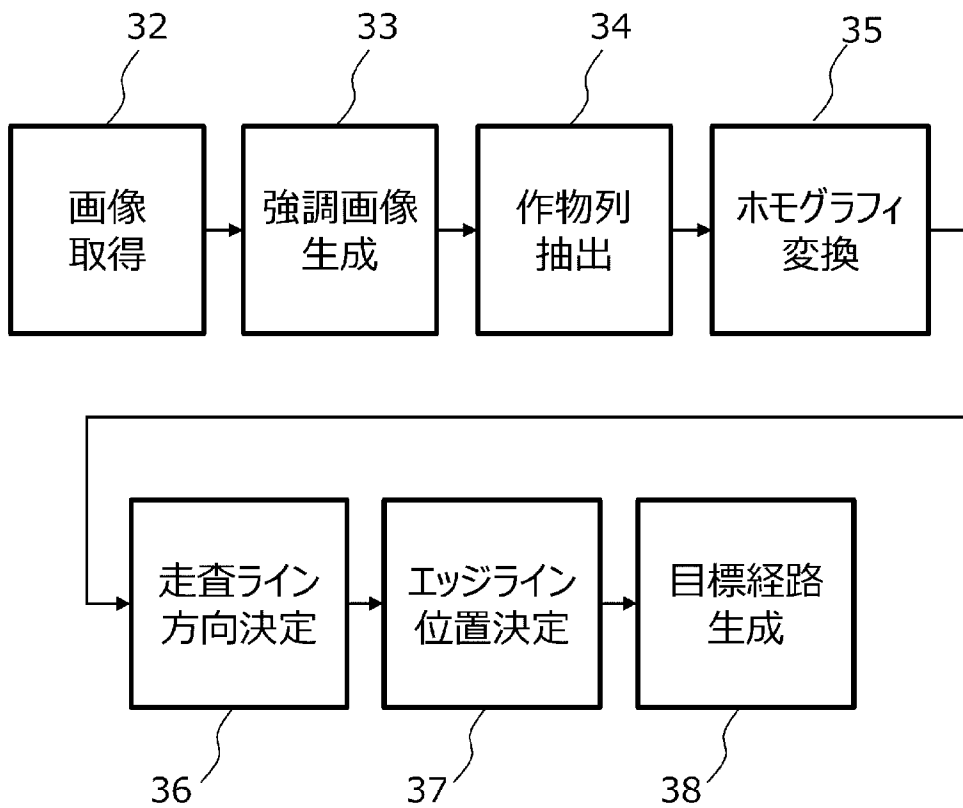
[図27]



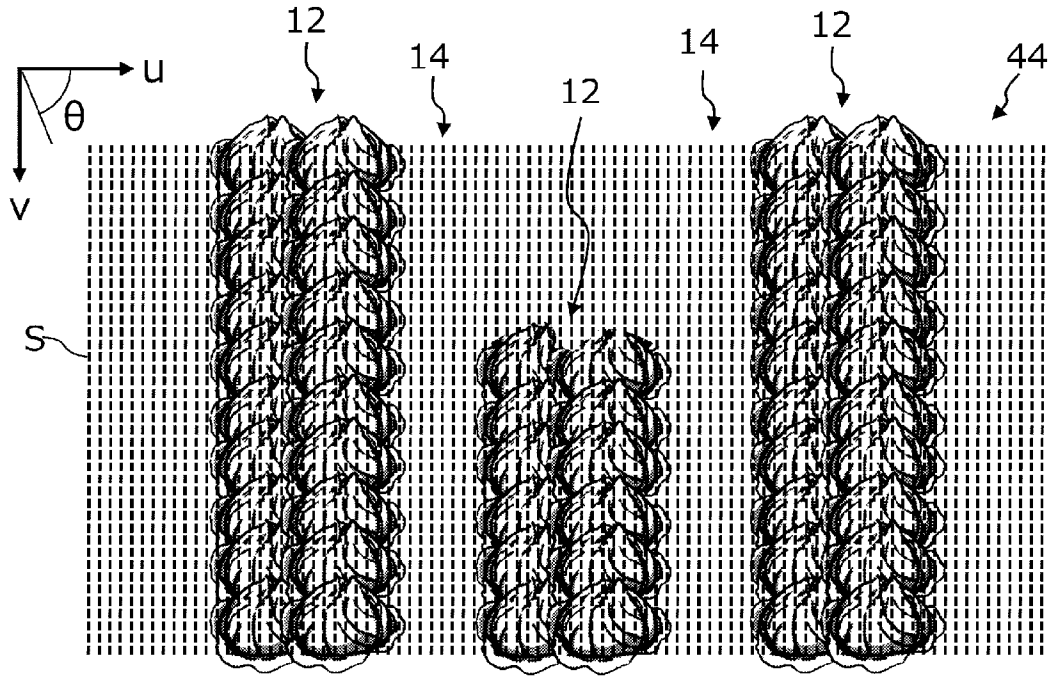
[図28]



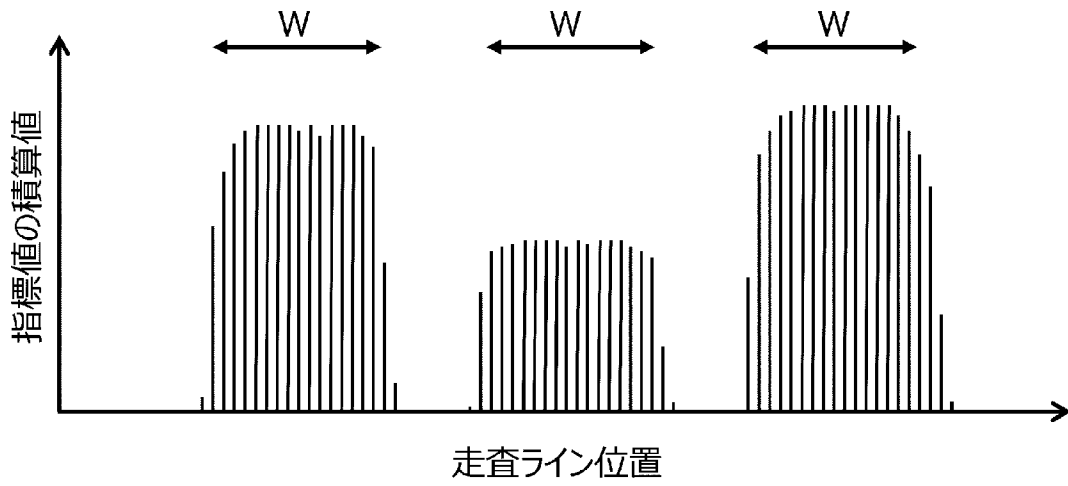
[図29]



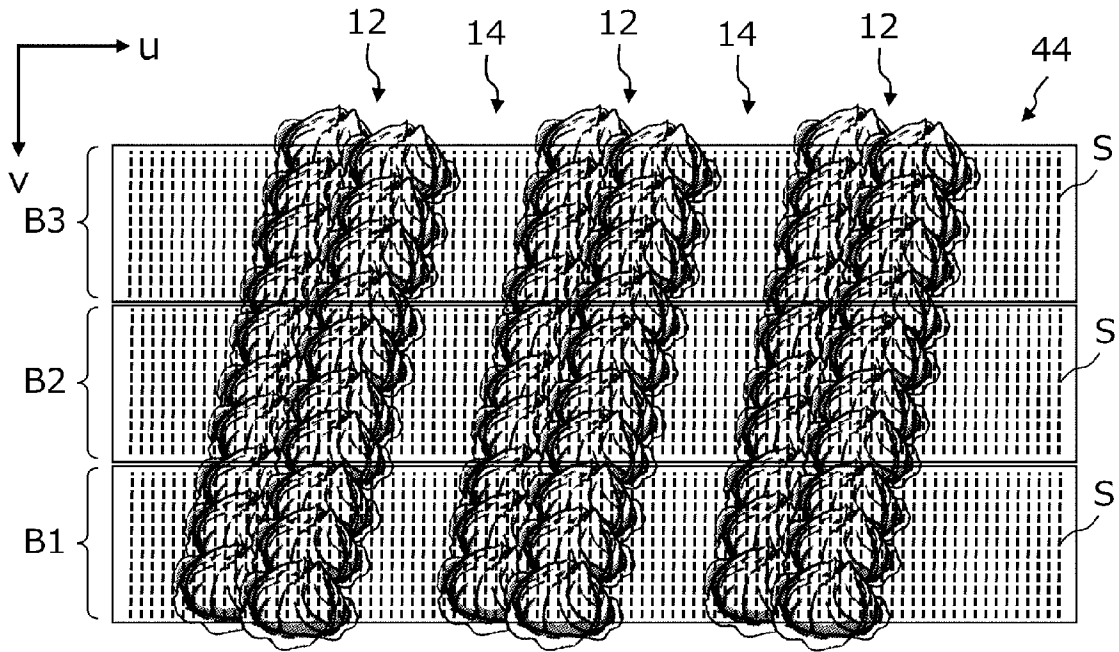
[図30]



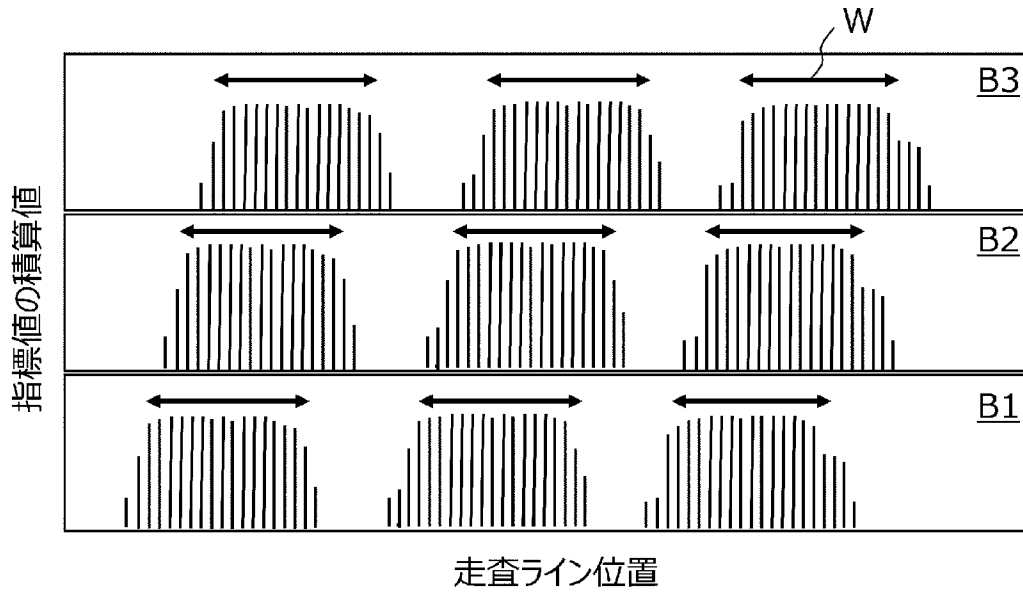
[図31]



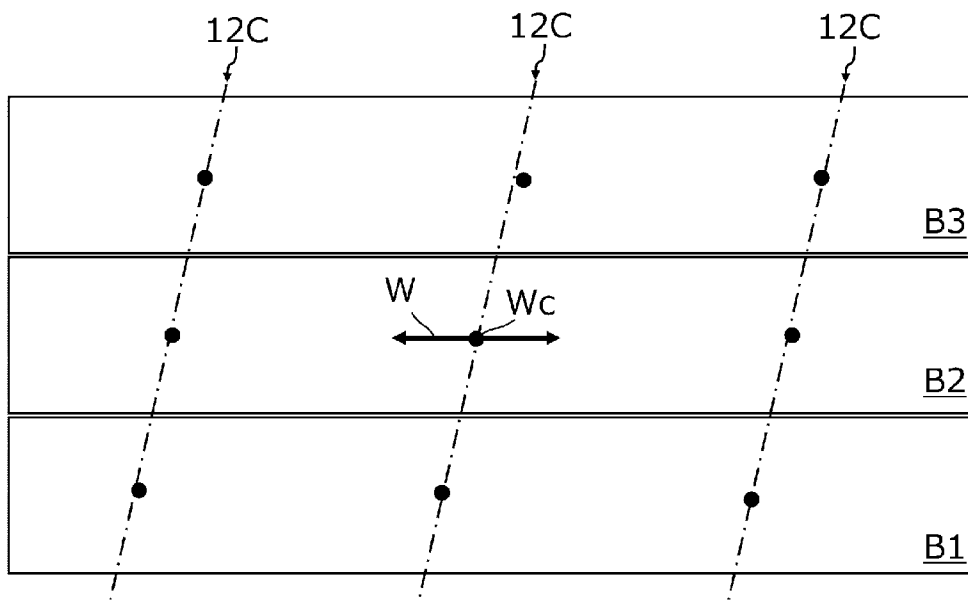
[図32]



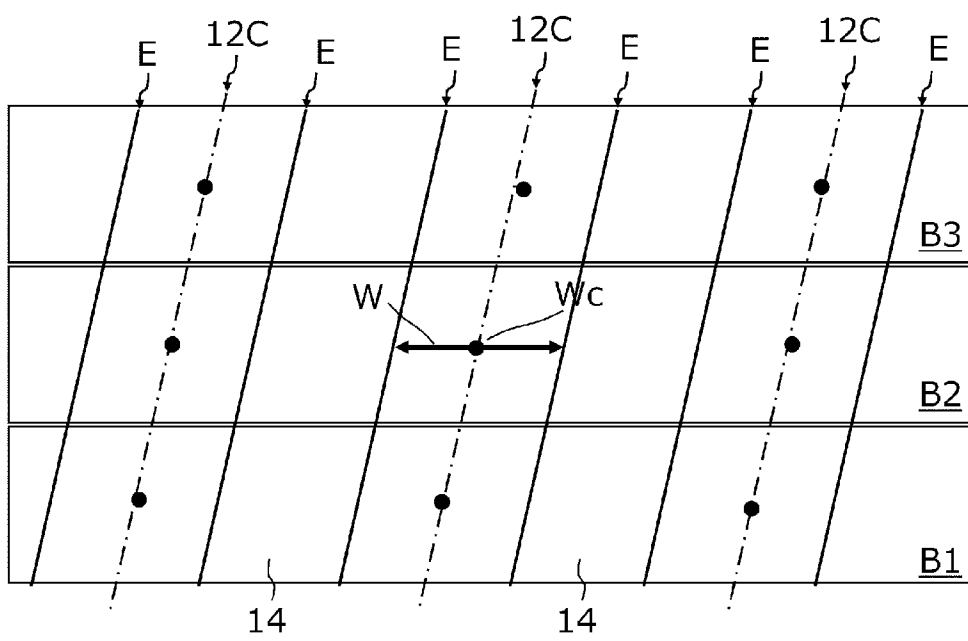
[図33]



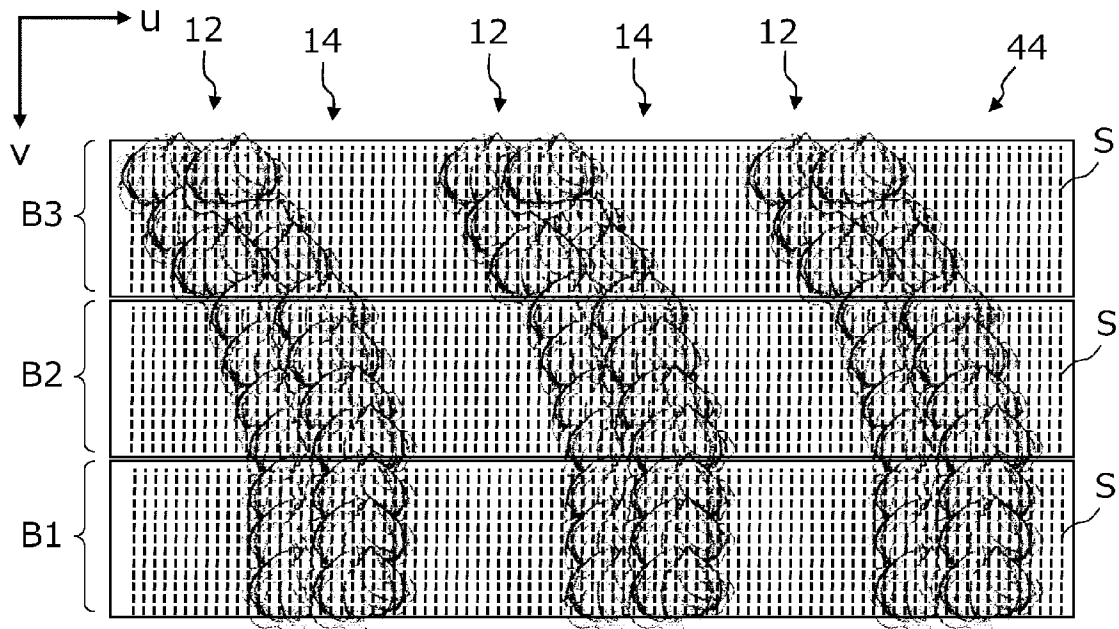
[圖34]



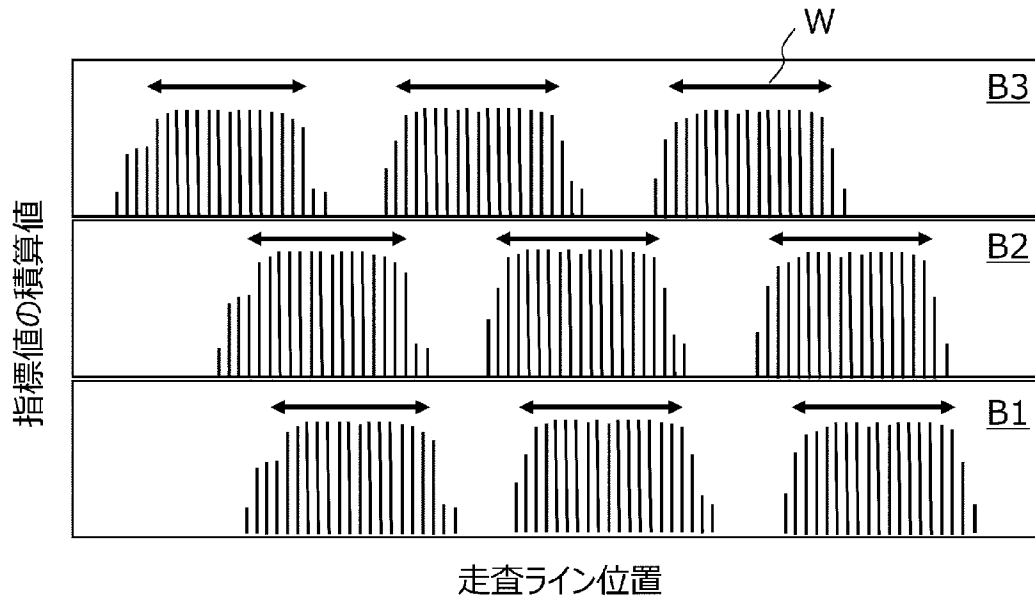
[圖35]



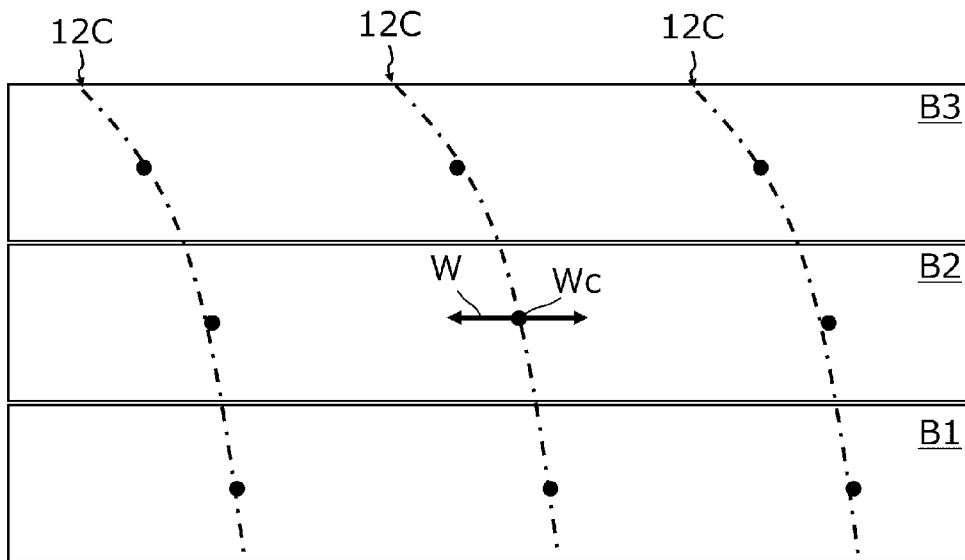
[図36]



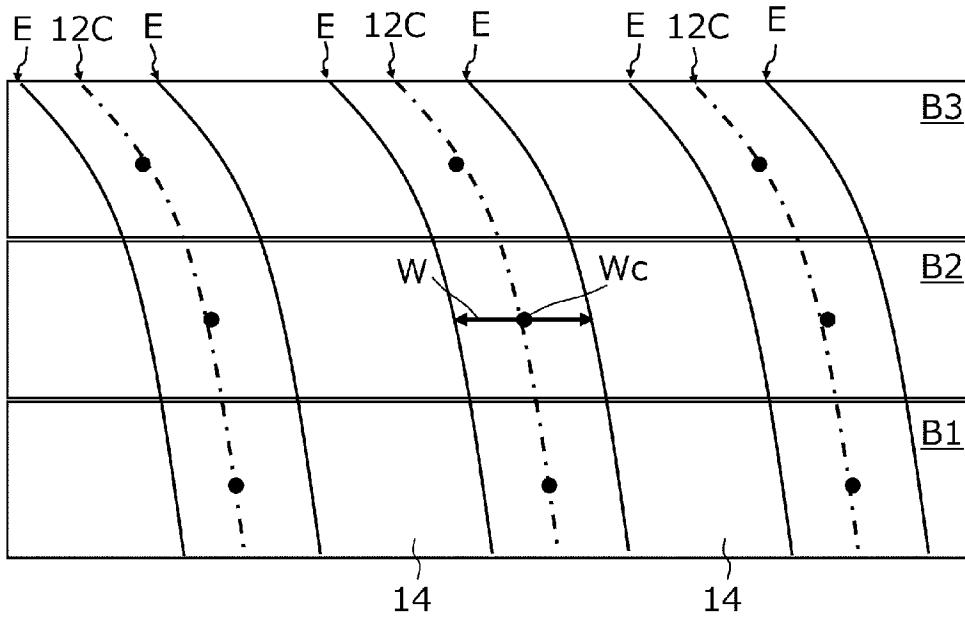
[図37]



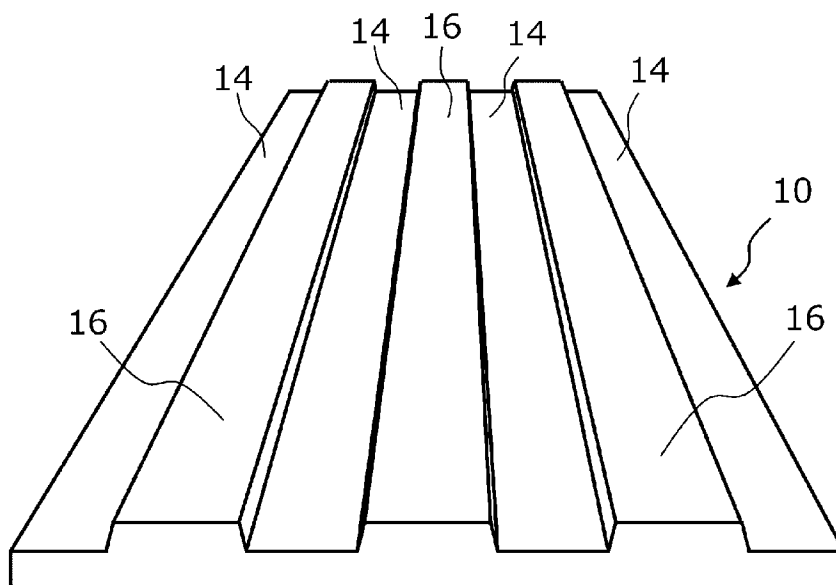
[図38]



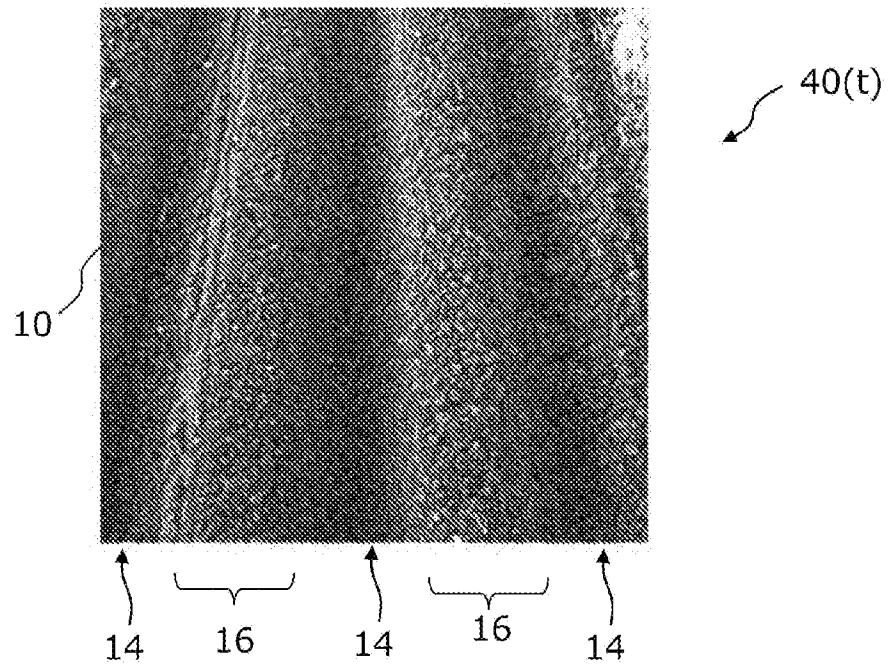
[図39]



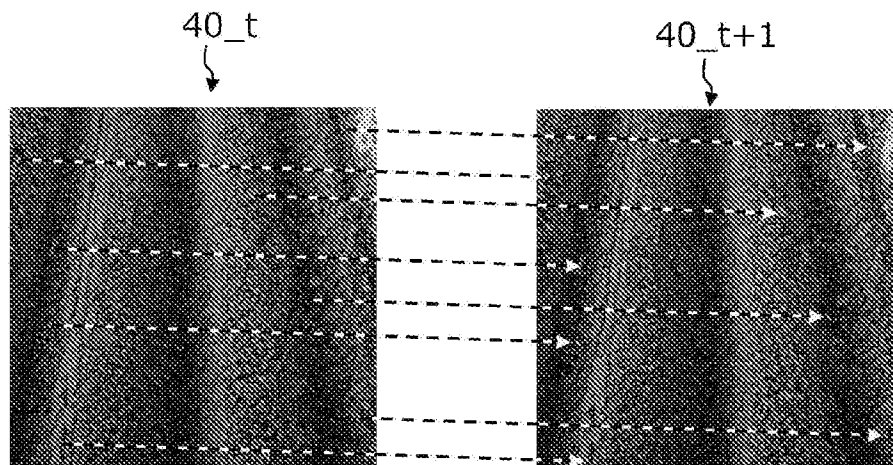
[図40]



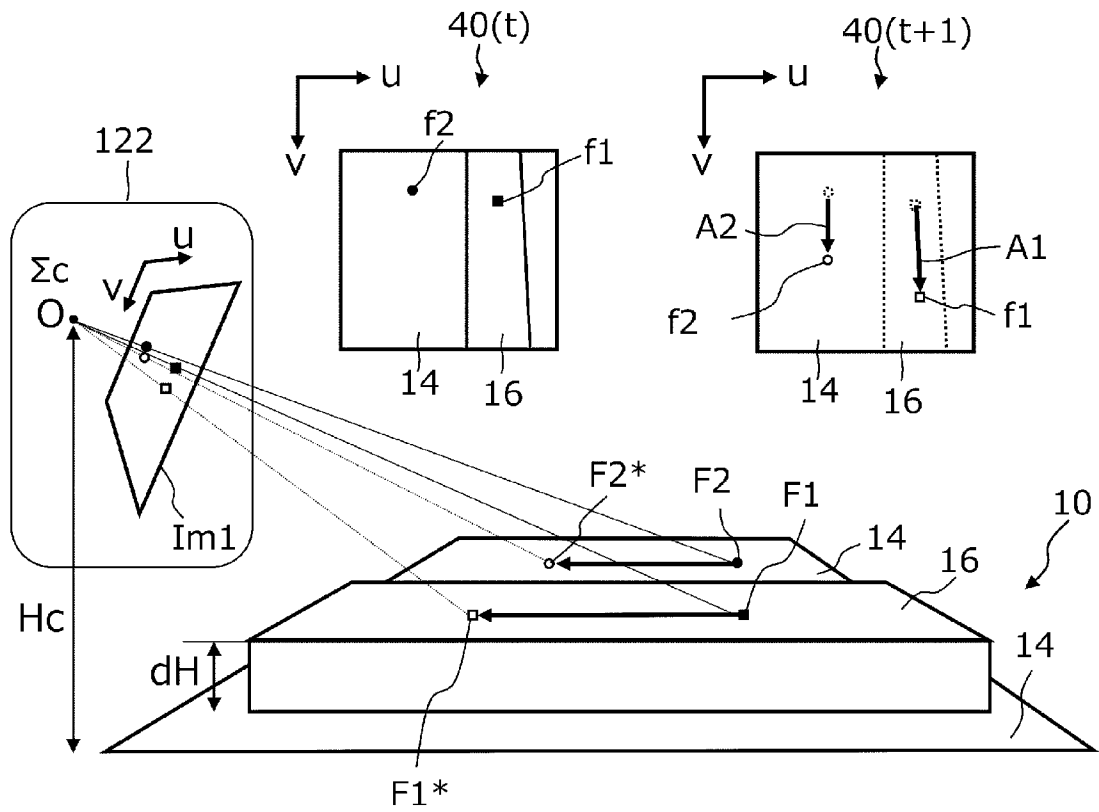
[図41]



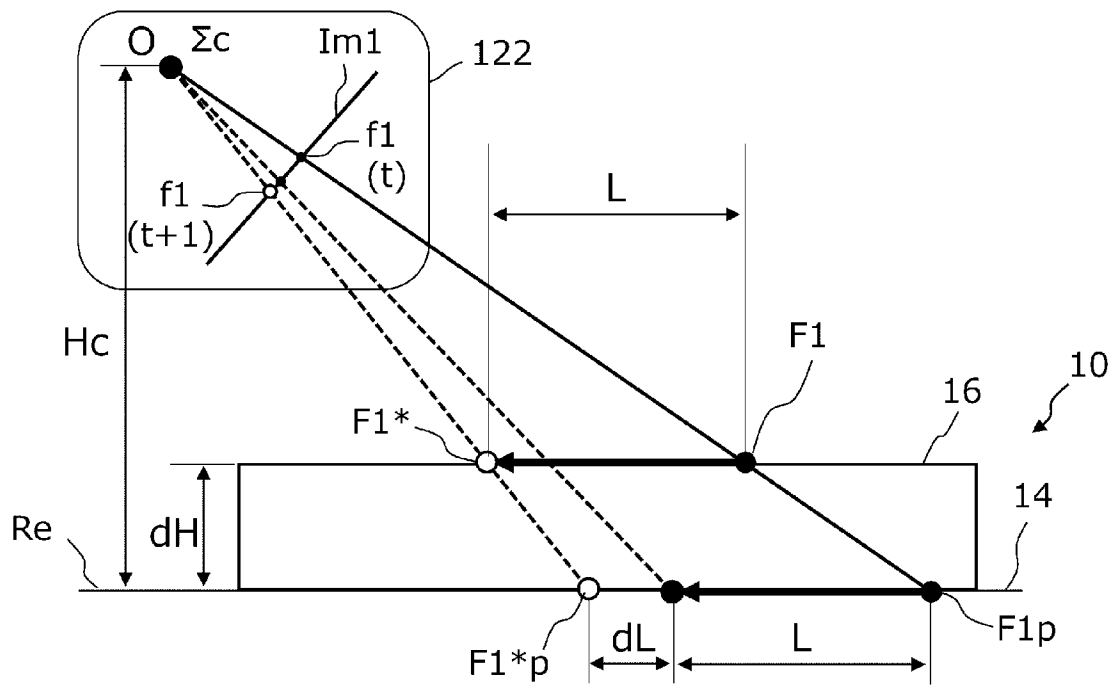
[図42]



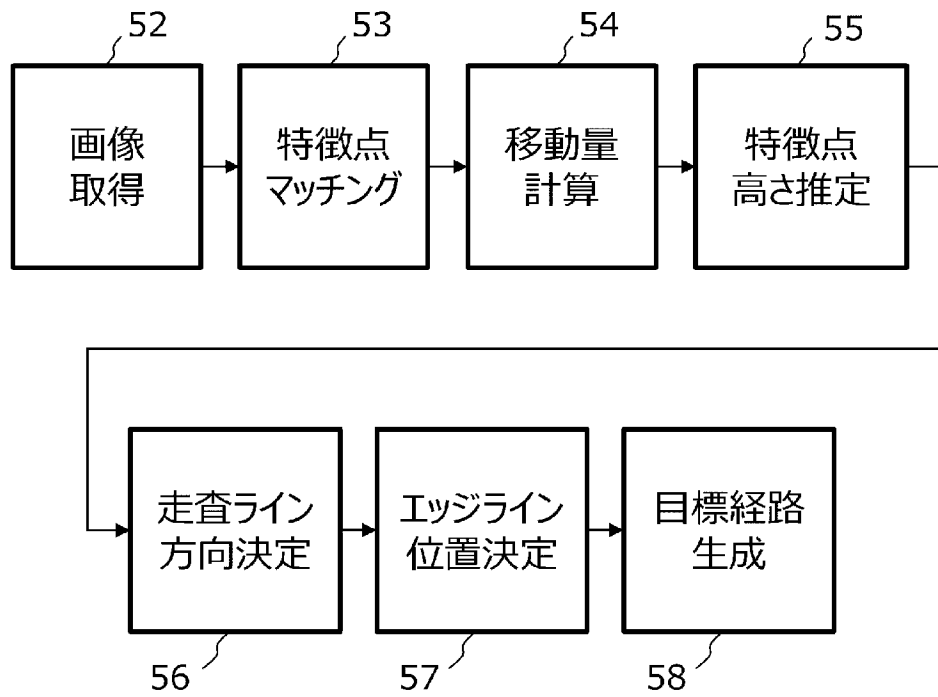
[図43]



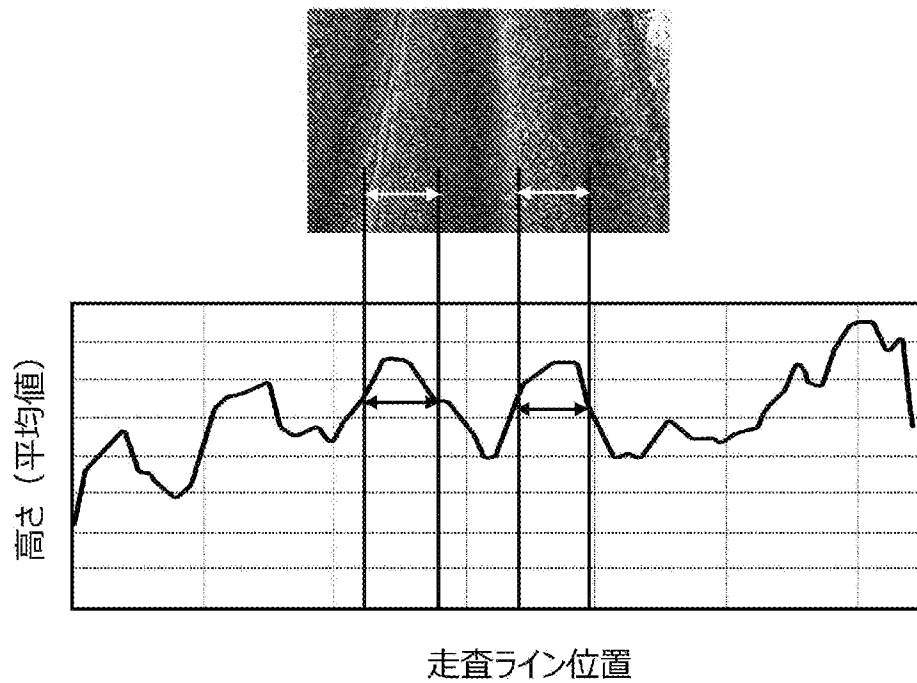
[図44]



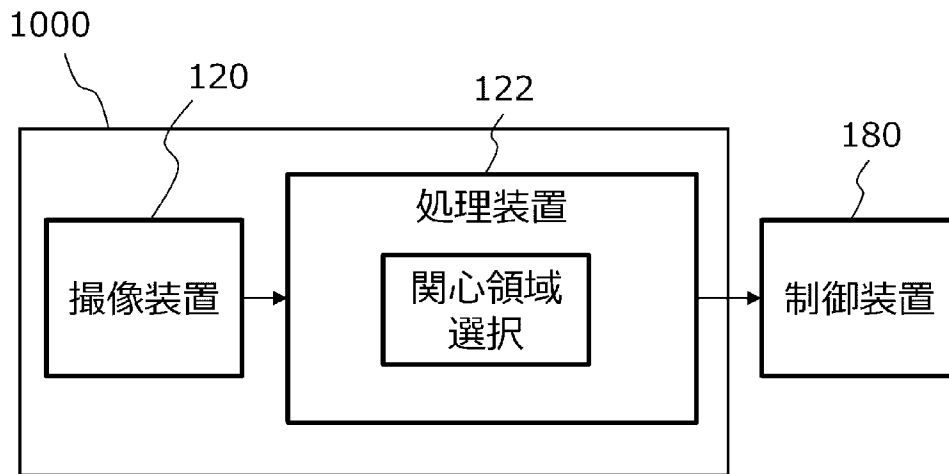
[図45]



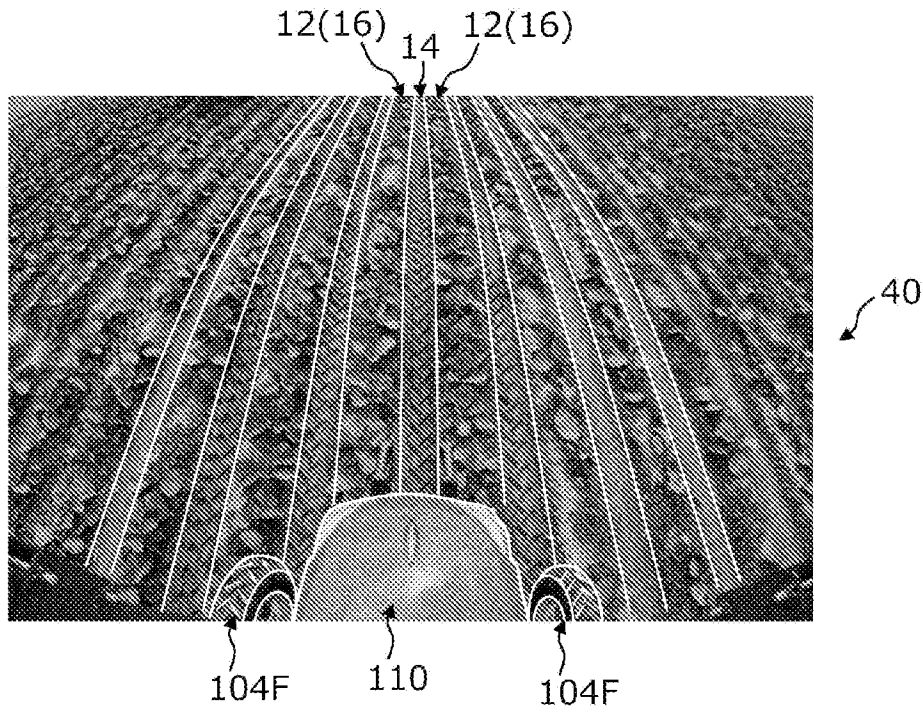
[図46]



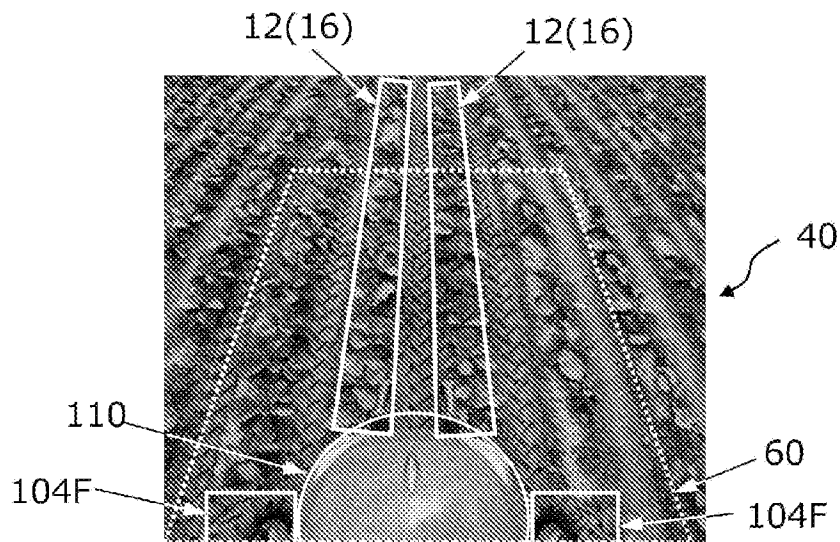
[図47]



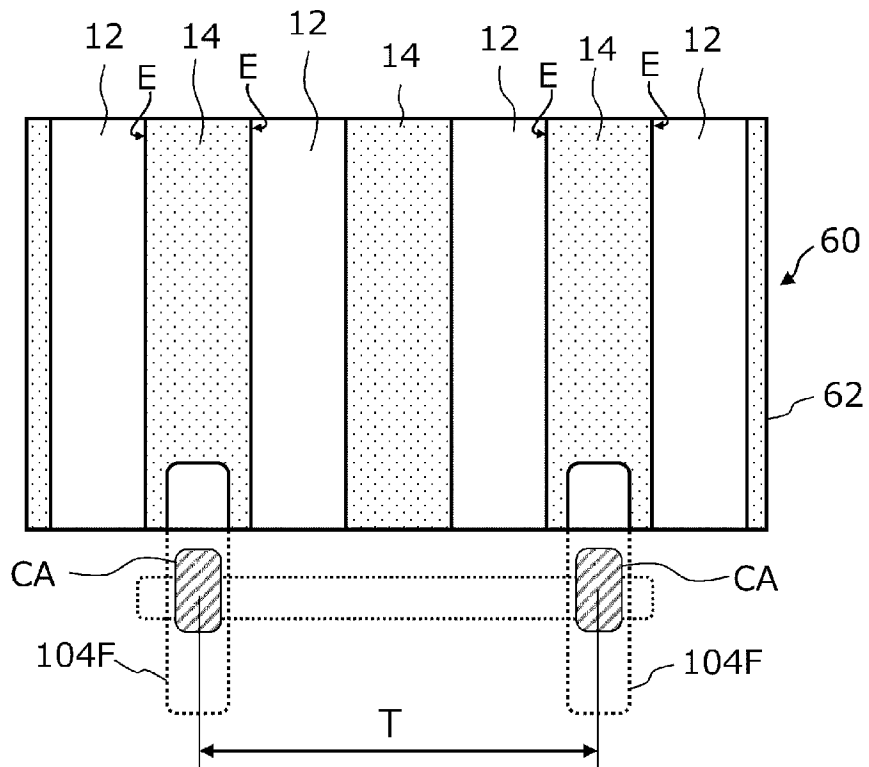
[図48]



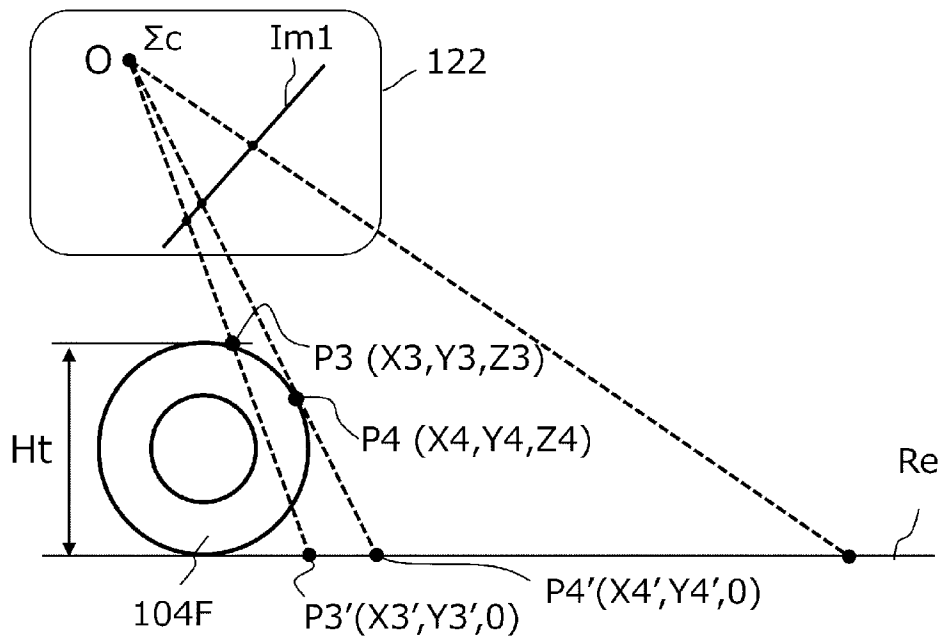
[図49]



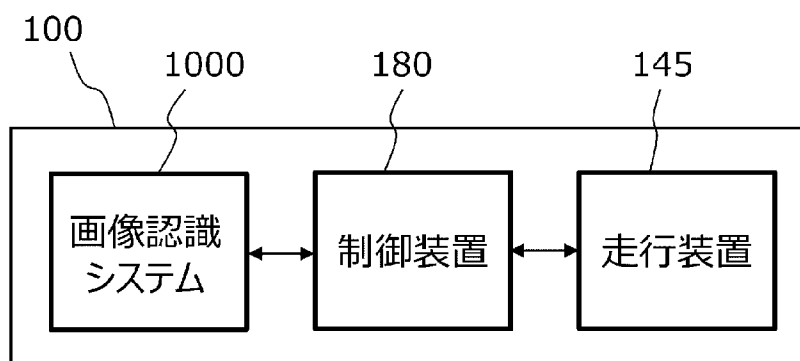
[図50]



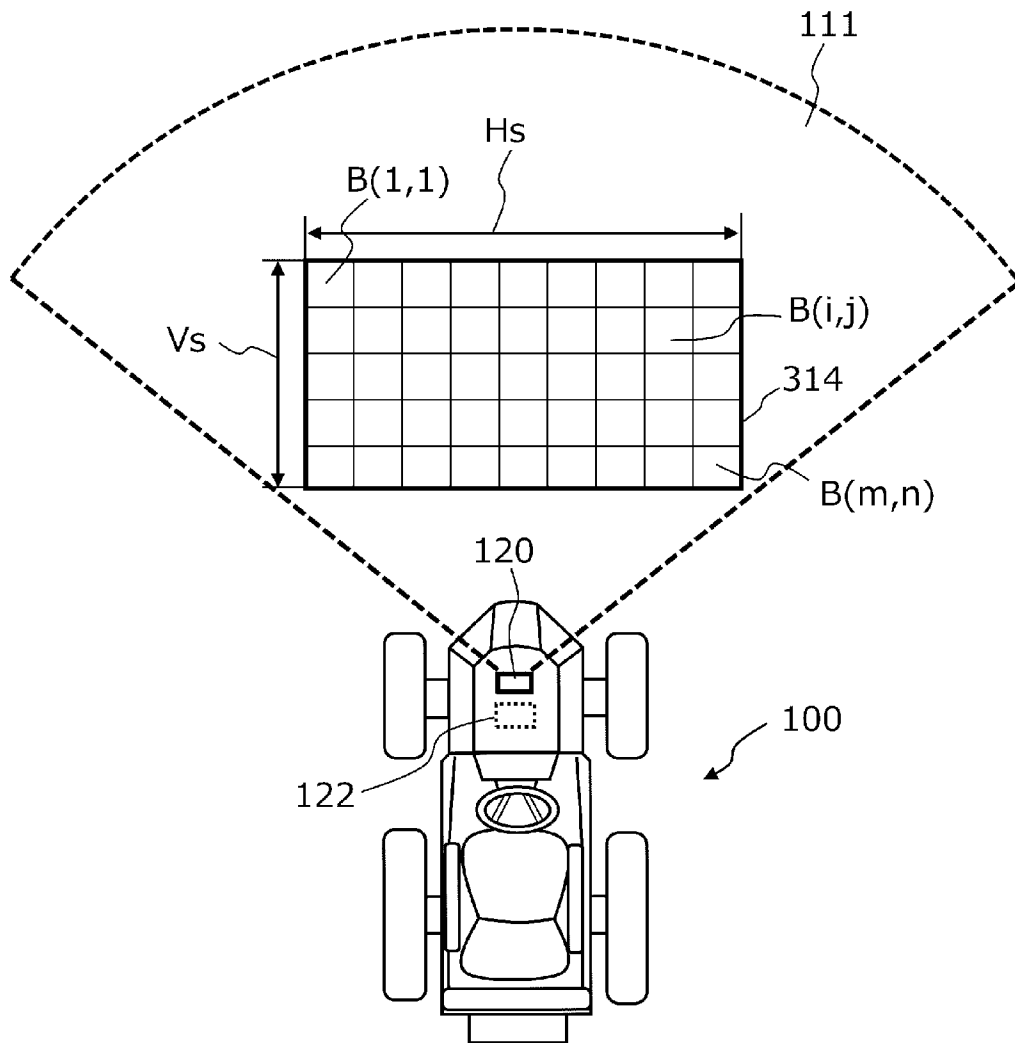
[図51]



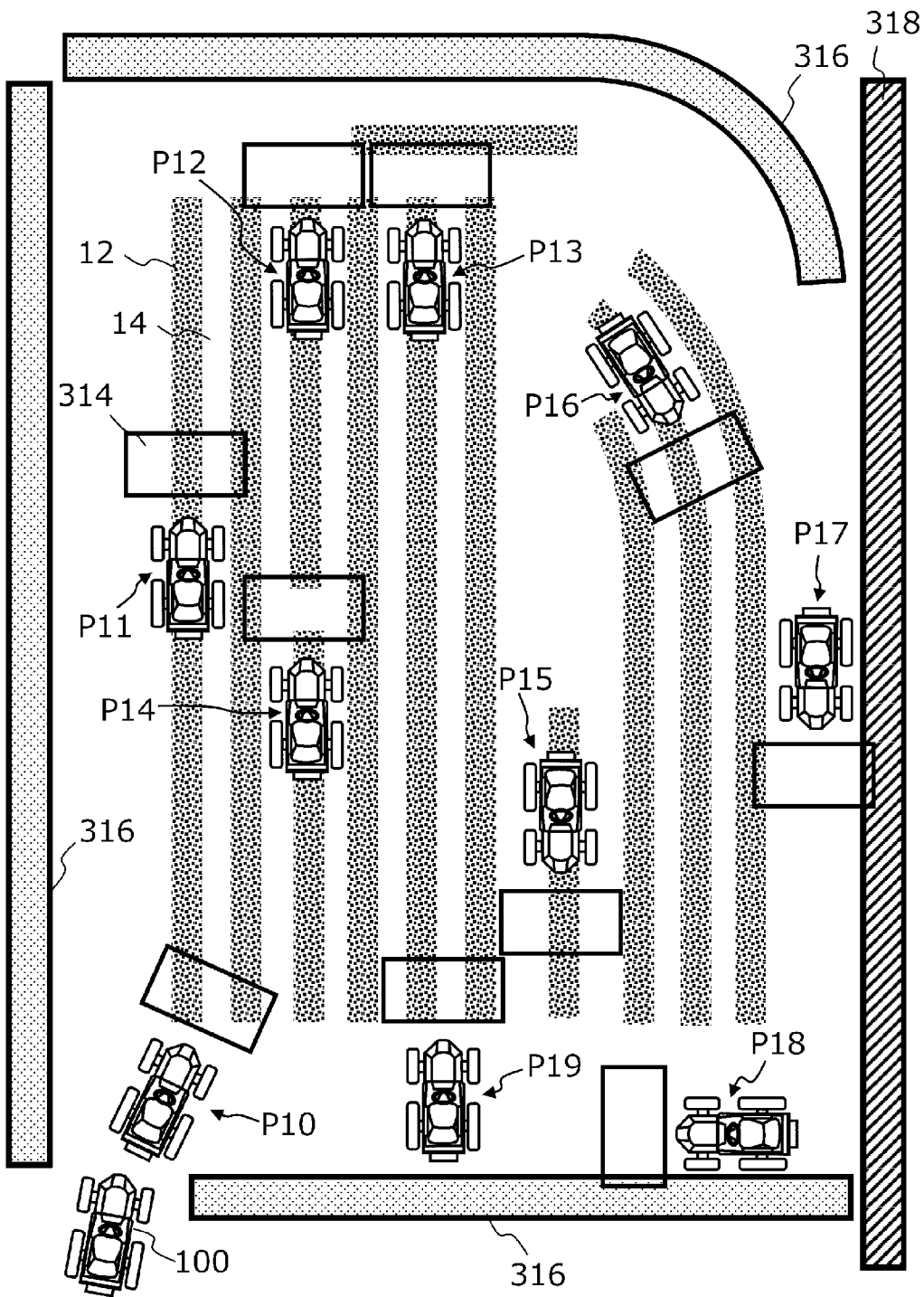
[図52]



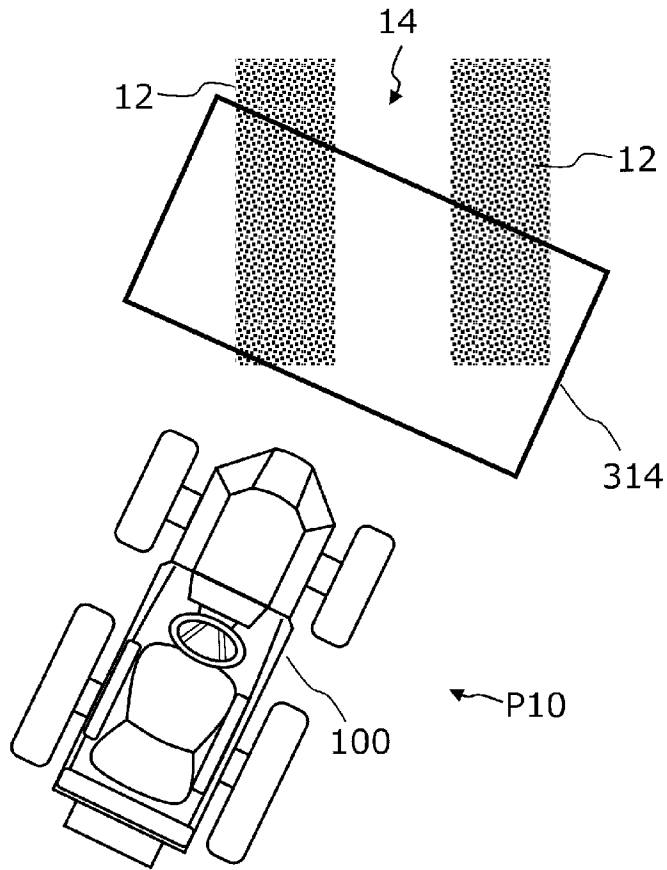
[図53]



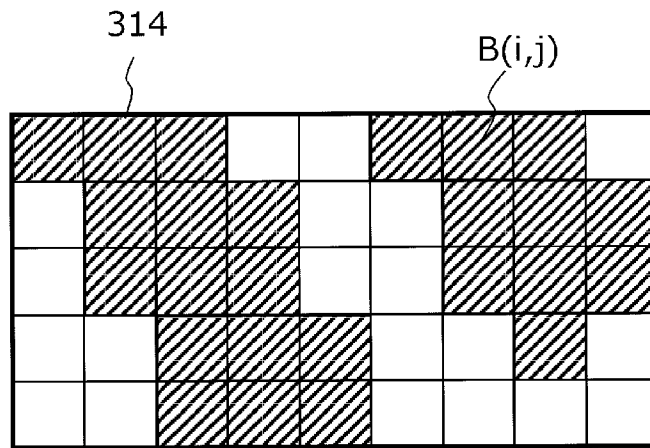
[図54]



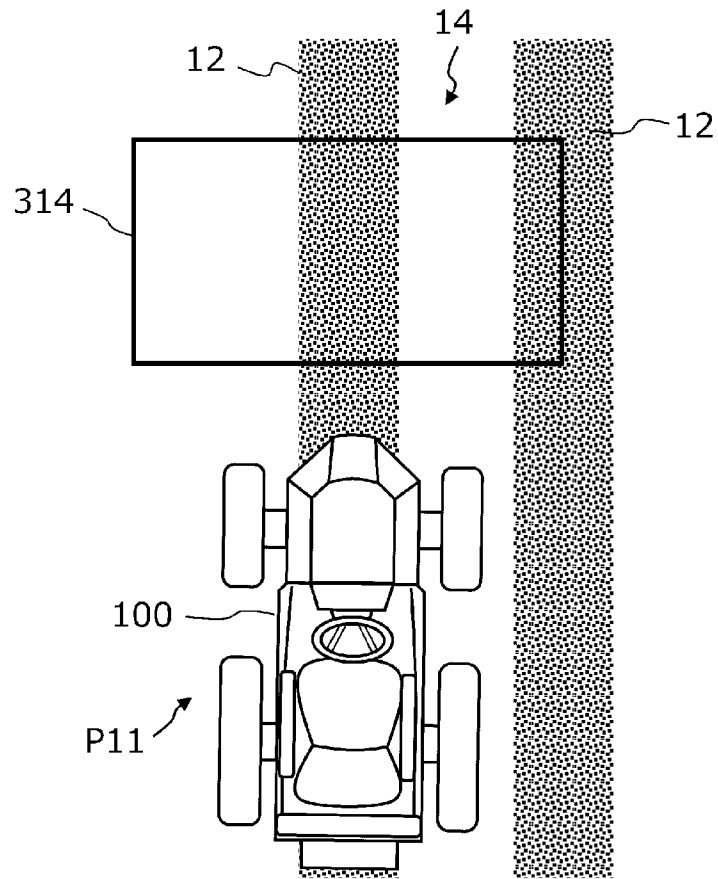
[図55]



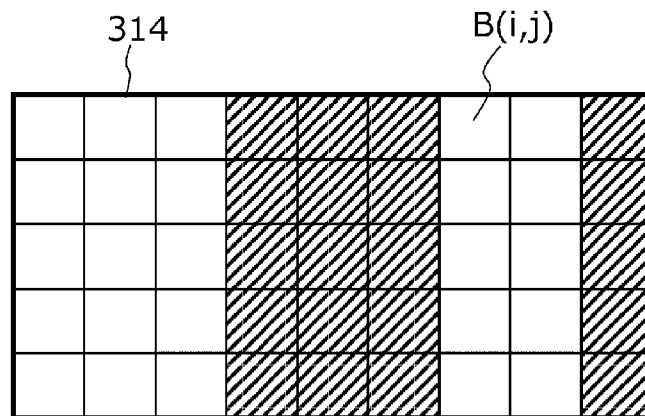
[図56]



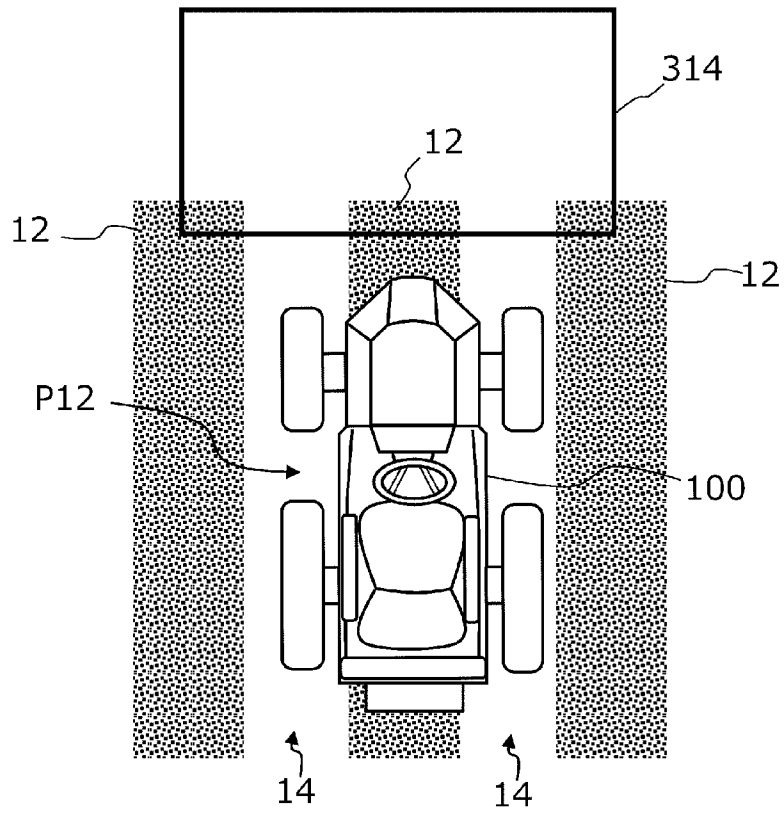
[図57]



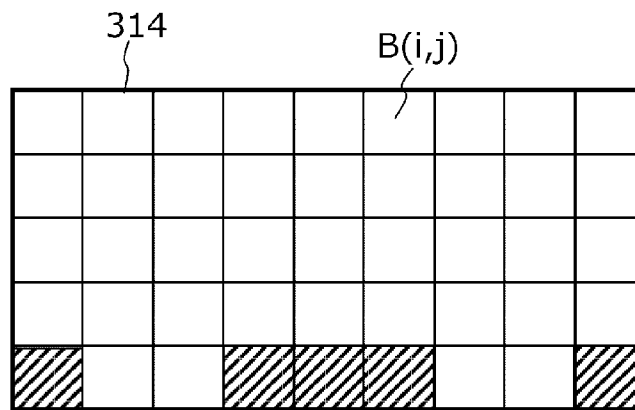
[図58]



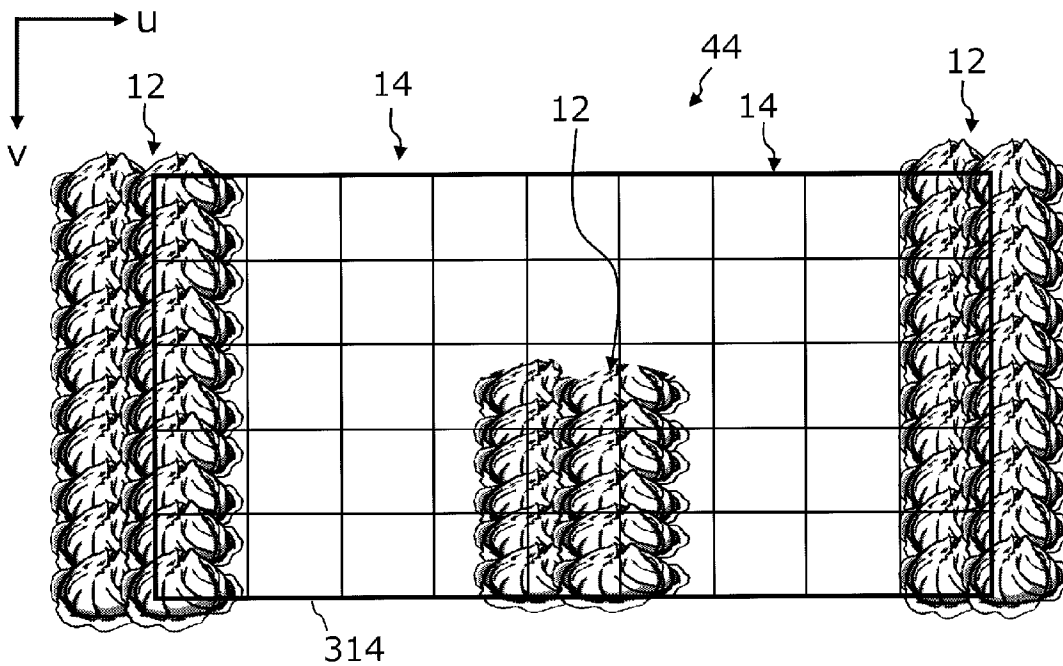
[図59]



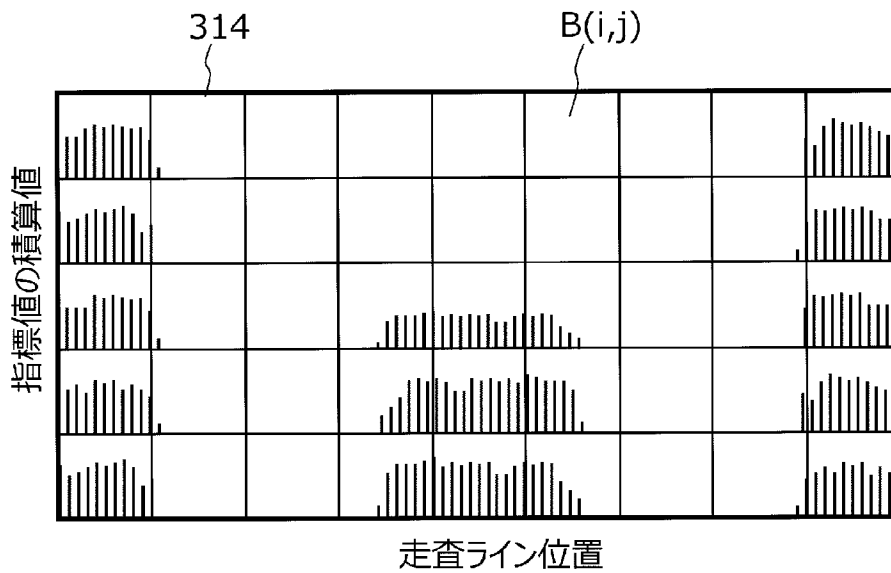
[図60]



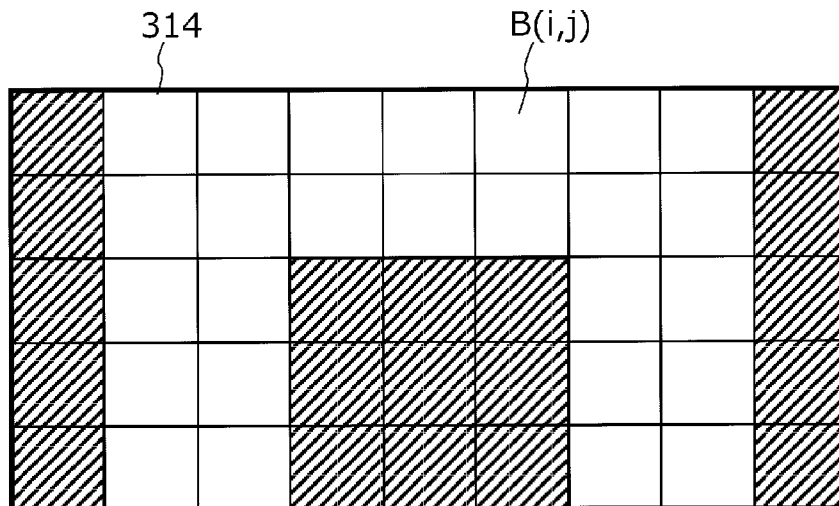
[図61]



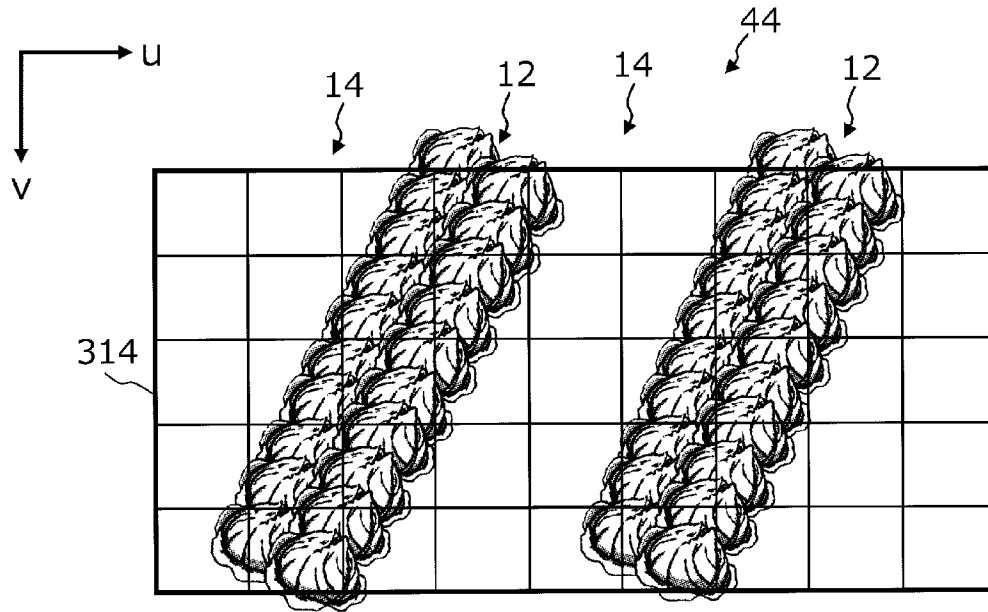
[図62]



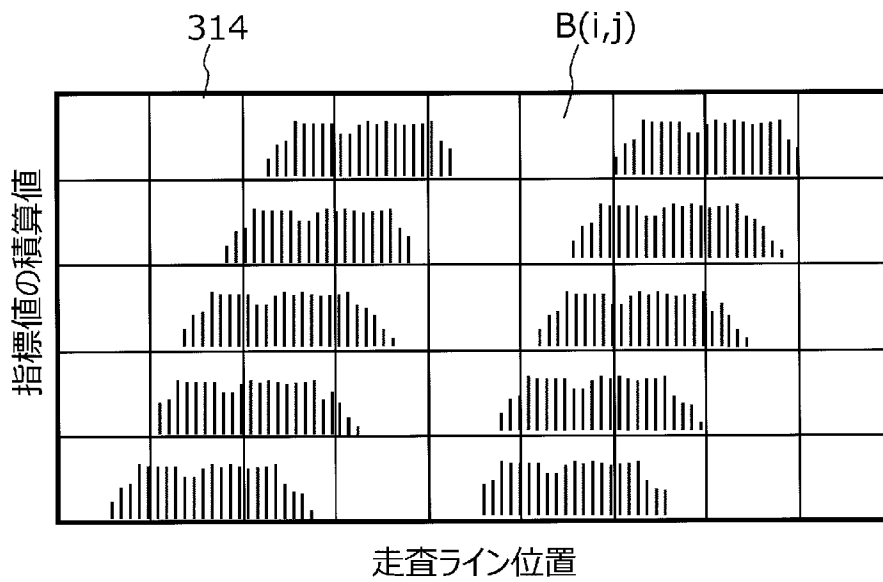
[図63]



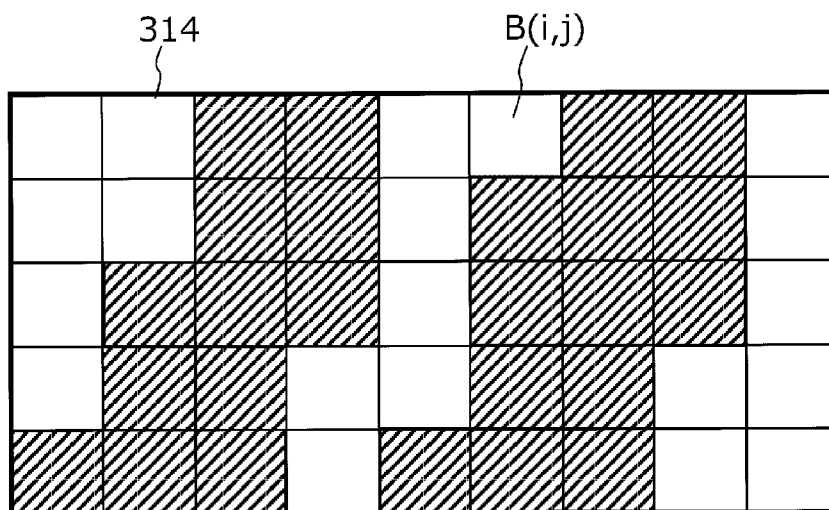
[図64]



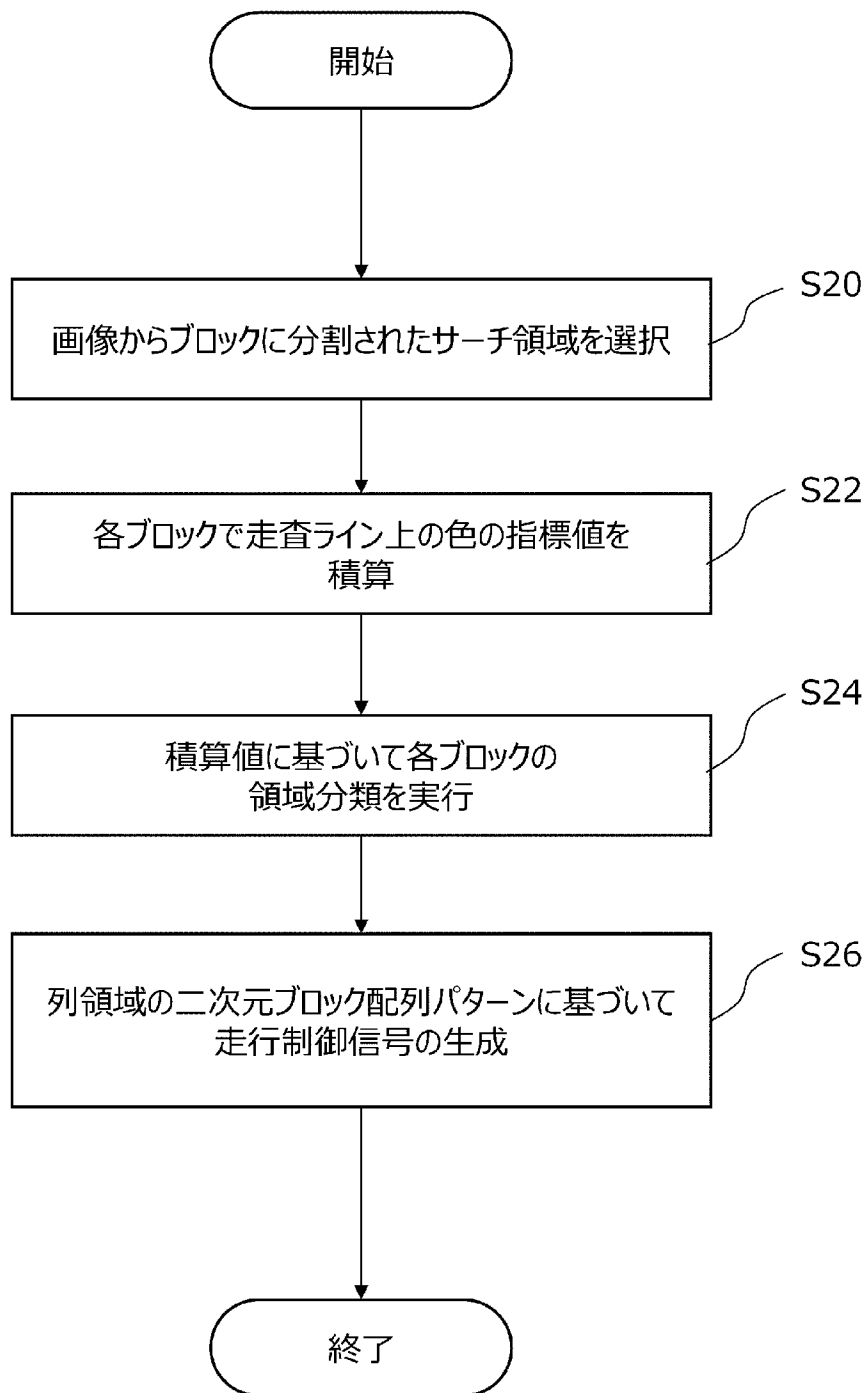
[図65]



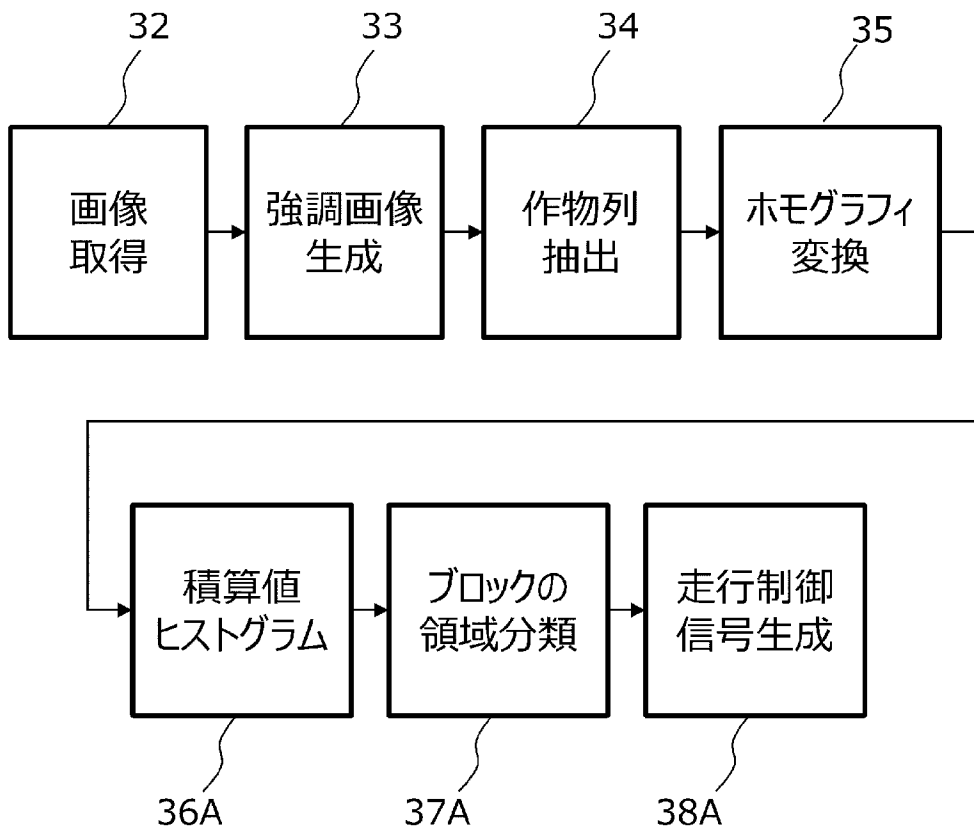
[図66]



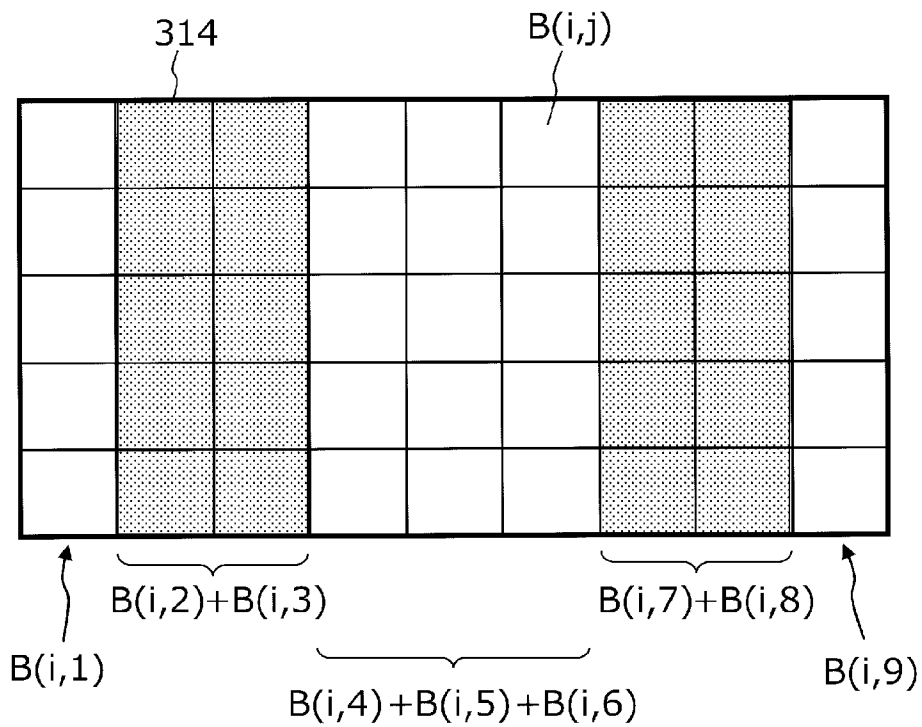
[図67]



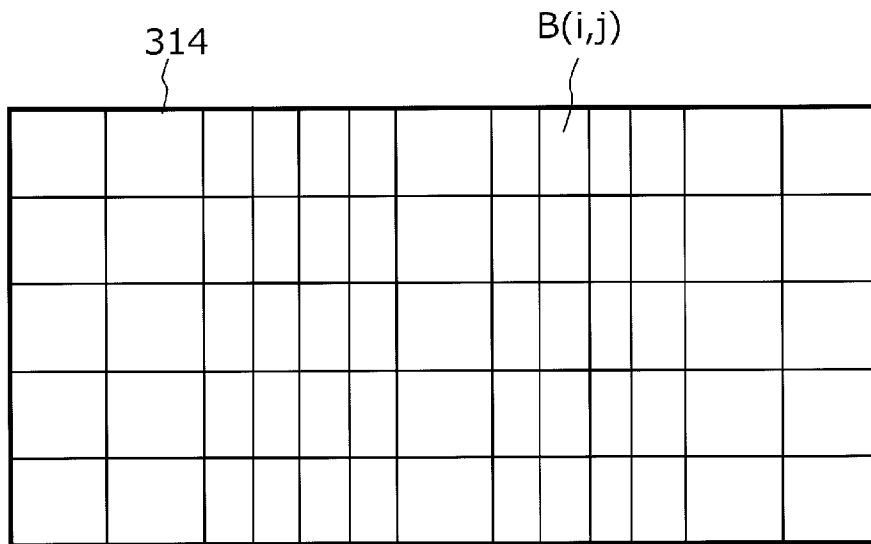
[図68]



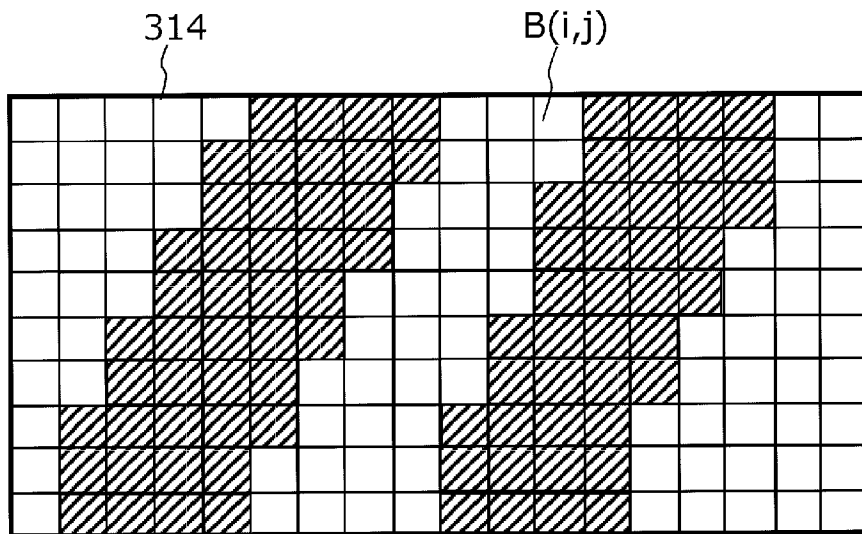
[図69]



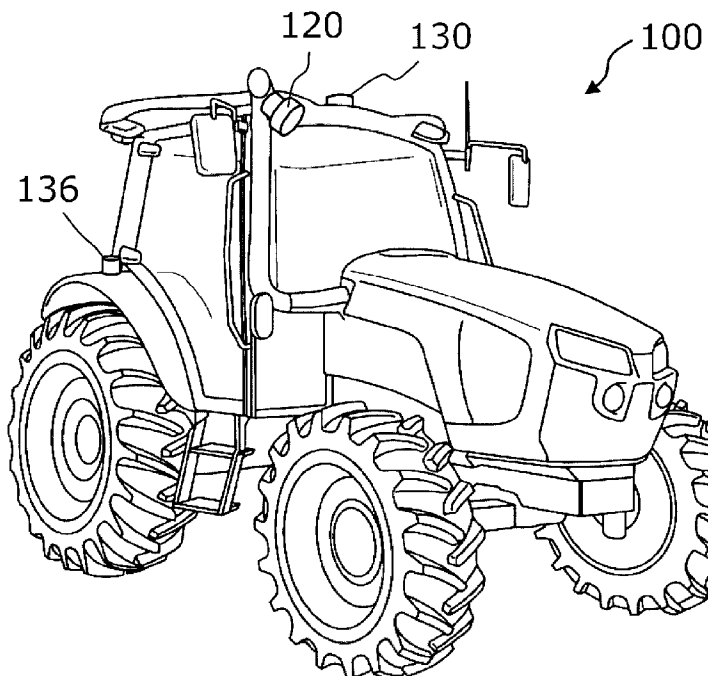
[図70]



[図71]

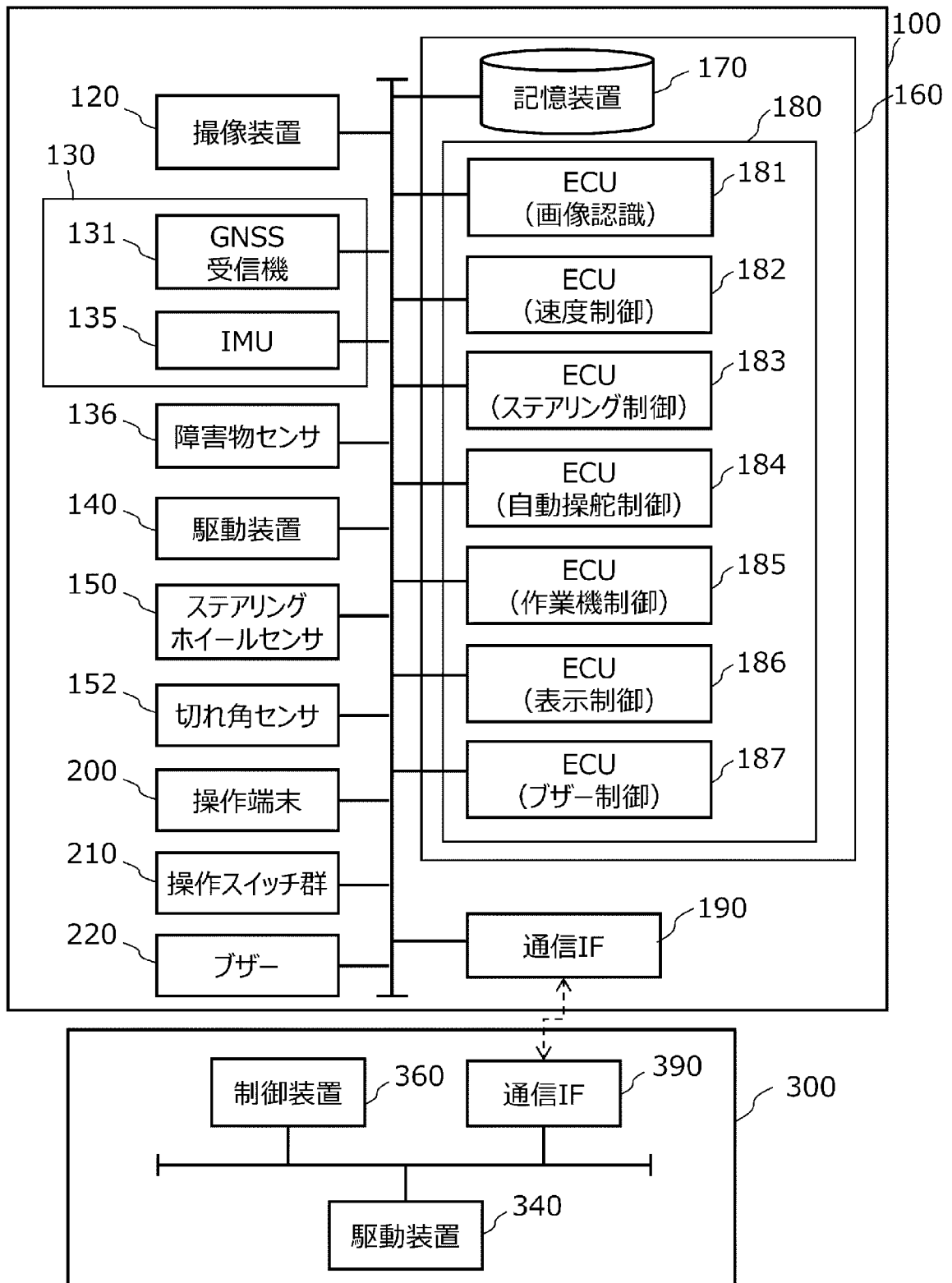


[図72]





[図74]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/045042

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>A01B 69/00</i> (2006.01)i; <i>G06T 7/00</i> (2017.01)i; <i>G06T 7/90</i> (2017.01)i FI: A01B69/00 303B; A01B69/00 303P; G06T7/90 A; G06T7/00 300F		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A01B69/00; G06T7/00; G06T7/90		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-168315 A (KUBOTA CORP) 30 June 1997 (1997-06-30) paragraphs [0019]-[0041]	1-3, 6-7
Y		4-5, 14
Y	JP 2020-202789 A (YANMAR POWER TECHNOLOGY CO LTD) 24 December 2020 (2020-12-24) paragraphs [0039]-[0042]	4-5
X	JP 2016-146061 A (NAT AGRICULTURE & FOOD RES ORGANIZATION) 12 August 2016 (2016-08-12) paragraphs [0015]-[0105]	9-13, 15
Y		14
A	JP 8-275619 A (YANMAR AGRICULT EQUIP CO LTD) 22 October 1996 (1996-10-22) paragraphs [0051]-[0052]	1-15
A	JP 6-14611 A (KUBOTA CORP) 25 January 1994 (1994-01-25) paragraph [0049]	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>07 February 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>21 February 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims are classified into two inventions below.

(Invention 1) Claims 1-8

Document 1 (JP 9-168315 A, KUBOTA CORP, 30 June 1997) discloses a “rice transplanter comprising: an image processing unit 10; traveling devices 1F and 1R; and a control device 12, wherein when the rice transplanter travels to a work process end portion, the rice transplanter automatically stops after travelling by a set distance (in particular, refer to paragraphs [0019]-[0041]).” Thus, claims 1-3 lack novelty in light of document 1, and thus do not have a special technical feature. Therefore, claims 1-3 are classified as invention 1.

Claims 4-8 are dependent on claim 1, inventively related to claim 1, and are thus classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 9-15

Claim 9-15 cannot be said to have the special technical feature identical or corresponding to claim 1 classified as invention 1, and are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1. Therefore, claim 5 cannot be classified as invention 1.

Claims 9-15 have the special technical feature in which “a search area divided into a plurality of blocks is selected from the time series image; an area classification for the ground is executed in each of the plurality of blocks; and a column area for at least one of a crop or a ridge between rice fields, which is provided on the ground of cultivated land, on the basis of a result of the area classification in the search area,” and are classified as invention 2.

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant’s protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
  - The additional search fees were accompanied by the applicant’s protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
  - No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/045042**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 9-168315 A	30 June 1997	(Family: none)	
JP 2020-202789 A	24 December 2020	(Family: none)	
JP 2016-146061 A	12 August 2016	(Family: none)	
JP 8-275619 A	22 October 1996	(Family: none)	
JP 6-14611 A	25 January 1994	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） A01B 69/00(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i; G06T 7/90(2017.01)i FI: A01B69/00 303B; A01B69/00 303P; G06T7/90 A; G06T7/00 300F		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） A01B69/00; G06T7/00; G06T7/90 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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
X	JP 9-168315 A (株式会社クボタ) 30.06.1997 (1997 - 06 - 30) [0019]-[0041]	1-3, 6-7
Y		4-5, 14
Y	JP 2020-202789 A (ヤンマーパワーテクノロジー株式会社) 24.12.2020 (2020 - 12 - 24) [0039]-[0042]	4-5
X	JP 2016-146061 A (国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構) 12.08.2016 (2016 - 08 - 12) [0015]-[0105]	9-13, 15
Y		14
A	JP 8-275619 A (ヤンマー農機株式会社) 22.10.1996 (1996 - 10 - 22) [0051]-[0052]	1-15
A	JP 6-14611 A (株式会社クボタ) 25.01.1994 (1994 - 01 - 25) [0049]	1-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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	
07.02.2023	21.02.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  田辺 義拓 2B 5713  電話番号 03-3581-1101 内線 3237	

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

（発明1）請求項1-8

文献1（JP9-168315A, 株式会社クボタ, 1997.6.30）には「画像処理部10と、走行装置1F, 1Rと、制御装置12と、を備え、作業工程終端部に走行すると設定距離走行後に自動停止する田植え機」が記載されている（特に段落[0019]-[0041]を参照）。よって、請求項1-3は文献1により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。したがって、請求項1-3を発明1に区分する。

また、請求項4-8は請求項1の従属請求項であり、請求項1に対して発明の連関を有しているため、発明1に区分する。

（発明2）請求項9-15

請求項9-15は、発明1に区分された請求項1と同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえず、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。したがって、請求項5は発明1に区分できない。

そして、請求項9-15は、「前記時系列画像から、複数のブロックに分割されたサーチ領域を選択し、前記複数のブロックのそれぞれにおいて、前記地面の領域分類を実行し、前記サーチ領域内で前記領域分類の結果に基づいて、圃場の地面上に設けられた作物および畝の少なくとも一方の列領域を検出する」という特別な技術的特徴を有しているため、発明2に区分する。

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

- 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意
- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
  - 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
  - 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/045042

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 9-168315 A	30.06.1997	(ファミリーなし)	
JP 2020-202789 A	24.12.2020	(ファミリーなし)	
JP 2016-146061 A	12.08.2016	(ファミリーなし)	
JP 8-275619 A	22.10.1996	(ファミリーなし)	
JP 6-14611 A	25.01.1994	(ファミリーなし)	