

(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8月31日(31.08.2023)

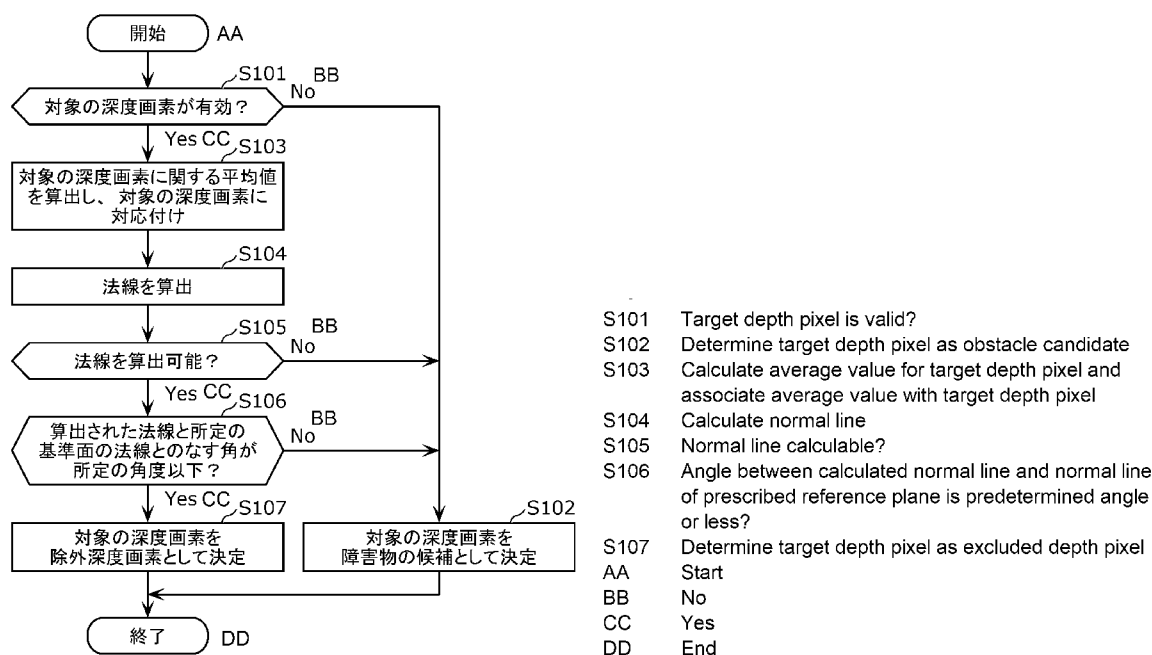


(10) 国際公開番号
WO 2023/162761 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 7/64 (2017.01) *G06T 7/70* (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/004859
- (22) 国際出願日: 2023年2月13日(13.02.2023)
- (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 2022-027286 2022年2月24日(24.02.2022) JP
- (71) 出願人: ヌ ヴ オ ト ン テ ク ノ ロ ジ ー ジ ャ
パン 株 式 会 社 (NUVOTON TECHNOLOGY
CORPORATION JAPAN) [JP/JP]; 〒6178520 京
都府長岡京市神足焼町 1 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 上 田 慧 (UEDA, Kei). 金 丸 正 樹
(KANEMARU, Masaki). 奥山 哲郎 (OKUYAMA,
Tetsuro). 河合 良直 (KAWAI, Yoshinao).
- (74) 代理人: 新 居 広 守, 外 (NII, Hiromori et al.);
〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島 5 丁目
3 番 1 0 号 タ ナ カ ・ イ ト ー ピ ア 新 大 阪 ビ ル 6
階 新 居 国 際 特 許 事 務 所 内 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, 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,

(54) Title: OBSTACLE DETECTION METHOD, PROGRAM, AND OBSTACLE DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 障害物検知方法、プログラムおよび障害物検知装置



(57) Abstract: Provided is an obstacle detection method comprising a determining step for determining excluded depth pixels and an obstacle detecting step for performing object detection on the basis of depth pixels other than the excluded depth pixels, wherein, in the determining step, an average value relating to the depth pixel is calculated on the basis of a depth pixel value of the depth pixel and the depth pixel value of each of a plurality of first surrounding depth pixels and is associated with the depth pixel (S103), a normal line is calculated on the basis of the average value associated with the depth pixel and an average value associated with each of a plurality of second surrounding depth pixels (S104), it is



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, SC, 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))

determined whether the angle between the calculated normal line and a normal line of a prescribed reference plane is less than or equal to a predetermined angle (S106), and when the angle between is determined to be less than or equal to the predetermined angle, the depth pixel is determined as an excluded depth pixel (S107).

(57) 要約: 障害物検知方法は、除外深度画素を決定する決定ステップと、除外深度画素を除く深度画素に基づいて、障害物の検知を行う障害物検知ステップと、を含み、決定ステップでは、深度画素の深度画素値と複数の第1周辺深度画素のそれぞれの深度画素値とに基づいて、深度画素に関する平均値を算出し深度画素に対応付け (S103)、深度画素に対応付けられた平均値と、複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて法線を算出し (S104)、算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であるか否かを判定し (S106)、当該なす角が所定の角度以下であると判定した場合、深度画素を除外深度画素として決定する (S107)。

明 細 書

発明の名称： 障害物検知方法、プログラムおよび障害物検知装置
技術分野

[0001] 本開示は、障害物の検知を行う障害物検知方法、プログラムおよび障害物検知装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 には、ボクセルと関連付けられた法線ベクトルに基づいて、局所的にフラットなボクセルを決定することで、走行可能な経路を生成する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表 2 0 2 0 － 5 2 4 3 3 0 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献 1 に開示された技術では、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群について、局所的な凹凸が障害物と判定され、走行不能と判定され得る。

[0005] そこで、本開示は、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができる障害物検知方法などを提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係る障害物検知方法は、障害物の検知を行う障害物検知方法であって、深度センサによって粗面を含む物体群をセンシングすることで得られる深度画像における複数の深度画素のうち、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する決定ステップと、前記複数の深度画素のうち前記除外深度画素を除く深度画素に基づいて、障害物の検知を行う障害物検知ステップと、を含み、前記決定ステップでは、前記複数の深度画素のそれぞれについ

て、(i) 前記深度画素の深度画素値と、前記深度画素から第1画素数の範囲内にある複数の第1周辺深度画素のそれぞれの深度画素値とに基づいて、前記深度画素に関する平均値を算出し、算出した平均値を前記深度画素に対応付ける処理と、(ii) 前記深度画素に対応付けられた平均値と、前記深度画素から第2画素数の範囲内にある複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて法線を算出する処理と、(iii) 算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であるか否かを判定する処理と、(iv) 前記なす角が前記所定の角度以下であると判定した場合、前記深度画素を前記除外深度画素として決定する処理とを行う。

[0007] 本開示に係るプログラムは、上記の障害物検知方法をコンピュータに実行させるプログラムである。

[0008] 本開示に係る障害物検知装置は、障害物の検知を行う障害物検知装置であって、深度センサによって粗面を含む物体群をセンシングすることで得られる深度画像における複数の深度画素のうち、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する決定部と、前記除外深度画素が前記複数の深度画素から除外された残りの深度画素に基づいて、障害物の検知を行う検知部と、を備え、前記決定部は、前記複数の深度画素のそれぞれについて、(i) 前記深度画素の深度画素値と、前記深度画素から所定の画素数の範囲内にある複数の周辺深度画素のそれぞれの深度画素値とに基づいて、前記深度画素に関する平均値を算出し、算出した平均値を前記深度画素に対応付ける処理と、(ii) 前記深度画素に対応付けられた平均値と、前記深度画素から所定の画素数の範囲内にある複数の周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて法線を算出する処理と、(iii) 算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であるか否かを判定する処理と、(iv) 前記なす角が前記所定の角度以下であると判定した場合、前記深度画素を前記除外深度画素として決定する処理とを行う。

[0009] なお、これらの包括的又は具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なCD-ROMな

どの記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムおよび記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

発明の効果

[0010] 本開示の一態様に係る障害物検知方法などによれば、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態に係る障害物検知装置の一例を示すブロック図である。

[図2]粗面を説明するための図である。

[図3A]実施の形態に係る障害物検知方法の一例を示すフローチャートである。

[図3B]実施の形態に係る除外深度画素を決定する決定ステップの一例を示すフローチャートである。

[図4]平均深度画素値の算出方法を説明するための図である。

[図5]平均深度画素値の算出に用いられる深度画素および平均深度画素値の算出に用いられない深度画素を模式的に示す図である。

[図6]法線算出用平面の算出に用いられる有効な第2周辺深度画素の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] (本開示の一態様を得るに至った経緯)

圃場などにおいて農機などを走行させる際に、植立作物群を非障害物と判定しつつ、植立作物群の中で作業などをしており、植立作物群の先端面から上半身が出ている人を障害物として検知することが必要となっている。例えば、一定の高さを閾値として閾値以上の高さの物体を障害物と検知する場合、閾値を高くし過ぎると人を検知できず重大事故につながるおそれがある。一方で、閾値を低くし過ぎると多くの植立作物を障害物と検知してしまい、農機が頻繁に停止して作業効率が低下するおそれがある。このように、高さと閾値を決定すると、未検知または誤検知が多発するおそれがある。

[0013] これに対して、特許文献 1 に開示された技術を用いることで、植立作物群の先端面がフラットであれば、植立作物群の先端面を走行可能な路面と判定、すなわち、植立作物群を非障害物と判定することができる。また、植立作物群の先端面から上半身が出ている人がいれば、その人がいる部分はフラットとなっておらず、その人を障害物と判定することができる。しかしながら、植立作物の高さは一定ではなく、植立作物群は、先端面が大局的には平坦であっても局所的には凹凸を含む粗面であり、植立作物群の中に人がいなくても、局所的な凹凸が障害物と検知されてしまう場合がある。

[0014] そこで、以下では、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができる障害物検知方法などについて説明する。

[0015] 本開示の一態様に係る障害物検知方法は、障害物の検知を行う障害物検知方法であって、深度センサによって粗面を含む物体群をセンシングすることで得られる深度画像における複数の深度画素のうち、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する決定ステップと、前記複数の深度画素のうち前記除外深度画素を除く深度画素に基づいて、障害物の検知を行う障害物検知ステップと、を含み、前記決定ステップでは、前記複数の深度画素のそれぞれについて、(i) 前記深度画素の深度画素値と、前記深度画素から第 1 画素数の範囲内にある複数の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値とに基づいて、前記深度画素に関する平均値を算出し、算出した平均値を前記深度画素に対応付ける処理と、(i i) 前記深度画素に対応付けられた平均値と、前記深度画素から第 2 画素数の範囲内にある複数の第 2 周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて法線を算出する処理と、(i i i) 算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であるか否かを判定する処理と、(i v) 前記なす角が前記所定の角度以下であると判定した場合、前記深度画素を前記除外深度画素として決定する処理とを行う。

[0016] これによれば、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する際に、

複数の深度画素のそれぞれについて、当該深度画素の深度画素値および周辺の複数の第1周辺深度画素の深度画素値を用いて当該深度画素に関する平均値が算出され、平均値を用いて、除外深度画素を決定するための法線が算出される。つまり、局所的な凹凸となっている箇所に対応する深度画素に関する値（例えば、当該深度画素の深度画素値または座標値）が平均化されて局所的な凹凸が平坦に近くなり（言い換えると、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下となり）、局所的な凹凸を障害物の候補から除外することができる。なお、人などが存在する箇所に対応する深度画素に関する値と、人などが存在しない箇所に対応する深度画素に関する値とは大きな差があるため、人などが存在する箇所に対応する深度画素に関する値は、平均化されても外れ値となりやすく、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下となりにくい。このため、人などが存在する箇所に対応する深度画素を障害物の候補から除外しないようにすることができる。よって、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができる。

[0017] 例えば、前記（i）の処理では、前記深度画素の深度画素値と、前記深度画素から第1画素数の範囲内にある複数の第1周辺深度画素のそれぞれの深度画素値との平均深度画素値を算出し、算出した平均深度画素値を前記深度画素に対応付け、前記（ii）の処理では、前記深度画素に対応付けられた平均深度画素値と、前記深度画素から第2画素数の範囲内にある複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均深度画素値とに基づいて法線を算出してもよい。

[0018] これによれば、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する際に、複数の深度画素のそれぞれについて、周辺の複数の第1周辺深度画素の深度画素値との平均深度画素値が算出され、平均深度画素値を用いて、除外深度画素を決定するための法線が算出される。つまり、局所的な凹凸となっている箇所に対応する深度画素の深度画素値が平均化されて局所的な凹凸が平坦に近くなり（言い換えると、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす

角が所定の角度以下となり）、局所的な凹凸を障害物の候補から除外することができる。なお、人などが存在する箇所に対応する深度画素の深度画素値と、人などが存在しない箇所に対応する深度画素の深度画素値とは大きな差があるため、人などが存在する箇所に対応する深度画素の深度画素値は、平均化されても外れ値となりやすく、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下となりにくい。このため、人などが存在する箇所に対応する深度画素を障害物の候補から除外しないようにすることができる。よって、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができる。

[0019] 例えば、前記（i）の処理では、前記深度画素の深度画素値と、前記複数の第1周辺深度画素のうち、前記深度画素との深度画素値の差分が所定の閾値以下である1以上の第1周辺深度画素のそれぞれの深度画素値との平均深度画素値を算出し、算出した平均深度画素値を前記深度画素に対応付けてもよい。

[0020] これによれば、平均深度画素値を算出する際に、深度画素値の差が小さい深度画素同士で平均化が行われるため、ある程度小さな凹凸となっている箇所だけで平均化処理を行うことができ、平均深度画素値が外れ値の影響を受けてしまうことを抑制することができる。

[0021] 例えば、前記（ii）の処理では、前記深度画素に対応付けられた平均深度画素値と、前記複数の第2周辺深度画素のうち、有効な複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均深度画素値とに基づいて法線を算出してもよい。例えば、前記複数の第2周辺深度画素のうち有効な第2周辺深度画素がない、あるいは1つの場合、前記深度画素を障害物の候補として決定してもよい。

[0022] これによれば、ある深度画素に対する複数の第2周辺深度画素のうち有効な第2周辺深度画素がない、あるいは1つの場合、法線を算出することができないため、当該深度画素を障害物の候補として決定することができる。

[0023] 例えば、前記（i）の処理では、前記深度画素の深度画素値から点群変換

によって得られる3次元座標値における1つの座標値と、前記深度画素から第1画素数の範囲内にある複数の第1周辺深度画素のそれぞれの深度画素値から点群変換によって得られる3次元座標値における1つの座標値との平均座標値を算出し、算出した平均座標値を前記深度画素に対応付け、前記(i)の処理では、前記深度画素に対応付けられた平均座標値と、前記深度画素から第2画素数の範囲内にある複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均座標値とに基づいて法線を算出してもよい。

[0024] これによれば、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する際に、複数の深度画素のそれぞれについて、周辺の複数の第1周辺深度画素の座標値（例えば高さに対応する座標値）との平均座標値が算出され、平均座標値を用いて、除外深度画素を決定するための法線が算出される。つまり、局所的な凹凸となっている箇所に対応する深度画素の座標値が平均化されて局所的な凹凸が平坦に近くなり（言い換えると、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下となり）、局所的な凹凸を障害物の候補から除外することができる。なお、人などが存在する箇所に対応する深度画素の座標値と、人などが存在しない箇所に対応する深度画素の座標値とは大きな差があるため、人などが存在する箇所に対応する深度画素の座標値は、平均化されても外れ値となりやすく、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下となりにくい。このため、人などが存在する箇所に対応する深度画素を障害物の候補から除外しないようにすることができる。よって、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができる。

[0025] 例えば、前記(i)の処理では、前記深度画素の前記1つの座標値と、前記複数の第1周辺深度画素のうち、前記深度画素との深度画素値の差分が所定の閾値以下である1以上の第1周辺深度画素のそれぞれの前記1つの座標値との平均座標値を算出し、算出した平均座標値を前記深度画素に対応付けてもよい。

[0026] これによれば、平均座標値を算出する際に、座標値の差が小さい深度画素

同士で平均化が行われるため、ある程度小さな凹凸となっている箇所だけで平均化処理を行うことができ、平均座標値が外れ値の影響を受けてしまうことを抑制することができる。

[0027] 例えば、前記（i i）の処理では、前記深度画素に対応付けられた平均座標値と、前記複数の第2周辺深度画素のうち、有効な複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均座標値とに基づいて法線を算出してもよい。例えば、前記複数の第2周辺深度画素のうち有効な第2周辺深度画素がない、あるいは1つの場合、前記深度画素を障害物の候補として決定してもよい。

[0028] これによれば、ある深度画素に対する複数の第2周辺深度画素のうち有効な第2周辺深度画素がない、あるいは1つの場合、法線を算出することができないため、当該深度画素を障害物の候補として決定することができる。

[0029] 例えば、前記物体群は、植立作物群の先端によって形成される凹凸を含む粗面を含んでいてもよい。

[0030] これによれば、植立作物群の先端によって形成される凹凸を含む粗面において、障害物検知を正確に行うことができる。

[0031] 例えば、前記所定の基準面の法線は、前記植立作物群が生えている地面の法線であってもよい。例えば、さらに、前記地面に対応する前記深度画素に対応付けられた平均値と、前記複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて前記地面の法線を算出してもよい、あるいは、前記地面の法線を取得可能なセンサにより前記地面の法線を取得してもよい。

[0032] このようにして、植立作物群が生えている地面の法線を算出または取得することができる。

[0033] 本開示の一態様に係るプログラムは、上記の障害物検知方法をコンピュータに実行させるプログラムである。

[0034] これによれば、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができるプログラム

を提供できる。

[0035] 本開示の一態様に係る障害物検知装置は、障害物の検知を行う障害物検知装置であって、深度センサによって粗面を含む物体群をセンシングすることで得られる深度画像における複数の深度画素のうち、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する決定部と、前記除外深度画素が前記複数の深度画素から除外された残りの深度画素に基づいて、障害物の検知を行う検知部と、を備え、前記決定部は、前記複数の深度画素のそれぞれについて、（i）前記深度画素の深度画素値と、前記深度画素から所定の画素数の範囲内にある複数の周辺深度画素のそれぞれの深度画素値とに基づいて、前記深度画素に関する平均値を算出し、算出した平均値を前記深度画素に対応付ける処理と、（i i）前記深度画素に対応付けられた平均値と、前記深度画素から所定の画素数の範囲内にある複数の周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて法線を算出する処理と、（i i i）算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であるか否かを判定する処理と、（i v）前記なす角が前記所定の角度以下であると判定した場合、前記深度画素を前記除外深度画素として決定する処理とを行う。

[0036] これによれば、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができる障害物検知装置を提供できる。

[0037] 以下、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。

[0038] なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。

[0039] （実施の形態）

以下、実施の形態に係る障害物検知装置および障害物検知方法について説明する。

[0040] 図1は、実施の形態に係る障害物検知装置10の一例を示すブロック図で

ある。

[0041] 障害物検知装置 10 は、障害物の検知を行う装置である。例えば、障害物検知装置 10 は、圃場において走行する農機などに搭載され、圃場における植立作物群の中で作業などをする人などを障害物として検知する。この場合、検知される障害物は、人に限らず、他の農機などであってもよい。植立作物は、例えば、イネ、コムギ、キビなどのイネ科の作物である。なお、障害物の検知が行われる場所として圃場は一例である。例えば、障害物の検知が行われる場所は工事現場などであってもよい。例えば、障害物検知装置 10 は、工事現場において走行する建機などに搭載され、工事現場において作業などをする人などを障害物として検知してもよい。この場合、検知される障害物は、人に限らず、他の建機などであってもよい。

[0042] 障害物検知装置 10 は、機能構成要素として、決定部 11 および検知部 12 を備える。障害物検知装置 10 は、プロセッサおよびメモリを含むコンピュータである。メモリは、ROM (Read Only Memory) および RAM (Random Access Memory) などであり、プロセッサにより実行されるプログラムを記憶することができる。決定部 11 および検知部 12 は、メモリに格納されたプログラムを実行するプロセッサなどによって実現される。

[0043] 決定部 11 は、深度センサによって粗面を含む物体群をセンシングすることで得られる深度画像における複数の深度画素のうち、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する。深度センサは、例えば、農機または建機などに搭載される。深度センサは、ステレオカメラ方式によるものであってもよいし、ToF (Time of Flight) 方式によるものであってもよい。深度センサにより得られる深度画像における複数の深度画素には、深度画像における位置の情報だけでなく深度画素値（すなわち奥行きを示す深度）の情報が含まれる。つまり、深度画素は、3D 点とみなすことができる。以下では、物体群を、植立作物群の先端によって形成される凹凸を含む粗面を含むものとして説明するが、これは一例であり、物体群は植立作物群

の先端によって形成される凹凸の粗面を含むものに限らない。例えば、深度センサは、農機または建機などにおける天井側に設置され、植立作物群の斜め上方から、植立作物群の先端面（粗面）をセンシングすることができる。ここで、粗面の例について図2を用いて説明する。

[0044] 図2は、粗面を説明するための図である。図2には、粗面の断面を示している。

[0045] 図2に示されるように、植立作物群における各植立作物は、高さが揃っているわけではなく、局所的に凹凸となっている。一方で、植立作物群を遠くから見ると、植立作物群における各植立作物はおおむね高さが一定のように見える。植立作物群の先端面のように、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている面を、ここでは粗面と呼んでいる。

[0046] 図1での説明に戻り、検知部12は、除外深度画素が複数の深度画素から除外された残りの深度画素に基づいて、障害物の検知を行う。例えば、検知部12は、検知結果を他の装置（例えば農機または建機などを制御する装置など）に出力する。

[0047] 決定部11および検知部12の動作の詳細については後述する。

[0048] 次に、実施の形態に係る障害物検知方法について、図3Aを用いて説明する。

[0049] 図3Aは、実施の形態に係る障害物検知方法の一例を示すフローチャートである。なお、障害物検知方法は、障害物検知装置10により実行される方法であるため、図3Aは、障害物検知装置10の動作を示すフローチャートの一例でもある。

[0050] まず、決定部11は、深度センサによって粗面を含む物体群をセンシングすることで得られる深度画像における複数の深度画素のうち、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する（ステップS11：決定ステップ）。ここで、ステップS11（決定ステップ）の詳細、言い換えると決定部11の動作の詳細について図3Bを用いて説明する。

[0051] 図3Bは、実施の形態に係る除外深度画素を決定する決定ステップの一例

を示すフローチャートである。

[0052] 決定部 11 は、深度画像における複数の深度画素のそれぞれについて、図 3 B に示されるステップ S 101 からステップ S 107 までの処理を行う。以下では、複数の深度画素のうち処理の対象となっている深度画素を対象の深度画素と記載する。

[0053] まず、決定部 11 は、対象の深度画素が有効な深度画素であるか否かを判定する（ステップ S 101）。有効でない深度画素とは、ノイズや太陽光の影響によって深度画素値が異常となっている深度画素である。このような深度画素に対応する位置に障害物があるか否かはわからず、障害物が存在する可能性があるため、決定部 11 は、対象の深度画素が有効な深度画素でない場合（ステップ S 101 で No）、対象の深度画素を障害物の候補として決定する（ステップ S 102）。

[0054] 次に、決定部 11 は、対象の深度画素が有効な深度画素である場合（ステップ S 101 で Yes）、対象の深度画素の深度画素値と、対象の深度画素から第 1 画素数の範囲内にある複数の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値とに基づいて、対象の深度画素に関する平均値を算出し、算出した平均値を深度画素に対応付ける（ステップ S 103）。例えば、決定部 11 は、対象の深度画素の深度画素値と、対象の深度画素から第 1 画素数の範囲内にある複数の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値との平均深度画素値を算出し、算出した平均深度画素値を対象の深度画素に対応付ける。例えば、決定部 11 は、対象の深度画素の深度画素値と、複数の第 1 周辺深度画素のうち、対象の深度画素との深度画素値の差分が所定の閾値以下である 1 以上の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値との平均深度画素値を算出し、算出した平均深度画素値を対象の深度画素に対応付ける。ここで、平均深度画素値の算出方法について図 4 を用いて説明する。

[0055] 図 4 は、平均深度画素値の算出方法を説明するための図である。図 4 には、対象の深度画素（40 と記載された箇所）と、対象の深度画素から第 1 画素数の範囲内にある複数の第 1 周辺深度画素（40 と記載された箇所の周辺

の8つの箇所)を示しており、各数値は、深度画素値を示している。ここでは、第1画素数を1としている。すなわち、複数の第1周辺深度画素を対象の深度画素に隣接する深度画素としている。なお、第1画素数は1に限らず、例えば、物体群の種類(例えば植立作物の種類)などに応じて適宜設定される。

[0056] 図4において、複数の第1周辺深度画素のうち、対象の深度画素との深度画素値の差分が所定の閾値以下である1以上の第1周辺深度画素にドットハッチングを付している。例えば、所定の閾値を10としており、対象の深度画素(深度画素値40)との深度画素値の差分が10以下である1以上の第1周辺深度画素は、ここでは、対象の深度画素の左の深度画素値が50の深度画素、対象の深度画素の右の深度画素値が35の深度画素、および、対象の深度画素の右上の深度画素値が45の深度画素である。なお、所定の閾値は10に限らず、例えば、物体群の種類(例えば植立作物の種類)などに応じて適宜設定される。これらの深度画素値の平均が算出されることで、平均深度画素値が算出される。例えば、図4に示される例では、対象の深度画素の深度画素値40と、3つの第1周辺深度画素の深度画素値50、35および45とから、 $(40 + 50 + 35 + 45) / 4 = 39$ と平均深度画素値が算出される。算出された平均深度画素値は、対象の深度画素に対応付けられる。

[0057] 図5は、平均深度画素値の算出に用いられる深度画素および平均深度画素値の算出に用いられない深度画素を模式的に示す図である。図5において、対象の深度画素を深度画素Aとし、平均深度画素値の算出に用いられる深度画素を深度画素Bとし、平均深度画素値の算出に用いられない深度画素を深度画素Cとしている。深度画素Aに対応する植立作物の高さと、深度画素Bに対応する植立作物の高さとの差は小さく、深度画素Aに対応する植立作物の高さと、深度画素Cに対応する植立作物の高さとの差は大きくなっている。これにより、深度画素Bは、深度画素Aに対して深度画素値の差分が小さく、深度画素Cは、深度画素Aに対して深度画素値の差分が大きくなっている。

る。

[0058] 図5に示されるように、深度画素Bは、深度画素Aに対して深度画素値の差分が小さいため、平均化処理に用いられる。一方で、深度画素Cは、深度画素Aに対して深度画素値の差分が大きいため、平均化処理から排除される。これにより、平均深度画素値を算出する際に、深度画素値の差が小さい深度画素同士で平均化が行われるため、ある程度小さな凹凸となっている箇所だけで平均化処理を行うことができ、平均深度画素値が外れ値（例えば深度画素Cの深度画素値）の影響を受けてしまうことを抑制することができる。

[0059] 深度画像における複数の深度画素のそれぞれについて、同じようにして、平均深度画素値が算出されて対応付けられる。例えば、図4に示される深度画素値が35の深度画素についても当該深度画素を対象の深度画素として、図4に示される深度画素値40および45と、対象の深度画素の右、右上および右下の深度画素（図示せず）のうち、対象の深度画素との深度画素値の差分が所定の閾値（例えば10）以下である1以上の第1周辺深度画素のそれぞれの深度画素値との平均深度画素値が算出され、対象の深度画素に平均深度画素値が対応付けられる。

[0060] 図3Bでの説明に戻り、決定部11は、対象の深度画素に対応付けられた平均値と、対象の深度画素から第2画素数の範囲内にある複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて、法線を算出する（ステップS104）。例えば、決定部11は、対象の深度画素に対応付けられた平均深度画素値と、対象の深度画素から第2画素数の範囲内にある複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均深度画素値とに基づいて、法線を算出する。複数の第2周辺深度画素のそれぞれについても、対象の深度画素と同じようにステップS103での処理が行われ、平均深度画素値が算出されて対応付けられている。例えば、決定部11は、対象の深度画素に対応付けられた平均深度画素値と、複数の第2周辺深度画素のうち、有効な複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均深度画素値とに基づいて法線算出用平面を算出し、算出した法線算出用平面の法線を算出

する。詳細は後述するが、法線は、対象の深度画素を除外深度画素として決定するか否かを判定する際に用いられる。ここで、有効な第2周辺深度画素の例を図6に示す。

[0061] 図6は、法線算出用平面の算出に用いられる有効な第2周辺深度画素の一例を示す図である。星印が付された箇所は対象の深度画素であり、丸印が付された箇所は有効な第2周辺深度画素であり、クロス印が付された箇所は有効でない第2周辺深度画素である。ここでは、第2画素数を1とし、すなわち、複数の第2周辺深度画素を対象の深度画素に隣接する深度画素としている。対象の深度画素に対する第1周辺深度画素と第2周辺深度画素とは同じ画素であってもよい。なお、第2画素数は1に限らず、物体群の種類（例えば植立作物の種類）などに応じて適宜設定されてもよい。

[0062] 有効でない第2周辺深度画素とは、ノイズや太陽光の影響によって深度画素値が異常となっている深度画素であり、法線算出用平面の算出に用いられない。

[0063] 例えば、決定部11は、対象の深度画素に対応付けられた平均深度画素値および対象の深度画素の深度画像における位置（つまり、対象の深度画素の3D点）と、有効な複数の第2周辺深度（例えば図6に示される対象の深度画素の左、左下、右および右上の深度画素）に対応付けられた平均深度画素値および有効な複数の第2周辺深度画素の深度画像における位置とに基づいて、法線算出用平面を算出する。有効な複数の第2周辺深度画素が3つ以上ある場合には、法線算出用平面の方程式を最小二乗法により求めることができる。

[0064] k 個の3D点（ p_1 、 p_2 、 $\dots$ 、 p_k ）に対して平面を算出する場合、 k 個の点が厳密に平面上にあり、平面法線ベクトルを n 、平面の通過点を c とすると、以下の式1が成立する。

[0065] [数1]

$$\sum_{i=1}^k ((p_i - c)^T n)^2 = 0 \quad (\text{式1})$$

[0066] しかし、 k 個の点が全て平面上に乗ることはほぼないため、式 1 の左辺の値は 0 よりも大きな値となる。そこで、式 1 の左辺の値が最も 0 に近くなるような平面法線ベクトル n を有する平面を近似平面とする。これにより、平面法線ベクトルの計算に最小二乗法を用いることができる。 $3 \times n$ 行列 A を以下の式 2 のように定義すると、式 1 の左辺は、以下の式 3 のように表すことができる。

[0067] [数2]

$$A^T = [p_1 - c \quad p_2 - c \quad \cdots p_k - c] \quad (\text{式 2})$$

[0068] [数3]

$$\min_{\|n\|=1} \|An\|_2^2 \quad (\text{式 3})$$

[0069] この最小化問題は、特異値分解を用いて解くことができる。

[0070] 有効な複数の第 2 周辺深度画素が 2 つの場合には、対象の深度画素および有効な 2 つの第 2 周辺深度画素の 3 D 点の外積から法線を算出することができる。ただし、この場合には、外れ値に対して敏感となる。

[0071] なお、複数の第 2 周辺深度画素のうち有効な第 2 周辺深度画素がない、あるいは 1 つの場合には、法線を算出できない。対象の深度画素の 3 D 点だけ、または、対象の深度画素の 3 D 点と 1 つの有効な第 2 周辺深度画素の 3 D 点との 2 点だけだと、法線算出用平面を算出したり、外積を計算したりすることができないためである。

[0072] 図 3 B での説明に戻り、決定部 11 は、法線を算出可能か否かを判定し（ステップ S 105）、法線を算出できない場合（ステップ S 105 で No）、対象の深度画素を障害物の候補として決定する（ステップ S 102）。対象の深度画素を除外深度画素として決定するか否かを判定することができず、対象の深度画素に対応する位置に障害物が存在する可能性があるためである。

[0073] 決定部 11 は、法線を算出できる場合（ステップ S 105 で Yes）、算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であるか否か

を判定する（ステップS 1 0 6）。所定の基準面の法線は、例えば、植立作物群が生えている地面の法線である。決定部 1 1 は、例えば、地面に対応する深度画素に対応付けられた平均値（平均深度画素値）と、複数の第 2 周辺深度画素（例えば有効な複数の第 2 周辺深度画素）のそれぞれに対応付けられた平均値（平均深度画素値）とに基づいて地面の法線を算出してもよい。あるいは、決定部 1 1 は、例えば、農機または建機などに搭載されている傾斜センサなどの地面の法線を取得可能なセンサにより地面の法線を算出してもよい。所定の角度は、物体群の種類（例えば植立作物の種類）などに応じて適宜設定されてもよい。算出された法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下である場合は、対象の深度画素周辺は、所定の基準面とほぼ平行となっており、障害物がない可能性が高い。算出された法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度より大きい場合は、対象の深度画素周辺は、所定の基準面に対して傾いており、障害物がある可能性がある。

[0074] 決定部 1 1 は、算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であると判定した場合（ステップS 1 0 6でY e s）、対象の深度画素を除外深度画素として決定する（ステップS 1 0 7）。上述したように、この場合には、障害物がない可能性が高いため、対象の深度画素が障害物の候補から除外される。決定部 1 1 は、算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度よりも大きいと判定した場合（ステップS 1 0 6でN o）、対象の深度画素を障害物の候補として決定する（ステップS 1 0 2）。上述したように、この場合には、障害物がある可能性があるため、対象の深度画素が障害物の候補から除外されない。

[0075] このようにして、決定部 1 1 は、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する。

[0076] 図 3 A での説明に戻り、検知部 1 2 は、除外深度画素が複数の深度画素から除外された残りの深度画素に基づいて、障害物の検知を行う（ステップS 1 2：障害物検知ステップ）。例えば、検知部 1 2 は、残りの深度画素の 3 D 点群の密度や、残りの深度画素における深度算出に用いた輝度値などを用

いて障害物の有無の検知や障害物の種類の検知などを行う。例えば、検知部 12 は、距離が近い点群を同一の物体とみなして結合（クラスタリング）し、点群数が一定値以上のクラスタを障害物として検知してもよい。また、検知部 12 は、カメラにより撮像された画像（白黒画像であってもよい）、およびその画像を用いた画像認識アルゴリズムなども用いて障害物の検知を行ってもよい。

[0077] 以上説明したように、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する際に、複数の深度画素のそれぞれについて、周辺の複数の第 1 周辺深度画素の深度画素値との平均深度画素値が算出され、平均深度画素値を用いて、除外深度画素を決定するための法線が算出される。つまり、局所的な凹凸となっている箇所に対応する深度画素の深度画素値が平均化されて局所的な凹凸が平坦に近くなり（言い換えると、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下となり）、局所的な凹凸を障害物の候補から除外することができる。なお、人などが存在する箇所に対応する深度画素の深度画素値と、人などが存在しない箇所に対応する深度画素の深度画素値とは大きな差があるため、人などが存在する箇所に対応する深度画素の深度画素値は、平均化されても外れ値となりやすく、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下となりにくい。このため、人などが存在する箇所に対応する深度画素を障害物の候補から除外しないようにすることができる。よって、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができる。

[0078] 以上、深度画素の深度画素値を用いて除外深度画素を決定する例について説明したが、これに限らない。以下、深度画素の深度画素値から算出される深度画素の座標値を用いて、除外深度画素を決定する例について説明する。

[0079] 決定部 11 は、対象の深度画素が有効な深度画素である場合、対象の深度画素の深度画素値から点群変換によって得られる 3 次元座標値における 1 つの座標値と、対象の深度画素から第 1 画素数の範囲内にある複数の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値から点群変換によって得られる 3 次元座標

値における1つの座標値との平均座標値を算出し、算出した平均座標値を対象の深度画素に対応付ける。例えば、3次元座標値は、ワールド座標系におけるX座標値、Y座標値およびZ座標値である。例えば、X座標値およびY座標値は、水平方向の座標値であり、Z座標値は鉛直方向の座標値であり、原点は、深度センサの鉛直下方の地面の位置である。つまり、Z座標値は、高さに対応する座標値となる。例えば、決定部11は、対象の深度画素の深度画像における位置、対象の深度画素の深度画素値（深度センサからの距離）、深度センサの光軸方向の角度、および、深度センサの設置位置の地面からの高さを用いて点群変換を行うことで、対象の深度画素の3次元座標値を算出することができる。3次元座標値における1つの座標値は、高さに対応する座標値、つまり、Z座標値である。

[0080] 例えば、決定部11は、対象の深度画素のZ座標値と、複数の第1周辺深度画素のうち、対象の深度画素とのZ座標値の差分が所定の閾値以下である1以上の第1周辺深度画素のそれぞれのZ座標値との平均座標値を算出し、算出した平均座標値を対象の深度画素に対応付ける。例えば、上述した図4および図5での説明において、深度画素値としているところをZ座標値、平均深度画素値としているところを平均座標値と置き換えることができる。

[0081] 決定部11は、対象の深度画素に対応付けられた平均座標値と、対象の深度画素から第2画素数の範囲内にある複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均座標値とに基づいて、法線を算出する。複数の第2周辺深度画素のそれぞれについても、対象の深度画素と同じように平均座標値が算出されて対応付けられている。例えば、決定部11は、対象の深度画素に対応付けられた平均座標値と、複数の第2周辺深度画素のうち、有効な複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均座標値とに基づいて法線算出用平面を算出し、算出した法線算出用平面の法線を算出する。

[0082] 例えば、決定部11は、対象の深度画素に対応付けられた平均座標値および対象の深度画素の3次元座標値（位置）と、有効な複数の第2周辺深度（例えば図6に示される対象の深度画素の左、左下、右および右上の深度画素

）に対応付けられた平均座標値および有効な複数の第2周辺深度画素の3次元座標値（位置）とに基づいて、法線算出用平面を算出する。法線の算出方法の詳細については、深度画素の深度画素値を用いて除外深度画素を決定する場合と同じであるため、説明を省略する。

[0083] 決定部11は、法線を算出可能か否かを判定し、法線を算出できない場合、対象の深度画素を障害物の候補として決定する。

[0084] 決定部11は、法線を算出できる場合、算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であるか否かを判定する。所定の基準面の法線は、例えば、植立作物群が生えている地面の法線である。決定部11は、例えば、地面に対応する深度画素に対応付けられた平均座標値と、複数の第2周辺深度画素（例えば有効な複数の第2周辺深度画素）のそれぞれに対応付けられた平均座標値とに基づいて地面の法線を算出してもよい。あるいは、決定部11は、例えば、農機または建機などに搭載されている傾斜センサなどの地面の法線を取得可能なセンサにより地面の法線を算出してもよい。

[0085] 決定部11は、算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であると判定した場合、対象の深度画素を除外深度画素として決定する。

[0086] このように、決定部11は、深度画素の深度画素値から算出される深度画素の座標値を用いて、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定してもよい。

[0087] 以上説明したように、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する際に、複数の深度画素のそれぞれについて、周辺の複数の第1周辺深度画素の座標値（例えばZ座標値）との平均座標値が算出され、平均座標値を用いて、除外深度画素を決定するための法線が算出される。つまり、局所的な凹凸となっている箇所に対応する深度画素の座標値が平均化されて局所的な凹凸が平坦に近くなり（言い換えると、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下となり）、局所的な凹凸を障害物の候補から除外することができる。なお、人などが存在する箇所に対応する深度画素の座

標値と、人などが存在しない箇所に対応する深度画素の座標値とは大きな差があるため、人などが存在する箇所に対応する深度画素の座標値は、平均化されても外れ値となりやすく、算出される法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下となりにくい。このため、人などが存在する箇所に対応する深度画素を障害物の候補から除外しないようにすることができる。よって、大局的には平坦であっても局所的には凹凸となっている粗面を含む物体群において、障害物検知を正確に行うことができる。

[0088] (その他の実施の形態)

以上、本開示の一つ又は複数の態様に係る障害物検知方法および障害物検知装置 10 について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、これらの実施の形態に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を各実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本開示の一つ又は複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

[0089] 例えば、上記実施の形態では、対象の深度画素の深度画素値と、複数の第 1 周辺深度画素のうち、対象の深度画素との深度画素値の差分が所定の閾値以下である 1 以上の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値との平均深度画素値を算出する例について説明したが、これに限らない。例えば、対象の深度画素との深度画素値の差分が所定の閾値以下でない第 1 周辺深度画素の深度画素値も含めて、平均深度画素値が算出されてもよい。

[0090] 例えば、上記実施の形態では、対象の深度画素の座標値（例えば Z 座標値）と、複数の第 1 周辺深度画素のうち、対象の深度画素との座標値の差分が所定の閾値以下である 1 以上の第 1 周辺深度画素のそれぞれの座標値との平均座標値を算出する例について説明したが、これに限らない。例えば、対象の深度画素との座標値の差分が所定の閾値以下でない第 1 周辺深度画素の座標値も含めて、平均座標値が算出されてもよい。

[0091] 例えば、本開示は、障害物検知方法に含まれるステップを、プロセッサに実行させるためのプログラムとして実現できる。さらに、本開示は、そのプ

プログラムを記録したＣＤ－ＲＯＭ等である非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体として実現できる。

[0092] 例えば、本開示が、プログラム（ソフトウェア）で実現される場合には、コンピュータのＣＰＵ、メモリおよび入出力回路等のハードウェア資源を利用してプログラムが実行されることによって、各ステップが実行される。つまり、ＣＰＵがデータをメモリまたは入出力回路などから取得して演算したり、演算結果をメモリまたは入出力回路などに出力したりすることによって、各ステップが実行される。

[0093] なお、上記実施の形態において、障害物検知装置１０に含まれる各構成要素は、専用のハードウェアで構成されるか、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、ＣＰＵまたはプロセッサなどのプログラム実行部が、ハードディスクまたは半導体メモリなどの記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実行することによって実現されてもよい。

[0094] 上記実施の形態に係る障害物検知装置１０の機能の一部または全ては典型的には集積回路であるＬＳＩとして実現される。これらは個別に１チップ化されてもよいし、一部または全てを含むように１チップ化されてもよい。また、集積回路化はＬＳＩに限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現してもよい。ＬＳＩ製造後にプログラムすることが可能なＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｇａｔｅ　Ａｒｒａｙ）、またはＬＳＩ内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサを利用してもよい。

[0095] さらに、本開示の主旨を逸脱しない限り、本開示の各実施の形態に対して当業者が思いつく範囲内の変更を施した各種変形例も本開示に含まれる。

産業上の利用可能性

[0096] 本開示は、圃場などにおいて障害物を検知する装置などに適用できる。

符号の説明

[0097] １０ 障害物検知装置

1 1 決定部

1 2 検知部

請求の範囲

[請求項1]

障害物の検知を行う障害物検知方法であって、

深度センサによって粗面を含む物体群をセンシングすることで得られる深度画像における複数の深度画素のうち、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する決定ステップと、

前記複数の深度画素のうち前記除外深度画素を除く深度画素に基づいて、障害物の検知を行う障害物検知ステップと、を含み、

前記決定ステップでは、前記複数の深度画素のそれぞれについて、

(i) 前記深度画素の深度画素値と、前記深度画素から第 1 画素数の範囲内にある複数の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値とに基づいて、前記深度画素に関する平均値を算出し、算出した平均値を前記深度画素に対応付ける処理と、

(i i) 前記深度画素に対応付けられた平均値と、前記深度画素から第 2 画素数の範囲内にある複数の第 2 周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて法線を算出する処理と、

(i i i) 算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であるか否かを判定する処理と、

(i v) 前記なす角が前記所定の角度以下であると判定した場合、前記深度画素を前記除外深度画素として決定する処理とを行う、
障害物検知方法。

[請求項2]

前記 (i) の処理では、前記深度画素の深度画素値と、前記深度画素から第 1 画素数の範囲内にある複数の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値との平均深度画素値を算出し、算出した平均深度画素値を前記深度画素に対応付け、

前記 (i i) の処理では、前記深度画素に対応付けられた平均深度画素値と、前記深度画素から第 2 画素数の範囲内にある複数の第 2 周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均深度画素値とに基づいて法線を算出する、

請求項 1 に記載の障害物検知方法。

[請求項3] 前記 (i) の処理では、前記深度画素の深度画素値と、前記複数の第 1 周辺深度画素のうち、前記深度画素との深度画素値の差分が所定の閾値以下である 1 以上の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値との平均深度画素値を算出し、算出した平均深度画素値を前記深度画素に対応付ける、

請求項 2 に記載の障害物検知方法。

[請求項4] 前記 (i i) の処理では、前記深度画素に対応付けられた平均深度画素値と、前記複数の第 2 周辺深度画素のうち、有効な複数の第 2 周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均深度画素値とに基づいて法線を算出する、

請求項 2 または 3 に記載の障害物検知方法。

[請求項5] 前記複数の第 2 周辺深度画素のうち有効な第 2 周辺深度画素がない、あるいは 1 つの場合、前記深度画素を障害物の候補として決定する、

請求項 4 に記載の障害物検知方法。

[請求項6] 前記 (i) の処理では、前記深度画素の深度画素値から点群変換によって得られる 3 次元座標値における 1 つの座標値と、前記深度画素から第 1 画素数の範囲内にある複数の第 1 周辺深度画素のそれぞれの深度画素値から点群変換によって得られる 3 次元座標値における 1 つの座標値との平均座標値を算出し、算出した平均座標値を前記深度画素に対応付け、

前記 (i i) の処理では、前記深度画素に対応付けられた平均座標値と、前記深度画素から第 2 画素数の範囲内にある複数の第 2 周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均座標値とに基づいて法線を算出する、

請求項 1 に記載の障害物検知方法。

[請求項7] 前記 (i) の処理では、前記深度画素の前記 1 つの座標値と、前記

複数の第1周辺深度画素のうち、前記深度画素との前記1つの座標値の差分が所定の閾値以下である1以上の第1周辺深度画素のそれぞれの前記1つの座標値との平均座標値を算出し、算出した平均座標値を前記深度画素に対応付ける、

請求項6に記載の障害物検知方法。

[請求項8] 前記(i i)の処理では、前記深度画素に対応付けられた平均座標値と、前記複数の第2周辺深度画素のうち、有効な複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均座標値とに基づいて法線を算出する、

請求項6または7に記載の障害物検知方法。

[請求項9] 前記複数の第2周辺深度画素のうち有効な第2周辺深度画素がない、あるいは1つの場合、前記深度画素を障害物の候補として決定する、

請求項8に記載の障害物検知方法。

[請求項10] 前記物体群は、植立作物群の先端によって形成される凹凸を含む粗面を含む、

請求項1～9のいずれか1項に記載の障害物検知方法。

[請求項11] 前記所定の基準面の法線は、前記植立作物群が生えている地面の法線である、

請求項10に記載の障害物検知方法。

[請求項12] さらに、前記地面に対応する前記深度画素に対応付けられた平均値と、前記複数の第2周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて前記地面の法線を算出する、あるいは、前記地面の法線を取得可能なセンサにより前記地面の法線を取得する、

請求項11に記載の障害物検知方法。

[請求項13] 請求項1～12のいずれか1項に記載の障害物検知方法をコンピュータに実行させるプログラム。

[請求項14] 障害物の検知を行う障害物検知装置であって、

深度センサによって粗面を含む物体群をセンシングすることで得られる深度画像における複数の深度画素のうち、障害物の候補から除外する除外深度画素を決定する決定部と、

前記除外深度画素が前記複数の深度画素から除外された残りの深度画素に基づいて、障害物の検知を行う検知部と、を備え、

前記決定部は、前記複数の深度画素のそれぞれについて、

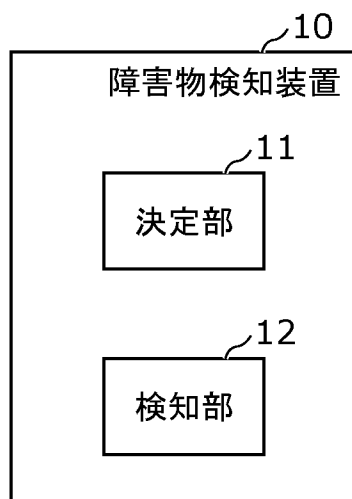
(i) 前記深度画素の深度画素値と、前記深度画素から所定の画素数の範囲内にある複数の周辺深度画素のそれぞれの深度画素値とに基づいて、前記深度画素に関する平均値を算出し、算出した平均値を前記深度画素に対応付ける処理と、

(i i) 前記深度画素に対応付けられた平均値と、前記深度画素から所定の画素数の範囲内にある複数の周辺深度画素のそれぞれに対応付けられた平均値とに基づいて法線を算出する処理と、

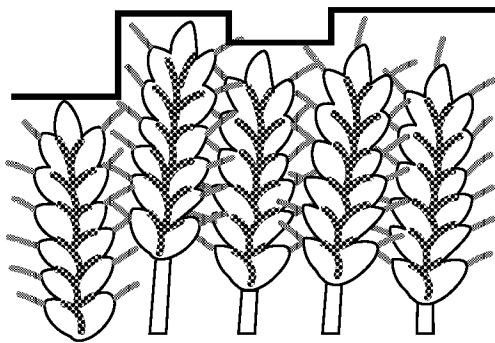
(i i i) 算出した法線と所定の基準面の法線とのなす角が所定の角度以下であるか否かを判定する処理と、

(i v) 前記なす角が前記所定の角度以下であると判定した場合、前記深度画素を前記除外深度画素として決定する処理とを行う、障害物検知装置。

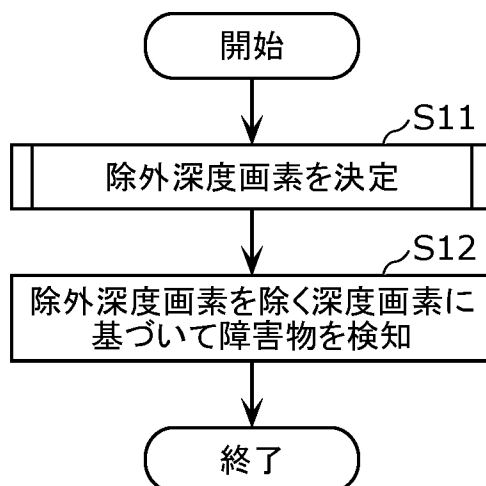
[図1]



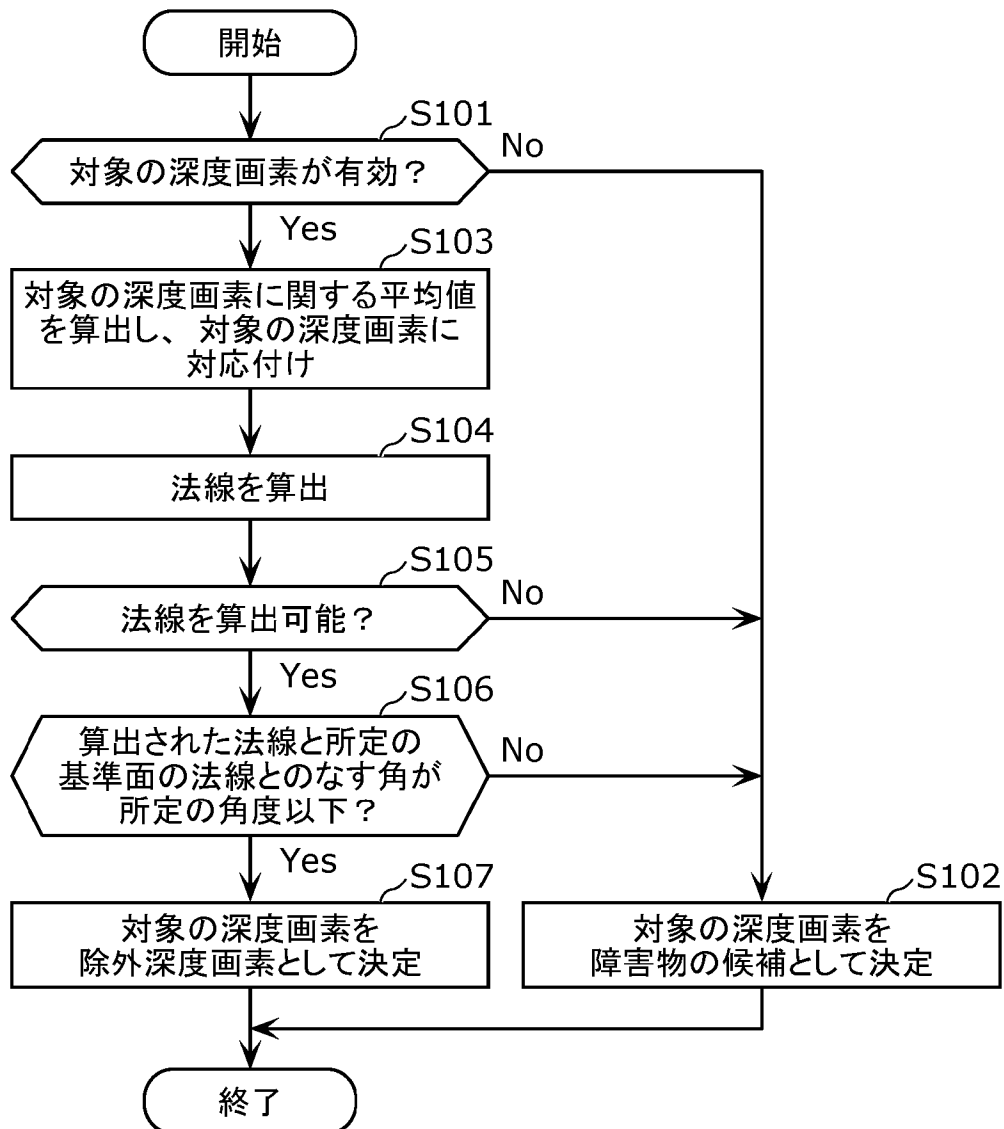
[図2]



[図3A]



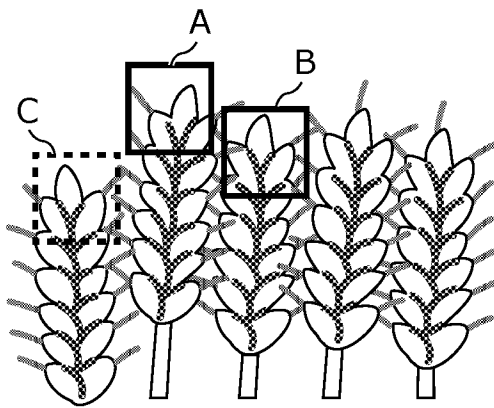
[図3B]



[図4]

150	200	45
50	40	35
120	65535	110

[図5]



[図6]

×	×	○
○	★	○
○	×	×

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004859

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G06T 7/64**(2017.01)i; **G06T 7/70**(2017.01)i

FI: G06T7/64; G06T7/70 A

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T7/64; G06T7/70

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2021-85828 A (TOYOTA INDUSTRIES CORP.) 03 June 2021 (2021-06-03) paragraphs [0005], [0016], [0023], [0027], [0032], [0033]	1-2, 4-6, 8-14
A		3, 7
Y	JP 2011-186749 A (OPTEX CO., LTD.) 22 September 2011 (2011-09-22) paragraphs [0025], [0026], [0030], [0035]-[0040]	1-2, 4-6, 8-14
Y	JP 2021-7386 A (KUBOTA CORP.) 28 January 2021 (2021-01-28) paragraphs [0051]-[0054]	10-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 April 2023

Date of mailing of the international search report

18 April 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/004859

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2021-85828	A	03 June 2021	(Family: none)	
JP	2011-186749	A	22 September 2011	US 2011/0216213 A1 paragraphs [0040], [0041], [0045], [0050]-[0055] EP 2372652 A1	
JP	2021-7386	A	28 January 2021	WO 2020/262416 A1 CN 113923977 A KR 10-2022-0027811 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06T 7/64(2017.01)i; G06T 7/70(2017.01)i FI: G06T7/64; G06T7/70 A														
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）） G06T7/64; G06T7/70														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			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				
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												
Y A	JP 2021-85828 A（株式会社豊田自動織機）03.06.2021（2021 - 06 - 03） 段落 [0005], [0016], [0023], [0027], [0032] - [0033]	1-2, 4-6, 8-14 3, 7												
Y	JP 2011-186749 A（オプテックス株式会社）22.09.2011（2011 - 09 - 22） 段落 [0025] - [0026], [0030], [0035] - [0040]	1-2, 4-6, 8-14												
Y	JP 2021-7386 A（株式会社クボタ）28.01.2021（2021 - 01 - 28） 段落 [0051] - [0054]	10-12												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 10.04.2023	国際調査報告の発送日 18.04.2023													
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） ▲広▼島 明芳 5H 9853 電話番号 03-3581-1101 内線 3531													

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/JP2023/004859

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2021-85828	A	03.06.2021	(ファミリーなし)	
JP	2011-186749	A	22.09.2011	US 2011/0216213 A1 段落[0040]-[0041], [0045], [0050]-[0055] EP 2372652 A1	
JP	2021-7386	A	28.01.2021	WO 2020/262416 A1 CN 113923977 A KR 10-2022-0027811 A	