(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
2017年12月28日(28.12.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/221641 A1

(51) 国際特許分類:
*A01G 7/00* (2006.01)　*G06T 1/00* (2006.01)
*G01N 21/27* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2017/020022

(22) 国際出願日：　2017年5月30日(30.05.2017)

(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 2016-123432　2016年6月22日(22.06.2016)　JP
特願 2016-123433　2016年6月22日(22.06.2016)　JP

(71) 出願人: コニカミノルタ株式会社 (**KONICA MINOLTA, INC.**) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号 Tokyo (JP).

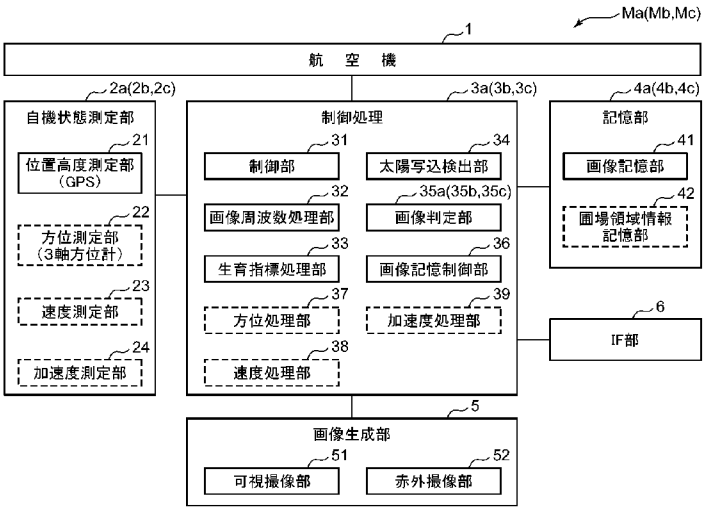
(72) 発明者: 片桐　哲也 (**KATAGIRI, Tetsuya**); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 片桐 禎人 (**KATAGIRI, Yoshito**); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 小谷 悦司，外 (**KOTANI, Etsuji** et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島２丁目２番２号大阪中之島ビル２階 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,

(54) **Title:** PLANT GROWTH INDEX MEASUREMENT DEVICE, METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称： 植物生育指標測定装置、該方法および該プログラム




1 Aircraft
2a (2b, 2c) Host machine state measurement unit
3a (3b, 3c) Control process
4a (4b, 4c) Storage unit
5 Image generation unit
6 IF unit
21 Position height measurement unit (GPS)
22 Orientation measurement unit (3-axis compass)
23 Speed measurement unit
24 Acceleration measurement unit
31 Control unit
32 Image frequency processor
33 Growth index processor
34 Sun impact detector
35a (35b, 35c) Image determination unit
36 Image storage control unit
37 Orientation processing unit
38 Speed processing unit
39 Acceleration processing unit
41 Image storage unit
42 Field area information storage unit
51 Visible imaging unit
52 Infrared imaging unit

(57) **Abstract:** The present invention is a plant growth index measurement device, method, and program for generating an image captured from above a field to be measured, in order to derive a growth index indicating the degree of growth of a plant. In the present invention, images are generated at a prescribed time interval, and it is determined whether to store the generated images in an image storage unit so that only images that are significant for deriving the growth index are stored in the image storage unit, and as a result, the generated images are stored in the image storage unit only when it is

WO 2017/221641 A1

［続葉有］

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

determined that the images are to be stored in the image storage unit.

**(57)** 要約:本発明は、植物における生育の度合いを表す生育指標を求めるための、測定対象の圃場を上方から撮像した画像を生成する植物生育指標測定装置、該方法および該プログラムである。本発明は、所定の時間間隔で画像を生成し、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部に記憶するように、前記生成された画像を画像記憶部に記憶するか否かを判定し、その結果、前記画像記憶部に記憶すると判定された場合のみ、前記生成された画像を画像記憶部に記憶する。

# 明　細　書

## 発明の名称 ： 植物生育指標測定装置、該方法および該プログラム

## 技術分野

[0001] 本発明は、植物における生育の度合いを表す生育指標を求める植物生育指標測定装置、植物生育指標測定方法および植物生育指標測定プログラムに関する。

## 背景技術

[0002] 農業では、高品質および安定多収穫な農作物の植物を育てるために、例えば追肥時期や追肥量等の施肥管理を適切に実施する必要がある。そのために、現状の植物の状態が判定される。この判定には、例えばＮＤＶＩ（Ｎｏｒｍａｌｉｚｅｄ　Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ　Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ　Ｉｎｄｅｘ、正規化植生指標）、ＤＶＩ（Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ　Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ　Ｉｎｄｅｘ、差植生指標）およびＲＶＩ（Ｒａｔｉｏ　Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ　Ｉｎｄｅｘ、比植生指標）等の、植物における生育の度合いを表す生育指標が用いられる。このような生育指標は、圃場を、互いに異なる波長帯域で撮像した複数の画像に基づいて求められる。ここで、圃場は、通常、前記画像を生成するカメラの画角に対して広いため、圃場全体を１回の撮像による１枚の画像で写すことが難しい。このため、例えば、特許文献１では、互いに隣り合う圃場をオーバーラップして複数の画像を取得し、同一位置の圃場で色を補正し、この補正した複数の画像を１枚に合成し、これによって圃場全体の１枚の画像を得て、圃場の画像のＲＧＢ値から窒素相対分布を求める作物の生育診断方法が提案されている（例えば特許文献１の図１１）。

[0003] ところで、作物の生育状況を適切に把握するためには、適度な画像解像度の画像で、生育指標を求める必要がある。例えば、６４０ドット×４８０ドットであるＶＧＡクラスの画像解像度を持つ撮像装置で高さ２０ｍから圃場を撮像することが好ましい。この場合、１回の撮像による１枚の画像には、

１６．６ｍ×１２．４ｍの範囲で圃場が写り込み、複数の画像を１枚の画像に合成する際に、互いに隣接する画像間で、圃場の同じ領域を写し込んだ重複部分が存在していることが好ましいため、例えば、３０ｍ×１００ｍの圃場全体の生育指標を求めるために、約４０枚の画像が必要となり、したがって、その画像の記録（保存、記憶）に比較的大容量の記憶装置が必要となる。

[0004] 一方、圃場の個々の領域それぞれを写した複数の画像を得るために、前記撮像装置を搭載した、例えばヘリコプター等の航空機を圃場上空で例えば九十九折りで往復移動させる必要がある。前記撮像装置が所定の時間間隔で自動的に撮像および記録する場合、折り返し場所の画像は、圃場の画像ではないため、生育指標の演算には、不必要な画像となり、したがって、無駄な記録が生じてしまう。また、前記航空機を無線で遠隔操縦する場合、その未熟な操縦技術によっても、無駄な記録が生じてしまう虞がある。

[0005] そして、このような生育指標の演算には不必要な画像が複数の画像に含まれると、これら複数の画像を合成する際に、無駄な合成の処理が生じ、あるいは、不必要な画像を除去する処理が必要となり、したがって、合成の処理の効率が低下してしまう。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００３－３３９２３８号公報

## 発明の概要

[0007] 本発明は、上述の事情に鑑みて為された発明であり、その目的は、記憶装置の記憶容量をより低減でき、合成の処理における効率の低下をより抑制できる植物生育指標測定装置および植物生育指標測定方法、植物生育指標測定プログラムを提供することである。

[0008] 本発明は、植物における生育の度合いを表す生育指標を求めるための、測定対象の圃場を上方から撮像した画像を生成する植物生育指標測定装置、該方法および該プログラムである。本発明は、所定の時間間隔で画像を生成し

、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部に記憶するように、前記生成された画像を画像記憶部に記憶するか否かを判定し、その結果、前記画像記憶部に記憶すると判定された場合のみ、前記生成された画像を画像記憶部に記憶する。

[0009] 上記並びにその他の本発明の目的、特徴及び利点は、以下の詳細な記載と添付図面から明らかになるであろう。

## 図面の簡単な説明

[0010] [図1]第１ないし第３実施形態にかかる植物生育指標測定装置の構成を示す図である。

[図2]圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数に基づく画像記憶の判定処理を説明するための図である。

[図3]圃場の生育指標に基づく画像記憶の判定処理を説明するための図である。

[図4]太陽の写り込みの検出に基づく画像記憶の判定処理を説明するための図である。

[図5]第１実施形態における植物生育指標測定装置の動作を示すフローチャートである。

[図6]第１実施形態における植物生育指標測定装置において、その飛行軌跡と画像記憶位置との関係を説明するための図である。

[図7]図６Ａに示す飛行軌跡において、植物生育指標測定装置によって撮像され生成された画像を説明するための図である。

[図8]第２実施形態における植物生育指標測定装置の動作を示すフローチャートである。

[図9]第３実施形態における植物生育指標測定装置の動作を示すフローチャートである。

[図10]第４実施形態における植物生育指標測定システムの構成を示す図である。

[図11]前記植物生育指標測定システムに用いられる画像生成装置の動作を示

すフローチャートである。

[図12]前記植物生育指標測定システムに用いられる植物生育指標測定装置の動作を示すフローチャートである。

[図13]図１２に示すフローチャートにおける対応点探索の処理を説明するための図である。

[図14]図１２に示すフローチャートにおける画像変換の処理を説明するための図である。

[図15]ＮＤＶＩ合成画像の一例を示す図である。

[図16]低コントラストによる合成精度の低下を説明するための図である。

[図17]露出のばらつきによる合成精度の低下を説明するための図である。

[図18]第１変形形態におけるパノラマ合成処理を説明するための図である。

[図19]第２変形形態におけるパノラマ合成処理を説明するための図である。

## 発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明にかかる実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、適宜、その説明を省略する。本明細書において、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照符号で示す。

[0012] 実施形態における植物生育指標測定装置は、植物における生育の度合いを表す生育指標を求めるための、測定対象の圃場を上方から撮像した画像、を生成する植物生育指標測定装置であって、所定の時間間隔で画像を生成する画像生成部と、前記画像を記憶する画像記憶部と、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを前記画像記憶部に記憶するように、前記画像生成部で生成された画像を前記画像記憶部に記憶するか否かを判定する判定処理を行う画像判定部と、前記画像判定部で前記画像記憶部に記憶すると判定された場合のみ、前記画像生成部で生成された画像を前記画像記憶部に記憶する画像記憶制御部とを備えるものである。以下、このような植物生育指標測定装置について、第１ないし第３実施形態で、より具体的に説明する。

[0013] （第１実施形態）

図１は、第１ないし第３実施形態にかかる植物生育指標測定装置の構成を示す図である。なお、図１は、第１ないし第３実施形態における各植物生育指標測定装置Ｍａ、Ｍｂ、Ｍｃの各構成を示し、図１において、添え字ａは、その構成が第１実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａに関する構成であることを示し、添え字ｂは、その構成が第２実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｂに関する構成であることを示し、そして、添え字ｃは、その構成が第３実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｃに関する構成であることを示す。図２は、圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数に基づく画像記憶の判定処理を説明するための図である。図２Ａは、一例として、植物生育指標測定装置Ｍａが比較的低い高度で圃場を撮像した画像を示し、図２Ｂは、一例として、植物生育指標測定装置Ｍａが比較的高い高度で圃場を撮像した画像を示す。図３は、圃場の生育指標に基づく画像記憶の判定処理を説明するための図である。図３Ａは、一例として、圃場の可視画像を示し、図３Ｂは、そのＮＤＶＩ画像を示す。図３Ｃは、一例として、畦等の圃場外の可視画像を示し、図３Ｄは、そのＮＤＶＩ画像を示す。図４は、太陽の写り込みの検出に基づく画像記憶の判定処理を説明するための図である。

[0014] 第１実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａは、例えば、図１に示すように、航空機１と、自機状態測定部２ａと、制御処理部３ａと、記憶部４ａと、画像生成部５と、インターフェース部（ＩＦ部）６とを備える。

[0015] 航空機１は、大気中を飛行する装置であり、例えば、気球、飛行船、飛行機、ヘリコプタおよびマルチコプタ等である。航空機１は、有人機であって良いが、好ましくは、無線操縦飛行（誘導飛行）または自律飛行による無人機（ドローン）である。航空機１は、本実施形態では、制御処理部３ａに接続され、誘導飛行または自律飛行による制御処理部３ａの制御に従って飛行する。

[0016] 自機状態測定部２ａは、制御処理部３ａに接続され、制御処理部３ａの制

御に従って自機の飛行状態を測定する装置である。第１実施形態では、自機状態測定部２ａは、自機の位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および高度Ｚを測定する。このために、自機状態測定部２ａは、地球上における現在の自機の位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および高度Ｚを測定する位置高度測定部２１を備える。位置高度測定部２１は、例えば、衛星測位システムのＧＰＳ（Ｇｌｏｂａｌ Ｐｏｓｉｔｉｏｎｉｎｇ Ｓｙｓｔｅｍ）を備えて構成される。なお、ＧＰＳは、ＤＧＳＰ（Ｄｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌ ＧＳＰ）等の誤差を補正する補正機能を持ったＧＰＳであっても良い。位置高度測定部２１は、その測定結果（自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）を制御処理部３ａへ出力する。前記自機の測定位置および測定高度は、後述のように生成される複数の画像、に基づいて求められる複数の生育指標画像、を合成して１枚の生育指標合成画像を生成する際に用いられ、前記複数の生育指標画像それぞれの位置およびその撮影高度を示す。生育指標画像は、生育指標を表す画素値を持つ画素で構成された画像である。

[0017] 画像生成部５は、制御処理部３ａに接続され、制御処理部３ａの制御に従って、植物における生育の度合いを表す生育指標を求めるための、測定対象の圃場を上方から撮像した画像を、所定の時間間隔で生成する装置である。画像生成部５は、その生成した画像を制御処理部３ａへ出力する。前記生育指標は、例えば、ＮＤＶＩ（Ｎｏｒｍａｌｉｚｅｄ Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ Ｉｎｄｅｘ、正規化植生指標、ＮＤＶＩ＝（Ｉ－Ｒ）／（Ｉ＋Ｒ））、ＲＶＩ（Ｒａｔｉｏ Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ Ｉｎｄｅｘ、比植生指標、ＲＶＩ＝Ｒｉ’／Ｒｖ）、ＤＶＩ（Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ Ｉｎｄｅｘ、差植生指標、ＤＶＩ＝Ｒｉ’－Ｒｖ）、ＴＶＩ（Ｔｒａｎｓｆｏｒｍｅｄ Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ Ｉｎｄｅｘ、ＴＶＩ＝ＮＤＶＩ＋０．５）$^{0.5}$）、および、ＩＰＶＩ（Ｉｎｆｒａｒｅｄ Ｐｅｒｃｅｎｔａｇｅ Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ Ｉｎｄｅｘ、ＩＰＶＩ＝Ｒｉ’／（Ｒｉ’＋Ｒｖ）＝（ＮＤＶＩ＋１）／２）等である。画像生成部５は、これら各種の生育指標のうち、採用された生育指標に応じた適宜な

波長帯域の画像を生成する。本実施形態では、一例として、前記生育指標は、ＮＤＶＩである。このため、画像生成部５は、前記画像として、可視画像および近赤外画像を生成する。より具体的には、画像生成部５は、可視撮像部５１と、赤外撮像部５２とを備える。

[0018] 可視撮像部５１は、可視光の画像（可視画像）を生成する装置である。より具体的には、本実施形態では、ＮＤＶＩを求めるために、可視撮像部５１は、例えば、波長６５０ｎｍを中心波長とする比較的狭帯域で光を透過する第１バンドパスフィルタ、前記第１バンドパスフィルタを透過した測定対象の可視光の光学像を所定の第１結像面上に結像する第１結像光学系、前記第１結像面に受光面を一致させて配置され、前記測定対象の可視光の光学像を電気的な信号に変換する第１イメージセンサ、前記第１イメージセンサの出力に対し公知の画像処理を施して可視画像を生成する第１デジタルシグナルプロセッサ（ＤＳＰ）等を備えて構成される、いわゆるカメラ等である。可視撮像部５１は、この撮像して生成した可視画像を制御処理部３ａへ出力する。

[0019] 赤外撮像部５２は、赤外光（例えば近赤外光）の画像（赤外画像（近赤外画像））を生成する装置である。より具体的には、本実施形態では、ＮＤＶＩを求めるために、赤外撮像部５２は、例えば、波長８００ｎｍを中心波長とする比較的狭帯域で光を透過する第２バンドパスフィルタ、前記第２バンドパスフィルタを透過した測定対象の赤外光の光学像を所定の第２結像面上に結像する第２結像光学系、前記第２結像面に受光面を一致させて配置され、前記測定対象の赤外光の光学像を電気的な信号に変換する第２イメージセンサ、前記第２イメージセンサの出力に対し公知の画像処理を施して近赤外画像を生成する第２ＤＳＰ等を備えて構成される、いわゆる赤外カメラ等である。赤外撮像部５２は、この撮像して生成した近赤外画像を制御処理部３ａへ出力する。

[0020] ＩＦ部６は、制御処理部３ａに接続され、制御処理部３ａの制御に従って、例えば外部機器との間でデータの入出力を行う回路であり、例えば、シリ

アル通信方式であるＲＳ２３２Ｃのインターフェース回路、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）規格を用いたインターフェース回路、ＩｒＤＡ（Ｉｎｆｒａｒｅｄ　Ｄａｔａ　Ａｓｓｃｏｉａｔｉｏｎ）規格等の赤外線通信を行うインターフェース回路、および、ＵＳＢ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ　Ｓｅｒｉａｌ　Ｂｕｓ）規格を用いたインターフェース回路等である。また、ＩＦ部６は、有線または無線によって通信する通信カード等であり、例えばイーサネット環境等の通信ネットワークを介して例えば外部機器との間で通信しても良い（イーサネットは登録商標）。

[0021] 記憶部４ａは、制御処理部３ａに接続され、制御処理部３ａの制御に従って、各種の所定のプログラムおよび各種の所定のデータを記憶する回路である。前記各種の所定のプログラムには、例えば、当該植物生育指標測定装置Ｍａの各部を当該各部の機能に応じて制御する制御プログラムや、画像生成部５で生成された画像に基づいて、前記圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数を求める画像周波数処理プログラムや、画像生成部５で生成された画像に基づいて、生育指標（本実施形態ではＮＤＶＩ）を求める生育指標処理プログラムや、画像生成部５で生成された画像に基づいて、太陽の写り込みを検出する太陽写込検出プログラムや、生育指標を求めるために有意な画像のみを後述の画像記憶部４１に記憶するように、画像生成部５で生成された画像を画像記憶部４１に記憶するか否かを判定する判定処理を行う画像判定プログラムや、前記画像判定プログラムで画像記憶部４１に記憶すると判定された場合のみ、画像生成部５で生成された画像を画像記憶部４１に記憶する画像記憶制御プログラム等の制御処理プログラムが含まれる。前記各種の所定のデータには、画像生成部５で生成された画像（本実施形態では可視画像および近赤外画像）や、前記判定処理で用いる予め設定された各閾値等の、各プログラムを実行する上で必要なデータ等が含まれる。記憶部４ａは、例えば不揮発性の記憶素子であるＲＯＭ（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）や書き換え可能な不揮発性の記憶素子であるＥＥＰＲＯＭ（Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌｌｙ　Ｅｒａｓａｂｌｅ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ

Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）等を備える。そして、記憶部４ａは、前記所定のプログラムの実行中に生じるデータ等を記憶するいわゆる制御処理部３ａのワーキングメモリとなるＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）等を含む。

[0022] 記憶部４ａは、画像生成部５で生成され、後述の画像判定部３５ａで記憶すると判定された画像（本実施形態では可視画像および近赤外画像）を記憶する画像記憶部４１を機能的に備える。画像記憶部４１は、例えば、画像生成部５で画像を生成した回数を表すシリアル番号、画像生成部５で生成され、画像判定部３５ａで記憶すると判定された画像、および、当該画像を撮像する際に位置高度測定部２１で測定された自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）を互いに対応付けて記憶する。そして、画像生成部５で生成された画像が、画像判定部３５ａで記憶しないと判定された場合、画像記憶部４１は、前記シリアル番号、および、画像生成部５で生成され、画像判定部３５ａで記憶しないと判定された画像を撮像する際に位置高度測定部２１で測定された自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）を互いに対応付けて記憶する。この場合、前記自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）は、非記憶画像情報の一例である。前記非記憶画像情報は、画像判定部３５ａで画像記憶部４１に記憶しないと判定された場合に、画像生成部５で生成された画像であって画像判定部３５ａで画像記憶部４１に記憶しないと判定された前記画像を指し示す所定の情報である。なお、非記憶画像情報としての測定高度Ｚは、省略されても良い。

[0023] 制御処理部３ａは、植物生育指標測定装置Ｍａの各部を当該各部の機能に応じてそれぞれ制御し、植物における生育の度合いを表す生育指標を求めるための、測定対象の圃場を上方から撮像した画像、を生成するための回路である。制御処理部３ａは、例えば、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）およびその周辺回路を備えて構成される。制御処理部３ａは、機能的に、制御部３１と、画像周波数処理部３２と、生育指標処理

部３３と、太陽写込検出部３４と、画像判定部３５ａと、画像記憶制御部３６とを備える。

[0024] 制御部３１は、当該植物生育指標測定装置Ｍａの各部を当該各部の機能に応じて制御し、当該植物生育指標測定装置Ｍａの全体制御を司るものである。

[0025] 画像周波数処理部３２は、画像生成部５で生成された画像に基づいて、圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数を求めるものである。より具体的には、画像周波数処理部３２は、エッジを検出するための画像フィルタを用いることによって、画像生成部５で生成された画像からエッジを検出し、このエッジを検出した画像から直線のハフ変換によって複数の直線を前記条または前記条間として求め、この求めた複数の直線の間隔から前記周波数を求める。この周波数を求める際に用いる画像は、可視画像であって良く、近赤外画像であって良く、これら可視画像および近赤外画像に基づいて、生育指標処理部３３によって求められた生育指標画像であって良い。画像周波数処理部３２は、この求めた周波数を画像判定部３５ａに通知する。

[0026] 例えば、前記圃場が水田である場合、前記作物は、稲であり、前記条は、稲の条である。植物生育指標測定装置Ｍａが比較的低い高度を飛行している場合、圃場の画像は、例えば、図２Ａに示す画像となり、その画像に基づいて求められた、作物の条または条間に応じた周波数は、比較的低い周波数となる。一方、植物生育指標測定装置Ｍａが比較的高い高度を飛行している場合、圃場の画像は、例えば、図２Ｂに示す画像となり、その画像に基づいて求められた、作物の条または条間に応じた周波数は、比較的高い周波数となる。このように、画像生成部５で生成された画像に基づいて求められた、圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数は、植物生育指標測定装置Ｍａの高度（飛行高度）と相関する。上述したように、作物の生育状況を適切に把握するためには、適度な画像解像度の画像で、生育指標を求める必要があり、このため、画像生成部５における可視撮像部５１および赤外撮像部５２の各画像解像度に応じた適度な高度（例えば１５ｍや２０ｍや２５ｍ等

）で撮像して生成した画像である必要がある。このため、本実施形態では、画像生成部５で生成された画像に基づいて求められた、圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数から、植物生育指標測定装置Ｍａの高度（飛行高度）が推定され、その高度で生成された画像に対するその記憶の許否が、画像判定部３５ａによって後述のように判定されている。

[0027] 生育指標処理部３３は、画像生成部５で生成された画像に基づいて、生育指標を求めるものである。より具体的には、本実施形態では、生育指標処理部３３は、画像生成部５における可視撮像部５１および赤外撮像部５２それぞれで生成された可視画像および近赤外画像から、ＮＤＶＩを表した画素値を持つＮＤＶＩ画像を求める。ＮＤＶＩ画像の各画素値は、可視画像の画素値をＩとし、近赤外画像の画素値をＲとする場合に、ＮＤＶＩ画像の当該画素位置に対応する可視画像および近赤外画像の画素位置同士において、ＮＤＶＩ＝（Ｉ－Ｒ）／（Ｉ＋Ｒ）によって求められる。例えば、ＮＤＶＩ画像の画素位置（０、０）における画素値は、可視画像の画素位置（０、０）における画素値および近赤外画像の画素位置（０、０）における画素値から求められ、また例えば、ＮＤＶＩ画像の画素位置（１０、１５）における画素値は、可視画像の画素位置（１０、１５）における画素値および近赤外画像の画素位置（１０、１５）における画素値から求められる。なお、可視撮像部５１と、赤外撮像部５２との視差が考慮され、可視画像の画素位置および近赤外画像の画素位置の中の少なくともいずれか一方の画素位置が前記視差を修正するようにシフトされた上で、ＮＤＶＩが求められても良い。また、可視撮像部５１の前記第１結像光学系と赤外撮像部５２の前記第２結像光学系は、例えば画角や歪曲収差等の光学特性が互いに同等であるものとする。

[0028] 植物生育指標測定装置Ｍａは、生育指標を求めるための画像が必要であるため、上述したように、圃場ではない画像を記録（記憶）しても無駄になる。圃場ではない領域は、例えば畦等であり、圃場ではない前記領域には、畦道があったり、水路があったり、雑草が生育していたりする。これらの反射率は、圃場に生育する作物の反射率と異なり、通常、比較的低い。このため

、例えば図３Ａに示すように、圃場を写した画像に基づくＮＤＶＩ画像は、圃場のＮＤＶＩが高いので、例えば図３Ｂに示すように、全面的に高い画素値の画像となる。一方、例えば図３Ｃに示すように、圃場ではない領域を多く含む画像に基づくＮＤＶＩ画像は、圃場ではない領域のＮＤＶＩが低いので、例えば図３Ｄに示すように、ＮＤＶＩが低い領域を多く含む画像となる。このため、本実施形態では、画像生成部５で生成された画像に基づいて求められた生育指標画像（ここではＮＤＶＩ画像）から、前記画像に圃場ではない領域が多く含まれるか否かが推定され、前記画像に対するその記憶の許否が、画像判定部３５ａによって後述のように判定されている。

[0029] 太陽写込検出部３４は、画像生成部５で生成された画像に基づいて、太陽の写り込みを検出するものである。より具体的には、太陽写込検出部３４は、例えば、画像生成部５で生成された可視画像から、画素値が飽和した画素の総数を求めることによって、画素値が飽和した画素領域のサイズ（広さ、画素数）を求め、この求めたサイズが、予め設定された所定の閾値（第３閾値）以上である画素領域を前記太陽の写り込みとして検出する。前記第３閾値は、太陽の写り込んだ複数のサンプルの画像から、適宜に設定される。

[0030] 植物生育指標測定装置Ｍａは、生育指標を求めるための画像が必要であるため、例えば、図４に示すように、太陽が写り込んだ画像を記録（記憶）しても、太陽が写り込んだ領域の画像では正しい生育指標（本実施形態ではＮＤＶＩ）が求められないから、無駄になる。このため、本実施形態では、画像生成部５で生成された画像に基づいて太陽の写り込みが検出され、その検出結果に基づいて前記画像に対するその記憶の許否が、画像判定部３５ａによって後述のように判定されている。

[0031] 画像判定部３５ａは、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部４１に記憶するように、画像生成部５で生成された画像を画像記憶部４１に記憶するか否かを判定する判定処理を行うものである。本実施形態では、画像判定部３５ａは、画像周波数処理部３２で求めた周波数に基づいて、前記判定処理を行う。より具体的には、画像判定部３５ａは、前記判定処

理として、画像周波数処理部３２で求めた周波数が、予め設定された所定の撮像高度（飛行高度）で撮像した画像に写る前記条または前記条間に応じた周波数（撮像高度対応周波数）に、予め設定された所定の第１マージンの範囲内で一致するか否かを判定し、前記一致する場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記一致しない場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。前記第１マージンは、前記撮像高度の許容範囲（撮像高度の下限値および上限値）に応じて設定される。そして、本実施形態では、画像判定部３５ａは、生育指標処理部３３で求めた生育指標に基づいて、前記判定処理を行う。より具体的には、画像判定部３５ａは、前記判定処理として、生育指標処理部３３で求めたＮＤＶＩ画像において、予め設定された所定の閾値（第１閾値）以下の画素値を持つ画素の総数が予め設定された所定の閾値（第２閾値）以上であるか否かを判定し、前記第２閾値以上ではない場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記第２閾値以上である場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。前記第１閾値は、圃場のＮＤＶＩと圃場ではない領域のＮＤＶＩとを区別できるように、これらの複数のサンプルから適宜に設定される。前記第２閾値は、全画素数に対する、例えば５０％（画像全体に対し圃場ではない領域が５０％）や、６０％（画像全体に対し圃場ではない領域が６０％）や、７５％（画像全体に対し圃場ではない領域が７５％）等の画素数に設定される。さらに、本実施形態では、画像判定部３５ａは、太陽写込検出部３４の検出結果に基づいて、前記判定処理を行う。より具体的には、画像判定部３５ａは、太陽写込検出部３４が太陽の写り込みを検出しない場合を、画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、太陽写込検出部３４が太陽の写り込みを検出した場合を、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。より詳しくは、画像判定部３５ａは、画像周波数処理部３２で求められた周波数に基づく前記判定処理による第１判定結果、生育指標処理部３３で求められたＮＤＶＩ画像に基づく前記判定処理による第２判定結果、および、太陽写込検出部３４の検出結果に基づく前記判定処理による第３判定結果のＡＮＤが演算され、第１ないし第３判定結果の

全てが画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が１である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、第１ないし第３判定結果のうちの少なくともいずれか１つが画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が０である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。

[0032] 画像記憶制御部３６は、画像判定部３５ａで画像記憶部４１に記憶すると判定された場合のみ、画像生成部５で生成された画像を画像記憶部４１に記憶するものである。そして、画像記憶制御部３６は、画像判定部３５ａで画像記憶部４１に記憶しないと判定された場合に、画像生成部５で生成された画像であって画像判定部３５ａで画像記憶部４１に記憶しないと判定された前記画像を指し示す所定の情報を非記憶画像情報として画像記憶部４１に記憶する。より具体的には、画像記憶制御部３６は、画像判定部３５ａで画像記憶部４１に記憶すると判定された場合、画像生成部５で画像を生成した回数を表すシリアル番号、画像生成部５で生成され、画像判定部３５ａで記憶すると判定された画像、および、当該画像を撮像する際に位置高度測定部２１で測定された自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）を互いに対応付けて画像記憶部４１に記憶し、画像判定部３５ａで画像記憶部４１に記憶しないと判定された場合、前記シリアル番号、および、画像生成部５で生成され、画像判定部３５ａで記憶しないと判定された画像を撮像する際に位置高度測定部２１で測定された自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）を互いに対応付けて画像記憶部４１に記憶する。

[0033] 次に、本実施形態の動作について説明する。図５は、第１実施形態における植物生育指標測定装置の動作を示すフローチャートである。図６は、第１実施形態における植物生育指標測定装置において、その飛行軌跡と画像記憶位置との関係を説明するための図である。図６Ａは、飛行軌跡を示し、画像生成部５で画像を生成した画像生成位置を符号●で示している。図６Ｂは、図６Ａに示す飛行軌跡において、画像生成部５で生成した画像を記憶した位置を符号●で示している。図７は、図６Ａに示す飛行軌跡において、植物生

育指標測定装置によって撮像され生成された画像を説明するための図である。図７Ａは、一例として、図６Ａに符号Ｔ１で示す各画像生成位置で生成された各画像のうちの１つの画像を示し、図７Ｄは、一例として、図６Ａに符号Ｔ２で示す各画像生成位置で生成された各画像のうちの１つの画像を示し、図７Ｂおよび図７Ｃは、一例として、図６Ａに符号Ｔ３で示す各画像生成位置で生成された各画像のうちの２つの画像を示す。

[0034] このような構成の植物生育指標測定装置Ｍａは、その電源が投入されると、必要な各部の初期化を実行し、その稼働を始める。その制御処理プログラムの実行によって、制御処理部３ａには、制御部３１、画像周波数処理部３２、生育指標処理部３３、太陽写込検出部３４、画像判定部３５ａおよび画像記憶制御部３６が機能的に構成される。

[0035] 植物生育指標測定装置Ｍａは、誘導飛行または自律飛行による制御処理部３ａの制御に従って、測定対象の圃場の周辺領域から飛び立ち、前記圃場の上空に向かう。そして、植物生育指標測定装置Ｍａは、前記圃場の上空を、略一定の所定の高度で、圃場の一方端から他方端へ飛行し、前記他方端に到達すると、前方に所定距離だけ進むように折り返して前記他方端から前記一方端へ飛行し、前記一方端に到達すると、前方に所定距離だけ進むように折り返して前記一方端から前記他方端へ飛行する。植物生育指標測定装置Ｍａは、以下同様に、飛行することによって、測定対象の圃場の上空を九十九折りに飛行する。このような離陸から測定対象の圃場の上空を飛行している間に、植物生育指標測定装置Ｍａは、所定の時間間隔（サンプリング間隔）で、以下の各処理Ｓ１１～Ｓ１８を繰り返し実行する。

[0036] すなわち、図５において、まず、植物生育指標測定装置Ｍａは、制御処理部３ａの制御部３１によって、互いに同期するように、画像生成部５で画像を生成して取得し、自機状態測定部２ａで位置および高度を取得する（Ｓ１１）。画像生成部５では、前記画像として、可視撮像部５１で可視画像が生成され、赤外撮像部５２で近赤外画像が生成される。自機状態測定部２ａでは、位置高度測定部２１で自機の位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高

度Ｚ）が測定される。これら可視画像、近赤外画像、ならびに、自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）は、記憶部４ａのワーキングメモリに一旦記憶される。

[0037] 次に、植物生育指標測定装置Ｍａは、制御処理部３ａの画像周波数処理部３２によって、処理Ｓ１１で取得された画像に基づいて、前記条または条間に応じた周波数を求め、この求めた周波数を記憶部４ａのワーキングメモリに一旦記憶する（Ｓ１２）。

[0038] 次に、植物生育指標測定装置Ｍａは、制御処理部３ａの生育指標処理部３３によって、処理Ｓ１１で取得された画像に基づいて、生育指標、本実施形態ではＮＤＶＩ画像を求め、この求めたＮＤＶＩ画像を記憶部４ａのワーキングメモリに一旦記憶する（Ｓ１３）。

[0039] 次に、植物生育指標測定装置Ｍａは、制御処理部３ａの太陽写込検出部３４によって、処理Ｓ１１で取得された画像に基づいて、太陽の写り込みを検出し、この検出結果を記憶部４ａのワーキングメモリに一旦記憶する（Ｓ１４）。

[0040] 次に、植物生育指標測定装置Ｍａは、制御処理部３ａの画像判定部３５ａによって、処理Ｓ１１で取得された画像を画像記憶部４１に記憶するか否かを判定する判定処理を行う（Ｓ１５）。この判定の結果、前記画像を画像記憶部４１に記憶しないと判定した場合（Ｎｏ）には、植物生育指標測定装置Ｍａは、次に、処理Ｓ１６を実行した後に、処理Ｓ１８を実行し、前記画像を画像記憶部４１に記憶すると判定した場合（Ｙｅｓ）には、植物生育指標測定装置Ｍａは、次に、処理Ｓ１７を実行した後に、処理Ｓ１８を実行する。

[0041] より具体的には、まず、画像判定部３５ａは、前記判定処理として、処理Ｓ１２で画像周波数処理部３２によって求めた周波数が、前記撮像高度対応周波数に、前記第１マージンの範囲内で一致するか否かを判定し、第１判定結果として、前記一致する場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記一致しない場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。次に、

画像判定部３５ａは、前記判定処理として、処理Ｓ１３で生育指標処理部３３によって求めたＮＤＶＩ画像において、前記第１閾値以下の画素値を持つ画素の総数が前記第２閾値以上であるか否かを判定し、第２判定結果として、前記第２閾値以上ではない場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記第２閾値以上である場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。次に、画像判定部３５ａは、第３判定結果として、太陽写込検出部３４の検出結果に応じて、太陽写込検出部３４が太陽の写り込みを検出しない場合を、画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、太陽写込検出部３４が太陽の写り込みを検出した場合を、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。そして、画像判定部３５ａは、これら第１判定結果、第２判定結果および第３判定結果のＡＮＤが演算され、第１ないし第３判定結果の全てが画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が１である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、第１ないし第３判定結果のうちの少なくともいずれか１つが画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が０である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。この最終的な判定において、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（Ｎｏ）には、植物生育指標測定装置Ｍａは、次に、処理Ｓ１６を実行した後に、処理Ｓ１８を実行し、画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（Ｙｅｓ）には、植物生育指標測定装置Ｍａは、次に、処理Ｓ１７を実行した後に、処理Ｓ１８を実行する。

[0042] この処理Ｓ１６では、植物生育指標測定装置Ｍａは、制御処理部３ａの画像記憶制御部３６によって、処理Ｓ１１で取得した画像、すなわち、記憶部４ａのワーキングメモリに記憶されている画像を破棄（削除、消去）し、シリアル番号に、処理Ｓ１１で取得した自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）、すなわち、記憶部４ａのワーキングメモリに記憶されている自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）を対応付けて画像記憶部４１に記憶する。

[0043] 前記処理Ｓ１７では、植物生育指標測定装置Ｍａは、制御処理部３ａの画像記憶制御部３６によって、シリアル番号に、処理Ｓ１１で取得した画像および自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）、すなわち、記憶部４ａのワーキングメモリに記憶されている画像および自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）を対応付けて画像記憶部４１に記憶する。

[0044] そして、前記処理Ｓ１８では、植物生育指標測定装置Ｍａは、制御処理部３ａによって、終了か否かを判定し、終了である場合には（Ｙｅｓ）、本処理を終了し、終了でない場合には（Ｎｏ）、処理を処理Ｓ１１に戻す。

[0045] 一例では、例えば、図６Ａに示す飛行軌跡において、植物生育指標測定装置Ｍａが離陸および上昇中である符号Ｔ１では、例えば、図７Ａに示す画像が画像生成部５によって生成され、この生成された画像には、圃場ではない領域が多く写り込んでいるため、生育指標処理部３３で求められたＮＤＶＩ画像に基づく前記判定処理による第２判定結果が、画像記憶部４１に記憶しない場合となる。したがって、符号Ｔ１では、処理Ｓ１１ないし処理Ｓ１５の各処理が実行された結果、処理Ｓ１６が実行され、前記画像が破棄され、画像記憶部４１には、非記憶画像情報が記憶される。なお、図示しないが、植物生育指標測定装置Ｍａが降下中および着陸である場合も同様である。

[0046] また例えば、図６Ａに示す飛行軌跡において、植物生育指標測定装置Ｍａが圃場の上空を適度な高度で飛行中である符号Ｔ３では、例えば、図７Ｂや図７Ｃに示す画像が画像生成部５によって生成され、この生成された画像には、圃場が種に写り込んでいるため、前記第１ないし第３判定結果の全てが、画像記憶部４１に記憶する場合となる。したがって、符号Ｔ３では、処理Ｓ１１ないし処理Ｓ１５の各処理が実行された結果、処理Ｓ１７が実行され、前記画像が画像記憶部４１に記憶される。

[0047] また例えば、図６Ａに示す飛行軌跡において、植物生育指標測定装置Ｍａが折り返しの飛行中である符号Ｔ２では、例えば、図７Ｄに示す画像が画像生成部５によって生成され、この生成された画像には、圃場ではない領域が

多く写り込んでいるため、生育指標処理部３３で求められたＮＤＶＩ画像に基づく前記判定処理による第２判定結果が、画像記憶部４１に記憶しない場合となる。したがって、符号Ｔ２では、処理Ｓ１１ないし処理Ｓ１５の各処理が実行された結果、処理Ｓ１６が実行され、前記画像が破棄され、画像記憶部４１には、非記憶画像情報が記憶される。

[0048] したがって、図６Ａに示す飛行軌跡において、画像生成部５は、図６Ａに示す各符号●の各画像生成位置それぞれで画像を生成するが、各画像生成位置それぞれで図５に示すフローチャートの各処理が実行される結果、画像記憶部４１に記憶される画像は、図６Ｂに示す各符号●の位置で画像生成部５によって生成された画像のみとなる。図６Ａと図６Ｂとを比較すると分かるように、植物生育指標測定装置Ｍａが、離陸中、上昇中および折り返しの飛行中である場合に、画像生成部５によって生成された画像は、破棄され、画像記憶部４１には、非記憶画像情報が記憶され、一方、植物生育指標測定装置Ｍａが、圃場の上空を適度な高度で飛行中である場合に、画像生成部５によって生成された画像は、画像記憶部４１に記憶される。この結果、画像記憶部４１には、生育指標を求めるために有意な画像のみが記憶され、生育指標を求めるために有意ではない画像は、破棄される。

[0049] そして、このように画像記憶部４１に記憶された複数の可視画像および複数の近赤外画像に基づいて複数の生育指標画像が求められ、これら求められた複数の生育指標画像が、測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）を用いた公知の手法によって１枚の生育指標合成画像に合成され、圃場全体の生育指標が得られる。この際に、前記複数の生育指標画像に、不必要な画像が含まれると、無駄な合成の処理が生じる、あるいは、不必要な画像を除去する処理が必要となるが、本実施形態では、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部４１に記憶するように、植物生育指標測定装置Ｍａが構成されているので、合成の処理における効率の低下をより抑制できる。なお、このような生育指標画像の演算やその画像合成は、当該植物生育指標測定装置Ｍａで実行されて良く、また、外部装置によって実行され

て良い。

[0050] 以上説明したように、本実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａおよびこれに実装された植物生育指標測定方法は、画像生成部５で生成された画像のうち、画像判定部３５ａで、前記生育指標を求めるために有意な画像として、画像記憶部４１に記憶すると判定された画像のみ、画像記憶部４１に記憶するので、画像記憶部４１の記憶容量をより低減でき、合成の処理における効率の低下をより抑制できる。

[0051] 上記植物生育指標測定装置Ｍａおよび植物生育指標測定方法は、画像生成部５で生成された画像に基づいて求められた、圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数に基づいて、前記判定処理を行うので、画像生成部５で生成された画像で前記判定処理を実施できる。

[0052] 上記植物生育指標測定装置Ｍａおよび植物生育指標測定方法は、画像生成部５で生成された画像に基づいて求められた、前記生育指標に基づいて、前記判定処理を行うので、画像生成部５で生成された画像で前記判定処理を実施できる。

[0053] 上記植物生育指標測定装置Ｍａおよび植物生育指標測定方法は、画像生成部５で生成された画像に基づく太陽写込検出部３４の検出結果に基づいて、前記判定処理を行うので、画像生成部５で生成された画像で前記判定処理を実施できる。

[0054] 上記植物生育指標測定装置Ｍａおよび植物生育指標測定方法は、画像記憶部４１に記憶しないと判定された画像の非記憶画像情報を記憶するので、画像記憶部４１に記憶しないと判定された画像のみを、後に取り直すことができる。

[0055] 次に、別の実施形態について説明する。

[0056] （第２実施形態）

上述の第１実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａでは、自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）は、複数の生育指標画像を合成して１枚の生育指標合成画像を生成する際に、これら各複数の生育指標

画像における相互の位置関係や実際の撮像高度を表すために、取得され、画像生成部５で生成した画像の記録（記憶）の許否は、前記自機の測定位置や測定高度を必要とせずに、画像生成部５で生成した前記画像を、圃場の特徴の観点から分析することで、決定されたが、第２実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｂは、前記自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）に基づいて、画像生成部５で生成した画像の記録（記憶）の許否を決定するものである。

[0057] このような第２実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｂは、例えば、図１に示すように、航空機１と、自機状態測定部２ｂと、制御処理部３ｂと、記憶部４ｂと、画像生成部５と、ＩＦ部６とを備える。これら第２実施形態の植物生育指標測定装置Ｍｂにおける航空機１、位置高度測定部２１を備える自機状態測定部２ｂ、画像生成部５およびＩＦ部６は、それぞれ、第１実施形態の植物生育指標測定装置Ｍａにおける航空機１、位置高度測定部２１を備える自機状態測定部２ａ、画像生成部５およびＩＦ部６と同様であるからその説明を省略する。

[0058] 記憶部４ｂは、制御処理部３ｂに接続され、制御処理部３ｂの制御に従って、各種の所定のプログラムおよび各種の所定のデータを記憶する回路である。前記各種の所定のプログラムには、例えば、当該植物生育指標測定装置Ｍｂの各部を当該各部の機能に応じて制御する制御プログラムや、位置高度測定部２１で測定された自機の位置および後述の圃場領域情報記憶部４２に記憶された圃場領域情報に基づいて、前記判定処理を行う画像判定プログラムや、前記画像判定プログラムで画像記憶部４１に記憶すると判定された場合のみ、画像生成部５で生成された画像を画像記憶部４１に記憶する画像記憶制御プログラム等の制御処理プログラムが含まれる。前記各種の所定のデータには、画像生成部５で生成された画像（本実施形態では可視画像および近赤外画像）や、測定対象である圃場の所在領域を表す圃場領域情報や、前記判定処理で用いる予め設定された閾値等の、各プログラムを実行する上で必要なデータ等が含まれる。記憶部４ｂは、記憶部４ａと同様に、例えばＲ

ＯＭ、ＥＥＰＲＯＭおよびＲＡＭ等を備える。

[0059] そして、第２実施形態では、記憶部４ｂは、画像記憶部４１に加えてさらに、図１に破線で示すように、前記圃場領域情報を記憶する圃場領域情報記憶部４２を機能的に備える。記憶部４ｂの画像記憶部４１は、記憶部４ａの画像記憶部４１と同様であるので、その説明を省略する。圃場領域情報記憶部４２は、測定対象である圃場の所在領域を表す圃場領域情報を記憶するものである。例えば、本実施形態では、位置高度測定部２１が測定位置として緯度Ｘおよび経度Ｙを出力するので、これに応じて、圃場領域情報記憶部４２は、圃場の輪郭形状を表す複数の点の各位置の緯度Ｘおよび経度Ｙを前記圃場領域情報として記憶する。圃場が例えば矩形である場合には、前記矩形における４個の各頂点の各位置の緯度Ｘおよび経度Ｙが前記圃場領域情報として圃場領域情報記憶部４２に記憶される。

[0060] 制御処理部３ｂは、植物生育指標測定装置Ｍｂの各部を当該各部の機能に応じてそれぞれ制御し、植物における生育の度合いを表す生育指標を求めるための、測定対象の圃場を上方から撮像した画像、を生成するための回路である。制御処理部３ｂは、制御処理部３ａと同様に、例えば、ＣＰＵおよびその周辺回路を備えて構成される。制御処理部３ｂは、第２実施形態では、機能的に、制御部３１と、画像判定部３５ｂと、画像記憶制御部３６とを備える。

[0061] 制御部３１は、第１実施形態と同様に、当該植物生育指標測定装置Ｍｂの各部を当該各部の機能に応じて制御し、当該植物生育指標測定装置Ｍｂの全体制御を司るものである。

[0062] 画像判定部３５ｂは、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部４１に記憶するように、画像生成部５で生成された画像を画像記憶部４１に記憶するか否かを判定する判定処理を行うものである。本実施形態では、画像判定部３５ｂは、位置高度測定部２１で測定された自機の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および圃場領域情報記憶部４２に記憶された圃場領域情報に基づいて、前記判定処理を行う。より具体的には、画像判定部３５ｂは

、前記判定処理として、位置高度測定部２１で測定された自機の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）が、圃場領域情報記憶部４２に記憶された圃場領域情報で表される前記圃場の所在領域内であるか否かを判定し、前記圃場の所在領域内である場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記圃場の所在領域内ではない場合（前記圃場の所在領域外である場合）を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。本実施形態では、画像判定部３５ｂは、さらに、位置高度測定部２１で測定された自機の測定高度Ｚに基づいて、前記判定処理を行う。より具体的には、画像判定部３５ｂは、前記判定処理として、位置高度測定部２１で測定された自機の測定高度Ｚが、予め設定された所定の閾値（第４閾値）以上であるか否かを判定し、前記第４閾値以上である場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記第４閾値以上ではない場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。前記第４閾値は、例えば１５ｍや２０ｍや２５ｍ等の、予め設定された所定の撮像高度（飛行高度）に設定される。より詳しくは、画像判定部３５ｂは、自機の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および圃場領域情報に基づく前記判定処理による第１１判定結果、および、自機の測定高度Ｚに基づく前記判定処理による第１２判定結果のＡＮＤが演算され、第１１および第１２判定結果の全てが画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が１である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、第１１および第１２判定結果のうちの少なくともいずれか１つが画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が０である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。

[0063] 画像記憶制御部３６は、上述した第１実施形態の植物生育指標測定装置Ｍａにおける画像記憶制御部３６と同様であるので、その説明を省略する。

[0064] 次に、本実施形態の動作について説明する。図８は、第２実施形態における植物生育指標測定装置の動作を示すフローチャートである。

[0065] このような構成の植物生育指標測定装置Ｍｂは、その電源が投入されると、必要な各部の初期化を実行し、その稼働を始める。その制御処理プログラ

ムの実行によって、制御処理部３ｂには、制御部３１、画像判定部３５ｂおよび画像記憶制御部３６が機能的に構成される。そして、第２実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｂも、第１実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａと同様に、誘導飛行または自律飛行による制御処理部３ｂの制御に従って、測定対象の圃場の周辺領域から飛び立ち、前記圃場の上空に向い、圃場の上空を九十九折りに飛行する。このような離陸から測定対象の圃場の上空を飛行している間に、植物生育指標測定装置Ｍｂは、所定の時間間隔（サンプリング間隔）で、以下の各処理Ｓ２１～Ｓ２６を繰り返し実行する。

[0066] すなわち、図８において、まず、植物生育指標測定装置Ｍｂは、制御処理部３ｂの制御部３１によって、画像生成部５で画像を生成して取得し（Ｓ２１）、これに同期して自機状態測定部２ｂで位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および高度Ｚを取得する（Ｓ２２）。これら可視画像、近赤外画像、ならびに、自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）は、記憶部４ｂのワーキングメモリに一旦記憶される。

[0067] 次に、植物生育指標測定装置Ｍｂは、制御処理部３ｂの画像判定部３５ｂによって、処理Ｓ２１で取得された画像を画像記憶部４１に記憶するか否かを判定する判定処理を行う（Ｓ２３）。この判定の結果、前記画像を画像記憶部４１に記憶しないと判定した場合（Ｎｏ）には、植物生育指標測定装置Ｍｂは、次に、処理Ｓ２４を実行した後に、処理Ｓ２６を実行し、前記画像を画像記憶部４１に記憶すると判定した場合（Ｙｅｓ）には、植物生育指標測定装置Ｍｂは、次に、処理Ｓ２５を実行した後に、処理Ｓ２６を実行する。

[0068] より具体的には、まず、画像判定部３５ｂは、前記判定処理として、位置高度測定部２１で測定された自機の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）が、圃場領域情報記憶部４２に記憶された圃場領域情報で表される前記圃場の所在領域内であるか否かを判定し、第１１判定結果として、前記圃場の所在領域内である場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記圃場の所在領域内ではない場合（前記圃場の所在領域外である場合）を画像記憶部４１に記憶

しない場合と判定する。次に、画像判定部３５ｂは、前記判定処理として、位置高度測定部２１で測定された自機の測定高度Ｚが、予め設定された所定の第４閾値以上であるか否かを判定し、第１２判定結果として、前記第４閾値以上である場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記第４閾値以上ではない場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。そして、画像判定部３５ｂは、これら第１１判定結果および第１２判定結果のＡＮＤが演算され、第１１および第１２判定結果の全てが画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が１である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、第１１および第１２判定結果のうちの少なくともいずれか１つが画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が０である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。この最終的な判定において、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（Ｎｏ）には、植物生育指標測定装置Ｍｂは、次に、処理Ｓ２４を実行した後に、処理Ｓ２６を実行し、画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（Ｙｅｓ）には、植物生育指標測定装置Ｍｂは、次に、処理Ｓ２５を実行した後に、処理Ｓ２６を実行する。

[0069] これら第２実施形態の植物生育指標測定装置Ｍｂにおける処理Ｓ２４、処理Ｓ２５および処理Ｓ２６は、それぞれ、第１実施形態の植物生育指標測定装置Ｍａにおける処理Ｓ１６、処理Ｓ１７および処理Ｓ１８と同様であるので、その説明を省略する。

[0070] 以上説明したように、第２実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｂおよびこれに実装された植物生育指標測定方法は、第１実施形態と同様に、画像生成部５で生成された画像のうち、画像判定部３５ｂで、前記生育指標を求めるために有意な画像として、画像記憶部４１に記憶すると判定された画像のみ、画像記憶部４１に記憶するので、画像記憶部４１の記憶容量をより低減でき、合成の処理における効率の低下をより抑制できる。

[0071] また、上記植物生育指標測定装置Ｍｂおよび植物生育指標測定方法は、位置高度測定部２１で測定した自機の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）を用いるの

で、圃場の上空で撮像して生成した画像のみを確実に画像記憶部４１に記憶できる。

[0072] 次に、別の実施形態について説明する。

[0073] （第３実施形態）

上述の第１実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａでは、画像生成部５で生成した画像の記録（記憶）の許否は、前記自機の測定位置や測定高度を必要とせずに、画像生成部５で生成した前記画像を、圃場の特徴の観点から分析することで、決定されたが、第３実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｃは、自機の高度Ｚ、方位φ、速度Ｓおよび加速度Ｋのうちの少なくとも１つに基づいて、画像生成部５で生成した画像の記録（記憶）の許否を決定するものである。

[0074] このような第３実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｃは、例えば、図１に示すように、航空機１と、自機状態測定部２ｃと、制御処理部３ｃと、記憶部４ｃと、画像生成部５と、ＩＦ部６とを備える。これら第３実施形態の植物生育指標測定装置Ｍｃにおける航空機１、位置高度測定部２１を備える自機状態測定部２ｃ、画像生成部５およびＩＦ部６は、それぞれ、第１実施形態の植物生育指標測定装置Ｍａにおける航空機１、位置高度測定部２１を備える自機状態測定部２ａ、画像生成部５およびＩＦ部６と同様であるからその説明を省略する。

[0075] 記憶部４ｃは、制御処理部３ｃに接続され、制御処理部３ｃの制御に従って、各種の所定のプログラムおよび各種の所定のデータを記憶する回路である。前記各種の所定のプログラムには、例えば、当該植物生育指標測定装置Ｍｃの各部を当該各部の機能に応じて制御する制御プログラムや、自機の高度、方位、速度および加速度のうちの少なくとも１つに基づいて、前記判定処理を行う画像判定プログラムや、前記画像判定プログラムで画像記憶部４１に記憶すると判定された場合のみ、画像生成部５で生成された画像を画像記憶部４１に記憶する画像記憶制御プログラム等の制御処理プログラムが含まれる。前記各種の所定のデータには、画像生成部５で生成された画像（本

実施形態では可視画像および近赤外画像）や、前記判定処理で用いる予め設定された各閾値等の、各プログラムを実行する上で必要なデータ等が含まれる。記憶部４ｂは、記憶部４ａと同様に、例えばＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭおよびＲＡＭ等を備える。そして、第３実施形態では、記憶部４ｃは、記憶部４ａと同様に、画像記憶部４１を機能的に備える。

[0076] 制御処理部３ｃは、植物生育指標測定装置Ｍｃの各部を当該各部の機能に応じてそれぞれ制御し、植物における生育の度合いを表す生育指標を求めるための、測定対象の圃場を上方から撮像した画像、を生成するための回路である。制御処理部３ｃは、制御処理部３ａと同様に、例えば、ＣＰＵおよびその周辺回路を備えて構成される。制御処理部３ｃは、第３実施形態では、機能的に、制御部３１と、画像判定部３５ｃと、画像記憶制御部３６とを備える。

[0077] 制御部３１は、第１実施形態と同様に、当該植物生育指標測定装置Ｍｃの各部を当該各部の機能に応じて制御し、当該植物生育指標測定装置Ｍｂの全体制御を司るものである。

[0078] 画像判定部３５ｃは、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部４１に記憶するように、画像生成部５で生成された画像を画像記憶部４１に記憶するか否かを判定する判定処理を行うものである。本実施形態では、画像判定部３５ｃは、自機の高度、方位、速度および加速度のうちの少なくとも１つに基づいて、前記判定処理を行う。

[0079] より具体的には、自機の高度Ｚに基づいて前記判定処理を行う場合では、画像判定部３５ｃは、第２実施形態の画像判定部３５ｂと同様に、前記判定処理として、位置高度測定部２１で測定された高度Ｚが、前記第４閾値以上であるか否かを判定し、第２１判定結果として、前記第４閾値以上である場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記第４閾値以上ではない場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。

[0080] 自機の方位φに基づいて前記判定処理を行う場合では、制御処理部３ｃは、図１に破線で示すように、位置高度測定部２１で測定された測定位置（緯

度Ｘ、経度Ｙ）に基づいて自機の方位φを求める方位処理部３７を機能的にさらに備え、画像判定部３５ｃは、方位処理部３７によって、位置高度測定部２１で測定された今回の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および前回の測定位置（緯度$Ｘ_{-1}$、経度$Ｙ_{-1}$）に基づいて公知の演算手法によって方位φ（＝ｆ（Ｘ、$Ｘ_{-1}$、Ｙ、$Ｙ_{-1}$））を求め、この求めた方位φが、予め設定された所定の方位（例えば圃場の輪郭における長辺に沿った方向で九十九折りに往復しながら前記画像を生成する場合に前記長辺の方位等）$Ｙ_{ref}$に、予め設定された所定の第２マージンの範囲内で一致するか否かを判定し、第２２判定結果として、前記一致する場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記一致しない場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。

[0081] なお、上述では、方位φは、位置高度測定部２１によって、互いに異なる各画像生成位置（互いに異なる各タイミング）で測定された２組の緯度Ｘ、$Ｘ_{-1}$および経度Ｙ、$Ｙ_{-1}$から方位処理部３７によって求められたが、図１に破線で示すように、自機状態測定部２ｃが、地球上における現在の方位φを測定する方位測定部２２をさらに備え、この方位測定部２２で測定された方位φが上述で用いられても良い。方位測定部２２は、例えば３軸方位計（３軸地磁気センサ）を備えて構成される。

[0082] 自機の速度Ｓに基づいて前記判定処理を行う場合では、制御処理部３ｃは、図１に破線で示すように、位置高度測定部２１で測定された測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）に基づいて自機の速度Ｓを求める速度処理部３８を機能的にさらに備え、画像判定部３５ｃは、前記速度処理部３８によって、位置高度測定部２１で測定された今回の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および前回の測定位置（緯度$Ｘ_{-1}$、経度$Ｙ_{-1}$）ならびにこれの測定時間間隔に基づいて公知の演算手法によって速度Ｓ（$=\sqrt{((Ｘ_{-1}-Ｘ)^2+(Ｙ_{-1}-Ｙ)^2)}$／（前回の測定から今回の測定までの時間ｔ））を求め、前記判定処理として、この求めた速度Ｓが、予め設定された所定の第５閾値以上であるか否かを判定し、第２３判定結果として、前記第５閾値以上である場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記第５閾値以上ではない場合を画像記憶部４１

に記憶しない場合と判定する。植物生育指標測定装置Ｍｃは、圃場の上空では、所定の速度（例えば１ｍ／フレームや、２ｍ／フレームや、３ｍ／フレーム等）で飛行するが、必要に応じてホバリング等を行うことがあり、ホバリング中の画像は、略同じであるので、１枚あれば充分である。このため、前記第５閾値は、前記圃場の上空における前記所定の速度と、ホバリングの飛行速度と区別できる値に適宜に設定される。

[0083] なお、上述では、速度Ｓは、位置高度測定部２１によって、互いに異なる各画像生成位置（互いに異なる各タイミング）で測定された２組の緯度Ｘ、$X_{-1}$および経度Ｙ、$Y_{-1}$ならびにそれらの測定時間間隔から速度処理部３８によって求められたが、図１に破線で示すように、自機状態測定部２ｃが、自機の速度Ｓを測定する、例えば速度計等の速度測定部２３をさらに備え、この速度測定部２３で測定された速度Ｓが上述で用いられても良い。

[0084] 自機の加速度Ｋに基づいて前記判定処理を行う場合では、制御処理部３ｃは、図１に破線で示すように、位置高度測定部２１で測定された測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）に基づいて自機の加速度Ｋを求める加速度処理部３９を機能的にさらに備え、画像判定部３５ｃは、前記加速度処理部３９によって、位置高度測定部２１で測定された今回の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）、前回の測定位置（緯度$X_{-1}$、経度$Y_{-1}$）および前々回の測定位置（緯度$X_{-1}$、経度$Y_{-1}$）ならびにこれらの各測定時間間隔に基づいて公知の演算手法によって加速度Ｋを求め、前記判定処理として、この求めた加速度Ｋが、予め設定された所定の第６閾値以上であるか否かを判定し、第２４判定結果として、前記第６閾値以上である場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記第６閾値以上ではない場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。ホバリングでは、振動が生じることが多く、前記第６閾値は、複数のサンプルから、ホバリングによって生じる振動の加速度を識別できる適宜な値に設定される。

[0085] なお、上述では、加速度Ｋは、位置高度測定部２１によって、互いに異なる各画像生成位置（互いに異なる各タイミング）で測定された３組の緯度Ｘ

、$X_{-1}$、$X_{-2}$および経度Ｙ、$Y_{-1}$、$Y_{-2}$ならびにそれらの各測定時間間隔から加速度処理部３９によって求められたが、図１に破線で示すように、自機状態測定部２ｃが、自機の加速度Ｓを測定する、例えば加速度計等の加速度測定部２４をさらに備え、この加速度測定部２４で測定された加速度Ｓが上述で用いられても良い。

[0086] そして、自機の高度Ｚ、方位φ、速度Ｓおよび加速度Ｋのうちの複数に基づいて、前記判定処理を行う場合では、画像判定部３５ｃは、これら複数それぞれの各判定結果のＡＮＤが演算され、前記複数それぞれの各判定結果の全てが画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が１である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記複数それぞれの各判定結果のうちの少なくともいずれか１つが画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が０である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。

[0087] ここでは、一例として、画像判定部３５ｃは、自機の方位φおよび速度Ｓに基づいて、前記判定処理を行う。

[0088] 画像記憶制御部３６は、上述した第１実施形態の植物生育指標測定装置Ｍａにおける画像記憶制御部３６と同様であるので、その説明を省略する。

[0089] 次に、本実施形態の動作について説明する。図９は、第３実施形態における植物生育指標測定装置の動作を示すフローチャートである。

[0090] このような構成の植物生育指標測定装置Ｍｂは、その電源が投入されると、必要な各部の初期化を実行し、その稼働を始める。その制御処理プログラムの実行によって、制御処理部３ｃには、制御部３１、画像判定部３５ｂ、画像記憶制御部３６、方位処理部３７および速度処理部３８が機能的に構成される。そして、第３実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｃも、第１実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａと同様に、誘導飛行または自律飛行による制御処理部３ｃの制御に従って、測定対象の圃場の周辺領域から飛び立ち、前記圃場の上空に向い、圃場の上空を九十九折りに飛行する。このような離陸から測定対象の圃場の上空を飛行している間に、植物生育指標

測定装置Ｍｃは、所定の時間間隔（サンプリング間隔）で、以下の各処理Ｓ３１～Ｓ３９を繰り返し実行する。

[0091] すなわち、図９において、まず、植物生育指標測定装置Ｍｃは、制御処理部３ｃの制御部３１によって、画像生成部５で画像を生成して取得し（Ｓ３１）、これに同期して自機状態測定部２ｃで位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および高度Ｚを取得する（Ｓ３２）。これら可視画像、近赤外画像、ならびに、自機の測定位置および測定高度（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ）は、記憶部４ｃのワーキングメモリに一旦記憶される。

[0092] 次に、植物生育指標測定装置Ｍｃは、制御処理部３ｃの速度処理部３８によって、処理Ｓ３２で取得された今回の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および前回の測定位置（緯度$Ｘ_{-1}$、経度$Ｙ_{-1}$）ならびにこれの測定時間間隔に基づいて、自機の速度Ｓを求める（Ｓ３３）。この求められた自機の速度Ｓは、記憶部４ｃのワーキングメモリに一旦記憶される。

[0093] 次に、植物生育指標測定装置Ｍｃは、制御処理部３ｃの方位処理部３７によって、処理Ｓ３２で取得された今回の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）および前回の測定位置（緯度$Ｘ_{-1}$、経度$Ｙ_{-1}$）に基づいて、自機の方位φを求める（Ｓ３４）。この求められた自機の方位φは、記憶部４ｃのワーキングメモリに一旦記憶される。

[0094] 次に、植物生育指標測定装置Ｍｃは、制御処理部３ｃによって、今回の測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ）を、前回の測定位置（緯度$Ｘ_{-1}$、経度$Ｙ_{-1}$）とし、前回の測定位緯度（緯度$Ｘ_{-1}$、経度$Ｙ_{-1}$）を更新する（$Ｘ_{-1}$←Ｘ、$Ｙ_{-1}$←Ｙ）（Ｓ３５）。

[0095] 次に、植物生育指標測定装置Ｍｃは、制御処理部３ｃの画像判定部３５ｃによって、処理Ｓ３１で取得された画像を画像記憶部４１に記憶するか否かを判定する判定処理を行う（Ｓ３６）。この判定の結果、前記画像を画像記憶部４１に記憶しないと判定した場合（Ｎｏ）には、植物生育指標測定装置Ｍｃは、次に、処理Ｓ３７を実行した後に、処理Ｓ３９を実行し、前記画像を画像記憶部４１に記憶すると判定した場合（Ｙｅｓ）には、植物生育指標

測定装置Ｍｃは、次に、処理Ｓ３８を実行した後に、処理Ｓ３９を実行する。

[0096] より具体的には、まず、画像判定部３５ｃは、処理Ｓ３４で求めた方位φが、前記所定の方位$Ｙ_{ｒｅｆ}$に、前記所定の第２マージンの範囲内で一致するか否かを判定し、第２２判定結果として、前記一致する場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記一致しない場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。次に、画像判定部３５ｃは、前記判定処理として、処理Ｓ３３で求めた速度Ｓが、前記第５閾値以上であるか否かを判定し、第２３判定結果として、前記第５閾値以上である場合を画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、前記第５閾値以上ではない場合を画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。そして、画像判定部３５ｃは、これら第２２判定結果および第２３判定結果のＡＮＤが演算され、第２２および第２３判定結果の全てが画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が１である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、第２２および第２３判定結果のうちの少なくともいずれか１つが画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が０である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。この最終的な判定において、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（Ｎｏ）には、植物生育指標測定装置Ｍｃは、次に、処理Ｓ３７を実行した後に、処理Ｓ３９を実行し、画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（Ｙｅｓ）には、植物生育指標測定装置Ｍｃは、次に、処理Ｓ３８を実行した後に、処理Ｓ３９を実行する。

[0097] これら第３実施形態の植物生育指標測定装置Ｍｃにおける処理Ｓ３７、処理Ｓ３８および処理Ｓ３９は、それぞれ、第１実施形態の植物生育指標測定装置Ｍａにおける処理Ｓ１６、処理Ｓ１７および処理Ｓ１８と同様であるので、その説明を省略する。

[0098] 以上説明したように、第３実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｃおよびこれに実装された植物生育指標測定方法は、第１実施形態と同様に、画

像生成部５で生成された画像のうち、画像判定部３５ｃで、前記生育指標を求めるために有意な画像として、画像記憶部４１に記憶すると判定された画像のみ、画像記憶部４１に記憶するので、画像記憶部４１の記憶容量をより低減でき、合成の処理における効率の低下をより抑制できる。

[0099] また、上記植物生育指標測定装置Ｍｃおよび植物生育指標測定方法は、自機の方位φに基づいて前記判定処理を行うので、自機の折り返し中に生成された画像の記憶が低減でき、自機の速度Ｓに基づいて前記判定処理を行うので、自機のホバリング中に生成された画像の記憶が低減できる。

[0100] なお、自機の高度Ｚに基づいて前記判定処理を行う場合では、上記植物生育指標測定装置Ｍｃおよび植物生育指標測定方法は、自機の上昇中または降下中に生成された画像の記憶が低減できる。自機の加速度に基づいて前記判定処理を行う場合では、上記植物生育指標測定装置Ｍｃおよび植物生育指標測定方法は、自機のホバリング中の振動による加速度で前記ホバリングを検出できるから、前記ホバリング中に生成された画像の記憶が低減できる。

[0101] なお、上述の実施形態において、第１ないし第３実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａ、Ｍｂ、Ｍｃは、適宜に組み合わされても良い。例えば、第１および第２実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａ、Ｍｂが組み合わされる。また例えば、第１および第３実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａ、Ｍｃが組み合わされる。また例えば、第２および第３実施形態における植物生育指標測定装置Ｍｂ、Ｍｃが組み合わされる。第１ないし第３実施形態における植物生育指標測定装置Ｍａ、Ｍｂ、Ｍｃ全てが組み合わされる。これら各組合せにおいて、植物生育指標測定装置Ｍは、各判定結果のＡＮＤを演算し、各判定結果の全てが画像記憶部４１に記憶する場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が１である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶する場合と判定し、各判定結果のうちの少なくともいずれか１つが画像記憶部４１に記憶しない場合と判定した場合（前記ＡＮＤの演算結果が０である場合）に、最終的に、画像記憶部４１に記憶しない場合と判定する。

[0102] また、上述の実施形態では、画像生成部５は、可視撮像部５１と赤外撮像部５２とを備えて構成されたが、例えば特許第５１６８３５３号公報に開示されているように、可視画像および赤外画像を生成する１個の撮像部を備えて構成されても良い。このような可視画像および赤外画像を生成する１個の撮像部は、測定対象の光学像を所定の第３結像面上に結像する単一の第３結像光学系と、前記第３結像面に受光面を一致させて配置され、前記測定対象の光学像を電気的な信号に変換する第３イメージセンサ単一の光学系と、前記第３イメージセンサ上に配置されたＲ／Ｇ／Ｂ／Ｉｒ、あるいは、Ｗ／Ｙ／Ｒ／Ｉｒとを備えて構成される。前記Ｒは、主に赤色光を透過させるフィルタであり、前記Ｇは、主に緑色光を透過させるフィルタであり、前記Ｂは、主に青色光を透過させるフィルタであり、そして、前記Ｉｒフィルタは、主に赤外光を透過させるフィルタである。前記Ｗは、主に白色光を透過させるフィルタであり、前記Ｙは、主に黄色光を透過させるフィルタである。

[0103] （第４実施形態）

上述のように、圃場は、通常、前記画像を生成するカメラの画角に対して広いため、圃場全体を１回の撮像による１枚の画像で写すことが難しい。このため、例えば、特開２００３－３３９２３８号公報（特許文献１）では、互いに隣り合う圃場をオーバーラップして複数の画像を取得し、同一位置の圃場で色を補正し、この補正した複数の画像を１枚に合成し、これによって圃場全体の１枚の画像を得て、圃場の画像のＲＧＢ値から窒素相対分布を求める作物の生育診断方法が提案されている（例えば特許文献１の図１１）。

[0104] ところで、前記特許文献１のように、複数の画像を繋ぎ合わせて１枚に合成する、いわゆるパノラマ合成処理を実施する場合、互いに隣接する画像間で連続的に繋ぎ合わせるために、繋ぎ合わせの基準となる繋ぎ合わせ基準点を抽出する必要がある。しかしながら、圃場は、土壌や作物が一面に広がっており、土や葉の反射率が近いため、圃場を写した可視画像は、そのコントラストが低くなる傾向にあることから、前記繋ぎ合わせ基準点の抽出が難しく、合成の精度（繋ぎ合わせの精度）が低下してしまう。また、圃場を写し

た近赤外画像も、作物が一面に広がっている場合、そのコントラストが低くなる傾向にあり、同様に、合成の精度が低下してしまう。さらに、可視画像や近赤外画像の撮像の際に、太陽が写り込んだり、圃場ではない被写体が写り込んだりすると、露出が大きく変化してしまうため、露出オーバーや露出アンダーが生じてしまうことから、繋ぎ合わせ基準点の抽出にばらつきが生じて合成の精度が低下してしまう。

[0105] そこで、第４実施形態では、より精度良く合成した生育指標の画像を生成できる植物生育指標測定装置、植物生育指標測定方法、植物生育指標測定プログラムおよび植物生育指標測定システムについて開示する。

[0106] この第４実施形態における植物生育指標測定装置は、植物における生育の度合いを表す生育指標を求める装置であり、特に、生育指標を求めるための画像を生成する撮像部（カメラ）によって１回で撮像される１枚の画像に写り込む圃場の領域よりも広い領域での圃場の生育指標画像を生成する。前記生育指標画像は、生育指標を表した画像値の画素で構成された画像である。すなわち、本実施形態では、圃場が、通常、前記撮像部（カメラ）の画角に対して広いため、圃場全体を１回の撮像による１枚の画像で写すことが難しいため、複数の画像が、いわゆるパノラマ合成処理によって、連続的に繋ぎ合わされて１枚の画像（合成画像）に合成される。このために、本実施形態における植物生育指標測定装置は、前記生育指標を表した画像値の画素で構成された複数の生育指標画像であって、圃場の互いに異なる領域を含むように生成された、互いに異なる前記複数の生育指標画像を取得する画像取得部と、前記画像取得部で所得された複数の生育指標画像を、パノラマ合成処理することによって１枚の生育指標合成画像を生成する画像合成部を備える。

[0107] 前記画像取得部は、第１波長帯域での第１光学像を撮像することによって第１画像を生成する第１撮像部と、前記第１波長帯域と異なる第２波長帯域での第２光学像を撮像することによって第２画像を生成する第２撮像部と、前記第１および第２撮像部それぞれによって生成された、圃場の同一領域における第１および第２画像に基づいて前記生育指標画像を生成する生育指標

画像生成部とを備え、前記第１および第２撮像部それぞれは、圃場の互いに異なる領域を含むように、複数の第１および第２画像を生成し、前記生育指標画像生成部は、前記複数の第１および第２画像に基づいて前記複数の生育指標画像を生成するように構成されて良いが、ここでは、前記画像取得部は、外部機器から、前記複数の生育指標画像を取得するインターフェース部を備えて構成される場合について以下に説明する。すなわち、前記複数の生育指標画像を生成する画像生成装置と、前記画像生成装置で生成された前記複数の生育指標画像を取得してこれら複数の生育指標画像を合成して１枚の画像（生育指標合成画像）を生成する植物生育指標測定装置とを備える植物生育指標測定システムについて以下に説明する。

[0108] 図１０は、第４実施形態における植物生育指標測定システムの構成を示す図である。このような実施形態の植物生育指標測定システムＳは、例えば、図１０に示すように、画像生成装置Ｍと、植物生育指標測定装置Ｐとを備える。

[0109] 画像生成装置Ｍは、測定対象の圃場における所定の画像を生成する装置である。前記所定の画像は、生育指標画像を求めるための元画像（例えば生育指標がＮＤＶＩである場合、ＮＤＶＩを求めるための可視画像および近赤外画像）であって良いが、本実施形態では、前記元画像に基づいて生成した生育指標画像である。画像生成装置Ｍは、例えば竿等の長尺なロッドの先端に取り付けられ、上方から圃場を俯瞰した前記圃場の生育指標画像を生成したり、前記圃場に隣接して比較的高い建物があれば、前記建物から前記圃場の生育指標画像を生成したり等しても良いが、本実施形態では、航空機を備え、上空から前記圃場の生育指標画像を生成するように構成されている。

[0110] なお、本実施形態では、生育指標がＮＤＶＩである場合について以下に説明するが、生育指標は、これに限定されるものではなく、他の指標であって良い。例えば、生育指標は、ＲＶＩであって良い（ＲＶＩ＝Ｒｉ’／Ｒｖ、ＲＶＩ（ｘ、ｙ）＝ｒｉ’（ｘ、ｙ）／ｒｖ（ｘ、ｙ））。また例えば、生育指標は、ＤＶＩであって良い（ＤＶＩ＝Ｒｉ’－Ｒｖ、ＤＶＩ（ｘ、ｙ）

＝ｒｉ’（ｘ、ｙ）－ｒｖ（ｘ、ｙ））。また例えば、生育指標は、ＴＶＩ（Ｔｒａｎｓｆｏｒｍｅｄ　Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ　Ｉｎｄｅｘ）であって良い（ＴＶＩ＝ＮＤＶＩ＋０．５）$^{0.5}$）。また例えば、生育指標は、ＩＰＶＩ（Ｉｎｆｒａｒｅｄ　Ｐｅｒｃｅｎｔａｇｅ　Ｖｅｇｅｔａｔｉｏｎ　Ｉｎｄｅｘ）であって良い（ＩＰＶＩ＝Ｒｉ’／（Ｒｉ’＋Ｒｖ）＝（ＮＤＶＩ＋１）／２）。生育指標がこれら他の指標である場合も以下と同様に、互いに異なる圃場の領域を含む複数の生育指標画像を合成した生育指標画像（合成生育指標画像、結合生育指標画像、パノラマ生育指標画像）を生成できる。

[0111] より詳しくは、画像生成装置Ｍは、例えば、図１０に示すように、航空機６１と、位置高度測定部６２と、方位測定部６３と、制御処理部６４と、可視撮像部６５と、赤外撮像部６６と、記憶部６７と、インターフェース部（ＩＦ部）６８とを備える。

[0112] 航空機６１は、大気中を飛行する装置であり、例えば、気球、飛行船、飛行機、ヘリコプタおよびマルチコプタ等である。航空機６１は、有人機であって良いが、好ましくは、無線操縦飛行（誘導飛行）または自律飛行による無人機（ドローン）である。航空機６１は、本実施形態では、制御処理部６４に接続され、誘導飛行または自律飛行による制御処理部６４の制御に従って飛行する。

[0113] 位置高度測定部６２は、制御処理部６４に接続され、制御処理部６４の制御に従って、地球上における現在の位置および高度を測定する装置であり、例えば、衛星測位システムのＧＰＳ（Ｇｌｏｂａｌ　Ｐｏｓｉｔｉｏｎｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）を備えて構成される。位置高度測定部６２は、その測定結果（測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｚ））を制御処理部６４へ出力する。なお、ＧＰＳは、ＤＧＳＰ（Ｄｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌ　ＧＳＰ）等の誤差を補正する補正機能を持ったＧＰＳであっても良い。

[0114] 方位測定部６３は、制御処理部６４に接続され、制御処理部６４の制御に従って、地球上における現在の方位を測定する装置であり、例えば３軸方位

計（３軸地磁気センサ）を備えて構成される。方位測定部６３は、その測定結果（測定方位（方位角Ｙ））を制御処理部６４へ出力する。

[0115] 可視撮像部６５は、制御処理部６４に接続され、制御処理部６４の制御に従って可視光の画像（可視画像）を生成する装置である。可視撮像部６５は、第１波長帯域（ここでは可視波長帯域）での第１光学像を撮像することによって第１画像（ここでは可視画像）を生成する第１撮像部の一例に相当する。より具体的には、本実施形態では、ＮＤＶＩを求めるために、可視撮像部６５は、例えば、波長６５０ｎｍを中心波長とする比較的狭帯域で光を透過する第１バンドパスフィルタ、前記第１バンドパスフィルタを透過した測定対象の可視光の光学像を所定の結像面上に結像する第１結像光学系、前記第１結像面に受光面を一致させて配置され、前記測定対象の可視光の光学像を電気的な信号に変換する第１イメージセンサ、前記第１イメージセンサの出力に対し公知の画像処理を施して可視画像を生成する第１デジタルシグナルプロセッサ（ＤＳＰ）等を備えて構成される、いわゆるカメラ等である。可視撮像部６５は、この撮像して生成した可視画像を制御処理部６４へ出力する。

[0116] 赤外撮像部６６は、制御処理部６４に接続され、制御処理部６４の制御に従って赤外光（例えば近赤外光）の画像（赤外画像）を生成する装置である。赤外撮像部６６は、前記第１波長帯域と異なる第２波長帯域（ここでは赤外波長帯域）での第２光学像を撮像することによって第２画像（ここでは赤外画像）を生成する第２撮像部の一例に相当する。より具体的には、本実施形態では、ＮＤＶＩを求めるために、赤外撮像部６６は、例えば、波長８００ｎｍを中心波長とする比較的狭帯域で光を透過する第２バンドパスフィルタ、前記第２バンドパスフィルタを透過した測定対象の赤外光の光学像を所定の結像面上に結像する第２結像光学系、前記第２結像面に受光面を一致させて配置され、前記測定対象の赤外光の光学像を電気的な信号に変換する第２イメージセンサ、前記第２イメージセンサの出力に対し公知の画像処理を施して赤外画像を生成する第２ＤＳＰ等を備えて構成される、いわゆる赤外

カメラ等である。赤外撮像部６６は、この撮像して生成した赤外画像を制御処理部６４へ出力する。

[0117] ＩＦ部６８は、制御処理部６４に接続され、制御処理部６４の制御に従って、例えば植物生育指標測定装置Ｐ等の外部機器との間でデータの入出力を行う回路であり、例えば、シリアル通信方式であるＲＳ２３２Ｃのインターフェース回路、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）規格を用いたインターフェース回路、ＩｒＤＡ（Ｉｎｆｒａｒｅｄ Ｄａｔａ Ａｓｓｃｏｉａｔｉｏｎ）規格等の赤外線通信を行うインターフェース回路、および、ＵＳＢ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ Ｓｅｒｉａｌ Ｂｕｓ）規格を用いたインターフェース回路等である。また、ＩＦ部６８は、有線または無線によって通信する通信カード等であり、例えばイーサネット環境等の通信ネットワークを介して例えば植物生育指標測定装置Ｐや生育指標画像を管理するサーバ装置等の外部装置との間で通信しても良い（イーサネットは登録商標）。

[0118] 記憶部６７は、制御処理部６４に接続され、制御処理部６４の制御に従って、各種の所定のプログラムおよび各種の所定のデータを記憶する回路である。前記各種の所定のプログラムには、例えば、当該画像生成装置Ｍの各部を当該各部の機能に応じて制御する制御プログラムや、測定対象の生育指標画像（本実施形態ではＮＤＶＩの画像（ＮＤＶＩ画像））を生成する生育指標画像生成プログラム等の制御処理プログラムが含まれる。前記各種の所定のデータには、可視撮像部６５で生成された可視画像や、赤外撮像部６６で生成された赤外画像や、これら可視画像および赤外画像に基づいて生成された生育指標画像（本実施形態ではＮＤＶＩ画像）等の、各プログラムを実行する上で必要なデータ等が含まれる。記憶部６７は、例えば不揮発性の記憶素子であるＲＯＭ（Ｒｅａｄ Ｏｎｌｙ Ｍｅｍｏｒｙ）や書き換え可能な不揮発性の記憶素子であるＥＥＰＲＯＭ（Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌｌｙ Ｅｒａｓａｂｌｅ Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｒｅａｄ Ｏｎｌｙ Ｍｅｍｏｒｙ）等を備える。そして、記憶部６７は、前記所定のプログラムの実行中に生じるデータ等を記憶するいわゆる制御処理部６のワーキングメモリとな

るＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）等を含む。

[0119] そして、記憶部６７は、これら可視画像、赤外画像および生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）を記憶する画像記憶部６７１を機能的に備える。画像記憶部６７１は、可視画像、赤外画像および生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）それぞれに、位置高度測定部６２で測定した測定位置および方位測定部６３で測定した測定方位を、対応付けて、これらを記憶する。例えば、測定位置および測定方位は、可視画像、赤外画像および生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）それぞれのヘッダに収容されることで、可視画像、赤外画像および生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）それぞれに対応付けられる。

[0120] なお、上述では、画像記憶部６７１は、これら可視画像、赤外画像および生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）を記憶したが、記憶部６７は、可視画像および赤外画像を一時的に記憶し、これら可視画像および赤外画像に基づいて制御処理部６４によって生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）を生成した後に、これら一時的に記憶した可視画像および赤外画像を消去（削除）し、画像記憶部６７１は、測定位置および測定方位を対応付けた生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）のみを記憶しても良い。

[0121] 制御処理部６４は、画像生成装置Ｍの各部を当該各部の機能に応じてそれぞれ制御し、測定対象の生育指標画像（本実施形態ではＮＤＶＩ画像）を生成するための回路である。制御処理部６４は、例えば、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）およびその周辺回路を備えて構成される。より詳しくは、制御処理部６４は、航空機６１の飛行を制御し、可視撮像部６５および赤外撮像部６６によって、互いに同期するように撮像して可視画像および赤外画像を生成し、これら生成した可視画像および赤外画像に基づいてＮＤＶＩ画像を求め、位置高度測定部６２および方位測定部６３によって、測定位置および測定方位を取得し、これら取得した測定位置および測定方位を可視画像、赤外画像およびＮＤＶＩ画像に対応付けて、これらを画像記憶部６７１に記憶する。なお、上述したように、画像記憶部６７１は、測定位置および測定方位を対応付けた生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）

のみを記憶しても良い。

[0122] そして、これら位置高度測定部６２、方位測定部６３、制御処理部１３、可視撮像部６５、赤外撮像部６６、記憶部６７およびＩＦ部６８は、航空機６１に搭載され、適宜な位置に配置される。可視撮像部６５および赤外撮像部６６は、航空機６１によって当該画像生成装置Ｍが飛行している場合に、各光軸が互いに平行で、かつ、下方、好ましくは鉛直下方を向くように、航空機６１に配置される。

[0123] 一方、植物生育指標測定装置Ｐは、複数の生育指標画像を、いわゆるパノラマ合成処理によって、連続的に繋ぎ合わせて１枚の生育指標合成画像を生成する装置である。このような植物生育指標測定装置Ｐは、例えば、図１０に示すように、ＩＦ部７１と、制御処理部７２と、記憶部７３と、入力部７４と、出力部７５とを備える。

[0124] 入力部７４は、制御処理部７２に接続され、例えば、生育指標合成画像の生成開始を指示するコマンド等の各種コマンド、および、例えば測定対象の圃場の名称の入力等の生育指標を測定する上で必要な各種データを植物生育指標測定装置Ｐに入力する機器であり、例えば、所定の機能を割り付けられた複数の入力スイッチ、キーボードおよびマウス等である。出力部７５は、制御処理部７２に接続され、制御処理部７２の制御に従って、入力部７４から入力されたコマンドやデータ、および、植物生育指標測定装置Ｐによって測定された生育指標合成画像を出力する機器であり、例えばＣＲＴディスプレイ、ＬＣＤ（液晶ディスプレイ）および有機ＥＬディスプレイ等の表示装置やプリンタ等の印刷装置等である。

[0125] なお、入力部７４および出力部７５からタッチパネルが構成されてもよい。このタッチパネルを構成する場合において、入力部７４は、例えば抵抗膜方式や静電容量方式等の操作位置を検出して入力する位置入力装置であり、出力部７５は、表示装置である。このタッチパネルでは、表示装置の表示面上に位置入力装置が設けられ、表示装置に入力可能な１または複数の入力内容の候補が表示され、ユーザが、入力したい入力内容を表示した表示位置を

触れると、位置入力装置によってその位置が検出され、検出された位置に表示された表示内容がユーザの操作入力内容として植物生育指標測定装置Ｐに入力される。このようなタッチパネルでは、ユーザは、入力操作を直感的に理解し易いので、ユーザにとって取り扱い易い植物生育指標測定装置Ｐが提供される。

[0126] ＩＦ部７１は、ＩＦ部６８と同様に、制御処理部７２に接続され、制御処理部７２の制御に従って、例えば画像生成装置Ｍ等の外部機器との間でデータの入出力を行う回路であり、例えば、シリアル通信方式であるＲＳ２３２Ｃのインターフェース回路、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）規格を用いたインターフェース回路、ＩｒＤＡ（規格等の赤外線通信を行うインターフェース回路、および、ＵＳＢ規格を用いたインターフェース回路等である。また、ＩＦ部７１は、有線または無線によって通信する通信カード等であり、例えばイーサネット環境等の通信ネットワークを介して例えば画像生成装置Ｍや生育指標画像を管理するサーバ装置等の外部装置との間で通信しても良い（イーサネットは登録商標）。

[0127] 記憶部７３は、制御処理部７２に接続され、制御処理部７２の制御に従って、各種の所定のプログラムおよび各種の所定のデータを記憶する回路である。前記各種の所定のプログラムには、例えば、当該植物生育指標測定装置Ｐの各部を当該各部の機能に応じて制御する制御プログラムや、複数の生育指標画像を、パノラマ合成処理することによって１個の生育指標合成画像を生成する画像合成プログラム等の制御処理プログラムが含まれる。前記画像合成プログラムには、画像の歪曲を補正する歪曲補正処理を行う歪曲補正プログラムや、前記複数の生育指標画像それぞれに対応付けられている各測定位置に基づいて前記複数の生育指標画像それぞれの配置位置を求める位置合せ処理を行う位置合せプログラムや、前記複数の生育指標画像における互いに隣接する２個の第Ａおよび第Ｂ画像を選定し、前記選定した第Ａおよび第Ｂ画像間で複数の対応点を抽出する対応点探索処理を行う対応点探索プログラムや、前記対応点探索プログラムで抽出された複数の対応点に基づいて、

前記第Ａ画像に前記第Ｂ画像が連続するように前記第Ｂ画像を回転および並進する画像変換行列を求める変換行列演算処理を行う変換行列演算プログラムや、前記変換行列演算プログラムで求めた画像変換行列を用いて前記第Ｂ画像を画像変換する画像変換処理を行う画像変換プログラムや、前記第Ａ画像と前記画像変換プログラムで画像変換した前記第Ｂ画像とを合成する合成処理を行う合成プログラムが含まれる。前記各種の所定のデータには、前記複数の生育指標画像（本実施形態ではＮＤＶＩ画像）やこれらを１枚に合成した生育指標合成画像（本実施形態ではＮＤＶＩ合成画像）等の、各プログラムを実行する上で必要なデータ等が含まれる。記憶部７３は、例えば不揮発性の記憶素子であるＲＯＭや書き換え可能な不揮発性の記憶素子であるＥＰＲＯＭ等を備える。そして、記憶部７３は、前記所定のプログラムの実行中に生じるデータ等を記憶するいわゆる制御処理部６のワーキングメモリとなるＲＡＭ等を含む。なお、記憶部７３は、比較的大容量のデータを記憶できるハードディスク等を備えても良い。

[0128] そして、記憶部７３は、これら複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）を記憶する画像記憶部７３１を機能的に備える。より具体的には、測定位置および測定方位を対応付けた複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）を記憶する。より詳しくは、画像記憶部７３１は、測定位置および測定方位をヘッダに収容した複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）を記憶する。

[0129] なお、上述では、画像記憶部７３１は、測定位置および測定方位を対応付けた複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）のみを記憶したが、画像記憶部７３１は、その元画像である、測定位置および測定方位を対応付けた複数の可視画像および複数の赤外画像を記憶しても良い。

[0130] 制御処理部７２は、植物生育指標測定装置Ｐの各部を当該各部の機能に応じてそれぞれ制御し、複数の生育指標画像に基づいて１枚の生育指標合成画像を生成するための回路である。制御処理部７２は、例えば、ＣＰＵおよびその周辺回路を備えて構成される。制御処理部７２は、機能的に、制御部７２１と画像合成部７２２とを備える。

[0131] 制御部７２１は、当該植物生育指標測定装置Ｐの各部を当該各部の機能に応じて制御し、当該植物生育指標測定装置Ｐの全体制御を司るものである。制御部７２１は、ＩＦ部７１によって、画像生成装置Ｍから、画像生成装置Ｍで圃場の互いに異なる領域を含むように生成された、互いに異なる複数の生育指標画像を取得する。

[0132] 画像合成部７２２は、ＩＦ部７１で取得された複数の生育指標画像を、パノラマ合成処理することによって１個の生育指標合成画像を生成するものである。画像合成部７２２は、機能的に、歪曲補正部７２２１と、位置合せ部７２２２と、対応点探索部７２２３と、変換行列演算部７２２４、画像変換部７２２５と、合成部７２２６とを備える。

[0133] 歪曲補正部７２２１は、生育指標画像の歪曲を補正する歪曲補正処理を行うものである。

[0134] 位置合せ部７２２２は、複数の生育指標画像それぞれに対応付けられている各測定位置および各測定方位に基づいて、複数の生育指標画像それぞれの配置位置を求める位置合せ処理を行うものである。これによって複数の生育指標画像の中で、互いに隣接する育指標画像が求められる。

[0135] 対応点探索部７２２３は、前記複数の生育指標画像における互いに隣接する２個の第Ａおよび第Ｂ画像を選定し、前記選定した第Ａおよび第Ｂ画像間で複数の対応点を抽出する対応点探索処理を行うものである。後述の、図１２に示すフローチャートの説明では、前記第Ａ画像は、Ｎ番目の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）$I_N$であり、前記第Ｂ画像は、Ｎ＋１番目の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）$I_{N+1}$である。

[0136] 変換行列演算部７２２４は、対応点探索部７２２３で抽出された複数の対応点に基づいて、前記第Ａ画像に前記第Ｂ画像が連続するように前記第Ｂ画像を回転および並進する画像変換行列を求める変換行列演算処理を行うものである。

[0137] 画像変換部７２２５は、変換行列演算部７２２４で求めた画像変換行列を用いて前記第Ｂ画像を画像変換する画像変換処理を行うものである。

[0138] 合成部７２２６は、前記第Ａ画像と画像変換部７２２５で画像変換した前記第Ｂ画像とを合成する合成処理を行うものである。

[0139] 次に、本実施形態の動作について説明する。図１１は、前記植物生育指標測定システムに用いられる画像生成装置の動作を示すフローチャートである。図１２は、前記植物生育指標測定システムに用いられる植物生育指標測定装置の動作を示すフローチャートである。図１３は、図１２に示すフローチャートにおける対応点探索の処理を説明するための図である。図１３Ａは、互いに隣接するＮＤＶＩ画像のうちの一方を示し、図１３Ｂは、その他方を示す。図１４は、図１２に示すフローチャートにおける画像変換の処理を説明するための図である。図１４は、図１３Ａに示すＮＤＶＩ画像を画像変換したＮＤＶＩ画像である。図１５は、ＮＤＶＩ合成画像の一例を示す図である。図１５は、図１３Ａおよび図１３Ｂに示す各ＮＤＶＩ画像を、一方を画像変換後に合成したＮＤＶＩ合成画像である。

[0140] まず、画像生成装置Ｍの動作について説明する。このような植物生育指標測定システムＳの画像生成装置Ｍは、その電源が投入されると、必要な各部の初期化を実行し、その稼働を始める。

[0141] 画像生成装置Ｍは、誘導飛行または自律飛行による制御処理部６４の制御に従って、測定対象の圃場を上空を、略一定の所定の高度で、圃場の一方端から他方端へ飛行し、前記他方端に到達すると、前方に所定距離だけ進むように折り返して前記他方端から前記一方端へ飛行し、前記一方端に到達すると、前方に所定距離だけ進むように折り返して前記一方端から前記他方端へ飛行する。画像生成装置Ｍは、以下同様に、飛行することによって、測定対象の圃場の上空を九十九折りに飛行する。このような測定対象の圃場の上空を飛行している間に、画像生成装置Ｍは、所定の時間間隔（サンプリング間隔）で、以下の各処理を繰り返し実行し、この繰り返しの各回で、可視撮像部６５および赤外撮像部６６の各画角の範囲に相当する前記圃場の一部の領域を可視および近赤外で撮像することで可視画像および近赤外画像を生成し、これらに基づいて生育指標画像を生成している。前記所定の時間間隔は、

例えば飛行速度や、飛行高度や、可視撮像部６５および赤外撮像部６６の各画角等を考慮することによって、各可視画像および各近赤外画像が同種の互いに隣接する画像同士において一部で重複するように、設定される。

[0142] より具体的には、図１１において、画像生成装置Ｍは、制御処理部６４の制御に従った可視撮像部６５および赤外撮像部６６によって、圃場を上空から撮像して可視画像および近赤外画像を生成し、取得する（Ｓ１１１）。

[0143] 次に、画像生成装置Ｍは、制御処理部６４によって、これら取得した可視画像および近赤外画像に基づいて生育指標画像、本実施形態では、ＮＤＶＩ画像を求める（Ｓ１１２）。ＮＤＶＩ画像の各画素値は、可視画像の画素値をＩとし、近赤外画像の画素値をＲとする場合に、ＮＤＶＩ画像の当該画素位置に対応する可視画像および近赤外画像の画素位置同士において、ＮＤＶＩ＝（Ｉ－Ｒ）／（Ｉ＋Ｒ）によって求められる。例えば、ＮＤＶＩ画像の画素位置（０、０）における画素値は、可視画像の画素位置（０、０）における画素値および近赤外画像の画素位置（０、０）における画素値から求められ、また例えば、ＮＤＶＩ画像の画素位置（１０、１５）における画素値は、可視画像の画素位置（１０、１５）における画素値および近赤外画像の画素位置（１０、１５）における画素値から求められる。なお、可視撮像部６５と、赤外撮像部６６との視差が考慮され、可視画像の画素位置および近赤外画像の画素位置の中の少なくともいずれか一方の画素位置が前記視差を修正するようにシフトされた上で、ＮＤＶＩが求められても良い。また、可視撮像部６５の前記第１結像光学系と赤外撮像部６６の前記第２結像光学系は、例えば画角や歪曲収差等の光学特性が互いに同等であるものとする。

[0144] 次に、画像生成装置Ｍは、制御処理部６４の制御に従った位置高度測定部６２および方位測定部６３によって、画像生成装置Ｍにおける位置（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｘ）および方位（方位角Ｙ）を測定し、取得する（Ｓ１１３）。

[0145] 次に、画像生成装置Ｍは、制御処理部６４によって、処理Ｓ１１２で求めた生育指標画像のヘッダに、処理Ｓ１１３で取得した測定位置（緯度Ｘ、経

度Ｙ、高度Ｘ）および測定方位（方位角Ｙ）を収容し（Ｓ１１４）、処理Ｓ１１２で求めた生育指標画像を画像記憶部６７１に記憶して保存する（Ｓ１１５）。

[0146] そして、画像生成装置Ｍは、制御処理部６４によって、終了か否かを判定し、終了である場合には（Ｙｅｓ）、本処理を終了し、終了でない場合には（Ｎｏ）、処理を処理Ｓ１１１に戻す（Ｓ１１６）。

[0147] このように動作することで、画像生成装置Ｍは、前記圃場の一部の各領域それぞれに対応する複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）を生成し、これらを画像記憶部６７１に記憶する。

[0148] 次に、植物生育指標測定装置Ｐの動作について説明する。上記植物生育指標測定システムＳの植物生育指標測定装置Ｐは、その電源が投入されると、必要な各部の初期化を実行し、その稼働を始める。その制御処理プログラムの実行によって、制御処理部７２には、制御部７２１および画像合成部７２２が機能的に構成され、画像合成部７２２には、歪曲補正部７２２１、位置合せ部７２２２、対応点探索部７２２３、変換行列演算部７２２４、画像変換部７２２５および合成部７２２６が機能的に構成される。そして、画像生成装置Ｍによって生成された圃場の各領域それぞれに対応する複数の生育指標画像（本実施形態ではＮＤＶＩ画像）がＩＦ部７１から取得され、記憶部７３の画像記憶部７３１に記憶される。例えば、画像生成装置ＭのＩＦ部６８と植物生育指標測定装置ＰのＩＦ部７１とが互いに有線または無線によって接続され、ＩＦ部６８およびＩＦ部７１を介して画像生成装置Ｍから植物生育指標測定装置Ｐへ前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）が転送される。また例えば、ネットワーク上に、前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）を管理するサーバ装置が設けられ、ＩＦ部６８および前記ネットワークを介して画像生成装置Ｍから前記サーバ装置へ前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）が転送され、その後、植物生育指標測定装置Ｐの要求に応じて、前記ネットワークおよびＩＦ部７１を介して前記サーバ装置から植物生育指標測定装置Ｐへ前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）が転送される。

また例えば、ＵＳＢメモリ等のメモリカードが用意され、画像生成装置Ｍから、ＩＦ部６８に接続された前記メモリカードへ前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）が転送され、その後、前記メモリカードをＩＦ部７１に接続して前記メモリカードから植物生育指標測定装置Ｐへ前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）が転送される。なお、前記メモリカードは、ＩＦ部６８に接続された場合には上述の画像記憶部６７１として使用され、ＩＦ部７１に接続された場合には、上述の画像記憶部７３１として使用されても良い。

[0149] このように前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）が記憶部７３の画像記憶部７３１に記憶されると、図１２において、まず、植物生育指標測定装置Ｐは、画像合成部７２２の歪曲補正部７２２１によって、前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）の中の、Ｎ番目の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）$I_N$と、Ｎ＋１番目の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）$I_{N+1}$を、公知の常套手法によって、例えば可視撮像部６５の前記第１結像光学系や赤外撮像部６６の前記第２結像光学系等に起因する歪曲を補正する歪曲補正処理を行う（Ｓ１２１）。歪曲補正のためのデータは、例えば生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）のヘッダに収容されて良く、また例えば入力部７４からユーザ（オペレータ）によって入力されて良い。なお、前記Ｎは、前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）それぞれに割り付けられたシリアル番号であり、前記複数の生育指標画像（ＮＤＶＩ画像）の総数がＫである場合に、１からＫまでの整数である。前記Ｎは、図１２に示すフローチャートが開始される際に、Ｎ＝１に初期化される。また、図１２に示すフローチャートの以下の説明では、生育指標画像は、その一例としてのＮＤＶＩ画像を指すものとし、特に、括弧書きで注釈しない。

[0150] 次に、植物生育指標測定装置Ｐは、画像合成部７２２の位置合せ部７２２２によって、Ｎ番目の生育指標画像$I_N$と、Ｎ＋１番目の生育指標画像$I_{N+1}$とを、それらヘッダに収容された測定位置（緯度Ｘ、経度Ｙ、高度Ｘ）および測定方位（方位角Ｙ）に基づいて、前記複数の生育指標画像を１枚の画像に合成した生育指標合成画像Ｉｓ上での、Ｎ番目の生育指標画像$I_N$およびＮ

＋１番目の生育指標画像Ｉ$_{N+1}$それぞれの配置位置を求める位置合せ処理を行う（Ｓ１２２）。より具体的には、例えば、生育指標合成画像Ｉｓには、基準として基準高度および基準方向が設定され、生育指標画像Ｉは、これら基準高度および基準方向で生成された画像となるように、拡大、縮小および回転等によって修正され、その緯度Ｘおよび経度Ｙが生育指標画像Ｉの中央位置（対角線の交点位置）とみなされ、前記緯度Ｘおよび経度Ｙに応じて生育指標合成画像Ｉｓ上の座標が生育指標画像Ｉに与えられる。これによって生育指標画像Ｉの生育指標合成画像Ｉｓにおける配置位置が決定される。なお、画像生成装置Ｍは、本実施形態では、上述のように、前記複数の可視画像および近赤外画像を生成するので、Ｎ番目の生育指標画像Ｉ$_{N}$と、Ｎ＋１番目の生育指標画像Ｉ$_{N+1}$とは、生育指標合成画像Ｉｓ上において、左右方向（水平方向）および上下方向（垂直方向）のうちのいずれかで隣り合う。

[0151] 次に、植物生育指標測定装置Ｐは、画像合成部７２２の対応点探索部７２３によって、Ｎ番目の生育指標画像Ｉ$_{N}$と、Ｎ＋１番目の生育指標画像Ｉ$_{N+1}$との間で、複数の対応点を抽出する対応点探索処理を行う（Ｓ１２３）。より具体的には、まず、対応点探索部７２２３は、Ｎ番目の生育指標画像Ｉ$_{N}$およびＮ＋１番目の生育指標画像Ｉ$_{N+1}$のうちの一方を、例えばＮ＋１番目の生育指標画像Ｉ$_{N+1}$を基準画像とし、その他方を、例えばＮ番目の生育指標画像Ｉ$_{N}$を参照画像とする。次に、対応点探索部７２２３は、基準画像から複数の特徴点を抽出する。より詳しくは、対応点探索部７２２３は、基準画像において、画素値が周辺画素の画素値より有意に異なる画素を特徴点として抽出する。例えばその画素値が周辺画素の画素値より予め設定された閾値以上で異なる画素が、特徴点として抽出される。互いに隣接する所定の画素数（例えば４画素や９画素等）以上の領域が特徴点として抽出されても良い。そして、対応点探索部７２２３は、基準画像から抽出した各特徴点に対応する各対応点を参照画像から、公知の常套手法によって、探索する。その一例が図１３に示されている。図１３Ａは、基準画像を示し、その●で示す各点は、特徴点Ｐ$_{N+1}$であり、図１３Ｂは、参照画像を示し、その●で示す各点は、図

１３Ａに示す各特徴点$P_{N+1}$に対応する対応点$P_N$である。

[0152] 次に、植物生育指標測定装置Ｐは、画像合成部７２２の変換行列演算部７２２４によって、対応点探索部７２２３で抽出された複数の対応点に基づいて、Ｎ番目の生育指標画像$I_N$にＮ＋１番目の生育指標画像$I_{N+1}$が連続するようにＮ＋１番目の生育指標画像$I_{N+1}$を回転および並進する画像変換行列Ｍを求める変換行列演算処理を行う（Ｓ１２４）。より具体的には、画像変換行列Ｍは、例えばアフィン変換を表す行列であり、変換式は、次式１によって表される。ここで、式１における右辺の列ベクトル（ｘ、ｙ、１）は、Ｎ＋１番目の生育指標画像$I_{N+1}$から抽出された特徴点の座標（画素位置）であり、式１における左辺の列ベクトル（ｘ’、ｙ’、１）は、Ｎ番目の生育指標画像$I_N$から探索された前記特徴点に対応する対応点の座標（画素位置）である。列ベクトル（ｘ、ｙ、１）に作用する画像変換行列Ｍにおける１行１列、１行２列、２行１列および２行２列の各成分ａ、ｂ、ｃ、ｄは、回転の変換行列を表し、１行３列および２行３列の各成分$t_x$、$t_y$は、並進（平行移動）の変換行列を表す。処理Ｓ１２３で求めた特徴点およびその対応点の各座標（画素位置）が式１に代入され、例えば最小二乗法によって、これら各成分ａ、ｂ、ｃ、ｄ、$t_x$、$t_y$が求められ、これによって画像変換行列Ｍが求められる。

[0153] [数1]

回転　並進

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & t_x \\ c & d & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad \cdots(1)$$

画像変換行列M

[0154] 次に、植物生育指標測定装置Ｐは、画像合成部７２２の画像変換部７２２５によって、変換行列演算部７２２４で求めた画像変換行列Ｍを用いてＮ＋１番目の生育指標画像$I_{N+1}$を画像変換する画像変換処理を行う（Ｓ１２５）。例えば、図１３Ａに示すＮ＋１番目の生育指標画像$I_{N+1}$は、画像変換行列

Ｍによって図１４に示す画像$CI_{N+1}$に変換される。

[0155] 次に、植物生育指標測定装置Ｐは、画像合成部７２２の合成部７２２６によって、Ｎ番目の生育指標画像$I_N$と画像変換部７２２５で画像変換した変換後のＮ＋１番目の生育指標画像$CI_{N+1}$とを合成する合成処理を行う（Ｓ１２６）。より具体的には、合成部７２２６は、生育指標合成画像Ｉｓ上の座標系において、処理Ｓ１２２で求めた配置位置で、Ｎ番目の生育指標画像$I_N$と画像変換部７２２５で画像変換した変換後のＮ＋１番目の生育指標画像$CI_{N+1}$と画像加算する（$Is = I_N + CI_{N+1}$）。例えば、図１３および図１４に示す例では、図１５に示すように、図１３Ｂに示すＮ番目の生育指標画像$I_N$と、図１４に示す変換後のＮ＋１番目の生育指標画像$CI_{N+1}$とが１枚に重ね合わされる。なお、図１５では、図１３Ｂに示すＮ番目の生育指標画像$I_N$と、図１４に示す変換後のＮ＋１番目の生育指標画像$CI_{N+1}$とが、視覚的に区別できるように、便宜上、それらの境界を白線で明示しているが、実際の生育指標合成画像Ｉｓでは、前記白線は、不要である。

[0156] 次に、植物生育指標測定装置Ｐは、画像合成部７２２によって、次の生育指標画像Ｉを処理するために、Ｎを１だけインクリメントする（Ｎ←Ｎ＋１、Ｓ１２７）。

[0157] 次に、植物生育指標測定装置Ｐは、画像合成部７２２によって、全ての生育指標画像Ｉについて処理を終了したか否かを、すなわち、Ｎが最大値ＭＡＸ以上か否かを判定する（Ｓ１２８）。この判定の結果、全ての生育指標画像Ｉについて処理を終了していない場合、すなわち、Ｎが最大値ＭＡＸ以上ではない場合（Ｎｏ）、画像合成部７２２は、処理を処理Ｓ１２１に戻し、一方、前記判定の結果、全ての生育指標画像Ｉについて処理を終了している場合、すなわち、Ｎが最大値ＭＡＸ以上である場合（Ｙｅｓ）、画像合成部７２２は、本処理を終了し、生育指標合成画像Ｉｓを出力部７５に出力する。なお、必要に応じて、ＩＦ部２１から外部機器へ生育指標合成画像Ｉｓが出力されても良い。

[0158] 以上説明したように、本実施形態における植物生育指標測定システムＳ、

植物生育指標測定装置Ｐならびにこれに実装された植物生育指標測定方法および植物生育指標測定プログラムは、可視画像や近赤外画像では無く、複数の生育指標画像Ｉをパノラマ合成処理するので、より精度良く合成した生育指標合成画像Ｉｓを生成できる。

[0159] 図１６は、低コントラストによる合成精度の低下を説明するための図である。図１６Ａは、ＮＤＶＩ画像の一例を示し、図１６Ｂは、可視画像の一例を示し、図１６Ｃは、近赤外画像の一例を示す。図１６Ａに示すＮＤＶＩ画像は、図１６Ｂに示す可視画像と図１６Ｃに示す近赤外画像に基づいて求められた画像である。図１７は、露出のばらつきによる合成精度の低下を説明するための図である。図１７Ａおよび図１７Ｂは、ＮＤＶＩ画像の一例を示し、図１７Ｃは、太陽が水田に写り込んだ場合の画像の一例を示し、図１７Ｄは、露出アンダーの場合の画像の一例を示し、図１７Ｅは、適正露出の場合の画像の一例を示し、図１７Ｆは、図１７Ｄに示す画像と図１７Ｅに示す画像とを合成した場合の画像を示す。

[0160] 圃場は、土壌や作物が一面に広がっており、土や葉の反射率が近いため、圃場を写した可視画像は、例えば、図１６Ｂに示すように、そのコントラストが低くなる傾向にある。このため、可視画像では、繋ぎ合わせの基準となる繋ぎ合わせ基準点の抽出が難しく、合成の精度（繋ぎ合わせの精度）が低下してしまう。また、圃場を写した近赤外画像も、作物が一面に広がっている場合、例えば図１６Ｃに示すように、そのコントラストが低くなる傾向にあり、同様に、合成の精度が低下してしまう。しかしながら、圃場における個々の作物が均一に生育することは少ないため、生育指標画像Ｉは、例えば図１６Ａに示すように、可視画像や近赤外画像と比較すると、コントラストが高く、繋ぎ合わせ基準点が抽出し易い。したがって、対応点探索する場合に、基準画像の特徴点が抽出し易く、その参照画像の対応点も探索し易い。

[0161] また、可視画像や近赤外画像の撮像の際に、例えば図１７Ｃに示すように、太陽が写り込んだり、例えば図１７Ｄに示すように、圃場ではない被写体が写り込んだりすると、露出が大きく変化してしまうため、露出オーバーや

露出アンダーが生じてしまう。このため、このような画像を合成すると、繋ぎ合わせ基準点の抽出にばらつきが生じて合成の精度が低下してしまう。例えば図１７Ｄに示す露出アンダーの画像と、図１７Ｅに示す、圃場のみが被写体で適正露出の画像とが合成されると、図１７Ｆに示すように、繋ぎ合わせを境界に、その前後（左右）で明暗や色調等に段差が生じ、合成の精度が低下してしまう。しかしながら、生育指標画像Ｉが波長帯域の異なる複数の画像に基づいて生成するので、生育指標画像Ｉは、例えば図１７Ａおよび図１７Ｂに示すように、可視画像や近赤外画像と比較すると、露出差が少ない。

[0162] したがって、上記植物生育指標測定システムＳ、植物生育指標測定装置Ｐ、植物生育指標測定方法および植物生育指標測定プログラムは、パノラマ合成処理で複数の生育指標画像Ｉに基づくことで、より精度良く合成した生育指標合成画像Ｉｓを生成できる。

[0163] なお、上述の第４実施形態では、特徴点と対応点とに基づいて画像変換行列Ｍが求められたが、前記複数の生育指標画像$I_N$それぞれにおける緯度$X_N$、経度$Y_N$、高度$Z_N$および方位$\theta_N$に基づいて、アフィン変換を行う画像変換行列Ｍが求められても良い。すなわち、前記生育指標画像Ｉは、第１波長帯域での圃場の第１光学像を前記圃場の上方（例えば上空）から撮像する第１撮像部（例えば生育指標画像がＮＤＶＩ画像である場合では可視撮像部）によって生成された第１画像、および、前記第１波長帯域と異なる第２波長帯域での前記圃場の第２光学像を前記圃場の上方（前記上空）から撮像する第２撮像部（例えば生育指標画像がＮＤＶＩ画像である前記場合では赤外撮像部）によって生成された第２画像に基づいて生成され、前記複数の生育指標画像$I_N$それぞれは、当該生育指標画像$I_N$を生成する際に用いられた第１および第２画像それぞれの撮像時における第１および第２撮像部の緯度$X_N$、経度$Y_N$、高度$Z_N$および方位$\theta_N$を備え、前記画像合成部は、前記複数の生育指標画像$I_N$それぞれについて、当該生育指標画像$I_N$の画素位置を、当該生育指標画像$I_N$の備える緯度$X_N$、経度$Y_N$、高度$Z_N$および方位$\theta_N$に基づくアフ

ィン変換を行うことによって、前記生育指標合成画像Ｉｓにおける画素位置へ変換することによって前記パノラマ合成処理しても良い。

[0164] 図１８は、第１変形形態におけるパノラマ合成処理を説明するための図である。図１８の上段は、各生育指標画像$I_N$を示し、図１８の下図は、生育指標合成画像Ｉｓの座標系を示す。

[0165] アフィン変換は、公知のように、線形変換と平行移動（並進）とを組み合わせた変換であり、上述の式１もしくは次式２で表される（例えば、「アフィン変換とは」、［ｏｎｌｉｎｅ］、[２０１６年５月１９日検索]、インターネット（ＵＲＬ：ｈｔｔｐ／／ｄ．ｈａｔｅｎａ．ｎｅ．ｊｐ／Ｚｅｌｌｉｊ／２０１２０５２３／ｐ１））。

[0166] [数2]

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \end{pmatrix} \quad \cdots (2)$$

[0167] ここで、式２の右辺の列ベクトル（ｘ、ｙ）は、図１８の上段に示すように、生育指標画像Ｉでの画素位置であり（Ｎ番目の生育指標画像$I_N$ではｘ＝$x_N$、ｙ＝$y_N$）、列ベクトル（ｘ’、ｙ’）は、図１８の下段に示すように、生育指標合成画像Ｉｓの座標系での画素位置を示す。式２の右辺第１項における、１行１列、１行２列、２行１列および２行２列の各成分ａ、ｂ、ｃ、ｄから成る２行２列の行列は、回転の変換行列Ｒ（$\theta$）を表し、式２の右辺第２項の列ベクトル（$t_x$、$t_y$）は、並進（平行移動）の変換行列を表す。

[0168] 回転の変換行列Ｒ（$\theta$）における各成分ａ、ｂ、ｃ、ｄは、方位測定部（３軸方位計）１３の値$\theta$から、次式３によって与えられる（Ｎ番目の生育指標画像$I_N$では$\theta = \theta_N$）。なお、撮像時の高度が基準高度と異なる場合には、回転行列Ｒ（$\theta$）に、撮像時の高度が基準高度と同等となるように、撮像時の高度に応じたスケーリング係数が乗算される。例えば、成分ａは、ｃｏｓ$\theta$に前記スケーリング係数を乗算した値である。

[0169] [数3]

$$R(\theta)=\begin{bmatrix}\cos\theta & -\sin\theta\\ \sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix} \quad \cdots(3)$$

[0170] そして、並進（平行移動）の変換行列における各成分ｔ$_x$、ｔ$_y$は、生育指標合成画像Ｉｓの座標系における原点（０、０）からの距離ｄ［ｍ］と、水平方向（ｘ’軸）との角度φ［ｒａｄ］を、緯度Ｘおよび経度Ｙから、求め、画素数に変換することで、次式４（４－１、４－２）で与えられる。

[0171] [数4]

$$t_x = \cos(\theta) * d * pix1m \quad \cdots(4\text{-}1)$$

$$t_y = \sin(\theta) * d * pix1m \quad \cdots(4\text{-}2)$$

[0172] ここで、ｐｉｘ１ｍは、メートル単位を画素数の単位に変換するための係数であり、例えば、実測することによって求められる。また、前記距離ｄ［ｍ］および角度φ［ｒａｄ］の算出方法は、公知であり、次式５（５－１、５－２）によって与えられる（例えば「２地点間の距離と方位角」、［ｏｎｌｉｎｅ］、［２０１６年５月２２日検索］、インターネット（ＵＲＬ：ｈｔｔｐ／／ｋｅｉｓａｎ．ｃａｓｉｏ．ｊｐ／ｅｘｅｃ／ｓｙｓｔｅｍ／１２５７６７０７７９））。なお、Ｘ１およびＹ１は、それぞれ、Ａ地点の緯度および経度であり、Ｘ２およびＹ２は、それぞれ、Ｂ地点の緯度および経度であり、ｒは、地球を球体とみなした赤道半径（＝６３７８．１３７ｋｍ）である。ここでは、Ａ地点またはＢ地点が、生育指標合成画像Ｉｓの座標系における原点（０、０）となる。

[0173] ｄ＝ｒ×ａｒｃｃｏｓ［ｓｉｎ（Ｙ１）ｓｉｎ（Ｙ２）＋ｃｏｓ（Ｙ１）ｃｏｓ（Ｙ２）ｃｏｓ（Ｘ２－Ｘ１）］　　・・・（５－１）

φ＝９０－ａｒｃｔａｎ［ｓｉｎ（Ｘ２－Ｘ１），ｃｏｓ（Ｙ１）ｔａｎ（Ｙ２）－ｓｉｎ（Ｙ１）ｃｏｓ（Ｘ２－Ｘ１）］　　・・・（５－２）

[0174] また、前記画像合成部は、耕作地または前記耕作地に生育する作物に由来する幾何的な所定の目印に基づいて前記パノラマ合成処理しても良い。すな

わち、前記画像合成部は、前記生育指標画像Ｉから前記所定の目印を抽出する目印抽出処理を行う目印抽出部と、前記抽出した所定の目印に基づいて、予め設定された所定の基準に対して前記生育指標画像Ｉを回転および並進する画像変換行列を求める変換行列演算処理を行う変換行列演算部と、前記変換行列演算部で求めた画像変換行列を用いて前記生育指標画像Ｉを画像変換する画像変換処理を行う画像変換部と、前記画像変換部で画像変換した前記生育指標画像Ｉを合成する合成処理を行う合成部とを備え、前記複数の生育指標画像$I_N$全てを合成するまで、前記目印抽出部によって前記目印抽出処理を行い、前記変換行列演算部によって前記変換行列演算処理を行い、前記画像変換部によって前記画像変換処理を行い、前記合成部によって前記合成処理を行うことによって前記パノラマ合成処理しても良い。前記所定の基準は、前記複数の生育指標画像$I_N$全てに共通していれば良く、任意に適宜な値に設定される。前記所定の目印は、例えば、前記耕作地における畦である。畦は、水田と水田との間の土地であり、畦には、道や水路が含まれる。また例えば、前記所定の目印は、前記耕作地に生育する稲の条、また、前記稲の条間である。前記所定の目印に対応する生育指標の値は、例えば土壌や雑草等で反射率が作物の反射率と異なるため、作物に対応する生育指標の値と異なり、一般に小さい値（低い値）となる。このため、前記所定の目印は、生育指標画像Ｉの中で比較的目立ち、抽出し易い。したがって、このような植物生育指標測定装置Ｐは、前記所定の目印に基づいてパノラマ合成処理するので、パノラマ合成処理がし易くなる。

[0175] 図１９は、第２変形形態におけるパノラマ合成処理を説明するための図である。図１９Ａは、生育指標画像Ｉの一例を示し、図１９Ｂは、図１９Ａにおける中央に位置する領域の画像から、エッジを検出したエッジ検出結果を示し、図１９Ｃは、図１９Ｂに示す画像から、直線のハフ変換によって検出された直線を示す。

[0176] より具体的には、例えば、図１７Ａや図１７Ｂに示すような、前記生育指標画像Ｉから、画素値が予め設定された閾値以下の画素値を持つ画素を抽出

することによって、前記所定の目印として畦ＲＰが検出される。この畦ＲＰに基づいて、予め設定された所定の基準に対して前記生育指標画像Ｉを並進する並進の変換行列が求められる。

[0177] また、直線のハフ変換によって、水田に生育する稲の条、また、前記稲の条間が検出され、これらの傾きの角度から、回転の変換行列が求められる。より詳しくは、前記生育指標画像Ｉに対し、エッジを検出するためのいわゆるエッジフィルタが作用され、エッジが検出される。例えば、図１９Ａに示す生育指標画像Ｉに対し、エッジを検出すると、図１９Ｂに示すエッジが検出される。次に、このエッジの各画像から直線のハフ変換によって直線が、稲の条または前記稲の条間として検出される。例えば、図１９Ｂに示すエッジの画像から、図１９Ｃに示すように、複数の直線が検出される。通常、複数の直線が検出されるので、各直線の傾き角度が平均され、平均値の傾き角度と、予め設定された所定の基準角度との差が回転量とされ、回転の変換行列が求められる。

[0178] これら求められた生育指標画像Ｉに対する並進の変換行列および回転の変換行列から、前記生育指標画像Ｉを回転および並進する画像変換行列Ｍが求められる。

[0179] そして、この求めた画像変換行列Ｍで前記生育指標画像Ｉが画像変換され、この画像変換後の前記生育指標画像Ｉが、生育指標合成画像Ｉｓ上の座標系における配置位置に配置され、これに隣接する他の前記生育指標画像Ｉと画像加算され、合成される。

[0180] このような各処理が前記複数の生育指標画像$I_N$全てにつて実施され、生育指標合成画像Ｉｓが生成される。

[0181] また、上述の第４実施形態では、植物生育指標測定装置Ｐは、複数の生育指標画像を画像生成装置Ｍから、ＩＦ部７１を介して取得したが、植物生育指標測定装置Ｐと画像生成装置Ｍとは、一体に構成されても良い。すなわち、上述の第４実施形態では、前記画像取得部は、その一例としてのＩＦ部７１であったが、前記画像取得部は、第１波長帯域での第１光学像を撮像する

ことによって第１画像を生成する第１撮像部（例えば生育指標画像がＮＤＶＩ画像である場合では可視撮像部）と、前記第１波長帯域と異なる第２波長帯域での第２光学像を撮像することによって第２画像を生成する第２撮像部（例えば生育指標画像がＮＤＶＩ画像である前記場合では赤外撮像部）と、前記第１および第２撮像部それぞれによって生成された、圃場の同一領域における第１および第２画像に基づいて前記生育指標画像を生成する生育指標画像生成部とを備え、前記第１および第２撮像部それぞれは、圃場の互いに異なる領域を含むように、複数の第１および第２画像を生成し、前記生育指標画像生成部は、前記複数の第１および第２画像に基づいて前記複数の生育指標画像を生成しても良い。

[0182] あるいは、生育指標画像Ｉは、植物生育指標測定装置Ｐで生成されても良い。すなわち、前記画像取得部は、外部機器から、圃場の互いに異なる領域を含むように生成され、互いに異なる第１および第２波長帯域での複数の第１および第２画像を取得するインターフェース部と、前記インターフェース部で取得した複数の第１および第２画像に基づいて前記複数の生育指標画像を生成する生育指標画像生成部とを備えても良い。

[0183] また、上述の第４実施形態では、画像生成装置Ｍは、可視画像を生成する可視撮像部６５、および、赤外画像を生成する赤外撮像部６６を備えたが、例えば特許第５１６８３５３号公報に開示されているように、可視画像および赤外画像を生成する１個の撮像部を備えても良い。このような可視画像および赤外画像を生成する１個の撮像部は、測定対象の光学像を所定の第３結像面上に結像する単一の第３結像光学系と、前記第３結像面に受光面を一致させて配置され、前記測定対象の光学像を電気的な信号に変換する第３イメージセンサ単一の光学系と、前記第３イメージセンサ上に配置されたＲ／Ｇ／Ｂ／Ｉｒ、あるいは、Ｗ／Ｙ／Ｒ／Ｉｒとを備えて構成される。前記Ｒは、主に赤色光を透過させるフィルタであり、前記Ｇは、主に緑色光を透過させるフィルタであり、前記Ｂは、主に青色光を透過させるフィルタであり、そして、前記Ｉｒは、主に赤外光を透過させるフィルタである。前記Ｗは、

主に白色光を透過させるフィルタであり、前記Ｙは、主に黄色光を透過させるフィルタである。

[0184] また、上述の第４実施形態において、画像生成装置Ｍが等速直線運動している場合には、並進量の変動は、少ないので、並進量は、予め設定された所定の固定値とされ、画像から求めなくても良い。

[0185] 本明細書は、上記のように様々な態様の技術を開示しているが、そのうち主な技術を以下に纏める。

[0186] 一態様にかかる植物生育指標測定装置は、植物における生育の度合いを表す生育指標を求めるための、測定対象の圃場を上方から撮像した画像、を生成する植物生育指標測定装置であって、所定の時間間隔で画像を生成する画像生成部と、前記画像を記憶する画像記憶部と、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを前記画像記憶部に記憶するように、前記画像生成部で生成された画像を前記画像記憶部に記憶するか否かを判定する判定処理を行う画像判定部と、前記画像判定部で前記画像記憶部に記憶すると判定された場合のみ、前記画像生成部で生成された画像を前記画像記憶部に記憶する画像記憶制御部とを備える。

[0187] このような植物生育指標測定装置は、前記画像生成部で生成された画像のうち、画像判定部で、前記生育指標を求めるために有意な画像として、前記画像記憶部に記憶すると判定された画像のみ、前記画像記憶部に記憶するので、前記画像記憶部の記憶容量をより低減でき、合成の処理における効率の低下をより抑制できる。

[0188] 他の一態様では、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像生成部で生成された画像に基づいて、前記圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数を求める画像周波数処理部をさらに備え、前記画像判定部は、前記画像周波数処理部で求めた周波数に基づいて、前記判定処理を行う。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像判定部は、前記判定処理として、前記画像周波数処理部で求めた周波数が、所定の撮像高度で撮像した画像に写る前記条または前記条間に応じた周波数（撮像高度対応周

波数）に、所定の第１マージンの範囲内で一致するか否かを判定し、前記一致する場合を前記画像記憶部に記憶する場合と判定する。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像周波数処理部は、前記画像生成部で生成された画像からエッジを検出し、前記エッジを検出した画像から直線のハフ変換によって複数の直線を前記条または前記条間として求め、前記求めた複数の直線の間隔から前記周波数を求める。

[0189] このような植物生育指標測定装置は、前記画像生成部で生成された画像に基づいて求められた、前記圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数に基づいて、前記判定処理を行うので、前記画像生成部で生成された画像で前記判定処理を実施できる。

[0190] 他の一態様では、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像生成部で生成された画像に基づいて、前記生育指標を求める生育指標処理部をさらに備え、前記画像判定部は、前記生育指標処理部で求めた生育指標に基づいて、前記判定処理を行う。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像生成部は、可視画像を生成する可視撮像部と、近赤外画像を生成する赤外撮像部とを備え、前記生育指標処理部は、前記画像生成部の可視撮像部および赤外撮像部それぞれで生成された可視画像および近赤外画像に基づいて、前記生育指標の一例に相当するＮＤＶＩを表した画素値を持つＮＤＶＩ画像を求め、前記画像判定部は、前記判定処理として、前記生育指標処理部で求めたＮＤＶＩ画像において、所定の第１閾値以下の画素値を持つ画素の総数が所定の第２閾値以上であるか否かを判定し、前記第２閾値以上ではない場合を前記画像記憶部に記憶する場合と判定する。

[0191] このような植物生育指標測定装置は、前記画像生成部で生成された画像に基づいて求められた、前記生育指標に基づいて、前記判定処理を行うので、前記画像生成部で生成された画像で前記判定処理を実施できる。

[0192] 他の一態様では、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像生成部で生成された画像に基づいて、太陽の写り込みを検出する太陽写込検出部をさらに備え、前記画像判定部は、前記太陽写込検出部の検出結果に基づいて

、前記判定処理を行う。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記太陽写込検出部は、前記画像生成部で生成された画像から、画素値が飽和した画素領域のサイズ（広さ、画素数）を求め、前記求めたサイズが所定の第３閾値以上である画素領域を前記太陽の写り込みとして検出し、前記画像判定部は、前記太陽写込検出部が前記太陽の写り込みを検出しない場合を前記画像記憶部に記憶する場合と判定する。

[0193] このような植物生育指標測定装置は、前記画像生成部で生成された画像に基づく前記太陽写込検出部の検出結果に基づいて、前記判定処理を行うので、前記画像生成部で生成された画像で前記判定処理を実施できる。

[0194] 他の一態様では、上述の植物生育指標測定装置において、自機の高度、方位、速度および加速度のうちの少なくとも１つを測定する自機状態測定部と、前記画像生成部、前記画像記憶部、前記画像判定部、前記画像記憶制御部および前記自機状態測定部を搭載し、大気中を飛行する航空機とをさらに備え、前記画像判定部は、前記自機状態測定部の測定結果に基づいて、前記判定処理を行う。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記自機状態測定部は、高度を測定する高度測定部を備え、前記画像判定部は、前記判定処理として、前記自機状態測定部で測定された高度が、所定の第４閾値以上であるか否かを判定し、前記第４閾値以上である場合を前記画像記憶部に記憶する場合と判定する。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記自機状態測定部は、方位を測定する方位測定部を備え、前記画像判定部は、前記自機状態測定部で測定された方位が、所定の方位（例えば圃場の輪郭における長辺に沿った方向で九十九折りに往復しながら前記画像を生成する場合に前記長辺の方位等）に、所定の第２マージンの範囲内で一致するか否かを判定し、前記一致する場合を前記画像記憶部に記憶する場合と判定する。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記自機状態測定部は、速度を測定する速度測定部を備え、前記画像判定部は、前記判定処理として、前記自機状態測定部で測定された速度が、所定の第５閾値以上であるか否かを判定し、前記第５閾値以上である場合を前記画像記憶部

に記憶する場合と判定する。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記自機状態測定部は、加速度を測定する加速度測定部を備え、前記画像判定部は、前記判定処理として、前記自機状態測定部で測定された加速度が、所定の第６閾値以上であるか否かを判定し、前記第６閾値以上ではない場合を前記画像記憶部に記憶する場合と判定する。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記自機状態測定部は、自機の高度、方位、速度および加速度のうちの複数を測定し、前記画像判定部は、前記自機状態測定部における複数の測定結果それぞれついて、当該測定結果に基づいて前記判定処理を行い、前記複数の測定結果それぞれについての各判定処理の各判定処理結果のＡＮＤによって、前記画像記憶部に記憶するか否かを判定する。

[0195] 自機の高度に基づいて前記判定処理を行う場合、上記植物生育指標測定装置は、自機の上昇中または降下中に生成された画像の記憶が低減できる。自機の方位に基づいて前記判定処理を行う場合、上記植物生育指標測定装置は、自機の折り返し中に生成された画像の記憶が低減できる。自機の速度に基づいて前記判定処理を行う場合、上記植物生育指標測定装置は、自機のホバリング中に生成された画像の記憶が低減できる。自機の加速度に基づいて前記判定処理を行う場合、上記植物生育指標測定装置は、自機のホバリング中の振動による加速度で前記ホバリングを検出できるから、前記ホバリング中に生成された画像の記憶が低減できる。

[0196] 他の一態様では、上述の植物生育指標測定装置において、自機の位置を測定する位置測定部と、前記圃場の所在領域を表す圃場領域情報を記憶する圃場領域情報記憶部とをさらに備え、前記画像判定部は、前記位置測定部で測定された自機の位置および前記圃場領域情報記憶部に記憶された圃場領域情報に基づいて、前記判定処理を行う。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像判定部は、前記判定処理として、前記位置測定部で測定された自機の位置が、前記圃場領域情報記憶部に記憶された圃場領域情報で表される前記圃場の所在領域内であるか否かを判定し、前記圃場の所在

領域内である場合を前記画像記憶部に記憶する場合と判定する。

[0197] このような植物生育指標測定装置は、圃場の上空で撮像して生成した画像のみを確実に画像記憶部に記憶できる。

[0198] 他の一態様では、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像記憶制御部は、さらに、前記画像判定部で前記画像記憶部に記憶しないと判定された場合に、前記画像生成部で生成された画像であって前記画像判定部で前記画像記憶部に記憶しないと判定された前記画像を指し示す所定の情報を非記憶画像情報として前記画像記憶部に記憶する。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、自機の位置を測定する位置測定部をさらに備え、前記画像記憶制御部は、前記画像生成部で生成された画像であって前記画像判定部で前記画像記憶部に記憶しないと判定された前記画像を前記画像生成部で生成した際の前記位置測定部で測定された自機の位置を、前記非記憶画像情報として前記画像記憶部に記憶する。

[0199] このような植物生育指標測定装置は、前記画像記憶部に記憶しないと判定された画像の非記憶画像情報を記憶するので、前記画像記憶部に記憶しないと判定された画像のみを、後に取り直すことができる。

[0200] 他の一態様にかかる植物生育指標測定方法は、測定対象の圃場を上方から撮像した画像に基づいて、植物における生育の度合いを表す生育指標を求める植物生育指標測定方法であって、所定の時間間隔で画像を生成する画像生成工程と、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部に記憶するように、前記画像生成工程で生成された画像を前記画像記憶部に記憶するか否かを判定する判定処理を行う画像判定工程と、前記画像判定工程で前記画像記憶部に記憶すると判定された場合のみ、前記画像生成工程で生成された画像を前記画像記憶部に記憶する画像記憶制御工程とを備える。

[0201] このような植物生育指標測定方法は、前記画像生成工程で生成された画像のうち、画像判定工程で、前記生育指標を求めるために有意な画像として、前記画像記憶部に記憶すると判定された画像のみ、前記画像記憶部に記憶するので、前記画像記憶部の記憶容量をより低減でき、合成の処理における効

率の低下をより抑制できる。

[0202] 他の一態様にかかる植物生育指標測定プログラムは、測定対象の圃場を上方から所定の時間間隔で撮像した複数の画像に基づいて、植物における生育の度合いを表す生育指標を求める植物生育指標測定プログラムであって、コンピュータに、前記所定の時間間隔で撮像した複数の画像に対し、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部に記憶するように、前記画像生成工程で生成された画像を前記画像記憶部に記憶するか否かを判定する判定処理を行う画像判定工程と、前記画像判定工程で前記画像記憶部に記憶すると判定された場合のみ、前記画像生成工程で生成された画像を前記画像記憶部に記憶する画像記憶制御工程とを実行させるための植物生育指標測定プログラムである。

[0203] このような植物生育指標測定プログラムは、前記所定の時間間隔で撮像した複数の画像のうち、画像判定工程で、前記生育指標を求めるために有意な画像として、前記画像記憶部に記憶すると判定された画像のみ、前記画像記憶部に記憶するので、前記画像記憶部の記憶容量をより低減でき、合成の処理における効率の低下をより抑制できる。

[0204] 一態様にかかる植物生育指標測定装置は、植物における生育の度合いを表す生育指標を表した画像値の画素で構成された複数の生育指標画像であって、圃場の互いに異なる領域を含むように生成された、互いに異なる前記複数の生育指標画像を取得する画像取得部と、前記画像取得部で所得された複数の生育指標画像を、パノラマ合成処理することによって１個の生育指標合成画像を生成する画像合成部とを備える。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像取得部は、第１波長帯域での第１光学像を撮像することによって第１画像を生成する第１撮像部と、前記第１波長帯域と異なる第２波長帯域での第２光学像を撮像することによって第２画像を生成する第２撮像部と、前記第１および第２撮像部それぞれによって生成された、圃場の同一領域における第１および第２画像に基づいて前記生育指標画像を生成する生育指標画像生成部とを備え、前記第１および第２撮像部それぞれは

、圃場の互いに異なる領域を含むように、複数の第１および第２画像を生成し、前記生育指標画像生成部は、前記複数の第１および第２画像に基づいて前記複数の生育指標画像を生成する。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像取得部は、外部機器から、前記複数の生育指標画像を取得するインターフェース部である。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像取得部は、外部機器から、圃場の互いに異なる領域を含むように生成され、互いに異なる第１および第２波長帯域での複数の第１および第２画像を取得するインターフェース部と、前記インターフェース部で取得した複数の第１および第２画像に基づいて前記複数の生育指標画像を生成する生育指標画像生成部とを備える。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像合成部は、前記複数の生育指標画像における互いに隣接する２個の第Ａおよび第Ｂ画像を選定し、前記選定した第Ａおよび第Ｂ画像間で複数の対応点を抽出する対応点探索処理を行う対応点探索部と、前記対応点探索部で抽出された複数の対応点に基づいて、前記第Ａ画像に前記第Ｂ画像が連続するように前記第Ｂ画像を回転および並進する画像変換行列を求める変換行列演算処理を行う変換行列演算部と、前記変換行列演算部で求めた画像変換行列を用いて前記第Ｂ画像を画像変換する画像変換処理を行う画像変換部と、前記第Ａ画像と前記画像変換部で画像変換した前記第Ｂ画像とを合成する合成処理を行う合成部とを備え、前記複数の生育指標画像全てを合成するまで、前記対応点探索部によって前記対応点探索処理を行い、前記変換行列演算部によって前記変換行列演算処理を行い、前記画像変換部によって前記画像変換処理を行い、前記合成部によって前記合成処理を行うことによって前記パノラマ合成処理する。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記生育指標画像は、第１波長帯域での圃場の第１光学像を前記圃場の上方（例えば上空）から撮像する第１撮像部によって生成された第１画像、および、前記第１波長帯域と異なる第２波長帯域での前記圃場の第２光学像を前記圃場の上方（前記上空）から撮像する第２撮像部によって生成された第２画像に基づいて生成され、前記複数の生育指標

画像それぞれは、当該生育指標画像を生成する際に用いられた第１および第２画像それぞれの撮像時における第１および第２撮像部の緯度、経度、高度および方位を備え、前記画像合成部は、前記複数の生育指標画像それぞれについて、当該生育指標画像の画素位置を、当該生育指標画像の備える緯度、経度、高度および方位に基づくアフィン変換を行うことによって、前記生育指標合成画像における画素位置へ変換することによって前記パノラマ合成処理する。

[0205] 本発明者は、圃場における個々の作物が均一に生育することは少ないため、生育指標画像は、可視画像や近赤外画像と比較すると、コントラストが高く、繋ぎ合わせ基準点の抽出がし易いことを見出した。そして、本発明者は、生育指標画像が波長帯域の異なる複数の画像に基づいて生成するので、生育指標画像は、可視画像や近赤外画像と比較すると、露出差が少ないことを見出した。したがって、上記植物生育指標測定装置は、可視画像や近赤外画像では無く、複数の生育指標画像をパノラマ合成処理するので、より精度良く合成した生育指標合成画像を生成できる。

[0206] 他の一態様では、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像合成部は、耕作地または前記耕作地に生育する作物に由来する幾何的な所定の目印に基づいて前記パノラマ合成処理する。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記所定の目印は、前記耕作地における畦である。畦は、水田と水田との間の土地であり、畦には、道や水路が含まれる。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記所定の目印は、前記耕作地に生育する稲の条、また、前記稲の条間である。好ましくは、上述の植物生育指標測定装置において、前記画像合成部は、前記生育指標画像から前記所定の目印を抽出する目印抽出処理を行う目印抽出部と、前記抽出した所定の目印に基づいて、予め設定された所定の基準に対して前記生育指標画像を回転および並進する画像変換行列を求める変換行列演算処理を行う変換行列演算部と、前記変換行列演算部で求めた画像変換行列を用いて前記生育指標画像を画像変換する画像変換処理を行う画像変換部と、前記画像変換部で画像変

換した前記生育指標画像を合成する合成処理を行う合成部とを備え、前記複数の生育指標画像全てを合成するまで、前記目印抽出部によって前記目印抽出処理を行い、前記変換行列演算部によって前記変換行列演算処理を行い、前記画像変換部によって前記画像変換処理を行い、前記合成部によって前記合成処理を行うことによって前記パノラマ合成処理する。

[0207] 前記所定の目印に対応する生育指標の値は、作物に対応する生育指標の値と異なり、一般に小さい値（低い値）となるため、前記所定の目印は、生育指標画像の中で比較的目立ち、抽出し易い。このため、上記植物生育指標測定装置は、前記所定の目印に基づいてパノラマ合成処理するので、パノラマ合成処理がし易くなる。

[0208] 他の一態様にかかる植物生育指標測定方法は、植物における生育の度合いを表す生育指標を表した画像値の画素で構成された複数の生育指標画像であって、圃場の互いに異なる領域を含むように生成された、互いに異なる前記複数の生育指標画像を取得する画像取得工程と、前記画像取得工程で所得された複数の生育指標画像を、パノラマ合成処理することによって１個の生育指標合成画像を生成する画像合成工程を備える。

[0209] 他の一態様にかかる植物生育指標測定プログラムは、コンピュータに、植物における生育の度合いを表す生育指標を表した画像値の画素で構成された複数の生育指標画像であって、圃場の互いに異なる領域を含むように生成された、互いに異なる前記複数の生育指標画像を取得する画像取得工程と、前記画像取得工程で所得された複数の生育指標画像を、パノラマ合成処理することによって１個の生育指標合成画像を生成する画像合成工程とを実行させるためのプログラムである。

[0210] このような植物生育指標測定方法および植物生育指標測定プログラムは、可視画像や近赤外画像では無く、複数の生育指標画像をパノラマ合成処理するので、より精度良く合成した生育指標合成画像を生成できる。

[0211] 他の一態様にかかる植物生育指標測定システムは、画像生成装置と、植物生育指標測定装置とを備える植物生育指標測定システムであって、前記画像

生成装置は、植物における生育の度合いを表す生育指標を表した画像値の画素で構成された複数の生育指標画像であって、圃場の互いに異なる領域を含むように、互いに異なる前記複数の生育指標画像を生成し、前記植物生育指標測定装置は、これら上述のいずれかの植物生育指標測定装置である。

[0212] このような植物生育指標測定システムは、これら上述のいずれかの植物生育指標測定装置を用いるので、より精度良く合成した生育指標合成画像を生成できる。

[0213] この出願は、２０１６年６月２２日に出願された日本国特許出願特願２０１６－１２３４３２と２０１６年６月２２日に出願された日本国特許出願特願２０１６－１２３４３３とを基礎とするものであり、その内容は、本願に含まれるものである。

[0214] 本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且つ十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および／または改良することは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

## 産業上の利用可能性

[0215] 本発明によれば、植物における生育の度合いを表す生育指標を求める植物生育指標測定装置、植物生育指標測定方法および植物生育指標測定プログラムが提供できる。

# 請求の範囲

[請求項1] 植物における生育の度合いを表す生育指標を求めるための、測定対象の圃場を上方から撮像した画像、を生成する植物生育指標測定装置であって、

所定の時間間隔で画像を生成する画像生成部と、

前記画像を記憶する画像記憶部と、

前記生育指標を求めるために有意な画像のみを前記画像記憶部に記憶するように、前記画像生成部で生成された画像を前記画像記憶部に記憶するか否かを判定する判定処理を行う画像判定部と、

前記画像判定部で前記画像記憶部に記憶すると判定された場合のみ、前記画像生成部で生成された画像を前記画像記憶部に記憶する画像記憶制御部とを備える、

植物生育指標測定装置。

[請求項2] 前記画像生成部で生成された画像に基づいて、前記圃場に生育する作物の条または条間に応じた周波数を求める画像周波数処理部をさらに備え、

前記画像判定部は、前記画像周波数処理部で求めた周波数に基づいて、前記判定処理を行う、

請求項１に記載の植物生育指標測定装置。

[請求項3] 前記画像生成部で生成された画像に基づいて、前記生育指標を求める生育指標処理部をさらに備え、

前記画像判定部は、前記生育指標処理部で求めた生育指標に基づいて、前記判定処理を行う、

請求項１に記載の植物生育指標測定装置。

[請求項4] 前記画像生成部で生成された画像に基づいて、太陽の写り込みを検出する太陽写込検出部をさらに備え、

前記画像判定部は、前記太陽写込検出部の検出結果に基づいて、前記判定処理を行う、

請求項１に記載の植物生育指標測定装置。

[請求項5] 自機の高度、方位、速度および加速度のうちの少なくとも１つを測定する自機状態測定部と、

前記画像生成部、前記画像記憶部、前記画像判定部、前記画像記憶制御部および前記自機状態測定部を搭載し、大気中を飛行する航空機とをさらに備え、

前記画像判定部は、前記自機状態測定部の測定結果に基づいて、前記判定処理を行う、

請求項１に記載の植物生育指標測定装置。

[請求項6] 自機の位置を測定する位置測定部と、

前記圃場の所在領域を表す圃場領域情報を記憶する圃場領域情報記憶部とをさらに備え、

前記画像判定部は、前記位置測定部で測定された自機の位置および前記圃場領域情報記憶部に記憶された圃場領域情報に基づいて、前記判定処理を行う、

請求項１に記載の植物生育指標測定装置。

[請求項7] 前記画像記憶制御部は、さらに、前記画像判定部で前記画像記憶部に記憶しないと判定された場合に、前記画像生成部で生成された画像であって前記画像判定部で前記画像記憶部に記憶しないと判定された前記画像を指し示す所定の情報を非記憶画像情報として前記画像記憶部に記憶する、

請求項１ないし請求項６のいずれか１項に記載の植物生育指標測定装置。

[請求項8] 測定対象の圃場を上方から撮像した画像に基づいて、植物における生育の度合いを表す生育指標を求める植物生育指標測定方法であって、

所定の時間間隔で画像を生成する画像生成工程と、

前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部に記憶す

るように、前記画像生成工程で生成された画像を前記画像記憶部に記憶するか否かを判定する判定処理を行う画像判定工程と、

前記画像判定工程で前記画像記憶部に記憶すると判定された場合のみ、前記画像生成工程で生成された画像を前記画像記憶部に記憶する画像記憶制御工程とを備える、

植物生育指標測定方法。

[請求項9] 測定対象の圃場を上方から所定の時間間隔で撮像した複数の画像に基づいて、植物における生育の度合いを表す生育指標を求める植物生育指標測定プログラムであって、

コンピュータに、

前記所定の時間間隔で撮像した複数の画像に対し、前記生育指標を求めるために有意な画像のみを画像記憶部に記憶するように、前記画像生成工程で生成された画像を前記画像記憶部に記憶するか否かを判定する判定処理を行う画像判定工程と、

前記画像判定工程で前記画像記憶部に記憶すると判定された場合のみ、前記画像生成工程で生成された画像を前記画像記憶部に記憶する画像記憶制御工程と

を実行させるための植物生育指標測定プログラム。

[請求項10] 植物における生育の度合いを表す生育指標を表した画像値の画素で構成された複数の生育指標画像であって、圃場の互いに異なる領域を含むように生成された、互いに異なる前記複数の生育指標画像を取得する画像取得部と、

前記画像取得部で所得された複数の生育指標画像を、パノラマ合成処理することによって１個の生育指標合成画像を生成する画像合成部とを備える、

植物生育指標測定装置。

[請求項11] 前記画像合成部は、耕作地または前記耕作地に生育する作物に由来する幾何的な所定の目印に基づいて前記パノラマ合成処理する、

請求項１０に記載の植物生育指標測定装置。

[請求項12] 植物における生育の度合いを表す生育指標を表した画像値の画素で構成された複数の生育指標画像であって、圃場の互いに異なる領域を含むように生成された、互いに異なる前記複数の生育指標画像を取得する画像取得工程と、

前記画像取得工程で所得された複数の生育指標画像を、パノラマ合成処理することによって１個の生育指標合成画像を生成する画像合成工程を備える、

植物生育指標測定方法。

[請求項13] コンピュータに、

植物における生育の度合いを表す生育指標を表した画像値の画素で構成された複数の生育指標画像であって、圃場の互いに異なる領域を含むように生成された、互いに異なる前記複数の生育指標画像を取得する画像取得工程と、

前記画像取得工程で所得された複数の生育指標画像を、パノラマ合成処理することによって１個の生育指標合成画像を生成する画像合成工程と

を実行させるための植物生育指標測定プログラム。

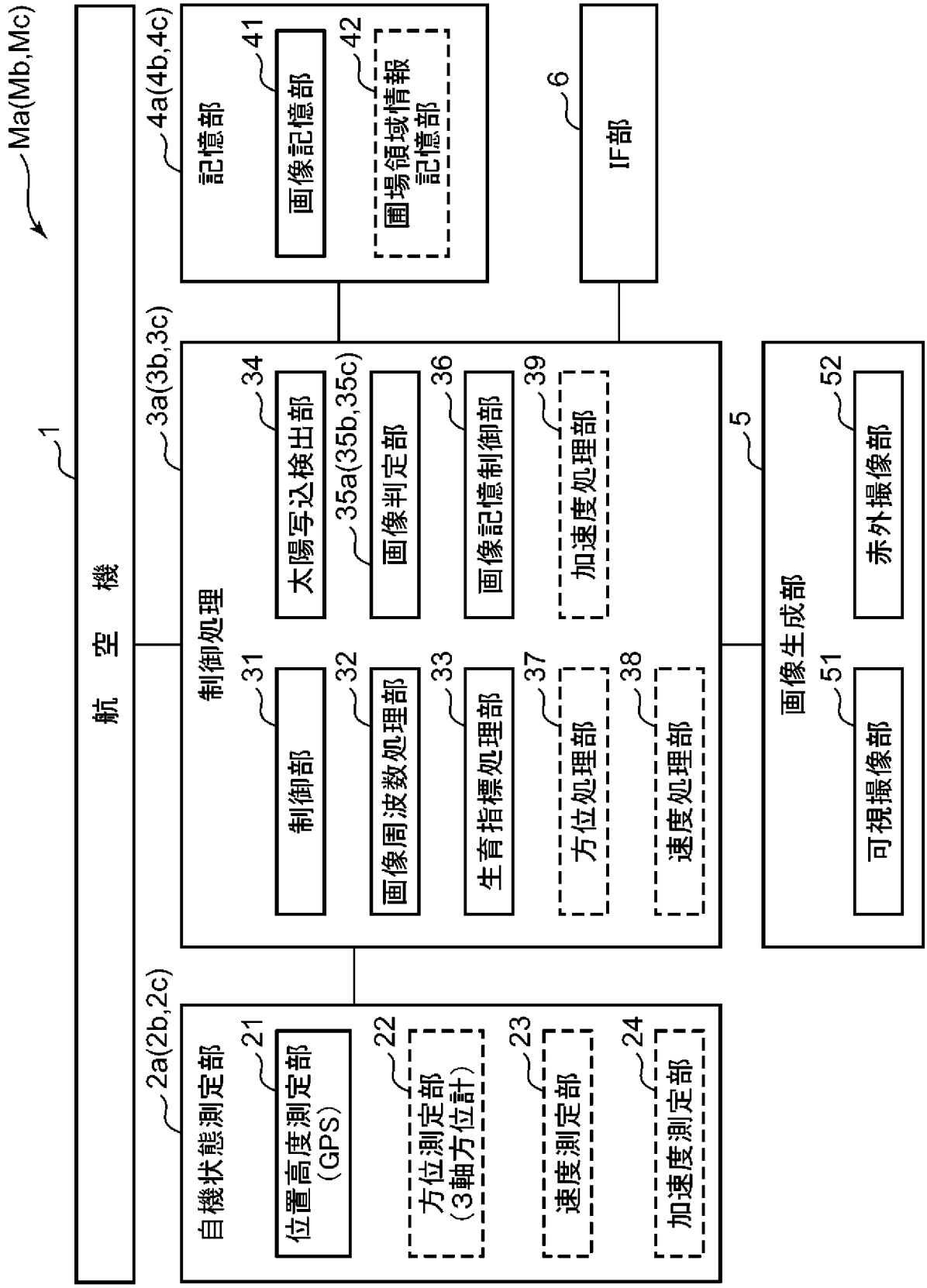
[請求項14] 画像生成装置と、植物生育指標測定装置とを備える植物生育指標測定システムであって、

前記画像生成装置は、植物における生育の度合いを表す生育指標を表した画像値の画素で構成された複数の生育指標画像であって、圃場の互いに異なる領域を含むように、互いに異なる前記複数の生育指標画像を生成し、

前記植物生育指標測定装置は、請求項１０または請求項１１に記載の植物生育指標測定装置である、

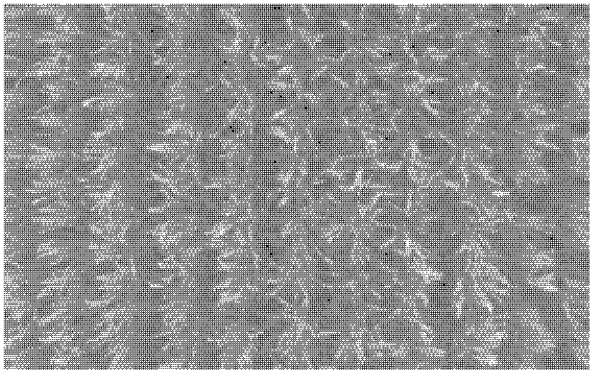
植物生育指標測定システム。

[図1]


Ma(Mb,Mc)
1
航空機
2a(2b,2c)
自機状態測定部
21
位置高度測定部（GPS）
22
方位測定部（3軸方位計）
23
速度測定部
24
加速度測定部
3a(3b,3c)
制御処理
31
制御部
32
画像周波数処理部
33
生育指標処理部
34
太陽写込検出部
35a(35b,35c)
画像判定部
36
画像記憶制御部
37
方位処理部
38
速度処理部
39
加速度処理部
4a(4b,4c)
記憶部
41
画像記憶部
42
圃場領域情報記憶部
5
画像生成部
51
可視撮像部
52
赤外撮像部
6
IF部

[図2]

A.



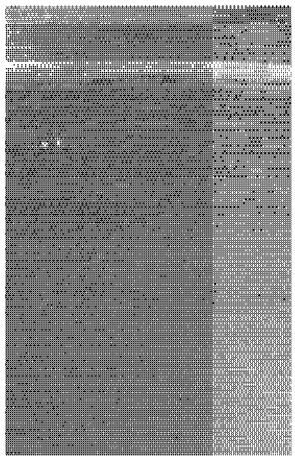
B.



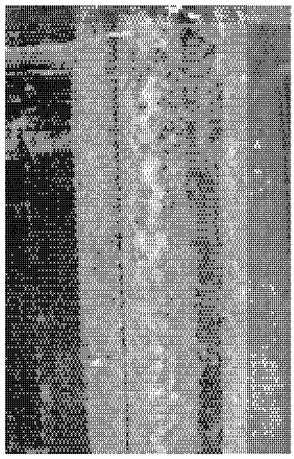
高度に応じて画像の条または条間の周波数が変化

[図3]

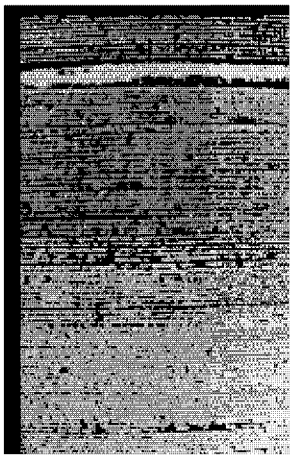
A.



C.



B.

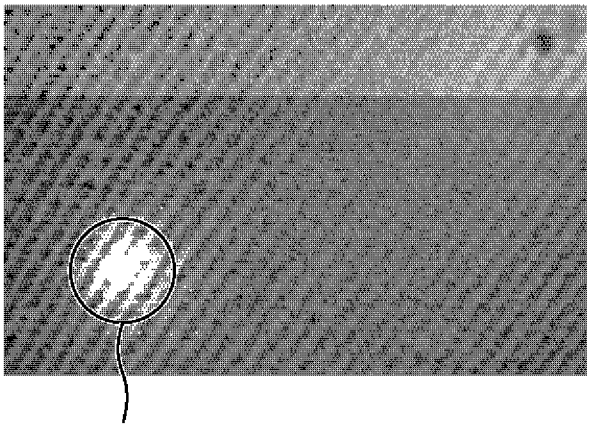


D.

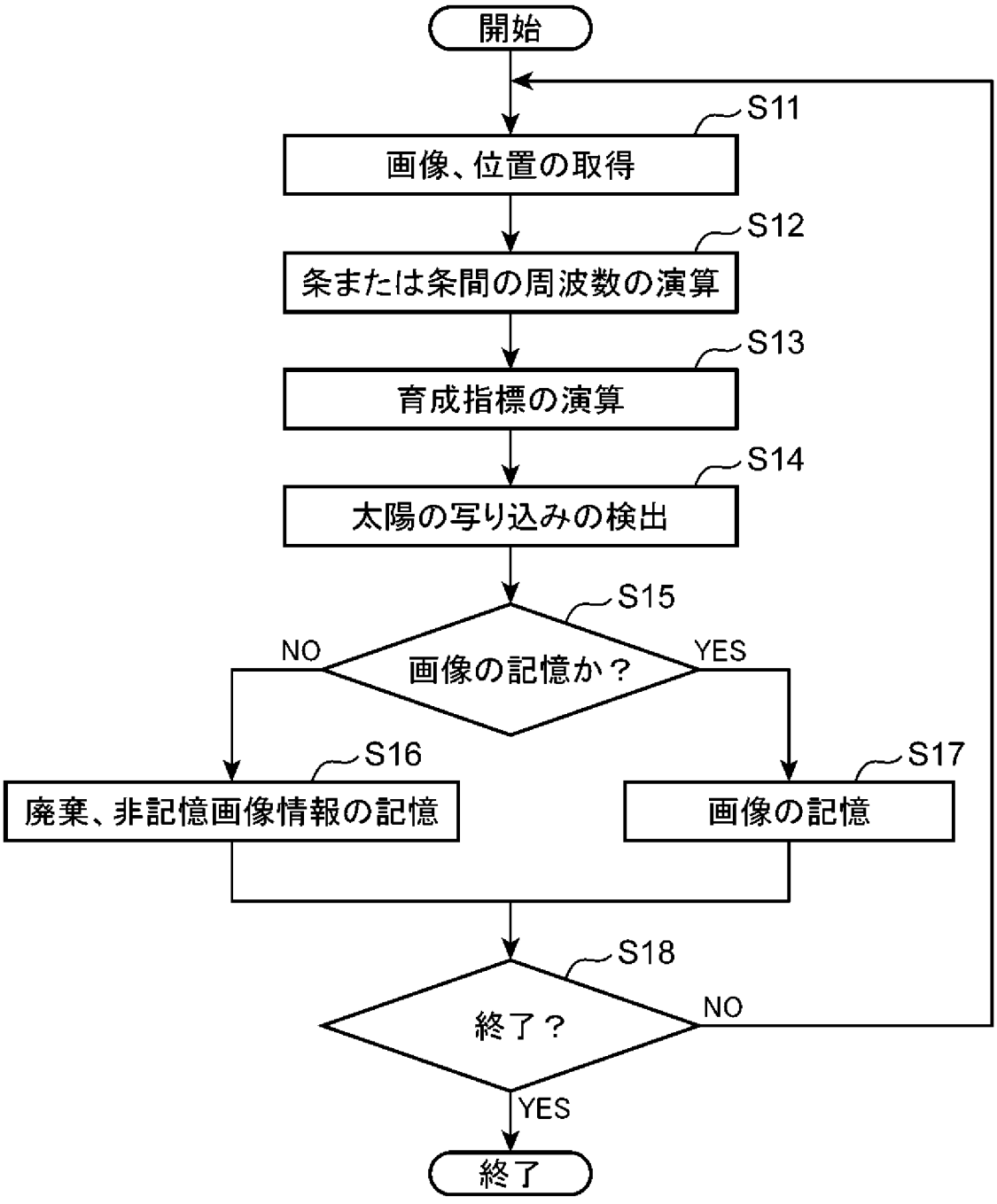


NDVIが低い領域

[図4]

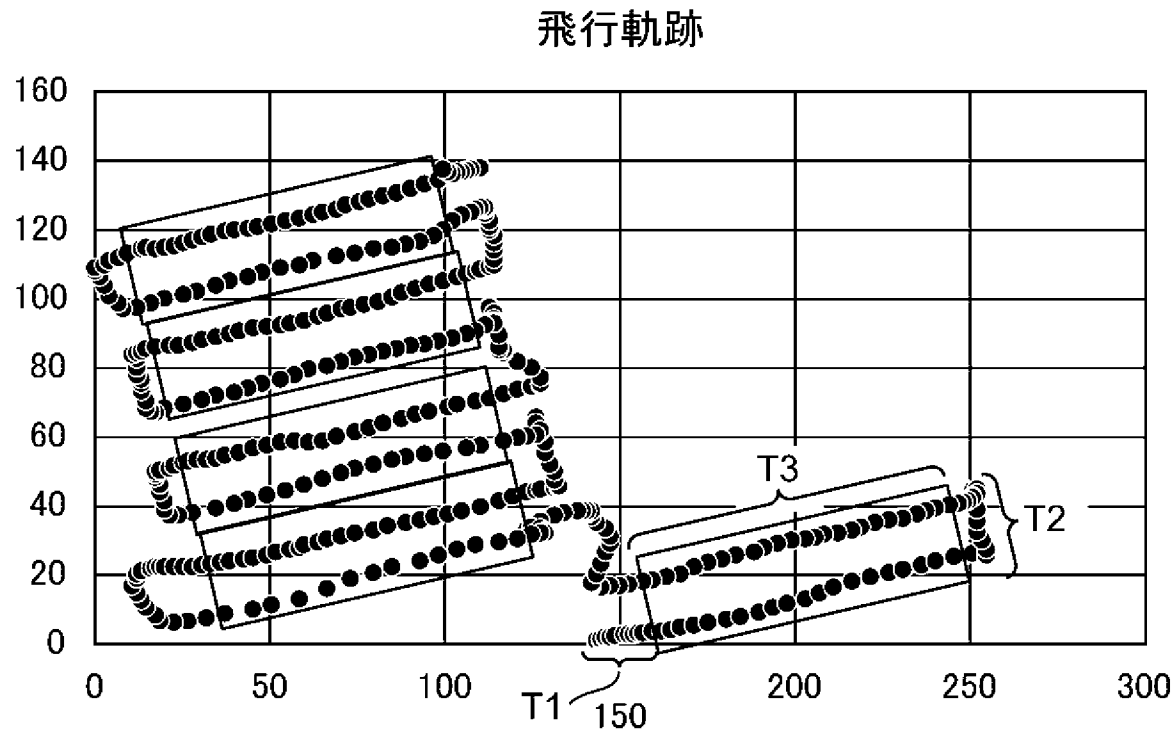

太陽の写り込み

[図5]

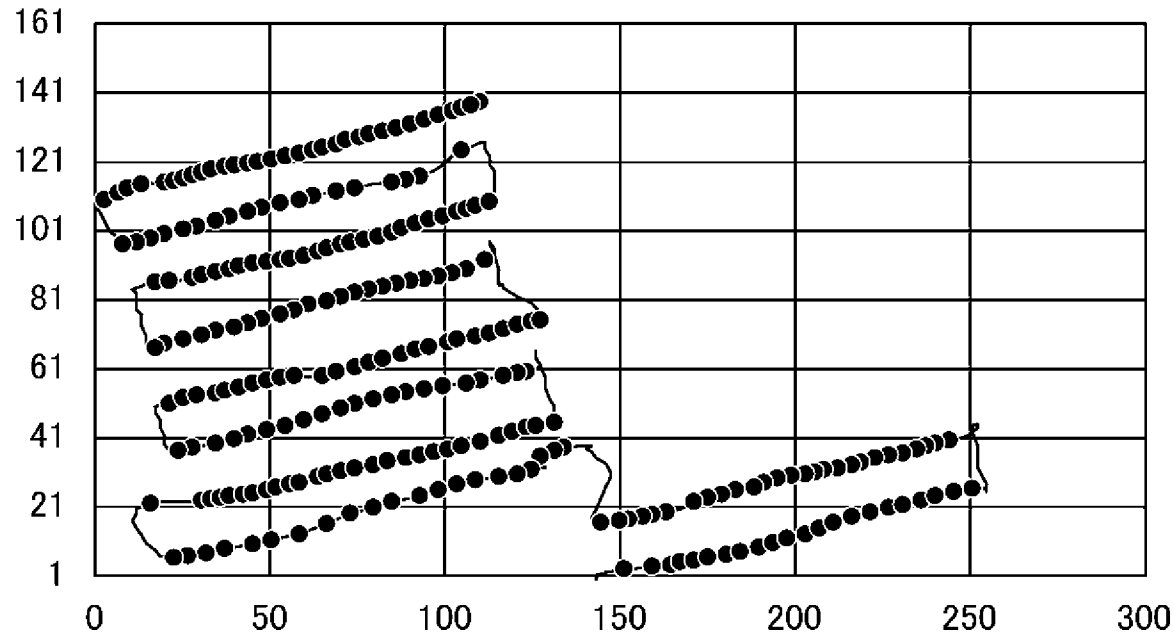

開始
S11
画像、位置の取得
S12
条または条間の周波数の演算
S13
育成指標の演算
S14
太陽の写り込みの検出
S15
画像の記憶か？
NO
YES
S16
廃棄、非記憶画像情報の記憶
S17
画像の記憶
S18
終了？
NO
YES
終了

[図6]

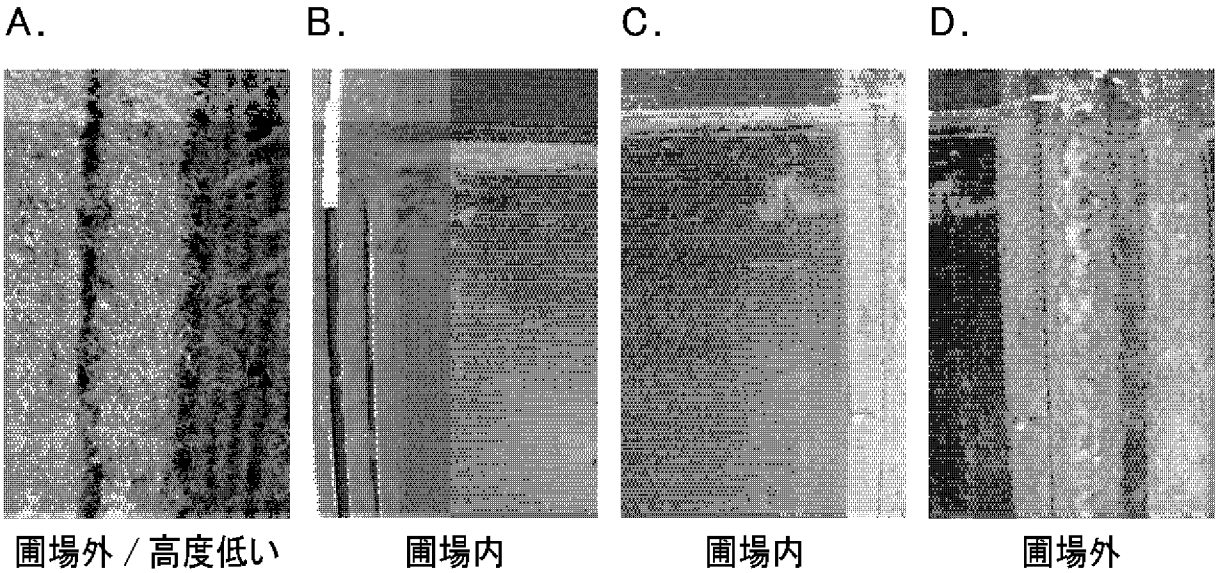
A.


飛行軌跡
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
50
100
150
200
250
300
T1
T2
T3

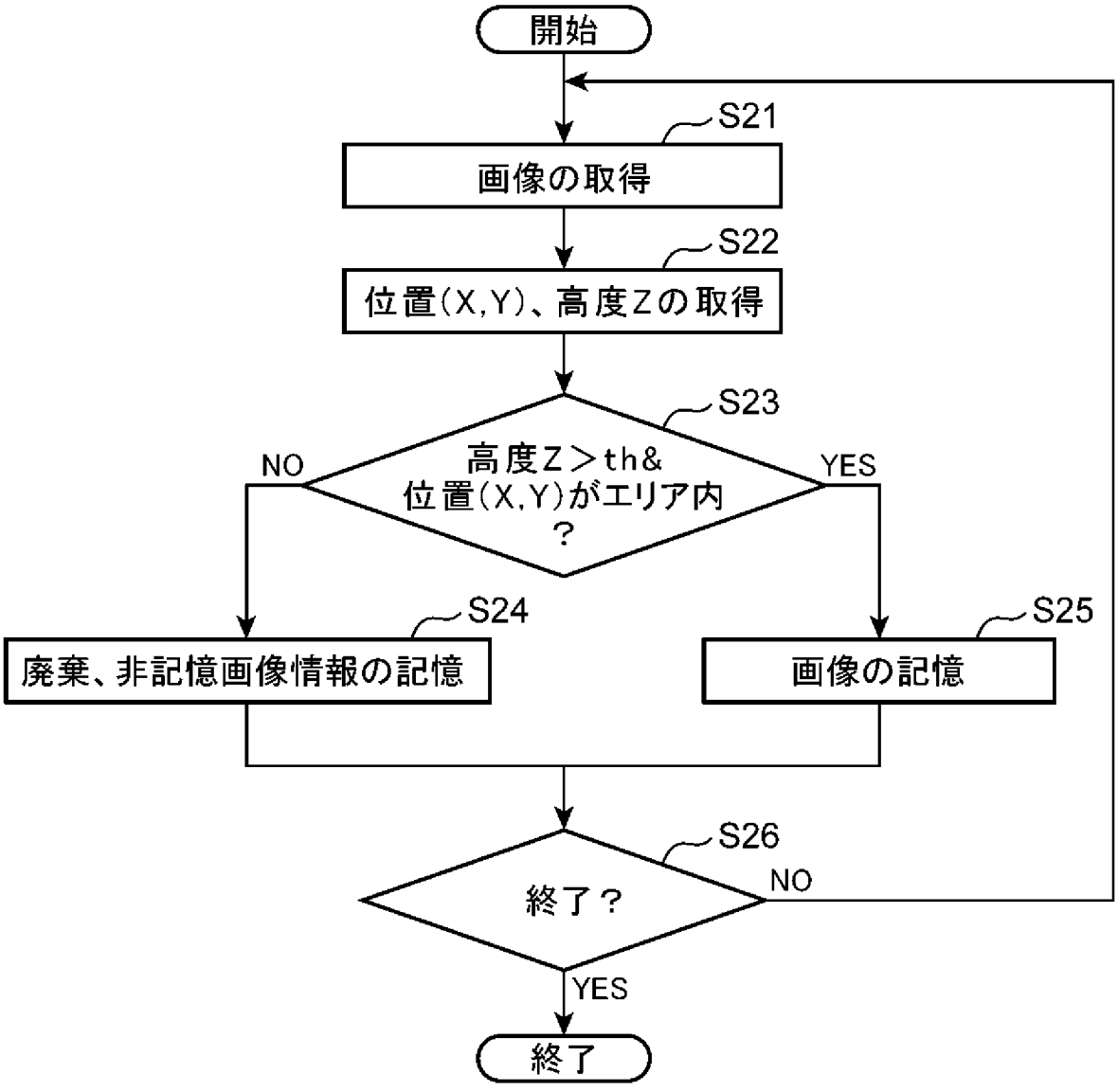
B.


画像記録の選択結果
161
141
121
101
81
61
41
21
1
0
50
100
150
200
250
300

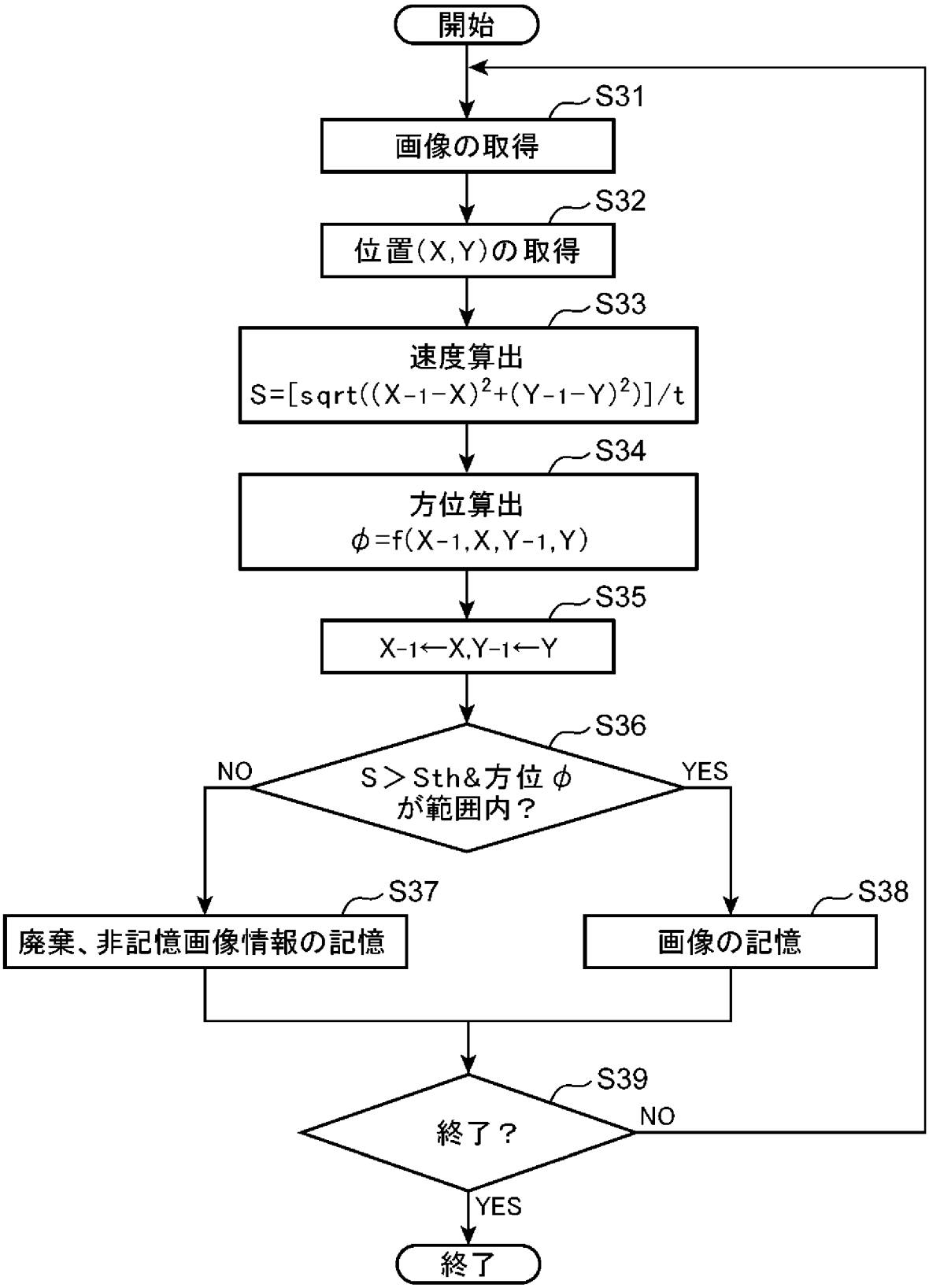
[図7]


A.
B.
C.
D.
圃場外／高度低い
圃場内
圃場内
圃場外

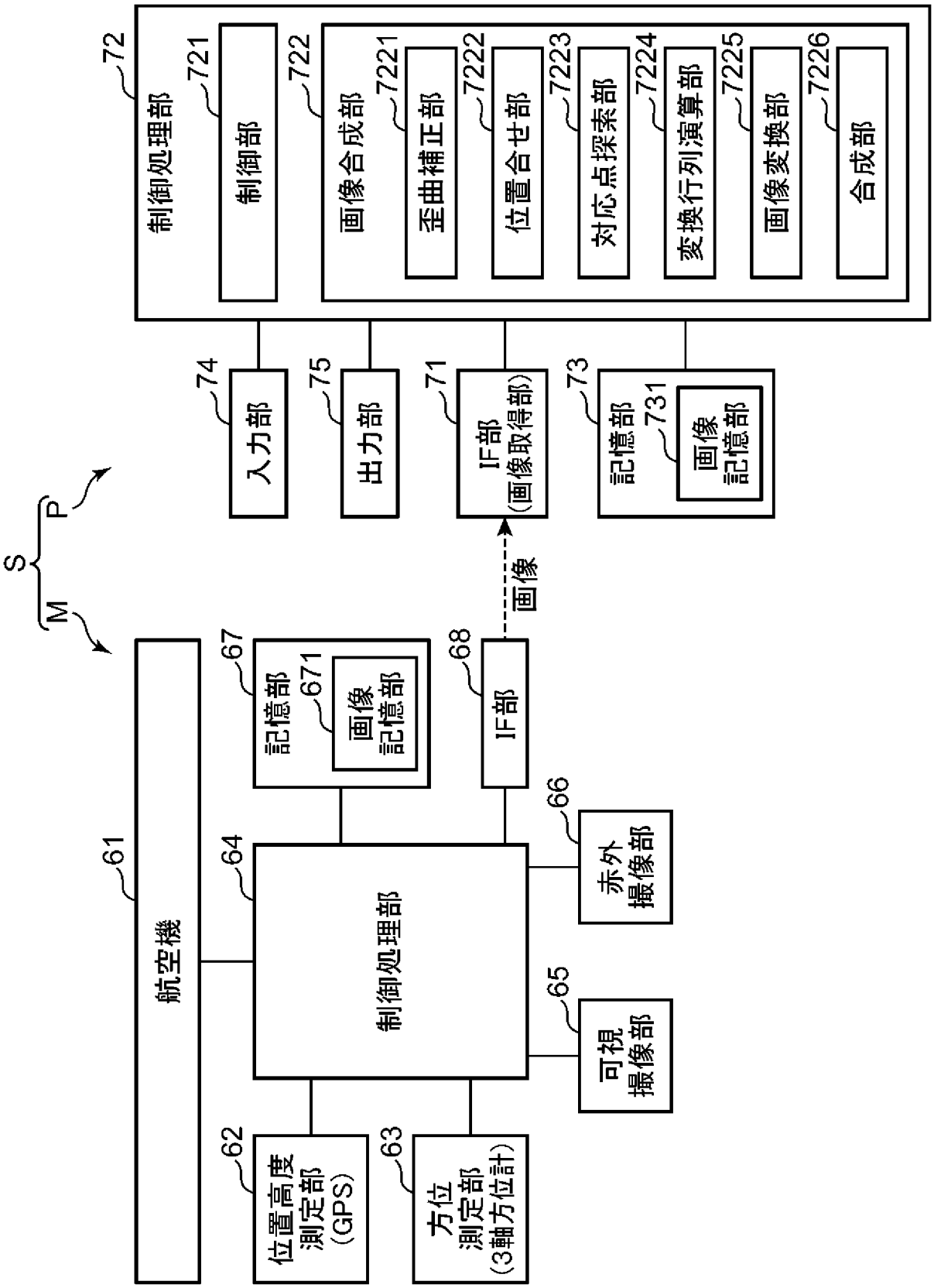
[図8]


開始
S21
画像の取得
S22
位置(X,Y)、高度Zの取得
S23
高度Z＞th&
位置(X,Y)がエリア内
？
NO
YES
S24
廃棄、非記憶画像情報の記憶
S25
画像の記憶
S26
終了？
NO
YES
終了

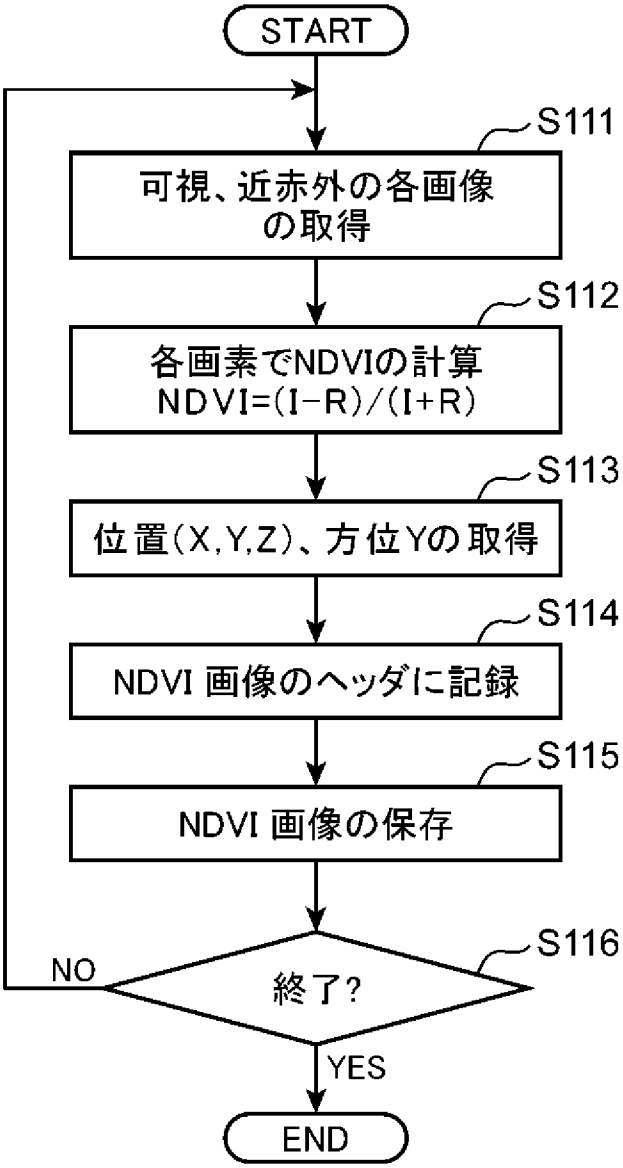
[図9]


開始
S31
画像の取得
S32
位置(X,Y)の取得
S33
速度算出
S=[sqrt((X-1-X)2+(Y-1-Y)2)]/t
S34
方位算出
ϕ=f(X-1,X,Y-1,Y)
S35
X-1←X,Y-1←Y
S36
S＞Sth&方位ϕ
が範囲内？
NO
YES
S37
廃棄、非記憶画像情報の記憶
S38
画像の記憶
S39
終了？
NO
YES
終了

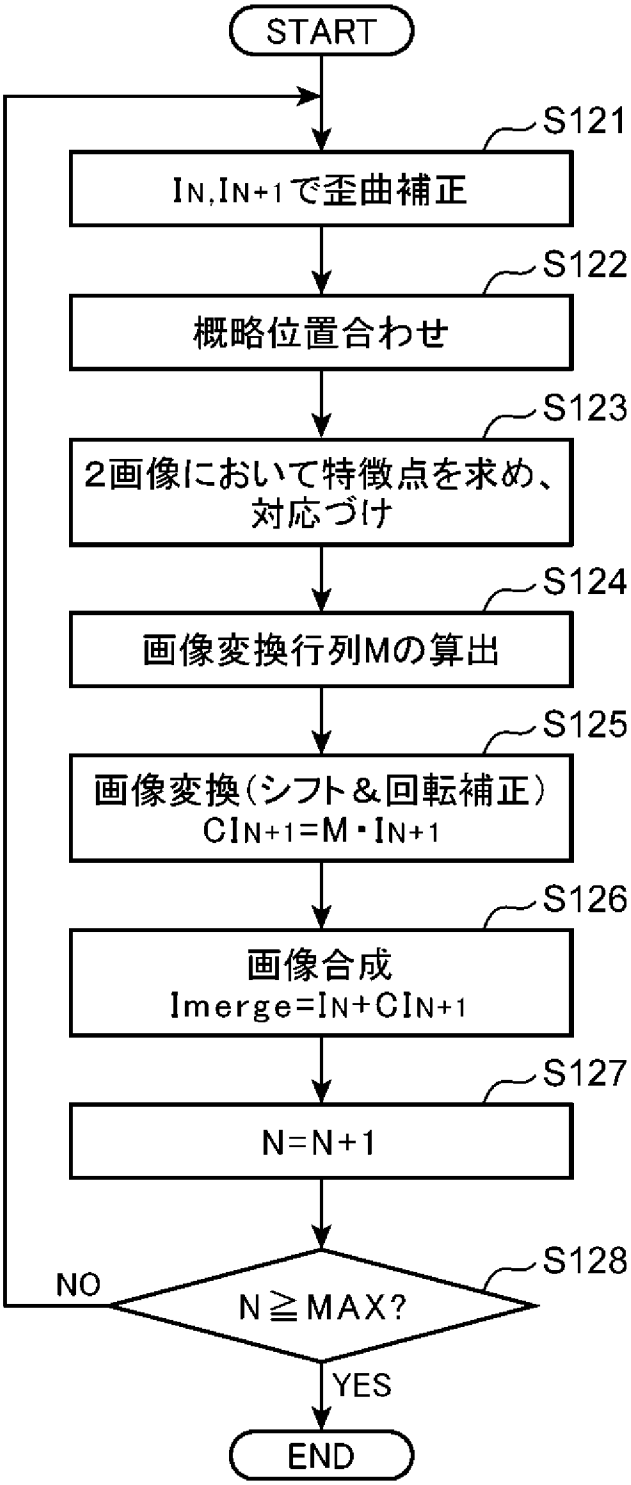
[図10]


72
制御処理部
721
制御部
722
画像合成部
7221
歪曲補正部
7222
位置合せ部
7223
対応点探索部
7224
変換行列演算部
7225
画像変換部
7226
合成部
74
入力部
75
出力部
71
IF部
(画像取得部)
73
記憶部
731
画像
記憶部
S
P
M
画像
67
記憶部
671
画像
記憶部
68
IF部
61
航空機
64
制御処理部
66
赤外
撮像部
65
可視
撮像部
62
位置高度
測定部
(GPS)
63
方位
測定部
(3軸方位計)

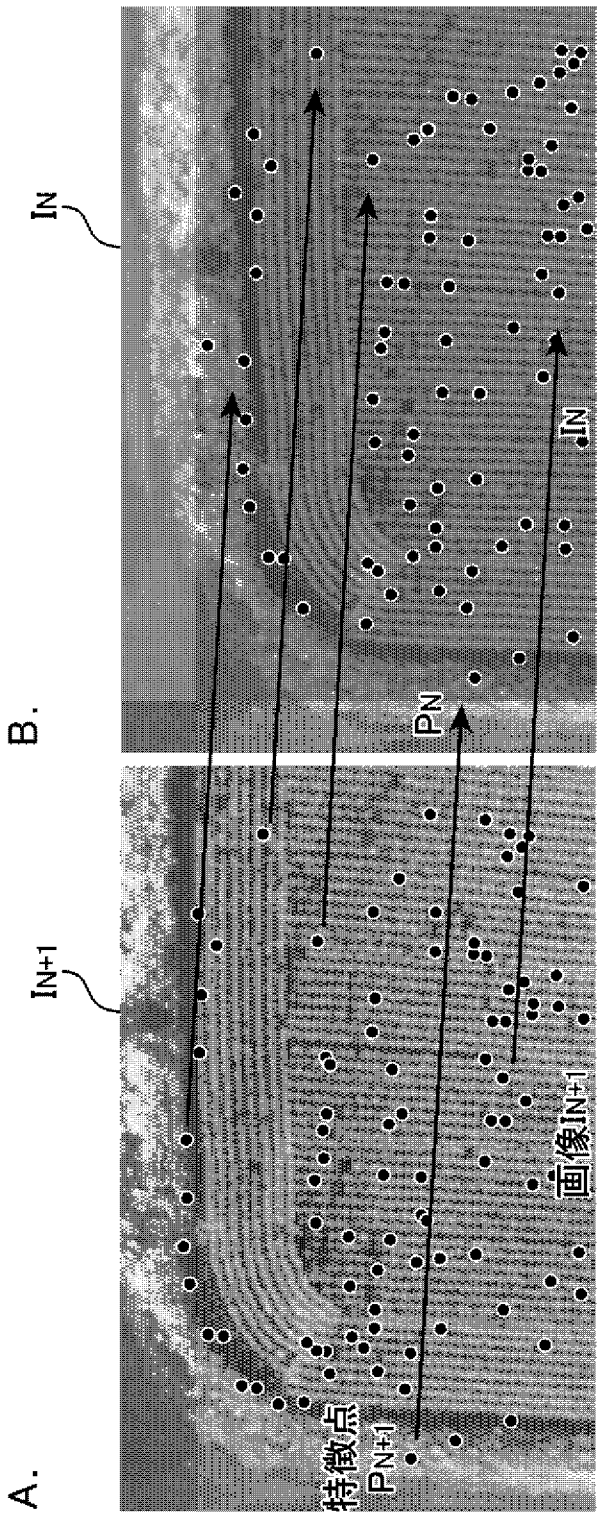
[図11]


START
S111
可視、近赤外の各画像の取得
S112
各画素でNDVIの計算
NDVI=(I−R)/(I+R)
S113
位置(X,Y,Z)、方位Yの取得
S114
NDVI 画像のヘッダに記録
S115
NDVI 画像の保存
S116
終了?
NO
YES
END

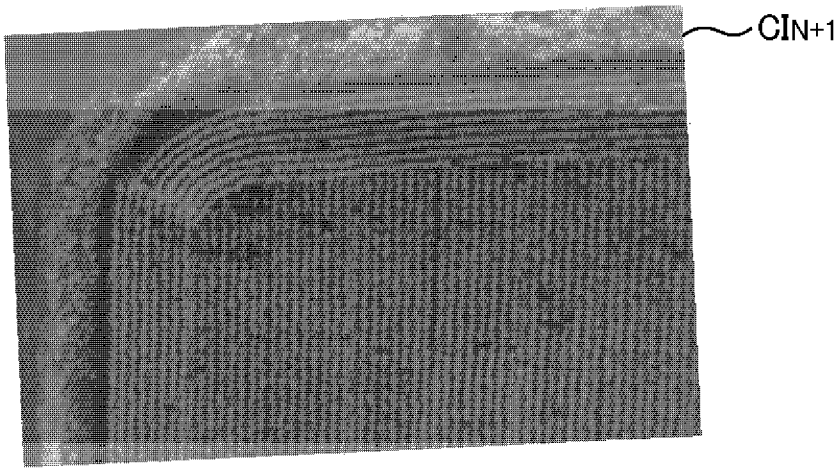
[図12]


START
S121
IN,IN+1で歪曲補正
S122
概略位置合わせ
S123
2画像において特徴点を求め、
対応づけ
S124
画像変換行列Mの算出
S125
画像変換(シフト&回転補正)
CIN+1=M・IN+1
S126
画像合成
Imerge=IN+CIN+1
S127
N=N+1
S128
N≧MAX?
NO
YES
END

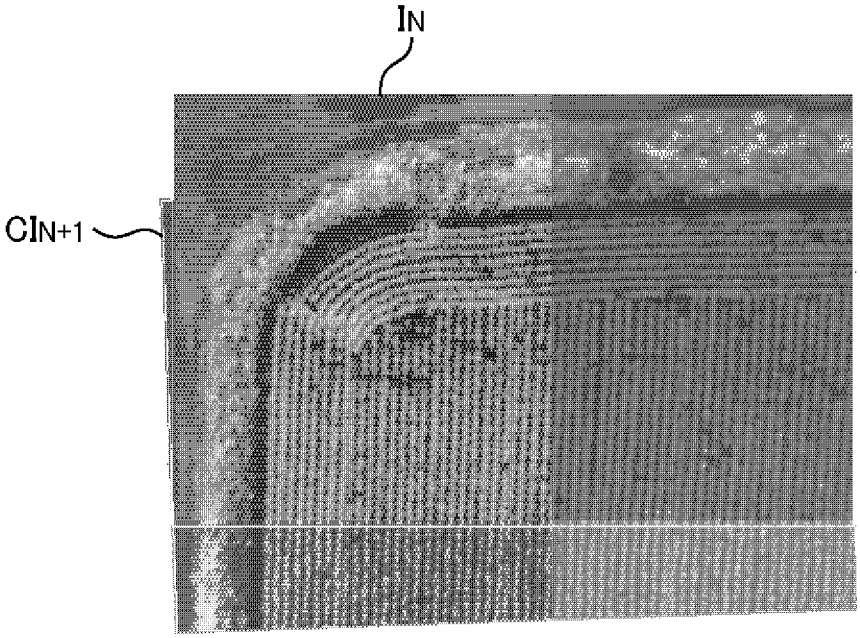
[図13]



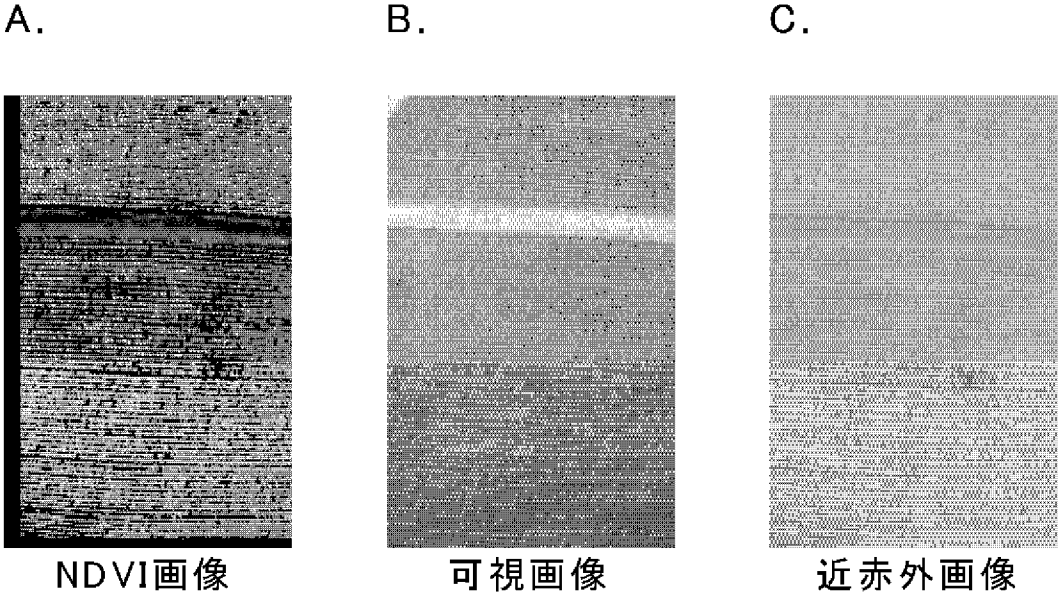
[図14]



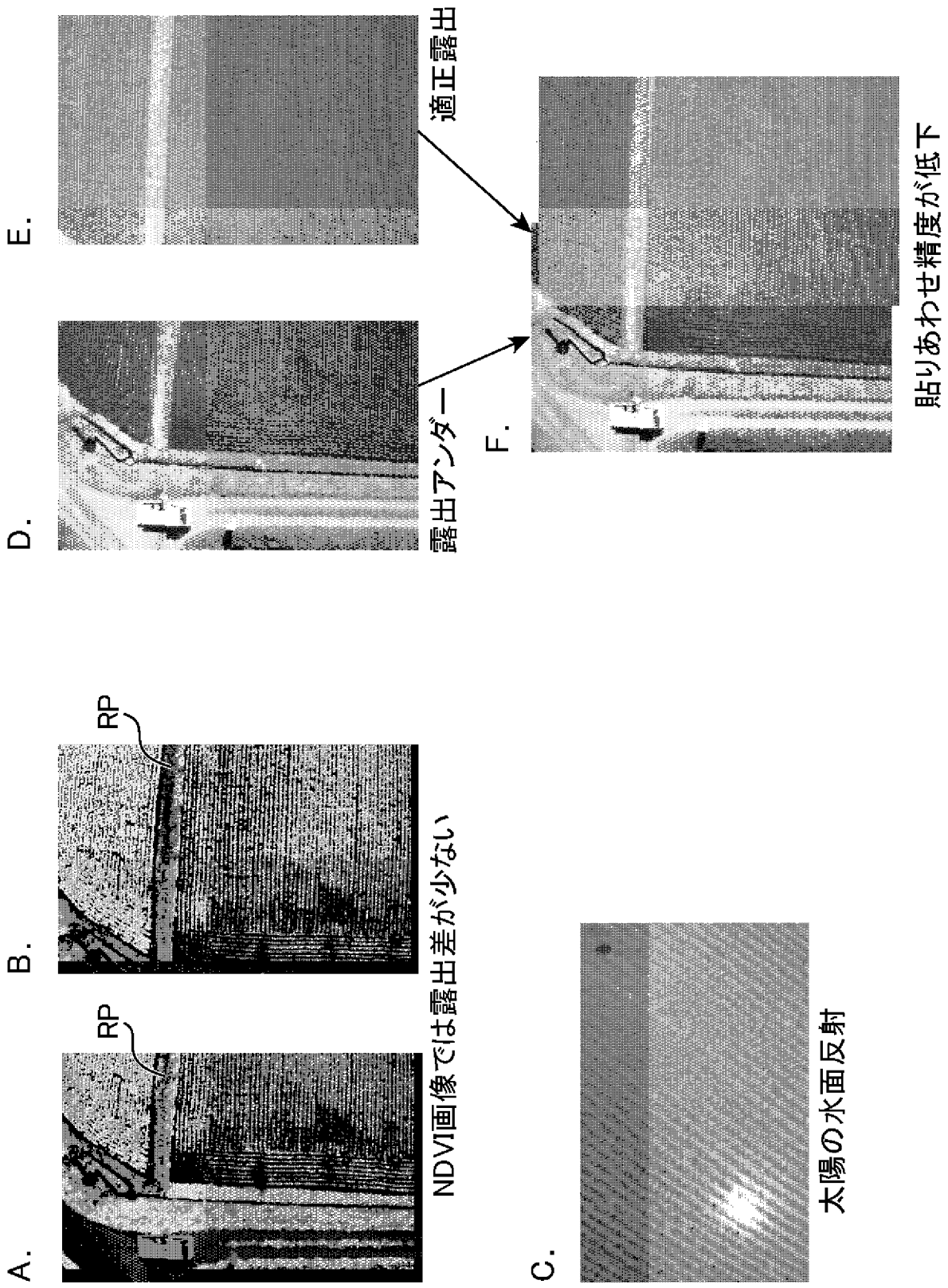

[図15]



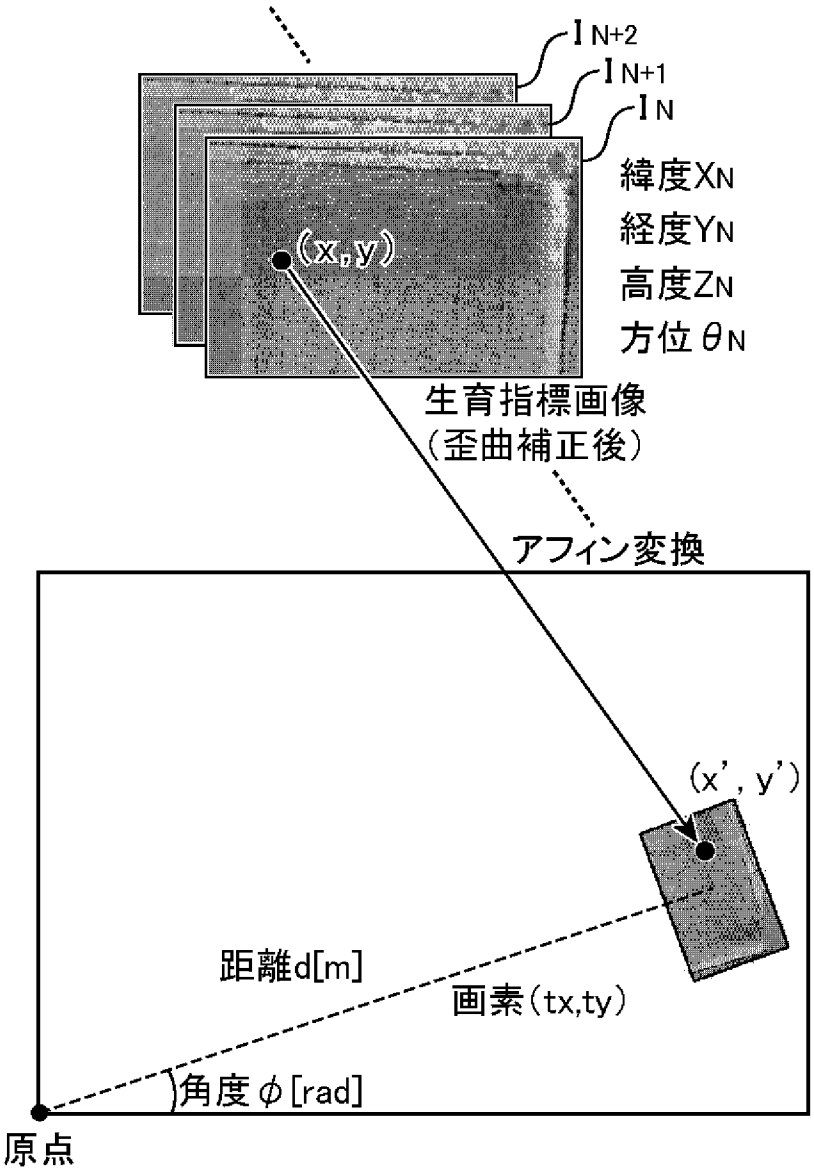

[図16]



[図17]

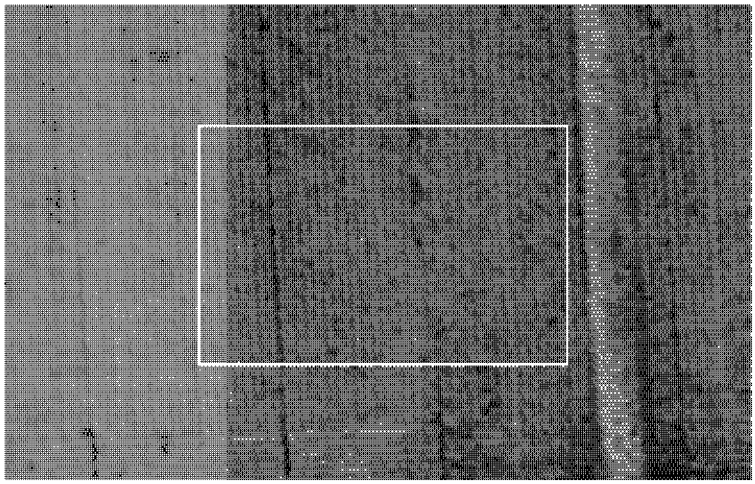

A.
RP
B.
RP
NDVI画像では露出差が少ない
C.
太陽の水面反射
D.
露出アンダー
E.
適正露出
F.
貼りあわせ精度が低下

[図18]

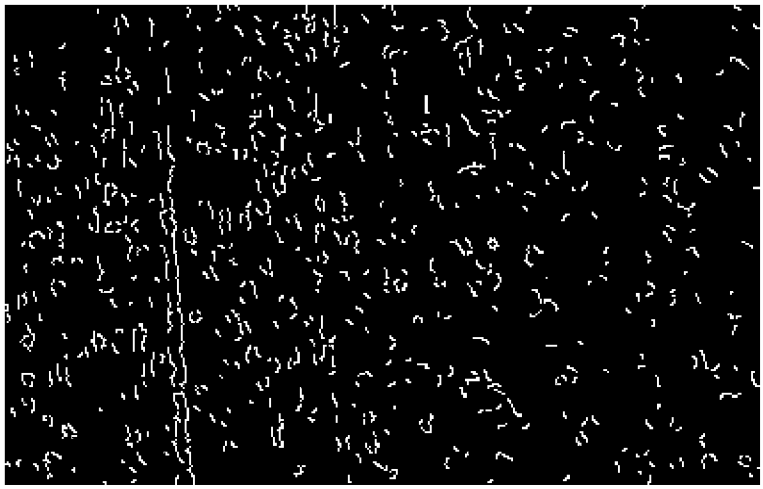

I N+2
I N+1
I N
緯度XN
経度YN
高度ZN
方位θN
(x,y)
生育指標画像
(歪曲補正後)
アフィン変換
(x', y')
距離d[m]
画素(tx,ty)
角度φ[rad]
原点

[図19]

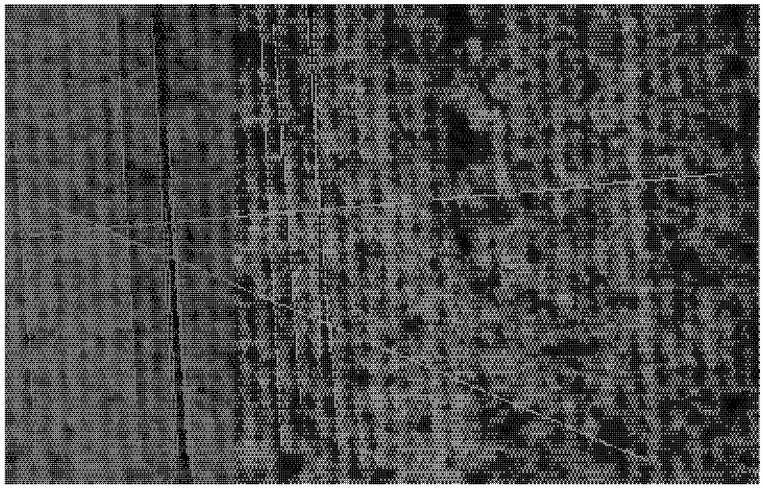
A.



B.



C.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/020022

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*A01G7/00*(2006.01)i, *G01N21/27*(2006.01)i, *G06T1/00*(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A01G7/00, G01N21/27, G06T1/00

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2017 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2017 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2017 |

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<br>A | JP 2003-339238 A (Satake Corp.),<br>02 December 2003 (02.12.2003),<br>claims; fig. 3<br>(Family: none) | 10-14<br>1-9 |
| A | JP 2009-176163 A (Hitachi Software Engineering Co., Ltd.),<br>06 August 2009 (06.08.2009),<br>(Family: none) | 1-14 |
| Y<br>A | JP 2011-204121 A (Pasco Corp.),<br>13 October 2011 (13.10.2011),<br>claims; paragraph [0023]; fig. 2<br>(Family: none) | 10-14<br>1-9 |

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

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

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 18 August 2017 (18.08.17) | 29 August 2017 (29.08.17) |

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

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/JP2017/020022

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | JP 2006-250827 A (Pasco Corp.), 21 September 2006 (21.09.2006), (Family: none) | 1-14 |
| A | US 2015/0278640 A1 (FI2 SOLUTIONS, LLC), 01 October 2015 (01.10.2015), (Family: none) | 1-14 |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０２００２２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A01G7/00(2006.01)i, G01N21/27(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A01G7/00, G01N21/27, G06T1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|---|---|
| 日本国実用新案公報 | １９２２－１９９６年 |
| 日本国公開実用新案公報 | １９７１－２０１７年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０１７年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０１７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<br>A | JP 2003-339238 A（株式会社サタケ）2003.12.02,　[特許請求の範囲]、[図３]　（ファミリーなし） | 10-14<br>1-9 |
| A | JP 2009-176163 A（日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社）2009.08.06,（ファミリーなし） | 1-14 |
| Y<br>A | JP 2011-204121 A（株式会社パスコ）2011.10.13,　[特許請求の範囲][００２３][図２]　（ファミリーなし） | 10-14<br>1-9 |

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

| 国際調査を完了した日 | 国際調査報告の発送日 |
|---|---|
| １８．０８．２０１７ | ２９．０８．２０１７ |


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

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｂ　９５０７
竹中　靖典
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２３７

C（続き）．　関連すると認められる文献

| 引用文献のカテゴリー＊ | 引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する請求項の番号 |
|---|---|---|
| A | JP 2006-250827 A (株式会社パスコ) 2006.09.21, (ファミリーなし) | 1-14 |
| A | US 2015/0278640 A1 (FI2 SOLUTIONS, LLC) 2015.10.01, (ファミリーなし) | 1-14 |