

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-4646
(P2018-4646A)

(43) 公開日 平成30年1月11日(2018.1.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/3563 (2014.01)	GO 1 N 21/3563	2 G O 5 9
GO 1 N 21/359 (2014.01)	GO 1 N 21/359	
GO 1 N 33/02 (2006.01)	GO 1 N 33/02	

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2017-130491 (P2017-130491)
 (22) 出願日 平成29年7月3日(2017.7.3)
 (31) 優先権主張番号 P12016001261
 (32) 優先日 平成28年7月5日(2016.7.5)
 (33) 優先権主張国 マレーシア(MY)

(71) 出願人 000005049
 シャープ株式会社
 大阪府堺市堺区匠町1番地
 (74) 代理人 100101683
 弁理士 奥田 誠司
 (74) 代理人 100155000
 弁理士 喜多 修市
 (74) 代理人 100139930
 弁理士 山下 亮司
 (74) 代理人 100125922
 弁理士 三宅 章子
 (74) 代理人 100135703
 弁理士 岡部 英隆
 (74) 代理人 100184985
 弁理士 田中 悠

最終頁に続く

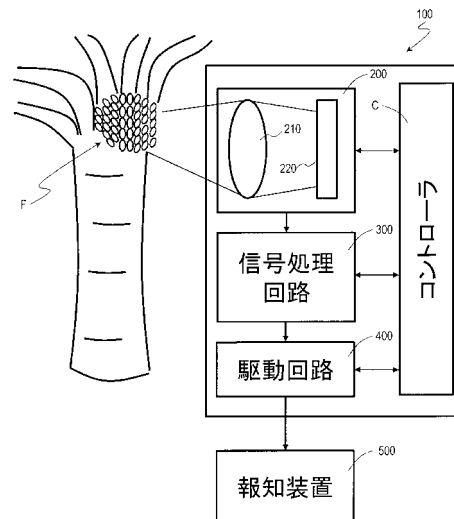
(54) 【発明の名称】 熟度判定装置および熟度判定方法

(57) 【要約】

【課題】 農作業者の負担を低減し、かつ、収穫作業の効率を落とすことなく、収穫対象の収穫すべきタイミングを精度よく判定する熟度判定装置を提供する。

【解決手段】 熟度判定装置100は、複数の第1および第2画素を含む複数の画素を有する画像を取得する撮像装置200と、複数の第1および第2画素から得られる画素値に基づいて、予め決められた基準値を基準として第1波長帯域の光の強度分布の面積率を求め、面積率に応じて熟度判定情報を生成するように構成された信号処理回路300と、を備える。第1画素は、第1波長帯域の光を透過させる第1光透過フィルタを有し、第2画素は、第2波長帯域の光を透過させる第2光透過フィルタを有する。第1波長帯域は、青果物からの反射光の強度が熟度に応じて変化する波長帯域であり、第2波長帯域は、青果物からの反射光の強度が熟度に依らず略等しい波長帯域である。

【選択図】 図19



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

青果物の熟度を判定する熟度判定装置であって、

1次元または2次元に配列された複数の画素を有し、前記青果物の少なくとも一部を撮像して画像を取得する撮像装置であって、前記複数の画素は、各々が第1波長帯域の光を選択的に透過させる第1光透過フィルタを有する複数の第1画素、および、各々が第2波長帯域の光を選択的に透過させる第2光透過フィルタを有する複数の第2画素を含み、前記第1波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に応じて変化する波長帯域であり、前記第2波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に依らず略等しい波長帯域である、撮像装置と、

10

前記複数の第1および第2画素から得られる画素値に基づいて、予め決められた基準値を基準として前記第1波長帯域の光の強度分布の面積率を求め、前記面積率に応じて熟度判定情報を生成するように構成された信号処理回路と、
を備える熟度判定装置。

【請求項 2】

前記第1波長帯域は、近赤外光の波長帯域である、請求項1に記載の熟度判定装置。

【請求項 3】

前記第1波長帯域は、800nmから900nmまでの近赤外光の波長帯域である、請求項2に記載の熟度判定装置。

【請求項 4】

前記第2波長帯域は、青色の光の波長帯域である、請求項1から3のいずれかに記載の熟度判定装置。

20

【請求項 5】

前記信号処理回路は、

前記複数の第1画素から得られる画素値を、前記複数の第1画素と関連付けられた前記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算し、

前記除算対象の画素の中から第1閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記複数の第1画素の数に対する算出された前記画素の数の第1比率を求め、

前記第1比率と第2閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成する、請求項1から4のいずれかに記載の熟度判定装置。

30

【請求項 6】

前記複数の画素は、各々が第3波長帯域の光を選択的に透過させる第3光透過フィルタを有する複数の第3画素をさらに含み、前記第3波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に応じて変化する、前記第1波長帯域とは異なる波長帯域であり、

前記信号処理回路は、前記複数の第1、第2および第3画素から得られる画素値に基づいて前記熟度判定情報を生成する、請求項1から4のいずれかに記載の熟度判定装置。

【請求項 7】

前記第3波長帯域は、赤色の光の波長帯域である、請求項6に記載の熟度判定装置。

【請求項 8】

前記複数の第1、第2および第3画素は、互いに関連付けられている、請求項6または7に記載の熟度判定装置。

40

【請求項 9】

前記信号処理回路は、

前記複数の第1画素から得られる画素値に、前記複数の第3画素から得られる画素値を画素毎に加算して得られる加算値を、前記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算し、

除算対象の画素の中から第1閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記除算対象の画素の数に対する算出された前記画素の数の第1比率を求め、

前記第1比率と第2閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成する、請求項8に記載の熟度判定装置。

50

【請求項 10】

前記信号処理回路は、

前記複数の第 1 画素から得られる画素値から、前記複数の第 3 画素から得られる画素値を画素毎に減算して得られる減算値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算し、

除算対象の画素の中から第 1 閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記除算対象の画素の数に対する算出された前記画素の数の第 1 比率を求め、

前記第 1 比率と第 2 閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成する、請求項 8 に記載の熟度判定装置。

【請求項 11】

10

前記信号処理回路は、

前記複数の第 1 画素から得られる画素値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算し、

前記除算対象の画素の中から第 1 閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記複数の第 1 画素の数に対する算出された前記画素の数の第 1 比率を求め、

前記複数の第 3 画素から得られる画素値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算し、前記除算対象の画素の中から第 2 閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記複数の第 3 画素の数に対する算出された前記画素の数の第 2 比率を求め、

前記第 1 比率と第 3 閾値との比較結果、および、前記第 2 比率と第 4 閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成する、請求項 8 に記載の熟度判定装置。

20

【請求項 12】

前記信号処理回路は、

前記複数の第 1 画素から得られる画素値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算して取得される第 1 除算値に対する、前記複数の第 3 画素から得られる画素値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算して取得される第 2 除算値の第 3 比率を算出し、

前記第 3 比率と第 5 閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成する、請求項 8 に記載の熟度判定装置。

【請求項 13】

30

前記複数の画素は、各々が緑色の光を選択的に透過させる第 4 光透過フィルタを有する複数の第 4 画像をさらに含み、前記第 2 波長帯域は、青色の光の波長帯域であり、前記第 3 波長帯域は、赤色の光の波長帯域であり、

前記信号処理回路は、前記複数の第 2、第 3 および第 4 画素から得られる画素値に基づいてカラー画像を生成し、かつ、前記基準値の情報を含み、前記熟度を表す熟度画像を前記熟度判定情報に基づいて生成する、請求項 6 から 12 のいずれかに記載の熟度判定装置。

【請求項 14】

前記熟度判定情報を外部に出力する出力インタフェースをさらに備える、請求項 1 から 13 のいずれかに記載の熟度判定装置。

40

【請求項 15】

前記熟度判定装置と接続することが可能であり、前記熟度を報知する報知装置を駆動するための駆動信号を前記熟度判定情報に応じて生成する駆動回路をさらに備える、請求項 1 から 13 のいずれかに記載の熟度判定装置。

【請求項 16】

前記熟度を報知する報知装置と、

前記報知装置を駆動するための駆動信号を前記熟度判定情報に応じて生成する駆動回路と、

をさらに備える、請求項 1 から 12 のいずれかに記載の熟度判定装置。

【請求項 17】

50

前記報知装置は、前記駆動信号に応じて光を発光する光学機器、前記駆動信号に応じて音を出力する音出力器、前記駆動信号に応じて振動する振動機器、および、前記駆動信号に応じて熟度情報を表示する表示装置の少なくとも1つを備える、請求項15または16に記載の熟度判定装置。

【請求項18】

表示装置と、
前記表示装置を駆動するための駆動信号を前記熟度判定情報に応じて生成する駆動回路と、
をさらに備え、

前記表示装置は、前記駆動信号に応じて前記カラー画像に前記熟度画像を重畳して表示する、請求項13に記載の熟度判定装置。

10

【請求項19】

前記信号処理回路は、前記熟度判定情報に基づいて前記青果物の採取の可否を判定する、請求項1から18のいずれかに記載の熟度判定装置。

【請求項20】

前記青果物の収穫時において前記青果物からの反射光は、青色の光から近赤外光までの波長帯域の間で、光の波長が長くなるほど強度が大きくなる光学特性を有する、請求項1から19のいずれかに記載の熟度判定装置。

【請求項21】

前記青果物は、多数の果実を有する房である、請求項1から20のいずれかに記載の熟度判定装置。

20

【請求項22】

青果物の熟度を判定する方法であって、

前記青果物の少なくとも一部を含む画像を受け取る工程であって、前記画像は、少なくとも第1および第2波長帯域の光の強度分布を含み、前記第1波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に応じて変化する波長帯域であり、前記第2波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に依らず略等しい波長帯域である、工程と、

前記第2波長帯域の光の強度分布を考慮して、前記第1波長帯域の光の強度分布の面積率を予め決められた基準値を基準として求める工程と、

前記面積率に応じて熟度判定情報を生成する工程と、

30

を包含する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熟度判定装置および熟度判定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

青果物の収穫対象の経済的価値は、収穫対象に含まれる特定の成分の含有量によって左右される。例えば、パームヤシの房（パーム果実）は、多数（例えば1000～3000個）の果実を有し、それぞれの果実は、果皮（果肉とも呼ばれる。）と、中果皮と、種子（「パーム核」とも呼ばれる。）とを含む。収穫対象がパームヤシの房である場合、果実の中果皮やパーム核に含まれる油の含有量が重要視される。中果皮に含まれる油は一般的に、「パーム油」と呼ばれ、パーム核に含まれる油は一般的に、「パーム核油」と呼ばれる。パームヤシの果実に含まれる油の含有量は、パームヤシの房（具体的には、果実）の完熟度に応じて異なることが知られている。具体的に説明すると、完熟した果実の油の含有率は、未完熟（未熟）、やや未完熟（やや未熟）または過熟の果実の油の含有率よりも高いことが知られている。例えば、完熟時の油の含有率は、未完熟時のそれよりも3倍程度高い。

40

【0003】

例えばマレーシアでは、マレーシアパームオイル委員会（MPOB）が果実の完熟度に

50

関するガイドラインを策定している。パームヤシの農場で働く農業者は現在、そのガイドラインに従って果実の採取の可否を主観的に判断している。上述したように、パームヤシの房の熟度は、油の収穫量に大きく影響する。そのため、農業者の主観による採取の誤判断が、その収穫量に大きく影響を及ぼし得る。実際に、農業者が完熟とやや未熟とを正確に区別して判定することは難しく、これが油の収穫量を低下させる一因となっている。

【0004】

そこで、被検体（収穫対象）であるパームヤシの房を破壊せずに、つまり非破壊で、近赤外光を利用して様々な特性を測定する測定装置が開発されている。そのような測定装置は、被検体に所定の波長の近赤外光を照射し、被検体からの光の反射率から測定すべき特性を測定する。

10

【0005】

特許文献1は、ハイパースペクトルイメージング技術を用いてパームヤシの果実の完熟度を判別するシステムを開示している。また、特許文献1は、近赤外光の波長帯域において、果実の完熟度に応じて反射率が変化する特性を開示している。このシステムでは、収穫されたパームヤシの房をスペクトルカメラで撮像してサンプル画像が取得され、果実の完熟度に応じて反射率が変化する特性に基づいてサンプル画像を解析することでパームヤシの果実の完熟度が判別される。

【0006】

特許文献2は、近赤外光波長フィルタを通過した光に基づく光電変換素子からの出力を用いて糖度推定式により青果物の糖度を算出する非破壊糖度計を開示している。特許文献3は、近赤外光の二つの特定波長成分の強度比に基づいて青果物の熟度を判定する非破壊測定装置を開示している。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】国際公開第2012/074372号

【特許文献2】特開2000-356591号公報

【特許文献3】特開平8-122250号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述したように、収穫対象の経済的価値は、収穫対象に含まれる特定の成分の含有量によって左右される。このため、収穫対象に含まれる特定の成分の含有量が多いタイミングで収穫対象を収穫することが望ましい。例えば、収穫対象がパームヤシの房である場合、パーム油やパーム核油の含有量が多いタイミングで収穫対象を収穫することが望まれる。

【0009】

しかし、特許文献1に開示されたシステムは屋内用として開発され、屋外で利用されることについて十分に考慮されていない。そのため、システムの規模は大きく、特に、ハイパースペクトルカメラは高価であるので、システムのコストも必然と増大する。また、高温多湿の環境下ではハイパースペクトルカメラの耐久性は決して高いとは言えない。そのため、例えば、パームヤシの房の適した収穫タイミングを判定するために、パームヤシ農園においてハイパースペクトルカメラを用いて木に成るパームヤシの房を撮影し、その場で熟度を判定することは非常に困難であると言える。仮に、ハイパースペクトルカメラを用いてその場で収穫タイミングを判定し、経済的価値の高いパームヤシの房を収穫することができたとする。しかしながら、大規模なシステムによって農業者の負担が増えて収穫作業全体の効率が低下してしまう。その結果、生産者は、収穫対象物の経済的価値が向上するという恩恵を十分に享受することができなくなる。

40

【0010】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、農業者の負担を低減し

50

、かつ、収穫作業の効率を落とすことなく、収穫対象の収穫すべきタイミングを精度よく判定する熟度判定装置および熟度判定方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の実施形態による熟度判定装置は、青果物の熟度を判定する熟度判定装置であって、1次元または2次元に配列された複数の画素を有し、前記青果物の少なくとも一部を撮像して画像を取得する撮像装置であって、前記複数の画素は、各々が第1波長帯域の光を選択的に透過させる第1光透過フィルタを有する複数の第1画素、および、各々が第2波長帯域の光を選択的に透過させる第2光透過フィルタを有する複数の第2画素を含み、前記第1波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に応じて変化する波長帯域であり、前記第2波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に依らず略等しい波長帯域である、撮像装置と、前記複数の第1および第2画素から得られる画素値に基づいて、予め決められた基準値を基準として前記第1波長帯域の光の強度分布の面積率を求め、前記面積率に応じて熟度判定情報を生成するように構成された信号処理回路と、を備える。

10

【0012】

ある実施形態において、前記第1波長帯域は、近赤外光の波長帯域であってもよい。

【0013】

ある実施形態において、前記第1波長帯域は、800nmから900nmまでの近赤外光の波長帯域であってもよい。

20

【0014】

ある実施形態において、前記第2波長帯域は、青色の光の波長帯域であってもよい。

【0015】

ある実施形態において、前記信号処理回路は、前記複数の第1画素から得られる画素値を、前記複数の第1画素と関連付けられた前記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算し、前記除算対象の画素の中から第1閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記複数の第1画素の数に対する算出された前記画素の数の第1比率を求め、前記第1比率と第2閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

【0016】

ある実施形態において、前記複数の画素は、各々が第3波長帯域の光を選択的に透過させる第3光透過フィルタを有する複数の第3画素をさらに含み、前記第3波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に応じて変化する、前記第1波長帯域とは異なる波長帯域であり、前記信号処理回路は、前記複数の第1、第2および第3画素から得られる画素値に基づいて前記熟度判定情報を生成してもよい。

30

【0017】

ある実施形態において、前記第3波長帯域は、赤色の光の波長帯域であってもよい。

【0018】

ある実施形態において、前記複数の第1、第2および第3画素は、互いに関連付けられていてもよい。

40

【0019】

ある実施形態において、前記信号処理回路は、前記複数の第1画素から得られる画素値に、前記複数の第3画素から得られる画素値を画素毎に加算して得られる加算値を、前記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算し、除算対象の画素の中から第1閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記除算対象の画素の数に対する算出された前記画素の数の第1比率を求め、前記第1比率と第2閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

【0020】

ある実施形態において、前記信号処理回路は、前記複数の第1画素から得られる画素値から、前記複数の第3画素から得られる画素値を画素毎に減算して得られる減算値を、前

50

記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算し、除算対象の画素の中から第1閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記除算対象の画素の数に対する算出された前記画素の数の第1比率を求め、前記第1比率と第2閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

【0021】

ある実施形態において、前記信号処理回路は、前記複数の第1画素から得られる画素値を、前記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算し、前記除算対象の画素の中から第1閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記複数の第1画素の数に対する算出された前記画素の数の第1比率を求め、かつ、前記複数の第3画素から得られる画素値を、前記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算し、前記除算対象の画素の中から第2閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記複数の第3画素の数に対する算出された前記画素の数の第2比率を求め、前記第1比率と第3閾値との比較結果、および、前記第2比率と第4閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

10

【0022】

ある実施形態において、前記信号処理回路は、前記複数の第1画素から得られる画素値を、前記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算して取得される第1除算値に対する、前記複数の第3画素から得られる画素値を、前記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算して取得される第2除算値の第3比率を算出し、前記第3比率と第5閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

20

【0023】

ある実施形態において、前記複数の画素は、各々が緑色の光を選択的に透過させる第4光透過フィルタを有する複数の第4画像をさらに含み、前記第2波長帯域は、青色の光の波長帯域であり、前記第3波長帯域は、赤色の光の波長帯域であり、前記信号処理回路は、前記複数の第2、第3および第4画素から得られる画素値に基づいてカラー画像を生成し、かつ、前記基準値の情報を含み、前記熟度を表す熟度画像を前記熟度判定情報に基づいて生成してもよい。

【0024】

ある実施形態において、前記熟度判定装置は、前記熟度判定情報を外部に出力する出力インタフェースをさらに備えていてもよい。

30

【0025】

ある実施形態において、前記熟度判定装置は、前記熟度判定装置と接続することが可能であり、前記熟度を報知する報知装置を駆動するための駆動信号を前記熟度判定情報に応じて生成する駆動回路をさらに備えていてもよい。

【0026】

ある実施形態において、前記熟度判定装置は、前記熟度を報知する報知装置と、前記報知装置を駆動するための駆動信号を前記熟度判定情報に応じて生成する駆動回路と、をさらに備えていてもよい。

【0027】

ある実施形態において、前記報知装置は、前記駆動信号に応じて光を発光する光学機器、前記駆動信号に応じて音を出力する音出力器、前記駆動信号に応じて振動する振動機器、および、前記駆動信号に応じて熟度情報を表示する表示装置の少なくとも1つを備えていてもよい。

40

【0028】

ある実施形態において、前記熟度判定装置は、表示装置と、前記表示装置を駆動するための駆動信号を前記熟度判定情報に応じて生成する駆動回路と、をさらに備え、前記表示装置は、前記駆動信号に応じて前記カラー画像に前記熟度画像を重畳して表示してもよい。

【0029】

ある実施形態において、前記信号処理回路は、前記熟度判定情報に基づいて前記青果物

50

の採取の可否を判定してもよい。

【0030】

ある実施形態において、前記青果物の収穫時において前記青果物からの反射光は、青色の光から近赤外光までの波長帯域の間で、光の波長が長くなるほど強度が大きくなる光学特性を有していてもよい。

【0031】

ある実施形態において、前記青果物は、多数の果実を有する房であってもよい。

【0032】

本発明の実施形態による方法は、果物の熟度を判定する方法であって、前記青果物の少なくとも一部を含む画像を受け取る工程であって、前記画像は、少なくとも第1および第2波長帯域の光の強度分布を含み、前記第1波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に応じて変化する波長帯域であり、前記第2波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に依らず略等しい波長帯域である、工程と、前記第2波長帯域の光の強度分布を考慮して、前記第1波長帯域の光の強度分布の面積率を予め決められた基準値を基準として求める工程と、前記面積率に応じて熟度判定情報を生成する工程と、を包含する。

10

【0033】

ある実施形態において、前記第1波長帯域は、近赤外光の波長帯域であってもよい。

【0034】

ある実施形態において、前記第1波長帯域は、800nmから900nmまでの近赤外光の波長帯域であってもよい。

20

【0035】

ある実施形態において、前記第2波長帯域は、青色の光の波長帯域であってもよい。

【0036】

ある実施形態において、前記面積率を求める工程において、前記第1波長帯域の光の強度分布を示す情報を有し、前記画像に含まれる複数の第1画素の画素値を、前記複数の第1画素と関連付けられた、前記画像に含まれる複数の第2画素であって、前記第2波長帯域の光の強度分布を示す情報を有する複数の第2画素の画素値で画素毎に除算し、前記除算対象の画素の中から第1閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記複数の第1画素の数に対する算出された前記画素の数の第1比率を求め、前記熟度判定情報を生成する工程において、前記第1比率と第2閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

30

【0037】

ある実施形態において、前記画像を受け取る工程において、第3波長帯域の光の強度分布をさらに含む前記画像を受け取り、前記第3波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に応じて変化する、前記第1波長帯域とは異なる波長帯域であり、前記熟度判定情報を生成する工程において、前記第1、第2および第3波長帯域の光の強度分布に基づいて前記熟度判定情報を生成してもよい。

【0038】

ある実施形態において、前記第3波長帯域は、赤色の光の波長帯域であってもよい。

40

【0039】

ある実施形態において、前記画像は、前記第1、第2および第3波長帯域の光の強度分布を示す情報を有する複数の第1、第2および第3画素をそれぞれ含み、前記複数の第1、第2および第3画素は、互いに関連付けられていてもよい。

【0040】

ある実施形態において、前記面積率を求める工程において、前記複数の第1画素から得られる画素値に、前記複数の第3画素から得られる画素値を画素毎に加算して得られる加算値を、前記複数の第2画素から得られる画素値で画素毎に除算して、除算対象の画素の中から第1閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出し、前記除算対象の画素の数に対する算出された前記画素の数の第1比率を求め、前記熟度判定情報を生成する工

50

程において、前記第 1 比率と第 2 閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

【0041】

ある実施形態において、前記面積率を求める工程において、前記複数の第 1 画素から得られる画素値から、前記複数の第 3 画素から得られる画素値を画素毎に減算して得られる減算値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算して、除算対象の画素の中から第 1 閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出し、前記除算対象の画素の数に対する算出された前記画素の数の第 1 比率を求め、前記熟度判定情報を生成する工程において、前記第 1 比率と第 2 閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

10

【0042】

ある実施形態において、前記面積率を求める工程において、前記複数の第 1 画素から得られる画素値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算し、前記除算対象の画素の中から第 1 閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記複数の第 1 画素の数に対する算出された前記画素の数の第 1 比率を求め、かつ、前記複数の第 3 画素から得られる画素値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算し、前記除算対象の画素の中から第 2 閾値以上または以下の除算値を有する画素の数を算出して、前記複数の第 3 画素の数に対する算出された前記画素の数の第 2 比率を求め、前記熟度判定情報を生成する工程において、前記第 1 比率と第 3 閾値との比較結果、および、前記第 2 比率と第 4 閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

20

【0043】

ある実施形態において、前記面積率を求める工程において、前記複数の第 1 画素から得られる画素値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算して取得される第 1 除算値に対する、前記複数の第 3 画素から得られる画素値を、前記複数の第 2 画素から得られる画素値で画素毎に除算して取得される第 2 除算値の第 3 比率を算出し、前記熟度判定情報を生成する工程において、前記第 3 比率と第 5 閾値との比較結果に応じて前記熟度判定情報を生成してもよい。

【0044】

ある実施形態において、前記画像を受け取る工程において、緑の光の強度分布をさらに含む前記画像を受け取り、前記第 2 波長帯域は、青色の光の波長帯域であり、前記第 3 波長帯域は、赤色の光の波長帯域であり、前記方法は、前記複数の第 2、第 3 および第 4 画素から得られる画素値に基づいてカラー画像を生成し、かつ、前記基準値の情報を含み、前記熟度を表す熟度画像を前記熟度判定情報に基づいて生成する工程をさらに包含してもよい。

30

【0045】

ある実施形態において、前記方法は、前記熟度判定情報を外部に出力する工程をさらに包含してもよい。

【0046】

ある実施形態において、前記方法は、前記熟度を報知する報知装置を駆動するための駆動信号を前記熟度判定情報に応じて生成する工程をさらに包含してもよい。

40

【0047】

ある実施形態において、前記報知装置は、前記駆動信号に応じて光を発光する光学機器、前記駆動信号に応じて音を出力する音出力器、前記駆動信号に応じて振動する振動機器、および、前記駆動信号に応じて熟度情報を表示する表示装置の少なくとも 1 つを備えていてもよい。

【0048】

ある実施形態において、前記方法は、前記カラー画像に前記熟度画像を重畳して表示装置に表示する工程をさらに包含してもよい。

【0049】

ある実施形態において、前記方法は、前記青果物の少なくとも一部を撮像して前記画像

50

を取得する工程をさらに包含してもよい。

【0050】

ある実施形態において、前記画像を取得する工程において、前記青果物の中央付近を撮像して画像を取得してもよい。

【0051】

ある実施形態において、前記画像を取得する工程において、前記画像を複数回取得してもよい。

【0052】

ある実施形態において、前記方法は、前記熟度判定情報に基づいて前記青果物の採取の可否を判定する工程をさらに備えていてもよい。

【0053】

ある実施形態において、前記青果物の収穫時において前記青果物からの反射光は、青色の光から近赤外光までの波長帯域の間で、光の波長が長くなるほど強度が大きくなる光学特性を有していてもよい。

【0054】

ある実施形態において、前記青果物は、多数の果実を有する房であってもよい。

【0055】

本発明の実施形態によるコンピュータプログラムは、青果物の熟度を判定する熟度判定装置に用いられるコンピュータに実行させるコンピュータプログラムであって、前記コンピュータに対し、前記青果物の少なくとも一部を含む画像を受け取るステップであって、前記画像は、少なくとも第1および第2波長帯域の光の強度分布を含み、前記第1波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に依りて変化する波長帯域であり、前記第2波長帯域は、前記青果物からの反射光の強度が前記熟度に依らず略等しい波長帯域である、ステップと、前記第2波長帯域の光の強度分布を考慮して、前記第1波長帯域の光の強度分布の面積率を予め決められた基準値を基準として求めるステップと、前記面積率に依りて熟度判定情報を生成するステップと、を実行させる。

【発明の効果】

【0056】

本発明の一実施形態によると、農作業者の負担を低減し、かつ、収穫作業の効率を落とすことなく、収穫対象の収穫すべきタイミングを精度よく判定する熟度判定装置および方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】実施形態1による判定方法を利用できるシステム1000の一構成例を示すシステム構成図である。

【図2】画素アレイ220Aにおいて2次元に配列された複数の画素221のうちの4行4列の画素に着目して、その配列の様子を示す模式図である。

【図3】マイクロレンズ222の光軸に平行な、画素221の断面を示す模式図である。

【図4】光透過フィルタ223の光の透過率特性を示すグラフである。

【図5】画素アレイ220Aにおける他の単位画素の構成を示す模式図である。

【図6】実施形態1による判定方法の例示的な処理手順を示すフローチャートである。

【図7】房Fの収穫時において、完熟度に依りて反射光の強度（反射率）が変化する様子を模式的に示すグラフである。

【図8】3種類の完熟度（未熟、やや未熟および完熟）の房F全体を撮像して得られた画像I、および、画像Iに含まれる画素値NIRSを有する画素の中で基準値以上の画素値を有する画素の分布を完熟度毎に示す図である。

【図9A】未熟の房Fの画像Iおよび画像Iにおける複数の第1画素の画素値NIRSに基づいてマッピングしたマッピング画像を示す図である。

【図9B】やや未熟の房Fの画像Iおよび画像Iにおける複数の第1画素の画素値NIRSに基づいてマッピングしたマッピング画像を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 9 C】完熟の房 F の画像 I および画像 I における複数の第 1 画素の画素値 N I R S に基づいてマッピングしたマッピング画像を示す図である。

【図 1 0】未熟、やや未熟および完熟の房 F に対する 3 つのマッピング画像のそれぞれを 3 つの階層 I、I I および I I I に分解して各階層の色マッピング画像を示す図である。

【図 1 1】実施形態 1 によるステップ S 2 0 0 における具体的な処理手順を詳細に示すフローチャートである。

【図 1 2 A】実施形態 1 によるステップ S 3 0 0 における具体的な処理手順を詳細に示すフローチャートである。

【図 1 2 B】実施形態 1 によるステップ S 3 0 0 における具体的な他の処理手順を詳細に示すフローチャートである。

【図 1 3】未熟、やや未熟および完熟の房 F に対する 3 つのマッピング画像のそれぞれを 3 つの階層 I、I I および I I I に分解して各階層の色マッピング画像を示す図である。

【図 1 4】実施形態 2 によるステップ S 2 0 0 における具体的な処理手順を詳細に示すフローチャートである。

【図 1 5】未熟、やや未熟および完熟の房 F に対する 3 つのマッピング画像のそれぞれを 3 つの階層 I、I I および I I I に分解して各階層の色マッピング画像を示す図である。

【図 1 6】実施形態 3 によるステップ S 2 0 0 における具体的な処理手順を詳細に示すフローチャートである。

【図 1 7】実施形態 4 によるステップ S 2 0 0 における具体的な処理手順を詳細に示すフローチャートである。

【図 1 8】実施形態 5 によるステップ S 2 0 0 における具体的な処理手順を詳細に示すフローチャートである。

【図 1 9】熟度判定装置 1 0 0 のブロック構成を模式的に示すブロック構成図である。

【図 2 0】信号処理回路 3 0 0 の機能ブロックを模式的に示すブロック構成図である。

【図 2 1】実施形態 6 のパリエーションによる熟度判定装置 1 0 0 A のブロック構成を模式的に示すブロック構成図である。

【図 2 2】実施形態 6 の他のパリエーションによる熟度判定装置 1 0 0 B のブロック構成を模式的に示すブロック構成図である。

【図 2 3 A】青林檎の反射率の波長依存性を例示するグラフである。

【図 2 3 B】マンゴーの反射率の波長依存性を例示するグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0 0 5 8】

本願発明者は検討を重ねた結果、下記に示される問題点を見出した。

【0 0 5 9】

収穫対象の収穫すべきタイミングを精度よく判定するためには解決すべきさらなる問題点がある。パームヤシは多数の果実を有する房の単位で採取される。1 つの房に含まれる果実の熟度には分布があり、これが熟度判定を難しくする 1 つの要因である。パームヤシのように、採取の単位である房に熟度の異なる多数の果実が含まれていると、房の画像を構成する複数の画素の画素値を単純に平均し、その平均値に基づいて熟度を判定することはできない。また、1 つの房は、果実以外に枯れた萼や葉も含み得るので、これも熟度判定を難しくする 1 つの要因である。房の画像には、果実とは関係のない枯れた萼や葉の情報も含まれ得るので、果実の情報のみに基づいて熟度を判定することは困難である。

【0 0 6 0】

本願発明者は、上記の知見に基づいて、パームヤシのように房に、熟度の異なる多数の果実が含まれ、かつ、枯れた萼や葉が含まれる場合であっても、熟度を精度よく判定できる方法を見出し、本発明に至った。

【0 0 6 1】

本発明の実施形態による熟度判定装置は、青果物の熟度を判定し、例えば、多数の果実を有するパームヤシの房の熟度を判定する装置として好適に利用される。熟度判定装置は、1 次元または 2 次元に配列された複数の画素を有し、青果物の少なくとも一部を撮像し

10

20

30

40

50

て画像を取得する撮像装置であって、複数の画素は、各々が第1波長帯域の光を選択的に透過させる第1光透過フィルタを有する複数の第1画素、および、各々が第2波長帯域の光を選択的に透過させる第2光透過フィルタを有する複数の第2画素を含み、第1波長帯域は、青果物からの反射光の強度が熟度に依りて変化する波長帯域であり、第2波長帯域は、青果物からの反射光の強度が熟度に依らず略等しい波長帯域である、撮像装置と、複数の第1および第2画素から得られる画素値に基づいて、予め決められた基準値を基準として第1波長帯域の光の強度分布の面積率を求め、面積率に依りて熟度判定情報を生成するように構成された信号処理回路と、を備える。第1波長帯域の光は、典型的に近赤外光であり、第2波長帯域の光は、典型的に青色の光である。この構成によると、太陽光による影響を抑制して青果物の熟度を精度よく判定することができる。

10

【0062】

本発明の実施形態による方法は、青果物の熟度を判定する方法であり、例えば、多数の果実を有するパームヤシの房の熟度を判定する方法として好適に利用される。その方法は、青果物の少なくとも一部を含む画像を受け取る工程であって、画像は、少なくとも第1および第2波長帯域の光の強度分布を含み、第1波長帯域は、青果物からの反射光の強度が熟度に依りて変化する波長帯域であり、第2波長帯域は、青果物からの反射光の強度が熟度に依らず略等しい波長帯域である、工程と、第2波長帯域の光の強度分布を考慮して、第1波長帯域の光の強度分布の面積率を予め決められた基準値を基準として求める工程と、面積率に依りて熟度判定情報を生成する工程と、を包含する。第1波長帯域の光は、典型的に近赤外光であり、第2波長帯域の光は、典型的に青色の光である。この方法によると、太陽光による影響を抑制して青果物の熟度を精度よく判定することができる。

20

【0063】

本明細書において、青果物としてパームヤシの房を例にその熟度を判定する熟度判定装置および方法を説明する。なお、後述するように、特定の波長帯域において光の反射率が完熟度に依りて変化する青果物、例えば、コーヒーの果実、リンゴおよびマンゴーの熟度を判定することも本願発明の範疇である。

【0064】

以下、添付の図面を参照しながら、本発明の実施形態による熟度判定装置および熟度の判定方法を説明する。以下の説明において、同一または類似する構成要素については同一の参照符号を付している。なお、本発明の実施形態は、以下で例示する熟度判定装置および熟度の判定方法に限られない。例えば、一の実施形態と、他の実施形態とを組み合わせることも可能である。

30

【0065】

(実施形態1)

図1から図12Bを参照して、本実施形態による、パームヤシの房Fの熟度を判定する方法(以下、「判定方法」と表記する。)を説明する。

【0066】

[判定方法が用いられるシステム1000の構造]

本実施形態による判定方法が用いられるシステム1000の一構成例を説明する。なお、本実施形態による判定方法は、システム1000とは異なる他の装置(またはシステム)にも好適に利用され得る。他の装置(本明細書では「熟度判定装置」と呼ぶ。)の具体例は、後で詳細に説明する。

40

【0067】

図1は、本実施形態による判定方法を利用できるシステム1000の一構成例を示している。システム1000は典型的に、撮像装置200、計算装置Pおよび報知装置500を備える。システム1000において、撮像装置200はパームヤシの房(以下、単に「房」と表記する)Fにおける多数の果実の少なくとも一部を撮像して果実の画像を取得する。このとき、最低3つの果実が画像に含まれていることが好ましい。計算装置Pは、画像を解析して房Fの熟度を示す熟度判定情報を生成する。例えば、報知装置500は熟度判定情報に依りて房Fが熟している否かを農作業者に報知する。

50

【0068】

撮像装置200は、レンズ210およびイメージセンサ220を備える。撮像装置200は、例えばカメラモジュールとして実現され得る。

【0069】

レンズ(またはレンズ群)210は、房Fからの光をイメージセンサ220の撮像面に集光する。レンズ210は単一のレンズであってもよいし、複数のレンズから構成されていてもよい。レンズ210は、オートフォーカス(AF)用のレンズおよび/または光学ズーム用のレンズを含んでいてもよい。AF用レンズおよび光学ズーム用レンズは専用のドライバ(不図示)によって駆動される。撮像装置200は、これらのドライバを制御する制御回路(不図示)を備えていてもよい。

10

【0070】

イメージセンサ220は、例えばCCD(Charge Coupled Device)センサまたはCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)センサである。イメージセンサ220は、1次元または2次元に配列された複数の画素(図2に示される画素アレイ220A)を有する。1次元の配列の場合、イメージセンサ220は、ラインセンサであり得る。

【0071】

図2は、画素アレイ220Aにおいて2次元に配列された複数の画素221のうちの4行4列の画素に着目して、その配列の様子を示している。図3は、マイクロレンズ222の光軸に平行な、画素221の断面を模式的に示している。図4は、光透過フィルタ223の光の透過率特性を示している。図4のグラフにおいて横軸は光の波長(nm)を示し、縦軸は光透過フィルタの透過率を示している。

20

【0072】

イメージセンサ220は、2次元に配列された複数の画素221(画素アレイ220A)を備える。画素221は、マイクロレンズ222、光透過フィルタ223および光電変換素子224を有する。

【0073】

マイクロレンズ222は、光透過フィルタ223上に配置され、房Fからの光を集光して画素感度を向上させる。光透過フィルタ223は、特定の波長帯域の光を選択的に透過させる。例えば、光透過フィルタ223は、IRフィルタおよびRGBのカラーフィルタのいずれかである。図4に示されるように、IRフィルタは、近赤外光の波長帯域(例えば800nm~2500nm)の光を選択的に透過させ、好ましくは800nmから900nmまでの波長帯域の光を選択的に透過させる。Rフィルタは、赤色の光の波長帯域(例えば、620nm~750nm)の光を選択的に透過させる。Gフィルタは、緑色の光の波長帯域(例えば、500nm~570nm)の光を選択的に透過させる。Bフィルタは、青色の光の波長帯域(例えば、450nm~500nm)の光を選択的に透過させる。

30

【0074】

光電変換素子224は、典型的にはフォトダイオード(PD)であり、受光した光を電気信号に変換する。PDは、例えばシリコンの半導体基板(不図示)に埋め込まれている。

40

【0075】

図2に示されるように、画素アレイ220Aは、2行2列の画素221A、221B、221Cおよび221Dで構成される単位画素を有する。画素221A、221B、221Cおよび221Dは、Rフィルタ、Gフィルタ、IRフィルタおよびBフィルタをそれぞれ有する。このような配列は、ベイヤー配列に対して奇数または偶数行のGフィルタをIRフィルタで置き換えた配列に対応する。本明細書において、1つの単位画素に含まれる画素221A、221B、221Cおよび221Dは互いに関連付けられている。後述するように、互いに関連付けられた画素同士(例えば画素221A、221C)の画素値を加算、減算または除算することがある。

50

【 0 0 7 6 】

図5は、画素アレイ220Aにおける他の単位画素の構成を示している。画素アレイ220Aにおいて2次元に配列された複数の画素221のうちの8行8列の画素に着目して、その配列の様子が示されている。画素アレイ220Aは、4行4列の画素221で構成される単位画素を有していてもよい。この例では、単位画素において、Gフィルタの数が最も少なく、IRフィルタの数が最も多い。その理由は、本実施形態による判定方法において、IRフィルタを含む画素221Cから得られる画素値が最も重視され、Gフィルタを含む画素211Bから得られる画素値は特に利用されないためである。

【 0 0 7 7 】

上述した画素アレイ220Aの単位画素のパターン以外に、種々のパターンを選択することができる。例えば、単位画素は、複数のフィルタのうちのIRフィルタおよびBフィルタだけを含んでいてもよい。また、単位画素に含まれる各フィルタの数も任意であり得る。

10

【 0 0 7 8 】

後で詳細に説明するが、例えば房Fからの第1波長帯域の光の反射率（反射光の強度）は完熟度に応じて変化する。第1波長帯域は、例えば近赤外光の波長帯域である。また、第2波長帯域の光の反射率は熟度に依らず殆ど変化しない。第2波長帯域は、例えば青色の光の波長帯域である。そのような特性を示す青果物の完熟度を求める場合、単位画素は少なくともIRフィルタおよびBフィルタを含んでいればよい。例えば図2に示される単位画素の2つはIRフィルタであって、他の2つはBフィルタであってもよく、その場合においても本実施形態による判定方法は実施可能である。ただし、後述するようにカラー画像を生成する観点において、単位画素はRGBフィルタを含んでいることが好ましい。

20

【 0 0 7 9 】

本明細書における「画素値」は、例えば8ビットの階調値であり、主としてRAWデータを意味する。撮像装置200はRAWデータを少なくとも出力する。ただし、撮像装置200は、輝度/色差信号をRAWデータに基づいて生成し、それらを出力する機能を備えていてもよい。

【 0 0 8 0 】

計算装置Pは、撮像装置200から出力される画素値を処理して熟度判定情報を生成する信号処理回路（不図示）を備える。例えば計算装置Pは、ラップトップなどのパーソナルコンピュータ（PC）である。例えば、計算装置Pと撮像装置200との間のデータの送受信は無線通信によって行うことができる。例えば、Bluetooth（登録商標）規格に準拠した無線通信を行うことができる。当然、計算装置Pと撮像装置200とは、例えばUSBケーブルなどを用いて有線によって接続されていてもよい。計算装置Pは、報知装置500を駆動するための駆動信号を熟度判定情報に応じて生成する駆動回路（不図示）をさらに備えていてもよい。また、このような機能の全てまたは一部は、報知装置500に実装されていてもよい。

30

【 0 0 8 1 】

計算装置Pは、画像処理で一般に用いられる、例えばガンマ補正、色補間処理、空間補間処理、およびオートホワイトバランスなどの処理を行う機能を有していてもよい。

40

【 0 0 8 2 】

報知装置500は、房Fの熟度または採取の可否を農作業者に報知する。報知装置500は、計算装置Pと有線または無線によって接続される。報知装置500は、駆動信号に応じて光を発光する光学機器、駆動信号に応じて音を出力する音出力器、駆動信号に応じて振動する振動機器、および、駆動信号に応じて熟度情報を表示する表示装置の少なくとも1つを備える。光学機器は、例えばLED（Light Emitting Diode）ランプである。音出力器は、例えばスピーカである。振動機器は、例えばバイブレータである。表示装置は、例えば液晶ディスプレイや有機EL（Electroluminescence）ディスプレイである。

【 0 0 8 3 】

50

〔判定方法の処理手順〕

図6は、本実施形態による判定方法の例示的な処理手順を示している。以下、システム1000を用いて、図6に示される処理手順に従って房Fの熟度を判定する方法を説明する。なお、各ステップを実行する動作主体は主に計算装置Pであり、具体的には、計算装置Pの信号処理回路または駆動回路である。

【0084】

(ステップS100)

撮像装置200は、房Fの多数の実の全部または一部(好ましくは3つ以上)を撮像して画像Iを取得する。なお、撮像装置200は後述するように、パームヤシ全体を撮像しても構わない。撮像装置200は、房Fの中央付近を撮像して画像Iを取得してもよい。また、撮像装置200は、日当たりの良好な房Fの、例えば先端部を撮像して画像Iを取得することが好ましい。日光に当たり易い部分の果実から成熟し始めると考えられるためである。

10

【0085】

撮像装置200は、複数回の撮像によって画像を複数回取得してもよい。取得した画像データを積算することでSN比を向上させることができる。取得された画像Iは、房Fから反射された、近赤外光と青色の光との強度分布を含む。本実施形態においては、画像Iは、房Fから反射された、近赤外光、赤色の光、緑色の光、および、青色の光の強度分布を含む。換言すると、画像Iは、4つの画素221A、221B、221Cおよび221Dから得られる画素値(画像データ)REDS、GLNS、NIRSおよびBLUSを含む。なお、本願発明の実施形態において、画像Iは、近赤外光と青色の光との強度分布を少なくとも含んでいればよい。

20

【0086】

ステップS100において計算装置Pは、撮像装置200から画像Iを受け取る。「画像を受け取る」動作は、撮像装置200による撮像によって画像Iをリアルタイムで取得することを含む。これに限られず、例えば計算装置Pは、外部接続されるハードディスクHDなどの記録媒体に一旦保存された画像Iを読み出すことにより画像Iを事後的に取得することもできる。このような動作も「画像を受け取る」動作に含まれ得る。

【0087】

図7は、房Fの収穫時において、完熟度に応じて反射光の強度(反射率)が変化する様子を模式的に示している。横軸は光の波長(nm)を示し、縦軸は反射率を示している。一般に、イメージセンサ220(例えばシリコンを用いたイメージセンサ)は、光の波長に依存する感度特性を有する。この感度特性を考慮した反射率の測定において、標準白色板を用いてイメージセンサ220から出力される画素値を規格化することが一般に行われる。標準白色板は、角度に依存しない拡散反射光を生成する、反射率の高い拡散反射板である。図7の縦軸の反射率は、標準白色板を用いて測定したときの反射率に対する、房Fからの反射率の比率を示している。

30

【0088】

完熟度を、例えば「完熟」、「やや未熟」および「未熟」の3種類に分類することができる。当然に、より詳細に完熟度を分類してもよい。例えば、「過熟」という種類を追加してもよいし、「完熟」と「やや未熟」との間に新たな完熟の程度(例えば「やや完熟」)をさらに設けてもよい。パームヤシの房Fの収穫時において房Fからの反射光は、青色の光から近赤外光までの波長帯域の間で、光の波長が長くなるほど強度が大きくなる反射率特性を有する。特に、可視光である赤色の光の波長帯域において、房Fが完熟するほど反射率は高くなる反射率特性が示され、かつ、イメージセンサ220の感度特性に応じて受光され得る反射光の極大波長が存在する近赤外光の波長帯域においても、房Fが完熟するほど反射率は高くなる反射率特性が示される。このように、特に赤色の光から近赤外光までの波長帯域では、完熟度に応じて固有の曲線が描かれる。また、注目すべき点は、青色の光の波長帯域において、房Fからの反射光の強度は熟度に依らず略等しいことである。換言すると、熟度に応じた反射率の変化は殆ど見られない。後で詳細に説明するように

40

50

、これらの特性に基づいて反射率に対する適切な閾値をそれぞれの波長帯域で設定し、反射率と閾値とを比較することで完熟度を判定することが可能となる。

【0089】

本発明の実施形態によると、少なくとも近赤外光および青色の光の強度分布を含む画像 I を解析することにより、完熟度を判定することが可能となる。本実施形態では、画素値 N I R S、B L U S に基づいて完熟度を判定する。そのため、例えば図 2 に示される 2 行 2 列の単位画素は、I R フィルタを含む画素 2 2 1 C および B フィルタを含む画素 2 2 1 D を少なくとも含む。2 行 2 列の単位画素は、例えば、2 つの画素 2 2 1 C および 2 つの画素 2 2 1 D を含み得る。後で詳細に説明するように、画素値 R E D S をさらに用いて画像 I を解析することも可能である。これにより、完熟度をより精度よく判定することができる。その場合、画像 I は、少なくとも近赤外光、赤色の光および青色の光の強度分布を含んでいる。

10

【0090】

(ステップ S 2 0 0)

計算装置 P は、受け取った画像 I における近赤外光の強度分布の面積率を、青色の光の強度分布を考慮して算出する。画像 I は、近赤外光の強度分布を示す情報を有する複数の第 1 画素 (または画素データ)、青色の光の強度分布を示す情報を有する複数の第 2 画素、赤色の光の強度分布を示す情報を有する複数の第 3 画素、および緑色の光の強度分布を示す情報を有する複数の第 4 画素を含む。なお、上述したとおり、画像 I は、複数の第 1 および第 2 画素を少なくとも含んでいけばよい。

20

【0091】

図 8 は、3 種類の完熟度 (未熟、やや未熟および完熟) の房 F 全体を撮像して得られた画像 I、および、画像 I に含まれる画素値 N I R S を有する画素の中で基準値以上の画素値を有する画素の分布を完熟度毎に示している。本実施形態において、画素値は例えば 8 ビット (0 から 2 5 5 までの値) で表される。基準値は、例えば「80」とすることができる。本明細書において、画素値は「階調値」とも称される。

【0092】

房 F 全体を含む画像 I 中の画素値の全部を単純に平均すると、その平均値は、画像 I に含まれ得る、背景や果実の間の影などの影響を受けて変動し得る。本実施形態による判別方法では、予め決められた基準値を基準とし、かつ、青色の光の強度分布を考慮して、近赤外光の強度分布の面積率を求める。図 8 には、画像 I に含まれる、画素値 N I R S を有する画素の中で例えば 80 以上の画素値を有する画素が画像 I の中でどのように分布しているかを完熟度毎に示している。房 F が完熟するに従って、その画素分布の密度は変化し高くなる。これは、基準値を基準とした画素分布に基づいて熟度判定情報を取得できることを示している。ただし、画素分布は背景の情報などを依然として含んでいる。

30

【0093】

図 9 A (a) は、未熟の房 F 全体を含む画像を示し、図 9 A (b) は、(a) に示される破線の矩形領域の部分を拡大した画像を示し、図 9 A (c) は、所定レベルの画素値の範囲内にある画素分布を、(b) の画像 I における画素値 N I R S に基づいてマッピングしたマッピング画像を示している。図 9 A (d) は、所定レベルの画素値の範囲内にある画素分布を、(b) の画像 I における画素値 N I R S を画素値 B L U S で除算した除算値に基づいてマッピングしたマッピング画像を示している。

40

【0094】

図 9 B (a) は、やや未熟の房 F 全体を含む画像を示し、図 9 B (b) は、(a) に示される破線の矩形領域の部分を拡大した画像 I を示し、図 9 B (c) は、所定レベルの画素値の範囲内にある画素分布を、(b) の画像 I における画素値 N I R S に基づいてマッピングしたマッピング画像を示している。図 9 B (d) は、所定レベルの画素値の範囲内にある画素分布を、(b) の画像 I における画素値 N I R S を画素値 B L U S で除算した除算値に基づいてマッピングしたマッピング画像を示している。

【0095】

50

図9C(a)は、完熟の房F全体を含む画像を示し、図9C(b)は、(a)に示される破線の矩形領域の部分を拡大した画像Iを示し、図9C(c)は、所定レベルの画素値の範囲内にある画素分布を、(b)の画像Iにおける画素値NIRSに基づいてマッピングしたマッピング画像を示している。図9C(d)は、所定レベルの画素値の範囲内にある画素分布を、(b)の画像Iにおける画素値NIRSを画素値BLUSで除算した除算値に基づいてマッピングしたマッピング画像を示している。画素除算とは、単位画素内の互いに関連付けられた画素同士の画素値の一方を他方で除算することを意味する。

【0096】

例えば、遠方から房F全体を撮像装置200によって撮像して、図9A(a)に示される画像を取得することを考える。その場合、上述したように画像Iには背景や影などの房Fとは異なる複雑な情報が含まれる。複雑な情報は、熟度判定に悪影響を及ぼす可能性がある。この影響を抑制するために、例えば、図9A(a)に示される破線の矩形領域の部分を拡大してその部分を撮像することが好ましい。その結果、図9A(b)に示される画像Iが得られる。その場合、撮像装置200は、焦点距離が比較的長い挟角レンズを備えていてもよいし、光学ズーム用レンズを備えていてもよい。また、撮像装置200は当然に電子ズーム機能を備えていてもよい。矩形領域の部分は、最低3つの果実を含んでいることが好ましい。

10

【0097】

1つ若しくは複数の房F、または、パームヤシ全体を含む画像を撮像装置200によって取得した後で、計算装置Pは、トリミングによって房F全体の画像から破線の矩形領域の部分を切り出してもよい。換言すると、計算装置Pは、トリミング機能を用いて、図9A(b)に示される画像Iを取得してもよい。例えば、遠方からパームヤシ全体を撮像する場合、上記の複雑な情報を排除しつつ、熟度判定に必要な果実の情報を好適に取得することができる。トリミング対象の画像Iも、最低3つの果実を含んでいることが好ましい。

20

【0098】

房Fまたはパームヤシ全体を撮像するとき、例えば3つの果実を含む房Fの部分を画像認識によって自動で特定(識別)することができる。トリミングのときもこれと同様である。画像認識の一例として公知のパターン認識技術を広く用いることができる。予め用意された種別(果実、枝、葉など)に対応するパターンのどれかに被検体がマッチングするかを解析してその種別を判別することができる。パターン認識は、例えば、数学的、幾何学およびハーモニク形状ディスクリプタを用いる訓練可能なパターン認識システムを用いて行われる。そのシステムにおいて、予め用意された種別の多数のサンプルに接することで習得したナレッジベースを用いて、可能性のある種別を選別するように教育される。訓練セットは、各種別に対して、何千もの基本的種類の画像を含む。成功裏のパターンマッチングは、訓練していない対象物についてのディスクリプタが、訓練済みの対象物のディスクリプタと一致するときに生じる。上述したパターン認識システムは、例えば特開2015-046162号公報に詳しく説明されている。

30

【0099】

図9A(c)に示されるマッピング画像は、画像Iに含まれる画素値NIRSに基づいて生成され、3つの階層I、IIおよびIIIのマッピング画像を含む。例えば、階層Iは、0から255の階調値の中の、60以上70未満の階調値を有する画素の分布を含み、階層IIは、70以上80未満の階調値を有する画素の分布を含み、階層IIIは、80以上の階調値を有する画素の分布を含む。図9B(c)および図9C(c)に示されるマッピング画像も、上述した3つの階層I、IIおよびIIIのマッピング画像を含む。

40

【0100】

図9A(d)に示されるマッピング画像は、画像Iに含まれる画素値NIRSを画素値BLUSで除算した除算値に基づいて生成され、3つの階層I、IIおよびIIIのマッピング画像を含む。例えば、階層Iは、0から255の階調値の中の、60以上70未満の階調値を有する画素の分布を含み、階層IIは、70以上80未満の階調値を有する画

50

素の分布を含み、階層 I I I は、80 以上の階調値を有する画素の分布を含む。図 9 B (d) および図 9 C (d) に示されるマッピング画像も、上述した 3 つの階層 I、I I および I I I のマッピング画像を含む。

【 0 1 0 1 】

例えば、計算装置 P は、画素分布を青色でマッピングして階層 I の青色マッピング画像を生成し、画素分布を緑色でマッピングして階層 I I の緑色マッピング画像を生成し、画素分布を赤色でマッピングして階層 I I I の赤色マッピング画像を生成することができる。計算装置 P は、3 つの階層 I、I I および I I I を重畳することによりマッピング画像を生成する。ただし、計算装置 P は、3 つの階層 I、I I および I I I の全ての色マッピング画像を生成しなくてもよく、1 つの閾値 (例えば「80」) に基づいて階層 I I I の色マッピング画像を少なくとも生成すればよい。例えば完熟度の種類の数に応じて階層の枚数は決定され得る。

10

【 0 1 0 2 】

本実施形態において計算装置 P は、未熟の房 F に対して、図 9 A (d) に示されるマッピング画像を生成する。計算装置 P は、やや未熟および完熟の房 F に対しても、図 9 B (d) および図 9 C (d) に示されるマッピング画像をそれぞれ生成する。計算装置 P は、これらのマッピング画像を用いて熟度を判定することができる。

【 0 1 0 3 】

図 9 A (c)、図 9 B (c) および図 9 C (c) に示されるマッピング画像によると、房 F が熟すにつれて、近赤外光の反射光の強度、つまり、画素値 N I R S の値が大きくなり、その結果、階層 I I I の画素分布の密度が高くなる。ただし、外乱光 (主として太陽光) からの近赤外光の影響を受けるので、やや未熟と完熟との間の、マッピング画像における画素分布の差異があまり見られない。

20

【 0 1 0 4 】

上述したとおり、青色の光の反射率は熟度に応じて殆ど変化しないので、太陽光による影響を抑制するための反射光の強度基準として用いることができる。図 9 A (d)、図 9 B (d) および図 9 C (d) に示されるマッピング画像を見ると、やや未熟と完熟とのマッピング画像の間で画素分布の十分な差異が容易に確認される。その理由は、画像 I における画素値 N I R S を画素値 B L U S で除算した除算値に基づいてマッピングした結果、太陽光による影響が抑制されたためである。これは、除算値に基づくマッピング画像に対して階調値の閾値を適切に設定することで房 F の熟度を精度よく判定できることを示している。

30

【 0 1 0 5 】

画像 I における画素値 N I R S から画素値 B L U S を減算した減算値に基づいてマッピング画像を生成することを考える。その場合、太陽光の影響を抑制して房 F の熟度を精度よく判定することはできない。例えば、日向と日陰との間で、または、曇天と晴天との間で太陽光スペクトルは大きく変化することが知られている。例えば、曇天時と晴天時とを比較すると、可視光波長域の光の強度は 1 / 3 程度に低下し、近赤外光の強度は殆ど変わらないことが知られている。また、晴天時または曇天時において、青色の光の強度は近赤外光の強度よりも数倍程度大きい。換言すると、房 F への青色の入射光の強度は、房 F への近赤外光の入射光の強度よりも数倍程度大きい。一方で、房 F からの反射光に着目すると、房 F からの近赤外光の反射光の強度は、房 F からの青色の反射光の強度よりも数倍大きい。

40

【 0 1 0 6 】

少なくとも日向では、外乱光に含まれる青色の光の強度が大きいため、画像 I に含まれる画素値 N I R S から画素値 B L U S を減算しても、減算値、つまり、減算後の信号において熟度に応じた差分を確認することができなくなる。これに対し、本実施形態のように、画像 I に含まれる画素値 N I R S を画素値 B L U S で除算すれば、外乱光に含まれる青色の光の強度が大きくても、除算後の信号には熟度に応じた情報を示す信号が残存する。例えば、その信号は信号処理によって増幅され得る。

50

【 0 1 0 7 】

図 1 0 は、図 9 A (d)、図 9 B (d) および図 9 C (d) に示される 3 つのマッピング画像のそれぞれを 3 つの階層 I、I I および I I I に分解して各階層の色マッピング画像を示している。図示されるように、階層 I の色マッピング画像に着目すると、未熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も高く、完熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も低い。階層 I I の色マッピング画像に着目すると、やや未熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も高く、未熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も低い。階層 I I I の色マッピング画像に着目すると、完熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も高く、未熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も低い。

10

【 0 1 0 8 】

画素分布は、各階層における、予め決められた基準値を基準とし、かつ、青色の光の強度分布を考慮した、近赤外光の強度分布の面積率 A R に対応する。具体的には、面積率 A R は、複数の第 1 画素の数に対する、除算対象の画素の中から基準値の条件を満たす除算値を有する画素の数の比率である。例えば図 2 に示される単位画素に対し、互いに関連付けられた画素 2 2 1 C、2 2 1 D の画素値を用いて、除算演算が画素毎に行われる。除算対象の画素の数は典型的には、複数の第 1 画素の数と一致する。例えば、単位画素において、I R フィルタを有する画素 2 2 1 C の数が 3 であり、B フィルタを有する画素 2 2 1 D の数が 1 である場合、3 つの画素 2 2 1 C の各々の画素値 N I R S が画素 2 2 1 D の画素値 B L U S で除算され得る。

20

【 0 1 0 9 】

例えば、階層 I に対して用いられる、基準値の下限（下限の閾値）は、6 0 であり、上限（上限の閾値）は 7 0 である。階層 I I に対して用いられる、基準値の下限は、7 0 であり、上限は 8 0 である。階層 I I I に対して用いられる、基準値の下限は 8 0 であり、上限は特に設定されていない。適切な基準値を設けることにより、画素分布の密度、つまり、面積率 A R に基づいて房 F の完熟度を判定することができる。

【 0 1 1 0 】

図 1 1 は、本実施形態によるステップ S 2 0 0 における具体的な処理手順を詳細に示している。計算装置 P は、青色の光の強度分布を考慮して、予め決められた基準値を基準として近赤外光の強度分布の面積率 A R を求める。具体的には、ステップ S 2 1 0 において計算装置 P は、画像 I に含まれる複数の第 1 画素から得られる画素値 N I R S を、複数の第 1 画素と関連付けられた複数の第 2 画素から得られる画素値 B L U S で画素毎に除算する。

30

【 0 1 1 1 】

熟度判定に対する太陽光による影響は判定（つまり、撮像）毎に時々刻々と変わり得るので、従来、その影響を除去するために標準白色板が必須であった。本実施形態によると、画素値 N I R S を画素値 B L U S で除算するので、その結果、太陽光による影響は抑制されて標準白色板は不要である。これにより、熟度判定の処理を簡素化することができる。

40

【 0 1 1 2 】

標準白色板のスペクトル特性（分光特性）は、房 F からの反射光のスペクトル特性とは異なる。そのため、標準白色板を用いて太陽光による影響を除去する場合、熟度判定結果は、両者の分光特性の違いを判定誤差として含み得る。本実施形態によると、標準白色板を用いる代わりに、画素値 N I R S を画素値 B L U S で除算するので、熟度を精度よく判定することができる。

【 0 1 1 3 】

ステップ S 2 2 0 において計算装置 P は、除算対象の画素の中から閾値 L 1 以上の除算値を有する画素の数 N 1 を算出する。除算対象の画素の数は典型的には、複数の第 1 画素の数 M 1 に一致する。例えば、図 1 0 に示される階層 I I I に対し、閾値 L 1 として「 8

50

0」を設定することができる。演算の結果、画素値「80」以上の画素値（つまり、除算値）を有する画素の数がN1である。なお、ステップS220において計算装置Pは、除算対象の画素の中から閾値L1以下の除算値を有する画素の数N1を算出してもよい。

【0114】

ステップS230において計算装置Pは、複数の第1画素の数（または除算対象の画素の数）M1に対する算出された画素の数N1の比率 $N1/M1$ を求める。計算装置Pは、比率 $N1/M1$ に基づいて各階層に対応した色マッピング画像を生成することができる。

【0115】

再び図6を参照する。

【0116】

（ステップS300）

計算装置Pは、面積率ARに応じて熟度判定情報を生成する。具体的に説明すると、計算装置Pは、比率 $N1/M1$ と閾値R1との比較結果に応じて熟度判定情報を生成する。

【0117】

図12Aは、ステップS300における具体的な処理手順を詳細に示している。まず、房Fの完熟度が「完熟」であるか否かを判定するための手順を説明する。ステップS310において計算装置Pは、階層IIIを用いて算出された比率 $N1/M1$ が閾値R1よりも大きいか否かを判定する。閾値R1は、設計仕様等により適宜決定され、例えば計算装置Pの内部ROM（不図示）に予め格納されている。閾値R1に限らず、本明細書に登場するあらゆる閾値は内部ROMに格納されているとする。ステップS320において、比率 $N1/M1$ が閾値R1よりも大きい場合、計算装置Pは、「完熟」を表す熟度判定情報を生成する。比率 $N1/M1$ が閾値R1以下である場合、計算装置Pは、例えば「未完熟」を表す熟度判定情報を生成する。例えば、熟度判定情報を1ビットの信号で表し、「0」を「未完熟」に、「1」を「完熟」に割り当てることができる。以上の手順に従うと、房Fの完熟度が「完熟」であるか否かを判定した熟度判定情報が得られる。

【0118】

例えば、完熟度が「やや未熟」または「未熟」であるか否かをさらに判定することもできる。図12に示されるように、ステップS310において比率 $N1/M1$ が閾値R1以下であると判定された場合、完熟度は少なくとも「完熟」ではないことが分かる。ステップS330において計算装置Pは、階層IIを用いて比率 $N1/M1$ を求め、その比率と閾値R2とを比較する。

【0119】

具体的に説明すると、計算装置Pは階層IIにおいて、除算対象の画素の中から閾値L2の下限值以上閾値L2の上限値未満の範囲にある除算値を有する画素の数N1を算出する。上述したように、例えば閾値L2の下限値を「70」に、閾値L2の上限値を「80」に設定することができる。計算装置PはステップS230と同様に、階層IIに対し、複数の第1画素の数M1に対する算出された画素の数N1の比率 $N1/M1$ を求める。

【0120】

ステップS330において計算装置Pは、階層IIに対して算出された比率 $N1/M1$ が閾値R2よりも大きいか否かを判定する。比率 $N1/M1$ が閾値R2よりも大きい場合、ステップS340において計算装置Pは、「やや未熟」を表す熟度判定情報を生成する。比率 $N1/M1$ が閾値R2以下である場合、処理はステップS350に移行する。

【0121】

ステップS350において計算装置Pは、階層Iに対して比率 $N1/M1$ を求め、その比率と閾値R3とを比較する。具体的に説明すると、計算装置Pは、階層Iに対し、除算対象の画素の中から閾値L3の下限值以上閾値L3の上限値未満の範囲にある除算値を有する画素の数N1を算出する。上述したように、例えば閾値L3の下限値を「60」に、閾値L3の上限値を「70」に設定することができる。計算装置PはステップS230と同様に、複数の第1画素の数M1に対する算出された画素の数N1の比率 $N1/M1$ を求める。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 2 】

ステップ S 3 5 0 において計算装置 P は、階層 I に対して算出された比率 $N 1 / M 1$ が閾値 R 3 よりも大きいかが否かを判定する。比率 $N 1 / M 1$ が閾値 R 3 よりも大きい場合、ステップ S 3 6 0 において計算装置 P は、「未熟」を表す熟度判定情報を生成する。比率 $N 1 / M 1$ が閾値 R 3 以下である場合、ステップ S 3 7 0 において計算装置 P は、例えば「その他」を表す熟度判定情報を生成する。例えば、熟度判定情報を 2 ビットの信号で表し、「1 1」を「完熟」に、「1 0」を「やや未熟」に、「0 1」を「未熟」に、「0 0」を「その他」に割り当てることができる。このように、「完熟」だけでなく「やや未熟」や「未熟」などを示す熟度判定情報も生成することができる。

【 0 1 2 3 】

図 1 2 B は、ステップ S 3 0 0 における具体的な他の処理手順を詳細に示している。図 1 2 B に示されるように、階層 I I I において比率 $N 1 / M 1$ が閾値 R 1 よりも大きく、且つ、階層 I I において比率 $N 1 / M 1$ が閾値 R 2 よりも大きい場合、計算装置 P は、「完熟」を表す熟度判定情報を生成してもよい。このように複数の階層を用いて熟度判定情報は生成され得る。

【 0 1 2 4 】

再び、図 6 を参照する。

【 0 1 2 5 】

(ステップ S 4 0 0)

計算装置 P は、房 F の熟度を例えば農作業者に報知する報知装置 5 0 0 を駆動するための駆動信号を熟度判定情報に応じて生成する。例えば、報知装置 5 0 0 は LED を備えているとする。その場合、熟度判定情報が「完熟」を示すとき、計算装置 P は、LED を発光させる駆動信号 (LED をオンにする信号) を生成し、熟度判定情報が「未完熟」を示すとき、計算装置 P は、LED を発光させる駆動信号を生成しない。また、報知装置 5 0 0 は、発光色が異なる複数の LED を備えていてもよい。熟度判定情報が種々の完熟度 (例えば「完熟」、「やや未熟」および「未熟」) を含むとき、例えば、計算装置 P は、完熟度に応じて複数の LED のいずれかを発光させる駆動信号を生成すればよい。これにより、農作業者は LED の発光色に従って房 F の熟度を認識することができる。

【 0 1 2 6 】

例えば、報知装置 5 0 0 はスピーカを備えているとする。その場合、熟度判定情報が「完熟」を示すとき、計算装置 P は、スピーカに音を発生させる駆動信号 (スピーカをオンにする信号) を生成し、熟度判定情報が「未完熟」を示すとき、計算装置 P は、スピーカに音を発生させる駆動信号を生成しない。また、熟度判定情報が種々の完熟度を含むとき、例えば、計算装置 P は完熟度に応じて音の強弱を変更させるようにスピーカを駆動してもよい。

【 0 1 2 7 】

例えば、報知装置 5 0 0 はバイブレータを備えているとする。その場合、熟度判定情報が「完熟」を示すとき、計算装置 P は、バイブレータを振動させる駆動信号 (バイブレータをオンにする信号) を生成し、熟度判定情報が「未完熟」を示すとき、計算装置 P は、バイブレータを振動させる駆動信号を生成しない。また、熟度判定情報が種々の完熟度を含むとき、例えば、計算装置 P は完熟度に応じて振動の強弱やパターンを変更させるようにバイブレータを駆動してもよい。

【 0 1 2 8 】

例えば、報知装置 5 0 0 は液晶ディスプレイを備えているとする。その場合、熟度判定情報が「完熟」を示すとき、計算装置 P は、液晶ディスプレイに「完熟」という文字情報を表示させる駆動信号を生成し、熟度判定情報が「未完熟」を示すとき、計算装置 P は、液晶ディスプレイに「未完熟」という文字情報を表示させる駆動信号を生成する。例えば、液晶ディスプレイは文字情報の代わりに「 \square 」や「 \times 」といった記号を表示してもよいし、完熟度に応じて表示色を変更してもよい。

【 0 1 2 9 】

10

20

30

40

50

計算装置 P は、イメージセンサ 220 の RGB 画素から得られる画素値 REDS、GLNS および BLUS に基づいて房 F のカラー画像を生成してもよい。また、計算装置 P は、基準値の情報を含み、かつ、完熟度を表す熟度画像を熟度判定情報に基づいて生成してもよい。熟度画像は、例えば図 9 A (d) に示されるマッピング画像である。計算装置 P は、カラー画像に熟度画像を重畳して液晶ディスプレイに表示することができる。このとき、計算装置 P は、演算で用いる閾値の情報も液晶ディスプレイに表示してもよい。農作業者は、カラー画像およびマッピング画像の間で実際の場所と位置関係とを照合し易くなり、収穫効率が向上する。

【 0 1 3 0 】

計算装置 P はさらに、熟度判定情報に基づいて房 F の採取の可否を判定してもよい。例えば、4 つの種類「完熟」、「やや完熟」、「やや未熟」および「未熟」の完熟度があるとする。例えば、計算装置 P は、熟度判定情報が「完熟」、「やや完熟」を示す場合、採取は「可」と判定し、熟度判定情報が「やや未熟」、「未熟」を示す場合、採取は「不可」と判定する。例えば、液晶ディスプレイは、採取が「可」であるか「不可」であるかを示す文字情報を判定情報に従って表示してもよい。このような表示によれば、採取の可否の情報を農作業者に直接伝えることができるので、農作業者をより支援することができる。

10

【 0 1 3 1 】

計算装置 P は、ステップ S 400 の代わりに、例えば出力 IF (不図示) を介して熟度判定情報を外部に出力してもよい。例えば、報知装置 500 が自身を駆動する信号を生成する機能を備えている場合、計算装置 P から熟度判定情報を受け取り、熟度判定情報に応じて駆動信号を生成することも可能である。

20

【 0 1 3 2 】

本実施形態によれば、完熟度を目視で判断して収穫していた従来と比べて、農作業者の経験の有無に関わらず、パームヤシの収穫時に完熟度の判断のばらつきを小さくすることが可能となる。また、画素値 NIRS を画素値 BLUS で除算することにより、標準白色板を用いずに太陽光による影響を抑制して熟度を精度よく判定することができる。収穫作業の効率を落とすことなく、パームヤシの収穫すべきタイミングを精度よく判断することができる。そのため、パームヤシに含まれる油成分の生産量が增大することが期待される。

30

【 0 1 3 3 】

(実施形態 2)

本実施形態による判定方法において、計算装置 P は、ステップ S 100 で第 1、第 2 および第 3 波長帯域の光の強度分布を含む画像 I を受け取り、ステップ S 300 で第 1、第 2 および第 3 波長帯域の光の強度分布に基づいて熟度判定情報を生成する。換言すると、計算装置 P は、複数の第 1、第 2 および第 3 画素から得られる画素値 NIRS、BLUS および REDS に基づいて熟度判定情報を生成する。第 3 波長帯域は、房 F からの反射光の強度が熟度に応じて変化する、第 1 波長帯域 (つまり、近赤外光の波長帯域) とは異なる波長帯域である。第 3 波長帯域は、例えば可視光である赤色の光の波長帯域である。

40

【 0 1 3 4 】

図 13 は、図 10 と同様に、未熟、やや未熟および完熟の房 F に対する 3 つのマッピング画像のそれぞれを 3 つの階層 I、II および III に分解して各階層の色マッピング画像を示している。熟度判定に用いられる、未熟、やや未熟および完熟の房 F の部分は、図 9 A (a)、9 B (a) および 9 C (a) に示される矩形領域の部分である。図示されるマッピング画像は、画像 I における画素値 NIRS と画素値 REDS との加算値を画素値 BLUS で除算した除算値に基づいて生成される。画素加算とは、単位画素内の互いに関連付けられた画素同士の画素値を加算することを意味する。

【 0 1 3 5 】

図示されるように、階層 I の色マッピング画像に着目すると、未熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も高く、完熟の房 F に対する色マッピング画像

50

における画素分布の密度が最も低い。階層 I I の色マッピング画像に着目すると、やや未熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も高く、未熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も低い。階層 I I I の色マッピング画像に着目すると、完熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も高く、未熟の房 F に対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も低い。

【 0 1 3 6 】

図 1 4 は、本実施形態によるステップ S 2 0 0 における具体的な処理手順を詳細に示している。ステップ S 2 4 0 において計算装置 P は、複数の第 1 画素から得られる画素値 N I R S に、複数の第 3 画素から得られる画素値 R E D S を画素毎に加算して得られる加算値を、複数の第 2 画素から得られる画素値 B L U S で画素毎に除算する。例えば、計算装置 P は、図 2 に示される 2 行 2 列の単位画素において、画素 2 2 1 C から得られる画素値 N I R S に、画素 2 2 1 A から得られる画素値 R E D S を加算する。計算装置 P は、その加算値を画素 2 2 1 D から得られる画素値 B L U S で除算する。

10

【 0 1 3 7 】

ステップ S 2 5 0 において計算装置 P は、除算対象の画素の中から閾値 L 4 以上の除算値を有する画素の数 N 2 を算出する。加算・除算対象の画素の数 M 2 は典型的には、複数の第 1 画素の数と一致する。例えば、単位画素において、I R フィルタを有する画素 2 2 1 C の数が 2 であり、B フィルタを有する画素 2 2 1 D および R フィルタを有する画素 2 2 1 A の数が、それぞれ 1 であるとする。その場合、2 つの画素 2 2 1 C の各々の画素値 N I R S に画素 2 2 1 A の画素値 R E D S が加算されて、その各加算値が画素 2 2 1 D の画素値 B L U S で除算され得る。なお、ステップ S 2 5 0 において計算装置 P は、除算対象の画素の中から閾値 L 4 以下の除算値を有する画素の数 N 2 を算出してもよい。

20

【 0 1 3 8 】

ステップ S 2 6 0 において計算装置 P は、除算対象の画素の数 M 2 に対する算出された画素の数 N 2 の比率 $N 2 / M 2$ を求める。

【 0 1 3 9 】

画素分布は比率 $N 2 / M 2$ で表され、各階層における、予め決められた基準値を基準とし、かつ、青色の光の強度分布を考慮した、近赤外光および赤色の光の強度分布の和の面積率 A R に対応する。例えば、階層 I に対して用いられる、基準値の下限（下限の閾値）は、90 であり、上限（上限の閾値）は 100 である。階層 I I に対して用いられる、基準値の下限は、100 であり、上限は 110 である。階層 I I I に対して用いられる、基準値の下限は 110 であり、上限は特に設定されていない。

30

【 0 1 4 0 】

次に、計算装置は、例えば図 1 2 A に示される処理手順に従い、各階層に対する比率 $N 2 / M 2$ と閾値 R 4 との比較結果に応じて熟度判定情報を生成する。具体的に説明すると、ステップ S 3 1 0 と同様に、計算装置 P は階層 I I I を用いて、比率 $N 2 / M 2$ と閾値 R 4 との大小関係と比較する。比率 $N 2 / M 2$ が閾値 R 4 よりも大きい場合、ステップ S 3 2 0 と同様に、計算装置 P は、「完熟」を示す熟度判定情報を生成する。

【 0 1 4 1 】

本実施形態によると、画素値 N I R S と画素値 R E D S との加算値を画素値 B L U S で除算することにより、完熟度の判定の精度をより向上させることができる。

40

【 0 1 4 2 】

（実施形態 3）

本実施形態による判定方法は実施形態 2 とは異なり、画素値 N I R S から画素値 R E D S を減算した減算値に基づいて熟度判定情報を生成する。画素減算とは、単位画素内の互いに関連付けられた画素同士の画素値を減算することを意味する。

【 0 1 4 3 】

例えば、房 F からの反射光は、果実で反射された反射光に加えて、果実を覆う枯れた萼および葉で反射された反射光を含んでいる。枯れた萼および葉には葉緑素の主成分クロロフィルが少ないので、それらに対して、赤色の光から近赤外光までの波長帯域にわたって

50

概ね一様な反射率特性が得られる。一方、図7に示されるように、房Fの果実からの反射光は、赤色の光から近赤外光までの波長帯域の間で反射率が特になくなる反射率特性を有する。撮像装置200で撮像して得られた画像Iは、枯れた萼および葉を含み得る。そのため、実施形態1および2による判定方法に用いられる画像Iは枯れた萼および葉に起因した複雑な情報を含み得る。そこで、本実施形態では、枯れた萼や葉と房Fの果実との、上述した反射率特性の違いに着目し、画素値NIRSにより構成される像Aと、画素値REDSにより構成される像Bとの差分をとる。像Aは、枯れた萼や葉および果実を含み、像Bは主に、枯れた萼および葉を含む。像AとBとの差分を取ることによって、主として果実に起因した情報を選択的に取得することが可能となる。

【0144】

本実施形態による判定方法において、計算装置Pは、ステップS100で第1、第2および第3波長帯域の光の強度分布を含む画像Iを受け取り、ステップS300で第1、第2および第3波長帯域の光の強度分布に基づいて熟度判定情報を生成する。換言すると、計算装置Pは、複数の第1、第2および第3画素から得られる画素値NIRS、BLUSおよびREDSに基づいて熟度判定情報を生成する。

【0145】

図15は、図10と同様に、未熟、やや未熟および完熟の房Fに対する3つのマッピング画像のそれぞれを3つの階層I、IIおよびIIIに分解して各階層の色マッピング画像を示している。熟度判定に用いられる、未熟、やや未熟および完熟の房Fの部分は、図9A(a)、9B(a)および9C(a)に示される矩形領域の部分である。図示されるマッピング画像は、画像Iにおける画素値NIRSから画素値REDSを減算した減算値を画素値BLUSで除算した除算値に基づいて生成される。

【0146】

図示されるように、階層Iの色マッピング画像に着目すると、未熟の房Fに対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も高く、完熟の房Fに対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も低い。階層IIの色マッピング画像に着目すると、やや未熟の房Fに対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も高く、未熟の房Fに対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も低い。階層IIIの色マッピング画像に着目すると、完熟の房Fに対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も高く、未熟の房Fに対する色マッピング画像における画素分布の密度が最も低い。

【0147】

図16は、本実施形態によるステップS200における具体的な処理手順を詳細に示している。ステップS270において計算装置Pは、複数の第1画素から得られる画素値NIRSから、複数の第3画素から得られる画素値REDSを画素毎に減算して得られる減算値を、複数の第2画素から得られる画素値BLUSで画素毎に除算する。例えば、計算装置Pは、図2に示される2行2列の単位画素において、画素221Cから得られる画素値NIRSから、画素221Aから得られる画素値REDSを減算する。計算装置Pは、その減算値を画素221Dから得られる画素値BLUSで除算する。

【0148】

ステップS280において計算装置Pは、除算対象の画素の中から閾値L5以上の除算値を有する画素の数N3を算出する。減算・除算対象の画素の数M3は典型的には、複数の第1画素の数と一致する。例えば、単位画素において、IRフィルタを有する画素221Cの数が2であり、Bフィルタを有する画素221DおよびRフィルタを有する画素221Aの数が、それぞれ1であるとする。その場合、2つの画素221Cの各々の画素値NIRSから画素221Aの画素値REDSが減算されて、その各減算値が画素221Dの画素値BLUSで除算され得る。なお、ステップS280において計算装置Pは、除算対象の画素の中から閾値L5以下の除算値を有する画素の数N3を算出してもよい。

【0149】

ステップS290において計算装置Pは、除算対象の画素の数M3に対する算出された画素の数N3の比率N3/M3を求める。

10

20

30

40

50

【0150】

画素分布は比率 $N3/M3$ で表され、各階層における、予め決められた基準値を基準とし、かつ、青色の光の強度分布を考慮した、近赤外光および赤色の光の強度分布の差分の面積率 AR に対応する。例えば、階層 I に対して用いられる、基準値の下限（下限の閾値）は、40であり、上限（上限の閾値）は50である。階層 II に対して用いられる、基準値の下限は、50であり、上限は60である。階層 III に対して用いられる、基準値の下限は60であり、上限は特に設定されていない。

【0151】

次に、計算装置は、例えば図12Aに示される処理手順に従い、各階層に対する比率 $N3/M3$ と閾値 $R5$ との比較結果に応じて熟度判定情報を生成する。具体的に説明すると、計算装置 P は、ステップ $S310$ と同様に、階層 III を用いて比率 $N3/M3$ と閾値 $R5$ との大小関係を比較する。比率 $N3/M3$ が閾値 $R5$ よりも大きい場合、ステップ $S320$ と同様に計算装置 P は、「完熟」を示す熟度判定情報を生成する。

10

【0152】

本実施形態によると、画素値 $NIRS$ から画素値 $REDS$ を差し引いた情報を用いることにより、画像 I に含まれ得る複雑な情報を抑制しつつ、より精度よく完熟度を判定できる判定方法が提供される。

【0153】

（実施形態4）

本実施形態による計算装置 P は、複数の第3画素について、除算対象の画素の中から閾値 $L6$ 以上の除算値を有する画素の数 $N4$ を算出する。計算装置 P は、複数の第3画素の数 $M4$ に対する算出された画素の数 $N4$ の比率 $N4/M4$ を求め、比率 $N1/M1$ と閾値 $R1$ との比較結果、および、比率 $N4/M4$ と閾値 $R6$ との比較結果に応じて熟度判定情報を生成する。

20

【0154】

図17は、本実施形態によるステップ $S200$ における具体的な処理手順を詳細に示している。

【0155】

まず、計算装置 P は、画像 I における画素値 $NIRS$ を画素値 $BLUS$ で除算した除算値に基づいて階層 III の色マッピング画像を生成する。具体的には、図11に示されるステップ $S210$ から $S230$ において計算装置 P は、画素値 $NIRS$ を画素値 $BLUS$ で画素毎に除算し、除算対象の画素の中から閾値 $L1$ 以上の除算値を有する画素の数 $N1$ を算出して、複数の第1画素の数 $M1$ に対する画素の数 $N1$ の比率 $N1/M1$ を求める。

30

【0156】

次に、計算装置 P は、画像 I における画素値 $REDS$ を画素値 $BLUS$ で除算した除算値に基づいて階層 III の色マッピング画像を生成する。具体的には、図17に示されるステップ $S211$ から $S231$ において計算装置 P は、画素値 $REDS$ を画素値 $BLUS$ で画素毎に除算し、除算対象の画素の中から閾値 $L6$ 以上の除算値を有する画素の数 $N4$ を算出して、複数の第3画素の数 $M4$ に対する画素の数 $N4$ の比率 $N4/M4$ を求める。ここで、除算対象の画素の数は典型的には、複数の第3画素の数 $M4$ に一致する。例えば、図10に示される階層 III に対し、閾値 $L6$ として画素値「80」を設定することができる。演算の結果、「80」以上の画素値を有する画素の数が $N4$ である。なお、ステップ $S221$ において計算装置 P は、除算対象の画素の中から閾値 $L6$ 以下の除算値を有する画素の数 $N4$ を算出してもよい。

40

【0157】

次にステップ $S310$ において、計算装置 P は、階層 III に対し、比率 $N1/M1$ と閾値 $R1$ との大小関係を比較する。計算装置 P はさらに、階層 III に対し、比率 $N4/M4$ と閾値 $R6$ との大小関係を比較する。比率 $N1/M1$ が閾値 $R1$ よりも大きく、且つ、比率 $N4/M4$ が閾値 $R6$ よりも大きい場合、計算装置 P は、ステップ $S320$ と同様に「完熟」を示す熟度判定情報を生成する。

50

【0158】

本実施形態によれば、房Fとその他の物体を選択できない場合、画素値NIRSおよび画素値REDSのセンサ条件を個別に設定することで、対象物の選択性を高めることができる。

【0159】

(実施形態5)

図18は、本実施形態によるステップS200における具体的な処理手順を詳細に示している。

【0160】

本実施形態による計算装置Pは、ステップS212において、画素値NIRSを画素値BLUSで画素毎に除算して除算値D1を取得し、ステップS222において、画素値REDSを画素値BLUSで画素毎に除算して除算値D2を取得する。計算装置Pは、ステップS232において、除算値Dに対する除算値D2の比率D2/D1を求める。計算装置Pは、比率D2/D1に基づいて各階層に対応した色マッピング画像を生成することができる。

10

【0161】

次にステップS310において、計算装置Pは、階層IIIに対し、比率D2/D1と閾値R7との大小関係と比較する。比率D2/D1が閾値R7よりも大きい場合、計算装置Pは、ステップS320と同様に「完熟」を示す熟度判定情報を生成する。

【0162】

本実施形態によれば、画素値NIRSに対する画素値REDSの変化量を求めることができ、その変化量に基づいて熟度を細かく分類できる。その結果、細分化された熟度を可視化することが可能となる。

20

【0163】

(実施形態6)

図19から図22を参照しながら、本実施形態による熟度判定装置100の構成を主として説明する。熟度判定装置100は、例えば実施形態1から5で説明した判定方法の処理手順に従って動作することができる。

【0164】

図19は、熟度判定装置100のブロック構成を模式的に示している。熟度判定装置100は典型的に、コントローラC、撮像装置200、信号処理回路300および駆動回路400を備える。熟度判定装置100は、報知装置500と有線または無線で接続することが可能である。例えば、熟度判定装置100は、USBインタフェース(不図示)を備えていてもよく、USBケーブルを介して報知装置500に接続され得る。

30

【0165】

コントローラCは、半導体集積回路(LSI)であり、例えば汎用プロセッサであり得る。コントローラCは、撮像装置200、信号処理回路300および駆動回路400のそれぞれに電氣的に接続され、熟度判定装置100全体を制御する。

【0166】

撮像装置200の構造は上述したとおりである。図2に示されるように、撮像装置200は、1次元または2次元に配列された複数の画素221を有し、房Fの少なくとも一部を撮像して画像Iを取得する。なお、画素アレイ220Aは、図2に示される形状に限られず、例えば図5に示されるような形状であっても当然構わない。

40

【0167】

図20は、信号処理回路300の機能ブロックを模式的に示している。信号処理回路300の各構成要素は、ハードウェア単位ではなく機能ブロック単位で示されている。

【0168】

信号処理回路300は、半導体集積回路であり、例えばイメージシグナルプロセッサ(ISP)である。実施形態1で説明した計算装置Pの信号処理回路は、信号処理回路300に対応する構成要素である。信号処理回路300は、面積率演算部310、熟度判定情

50

報生成部 320、駆動信号生成部 330、記録媒体 340 および中央演算処理装置 (CPU) 350 を備える。例えば、記録媒体 340 は、読み出し専用または書き込み可能な ROM、RAM およびハードディスクである。面積率演算部 310、熟度判定情報生成部 320 および駆動信号生成部 330 は、例えば、CPU 350、RAM (不図示)、RAM にロードされたコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを格納する ROM (記録媒体 340 に相当)、および、ネットワーク接続用のインタフェースを用いてハードウェアとソフトウェアとの任意の組合せによって実現され得る。

【0169】

信号処理回路 300 は、ハードウェアおよび/またはソフトウェアによって構成され、実施形態 1 から 5 において説明した判定方法の処理手順に従って動作するように構成される。例えば、図 6、図 11 および図 12 A、B に示される処理手順の動作主体を、計算装置 P (具体的には信号処理回路) から信号処理回路 300 に置き換えることによって信号処理回路 300 の具体的な動作が実現される。そのような処理手順を含む命令群から構成されるコンピュータプログラムは、例えば ROM 340 に格納されている。本実施形態において、信号処理回路 300 の動作の説明は省略することとする。

10

【0170】

信号処理回路 300 は、計算装置 P と同様に、イメージセンサ 220 の RGB 画素から得られる画素値 REDS、GLNS および BLUS に基づいて房 F のカラー画像 I を生成してもよい。また、信号処理回路 300 は、基準値の情報を含み、かつ、完熟度を表す熟度画像を熟度判定情報に基づいて生成してもよい。信号処理回路 300 は、カラー画像に熟度画像を重畳して報知装置 500 (例えば液晶ディスプレイ) に表示するための重畳画像を生成してもよい。信号処理回路 300 はさらに、熟度判定情報に基づいて房 F の採取の可否を判定してもよい。

20

【0171】

駆動回路 400 は、ハードウェアおよび/またはソフトウェアによって構成され得る。駆動回路 400 は、例えば半導体集積回路である。駆動回路 400 は、図 6 に示される処理手順のステップ S400 において、熟度判定情報または採取の可否の判定情報に応じて駆動信号を生成する。駆動信号の生成例は、実施形態 1 で詳細に説明したとおりである。

【0172】

熟度判定装置 100 の一部は、LSI として 1 チップで実現され得る。信号処理回路 300 の各機能ブロックは個別にチップ化してもよいし、その一部または全部を集積してチップ化してもよい。また、半導体集積回路は、例えば特定用途向け集積回路 (ASIC)、およびフィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) であってもよい。また、半導体技術の進歩により LSI に代替する集積回路の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いることも可能である。

30

【0173】

図 21 は、本実施形態のバリエーションによる熟度判定装置 100 A のブロック構成を模式的に示している。図 22 は、本実施形態の他のバリエーションによる熟度判定装置 100 B のブロック構成を模式的に示している。

【0174】

熟度判定装置 100 A は、コントローラ C、撮像装置 200、信号処理回路 300 および出力インタフェース (IF) 600 を備える。熟度判定装置 100 A は、駆動回路 400 の代わりに、出力 IF 600 を備え、出力 IF 600 を介して熟度判定情報を外部に出力してもよい。出力 IF 600 は、例えば USB インタフェースまたは Bluetooth 規格に準拠した無線通信を行うように構成されたインタフェースである。このバリエーションによれば、例えば、報知装置 500 が自身を駆動する信号を生成する機能を備えている場合、信号処理回路 300 から熟度判定情報を受け取り、熟度判定情報に応じて駆動信号を生成することも可能である。また、熟度判定装置 100 A に駆動回路を外付けすることも可能である。駆動回路が熟度判定情報を受け取り、熟度判定情報に応じて駆動信号を生成してもよい。

40

50

【0175】

熟度判定装置100Bは、コントローラC、撮像装置200、信号処理回路300、駆動回路400を備え、さらに報知装置500を備える。このバリエーションによれば、報知装置500が一体となった熟度判定装置を提供することができる。小型化することで、農作業者に利用し易い装置が提供され得る。

【0176】

信号処理回路300は、実施形態1から5のそれぞれの判定方法に従って動作する複数の動作モードを備えていてもよい。例えば、信号処理回路300は、イメージセンサ220のセンサ感度を切替えるときに、または、センシング結果を絞り込むときに、複数の動作モードの中から最適な動作モードを選択することができる。

10

【0177】

上述した実施形態1から6において、収穫対象物である青果物としてパームヤシの房を例に判定方法を説明した。本願発明による実施形態が対象とする青果物はこれに限られず、近赤外光の反射率が完熟度に応じて異なる反射率特性を有する果実であり得る。そのような果実として、例えば青林檎およびマンゴーが挙げられる。

【0178】

図23Aは、青林檎の反射率の波長依存性を例示する。図23Bは、マンゴーの反射率の波長依存性を例示する。横軸は光の波長(nm)を示し、縦軸は反射率(%)を示す。パームヤシの房Fと同様に、特に、赤色の光の波長帯域において、果実が完熟するにつれて、反射率は高くなる傾向にあり、かつ、近赤外光の波長帯域においても、果実が完熟するにつれて、反射率は高くなる傾向にあることが理解される。そのため、青林檎やマンゴーに対しても、本発明の実施形態を好適に適用することができ、パームヤシの房Fと同様の効果が得られる。本願発明の実施形態による判定対象は、熟度に限られず、収穫時期を知り得る他の指標(例えば、生育度、鮮度、収穫レベルなど)であり得る。

20

【0179】

本願発明の実施形態による判定方法はコンピュータプログラムによって実現され得る。コンピュータプログラムは、上記の実施形態1から5において説明した各種機能を実現するように構成され、例えば計算装置Pおよび熟度判定装置100のCPU等を制御する。そして、これらの装置により取り扱われる情報は、その処理時に一時的にRAMに蓄積され、その後、各種ROMやHDDに格納される。CPUはその情報を必要に応じて読み出し、修正・書き込みを行う。コンピュータプログラムを格納する記録媒体は、例えば、半導体記録媒体(例えば、ROM、不揮発性メモリカード等)、光記録媒体(例えば、DVD、MO、MD、CD、BD等)、磁気記録媒体(例えば、磁気テープ、フレキシブルディスク等)等であり得る。また、CPUがコンピュータプログラムをロードして実行することにより、上記の実施形態1から5において説明した各種機能が実現されるだけでなく、そのコンピュータプログラムの指示に従い、オペレーティングシステムまたは他のアプリケーションプログラム等との協働によって、各種の機能が実現されてもよい。

30

【0180】

可搬型の記録媒体にコンピュータプログラムを格納してその内容を市場に流通させることができる。また、インターネット等のネットワークを介して接続されたサーバコンピュータに転送することにより市場に流通させることもできる。この場合、サーバコンピュータが備える記憶装置も本願発明の範疇である。上記の実施形態1から5において説明した各種機能は、コンピュータが読み取り可能な媒体上の一つ以上の命令群またはコードとして格納され、または伝達され得る。コンピュータが読み取り可能な記録媒体は、ある場所から別の場所への、コンピュータプログラムの持ち運びを助ける媒体を含むコミュニケーションメディアやコンピュータ記録メディアの両方を含む。記録媒体は、汎用または特殊用途のコンピュータによってアクセスされることが可能な市販のいずれの媒体であって良い。

40

【0181】

本明細書において、ハードウェアとソフトウェアとの同義性を明瞭に示すために、種々

50

の例示的な要素、ブロック、モジュール、回路、およびステップは、概してその機能性に関して述べられてきた。そのような機能性がハードウェアとして実装されるかソフトウェアとして実装されるかは、個々のアプリケーション、およびシステム全体に課された設計の制約に依存する。当業者は、具体的なアプリケーションに対して、種々の方法で機能を実装し得るが、そのような実装の決定は、この開示の範囲から逸脱するものとして解釈されるべきではない。

【0182】

本明細書の開示に関連して述べられた種々の例示的な論理ブロックおよび処理部は、本明細書で述べられた機能を実行するように設計された汎用用途プロセッサ、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)、ASIC、FPGA、その他のプログラマブル論理デバイス、ディスクリートゲート若しくはトランジスタロジック、ディスクリートハードウェア部品、またはこれらを組み合わせることによって、実装または実行され得る。汎用用途プロセッサは、マイクロプロセッサであっても良いが、その代わりにプロセッサは従来型のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、またはステートマシンであっても良い。プロセッサはまた、コンピューティングデバイスを組み合わせて実装されても良い。例えば、プロセッサは、DSPとマイクロプロセッサとの組み合わせ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと接続された一つ以上のマイクロプロセッサ、またはその他のそのような構成を組み合わせることにより実現され得る。

【0183】

本明細書の開示に関連して述べられた判定方法またはアルゴリズムのステップは、ハードウェア(特にプロセッサ)によって実行されるソフトウェアモジュール、またはこれら2つを組み合わせることによって直接的に具体化され得る。ソフトウェアモジュールは、RAM、フラッシュメモリ、ROM、EPROM、EEPROM、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、CD-ROM、または本分野で既知のあらゆる形態の記録媒体内に存在し得る。典型的な記録媒体は、プロセッサが記録媒体から情報を読み出し可能で、且つ、記録媒体に情報を書き込み可能なように、プロセッサに結合され得る。別の方法では、記録媒体はプロセッサに一体化されても良い。プロセッサおよび記録媒体は、ASICの中にあっても良い。ASICは、熟度判定装置に実施され得る。または、プロセッサおよび記録媒体は、ディスクリート要素として熟度判定装置内にあっても良い。

【0184】

以上、この発明の実施形態を、図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も特許請求の範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0185】

本発明の実施形態による熟度判定法方法および熟度判定装置は、青果物の熟度、特に多数の果実を有する房の熟度を判定する方法および装置に好適に利用される。

【符号の説明】

【0186】

100、100A、100B : 熟度判定装置
 200 : 撮像装置
 210 : レンズ
 211 : 画素
 220 : イメージセンサ
 220A : 画素アレイ
 221 : 画素
 222 : マイクロレンズ
 223 : 光透過フィルタ
 224 : 光電変換素子
 300 : 信号処理回路

10

20

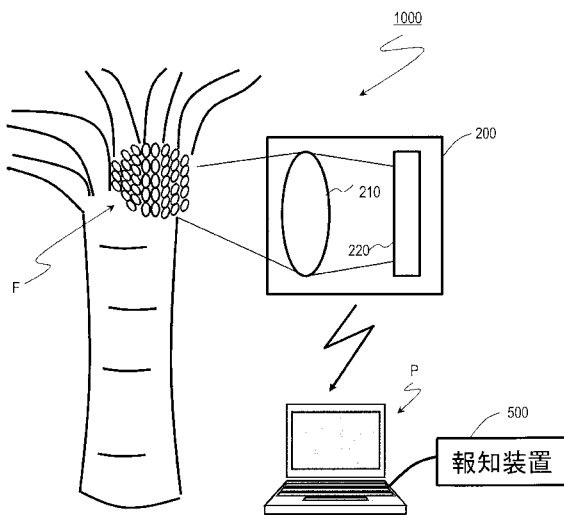
30

40

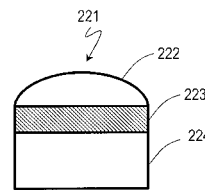
50

- 3 4 0 : R O M
- 3 4 0 : 記 録 媒 体
- 3 5 0 : C P U
- 4 0 0 : 駆 動 回 路
- 5 0 0 : 報 知 装 置
- 6 0 0 : 出 力 I F
- 1 0 0 0 : シ ス テ ム
- P : 計 算 装 置
- C : コ ン ト ロ ー ラ
- F : 房

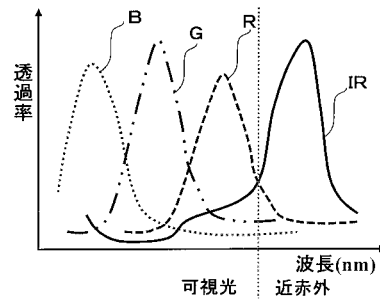
【 図 1 】



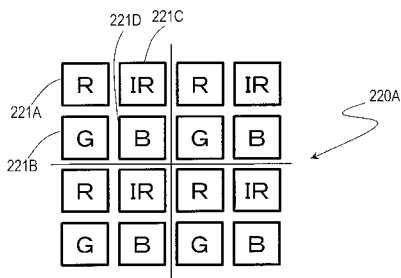
【 図 3 】



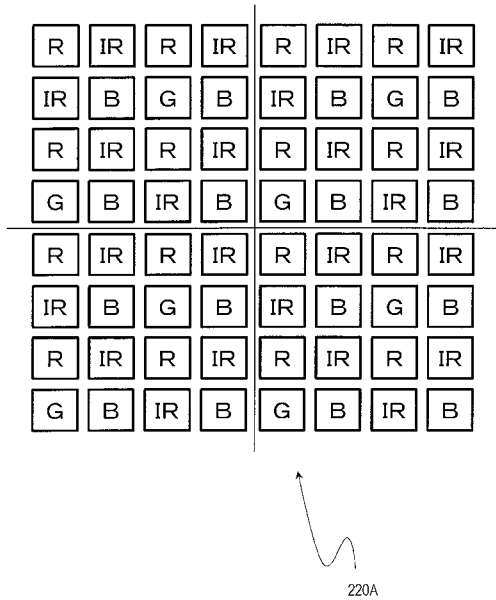
【 図 4 】



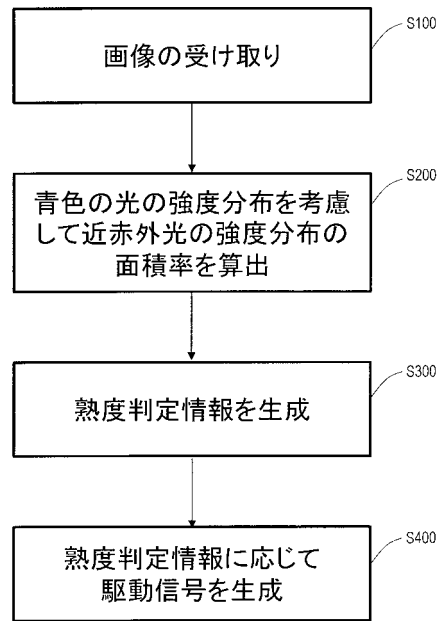
【 図 2 】



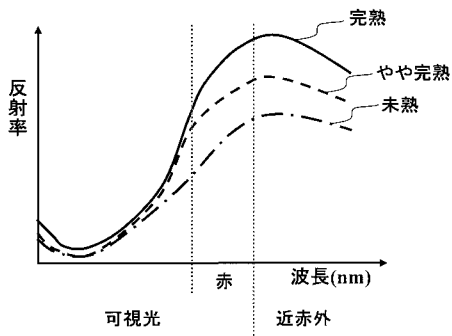
【 図 5 】



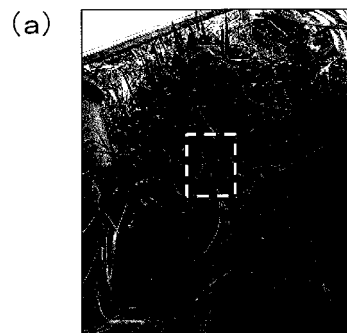
【 図 6 】



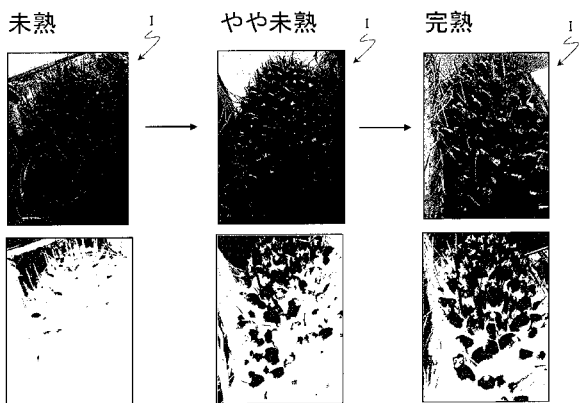
【 図 7 】



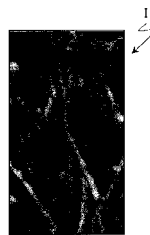
【 図 9 A 】



【 図 8 】



(b)



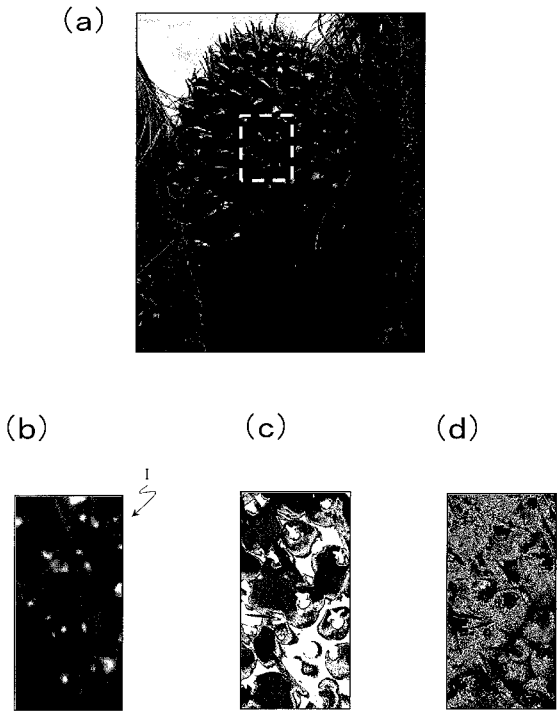
(c)



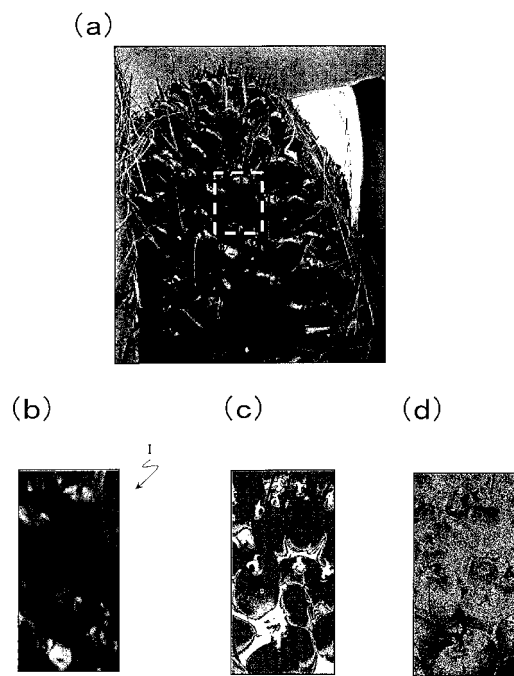
(d)



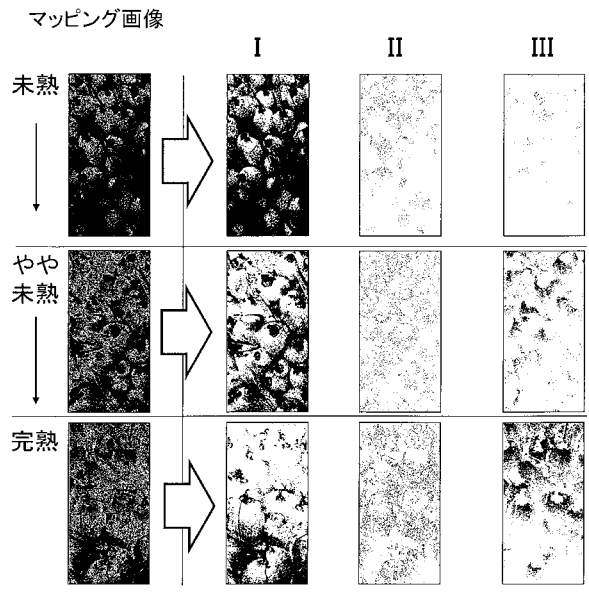
【図 9 B】



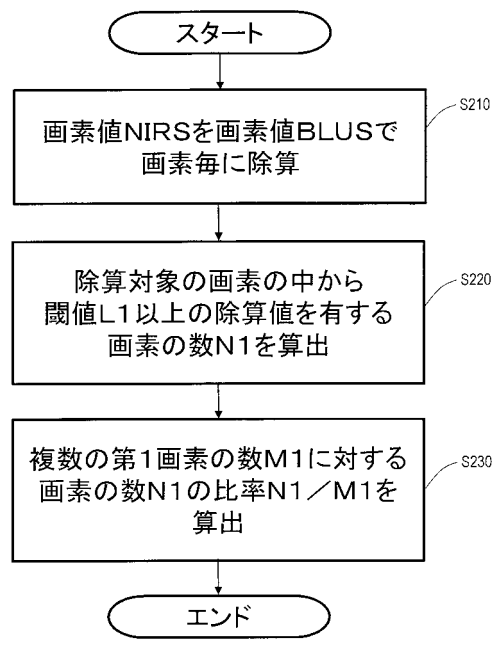
【図 9 C】



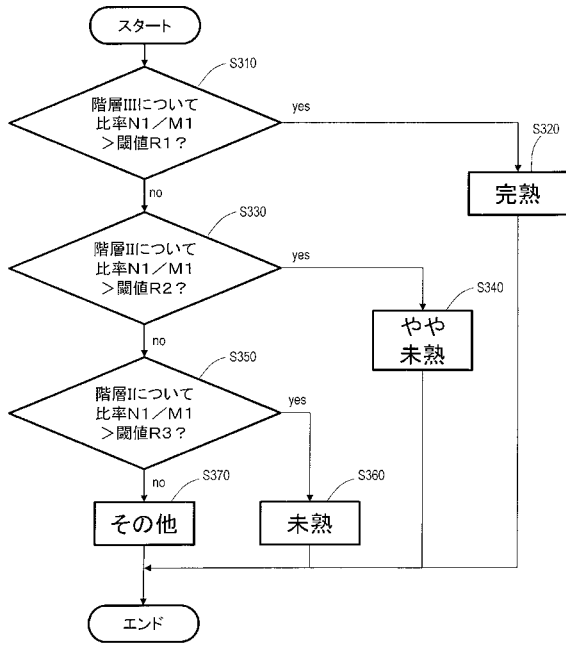
【図 1 0】



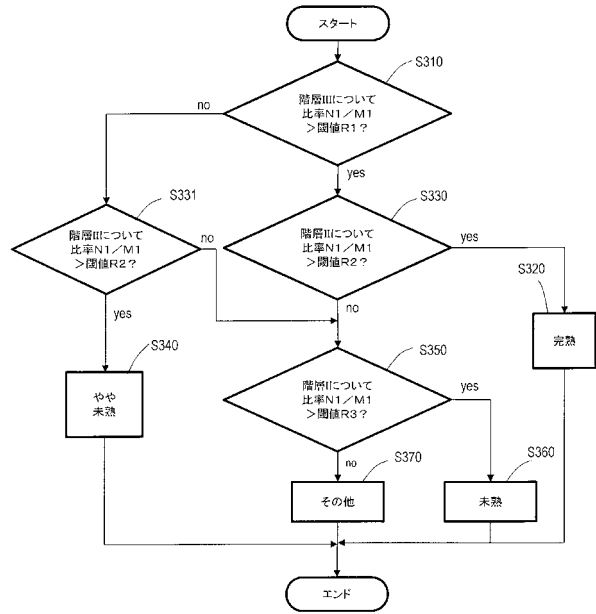
【図 1 1】



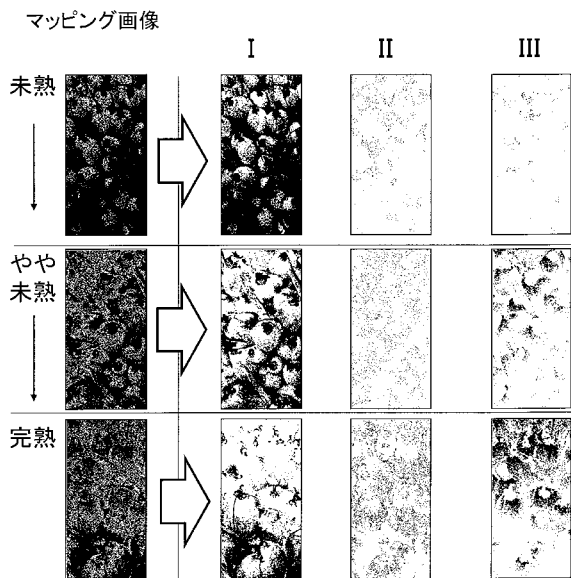
【図12A】



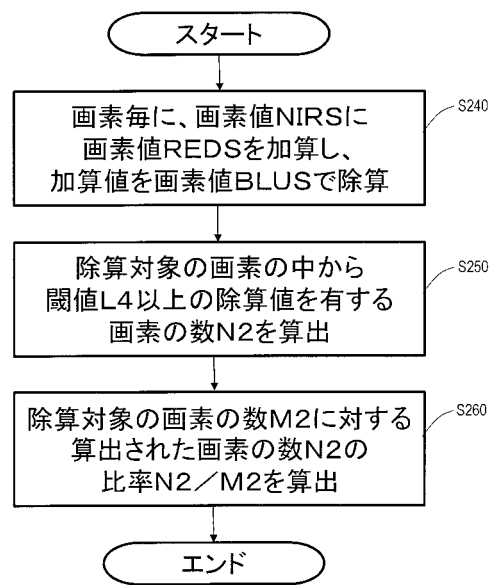
【図12B】



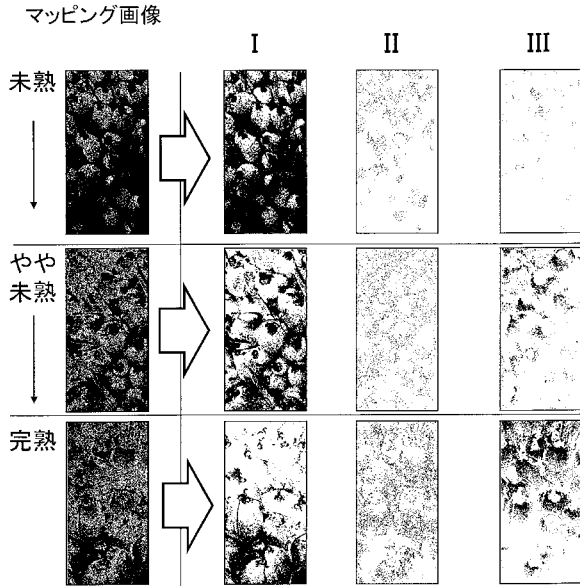
【図13】



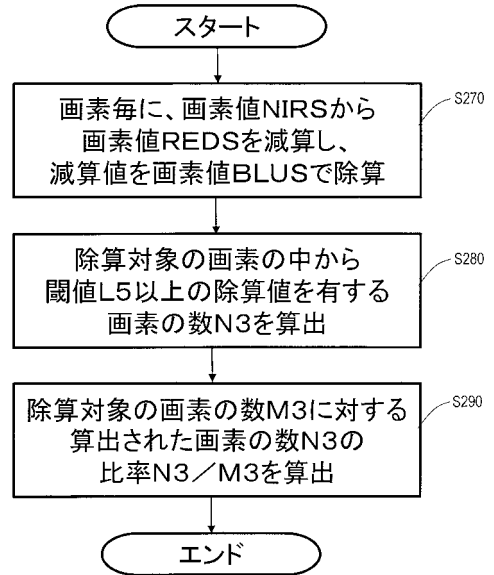
【図14】



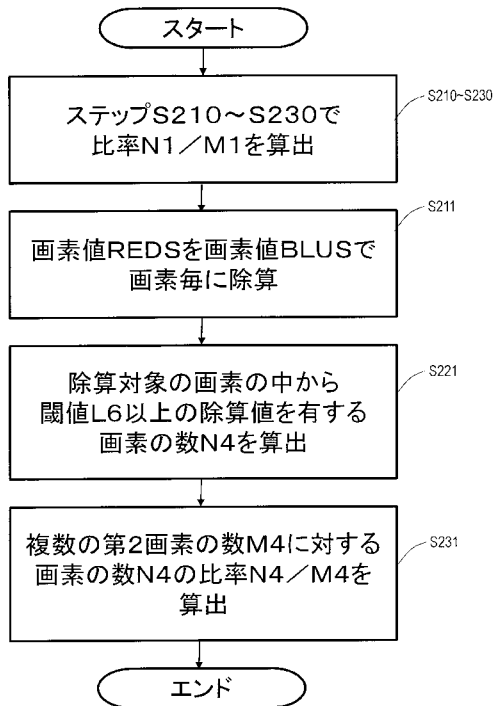
【図15】



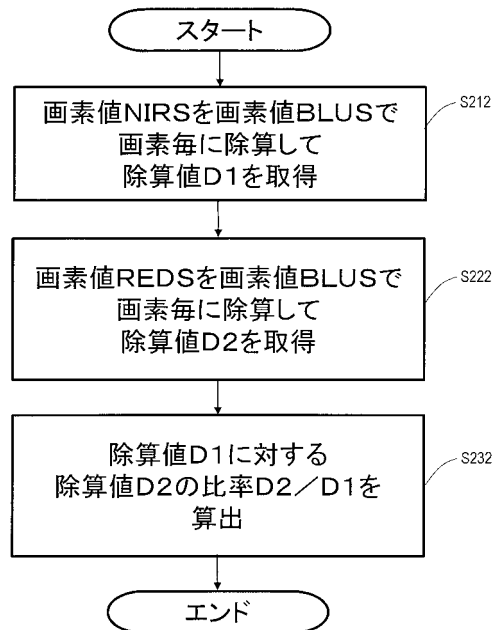
【図16】



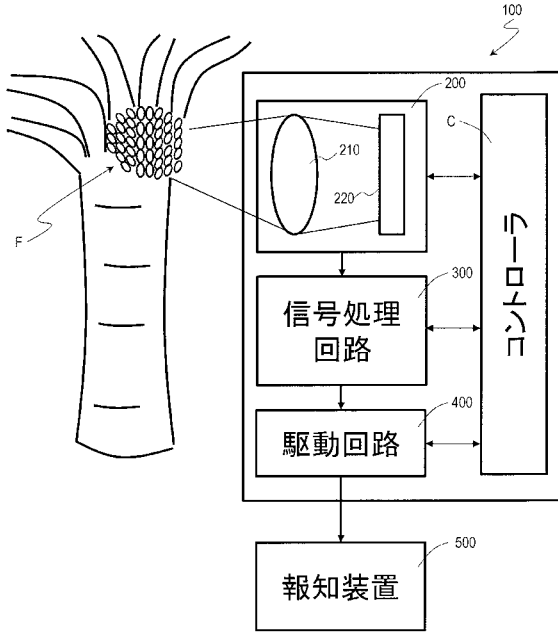
【図17】



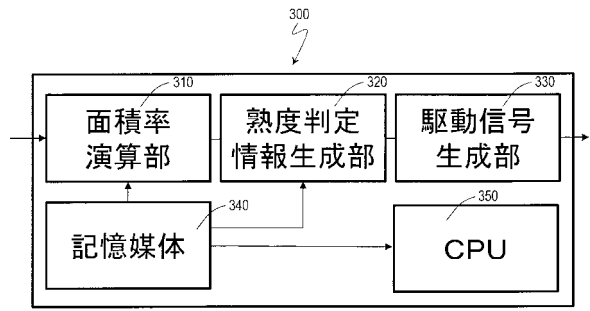
【図18】



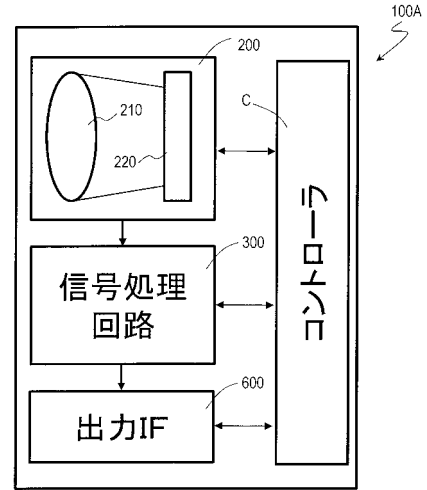
【図19】



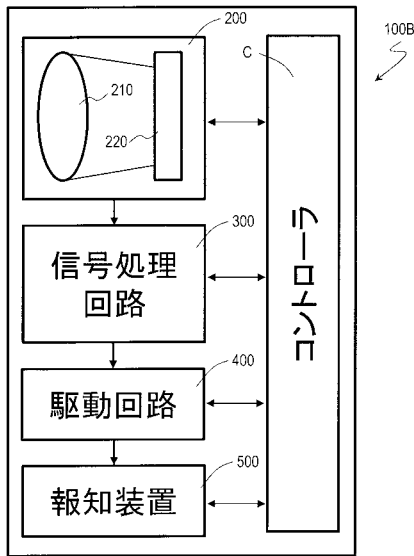
【図20】



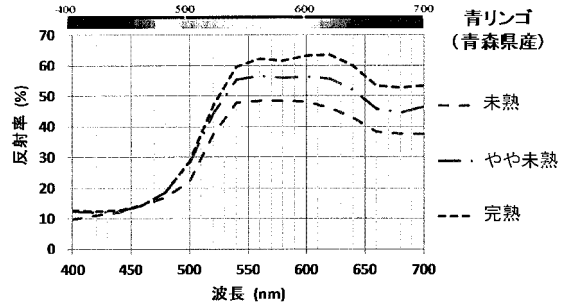
【図21】



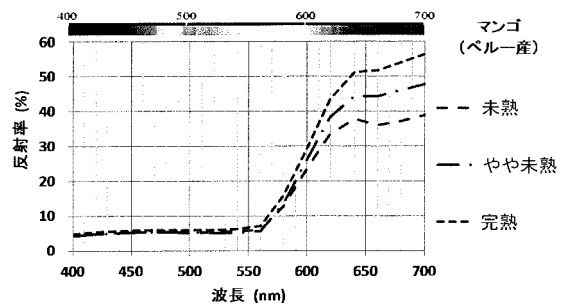
【図22】



【図23A】



【図23B】



フロントページの続き

(74)代理人 100202197

弁理士 村瀬 成康

(74)代理人 100202142

弁理士 北 倫子

(72)発明者 小川 莉絵子

大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内

(72)発明者 中野 貴司

大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内

(72)発明者 名倉 満

大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内

(72)発明者 中嶋 大一郎

大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内

Fターム(参考) 2G059 AA03 AA05 BB08 BB11 EE02 FF01 FF08 JJ03 JJ11 KK04
MM01 MM05 MM09 MM10 NN01 PP04 PP06