(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
2020年8月27日(27.08.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/170939 A1

(51) 国際特許分類:
A01C 1/02 (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01)
A01G 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/005589

(22) 国際出願日： 2020年2月13日(13.02.2020)

(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 2019-027079 2019年2月19日(19.02.2019) JP

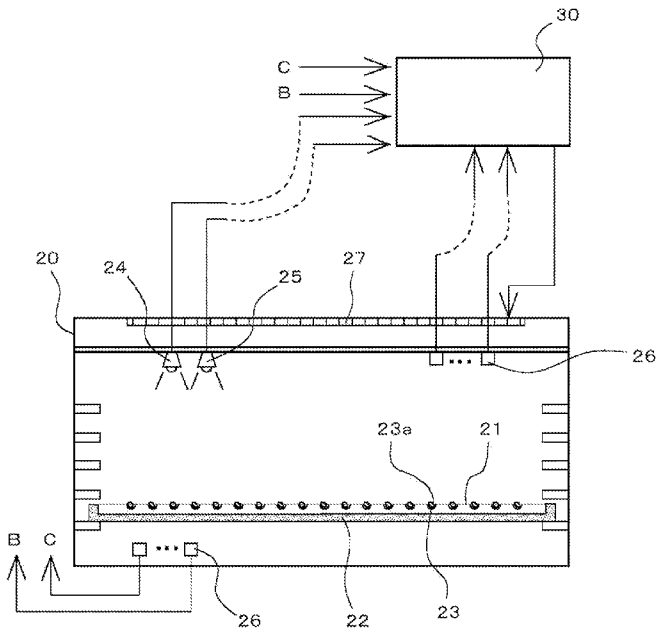
(71) 出願人: 国立大学法人千葉大学(**NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION CHIBA UNIVERSITY**) [JP/JP]; 〒2638522 千葉県千葉市稲毛区弥生町１番３３号 Chiba (JP). 特定非営利活動法人 植物工場研究会(**NON PROFIT ORGANIZATION JAPAN PLANT FACTORY ASSOCIATION**) [JP/JP]; 〒2770882 千葉県柏市柏の葉６丁目２番地１号 国立大学法人千葉大学 環境健康フィールド科学センター内 Chiba (JP).

(72) 発明者: 雨谷 弓弥子(**AMAGAI Yumiko**); 〒2770882 千葉県柏市柏の葉６丁目２番地１号 国立大学法人千葉大学 環境健康フィールド科学センター内 Chiba (JP). フェルドマン アレキサンダー(**FELDMAN Alexander**); 〒2770882 千葉県柏市柏の葉６丁目２番地１号 国立大学法人千葉大学環境健康フィールド科学センター内 Chiba (JP). 張ユウ(**ZHANG Yu**); 〒2770882 千

(54) **Title:** ARTIFICIAL LIGHT-TYPE PLANT FACTORY COHORT PHENOTYPING SYSTEM

(54) 発明の名称： 人工光型植物工場コホートフェノタイピングシステム

[図2]



(57) **Abstract:** The present invention tracks and automatically evaluates a plant characteristic of "a group of individual plants" in a growth process of a germination period (from seeding until immediately prior to primary seedling culture), at an artificial light-type plant factory. Specifically, a two-dimensional distribution of the plant characteristic is calculated by non-destructively and continuously measuring plant characteristic information in the growth process of the germination period, on the basis of image information 2a, environmental factor information 2b, genetic characteristic information 2c

WO 2020/170939 A1

[続葉有]

葉県柏市柏の葉６丁目２番地１号 国立大学法人千葉大学環境健康フィールド科学センター内 Chiba (JP). 野▲崎▼ 友美(**NOZAKI Tomomi**); 〒2770882 千葉県柏市柏の葉６丁目２番地１号 国立大学法人千葉大学環境健康フィールド科学センター内 Chiba (JP). 古在 豊樹(**KOZAI Toyoki**); 〒2770882 千葉県柏市柏の葉６丁目２番地１号 特定非営利活動法人 植物工場研究会内 Chiba (JP). 林 絵理(**HAYASHI Eri**); 〒2770882 千葉県柏市柏の葉６丁目２番地１号 特定非営利活動法人 植物工場研究会内 Chiba (JP). 布村 伊(**NUNOMURA Osamu**); 〒2770882 千葉県柏市柏の葉６丁目２番地１号 特定非営利活動法人 植物工場研究会内 Chiba (JP). 長谷川 陸央(**HASEGAWA Rikuo**); 〒2770882 千葉県柏市柏の葉６丁目２番地１号 特定非営利活動法人 植物工場研究会内 Chiba (JP).

(74) 代理人: 上村 陽一郎 (**KAMIMURA Yoichiro**); 〒1010052 東京都千代田区神田小川町３丁目１１Ｅ／Ｆｒｏｎｔビル９階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, 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)）

and artificial manipulation information 2d. In addition, physiological performance reactions of the group of individual plants cultivated in an environmentally-controlled closed space are continuously measured, and measurements are continuously taken of the two-dimensional distribution of the environmental factor information, and items such as temperature, saturation deficit, nutrient liquid percentage, nutrient liquid temperature, pH, and electric conductivity.

(57) 要約：人工光型の植物工場で、発芽期（播種から一次育苗直前まで）の成長過程における"植物個体群"の植物特性を追跡して自動で評価する。具体的には、画像情報２ａ、環境要因情報２ｂ、遺伝子特性情報２ｃ、人為的操作情報２ｄに基づいて、発芽期の成長過程における植物特性情報を非破壊で連続的に計測して植物特性の２次元分布を計算する。また、環境制御された閉鎖空間に栽培されている植物個体群の生理性能的反応を連続的に計測すると共に、環境要因情報の２次元分布及び気温、飽差、養液率、養液の温度、ｐＨ、電気伝導度などを連続的に計測する。

明　細　書

発明の名称 ：

人工光型植物工場コホートフェノタイピングシステム

技術分野

[0001] 本発明は、人工光型植物工場に種子フェノタイピング手法を統合することで、無農薬でクリーンな植物を通年計画で生産する人工光型植物工場における種子コホートフェノタイピングシステムに関する。

背景技術

[0002] 従来の人工光型植物工場は、閉鎖した空間内に設備した栽培モジュールで光・温熱空気環境を制御することで農薬を使用しないクリーンな植物（典型的には野菜、以下野菜とも表記する）を季節に関係なく、かつ計画的に必要量を生産することを可能としたものである。すなわち、播種から発芽、育苗、移植、栽培し、収穫した植物のトリミング調整、包装、出荷という一連の工程を通し、現在では日量数千乃至数万株もの野菜を消費者に供給することができるようになっている。

[0003] 一般に、植物体の生産過程では、育成・栽培中の表現型（植物特性）を測定し、評価することがよく行われる。この評価を表現型評価（フェノタイピング）と称する。従来のフェノタイピングは、定期的に植物体（サンプル）を採取し、これを破壊して、その表現型を測定し、評価しているのがほとんどである。この破壊による表現型の測定・評価は時間と労力を必要とする。

[0004] その対策として、近年は圃場や水田、森林などの屋外にある植物については、特定の“植物個体群”を対象としたドローンや大型のガントリークレーンを用い、屋内で栽培する植物に対しては、“単独植物個体群”を対象とした複数の一眼レフカメラなどのイメージセンサを用いて非破壊の植物特性自動評価技術も開発されつつある（非特許文献１）。

[0005] なお、もやしの水耕栽培システムにおいて、栽培室内の酸素濃度、二酸化炭素濃度、温度を測定し、散水を制御することで生産性を向上するもの（特

許文献１）、植物の背丈、ウエイトなどを測定して人工光（ＬＥＤ）をコントロールするもの（特許文献２）なども提案されている。

[0006] そして、植物の成長過程における形状、色、などの状態変化を画像解析により取得し、解析する植物生育解析システムも提案されている（特許文献３）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第６１４４２９０号公報

特許文献2：米国特許公開公報２０１４／０３７６２３９　Ａ１

特許文献3：特開２００５－２２９８１８号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献1：北隆館２０１８年３月２０日発行「アグリバイオ」２０１８年３月号，ｐｐ．２１８－２６１

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 植物は、生育環境に応答してその形態（特性：植物特性）を時間と共に変化させる。人工光型の植物工場で、その生産工程と並行して“植物個体群”の植物特性の成長過程を追跡して自動で評価するシステムは過去に例がない。

[0010] 発芽経過時刻のばらつき、発芽率及び発芽後の生育の均一性に影響する３大要因は、（１）種子の遺伝的な特性及び品質、（２）栽培環境、（３）播種及び育種における人為的な操作の変動、である。これらの要因が単一で、又は複合的に影響し合って収穫段階における生育差を大きくしている。しかし、このような要素の植物成長への影響に関する知見の体系的な整理は未だ完了しておらず、早急な対応が望まれている。

[0011] 従来のフェノタイピング手法を用いると、装置の大型化、高価なカメラ等を複数必要とすることに加えて、人工光型の植物工場では、大型の装置を設

置することができず、露地栽培（屋外）では必要としない照明手段や空調システムを設置する必要があるため、高コストとなってしまう。

[0012] 本発明の目的は、上記従来技術における諸課題を解決することにあり、人工光型の植物工場での植物特性を追跡して自動で評価するシステムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0013] 上記目的を達成するために、本発明は、人工光型植物工場での“植物個体群”の播種から一次育苗直前まで（＝発芽期）に絞り成長過程を追跡して特性データを収集する要因対照研究（ｆａｃｔｏｒ－ｃｏｎｔｒｏｌ　ｓｔｕｄｙ）、所謂種子コホート研究を可能とするものである。

[0014] 本発明に係る人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステムは、下記の構成としたことを特徴とする。なお、本発明に係るシステムの構成を明確にするため、対応する実施例の図面における主要構成の符号を付してある。

[0015] （１）本発明に係るシステムは、演算・制御部１、データセット入力部２、データ・ストレージ３、機械学習部４、画像処理部５、統計的データ解析部６、関連付け／因果関係導出計算部７、及び検証部８を備える統括制御部３０を有する。

前記統括制御部３０は、前記データセット入力部２から入力して前記データ・ストレージ３に格納された画像情報２ａ、環境要因情報２ｂ、遺伝子特性情報２、人為的操作情報２ｄに基づいて、発芽期（播種から一次育苗直前の期間）の成長過程における植物特性情報を非破壊で連続的に計測して植物特性の２次元分布を計算し、

環境制御された閉鎖空間に播種された種子の発芽期の生理性能的反応を連続的に計測すると共に、環境要因情報の２次元分布及び養液の温度、気温、飽差（飽和水蒸気量と絶対湿度の差）、養液率、ｐＨ、電気伝導度を連続的に計測する。

[0016] （２）前記２次元分布の計算は、ＲＧＢ画像情報取得手段２４とＩＲ画像情

報取得手段２５を用い、種子の形態、サイズ、色、種子温度、発芽のタイミング（発芽経過時刻）、培地表面温度、幼根の伸長速度を画像情報として取り込んで行う。

[0017] （３）前記生理性能的反応は、種子が水を含んで膨潤し、休眠状態にあった成長点が発育を開始する際の吸水速度、ならびに種子のサイズに対する養液の含水量（種子含水率）、発芽に必要な酸素濃度を含む。

[0018] （４）前記環境要因情報は、気温、飽差、養液率（注水容積Ｖ２（ｃｍ^3）を種子マットの容積Ｖ１（ｃｍ^3）で除した体積基準養液率を指す）、養液温度、ｐＨ・電気伝導度を含む。

[0019] （５）前記遺伝子特性情報は、成長した植物体から抽出したゲノムＤＮＡおよびＲＮＡから各種遺伝子工学実験により得たゲノム情報および既知のゲノム情報データベースとの相同性情報を含む。

[0020] （６）前記人為的操作情報は、播種者、播種の所要時間、播種箱の発芽部（播種から一次育苗前の温湿度・暗黒条件を制御・維持する発芽装置）内の位置、計測誤差を含む。

[0021] なお、本発明は上記の構成及び後述する実施例の構成に限定されるものではなく、本発明の技術思想の範囲内で種々の変形が可能である。

発明の効果

[0022] 本発明により、今後必要とされる大型植物工場での生産の自動化、およびその種苗生産会社における種子選抜・育成作業の自動化などのための労力および作業時間を低減し、ほぼ従来の１０分の一以下とすることができる。

また、データ・ストレージ３に蓄積されたデータから種子の形態、サイズ、色、種子温度、発芽経過時刻、幼根の伸長速度、及び植物成長への影響に関する知見を深め、現実では通常８０％程度の発芽率を９９．９％以上に向上することが可能である。

[0023] 前記したＡ．）発芽期の成長過程における植物特性を非破壊で連続的に計測し、植物特性の２次元分布の計測と、Ｂ．）環境制御された閉鎖空間に栽培されている植物個体群の生理性能的反応を連続的に計測すると共に、Ｃ．

）環境要因情報の２次元分布及び養液の温度、ｐＨ、電気伝導度などの連続的な計測で得られた植物特性データは、廉価な小型電子機器で収集できる。

[0024] また、本発明によれば、人工光型の植物工場で、発芽期の成長過程を追跡して自動で評価することで、植物個体を非破壊で、かつ連続的に全体を自動フェノタイピングすることが可能となり、均一な苗を生産することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明に係る人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステムの１実施例を説明する機能ブロック図。

[図2]本発明に係る人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステムを適用する発芽部の概要を説明する模式図。

[図3]図２に示された種子マット（培地）の構成例を説明する平面図。

[図4]発芽部内の種子マットにおける種子ポットに播種された種子の発芽状態を画像解析する様子の説明図。

[図5]発芽部の種子マットの表面温度の測定とデータ化の様子の説明図。

[図6]発芽部の種子マットの表面温度の測定とデータ化の様子の説明図。

[図7]現状の発芽経過時刻のばらつきと本システムによって減少するばらつきの程度の目標を示す正規分布。

[図8]本システムによって取得したデータから導き出される結果の参考例。

[図9]本発明にかかる人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステムにおける処理の流れの一例を示すフロー図。

[図10]種子マットに播種された種子の発芽状態を示すＲＧＢデータ取得イメージの一例。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明を実施例の図面を参照して詳細に説明する。

図１は本発明に係る人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステムの１実施例を説明する機能ブロック図で、符号１は演算・制御部で、所謂クラウドコンピュータで構成される。演算・制御部１には、データバス１

１を介してデータセット入力部２、データ・ストレージ３、機械学習部４、画像処理部５、統計的データ解析部６、関連付け／因果関係導出計算部７、検証部８が接続されている。また、画像モニターなどの表示デバイスからなる可視化部９、あるいは通信制御装置やキーボード、プリンターなどの入出力手段などを含む周辺機器がその他１０として接続される。

[0027] データセット入力部２は、環境要因情報２ｂ、遺伝子特性情報２ｃ、人為的操作情報２ｄの各入力部を有し、それらに対応する初期値が入力される。入力された各初期値はデータ・ストレージ３に格納される。

[0028] 植物特性の２次元分布は、前記環境要因情報２ｂ、前記遺伝子特性情報２ｃ、前記人為的操作情報２ｄ及び計測誤差情報２ｅの分布の結果として表現されると仮定して、前記遺伝子特性情報２ｃ、前記人為的操作情報２ｄ及び前記計測誤差情報２ｅの分布を前記植物特性の分布に及ぼす寄与度の計算で得る。

[0029] 時系列で並べられた植物特性の２次元分布は、環境要因情報２ｂ、遺伝子特性情報２ｃ、人為的操作情報２ｄ及び計測誤差情報２ｅの分布の結果として表現されると仮定して計算された遺伝子特性情報２ｃ、人為的操作情報２ｄ及び計測誤差情報２ｅの分布が植物特性の２次元分布に及ぼす寄与度のデータセットとしてデータ・ストレージ３に格納される。

[0030] 植物特性の２次元分布、環境要因情報２ｂ、遺伝子特性情報２ｃ、人為的操作情報２ｄ及び計測誤差情報２ｅの関連付け、及び環境要因情報２ｂ、遺伝子特性情報２ｃ、人為的操作情報２ｄ及び計測誤差情報２ｅの分布に対する寄与度を関連付け／因果関係導出計算部７が機械学習部（ディープラーニング部）４を用いて計算する。

[0031] 上記の植物特性の２次元分布、環境要因情報２ｂ、遺伝子特性情報２ｃ、人為的操作情報２ｄ及び計測誤差情報２ｅの関連付け、及び環境要因情報２ｂ、遺伝子特性情報２ｃ、人為的操作情報２ｄ及び計測誤差情報２ｅの分布に対する寄与度の計算には、物質・エネルギー収支、植物成長、多変量解析、行動（ｂｅｈａｖｉｏｒ又はｓｕｒｒｏｇａｔｅ）に関するモデルも利用

する。

[0032] 図２は本発明に係る種子コホートフェノタイピングシステムを適用する発芽部の概要を説明する模式図で、種子フェノタイピングユニットとも称する。図中、符号２０は発芽部の筐体であり、本実施例では内部に発泡ウレタン床（培地、以下、単にウレタン）の種子マット２１がセットされている。種子マット２１には所定の密度で整形された複数の種子ポット（凹部）２３を有し、それぞれのポット２３に種子２３ａが播種されている。そして、種子マット２１ は養液を満たした播種箱（発泡スチロール材）２２に均一に浸漬している。なお、養液温度制御や酸素濃度測定、種子含水率測定などの付帯機構は図示を省略してある。

[0033] 発芽部の筐体２０の内部で、種子マット２１の上方に２台の撮像装置（カメラ）が設置されて種子マット２１に播種されている種子２３ａを撮影するように配置されている。カメラの一方はＲＧＢカメラ２４、他方のカメラはＩＲ（赤外線）カメラ２５である。

ＲＧＢカメラ２４は２次元のカラー画像データを取得するもので、種子マット２１の２次元平面の色光データと光強度データを前記演算・制御部１を中核として構成される統括制御部３０に出力する。

[0034] ＩＲカメラ２５は赤外線領域の分光カメラであり、熱画像カメラとして利用する。あらかじめ熱電対を利用した校正をし、種子マット（培地）の色や材質を考慮した放射率を認識し、種子および種子マット（培地）の表面温度を得る。本実施例では簡易版ということもあって、ＲＧＢカメラ２４とＩＲカメラ２５を使用するが、同様の機能を有する他のカメラの使用を排除するものではない。

[0035] なお、同一画素内で近赤外線領域の感度を電気的に変えることができるＣＭＯＳセンサーも開発されているので、上記の２台のカメラに代えてこのイメージセンサを用いたカメラを採用することも可能である。

[0036] 図２の発芽部の筐体２０の内部には、筐体内部の温度や種子含水率などを検出する各種のセンサー２６が設置されている。ＲＧＢカメラ２４、ＩＲカ

メラ２５及び各種のセンサー２６の出力データは図１の画像情報２ａとして演算・制御部１で構成された計測評価手段を装備した統括制御部３０に転送される。

なお、統括制御部３０には、筐体２０内に設けられた人工光照明モジュール（ＬＥＤパネル）２７の制御部、発芽部の筐体２０内の空調制御部などの植物工場として必要な要素の制御手段が設けられている。

[0037] 図３は図２に示された種子マットの構成例を説明する平面図で、同図（ａ）は種子マット２１の全体平面を、同図（ｂ）は同図（ａ）の一部３×３の種子ポット２３部分の拡大図である。

この種子マット２１は、種子２３ａを発芽させる培地であり、その種類、養液率、筐体内や養液の温度などの諸条件を変えて種子を育成する。その育成過程をＲＧＢカメラ２４、ＩＲカメラ２５を用いて、所定のインターバルで時系列に撮影し、画像情報２ａとして図１のデータ・ストレージ３に格納する。そして、その画像情報２ａは、演算・制御部１で構成された計測評価手段を装備した統括制御部３０に転送され、画像処理部５で処理され、その結果もデータ・ストレージ３に格納される。

[0038] 図４は発芽部内の種子マットにおける種子ポットに播種された種子の発芽状態を画像解析する様子の説明図で、同図（ａ）は種子２３ａの発芽状態を目視で確認した状態の種子マット２１で、解り易いように発芽が確認されたポットを〇で囲んで図示してある。

[0039] 種子の発芽の確認と評価は、ＲＧＢカメラ２４の撮影画像に基づいて、演算・制御部１の制御により、関連付け／因果関係導出計算部７が機械学習部４を用いて実行する。

ＲＧＢカメラ２４で撮影された種子マット２１の撮影画像は、画像情報２ａとしてデータ・ストレージ３に記録される。そして、その画像情報２ａは、発芽している種子ポット２３と、未発芽の種子ポット２３とに解析され、図４（ｂ）に示すように、発芽した種子ポットは「ＴＲＵＥ」、未発芽のポットは「ＦＡＬＳＥ」としてデータベースに記録される。

図１０は、ＲＧＢカメラで撮影された種子マットに播種された種子の発芽状態のデータ取得イメージの一例である。

種子マット２１に播種された種子２３ａの発芽状態はＲＧＢカメラ２４で撮影され、撮影されたＲＧＢ画像は、例えば図１０に示すデータ取得イメージのように処理され、連続的に撮影された全種子の時系列画像として記録される。図１０では、播種時から４８時間後まで時系列に画像が記録されている。図１０（ａ）は種子タイプが非コート種子、（ｂ）はコート種子の場合の例である。そして前記時系列画像から個体ごとに生長過程を分析し発芽データを取得する。そして、分析された情報はデータベースに記録されるとともに、各画像に「未発芽（Ｆ）」「発芽（Ｔ）」「発芽済（Ｔ）」のタグが自動的に付される。

前記自動的に付されたタグは、例えば、図４（ｃ）に示すように、種子マット２１を模した表示手段（ディスプレー等）の画面上に、「未発芽」と分析された種子ポット２３の位置には‘Ｆ’と表示され、「発芽」「発芽済」と分析された位置には‘Ｔ’が表示され可視化処理される。

このようにして、植物特性の２次元分布が算出され、算出された情報は、図４（ａ）に示す目視評価による正確な発芽判断情報との整合性評価がなされるなどして、データ・ストレージ３に記録される。

[0040] 図５及び図６は発芽部内の種子マット（培地）の表面温度の測定とデータ化の様子の説明図で、図５（ａ）は発芽部内を上方（カメラ側）からＲＧＢカメラ２４でみた種子マット２１の表面、図５（ｂ）は同じようにＩＲカメラ２５で撮影した種子マット２１の表面温度の分布を示す。図５（ｂ）の濃度の濃い部分は、カラー画像では赤色の濃淡で示される。赤色の濃淡部分は、表面温度が高いことを示す。

[0041] こうしてＩＲカメラ２５で得られた赤外線画像（サーモグラフィー）は、画像情報２ａとしてデータ・ストレージ３に記録されるとともに、画像処理部５で解析され、すべてデータ処理され、その情報もデータ・ストレージ３に格納される。

ＩＲカメラ２５で得られた画像情報２ａの解析には、例えば市販の熱画像解析ソフトを利用することができる。本実施例においては、フリアーシステムズジャパン株式会社製のＦＬＩＲ　Ｔｏｏｌｓを利用した。

解析結果は、データ・ストレージ３に格納され、データベースに記録される。

図６（ａ）は、ＩＲカメラ２５で得られた画像情報２ａを熱画像解析ソフトで解析した解析データを、ＣＳＶファイル形式にエクスポートしたものの一部である。

図６（ｂ）は、データ・ストレージ３に格納された画像情報２ａの解析データの情報を、表計算ソフトのワークシートに出力し、温度データとして可視化したものである。ここでは、ワークシート上に、３００の種子ポット２３を備えた種子マット２１の種子２３ａの位置の温度データが表示されている。そして、数値の大きさをセルの濃淡で示し、目視により温度分布を確認できるように可視化処理が行われている。

このように、図５（ａ）の種子マット２１の表面をＲＧＢカメラ２４で撮像した画像情報２ａから、図５（ｂ）のＩＲカメラ２５で撮像されたアナログの赤外線画像（サーモグラフィー）に解析され、図６（ａ）に示したような温度データとして数値化され、数値の大きさにより図６（ｂ）に示すような温度分布により、植物特性の２次元分布を得る。

そして、その他の要因情報から得た植物特性や環境要因の２次元分布や、生理性能的反応情報、遺伝子特性情報等との関係で、例えば、温度分布で数値が大きい、すなわち高温度であると記録された位置と、種子の各個体の発芽の状態との関連付け、因果関係を導き出すことが可能となり、発芽率の好条件やばらつきの減少などの一要因と評価することができる。

[0042] 図７は発芽経過時刻の頻度分布である。現状（あ）では経過時刻のばらつきが大きく、これが収穫量や収穫物の品質のばらつきの原因となる。一方、（い）に示すように播種から発芽までの経過時刻を短くし、ばらつきを最小限にすることができれば、発芽期そのものの期間を短くし、ランニングコス

トの削減になるだけでなく、品質、収量の安定性と可販率の向上が可能となる。

実施例 1

[0043] 上記では、種子マット（培地）の表面温度という環境要因をデータ化して植物特性の２次元分布を得たが、このようにして、種子マットをはじめ、種子の種類、養液率、発芽部内の温度などを変更し、様々な条件下で連続的に計測し追跡して植物個体群の特性データを収集し、それらから関連付け、因果関係の導出を図る。

[0044] 図８は種子含水率と発芽率の関係（ア）、種子サイズと発芽率の関係（イ）、養液率と播種から発芽までの経過時刻（ＨＡＳ：Ｈｏｕｒｓ　Ａｆｔｅｒ　Ｓｏｗｉｎｇ）の関係（ウ）、種子温度と発芽経過時刻のばらつき（ＨＡＳ）の関係（エ）を示す。発芽には水分、温度、酸素が必要であるが、それらの値が小さくても大きくても安定した高い発芽率は得られない。（ア）に示すように、水分不足もしくは、水分過多による酸素欠乏はいずれも発芽率の低下を招く。また、（イ）に示すように、小さい種子や萎縮した種子などは発芽しにくい傾向がある。（ウ）は、培地の含水率が低すぎると毛細管現象による培地の底部から液面が持ち上がる力に依存し、種子周辺が発芽に達する含水率となるまでの時間がすなわち発芽経過時刻となり、逆に養液率が高すぎると種子は養液中に浸水し酸素欠乏となる。これは培地の密度や素材などにより全く異なる。（エ）は発芽期に一定の低温環境下へさらした場合、植物の種類によっては発芽能力が誘導され、発芽のタイミングが揃いやすくなることがあることを示す。

[0045] 以上の結果は種子のタイプによっても異なる。

例えば、種子にはコート加工した種子と未加工の種子がある。種苗会社などの選抜・育種の過程では非コート種子を使用するが、生産者は播種の容易さからコート種子を使用することが多い。コート種子は、播種しやすいように形状、大きさが均一になるように種子の表面を無機粉体で被覆した造粒コート種子や、殺菌剤や殺虫剤などの農薬を含む樹脂で種子の表面を被覆した

フィルムコート種子などがある。天然素材の粘土鉱物を主体とした粉体を用い種子を被覆し均一な球状にしたコート種子がレタスの栽培においてよく使用される。

[0046] 以上からも、発芽率を高め、発芽経過時刻のばらつきを減らすためには、さまざまなパターンの栽培データから総合的な解析が必要であることが窺える。

[0047] 図９は、本発明にかかる人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステムにおける処理の流れの一例を示すフロー図である。

まず、初期値設定として、データセット入力部２から環境要因情報２ｂ、遺伝子特性情報２ｃ、人為的操作情報２ｄ、計測誤差情報２ｅ等を入力してデータ・ストレージ３に格納する（ステップ１、以下「Ｓ１」のように図示する。）。

[0048] 次に、ＲＧＢ画像情報取得手段（ＲＧＢカメラ２４）とＩＲ画像情報取得手段（ＩＲカメラ２５）を起動し、発芽期での成長過程における種子の形態、サイズ、色及び幼苗の形態、サイズ、色、種子温度、発芽のタイミング（発芽経過時刻）、培地表面温度、幼根の伸長速度、画像データなどを連続的に収集し、画像情報２ａとして取得し、データ・ストレージ３に格納する（ステップ２）。

[0049] その後、データ・ストレージ３に格納された画像情報２ａを、演算・制御部１の制御指示に基づいて、画像処理部５で処理（ステップ３）するとともに、統計的データ解析部６で解析し、解析情報をデータ・ストレージ３に格納する（ステップ４）。

[0050] その他、図示しないが、生理性能的反応として、発芽期の成長過程における種子が水を含み膨潤し、休眠状態にあった成長点が発育を開始する際の吸水速度、ならびに種子のサイズに対する養液の含水量（種子含水率）、発芽に必要な酸素濃度について、各種センサー２６から連続的に計測し、各計測情報をデータ・ストレージ３に格納する。

[0051] また、同様に環境要因情報として、発芽期の成長過程における気温、飽差

、養液率、養液温度、ｐＨ・電気伝導度等を連続的に計測し、各計測情報をデータ・ストレージ３に格納する。

[0052] こうしてデータ・ストレージ３に格納された連続的に収集された各種情報は、演算・制御部１の制御指示に基づいて植物特性情報として解析される。

[0053] 各情報の解析後、各情報を関連付け、あるいは因果関係を導出するため、植物特性の２次元分布に対する寄与度を関連付け／因果関係導出計算部７で機械学習部（ディープラーニング部）４を用いて計算する（ステップ５）。

[0054] そして、関連付け／因果関係の導出計算が完了すると、各情報を検証部８で検証する（ステップ６）。なお、関連付け／因果関係の導出計算が完了しない場合は、再度関連付け／因果関係導出計算部７で計算する。

[0055] 各情報の検証が完了すると、その結果を可視化部９で可視化処理する（ステップ７）。検証が完了しない場合には、再度検証処理を行う。こうして、データ・ストレージ３に格納された各種の情報に基づいて、対象となる植物における様々な植物特性の２次元分布を導きだし、発芽期の成長過程における植物個体群の植物特性を追跡して、各情報の関連付け、因果関係を導き出し自動で評価する。

[0056] 上記の実施例で説明した本発明に係る種子コホートフェノタイピングシステムは、小型のカメラとセンサーを用いるだけであるので、構成が簡単であり、非破壊であることから、出荷工程に差し障りが無く実施でき、かつ低コストである。

[0057] そして、発生した膨大なデータは、クラウドコンピュータにオンラインで転送し、これを取得可能であり、特別な装置等を必要としない。

[0058] また、人工光型植物工場においては、植物の生育に影響する全ての環境要因の制御が可能であり、その設定値についても日々蓄積される環境及び植物特性のビッグデータを利用し、ディープラーニング手法などから９９．９％以上の発芽率と、タイミングの揃った発芽、発芽後の均一な生育のための最適値を導き出す。

[0059] 上記種子コホートフェノタイピングシステムは、特に選抜・育種の目的で

採取した種子において多大な労力と時間を要している発芽期に、均一な環境下で種子の挙動を評価することが可能となり、フェノタイピングに係る労力が従来と比較しおおよそ１０分の１以下、必要とする時間も略１０分の１以下となり、数百倍以上の高効率で行うことを可能にする。

[0060] さらに、人工光型植物工場では、投入エネルギーの利用効率を高め、栽培面積の利用効率を高めるためには、１００％に近い発芽率が重要であり、特に大型植物工場（５０００株／一日当たりの生産）における今後必要となる自動化においては更に重要と考えられる。本装置は、９９．９％以上の発芽率と均一な苗の生産を可能とし、大型植物工場および種苗会社における種子選抜・育成作業における不発芽や生育のばらつきによる生産効率の低下を回避できる。更に大型植物工場で求められている自動化の促進に役に立つ。

[0061] すなわち大量生産を行う植物工場においては、限られた栽培スペースの有効活用、均一な苗生産に加えて作業効率の向上である。発芽率を高め、苗の均一性を確立することができれば、育苗以降の工程の効率化と生産性の改善に大きく寄与することができる。

[0062] 本発明に係る種子コホートフェノタイピングシステムは、大型の商業的植物工場に限らず、小型一中型の商業的植物工場、教育用、自習用、趣味用などの小型一超小型の植物工場（植物モジュール）、更に一般圃場向けた高品質、均一な苗生産にも利用することができる。

符号の説明

[0063] １・・・演算・制御部

２・・・データセット入力部

２ａ・・・画像情報

２ｂ・・・環境要因情報

２ｃ・・・遺伝子特性情報

２ｄ・・・人為的操作情報

２ｅ・・・計算誤差情報

３・・・データ・ストレージ

４・・・機械学習部

５・・・画像処理部

６・・・統計的データ解析部

７・・・関連付け／因果関係導出計算部

８・・・検証部

９・・・可視化部

１０・・・その他

２０・・・発芽部の筐体

２１・・・種子マット

２２・・・養液を満たした播種箱

２３・・・種子ポット

２３ａ・・・種子

２４・・・ＲＧＢカメラ

２５・・・ＩＲカメラ

２６・・・センサー

２７・・・人工光モジュール（ＬＥＤパネル）

３０・・・統括制御部

請求の範囲

[請求項1] 演算・制御部、データセット入力部、データ・ストレージ、機械学習部、画像処理部、統計的データ解析部、関連付け／因果関係導出計算部、及び検証部を有する統括制御部で構成される人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステムであって、

前記統括制御部は、前記データセット入力部から入力して前記データ・ストレージに格納された画像情報、環境要因情報、遺伝子特性情報、人為的操作情報に基づいて、発芽期の成長過程における植物特性情報を非破壊で連続的に計測して植物特性の２次元分布を計算し、環境制御された閉鎖空間に播種された種子の発芽期の生理性能的反応を連続的に計測すると共に、環境要因情報の２次元分布及び養液の温度、気温、飽差、養液率、ｐＨ、電気伝導度を連続的に計測することにより、植物工場での生産の自動化、及びその種苗生産における種子選抜・育成作業の自動化の労力及び作業時間を低減し、発芽率の向上と均一な苗の生産を可能とすることを特徴とする人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステム。

[請求項2] 前記２次元分布の計算は、ＲＧＢ画像情報取得手段とＩＲ画像情報取得手段を用いて、種子の形態、サイズ、色、種子温度、発芽のタイミング、培地表面温度、幼根の伸長速度を画像情報として取り込むことを特徴とする請求項１に記載の人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステム。

[請求項3] 前記生理性能的反応は、種子が水を含み膨潤し休眠状態にあった成長点が発育を開始する際の吸水速度、ならびに種子のサイズに対する養液の含水量、発芽に必要な酸素濃度を含むことを特徴とする請求項１に記載の人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステム。

[請求項4] 前記環境要因情報は、気温、飽差、養液率、養液温度、ｐＨ・電気伝導度を含むことを特徴とする請求項１に記載の人工光型植物工場種

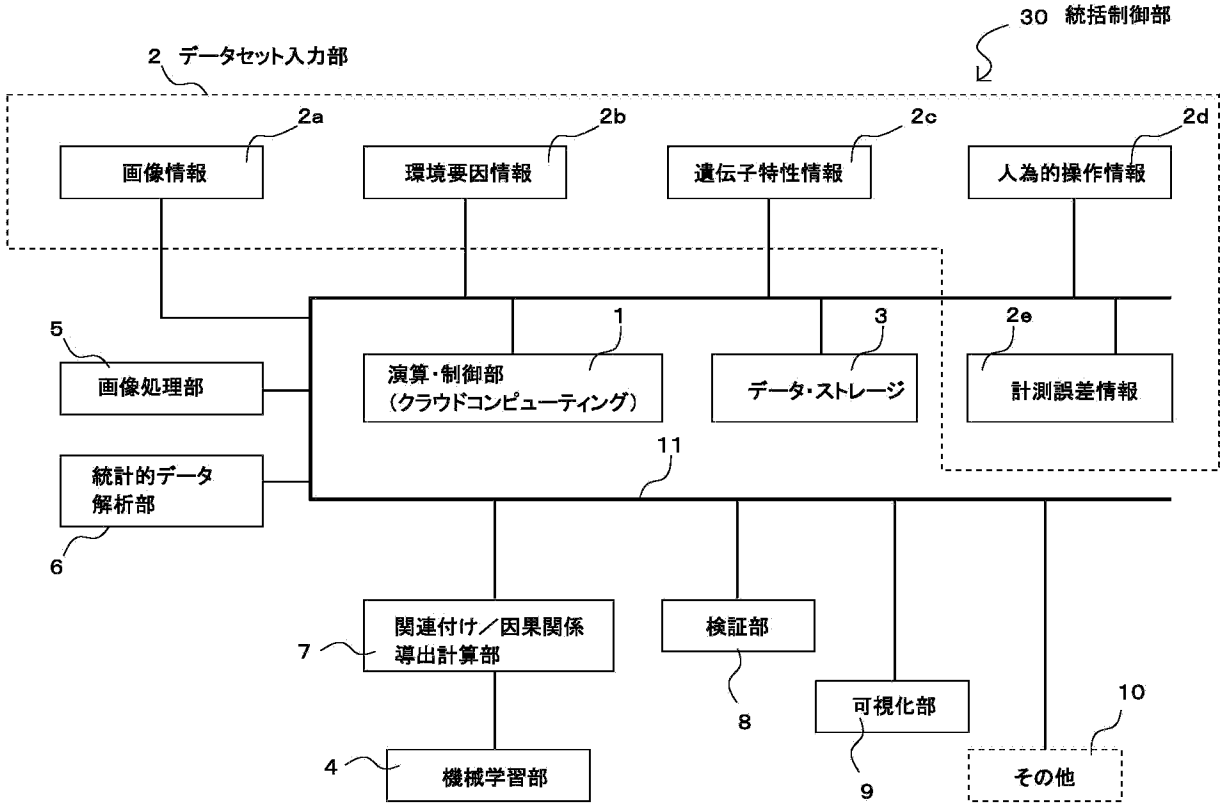
子コホートフェノタイピングシステム。

[請求項5] 前記遺伝子特性情報は、成長した植物体から抽出したゲノムＤＮＡ及びＲＮＡから各種遺伝子工学実験により得たゲノム情報及び既知のゲノム情報データベースとの相同性情報を含むことを特徴とする請求項１に記載の人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステム。

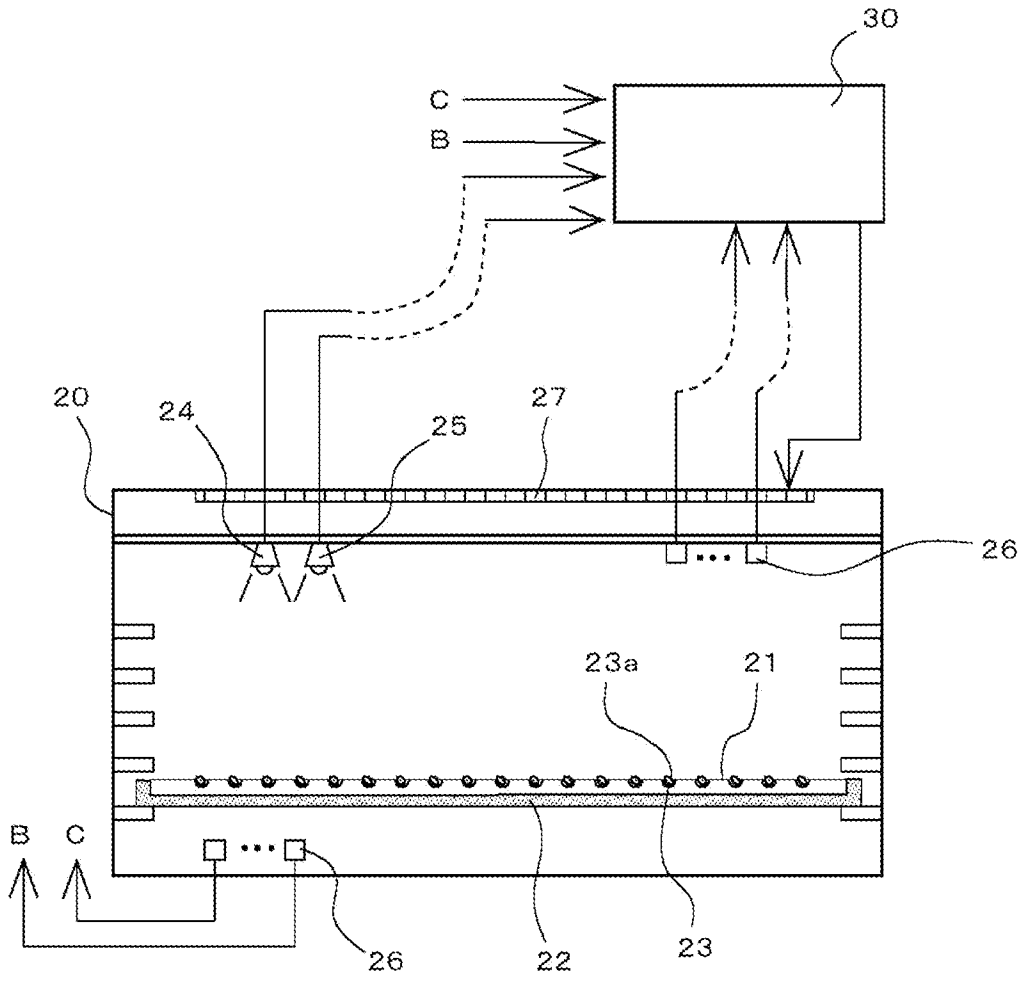
[請求項6] 前記人為的操作情報は、播種者、播種の所要時間、播種箱の発芽部内の位置、計測誤差を含むことを特徴とする請求項１に記載の人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステム。

[請求項7] 前記発芽率は９９．９％以上であることを特徴とする請求項１に記載の人工光型植物工場種子コホートフェノタイピングシステム。

[図1]

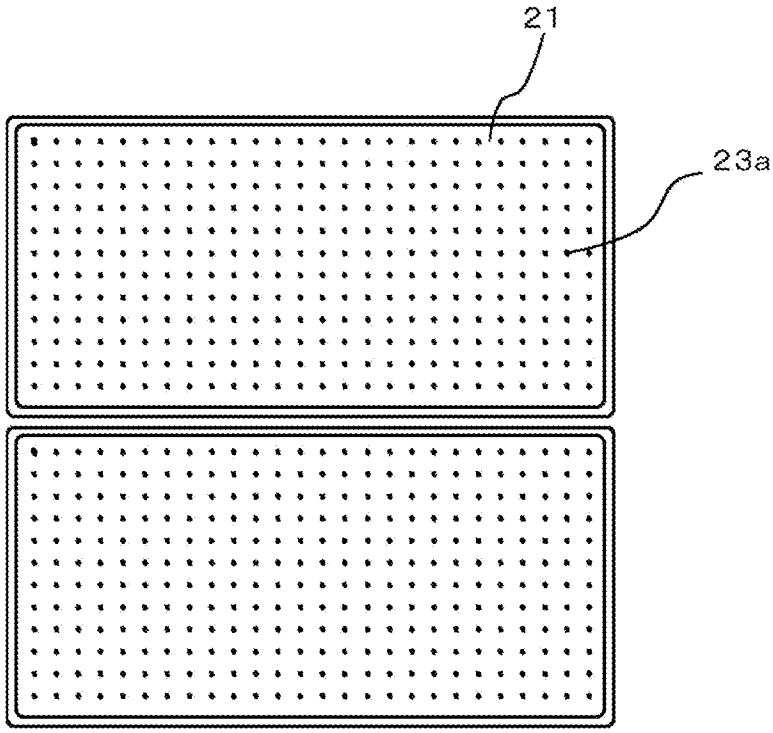

30 統括制御部
2 データセット入力部
2a
画像情報
2b
環境要因情報
2c
遺伝子特性情報
2d
人為的操作情報
5
画像処理部
1
演算・制御部
（クラウドコンピューティング）
3
データ・ストレージ
2e
計測誤差情報
11
統計的データ
解析部
6
関連付け／因果関係
導出計算部
7
検証部
8
可視化部
9
10
その他
4
機械学習部

[図2]

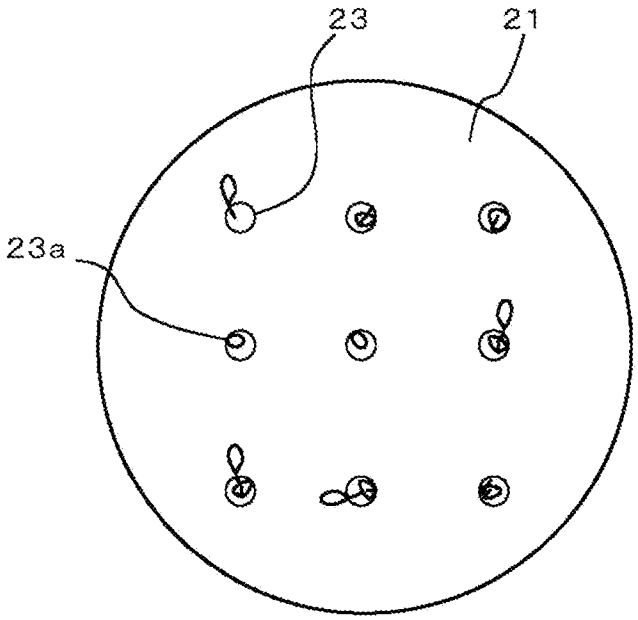

30
C
B
20
24
25
27
26
23a
21
B
C
26
22
23

[図3]

(a)

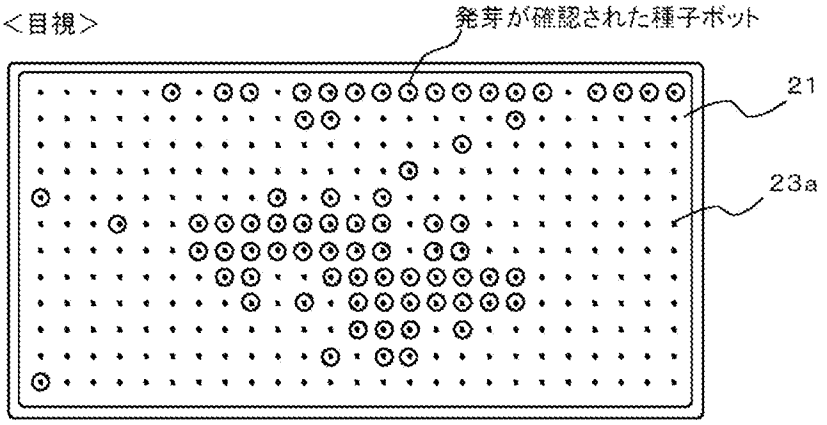


(b)



[図4]

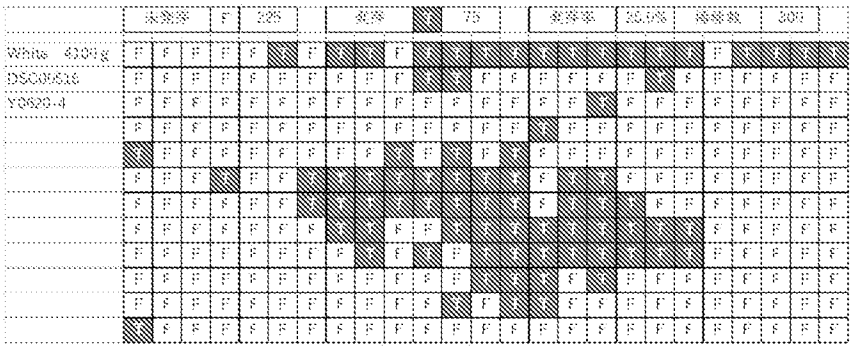
(a) ＜目視＞



(b) ＜解析データ＞

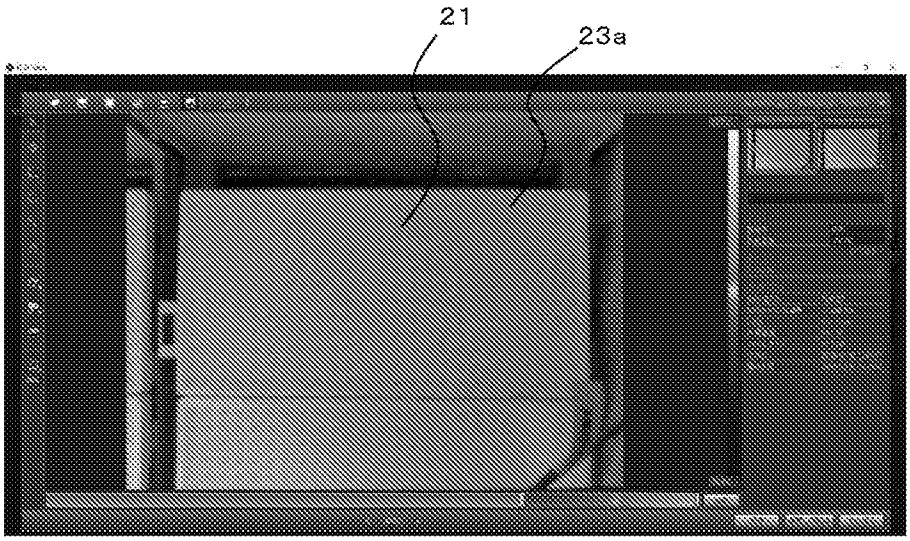
p901	germination	2018/6/20 12:00	2018/6/22 12:10	germination_1.side_2.tray_2.plant_1	TRUE
p902	germination	2018/6/20 12:00	2018/6/22 12:10	germination_1.side_2.tray_2.plant_2	FALSE
p903	germination	2018/6/20 12:00	2018/6/22 12:10	germination_1.side_2.tray_2.plant_3	FALSE
p904	germination	2018/6/20 12:00	2018/6/22 12:10	germination_1.side_2.tray_2.plant_4	FALSE
p905	germination	2018/6/20 12:00	2018/6/22 12:10	germination_1.side_2.tray_2.plant_5	FALSE
p906	germination	2018/6/20 12:00	2018/6/22 12:10	germination_1.side_2.tray_2.plant_6	FALSE
p907	germination	2018/6/20 12:00	2018/6/22 12:10	germination_1.side_2.tray_2.plant_7	FALSE
p908	germination	2018/6/20 12:00	2018/6/22 12:10	germination_1.side_2.tray_2.plant_8	FALSE

(c) ＜可視化処理＞

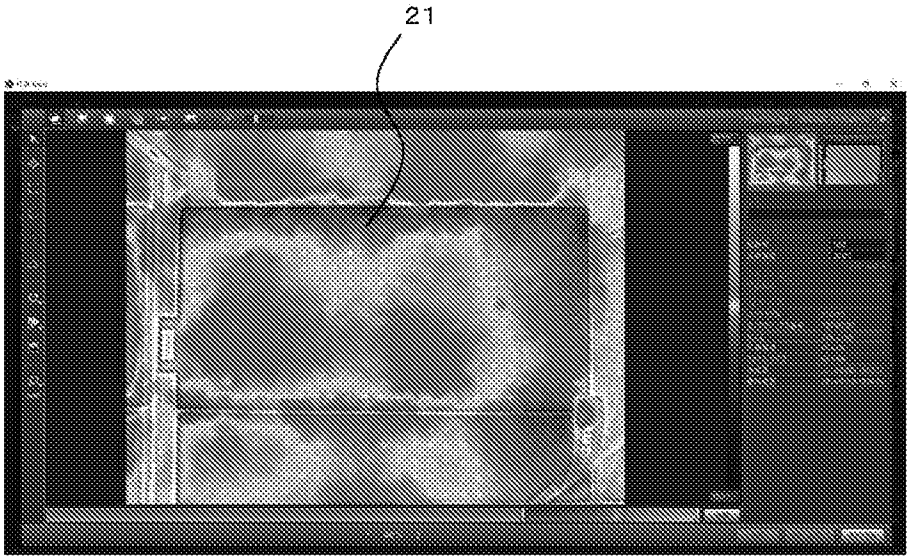


[図5]

(a)



(b)



[図6]

(a)

CSVファイル(320×240pixcel)

ファイル: C:¥Users¥hopp¥Dropbox¥指物工場¥FLIR_Astage¥FLIR写真¥FLIR0947.jpg

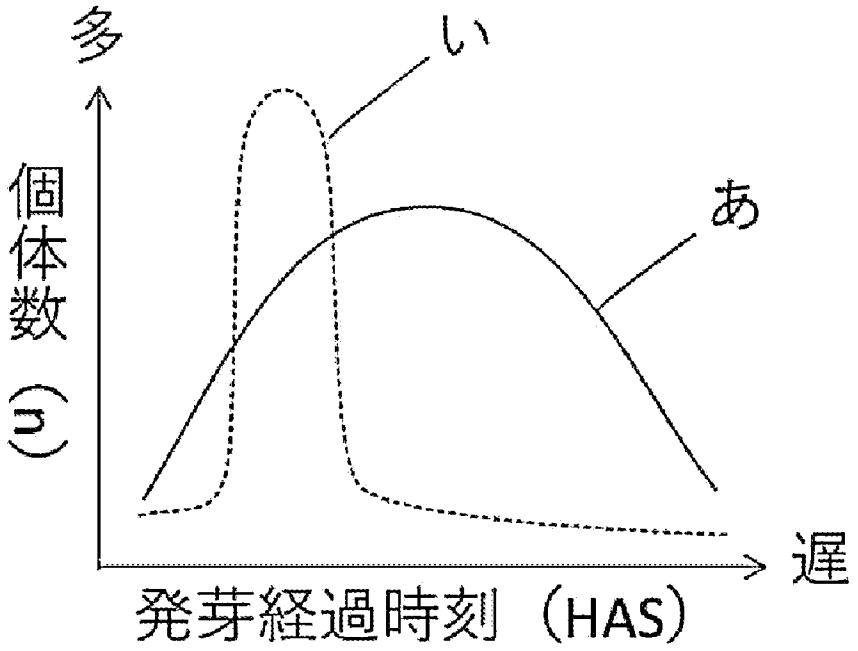
フレーム																								
	25.145	25.152	25.171	25.223	25.275	25.341	25.425	25.523	25.614	25.672	25.699	25.588	25.477	25.354	25.223	25.099	24.975	24.858	24.766	24.694	24.642	24.5
	25.145	25.152	25.178	25.223	25.282	25.347	25.432	25.529	25.614	25.672	25.666	25.588	25.484	25.36	25.23	25.099	24.975	24.864	24.766	24.694	24.635	24.5
	25.145	25.152	25.184	25.236	25.295	25.367	25.451	25.549	25.633	25.692	25.679	25.607	25.503	25.38	25.249	25.119	24.995	24.871	24.773	24.694	24.629	24.5
	25.152	25.165	25.197	25.256	25.321	25.399	25.49	25.581	25.666	25.718	25.711	25.64	25.536	25.412	25.282	25.152	25.015	24.891	24.779	24.694	24.616	24.5
	25.158	25.171	25.21	25.275	25.347	25.432	25.523	25.62	25.692	25.743	25.737	25.672	25.575	25.451	25.321	25.184	25.047	24.91	24.792	24.694	24.609	24.5
	25.165	25.178	25.217	25.289	25.373	25.464	25.555	25.646	25.718	25.763	25.756	25.698	25.607	25.49	25.36	25.223	25.08	24.936	24.806	24.694	24.596	24.5
	25.165	25.171	25.217	25.295	25.38	25.477	25.568	25.646	25.718	25.756	25.756	25.698	25.614	25.51	25.393	25.256	25.119	24.975	24.838	24.714	24.603	24.5
	25.152	25.165	25.204	25.282	25.373	25.464	25.549	25.627	25.685	25.724	25.724	25.679	25.607	25.516	25.406	25.289	25.152	25.021	24.877	24.74	24.616	24.5
	25.145	25.158	25.197	25.275	25.36	25.451	25.529	25.601	25.653	25.685	25.685	25.646	25.594	25.516	25.419	25.308	25.191	25.06	24.917	24.773	24.635	24.5
	25.145	25.158	25.197	25.275	25.354	25.438	25.516	25.575	25.62	25.646	25.646	25.62	25.575	25.503	25.425	25.328	25.217	25.093	24.949	24.799	24.648	24.5
	25.184	25.191	25.23	25.295	25.373	25.451	25.516	25.568	25.601	25.62	25.62	25.594	25.555	25.497	25.419	25.328	25.223	25.106	24.962	24.806	24.662	24.
	25.249	25.256	25.289	25.347	25.419	25.484	25.536	25.575	25.607	25.62	25.614	25.588	25.542	25.484	25.406	25.315	25.21	25.093	24.956	24.806	24.662	24.
	25.315	25.321	25.347	25.399	25.458	25.516	25.562	25.594	25.614	25.627	25.614	25.581	25.529	25.464	25.386	25.295	25.184	25.067	24.936	24.792	24.655	24.5
	25.36	25.367	25.393	25.445	25.497	25.549	25.588	25.62	25.633	25.633	25.614	25.575	25.523	25.451	25.367	25.262	25.152	25.034	24.904	24.773	24.648	24.5
	25.347	25.354	25.386	25.445	25.51	25.568	25.614	25.64	25.653	25.653	25.62	25.575	25.51	25.432	25.334	25.223	25.106	24.982	24.858	24.74	24.629	24.5
	25.275	25.282	25.328	25.412	25.497	25.581	25.64	25.666	25.679	25.672	25.633	25.581	25.503	25.412	25.302	25.178	25.047	24.917	24.799	24.694	24.603	24.
	25.184	25.197	25.256	25.36	25.471	25.575	25.653	25.685	25.698	25.685	25.646	25.581	25.497	25.393	25.269	25.126	24.982	24.845	24.734	24.642	24.576	24.5
	25.086	25.099	25.171	25.302	25.438	25.568	25.659	25.698	25.718	25.705	25.659	25.588	25.49	25.373	25.236	25.08	24.923	24.773	24.662	24.589	24.544	24.5
	25.008	25.021	25.106	25.243	25.399	25.542	25.646	25.698	25.718	25.711	25.666	25.594	25.49	25.367	25.217	25.041	24.864	24.707	24.596	24.544	24.511	24.4
	24.949	24.969	25.054	25.197	25.354	25.503	25.614	25.679	25.705	25.705	25.672	25.594	25.497	25.367	25.204	25.015	24.819	24.648	24.537	24.491	24.478	24.4
	24.91	24.923	25.008	25.152	25.308	25.458	25.575	25.64	25.685	25.692	25.666	25.594	25.497	25.367	25.197	24.989	24.779	24.589	24.478	24.445	24.439	24.4
	24.877	24.891	24.969	25.106	25.256	25.406	25.523	25.601	25.646	25.666	25.646	25.581	25.49	25.36	25.184	24.962	24.74	24.544	24.425	24.406	24.412	24.4
	24.858	24.877	24.949	25.073	25.21	25.347	25.464	25.542	25.594	25.62	25.607	25.549	25.464	25.341	25.165	24.936	24.707	24.498	24.386	24.366	24.38	24.4
	24.858	24.871	24.936	25.047	25.171	25.289	25.393	25.471	25.529	25.555	25.549	25.503	25.419	25.308	25.132	24.904	24.675	24.465	24.353	24.334	24.353	24.3
	24.864	24.877	24.93	25.021	25.126	25.23	25.321	25.393	25.445	25.477	25.477	25.438	25.367	25.262	25.093	24.871	24.642	24.439	24.327	24.314	24.334	24.3
	24.877	24.884	24.93	25.002	25.086	25.171	25.249	25.315	25.36	25.386	25.386	25.36	25.295	25.204	25.047	24.825	24.609	24.412	24.307	24.294	24.314	24.
	24.884	24.891	24.923	24.982	25.047	25.113	25.178	25.223	25.262	25.289	25.262	25.256	25.197	25.113	24.989	24.766	24.57	24.386	24.288	24.274	24.294	24.
	24.884	24.891	24.917	24.956	25.008	25.06	25.106	25.139	25.165	25.171	25.165	25.132	25.073	24.995	24.864	24.688	24.517	24.36	24.274	24.261	24.281	24.
	24.877	24.877	24.897	24.93	24.969	25.002	25.028	25.054	25.067	25.06	25.047	25.015	24.956	24.884	24.773	24.622	24.471	24.34	24.268	24.261	24.274	24.3
	24.858	24.858	24.871	24.897	24.917	24.943	24.956	24.969	24.969	24.962	24.943	24.91	24.858	24.799	24.694	24.57	24.445	24.327	24.268	24.261	24.274	24.3
	24.799	24.806	24.812	24.832	24.845	24.864	24.884	24.897	24.897	24.897	24.891	24.864	24.832	24.779	24.694	24.576	24.458	24.353	24.288	24.274	24.281	24.3
	24.714	24.714	24.72	24.74	24.76	24.779	24.806	24.832	24.851	24.871	24.884	24.884	24.871	24.845	24.766	24.648	24.524	24.406	24.327	24.307	24.301	24.3
	24.622	24.629	24.635	24.648	24.675	24.694	24.734	24.779	24.812	24.851	24.884	24.91	24.923	24.91	24.845	24.72	24.589	24.466	24.38	24.34	24.327	24.
	24.544	24.544	24.557	24.57	24.596	24.622	24.668	24.72	24.773	24.825	24.884	24.936	24.969	24.975	24.917	24.792	24.655	24.524	24.425	24.38	24.353	24.
	24.517	24.517	24.524	24.537	24.55	24.576	24.616	24.668	24.727	24.786	24.845	24.904	24.949	24.969	24.923	24.819	24.694	24.57	24.465	24.439	24.412	24.3
	24.537	24.537	24.537	24.544	24.55	24.563	24.589	24.622	24.668	24.714	24.766	24.819	24.858	24.884	24.858	24.786	24.701	24.609	24.544	24.511	24.485	24.4
	24.57	24.57	24.563	24.557	24.557	24.557	24.563	24.583	24.609	24.635	24.675	24.714	24.753	24.779	24.773	24.734	24.681	24.629	24.589	24.563	24.544	24.
	24.603	24.596	24.589	24.576	24.563	24.55	24.55	24.55	24.55	24.563	24.583	24.609	24.635	24.662	24.668	24.655	24.642	24.622	24.603	24.589	24.583	24.

(b)

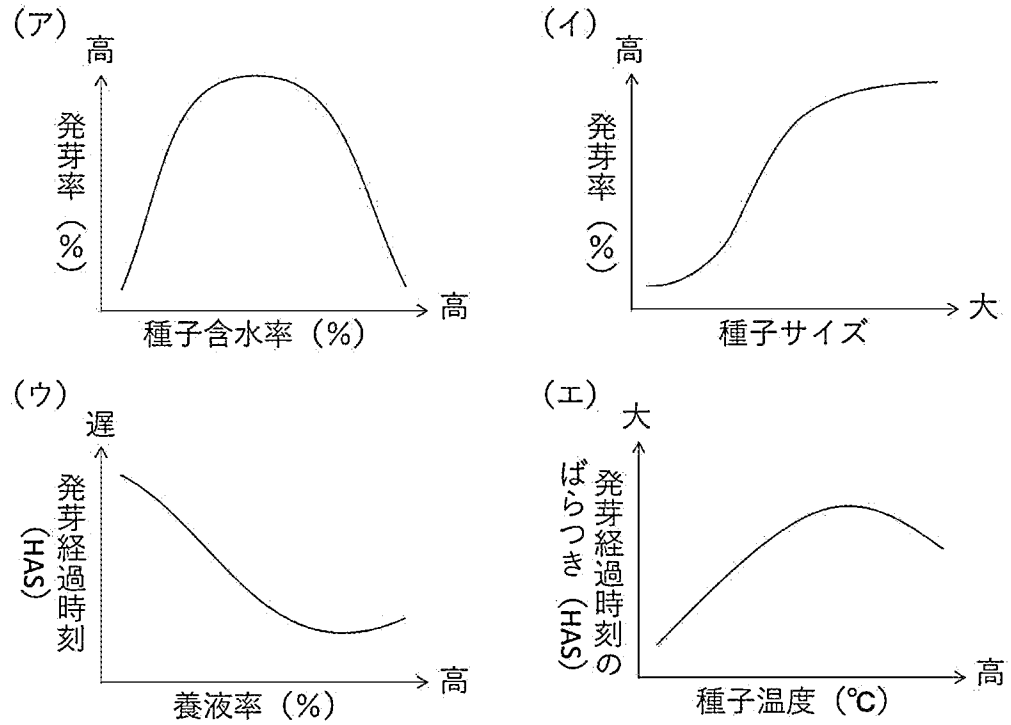
種子位置(300点)の温度データ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1																											
2	产房	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	右房
3	1	19.963	19.884	19.877	19.835	19.896	19.847	19.909	19.792	19.777	19.766	19.915	19.902	19.785	19.778	19.909	19.982	19.949	19.949	20.011	19.941	19.778	19.628	19.795	19.766	19.766	
4	2	20.141	20.141	20.196	20.25	20.202	20.167	20.127	20.182	20.127	20.056	20.121	20.056	20.056	20.188	20.243	20.175	20.23	20.209	20.273	20.171	19.956	19.956	20.011	19.907	19.853	
5	3	20.243	20.291	20.312	20.312	20.384	20.332	20.318	20.271	20.243	20.175	20.209	20.196	20.209	20.298	20.312	20.339	20.339	20.325	20.284	20.182	20.127	20.1	20.025	19.977	19.864	
6	4	20.291	20.339	20.38	20.457	20.4	20.4	20.353	20.298	20.25	20.257	20.284	20.257	20.298	20.325	20.366	20.366	20.38	20.353	20.318	20.209	20.148	20.141	20.052	19.97	19.893	
7	5	20.264	20.346	20.407	20.421	20.428	20.407	20.359	20.346	20.312	20.278	20.291	20.278	20.291	20.312	20.366	20.373	20.359	20.393	20.312	20.196	20.127	20.08	20.039	19.934	19.776	
8	6	20.237	20.346	20.455	20.434	20.482	20.434	20.428	20.407	20.38	20.291	20.339	20.318	20.318	20.38	20.373	20.373	20.359	20.366	20.312	20.209	20.168	20.086	20.032	19.943	19.867	
9	7	20.352	20.441	20.529	20.516	20.496	20.523	20.448	20.428	20.421	20.366	20.359	20.352	20.414	20.462	20.448	20.428	20.407	20.373	20.318	20.284	20.182	20.073	20.032	19.939	19.893	
10	8	20.441	20.516	20.543	20.557	20.543	20.53	20.462	20.455	20.421	20.4	20.414	20.393	20.421	20.489	20.509	20.496	20.448	20.414	20.4	20.318	20.223	20.114	20.059	19.984	19.93	
11	9	20.352	20.543	20.55	20.516	20.536	20.53	20.475	20.421	20.421	20.407	20.4	20.407	20.428	20.496	20.502	20.543	20.496	20.434	20.373	20.339	20.284	20.189	20.1	20.032	20.045	
12	10	20.393	20.502	20.55	20.489	20.509	20.509	20.455	20.434	20.434	20.373	20.36	20.359	20.393	20.468	20.523	20.536	20.516	20.448	20.339	20.298	20.264	20.189	20.114	20.018	19.957	
13	11	20.373	20.373	20.387	20.441	20.428	20.434	20.367	20.359	20.305	20.312	20.312	20.366	20.387	20.421	20.496	20.502	20.448	20.455	20.325	20.298	20.25	20.121	20.039	19.963	20.08	
14	12	20.066	20.196	20.162	20.291	20.209	20.271	20.291	20.243	20.175	20.168	20.155	20.23	20.278	20.359	20.441	20.38	20.366	20.366	20.298	20.264	20.121	19.956	19.995	19.874	20.162	
15	左手前																										右手前
16																											

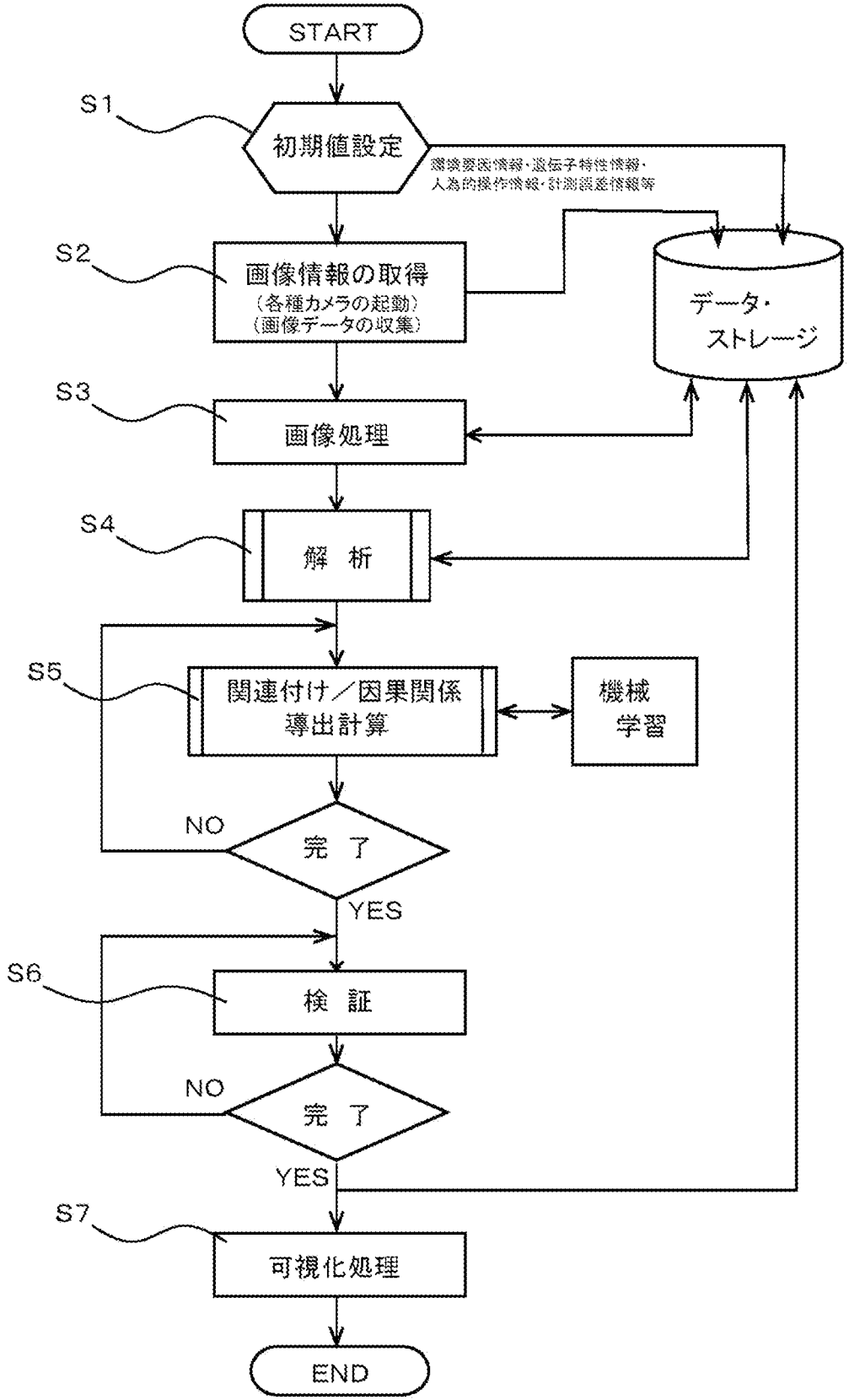
[図7]


多
い
あ
個体数（n）
遅
発芽経過時刻（HAS）

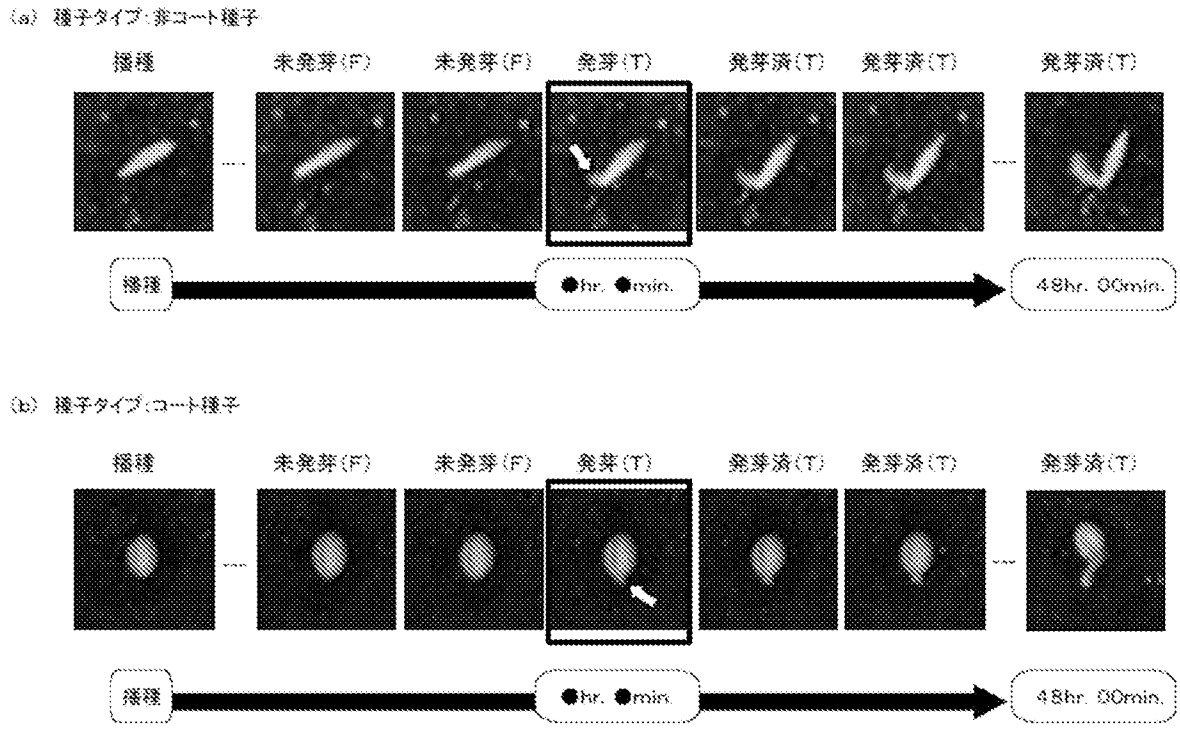
[図8]


（ア）
高
発芽率（%）
高
種子含水率（%）
（イ）
高
発芽率（%）
大
種子サイズ
（ウ）
遅
発芽経過時刻（HAS）
高
養液率（%）
（エ）
大
発芽経過時刻のばらつき（HAS）
高
種子温度（℃）

[図9]


START
S1
初期値設定
環境要因情報・遺伝子特性情報・
人為的操作情報・計測誤差情報等
S2
画像情報の取得
（各種カメラの起動）
（画像データの収集）
データ・
ストレージ
S3
画像処理
S4
解　析
S5
関連付け／因果関係
導出計算
機械
学習
NO
完　了
YES
S6
検　証
NO
完　了
YES
S7
可視化処理
END

[図10]


(a) 種子タイプ:非コート種子
播種
未発芽(F)
未発芽(F)
発芽(T)
発芽済(T)
発芽済(T)
発芽済(T)
播種
●hr. ●min.
48hr. 00min.
(b) 種子タイプ:コート種子
播種
未発芽(F)
未発芽(F)
発芽(T)
発芽済(T)
発芽済(T)
発芽済(T)
播種
●hr. ●min.
48hr. 00min.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/005589

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
A01C 1/02(2006.01)i; A01G 7/00(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i
FI: A01C1/02 J; A01G7/00 601A; A01G7/00 601Z; G06T7/00 Z; A01G7/00 603
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)
A01C1/02; A01G7/00; G06T7/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
A	JP 2016-208853 A (KOITO MANUFACTURING CO., LTD.) 15.12.2016 (2016-12-15) entire text, all drawings	1-7
A	US 2015/0037923 A1 (EP TECHNOLOGIES LLC) 31.12.2015 (2015-12-31) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2-72802 A (RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION OF JAPAN) 13.03.1990 (1990-03-13) entire text, all drawings	1-7
A	JP 1-262712 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 19.10.1989 (1989-10-19) entire text, all drawings	1-7

☐ 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
13 May 2020 (13.05.2020)	26 May 2020 (26.05.2020)

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/005589

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2016-208853 A	15 Dec. 2016	WO 2016/175122 A1	
US 2015/0037923 A1	31 Dec. 2015	WO 2013/103930 A2	
JP 2-72802 A	13 Mar. 1990	(Family: none)	
JP 1-262712 A	19 Oct. 1989	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/005589

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

A01C 1/02(2006.01)i; A01G 7/00(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i
FI: A01C1/02 J; A01G7/00 601A; A01G7/00 601Z; G06T7/00 Z; A01G7/00 603

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））

A01C1/02; A01G7/00; G06T7/00

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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
A	JP 2016-208853 A (株式会社小糸製作所) 15.12.2016 (2016-12-15) 全文,全図	1-7
A	US 2015/0037923 A1 (EP TECHNOLOGIES LLC) 31.12.2015 (2015-12-31) 全文,全図	1-7
A	JP 2-72802 A (新技術開発事業団) 13.03.1990 (1990-03-13) 全文,全図	1-7
A	JP 1-262712 A (松下電器産業株式会社) 19.10.1989 (1989-10-19) 全文,全図	1-7

☐ 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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
13.05.2020	26.05.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
坂田　誠 2B 9318
電話番号 03-3581-1101 内線 3237

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/005589

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2016-208853 A	15.12.2016	WO 2016/175122 A1	
US 2015/0037923 A1	31.12.2015	WO 2013/103930 A2	
JP 2-72802 A	13.03.1990	（ファミリーなし）	
JP 1-262712 A	19.10.1989	（ファミリーなし）	