

(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
2021年10月21日(21.10.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/210161 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/255 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/016859
- (22) 国際出願日: 2020年4月17日(17.04.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:住友電工オプティフロンティア株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC OPTIFRONTIER CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2448589 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 貴弘 (SUZUKI Takahiro); 〒2448589 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電工オプティフロンティア株式会社内 Kanagawa (JP). 大木 一芳 (OOKI Kazuyoshi); 〒2448589 神奈川県横浜市栄区

田谷町1番地 住友電工オプティフロンティア株式会社内 Kanagawa (JP). 遊佐 英明 (YUSA Hideaki); 〒2448589 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電工オプティフロンティア株式会社内 Kanagawa (JP).

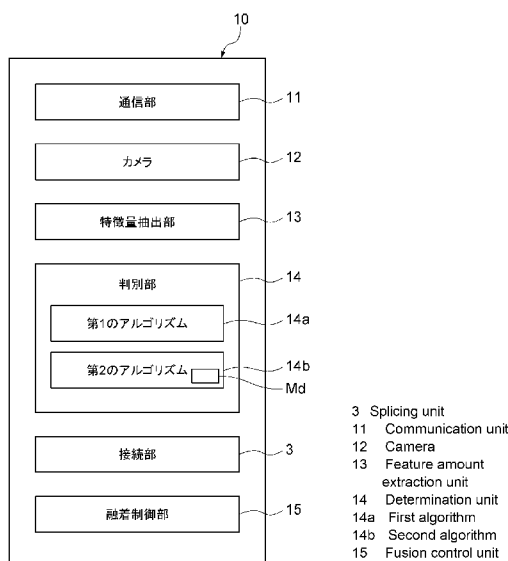
(74) 代理人:長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: FUSION SPLICING MACHINE, FUSION SPLICING SYSTEM, AND METHOD FOR FUSION SPLICING FIBER

(54) 発明の名称: 融着接続機、融着接続システム、及び光ファイバを融着接続する方法

[図4]



(57) Abstract: A fusion splicing machine of the present disclosure comprises an imaging unit, a determination unit, and a splicing unit. The imaging unit generates image data by imaging a pair of optical fibers. The determination unit determines the type of each of the optical fibers in the pair on the basis of a plurality of feature amounts obtained from imaging data provided from the imaging unit. The determination unit uses the determination result from either a first or a second determination algorithm. The first determination algorithm is predefined according to a method other than machine learning, on the basis of a correlation between the plurality of feature amounts obtained from the optical fiber imaging data and the optical fiber types. The second determination algorithm includes a determination model. The determination model is created by machine learning using sample data indicating a correspondence relationship between the plurality of feature amounts obtained from the optical fiber imaging data and the optical fiber types. The splicing unit mutually fusion splices the pair of optical fibers under a splicing condition corresponding to the combination of the optical fiber types, on the basis of the determination result by the determination unit.

WO 2021/210161 A1

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：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：本開示の融着接続機は、撮像部、判別部及び接続部を備える。撮像部は、一对の光ファイバを撮像して撮像データを生成する。判別部は、撮像部から提供された撮像データから得られる複数の特徴量に基づいて一对の光ファイバそれぞれの種類を判別する。判別部は、第1及び第2の判別アルゴリズムのいずれかによる判別結果を採用する。第1の判別アルゴリズムは、光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と当該光ファイバの種類との相関に基づいて機械学習以外の方法により予め規定される。第2の判別アルゴリズムは、判別モデルを含む。判別モデルは、光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と当該光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータを用いた機械学習により作成されたものである。接続部は、判別部における判別結果に基づいて、一对の光ファイバの種類を組み合わせて応じた接続条件にて一对の光ファイバを相互に融着接続する。

明 細 書

発明の名称：

融着接続機、融着接続システム、及び光ファイバを融着接続する方法

技術分野

[0001] 本開示は、融着接続機、融着接続システム、及び光ファイバを融着接続する方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1及び特許文献2には、融着接続機、融着接続システム、及び光ファイバを融着接続する方法に関する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2002-169050号公報
特許文献2：特開2020-20997号公報

発明の概要

[0004] 本開示の融着接続機は、撮像部、判別部及び接続部を備える。撮像部は、一对の光ファイバを撮像して撮像データを生成する。判別部は、撮像部から提供された撮像データから得られる複数の特徴量に基づいて一对の光ファイバそれぞれの種類を判別する。判別部は、光ファイバの種類を判別するための第1及び第2の判別アルゴリズムを有し、第1及び第2の判別アルゴリズムのいずれかによる判別結果を採用する。第1の判別アルゴリズムは、光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との相関に基づいて機械学習以外の方法により予め規定されたものである。第2の判別アルゴリズムは、接続しようとする光ファイバの種類を前記接続しようとする光ファイバの撮像データに基づいて判別するための判別モデルを含む。判別モデルは、光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータを用いた機械学習により作成されたものである。接続部は、判別部に

おける判別結果に基づいて、一对の光ファイバの種類組み合わせに応じた接続条件にて一对の光ファイバを相互に融着接続する。

[0005] 本開示の融着接続システムは、上記融着接続機である複数の融着接続機とモデル作成装置とを備える。モデル作成装置は、複数の融着接続機からサンプルデータを集めて機械学習を行って判別モデルを作成し、前記判別モデルを複数の融着接続機に提供する。

[0006] 本開示の光ファイバを融着接続する方法は、一对の光ファイバを撮像して撮像データを生成する工程と、生成する工程において取得された撮像データから得られる複数の特徴量に基づいて一对の光ファイバそれぞれの種類を判別する工程であって、光ファイバの種類を判別するための第1及び第2の判別アルゴリズムのいずれかによる判別結果を採用し、第1の判別アルゴリズムは光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との相関に基づいて機械学習以外の方法により予め規定されたものであり、第2の判別アルゴリズムは接続しようとする光ファイバの種類を前記接続しようとする光ファイバの撮像データに基づいて判別するための判別モデルを含み、判別モデルは光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータを用いた機械学習により作成されたものである工程と、判別する工程における判別結果に基づいて、一对の光ファイバの種類組み合わせに応じた接続条件にて一对の光ファイバを相互に融着接続する工程と、を含む。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、本開示の一実施形態に係る光ファイバ融着接続システムの構成を概略的に示す図である。

[図2]図2は、融着接続機の外観を示す斜視図であって、風防カバーが閉じている状態の外観を示す。

[図3]図3は、融着接続機の外観を示す斜視図であって、風防カバーが開けられて融着接続機の内部構造が見える状態の外観を示す。

- [図4]図4は、融着接続機の機能的な構成を示すブロック図である。
- [図5]図5は、融着接続機のハードウェア構成を示すブロック図である。
- [図6]図6は、接続部の動作を示す図である。
- [図7]図7は、接続部の動作を示す図である。
- [図8]図8は、接続部の動作を示す図である。
- [図9]図9は、一方の光ファイバの端面を正面から見た図である。
- [図10]図10は、撮像部において得られる撮像データを模式的に示す図である。
- [図11]図11は、モデル作成装置の機能的な構成を示すブロック図である。
- [図12]図12は、モデル作成装置のハードウェア構成を示すブロック図である。
- [図13]図13は、一実施形態に係る方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0008] [本開示が解決しようとする課題]

光ファイバには様々な種類が存在する。光ファイバの種類は、例えば、シングルモードファイバ（SMF：Single Mode Fiber）、マルチモードファイバ（MMF：Multi Mode Fiber）、汎用シングルモードファイバ、分散シフト・シングルモードファイバ（DSF：Dispersion Shifted SMF）、及び非零分散シフト・シングルモードファイバ（NZDSF：Non-Zero DSF）といった用途及び光学特性に関する特徴、並びに、光ファイバの直径、コア径、コア及びクラッドの材質、径方向の屈折率分布等の構造的な特徴によって区別される。そして、一对の光ファイバ同士を融着接続する際の最適な融着条件（放電時間、光ファイバ同士の相対位置等）は、一对の光ファイバの種類組み合わせに応じて変化する。しかしながら、既に敷設された光ファイバの種類は不明であることが多い。したがって、接続対象である一对の光ファイバの種類組み合わせを、融着接続機において正確に判別することが重要となる。

[0009] 例えば、特許文献2に記載されたシステムでは、光ファイバの径方向の輝

度分布データから該光ファイバの種類を判別し得る判別モデルを、機械学習を用いて作成している。しかしながら、機械学習による判別モデルのみを用いても、その判別精度には限りがある。

[0010] そこで、本開示は、光ファイバ種類の判別精度を高めることができる融着接続機、融着接続システム、及び光ファイバを融着接続する方法を提供することを目的とする。

[0011] [本開示の効果]

本開示によれば、光ファイバ種類の判別精度を高めることができる融着接続機、融着接続システム、及び光ファイバを融着接続する方法を提供することが可能となる。

[0012] [本開示の実施形態の説明]

最初に、本開示の実施形態を列記して説明する。一実施形態に係る融着接続機は、撮像部、判別部及び接続部を備える。撮像部は、一对の光ファイバを撮像して撮像データを生成する。判別部は、撮像部から提供された撮像データから得られる複数の特徴量に基づいて一对の光ファイバそれぞれの種類を判別する。判別部は、光ファイバの種類を判別するための第1及び第2の判別アルゴリズムを有し、第1及び第2の判別アルゴリズムのいずれかによる判別結果を採用する。第1の判別アルゴリズムは、光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との相関に基づいて機械学習以外の方法により予め規定されたものである。第2の判別アルゴリズムは、接続しようとする光ファイバの種類を前記接続しようとする光ファイバの撮像データに基づいて判別するための判別モデルを含む。判別モデルは、光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータを用いた機械学習により作成されたものである。接続部は、判別部における判別結果に基づいて、一对の光ファイバの種類の組み合わせに応じた接続条件にて一对の光ファイバを相互に融着接続する。

[0013] 一実施形態に係る融着接続システムは、上記融着接続機である複数の融着

接続機とモデル作成装置とを備える。モデル作成装置は、複数の融着接続機からサンプルデータを集めて機械学習を行って判別モデルを作成し、該判別モデルを複数の融着接続機に提供する。

[0014] 一実施形態に係る光ファイバを融着接続する方法は、一对の光ファイバを撮像して撮像データを生成する工程と、生成する工程において取得された撮像データから得られる複数の特徴量に基づいて一对の光ファイバそれぞれの種類を判別する工程であって、光ファイバの種類を判別するための第1及び第2の判別アルゴリズムのいずれかによる判別結果を採用し、第1の判別アルゴリズムは光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との相関に基づいて機械学習以外の方法により予め規定されたものであり、第2の判別アルゴリズムは接続しようとする光ファイバの種類を前記接続しようとする光ファイバの撮像データに基づいて判別するための判別モデルを含み、判別モデルは光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータを用いた機械学習により作成されたものである工程と、判別する工程における判別結果に基づいて、一对の光ファイバの種類の組み合わせに応じた接続条件にて一对の光ファイバを相互に融着接続する工程と、を含む。

[0015] 上記の融着接続機、融着接続システム、及び融着接続する方法では、第1及び第2の判別アルゴリズムを用いて光ファイバの種類を判別する。このうち第1の判別アルゴリズムは、光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と当該光ファイバの種類との相関に基づいて機械学習以外の方法により予め規定されたものであり、従来と同等の判別精度を期待できる。また、第2の判別アルゴリズムは、複数の特徴量と光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータを用いた機械学習により作成された判別モデルを含む。したがって、第1の判別アルゴリズムにて判別不能又は誤判別をしがちな光ファイバの種類に対して、機械学習に基づく高精度な判別を期待できる。故に、上記の融着接続機、融着接続システム、及び融着接続する方法によれ

ば、第1及び第2の判別アルゴリズムのいずれかによる判別結果を採用することによって、従来と比較して光ファイバ種類の判別精度を高めることができる。

[0016] 上記の融着接続機、融着接続システム、及び融着接続する方法において、機械学習は深層学習であってもよい。この場合、光ファイバ種類の判別精度を更に高めることができる。

[0017] 上記の融着接続機、融着接続システム、及び融着接続する方法において、判別部は（判別する工程では）、複数の特徴量に含まれる所定の特徴量が閾値よりも大きい場合に第1及び第2の判別アルゴリズムのうち一方による判別結果を採用し、所定の特徴量が閾値よりも小さい場合に第1及び第2の判別アルゴリズムのうち他方による判別結果を採用してもよい。例えばこのような方式によって、第1及び第2の判別アルゴリズムのうちいずれの判別結果を採用するかを容易に選択することができる。またこの場合、閾値は、所定の特徴量が増加したときの、第1の判別アルゴリズムによる判別精度と第2の判別アルゴリズムによる判別精度との比較に基づいて決定された値であってもよい。これにより、光ファイバ種類の判別精度を更に高めることができる。

[0018] 上記の融着接続機、融着接続システム、及び融着接続する方法において、判別部は（判別する工程では）、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できた場合にその判別結果を採用し、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかった場合に第2の判別アルゴリズムによる判別結果を採用してもよい。例えばこのような方式によって、光ファイバ種類の判別精度を高めることができる。またこの場合、判別部は（判別する工程では）、先ず第1の判別アルゴリズムを実行し、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかった場合に第2の判別アルゴリズムを実行してもよい。これにより、判別部の（判別する工程における）演算量を低減することができる。或いは、判別部は（判別する工程では）、第1の判別アルゴリズムの実

行と、第2の判別アルゴリズムの実行とを並行して行ってもよい。これにより、最終的な判別結果を得るまでの所要時間を短縮することができる。

[0019] 上記の融着接続システムにおいて、モデル作成装置は、複数の融着接続機を撮像データの傾向が類似していると推定される二以上のグループに分類してグループ毎に判別モデルを作成し、各融着接続機の判別部の第2の判別アルゴリズムは、当該融着接続機が属するグループに対応する判別モデルをモデル作成装置から得てもよい。これにより、撮像データの傾向が類似している（例えば撮像部の機械的・構造的なばらつきが少ない）グループ内に限定して機械学習を行うことができるので、第2の判別アルゴリズムによる光ファイバ種類の判別精度を更に高めることができる。

[0020] 上記の融着接続システムにおいて、モデル作成装置の機械学習に供されるサンプルデータには、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できたときのサンプルデータと、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときのサンプルデータとの双方が含まれてもよい。この場合、第1の判別アルゴリズムが苦手とする光ファイバ種類をモデル作成装置の機械学習に含めることができ、総合的な光ファイバ種類の判別精度を高めることができる。

[0021] 上記の融着接続システムにおいて、モデル作成装置の機械学習に供されるサンプルデータには、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できたときのサンプルデータのみが含まれ、各融着接続機の判別部は、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときの自らのサンプルデータを用いて機械学習を行って判別モデルを改良してもよい。この場合、各融着接続機の撮像部の機械的・構造的なばらつき等により第1の判別アルゴリズムでは判別できない光ファイバ種類に対して、第2の判別アルゴリズムの判別精度を融着接続機毎に高めることができる。

[0022] 上記の融着接続システムにおいて、モデル作成装置の機械学習に供される

サンプルデータには、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できたときのサンプルデータと、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときのサンプルデータが含まれ、各融着接続機の判別部は、第1の判別アルゴリズムにより一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときの自らのサンプルデータ（但し、モデル作成装置に提供したサンプルデータを除く）を用いて機械学習を行って判別モデルを改良してもよい。この場合、第1の判別アルゴリズムが苦手とする光ファイバ種類をモデル作成装置の機械学習に含めることができ、加えて、各融着接続機の撮像部の機械的・構造的なばらつき等により第1の判別アルゴリズムでは判別できない光ファイバ種類に対して、第2の判別アルゴリズムの判別精度を融着接続機毎に高めることができる。故に、総合的な光ファイバ種類の判別精度をより高めることができる。

[0023] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の、融着接続機、融着接続システム、及び光ファイバを融着接続する方法の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。以下の説明では、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0024] 図1は、本開示の一実施形態に係る融着接続システム1Aの構成を概略的に示す図である。この融着接続システム1Aは、複数の融着接続機10と、モデル作成装置20とを備える。融着接続機10は、光ファイバの融着接続を行う装置である。モデル作成装置20は、光ファイバの種類を判別するための判別モデルを作成する装置である。モデル作成装置20は、情報通信網30を介して複数の融着接続機10と通信可能なコンピュータである。情報通信網30は、例えばインターネットである。モデル作成装置20の所在地域と、融着接続機10の所在地域とは互いに離れている。

[0025] 図2及び図3は、融着接続機10の外観を示す斜視図である。図2は風防カバーが閉じている状態の外観を示し、図3は風防カバーが開けられて融着接続機10の内部構造が見える状態の外観を示す。図2及び図3に示すように、融着接続機10は箱状の筐体2を備えている。この筐体2の上部には、光ファイバ同士を融着接続するための接続部3と、加熱器4とが設けられている。加熱器4は、接続部3において融着接続された光ファイバ同士の接続部分に被せられたファイバ補強スリーブを加熱収縮させる部分である。融着接続機10は、筐体2の内部に配置された撮像部（後述）によって撮像された光ファイバ同士の融着接続状況を表示するモニタ5を備えている。さらに、融着接続機10は、接続部3への風の進入を防止するための風防カバー6を備えている。

[0026] 接続部3は、一对の光ファイバホルダ3aを載置可能なホルダ載置部と、一对のファイバ位置決め部3bと、一对の放電電極3cとを有している。融着対象の光ファイバそれぞれは光ファイバホルダ3aに保持固定され、当該光ファイバホルダはそれぞれホルダ載置部に載置固定される。ファイバ位置決め部3bは、一对の光ファイバホルダ3aの間に配置され、光ファイバホルダ3aのそれぞれに保持された光ファイバの先端部を位置決めする。放電電極3cは、アーク放電によって光ファイバの先端同士を融着するための電極であって、一对のファイバ位置決め部3bの間に配置されている。

[0027] 風防カバー6は、接続部3を開閉自在に覆うように筐体2に連結されている。風防カバー6の側面6aのそれぞれには、接続部3へ（すなわち光ファイバホルダ3aのそれぞれへ）光ファイバを導入するための導入口6bが形成されている。

[0028] 図4は、融着接続機10の機能的な構成を示すブロック図である。図5は、融着接続機10のハードウェア構成を示すブロック図である。図4に示すように、融着接続機10は、機能的には、接続部3、通信部11、撮像部（カメラ）12、特徴量抽出部13、判別部14、及び融着制御部15を備える。融着接続機10は、図5に示すように、その制御部として、CPU10

a、RAM 10 b、ROM 10 c、入力装置 10 d、補助記憶装置 10 e、及び出力装置 10 f 等のハードウェアを備えるコンピュータを含むものとして構成される。これらの構成要素がプログラム等により動作することにより、融着接続機 10 の各機能が実現される。また、制御部におけるこれらの要素は、前述した接続部 3、モニタ 5、通信部 11 としての無線通信モジュール、及び撮像部 12 と電氣的に接続されている。入力装置 10 d は、モニタ 5 に一体として設けられたタッチパネルを含んでもよい。

[0029] 通信部 11 は、例えば、無線 LAN モジュールにより構成され、インターネット等の情報通信網 30 を介して、モデル作成装置 20 との間で各種データの送受信を行う。撮像部 12 は、接続対象である光ファイバを互いに対向した状態で光ファイバの径方向から撮像し、撮像データを生成する。特徴量抽出部 13 は、撮像部 12 から得られる撮像データから、光ファイバの種類を特定するための複数の特徴量を抽出する。特徴量は、例えば、光ファイバの径方向における輝度分布、光ファイバの外径、コアの外径、コア外径と光ファイバの外径の比、光ファイバのコアとクラッドの面積の割合、光ファイバの輝度の総和、光ファイバの断面内における輝度分布の変曲点位置や数、光ファイバのコア部とクラッド部の輝度差、特定の輝度以上となるコア部の幅等である。

[0030] 判別部 14 は、特徴量抽出部 13 から提供される複数の特徴量に基づいて、接続対象である一对の光ファイバそれぞれの種類を判別する。そのために、判別部 14 は、光ファイバの種類を判別するための第 1 の判別アルゴリズム 14 a 及び第 2 の判別アルゴリズム 14 b を記憶して保持している。判別アルゴリズム 14 a は、複数の特徴量と光ファイバの種類との相関に基づいて、機械学習以外の方法により予め規定されたものである。例えば、判別アルゴリズム 14 a は、光ファイバの種類に応じた典型的な特徴量の閾値を経験的に（或いは試験により）定め、その特徴量と閾値との大小関係に基づいて光ファイバの種類を判別する。一例としては、シングルモードファイバとマルチモードファイバとを判別するために、特徴量としてコア外径を用いる

。特徴量としてのコア外径が所定の閾値より小さい場合にはシングルモードファイバと判定し、コア外径が所定の閾値より大きい場合にはマルチモードファイバと判定する。

[0031] 判別アルゴリズム14bは、接続しようとする光ファイバの種類を前記接続しようとする光ファイバの撮像データに基づいて判別するための判別モデルMdを含む。判別モデルMdは、複数の特徴量と光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータを用いた、モデル作成装置20による機械学習によって作成されたものである。判別モデルMdは、特徴量抽出部13から得られる特徴量の入力により、一对の光ファイバそれぞれの種類を判別する。これらの判別アルゴリズム14a, 14bは、例えばROM10c又は補助記憶装置10eに記憶されている。判別部14は、下記の方式A, Bの何れかにより、判別アルゴリズム14a, 14bのうち何れかによる判別結果を選択して採用する。

[0032] (方式A)

判別部14は、判別アルゴリズム14aによる誤判別のおそれが高い場合に判別アルゴリズム14aの判別結果を採用し、判別アルゴリズム14aによる誤判別のおそれが高い場合に判別アルゴリズム14bの判別結果を採用する。誤判別のおそれの高低は、例えば、複数の特徴量に含まれる所定の特徴量と閾値との大小により決定され得る。すなわち、複数の特徴量に含まれる所定の特徴量が所定の閾値よりも大きい場合に、判別アルゴリズム14a, 14bのうち一方による判別結果を採用し、所定の特徴量が所定の閾値よりも小さい場合に、判別アルゴリズム14a, 14bのうち他方による判別結果を採用する。言い換えると、所定の特徴量が所定の閾値よりも小さい(又は大きい)場合に判別アルゴリズム14aを採用し、前記所定の特徴量が所定の閾値よりも大きい(又は小さい)場合に判別アルゴリズム14bを採用する。

[0033] 所定の閾値は、所定の特徴量が増変したときの、判別アルゴリズム14aによる判別精度と、判別アルゴリズム14bによる判別精度との比較に基づ

いて決定された値である。言い換えると、所定の閾値は、判別アルゴリズム 14 a と判別アルゴリズム 14 b との間で判別精度の高さが逆転するときの所定の特徴量の値である。したがって、所定の特徴量が所定の閾値よりも小さい範囲においては、判別アルゴリズム 14 a による判別精度は判別アルゴリズム 14 b による判別精度よりも高く（又は低く）、所定の特徴量が所定の閾値よりも大きい範囲においては、判別アルゴリズム 14 b による判別精度は判別アルゴリズム 14 a による判別精度よりも高い（又は低い）。そして、判別部 14 は、所定の特徴量と所定の閾値との大小関係に基づき、判別アルゴリズム 14 a, 14 b のうち判別精度が高い方の判別結果を採用する。なお、融着接続機 10 を稼働するにしたい、判別アルゴリズム 14 a, 14 b の判別精度は経時的に変化する。上記の所定の閾値は、例えば、融着接続機 10 の稼働中に判別アルゴリズム 14 a, 14 b の判別精度を逐次算出して決定される。

[0034] (方式 B)

判別部 14 は、判別アルゴリズム 14 a により一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できた場合にその判別結果を採用し、判別アルゴリズム 14 a により一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかった場合に、判別アルゴリズム 14 b による判別結果を採用する。ここで、「光ファイバ種類を判別できる」とは、特徴量抽出部 13 により抽出された複数の特徴量に対応する光ファイバ種類が判別アルゴリズム 14 a において存在することを意味し、「光ファイバ種類を判別できない」とは、特徴量抽出部 13 により抽出された複数の特徴量に対応する光ファイバ種類が判別アルゴリズム 14 a において存在しないことを意味する。この方式 B において、判別部 14 は、先ず判別アルゴリズム 14 a を実行し、判別アルゴリズム 14 a により一対の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかった場合に、判別アルゴリズム 14 b を実行してもよい。或いは、判別部 14 は、判別アルゴリズム 14 a の実行と、判別アルゴリズム 14 b の実行とを並行して行ってもよい。

[0035] 判別部 14 により採用された判別結果は、モニタ 5 に表示される。使用者

は、モニタ 5 に表示された一対の光ファイバそれぞれの種類が誤りである場合、正しい種類を入力装置 10 d を介して入力し、判別結果を訂正する。この場合、判別部 14 は誤判別をしたこととなり、この訂正は、前述した各判別アルゴリズム 14 a, 14 b の判別精度にフィードバックされる。或いは、使用者は、判別部 14 による判別結果に関わりなく、一対の光ファイバそれぞれの種類を入力装置 10 d を介して入力してもよい。その場合、使用者による入力が優先して採用され、光ファイバそれぞれの種類が特定される。或いは、光ファイバの種類ごとに予め設定された製造条件の一を選択することで、対応する光ファイバの種類そのものの入力に代えても良い。この場合においても、各判別アルゴリズム 14 a, 14 b の判別結果の正誤が判別精度にフィードバックされる。

[0036] 融着制御部 15 は、接続部 3 の動作を制御する。すなわち、融着制御部 15 は、使用者によるスイッチの操作を受けて、接続部 3 における光ファイバの先端同士の当接動作およびアーク放電を制御する。光ファイバの先端同士の当接動作には、ファイバ位置決め部 3 b による光ファイバの位置決め処理、すなわち各光ファイバの先端位置の制御が含まれる。また、アーク放電の制御には、放電パワー、放電開始タイミング及び放電終了タイミングの制御が含まれる。光ファイバの先端位置及び放電パワーといった各種の接続条件は、一対の光ファイバの種類組み合わせ毎に予め設定されており、例えば ROM 10 c に格納されている。融着制御部 15 は、判別部 14 によって判別された、又は使用者によって入力された一対の光ファイバの種類組み合わせに応じて、接続条件を選択する。したがって、接続部 3 は、判別部 14 における判別結果又は使用者による入力結果に基づいて、一対の光ファイバの種類組み合わせに応じた接続条件にて、一対の光ファイバを相互に融着接続する。

[0037] 接続部 3 の動作は次のとおりである。まず、図 6 に示されるように、使用者が、接続対象である一対の光ファイバ F 1 及び F 2 を、それぞれ光ファイバホルダ 3 a に保持させる。このとき、光ファイバ F 1 の端面 F 1 a と、光

ファイバF 2の端面F 2 aとが、互いに対向して配置される。次に、使用者が、融着接続機10に融着接続の開始を指示する。この指示は、例えばスイッチ入力を介して行われる。この指示を受けて、図7に示すように、融着制御部15が、接続条件として設定された端面F 1 a, F 2 aの位置に基づいて、光ファイバF 1, F 2の位置決めを行う。その後、図8に示すように、融着制御部15が、一对の放電電極3 c間のアーク放電を開始する。

[0038] アーク放電の開始直後は、端面F 1 a, F 2 aが互いに離れており、該アーク放電は、端面F 1 a, F 2 aを融着前に予め軟化させるための予備放電に相当する。アーク放電が開始されると、融着制御部15は、ファイバ位置決め部3 bの位置を制御することにより、端面F 1 a, F 2 aを互いに近づけ、互いに当接させる。そして、アーク放電を継続することにより（本放電）、端面F 1 a, F 2 aが更に軟化し、互いに融着する。

[0039] 本実施形態において、接続条件には、放電開始前における各端面F 1 a, F 2 aの位置、放電開始前における各端面F 1 a, F 2 a同士の間隔、予備放電時間、本放電時間、各端面F 1 a, F 2 a同士が接した後の押し込み量、各端面F 1 a, F 2 a同士を押し込んだ後の引き戻し量、予備放電パワー、本放電パワー、及び引き戻し時の放電パワーのうち少なくとも一つが含まれる。

[0040] 放電開始前における各端面F 1 a, F 2 aの位置とは、図6に示された状態、すなわち予備放電の開始時点における、一对の放電電極の中心軸を結ぶ線（放電中心軸）を基準とした各端面F 1 a, F 2 aの位置をいう。これらの端面位置に応じて、放電中心と各端面F 1 a, F 2 aとの距離が変わることにより加熱量（溶融量）が増減し、また端面F 1 a, F 2 a同士が当接するまでの移動に要する時間が変化する。放電開始前における各端面F 1 a, F 2 a同士の間隔とは、図6に示された状態、すなわち予備放電の開始時点における端面F 1 a, F 2 a同士の間隔をいう。この間隔に応じて、端面F 1 a, F 2 a同士が当接するまでの移動に要する時間が変化する。予備放電時間とは、図6に示された状態でアーク放電を開始してから、端面F 1 a,

F 2 a 同士を当接させるために光ファイバ F 1, F 2 の相対的な移動を開始するまでの時間をいう。本放電時間とは、端面 F 1 a, F 2 a 同士が当接してから、アーク放電を終了する（言い換えると、一对の放電電極 3 c への電圧の印加を停止する）までの時間をいう。なお、予備放電と本放電とは、時間的に連続して行われる。各端面 F 1 a, F 2 a 同士が接した後の押し込み量とは、図 6 に示された状態から光ファイバ F 1, F 2 を相対的に移動させて端面 F 1 a, F 2 a 同士を当接させてから、放電中において更に同じ向きに光ファイバ F 1, F 2 を相対的に移動させる際の移動距離をいう。各端面 F 1 a, F 2 a 同士を押し込んだ後の引き戻し量とは、端面 F 1 a, F 2 a 同士を当接させた後、更に端面 F 1 a, F 2 a を押し込んでから、融着接続中において逆向き（端面 F 1 a, F 2 a 同士が離れる向き）に光ファイバ F 1, F 2 を相対的に移動させる際の移動距離をいう。予備放電パワーとは、図 6 に示された状態でアーク放電を開始してから、端面 F 1 a, F 2 a 同士を当接させるために光ファイバ F 1, F 2 の相対的な移動を開始するまでの期間におけるアーク放電パワーをいう。

[0041] ここで、図 9 は、一方の光ファイバ F 2 の端面 F 2 a を正面（光軸方向）から見た図である。図中の矢印 MS X 及び MS Y は、それぞれ撮像部 1 2 による撮像方向を示している。すなわち、この例では撮像部 1 2 が少なくとも 2 個設置され、2 つの撮像部 1 2 が、光ファイバ F 1, F 2 の径方向であって互いに直交する方向から各端面 F 1 a, F 2 a を撮像する。光ファイバ F 1, F 2 を挟んで撮像部 1 2 と対向する位置には、光ファイバ F 1, F 2 を照明するための光源が配置される。光源は例えば発光ダイオードである。

[0042] 図 10 は、方向 MS X, MS Y それぞれから撮像する撮像部 1 2 において得られる撮像データ P X, P Y それぞれを模式的に示す図である。図 10 に示されるように、これらの撮像データ P X, P Y において、光ファイバ F 1, F 2 の位置及び形状は、コア C R 及びクラッド C L の輪郭により確認される。コア C R は、光源からの照明光によって明るくなり、クラッド C L は、光源からの照明光の屈折により暗くなる。

[0043] 図11は、モデル作成装置20の機能的な構成を示すブロック図である。図12は、モデル作成装置20のハードウェア構成を示すブロック図である。図11に示すように、モデル作成装置20は、機能的には、通信部21及び判別モデル作成部22を備える。モデル作成装置20は、図12に示されるように、CPU20a、RAM20b、ROM20c、入力装置20d、通信モジュール20e、補助記憶装置20f、及び出力装置20g等のハードウェアを備えるコンピュータを含むものとして構成される。これらの構成要素がプログラム等により動作することによって、モデル作成装置20の各機能が実現される。

[0044] 図11に示される通信部21は、インターネット等の情報通信網30（図1を参照）を介して複数の融着接続機10との間で通信を行う部分である。通信部21は、情報通信網30を介して、複数の融着接続機10から、撮像データPX、PYから抽出された特徴量、及び光ファイバF1、F2の種類に関する情報を受信する。通信部21は、撮像データPX、PYから抽出された特徴量に代えて、撮像データPX、PYそのものを受信してもよく、その場合、モデル作成装置20において撮像データPX、PYから特徴量を抽出する。また、光ファイバF1、F2の種類に関する情報は、使用者によって入力された情報のみであってもよい。言い換えると、通信部21は、使用者によって入力された光ファイバF1、F2の種類に関する情報（光ファイバの種類ごとに予め設定された製造条件の一を選択することで、対応する光ファイバの種類そのものの入力に代えた場合も含む）と、前記光ファイバF1、F2の撮像データPX、PYから抽出された特徴量（又は撮像データそのもの）を、各融着接続機10から受信する。通信部21は、受信したこれらの情報を、光ファイバF1、F2の撮像データPX、PYから得られる特徴量と、光ファイバF1、F2の種類との対応関係を示すサンプルデータDaとして、判別モデル作成部22に提供する。

[0045] 判別モデル作成部22は、通信部21から提供されたサンプルデータDaを用いて機械学習を行い、撮像データPX、PYに基づいて光ファイバF1

、F2の種類を判別するための判別モデルMdを作成する。機械学習は、好ましくは深層学習（ディープラーニング）である。機械学習の技法としては、例えばニューラルネットワーク、サポートベクターマシン等、いわゆる教師あり学習に含まれる様々な技法を適用できる。判別モデル作成部22は、稼働中である多数の融着接続機10から得られる膨大なサンプルデータDaを用いて機械学習を継続的に行い、判別モデルMdの精度を高める。また、本実施形態の判別モデル作成部22は、複数の融着接続機10を、撮像データPX、PYの傾向が類似していると推定される二以上のグループに分類する。そして、判別モデル作成部22は、グループ毎にサンプルデータDaを集めて、判別モデルMdをグループ毎に作成する。判別モデルMdをグループ毎に作成するとは、或るグループに属する複数の融着接続機10から得られるサンプルデータDaのみを用いて機械学習を行い、作成された判別モデルMdを、当該グループに属する融着接続機10のみに提供することを意味する。

[0046] 撮像データPX、PYの傾向が類似していると推定される二以上のグループは、例えば、融着接続機10の検査結果（撮像データPX、PYにおける輝度分布等）の類似性、融着接続機10の検査条件（各融着接続機10の検査の際に基準となる光ファイバを撮像した際の環境条件、例えば、温度（気温）、湿度、及び気圧のうち少なくとも1つ）の類似性、融着接続機10の製造者及び製造日時の類似性、撮像部12の製造者及び製造日時の類似性、融着接続機10の使用場所における環境条件（例えば、温度、湿度、及び気圧のうち少なくとも1つ）の類似性、融着接続機10の劣化状態（例えば、放電回数、接続頻度、放電電極3cの汚れ具合、撮像部12の反対側から光ファイバを照明する光源の調光状態、レンズの汚れ具合、及び機器診断結果のうち少なくとも1つ）の類似性、接続対象光ファイバの種類類似性、などに基づいて分類される。

[0047] こうして各グループ毎にサンプルデータDaを集めて作成された判別モデルMdは、通信部21を介して、それぞれ対応するグループに属する融着接

続機 10 に送信されて提供される。各融着接続機 10 の判別部 14 の判別アルゴリズム 14 b は、前記各融着接続機 10 が属するグループに対応する判別モデル M d をモデル作成装置 20 から得て、一对の光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別する。

[0048] 判別モデル作成部 22 の機械学習に供されるサンプルデータ D a には、判別アルゴリズム 14 a により一对の光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できたときのサンプルデータと、判別アルゴリズム 14 a により一对の光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときのサンプルデータとの双方が含まれる。或いは、判別モデル作成部 22 の機械学習に供されるサンプルデータ D a には、判別アルゴリズム 14 a により一对の光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できたときのサンプルデータのみが含まれてもよい。その場合、各融着接続機 10 の判別部 14 は、判別アルゴリズム 14 a により一对の光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときの自らのサンプルデータを用いて追加の機械学習を行い、自らが保有する判別モデル M d を改良する。

[0049] 或いは、判別モデル作成部 22 の機械学習に供されるサンプルデータ D a には、判別アルゴリズム 14 a により一对の光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できたときのサンプルデータと、判別アルゴリズム 14 a により一对の光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときのサンプルデータとが含まれ、各融着接続機 10 の判別部 14 は、判別アルゴリズム 14 a により一对の光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときの自らのサンプルデータ（但し、モデル作成装置 20 に提供したサンプルデータ D a を除く）を用いて追加の機械学習を行い、自らが保有する判別モデル M d を改良してもよい。この場合、融着接続機 10 の出荷から或る期間又は個数までの、判別できなかった及び誤判別したサンプルデータについては判別モデル作成部 22 の機械学習に供し、それ以後の判別できなかった及び誤判別したサンプルデー

タについては各融着接続機 10 の判別部 14 における追加の機械学習に供してもよい。

[0050] 図 13 は、本実施形態に係る、光ファイバを融着接続する方法を示すフローチャートである。この方法は、上述した融着接続システム 1A を用いて好適に実現され得る。まず、モデル作成工程 ST1 として、光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と当該光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータ Da を用いて機械学習を行い、接続しようとする光ファイバ F1, F2 の種類を光ファイバ F1, F2 の撮像データ Px, Py に基づいて判別するための判別モデル Md を作成する。このモデル作成工程 ST1 では、複数の融着接続機 10 を、撮像データ Px, Py の傾向が類似していると推定される二以上のグループに分類して、グループ毎にサンプルデータ Da を集めて判別モデル Md を作成する。

[0051] 次に、撮像工程 ST2 として、一对の光ファイバ F1, F2 を撮像して撮像データ Px, Py を生成する。続いて、判別工程 ST3 として、撮像工程 ST2 において生成された撮像データ Px, Py から得られる複数の特徴量に基づいて、一对の光ファイバ F1, F2 それぞれの種類を判別する。この判別工程 ST3 では、光ファイバ F1, F2 の種類を判別するための判別アルゴリズム 14a, 14b のいずれかによる判別結果を採用する。前述したように、判別アルゴリズム 14a は、光ファイバ F1, F2 の撮像データ Px, Py から得られる複数の特徴量と光ファイバ F1, F2 の種類との相関に基づいて、機械学習以外の方法により予め規定されたものである。また、判別アルゴリズム 14b は、モデル作成工程 ST1 において作成された判別モデル Md を含む。判別モデル Md は、当該判別工程 ST3 を行う融着接続機 10 が属するグループに対応するものである。続いて、接続工程 ST4 として、判別工程 ST3 における判別結果に基づいて、一对の光ファイバ F1, F2 の種類の組み合わせに応じた接続条件にて一对の光ファイバ F1, F2 を相互に融着接続する。

[0052] 以上に説明した本実施形態の融着接続システム 1A、融着接続機 10、及

び融着接続する方法によって得られる効果について説明する。本実施形態では、判別アルゴリズム14a及び14bを用いて光ファイバF1, F2の種類を判別する。このうち判別アルゴリズム14aは、光ファイバF1, F2の撮像データから得られる複数の特徴量と前記光ファイバF1, F2の種類との相関に基づいて機械学習以外の方法により予め規定されたものであり、従来と同等の判別精度を期待できる。また、判別アルゴリズム14bは、複数の特徴量と光ファイバF1, F2の種類との対応関係を示すサンプルデータDaを用いた機械学習により作成された判別モデルMdを含む。したがって、判別アルゴリズム14aにて判別不能又は誤判別をしがちな光ファイバF1, F2の種類に対して、機械学習に基づく高精度な判別を期待できる。故に、本実施形態によれば、判別アルゴリズム14a及び14bのいずれかによる判別結果を採用することによって、従来と比較して光ファイバF1, F2の種類を判別精度を高めることができる。

[0053] 前述したように、機械学習は深層学習であってもよい。この場合、光ファイバF1, F2の種類を判別精度を更に高めることができる。

[0054] 前述したように、判別部14は（判別工程ST3では）、複数の特徴量に含まれる所定の特徴量が閾値よりも大きい場合に判別アルゴリズム14a及び14bのうち一方による判別結果を採用し、所定の特徴量が閾値よりも小さい場合に判別アルゴリズム14a及び14bのうち他方による判別結果を採用してもよい。例えばこのような方式によって、判別アルゴリズム14a及び14bのうちいずれの判別結果を採用するかを容易に選択することができる。またこの場合、閾値は、所定の特徴量が増加したときの、判別アルゴリズム14aによる判別精度と判別アルゴリズム14bによる判別精度との比較に基づいて決定された値であってもよい。これにより、光ファイバF1, F2の種類を判別精度を更に高めることができる。

[0055] 前述したように、判別部14は（判別工程ST3では）、判別アルゴリズム14aにより光ファイバF1, F2それぞれの種類を判別できた場合にその判別結果を採用し、判別アルゴリズム14aにより光ファイバF1, F2

それぞれの種類を判別できなかつた場合に判別アルゴリズム 14 b による判別結果を採用してもよい。例えばこのような方式によって、光ファイバ F 1, F 2 の種類の判別精度を高めることができる。またこの場合、判別部 14 は（判別工程 S T 3 では）、先ず判別アルゴリズム 14 a を実行し、判別アルゴリズム 14 a により光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できなかつた場合に判別アルゴリズム 14 b を実行してもよい。これにより、判別部 14 の（判別工程 S T 3 における）演算量を低減することができる。或いは、判別部 14 は（判別工程 S T 3 では）、判別アルゴリズム 14 a の実行と、判別アルゴリズム 14 b の実行とを並行して行ってもよい。これにより、最終的な判別結果を得るまでの所要時間を短縮することができる。

[0056] 前述したように、モデル作成装置 20 は、複数の融着接続機 10 を撮像データ P X, P Y の傾向が類似していると推定される二以上のグループに分類してグループ毎に判別モデル M d を作成し、各融着接続機 10 の判別部 14 の判別アルゴリズム 14 b は、前記各融着接続機 10 が属するグループに対応する判別モデル M d をモデル作成装置 20 から得てもよい。これにより、撮像データ P X, P Y の傾向が類似している（例えば撮像部 12 の機械的・構造的なばらつきが少ない）グループ内に限定して機械学習を行うことができるので、判別アルゴリズム 14 b による光ファイバ F 1, F 2 の種類の判別精度を更に高めることができる。

[0057] 前述したように、モデル作成装置 20 の機械学習に供されるサンプルデータ D a には、判別アルゴリズム 14 a により光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できたときのサンプルデータと、判別アルゴリズム 14 a により光ファイバ F 1, F 2 それぞれの種類を判別できなかつたとき及び誤判別したときのサンプルデータとの双方が含まれてもよい。この場合、判別アルゴリズム 14 a が苦手とする光ファイバ F 1, F 2 の種類をモデル作成装置 20 の機械学習に含めることができ、総合的な光ファイバ F 1, F 2 の種類の判別精度を高めることができる。

[0058] 前述したように、モデル作成装置 20 の機械学習に供されるサンプルデー

タD aには、判別アルゴリズム14 aにより光ファイバF 1, F 2それぞれの種類を判別できたときのサンプルデータのみが含まれ、各融着接続機10の判別部14は、判別アルゴリズム14 aにより光ファイバF 1, F 2それぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときの自らのサンプルデータを用いて機械学習を行い、判別モデルM dを改良してもよい。この場合、各融着接続機10の撮像部12の機械的・構造的なばらつき等により判別アルゴリズム14 aでは判別できない光ファイバF 1, F 2の種類に対して、判別アルゴリズム14 bの判別精度を融着接続機10毎に高めることができる。

[0059] 前述したように、モデル作成装置20の機械学習に供されるサンプルデータD aには、判別アルゴリズム14 aにより光ファイバF 1, F 2それぞれの種類を判別できたときのサンプルデータと、判別アルゴリズム14 aにより光ファイバF 1, F 2それぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときのサンプルデータとが含まれ、各融着接続機10の判別部14は、判別アルゴリズム14 aにより光ファイバF 1, F 2それぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときの自らのサンプルデータ（但し、モデル作成装置20に提供したサンプルデータを除く）を用いて機械学習を行い、判別モデルM dを改良してもよい。この場合、判別アルゴリズム14 aが苦手とする光ファイバF 1, F 2の種類をモデル作成装置20の機械学習に含めることができ、加えて、各融着接続機10の撮像部12の機械的・構造的なばらつき等により判別アルゴリズム14 aでは判別できない光ファイバF 1, F 2の種類に対して、判別アルゴリズム14 bの判別精度を融着接続機10毎に高めることができる。故に、総合的な光ファイバF 1, F 2の種類の判別精度をより高めることができる。

[0060] 本開示による融着接続機、融着接続システム、及び光ファイバを融着接続する方法は、上述した実施形態に限られるものではなく、他に様々な変形が可能である。例えば、上記実施形態の融着接続機10では、判別アルゴリズム14 bの判別結果を採用する基準として、判別アルゴリズム14 aにより

判別できなかった場合、及び判別アルゴリズム 1 4 a による判別結果が誤りであるおそれが高い場合を例示したが、総合的な判別精度を高め得るのであれば他の基準を用いてもよい。

符号の説明

- [0061] 1 A …融着接続システム
- 2 …筐体
- 3 …接続部
- 3 a …光ファイバホルダ
- 3 b …ファイバ位置決め部
- 3 c …放電電極
- 4 …加熱器
- 5 …モニタ
- 6 …風防カバー
- 6 a …側面
- 6 b …導入口
- 1 0 …融着接続機
- 1 0 a …CPU
- 1 0 b …RAM
- 1 0 c …ROM
- 1 0 d …入力装置
- 1 0 e …補助記憶装置
- 1 0 f …出力装置
- 1 1 …通信部
- 1 2 …撮像部
- 1 3 …特徴量抽出部
- 1 4 …判別部
- 1 4 a …第 1 の判別アルゴリズム
- 1 4 b …第 2 の判別アルゴリズム

1 5 …融着制御部
2 0 …モデル作成装置
2 0 a …CPU
2 0 b …RAM
2 0 c …ROM
2 0 d …入力装置
2 0 e …通信モジュール
2 0 f …補助記憶装置
2 0 g …出力装置
2 1 …通信部
2 2 …判別モデル作成部
3 0 …情報通信網
C L …クラッド
C R …コア
D a …サンプルデータ
F 1 , F 2 …光ファイバ
F 1 a , F 2 a …端面
M d …判別モデル
M S X , M S Y …方向
P X , P Y …撮像データ
S T 1 …モデル作成工程
S T 2 …撮像工程
S T 3 …判別工程
S T 4 …接続工程

請求の範囲

- [請求項1] 一対の光ファイバを撮像して撮像データを生成する撮像部と、
前記撮像部から提供された撮像データから得られる複数の特徴量に基づいて前記一対の光ファイバそれぞれの種類を判別する判別部であって、光ファイバの種類を判別するための第1及び第2の判別アルゴリズムを有し、前記第1及び第2の判別アルゴリズムのいずれかによる判別結果を採用し、前記第1の判別アルゴリズムは光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との相関に基づいて機械学習以外の方法により予め規定されたものであり、前記第2の判別アルゴリズムは接続しようとする光ファイバの種類を前記接続しようとする光ファイバの撮像データに基づいて判別するための判別モデルを含み、前記判別モデルは光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータを用いた機械学習により作成されたものである前記判別部と、
前記判別部における判別結果に基づいて、前記一対の光ファイバの種類の組み合わせに応じた接続条件にて前記一対の光ファイバを相互に融着接続する接続部と、
を備える、融着接続機。
- [請求項2] 前記機械学習は深層学習である、請求項1に記載の融着接続機。
- [請求項3] 前記判別部は、前記複数の特徴量に含まれる所定の特徴量が閾値よりも大きい場合に前記第1及び第2の判別アルゴリズムのうち一方による判別結果を採用し、前記所定の特徴量が閾値よりも小さい場合に前記第1及び第2の判別アルゴリズムのうち他方による判別結果を採用する、請求項1又は請求項2に記載の融着接続機。
- [請求項4] 前記閾値は、前記所定の特徴量に変化したときの、前記第1の判別アルゴリズムによる判別精度と前記第2の判別アルゴリズムによる判別精度との比較に基づいて決定された値である、請求項3に記載の融

着接続機。

- [請求項5] 前記判別部は、前記第1の判別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できた場合にその判別結果を採用し、前記第1の判別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかった場合に前記第2の判別アルゴリズムによる判別結果を採用する、請求項1又は請求項2に記載の融着接続機。
- [請求項6] 前記判別部は、先ず前記第1の判別アルゴリズムを実行し、前記第1の判別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかった場合に前記第2の判別アルゴリズムを実行する、請求項5に記載の融着接続機。
- [請求項7] 前記判別部は、前記第1の判別アルゴリズムの実行と、前記第2の判別アルゴリズムの実行とを並行して行う、請求項5に記載の融着接続機。
- [請求項8] 請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の融着接続機である複数の融着接続機と、
前記複数の融着接続機から前記サンプルデータを集めて前記機械学習を行って前記判別モデルを作成し、前記判別モデルを前記複数の融着接続機に提供するモデル作成装置と、
を備える、融着接続システム。
- [請求項9] 前記モデル作成装置は、前記複数の融着接続機を撮像データの傾向が類似していると推定される二以上のグループに分類してグループ毎に前記判別モデルを作成し、
各融着接続機の前記判別部の前記第2の判別アルゴリズムは、前記各融着接続機が属する前記グループに対応する前記判別モデルを前記モデル作成装置から得る、請求項8に記載の融着接続システム。
- [請求項10] 前記モデル作成装置の前記機械学習に供される前記サンプルデータには、前記第1の判別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できたときの前記サンプルデータと、前記第1の判

別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときの前記サンプルデータとの双方が含まれる、請求項8又は請求項9に記載の融着接続システム。

[請求項11]

前記モデル作成装置の前記機械学習に供される前記サンプルデータには、前記第1の判別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できたときの前記サンプルデータのみが含まれ、

各融着接続機の前記判別部は、前記第1の判別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときの自らの前記サンプルデータを用いて前記機械学習を行って前記判別モデルを改良する、請求項8又は請求項9に記載の融着接続システム。

[請求項12]

前記モデル作成装置の前記機械学習に供される前記サンプルデータには、前記第1の判別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できたときの前記サンプルデータと、前記第1の判別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかったとき及び誤判別したときの前記サンプルデータとが含まれ、

各融着接続機の前記判別部は、前記第1の判別アルゴリズムにより前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別できなかったときの自らの前記サンプルデータ（但し、前記モデル作成装置に提供した前記サンプルデータを除く）を用いて前記機械学習を行って前記判別モデルを改良する、請求項8又は請求項9に記載の融着接続システム。

[請求項13]

一对の光ファイバを撮像して撮像データを生成する工程と、

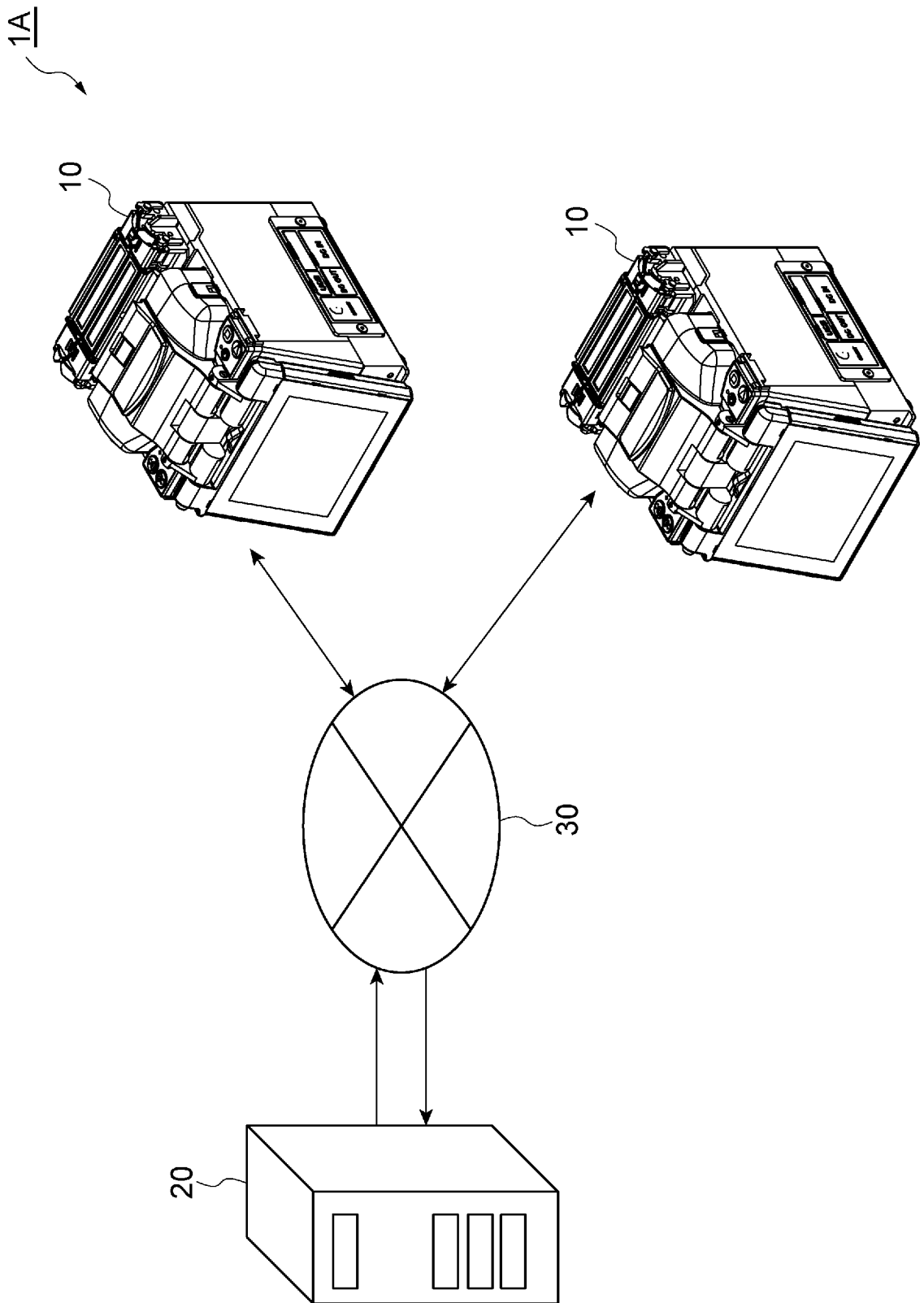
前記生成する工程において取得された撮像データから得られる複数の特徴量に基づいて前記一对の光ファイバそれぞれの種類を判別する工程であって、光ファイバの種類を判別するための第1及び第2の判別アルゴリズムのいずれかによる判別結果を採用し、前記第1の判別アルゴリズムは光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と

前記特徴量を得た光ファイバの種類との相関に基づいて機械学習以外の方法により予め規定されたものであり、前記第2の判別アルゴリズムは接続しようとする光ファイバの種類を前記接続しようとする光ファイバの撮像データに基づいて判別するための判別モデルを含み、前記判別モデルは光ファイバの撮像データから得られる複数の特徴量と前記特徴量を得た光ファイバの種類との対応関係を示すサンプルデータを用いた機械学習により作成されたものである工程と、

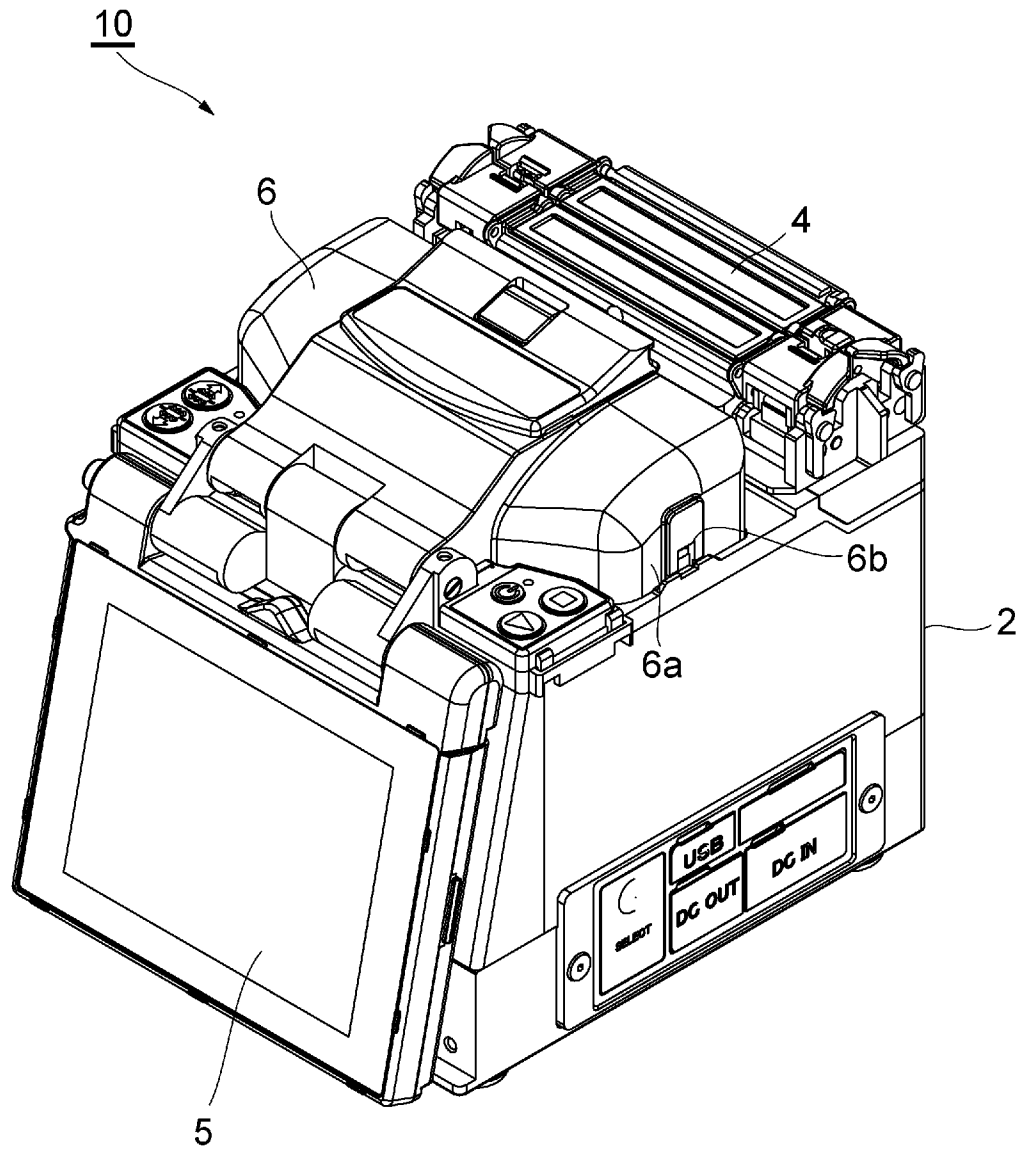
前記判別する工程における判別結果に基づいて、前記一对の光ファイバの種類を組み合わせに応じた接続条件にて前記一对の光ファイバを相互に融着接続する工程と、

を含む、光ファイバを融着接続する方法。

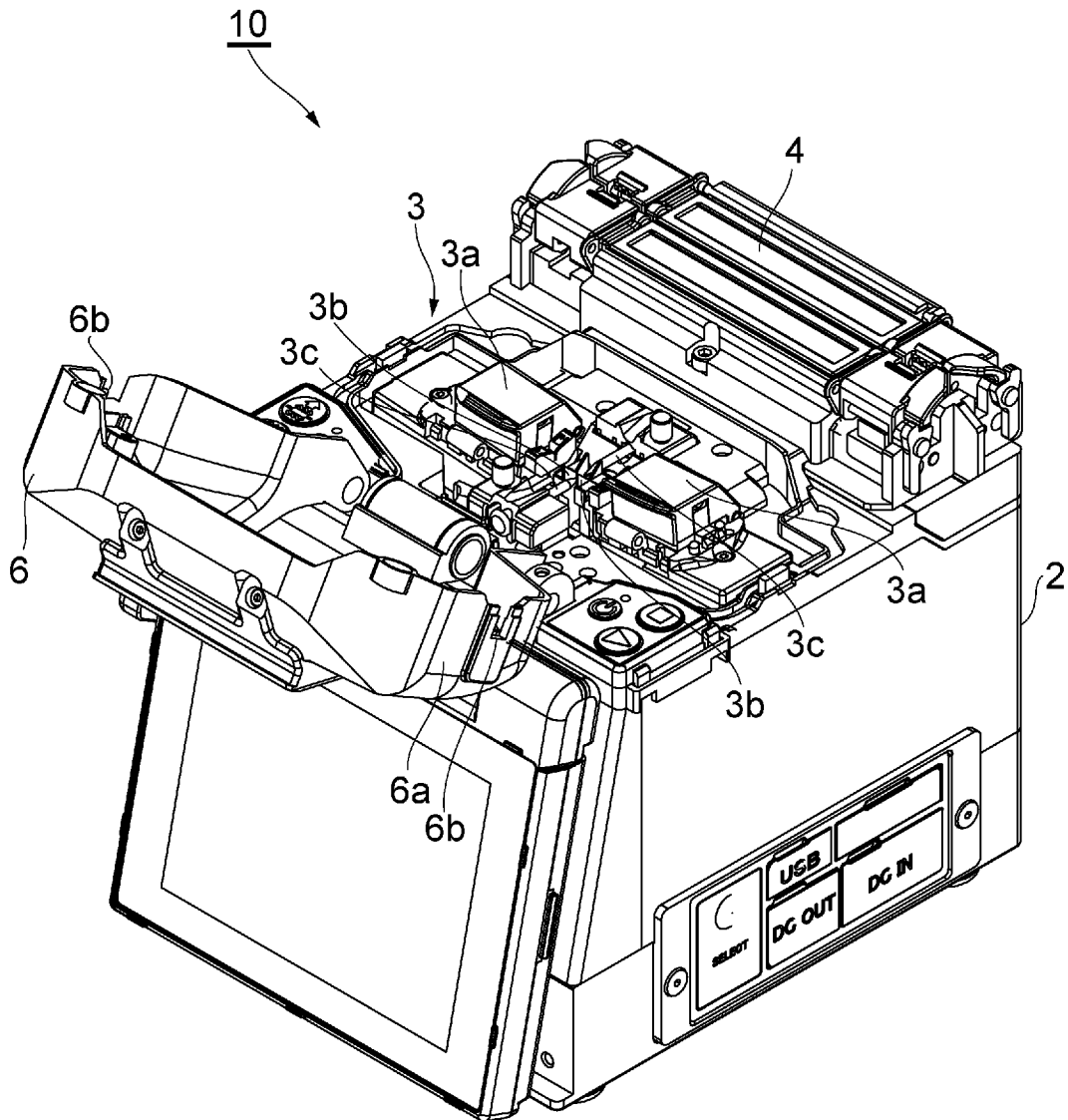
[図1]



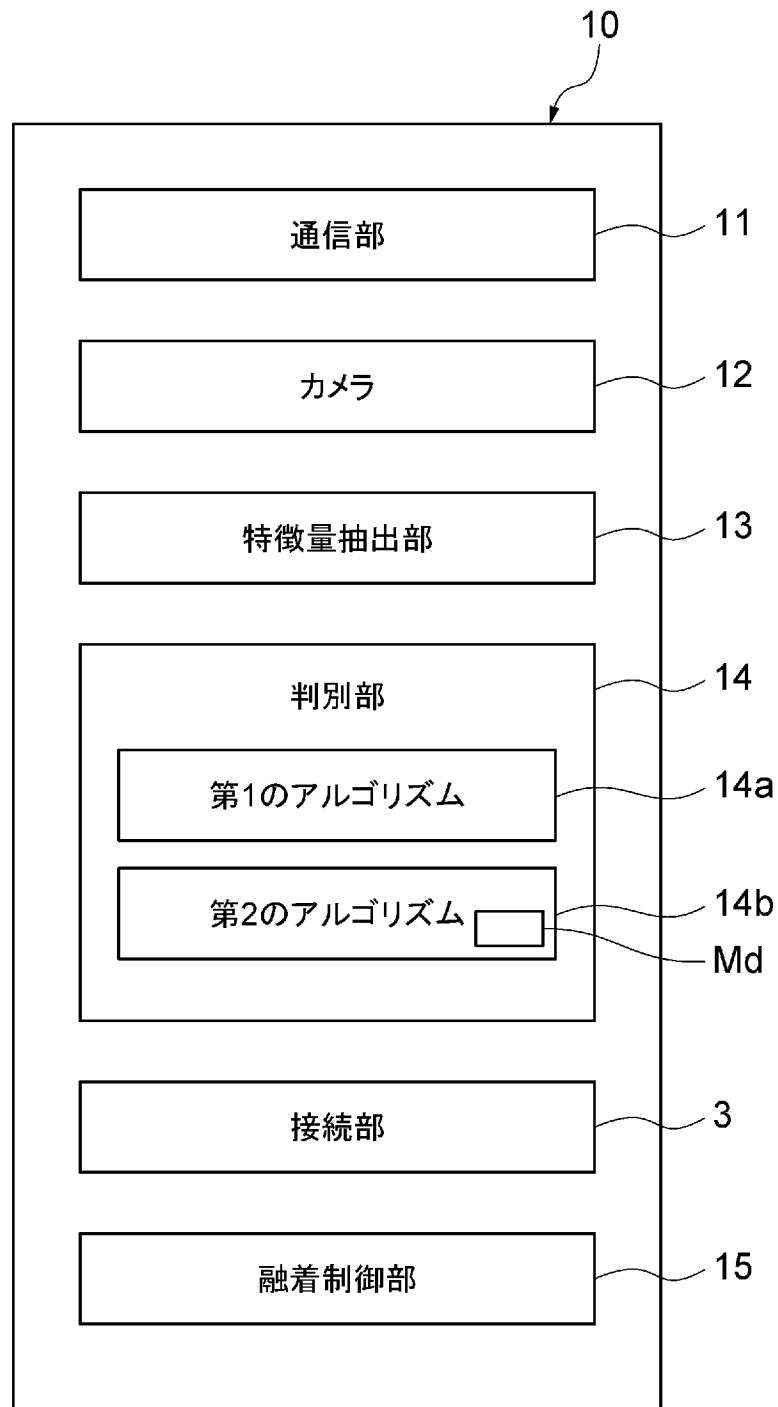
[図2]



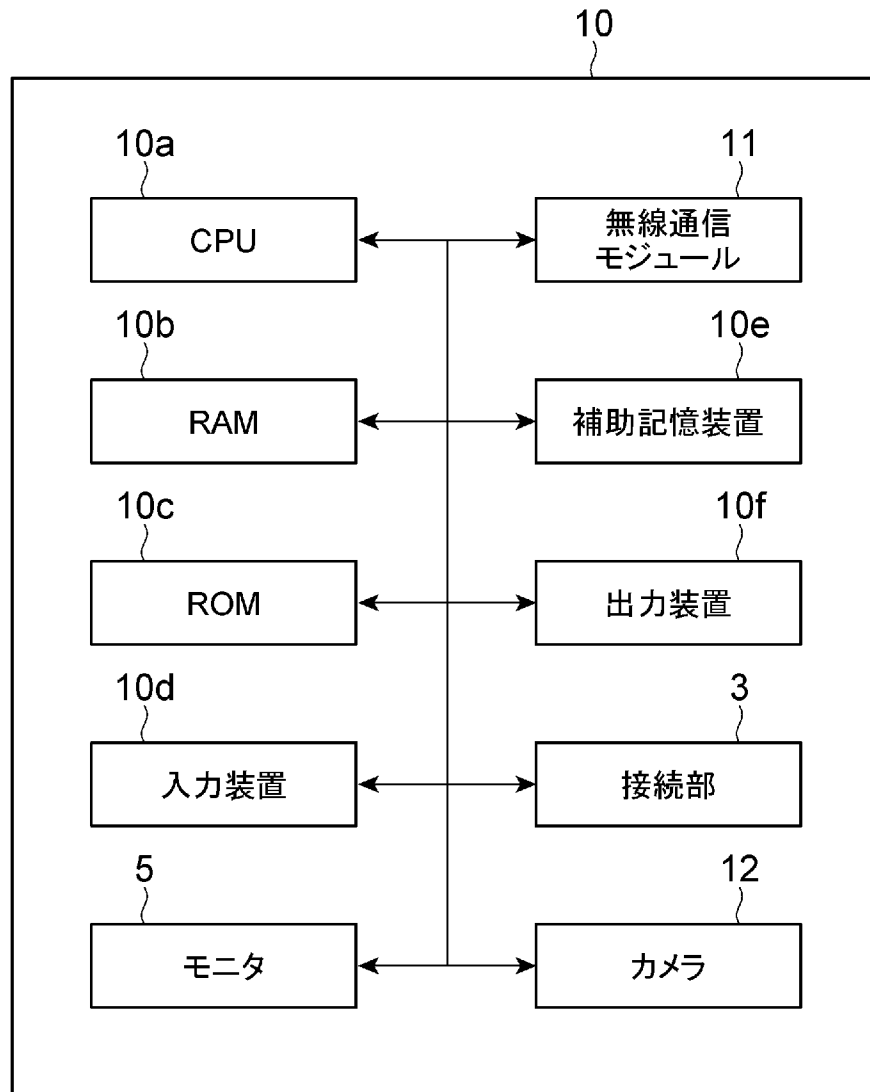
[図3]



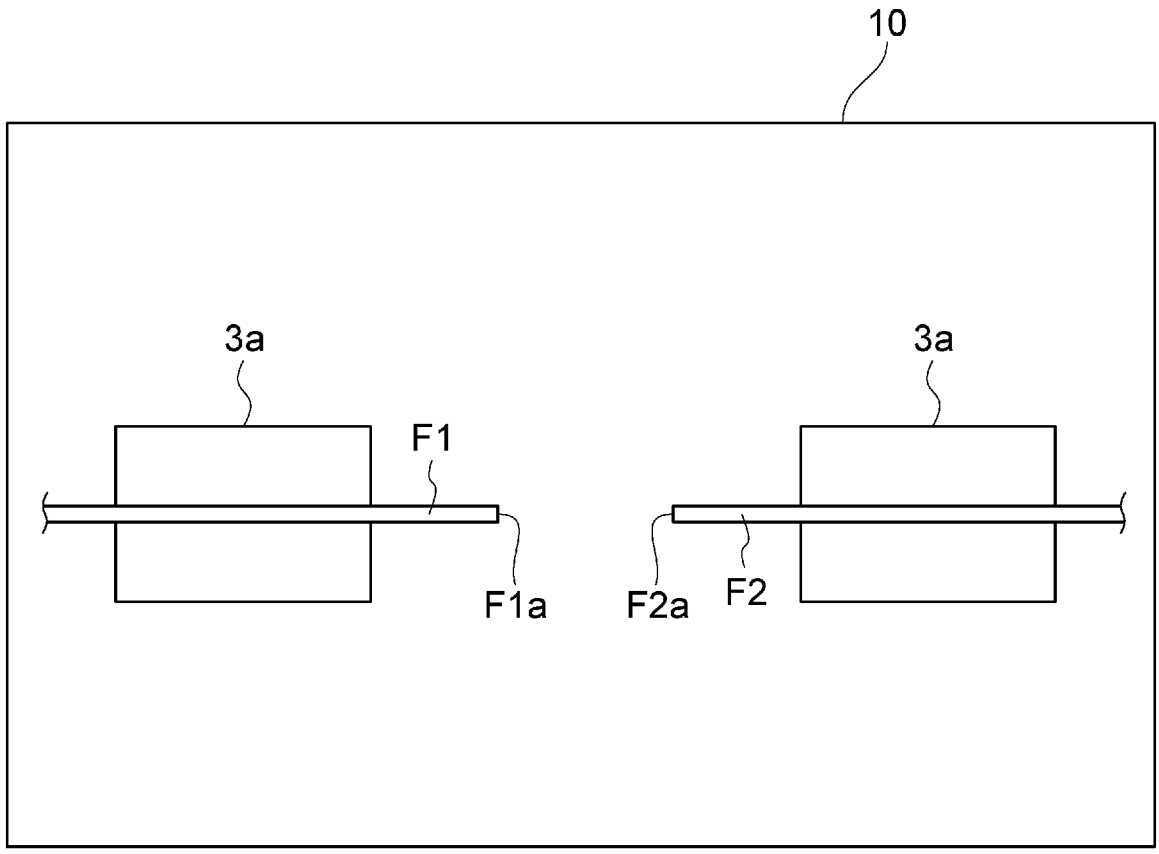
[図4]



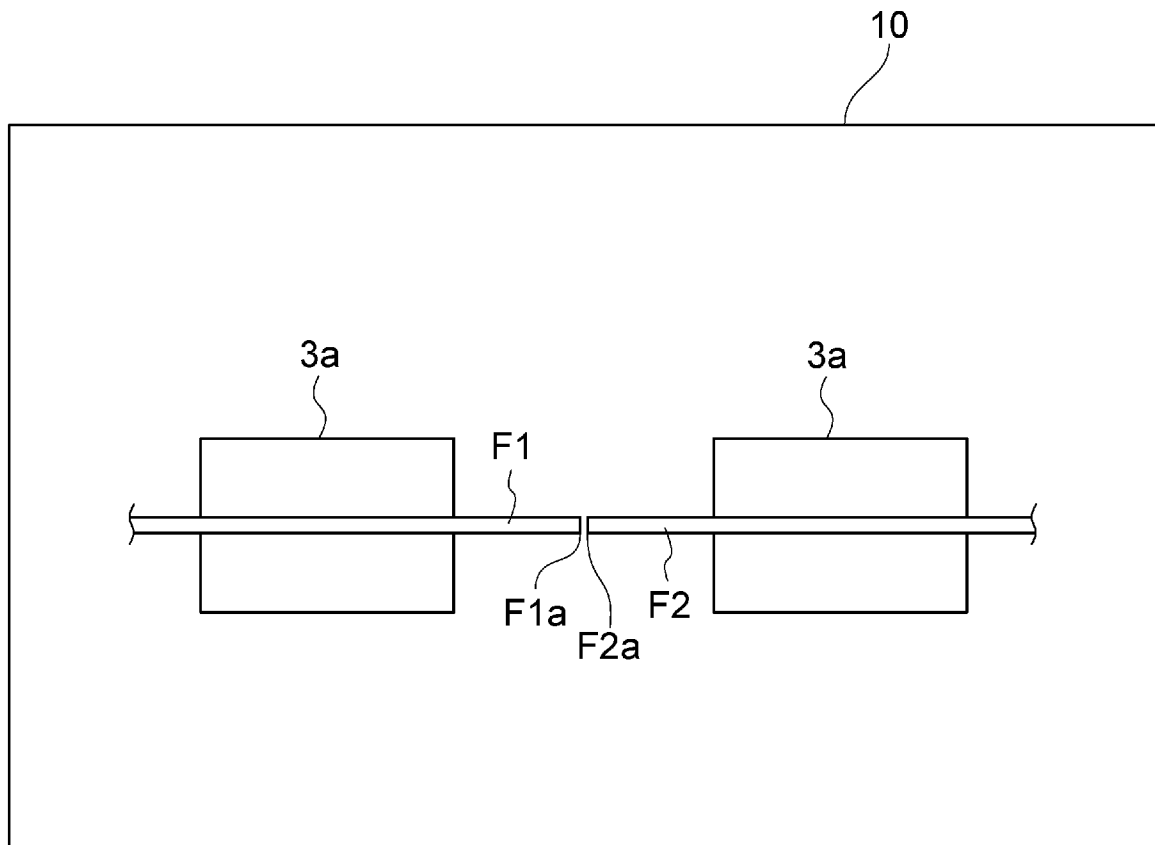
[図5]



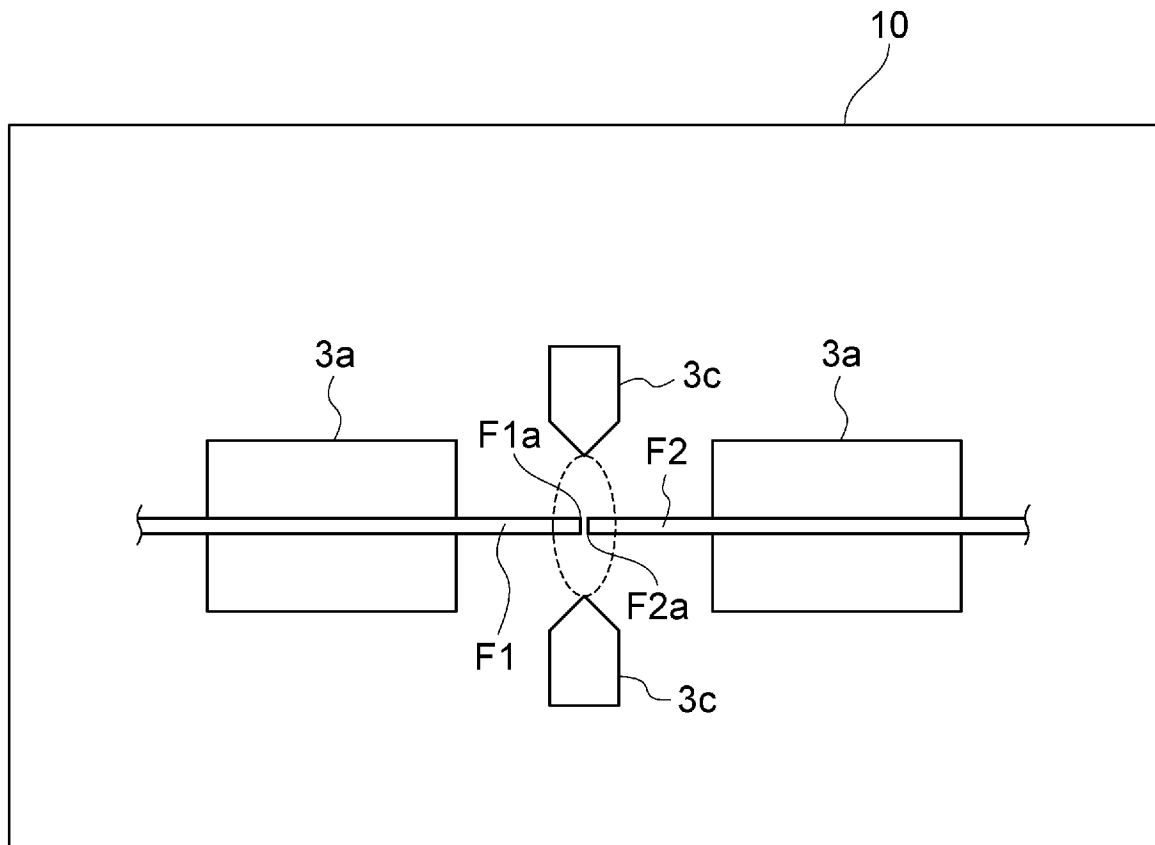
[図6]



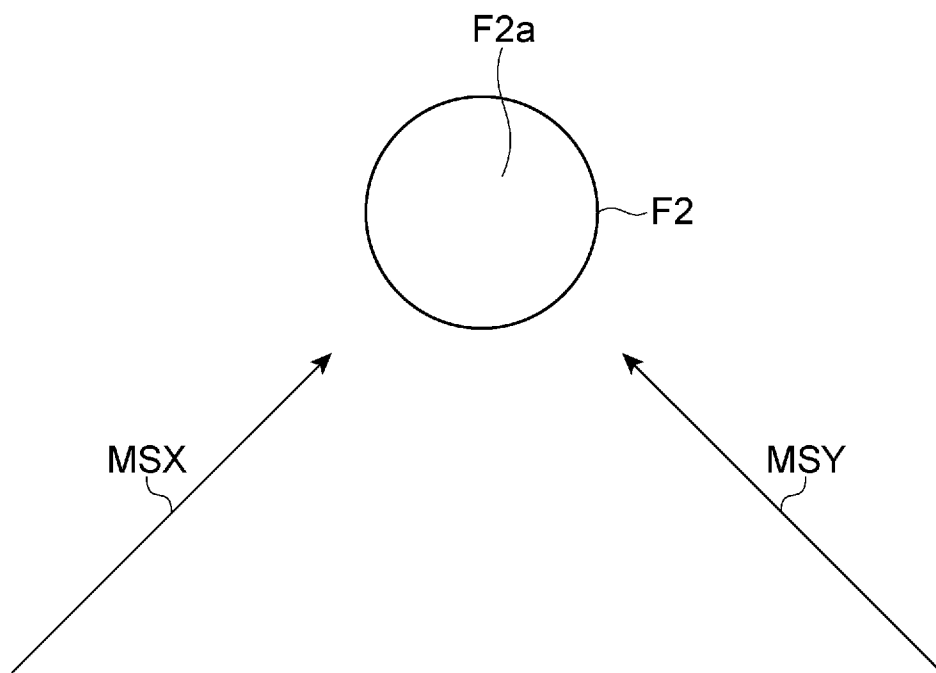
[図7]



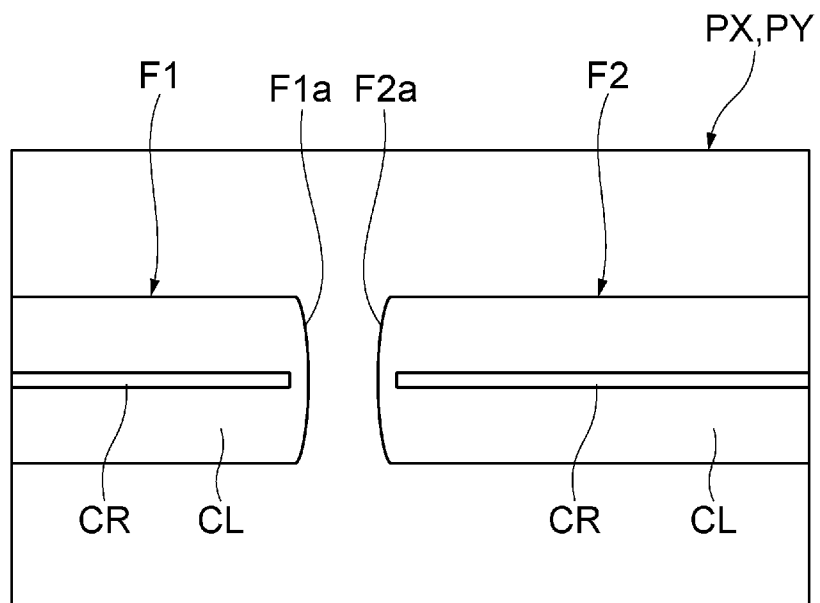
[図8]



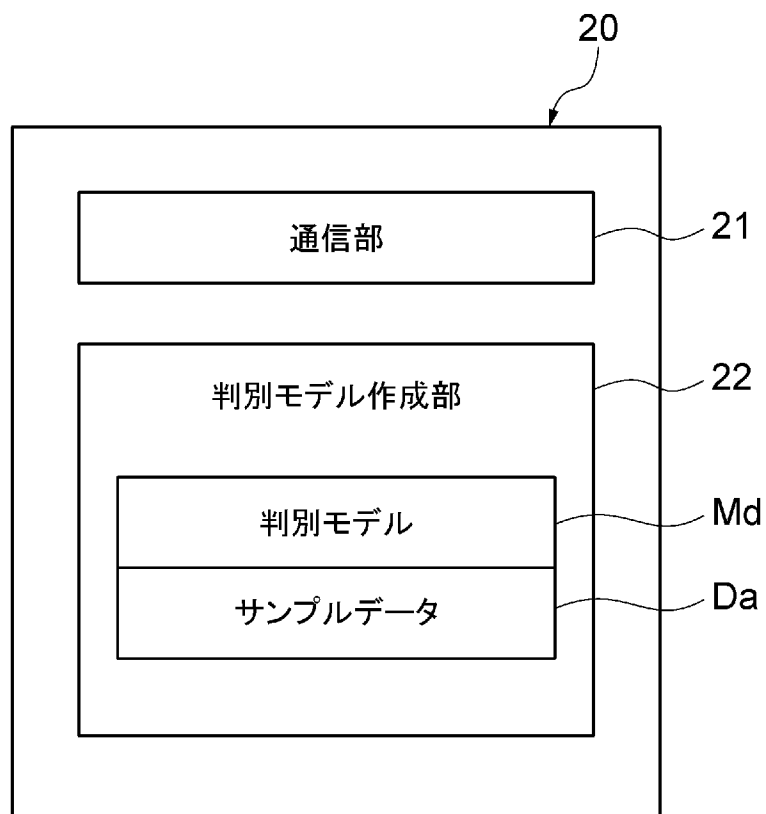
[図9]



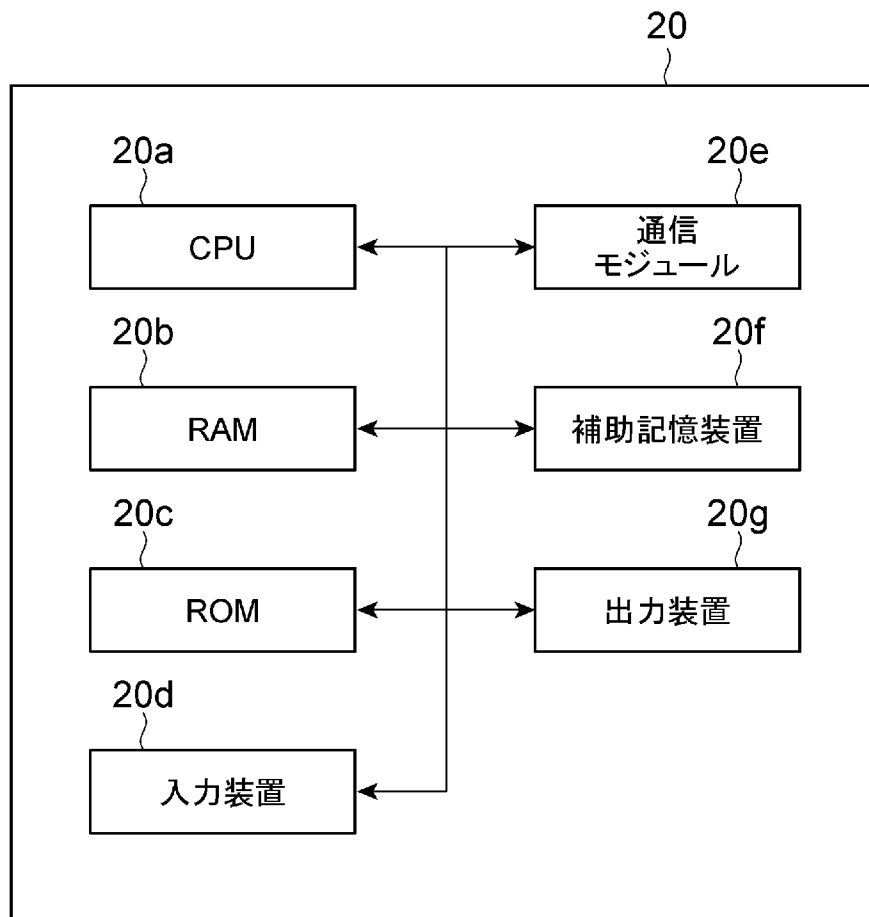
[図10]



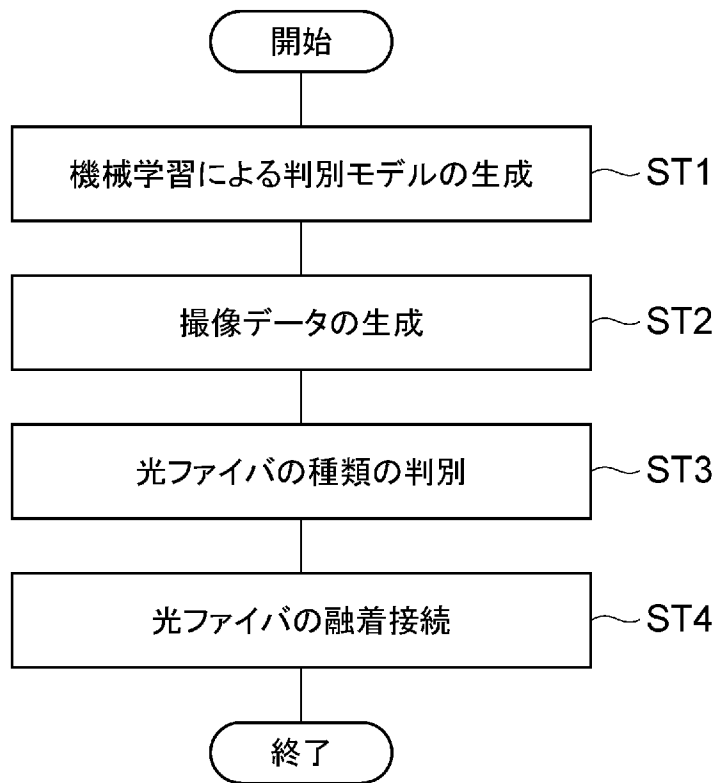
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/016859

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G02B6/255 (2006.01) i

FI: G02B6/255

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)

Int. Cl. G02B6/24, G02B6/255, G02B6/36-6/40

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)

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-020997 A (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 06 February 2020, paragraphs [0030]-[0113], fig. 1-10	1-13
Y	JP 2013-054192 A (FUJIKURA LTD.) 21 March 2013, paragraphs [0016]-[0046], fig. 1-8	1-13
Y	JP 2002-169050 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 14 June 2002, paragraphs [0001]-[0050], fig. 1-9	1-13
Y	JP 2018-106562 A (JTEKT CORP.) 05 July 2018, paragraphs [0035]-[0041], fig. 3	1-13

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
15.07.2020

Date of mailing of the international search report
28.07.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/016859

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	壁谷佳典. 機械学習のビジネス適用事例紹介. 情報処理学会 デジタルプラクティス. vol. 7, no. 4 [online], October 2016, pp. 370-377, p. 371, right column, lines 3-35, non-official translation (KABEYA, Yoshinori. Introduction of Case Studies in Business Applications of Machine Learning. IPSJ Journal of Digital Practices.)	1-13
Y	進藤智則. 古野電気が船舶向け自動運転を強化学習で実現 ガウス過程でダイナミクス自動獲得, 実機学習可能に. NIKKEI Robotics. no. 51, October 2019, pp. 3-11, p. 11, left column, line 15 to middle column, line 1, non-official translation (SHINDO, Toshinori. Furuno Electric Uses Reinforcement Learning to Achieve Automatic Driving for Ships: Enabling Dynamic Automatic Extraction and Real Machine Learning with Gaussian Processes.)	1-13
Y	JP 2016-152011 A (FANUC LTD.) 22 August 2016, paragraphs [0016]-[0035], fig. 1-7	9-12
Y	JP 2016-097228 A (HITACHI SYSTEMS, LTD.) 30 May 2016, paragraphs [0043]-[0049], fig. 5	9-12
Y	JP 2015-172736 A (YAMAHA CORP.) 01 October 2015, paragraphs [0020]-[0027], fig. 3	9-12
A	JP 2019-118940 A (FANUC LTD.) 22 July 2019, paragraphs [0038]-[0052], [0105], fig. 1, 2, 14	1-13
A	CN 102567745 A (BEIJING AEROSPACE TIMES OPTICAL ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 11 July 2012, paragraphs [0030]-[0070], fig. 1-6	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/016859

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2020-020997 A	06.02.2020	(Family: none)	
JP 2013-054192 A	21.03.2013	US 8903157 B2 column 3, line 57 to column 8, line 10, fig. 1-8 EP 2752695 A1 CN 103460094 A KR 10-2013-0132642 A	
JP 2002-169050 A	14.06.2002	US 2004/0047572 A1 paragraphs [0001]- [0062], fig. 1-9 EP 1355177 A1 CN 1531661 A KR 10-0646124 B1	
JP 2018-106562 A	05.07.2018	US 2018/0181087 A1 paragraphs [0055]- [0061], fig. 3 CN 108241891 A	
JP 2016-152011 A	22.08.2016	US 2016/0246659 A1 paragraphs [0024]- [0051], fig. 1-8 CN 105912437 A	
JP 2016-097228 A	30.05.2016	(Family: none)	
JP 2015-172736 A	01.10.2015	(Family: none)	
JP 2019-118940 A	22.07.2019	US 2019/0213479 A1 paragraphs [0056]- [0083], [0149]- [0151], fig. 1, 2, 14 CN 110032164 A	
CN 102567745 A	11.07.2012	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/255(2006.01)i FI: G02B6/255		
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）） G02B6/24; G02B6/255; G02B6/36-6/40 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） IEEE Xplore		
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	JP 2020-020997 A (古河電気工業株式会社) 06.02.2020 (2020 - 02 - 06) [0030]-[0113], 図1-10	1-13
Y	JP 2013-054192 A (株式会社フジクラ) 21.03.2013 (2013 - 03 - 21) [0016]-[0046], 図1-8	1-13
Y	JP 2002-169050 A (住友電気工業株式会社) 14.06.2002 (2002 - 06 - 14) [0001]-[0050], 図1-9	1-13
Y	JP 2018-106562 A (株式会社ジェイテクト) 05.07.2018 (2018 - 07 - 05) [0035]-[0041], 図3	1-13
Y	壁谷 佳典, 機械学習のビジネス適用事例紹介, 情報処理学会 デジタルプラクティス Vol. 7 No. 4 [online], 2016.10, 第370-377頁 第371頁右欄第3-35行	1-13
Y	進藤 智則, 古野電気が船舶向け自動運転を強化学習で実現 ガウス過程でダイナ ミクス自動獲得、実機学習可能に, NIKKEI Robotics 第51号, 2019.10, 第3-11頁 第11頁左欄第15行-中欄第1行	1-13
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的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 15.07.2020	国際調査報告の発送日 28.07.2020	
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） 奥村 政人 2L 4752 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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	JP 2016-152011 A (ファナック株式会社) 22.08.2016 (2016 - 08 - 22) [0016]-[0035], 図1-7	9-12
Y	JP 2016-097228 A (株式会社日立システムズ) 30.05.2016 (2016 - 05 - 30) [0043]-[0049], 図5	9-12
Y	JP 2015-172736 A (ヤマハ株式会社) 01.10.2015 (2015 - 10 - 01) [0020]-[0027], 図3	9-12
A	JP 2019-118940 A (ファナック株式会社) 22.07.2019 (2019 - 07 - 22) [0038]-[0052], [0105], 図1-2, 14	1-13
A	CN 102567745 A (BEIJING AEROSPACE TIMES OPTICAL ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 11.07.2012 (2012 - 07 - 11) [0030]-[0070], 図1-6	1-13

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/JP2020/016859

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-020997 A	06.02.2020	(ファミリーなし)	
JP 2013-054192 A	21.03.2013	US 8903157 B2 第3欄第57行-第8欄第10行, 図1-8 EP 2752695 A1 CN 103460094 A KR 10-2013-0132642 A	
JP 2002-169050 A	14.06.2002	US 2004/0047572 A1 [0001]-[0062], 図1-9 EP 1355177 A1 CN 1531661 A KR 10-0646124 B1	
JP 2018-106562 A	05.07.2018	US 2018/0181087 A1 [0055]-[0061], 図3 CN 108241891 A	
JP 2016-152011 A	22.08.2016	US 2016/0246659 A1 [0024]-[0051], 図1-8 CN 105912437 A	
JP 2016-097228 A	30.05.2016	(ファミリーなし)	
JP 2015-172736 A	01.10.2015	(ファミリーなし)	
JP 2019-118940 A	22.07.2019	US 2019/0213479 A1 [0056]-[0083], [0149]- [0151], 図1-2, 14 CN 110032164 A	
CN 102567745 A	11.07.2012	(ファミリーなし)	