

(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
2022年10月6日(06.10.2022)



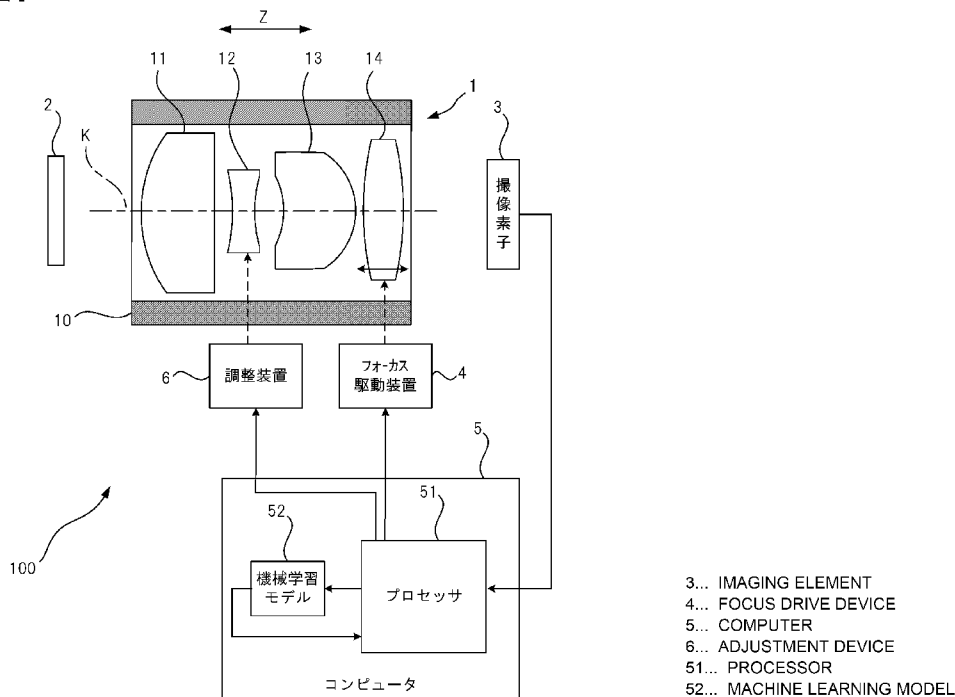
(10) 国際公開番号
WO 2022/209056 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 11/02 (2006.01) *G02B 13/00* (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/047044
- (22) 国際出願日: 2021年12月20日(20.12.2021)
- (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 2021-061084 2021年3月31日(31.03.2021) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 早川 洋平 (HAYAKAWA Yohei); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
西谷 守(NISHITANI Mamoru); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人航栄特許事務所(KOH-EI PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング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,

(54) Title: WAVEFRONT ABERRATION DERIVATION METHOD, MACHINE LEARNING MODEL GENERATION METHOD, LENS OPTICAL SYSTEM MANUFACTURING METHOD, WAVEFRONT ABERRATION DERIVATION DEVICE, AND WAVEFRONT ABERRATION DERIVATION PROGRAM

(54) 発明の名称: 波面収差導出方法、機械学習モデルの生成方法、レンズ光学系の製造方法、波面収差導出装置、及び波面収差導出プログラム

[図2]



(57) Abstract: Provided are a wavefront aberration derivation method, device, and program that facilitate wavefront aberration derivation, a method for generating a machine learning model to be used in the wavefront aberration derivation method, and a lens optical system manufacturing method using the wavefront aberration derivation method. A processor

WO 2022/209056 A1

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(51) executes a first step for acquiring resolution performance information for a lens device (1) and a second step for inputting the resolution performance information into a machine learning model (52) and obtaining the wavefront aberration of the lens device (1) from the machine learning model (52).

(57) 要約 : 波面収差を簡易に導出可能な波面収差導出方法、装置、及びプログラムと、この波面収差導出方法に用いられる機械学習モデルの生成方法、この波面収差導出方法を利用したレンズ光学系の製造方法を提供する。プロセッサ(51)は、レンズ装置(1)の解像性能情報を取得する第1ステップと、上記解像性能情報を機械学習モデル(52)に入力して、レンズ装置(1)の波面収差を機械学習モデル(52)から得る第2ステップと、を実行する。

明 細 書

発明の名称：

波面収差導出方法、機械学習モデルの生成方法、レンズ光学系の製造方法、波面収差導出装置、及び波面収差導出プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、波面収差導出方法、機械学習モデルの生成方法、レンズ光学系の製造方法、波面収差導出装置、及び波面収差導出プログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、レンズ光学系の性能値としてCTF (Contrast Transfer Function: コントラスト伝達関数) を求め、この性能値をニューラルネットワークに入力し、ニューラルネットワークによって、レンズ光学系に含まれる被調整レンズの移動調整量を求める方法が記載されている。

[0003] 特許文献2には、ターゲット候補とデバイス設計との間のパターン配置誤差のゼルニケ感度の関係に関してターゲット設計を分析し、最適化する方法が記載されている。

[0004] 特許文献3には、光源を含む照明系、試料収納用試料ホルダ、結像光学系および少なくとも1つのドット分解検出装置を主要構成群とする光学的結像系の結像品質を決定する方法が記載されている。

[0005] 特許文献4には、被検眼に投影された測定用パターンの反射光の撮像画像を取得する画像取得部と、画像取得部により取得された撮像画像内から反射光に基づくリング像を検出するリング像検出部と、リング像検出部により検出されたリング像に基づき、リング像の歪みを発生させる被検眼の特定の高次収差を検出する高次収差検出部と、を備える画像解析装置が記載されている。

[0006] 特許文献5には、少なくとも4次Zernike波面収差を表す患者の目の診断測定データをセンサによって獲得するステップと、収差のある波面を

説明する波面データに2次のみ多項式を当てはめるステップと、2次多項式当てはめから顕性屈折値を計算するステップとを含む、患者の目の屈折値を客観的に獲得するための方法が記載されている。

[0007] 特許文献6には、干渉計で計測した干渉縞画像から波面収差を計算する方法が記載されている。

[0008] 特許文献7には、被検光学系を透過した透過光の透過波面を計測するステップと、上記透過光の透過波面に基づいて上記被検光学系の波面収差の各収差成分を取得するステップと、上記被検光学系の光学素子を位置ずれさせた際に変化する上記波面収差の各収差成分の感度を取得するステップと、上記被検光学系の結像性能に関する評価値と上記波面収差の各収差成分の相関を高めるための係数情報を取得するステップと、上記波面収差の各収差成分と上記各収差成分の感度と上記係数情報を用いて上記被検光学系の光学素子の位置ずれ量を求めるステップとを含むことを特徴とする計測方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：日本国特開2008-170981号公報
特許文献2：日本国特表2018-514807号公報
特許文献3：日本国特表2006-527353号公報
特許文献4：日本国特開2020-081450号公報
特許文献5：日本国特表2004-528130号公報
特許文献6：日本国特開平6-235619号公報
特許文献7：日本国特開2019-191121号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] 波面収差の計測には一般的に多くの機器や時間を要するため、その計測作業は容易ではない。上記のいずれの従来技術も、波面収差を簡易に導出する

方法は記載されていない。

[0011] 本発明の目的は、波面収差を簡易に導出可能な波面収差導出方法、装置、及びプログラムと、この波面収差導出方法に用いられる機械学習モデルの生成方法、この波面収差導出方法を利用したレンズ光学系の製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の一態様の波面収差導出方法は、レンズ光学系の波面収差を導出する波面収差導出方法であって、上記レンズ光学系の解像性能情報を取得する第1ステップと、上記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、上記レンズ光学系の波面収差を上記機械学習モデルから得る第2ステップと、を備えるものである。

[0013] 本発明の一態様の機械学習モデルの生成方法は、レンズ光学系の光学要素に複数パターンの想定誤差を付与して得られる複数の仮想光学系の解像性能情報の第1シミュレーション結果を取得し、上記複数の仮想光学系の波面収差の第2シミュレーション結果を取得し、上記第1シミュレーション結果と上記第2シミュレーション結果とから、解像性能情報と波面収差との対応関係を機械学習して機械学習モデルを生成する機械学習モデルのものである。

[0014] 本発明の一態様のレンズ光学系の製造方法は、被調整光学要素を含む複数の光学要素を有するレンズ光学系の製造方法であって、上記レンズ光学系の解像性能情報を取得するステップと、上記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、上記レンズ光学系の波面収差を上記機械学習モデルから得るステップと、上記波面収差に基づいて上記被調整光学要素の位置を設定するステップと、を備えるレンズ光学系のものである。

[0015] 本発明の一態様の波面収差導出装置は、レンズ光学系の波面収差を導出する波面収差導出装置であって、上記レンズ光学系の解像性能情報を取得し、上記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、上記レンズ光学系の波面収差を上記機械学習モデルから得るプロセッサを備えるものである。

[0016] 本発明の一態様の波面収差導出プログラムは、レンズ光学系の波面収差を

導出する波面収差導出プログラムであって、上記レンズ光学系の解像性能情報を取得する第1ステップと、上記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、上記レンズ光学系の波面収差を上記機械学習モデルから得る第2ステップと、をコンピュータに実行させるものである。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、波面収差を簡易に導出することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の波面収差導出装置の一実施形態であるコンピュータ5を利用して製造されるレンズ装置1の一例を示す模式図である。

[図2]レンズ装置1の製造システムに組み込まれる位置調整システム100の概略構成を示す模式図である。

[図3]図2に示す解像度チャート2をレンズ装置1側から光軸方向Zに見た模式図である。

[図4]図2に示すプロセッサ51によって取得される情報の例を示す模式図である。

[図5]図4に示すMTFデータ群Gp x 1の一例を示す模式図である。

[図6]機械学習モデル52の生成に用いられる教師データの一例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

[0020] 図1は、本発明の波面収差導出装置の一実施形態であるコンピュータ5を利用して製造されるレンズ装置1の一例を示す模式図である。レンズ装置1は、デジタルカメラ等の撮像装置又はプロジェクタ等の投影装置等に利用されるものであり、レンズ光学系を構成する。以下では、レンズ装置1が撮像装置に利用されるものとして説明する。

[0021] レンズ装置1は、レンズ鏡筒10内に設けられた複数の光学要素（図1の例では、第一レンズ11、第二レンズ12、第三レンズ13、及び第四レンズ14の4つの光学要素）を備える。第一レンズ11、第二レンズ12、第

三レンズ13、及び第四レンズ14は、レンズ装置1の光軸Kに沿って被写体側からこの順番にて配置されている。光軸Kの延びる方向を光軸方向Zという。第二レンズ12は、被調整光学要素を構成する。

[0022] 第一レンズ11、第二レンズ12、第三レンズ13、及び第四レンズ14のうち、例えば第四レンズ14はフォーカスレンズである。第四レンズ14が光軸方向Zに移動することで、レンズ装置1による被写体の結像位置を変えることができる。

[0023] レンズ装置1は、例えば次のようにして製造される。レンズ鏡筒10内に、設計値にしたがって、第一レンズ11、第二レンズ12、第三レンズ13、及び第四レンズ14を配置し、第一レンズ11と第三レンズ13と第四レンズ14をレンズ鏡筒10に固定する。第二レンズ12は、位置の調整（光軸の傾き及び光軸方向の位置を含む調整）ができるようレンズ鏡筒10に仮固定される。第一レンズ11と第三レンズ13と第四レンズ14がレンズ鏡筒10に固定され、第二レンズ12がレンズ鏡筒10に仮固定された状態のレンズ装置1を、以下では調整前のレンズ装置1ともいう。

[0024] 調整前のレンズ装置1が完成すると、被写体（後述の解像度チャート2）を、調整前のレンズ装置1を通して、後述の撮像素子3によって撮像する。具体的には、第四レンズ14を光軸方向Zに所定の範囲にて移動させながら、各移動位置において撮像素子3によって解像度チャート2を撮像する。これにより、調整前のレンズ装置1によって結像される解像度チャート2の結像位置と、撮像素子3の受光面との距離（換言するとデフォーカス量）を複数の値に変化させた状態で、解像度チャート2の撮像画像が複数得られる。この複数の撮像画像と、後述の機械学習モデル52とに基づいて、調整前のレンズ装置1の波面収差を導出する。その後、導出した波面収差が所望の状態となるように、仮固定された第二レンズ12の位置を設定し、設定された位置となるように第二レンズ12の調整を行う。この調整の終了後、第二レンズ12がレンズ鏡筒10に本固定されて、レンズ装置1が完成される。

[0025] 図2は、レンズ装置1の製造システムに組み込まれる位置調整システム1

00の概略構成を示す模式図である。位置調整システム100は、解像度チャート2と、調整前のレンズ装置1と、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサ又はCCD (Charge Coupled Device) イメージセンサ等の撮像素子3と、レンズ装置1に含まれるフォーカスレンズ(第四レンズ14)を駆動するフォーカス駆動装置4と、波面収差導出装置を構成するコンピュータ5と、調整前のレンズ装置1に含まれる第二レンズ12の位置の調整を行う調整装置6と、を備える。

[0026] 図3は、図2に示す解像度チャート2をレンズ装置1側から光軸方向Zに見た図である。解像度チャート2は、光軸方向Zに垂直な矩形平面であり、方向Xが撮像素子3の受光面の長手方向と一致しており、方向Xに垂直な方向Yが撮像素子3の受光面の短手方向と一致している。方向X及び方向Yは光軸方向Zに垂直となっている。

[0027] 解像度チャート2には、調整前のレンズ装置1の光軸Kと交わる中心部分に、第一パターン21が形成されている。第一パターン21は、図3中に拡大図を示しているように、方向Yに延びる複数の線が方向Xに配列されたパターンPY1と、方向Xに延びる複数の線が方向Yに配列されたパターンPX1と、を含む。

[0028] 解像度チャート2には、調整前のレンズ装置1の光軸Kと交わる点を中心とした仮想円24の円周上の所定の位置に第二パターン22が形成されている。仮想円24の円周上には第二パターン22が複数形成されていてもよい。第二パターン22は、図3中に拡大図を示しているように、方向Yに延びる複数の線が方向Xに配列されたパターンPY2と、方向Xに延びる複数の線が方向Yに配列されたパターンPX2と、を含む。

[0029] 本明細書においては、解像度チャート2を撮像素子3によって撮像して得られる撮像画像において、光軸Kと交わる中心位置を基準の像高とし、この中心位置を中心とした円の円周上の位置を、この円の半径に応じた値の像高として定義する。したがって、図3に示す解像度チャート2の撮像画像における仮想円24の円周上にある第二パターン22と、仮想円24の中心にあ

る第一パターン21とは、異なる像高のパターンとすることができる。

[0030] 調整前のレンズ装置1は、解像度チャート2と撮像素子3の間に配置される。撮像素子3とフォーカス駆動装置4は、例えば、レンズ装置1が装着可能な検査用のデジタルカメラ本体に内蔵されるものであり、このデジタルカメラ本体とコンピュータ5とが接続される。

[0031] コンピュータ5は、プロセッサ51と、機械学習モデル52と、図示省略のRAM (Random Access Memory) 及びROM (Read Only Memory) 等のメモリと、を含む。機械学習モデル52は、例えば上記のROMに記憶されている。機械学習モデル52は、コンピュータ5の外部に設けられた外部機器に記憶されていてもよく、この場合には、プロセッサ51は、この外部機器にアクセス可能に構成される。

[0032] プロセッサ51は、プログラムを実行して各種処理を行う汎用的なプロセッサであるCPU (Central Processing Unit)、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等の製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス (Programmable Logic Device:PLD)、又はASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等の特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路等である。プロセッサ51の構造は、より具体的には、半導体素子等の回路素子を組み合わせた電気回路である。

[0033] プロセッサ51は、ROMに記憶された波面収差導出プログラムを実行することにより、調整前のレンズ装置1の波面収差を導出可能である。波面収差の導出手順は次の通りである。

[0034] まず、プロセッサ51は、デジタルカメラ本体を制御して、第四レンズ14を光軸方向Zの複数の位置に移動させ、第四レンズ14が各位置にある状態（換言すると、調整前のレンズ装置1による解像度チャート2の結像位置と撮像素子3との相対位置が複数の値のそれぞれにある状態）にて、解像度チャート2を、調整前のレンズ装置1を通して撮像素子3に撮像させる。

[0035] なお、図2では、第四レンズ14を光軸方向Zに移動させることで、調整

前のレンズ装置 1 による結像位置と撮像素子 3 との相対位置を変える構成としたが、これに限らない。例えば、調整前のレンズ装置 1 の第四レンズ 1 4 を予め決められた位置に固定し、解像度チャート 2 の位置を固定し、撮像素子 3 を光軸方向 Z に移動させることでも、調整前のレンズ装置 1 の結像位置と撮像素子 3 との相対位置を変えることは可能である。また、調整前のレンズ装置 1 の第四レンズ 1 4 を予め決められた位置に固定し、撮像素子 3 の位置を固定し、解像度チャート 2 を光軸方向 Z に移動させることでも、調整前のレンズ装置 1 の結像位置と撮像素子 3 との相対位置を変えることは可能である。

[0036] プロセッサ 5 1 は、第四レンズ 1 4 が各位置にある状態にて撮像素子 3 によって撮像された解像度チャート 2 の撮像画像（以下、撮像画像群と記載する）をデジタルカメラ本体から取得すると、この撮像画像群と、機械学習モデル 5 2 とに基づいて、調整前のレンズ装置 1 の波面収差を導出する。

[0037] 具体的には、プロセッサ 5 1 は、撮像画像群を構成する各撮像画像に含まれるパターン P X 1 の画像から、パターン P X 1 に対応するレンズ装置 1 の解像性能値である M T F（Modulation Transfer Function）値を導出する。M T F 値は、評価対象となるパターンの持つコントラストをどの程度忠実に再現できるかを空間周波数特性として表現したものである。ここで導出されるパターン P X 1 に対応した M T F 値の集合を M T F データ群 G p x 1 と記載する。

[0038] また、プロセッサ 5 1 は、撮像画像群を構成する各撮像画像に含まれるパターン P Y 1 の画像から、パターン P Y 1 に対応する M T F 値を導出する。ここで導出されるパターン P Y 1 に対応した M T F 値の集合を M T F データ群 G p y 1 と記載する。

[0039] また、プロセッサ 5 1 は、撮像画像群を構成する各撮像画像に含まれるパターン P X 2 の画像から、パターン P X 2 に対応する M T F 値を導出する。ここで導出されるパターン P X 2 に対応した M T F 値の集合を M T F データ群 G p x 2 と記載する。

- [0040] また、プロセッサ51は、撮像画像群を構成する各撮像画像に含まれるパターンPY2の画像から、パターンPY2に対応するMTF値を導出する。ここで導出されるパターンPY2に対応したMTF値の集合をMTFデータ群Gpy2と記載する。
- [0041] 更に、プロセッサ51は、MTFデータ群Gpx1、MTFデータ群Gpy1、MTFデータ群Gpx2、及びMTFデータ群Gpy2のそれぞれの特徴量を導出する。MTFデータ群Gpx1、MTFデータ群Gpy1、MTFデータ群Gpx2、及びMTFデータ群Gpy2は、それぞれ、調整前のレンズ装置1の解像性能値の集合である。特徴量は、この集合に基づいて導出されるレンズ装置1の解像性能を示した解像性能情報である。撮像画像群に基づいて取得される情報をまとめたものを図4に示す。
- [0042] なお、パターンPX1、パターンPY1、パターンPX2、及びパターンPY2の各々の空間周波数は同じであるが、パターンPX1、パターンPY1、パターンPX2、及びパターンPY2のそれぞれを、空間周波数の高い高周波パターンと空間周波数の低い低周波パターンの2つに分けてもよい。この場合には、撮像画像群に基づいて、MTFデータ群Gpx1、MTFデータ群Gpy1、MTFデータ群Gpx2、及びMTFデータ群Gpy2のセットが、高周波パターンと低周波パターンの2パターン分生成されることになる。つまり、撮像画像群に基づいて、特徴量が8パターン生成されることになる。
- [0043] 以下、MTFデータ群Gpx1、MTFデータ群Gpy1、MTFデータ群Gpx2、及びMTFデータ群Gpy2のそれぞれの特徴量の導出方法について、MTFデータ群Gpx1を例にして説明する。MTFデータ群Gpy1、MTFデータ群Gpx2、及びMTFデータ群Gpy2のそれぞれの特徴量の導出方法は、MTFデータ群Gpx1の特徴量の導出方法と同様であるため、説明を省略する。導出される特徴量には、第一特徴量と第二特徴量の2パターンが挙げられる。
- [0044] 図5は、MTFデータ群Gpx1の一例を示す図である。図5の横軸は、

第四レンズ14の位置（フォーカスレンズ位置）、換言すると、調整前のレンズ装置1の結像位置と撮像素子3との相対位置を示している。図5の縦軸は、各フォーカスレンズ位置での撮像で得られたパターン $P \times 1$ に対応するMTF値を示している。図5中の白い丸印がフォーカスレンズ位置に応じたMTF値を示す。

[0045]（第一特徴量の導出方法）

プロセッサ51は、MTFデータ群 $G_p \times 1$ の微分値により、MTFデータ群 $G_p \times 1$ の極大値と極小値を求める。図5には、微分値によって求められた極小値 B_1 、極小値 B_2 、極小値 B_3 、及び極小値 B_4 と極大値 P_1 、極大値 P_2 、及び極大値 P_3 とが示されている。プロセッサ51は、極大値 P_1 、極大値 P_2 、及び極大値 P_3 をMTFデータ群 $G_p \times 1$ の第一特徴量とする。

[0046] なお、微分によって導出された極小値 B_1 、極小値 B_2 、極小値 B_3 、及び極小値 B_4 によって、MTFデータ群 $G_p \times 1$ を第一グループ、第二グループ、及び第三グループに分けることができる。第一グループは、極小値 B_1 に対応するフォーカスレンズ位置から極小値 B_2 に対応するフォーカスレンズ位置までの各フォーカスレンズ位置に対応するMTF値からなるグループである。第二グループは、極小値 B_2 に対応するフォーカスレンズ位置から極小値 B_3 に対応するフォーカスレンズ位置までの各フォーカスレンズ位置に対応するMTF値からなるグループである。第三グループは、極小値 B_3 に対応するフォーカスレンズ位置から極小値 B_4 に対応するフォーカスレンズ位置までの各フォーカスレンズ位置に対応するMTF値からなるグループである。したがって、極大値 P_1 は、第一グループの第一特徴量となり、極大値 P_2 は、第二グループの第一特徴量となり、極大値 P_3 は、第三グループの第一特徴量となる。

[0047] プロセッサ51は、第一グループ～第三グループの各グループに含まれるMTF値の平均値を算出して、これらを第一特徴量とする。プロセッサ51は、各グループをヒストグラムと見做して積分値を算出し、この積分値を半

分に分けるMTF値を、各グループの平均値として導出してもよい。

[0048] プロセッサ51は、第一グループ～第三グループの各グループに含まれるMTF値の分散を算出して、これらを第一特徴量とする。

[0049] プロセッサ51は、第一グループ～第三グループの各グループの分散から各グループの標準偏差を算出して、これらを第一特徴量とする。

[0050] プロセッサ51は、第一グループ～第三グループの各グループの上記平均値及び上記標準偏差とモーメント母関数とから、各グループの歪度及び尖度を算出して、これらを第一特徴量とする。

[0051] モーメント母関数は、平均値と標準偏差の関数で表される統計量である。したがって、第一グループ～第三グループの各グループの平均値と標準偏差が得られれば、モーメント母関数を用いて、第一グループ～第三グループの各グループの歪度を示す3次モーメントと、第一グループ～第三グループの各グループの尖度を示す4次モーメントを計算可能である。以下に、モーメント母関数、3次モーメント、4次モーメントの式の一例を示す。E(X)は、変数X(MTF値)の期待値を示す。 μ は、Xの平均値を示す。 σ は、Xの標準偏差を示す。 σ の代わりに、標準偏差の二乗を用いてもよい。rは次数である。

[0052] モーメント母関数： $\alpha_r = E((X - \mu) / \sigma)^r$

3次モーメント： $\alpha_3 = E((X - \mu) / \sigma)^3$

4次モーメント： $\alpha_4 = E((X - \mu) / \sigma)^4$

[0053] (第二特徴量の導出方法)

プロセッサ51は、MTFデータ群 $G_{p \times 1}$ を、レンズ装置1の設計データに応じて決められた少なくとも1つの数(図1の例では3つ)のガウス関数で近似する。具体的には、プロセッサ51は、予め用意された各ガウス関数とMTFデータ群 $G_{p \times 1}$ との残差が最小となるように、各ガウス関数のパラメータを、レーベンバーグ・マルカート法などの最適化手法により決定する。図5には、決定されたパラメータを適用したガウス関数 G_1 、ガウス関数 G_2 、及びガウス関数 G_3 の曲線が示されている。プロセッサ51は、

ガウス関数G 1の最大値及びその最大値をとるときのフォーカスレンズ位置と、ガウス関数G 2の最大値及びその最大値をとるときのフォーカスレンズ位置と、ガウス関数G 3の最大値及びその最大値をとるときのフォーカスレンズ位置を、それぞれ第二特徴量として導出する。

[0054] このガウス関数による近似により、MTFデータ群 $G_{p \times 1}$ は、ガウス関数G 1で示される第四グループと、ガウス関数G 2で示される第五グループと、ガウス関数G 3で示される第六グループと、に近似される。

[0055] ガウス関数G 1のパラメータには、第四グループに含まれるMTF値の平均値と標準偏差が含まれる。このため、プロセッサ5 1は、ガウス関数G 1のパラメータに含まれる平均値及び標準偏差を第二特徴量とする。同様に、プロセッサ5 1は、ガウス関数G 2のパラメータに含まれる平均値及び標準偏差を第二特徴量とし、ガウス関数G 3のパラメータに含まれる平均値及び標準偏差を第二特徴量とする。これら各標準偏差を二乗することで、第四グループ～第六グループの各グループの分散を導出し、これらを第二特徴量としてもよい。

[0056] プロセッサ5 1は、第四グループ～第六グループの各グループの上記平均値及び上記標準偏差と上記のモーメント母関数とから、各グループの歪度及び尖度を算出して、これらを第二特徴量とする。

[0057] このように、図4に示したMTFデータ群 $G_{p \times 1}$ の特徴量 $F_{p \times 1}$ は、MTFデータ群 $G_{p \times 1}$ を構成する複数のグループのそれぞれの、極大値（又は最大値）、その極大値（又は最大値）に対応するフォーカスレンズ位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度からなる情報である。

[0058] また、図4に示したMTFデータ群 $G_{p \times 1}$ の特徴量 $F_{p \times 1}$ は、MTFデータ群 $G_{p \times 1}$ を構成する複数のグループのそれぞれの、極大値（又は最大値）、その極大値（又は最大値）に対応するフォーカスレンズ位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度からなる情報である。

[0059] また、図4に示したMTFデータ群 $G_{p \times 2}$ の特徴量 $F_{p \times 2}$ は、MTFデータ群 $G_{p \times 2}$ を構成する複数のグループのそれぞれの、極大値（又は最大値

）、その極大値（又は最大値）に対応するフォーカスレンズ位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度からなる情報である。

[0060] また、図4に示したMTFデータ群 G_{py2} の特徴量 F_{py2} は、MTFデータ群 G_{py2} を構成する複数のグループのそれぞれの、極大値（又は最大値）、その極大値（又は最大値）に対応するフォーカスレンズ位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度からなる情報である。

[0061] 機械学習モデル52は、シミュレーションによって得られる教師データを機械学習して生成されたモデルであり、図4に示される4パターン分の特徴量 F_{px1} 、特徴量 F_{py1} 、特徴量 F_{px2} 、及び特徴量 F_{py2} からなる解像性能情報を入力として、調整前のレンズ装置1の波面収差を出力するものである。機械学習モデル52から出力される波面収差は、Zernike（ツエルニケ）多項式の係数であるが、波面収差の収差成分を表す情報であればよく、これに限定されるものではない。

[0062] プロセッサ51は、4パターン分の特徴量 F_{px1} 、特徴量 F_{py1} 、特徴量 F_{px2} 、及び特徴量 F_{py2} を機械学習モデル52に入力し、これに応じて機械学習モデル52から出力される波面収差を取得すると、取得した波面収差が所望の条件を満たすような第二レンズ12の位置の調整量の情報を生成して調整装置6に送信する。プロセッサ51のROMには、調整前のレンズ装置1の波面収差と、第二レンズ12の位置の調整量の情報とを対応付けたデータがシミュレーションにより求められて予め記憶されている。したがって、プロセッサ51は、取得した波面収差に対応する第二レンズ12の位置の調整量の情報をROMから読み込み、その情報を調整装置6に送信する。

[0063] 調整装置6は、プロセッサ51から受信した情報にしたがって、第二レンズ12の位置を設定し、調整を行う。なお、調整装置6の代わりに、作業員が、プロセッサ51から出力された第二レンズ12の位置の調整量の情報にしたがい、手作業やロボット操作等によって第二レンズ12の位置の調整を行ってもよい。なお、上記において、必ずしも全てのグループから特徴量の抽出を行う必要はない。

[0064] (機械学習モデル52の生成方法)

次に、機械学習モデル52の生成方法について説明する。

機械学習モデル52は、レンズ装置1の各光学要素に複数パターンの想定誤差を付与して得られる複数の仮想レンズ装置の解像性能情報(図4に示される4パターン分の特徴量 F_{p_x1} 、特徴量 F_{p_y1} 、特徴量 F_{p_x2} 、及び特徴量 F_{p_y2})のシミュレーション結果と、上記複数の仮想レンズ装置の波面収差のシミュレーション結果とに基づき、解像性能情報と波面収差との対応関係が学習されているものである。機械学習モデル52は、ニューラルネットワーク、畳み込みニューラルネットワーク、ガウス過程回帰、サポートベクターマシン、及び重回帰等のうちの少なくとも1つから構成される。

[0065] 図6は、機械学習に用いられる教師データの一例を示す図である。図6には、レンズ装置1と同じ構成の n 個(n は2以上の自然数)の仮想レンズ装置A1、A2、A3、A4、A5、 \dots 、Anの誤差付き設計データが示されている。仮想レンズ装置A1、A2、A3、A4、A5、 \dots 、Anは、それぞれ、仮想光学系を構成する。

[0066] 誤差付き設計データは、レンズ装置1の第一レンズ11、第二レンズ12、第三レンズ13、及び第四レンズ14の各々の設計値(形状、屈折率等)と、第一レンズ11、第二レンズ12、第三レンズ13、及び第四レンズ14の配置に関する設計値(光軸方向Zの配置間隔等)とに、ランダムな誤差を付与したデータである。

[0067] 仮想レンズ装置A1~Anの各々に付与される誤差は、第一レンズ11、第二レンズ12、第三レンズ13、及び第四レンズ14の組立誤差、第一レンズ11、第二レンズ12、第三レンズ13、及び第四レンズ14の各々の製造誤差等の各種誤差の数倍の範囲の誤差を、例えばモンテカルロシミュレーションによってランダムに付与したものとなっている。

[0068] n 個の誤差付き設計データの各々には、シミュレーション結果が対応付けられている。シミュレーション結果のうちの特徴量は、第1シミュレーション結果を構成しており、これに対応する仮想レンズ装置Ak(k は1~ n の

いずれか)を図2のシステムに適用した場合に得られる4パターン分のMTFデータ群の特徴量(第一特徴量又は第二特徴量)のシミュレーション結果である。シミュレーション結果のうちの波面収差は、第2シミュレーション結果を構成しており、これに対応する仮想レンズ装置 A_k (k は1~ n のいずれか)の波面収差(ツェルニケ多項式の係数)のシミュレーション結果である。このように、図6に示した各シミュレーション結果を取得して教師データとし、この教師データを機械学習させることで、機械学習モデル52が生成される。

[0069] 以上のように、プロセッサ51は、レンズ装置1の結像位置と撮像素子3の位置との距離を変えて得られる複数の解像性能情報と機械学習モデル52とに基づいて、レンズ装置1の波面収差を導出する。波面収差の導出には、撮像画像群を得るためのハードウェアが少なくともあればよい。このため、波面収差の導出を簡易且つ低コストにて行うことができる。

[0070] また、機械学習モデル52は、図4に示される4パターン分の特徴量 F_{p_x1} 、特徴量 F_{p_y1} 、特徴量 F_{p_x2} 、及び特徴量 F_{p_y2} からなる解像性能情報を入力として、調整前のレンズ装置1の波面収差を出力するものである。このように、機械学習モデル52を、異なる像高及び異なる種別のパターンの画像から求まる複数の解像性能情報を入力として波面収差を出力するモデルとすることで、機械学習モデル52による波面収差の予測精度を高めることができる。

[0071] また、解像度チャート2の1つのパターンに対応する解像性能情報(特徴量)として、MTFデータ群の特徴を示す極大値(又は最大値)、極大値(又は最大値)に対応するフォーカスレンズ位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度が用いられている。このように、多数の情報によって示されるMTFデータ群の特徴と波面収差との関係が学習されることで、機械学習モデル52による波面収差の予測精度を高めることができる。

[0072] なお、機械学習モデル52に入力する特徴量(教師データとして用いる特徴量)は、MTFデータ群の特徴を示す極大値(又は最大値)、極大値(又

は最大値) に対応するフォーカスレンズ位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度のうちの少なくとも1つが含まれていれば、機械学習モデル52による波面収差の予測は可能である。

[0073] 検証の結果、機械学習モデル52に入力する特徴量(教師データとして用いる特徴量)には、極大値(又は最大値)が少なくとも含まれていれば、機械学習モデル52による波面収差の予測精度を高められることが分かった。また、特徴量には、極大値(又は最大値)に対応するフォーカスレンズ位置、歪度、及び尖度が更に含まれていれば、機械学習モデル52による波面収差の予測精度を更に高められることが分かった。つまり、前述してきた第一特徴量又は第二特徴量において、平均値、分散、及び標準偏差を省略しても、機械学習モデル52による波面収差の予測精度への影響は小さい。

[0074] (変形例)

レンズ装置1は、光学要素としてレンズのみを有する構成としているが、レンズ装置1が有する光学要素には絞り、プリズム、ミラー等のレンズ以外のものが含まれていてもよい。また、レンズ装置1における被調整光学要素は1つではなく、複数であってもよい。

[0075] また、レンズ装置1を撮像装置に適用するものとして説明したが、レンズ装置1がプロジェクタに適用されるものであってもよい。この場合は、図2に示す位置調整システムにおいて、撮像素子3の位置に解像度チャート2を配置して、解像度チャート2を、レンズ装置1を介してスクリーンに投影し、スクリーンに投影された画像を、撮像素子3によって撮像することによって、撮像画像群を取得すればよい。また、レンズ装置1は、カメラ及びプロジェクタ以外の光学装置に用いられる光学系であってもよい。図2に示す位置調整システムは、組み立て中の光学系の光学要素の位置ずれ量の計測が必要な場合に適している。

[0076] また、プロセッサ51は、撮像画像を用いて解像性能値(MTF値)を取得しているが、撮像画像に限らず、他のセンサを用いて解像性能値を取得するようにしてもよい。

[0077] また、以上の説明では、解像性能値をMTF値としているが、MTF値に代えて、点像強度又は線像強度を用いることも可能である。

[0078] 以上説明してきたように、本明細書には少なくとも以下の事項が開示されている。

[0079] (1)

レンズ光学系の波面収差を導出する波面収差導出方法であって、
上記レンズ光学系の解像性能情報を取得する第1ステップと、
上記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、上記レンズ光学系の波面収差を上記機械学習モデルから得る第2ステップと、を備える波面収差導出方法。

[0080] (2)

(1)に記載の波面収差導出方法であって、
上記機械学習モデルは、ツェルニケ多項式の係数を上記波面収差の収差成分として出力するものである波面収差導出方法。

[0081] (3)

(1)又は(2)に記載の波面収差導出方法であって、
上記解像性能情報は、解像度、点像強度、又は線像強度を含む解像性能値に基づく情報である波面収差導出方法。

[0082] (4)

(1)から(3)のいずれかに記載の波面収差導出方法であって、
上記第1ステップは、
上記レンズ光学系を通して被写体を撮像する撮像素子と上記レンズ光学系の結像位置との相対位置を複数の値に変えた状態にて上記撮像素子により被写体を撮像して得られる撮像画像に基づいて上記相対位置に応じた解像性能値を取得し、上記相対位置に応じた上記解像性能値に基づいて上記解像性能情報を取得する波面収差導出方法。

[0083] (5)

(4)に記載の波面収差導出方法であって、

上記第1ステップは、上記相対位置に応じた上記解像性能値を含むデータ群の特徴量を導出し、上記特徴量を上記解像性能情報として取得する波面収差導出方法。

[0084] (6)

(5)に記載の波面収差導出方法であって、
上記第1ステップは、上記データ群に含まれる複数のグループの上記特徴量を導出する波面収差導出方法。

[0085] (7)

(5)又は(6)に記載の波面収差導出方法であって、
上記第1ステップは、上記レンズ光学系を通して被写体を撮像する撮像素子により被写体を撮像して得られる撮像画像に基づいて、上記撮像画像の異なる像高に応じた上記解像性能値を取得し、上記撮像画像の異なる像高に応じた上記特徴量を導出する波面収差導出方法。

[0086] (8)

(5)から(7)のいずれかに記載の波面収差導出方法であって、
上記特徴量は、極大値、上記極大値に対応する上記相対位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度のうち少なくとも1つを含む波面収差導出方法。

[0087] (9)

(8)に記載の波面収差導出方法であって、
上記特徴量は、少なくとも上記極大値を含む波面収差導出方法。

[0088] (10)

(5)から(7)のいずれかに記載の波面収差導出方法であって、
上記第1ステップは、上記データ群を少なくとも1つのガウス関数で近似し、上記特徴量として、近似した上記ガウス関数の最大値、上記最大値に対応する上記相対位置、平均値、標準偏差、分散、歪度、及び尖度のうち少なくとも1つを導出する波面収差導出方法。

[0089] (11)

(10)に記載の波面収差導出方法であって、
上記特徴量は、少なくとも上記最大値を含む波面収差導出方法。

[0090] (12)

(8)から(11)のいずれかに記載の波面収差導出方法であって、
上記歪度と上記尖度を、上記平均値と、上記標準偏差と、モーメント母関数とを用いて導出する波面収差導出方法。

[0091] (13)

(1)から(12)のいずれかに記載の波面収差導出方法であって、
上記機械学習モデルは、
上記レンズ光学系の光学要素に複数パターンの想定誤差を付与して得られる複数の仮想光学系の解像性能情報のシミュレーション結果と、上記複数の仮想光学系の波面収差のシミュレーション結果とに基づき、解像性能情報と波面収差との対応関係が学習されているものである波面収差導出方法。

[0092] (14)

レンズ光学系の光学要素に複数パターンの想定誤差を付与して得られる複数の仮想光学系の解像性能情報の第1シミュレーション結果を取得し、
上記複数の仮想光学系の波面収差の第2シミュレーション結果を取得し、
上記第1シミュレーション結果と上記第2シミュレーション結果とから、
解像性能情報と波面収差との対応関係を機械学習して機械学習モデルを生成する機械学習モデルの生成方法。

[0093] (15)

(14)に記載の機械学習モデルの生成方法であって、
上記波面収差は、ツェルニケ多項式の係数である機械学習モデルの生成方法。

[0094] (16)

(14)又は(15)に記載の機械学習モデルの生成方法であって、
上記解像性能情報は、解像度、点像強度、又は線像強度を含む解像性能値に基づく情報である機械学習モデルの生成方法。

[0095] (17)

(14) から (16) のいずれかに記載の機械学習モデルの生成方法であって、

上記解像性能情報は、上記仮想光学系の光軸方向に設定される撮像位置と上記仮想光学系の結像位置との相対位置が複数の値となる状態での上記相対位置に応じた解像性能値に基づく情報である機械学習モデルの生成方法。

[0096] (18)

(17) に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

上記解像性能情報は、上記相対位置に応じた上記解像性能値を含むデータ群の特徴量である機械学習モデルの生成方法。

[0097] (19)

(18) に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

上記解像性能情報は、上記データ群に含まれる複数のグループの上記特徴量である機械学習モデルの生成方法。

[0098] (20)

(18) 又は (19) に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

上記第1シミュレーション結果は、上記仮想光学系の光軸方向に設定される撮像位置における異なる像高に応じた上記解像性能値を含むデータ群の特徴量のシミュレーション結果である機械学習モデルの生成方法。

[0099] (21)

(18) から (20) のいずれかに記載の機械学習モデルの生成方法であって、

上記特徴量は、極大値、上記極大値に対応する上記相対位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度のうち少なくとも1つを含む機械学習モデルの生成方法。

[0100] (22)

(21) に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

上記特徴量は、少なくとも上記極大値を含む機械学習モデルの生成方法。

[0101] (23)

(18) から (20) のいずれかに記載の機械学習モデルの生成方法であって、

上記特徴量は、上記データ群を少なくとも1つのガウス関数で近似したときの上記ガウス関数の最大値、上記最大値に対応する上記相対位置、平均値、標準偏差、分散、歪度、及び尖度のうち少なくとも1つを含む機械学習モデルの生成方法。

[0102] (24)

(23) に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

上記特徴量は、少なくとも上記最大値を含む機械学習モデルの生成方法。

[0103] (25)

(21) から (24) のいずれかに記載の機械学習モデルの生成方法であって、

上記歪度と上記尖度は、上記平均値と、上記標準偏差と、モーメント母関数とを用いて導出される機械学習モデルの生成方法。

[0104] (26)

被調整光学要素を含む複数の光学要素を有するレンズ光学系の製造方法であって、

上記レンズ光学系の解像性能情報を取得するステップと、

上記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、上記レンズ光学系の波面収差を上記機械学習モデルから得るステップと、

上記波面収差に基づいて上記被調整光学要素の位置を設定するステップと、を備えるレンズ光学系の製造方法。

[0105] (27)

レンズ光学系の波面収差を導出する波面収差導出装置であって、

上記レンズ光学系の解像性能情報を取得し、上記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、上記レンズ光学系の波面収差を上記機械学習モデルから得るプロセッサを備える波面収差導出装置。

[0106] (28)

レンズ光学系の波面収差を導出する波面収差導出プログラムであって、
上記レンズ光学系の解像性能情報を取得する第1ステップと、
上記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、上記レンズ光学系の波面収差を上記機械学習モデルから得る第2ステップと、をコンピュータに実行させる波面収差導出プログラム。

[0107] 以上、図面を参照しながら各種の実施の形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例又は修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。また、発明の趣旨を逸脱しない範囲において、上記実施の形態における各構成要素を任意に組み合わせてもよい。

[0108] なお、本出願は、2021年3月31日出願の日本特許出願（特願2021-061084）に基づくものであり、その内容は本出願の中に参照として援用される。

符号の説明

[0109] 100 位置調整システム

1 レンズ装置

2 解像度チャート

21 第一パターン

22 第二パターン

24 仮想円

PX1、PY1、PX2、PY2 パターン

3 撮像素子

4 フォーカス駆動装置

5 コンピュータ

51 プロセッサ

52 機械学習モデル

6 調整装置

10 レンズ鏡筒

11 第一レンズ

12 第二レンズ

13 第三レンズ

14 第四レンズ (フォーカスレンズ)

K 光軸

Z 光軸方向

P 1、P 2、P 3 極大値

B 1、B 2、B 3 極小値

G 1、G 2、G 3 ガウス関数

請求の範囲

- [請求項1] レンズ光学系の波面収差を導出する波面収差導出方法であって、前記レンズ光学系の解像性能情報を取得する第1ステップと、前記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、前記レンズ光学系の波面収差を前記機械学習モデルから得る第2ステップと、を備える波面収差導出方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の波面収差導出方法であって、前記機械学習モデルは、ツェルニケ多項式の係数を前記波面収差の収差成分として出力するものである波面収差導出方法。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の波面収差導出方法であって、前記解像性能情報は、解像度、点像強度、又は線像強度を含む解像性能値に基づく情報である波面収差導出方法。
- [請求項4] 請求項1から3のいずれか1項に記載の波面収差導出方法であって、
、
前記第1ステップは、
前記レンズ光学系を通して被写体を撮像する撮像素子と前記レンズ光学系の結像位置との相対位置を複数の値に変えた状態にて前記撮像素子により被写体を撮像して得られる撮像画像に基づいて前記相対位置に応じた解像性能値を取得し、前記相対位置に応じた前記解像性能値に基づいて前記解像性能情報を取得する波面収差導出方法。
- [請求項5] 請求項4に記載の波面収差導出方法であって、
前記第1ステップは、前記相対位置に応じた前記解像性能値を含むデータ群の特徴量を導出し、前記特徴量を前記解像性能情報として取得する波面収差導出方法。
- [請求項6] 請求項5に記載の波面収差導出方法であって、
前記第1ステップは、前記データ群に含まれる複数のグループの前記特徴量を導出する波面収差導出方法。
- [請求項7] 請求項5又は6に記載の波面収差導出方法であって、

前記第1ステップは、前記レンズ光学系を通して被写体を撮像する撮像素子により被写体を撮像して得られる撮像画像に基づいて、前記撮像画像の異なる像高に応じた前記解像性能値を取得し、前記撮像画像の異なる像高に応じた前記特徴量を導出する波面収差導出方法。

[請求項8] 請求項5から7のいずれか1項に記載の波面収差導出方法であって

、

前記特徴量は、極大値、前記極大値に対応する前記相対位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度のうち少なくとも1つを含む波面収差導出方法。

[請求項9] 請求項8に記載の波面収差導出方法であって、

前記特徴量は、少なくとも前記極大値を含む波面収差導出方法。

[請求項10] 請求項5から7のいずれか1項に記載の波面収差導出方法であって

、

前記第1ステップは、前記データ群を少なくとも1つのガウス関数で近似し、前記特徴量として、近似した前記ガウス関数の最大値、前記最大値に対応する前記相対位置、平均値、標準偏差、分散、歪度、及び尖度のうち少なくとも1つを導出する波面収差導出方法。

[請求項11] 請求項10に記載の波面収差導出方法であって、

前記特徴量は、少なくとも前記最大値を含む波面収差導出方法。

[請求項12] 請求項8から11のいずれか1項に記載の波面収差導出方法であって、

、

前記歪度と前記尖度を、前記平均値と、前記標準偏差と、モーメント母関数とを用いて導出する波面収差導出方法。

[請求項13] 請求項1から12のいずれか1項に記載の波面収差導出方法であって、

、

前記機械学習モデルは、

前記レンズ光学系の光学要素に複数パターンの想定誤差を付与して得られる複数の仮想光学系の解像性能情報のシミュレーション結果と

、前記複数の仮想光学系の波面収差のシミュレーション結果とに基づき、解像性能情報と波面収差との対応関係が学習されているものである波面収差導出方法。

[請求項14] レンズ光学系の光学要素に複数パターンの想定誤差を付与して得られる複数の仮想光学系の解像性能情報の第1シミュレーション結果を取得し、

前記複数の仮想光学系の波面収差の第2シミュレーション結果を取得し、

前記第1シミュレーション結果と前記第2シミュレーション結果とから、解像性能情報と波面収差との対応関係を機械学習して機械学習モデルを生成する機械学習モデルの生成方法。

[請求項15] 請求項14に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

前記波面収差は、ツェルニケ多項式の係数である機械学習モデルの生成方法。

[請求項16] 請求項14又は15に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

前記解像性能情報は、解像度、点像強度、又は線像強度を含む解像性能値に基づく情報である機械学習モデルの生成方法。

[請求項17] 請求項14から16のいずれか1項に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

前記解像性能情報は、前記仮想光学系の光軸方向に設定される撮像位置と前記仮想光学系の結像位置との相対位置が複数の値となる状態での前記相対位置に応じた解像性能値に基づく情報である機械学習モデルの生成方法。

[請求項18] 請求項17に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

前記解像性能情報は、前記相対位置に応じた前記解像性能値を含むデータ群の特徴量である機械学習モデルの生成方法。

[請求項19] 請求項18に記載の機械学習モデルの生成方法であって、

前記解像性能情報は、前記データ群に含まれる複数のグループの前

記特徴量である機械学習モデルの生成方法。

- [請求項20] 請求項18又は19に記載の機械学習モデルの生成方法であって、
前記第1シミュレーション結果は、前記仮想光学系の光軸方向に設定される撮像位置における異なる像高に応じた前記解像性能値を含むデータ群の特徴量のシミュレーション結果である機械学習モデルの生成方法。
- [請求項21] 請求項18から20のいずれか1項に記載の機械学習モデルの生成方法であって、
前記特徴量は、極大値、前記極大値に対応する前記相対位置、平均値、分散、標準偏差、歪度、及び尖度のうち少なくとも1つを含む機械学習モデルの生成方法。
- [請求項22] 請求項21に記載の機械学習モデルの生成方法であって、
前記特徴量は、少なくとも前記極大値を含む機械学習モデルの生成方法。
- [請求項23] 請求項18から20のいずれか1項に記載の機械学習モデルの生成方法であって、
前記特徴量は、前記データ群を少なくとも1つのガウス関数で近似したときの前記ガウス関数の最大値、前記最大値に対応する前記相対位置、平均値、標準偏差、分散、歪度、及び尖度のうち少なくとも1つを含む機械学習モデルの生成方法。
- [請求項24] 請求項23に記載の機械学習モデルの生成方法であって、
前記特徴量は、少なくとも前記最大値を含む機械学習モデルの生成方法。
- [請求項25] 請求項21から24のいずれか1項に記載の機械学習モデルの生成方法であって、
前記歪度と前記尖度は、前記平均値と、前記標準偏差と、モーメント母関数とを用いて導出される機械学習モデルの生成方法。
- [請求項26] 被調整光学要素を含む複数の光学要素を有するレンズ光学系の製造

方法であって、

前記レンズ光学系の解像性能情報を取得するステップと、
前記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、前記レンズ光学系の波面収差を前記機械学習モデルから得るステップと、
前記波面収差に基づいて前記被調整光学要素の位置を設定するステップと、を備えるレンズ光学系の製造方法。

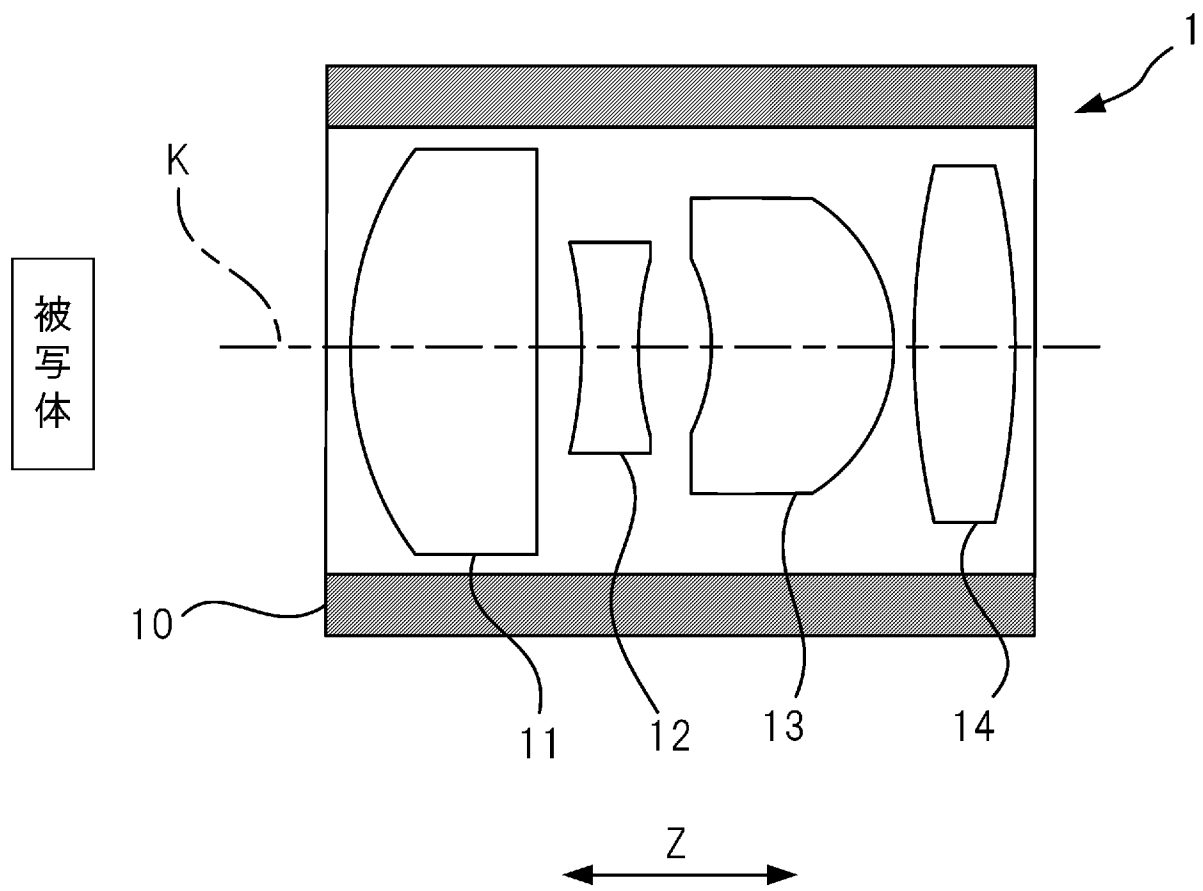
[請求項27]

レンズ光学系の波面収差を導出する波面収差導出装置であって、
前記レンズ光学系の解像性能情報を取得し、前記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、前記レンズ光学系の波面収差を前記機械学習モデルから得るプロセッサを備える波面収差導出装置。

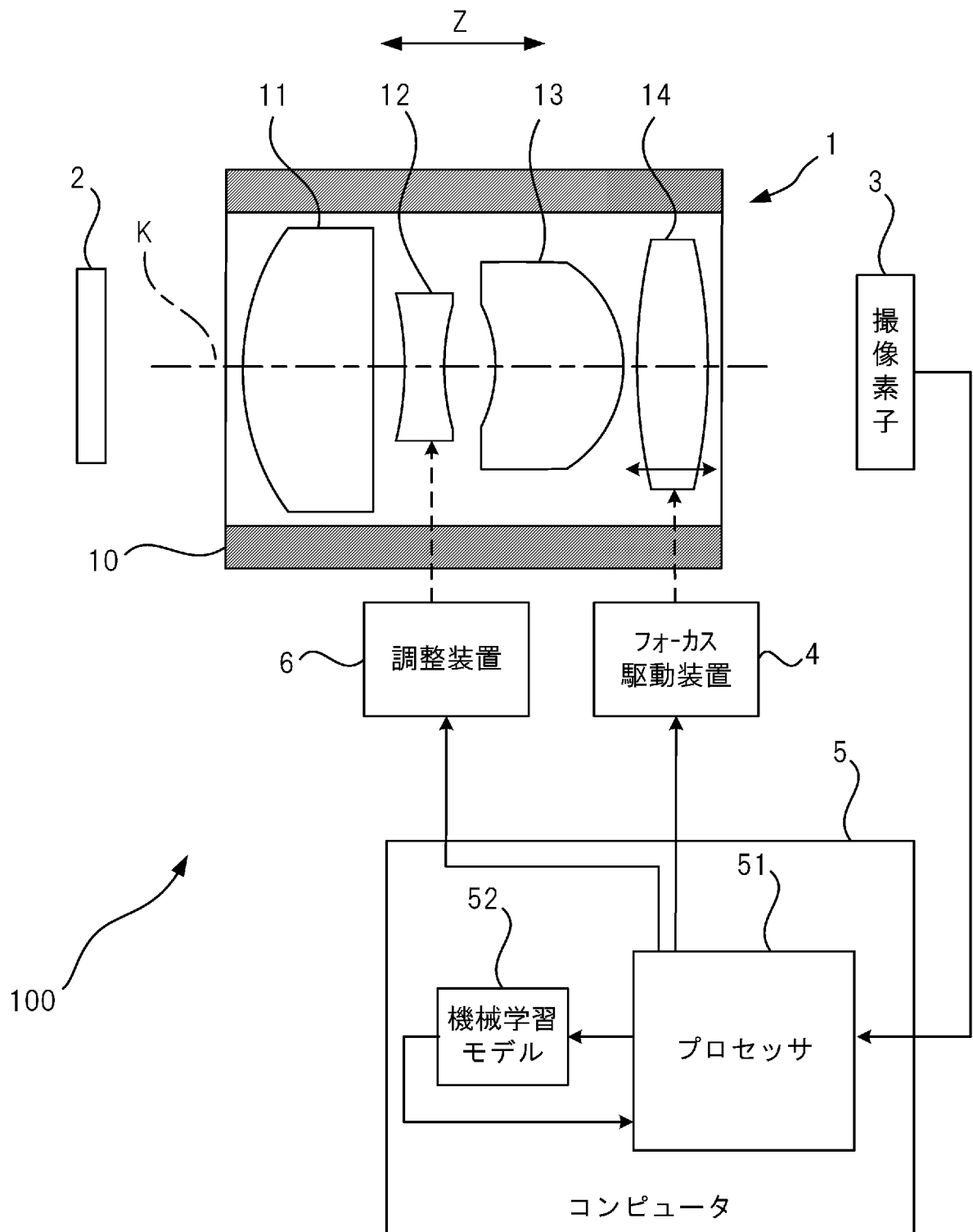
[請求項28]

レンズ光学系の波面収差を導出する波面収差導出プログラムであって、
前記レンズ光学系の解像性能情報を取得する第1ステップと、
前記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、前記レンズ光学系の波面収差を前記機械学習モデルから得る第2ステップと、をコンピュータに実行させる波面収差導出プログラム。

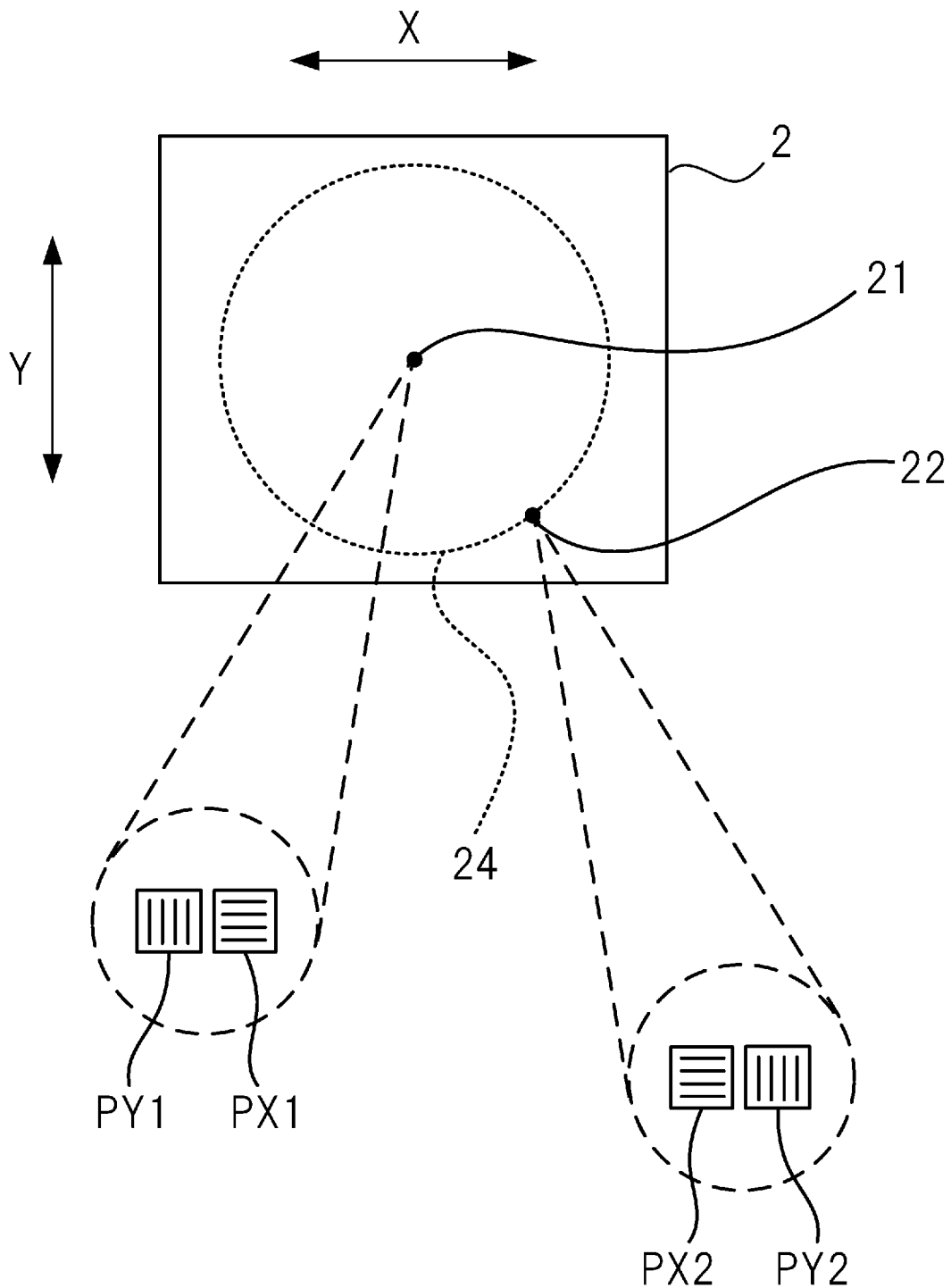
[図1]



[図2]



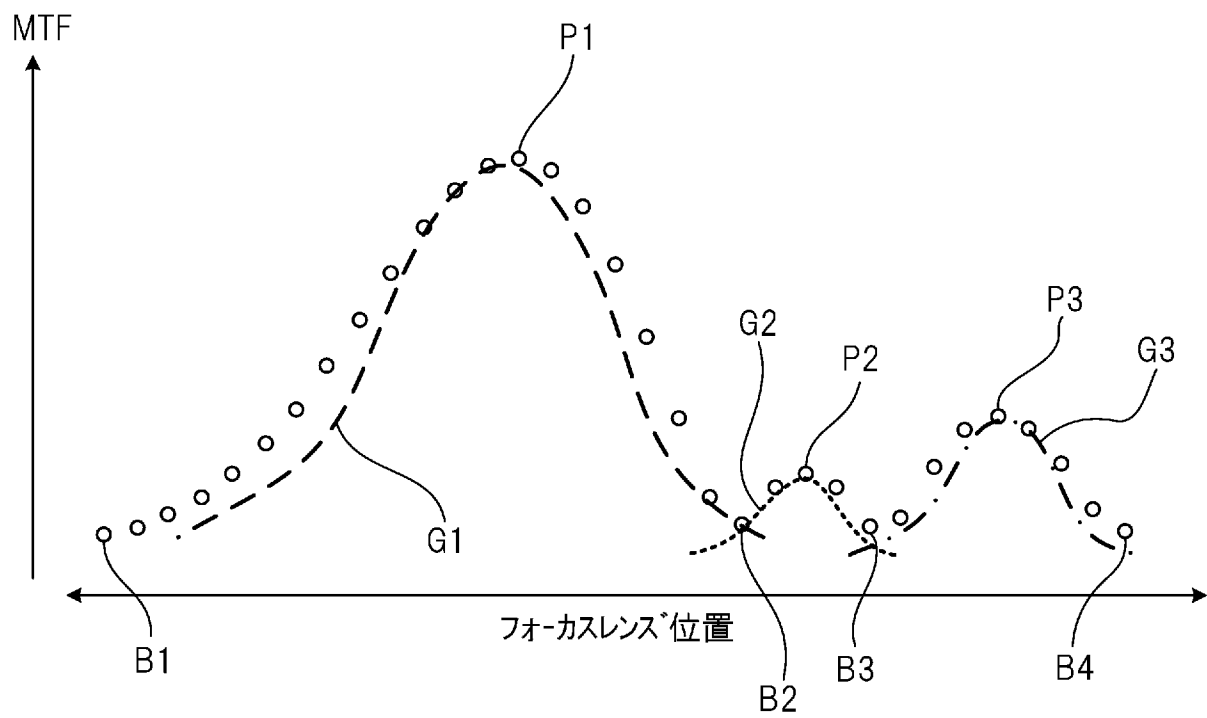
[図3]



[図4]

	パターンの像高	パターンの種別	実測結果	
			MTFデータ群 (解像性能値)	特徴量 (解像性能情報)
調整前レンズ装置	中心	PX1	Gpx1	Fpx1
		PY1	Gpy1	Fpy1
	周辺	PX2	Gpx2	Fpx2
		PY2	Gpy2	Fpy2

[図5]



[図6]

誤差付き設計データ	パターンの高	パターンの種別	シミュレーション結果	
			特徴量 (解像性能情報)	波面収差 (ツェルニケ多項式 係数)
仮想レンズ装置A1	中心	PX1	Fpx1	###
		PY1	Fpy1	
	周辺	PX2	Fpx2	
		PY2	Fpy2	
仮想レンズ装置A2	中心	PX1	Fpx1	###
		PY1	Fpy1	
	周辺	PX2	Fpx2	
		PY2	Fpy2	
仮想レンズ装置A3	中心	PX1	Fpx1	###
		PY1	Fpy1	
	周辺	PX2	Fpx2	
		PY2	Fpy2	
仮想レンズ装置An	中心	PX1	Fpx1	###
		PY1	Fpy1	
	周辺	PX2	Fpx2	
		PY2	Fpy2	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/047044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01M 11/02</i> (2006.01)i; <i>G06N 20/00</i> (2019.01)i; <i>G02B 13/00</i> (2006.01)i FI: G01M11/02 B; G06N20/00; G02B13/00		
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) G01M 11/00-11/02; G01J 1/00; G02B 13/00; G02C 13/00; G06F 30/00-30/398; G06N 20/00-20/20; G06T 15/06; G16Z 99/00		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2020/158325 A1 (FUJIFILM CORPORATION) 06 August 2020 (2020-08-06) paragraphs [0016]-[0066], [0073]-[0075], [0084]-[0085], fig. 1-9	1-28
Y	JP 2012-185089 A (NIKON CORP) 27 September 2012 (2012-09-27) paragraphs [0012]-[0016], [0022]-[0024], [0093]-[0095], fig. 1-2, 21-23	1-28
Y	paragraph [0086], fig. 10	7-12
Y	JP 2020-060469 A (CANON INC) 16 April 2020 (2020-04-16) paragraphs [0025], [0046]	1-13
Y	JP 2012-220200 A (CANON INC) 12 November 2012 (2012-11-12) paragraph [0043]	8-12
Y	JP 2000-107129 A (HOYA CORP) 18 April 2000 (2000-04-18) paragraph [0030]	10-12
A	JP 2019-191121 A (CANON INC) 31 October 2019 (2019-10-31) entire text, fig. 1-5	1-28
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 06 February 2022		Date of mailing of the international search report 22 February 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/047044**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-075295 A (SEIKO EPSON CORP) 12 March 2003 (2003-03-12) entire text, fig. 1-22	1-28
E, A	JP 2021-196230 A (CANON INC) 27 December 2021 (2021-12-27) entire text, fig. 1-8	1-28
P, A	JP 2021-060353 A (CANON INC) 15 April 2021 (2021-04-15) entire text, fig. 1-13	1-28

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims are classified into two inventions below.

[Invention 1]

Claim: 1-13, 26-28

The invention in claims 1-13 and 26-28 is the invention related to: a “wavefront aberration deriving method,” which has the special technical feature of “comprising a first step for acquiring resolution performance information of the lens optical system, and a second step for inputting the resolution performance information to the machine learning model and acquiring a wavefront aberration of the lens optical system from the machine learning model;” a “method for manufacturing a lens optical system;” a “wavefront aberration deriving device;” or a “wavefront aberration deriving program.”

[Invention 2]

Claim: 14-25

The invention in claims 14-25 is the invention related to a “method for creating a machine learning model,” which has the special technical feature of “comprising: acquiring a first simulation result for resolution performance information of a plurality of virtual optical systems obtained by applying speculative errors of a plurality of patterns to an optical element of a lens optical system; acquiring a second simulation result for a wavefront aberration of the plurality of virtual optical systems; and creating a machine learning model by performing machine learning of a correspondence relation between the resolution performance information and the wavefront aberration on the basis of the first simulation result and the second simulation result.”

Therefore, two inventions are described in the claims.

(End)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/047044

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/158325	A1	06 August 2020	(Family: none)	
JP	2012-185089	A	27 September 2012	(Family: none)	
JP	2020-060469	A	16 April 2020	US 2020/0116589 A1 paragraphs [0032], [0051]	
JP	2012-220200	A	12 November 2012	US 2012/0250009 A1 paragraph [0062]	
JP	2000-107129	A	18 April 2000	US 6329989 B1 column 9, lines 3-18 EP 1018691 A1	
JP	2019-191121	A	31 October 2019	(Family: none)	
JP	2003-075295	A	12 March 2003	US 2003/0048436 A1	
JP	2021-196230	A	27 December 2021	(Family: none)	
JP	2021-060353	A	15 April 2021	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01M 11/02(2006.01)i; G06N 20/00(2019.01)i; G02B 13/00(2006.01)i FI: G01M11/02 B; G06N20/00; G02B13/00</p>																																						
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01M 11/00-11/02; G01J 1/00; G02B 13/00; G02C 13/00; G06F 30/00-30/398; G06N 20/00-20/20; G06T 15/06; G16Z 99/00</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年																												
日本国実用新案公報	1922-1996年																																					
日本国公開実用新案公報	1971-2022年																																					
日本国実用新案登録公報	1996-2022年																																					
日本国登録実用新案公報	1994-2022年																																					
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>WO 2020/158325 A1 (富士フイルム株式会社) 06.08.2020 (2020-08-06) 段落番号【0016】-【0066】，【0073】-【0075】，【0084】-【0085】，第1-9図</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2012-185089 A (株式会社ニコン) 27.09.2012 (2012-09-27) 段落番号【0012】-【0016】，【0022】-【0024】，【0093】-【0095】，第1-2図，第21-23図</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>段落番号【0086】，第10図</td> <td>7-12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2020-060469 A (キヤノン株式会社) 16.04.2020 (2020-04-16) 段落番号【0025】，【0046】</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2012-220200 A (キヤノン株式会社) 12.11.2012 (2012-11-12) 段落番号【0043】</td> <td>8-12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2000-107129 A (ホーヤ株式会社) 18.04.2000 (2000-04-18) 段落番号【0030】</td> <td>10-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2019-191121 A (キヤノン株式会社) 31.10.2019 (2019-10-31) 全文，第1-5図</td> <td>1-28</td> </tr> </tbody> </table> <p><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。</p> <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			引用文献の カテゴリー*	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	WO 2020/158325 A1 (富士フイルム株式会社) 06.08.2020 (2020-08-06) 段落番号【0016】-【0066】，【0073】-【0075】，【0084】-【0085】，第1-9図	1-28	Y	JP 2012-185089 A (株式会社ニコン) 27.09.2012 (2012-09-27) 段落番号【0012】-【0016】，【0022】-【0024】，【0093】-【0095】，第1-2図，第21-23図	1-28	Y	段落番号【0086】，第10図	7-12	Y	JP 2020-060469 A (キヤノン株式会社) 16.04.2020 (2020-04-16) 段落番号【0025】，【0046】	1-13	Y	JP 2012-220200 A (キヤノン株式会社) 12.11.2012 (2012-11-12) 段落番号【0043】	8-12	Y	JP 2000-107129 A (ホーヤ株式会社) 18.04.2000 (2000-04-18) 段落番号【0030】	10-12	A	JP 2019-191121 A (キヤノン株式会社) 31.10.2019 (2019-10-31) 全文，第1-5図	1-28	* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
引用文献の カテゴリー*	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	WO 2020/158325 A1 (富士フイルム株式会社) 06.08.2020 (2020-08-06) 段落番号【0016】-【0066】，【0073】-【0075】，【0084】-【0085】，第1-9図	1-28																																				
Y	JP 2012-185089 A (株式会社ニコン) 27.09.2012 (2012-09-27) 段落番号【0012】-【0016】，【0022】-【0024】，【0093】-【0095】，第1-2図，第21-23図	1-28																																				
Y	段落番号【0086】，第10図	7-12																																				
Y	JP 2020-060469 A (キヤノン株式会社) 16.04.2020 (2020-04-16) 段落番号【0025】，【0046】	1-13																																				
Y	JP 2012-220200 A (キヤノン株式会社) 12.11.2012 (2012-11-12) 段落番号【0043】	8-12																																				
Y	JP 2000-107129 A (ホーヤ株式会社) 18.04.2000 (2000-04-18) 段落番号【0030】	10-12																																				
A	JP 2019-191121 A (キヤノン株式会社) 31.10.2019 (2019-10-31) 全文，第1-5図	1-28																																				
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの																																					
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの																																					
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの																																					
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献																																					
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献																																						
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献																																						
国際調査を完了した日	06.02.2022	国際調査報告の発送日	22.02.2022																																			
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）	平田 佳規 2W 9807 電話番号 03-3581-1101 内線 3258																																			

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 2003-075295 A (セイコーエプソン株式会社) 12.03.2003 (2003 - 03 - 12) 全文, 第 1 - 2 2 図	1 - 2 8
E, A	JP 2021-196230 A (キャノン株式会社) 27.12.2021 (2021 - 12 - 27) 全文, 第 1 - 8 図	1 - 2 8
P, A	JP 2021-060353 A (キャノン株式会社) 15.04.2021 (2021 - 04 - 15) 全文, 第 1 - 1 3 図	1 - 2 8

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

〔発明1〕

請求項：1-13、26-28

請求項1-13、26-28に係る各発明は、「レンズ光学系の解像性能情報を取得する第1ステップと、前記解像性能情報を機械学習モデルに入力して、前記レンズ光学系の波面収差を前記機械学習モデルから得る第2ステップと、を備える」ことを特別な技術的特徴とする「波面収差導出方法」、「レンズ光学系の製造方法」、「波面収差導出装置」、あるいは、「波面収差導出プログラム」に関する発明である。

〔発明2〕

請求項：14-25

請求項14-25に係る各発明は、「レンズ光学系の光学要素に複数パターンの想定誤差を付与して得られる複数の仮想光学系の解像性能情報の第1シミュレーション結果を取得し、前記複数の仮想光学系の波面収差の第2シミュレーション結果を取得し、前記第1シミュレーション結果と前記第2シミュレーション結果とから、解像性能情報と波面収差との対応関係を機械学習して機械学習モデルを生成する」ことを特別な技術的特徴とする「機械学習モデルの生成方法」に関する発明である。

したがって、特許請求の範囲には、2つの発明が記載されている。

(以上。)

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2021/047044

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2020/158325 A1	06.08.2020	(ファミリーなし)	
JP 2012-185089 A	27.09.2012	(ファミリーなし)	
JP 2020-060469 A	16.04.2020	US 2020/0116589 A1 段落番号【0032】， 【0051】	
JP 2012-220200 A	12.11.2012	US 2012/0250009 A1 段落番号【0062】	
JP 2000-107129 A	18.04.2000	US 6329989 B1 第9欄第3-18行 EP 1018691 A1	
JP 2019-191121 A	31.10.2019	(ファミリーなし)	
JP 2003-075295 A	12.03.2003	US 2003/0048436 A1	
JP 2021-196230 A	27.12.2021	(ファミリーなし)	
JP 2021-060353 A	15.04.2021	(ファミリーなし)	