

(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12月30日(30.12.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/262087 A1

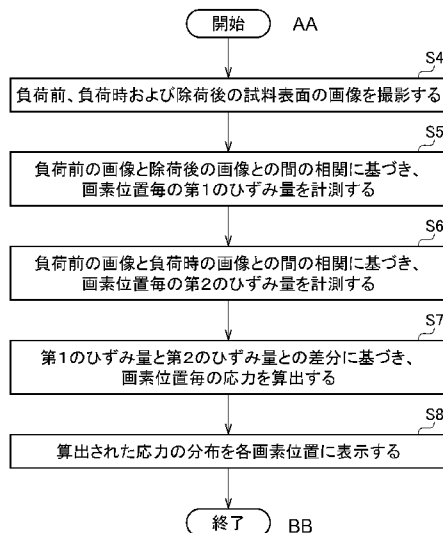
- (51) 国際特許分類:
G01L 5/00 (2006.01) G01L 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/023458
- (22) 国際出願日: 2020年6月15日(15.06.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2019-118848 2019年6月26日(26.06.2019) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人科学技術振興機構(JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) [JP/JP]; 〒3320012 埼玉県川口市本町四丁目1番8号 Saitama (JP).
- (72) 発明者: 朴 明 駿 (PARK Myeong-heom); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 京都

大学 学際融合教育研究推進センター 構造材料
元素戦略研究拠点ユニット内 Kyoto (JP).

- (74) 代理人: 森 下 賢 樹 (MORISHITA Sakaki);
〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西2-11-12 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.

(54) Title: STRESS AND STRAIN AMOUNT DISTRIBUTION DISPLAY METHOD, DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 応力およびひずみ量分布表示方法、装置およびプログラム



S4 Photograph images of sample surface before and during application of load and after removal of load
S5 Measure first strain amounts for each pixel position on basis of correlation between image before load application and image after load removal
S6 Measure second strain amounts for each pixel position on basis of correlation between image before load application and image during load application
S7 Calculate stresses for each pixel position on basis of differences between first strain amounts and second strain amounts
S8 Display distribution of calculated stresses at each pixel position
AA Start
BB End

(57) Abstract: This method for displaying the stress distribution on a sample surface comprises a step S4 for photographing images of a sample surface before and during the application of a load and after the removal of the load, a step S5 for measuring first strain amounts for each pixel position on the basis of the correlation between the image before the load application and the image after the load removal, a step S6 for measuring second strain amounts for each pixel position on the basis of the correlation between the image before the load application and the image during the load application, a step S7 for calculating stresses for each pixel position on the basis of the differences between the first strain amounts and second strain amounts, and a step S8 for displaying the distribution of the calculated stresses at each pixel position.

(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).

規則4. 17に規定する申立て:

- 一 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則4. 17(v))

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 試料表面の応力分布を表示する方法は、負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップS 4と、負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第1のひずみ量を計測するステップS 5と、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第2のひずみ量を計測するステップS 6と、第1のひずみ量と第2のひずみ量との差分に基づき画素位置ごとの応力を算出するステップS 7と、算出された応力の分布を各画素位置に表示するステップS 8とを備える。

明 細 書

発明の名称：

応力およびひずみ量分布表示方法、装置およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、応力およびひずみ量の分布を表示する方法、装置およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 材料表面の変形によるひずみ量分布を測定する手法として、デジタルイメージ相関法（Digital Image Correlation、以下「DIC」と呼ぶ）がある（例えば特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開番号WO2015/008404

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来、金属などの材料に外力（負荷）を与えて変形させても、負荷が十分小さければ、負荷を0にすれば（除荷すれば）当該金属材料は元の状態に戻ると考えられてきた。すなわち、この場合の変形は可逆的であり、このとき材料は全体が弾性領域内にあるとされている。しかしながら、たとえ負荷が小さい弾性領域内であっても、負荷と除荷が繰り返されることにより材料内部に局所的な塑性変形が発生する場合があります。こうした局所的な塑性変形から金属結晶格子の転位や局所的な微小亀裂が発生し、それらが蓄積することにより、最終的に材料の疲労破壊に至るとも考えられている。従って、疲労破壊の原因解明には、局所的な塑性変形の測定が重要である。しかしながら、こうした局所的な塑性変形を通常のDIC等の方法を用いて測定することは困難であった。

[0005] 本発明は、こうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、材料

に負荷と除荷を繰り返すことにより発生する局所的な応力やひずみ量の分布を表示する方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明のある態様の方法は、試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面のひずみ量分布を表示する方法であって、負荷前および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップと、負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき画素位置ごとのひずみ量を計測するステップと、計測されたひずみ量の分布を各画素位置に表示するステップとを備える。

[0007] 本発明の別の態様もまた、方法である。この方法は、試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面の応力分布を表示する方法であって、負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップと、負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第1のひずみ量を計測するステップと、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第2のひずみ量を計測するステップと、第1のひずみ量と第2のひずみ量との差分に基づき画素位置ごとの応力を算出するステップと、算出された応力の分布を各画素位置に表示するステップとを備える。

[0008] 本発明のさらに別の態様は、装置である。この装置は、試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面の応力分布を表示する装置であって、負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影する撮影部と、負荷前と除荷後の画像間の相関に基づき画素位置ごとの第1のひずみ量を計測し、負荷前と負荷時の画像間の相関に基づき画素位置ごとの第2のひずみ量を計測するひずみ量計測部と、第1のひずみ量と第2のひずみ量との差分に基づき画素位置ごとの応力を算出する応力算出部と、算出された応力の分布を各画素位置に表示する表示部とを備える。

[0009] 本発明のさらに別の態様は、プログラムである。このプログラムは、試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面の応力分布を表示するプログラムであって、負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップ

と、負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第1のひずみ量を計測するステップと、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第2のひずみ量を計測するステップと、第1のひずみ量と第2のひずみ量との差分に基づき画素位置ごとの応力を算出するステップと、算出された応力の分布を各画素位置に表示するステップとをコンピュータに実行させる。

[0010] なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を装置、方法、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、材料に負荷と除荷を繰り返すことにより発生する局所的な応力やひずみ量の分布を表示することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]材料に応力を与えたときの、ひずみと応力との関係を示すグラフである。

[図2]全ひずみから応力を第1実施形態に係る応力測定方法を実施したときの、ひずみと応力との関係を示すグラフである。

[図3]第1実施形態に係る方法のフロー図である。

[図4]第2実施形態に係る方法のフロー図である。

[図5]第3実施形態に係る方法のフロー図である。

[図6]第4実施形態に係る方法のフロー図である。

[図7]第5実施形態に係る方法のフロー図である。

[図8]第6実施形態に係る方法のフロー図である。

[図9]第7実施形態に係る装置のブロック図である。

[図10]第4実施形態に係る方法による応力の差分の度数分布表示である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明を好適な実施の形態をもとに各図面を参照しながら説明する。実施の形態および変形例では、同一または同等の構成要素、ステップ、部

材には同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、各図面における部材の寸法は、理解を容易にするために適宜拡大、縮小して示す。また、各図面において実施の形態を説明する上で重要でない部材の一部は省略して表示する。また、第1、第2などの序数を含む用語が多様な構成要素を説明するために用いられるが、こうした用語は一つの構成要素を他の構成要素から区別する目的でのみ用いられ、この用語によって構成要素が限定されるものではない。

[0014] 機械部品の破損の約90%は、金属疲労が原因であるといわれている。材料の疲労破壊を調べるために疲労試験が行われ、そこでは試験片に応力や変位が繰返し与えられ、破断の有無や、破断に至るまでの繰返し数が測定される。金属疲労破壊のメカニズムとして、材料が弾性領域内で負荷と除荷を繰返し受けることにより、材料内部に局所的な塑性変形が発生する。この局所的な塑性変形から金属結晶格子の転位や局所的な微小亀裂が発生し、それらが蓄積することにより材料の破断に至ることが考えられている。

[0015] 上記のような塑性変形の局所的な発生の主な原因は、材料形状の複雑さや材料自体の不均一性に伴う、局所的な応力集中であると考えられる。従って、局所的な塑性変形の発生を観測するあるいは予測するためには、応力の局所的な分布を測定して表示できることが望ましい。しかしながら従来のDICは、変形によるひずみ量の分布を測定することはできるが、材料に生じる応力の分布を直接測定することはできない。特に材料の塑性領域で観測されるひずみは、弾性ひずみと塑性ひずみの両方を含むため、ひずみから応力を直接計算することは困難である。そこで本発明者は、塑性領域で観測される全ひずみから弾性ひずみだけを取り出すことにより、応力を求める方法を考案した。具体的な実施形態を説明する前に、まず図1および図2を参照して、全ひずみが弾性ひずみと塑性ひずみの両方を含む場合に、弾性ひずみだけを取り出して応力を求める方法について説明する。

[0016] 図1は、金属などの材料に応力を与えたときの、ひずみと応力との関係を示す。横軸と縦軸はそれぞれ、ひずみと応力を表す。

[0017] 材料に σ_Y 以下の応力を与えると、材料は弾性変形する。このとき、ひずみは応力に比例する。すなわち材料の状態は、直線OA（負荷線）に沿って、点Oから点Dに変化する。この状態から応力を0にする（除荷する）と、材料の状態は点Oに戻り、ひずみも0となる。点O～点Aの領域は一般に弾性領域と呼ばれ、弾性領域で発生するひずみは弾性ひずみと呼ばれる。また弾性領域における応力の最大値 σ_Y は、弾性限度と呼ばれる。

[0018] 一方、材料に弾性限度 σ_Y を超える応力を与えると、材料は塑性領域（点A～点Bの領域）に入る。材料の状態が弾性領域から塑性領域に変化する点Aは、降伏点と呼ばれる。後述のように塑性領域でのひずみは弾性ひずみに塑性ひずみが加わるため、塑性領域におけるひずみに対する応力の傾きは、弾性領域でのものと比べて緩やかなものとなる。また塑性領域で応力を除荷すると、材料の状態は、矢印BCで示される除荷線に沿って点Cに戻る。この除荷線の傾きは、弾性領域における負荷線の傾き（すなわちヤング率E）に等しい。除荷が完了すると、弾性ひずみ e が弾性回復し、塑性ひずみ ε^* が残る。塑性領域で発生するひずみ ε は、弾性ひずみと塑性ひずみとの和である。

[0019] 以下、材料は等方・均質の弾性体であると仮定する。（1）は1次元における弾性ひずみと応力との関係を示し、（2）および（3）は、2次元における弾性ひずみと応力との関係を示す。

[数1]

$$\sigma = E e \quad \dots(1)$$

[数2]

$$\sigma_{11} = \frac{E}{1 - \nu^2} (e_{11} + \nu e_{22}) \quad \dots(2)$$

[数3]

$$\sigma_{22} = \frac{E}{1 - \nu^2} (e_{22} + \nu e_{11}) \quad \dots(3)$$

ここでEはヤング率、 ν はポアソン比、 σ は長さ方向の応力、 e は長さ方向の弾性ひずみ、 σ_{11} は第1方向の応力、 e_{11} は第1方向の弾性ひずみ、 σ_{22} は第2方向の応力、 e_{22} は第2方向の弾性ひずみを表す。

[0020] 前述の通り、式(1)～(3)は、いずれも応力と弾性ひずみとの間の関係を示す。従って、これらの式に基づいて塑性領域におけるひずみから応力を求めるためには、観測される全ひずみから塑性ひずみを除去して、弾性ひずみだけを取り出す必要がある。

[0021] 図2は、全ひずみから応力を測定するときの、ひずみと応力との関係を示すグラフである。点線は材料力学で定められるヤング率に基づく理論直線を表し、実線は実測値を表す。

[0022] 最初に、ひずみがゼロの状態にある材料に、弾性限度より大きい応力を与えて、材料を塑性領域にある状態B（以下、第1の状態と呼ぶ）にする。図示される通り、材料に与える応力を増加させていくと、材料の状態は、点○から、降伏点Aを経由して、第1の状態Bになる。この例では、弾性限度は $\sigma_Y = 496 \text{ MPa}$ （メガパスカル）であり、第1の状態Bにおける応力は $\sigma = 1000 \text{ MPa}$ である。

[0023] 次に、材料上に定めた複数の測定点で、第1の状態Bにおけるひずみ量 ε

を測定する。この例では、ひずみ量 $\varepsilon = 0.0083$ が得られる。前述の通り、ここで測定されるひずみ量 ε は、弾性ひずみ量と塑性ひずみ量との和である。

[0024] 次に、第1の状態Bにある材料に与えられた応力を徐々に減少させながら、ゼロまで除荷する。これにより材料の状態は、直線BCに沿って変化し、点Bから点C（以下、第2の状態と呼ぶ）になる。図示されるように、実線矢印BCで示される除荷線は、点線で示される理論直線とよく一致している。

[0025] 次に、前述の複数の測定点で、第2の状態Cにおけるひずみ量 ε^* を測定する。この例では、ひずみ量 $\varepsilon^* = 0.0033$ が得られる。前述の通り、ここで測定されるひずみ量 ε^* は、塑性ひずみ量 ε^* である。

[0026] 最後に、第1の状態Bにおけるひずみ量 ε と第2の状態Cにおける塑性ひずみ量 ε^* との差から、前述の複数の測定点での弾性ひずみ量 e を算出する。この例では、弾性ひずみ量 $e = \varepsilon - \varepsilon^* = 0.0083 - 0.0033 = 0.0050$ が得られる。

[0027] このようにして、各測定点において、塑性領域で観測される全ひずみから塑性ひずみを除去して、弾性ひずみだけを取り出すことができる。これにより、例えばD1Cによりひずみ量分布が得られれば、既知のヤング率やポアソン比を式(1)（1次元の場合）や式(2)（3）（2次元の場合）に適用することにより、応力分布を得ることができる。

[0028] 本発明者は、本実施形態で得られた測定の正当性を確認するため、材料を第2の状態Cにした後、再度応力を与えて材料の状態を点Eにする実験を行った。その結果、図示されるように、点Cから点Eまでの負荷線は、点Bから点Cまでの除荷線と高い精度で一致し、状態Cになった材料が正常な弾性特性を示すことが分かった。

[0029] 前述のように、従来弾性領域とされた領域であっても、負荷と除荷を繰り返すことにより局所的な塑性変形が発生し、それらが材料内部に含まれる場合があると考えられる。そこで本明細書では、降伏点以下であるひずみ領域

をまとめて「弾性域」と呼ぶ。すなわち弾性域とは、（１）材料全体が弾性変形するときのひずみ領域、（２）弾性変形する部分と局所的に塑性変形する部分とが材料内部に混在するときのひずみ領域、を総称するものである。なお、軟鋼などの一部の金属材料は明確な降伏点を示すが、その他の金属では降伏点が明確に観測できないことがある。そこで降伏点が明確でない場合は、応力ひずみ曲線において、０．２％の永久ひずみが表れる点（０．２％耐力）を降伏点とみなすこととする。

[0030] [第１実施形態]

図３は、第１実施形態に係る方法のフロー図である。この方法は、試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面のひずみ量分布を表示する方法であって、ステップＳ１と、ステップＳ２と、ステップＳ３とを備える。

[0031] ステップＳ１で本方法は、負荷前および除荷後の試料表面の画像を撮影する。撮影のための機器や手段は特に限定されないが、例えば、一般的なデジタルカメラ、顕微鏡カメラ、高速度カメラなどを用いてよい。また、１台のカメラを用いて１つの方向から撮影してもよいし、複数のカメラを用いて異なる方向から撮影してもよい。撮影された画像は、画素位置ごとに記憶される。

[0032] ステップＳ２で本方法は、ステップＳ１で撮影された負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき画素位置ごとのひずみ量を計測する。ひずみ量の具体的な計測の手段は特に限定されないが、例えば、負荷前と除荷後の画像を比較し、負荷前の試料表面の点が除荷後に移動した場所を探し出すことで変位を求めてもよい。ひずみ量は、すべての負荷前と除荷後の画像について計測されてもよいし、負荷前と除荷後の画像の組がいくつか選定されて計測されてもよい。ステップＳ２を実行することにより、負荷と除荷を繰り返す過程で試料表面に発生するひずみが、画素位置ごとに時系列に求められる。

[0033] ステップＳ３で本方法は、ステップＳ２で計測されたひずみ量の分布を各画素位置に表示する。表示の方法は特に限定されないが、ひずみの大きさを

画素位置ごとに、色、濃淡、等高線、3次元表示などにより表示してよい。

ステップS3を実行することにより、負荷と除荷を繰り返す過程で試料表面に発生するひずみが、画素位置ごとに時系列に視覚化される。

[0034] 本実施形態によれば、負荷と除荷を繰り返した試料のひずみ量の分布を各画素位置に表示できるので、材料内部に発生した局所的な塑性変形を測定して、ひずみ量分布として視覚化することができる。

[0035] [第2実施形態]

図4は、第2実施形態に係る方法のフロー図である。この方法は、試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面の応力分布を表示する方法であって、ステップS4と、ステップS5と、ステップS6と、ステップS7と、ステップS8と、を備える。

[0036] ステップS4で本方法は、負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影する。

すなわちステップS4では、第1実施形態のステップS1に加えて、負荷時（負荷を与えているとき）の試料表面の画像も撮影する。

[0037] ステップS5で本方法は、ステップS4で撮影された負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき、画素位置ごとの第1のひずみ量を計測する。第1のひずみ量は、（塑性ひずみが存在した場合の）塑性ひずみである。

[0038] ステップS6で本方法は、ステップS4で撮影された負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき、画素位置ごとの第2のひずみ量を計測する。第2のひずみ量は、弾性ひずみと（塑性ひずみが存在した場合の）塑性ひずみの和（全ひずみ）である。

[0039] ステップS7で本方法は、ステップS5で計測された第1のひずみ量とステップS6で計測された第2のひずみ量との差分に基づき、画素位置ごとの応力を算出する。ステップS7を実行することにより、前述の方法に従い、第2のひずみ量（全ひずみ）と第1のひずみ量（塑性ひずみ）との差分を画素位置ごとに計算することにより、各画素位置の弾性ひずみだけを取り出して、画素位置ごとの応力を算出することができる。

[0040] ステップS 8で本方法は、ステップS 7で算出された応力の分布を各画素位置に表示する。ステップS 8を実行することにより、負荷と除荷を繰り返す過程で試料表面に作用する応力の分布が、画素位置ごとに時系列に視覚化される。

[0041] 本実施形態によれば、負荷と除荷を繰り返した試料の応力の分布を各画素位置に表示できるので、材料内部に発生する局所的な塑性変形等の原因となる局所的な応力を測定して、応力分布として視覚化することができる。

[0042] 特に、本方法の実行中に試料は弾性域にあってよい。この形態によれば、試料に対する負荷と除荷は、一般に弾性領域とされる範囲内で繰り返される。このとき、材料全体が弾性領域内にあり、材料の変形が可逆的であった場合は、ステップS 4で撮影された負荷前と負荷後の画像と間には差分がないはずである。一方、負荷と除荷が繰り返されることにより材料内部に局所的な塑性変形が発生した場合は、ステップS 4で撮影された負荷前と負荷後の画像のいずれかの間で差分の存在する画素位置があるはずである。すなわちこの実施の形態によれば、小さい負荷（通常弾性領域とされる範囲内で与えられる負荷）により発生する局所的な塑性変形を測定して、応力分布として視覚化することができる。これは、従来の破断に至るまで負荷と除荷を繰り返すタイプの疲労試験では得ることのできない、試料の局所的な構造に関する知見を与えることができる。

[0043] [第3実施形態]

図5は、第3実施形態に係る方法のフロー図である。第3実施形態は、第2実施形態に対して、ステップS 9と、ステップS 10とをさらに備える。

[0044] ステップS 9で本方法は、前回（ $n-1$ 回目とする）の負荷および除荷で得られた応力分布と、今回（ n 回目とする）の負荷および除荷で得られた応力分布との間で、同じ画素位置に表示された応力同士の差分を算出する。

[0045] ステップS 10で本方法は、ステップS 9で算出した差分が所定の閾値以上である画素の位置を表示する。すなわち、 $n-1$ 回目の除荷後の応力分布と、 n 回目の除去後の応力分布とを比較し、応力の差分が所定の閾値以上で

ある画素があった場合に、その画素位置を表示する。このとき、当該画素位置の応力が大きく変化したことから、試料は、 n 回目の負荷および除荷の過程で、当該画素位置に相当する部分に局所的な塑性変形等が発生した可能性が高いと考えられる。すなわち当該画素位置に局所な塑性変形等が発生したタイミングは、試料に負荷と除荷を繰り返した結果、 n 回目の負荷および除荷の過程であると推定することができる。

[0046] 以上説明したように、本実施形態によれば、試料に負荷と除荷を繰り返したときに、試料内部に局所的な塑性変形等が発生するタイミングと位置を推定し、表示することができる。

[0047] [第4実施形態]

図6は、第4実施形態に係る方法のフロー図である。第4実施形態は、第3実施形態に対して、ステップS10に代えてステップS110を備える。

[0048] ステップS9で本方法は、前回($n-1$ 回目とする)の負荷および除荷で得られた応力分布と、今回(n 回目とする)の負荷および除荷で得られた応力分布との間で、同じ画素位置に表示された応力同士の差分を算出する。

[0049] ステップS110で本方法は、ステップS9で算出した差分を、画素位置ごとに所定の応力値の範囲別に度数分布表示する。所定の応力値の範囲は任意に定めてよいが、以下、 $-200\text{MPa} \sim -100\text{MPa}$ 、 $-100\text{MPa} \sim 0\text{MPa}$ 、 $0\text{MPa} \sim 100\text{MPa}$ 、 $100\text{MPa} \sim 200\text{MPa}$ 、 $200\text{MPa} \sim 300\text{MPa}$ 、 $300\text{MPa} \sim 400\text{MPa}$ 、 $400\text{MPa} \sim 500\text{MPa}$ 、 $500\text{MPa} \sim 600\text{MPa}$ 、 $600\text{MPa} \sim 700\text{MPa}$ 、 $700\text{MPa} \sim 800\text{MPa}$ 、 $800\text{MPa} \sim 900\text{MPa}$ 、 $900\text{MPa} \sim 1000\text{MPa}$ 、の12個で定めた例を説明する。

[0050] 図10は、ステップS110で表示された、ある画素位置における応力差分の度数分布である。この例では、(a) $T=t_0$ 、(b) $T=t_0+t_1$ 、(c) $T=t_0+t_1+\Delta t$ 、(d) $T=t_0+t_1+2\Delta t$ の4つのタイミングにおける応力差分が度数分布表示されている。ここで T は時刻を表す。

[0051] (a) の $T = t_0$ では、応力の値が大きければ大きいほど、応力の差分も大きい状態が実現されていることが分かる。この時点での残留応力の発生状況は、図 10 (a) によって表現される。その後負荷と除荷とが繰り返されると、各応力値範囲での応力差分は 0 となり、度数分布はフラットになる。このフラットな状態は (b) の $T = t_0 + t_1$ まで継続する。(b) の次のタイミング（すなわち (b) の後、1 回の負荷と除荷が実行されたタイミング） $T = t_0 + t_1 + \Delta t$ で度数分布表示が変化し、フラットでなくなる。ここで 1 回の負荷および除荷に要する時間を Δt で表す。この度数分布は、材料に新たな変形機構が発現したことを示唆するものと考えられる。これにより、残留応力の発生状況がそれまでと大きく変化したことが示される。さらに次のタイミング $T = t_0 + t_1 + 2\Delta t$ では、度数分布はさらに別の形に変化する ((d))。すなわち、この段階で材料の変形機構が急速に時間発展し、残留応力が大きく変化していることが示唆される。

[0052] このように、得られた応力差分を、画素位置ごとに所定の応力値の範囲別に度数分布表示することにより、応力の時間微分に相当する情報が得られる。これにより、材料の各点における残留応力の発生状況を時間的に追跡することができる。

[0053] 以上説明したように、本実施形態によれば、試料に負荷と除荷を繰り返したときに、試料内部に局所的な塑性変形等が発生するタイミングと位置を推定し、表示することができる。

[0054] ある実施の形態では、同じ画素位置に表示された応力同士の差分を算出し、画素位置ごとに応力差分の度数分布表示をすることに代えて、材料全体の応力同士の差分を算出し、この材料全体の応力同士の差分を、除荷ごとに度数分布表示してもよい。この実施の形態によれば、画素位置ごとに多数の負荷と除荷を繰り返して応力差分の度数分布表示を行うことなく、除荷ごとに材料全体の変形機構の変化を評価することができる。

[0055] [第 5 実施形態]

図 7 は、第 5 実施形態に係る方法のフロー図である。第 5 実施形態は、第

2実施形態に対して、ステップS 6に代えてステップS 1 1を備え、ステップS 1 2をさらに備える。

[0056] ステップS 1 1で本方法は、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき、画素位置ごとの第2のひずみ量を計測するとともに、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関の最大値が所定の閾値以下となる画素を検出する。負荷と除荷を繰り返す過程で試料に破断等が発生していなければ、負荷前の画像と負荷後の画像との間には一定の相関があると考えられる。すなわち、試料に負荷を加えると試料の各位置は変位するが、破断等が発生しない限り、各位置の変位は一定の範囲内にあると考えられる。すなわちこの場合、試料の負荷前の画像と負荷時の画像との間に相関があると考えられる。しかしながら、負荷後に試料の一部に破断等が発生すると、当該部分周辺が負荷前から大きく変位する結果、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関が失われる。このように、ステップS 1 1を実行することにより、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関の最大値が所定の閾値以下となる画素を検出されるので、当該画素に相当する部分で局所的な破断等が発生したことを推定することができる。

[0057] ステップS 1 2で本方法は、ステップS 1 1で検出した負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関の最大値が所定の閾値以下となる画素の位置を表示する。ステップS 1 2を実行することにより、局所的な破断等が発生したことが推定される位置が可視化される。

[0058] 本実施形態によれば、試料に負荷と除荷を繰り返したときに、局所的な破断等が発生したことを推定し、その位置を表示することができる。

[0059] [第6実施形態]

図8は、第6実施形態に係る方法のフロー図である。第6実施形態は、第2実施形態に対して、ステップS 4に代えてステップS 1 3を備え、ステップS 1 4と、ステップS 1 5とをさらに備える。

[0060] ステップS 1 3で本方法は、負荷前、負荷時および除荷後の多結晶金属材料試料表面の画像を顕微鏡カメラを用いて撮影する。顕微鏡カメラに使われ

る顕微鏡は特に限定されないが、光学顕微鏡、走査電子顕微鏡、透過電子顕微鏡などであってよい。多結晶金属材料試料表面の画像を顕微鏡カメラを用いて撮影することにより、試料表面の結晶粒、結晶粒界、線状組織などの結晶構造に関する情報を得ることができる。

[0061] ステップS 1 4 で本方法は、ステップS 1 3 で撮影した試料の金属結晶の方位を検出する。

[0062] ステップS 1 5 で本方法は、ステップS 1 4 で検出した金属結晶の方位を金属結晶ごとに表示する。ステップS 8 とステップS 1 5 を実行することにより、試料の応力分布と金属結晶の方位を合わせて視覚化することができる。これにより、例えば結晶粒界に応力が集中する様子を観察することができる。また、結晶方位の差の小さな結晶同士や、差の大きな結晶同士の境界における応力分布の相違を比較することができる。

[0063] 本実施形態によれば、結晶粒界と局所的に発生する塑性変形との関係を知ることができる。

[0064] [第7実施形態]

図9は、第7実施形態に係る応力表示装置1のブロック図である。応力表示装置1は、試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面の応力分布を表示する装置であって、撮影部10と、ひずみ量計測部20と、応力算出部30と、表示部40とを備える。

[0065] 撮影部10は、負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影し、撮影した画像を歪み量計測部20に送信する。歪み量計測部20は、撮影部10から受信した負荷前と除荷後の画像間の相関に基づき、画素位置ごとの第1のひずみ量を計測する。歪み量計測部20はまた、撮影部10から受信した負荷前と負荷時の画像間の相関に基づき、画素位置ごとの第2のひずみ量を計測する。ひずみ量計測部20は、計測した第1のひずみ量と第2のひずみ量とを応力算出部30に送信する。応力算出部30は、ひずみ量計測部20から受信した第1のひずみ量と第2のひずみ量との差分に基づき、画素位置ごとの応力を算出する。応力算出部30は、算出した画素位置ごとの応

力を表示部40に送信する。表示部40は、応力算出部30から受信した応力の分布を各画素位置に表示する。

[0066] 本実施形態によれば、材料内部に発生する局所的な塑性変形等の原因となる局所的な応力を測定して、応力分布として視覚化する装置を実現することができる。

[0067] [第8実施形態]

第8実施形態に係るプログラムは、試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面の応力分布を表示するプログラムである。このプログラムは、負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップと、負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第1のひずみ量を計測するステップと、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第2のひずみ量を計測するステップと、第1のひずみ量と第2のひずみ量との差分に基づき画素位置ごとの応力を算出するステップと、算出された応力の分布を各画素位置に表示するステップとをコンピュータに実行させる。

[0068] 本実施形態によれば、材料内部に発生する局所的な塑性変形等の原因となる局所的な応力を測定して、応力分布として視覚化する処理をコンピュータで実現することができる。

[0069] 以上、本発明を実施形態を基に説明した。これらの実施形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

[0070] 例えば、断層撮影を行うことにより、深さの異なる面ごとにひずみ量や応力の分布を取得してもよい。本変形例によれば、3次元材料の内部のひずみ量や応力分布を得ることができる。

[0071] これらの各変形例は実施の形態と同様の作用、効果を奏する。

[0072] 上述した各実施形態と変形例の任意の組み合わせもまた本発明の実施形態として有用である。組み合わせによって生じる新たな実施形態は、組み合わせ

される各実施形態および変形例それぞれの効果をあわせもつ。

[0073] 本発明による手法は様々な材料に低コストで適用が可能であり、材料の評価、製法選定、材料性能向上などに資することができるので、産業上の利用性が極めて高い。

産業上の利用可能性

[0074] 本発明は、応力およびひずみ量の分布を表示する方法、装置およびプログラムに利用可能である。

符号の説明

[0075] S 1 . . . 負荷前および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップ、
S 2 . . . 負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき、画素位置ごとのひずみ量を計測するステップ、
S 3 . . . 計測されたひずみ量の分布を各画素位置に表示するステップ、
S 4 . . . 負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップ、
S 5 . . . 負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき、画素位置ごとの第 1 のひずみ量を計測するステップ、
S 6 . . . 負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき、画素位置ごとの第 2 のひずみ量を計測するステップ、
S 7 . . . 第 1 のひずみ量と第 2 のひずみ量との差分に基づき、画素位置ごとの応力を算出するステップ、
S 8 . . . 算出された応力の分布を各画素位置に表示するステップ、
S 9 . . . 前回の負荷および除荷で得られた応力分布と、今回の負荷および除荷で得られた応力分布との間で、同じ画素位置に表示された応力同士の差分を算出するステップ、
S 10 . . . 差分が所定の閾値以上である画素の位置を表示するステップ、
S 110 . . . 差分を、画素位置ごとに所定の応力値の範囲別に度数分布表示するステップ、

S 1 1 . . . 負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき、画素位置ごとの第2のひずみ量を計測し、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関の最大値が所定の閾値以下となる画素を検出するステップ、

S 1 2 . . . 負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関の最大値が所定の閾値以下となる画素の位置を表示するステップ、

S 1 3 . . . 負荷前、負荷時および除荷後の多結晶金属材料試料表面の画像を顕微鏡カメラを用いて撮影するステップ、

S 1 4 . . . 試料の金属結晶の方位を検出するステップ、

S 1 5 . . . 検出した金属結晶の方位を金属結晶ごとに表示するステップ、

1 . . . 応力表示装置、

1 0 . . . 撮影部、

2 0 . . . ひずみ量計測部、

3 0 . . . 応力算出部、

4 0 . . . 表示部

請求の範囲

- [請求項1] 試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面のひずみ量分布を表示する方法であって、
- 負荷前および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップと、
- 負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき画素位置ごとのひずみ量を計測するステップと、
- 計測されたひずみ量の分布を各画素位置に表示するステップとを備える方法。
- [請求項2] 試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面の応力分布を表示する方法であって、
- 負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップと、
- 負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第1のひずみ量を計測するステップと、
- 負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの第2のひずみ量を計測するステップと、
- 前記第1のひずみ量と前記第2のひずみ量との差分に基づき画素位置ごとの応力を算出するステップと、
- 算出された応力の分布を各画素位置に表示するステップとを備える方法。
- [請求項3] 前回の負荷および除荷で得られた応力分布と、今回の負荷および除荷で得られた応力分布との間で、同じ画素位置に表示された応力同士の差分を算出するステップと、
- 前記差分が所定の閾値以上である画素位置を表示するステップとをさらに備える請求項2に記載の方法。
- [請求項4] 前回の負荷および除荷で得られた応力分布と、今回の負荷および除荷で得られた応力分布との間で、同じ画素位置に表示された応力同士の差分を算出するステップと、

前記応力同士の差分を、画素位置ごとに所定の応力値の範囲別に度数分布表示するステップと

をさらに備える請求項2または3に記載の方法。

[請求項5] 前回の負荷および除荷で得られた応力分布と、今回の負荷および除荷で得られた応力分布との間で、材料全体の応力同士の差分を算出するステップと、

前記材料全体の応力同士の差分を、除荷ごとに度数分布表示するステップと

をさらに備える請求項2または3に記載の方法。

[請求項6] 前記第2のひずみ量を計測するステップにおいて、負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関の最大値が所定の閾値以下となる画素を検出し、当該検出した画素の位置を表示するステップをさらに備える請求項2乃至5のいずれかに記載の方法。

[請求項7] 前記試料は多結晶金属材料であり、前記撮影するステップは顕微鏡カメラを用いて実行され、

前記試料の金属結晶の方位を検出するステップと、当該検出した金属結晶の方位を金属結晶ごとに表示するステップとをさらに備える請求項2乃至6のいずれかに記載の方法。

[請求項8] 前記試料は弾性域にある請求項2乃至7のいずれかに記載の方法。

[請求項9] 試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面の応力分布を表示する装置であって、

負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影する撮影部と、

負荷前と除荷後の画像間の相関に基づき画素位置ごとの第1のひずみ量を計測し、負荷前と負荷時の画像間の相関に基づき画素位置ごとの第2のひずみ量を計測するひずみ量計測部と、

前記第1のひずみ量と前記第2のひずみ量との差分に基づき画素位置ごとの応力を算出する応力算出部と、

算出された応力の分布を各画素位置に表示する表示部と
を備える装置。

[請求項10]

試料に負荷と除荷を繰り返しながら試料表面の応力分布を表示する
プログラムであって、

負荷前、負荷時および除荷後の試料表面の画像を撮影するステップ
と、

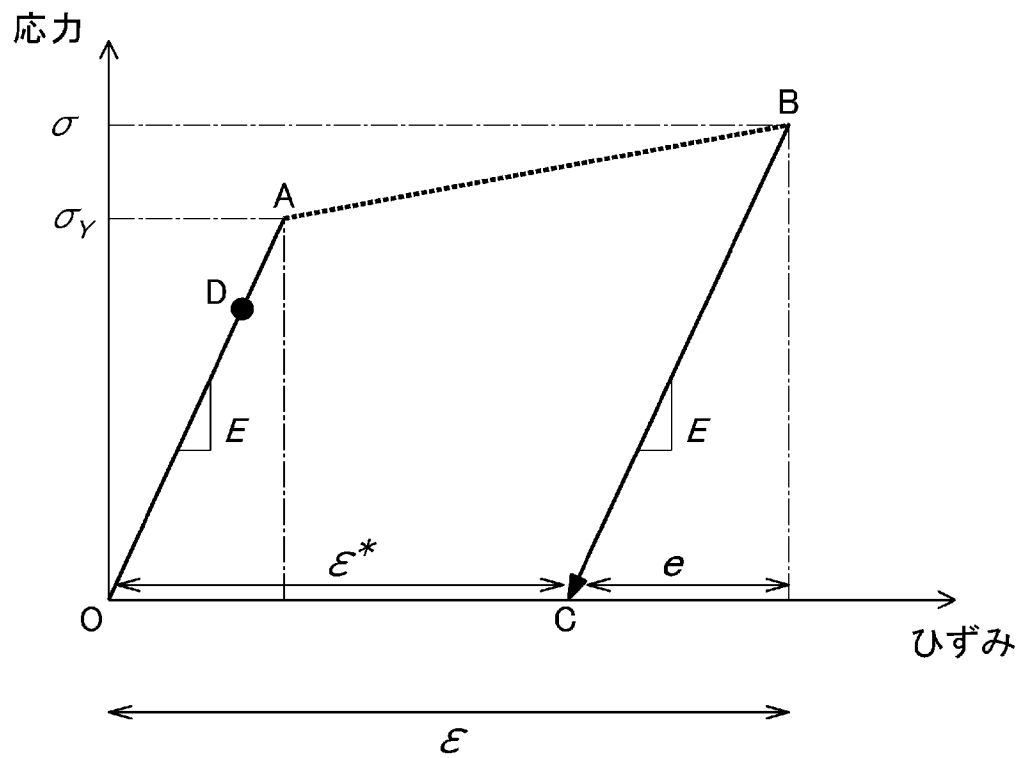
負荷前の画像と除荷後の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの
第1のひずみ量を計測するステップと、

負荷前の画像と負荷時の画像との間の相関に基づき画素位置ごとの
第2のひずみ量を計測するステップと、

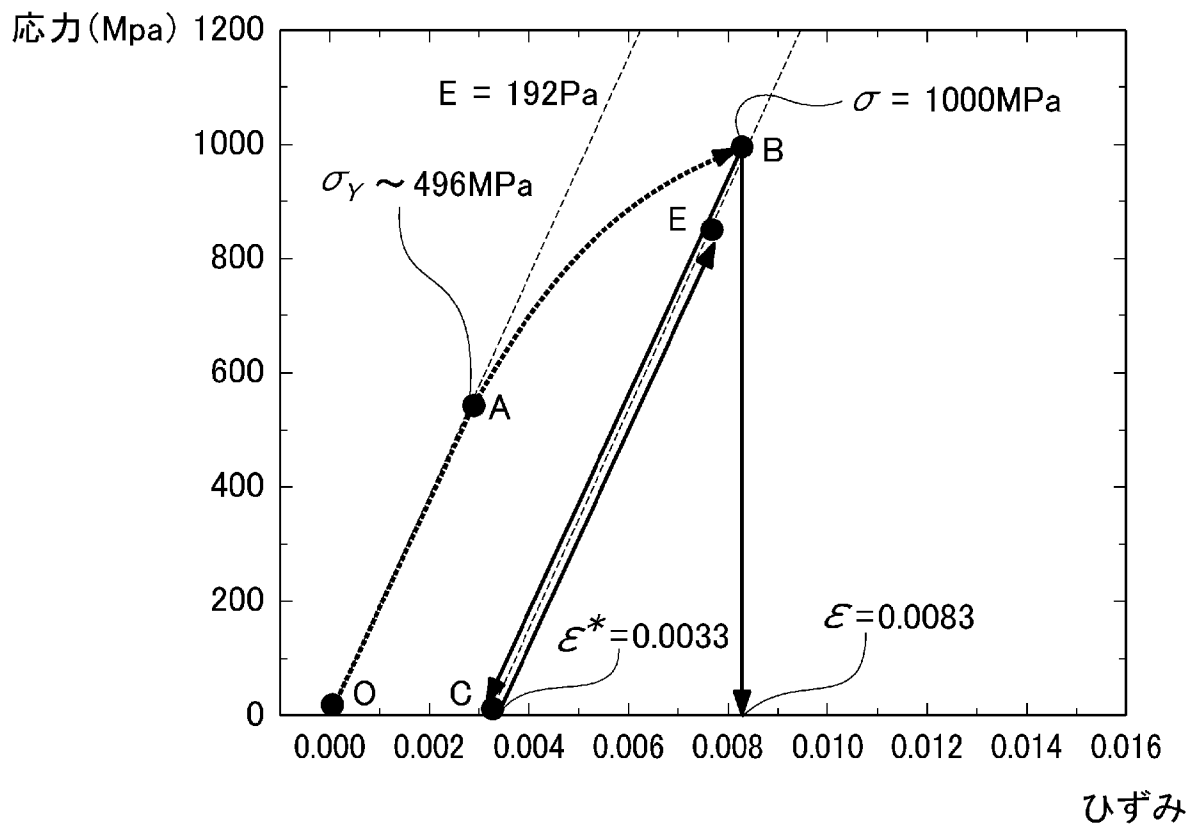
前記第1のひずみ量と前記第2のひずみ量との差分に基づき画素位
置ごとの応力を算出するステップと、

算出された応力の分布を各画素位置に表示するステップと
をコンピュータに実行させるプログラム。

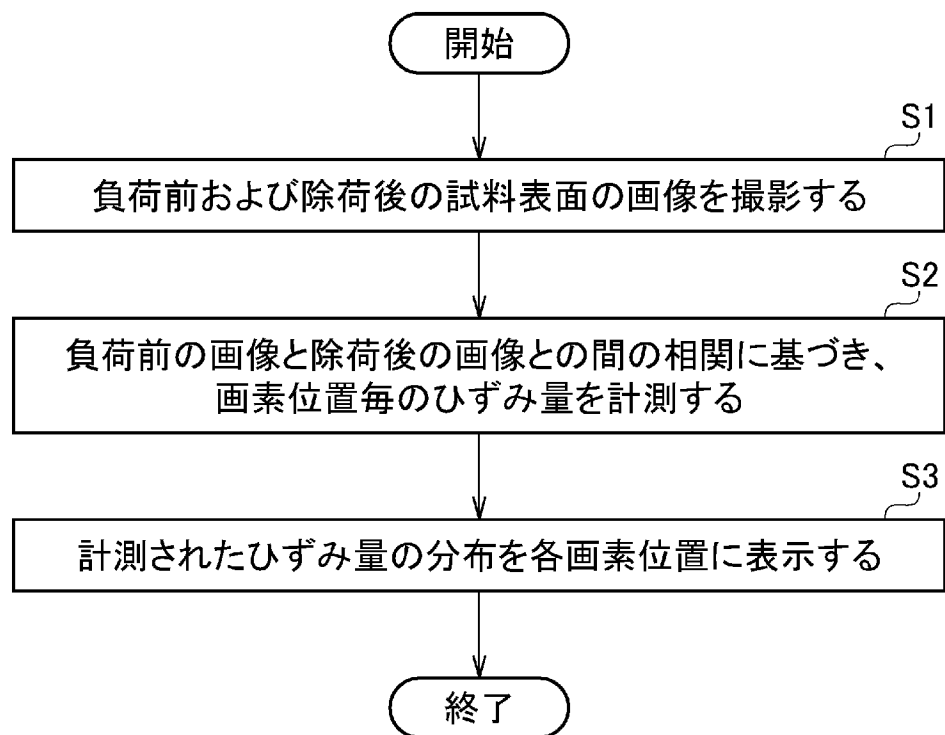
[図1]



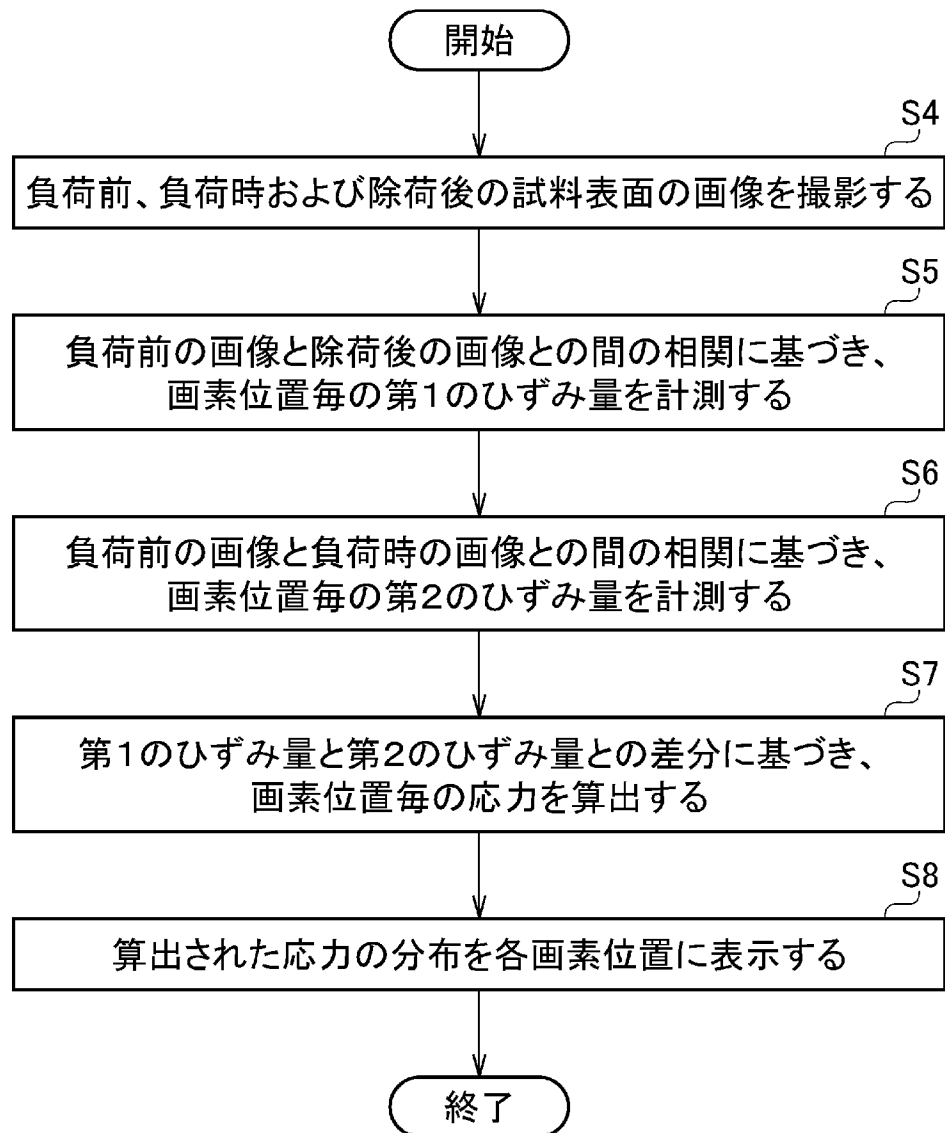
[図2]



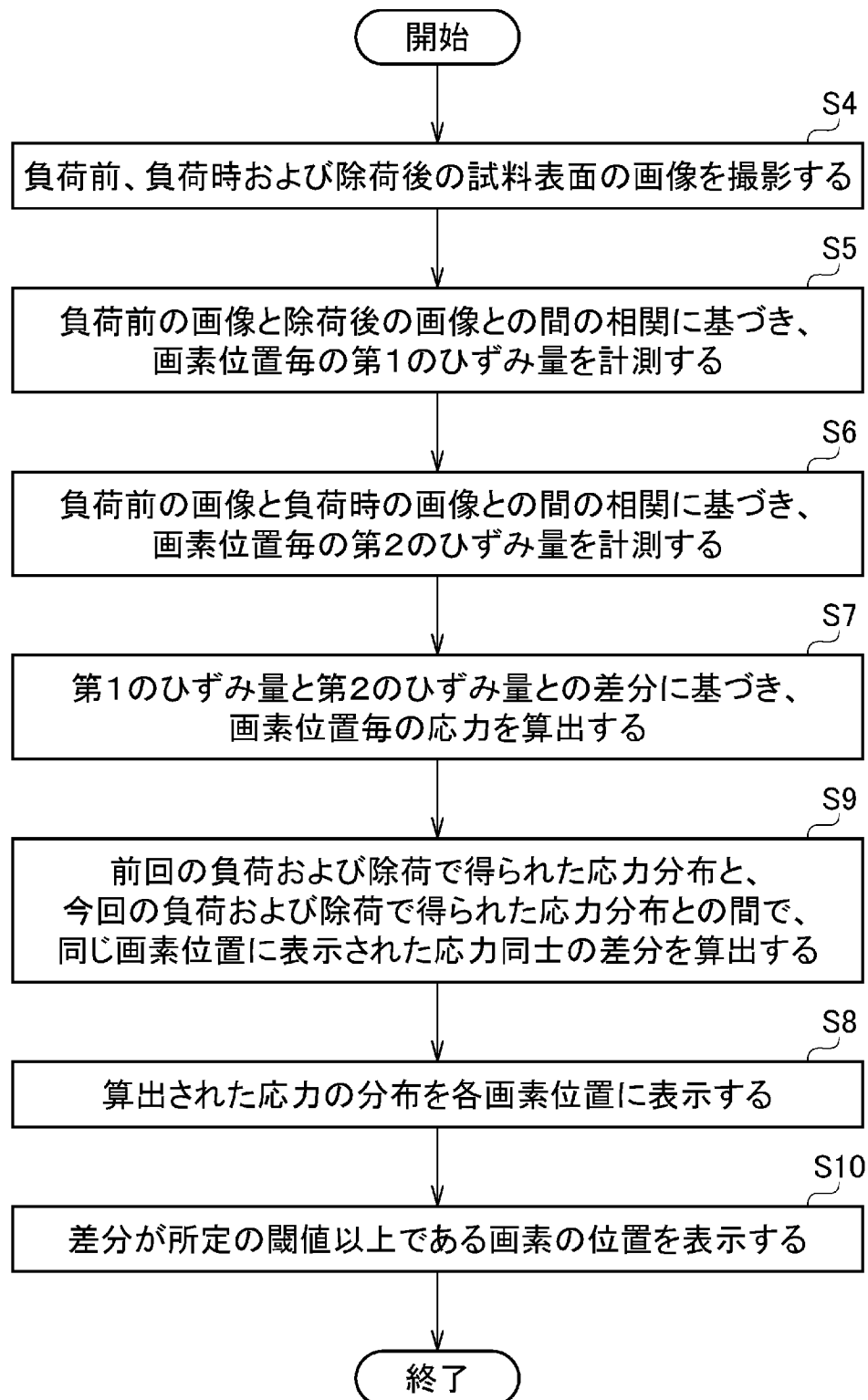
[図3]



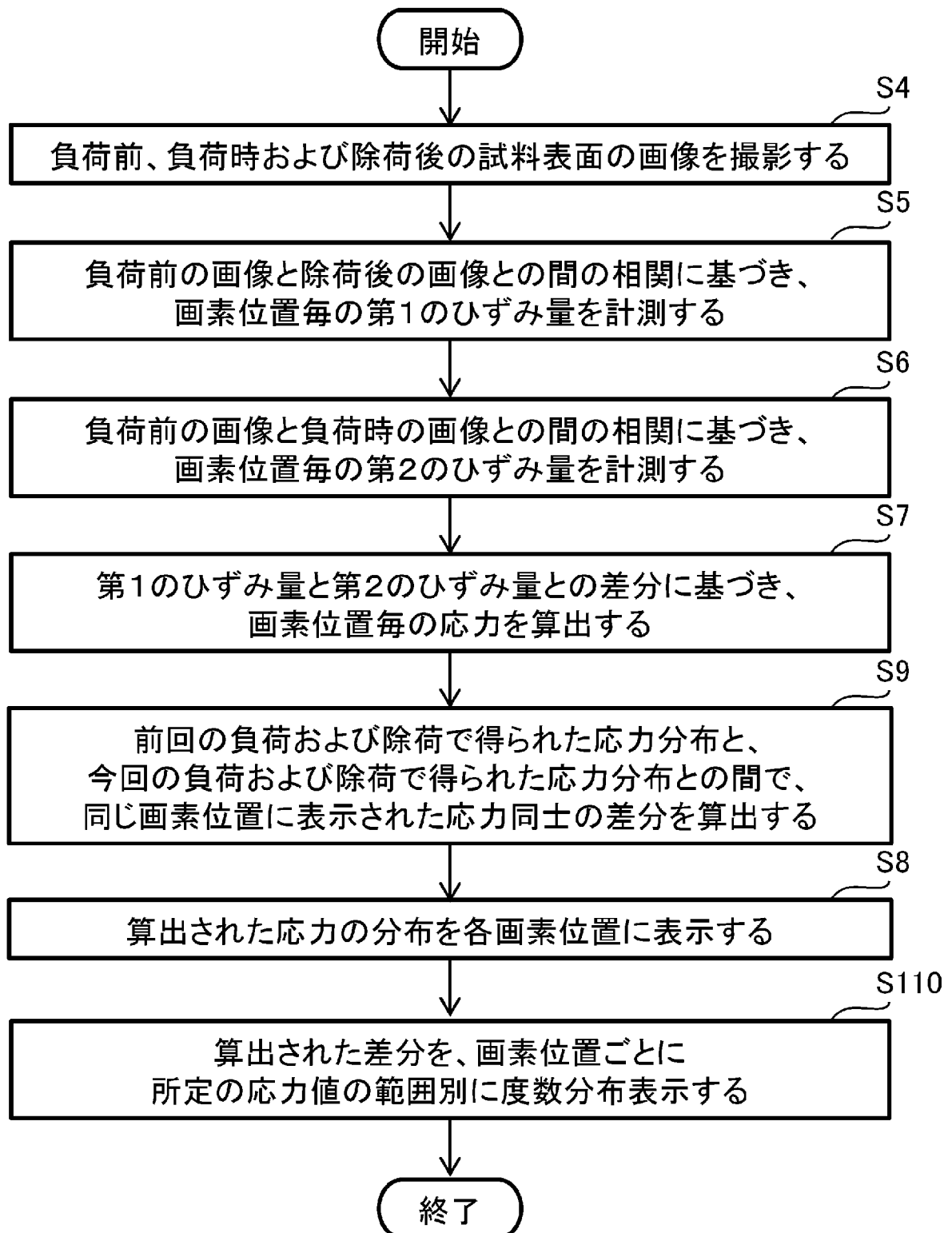
[図4]



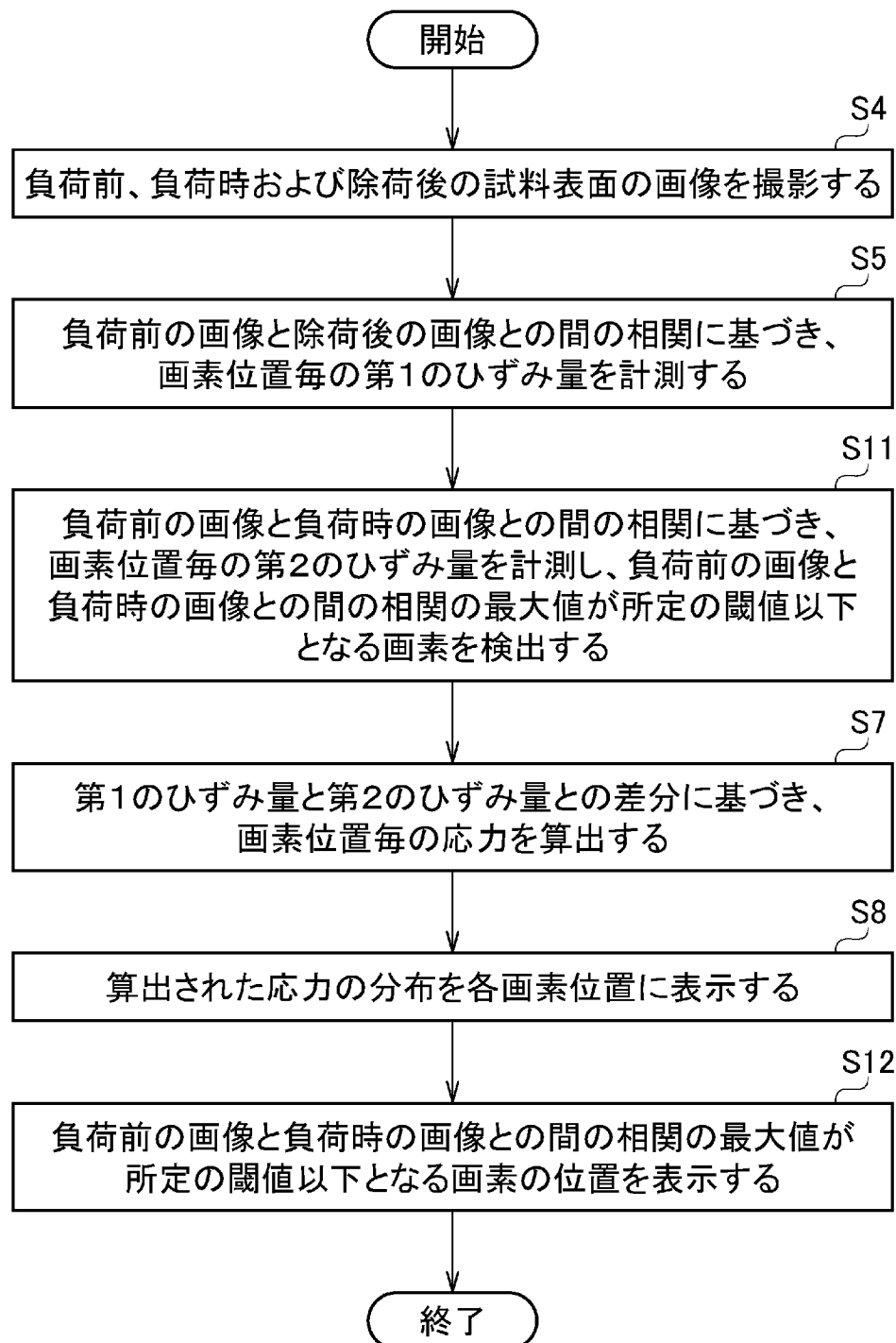
[図5]



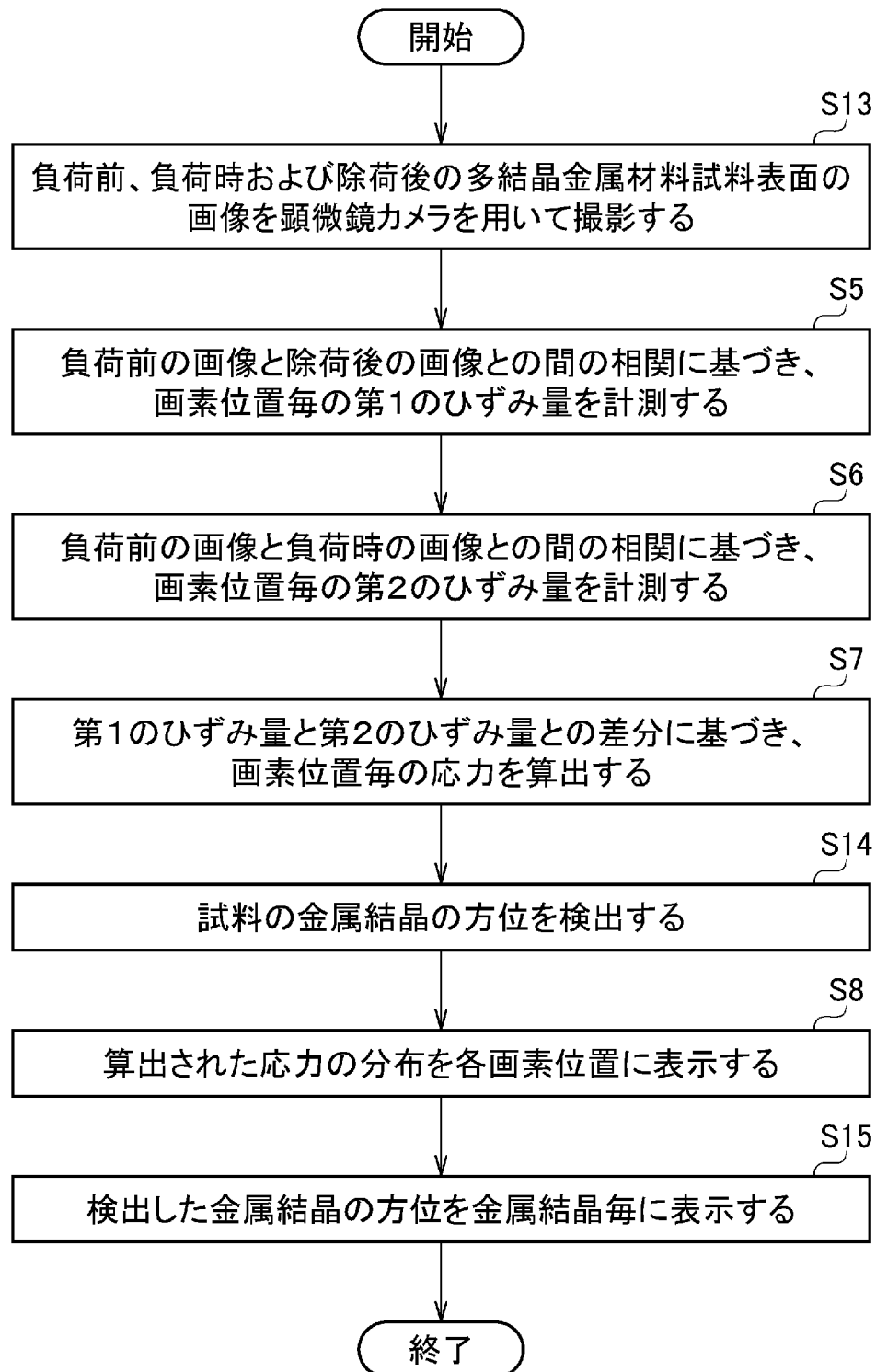
[図6]



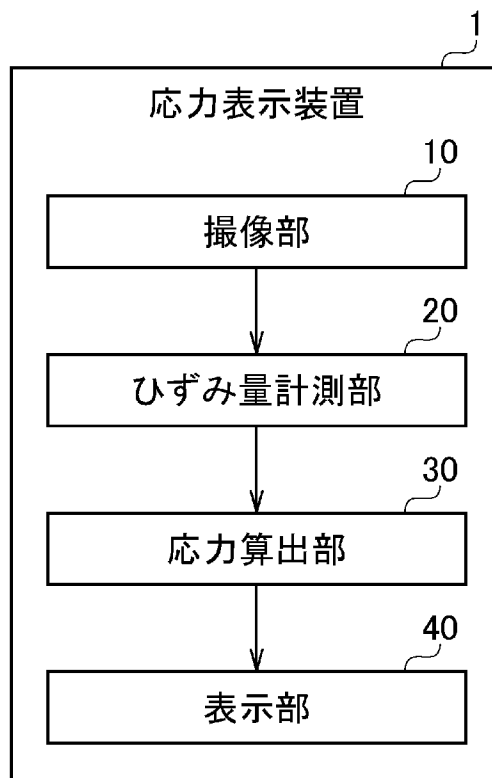
[図7]



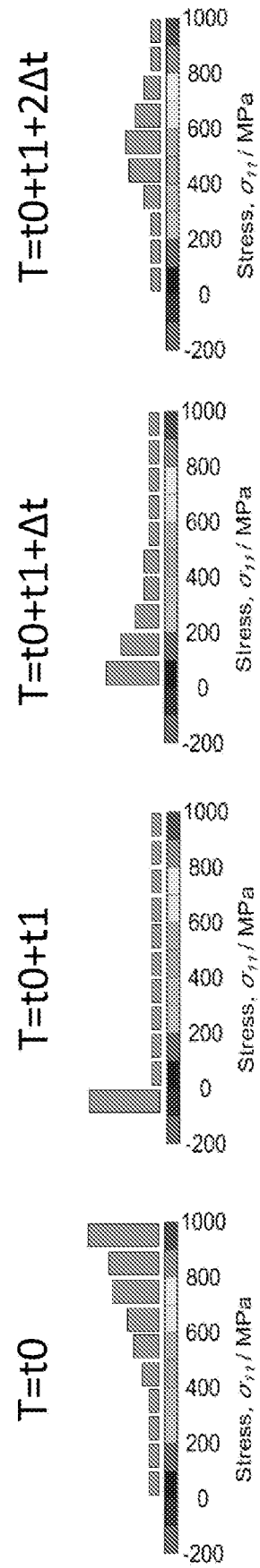
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/023458

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L 5/00 (2006.01) i; G01L 1/00 (2006.01) i
 FI: G01L5/00 101Z; G01L1/00 B; G01L1/00 G

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)

G01L5/00-5/28; G01L1/00-1/26; G01N3/00-3/62

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.
X	JP 2014-115281 A (THE BOEING CO.) 26.06.2014 (2014-06-26) paragraphs [0002], [0033]-[0034]	1
A	CN 106370334 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 01.02.2017 (2017-02-01) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2016-206104 A (OKAYAMA UNIVERSITY) 08.12.2016 (2016-12-08) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2016-85153 A (JTEKT CORP.) 19.05.2016 (2016-05-19) entire text, all drawings	1-10
A	US 4591996 A (VACHON, Reginald I.) 27.05.1986 (1986-05-27) entire text, all drawings	1-10



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

"I" 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

17 August 2020 (17.08.2020)

Date of mailing of the international search report

25 August 2020 (25.08.2020)

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/023458

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2014-115281 A1	26 Jun. 2014	CN 103854280 A US 2014/0160279 A1 paragraphs [0004], [0039]-[0040] EP 2741071 A1 (Family: none)	
CN 106370334 A	01 Feb. 2017	(Family: none)	
JP 2016-206104 A	08 Dec. 2016	(Family: none)	
JP 2016-85153 A	19 May 2016	(Family: none)	
US 4591996 A	27 May 1986	CA 1255795 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01L 5/00(2006.01)i; G01L 1/00(2006.01)i FI: G01L5/00 101Z; G01L1/00 B; G01L1/00 G														
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）） G01L5/00-5/28; G01L1/00-1/26; G01N3/00-3/62 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 <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>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 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）			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				
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													
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												
X	JP 2014-115281 A (ザ・ボーイング・カンパニー) 26.06.2014 (2014-06-26) [0002], [0033]-[0034]	1												
A	CN 106370334 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 01.02.2017 (2017-02-01) 全文, 全図	1-10												
A	JP 2016-206104 A (国立大学法人 岡山大学) 08.12.2016 (2016-12-08) 全文, 全図	1-10												
A	JP 2016-85153 A (株式会社ジェイテクト) 19.05.2016 (2016-05-19) 全文, 全図	1-10												
A	US 4591996 A (VACHON, Reginald I.) 27.05.1986 (1986-05-27) 全文, 全図	1-10												
☐ 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。														
<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	“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	“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 17.08.2020	国際調査報告の発送日 25.08.2020													
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） 岡田 卓弥 2F 9206 電話番号 03-3581-1101 内線 3216													

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/JP2020/023458

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2014-115281	A	26.06.2014	CN	103854280	A	
				US	2014/0160279	A1	
				[0004], [0039]-[0040]			
				EP	2741071	A1	
CN	106370334	A	01.02.2017	(ファミリーなし)			
JP	2016-206104	A	08.12.2016	(ファミリーなし)			
JP	2016-85153	A	19.05.2016	(ファミリーなし)			
US	4591996	A	27.05.1986	CA	1255795	A	