

(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12月16日(16.12.2021)

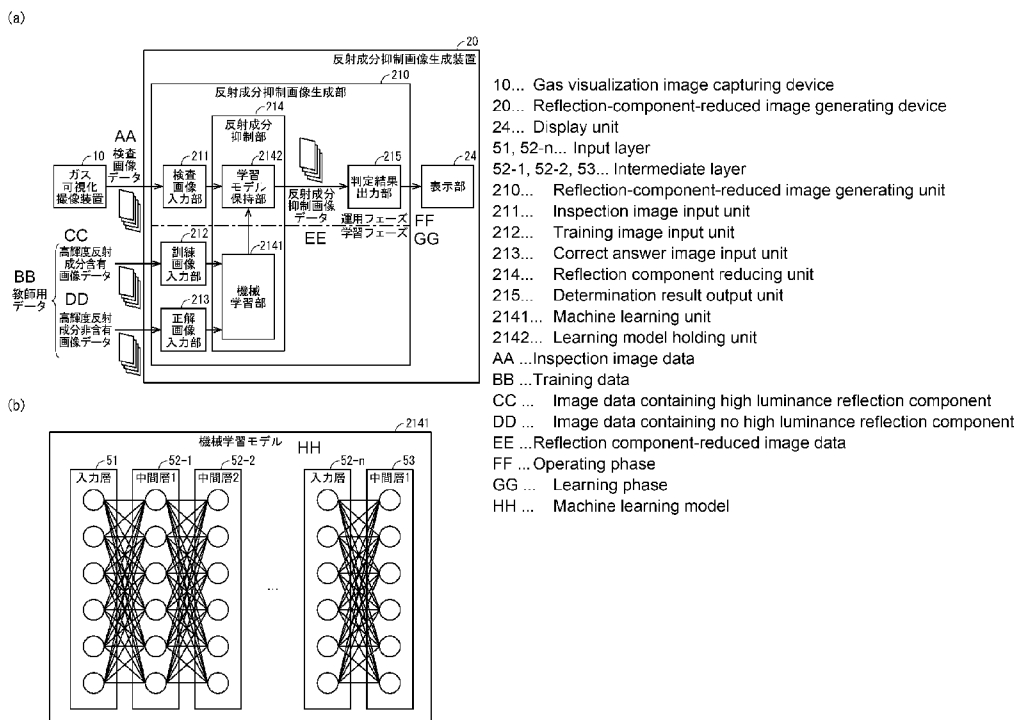


(10) 国際公開番号  
**WO 2021/251062 A1**

- (51) 国際特許分類:  
G01M 3/02 (2006.01) G06T 7/00 (2017.01)
- (72) 発明者: 森本 隆史(MORIMOTO, Takashi). 浅野 基広(ASANO, Motohiro).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/018407
- (74) 代理人: 特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所(NAKAJIMA & ASSOCIATES IP FIRM); 〒5310072 大阪府大阪市北区豊崎三丁目2番1号淀川5番館6F Osaka (JP).
- (22) 国際出願日: 2021年5月14日(14.05.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (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, 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,
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2020-100650 2020年6月10日(10.06.2020) JP
- (71) 出願人: コニカミノルタ株式会社(KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 Tokyo (JP).

(54) Title: REFLECTION-COMPONENT-REDUCED IMAGE GENERATING DEVICE, REFLECTION COMPONENT REDUCTION INFERENCE MODEL GENERATING DEVICE, REFLECTION-COMPONENT-REDUCED IMAGE GENERATING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 反射成分抑制画像生成装置、反射成分抑制推論モデル生成装置、反射成分抑制画像生成方法、及びプログラム



(57) Abstract: The present invention is provided with: an inspection image input unit that receives, as an input, a gas distribution image in which an area where gas is present in a space is visualized and which includes an image portion where an object is irradiated with light; and a reflection-component-reduced image generating unit that generates, with use of an



WO 2021/251062 A1

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保  
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,  
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,  
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,  
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,  
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

inference model, a reflection-component-reduced image in which an image component of reflection light is reduced in the image portion of the gas distribution image received by the inspection image input unit, said inference model having been trained by machine learning using, as training data, a combination of a first image which includes an image portion where an object is irradiated with light and a second image which includes an image portion where the object is not irradiated with light and in which elements other than this image portion are equivalent to the first image.

(57) 要約 : 空間中におけるガスの存在領域が可視化されており、かつ、光が対象に照射された画像部分を含むガス分布画像を入力として受け付ける検査画像入力部と、光が対象に照射された画像部分を含む第1の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第1の画像と等価な第2の画像との組み合わせを教師データとして機械学習された推測モデルを用いて、前記検査画像入力部が受け付けた前記ガス分布画像の前記画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を生成する反射成分抑制画像生成部を備える。

## 明 細 書

発明の名称：

反射成分抑制画像生成装置、反射成分抑制推論モデル生成装置、反射成分抑制画像生成方法、及びプログラム

### 技術分野

[0001] 本開示は、反射成分抑制画像生成装置、反射成分抑制推論モデル生成装置、反射成分抑制画像生成方法、及びプログラムに関し、特に、ガス設備のフレアスタック等によって生じる高輝度反射光を含む画像成分の機械学習を用いた検出と抑制に関する。

### 背景技術

[0002] 天然ガスや石油を生産する生産施設、ガスを使用して化学製品を生産する生産プラント、ガス送管設備、石油化学プラントや火力発電所、製鉄関連施設等といった、ガスを使用する設備（以下「ガス設備」と記す場合もある）では、施設の経年劣化や運転ミスにより、ガス漏洩の危険性が認識されており、ガス漏洩を最小限にとどめるためガス検知装置が備え付けられている。

[0003] このガス検知において、検知プローブにガス分子が接触することでプローブの電気的特性が変化することを利用したガス検知装置の他、近年では、ガスの赤外線吸光特性を利用して赤外線動画を撮影することにより、検査領域のガス漏れを検出する光学的ガス漏れ検出方法が取り入れられている（例えば、特許文献1、2）。この赤外線動画によるガス検出方法は、映像によりガスを可視化することができるため、ガスの流れ等の放出状態や、漏れ位置を容易に検出できる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2016/143754号

特許文献2：国際公開第2017/150565号

特許文献3：特開2013-121099号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0005] ところが、ガスプラントや石油化学プラントには、操業時に発生する余剰ガスを無害化処理するために、一般に、余剰ガスを燃焼させるフレアスタックと呼ばれる設備が備えられている。ガス燃焼に伴い発生する火炎によってフレアスタック先端部は非常に高温な状態となるため、その部分から大量の赤外線が放射される。

[0006] 図17は、ガス設備におけるフレアスタックに基づく反射光の態様を示す模式図である。フレアスタックをガス可視化撮像装置で観測すると、図17に示すように、放射された赤外線によって、フレアスタック周辺の設備が照明され、高輝度反射成分として観測される。また、火炎の赤外輝度や形状は刻々と変化するため、高輝度反射成分の照度も刻々と変化する。

[0007] そのため、検出対象のガスとは異なる高強度の赤外線量の変化が観測されることになり、検出対象のガスによる赤外線量変化の観測が困難になり、ガス検知率が極端に低下するという課題があった。

[0008] 本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、ガス可視化撮像装置の出力画像から、ガス設備における高輝度光源による赤外線量変化の影響を低減する反射成分抑制画像生成装置、反射成分抑制推論モデル生成装置、反射成分抑制画像生成方法、及びプログラムを提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一態様にかかる反射成分抑制画像生成装置は、空間中のガスの存在領域が可視化されており、かつ、光が対象に照射された画像部分を含むガス分布画像を入力として受け付ける検査画像入力部と、光が対象に照射された画像部分を含む第1の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第1の画像と等価な第2の画像との組み合わせを教師データとして機械学習された推測モデルを用いて、前記検査画像入力部が受け付けた前記ガス分布画像の前記画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を生成する反射成分抑制画像生

成部を備えることを特徴とする。

## 発明の効果

[0010] 本開示の一態様にかかる反射成分抑制画像生成装置、反射成分抑制推論モデル生成装置、反射成分抑制画像生成方法、及びプログラムによれば、ガス可視化撮像装置の出力画像から、ガス設備における高輝度光源による赤外線量変化の影響を低減することができ、ガス漏洩検知における検知品質の向上に寄与することができる。

## 図面の簡単な説明

- [0011] [図1]実施の形態に係る反射成分抑制画像生成システムの概略構成図である。
- [図2]監視対象300とガス可視化撮像装置10との関係を示す概略図である。
- [図3]反射成分抑制画像生成装置20の構成を示す図である。
- [図4] (a) は、制御部21の機能ブロック図、(b) は、機械学習モデルの論理構成の概要を示す模式図である。
- [図5]ガス分布画像におけるフレアスタックに基づく反射光の画像成分の特徴を説明するための模式図である。
- [図6]機械学習用データ生成装置30の機能ブロック図である。
- [図7]機械学習用データ生成装置30の制御部における機能ブロック図である。
- [図8] (a) (b) は、それぞれ、構造物3次元データ、光学反射3次元画像データのデータ構造を示す模式図である。
- [図9]2次元単視点光学反射画像変換処理における光学反射画像算出方法の概要を説明するための模式図である。
- [図10]機械学習用データ生成装置30における、教師用画像として2次元光学反射画像生成処理の概要を示すフローチャートである。
- [図11]2次元単視点反射成分画像変換処理の概要を示すフローチャートである。
- [図12]学習フェーズにおける反射成分抑制画像生成装置20の動作を示すフ

ローチャートである。

[図13]運用フェーズにおける反射成分抑制画像生成装置20の動作を示すフローチャートである。

[図14]教師用画像の撮像工程の概要を示す工程図である。

[図15]実施の形態2にかかる機械学習用データ生成装置30Aの制御部における機能ブロック図である。

[図16]機械学習用データ生成装置30Aにおける、反射成分強調処理の概要を示すフローチャートである。

[図17]ガス設備におけるフレアスタックに基づく反射光の態様を示す模式図である。

## 発明を実施するための形態

[0012] 《実施の形態1》

＜反射成分抑制画像生成システム1の構成＞

本開示の実施の形態は、ガス設備において、フレアスタック等の高輝度な光が撮像対象に照射された背景画像部分を含む検査画像における、反射光の画像成分を抑制する、反射成分抑制画像生成システム1として実現される。以下、実施の形態に係る反射成分抑制画像生成システム1について、図面を用いて詳細に説明する。

[0013] 図1は、実施の形態に係る反射成分抑制画像生成システム1の概略構成図である。図1に示すように、反射成分抑制画像生成システム1は、通信ネットワークNに接続された複数のガス可視化撮像装置10、反射成分抑制画像生成装置20、機械学習用データ生成装置30、及び記憶手段40で構成される。

[0014] 通信ネットワークNは、例えば、インターネットであり、ガス可視化撮像装置10、反射成分抑制画像生成装置20、複数の機械学習用データ生成装置30、及び記憶手段40が、互いに情報を交換できるように接続されている。

[0015] (ガス可視化撮像装置10、他)

ガス可視化撮像装置10は、赤外線を用いて監視対象を撮像し、ガスが可視化された赤外線画像を反射成分抑制画像生成装置20に画像を提供する装置またはシステムである。例えば、赤外線を検知して撮像する赤外線カメラからなる撮像手段（不図示）、通信ネットワークNに出力するインターフェイス回路（不図示）を備える。

[0016] 赤外線カメラによる画像は、一般に炭化水素系ガスの検出に用いられる。例えば、 $3\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ の少なくとも一部の赤外光波長に感度波長帯を持つ画像センサ、より好ましくは、例えば、波長 $3.2\sim 3.4\mu\text{m}$ の赤外光を検知して画像化する、いわゆる赤外線カメラであり、メタン、エタン、エチレン、プロピレンなど炭化水素系ガスを検知可能である。

[0017] ガス可視化撮像装置10は、図2の模式図に示すように、赤外線カメラの視野範囲310に監視対象300が含まれるように設置される。得られた検査画像は、例えば、秒間30フレームの画像を伝送するための映像信号である。ガス可視化撮像装置10は、撮像した画像を所定の映像信号に変換する。本実施の形態では、赤外線カメラから取得された赤外線画像信号は、映像信号を画像に復元されて、複数のフレームからなる動画像として処理される。画像は監視対象を撮像した赤外線写真であり、画素値として赤外線の強度を有する。

[0018] なお、ガス分布画像のサイズや動画としてのフレーム数が過大であると機械学習および機械学習に基づく判定の演算量が大きくなる。実施の形態1では、ガス分布画像の画素数は $224\times 224$ ピクセルであり、フレーム数は16である。

[0019] ガス可視化撮像装置では、絶対温度0（K）以上の背景物体から放射される電磁波量の変化をとらえることでガスの存在を検知する。電磁波量の変化は、主に赤外線領域の電磁波がガスによって吸収されたり、ガス自身から黒体放射が発生することで生じる。ガス可視化撮像装置10では、監視対象空間を撮影することで、ガス漏洩を画像としてとらえることができるため、格子点状の場所の監視しかできない従来の検知プローブ式と比較して、より早

期にガス漏洩を検知し、ガスの存在箇所を正確にとらえることができる。

[0020] 可視化された検査画像は、メモリ等に一時的に記憶され、操作入力に基づき、通信ネットワークNを介して記憶手段40に転送されて保存される。

[0021] なお、ガス可視化撮像装置10はこれに限らず、監視対象のガスを検知可能な撮像装置であればよく、例えば、監視対象が白煙化した水蒸気など可視光で検知可能なガスであれば、一般的な可視光カメラであってもよい。なお、本明細書において、ガスとは、配管やタンク等の閉鎖空間から漏出した気体であって、意図的に大気中に拡散させたものではないものを指す。

[0022] 図1に戻り、記憶手段40は、ガス可視化撮像装置10から送信される検査画像を記憶する記憶装置であり、例えばDRAM(Dynamic Random Access Memory)などの揮発性メモリ、及び、例えばハードディスクなどの不揮発性メモリを含んで構成される。

[0023] (反射成分抑制画像生成装置20)

反射成分抑制画像生成装置20は、ガス可視化撮像装置10から監視対象を撮像した検査画像を取得し、フレアスタック等の高輝度な光が撮像対象に照射された背景画像部分における反射光の画像成分を低減し、表示部24を通じてユーザに反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を提供する装置である。反射成分抑制画像生成装置20は、例えば、一般的なCPU(Central Processing Unit)とRAM(Random Access Memory)と、これらで実行されるプログラムを備えるコンピュータとして実現される。なお、後述するように、反射成分抑制画像生成装置20は、演算装置としてのGPU(Graphics Processing Unit)とRAMをさらに備えてもよい。

[0024] 以下、反射成分抑制画像生成装置20の構成について説明する。図3は、反射成分抑制画像生成装置20の構成を示す図である。図3に示すように、反射成分抑制画像生成装置20は、制御部(CPU)21、通信部22、記憶部23、表示部24、操作入力部25を備え、制御部21によりガス漏洩検知プログラムを実行するコンピュータとして実現される。

[0025] 通信部22は、反射成分抑制画像生成装置20、記憶手段40と情報の送

受信を行う。

- [0026] 表示部24は、例えば液晶パネル等であり、CPU21の生成した表示画面を表示する。
- [0027] 記憶部23は、反射成分抑制画像生成装置20が動作するために必要なプログラム231などを記憶している他、CPU21の計算結果を一時的に格納する一時記憶領域としての機能を有する。記憶部23は、例えばDRAMなどの揮発性メモリ、及び、例えばハードディスクなどの不揮発性メモリを含んで構成される。
- [0028] 制御部21は、記憶部23にガス漏洩検知プログラム231を実行することにより、反射成分抑制画像生成装置20の各機能を実現する。
- [0029] 図4(a)は、制御部21の機能ブロック図である。
- [0030] 反射成分抑制画像生成装置20は、図4(a)に示すように、検査画像入力部211、訓練画像入力部212、正解画像入力部213、機械学習部2141、学習モデル保持部2142、判定結果出力部215を備える。機械学習部2141と学習モデル保持部2142とは、反射成分抑制部214を構成する。また、検査画像入力部211、訓練画像入力部212、正解画像入力部213、反射成分抑制部214、及び判定結果出力部215は、反射成分抑制画像生成部210を構成する。
- [0031] 検査画像入力部211は、ガス可視化撮像装置10から検査画像を取得する回路である。例えば、画像キャプチャーボード等、画像データをコンピュータ等の処理装置に取り込む装置を用いることができる。検査画像は、赤外線カメラによって撮像された赤外線画像であり、検査対象のガス漏れ部分を可視化したガス分布を示す画像である。検査画像は、複数フレームの時系列データを含む動画像としてもよい。ガス可視化撮像装置10によってフレアスタック等によって生じる高輝度な光が撮像された場合には、検査画像に、ガス設備等の撮像対象に照射された光によって生じた背景画像部分が含まれる可能性がある。後段処理上の必要に応じて、ゲイン調整やオフセット調整、画像の反転処理等を実施してもよい。

- [0032] 訓練画像入力部 212 は、ガス可視化撮像装置 10 が生成する検査画像と同一のフォーマットからなる画像であって、フレアスタック等によって生じる高輝度な光がガス設備等の対象に照射された画像部分における高輝度反射光の画像成分を含む反射成分含有画像（以後、「第 1 の画像」とする場合がある）の入力を受け付ける回路である。第 1 の画像は、複数フレームの時系列データを含む動画像としてもよい。第 1 の画像は、機械学習用の訓練画像として、機械学習部 2141 に出力される。
- [0033] なお、訓練画像入力部 212 は、取得した画像が、検査画像入力部 211 が生成するガス分布画像と同一のフォーマットでない場合には、同一のフォーマットとなるように切り出しや拡大縮小等の加工を行ってもよい。また、例えば、取得した画像が 3 次元ボクセルデータである場合、1 点からの視点の 2 次元画像に変換を行ってもよい。
- [0034] 正解画像入力部 213 は、ガス可視化撮像装置 10 が生成する検査画像と同一のフォーマットからなる画像であって、フレアスタック等によって生じる高輝度な光がガス設備等の対象に照射された画像部分における高輝度反射光の画像成分を含まない反射成分非含有画像（以後、「第 2 の画像」とする場合がある）の入力を受け付ける回路である。第 2 の画像も、複数フレームの時系列データを含む動画像としてもよい。
- [0035] 第 2 の画像は、ペアとなって組を構成する第 1 の画像と同一対象について、反射光の画像成分以外の要素については、同一の条件によって撮像又は生成がなされた画像である。第 2 の画像は、機械学習用の正解画像として、機械学習部 2141 に出力される。
- [0036] 機械学習部 2141 は、訓練画像入力部 212 が受け付けた第 1 の画像と、正解画像入力部 213 が受け付けた第 2 の画像との組み合わせに基づいて機械学習を実行し、機械学習モデルを生成する回路である。機械学習としては、例えば、畳み込みニューラルネットワーク (CNN : Convolutional Neural Network) を用いることができ、PyTorch などの公知のソフトウェアを用いることができる。

[0037] 図4 (b) は、制御部21における、機械学習部2141の機能ブロック図である。機械学習モデルは、入力層51、中間層52-1、中間層52-2、…、中間層52-n、出力層53を備え、学習によって層間フィルタが最適化される。例えば、処理対象画像の画素数が $224 \times 224$ ピクセルでありフレーム数が16である場合、入力層51は、処理対象画像の画素値を入力した $224 \times 224 \times 16$ の3次元テンソルを受け付ける。中間層52-1は例えば畳み込み層であり、入力層51のデータから畳み込み演算によって生成される $224 \times 224 \times 16$ の3次元テンソルを受け付ける。中間層52-2は例えばプーリング層であり、中間層52-1のデータをリサイズした3次元テンソルを受け付ける。中間層52-nは例えば全結合層であり、中間層52-(n-1)のデータを、座標値を示す2次元ベクトルに変換する。なお、中間層の構成は一例であり、また、中間層の数nは3~5程度であるが、これに限られない。また、図4 (b) では各層のニューロン数は同一として描画しているが、各層は任意の数のニューロンを有してよい。機械学習部2141は、処理対象画像としての動画像を入力とし、ガス漏洩位置を正解とする学習を行って機械学習モデルを生成し、学習モデル保持部2142に出力する。

[0038] 本実施の形態に係る反射成分抑制部214では、機械学習部2141は入力層51、中間層52、出力層53からなる機械学習モデルと、モデル学習処理プログラムからなっている。それぞれの中間層52-1、52-2・・・52-nは畳み込み層、MaxPooling層等の複数の処理層からなっており、入力層51には、正解画像として同一シーンの反射成分非含有画像と、これに反射成分を加えた反射成分含有画像が、それぞれ訓練画像入力部212、正解画像入力部213を介して入力される。

[0039] 出力層53は、学習ステップごとに学習途中の結果が出力される部分である。モデル学習処理プログラムによって、出力結果と正解画像を比較しながら、中間層52-1、52-2・・・52-nのパラメータ（各ノードの重み、ゲイン等）を修正していく手順を通して機械学習モデルの形成が行われ

る。

[0040] 高輝度反射成分非含有画像である正解画像と、これに高輝度反射成分を加えた高輝度反射成分含有画像の組である学習データが多数、機械学習部 2141 に入力されることで、機械学習モデルの学習精度を高めることができる。

[0041] なお、機械学習部 2141 は、反射成分抑制画像生成装置 20 が演算装置としての GPU と RAM を備える場合には、GPU とソフトウェアとによって実現されてもよい。

[0042] 一般に、機械学習では、画像認識等で用いられる畳み込みフィルタ処理等のパラメータを、学習過程を通じて自動調整することにより、人間の形状認識や時間変化に対する認識に近い処理を実行できる処理系を構築する。本実施の形態にかかる反射成分抑制部 214 の機械学習モデルでは入力される画像に現れる同期した高輝度信号の変化部分をとらえることで反射成分の発生個所を推定し、反射成分抑制画像を生成することができる。

[0043] 具体的には、図 5 に示すように、この高輝度反射光画像成分の以下の特徴に基づき、高輝度反射成分を抑制した画像を生成する学習モデルを推定する。

[0044] 図 5 は、ガス分布画像におけるフレアスタックに基づく高輝度反射光の画像成分の特徴を説明するための模式図である。フレアスタックに基づく高輝度反射光の画像成分は、フレアスタックに基づく光が構造物に反射してガス可視化撮像装置 10 によって撮像されたものである。この高輝度反射光画像成分は以下の特徴を有する。具体的には、(1) ガス分布画像における高輝度反射光画像成分の位置が固定されている。(2) ガス分布画像内の複数の高輝度反射光画像成分の間で時間変化が同期している。(3) ガス分布画像内の複数の高輝度反射光画像成分の間で輝度の大小関係が変化しない。(4) 高輝度反射光画像成分で輝度変動があっても、外周の形状が変化せず、高輝度反射光画像成分内の輝度分布が相対的に変化しない。(5) 高輝度反射光画像成分の間の時間変化の周期が所定の範囲内にある、等の特徴がある。

- 。
- [0045] そのため、機械学習モデルは、ガス分布画像における光が対象に照射された画像部分における高輝度反射光の画像成分が有する、例えば、輝度の絶対値、外周形状、輝度分布、面積、位置、位置の時間変化、面積の時間変化、輝度の時間変化、時間変化の周期、時間変化の同期性等、又は、これらの組み合わせといった特徴量を抽出して、機械学習の推測モデルを構築し、高輝度反射光の画像成分の発生及びその大きさを予測するように形成される。
- [0046] 学習モデル保持部 2142 は、機械学習部 2141 によって生成された機械学習モデルを保持し、当該機械学習モデルを用いて、検査画像入力部 211 が取得した、フレアスタック等によって生じる高輝度な光が対象に照射された画像部分を含むガス分布画像における、高輝度反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を生成して出力する回路である。
- [0047] 学習モデル保持部 2142 は、反射成分非含有画像に対する反射成分非含有画像における高輝度反射成分を出力するので、反射成分抑制部 214 は、検査画像入力部 211 から取得した当初の検査画像と高輝度反射成分との対応関係に基づいて、機械学習部 2141 によって生成された機械学習モデルに基づいて、入力された当初の検査画像に対し、検査画像における高輝度反射成分を低減した高輝度反射成分低減画像を形成し、形成された高輝度反射成分低減画像と正解画像との誤差を算出する。そして、誤差を低減するように、ニューラルネットワークにおける中間層 52-1、52-2・・・52-n のパラメータ（各ノードの重み、ゲイン等）の更新量を算出し、高輝度反射成分低減画像の形成と正解画像との誤差の算出を繰り返すことで、高輝度反射成分を抑制した反射成分抑制画像を生成する。パラメータの更新量を算出は、例えば、例えば、勾配法、最近傍法、誤差逆伝搬法等の公知のアルゴリズムを用いて行うことができる。これより、入力されたガス可視化画像からなる検査画像に基づいて反射成分を低減した画像を生成して出力する。
- [0048] これより、学習モデル保持部 2142 は、機械学習部 2141 によって生成された機械学習モデルに基づいて、入力されたガス可視化画像からなる検

査画像に基づいて検査画像の高輝度反射成分を低減した画像を生成して出力する。

[0049] 判定結果出力部 215 は、学習モデル保持部 2142 が出力した第 2 の画像を表示部 24 に表示するための表示画像を生成する回路である。

[0050] (機械学習用データ生成装置 30)

以下、機械学習用データ生成装置 30 の構成について説明する。図 6 は、機械学習用データ生成装置 30 の構成を示す図である。図 6 に示すように、機械学習用データ生成装置 30 は、制御部 (CPU) 31、通信部 32、記憶部 33、表示部 34、操作入力部 35 を備え、制御部 31 により機械学習用データ生成プログラムを実行するコンピュータとして実現される。

[0051] 制御部 31 は、記憶部 33 に機械学習用データ生成プログラム 331 を実行することにより、機械学習用データ生成装置 30 の機能を実現する。

[0052] 図 7 は、機械学習用データ生成装置 30 の制御部における機能ブロック図である。図 7 (a) における、各機能ブロックにおいて入力される処理に必要な、条件パラメータは下表のとおりである。

[0053] [表1]

条件パラメタ	パラメタの例
構造条件 (CP1)	構造物位置、構造物表面光学特性 (反射率、放射率)
温度条件 (CP2)	構造物温度、構造物周辺温度
照明条件 (CP3)	背景照明 (強度の時間変化) 高輝度照明 (オン/オフ、数、位置、強度の時間変化)
撮像条件 (CP4)	撮像装置画角、視点、視線方向、距離、解像度

[0054] 図 7 (a) に示すように、機械学習用データ生成装置 30 は、3次元構造物モデリング部 311、各部温度設定部 312、3次元光学照明解析シミュ

レーション実行部 313、2次元単視点反射成分画像変換処理部 314 を備える。

[0055] 3次元構造物モデリング部 311は、操作者からの操作入力部 35への条件パラメータ CP1の操作入力に基づき、3次元構造物モデル設計を行い、3次元空間に構造物をレイアウトする3次元構造物モデリングを行い、構造物3次元データ DTstrを後段に出力する。条件パラメータ CP1としては、例えば、構造物位置、反射率や放射率といった構造物表面光学特性等の構造条件に関するパラメータが挙げられる。構造物3次元データ DTstrとは、例えば配管やその他のプラント施設の3次元的な形状を表す形状データである。3次元構造物モデリングには、市販の3次元CAD(Computer-Aided Design)ソフトウェアを用いることができる。

[0056] 図8(a)は、構造物3次元データ DTstrのデータ構造を示す模式図である。ここで、本明細書では、各図におけるX方向、Y方向、Z方向を、それぞれ、幅方向、奥行方向、高さ方向とする。

[0057] 図8(a)に示すように、構造物3次元データ DTstrは、3次元空間を表す3次元ボクセルデータであり、X方向、Y方向、Z方向の座標に配された構造物識別情報 Stdから構成される。構造物識別情報 Stdは、3次元の形状データとして表現されているため、例えば、「構造物あり」、「構造物なし」といった、0、1による2値画像として記録されてもよい。あるいは、構造物3次元データ DTstrは、構造物表面の分類を示した値を画素ごとに付与し、0、1、2、3・・・といった多値画像として記録してもよい。この場合、構造物3次元データ DTstrは、構造物の表面分類 Std (Std=0, 1, 2, 3・・・)からなる識別データである。ここで表面分類 Stdは、例えば構造物表面の光学的特性に基づいて分類された分類番号である。例えば、塗装なし配管を1、塗装ありを2、コンクリートを3といった設定にしてもよい。これより、構造条件に示したように構造物の位置、構造物表面の光学特性条件が設定される。

[0058] 各部温度設定部 312は、構造物3次元データ DTstrを入力として取

得し、さらに、操作者からの操作入力部35への条件パラメータCP2の操作入力に基づき、構造物3次元データDTstrに対し、構造物表面の各部に温度条件を割り付け、3次元空間にレイアウトされた構造物の表面における構造物放射3次元データDTemtを後段に出力する。条件パラメータCP2としては、例えば、構造物温度、構造物周辺温度等の温度条件に関するパラメータが挙げられる。構造物自体の温度や、構造物周辺の温度が設定され、例えば、季節による赤外線量変化も学習に反映させることができる。

[0059] 3次元光学照明解析シミュレーション実行部313は、構造物放射3次元データDTemtを入力として取得し、さらに、操作者からの条件パラメータCP3の操作入力部35への操作入力に基づき、光学照明解析シミュレーションに必要な条件パラメータCP3を取得する。条件パラメータCP3は、例えば、表1に示すような、フレアスタック等の高輝度照明光源のオン／オフ、数量、位置、発光強度、その時間変化、および、日照条件等の背景照明の強度の時間変化といった、主に照明条件にかかわる光学照明解析シミュレーションに必要な設定条件を定めるパラメータである。背景照明は天候による照度変化を再現するための照明であり、その強度は高輝度照明より十分に低く、緩やかに時間変化する。高輝度照明は、反射成分を発生させる照明である。強度の時間変化の他、位置や数を設定する。これらの条件パラメータを何種類も変化させて画像を生成することで、多数の学習データを生成することが可能となる。

[0060] そして、3次元構造物モデリングが行われた3次元空間において、3次元光学照明解析シミュレーションを行い、3次元光学反射画像データDTrfを生成し後段に出力する。

3次元光学反射画像データDTrfとは、少なくとも3次元の光学反射特性分布を含むデータである。計算は、市販の光学照明解析シミュレーション用ソフトウェアを用いて行い、例えば、ANSYS SPEOSを用いてもよい。

[0061] 図8(b)は、3次元光学反射画像データDTrfのデータ構造を示す模

式図である。図8(b)に示すように、3次元光学反射画像データ $DT_{rf}$ は、3次元空間を表す3次元ボクセルデータであり、X方向、Y方向、Z方向の座標に配されたボクセルの光学反射面法線ベクトルや光学反射輝度データ $L_u$  ( $W/m^2$ ) から構成されてもよい。各ボクセルの光学反射輝度データ $L_u$ は、後述する視点位置 $SP$  ( $X, Y, Z$ ) に基づいて絶対値が変化する態様としてもよい。3次元光学反射画像データ $DT_{rf}$ は、時系列複数の3次元ボクセル時系列データを含む動画像としてもよい。

[0062] 2次元単視点反射成分画像変換処理部314は、3次元光学反射画像データ $DT_{rf}$ を入力して取得し、さらに、操作者からの操作入力部35への条件パラメータ $CP4$ の操作入力に基づき、2次元単視点画像への変換処理に必要な条件パラメータ $CP4$ を取得する。条件パラメータ $CP4$ は、例えば、表1に示すような、撮像装置画角、視線方向、距離、画像解像度といった、ガス可視化撮像装置の撮影条件にかかわるパラメータである。そして、2次元単視点反射成分画像変換処理部314は、3次元光学反射画像データ $DT_{rf}$ を所定の視点位置から観察された2次元光学反射画像データ $DT_{rf2}$ に変換する。これより、3次元構造物モデル設計によって出力された構造物3次元データと、撮像条件をもとに、撮像装置によってとらえられる2次元画像が生成される。この場合も、2次元光学反射画像データ $DT_{rf2}$ は、複数フレームの時系列データを含む動画像としてもよい。

[0063] そして、教師用データである2次元光学反射画像データ $DT_{rf2}$ として、高輝度照明光源のオンの条件での3次元光学照明解析シミュレーションに基づく高輝度反射成分含有画像データ $DT_{rfon}$  (以後、「反射成分含有画像データ $DT_{rfon}$ 」とする場合がある) と、他の条件パラメータを共通条件として、高輝度照明光源のオフの条件での3次元光学照明解析シミュレーションに基づく高輝度反射成分非含有画像データ $DT_{rfoff}$  (以後、「反射成分非含有画像データ $DT_{rfoff}$ 」とする場合がある) とが、ペアで生成される。ペアで生成された2次元光学反射画像データ $DT_{rf2}$ 、すなわち、1組の反射成分含有画像データ $DT_{rfon}$ と反射成分非含有

画像データ  $D T r f o f f$  とが、機械学習用教師データとして反射成分抑制画像生成装置 20 に出力される。

[0064] 2次元光学反射画像データ  $D T r f 2$  は、ガス可視化撮像装置 10 によって取得される検査画像に相当する画像であって、視点からどのように対象が見えるかを表した画像である。さらに、構造物 3次元データ  $D T s t r$  の情報を考慮することにより、構造物に遮られて視点から観察できない対象部分を反映しない 2次元光学反射画像データ  $D T r f 2$  を生成することができる。

[0065] 図 9 は、2次元単視点反射成分画像変換処理における 2次元光学反射画像データ  $D T r f 2$  の算出方法の概要を説明するための模式図である。

[0066] 2次元単視点反射成分画像変換処理部 314 は、3次元光学反射画像データ  $D T r f$  の示す光学反射画像を予め設定された視点位置  $(X, Y, Z)$  から視線方向に観察したときの値を、視線方向の角度  $\theta$  及び  $\sigma$  を変化させて複数生成し、得られた光学反射画像の値を 2次元に配列して 2次元光学反射画像データ  $D T r f 2$  を生成する。

[0067] 具体的には、図 9 に示すように、3次元空間に任意の視点位置  $S P (X, Y, Z)$  を設定し、視点位置  $S P (X, Y, Z)$  から 3次元光学反射画像データ  $D T r f$  の示す 3次元構造物の方向に所定距離離れた位置に仮想画像面  $V F$  を設定する。このとき、仮想画像面  $V F$  は、中心  $O$  が視点位置  $S P (X, Y, Z)$  と 3次元光学反射画像データ  $D T r f$  の中心ボクセルを通る直線と交わるように設定される。また、仮想画像面  $V F$  の画像枠は、ガス可視化撮像装置 10 の画角に応じて設定される。そうすると、視点位置  $S P (X, Y, Z)$  から仮想画像面  $V F$  上の着目画素  $A (x, y)$  に向けた視線方向  $D A$  は、中心画素  $O$  に向けた視線方向  $D O$ 、すなわちガス可視化撮像装置の視線方向  $D O$  に対し、 $X$  方向に角度  $\theta$ 、 $Y$  方向に角度  $\sigma$ 、傾いた方向となっている。

[0068] この着目画素  $A (x, y)$  に対応する視線方向  $D A$  に沿って、視線と最初に交差する 3次元光学反射画像データのボクセルを検出する。視点位置  $S P$

( $X, Y, Z$ ) を始点とする視線と最初に交差するボクセルは視点位置  $SP$  ( $X, Y, Z$ ) から見て可視領域に存在している。そのため、当該ボクセルにおける光学反射輝度データ  $L_u$  のうち、視線方向  $DA$  に発せられる光学反射輝度データ  $L_u$  を着目画素  $A(x, y)$  に関する 2 次元光学反射画像データ  $DTrf2$  の値として算出する。

[0069] 図 9 に示すように、視線と最初に交差する構造物に遮られてガス可視化撮像装置 10 から観察できない不可視領域については、構造物の 3 次元的位置を考慮して、視点位置  $SP(X, Y, Z)$  からみて構造物より後ろ側に存在するボクセルについては、着目画素  $A(x, y)$  について 2 次元光学反射画像データ  $DTrf2$  の算出は行わない。

[0070] そして、角度  $\theta, \sigma$  をガス可視化撮像装置 10 の画角に応じて変化させながら、着目画素  $A(x, y)$  の位置を漸動させて、仮想画像面  $VF$  上のすべての画素を着目画素  $A(x, y)$  として 2 次元光学反射画像データの値の算出を繰り返すことで、2 次元光学反射画像データ  $DTrf2$  が算出される。

[0071] さらに、同一の 3 次元光学反射画像データ  $DTrf$  を用い視点位置  $SP(X, Y, Z)$  を異ならせて、2 次元光学反射画像データ  $DTrf2$  を生成することにより、1 回の流体シミュレーションから複数の 2 次元光学反射画像データ  $DTrf2$  を簡易に生成することができる。

[0072] 図 6 に戻り、記憶部 33 は、機械学習用データ生成装置 30 が動作するために必要なプログラム 331 などを記憶している他、制御部 31 の計算結果を一時的に格納する一時記憶領域としての機能を有する。記憶部 33 は、例えば  $DRAM$  などの揮発性メモリ、及び、例えばハードディスクなどの不揮発性メモリを含んで構成される。

[0073] 通信部 32 は、機械学習用データ生成装置 30、記憶手段 40 と情報の送受信を行う。

[0074] 表示部 34 は、例えば液晶パネル等であり、 $CPU31$  が生成した表示画面を表示する。

[0075] <機械学習用データの生成処理動作>

次に、機械学習用教師データの生成フローの例として、3次元シミュレーションを利用して画像を生成する方法、すなわち、機械学習用データ生成装置30による2次元光学反射画像データD T r f 2の生成動作について説明する。

[0076] 図10は、機械学習用データ生成装置30における、教師用画像として2次元光学反射画像生成処理の概要を示すフローチャートである。

[0077] 先ず、構造条件に関する条件パラメータC P 1の操作入力に基づき、3次元構造物モデリング部311において、3次元構造物モデル設計を行い（ステップS 1 0 1）、構造物3次元データD T s t rを後段に出力する。

[0078] 次に、温度条件に関する条件パラメータC P 2の操作入力に基づき、各部温度設定部312において、構造物、構造物表面の温度の設定を行い（ステップS 1 0 2）、構造物表面の各部に温度条件を割り付け、3次元空間にレイアウトされた構造物の表面における構造物放射3次元データD T e m tを出力する。

[0079] 次に、照明条件に関する条件パラメータC P 3の操作入力に基づき、フレアスタックによる高輝度照明/天候による背景照明を設定し（ステップS 1 0 3）、視点位置、距離を設定する。他の条件パラメータを共通条件として、3次元光学照明解析シミュレーション実行部313において、公知の光学照明解析シミュレーション用ソフトウェアを用いて、構造物表面における3次元反射光、輝度を高輝度照明オン/オフ条件で計算し（ステップS 1 0 4）、高輝度照明オン/オフに対応する一対の3次元光学反射画像データD T r fを生成し後段に出力する。

[0080] 次に、撮像条件に関する条件パラメータC P 4の操作入力に基づき、2次元単視点反射成分画像変換処理部314において、2次元単視点画像変換処理を行い反射成分含有/非含有画像を生成し（ステップS 1 0 5）、高輝度照明オン/オフに対応する一対の反射成分含有画像データD T r f o nと反射成分非含有画像データD T r f o f fとを、機械学習用教師データとして出力する。

- [0081] 次に、2次元単視点反射成分画像変換処理方法について説明する。
- [0082] 図11は、2次元単視点反射成分画像変換処理の概要を示すフローチャートである。当該処理は、制御部31によってその機能が構成される2次元単視点反射成分画像変換処理部314によって実行される。
- [0083] 先ず、2次元単視点反射成分画像変換処理部314は、構造物3次元データDTstrを取得し（ステップS401）、3次元光学反射画像データDTrfを取得（フレア時／高輝度照明オン条件）し、さらに、3次元光学反射画像データDTrfを取得（非フレア時／高輝度照明オフ条件）する（ステップS402）。
- [0084] 次に、操作入力に基づき、条件パラメータCP4として、例えば、撮像装置画角、視線方向、距離、画像解像度に関する情報の入力を受け付ける（ステップS403）。さらに、操作入力に基づき、ガス可視化撮像装置10の撮像部分の位置に相当する視点位置SP(X, Y, Z)を3次元空間内に設定する（ステップS404）。
- [0085] 次に、視点位置SP(X, Y, Z)から3次元構造物の方向に所定距離離れた仮想画像面VFを設定し、上述のとおり、仮想画像面VFの画像枠の位置をガス可視化撮像装置10の画角に応じて算出する（ステップS405）。
- [0086] 次に、着目画素A(x, y)の座標を初期値に設定し（ステップS406）、視点位置SP(X, Y, Z)から仮想画像面VF上の着目画素A(x, y)に向けた視線上の位置LVを初期値に設定する（ステップS407）。
- [0087] 次に、視線と交差する構造物3次元データDTstrのボクセルの構造物識別情報Stdが「構造物なし」(Std=0)を表すものであるか否かを判定する（ステップS408）。
- [0088] ステップ408において、視線と交差する構造物3次元データDTstrが「構造物あり」である場合には、フレアスタック時の3次元光学反射画像データDTrf（高輝度照明オン条件）との交点ボクセルにおける輝度値データ(Lu)を反射成分あり画像として出力し（ステップS409）、さら

に、非フレアスタック時の次元光学反射画像データ  $D T r f$ （高輝度照明オフ条件）との交点ボクセルにおける輝度値データ（ $L u$ ）を反射成分あり画像として出力し（ステップ  $S 4 1 0$ ）、着目画素  $A(x, y)$  の位置を漸動させて（ステップ  $S 4 1 1$ ）、ステップ  $S 4 0 7$  に戻る。

[0089] 一方、「構造物あり」ではない場合には、視線とボクセルが交差する範囲に相当する視線全長について計算を完了したか否かを判定し（ステップ  $S 4 1 2$ ）、完了していない場合には、視線上の位置  $L V$  を単位長さだけインクリメントして（ステップ  $S 4 1 3$ ）、ステップ  $S 4 0 8$  に戻る。一方、完了している場合には、仮想画像面  $V F$  上の全ての画素について計算が完了したか否かを判定し（ステップ  $S 4 1 4$ ）、完了していない場合には、着目画素  $A(x, y)$  の位置を漸動させて（ステップ  $S 4 1 5$ ）、ステップ  $S 4 0 7$  に戻り、完了している場合には処理を終了する。構造物がなかった場合に設定される標準値を着目画素  $A$  における輝度値データとして確定する。ここで、標準値とは、例えば実空間における地面や空に相当する輝度値データである。条件パラメータ  $C P 1$ 、 $C P 2$  で示される条件を適宜設定することで標準値を得ることができる。

[0090] 以上により、仮想画像面  $V F$  上のすべての画素について、フレアスタック時および非フレアスタック時の2次元光学反射画像データ  $D T r f 2$  がそれぞれ生成される。すなわち、仮想画像面  $V F$  に関する1組の反射成分含有画像データ  $D T r f o n$  と反射成分非含有画像データ  $D T r f o f f$  とが生成される。

[0091] 次に、算出すべき全ての視点位置  $S P(X, Y, Z)$  について2次元光学反射画像データ  $D T r f 2$  の生成が完了したか否かを判定し（ステップ  $S 4 1 6$ ）、完了していない場合には、ステップ  $S 4 0 4$  に戻り、操作入力された新たな視点位置  $S P(X, Y, Z)$  について2次元光学反射画像データ  $D T r f 2$  を生成し、完了している場合には処理を終了する。

[0092] 以上のとおり、各種設定条件を様々に変えながら、3次元光学照明解析シミュレーションを行い、その結果から、高輝度照明オフ条件と高輝度照明オ

ン条件でそれぞれ3次元光学反射画像データを取得する。そして、2次元単視点化処理により2次元光学反射画像データに変換することで、同一条件にかかる一对の反射成分非含有画像データと反射成分含有画像データからなる多量の学習データの組を効率的に生成できる。

[0093] ガス設備の検査では、検査画像から複雑に入り組んだ配管等の機器設備の奥に隠れたガス漏洩源の位置を、機械学習を用いて同定することが有効であると考えられる。しかしながら、機械学習には一般的に万単位の正解データが必要であり、実現のためには、ガス設備に関する多量の教師用学習データを効率よく取得することが必要である。

[0094] これに対し、機械学習用データ生成装置30を用いることにより、多量の学習データの組を効率的に生成でき学習精度向上に寄与することができる。

[0095] <機械学習用データの生成処理動作>

以下、図面を用いて、本実施の形態における反射成分抑制画像生成装置20の動作について説明する。

[0096] <学習フェーズ>

図12は、学習フェーズにおける反射成分抑制画像生成装置20の動作を示すフローチャートである。

[0097] まず、機械学習用データ生成装置30により、高輝度照明オン／オフに対応する一对の反射成分含有画像データDT r f o nと等価条件における反射成分非含有画像データDT r f o f fとの組み合わせを作成する（ステップS10）。1組の教師用画像は、それぞれ複数フレームの時系列データからなる。

[0098] 高輝度照明オン／オフに対応する一对の反射成分含有画像データDT r f o nと同一条件の反射成分非含有画像データDT r f o f fとしては、3次元光学反射画像データを、所定の視点位置から観察された2次元光学反射画像データを用いることができる。3次元光学反射画像データは、3次元光学照明解析シミュレーションに基づくものであっても良い。例えば市販の3次元CAD(Computer-Aided Design)ソフトウェアを用いて、ガス設備の3次元

構造物モデリングを行い、構造物モデルを考慮して市販の3次元光学照明解析シミュレーション用ソフトウェアを用いて3次元光学照明解析シミュレーションを行い、シミュレーション結果として得られた3次元光学反射画像データから所定の視点位置から観察した2次元画像に変換して生成してもよい。

[0099] 次に、高輝度照明オン／オフに対応する一対の反射成分含有画像データ  $D T r f o n$  と等価条件における反射成分非含有画像データ  $D T r f o f f$  との組み合わせを、反射成分非含有画像を正解画像として、機械学習部 2141 に入力する（ステップ S11）。反射成分含有画像データ  $D T r f o n$  は訓練画像入力部 212 に入力され、対応する反射成分非含有画像データ  $D T r f o f f$  は正解画像入力部 213 に入力される。このとき、必要に応じてゲイン調整等の処理がなされた画像データを入力してもよい。

[0100] 次に、畳み込みニューラルネットワークにデータを入力して機械学習を実行する（ステップ S12）。これにより、深層学習によってパラメータが試行錯誤によって最適化され、機械学習済みモデルが形成される。形成された機械学習済みモデルは、学習モデル保持部 2142 に保持される。

[0101] 以上の動作により、高輝度反射光を含む画像に対してその特徴に基づき、高輝度反射成分を抑制した画像を出力する機械学習済みモデルが形成される。

[0102] <反射成分抑制画像生成の動作>

図13は、運用フェーズにおける反射成分抑制画像生成装置 20 の動作を示すフローチャートである。

[0103] まず、ガス可視化撮像装置 10 において取得した検査画像を、検査画像入力部 211 から学習済みモデル保持部 2142 に入力する（ステップ S30）。検査画像は、教師用画像と同じフォーマットの画像データであって、複数フレームの時系列データをからなる。検査画像は、ガス可視化撮像装置 10 の赤外線カメラによって撮像された赤外線画像であり、検査対象のガス漏れ部分を可視化したガス分布を示す動画像である。検査画像に対して、オフセット成分の減算やゲイン調整が実施されてもよい。フレアスタック等によっ

て生じる高輝度な光が撮像された場合には、検査画像に、光がガス設備等の撮像対象に照射された背景画像部分が高輝度反射成分として含まれている。ガスを検知した画素をすべて含むように撮像画像の各フレームからその一部を切り出し、ガス分布画像のフレームとして検査画像を生成してもよい。

[0104] 次に、学習済みモデルを用いて反射成分抑制画像を生成する（ステップS 3 1）。ステップS 1 2によって形成された機械学習済みモデルを用いることにより、検査画像を入力として、検査画像に含まれる高輝度反射成分が低減された反射成分抑制画像が生成される。

[0105] 次に、高輝度反射成分抑制画像を表示部に表示する（ステップS 3 2）。当該処理により、反射成分抑制画像が生成される。

[0106] <小 括>

以上の構成に係る本実の形態に係る反射成分抑制画像生成装置20にフレアスタック等の高輝度光源照明が存在する環境下でのガス可視化画像を入力したところ、反射成分が良好に除去されたガス可視化画像が得られた。

[0107] この赤外線動画からのガスの可視化において、輝度変化の影響を軽減する技術として、例えば、特許文献3には、少なくとも2種類の異なる露光時間の撮影画像を入力しフリッカ成分を除去する技術が開示されている。これは、蛍光灯のような照明光源で発生するフリッカを除去する技術であるが、除去対象のフリッカは周期的であり、フレアスタックのようなランダムな輝度変化を除去すること難しかった。

[0108] これに対し、本実の形態に係る反射成分抑制画像生成装置20によれば、高輝度光源照明された画像と、照明されていない画像を学習セットとして用い、機械学習させて得られた学習モデルを用いてガス漏洩画像から、高輝度光源照明による反射成分を除去した画像を生成するようにしたので、高輝度光源による赤外線量変化の影響を排除することができ、ガス漏洩の検知率を向上できる。

[0109] 以上のとおり、本実施の形態にかかる反射成分抑制画像生成装置によれば、ガス可視化撮像装置の出力画像から、ガス設備における高輝度光源による

赤外線量変化の影響を低減することができ、ガス漏洩検知における検知品質の向上に寄与することができる。

[0110] <変形例 1 >

以上、実施の形態 1 に係る反射成分抑制画像生成装置 20 を説明したが、本開示は、その本質的な特徴的構成要素を除き、以上の実施の形態に何ら限定を受けるものではない。以下では、そのような形態の一例として、上記した実施の形態の変形例を説明する。

[0111] 変形例 1 では、撮像によって 2 次元光学反射画像データ  $D T r f 2$  を取得する例について説明する。ガス可視化撮像装置を用いて実際に撮影実験データを取得する例を示している。

[0112] 図 14 は、教師用画像の撮像工程の概要を示す工程図である。

[0113] 先ず、スタジオ等に構造物を配置する（ステップ S 10 A）。この場合、構造物配置設定では、表 1 の構造条件に示したように、撮影被写体となる構造物の位置、構造物表面の光学特性条件が設定される。構造物としてはプラント設備を模した模擬プラント設備や、模型構造物などの高輝度照明光源による照明下での撮影実験が可能な構造物が用いられる。構造物表面の光学特性を実際のプラント設備に等しくするため、塗装等の表面加工が施される。

[0114] 次に、構造物の温度、構造物表面の温度を加熱装置を用いて設定する（ステップ S 11 A）。ここでは、表 1 の温度条件に示したように、季節による赤外線量変化も学習に反映させるため表 1 の温度条件に示したように構造物自体の温度や、構造物周辺の温度が設定される。

[0115] 次に高輝度照明光源を用いて、フレアスタックによる高輝度照明を設定し、自然光や通常照明を用いて天候による背景照明を設定する（ステップ S 12 A）。ここでは、表 1 の照明条件に示したように、高輝度照明は、本件で除去対象としている反射成分を発生させる照明である。強度の時間変化の他、位置や数を設定する。背景照明は天候による照度変化を再現するための照明であり、その強度は高輝度照明より十分に低く、緩やかに時間変化するものとする。

[0116] そして、ガス可視化撮像装置の赤外線カメラにおいて、撮像位置、距離、画角、解像度等、撮像条件を設定し（ステップS 1 3 A）、ガス可視化撮像装置により動画を、輝度を高輝度照明あり／なし条件において撮影する（ステップS 1 4 A）。ここでは、表 1 の撮像条件に示したように、撮像装置の画角や視点などの撮像条件を設定する。

[0117] 上述した各種設定を様々に変えながら、高輝度照明オフの状態では撮像することで、反射成分非含有画像を取得し、次に高輝度照明オンの状態では撮像することで反射成分含有画像を取得し、多様な学習データを取得することができる。

[0118] 反射成分除去画像生成装置にフレアスタック等の高輝度光源照明が存在する環境下でのガス可視化画像を入力したところ、反射成分が良好に除去されたガス可視化画像が得られた。

[0119] ≪実施の形態 2 ≫

以下、実施の形態 2 に係る機械学習用データ生成装置 3 0 A について、説明する。図 1 5 は、機械学習用データ生成装置 3 0 A の制御部における機能ブロック図である。図 1 5 における、各機能ブロックにおいて入力される処理に必要な、条件パラメータは上記表のとおりである。機械学習用データ生成装置 3 0 と同一の構成要素については、同一の番号を付して説明を省略する。

[0120] <構成>

機械学習用データ生成装置 3 0 A は、2次元単視点反射成分画像変換処理部 3 1 4 の後段に、新たに反射成分強調処理部 3 1 5 A を備えた点で、機械学習用データ生成装置 3 0 と相違する。反射成分強調処理とは、フレアスタック等によって生じる高輝度な光が対象に照射された画像成分の挙動を強調できるように、時系列画像に対し所定の周波数に対する強調処理である。

[0121] 反射成分強調処理部 3 1 5 A は、高輝度反射成分含有画像データ D T r f o n から特定の周波数成分を抽出して、フレアスタック等に起因する高輝度反射画像成分に対し、多様な強調処理を施すことで、多様な反射成分強調画

像データ  $D T r e m$  を生成する。

[0122] <反射成分強調処理の動作>

次に、図面を用いて、機械学習用データ生成装置 30A における反射成分強調処理動作を説明する。

[0123] 図 16 は、反射成分強調処理の概要を示すフローチャートである。先ず、反射成分強調処理部 315A は、高輝度反射成分含有画像データ  $D T r f o n$  の時系列データを取得（フレア時／高輝度照明オン条件）する（ステップ S201）。

[0124] この時系列画素データに対して、各画素の輝度の時系列信号を時間周波数成分に分解する（ステップ S202）。ここで時間周波数分解には、フーリエ変換やウェーブレット変換等の手法を用いる。

[0125] 次に、特定周波数成分データを抽出し、周波数成分ごとに多様なゲイン調整を与え多様な周波数の強調データを生成する（ステップ S203）。

[0126] 次に、各画素の輝度の時系列信号に復元して復元画像を生成する（ステップ S204）。時系列信号への復元には時間周波数分解の時に使用した手法に対応した逆フーリエ変換や逆ウェーブレット変換等の手法を用いる。

[0127] 最後に、反射成分強調画像データ  $D T r e m$  として出力し（ステップ S205）、処理を終了する。

[0128] <小 括>

以上により、機械学習用データ生成装置 30A により、フレアスタック等に起因する高輝度反射画像成分に対し、周波数成分ごとのゲイン調整に変化を与えて多様な強調処理を施すことで、多様な反射成分強調画像データ  $D T r e m$  を生成することができる。生成された反射成分強調画像データ  $D T r e m$  と反射成分非含有画像データ  $D T r f o f f$  とをセットとして、反射成分抑制画像生成装置 20 に用いる機械学習用教師データとして用いることができ、多量の学習データの組を効率的に生成でき、学習精度向上に寄与することができる。

[0129] <<その他の変形例>>

以上、実施の形態に係るガス漏洩検知装置を説明したが、本開示は、その本質的な特徴的構成要素を除き、以上の実施の形態に何ら限定を受けるものではない。例えば、実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本開示に含まれる。以下では、そのような形態の一例として、上記した実施の形態の変形例を説明する。

[0130] (1) 上記した実施の形態では、検査画像の一例として、ガス設備としてガスプラントを例示して説明を行った。しかしながら、本開示はこれに限定されるものではなく、ガスを利用する機器、装置、実験室、研究室、工場、事業所における表示画像の生成に適用してもよい。

[0131] (2) 本開示を上記実施の形態に基づいて説明してきたが、本開示は、上記の実施の形態に限定されず、以下のような場合も本発明に含まれる。

[0132] 例えば、本発明は、マイクロプロセッサとメモリを備えたコンピュータシステムであって、上記メモリは、上記コンピュータプログラムを記憶しており、上記マイクロプロセッサは、上記コンピュータプログラムにしたがって動作するとしてもよい。例えば、本開示の反射成分抑制画像生成システム1又はその構成要素における処理のコンピュータプログラムを有しており、このプログラムに従って動作する（又は接続された各部位に動作を指示する）コンピュータシステムであってもよい。

[0133] また、上記反射成分抑制画像生成システム1又はその構成要素における処理の全部、もしくは一部を、マイクロプロセッサ、ROM、RAM等の記録媒体、ハードディスクユニットなどから構成されるコンピュータシステムで構成した場合も本発明に含まれる。上記RAM又はハードディスクユニットには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、各装置はその機能を達成する。

[0134] また、上記の各装置を構成する構成要素の一部又は全部は、1つのシステ

ムLSI (Large scale Integration (大規模集積回路)) から構成されているとしてもよい。システムLSIは、複数の構成部を1個のチップ上に集積して製造された超多機能LSIであり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAMなどを含んで構成されるコンピュータシステムである。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。上記RAMには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、システムLSIは、その機能を達成する。例えば、反射成分抑制画像生成システム1又はその構成要素における処理がLSIのプログラムとして格納されており、このLSIがコンピュータ内に挿入され、所定のプログラム(ガス検査管理方法)を実施する場合も本発明に含まれる。

[0135] なお、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサ(Reconfigurable Processor)を利用してもよい。

[0136] さらには、半導体技術の進歩または派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。

[0137] また、各実施の形態に係る、反射成分抑制画像生成システム1又はその構成要素の機能の一部又は全てを、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することにより実現してもよい。反射成分抑制画像生成システム1又はその構成要素の動作を実施させるプログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。プログラムや信号を記録媒体に記録して移送することにより、プログラムを独立した他のコンピュータシステムにより実施するとしてもよい。また、上記プログラムは、インターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

[0138] また、上記実施形態に係る反射成分抑制画像生成システム 1 又はその各構成要素は、CPU や GPU (Graphics Processing Unit) やプロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される構成であってもよい。これらの構成要素は一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。また、複数の構成要素を組合せて一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。

[0139] (3) 機能ブロックの分割は一例であり、複数の機能ブロックを一つの機能ブロックとして実現したり、一つの機能ブロックを複数に分割したり、一部の機能を他の機能ブロックに移してもよい。また、類似する機能を有する複数の機能ブロックの機能を、単一のハードウェア又はソフトウェアが並列又は時分割に処理してもよい。

[0140] また、上記のステップが実行される順序は、本発明を具体的に説明するために例示するためのものであり、上記以外の順序であってもよい。また、上記ステップの一部が、他のステップと同時（並列）に実行されてもよい。

[0141] また、各実施の形態、及びその変形例の機能のうち少なくとも一部を組み合わせてもよい。更に上記で用いた数字は、全て本発明を具体的に説明するために例示するものであり、本発明は例示された数字に制限されない。

[0142] <<まとめ>>

以上のとおり、本実施の形態に係る反射成分抑制画像生成装置は、空間中におけるガスの存在領域が可視化されており、かつ、光が対象に照射された画像部分を含むガス分布画像を入力として受け付ける検査画像入力部と、

光が対象に照射された画像部分を含む第 1 の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第 1 の画像と等価な第 2 の画像との組み合わせを教師データとして機械学習された推測モデルを用いて、前記検査画像入力部が受け付けた前記ガス分布画像の前記画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を生成する反射成分抑制画像生成部を備えることを特徴とする。

- [0143] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記推測モデルは、前記第2の画像を正解画像として機械学習された推測モデルである構成としてもよい。
- [0144] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記検査画像入力部に入力される画像、前記第1の画像、および、前記第2の画像は、複数フレームを含む動画画像である構成としてもよい。
- [0145] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記反射光の画像成分は、前記光が対象に照射された画像部分における時間変動成分である構成としてもよい。
- [0146] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記第1の画像は、時間方向の特定周波数成分を増幅して得た画像である構成としてもよい。
- [0147] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記第1の画像は、シミュレーションにより得た画像である構成としてもよい。
- [0148] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記対象に照射される光は、フレアスタックに基づく光源から照射される光である構成としてもよい。
- [0149] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記第1の画像における、光が対象に照射された画像部分はフレアスタックに基づく反射光の画像成分を含み、  
前記第2の画像における、光が対象に照射されていない画像部分はフレアスタックに基づく反射光の画像成分を含まない構成としてもよい。
- [0150] また、本実施の形態に係る反射成分抑制推論モデル生成装置は、画像入力部と、  
光が対象に照射された画像部分を含む第1の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第1の画像と等価な第2の画像との組み合わせを教師データとし、光が対象に照射された画像部分を含む画像を入力として機械学習を実行し、当該画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を出力する推論モデルを

生成する機械学習部とを備える構成としてもよい。

[0151] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記検査画像入力部に入力される画像、前記第1の画像、および、前記第2の画像は、複数フレームを含む動画画像である構成としてもよい。

[0152] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記反射光の画像成分は、前記光が対象に照射された画像部分における高輝度部分の時間変動成分である構成としてもよい。

[0153] また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記第1の画像は、時間方向の特定周波数成分を増幅して得た画像である構成としてもよい。

[0154] また、本実施の形態に係る反射成分抑制画像生成方法は、空間中におけるガスの存在領域が可視化されており、かつ、光が対象に照射された画像部分を含むガス分布画像を入力として受け付け、

光が対象に照射された画像部分を含む第1の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第1の画像と等価な第2の画像との組み合わせを教師データとして機械学習された推測モデルを用いて、前記検査画像入力部が受け付けた前記ガス分布画像の前記画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を生成する構成としてもよい。

[0155] また、本実施の形態に係るプログラムは、コンピュータに反射成分抑制画像生成処理を行わせるプログラムであって、

前記反射成分抑制画像生成処理は、

空間中におけるガスの存在領域が可視化されており、かつ、光が対象に照射された画像部分を含むガス分布画像を入力として受け付け、

光が対象に照射された画像部分を含む第1の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第1の画像と等価な第2の画像との組み合わせを教師データとして機械学習された推測モデルを用いて、前記検査画像入力部が受け付けた前記ガス分布画像の前記画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を生成す

る構成としてもよい。

[0156] 《補足》

以上で説明した実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。実施の形態で示される数値、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、処理方法、処理の順序などは一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていないものについては、より好ましい形態を構成する任意の構成要素として説明される。

[0157] また、上記の方法が実行される順序は、本発明を具体的に説明するために例示するためのものであり、上記以外の順序であってもよい。また、上記方法の一部が、他の方法と同時（並列）に実行されてもよい。

[0158] また、発明の理解の容易のため、上記各実施の形態で挙げた各図の構成要素の縮尺は実際のものとは異なる場合がある。また本発明は上記各実施の形態の記載によって限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

### 産業上の利用可能性

[0159] 本開示の実施の形態に係る機械学習用データ生成装置、機械学習用データ生成方法及び学習用データセットは、ガス設備のガス漏れを検査に用いるシステムに広く適用可能である。

### 符号の説明

- [0160] 1 反射成分抑制画像生成システム
- 10 ガス可視化撮像装置
  - 20 反射成分抑制画像生成装置
    - 21 制御部（CPU）
      - 210 反射成分抑制画像生成部
      - 211 検査画像入力部
      - 212 訓練画像入力部
      - 213 正解画像入力部

- 2 1 4 反射成分抑制部
  - 2 1 4 1 機械学習部
  - 2 1 4 2 学習モデル保持部
- 2 1 5 判定結果出力部
- 2 2 通信部
- 2 3 記憶部
  - 2 3 1 プログラム
- 2 4 表示部
- 2 5 操作入力部
- 3 0 機械学習用データ生成装置
  - 3 1 制御部 (CPU)
    - 3 1 1 3次元構造物モデリング部
    - 3 1 2 各部温度設定部
    - 3 1 3 3次元光学照明解析シミュレーション実行部
    - 3 1 4 2次元単視点反射成分画像変換処理部
    - 3 1 5 反射成分強調処理部
  - 3 2 通信部
  - 3 3 記憶部
    - 3 3 1 プログラム
  - 3 4 表示部
  - 3 5 操作入力部
- 4 0 記憶手段

## 請求の範囲

- [請求項1] 空間中におけるガスの存在領域が可視化されており、かつ、光が対象に照射された画像部分を含むガス分布画像を入力として受け付ける検査画像入力部と、
- 光が対象に照射された画像部分を含む第1の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第1の画像と等価な第2の画像との組み合わせを教師データとして機械学習された推測モデルを用いて、前記検査画像入力部が受け付けた前記ガス分布画像の前記画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を生成する反射成分抑制画像生成部を備える反射成分抑制画像生成装置。
- [請求項2] 前記推測モデルは、前記第2の画像を正解画像として機械学習された推測モデルである
- 請求項1に記載の反射成分抑制画像生成装置。
- [請求項3] 前記検査画像入力部に入力される画像、前記第1の画像、および、前記第2の画像は、複数フレームを含む動画像である
- 請求項1又は2に記載の反射成分抑制画像生成装置。
- [請求項4] 前記反射光の画像成分は、前記光が対象に照射された画像部分における時間変動成分である
- 請求項1～3の何れか1項に記載の反射成分抑制画像生成装置。
- [請求項5] 前記第1の画像は、時間方向の特定周波数成分を増幅して得た画像である
- 請求項1～4の何れか1項に記載の反射成分抑制画像生成装置。
- [請求項6] 前記第1の画像は、シミュレーションにより得た画像である
- 請求項1～5の何れか1項に記載の反射成分抑制画像生成装置。
- [請求項7] 前記対象に照射される光は、フレアスタックに基づく光源から照射される光である
- 請求項1～6の何れか1項に記載の反射成分抑制画像生成装置。

- [請求項8] 前記第1の画像における、光が対象に照射された画像部分はフレアスタックに基づく反射光の画像成分を含み、  
前記第2の画像における、光が対象に照射されていない画像部分はフレアスタックに基づく反射光の画像成分を含まない  
請求項1～7の何れか1項に記載の反射成分抑制画像生成装置。
- [請求項9] 画像入力部と、  
光が対象に照射された画像部分を含む第1の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第1の画像と等価な第2の画像との組み合わせを教師データとし、光が対象に照射された画像部分を含む画像を入力として機械学習を実行し、当該画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を出力する推論モデルを生成する機械学習部とを備える  
反射成分抑制推論モデル生成装置。
- [請求項10] 前記検査画像入力部に入力される画像、前記第1の画像、および、前記第2の画像は、複数フレームを含む動画像である  
請求項9に記載の反射成分抑制推論モデル生成装置。
- [請求項11] 前記反射光の画像成分は、前記光が対象に照射された画像部分における高輝度部分の時間変動成分である  
請求項9又は10に記載の反射成分抑制推論モデル生成装置。
- [請求項12] 前記第1の画像は、時間方向の特定周波数成分を増幅して得た画像である  
請求項9～11の何れか1項に記載の反射成分抑制推論モデル生成装置。
- [請求項13] 空間中におけるガスの存在領域が可視化されており、かつ、光が対象に照射された画像部分を含むガス分布画像を入力として受け付け、  
光が対象に照射された画像部分を含む第1の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第1の画像と等価な第2の画像との組み合わせを教師データとし

て機械学習された推測モデルを用いて、前記検査画像入力部が受け付けた前記ガス分布画像の前記画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を生成する

反射成分抑制画像生成方法。

[請求項14]

コンピュータに反射成分抑制画像生成処理を行わせるプログラムであって、

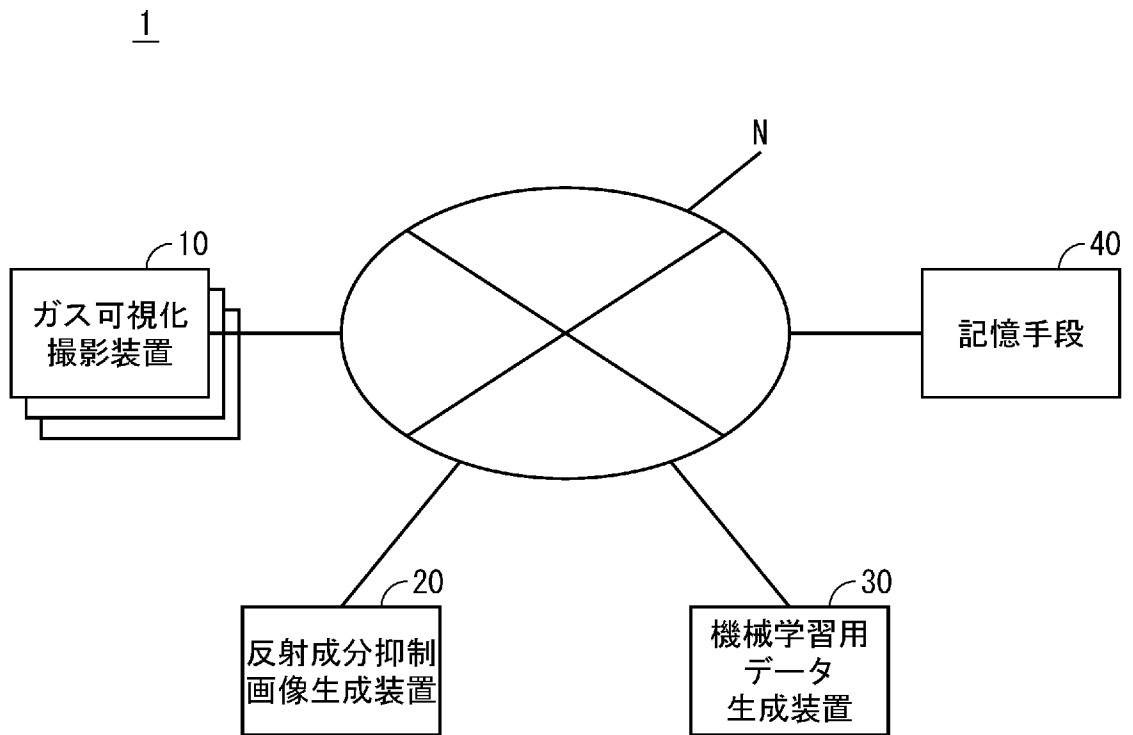
前記反射成分抑制画像生成処理は、

空間中におけるガスの存在領域が可視化されており、かつ、光が対象に照射された画像部分を含むガス分布画像を入力として受け付け、

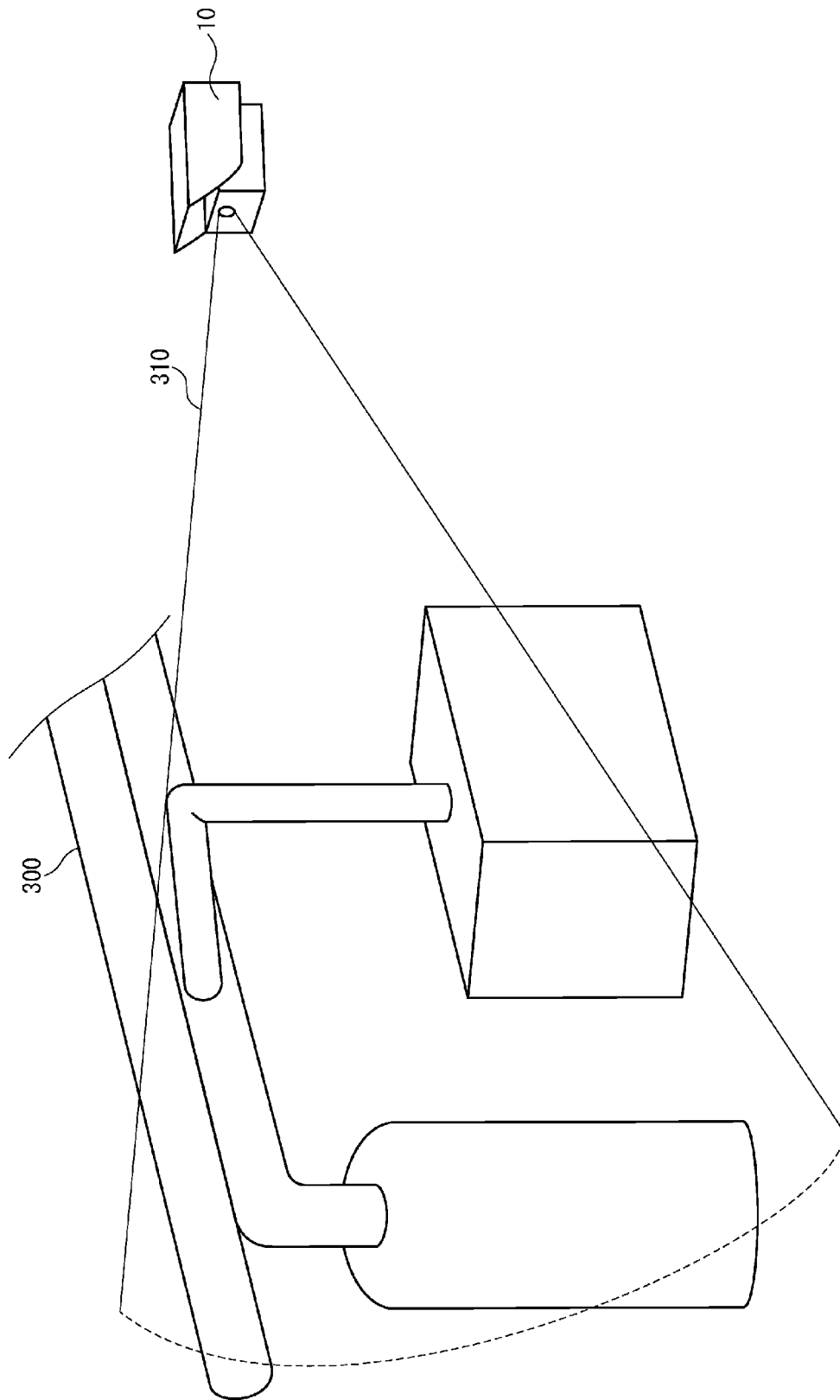
光が対象に照射された画像部分を含む第1の画像と、光が前記対象に照射されていない画像部分を含み、当該画像部分以外の要素について前記第1の画像と等価な第2の画像との組み合わせを教師データとして機械学習された推測モデルを用いて、前記検査画像入力部が受け付けた前記ガス分布画像の前記画像部分における反射光の画像成分を抑制した反射成分抑制画像を生成する

プログラム。

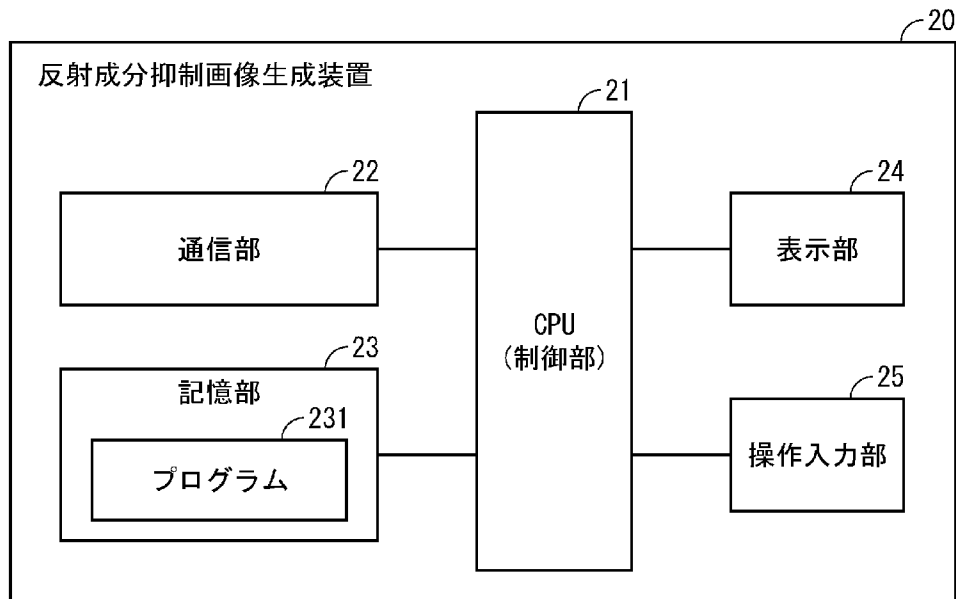
[図1]



[図2]

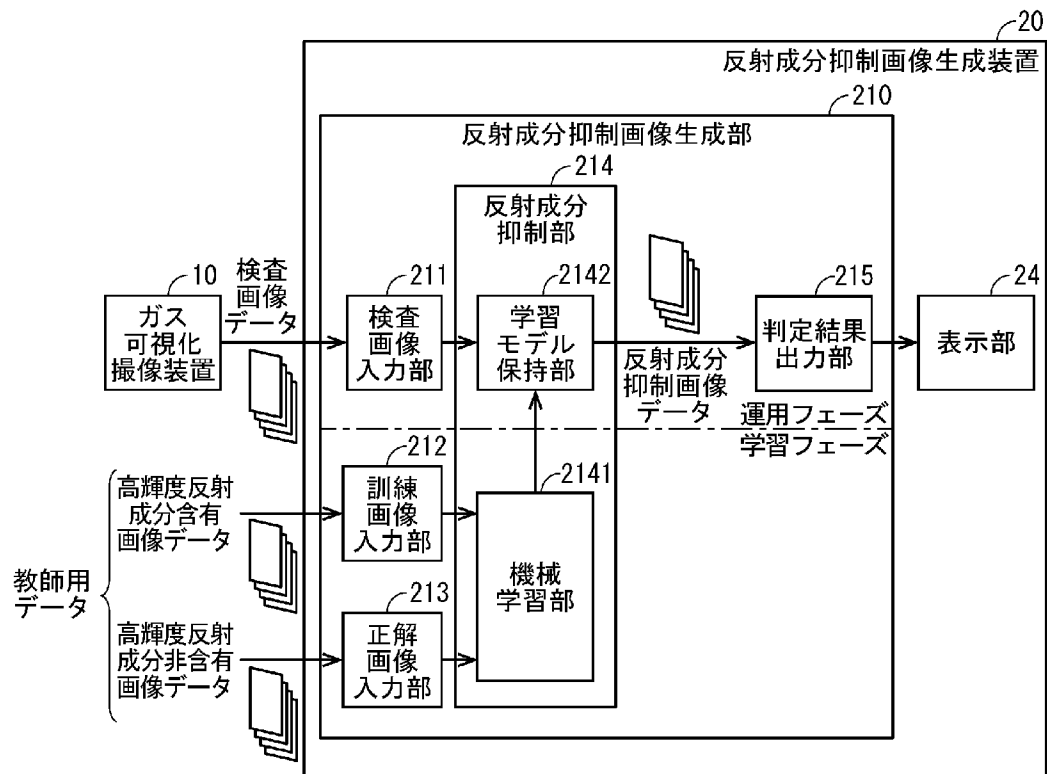


[図3]

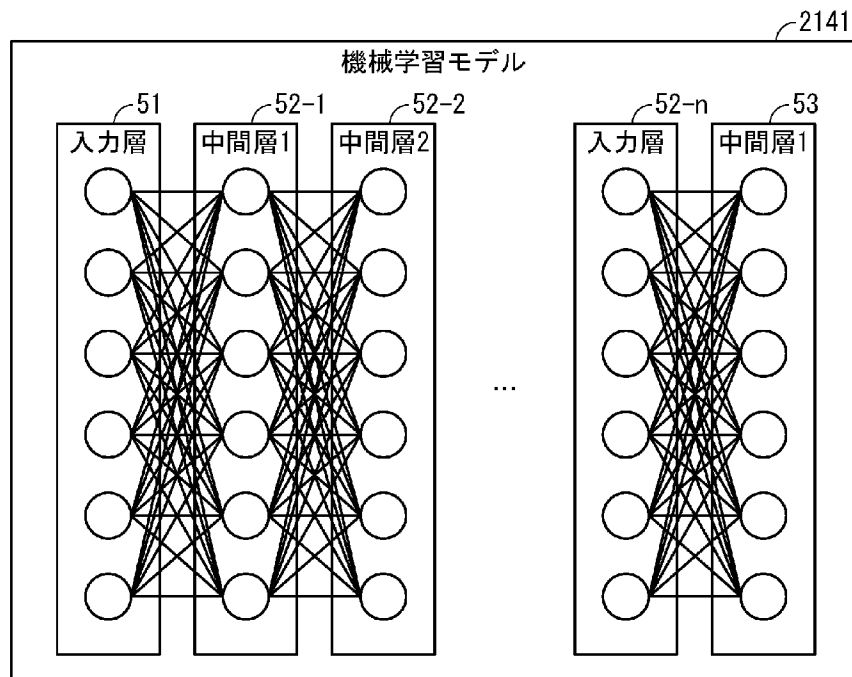


[図4]

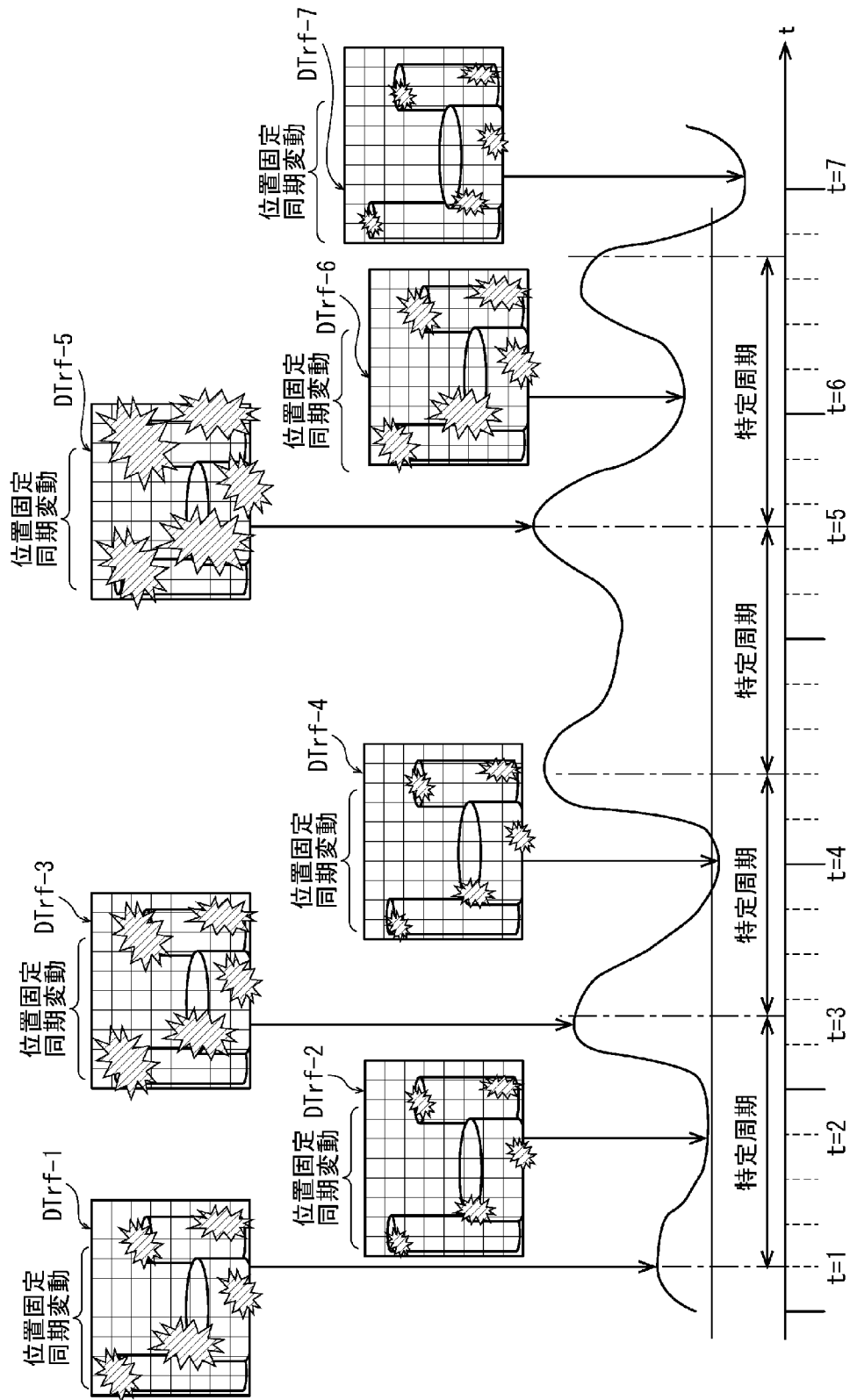
(a)



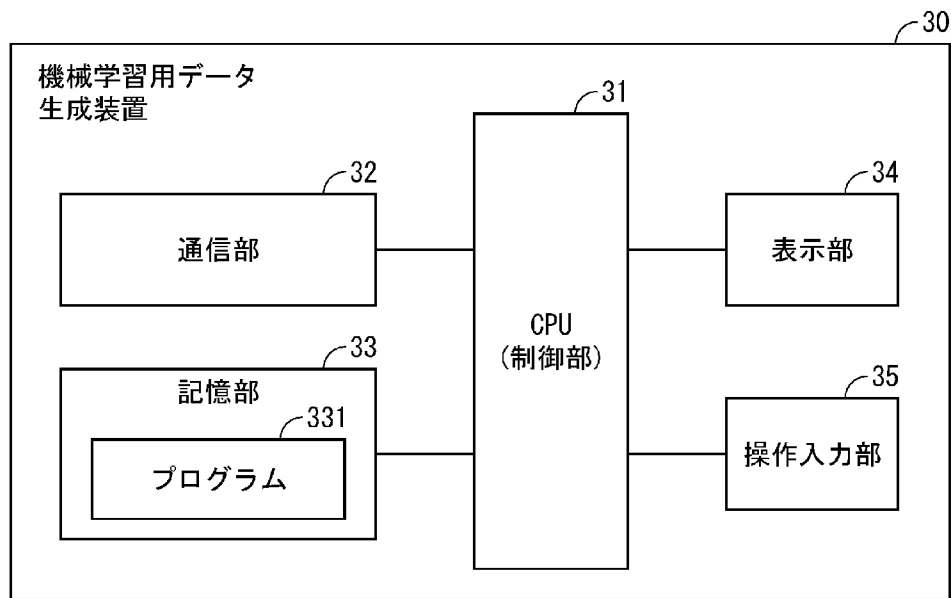
(b)



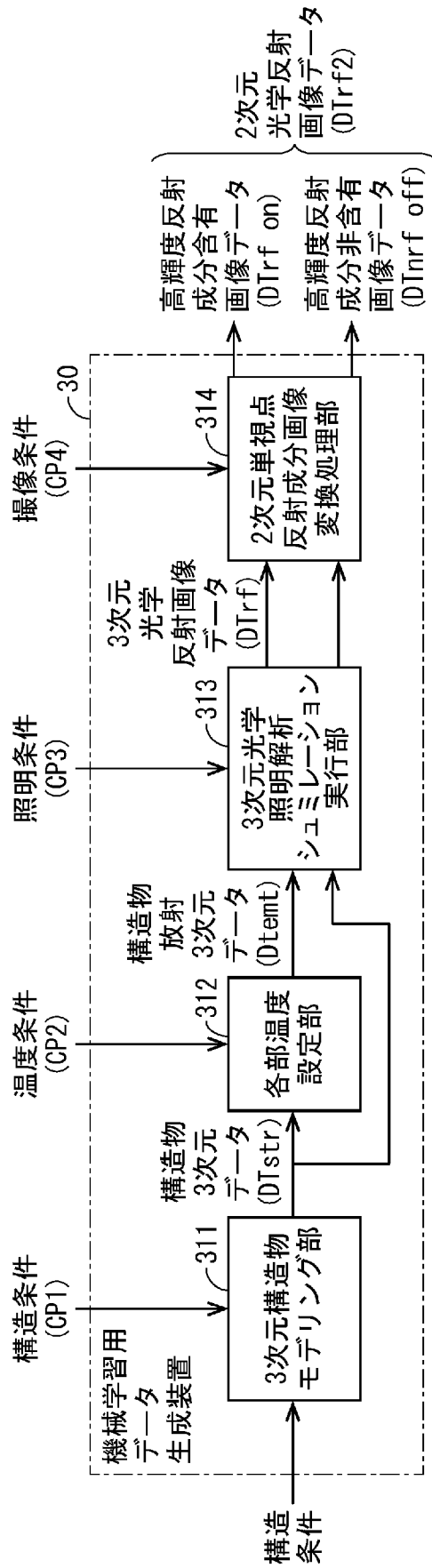
[図5]



[図6]

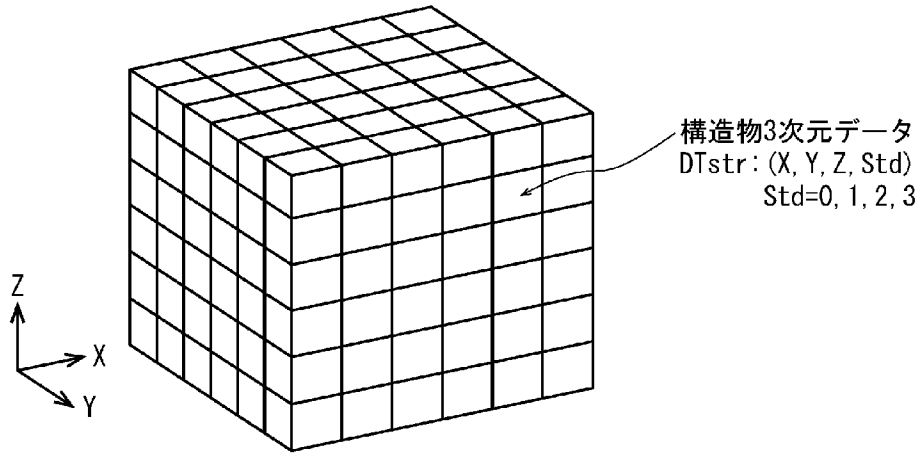


[図7]

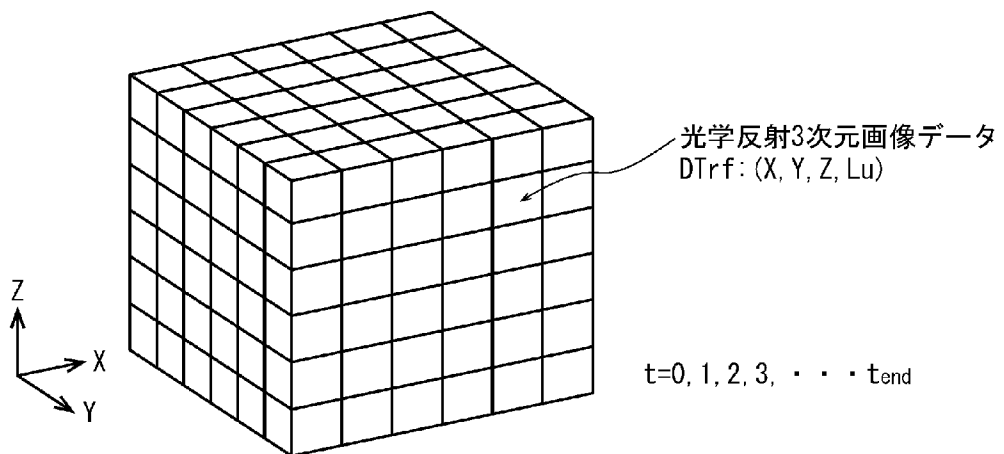


[図8]

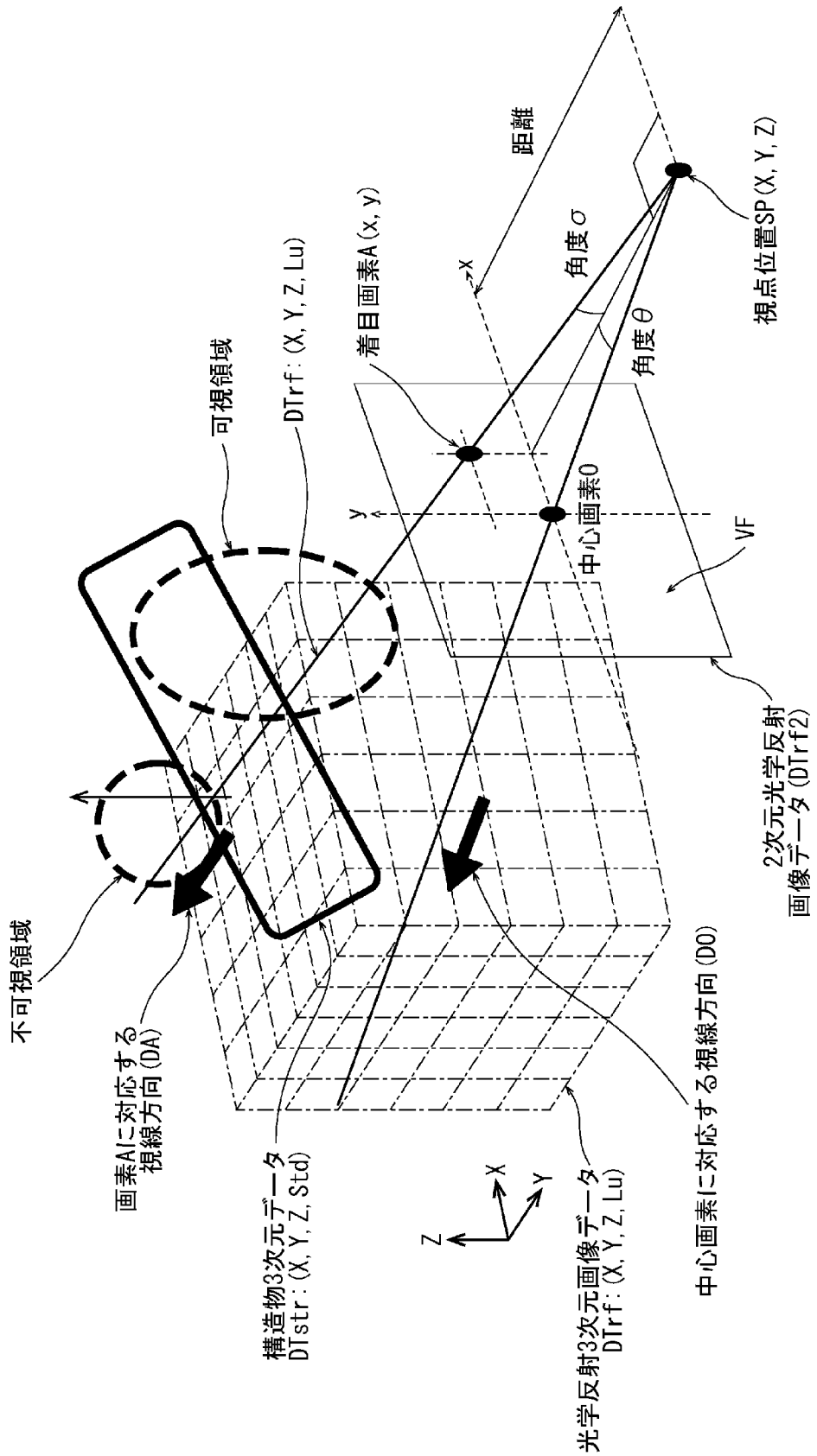
(a)



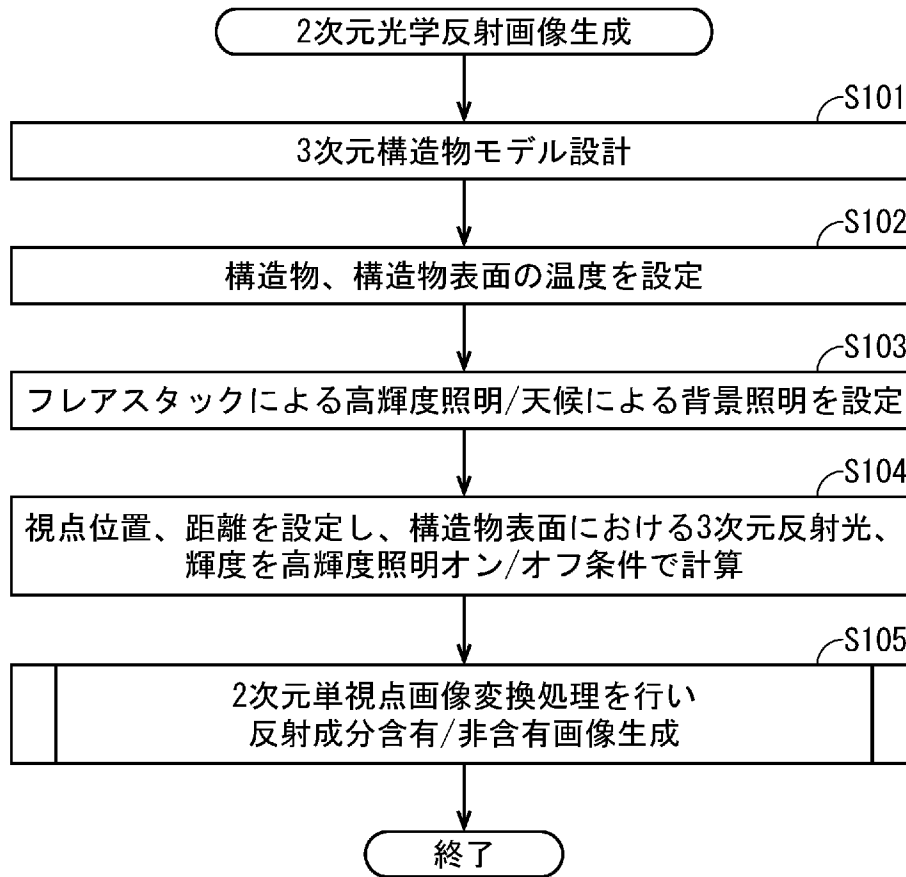
(b)



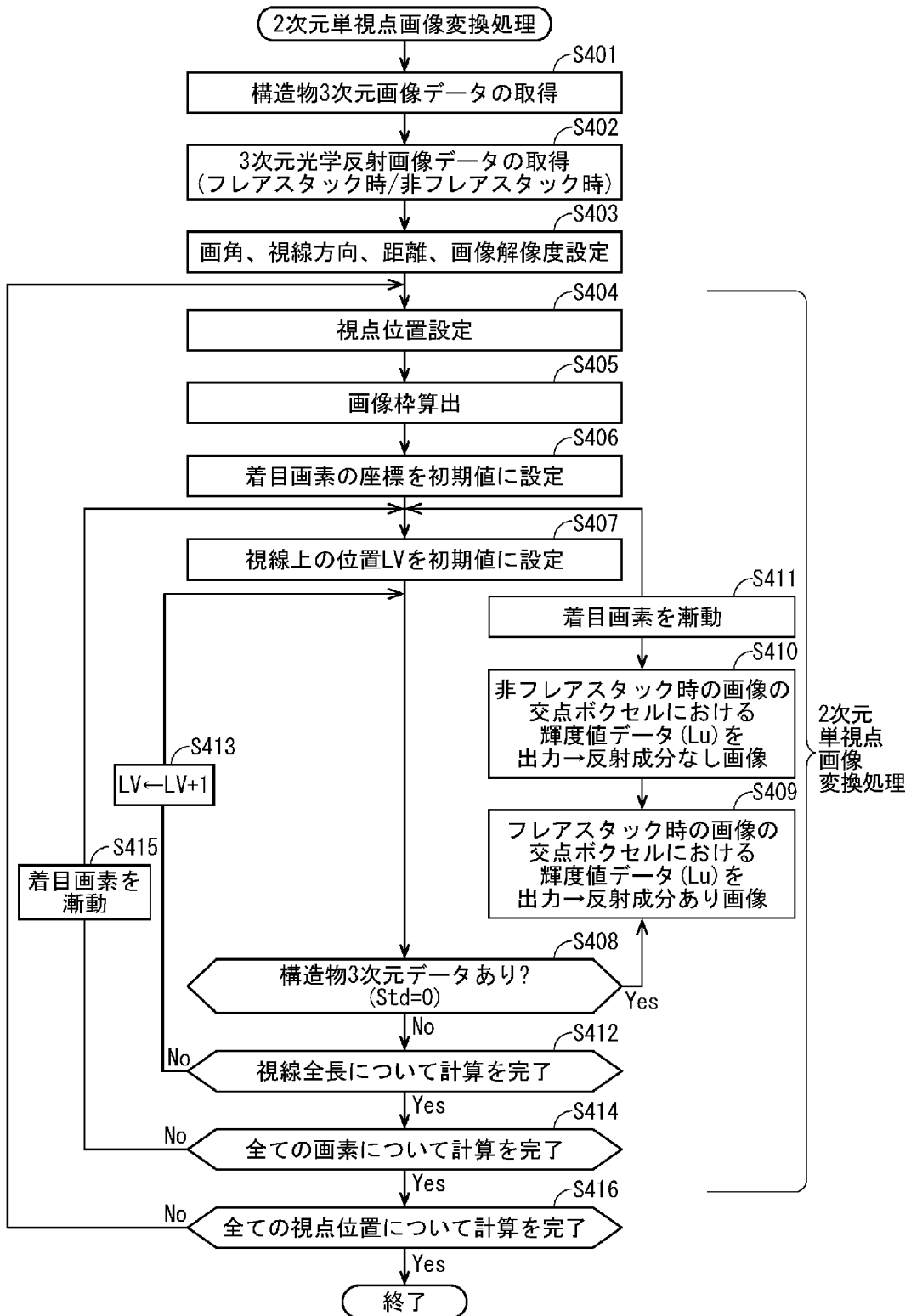
[図9]



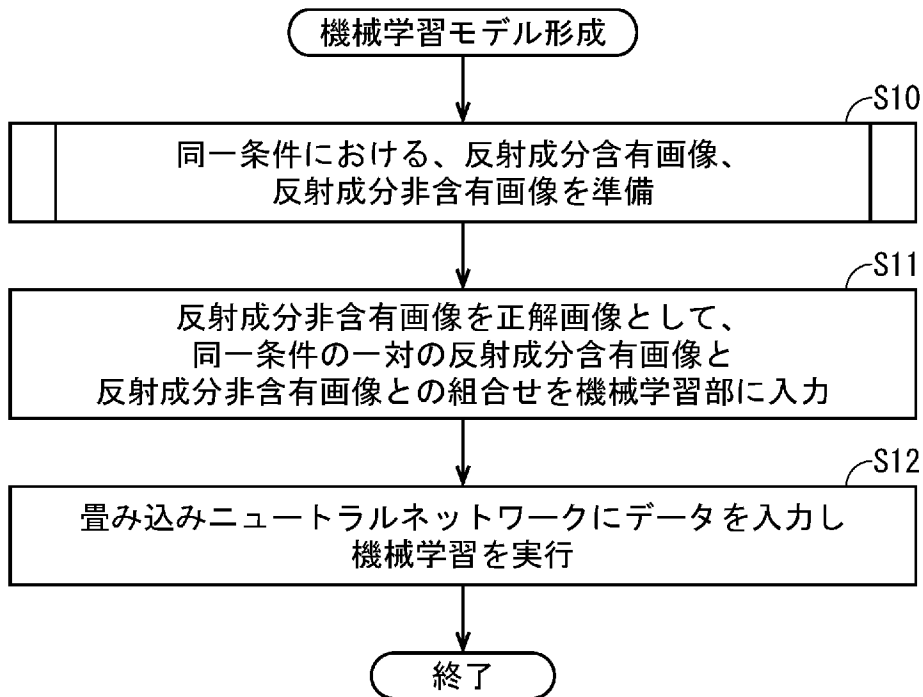
[図10]



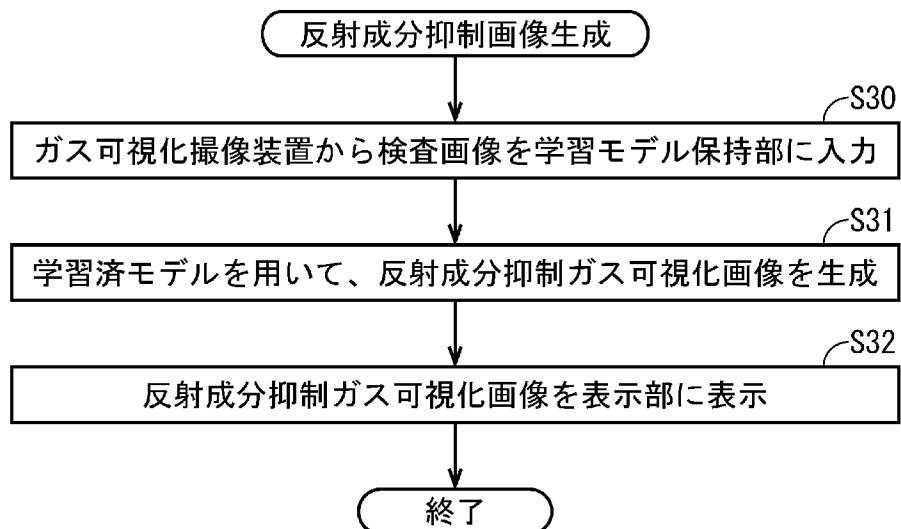
[図11]



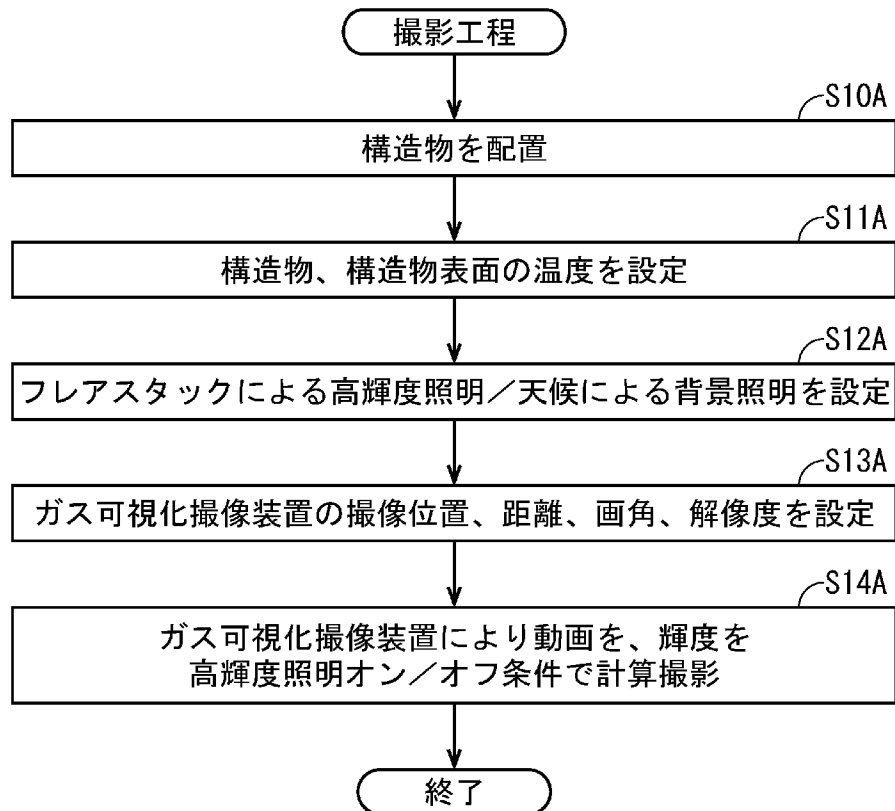
[図12]



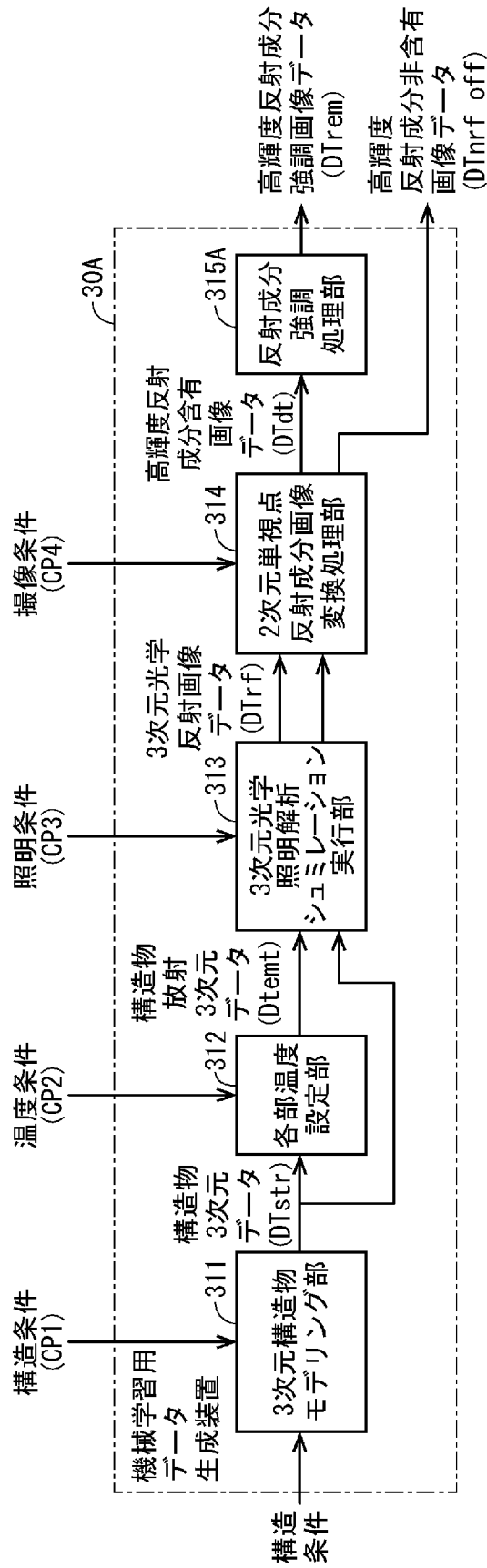
[図13]



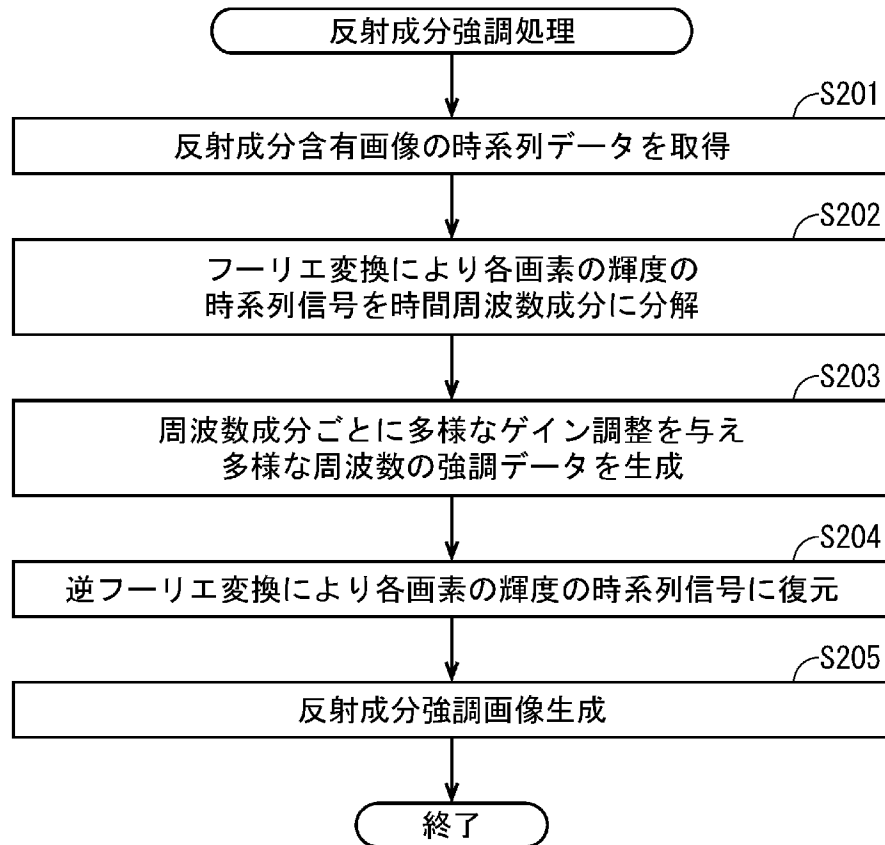
[図14]



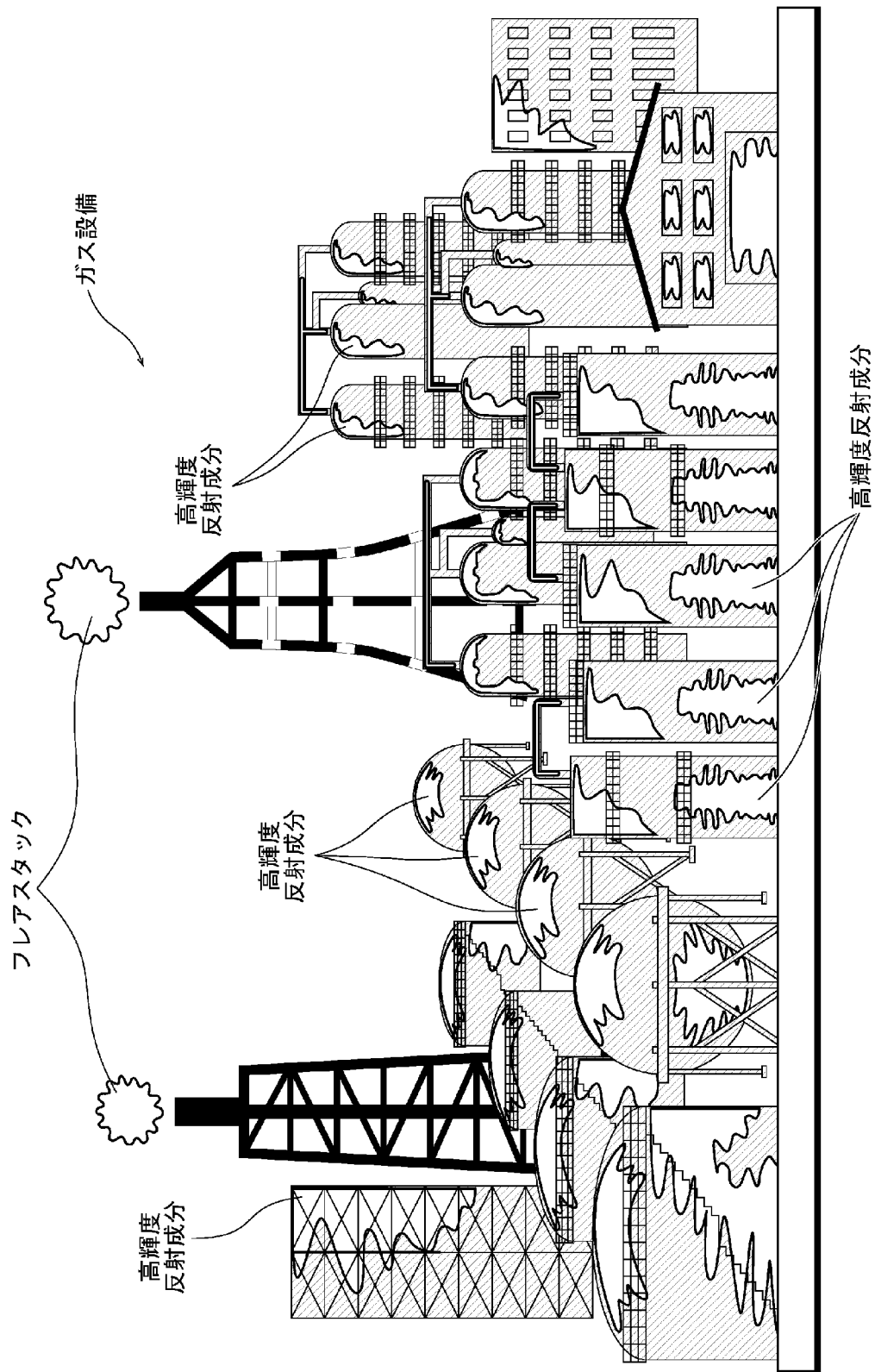
[図15]



[図16]



[図17]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2021/018407

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. G01M3/02(2006.01) i, G06T7/00(2017.01) i  
 FI: G01M3/02M, G06T7/00350B

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. G01M3/02, G06T7/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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 Y	JP 2019-074777 A (CANON INC.) 16 May 2019 (2019-05-16), paragraphs [0038]-[0052]	9 1-3, 6, 10, 13-14
Y A	JP 2020-008326 A (KONICA MINOLTA, INC.) 16 January 2020 (2020-01-16), paragraphs [0016], [0060]-[0127]	1-3, 6, 10, 13-14 4-5, 7-8, 11- 12
A	JP 2020-063955 A (CHIYODA CORPORATION) 23 April 2020 (2020-04-23), paragraphs [0028]-[0043]	1-14
A	JP 2019-148940 A (PANASONIC CORPORATION) 05 September 2019 (2019-09-05), paragraphs [0037]-[0073]	1-14

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  
 05 July 2021

Date of mailing of the international search report  
 13 July 2021

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/JP2021/018407

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2018/0197048 A1 (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC) 12 July 2018 (2018-07-12), paragraphs [0040]-[0062]	1-14
A	JP 2020-042760 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) 19 March 2020 (2020-03-19), paragraphs [0031]-[0096]	1-14
A	JP 2019-144899 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.) 29 August 2019 (2019-08-29), paragraphs [0034]-[0061]	1-14
A	CN 110827207 A (UNIV BEIJING) 21 February 2020 (2020-02-21), paragraphs [0034]-[0051]	1-14

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/018407

JP 2019-074777 A	16 May 2019	(Family: none)
JP 2020-008326 A	16 January 2020	(Family: none)
JP 2020-063955 A	23 April 2020	WO 2020/079920 A1
JP 2019-148940 A	05 September 2019	(Family: none)
US 2018/0197048 A1	12 July 2018	GB 2560234 A DE 102018100192 A1 CN 108304861 A MX 2018000340 A RU 2017140787 A
JP 2020-042760 A	19 March 2020	US 2020/0082508 A1 paragraphs [0031]-[0102] EP 3620989 A1 CN 110889803 A
JP 2019-144899 A	29 August 2019	(Family: none)
CN 110827207 A	21 February 2020	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01M 3/02(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i FI: G01M3/02 M; G06T7/00 350B		
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）） G01M3/02; G06T7/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2019-074777 A (キヤノン株式会社) 16.05.2019 (2019-05-16) [0038]-[0052]	9
Y		1-3, 6, 10, 13-14
Y	JP 2020-008326 A (コニカミノルタ株式会社) 16.01.2020 (2020-01-16) [0016];[0060]-[0127]	1-3, 6, 10, 13-14
A		4-5, 7-8, 11-12
A	JP 2020-063955 A (千代田化工建設株式会社) 23.04.2020 (2020-04-23) [0028]-[0043]	1-14
A	JP 2019-148940 A (パナソニック株式会社) 05.09.2019 (2019-09-05) [0037]-[0073]	1-14
A	US 2018/0197048 A1 ( FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC) 12.07.2018 (2018-07-12) [0040]-[0062]	1-14
<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 05.07.2021	国際調査報告の発送日 13.07.2021	
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） 福田 裕司 2J 9109 電話番号 03-3581-1101 内線 3252	

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
A	JP 2020-042760 A (パナソニック インテレクトユアル プロパティ コーポレーショ ン オブ アメリカ) 19.03.2020 (2020 - 03 - 19) [0031]-[0096]	1-14
A	JP 2019-144899 A (株式会社豊田中央研究所) 29.08.2019 (2019 - 08 - 29) [0034]-[0061]	1-14
A	CN 110827207 A (UNIV BEIJING) 21.02.2020 (2020 - 02 - 21) [0034]-[0051]	1-14

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/JP2021/018407

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-074777 A	16.05.2019	(ファミリーなし)	
JP 2020-008326 A	16.01.2020	(ファミリーなし)	
JP 2020-063955 A	23.04.2020	WO 2020/079920 A1	
JP 2019-148940 A	05.09.2019	(ファミリーなし)	
US 2018/0197048 A1	12.07.2018	GB 2560234 A	
		DE 102018100192 A1	
		CN 108304861 A	
		MX 2018000340 A	
		RU 2017140787 A	
JP 2020-042760 A	19.03.2020	US 2020/0082508 A1	
		[0031]-[0102]	
		EP 3620989 A1	
		CN 110889803 A	
JP 2019-144899 A	29.08.2019	(ファミリーなし)	
CN 110827207 A	21.02.2020	(ファミリーなし)	