

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-505947
(P2025-505947A)

(43)公表日 令和7年3月5日(2025.3.5)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

G 0 1 N 21/47 (2006.01) G 0 1 N 21/47 Z 2 G 0 5 9

G 0 1 N 21/01 (2006.01) G 0 1 N 21/01 D

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全58頁)

(21)出願番号	特願2024-543888(P2024-543888)	(71)出願人	517267802
(86)(22)出願日	令和5年1月23日(2023.1.23)		トリナミクス ゲゼルシャフト ミット
(85)翻訳文提出日	令和6年9月24日(2024.9.24)		ベシュレンクテル ハフツング
(86)国際出願番号	PCT/EP2023/051517		ドイツ、6 7 0 6 3 ルートヴィッヒス
(87)国際公開番号	WO2023/139254		ハーフェン アム ライン、インドウスト
(87)国際公開日	令和5年7月27日(2023.7.27)		リーシュトラーセ 3 5
(31)優先権主張番号	22153038.9	(74)代理人	100100354
(32)優先日	令和4年1月24日(2022.1.24)		弁理士 江藤 聡明
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)	(74)代理人	100167106
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV	(74)代理人	100194135
	最終頁に続く		弁理士 山 口 修
		(74)代理人	100206069
			弁理士 稲 垣 謙 司
		(74)代理人	100185915
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ステレオビームプロファイル分析による改善された材料検出

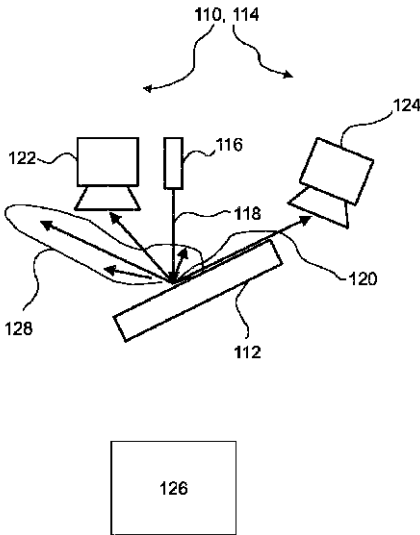
(57)【要約】

少なくとも1個の物体（112）の少なくとも1個の材料特性を決定するための検出器（110）が提案される。検出器（110）は、

－ 複数の照射特徴（120）を含む少なくとも1個の照射パターン（118）により物体（112）を照射するように構成された少なくとも1個のプロジェクタ（116）と、

－ 少なくとも1個の第1のセンサ素子を有する少なくとも1個の第1のカメラ（122）であって、第1のセンサ素子は、第1の光学センサのマトリクスを有し、第1の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第1の光学センサは、物体（112）から第1のカメラ（122）に伝播する反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも1個のセンサ信号を生成するように設計され、第1のカメラ（122）は、照射特徴（120）による照射に応答して物体（112）により生成された複数の第1の反射特徴を含む少なくとも1個の第1の反射画像を撮像するように構成され、第1のカメラ（122）は、第1の反射画像が物

FIG.1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも 1 個の物体（112）の少なくとも 1 個の材料特性を決定するための検出器（110）であって、

－ 複数の照射特徴（120）を含む少なくとも 1 個の照射パターン（118）により前記物体（112）を照射するように構成された少なくとも 1 個のプロジェクタ（116）と、

－ 少なくとも 1 個の第 1 のセンサ素子を有する少なくとも 1 個の第 1 のカメラ（122）であって、前記第 1 のセンサ素子は、第 1 の光学センサのマトリクスを有し、前記第 1 の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第 1 の光学センサは、前記物体（112）から前記第 1 のカメラ（122）に伝播する反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも 1 個のセンサ信号を生成するように設計され、前記第 1 のカメラ（122）は、前記照射特徴（120）による照射に応答して前記物体（112）により生成された複数の第 1 の反射特徴を含む少なくとも 1 個の第 1 の反射画像を撮像するように構成され、前記第 1 のカメラ（122）は、前記第 1 の反射画像が前記物体（112）に対する第 1 の視線方向で撮像されるように配列されている、第 1 のカメラと、

－ 少なくとも 1 個の第 2 のセンサ素子を有する少なくとも 1 個の第 2 のカメラ（124）であって、前記第 2 のセンサ素子は、第 2 の光学センサのマトリクスを有し、前記第 2 の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第 2 の光学センサは、前記物体（112）から前記第 2 のカメラ（124）に伝播する反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも 1 個のセンサ信号を生成するように設計され、前記第 2 のカメラ（124）は、前記照射特徴（120）による照射に応答して前記物体（112）により生成された複数の第 2 の反射特徴を含む少なくとも 1 個の第 2 の反射画像を撮像するように構成され、前記第 2 のカメラ（124）は、前記第 2 の反射画像が前記物体（120）に対する第 2 の視線方向で撮像されるように配列され、前記第 1 の視線方向と前記第 2 の視線方向とは異なる、第 2 のカメラと、

－ 前記第 1 の反射画像及び前記第 2 の反射画像を評価するように構成された少なくとも 1 個の評価デバイス（126）であって、前記評価は、前記第 1 の反射特徴と前記第 2 の反射特徴とを合致させることと、合致した第 1 の反射特徴及び第 2 の反射特徴のペアの組合せ材料特性を、それらのビームプロファイルの分析によって決定することを含む、評価デバイスとを備える、検出器。

【請求項 2】

前記第 1 のカメラ（122）と前記プロジェクタ（116）との間の基線が、前記第 2 のカメラ（124）と前記プロジェクタ（116）との間の基線よりも短い、請求項 1 に記載の検出器（110）。

【請求項 3】

前記評価デバイス（126）は、前記合致した第 1 の反射特徴及び第 2 の反射特徴のペアの双方向反射分布関数（128）を決定するように構成され、前記評価デバイス（126）は、前記双方向反射分布関数（128）を評価することにより、前記組合せ材料特性を決定するように構成されている、請求項 1 又は 2 に記載の検出器（110）。

【請求項 4】

前記双方向反射分布関数（128）の前記評価は、前記双方向反射分布関数（128）を少なくとも 1 個の予め定義された双方向反射分布関数と比較することを含む、請求項 3 に記載の検出器（110）。

【請求項 5】

前記評価デバイス（126）は、前記第 1 の反射特徴の前記ビームプロファイルの分析によって第 1 の材料特性を決定し、前記第 2 の反射特徴の前記ビームプロファイルの分析によって第 2 の材料特性を決定するように構成され、前記評価デバイス（126）は、前

記第 1 の材料特性と前記第 2 の材料特性とを組み合わせ、前記組合せ材料特性を決定するように構成されている、請求項 1 又は 2 に記載の検出器 (110)。

【請求項 6】

前記照射パターンは少なくとも 4000 個の照射特徴を含む、請求項 1 又は 2 に記載の検出器 (110)。

【請求項 7】

前記第 1 のカメラ (122) は、少なくとも 1 個の CCD センサ又は少なくとも 1 個の CMOS センサを含み、前記第 2 のカメラ (124) は、少なくとも 1 個の CCD センサ又は少なくとも 1 個の CMOS センサを含む、請求項 1 又は 2 に記載の検出器 (110)。

10

【請求項 8】

前記評価デバイス (126) は、それぞれのビームプロファイルの分析によって、前記第 1 の反射特徴のそれぞれについて縦座標を決定するように構成され、前記ビームプロファイルの前記分析は、前記ビームプロファイルの少なくとも 1 個の第 1 のエリア及び少なくとも 1 個の第 2 のエリアを決定することを含み、前記評価デバイス (126) は、前記第 1 のエリア及び前記第 2 のエリアを除算すること、前記第 1 のエリア及び前記第 2 のエリアの倍数を除算すること、前記第 1 のエリア及び前記第 2 のエリアの線形結合を除算することのうちの 1 個以上によって、結合信号 Q を導出するように構成され、前記評価デバイス (126) は、縦座標を決定するために、前記結合信号 Q と前記縦座標との間の少なくとも 1 個の予め定められた関係を使用するように構成されている、請求項 1 又は 2 に記載の検出器 (110)。

20

【請求項 9】

前記評価デバイス (126) は、前記決定された縦座標を使用することによって、前記第 1 の反射特徴と前記第 2 の反射特徴とを合致させるように構成され、前記評価デバイス (126) は、前記第 1 の反射特徴のそれぞれについて縦方向領域を決定するように構成され、前記縦方向領域は、前記反射特徴の前記縦座標及び誤り間隔 $\pm \varepsilon$ によって与えられ、前記評価デバイス (126) は、前記縦方向領域に対応する前記第 2 の反射画像内の少なくとも 1 個の変位領域を決定するように構成され、前記評価デバイス (126) は、前記第 1 の反射特徴のうちの 1 個を前記変位領域内の前記第 2 の反射特徴のうちの 1 個にそれぞれ合致させるように構成されている、請求項 8 に記載の検出器 (110)。

30

【請求項 10】

前記評価デバイス (126) は、合致した第 1 の反射特徴及び第 2 の反射特徴の変位を決定するように構成され、前記変位は、前記第 1 の反射画像内の前記第 1 の反射特徴の画像位置と前記第 2 の反射画像内の前記第 2 の反射特徴の画像位置との差であり、前記評価デバイス (126) は、縦座標と前記変位との間の予め定められた関係を使用する三角測量によって、精緻化された縦座標を決定するように構成されている、請求項 1 又は 2 に記載の検出器 (110)。

【請求項 11】

請求項 1 又は 2 に記載の、少なくとも 1 個の材料特性を識別するための少なくとも 1 個の検出器 (110) を使用して、少なくとも 1 個の物体 (112) の材料特性を決定する方法であって、前記方法は、以下の工程、

40

a) (130) 前記プロジェクタ (116) を使用することによって、複数の照射特徴 (120) を含む少なくとも 1 個の照射パターン (118) により前記物体 (112) を照射する工程と、

b) (132) 前記照射特徴 (120) による照射に応答して前記物体 (112) により生成された複数の第 1 の反射特徴を含む少なくとも 1 個の第 1 の反射画像を、前記第 1 のカメラ (122) を使用することによって撮像する工程であって、前記第 1 のカメラ (122) は、前記第 1 の反射画像が前記物体 (112) に対する第 1 の視線方向で撮像されるように配列されている、撮像する工程と、

c) (134) 前記照射特徴による照射に応答して前記物体 (112) により生成され

50

た複数の第２の反射特徴を含む少なくとも１個の第２の反射画像を、前記第２のカメラ（１２４）を使用することによって撮像する工程であって、前記第２のカメラ（１２４）は、前記第２の前記反射画像が前記物体（１１２）に対する第２の視線方向で撮像されるように配列され、前記第１の視線方向と前記第２の視線方向とは異なる、撮像する工程と、

d)（１３６）前記評価デバイス（１２６）を使用することによって前記第１の反射画像及び前記第２の反射画像を評価する工程であって、前記評価は、前記第１の反射特徴と前記第２の反射特徴とを合致させることと、合致した第１の反射特徴及び第２の反射特徴のペアの組合せ材料特性を、それらのビームプロファイルの分析によって決定することとを含む、評価する工程と

を含む、方法。

10

【請求項１２】

コンピュータプログラムであって、検出器に言及する請求項１又は２に記載の検出器（１１０）によって前記プログラムが実行されるときに、請求項１１に記載の方法を前記検出器に実行させる命令を含む、コンピュータプログラム。

【請求項１３】

検出器に言及する請求項１又は２に記載の検出器（１１０）によって命令が実行されるときに、請求項１１に記載の方法を前記検出器に実行させる命令を含む、コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項１４】

１個以上のプロセッサによって実行されるときに、請求項１１に記載の方法を前記１個以上のプロセッサに実行させる命令を含む、非一時的コンピュータ可読媒体。

20

【請求項１５】

検出器に言及する請求項１又は２に記載の少なくとも１個の検出器（１１０）を備えるモバイルデバイス（１１４）であって、モバイル通信デバイス、タブレットコンピュータ、携帯型コンピュータのうちの１個以上である、モバイルデバイス。

【請求項１６】

トラフィック技術における位置測定、エンタテインメント用途、セキュリティ用途、監視用途、安全性用途、ヒューマン－マシンインタフェース用途、物流用途、追跡用途、アウトドア用途、モバイル用途、通信用途、フォトグラフィ用途、マシンビジョン用途、ロボット用途、品質制御用途、製造用途、歩行監視用途、人体監視用途、在宅ケア、スマート

30

トリピング、自動車用途からなるグループから選択される使用の目的のための、検出器に言及する請求項１又は２に記載の検出器（１１０）を使用する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、少なくとも１個の材料特性を決定するための検出器、材料特性を決定する方法、モバイルデバイス、及び様々な使用方法に関する。本発明によるデバイス、方法、及び使用法は、具体的には、例えば、日々の生活、セキュリティ技術、ゲーミング、トラフィック技術、生産技術、芸術のためのデジタルフォトグラフィ若しくはビデオフォトグラフィなどのフォトグラフィ、ドキュメンテーション若しくは技術的目的、安全技術、情報技術、農業、作物保護、メンテナンス、化粧品、医療技術の様々な分野において、又は科学において使用され得る。しかしながら、他の用途も可能である。

40

【背景技術】

【０００２】

光子からの深度比率技術（DPR）とも呼ばれるビームプロファイル分析（BPA）を使用する深度測定が、一般に知られている。ビームプロファイル分析に関して、WO2018/091649A1、WO2018/091638A1、WO2018/091640A1、及びC. Lennartz、F. Schick、S. Metz、「White paper－Beam Profile Analysis for 3D imaging and material detection」、2021年4月28日、Lud

50

w i g s h a f e n、G e r m a n yを参照し、これらの全内容が参照により含まれている。

【0003】

ビームプロファイル分析を使用する材料分類及び／又は識別が、例えばWO2020/187719から知られている。例えば、材料分類及び／又は識別を、マシンビジョン用途、医療用途、及びセキュリティ用途において、画像分類の目的で、又はジェスチャ認識アルゴリズムで使用し得る。

【0004】

BPA 3D測定システムは、ビームプロファイルを考慮し、関連する材料情報を抽出する。BPA 3D測定システムは、1個のカメラ及び1個のプロジェクタを有する。

10

【0005】

WO2020/187719は、少なくとも1個の材料特性mを識別するための検出器を記載している。検出器は、光学センサのマトリクスを含む少なくとも1個のセンサ素子を備える。光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有する。センサ素子は、少なくとも1個の物体から生じる光ビームの少なくとも1個の反射画像を記録するように構成されている。検出器は、反射画像の少なくとも1個のビームプロファイルの評価によって材料特性を決定するように構成された少なくとも1個の評価デバイスを備える。評価デバイスは、少なくとも1個の距離依存画像フィルタを反射画像に適用することによって少なくとも1個の距離特徴を決定するように構成されている。評価デバイスは、少なくとも1個の材料依存画像フィルタを反射画像に適用することによって少なくとも1個の材料特徴を決定するように構成されている。評価デバイスは、距離特徴及び材料特徴を評価することによって縦座標z及び材料特性mを決定するように構成されている。

20

【0006】

しかしながら、上記の実現にもかかわらず、確実な材料分類及び／又は識別は、いまだに進行中の課題である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】WO2018/091649A1

【特許文献2】WO2018/091638A1

30

【特許文献3】WO2018/091640A1

【特許文献4】WO2020/187719

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】C. Lennartz、F. Schick、S. Metz、「Whitepaper-Beam Profile Analysis for 3D imaging and material detection」、2021年4月28日、Ludwigshafen、Germany

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0009】

したがって、本発明の目的は、既知のデバイス及び方法の上記の技術的課題に直面するデバイス及び方法を提供することである。具体的には、本発明の目的は、好ましくは小さい技術的努力で、且つ技術的資源及びコストに関して小さい要求で、物体の少なくとも1個の材料特性を確実に識別することのできる、デバイス及び方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この課題は、独立特許請求項の特徴を有する本発明によって解決される。個々に又は組み合わせる本発明の有利な発展は、従属請求項及び／又は以下の明細書及び詳細な実施形態において提示される。

50

【0011】

本発明の第1の態様において、少なくとも1個の物体の少なくとも1個の材料特性を決定するための検出器が開示される。

【0012】

本明細書で使用される場合、用語「検出器」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、少なくとも1個の物体を決定及び／又は検出及び／又は検知するように構成された任意のセンサデバイスを指すことができる。検出器は、固定デバイス又はモバイルデバイスであり得る。更に、検出器は、独立型デバイスであっても、コンピュータ、車両、若しくは他のデバイスなどの別のデバイスの一部を形成し得る。更に、検出器は、携帯型デバイスであり得る。検出器の他の実施形態が実現可能である。検出器は、携帯電話又はスマートフォンなどのモバイルデバイスに取り付けられているか、組み込まれているかの一方であり得る。検出器は、モバイルデバイスに、例えばモバイルデバイスのハウジング内に組み込まれ得る。加えて又は代わりに、検出器又は検出器の少なくとも1個の構成要素は、USBなどのコネクタ又はヘッドホンジャックなどのフォンコネクタを使用することなどによって、モバイルデバイスに取り付けられてもよい。

10

【0013】

本明細書で使用される場合、用語「物体」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、少なくとも部分的に、物体に当たる少なくとも1本の光ビームに応答した反射及び／又は散乱及び／又は放射のうちの1個以上を行うように構成された任意の物体、特に表面又は領域を指すことができる。光ビームは、物体を照射するプロジェクタから生じてよく、光ビームは、物体によって反射及び／又は散乱される。例えば、物体は、シーン、人などの人間、木材、カーペット、発泡体、牛などの動物、植物、組織片、金属、玩具、金属の物体、飲料、果物、肉、魚などの食品、皿、化粧品、塗布された化粧品、布、毛皮、髪、メンテナンス用品、クリーム、油、粉末、カーペット、ジュース、懸濁液、塗料、植物、身体、身体の一部、有機材料、無機材料、反射材料、スクリーン、ディスプレイ、壁、写真などの紙からなるグループから選択される少なくとも1個の物体であり得る。

20

30

【0014】

本明細書で使用される場合、用語「材料特性」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、材料を特徴付け及び／又は識別及び／又は分類するように構成された、材料の少なくとも1個の任意の特性を指すことができる。例えば、材料特性は、粗さ、材料への光の透過深度、生物学的材料又は非生物学的材料として材料を特徴付ける特性、反射率、鏡面反射率、拡散反射率、表面特性、半透明性の尺度、散乱、特に後方散乱挙動などからなるグループから選択される特性であり得る。少なくとも1個の材料特性は、散乱係数、半透明性、透明性、ランバート表面反射からの偏差、スペックルなどからなるグループから選択される特性であり得る。

40

【0015】

本明細書で使用される場合、用語「少なくとも1個の材料特性を決定すること」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、材料特性を識別すること、材料特性を特徴付けること、及び材料特性を物体に割り当てることのうちの1個以上を指すことができる。検出器は、予め定義された及び／又は予め定められた材料特性の、ルックアップリスト又はルックアップテーブルなどのリスト及び／又はテーブルを含む少なくとも1個のデータベースを含み得る。材料特性のリスト及び／又はテーブルは、検出器を使用して少なくとも1個の試験測定を行うことによって、例えば既知の材料特性を有するサンプルを使用して材料試験を行うことによって、決定及び／又は生成

50

され得る。材料特性のリスト及び／又はテーブルは、製造業者サイトで、及び／又は検出器のユーザによって、決定及び／又は生成され得る。材料特性は、材料名、生物学的材料又は非生物学的材料などの材料グループ、半透明材料又は非半透明材料、金属又は非金属、皮膚又は非皮膚、毛皮又は非毛皮、カーペット又は非カーペット、反射性又は非反射性、鏡面反射性又は非鏡面反射性、発泡体又は非発泡体、毛髪又は非毛髪、粗さグループなどの１個以上のような材料分類子に更に割り当てられ得る。検出器は、材料特性及び関連する材料名及び／又は材料グループを含むリスト及び／又はテーブルを含む少なくとも１個のデータベースを含み得る。

【００１６】

検出器は、

- － 複数の照射特徴を含む少なくとも１個の照射パターンにより物体を照射するように構成された少なくとも１個のプロジェクタと、

- － 少なくとも１個の第１のセンサ素子を有する少なくとも１個の第１のカメラであって、第１のセンサ素子は、第１の光学センサのマトリクスを有し、第１の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第１の光学センサは、物体から第１のカメラに伝播する反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも１個のセンサ信号を生成するように設計され、第１のカメラは、照射特徴による照射に応答して物体により生成された複数の第１の反射特徴を含む少なくとも１個の第１の反射画像を撮像するように構成され、第１のカメラは、第１の反射画像が物体に対する第１の視線方向で撮像されるように配列されている、第１のカメラと、

- － 少なくとも１個の第２のセンサ素子を有する少なくとも１個の第２のカメラであって、第２のセンサ素子は、第２の光学センサのマトリクスを有し、第２の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第２の光学センサは、物体から第２のカメラに伝播する反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも１個のセンサ信号を生成するように設計され、第２のカメラは、照射特徴による照射に応答して物体により生成された複数の第２の反射特徴を含む少なくとも１個の第２の反射画像を撮像するように構成され、第２のカメラは、第２の反射画像が物体に対する第２の視線方向で撮像されるように配列され、第１の視線方向と第２の視線方向とは異なる、第２のカメラと、

- － 第１の反射画像及び第２の反射画像を評価するように構成された少なくとも１個の評価デバイスであり、評価は、第１の反射特徴と第２の反射特徴とを合致させることと、合致した第１の反射特徴及び第２の反射特徴のペアの組合せ材料特性を、それらのビームプロファイルの分析によって決定することを含む、評価デバイスとを備える。

【００１７】

本明細書で使用される場合、投光器とも呼ばれる用語「プロジェクタ」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、少なくとも１個の照射パターンを物体上に、具体的には物体の表面上に投影するように構成された光学デバイスを指すことができる。プロジェクタは、複数の照射特徴を含む少なくとも１個の照射パターンにより少なくとも１個の物体を照射するように構成されている。

【００１８】

本明細書で使用される場合、用語「パターン」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、シンボルなどの複数の任意の形状付けられた特徴を含む任意の既知の又は予め定められた配列を指すことができる。パターンは、複数の特徴を含み得る。パターンは、周期的又は非周期的な特徴の配列を含むことができる。本明細書で使用される場合、用語「少なくとも１個の照射パターン」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、物体の少なくとも１個の部分照射するように適合された照射特徴を含む少なくとも１個の任意のパターンを

10

20

30

40

50

指することができる。

【0019】

本明細書で使用される場合、用語「照射特徴」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、パターンの少なくとも1個の少なくとも部分的に拡張された特徴を指することができる。照射パターンは、複数の照射特徴を含む。例えば、照射パターンは、少なくとも4000個の照射特徴又は更に多くの照射特徴を含む。

【0020】

照射パターンは、規則的、特に周期的なパターンであり得る。しかしながら、他の非規則的なパターンも可能であり得る。

10

【0021】

照射パターンは、少なくとも1個の準ランダムパターン、少なくとも1個のS o b o lパターン、少なくとも1個の準周期的パターン、少なくとも1個のポイントパターン、特に疑似ランダムポイントパターン、少なくとも1個の線パターン、少なくとも1個の縞パターン、少なくとも1個の市松模様パターン、少なくとも1個の三角形パターン、少なくとも1個の矩形パターン、少なくとも1個の六角形パターン、又はさらなる凸状のタイル状体 (t i l i n g) を含むパターンからなるグループから選択される少なくとも1個のパターンを含み得る。照射パターンは、少なくとも1個のポイント、少なくとも1本の線、平行線又は交差線などの少なくとも2本の線、少なくとも1個のポイント及び1本の線、周期的な特徴の少なくとも1個の配列、少なくとも1個の任意の形状付けられた特徴のパターンからなるグループから選択される少なくとも1個の照射特徴を示すことができる。例えば、照射パターンは、少なくとも1個の予め知られている特徴を含む少なくとも1個のパターンを含む。例えば、照射パターンは、少なくとも1本の線を含む少なくとも1個の線パターンを含む。例えば、照射パターンは、平行線又は交差線などの少なくとも2本の線を含む少なくとも1個の線パターンを含む。例えば、プロジェクタは、ポイントクラウド又は非ポイント状特徴を生成及び／又は投影するように構成され得る。例えば、プロジェクタは、照射パターンが複数のポイント特徴又は非ポイント状特徴を含み得るように、ポイントクラウド又は非ポイント状特徴を生成するように構成され得る。

20

【0022】

更に本明細書で使用される場合、用語「少なくとも1個の照射パターンにより物体を照射すること」は、少なくとも1個の物体を照射するための少なくとも1個の照射パターンを提供することを指すことができる。

30

【0023】

本明細書で使用される場合、用語「光線」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、エネルギーの流れの方向を向く光の波面に対して垂直な線を指すことができる。本明細書で使用される場合、用語「ビーム」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、光線の集合を指すことができる。以下で、用語「光線」及び「ビーム」は同義語として使用される。本明細書で使用される場合、用語「光ビーム」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、光の量、具体的には、本質的に同じ方向に進む光の量を指すことができ、光ビームが広角又は開き角を有する可能性を含む。光ビームは、空間的広がりをも有し得る。具体的には、光ビームは、非G a u s s i a nビームプロファイルをも有し得る。ビームプロファイルは、台形ビームプロファイル、三角形ビームプロファイル、円錐形ビームプロファイルからなるグループから選択され得る。台形ビームプロファイルは、プラトー領域及び少なくとも1個のエッジ領域をも有し得る。光ビームは、具体的には、以下で更に詳細に概説するように、G a u s s i a n光ビーム又はG a u s

40

50

s i a n 光ビームの線形結合であり得る。しかしながら、他の実施形態が実現可能である。

【0024】

プロジェクタは、少なくとも1個のエミッタ及び／又はエミッタの少なくとも1個のアレイを含み得る。エミッタのそれぞれは、少なくとも1本の光ビームを放射するように構成され得る。

【0025】

エミッタによって生成された光ビームは、一般に、光学軸に平行に伝播しても、光学軸に対して傾斜して、例えば、光学軸と角度を含んで伝播し得る。検出器は、1本以上の光ビームが検出器の光学軸に沿って検出器から物体に向かって伝播するように構成され得る。このために、検出器は、光ビームを光学軸上に偏向させるための少なくとも1個の反射要素、好ましくは少なくとも1個のプリズムを含み得る。例として、光ビーム及び光学軸は、10度未満、好ましくは5度未満、更には2度未満の角度を含み得る。しかしながら、他の実施形態が実現可能である。更に、光ビームは、光学軸上にあっても、光学軸から外れていてもよい。例として、1本以上の光ビームは、光学軸に対して10ミリメートル未満、好ましくは光学軸に対して5ミリメートル未満、更には光学軸に対して1ミリメートル未満の距離を有して光学軸に平行であり得、更には光学軸に一致していてもよい。

【0026】

本明細書で使用される場合、用語「エミッタ」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、物体の照射のために少なくとも1本の光ビームを提供するように構成された少なくとも1個の任意のデバイスを指すことができる。エミッタのそれぞれは、少なくとも1個の半導体レーザ、少なくとも1個のダブルヘテロ構造レーザ、少なくとも1個の外部キャビティレーザ、少なくとも1個の分離閉じ込めヘテロ構造レーザ、少なくとも1個の量子カスケードレーザ、少なくとも1個の分散ブラッグ (b r a g g) 反射器レーザ、少なくとも1個のポラリトンレーザ、少なくとも1個のハイブリッドシリコンレーザ、少なくとも1個の拡張キャビティダイオードレーザ、少なくとも1個の量子ドットレーザ、少なくとも1個のポリウムブラッググレーティングレーザ、少なくとも1個のインジウムヒ素レーザ、少なくとも1個のガリウムヒ素レーザ、少なくとも1個のトランジスタレーザ、少なくとも1個のダイオード励起レーザ、少なくとも1個の分散フィードバックレーザ、少なくとも1個の量子ウェルレーザ、少なくとも1個のバンド間カスケードレーザ、少なくとも1個の半導体リングレーザ、少なくとも1個の垂直キャビティ面発光レーザ (V C S E L) などの少なくとも1個のレーザ源、少なくとも1個のLED又は少なくとも1個の電球などの少なくとも1個の非レーザ光源からなるグループから選択される少なくとも1個の要素であり得、且つ／又はそれを含み得る。

【0027】

エミッタのアレイは、2次元又は1次元アレイであり得る。アレイは、マトリクスに配列された複数のエミッタを含み得る。本明細書で使用される場合、用語「マトリクス」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、予め定められた幾何学的順序における複数の要素の配列を指すことができる。マトリクスは、具体的には、1個以上の行及び1個以上の列を有する矩形マトリクスであっても、それを含んでもよい。行及び列は、具体的には矩形状に配列され得る。しかしながら、非矩形配列などの他の配列が実現可能である。例として、円形配列も実現可能であり、円形配列では、要素は中心ポイントの周りの同心円又は同心楕円に配列される。

【0028】

例えば、エミッタは、V C S E Lのアレイであり得る。本明細書で使用される場合、用語「垂直キャビティ面発光レーザ」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は

10

20

30

40

50

、具体的には、限定されないが、上面に対して垂直にレーザビームを放射するように構成された半導体レーザダイオードを指すことができる。VCSELの例は、例えば、`en.wikipedia.org/wiki/Vertical-cavity_surface-emitting_laser`に見つけることができる。VCSELは、一般に、WO2017/222618Aなどから当業者に知られている。VCSELのそれぞれは、少なくとも1本の光ビームを生成するように構成されている。VCSELは、共通の基板に配列されても異なる基板に配列され得る。アレイは、最大2500個のVCSELを含み得る。例えば、アレイは、3.5Wの高出力アレイのように、38×25個のVCSELを含み得る。例えば、アレイは、2.5Wで10×27個のVCSELを含み得る。例えば、アレイは、0.9Wで96個のVCSELを含み得る。例えば2500個の要素のアレイのサイズは、最大2ミリメートル×2ミリメートルであり得る。

10

【0029】

それぞれのエミッタによって放射される光ビームは、300～1100ナノメートル、好ましくは500～1100ナノメートルの波長を有し得る。例えば、光ビームは、940ナノメートルの波長を有し得る。例えば、780ナノメートル～3.0μmの範囲などの赤外線スペクトル範囲の光を使用し得る。具体的には、シリコンフォトダイオードが適用可能な、特に700ナノメートル～1100ナノメートルの範囲の近赤外線領域の部分の光を使用し得る。エミッタは、赤外線領域、特に近赤外線領域において少なくとも1個の照射パターンを生成するように構成され得る。近赤外線領域の光を使用することにより、光が人間の目では検出されないか、又はわずかにしか検出されないが、シリコンセンサ、特に標準的なシリコンセンサによって検出できることが可能になり得る。例えば、エミッタは、VCSELのアレイであり得る。VCSELは、800～1000ナノメートルの波長範囲の光ビームを放射するように構成され得る。例えば、VCSELは、808ナノメートル、850ナノメートル、940ナノメートル、又は980ナノメートルの光ビームを放射するように構成され得る。VCSELは、940ナノメートルの光を放射することが好ましく、これは、例えばCIE085-1989「Solar spectral Irradiance」に記載されているように、地上の太陽放射が、この波長で局所的に最小の放射照度を有するからである。

20

【0030】

プロジェクタは、少なくとも1個の転送デバイスを含み得、この転送デバイスは、転送デバイスに当たる光ビームから照射特徴を生成するように構成されている。「転送システム」とも呼ばれる用語「転送デバイス」は、一般に、光ビームのビームパラメータ、光ビームの幅、又は光ビームの方向のうちの1個以上を修正することによって光ビームを修正するように適合された1個以上の光学素子を指すことができる。転送デバイスは、少なくとも1個の撮像光学デバイスを含み得る。転送デバイスは、具体的には、少なくとも1個のレンズ、例えば、少なくとも1個の焦点調整可能レンズ、少なくとも1個の非球面レンズ、少なくとも1個の球面レンズ、少なくとも1個のFresnelレンズからなるグループから選択される少なくとも1個のレンズ、少なくとも1個の回折光学素子、少なくとも1個の凹面ミラー、少なくとも1個のビーム偏向素子、好ましくは少なくとも1個のミラー、少なくとも1個のビーム分割素子、好ましくはビーム分割キューブ又はビーム分割ミラーのうちの少なくとも一方、少なくとも1個のマルチレンズシステム、少なくとも1個のホログラフィック光学素子、少なくとも1個のメタ光学素子のうちの1個以上を含み得る。具体的には、転送デバイスは、少なくとも1個の屈折光学レンズ積層体を含む。したがって、転送デバイスは、屈折特性を有するマルチレンズシステムを含み得る。

30

40

【0031】

プロジェクタは、照射パターンを生成するように構成された少なくとも1個の回折光学素子(DOE)を含み得る。DOEは、単一の入射光ビームから複数の光ビームを生成するように構成され得る。

【0032】

物体は、照射パターンが投影される少なくとも1個の表面を含み得る。表面は、照射パ

50

ターンを検出器に向けて少なくとも部分的に反射するように適合され得る。例えば、理論に拘束されることを望まないが、人間の皮膚は、表面反射と呼ばれる表面の逆反射によって生成される部分と、逆反射の拡散部分と呼ばれる皮膚を透過する光からの非常に拡散した反射によって生成される部分とを含む、逆散乱プロファイルとも呼ばれる反射プロファイルを有し得る。人間の皮膚の反射プロファイルに関して、「Lasertechnik in der Medizin: Grundlagen, Systeme, Anwendungen」、「Wirkung von Laserstrahlung auf Gewebe」、1991年、171～266頁、Juergen Eichler、Theo Seiler、Springer Verlag、ISBN 0939～0979を参照する。皮膚の表面反射は、波長が近赤外線に向かって増加するにつれて増加し得る。更に、透過深度は、波長が可視光から近赤外線に向かって増加するにつれて増加し得る。逆反射の拡散部分は、光の透過深度に伴って増加し得る。これらの材料特性は、具体的には逆散乱プロファイルを分析することによって、皮膚を他の材料から区別するために使用され得る。

10

20

30

40

50

【0033】

第1のカメラは、第1の光学センサのマトリクスを有する少なくとも1個の第1のセンサ素子を有する。第1の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有する。各第1の光学センサは、物体から第1のカメラに伝播する光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも1個のセンサ信号を生成するように設計されている。第2のカメラは、第2の光学センサのマトリクスを有する少なくとも1個の第2のセンサ素子を有する。第2の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有する。各第2の光学センサは、物体から第2のカメラに伝播する光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも1個のセンサ信号を生成するように設計されている。

【0034】

第1のカメラは、少なくとも1個のCCDセンサ又は少なくとも1個のCMOSセンサを含み得る。第2のカメラは、少なくとも1個のCCDセンサ又は少なくとも1個のCMOSセンサを含み得る。

【0035】

第1のカメラと第2のカメラとは、同一に設計されても、異なって設計され得る。例えば、第1のカメラと第2のカメラとは、同一の解像度を有していても、異なる解像度を有していてもよい。以下で、「第1の」及び「第2の」という数字のない、例えば「カメラ」、「センサ素子」、及び「光学センサ」により、第1のカメラ及び第2のカメラに有効且つ／又は可能な要素、定義、及び実施形態を指す。

【0036】

本明細書で使用される場合、用語「カメラ」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、空間分解された1次元、2次元、若しくは更には3次元の光学データ又は情報を記録又は捕捉するように構成された少なくとも1個の撮像要素を有するデバイスを指すことができる。カメラは、デジタルカメラであり得る。例として、カメラは、画像を記録するように構成された少なくとも1個のCCDチップ及び／又は少なくとも1個のCMOSチップなどの少なくとも1個のカメラチップを含み得る。カメラは、少なくとも1個の近赤外線カメラであっても、それを含んでもよい。

【0037】

本明細書で使用される場合、限定されないが、用語「画像」は、具体的には、カメラチップの画素などの撮像デバイスからの複数の電子読取値のように、カメラを使用することによって記録されたデータに関するものであり得る。画像自体は、画素を含み得、画像の画素は、センサ素子のマトリクスの画素に相関している。したがって、「画素」を指す場合、センサ素子の単一の画素によって生成された画像情報の単位を指すか、又はセンサ素子の単一の画素を直接指すかのいずれかである。画像は、少なくとも1個の2次元画像であり得る。本明細書で使用される場合、用語「2次元画像」は、一般に、高さ及び幅の寸

法などの横座標に関する情報を有する画像を指すことができる。画像は、RGB（赤緑青）画像であり得る。しかしながら、他の実施形態が実現可能である。

【0038】

カメラは、少なくとも1個のカメラチップ又は撮像チップに加えて、1個以上の光学素子、例えば1個以上のレンズなどのさらなる要素を含み得る。例として、カメラは、カメラに対して固定して調節される少なくとも1個のレンズを有する固定焦点カメラであり得る。しかしながら、代わりに、カメラは、自動で又は手動で調節できる1個以上の可変レンズを含んでもよい。

【0039】

カメラは、ノート型コンピュータ、タブレット、又は具体的には、スマートフォンなどの携帯電話のようなモバイルデバイスのカメラであり得る。したがって、具体的には、カメラは、カメラの他に1個以上のデータプロセッサなどの1個以上のデータ処理デバイスを含むモバイルデバイスの一部であり得る。しかしながら、他のカメラが実現可能である。本明細書で使用される場合、用語「モバイルデバイス」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、モバイル電子デバイス、より具体的には、携帯電話又はスマートフォンなどのモバイル通信デバイスを指すことができる。加えて又は代わりに、モバイルデバイスは、タブレットコンピュータ又は別のタイプの携帯型コンピュータを指すこともできる。

【0040】

本明細書で使用される場合、用語「センサ素子」は、一般に、少なくとも1個のパラメータを検知するように構成されたデバイス又は複数のデバイスの組合せを指すことができる。この場合、パラメータは、具体的には光学パラメータであり得、センサ素子は、具体的には光学センサ素子であり得る。センサ素子は、ユニタリ、単一デバイスとして形成されても、いくつかのデバイスの組合せとして形成され得る。マトリクスは、具体的には、1個以上の行及び1個以上の列を有する矩形マトリクスであっても、それを含んでもよい。行及び列は、具体的には矩形状に配列され得る。しかしながら、非矩形配列などの他の配列が実現可能である。例として、円形配列も実現可能であり、円形配列では、要素は中心ポイントの周りの同心円又は同心楕円に配列される。例えば、マトリクスは、単一行の画素であり得る。他の配列が実現可能である。

【0041】

本明細書で使用される場合、「光学センサ」は、一般に、少なくとも1本の光ビームによって生成された照射及び／又は光スポットを検出するためなどの、光ビームを検出するための感光性デバイスを指すことができる。本明細書で更に使用される場合、「感光性エリア」は、一般に、少なくとも1本の光ビームによって外部から照射され得、その照射に応答して少なくとも1個のセンサ信号を生成する、光学センサのエリアを指す。感光性エリアは、具体的には、それぞれの光学センサの表面に配置され得る。しかしながら、他の実施形態が実現可能である。マトリクスの光学センサは、具体的には、サイズ、感度、並びに他の光学的、電気的、及び機械的特性のうちの1個以上が等しくてもよい。マトリクスのすべての光学センサの感光性エリアは、具体的には、共通平面に配置され得、共通平面は、物体から検出器に伝播する光ビームが共通平面上に光スポットを生成し得るように、物体に面していることが好ましい。

【0042】

本明細書で使用される場合、用語「それぞれが少なくとも1個の感光性エリアを有する光学センサ」は、それぞれが1個の感光性エリアを有する複数の単一の光学センサを含む構成と、複数の感光性エリアを有する1個の結合された光学センサを含む構成とを指す。よって、用語「光学センサ」は、1個の出力信号を生成するように構成された感光性デバイスを更に指すのに対して、本明細書では、2個以上の出力信号を生成するように構成された感光性デバイス、例えば、少なくとも1個のCCD及び／又はCMOSデバイスは、2個以上の光学センサと称される。各光学センサは、光学センサ全体に対して正確な1個

の均一なセンサ信号を生成される照射に応答して、照射され得る正確な1個の感光性エリアを提供することによってなど、正確な1個の感光性エリアがそれぞれの光学センサに存在するように具現化され得る。よって、各々の光学センサは、単一エリアの光学センサであり得る。しかしながら、単一エリアの光学センサの使用は、検出器の設定を特に簡単且つ効率的にする。よって、例として、正確な1個の感光性エリアを各々が有する商業的に利用可能なシリコンフォトダイオードなど、商業的に利用可能なフォトセンサは、設定において使用され得る。しかしながら、他の実施形態が実現可能である。よって、例として、2個、3個、4個、又は4個よりも多い光学センサと見なされる2個、3個、4個、又は4個よりも多い感光性エリアを含む光学デバイスが、本発明のコンテキストにおいて使用され得る。上記で概説したように、センサ素子は、光学センサのマトリクスを含む。よって、例として、光学センサは、ピクセル化光学デバイスの一部であり得又はピクセル化光学デバイスを構成し得る。例として、光学センサは、画素のマトリクスを有する少なくとも1個のCCD及び／又はCMOSデバイスの一部であり得又はそれらを構成し得、各々画素は、感光性エリアを形成する。

10

20

30

40

50

【0043】

光学センサは、具体的には、フォトディテクタ、好ましくは無機フォトディテクタ、より好ましくは無機半導体フォトディテクタ、最も好ましくはシリコンフォトディテクタであっても、それを含んでもよい。具体的には、光学センサは、赤外線スペクトル範囲内で感度が高くてもよい。マトリクスの光学センサのすべて、又はマトリクスの光学センサの少なくとも1個のグループは、具体的には同一であり得る。マトリクスの同一の光学センサのグループは、具体的には、異なるスペクトル範囲について提供され得、又はすべての光学センサは、スペクトル感度に関して同一であり得る。更に、光学センサは、サイズ及び／又はそれらの電子的若しくは光学電子的特性に関して同一であり得る。

【0044】

具体的には、光学センサは、赤外線スペクトル範囲、好ましくは780ナノメートル〜3.0マイクロメートルの範囲内で感度が高い無機フォトダイオードであっても、それを含んでもよい。具体的には、光学センサは、シリコンフォトダイオードが適用可能な、特に700ナノメートル〜1000ナノメートルの範囲の近赤外線領域の部分に感度が高くてもよい。光学センサに使用され得る赤外線光学センサは、trinamix GmbH、D-67056 Ludwigshafen am Rhein、GermanyのHertzstueck（商標）というブランド名で商業的に利用可能な赤外線光学センサなどの、商業的に利用可能な赤外線光学センサであり得る。したがって、例として、光学センサは、内部光起電型の少なくとも1個の光学センサ、より好ましくは、Geフォトダイオード、InGaAsフォトダイオード、拡張InGaAsフォトダイオード、InAsフォトダイオード、InSbフォトダイオード、HgCdTeフォトダイオードからなるグループから選択される少なくとも1個の半導体フォトダイオードを含み得る。加えて又は代わりに、光学センサは、外部光起電型の少なくとも1個の光学センサ、より好ましくは、Ge：Auフォトダイオード、Ge：Hgフォトダイオード、Ge：Cuフォトダイオード、Ge：Znフォトダイオード、Si：Gaフォトダイオード、Si：Asフォトダイオードからなるグループから選択される少なくとも1個の半導体フォトダイオードを含み得る。加えて又は代わりに、光学センサは、少なくとも1個のボロメータ、好ましくは、VOボロメータ及びアモルファスSiボロメータからなるグループから選択されるボロメータを含み得る。

【0045】

マトリクスは、独立した光学センサから構成され得る。したがって、マトリクスは、無機フォトダイオードから構成され得る。しかしながら、代わりに、商業的に利用可能なマトリクス、例えば、CCD検出器チップなどのCCD検出器、及び／又はCMOS検出器チップなどのCMOS検出器のうちの1個以上を使用し得る。

【0046】

検出器の光学センサは、センサアレイを形成してもよく、上記のマトリクスなどのセン

サアレイの一部であり得る。したがって、例として、検出器は、 m 個の行及び n 個の列を有する矩形アレイなどの光学センサのアレイを含み得、 m 、 n は独立して正の整数である。2個以上の列及び2個以上の行が与えられ、すなわち、 $n > 1$ 、 $m > 1$ であることが好ましい。したがって、例として、 n は2～16以上であり得、 m は2～16以上であり得る。行数と列数との比率が1に近いことが好ましい。例として、 n 及び m は、 $m/n = 1:1$ 、 $4:3$ 、 $16:9$ 又は類似のものを選択することなどによって、 $0.3 \leq m/n \leq 3$ となるように選択され得る。例として、アレイは、 $m=2$ 、 $n=2$ 又は $m=3$ 、 $n=3$ などを選択することなどによって、等しい数の行及び列を有する正方形アレイであり得る。

【0047】

マトリクスは、具体的には、少なくとも1個の行、好ましくは複数行及び複数列を有する矩形マトリクスであり得る。例として、行及び列は、本質的に垂直に向けられてもよく、用語「本質的に垂直」に関して、上記の定義を参照し得る。したがって、例として、20度未満、特に10度未満、又は更には5度未満の許容度が容認可能であり得る。広範囲のビューを提供するために、マトリクスは、特に、少なくとも10行、好ましくは少なくとも50行、より好ましくは少なくとも100行を有し得る。同様に、マトリクスは、少なくとも10列、好ましくは少なくとも50列、より好ましくは少なくとも100列を有し得る。マトリクスは、少なくとも50個の光学センサ、好ましくは少なくとも100個の光学センサ、より好ましくは少なくとも500個の光学センサを含み得る。マトリクスは、マルチメガの画素範囲内の数の画素を含み得る。しかしながら、他の実施形態が可能である。したがって、軸回転対称性が期待される構成では、画素とも呼ぶことのできるマトリクスの光学センサの円形配列又は同心配列が好ましいとされ得る。

【0048】

反射光ビームは、物体から第1のカメラ及び第2のカメラに向かって伝播し得る。反射光ビームは、物体から生じ得る。プロジェクタは、物体に少なくとも1個の照射パターンを照射することができ、光は、物体によって弱まり、反射され、及び／又は散乱され、それにより、第1のカメラ及び第2のカメラに向かう「反射光ビーム」として少なくとも部分的に方向付けられる。

【0049】

光学センサは、紫外線スペクトル範囲、可視スペクトル範囲、又は赤外線スペクトル範囲のうちの1個以上において感度が高くてもよい。具体的には、光学センサは、500ナノメートル～780ナノメートル、最も好ましくは650ナノメートル～750ナノメートル、又は690ナノメートル～700ナノメートルの可視スペクトル範囲内で感度が高くてもよい。具体的には、光学センサは、近赤外線領域内で感度が高くてもよい。具体的には、光学センサは、シリコンフォトダイオードが適用可能な、特に700ナノメートル～1000ナノメートルの範囲の近赤外線領域の部分に感度が高くてもよい。光学センサは、具体的には、赤外線スペクトル範囲、特に780ナノメートル～3.0マイクロメートルの範囲内で感度が高くてもよい。例えば、光学センサは各々、独立して、フォトダイオード、フォトセル、光伝導体、フォトランジスタ、又はそれらの任意の組合せからなるグループから選択される少なくとも1個の要素であり得、それを含み得る。例えば、光学センサは、CCDセンサ素子、CMOSセンサ素子、フォトダイオード、フォトセル、光伝導体、フォトランジスタ、又はそれらの任意の組合せからなるグループから選択される少なくとも1個の要素であり得、それを含み得る。任意の他のタイプのフォトセンシティブ素子を使用し得る。フォトセンシティブ素子は、一般に、完全に若しくは部分的に無機材料から作製され得、且つ／又は、完全に若しくは部分的に有機材料から作製され得る。最も一般的には、商業的に利用可能なフォトダイオード、例えば、無機半導体フォトダイオードなどの1個以上のフォトダイオードを使用し得る。

【0050】

更に本明細書で使用される場合、「センサ信号」は、一般に、光ビームによる照射に回答して光学センサによって生成される信号を指す。具体的には、センサ信号は、少なくと

10

20

30

40

50

も 1 個のアナログ電気信号及び／又は少なくとも 1 個のデジタル電気信号などの少なくとも 1 個の電気信号であっても、それを含んでもよい。より具体的には、センサ信号は、少なくとも 1 個の電圧信号及び／又は少なくとも 1 個の電流信号であっても、それを含んでもよい。より具体的には、センサ信号は、少なくとも 1 個の光電流を含み得る。更に、未処理のセンサ信号を使用することができ、又は、検出器、光学センサ、若しくは他の要素が、フィルタリングなどによる前処理など、センサ信号を処理又は前処理し、それによって、センサ信号としても使用できる二次センサ信号を生成するように構成され得る。

【0051】

反射光ビームとも呼ばれる、物体によって生成された光ビームは、具体的には、センサ素子を完全に照射して、光ビームの幅がマトリクスよりも大きい状態で、センサ素子が光ビーム内に完全に配置されるようにし得る。これに反して、反射光ビームは、具体的には、マトリクスよりも小さい光スポットをマトリクス全体に生じさせて、光スポットがマトリクス内に完全に配置されるようにし得ると好ましい。この状況は、適切な転送デバイスを使用することなどにより、光ビームに対する焦点調節効果又は脱焦点調節効果を有する 1 個以上の適切なレンズ又は要素を選択することによって、光学系の当業者が容易に調節し得る。

【0052】

第 1 のカメラは、光ビームを第 1 の光学センサ上に案内し、第 1 の反射画像を第 1 のセンサ素子上に形成するように構成された第 1 の転送デバイスを含み得る。第 2 のカメラは、光ビームを第 2 の光学センサ上に案内し、第 2 の反射画像を第 2 のセンサ素子上に形成するように構成された第 2 の転送デバイスを含み得る。

【0053】

第 1 のカメラは、照射特徴による照射に応答して物体により生成された複数の第 1 の反射特徴を含む少なくとも 1 個の第 1 の反射画像を撮像するように構成されている。第 2 のカメラは、照射特徴による照射に応答して物体により生成された複数の第 2 の反射特徴を含む少なくとも 1 個の第 2 の反射画像を撮像するように構成されている。本明細書で 사용되는場合、用語「反射画像」は、一般に、複数の反射特徴を含むそれぞれのカメラによって決定される画像を指すことができる。本明細書で 사용되는場合、用語「反射特徴」は、一般に、少なくとも 1 個の照射特徴による照射に応答して物体により生成された、画像平面の特徴を指すことができる。反射画像は、反射特徴を含む少なくとも 1 個の反射パターンを含み得る。本明細書で 사용되는場合、用語「少なくとも 1 個の反射画像を撮像すること」は、反射画像を捕捉すること、記録すること、及び生成することのうちの 1 個以上を指すことができる。

【0054】

第 1 のカメラは、第 1 の反射画像が物体に対する第 1 の視線方向で撮像されるように配列されている。第 2 のカメラは、第 2 の反射画像が物体に対する第 2 の視線方向で撮像されるように配列されている。第 1 の視線方向と第 2 の視線方向とは異なる。

【0055】

検出器は、光学軸を含み得る。例えば、第 1 の転送デバイスは、座標系を構成することができ、縦座標 z は、第 1 の転送デバイスの光学軸に沿った座標である。座標系は、第 1 の転送デバイスの光学軸が z 軸を形成し、 z 軸からの距離及び極角が追加の座標として使用され得る極座標系であり得る。例えば、第 1 の転送デバイスは、検出器の光学軸が z 軸を形成し、加えて、 z 軸に対して垂直且つ互いに対して垂直な x 軸及び y 軸が設けられ得る座標系を構成し得る。例として、検出器は、この座標系の原点など、この座標系における特定のポイントにあってもよい。 z 軸に平行又は逆平行な方向を縦方向とみなすことができ、 z 軸に沿った座標を縦座標とみなすことができる。 z 軸に対して垂直な任意の方向を横方向とみなすことができ、極座標及び／又は極角を横座標とみなすことができる。あるいは、他のタイプの座標系を使用し得る。したがって、例として、光学軸が z 軸を形成し、 z 軸からの距離及び極角が追加の座標として使用され得る極座標系を使用し得る。 z 軸に平行又は逆平行な方向を縦方向とみなすことができ、 z 軸に沿った座標を縦座標とみ

10

20

30

40

50

なすことができる。z 軸に対して垂直な任意の方向を横方向とみなすことができ、極座標及び／又は極角を横座標とみなすことができる。

【0056】

本明細書で使用される場合、「視線方向」とも呼ばれる用語「物体に対する視線方向」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、空間におけるそれぞれのカメラの3次元位置及び／又は方位を指すことができる。視線方向は、x、y、及びzなどのカメラの3D座標によって定義され得る。視線方向は、カメラの回転、例えばx軸、y軸、及びz軸のうちの1本以上の周りの回転によって定義され得る。回転は、空間角によって与えられ得る。

10

【0057】

第1のカメラと第2のカメラとは、異なる空間位置に位置決めされ得る。第1のカメラと第2のカメラとの間の相対距離は、固定であり得る。例えば、第1のカメラ及び第2のカメラを、検出器のハウジング内のステレオカメラとして配列し得る。検出器の構成は、第1のカメラをプロジェクタの一侧に位置決めすることができ、第2のカメラをプロジェクタの反対側に位置決めし得るようになっていてもよい。例えば、第1のカメラとプロジェクタとの間の基線が、第2のカメラとプロジェクタとの間の基線よりも短くてもよい。本明細書で使用される場合、用語「基線」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、それぞれのカメラとプロジェクタとの間の相対距離を指すことができる。第2のカメラとプロジェクタとの間の基線は、第1のカメラとプロジェクタとの間の基線よりも、例えば4倍、5倍、又はそれ以上大きくてもよい。例えば、第1のカメラとプロジェクタとの間の基線は、4cm以下であり得る。例えば、第1のカメラとプロジェクタとの間の基線は、2cm～4cmであり得る。

20

【0058】

第1のカメラ及び第2のカメラの感光性エリアは、特に、物体に向けられ得る。本明細書で使用される場合、用語「物体に向ける」は、一般に、感光性エリアのそれぞれの表面が物体から完全に又は部分的に視認可能である状況を指す。特に、物体の少なくとも1個のポイントとそれぞれの感光性エリアの少なくとも1個のポイントとの間の少なくとも1本の相互接続線は、感光性エリアの表面要素と、0度とは異なる角度、例えば、20度～90度、好ましくは80～90度の範囲内の角度、例えば90度の角度を形成し得る。よって、物体が光学軸上に位置し又は光学軸の近くに位置するとき、物体から検出器に向かって伝播する光ビームは、光学軸に本質的に平行であり得る。

30

【0059】

例えば、第1のカメラと第2のカメラとは、物体に向かって異なる方位を有する。例えば、第1のセンサ素子は、検出器の光学軸に対して本質的に垂直に向けられ得る。第1のカメラの視線方向は、検出器の光学軸に本質的に平行であり得る。本明細書で使用される場合、用語「本質的に垂直に」は、例えば±20度以下の許容度、好ましくは±10度以下の許容度、より好ましくは±5度以下の許容度を有する垂直な方位の状態を指す。同様に、用語「本質的に平行」は、例えば±20度以下の許容度、好ましくは±10度以下の許容度、より好ましくは±5度以下の許容度を有する平行な方位の状態を指すことができる。例えば、第2のセンサ素子は、検出器の光学軸に対して本質的に垂直な配列から逸脱するように向けられ得る。第2のカメラの視線方向は、検出器の光学軸に本質的に平行でなくてもよく、光学軸と角度を形成し得る。

40

【0060】

評価デバイスは、第1の反射画像及び第2の反射画像を評価するように構成されている。

【0061】

用語「評価デバイス」は、一般に、好ましくは少なくとも1個のデータ処理デバイスを使用することによって、より好ましくは少なくとも1個のプロセッサ及び／又は少なくと

50

も1個の特定用途向け集積回路を使用することによって、指定された動作を実行するように適合された任意のデバイスを指すことができる。したがって、例として、少なくとも1個の評価デバイスは、少なくとも1個のデータ処理デバイスを含み得、そのデータ処理デバイスに、いくつかのコンピュータコマンドを含むソフトウェアコードが記憶される。評価デバイスは、指定された動作のうちの1個以上を実行するための1個以上のハードウェア要素を提供することができ、且つ／又は、指定された動作のうちの1個以上を実行するためにその上で実行されているソフトウェアを有する1個以上のプロセッサを提供し得る。動作は、画像を評価することを含む。したがって、例として、1個以上の命令を、ソフトウェア及び／又はハードウェアに実装し得る。したがって、例として、評価デバイスは、上記の評価を実行するように構成された1個以上のコンピュータ、特定用途向け集積回路（ASIC）、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）、又はフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）などの1個以上のプログラム可能デバイスを含み得る。しかしながら、加えて又は代わりに、評価デバイスは、完全に又は部分的にハードウェアによって具現化され得る。

10

【0062】

評価デバイスは、1個以上の特定用途向け集積回路（ASIC）などの1個以上の集積回路、及び／又は、1個以上のコンピュータ、好ましくは1個以上のマイクロコンピュータ、及び／又はマイクロコントローラ、フィールドプログラマブルゲートアレイ、又はデジタルシグナルプロセッサなどの、1個以上のデータ処理デバイスであっても、それを含んでもよい。1個以上の前処理デバイス及び／又はデータ取得デバイス、例えば、1個以上のAD変換器及び／又は1個以上のフィルタなど、センサ信号の受信及び／又は前処理のための1個以上のデバイスなどの、追加の構成要素が含まれていてもよい。更に、評価デバイスは、電流及び／又は電圧を測定するための1個以上の測定デバイスなどの、1個以上の測定デバイスを含み得る。更に、評価デバイスは、1個以上のデータ記憶装置を含み得る。更に、評価デバイスは、1個以上のインタフェース、例えば1個以上の無線インタフェース及び／又は1個以上の有線インタフェースを含み得る。

20

【0063】

評価デバイスは、光学センサ及び／又は評価デバイスによって得られる情報などの情報の、表示、視覚化、分析、配布、通信、又はさらなる処理のうちの1個以上のために使用され得る少なくとも1個のさらなるデータ処理デバイスに接続され得、又はそれを含み得る。データ処理デバイスは、例として、ディスプレイ、プロジェクタ、モニタ、LCD、TFT、ラウドスピーカ、マルチチャネルサウンドシステム、LEDパターン、又はさらなる視覚化デバイスのうちの少なくとも1個に接続され得、又はそれを組み込んでもよい。データ処理デバイスは、Eメール、テキストメッセージ、電話、Bluetooth、Wi-Fi、赤外線又はインターネットインタフェース、ポート又は接続部のうちの1個以上を使用して、暗号化された情報又は暗号化されていない情報を送ることができる、通信デバイス又は通信インタフェース、コネクタ又はポートのうちの少なくとも1個に更に接続され得、又はそれを組み込んでもよい。データ処理デバイスは、プロセッサ、グラフィックプロセッサ、CPU、Open Multimedia Application Platform（OMAP（商標））、集積回路、Apple Aシリーズ若しくはSamsung S3C2シリーズの製品などのシステムオンチップ、マイクロコントローラ若しくはマイクロプロセッサ、ROM、RAM、EEPROM、若しくはフラッシュメモリなどの1個以上のメモリブロック、発振器若しくは位相同期ループなどのタイミングソース、カウンタタイマ、リアルタイムタイマ、又はパワーオンリセットジェネレータ、電圧調整器、電力管理回路、又はDMAコントローラのうちの少なくとも1個に更に接続され得、又はそれを組み込んでもよい。個々のユニットは、AMBAバスなどのバスによって更に接続され得、又はモノのインターネット若しくはインダストリ4.0タイプのネットワークに組み込まれてもよい。

30

40

【0064】

評価デバイス及び／又はデータ処理デバイスは、シリアル若しくはパラレルのインタフ

50

エース又はポート、USB、Centronics Port、FireWire、HDMI（登録商標）、イーサネット、Bluetooth、RFID、Wi-Fi、UART、又はSPIのうちの1個以上などのさらなる外部インタフェース又はポート、あるいは、ADC又はDAC、又はCamera LinkなどのRGBインタフェースを使用する2Dカメラデバイスなどのさらなるデバイスへの標準化されたインタフェース若しくはポートのうちの1個以上などのアナログインタフェース又はポートによって接続され得、又はそれを有し得る。評価デバイス及び／又はデータ処理デバイスは、プロセッサ間インタフェース若しくはポート、FPGA-FPGAインタフェース、又は、シリアル若しくはパラレルインタフェースポートのうちの1個以上によって更に接続され得る。評価デバイス及びデータ処理デバイスは、光学ディスクドライブ、CD-RWドライブ、DVD+RWドライブ、フラッシュドライブ、メモリカード、ディスクドライブ、ハードディスクドライブ、ソリッドステートディスク、又はソリッドステートハードディスクのうちの1個以上に更に接続され得る。

10

【0065】

評価デバイス及び／又はデータ処理デバイスは、フォンコネクタ、RCAコネクタ、VGAコネクタ、雄雌同体コネクタ、USBコネクタ、HDMIコネクタ、8P8Cコネクタ、BCNコネクタ、IEC60320 C14コネクタ、光ファイバコネクタ、Dサブミニチュアコネクタ、RFコネクタ、同軸コネクタ、SCARTコネクタ、XLRコネクタのうちの1個以上などの、1個以上のさらなる外部コネクタによって接続され得、又はそれを有し得、且つ／又は、これらのコネクタのうちの1個以上のための少なくとも1個の適切なソケットを組み込み得る。

20

【0066】

評価デバイスは、第1の反射画像内の第1の反射特徴及び第2の反射画像内の第2の反射特徴を識別及び／又は選択するように構成され得る。評価デバイスは、第1の反射特徴及び第2の反射特徴を識別及び／又は選択するために少なくとも1個の画像分析及び／又は画像処理を実行するように構成され得る。画像分析及び／又は画像処理は、少なくとも1個の特徴検出アルゴリズムを使用し得る。画像分析及び／又は画像処理は、以下のもの：フィルタリング少なくとも1個の関心領域の選択、センサ信号によって生成された画像と少なくとも1個のオフセットとの間の差分画像の形成、センサ信号によって生成された画像を反転することによるセンサ信号の反転、異なる時間にセンサ信号によって生成された画像間の差分画像の形成、背景補正、カラーチャネルへの分解、色相への分解、飽和、輝度チャネル、周波数分解、特異値分解、プロブ検出器の適用、コーナ検出器の適用、ヘッセフィルタの行列式の適用、主曲率ベースの領域検出器の適用、最大安定極値領域検出器の適用、一般化されたHough変換の適用、稜線検出器の適用、アフィン不変特徴検出器の適用、アフィン適応の関心点演算子の適用、ハリスアフィン領域検出器の適用、ヘッセアフィン領域検出器の適用、スケール不変特徴変換の適用、スケールスペース極値検出器の適用、局所特徴検出器の適用、高速化堅牢特徴アルゴリズムの適用、勾配位置及び方位のヒストグラムアルゴリズムの適用、方位付けられた勾配記述子のヒストグラムの適用、Dericheエッジ検出器の適用、微分エッジ検出器の適用、時空間関心点検出器の適用、モラベックコーナ検出器の適用、Cannyエッジ検出器の適用、GaussianフィルタのLaplace演算子の適用、Gaussianフィルタの差分の適用、Sobel演算子の適用、Laplacian演算子の適用、Scharrr演算子の適用、プレウィット演算子の適用、Roberts演算子の適用、Kirsch演算子の適用、ハイパスフィルタの適用、ローパスフィルタの適用、フーリエ変換の適用、ラドン変換の適用、Hough変換の適用、ウェーブレット変換の適用、閾値処理、バイナリ画像の生成のうちの1個以上を含み得る。具体的には、反射画像の評価は、反射画像の関心領域を選択することを含む。関心領域は、ユーザによって手動で決定され得、又は、センサ素子によって生成された画像内の物体を認識することなどによって自動で決定され得る。例えば、スポット状反射特徴の場合、関心領域を、スポットプロファイルの周りの領域として選択し得る。

30

40

50

【0067】

評価デバイスは、少なくとも1個の画像補正を実行するように構成され得る。画像補正は、少なくとも1個の背景減算を含み得る。評価デバイスは、例えば、さらなる照射のない撮像によって、それぞれのビームプロファイルから背景光の影響を除去するように適合され得る。

【0068】

評価は、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを合致させることを含む。本明細書で使用される場合、用語「合致させること」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、対応する第1の反射特徴及び第2の反射特徴を決定及び／又は評価及び／又は識別することを指すことができる。合致させることは、いわゆる対応関係問題を解決することを含み得る。本明細書で使用される場合、用語「対応する反射特徴」は、第1の反射特徴のそれぞれが、同じ照射特徴によって生成される対応する第2の反射特徴を有することを指すことができる。評価デバイスは、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを明確に合致させるように構成され得る。本明細書で使用される場合、用語「明確に合致させる」は、1個の第1の反射特徴のみが1個の第2の反射特徴に割り当てられること、及び／又は、他の第1の反射特徴を同じ第2の反射特徴に割り当てることができず、逆も同様であることを指すことができる。

【0069】

第1の反射特徴及び第2の反射特徴のそれぞれは、少なくとも1個のビームプロファイルを含む。本明細書で使用される場合、用語「ビームプロファイル」は、一般に、特に光ビームの伝播に対して垂直な少なくとも1個の平面における、光ビームの強度の空間分布を指すことができる。ビームプロファイルは、光ビームの横方向強度プロファイルであり得る。ビームプロファイルは、光ビームの断面であり得る。ビームプロファイルは、台形ビームプロファイル、三角形ビームプロファイル、円錐形ビームプロファイル、及び Gaussianビームプロファイルの線形結合からなるグループから選択され得る。しかしながら、他の実施形態が実現可能である。ビームプロファイルを、反射プロファイルと呼ぶこともできる。

【0070】

評価デバイスは、それぞれのビームプロファイルの分析によって、第1の反射特徴のそれぞれについて縦座標を決定するように構成され得る。ビームプロファイルの分析は、ビームプロファイルの少なくとも1個の第1のエリア及び少なくとも1個の第2のエリアを決定することを含み得る。評価デバイスは、第1のエリア及び第2のエリアを除算すること、第1のエリア及び第2のエリアの倍数を除算すること、第1のエリア及び第2のエリアの線形結合を除算することのうちの1個以上によって、結合信号Qを導出するように構成され得る。評価デバイスは、縦座標を決定するために、結合信号Qと縦座標との間の少なくとも1個の予め定められた関係を使用するように構成され得る。

【0071】

評価デバイスは、ビームプロファイルの分析によって、第1の反射特徴のそれぞれについて、 z_{DPR} とも呼ばれる少なくとも1個の縦座標を決定するように構成されている。本明細書で使用される場合、用語「ビームプロファイルの分析」は、一般に、ビームプロファイルの評価を指すことができ、少なくとも1個の数学演算、及び／又は少なくとも1個の比較、及び／又は少なくとも1個の対称化、及び／又は少なくとも1個のフィルタリング、及び／又は少なくとも1個の正規化を含み得る。例えば、ビームプロファイルの分析は、ヒストグラム分析工程、差分の尺度の計算、ニューラルネットワークの適用、機械学習アルゴリズムの適用のうちの少なくとも1個を含み得る。評価デバイスは、特に、より大きい角度での記録、エッジの記録などからノイズ又は非対称性を除去するために、ビームプロファイルを対称化及び／又は正規化及び／又はフィルタリングするように構成され得る。評価デバイスは、空間周波数分析及び／又はメディアンフィルタリングなどにより、高い空間周波数を除去することによって、ビームプロファイルをフィルタリングし得

10

20

30

40

50

る。集約は、光スポットの強度の中心と、中心まで同じ距離にあるすべての強度の平均化とによって実行され得る。評価デバイスは、特に記録された距離による強度差を考慮するために、ビームプロファイルを最大強度に正規化するように構成され得る。評価デバイスは、例えば、照射なしの撮像によって、ビームプロファイルから背景光の影響を除去するように構成され得る。

【0072】

反射特徴は、画像の少なくとも1個の画素を覆っても、又は少なくとも1個の画像の上に延びてもよい。例えば、反射特徴は、複数の画素を覆っても、複数の画素の上に延びてもよい。評価デバイスは、反射特徴、例えば光スポットに接続する及び／又は属するすべての画素を決定及び／又は選択するように構成され得る。評価デバイスは、強度の中心を、

10

【数1】

$$R_{coi} = \frac{1}{l \cdot \sum j \cdot r_{pixel}}$$

によって決定するように構成され得、ここで、 R_{coi} は強度の中心の位置、 r_{pixel} は画素位置、及び $l = \sum j \cdot I_{total}$ であり、 j は反射特徴に接続する及び／又は属する画素の数 j 、 I_{total} は総強度である。

【0073】

評価デバイスは、ビームプロファイル分析とも呼ばれる、光子からの深度比率技術を使用することによって、第1の反射特徴のそれぞれについて縦座標を決定するように構成され得る。光子からの深度比率(DPR)技術に関して、WO2018/091649A1、WO2018/091638A1、及びWO2018/091640A1、及びC. Lennartz、F. Schick、S. Metz、「Whitepaper-Beam Profile Analysis for 3D imaging and material detection」、2021年4月28日、Ludwigshafen、Germanyを参照し、これらの全内容が参照により含まれている。

20

【0074】

評価デバイスは、第1の反射特徴のそれぞれのビームプロファイルを決定するように構成され得る。本明細書で使用される場合、用語「ビームプロファイルを決定する」は、第1の反射画像内の少なくとも1個の第1の反射特徴を識別及び／又は選択すること、並びに第1の反射特徴の少なくとも1個の強度分布を評価することを指す。例として、第1の反射画像の領域は、第1の反射画像を通る軸又は線に沿ってなど、3次元強度分布又は2次元強度分布などの強度分布を決定するために使用され評価され得る。例として、光ビームによる照射の中心は、最高の照射を有する少なくとも1個の画素を決定することなどによって決定され得、照射の中心を通る断面軸が選択され得る。強度分布は、照射の中心を通るこの断面軸に沿った座標の関数としての強度分布であり得る。他の評価アルゴリズムが可能である。

30

【0075】

第1の反射特徴のうちの1個のビームプロファイルの分析は、ビームプロファイルの少なくとも1個の第1のエリア及び少なくとも1個の第2のエリアを決定することを含み得る。ビームプロファイルの第1のエリアは、エリアA1であり得、ビームプロファイルの第2のエリアは、エリアA2であり得る。評価デバイスは、第1のエリアと第2のエリアとを積分するように構成され得る。評価デバイスは、積分された第1のエリア及び積分された第2のエリアを除算すること、積分された第1のエリア及び積分された第2のエリアの倍数を除算すること、積分された第1のエリア及び積分された第2のエリアの線形結合を除算することのうちの1個以上によって、商Qとも呼ばれる結合信号Qを導出するように構成され得る。

40

【0076】

評価デバイスは、ビームプロファイルの少なくとも2個のエリアを決定するように、且

50

つ／又は、ビームプロファイルを、ビームプロファイルの異なるエリアを含む少なくとも2個のセグメントに分割するように構成され得、エリアが一致しない限り、エリアの重なりは可能であり得る。例えば、評価デバイスは、2個、3個、4個、5個、又は最大10個のエリアなどの複数のエリアを決定するように構成され得る。評価デバイスは、光スポットをビームプロファイルの少なくとも2個のエリアに分割するように、且つ／又は、ビームプロファイルを、ビームプロファイルの異なるエリアを含む少なくとも2個のセグメントに分割するように構成され得る。評価デバイスは、エリアのうちの少なくとも2個について、それぞれのエリアにわたるビームプロファイルの積分を決定するように構成され得る。評価デバイスは、決定された積分のうちの少なくとも2個を比較するように構成され得る。具体的には、評価デバイスは、ビームプロファイルの少なくとも1個の第1のエリア及び少なくとも1個の第2のエリアを決定するように構成され得る。本明細書で 사용되는場合、用語「ビームプロファイルのエリア」は、一般に、結合信号を決定するために使用される光学センサの位置におけるビームプロファイルの任意の領域を指す。ビームプロファイルの第1のエリアとビームプロファイルの第2のエリアとは、隣接する領域又は重なる領域のうちの一方又は両方であり得る。ビームプロファイルの第1のエリアとビームプロファイルの第2のエリアとは、エリアが一致していなくてもよい。例えば、評価デバイスは、第1のセンサ素子のセンサ領域を少なくとも2個のサブ領域に分割するように構成され得、評価デバイスは、第1のセンサ素子のセンサ領域を、少なくとも1個の左側部分と少なくとも1個の右側部分、及び／又は少なくとも1個の上側部分と少なくとも1個の下側部分、及び／又は少なくとも1個の内側部分と少なくとも1個の外側部分とに分割するように構成され得る。評価デバイスは、第1のエリアと第2のエリアとを積分するように適合され得る。

10

20

30

40

50

【0077】

ビームプロファイルの第1のエリアは、ビームプロファイルのエッジ情報を本質的に含み得、ビームプロファイルの第2のエリアは、ビームプロファイルの中心情報を本質的に含み、且つ／又は、ビームプロファイルの第1のエリアは、ビームプロファイルの左側部分に関する情報を本質的に含み得、ビームプロファイルの第2のエリアは、ビームプロファイルの右側部分に関する情報を本質的に含む。ビームプロファイルは、中心、すなわちビームプロファイルの最大値及び／又はビームプロファイルのプラトーの中心ポイント及び／又は光スポットの幾何学的中心と、中心から延びる立下りエッジとを有し得る。第2の領域は、断面の内側領域を含み得、第1の領域は、断面の外側領域を含み得る。本明細書で 사용되는場合、用語「本質的に中心情報」は、一般に、中心情報の割合、すなわち中心に対応する強度分布の割合と比較して、エッジ情報の割合が低いこと、すなわちエッジに対応する強度分布の割合が低いことを指す。好ましくは、中心情報は、10%未満、より好ましくは5%未満のエッジ情報の割合を有し、最も好ましくは、中心情報はエッジコンテンツを含まない。本明細書で 사용되는場合、用語「本質的にエッジ情報」は、一般に、エッジ情報の割合と比較して、中心情報の割合が低いことを指す。エッジ情報は、ビームプロファイル全体の情報、特に中心領域及びエッジ領域からの情報を含み得る。エッジ情報は、10%未満、好ましくは5%未満の中心情報の割合を有し、より好ましくは、エッジ情報は中心コンテンツを含まない。ビームプロファイルの少なくとも1個のエリアは、そのエリアが中心に近い又はその周りにあり、本質的に中心情報を含む場合、ビームプロファイルの第2のエリアとして決定及び／又は選択され得る。ビームプロファイルの少なくとも1個のエリアは、そのエリアが断面の立下りエッジの少なくとも一部を含む場合、ビームプロファイルの第1のエリアとして決定及び／又は選択され得る。例えば、断面のエリア全体が第1の領域として決定され得る。

【0078】

第1のエリアA1及び第2のエリアA2の他の選択が実現可能であり得る。例えば、第1のエリアは、ビームプロファイルの外側領域を本質的に含み、第2のエリアは、ビームプロファイルの内側領域を本質的に含み得る。例えば、2次元ビームプロファイルの場合、ビームプロファイルを左側部分と右側部分とに分割することができ、第1のエリアはビ

ームプロファイルの左側部分のエリアを本質的に含み得、第2のエリアはビームプロファイルの右側部分のエリアを本質的に含み得る。

【0079】

エッジ情報は、ビームプロファイルの第1のエリアにおける光子数に関する情報を含み得、中心情報は、ビームプロファイルの第2のエリアにおける光子数に関する情報を含み得る。評価デバイスは、ビームプロファイルのエリア積分を決定するように構成され得る。評価デバイスは、第1のエリアの積分及び／又は加算によってエッジ情報を決定するように構成され得る。評価デバイスは、第2のエリアの積分及び／又は加算によって中心情報を決定するように構成され得る。例えば、ビームプロファイルは台形ビームプロファイルであり得、評価デバイスは台形の積分を決定するように構成され得る。更に、台形ビームプロファイルが想定され得る場合、エッジ信号及び中心信号の決定を、エッジの勾配及び位置の決定、並びに中心プラトーの高さの決定、並びに幾何学的考察によるエッジ信号及び中心信号の導出など、台形ビームプロファイルの特性を利用した同等の評価で置き換えることができる。

10

【0080】

一実施形態において、A1は、特徴ポイントの全エリア又は完全なエリアに対応し得る。A2は、特徴ポイントの中心エリアであり得る。中心エリアは一定値であり得る。中心エリアは、特徴ポイントの全エリアと比較してより小さくてもよい。例えば、円形の特徴ポイントの場合、中心エリアは、特徴ポイントの全半径の0.1～0.9、好ましくは全半径の0.4～0.6の半径を有し得る。

20

【0081】

一実施形態において、照射パターンは、少なくともポイントパターンを含み得る。A1は、光学センサ上のポイントパターンのポイントの全半径を有するエリアに対応し得る。A2は、光学センサ上のポイントパターンのポイントの中心エリアであり得る。中心エリアは一定値であり得る。中心エリアは、全半径と比較した半径を有し得る。例えば、中心エリアは、全半径の0.1～0.9、好ましくは全半径の0.4～0.6の半径を有し得る。

【0082】

評価デバイスは、第1のエリア及び第2のエリアを除算すること、第1のエリア及び第2のエリアの倍数を除算すること、第1のエリア及び第2のエリアの線形結合を除算することのうちの1個以上によって、商Qを導出するように構成され得る。評価デバイスは、

30

【数2】

$$Q = \frac{\iint_{A1} E(x,y) dx dy}{\iint_{A2} E(x,y) dx dy}$$

によって商Qを導出するように構成され得、ここで、x及びyは横座標、A1及びA2はそれぞれビームプロファイルの第1のエリア及び第2のエリア、E(x,y)はビームプロファイルを示す。

【0083】

加えて又は代わりに、評価デバイスは、光スポットの少なくとも1個のスライス又はカットから、中心情報又はエッジ情報の一方又は両方を決定するように適合され得る。これは、例えば、商Qのエリア積分をスライス又はカットに沿った線積分で置き換えることによって実現され得る。精度を向上させるために、光スポットを通るいくつかのスライス又はカットを使用し、平均化し得る。楕円形のスポットプロファイルの場合、いくつかのスライス又はカットにわたる平均化により、改善された距離情報が得られる。

40

【0084】

例えば、評価デバイスは、

一 最高のセンサ信号を有する画素を決定し、少なくとも1個の中心信号を形成することと、

50

ー マトリクスのセンサ信号を評価し、少なくとも1個の合計信号を形成することと、
ー 中心信号と合計信号とを結合することにより商Qを決定することと、
ー 商Qを評価することにより、物体の少なくとも1個の縦座標 z を決定することと、
によって、ビームプロファイルを評価するように構成され得る。

【0085】

センサ信号は、照射に応答して光学センサ及び／又は光学センサの少なくとも1個の画素によって生成される信号であり得る。具体的には、センサ信号は、少なくとも1個のアナログ電気信号及び／又は少なくとも1個のデジタル電気信号などの少なくとも1個の電気信号であっても、それを含んでもよい。より具体的には、センサ信号は、少なくとも1個の電圧信号及び／又は少なくとも1個の電流信号であっても、それを含んでもよい。より具体的には、センサ信号は、少なくとも1個の光電流を含み得る。更に、未処理のセンサ信号を使用することができ、又は、検出器、光学センサ、若しくは他の要素が、フィルタリングなどによる前処理など、センサ信号を処理又は前処理し、それによって、センサ信号としても使用できる二次センサ信号を生成するように適合され得る。用語「中心信号」は、一般に、ビームプロファイルの中心情報を本質的に含む少なくとも1個のセンサ信号を指す。本明細書で使用される場合、用語「最高のセンサ信号」は、局所最大値又は関心領域内の最大値のうちの一方又は両方を指す。例えば、中心信号は、マトリクス全体又はマトリクス内の関心領域の画素によって生成される複数のセンサ信号のうちの、最高のセンサ信号を有する画素の信号であり得、関心領域は、マトリクスの画素によって生成される画像内で予め決定され得、又は決定可能であり得る。中心信号は、単一の画素から、又は光学センサのグループから生じ得、後者の場合、例として、中心信号を決定するために、画素のグループのセンサ信号は、加算、積分、又は平均化され得る。中心信号が生じる画素のグループは、最高のセンサ信号を有する実際の画素から予め定められた距離よりも短い距離を有する画素などの、隣接する画素のグループであり得、又は、最高のセンサ信号から予め定められた範囲内にあるセンサ信号を生成する画素のグループであり得る。中心信号が生じる画素のグループは、最大動的範囲を可能にするために、できるだけ大きく選択され得る。評価デバイスは、複数のセンサ信号、例えば最高のセンサ信号を有する画素の周囲の複数の画素を統合することによって中心信号を決定するように適合され得る。例えば、ビームプロファイルは台形ビームプロファイルであり得、評価デバイスは、台形の積分、特に台形のプラトーの積分を決定するように適合され得る。

【0086】

前述したように、中心信号は、一般に、光スポットの中心にある画素からのセンサ信号などの単一のセンサ信号であり得、又は、光スポットの中心にある画素から生じるセンサ信号の結合などの複数のセンサ信号の結合であってもよく、又は、上記の可能性のうちの1個以上によって導出されるセンサ信号を処理することによって導出される二次センサ信号であり得る。中心信号の決定は、センサ信号の比較が従来の電子機器によってかなり簡単に実施されるため、電子的に実行されてもよく、又は、ソフトウェアによって完全に若しくは部分的に実行され得る。具体的には、中心信号は、最高のセンサ信号、最高のセンサ信号から予め定められた許容範囲内にあるセンサ信号のグループの平均、最高のセンサ信号を有する画素を含む画素のグループ及び隣接する画素の予め定められたグループからのセンサ信号の平均、最高のセンサ信号を有する画素を含む画素のグループ及び隣接する画素の予め定められたグループからのセンサ信号の合計、最高のセンサ信号から予め定められた許容範囲内にあるセンサ信号のグループの合計、予め定められた閾値を超えるセンサ信号のグループの平均、予め定められた閾値を超えるセンサ信号のグループの合計、最高のセンサ信号を有する光学センサを含む光学センサのグループ及び隣接する画素の予め定められたグループからのセンサ信号の積分、最高のセンサ信号から予め定められた許容範囲内にあるセンサ信号のグループの積分、予め定められた閾値を超えるセンサ信号のグループの積分からなるグループから選択され得る。

【0087】

同様に、用語「合計信号」は、一般に、ビームプロファイルのエッジ情報を本質的に含

む信号を指す。例えば、合計信号は、マトリクス全体又はマトリクス内の関心領域のセンサ信号を加算すること、センサ信号を積分すること、又はセンサ信号を平均化することによって導出され得、関心領域は、マトリクスの光学センサによって生成される画像内で予め決定され得、又は決定可能であり得る。センサ信号を加算、積分、又は平均化する場合、センサ信号が生成される実際の光学センサは、加算、積分、又は平均化から除外されてもよく、あるいは、加算、積分、又は平均化に含まれてもよい。評価デバイスは、マトリクス全体の、又はマトリクス内の関心領域の信号を積分することによって、合計信号を決定するように適合され得る。例えば、ビームプロファイルは台形ビームプロファイルであり得、評価デバイスは、台形全体の積分を決定するように適合され得る。更に、台形ビームプロファイルが想定され得る場合、エッジ信号及び中心信号の決定を、エッジの勾配及び位置の決定、並びに中心プラトーの高さの決定、並びに幾何学的考察によるエッジ信号及び中心信号の導出など、台形ビームプロファイルの特性を利用した同等の評価で置き換えることができる。

10

【0088】

同様に、中心信号及びエッジ信号は、ビームプロファイルの円形セグメントなどのビームプロファイルのセグメントを使用することによって決定され得る。例えば、ビームプロファイルは、ビームプロファイルの中心を通らない割線又は弦によって2個のセグメントに分割され得る。よって、一方のセグメントはエッジ情報を本質的に含み、他方のセグメントは中心情報を本質的に含むことになる。例えば、中心信号のエッジ情報の量を更に減らすために、エッジ信号は、中心信号から更に減算され得る。

20

【0089】

商Qとも呼ばれる結合信号Qは、中心信号と合計信号とを結合することによって生成される信号であり得る。具体的には、決定は、中心信号及び合計信号の商又はその逆の商を形成すること、中心信号の倍数及び合計信号の倍数の商又はその逆の商を形成すること、中心信号の線形結合及び合計信号の線形結合の商又はその逆の商を形成することのうちの1個以上を含み得る。加えて又は代わりに、商Qは、中心信号と合計信号との比較に関する少なくとも1個の情報項目を含む任意の信号又は信号の結合を含み得る。

【0090】

本明細書で使用される場合、用語「第1の反射特徴の縦座標」は、第1のカメラと物体との間の距離を指すことができる。評価デバイスは、縦座標を決定するために、結合信号と縦座標との間の少なくとも1個の予め定められた関係を使用するように構成され得る。予め定められた関係は、経験的な関係、半経験的な関係、及び分析的に導出された関係のうちの1個以上であり得る。評価デバイスは、ルックアップリスト又はルックアップテーブルなどの、予め定められた関係を記憶するための少なくとも1個のデータ記憶装置を含み得る。

30

【0091】

評価デバイスは、ゼロ次及びより高次のすべての第1の反射特徴についての距離を計算する、少なくとも1個の光子からの深度比率アルゴリズムを実行するように構成され得る。

【0092】

評価デバイスは、決定された縦座標を使用することによって、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを合致させるように構成され得る。

40

【0093】

評価デバイスは、第1の反射特徴のそれぞれについて縦方向領域を決定するように構成され得、縦方向領域は、反射特徴の縦座標及び誤り間隔 $\pm \epsilon$ によって与えられる。

【0094】

評価デバイスは、選択された第1の反射特徴と本質的に同一の縦座標を有する、第2の反射画像内の少なくとも1個の第2の反射特徴を識別するように適合され得る。用語「本質的に同一」は、10%以内、好ましくは5%以内、最も好ましくは1%以内で同一であることを指す。第1の反射特徴に対応する第2の反射特徴は、エピソード幾何学形状を使

50

用して決定し得る。エピソード幾何学形状の説明については、例えば、X. Jiang、H. Bunkeの第2章：「Dreidimensionales Computersehen」、Springer、Berlin Heidelberg、1997年を参照する。エピソード幾何学形状では、第1の反射画像及び第2の反射画像が、固定距離を有する異なる空間位置及び／又は空間方位において決定された物体の画像であると想定し得る。評価デバイスは、第2の反射画像内のエピソード線を決定するように適合され得る。（第1のカメラの）第1の反射画像及び（第2のカメラの）第2の反射画像の基線は既知であり得る。例えば、第1の反射画像と第2の反射画像との相対位置は、評価デバイスの少なくとも1個の記憶ユニット内に記憶され得る。評価デバイスは、選択された第1の反射特徴から延びる直線を決定するように適合され得る。直線は、選択された第1の反射特徴に対応する可能な物体特徴を含み得る。直線及び基線は、エピソード平面に及ぶ。第2の反射画像は第1の反射画像とは異なる相対位置で決定されるため、対応する可能な物体特徴は、第2の反射画像内のエピソード線と呼ばれる直線上で撮像され得る。したがって、選択された第1の反射特徴に対応する第2の反射画像の特徴は、エピソード線上にある。

10

【0095】

評価デバイスは、縦方向領域に対応する第2の反射画像内の少なくとも1個の変位領域を決定するように構成され得る。本明細書で使用される場合、用語「変位領域」は、選択された第1の反射特徴に対応する第2の反射特徴が撮像され得る第2の反射画像内の領域を指す。具体的には、変位領域は、選択された第1の反射特徴に対応する第2の反射特徴が第2の反射画像内に位置すると予想される、第2の反射画像内の領域であり得る。物体までの距離に応じて、第1の反射特徴に対応する第2の反射特徴の画像位置を、第1の反射画像内の第1の反射特徴の画像位置と比較して、第2の反射画像内で変位させることができる。変位領域は、1個の第2の反射特徴のみを含み得る。変位領域は、2個以上の第2の反射特徴を含むこともできる。変位領域は、エピソード線又はエピソード線の一部を含み得る。変位領域は、2本以上のエピソード線又は2本以上のエピソード線のより多くの部分を含み得る。変位領域は、エピソード線に沿って延びていても、エピソード線に直交していても、その両方であり得る。評価デバイスは、距離特徴に対応するエピソード線に沿った第2の反射特徴を決定し、誤り間隔 $\pm \epsilon$ に対応するエピソード線に沿った変位領域又はエピソード線に直交する変位領域の範囲を決定するように適合され得る。距離推定の測定不確実性は、測定不確実性が異なる方向について異なることがあるため、非円形の変位領域を生じさせることがある。具体的には、1本以上のエピソード線に沿った測定不確実性は、1本以上のエピソード線に対して直交する方向における測定不確実性よりも大きくなり得る。変位領域は、1本以上のエピソード線に対して直交する方向の拡張を含み得る。

20

30

【0096】

評価デバイスは、第1の反射特徴のうちの1個を変位領域内の第2の反射特徴のうちの1個にそれぞれ合致させるように構成され得る。評価デバイスは、決定された縦座標を考慮した少なくとも1個の評価アルゴリズムを使用することによって、第1の反射特徴をそれぞれの変位領域内の第2の反射特徴に合致させるように構成され得る。評価アルゴリズムは、線形スケールリングアルゴリズムであり得る。

40

【0097】

評価デバイスは、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴の変位を決定するように構成され得る。変位は、第1の反射画像内の第1の反射特徴の画像位置と第2の反射画像内の第2の反射特徴の画像位置との差であり得る。画像位置は、それぞれの反射画像内の画素座標であり得る。評価デバイスは、縦座標と変位との間の予め定められた関係を使用する三角測量によって、精緻化された縦座標を決定するように構成され得る。より高い基線を有する第2のカメラを用いる三角測量を使用することにより、高い精度が得られる。

【0098】

予め定められた関係は、経験的な関係、半経験的な関係、及び分析的に導出された関係

50

のうちの1個以上であり得る。評価デバイスは、ルックアップリスト又はルックアップテーブルなどの、予め定められた関係を記憶するための少なくとも1個のデータ記憶装置を含み得る。評価デバイスは、三角測量法を使用することによって予め定められた関係を決定するように適合され得る。第1の反射画像内の選択された第1の反射特徴の位置、及び合致した第2の反射特徴の位置、及び／又は合致した第1の反射特徴と第2の反射特徴との相対変位が既知である場合、精緻化された縦座標を三角測量によって決定し得る。したがって、評価デバイスは、例えば続けて及び／又は列ごとに、第1の反射特徴を選択し、第2の反射特徴の各潜在的な位置について、三角測量を使用して、対応する距離値を決定するように適合され得る。変位及び対応する距離値は、評価デバイスの少なくとも1個の記憶装置に記憶され得る。

10

【0099】

加えて又は代わりに、評価デバイスは、以下の工程：

- － 各第1の反射特徴の画像位置について変位領域を決定することと、
 - － 変位領域に最も近いエピポーラ線、及び／又は変位領域内のエピポーラ線、及び／又はエピポーラ線に直交する方向に沿った変位領域に最も近いエピポーラ線を割り当てることなどによって、各第1の反射特徴の変位領域にエピポーラ線を割り当てることと、
 - － 割り当てられた変位領域に最も近い第2の反射特徴、及び／又は割り当てられた変位領域内の第2の反射特徴、及び／又は割り当てられたエピポーラ線に沿った割り当てられた変位領域に最も近い第2の反射特徴、及び／又は割り当てられたエピポーラ線に沿った割り当てられた変位領域内の第2の反射特徴を割り当てることなどによって、各第1の反射特徴に少なくとも1個の第2の反射特徴を割り当てる及び／又は決定することと
- を実行するように構成され得る。

20

【0100】

加えて又は代わりに、評価デバイスは、第1の反射特徴及び／又は第2の反射画像内のエピポーラ線の距離を比較することによって、且つ／又は、第1の反射特徴及び／又は第2の反射画像内のエピポーラ線の ϵ -重み付け距離などの誤り重み付け距離を比較し、より短い距離及び／又は ϵ -重み付け距離のエピポーラ線及び／又は第2の反射特徴を、第2の反射特徴及び／又は第1の反射特徴に割り当てることなどによって、第1の反射特徴に割り当てられる2本以上のエピポーラ線及び／又は第2の反射特徴の間で判別するように適合され得る。

30

【0101】

評価デバイスは、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴のペアの組合せ材料特性をビームプロファイルの分析によって決定するように構成されている。本明細書で使用される場合、用語「組合せ材料特性」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、第1の反射特徴及び第2の反射特徴からの情報を使用及び／又は考慮することによって決定される材料特性を指すことができる。組合せ材料特性の決定は、第1の反射特徴及び第2の反射特徴のそれぞれについて材料特性を決定することと、決定された材料特性を組合せ材料特性と組み合わせることとを含み得る。これにより、測定不確実性を低減させることが可能になり得る。プロジェクトは、照射特徴を物体上に投影し得る。両方のカメラが、投影された照射特徴により物体を撮像し得る。第1の反射特徴及び第2の反射特徴のビームプロファイルを評価することができ、材料特性の決定の質を向上させることが可能になり得る。ビームプロファイル分析により、物体の追加の材料情報を抽出することが可能になり得る。2個のカメラを使用するこの構成は、材料検出を、特に堅牢性に関して改善し得る。物体上の照射特徴の2個の異なるビューは、材料散乱特性のより多くの情報をもたらすことができる。2個のビューを使用することによって、サンプルサイズが2倍大きくなり、特徴ベースの材料検出を強制することが可能になり得る。スペckルノイズによる材料粗さ、逆散乱光強度、材料のサブ散乱特性、サンプルサイズを大きくすることによるノイズ低減に起因して、より堅牢な材料決定が可能になり得る。2個のビューを使用することは、プラスチック箔などの高反射材料に特に有利

40

50

であり得る。

【0102】

各反射特徴の材料特性の決定を、ビームプロファイル分析を使用して実行し得る。具体的には、ビームプロファイル分析は、物体表面上に投影されたコヒーレント光の反射特性を利用して、材料を分類する。材料の分類を、WO2020/187719、WO2021/170791A1、及び／又はWO2021/152070のうちの1個に記載されているように実行することができ、これらの全内容が参照により含まれている。具体的には、カメラによって記録された各反射特徴のビームプロファイルの分析を、特徴ベースの方法によって実行し得る。特徴ベースの方法は、以下で説明され得る。加えて又は代わりに、機械学習法を使用し得る。特徴ベースの方法を、機械学習法と組み合わせて使用して、皮膚分類モデルのパラメータ化を可能にし得る。代わりに又は組み合わせて、畳み込みニューロンネットワークを使用して、反射画像を入力として使用することによって、皮膚を分類し得る。

10

【0103】

例えば、評価デバイスは、反射ビームプロファイルが少なくとも1個の予め定められた又は予め定義された基準を満たす場合に、生体組織、特に人間の皮膚を照射することによって生成されるものとして反射特徴を識別するように構成され得る。本明細書で使用される場合、用語「少なくとも1個の予め定められた又は予め定義された基準」は、生体組織、特に人間の皮膚を他の材料から区別するのに適した少なくとも1個の特性及び／又は値を指す。予め定められた又は予め定義された基準は、材料特性に言及する少なくとも1個の予め定められた又は予め定義された値及び／又は閾値及び／又は閾値範囲であっても、それを含んでもよい。反射ビームプロファイルが少なくとも1個の予め定められた又は予め定義された基準を満たす場合、反射特徴は、生体組織によって生成されるものとして示され得る。評価デバイスは、その他の場合、反射特徴を非皮膚として識別するように構成され得る。本明細書で使用される場合、用語「生体組織」は、一般に、生細胞を含む生体材料を指す。具体的には、評価デバイスは、皮膚検出のために構成され得る。生体組織、特に人間の皮膚によって生成されるものの「識別」という用語は、検査する表面又は試験中の表面が生体組織、特に人間の皮膚であるか、若しくはそれを含むかどうかを決定及び／又は検証すること、並びに／あるいは生体組織、特に人間の皮膚を他の組織、特に他の表面から区別することを指すことができる。本発明により、人間の皮膚を、無機組織、金属表面、プラスチック表面、発泡体、紙、木材、ディスプレイ、スクリーン、布のうちの1個以上から区別することが可能になり得る。本発明により、人間の生体組織を人工物体の表面又は無生物の表面から区別することが可能になり得る。

20

30

【0104】

皮膚の反射特性を、表面（ランバート状）における直接反射と表面下散乱（体積散乱）との同時発生によって特徴付けることができる。これにより、上記の材料と比較して、皮膚上のレーザスポットを広げることができる。例えば、理論に拘束されることを望まないが、物体、例えば人間の皮膚は、逆散乱プロファイルとも呼ばれる反射プロファイルを有し得る。反射プロファイルは、表面反射と呼ばれる表面の逆反射によって生成される部分と、逆反射の拡散部分と呼ばれる皮膚を透過する光からの非常に拡散した反射によって生成される部分とを含み得る。人間の皮膚の反射プロファイルに関して、「Lasertechnik in der Medizin: Grundlagen, Systeme, Anwendungen」、「Wirkung von Laserstrahlung auf Gewebe」、1991年、171～266頁、Juergen Eichler、Theo Seiler、Springer Verlag、ISBN0939～0979を参照する。皮膚の表面反射は、波長が近赤外線に向かって増加するにつれて増加し得る。更に、透過深度は、波長が可視光から近赤外線に向かって増加するにつれて増加し得る。逆反射の拡散部分は、光の透過深度に伴って増加し得る。これらの特性は、逆散乱プロファイルを分析することによって、皮膚を他の材料から区別するために使用され得る。

40

50

【0105】

具体的には、評価デバイスは、反射ビームプロファイルを、少なくとも1個の予め定められた及び／又は予め記録された及び／又は予め定義されたビームプロファイルと比較するように構成され得る。予め定められた及び／又は予め記録された及び／又は予め定義されたビームプロファイルは、テーブル又はルックアップテーブルに記憶されてもよく、例えば経験的に決定され得、且つ例として、検出器の少なくとも1個のデータ記憶装置に記憶され得る。例えば、予め定められた及び／又は予め記録された及び／又は予め定義されたビームプロファイルは、本発明による方法を実行するデバイスの初期起動中に決定され得る。例えば、予め定められた及び／又は予め記録された及び／又は予め定義されたビームプロファイルは、例えばソフトウェアによって、具体的にはアプリストアなどからダウンロードされたアプリによって、評価デバイスの少なくとも1個のデータ記憶装置に記憶され得る。反射特徴は、反射ビームプロファイルと、予め定められた及び／又は予め記録された及び／又は予め定義されたビームプロファイルとが同一である場合に、生体組織によって生成されるものとして識別され得る。比較は、反射ビームプロファイルと、予め定められた又は予め定義されたビームプロファイルとを、それらの強度中心が合致するように重ね合わせることを含み得る。比較は、反射ビームプロファイルと、予め定められた及び／又は予め記録された及び／又は予め定義されたビームプロファイルとの間の偏差、例えばポイント間距離の二乗和を決定することを含み得る。評価デバイスは、決定された偏差を少なくとも1個の閾値と比較するように適合され得、決定された偏差が閾値より小さい及び／又は閾値に等しい場合、表面は生体組織として示され、且つ／又は生体組織の検出が確認される。閾値は、テーブル又はルックアップテーブルに記憶され得、例えば経験的に決定され得、且つ例として、評価デバイスの少なくとも1個のデータ記憶装置に記憶され得る。

10

20

【0106】

加えて又は代わりに、少なくとも1個の画像フィルタを反射特徴の画像に適用することによって、材料特性を決定し得る。本明細書で更に使用される場合、用語「画像」は、2次元関数 $f(x, y)$ を指し、ここで、輝度及び／又は明度は、画像内の任意の x, y 位置について与えられる。位置は、記録画素に対応して離散化され得る。輝度及び／又は色は、光学センサのビット深度に対応して離散化され得る。本明細書で使用される場合、用語「画像フィルタ」は、ビームプロファイル及び／又はビームプロファイルの少なくとも1個の特定領域に適用される少なくとも1個の数学演算を指す。具体的には、画像フィルタ ϕ は、画像 f 又は画像内の関心領域を、実数 $\phi(f(x, y)) = \phi$ にマッピングし、ここで ϕ は特徴、特に材料特徴を示す。画像はノイズの影響を受けることがあり、特徴についても同様である。したがって、特徴はランダム変数であり得る。特徴は正規分布されていてもよい。特徴が正規分布されていない場合は、ボックスコックス変換などによって正規分布されるように変換され得る。

30

【0107】

評価デバイスは、少なくとも1個の材料依存画像フィルタ ϕ_2 を画像に適用することによって、少なくとも1個の材料特徴 ϕ_{2m} を決定するように構成され得る。本明細書で使用される場合、用語「材料依存」画像フィルタは、材料依存の出力を有する画像を指す。材料依存画像フィルタの出力は、本明細書において「材料特徴 ϕ_{2m} 」又は「材料依存特徴 ϕ_{2m} 」と示される。材料特徴は、反射特徴を生成したシーンの表面の少なくとも1個の材料特性に関する少なくとも1個の情報であっても、それを含んでもよい。

40

【0108】

材料依存画像フィルタは、輝度フィルタ、スポット形状フィルタ、二乗ノルム勾配、標準偏差、Gaussianフィルタ又はメディアンフィルタなどの平滑性フィルタ、グレーレベル発生ベースのコントラストフィルタ、グレーレベル発生ベースのエネルギーフィルタ、グレーレベル発生ベースの均一性フィルタ、グレーレベル発生ベースの非類似性フィルタ、ローのエネルギーフィルタ、閾値領域フィルタ、若しくはそれらの線形結合、又は、輝度フィルタ、スポット形状フィルタ、二乗ノルム勾配、標準偏差、平滑性フィルタ

50

、グレーレベル発生ベースのエネルギーフィルタ、グレーレベル発生ベースの均一性フィルタ、グレーレベル発生ベースの非類似性フィルタ、ローのエネルギーフィルタ、若しくは閾値領域フィルタ、若しくは $|\rho_{\phi 2 o t h e r}, \phi_m| \geq 0.40$ によるそれらの線形結合のうちの1個以上に相関するさらなる材料依存画像フィルタ $\phi_{2 o t h e r}$ からなるグループから選択される少なくとも1個のフィルタであり得、ここで、 ϕ_m は、輝度フィルタ、スポット形状フィルタ、二乗ノルム勾配、標準偏差、平滑性フィルタ、グレーレベル発生ベースのエネルギーフィルタ、グレーレベル発生ベースの均一性フィルタ、グレーレベル発生ベースの非類似性フィルタ、ローのエネルギーフィルタ、若しくは閾値領域フィルタ、若しくはそれらの線形結合のうちの1個である。さらなる材料依存画像フィルタ $\phi_{2 o t h e r}$ は、材料依存画像フィルタ ϕ_m のうちの1個以上と、 $|\rho_{\phi 2 o t h e r}, \phi_m| \geq 0.60$ 、好ましくは $|\rho_{\phi 2 o t h e r}, \phi_m| \geq 0.80$ によって相関しているもよい。

10

【0109】

材料依存画像フィルタは、仮説検証を通過する少なくとも1個の任意のフィルタ ϕ であり得る。本明細書で使用される場合、用語「仮説検証を通過する」は、ヌル仮説 H_0 が棄却され、代替仮説 H_1 が受け入れられるという事実を指す。仮説検証は、予め定義されたデータセットに画像フィルタを適用することによって、画像フィルタの材料依存性を検証することを含み得る。データセットは、複数のビームプロファイル画像を含み得る。本明細書で使用される場合、用語「ビームプロファイル画像」は、 N_B Gaussian 放射基底関数の合計を指し、

20

【数3】

$$f_k(x, y) = \left| \sum_{l=0}^{N_B-1} g_{lk}(x, y) \right|,$$

$$g_{lk}(x, y) = a_{lk} e^{-(\alpha(x-x_{lk}))^2} e^{-(\alpha(y-y_{lk}))^2}$$

ここで、 N_B Gaussian 放射基底関数のそれぞれは、中心 (x_{lk}, y_{lk}) 、前因子 a_{lk} 、及び指数因子 $\alpha = 1/\epsilon$ によって定義される。指数因子は、すべての画像のすべての Gaussian 関数について同一である。中心位置 x_{lk}, y_{lk} は、すべての画像について同一である。

30

【0110】

【数4】

$$f_k: (x_0, x_1, \dots, x_{N_B-1}), (y_0, y_1, \dots, y_{N_B-1})$$

データセット内のビームプロファイル画像のそれぞれは、材料分類子及び距離に対応し得る。材料分類子は、「材料A」、「材料B」などのラベルであり得る。ビームプロファイル画像は、 $f_k(x, y)$ についての上記の式を、以下のパラメータテーブルと組み合わせて使用することによって生成され得る。

40

【0111】

【表1】

画像インデックス	材料分類子、材料インデックス	距離 z	パラメータ
$k=0$	皮膚 $m=0$	0.4 m	$(a_{00}, a_{10}, \dots, a_{N_B-10})$
$k=1$	皮膚 $m=0$	0.6 m	$(a_{01}, a_{11}, \dots, a_{N_B-11})$
$k=2$	布 $m=1$	0.6 m	$(a_{02}, a_{12}, \dots, a_{N_B-12})$
$\vdots$		$\vdots$	
$k=N$	材料 J , $m=J-1$		$(a_{0N}, a_{1N}, \dots, a_{N_B-1N})$

50

【 0 1 1 2 】

x, y の値は、

【 数 5 】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \in [0, 1, \dots, 31]^2$$

を有する画素に対応する整数である。画像は、 32×32 の画素サイズを有し得る。ビームプロファイル画像のデータセットは、 f_k についての上記の式をパラメータセットと組み合わせて使用して f_k の連続的な記述を得ることによって生成され得る。 32×32 画像の各画素の値は、 $f_k(x, y)$ の x, y について、 $0, \dots, 31$ の整数値を挿入することによって得られる。例えば、画素 $(6, 9)$ の場合、値 $f_k(6, 9)$ を計算し得る。

10

【 0 1 1 3 】

続いて、各画像 f_k について、フィルタ Φ に対応する特徴値

【 数 6 】

φ_k を計算することができ、

【 数 7 】

$$\Phi(f_k(x, y), z_k) = \varphi_k$$

20

ここで z_k は、予め定義されたデータセットからの画像 f_k に対応する距離値である。これにより、対応する生成された特徴値

【 数 8 】

φ_k を有するデータセットが得られる。

仮説検証では、フィルタが材料分類子を区別しないヌル仮説を使用し得る。ヌル仮説は、 $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_J$ によって与えられてもよく、ここで μ_m は、特徴値

【 数 9 】

φ_k に対応する各材料グループの期待値である。

30

インデックス m は、材料グループを示す。仮説検証では、フィルタが少なくとも 2 個の材料分類子を区別することを代替仮説として使用し得る。代替仮説は、 $H_1: \exists m, m': \mu_m \neq \mu_{m'}$ によって与えられてもよい。本明細書で 사용되는場合、用語「材料分類子を区別しない」は、材料分類子の期待値が同一であることを指す。本明細書で 사용되는場合、用語「材料分類子を区別する」は、材料分類子の少なくとも 2 個の期待値が異なることを指す。本明細書で 사용되는場合、「少なくとも 2 個の材料分類子を区別する」は、「適切な材料分類子」と同義で 사용되는。仮説検証は、生成された特徴値に関する少なくとも 1 個の分散分析 (ANOVA) を含み得る。特に、仮説検証は、 J 個の材料のそれぞれについて特徴値の平均値、すなわち、 $m \in [0, 1, \dots, J-1]$ についての合計 J 個の平均値

40

【 数 10 】

$$\bar{\varphi}_m = \frac{\sum_i \varphi_{i,m}}{N_m}$$

を決定することを含み得、ここで N_m は、予め定義されたデータセットにおける J 個の材料のそれぞれについての特徴値の数を示す。仮説検証は、すべての N 個の特徴値の平均値

【 数 11 】

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum_m \sum_i \varphi_{i,m}}{N}$$

50

を決定することを含み得る。仮説検証は、

【数 1 2】

$$mssw = \left(\sum_m \sum_i (\varphi_{i,m} - \bar{\varphi}_m)^2 \right) / (N - J)$$

内の平均平方和を決定することを含み得る。

【0 1 1 4】

仮説検証は、

【数 1 3】

$$mssb = \left(\sum_m (\bar{\varphi}_m - \bar{\varphi})^2 N_m \right) / (J - 1)$$

10

の間の平均平方和を決定することを含み得る。

【0 1 1 5】

仮説検証は、F-テストを実行することを含み得る。

【0 1 1 6】

【数 1 4】

$$CDF(x) = I_{\frac{d_1 x}{d_1 x + d_2}} \left(\frac{d_1}{2}, \frac{d_2}{2} \right)$$

20

【0 1 1 7】

ここで、 $d_1 = N - J$ 、 $d_2 = J - 1$

$F(x) = 1 - CDF(x)$

$p = F(mssb / mssw)$

【0 1 1 8】

ここでは、 I_x は、正規化された不完全 β 関数

【数 1 5】

$$I_x(a, b) = \frac{B(x; a, b)}{B(a, b)}$$

30

であり、オイラーベータ関数

【数 1 6】

$$B(a, b) = \int_0^1 t^{a-1} (1-t)^{b-1} dt$$

及び

【数 1 7】

$$B(x; a, b) = \int_0^x t^{a-1} (1-t)^{b-1} dt$$

40

は、不完全ベータ関数である。画像フィルタは、p 値である p が予め定義された有意水準よりも小さいか又はこれに等しい場合、仮説検証を通過し得る。フィルタは、 $p \leq 0.075$ 、好ましくは $p \leq 0.05$ 、より好ましくは $p \leq 0.025$ 、最も好ましくは $p \leq 0.01$ である場合、仮説検証を通過し得る。例えば、予め定義された有意水準が $\alpha = 0.075$ である場合、画像フィルタは、p 値が $\alpha = 0.075$ よりも小さい場合に仮説検証を通過し得る。この場合、ヌル仮説 H_0 が棄却され得、代替仮説 H_1 が受け入れられてもよい。したがって、画像フィルタは、少なくとも 2 個の材料分類子を区別する。したがって、画像フィルタは仮説検証を通過する。

50

【 0 1 1 9 】

以下で、反射画像が少なくとも 1 個の反射特徴、特にスポット画像を含むと想定して、画像フィルタについて説明する。スポット画像 f は、関数

【 数 1 8 】

$$f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}_{\geq 0}$$

によって与えられてもよく、画像 f の背景は既に減算されていてもよい。しかしながら、他の反射特徴が可能であり得る。

【 0 1 2 0 】

例えば、材料依存画像フィルタは、輝度フィルタであり得る。輝度フィルタは、スポットの輝度測定値を材料特徴として返すことができる。材料特徴は、

【 数 1 9 】

$$\varphi_{2m} = \Phi(f, z) = - \int f(x) dx \frac{z^2}{d_{ray} \cdot n}$$

によって決定され得、ここで f はスポット画像である。スポットの距離は z によって示され、ここで z は、例えば、脱焦点からの深度比率技術又は光子からの深度比率技術を使用することによって、且つ／又は三角測量技術を使用することによって得られる。材料の表面法線は、

【 数 2 0 】

$$n \in \mathbb{R}^3$$

によって与えられ、少なくとも 3 つの測定ポイントにまたがる表面の法線として得られる。ベクトル

【 数 2 1 】

$$d_{ray} \in \mathbb{R}^3$$

は、光源の方向ベクトルである。脱焦点からの深度比率技術又は光子からの深度比率技術を使用することによって、且つ／又は光源の位置が検出器システムのパラメータとして知られている三角測量技術を使用することによって、スポットの位置が既知であるため、 d_{ray} は、スポット位置と光源位置との間の差分ベクトルである。

【 0 1 2 1 】

例えば、材料依存画像フィルタは、スポット形状に依存した出力を有するフィルタであり得る。この材料依存画像フィルタは、材料の半透明性に相関する値を材料特徴として返すことができる。材料の半透明性は、スポットの形状に影響を与える。材料特徴は、

【 数 2 2 】

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \frac{\int H(f(x) - \alpha h) dx}{\int H(f(x) - \beta h) dx}$$

によって与えられてもよく、ここで $0 < \alpha, \beta < 1$ は、スポット高さ h についての重みであり、 H は $H e a v y s i d e$ 関数、すなわち $H(x) = 1 : x \geq 0$, $H(x) = 0 : x < 0$ である。スポット高さ h は、

【 数 2 3 】

$$h = \int_{B_r} f(x) dx$$

によって決定され得、ここで B_r は、半径 r を有するスポットの内円である。

【 0 1 2 2 】

例えば、材料依存画像フィルタは、二乗ノルム勾配であり得る。この材料依存画像フィルタは、材料特徴としてのスポットのソフトとハードの遷移及び／又は粗さの尺度に相関する値を返すことができる。材料特徴は、

【数 2 4】

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \int \|\nabla f(x)\|^2 dx$$

によって定義され得る。

【0 1 2 3】

例えば、材料依存画像フィルタは、標準偏差であり得る。スポットの標準偏差は、

【数 2 5】

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \int (f(x) - \mu)^2 dx$$

によって決定され得、ここで μ は、 $\mu = \int (f(x)) dx$ によって与えられる平均値である。

【0 1 2 4】

例えば、材料依存画像フィルタは、Gaussianフィルタ又はメディアンフィルタなどの平滑性フィルタであり得る。平滑性フィルタの一実施形態において、この画像フィルタは、体積散乱が拡散散乱材料と比較して少ないスペックルコントラストを示すという観察を参照し得る。この画像フィルタは、スペックルコントラストに対応するスポットの平滑性を材料特徴として定量化し得る。材料特徴は、

【数 2 6】

$$\varphi_{2m} = \Phi(f, z) = \frac{\int |F(f)(x) - f(x)| dx}{\int f(x) dx} \cdot \frac{1}{z}$$

によって決定され得、ここで F は平滑性関数であり、例えばメディアンフィルタ又は Gaussianフィルタである。この画像フィルタは、上述の式で説明したように、距離 z による除算を含み得る。距離 z は、例えば、脱焦点からの深度比率技術又は光子からの深度比率技術を使用して、且つ／又は三角測量技術を使用することによって決定され得る。これにより、フィルタが距離の影響を受けないようにすることが可能になり得る。平滑性フィルタの一実施形態において、平滑性フィルタは、抽出されたスペックルノイズパターンの標準偏差に基づき得る。スペックルノイズパターン N は、

$$f(x) = f_0(x) \cdot (N(X) + 1)$$

によって経験的な方法で記述され得、ここで f_0 はスペックル除去したスポットの画像である。 $N(X)$ は、スペックルパターンをモデル化したノイズ項である。スペックル除去した画像の計算は困難な場合がある。したがって、スペックル除去した画像は、 f の平滑化バージョン、すなわち $f_0 = F(f)$ によって近似され得、ここで F は、Gaussianフィルタ又はメディアンフィルタなどの平滑性演算子である。したがって、スペックルパターンの近似値は、

【数 2 7】

$$N(X) = \frac{f(x)}{F(f(x))} - 1$$

によって与えられてもよい。

【0 1 2 5】

このフィルタの材料特徴は、

【数 2 8】

10

20

30

40

50

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \sqrt{\text{Var}\left(\frac{f}{F(f)} - 1\right)}$$

によって決定され得、ここで Var は分散関数を示す。

【 0 1 2 6 】

例えば、画像フィルタは、グレーレベル発生ベースのコントラストフィルタであり得る。この材料フィルタは、グレーレベル発生マトリクス $M_{f, \rho}(g_1, g_2) = [P_{g_1, g_2}]$ に基づき得、一方、 P_{g_1, g_2} は、グレー結合 $(g_1, g_2) = [f(x_1, y_1), f(x_2, y_2)]$ の発生率であり、関係 ρ は、 (x_1, y_1) と (x_2, y_2) との間の距離を定義し、 $\rho(x, y) = (x + a, y + b)$ であり、 a 及び b は 0、1 から選択される。

10

【 0 1 2 7 】

グレーレベル発生ベースのコントラストフィルタの材料特徴は、

【 数 2 9 】

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \sum_{i,j=0}^{N-1} p_{ij}(i-j)^2$$

によって与えられてもよい。

20

【 0 1 2 8 】

例えば、画像フィルタは、グレーレベル発生ベースのエネルギーフィルタであり得る。この材料フィルタは、上記のグレーレベル発生マトリックスに基づいている。

【 0 1 2 9 】

グレーレベル発生ベースのエネルギーフィルタの材料特徴は、

【 数 3 0 】

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \sum_{i,j=0}^{N-1} (p_{ij})^2$$

30

によって与えられてもよい。

【 0 1 3 0 】

例えば、画像フィルタは、グレーレベル発生ベースの均一性フィルタであり得る。この材料フィルタは、上記のグレーレベル発生マトリックスに基づいている。グレーレベル発生ベースの均一性フィルタの材料特徴は、

【 数 3 1 】

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{p_{ij}}{1 + |i - j|}$$

40

によって与えられてもよい。

【 0 1 3 1 】

例えば、画像フィルタは、グレーレベル発生ベースの非類似性フィルタであり得る。この材料フィルタは、上記のグレーレベル発生マトリックスに基づいている。グレーレベル発生ベースの非類似性フィルタの材料特徴は、

【 数 3 2 】

$$\varphi_{2m} = \Phi(f) = - \sum_{i,j=0}^{N-1} \sqrt{p_{ij} \log(p_{ij})}.$$

50

によって与えられてもよい。

【 0 1 3 2 】

例えば、画像フィルタは、ローのエネルギーフィルタであり得る。この材料フィルタは、ローのベクトル $L_5 = [1, 4, 6, 4, 1]$ 及び $E_5 = [-1, -2, 0, -2, -1]$ 並びにマトリクス $L_5 (E_5)^T$ 及び $E_5 (L_5)^T$ に基づき得る。画像 f_k は、これらのマトリクス

【数 3 3】

$$f_{k,L5E5}^*(x,y) = \sum_{i=-2}^2 \sum_{j=-2}^2 f_k(x+i,y+j) L_5(E_5)^T$$

10

及び

【数 3 4】

$$f_{k,E5L5}^*(x,y) = \sum_{i=-2}^2 \sum_{j=-2}^2 f_k(x+i,y+j) E_5(L_5)^T.$$

$$E = \int \frac{f_{k,L5E5}^*(x,y)}{\max(f_{k,L5E5}^*(x,y))} dx dy,$$

20

$$F = \int \frac{f_{k,E5L5}^*(x,y)}{\max(f_{k,E5L5}^*(x,y))} dx dy$$

で畳み込まれている。

【 0 1 3 3 】

一方、ローのエネルギーフィルタの材料特徴は、

【数 3 5】

$$\phi_{2m} = \Phi(f) = E/F$$

30

によって決定され得る。

【 0 1 3 4 】

例えば、材料依存画像フィルタは、閾値領域フィルタであり得る。この材料特徴は、画像平面内の 2 個のエリアを関連付けることができる。第 1 のエリア Ω_1 は、関数 f が f の最大値の α 倍より大きいエリアであり得る。第 2 のエリア Ω_2 は、関数 f が f の最大値の α 倍より小さいが、 f の最大値の ε 倍の閾値より大きいエリアであり得る。 α は 0.5、 ε は 0.05 であり得ることが好ましい。スペckル又はノイズに起因して、エリアはスポット中心の周りの内円及び外円に単純に対応していないことがある。例として、 Ω_1 は、外円のスペckル又は非接続エリアを含み得る。材料特徴は、

40

【数 3 6】

$$\phi_{2m} = \Phi(f) = \frac{\int_{\Omega_1} 1}{\int_{\Omega_2} 1}$$

によって決定され得、ここで $\Omega_1 = \{x \mid f(x) > \alpha \cdot \max(f(x))\}$ 及び $\Omega_2 = \{x \mid \varepsilon \cdot \max(f(x)) < f(x) < \alpha \cdot \max(f(x))\}$ である。

【 0 1 3 5 】

評価デバイスは、反射特徴を生成した表面の材料特性を決定するために、材料特徴 ϕ_{2m} と反射特徴を生成した表面の材料特性との間の少なくとも 1 個の予め定められた関係を

50

使用するように構成され得る。予め定められた関係は、経験的な関係、半経験的な関係、及び分析的に導出された関係のうちの1個以上であり得る。評価デバイスは、ルックアップリスト又はルックアップテーブルなどの、予め定められた関係を記憶するための少なくとも1個のデータ記憶装置を含み得る。

【0136】

加えて又は代わりに、反射特徴のそれぞれの材料特性を、人工知能、特に畳み込みニューロンネットワークを使用して実行し得る。反射画像を畳み込みニューロンネットワークの入力として使用することにより、材料間、例えば皮膚と他の体積散乱材料とを区別するのに十分な精度を有する分類モデルを生成することが可能になり得る。反射画像内の重要な領域を選択することによって、物理的に有効な情報のみがネットワークに渡されるため、コンパクトなトレーニングデータセットのみが必要であり得る。加えて、非常にコンパクトなネットワークアーキテクチャを生成し得る。

【0137】

具体的には、少なくとも1個のパラメータ化された分類モデルを使用し得る。パラメータ化された分類モデルは、反射画像を入力として使用することによって材料を分類するように構成され得る。分類モデルは、機械学習、深層学習、ニューラルネットワーク、又は他の形態の人工知能のうちの1個以上を使用することによってパラメータ化され得る。本明細書で使用される場合、用語「機械学習」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、自動的なモデル構築のため、特にモデルのパラメータ化のために人工知能(AI)を使用する方法を指すことができる。用語「分類モデル」は、材料、例えば人間の皮膚を他の材料から区別するように構成されたモデルを指すことができる。それぞれの材料に特徴的な特性は、分類モデルの少なくとも1個の最適化ターゲットに関して最適化アルゴリズムを適用することによって決定され得る。機械学習は、少なくとも1個のニューロンネットワーク、特に畳み込みニューラルネットワークに基づき得る。ニューロンネットワークの重み及び／又はトポロジーは、予め決定及び／又は予め定義され得る。具体的には、分類モデルのトレーニングは、機械学習を使用して実行し得る。分類モデルは、少なくとも1個の機械学習アーキテクチャ及びモデルパラメータを含み得る。例えば、機械学習アーキテクチャは、線形回帰、ロジスティック回帰、ランダムフォレスト、ナイーブベイズ分類、最近傍法、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、敵対的生成ネットワーク、サポートベクターマシン、又は勾配ブースティングアルゴリズムなどのうちの1個以上であっても、それを含んでもよい。本明細書で使用される場合、学習とも呼ばれる用語「トレーニング」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、分類モデルを構築する方法、特に分類モデルのパラメータを決定及び／又は更新する方法を指すことができる。分類モデルは、少なくとも部分的にデータ駆動型であり得る。例えば、皮膚分類モデルは、複数の人間及びマスクなどの人工物体を照射し、反射パターンを記録することによって決定されるデータなどの実験データに基づき得る。例えば、トレーニングは、少なくとも1個のトレーニングデータセットを使用することを含み得、トレーニングデータセットは、既知の材料特性を有する複数の人間及び人工物体の画像、特に反射画像を含む。

【0138】

加えて又は代わりに、材料特性は、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴の双方向反射分布関数を使用して決定され得る。評価デバイスは、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴の双方向反射分布関数を決定するように構成され得る。評価デバイスは、双方向反射分布関数を評価することにより、材料特性を決定するように構成され得る。本明細書で使用される場合、用語「双方向反射分布関数(BRDF)」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、視野角に応じた輝度分布を指すことができる。BRDFは、それぞれの照射特徴上の2個の異なるビューを使用

10

20

30

40

50

することによって決定された結合ビームプロファイルであり得る。材料特性は、双方向反射分布関数によってモデル化され得る。例えば、2017年4月にSCCG 2017に提出されたプレプリント、J. Filip他、「BRDF Measurement of Highly-Specular Materials using a Goniometer」に記載されているように、空間的に均一な材料の実際の外観を、BRDFによって表すことができる。BRDFは、光が材料の表面でどのように反射するかを定義する、照射方向 $\omega_i = \{\theta_i, \phi_i\}$ 及び視線方向 $\omega_v = \{\theta_v, \phi_v\}$ の4次元ベクトル値関数 $f_r(\theta_i, \theta_v, \phi_i, \phi_v)$ として記述され得、ここで $\theta \in [0, \pi/2]$ は仰角であり、 $\phi \in [0, 2\pi]$ は球座標系の方位角である。物体上の照射特徴の2個のビューにより、BRDFのサンプリングが可能になり得る。

10

【0139】

双方向反射分布関数の評価は、双方向反射分布関数を少なくとも1個の予め定義された双方向反射分布関数と比較することを含み得る。予め定義された双方向反射分布関数は、テーブル又はlookupテーブルに記憶され得、例えば経験的に決定され得、且つ例として、例えばソフトウェアによって、具体的にはアプリストアなどからダウンロードされたアプリによって、評価デバイスの少なくとも1個のデータ記憶装置に記憶され得る。

【0140】

反射特徴は、双方向反射分布関数と予め定義された双方向反射分布関数とが少なくとも許容度内で同一である場合に、材料、例えば生体組織によって生成されるものとして識別され得る。双方向反射分布関数の評価は、双方向反射分布関数を少なくとも1個の予め定義された双方向反射分布関数と比較することを含み得る。比較は、双方向反射分布関数と予め定義された双方向反射分布関数とを重ね合わせることを含み得る。比較は、双方向反射分布関数と予め定義された双方向反射分布関数との間の偏差、例えばポイント間距離の二乗和を決定することを含み得る。評価デバイスは、決定された偏差を少なくとも1個の閾値と比較するように適合され得、決定された偏差が閾値より小さい且つ／又は閾値に等しい場合、表面は特定の材料、例えば生体組織として示される。閾値は、テーブル又はlookupテーブルに記憶され得、例えば経験的に決定され得、且つ例として、評価デバイスの少なくとも1個のデータ記憶装置に記憶され得る。

20

【0141】

検出器は、第1のカメラ及び第2のカメラのそれぞれをプロジェクタに対して自動較正するように、且つ／又は第1のカメラ及び第2のカメラを互いに対して自動較正するように構成され得る。プロジェクタに対する第1のカメラ及び第2のカメラのそれぞれの較正に関して、2021年11月9日に出願された欧州特許出願第21207250.8号を参照し、この全内容が参照により含まれている。

30

【0142】

本発明のさらなる態様において、本発明による、少なくとも1個の材料特性を識別するための少なくとも1個の検出器を使用して、少なくとも1個の物体の材料特性を決定する方法が開示されている。方法の定義及び実施形態に関して、本発明の第1の態様に記載した検出器の説明を参照する。

【0143】

方法工程は、所与の順序で実行されても、異なる順序で実行され得る。更に、列挙されていない1個以上の追加の方法工程が存在し得る。更に、方法工程のうちの1個、2個以上、又は更にはすべてを繰り返し実行し得る。

40

【0144】

方法は、以下の工程：

a) プロジェクタを使用することによって、複数の照射特徴を含む少なくとも1個の照射パターンにより物体を照射する工程と、

b) 照射特徴による照射に応答して物体により生成された複数の第1の反射特徴を含む少なくとも1個の第1の反射画像を、第1のカメラを使用することによって撮像する工程であって、第1のカメラは、第1の反射画像が物体に対する第1の視線方向で撮像される

50

ように配列されている、撮像する工程と、

c) 照射特徴による照射に応答して物体により生成された複数の第2の反射特徴を含む少なくとも1個の第2の反射画像を、第2のカメラを使用することによって撮像する工程であって、第2のカメラは、第2の反射画像が物体に対する第2の視線方向で撮像されるように配列され、第1の視線方向と第2の視線方向とは異なる、撮像する工程と、

d) 評価デバイスを使用することによって第1の反射画像及び第2の反射画像を評価する工程であって、評価は、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを合致させることと、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴のペアの組合せ材料特性を、それらのビームプロファイルの分析によって決定することを含む、評価する工程とを含む。

【0145】

方法は、コンピュータ実装であり得る。本明細書で使用される場合、用語「コンピュータ実装」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、少なくとも1個の処理ユニットを含むデータ処理手段などのデータ処理手段を使用することによって、完全に又は部分的に実装される方法を指す。

【0146】

本明細書で更に開示及び提案されるのは、コンピュータプログラムであって、プログラムがコンピュータ又はコンピュータネットワーク上で実行されるときに、本明細書に含まれる実施形態のうちの1個以上において本発明による方法を実行するための、コンピュータ実行可能命令を含むコンピュータプログラムである。具体的には、コンピュータプログラムは、コンピュータ可読データキャリア及び／又はコンピュータ可読記憶媒体に記憶され得る。

【0147】

本明細書で使用される場合、用語「コンピュータ可読データキャリア」及び「コンピュータ可読記憶媒体」は、具体的には、コンピュータ実行可能命令が記憶されたハードウェア記憶媒体などの非一時的データ記憶手段を指すことができる。コンピュータ可読データキャリア又は記憶媒体は、具体的には、ランダムアクセスメモリ(RAM)及び／又はリードオンリーメモリ(ROM)などの記憶媒体であっても、それを含んでもよい。

【0148】

したがって、具体的には、上記の方法工程のうちの方法工程d)などの1個、2個以上、又は更にはすべてを、コンピュータ又はコンピュータネットワークを使用することによって、好ましくはコンピュータプログラムを使用することによって実行し得る。

【0149】

本明細書で更に開示及び提案されるのは、コンピュータプログラム製品であって、プログラムがコンピュータ又はコンピュータネットワーク上で実行されるときに、本明細書に含まれる実施形態のうちの1個以上において本発明による方法を実行するための、プログラムコード手段を有するコンピュータプログラム製品である。具体的には、プログラムコード手段は、コンピュータ可読データキャリア及び／又はコンピュータ可読記憶媒体に記憶され得る。

【0150】

本明細書で更に開示及び提案されるのは、コンピュータ又はコンピュータネットワークに、例えばコンピュータ又はコンピュータネットワークのワーキングメモリ又はメインメモリにロードされた後に、本明細書に開示される実施形態のうちの1個以上による方法を実行することのできる、データ構造が記憶されたデータキャリアである。

【0151】

本明細書で更に開示及び提案されるのは、コンピュータプログラム製品であって、プログラムがコンピュータ又はコンピュータネットワーク上で実行されるときに、本明細書に開示される実施形態のうちの1個以上による方法を実行するための、機械可読キャリアに記憶されたプログラムコード手段を有するコンピュータプログラム製品である。本明細書で使用される場合、コンピュータプログラム製品は、取引可能な製品としてのプログラム

10

20

30

40

50

を指す。製品は一般に、紙のフォーマットで、又はコンピュータ可読データキャリア及び／若しくはコンピュータ可読記憶媒体上でなど、任意のフォーマットで存在し得る。具体的には、コンピュータプログラム製品は、データネットワークを通じて配布され得る。

【0152】

最後に、本明細書で開示及び提案されるのは、本明細書に開示される実施形態のうちの1個以上による方法を実行するための、コンピュータシステム又はコンピュータネットワークによって読み取り可能な命令を含む変調データ信号である。

【0153】

本発明のコンピュータ実装態様を参照すると、本明細書に開示される実施形態のうちの1個以上による方法の方法工程のうちの1個以上、又は更には方法工程のすべてを、コンピュータ又はコンピュータネットワークを使用することによって実行し得る。したがって、一般に、データの提供及び／又は操作を含む方法工程のいずれも、コンピュータ又はコンピュータネットワークを使用することによって実行し得る。一般に、これらの方法工程は、サンプルを提供すること及び／又は実際の測定を実行するある態様などの、手作業を必要とする方法工程を通常は除く、方法工程のいずれかを含み得る。

【0154】

具体的には、本明細書で更に開示されるのは、

- 少なくとも1個のプロセッサを含むコンピュータ又はコンピュータネットワークであって、プロセッサは、本明細書に記載の実施形態のうちの1個による方法を実行するように適合されている、コンピュータ又はコンピュータネットワークと、

- データ構造がコンピュータ上で実行されている間、本明細書に記載の実施形態のうちの1個による方法を実行するように適合されたコンピュータロード可能データ構造と、

- コンピュータプログラムであって、プログラムがコンピュータ上で実行されている間、本明細書に記載の実施形態のうちの1個による方法を実行するように適合されたコンピュータプログラムと、

- コンピュータプログラムがコンピュータ又はコンピュータネットワーク上で実行されている間、本明細書に記載の実施形態のうちの1個による方法を実行するためのプログラム手段を含むコンピュータプログラムと、

- 前の実施形態によるプログラム手段を含むコンピュータプログラムであって、プログラム手段は、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体に記憶されている、コンピュータプログラムと、

- 記憶媒体であって、データ構造が記憶媒体に記憶され、データ構造は、コンピュータ又はコンピュータネットワークのメイン記憶装置及び／又はワーキング記憶装置にロードされた後に、本明細書に記載の実施形態のうちの1個による方法を実行するように適合されている、記憶媒体と、

- プログラムコード手段を有するコンピュータプログラム製品であって、プログラムコード手段がコンピュータ又はコンピュータネットワーク上で実行される場合、プログラムコード手段は、本明細書に記載の実施形態のうちの1個による方法を実行するために、記憶媒体に記憶され得、又は記憶されている、コンピュータプログラム製品と、

である。

【0155】

さらなる態様において、本発明による少なくとも1個の検出器を備えるモバイルデバイスが開示される。モバイルデバイスは、モバイル通信デバイス、タブレットコンピュータ、携帯型コンピュータのうちの1個以上である。モバイルデバイスの定義及び実施形態に関して、検出器及び方法に関して説明した定義及び実施形態を参照する。

【0156】

本発明のさらなる態様において、トラフィック技術における位置測定、エンタテインメント用途、セキュリティ用途、監視用途、安全性用途、ヒューマン-マシンインタフェース用途、物流用途、追跡用途、アウトドア用途、モバイル用途、通信用途、フォトグラフィ用途、マシンビジョン用途、ロボット用途、品質制御用途、製造用途、歩行監視用途、

10

20

30

40

50

人体監視用途、在宅ケア、スマートリビング、自動車用途からなるグループから選択される使用の目的のための、前述した実施形態又は以下で更に詳細に示される実施形態のうちの１個以上によるものなどの、本発明による検出器を使用する方法が提案されている。

【０１５７】

本発明の検出器及びデバイスのさらなる使用方法に関して、WO 2018 / 091649 A1、WO 2018 / 091638 A1、及びWO 2018 / 091640 A1を参照し、これらの内容が参照により含まれている。

【０１５８】

本明細書で使用される場合、用語「を有する (have)」、「を含む (comprise)」、若しくは「を含む (include)」、又はその任意の文法的な変形は、非排他的に使用される。したがって、これらの用語は、これらの用語によって導入される特徴に加えて、この文脈で説明されるエンティティにさらなる特徴が存在しない状況、及び１個以上のさらなる特徴が存在する状況の両方を指すことができる。例として、表現「AがBを有する (A has B)」、「AがBを備える (A comprises B)」、「AがBを含む (A includes B)」は、B以外に、他の要素がAに存在しない状況（すなわち、Aが唯一且つ排他的にBから構成される状況）、及びB以外に、要素C、要素C及びD、又はさらなる要素などの１個以上のさらなる要素がエンティティAに存在する状況の両方を指すことができる。

【０１５９】

更に、用語「少なくとも１個の (at least one)」、「１個以上の (one or more)」、又は特徴若しくは要素が１回若しくは２回以上存在し得ることを示す類似の表現は、典型的にはそれぞれの特徴若しくは要素を導入するときに１回のみ使用されることに留意されたい。ほとんどの場合、それぞれの特徴又は要素に言及するとき、それぞれの特徴又は要素が１回又は２回以上存在し得るという事実に関わらず、表現「少なくとも１個の」又は「１個以上の」は繰り返されない。

【０１６０】

更に、本明細書で使用される場合、用語「好ましくは (preferably)」、「より好ましくは (more preferably)」、「特に (particularly)」、「より詳細には (more particularly)」、「具体的には (specifically)」、「より具体的には (more specifically)」、又は類似の用語は、代替的な可能性を制限することなく、任意の特徴と共に使用される。したがって、これらの用語によって導入される特徴は、任意の特徴であり、特許請求の範囲を限定することを何ら意図していない。本発明は、当業者が認識するように、代替的な特徴を使用することによって実行され得る。同様に、「本発明の実施形態において (in an embodiment of the invention)」又は類似の表現によって導入される特徴は、本発明の代替実施形態に関する制限なしに、本発明の範囲に関する制限なしに、且つそのような方法で導入される特徴を本発明の他の任意の特徴又は任意でない特徴と組み合わせる可能性に関する制限なしに、任意の特徴であることが意図される。

【０１６１】

要約すると、さらなる可能な実施形態を除外することなく、以下の実施形態を想定し得る。

【０１６２】

実施形態 1

少なくとも１個の物体の少なくとも１個の材料特性を決定するための検出器であって、

— 複数の照射特徴を含む少なくとも１個の照射パターンにより物体を照射するように構成された少なくとも１個のプロジェクトと、

— 少なくとも１個の第１のセンサ素子を有する少なくとも１個の第１のカメラであって、第１のセンサ素子は、第１の光学センサのマトリクスを有し、第１の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第１の光学センサは、物体から第１のカメラに伝播する

反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に应答して、少なくとも1個のセンサ信号を生成するように設計され、第1のカメラは、照射特徴による照射に应答して物体により生成された複数の第1の反射特徴を含む少なくとも1個の第1の反射画像を撮像するように構成され、第1のカメラは、第1の反射画像が物体に対する第1の視線方向で撮像されるように配列されている、第1のカメラと、

— 少なくとも1個の第2のセンサ素子を有する少なくとも1個の第2のカメラであって、第2のセンサ素子は、第2の光学センサのマトリクスを有し、第2の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第2の光学センサは、物体から第2のカメラに伝播する反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に应答して、少なくとも1個のセンサ信号を生成するように設計され、第2のカメラは、照射特徴による照射に应答して物体により生成された複数の第2の反射特徴を含む少なくとも1個の第2の反射画像を撮像するように構成され、第2のカメラは、第2の反射画像が物体に対する第2の視線方向で撮像されるように配列され、第1の視線方向と第2の視線方向とは異なる、第2のカメラと、

— 第1の反射画像及び第2の反射画像を評価するように構成された少なくとも1個の評価デバイスであって、評価は、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを合致させることと、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴のペアの組合せ材料特性を、それらのビームプロファイルの分析によって決定することを含む、評価デバイスとを備える検出器。

【0163】

実施形態2

第1のカメラとプロジェクタとの間の基線が、第2のカメラとプロジェクタとの間の基線よりも短い、実施形態1に記載の検出器。

【0164】

実施形態3

評価デバイスは、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴のペアの双方向反射分布関数を決定するように構成され、評価デバイスは、双方向反射分布関数を評価することにより、組合せ材料特性を決定するように構成されている、実施形態1又は2に記載の検出器。

【0165】

実施形態4

双方向反射分布関数の評価は、双方向反射分布関数を少なくとも1個の予め定義された双方向反射分布関数と比較することを含む、実施形態3に記載の検出器。

【0166】

実施形態5

評価デバイスは、第1の反射特徴のビームプロファイルの分析によって第1の材料特性を決定し、第2の反射特徴のビームプロファイルの分析によって第2の材料特性を決定するように構成され、評価デバイスは、第1の材料特性と第2の材料特性とを組み合わせ、組合せ材料特性を決定するように構成されている、実施形態1～4のいずれか1個に記載の検出器。

【0167】

実施形態6

照射パターンは少なくとも4000個の照射特徴を含む、実施形態1～5のいずれか1個に記載の検出器。

【0168】

実施形態7

プロジェクタは、少なくとも1個のエミッタ及び／又はエミッタの少なくとも1個のアレイを含み、エミッタのそれぞれは、少なくとも1個の半導体レーザ、少なくとも1個のダブルヘテロ構造レーザ、少なくとも1個の外部キャビティレーザ、少なくとも1個の分離閉じ込めヘテロ構造レーザ、少なくとも1個の量子カスケードレーザ、少なくとも1個の分散ブラッグ反射器レーザ、少なくとも1個のポラリトンレーザ、少なくとも1個のハ

10

20

30

40

50

イブリッドシリコンレーザ、少なくとも1個の拡張キャビティダイオードレーザ、少なくとも1個の量子ドットレーザ、少なくとも1個のボリウムブラッググレーティングレーザ、少なくとも1個のインジウムヒ素レーザ、少なくとも1個のガリウムヒ素レーザ、少なくとも1個のトランジスタレーザ、少なくとも1個のダイオード励起レーザ、少なくとも1個の分散フィードバックレーザ、少なくとも1個の量子ウェルレーザ、少なくとも1個のバンド間カスケードレーザ、少なくとも1個の半導体リングレーザ、少なくとも1個の垂直キャビティ面発光レーザなどの少なくとも1個のレーザ源、少なくとも1個のLED又は少なくとも1個の電球などの少なくとも1個の非レーザ光源からなるグループから選択される少なくとも1個の要素であり、且つ／又はそれを含む、実施形態1～6のいずれか1個に記載の検出器。

10

【0169】

実施形態8

第1のカメラは、少なくとも1個のCCDセンサ又は少なくとも1個のCMOSセンサを含み、第2のカメラは、少なくとも1個のCCDセンサ又は少なくとも1個のCMOSセンサを含む、実施形態1～7のいずれか1個に記載の検出器。

【0170】

実施形態9

評価デバイスは、それぞれのビームプロファイルの分析によって、第1の反射特徴のそれぞれについて縦座標を決定するように構成されている、実施形態1～8のいずれか1個に記載の検出器。

20

【0171】

実施形態10

ビームプロファイルの分析は、ビームプロファイルの少なくとも1個の第1のエリア及び少なくとも1個の第2のエリアを決定することを含み、評価デバイスは、第1のエリア及び第2のエリアを除算すること、第1のエリア及び第2のエリアの倍数を除算すること、第1のエリア及び第2のエリアの線形結合を除算することのうちの1個以上によって、結合信号Qを導出するように構成され、評価デバイスは、縦座標を決定するために、結合信号Qと縦座標との間の少なくとも1個の予め定められた関係を使用するように構成されている、実施形態9に記載の検出器。

【0172】

実施形態11

評価デバイスは、決定された縦座標を使用することによって、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを合致させるように構成され、評価デバイスは、第1の反射特徴のそれぞれについて縦方向領域を決定するように構成され、縦方向領域は、反射特徴の縦座標及び誤り間隔 $\pm \varepsilon$ によって与えられ、評価デバイスは、縦方向領域に対応する第2の反射画像内の少なくとも1個の変位領域を決定するように構成されている、実施形態9又は10に記載の検出器。

30

【0173】

実施形態12

評価デバイスは、第1の反射特徴のうちの1個を変位領域内の第2の反射特徴のうちの1個にそれぞれ合致させるように構成されている、実施形態11に記載の検出器。

40

【0174】

実施形態13

評価デバイスは、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴の変位を決定するように構成され、変位は、第1の反射画像内の第1の反射特徴の画像位置と第2の反射画像内の第2の反射特徴の画像位置との差であり、評価デバイスは、縦座標と変位との間の予め定められた関係を使用する三角測量によって、精緻化された縦座標を決定するように構成されている、実施形態1～12のいずれか1個に記載の検出器。

【0175】

実施形態14

50

検出器は、第1のカメラ及び第2のカメラのそれぞれをプロジェクタに対して自動較正するように、且つ／又は第1のカメラ及び第2のカメラを互いに対して自動較正するように構成されている、実施形態1～13のいずれか1個に記載の検出器。

【0176】

実施形態15

実施形態1～14のいずれか1個に記載の、少なくとも1個の材料特性を識別するための少なくとも1個の検出器を使用して、少なくとも1個の物体の材料特性を決定する方法であって、方法は、以下の工程：

a) プロジェクタを使用することによって、複数の照射特徴を含む少なくとも1個の照射パターンにより物体を照射する工程と、

b) 照射特徴による照射に応答して物体により生成された複数の第1の反射特徴を含む少なくとも1個の第1の反射画像を、第1のカメラを使用することによって撮像する工程であって、第1のカメラは、第1の反射画像が物体に対する第1の視線方向で撮像されるように配列されている、撮像する工程と、

c) 照射特徴による照射に応答して物体により生成された複数の第2の反射特徴を含む少なくとも1個の第2の反射画像を、第2のカメラを使用することによって撮像する工程であって、第2のカメラは、第2の反射画像が物体に対する第2の視線方向で撮像されるように配列され、第1の視線方向と第2の視線方向とは異なる、撮像する工程と、

d) 評価デバイスを使用することによって第1の反射画像及び第2の反射画像を評価する工程であって、評価は、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを合致させることと、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴のペアの組合せ材料特性を、それらのビームプロファイルの分析によって決定することを含む、評価する工程とを含む方法。

【0177】

実施形態16

コンピュータプログラムであって、検出器に言及する実施形態1～14のいずれか1個に記載の検出器によってプログラムが実行されるときに、方法に言及する実施形態15に記載の方法を検出器に実行させる命令を含む、コンピュータプログラム。

【0178】

実施形態17

検出器に言及する実施形態1～14のいずれか1個に記載の検出器によって命令が実行されるときに、方法に言及する実施形態15による方法を検出器に実行させる命令を含む、コンピュータ可読記憶媒体。

【0179】

実施形態18

検出器に言及する実施形態1～14のいずれか1個に記載の少なくとも1個の検出器を備えるモバイルデバイスであって、モバイル通信デバイス、タブレットコンピュータ、携帯型コンピュータのうちの1個以上であるモバイルデバイス。

【0180】

実施形態19

トラフィック技術における位置測定、エンタテインメント用途、セキュリティ用途、監視用途、安全性用途、ヒューマンマシンインタフェース用途、物流用途、追跡用途、アウトドア用途、モバイル用途、通信用途、フォトグラフィ用途、マシンビジョン用途、ロボット用途、品質制御用途、製造用途、歩行監視用途、人体監視用途、在宅ケア、スマートリビング、自動車用途からなるグループから選択される使用の目的のための、検出器に言及する実施形態1～14のいずれか1個に記載の検出器を使用する方法。

【0181】

さらなる任意の特徴及び実施形態は、好ましくは従属請求項と共に、以下の実施形態の説明においてより詳細に開示される。ここでは、当業者が理解するように、それぞれの任意の特徴は、分離した形式で、且つ任意の実現可能な組合せで実現され得る。本発明の範

10

20

30

40

50

図は、好ましい実施形態によって制限されない。実施形態は、図面において概略的に示される。これらの図面内の同一の参照符号は、同一の要素又は機能的に同等の要素を指す。

【図面の簡単な説明】

【0182】

【図1】本発明による検出器及びモバイルデバイスの実施形態を示す図である。

【図2】本発明による少なくとも1個の材料特性を決定する方法の実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0183】

図1は、本発明による、少なくとも1個の物体112の少なくとも1個の材料特性を決定するための検出器110及びモバイルデバイス114の実施形態を非常に概略的に示す。検出器110は、携帯電話又はスマートフォンなどのモバイルデバイス114に取り付けられるか、組み込まれるかの一方であり得る。検出器110は、モバイルデバイス114に、例えばモバイルデバイスのハウジング内に組み込まれ得る。

【0184】

例えば、物体112は、シーン、人などの人間、木材、カーペット、発泡体、牛などの動物、植物、組織片、金属、玩具、金属の物体、飲料、果物、肉、魚などの食品、皿、化粧品、塗布された化粧品、布、毛皮、髪、メンテナンス用品、クリーム、油、粉末、カーペット、ジュース、懸濁液、塗料、植物、身体、身体の一部、有機材料、無機材料、反射材料、スクリーン、ディスプレイ、壁、写真などの紙からなるグループから選択される少なくとも1個の物体であり得る。

【0185】

例えば、材料特性は、粗さ、材料への光の透過深度、生物学的材料又は非生物学的材料として材料を特徴付ける特性、反射率、鏡面反射率、拡散反射率、表面特性、半透明性の尺度、散乱、特に後方散乱挙動などからなるグループから選択される特性であり得る。少なくとも1個の材料特性は、散乱係数、半透明性、透明性、ランバート表面反射からの偏差、スペckルなどからなるグループから選択される特性であり得る。

【0186】

少なくとも1個の材料特性を決定することは、材料特性を識別すること、材料特性を特徴付けること、及び材料特性を物体112に割り当てることのうちの1個以上を含み得る。検出器110は、予め定義された及び／又は予め定められた材料特性の、ルックアップリスト又はルックアップテーブルなどのリスト及び／又はテーブルを含む少なくとも1個のデータベースを含み得る。材料特性のリスト及び／又はテーブルは、検出器を使用して少なくとも1個の試験測定を行うことによって、例えば既知の材料特性を有するサンプルを使用して材料試験を行うことによって、決定及び／又は生成され得る。材料特性のリスト及び／又はテーブルは、製造業者サイトで、及び／又は検出器のユーザによって、決定及び／又は生成され得る。材料特性は、材料名、生物学的材料又は非生物学的材料などの材料グループ、半透明材料又は非半透明材料、金属又は非金属、皮膚又は非皮膚、毛皮又は非毛皮、カーペット又は非カーペット、反射性又は非反射性、鏡面反射性又は非鏡面反射性、発泡体又は非発泡体、毛髪又は非毛髪、粗さグループなどの1個以上のような材料分類子に更に割り当てられ得る。検出器110は、材料特性及び関連する材料名及び／又は材料グループを含むリスト及び／又はテーブルを含む少なくとも1個のデータベースを含み得る。

【0187】

検出器110は、

- － 複数の照射特徴120を含む少なくとも1個の照射パターン118により物体112を照射するように構成された少なくとも1個のプロジェクタ116と、
- － 少なくとも1個の第1のセンサ素子を有する少なくとも1個の第1のカメラ122であって、第1のセンサ素子は、第1の光学センサのマトリクスを有し、第1の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第1の光学センサは、物体112から第1のカメ

ラ 1 2 2 に伝播する反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも 1 個のセンサ信号を生成するように設計され、第 1 のカメラは、照射特徴による照射に応答して物体 1 1 2 により生成された複数の第 1 の反射特徴を含む少なくとも 1 個の第 1 の反射画像を撮像するように構成され、第 1 のカメラ 1 2 2 は、第 1 の反射画像が物体 1 1 2 に対する第 1 の視線方向で撮像されるように配列されている、第 1 のカメラと、

— 少なくとも 1 個の第 2 のセンサ素子を有する少なくとも 1 個の第 2 のカメラ 1 2 4 であって、第 2 のセンサ素子は、第 2 の光学センサのマトリクスを有し、第 2 の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第 2 の光学センサは、物体 1 1 2 から第 2 のカメラ 1 2 4 に伝播する反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも 1 個のセンサ信号を生成するように設計され、第 2 のカメラは、照射特徴による照射に応答して物体 1 1 2 により生成された複数の第 2 の反射特徴を含む少なくとも 1 個の第 2 の反射画像を撮像するように構成され、第 2 のカメラ 1 2 4 は、第 2 の反射画像が物体 1 1 2 に対する第 2 の視線方向で撮像されるように配列され、第 1 の視線方向と第 2 の視線方向とは異なる、第 2 のカメラと、

— 第 1 の反射画像及び第 2 の反射画像を評価するように構成された少なくとも 1 個の評価デバイス 1 2 6 であって、評価は、第 1 の反射特徴と第 2 の反射特徴とを合致させることと、合致した第 1 の反射特徴及び第 2 の反射特徴のペアの組合せ材料特性を、それらのビームプロファイルの分析によって決定することを含む、評価デバイスとを備える。

【0188】

プロジェクタ 1 1 6 は、少なくとも 1 個の照射パターン 1 1 8 を物体 1 1 2 上に、具体的には物体 1 1 2 の表面上に投影するように構成された光学デバイスであり得る。照射特徴 1 2 0 は、照射パターン 1 1 8 の少なくとも 1 個の少なくとも部分的に拡張された特徴であり得る。照射パターン 1 1 8 は、複数の照射特徴 1 2 0 を含む。例えば、照射パターン 1 1 8 は、少なくとも 4 0 0 0 個の照射特徴 1 2 0 又は更に多くの照射特徴を含む。

【0189】

照射パターン 1 1 8 は、規則的、特に周期的なパターンであり得る。しかしながら、他の非規則的なパターンも可能であり得る。照射パターン 1 1 8 は、少なくとも 1 個の準ランダムパターン、少なくとも 1 個の Sobol' パターン、少なくとも 1 個の準周期的パターン、少なくとも 1 個のポイントパターン、特に疑似ランダムポイントパターン、少なくとも 1 個の線パターン、少なくとも 1 個の縞パターン、少なくとも 1 個の市松模様パターン、少なくとも 1 個の三角形パターン、少なくとも 1 個の矩形パターン、少なくとも 1 個の六角形パターン、又はさらなる凸状のタイル状態を含むパターンからなるグループから選択される少なくとも 1 個のパターンを含み得る。照射パターン 1 1 8 は、少なくとも 1 個のポイント、少なくとも 1 本の線、平行線又は交差線などの少なくとも 2 本の線、少なくとも 1 個のポイント及び 1 本の線、周期的な特徴の少なくとも 1 個の配列、少なくとも 1 個の任意の形状付けられた特徴のパターンからなるグループから選択される少なくとも 1 個の照射特徴 1 2 0 を示すことができる。例えば、照射パターン 1 1 8 は、少なくとも 1 個の予め知られている特徴を含む少なくとも 1 個のパターンを含む。例えば、照射パターン 1 1 8 は、少なくとも 1 本の線を含む少なくとも 1 個の線パターンを含む。例えば、照射パターン 1 1 8 は、平行線又は交差線などの少なくとも 2 本の線を含む少なくとも 1 個の線パターンを含む。例えば、プロジェクタ 1 1 6 は、ポイントクラウド又は非ポイント状特徴を生成及び／又は投影するように構成され得る。例えば、プロジェクタ 1 1 6 は、照射パターン 1 1 8 が複数のポイントの特徴又は非ポイント状特徴を含み得るように、ポイントクラウド又は非ポイント状特徴を生成するように構成され得る。

【0190】

プロジェクタ 1 1 6 は、少なくとも 1 個のエミッタ及び／又はエミッタの少なくとも 1 個のアレイを含み得る。エミッタのそれぞれは、少なくとも 1 本の光ビームを放射するように構成され得る。エミッタのそれぞれは、少なくとも 1 個の半導体レーザ、少なくとも 1 個のダブルヘテロ構造レーザ、少なくとも 1 個の外部キャビティレーザ、少なくとも 1

10

20

30

40

50

個の分離閉じ込めヘテロ構造レーザ、少なくとも1個の量子カスケードレーザ、少なくとも1個の分散ブラッグ反射器レーザ、少なくとも1個のポラリトンレーザ、少なくとも1個のハイブリッドシリコンレーザ、少なくとも1個の拡張キャビティダイオードレーザ、少なくとも1個の量子ドットレーザ、少なくとも1個のポリウムブラッググレーティングレーザ、少なくとも1個のインジウムヒ素レーザ、少なくとも1個のガリウムヒ素レーザ、少なくとも1個のトランジスタレーザ、少なくとも1個のダイオード励起レーザ、少なくとも1個の分散フィードバックレーザ、少なくとも1個の量子ウェルレーザ、少なくとも1個のバンド間カスケードレーザ、少なくとも1個の半導体リングレーザ、少なくとも1個の垂直キャビティ面発光レーザ（VCSEL）などの少なくとも1個のレーザ源、少なくとも1個のLED又は少なくとも1個の電球などの少なくとも1個の非レーザ光源からなるグループから選択される少なくとも1個の要素であり得、且つ／又はそれを含み得る。例えば、エミッタは、VCSELのアレイであり得る。本明細書で使用される場合、用語「垂直キャビティ面発光レーザ」は、幅広い用語であり、当業者にとって通常の慣用的な意味を示すものであり、特殊な又は特別な意味に限定されるものではない。この用語は、具体的には、限定されないが、上面に対して垂直にレーザビームを放射するように構成された半導体レーザダイオードを指すことができる。VCSELの例は、例えば、en.wikipedia.org/wiki/Vertical-cavity_surface-emitting_laserに見つけることができる。VCSELは、一般に、WO2017/222618Aなどから当業者に知られている。VCSELのそれぞれは、少なくとも1本の光ビームを生成するように構成されている。VCSELは、共通の基板に配列されても異なる基板に配列され得る。アレイは、最大2500個のVCSELを含み得る。例えば、アレイは、3.5Wの高出力アレイのように、38×25個のVCSELを含み得る。例えば、アレイは、2.5Wで10×27個のVCSELを含み得る。例えば、アレイは、0.9Wで96個のVCSELを含み得る。例えば2500個の要素のアレイのサイズは、最大2ミリメートル×2ミリメートルであり得る。

10

20

【0191】

それぞれのエミッタによって放射される光ビームは、300～1100ナノメートル、好ましくは500～1100ナノメートルの波長を有し得る。例えば、光ビームは、940ナノメートルの波長を有し得る。例えば、780ナノメートル～3.0μmの範囲などの赤外線スペクトル範囲の光を使用し得る。具体的には、シリコンフォトダイオードが適用可能な、特に700ナノメートル～1100ナノメートルの範囲の近赤外線領域の部分の光を使用し得る。エミッタは、赤外線領域、特に近赤外線領域において少なくとも1個の照射パターンを生成するように構成され得る。近赤外線領域の光を使用することにより、光が人間の目では検出されないか、又はわずかにしか検出されないが、シリコンセンサ、特に標準的なシリコンセンサによって検出できることが可能になり得る。例えば、エミッタは、VCSELのアレイであり得る。VCSELは、800～1000ナノメートルの波長範囲の光ビームを放射するように構成され得る。例えば、VCSELは、808ナノメートル、850ナノメートル、940ナノメートル、又は980ナノメートルの光ビームを放射するように構成され得る。VCSELは、940ナノメートルの光を放射することが好ましく、これは、例えばCIE085-1989「Solar spectral Irradiance」に記載されているように、地上の太陽放射が、この波長で局所的に最小の放射照度を有するからである。

30

40

【0192】

プロジェクト116は、少なくとも1個の転送デバイス（図示せず）を含み得、この転送デバイスは、転送デバイスに当たる光ビームから照射特徴120を生成するように構成されている。転送デバイスは、少なくとも1個の撮像光学デバイスを含み得る。転送デバイスは、具体的には、少なくとも1個のレンズ、例えば、少なくとも1個の焦点調整可能レンズ、少なくとも1個の非球面レンズ、少なくとも1個の球面レンズ、少なくとも1個のFresnelレンズからなるグループから選択される少なくとも1個のレンズ、少なくとも1個の回折光学素子、少なくとも1個の凹面ミラー、少なくとも1個のビーム偏向

50

素子、好ましくは少なくとも１個のミラー、少なくとも１個のビーム分割素子、好ましくはビーム分割キューブ又はビーム分割ミラーのうちの少なくとも一方、少なくとも１個のマルチレンズシステム、少なくとも１個のホログラフィック光学素子、少なくとも１個のメタ光学素子のうちの１個以上を含み得る。具体的には、転送デバイスは、少なくとも１個の屈折光学レンズ積層体を含む。したがって、転送デバイスは、屈折特性を有するマルチレンズシステムを含み得る。プロジェクタ１１６は、照射パターン１１８を生成するように構成された少なくとも１個の回折光学素子（ＤＯＥ）を含み得る。ＤＯＥは、単一の入射光ビームから複数の光ビームを生成するように構成され得る。

【０１９３】

物体１１２は、照射パターン１１８が投影される少なくとも１個の表面を含み得る。表面は、照射パターン１１８を検出器に向けて少なくとも部分的に反射するように適合され得る。例えば、理論に拘束されることを望まないが、人間の皮膚は、表面反射と呼ばれる表面の逆反射によって生成される部分と、逆反射の拡散部分と呼ばれる皮膚を透過する光からの非常に拡散した反射によって生成される部分とを含む、逆散乱プロファイルとも呼ばれる反射プロファイルを有し得る。人間の皮膚の反射プロファイルに関して、「Lasertechnik in der Medizin: Grundlagen, Systeme, Anwendungen」、「Wirkung von Laserstrahlung auf Gewebe」、１９９１年、１７１～２６６頁、Juergen Eichler、Theo Seiler、Springer Verlag、ISBN 0939～0979を参照する。皮膚の表面反射は、波長が近赤外線に向かって増加するにつれて増加し得る。更に、透過深度は、波長が可視光から近赤外線に向かって増加するにつれて増加し得る。逆反射の拡散部分は、光の透過深度に伴って増加し得る。これらの材料特性は、具体的には逆散乱プロファイルを分析することによって、皮膚を他の材料から区別するために使用され得る。

【０１９４】

第１のカメラ１２２は、少なくとも１個のＣＣＤセンサ又は少なくとも１個のＣＭＯＳセンサを含み得る。第２のカメラ１２４は、少なくとも１個のＣＣＤセンサ又は少なくとも１個のＣＭＯＳセンサを含み得る。

【０１９５】

第１のカメラ１２２と第２のカメラ１２４とは、同一に設計されても、異なって設計され得る。例えば、第１のカメラ１２２と第２のカメラ１２４とは、同一の解像度を有していても、異なる解像度を有し得る

【０１９６】

第１のカメラ１２２は、照射特徴１２０による照射に応答して物体１１２により生成された複数の第１の反射特徴を含む少なくとも１個の第１の反射画像を撮像するように構成されている。第２のカメラ１２４は、照射特徴１２０による照射に応答して物体１１２により生成された複数の第２の反射特徴を含む少なくとも１個の第２の反射画像を撮像するように構成されている。反射画像は、複数の反射特徴を含むそれぞれのカメラによって決定される画像であり得る。反射特徴は、少なくとも１個の照射特徴１１８による照射に回答して物体１１２により生成された画像平面の特徴であり得る。反射画像は、反射特徴を含む少なくとも１個の反射パターンを含み得る。少なくとも１個の反射画像を撮像することは、反射画像を捕捉すること、記録すること、及び生成することのうちの１個以上を含み得る。

【０１９７】

第１のカメラ１２２は、第１の反射画像が物体１１２に対する第１の視線方向で撮像されるように配列されている。第２のカメラ１２４は、第２の反射画像が物体１１２に対する第２の視線方向で撮像されるように配列されている。第１の視線方向と第２の視線方向とは異なる。

【０１９８】

視線方向とも呼ばれる物体に対する視線方向は、空間におけるそれぞれのカメラ１２２

、124の3次元位置及び／又は方位によって定義され得る。視線方向は、x、y、及びzなどの、カメラ122、124の3D座標によって定義され得る。視線方向は、カメラ122、124の回転、例えばx軸、y軸、及びz軸のうちの1本以上の周りの回転によって定義され得る。回転は、空間角によって与えられてもよい。

【0199】

第1のカメラ122と第2のカメラ124とは、異なる空間位置に位置決めされ得る。第1のカメラ122と第2のカメラ124との間の相対距離は、固定であり得る。例えば、第1のカメラ122及び第2のカメラ124を、検出器のハウジング内のステレオカメラとして配列し得る。図1に示すように、検出器110の構成は、第1のカメラ122をプロジェクタ116の一側に位置決めすることができ、第2のカメラ124をプロジェクタ116の反対側に位置決めし得るようになっていてもよい。例えば、第1のカメラ122とプロジェクタ116との間の基線が、第2のカメラ124とプロジェクタ116との間の基線よりも短くてもよい。第2のカメラ124とプロジェクタ116との間の基線は、第1のカメラ122とプロジェクタ116との間の基線よりも、例えば4倍、5倍、又はそれ以上大きくてもよい。例えば、第1のカメラ122とプロジェクタ116との間の基線は、4cm以下であり得る。

【0200】

図1に示すように、第1のカメラ122と第2のカメラ124とは、物体112に向かって異なる方位を有し得る。例えば、第1のセンサ素子は、検出器110の光学軸に対して本質的に垂直に向けられ得る。第1のカメラ122の視線方向は、検出器110の光学軸に本質的に平行であり得る。第2のセンサ素子は、検出器110の光学軸に対して本質的に垂直な配列から逸脱するように向けられ得る。第2のカメラ124の視線方向は、検出器110の光学軸に本質的に平行でなくともよく、光学軸と角度を形成し得る。

【0201】

評価デバイス126は、第1の反射画像及び第2の反射画像を評価するように構成されている。

【0202】

評価デバイス126は、第1の反射画像内の第1の反射特徴及び第2の反射画像内の第2の反射特徴を識別及び／又は選択するように構成され得る。評価デバイス126は、第1の反射特徴及び第2の反射特徴を識別及び／又は選択するために少なくとも1個の画像分析及び／又は画像処理を実行するように構成され得る。画像分析及び／又は画像処理は、少なくとも1個の特徴検出アルゴリズムを使用し得る。画像分析及び／又は画像処理は、フィルタリング、少なくとも1個の関心領域の選択、センサ信号によって生成された画像と少なくとも1個のオフセットとの間の差分画像の形成、センサ信号によって生成された画像を反転することによるセンサ信号の反転、異なる時間にセンサ信号によって生成された画像間の差分画像の形成、背景補正、カラーチャネルへの分解、色相への分解、飽和、輝度チャネル、周波数分解、特異値分解、プロブ検出器の適用、コーナ検出器の適用、ヘッセフィルタの行列式の適用、主曲率ベースの領域検出器の適用、最大安定極値領域検出器の適用、一般化されたHough変換の適用、稜線検出器の適用、アフィン不変特徴検出器の適用、アフィン適応の関心点演算子の適用、ハリスアフィン領域検出器の適用、ヘッセアフィン領域検出器の適用、スケール不変特徴変換の適用、スケールスペース極値検出器の適用、局所特徴検出器の適用、高速化堅牢特徴アルゴリズムの適用、勾配位置及び方位のヒストグラムアルゴリズムの適用、方位付けられた勾配記述子のヒストグラムの適用、Dericheエッジ検出器の適用、微分エッジ検出器の適用、時空間関心点検出器の適用、モラベックコーナ検出器の適用、Cannyエッジ検出器の適用、GaussianフィルタのLaplace演算子の適用、Gaussianフィルタの差分の適用、Sobel演算子の適用、Laplace演算子の適用、Scharrr演算子の適用、プレウィット演算子の適用、Roberts演算子の適用、Kirsch演算子の適用、ハイパスフィルタの適用、ローパスフィルタの適用、フーリエ変換の適用、ラドン変換の適用、Hough変換の適用、ウェーブレット変換の適用、閾値処理、バイナリ画像の生成

のうちの1個以上を含み得る。具体的には、反射画像の評価は、反射画像の関心領域を選択することを含む。関心領域は、ユーザにより手動で決定されてもよく、又は、センサ素子によって生成された画像内の物体を認識することなどによって、自動で決定され得る。例えば、スポット状反射特徴の場合、関心領域を、スポットプロファイルの周りの領域として選択し得る。

【0203】

評価デバイス126は、少なくとも1個の画像補正を実行するように構成され得る。画像補正は、少なくとも1個の背景減算を含み得る。評価デバイス126は、例えば、さらなる照射のない撮像によって、それぞれのビームプロファイルから背景光の影響を除去するように適合され得る。

10

【0204】

評価は、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを合致させることを含む。合致させることは、対応する第1の反射特徴及び第2の反射特徴を決定及び／又は評価及び／又は識別することを含み得る。合致させることは、いわゆる対応関係問題を解決することを含み得る。評価デバイス126は、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを明確に合致させるように構成され得る。

【0205】

第1の反射特徴及び第2の反射特徴のそれぞれは、少なくとも1個のビームプロファイルを含む。ビームプロファイルは、光ビームの横方向強度プロファイルであり得る。ビームプロファイルは、光ビームの断面であり得る。ビームプロファイルは、台形ビームプロファイル、三角形ビームプロファイル、円錐形ビームプロファイル、及びGaussianビームプロファイルの線形結合からなるグループから選択され得る。しかしながら、他の実施形態が実現可能である。ビームプロファイルを、反射プロファイルと呼ぶこともできる。

20

【0206】

評価デバイス126は、それぞれのビームプロファイルの分析によって、第1の反射特徴のそれぞれについて縦座標を決定するように構成され得る。ビームプロファイルの分析は、ビームプロファイルの少なくとも1個の第1のエリア及び少なくとも1個の第2のエリアを決定することを含み得る。評価デバイス126は、第1のエリア及び第2のエリアを除算すること、第1のエリア及び第2のエリアの倍数を除算すること、第1のエリア及び第2のエリアの線形結合を除算することのうちの1個以上によって、結合信号Qを導出するように構成され得る。評価デバイスは、縦座標を決定するために、結合信号Qと縦座標との間の少なくとも1個の予め定められた関係を使用するように構成され得る。

30

【0207】

評価デバイス126は、ビームプロファイルの分析によって、第1の反射特徴のそれぞれについて、ZDPRとも呼ばれる少なくとも1個の縦座標を決定するように構成される。ビームプロファイルの分析は、少なくとも1個の数学演算、及び／又は少なくとも1個の比較、及び／又は少なくとも対称化、及び／又は少なくとも1個のフィルタリング、及び／又は少なくとも1個の正規化を含み得る。例えば、ビームプロファイルの分析は、ヒストグラム分析工程、差分の尺度の計算、ニューラルネットワークの適用、機械学習アルゴリズムの適用のうちの少なくとも1個を含み得る。評価デバイス126は、特に、より大きい角度での記録、エッジの記録などからノイズ又は非対称性を除去するために、ビームプロファイルを対称化及び／又は正規化及び／又はフィルタリングするように構成され得る。評価デバイス126は、空間周波数分析及び／又はメディアンフィルタリングなどにより、高い空間周波数を除去することによって、ビームプロファイルをフィルタリングし得る。集約は、光スポットの強度の中心と、中心まで同じ距離にあるすべての強度の平均化とによって実行され得る。評価デバイス126は、特に記録された距離による強度差を考慮するために、ビームプロファイルを最大強度に正規化するように構成され得る。評価デバイス126は、例えば、照射なしの撮像によって、ビームプロファイルから背景光の影響を除去するように構成され得る。

40

50

【0208】

評価デバイス126は、ビームプロファイル分析とも呼ばれる、光子からの深度比率技術を使用することによって、第1の反射特徴のそれぞれについて縦座標を決定するように構成され得る。光子からの深度比率(DPR)技術に関して、WO2018/091649A1、WO2018/091638A1、及びWO2018/091640A1、及びC. Lennartz、F. Schick、S. Metz、「Whitepaper-Beam Profile Analysis for 3D imaging and material detection」、2021年4月28日、Ludwigshafen, Germanyを参照し、これらの全内容が参照により含まれている。

【0209】

第1の反射特徴の縦座標は、第1のカメラ122と物体112との間の距離であり得る。評価デバイス126は、縦座標を決定するために、結合信号と縦座標との間の少なくとも1個の予め定められた関係を使用するように構成され得る。予め定められた関係は、経験的な関係、半経験的な関係、及び分析的に導出された関係のうちの1個以上であり得る。評価デバイス126は、ルックアップリスト又はルックアップテーブルなどの、予め定められた関係を記憶するための少なくとも1個のデータ記憶装置を含み得る。評価デバイス126は、ゼロ次及びより高次のすべての第1の反射特徴についての距離を計算する、少なくとも1個の光子からの深度比率アルゴリズムを実行するように構成され得る。

【0210】

評価デバイス126は、決定された縦座標を使用することによって、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを合致させるように構成され得る。

【0211】

評価デバイス126は、第1の反射特徴のそれぞれについて縦方向領域を決定するように構成され得、縦方向領域は、反射特徴の縦座標及び誤り間隔 $\pm \epsilon$ によって与えられる。

【0212】

評価デバイス126は、選択された第1の反射特徴と本質的に同一の縦座標を有する第2の反射画像内の少なくとも1個の第2の反射特徴を識別するように適合され得る。第1の反射特徴に対応する第2の反射特徴は、エピポーラ幾何学形状を使用して決定し得る。エピポーラ幾何学形状の説明については、例えば、X. Jiang、H. Bunkelの第2章:「Dreidimensionales Computersehen」、Springer、Berlin Heidelberg、1997年を参照する。エピポーラ幾何学形状では、第1の反射画像及び第2の反射画像が、固定距離を有する異なる空間位置及び／又は空間方位において決定された物体の画像であると想定し得る。評価デバイス126は、第2の反射画像内のエピポーラ線を決定するように適合され得る。(第1のカメラの)第1の反射画像及び(第2のカメラの)第2の反射画像の基線は既知であり得る。例えば、第1の反射画像と第2の反射画像との相対位置は、評価デバイス126の少なくとも1個の記憶ユニット内に記憶され得る。評価デバイス126は、選択された第1の反射特徴から延びる直線を決定するように適合され得る。直線は、選択された第1の反射特徴に対応する可能な物体特徴を含み得る。直線及び基線は、エピポーラ平面に及ぶ。第2の反射画像は第1の反射画像とは異なる相対位置で決定されるため、対応する可能な物体特徴は、第2の反射画像内のエピポーラ線と呼ばれる直線上で撮像され得る。したがって、選択された第1の反射特徴に対応する第2の反射画像の特徴は、エピポーラ線上にある。

【0213】

評価デバイス126は、縦方向領域に対応する第2の反射画像内の少なくとも1個の変位領域を決定するように構成され得る。具体的には、変位領域は、選択された第1の反射特徴に対応する第2の反射特徴が第2の反射画像内に位置すると予想される、第2の反射画像内の領域であり得る。物体112までの距離に応じて、第1の反射特徴に対応する第2の反射特徴の画像位置を、第1の反射画像内の第1の反射特徴の画像位置と比較して、第2の反射画像内で変位させることができる。変位領域は、1個の第2の反射特徴のみを

10

20

30

40

50

含み得る。変位領域は、2個以上の第2の反射特徴を含むこともできる。変位領域は、エピポーラ線又はエピポーラ線の一部を含み得る。変位領域は、2本以上のエピポーラ線又は2本以上のエピポーラ線のより多くの部分を含み得る。変位領域は、エピポーラ線に沿って延びていても、エピポーラ線に直交していても、その両方であり得る。評価デバイス126は、距離特徴に対応するエピポーラ線に沿った第2の反射特徴を決定し、誤り間隔 $\pm \varepsilon$ に対応するエピポーラ線に沿った変位領域又はエピポーラ線に直交する変位領域の範囲を決定するように適合され得る。距離推定の測定不確実性は、測定不確実性が異なる方向について異なることがあるため、非円形の変位領域を生じさせることがある。具体的には、1本以上のエピポーラ線に沿った測定不確実性は、1本以上のエピポーラ線に対して直交する方向における測定不確実性よりも大きくなり得る。変位領域は、1本以上のエピポーラ線に対して直交する方向の拡張を含み得る。

10

【0214】

評価デバイス126は、第1の反射特徴のうちの1個を変位領域内の第2の反射特徴のうちの1個にそれぞれ合致させるように構成され得る。評価デバイス126は、決定された縦座標を考慮した少なくとも1個の評価アルゴリズムを使用することによって、第1の反射特徴をそれぞれの変位領域内の第2の反射特徴に合致させるように構成され得る。評価アルゴリズムは、線形スケーリングアルゴリズムであり得る。

【0215】

評価デバイス126は、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴の変位を決定するように構成され得る。変位は、第1の反射画像内の第1の反射特徴の画像位置と第2の反射画像内の第2の反射特徴の画像位置との差であり得る。画像位置は、それぞれの反射画像内の画素座標であり得る。評価デバイス126は、縦座標と変位との間の予め定められた関係を使用する三角測量によって、精緻化された縦座標を決定するように構成され得る。より高い基線を有する第2のカメラを用いる三角測量を使用することにより、高い精度が得られる。予め定められた関係は、経験的な関係、半経験的な関係、及び分析的に導出された関係のうちの1個以上であり得る。評価デバイス126は、ルックアップリスト又はルックアップテーブルなどの、予め定められた関係を記憶するための少なくとも1個のデータ記憶装置を含み得る。評価デバイス126は、三角測量法を使用することによって予め定められた関係を決定するように適合され得る。第1の反射画像内の選択された第1の反射特徴の位置、合致した第2の反射特徴の位置、及び／又は合致した第1の反射特徴と第2の反射特徴との相対変位が既知である場合、精緻化された縦座標を三角測量によって決定し得る。したがって、評価デバイス126は、例えば続けて及び／又は列ごとに、第1の反射特徴を選択し、第2の反射特徴の各潜在的な位置について、三角測量を使用して、対応する距離値を決定するように適合され得る。変位及び対応する距離値は、評価デバイス126の少なくとも1個の記憶装置に記憶され得る。

20

30

【0216】

評価デバイス126は、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴のペアの組合せ材料特性をビームプロファイルの分析によって決定するように構成されている。組合せ材料特性は、第1の反射特徴及び第2の反射特徴からの情報を使用及び／又は考慮することによって決定される材料特性であり得る。組合せ材料特性の決定は、第1の反射特徴及び第2の反射特徴のそれぞれについて材料特性を決定することと、決定された材料特性を組合せ材料特性と組み合わせることとを含み得る。これにより、測定不確実性を低減させることができる。プロジェクト116は、照射特徴120を物体112上に投影し得る。両方のカメラ122、124が、投影された照射特徴118により物体112を撮像し得る。第1の反射特徴及び第2の反射特徴のビームプロファイルを評価することができ、材料特性の決定の質を向上させることが可能になり得る。ビームプロファイル分析により、物体112の追加の材料情報を抽出することが可能になり得る。2個のカメラ122、124を使用するこの構成は、材料検出を、特に堅牢性に関して改善し得る。物体112上の照射特徴の2個の異なるビューは、材料散乱特性のより多くの情報をもたらすことができる。2個のビューを使用することによって、サンプルサイズが2倍大きくなり、特徴ベース

40

50

の材料検出を強制することが可能になり得る。スペックルノイズによる材料粗さ、逆散乱光強度、材料のサブ散乱特性、サンプルサイズを大きくすることによるノイズ低減に起因して、より堅牢な材料決定が可能になり得る。2個のビューを使用することは、プラスチック箔などの高反射材料に特に有利であり得る。

【0217】

各反射特徴の材料特性の決定を、ビームプロファイル分析を使用して実行し得る。具体的には、ビームプロファイル分析は、物体表面上に投影されたコヒーレント光の反射特性を利用して、材料を分類する。材料の分類を、WO2020/187719、WO2021/170791A1、及び／又はWO2021/152070のうちの1個に記載されているように実行することができ、これらの全内容が参照により含まれている。具体的には、カメラによって記録された各反射特徴のビームプロファイルの分析を、特徴ベースの方法によって実行し得る。加えて又は代わりに、機械学習法を使用し得る。特徴ベースの方法を、機械学習法と組み合わせて使用して、皮膚分類モデルのパラメータ化を可能にし得る。代わりに又は組み合わせて、畳み込みニューロンネットワークを使用して、反射画像を入力として使用することによって、皮膚を分類し得る。

10

【0218】

加えて又は代わりに、材料特性は、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴の双方向反射分布関数128を使用して決定され得る。評価デバイス126は、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴の双方向反射分布関数128を決定するように構成され得る。評価デバイス126は、双方向反射分布関数128を評価することにより、材料特性を決定するように構成され得る。双方向反射分布関数(BRDF)128は、視野角に応じた輝度分布であり得る。BRDF128は、それぞれの照射特徴上の2個の異なるビューを使用することによって決定された結合ビームプロファイルであり得る。材料特性は、双方向反射分布関数128によってモデル化され得る。例えば、2017年4月にSCCG2017に提出されたプレプリント、J. Filip他、「BRDF Measurement of Highly-Specular Materials using a Goniometer」に記載されているように、空間的に均一な材料の実際の外観を、BRDF128によって表すことができる。BRDF128は、光が材料の表面でどのように反射するかを定義する、照射方向 $\omega_i = \{\theta_i, \phi_i\}$ 及び視線方向 $\omega_v = \{\theta_v, \phi_v\}$ の4次元ベクトル値関数 $f_r(\theta_i, \theta_v, \phi_i, \phi_v)$ として記述され得、ここで $\theta \in [0, \pi/2]$ は仰角であり、 $\phi \in [0, 2\pi]$ は球座標系の方位角である。物体上の照射特徴の2個のビューにより、BRDF128のサンプリングが可能になり得る。

20

30

【0219】

双方向反射分布関数128の評価は、双方向反射分布関数128を少なくとも1個の予め定義された双方向反射分布関数と比較することを含み得る。予め定義された双方向反射分布関数は、テーブル又はルックアップテーブルに記憶され得、例えば経験的に決定され得、且つ例として、例えばソフトウェアによって、具体的にはアプリストアなどからダウンロードされたアプリによって、評価デバイス126の少なくとも1個のデータ記憶装置に記憶され得る。

【0220】

反射特徴は、双方向反射分布関数128と予め定義された双方向反射分布関数とが少なくとも許容度内で同一である場合に、材料、例えば生体組織によって生成されるものとして識別され得る。双方向反射分布関数128の評価は、双方向反射分布関数128を少なくとも1個の予め定義された双方向反射分布関数と比較することを含み得る。比較は、双方向反射分布関数128と予め定義された双方向反射分布関数とを重ね合わせることを含み得る。比較は、双方向反射分布関数128と予め定義された双方向反射分布関数との間の偏差、例えばポイント間距離の二乗和を決定することを含み得る。評価デバイス126は、決定された偏差を少なくとも1個の閾値と比較するように適合され得、決定された偏差が閾値より小さい且つ／又は閾値に等しい場合、表面は特定の材料、例えば生体組織として示される。閾値は、テーブル又はルックアップテーブルに記憶され得、例えば経験的

40

50

に決定され得、且つ例として、評価デバイス 1 2 6 の少なくとも 1 個のデータ記憶装置に記憶され得る。

【0 2 2 1】

図 2 は、本発明による、少なくとも 1 個の材料特性を識別するための少なくとも 1 個の検出器 1 1 0 を使用して、少なくとも 1 個の物体 1 1 2 の材料特性を決定する方法の実施形態のフローチャートを示す。検出器 1 1 0 に関しては、図 1 を参照する。

【0 2 2 2】

方法工程は、所与の順序で実行されても、異なる順序で実行され得る。更に、列挙されていない 1 個以上の追加の方法工程が存在し得る。更に、方法工程のうちの 1 個、2 個以上、又は更にはすべてを繰り返し実行し得る。

【0 2 2 3】

方法は、以下の工程：

a) (1 3 0) プロジェクタ 1 1 6 を使用することによって、複数の照射特徴 1 2 0 を含む少なくとも 1 個の照射パターン 1 1 8 により物体 1 1 2 を照射する工程と、

b) (1 3 2) 照射特徴 1 2 0 による照射に応答して物体 1 1 2 により生成された複数の第 1 の反射特徴を含む少なくとも 1 個の第 1 の反射画像を、第 1 のカメラ 1 2 2 を使用することによって撮像する工程であって、第 1 のカメラ 1 2 2 は、第 1 の反射画像が物体 1 1 2 に対する第 1 の視線方向で撮像されるように配列されている、撮像する工程と、

c) (1 3 4) 照射特徴 1 2 0 による照射に応答して物体 1 1 2 により生成された複数の第 2 の反射特徴を含む少なくとも 1 個の第 2 の反射画像を、第 2 のカメラ 1 2 4 を使用することによって撮像する工程であって、第 2 のカメラ 1 2 4 は、第 2 の反射画像が物体 1 1 2 に対する第 2 の視線方向で撮像されるように配列され、第 1 の視線方向と第 2 の視線方向とは異なる、撮像する工程と、

d) (1 3 6) 評価デバイス 1 2 6 を使用することによって第 1 の反射画像及び第 2 の反射画像を評価する工程であって、評価は、第 1 の反射特徴と第 2 の反射特徴とを合致させることと、合致した第 1 の反射特徴及び第 2 の反射特徴のペアの組合せ材料特性を、それらのビームプロファイルの分析によって決定することを含む、評価する工程とを含む。

【符号の説明】

【0 2 2 4】

- 1 1 0 検出器
- 1 1 2 物体
- 1 1 4 モバイルデバイス
- 1 1 6 プロジェクタ
- 1 1 8 照射パターン
- 1 2 0 照射特徴
- 1 2 2 第 1 のカメラ
- 1 2 4 第 2 のカメラ
- 1 2 6 評価デバイス
- 1 2 8 双方向反射分布関数
- 1 3 0 照射
- 1 3 2 少なくとも 1 個の第 1 の反射画像の撮像
- 1 3 4 少なくとも 1 個の第 2 の反射画像の撮像
- 1 3 6 第 1 の反射画像及び第 2 の反射画像の評価

10

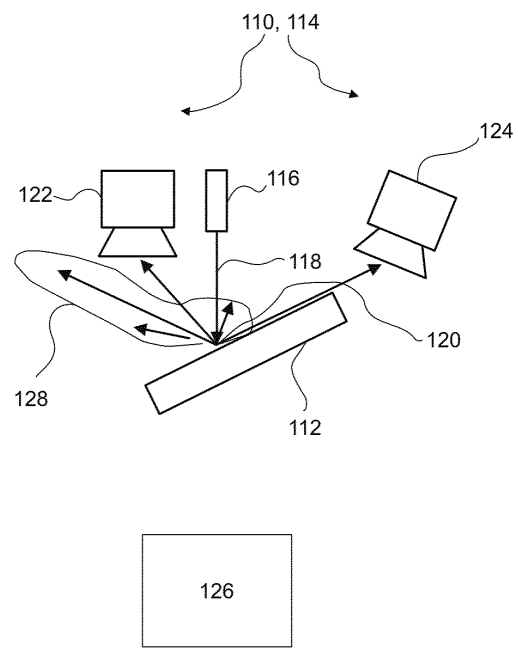
20

30

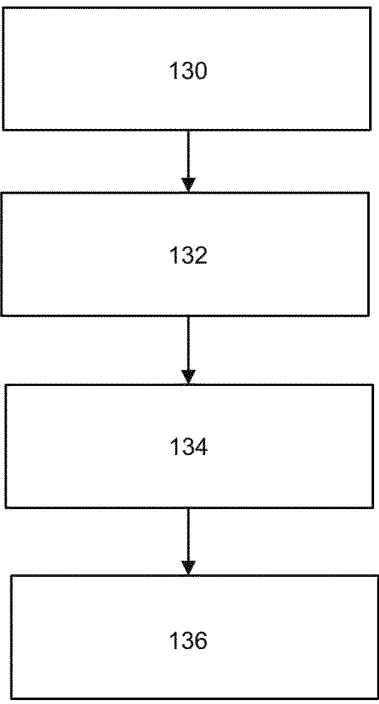
40

50

【図面】
【図 1】



【図 2】



10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2023/051517

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01N21/47 G01N21/55 G01N21/49 G06T7/00 ADD.		
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) G01N G06T		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 377 700 B1 (MACK WALTER J [US] ET AL) 23 April 2002 (2002-04-23) abstract column 3, lines 33-59 column 4, line 66 - column 5, line 15 column 5, lines 48-58 -----	1-16
A	WO 2020/187719 A1 (TRINAMIX GMBH [DE]) 24 September 2020 (2020-09-24) cited in the application abstract page 11, lines 1-10 -----	1-16
A	US 10 516 876 B2 (INTEL CORP [US]) 24 December 2019 (2019-12-24) abstract; figure 2 column 5, lines 35-50 column 8, line 4 - column 10, line 10 ----- -/--	1-16
☒ 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 7 March 2023		Date of mailing of the international search report 15/03/2023
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Meacher, David

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2023/051517

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 2018/047208 A1 (MARIN GIULIO [US] ET AL) 15 February 2018 (2018-02-15) paragraphs [0066], [0096], [0112] - [0122]; figures 4, 6, 7A -----	1-16
A	US 2018/033146 A1 (BLEYER MICHAEL [US] ET AL) 1 February 2018 (2018-02-01) abstract paragraphs [0015] - [0020] -----	1-16
A	US 9 482 529 B2 (FARO TECH INC [US]) 1 November 2016 (2016-11-01) abstract; figure 1 -----	1-16
A	ZHONG KAI ET AL: "A hand-held, high-resolution 3D shape measurement system using structured and unstructured illumination", PROCEEDINGS OF SPIE, IEEE, US, vol. 9276, 13 November 2014 (2014-11-13), pages 92760D-92760D, XP060043527, DOI: 10.1117/12.2071337 ISBN: 978-1-62841-730-2 the whole document -----	1-16
A	CN 108 363 482 A (JIANGSU SIDIANLING ROBOT CO LTD) 3 August 2018 (2018-08-03) the whole document -----	1-16
A	KR 2021 0126738 A (TRINAMIX GMBH [DE]) 20 October 2021 (2021-10-20) the whole document -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2023/051517

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6377700	B1	23-04-2002	AU 4093499 A 17-01-2000
		DE 19983341 T1 11-07-2002	
		GB 2354661 A 28-03-2001	
		JP 2002519791 A 02-07-2002	
		KR 20010053347 A 25-06-2001	
		TW 533355 B 21-05-2003	
		US 6377700 B1 23-04-2002	
		WO 0000926 A1 06-01-2000	
WO 2020187719	A1	24-09-2020	CN 113574406 A 29-10-2021
			EP 3938802 A1 19-01-2022
			JP 2022525204 A 11-05-2022
			KR 20210137193 A 17-11-2021
			US 2022157044 A1 19-05-2022
			WO 2020187719 A1 24-09-2020
US 10516876	B2	24-12-2019	DE 102018129009 A1 19-06-2019
			US 2019045173 A1 07-02-2019
			US 2020021793 A1 16-01-2020
			US 2020099921 A1 26-03-2020
			US 2021227194 A1 22-07-2021
			US 2022232198 A1 21-07-2022
US 2018047208	A1	15-02-2018	US 2018047208 A1 15-02-2018
			US 2019005711 A1 03-01-2019
US 2018033146	A1	01-02-2018	CN 109477710 A 15-03-2019
			EP 3491332 A1 05-06-2019
			US 2018033146 A1 01-02-2018
			WO 2018022386 A1 01-02-2018
US 9482529	B2	01-11-2016	US 2013293684 A1 07-11-2013
			US 2016377410 A1 29-12-2016
CN 108363482	A	03-08-2018	NONE
KR 20210126738	A	20-10-2021	CN 113454419 A 28-09-2021
			EP 3928059 A1 29-12-2021
			JP 2022521405 A 07-04-2022
			KR 20210126738 A 20-10-2021
			US 2022146250 A1 12-05-2022
			WO 2020169727 A1 27-08-2020

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,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

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. BLUETOOTH

2. FIREWIRE

弁理士 長山 弘典

(72)発明者 シンドラー, パトリク

ドイツ、67063 ルートヴィッヒスハーフェン アム ライン、インドゥストリーシュトラッセ 35

(72)発明者 ヒューネルバイン, ルーベン

ドイツ、67063 ルートヴィッヒスハーフェン アム ライン、インドゥストリーシュトラッセ 35

(72)発明者 レンナルツ, クリスティアン

ドイツ、67063 ルートヴィッヒスハーフェン アム ライン、インドゥストリーシュトラッセ 35

(72)発明者 ウンガー, ヤコブ

ドイツ、79106 フライブルク イム ブライスガウ、エレンーゴットリープーシュトラッセ 17

Fターム (参考) 2G059 AA02 EE02 GG10 JJ05 KK01 KK03 KK04 MM09

【要約の続き】

体(112)に対する第1の視線方向で撮像されるように配列されている、第1のカメラと、

— 少なくとも1個の第2のセンサ素子を有する少なくとも1個の第2のカメラ(124)であって、第2のセンサ素子は、第2の光学センサのマトリクスを有し、第2の光学センサはそれぞれ、感光性エリアを有し、各第2の光学センサは、物体(112)から第2のカメラ(124)に伝播する反射光ビームによるそれぞれの感光性エリアの照射に応答して、少なくとも1個のセンサ信号を生成するように設計され、第2のカメラ(124)は、照射特徴(120)による照射に応答して物体(112)により生成された複数の第2の反射特徴を含む少なくとも1個の第2の反射画像を撮像するように構成され、第2のカメラ(124)は、第2の反射画像が物体(112)に対する第2の視線方向で撮像されるように配列され、第1の視線方向と第2の視線方向とは異なる、第2のカメラと、

— 第1の反射画像及び第2の反射画像を評価するように構成された少なくとも1個の評価デバイス(126)であって、評価は、第1の反射特徴と第2の反射特徴とを合致させることと、合致した第1の反射特徴及び第2の反射特徴のペアの組合せ材料特性を、それらのビームプロファイルの分析によって決定することを含む、評価デバイスとを備える。