

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6703554号
(P6703554)

(45) 発行日 令和2年6月3日(2020.6.3)

(24) 登録日 令和2年5月12日(2020.5.12)

(51) Int. Cl.		F I			
A 6 1 B	1/267	(2006.01)	A 6 1 B	1/267	
A 6 1 B	1/00	(2006.01)	A 6 1 B	1/00	5 0 0
A 6 1 B	1/045	(2006.01)	A 6 1 B	1/00	7 3 1
			A 6 1 B	1/045	6 2 2

請求項の数 17 (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-564848 (P2017-564848)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成28年6月7日(2016.6.7)</p> <p>(65) 公表番号 特表2018-519049 (P2018-519049A)</p> <p>(43) 公表日 平成30年7月19日(2018.7.19)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/EP2016/062920</p> <p>(87) 国際公開番号 W02016/202647</p> <p>(87) 国際公開日 平成28年12月22日(2016.12.22)</p> <p>審査請求日 令和1年5月24日(2019.5.24)</p> <p>(31) 優先権主張番号 15172886.2</p> <p>(32) 優先日 平成27年6月19日(2015.6.19)</p> <p>(33) 優先権主張国・地域又は機関 欧州特許庁 (EP)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 590000248 コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ KONINKLIJKE PHILIPS N. V. オランダ国 5656 アーヘー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5 2</p> <p>(74) 代理人 100107766 弁理士 伊東 忠重</p> <p>(74) 代理人 100070150 弁理士 伊東 忠彦</p> <p>(74) 代理人 100091214 弁理士 大貫 進介</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ラジアル画像化システムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

オブジェクト平面において画像センサの周りに拡がるオブジェクトの画像をキャプチャするためのラジアル画像化システムであって、

照明光を生成し、かつ、前記オブジェクト平面において光を放射状に外向きに方向付けるための光源と、

円錐状の外形を有し、前記円錐の高さ方向位置に応じて半径が変化するリフレクタであり、概して放射状の入射光を概ね前記円錐の中心軸方向に対して反射するためのリフレクタと、

前記概ね前記円錐の中心軸方向に向けられた反射光を受け取るための画像センサと、
を含み、

前記オブジェクト平面は、前記円錐の中心軸に対して垂直な平面であり、

前記リフレクタは、前記リフレクタのラジアル最内部分とラジアル最外部分との間において、一連の光を反射する小平面であるファセットを連続的に有するステップ状の反射面を含み、前記ステップ状の反射面は、全体として凹状であり、各ファセットは、ラジアル距離の異なる範囲からの概ね放射状の入射光を前記画像センサに対して反射し、

前記ファセットは、特定の範囲のラジアル距離から受光した光を、前記画像センサの視野の特定の部分に対してマッピングするように構成されている、

システム。

【請求項 2】

前記概ね前記円錐の中心軸方向に向けられた反射光は、前記反射面から前記画像センサの入力に対して方向付けられる、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

各ファセットの位置および角度は、各ファセットの中心と前記画像センサの入力との間に延びる光路のセットについて、前記ファセットの中心に入射する光の方向が平行であるように選択される、

請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

各ファセットの位置および角度は、前記光路のセットについて、結像ポイントに対する入射角度と、前記光路の前記オブジェクト平面との交差点までのラジアル距離との間に線形関係が存在する、ように選択されている、

請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

各ファセットの位置および角度は、前記光路のセットについて、入射光路に対応するキャプチャされた画像のラジアル位置と、前記光路の前記オブジェクト平面との交差点までのラジアル距離との間に線形関係が存在する、ように選択されている、

請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記リフレクタは、前記ファセットの間に接続部分を有し、前記接続部分は、前記ファセットの中心に対する入射光の方向に対して平行であるか、または、結像ポイントに向かう各々の側におけるファセットの光路間の中間角度に存在している、

請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 7】

2 個から 200 個の間のファセットが存在する、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記リフレクタは、前記円錐の中心軸に関して対称である、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

上気道における障害の存在および位置の決定において使用するためのカテーテルであって、

請求項 1 に記載のシステムであり、前記カテーテルの軸に沿って、または、軸に平行に画像センサが整列されている、少なくとも一つのラジアル画像化システムと、

を含む、カテーテル。

【請求項 10】

複数のラジアル画像化システムを含み、前記複数のラジアル画像化システムは、上気道の中に前記カテーテルが挿入されると、軟口蓋、口腔咽頭、舌根、および、喉頭蓋のうち一つまたはそれ以上と位置が一致するように配置されている、

請求項 9 に記載のカテーテル。

【請求項 11】

オブジェクト平面において画像センサの周りに拡がるオブジェクトの画像をキャプチャするためのラジアル画像化システムの作動方法であって、

円錐状の外形を有し、前記円錐の高さ方向位置に応じて半径が変化しているリフレクタが、概して放射状の入射光を概ね前記円錐の中心軸方向に対して反射するステップと、

画像センサが、前記概ね前記円錐の中心軸方向に向けられた反射光を画像センサにおいて受け取るステップと、

を含み、

前記オブジェクト平面は、前記円錐の中心軸に対して垂直な平面であり、

10

20

30

40

50

前記リフレクタは、前記リフレクタのラジアル最内部分とラジアル最外部分との間において、一連の光を反射する小平面であるファセットを連続的に有するステップ状の反射面を含み、前記ステップ状の反射面は、全体として凹状であり、各ファセットは、ラジアル距離の異なる範囲からの概ね放射状の入射光を前記画像センサに対して反射し、

前記ファセットは、特定の範囲のラジアル距離から受光した光を、前記画像センサの視野の特定の部分に対してマッピングするように構成されている、

ラジアル画像化システムの作動方法。

【請求項 1 2】

前記作動方法は、さらに、前記ラジアル画像化システムが、前記オブジェクトまでの前記ラジアル距離を決定するために、受け取った画像を解釈するステップ、を含み、

前記解釈するステップは、

前記受け取った画像の異なる部分を異なるファセットに対して割り当てるステップと

、
特定のポイントが結像されている一式の部分に基づいて、ラジアル距離として見込まれる範囲を決定するステップと、

を含む、請求項 1 1 に記載のラジアル画像化システムの作動方法。

【請求項 1 3】

前記作動方法は、さらに、前記オブジェクトまでの前記ラジアル距離を決定するために、前記ラジアル画像化システムが、受け取った画像を解釈するステップ、を含み、

前記解釈するステップは、

前記キャプチャされた画像を、全てのファセットの内縁と外縁に関係するバンドを有する極座標での基準となる極グリッドとオーバーレイし、それにより、各バンドが単一のファセットに対応しているバンドのセットを決定するステップと、

各バンドを別々に処理することによって、前記画像における極半径からオブジェクトポイント半径を計算するステップと、

を含む、請求項 1 1 に記載のラジアル画像化システムの作動方法。

【請求項 1 4】

光路のセットは、各ファセットの中心と前記画像センサに対する入力との間に延びており、前記画像センサに対する入射角度と、前記光路の前記オブジェクト平面との交差点までのラジアル距離との間に線形関係が存在する、

請求項 1 1 に記載のラジアル画像化システムの作動方法。

【請求項 1 5】

光路のセットは、各ファセットの中心と前記画像センサに対する入力との間に延びており、入射光路に対応している前記キャプチャされた画像におけるラジアル位置と、前記光路の前記オブジェクト平面との交差点までのラジアル距離との間に線形関係が存在する、

請求項 1 1 に記載のラジアル画像化システムの作動方法。

【請求項 1 6】

3 個から 2 0 0 個の間のファセットが存在する、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

5 個から 2 0 0 個の間のファセットが存在する、

請求項 1 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、ラジアル画像化システムに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

ラジアル画像化 (radial imaging) システムの一つの例は、軸に関して整列されたカメラによる収集のために、受け取った光を (基本的に) 軸方向に対して、 (基本的に) ラ

10

20

30

40

50

リアル方向内向きにリダイレクト (redirect) する反射円錐を含んでいる。

【0003】

そういった装置の一つの用途は、カテーテルカメラの部分であり、そこでは、カテーテルが配置される通路 (passageway) の断面が検査される。そういったカテーテルカメラの使用の一つの例は、上気道 (upper airway) を分析するものであり、閉塞性睡眠時無呼吸 (obstructive sleep apnea) の原因を決定するためのものである。

【0004】

閉塞性睡眠時無呼吸 (OSA) は、最も一般的な種類の睡眠時無呼吸であって、18人に1人までに影響を及ぼしており、そして、呼吸 (breathing) における休止、または、睡眠の最中の、浅い又は頻繁でない呼吸に係るインスタンスによって特徴付けられる。これは、口腔 (oral cavity) または上気道の閉塞または障害によって引き起こされ、しばしば、老齢の発症により、もしくは、薬物 (drugs) またはアルコールの乱用によって (一時的に) 誘発される筋肉張 (muscular tone) の喪失のせいである。

【0005】

OSAの治療法について幅広い治療が存在し、そのうち最も一般的なものは、気道陽圧法 (positive airway pressure、PAP) であり、そこでは、気道を開いたままにするために、制御された圧力において気道を通じて気流 (stream of air) を配送するためにベンチレータ (ventilator) が使用される。PAPは、患者が無呼吸低呼吸指数 (apnea hypopnea index、AHI) > 30を示す、より重度な症例において必要とされる。OSA患者は、また、昼間の眠気に苦しみ、そして、長期間にわたり併存疾患の発症を予防するための治療を必要とすることもある。軽度から中度の (mild - moderate) OSA患者は、しばしば、PAP療法を遵守することがより困難である。なぜなら、重篤な患者におけるほど疾病負荷 (disease burden) が強くなく、かつ、従って、侵襲的な治療に従う気が進まないからである。これらの事例においては、位置療法、下顎前進 (口腔器具)、上気道手術、および移植可能な装置といった様々な代替的な治療が存在している。

【0006】

これらの療法のそれぞれにおいては、しかしながら、治療が最も有効に指示され得るように、特に、上気道のどの部分が障害を引き起こしているかを理解することが重要である。これは、好ましくは非侵襲的な方法において、上気道の動的検査における関心を説明する。一つのアプローチは、音響反射測定技術 (reflectometry technique) を使用して非侵襲的に気道の検査を行うことである。そうした技術においては、音波が、患者の気道に沿って、エミッタ (emitter) によって、口または鼻を介して、伝搬され、そして、エミッタに隣接するマイクロフォンを使用して反射が聴取される。検出された反射のアルゴリズム分析を通じて、エミッタからの距離の関数として検査された気道の断面領域の推定値を決定することが可能である (例えば、Hoffstein、V.とJJ Fredberg共著 "The acoustic reflection technique for non-invasive assessment of upper airway area"、European Respiratory Journal 4.5 (1991) : 602 -611を参照のこと)。このことから、特定の位置における気道の狭小化 (narrowing) が特定され、そして、気道閉塞の特定の位置が、従って、確認される。

【0007】

反射測定技術は、しかしながら、断面領域推定の精度がエミッタからの距離と共に減少するという欠点に苦しんでいる。このことは、測定プロセスの最中の音響漏れ、そして、また患者の動きによって一層ひどくなり、両者とも得られる結果の精度をさらに損なうように作用する。さらに、気道に沿って伝搬する波により最初に遭遇する障害は、波の初期強度の大部分の反射を引き起こすので、気道の後続する部分からの反射は、典型的には、強度が弱すぎて正確な測定値を得ることができない。従って、典型的には、これらの技術を使用して、最も上にある気道閉塞の位置を正確に決定することのみが可能である。

【0008】

代わりに、内視鏡プロシージャ (procedures)、特に、人間の上気道の開存性 (patency) を検査または調査するためのプロシージャを使用することが知られている。気道検査

10

20

30

40

50

のための標準のフレキシブルな内視鏡を使用して、一時的な障害が生じるか否かどうかを見るために、しばらくの間、上気道の特定の部位が検査され得る。これは、しかしながら、検査中に内視鏡をあるスポット (spot) から他へ移動させる必要があり、それには時間がかかり、かつ、患者にとって不便である。この理由により、自然睡眠の最中の内視鏡検査は、一般的な診療の一部にはならなかった。現在のプラクティス (practice) においていくらかの許容を獲得した代替的なバージョンは、鎮静薬 (sedative drugs) を使用して患者を人工的な睡眠に導くことを含んでいる。このことは、実際の睡眠時無呼吸と呼吸低下にも関与する部位において衰弱を引き起こすと信じられている。また、鎮静剤は内視鏡の移動の不快感も楽にするものである。

【 0 0 0 9 】

10

いくつかの別個の重要な部位で上気道を検査するためには、また、複数の画像センサを有するカテーテルを使用することも可能である。一旦カテーテルが挿入されると、患者に対して追加的な不快感を与えることなく、より長い期間において同じ位置に留まることができる。長期間にわたり複数の部位において取得された画像の解釈 (interpretation) には、非常に時間がかかる。

【 0 0 1 0 】

ラジアル距離 (radial distance) を得るために、画像センサを使用することもできる。例えば、気道の内側の周りでリングが照明されている場合、距離情報を引き出すために、リング画像に関してキャプチャされた画像センサ情報が分析されてよく、そして、それによって、内部の気道経路の形状を導出することができる。

20

【 0 0 1 1 】

例えば、内視鏡は、管状の気道に挿入されたときに、カメラによる検査のために、気道の断面的な輪郭が照明され得るように、外向きに方向付けされた照明のリング (または、ラジアル平面) を生成することができる照明生成手段を有してよい。

【 0 0 1 2 】

そうした照明パターンを提供する一つの既知の手段は、光ファイバからのコリメートされたレーザ光 (collimated laser light) を、偏向円錐 (deflecting cone) に向けて方向付けることであり、その角度は、その表面から周囲のあらゆる方向において、入射光を放射状 (radial) に、例えば 90 度で、偏向させるようなものである。効果は、円錐から外に向かって投射する光の「リング ("ring")」パターンを創成することであり、それは、次いで、気道の円周部分を照明するために使用され得る。特に、この概念に係る 2 つのバリエーションが存在する。第 1 に、円錐は反射性の外側表面を有しており、そして、光がその表面から直接的に反射されるように、その先端 (tip) が対向している光の方向に面して配置されている。第 2 に、円錐は、その基部が対向する光に向いて面するように配置されており、かつ、ピッチは、円錐の内壁上における光ファイバから入射する光が、それを通して伝送される相対する壁の方向において全内部反射によって反射されるように配置されており、最初の入射光に対して 90 度である経路へと、そのようにする屈折のせいで偏向されている。

30

【 0 0 1 3 】

反射された光は、次いで、カメラによってキャプチャされる。このことは、視界内においてカメラを検査されている内壁 (inner wall) と位置決めすることによって達成され得るし、または、軸方向に整列されたカメラによるキャプチャのために、反射された光をほぼ軸方向に戻すようリダイレクトするために、別の反射円錐 (reflecting cone) が使用されてもよい。

40

【 0 0 1 4 】

気道に沿った一連の離間されたポイントにおいて、複数のリングパターンの光を生成することが可能である。このことは、例えば、それぞれが自身のレーザ、光ファイバ (任意的に GRIN レンズ)、および円錐を有する、カテーテルに沿った複数の照明ユニットを提供することによって達成することができる。

【 0 0 1 5 】

50

本発明は、特に、受け取った入射ラジアル光をカメラ（または、あらゆるタイプの画像センサ）に向かってリダイレクトするために使用されるリフレクタに関する。標準的な反射円錐が使用されてよく、円形のベースと、円の中心を通る法線上にある先端（頂点）とを伴う。円錐の外側面（lateral surface）は、頂点をベースの境界線に対して接合している直線セグメントによって形成されている。この円錐形リフレクタは、ベースまでの先端の距離と、境界線を先端まで接続している直線がベース面となす角度（ μ ）によって完全に特徴付けされる。先端における角度は、 -2μ によって与えられる。

【0016】

先端角度およびカメラまでの距離は、非常に特定の範囲における半径を伴う全ての投射されたリングをカメラがキャプチャするように、選択される。

10

【0017】

この配置は、リングの半径における変化に対する感度が、リングの半径自体に強く依存しているという問題を有している。画像化されているリングから遠く離れているほど、より感度が低い。反射円錐装置は、従って、検査の下で、中心軸からダクトの壁までの可能な距離の広い範囲にわたり有効であることはできず、かつ、それが均一な測定精度を妨げている。

【0018】

従って、望ましいのは、こうした問題を処理する単純な光学装置である。

【発明の概要】

【0019】

本発明は、請求項によって定められる。

20

【0020】

本発明の一つの態様に従って、オブジェクト平面において画像センサの周りに延びるオブジェクトの画像をキャプチャするためのラジアル画像化システムが提供される。システムは、

概して放射状の入射光を概ね軸方向に対して反射するためのリフレクタと、

概ね軸方向に向けられた反射光を受け取るための画像センサと、を含み、

リフレクタは、リフレクタのラジアル最内部分とラジアル最外部分との間において一連の反射性線形ファセット（reflecting linear facets）を順番に有するステップ状の反射面を含み、線形ファセットは、共に概ね湾曲した表面を形成しており、各ファセットは、ラジアル距離の異なる範囲からの概ね放射状の入射光を画像センサに対して反射する。

30

【0021】

「線形（"linear"）」ファセットとは、（その周りにラジアル画像化が行われる）軸を含む平面内の断面においてファセットが直線である、ことを意味することに留意する。

【0022】

3次元（3 dimensions）では、リフレクタが、例えば、ファセット円錐を画定する。用語「円錐（"cone"）」は、そういった構造を含むように、以下の説明においては一般的な方法で使用されている。円錐は、例えば、軸対称であってよく、そして、従って、単一の前向き画像センサと組み合わされた場合に360度の側面図ができる。3次元において、各ファセットは、従って、規則的な円錐面的一部分であり（かつ、平坦な表面ではない）、そして、異なるファセットが異なる角度において存在している。すなわち、それらは異なる頂角（apex angle）を伴う規則的な円錐の部分である。請求項および以下の説明におけるファセットの「中心（"center"）」に対する参照は、断面内の中心点、すなわち、断面において見たときにファセットを画定する線に沿って中間、を指す。3次元まで拡張する場合、ファセットの中心点は、ファセットの中間周辺のポイントの円と等価になる。

40

【0023】

「概ね湾曲した表面（"generally curved surface"）」とは、各ファセットの中心（2次元におけるもの）が滑らかなラインによって接続されている場合には、直線ではなく曲線になることを意味するものである。好ましくは、それは概して凹面（concave surfa

50

ce)である。3次元において、概ねの形状は、そして、回転の凹型立体になる。

【0024】

本構成は、従来の一直線（すなわち、規則的な）円錐（単一のファセットに相当するもの）と比較して、全体的な光キャプチャ（light capturing）を改善し、そして、また、画像センサおよびリフレクタ円錐（reflector cone）に対して垂直な平面におけるあらゆる閉曲線の形状を（検出された画像がディスプレイ上に表わされるときに）より上手く維持することができる。

【0025】

検出された画像における輪郭の極角（polar angle）の周りの極半径（polar radius）から、キャプチャされた形状の実際の半径が計算され得る。形状は閉じた形状であってよく、または、そうでなければ、閉鎖された形状の一部であってよく、もしくは、共に接合される場合に、そうした閉じた形状を画定する一連の不連続な部分であってよい。

10

【0026】

円錐に近いオブジェクト（光）ポイントは、遠方のポイントよりも少ない程度で画像へと反射されることがある。このことは、リフレクタ円錐に近い光点（light point）からの画像センサの画像におけるブルーミング（グロー（glow））のリスクを有することなく、高感度の画像センサが使用できることを意味する。さらに、オブジェクトポイントの光を画像センサに対して伝達するためのいくつかの経路が共存するので、冗長性が存在しており、光点、リフレクタ円錐、および画像センサ間におけるパーティクルに対してセンサ距離の検出をより敏感でなくしている。

20

【0027】

画像センサとリフレクタ円錐が透明なエンベロープ（envelope）の中に含まれている場合、外部のコンタミネーション（contamination）は距離測定を完全には妨げそうもない。

【0028】

概ね軸方向の反射光は、リフレクタ表面から画像センサに対する入力へ向けられる。説明目的のために、これは、例えば、軸上の単一の結像ポイント（imaging point）として扱われてよい。例えば、それはピンホール光入力として機能し得る。入力レンズが画像センサに対して備えられてよい。このことは、経路解析をわずかに変化させる。そして、光線は、それで、ポイントに対して収束（converge）しないが、レンズによってフォーカスされる。

30

【0029】

各ファセットの中心（上で定義したように、2次元断面におけるもの）と画像センサに対する入力との間に延びる光路のセットについて（そして、これらの光路は、例えば、固定の（カメラ）視野角の整数倍により特徴付けされ得る）、（画像化されているオブジェクトから）ファセット中心まで入射する光の方向は平行であり得る。このことは、リフレクタ表面をデザインするための最初の設計を提供し、そして、概ね凹形状を生じさせる。

【0030】

光路のセットについて、結像ポイントに対する入射角と、光路のオブジェクト平面との交差点までのラジアル距離との間には線形な関係が存在し得る。このオブジェクトポイントは、基本的に、- 測定されるべきラジアル距離で、入射光の出所（source）である。この構成は、画像センサによって検出された入射角がオブジェクトのラジアル距離に対して線形な関係にあるという点で、ラジアル距離の測定の解像度が距離に対してより均一であることを意味している。

40

【0031】

光路のセットについて、代わりに、入射光路に対応しているキャプチャされた画像上のラジアル位置と、光路のオブジェクト平面との交差点までのラジアル距離との間に線形な関係が存在してよい。この構成は、再び、画像センサの出力画像におけるラジアル位置がオブジェクトのラジアル距離に対して線形な関係にあるという点で、ラジアル距離の測定の分解能が距離に対してより均一であることを意味している。

50

【 0 0 3 2 】

リフレクタは、反射性線形ファセットの間に接続部分を有してよく、接続部分は、ファセットの中心に対する入射光の方向に対して平行であるか、または、結像ポイントに向かう各々の側におけるファセットの中心からの光路間における中間角度に存在している、

【 0 0 3 3 】

これらの条件が、接続部分は、入射光をファセットに到達することから妨げることがなく、そして、ファセットからの反射光を結像ポイントに到達すること妨げることがないことを確実にしている。

【 0 0 3 4 】

2個および200個（包括したもの）のファセットが存在してよい。例えば、150個未満、または100個未満、または80個未満、または60個未満、または40個未満、または20個未満のファセットが存在してよい。2個以上、または3個以上、または5個以上のファセットが存在してよい。上限は、例えば、リフレクタが作成され得る精度、および、使用される光の波長によって決定される。各ファセットは制限された幅を有し、そして、1つの円錐形の部分における光線の連続体は全てが画像センサに到達することができる。任意のオブジェクトポイントは、いつでも、少なくとも1つのファセットにおいて反射され、そして、（ファセットの角度と共に）画像センサへの入力に到達する角度から、ラジアル距離が決定され得る。単一の直線円錐について、同じ関係が保持されるので使用することができる。従って、距離を計算する標準的な方法が使用されてよい。特定の円錐半径にその中心を有する機能的ファセットに関連する画像センサにおけるリングの幅は、ファセットの数が増えるとより小さくなり、そして、この最小のリングにおけるピクセル数によって解像度が制限される。

【 0 0 3 5 】

本発明は、また、上気道における障害の存在および位置の決定において使用するためのカテーテルも提供する。本カテーテルは、

カテーテルの軸に沿って、または、軸に平行に画像センサが整列されている、上記に画定された少なくとも一つのラジアル画像化システムと、

照明光を生成し、かつ、オブジェクト平面の中で光を放射状に外向きに方向付けるための光源と、を含む。

【 0 0 3 6 】

カテーテルは、複数のラジアル画像化システムを含み、上気道の中に挿入されると、軟口蓋、口腔咽頭、舌根、および、喉頭蓋のうち一つまたはそれ以上と合うよう整列されるように配置されている。

【 0 0 3 7 】

本発明の別の態様に従った実施例は、オブジェクト平面において画像センサの周りに延びるオブジェクトの画像をキャプチャするためのラジアル画像化方法を提供する。本方法は、

概して放射状の入射光を概ね軸方向に対して反射するステップと、

概ね軸方向に向けられた反射光を画像センサにおいて受け取るステップと、を含み、

リフレクタは、リフレクタのラジアル最内部分とラジアル最外部分との間において一連の反射性線形ファセットを順番に有するステップ状の反射面を含み、線形ファセットは、共に概ね湾曲した表面を形成しており、各反射性線形ファセットは、オブジェクト平面に対してラジアル距離の範囲の画像を生成する。

【 0 0 3 8 】

この方法は、上記に概説されたリフレクタデザインを利用している。

【 0 0 3 9 】

受け取った画像は、オブジェクトまでのラジアル距離を決定するために解析され得る。

【 0 0 4 0 】

一つの実施例において、解釈するステップは、

受け取った画像の異なる部分を異なる反射性線形ファセットに対して割り当てるステップと、

特定のポイントが結像されている一式の部分に基づいて、ラジアル距離の可能性ある範囲を決定するステップと、を含む。

【0041】

これは、どのファセットがオブジェクトを見ている ("see") かを考慮することによる、オブジェクト距離を見い出すための論理ベースのアプローチである。

【0042】

別の実施例において、解釈するステップは、

キャプチャされた画像を、全ての線形ファセットの内縁と外縁に関係するバンドを有する極グリッドとオーバーレイし、それにより、各バンドが単一のファセットに対応しているバンドのセットを決定するステップと、

各バンドを別々に処理することによって、画像における極半径からオブジェクトポイント半径を計算するステップと、を含む。

【0043】

極グリッドの中で各画像バンドと関連付けられているのは、オブジェクトポイントのバンドである。これらのバンドはオーバーラップしてよい。

【0044】

このアプローチは、各ファセットを従来の規則的な円錐の一部として扱うこと、および、それに応じて画像を処理することに基づくものである。

【図面の簡単な説明】

【0045】

添付の図面を参照して、これから、本発明の実施例を詳細に説明する。

【図1】図1は、気道の内側に配置されたカテーテルの一つの例に係る長さ部分の概略図を示している。

【図2】図2は、患者の鼻腔および上気道の中へ挿入されたカテーテルの一つの例に係る概略図を示している。

【図3】図3は、オブジェクトの半径における変化に対する感度が半径自体に強く依存しているという問題を示すために使用されている。

【図4】図4は、オブジェクトの半径における変化に対する感度が半径自体に強く依存しているという問題を示すために使用されている。

【図5】図5は、リフレクタデザインの一つの例を示している。

【図6】図6は、画像センサ入力に係る平面におけるオブジェクトポイントに対するファセット位置および方向の導出を示している。

【図7】図7は、中心軸に対して最も近いファセットの幅および角度を示している。

【図8】図8は、中心軸から最も遠いファセットの幅および角度を示している。

【図9】図9は、ファセットデザインに関連するパラメータを示している。

【図10】図10は、測定平面におけるオブジェクトポイントの範囲が一般にどのようにオーバーラップしているかを示している。

【図11】図11は、15個のファセットを有する反射円錐に基づいて感知された画像のシミュレーションを示している。

【図12】図12は、100個のファセットを有する反射円錐に基づいて感知された画像のシミュレーションを示している。

【図13】図13は、直線反射円錐に基づいて感知された画像のシミュレーションを示している。

【図14】図14は、可変な極半径を有する断面輪郭を示している。

【図15】図15は、異なる極座標バンド (polar grid band) におけるオブジェクトポイントの視認性に係るバイナリアカウントに基づいて感知された画像を解釈するための方法を示している。

【図16】図16は、サイズにおける要求を定めるパラメータを示している。最大円錐半

10

20

30

40

50

径 ($D/2$)、検出までの最小距離 (b)、検出範囲のサイズ (y) である。

【図17】図17は、ファセット数量に対する異なる値に基づいた異なる反射円錐デザインを示している。

【図18】図18は、ファセット数量に対する異なる値に基づいた異なる反射円錐デザインを示している。

【図19】図19は、ファセット数量に対する異なる値に基づいた異なる反射円錐デザインを示している。

【発明を実施するための形態】

【0046】

本発明は、オブジェクト平面において画像センサの周りに放射状に (radially) 延びるオブジェクトの画像をキャプチャするためのラジアル画像化システムを提供する。リフレクタが、入射する概して放射状の光を概ね軸方向に対して反射するために使用される。画像センサは、概ね軸方向に向けられた反射光を受け取り、そして、概ね湾曲した、例えば、凹面 (concave surface) を共に形成する、一連の反射リニアファセット (reflecting linear facets) を有しているステップ状の反射面を有する。このデザインは、画像化されるオブジェクトまでのラジアル距離に関して画像化性能の改善された均一性を可能にする。

10

【0047】

本発明は、例えば、コンジット (conduit) を用いた画像化のために使用され得る。これは、パイプ、チャンネルおよびトンネルといった非生物 (non-living) オブジェクトを画像化するための非医療用アプリケーションを有することができ、気道の通路、腸の通路、もしくは、毛細血管または動脈を画像化するためといった医療用画像化アプリケーションも同様である。画像化システムは、例えば、カテーテルの中に組み込まれてよい。

20

【0048】

説明のために、図1は、本発明の一つまたはそれ以上の実施例に従って、上気道14の延伸の内側に配置された、カテーテルの一つの例を概略的に示している。気道の長さに沿って、4つの解剖学的な領域または機能が示されており、18、20、22、および24とラベル付けされている。これらは、非限定的な例として、軟口蓋 (小臼歯)、口腔咽頭、舌根、および喉頭蓋をそれぞれ表している。気道14の内側には、カテーテル12が配置されており、一連の光センサS1からS5までを備えている。それらは、それぞれに、概ね軸方向に光を生成するためのレーザー光源、半径方向において少なくとも一つのコンポーネントを含むように光をリダイレクトするためのリフレクタ、調査されているダクトの側壁からの反射光を調査されているダクトの側壁に係る画像をキャプチャするための画像センサに向けてリダイレクトするためのリフレクタ、を含んでいる。画像は、ダクト14までの半径方向の距離を示している。反射光を第2円錐によって画像センサの視野に向けてリダイレクトする代わりに、レーザー光が、軸方向より、むしろラジアル外向き方向 (radial outward direction) において生成されてよい。光をキャプチャし、それを画像センサに対してリダイレクトするための単一の円錐が存在する、ようにである。

30

【0049】

光学的装置は、単一の三角形として図1において概略的に示されている。

40

【0050】

説明のために、図2は、患者の鼻36を介して挿入された、患者34の上気道の中に配置されたカテーテル12を概略的に示している。図1の4つの解剖学的領域 (節18、口腔咽頭20、舌根22、および喉頭蓋24) の概ねの位置が、患者34の気道14に沿って示されている。

【0051】

上述のように、入射する反射されたラジアル光を画像センサの視野に対して反射するための規則的な (regular) 円錐の使用は、リングの半径における変化に対する感度がリングの半径自体に強く依存するという問題を有している。リングが遠くなるほど、感度が低下するのである。本発明は、特定の、(ダクトから反射された) 内向きラジアル光を画像センサに向けてリダイレクトするための反射円錐に関する。

50

【 0 0 5 2 】

この問題は、図3および図4に示されている。各図は、左に画像センサ40および右に反射円錐42を有する上半分の断面を示している。垂直レーザ面44から生じる特定の光線が示されており、固定の角度ステップの倍数である角度で画像センサに入る。この垂直平面は、この平面の内側で最も近いオブジェクトポイントまでの距離が画像センサによって結像されるものであるという点で、オブジェクト平面であると考えることができる。この固定の角度ステップは、画像センサの視野における増分 (incremental) 変化を表わしている。オブジェクトポイントは、レーザ平面44に沿った星によってマーク付けされている。

【 0 0 5 3 】

図3において、レーザ面44は画像センサ円錐の前にあり、一方、図4において、レーザ面44は画像センサ円錐42の後ろにある。両方の場合において、ポイントの密度は近い距離においてかなり大きく、そして、センサからの距離と共に激しく減少する。図3においては、センサに最も近いリングが画像センサにおける小さいリングとしてキャプチャされ、一方、図4において、このリングは、キャプチャされた画像における大きいリングへとマッピングされる。

【 0 0 5 4 】

本発明は、多面円錐 (multi-faceted cone) のデザインを提供する。各ファセットの位置およびその表面の角度は2つのパラメータから得られる。1) 画像センサの中へ反射されるレーザポイント (または、より一般的には「オブジェクトポイント ("object point")」) のラジアル距離 (radial distance)、および、2) この反射されたオブジェクトポイントの画像センサにおける必要な入射角度、である。このように、各ファセットは、カテーテルの中心軸からのラジアル距離に係る特定の範囲からの光を受光し、そして、この光を画像センサに向けて反射する、ためのものである。画像センサに関する限り、各ファセットは画像センサの視野に係る異なる部分にある。このように、各ファセットは、ラジアル距離の特定の範囲から受け取った光を、画像センサの視野の特定の部分に対してマッピングする。

【 0 0 5 5 】

本発明のアプローチは、画像センサと円錐の軸に対して垂直な平面において現れるあらゆる輪郭 (contour) のラジアル距離を (単一ステップにおいて) 測定することについて適用可能である。用語「オブジェクトポイント ("object point")」は、「オブジェクト面」の中でこの輪郭に係るポイントを示すために使用される。さらに、複数の輪郭が、そのラインタイプ (色、幅、ダッシュタイプ) が画像センサによって認識され得る限り、同時に測定され得る。以下の説明は、単一の輪郭に焦点を当てているが、このアプローチは原則として任意の数の輪郭に対して適用される。

【 0 0 5 6 】

図5は、結果として得られるデザインの一つの例を示している。これは、回転軸、すなわちラジアル平面を含む平面における断面を示している。画像センサは、軸までの距離が測定されるように、すなわち、ダクトの半径輪郭が結像されること、を可能にすることを目的とする。反射円錐42は、複数のファセットを有している。円錐は、全体的に湾曲しており、例えば凹状であり、そして、区分的には直線状である。従って、断面において、形状は直線状 (規則的な円錐に関する限り)、または、スムーズな凹状曲線 (例えば、パラボラリフレクタに関する限り) ではないが、一式の連結された直線部分である。

【 0 0 5 7 】

これらの直線部分の数量は、ファセットの数量に対応しており、2から、または3から、もしくは5から最大値までの任意の数であってよい。この最大値は、例えば、200、150、100、80、60、40、または20であってよい。

【 0 0 5 8 】

このデザインは、線形的にインデックス付けされた角度で画像センサにおいてキャプチャされた一連の等距離のオブジェクトポイント50が存在する、といったものである。このように、オブジェクトポイント間のラジアル外向き方向に沿った所与の距離は、リフレク

10

20

30

40

50

タによって、画像センサの視野の中心までの所与の角度増分 (angular increment) へ変換される。

【0059】

入射光線46の全ては、等間隔に置かれたオブジェクトポイントに由来し、そして、ファセットの中心に導く光線（これらは図示された線である）も全て平行である。ファセット中心は、示されている断面図の線の間である。これらの光線46は、従って、ファセットの中心に当たっており、拡大された部分52において見ることができる。3つのファセット48₄、48₅、および48₆が示されている。各ファセットの位置及び角度（破線の法線方向によって示されるもの）は、この例においては、5の倍数である角度の下で、中心光線が画像センサの視野の中心（すなわち、カメラのピンホール）へと反射される、といったものである。平行に入射する光線は、全て、垂直に対して4.5度の角度をなすものである。

10

【0060】

ファセットの中心が、（上記に定めた断面平面における）スムーズな曲線を形成する場合に、各ファセット中心における曲線の法線は、ファセット自体に対する法線方向とは異なることに留意する。従って、示されるような、ステップ状の形状が存在している。

【0061】

全ての光線が画像センサ入力における単一のポイントに対して向けられるという仮定は、説明のためだけであることに留意する。光路を変更するレンズまたは他の光学系が存在してよい。しかしながら、ファセット中心からの光路は、例えば、一定の角度増分だけステップされる。

20

【0062】

ファセットは、リフレクタのラジアル最内部分とラジアル最外部分との間のシーケンスを形成する。従って、ファセットは、軸の周りの周方向のシーケンスより、むしろ、（そこから距離が測定される）軸を含んでいる断面において順番に配列されている。

【0063】

リフレクタの機能は、従って、概ねラジアル内向きに受け取った光を、画像センサの入力に向かって概して軸方向に向かってリダイレクトすることである。

【0064】

ファセットは、非機能的 (non-functional) 中間ファセットの形式において接続部分によって共に接続されている。これは、また拡大された部分52において見ることができる。

30

【0065】

機能的ファセット4、5、および6は、図に描かれているように、入射光線を受ける平面部分である。中間の非機能的ファセットは、これらの平面部分の間のステップ (step) である。機能的ファセットの中心における主要光線 (principal rays) だけがプロットされており、そして、法線方向がわずかに変化していることが確認できる。ファセットが中心線 (対称軸) から遠く離れるほど、画像センサの視野の中心に向かって反射を提供するために傾斜がより急になる。

【0066】

以下に説明されるファセット円錐 (faceted cone) の一つの例において、オブジェクトポイントのラジアル距離は、画像センサ (ピンホール) に対する入射の角度に比例する。

40

【0067】

図6は、画像センサのピンホールの平面におけるオブジェクトポイントに対するファセット位置および方向の導出を示している。

【0068】

画像センサのピンホールは原点 (origin) に存在している。

【0069】

$w_{iy} = b_0 + (i - 1)p$ を、y軸 ($i = 1, 2, \dots, n_p$) における一連のポイントであるとする。そうすると、 b_0 から始まって、一定のピッチ p が存在する。

【0070】

50

全ての入ってくる光線は平行であり、かつ、垂直に対して同一の角度を有している。従って、各ファセットの中心と結像ポイント (imaging point) との間に延びる光路のセットについて、ファセット中心に対して入射する光の方向 (「入射光線 ("incoming rays")」) は平行である。画像センサにおける入射角度のステップは $\Delta\theta$ である。このように、画像センサに対して入射する各 i 度の角度区間 (angle section) は、検査平面におけるラジアル方向のピッチバンド (pitch band) p に対応している。従って、光路のセット (ファセット中心と交差するもの) について、結像ポイントに対する入射角度と、オブジェクト平面との光路の交差点までのラジアル距離との間には直線関係が存在している。

【0071】

全てのファセットに係る位置と方向がどのように導出され得るか、および、これらのファセットがどのように連続的なファセット円錐の中へと最適に合併されるかを説明する前に、オブジェクトポイントは、原点から距離 d の平面内において等しく定義され得ることに留意する。光線はすべて平行なので、ピッチは変化しない。最初のポイント b だけが変化する。この b の値が与えられると、 b_0 を計算することが可能である。

【数1】

$$b_0 = b + \frac{d}{\tan \varphi} \quad (1)$$

【0072】

正弦定理 (sine rule) を使用して、以下の関係性が導出される。

【数2】

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{\sin \varphi}{\sin 2\gamma_i} (b_0 + (i-1)p) \\ \gamma_i &= \frac{1}{4}\pi - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}i\varphi \\ \mu_i &= \frac{1}{4}\pi - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}i\varphi \end{aligned} \quad (2)$$

【0073】

インデックス i は、例えば、気道壁 (airway wall) といった、検査されている通路との交差点を表すことができる、オブジェクト平面 (垂直な線) に沿ったポイントに係るカウンタである。

【0074】

反射ファセット中心の座標は、以下のとおりである。

【数3】

$$(r_{ix}, r_{iy}) = \frac{\sin \varphi}{\cos(\varphi - i\varphi)} (b_0 + (i-1)p) (\cos i\varphi, \sin i\varphi) \quad (3)$$

【0075】

数式 (3) において数式 (1) を代入することによって、以下のようになる。

【数4】

$$(r_{ix}, r_{iy}) = \frac{\sin \varphi (b + (i-1)p) + d \cos \varphi}{\cos(\varphi - i\varphi)} (\cos i\varphi, \sin i\varphi) \quad (4)$$

【0076】

従って、数式 (4) は、所与のパラメータのセット b 、 d 、 p 、 φ 、および $\Delta\theta$ に対するインデックス i の関数としてのファセット中心の座標を与えている。各ファセットの向きは、数式 (2) によって定められる。

【0077】

ファセットの幅が、依然として導出されることが必要である。全ての個々のファセット

10

20

30

40

50

(反射リング)の幅は、以下のように選択され得る。

- 1) ファセットから反射された光線が、障害なく全て画像センサに到達し得ること、かつ、
- 2) ファセットに向けて方向付けられた平行な光線が、障害なく全てファセットに到達し得ること、である。

【0078】

図7は、中心軸に対して最も近いファセット(ファセット1および2)の幅が制限されていることを示しており、それらは隣接するファセットの中間まで延びているだけである。分割線(dividing line)は、ちょうど真ん中にあり、中心点 70_1 、 70_2 からの両方の光線と角度 $1/2$ を成している。従って、非機能的な中間ファセット72は、接続部分であると
10
考えられ得るが、画像センサに対して方向付けられた2つの光線74を二等分する方向に置かれている。このように、中間ファセット(接続部分)は、結像ポイントに向かう各々の側におけるファセットの光路の間の中間角度(mid-way angle)に存在している。これらのファセットは、全ての反射された光線が画像センサに到達することを確保している。 - 非機能的な中間ファセット72は障害にならない。

【0079】

図8は、中心軸から最も遠いファセット(ファセット9および10)の幅も、また、ファセット中心に対して走っている2本の平行な光線の間の中間線を越えてファセットポイントが延びることがないように制限されていることを示している。この場合に、非機能的な中間ファセット(接続部分)80は、2つの入射ビーム46の間で平行で中間にある方向に置かれて
20
いる。従って、中間ファセットは、ファセット中心に対して入射する光方向について平行である。

【0080】

このようにして、入射する平行なビームは全てファセットに到達する。なぜなら、それらのビームは、非機能的な中間ファセット80によってブロックされないからである。

【0081】

各ファセットについて、ラジアル距離の計算は、画像センサの画像におけるラジアル距離と異なるが、その背後にある一般式は同じである。パラメータが、図9において与えられている。

【0082】

水平(x)軸に関するファセット反射側の法線の角度を μ として、かつ、画像センサのピンホールから関心のファセットに係る仮想的に延長された円錐の先端までの距離を t とする。画像センサのピンホールまでのオブジェクト平面の距離は d である。

【0083】

示される単一の反射光線46は、垂直(入射部分)と角度を成し、かつ、水平(反射部分)と角度を成している。特定のファセット(μ と t によって定義されるもの)について、ラジアル距離 w_y と角度との間の関係が、以下に導出される。

【0084】

【数5】

$$\tan \mu = \frac{r_x - t}{r_y}$$

および

【数6】

$$\tan \rho = \frac{r_y}{r_x}$$

から、反射ポイントの座標を解くことができる。

10

20

30

40

【数 7】

$$(r_x, r_y) = \frac{t}{1 - \tan \mu \tan \rho} (1, \tan \rho) \quad (5)$$

【0085】

さらに、光線依存角度 (ray dependent angles) が、以下のように導出され得る。

【数 8】

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\pi}{2} - \rho - \mu \\ \varphi &= \frac{\pi}{2} - \rho - 2\mu \end{aligned} \quad (6) \quad 10$$

【0086】

各オブジェクトポイント (w_x, w_y) の原点は、ポイント (r_x, r_y) から、 d によって与えられる方向において、 $r_x - d$ のラジアル距離にわたり戻ることによって計算することができる。ポイント r と w との間の距離 (L で示されるもの) は、以下のとおりである。

【数 9】

$$L = \frac{r_x - d}{\sin \varphi} \quad 20$$

【0087】

そうして、以下のようになる。

【数 10】

$$\begin{aligned} (w_x, w_y) &= (r_x, r_y) - L (\sin \varphi, -\cos \varphi) = \\ &= \left(d, \frac{t}{1 - \tan \mu \tan \rho} \left(\tan \rho + \frac{1}{\tan \varphi} \right) - \frac{d}{\tan \varphi} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

【0088】

t と μ は各ファセットについて異なることに留意する。角度 φ は、結像ポイントの位置から決定される。次いで、 L は、数式 (6) から得られる。

【0089】

各ファセットは、測定平面において特定の範囲のオブジェクトポイントをキャプチャする。これらの範囲は、図 10 に示すように、概してオーバーラップしている。このことは、全てのオブジェクトポイントが、画像センサのピンホールで少なくとも 1 つのファセットによって結像されることを意味している。従って、各ファセットの中心に対する入射光線が平行である一方で、各ファセットがオブジェクト平面 44 のより大きな部分を結像するように、ファセットのエッジに対する光線はファセットから離れて発散している。

【0090】

所定のラジアル距離におけるオブジェクトポイントが、1 つより多いファセットによって画像センサのピンホールに対してマッピングされる場合 (すなわち、入射光線がオーバーラップしているところ)、それは画像センサ画像において複数回現れるだろう。

【0091】

この効果は、15 個のファセットを有する円錐を介して 5 つの異なるリングを見るピンホール画像センサに係る画像をシミュレーションすることによって説明される。リングは、半径 R_i である。ここで、

$$\begin{aligned} R_1 &= 1.5 \\ R_2 &= 4 \\ R_3 &= 8 \end{aligned}$$

$R_4 = 12$

$R_5 = 16$ 、である。

【0092】

$i = 1$ のリングとは別に、他のものは4の倍数、すなわち等間隔に置かれたラジアル距離であることに留意する。

【0093】

15個のファセットを有する特定の円錐デザインに対する画像センサの画像が図11に示されている。画像センサのピンホールからリングを伴う平面までの軸方向の距離は0.1であり、かつ、軸から円錐の先端までの距離は0.207である。

【0094】

画像化されているリングが5個だけ存在しているが、画像センサの画像にはもっと多くのリングが見られる。最大のリング ($i = 5$) は3回結像されているが、これら3個の円は外側の3個の円ではない。それらは、 $i = 4$ に対する円とインターリーブ (interleaved) されている (これは、各オブジェクトが異なる色の光で照らされる (または、モデル化される) カラー画像センサビューを使用して決定されていることに留意する)。 $i = 4$ のリングは6回結像されている。外側のリングは、上述のように $i = 5$ のリングとインターリーブされており、そして、内側のリングは、最外の $i = 3$ のリングとインターリーブされており、6個が存在している。 $i = 2$ のリングで5個が存在しているが、インターリーブされていない。そして、 $i = 1$ のリングの束が、画像の中心の非常に近くに存在している。多くのオーバーラップと拡散が明確に存在している。

【0095】

ファセットの数を100個に増やし、一方で、他の全てのパラメータを同じに保つことによる結果が図12に示されている。リング毎の反射回数は増加するが、これらの反射間の距離はファセットの数と共に減少する。リングは、今やオーバーラップしていないバンド90の中にしっかりと集束されている (clustered)。

【0096】

バンドの幅は、リングのインデックス i と共に増加し、そして、各バンドの平均半径は、対応する元のリングの半径を再現している。従って、画像の中心からのラジアル距離によって画像上に表わされるように、画像化されているオブジェクトのラジアル距離と、画像センサのピンホールへの入射角との間に所望の線形マッピングが存在している。

【0097】

図13には、最大半径 $R = 1.2$ 、ベース - 先端高さ $H = 0.593$ 、先端角度 127.4° ($\mu = 26.3^\circ$) を伴う直線円錐 (straight cone) について比較可能な結果が示されている。先端は、ピンホールから $t = 1.41$ にあり、かつ、リングは、ピンホールから $d = 0.254$ にある。

【0098】

重要な観察は、画像におけるリングが非常に異なる距離を有しており、そして、従って、元のオブジェクトの均一な半径方向の間隔を再現していないことである。さらなる結論は、直線円錐について反射光の全体は制限されており、一方で、ファセット円錐については増加 (multiplication) が達成されることである。

【0099】

上記の分析においては、複数のオブジェクトリングが同時にアクティブ (active) であった。これは、画像センサに近い平面において複数の2次元 (2D) 形状が決定されねばならないアプリケーションにおいて、代表的なものであり得る。異なる平行な平面において輪郭を有することも、また可能であるが、次いで、異なる変換式 (conversion formula) が適用されることを要する。輪郭は、線の色、幅、及び / 又はダッシュタイプ (dash type) によって画像の中で識別可能にされ得る。

【0100】

想定されるカテーテルのアプリケーションにおいては、特定の断面においてセンサあたり1つの輪郭だけが存在している。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 1 】

一般的に、センサ中心から輪郭ポイント (contour point) までの距離は、輪郭ポイントに関する極角 (polar angle) () の関数である。特徴的な断面輪郭が図 1 4 において与えられており、可変な極半径 (polar radius) R () を伴う断面を示している。

【 0 1 0 2 】

全ての受け取った画像センサの画像から半径を計算するために、第 1 ステップは、画像センサの画像を、全ての機能的ファセットの内縁及び外縁 (inner and outer edges) に関する極グリッド (polar grid) とオーバーレイ (overlay) することである。

【 0 1 0 3 】

この極グリッドは、バンドのセットを定めるものである。各バンドは、単一のファセットに対応しており、このファセットは、直線円錐の一部分と同様に作用する。従って、これらの極バンド (polar band) それぞれにおいては、画像における極半径からオブジェクトポイント半径を計算するために従来のルール (rule) を適用することができる。バンドの中で見えるオブジェクトポイントについて、対応するファセットの外側の円錐形状は関心事ではない。

【 0 1 0 4 】

このようにして、通常の直線円錐の結像されたポイントからラジアル距離を取り出すために、従来の式 (conventional formulae) が使用される。

【 0 1 0 5 】

オブジェクトポイントは、(2 つ又はそれ以上のファセットによって結像され得るため) 1 つより多い極グリッドのバンド (polar grid band) において現れ得るので、冗長性がある。オペレーションは、キャプチャされた全ての光が、単一のファセット直線円錐だけによってキャプチャされた多様な光 (a multiple of the light) であるから、同時に複数の円錐を用いてオブジェクトが検査されているかのようなのである。

【 0 1 0 6 】

より多くのファセットが使用されるほど、(各バンドがファセットに対応するので) 極グリッドのバンドはより薄くなり、そして、また、対応しているオブジェクトポイント範囲もより小さくなるだろう。このことは、オブジェクトポイント半径をそれが現れるいずれかのバンドから計算するためには、高解像度画像センサの画像が必要とされることを意味している。

【 0 1 0 7 】

また、オブジェクトポイントの半径を決定するための別の方法も存在する。極グリッドのバンドにおけるオブジェクトポイントの可視性のバイナリアカウント (binary account) に純粹に基づくものである。この方法が、図 1 5 を使用して説明される。

【 0 1 0 8 】

各ファセット (この例においては 1 から 8 の番号が付けられている) については、オブジェクトポイントの半径 r のバンドが存在しており、その間にオブジェクトが結像される。このバンドは、ライン 100 と 102 の間にある。この例において、オブジェクトポイントはファセット 4、5、および 6 においては見えるが、他のファセットにおいては見えない。各ファセットについて、太字部分を用いて縦線が示されており、可能なオブジェクトポイントの半径を示している。ファセット 4、5、および 6 について、太字部分はライン 100 と 102 との間であり、一方で、他のファセットについて、太字部分は、バンド 100、102 の外側にある。ファセットあたりの全ての可能な半径の交差点 (intersection) は、オブジェクトポイントの半径の間隔を与えている。この例においては、オブジェクトポイントの半径がバンド 3 の最大半径とバンド 7 の最小半径との間にあると結論付けるのが容易である。この間隔は、ウィンドウ 104 によって示されている。このウィンドウは、全ての太いバーを横切っている。

【 0 1 0 9 】

ファセットのインデックスと共にバンドの下限と上限の両方が単調に増加するので、視認性の転換 (visibility switch) に関与するファセットをチェックすることだけが必要

10

20

30

40

50

である。つまり、3と4、および、6と7である。

【0110】

目に見えるオブジェクトポイントを伴うファセットの最小および最大インデックスを i_{min} および i_{max} とし、そして、バンド i の半径の下限および上限を

【数11】

$$\underline{R}(i)$$

および

【数12】

$$\overline{R}(i)$$

10

とする。

【0111】

間隔は、次のように求められる。

【数13】

$$\langle \max(\overline{R}(i_{min} - 1), \underline{R}(i_{max})) \quad \min(\overline{R}(i_{max} + 1), \underline{R}(i_{min})) \rangle \quad (8)$$

【0112】

上記の説明は、複数ファセット円錐のパフォーマンスをどのように分析するか、および、画像センサの画像をどのように解釈するかを説明している。円錐をどのようにデザインするかの議論が、これから提供される。

20

【0113】

ファセット円錐を構築するためには、最初に、ファセット円錐表面の数値的な記述が必要とされる。表面を作成するために、上記に提供される数式がソフトウェアにおいて実装され得る。

【0114】

パラメータのセット b 、 d 、 p 、 θ および n_p が、次いで、満足のいくデザインを見つけるために調節され得る。最初に、基本的な要求を述べ、かつ、次いで、残りのパラメータを計算するために数式を使用すること、が有効である。

30

【0115】

デザインに対する入力、最初に説明される。画像センサのピンホールは、原点に存在しているものと仮定され、かつ、画像センサは右側 (+x 方向) を見ている。デザインは軸対称であり、そして、ラジアル寸法 (+y 方向) だけがモデル化される必要がある。この要求は、円錐の最大半径、および、検出可能であることを要するラジアル距離の範囲に関して定式化される。

【0116】

図16は、サイズにおける要求を定めるパラメータを示している。最大円錐半径 ($D/2$)、検出までの最小距離 (b)、および、検出範囲のサイズ (r_y) である。

【0117】

別の要求は、値 $r_{max} = n_p \cdot r$ が、 $FOV/2$ (FOV = 画像センサの視野) を超えてはいけないことである。 r は、画像センサのピンホールに対する入射光の角度であり (図9を参照のこと)、そして、 n_p は、ファセットの数である。パラメータ r 、 t 、および d は、上記に与えられた式から数値的に (またはグラフィカルグラフに) 解くことができる。ファセット円錐の軸方向の長さは、最大ファセットの位置に従うものである。

40

【0118】

ファセットの数である、 n_p とは別に、ファセット円錐の全体的な形状がこれから決定される。

【0119】

図17から図19は、 n_p についての3つの異なる値を示している。これらの値は、7

50

(図17)、14(図18)、および28(図19)である。全体的な形状は同じであるが、 n_p が大きいほど滑らかさ(smoothness)が増加することが分かる。

【0120】

ファセット数の上限は、1)製造設備の精度、および2)画像センサの解像度から決定され得る。

【0121】

製造に関して、旋盤による機械加工は、一方では工具(チゼル(chisel))とワークピースの安定性により、および、他方ではチゼルの半径による制限がある。原理的に、各ファセットは標準の円錐(normal cone)と同様に旋削され、非機能的な中間ファセットのアーチファクトと交わる機能的ファセットのエッジのみが現れ得る。原理的には、ファセット円錐は、複製(replication)によっても作成され得る。その後、薄い反射性コーティングが追加されてよい。

10

【0122】

上記の説明においては、画像センサの入射角度ステップは一定に保たれたが、例えば、ピンホールの後のセンサ平面上への投射について補正するための適応が可能である。一定の入射角度ステップを必要とする代わりに、センサ平面(画像平面)における一定の半径ステップを規定されてよい。この場合、(ファセット中心に到達する)光路のセットについて、入射光路に対応するキャプチャされた画像におけるラジアル位置と、光路のオブジェクト平面との交差点までのラジアル距離との間に線形関係が存在する。

【0123】

このアプローチを用いて、実際の輪郭(画像センサの光軸および円錐の中心軸について垂直な平面におけるもの)を画像における同様な形状の曲線のセットへとマッピングするファセット円錐をデザイン設計することができる。

20

【0124】

ファセット円錐は、マーカ及び/又はラインが円錐と画像センサの軸について垂直である既知の平面において全て場合に、円周(360度)にわたり検出可能なマーカまたはラインのラジアル距離を測定するために、単一の前向きの画像センサを使用するあらゆるアプリケーションにおいて使用され得る。このことは、円錐と画像センサセンブリが、画像センサについて垂直な一連の平行な平面に対して固定され得る限りは、目に見える輪郭がこれらの平面内において画像センサの画像から再構成され得ることを意味している。

30

【0125】

上述の例において、ファセット円錐の形状は、全体的には凹形であり、かつ、区分的には線形(linear)である。与えられた例は、軸対称であり、すなわち、画像センサが置かれている中心軸に関して回転対称である。しかしながら、軸の周りに完全には延びなくてよい。例えば、平面の片側だけを画像化することが望ましいことがあり、この場合には、半円錐が必要である。従って、画像化システムは、オブジェクト平面において画像センサの周りに部分的にだけ、かつ、完全でなく延びているオブジェクトの画像をキャプチャするためのものであってよい。同様に、円錐は、連続的なリング画像が必要でない場合に、不連続的な円周部分から形成されてよい。

【0126】

特に関心のある一つのアプリケーションは、自然の(または、鎮静された)睡眠の最中にOSA患者の上気道の開存性(patency)を測定するための光学カテーテルセンサの性能を改善することである。このアプリケーションにおいては、センサモジュールの中にレーザ平面が作成される。レーザ平面は、画像センサおよび円錐軸に対して垂直であり、かつ、輪郭を照明する上気道の中の関連する断面内にある。センサ素子はキャピラリ(capillary)内に収容されている。

40

【0127】

一直線の側面(straight side)を伴う標準の円錐が直面する問題は、解像度が不均衡なことである。近接した輪郭部分については解像度が高く、そして、より遠い距離での輪郭部分については解像度ははるかに低くなる。ファセット円錐を用いて、関心のある距離

50

範囲にわたりより均一な解像度を有するリフレクタが形成され得る。追加的な利点は、円錐に近いオブジェクト（光）ポイントが、より遠方のポイントよりも少ない程度で画像センサへと反射されることである。（輪郭部分が画像センサおよび円錐アセンブリに近接し、または、接触さえしている場合に）画像センサの画像におけるブルーミング（glooming）（グロー（glow））のリスクを有することなく、高感度の画像センサが使用され得る。

【 0 1 2 8 】

最後に、ファセット円錐を用いる画像化は、画像センサまでの（複数のファセットを介した）オブジェクトポイントの異なる経路が存在するので、センサキャピラリにおけるコンタミネーション（contamination）に対して、より敏感ではない。

【 0 1 2 9 】

別のタイプのアプリケーションは、断面輪郭を含み、明確な内部パターンを有するチャンネルの検査である。デザインされた形状からのあらゆる逸脱（deviation）が検出され得る。

【 0 1 3 0 】

開示された実施例に対する他の変更は、図面、明細書、および添付の特許請求の範囲の研究から、請求された発明を実施する当業者によって理解され、かつ、達成され得る。請求項において、単語「含む（"comprising"）」は、他のエレメントまたはステップを排除するものではなく、そして、不定冠詞「一つの（"a" or "an"）」は、複数を排除するものではない。特定的手段が相互に異なる従属請求項において引用されているという単なる事実は、これらの手段の組み合わせが有利に使用できないことを示すものではない。請求項におけるあらゆる参照符号は、範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。

10

20

【 図 1 】

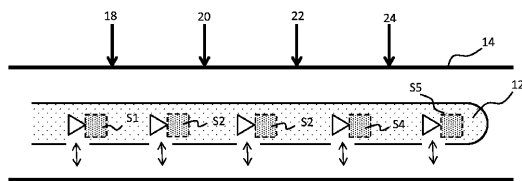


FIG. 1

【 図 2 】

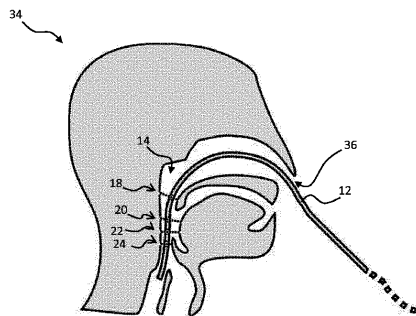


FIG. 2

【 図 3 】

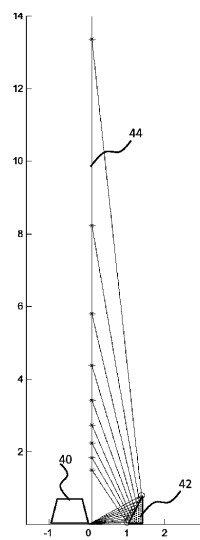
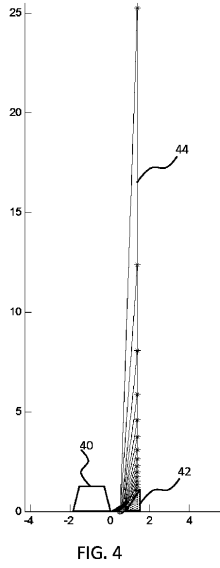
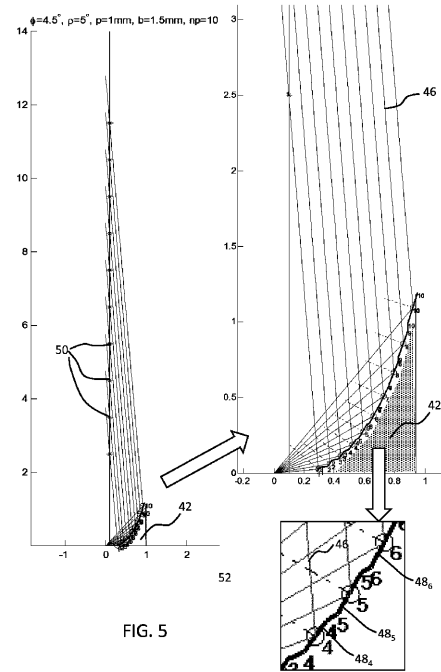


FIG. 3

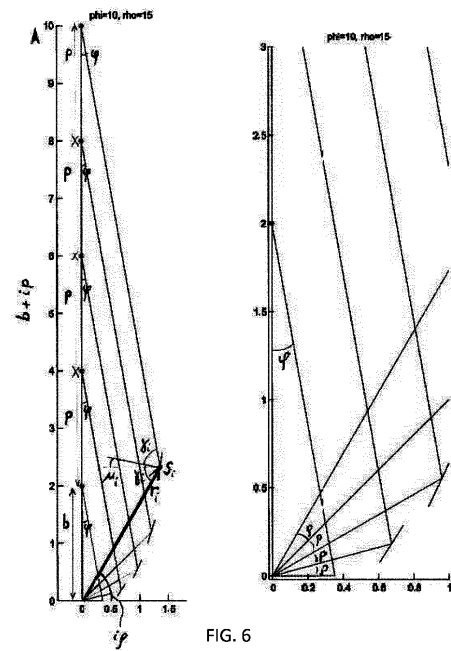
【 図 4 】



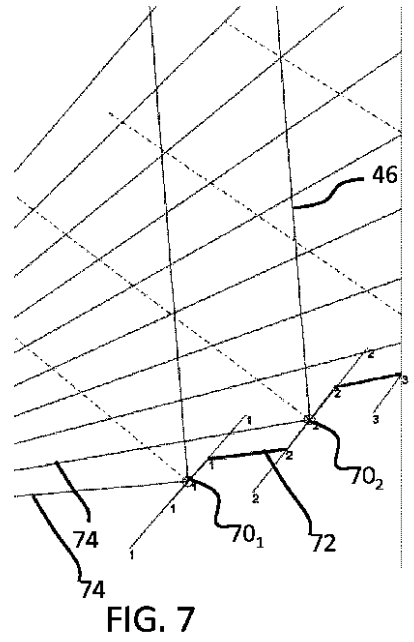
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

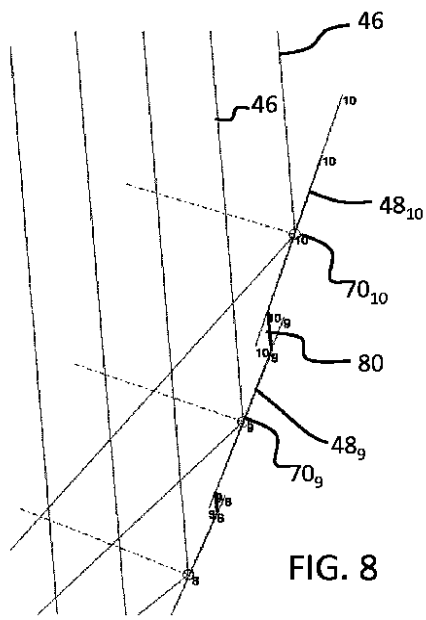


FIG. 8

【 図 9 】

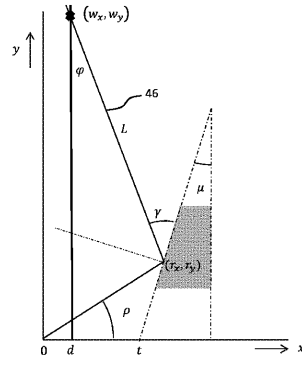


FIG. 9

【 図 10 】

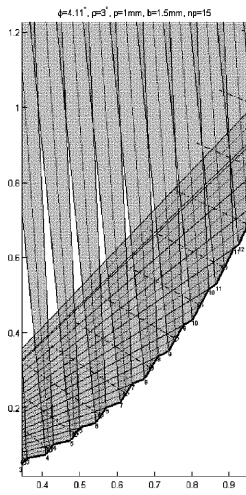


FIG. 10

【 図 11 】

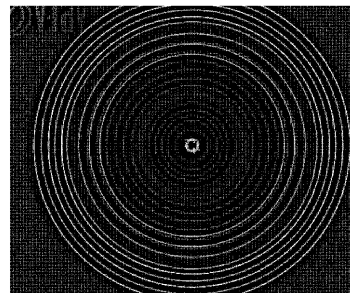


FIG. 11

【 図 1 2 】

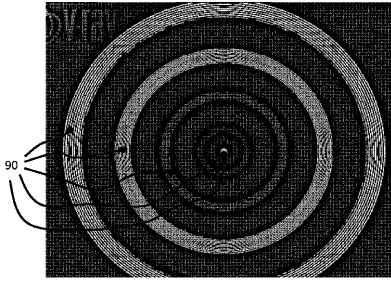


FIG. 12

【 図 1 3 】

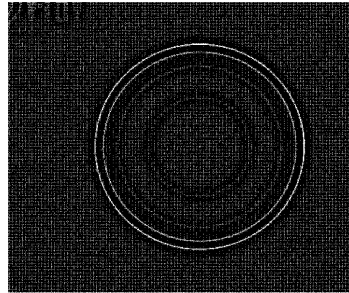
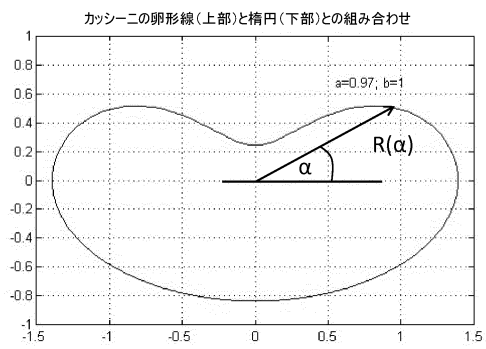


FIG. 13

【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

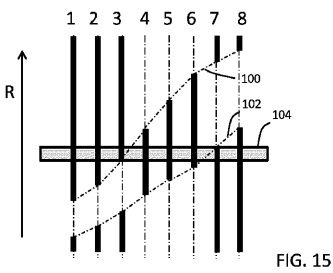


FIG. 15

【 図 1 7 】

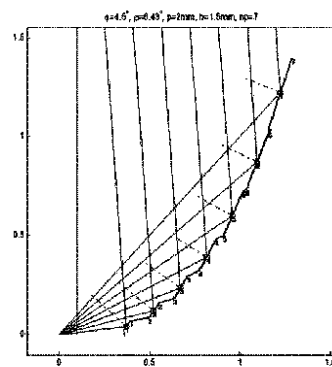


FIG. 17

【 図 1 6 】

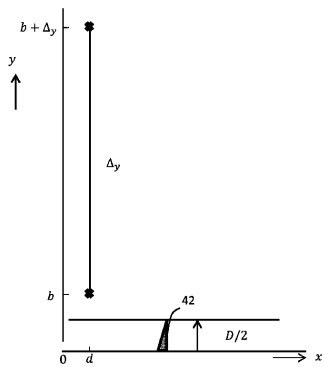


FIG. 16

【 18 】

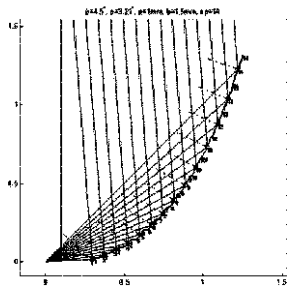


FIG. 18

【 19 】

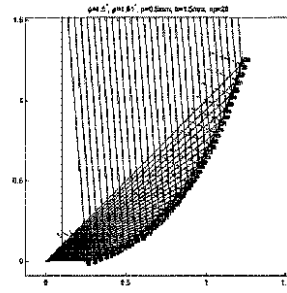


FIG. 19

フロントページの続き

(72)発明者 ウォルテルブール, ピッピニユス マールテン ロベルテュス
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイテック キャンパス 5

審査官 伊藤 昭治

(56)参考文献 特開2014-056225(JP, A)
特開2013-255820(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 1/00 - 1/32