

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-136722

(P2006-136722A)

(43) 公開日 平成18年6月1日(2006.6.1)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/04 (2006.01)	A 6 1 B 1/04 3 7 0	2 H 0 4 0
G 0 2 B 23/24 (2006.01)	G 0 2 B 23/24 A	4 C 0 6 1

審査請求 有 請求項の数 5 O L 外国語出願 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2005-323913 (P2005-323913)	(71) 出願人	505414986
(22) 出願日	平成17年11月8日 (2005.11.8)		カール・ストーツ・デベロップメント・コーポレーション
(31) 優先権主張番号	60/626, 122		アメリカ合衆国・カリフォルニア・93117・ゴレタ・クリモナ・ドライブ・175B
(32) 優先日	平成16年11月9日 (2004.11.9)	(74) 代理人	100064908
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号	11/055, 445	(74) 代理人	100089037
(32) 優先日	平成17年2月10日 (2005.2.10)		弁理士 渡邊 隆
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

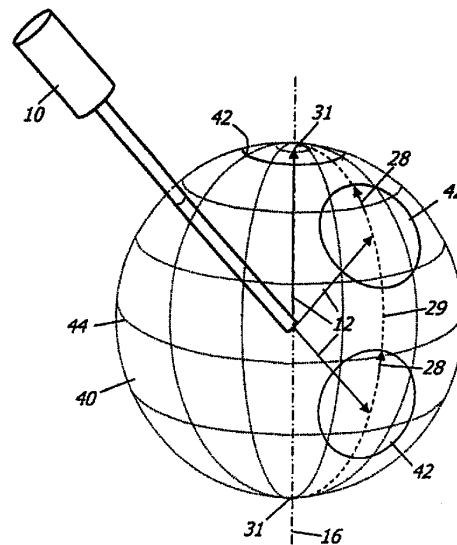
(54) 【発明の名称】 重力を参照した内視鏡撮影において特異点姿勢に対処するための方法

(57) 【要約】

【課題】 重力を参照して水平化を行う内視鏡撮影システムに関し、内視鏡凝視プロセス時に、予期しない反転や回転を引き起こさないように、特異点に対して対処する方法を提供すること。

【解決手段】 視界ベクトル(12)の向きを観測し；視界特異点の近傍箇所を指定し；視界ベクトルの向きと近傍箇所とを関連づけ；視界ベクトルが近傍箇所の内部に位置している場合には常に、画像の向きを所定の向きとする。

【選択図】 図3A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

重力を参照して水平化を行う内視鏡撮影システムにおいて急激なまたは突発的な画像回転を回避するための方法であって、

視界ベクトルの向きを観測し；

視界特異点の近傍箇所を指定し；

前記視界ベクトルの前記向きと前記近傍箇所とを関連づけ；

前記視界ベクトルが前記近傍箇所の内部に位置している場合には常に、画像の向きを所定の向きとする；

ことを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の方法において、

前記所定の向きを、前記視界ベクトルが前記近傍箇所内へと入射した時点で存在した向きとすることを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載の方法において、

前記所定の向きを、使用者が指定した向きとすることを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 記載の方法において、

さらに、前記視界ベクトルが前記近傍箇所内へと入射した場合には常に、使用者に対して警告を発することを特徴とする方法。

20

【請求項 5】

重力を参照して水平化を行う内視鏡撮影システムにおいて急激なまたは突発的な画像回転を回避するための方法であって、

視界ベクトルの向きを観測し；

視界特異点の近傍箇所を指定し；

前記視界ベクトルが前記近傍箇所内へと入射した場合には常に、使用者に対して警告を発する；

ことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本出願人は、米国特許法第 119 条第 (e) 項に基づき、2004 年 11 月 9 日付けで出願された米国特許予備出願シリアル番号第 60 / 626 , 122 号明細書の優先権を主張する。

【0002】

本発明は、内視鏡撮影に関するものであり、特に、内視鏡撮影の向きに関するものであり、また、その向き、重力に対してのおよび凝視者の基準座標系に対しての位置関係に関するものである。

【背景技術】

40

【0003】

外科医または助手が、カメラ付きの内視鏡を操作する際には、カメラは、自身の直立軸をディスプレイ上の画像の直立軸として表示することにより、見えたもの忠実に反映する。多くの場合、見えた画像が回転することとなる。画像が回転した場合には、外科医は、内視鏡キャビティの中における実際の上方向感覚を失う。このような方向感覚の喪失は、内視鏡検査における最大の難点の一つであり、例えば操作時に解剖学的部分と思い込んで視神経を切断してしまうといったような深刻な失敗をもたらしかねない。開放型の手術においては、外科医は、解剖学的部位を直接的に見ることができ、このため、方向感覚を喪失してしまうという問題点は、生じない。しかしながら、内視鏡検手術においては、外科医の視点は、内視鏡の視点とは異なるものである。外科医は、常に、解剖学的状況に関

50

する外科医自身のイメージとディスプレイ上の内視鏡画像とを、関連づけようと努力しなければならない。これを行うため、内視鏡検査キャビティ内において上下方向を知る必要性は、非常に強い。このため、外科医が、内視鏡カバーウィンドウ上において流体液滴の流れ方向を観測することが、あるいは、検出器の欠乏状況を観測することが、通常的となってきた。これにより、キャビティ内において方向感覚を得ようとしている。互いに類似して見える解剖学的特徴部位どうしを識別することが重要であることに加えて、上下方向を知ることが、周囲の解剖学的状況に対して内視鏡の位置を理解する上において、有用なことである。外科医が、あたかも自分の目が実際にキャビティの内部に位置しているかのようにして、内視鏡キャビティに関連し得ることが理想的である。

【0004】

この問題に関して試みられた解決策が、特許文献1～7において、提案されている。これら文献の記載内容は、参考のため、ここに組み込まれる。本発明者らの目的は、内視鏡がいかに関操作されても、内視鏡画像を重力に関する適切な上下方向に維持し得るようなスキームを提供することである。

【0005】

上記解決策のいずれも、いわゆる視界の特異点(極)という問題点を解決することができない。特異点における姿勢においては、画像の上下方向の向きを特定することができない。これは、見る方向(視界ベクトルとして記述される)が重力方向に対して平行な場合であるときに生じる。数学的な不連続は、特異点のところには存在しないけれども、特異点の影響は、ほとんどすべての場所に存在し、特異点から離間するにつれて減少する。

【0006】

視界の特異点は、北極上に立った場合に、どちらかの方向を南として定義しなければならないことに、似ている。重力に対して水平とされた内視鏡検査システムにおいては、特異点は、内視鏡検査法画像の急激な反転や突如のスピンを引き起こす。これは、明らかに、使用者に混乱と驚きとを与える。現在のところ、内視鏡画像内で上下方向が定義されていない状況をどのように取り扱ってよいのかは、明らかではない。

【特許文献1】Bonnet氏による米国特許第5,307,804号明細書(1994)

【特許文献2】Koninckx氏による米国特許第5,899,851号明細書(1999)

【特許文献3】Mattsson-Boze氏他による米国特許第6,097,423号明細書(2000)

【特許文献4】Green氏による米国特許第6,471,637号明細書(2002)

【特許文献5】Chatenever氏他による米国特許出願第10/093,650号明細書(2002)

【特許文献6】Schara氏他による米国特許出願第10/829,767号明細書(2004)

【特許文献7】Schara氏他による米国特許出願第60/560,172号明細書(2004)

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0007】

よって、本発明の目的は、重力を参照して水平化を行う内視鏡撮影システムに関し、内視鏡凝視プロセス時に予期しない反転や回転を引き起こさないように、特異点に対して対処する方法を提供することである。本発明の追加的な目的は、直軸型や斜軸型や側面観測型や後方観測型といったようなすべての内視鏡に対して、さらに、可変的な可視方向を有したすべての内視鏡に対して、適用可能とすることである。

【0008】

本発明においては、重力を参照して水平化を行う内視鏡撮影システムにおいて、使用者が視界ベクトルを特異点姿勢に向けて移動させるときには、警告フラグが示される。視界ベクトルが特異点の近傍箇所の内部に位置しているときには、直前の時点での画像の向きが維持される。このため、画像が急激に反転したり回転したりすることを、回避すること

10

20

30

40

50

ができる。また、そのような近傍箇所が設定されている場合、使用者には、画像の反転や回転を対話的に制御するという選択肢が与えられる。

【0009】

ある実施形態においては、本発明は、重力を参照して水平化を行う内視鏡撮影システムにおいて視界特異点に対処するための方法に関するものであって、本発明による方法においては、視界ベクトルの向きを観測し；視界特異点の近傍箇所を指定し；視界ベクトルが近傍箇所の内部に位置しているかどうかを決定し；視界ベクトルが近傍箇所の内部に位置している場合には、画像の向きを所定の向きとする。その際、使用者に対して、特異点の近傍箇所に位置していることを使用者に対して知らせる。さらなる見地においては、特異点の近傍箇所に位置していることを使用者に対して警告し、これにより、使用者は、対話的に、特異点の近傍箇所を指定するとともに、近傍箇所の内部においては凝視の向きを指定する。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図1Aおよび図1Bは、視界の特異点を示す図である。

【0011】

図2A～図2Dは、人間に関して、視界の特異点姿勢という概念を示す図である。

【0012】

図3A～図3Dは、理論的な内視鏡凝視球と、内視鏡視界内において上向きベクトルをいかにして定義するかという課題と、を示す図である。

20

【0013】

図4は、極を示す図であるとともに、内視鏡視界が、極を通過して他の側へと向かった際に維持される上向きベクトルを示す図である。

【0014】

図5は、視界の特異点の近傍を示す図である。

【0015】

図6A～図6Dは、画像の上向きベクトルを維持する様子を示す図である。

【0016】

図7A～図7Bは、内視鏡視界が、極を通過して、入射方向とは異なる向きに出ていった際に、画像の向きを維持する概念を示す図である。

30

【0017】

図8は、内視鏡情報の表示の一例を示す図である。

【0018】

図1Aおよび図1Bは、内視鏡画像を水平にするために必要なセンサ手段を備えている内視鏡10に関しての、特異点姿勢を概略的に示している。センサ手段は、内視鏡のタイプに応じて、内視鏡内の任意の場所に収容することができる。すなわち、剛直な内視鏡の場合には、典型的には、センサ手段を基端部に配置することが実用的である。これに対し、フレキシブルな内視鏡の場合には、一般に、センサ手段を先端の近傍に配置する必要がある。内視鏡の視界方向は、視界ベクトル12によって表されている。視界ベクトル12が上または下を向いているようにして、視界ベクトル12が重力14の方向に対して平行な場合、それが、特異点姿勢である。この特異点姿勢においては、内視鏡画像は、本来的な上方向を有していない。視界ベクトル12が内視鏡10の長手方向軸線16に対して位置合わせされているような剛直な直線的視界の内視鏡については、内視鏡10が鉛直方向を向いた場合に(図1A)、特異点姿勢が生じる。傾斜した視界を有した内視鏡については、特異点姿勢中をなす内視鏡10の姿勢は、内視鏡の長手方向軸線16と視界ベクトル12との間のオフセット角度18に依存する(図1B)。このことは、また、可変オフセット18を有しているようなフレキシブルなまたは剛直な内視鏡の可変的視界方向に関しても、当てはまる。

40

【0019】

図2A～図2Dは、人の視野の鉛直方向に関しての、人の凝視プロセスを図示している

50

。凝視者 26 の頭を中心とした仮想の赤道（図示せず）に関して、真正面前方 20 を見る場合には、あるいは、前方やや上部 22 を見る場合には、あるいは、前方やや下部 24 を見る場合には、上方向は明白であり、凝視者 26 が見る画像 27 は、適切な向きとなっている（図 2 A）。それは、視野上へと重力方向 16 を投影したものに相当する上向きベクトル 28 によって示されている。上向きベクトル 28 は、視界方向に対して垂直である。凝視者 26 が仮想的円弧 29 に沿ってさらに上向きに頭を傾げるにつれて、凝視者は、視界方向が重力方向 16 に対して平行となるような姿勢に到達し、直上位置 30 を見るようになる。この姿勢においては、上向きベクトルは水平であり、明確な上方向は、もはや存在しない。これは、北極点に立っていてどの方法も南であるような状況と、非常に類似している。凝視極 31 は、円弧 29 と重力方向 16 との間の交差位置として定義することができる。凝視者 26 がさらに頭を傾けたときには、凝視者は、凝視者自身の背後 32 を実際に見始める。このときに凝視者が見ている画像 27 は、上下方向においてもかつ左右方向においても反転しており（図 2 B）、上向きベクトル 28 は、重力方向 16 に関して反対向きとなっている。人間の場合には、脳と平衡感覚とにより、そのような状況の解釈が行われる。そのため、凝視者 26 は、空間内における向きに関して、混乱をきたすことがない。また、周囲環境が、鉛直方向ラインや水平方向ラインといったような強力な視覚的指標をもたらす。これにより、方向付けが補助される。しかしながら、内視鏡は、人間の脳のような情報処理をもたらさない。そして、典型的な内視鏡環境は、固有の方向的指標を有していない。したがって、内視鏡の視界ベクトルが、極を超えて（異なる半球内へと）移動した場合には、画像をどのように表示すべきかが明らかではない。内視鏡画像を上下方向においてかつ左右方向において反転して表示することが、人間の凝視姿勢 32 と一致する。を見て、一貫している、しかしながら、おそらく、表示されるべき画像は、図 2 C の姿勢で見たようなものである。つまり、特異点姿勢 30 を超えて頭を傾けた場合に見る画像ではなく、凝視者 26 が、軸線回りに身体全体を反転させて、頭を上へ傾けた状態 34 で見る画像である。同様の議論は、凝視者 26 が、視界方向を、下側の特異点姿勢 36 を超えて移動させて、他の後方凝視姿勢 38 となったとき（図 2 D）にも、適切である。本発明においては、使用者と双方向的な対話を行い、使用者が、内視鏡の対応部分をどのような画像 27 でもって表示したいかを、選択する。

10

20

【0020】

図 3 A ~ 図 3 D は、これら向きに関する問題点をさらに図示している。図 3 A に示すように、理論的な凝視球 40（図 2 に示す凝視円弧 29 の 3 次元バージョン）の中心に、内視鏡 10 の先端が配置されている（内視鏡 10 の向きは、重要ではない）。視界ベクトル 12 の先端が経線 29 に沿って移動したときには、内視鏡の視野 42 内の各ポイントの上方向は、連続的に変わっている。赤道 44 から下を見た場合には、経線 29, 46, 47 は、発散する（図 3 B）。また、赤道 44 から上を見た場合には、経線 29, 46, 47 は、収束する（図 3 C）。したがって、上方向 28 は、視野 42 に応じて変化する。この変化の困難さは、凝視球 40 における視界ベクトル 12 の位置に依存し、また、視野 42 のサイズに依存する。極 31 に対して接近すると、この変化は、より悪いものとなり、視野 42 内の様々なポイントは、互いに正反対を向くような、互いに逆向きの上向きベクトルを有することとなる。極 31 においては、数学的には、上向き方向が存在しない。極 31 の近傍においては、上向きベクトルは、急速に変わります。なぜなら、複数の経線が急速に発散したりあるいは急速に収束したりするからである（図 3 D）。

30

40

【0021】

極のところにおける、および、極の近傍における、このような上向きベクトルの急速な変化は、現在の重力を参照して水平化を行う内視鏡システムに関する問題点を引き起こすものである。使用者が内視鏡を操作し、極 31 の近傍へと視界ベクトルを移動させたときには、画像は急速に回転する。これは図 4 に示されている。図 4 は、内視鏡の視界ベクトル（図示せず）の先端が移動した場合の、一組をなす複数の軌跡 48, 49, 50 を示している。軌跡が極 31 に対して近づくほど、上向きベクトル 28 の変化は、より困難なものとなる。したがって、極 31 の近傍においては、内視鏡の少しの動作でさえ、急速な

50

画像反転を引き起こすことができる。正に極 3 1 のところにおいては、画像は、予告なく急に反転することとなる。この問題点は、内視鏡の姿勢に基づく画像の回転や反転を使用者が予測し得るような剛直な直線的視界の内視鏡においてさえ、深刻なものである。内視鏡の軸線と隠された視界ベクトル方向との間の関係が明白でないような、傾斜した内視鏡や可変方向的な内視鏡においては、完全に収拾不可能である。

【0022】

これら特異点は、物理的空間においては本来のものであり、除去することができない。しかしながら、それら特異点は、人工的に隠すことができる、すなわち、数学的処理および電子的処理によって変更することができる。図 5 に示すように、画像回転に対処するための最も有効な方法は、特異点姿勢の周囲に近傍箇所 5 2 を数学的に定義することである。近傍箇所 5 2 においては、画像回転は、電子的処理によって、低減されるあるいは除去される。特許文献 6 に記載された数学的フレームワークを使用すれば、視界ベクトル 1 2 が重力方向 1 6 に対して形成する角度は、式 1 によって与えられる。

10

【0023】

【数 1】

$$B^{\theta} = \left[\frac{\cos \alpha \cos \phi - \sin \alpha \sin \phi \sin(\beta + \theta)}{\cos^2(\beta + \theta) \sin^2 \alpha + (\cos \alpha \sin \phi + \cos \phi \sin \alpha \sin(\beta + \theta))^2} \right] \quad (1)$$

20

【0024】

【数 2】

$$\delta \leq \varepsilon \quad (2)$$

【0025】

式 2 は、特異点の周囲において近傍箇所 5 2 を定義する。を好みに応じて選択し得る際に、内視鏡の位置が、視界ベクトル角度 がこの式を満たすようなものである場合には、視界ベクトル 1 2 は、特異点の近傍箇所 5 2 の内部にあるとすることができる。この近傍箇所 5 2 は、重力方向 1 6 を中心軸線とした円錐と見なすことができる。視界ベクトル 1 2 がこの円錐 5 2 の内部に位置したときには常に、式 2 が満たされる（これは、南極と北極との双方に関して当てはまる。実施状況と定義とに応じて、北極点の周囲の近傍箇所は、を使用することに代えて、(180 -)を使用することにより、定義することができる）。また、特異点の近傍箇所に関する他の定義を使用することもできる。

30

【0026】

視界ベクトルの向きは、回転ピックアップセンサによって連続的に観測され、プロセッサは、その向きと、特異点の近傍箇所の内部に位置したときの一組をなす複数の向きと、を比較する。図 6 A に示すように、視界ベクトルが近傍箇所 5 2 の内部にあるときには、使用者が、所望の画像上向きベクトルを特定することができる、あるいは、プロセッサが、自動水平化システムに指示を出すことによって、視界ベクトルが近傍箇所 5 2 の内部へと移動する直前に存在した上向きベクトル 2 8 を維持することができる。よって、南極 3 1 の近傍における理論的な凝視球の表面上の特別の凝視位置に関しては、内視鏡の画像は、近傍箇所 5 2 の内部のすべての場所において存在するような通常通りの上方向 5 4 を使用することに代えて、意図的に課された向き 2 8 を維持する（このことは、北極に関して同じである。ただし、上方向が、極から離間する向きではなく、極に向かう向きである点は、相違する）。例えば、使用者が、患者に対する導入ポイント 5 6 回りに内視鏡 1 0 を回転させた際に、視界ベクトル 1 2 および視野 4 2 が、極 3 1 の反対側へと移動してしまった場合（図 6 B ~ 図 6 D）には、多くの場合、新たな凝視姿勢に関しては、理論的に正確な上方向 5 4 を使用するよりも、極 3 1 を通過する前に使用していた上方向 2 8 を維持する方が望ましい。この議論は、図 2 D の状況と類似している。凝視者 2 6 が足元を通

40

50

過してもなお下へ見続けて背後を見る場合、凝視者は、未だ傾いており、足元を指している方向を上方向として考える。

【0027】

図7Aは、視界ベクトルが軌跡48に沿って近傍箇所52へと入射する場合の、本発明の結果を示している。画像水平化システムは、近傍箇所52に対する境界を視界ベクトルが横切った時点で存在した上方向を、維持する。様々な内視鏡の操作に関連した様々な視界ベクトル軌跡が、図7Aおよび図7Bに示されている。視界ベクトルが近傍箇所52を離れた時点で、重力水平化システムによって再度の水平化が行われることに注意されたい。また、ある種の軌跡においては、画像の向きが、近傍箇所の定義に応じて、かなりの大きさでもって急激に調節されることが起こり得ることに注意されたい。近傍箇所が明確な境界を有している場合、境界のところには、不連続性が存在することとなる。しかしながら、ソフトな境界として定義されたならば、画像の向きは、滑らかにかつゆっくりと変化するような機能を有することができる。実質的には、近傍箇所が行っていることは、特異点を意図的に遮蔽することである。この遮蔽は、任意の適切な数学的関数によって定義することができる。例えば、内視鏡による凝視プロセスがある領域においては重力を参照して水平化されるものでありかつ他の領域においては従来的に制御されるものであるようにして、近傍箇所を設定することができる。近傍箇所は、内視鏡手術に応じて調整することができる。例えば、極を通過しつつ内視鏡を移動させる際に入射時の向きと全体的に同じ向きとなることだけを使用者が所望する場合には、近傍箇所52を、小さなものとすることができる。なぜなら、出口経路が入射経路と近いからであり、このため、視界ベクトルが近傍箇所52を離間する時点で画像の向きが大きくは変化しないからである。また、使用者は、近傍箇所52を変更したりあるいは無効としたりすることができる。このように、使用者は、個人的な好みによって、周囲状況に関する所望の凝視方法を、動的に選択することができる。このことは、複数の使用者が様々な見方で内視鏡空間を観測し得ることのために、重要である。例えば、内視鏡が使用者に向かって後ろ向きに移動した場合には、何人かの使用者は、これを見て、下側かつ後方側を見ていると考えるであろうし、同時に、他の何人かの使用者は、これを見て、反対側を見て立っていて下側かつ前方側を見ていると考えるであろう。

10

20

【0028】

図8は、ディスプレイ60を示している。このディスプレイ60には、ある解剖学的特徴物64に関する内視鏡画像62が表示されている。近傍箇所の境界は、緯線によって示されている。画像の中心位置のインジケータ66は、選択的に表示することができる。このインジケータ66は、ドット68によって示される極に対しての相対位置に関する情報をもたらすことができる。ディスプレイ60は、全体的な凝視姿勢に関するグラフィックモデルを表示している。このグラフィックモデルは、内視鏡10と、視界ベクトル12と、重力方向16と、特異点近傍箇所に関する境界78と、凝視球40と、をグラフィック表示している。このグラフィックモデルは、視界ベクトルの相対的向きと特異点姿勢とに関する情報を使用者に対して提供することにより、凝視プロセスを補助する。画像の向きと近傍箇所の設定とを使用者が対話的に制御し得るよう、複数のボタン70が設けられている。例えば、使用者は、近傍箇所の内部において維持された現在の画像上向き方向と、近傍箇所を設定しない場合に存在するような本来の上向き方向と、の間にわたって、画像の向きを切り替えるような選択を行うことができる。また、使用者は、極68を表示するような選択を行うことができる。また、使用者は、座標グリッドの全体を表示するような選択を行うことができる。このインターフェース(すなわち、ディスプレイ)は、さらに付加的な警告フラグ72を特徴としている。この警告フラグ72は、内視鏡の視界ベクトルが極を通過しそうであることを予告する。

30

40

【0029】

内視鏡画像を水平化するための方法は、上記特許文献に開示されている。しかしながら、本発明を理解するに際しては、これらの方法に関する詳細は必要ではない。

【0030】

50

上記においては、本発明についての理解を容易なものとし得るよう、本発明を、現時点で好ましい実施形態に関して、説明した。しかしながら、重力を参照しつつ内視鏡画像を提供するための方法に関しては、上述した方法以外にも、本発明を適用可能なものとして、多くの代替可能な構成が存在する。例えば、内視鏡とその向きを記述する代替可能な数学的フレームワークを使用することによって、視界ベクトル向きと、特異点の周囲の近傍箇所と、に関しての代替可能な表式をもたらしすることができる。また、画像情報を表示するに際しては、多様な手法が存在する。加えて、上記例示は、外科手術において使用するための内視鏡に関するものであるけれども、本発明は、様々な機械的構造内において使用するためのポアスコープ等に関するものでも、同様に適用することができる。したがって、本明細書においては、『内視鏡』という用語は、内視鏡の他にも、例えばポアスコープやファイバースコープなどといったような任意の同様のデバイスをも参照している。

10

【0031】

本発明は、図面の中で図示されたようなまた上記説明中で説明されたような実施形態によって限定されるものではない。上記実施形態は、単なる例示に過ぎない。本発明は、特許請求の範囲によって規定される。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1A】視界の特異点を示す図である。

【図1B】視界の特異点を示す図である。

【図2A】人間に関して、視界の特異点姿勢という概念を示す図である。

20

【図2B】人間に関して、視界の特異点姿勢という概念を示す図である。

【図2C】人間に関して、視界の特異点姿勢という概念を示す図である。

【図2D】人間に関して、視界の特異点姿勢という概念を示す図である。

【図3A】理論的な内視鏡凝視球と、内視鏡視界内において上向きベクトルをいかにして定義するかという課題と、を示す図である。

【図3B】理論的な内視鏡凝視球と、内視鏡視界内において上向きベクトルをいかにして定義するかという課題と、を示す図である。

【図3C】理論的な内視鏡凝視球と、内視鏡視界内において上向きベクトルをいかにして定義するかという課題と、を示す図である。

【図3D】理論的な内視鏡凝視球と、内視鏡視界内において上向きベクトルをいかにして定義するかという課題と、を示す図である。

30

【図4】極を示す図であるとともに、内視鏡視界が、極を通過して他の側へと向かった際に維持される上向きベクトルを示す図である。

【図5】視界の特異点の近傍を示す図である。

【図6A】画像の上向きベクトルを維持する様子を示す図である。

【図6B】画像の上向きベクトルを維持する様子を示す図である。

【図6C】画像の上向きベクトルを維持する様子を示す図である。

【図6D】画像の上向きベクトルを維持する様子を示す図である。

【図7A】内視鏡視界が、極を通過して、入射方向とは異なる向きに出ていった際に、画像の向きを維持する概念を示す図である。

40

【図7B】内視鏡視界が、極を通過して、入射方向とは異なる向きに出ていった際に、画像の向きを維持する概念を示す図である。

【図8】内視鏡情報の表示の一例を示す図である。

【符号の説明】

【0033】

10 内視鏡

12 視界ベクトル

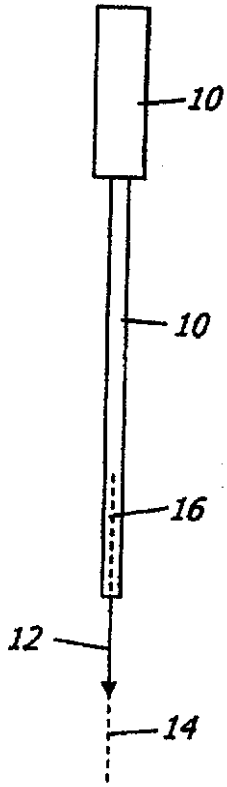
31 極（視界特異点）

52 近傍箇所

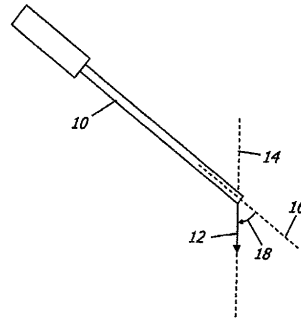
72 警告フラグ（警告）

50

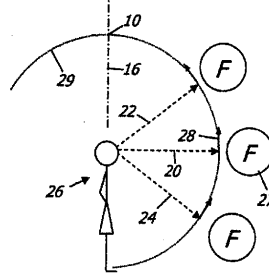
【図 1 A】



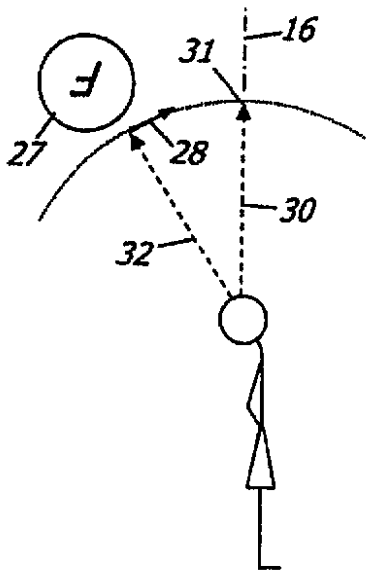
【図 1 B】



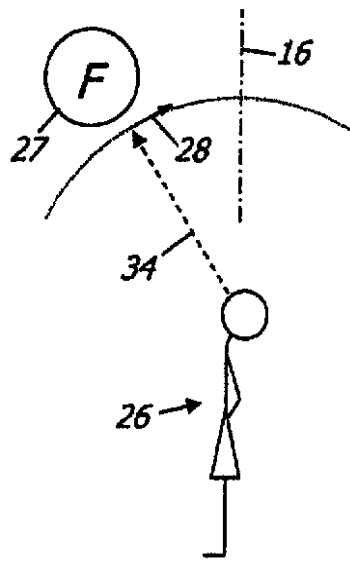
【図 2 A】



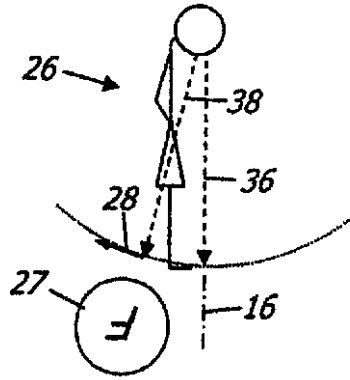
【図 2 B】



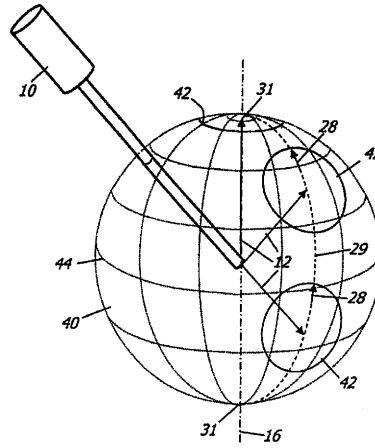
【図 2 C】



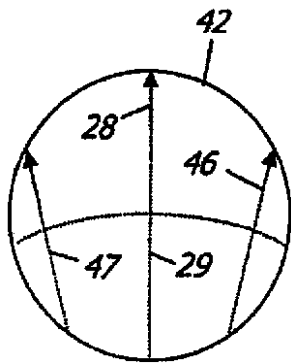
【 図 2 D 】



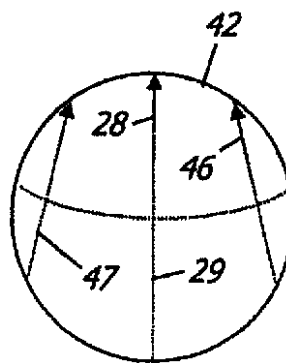
【 図 3 A 】



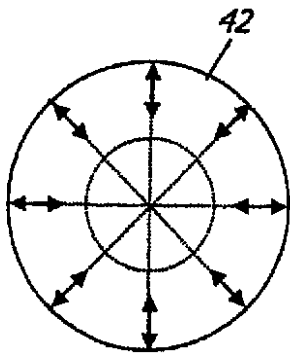
【 図 3 B 】



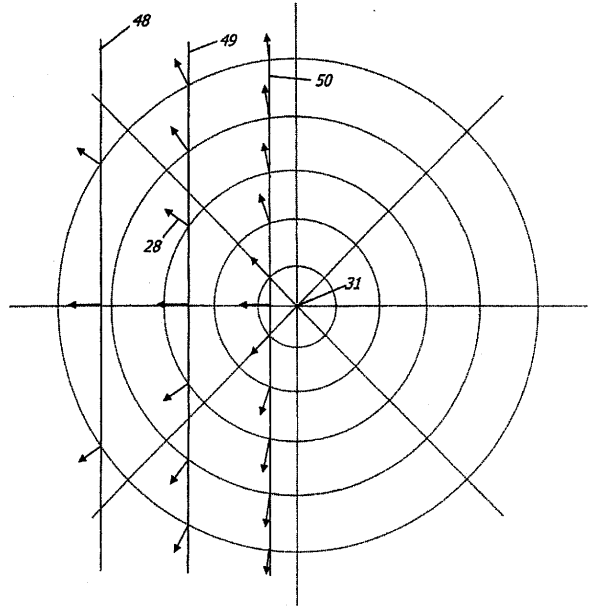
【 図 3 C 】



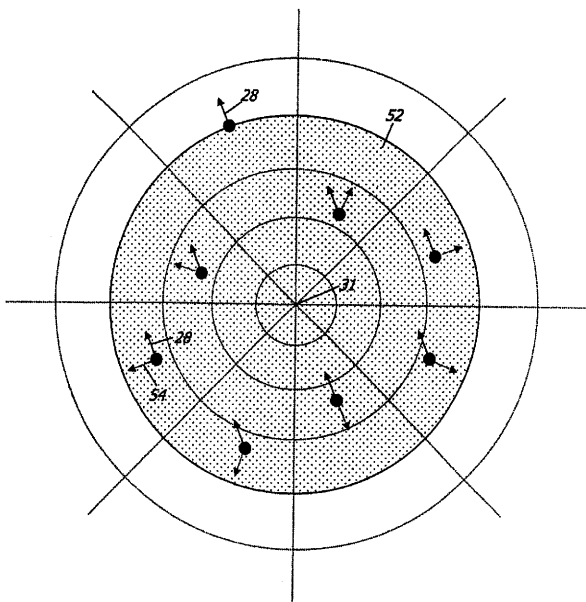
【 図 3 D 】



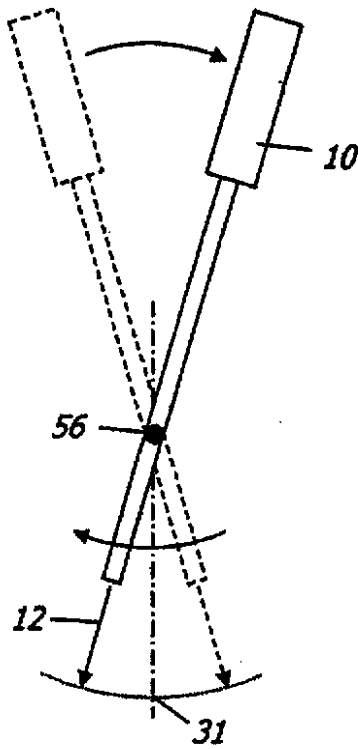
【 図 4 】



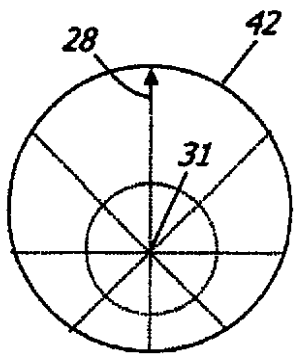
【 図 6 A 】



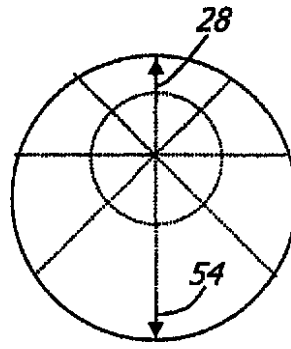
【 図 6 B 】



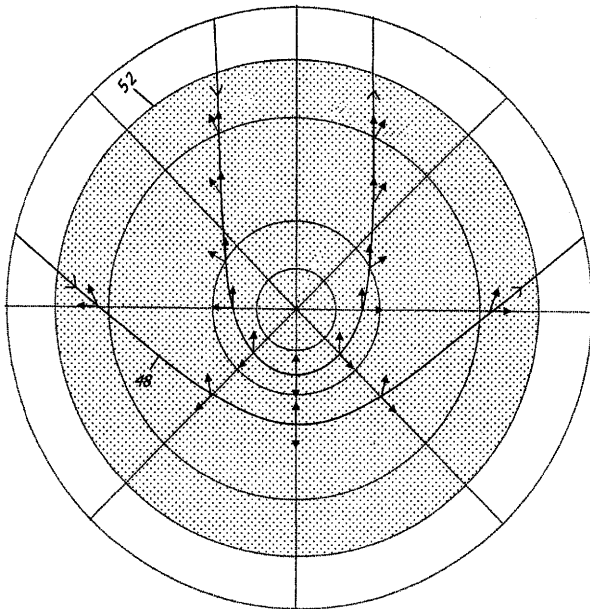
【図 6 C】



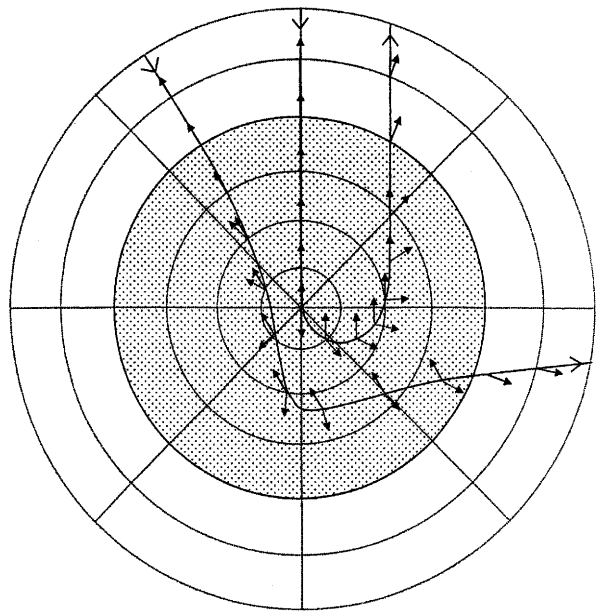
【図 6 D】



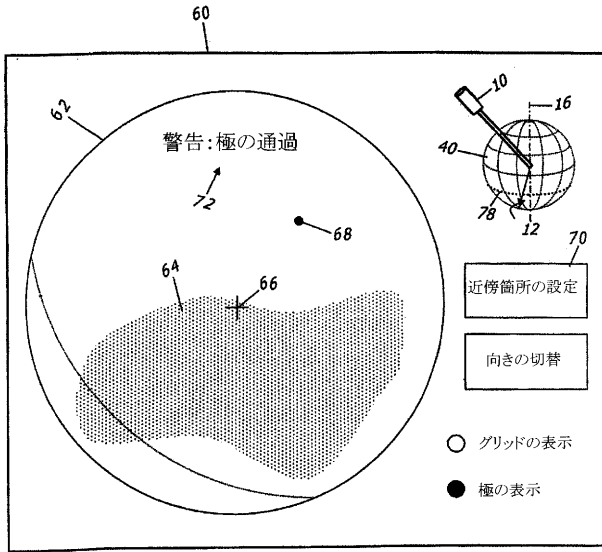
【図 7 A】



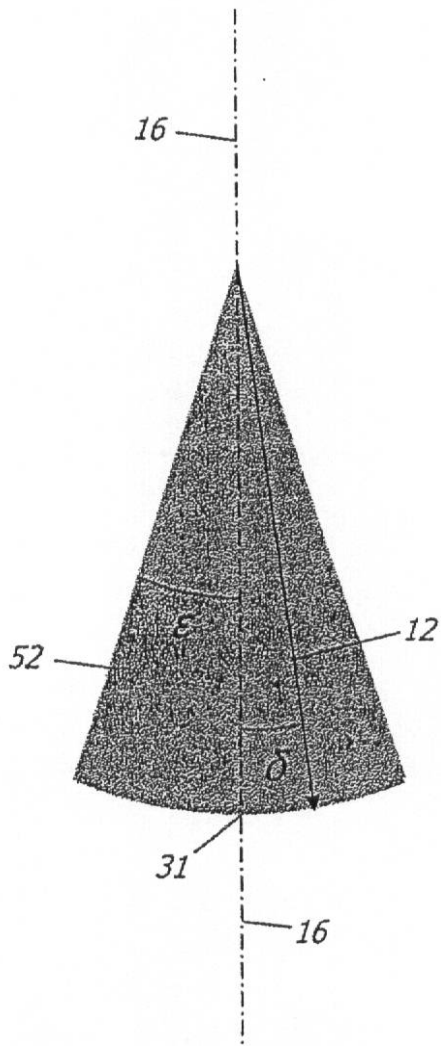
【図 7 B】



【 図 8 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 エリック・エル・ヘイル

アメリカ合衆国・カリフォルニア・アルタデナ(番地なし)

(72)発明者 ハンズ・デイビッド・ホーグ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・91006・アルカディア・ラ・ポート・ストリート・19・
スイート・#102

(72)発明者 ネイタン・ジョン・スカラ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・91107・パサデナ・サウス・クレイグ・33・#3

Fターム(参考) 2H040 BA04 BA14 BA23 FA06 FA10 FA13 GA02 GA11

4C061 AA00 BB07 CC06 DD00 JJ17 NN01 NN05 RR24 WW06 XX01

【 外国語明細書 】

**METHOD FOR DEALING WITH SINGULARITIES IN GRAVITY REFERENCED ENDOSCOPIC
IMAGING**

Prior Application

[0001] Applicants claim priority benefits under 35 U.S.C. §119(e) of U.S. Provisional Patent Application Serial No. 60/626,122 filed November 9, 2004.

Field Of The Invention

[0002] The present invention relates to endoscopic imaging, and in particular to endoscopic image orientation and its relationship to the direction of gravity and the viewer's reference frame.

Background Of The Invention

[0003] As a surgeon or an assistant manipulates an endoscope with an attached camera, the camera faithfully relates what it sees, with its own upright axis displayed as the upright axis of the image on the display. This often results in rotation of the viewed image. As the image rotates, the surgeon loses track of what is actually up and down inside the endoscopic cavity. This disorientation is one of endoscopy's greatest enemies and has lead to severe mistakes such as the snipping of optical nerves which during a procedure were believed to be a different part of the anatomy. In open procedures, the surgeon can see the anatomy directly and therefore does not have a disorientation problem. However, during an endoscopic procedure the surgeon's viewpoint is different from the viewpoint of the endoscope, and the surgeon must continuously try to correlate his own mental picture of the anatomy with the endoscopic picture on the display. In doing this, the need to know what is up and down inside the endoscopic cavity is so strong that it has become common for surgeons to observe the flow direction of fluid droplets

on the endoscope cover window or search for pooling blood in order to get a sense of direction inside the cavity. Aside from being important for distinguishing anatomical features which may look similar, knowing the up direction helps in understanding the endoscope's position relative to the surrounding anatomy. Ideally, the surgeon would be able to relate to the endoscopic cavity as if his own eyes were actually inside the cavity.

[0004] Attempted solutions to this problem have been proposed in USPN 5,307,804 to Bonnet (1994), USPN 5,899,851 to Koninckx (1999), USPN 6,097,423 to Mattsson-Boze, et al. (2000), USPN 6,471,637 to Green, et al. (2002), U.S. patent application 10/093,650 by Chatenever, et al. (2002), and U.S. patent applications 10/829,767 and 60/560,172 by Schara et al. (2004), which are incorporated herein by reference in their entireties. The objects of these inventions are to provide schemes which can maintain the proper upright gravity-leveled orientation of the endoscopic image regardless of how the endoscope is being manipulated.

[0005] None of these solutions address the problem of so-called viewing singularities (poles). In a singular viewing configuration there is no unique upright image orientation. This occurs when the viewing direction (described as a view vector) is parallel to the direction of gravity. Although a mathematical discontinuity exists only at a singularity itself, the effect of the singularity is nearly everywhere and decreases as one moves away from it.

[0006] A viewing singularity is similar to standing on the North Pole and having to define which direction is south. In gravity-leveled endoscopic systems singularities cause the endoscopic image to suddenly flip or spin rapidly. This is obviously confusing and annoying to the user. Until now, it has not been clear how one should deal with situations where there is no defined up or down in the endoscopic image.

[0007] Thus, it is an object of this invention to provide a method for dealing with singularities in gravity-leveled endoscopic imaging systems such that the endoscopic image does not unexpectedly flip or spin during the endoscopic viewing process. It is an additional object of this invention to be applicable to any axial, oblique, side, or retro viewing endoscope as well as any endoscope with a variable direction of view.

Brief Summary Of The Invention

[0008] In a gravity leveled endoscopic imaging system, when the user moves the view vector towards a singular configuration, a warning flag is shown. The current image orientation is also maintained when the view vector is in the neighborhood of a singular configuration, thus avoiding sudden flipping or spinning of the image. Also, an option for the user to interactively control the flip or spin of the image when in such a neighborhood is provided.

[0009] In certain embodiments, the invention includes a method for dealing with viewing singularities for a gravity-leveled endoscopic imaging system comprising monitoring the endoscopic viewing direction; specifying a neighborhood of a singularity; determining when the view vector is in said neighborhood; and maintaining a certain image orientation while said view vector is in said neighborhood indicating said singular configuration to the user. Further claims include warning the user about a singularity, and letting the user interactively specify a neighborhood of a singularity and a viewing orientation within a neighborhood.

Brief Description Of The Drawings

[00010] Figs 1A-B illustrate viewing singularities;

[00011] Figs. 2A-D illustrate the concept of singular viewing configurations as they relate to humans.

[00012] Figs. 3A-D show a theoretical endoscopic viewing sphere and the issue of how to define the view-up vector in an endoscopic view.

[00013] Fig. 4 shows the indication of a pole and the maintained up-vector as the endoscopic view swings towards a pole and through a pole to its other side.

[00014] Fig. 5 illustrates a neighborhood of a viewing singularity.

[00015] Figs. 6A-D illustrate the maintenance of the image up vector.

[00016] Figs. 7A-B illustrate the concept of maintaining an image orientation as the endoscopic view swings through a pole and exits in a direction different from the entry direction.

[00017] Fig. 8 shows how the endoscopic information might be displayed.

Detailed Description Of The Invention

[00018] Figs 1A-B schematically show singular configurations for endoscopes 10 which include the sensing means required for leveling the endoscopic image. The sensing means could be housed anywhere in an endoscope depending on the type of scope; for a rigid endoscope it is typically more practical to put the sensing means in the proximal portion, while for flexible endoscopes it is generally necessary to put the sensing means near the tip. The endoscopic line of sight is represented by a view vector 12. When the view vector 12 is parallel to the direction of gravity 14, whether pointing up or down, it is in a singular configuration where the endoscopic

image has no inherent up-direction. For rigid straight-viewing endoscopes where the view vector 12 is aligned with the longitudinal axis 16 of the endoscope 10, the singular configuration occurs when the endoscope 10 is vertical (Fig. 1A). For oblique viewing endoscopes the attitude of the endoscope 10 when in a singular configuration depends on the angular offset 18 between the scope longitudinal axis 16 and the view vector 12 (Fig. 1B). This is also true for flexible and rigid variable direction of view endoscopes which have a variable offset 18.

[00019] Figs 2A, 2B, 2C, and 2D illustrate the human viewing process in relation to the vertical orientation of our view field. When looking straight ahead 20 or slightly above 22 or below 24 an imagined equator (not shown) centered on a viewer's 26 head, the up-direction is obvious and the image 27 seen by the viewer 26 is correctly oriented (Fig. 2A). It is indicated by an up-vector 28 which is a projection of the gravity direction 16 onto the view field. The up-vector 28 is normal to the line of sight. As the viewer 26 tilts her head further upward along an imaginary arc 29, she finally reaches a configuration where her line of sight is parallel to the direction of gravity 16 and is looking straight up 30. In this configuration the up-vector is horizontal and there no longer exists an obvious up-direction. This is very much like standing at the North Pole and being asked to decide which way is south. A viewing pole 31 can be defined as the intersection between the arc 29 and the direction of gravity 16. As the viewer 26 tilts her head further she actually starts looking behind 32 herself and the image she now sees 27 is flipped both up to down and left to right (Fig. 2B) with the up-vector 28 having been reflected about the gravity axis 16. For a human the brain and equilibrium senses help with the interpretation of such a situation such that the viewer 26 is never confused as to her orientation in space. Our environment also gives us strong visual clues like vertical and horizontal lines to aid our orientational understanding. However, an endoscope does not provide information processing like the human brain, and a typical endoscopic environment does not have inherent

directional clues. Thus, as an endoscopic view vector is swung past a pole (and into a different hemisphere), it is not clear how the image should be displayed. Displaying the endoscopic image reversed up to down and left to right is consistent with the human viewing configuration 32, but arguably the image should be displayed as if viewed from the configuration of Fig 2C where instead of having tilted her head beyond the singular configuration 30, the viewer 26 has turned her entire body around and tilted her head up 34. A similar discussion is relevant when the viewer 26 swings her line of sight through the downward singular configuration 36 (Fig. 2D) to another backwards viewing configuration 38. The present invention lets the user interactively select how she would like the endoscopic counterpart to the image 27 displayed.

[00020] Figs 3A, 3B, 3C, and 3D illustrate these orientation issues further. A theoretical viewing sphere 40 (a three dimensional version of the viewing arc 29 in Fig. 2) is centered on the tip of an endoscope 10, as shown in Fig. 3A (The orientation of the endoscope 10 is not relevant). As the tip of the view vector 12 is moved along a longitudinal arc 29 the up-directions of points within the endoscopic view field 42 are continuously changing. When looking below the equator 44 lines of longitude 29, 46, 47 diverge (Fig. 3B), and when looking above the equator 44 lines of longitude 29, 46, 47 (Fig. 3C) converge. Thus, the up-direction 28 varies throughout the view field 42. The severity of this variation depends on the position of the view vector 12 in the viewing sphere 40 and the size of the view field 42. As the poles 31 are approached, this variation gets worse, and different points within a view field 42 can have diametrically opposite up-vectors. At the poles 31 there is mathematically no up-direction and in the neighborhood of the poles 31 the up-vector varies rapidly because the lines of longitude radially diverge or converge (Fig. 3D).

[00021] This rapid up-vector variation at the poles and in the neighborhood of the poles is what causes problems for the current gravity-leveled endoscopic systems. When the user manipulates the endoscope and moves the view vector in the vicinity of a pole 31, the image rotates rapidly. This is illustrated in Fig. 4, which shows a set of trajectories 48, 49, 50 swept out by the tip of the endoscopic view vector (not shown). The closer a trajectory is to the pole 31, the more severe the variation in the up-vector 28. Thus, near the pole 31 even small movements of the endoscope can cause a rapid image reversal. At the pole 31 itself the image will suddenly flip without warning. This problem is severe even for rigid straight viewing endoscopes where the user has a chance of predicting image rotations and flips based on the attitude of the endoscope. It is completely unmanageable for oblique or variable direction endoscopes where the relationship between the endoscope axis and the hidden view vector direction is not obvious.

[00022] These singularities are inherent to the physical universe and can not be removed. They can however be artificially masked or altered with mathematics and electronic processing. As shown in Fig. 5, the most effective way to deal with the image spin is to mathematically define a neighborhood 52 around a singular configuration in which the image spin is reduced or eliminated by electronic processing. Using the mathematical framework disclosed in U.S. patent application to 10/829,767 Schara et al., the angle that the view vector 12 makes with the direction of gravity 16, β is given by equation 1:

$$B^{\circ} = \left[\frac{\cos \alpha \cos \phi - \sin \alpha \sin \phi \sin(\beta + \theta)}{\cos^2(\beta + \theta) \sin^2 \alpha + (\cos \alpha \sin \phi + \cos \phi \sin \alpha \sin(\beta + \theta))^2} \right] \quad (1)$$

$$\delta \leq \varepsilon \quad (2)$$

[00023] Equation 2 defines a neighborhood 52 around a singularity. When the position of the endoscope is such that the view vector angle β satisfies this equation, where ϵ can be selected according to preference, the view vector 12 is said to be in the neighborhood 52 of a singularity. This neighborhood 52 can be thought of as a cone centered on the direction of gravity 16. Any time the view vector 12 falls within this cone 52, Equation 2 is satisfied (This applies to both the south and north poles. Depending on implementations and definitions, the neighborhood around the north pole could be defined with $(180-\epsilon)$ substituted for ϵ). Other definitions of a neighborhood of a singularity can also be used.

[00024] The attitude of the view vector is continuously monitored by the rotation pick-up sensors and a processor compares its configuration to the set of configurations contained within a neighborhood of a singularity. As shown in Fig. 6A, when the view vector is within the neighborhood 52, the user can either specify a desired image up-vector, or the processor can instruct the automatic leveling system to maintain the former up-vector 28 which existed when the view vector moved into the neighborhood 52. For a particular viewing position on the surface of the theoretical viewing sphere near the south pole 31 the endoscopic image would thus be kept in an artificially imposed orientation 28 instead of following the natural up-direction 54 which would exist at any point within the neighborhood 52 (It would be the same for the north pole except that the up-direction would be towards rather than away from the pole). For example, if a user pivots an endoscope 10 about its patient entry point 56 such that the view vector 12 and view 42 swing to the other side of the pole 31 (Figs 6B, 6C, 6D), it will often be desirable to maintain the up-direction 28 that existed before the pole 31 was traversed rather than using the theoretically correct up-direction 54 for the new viewing configuration. This scenario is analogous to the situation in Fig. 2D. When the viewer 26 looks down past her feet and behind herself, she is still inclined to think of up as the direction in which her feet are pointing.

[00025] Fig. 7A shows the result of the present invention as the view vector enters a neighborhood 52 along a trajectory 48. The image leveling system maintains the up-direction which existed at the time the view vector crossed over the boundary of the neighborhood 52. Alternate view vector trajectories associated with various scope manipulations are shown in Figs. 7A-B. It should be noted that as the view vector leaves the neighborhood 52, the image will again be leveled according to the gravity leveling system, and for certain trajectories the image orientation may suddenly adjust itself a significant amount depending on the definition of the neighborhood. If the neighborhood has a definite boundary, there will be a discontinuity at the boundary, but if it is defined with a soft boundary, the image orientation may follow a smooth and slow varying function. In essence, what the neighborhood does is artificially mask the singularity, and this mask can be defined by any appropriate mathematical function. For example, the neighborhood can be set up such that the endoscopic viewing process is gravity leveled in certain regions and traditional in other regions. The neighborhood can be tailored according to the endoscopic procedure. For instance, if the user simply expects to swing the endoscope past a pole and then back out in a direction generally parallel to the entry direction, then the neighborhood 52 could be small because the exit path is close to the entry path and thus will not cause a drastic change in image orientation as the view vector leaves the neighborhood 52. The neighborhood 52 can also be changed or disabled by the user. In this way the user can dynamically select how she wants to view the environment according to personal preference. This is important because different users have different ways of thinking about the endoscopic space. For example, when a scope is swung back towards the user, some users may think of this as looking down and backwards, while others may think of this as standing on the other side and looking down and forwards.

[00026] Fig. 8 shows a display 60, with an endoscopic image 62 of a certain anatomical feature 64. The boundary of the neighborhood is indicated

by a line of latitude. An indicator of the image center 66 can be selectively enabled to provide information about the relative location of a pole, indicated by a dot 68. The display 60 includes a graphical model of the global viewing configuration, including graphical models of the endoscope 10, view vector 12, gravity direction 16, singularity neighborhood boundary 78, and viewing sphere 40. This graphical model aids the viewing process by providing the user with information about the relative arrangement of the view vector and the singular configuration. Buttons 70 are provided for the user to interactively manage image orientation and neighborhood settings. For example, the user may select to toggle the image orientation between the current upright image orientation maintained within the neighborhood and the natural upright orientation which would exist without the neighborhood setting. Also, the user can select to display the pole 68, and alternately a full coordinate grid. The interface also features an optional warning flag 72 which shows up when the endoscopic view vector passes a pole.

[00027] Methods for leveling the endoscopic image are described in the above disclosures, but the details of these methods are not necessary for an understanding of this invention.

[00028] The present invention has been described above in terms of a presently preferred embodiment so that an understanding of the present invention can be conveyed. However, there are many alternative arrangements for a method for providing gravity referenced endoscopic imaging not specifically described herein but for which the present invention is applicable. For example, an alternative mathematical framework describing the endoscope and its configurations would lead to an alternative formula for the view vector orientation and the neighborhood around a singularity. Also, there are many different ways to display the imaging information. In addition, while the examples were given with respect to endoscopes for use in surgical procedures, the present invention is equally applicable with respect to

borescopes or the like for use within various mechanical structures. Therefore, the term "endoscope" as used herein, refers to an endoscope or any similar device such as a borescope, a fiberscope, etc.

[00029] This invention is not to be limited by the embodiments shown in the drawings and described in the description, which are given by way of example and not of limitation, but only in accordance with the scope of the appended claims.

What is claimed is:

1. A method for avoiding rapid or sudden image rotation in a gravity leveled endoscopic imaging system, comprising:
 - monitoring the attitude of a view vector;
 - specifying a neighborhood of a viewing singularity;
 - relating said view vector attitude to said neighborhood; and
 - providing a certain image orientation whenever said view vector is within said neighborhood.
2. The method of claim 1, wherein said certain image orientation is the image orientation which existed as said view vector entered into said neighborhood.
3. The method of claim 1, wherein said image orientation is specified by a user.
4. The method of claim 1, further comprising issuing a warning to a user whenever said view vector enters said neighborhood.
5. A method for avoiding rapid or sudden image rotation in a gravity leveled endoscopic imaging system, comprising:
 - monitoring the attitude of a view vector;
 - specifying a neighborhood of a viewing singularity; and
 - issuing a warning to a user whenever said view vector enters said neighborhood.

1 Abstract

A method for avoiding rapid or sudden image rotation in a gravity leveled endoscopic imaging system is disclosed generally comprising the steps of monitoring the attitude of the view vector, specifying a neighborhood of a viewing singularity, relating the view vector attitude to the neighborhood, and providing a certain image orientation whenever the view vector is within the neighborhood. In some embodiments, the image orientation is the one that existed when the view vector entered the neighborhood, while in some embodiments, the image orientation is specified by the user. In some embodiments, a warning is issued to the user when the view vector enters the neighborhood.

2 Representative Drawing

Fig. 3A

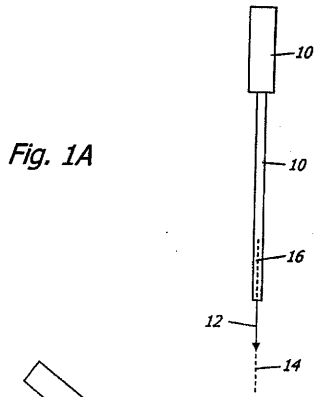


Fig. 1A

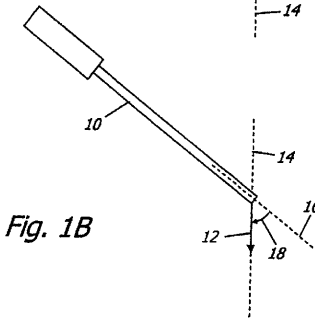


Fig. 1B

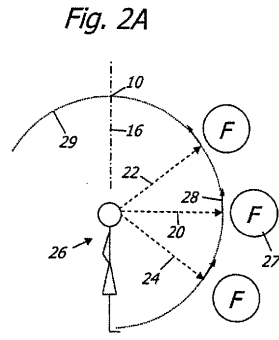


Fig. 2A

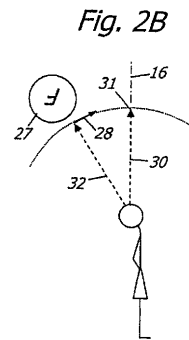


Fig. 2B

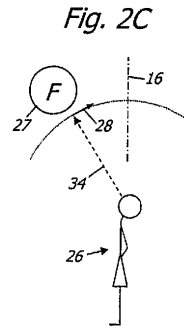


Fig. 2C

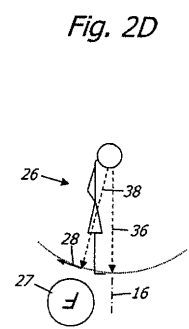


Fig. 2D

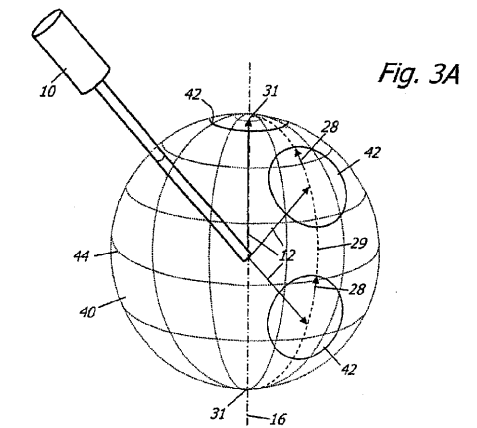


Fig. 3A

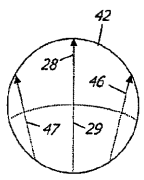


Fig. 3B

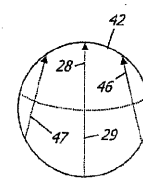


Fig. 3C

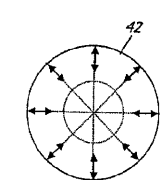


Fig. 3D

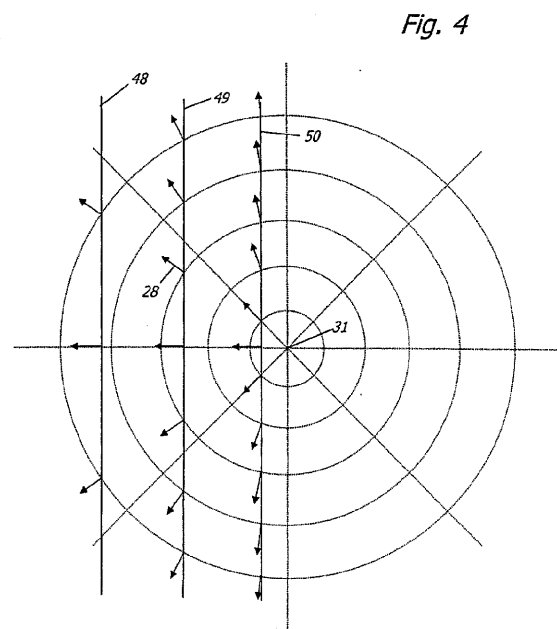


Fig. 4

Fig. 5

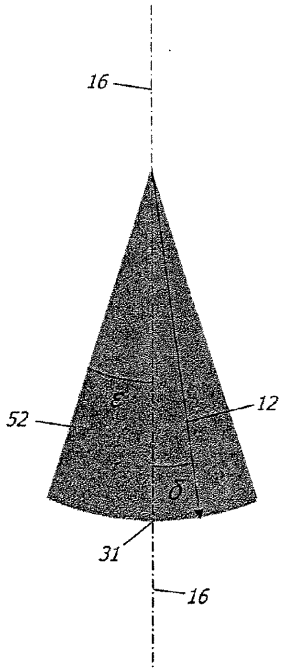


Fig. 6A

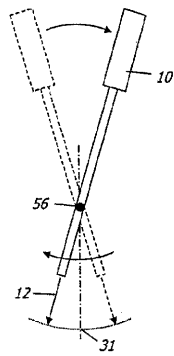
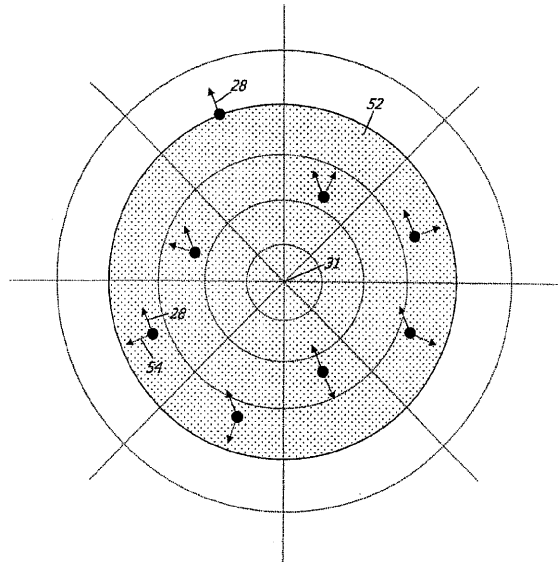


Fig. 6B

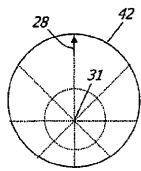


Fig. 6C

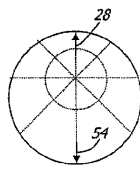


Fig. 6D

Fig. 7A

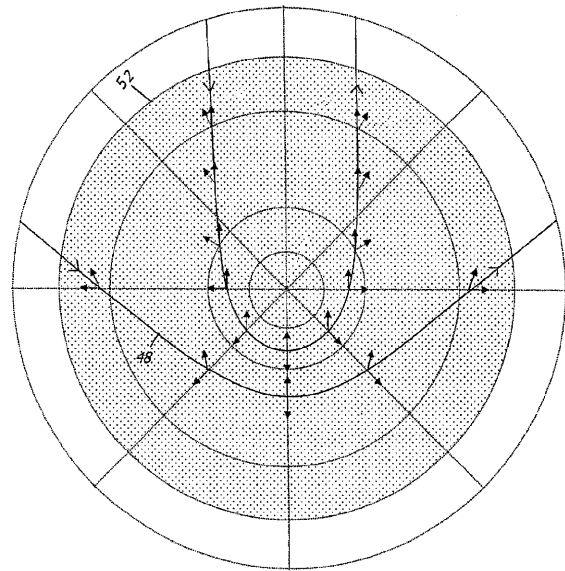


Fig. 7B

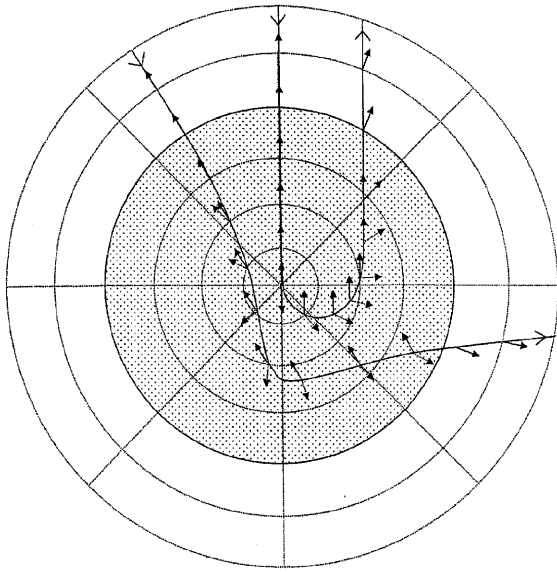
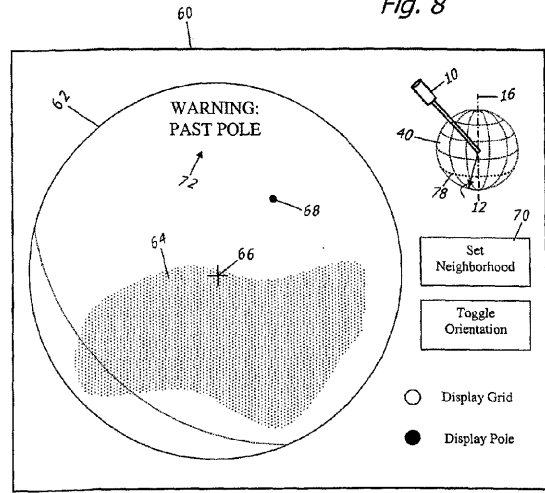


Fig. 8



专利名称(译)	参考重力在内窥镜摄影中应对奇点姿态的方法		
公开(公告)号	JP2006136722A	公开(公告)日	2006-06-01
申请号	JP2005323913	申请日	2005-11-08
[标]申请(专利权)人(译)	卡尔斯巴德东通发展公司		
申请(专利权)人(译)	卡尔Sutotsu开发公司		
[标]发明人	エリックエルヘイル ハンズデイビッドホーグ ネイタンジョンスカラ		
发明人	エリック・エル・ヘイル ハンズ・デイビッド・ホーグ ネイタン・ジョン・スカラ		
IPC分类号	A61B1/04 G02B23/24		
CPC分类号	A61B5/065 A61B1/0005 A61B1/00055 A61B1/05 G02B23/2484		
FI分类号	A61B1/04.370 G02B23/24.A A61B1/04 A61B1/045.610		
F-TERM分类号	2H040/BA04 2H040/BA14 2H040/BA23 2H040/FA06 2H040/FA10 2H040/FA13 2H040/GA02 2H040/GA11 4C061/AA00 4C061/BB07 4C061/CC06 4C061/DD00 4C061/JJ17 4C061/NN01 4C061/NN05 4C061/RR24 4C061/WW06 4C061/XX01 4C161/AA00 4C161/BB07 4C161/CC06 4C161/DD00 4C161/JJ17 4C161/NN01 4C161/NN05 4C161/RR24 4C161/WW06 4C161/XX01		
代理人(译)	渡边 隆 村山 彦		
优先权	60/626122 2004-11-09 US 11/055445 2005-02-10 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种处理重点的方法，在内窥镜摄影过程中，在内窥镜摄影中，通过参考重力，在内窥镜摄影中不会发生意外的反转和旋转。ZOLUTION：观察视觉矢量（12）的方向，并指定视觉重点的附近位置，并且视觉矢量的方向与附近位置相关联，并且图像的方向始终是固定的当视觉矢量放置在附近位置的内部时的方向。Z

