

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4279613号
(P4279613)

(45) 発行日 平成21年6月17日(2009.6.17)

(24) 登録日 平成21年3月19日(2009.3.19)

(51) Int.Cl.

F 1

G06T	3/00	(2006.01)	G06T	3/00	200
HO4N	7/18	(2006.01)	HO4N	7/18	K
HO4N	7/15	(2006.01)	HO4N	7/15	
HO4N	7/14	(2006.01)	HO4N	7/14	

請求項の数 42 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2003-183595 (P2003-183595)
(22) 出願日	平成15年6月26日 (2003.6.26)
(65) 公開番号	特開2004-38973 (P2004-38973A)
(43) 公開日	平成16年2月5日 (2004.2.5)
審査請求日	平成17年8月22日 (2005.8.22)
(31) 優先権主張番号	10/186,915
(32) 優先日	平成14年6月28日 (2002.6.28)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	500046438 マイクロソフト コーポレーション アメリカ合衆国 ワシントン州 9805 2-6399 レッドmond ワン マイ クロソフト ウェイ
(74) 代理人	100077481 弁理士 谷 義一
(74) 代理人	100088915 弁理士 阿部 和夫
(72) 発明者	リウ ジチエン アメリカ合衆国 98006 ワシントン 州 ベルビュー サウスイースト 63 ストリート 14743

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】コンピュータイメージビューリングのためのリアルタイム広角イメージ補正のシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

広角イメージのリアルタイム補正を行うための方法であつて、
前記広角イメージから、以降、広角イメージピクセル座標とも呼ぶピクセル座標を獲得するステップと、
パラメトリックイメージワープ関数を前記ピクセル座標に適用することによってワープテーブルを生成するステップと、

前記ワープテーブルを使用して前記広角イメージをリアルタイムでワープして、補正された広角イメージを生成するステップとを含み、

前記ワープテーブルを生成するステップは、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記広角イメージピクセル座標を垂直方向でスケーリングして、垂直方向でスケーリングされた広角イメージピクセル座標を生成するステップと、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記垂直方向でスケーリングされた広角イメージピクセル座標を水平方向でスケーリングして、予備的なピクセル座標を含む予備的なワープテーブルを生成するステップと、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記予備的なワープテーブルに対して水平方向の歪みの補正を行つて、前記ワープテーブルを生成するステップとをさらに含み、

前記水平方向の歪みの補正を行うステップは、

10

20

前記予備的なワープテーブルを複数のセクションに分割するステップと、
前記セクションのそれぞれの中に含まれる予備的なピクセル座標を少なくとも2つの異なるスケーリング係数を使用して垂直方向でスケーリングするステップと
をさらに含む

ことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記パラメトリックイメージワープ関数は、空間的に変化する一様な(S V U)スケーリング関数であることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】

各垂直走査線を垂直方向でスケーリングするステップは、主スケーリング係数を使用して垂直方向で前記広角イメージピクセル座標をスケーリングするステップをさらに含むことを特徴とする請求項2に記載の方法。

10

【請求項4】

ソース曲線およびターゲット曲線を使用して前記主スケーリング係数を計算するステップをさらに含むことを特徴とする請求項3に記載の方法。

【請求項5】

ソース曲線を指定するステップと、
ワーピング係数を指定するステップと、
前記ソース曲線および前記ワーピング係数を使用してターゲット曲線を計算するステップと
をさらに含むことを特徴とする請求項4に記載の方法。

20

【請求項6】

前記ソース曲線は、下部ソース曲線および上部ソース曲線をさらに含むことを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記ターゲット曲線は、下部ターゲット曲線および上部ターゲット曲線をさらに含むことを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項8】

前記水平方向でスケーリングするステップはさらに、各垂直走査線に関して主スケーリング係数を使用して前記広角イメージピクセル座標を水平方向でスケーリングすることを含むことを特徴とする請求項2に記載の方法。

30

【請求項9】

前記主スケーリング係数は、ソース曲線およびターゲット曲線を使用して計算されることを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項10】

前記水平方向でスケーリングするステップはさらに、前記主スケーリング係数を使用して前記垂直方向でスケーリングされた広角イメージピクセル座標を水平方向でスケーリングすることを含むことを特徴とする請求項3に記載の方法。

【請求項11】

前記少なくとも2つの異なるスケーリング係数は、主スケーリング係数および副スケーリング係数を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

40

【請求項12】

請求項1に記載の方法を行うためのコンピュータ実行可能命令を有することを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項13】

広角カメラによってキャプチャされた広角イメージの歪みを補正するための方法であつて、

前記広角イメージのピクセル座標に対応する広角ピクセル座標を入力するステップと、
スケーリング係数を有する空間的に変化する一様な(S V U)スケーリング関数を使用して、補正された広角ピクセル座標を含むワープテーブルを生成するステップと、

50

前記広角イメージ内の誇張された深度が補正された補正済みの広角イメージを生成するステップとを含み、

前記ワープテーブルを生成するステップは、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記広角イメージピクセル座標を垂直方向でスケーリングして、垂直方向でスケーリングされた広角イメージピクセル座標を生成するステップと、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記垂直方向でスケーリングされた広角イメージピクセル座標を水平方向でスケーリングして、予備的なピクセル座標を含む予備的なワープテーブルを生成するステップと、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記予備的なワープテーブルに対し 10
て水平方向の歪みの補正を行って、前記ワープテーブルを生成するステップと
をさらに含み、

前記水平方向の歪みの補正を行うステップは、

前記予備的なワープテーブルを複数のセクションに分割するステップと、

前記セクションのそれぞれの中に含まれる予備的なピクセル座標を少なくとも2つの異なるスケーリング係数を使用して垂直方向でスケーリングするステップと
をさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項14】

前記スケーリング係数を調整して水平方向の歪みを補正するステップをさらに含み、

前記水平方向の歪みの補正を行うステップは、

前記予備的なワープテーブルを複数のセクションに分割するステップと、

前記セクションのそれぞれの中に含まれる予備的なピクセル座標を少なくとも2つの異なるスケーリング係数を使用して垂直方向でスケーリングするステップと
をさらに含むことを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項15】

ソース曲線およびターゲット曲線を定義して前記S V Uスケーリング関数を決定するステップをさらに含むことを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項16】

前記ソース曲線は、ユーザによって定義されることを特徴とする請求項15に記載の方法。 30

【請求項17】

前記広角イメージに適用されるワープの量を指定するワーピング係数をユーザに定義させるステップをさらに含むことを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項18】

前記スケーリング係数を調整するステップは、垂直方向スケーリング係数を定義して水平方向のスケーリングを制御することをさらに含み、

前記少なくとも2つの異なるスケーリング係数は、主スケーリング係数および副スケーリング係数を含むことを特徴とする請求項14に記載の方法。

【請求項19】

広角イメージのリアルタイムの補正およびビューワーイングのためのコンピュータ実行可能命令を有するコンピュータ可読媒体であって、

前記広角イメージ内のピクセル座標を含むワープテーブルを生成するステップと、前記ワープテーブルを前記広角イメージに適用して補正された広角イメージを生成するステップとを含んでおり、

前記ワープテーブルを生成するステップは、

前記広角イメージ上のソース曲線を指定するステップと、

前記広角イメージピクセル座標に適用されるワープの量に対応するワーピング係数を指定するステップと、

前記ソース曲線および前記ワーピング係数を使用してターゲット曲線を計算するステップと、

10

20

30

40

50

前記ソース曲線および前記ターゲット曲線を使用して主スケーリング係数を計算するステップと、

前記主スケーリング係数を使用して前記広角イメージピクセル座標をスケーリングし、前記ワープテーブルを生成するステップとを含み、

前記ソース曲線は上部ソース曲線および下部ソース曲線を含み、該上部ソース曲線は前記広角イメージの上部における水平方向の特徴を定義し、前記下部ソース曲線は前記広角イメージの下部における水平方向の特徴を定義することを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項 20】

前記主スケーリング係数を使用するステップは、

10

前記主スケーリング係数を使用して前記広角イメージピクセル座標の各垂直走査線を垂直方向でスケーリングするステップと、

前記主スケーリング係数を使用して前記広角イメージピクセル座標を水平方向でスケーリングするステップと

をさらに含むことを特徴とする請求項19に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 21】

前記ワーピング係数は、0から1の範囲の数であることを特徴とする請求項19に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 22】

前記ソース曲線は上部ソース曲線および下部ソース曲線を含み、該上部ソース曲線は前記広角イメージの上部における水平方向の特徴を定義し、前記下部ソース曲線は前記広角イメージの下部における水平方向の特徴を定義することを特徴とする請求項19に記載のコンピュータ可読媒体。

20

【請求項 23】

広角イメージをワープするための方法であって、

パラメトリックイメージワープ関数および主スケーリング係数を使用して前記広角イメージの各垂直走査線のピクセル座標を垂直方向でスケーリングするステップと、

前記パラメトリックイメージワープ関数および前記主スケーリング係数を使用して前記広角イメージの前記ピクセル座標を水平方向でスケーリングするステップと、

予備的なピクセル座標を含む予備的なワープテーブルを生成するステップと、前記パラメトリックイメージワープ関数および前記主スケーリング係数を前記予備的なワープテーブルに適用することによって水平方向の歪みを補正して、ワープテーブルを生成するステップとを含み、

30

前記ワープテーブルを生成するステップは、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記広角イメージピクセル座標を垂直方向でスケーリングして、垂直方向でスケーリングされた広角イメージピクセル座標を生成するステップと、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記垂直方向でスケーリングされた広角イメージピクセル座標を水平方向でスケーリングして、予備的なピクセル座標を含む予備的なワープテーブルを生成するステップと、

40

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記予備的なワープテーブルに対して水平方向の歪みの補正を行って、前記ワープテーブルを生成するステップとをさらに含み、

前記水平方向の歪みの補正を行うステップは、

前記予備的なワープテーブルを複数のセクションに分割するステップと、

前記セクションのそれぞれの中に含まれる予備的なピクセル座標を少なくとも2つの異なるスケーリング係数を使用して垂直方向でスケーリングするステップと

をさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項 24】

前記ワープテーブルを前記広角イメージに適用して、補正された広角イメージ内の前記

50

広角イメージの前記ピクセル座標の位置を決定するステップと、

前記広角イメージの前記ピクセル座標のそれぞれに関するR G B値を前記補正された広角イメージに適用するステップと

をさらに含むことを特徴とする請求項2_3に記載の方法。

【請求項 2_5】

前記主スケーリング係数は、ユーザによって指定されたソース曲線および前記ソース曲線から計算されたターゲット曲線を使用して計算されることを特徴とする請求項2_3に記載の方法。

【請求項 2_6】

前記水平方向の歪みを補正してワープテーブルを生成するステップは、副スケーリング係数を適用することをさらに含むことを特徴とする請求項2_3に記載の方法。 10

【請求項 2_7】

広角イメージにおける歪みおよび知覚の問題を補正するための方法であって、

空間的に変化する一様な(S V U)スケーリング関数および主スケーリング係数を使用して前記広角イメージのピクセル座標を垂直方向および水平方向でスケーリングして、予備的なピクセル座標を含む予備的なワープテーブルを生成するステップと、

前記予備的なワープテーブルを前記予備的なピクセル座標の少なくともいくつかをそれぞれが含む複数のセクションに分割するステップと、

前記主スケーリング係数と異なる副スケーリング係数を指定するステップと、

前記複数のセクションの第1のセットのセクションの中の予備的なピクセル座標に関して前記主スケーリング係数を使用し、かつ前記複数のセクションの第2のセットのセクションの中の予備的なピクセル座標に関して前記副スケーリング係数を使用して、前記複数のセクションのそれぞれを垂直方向でスケーリングして水平方向の歪みを補正するステップと 20

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2_8】

下部ソース曲線、上部ソース曲線、下部ターゲット曲線、および上部ターゲット曲線を使用して前記主スケーリング係数を計算するステップをさらに含むことを特徴とする請求項2_7に記載の方法。

【請求項 2_9】

前記下部ソース曲線、前記上部ソース曲線、前記下部ターゲット曲線、および前記上部ターゲット曲線は三次曲線であることを特徴とする請求項2_8に記載の方法。 30

【請求項 3_0】

前記分割するステップは、前記上部ソース曲線と前記下部ソース曲線の間に位置する前記広角イメージ内のピクセルに対応する予備的なピクセル座標を含む第1のセクションを生成するステップをさらに含むことを特徴とする請求項2_8に記載の方法。

【請求項 3_1】

前記第1のセットのセクションは前記第1のセクションであり、かつ、前記垂直方向でスケーリングするステップは、前記主スケーリング係数を使用して前記第1のセクションを垂直方向でスケーリングするステップをさらに含むことを特徴とする請求項3_0に記載の方法。 40

【請求項 3_2】

前記第2のセットのセクションは前記第1のセクションを除く前記複数のセクションのそれぞれを含み、かつ、前記垂直方向でスケーリングするステップは、前記副スケーリング係数を使用して前記第2のセットのセクションを垂直方向でスケーリングするステップを

さらに含むことを特徴とする請求項3_1に記載の方法。

【請求項 3_3】

スムージング関数を使用して前記複数のセクションのそれぞれを結合するステップをさらに含むことを特徴とする請求項2_7に記載の方法。 50

【請求項 3 4】

前記予備的なワープテーブルに対して水平方向の歪みの補正を行ってワープテーブルを生成するステップをさらに含むことを特徴とする請求項2 7に記載の方法。

【請求項 3 5】

前記ワープテーブルを使用して前記広角イメージから補正された広角イメージを生成するステップをさらに含むことを特徴とする請求項3 4に記載の方法。

【請求項 3 6】

広角イメージにおける歪みおよび知覚の欠点を補正するためのリアルタイム広角イメージ補正システムであって、

前記広角イメージ内の各ピクセルの位置を指定するワープテーブルと、

10

パラメトリックイメージワープ関数を使用するワープテーブル生成モジュールと、

前記広角イメージピクセル座標を含む前記ワープテーブル生成モジュールから生成されたワープテーブルと、

前記ワープテーブルを前記広角イメージに適用して、補正された広角イメージを生成するリアルタイムイメージワープシステムとを含み、

前記ワープテーブルを生成するステップは、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記広角イメージピクセル座標を垂直方向でスケーリングして、垂直方向でスケーリングされた広角イメージピクセル座標を生成するステップと、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記垂直方向でスケーリングされた広角イメージピクセル座標を水平方向でスケーリングして、予備的なピクセル座標を含む予備的なワープテーブルを生成するステップと、

20

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記予備的なワープテーブルに対して水平方向の歪みの補正を行って、前記ワープテーブルを生成するステップと

をさらに含み、

前記水平方向の歪みの補正を行うステップは、

前記予備的なワープテーブルを複数のセクションに分割するステップと、

前記セクションのそれぞれの中に含まれる予備的なピクセル座標を少なくとも 2 つの異なるスケーリング係数を使用して垂直方向でスケーリングするステップと

をさらに含む

30

ことを特徴とするリアルタイム広角イメージ補正システム。

【請求項 3 7】

前記パラメトリックイメージワープ関数は、空間的に変化する一様な（S V U）スケーリング関数であることを特徴とする請求項3 6に記載のリアルタイム広角イメージ補正システム。

【請求項 3 8】

前記ワープテーブル生成モジュールは、垂直方向および水平方向のスケーリングを行うための主スケーリング係数をさらに含むことを特徴とする請求項3 6に記載のリアルタイム広角イメージ補正システム。

【請求項 3 9】

前記主スケーリング係数を計算するのに使用されるソース曲線およびターゲット曲線をさらに含むことを特徴とする請求項3 8に記載のリアルタイム広角イメージ補正システム。

【請求項 4 0】

前記ワープテーブル生成モジュールは、

垂直方向のスケーリングおよび水平方向のスケーリングを行うための主スケーリング係数と、

水平方向の歪みの補正を行うための副スケーリング係数と

をさらに含むことを特徴とする請求項3 6に記載のリアルタイム広角イメージ補正システム。

40

50

【請求項 4 1】

前記ワープテーブル生成モジュールは、

前記広角イメージピクセル座標を受け取る入力モジュールと、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記広角イメージピクセル座標を垂直方向でスケーリングする垂直方向スケーリングモジュールと、

前記パラメトリックイメージワープ関数を使用して前記広角イメージピクセル座標を水平方向でスケーリングして、予備的なワープテーブルを生成する水平方向スケーリングモジュールと

をさらに含むことを特徴とする請求項3_6に記載のリアルタイム広角イメージ補正システム。

10

【請求項 4 2】

前記予備的なワープテーブル内の予備的なピクセル座標を位置に応じて異なる量だけ垂直方向でスケーリングする水平方向歪み補正モジュールをさらに含むことを特徴とする請求項4_1に記載のリアルタイム広角イメージ補正システム。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、一般にコンピュータを使用してイメージを見ることに関し、より詳細には、広角カメラによってキャプチャされたイメージをリアルタイムで補正して、そのようなイメージに付随する歪みおよび知覚の問題を軽減するようにするためのシステムおよび方法に関する。

20

【0002】**【従来の技術】**

大きな風景 (scene) をキャプチャするのに、広角カメラがしばしば使用される。広角カメラは、通常、60度よりも広い視野を有する。また広角カメラには、最高で360度の視野を有する極めて広角のカメラであるパノラマ式カメラも含まれる。

【0003】

広角イメージは、少なくとも2つのタイプの投影を使用して見ることができる。線遠近法投影は、平坦なフィルム上に投影された広角レンズによってキャプチャされたイメージである。線遠近法投影は、形状を保持することを犠牲にして、まっすぐな線をまっすぐに保つ。これにより、遠近の歪み (perspective deformation) が生じる。イメージは、そのイメージを見る人が、視線を投影の中心に向ける場合、正しく見え、歪んでいるように見えない。しかし、より小さい視野を有する広角イメージを見るとき、見る人は、被写体が回転するにつれての画像平面上のイメージサイズの増加がより小さく、また歪みの量もより小さいことを予期する。これが、被写体が端で引き伸ばされて見える理由である。画像平面上のサイズおよび歪みの変化が予期していたより大きいことにより、ユーザは、特にパノラマイメージを見ているとき、あたかも風景が見る人の周りで泳いでいるかのように、風景が固定されていないと感じる。

30

【0004】

円筒投影が、曲面のフィルム、および回転するスリットレンズ (slit lens) を有する広角カメラを使用して生成される。円筒投影は、直線投影よりも形状を保持することに優れている。さらに、円筒投影は、明らかなスイミングモーション (swimming motion) があれば、それを緩和する。円筒投影では、直線投影よりもビューアイント (viewing) が向上しているが、それでも、歪みの問題および知覚の問題が存在する。詳細には、円筒投影は、必要以上に直線を湾曲させる。さらに、円筒投影は、パノラマイメージを見ている際に、自分の頭が回っているという錯覚をほとんど完全に取り去る。

40

【0005】

広角イメージにおける歪みの問題および湾曲の問題は、視野ミスマッチによって生じさせられる。詳細には、コンピュータモニタ上のビューアイントサイズが限られていること、および標準のビューアイントの距離に起因して、見られるときにイメージによって範囲が定ま

50

る角は、風景を画像平面に当初に投影したカメラの視野よりもはるかに小さい。このミスマッチが、多くの歪みの問題および知覚の問題の原因である。

【0006】

見る時点におけるより小さい視野によって生じさせられる付随する問題が、深度が誤って知覚されることである。広角イメージは、近くの被写体と遠くの被写体の間の深度の差を誇張する。風景の中の被写体の深度の1つの重要な視覚的な手がかりは、近くの場所と遠くの場所に配置された同様の被写体のイメージサイズ間の比（深度短縮比（depth foreshortening ratio）と呼ばれる）である。より小さい視野により、より小さい短縮比がもたらされる。例えば、風景が、横に並んで立っており、一方の人が、他方の人よりもカメラからわずかに離れている2名の人を含むものと想定する。この風景が、通常の（およそ60度の）視野のカメラによってキャプチャされ、同一の風景が、広角視野カメラを使用してキャプチャされた場合、風景の中の被写体のサイズは、異なって見える。詳細には、通常の視野のカメラでは、カメラからより遠くに離れている人は、他方の人よりもカメラからわずかに離れて見える。しかし、広角視野カメラでは、カメラからより遠くに離れている人は、他方の人よりもはるかに小さく見える。この誇張されたサイズの違いのため、カメラからより遠くに離れている人は、実際よりもはるかに遠くに離れて見える。奥行きのある風景（ビデオ会議風景などの）の広角イメージがコンピュータモニタ上で見られるとき、見る人の視野は、一般に、実際のイメージの視野よりはるかに小さい。したがって、見る人によって知覚される深度は、実際の深度よりもはるかに大きい。

【0007】

歪みの問題および知覚の問題が表出する1つの適用例が、ビデオ会議システムである。広角カメラが、しばしば、ビデオ会議システムにおいて会議室内に存在するすべての参加者を含むイメージをキャプチャし、伝送するのに使用される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、ビデオ会議を見る際、広角イメージにより部屋の奥行きが誇張されることが1つの問題である。これにより、イメージの中央にいる人々（通常、カメラから最も遠くに離れている）が、極端な短縮（foreshortening）のため、その部屋の中の他の人々と比べて非常に小さく見えることが生じる。

【0009】

この歪みの問題および知覚の问题是、現行のパノラマビューアイソフウェアを使用して広角イメージを見るとき、さらに明白である。ユーザが（仮想で）頭を回すにつれ、被写体は一方の端で既に引き伸ばされて見え、次に、被写体が中心を通るにつれて距離に応じて縮む。最後に、被写体は、他方の端で再び引き伸ばされる。これにより、固体の被写体は、ビューが回転するにつれて歪み、流れ出し（swim out）、次に流れ込む（swim in）するように見える。

【0010】

したがって、広角カメラによってキャプチャされたイメージをリアルタイムで補正して、そのようなイメージに付随する歪みおよび知覚の問題を軽減するようにするためのシステムおよび方法の必要性が存在する。

【0011】

本発明の目的は、広角カメラによってキャプチャされたイメージにおける歪みの問題および知覚の問題を軽減することのできるシステムおよび方法を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本明細書に開示する本発明は、広角カメラによってキャプチャされた広角イメージにおける歪みの欠点および知覚の欠点をリアルタイムで補正することを提供するためのシステムおよび方法を含む。このリアルタイム広角イメージ補正のシステムおよび方法は、ある種のパラメトリックワープ関数（parametric warping function）を使用して広角イメージにおける歪みおよび知覚エラーを効果的、かつ効率的に補正する。さらに、このシステム

10

20

30

40

50

は、ビデオ会議適用例において存在するような深度エラーも補正する。深度エラーの補正により、より有用で有意義なビデオ会議プレゼンテーションが可能になる。さらに、パラメトリックワープ関数を使用して、広角イメージを見るときに生じるスイミングモーションアーチファクト (swimming motion artifact) を除去することができる。

【0013】

一般に、このリアルタイム広角イメージ補正方法は、欠点のある広角イメージを入力し、誇張された奥行きおよび水平方向の歪みを補正し、補正された広角イメージを出力する。この補正は、広角カメラに付随する問題の大半を克服しながら、新しい歪みの導入を最小限に抑えるように設計されたある種のワープ関数を使用して行われる。この新しい種類のワープ関数には、空間的に変化する一様なスケーリング (Spatially Varying Uniform Scaling) 関数が含まれる。一般に、全体のコンテキストを保ちながら、局所レベルでスケーリングが行われる。ビデオ会議アプリケーションに関して、これは、ワープにより、各個人を歪めることなく、部屋のコンテキストが保たれて、離れた人々にズームインが行われることを意味する。

10

【0014】

このリアルタイム広角補正方法は、広角イメージのピクセル座標を受け取ること、および広角イメージのピクセル座標に対して垂直方向のスケーリングおよび水平方向のスケーリングを行うことを含む。スケーリングは、パラメトリックイメージワープ関数を使用して行われる。このスケーリングにより、垂直の線をまっすぐに保つが、水平の線を歪める可能性があるイメージに対応する予備的なワープテーブルがもたらされる。これを補正するため、方法は、この予備的なワープテーブルに対して水平方向の歪み補正を行うことを含む。結果の出力が、補正されたイメージピクセル座標を元のイメージピクセル座標にマップするワープテーブルである。換言すれば、ワープテーブルにより、新しい補正された広角イメージ内における元のピクセル座標のそれぞれの位置が規定される。ワープテーブルを使用することで、元の広角イメージから補正された広角イメージがリアルタイムで構成される。補正された広角イメージには、実質的に歪みの問題および知覚の問題がない。

20

【0015】

垂直方向のスケーリングは、パラメトリックイメージワープ関数およびワーピング係数 (a warping factor) を使用してイメージ内の各垂直走査線に対して個々に行われる。主スケーリング係数 (the main scaling factor) は、ソース曲線、ワーピング係数、並びにソース曲線 (source curves) とワーピング係数から計算されたターゲット曲線 (target curves) を使用して計算される。本発明の一態様は、ユーザによって定義されたソース曲線およびワーピング係数を有する。主スケーリング係数は、垂直方向でピクセル座標をスケーリングするのに使用される。仮想的な意味で、この垂直方向のスケーリングにより、広角イメージが選択された垂直走査線に関して、主スケーリング係数の量だけ垂直方向に「引き伸ばされる」。垂直走査線の水平方向のスケーリングも行われ、同一の主スケーリング係数を使用してアスペクト比が保たれる。垂直方向のスケーリングと同様に、水平方向のスケーリングも、仮想的な意味で、広角イメージの垂直走査線を主スケーリング係数の量だけ水平方向に局所的 (locally) に「引き伸ばす」ものと考えることができる。仮想的な意味で、元の広角イメージに垂直方向のスケーリングおよび水平方向のスケーリングを適用することにより、予備的な補正済みイメージが得られる。計算を速めるため、予備的な補正済みイメージの予備的なピクセル座標を元のイメージピクセル座標にマップする予備的なワープテーブルを生成する。

30

【0016】

水平方向の歪みは、ピクセル座標の位置に従って予備的なワープテーブルをセクションに分割することによって補正される。このセクションのそれぞれが、異なるスケーリング係数を使用して垂直方向でスケーリングされる。本発明の一態様では、第1のセクションは、下部ソース曲線 (a bottom source curve) と上部ソース曲線 (a top source curve) の間に位置するピクセルに対応するピクセル座標を含むものと定義される。次に、主スケーリング係数を使用して、このセクション内のピクセル座標を垂直方向でスケーリングす

40

50

る。その他のセクション内のピクセル座標は、主スケーリング係数とは異なる値である副スケーリング係数 (a secondary scaling factor) を使用して垂直方向でスケーリングする。連續性を保つため、以上のセクションのそれをスムージング関数 (a smoothing function) を使用して結合する。予備的なワープテーブル内のピクセル座標に対して水平方向歪み補正プロセスを行うと、ワープテーブルが生成される。このワープテーブルを使用して、広角イメージのリアルタイムのワープを行い、リアルタイムで補正された広角イメージを生成する。

【0017】

本発明のリアルタイム広角イメージ補正システムは、前述した方法を使用して広角イメージのリアルタイムの補正およびビューイングを提供する。

10

【0018】

本発明は、以下の説明、および本発明の態様を例示する添付の図面を参照してさらに理解することができる。その他の特徴および利点は、例として、本発明の原理を示す添付の図面と併せて考慮される本発明の以下の詳細な説明から明白となる。

【0019】

次に、すべての図面において同様の参照符号が対応する部分を表わす図面を参照する。

【0020】

【発明の実施の形態】

本発明の以下の説明では、説明の一部を成す添付の図面を参照する。図面では、例として、本発明を実施することができる特定の例を示している。本発明の範囲を逸脱することなく、その他の実施形態を利用することができます、構造上の変更を行うことができることを理解されたい。

20

【0021】

I. 一般的な概要

本発明は、広角イメージを獲得し、処理して、出力が歪みのない、補正された広角イメージとなるようにするためのリアルタイム広角イメージ補正のシステムおよび方法を含む。このリアルタイム広角イメージ補正のシステムおよび方法を使用して、従来の広角イメージにつきまとう引き伸ばしの問題、曲率の歪の問題、および誇張された深度の問題なしに広角イメージを見ることができる。広角イメージの補正は、新しい種類のパラメトリックワープ関数を使用して達せられる。本発明の一態様では、このパラメトリックワープ関数は、局所的 (local) な大小の関係 (scaling perspective) を保持し、深度を誤った知覚を補正する空間的に変化する一様な (Spatially Varying Uniform) (S V U) スケーリング関数である。S V Uスケーリング関数およびスケーリング係数は、イメージのピクセル座標に対して垂直方向のスケーリングおよび水平方向のスケーリングを行うのに使用される。これにより、予備的な補正済みイメージのピクセル位置を元のピクセル座標にマップする予備的なワープテーブルが生成される。この予備的な補正済みイメージは、仮想イメージであり、実際には構成されない。ただし、予備的な補正済みイメージは、垂直な線をまっすぐに保つが、水平な線を歪める。この水平方向の歪みが、S V Uスケーリング関数、および少なくとも 2 つの異なるスケーリング係数を使用する水平方向歪み補正を行うことによって補正される。この処理により、ワープテーブルがもたらされる。ワープテーブルは、補正された広角イメージ内の位置を、歪みを有する広角イメージ内の元のピクセル座標にマップする。ワープテーブルを使用して、元の広角イメージから補正された広角イメージがリアルタイムで構成される。

30

【0022】

図 1 は、本発明のリアルタイム広角イメージ補正システム 100 の一般的な概要を示すブロック図である。一般に、システム 100 は、広角イメージ 110 を獲得し、その広角イメージ内のピクセルのそれぞれの座標に対応する広角イメージピクセル座標 120 を入力する。広角イメージピクセル座標 120 は、リアルタイム広角イメージ補正システム 100 によって処理され、補正された広角イメージ 130 が出力される。

40

【0023】

50

広角イメージ 110 は、単一のイメージ（スチールカメラからのイメージなどの）であること、または一続きのイメージ（ビデオカメラからのイメージなどの）の一部であることが可能である。広角イメージ 110 内の各ピクセルの座標が獲得されて、広角イメージピクセル座標 120 が生成される。例えば、直線の座標枠内で、ピクセル座標 120 は、広角イメージ 110 内のピクセルのそれぞれの (x, y) 位置である。リアルタイム広角イメージ補正モジュール 100 は、ワープテーブル生成モジュール 140、ワープテーブル 150、およびリアルタイムイメージワープシステム 160 を含む。

【0024】

ワープテーブル生成モジュール 140 は、パラメトリックイメージワープ関数を使用してワープテーブル 150 を生成するのに使用される。広角イメージピクセル座標 120 が処理されてワープテーブル 150 が生成される。ワープテーブル生成モジュール 140 の詳細について、以下に述べる。ワープテーブル 150 は、補正された広角イメージ 130 内の位置に対応するような形で構成された広角イメージピクセル座標 120 を含む。したがって、ワープテーブル 150 は、広角イメージピクセル座標 120 に対する補正された広角イメージ 130 内の新しい位置を決定する。

【0025】

ワープテーブル 150 が生成されると、広角イメージ 110 が、リアルタイムワープシステム 160 への入力として受け取られる。リアルタイムイメージワープシステム 160 は、ワープテーブル 150 を広角イメージ 110 に適用して補正された広角イメージ 130 を生成する。リアルタイムワープシステム 160 は、補正された広角イメージ 130 内の各位置に関して、ワープテーブル 150 内に含まれるピクセル座標に位置する広角イメージ 110 に関する R G B 値を獲得することにより、補正された広角イメージ 130 を生成する。これにより、広角ピクセル座標 120 における R G B 値が、補正された広角イメージ 130 内に移される。新しい位置は、ワープテーブル 150 を使用して決められる。

【0026】

ワーププロセスは、リアルタイムで行われる。というのは、ワープテーブルの生成により、補正された広角イメージ 130 を生成するのに、ワープテーブル 150 を広角イメージ 110 に適用するだけよいことになるからである。この適用は、迅速に行うことができる。要するに、リアルタイム広角イメージ補正システム 100 は、広角イメージピクセル座標 120 を処理することによってワープテーブルを生成し、次に、そのワープテーブル 150 を使用して広角イメージ 110 から補正された広角イメージ 130 を生成する。

【0027】

I I . 例示的な動作環境

本発明のリアルタイム広角イメージ補正システム 100 は、コンピューティング環境において動作するように設計されている。以下の考察は、本発明を実施することができる適切なコンピューティング環境の簡単な一般的説明を提供することを意図している。

【0028】

図 2 は、本発明を実施するのに適したコンピューティング装置を示すブロック図である。必須ではないが、本発明は、コンピュータによって実行される、プログラムモジュールなどの、コンピュータ実行可能命令の一般的な文脈で説明する。一般に、プログラムモジュールには、特定のタスクを行うか、または特定の抽象データタイプを実装するルーチン、プログラム、オブジェクト、構成要素、データ構造等が含まれる。さらに、本発明は、パーソナルコンピュータ、サーバコンピュータ、ハンドヘルドデバイス、マルチプロセッサシステム、マイクロプロセッサベースの家庭用電化製品またはプログラマブル家庭用電化製品、ネットワーク PC、ミニコンピュータ、メインフレームコンピュータ等を含む様々なコンピュータシステム構成で実施してもよいことが、当分野の技術者には認められよう。本発明は、通信網を介してリンクされた遠隔の処理デバイスによってタスクが行われる分散コンピューティング環境において実施することも可能である。分散コンピューティング環境では、プログラムモジュールは、メモリ記憶デバイスを含むローカルのコンピュータ記憶媒体と遠隔のコンピュータ記憶媒体の両方の中に配置されることが可能である。

10

20

30

40

50

【0029】

図2を参照すると、本発明を実施するための例示的なシステムが、汎用コンピューティングデバイス200を含む。詳細には、コンピューティングデバイス200は、処理ユニット202、システムメモリ204、並びにシステムメモリ204から処理ユニット202までを含む様々なシステム構成要素を結合するシステムバス206を含む。システムバス206は、様々なバスアーキテクチャの任意のものを使用するメモリバスまたはメモリコントローラ、周辺バス、およびローカルバスを含むいくつかのタイプのバス構造の任意のものであることが可能である。システムメモリは、読み取り専用メモリ(ROM)210、およびランダムアクセスメモリ(RAM)212を含む。始動中など、コンピューティングデバイス200内部の要素間で情報を転送するのを助ける基本ルーチンを含む基本入力/出力システム(BIOS)214が、ROM210の中に記憶されている。コンピューティングデバイス200は、図示していないハードディスクに対して読み取りおよび書き込みを行うためのハードディスクドライブ216、取外し可能な磁気ディスク220に対して読み取りおよび書き込みを行うための磁気ディスクドライブ218、およびCD-ROM、またはその他の光媒体などの取外し可能な光ディスク224に対して読み取りおよび書き込みを行うための光ディスクドライブ222をさらに含む。ハードディスクドライブ216、磁気ディスクドライブ228、および光ディスクドライブ222は、それぞれ、ハードディスクドライブインターフェース226、磁気ディスクドライブインターフェース228、および光ディスクドライブインターフェース230でシステムバス206に接続される。以上のドライブ、および付随するコンピュータ可読媒体により、コンピュータ可読命令、データ構造、プログラムモジュール、およびその他のデータの不揮発性ストレッジが、コンピューティングデバイス200に提供される。

【0030】

本明細書で説明する例示的な環境は、ハードディスク、取外し可能な磁気ディスク220、および取外し可能な光ディスク224を使用しているが、磁気カセット、フラッシュメモリカード、デジタルビデオディスク、ベルヌーイカートリッジ、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読み取り専用メモリ(ROM)などの、コンピュータがアクセス可能なデータを記憶することができる他のタイプのコンピュータ可読媒体も例示的な動作環境において使用できることが、当分野の技術者には認められよう。

【0031】

オペレーティングシステム232、1つまたは複数のアプリケーションプログラム234、その他のプログラムモジュール236(広角イメージワープ解除システム100などの)、およびプログラムデータ238を含め、いくつかのプログラムモジュールが、ハードディスク、磁気ディスク220、光ディスク224、ROM210、またはRAM212に記憶されていることが可能である。ユーザ(図示せず)は、キーボード240やポイントティングデバイス242などの入力装置を介してコマンドおよび情報をコンピューティングデバイス200に入力することができる。さらに、カメラ243(ビデオカメラなどの)、並びに、例えば、マイクロホン、ジョイスティック、ゲームパッド、サテライトディッシュ、スキヤナ等を含むその他の入力装置(図示せず)も、コンピューティングデバイス200に接続されていることが可能である。これらの他の入力装置は、しばしば、システムバス206に結合されたシリアルポートインターフェース244を介して処理ユニット202に接続されるが、パラレルポート、ゲームポート、またはユニバーサルシリアルバス(Universal Serial Bus)(USB)などの他のインターフェースで接続してもよい。また、モニタ246(または他のタイプの表示デバイス)も、ビデオアダプタ248などのインターフェースを介してシステムバス206に接続される。モニタ246に加えて、パーソナルコンピュータなどのコンピューティングデバイスは、通常、スピーカやプリンタなどのその他の周辺出力装置(図示せず)も含む。

【0032】

コンピューティングデバイス200は、リモートコンピュータ250のような1つまたは複数のリモートコンピュータに対する論理接続を使用するネットワーク化された環境にお

10

20

30

40

50

いて動作することができる。リモートコンピュータ 250 は、別のパーソナルコンピュータ、サーバ、ルータ、ネットワーク P C、ピアデバイス、またはその他の一般的なネットワークノードであることが可能であり、通常、コンピューティングデバイス 200 に関連して前述した要素の多く、またはすべてを含むが、メモリ記憶デバイス 252 だけを図 2 に示している。図 2 に描いた論理接続は、ローカルエリアネットワーク (L A N) 254 およびワイドエリアネットワーク (W A N) 256 を含む。そのようなネットワーキング環境は、オフィス、企業全体のコンピュータネットワーク、インターネット、およびインターネットにおいて一般的である。

【 0 0 3 3 】

L A N ネットワーキング環境で使用されるとき、コンピューティングデバイス 200 は、ネットワークインターフェースまたはネットワークアダプタ 258 を介してローカルネットワーク 254 に接続される。W A N ネットワーキング環境で使用されるとき、コンピューティングデバイス 200 は、通常、インターネットなどのワイドエリアネットワーク 256 を介して通信を確立するためのモデム 260 またはその他の手段を含む。内部にあることも、外部にあることも可能なモデム 260 は、シリアルポートインターフェース 244 を介してシステムバス 206 に接続される。ネットワーク化された環境では、コンピューティングデバイス 200 に付随して描いたプログラムモジュール、またはプログラムモジュールの部分は、遠隔のメモリ記憶デバイス 252 の中に記憶されることが可能である。図示したネットワーク接続は、例示的なものであり、コンピュータ間で通信リンクを確立するその他の手段も使用できることが認められよう。

10

20

【 0 0 3 4 】

I I I . システムの詳細

一般に、リアルタイム広角イメージ補正システム 100 は、広角イメージ 110 のリアルタイムの補正を提供する。システム 100 は、垂直方向および水平方向で曲率および歪みを補正する。さらに、システム 100 は、深度やスイミングモーションなどの知覚の問題も補正する。

【 0 0 3 5 】

図 3 は、図 1 に示したワープテーブル生成モジュール 140 の詳細を示すブロック図である。詳細には、ワープテーブル生成モジュール 140 は、広角イメージピクセル座標 120 を入力するための入力モジュール 300 を含む。このピクセル座標 120 は、広角イメージ 110 内の各ピクセルの位置を表わす。イメージ 110 は、単一のイメージであること、またはビデオカメラからのビデオシーケンスなどの一続きのイメージの 1 つであることが可能であることに留意されたい。また、モジュール 140 は、垂直方向スケーリングモジュール 310 も含む。垂直方向スケーリングモジュール 310 は、ワープ関数を使用して広角イメージピクセル座標 120 の各垂直走査線を処理して、広角イメージピクセル座標 120 が、垂直方向でスケーリングされるようにする。概念上、これは、広角イメージ 110 を垂直方向で「引き伸ばす」こととして考えることができる。この垂直方向のスケーリングにより、広角イメージ 110 における誇張された深度が、ある程度、補正される。

30

【 0 0 3 6 】

また、ワープテーブル生成モジュール 140 は、パラメトリックイメージワープ関数を使用して広角イメージピクセル座標 120 を水平方向でスケーリングするための水平方向スケーリングモジュール 320 も含む。垂直方向のスケーリングと同様に、概念上、これは、広角イメージ 110 を水平方向で「引き伸ばす」こととして考えることができる。さらに、水平方向のスケーリングは、広角イメージ 110 のアスペクト比が保たれるように各垂直走査線に対して個々に行われる。

40

【 0 0 3 7 】

垂直方向スケーリングモジュール 310 および水平方向スケーリングモジュール 320 は、予備的なピクセル座標を元のピクセル座標にマップする予備的なワープテーブルを作成する。この予備的なワープテーブルを使用して予備的な補正済みイメージを生成すること

50

が可能である。実際には、これは行われず、予備的な補正済みイメージは、仮想イメージである。予備的な補正済みイメージは、垂直の線が垂直に保たれるが、水平の線は歪められるという特性を有する。

【0038】

この水平方向の歪みを補正するため、水平方向歪みモジュール330もワープテーブル生成モジュール140の中に含まれる。水平方向歪みモジュール330は、予備的なワープテーブル内の予備的なピクセル座標を位置に応じて異なる量だけ垂直方向でスケーリングする。ワープテーブル生成モジュール140の出力が、ワープテーブル150である。ワープテーブルにより、補正された広角イメージ130内のピクセル座標が、元の広角イメージピクセル座標120にマップされる。

10

【0039】

I V . 広角イメージ補正動作の概要

本発明のリアルタイム広角イメージ補正方法は、パラメトリッククラスのイメージワープ関数を使用する。パラメトリックイメージワープ関数は、見る人が、イメージング装置よりも小さい視界を有することによって生じさせられるイメージ知覚問題を最小限に抑えよう試みる。パラメトリッククラスのイメージワープ関数は、空間的に変化する一様なスケーリング関数、またはSVUスケーリング関数と呼ばれる。SVUスケーリング関数は、アスペクト比を保つ一様なスケーリング関数に局所的に似ている可能性があるが、スケーリング係数がイメージ全体で様々であり、ワープを生じさせる。さらに、等角投影 (conformal projection) のクラスにより、局所的な一様のスケーリングが提供されることが可能であるが、これらの関数は、視覚的に煩わしい回転を導入する。SVUスケーリング関数は、パノラマイメージを見る際、回転を回避し、スイミングモーションを取り除く。

20

【0040】

図4は、図1に示したリアルタイム広角イメージ補正システム100のリアルタイム広角イメージ補正方法の動作を示す一般的な流れ図である。一般に、この方法は、広角イメージピクセル座標からワープテーブルを生成し、そのワープテーブルを使用して広角イメージを処理して補正された広角イメージを生成する。より具体的には、広角イメージ110からの広角イメージピクセル座標120が、入力として受け取られる(ボックス400)。次に、ワープテーブル150が生成される(ボックス410)。このワープテーブル150を使用して広角イメージピクセル座標120内の補正された広角イメージピクセル座標130の位置が決定される。

30

【0041】

以下に述べる通り、ワープテーブル150の生成は、垂直方向のスケーリング、水平方向のスケーリング、および水平方向の歪みの補正を含む。垂直方向のスケーリングは、広角イメージ110の誇張された深度を補正する。誇張された深度を補正するため、広角イメージ110の中心における遠くの被写体または遠くの人々を、カメラに近い被写体または人々との関係で拡大する必要がある。言い換えれば、ワープ関数は、局所的に一様なスケーリングを模倣しながらも、側方部よりも中心部をズームアップするようでなければならない。SVUスケーリング関数は、垂直の線を垂直に保つ。

40

【0042】

広角イメージ110のアスペクト比を保つため、水平方向のスケーリングも行われる。具体的には、パラメトリックイメージワープ関数(SVUスケーリング関数などの)を使用して水平方向のスケーリングを行って、広角イメージ110に関する各垂直走査線の新しい幅が生成される。SVUスケーリング関数は、垂直の線を垂直に保つが、ある量の垂直方向のねじれ(shear)を誘発する。視覚的に、これは、水平の線の傾斜および歪みとして知覚される。風景は、しばしば、イメージの上部(top)または下部(bottom)近くで、歪みが目立つ可能性がある部屋のテーブルや天井などの水平面を含む。

【0043】

この垂直方向のねじれを補正するため、リアルタイム広角イメージ補正方法は、水平方向の歪みの補正を行って広角イメージ110の水平方向の歪みを補正することをさらに含む

50

。一般に、これは、垂直方向のスケーリングの一様性を緩和し、広角イメージ 110 内の垂直方向の位置で（垂直走査線に沿ってなど）非線形スケーリングを行うことによって達せられる。垂直方向のスケーリング、水平方向のスケーリング、および水平方向の歪みの補正の後、補正された広角イメージ 130 内のピクセルを広角イメージ 110 にマップするワープテーブル 150 が生成される。

【 0044】

ワープテーブル 150 が生成されると、広角イメージ 110 が入力として受け取られる（ボックス 420）。次に、広角イメージ 110 がリアルタイムでワープされて補正された広角イメージ 130 が生成される。補正された広角イメージ 130 内の各位置に関して広角イメージ 110 内のピクセルが見出されるワープテーブルが確立されて、歪みのない広角イメージが生成される。10

【 0045】

本発明のリアルタイム広角イメージ補正方法をより完全に理解するため、例を提示する。図 20 が、図 4 に示したリアルタイム広角イメージ方法の動作の例を示している。詳細には、広角カメラ（図示せず）によってキャプチャされたビデオ会議の風景を含む広角イメージ 110 が、処理のために受け取られる。

【 0046】

次に、広角イメージ 110 内の各ピクセルの座標が決定される。この例では、垂直軸 Y と水平軸 X を有する直線座標系が構成されて広角イメージ 110 に適用される。ソース広角イメージの幅は w である。広角イメージ 110 からのピクセル 2000 が、ピクセル座標 (x, y) によって広角イメージピクセル座標 120 内で表わされる（ボックス 2010）。x は X 軸に沿ったピクセル 2000 の水平方向の位置を表わし、また、y は Y 軸に沿ったピクセル 2000 の垂直方向の位置を表わすことに留意されたい。20

【 0047】

次に、ワープテーブル 150 が生成されて、補正されたイメージ 130 内のピクセル座標 2010 の位置が決定される。図 20 に示す通り、このワープテーブルは、垂直軸 Y' と水平軸 X' を有する第 2 の直線座標系を有する。補正されたイメージ 130 の幅は w' である。以下に詳細に説明するパラメトリックイメージワープ関数およびスケーリング係数を使用して、補正されたイメージ 130 内のピクセル座標の位置を表わす補正されたイメージ内の位置にピクセル座標 2010 が配置される。図 20 に示す通り、ワープテーブル内のピクセル座標 2010 の位置は補正されたピクセル座標 (x', y') で与えられる。この場合も、x' は X' 軸に沿ったピクセル座標 2010 の水平方向の位置を表わし、また、y' は Y' 軸に沿ったピクセル座標 2010 の垂直方向の位置を表わすことに留意されたい。30

【 0048】

補正されたイメージ 130 は、（広角イメージ 110 の）ピクセル 2000 の位置を補正されたイメージ 130 内に位置する補正されたピクセル 2020 にマップするワープテーブルを使用することによってリアルタイムで生成される。補正されたイメージ 130 内のピクセル 2000 の位置が決定されると、ピクセル 2000 の R G B 値を補正されたイメージ 130 内の補正されたピクセル 2020 に適用することができる。このようにして、広角イメージ 110 をリアルタイムで補正して、広角イメージに一般に付随する歪みおよび他の知覚の問題が実質的でない補正されたイメージ 130 を生成することができる。40

【 0049】

V . 動作の詳細

リアルタイム広角イメージ補正方法は、広角イメージをリアルタイムで処理して、広角イメージに付随する歪みおよび知覚の問題を補正する。この補正処理は、スケーリング係数を有するパラメトリッククラスのイメージワープ関数を使用して行われる。このパラメトリックイメージワープ関数およびスケーリング係数を使用して、広角イメージに直接に適用されるワープテーブルが生成される。本発明の一態様では、広角イメージは円筒投影である。また、本発明の一態様では、パラメトリックイメージワープ関数は SVU スケリ50

ング関数である。

【0050】

垂直方向のスケーリング

図5は、図3に示した垂直方向スケーリングモジュール310の詳細を示す流れ図である。広角ピクセル座標120が入力として受け取られる(ボックス500)。次に、パラメトリックイメージワープ関数(SVUスケーリング関数などの)が1組の曲線およびスケーリング係数を使用して決定される。詳細には、ソース曲線が指定され(ボックス510)、ワーピング係数も指定される(ボックス520)。このソース曲線およびワーピング係数を使用して、ターゲット曲線が計算される(ボックス530)。

【0051】

図6は、2組の曲線、(1)ソース曲線、および(2)ターゲット曲線によるワープ関数の決定を示している。本発明の一態様では、ソース曲線は、簡単なユーザインターフェースを介してユーザによるものである。このソース曲線は、パラメトリックイメージワープ関数のパラメータを提供する。ユーザインターフェースを介して、ユーザは、2つの三次曲線を定義するように求められる。この2つのソース曲線は、人々の頭の上部やテーブルの縁などの共通の(実世界の)水平方向の特徴を定義する。図6に示す通り、上部ソース曲線 S_t および下部ソース曲線 S_b が指定される。

【0052】

やはりユーザが選択することができるワーピング係数により、どれだけイメージがワープされるかが決定される。ワーピング係数は、0から1の範囲にあり、ただし、=0はワープなしであり、また、=1は最大限のワープである。概念上、=0を指定することによりイメージがそのままにされ、=1を指定することにより、ソース曲線上のピクセルが端点間の線に引き寄せられる。通常、理想的なワーピング係数は0から1の範囲のおよそ中間にある。

【0053】

ソース曲線およびワーピング係数が指定されると、ターゲット曲線を計算することができる(ボックス530)。 $y = S_t(x)$ および $y = S_b(x)$ をそれぞれ、上部ソース曲線および下部ソース曲線の式とする。2つのターゲット曲線(ソース曲線上のポイントが移動する先の)がソース曲線およびによって決定される。具体的には、上部ターゲット曲線 T_t および下部ターゲット曲線 T_b が定義される。 $S_t(x)$ の端点間の線の式が $y = y_t(x)$ として定義され、また、下部ソース終端を結ぶ線の式が $y = y_b(x)$ として定義される場合、上部ターゲット曲線の式は $T_t(x) = (1 - r)S_t(x) + r y_t(x)$ であり、そして $T_b(x) = (1 - r)S_b(x) + r y_b(x)$ である。

【0054】

次に、主スケーリング係数 $r(x)$ が、ソース曲線およびターゲット曲線を使用して計算される(ボックス540)。詳細には、図6に示すような任意の垂直走査線 x が所与えられ、A、Bをその垂直走査線のソース曲線との交差を表わすものとし、またA'、B'をターゲット曲線との交差を表わすものとする。SVUスケーリング関数はABをA'B'にスケーリングし、次式(1)とする。

【0055】

【数1】

$$\begin{aligned} r(x) &= \frac{\|A'B'\|}{\|AB\|} \\ &= \frac{T_t(x) - T_b(x)}{S_t(x) - S_b(x)} \end{aligned} \quad (1)$$

【0056】

この比 $r(x)$ は、水平方向の位置 x にある垂直走査線に関する主スケーリング係数であ

10

20

30

40

50

る。次に、この垂直走査線の広角ピクセル座標 120 が、主スケーリング係数 $r(x)$ を使用して垂直方向でスケーリングされる(ボックス 550)。

【0057】

水平方向のスケーリング

アスペクト比を保つため、広角ピクセル座標 120 は、水平方向でもスケーリングされる。この水平方向のスケーリングは、同じ主スケーリング係数 $r(x)$ を使用する。言い換えれば、垂直方向のスケーリングの場合と同様に、垂直走査線が主スケーリング係数 $r(x)$ で水平方向でもスケーリングされてアスペクト比が保たれる。

【0058】

図 7 は、図 3 に示した水平方向スケーリングモジュールの詳細を示す流れ図である。垂直方向でスケーリングされた広角ピクセル座標が入力として受け取られる(ボックス 700)。主スケーリング係数 $r(x)$ を使用して、垂直方向でスケーリングされた広角ピクセル座標が水平方向でスケーリングされる(ボックス 710)。垂直方向でスケーリングされた広角ピクセル座標 120 がスケーリングされると、予備的な補正済みイメージの全幅 w' は次式(2)で与えられる。

【0059】

【数 2】

$$w' = \int_0^w r(x) dx \quad (2)$$

10

20

【0060】

ただし、 w は、広角(つまりソース)イメージ 110 の幅である。

【0061】

次に、予備的なワープテーブルが生成される(ボックス 720)。予備的なワープテーブルは、予備的なピクセル座標を含む。予備的なピクセル座標は、垂直方向および水平方向でスケーリングされた広角ピクセル座標である。概念上、この予備的なピクセル座標を使用して予備的な補正済みイメージを構成することができる。したがって、広角イメージ 110 内の任意のピクセル(x, y)に関して、(x', y') が予備的な補正済みイメージ内の新しい位置を表わすものとする。これより、次式(3)がもたらされる。

【0062】

【数 3】

$$\begin{aligned} x' &= \int_0^x r(x) dx \\ y' &= T_t(x) + r(x) * (y - S_t(x)) \end{aligned} \quad (3)$$

30

【0063】

式(3)は、SVU スケーリング関数に関するフォワードマッピング(forward mapping)の式である。SVU スケーリング関数は、あらゆる箇所における完全に一様なスケーリングではない。あらゆる箇所における完全に一様なスケーリングである唯一の関数は、一様なグローバルスケーリング関数であることを証明するのは容易である。

40

【0064】

SVU スケーリング関数は、一般化された円筒面上への投影と同様である。ただし、付録 II に示す通り、そのような単純な投影は、局所的に一様なスケーリングをもたらさない。局所的に一様なスケーリングが望ましく、局所的に一様なスケーリングが欠如していることにより、予備的な補正済みイメージ内の被写体が引き伸ばされて見えることが生じる。

【0065】

水平方向の歪みの補正

広角ピクセル座標 120 が垂直方向および水平方向でスケーリングされると、結果の予備的なワープテーブルが水平方向の歪みに関して補正される。水平方向の歪みの補正が必要

50

とされる理由は、パラメトリッククラスのイメージワープ関数（SVUスケーリング関数などの）は垂直な線を垂直に保つが、水平な線は歪めるからである。この問題を最小限に抑えるため、スケーリングの一様性が緩和され、各垂直走査線で非線形スケーリングが行われる。

【0066】

図8は、図3に示した水平方向歪みモジュール330の詳細を示す流れ図である。一般に、モジュール330は予備的なワープテーブル内の予備的なピクセル座標をセクションに分割し、各セクションをそのセクションに対する特定のスケーリング係数に従って垂直方向でスケーリングする。スケーリング係数は、セクション間で異なることが可能であり、通常、少なくとも1つのセクションに関して異なる。

10

【0067】

具体的には、水平方向歪み補正モジュール330は、最初、予備的なワープテーブルをセクションに分割する（ボックス800）。本発明の一態様では、予備的な補正済みイメージが、概念上、図9に示す通り分割される。図9は、垂直方向スケーリング関数、および予備的な補正済みイメージを3つのセクションに分割することの概念を示している。図9で、yは垂直方向であることに留意されたい。図9を参照すると、第1のセクション900が下部ソース曲線S_bと上部ソース曲線S_tの間で定義されている。その他のセクションには、ソース曲線より下の第2のセクション910、およびソース曲線より上の第3のセクション920を含め、ソース曲線の外側のセクションが含まれる。

【0068】

ソース曲線間の第1のセクション900内に位置する予備的なピクセル座標は、主スケーリング係数r(x)を使用して垂直(y)方向でスケーリングされる（ボックス810）。垂直方向のこのスケーリングは、前述した通りに行われる。ソース曲線の外側のセクション（第2のセクション910および第3のセクション920）内に位置する予備的なピクセル座標は、垂直方向でより小さくスケーリングされる。これは、副スケーリング係数を最初に指定することによって行われる（ボックス820）。副スケーリング係数sは、図9では、主スケーリング係数r(x)の下に示されている。次に、ソース曲線の外側の他のセクション910、920内に位置する予備的なピクセル座標が、副スケーリング係数を使用して垂直方向でスケーリングされる（ボックス830）。水平方向のスケーリングは、同じままであり（言い換えれば、主スケーリング係数r(x)を使用し）、したがって、垂直な線はまっすぐに保たれることに留意されたい。セクション間の連続性を保つため、セクション間の移行がスムージングパラメータwを適用することによって行われる（ボックス840）。スムージングパラメータは、垂直方向スケーリング関数を平滑化し、垂直方向スケーリング関数がソース曲線に交差する際に異なったスケーリング係数を平滑に結合する。

20

【0069】

図6および図9を参照して、図6に示したxにおける垂直の線を考慮する。図9に示す通り、g(y)は、この垂直の線上の任意のポイントyにおける垂直方向のスケーリング係数として定義することができる垂直方向スケーリング関数である。g(y)はxに依存することに留意されたい。関数g(y)は、2つのパラメータ、副スケーリング係数s、およびスムージングパラメータwによって支配されている。ソース曲線からw/2より大きく離れた垂直走査線の部分は、ソース曲線間では主スケーリング係数r(x)でスケーリングされ、ソース曲線の外側では副スケーリング係数xでスケーリングされる。3つの一定のセグメントは、[S_t - 0.5w, S_t + 0.5w]内の2つの3次式近似によって結合される。各3次式近似は、値sおよびr(x)を有する終端、および両終端で0の勾配を有する。

30

【0070】

スムージングパラメータwは、ソース曲線の連続性を支配する。例えば、風景がソース曲線において不連続である場合、目立ったアーチファクトなしに非常に小さいwを選択することができる。s = r(x)である特殊なケースではg(y)が一定になり、これは、数

40

50

式(3)を導出する際に想定されていたことである。予備的なワープテーブルに水平方向歪み補正関数が適用されると、補正された広角イメージ130内の広角ピクセル座標の位置を含むワープテーブル150が生成される(ボックス850)。次に、ワープテーブル150が出力として送られる(ボックス860)。このワープテーブルは、広角イメージ110から補正された広角イメージ130を構成するために使用される。

【0071】

広角イメージビューアの誤った知覚の補正

スイミングモーションは、特別なタイプの深度を誤った知覚として考えることができる。風景が回転するにつれ、より小さい視野を有する見る人は、被写体が視野を横切る際に被写体のサイズの予期していなかった変化を目にする。被写体は、形状の歪みに起因して、あたかも初めて視野に入ってきたかのように、余りにも大きく見え、次に、誇張された短縮に起因して視野の中心で余りにも小さくなり、最後に、視野を離れる際に再び、余りにも大きくなる。この結果、被写体は見る人から遠ざかるように見え、次に、見る人に向かって戻ってくるように見える。言い換えれば、被写体は、「泳いでいる」ように見える。

10

【0072】

S V Uスケーリング関数は、深度を誤った知覚の問題を補正するのに役立つ。これは、パノラマイメージを見るために対称S V Uスケーリング関数を使用することによって達せられる。下部ソース曲線は上部ソース曲線の鏡像である。ソース曲線はイメージコーナを通り、中央の垂直走査線で最小値(または最大値)を有する。前述した通り、1つのパラメータが中央ポイントの高さを指定し、第2のパラメータがワーピング係数である。

20

【0073】

スイミングモーションを取り除く際のリアルタイム広角イメージ補正のシステムおよび方法の有効性を視覚的に示すため、図10Aおよび図10Bを提示する。図10Aと図10Bはともに、透視投影および100度の視野でボールルームをパノラマで見ている最中のスナップショットを示している。図10Aは、全く補正なしにボールルームを示す透視図である。図10Bは、S V Uスケーリング関数を適用した後の図10Aと同じ眺めを示している。図10Aおよび図10Bから、イメージは、S V Uスケーリング関数を使用して処理された後、歪みが少なくなっているのを見て取ることができる。より重要なこととして、図10Aの風景が透視投影で回転されたとき、壁およびテーブルに対する深刻な引き伸ばし、およびスイミングモーションが見られる。S V Uスケーリング関数を適用した後、引き伸ばしはほとんど見られず、スイミングモーションは実質的に無くなる。この結果、風景は、風景が回転させられている間、はるかに安定して見える。

30

【0074】

V I . 実用例および実用結果

次の実用例を使用して本発明の動作上の詳細を例示する。この実用例は、図4の方法の実施を含む。この実用例は、本発明が機能することが可能であり、本発明を使用することができる一例に過ぎず、例示の目的でだけ提供している。

【0075】

この実用例では、本発明のシステムおよび方法が、ビデオ会議環境において実施された。ビデオ会議システムは、幅広い1組のビューを表示して、遠隔で見る人が、すべての参加者を見ることが可能にできる必要がある。通常、3名の参加者が、テーブルの周りの席についている。現行のシステムは、チルト(tilt)/パン/ズームカメラを使用して部屋の異なる部分を見る可能性を提供する。ただし、以上の現行のシステムは、完全な全体像を提供することができない。また、現行のシステムは、新しい話し手をカバーするためにパンする際、待ち時間の問題を抱えている。以上の問題を軽減するため、本発明のリアルタイム広角イメージ補正のシステムおよび方法を使用した。

40

【0076】

円筒投影を有する広角イメージが、ビデオ会議の風景に向けられた広角カメラを使用して獲得された。図11は、広角カメラから生成された結果の円筒状の広角イメージを示している。図11で、テーブルの向う側にいる人が極めて小さいことに留意されたい。端付近

50

の形状の歪みは円筒投影によって補正されるが、深度を誤った知覚の点ではほとんど改善がない。テーブルの向う側の人々は、カメラに近い人々と比べて、やはり非常に小さく見える。

【0077】

図11のイメージをリアルタイム広角イメージ補正のシステムおよび方法によって処理した後の結果を図12～図16に示している。図12は、ワーピング係数 = 0.3でソース曲線とターゲット曲線とともに示している。図13は、水平方向の歪みの補正なしにS VUスケーリング関数を使用して垂直方向のスケーリングおよび水平方向のスケーリングを適用した結果としての予備的な補正済みイメージを示している。図14は、水平方向の歪み補正とともにS VUスケーリング関数を適用した結果を示している。

10

【0078】

さらに、異なるワーピング係数を使用するいくつかの結果を提示している。具体的には、図15は、ワーピング係数 = 0.2を使用する結果を示している。図16は、ワーピング係数 = 0.4を使用する結果を示している。 = 0というワーピング係数は最小のワープであり、 = 1というワーピング係数は最大のワープであることに留意されたい。

【0079】

本発明の以上の説明は、例示および説明のために開示したものである。以上の説明は、すべてを網羅すること、または本発明を開示した形態そのものに限定することを意図するものではない。多数の変更形態および変形形態が、以上の開示に鑑みて可能である。本発明の範囲は、本発明の以上の詳細な説明によってではなく、頭記の特許請求の範囲によって限定されるものとする。

20

【0080】

付録 I

以下の考察は、広角イメージにおける明白な歪みの原因に関するより数学的な詳細を提供することを意図している。

【0081】

形状の歪みおよび固定でない(Non-Rigidity)アーチファクト

被写体は、広角イメージ内で中心から端に動くにつれ、歪んで見える。図17は、カメラの周りで回転する長方形の被写体の透視投影を示している。Oは投影の中心であり、 は投影平面であり、また、fは焦点距離である。wおよびhを被写体の幅および高さとする。被写体がP₁からP₂まで回転し、ただし、OP₁は画像平面に垂直であり、また、はOP₂とOP₁の間の角であるものと想定する。d = OP₁ = OP₂であるものとする。位置P₁で、画像平面上の幅および高さは、以下の通りである。

30

【0082】

【数4】

$$w_1 = \frac{fw}{d} \quad (4)$$

$$h_1 = \frac{fh}{d} \quad (5)$$

40

【0083】

P₂で、画像平面上の幅および高さ(P₂に隣接した2つの端の長さ)は、以下の通りである。

【0084】

【数5】

$$w_2 = \frac{fw}{d \cdot \cos^2 \theta} \quad (6)$$

$$h_2 = \frac{fh}{d \cdot \cos \theta} \quad (7)$$

50

【0085】

これにより、次式(8)、(9)、(10)がもたらされる。

【0086】

【数6】

$$w_2 = \frac{1}{\cos^2 \theta} \cdot w_1 \quad (8)$$

【0087】

【数7】

$$h_2 = \frac{1}{\cos \theta} \cdot h_1 \quad (9)$$

10

【0088】

【数8】

$$\frac{w_2}{h_2} = \frac{1}{\cos \theta} \frac{w_1}{h_1} \quad (10)$$

【0089】

式(5)および(6)は、被写体がイメージの中心から端まで回転するにつれ、幅も高さもともに増加することを示している。視野角が大きいほど、増加量も大きくなる。式(7)は、被写体が、イメージの中心から端まで回転するとき、被写体のイメージが歪みもする（引き伸ばされる）ことを示している。視野角が大きいほど、歪み量も大きくなる。視野が90度に近づくにつれ、歪みの比 w_2 / h_2 は無限に近づく。

20

【0090】

遠近の歪みは、イメージを見る人が視線をOに置く場合、イメージが歪んで見えないことで、それでも正しい。しかし、より小さい視野で広角イメージを見るとき、見る人は、被写体が回転するにつれてのイメージサイズの増加がより小さく、また画像平面上の歪みの量がより小さいものと予期している。これが、被写体が端で引き伸ばされて見える理由である。等しい角の範囲を定めていた2つの角は、もはや、そうなっていない。画像平面上のサイズの変化および歪みの変化が予期していたよりも大きいことにより、ユーザは、あたかも風景がユーザ自らの周りで泳いでいるかのように、固定していないと感じさせられる。

30

【0091】

深度を誤った知覚

見る時点で視野がより小さいことによって生じさせられる、付随する問題が、深度を誤った知覚である。広角イメージは、近くの被写体と遠くの被写体の間の深度の差を誇張する。風景の中の被写体の深度の1つの重要な視覚的な手がかりは、近くの場所と遠くの場所に配置された同様の被写体のイメージサイズ間の比（深度短縮比と呼ばれる）である。より小さい視野により、より小さい短縮比がもたらされる。これは、一方の人が他方の人よりもカメラからわずかに離れている2名の人々を撮影した2つの写真で明らかである。図18Aおよび図18Bは、深度を誤った知覚の概念を示している。図18Aで、風景は通常の視野のカメラを使用してキャプチャされている。図18Bで、同じ風景が、広角カメラを使用してキャプチャされている。図18Aと図18Bを比較することによって見て取ることができる通り、広角カメラ（図18Bに示す）は2名の人々のサイズの違いを誇張し、したがって、2名の人々の間の距離が、広角カメラで撮影された写真では大きくなるように見える。ビデオ会議の適用例では、広角カメライメージにより、遠くに離れた参加者が風景の中で極めて小さくなることがもたらされる。

40

【0092】

付録II

以下の考察は、一般化された円筒面上への投影が、局所的に一様なスケーリングをもたらされる。

50

さないことを示す。通常の円筒状のビューを橢円の円筒（横断面が橢円である）に投影する例を考慮されたい。図19は、通常の円筒の横断面、および橢円の円筒の横断面を示す2次元図である。aおよびbで、橢円の短軸および長軸を表わす。その場合、橢円の数式は、 $x = a \cos(\theta)$ かつ $z = b \sin(\theta)$ である。円の数式は、 $x = a \cos(\theta)$ かつ $z = b \sin(\theta)$ である。 s' および s で、それぞれ、橢円の弧の長さ、および円の弧の長さを表わす。その場合、式(11)～(13)の通りである。

【0093】

【数9】

$$\frac{ds'}{d\theta} = \sqrt{\left(\frac{dx}{d\theta}\right)^2 + \left(\frac{dz}{d\theta}\right)^2} \quad (11)$$

$$= \sqrt{a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta} \quad (12)$$

$$\frac{ds}{d\theta} = a. \quad (13)$$

【0094】

ただし、無限に小さいdに対し、円の上の弧の長さ、および橢円上の弧の長さはそれぞれ、 ds および ds' である。したがって、局所的な水平方向のスケーリングは、 $ds' / ds = (\sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta)^{1/2}$ である。= / 2のとき、局所的な水平方向のスケーリング $ds' / ds = 1$ であり、他方、垂直方向のスケーリング(y軸)は b / a である。したがって、垂直方向のスケーリングは水平方向のスケーリングより大きく、被写体は垂直方向で引き伸ばされて見える。= 0のとき、その正反対が真である。垂直方向のスケーリングは1であり、他方、水平方向のスケーリングは b / a である。したがって、= 0近くの被写体は水平方向で引き伸ばされて見える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のリアルタイム広角イメージ補正システムの一般的な概要を示すブロック図である。

【図2】本発明を実施するのに適したコンピューティング装置を示すブロック図である。

【図3】図1に示したリアルタイム広角イメージ補正システムのワープテーブル生成モジュールの詳細を示すブロック図である。

【図4】図1に示したリアルタイム広角イメージ補正システムの動作を示す一般的な流れ図である。

【図5】図3に示した垂直方向スケーリングモジュールの詳細を示す流れ図である。

【図6】2組の曲線によるワープ関数の決定を示す図である。

【図7】図3に示した水平方向スケーリングモジュールの詳細を示す流れ図である。

【図8】図3に示した水平方向歪み補正モジュールの詳細を示す流れ図である。

【図9】スケーリング関数を示し、および予備的なピクセル座標を3つのセクションに分割する概念を示す図である。

【図10A】全く補正なしのボールルームを示す透視図である。

【図10B】SVUスケーリング関数を適用した後の図10Aと同じ眺めを示す図である。

【図11】実用例の広角カメラから生成された結果の円筒広角イメージを示す図である。

【図12】ワーピング係数、= 0.3でソース曲線とターゲット曲線の両方を示す図である。

【図13】水平方向の歪みの補正なしでSVUスケーリングワープ関数を適用した結果である実用例の予備的な補正済みイメージを示す図である。

【図14】水平方向の歪みの補正とともにSVUスケーリング関数を適用した結果を示す図である。

【図15】ワーピング係数、= 0.2を使用する実用例の補正された広角イメージを示す図である。

10

20

30

40

50

【図16】ワーピング係数、 $\gamma = 0.4$ を使用する実用例の補正された広角イメージを示す図である。

【図17】カメラの周りで回転する長方形の被写体の透視投影を示す図である。

【図18A】深度が誤って知覚されることの概念を例示し、通常の視野のカメラを使用してキャプチャされた風景を示す図である。

【図18B】広角カメラを使用してキャプチャされた図18Aと同じ風景を示す図である。

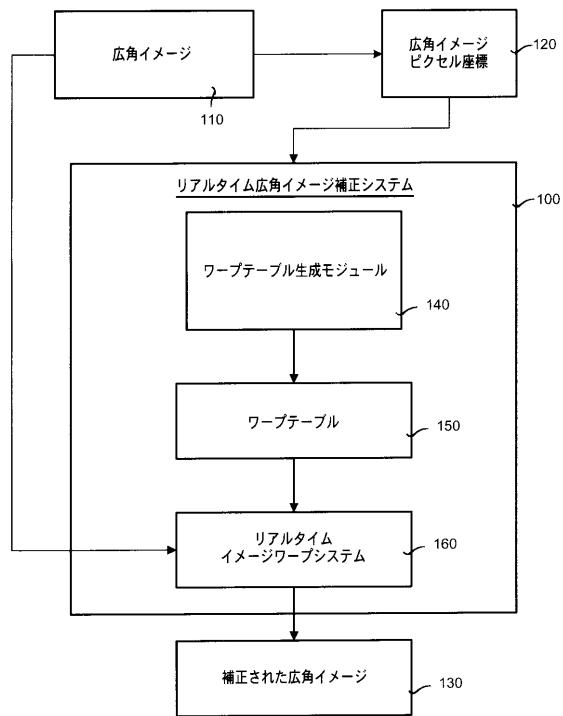
【図19】通常の円筒および橜円形の円筒の横断面を示す2次元図である。

【図20】図4に示したリアルタイム広角イメージ補正方法の動作の例を示す図である。

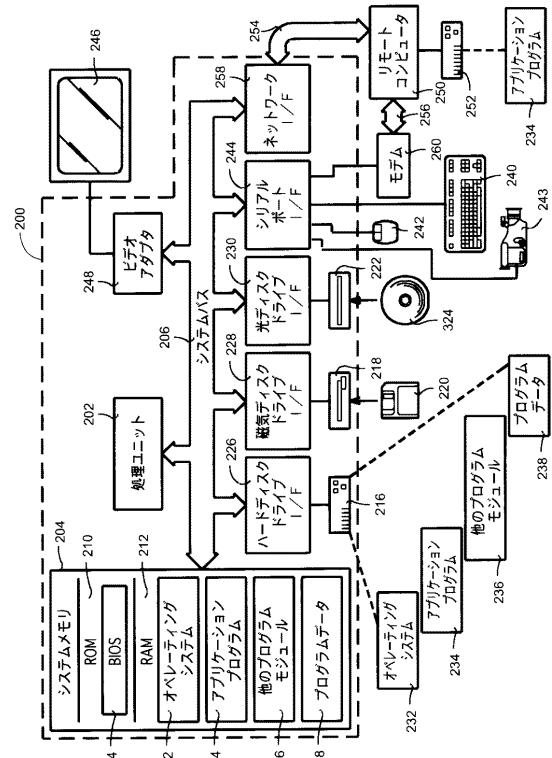
【符号の説明】

1 0 0	リアルタイム広角イメージ補正システム	
1 1 0	広角イメージ	
1 2 0	広角イメージピクセル座標	
1 3 0	補正された広角イメージ	
1 4 0	ワープテーブル生成モジュール	
1 5 0	ワープテーブル	
1 6 0	リアルタイムイメージワープシステム	
2 0 2	処理ユニット	
2 0 4	システムメモリ	
2 0 6	システムバス	20
2 2 6	ハードディスクドライブインターフェース	
2 2 8	磁気ディスクドライブインターフェース	
2 3 0	光ディスクドライブインターフェース	
2 3 2	オペレーティングシステム	
2 3 4	アプリケーションプログラム	
2 3 6	他のプログラムモジュール	
2 3 8	プログラムデータ	
2 4 4	シリアルポートインターフェース	
2 4 8	ビデオアダプタ	
2 5 0	リモートコンピュータ	30
2 5 8	ネットワークインターフェース	
2 6 0	モデル	
3 0 0	入力モジュール	
3 1 0	垂直方向スケーリングモジュール	
3 2 0	水平方向スケーリングモジュール	
3 3 0	水平方向歪み補正モジュール	
3 4 0	出力モジュール	

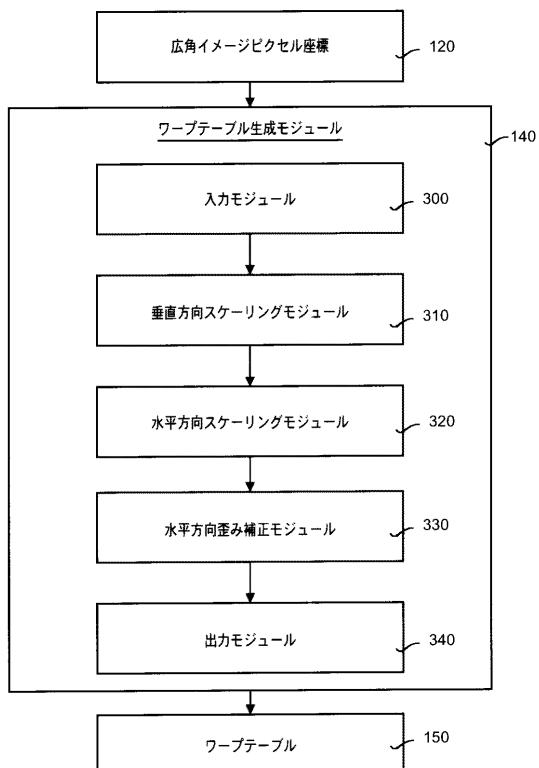
【図1】



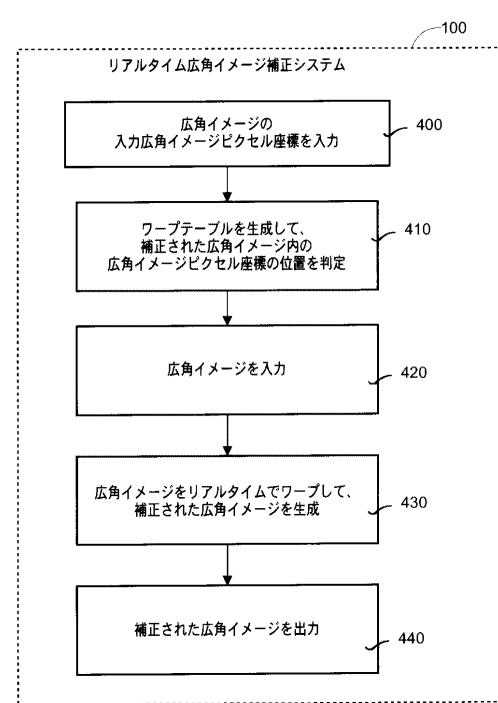
【図2】



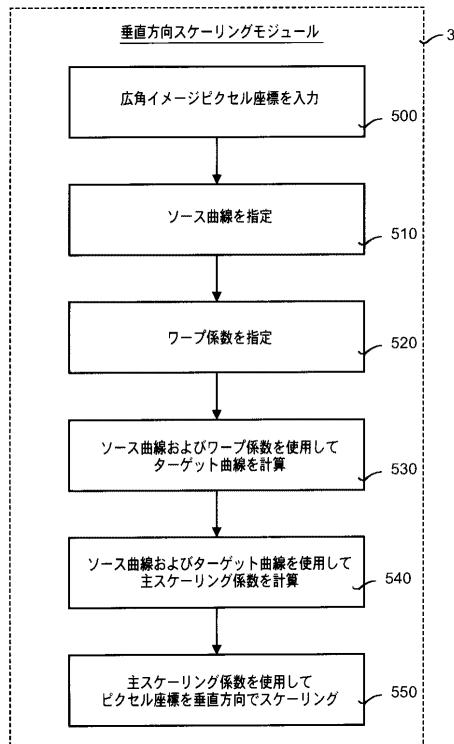
【図3】



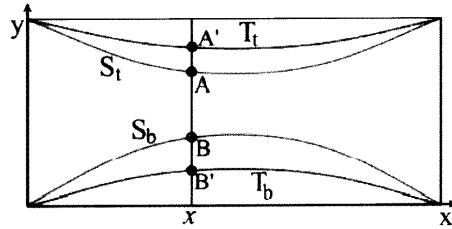
【図4】



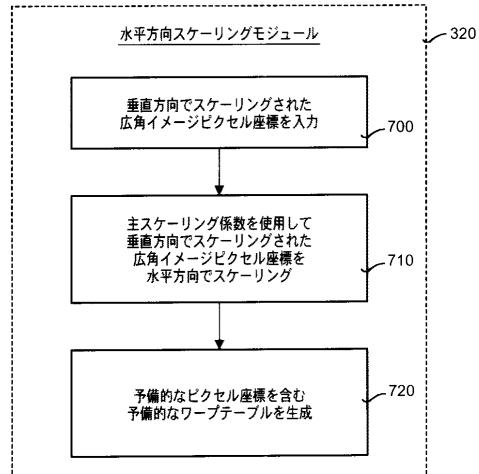
【図5】



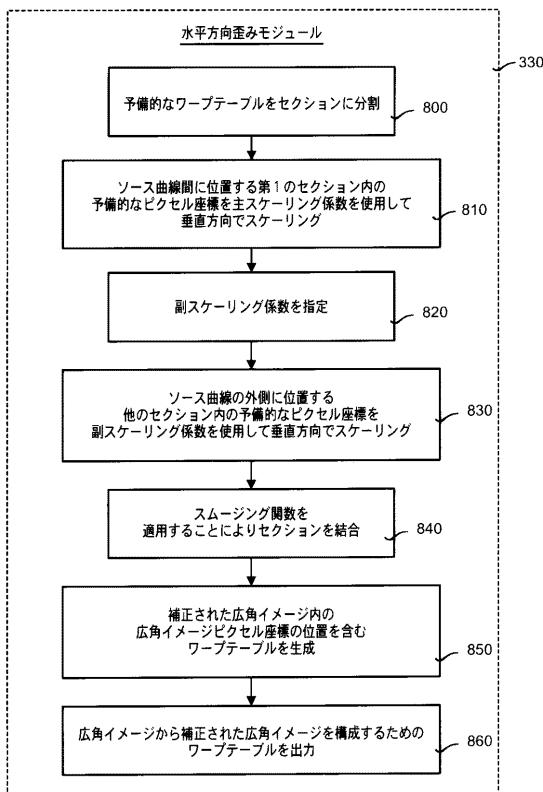
【図6】



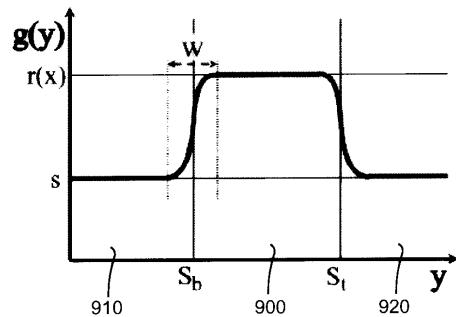
【図7】



【図8】



【図9】



【図 10 A】



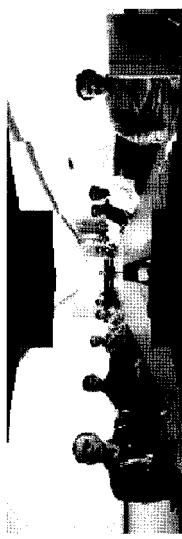
SVIスケーリング関数を使用する処理の前

【図 10 B】

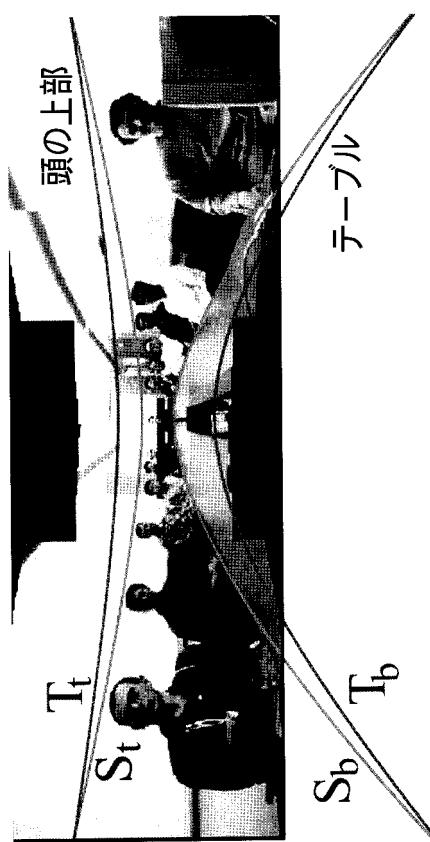


図10B SVIスケーリング関数を使用する処理の後

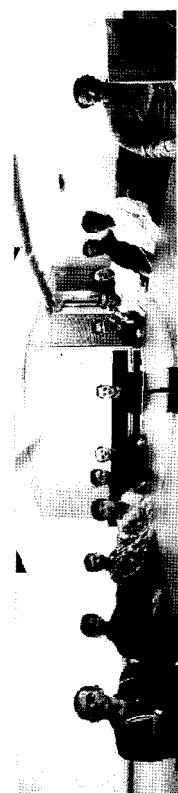
【図 11】



【図 12】



【図13】



【図14】



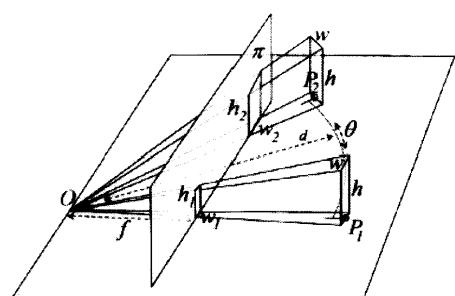
【図15】



【図16】



【図 17】



【図 18 A】



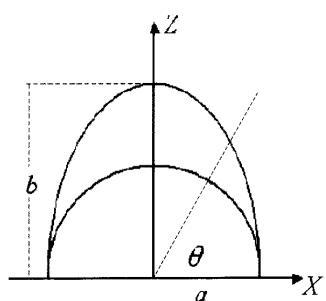
通常の視野

【図 18 B】

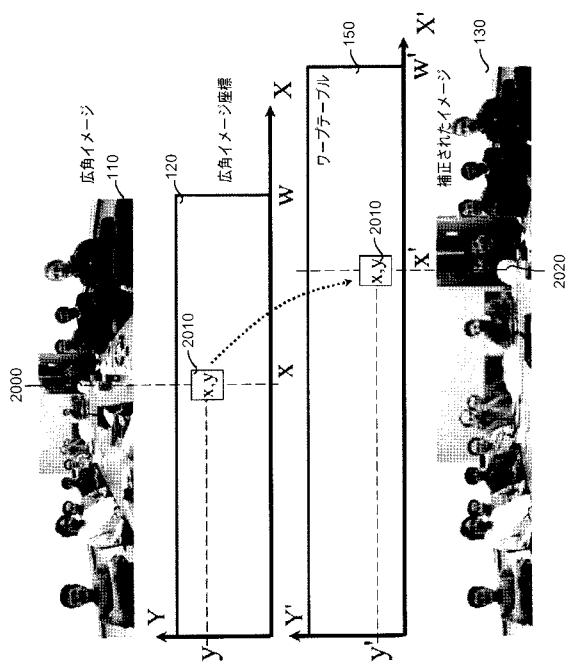


広角の視野

【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

(72)発明者 マイケル コーエン

アメリカ合衆国 98107 ワシントン州 シアトル ファースト アベニュー ノースウェスト
ト 5708

審査官 広島 明芳

(56)参考文献 特開2001-024903(JP,A)

特開2002-127852(JP,A)

特開2000-083157(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 3/00

H04N 7/14~7/18