

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第3区分
 【発行日】平成18年3月23日(2006.3.23)

【公開番号】特開2000-261808(P2000-261808A)
 【公開日】平成12年9月22日(2000.9.22)
 【出願番号】特願平11-59770
 【国際特許分類】

H O 4 N 7/32 (2006.01)

【F I】

H O 4 N 7/137 Z

【手続補正書】
 【提出日】平成18年2月8日(2006.2.8)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】画像符号化方法とその装置、画像復号化方法とその装置、コンピュータに画像符号化方法および画像復号化方法を実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項1】全方位画像を予測符号化する方法であって、フレーム内符号化を行う参照画像符号化ステップと、符号化された参照画像から類似の全方位画像を予測する際、参照画像の端が他方の端に連続していることを仮定し、継ぎ目なく予測全方位画像を生成する予測ステップと、予測ステップにより生成された予測全方位画像と入力全方位画像との差分を符号化する残差符号化ステップを有することを特徴とする画像符号化方法。

【請求項2】全方位画像を予測復号化する方法であって、フレーム内復号化を行う参照画像復号化ステップと、復号化された参照画像から類似の全方位画像を予測する際、参照画像の端が他方の端に連続していることを仮定し、継ぎ目なく予測全方位画像を生成する予測ステップと、予測ステップにより生成された予測全方位画像と入力全方位画像との差分を復号化する残差復号化ステップを有することを特徴とする画像復号化方法。

【請求項3】全方位画像を予測符号化する装置であって、フレーム内符号化を行う参照画像符号化手段と、符号化された参照画像から類似の全方位画像を予測する際、参照画像の端が他方の端に連続していることを仮定し、継ぎ目なく予測全方位画像を生成する予測手段と、予測手段により生成された予測全方位画像と入力全方位画像との差分を符号化する残差符号化手段を有することを特徴とする画像符号化装置。

【請求項4】全方位画像を予測復号化する装置であって、フレーム内復号化を行う参照画像復号化手段と、復号化された参照画像から類似の全方位画像を予測する際、参照画像の端が他方の端に連続していることを仮定し、継ぎ目なく予測全方位画像を生成する予測手段と、予測手段により生成された予測全方位画像と入力全方位画像との差分を復号化する残差復号化手段を有することを特徴とする画像復号化装置。

【請求項5】コンピュータに請求項1に記載の画像符号化方法を実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項6】コンピュータに請求項2に記載の画像復号化方法を実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、3次元環境システムを実現することを目的とした画像符号化方法とその装置、画像復号化方法とその装置、コンピュータに画像符号化方法および画像復号化方法を実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

【0002】**【従来の技術】**

コンピュータグラフィックス (Computer Graphics, CG) とは、「コンピュータによりデータを処理し、生成された画像」または、「コンピュータによりデータを処理し、画像を生成する技術」という意味で用いられる。

【0003】

広く解釈すれば、コンピュータで図形を描くアルゴリズムを開発することも、コンピュータを利用して図形を描くこともCGに含まれる。

【0004】

CGが表現可能な対象は、人間が見ることができる物体、場所や背景のみならず、実際に見ることができないものを表現することも可能である。

【0005】

そのため、CGは仮想現実感 (Virtual Reality, VR) や人工現実感 (Artificial Reality, AR) と呼ばれる技術に用いられ、重要な基礎となっている。これらの技術では、コンピュータ内に構築された世界をCGによって可視化し、あたかもその世界にいるかのような感覚を起こす。より現実味のある緻密な画像生成が必要である。

【0006】

現在そのCGの多くは、ポリゴンベースドレンダリング (Polygon-Based Rendering, PBR) という手法によって生成されている。光学的計算を行うレンダリング (Rendering) 行程は、実環境のような複雑なシーンである場合は計算コストが大きくなる。そのために、計算機的能力が飛躍的に発展した現在でも、実時間でシーンの変更が必要な場合には幾何計算専用のプロセッサが必要になることがある。

【0007】

一方、撮影・蓄積された実写画像を基に画像を生成するイメージベースドレンダリング (Image-Based Rendering, IBR) と呼ばれる手法が提案されている。

【0008】

蓄積画像数が莫大になるために大きな記憶領域を必要とする欠点があるが、実写画像を用いることにより写実的な再生画像を得ることができる。

【0009】

しかし、撮影した画像しか再生できないために、架空の環境は表現することができない。IBRは実写画像を用いるために写実性に優れている。さらに、蓄積画像を出力するために計算コストは極めて小さく、人工現実感のように写実的な画像が求められ、かつ視点の変更とともに実時間でシーンの変更が求められるような応用には、後者のIBRが適している。

【0010】

本発明はIBRを用いた3次元環境再現システムに関する。

【0011】

IBRを用いた3次元環境再現システムを図1に示す。

【0012】

図1では全方位画像 (パノラマ画像) を撮影できるロボットを自走させ、多地点で撮像することにより、任意位置の任意視点の見え方を再現する。IBRの課題は、蓄積すべき情報量が多い点である。

【0013】

これについては特開平10-271511号公報記載の画像符号化装置と画像復号化装

置がある。

【0014】

これを符号化に関する従来例（従来例1）とする。従来例1では、図2に示すように物体周囲をカメラが移動し可能な限り多くの位置から物体を撮像し、異なる視点画像間の相関を利用して高能率符号化を行う。

【0015】

この高能率符号化には、動き補償離散コサイン変換（Motion-Compensated Discrete Cosine Transformation）符号化方式（MC-DCT符号化と以後略す）が多視点間の予測符号化に拡張されて用いられている。

【0016】

MC-DCT符号化方式はITU-T（国際電気通信連合 電気通信標準化部門）で国際標準化されたH. 261規格やH. 263規格やMPEG規格に採用された共通動画圧縮技術として良く知られている。

【0017】

ここでMPEG（Moving Picture Experts Group）とは、世界標準化機構（International Organization for Standardization, ISO）の音声・動画符号化の標準化を進めてきた作業グループ（ISO/IEC JTC1/SC29/WG11）を指すが、同時にこのグループが定めたデータ圧縮の国際規格をも意味する。

【0018】

MC-DCT符号化方式では画像を16×16画素からなるマクロブロックと呼ばれるブロックに分割し、連続する画像（フレーム）間でマクロブロックの差分が最小となる移動量（動きベクトル）を計算し、その差分を離散コサイン変換（DCT）符号化を行う。フレーム間差分最小となるよう動きベクトルを求め冗長性を除いた差分画像を得る作業は動き補償と呼ばれる。DCTは動き補償された画像（差分画像）に残る空間的冗長性を除くために用いられる。なお、最初のフレームは、他のフレームとの差分符号化が行えないため、DCTのみを用いて符号化される。これをIピクチャとよぶ。MC-DCT符号化される一般フレームをPピクチャとよぶ。従来例1はこの構造を多視点画像間に拡張したものである。

【0019】

3次元環境再現システムでは自走ロボットを所定の位置を走査するよう制御する。

【0020】

この制御は角度センサーの情報から移動距離、回転を得て行われるが、角度センサーの精度不足や車輪のスリップが避けられず、正しく所定の位置を走行する保証はない。そのため得られた画像から実際に走行した視点位置を補正する必要がある。

【0021】

画像中の特徴点から、カメラの動きを推定する手法として6特徴点照合による推定方法がある。例えば、文献Juyang Weng, Narendra Ahuja, and Thomas S. Huang: "Optimal motion and structure estimation", IEEE Trans, Pattern Analysis and Machine Intelligence, 15(9), pp864-884 (1993)に記載されている。

【0022】

これを撮像装置の校正に関する従来例（従来例2）とする。この概念を図3に示す。画像中で

【0023】

【数1】

$$\Psi = [d_0, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, T_x, T_y, T_z, \omega_x, \omega_y, \omega_z]^T$$

$$= [s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}]^T$$

【 0 0 2 4 】

が未知数であるとする。

【 0 0 2 5 】

ここで、 d_0 から d_5 まではカメラから物体（この場合、筐体の頂点）までの距離、 T_x 、 T_y 、 T_z はカメラと物体間の相対的並進成分、 ω_x 、 ω_y 、 ω_z は回転成分である。基準位置で観測された 6 特徴点の座標を数 2 として定める。

【 0 0 2 6 】

【数 2】

$$P = [x_0, y_0, x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4, x_5, y_5]^T$$

【 0 0 2 7 】

3 次元空間中の特徴点の位置が（数 1）と（数 2）を既知とすると、任意の視点位置の特徴点投影座標が（数 3）として計算できる。

【 0 0 2 8 】

【数 3】

$$\wedge$$

$$P' = f(P; \Psi)$$

【 0 0 2 9 】

（数 3）が実際には（数 4）として観測されたとする。

【 0 0 3 0 】

【数 4】

$$P' = [x'_0, y'_0, x'_1, y'_1, x'_2, y'_2, x'_3, y'_3, x'_4, y'_4, x'_5, y'_5]^T$$

【 0 0 3 1 】

（数 3）と（数 4）は量子化誤差やレンズ系の収差のため、必ずしも一致しない。

【 0 0 3 2 】

（数 3）と（数 4）のずれを 2 乗誤差として（数 5）に表現し、これを最小化する枠組みで物体－カメラ間の動き Ψ を決定する。

【 0 0 3 3 】

【数 5】

$$e(\Psi) = \|P' - P'(P; \Psi)\|^2$$

$$= (P' - f(P; \Psi))^T (P' - f(P; \Psi))$$

【 0 0 3 4 】

この最小化は、（数 3）の関数 f が非線形関数であることから、反復による最小化手法が使われる。（数 6）は非線形最小 2 乗化の手法として広く用いられている $Levenb$

Levenberg-Marquardt 法による最小化ステップを表している。

【0035】

【数6】

$$\Psi^{t+1} = \Psi^T - (H' + \lambda I)^{-1} \nabla e$$

【0036】

H は近似ヘッセ行列で、I は単位行列 ∇e は勾配 t は反復数である。λ は非負の制御変数で、λ が大きな時、最急降下法（収束は遅いが安定）に、λ が小さな時、ニュートン法（不安定だが収束は速い）に近づく。

【0037】

Levenberg-Marquardt 法では、λ を制御することにより最急降下法とニュートン法の長所が生かせる。なお、Levenberg-Marquardt 法では、近似ヘッセ行列を以下のように計算する。

【0038】

【数7】

$$H' = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 e}{\partial s_0^2} & \frac{\partial^2 e}{\partial s_0 \partial s_1} & \cdots & \frac{\partial^2 e}{\partial s_0 \partial s_{11}} \\ \frac{\partial^2 e}{\partial s_1 \partial s_0} & \frac{\partial^2 e}{\partial s_1^2} & \cdots & \frac{\partial^2 e}{\partial s_1 \partial s_{11}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 e}{\partial s_{11} \partial s_0} & \frac{\partial^2 e}{\partial s_{11} \partial s_1} & \cdots & \frac{\partial^2 e}{\partial s_{11}^2} \end{pmatrix}$$

【0039】

【数8】

$$\frac{\partial^2 e}{\partial s_i \partial s_j} = \frac{\partial f}{\partial s_i} \frac{\partial f}{\partial s_j}$$

【0040】

数8は、数5が2次形式をとっていることから、可能になった近似である。

【0041】

反復が安定収束であるためには、数6において、勾配 ∇e に係る逆行列は正定値 (positive-definite) である必要がある。

【0042】

一般にヘッセ行列は正定値である保証はないが、数7が数8の近似により実対称行列となることから、この場合正定値であることが保証されている。以上2視点間の6特徴点照合により、カメラの並進・回転が求まる。ただし、並進については絶対値ではなく、特徴点までの距離も含めて比として得られる。

【0043】

なお、6特徴点の照合が必要な理由は、以下のように説明できる。特徴点一つの観測につき水平・垂直の座標が得られることから2つの方程式が立つ。

【0044】

カメラの動きパラメータ（未知パラメータ）は6個である。特徴点照合が1つにつき、基準座標における特徴点までの距離が1個未知パラメータとして増える。特徴点照合が6のとき、方程式数が未知パラメータ12と等しくなり、数5の最小化として画像から動きパラメータが求まる。

【0045】

【発明が解決しようとする課題】

従来例1は、図2に示したように内向き多視点画像の符号化を行っており、図1に示すようなIBRを用いた3次元環境再現システム符号化には、改善の余地がある。異なる視点画像間の相関を用いた上で、符号化対象は全方位画像であることの性質を利用した符号化が必要である。また、3次元環境再現システムを実現するためには、符号化した全方位画像の復号化が必要である。

【0046】

本発明は、かかる点に鑑み、全方位画像多視点符号化に適した符号化方法とその装置、全方位画像多視点複合化に適した復号化方法とその装置、およびコンピュータに全方位画像多視点符号化に適した符号化方法および全方位画像多視点複合化に適した復号化方法を実現させるプログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0047】

【課題を解決するための手段】

この課題を解決するために、第1の発明は、全方位画像を予測符号化する方法であって、フレーム内符号化を行う参照画像符号化ステップと、符号化された参照画像から類似の全方位画像を予測する際、参照画像の端が他方の端に連続していることを仮定し、継ぎ目なく予測全方位画像を生成する予測ステップと、予測ステップにより生成された予測全方位画像と入力全方位画像との差分を符号化する残差符号化ステップを有することを特徴とする画像符号化方法である。

【0048】

第2の発明は、全方位画像を予測復号化する方法であって、フレーム内復号化を行う参照画像復号化ステップと、復号化された参照画像から類似の全方位画像を予測する際、参照画像の端が他方の端に連続していることを仮定し、継ぎ目なく予測全方位画像を生成する予測ステップと、予測ステップにより生成された予測全方位画像と入力全方位画像との差分を復号化する残差復号化ステップを有することを特徴とする画像復号化方法である。

【0049】

【発明の実施の形態】

（実施例1）

実施例1を図4、図5、図6、図7、図8を用いて説明する。図1に示した撮像系は、床面上を格子状にくまなく移動するように移動する。図4は、床面を上から俯瞰した、撮影点を表しており、円は全方位画像を表している。

【0050】

全方位画像の中で、網かけされた円はテンプレート符号化画像であり、そうでない画像はテンプレート符号化画像を参照して予測符号化されるテンプレート予測符号化画像である。全方位画像は円筒状にシームレスな画像であるが、これを矩形に展開し、MPEG1とほぼ同じイントラフレーム符号化により符号化される（MC-DCT符号化方式のIピ

クチャに相当)。

【0051】

MPEG1と異なるのは画像サイズで横3520×縦576画素であることである。

【0052】

この処理ステップを図5に示す。従来の技術で説明したように、通常のMC-DCT符号化方式と同じように画像を16×16画素からなるマクロブロックと呼ばれるブロックに分割し、それをさらに分割した8×8画素単位で2次元DCTを行う。

【0053】

これを量子化し、主観画質を落とさない範囲で情報を落とす(情報の欠落は量子化誤差に相当する)。量子化データは可変長符号化されてハフマン符号として出力される。

【0054】

テンプレート予測符号化画像の符号化ステップを図6に示す。

【0055】

視点位置の近いテンプレートを一度復号して参照画像とする。

【0056】

この復号済みテンプレートとの間で当該画像のマクロブロックの差分が最小となる移動量(動きベクトル)を計算し、その差分を離散コサイン変換(DCT)符号化を行う。

【0057】

この処理を図7に示す。量子化以降はテンプレート符号化と同じステップをとる。上記動き補償で、従来のMC-DCT方式の動き補償と異なるのは、図8に示すように領域外参照となる動きベクトルを認めることである。

【0058】

全方位画像はシームレスな円筒画像と考えることができるから、右方(左方)への突出分を画像左端(右端)からみたオフセットとして予測画像生成を行う。

【0059】

この“シームレス(継ぎ目なし)”動き補償に対応して、動きベクトル予測も“シームレス”に行う。

【0060】

以上特許請求の範囲の請求項1に該当する実施例1を説明した。

(実施例2)

次に実施例1で生成された符号データを復号する実施例2を示す。

【0061】

図9は図5の逆過程であり、テンプレート符号化画像を再構成する。

【0062】

横3520×縦576画素が扱えるMPEG1のイントラ復号化ステップを実行する。

【0063】

図10は、図6の逆過程であり、テンプレート予測画像を再構成する。

【0064】

再生しようとする視点位置がテンプレート符号化画像であれば、図9の処理ステップにしたがって復号化する。テンプレート予測符号化画像であれば、参照している近傍のテンプレート符号化画像を一度復号した後(あるいは、一度復号した画像は、消去せずに蓄積しておくとする)、メモリから読み出して、図10の処理ステップに従って復号化する。さらに再構成された画像から図11に示すように任意視線方向を切り取れば、3次元環境再現が行える。

【0065】

このように、膨大なデータ量となる全方位画像を異なる視点間の相関を利用した上で、全方位画像の特徴に注目して“シームレス”動き補償することにより、少ない符号量で符号化することができる。

(参考例1、2)

参考例1、2は3次元環境再現システムにおける観測系の動き推定方法に関するもので

ある。

【0066】

はじめに、参考例1、2の課題を示す。従来技術に示した従来例2は6特徴点照合により、カメラの並進・回転が求まる。図1のように一般に床面上を移動する撮像系では、自由度が水平移動に拘束され、また回転についても鉛直線を軸に1自由度の回転である。

【0067】

したがって、2自由度の並進運動と1自由度の回転運動合計3自由度のパラメータ推定では、3特徴点照合により、カメラ移動パラメータが画像より推定できる。しかし、カメラ移動に際して、特徴点座標の垂直方向成分が変化しないことが多い。したがって、2自由度の並進運動と1自由度の回転運動合計3自由度のパラメータ推定では、3特徴点照合により、カメラ移動パラメータが画像より推定できる。しかし、カメラ移動に際して、特徴点座標の垂直方向成分が変化しないことが多い。

【0068】

言い換えれば、画面上、垂直方向の特徴点座標の僅かな観測誤差が、カメラの運動パラメータを大きく左右する。

【0069】

参考例1、2では、かかる点に鑑み、床面上を移動する観測系の動きパラメータを安定して推定する方法と装置を提供する実施例を示す。

(参考例1)

参考例1に示す発明は、走行する観測系の水平移動、回転角度を推定する方法であって、基準位置における観測系周囲に存在する N 個所($N \geq 6$)の方向角を観測するステップ1と、上記 N 個所について異なる位置1で再度方向角を観測するステップ2と、上記 N 個所についてさらに異なる位置2で再度方向角を観測するステップ3と、以上の3 N の方向角を用いて、基準位置に対する位置1および位置2とその位置における鉛直線周りの観測系の回転を求めるステップからなることを特徴とする観測系動き推定方法である。

【0070】

観測系動き推定方法を図12、図13、図14を用いて説明する。参考の実施例では床面上を移動する撮像系の動きパラメータを安定して推定する方法を示す。

【0071】

はじめに動きパラメータの推定原理を説明する。図12に示すように、カメラが自走することにより、異なる観測位置で、見え方の異なる画像が撮像される。ここで求めたいのは、カメラの並行移動成分(床面上の2自由度)と鉛直方向周りの回転成分(1自由度)の計3自由度のパラメータである。

【0072】

床面上の移動に対して、最も見え方変化の大きな特徴は、情景中の垂直エッジである(原理的には、垂直エッジだけではなく、特徴点を含む。後述の方向角に変換できる特徴であれば良い)。

【0073】

本実施例では水平方向の見え方の変化だけを頼りにカメラの動きパラメータを推定する。図13は、撮像装置の位置を真上から俯瞰した図であるが、このように3視点位置でAの位置を基準とし、新たに位置Bおよび位置Cで同じ垂直エッジを観測するとする。

【0074】

各位置における十字は、撮像装置中心で定まる局座標である。

【0075】

基準位置Aにおいて定めた座標系に対して、Bに移動した際のカメラ動きパラメータは(T_x^B 、 T_y^B 、 ω^B)、Cに移動した際のカメラ動きパラメータは(T_x^C 、 T_y^C 、 ω^C)とする。

【0076】

未知数は6である。これを求めるために、各位置における垂直エッジの方位角を求める

。観測 1 つに付き数 9 が 1 つ成り立つ。

【0077】

数 9 において p は位置の識別子でこの場合 [B、C] のいずれかである。i は垂直エッジの識別子であり、 $0 \leq i < N$ 、 $N \geq 6$ であることは後述する。

【0078】

【数 9】

$$\begin{pmatrix} \cos \theta_i^A \\ \sin \theta_i^A \end{pmatrix} = -\frac{d_i^p}{d_i^A} \begin{pmatrix} \cos(\omega^p - \omega^A) & -\sin(\omega^p - \omega^A) \\ \sin(\omega^p - \omega^A) & \cos(\omega^p - \omega^A) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta_i^p \\ \sin \theta_i^p \end{pmatrix} - \frac{1}{d_i^A} \begin{pmatrix} t_x^p - t_x^A \\ t_y^p - t_y^A \end{pmatrix}$$

【0079】

数 9 は垂直エッジ i の基準座標 A からみた距離 d_i^A と位置 p までのカメラ動きパラメータが分かれば視点 A における方位角が計算できることを意味する拘束式である。

【0080】

さて、ここで 2 つの視点（例えば、基準点 A と移動点 B）で、垂直エッジを照合して基準座標から移動点 B までのカメラ動きパラメータを求めようとする、観測 1 つにつき拘束式が増えるが、新たに未知パラメータ d_i^A が増える。

【0081】

そこで、観測位置を 3 点（この場合に相当し、基準点 A と移動点 B と C）とすると、観測 1 に対して拘束式が 2 つ得られ、6 特徴の観測で 12 の拘束式、12 の未知パラメータとなり、未知パラメータが定まる。

【0082】

より一般的には 6 特徴以上の観測であれば、未知パラメータは全て求まる。

【0083】

数 9 を書き換えて数 10 とする。

【0084】

【数 10】

$$\begin{pmatrix} \cos \theta_i^A \\ \sin \theta_i^A \end{pmatrix} = -\frac{d_i^p}{d_i^A} \begin{pmatrix} \cos \Omega^p & -\sin \Omega^p \\ \sin \Omega^p & \cos \Omega^p \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta_i^p \\ \sin \theta_i^p \end{pmatrix} - \frac{1}{d_i^A} \begin{pmatrix} T_x^p \\ T_y^p \end{pmatrix}$$

【0085】

ただし、

【 0 0 8 6 】

【 数 1 1 】

$$\begin{pmatrix} T_x^p \\ T_y^p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_x^p - t_x^A \\ t_y^p - t_y^A \end{pmatrix}$$

【 0 0 8 7 】

【 数 1 2 】

$$\Omega^p = \omega^p - \omega^A$$

【 0 0 8 8 】

【 数 1 3 】

$$d_i^p = \left\| \begin{pmatrix} T_x^p \\ T_y^p \end{pmatrix} - d_i^A \begin{pmatrix} \cos \theta_i^A \\ \sin \theta_i^A \end{pmatrix} \right\|$$

【 0 0 8 9 】

である。

【 0 0 9 0 】

ここで求めるべきパラメータを数 1 4 とする。

【 0 0 9 1 】

【 数 1 4 】

$$\begin{aligned} \Psi &= [d_0^A, d_1^A, d_2^A, d_3^A, d_4^A, d_5^A, T_x^B, T_y^B, \Omega^B, T_x^C, T_y^C, \Omega^C]^T \\ &= [s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}]^T \end{aligned}$$

【 0 0 9 2 】

これまでの関係式から、 Ψ が求めれば視点位置 A、B、C 間のカメラ移動が分かることになる。

【 0 0 9 3 】

基準位置 A における観測角を数 1 5 とすると、 Ψ と数 1 5 から、視点位置 B における観測角と視点位置 C における観測角が数 1 6 として導かれる。

【 0 0 9 4 】

【 数 1 5 】

$$\theta_A = [\theta_0^A, \theta_1^A, \theta_2^A, \theta_3^A, \theta_4^A, \theta_5^A]^T$$

【 0 0 9 5 】

【 数 1 6 】

$$\hat{\theta}(\theta_A; \Psi) = [\hat{\theta}_B, \hat{\theta}_C]^T$$

【 0 0 9 6 】

以上は、移動パラメータと視点位置から計算された値であるが、実際に観測された角度を数 1 7 であるとする。

【 0 0 9 7 】

【 数 1 7 】

$$\theta = [\theta_B, \theta_C]^T$$

【 0 0 9 8 】

ただし、

【 0 0 9 9 】

【 数 1 8 】

$$\theta_B = [\theta_0^B, \theta_1^B, \theta_2^B, \theta_3^B, \theta_4^B, \theta_5^B]^T$$

【 0 1 0 0 】

【 数 1 9 】

$$\theta_C = [\theta_0^C, \theta_1^C, \theta_2^C, \theta_3^C, \theta_4^C, \theta_5^C]^T$$

【 0 1 0 1 】

である。

【 0 1 0 2 】

ここで、 Ψ と数 1 5 から得られる数 1 6 を以後の微分処理を容易にするため（数 1 0 参照）、数 2 0 に表現を書き換える。数 2 0 は明示しないまでも Ψ と基準点 A における観測角（数 1 5）の関数である。

【 0 1 0 3 】

【 数 2 0 】

$$\hat{O} = (\cos \hat{\theta}_0^B, \sin \hat{\theta}_0^B, \cos \hat{\theta}_1^B, \sin \hat{\theta}_1^B, \cos \hat{\theta}_2^B, \sin \hat{\theta}_2^B, \\ \cos \hat{\theta}_3^B, \sin \hat{\theta}_3^B, \cos \hat{\theta}_4^B, \sin \hat{\theta}_4^B, \cos \hat{\theta}_5^B, \sin \hat{\theta}_5^B, \\ \cos \hat{\theta}_0^C, \sin \hat{\theta}_0^C, \cos \hat{\theta}_1^C, \sin \hat{\theta}_1^C, \cos \hat{\theta}_2^C, \sin \hat{\theta}_2^C, \\ \cos \hat{\theta}_3^C, \sin \hat{\theta}_3^C, \cos \hat{\theta}_4^C, \sin \hat{\theta}_4^C, \cos \hat{\theta}_5^C, \sin \hat{\theta}_5^C)^T$$

【0104】

以上に対応して、観測位置 B、C における観測角の表現を数 17 から数 21 に表現を変える。

【0105】

【数 21】

$$O = (\cos \theta_0^B, \sin \theta_0^B, \cos \theta_1^B, \sin \theta_1^B, \cos \theta_2^B, \sin \theta_2^B, \\ \cos \theta_3^B, \sin \theta_3^B, \cos \theta_4^B, \sin \theta_4^B, \cos \theta_5^B, \sin \theta_5^B, \\ \cos \theta_0^C, \sin \theta_0^C, \cos \theta_1^C, \sin \theta_1^C, \cos \theta_2^C, \sin \theta_2^C, \\ \cos \theta_3^C, \sin \theta_3^C, \cos \theta_4^C, \sin \theta_4^C, \cos \theta_5^C, \sin \theta_5^C)^T$$

【0106】

そして、計算により予測される B 地点、C 地点の観測角と実測との 2 乗誤差を数 22 で表す。

【0107】

【数 22】

$$e(\Psi) = \|O - \hat{O}(\theta_A; \Psi)\|^2$$

【0108】

数 22 を最小化する Ψ としてパラメータが求まる。これは、従来技術で示した Levenberg-Marquardt 法の枠組みで数 23 の反復として求めることができる。

【0109】

【数 23】

$$\Psi^{t+1} = \Psi^t - (H' + \lambda I)^{-1} \nabla e$$

【0110】

数 23 中、H は近似ヘッセ行列（数 7、数 8 と同形）で、I は単位行列 ∇e は勾配であ

る。

【0111】

ヘッセ行列と勾配を求める微分処理は数14の未知パラメータについて行われる。

【0112】

以上の処理ステップをまとめると、図14となる。これを参考例1とする。

(参考例2)

参考例2の発明は、走行する観測系の水平移動、回転角度を推定する装置であって、観測系周囲に存在するN個所 ($N \geq 6$) の方向角を観測する手段と、上記手段を異なる観測位置 (基準位置、位置1、位置2) について3回動作させた結果を保持するメモリと、記憶された3観測位置における3Nの方向角を用いて、基準位置に対する位置1および位置2とその位置における鉛直線周りの観測系の回転を求める手段からなることを特徴とする観測系動き推定装置である。

【0113】

観測系動き推定装置の参考例2について、図15を用いて説明する。図15はブロック図であり、101は全方位画像から垂直エッジを抽出する特徴抽出部、102は垂直エッジの対応関係を求める特徴追跡部、103はエッジから図13に示す観測角に変換する6方向抽出部、104～105は基準点A、移動点B、Cの角度を記憶するメモリ、107は以上の観測から数23に示した反復演算を行い、数14のパラメータを求めるカメラ動き計算部である。

【0114】

この装置によれば、自走しながら3地点で画像上に現れる6本の線分の見える方位角を記憶することにより、その線分 (例えば、テーブルや本棚の稜線) までの距離と移動成分の比、および鉛直線周りの回転角を計算することができる。実際に観測した例を図16、図17に示す。

【0115】

未知パラメータのうち、距離に関する成分 (言い換えれば回転以外の成分) は全て比として求まる。

【0116】

この例では、移動カメラの車輪から得られた距離から数14の $T x^B$ の絶対値を定め、比例演算で絶対距離を求めている。

【0117】

なお、本参考例では、全方位画像に写る垂直線分を特徴として用いたが、原理的には、図13に示すように3次元中の物体の存在 (エッジや角など) を観測位置からの水平面上の方位角に置き換えることができれば、数14のパラメータを求めることができる。

【0118】

したがって、撮像対象が全方位画像である必要はなく、また用いる画像特徴も線分に限定する必要はない。

【0119】

例えば、通常のカメラを用いてその投影面上でレンズ中心に平行な線を仮定し、その線上の特徴移動を追跡することによりカメラ動きパラメータを推定することができる。

【0120】

さらに、観測手段は画像である必要も無い。方位角の観測であるからレーザー光の照射によってもこの方法および装置は適用できる。

【0121】

最後に6線分を観測したが、7以上の線分を観測しても、増える未知パラメータ (線分までの距離) の数よりも拘束式が増えるため、数20の最小化により求めることができる。

【0122】

なお、本発明をソフトウェアプログラムによって実現し、そのプログラムをメモリ上に記憶することにより、実行することができる。その場合、そのプログラムをCD-ROM

等の記録媒体を用いて、あるいはインターネット等の通信回線を用いてプログラムを配信して、本発明を実行することも可能である。

【0123】

【発明の効果】

以上のように本発明（請求項1）に係る画像符号化方法によれば、図1に例示される全方位画像を予測符号化する際、右端と左端が連結した動き補償を行うことにより、MPEG1などの通常の予測符号化を用いた方法よりも高能率に符号化することができる。

【0124】

また本発明（請求項2）に係る画像復号化方法によれば、図1に例示される全方位画像を予測符号化したデータを復号化する際、右端と左端が連結した動き補償を行うことにより、MPEG1などの通常の予測復号化を用いた方法よりも高能率に復号化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

3次元環境再現システム概念図

【図2】

多視点画像符号化の従来例を示す図

【図3】

画像上の6特徴点照合によるカメラ動きパラメータ推定図

【図4】

テンプレート符号化画像とテンプレート予測符号化画像の配置説明図

【図5】

テンプレート符号化処理手順を示す図

【図6】

テンプレート予測符号化処理手順を示す図

【図7】

全方位画像の動き補償概念図

【図8】

全方位画像の境界外動き補償の概念図

【図9】

テンプレート復号化処理手順を示す図

【図10】

テンプレート予測復号化処理手順を示す図

【図11】

全方位画像と任意方向画像の関係説明図

【図12】

6垂直線による自走ロボット位置推定概念図

【図13】

方向角と自走ロボットの座標系説明図

【図14】

観測系動き推定方法の一実施例処理手順を示す図

【図15】

観測系動き推定装置の一実施例ブロック図

【図16】

観測系動き推定装置の一実施例による処理結果例1を示す図

【図17】

観測系動き推定装置の一実施例による処理結果例2を示す図

【符号の説明】

101 特徴抽出部

102 特徴追跡部

- 1 0 3 6 方向抽出部
- 1 0 4 角度メモリ 1
- 1 0 5 角度メモリ 2
- 1 0 6 角度メモリ 3
- 1 0 7 カメラ動き計算部