

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4780459号
(P4780459)

(45) 発行日 平成23年9月28日 (2011.9.28)

(24) 登録日 平成23年7月15日 (2011.7.15)

| | | | | | |
|-------------------|------------------|------------|------|--|--|
| (51) Int. Cl. | | F I | | | |
| G06T 15/00 | (2011.01) | G06T 15/00 | 100A | | |
| G06T 7/00 | (2006.01) | G06T 7/00 | 300F | | |
| G06T 19/00 | (2011.01) | G06T 17/40 | A | | |
| G06F 17/50 | (2006.01) | G06F 17/50 | 622Z | | |

請求項の数 16 (全 14 頁)

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2006-92907 (P2006-92907) | (73) 特許権者 | 800000068 |
| (22) 出願日 | 平成18年3月30日 (2006.3.30) | | 学校法人東京電機大学 |
| (65) 公開番号 | 特開2007-265326 (P2007-265326A) | | 東京都千代田区神田錦町2-2 |
| (43) 公開日 | 平成19年10月11日 (2007.10.11) | (74) 代理人 | 100119677 |
| 審査請求日 | 平成21年3月6日 (2009.3.6) | | 弁理士 岡田 賢治 |
| 特許法第30条第1項適用 | 発行者名：日本感性工学会 | (74) 代理人 | 100115794 |
| 刊行物名：第2回日本感性工学会春季大会 予稿集2 | | | 弁理士 今下 勝博 |
| 006 刊行物発行年月日：2006年3月24日 | | (72) 発明者 | 柴田 滝也 |
| | | | 東京都千代田区神田錦町2-2 学校法人 |
| | | (72) 発明者 | 武田 秀貴 |
| | | | 東京都千代田区神田錦町2-2 学校法人 |
| | | | 東京電機大学内 |
| | | 審査官 | 千葉 久博 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 3次元物体モデル数値化方法及び3次元物体モデル数値化プログラム及びその記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のポリゴンの組み合わせで記述された3次元の物体モデルの特徴を数値化する3次元物体モデル数値化方法であって、

コンピュータが備える距離を求める手段が、前記物体モデルの中心と前記物体モデルの各頂点との距離をそれぞれ頂点の距離として求める手順と、

コンピュータが備える距離を分類する手段が、前記距離を求める手段の求めた前記それぞれの頂点の距離をp個(pは2以上の整数)の距離区間に分類する手順と、

コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、前記距離を分類する手段の分類した各距離区間に含まれる頂点の数を頂点の全体数で除した距離区間ごとの値を特徴量として算出する手順と、

を有する3次元物体モデル数値化方法。

【請求項2】

複数のポリゴンの組み合わせで記述された3次元の物体モデルの特徴を数値化する3次元物体モデル数値化方法であって、

コンピュータが備える距離を求める手段が、前記物体モデルの中心と前記物体モデルの各頂点との距離をそれぞれ頂点の距離として求める手順と、

コンピュータが備える角度を求める手段が、前記物体モデルの中心から前記物体モデルの任意の2つの頂点を見た角度を前記物体モデルの全ての頂点の組み合わせについてそれぞれ頂点の角度として求める手順と、

コンピュータが備える距離を分類する手段が、前記距離を求める手段の求めた前記それぞれの頂点の距離を p 個 (p は 2 以上の整数) の距離区間に分類する手順と、

コンピュータが備える角度を分類する手段が、前記角度を求める手段の求めた前記それぞれの頂点の角度を q 個 (q は 2 以上の整数) の角度区間に分類する手順と、

コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、前記距離区間ごと及び前記角度区間ごとに含まれる頂点の数を全ての頂点から 2 つの頂点を選択する組み合わせの数の 2 倍で除した前記距離区間ごとの値及び前記角度区間ごとの値を特徴量として算出する手順と、

を有する 3 次元物体モデル数値化方法。

【請求項 3】

前記角度区間は、等分割されていることを特徴とする請求項 2 に記載の 3 次元物体モデル数値化方法。 10

【請求項 4】

前記角度区間は、前記角度区間の境界が等比級数となるように分割されていることを特徴とする請求項 2 に記載の 3 次元物体モデル数値化方法。

【請求項 5】

球面の内面に前記物体モデルが最大に内接するように前記物体モデルを拡大又は縮小したときの前記球面の中心が前記物体モデルの中心であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の 3 次元物体モデル数値化方法。

【請求項 6】

前記物体モデルが均一物で構成されているとしたときの重量中心が前記物体モデルの中心であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の 3 次元物体モデル数値化方法。 20

【請求項 7】

前記距離区間は、等分割されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の 3 次元物体モデル数値化方法。

【請求項 8】

前記距離区間は、前記距離区間の境界が等比級数となるように分割されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の 3 次元物体モデル数値化方法。

【請求項 9】

前記特徴量として算出する手順において、コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、 30

前記頂点を形成する各ポリゴンの拡散反射率の平均値を前記頂点の拡散反射率とし、

前記頂点の前記拡散反射率から得られる前記頂点の色彩を色空間の構成要素ごとに分離して特徴量としてさらに算出することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の 3 次元物体モデル数値化方法。

【請求項 10】

前記特徴量として算出する手順において、コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、

前記頂点を形成する各ポリゴンの拡散反射率の平均値を前記頂点の拡散反射率とし、

前記頂점에接するポリゴンの全てについて、前記頂点と前記頂点から延びる前記ポリゴンの辺の midpoint と前記ポリゴンの重心と前記頂点から延びる前記ポリゴンの他の辺の midpoint と前記頂点とで囲まれる四角形の面積を算出し、前記頂점에接するポリゴンの全ての前記四角形の面積の総和を前記頂点の頂点面積とし、 40

前記頂点の前記拡散反射率に前記頂点の前記頂点面積で加重して得られる前記頂点の色彩を色空間の構成要素ごとに分離して特徴量としてさらに算出することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の 3 次元物体モデル数値化方法。

【請求項 11】

前記特徴量として算出する手順において、コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、

前記頂点を形成する各ポリゴンの法線ベクトルのベクトル和を前記頂点の法線ベクトル 50

とし、

前記頂点に接するポリゴンの全てについて、前記頂点と前記頂点から延びる前記ポリゴンの辺の中点と前記ポリゴンの重心と前記頂点から延びる前記ポリゴンの他の辺の中点と前記頂点とで囲まれる四角形の面積を算出し、前記頂点に接するポリゴンの全ての前記四角形の面積の総和を前記頂点の頂点面積とし、

下記(1)式によって得られるAに前記頂点の頂点面積で加重して得られる前記頂点の色彩を色空間の構成要素ごとに分離して特徴量としてさらに算出することを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載の3次元物体モデル数値化方法。

$$A = L \times \cos \theta \quad (1)$$

但し、Lは照明の強度、 θ は頂点に割り当てられた拡散反射率、 n は前記頂点の法線ベクトルと照明の方向ベクトルとの角度を表し、 $-90^\circ < \theta < 90^\circ$ 以外では $A = 0$ である。

10

【請求項12】

前記色空間の構成要素は、赤、緑、青の3色であり、各色の強度をそれぞれ f_i 、 f_j 、 f_k 個(f_i 、 f_j 、 f_k は2以上の整数)の区間に分類し、各区間に含まれる頂点の数を特徴量として算出することを特徴とする請求項9から11のいずれかに記載の3次元物体モデル数値化方法。

【請求項13】

前記色空間の構成要素は、 L^* 、 a^* 、 b^* 色空間の L^* 、 a^* 、 b^* であり、 L^* 、 a^* 、 b^* の程度をそれぞれ g_i 、 g_j 、 g_k 個(g_i 、 g_j 、 g_k は2以上の整数)の区間に分類し、各区間に含まれる頂点の数を特徴量として算出することを特徴とする請求項9から11のいずれかに記載の3次元物体モデル数値化方法。

20

【請求項14】

前記色空間の構成要素は、色相、彩度及び明度であり、色相、彩度、明度の程度をそれぞれ h_i 、 h_j 、 h_k 個(h_i 、 h_j 、 h_k は2以上の整数)の区間に分類し、各区間に含まれる頂点の数を特徴量として算出することを特徴とする請求項9から11のいずれかに記載の3次元物体モデル数値化方法。

【請求項15】

請求項1から14のいずれかに記載の各手順をコンピュータに実行させるための3次元物体モデル数値化プログラム。

30

【請求項16】

請求項15に記載の3次元物体モデル数値化プログラムを格納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】

【技術分野】

【0001】

本発明は、3次元の物体モデルの検索を容易にするために、3次元の物体モデルの特徴を数値化する3次元の物体モデル数値化方法及び3次元の物体モデル数値化プログラム及びその記録媒体に関する。

【背景技術】

40

【0002】

近年、コンピュータ技術やCADソフトウェアの発展に伴い、各種の3次元の物体モデルが生成されインターネットに掲載されたり、データベースとして収容されたりしている。しかし、従来の検索システムではテキストによる検索がほとんどである。テキスト検索では、3次元の物体モデルの形状を特徴的に表現するキーワードや分類記号が用いられている。しかし、単純な形状にはこのようなキーワードや分類記号による検索が可能であるが、複雑な形状の検索には適していない。また、すでに蓄積されたデータベースにはキーワードや分類記号が必ずしも付されていないため、検索することができない。

【0003】

インテリアなどの3次元の物体モデルが普及する中で3次元の物体モデルを検索するに

50

は手間と時間がかかるため、3次元の物体モデルの特徴を抽出して数値化する手法が求められている。

【0004】

例えば、任意の2つのポリゴン対の角度や相対距離の特徴を導出して2つの3次元の物体モデルの類似を判断する手法がある(例えば、特許文献1参照。)。この手法は、ポリゴンの面に着目して、3次元の物体モデルの形状の特徴を抽出するものである。

【特許文献1】特開2005-84717号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

3次元の物体モデルの特徴を抽出する研究は開始されたばかりで、3次元の物体モデルの何に着目すれば人間の感性に近いかは評価が固まっていないのが実情である。

【0006】

本願発明は、物体モデルの大きさに依存せず、また形状に関して物体モデルが回転しても特徴量が不変な数値で表すことのできる3次元の物体モデル数値化方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願第一発明は、3次元の物体モデルをポリゴンの組み合わせで記述し、3次元の物体モデルの中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布を特徴量として算出するものである。

【0008】

具体的には、複数のポリゴンの組み合わせで記述された3次元の物体モデルの特徴を数値化する3次元物体モデル数値化方法であって、コンピュータが備える距離を求める手段が、前記物体モデルの中心と前記物体モデルの各頂点との距離をそれぞれ頂点の距離として求める手順と、コンピュータが備える距離を分類する手段が、前記距離を求める手段の求めた前記それぞれの頂点の距離をp個(pは2以上の整数)の距離区間に分類する手順と、コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、前記距離を分類する手段の分類した各距離区間に含まれる頂点の数を頂点の全体数で除した距離区間ごとの値を特徴量として算出する手順と、を有する3次元物体モデル数値化方法である。

【0009】

物体モデルの中心から各頂点までの距離を求めるため、物体モデルが回転してもその値は変わることがない。また、求めた距離を複数の距離区間に分類し、各距離区間に含まれる頂点の数を頂点の全体数で除算するため、距離区間ごとの値が正規化できポリゴンの数に依存することなく物体モデルの形状の特徴を数値化することができる。

【0010】

本願第二発明は、3次元の物体モデルをポリゴンの組み合わせで記述し、3次元の物体モデルの中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布及び3次元の物体モデルの中心から見た各頂点の開き角度の分布を2次元的な特徴量として算出するものである。

【0011】

具体的には、複数のポリゴンの組み合わせで記述された3次元の物体モデルの特徴を数値化する3次元物体モデル数値化方法であって、コンピュータが備える距離を求める手段が、前記物体モデルの中心と前記物体モデルの各頂点との距離をそれぞれ頂点の距離として求める手順と、コンピュータが備える角度を求める手段が、前記物体モデルの中心から前記物体モデルの任意の2つの頂点を見た角度を前記物体モデルの全ての頂点の組み合わせについてそれぞれ頂点の角度として求める手順と、コンピュータが備える距離を分類する手段が、前記距離を求める手段の求めた前記それぞれの頂点の距離をp個(pは2以上の整数)の距離区間に分類する手順と、コンピュータが備える角度を分類する手段が、前記角度を求める手段の求めた前記それぞれの頂点の角度をq個(qは2以上の整数)の角度区間に分類する手順と、コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、前記距離区間

10

20

30

40

50

ごと及び前記角度区間ごとに含まれる頂点の数を全ての頂点から2つの頂点を選択する組み合わせの数の2倍で除した前記距離区間ごとの値及び前記角度区間ごとの値を特徴量として算出する手順と、を有する3次元物体モデル数値化方法である。

【0012】

物体モデルの中心から各頂点までの距離及び物体モデルの中心から見た各頂点の開き角度を求めるため、物体モデルが回転してもその値は変わらない。また、求めた距離を複数の距離区間及び求めた角度を複数の角度区間に分類し、各距離区間及び各角度区間に含まれる頂点の数を全部の頂点の組み合わせの数の2倍で除算するため、距離区間及び角度区間ごとの値が正規化できポリゴンの数に依存することなく物体モデルの形状の特徴を数値化することができる。

10

【0013】

本願第二発明の3次元物体モデル数値化方法において、前記角度区間は、等分割されていることが好ましい。角度区間が等分割されていると、角度ごとの分布がリニアに表現できるため物体モデルの形状と直感的に結びつきやすい。

【0014】

本願第二発明の3次元物体モデル数値化方法において、前記角度区間は、前記角度区間の境界が等比級数となるように分割されていることが好ましい。角度区間の境界が等比級数で分割されていると、小さい角度で分布している頂点、即ち同じ方向に密集している頂点の分布を拡大して表現することができる。

20

【0015】

本願第一発明又は本願第二発明の3次元物体モデル数値化方法において、球面の内面に前記物体モデルが最大に内接するように前記物体モデルを拡大又は縮小したときの前記球面の中心が前記物体モデルの中心であることが好ましい。物体モデルの中心を客観的に決定することができ、他の物体モデルとの比較が容易になる。また、物体モデルの中心から各頂点までの距離の分布を正規化した場合に物体モデルの大きさに関係なく特徴を比較することができる。

【0016】

本願第一発明又は本願第二発明の3次元物体モデル数値化方法において、前記物体モデルが均一物で構成されているとしたときの重量中心が前記物体モデルの中心であることが好ましい。物体モデルの中心を客観的に決定することができ、他の物体モデルとの比較が容易になる。また、物体モデルの中心から各頂点までの距離の分布を正規化した場合に物体モデルの大きさに関係なく特徴を比較することができる。

30

【0017】

本願第一発明又は本願第二発明の3次元物体モデル数値化方法において、前記距離区間は、等分割されていることが好ましい。距離区間が等分割されていると、距離ごとの分布がリニアに表現できるため物体モデルの形状と直感的に結びつきやすい。

【0018】

本願第一発明又は本願第二発明の3次元物体モデル数値化方法において、前記距離区間は、前記距離区間の境界が等比級数となるように分割されていることが好ましい。距離区間の境界が等比級数で分割されていると、短い距離で分布している頂点、即ち同じ箇所に密集している頂点の分布を拡大して表現することができる。

40

【0019】

本願第三発明は、ポリゴンを組み合わせたモデルで3次元の物体を記述し、3次元の物体の中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布のみならず頂点の色彩も特徴量として算出するものである。

【0020】

具体的には、本願第一発明又は本願第二発明の前記特徴量として算出する手順において、コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、前記頂点を形成する各ポリゴンの拡散反射率の平均値を前記頂点の拡散反射率とし、前記頂点の前記拡散反射率から得られる前記頂点の色彩を色空間の構成要素ごとに分離して特徴量としてさらに算出するものである

50

。頂点の色彩を数値化することによって、物体モデルの特徴をより精確に記述することができる。

【0021】

具体的には、本願第一発明又は本願第二発明の前記特徴量として算出する手順において、コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、前記頂点を形成する各ポリゴンの拡散反射率の平均値を前記頂点の拡散反射率とし、前記頂点に接するポリゴンの全てについて、前記頂点と前記頂点から延びる前記ポリゴンの辺の midpoint と前記ポリゴンの重心と前記頂点から延びる前記ポリゴンの他の辺の midpoint と前記頂点とで囲まれる四角形の面積を算出し、前記頂点に接するポリゴンの全ての前記四角形の面積の総和を前記頂点の頂点面積とし、前記頂点の前記拡散反射率に前記頂点の前記頂点面積で加重して得られる前記頂点の色彩を色空間の構成要素ごとに分離して特徴量としてさらに算出することでもよい。頂点の色彩を頂点面積という新たな概念を加えて数値化することによって、物体モデルの特徴をより精確に記述することができる。

10

【0022】

具体的には、本願第一発明又は本願第二発明の前記特徴量として算出する手順において、コンピュータが備える特徴量を算出する手段が、前記頂点を形成する各ポリゴンの法線ベクトルのベクトル和を前記頂点の法線ベクトルとし、前記頂点に接するポリゴンの全てについて、前記頂点と前記頂点から延びる前記ポリゴンの辺の midpoint と前記ポリゴンの重心と前記頂点から延びる前記ポリゴンの他の辺の midpoint と前記頂点とで囲まれる四角形の面積を算出し、前記頂点に接するポリゴンの全ての前記四角形の面積の総和を前記頂点の頂点面積とし、下記(1)式によって得られるAに前記頂点の頂点面積で加重して得られる前記頂点の色彩を色空間の構成要素ごとに分離して特徴量としてさらに算出することでもよい。

20

$$A = L \times \rho \times \cos \theta \quad (1)$$

但し、Lは照明の強度、 ρ は頂点に割り当てられた拡散反射率、 θ は前記頂点の法線ベクトルと照明の方向ベクトルとの角度を表し、 $-90^\circ < \theta < 90^\circ$ 以外ではA=0である。頂点の色彩を頂点面積、頂点の法線ベクトルという新たな概念を加えて数値化することによって、物体モデルの形状の特徴をより精確に記述することができる。

【0023】

前記色空間の構成要素は、赤、緑、青の3色であり、各色の強度をそれぞれ f_i 、 f_j 、 f_k 個(f_i 、 f_j 、 f_k は2以上の整数)の区間に分類し、各区間に含まれる頂点の数を特徴量として算出することが好ましい。3原色で色彩を記述することによって独立したパラメータで色彩を表現することができる。

30

【0024】

前記色空間の構成要素は、 $L^* a^* b^*$ 色空間の L^* 、 a^* 、 b^* であり、 L^* 、 a^* 、 b^* の程度をそれぞれ g_i 、 g_j 、 g_k 個(g_i 、 g_j 、 g_k は2以上の整数)の区間に分類し、各区間に含まれる頂点の数を特徴量として算出することが好ましい。 $L^* a^* b^*$ 色空間で記述することによって、人間に近い感性で色彩を表現することができる。

【0025】

前記色空間の構成要素は、色相、彩度及び明度であり、色相、彩度、明度の程度をそれぞれ h_i 、 h_j 、 h_k 個(h_i 、 h_j 、 h_k は2以上の整数)の区間に分類し、各区間に含まれる頂点の数を特徴量として算出することが好ましい。色相、彩度及び明度という独立したパラメータで色彩を表現することができる。

40

【0026】

本願第四発明は、上記第一発明から第三発明のいずれかの3次元物体モデル数値化方法をコンピュータに実行させるための3次元物体モデル数値化プログラムである。

【0027】

本願第五発明は、上記第四発明の3次元物体モデル数値化プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

【発明の効果】

50

【0028】

本願発明により、物体モデルの大きさに依存せず、また形状に関しては物体モデルが回転しても特徴量を不変な数値で表すことのできる3次元物体モデル数値化方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

添付の図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。以下に説明する実施の形態は本発明の実施の例であり、本発明は、以下の実施の形態に制限されるものではない。図1及び図2は、本実施形態に係る3次元の物体モデル数値化方法の一例を示す説明図である。図1において、11は数値化する対象となる物体モデルである。物体モデル11は複数のポリゴンの組み合わせで記述された3次元の物体モデルである。物体モデル11のポリゴンの境界で辺が構成され、複数の辺が交差して頂点が構成される。

10

【0030】

まず、物体モデル11の中心を決定する。図2において、11は数値化する対象となる物体モデル、12は物体モデル11の中心、13は物体モデルの中心12を中心とする球面である。物体モデル11の中心12は物体モデル11の内部、外部を問わず任意の位置としてもよい。しかし、物体モデル11の形状を客観的に数値化するには、物体モデル11の中心12は、球面13の内面に物体モデル11が最大に内接するように物体モデル11を拡大又は縮小したときの球面13の中心が物体モデル11の中心12とすることが好ましい。このような物体モデル11の中心12は、物体モデル11の形状と大きさが定まれば容易に決定することができ、物体モデル11の中心12から各頂点までの距離の分布を正規化した場合に物体モデル11の大きさに関係なく特徴を比較することができる。

20

【0031】

ここで、球面13の半径を1とすると、物体モデル11の中心12から最長距離にある頂点までの距離が1となり、物体モデル11の中心12から各頂点までの距離を正規化することができる。

【0032】

物体モデル11の中心12は、物体モデル11が均一物で構成されているとしたときの重量中心を物体モデル11の中心としてもよい。このような物体モデル11の中心12は、物体モデル11の形状と大きさが定まれば容易に決定することができ、物体モデル11の中心12から各頂点までの距離の分布を正規化した場合に物体モデル11の大きさに関係なく特徴を比較することができる。

30

【0033】

ここで、物体モデル11の中心12を重量中心としたときの、重量中心を中心とし、重量中心から最長距離にある頂点までの距離を半径とする球面13を設定する。球面13の半径を1とすると物体モデルの中心12から最長距離にある頂点までの距離が1となり、物体モデルの中心12から各頂点までの距離を正規化することができる。

【0034】

次に、図2における物体モデルの中心12と物体モデルの各頂点との距離をそれぞれ頂点の距離として求める。頂点の数が n 個あれば、頂点の距離も n 個となる。求めた頂点の距離を p 個(p は2以上の整数)の距離区間に分類する。距離区間は等分割してもよい。距離区間が等分割されていると、距離ごとの分布がリニアに表現できるため物体モデルの形状と直感的に結びつきやすい。また距離区間の境界が等比級数となるように分割してもよい。距離区間の境界が等比級数で分割されていると、短い距離で分布している頂点、即ち物体モデルの中心12に近い箇所に密集している頂点の分布を拡大して表現することができる。

40

【0035】

次に、各距離区間に含まれる頂点の数を頂点の全体数 n で除算し、それぞれの距離区間ごとの頂点の分布量を算出する。各距離区間に含まれる頂点の数を頂点の全体数 n で除算することにより、物体モデルの頂点の数が異なっても物体モデルの形状の特徴の比較が容

50

易になる。図3に物体モデルの頂点の距離に対する頂点の分布の例を示す。図3においては、距離区間を $p = 4$ 個に等分割している。図3のような頂点の分布量を3次元の物体モデルの特徴量とする。このような特徴量で表現すると、物体モデルが回転しても特徴量が不変な数値で表すことができる。

【0036】

図3に示す特徴量を他の物体モデルの特徴量と比較して相関を算出し、相関の有無によって目的の形状を検索することができる。また、形状に対する形容詞と特徴量との関係を明らかにできれば、形状に対する形容詞に応じて目的の物体を検索することができる。

【0037】

物体の中心と頂点との距離だけを物体モデルの特徴量とすると、物体モデルの形状を精度良く表現できない場合がある。図4(a)、図4(b)は物体モデルの中心と頂点との距離及び物体モデルの中心から見た頂点の位置を2次的に表現したものである。図4(a)の物体モデルと図4(b)の物体モデルとでは物体モデルの中心から頂点までの距離の分布が同じになってしまう。しかし、頂点の開き角度が異なるため、形状には大きな差がでることがある。

【0038】

本実施形態は、複数のポリゴンの組み合わせで記述された3次元の物体モデルの特徴を数値化する3次元物体モデル数値化方法であって、前記物体モデルの中心と前記物体モデルの各頂点との距離をそれぞれ頂点の距離として求め、前記物体モデルの中心から前記物体モデルの任意の2つの頂点を見た角度を前記物体モデルの全ての頂点の組み合わせについてそれぞれ頂点の角度として求め、前記それぞれの頂点の距離を p 個 (p は2以上の整数)の距離区間に分類し、前記それぞれの頂点の角度を q 個 (q は2以上の整数)の角度区間に分類し、前記距離区間ごと及び前記角度区間ごとに含まれる頂点の数を全ての頂点から2つの頂点を選択する組み合わせの数の2倍で除した前記距離区間ごとの値及び前記角度区間ごとの値を特徴量として算出する3次元物体モデル数値化方法である。

【0039】

先の実施形態では、物体モデルの中心と頂点との距離だけを物体モデルの特徴量としたが、本実施形態では、物体モデルの中心と頂点との距離及び物体モデルの中心から見た任意の2つの頂点の開き角度の両方を物体モデルの特徴量とする。物体モデルの中心の決定方法及び距離区間の分割は先の実施形態と同様である。物体モデルの中心を決定した後、物体モデルの中心と前記物体モデルの各頂点との距離をそれぞれ頂点の距離として求め、求めた頂点の距離を p 個 (p は2以上の整数)の距離区間に分類する。ここでは、さらに、前記物体モデルの中心から前記物体モデルの任意の2つの頂点を見た角度を前記物体モデルの全ての頂点の組み合わせについてそれぞれ頂点の角度として求め、求めた頂点の角度を q 個 (q は2以上の整数)の角度区間に分類し、各距離区間及び各角度区間に含まれる頂点の数を全ての頂点の組み合わせの数の2倍で除した距離区間ごとの値及び角度区間ごとの値を特徴量として算出する。2つの頂点のうちの1つの頂点についての頂点の角度は2つの頂点のうちの他の頂点についても共通するため、除数として全ての頂点の組み合わせの数の2倍としている。各距離区間及び各角度区間に含まれる頂点の数を全ての頂点の組み合わせの数の2倍で除算することにより、物体モデルの頂点の数が異なっても物体モデルの形状の特徴の比較が容易になる。

【0040】

角度区間は等分割してもよい。角度区間が等分割されていると、角度ごとの分布がリアに表現できるため物体モデルの形状と直感的に結びつきやすい。また角度区間の境界が等比級数となるように分割してもよい。角度区間の境界が等比級数で分割されていると、小さい角度で分布している頂点、即ち同じ方向に密集している頂点の分布を拡大して表現することができる。

【0041】

図5に物体モデルの頂点の距離及び頂点の角度に対する頂点の分布の例を示す。図5においては、距離区間を $p = 4$ 個に、角度区間を $q = 4$ 個に等分割している。図3のような

10

20

30

40

50

頂点の分布を3次元の物体モデルの特徴量とする。頂点の角度まで物体モデルの特徴量としているため、先の実施形態よりも物体モデルの形状を精度良く表すことができる。また、このような特徴量で表現すると、物体モデルが回転しても特徴量が不変な数値で表すことができる。

【0042】

図5に示す特徴量を他の物体モデルの特徴量と比較して相関を算出し、相関の有無によって目的の形状を検索することができる。また、形状に対する形容詞と特徴量との関係を明らかにできれば、形状に対する形容詞に応じて目的の物体を検索することができる。

【0043】

本実施形態は、ポリゴンを組み合わせたモデルで3次元の物体を記述し、3次元の物体の中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布のみならず頂点の色彩も特徴量として算出するものである。

【0044】

例えば、3次元の物体の中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布を特徴量として算出、又は3次元の物体の中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布及び3次元の物体の中心から見た各頂点の開き角度の分布を2次元的な特徴量として算出することに加えて、前記頂点を形成する各ポリゴンの拡散反射率の平均値を前記頂点の拡散反射率とし、前記頂点の前記拡散反射率から得られる前記頂点の色彩を色空間の構成要素ごとに分離して特徴量としてさらに算出することでもよい。頂点の色彩を簡単に数値化することができ、数値化することによって、物体モデルの大きさに依存せず、また物体モデルが回転しても物体モデルの特徴をより精確に記述することができる。

【0045】

あるいは、3次元の物体の中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布を特徴量として算出、又は3次元の物体の中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布及び3次元の物体の中心から見た各頂点の開き角度の分布を特徴量として算出することに加えて、前記頂点を形成する各ポリゴンの拡散反射率の平均値を前記頂点の拡散反射率とし、前記頂点と前記頂点から延びる前記ポリゴンの辺の中点と前記ポリゴンの重心と前記頂点から延びる前記ポリゴンの他の辺の中点と前記頂点とを順次接続して得られる面の面積の総和を前記頂点の頂点面積とし、前記頂点の前記拡散反射率に前記頂点の前記頂点面積で加重して得られる前記頂点の色彩を色空間の構成要素ごとに分離して特徴量としてさらに算出することでもよい。頂点面積という新たな概念を加えて頂点の色彩を数値化することによって、物体モデルの大きさに依存せず、また物体モデルが回転しても物体モデルの特徴をより精確に記述することができる。

【0046】

ここで、頂点面積について説明する。図6に頂点とその頂点を形成するポリゴンの例を示す。頂点Rは、ポリゴンR-S-T、ポリゴンR-T-U、ポリゴンR-U-V及びポリゴンR-V-Sによって形成されている。辺R-Sの中点はS'、辺R-Tの中点はT'、辺R-Uの中点はU'、辺R-Vの中点はV'である。ポリゴンR-S-T、ポリゴンR-T-U、ポリゴンR-U-V及びポリゴンR-V-Sの重心は、それぞれS''、T''及びU''、V''である。四角形R-S'-S''-Tと、四角形R-T'-T''-U'、四角形R-U'-U''-V'及び四角形R-V'-V''-S'のそれぞれの面積の総和を頂点面積という。頂点の色彩をこのような頂点面積で加重することによって、頂点面積に応じて色彩の重み付けが可能となる。

【0047】

あるいは、3次元の物体の中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布を特徴量として算出、又は3次元の物体の中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布及び3次元の物体の中心から見た各頂点の開き角度の分布を特徴量として算出することに加えて、前記頂点を形成する各ポリゴンの法線ベクトルのベクトル和を前記頂点の法線ベクトルとし、前記頂点と前記頂点から延びる前記ポリゴンの辺の中点と前記ポリゴンの重心と前記頂点から延びる前記ポリゴンの他の辺の中点と前記頂点とを順次接続して得られる面の面積の

10

20

30

40

50

総和を前記頂点の頂点面積とし、下記(1)式によって得られるAに前記頂点の頂点面積で加重して得られる前記頂点の色彩を色空間の構成要素ごとに分離して特徴量としてさらに算出することでもよい。

$$A = L \times \cos \theta \quad (1)$$

但し、Lは照明の強度、 θ は頂点に割り当てられた拡散反射率、 n は前記頂点の法線ベクトルと照明の方向ベクトルとの角度を表し、 $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ 以外ではA=0である。頂点面積や頂点の法線ベクトルという概念に加えて、照明の強度や照明の向きを考慮して頂点の色彩を数値化することによって、物体モデルの特徴を実際に置かれた環境の下で記述することができる。

【0048】

ここで、図6を用いて法線ベクトルを説明する。ポリゴンR-S-T、ポリゴンR-T-U、ポリゴンR-U-V及びポリゴンR-V-Sの法線ベクトルをそれぞれベクトルs、ベクトルt及びベクトルu、ベクトルvとする。頂点Rの法線ベクトルrは、ベクトルs、ベクトルt及びベクトルu、ベクトルvのベクトル和である。頂点Rの法線ベクトルrと光源からの照明ベクトルとのなす角度を θ で表す。

【0049】

色空間の構成要素ごとに分離して特徴量を算出する際に、色空間の構成要素は、赤(R)、緑(G)、青(B)の3色であり、各色の強度をそれぞれ f_i 、 f_j 、 f_k 個(f_i 、 f_j 、 f_k は2以上の整数)の区間に分類し、各区間に含まれる頂点の数を特徴量として算出してもよい。3原色で色彩を記述することによって独立したパラメータで色彩を表現することができる。3次元の物体の中心とポリゴンが形成する頂点との距離の分布、3次元の物体の中心から見た各頂点の開き角度の分布、各頂点の色彩を赤(R)、緑(G)、青(B)の3原色で分離した分布を特徴量として算出したものを図7に示す。本来なら頂点の距離-頂点の角度-赤(R)-緑(G)-青(B)の5次元で表されるものを、図7(a)は頂点の距離-頂点の角度-赤(R)、図7(b)は頂点の距離-頂点の角度-緑(G)、図7(c)は頂点の距離-頂点の角度-青(B)ごとに分解して3個の3次元の図で表したものである。図7では頂点の距離を4区間、頂点の角度を4区間、赤(R)、緑(G)及び青(B)の区間を5区間としている。それぞれの区間に含まれる頂点の数は正規化することが望ましい。各区間に含まれる頂点の数を白丸の大きさで表している。ここでは、図が複雑になるため、頂点の距離が2番目の区間、頂点の角度が3番目の区間、赤(R)、緑(G)及び青(B)が1番目の区間のみに含まれる頂点の数を表している。このように、赤(R)、緑(G)、青(B)の分布を特徴量として加えることによって物体モデルの特徴をより視覚から得られる人間の感性に近づけることができる。

【0050】

色空間の構成要素ごとに分離して特徴量を算出する際に、色空間の構成要素は、 $L^*a^*b^*$ 色空間の L^* 、 a^* 、 b^* であり、 L^* 、 a^* 、 b^* の程度をそれぞれ g_i 、 g_j 、 g_k 個(g_i 、 g_j 、 g_k は2以上の整数)の区間に分類し、各区間に含まれる頂点の数を特徴量として算出してもよい。 L^* 値は明るさを、 a^* 値は赤-緑の軸を、 b^* は黄-青の軸を表す混色系の表色系である。工業分野において、色差管理の際に色空間中のどの点の色についても人の感覚と比較的共通した色差値が示されることから、より人間の感性に近い色彩表現とすることができる。例えば、頂点の距離-頂点の角度- L^* - a^* - b^* の5次元で表されるものを、図7(a)は頂点の距離-頂点の角度- L^* 、図7(b)は頂点の距離-頂点の角度- a^* 、図7(c)は頂点の距離-頂点の角度- b^* としてもよい。

【0051】

色空間の構成要素ごとに分離して特徴量を算出する際に、色空間の構成要素は、色相(H)、彩度(S)及び明度(V)であり、色相、彩度、明度の程度をそれぞれ h_i 、 h_j 、 h_k 個(h_i 、 h_j 、 h_k は2以上の整数)の区間に分類し、各区間に含まれる頂点の数を特徴量として算出してもよい。色相環や色度図等で表すことができるため、知覚的に理解しやすい特徴がある。例えば、頂点の距離-頂点の角度-H-S-Vの5次元で表さ

10

20

30

40

50

れるものを、図7(a)は頂点の距離 - 頂点の角度 - H、図7(b)は頂点の距離 - 頂点の角度 - S、図7(c)は頂点の距離 - 頂点の角度 - Vとしてもよい。

【0052】

前述した各実施形態で説明した3次元物体モデル数値化方法をコンピュータに実行させるための3次元物体モデル数値化プログラムも本実施形態に含まれる。

【0053】

また、上記3次元物体モデル数値化プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体も本実施形態に含まれる。

【0054】

(評価1)

被験者9人それぞれに色のない50個の椅子の形状をランダムに提示し、図8に示す形容詞17対に対して7段階評価を行った。図8の形容詞は形状に対する形容詞を対立する17対としてまとめたものである。被験者9人の7段階評価を平均した心理データを図9に示す。図9は、各形容詞に対する心理データを重回帰分析で分析し、形容詞17対に対する調整済みR²乗の平均を算出したものである。

【0055】

重回帰分析とは、多変量解析の手法の一種で、従属変数を y (形容詞心理スコア)とし、独立変数を x_i (頂点数)とする。従属変数 y を独立変数の線形和の推定式 $y' = a_i \cdot x_i$ の係数 a_i を求める方法をいう。 y と y' の近似度を測るためにその相関を2乗した重相関係数(R²乗)と

いう尺度がある。1に近いと推定式の精度が高いとみなされ、独立変数と従属変数と関係があるといえる。

【0056】

調整済みR²乗とは、変数の数が多くても重相関係数があがらないよう調整した値(調整済み重相関係数)をいう。上記の重相関係数は、独立変数の数が増えると自然に高くなる。そのため、ここでは、形容詞の調整済み重相関係数の平均をいう。図9の縦軸は、形容詞を頂点数(独立変数)でどの程度推定できるかの度合いを示している。調整済みR²乗が1とは100%推定が可能であることを示す。

【0057】

図9では、それぞれの形容詞に対する調整済みR²乗の値の平均が0.78となっており、十分な確率で物体モデルを推定できることが分かる。

【0058】

(評価2)

評価1で得られた心理データをSD法により、50個の椅子から色のある35個の椅子に対象を絞り込んだ。SD(Semantic Differential)法とは、ある対象(ここでは椅子)に対してどう感じるかを暖かい、冷たい、柔らかい、硬いなどの形容詞(ここでは図8の17対)について7段階のアンケートを行い、因子分析を用いて対象の因子を抽出する方法をいう。

【0059】

被験者9人それぞれに色のある35個の椅子の形状をランダムに提示し、図8に示す形容詞17対のうち17対に対して7段階評価を行った。被験者9人の7段階評価を平均した心理データを図10に示す。

【0060】

図10では、それぞれの形容詞に対する調整済みR²乗の値の平均が0.76となっており、十分な確率で物体モデルを推定できることが分かる。

【産業上の利用可能性】

【0061】

本願発明の3次元物体モデルの数値化手法は、3次元の物体モデルを検索したり、複数の物体モデルの形状の類似・相違の判断に利用したりすることができる。

例えば、インターネットでインテリアを購入する場合に、所望の形状をした物体モデル

10

20

30

40

50

の特徴量に近い特徴量を有するインテリアを検索すれば、データベースの中の多くのモデルから希望するインテリアを抽出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】本実施形態に係る3次元物体モデル数値化方法の一例を示す説明図

【図2】本実施形態に係る3次元物体モデル数値化方法の一例を示す説明図

【図3】物体モデルの頂点の距離に対する頂点の分布の例を示す説明図

【図4】物体モデルの中心と頂点との距離及び物体モデルの中心から見た頂点の位置を2次元的に表現した図

【図5】物体モデルの頂点の距離及び頂点の角度に対する頂点の分布の例を示す説明図

10

【図6】頂点とその頂点を形成するポリゴンの例を示す説明図

【図7】頂点の色彩を赤(R)、緑(G)、青(B)の3原色で分離した分布を特徴量として算出した図

【図8】形状に対する17対の形容詞

【図9】色のない50個の椅子について形容詞17対に対する調整済みR²乗の平均

【図10】色のある35個の椅子について形容詞17対に対する調整済みR²乗の平均

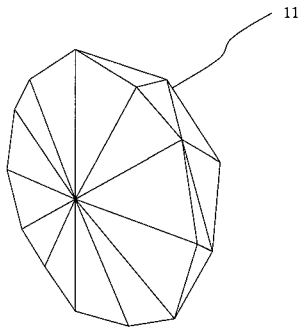
【符号の説明】

【0063】

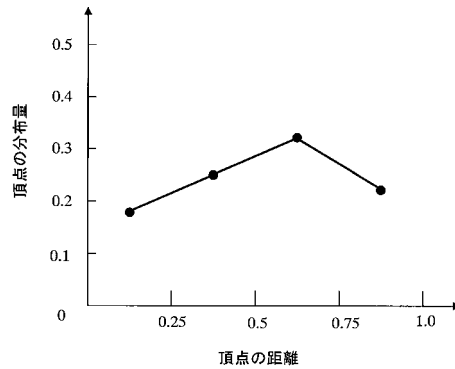
- 11 3次元の物体モデル
- 12 3次元の物体モデルの中心
- 13 球面

20

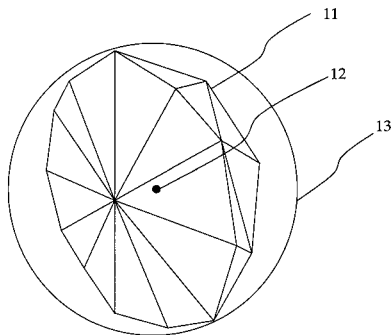
【図1】



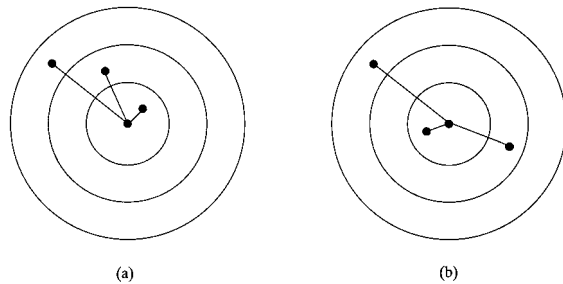
【図3】



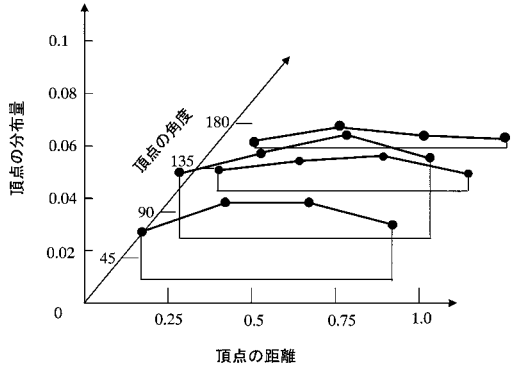
【図2】



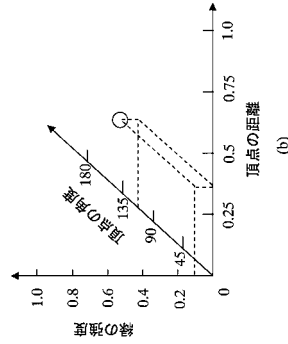
【図4】



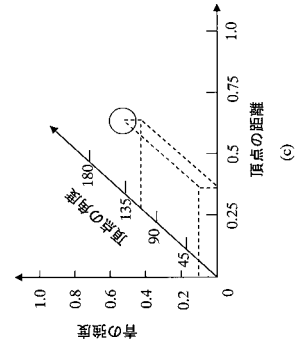
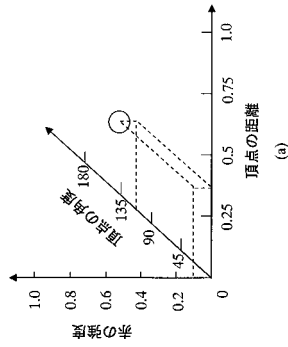
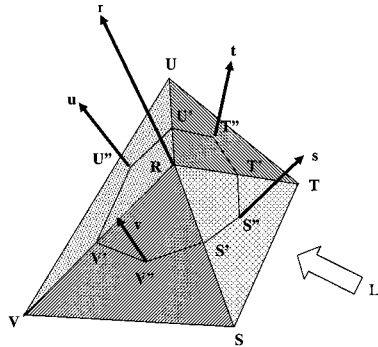
【図5】



【図7】



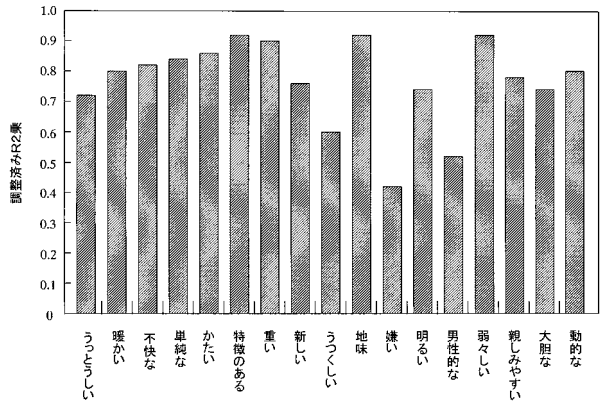
【図6】



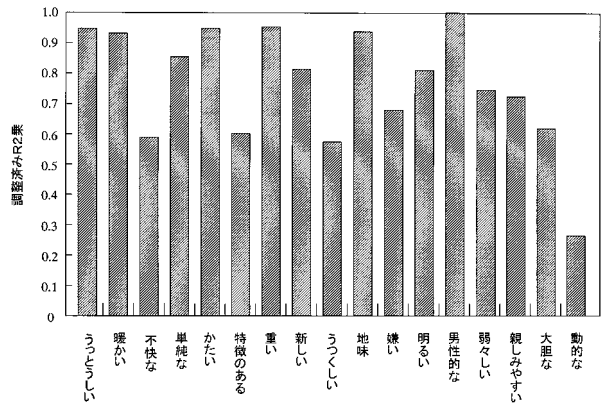
【図8】

| | |
|--------|--------|
| うとうしい | さわやかな |
| 暖かい | 冷たい |
| 不快な | 快適な |
| 単純な | 複雑な |
| かたい | やわらかい |
| 特徴のある | 特徴のない |
| 重い | 軽い |
| 新しい | 古い |
| うつくしい | みにくい |
| 地味 | 派手 |
| 嫌い | 好き |
| 明るい | 暗い |
| 男性的な | 女性的な |
| 弱々しい | 力強い |
| 親しみやすい | 親しみにくい |
| 大胆な | 繊細な |
| 動的な | 静的な |

【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-084717(JP,A)
 特開2002-288687(JP,A)
 特開2000-222428(JP,A)
 惣田智志, 外1名, "不変特徴量を用いた3次元物体の形状類似検索", 電子情報通信学会技術研究報告, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 2003年 9月 2日, 第103巻, 第296号, p.85-90
 鈴木一史, 外2名, "同値類に基づく回転不変特徴量を用いた3次元物体モデルの類似検索", 電子情報通信学会論文誌, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 2003年 8月 1日, 第J86-D-III巻, 第8号, p.1234-1243
 西村剛, 外3名, "陶磁器を対象とした3次元実物体データの類似検索", 情報処理学会研究報告, 日本, 社団法人情報処理学会, 2001年 7月18日, 第2001巻, 第70号, p.367-374
 向井伸治, 外4名, "立体形状の特徴部分に注目した類似度の定量化手法", 情報処理学会研究報告, 日本, 社団法人情報処理学会, 2000年 9月 8日, 第2000巻, 第78号, p.13-18
 西村剛, 外3名, "3次元物体データベースにおける類似物体検索の検討", 情報処理学会研究報告, 日本, 社団法人情報処理学会, 2000年 7月28日, 第2000巻, 第69号, p.479-486
 山本英典, 外3名, "色情報の空間分布を考慮した類似画像検索", 電子情報通信学会技術研究報告, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 1999年 2月 3日, 第98巻, 第576号, p.45-50
 鈴木一史, 外2名, "主観的類似度に適応した3次元多面体の検索", 電子情報通信学会論文誌, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 1999年 1月25日, 第J82-D-I巻, 第1号, p.184-192
 Eric Paquet, 外1名, "A content-based search engine for vrml databases", Computer Vision and Pattern Recognition, 1998. Proceedings., 1998年, p.541-546

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 15/00 - 15/87,
 17/00, 17/10 - 17/30
 G06F 17/50
 G06T 7/00, 7/20 - 7/60
 G06T 19/00, 19/20