

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4981313号
(P4981313)

(45) 発行日 平成24年7月18日(2012.7.18)

(24) 登録日 平成24年4月27日(2012.4.27)

(51) Int. Cl. F 1
G06F 17/50 (2006.01) G06F 17/50 622A
G06T 19/00 (2011.01) G06T 17/40 A

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-347705 (P2005-347705)	(73) 特許権者	000006208 三菱重工株式会社 東京都港区港南二丁目16番5号
(22) 出願日	平成17年12月1日(2005.12.1)	(73) 特許権者	591099186 株式会社パール構造 長崎県長崎市旭町8-20
(65) 公開番号	特開2007-156604 (P2007-156604A)	(74) 代理人	100112737 弁理士 藤田 考晴
(43) 公開日	平成19年6月21日(2007.6.21)	(74) 代理人	100118913 弁理士 上田 邦生
審査請求日	平成20年4月8日(2008.4.8)	(72) 発明者	三浦 正美 長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工株式会社 長崎研究所内
審判番号	不服2010-15577 (P2010-15577/J1)		
審判請求日	平成22年7月12日(2010.7.12)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元形状処理装置及び曲面作成プログラム並びに曲面作成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

断面曲線群から曲面を作成するための3次元形状処理装置であって、
 前記断面曲線群の各断面曲線上に複数の基準点を設定し、設定した複数の前記基準点における法線を求める法線算出手段と、
 複数の前記基準点及び各前記基準点における法線から得られる曲面の情報に基づいて曲面を作成する曲面作成手段と
 を具備し、
 前記法線算出手段は、前記基準点毎に、前記基準点が設定されている主断面曲線上に前記基準点と重複しない少なくとも2つの参照点を設定し、更に、前記主断面曲線とは異なる少なくとも2つの従断面曲線を選択して、各前記従断面曲線上に少なくとも3つの参照点をそれぞれ設定する参照点設定手段と、
 前記基準点の座標情報及び各前記参照点の座標情報をもとに、これらの座標情報からなる複数のベクトルを用いた曲面解析によって得られる第1次規格量または第2次規格量を用いて、前記基準点における法線を求める解析手段と、を含み、
曲面を

【数 1】

$$S(u,v) = \{x(u,v), y(u,v), z(u,v)\} \quad 0 \leq u, v \leq 1$$

と表した場合に、前記第 1 次規格量は、

【数 2】

$$E = \left(\frac{\partial S(u,v)}{\partial u} \right)^2, F = \left(\frac{\partial S(u,v)}{\partial u} \cdot \frac{\partial S(u,v)}{\partial v} \right), G = \left(\frac{\partial S(u,v)}{\partial v} \right)^2 \quad 10$$

で定義され、前記第 2 次規格量は、

【数 3】

$$L = n \cdot \frac{\partial^2 S(u,v)}{\partial u^2}, M = n \cdot \frac{\partial}{\partial v} \left(\frac{\partial S(u,v)}{\partial u} \right), N = n \cdot \frac{\partial^2 S(u,v)}{\partial v^2}$$

で定義され、

20

前記曲面解析の結果に基づいて、前記基準点における法線及び該基準点と前記参照点とを含む前記曲面の情報を算出する 3 次元形状処理装置。

【請求項 2】

前記従断面曲線は、前記主断面曲線の隣の断面曲線である請求項 1 に記載の 3 次元形状処理装置。

【請求項 3】

前記基準点における前記主断面曲線の接線に直交する線と前記従断面曲線との交点に、前記参照点を設定する請求項 1 または 2 に記載の 3 次元形状処理装置。

【請求項 4】

前記主断面曲線上に設定した前記基準点と各前記参照点において、各点間の弧長は略等しく、各前記従断面曲線上に設定した各前記参照点において、各点間の弧長が略等しい請求項 1 から 3 のいずれかの項に記載の 3 次元形状処理装置。

30

【請求項 5】

断面曲線群から曲面を作成するための曲面作成プログラムであって、
コンピュータに、

前記断面曲線群の各断面曲線上に複数の基準点を設定し、設定した複数の前記基準点における法線を求める法線算出処理と、

複数の前記基準点及び各前記基準点における法線から得られる曲面の情報に基づいて曲面を作成する曲面作成処理と

を実行させ、

40

前記法線算出処理では、前記基準点毎に、前記基準点が設定されている前記主断面曲線上に前記基準点と重複しない少なくとも 2 つの参照点を設定し、更に、前記主断面曲線とは異なる少なくとも 2 つの従断面曲線を選択して、各前記従断面曲線上に少なくとも 3 つの参照点をそれぞれ設定する参照点設定処理と、

前記基準点の座標情報及び各前記参照点の座標情報をもとに、これらの座標情報からなる複数のベクトルを用いた曲面解析によって得られる第 1 次規格量または第 2 次規格量を用いて、前記基準点における法線を求める解析処理と、を含み、

前記曲面解析の結果に基づいて、前記基準点における法線及び該基準点と前記参照点とを含む前記曲面の情報を算出する処理をコンピュータに実行させる曲面作成プログラム。

【請求項 6】

50

断面曲線群から曲面を作成する曲面作成方法であって、
コンピュータが、
前記断面曲線群の各断面曲線上に複数の基準点を設定し、設定した複数の前記基準点における法線を求める法線算出過程と、

複数の前記基準点及び各前記基準点における法線から得られる曲面の情報に基づいて曲面を作成する曲面作成過程と

を実行し、

前記法線算出過程では、前記基準点毎に、前記基準点が設定されている前記主断面曲線上に前記基準点と重複しない少なくとも2つの参照点を設定し、更に、前記主断面曲線とは異なる少なくとも2つの従断面曲線を選択して、各前記従断面曲線上に少なくとも3つの参照点をそれぞれ設定する参照点設定過程と、

10

前記基準点の座標情報及び各前記参照点の座標情報をもとに、これらの座標情報からなる複数のベクトルを用いた曲面解析によって得られる第1次規格量または第2次規格量を用いて、前記基準点における法線を求める解析過程と、を含み、

前記曲面解析の結果に基づいて、前記基準点における法線及び該基準点と前記参照点とを含む前記曲面の情報を算出する曲面作成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンピュータを用いて三次元形状モデルを作成する曲面作成方法及び曲面作成プログラム並びに3次元形状処理装置に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

従来、3次元形状モデルを取り扱うCADやCAM等の3次元形状処理装置においては、bezier、B-spline、有理bezier、NURBS(Non-Uniform Rational B-spline)などといった多項式近似を用いて曲線や曲面を表現している(例えば、特許文献1等)。

【特許文献1】特開2001-202529号公報

【0003】

上記特許文献1には、軌道なしに生成される補間曲線と軌道曲線との間に生ずる差分を考慮して、補間曲線を補正しながら目的とするスキニング曲面を作成する技術が開示されている。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記多項式近似により形状を表現する従来のCADシステム等では、以下の理由により、自由曲面を高精度で表現することができないという問題があった。

例えば、CADシステム等においてNURBSを用いて曲面を表現する場合、曲面は制御点、ノットベクトル、ウェイト(Weight)等の制御量を用いて表される。このとき、曲面を正確に表現するためには、曲面の場所ごとの特徴に応じて適切な制御量が設定されることが必要となる。しかしながら、従来のCADシステム等においては、どのような曲面でも、つまり、可展面であっても自由曲面であってもウェイトが一律に「1.0」に設定されてしまうことから、制御量が適切に設定されず、このため曲面が正確に表現されないこととなる。

40

【0005】

例えば、上述した特許文献1では、断面曲線と軌道曲線とに基づいて曲面を生成するが、軌道曲線、断面曲線ともに上述のように正確な制御量にて曲線が表されていないため、これらの曲線に基づいて作成される曲面には誤差が生じてしまう。更に、特許文献1では、軌道曲線が元の曲面の空間法線に基づいて描かれていないため、このような正確に設定されていない軌道曲線に基づいて作成された曲面には多くの誤差が含まれてしまう。この

50

ため、曲面作成後にオペレータによる補正作業が必要となり、曲面作成に長時間要するとともに、オペレータの負担も大きいという問題があった。

【0006】

また、従来のCADシステム等では、多角形近似によって形状を定義するため、曲面のうち、非可展面の曲面に対して近似誤差が生じる。従来、この近似誤差を小さくするために、多角形をできるだけ細かく（パッチ曲面）作成し、精密に近似を行う手法がとられている。しかしながら、この手法では、データ量が膨大となるという問題があった。

【0007】

本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、データ量の軽減を図るとともに、精度良く曲面を生成することが可能な曲面作成方法及びプログラム並びに3次元形状処理装置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】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用する。

本発明は、断面曲線群から曲面を作成するための3次元形状処理装置であって、前記断面曲線群の各断面曲線上に複数の基準点を設定し、設定した複数の前記基準点における法線を求める法線算出手段と、複数の前記基準点と各前記基準点における法線から得られる曲面情報に基づいて曲面を作成する曲面作成手段とを具備し、前記法線算出手段は、前記基準点毎に、前記基準点が設定されている主断面曲線上に前記基準点と重複しない少なくとも2つの参照点を設定し、更に、前記主断面曲線少なくとも2つの従断面曲線を選択して、各前記従断面曲線上に少なくとも3つの参照点をそれぞれ設定する参照点設定手段と

前記基準点の座標情報及び各前記参照点の座標情報をもとに、これらの座標情報からなる複数のベクトルを用いた曲面解析によって得られる第1次規格量または第2次規格量を用いて、前記基準点における法線を求める解析手段と、を含み、曲面を

【数1】

$$S(u,v) = \{x(u,v), y(u,v), z(u,v)\} \quad 0 \leq u, v \leq 1$$

と表した場合に、前記第1次規格量は、

【数2】

$$E = \left(\frac{\partial S(u,v)}{\partial u} \right)^2, F = \left(\frac{\partial S(u,v)}{\partial u} \cdot \frac{\partial S(u,v)}{\partial v} \right), G = \left(\frac{\partial S(u,v)}{\partial v} \right)^2$$

で定義され、前記第2次規格量は、

【数3】

$$L = n \cdot \frac{\partial^2 S(u,v)}{\partial u^2}, M = n \cdot \frac{\partial}{\partial v} \left(\frac{\partial S(u,v)}{\partial u} \right), N = n \cdot \frac{\partial^2 S(u,v)}{\partial v^2}$$

で定義され、前記曲面解析の結果に基づいて、前記基準点における法線及び該基準点と前記参照点とを含む前記曲面の情報を算出する3次元形状処理装置を提供する。

【0009】

本発明の3次元形状処理装置によれば、各断面曲線上に設定した各基準点における法線をそれぞれ求め、これら法線の情報に基づいて曲面を作成するので、曲面作成の精度を向上させることが可能となる。また、最終的に作成される曲面は微細な曲面の集合体として

ではなく、一つの曲面として表現されるので、データ量を大幅に削減することが可能となる。

【0010】

上記3次元形状処理装置において、前記曲面作成手段は、複数の前記基準点、各前記基準点における法線から得られる曲面情報、並びに前記断面曲線群の情報を用いて、前記断面曲線群を含む曲面を作成することとしてもよい。

【0011】

上記3次元形状処理装置によれば、複数の断面曲線からなる断面曲線群から任意に一の断面曲線を設定し、これを主断面曲線とする。続いて、この主断面曲線上に任意の一点を設定し、これを基準点とする。次に、参照点設定過程では、主断面曲線上に基準点と重複しない少なくとも2つの参照点を設定し、更に、主断面曲線とは異なる任意の2つの断面曲線を従断面曲線として設定し、この従断面曲線上に少なくとも3つの参照点をそれぞれ設定する。そして、このようにして選ばれた基準点及び参照点からなる少なくとも9個の座標情報に基づいて、曲面解析を行う。この曲面解析では、例えば、法線のほか、主曲率、ガウス曲率等を求めることができる。

10

【0012】

具体的には、少なくとも9個の座標情報を用いて微分演算等を行うことにより曲面の特徴量を決定するために必要とされる第1次規格量、第2次規格量を求め、これらの規格量を用いて法線を求める。なお、これら規格量から主曲率(最小曲率、最大曲率)、平均曲率、ガウス曲率等の曲面の特徴量を更に求めるようにしても良い。上記規格量の算出には2階微分値が必要となるため、最小で9個の点を設定することとしている。

20

【0013】

上記3次元形状処理装置において、前記従断面曲線は、前記主断面曲線の隣の断面曲線であることが好ましい。

このように、主断面曲線に隣り合う断面曲線を従断面曲線として設定することにより、曲面解析の精度が向上し、法線を更に正確に求めることが可能となる。

【0014】

上記3次元形状処理装置において、前記基準点における前記主断面曲線の接線に直交する線と前記従断面曲線との交点に前記参照点を設定すると良い。

このように参照点を設定することにより、基準点を交点とする直交座標を設定することが可能となるので、曲面解析の演算処理を簡便化することが可能となる。

30

【0015】

上記3次元形状処理装置において、前記主断面曲線上に設定した前記基準点と各前記参照点において、各点間の弧長は略等しく、各前記従断面曲線上に設定した各前記参照点において、各点間の弧長が略等しいことが好ましい。

このように参照点を設定することにより、曲率の変化が小さくなるように参照点を設定することが可能となるので、曲面解析の演算を簡便化することが可能となる。

【0016】

本発明は、断面曲線群から曲面を作成するための曲面作成プログラムであって、コンピュータに、前記断面曲線群の各断面曲線上に複数の基準点を設定し、設定した複数の前記基準点における法線を求める法線算出処理と、複数の前記基準点及び各前記基準点における法線から得られる曲面の情報に基づいて曲面を作成する曲面作成処理とを実行させ、前記法線算出処理では、前記基準点毎に、前記基準点が設定されている前記主断面曲線上に前記基準点と重複しない少なくとも2つの参照点を設定し、更に、前記主断面曲線とは異なる少なくとも2つの従断面曲線を選択して、各前記従断面曲線上に少なくとも3つの参照点をそれぞれ設定する参照点設定処理と、前記基準点の座標情報及び各前記参照点の座標情報をもとに、これらの座標情報からなる複数のベクトルを用いた曲面解析によって得られる第1次規格量または第2次規格量を用いて、前記基準点における法線を求める解析処理と、を含み、前記曲面解析の結果に基づいて、前記基準点における法線及び該基準点と前記参照点とを含む前記曲面の情報を算出する処理をコンピュータに実行させる曲面作

40

50

成プログラムを提供する。

このようなプログラムをハードウェア資源を用いて実行することにより、各断面曲線上に設定した各基準点における法線がそれぞれ求められ、これら法線の情報に基づいて曲面が作成されるので、曲面を高い精度で作成することが可能となる。また、最終的に作成される曲面は微細な曲面の集合体としてではなく、一つの曲面として表現されるので、データ量を大幅に削減することができる。

【0017】

本発明は、断面曲線群から曲面を作成する曲面作成方法であって、コンピュータが、前記断面曲線群の各断面曲線上に複数の基準点を設定し、設定した複数の前記基準点における法線を求める法線算出過程と、複数の前記基準点及び各前記基準点における法線から得られる曲面の情報に基づいて曲面を作成する曲面作成過程とを実行し、前記法線算出過程では、前記基準点毎に、前記基準点が設定されている前記主断面曲線上に前記基準点と重複しない少なくとも2つの参照点を設定し、更に、前記主断面曲線とは異なる少なくとも2つの従断面曲線を選択して、各前記従断面曲線上に少なくとも3つの参照点をそれぞれ設定する参照点設定過程と、前記基準点の座標情報及び各前記参照点の座標情報をもとに、これらの座標情報からなる複数のベクトルを用いた曲面解析によって得られる第1次規格量または第2次規格量を用いて、前記基準点における法線を求める解析過程と、を含み、前記曲面解析の結果に基づいて、前記基準点における法線及び該基準点と前記参照点とを含む前記曲面の情報を算出する曲面作成方法を提供する。

このような曲面作成方法によれば、各断面曲線上に設定した各基準点における法線をそれぞれ求め、これら法線の情報に基づいて曲面を作成するので、曲面作成の精度を向上させることが可能となる。また、最終的に作成される曲面は微細な曲面の集合体としてではなく、一つの曲面として表現されるので、データ量を大幅に削減することが可能となる。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、データ量の軽減を図るとともに、曲面生成の精度を向上させることができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下に、本発明に係る曲面作成方法の一実施形態について、図面を参照して説明する。

図1は、本実施形態に係る曲面作成方法を実現するための3次元形状処理装置の概略構成を示したブロック図である。図1に示すように、本実施形態に係る3次元形状処理装置は、CAD(Computer Aided Design)やCAM(Computer Aided Manufacturing)などのコンピュータシステムであり、CPU(中央演算処理装置)1、RAM(Random Access Memory)などの主記憶装置2、HDD(Hard Disk Drive)などの補助記憶装置3、キーボードやマウスなどの入力装置4、及びモニタやプリンタなどの出力装置5などを備えて構成されている。

補助記憶装置3には、各種プログラムが格納されており、CPU1が補助記憶装置3からプログラムをRAMなどの主記憶装置2に読み出し、実行することにより種々の処理を実現させる。

【0020】

次に、上述のような構成を備える3次元形状処理装置において、断面曲線群から曲面を生成する曲面作成方法について、図面を参照して説明する。なお、以下に示す処理は、例えば、CPUが補助記憶装置3に格納されている曲面作成プログラムをRAMなどの主記憶装置2に読み出して実行することにより実現されるものである。

まず、図2のステップSA1において、CPU1は、複数の断面曲線からなる断面曲線群データを取得する。この断面曲線群データの取得方法については特に限定されず、例えば、補助記憶装置3などのメモリに予め格納されているデータを読み出すようにしても良いし、他の外部装置からオンラインにて取り込むようにしても良い。また、断面曲線群デ

ータは点列データの集まりとしてデータ表現されていても良く、関数により表現されていても良い。

【 0 0 2 1 】

図 2 のステップ S A 2 では、基準点設定処理を実行する。この処理は、図 3 に示すように、上記断面曲線群の中から一の断面曲線（以下、任意に設定されたこの断面曲線を「主断面曲線」という。）を選択し、この主断面曲線上に任意の点 P（以下、この点を「基準点」という。）を設定する。

【 0 0 2 2 】

図 2 のステップ S A 3 では、参照点設定処理を実行する。

この処理では、図 4 に示すように、上記主断面曲線上に基準点 P と重複しない 2 つの参照点 P_1 、 P_2 を設定し、更に、主断面曲線とは異なる 2 つの従断面曲線を選択し、各従断面曲線上に 3 つの参照点をそれぞれ設定する。本実施形態では、図 2 に示すように、一方の従断面曲線上に 3 つの参照点 A_1 、 A 、 A_2 を設定し、他方の従断面曲線上に 3 つの参照点 B_1 、 B 、 B_2 を設定している。

【 0 0 2 3 】

このとき、図 5 に示すように、従断面曲線として主断面曲線の隣の曲線を選択することが好ましい。このように、主断面曲線に隣り合う断面曲線を従断面曲線として設定するので、作成される曲面の面積を小さくすることが可能となる。これにより、高い精度で曲面を作成することが可能となる。

【 0 0 2 4 】

更に、従断面曲線における参照点 A、B は、図 5 に示すように基準点 P における主断面曲線の接線に直交する線を設定し、この線と各従断面曲線との交点に設定することが好ましい。このように参照点を設定することにより、基準点を交点とする直交座標を設定することが可能となるので、曲面解析の演算を簡便化することが可能となる。

【 0 0 2 5 】

また、この参照点 A と同一曲線上に設定される参照点 A_1 、 A_2 は、各参照点 A_1 、 A_2 と参照点 A とを結ぶ弧長が断面曲線の間隔に略等しくなるように設定されることが好ましい。このように各参照点を設定すると、曲率の変化を略同じくすることができるので、後段処理で行われる曲面解析の演算を簡便化することが可能となる。また、参照点 B と同一曲線上に設定される参照点 B_1 、 B_2 についても同様である。

【 0 0 2 6 】

続いて、図 2 のステップ S A 4 では、法線算出処理を実行する。この処理では、基準点 P 及び各参照点 P_1 、 P_2 、A、 A_1 、 A_2 、B、 B_1 、 B_2 からなる 9 点の座標情報を用いて曲面解析を行うことにより、図 6 に示すように基準点 P における法線 n を求める。

【 0 0 2 7 】

曲面解析では、例えば、法線、主曲率、ガウス曲率等を演算により求める。具体的には、少なくとも 9 個の座標情報を用いて微分演算等を行うことにより曲面の特徴量である第 1 次規格量、第 2 次規格量を求め、これらの規格量を用いて法線、主曲率（最小曲率、最大曲率）、平均曲率、ガウス曲率等を求める。

【 0 0 2 8 】

以下、第 1 次規格量、第 2 次規格量について簡単に説明する。

まず、図 7 に示すような曲面セグメント或いは曲面パッチは、次式 (1) のパラメータ形式で表される。

$$S(u, v) = \{ x(u, v), y(u, v), z(u, v) \} \quad 0 \leq u, v \leq 1 \quad (1)$$

ここで、 u と v との間は何らかの関数関係があると $S(u, v)$ は曲面上の曲線を表すこととなる。 $u = \text{一定}$ の $S(u, v)$ は曲面上の曲線族、 $v = \text{一定}$ の $S(u, v)$ は、別の曲線族となりこれらは曲面上の曲線網を形成することとなる。通常、曲面上の任意の点は、図 7 に示すように 2 曲線の交点で決定され、この各々の曲線は上述の曲線族に含まれる。

10

20

30

40

50

【0029】

一般的に、偏導関数の $S(u, v) / u$ は、 $u = \text{一定}$ の曲線の接線ベクトルを表し、 $S(u, v) / v$ は、 $v = \text{一定}$ の曲線の接線ベクトルを表す。これらは簡単のため、一般的に S_u と S_v と示され、曲面の基本ベクトルと呼ばれる。

この基本ベクトルは、曲面の接平面を形成する。例えば、曲面上の2点の $S(u, v)$ から $S(u + du, v + dv)$ を結ぶベクトル ds は、次式(2)で与えられる。

【0030】

$$ds = S_u du + S_v dv \quad (2)$$

【0031】

また、 ds の絶対値の自乗は次式(3)となる。

10

【0032】

$$(ds)^2 = ds \cdot ds = S_u^2 (du)^2 + 2 S_u \cdot S_v du dv + S_v^2 (dv)^2 \quad (3)$$

そして、上記曲面の基本ベクトルより、次の量が定義される。

【0033】

$$E = S_u^2, \quad F = S_u \cdot S_v, \quad G = S_v^2$$

【0034】

上記 E 、 F 、 G は第1次規格量と呼ばれる。これら E 、 F 、 G を用いると上記(3)式は以下の(4)式にて表すことができる。

【0035】

$$ds^2 = E (du)^2 + 2 F du dv + G (dv)^2 \quad (4)$$

20

【0036】

次に、図8に示すような曲面 W 上の点 P における接線ベクトルの線束は、そこでの接平面内にある。従って、単位接線ベクトル t の一つは、上記(2)式に基づき以下の(5)式のように表される。

【0037】

【数4】

$$t = \frac{dS(u, v)}{ds} = S_u \left(\frac{du}{ds} \right) + S_v \left(\frac{dv}{ds} \right) \quad \dots (5)$$

30

【0038】

ここで、 $ds = |ds|$ であり、また、 t と n (法線) とで決まる平面を法平面という。法平面による曲面 W との交差(交線)を法断面という。これは、平面曲線である。

法断面上の P 点における曲率は、点 P における法曲率と呼ばれ、次のようにして得られる。まず、 t を法断面の弧長 s で微分すると、以下の(6)式を得る。

【0039】

【数5】

$$\frac{dt}{ds} = S_u \frac{d^2u}{ds^2} + S_v \frac{d^2v}{ds^2} + S_{uu} \left(\frac{du}{ds} \right)^2 + 2 S_{uv} \left(\frac{du}{ds} \right) \left(\frac{dv}{ds} \right) + S_{vv} \left(\frac{dv}{ds} \right)^2 \quad \dots (6)$$

40

【0040】

上記(6)式に法線ベクトル n をかけると、これらは接平面上にあることから、右辺の第1と第2項が消去できる。そして、以下に示す第2次規格量と呼ばれる以下の(7)式

50

に示す記号を代入すると、(8)式の関係式を得る。

【0041】

【数6】

$$L = n \cdot S_{uu}, M = n \cdot S_{uv}, N = n \cdot S_{vv} \quad \dots (7)$$

【0042】

【数7】

$$(n \cdot n) \kappa = L \left(\frac{du}{ds} \right)^2 + 2M \left(\frac{du}{ds} \right) \left(\frac{dv}{ds} \right) + N \left(\frac{dv}{ds} \right)^2 \quad \dots (8)$$

10

【0043】

そして、上述の(4)式を用いると、上記(8)式は以下の(9)式のように表される。

【0044】

【数8】

$$\kappa = \frac{L (du)^2 + 2M du dv + N (dv)^2}{E (du)^2 + 2F du dv + G (dv)^2} \quad \dots (9)$$

20

【0045】

上述のように、曲面を定義する際に必要となる第1次規格量E、F、Gはu、vの1階微分により表され、また、第2次規格量L、M、Nは、u、vの2階微分により表される。従って、曲面解析処理では、基準点設定処理及び参照点設定処理にて設定された合計9個の点の座標情報をもとにベクトル・テンソル演算を行うことにより、上述の第1次規格量E、F、G及び第2次規格量L、M、Nを求め、更に、これら規格量を用いて、曲面を特定するための特徴量である法線n、主曲率 κ_1 及び κ_2 、ガウス曲率 K_g 、平均曲率 K_m 等を演算により求めることが可能となる。

30

【0046】

法線n、ガウス曲率 K_g 、平均曲率 K_m 、最大曲率 κ_1 、最小曲率 κ_2 は、上記第1次規格量E、F、G及び第2次規格量L、M、Nを用いて以下の(10)式乃至(14)式にて与えられる。

【0047】

【数9】

$$n = \frac{(Su \times Sv)}{H} = \frac{(Su \times Sv)}{\sqrt{EG - F^2}} \quad \dots (10)$$

$$K_g = \kappa_1 \kappa_2 = \frac{(LN - M^2)}{(EG - F^2)} \quad \dots (11)$$

$$K_m = \frac{1}{2} (\kappa_1 + \kappa_2) = \frac{1}{2} \frac{(EN + LG - 2MF)}{(EG - F^2)} \quad \dots (12)$$

$$\kappa_1 = K_m + \sqrt{(K_m^2 - K_g)} \quad \dots (13)$$

$$\kappa_2 = K_m - \sqrt{(K_m^2 - K_g)} \quad \dots (14)$$

【0048】

ここで、法線 n 、ガウス曲率 K_g 、平均曲率 K_m 、最大曲率 κ_1 、最小曲率 κ_2 について説明する。

上述のように、図8に示すような曲面 W 上の点 P において、接平面に垂直に立てられた単位ベクトルを単位法線ベクトル n 、この単位法線ベクトル n を含む平面を法平面、この法平面と曲面 W との交線を法断面という。この法断面の微分を曲率（以下、この曲率を「法曲率」という。）として、法平面を単位法線ベクトル n の周りに回転させると、その回転角と曲率との関係が、例えば、図9に示すようなグラフとして得られる。

【0049】

ここで、最大曲率 κ_1 及び最小曲率 κ_2 を点 P における曲面 W の主曲率と呼び、これら主曲率 κ_1 及び κ_2 を乗算した値がガウス曲率 K_g 、平均した値が平均曲率 K_m となる。なお、上記ガウス曲率 K_g 及び平均曲率 K_m により、曲面 W の形状を把握することができる。図10に、ガウス曲率と平均曲率とにより決定される形状の一例を示す。この図に示すように、ガウス曲率 $K_g = 0$ であれば、つまり、一方又は両方の主曲率がゼロであれば、曲面 W は可展面となる。また、ガウス曲率 K_g がマイナスの値を取れば、曲面 W は鞍型であり、逆に、ガウス曲率 K_g がプラスの値を取れば、曲面 W は皿型となる。

【0050】

上記のごとく、断面曲線上に設定した基準点における曲面の特徴量（法線、主曲率等）が得られると、図2のステップ $S A 5$ において、現在の主断面曲線上において、所定数（予め設定されている値である）の法線が求められたか否かを判定する。この結果、当該手段面曲線上において所定数の法線が求められていなかった場合には、ステップ $S A 1$ に戻り、当該主断面曲線上に新たな基準点を設定し、上記ステップ $S A 2$ 以降の処理を行なう。

【0051】

一方、ステップ $S A 5$ において、所定数の法線が求められていた場合には、ステップ $S A 6$ に移行し、断面曲線群を構成する全ての断面曲線に対して所定数の法線が求められたか否かを判断する。この結果、全ての断面曲線上において所定数の法線が求められていない場合には、ステップ $S A 1$ に戻り、他の断面曲線を主断面曲線として選択し、ステップ $S A 2$ 以降の処理を行う。

10

20

30

40

50

【0052】

そして、断面曲線群を構成する全ての断面曲線上において所定数の法線が求められると、ステップS A 7へ移行し、曲面作成処理を行う。

この曲面作成処理では、例えば、曲面解析処理にて求められた複数の法線n等の情報を用いて、これらの曲面の特徴量の条件を満たす曲面が作成される。

例えば、各基準点における主曲率を用いて、これらの主曲率をそれぞれ接続することにより、曲率線を作成する。これにより、断面曲線群を含む曲面上に、直交座標系のメッシュを作成することができる。そして、この曲率線を用いて曲面再生技術により、曲面を生成する。例えば、曲率線に基づいて、ガウス写像・逆写像を行い、曲面を生成する。具体的には、ユークリッド幾何がり立つパラメータ空間への座標変換を行った後、曲面の補間をすることにより曲面を生成する。

10

【0053】

または、上記曲率線に代わって測地線、等高線、等傾斜線等を用いて曲面作成を行っても良い。測地線であれば、法線が一定である線を描くことができるので、パッチ曲面の歪みを最小限にすることができる。また、等高線によれば、従来の水平断面線による面貼りと類似した作用効果を得ることができる。更に、等傾斜線によれば、曲面の傾斜角が一定である線を描くことができるので、NC切削パス生成などに利用することが可能となる。

【0054】

或いは、法線と断面曲線とに基づいて軌道曲線を設定し、特許文献1に開示されている技術を用いることにより曲面を作成しても良い。

20

【0055】

以上説明してきたように、本実施形態に係る曲面作成方法によれば、主断面曲線及び従断面曲線上に設定した9個の座標情報に基づいて曲面解析を行い、これにより、法線の情報をもととする各種曲面を定義づける特徴量を得、これらの特徴量に基づいて曲面を作成するので、非常に高い精度で曲面を作成することが可能となる。この結果、従来必要であったオペレータ等による補正作業が不要となり、曲面作成の時間を短縮することができる。とともに、オペレータ等の労力負担を軽減させることができる。

更に、本実施形態に係る曲面作成方法によれば、曲面を微小な曲面の集合体ではなく、1つの曲面として表現することが可能となるため、従来に比べてデータ容量を非常に小さくすることができる。

30

【0056】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

例えば、上述した実施形態では、9個の点を設定したが、9個以上の点を設定し、9個以上の点の座標情報に基づいて曲面解析等を行っても良い。

また、曲面作成処理における曲面作成手法は一例であり、その他の手法を用いることにより曲面を示す特徴量から曲面を作成するようにしても良い。

【図面の簡単な説明】

【0057】

40

【図1】本発明の一実施形態に係る3次元形状処理装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る曲面作成方法の処理手順を示したフローチャートである。

【図3】基準点設定処理を説明するための図である。

【図4】参照点設定処理を説明するための図である。

【図5】参照点設定処理の好ましい形態を説明するための図である。

【図6】曲面解析処理において求められた法線の一例を示した図である。

【図7】u-vパラメータ空間におけるパッチを示す図である。

【図8】ガウス曲率などを説明するための図である。

50

【図9】図4に示した曲面における法断面の微分を曲率として、法平面を単位法線ベクトル n の周りに回転させることにより得られた回転角 と曲率との関係を示す図である。

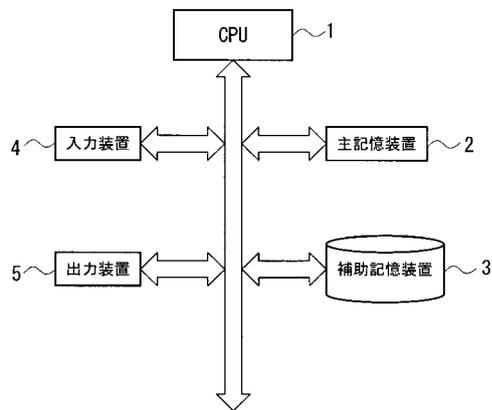
【図10】ガウス曲率と平均曲率とにより決定される形状の一例を示す図である。

【符号の説明】

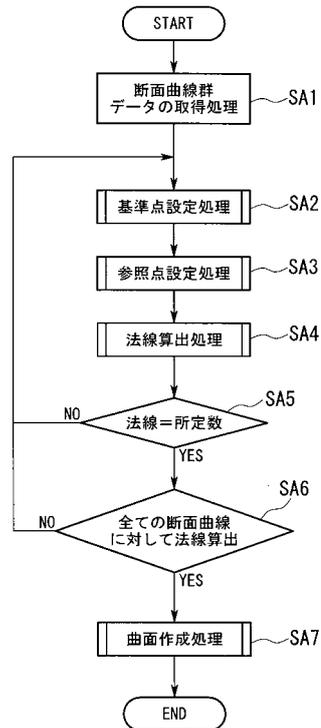
【0058】

- 1 CPU
- 2 主記憶装置
- 3 補助記憶装置
- 4 入力装置
- 5 出力装置

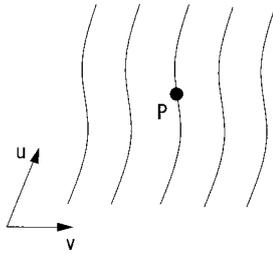
【図1】



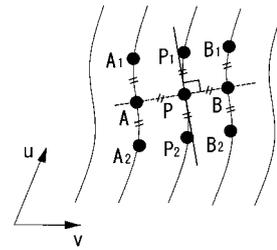
【図2】



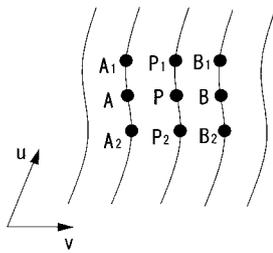
【 図 3 】



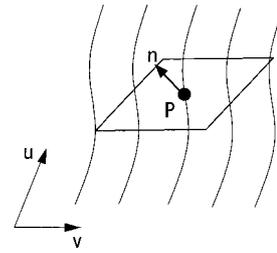
【 図 5 】



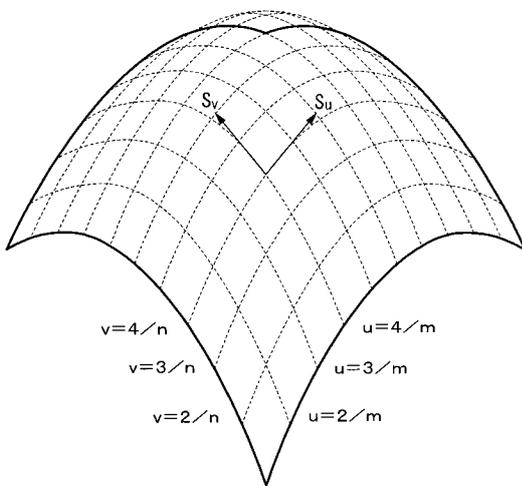
【 図 4 】



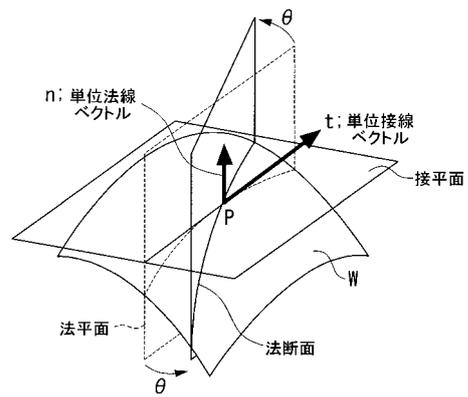
【 図 6 】



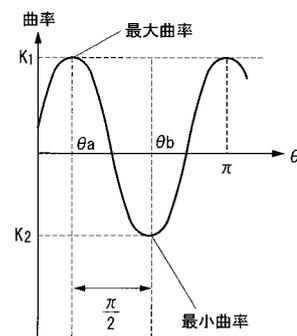
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【図 10】

可展面
↓

	$K_g > 0$	$K_g = 0$	$K_g < 0$
$K_m > 0$	 皿型(凹型)	 谷型	 鞍型(谷)
$K_m = 0$	(なし)	 平面	 鞍型(均等)
$K_m < 0$	 皿型(凸型)	 尾根型	 鞍型(尾根)

フロントページの続き

- (72)発明者 井手 健介
滋賀県栗東市六地藏130番地 三菱重工業株式会社 工作機械事業部内
- (72)発明者 中濱 剛
長崎県長崎市旭町8-20 株式会社パル構造内
- (72)発明者 中原 義覚
長崎県長崎市旭町8-20 株式会社パル構造内
- (72)発明者 河野 隆之
長崎県長崎市深堀町五丁目717番地1 長菱エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 佐藤 弘昌
長崎県長崎市深堀町五丁目717番地1 長菱エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 泉 光彦
長崎県長崎市飽の浦町1番1号 菱算株式会社内

合議体

審判長 板橋 通孝

審判官 吉村 博之

審判官 千葉 輝久

- (56)参考文献 特開2005-149245(JP,A)
特開平05-180652(JP,A)