

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5087794号
(P5087794)

(45) 発行日 平成24年12月5日(2012. 12. 5)

(24) 登録日 平成24年9月21日(2012. 9. 21)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 4 B 19/14 (2006. 01)

B 2 4 B 19/14

B 2 4 B 17/10 (2006. 01)

B 2 4 B 17/10

P

B 2 4 B 49/04 (2006. 01)

B 2 4 B 49/04

Z

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2009-554061 (P2009-554061)
 (86) (22) 出願日 平成20年3月19日(2008. 3. 19)
 (65) 公表番号 特表2010-522089 (P2010-522089A)
 (43) 公表日 平成22年7月1日(2010. 7. 1)
 (86) 国際出願番号 PCT/FR2008/000367
 (87) 国際公開番号 W02008/135656
 (87) 国際公開日 平成20年11月13日(2008. 11. 13)
 審査請求日 平成22年12月17日(2010. 12. 17)
 (31) 優先権主張番号 07/02021
 (32) 優先日 平成19年3月20日(2007. 3. 20)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 505277691
 スネクマ
 フランス国、75015・パリ、ブルーバ
 ール・ドユ・ジェネラル・マルシイアル・
 バラン、2
 (74) 代理人 100062007
 弁理士 川口 義雄
 (74) 代理人 100114188
 弁理士 小野 誠
 (74) 代理人 100140523
 弁理士 渡邊 千尋
 (74) 代理人 100119253
 弁理士 金山 賢敦
 (74) 代理人 100103920
 弁理士 大崎 勝真

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダムブレードのターボ機械翼などの加工片を修復する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

機械加工を使用して、ターボ機械のブレードなどの構成部品加工片を、構成部品の知られているプロファイルから修復する方法であって、

a. 構成部品加工片のエンベロープ上の、クラスタ点を形成した一組の点の座標を得るステップと、

b. 過剰な厚みまたは不十分な厚みを有した構成部品加工片上の区域を画定するために、知られているプロファイルをクラスタ点と比較するステップと、

c. モーフィング法を使用して、プロファイルを、変形プロファイルがクラスタ点を補間するように変形させる、モーフィング関数を規定するステップと、

d. モーフィング関数に基づいてパラメータ化された工作機械を使用して構成部品加工片を機械加工するステップとを備え、

プロファイルを変形させることが、過剰な厚みまたは不十分な厚みを有した構成部品加工片の各区域を、それぞれがプロファイルをシミュレートしたメッシュ部分とクラスタ点の点をシミュレートした点との形態である基本変形構成図(EDC)と比較することを伴い、基本変形構成図(EDC)がデータベース内にファイルされ、データベースがモーフィング関数のパラメータを各基本変形構成図(EDC)に関連付ける、方法。

【請求項 2】

構成部品のプロファイルが点のメッシュの形態である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

制御点として知られている、クラスタ点を補間するように変位されるメッシュの点の座標および変位ベクトルが、モーフィング関数のパラメータである、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

物理的感知を行う、または行わない三次元測定機械（3 D M M）が、構成部品加工片のエンベロープ上の点の座標を得る、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

構成部品加工片が材料の加えられた構成部品である、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

モーフィング関数のパラメータを基本変形構成図（E D C）に関連付ける、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の方法を実施するためのデータベース。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ターボ機械のブレードまたはブレードディスクのブレードなどの機械加工構成部品を修復する分野に関する。

【背景技術】

【0002】

ターボジェットエンジンは、エンジンの軸のまわりで回転する様々なロータを備える。これらのロータはディスクを備え、ディスクの周縁部にブレードが取り付けられている。従来、ブレードは、保持する目的で設けられたハウジング内にブレードの根元部によって保持されてきた。エンジンに対するかつてないほどに厳しい性能要件を満たすために、現在ではこれらのロータは単一体として製造される場合がある。それらはブレードディスク（またはブリスク）と呼ばれる。ブリスクにおいては、ブレードとディスクは単一の構成部品を形成している。これを達成するように、鍛造された生地板がディスクを形成するように機械加工されるが、ブレードはディスクの円周から半径方向に延在させて、全てが単一体として形成される。いくつかの部品が溶接されて、その結果得られるブリスクが単一体を形成するというのも可能である。一体型ロータの利点は多数あるが、特に質量の面で有利である。

【0003】

ブレードは、使用されるにつれて損耗し（腐食、摩擦によって）、様々な種類の衝撃から大きな損傷（引裂け、ぱり、亀裂など）を受ける。したがってブレードのプロファイルが変化して、その空気力学的性能が低下する。ブリスクは単一体として製作されることから、損耗したブレードを抜き取り、それを交換することが可能ではない。したがってそのブレードに対して適切な空気力学的プロファイルを復元するためにブレードを修復することが必要である。

【0004】

図 1 を参照すると、ブリスクのブレード 1 を修復するために、損耗部分を補修するように、損傷部を適正な材料の部片と交換すること、または材料を追加すること 11 が必要である。この材料の追加部は、「パッチ」という英語の名称によって当業者に広く知られている。ブレード 1 の表面上にこのパッチ 2 が溶接され、次いでブレードが機械加工されて、ブレードの空気力学的プロファイルを復元する。損傷構成部品 1 の機械加工は、工作機械の特殊かつ高度に正確なパラメータ化を必要とする手の込んだ作業である。具体的には、修復されるブリスクは、その耐用期間中に現れた変形および損耗のために元の形状とは異なった形状を有する。このパラメータ化は、従来から経験的に実施されているが、複雑である。これは、ブリスクの損耗の平均度を考慮しながら損傷ブレードがその元の形状に復元されなければならないことによる。したがって、ブレードを修復することを可能にするためには、ブレードの元の形状がどのように形成されていたかを把握することが重要である。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

理論モデルの計算

図 2 を参照すると、コンピュータに基づいた空気力学的な計算 2 1 が、ブレードの理論モデルを画定 2 2 することを可能にしている。この空気力学的な計算 2 1 は、空気力学的断面として知られる付与の立面（断面レベル）におけるブレードのプロフィルを得ることを可能にする。機械設計部（MDD）が、これらの空気力学的断面をベジエ曲線に変換し、空気力学的計算時に事前画定されたワイヤーフレームボリュームを完成させる。このワイヤーフレームボリュームから、MDD は、数学的ベジエ要素をこれらの曲線に適用することによって表面のボリュームを構築して、所望プロフィルの接触および湾曲の点で実現し得る最良の調和を達成する。この構築は、ベジエ曲線进行处理する能力のある任意のコンピュータ支援設計（CAD）パッケージを使用して実施される。

10

【 0 0 0 6 】

この一組の要素は理論メッシュ B を形成している。メッシュ B は、ブレードの 3 次元（3D）のボリュームを精確に画定するように設計されている。メッシュ B はメッシュ要素から構成され、メッシュ要素は三角形、四角形、または他の多角形であってよい。メッシュは、最も大きな曲率を有するブレードの区域において密度が高い。この理論メッシュ B は、工業化と、機械加工と、新たな構成部品の点検との全てについて設計モデルとしての役目を果たす。

【 0 0 0 7 】

理論メッシュ B は、構成部品がその耐用期間を通じて受ける損耗および変形を組み込んでいないので、修復用のモデルとしての役目を果たすことができない。構成部品の現状態を表す実際のモデルに依存することが必要である。

20

【 0 0 0 8 】

実際の構成部品の測定

図 1 を参照すると、損傷構成部品 1 に対するボリュームに基づいた測定 1 2 が、物理的感知測定または非接触測定を行う 3 次元測定機械（3DMM）を使用して、構成部品の表面上の点の座標を測定することによって実施される。これが、損傷構成部品 1 の形状に対応したクラスタ点 A、即ちクラスタ点、実測 A として知られているものを生み出す。

【 0 0 0 9 】

損傷構成部品の機械加工

損傷構成部品を修復するために、CAM（コンピュータ支援製造）ソフトウェアは、理論モデル B を損傷構成部品 1 上に認められた損耗および変形に合わされた実用モデルに変形させるために、所謂「モーフィング」関数を使用する。

30

【 0 0 1 0 】

「逆関数」は、損傷構成部品の、新たな状態の構成部品への変換に対応する。この逆関数は、損傷構成部品 1 を機械加工するために工作機械をパラメータ化する（正確な寸法を復元するために削られるべき厚み）のに必要な関数である。

【 0 0 1 1 】

目的は、理論モデル変形モーフィング関数を使えるようにし、工作機械がパラメータ化されるのを可能にする逆関数を推定することである。

40

【 0 0 1 2 】

位相差の測定

図 3 を参照して、クラスタ点、実測 A と理論モデル B とを比較することによって、不十分な厚みを有した区域と過剰な厚みを有した区域とを識別すること 3 2 を可能にする位相モデルが創出 3 1 される。次いでモーフィングによって変形されたモデル上に機械加工路が計算され 3 3、修復構成部品 3 を得るよう構成部品が機械加工される 3 4。

【 0 0 1 3 】

位相モデル 3 1 は一組の座標点（ x 、 y 、 z 、 Δ ）を備え、 x 、 y 、および z は、3本の直交軸に沿った群 A 内の各点の座標であり、 Δ は、点の、上記点に最も近い理論メッシュ要素の法線への投影である。

50

【 0 0 1 4 】

このように、 Δ が正の値を有する場合、損傷構成部品1は、理論モデルBと比較して過剰な材料を有し、 Δ が負の値を有する場合、損傷構成部品1は、理論モデルBと比較して不十分な材料を有する。商標名CATIAで市販されているソフトウェアパッケージなどのコンピュータ支援設計(CAD)ソフトウェアを使用して、自動的に位相モデルを得ること31ができ、そのようにして機械加工の必要な、過剰な材料を有した区域と材料を追加する必要のある区域とを可視化することができる。

【 0 0 1 5 】

モーフィングを使用したメッシュの理論的変形

モーフィングを使用して理論モデルBを変形させるには、クラスタ点、実測Aから最大点数を最もうまく補間するように変位させる理論モデルBの最良の点を識別することが必要である。これらの点は制御点として知られている。このように、理論メッシュBを変形させて、損傷構成部品1に対応したメッシュを得ることが可能である。

10

【 0 0 1 6 】

モーフィングステップの複雑さ

モーフィングを実施するために位相モデルを解析32することは、経験と高度の熟練とを必要とする複雑なステップである。これは、理論メッシュB内の制御点位置に対して局所的修正を加えることは、変形ベジエ表面の形状および位置と表面同士が合うところの接触とに全体的な影響をもたらすことによる。

20

【 0 0 1 7 】

曲率条件と接触条件もブレードの形状の不規則性について考慮されなければならない。熟練者は、変形理論モデルとクラスタ点Aとの差異が可能な限り小さくなるように、変位させるべき理論モデルBの最良の点を計算する。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 8 】

モーフィング法はゆっくりとした複雑なステップであり、その結果は採用される熟練者によって変わる。したがって、モーフィング関数の計算は極めて厄介な作業である。したがって、モーフィングの方法は工業用途には適していない。

【 0 0 1 9 】

本発明は、少なくともこれらの欠点を軽減することを目指す。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 2 0 】

本発明は、機械加工を使用して、ターボ機械のブレードなどの構成部品加工片を、構成部品の知られているプロフィールから修復する方法であって：

a. 構成部品加工片のエンベロープ上の、クラスタ点を形成した一組の点の座標を得るステップと、

b. 過剰な厚みまたは不十分な厚みを有した構成部品加工片上の区域を画定するために、知られているプロフィールをクラスタ点と比較するステップと、

c. モーフィング法を使用して、プロフィールを、変形プロフィールがクラスタ点を補間するように変形させる、モーフィング関数を規定するステップと、

40

d. モーフィング関数に基づいてパラメータ化された工作機械を使用して構成部品加工片を機械加工するステップとを備えた方法に関する。

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、方法は、プロフィールを変形させることが、過剰な厚みまたは不十分な厚みを有した構成部品加工片の各区域を、それぞれがプロフィール(B)をシミュレートしたメッシュ部分とクラスタ点(A)の点をシミュレートした点との形態である基本変形構成図(EDC)と比較することを伴い、基本変形構成図(EDC)はデータベース内にファイルされ、データベースはモーフィング関数のパラメータを各基本変形構成図(EDC)に関連付ける、方法である。

50

【 0 0 2 2 】

本発明の方法は、有利には構成部品を自動的に機械加工することを可能にし、モーフィング関数のパラメータはデータベース内で知られている。

【 0 0 2 3 】

このモーフィング関数から、修復される構成部品を機械加工する機械をパラメータ化する関数が推定されることが可能である。モーフィングプロセスを自動化することは、

形状の差異と不良とが反復されない構成部品へのこれらの作業に対して、安定した、完全に反復可能な工業プロセスを提供することを可能にする。これは時間を節約し、品質を向上させ、したがってコストを節約する。

【 0 0 2 4 】

好ましくは、構成部品のプロファイルは点のメッシュの形態となる。

【 0 0 2 5 】

さらに好ましくは、制御点として知られているクラスタ点を補間するために変位されるメッシュの点の座標および変位ベクトルが、モーフィング関数のパラメータとなる。

【 0 0 2 6 】

さらに好ましくは、物理的感知を行う、または行わない三次元測定機械（ 3 D M M ）が、構成部品加工片のエンベロープ上の点の座標を得る。

【 0 0 2 7 】

さらに好ましくは、構成部品加工片は材料が追加された構成部品である。

【 0 0 2 8 】

本発明はまた、本発明の方法を実施して、モーフィング関数のパラメータを基本変形構成図（ E D C ）に関連付けるためのデータベースに関する。

【 0 0 2 9 】

以下の説明を読み、添付図面を見れば、本発明がより充分に理解される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 0 】

【図 1】本発明による構成部品加工片のエンベロープ上の点の座標を得るステップを示す図である。

【図 2】本発明による理論メッシュを創出するステップを示す図である。

【図 3】損傷構成部品を修復するための本発明の方法のステップを示す図である。

【図 4】本発明の方法による、モーフィングによって変形された理論モデル上の機械加工路を計算するステップを示す図である。

【図 5 a】本発明による基本変形構成図を示す図である。

【図 5 b】モーフィングによる変形後の図 5 a の基本変形構成図を示す図である。

【図 6】過剰な厚みを有した構成加工部品の区域を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 1 】

図 4 を参照すると、位相モデル全体に対する解析法 3 2 に従って、過剰な厚みまたは不十分な厚みを有した区域が、パラメータ 1 0 1 を備えたデータベース 1 0 0 内に記憶された基本変形構成図（ E D C ） 1 0 2 と比較されている。パラメータ 1 0 1 は、機械加工路を計算 3 3 するように理論モデル B がモーフィングによって変形 4 1 されることを可能にする。

【 0 0 3 2 】

基本変形構成図（ E D C ）

基本変形構成図（ E D C ） 1 0 2 は、ベジエ曲線によって画定されたパラメータ化表面である。本明細書では、 E D C は、様々なパターンを使用してよいメッシュ要素と、パラメータ化表面の実測プロファイルを表した点とから形成されたメッシュ部分を備える。点とメッシュ要素との距離は、パラメータ化表面の理論プロファイルと実測プロファイルとの間の距離としての差異を表している。

【 0 0 3 3 】

基本変形構成図（EDC）は、モーフィング関数の局所的視点からの解析である。EDCは構成部品の理論プロフィルのメッシュ部分をシミュレートしたメッシュ部分と、実際の構成部品の測定点をシミュレートしたいいくつかの点とを含む。基本構成EDCは、実際の構成部品と理論プロフィルとの間に局所的に存在する可能性のある差異を表示したものである。

【0034】

EDCをよりうまく定義するために、図5aを参照すると、EDC5は3本の行と3本の列に配置された9つのメッシュ要素から構成されたメッシュ部分を備え、各メッシュ要素は4つの辺を有する。EDC5は4つの点A1、A2、A3、A4も備える。

【0035】

点をその直近のメッシュ要素から隔てているそれぞれの距離は、A1からA4までの上記点から出発する上記メッシュ要素の法線に沿って延びた直線によって表示されている。これらの距離は、位相モデルについて上記に画定された差異測定値 Δ と同様である。これらの距離が短いほど、メッシュは点に近い。

【0036】

言うまでもなく、パラメータ化表面の形態であり、変形の差異を表す値を表面上の各点に関連付けるEDCも同様に適切である。言うまでもなく、ビットマップまたは解析形のEDCを数学的に表したのも同様に適切である。

【0037】

EDCの変形パラメータのデータベースへの記憶

ここでも図5aを参照すると、4つの制御点B1からB4がEDC5のメッシュ部分上に示されている。これらは中央メッシュ要素の角に対応している。1つの制御点を変位させると、メッシュのベジエ曲線全体が修正され、メッシュ要素の様々な辺の長さやメッシュ要素の相互の接触との両方に影響を与える。

【0038】

変位される制御点とそれらの変位ベクトルとを選択すると、モーフィングによってメッシュを変形させ、A1からA4をよりうまく補間することが可能になる。

【0039】

各EDCとデータベース100とについて、これらのパラメータは事前に熟練者によって計算され、データベース100内に入力されている。図4を参照すると、データベース100は、各EDC102をこれらのパラメータ101に関連付けている。一例として、図5aおよび図5bは、図5aのEDCのメッシュに対するモーフィングによる変形を示している。制御点B2は、ベクトルVに沿って点B2'に変位され、そのようにしてメッシュが点A1からA4を補間することを可能にする。例えば、点A1からA4とメッシュとの差異が図5bで縮小していることに留意されたい。データベース100では、EDC5は、変位される点B2の座標と変位ベクトルVとに関連付けられている。

【0040】

この例では、制御点が1つだけ、この場合ではB2が変位される。しかしながら、点A1からA4を補間するために数個の制御点が同様に変位されてもよい。

【0041】

データベース100は、様々なメッシュと点の位置とを備えた多数のEDC102を含み、それらについて、点を最もうまく補間するようにメッシュの最適な変形が計算されている。EDC102は、それらの曲率、凹性、メッシュ要素の数、接続部の接続性、メッシュ要素の接触において互いに異なる。

【0042】

例示的实施形態

以上で本発明の手段の仕組みについて説明したが、次に本発明がどのように役に立ち、実施されることができるのかについて説明する。

【0043】

図3を参照すると、構成部品1の全体的な位相モデルを創出31するために、材料が追

10

20

30

40

50

加されていてもよい２損傷構成部品１のクラスタ点Ａが理論モデルＢと比較されている。

【００４４】

全体的な位相モデルを解析３２すると、過剰な厚みまたは不十分な厚みを有した区域に対応する局所的位相区域を識別することが可能になる。解析後、機械加工路を計算３２するステップと構成部品１を機械加工３４するステップとが実施される。図６を参照すると、これらの局所位相区域２０はそれぞれデータベース１００内のＥＤＣ１０２と比較されている。

【００４５】

この比較は、形状の差異と、縮尺比と、理論メッシュＢのメッシュ要素の位置に応じた解析とによって実施される。

10

【００４６】

データベース１００は、選択された局所位相区域２０を識別することを可能にするように、幅広い種類のＥＤＣ１０２を含み、ＥＤＣ１０２は数学的な意味での基礎部を構成している。ＥＤＣが識別されると、ＥＤＣ１０２に関連付けられたパラメータ１０１がデータベース１００から読み取られる。これらのパラメータ１０２は、局所位相区域２０のメッシュＢが変形されるのを可能にする。

【００４７】

この比較のステップは、理論メッシュＢを変形させるのに必要な一組の局所パラメータ１０１を得るように、局所位相区域２０ごとに実施される。これらのパラメータ１０１は、損傷構成部品１に正確な空気力学的プロファイルを復元するように、理論モデルＢ上の機械加工路を計算３３するために必要である。

20

【００４８】

局所位相区域２０がデータベース１００から識別されることが可能でない場合は、上記区域２０のメッシュは、変位されるべき制御点とそれらの変位ベクトルとを決定する熟練者によって変形される。

【００４９】

局所位相区域とこの区域用の変位パラメータとがデータベース１００内に入力されて、熟練者によって計算されたパラメータが後日再度使用されることを可能にする。データベース１００の強化は、熟練者が何度も同様の問題を解決しなくなってしまうのを防止することを可能にする。モーフィングによる変形は自動化される。

30

【符号の説明】

【００５０】

- １ ブレード、構成部品加工片
- ２ 材料追加部、パッチ
- ３ 機械加工された構成部品
- ５、１０２ 基本変形構成図（ＥＤＣ）
- １１ 材料を追加するステップ
- １２ 構成部品に対してボリュームに基づいた測定を行うステップ
- ２０ 局所位相区域
- ２１ 空気力学的計算をするステップ
- ２２ 理論モデルを創出するステップ
- ３１ 位相モデルの創出
- ３２ 全体的位相モデルの解析
- ３３ 機械加工路の計算
- ３４ 機械加工
- ４１ モーフィングを使用した理論モデルの変形
- １００ データベース
- １０１ パラメータ

40

【図 1】

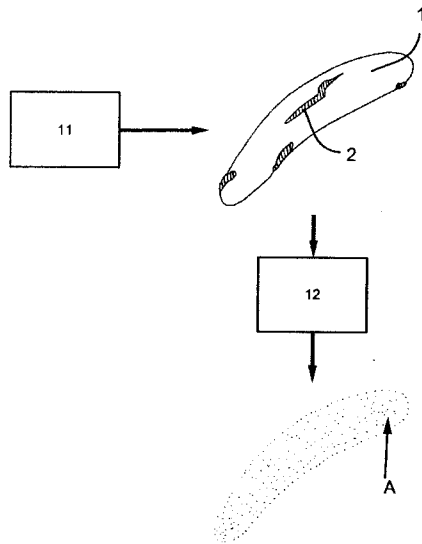


Figure 1

【図 2】

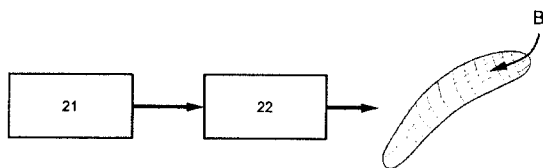


Figure 2

【図 3】

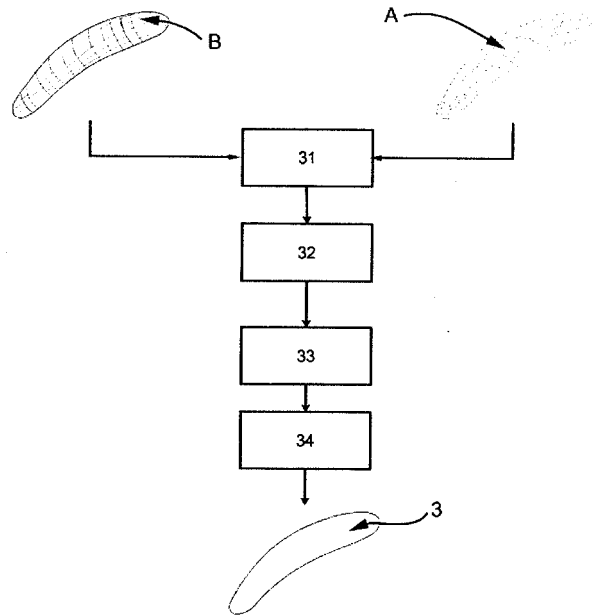


Figure 3

【図 4】

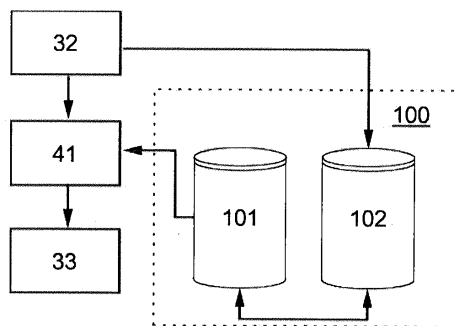


Figure 4

【図 5 b】

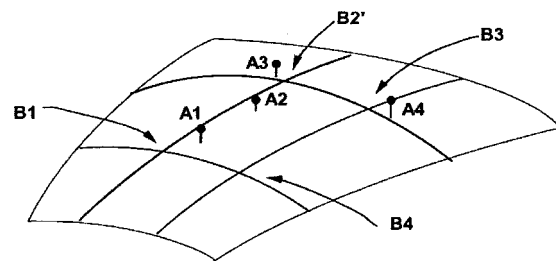


Figure 5b

【図 5 a】

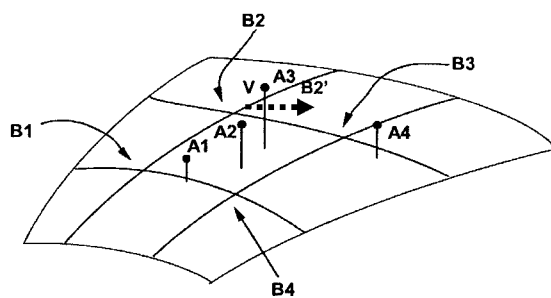


Figure 5a

【図 6】

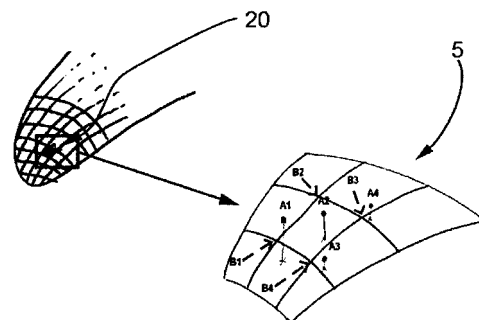


Figure 6

フロントページの続き

(74)代理人 100124855

弁理士 坪倉 道明

(72)発明者 ドウリアン, ジェラル

フランス国、78800・ウイユ、リュ・ドウ・シャンジイ、127・ビス

(72)発明者 ケルネ, ステファン

フランス国、78140・ベリジー - ビラクブレ、リュ・ドウ・ビラクブレ、60

(72)発明者 ガスンヌ, リュドビック

フランス国、71530・サスネイ、リュ・ドユ・ムーラン、75

(72)発明者 レオネツテイ, クロード

フランス国、91080・クールクロンヌ、ピラ・デ・アンクロ、27

審査官 石井 孝明

(56)参考文献 欧州特許出願公開第1457853 (EP, A1)

米国特許出願公開第2006/0090336 (US, A1)

特開2006-330917 (JP, A)

特開2004-144091 (JP, A)

特開平9-192979 (JP, A)

特開2005-28556 (JP, A)

特表2006-506667 (JP, A)

JIANMING ZHENG, THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, ドイツ
, SPRINGER-VERLAG, 2006年 6月 7日, V29 N9-10, P1062-1067

GAO, ADVANCES IN ENGINEERING SOFTWARE, 英国, ELSEVIER SCIENCE, 2006年 9月, V37 N
9, P592-600

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 19/14

B24B 17/10

B24B 49/04