

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6868997号
(P6868997)

(45) 発行日 令和3年5月12日(2021.5.12)

(24) 登録日 令和3年4月15日(2021.4.15)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 6 F 30/10 (2020.01)

G 0 6 F 17/50 6 8 0 F

G 0 6 F 30/20 (2020.01)

G 0 6 F 17/50 6 1 2 A

請求項の数 14 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2016-201962 (P2016-201962)

(22) 出願日

平成28年10月13日 (2016.10.13)

(65) 公開番号

特開2017-76400 (P2017-76400A)

(43) 公開日

平成29年4月20日 (2017.4.20)

審査請求日 令和1年10月8日 (2019.10.8)

(31) 優先権主張番号 15306659.2

(32) 優先日 平成27年10月16日 (2015.10.16)

(33) 優先権主張国・地域又は機関

欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 500102435

ダッソー システムズ

DASSAULT SYSTEMES

フランス国 78140 ベリジー ピラ
クブレー リュ マルセル ダッソー 1
O

(74) 代理人 110001243

特許業務法人 谷・阿部特許事務所

(72) 発明者 デイビッド レオ ボナー

フランス 92310 セーブル リュ
ド ラ ジャスティス 14(72) 発明者 オークスキン オーツザル デル カステ
イツロ
フランス 92210 サン-クルー リ
ュ マリー ボナパルト 17

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 製造可能な衣服をデザインするためのコンピュータによって実施される方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

製造可能な衣服をデザインするためのコンピュータによって実施される方法であって、
 a) 3 次元パネルのセット (3 D P 、 3 D P 1 、 3 D P 2 、 3 D P 3 、 3 D P 4) にセグメント化された、衣服を表すデジタル的にモデル化された 3 次元形状 (F S G) をもたらすステップであって、前記 3 次元パネルのそれぞれは平面的形状に位相同型である、ステップと、

b) 前記 3 次元パネルのそれぞれに対して、対応する 2 次元の平面化したパターン (F P 2 、 F P 3) を計算し、各 3 次元パネルの点と前記対応する 2 次元の平面化したパターンの点との間の全単射を定義するステップと、

c) 前記 3 次元パネルおよび 2 次元の平面化したパターンのそれぞれの上にメッシュ (M F 、 M 3 D) を定義するステップであって、各 3 次元パネル上および前記対応する 2 次元の平面化したパターン上の前記メッシュは前記全単射によって関係付けられる、ステップと、

d) 前記デジタル的にモデル化されセグメント化された 3 次元形状の、デジタル的にモデル化された 3 次元マニキン (M K) の上へのドレーピングを、前記 3 次元パネルの各メッシュ要素 (M E 3) が、前記マニキン形状に従いながら、前記対応する 2 次元の平面化したパターンの対応するメッシュ要素 (M E F) の寸法 (E E L) を採用するという制約を漸進的に課すことによってシミュレーションするステップと

を含むことを特徴とする方法。

10

20

【請求項 2】

ステップ a) は、

a 1) 前記衣服を表すデジタル的にモデル化された 3 次元形状をもたらすサブステップと、

a 2) 前記デジタル的にモデル化された 3 次元形状を、前記 3 次元パネルのセットにセグメント化するサブステップと

を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

ステップ b) は、角度ベースの平面化 (Angle Based Flattening)、および最小二乗等角写像 (Least Squares Conformal Maps) の中から選ばれた方法を用いて、コンピュータによって自動的に実行されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。 10

【請求項 4】

ステップ b) は、前記 2 次元の平面化したパターン (F P 2 '、F P 3 ') を計算する前記ステップの後に、前記衣服の縫い目を表す、2 つの隣接した 3 次元パネルの接触側部に対応する、2 次元の平面化したパターンの側部 (S 2、S 3) に対して共通の長さ、または予め定められた長さ比率を課すことによって、前記パターンを変形させる後処理サブステップを含むことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 5】

前記後処理サブステップは、多点拘束を用いて前記パターンのそれぞれの少なくとも 1 つの側部に長さ値を課しながら、前記 2 次元の平面化したパターンの少なくともいくつかの弾性変形をシミュレーションすることによって行われることを特徴とする請求項 4 に記載の方法。 20

【請求項 6】

ステップ c) は、前記 3 次元パネルおよび 2 次元の平面化したパターンのそれぞれの上に、四角形メッシュ (M F、M 3 D) を定義するステップを含むことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 7】

ステップ c) は、前記 2 次元の平面化したパターンのそれぞれの上にメッシュ (M F) を定義し、次いで前記全単射を用いて、前記対応する 3 次元パネル上に対応するメッシュ (M 3 D) を定義するステップを含むことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の方法。 30

【請求項 8】

ステップ d) は、前記 3 次元パネル (3 D P) の前記メッシュ要素 (M E 3) の端部の長さに制約を課す、制約に基づく反復ソルバを用いてコンピュータによって自動的に実行されることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 9】

ステップ d) は、各前記 3 次元パネル (3 D P) を、前記衣服を表す前記デジタル的にモデル化された 3 次元形状 (F S G) 内のその元の位置に位置決めすることによって、前記制約に基づく反復ソルバを初期設定するステップを含むことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。 40

【請求項 10】

前記 3 次元パネル (3 D P) のメッシュ要素 (M E 3) の端部の長さへの前記制約は、前記要素端部のそれぞれが、前記対応する 2 次元の平面化したパターンの対応する端部の長さ (E E L) を採用することを漸進的に課すように、連続した反復にわたって変更される境界を有する、長さ区間によって表されることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の方法。

【請求項 11】

不揮発性コンピュータ可読データ記憶媒体 (M 1 ~ M 4) に記憶された、コンピュータシステムに請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載の方法を実行させるためのコンピュータ実行可能命令を備えることを特徴とするコンピュータプログラム。 50

【請求項 1 2】

コンピュータシステムに請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載の方法を実行させるためのコンピュータ実行可能命令を含むことを特徴とする不揮発性コンピュータ可読データ記憶媒体 (M1 ~ M4)。

【請求項 1 3】

メモリに結合されたプロセッサと、グラフィカルユーザインターフェース (IF) とを備えたコンピュータ支援設計システムであって、前記メモリは、前記コンピュータ支援設計システムに請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載の方法を実行させるためのコンピュータ実行可能命令を記憶することを特徴とするシステム。

【請求項 1 4】

前記 2 次元の平面化したパターンに対応する平面的パターンを切断し、組み立てることを含む、前記衣服を物理的に製造するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、コンピュータ支援設計の分野に関する。より正確には、製造可能な衣服、すなわち通常は織物、または他の適切な可撓性材料例えば皮革からなる、有限個数の展開可能（平面化可能）なパネルを、それらの端部によって一緒に縫い合わせることによって得られる衣服を定義するためのコンピュータによって実施される方法に関する。これはまたコンピュータ支援設計 (CAD) システム、コンピュータプログラム製品、およびコンピュータシステムにこのような方法を実行させるためのコンピュータ実行可能命令を含んだ不揮発性コンピュータ可読データ記憶媒体、ならびに衣服を製造する方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

本発明は、現実世界で製造されることになる衣服、および例えばビデオゲームまたはアニメ映画における、仮想世界に統合するための現実的な「仮想」衣服の両方のデザインに適用される。

【0003】

衣服をデザインする従来型の方法によれば、デザイナーはモデルまたはマニキンが着た衣服の観念的または図式的な表示から開始し、次いで、組み立てられたときに所望の視角的結果を生じるようになる平面的パターンのセットを考え出し、デザインしなければならない。次いで試作品が製造され、必要であればパターンデザインは反復して補正される。この方法は労働集約的で、長くかかり、デザイナーからのかなりのスキルおよび経験を要する。

【0004】

本明細書の以下では「パターン」という語は、衣服を製造するために用いるのに適した一片の布、皮革、または他の可撓性材料を表すことになる。衣服はほとんどの場合、いくつかのパターンをそれらの端部によって組み立てることによって製造される。パターンは、それらが展開可能であり（それらは平面上に平らに置くことができる）、それらの厚さはそれらの他の寸法と比べて無視できる（少なくとも 2 枚小さい）ので、通常は 2 次元と見なされる。

【0005】

知られているコンピュータ支援設計技法は、衣服デザイナーにいくらかの支援をもたらす。

【0006】

例えば Marvelous Designer (www.marvelousdesigner.com) などのソフトウェアツールでは、ユーザが平面パターンのセットをデザインし、それらをマニキンまたはアバター（すなわち人体の仮想的表示）の周りに配置し、それらの間の縫い目を手動で定義する必要がある。次いでソフトウェアはパターンを組

10

20

30

40

50

み立て、それらをマニキン上にドレーピングし、試作品の3次元デジタルモデルをもたらす。ユーザは、必要な3次元形状を有する衣服を形成するために適した平面パターンのセットを考案できるためには、依然として服のデザインの技術においてかなりの経験が必要であり、この場合でもデザイナーの創造性は、適切なパターンが容易にデザインされ得る衣服形状に著しく制限される。さらに手動でマニキンの周りにパターンを配置し、縫い目を定義することは面倒で時間のかかる作業であり、この作業は衣服が、マニキン上に物理的な力（重力、風）によってドレーピングするための位置に実際に置かれる前に、C A Dシステムによって「シームクロージング」段階を実行することを必要とする。シームクロージング段階は、縫い目を引っ張って閉じるための大きな力が必要なので問題があり、コストがかかる。さらにシミュレーションアルゴリズムでは、純粋に人為的な「シームクロージング」段階（重力は通常はスイッチオフされる）から、物理的に現実的な「ドレーピング」段階への遷移が必要となる。10

【0007】

Optitex Ltdによる「3D平面化」ソフトウェアツールは、ユーザがマニキンの周りに3次元パネルを描画することを可能にし、次いでその3次元パネルを平面パターンに変換する。これは、下着または水着などの体にぴったりと合った衣服のデザインのみに適する。

【0008】

いくつかの学問的な論文は、衣服の3次元デジタルモデル（「仮想衣服」）をスケッチするための方法を開示しているが、製造可能性の制約を強制していない。言い換えれば、これらの方法を適用することによって得られる仮想衣服が、展開可能パネルに分解され得ることは保証され得ない。したがって、この展開可能パネルは、現実世界で製造されることになる衣服をデザインすることにはほとんど役に立たず、仮想現実アプリケーションでは、非現実的な仮想衣服のデザインに繋がり得る。例えば以下を参照。20

【0009】

- Zahraa Yasseen、Ahmad Nasri、Pascal Volino、Nadia Magnenat-Thalmann、Wajih Boukararam「Towards Sketched-based Garment Design and Animation」Computer Graphics International、Conference、June 2010、Singapore.30

【0010】

- Emmanuel Turquin、Marie-Paule Cani、John Hughes、「Sketching garments for virtual characters」、John F. HughesおよびJoaquim A. Jorge、Eurographics Workshop on Sketch-Based Interfaces and Modeling、Dec 2003、Grenoble、France。

【0011】

- Emmanuel Turquin、Jamie Wither、Laurence Boissieux、Marie-Paule Cani、John F. Hughes、「A sketch-based interface for clothing virtual characters」、IEEE Computer Graphics and Applications、Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)、2007、27(1)、72~81ページ。40

【0012】

- Yu-lei Geng、Jin Wang、Guo-dong Lu、Zhen-g Liu、Gang Chen、「Sketch based garment modeling on an arbitrary view of a 3D virtual human model」、Journal of Zhejiang Uni50

versity SCIENCE C, March 2011、12巻、3号、195～203ページ。

【0013】

本発明は、上記で論じられた従来技術の制限を克服することを目指す。より正確には、本発明は、衣服が仮想世界でシミュレーションもされ、現実世界で製造もされ得るように、衣服の完全なデザインを可能にし、デザイナーが仮想世界で多くのドレーピングの反復を行い、デザイナーがこのデザインは良いものであると十分に確信したときのみに、実際の試作品または連続作業に投資することを可能にするCADツールを提供することを目指す。仮想世界の衣服のどの反復が現実世界の製作のために適切であるかは推測できないので、あらゆる反復が、有効な製造可能な2次元(2D)パターンのセットを生じるべきである。

10

【0014】

本明細書の以下では「3次元」オブジェクトは、すべての角度からパーツを見ることを可能にする、3次元表示を可能にするオブジェクト、またはそのデジタルモデルとする。

【0015】

本発明は、製造可能な(したがって2Dの)布地パターンのセットを自動的に生成することにより、および3Dモデル化された衣服を直接参照し、ドレーピングプロセスを初期設定するために平面パターンを支持物の周りに位置決めすることによらずに、マニキンなどの支持物上でのドレーピングシミュレーションを行うことによって、デザイナーが、布地パネルへの分解の表示によりまたはよらずに、衣服の自由形状の3次元(3D)形状モデル化をもたらすことによってこの問題を解決する。

20

【0016】

創造的なデザインの観点から本発明の手法は、衣服デザインの以前の知識から解放する。すなわち、デザイナーは、純粋に美的な原則で3D表面をトレースし、試行錯誤によって、満足に縫い付けられた衣服に変わるか否かを見出すことができる。例えばデザイナーが、1つの所与のパネル内に強度の二重曲率が存在するように形状をトレースした場合は(すなわちパネルは展開可能でもなく、「ほとんど展開可能」すなわちわずかな変形で平面化可能でもない)、システムは多くの折り目をその中に有するドレーピングされた形状を作成することになり、強い変形なしに二重曲率を平面化することは不可能なので、これらの折り目は自然に介在し、効果は不快と判断される可能性があり、またはそれに反して非常に満足なものともなり得る。システムは、デザイナーを制限するのではなく、むしろデザイナーが何でもデザインし、それが実用的および美的観点から意味をなすか否かを判断することを可能にする。さらにドレーピングの前に、面倒なパネルを位置決めすることは無くなり、布地パネルはクローズドシームレイアウトにおいて初期設定されるので、シームクロージング段階を不要にすることによって計算効率が改善される。

30

【0017】

Melina Skouras、Bernhard Thomaszewski、Peter Kauffmann、Akash Garg、Bernd Bickel、Eitan Grinspun、Markus Grossによる論文「Designing Inflatable Structures」、ACM Conference on Computer Graphics & Interactive Techniques (SIGGRAPH) 2014 - August 10-14, 2014は、その形状が、膨張された後に目標にできるだけ近くなる、膨張可能な構造を形成する平面パターンのセットを自動的にデザインする方法を開示している。しかしこの問題は、衣服デザインとは著しく異なる。衣服に作用する主な力は重力であり、これは著しい変形を導入するのに十分には強くなく、したがって衣服を形成する布パターンは、準展開可能に留まる。代わりに膨張可能な構造では圧力が高く、二重曲率の(すなわち展開可能でない)広いエリアを生じる。さらにひだを付けること(すなわち折り目作用)は、衣服のために重要であるが、膨張可能な構造では小さなエリアに限定される。また膨張可能な構造をデザインすることは、目標の3次元形状をできるだけ正確に再現することを目指すが、一

40

50

方で衣服デザインは2つの基準形状、すなわちデザイナーによって想像される自由形状と、衣服がドレーピングされなければならないマニキンとを考慮に入れる。

【発明の概要】

【0018】

この目標の達成を可能にする本発明の目的は、製造可能な衣服をデザインするためのコンピュータによって実施される方法であり、方法は、

a) 3次元パネルのセットにセグメント化された、衣服を表すデジタル的にモデル化された3次元形状をもたらすステップであって、前記3次元パネルのそれぞれは平面的形状に位相同型である、ステップと、

b) 前記3次元パネルのそれぞれに対して、対応する2次元の平面化したパターンを計算し、各3次元パネルの点と対応する2次元の平面化したパターンの点との間の全単射を定義するステップと、

c) 前記3次元パネルおよび2次元の平面化したパターンのそれぞれの上にメッシュを定義するステップであって、各3次元パネル上および対応する2次元の平面化したパターン上のメッシュは前記全単射によって関係付けられる、ステップと、

d) デジタル的にモデル化されセグメント化された3次元形状の、デジタル的にモデル化された3次元マニキンの上へのドレーピングを、前記3次元パネルの各メッシュ要素が、マニキン形状に従いながら、対応する2次元の平面化したパターンの対応するメッシュ要素の寸法を採用するという制約を漸進的に課すことによってシミュレーションするステップと

を含む。

【0019】

このような方法の特定の実施形態によれば、

- ステップa)は、

a1) 前記衣服を表すデジタル的にモデル化された3次元形状をもたらすサブステップと、

a2) 前記デジタル的にモデル化された3次元形状を、前記3次元パネルのセットにセグメント化するサブステップと

を含むことができる。

【0020】

- ステップb)は、角度ベースの平面化(Angle Based Flattening)、および最小二乗等角写像(Least Squares Conformal Maps)の中から選ばれた方法を用いて、コンピュータによって自動的に実行され得る。

【0021】

- ステップb)は、前記2次元の平面化したパターンを計算するステップの後に、前記衣服の縫い目を表す、2つの隣接した3次元パネルの接触側部に対応する、2次元の平面化したパターンの側部に対して共通の長さ、または予め定められた長さ比率を課すことによって、前記パターンを変形させる後処理サブステップを含むことができる。

【0022】

- 前記後処理サブステップは、多点拘束を用いて前記パターンのそれぞれの少なくとも1つの側部に長さ値を課しながら、前記2次元の平面化したパターンの少なくともいくつかの弾性変形をシミュレーションすることによって行われ得る。

【0023】

- ステップc)は、前記3次元パネルおよび2次元の平面化したパターンのそれぞれの上に、四角形メッシュを定義するステップを含むことができる。

【0024】

- ステップc)は、前記2次元の平面化したパターンのそれぞれの上にメッシュを定義し、次いで前記全単射を用いて、対応する3次元パネル上に対応するメッシュを定義するステップを含むことができる。

【0025】

10

20

30

40

50

- ステップd)は、前記3次元パネルのメッシュ要素の端部の長さに制約を課す、制約に基づく反復ソルバ(constraint-based iterative solver)を用いてコンピュータによって自動的に実行され得る。

【0026】

- ステップd)は、各前記3次元パネルを、衣服を表すデジタル的にモデル化された3次元形状内のその元の位置に位置決めすることによって、前記制約に基づく反復ソルバを初期設定するステップを含むことができる。

【0027】

- 前記3次元パネルのメッシュ要素の端部の長さへの前記制約は、前記要素端部のそれぞれが、対応する2次元の平面化したパターンの対応する端部の長さを採用することを漸進的に課すように、連續した反復にわたって変更される境界を有する、長さ区間によって表され得る。
10

【0028】

本発明の他の目的は、不揮発性コンピュータ可読データ記憶媒体に記憶された、コンピュータシステムにこのような方法を実行させるためのコンピュータ実行可能命令を備えた、コンピュータプログラム製品である。

【0029】

本発明の他の目的は、コンピュータシステムにこのような方法を実行させるためのコンピュータ実行可能命令を含んだ、不揮発性コンピュータ可読データ記憶媒体である。

【0030】

本発明の他の目的は、メモリに結合されたプロセッサと、グラフィカルユーザインターフェースとを備えたコンピュータ支援設計システムであり、メモリは、コンピュータ支援設計システムにこのような方法を実行させるためのコンピュータ実行可能命令を記憶する。
20

【0031】

本発明の他の目的は、衣服を製造する方法であり、方法は、

- 上記のような方法を用いて前記衣服をデザインするステップと、
- 平面化した2次元パターンに対応する平面的パターンを切断し、組み立てることを含む、前記衣服を物理的に製造するステップと
30

を含む。

【0032】

本発明の他の目的は、前記製造の方法によって得られる衣服である。

【図面の簡単な説明】

【0033】

本発明のさらなる特徴および利点は、添付の図面と併せ読まれるこの後の説明から明らかになるであろう。

【図1a】本発明の実施形態による方法のステップを示す図である。

【図1b】本発明の実施形態による方法のステップを示す図である。

【図1c】本発明の実施形態による方法のステップを示す図である。

【図1d】本発明の実施形態による方法のステップを示す図である。
40

【図1e】本発明の実施形態による方法のステップを示す図である。

【図2】このような方法のフローチャートである。

【図3】本発明の実施形態による方法を実行するために適したコンピュータシステムのブロック図である。

【図4】本発明の実施形態による方法を実行するために適したコンピュータシステムのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

図1a、1bおよび2に示されるように、本発明の方法は、CADシステムに、衣服を表すデジタル的にモデル化された3D形状FSGをもたらすことによって開始する(図2
50

のフローチャートのステップa、サブステップa1)。形状は「自由」であり、すなわちいのちの特定の製造可能性要件によっても制約される必要はない。形状は、例えば上記で参照されたZahraa Yasseenら、Emmanuel Turquinら、Yulieli Gengらの論文に述べられた技法の1つを用いて、ユーザによって適切なアバターまたはデジタル的にモデル化された3DマニキンMK上にスケッチされ得る。あるいは形状は、衣服を「着ている」マニキンと一緒に、データベースまたは任意の他のソースからインポートされ得る。

【0035】

自由3D形状FGSは、すでにセグメントされていてもいなくてもよい。後者の場合は2つの可能性がある。すなわち、ユーザは適切な対話型グラフィックツール（それ自体は知られている）を用いることにより、手動でセグメント化を行うように促される。またはCADシステムはセグメント化を自動的に行うことができ（サブステップa2）、好みくはユーザに自動的に作成されたセグメント化を変更する可能性を提供する。いくつかの自動的セグメント化技法が当技術分野では知られており、例えば以下を参照。

【0036】

- David Bommesら「Integer-Grid Maps for Reliable Quad Meshing」、Computer Graphics Forum (Proc. Eurographics 2005)、24(3):581~590、これは4つの側部のパネルを生成する、および
- Dan Juliusら「D-Charts: Quasi-Developable Mesh Segmentation」Eurographics 2005 24巻(2005)、3号、これは規則的なやり方で3D表面にタイルを張る。

【0037】

「セグメント化」は、3D形状を、平面に対して位相同型である領域またはパネルのセットに、またはより一般には、場合によっては穴を含む平面的な形に分解することを意味する。結果として得られるパネルは必ずしも展開可能ではなく、すなわち歪みなしに平面に平面化できない場合があり、したがってそれらのパネルは本質的に3次元オブジェクトである。隣接した3Dパネルは接触側部を有し、この接触側部は製造される衣服の縫い目を表す。図1bは、セグメント化された図1aの自由3D形状FGSを表し、パネルのいくつかは参照符号3DP1、3DP2、3DP3、3DP4によって識別される。他の構成するパネルは図上では見えない。

【0038】

通常「パラメータ化ソルバ」と呼ばれるCADシステムによって実行されるソフトウェアモジュールによって実施される、後続のステップ（ステップb、サブステップb1）は、3Dパネルを平面化して、対応する製造可能な布地パターンを取得することにあり、この布地パターンは平面的であるので、それらが3D仮想空間内に入れられても、二次元(2D)と見なされ得る。より正確にはこのステップは、3次元パネルのそれぞれに対して、対応する2次元の平面化したパターンを計算し、各3Dパネルの点と、対応する2次元の平面化したパターンの点との間の全単射を定義するステップを含む。平面化したパターンは、対応する3Dパネルを置き換えず、互いにまたはマニキンと何ら定義された空間的関係を有する必要はない。図1cは、3Dパネル3DP2に対応する、平面化したパターンFP2'を示す。

【0039】

当技術分野ではいくつかの平面化アルゴリズムが知られており、本発明に適用され得る。この平面化アルゴリズムは一般に、できるだけ一様に変形を分布させることによって3Dパネルを変形させる原則に基づく。例えばAlla Sheffer、Bruno Levy、Maxim Mogilnitsky and Alexander Bogomyakovによる論文「ABF++: Fast and Robust Angle Based Flattening」ACM Transactions on Graphics (TOG) 24巻2号、April 2005、311~330ペー

10

20

30

40

50

ジで述べられた、 A B F + + アルゴリズム（旧 A B F - 角度ベースの平面化 - 方法の改良バージョン）を挙げることができる。別の適切な方法は L S C M（最小二乗等角写像）であり、これはユーザからの手動の介入を可能にする。Bruno Levy, Sylvain Petitjean, Nicolas Roy and Jerome Maillotによる論文「Least Squares Conformal Maps for Automatic Texture Atlas Generation」ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002 21巻 3号、July 2002を参照。

【0040】

10

これらの方ではパネル上に、通常三角形のメッシュを定義する必要がある。

【0041】

上記に示されたように、隣接した3Dパネルは接触側部を有し、この接触側部は製造される衣服の縫い目を表す（パネルは必ずしも多角形の縁をもたず、したがって「側部」は、同じ別のパネルに隣接した、または衣服の縁の一部である、パネルの縁の一部分として広く定義される）。これらの接触側部は必然的に同じ長さ、または少なくともそれらの長さの間に一定の関係（例えばちょうちん袖の場合）を有するが、この関係は一般に平面化時に失われる。次いでこの関係を強化するため、したがってマッチした縫い目を得るために、後処理（図2のフローチャートのサブステップb2）が必要となる。図1dは、2つの隣接した3Dパネル、それぞれ3DP2および3DP3を平面化することによって得られる、2つの2DパネルFP2'、FP3'を示す。これらの2Dパターンは、縫い目を形成するべきそれぞれの側部S2'およびS3'を有するが、平面化ステップの後にはもはや適合しなくなる（すなわち異なる長さを有する）。後処理ステップは、これらの側部の適合性を強化するように両方の2Dパターンを変形させ、参照符号FP2、FP3は変形された2Dパターンを、S2、S3は適合された側部を表す。より正確にはこれらの側部は、S2'、S3'の長さの平均の長さを取る。もちろん他の可能性もあり、例えばパターンの一方だけを変形させることができる。単一の側部の長さを変化させることによって適合させられる2つのパターンを示す図1dは、説明のために過度に単純化されていることが理解されるべきである。ほとんどの場合、いくつかの平面化したパターンを互いに適合させなければならないことになる。したがってパターンの少なくともいくつかに対しても、いくつかの側部の長さを同時に変更することが必要になる。

20

【0042】

30

後処理ステップは、2Dパターンの初期形状を有する弾性膜の変形であって、2Dパターンの側部の1または複数が、適合性条件を強化するように選ばれた率だけ、伸張または収縮されたときの変形をシミュレーションすることによって行われ得る。シミュレーションは例えば、平面化したパターン上にメッシュを定義する必要がある有限要素法によって行われ得、平面化を実行するためにすでに定義されている同じメッシュを用いることが可能となり得る。しかし、いくつかの側部が同時に伸張または収縮されなければならない場合は、側部の位置が固定されると仮定することができない。この問題はいわゆる「多点拘束」(MPC)を適用することによって解決することが可能である。「多点拘束」(MPC)は節点の間の関係、およびメッシュの自由度を規定する。MPC手法は、例えばR.D. Cook, D.S. Malkus, M.E. Plesha, R.J. Witt Concepts and Applications of Finite Element Analysis、4版、Wiley (October 17, 2001)に述べられている。

40

【0043】

より正確には以下のように進行することが可能である。すなわち、

- 伸張または収縮されることになる各側部に対して、「マスタ」ポイントが選ばれる。マスタポイントはサイズの重心とすることができます、必ずしも側部自体に属さない。

【0044】

50

- 側部の長さは、マスタポイントをその中心として有する相似変換を適用することによって変化される。

【0045】

- 伸張または収縮された側部の点は次いで、パターンの平面内を自由に移動する剛体として扱われ、すなわち2つの並進および回転の、3つの自由度を有する。伸張または収縮によって側部の長さを変更すると共に、この機構はまた一定の2D形状を側部に課すことを可能にし、例えば2D形状が例えば直線であることが要求され得る。

【0046】

- 側部の1または複数の形状が課された後に、パターンの自由体動きの除去は、点P Fの位置（これは2つの並進自由度を除去する）、および軸の方向（これは回転自由度を除去する）を固定することによって達成される。軸の方向は通常、パターン内の節点をX軸上でできるだけP Fから遠く選び、そのY座標を固定する、または逆にYにおいて遠い点を選び、そのX軸を固定することによって固定される。他方の座標において固定された点から離れた点の一方の座標を固定することによって、2つの点を通過する軸がロックされる。次いでパターンの変形は、例えばこれらの制約を適用しながら、弾性変形エネルギーを最小化することによって計算される。

【0047】

あるいは、平面化作業自体の間に、側部長さに制約を課すことも可能である。

【0048】

次いで（図2のステップc）、各平面パターン上に、およびステップbで決定された全単射関係によって各対応する3Dパネル上にメッシュが定義される（逆に進行することも可能となり得る）。このメッシュは、パネルを平面化するためおよび／または適合性制約を課すために用いられたものとは同じでないことが好ましい。すなわち、ステップbまたは少なくともサブステップb 2を実行するためにはしばしば三角形メッシュが好ましいが、ステップcで定義されるメッシュは四角形であることが好ましい。制限された端部伸展性をモデル化するために端部長さ制約が用いられるこの特定の問題に対して、2つの主な利用により、三角形より四角形メッシュが好ましい。すなわち、

- 三角形メッシュは過大制約問題に繋がるが、一方四角メッシュは平均で頂点当たり1つの自由度を残し、その横断運動を可能にする。

【0049】

- 四角形メッシュは、布地の歪みおよび横糸をより良く表し、数学的モデルを物理的現実に近づける。

【0050】

図1eは、このステップcおよび後続のステップdを示す。簡単にするために单一の平面化したパターンF P、および対応する3Dパネル3 D Pの場合のみが考察される。さらにマニキンM Kは簡単な球体によって表される。この図で参照符号M FおよびM E Fは平面化したパターンのメッシュおよびメッシュ要素を表し、一方M 3 DおよびM E 3は3Dパネル上のメッシュおよび対応するメッシュ要素を表す。D F Pはドレーピングされた、平面化したパターンを表す。

【0051】

次いでステップcで定義されたメッシュを用いて、デジタル的にモデル化されセグメント化された3D「自由」形状F S Gの、マニキンM Kへのドレーピングがシミュレーションされる。ドレーピング時に、3次元パネルの各メッシュ要素M E 3は、マニキン形状に従いながら、対応する2Dパターンの対応するメッシュ要素M E Fの寸法（例えば図1eの端部長さE E L）を採用することが課されることが重要である。したがってドレーピングステップの終わりには、3Dパネルは平面化したパターンと寸法的に同一になっており、したがって展開可能である。さらに3Dパネルは、そのドレーピングが現実的にシミュレーションされた、製造可能な衣服を形成するようにすでに組み立てられている。

【0052】

このステップ（図2のフローチャート上でdとラベルが付けられた）は、以下のように

10

20

30

40

50

実施される。

【0053】

四角形メッシュの各節点Nに対して、それを含む三角形Tが平面化したパターン内で識別される。次いでT内のNの重心座標が計算され（これらは三角形内の基準座標系であり、 $a + b + c = 1$ ）、その後に非平面化パネルの3D空間におけるNの画像である、N3を見出すために、メッシュ要素ME3の対応する3D位置によって乗算される。したがって3D画像節点N3は、（展開可能でない）形状FGS上に位置決めされる。次いでドレーピングは、知られているアルゴリズムを用いて、シミュレーションされた重力場の効果のもとでマニキン形状に従いながら、3次元パネルの各メッシュ要素ME3は対応する2Dパターンの対応するメッシュ要素M EFの寸法（例えばメッシュ要素EELの端部の長さ）を採用するという制約を漸進的に課しながら、行われる。10

【0054】

ドレーピングシミュレーションは、例えばRony Goldenthal、David Harmon、Raanan Fattal、Michel BercovierおよびEitan Grinspunによる論文「Efficient Simulation of Inextensible Cloth」、ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH 2007 26巻 3号、July 2007に述べられている方法を実施することによって、CADシステムにより制約に基づく反復ソルバを用いて実行され得る。このような方法は、布地モデルのメッシュ要素の端部の長さに寸法の制約を課すことによって、非伸張性の布地をシミュレーションする（一方、他のドレーピングアルゴリズムは、それが非物理的であっても一定量の弾性を必要とする）。有利なことにはステップdは、この方法の変更されたバージョンを用い、「厳密な」寸法の制約は区間によって置き換えられる。すなわち、反復シミュレーションの各反復において各要素端部の長さは、予め設定された区間 [L_{min}, L_{max}] 内に留まらなければならない。端部長さがこの範囲から出るとときは常に、それをこの区間のより近い端部にもたらすように制約が適用される。Adrian Rony GoldenthalのPhD学位論文「Implicit Treatment of Constraints for Cloth Simulation」、The Hebrew University of Jerusalem、March 2010を参照。20

【0055】

本発明の方法のステップdでは、シミュレーション時に、各端部要素の長さをその目標値に引き寄せるために、区間の幅は漸進的に狭められる。

【0056】

ドレーピングの終わりには、十分に製造可能であり、したがって布地の物理的性質の観点から現実的な、もとのデザインされたもの(FSG)にできるだけ近い衣服が得られる。興味深いことに本発明の方法は、完成した衣服の現実的な表示、対応する平面パターンのセット、ならびに位置決めおよび縫い合わせ情報（すなわちどのようにマニキンの周りにパターンが位置決めされるべきか、およびどの側部が一緒に縫い合わされるべきかの情報）を同時にもららす。40

【0057】

衣服デザイナーがドレーピングシミュレーションの結果に満足した場合は、衣服は直接作成され得る（および／またはそのデジタルモデルは、コンピュータグラフィックスまたは仮想現実アプリケーションにおいて用いられ得る）。そうでない場合は衣服デザイナーは、自由形状FGSを変更し、方法全体を再び実行することによって、反復して進行することができる。あるいは衣服デザイナーは、平面化したパターンを直接変更し、最終の衣服への効果を直接見ることができる、場合によっては異なる、より従来型のデザインツールを用いて。

【0058】

本発明の方法は、適切なプログラムをハードディスク、ソリッドステートディスク、ま50

たは C D - R O M などのコンピュータ可読媒体に不揮発性の形で記憶し、そのマイクロプロセッサおよびメモリを用いてプログラムを実行する、場合によってはコンピュータネットワークを含む、適切にプログラムされた汎用コンピュータまたはコンピュータシステムによって行われ得る。

【 0 0 5 9 】

図 3 を参照して、本発明の例示的実施形態による方法を実行するために適したコンピュータ、より正確にはコンピュータ支援設計ステーション、が述べられる。図 3 ではコンピュータは、上述のプロセスを行う中央処理装置 (C P U) P R を含む。プロセスは、実行可能プログラムすなわちコンピュータ可読命令のセットとして、R A M M 1 もしくはR O M M 2 などのメモリ、またはハードディスクドライブ (H D D) M 3、D V D / C D ドライブ M 4 に記憶することができ、または遠隔に記憶され得る。マニキンまたはアバターデータベース、すなわち本発明の方法による実行可能プログラムによって処理されるのに適切な形でのマニキンまたはアバターのデジタルモデルの組織化されたセットも、メモリデバイス M 1 から M 4 の 1 または複数に、または遠隔に記憶され得る。ユーザによって変更されるように準備された自由 3 D 形状の形での衣服モデルのデータベースも、メモリデバイスの 1 または複数に記憶され得る。

【 0 0 6 0 】

特許請求される本発明は、本発明のプロセスのコンピュータ可読命令および / またはデータベースがそれに記憶されたコンピュータ可読媒体の形に限定されない。例えば命令およびデータベースは、C D、D V D 上に、F L A S H メモリ、R A M、R O M、P R O M、E P R O M、E E P R O M、ハードディスク、またはサーバもしくはコンピュータなど、コンピュータ支援設計ステーションがそれと通信する任意の他の情報処理デバイス内に記憶され得る。プログラムおよびデータベースは、同じメモリデバイスに、または異なるメモリデバイスに記憶され得る。

【 0 0 6 1 】

さらに本発明の方法を実行するために適したコンピュータプログラムは、C P U P R および Microsoft V I S T A、Microsoft W i n d o w s 7、U N I X (登録商標)、S o l a r i s、L I N U X、A p p l e M A C - O S、および当業者に知られている他のシステムなどのオペレーティングシステムと連動して実行する、ユーティリティアプリケーション、バックグラウンドデーモン、もしくはオペレーティングシステムの構成要素、またはそれらの組合せとしてもたらされ得る。

【 0 0 6 2 】

C P U P R は、米国の I n t e l からのX e n o n プロセッサ、もしくは米国の A M D からのO p t e r o n プロセッサとすることができます、または米国の F r e e s c a l e C o r p o r a t i o n からのF r e e s c a l e C o l d F i r e、I M X、またはA R M プロセッサなどの他のプロセッサタイプとすることができます。あるいはC P U は、米国の I n t e l C o r p o r a t i o n からのC o r e 2 D u o などのプロセッサとすることができます、または当業者は認識し得るようにF P G A、A S I C、P L D 上に、または個別論理回路を用いて実現され得る。さらにC P U は、上述の本発明のプロセスのコンピュータ可読命令を行うように協調して動作する複数のプロセッサとして実現され得る。

【 0 0 6 3 】

図 3 のコンピュータ支援設計ステーションはまた、ローカルエリアネットワーク (L A N)、広域ネットワーク (W A N)、インターネットなどのネットワークとインターフェースするための米国の I n t e l C o r p o r a t i o n からのI n t e l E t h e r n e t P R O ネットワークインターフェースカードなどの、ネットワークインターフェースN I を含む。コンピュータ支援設計ステーションはさらに、H e w l e t t P a c k a r d H P L 2 4 4 5 w L C D モニタなどのディスプレイD Y とインターフェースするための、米国の N V I D I A C o r p o r a t i o n からのN V I D I A G e F o r c e G T X グラフィックスアダプタなどの、ディスプレイコントローラD C を含

む。汎用 I/O インターフェース IF は、キーボード KB、およびローラーボール、マウス、タッチパッドなどのポインティングデバイス PD とインターフェースする。ディスプレイ、キーボード、およびポインティングデバイスは、ディスプレイコントローラおよび I/O インターフェースと一緒に、グラフィカルユーザインターフェースを形成する。

【0064】

ディスクコントローラ DKC は、HDD M3 および DVD/CD M4 を、コンピュータ支援設計ステーションの構成要素のすべてを相互接続するための ISA、EISA、VESA、PCI または同様のものとすることができる通信バス CBS に接続する。

【0065】

ディスプレイ、キーボード、ポインティングデバイス、ならびにディスプレイコントローラ、ディスクコントローラ、ネットワークインターフェースおよび I/O インターフェースの一般的な特徴および機能は、これらの特徴は知られているので簡潔にするために本明細書では省略される。 10

【0066】

図 4 は、本発明の異なる例示的実施形態による方法を実行するために適したコンピュータシステムのブロック図である。

【0067】

図 4 では実行可能プログラム EXP、アバターまたはマニキンデータベース ADB、および衣服データベース GDB は、サーバ SC に接続されたメモリデバイスに記憶される。メモリデバイスおよびサーバの全体のアーキテクチャは、サーバにはディスプレイコントローラ、ディスプレイ、キーボード、および / またはポインティングデバイスがない場合があることを除いて、図 3 を参照して上記で論じられたものと同じとすることができる。 20

【0068】

サーバ SC は次いで、ネットワーク NW を経由して管理者システム ADS およびエンドユーザコンピュータ EUC に接続される。

【0069】

管理者システムおよびエンドユーザコンピュータの全体のアーキテクチャは、管理者システムおよびエンドユーザコンピュータのメモリデバイスが実行可能プログラム EXP、マニキンデータベース ADB、および衣服データベース GDB を記憶しないことを除いて、図 3 を参照して上記で論じられたものと同じとすることができる。しかしエンドユーザコンピュータは、以下で論じられるようにサーバの実行可能プログラムと協力するようにデザインされたクライアントプログラムを記憶する。 30

【0070】

理解され得るようにネットワーク NW は、インターネットなどのパブリックネットワーク、または LAN もしくは WAN ネットワークなどのプライベートネットワーク、またはそれらの任意の組合せとすることができます、また PSTN または ISDN ネットワークを含むことができる。ネットワーク NW はまた、イーサネットネットワークなどの有線とすることができます、EDGE、3G および 4G 無線セルラシステムを含むセルラネットワークなどの無線とすることができます。無線ネットワークはまた Wi-Fi、ブルートゥース（登録商標）、または知られている任意の他の無線の通信の形式とすることができます。したがってネットワーク NW は単に例示的であり、本発明の進歩の範囲を全く限定しない。 40

【0071】

エンドユーザコンピュータのメモリデバイスに記憶され、エンドユーザコンピュータの CPU によって実行されるクライアントプログラムは、ネットワーク NW を経由してサーバ上のマニキンおよび衣服データベースにアクセスする。これはエンドユーザがマニキン、および場合によっては衣服を表す自由 3D 形状を、それぞれのデータベースから選択し、必要に応じてそれらを変更することを可能にする。あるいはユーザは、単にマニキンを選択し、その上に自由 3D 形状をスケッチすることができます。サーバは図 1a から 1e および 2 を参照して上述されたように処理を行い、次いでやはりネットワーク NW を用いて、平面化したパターン、およびドレーピングされた製造可能な衣服モデルをエンドユーザ

10

20

30

40

50

コンピュータに送信する。

【 0 0 7 2 】

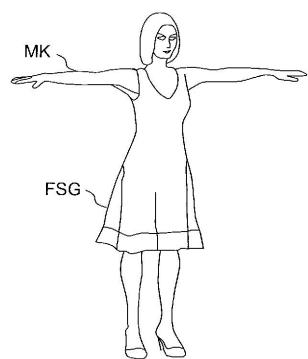
ただ 1 つの管理者システム A D S、および 1 つのエンドユーザコンピュータ E U C が示されるが、システムは任意の数の管理者システムおよび / またはエンドユーザシステムを限定されずにサポートすることができる。同様にまた、本発明の範囲から逸脱せずに複数のサーバ、アバターデータベース、および衣服パターンデータベースがシステム内において実現され得る。

【 0 0 7 3 】

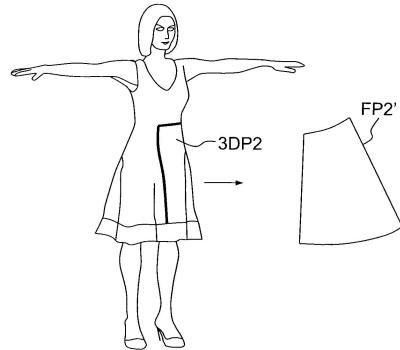
本明細書で述べられたフローチャートにおけるいずれのプロセス、記述、またはブロックも、特定の論理機能またはプロセスにおけるステップを実現するための 1 または複数の実行可能命令を含むモジュール、セグメント、またはコードの部分を表すものと理解されるべきであり、代替の実装形態は本発明の例示的実施形態の範囲に含まれる。

10

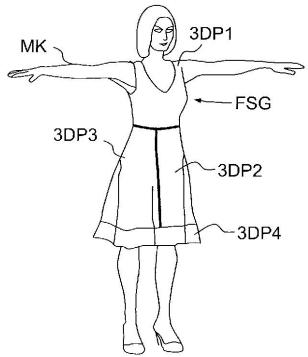
【図 1 a】



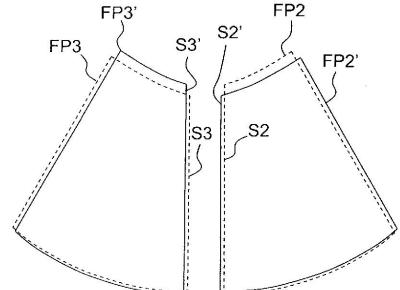
【図 1 c】



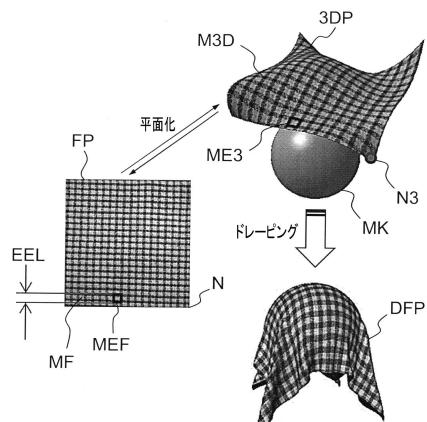
【図 1 b】



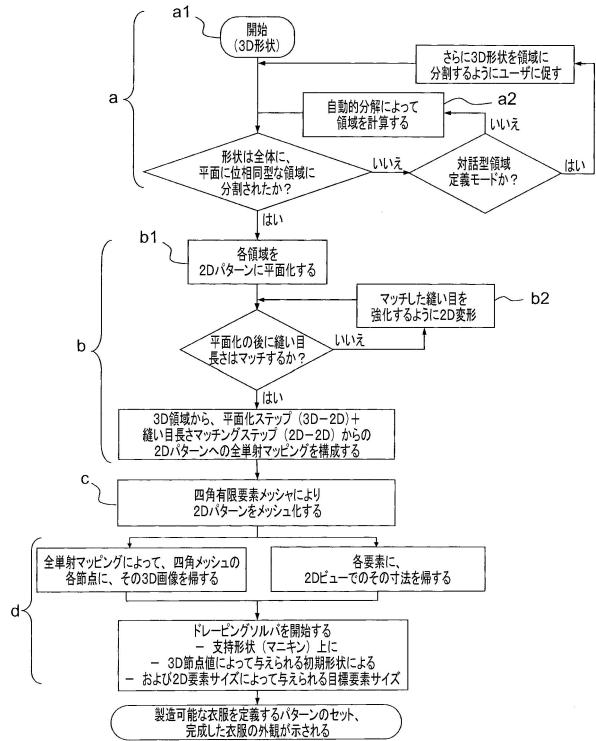
【図 1 d】



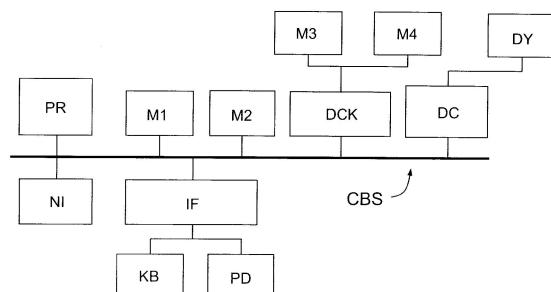
【図1e】



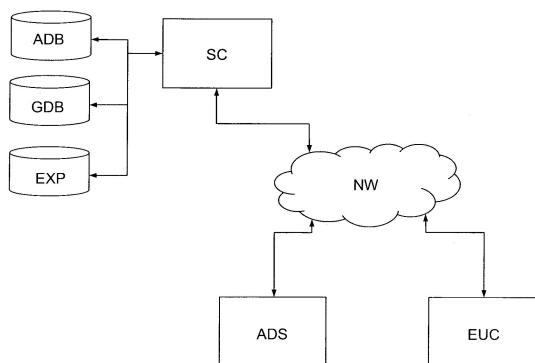
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 デニス ナウアイス
フランス 92140 クラマール リュ アルベール ヌヴ 10

審査官 堀井 啓明

(56)参考文献 特開平08-246219(JP,A)
特開2002-245115(JP,A)
特開2014-219754(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0114620(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F30/00 - 30/398