

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-51372  
(P2021-51372A)

(43) 公開日 令和3年4月1日(2021.4.1)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G06F 30/10 (2020.01)</b>	G06F 17/50 624K	5B046
<b>B63B 59/04 (2006.01)</b>	G06F 17/50 680Z	
	G06F 17/50 608A	
	G06F 17/50 622D	
	B63B 59/04 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2019-172181 (P2019-172181)  
(22) 出願日 令和1年9月20日(2019.9.20)

(71) 出願人 501204525  
国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所  
東京都三鷹市新川6丁目38番1号  
(74) 代理人 100098545  
弁理士 阿部 伸一  
(74) 代理人 100087745  
弁理士 清水 善廣  
(74) 代理人 100106611  
弁理士 辻田 幸史  
(74) 代理人 100189717  
弁理士 太田 貴章

最終頁に続く

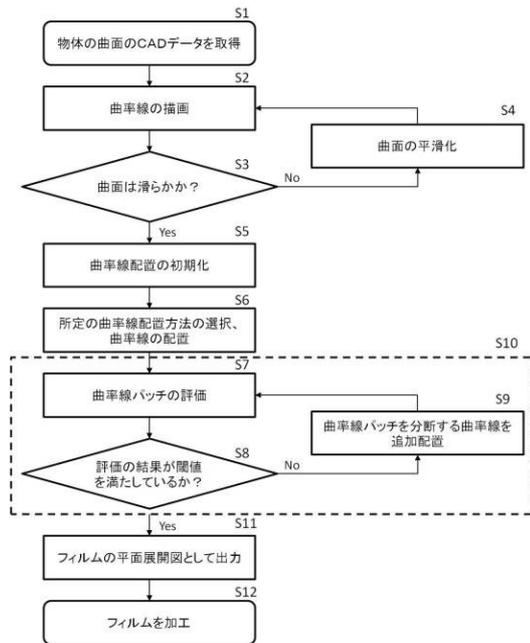
(54) 【発明の名称】 曲面貼付フィルム作成プログラム、曲面貼付フィルム作成システム、及び曲面貼付フィルムを貼付した船体

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 複雑に曲がった物体の曲面にフィルムをシワなく効率的に貼付することができる平面展開図を出力する曲面貼付フィルム作成プログラム、曲面貼付フィルム作成システム及び曲面貼付フィルムを貼付した船体を提供する。

【解決手段】 コンピュータに、物体の曲面のCADデータを取得するデータ取得ステップS1と、曲面に対して所定の曲率線配置方法を用いて曲率線を配置する曲率線配置ステップS6と、得られる曲率線パッチを評価するパッチ評価ステップS7と、曲率線パッチの評価の結果が閾値を満たしていない場合に曲率線パッチを分断する曲率線を追加配置する分断ステップS9と、曲率線の追加配置によって得られる曲率線パッチをパッチ評価ステップに再度適用し評価を行なう評価繰返ステップS10と、閾値を満たす曲率線パッチをフィルムの平面展開図として出力する出力ステップS11とを実行させる。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

曲面にシワなくフィルムを貼付する前記フィルムの平面展開図を作成するためのプログラムであって、  
コンピュータに、  
物体の前記曲面のCADデータを取得するデータ取得ステップと、  
前記曲面に対して所定の曲率線配置方法を用いて曲率線を配置する曲率線配置ステップと、  
前記曲率線の前記配置によって得られる曲率線パッチを評価するパッチ評価ステップと、  
前記曲率線パッチの前記評価の結果が予め定めた閾値を満たしていない場合に前記曲率線パッチを分断する曲率線を追加配置する分断ステップと、  
前記曲率線の追加配置によって得られる前記曲率線パッチを前記パッチ評価ステップに再度適用し前記評価を行なう評価繰返ステップと、  
前記閾値を満たす前記曲率線パッチを前記フィルムの平面展開図として出力する出力ステップとを実行させることを特徴とする曲面貼付フィルム作成プログラム。

10

**【請求項 2】**

前記データ取得ステップで取得した前記前記曲面に対し前記曲率線を描画し、前記曲面の滑らかさを評価させる形状評価ステップをさらに実行させることを特徴とする請求項 1 に記載の曲面貼付フィルム作成プログラム。

**【請求項 3】**

前記形状評価ステップで評価した前記曲面の滑らかさが不足する場合に、前記曲面の平滑化処理を行なう平滑化ステップをさらに実行させることを特徴とする請求項 2 に記載の曲面貼付フィルム作成プログラム。

20

**【請求項 4】**

前記所定の前記曲率線配置方法は、角度基準配置法であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の曲面貼付フィルム作成プログラム。

**【請求項 5】**

前記角度基準配置法における前記閾値は、前記曲率線パッチを平面上に展開した際に生じる展開前後の前記曲率線パッチの各頂点における接続角度の差に基づいて定めた限界角度であることを特徴とする請求項 4 に記載の曲面貼付フィルム作成プログラム。

30

**【請求項 6】**

前記所定の前記曲率線配置方法は、ひずみ基準配置法であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の曲面貼付フィルム作成プログラム。

**【請求項 7】**

前記ひずみ基準配置法における前記閾値は、前記曲率線パッチを平面上に展開した際に生じるひずみに基づいて定めた限界ひずみであることを特徴とする請求項 6 に記載の曲面貼付フィルム作成プログラム。

**【請求項 8】**

前記出力ステップで出力される前記平面展開図に基づいて、前記フィルムを加工するフィルム加工ステップをさらに実行させることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の曲面貼付フィルム作成プログラム。

40

**【請求項 9】**

曲面にシワなくフィルムを貼付する前記フィルムの平面展開図を作成するためのシステムであって、  
物体の前記曲面のCADデータを取得するデータ取得手段と、  
前記曲面に対して所定の曲率線配置方法を用いて曲率線を配置する曲率線配置手段と、  
前記曲率線の前記配置によって得られる曲率線パッチを評価するパッチ評価手段と、  
前記曲率線パッチの前記評価の結果が予め定めた閾値を満たしていない場合に前記曲率線パッチを分断する曲率線を追加配置するパッチ分断手段と、  
前記曲率線の追加配置によって得られる前記曲率線パッチを前記パッチ評価手段に再度適

50

用し前記評価を行なう評価繰返手段と、  
前記閾値を満たす前記曲率線パッチを前記フィルムの平面展開図として出力する出力手段  
とを備えたことを特徴とする曲面貼付フィルム作成システム。

【請求項 10】

前記データ取得手段で取得した前記曲面に対し前記曲率線を描画し、前記曲面の滑らかさを評価させる形状評価手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 9 に記載の曲面貼付フィルム作成システム。

【請求項 11】

前記形状評価手段で評価した前記曲面の滑らかさが不足する場合に、前記曲面の平滑化処理を行なう平滑化手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 10 に記載の曲面貼付フィルム作成システム。

10

【請求項 12】

前記所定の前記曲率線配置方法は、角度基準配置法であることを特徴とする請求項 9 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の曲面貼付フィルム作成システム。

【請求項 13】

前記角度基準配置法における前記閾値は、前記曲率線パッチを平面上に展開した際に生じる展開前後の前記曲率線パッチの各頂点における接続角度の差に基づいて定めた限界角度であることを特徴とする請求項 12 に記載の曲面貼付フィルム作成システム。

【請求項 14】

前記所定の前記曲率線配置方法は、ひずみ基準配置法であることを特徴とする請求項 9 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の曲面貼付フィルム作成システム。

20

【請求項 15】

前記ひずみ基準配置法における前記閾値は、前記曲率線パッチを平面上に展開した際に生じるひずみに基づいて定めた限界ひずみであることを特徴とする請求項 14 に記載の曲面貼付フィルム作成システム。

【請求項 16】

前記出力手段で出力される前記平面展開図に基づいて、前記フィルムを加工するフィルム加工手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 9 から請求項 15 のいずれか 1 項に記載の曲面貼付フィルム作成システム。

【請求項 17】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の曲面貼付フィルム作成プログラム、又は請求項 9 から請求項 16 のいずれか 1 項に記載の曲面貼付フィルム作成システムにより得られた前記平面展開図としての前記フィルムを、前記曲面を有した船体に貼付したことを特徴とする曲面貼付フィルムを貼付した船体。

30

【請求項 18】

前記フィルムを前記船体に貼付するに当たっての識別用の符号を、前記フィルムと前記船体に有したことを特徴とする請求項 17 に記載の曲面貼付フィルムを貼付した船体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、曲面にシワなくフィルムを貼付するための曲面貼付フィルム作成プログラム、曲面貼付フィルム作成システム、及び曲面貼付フィルムを貼付した船体に関する。

40

【背景技術】

【0002】

海上を航行する船舶は常に海水にさらされていること等から、陸上構造物に比べて腐食が進みやすい環境にある。このような厳しい環境においても、長期間にわたって船体の腐食等を防ぎ健全に運用するために様々な塗料が用いられている。近年では、塗装の代替として、物体に直接フィルムを貼る技術が注目されている。この塗装代替フィルムは、塗装されていない対象物に貼付することで、塗装作業を省略しながらも従来の塗料のような防食機能等を保証するものである。

50

しかし、大型船舶等に対し、塗装代替フィルム貼付を適用した例はいまだ見られない。フィルムは薄い素材であり、特にフィルムが伸縮しづらい素材の場合、船体のように湾曲して大きな曲面を有する物体にシワ無くフィルムを効率的に貼ることは容易ではない。このため、伸び縮みが少ない平らなシート状の素材であるフィルムから3次元形状を覆う(貼付する)場合、設計された3次元曲面形状の平面展開図が必要になる。

#### 【0003】

ここで、特許文献1には、鋼板以外の部材についても精度よく曲面形状に加工することを目的として、形成目的の面における、最大主曲率方向および最小主曲率方向のいずれか一方の2本の曲率線である第1曲率線および第2曲率線を求め、最大主曲率方向および最小主曲率方向のうち、第1曲率線および第2曲率線とは異なる方向の、第1曲率線から第2曲率線までの曲率線である第3曲率線を複数求める目的面曲率線取得部と、第1曲率線を平面に展開し、第3曲率線の各々を、第1曲率線に含まれる点を始点として平面に等長展開し、第2曲率線を、平面に展開された第3曲率線のいずれかの終点を通るように平面に展開する展開部と、平面に展開された第2曲率線と1つ以上の第3曲率線の終点とのずれに基づいて、平面のうち除去すべき部分を求める除去部分設定部とを備えた除去部分設定装置が開示されている。

また、特許文献2には、表面に多数の凹部を有するシートの裏面を船体等の構造体の表面に貼着する流体抵抗低減装置が開示されており、シートを船体外面に用いることにより船体外面の塗装を不要にできる旨も記載されている。

また、特許文献3には、自動車ボディの塗装面保護のためにラップフィルムを外板面に貼付する際のラップフィルム貼付方法に関し、幅設定治具を用いてラップフィルムの位置出しを改善する方法が開示されている。

また、特許文献4には、形成目的面における複数の最大主曲率線及び複数の最小主曲率線を求める目的面曲率線取得部と、形成目的面が最大主曲率線及び最小主曲率線で区切られた各領域について、対応する平面上の領域の形状を示すデータを求める平面上領域取得部とを備える形状取得装置が開示されており、図11には、平面メッシュ領域を最大主曲率線又は最小主曲率に沿った方向における並びに従って繋ぎ合わせて得られる展開図の例が示されている。また、この特許文献4では、曲率線がそのまま展開図の切込み線になるため、不要な切込み線をなるべく減らすように曲率線を求める処理を中止することを提案している。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0004】

【特許文献1】特開2016-91477号公報

【特許文献2】特開昭51-146088号公報

【特許文献3】特開平6-238753号公報

【特許文献4】国際公開第2017/090749号

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

特許文献1及び特許文献4は、曲率線を平面に展開して精度よく曲面形状を得ようとするものではあるが、曲面にシワなく効率的に貼付できるフィルムに適した曲率線の配置等については何ら記載されていない。

また、特許文献2及び特許文献3は、曲率線を用いて3次元曲面形状の平面展開図を得るものではない。

そこで本発明は、複雑に曲がった物体の曲面にフィルムをシワなく効率的に貼付することができる平面展開図を出力する曲面貼付フィルム作成プログラム、曲面貼付フィルム作成システム、及び曲面貼付フィルムを貼付した船体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】

#### 【0006】

請求項 1 の記載に対応した曲面貼付フィルム作成プログラムにおいては、曲面にシワなくフィルムを貼付するフィルムの平面展開図を作成するためのプログラムであって、コンピュータに、物体の曲面の CAD データを取得するデータ取得ステップと、曲面に対して所定の曲率線配置方法を用いて曲率線を配置する曲率線配置ステップと、曲率線の配置によって得られる曲率線パッチを評価するパッチ評価ステップと、曲率線パッチの評価の結果が予め定めた閾値を満たしていない場合に曲率線パッチを分断する曲率線を追加配置する分断ステップと、曲率線の追加配置によって得られる曲率線パッチをパッチ評価ステップに再度適用し評価を行なう評価繰返ステップと、閾値を満たす曲率線パッチをフィルムの平面展開図として出力する出力ステップとを実行させることを特徴とする。

請求項 1 に記載の本発明によれば、物体の曲面にシワなく効率的に貼付することができるフィルムを得ることができる。

10

【 0 0 0 7 】

請求項 2 記載の本発明は、データ取得ステップで取得した曲面に対し曲率線を描画し、曲面の滑らかさを評価させる形状評価ステップをさらに実行させることを特徴とする。

請求項 2 に記載の本発明によれば、曲率線から得られる平面展開図から曲面の滑らかさを推定することができる。

【 0 0 0 8 】

請求項 3 記載の本発明は、形状評価ステップで評価した曲面の滑らかさが不足する場合に、曲面の平滑化処理を行なう平滑化ステップをさらに実行させることを特徴とする。

請求項 3 に記載の本発明によれば、所定の基準を満たした曲面の滑らかさに基づいて曲率線の流れを十分に滑らかにすることができる。

20

【 0 0 0 9 】

請求項 4 記載の本発明は、所定の曲率線配置方法は、角度基準配置法であることを特徴とする。

請求項 4 に記載の本発明によれば、対象曲面に対する展開精度を考慮して平面展開図を生成することができる。

【 0 0 1 0 】

請求項 5 記載の本発明は、角度基準配置法における閾値は、曲率線パッチを平面上に展開した際に生じる展開前後の曲率線パッチの各頂点における接続角度の差に基づいて定められた限界角度であることを特徴とする。

30

請求項 5 に記載の本発明によれば、展開精度の高い平面展開図を生成することができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 6 記載の本発明は、所定の曲率線配置方法は、ひずみ基準配置法であることを特徴とする。

請求項 6 に記載の本発明によれば、物体に貼付するフィルムの材料特性値を考慮して、フィルムの破断ひずみを超えない平面展開図を生成することができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 7 記載の本発明は、ひずみ基準配置法における閾値は、曲率線パッチを平面上に展開した際に生じるひずみに基づいて定められた限界ひずみであることを特徴とする。

40

請求項 7 に記載の本発明によれば、展開精度の高い平面展開図を生成することができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 8 記載の本発明は、出力ステップで出力される平面展開図に基づいて、フィルムを加工するフィルム加工ステップをさらに実行させることを特徴とする。

請求項 8 に記載の本発明によれば、物体の曲面にシワなく効率的に貼付することができる加工したフィルムを得ることができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 9 の記載に対応した曲面貼付フィルム作成システムにおいては、曲面にシワなくフィルムを貼付するフィルムの平面展開図を作成するためのシステムであって、物体の曲

50

面のCADデータを取得するデータ取得手段と、曲面に対して所定の曲率線配置方法を用いて曲率線を配置する曲率線配置手段と、曲率線の配置によって得られる曲率線パッチを評価するパッチ評価手段と、曲率線パッチの評価の結果が予め定めた閾値を満たしていない場合に曲率線パッチを分断する曲率線を追加配置するパッチ分断手段と、曲率線の追加配置によって得られる曲率線パッチをパッチ評価手段に再度適用し評価を行なう評価繰返手段と、閾値を満たす曲率線パッチをフィルムの平面展開図として出力する出力手段とを備えたことを特徴とする。

請求項9に記載の本発明によれば、物体の曲面にシワなく効率的に貼付することができるフィルムを得ることができる。

【0015】

請求項10記載の本発明は、データ取得手段で取得した曲面に対し曲率線を描画し、曲面の滑らかさを評価させる形状評価手段をさらに備えたことを特徴とする。

請求項10に記載の本発明によれば、曲率線から得られる平面展開図から曲面の滑らかさを推定することができる。

【0016】

請求項11記載の本発明は、形状評価手段で評価した曲面の滑らかさが不足する場合に、曲面の平滑化処理を行なう平滑化手段をさらに備えたことを特徴とする。

請求項11に記載の本発明によれば、所定の基準を満たした曲面の滑らかさに基づいて曲率線の流れを十分に滑らかにすることができる。

【0017】

請求項12記載の本発明は、所定の曲率線配置方法は、角度基準配置法であることを特徴とする。

請求項12に記載の本発明によれば、対象曲面に対する展開精度を考慮して平面展開図を生成することができる。

【0018】

請求項13記載の本発明は、角度基準配置法における閾値は、曲率線パッチを平面上に展開した際に生じる展開前後の曲率線パッチの各頂点における接続角度の差に基づいて定めた限界角度であることを特徴とする。

請求項13に記載の本発明によれば、展開精度の高い平面展開図を生成することができる。

【0019】

請求項14記載の本発明は、所定の曲率線配置方法は、ひずみ基準配置法であることを特徴とする。

請求項14に記載の本発明によれば、物体に貼付するフィルムの材料特性値を考慮して、フィルムの破断ひずみを超えない平面展開図を生成することができる。

【0020】

請求項15記載の本発明は、ひずみ基準配置法における閾値は、曲率線パッチを平面上に展開した際に生じるひずみに基づいて定めた限界ひずみであることを特徴とする。

請求項15に記載の本発明によれば、展開精度の高い平面展開図を生成することができる。

【0021】

請求項16記載の本発明は、出力手段で出力される平面展開図に基づいて、フィルムを加工するフィルム加工手段をさらに備えたことを特徴とする。

請求項16に記載の本発明によれば、物体の曲面にシワなく効率的に貼付することができる加工したフィルムを得ることができる。

【0022】

請求項17の記載に対応した曲面貼付フィルムを貼付した船体においては、曲面貼付フィルム作成プログラム、又は曲面貼付フィルム作成システムにより得られた平面展開図としてのフィルムを、曲面を有した船体に貼付したことを特徴とする。

請求項17に記載の本発明によれば、例えば、塗装に代えてシワなく貼付されたフィル

10

20

30

40

50

ムにより防食機能等が保証された船体を提供することができる。

【0023】

請求項18記載の本発明は、フィルムを船体に貼付するに当たっての識別用の符号を、フィルムと船体に有したことを特徴とする。

請求項18に記載の本発明によれば、船体へのフィルムの貼付作業を効率的に行なうことができる。

【発明の効果】

【0024】

本発明の曲面貼付フィルム作成プログラムによれば、物体の曲面にシワなく効率的に貼付することができるフィルムを得ることができる。

10

【0025】

また、データ取得ステップで取得した曲面に対し曲率線を描画させ、曲面の滑らかさを評価させる形状評価ステップをさらに実行させる場合には、曲率線から得られる平面展開図から曲面の滑らかさを推定することができる。

【0026】

また、形状評価ステップで評価した曲面の滑らかさが不足する場合に、曲面の平滑化処理を行なう平滑化ステップをさらに実行させる場合には、所定の基準を満たした曲面の滑らかさに基づいて曲率線の流れを十分に滑らかにすることができる。

【0027】

また、所定の曲率線配置方法が角度基準配置法である場合には、対象曲面に対する展開精度を考慮して平面展開図を生成することができる。

20

【0028】

また、角度基準配置法における閾値が曲率線パッチを平面上に展開した際に生じる展開前後の曲率線パッチの各頂点における接続角度の差に基づいて定めた限界角度である場合には、展開精度の高い平面展開図を生成することができる。

【0029】

また、所定の曲率線配置方法がひずみ基準配置法である場合には、物体に貼付するフィルムの材料特性値を考慮して、フィルムの破断ひずみを超えない平面展開図を生成することができる。

【0030】

また、ひずみ基準配置法における閾値が曲率線パッチを平面上に展開した際に生じるひずみに基づいて定めた限界ひずみである場合には、展開精度の高い平面展開図を生成することができる。

30

【0031】

また、出力ステップで出力される平面展開図に基づいて、フィルムを加工するフィルム加工ステップをさらに実行させる場合には、物体の曲面にシワなく効率的に貼付することができる加工したフィルムを得ることができる。

【0032】

また、本発明の曲面貼付フィルム作成システムによれば、物体の曲面にシワなく効率的に貼付することができるフィルムを得ることができる。

40

【0033】

また、データ取得手段で取得した曲面に対し曲率線を描画し、曲面の滑らかさを評価させる形状評価手段をさらに備えた場合には、曲率線から得られる平面展開図から曲面の滑らかさを推定することができる。

【0034】

また、形状評価手段で評価した曲面の滑らかさが不足する場合に、曲面の平滑化処理を行なう平滑化手段をさらに備えた場合には、所定の基準を満たした曲面の滑らかさに基づいて曲率線の流れを十分に滑らかにすることができる。

【0035】

また、所定の曲率線配置方法が角度基準配置法である場合には、対象曲面に対する展開

50

精度を考慮して平面展開図を生成することができる。

【0036】

また、角度基準配置法における閾値が曲率線パッチを平面上に展開した際に生じる展開前後の曲率線パッチの各頂点における接続角度の差に基づいて定めた限界角度である場合には、展開精度の高い平面展開図を生成することができる。

【0037】

また、所定の曲率線配置方法がひずみ基準配置法である場合には、物体に貼付するフィルムの材料特性値を考慮して、フィルムの破断ひずみを超えない平面展開図を生成することができる。

【0038】

また、ひずみ基準配置法における閾値が曲率線パッチを平面上に展開した際に生じるひずみに基づいて定めた限界ひずみである場合には、展開精度の高い平面展開図を生成することができる。

【0039】

また、出力手段で出力される平面展開図に基づいて、フィルムを加工するフィルム加工手段をさらに備えた場合には、物体の曲面にシワなく効率的に貼付することができる加工したフィルムを得ることができる。

【0040】

また、本発明の曲面貼付フィルムを貼付した船体によれば、例えば、塗装に代えてシワなく貼付されたフィルムにより防食機能等が保証された船体を提供することができる。

【0041】

また、フィルムを船体に貼付するに当たっての識別用の符号を、フィルムと船体に有した場合には、船体へのフィルムの貼付作業を効率的に行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】本発明の実施形態による曲面貼付フィルム作成プログラムのフロー図

【図2】曲率線の例を示す図

【図3】曲率線パッチの説明図

【図4】船舶プレートの平面展開図の例を示す図

【図5】船首部曲面の平面展開図の例を示す図

【図6】本発明の実施形態による曲面貼付フィルム作成システムのブロック図

【図7】本発明の実施例における船首形状を示す図

【図8】同平滑化処理を行った曲面のCADデータを使用し角度基準配置法を用いて曲率線の配置を行った結果を示す図

【図9】同図8(d)の一部拡大図

【図10】同展開前の曲率線パッチの数に対する展開後の曲率線パッチの計算時間を示すグラフ

【発明を実施するための形態】

【0043】

以下、本発明の実施形態による曲面貼付フィルム作成プログラム、曲面貼付フィルム作成システム、及び曲面貼付フィルムを貼付した船体について説明する。

【0044】

図1は本実施形態による曲面貼付フィルム作成プログラムのフロー図である。

曲面貼付フィルム作成プログラムは、コンピュータに各ステップを実行させ、物体の曲面にシワなくフィルムを貼付する平面展開図を作成する。

【0045】

まず、フィルムを貼付しようとする物体の曲面のCADデータを取得する(S1:データ取得ステップ)。

CADデータには、設計データの他、実物の計測結果を反映したデータ、実物の画像データ等を変換処理したデータを用いることができる。

10

20

30

40

50

物体の曲面に貼付するフィルムの平面展開図を得るためには、物体の形状（3次元曲面）が必要である。そのため、3次元CADソフトウェアの曲面データを利用する。CADソフトウェアで標準的に利用されている形式は、B-スプライン（B spline）関数で表現された曲面（B spline曲面、B spline surface）であるが、これに限定されるものではない。例えば、他に入力可能なデータとしては、ベジェ曲面などを含むNURBS曲面、T-スプライン曲面、Catmull Clark subdivision又はDoo Sabin subdivisionなどの細分割曲面、及びポリゴンメッシュ等が挙げられる。

#### 【0046】

フィルムの平面展開図を生成するにあたっては、曲面上の曲率線の流れが滑らかであることが望ましい。曲率線は物体表面の不規則性に敏感なので、物体表面は十分に滑らかである必要がある。曲面が滑らかでないと、曲率線もいびつになり、生成した平面展開図の主ストリップ（帯）もいびつとなってしまう。なお、「滑らか」とは、凹凸がなく綺麗な状態を指す。

このため、次のように、平面展開図を生成する前準備として曲率線描画ステップS2、形状評価ステップS3、及び平滑化ステップS4を実行する。なお、取得した物体の曲面のCADデータが滑らかであることが初めから分かっている場合は、この前準備は省略してもよい。

#### 【0047】

データ取得ステップS1で取得した曲面に対し曲率線を描画する（S2：曲率線描画ステップ）。

#### 【0048】

曲率線描画ステップS2の後、曲面の滑らかさが所定の基準を満たしているか否かについて評価する（S3：形状評価ステップ）。

曲面の滑らかさの評価は、比較画像や形状に係る数値等に基づいてコンピュータに自動的に行わせることができる他、人が目視によって評価した結果をコンピュータに入力することもできる。これにより、曲率線から得られる平面展開図から曲面の滑らかさを推定することができる。

#### 【0049】

形状評価ステップS3において曲面の滑らかさが所定の基準に不足すると評価した場合は、曲面の平滑化処理を行なう（S4：平滑化ステップ）。

これにより、所定の基準を満たした曲線の滑らかさに基づいて曲率線の流れを十分に滑らかにすることができる。

平滑化処理の方法に特に限定は無く、例えば文献「M. Takezawa, K. Matsuo and T. Maekawa, 'Control of lines of curvature for plate forming in shipbuilding', International Geometry Summit (IGS) 2019 Posters' Proceedings, 2019.」に記載されている方法を使用することができる。

#### 【0050】

ここで、曲率線、曲率線パッチ、及び曲率線パッチに基づく平面展開図について説明する。

図2は曲率線の例を示す図であり、図2(a)はトーラスモデル、図2(c)は楕円放物面モデルである。

曲率線とは、曲面の微分幾何学に基づいて計算される曲面上の曲線群である。曲面上の任意の点では、法曲率が最大値をとる最大主方向と、最小値をとる最小主方向とが存在する。それらの方向は互いに直交することが知られており、それぞれの方向を追跡した曲線は曲率線（「lines of curvature」又は「curvature lines」）と呼ばれる。

そのため曲率線1は、最大主方向を追跡した最大主曲率線1Aと、最小主方向を追跡した最小主曲率線1Bとが存在し、それらは曲面上で直交網を構築する。曲率線1は任意の本数を、曲面上の任意の箇所に描画することが可能である。なお、主方向を定義できない点は、曲率線1の直交網の特異点であり、「umbilical point」と呼ばれる。

曲率線1が曲面上に配置されると、曲率線パッチ2が得られる。曲率線パッチとは、曲

10

20

30

40

50

率線 1 で囲まれた領域である。但し本件発明は、曲率線 1 だけではなく曲面の境界線を含むような領域についても曲率線パッチ 2 と同様に処理することができる。

【0051】

図 3 は曲率線パッチの説明図であり、図 3 ( a ) は曲率線パッチ 2 の四辺形を示し、図 3 ( b ) は展開された曲率線パッチ 2 ( 展開 q u a d ) の頂点  $V_i$  及び頂点角度  $\omega_i$  を示し、図 3 ( c ) は角度  $\theta_{i,1}$ ,  $\theta_{i,2}$  を示している。

曲面上の曲率線パッチ 2 は、一般に 4 本の曲率線 1 で矩形に構成される。例えば、図 3 ( a ) では、それぞれ 2 本の最大主曲率線 1 A と最小主曲率線 1 B で構成された複数の曲率線パッチ 2 を示している。

曲率線パッチ 2 を構成する 4 本の曲率線 1 を、測地線曲率を用いて平面に展開し、平面に展開された曲率線 1 を曲面上での接続関係に基づいて接続すると、平面上で展開された曲率線パッチ 2 が形成される。しかしながら、展開された曲率線パッチ 2 の形状は一意に定まらない。曲面上の曲率線パッチ 2 と展開された曲率線パッチ 2 間の同率性を想定しているため、展開された曲率線パッチ 2 の 4 つの頂点の接続角度を直角に近づけることを考える。そのために、接続角度はすべて数式で定義されている必要がある。

したがって、図 3 ( b ) に示すように展開された曲率線パッチ 2 の頂点と頂点角度をそれぞれ  $V_i$  と  $\omega_i$  ( $i = 0, \dots, 3$ ) とし、図 3 ( c ) に示すように角度  $\theta_{i,1}$ ,  $\theta_{i,2}$  ( $i = 0, \dots, 3$ ) とすると、頂点角度  $\omega_i$  は下式 ( 1 ) で表される。

【数 1】

$$\omega_i(\psi_0) = \psi_i(\psi_0) + \delta_{i,1} + \delta_{i,2}, (i = 0, \dots, 3), \quad \dots(1)$$

目的関数は下式 ( 2 ) で表される。

【数 2】

$$F(\psi_0) = \sum_{i=0}^3 \left( \omega_i(\psi_0) - \frac{\pi}{2} \right)^2. \quad \dots(2)$$

式 ( 2 ) を最小化するために、下式 ( 3 ) を満たす角度  $\omega_i$  を、Newton 法を用いて求める。

【数 3】

$$\dot{F}(\psi_0) = \sum_{i=0}^3 2 \left( \omega_i(\psi_0) - \frac{\pi}{2} \right) \dot{\omega}_i(\psi_0) = 0, \quad \dots(3)$$

式 ( 3 ) において、「 $\cdot$  ( 上付きドット ) 」は、角度  $\omega_i$  についての微分を表す。

【0052】

N 本の曲率線 1 で構成される N 辺形 ( $N > 5$ ) の曲率線パッチ 2 の場合も、同様に目的関数を使用して曲率線パッチ 2 を平面に展開することができる。そして、曲率線 1 に沿って展開された曲率線パッチ 2 を並べることにより主ストリップ ( 帯 ) を生成することができる。

【0053】

図 4 は船舶プレートの平面展開図の例を示す図であり、図 4 ( a ) は曲率線を配置した船舶プレートの曲面を示し、図 4 ( b ) は曲率線に基づく平面展開図 3 を示し、図 4 ( c ) は個々の展開された曲率線パッチ 2 を接続して生成した主ストリップ ( 帯 ) 4 を示し、図 4 ( d ) は生成した主ストリップ ( 帯 ) 4 に基づく 2 つの色紙を使用したペーパークラフトモデル 5 の作成過程を示し、図 4 ( e ) は作成したペーパークラフトモデル 5 と、それに対応した 3 D プリントモデル 6 を示している。

また、図 5 は船首部曲面の平面展開図の例を示す図であり、図 5 ( a ) は曲率線 1 を配置した船首部曲面を示し、図 5 ( b ) は曲率線 1 に基づく平面展開図 3 を示し、図 5 ( c ) はペーパークラフトモデル 5 を示している。

【0054】

10

30

40

50

図5に示すように、曲面に多数の曲率線1を配置すると、曲率線1に基づく平面展開図3における主ストリップ(帯)4の数も増加し、物体の曲面を高精度で再構築することが可能となる。これにより、主ストリップ(帯)4の形状に合わせてカットされたフィルムを用いることで、フィルムをシワなく物体に貼付することができる。

なお、フィルムは裏面が粘着性を有し、粘着部が付着防止膜で保護され、貼付に当って付着防止膜を除去できるタイプが好ましい。

しかし、主ストリップ(帯)4の数が増加し、フィルムの数が非常に多くなると、貼付作業に係る時間が増加してしまう。一方で、曲面に配置する曲率線1の本数が少ないと、平面展開図3からの物体の曲面形状の復元精度が低く、曲面に沿ってフィルムを貼り付けようとしても大きなシワが発生してしまい、歪みの増加や品質の低下につながる

10

。そこで、本実施形態による曲面貼付フィルム作成プログラムは、フィルムをシワなく物体に貼付できる範囲内で出来るだけ枚数を少なくするため、以下の手順をコンピュータに実行させる。

なお、シワがある状態とは、フィルムを貼り付ける対象曲面に対してフィルムが接触していない領域が生じている状態を指す(すなわち、曲面から浮き上がっている状態や、無理に貼り付けてフィルムに重ね合わせの部分が生じている場合を指す)。本実施形態におけるシワの少ない状態とは、それぞれの曲率線パッチ2の領域においてフィルムが接していない面積が0.5%以下の状態をいう。但し、隙間から海水の浸入を防ぐ目的で意図的にフィルムに重ね合わせた部分を有する場合は、この部分に限ってはシワとして考慮しない。

20

#### 【0055】

図1に戻り、形状評価ステップS3において曲面の滑らかさが所定の基準を満たすと評価した場合は、曲率線描画ステップS2で描画した曲率線1を消去する初期化を行なう(S5:初期化ステップ)

#### 【0056】

初期化ステップS5の後、所定の曲率線配置方法を選択し、データ取得ステップS1で取得した曲面に対して曲率線1を配置する(S6:曲率線配置ステップ)。

曲率線1は、最大主方向と最小主方向のそれぞれに複数配置する。曲線の本数は、フィルムをシワなく貼付するために最終的に必要と推定される本数よりも十分少なく設定することが好ましい。

30

#### 【0057】

曲率線配置ステップS6において選択する所定の曲率線配置方法は、角度基準に基づく配置を行なう角度基準配置法、又はひずみ基準に基づく配置を行なうひずみ基準配置法であり、その両方を選択することもできる。

角度基準配置法を選択した場合は、対象曲面に対する展開精度を考慮して平面展開図3を生成することができる。また、ひずみ基準配置法を選択した場合は、物体に貼付するフィルムの材料特性値を考慮して、フィルムの破断ひずみを超えない平面展開図3を生成することができる。

#### 【0058】

曲率線配置ステップS6の後、曲率線1の配置によって得られる曲率線パッチ2を評価する(S7:パッチ評価ステップ)。

評価においては、それぞれの曲率線パッチ2について評価値を計算する。評価値は、曲率線配置ステップS6において選択した所定の曲率線配置方法により異なる。

展開精度が高い曲率線パッチ2では、曲率線パッチ2を平面上に展開した際に生じる展開前後の曲率線パッチ2の各頂点における接続角度の差が小さい。このため、角度基準配置法における評価基準は展開前後での各頂点における接続角度の差であり、接続角度の差について過去のデータ等を基に定めた限界角度が閾値として予め設定されている。よって、角度基準配置法を選択している場合は、曲率線パッチ2を平面上に展開した際に生じる展開前後の曲率線パッチ2の各頂点における接続角度の差が評価値である。閾値として限

40

50

界角度を用いることで、展開精度の高い平面展開図 3 を生成することができる。

また、展開精度が高い曲率線パッチ 2 では、曲率線パッチ 2 を平面上に展開した際に生じる展開前後におけるひずみ量が小さい。このため、ひずみ基準配置法における評価基準は展開前後での曲率線パッチ 2 のひずみであり、物体に張り付けるフィルムの素材によって決まる物性値である破断ひずみ (fracture strain) の値を基に定めた限界ひずみが所定の閾値として予め設定されている。よって、ひずみ基準配置法を選択している場合は、曲率線パッチ 2 を平面に展開する展開前後における曲率線パッチ 2 のひずみが評価値である。閾値として限界ひずみを用いることで、展開精度の高い平面展開図 3 を生成することができる。なお、限界ひずみは、破断までに至らないフィルムの実用上の伸縮限界としてのひずみであってもよい。

10

#### 【 0 0 5 9 】

パッチ評価ステップ S 7 の後、曲率線パッチ 2 の評価の結果が予め定めた閾値を満たすか否かを判定する ( S 8 : パッチ評価結果判定ステップ ) 。

#### 【 0 0 6 0 】

パッチ評価結果判定ステップ S 8 において、曲率線パッチ 2 の評価の結果が閾値を満たしていないと判定された場合は、曲率線パッチ 2 を分断する曲率線 1 を追加配置する ( S 9 : 分断ステップ ) 。

角度基準配置法を選択している場合は、閾値を満たさず角度差が大きい曲率線パッチ 2 について、その領域をより小さな領域に分割するように曲率線 1 を優先的に追加配置する。

20

ひずみ基準配置法を選択している場合は、閾値を満たさずひずみが大きい曲率線パッチ 2 について、フィルムの破断ひずみを超えないように、その領域をより小さな領域に分割するように曲率線 1 を優先的に追加配置する。各曲率線パッチ 2 のひずみは、例えば、曲率線パッチ 2 を展開する前後の対角線長の偏差量に基づいて推定できる。

このように、評価値が閾値を満たしていない曲率線パッチ 2 については、その曲率線パッチ 2 の領域を分断するように曲率線 1 を追加する。

#### 【 0 0 6 1 】

分断ステップ S 9 の後、パッチ評価ステップ S 7 に戻り、曲率線 1 の追加配置によって得られる曲率線パッチ 2 のすべてについて評価を行なう。そして、パッチ評価結果判定ステップ S 8 において、曲率線パッチ 2 の評価の結果が予め定めた閾値を満たすか否かを判定する。

30

以降は、パッチ評価結果判定ステップ S 8 において曲率線パッチ 2 の評価の結果が閾値を満たすと判定されるまで、角度差又はひずみが大きい曲率線パッチ 2 に曲率線 1 を優先的に配置し、曲率線 1 の追加配置によって得られる曲率線パッチ 2 をパッチ評価ステップ S 7 に再度適用し評価を行なう ( S 1 0 : 評価繰返ステップ ) 。

これにより、基準を満たす形状復元精度が保証された平面展開図 3 を生成することができる。

#### 【 0 0 6 2 】

このように曲面に対して、最初は曲率線 1 の数が少ない疎の状態から、徐々に曲率線 1 の数を増やして密の状態にしていき、評価値がすべての曲率線パッチ 2 について事前に設定した閾値を満たした時点で曲率線 1 の描画計算を完了する。

40

曲率線 1 に基づく展開法では、それぞれの曲率線パッチ 2 の面積が小さいほど、展開の精度が高くなり、その結果、形状全体の復元精度が高くなる。したがって曲率線配置の方針として、少ない曲率線 1 の本数から開始して、各曲率線パッチ 2 の展開精度の評価値を確認しつつ順次曲率線 1 を追加配置していく。基準を満たさない曲率線パッチ 2 の位置に対して、優先的に曲率線 1 を追加配置して曲率線パッチ 2 の領域を分割することによって曲率線パッチ 2 の面積を小さくして展開精度を向上させる。このアプローチに基づけば、必要最小限の曲率線 1 を適切な位置に配置することができる。

#### 【 0 0 6 3 】

なお、初回のパッチ評価結果判定ステップ S 8 において、曲率線パッチ 2 の評価の結果

50

が閾値を満たしているとは判定された場合は、曲率線配置ステップ S 6 において曲面に配置した曲率線 1 の数が必要最小数から相当離れている可能性があるため、設定した閾値が妥当であったか等を確認することが好ましい。

#### 【 0 0 6 4 】

パッチ評価結果判定ステップ S 8 において、曲率線パッチ 2 の評価の結果が閾値を満たしているとは判定された場合は、閾値を満たす曲率線パッチ 2 をフィルムの平面展開図 3 として出力する ( S 1 1 : 出力ステップ ) 。

平面展開図 3 の生成においては、隣接する曲率線パッチ 2 同士を等長の端を揃えて接続する。平行移動と回転を適用することにより、主ストリップ ( 帯 ) 4 が生成され、これらの主ストリップ ( 帯 ) 4 は、塗料を代替するフィルムの形状となる。

#### 【 0 0 6 5 】

出力ステップ S 1 1 の後、出力された平面展開図 3 に基づいて、フィルムを加工する ( S 1 2 : フィルム加工ステップ ) 。

フィルム加工ステップ S 1 2 においては、出力された平面展開図 3 のデータを入力として、大型の NC 機械などでフィルムを定められた形状に裁断する。

#### 【 0 0 6 6 】

フィルム加工ステップ S 1 2 で加工されたフィルムは、例えば、曲面を有した船体外板等の船体に貼付される。これにより、船舶の建造時やメンテナンス時における塗装作業を減らしつつ塗装した場合と同等の防食機能等を持たせることができる。

フィルムを船体に貼付するに当たっては、識別用の符号を、フィルムと船体に設けることが好ましい。ストリップ ( 帯 ) 状に裁断されたフィルムの境界部は、対象曲面に描画した曲率線 1 に対応するため、それぞれのフィルムを貼付する曲面上の位置は把握可能である。曲率線 1 を描画した位置 ( 対象曲面上のポイント ) は事前にコンピュータで把握できているため、例えば、曲率線 1 の両端点などの位置座標を抽出し、貼付対象の船体曲面に識別用の符号をマーキングしてフィルムを貼付する位置を示すことで、フィルムの貼付作業を効率的に行なうことができる。また、識別用の符号は、フィルムの境界部を対象曲面上に描画したものであってもよく、符号と任意に組み合わせることもできる。

#### 【 0 0 6 7 】

図 6 は本実施形態による曲面貼付フィルム作成システムのブロック図である。

曲面貼付フィルム作成システムは、物体の曲面の CAD データを取得するデータ取得手段 1 0 と、データ取得手段 1 0 で取得した曲面に対し曲率線 1 を描画し、曲面の滑らかさを評価させる形状評価手段 1 1 と、形状評価手段 1 1 で評価した曲面の滑らかさが不足する場合に、曲面の平滑化処理を行なう平滑化手段 1 2 と、曲面に対して所定の曲率線配置方法を用いて曲率線 1 を配置する曲率線配置手段 1 3 と、曲率線 1 の配置によって得られる曲率線パッチ 2 を評価するパッチ評価手段 1 4 と、曲率線パッチ 2 の評価の結果が予め定めた閾値を満たしていない場合に曲率線パッチ 2 を分断する曲率線 1 を追加配置するパッチ分断手段 1 5 と、曲率線 1 の追加配置によって得られる曲率線パッチ 2 をパッチ評価手段 1 4 に再度適用し評価を行なう評価繰返手段 1 6 と、閾値を満たす曲率線パッチ 2 をフィルムの平面展開図 3 として出力する出力手段 1 7 と、出力手段 1 7 で出力される平面展開図 3 に基づいて、フィルムを加工するフィルム加工手段 1 8 を備える。

なお、曲率線配置手段 1 3 は、曲率線 1 を配置する前に、形状評価手段 1 1 が描画した曲率線 1 を消去する初期化を行なう。

また、曲率線配置手段 1 3 における所定の曲率線配置方法は、角度基準配置法又はひずみ基準配置法とすることができる。

また、角度基準配置法における閾値は、曲率線パッチ 2 を平面上に展開した際に生じる展開前後の曲率線パッチ 2 の各頂点における接続角度の差に基づいて定めた限界角度とすることができ、ひずみ基準配置法における閾値は、曲率線パッチ 2 を平面上に展開した際に生じるひずみに基づいて定めた限界ひずみとすることができる。

曲面貼付フィルム作成システムは、上述した曲面貼付フィルム作成プログラムと同様の機能を有しているため、曲面にシワなくフィルムを貼付するフィルムの平面展開図 3 を作

10

20

30

40

50

成することができる。

【実施例】

【0068】

船首面に本実施形態による曲面貼付フィルム作成プログラムを適用した例について説明する。

図7は船首形状を示す図であり、図7(a)は平滑化前の曲率線を示す図、図7(b)は図7(a)の一部拡大図、図7(c)は平滑化後の曲率線を示す図、図7(d)は図7(c)の一部拡大図である。

図7(a)(b)に示すように、平滑化前の初期の曲面形状は十分に滑らかではないため、曲率線1が波状となっている。そこで、文献「M. Takezawa, K. Matsuo and T. Maekawa, 'Control of lines of curvature for plate forming in shipbuilding', International Geometry Summit (IGS) 2019 Posters' Proceedings, 2019.」に記載の方法を用いて曲面を平滑化した。曲率線1に基づく形状の最適化により、図7(c)(d)に示すように、曲率線1の流れがスムーズになり、曲面の品質が向上する。平滑化処理が行われた曲面は、平面展開図3を生成するための入力データとして使用される。

【0069】

平滑化処理を行った曲面のCADデータを使用し、角度基準配置法を用いた曲率線1の配置を行った。

図8はその結果を示す図である。図8(a)から図8(d)にかけて曲率線1の数が徐々に増加する様子を示しており、展開前後の曲率線パッチ2の各頂点における角度の差に着目している。左の列は、展開前後の曲率線パッチ2の各頂点における角度の差に応じたカラーマッピングを示している。色が付された曲率線パッチ2は、角度の差が0.3度以上であることを示し、色が付されていない曲率線パッチ2は、角度の差が0.3度未満であることを示している。右の列は、曲率線1に基づく展開方法によって取得されたストリップ(帯)状の平面展開図3を示している。曲率線1の数が増えると、主ストリップ(帯)4の数も増える。

順次曲率線1を追加配置することで、平面展開図3が修正されていくことが分かる。このように、展開精度を保証しつつ、主ストリップ(帯)4の数が少ない平面展開図3を得ることができる。これにより、船体等の曲面に対してフィルムを効率よく貼付することができる。

【0070】

図8(a)は初期の曲率線の配置を示しており、展開過程での角度の差が大きい。経験的に、展開前後の曲率線パッチ2の各頂点における角度の差の平均値が0.3度未満の曲率線パッチ2は十分な展開精度を持っていると判断できる。図8(b)から図8(d)にかけて、着色されていない0.3度未満の曲率線パッチ2の数が増えると、展開前後での曲率線パッチ2の角度の差が減少する。

角度の差が大きい曲率線パッチ2の領域から優先的に曲率線1を配置して曲率線パッチ2を分割することにより、結果として、高曲率領域には多くの曲率線1が配置され、低曲率領域には曲率線1が少なく配置される。

このように、曲率線パッチ2の展開前後の精度に基準を設けることによって主ストリップ(帯)4の数を適切に決定することができる。また、図9に示すように特異点の近傍でも、曲率線1を自動的に密に配置することにより、主ストリップ(帯)4が的確に生成される。なお、図9は図8(d)の右列の平面展開図の一部拡大図である。

【0071】

図8に配置された曲率線1の数と曲率線パッチ2の数を下表1に示す。展開前後の曲率線パッチ2の各頂点における角度の差が大きい曲率線パッチ2の領域に最大主曲率線1A又は最小主曲率線1Bを配置することにより、曲率線パッチ2の面積を小さくした。配置する曲率線1の決定は、曲率線パッチ2の形状が可能な限り正方形に近くなるように、グラフィカルユーザーインターフェイス(GUI)システムで確認しながら選択した。

10

20

30

40

50

【表 1】

	曲率線の数 (最大主曲率 方向)	曲率線の数 (最小主曲率 方向)	曲率線パッチの数
図 7 (a)	5	2	26
図 7 (b)	7	7	90
図 7 (c)	16	10	265
図 7 (d)	44	12	848

## 【0072】

展開前後の曲率線パッチ 2 の各頂点における角度の差に関する結果を下表 2 に示す。表 2 において「 $E_{AngAve}$ 」と「 $E_{AngMax}$ 」は、それぞれ展開前後の平均及び最大の角度の差である。

曲率線パッチ 2 の数が多いほど、展開前後の角度の差は小さくなる。つまり平面展開図 3 の精度が向上する。

【表 2】

	$E_{AngAve}$ [deg.]	$E_{AngMax}$ [deg.]	計算時間 [msec]
図 7 (a)	1.83	14.9	0.120
図 7 (b)	0.548	3.64	0.395
図 7 (c)	0.221	4.74	0.755
図 7 (d)	0.0903	1.14	2.17

## 【0073】

図 10 は展開前の曲率線パッチの数に対する展開後の曲率線パッチの計算時間を示すグラフである。すべての曲率線パッチ 2 を展開するのにかかる時間は、ミリ秒のオーダーである。曲率線パッチ 2 の数が増えると、計算時間はほぼ直線的に増加する。

## 【産業上の利用可能性】

30

## 【0074】

本発明は、塗装の代替、表面保護等として曲面に貼付するフィルムの製造に利用することができる。特に、フィルムを塗装の代替として用いる場合は、塗膜乾燥や重ね塗りの時間を省略できるため、塗装工数の大幅な削減が期待される。また、塗装の代わりにフィルムを用いることにより、作業の品質安定化、省人化、及び自動化等に繋げることができる。

## 【符号の説明】

## 【0075】

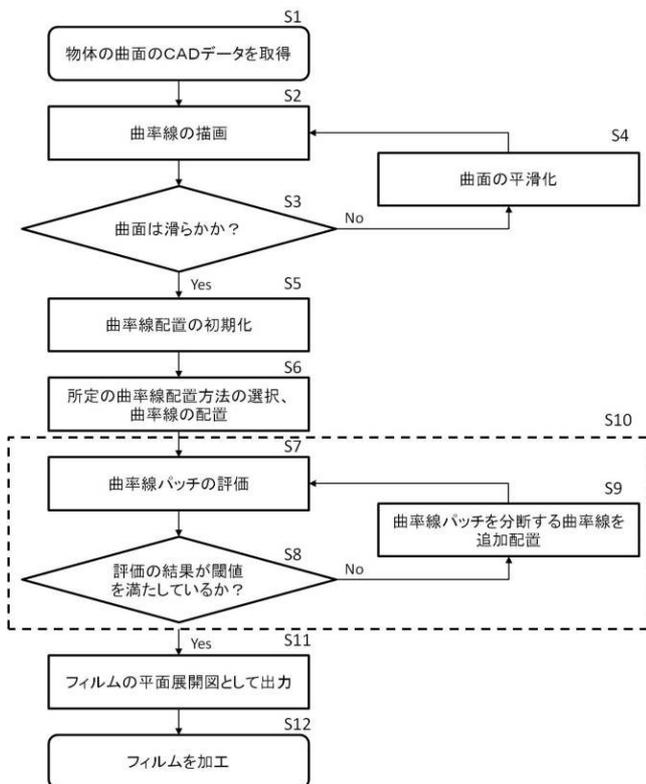
- 1 曲率線
- 2 曲率線パッチ
- 3 平面展開図
- 10 データ取得手段
- 11 形状評価手段
- 12 平滑化手段
- 13 曲率線配置手段
- 14 パッチ評価手段
- 15 パッチ分断手段
- 16 評価繰返手段
- 17 出力手段
- 18 フィルム加工手段

40

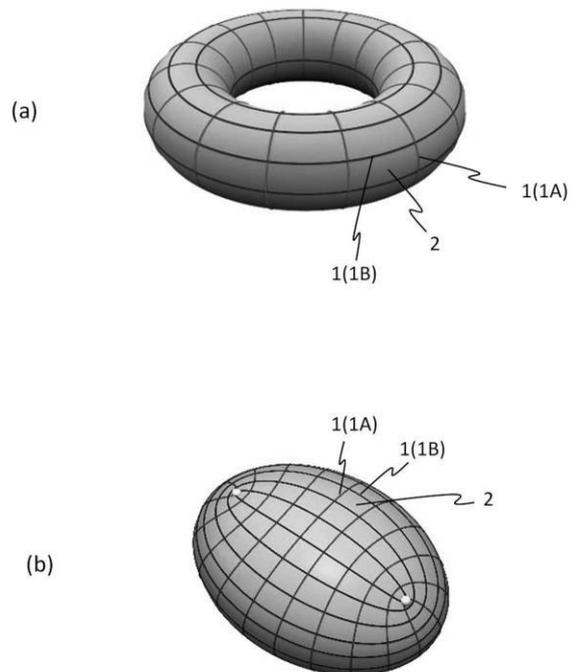
50

- S 1 データ取得ステップ
- S 3 形状評価ステップ
- S 4 平滑化ステップ
- S 6 曲率線配置ステップ
- S 7 パッチ評価ステップ
- S 9 分断ステップ
- S 1 0 評価繰返ステップ
- S 1 1 出力ステップ
- S 1 2 フィルム加工ステップ

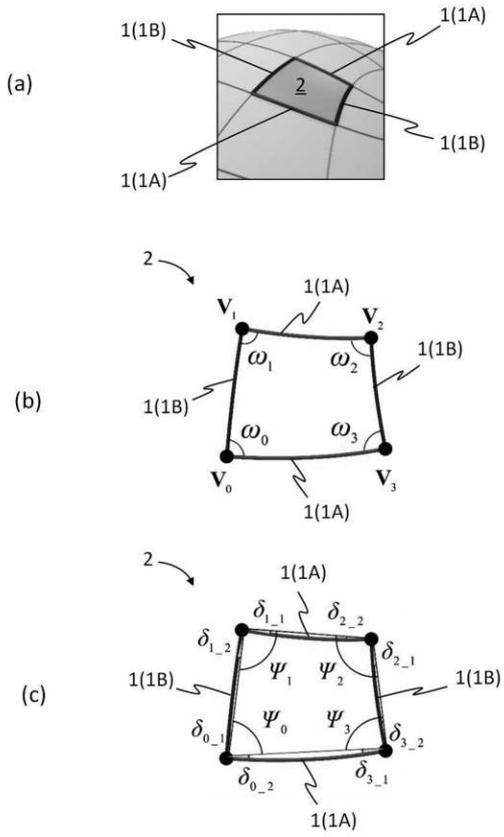
【 図 1 】



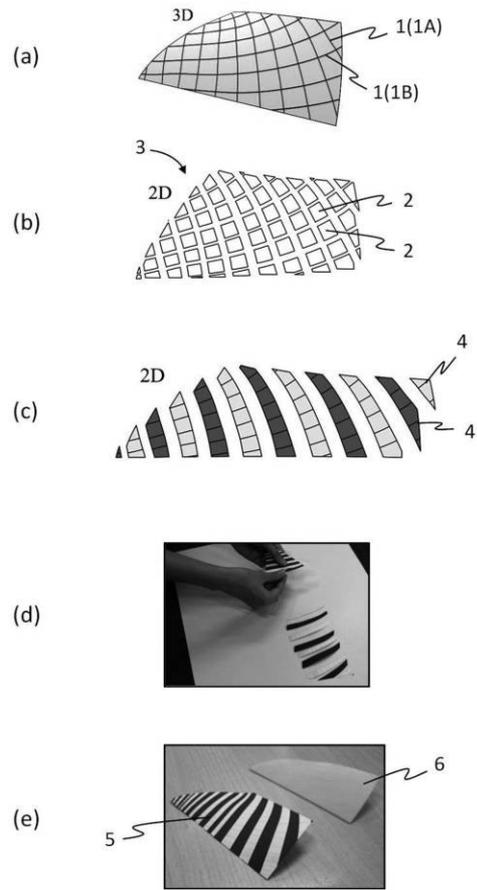
【 図 2 】



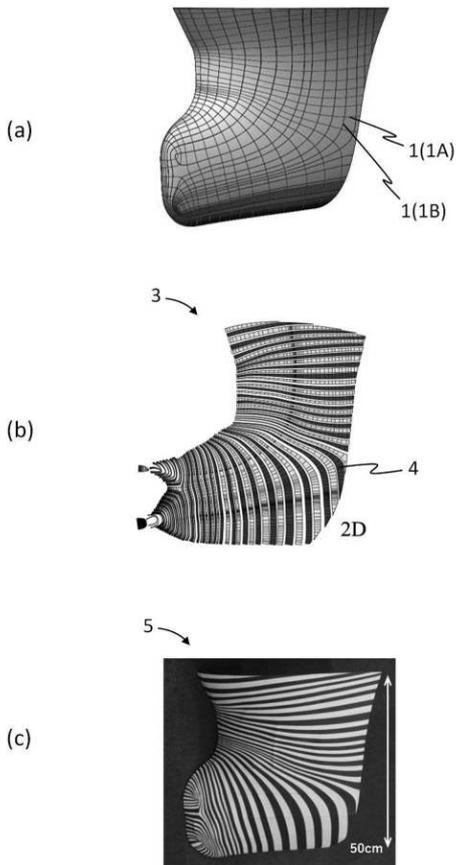
【 図 3 】



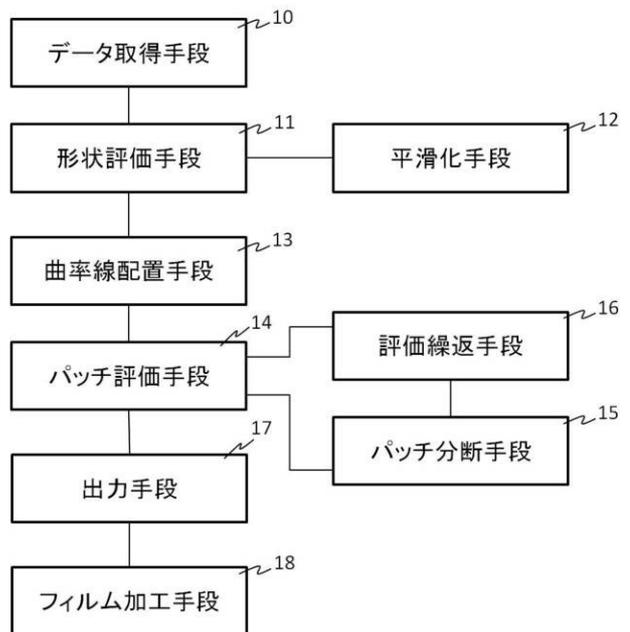
【 図 4 】



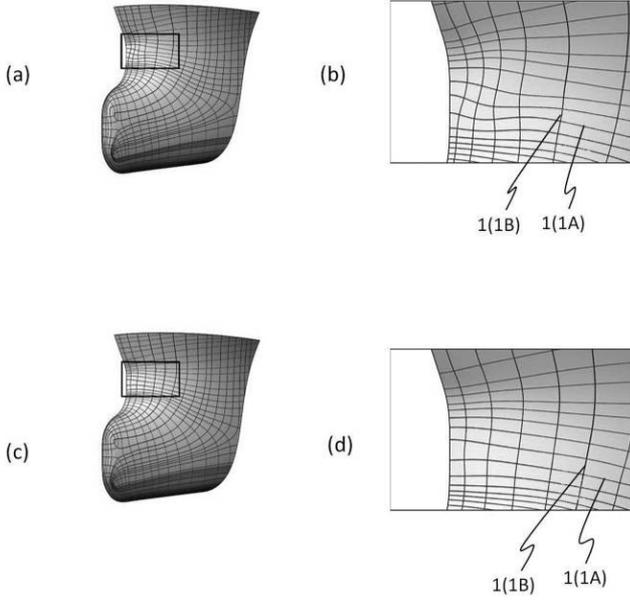
【 図 5 】



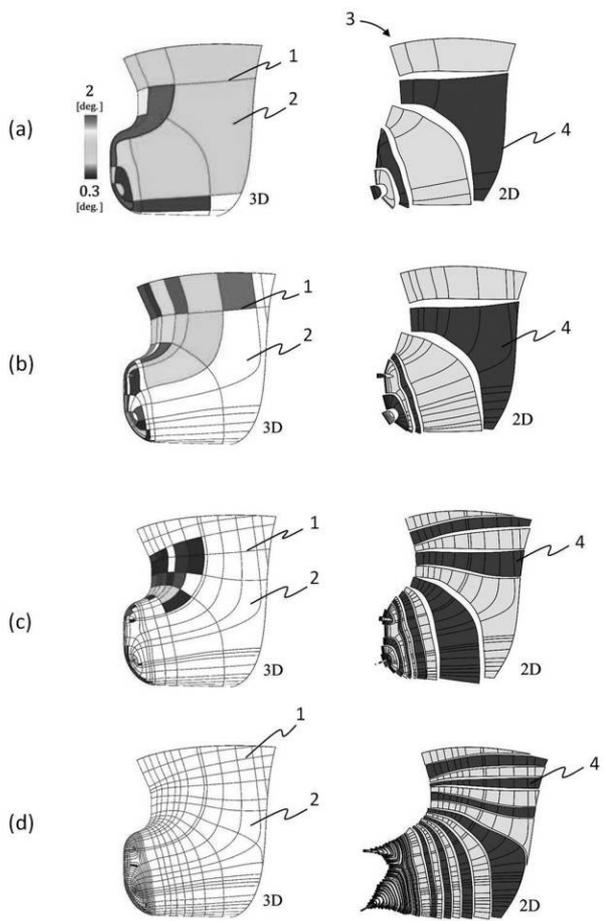
【 図 6 】



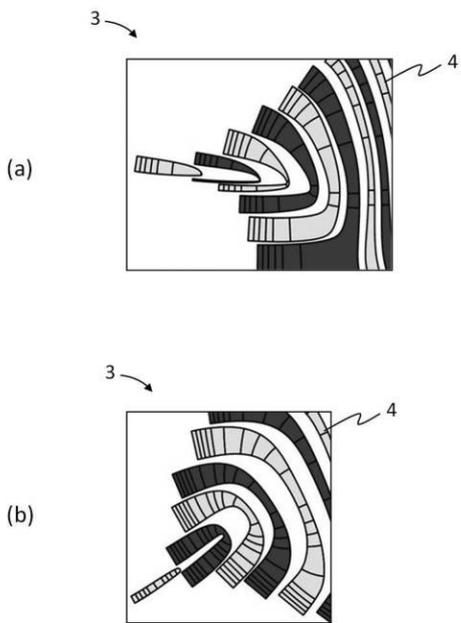
【 図 7 】



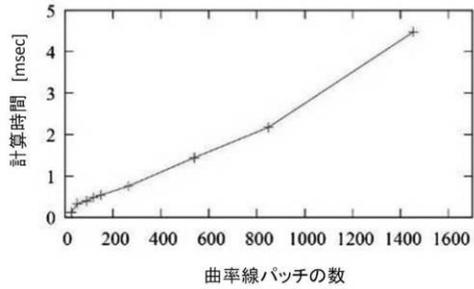
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 竹澤 正仁

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(72)発明者 松尾 宏平

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

Fターム(参考) 5B046 AA04 BA05 BA10 DA02 FA12 FA18 GA01 JA02