

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年10月2日(02.10.2014)



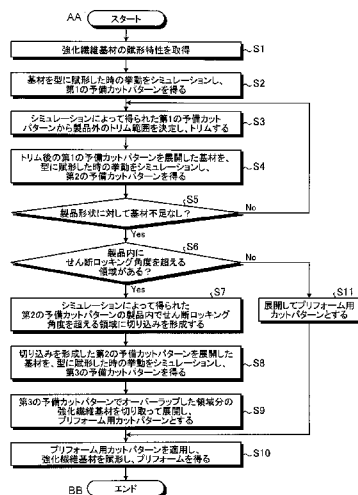
(10) 国際公開番号
WO 2014/157013 A1

- (51) 国際特許分類:
B29B 15/08 (2006.01) B29C 70/10 (2006.01)
B29B 11/16 (2006.01) B29K 105/08 (2006.01)
B29C 43/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/057918
- (22) 国際出願日: 2014年3月20日(20.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-066148 2013年3月27日(27.03.2013) JP
- (71) 出願人: 東レ株式会社(TORAY INDUSTRIES, INC.)
[JP/JP]; 〒1038666 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岩田 彬(IWATA, Akira); 〒5208558 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: SIMULATION METHOD, PREFORM SUBSTRATE MANUFACTURING METHOD, PREFORM MANUFACTURING METHOD, SIMULATION DEVICE, PREFORM SUBSTRATE, PREFORM, FIBER-REINFORCED PLASTIC MOLDING, AND SIMULATION PROGRAM

(54) 発明の名称: シミュレーション方法、プリフォーム用基材の製造方法、プリフォームの製造方法、シミュレーション装置、プリフォーム用基材、プリフォーム、繊維強化プラスチック成形体、およびシミュレーションプログラム



- S1 Acquire the shaping characteristics of the reinforcing fiber substrate
S2 Simulate the behavior when the substrate is shaped in the mold to obtain a first preliminary cutting pattern
S3 Determine the trim area outside of the product from the first preliminary cutting pattern obtained from the simulation, and trim
S4 Simulate the behavior of the post-trimming substrate, which is the first preliminary cutting pattern that has been trimmed and spread open, when shaped in the mold and obtain a second preliminary cutting pattern
S5 The substrate has no deficiencies with respect to the product shape?
S6 Are there any areas in the product that exceed the shear locking angle?
S7 Form an incision in the area(s), in the product of the second preliminary cutting pattern obtained from the simulation, that exceed the shear locking angle
S8 Simulate the behavior of the substrate, which is the second preliminary cutting pattern in which incisions have been formed and which has been spread open, when shaped in the mold and obtain a third preliminary cutting pattern
S9 Cut off the reinforcing fiber substrate in the overlapping regions of the third preliminary cutting pattern, spread the substrate open and use as the preform cutting pattern
S10 Use the preform cutting pattern to shape the reinforcing fiber substrate and obtain a preform
S11 Spread open and use as a preform cutting pattern
AA Start
BB End

(57) Abstract: The simulation device: acquires a first preliminary cutting pattern by simulating the behavior of a reinforcing fiber substrate on the basis of the shaping characteristics thereof when shaped in a shaping mold; trims unnecessary portions from the first preliminary cutting pattern; acquires a second preliminary cutting pattern by simulating the behavior of the reinforcing fiber substrate, which is the first preliminary cutting pattern that has been trimmed and spread open, when shaped; forms incisions in the second preliminary cutting pattern; acquires a third preliminary cutting pattern by simulating the behavior of the reinforcing fiber substrate, in which incisions have been made in the second preliminary cutting pattern and the pattern spread open, when shaped; and generates a preform cutting pattern by cutting off at least one region in the overlapping regions of the third preliminary cutting pattern and spreading the pattern open.

(57) 要約:

[続葉有]



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

シミュレーション装置は、賦形特性に基づいて強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションして第1の予備カットパターンを取得し、第1の予備カットパターンから不要部分をトリムし、トリムした第1の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を賦形する際の挙動をシミュレーションして第2の予備カットパターンを取得し、第2の予備カットパターンに対して切り込みを形成し、切り込みを形成した第2の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を賦形する際の挙動をシミュレーションして第3の予備カットパターンを取得し、第3の予備カットパターンにおいてオーバーラップした領域の少なくとも一方を切り取って展開してプリフォーム用カットパターンを生成する。

明 細 書

発明の名称：

シミュレーション方法、プリフォーム用基材の製造方法、プリフォームの製造方法、シミュレーション装置、プリフォーム用基材、プリフォーム、繊維強化プラスチック成形体、およびシミュレーションプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、強化繊維基材を用いた繊維強化プラスチック成形体のプリフォーム用基材の賦形前のカットパターンを生成するシミュレーション方法、プリフォーム基材の製造方法、プリフォームの製造方法、プリフォーム用基材の賦形前のカットパターンを生成するシミュレーション装置、プリフォーム用基材、プリフォーム、繊維強化プラスチック成形体、およびシミュレーションプログラムに関するものである。

背景技術

[0002] 炭素繊維やガラス繊維を強化繊維とする繊維強化プラスチック（以下、FRPと記す）は、その比強度、比弾性率の高さから、航空機用途、一般産業用途、スポーツ用途等の様々な分野で多く利用されている。

[0003] FRPの代表的な製造方法としては、強化繊維に予めマトリックス樹脂を含浸させたプリプレグ基材を用い、このプリプレグ基材を一枚一枚積み重ねた成形体をオートクレーブ中で加熱・加圧して硬化させる、いわゆるオートクレーブ成形法がある。しかしながら、オートクレーブを用いたFRPの製造は成形コストが高く、また生産性が低いという問題がある。このようなプリプレグ成形における問題を解決するため、レジントランスファーマーモルディング成形法（以下、RTM成形法と記す）が実用化されている。RTM成形法は、樹脂未含浸のドライな強化繊維基材（典型的には連続繊維の織物）を所定の形状に賦形したFRP成形体の前駆体（プリフォームと呼ばれる）を型上に配置し、全体をバッグフィルムや金型で覆った後、バッグフィルム内、あるいは金型内部を真空状態にして樹脂を注入し、硬化させるというも

のである。RTM成形法は、従来のプリプレグを使用したオートクレーブ成形法よりも低コストで生産性に優れている。

[0004] しかしながら、このプリフォームの製造において、多数のコーナー部や凹凸を有するような複雑な3次元形状に対し、強化繊維基材を賦形した時に発生する皺や突っ張りなどの賦形不良が問題となっている。また、強化繊維基材の種類によっては、賦形時の型への扱いやすさも異なる。このため、従来から実際に使用する強化繊維基材を型に賦形するに際し、予め切り込みを入れた基材を準備して賦形する手法が検討されてきた。

[0005] 例えば特許文献1では、成形後に切り抜き除去される部分を形成する基材部分に切り込みを入れて賦形し、成形することが提案されている。特許文献2では、底面部と側面部を有する箱型形状を対象として、予め決められた形状にカットし、切り込みを入れた強化繊維基材を準備して賦形することが提案されている。特許文献3では曲率の大きな形状に対する賦形において、切り欠きを形成した基材を準備し、押圧順序を工夫することにより賦形することが提案されている。

[0006] しかしながら、上記いずれの手法も対象形状が限定されており、新しい形状への賦形に当たっては、実際に基材に切り込みを入れながら何度も試作検討を繰り返してプリフォームを設計する必要がある。このようなトライアンドエラー方式のプリフォーム設計には大変な検討コストと人手が必要となっていた。

[0007] 上記したようなトライアンドエラー方式を避ける手法としてコンピュータシミュレーションを利用する手段が考えられる。従来、3次元形状に賦形するシミュレーション技術として衣服の着装シミュレーションが知られている（例えば、特許文献4参照）。しかしながら、この方法は布地の皺や突っ張りなどの再現を目的としたものであり、皺や突っ張りの改善を目的とするFRP成形体のプリフォームの製造に適用できるものではなかった。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2009-12297号公報

特許文献2：特開2011-167936号公報

特許文献3：特許第4022222号公報

特許文献4：特開2000-3383号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、FRP成形体のプリフォームの製造において、検討段階で型や基材にかかるコストを大幅に削減し、人手によりなされていた作業を省力化することができるシミュレーション方法、プリフォーム用基材の製造方法、プリフォームの製造方法、シミュレーション装置、プリフォーム用基材、プリフォーム、繊維強化プラスチック成形体、およびシミュレーションプログラム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

[0010] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るシミュレーション方法は、繊維強化プラスチック成形体のプリフォームを構成する強化繊維基材の賦形前のカットパターンをシミュレーションによって生成するコンピュータが実行するシミュレーション方法であって、前記強化繊維基材の賦形特性を記憶部から読み出し、該賦形特性に基づいて前記強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第1の予備カットパターンを取得する第1予備カットパターン取得ステップと、前記第1予備カットパターン取得ステップで取得した前記第1の予備カットパターンから不要部分をトリムするトリムステップと、前記トリムステップでトリムした前記第1の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第2の予備カットパターンを取得する第2予備カットパターン取得ステップと、前記第2予備カットパターン取得ステップで取得した前記第2の予備カットパターンに対して前記賦形特性に応じた切り込みを形成する切り込み形成ステップと、前記切り込み形成ステップで切り込みを形成した前記第2の予備カットパター

ンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第3の予備カットパターンを取得する第3予備カットパターン取得ステップと、前記第3予備カットパターン取得ステップで取得した前記第3の予備カットパターンにおいてオーバーラップした領域の少なくとも一方を切り取って展開することによってプリフォーム用カットパターンを生成するカットパターン生成ステップと、を有することを特徴とする。

[0011] 本発明に係るシミュレーション装置は、繊維強化プラスチック成形体のプリフォームを構成する強化繊維基材の賦形前のカットパターンをシミュレーションによって生成するシミュレーション装置であって、前記強化繊維基材の賦形特性を記憶部から読み出し、該賦形特性に基づいて前記強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第1の予備カットパターンを取得する第1予備カットパターン取得部と、前記第1予備カットパターン取得部が取得した前記第1の予備カットパターンから不要部分をトリムするトリム部と、前記トリム部がトリムした前記第1の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第2の予備カットパターンを取得する第2予備カットパターン取得部と、前記第2予備カットパターン取得部が取得した前記第2の予備カットパターンに対して前記賦形特性に応じた切り込みを形成する切り込み形成部と、前記切り込み形成部が切り込みを形成した前記第2の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第3の予備カットパターンを取得する第3予備カットパターン取得部と、前記第3予備カットパターン取得部が取得した前記第3の予備カットパターンにおいてオーバーラップした領域の少なくとも一方を切り取って展開することによってプリフォーム用のカットパターンを生成するカットパターン生成部と、を備えることを特徴とする。

[0012] 本発明に係るシミュレーションプログラムは、繊維強化プラスチック成形体のプリフォームを構成する強化繊維基材の賦形前のカットパターンをシミ

ュレーションによって生成するコンピュータに、前記強化繊維基材の賦形特性を記憶部から読み出し、該賦形特性に基づいて前記強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第1の予備カットパターンを取得する第1予備カットパターン取得ステップと、前記第1予備カットパターン取得ステップで取得した前記第1の予備カットパターンから製品外の不要部分をトリムするトリムステップと、前記トリムステップでトリムした前記第1の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第2の予備カットパターンを取得する第2予備カットパターン取得ステップと、前記第2予備カットパターン取得ステップで取得した前記第2の予備カットパターンに対して前記賦形特性に応じた切り込みを形成する切り込み形成ステップと、前記切り込み形成ステップで切り込みを形成した前記第2の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第3の予備カットパターンを取得する第3予備カットパターン取得ステップと、前記第3予備カットパターン取得ステップで取得した前記第3の予備カットパターンにおいてオーバーラップした領域の少なくとも一方を切り取って展開することによってプリフォーム用のカットパターンを生成するカットパターン生成ステップと、を実行させることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明は、FRP成形体の前駆体であるプリフォームの製造に好適に用いられるものであり、任意の3次元形状に強化繊維基材を賦形する際に必要となる基材カットパターンをシミュレーションを利用することで作成し、該作成したカットパターンを用いてプリフォームを製造する方法である。本発明によれば、従来のトライアンドエラー方式による検討コストや作業負荷を大幅に削減することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態に係るプリフォームの製造方法に関する

るフローチャートである。

[図2]図2は、強化繊維基材のせん断方向に負荷を加えた時の荷重－変位曲線である。

[図3]図3は、強化繊維基材のせん断変形を示した図である。

[図4]図4は、本発明の第1の実施形態に係る賦形型の斜視図である。

[図5]図5は、本発明の第1の実施形態に係る強化繊維基材を示した図である。

[図6]図6は、本発明の第1の実施形態に係る第1の予備カットパターン形状を示した斜視図である。

[図7]図7は、本発明の第1の実施形態に係る賦形型の1つのコーナー付近における賦形開始時の繊維配向を示した図である。

[図8]図8は、本発明の第1の実施形態に係る第1の予備カットパターン上における製品エンドとトリムラインを示した図である。

[図9]図9は、本発明の第1の実施形態に係る第1の予備カットパターンをトリムし、展開した第2の予備カットパターン形状を示した図である。

[図10]図10は、本発明の第1の実施形態に係る第1の予備カットパターンをトリムし、展開した基材で再賦形した第2の予備カットパターンの斜視図である。

[図11]図11は、本発明の第1の実施形態に係る第1の予備カットパターンをトリムし、展開した基材で再賦形した第2の予備カットパターン形状のコーナー部の拡大図である。

[図12]図12は、本発明の第1の実施形態に係る第1の予備カットパターンをトリムし、賦形した第2の予備カットパターン形状に切り込みを入れて展開した図である。

[図13]図13は、本発明の第1の実施形態に係る第3の予備カットパターン形状のコーナー部における基材のオーバーラップを示した図である。

[図14]図14は、本発明の第1の実施形態に係る第3の予備カットパターン形状のコーナー部における余剰基材を切り取って展開した図である。

[図15]図15は、本発明の第1の実施形態に係るシミュレーション装置の機能構成を示すブロック図である。

[図16]図16は、本発明の第2の実施形態に係る強化繊維基材を示した図である。

[図17]図17は、本発明の第2の実施形態で作成したプリフォーム用カットパターンを示した図である。

[図18]図18は、本発明の第3の実施形態に係る強化繊維基材を示した図である。

[図19]図19は、本発明の第3の実施形態に係る第1の予備カットパターンをトリムし、展開した基材で再賦形した第2の予備カットパターン形状のコーナー部の拡大図である。

[図20]図20は、本発明の第3の実施形態で得られるプリフォーム用カットパターンの構成を示す図である。

[図21]図21は、本発明の第4の実施形態に係るシミュレーション方法において賦形を開始する状態を模式的に示す図である。

[図22]図22は、本発明の第4の実施形態に係る第1の予備カットパターン形状を示した斜視図である。

[図23]図23は、本発明の第4の実施形態で得られるプリフォーム用カットパターンの構成を示す図である。

[図24]図24は、本発明の実施例に係る賦形型の斜視図である。

[図25]図25は、本発明の実施例に係る賦形型の上面図である。

[図26]図26は、本発明の実施例に係る賦形開始時の斜視図である。

[図27]図27は、本発明の実施例1で作成したプリフォーム用カットパターンを示した図である。

[図28]図28は、本発明の実施例2で作成したプリフォーム用カットパターンを示した図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の好ましい実施の形態について、添付図面を参照して説明す

る。なお、図面は模式的なものであって、現実のものとは異なる場合もあることに留意すべきである。また、図面が模式的であることに起因して、図面の相互間においても、互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれる場合があることはいうまでもない。

[0016] (第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係るFRP成形体のプリフォームの製造方法に関するフローチャートを示したものである。

[0017] 先ず、ステップS1でプリフォームに使用する強化繊維基材の賦形特性についてデータを取得する。本発明におけるプリフォームの製造に用いられる強化繊維基材は、2軸直交方向に強化繊維が配向していることを特徴とする。このような強化繊維基材は強化繊維が配向している方向に負荷を加えてもほとんど変形しないが、強化繊維が配向していないせん断方向に負荷を加えると大きな変形が生じる特徴を備えている。強化繊維基材の賦形性を評価するにあたっては、このような全方位的な特性について考慮する必要がある。

[0018] 強化繊維基材の賦形性を評価する上で特に重要となるのがせん断特性である。強化繊維基材のせん断特性を定量化する手法として、ピクチャーフレーム法やバイアスエクステンション法が知られている。ピクチャーフレーム法とは、正方形のフレームに、該フレームの辺を0度および90度とした際、正方形に切り出した強化繊維基材の強化繊維が0度あるいは90度に配向するようにフレームに固定し、対角線上に引張荷重を負荷して基材にせん断変形を起こすことで、荷重とせん断変形の間係を取得するものである。また、バイアスエクステンション法とは、長方形に切り出した基材の長辺を0度、短辺を90度とした際、強化繊維が45度および-45度に配向するように短辺を把持し、引張荷重を負荷して基材にせん断変形を起こすことで、荷重とせん断変形の間係を取得するものである。

[0019] 図2は、強化繊維が2軸直交方向に配された強化繊維基材において、せん断方向に引張荷重を負荷した時の一般的な荷重-変位曲線を示す。荷重-変位曲線1は荷重負荷直後の領域2では緩やかに荷重が上昇する。この領域2

では引張荷重による変形によって発生する強化繊維基材同士の摩擦力が荷重として現れている。次に、強化繊維が滑り出すことで殆ど荷重が上昇することなくせん断変形が進行する領域3に移る。引き続き荷重を負荷し続けると、指数関数的に荷重が上昇する領域4に移る。領域4では強化繊維同士が強く拘束しあい、強化繊維が容易に移動できにくくなっている。さらに荷重を加えると、強化繊維が締め付けられて変形することによる荷重上昇が起き、面内で変形を吸収できなくなることで、面外に変形して皺が発生する。この皺は実際のプリフォームでは余剰基材となり賦形不良となって残ってしまう。したがって、皺が発生し始める点5が賦形の限界点であるといえる。本発明では、この賦形の限界点5における強化繊維基材のせん断角度をせん断ロッキング角度として評価することを特徴としている。

[0020] 図3は、強化繊維基材のせん断変形について模式的に示したものである。強化繊維基材がせん断変形すると、変形前の形状11から、形状12になる。強化繊維基材の繊維配向13は変形後の配向を示しており、変形前は荷重方向14に対して45度および-45度方向に配向している。変位量15は強化繊維基材の変形前から変形後の評価点16の変位量を示し、角度17は荷重方向14と変形後の強化繊維基材の繊維配向13とのなす角度である。角度17は上記したピクチャーフレーム試験やバイアスエクステンション試験などから得ることができる。この角度17を $\theta(^{\circ})$ とすると、強化繊維基材のせん断角度 $\alpha(^{\circ})$ は(1)式で求めることができる。

$$\alpha = 90 - 2\theta (^{\circ}) \quad (1)$$

したがって、図2に示す賦形の限界点5における α がせん断ロッキング角度である。

[0021] その他、強化繊維基材の特性である繊維方向の引張特性、基材のドレープ性を現す曲げ特性、型と基材の摩擦特性、2層以上で賦形する場合は、基材層間の摩擦特性についても予め取得しておくことが、賦形性を精度良く評価する上で好ましい。

[0022] 図4は、本発明の実施形態で用いられる賦形型を示す。同図に示す賦形型

20は、ベース表面21の上に側面22a、22b、22c、22dを有し、さらに上面23に向かって4つのコーナー24a、24b、24c、24dと4つの辺25a、25b、25c、25dに同じ大きさの曲率（半径：R）が設けられたコアが組みつけられている。

[0023] 図5は、本発明の第1の実施形態に用いられる強化繊維基材を示す。同図に示す強化繊維基材30において、格子線31は繊維配向を表しており、方向32を0度方向とする。

[0024] 強化繊維基材に用いられる強化繊維としては、特に規定されるものではないが、炭素繊維やガラス繊維、アラミド繊維やポリパラフェニレン・ベンゾビス・オキサゾール（PBO）繊維などを用いることができ、これらのうち1種類あるいは2種類以上を併用したものも使用することができる。織り構造としては、連続繊維が2方向に入っている構造であって、平織や綾織、朱子織、簾織等の織り布、またNCF（ノンクリンプファブリック）であっても良いが、賦形性、取り扱い性、コストなどの観点から平織や綾織が好適に用いられる。

[0025] また、強化繊維基材の片面あるいは両面に、予め低融点の樹脂を付着させたものを用いることも可能である。これらの付着させる樹脂について、特に規定はないが、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂やアクリル樹脂やナイロン樹脂といった熱可塑性樹脂等が挙げられ、単一で用いても複数を組み合わせた形態でもかまわない。また、樹脂形態としては粉体や液状で良い。付着させる量としては特に規定されるものではないが、プリフォームを賦形した際に必要な固着力を発現し、成形における樹脂含浸を阻害しない程度であることが好ましい。

[0026] 本発明における賦形性の予測は、ステップS1で取得した賦形特性を強化繊維基材に物性データとして定義し、有限要素法でシミュレーションすることを特徴としている。以下に説明するステップS2～S8は、シミュレーションによる処理である。

[0027] ステップS2では、図5に示す強化繊維基材30を図4に示す賦形型20

に賦形するシミュレーションを実施する。図5に示す強化繊維基材30は図4に示す賦形型20のコア形状を賦形するために十分な大きさを有し、切り込みなどの加工はされていないものとする。図5に示す強化繊維基材30は図4に示す賦形型20のコアの長手方向26を0度として配置する。基材の位置決めは賦形型の幾何中心や賦形に基材の変形を要しない領域など任意の位置でよいが、賦形時に基材が並進、あるいは回転して位置ズレしないように拘束することが好ましい。なお、ステップS2の処理は、ステップS1によって取得した賦形特性を用いる代わりに、強化繊維基材30の賦形特性として予め取得されているデータに基づいて実行するようにしてもよい。

[0028] 図6はステップS2のシミュレーションで得られた結果である第1の予備カットパターンを示す図である。同図に示す第1の予備カットパターン33は、コーナー部34で皺35が発生している。図7は図4に示す賦形型20の1つのコーナー24a付近を拡大したものであり、該コーナー24aにおける強化繊維基材30の賦形開始時の繊維配向41を示している。図7に示すように賦形型20に強化繊維基材30を配置した時、0度方向42に対して側面22a、22bでは0度または90度に繊維が配向する。しかし、コーナー24aの頂点ライン43に対する強化繊維基材30の互いに直交する2つの格子線31の配向角度44a、44bは45度および-45度となる。したがって、賦形すると、側面22a、22bに沿う方向には強化繊維基材30が殆ど伸びないが、コーナー24aの頂点ライン43に沿って基材が大きく伸びる。したがって、賦形後の第1の予備カットパターンは図6に示すような形状となり、コーナー部34では基材のせん断ロッキング角度を越える領域が発生し、皺35が残る。

[0029] ステップS3では、ステップS2で得られた第1の予備カットパターンを参照し、賦形後に確実に製品外となる余分な基材をシミュレーションによってトリムする。図8は図6の第1の予備カットパターン33を上面側から見た図（矢視A方向の矢視図）であり、第1の予備カットパターン33上における製品エンド51とトリムライン52を示している。製品エンド51ぎり

ぎりでトリムすると、トリムしたことによる賦形時の挙動の変化やバラツキにより、実際に賦形したときに製品形状に対して基材が不足してしまう可能性がある。したがって、トリムライン52は製品の大きさや形状にもよるが、賦形後の製品エンド51に対して10mm～100mm程度の余裕を設けることが好ましい。

[0030] ステップS4ではステップS3でトリムした第1の予備カットパターンを展開し、賦形シミュレーションを実施する。トリムしたことによって賦形時に基材が受ける負荷が変化するため、ステップS4はその影響を確認する目的で実施する。図9はトリムした第1の予備カットパターンを展開して得られた基材形状を示す図であり、格子線61は繊維配向で、方向62は0度方向を示している。

[0031] 図10は、図9に示す基材60（トリム後の第1の予備カットパターン）を図4に示す賦形型20に再度賦形した時の第2の予備カットパターンの形状を示した図である。同図に示す第2の予備カットパターン63においては、依然としてコーナー部64で皺65が発生している。賦形する時の位置決めは、トリムしたことによる影響を確認できるよう、トリム前の基材と同じとすることが好ましい。ステップS4で得られた第2の予備カットパターンにおいて、製品形状に対して基材不足がなく（ステップS5：Yes）、かつその第2の予備カットパターンにせん断ロッキング角度を超える領域がある場合（ステップS6：Yes）、シミュレーション処理は後述するステップS7へ移行する。

[0032] なお、ステップS4で得られた第2の予備カットパターンにおいて、製品形状に対して基材不足が生じた場合（ステップS5：No）は、ステップS3に戻ってトリムをやり直す。また、ステップS4で得られた第2の予備カットパターンにおいて、製品形状に対して基材不足がない場合（ステップS5：Yes）、その第2の予備カットパターンにせん断ロッキング角度を超える領域がなければ（ステップS6：No）、ステップS4で得られた第2の予備カットパターンを展開したものを、最終的なプリフォーム用カットパ

ターンとし（ステップS 1 1）、後述するステップS 1 0へ移行する。

[0033] ステップS 7では、製品内において余剰基材が発生し皺となっている領域にシミュレーションによって切り込みを形成する。本発明では切り込みを形成する際の指標として、せん断ロッキング角度を用いる。図1 1は図1 0に示すステップS 4で得られた第2の予備カットパターン6 3のコーナー部6 4を拡大した図であり、せん断ロッキング角度を超える領域を明示した図である。具体的には、図1 1の領域7 1が、せん断ロッキング角度を超える領域である。ステップS 7においては、まず領域7 1に切り込みライン7 2を入れて切り込みを形成することによりせん断変形を開放する。切り込みライン7 2は、第2の予備カットパターンのせん断変形を開放できる点で基材の面外変形の起点となる箇所に入れることが好ましい。また、せん断ロッキング角度を超える領域7 1の中でもせん断角度が大になっている領域に切り込みを入れて基材のせん断変形を開放することが好ましい。すなわち、せん断ロッキング角度を超える領域7 1の外周ライン7 3の中点7 4から該領域7 1を等分するように切り込みライン7 2を入れることが好ましい。

[0034] ステップS 8では、ステップS 7で切り込みを形成した第2の予備カットパターンを展開して、賦形シミュレーションを実施し、第3の予備カットパターンを取得する。図1 2は切り込みを形成した第2の予備カットパターンを展開したものである。同図に示す基材8 0（切り込みを形成した後の第2の予備カットパターン）は、コーナー部に当たる部分に切り込み8 1 a、8 1 b、8 1 c、8 1 dが入った状態で展開したものである。図1 2において、格子線8 2は繊維配向である。本発明では方向8 3を0度方向として基材を配置し、基材の切り込み8 1 a、8 1 b、8 1 c、8 1 dにおいて該切り込みエッジ同士の接触を考慮せずにシミュレーションすることを特徴としている。図1 3は、ステップS 8のシミュレーション実施後の第3の予備カットパターンのコーナー部を拡大したものである。図1 3に示すようにコーナー部では基材がオーバーラップしており、オーバーラップ領域9 1における第1のエッジ9 2 a、第2のエッジ9 2 bが賦形途中に交差することを表し

ている。シミュレーション実施時に切り込みの第1のエッジ92aと第2のエッジ92bの接触を考慮しないことによって、切り込みエッジ同士が干渉し合うことなく交差しオーバーラップするため、コーナー部でどの程度の基材が余剰となっているかを正確に把握することができる。

[0035] ステップS9では第3の予備カットパターンのオーバーラップ領域91分の基材を切り取って展開し、プリフォーム用カットパターンを得る。オーバーラップ領域91における基材の切り取り方については、該領域91の面積分の基材を取り除くことができればよい。図13に示す切り込みの第1のエッジ92aと第2のエッジ92bの両側から切り込む、あるいはどちらか一方のエッジのみから切り取っても良い。しかし、どちらか一方のエッジのみから切り取った場合、切り取りをしなかったエッジ側の基材のせん断変形が大きいまま残ってしまうため、せん断変形を分散させるという観点から、第1のエッジ92aと第2のエッジ92bの両側から切り取ることが好ましい。特に、せん断変形を略均等に分散させるためには、切り込みエッジの両側から略均等な面積分の基材を切り取るようにすればより好ましい。

[0036] 図14にでき上がったプリフォーム用カットパターンを示す。ステップS9において、第3の予備カットパターンから余剰基材を取り除いて展開することによって、4コーナーに切り欠き101a、101b、101c、101dが入ったプリフォーム用カットパターン100ができる。プリフォーム用カットパターン100は、例えばCAD (Computer Aided Design) データとして出力され、表示部1003で表示される。

[0037] 以上のステップS1～ステップS9を経て、賦形時の皺の発生を抑制し、基材使用量をミニマム化したプリフォーム用カットパターンを得ることができる。また、必要に応じて得られたプリフォーム用カットパターンで再度シミュレーションを実施し、皺や切り込みエッジ間の隙間などの不良が残っていないかを確認し、残っている場合は任意のステップまで遡って途中からやり直すことも可能である。例えば、ステップS8の後で基材不足が発生した場合、ステップS7に戻ってオーバーラップを少し残して切り取るなどの処

理を行うようにしてもよい。

[0038] 最後にステップS 10で、ステップS 1～ステップS 9を経て得られたプリフォーム用カットパターンを適用してプリフォームを得る。このように皺やオーバーラップがないプリフォームを得ることができる。プリフォームの賦形方法としては、特に限定されるものではないが、単純プレスや多段階プレスあるいはハンドレイアップなどが適用される。プリフォームの大きさや形状、要求される品質などによって任意に選択することができる。実際に賦形した結果が要求を満たさなかった場合は、現場での修正や任意のステップに遡って修正することも可能である。

[0039] 図15は、本実施形態に係るシミュレーション方法を実行可能な装置であるシミュレーション装置の機能構成を示すブロック図である。同図に示すシミュレーション装置1001は、キーボード、マウス、タッチパネル等のユーザインタフェースを用いて実現される入力部1002と、液晶または有機EL (Electro Luminescence) 等からなる表示パネルを有し、各種情報を表示する表示部1003と、シミュレーションを行うための情報を含む各種情報を記憶する記憶部1004と、シミュレーション装置1001の動作を制御する制御部1005と、を備える。

[0040] 記憶部1004は、せん断特性、引張特性、曲げ特性、複数積層する場合の層間の摩擦特性等の賦形情報を記憶する賦形情報記憶部1041と、本実施形態に係るシミュレーションプログラムや所定のOSを起動するためのプログラムを含む各種プログラムを記憶するプログラム記憶部1042とを有する。記憶部1004は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) を用いて構成される。

[0041] 制御部1005は、CPU (Central Processing Unit) 等を用いて実現され、制御対象であるシミュレーション装置1001の各構成部位とバスラインを介して接続されている。制御部1005は、第1予備カットパターン取得部1051と、トリム部1052と、第2予備カットパターン取得部1053と、切り込み形成部1054と、第3予備カットパターン取得部1

０５５と、カットパターン生成部１０５６と、を有する。

[0042] 第１予備カットパターン取得部１０５１は、強化繊維基材の賦形特性を賦形情報記憶部１０４１から読み出し、該強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第１の予備カットパターンを取得する。

[0043] トリム部１０５２は、第１予備カットパターン取得部１０５１が取得した第１の予備カットパターンから製品外の不要部分をトリムする。

[0044] 第２予備カットパターン取得部１０５３は、トリム部１０５２がトリムした第１の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第２の予備カットパターンを取得する。

[0045] 切り込み形成部１０５４は、第２予備カットパターン取得部１０５３が取得した第２の予備カットパターンに対して賦形特性に応じた切り込みを形成する。

[0046] 第３予備カットパターン取得部１０５５は、切り込み形成部１０５４が切り込みを形成した第２の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第３の予備カットパターンを取得する。

[0047] カットパターン生成部１０５６は、第３予備カットパターン取得部１０５５が取得した第３の予備カットパターンにおいてオーバーラップした領域の一方を切り取って展開することによってプリフォーム用のカットパターンを生成する。

[0048] 以上の構成を有するシミュレーション装置１００１は、１つのコンピュータ（電子計算機）を用いて実現してもよいし、複数のコンピュータを用いて実現してもよい。後者の場合には、インターネット等の通信ネットワークを介してデータの送受信を行いながら、互いに連携して処理を行うようにすることも可能である。

[0049] 本実施形態に係るシミュレーションプログラムは、ハードディスク、フラ

ッシュメモリ、CD-ROM、DVD-ROM、フレキシブルディスク等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して広く流通させることも可能である。

[0050] 以上説明した本発明の第1の実施形態によれば、従来の現場で行われていたトライアンドエラー方式より検討に費やされるコストや人手による作業量を大幅にカットし、プリフォームを製造する事が可能となる。また、皺やオーバーラップによる製品厚みの変化をなくすることができるため、厚みが均一で良好なプリフォームを得ることができる。

[0051] (第2の実施形態)

図16～17を参照して、本発明における第2の実施形態を説明する。図16は、本発明における第2の実施形態で使用する強化繊維基材を示す図である。図16に示す強化繊維基材110において、格子線111は繊維配向、方向112は0度方向を示している。図4の賦形型20を用い、その他の条件は第1の実施形態と同じとして、同様のステップS1～S10を実施することにより、プリフォーム用カットパターンを得る。図17は、本実施形態で得られるプリフォーム用カットパターンを示す図である。図17に示すプリフォーム用カットパターン120には、8つの切り欠き121a、121b、121c、121d、121e、121f、121g、121hが入っている。このプリフォーム用カットパターン120を適用し、賦形することで皺やオーバーラップのないプリフォームを製造することができる。

[0052] 図14と図17を比較するとわかるように、賦形型に対して配向角度を変えて賦形するとプリフォーム用カットパターンの切り欠きの数や位置が変わり、プリフォームを賦形した時の切り欠きエッジの突合せ位置が繊維配向によって変わるといえる。したがって、複数層積層して賦形する場合は、各層で繊維の配向角度を変えることによって、切り欠きエッジの突合せ位置の重なりをなくすることができ、該突合せ位置の重なりによる強度の低下を抑えることができる。

[0053] なお、本実施形態に係るシミュレーション装置の構成は、上記第1の実施

形態で説明したシミュレーション装置 1001 の構成と同様である。

[0054] (第3の実施形態)

図18～図20を参照して、本発明における第3の実施形態を説明する。

図18は、本発明の第3の実施形態に用いられる強化繊維基材を示す図である。図18に示す強化繊維基材200において、格子線201は繊維配向を表しており、方向202を0度方向とする。

[0055] 第3の実施形態は、第1の実施形態と同じ繊維配向となるように強化繊維基材を配置した場合の別の実施形態である。図1のステップS1からステップS4までは第1の実施形態のステップS1からステップS4と同じ工程を経て第2の予備カットパターンを得る。図19は、ステップS4で得られた第2の予備カットパターンのコーナー部を拡大したものである。図19に示す領域205は、せん断ロッキング角度を超える領域を示している。ステップS5およびステップS6の処理も第1の実施形態と同様である。

[0056] 第3の実施形態では、ステップS7において、図19の破線で示すように、せん断ロッキング角度を超える領域205の外周ライン206の両端の点207a、207bから該領域205の境界208a、208bに沿うように切り込みを形成する。

[0057] 境界208a、208bに沿うように切り込みを形成する際、せん断ロッキング角度 -10 度以内の領域であればせん断ロッキング角度を超える領域205外に切り込みがあっても一応の効果は得られるが、切り込みの一部がせん断ロッキング角度を超える領域205に入っていることがせん断変形の集中を緩和できる点で好ましい。さらに好ましくは、図19に示すようにせん断ロッキング角度を超える領域205の外周ライン206の両端の点207a、207bから該領域205の境界208a、208bに沿って切り込みを入れればよい。

[0058] 図19に示すように境界208a、208bに沿うように切り込みを形成することでせん断ロッキング角度を超える領域205が矢印209a、209bに示す方向、すなわちコーナーに沿って両サイドに伸ばされるため、せ

ん断変形の集中を効果的に緩和することができる。また切り込みはせん断ロッキング角度を超える領域205の境界208a、208bどちらか片側でもよいが、効果的にせん断変形の集中を緩和できることから両側に入れることが好ましい。

[0059] ステップS8～ステップS11は、第1の実施形態と同様である。図20は、本実施形態で得られるプリフォーム用カットパターンの構成を示す図である。同図に示すプリフォーム用カットパターン210は、8つの切り欠き211a、211b、211c、211d、211e、211f、211g、211hを有する。このプリフォーム用カットパターン210を適用し、賦形することで皺やオーバーラップのないプリフォームを製造することができる。

[0060] なお、本実施形態に係るシミュレーション装置の構成は、上記第1の実施形態で説明したシミュレーション装置1001の構成と同様である。

[0061] (第4の実施形態)

本発明の第4の実施形態は、複数層からなるプリフォームを製造することを特徴とする。以下の説明においては、3層を同時に賦形することによってプリフォームを製造する場合を主に説明するが、積層する層数はこれに限定されるものではない。

[0062] 本実施形態に係るプリフォームの製造方法の処理の概要は、第1の実施形態と同様である。すなわち、本実施形態に係るプリフォームの製造方法の処理は、図1に示すフローチャートにしたがって行われる。以下、第1の実施形態と処理が異なる点を中心にプリフォームの製造方法の概要を説明する。

[0063] 図21は、ステップS2において賦形を開始する状態を模式的に示す図である。本実施形態では、賦形型20に対して、強化繊維基材200、110、30を下から順に重ねていき、同時に賦形を行う場合を想定したシミュレーションを実行する。本実施形態では、賦形中の層間摩擦の影響が小さいものとして賦形時の挙動をシミュレーションする。

[0064] 図22は、ステップS2のシミュレーションによって得られた第1の予備

カットパターンを示す図である。同図に示す第１の予備カットパターン３００は、強化繊維基材３０、１１０、２００を同時に賦形した場合に得られるシミュレーション結果である。

[0065] この後のステップＳ３～Ｓ８の処理は、３つの強化繊維基材３０、１１０、２００を重ねた状態のままシミュレーションを行う点以外は同じである。

[0066] ステップＳ９において、各強化繊維基材のプリフォームカットパターンが得られる。図２３は、ステップＳ９によって得られたプリフォーム用カットパターンの構成を示す図である。図２３に示すプリフォーム用カットパターン１００'、１２０'、２１０'は、強化繊維基材３０、１１０、２００からそれぞれ得られるプリフォーム用カットパターンである。本実施形態では、賦形条件として、隣接する層同士が接触したり離れたりするのを繰り返しながら変形するような、層間摩擦の影響が小さい賦形条件を適用している。このため、プリフォーム用カットパターン１００'、１２０'、２１０'は、実施の形態１、２、３でそれぞれ得られたプリフォーム用カットパターン１００、１２０、２１０と、それぞれほぼ同じ形状をなす。なお、賦形中に隣接する層同士が常に接触しながら変形するような、層間摩擦の影響が無視できない条件下では、各層において、単層で賦形した場合と異なるプリフォーム用カットパターンが得られる。本発明は、そのような層間摩擦の影響が無視できない賦形条件に対しても適用可能である。

[0067] なお、本実施形態に係るシミュレーション装置の構成は、上記第１の実施形態で説明したシミュレーション装置１００１の構成と同様である。

[0068] 以上説明した本発明の第４の実施形態では、格子線の配向方向が同じ強化繊維基材から切り込み形成位置が異なるプリフォーム用カットパターンが得られるため、積層した際に切り欠きエッジの突合せ位置の重なりをなくすことができ、積層時に切欠き同じ位置に集中することによる強度の低下を抑えることができる。

[0069] なお、図２１に示す強化繊維基材の積層の仕方はあくまでも一例に過ぎず、積層順は任意に変更可能である。また、積層枚数や格子線の配向方向の組

み合わせについても、適宜変更することが可能である。

[0070] また、ステップS 3におけるトリムの方法、ステップS 7における切り込みの形成方法、およびステップS 9におけるオーバーラップ領域の切り取り方法は上述したものに限られるわけではなく、賦形後の切り欠きエッジの突合せ位置が重ならないようにすることができれば他の方法で実行しても構わない。

[0071] また、本実施形態において複数層からなるプリフォームを賦形する場合、上記の如く複数層を積層した状態で一括して賦形する代わりに、1層ずつ賦形するようにしてもよい。

[0072] 本発明によれば、従来の現場で行われていたトライアンドエラー方式より検討に費やされるコストや人手による作業量を大幅にカットし、プリフォームを製造する事が可能となる。また、皺やオーバーラップによる製品厚みの変化をなくすることができるため、厚みが均一で良好なプリフォームを得ることができる。また、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、あらゆる製品形状に対して適用可能なものである。

[0073] なお、本発明において、半硬化状態の樹脂を含浸させた強化繊維基材を用いることも可能である。この場合には、シミュレーションを行う際の賦形条件として、半硬化状態の樹脂を含浸させたことに対応する条件を付加すればよい。

実施例

[0074] 以下に本発明の具体的な実施例を示す。なお、本発明は、以下に説明する実施例によって限定されるものではない。

[0075] 図24は、実施例で用いたアルミ製の賦形型の構成を示す斜視図である。図25は、図24の矢視B方向の矢視図（賦形型の上面図）である。図24、25に示す賦形型400は、400mm×400mmで高さ20mmのベース表面401の上に、長手方向に240mm、短手方向に160mm、高さ50mmの直方体の4つのコーナー402a、402b、402c、402dにそれぞれ10mm（R10）、20mm（R20）、30mm（R3

0)、40mm(R40)のRを設け、さらに上面403の4辺に徐変フィレット404a、404b、404c、404dを入れることで各コーナー間を滑らかにつないだ形状になっている。該賦形型400に360mm×360mmの強化繊維基材を賦形してプリフォームを製造する。

[0076] 使用する強化繊維基材は、東レ(株)製 炭素繊維織物C06343B(織り組織:平織り、織物目付け:198g/m²、強化繊維:T300B-3K、弾性率:230GPa、強度:3530MPa、織度:198tex、フィラメント数:3,000本)である。

[0077] 図26に賦形開始時の様子を示す。賦形型400に強化繊維基材406を配置し、コア上面の任意の5点で位置決めし、400mm×400mmで厚み10mm、さらに中央にコアの外形状+2mmの穴の空いたアクリル製プレート405をベース表面401に対して平行に真っ直ぐ押し込むことで賦形する。強化繊維基材406の繊維配向はベース表面の任意の1辺を0度として0度及び90度となるように位置決めし、シミュレーションは有限要素法で実施した。

[0078] (実施例1)

図27は本発明の実施例1として、第1の実施形態に係るシミュレーション方法を実行することによって作成したプリフォーム用カットパターンを示す図である。本実施例で使用了賦形型400は、各コーナーでRが違うため、図27に示すプリフォーム用カットパターン410の形状も各コーナーで異なるものとなった。すなわち、プリフォーム用カットパターン410では、R10、R20、R30、R40のコーナーで、互いに異なる形状を有する切り欠き411a、411b、411c、411dがそれぞれ形成された。

[0079] シミュレーションによって得られたプリフォーム用カットパターン形状を実際に作成して賦形した結果、R10コーナー401aで賦形した部分に少しオーバーラップが残り、簡単な修正を要したが、その他のコーナーで賦形した部分では皺なく、切り欠きエッジの突合せ位置において隙間が無い、良

好なプリフォームを得ることができた。

[0080] 検討開始からプリフォーム製造までに要した時間は約半日であり、使用した基材はプリフォーム用カットパターンの作成に使った360mm×360mmの基材1枚のみである。同じ作業を従来のトライアンドエラー方式で実施したところ、皺や切り欠きエッジの突合せ位置で隙間が無いプリフォームができるまで、作業時間は1日で、360mm×360mmの基材を6枚要し、本発明の効果を確認することができた。また、より複雑な形状への賦形や複数層での賦形となれば、トライアンドエラー方式ではさらに多くの人手や時間、型や基材にかかる検討コストが必要となり、本発明の効果がさらに期待できる。

[0081] (実施例2)

図28は本発明の実施例2として、第2の実施形態に係るシミュレーション方法を実行することによって作成したプリフォーム用カットパターンを示す図である。賦形型400は各コーナーでRが違うため、図28に示すプリフォーム用カットパターン500の形状も各コーナーで異なるものとなった。すなわち、プリフォーム用カットパターン500では、R10のコーナーに切り欠き501a、501bが形成され、R20のコーナーに切り欠き501c、501dが形成され、R30のコーナーに切り欠き501e、501fが形成され、R40のコーナーで切り欠き501g、501hに形成された。切り欠き501a～501hは、互いに異なる形状を有している。

[0082] シミュレーションによって得られたプリフォーム用カットパターン形状を実際に作成して賦形した結果、切り欠きエッジの突合せ位置において隙間が無い、良好なプリフォームを得ることができた。

[0083] (実施例3)

本発明の実施例3では、実施例1で得たプリフォーム用カットパターン410(図27参照)と実施例2で得たプリフォーム用カットパターン500(図8参照)を重ねて、実施例1と2と同じ型(賦形型400)で賦形した。賦形した結果、各層の切り欠きエッジの突合せ位置において隙間が無い、

良好なプリフォームを得ることができた。

[0084] 実施例 1 ～ 3 で示した結果により、本発明の効果を確認することができた。実施例 1 と 2 については検討開始からプリフォーム製造までに要した時間は約半日であり、使用した基材はプリフォーム用カットパターンの作成に使った 360 mm × 360 mm の各層につき基材 1 枚ずつのみである。同じ作業を従来のトライアンドエラー方式で実施したところ、それぞれの実施例について皺や切り欠きエッジの突合せ位置で隙間が無いプリフォームができるまで、作業時間は 1 日で、360 mm × 360 mm の 2 層合せて基材を 6 枚程度要し、本発明の効果を確認することができた。また、より複雑な形状への賦形となれば、トライアンドエラー方式ではさらに多くの人手や時間、型や基材にかかる検討コストが必要となり、本発明の効果がさらに期待できる。

符号の説明

- [0085] 1 : 荷重－変位曲線
2 : 基材の初期せん断変形領域
3 : 基材の中間せん断変形領域
4 : 基材のせん断ロッキング領域
5 : 賦形限界点
1 1 : 基材せん断変形前の形状
1 2 : 基材せん断変形後の形状
1 3 : 基材せん断変形後の繊維配向
1 4 : 荷重方向
1 5 : 基材せん断変形による変位量
1 6 : 変位量評価点
2 0、4 0 0 : 賦形型
2 1 : 賦形型ベース表面
2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d : 賦形型の側面
2 3 : 賦形型の上面

- 24 a、24 b、24 c、24 d : 賦形型のコーナー
- 25 a、25 b、25 c、25 d : 賦形型の上面4辺
- 26 : 賦形型の0度方向
- 30、110、200 : 強化繊維基材
- 31、61、82、111 : 強化繊維基材の繊維配向
- 32、62、83、112 : 強化繊維基材の0度方向
- 33 : 第1の予備カットパターン
- 34 : 第1の予備カットパターンのコーナー部
- 35、65 : 皺
- 41 : 賦形開始時の繊維配向
- 42 : 強化繊維基材の0度方向
- 43 : コーナーの頂点ライン
- 44 a、44 b : コーナーの頂点ラインと強化繊維基材のなす角度
- 51 : 第1の予備カットパターン上における製品エンド
- 52 : 第1の予備カットパターン上におけるトリムライン
- 60 : 基材 (トリム後の第1の予備カットパターン)
- 63 : 第2の予備カットパターン
- 64 : 第2の予備カットパターンのコーナー部
- 71 : せん断ロッキング角度超過領域
- 72 : 切り込みライン
- 73 : せん断ロッキング角度超過領域の外周ライン
- 74 : せん断ロッキング角度超過領域の外周ラインの中心
- 80 : 基材 (切り込みを形成した後の第2の予備カットパターン)
- 81 a、81 b、81 c、81 d : 切り込み
- 91 : オーバーラップ領域
- 92 a、92 b : 切り込みエッジ
- 100、100'、120、120'、210、210'、410、500
: プリフォーム用カットパターン

101a、101b、101c、101d、121a、121b、121c、121d、121e、121f、121g、121h、211a、211b、211c、211d、211e、211f、211g、211h、411a、411b、411c、411d、501a、501b、501c、501d、501e、501f、501g、501h：切り欠き

1001：シミュレーション装置

1002：入力部

1003：表示部

1004：記憶部

1005：制御部

1041：賦形情報記憶部

1042：プログラム記憶部

1051：第1予備カットパターン取得部

1052：トリム部

1053：第2予備カットパターン取得部

1054：切り込み形成部

1055：第3予備カットパターン取得部

1056：カットパターン生成部

請求の範囲

[請求項1]

繊維強化プラスチック成形体のプリフォームを構成する強化繊維基材の賦形前のカットパターンをシミュレーションによって生成するコンピュータが実行するシミュレーション方法であって、

前記強化繊維基材の賦形特性を記憶部から読み出し、該賦形特性に基づいて前記強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第1の予備カットパターンを取得する第1予備カットパターン取得ステップと、

前記第1予備カットパターン取得ステップで取得した前記第1の予備カットパターンから不要部分をトリムするトリムステップと、

前記トリムステップでトリムした前記第1の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第2の予備カットパターンを取得する第2予備カットパターン取得ステップと、

前記第2予備カットパターン取得ステップで取得した前記第2の予備カットパターンに対して前記賦形特性に応じた切り込みを形成する切り込み形成ステップと、

前記切り込み形成ステップで切り込みを形成した前記第2の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第3の予備カットパターンを取得する第3予備カットパターン取得ステップと、

前記第3予備カットパターン取得ステップで取得した前記第3の予備カットパターンにおいてオーバーラップした領域の少なくとも一方を切り取って展開することによってプリフォーム用カットパターンを生成するカットパターン生成ステップと、

を有することを特徴とするシミュレーション方法。

[請求項2]

前記賦形特性は、せん断特性を含み、

前記切り込み形成ステップは、前記強化繊維基材のせん断ロックン

グ角度を超える領域に切り込みを形成することを特徴とする請求項 1 に記載のシミュレーション方法。

[請求項3] 前記切り込み形成ステップは、前記第 2 の予備カットパターンの外周ラインにおける少なくとも 1 箇所の前記強化繊維基材のせん断ロッキング角度を超えるラインの midpoint から、該ラインを含むせん断ロッキング角度を超える領域において、該領域を 2 等分するように切り込みを形成することを特徴とする請求項 2 に記載のシミュレーション方法。

[請求項4] 前記賦形特性が、前記強化繊維基材の繊維方向の引張り特性および前記強化繊維基材の面外の曲げ特性を含むことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載のプリフォームの製造方法。

[請求項5] 前記第 3 予備カットパターン取得ステップは、前記強化繊維基材の自己接触を考慮せずにシミュレーションし、

前記カットパターン生成ステップは、前記切り込みを形成することによってオーバーラップした領域分の前記強化繊維基材を余剰基材として切り取ることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のシミュレーション方法。

[請求項6] 前記トリムステップ、前記第 2 予備カットパターン取得ステップ、前記切り込み形成ステップ、前記第 3 予備カットパターン取得ステップ、および前記カットパターン生成ステップの少なくとも一つのステップを複数回実行することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載のシミュレーション方法。

[請求項7] 前記強化繊維基材は、強化繊維が直交する 2 方向に配向していることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載のプリフォームの製造方法。

[請求項8] 前記カットパターン生成ステップで生成したカットパターンを表示する表示ステップをさらに有することを特徴とする請求項 1 ～ 7 に記載のシミュレーション方法。

- [請求項9] 前記第2予備カットパターンが前記せん断ロッキング角度を超える領域を有しない場合、前記第2の予備カットパターンを展開することによってプリフォーム用カットパターンを生成することを特徴とする請求項1に記載のシミュレーション方法。
- [請求項10] 複数の前記強化繊維基材を積層した状態における各ステップのシミュレーションを実行することを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載のシミュレーション方法。
- [請求項11] 前記強化繊維基材に半硬化状態の樹脂が含浸していることを特徴とする請求項1～10のいずれか一項に記載のシミュレーション方法。
- [請求項12] 請求項1～11のいずれか一項に記載のシミュレーション方法によって生成したプリフォーム用カットパターンにしたがって強化繊維基材をカットすることにより、前記プリフォームを賦形する前のプリフォーム用基材を製造することを特徴とするプリフォーム用基材の製造方法。
- [請求項13] 請求項12に記載のプリフォーム用基材の製造方法によって製造した前記プリフォーム用基材を前記賦形型に賦形することによって前記プリフォームを製造することを特徴とするプリフォームの製造方法。
- [請求項14] 互いに異なる切り込みを有する複数の前記プリフォーム用基材を積層し、一括して賦形することを特徴とする請求項13に記載のプリフォームの製造方法。
- [請求項15] 繊維強化プラスチック成形体のプリフォームを構成する強化繊維基材の賦形前のカットパターンをシミュレーションによって生成するシミュレーション装置であって、
前記強化繊維基材の賦形特性を記憶部から読み出し、該賦形特性に基づいて前記強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第1の予備カットパターンを取得する第1予備カットパターン取得部と、
前記第1予備カットパターン取得部が取得した前記第1の予備カッ

トパターンから不要部分をトリムするトリム部と、

前記トリム部がトリムした前記第1の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第2の予備カットパターンを取得する第2予備カットパターン取得部と、

前記第2予備カットパターン取得部が取得した前記第2の予備カットパターンに対して前記賦形特性に応じた切り込みを形成する切り込み形成部と、

前記切り込み形成部が切り込みを形成した前記第2の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第3の予備カットパターンを取得する第3予備カットパターン取得部と、

前記第3予備カットパターン取得部が取得した前記第3の予備カットパターンにおいてオーバーラップした領域の少なくとも一方を切り取って展開することによってプリフォーム用のカットパターンを生成するカットパターン生成部と、

を備えることを特徴とするシミュレーション装置。

[請求項16] 請求項12に記載のプリフォーム用基材の製造方法によって製造したことを特徴とするプリフォーム用基材。

[請求項17] 請求項13または14に記載のプリフォームの製造方法によって製造したことを特徴とするプリフォーム。

[請求項18] 複数の前記プリフォーム用基材を積層してなり、隣接する層と切り欠きエッジの突合せ位置が重ならないことを特徴とする請求項17に記載のプリフォーム。

[請求項19] 請求項17または18に記載のプリフォームと、
前記プリフォームに含浸した樹脂と、
を備えることを特徴とする繊維強化プラスチック成形体。

[請求項20] 繊維強化プラスチック成形体のプリフォームを構成する強化繊維基

材の賦形前のカットパターンをシミュレーションによって生成するコンピュータに、

前記強化繊維基材の賦形特性を記憶部から読み出し、該賦形特性に基づいて前記強化繊維基材を賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第1の予備カットパターンを取得する第1予備カットパターン取得ステップと、

前記第1予備カットパターン取得ステップで取得した前記第1の予備カットパターンから製品外の不要部分をトリムするトリムステップと、

前記トリムステップでトリムした前記第1の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第2の予備カットパターンを取得する第2予備カットパターン取得ステップと、

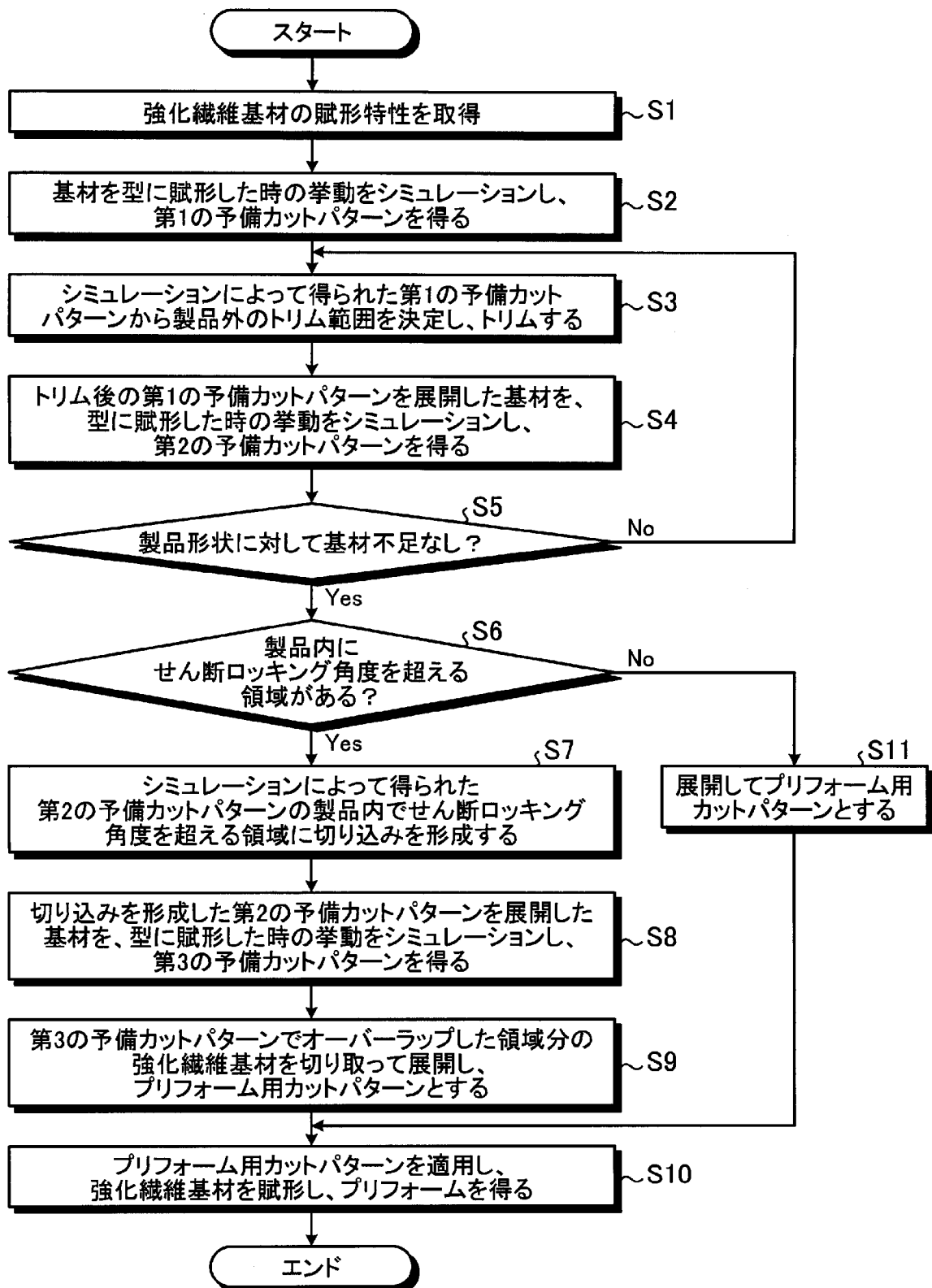
前記第2予備カットパターン取得ステップで取得した前記第2の予備カットパターンに対して前記賦形特性に応じた切り込みを形成する切り込み形成ステップと、

前記切り込み形成ステップで切り込みを形成した前記第2の予備カットパターンを展開した強化繊維基材を前記賦形型に賦形する際の挙動をシミュレーションすることによって第3の予備カットパターンを取得する第3予備カットパターン取得ステップと、

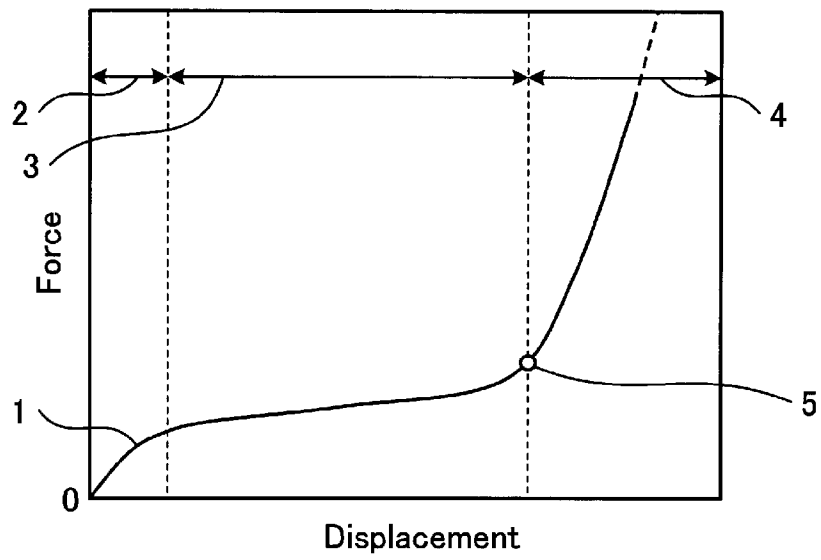
前記第3予備カットパターン取得ステップで取得した前記第3の予備カットパターンにおいてオーバーラップした領域の少なくとも一方を切り取って展開することによってプリフォーム用のカットパターンを生成するカットパターン生成ステップと、

を実行させることを特徴とするシミュレーションプログラム。

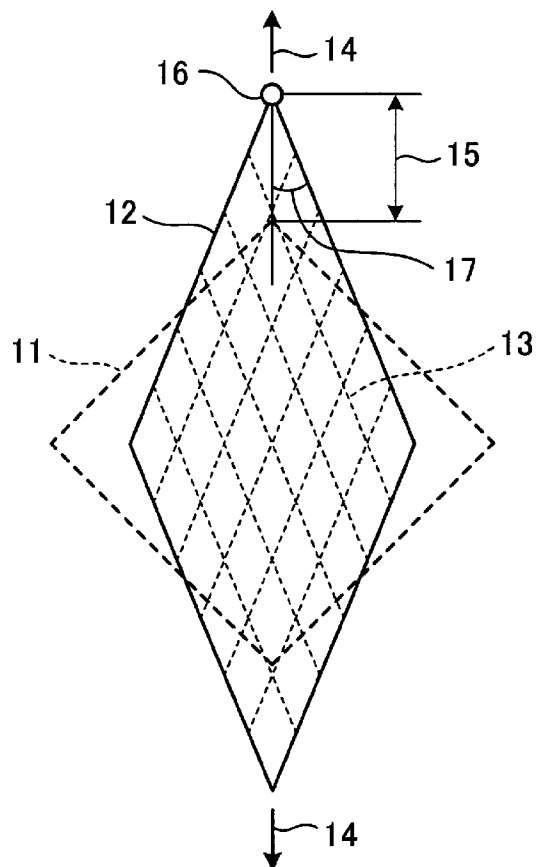
[図1]



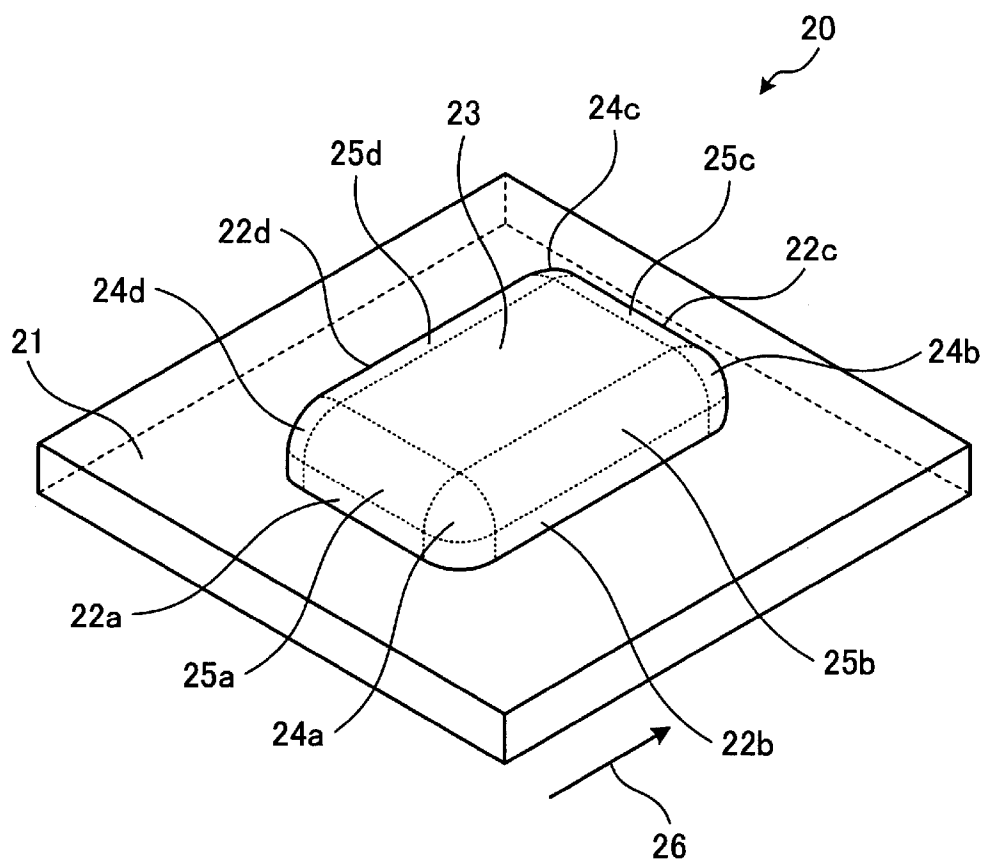
[図2]



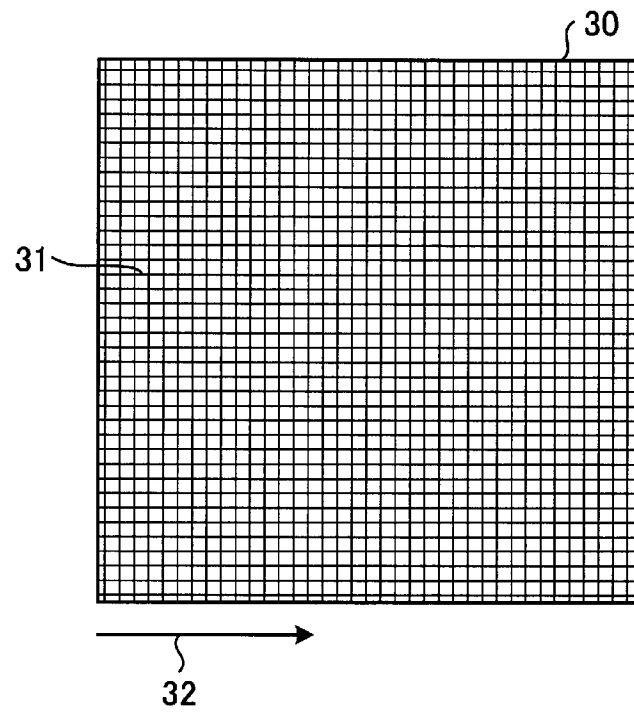
[図3]



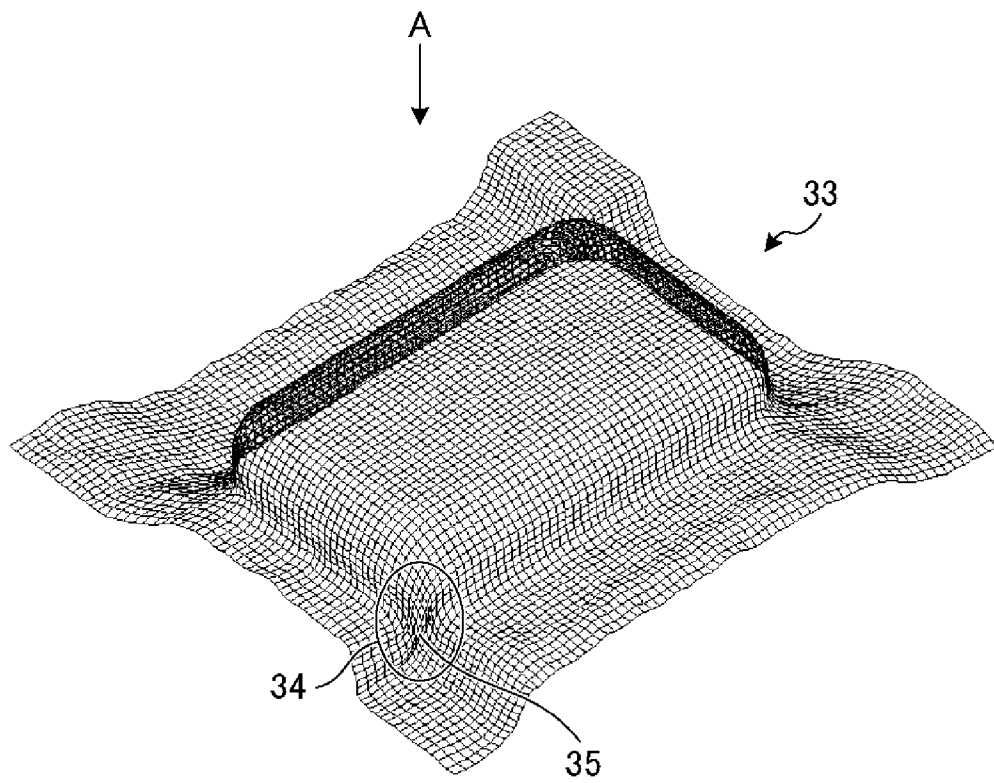
[図4]



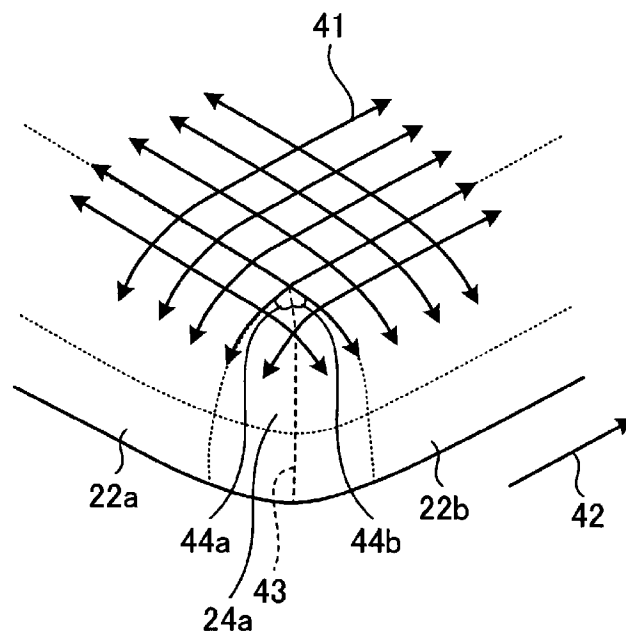
[図5]



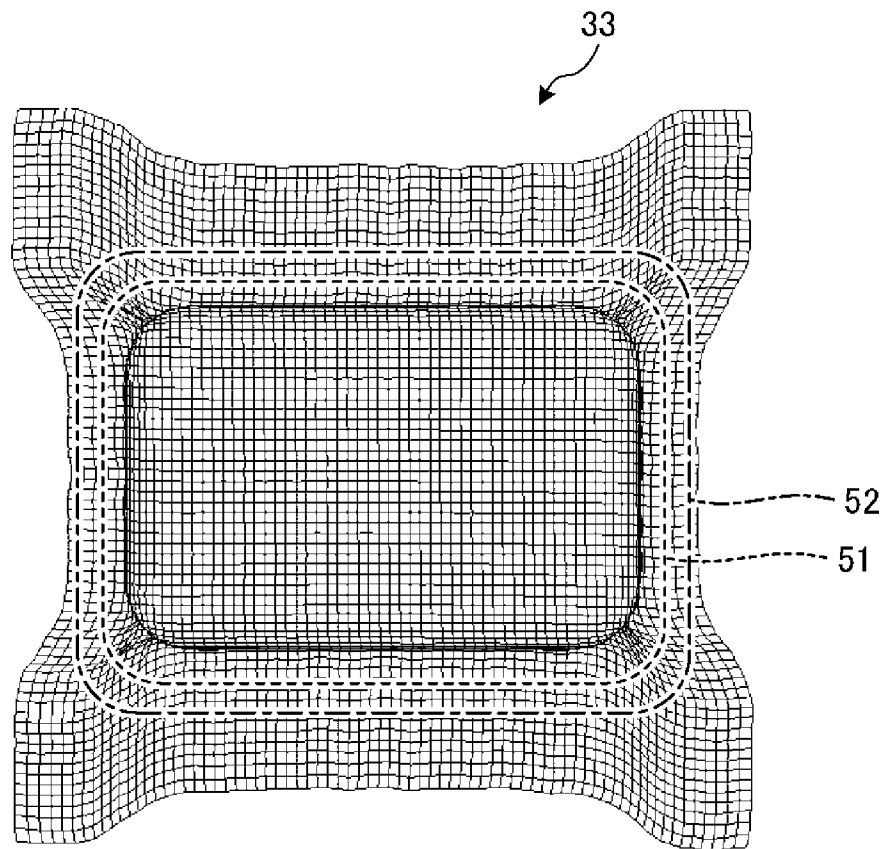
[図6]



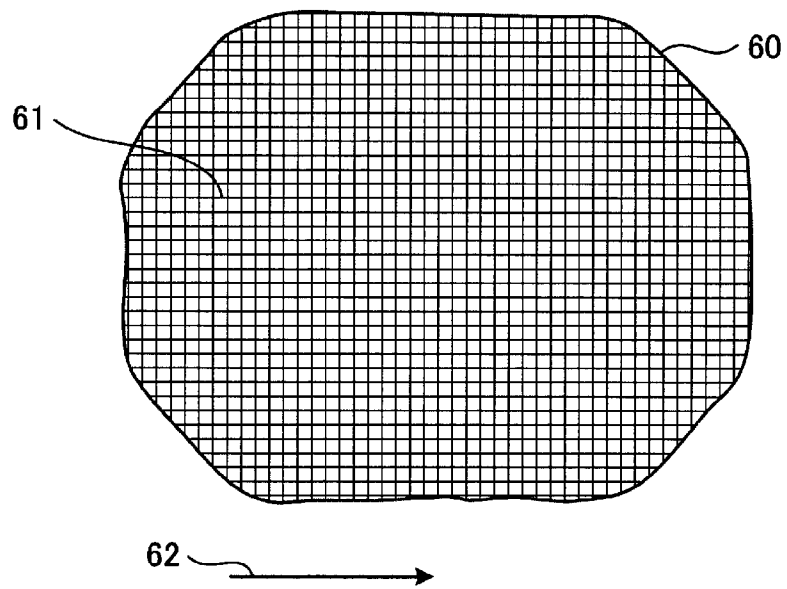
[図7]



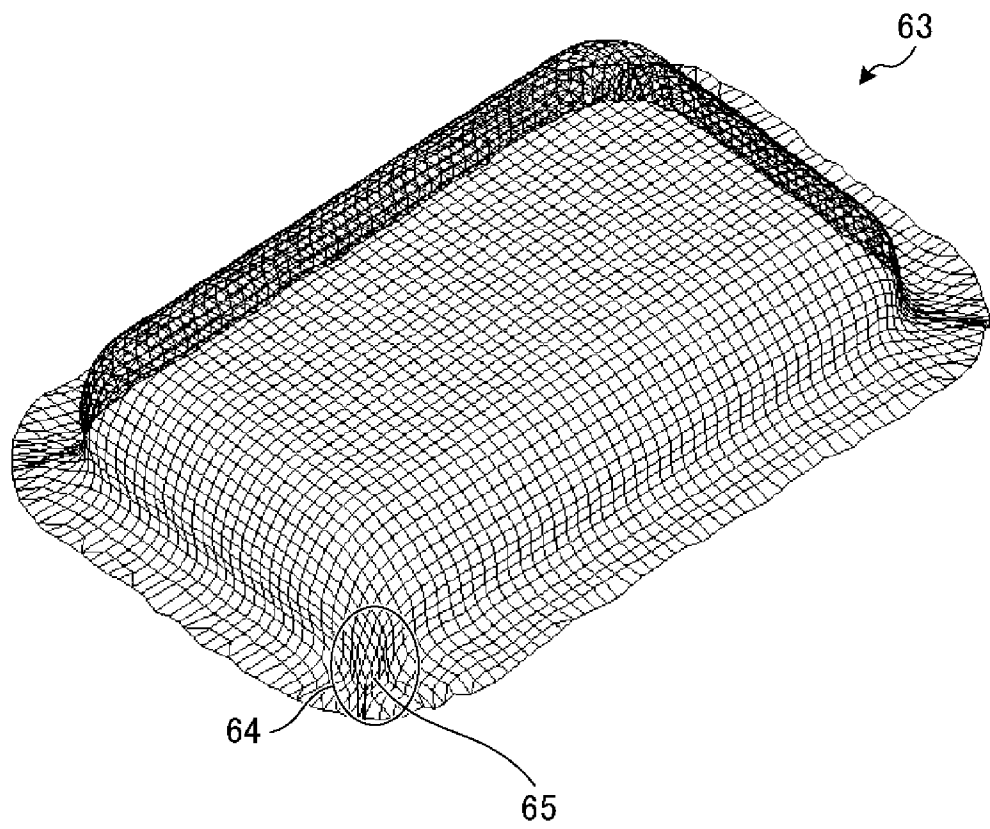
[図8]



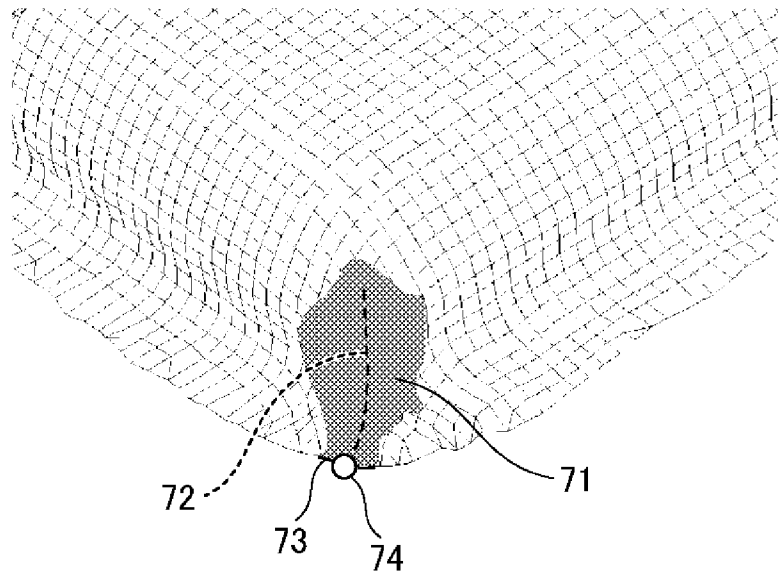
[図9]



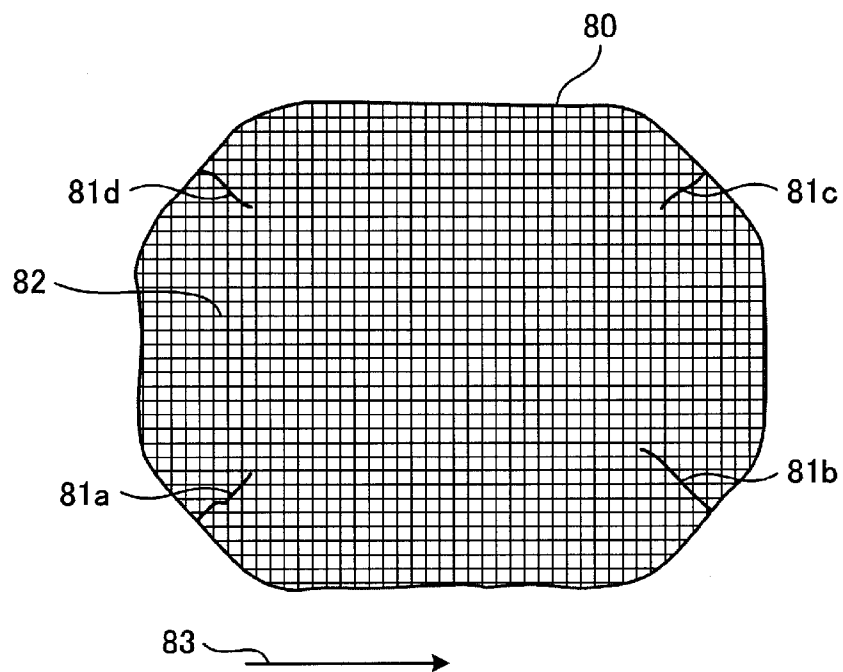
[図10]



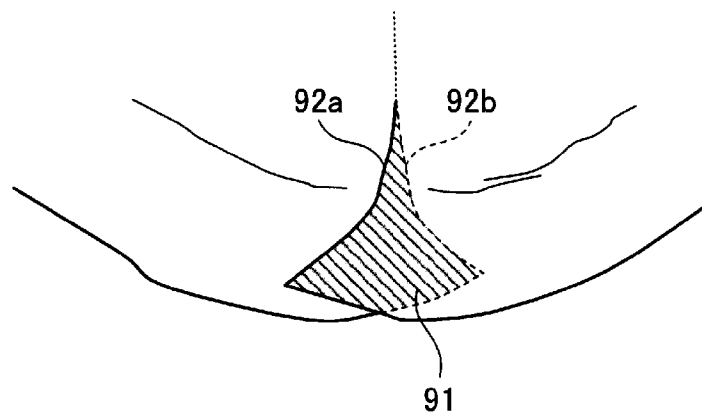
[図11]



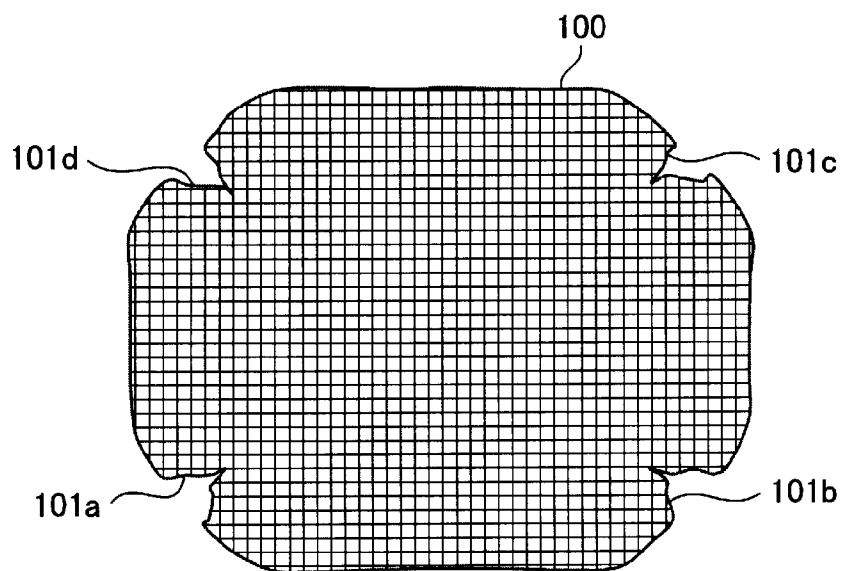
[図12]



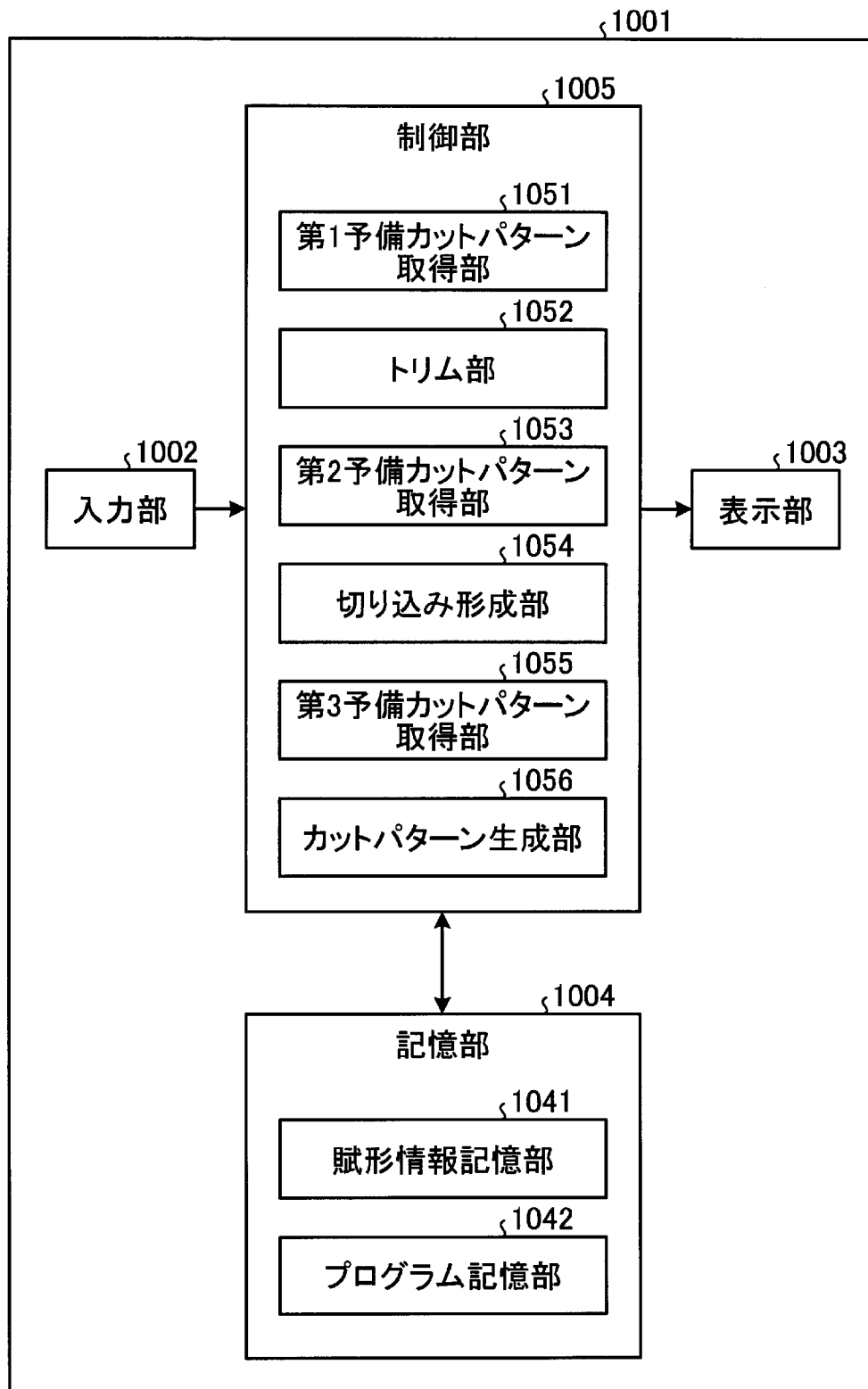
[図13]



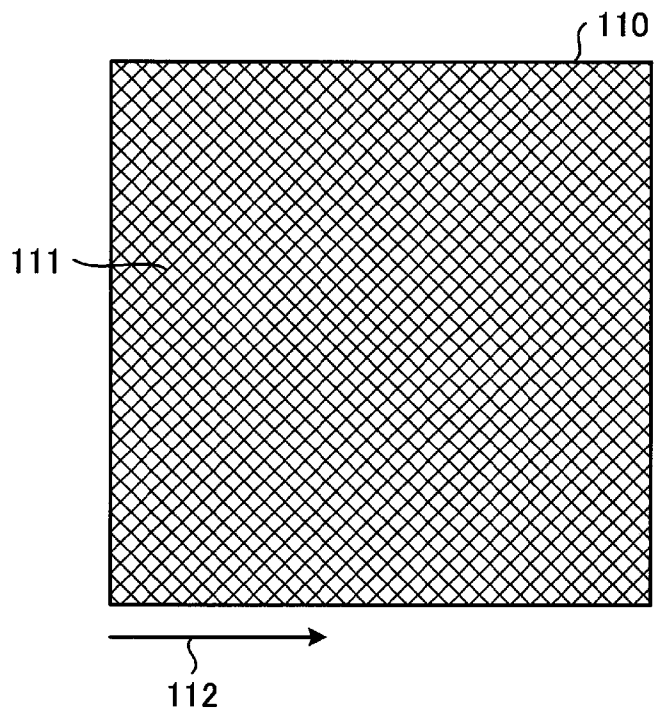
[図14]



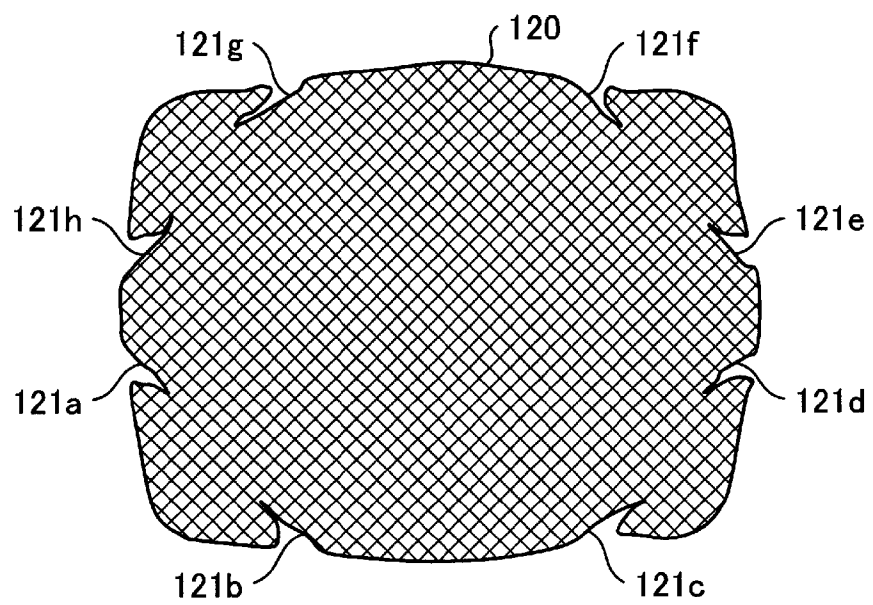
[図15]



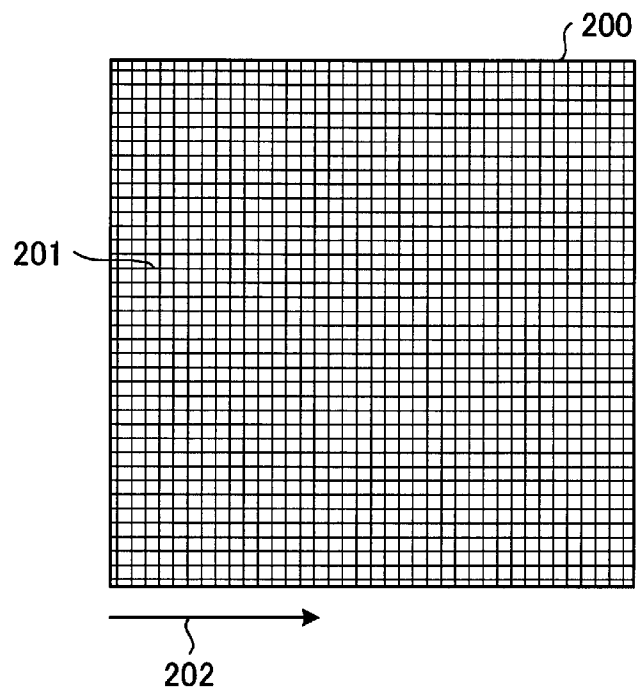
[図16]



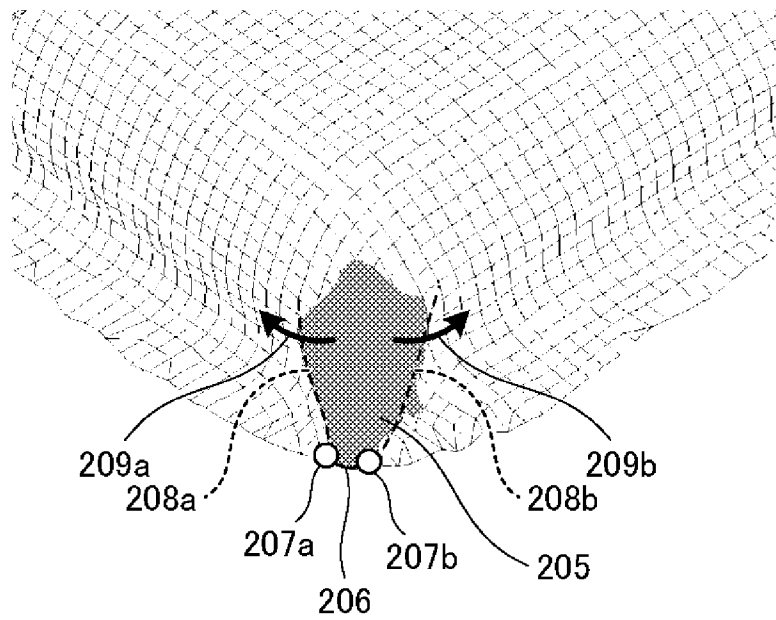
[図17]



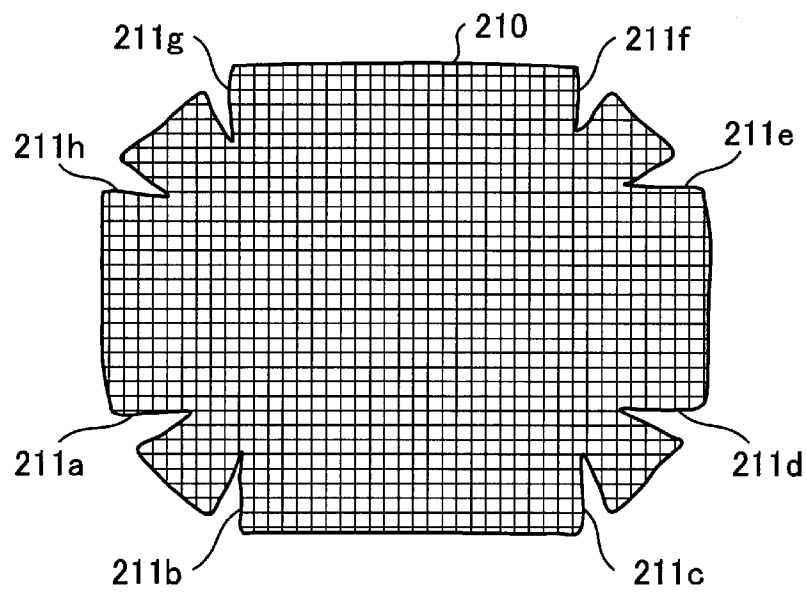
[図18]



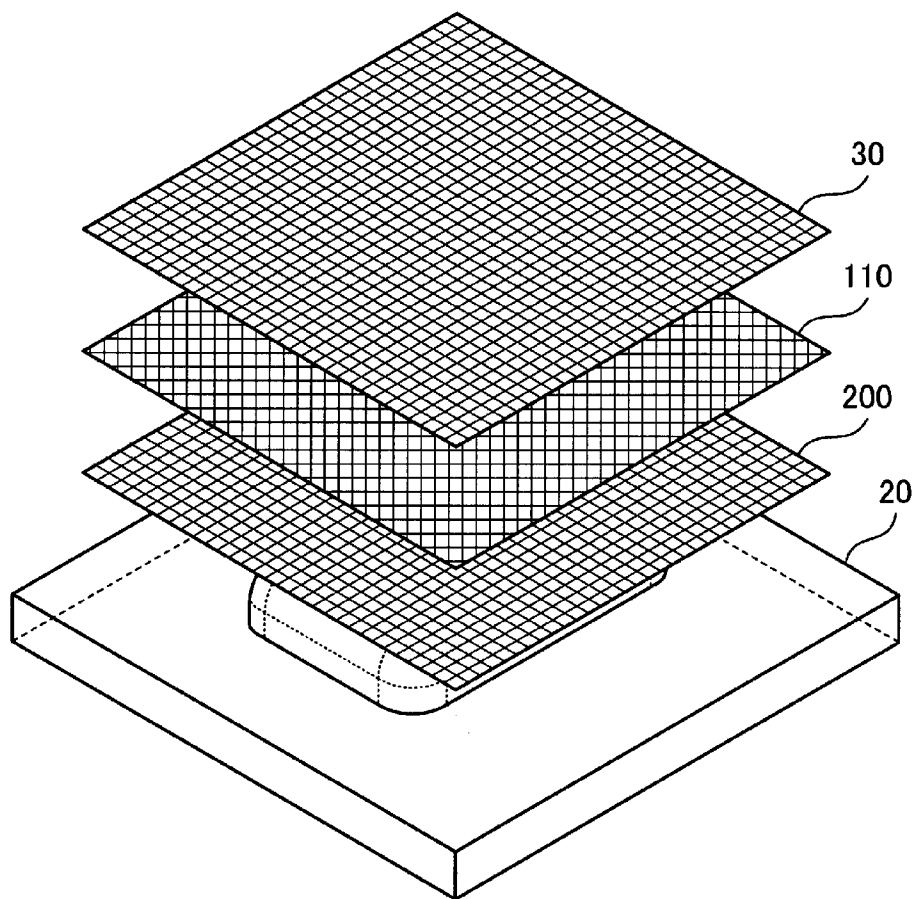
[図19]



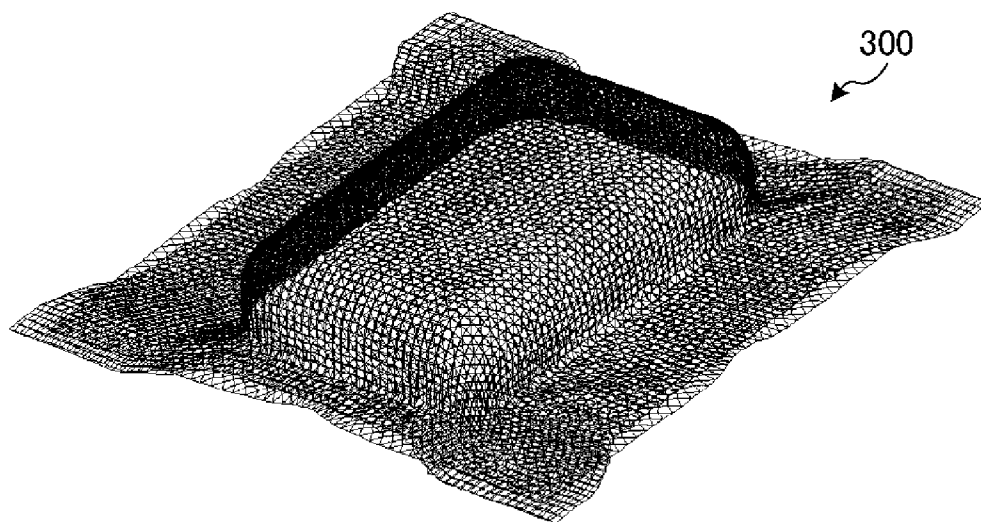
[図20]



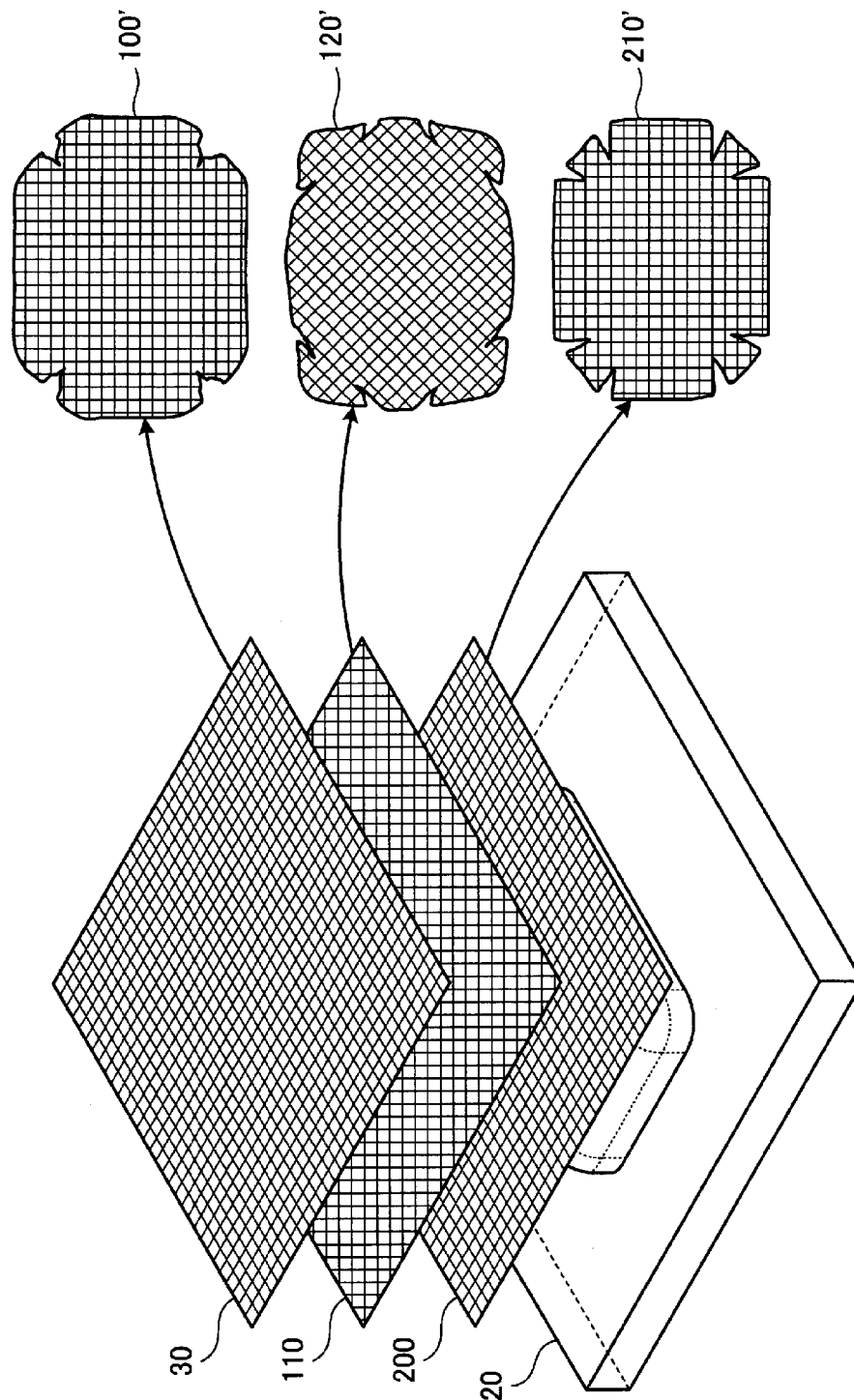
[図21]



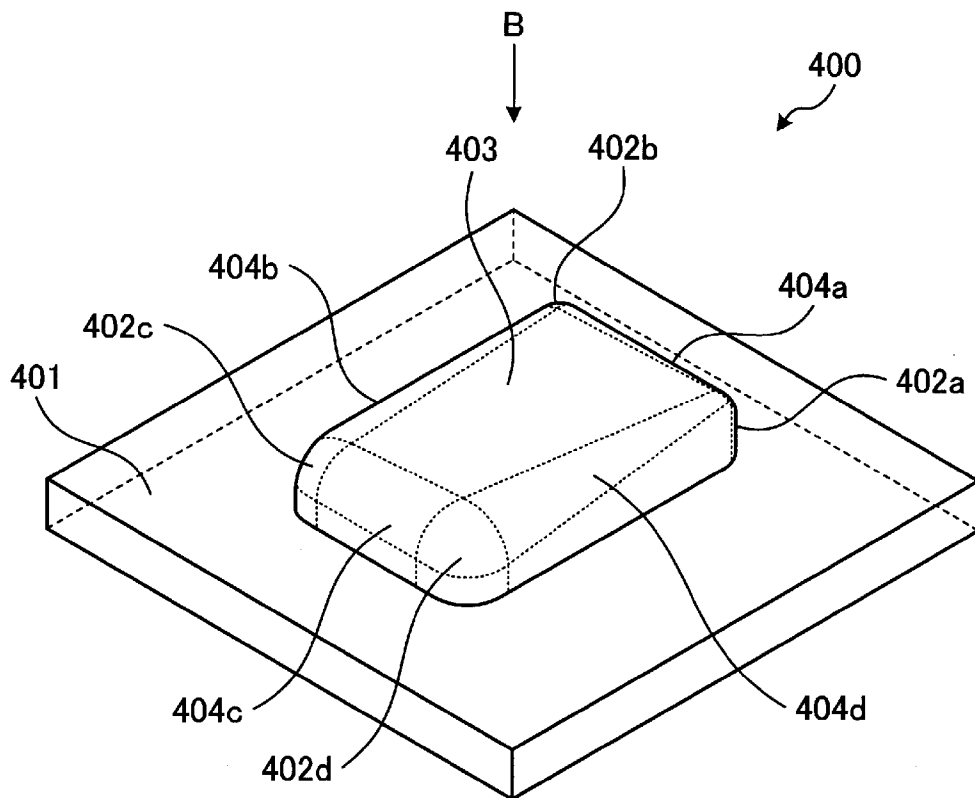
[図22]



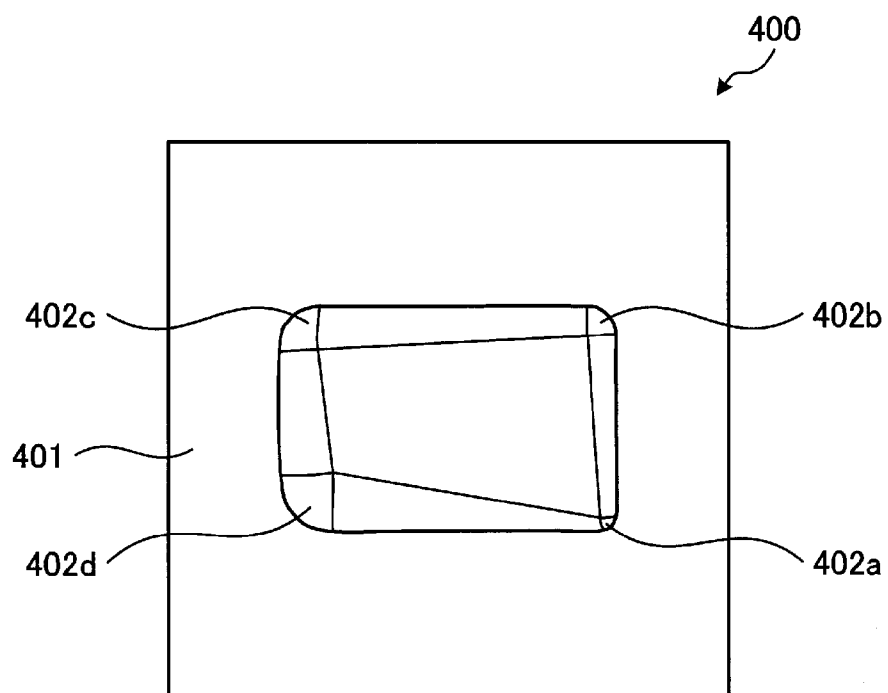
[図23]



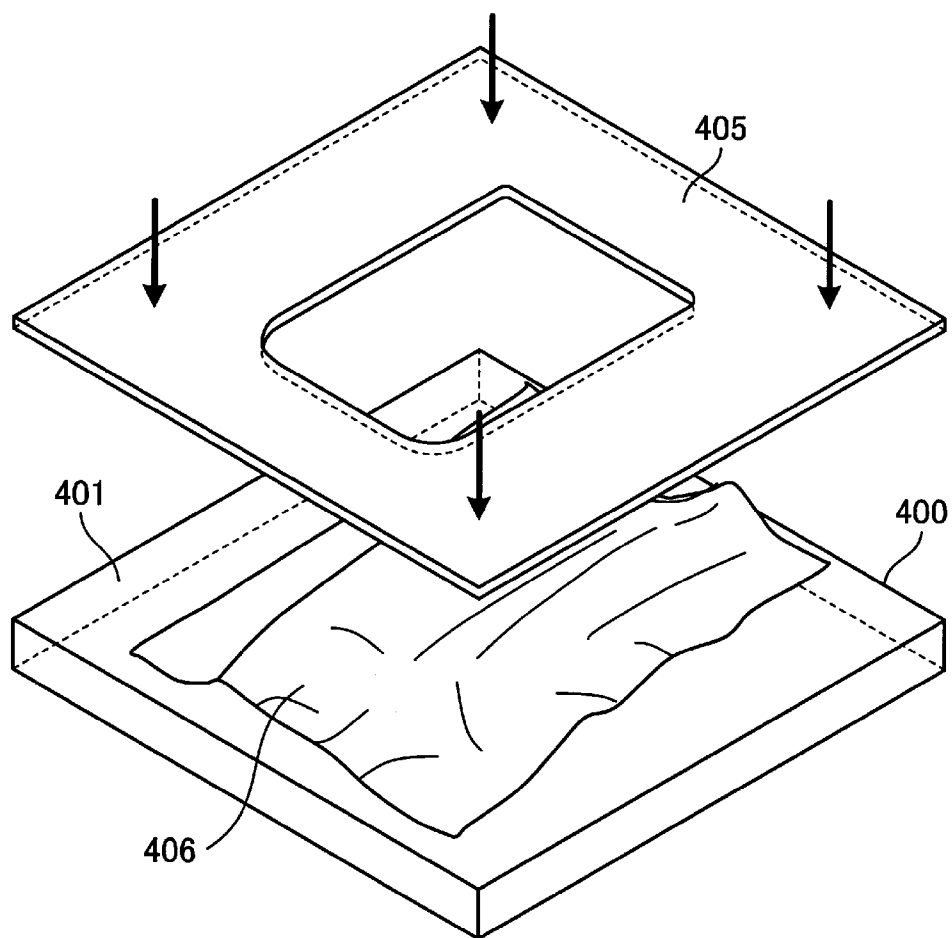
[図24]



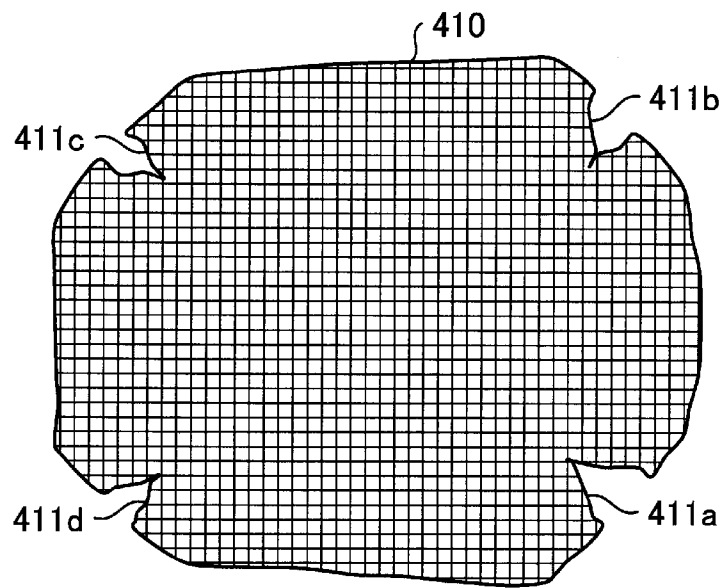
[図25]



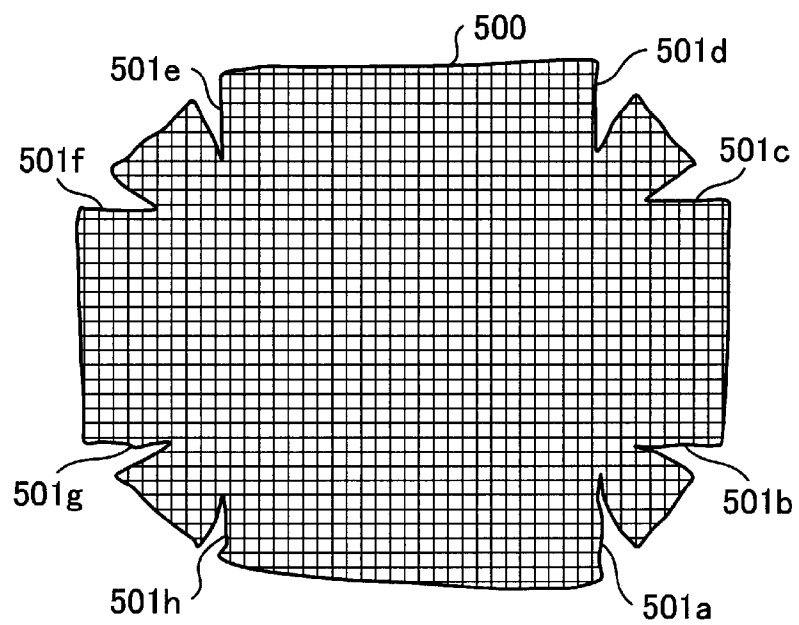
[図26]



[図27]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29B15/08(2006.01)i, B29B11/16(2006.01)i, B29C43/12(2006.01)n, B29C70/10(2006.01)n, B29K105/08(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29B15/08, B29B11/16, B29C43/12, B29C70/10, B29K105/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	'Jidosha Keiryoka Tanso Sen'i Kyoka Fukugo Zairyo no Kenkyu Kaihatsu' Jigo Hyoka Hokokusho [online], New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) Kenkyu Hyoka Iinkai, 2009.02, III-11 to III-26, [retrieval date 06 June 2014 (06.06.2014)], Internet <URL: http://www.nedo.go.jp/content/100096702.pdf (It was confirmed that it was known at the time of February 2013 from Wayback Machine (http://http://archive.org/web/))>	1, 2, 5-9, 11-13, 15-20 3, 4, 10, 14
A	JP 2007-162185 A (Toray Industries, Inc.), 28 June 2007 (28.06.2007), entire text; particularly, paragraph [0040] (Family: none)	1-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 June, 2014 (09.06.14)

Date of mailing of the international search report
17 June, 2014 (17.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057918

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-254438 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 23 October 2008 (23.10.2008), entire text; particularly, paragraph [0018] (Family: none)	1-20
A	Toshiya KAMAE et al., "Tanso Sen'i Fukugo Zairyo 'High Cycle Ittai Seikei Gijutsu' no Kenkyu Kaihatsu", [online], Dai 23 Kai Sentan Gijutsu Taisho Obo Ronbun, Fuji Sankei Business i., pages 1 to 9, [retrieval date 06 June 2014 (06.06.2014)], Internet <URL:http://http://www. fbi-award.jp/sentan/jusyou/2009/6.pdf (It was confirmed that it was known at the time of July 2012 from Wayback Machine (http://http:// archive.org/web/))>	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B29B15/08(2006.01)i, B29B11/16(2006.01)i, B29C43/12(2006.01)n, B29C70/10(2006.01)n, B29K105/08(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B29B15/08, B29B11/16, B29C43/12, B29C70/10, B29K105/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

J S T P l u s (J D r e a m I I I)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	「自動車軽量化炭素繊維強化複合材料の研究開発」事後評価報告書 [online], 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究 評価委員会, 2009.02, III-11~III-26, [検索日 2014.06.06], イ ンターネット<URL : http://www.nedo.go.jp/content/100096702.pdf (Wayback Machine(http://http://archive.org/web/)より、2013年2月の時点 で公知であったことを確認した。)>	1, 2, 5-9, 11-13, 15-20 3, 4, 10, 14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 9 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

大村 博一

4 F

3 9 7 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 0

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-162185 A (東レ株式会社) 2007. 06. 28, 文献全体、特に段落【0040】 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2008-254438 A (日産自動車株式会社) 2008. 10. 23, 文献全体、特に段落【0018】 (ファミリーなし)	1-20
A	釜江俊也、他, 炭素繊維複合材料“ハイサイクル一体成形技術”の研究開発 [online], 第23回先端技術大賞応募論文, フジサンケイ ビジネスアイ, p. 1-p. 9, [検索日 2014. 06. 06], インターネット<URL : http://http://www.fbi-award.jp/sentan/jusyou/2009/6.pdf (Wayback Machine(http://http://archive.org/web/)より、2012年7月の時点で公知であったことを確認した。) >	1-20