

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5654792号
(P5654792)

(45) 発行日 平成27年1月14日(2015.1.14)

(24) 登録日 平成26年11月28日(2014.11.28)

(51) Int.Cl.		F I	
B60C 19/00	(2006.01)	B60C	19/00 Z
G01M 17/02	(2006.01)	G01M	17/02 B
G06F 17/50	(2006.01)	G06F	17/50 612H
B60B 21/02	(2006.01)	G06F	17/50 680Z
		B60B	21/02 H

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2010-159187 (P2010-159187)
 (22) 出願日 平成22年7月13日(2010.7.13)
 (65) 公開番号 特開2012-20629 (P2012-20629A)
 (43) 公開日 平成24年2月2日(2012.2.2)
 審査請求日 平成25年6月4日(2013.6.4)

(73) 特許権者 000005278
 株式会社ブリヂストン
 東京都中央区京橋三丁目1番1号
 (74) 代理人 100083806
 弁理士 三好 秀和
 (74) 代理人 100100712
 弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
 (74) 代理人 100095500
 弁理士 伊藤 正和
 (74) 代理人 100101247
 弁理士 高橋 俊一
 (74) 代理人 100098327
 弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合体モデル作成方法、及び複合体モデル作成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

空気入りタイヤを複数要素でモデル化したタイヤモデルとホイールを複数要素でモデル化したホイールモデルとの複合体である複合体モデルを作成する複合体モデル作成方法であって、

前記タイヤモデルと前記ホイールモデルとの接触部分に両者が接触する接触境界条件を設定して前記タイヤモデルに前記ホイールモデルが組み付けられた複合体モデルを作成する組付ステップと、

前記複合体モデルに対して所定の空気圧を設定する内圧設定ステップと、

内圧が設定された複合体モデルの前記タイヤモデルと前記ホイールモデルとの接触部分における少なくとも1つの節点の接触圧を閾値と比較する比較ステップと、

前記節点の接触圧が閾値を超えていた場合に、前記接触圧の閾値を超えた節点の接触境界条件を解除するとともに変位境界条件を設定して前記複合体モデルを更新するモデル更新ステップと

を有する複合体モデル作成方法。

【請求項2】

前記更新ステップでは、前記接触圧の閾値を超えた節点に、前記タイヤモデルの変形後の形状に固定する変位境界条件が設定される請求項1に記載の複合体モデル作成方法。

【請求項3】

前記請求項1又は2の何れか一項に記載の複合体モデル作成方法を実行する複合体モデ

ル作成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

空気入りタイヤを複数要素でモデル化したタイヤモデルとホイールを複数要素でモデル化したホイールモデルとの複合体モデルを作成する複合体モデル作成方法、及び複合体モデル作成方法を実行する複合体モデル作成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、空気入りタイヤの開発において、有限要素法などの数値解析手法や計算機環境の発達により、実際に空気入りタイヤを製造し、自動車に装着して走行試験を行わなくても、新たに設計した空気入りタイヤの走行性能や特性などのタイヤ性能をシミュレートすることが可能になった。

【0003】

有限要素法では、要素の数を増やすことにより、シミュレート結果の精度を向上させることができるが、解析に掛かる時間が増大する。また、有限要素法では、例えば、タイヤモデルと路面モデルとの間、タイヤモデルに設定された溝の壁面、タイヤモデルとホイールモデルとの間のように、モデルが接触する接触部分には接触の境界条件を定義するが、接触部分にかかる応力や変形量が周囲に比べて極端に大きくなる場合には、境界条件が複雑化し、解析に掛かる時間が増大する。このように、有限要素法では、演算精度と処理時間との両立が困難である。

【0004】

これに対して、ソリッド要素で構成される複合体モデルの一部にシェル要素を導入した複合体モデルを作成する方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。この方法により、演算精度と処理時間とを実用可能なレベルにすることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-1378号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、タイヤモデルとホイールモデルとの間のようにモデル同士が接触する接触部分における接触の境界条件の設定の仕方には、依然として改善の余地が残されている。例えば、実際のタイヤでは、タイヤをホイールに嵌めて空気を充填すると、内圧によりタイヤのビード部の間隔が幅方向外側に拡げられてホイールのリム部と係合する。

【0007】

しかし、複合体モデルでは、リム部の表面の形状や、ビード部が幅方向外側に押し戻されるときに応力の設定値によっては、タイヤモデルが異常変形し、演算不可能に陥るケースがあることがわかった。

【0008】

そこで、本発明は、タイヤモデルとホイールモデルの複合体モデルを確実に作成できる複合体モデル作成方法及び複合体モデル作成装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決するため、本発明は、以下の特徴を備える。本発明の第1の特徴は、空気入りタイヤを複数要素でモデル化したタイヤモデルとホイールを複数要素でモデル化したホイールモデルとの複合体である複合体モデルを作成する複合体モデル作成方法であって、前記タイヤモデルと前記ホイールモデルとの接触部分に両者が接触する接触境界

10

20

30

40

50

条件を設定して前記タイヤモデルに前記ホイールモデルが組み付けられた複合体モデルを作成する組付ステップと、前記複合体モデルに対して所定の空気圧を設定する内圧設定ステップと、内圧が設定された複合体モデルの前記タイヤモデルと前記ホイールモデルとの接触部分における少なくとも1つの節点の接触圧を閾値と比較する比較ステップと、前記節点の接触圧が閾値を超えていた場合に、前記接触圧の閾値を超えた節点に変位境界条件を設定して前記複合体モデルを更新するモデル更新ステップとを有することを要旨とする。

【0010】

本発明によれば、内圧が設定された複合体モデルのタイヤモデルとホイールモデルとの接触部分における少なくとも1つの節点の接触圧が閾値を超えた場合には、この節点に変位境界条件を設定して複合体モデルを更新することにより、タイヤモデルとホイールモデルとの接触部分に接触境界条件と変位境界条件とが混在した複合体モデルが作成される。

10

【0011】

本発明によれば、タイヤモデルをホイールモデルに組み付けた複合体モデルを作成するとき、タイヤモデルとホイールモデルとの接触部分に過剰な応力が加わることによって発生する演算エラーの発生を防止できる。従って、タイヤモデルとホイールモデルとを複合した複合体モデルを確実に作成できる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、タイヤモデルとホイールモデルの複合体モデルを確実に作成できる複合体モデル作成方法及び複合体モデル作成装置を提供できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は、本発明の実施形態に係る複合体モデル作成方法を説明するフローチャートである。

【図2】図2は、本発明の実施形態に係る複合体モデル作成方法において設定されるタイヤモデルを説明する模式図である。

【図3】図3は、本発明の実施形態に係る複合体モデル作成方法において設定されるホイールモデルを説明する模式図である。

【図4】図4は、本発明の実施形態に係る複合体モデル作成方法において設定される複合体モデルの断面図である。

30

【図5】図5は、本発明の実施形態に係る複合体モデル作成方法を実行する複合体モデル作成装置の構成図である。

【図6】図6は、実施形態に係る複合体モデル作成方法によって作成した複合体モデルの一部を拡大した拡大図である。

【図7】図7(a)は、比較例1に係るタイヤ単体モデル作成方法によって、作成したタイヤ単体モデルの一部を拡大した拡大図である。図7(b)は、比較例2に係る複合体モデル作成方法によって作成した複合体モデルの一部を拡大した拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明に係る複合体モデル作成方法の実施形態について、図面を参照しながら説明する。具体的には、(1)複合体モデル作成方法、(2)複合体モデル作成装置、(3)作用・効果、(4)その他の実施形態、(5)比較評価について説明する。なお、以下の図面の記載において、同一の部分には同一の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、各寸法の比率などは現実のものとは異なることを留意すべきである。従って、具体的な寸法などは以下の説明を参酌して判断すべきものである。また、図面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。

40

【0015】

(1)複合体モデル作成方法

図1は、発明の実施形態として示す複合体モデル作成方法を説明するフローチャートで

50

ある。実施形態に係る複合体モデル作成方法を説明する。ステップS1は、設計ステップである。設計ステップでは、複合体モデル作成方法の評価対象とする新たな空気入りタイヤが設計される。具体的には、空気入りタイヤのタイヤサイズ、形状、構造、材料、トレッドパターンなどが定められる。空気入りタイヤのタイヤサイズ、形状、構造、材料、トレッドパターンなどの設計データが入力される。

【0016】

ステップS2は、ステップS1で設計された空気入りタイヤの形状、構造、材料を有限個の要素に分割したタイヤモデル10を設定する。本実施形態では、有限要素法(FEM)を適用することによってタイヤモデル10を作成する。タイヤモデル10は、実際の空気入りタイヤを数値的・解析的手法に基づいて作成されたコンピュータプログラムヘイン

10

【0017】

上記ステップS2で作成するタイヤモデル10は、複数の要素に分割されている。要素分割とは、空気入りタイヤ、路面、流体等を有限個の小部分(要素という)に分割することである。すなわち、タイヤモデル10は、複数個の要素から構成されている。有限要素法は、例えば、変形、熱、粘弾性などの物理量の計算を、タイヤモデル10を構成する全要素について個別に計算した後、全要素に対する計算結果を積算することによって、タイヤモデル全体の物理量を算出する方法である。

【0018】

図2は、複合体モデル作成方法において設定されるタイヤモデル10を説明する模式図である。図2に示すタイヤモデル10には、空気入りタイヤのトレッド部11に形成された溝と陸部との基本構造を有限個の要素に分割したトレッドパターンモデルを設定することができる。また、タイヤモデル10には、ビードワイヤ12、ビード部13、サイド部14、内部のゴム部材15、ベルト16、カーカスプライ17を設定することができる(図2には不図示、図4参照)。

20

【0019】

トレッド部11、サイド部14及び内部のゴム部材15は、シェル要素、膜要素、リバー要素などでモデル化することができる。また、ビードワイヤ12は、ソリッド要素を用いてモデル化できる。ゴム部材15は、Mooney-Rivlin材料、Ogden材料などの超弾性体を用いてモデル化できる。ゴム部材15は、粘性を考慮した粘弾性体でモデル化することも

30

【0020】

ステップS2では、タイヤモデル10と同様にして、ホイールモデル20が作成される。図3は、本実施形態に係る複合体モデル作成方法において設定されるホイールモデル20を説明する模式図である。ホイールモデル20には、リム部21とディスク部22が設定されている。また、ボルト、ナット等を用いてホイールを車両に取り付けるためのボルト孔23が設定されている。

【0021】

ステップS3では、タイヤモデル10とホイールモデル20との接触部分に接触境界条件を設定して、タイヤモデル10にホイールモデル20が組み付けられた複合体モデル30を作成する。図4は、本実施形態に係る複合体モデル作成方法において設定される複合体モデル30の断面図である。ステップS3は、組付ステップを構成する。

40

【0022】

ステップS4は、内圧設定ステップである。内圧設定ステップでは、ステップS3で作成された複合体モデル30に、所定の空気圧が設定される。所定の空気圧が設定されると、タイヤモデル10のビード部13の間隔Sがタイヤの幅方向外側に拡げられて、リムフランジ21aに接触する拳動がシミュレートされる。

【0023】

ステップS5において、内圧が設定された複合体モデル30を構成するタイヤモデル10とホイールモデル20との接触部分における少なくとも1つの節点の接触圧を算出する

50

。

【0024】

ステップS6において、算出された節点の接触圧と接触圧の閾値とを比較する。節点の接触圧が閾値を超えると、ステップS6、yes)、ステップS7において、少なくとも閾値を超えた節点に対し、初期位置(ステップS3)からリムフランジ21aとの接触後(ステップS4)までの変位を規定する変位境界条件を設定し、複合体モデルを作成し直す。具体的には、閾値以下である節点に対しては接触境界条件を維持し、閾値を超える節点に対しては接触境界条件を解除し、抽出した変位を変位境界条件として設定する。すなわち、接触境界条件と変位境界条件とが設定された混合境界条件を設定する。ステップS6は、比較ステップであり、ステップS7は、タイヤモデル10の一部を変位境界条件として複合体モデルを更新する更新ステップである。

10

【0025】

ステップS7において更新した複合体モデルを用いて、ステップS8において、内圧設定以降の解析を行う。具体的には、内圧が設定された後の複合体モデル30に荷重を負荷したときのリムフランジ21aから受ける応力によるビード部13の変形挙動について解析する。さらに、ステップS9において、転動時の解析を行う。具体的には、複合体モデル30が転動するとき転動中にビード部がホイールモデルのリムフランジから受ける応力で生じる変形挙動について解析する。一方、ステップS6において、接触圧が閾値を超える節点がない場合には(ステップS6、no)、この複合体モデルを用いて、ステップ8における内圧以降の解析、さらにはステップ9における転動時の解析処理を行う。

20

【0026】

(2) 複合体モデル作成装置

図5には、実施形態の複合体モデル作成方法を実行する複合体モデル作成装置として、コンピュータ300の概略が示されている。図5に示すように、コンピュータ300は、半導体メモリ、ハードディスクなどの記憶部(不図示)、処理部(不図示)などを備えた本体部310と、入力部320と、表示部330とを備える。処理部は、図1を用いて説明した複合体モデル作成方法を実行する。

【0027】

コンピュータ300は、図示しないが着脱可能な記憶媒体と、この記憶媒体に対して書き込み・読み出しを可能にするドライバが備えられていてもよい。図1を用いて説明した複合体モデル作成方法を実行するプログラムを予め記憶媒体に記録しておき、記憶媒体から読み出されたプログラムを実行してもよい。コンピュータ300の記憶部にプログラムを格納(インストール)して実行してもよい。コンピュータ300は、図示しないが、例えば、ネットワークに接続可能であってもよい。ネットワークを介して、複合体モデル作成方法を実行するプログラムを取得してもよい。

30

【0028】

(3) 作用・効果

実施形態に係る複合体モデル作成方法によれば、内圧が設定された複合体モデル30のタイヤモデル10とホイールモデル20との接触部分Tにおける少なくとも1つの節点の接触圧が閾値を超えた場合には、この節点に変位境界条件を設定して複合体モデル30を更新する。これにより、タイヤモデル10とホイールモデル20との接触部分Tに接触境界条件と変位境界条件とが混在した複合体モデル30が作成される。

40

【0029】

これにより、タイヤモデル10をホイールモデル20に貫入する設定を行うとき、過剰な応力が加わることによって発生する、タイヤモデル10を構成する要素の異常変形のようなエラーの発生を防止できる。従って、タイヤモデル10とホイールモデル20とを複合した複合体モデル30を確実に作成できる。

【0030】

これにより、タイヤモデル10を構成する要素構成節点の位置関係が入れ替わるようなエラーの発生を防止できるため、解析処理の難易度を低減することができる。その結果、

50

荷重や転動等に起因するタイヤの変形について、実測に近い解析を行うことができるとともに、解析のための時間を低減することによって解析処理の効率化が可能となる。結果として、解析コストを低減することができる。

【 0 0 3 1 】

(4) その他の実施形態

上述したように、本発明の実施形態を通じて本発明の内容を開示したが、この開示の一部をなす論述及び図面は、本発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例が明らかとなる。例えば、本発明の実施形態は、次のように変更することができる。

【 0 0 3 2 】

本実施形態に係る複合体モデル作成方法は、大域解析 (G l o b a l ・ A n a l y s i s : 以下、G解析という) と局所解析 (L o c a l ・ A n a l y s i s : 以下、L解析という) とを組み合わせたG L解析 (G l o b a l - L o c a l ・ A n a l y s i s) の演算の一部に適用することも可能である。

【 0 0 3 3 】

このように、本発明は、ここでは記載していない様々な実施の形態などを含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は、上述の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

【 0 0 3 4 】

(5) 比較評価

次に、本発明の効果を更に明確にするために、図面を参照して、以下の実施例及び比較例 1 , 2 に係るモデルを用いて行った比較評価について説明する。具体的には、(5 . 1) 評価方法、(5 . 2) 評価結果について説明する。なお、本発明はこれらの例によって何ら限定されるものではない。

【 0 0 3 5 】

(5 . 1) 評価方法

比較評価に用いたサンプルのタイヤモデルは、溝、陸部、陸部に細溝が形成された空気入りタイヤとした。実施例、及び比較例 2 に用いたモデルは、標準ホイールのホイールモデルに装着された状態の複合体モデルをそれぞれ用いて作成した。なお、負荷をかけていない状態であるステップ 3 におけるそれぞれのタイヤモデルの断面形状は、実施例及び比較例 1 , 2 全て同一である。

【 0 0 3 6 】

また、実施例、比較例 1 , 2 のモデルについての条件設定は下記のとおりである。

【 0 0 3 7 】

- ・タイヤサイズ T B R 1 1 R 2 2 . 5
- ・内圧 7 0 0 k P a
- ・荷重 2 4 . 5 k N

【 0 0 3 8 】

図 6 は、実施例に係る複合体モデル作成方法によって作成した複合体モデル 3 0 の一部を拡大した拡大図である。図 7 (a) は、比較例 1 に係るタイヤ単体モデル作成方法によって、作成したタイヤ単体モデル 3 1 の一部を拡大した拡大図である。図 7 (b) は、比較例 2 に係る複合体モデル作成方法によって作成した複合体モデル 3 2 の一部を拡大した拡大図である。なお、図 6 及び図 7 (a) , (b) は全て内圧、荷重を加えた時のビード部の変形を示しており、各図において、実線は実測したタイヤの変形形状を示し、点線は各モデル作成方法によって作成したタイヤモデルを示している。

【 0 0 3 9 】

実施例に係る複合体モデル 3 0 は、混合境界条件を設定した本実施形態に係る複合体モデル作成方法によって作成された複合体モデルであり、図 6 に示すように、接触圧の値が閾値以上を超えた節点を有する領域 R 1 には変位境界条件を設定し、接触圧の値が閾値以下であった節点を有する領域 R 2 には接触境界条件を設定している。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

比較例 1 に係るタイヤ単体モデル 3 1 は、従来のタイヤ単体モデル作成方法によって作成されたタイヤ単体モデルであり、図 7 (a) に示すように、領域 R a に固定境界条件が設定されている。

【 0 0 4 1 】

比較例 2 に係る複合体モデル 3 2 は、接触境界条件を設定した複合体モデル作成方法によって作成された複合体モデルであり、図 7 (b) に示すように、領域 R b に接触境界条件が設定されている。

【 0 0 4 2 】

図 6 及び図 7 (a) , (b) に示すように、実施例に係る複合体モデル 3 0、及び比較例 2 に係る複合体モデル 3 2 では、それぞれの複合体モデルに内圧や荷重を加えても、タイヤがリムフランジを超える位置に変形するようなことはなく、適正に変形していることがわかる。一方、比較例 1 に係る従来のタイヤ単体モデル 3 1 では、内圧や荷重が加わった時に固定境界条件端部での変形が大きくなっていることがわかる。その結果、本来リムフランジと接触して変形が抑制されるべき部位が、リムフランジを超える位置まで変形している。

10

【 0 0 4 3 】

ここで、実施例及び比較例 1 , 2 のモデルを転動させ、転動中にビード部 1 3 がホイールモデル 2 0 のリムフランジ 2 1 a から受ける応力で生じて変形した変形挙動を解析し、解析にかかった時間と、不平衡力とを調べた。

20

【 0 0 4 4 】

(5 . 2 評価結果)

各モデルの解析にかかった時間について、表 1 を参照しながら説明する。なお、表 1 における解析時間は比較例 1 を 1 0 0 として指数化している。

【 0 0 4 5 】

【表 1】

	解析時間(指数)
比較例1	100
比較例2	100
実施例	150

30

【 0 0 4 6 】

表 1 に示すように、比較例 2 の複合体モデル 3 2 は解析時間が 1 2 0 0 であり、比較例 1 のタイヤ単体モデル 3 1 及び実施例の複合体モデル 3 0 と比較した場合、解析時間がとても多く必要であることがわかった。

40

【 0 0 4 7 】

一方、実施例の複合体モデル 3 0 は、解析時間が 1 5 0 であった。このことから、実施例の複合体モデル 3 0 は、比較例 2 の複合体モデル 3 2 とは、解析できる変形に大きな差がなく、且つ同等の解析を実施することができる上に、大幅に解析時間を短縮することが可能となることがわかった。

【 0 0 4 8 】

次に、解析の収束性判定の一つである不平衡力について表 2 を参照しながら説明する。なお、不平衡力は小さいほど良い。

【 0 0 4 9 】

【表 2】

	不平衡力(%)
比較例1	0.00020
比較例2	6.30
実施例	0.00070

10

【0050】

表 2 に示すように、実施例の複合体モデル 30 を使用した場合の不平衡力は 0 . 0 0 0 7 % であり、比較例 1 のタイヤ単体モデル 31 を使用したの不平衡力は 0 . 0 0 0 2 % であり、比較例 2 の複合体モデル 32 を使用した場合の不平衡力 (6 . 3 %) に比べて大幅に小さいことがわかった。すなわち、解析処理の収束性においては、実施例の複合体モデル 30 は、比較例 1 のタイヤ単体モデル 31 と同等であり、比較例 2 の複合体モデル 32 と比べて非常によいことがわかった。この結果は、本来であればより多くの繰り返し計算を行うことで収束性を改善する必要があることを示唆しているが、表 1 に示したように、比較例 2 の複合体モデル 32 を使用した解析処理の場合は、解析に多くの時間を必要とするため、さらに解析のための時間を増やすことは実用的ではない。

20

【0051】

以上の結果から、実施例の複合体モデル 30 の作成方法によれば、比較例 1 のタイヤ単体モデル 31 の作成方法と同等の解析時間と解析収束性でありながら、本来課すべき境界条件とほぼ同様の解析結果を得ることが可能となる。その結果として、タイヤの変形の解析を短時間で精度良く行うことが可能となる。

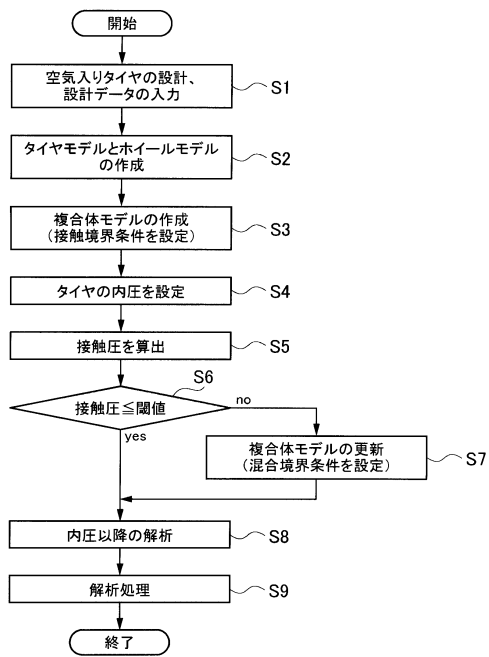
【符号の説明】

【0052】

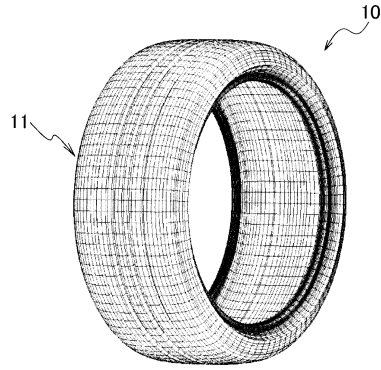
1 0 ... タイヤモデル、 2 0 ... ホイールモデル、 2 1 ... リム部、 リムフランジ... 2 1 a、 3 0 , 3 2 ... 複合体モデル、 3 1 ... タイヤ単体モデル、 3 0 0 ... コンピュータ、 3 1 0 ... 本体部、 3 2 0 ... 入力部、 3 3 0 ... 表示部、 R 1 , R 2 , R a , R b ... 条件設定領域

30

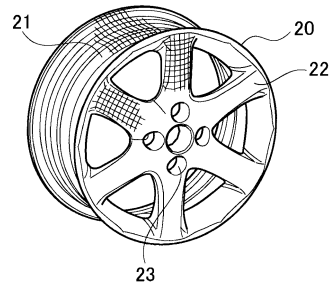
【図1】



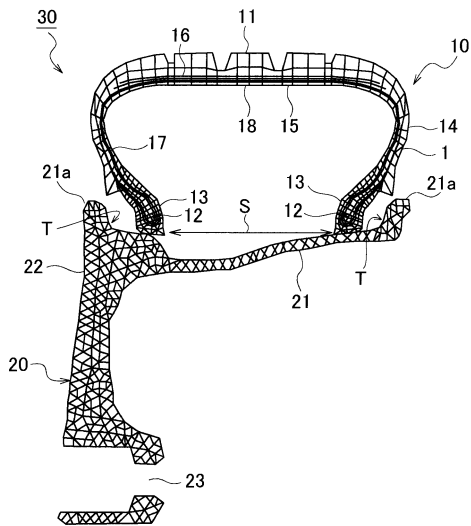
【図2】



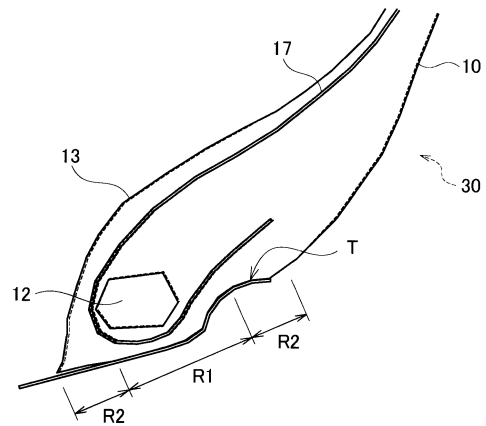
【図3】



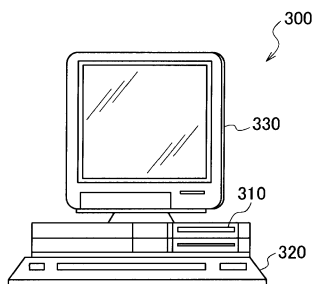
【図4】



【図6】

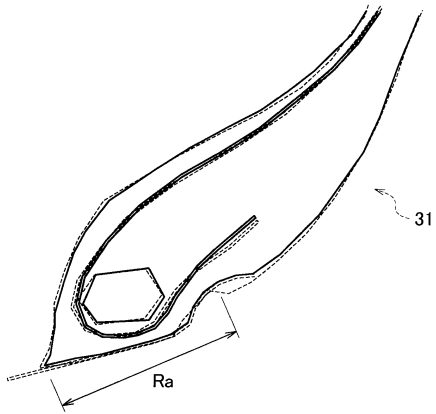


【図5】

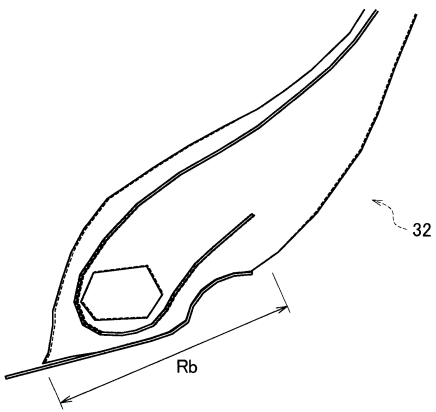


【 図 7 】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 老田 昇司

東京都小平市小川東町3 - 1 - 1 株式会社ブリヂストン 技術センター内

審査官 杉 崎 覚

(56)参考文献 特開2005 - 212523 (JP, A)

特開2009 - 154861 (JP, A)

特開2006 - 306372 (JP, A)

特開2007 - 102595 (JP, A)

Abaqus Analysis User's マニュアル, 米国, Dassault Systems, 2007年, Version 6.7, Volume V, p.30.1.2 - 1 - 30.1.2 - 8

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60C 1/00 - 19/00

B29D 30/00 - 30/72

G01M 17/00 - 17/06

B60B 21/00 - 31/06

B60B 35/00 - 37/12

G06F 17/50