

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5572946号
(P5572946)

(45) 発行日 平成26年8月20日(2014. 8. 20)

(24) 登録日 平成26年7月11日(2014. 7. 11)

(51) Int.Cl.

GO 1 M 17/02 (2006.01)

F I

GO 1 M 17/02

B

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2008-334158 (P2008-334158)
 (22) 出願日 平成20年12月26日(2008.12.26)
 (65) 公開番号 特開2010-156584 (P2010-156584A)
 (43) 公開日 平成22年7月15日(2010.7.15)
 審査請求日 平成23年12月8日(2011.12.8)

(73) 特許権者 000006714
 横浜ゴム株式会社
 東京都港区新橋5丁目36番11号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (72) 発明者 白石 卓巳
 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株
 式会社 平塚製造所内
 審査官 東松 修太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タイヤの性能予測方法及びタイヤの性能予測用コンピュータプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

タイヤと、当該タイヤと組み合わせられる構造体とを、複数の節点で構成される複数の微小要素に分割して、コンピュータで解析可能な第1タイヤモデル及び第1構造体モデルを作成する第1モデル作成手順と、

前記第1タイヤモデルと前記第1構造体モデルとを組み合わせるモデル組み合わせ手順と、

前記第1タイヤモデルへ内圧を負荷する内圧負荷手順と、

前記第1構造体モデルに接触している前記第1タイヤモデルの節点を、相対変位が生じないように拘束する拘束手順と、

前記第1構造体モデルと前記第1タイヤモデルとの接触を解除し、接触を解除した後の前記第1タイヤモデルを第2タイヤモデルとする第2モデル作成手順と、

前記第2タイヤモデルに基づいて、前記タイヤの性能を予測する性能予測手順と、
 を含むことを特徴とするタイヤの性能予測方法。

【請求項2】

タイヤと、当該タイヤと組み合わせられる構造体とを、複数の節点で構成される複数の微小要素に分割して、コンピュータで解析可能な第1タイヤモデル及び第1構造体モデルを作成する第1モデル作成手順と、

前記第1タイヤモデルと前記第1構造体モデルとを組み合わせるモデル組み合わせ手順と、

10

20

前記第 1 タイヤモデルへ内圧を負荷する内圧負荷手順と、

前記第 1 構造体モデルに接触している前記第 1 タイヤモデルの節点の変位を抽出する変位抽出手順と、

前記第 1 構造体モデルに組み合わせる前における前記第 1 タイヤモデルの、前記変位を抽出した節点に、前記変位を強制変位として付与する変位付与手順と、

前記強制変位を付与した後の節点を、相対変位が生じないように拘束する拘束手順と、

拘束後の前記第 1 タイヤモデルに内圧を負荷して、第 2 タイヤモデルとする第 2 モデル作成手順と、

前記第 2 タイヤモデルに基づいて、前記タイヤの性能を予測する性能予測手順と、

を含むことを特徴とするタイヤの性能予測方法。

10

【請求項 3】

タイヤと、ホイールが備える 2 個のリムとを、複数の節点で構成される複数の微小要素に分割して、コンピュータで解析可能な第 1 タイヤモデル及び第 1 リムモデルを作成する第 1 モデル作成手順と、

前記第 1 タイヤモデルのビード部を前記第 1 リムモデルへ組み合わせるモデル組み合わせ手順と、

前記第 1 タイヤモデルへ内圧を負荷する内圧負荷手順と、

前記第 1 リムモデルに接触している前記第 1 タイヤモデルの節点を、相対変位が生じないように拘束する拘束手順と、

前記第 1 リムモデルと前記第 1 タイヤモデルとの接触を解除し、接触を解除した後の前記第 1 タイヤモデルを第 2 タイヤモデルとする第 2 モデル作成手順と、

20

前記第 2 タイヤモデルに基づいて、前記タイヤの性能を予測する性能予測手順と、

を含むことを特徴とするタイヤの性能予測方法。

【請求項 4】

タイヤと、ホイールが備える 2 個のリムとを、複数の節点で構成される複数の微小要素に分割して、コンピュータで解析可能な第 1 タイヤモデル及び第 1 リムモデルを作成する第 1 モデル作成手順と、

前記第 1 タイヤモデルのビード部を前記第 1 リムモデルへ組み合わせるモデル組み合わせ手順と、

前記第 1 タイヤモデルへ内圧を負荷する内圧負荷手順と、

30

前記第 1 リムモデルに接触している前記第 1 タイヤモデルの節点の変位を抽出する変位抽出手順と、

前記第 1 リムモデルに組み合わせる前における前記第 1 タイヤモデルの、前記変位を抽出した節点に、前記変位を強制変位として付与する変位付与手順と、

前記強制変位を付与した後の節点を、相対変位が生じないように拘束する拘束手順と、

拘束後の前記第 1 タイヤモデルに内圧を負荷して、第 2 タイヤモデルとする第 2 モデル作成手順と、

前記第 2 タイヤモデルに基づいて、前記タイヤの性能を予測する性能予測手順と、

を含むことを特徴とするタイヤの性能予測方法。

【請求項 5】

40

前記第 2 モデル作成手順においては、前記拘束手順で拘束した節点以外の節点に対して、前記第 1 リムモデルとの接触を考慮する請求項 3 又は 4 に記載のタイヤの性能予測方法。

【請求項 6】

前記拘束手順において、

前記第 1 タイヤモデルの回転軸上の節点であって、前記第 1 タイヤモデルの赤道面上に存在する節点である回転軸中心節点も、相対変位が生じないように拘束する請求項 1 又は 2 に記載のタイヤの性能予測方法。

【請求項 7】

前記拘束手順において、

50

前記第 1 タイヤモデルの回転軸上の節点であって、前記第 1 タイヤモデルの赤道面上に存在する節点である回転軸中心節点も、相対変位が生じないように拘束する請求項 3 から 5 のいずれか 1 項に記載のタイヤの性能予測方法。

【請求項 8】

前記回転軸中心節点には、前記リムの質量と前記リムの慣性モーメントとの少なくとも一方が設定される請求項 7 に記載のタイヤの性能予測方法。

【請求項 9】

前記第 2 タイヤモデルは 2 次元のモデルであり、前記タイヤの性能を予測する際に用いるタイヤモデルは、前記第 2 タイヤモデルから作成される 3 次元のモデルである請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載のタイヤの性能予測方法。

10

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載のタイヤの性能予測方法をコンピュータに実行させることを特徴とするタイヤの性能予測用コンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンピュータを用いたシミュレーションによってタイヤの性能を予測することに関する。

【背景技術】

【0002】

20

従来、タイヤは、試作品を走行試験や耐久試験等に供して得られた結果を元に、さらに改良を加えて試作品を試作するという繰返しによって開発されていた。このような開発手法は、試作と試験との繰返しになるので、開発効率が悪いという問題点があった。この問題点を解決するために、近年では数値解析を用いたコンピュータシミュレーションによって、試作品を製造しなくともタイヤの物理的性質を予測することができる手法が提案されている。

【0003】

近年においては、ホイールに装着した状態のタイヤの諸性能を予測することが行われつつある。例えば、特許文献 1 には、タイヤの有限要素モデルのリム接触域を拘束するとともに、タイヤの有限要素モデルのビード部のタイヤ軸方向距離をリム幅に強制変位させる仮想リム組み処理を施す方法が開示されている。また、特許文献 2 には、ホイールモデルのリムの幅をタイヤモデルのビード幅よりも広げてから、リムの幅を狭めてタイヤモデルのビード部に嵌合させる方法が開示されている。

30

【0004】

【特許文献 1】特許第 3 3 6 3 4 4 2 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 0 8 2 0 7 6 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に開示された方法は、ビード部にタイヤ軸方向に向かう強制変位を与えるが、実際にリム組みをした場合は、前記強制変位では再現できない変形がビード部に発生する。このため、特許文献 1 に開示された方法は、計算は速いがタイヤの性能の予測精度が低い。一方、特許文献 2 に開示された方法は、ビード部をリムに組み合わせるため、タイヤの性能の予測精度は高い。しかし、特許文献 2 に開示された方法は、転動解析等の実行中にビード部とリムとの接触を計算しなければならないので計算量が増加して、その結果、計算に多くの時間を要する。本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、コンピュータを用いて、構造体に組み合わされたタイヤの性能を予測するにあたって、計算に要する時間を短縮しつつ、タイヤ性能の予測精度の低下を抑制することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

50

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るタイヤの性能予測方法は、タイヤと、当該タイヤと組み合わせられる構造体とを、複数の節点で構成される複数の微小要素に分割して、コンピュータで解析可能な第1タイヤモデル及び第1構造体モデルを作成する第1モデル作成手順と、前記第1タイヤモデルと前記第1構造体モデルとを組み合わせるモデル組み合わせ手順と、前記第1タイヤモデルへ内圧を負荷する内圧負荷手順と、前記第1構造体モデルに接触している前記第1タイヤモデルの節点を、相対変位が生じないように拘束する拘束手順と、前記第1構造体モデルと前記第1タイヤモデルとの接触を解除し、接触を解除した後の前記第1タイヤモデルを第2タイヤモデルとする第2モデル作成手順と、前記第2タイヤモデルに基づいて、前記タイヤの性能を予測する性能予測手順と、を含むことを特徴とする。

10

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るタイヤの性能予測方法は、タイヤと、当該タイヤと組み合わせられる構造体とを、複数の節点で構成される複数の微小要素に分割して、コンピュータで解析可能な第1タイヤモデル及び第1構造体モデルを作成する第1モデル作成手順と、前記第1タイヤモデルと前記第1構造体モデルとを組み合わせるモデル組み合わせ手順と、前記第1タイヤモデルへ内圧を負荷する内圧負荷手順と、前記第1構造体モデルに接触している前記第1タイヤモデルの節点の変位を抽出する変位抽出手順と、前記第1構造体モデルに組み合わせる前における前記第1タイヤモデルの、前記変位を抽出した節点に、前記変位を強制変位として付与する変位付与手順と、前記強制変位を付与した後の節点を、相対変位が生じないように拘束する拘束手順と、拘束後の前記第1タイヤモデルに内圧を負荷して、第2タイヤモデルとする第2モデル作成手順と、前記第2タイヤモデルに基づいて、前記タイヤの性能を予測する性能予測手順と、を含むことを特徴とする。

20

【0008】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るタイヤの性能予測方法は、タイヤと、ホイールが備える2個のリムとを、複数の節点で構成される複数の微小要素に分割して、コンピュータで解析可能な第1タイヤモデル及び第1リムモデルを作成する第1モデル作成手順と、前記第1タイヤモデルのビード部を前記第1リムモデルへ組み合わせるモデル組み合わせ手順と、前記第1タイヤモデルへ内圧を負荷する内圧負荷手順と、前記第1リムモデルに接触している前記第1タイヤモデルの節点を、相対変位が生じないように拘束する拘束手順と、前記第1リムモデルと前記第1タイヤモデルとの接触を解除し、接触を解除した後の前記第1タイヤモデルを第2タイヤモデルとする第2モデル作成手順と、前記第2タイヤモデルに基づいて、前記タイヤの性能を予測する性能予測手順と、を含むことを特徴とする。

30

【0009】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るタイヤの性能予測方法は、タイヤと、ホイールが備える2個のリムとを、複数の節点で構成される複数の微小要素に分割して、コンピュータで解析可能な第1タイヤモデル及び第1リムモデルを作成する第1モデル作成手順と、前記第1タイヤモデルのビード部を前記第1リムモデルへ組み合わせるモデル組み合わせ手順と、前記第1タイヤモデルへ内圧を負荷する内圧負荷手順と、前記第1リムモデルに接触している前記第1タイヤモデルの節点の変位を抽出する変位抽出手順と、前記第1リムモデルに組み合わせる前における前記第1タイヤモデルの、前記変位を抽出した節点に、前記変位を強制変位として付与する変位付与手順と、前記強制変位を付与した後の節点を、相対変位が生じないように拘束する拘束手順と、拘束後の前記第1タイヤモデルに内圧を負荷して、第2タイヤモデルとする第2モデル作成手順と、前記第2タイヤモデルに基づいて、前記タイヤの性能を予測する性能予測手順と、を含むことを特徴とする。

40

【0010】

本発明の好ましい態様としては、前記タイヤの性能予測方法において、前記第2モデル作成手順においては、前記拘束手順で拘束した節点以外の節点に対して、前記第1リムモ

50

デルとの接触を考慮することが望ましい。

【 0 0 1 1 】

本発明の好ましい態様としては、前記タイヤの性能予測方法において、前記拘束手順において、前記第 1 タイヤモデルの回転軸上の節点であって、前記第 1 タイヤモデルの赤道面上に存在する節点である回転軸中心節点も、相対変位が生じないように拘束することが望ましい。

【 0 0 1 2 】

本発明の好ましい態様としては、前記タイヤの性能予測方法において、前記回転軸中心節点には、前記リムの質量と前記リムの慣性モーメントとの少なくとも一方が設定されることが望ましい。

10

【 0 0 1 3 】

本発明の好ましい態様としては、前記タイヤの性能予測方法において、前記第 2 タイヤモデルは 2 次元のモデルであり、前記タイヤの性能を予測する際に用いるタイヤモデルは、前記第 2 タイヤモデルから作成される 3 次元のモデルであることが望ましい。

【 0 0 1 4 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るタイヤの性能予測用コンピュータプログラムは、前記タイヤの性能予測方法をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明は、コンピュータを用いて、構造体に組み合わされたタイヤの性能を予測するにあたって、計算に要する時間を短縮しつつ、タイヤ性能の予測精度の低下を抑制できる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、以下の説明により本発明が限定されるものではない。また、以下の説明における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。

【 0 0 1 7 】

(実施形態 1)

実施形態 1 は、コンピュータを用いて、構造体（例えば、ホイールのリム）と組み合わせた状態におけるタイヤの性能を予測するものであり、次の点に特徴がある。すなわち、評価対象のタイヤをコンピュータで解析可能な解析モデルとした第 1 タイヤモデル、及びこのタイヤモデルと組み合わされる、コンピュータで解析可能な解析モデルである第 1 構造体モデル（例えば、リムモデル）を作成して両者を組み合わせる。そして、第 1 タイヤモデルに内圧を負荷した後、第 1 構造体モデルに接触している第 1 タイヤモデルの節点を、相対変位が生じないように拘束し、次に、第 1 構造体モデルと第 1 タイヤモデルとの接触を解除し、接触を解除した後の第 1 タイヤモデルを第 2 タイヤモデルとして、この第 2 タイヤモデルに基づいてタイヤの性能を予測する。

30

【 0 0 1 8 】

図 1 は、タイヤの回転軸を通る子午断面を示す断面図である。タイヤ 1 0 0 の子午断面には、カーカス 1 0 2、ベルト 1 0 3、ベルトカバー 1 0 4、ビードコア 1 0 5 が含まれている。タイヤ 1 0 0 は、母材であるゴムを、強化材であるカーカス 1 0 2、ベルト 1 0 3、あるいはベルトカバー 1 0 4 等の補強コードによって補強した複合材料の構造体である。ここで、カーカス 1 0 2、ベルト 1 0 3、ベルトカバー 1 0 4 等といった、金属繊維や有機繊維等のコード材料で構成される層を、コード層という。

40

【 0 0 1 9 】

カーカス 1 0 2 は、タイヤ 1 0 0 に空気を充填した際に圧力容器としての役目を果たす強度メンバーであり、その内圧によって荷重を支え、走行中の動的荷重に耐えるようになっている。ベルト 1 0 3 は、キャップトレッドとカーカス 1 0 2 との間に配置されたゴム引きコードを束ねた補強コードの層である。なお、バイアスタイヤの場合にはブレーカと

50

呼ぶ。ラジアルタイヤにおいて、ベルト１０３は形状保持及び強度メンバーとして重要な役割を担っている。

【００２０】

ベルト１０３の接地面側には、ベルトカバー１０４が配置されている。ベルトカバー１０４は、例えば有機繊維材料を層状に配置したものであり、ベルト１０３の保護層としての役割や、ベルト１０３の補強層としての役割を持つ。ビードコア１０５は、内圧によってカーカス１０２に発生するコード張力を支えているスチールワイヤの束である。ビードコア１０５は、カーカス１０２、ベルト１０３、ベルトカバー１０４及びトレッドとともに、タイヤ１００の強度部材となる。

【００２１】

キャップトレッド１０６の接地面１０９側には、溝１０７が形成される。これによって、雨天走行時の排水性を向上させる。また、タイヤ１００の側部はサイドウォール１０８と呼ばれており、ビードコア１０５とキャップトレッド１０６との間を接続する。また、キャップトレッド１０６とサイドウォール１０８との間はショルダー部Ｓｈである。次に、本実施形態に係るタイヤの性能予測方法を実行する装置について説明する。

【００２２】

図２は、実施形態１に係るタイヤ性能予測装置の構成を示す説明図である。図２に示すタイヤ性能予測装置５０が本実施形態に係るタイヤの性能予測方法を実行する。タイヤ性能予測装置５０は、処理部５０ｐと記憶部５０ｍとを備えて構成される。処理部５０ｐと記憶部５０ｍとは、入出力部（Ｉ／Ｏ）５９を介して接続してある。処理部５０ｐは、モデル作成部５１と、解析部５２とを含んで構成される。これらが本実施形態に係るタイヤの性能予測方法を実行する。モデル作成部５１と、解析部５２とは入出力部５９に接続されており、相互にデータをやり取りできるように構成されている。

【００２３】

また、入出力部５９には、端末装置６０が接続されている。入出力部５９は、本実施形態に係るタイヤの性能予測方法を実行するために必要なデータ、例えば、タイヤ１００を構成するゴムの物性値や繊維材料の物性値、あるいは転動解析や変形解析等における境界条件や走行条件等を、端末装置６０に接続された入力装置６１によってタイヤ性能予測装置５０へ与える。また、端末装置６０は、タイヤ性能予測装置５０からタイヤ性能の予測データを受け取る。この予測データは、端末装置６０に接続された表示装置６２に表示される。さらに、入出力部５９には、ネットワーク６３を介して、各種データサーバー６４_１、６４_２等が接続されている。そして、本実施形態に係るタイヤの性能予測方法を実行するにあたっては、処理部５０ｐが各種データサーバー６４_１、６４_２等内に格納されている各種データベースを利用できるように構成されている。

【００２４】

記憶部５０ｍには、後述する本実施形態に係るタイヤの性能予測方法の処理手順を含むコンピュータプログラムや、各種データサーバー６４_１、６４_２等から取得した、材料物性等のデータが格納されている。なお、材料物性等のデータは、タイヤの性能予測をする際に用いられる。ここで、記憶部５０ｍは、ＲＡＭ（Random Access Memory）のような揮発性のメモリ、フラッシュメモリ等の不揮発性のメモリ、あるいはこれらの組み合わせにより構成できる。また、処理部５０ｐは、メモリ及びＣＰＵ（Central Processing Unit）により構成できる。なお、記憶部５０ｍは、処理部５０ｐに内蔵されるものであっても、他の装置（例えばデータベースサーバ）内にあってもよい。このように、上記タイヤ性能予測装置５０は、通信により端末装置６０から処理部５０ｐや記憶部５０ｍにアクセスするものであってもよい。

【００２５】

上記コンピュータプログラムは、処理部５０ｐが備えるモデル作成部５１や解析部５２へすでに記録されているコンピュータプログラムとの組み合わせによって、本実施形態に係るタイヤの性能予測方法の処理手順を実現できるものであってもよい。また、このタイヤ性能予測装置５０は、前記コンピュータプログラムの代わりに専用のハードウェアを用

10

20

30

40

50

いて、処理部 50p が備えるモデル作成部 51、解析部 52 の機能を実現するものであってもよい。次に、本実施形態に係るタイヤの性能予測方法を実現する手順を説明する。

【0026】

図3は、実施形態1に係るタイヤの性能予測方法の手順を示すフローチャートである。図4は、タイヤモデルを示す斜視図である。図5は、ホイールモデルを示す斜視図である。図6～図10は、実施形態1に係るタイヤの性能予測方法を説明するための図である。図11は、実施形態1に係るタイヤの性能予測方法においてタイヤの性能を予測している状態を示す模式図である。本実施形態に係るタイヤの性能予測方法は、上述したタイヤ性能予測装置50が、本実施形態に係るタイヤの性能予測方法をコンピュータに実行させるコンピュータプログラムを実行することにより実現される。次の説明では、性能を評価するタイヤと組み合わされる構造体として、ホイールのリムを例とするが、性能を評価するタイヤと組み合わされる構造体はこれに限定されるものではない。例えば、タイヤの変形を計測するための各種センサ類等を、性能が評価されるタイヤと組み合わされる構造体としてもよい。

【0027】

本実施形態に係るタイヤの性能予測方法を実行するにあたり、ステップS101において、図2に示すタイヤ性能予測装置50のモデル作成部51は、性能を評価するタイヤのタイヤモデルを作成し、また、性能を評価するタイヤが組み合わされるリムのリムモデルを作成する。ステップS101が、第1モデル作成手順に相当する。タイヤモデル及びリムモデルは、いずれもコンピュータで解析可能なモデル（解析モデル）である。

【0028】

タイヤモデル及びリムモデルは、有限要素法や有限差分法等の数値解析手法を用いて、転動解析や変形解析等を行うために用いるモデルで、コンピュータで解析可能なモデルであり、数学的モデルや数学的離散化モデルを含む。本実施形態では、作成されたタイヤモデルを用いた転動シミュレーション等に用いる解析手法として、有限要素法（Finite Element Method：FEM）を使用する。なお、本実施形態に係るタイヤの性能予測方法に適用できる解析手法は有限要素法に限られず、境界要素法（Boundary Element Method：BEM）、有限差分法（Finite Difference Method：FDM）等も使用できる。また、境界条件等によって最も適当な解析手法を選択し、又は複数の解析手法を組み合わせることもできる。なお、有限要素法は、構造解析に適した解析手法なので、特にタイヤのような構造体に対して好適に適用できる。

【0029】

例えば、有限要素法を使用する場合、図4に示すように、有限要素法に基づき、性能を評価するタイヤを有限個の微小要素 1_1 、 1_2 、 1_n 等に分割する。これにより、タイヤモデル1を作成する。また、図5に示すように、有限要素法に基づき、性能を評価するタイヤと組み合わせるホイールのリムを有限個の微小要素 $4A_1$ 、 $4A_2$ 、 $4A_n$ 、 $4B_1$ 、 $4B_2$ 、 $4B_n$ 等に分割する。これにより、リムモデル4を作成する。なお、リムはホイールの回転軸と平行な方向に対して一対存在するので、リムモデル4は、一対のリム4A、4Bで構成される。また、図5には、リムモデル4及びホイールモデル全体を示している。

【0030】

本実施形態では、ホイール全体を解析モデル化して、リムモデル4が含まれるようにしているが、必ずしもホイール全体を解析モデル化する必要はなく、リム4A、4Bの部分のみを解析モデル化することにより、リムモデル4を作成してもよい。さらに、リムモデル4は、少なくともタイヤモデル1のビード部を覆う範囲が、例えば有限要素法等に基づいて解析モデル化されていればよく、リム全体を解析モデル化する必要はない。

【0031】

リムモデル4は、全体を変形体として構成することができる。すなわち、リムモデル4の全体にわたってリム4A、4Bの弾性率や変形等を考慮してリムモデル4を構成することができる。また、リムモデル4を変形体としてではなく剛体としてモデル化してもよい。これによって、リムモデル4の弾性率や、分割する微小要素の大きさを考慮する必要は

10

20

30

40

50

ない。その結果、C o u r a n t 条件における時間増分値の減少を抑制できるので、計算時間の増加を抑制することができる。

【 0 0 3 2 】

タイヤモデル 1 やリムモデル 4 を構成する微小要素は、例えば 2 次元モデルにおいては四辺形要素、3 次元モデルにおいては四面体ソリッド要素、五面体ソリッド要素、六面体ソリッド要素等のソリッド要素や、三角形シェル要素、四角形シェル要素等のシェル要素等、コンピュータで用いる要素とすることが望ましい。このようにして分割された微小要素は、解析の過程においては、2 次元モデルにおいては 2 次元座標を用いて、3 次元のモデルにおいては 3 次元座標を用いて逐一特定される。

【 0 0 3 3 】

モデル作成部 5 1 は、ステップ S 1 0 1 で作成されたタイヤモデル 1 を第 1 タイヤモデルとし、リムモデル 4 を第 1 リムモデル 4 (第 1 構造体モデル) として、記憶部 5 0 m に保存する。次に、ステップ S 1 0 2 へ進み、モデル作成部 5 1 は、記憶部 5 0 m から第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 を読み出して、第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 とを組み合わせる。ステップ S 1 0 2 が、モデル組み合わせ手順に相当する。まず、図 6 に示すように、モデル作成部 5 1 は、ホイールの正規のリム幅 J 1 よりも、第 1 リムモデル 4 のリム 4 A、4 B のリム幅を広く (リム幅 J 2) 設定する。

【 0 0 3 4 】

ここで、リム幅とは、ホイールの両リムの内側における両リム間の最大幅をいう。また、ビード部の幅とは、タイヤの両ビード部がリムと組み合わせられる部分における最大幅をいう。本実施形態に係るタイヤの性能予測方法では、第 1 タイヤモデル 1 を第 1 リムモデル 4 に装着する前後において第 1 リムモデル 4 のリム幅を変化させるので、この間においてリム幅及びビード幅は変化する。

【 0 0 3 5 】

第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 とを組み合わせる前に、ステップ S 1 0 1 で作成した第 1 リムモデル 4 の両方のリム 4 A、4 B は、少なくとも第 1 タイヤモデル 1 の幅方向 (回転軸である Y 軸と平行な方向) における並進自由度を、他の方向における自由度に対して独立させる。ここで、Y 軸は第 1 タイヤモデル 1 及び第 1 リムモデル 4 の回転軸であり、X 軸は Y 軸と直交する軸であり、Z 軸は Y 軸と X 軸とに直交する軸である。

【 0 0 3 6 】

第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 とを組み合わせる場合、モデル作成部 5 1 は、第 1 リムモデル 4 の回転軸と第 1 タイヤモデル 1 の回転軸とを一致させて、第 1 リムモデル 4 の両方のリム 4 A、4 B を、第 1 リムモデル 4 の回転軸と平行な方向に、かつリム 4 A、4 B が互いに接近するように移動させる。これによって、図 7 に示すように、第 1 リムモデル 4 のリム幅が J 2 から正規のリム幅 J 1 へ狭められ、第 1 タイヤモデル 1 のビード部 2 がリム 4 A、4 B へ嵌め合わされて、第 1 タイヤモデル 1 とリムモデル 4 とが組み合わせられる。このとき、第 1 タイヤモデル 1 のビード部の幅 W_2 が W_1 へ狭まり (図 6、図 7 参照)、正規のリム幅 J 1 に対するビード部の幅となる。第 1 タイヤモデル 1 とリムモデル 4 とが組み合わせられたら、モデル作成部 5 1 は、第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 とを組み合わせたモデルを記憶部 5 0 m に保存する。

【 0 0 3 7 】

次に、ステップ S 1 0 3 へ進む。ステップ S 1 0 3 において、モデル作成部 5 1 は、記憶部 5 0 m から第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 とを組み合わせたモデルを読み出して、第 1 タイヤモデル 1 に内圧を負荷する。ステップ S 1 0 3 が内圧負荷手順に相当する。タイヤの諸性能を評価する際には、タイヤに内圧を負荷する必要があるからである。なお、内圧は、第 1 リムモデル 4 のリム幅を正規のリム幅 J 1 へ狭めるときに負荷してもよい。これにより、第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 とを組み合わせながら第 1 タイヤモデル 1 に内圧を負荷させることができるので、その分計算時間を短縮することができる。

【 0 0 3 8 】

次に、ステップ S 1 0 4 へ進み、モデル作成部 5 1 は、記憶部 5 0 m から第 1 タイヤモデル 1 及び第 1 リムモデル 4 を読み出して、第 1 リムモデル 4 に接触している第 1 タイヤモデル 1 の節点を、相対変位が生じないように拘束し、その状態の第 1 タイヤモデル 1 及び第 1 リムモデル 4 を記憶部 5 0 m に保存する。ステップ S 1 0 4 が拘束手順に相当する。図 9 に示す例では、第 1 リムモデル 4 のリム 4 A に第 1 タイヤモデル 1 の節点 N 1 ~ N 7 が接触しており、節点 N 0 は接触していない。したがって、ステップ S 1 0 4 においては、第 1 リムモデル 4 のリム 4 A に接触する第 1 タイヤモデル 1 の節点（リム接触節点）N 1 ~ N 7 を拘束して、相対変位が生じないようにする。このように、節点 N 1 ~ N 7 を拘束することにより、例えば、第 1 タイヤモデル 1 を転動させたときには、回転軸である Y 軸とそれぞれの節点 N 1 ~ N 7 との距離は一定に維持される。

10

【 0 0 3 9 】

また、ステップ S 1 0 4 において、モデル作成部 5 1 は、第 1 タイヤモデル 1 の回転軸である Y 軸上の節点であって、第 1 タイヤモデル 1 の赤道面 C C 上に存在する節点である回転軸中心節点 N y c も、相対変位が生じないように拘束する（図 8 参照）。このように、回転軸中心節点 N y c とリム接触節点 N 1 ~ N 7 とを相対変位が生じないように拘束することにより、次のステップ S 1 0 5 で第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 との接触を解除しても、あたかもホイール及びリムが存在する状態となる。これによって、転動解析や変形解析等を実行した場合、両者の相対的な位置関係が保持される。また、回転軸中心節点 N y c に、少なくともリムモデル 4（評価対象のタイヤと組み合わせられるリム）の質量と慣性モーメントとの少なくとも一方を設定してもよい。このようにすれば、リムの質量あるいは慣性モーメントを考慮した解析を実行できる。

20

【 0 0 4 0 】

次に、ステップ S 1 0 5 へ進み、モデル作成部 5 1 は、第 1 リムモデル 4 及び所定の節点が拘束された第 1 タイヤモデル 1 を記憶部 5 0 m から読み出して、第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 との接触を解除し、解除後の第 1 タイヤモデル 1 を第 2 タイヤモデル 1 S とする。ステップ S 1 0 5 が、第 2 モデル作成手順に相当する。より具体的には、拘束した節点 N 1 ~ N 7 と第 1 リムモデル 4 との接触の定義を解除する。これによって、第 1 タイヤモデル 1 を第 1 リムモデル 4 から独立して取り扱うことができるので、タイヤの性能予測での転動解析や変形解析においては、第 1 タイヤモデル 1 を単独で用いて解析が実行される。モデル作成部 5 1 は、接触を解除した後の第 1 タイヤモデル 1 を第 2 タイヤモデル 1 S として記憶部 5 0 m に格納する。

30

【 0 0 4 1 】

ここで、第 2 モデル作成手順においては、拘束手順で拘束した節点、すなわちリム接触節点 N 1 ~ N 7 以外の節点に対して、第 1 リムモデル 4 との接触を考慮してもよい。例えば、図 9、図 1 0 に示す例では、節点 N 0 がリム接触節点 N 1 ~ N 7 以外の節点に相当する。節点 N 0 は、第 1 リムモデル 4 のリム 4 A の近傍に存在する節点であり、後述する性能予測手順においては、第 1 リムモデル 4 のリム 4 A と接触する可能性がある。このため、リム接触節点 N 1 ~ N 7 以外の節点、特に第 1 リムモデル 4 と接触する可能性のある節点については、第 1 リムモデル 4 との接触を定義しておく。これによって、タイヤの性能の予測精度低下をより効果的に抑制できる。

40

【 0 0 4 2 】

次に、ステップ S 1 0 6 へ進み、タイヤ性能予測装置 5 0 が備える解析部 5 2 は、ステップ S 1 0 5 で得られた第 2 タイヤモデル 1 S に基づいて転動解析や変形解析等を実行してタイヤの性能を予測する。ステップ S 1 0 6 が、性能予測手順に相当する。タイヤの性能を予測する際に用いるタイヤモデルは、3 次元の解析モデルである。ステップ S 1 0 5 で得られる第 2 タイヤモデル 1 S は、2 次元の解析モデルなので、モデル作成部 5 1 は、第 2 タイヤモデル 1 S をその回転軸である Y 軸の周りに 3 6 0 度展開して、3 次元のタイヤモデルを作成する。この 3 次元のタイヤモデルを、評価用タイヤモデル 1 E という（図 1 1 参照）。そして、例えば、図 1 1 に示すように、予め作成した路面モデル R M に評価用タイヤモデル 1 E を接地させて転動解析や変形解析が実行される。

50

【 0 0 4 3 】

ステップ S 1 0 6 で、解析部 5 2 は、評価用タイヤモデル 1 E を用いて、所定の荷重、速度、スリップ角、キャンバー角、スリップ率、横力、前後力、その他の評価条件の下で転動解析等によるタイヤの性能シミュレーションを実行し、タイヤの性能を予測する。予測するタイヤの性能には、例えば、制動性能やウェット路面における走行性能、あるいはコーナーリング性能等、タイヤの動的シミュレーションによって取り扱うことのできる諸性能が含まれる。本実施形態において、解析部 5 2 は、予め定めた荷重と境界条件との組み合わせの数（1 以上）に至るまで転動解析等によるタイヤの性能シミュレーションを繰り返し実行して、物理量を取得し、記憶部 5 0 m に格納する。そして、取得された物理量を用いてタイヤの性能が評価される。

10

【 0 0 4 4 】

ここで、ステップ S 1 0 6 で実行されるタイヤの性能シミュレーションにおいて、第 1 リムモデル 4 は使用されず、第 2 タイヤモデル 1 S から作成された評価用タイヤモデル 1 E が単独で用いられる。これによって、タイヤの性能シミュレーションにおける解析では、タイヤモデルとリムモデルとの接触を考慮する必要がなくなるので、その分計算に要する時間を短縮できる。また、本実施形態では、リムモデルと接触していたタイヤモデルの節点は、相対変位が生じないように拘束されるので、タイヤの性能シミュレーションに用いる評価用タイヤモデル 1 E のビード部の精度（形状や寸法等の精度）が確保されて、解析の精度低下を抑制できる。その結果、本実施形態に係るタイヤの性能予測方法では、計算に要する時間を短縮しつつ、タイヤ性能の予測精度の低下を抑制できる。特に、複数の

20

【 0 0 4 5 】

（実施形態 2）

実施形態 2 は、実施形態 1 と同様であるが、内圧負荷手順の後に、第 1 構造体モデル（第 1 リムモデル）に接触している第 1 タイヤモデルの節点の変位を抽出する変位抽出手順と、第 1 構造体モデルに組み合わせる前における第 1 タイヤモデルの、変位を抽出した節点に、抽出した変位を強制変位として付与する変位付与手順とを実行する点が異なる。また、拘束手順においては、強制変位を付与した後の節点を、相対変位が生じないように拘束する点が異なり、第 2 モデル作成手順においては、拘束後の前記第 1 タイヤモデルに内

30

【 0 0 4 6 】

図 1 2 は、実施形態 2 に係るタイヤの性能予測方法の手順を示すフローチャートである。図 1 3、図 1 4 は、実施形態 2 に係るタイヤの性能予測方法を説明するための図である。本実施形態に係るタイヤの性能予測方法のステップ S 2 0 1、ステップ S 2 0 2、ステップ S 2 0 3 は、それぞれ第 1 モデル作成手順、モデル組み合わせ手順、内圧負荷手順であり、実施形態 1 のステップ S 1 0 1、ステップ S 1 0 2、ステップ S 1 0 3 と同様なので、説明を省略する。

【 0 0 4 7 】

ステップ S 2 0 4 において、モデル作成部 5 1 は、第 1 構造体モデルである第 1 リムモデル 4 に接触している第 1 タイヤモデル 1 の節点の変位を抽出する。ステップ S 2 0 4 が変位抽出手順に相当する。例えば、図 9 に示すように、リム接触節点 N 1 ~ N 7 が、第 1 リムモデル 4 のリム 4 A に接触する節点である。第 1 タイヤモデル 1 は、第 1 リムモデル 4 と組み合わせられ、かつ内圧が負荷されているので、第 1 リムモデル 4 と組み合わせられる前と比較してビード部の幅が変化している。

40

【 0 0 4 8 】

リム接触節点 N 1 ~ N 7 の変位は、第 1 タイヤモデル 1 が第 1 リムモデル 4 と組み合わせられる前におけるリム接触節点 N 1 ~ N 7 の位置（組み合わせ前位置）と、第 1 タイヤモデル 1 を第 1 リムモデル 4 に組み合わせて内圧を負荷した後におけるリム接触節点 N 1 ~

50

N 7 の位置（組み合わせ後位置）との差となる。モデル作成部 5 1 は、それぞれのリム接触節点 N 1 ~ N 7 に対して、組み合わせ前位置と組み合わせ後位置とを記憶部 5 0 m に格納しておき、リム接触節点 N 1 ~ N 7 の変位を求める場合には、記憶部 5 0 m から組み合わせ前位置と組み合わせ後位置とを読み出して両者の差を求め、これをリム接触節点 N 1 ~ N 7 の変位として記憶部 5 0 m に格納する。

【 0 0 4 9 】

次に、ステップ S 2 0 5 に進み、モデル作成部 5 1 は、第 1 リムモデル 4 に組み合わせる前における第 1 タイヤモデル 1 の、ステップ S 2 0 4 において変位が抽出された節点（リム接触節点 N 1 ~ N 7）に、ステップ S 2 0 4 で抽出された変位を強制変位 ΔL として付与する。ステップ S 2 0 5 が、変位付与手順に相当する。この場合、モデル作成部 5 1 は、記憶部 5 0 m に格納されているリム接触節点 N 1 ~ N 7 のそれぞれの変位を読み出して、これらを強制変位 ΔL として対応するリム接触節点 N 1 ~ N 7 に付与する。これによって、図 1 3 に示す第 1 タイヤモデル 1 のビード部 2 は、第 1 タイヤモデル 1 の回転軸である Y 軸と平行な方向に、かつ両方のビード部 2 が接近するように移動する。そして、強制変位 ΔL を付与した後における第 1 タイヤモデル 1 は、図 1 4 に示すように、ビード部 2 が第 1 リムモデル 4 と組み合わせられ、かつ内圧が付与された位置まで移動する。

【 0 0 5 0 】

本実施形態では、リム接触節点 N 1 ~ N 7 の変位を記憶部 5 0 m に格納し、保存しておくことで、同じ第 1 タイヤモデル 1 を用いて、異なる条件で再度性能を予測する場合には、モデル作成部 5 1 が前記変位及び第 1 タイヤモデル 1 を記憶部 5 0 m から読み出し、強制変位 ΔL として性能を予測する第 1 タイヤモデル 1 のリム接触節点に付与すればよい。これによって、第 1 タイヤモデル 1 と第 1 リムモデル 4 とを組み合わせる手順、すなわち、モデル組み合わせ手順を省略できるので、実施形態 1 と比較して、その分、計算時間を短縮できる。

【 0 0 5 1 】

リム接触節点 N 1 ~ N 7 に強制変位 ΔL を付与したら、モデル作成部 5 1 は、強制変位 ΔL を付与した後の第 1 タイヤモデル 1 を記憶部 5 0 m に格納する。次に、ステップ S 2 0 6 に進み、モデル作成部 5 1 は、記憶部 5 0 m から強制変位 ΔL を付与した後の第 1 タイヤモデル 1 を読み出し、読み出した第 1 タイヤモデル 1 の強制変位 ΔL を付与した後における節点（リム接触節点 N 1 ~ N 7）を、相対変位が生じないように拘束する。ステップ S 2 0 6 が、拘束手順に相当する。例えば、図 1 4 に示す例では、第 1 タイヤモデル 1 のビード部 2 のうち、第 1 リムモデル 4 のリム 4 A、4 B に接触しているリム接触節点を拘束して、相対変位が生じないようにする。

【 0 0 5 2 】

モデル作成部 5 1 は、リム接触節点を拘束した第 1 タイヤモデル 1 を記憶部 5 0 m に格納したら、ステップ S 2 0 7 に進む。ステップ S 2 0 7 において、モデル作成部 5 1 は、リム接触節点を拘束した後の第 1 タイヤモデル 1 に内圧を負荷して第 2 タイヤモデルとし、これを記憶部 5 0 m に格納する。ステップ S 2 0 7 が、第 2 モデル作成手順に相当する。内圧は、ステップ S 2 0 3 で付与した内圧の値と同じ大きさである。次に、ステップ S 2 0 8 へ進み、解析部 5 2 は、ステップ S 2 0 7 で得られた第 2 タイヤモデルに基づいて転動解析や変形解析等を実行してタイヤの性能を予測する。タイヤの性能予測については、実施形態 1 のステップ S 1 0 6 と同様なので、説明を省略する。

【 0 0 5 3 】

本実施形態に係るタイヤの性能予測方法は、実施形態 1 に係るタイヤの性能予測方法と比較して、変位抽出手順及び変位付与手順が追加されるので、その分計算時間は増加する。しかし、特許文献 2 に開示された技術と比較すると、タイヤの性能シミュレーションにおける解析で、タイヤモデルとリムモデルとの接触を考慮する必要はなくなるので、その分計算に要する時間を短縮できる。

【 0 0 5 4 】

（評価例）

10

20

30

40

50

本発明に係るタイヤの性能予測方法及び比較例に係るタイヤの性能予測方法によりタイヤのコーナリング性能を評価した。本発明は、実施形態 1 に係るタイヤの性能予測方法を用いた。比較例 1 は、特許文献 2 に開示されている方法、すなわち、タイヤモデルをリムモデルに組み合わせた状態での評価であり、比較例 2 は、特許文献 1 に開示されている方法、すなわち、タイヤモデルのビード部をリムの幅に強制変位させて相対変位を拘束した状態での評価である。評価したタイヤは、タイヤサイズが 225 / 50 R 18 で、ロードインデックスが 95 W である。また、空気圧は 210 kPa、荷重は 4.6 kN、速度は 10 km/h である。コーナリングパワー (CP) の評価結果を表 1 に、計算時間の評価結果を表 2 に示す。コーナリングパワー (CP) 及び計算時間は、比較例 1 の結果を 100 として、解析によって得られた結果を変換した指数表示で示してある。コーナリングパワー (CP) の評価値が 100 に近い方ほど計算精度が高いことを示し、計算時間の評価値が小さいほど計算時間は短いことを示す。

10

【0055】

【表 1】

表1

	比較例1	比較例2	本発明
CP	100	102.99	99.53

20

【0056】

【表 2】

表2

		比較例1	比較例2	本発明
計算時間	2次元モデル	100	37.39	137.37
	3次元モデル	100	50.76	59.66
	合計	100	50.73	59.84

30

【0057】

表 1 の結果から分かるように、本発明の評価値は、比較例 2 よりも 100 に近いので、比較例 2 よりも計算精度が高く、比較例 1 と同程度である。このように、本発明は、十分な計算精度が確保できている。表 2 の結果から、2次元モデルの作成が完了するまでの計算時間 (本発明では、上述した第 2 タイヤモデルの作成が完了するまでの計算時間) は、本発明が最も長い。本発明は、比較例 1 の方法に加え、リムモデルに接触しているタイヤモデルの節点を拘束する手順及び拘束した節点のリムモデルとの接触を解除する手順を実行するため、比較例 1 よりも計算時間を要すると考えられる。

40

【0058】

一方、2次元モデルから作成した 3次元モデル (評価用タイヤモデルに相当する) を用いて、コーナリングパワー (CP) を求める解析の計算が終了するまでの計算時間は、比較例 2 が最も短く、本発明は、比較例 1 の 60% 程度である。このように、本発明は、比較例 1 と異なり、タイヤモデルとリムモデルとの接触を考慮しなくてよいので、比較例 1 に対して、3次元モデルを用いた解析に要する計算時間が大幅に短縮される。

【0059】

計算時間の合計は、2次元モデルの作成に要した計算時間と、3次元モデルを用いたコーナリングパワー (CP) を求める解析の計算が終了するまでの計算時間との合計を、指数表示したものである。本発明は、2次元モデルの作成には多少時間を要するが、3次

50

元モデルを用いた解析の終了まで含めた全体の時間に占める２次元モデルの作成時間は少ない。また、本発明は、タイヤモデルとリムモデルとの接触を考慮しなくてよいので、３次元モデルを用いた解析に要する計算時間が短くて済む。これによって、本発明は、比較例１に対して、２次元モデルの作成からタイヤの性能評価のための解析が終了するまでの時間を比較例２と同程度まで短縮できる。このように、本発明は、コンピュータを用いて、構造体に組み合わされたタイヤの性能を予測するにあたって、計算に要する時間を短縮しつつ、タイヤ性能の予測精度の低下を抑制できる。

【産業上の利用可能性】

【００６０】

以上のように、本発明に係るタイヤの性能予測方法及びタイヤの性能予測用コンピュータプログラムは、コンピュータを用いてタイヤの性能を予測することに有用である。

10

【図面の簡単な説明】

【００６１】

【図１】タイヤの回転軸を通る子午断面を示す断面図である。

【図２】実施形態１に係るタイヤ性能予測装置の構成を示す説明図である。

【図３】実施形態１に係るタイヤの性能予測方法の手順を示すフローチャートである。

【図４】タイヤモデルを示す斜視図である。

【図５】ホイールモデルを示す斜視図である。

【図６】実施形態１に係るタイヤの性能予測方法を説明するための図である。

【図７】実施形態１に係るタイヤの性能予測方法を説明するための図である。

20

【図８】実施形態１に係るタイヤの性能予測方法を説明するための図である。

【図９】実施形態１に係るタイヤの性能予測方法を説明するための図である。

【図１０】実施形態１に係るタイヤの性能予測方法を説明するための図である。

【図１１】実施形態１に係るタイヤの性能予測方法においてタイヤの性能を予測している状態を示す模式図である。

【図１２】実施形態２に係るタイヤの性能予測方法の手順を示すフローチャートである。

【図１３】実施形態２に係るタイヤの性能予測方法を説明するための図である。

【図１４】実施形態２に係るタイヤの性能予測方法を説明するための図である。

【符号の説明】

【００６２】

30

１ タイヤモデル（第１タイヤモデル）

１Ｅ 評価用タイヤモデル

１Ｓ 第２タイヤモデル

２ ビード部

４ リムモデル（第１リムモデル）

４Ａ、４Ｂ リム

５０ タイヤ性能予測装置

５０ｍ 記憶部

５０ｐ 処理部

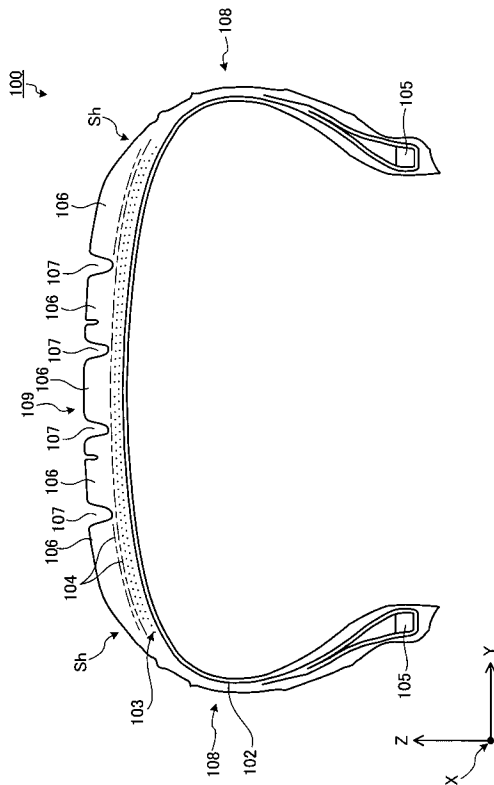
５１ モデル作成部

40

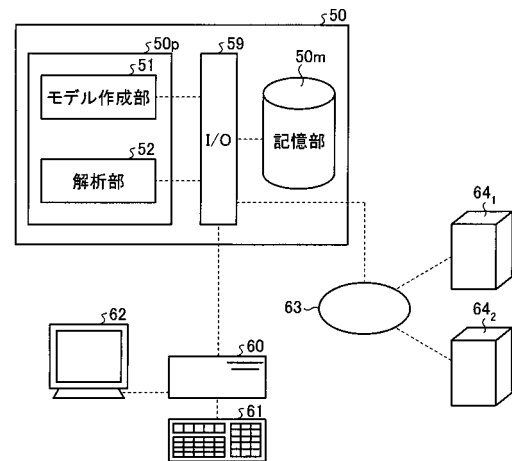
５２ 解析部

１００ タイヤ

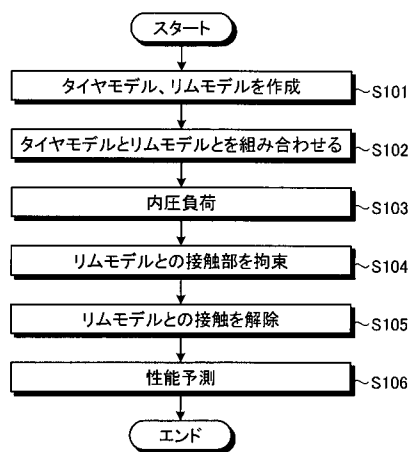
【図 1】



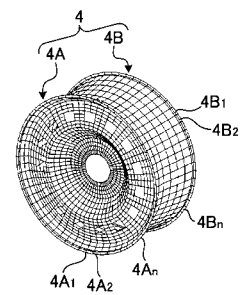
【図 2】



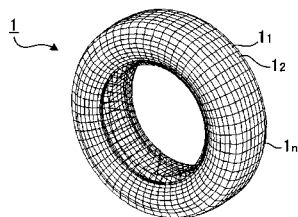
【図 3】



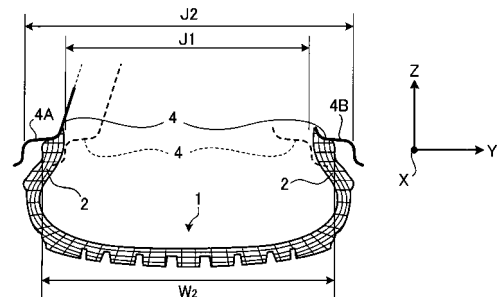
【図 5】



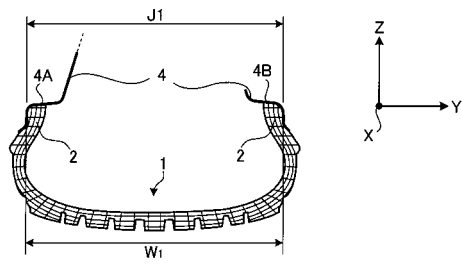
【図 4】



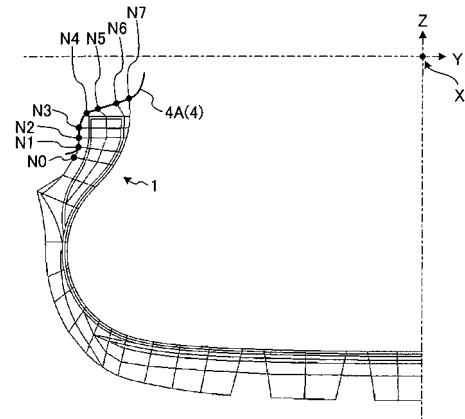
【図 6】



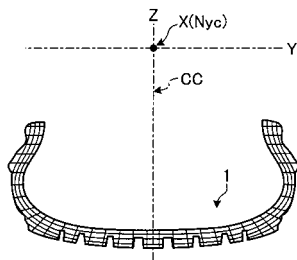
【図 7】



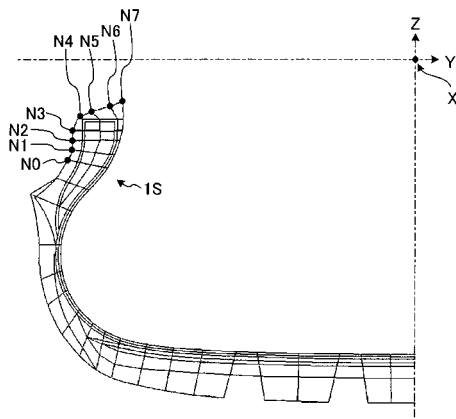
【図 9】



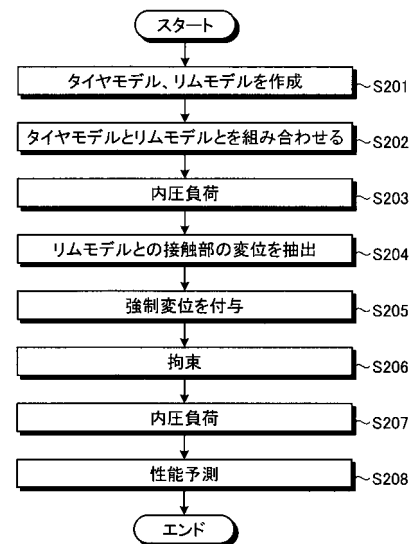
【図 8】



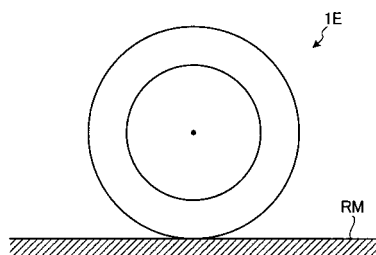
【図 10】



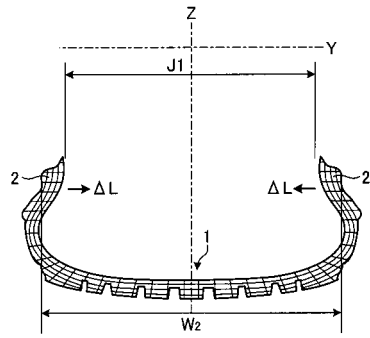
【図 12】



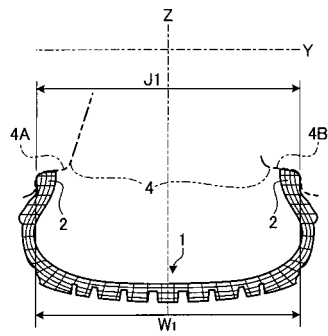
【図 11】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-022620(JP,A)
特開2005-082076(JP,A)
特開2002-022621(JP,A)
特開2005-008051(JP,A)
特開2006-199263(JP,A)
特開2006-256572(JP,A)
特開2006-293631(JP,A)
特開2006-306372(JP,A)
特開2007-118625(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01M 17/02