

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7446530号
(P7446530)

(45)発行日 令和6年3月8日(2024.3.8)

(24)登録日 令和6年2月29日(2024.2.29)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 M 17/02 (2006.01) G 0 1 M 17/02
B 6 0 C 19/00 (2006.01) B 6 0 C 19/00 H

請求項の数 11 (全13頁)

(21)出願番号	特願2023-539081(P2023-539081)	(73)特許権者	515168916 ブリヂストン アメリカズ タイヤ オペ レーションズ、エルエルシー アメリカ合衆国 テネシー州 3 7 2 0 1 ナッシュビル フォース アヴェニュー サウス 2 0 0
(86)(22)出願日	令和4年1月6日(2022.1.6)	(74)代理人	110001519 弁理士法人太陽国際特許事務所
(65)公表番号	特表2024-505348(P2024-505348 A)	(72)発明者	サムス、トーマス、エー . アメリカ合衆国 オハイオ州 4 4 3 1 7 アクロン、イースト ファイアストーン ブルバード 1 0
(43)公表日	令和6年2月6日(2024.2.6)	審査官	福田 裕司
(86)国際出願番号	PCT/US2022/070053		
(87)国際公開番号	WO2022/150823		
(87)国際公開日	令和4年7月14日(2022.7.14)		
審査請求日	令和5年6月23日(2023.6.23)		
(31)優先権主張番号	63/134,244		
(32)優先日	令和3年1月6日(2021.1.6)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 タイヤ垂直荷重予測のためのシステム及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両タイヤ上の垂直荷重を予測するためのコンピュータ実装方法(200)であって、前記方法が、

特定の車両-タイヤの組み合わせについての1つ以上の熱特性を検索可能に記憶することであって、前記熱特性が、複数の動作条件と相関する複数の温度値に対応するものとして決定され、前記複数の動作条件が、少なくとも車両速度及び垂直荷重を含む、検索可能に記憶することと(210)、

前記特定の車両-タイヤの組み合わせについてのタイヤ含有空気温度に関する1つ以上のタイヤ固有の時定数に基づいて、前記タイヤ含有空気温度の少なくとも前記車両速度に対する過渡温度挙動を予測するためのモデル(134)を経時的に生成することと(220)、

前記特定の車両-タイヤ組み合わせの動作中に、少なくとも物理的に測定されたタイヤ含有空気温度である第1の温度値に対応して、前記モデル(134)からの予測されたタイヤ含有空気温度である第2の温度値に基づいて、及び前記検索可能に記憶された1つ以上の熱特性に更に基づいて、予測された垂直荷重を経時的に決定することと(230)、を含む、コンピュータ実装方法(200)。

【請求項2】

前記複数の動作条件が、タイヤ膨張圧力を更に含み、前記予測された垂直荷重が、車両速度及びタイヤ膨張圧力の入力に更に基づいて決定される、請求項1に記載のコンピュー

タ実装方法。

【請求項 3】

前記少なくとも第 1 の温度値が、タイヤ装着センサ (1 1 8) を介して感知される、請求項 2 に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項 4】

前記検索可能に記憶された熱特性が、前記温度値及び前記相関する複数の動作条件の一連の物理的測定を介して決定される、請求項 3 に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項 5】

前記検索可能に記憶された熱特性が、前記車両 - タイヤ組み合わせの有限要素モデリングを介して決定される、請求項 3 に記載のコンピュータ実装方法。

10

【請求項 6】

前記 1 つ以上のタイヤ固有の時定数が、前記タイヤの冷却状態に対応する第 1 の時定数と、前記タイヤの加熱状態に対応する第 2 の時定数とを含む、請求項 1 に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項 7】

少なくとも決定された車両速度に基づいて前記第 1 の時定数又は前記第 2 の時定数を選択することによって、前記第 2 の温度値を少なくとも部分的に予測することを更に含む、請求項 6 に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項 8】

前記予測された垂直荷重をタイヤ摩耗予測モデル (1 3 4) への入力として実装することを更に含む、請求項 1 に記載のコンピュータ実装方法。

20

【請求項 9】

予測されたタイヤ摩耗状態に基づいて、前記タイヤと関連付けられた 1 つ以上のタイヤ摩耗閾値と比較して前記タイヤの交換時期を予測することを更に含み、前記 1 つ以上のタイヤ摩耗閾値が、前記車両 - タイヤ組み合わせの所与の車輪位置に対応するタイヤトレッド閾値を含む、請求項 8 に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項 10】

予測されたタイヤ摩耗状態に基づいて、前記タイヤと関連付けられた 1 つ以上のタイヤ摩耗閾値と比較して前記タイヤの交換時期を予測することと、

前記予測された交換時期と、前記車両 - タイヤ組み合わせに関連付けられた識別子とを含む車両保守警報を生成することと、

前記車両保守警報を含むメッセージをフリート管理デバイスに送信することと、を更に含む、請求項 8 に記載のコンピュータ実装方法。

30

【請求項 11】

車両タイヤ上の垂直荷重を予測するためのシステム (1 0 0) であって、前記システムが、

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の、特定の車両 - タイヤ組み合わせについての前記 1 つ以上の熱特性を検索可能に記憶したデータ記憶ネットワーク (1 0 6、1 3 2) と、

前記データ記憶ネットワーク (1 0 6、1 3 2) に機能的にリンクされ、かつ請求項 1 ~ 1 0 のいずれか一項に記載の方法のためのステップの実行を指示するように更に構成されたコンピューティングデバイス (1 0 2、1 3 0、1 4 0) と、を備える、システム (1 0 0) 。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、車輪付き車両のためのタイヤ摩耗予測及び監視システムに関する。

【0002】

より具体的には、本明細書で開示されるシステム、方法、及び関連するアルゴリズムは、例えば、自動二輪車、民生用車両 (例えば、乗用車及び軽トラック)、商用車及びオフロード (off - road、OTR) 車両を含むがこれらに限定されない車輪付き車両のタイ

50

ヤのタイヤ摩耗予測の重要項目として垂直荷重を予測するために実装され得る。

【背景技術】

【0003】

例えば、タイヤ摩耗及びノ又は耐久性などの特定の性能測定値の予測は、特にフリート管理の文脈において、車両を所有又は操作する者にとって重要なツールである。タイヤが使用されるとき、トレッドが徐々に浅くなり、タイヤ全体の性能が変化することが通常である。タイヤトレッドが不十分であると危険な運転状態が生じる可能性があるため、ある時点でタイヤ状態を認識することが重要になる。例えば、道路状況が最適でない場合、タイヤは道路をグリップすることができない可能性があり、ドライバは自分の車両の制御を失う可能性がある。一般的に言えば、タイヤトレッドが浅ければ浅いほど、ドライバは、雨、雪などの中で運転するときにトラクションを失いやすくなり得る。

10

【0004】

加えて、不規則なトレッド摩耗は、そうでなければ必要となるよりも早く、ユーザがタイヤ交換することになる様々な理由に対して生じることがある。車両、ドライバ、及び個々のタイヤは、全て互いに異なるものであり、タイヤを非常に異なる速度で摩耗させる可能性がある。例えば、スポーツカー用の高性能タイヤは、ファミリーセダン用のツーリングタイヤよりも急速に摩耗する。しかしながら、多種多様な要因により、タイヤは見込みよりも早く摩耗する、及びノ又は不規則に摩耗し、ノイズ又は振動を生じさせる可能性がある。早期及びノ又は不規則なタイヤ摩耗の2つの一般的な原因は、不適切なタイヤ圧及び面外位置合わせ条件である。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

大型トラックなどの車両についての典型的な車載センサ測定値は、車両速度、周囲温度、タイヤ膨張圧力、及びタイヤ含有空気温度 (contained air temperature、C A T) を含み得る。これらの測定値は、それらを摩耗及び耐久性などのより高次の予測に拡張するときに全てが重要である。しかしながら、最も重要な情報の1つがまだ欠けており、それはタイヤにかかる垂直荷重であり、そのための従来のセンサは、法外に高価であり、かつノ又は信頼できない場合がある。

【0006】

本明細書に開示されるシステム及び関連する方法論は、前述の典型的なセンサ測定値 (例えば、車両速度、周囲温度、膨張圧力、及びC A T) に基づいてタイヤ垂直荷重予測を正確かつ確実に可能にし得る。

30

【0007】

車両タイヤ上の垂直荷重を予測するための、本明細書に開示されるコンピュータ実装方法の例示的な実施形態は、特定の車両 - タイヤ組み合わせについての1つ以上の熱特性を検索可能に記憶する予備ステップを含み、熱特性は、複数の動作条件と更に相関する温度値の範囲に対応するものとして決定され、複数の動作条件は、少なくとも垂直荷重を含む。本方法は、1つ以上のタイヤ固有の時定数に基づいて過渡温度挙動を予測するためのモデルを生成する (例えば、経験的に訓練する) ことを更に含む。車両 - タイヤ組み合わせの動作中に、かつ少なくとも第1の温度値に回答して、方法は、モデルからの予測された第2の温度値に基づいて、及び検索可能に記憶された1つ以上の熱特性に更に基づいて、予測された垂直荷重を決定することを更に含む。

40

【0008】

上記で参照した実施形態による1つの例示的な態様では、複数の動作条件は、車両速度及びタイヤ膨張圧力を更に含み、予測された垂直荷重は、車両速度及びタイヤ膨張圧力の入力に更に基づいて決定される。

【0009】

上記で参照した実施形態による別の例示的な態様では、少なくとも第1の温度値は、タイヤ装着センサを介して感知されたタイヤ含有空気温度を含む。

50

【 0 0 1 0 】

上記で参照した実施形態による別の例示的な態様では、検索可能に記憶された熱特性は、温度値の範囲及び相関する複数の動作条件の一連の物理的測定を介して決定される。

【 0 0 1 1 】

上記で参照した実施形態による別の例示的な態様では、検索可能に記憶された熱特性は、車両 - タイヤ組み合わせの有限要素モデリングを介して決定される。

【 0 0 1 2 】

上記で参照した実施形態による別の例示的な態様では、1つ以上のタイヤ固有の時定数は、タイヤの冷却状態に対応する第1の時定数と、タイヤの加熱状態に対応する第2の時定数とを含む。

【 0 0 1 3 】

上記で参照した実施形態による別の例示的な態様では、第2の温度値は、少なくとも決定された車両速度に基づいて第1の時定数又は第2の時定数を選択することによって少なくとも部分的に予測され得る。

【 0 0 1 4 】

上記で参照した実施形態による別の例示的な態様では、予測された垂直荷重は、タイヤ摩耗予測モデルへの入力として実装され得る。

【 0 0 1 5 】

上記で参照した実施形態による別の例示的な態様では、タイヤの交換時期は、予測されたタイヤ摩耗状態に基づいて、タイヤと関連付けられた1つ以上のタイヤ摩耗閾値と比較して予測され得る。1つ以上のタイヤ摩耗閾値は、車両 - タイヤ組み合わせの所与の車輪位置に対応するタイヤトレッド閾値を含み得る。代替的に、又は加えて、予測された交換時期と、車両 - タイヤ組み合わせに関連付けられた識別子とを含む車両保守警報が生成されてもよく、車両保守警報を含むメッセージがフリート管理デバイスに送信される。

【 0 0 1 6 】

別の実施形態では、車両タイヤ上の垂直荷重を予測するためのシステムが本明細書で開示されており、システムは、特定の車両 - タイヤの組み合わせについての1つ以上の熱特性が検索可能に記憶されたデータ記憶ネットワークを備え、熱特性は、複数の動作条件と更に相関する温度値の範囲に対応するものとして決定され、複数の動作条件は、少なくとも垂直荷重を含む。コンピューティングデバイス及びアルゴリズムモデルが更に提供され、上記で参照した方法及び関連する例示的な態様のいずれかに従ってステップの実行を指示するように構成される。

【 0 0 1 7 】

コンピューティングデバイスは、例えば、車両内に装着されるか、又は他の方法で位置付けられ得る。

【 0 0 1 8 】

コンピューティングデバイスは、代替的に、車両に関連付けられた運転者又は他のユーザによって携行されるモバイルコンピューティングデバイスであってもよい。

【 0 0 1 9 】

コンピューティングデバイスは更に、リモートサーバ(例えば、クラウドサーバ)ネットワークを指してもよく、又は分散コンピューティングプラットフォームであってもよく、特定の動作は、車両に関連付けられた1つ以上のデバイスによって実行され、他の動作は、リモートサーバによって実行される。

【 0 0 2 0 】

特に定義しない限り、本明細書において使用される全ての技術用語及び科学用語は、本発明の属する分野の当業者によって一般的に理解されるものと同じ意味を有する。本明細書に開示される発明は、その趣旨又は本質的属性から逸脱することなく、他の具体的形態で具現化されてもよく、したがって、様々な実施形態は、全ての態様において、限定ではなく、例解として考慮されることが望ましい。説明において利用される見出しはいずれも便宜上のものにすぎず、法的又は限定的な効果はない。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

本明細書に記載される実施形態の多数の対象、特徴、及び利点は、添付の図面と併せて以下の開示を一読すると、当業者には容易に明らかとなるであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 2 】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態をより詳細に例解する。

【 0 0 2 3 】

【 図 1 】 図 1 は、本明細書に開示される垂直荷重予測のためのシステムの一実施形態を表すブロック図である。

【 図 2 】 図 2 は、本明細書に開示される垂直荷重予測のための方法の一実施形態を表すフロー図である。

【 図 3 】 図 3 は、タイヤの例示的な熱特性を表すデータ点及び曲線を含むグラフ図である。

【 図 4 】 図 4 は、測定された車両速度及び垂直荷重が可変である、制御された屋内ドラム試験についての予測された含有空気温度 (C A T) 対測定された C A T の例示的な比較を表すグラフ図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 4 】

概して図 1 ~ 図 4 を参照して、システム及び方法の様々な例示的な実施形態がここで詳細に説明され得る。様々な図が、様々な共通の要素及び特徴を他の実施形態と共有する実施形態を説明することがある場合、同様の要素及び特徴は同じ参照番号を与えられ、その重複する説明は以下で省略されることがある。

【 0 0 2 5 】

本明細書に開示されるシステムの様々な実施形態は、本明細書に開示される予測モデルを効果的に実装するために、(例えば、個々の車両に関連付けられる)複数の分散データコレクタ及びコンピューティングノードと機能的に通信する集中コンピューティングノード(例えば、クラウドサーバ)を含み得る。

【 0 0 2 6 】

最初に図 1 を参照すると、システム 1 0 0 の例示的な実施形態は、車両に搭載され、少なくともデータを取得し、当該データをリモートサーバ 1 3 0 に送信し及び/又は本明細書に開示されるように関連する計算を実行するように構成されたコンピューティングデバイス 1 0 2 を含む。コンピューティングデバイスは、(図示されるように)分散車両データ収集及び制御システムの一部として携帯型若しくは別様にモジュール式であってもよく、又はさもなければ、中央車両データ収集制御システム(図示せず)に対して一体的に提供されてもよい。デバイスは、プロセッサ 1 0 4 と、プログラム論理 1 0 8 が常駐するメモリ 1 0 6 とを含んでもよい。様々な実施形態におけるコンピューティングデバイス 1 0 2 は、車両電子制御ユニット(vehicle electronic control unit、E C U)の一部であってもよく、又はそうでなければ、例えば車両装着に対して恒久的に又は取り外し可能に提供される、本質的に別個のものであってもよい。

【 0 0 2 7 】

概して、本明細書に開示されるシステムは、1台以上の車両にわたって分散された多数の構成要素を実装することができるが、例えば必ずしもフリート管理エンティティと関連付けられておらず、更に、通信ネットワークを介して車両の各々と機能的に通信する中央サーバ又はサーバネットワークを実装することができる。車両構成要素は、典型的には、例えば、コントローラエリアネットワーク(controller area network、C A N)バスネットワークにリンクされ、それによってローカル処理ユニットに信号を提供する、例えば、車体加速度計、ジャイロスコープ、慣性測定ユニット(inertial measurement unit、I M U)、全地球測位システム(global positioning system、G P S)トランスポンダ 1 1 2 などの位置センサ、タイヤ圧監視システム(tire pressure monitoring system、T P M S)センサ送信機 1 1 8 及び関連する搭載された受信機などの1つ以上のセンサを含んでもよい。例解された実施形態は、例解目的のために、本発明の範囲を限定する

10

20

30

40

50

ことなく、周囲温度センサ 116、例えば車両に関連付けられた加速度データを収集するように構成された車両速度センサ 114、及び DC 電源 110 を含む。本明細書に開示されるセンサのうちの 1 つ以上は、構造において離散及び分散されることと対照的に、統合されてもよく、又はそうでなければ所与のモジュール構造内に集合的に位置してもよい。例えば、本明細書で言及されるタイヤ装着型 TPMS センサは、複数のタイヤ特有の条件（例えば、加速度、圧力、含有空気温度）の各々に対応する出力信号を生成するように構成されてもよい。

【0028】

様々なバスインターフェース、プロトコル、及び関連するネットワークは、それぞれのデータソースとローカルコンピューティングデバイスとの間の通信について当該技術分野において周知であり、当業者は、それを実装するための広範囲のそのようなツール及び手段を認識するであろう。

10

【0029】

図 1 に表される実施形態は、本明細書に開示されるシステム又は方法の範囲を限定するものではなく、代替の実施形態では、概してモデル、より具体的には垂直荷重予測及び任意の関連するタイヤ摩耗推定は、サーバレベルではなく搭載されたコンピューティングデバイス 102 においてローカルに実装され得ることに留意されたい。例えば、モデル 134 は、サーバレベルで経時的に生成及び訓練され、本明細書に開示されるような 1 つ以上のステップ又は動作のローカル実行のために搭載されたコンピューティングデバイス 102 にダウンロードされてもよい。

20

【0030】

他の代替実施形態では、様々なセンサ 112、114、116、118 のうちの 1 つ以上は、搭載されたコンピューティングデバイス 102 を介してではなく、リモートサーバ 130 と直接通信するように、又は車両のユーザによって携行されるモバイルコンピューティングデバイス（図示せず）を介して通信するように構成され得る。

【0031】

システムは、例えば、フリート管理サーバ若しくは他のユーザコンピューティングデバイス 140 上に常駐する追加の分散されたプログラム論理、又は（例えば、視覚及び/若しくは音声インジケータを介した）リアルタイム通知のための車両に常駐するか、若しくはそのドライバと関連付けられたデバイス（図示せず）のユーザインターフェースを含み得、フリート管理デバイスは、いくつかの実施形態では、通信ネットワークを介して搭載されたデバイスに機能的にリンクしている。システムプログラミング情報は、例えば、ドライバによって、又はフリートマネージャによってオンボードで提供され得る。

30

【0032】

車両及びタイヤセンサは、一実施形態では、一意の識別子が更に提供されてもよく、搭載されたデバイスプロセッサ 104 は、同じ車両上のそれぞれのセンサから提供される信号を識別することができ、更に、特定の実施形態では、中央サーバ 130 及び/又はフリート保守管理者クライアントデバイス 140 は、複数の車両にわたってタイヤ並びに関連する車両及び/又はタイヤセンサから提供される信号を識別する場合がある。換言すれば、センサ出力値は、様々な実施形態において、本明細書に開示されるような計算のために、搭載又はリモート/下流のデータストレージ及び実装を目的として、特定のタイヤ、特定の車両、及び/又は特定のタイヤ車両システムと関連付けられてもよい。搭載されたデバイスプロセッサは、図 1 に示すように、ホスト型サーバと直接通信することができるか、代替的に、ドライバのモバイルデバイス又はトラックに装着されたコンピューティングデバイスは、搭載されたデバイス出力データを受信及び処理/ホストされたサーバ及び/又はフリート管理サーバ/デバイスに送信するように構成されてもよい。

40

【0033】

特定の車両及び/又はタイヤセンサから受信された信号は、本明細書に開示される方法に従って計算するために必要に応じて選択的に取り出すために、搭載されたデバイスメモリに記憶されるか、又は搭載されたデバイスプロセッサに機能的にリンクされた等価な

50

データ記憶ネットワークに記憶されてもよい。本明細書で使用されるとき「データ記憶ネットワーク」は、一般に、データを記憶し、そこからのデータの選択的取り出しを可能にするように構成された個々の、集中化された、又は分散された論理的及び/又は物理的エンティティを指し得、例えば、限定はしないが、メモリ、ルックアップテーブル、ファイル、レジスタ、データベースなどを含み得る。いくつかの実施形態では、様々な信号からの生データ信号は、車両からサーバに実質的にリアルタイムで通信されてもよい。代替的に、特に高周波データの連続データ伝送における固有の非効率を考慮して、データは、例えば、適切な通信ネットワークを介して、車両からリモートサーバへのより効率的な（例えば、周期的な時間ベース又は代替的に定義されたイベントベースの）伝送のために、コンパイル、エンコード、及び/又は要約されてもよい。

10

【0034】

車両データ及び/又はタイヤデータは、通信ネットワークを介してホスト型サーバ130に送信されると、例えば、それに関連するデータベース132に記憶されてもよい。サーバは、適切な入力として車両データ及び/又はタイヤデータを選択的に取り出し及び処理するために、本明細書に開示される1つ以上のアルゴリズムモデル134を含む、又はそうでなければそれに関連付けられてもよい。モデルは、少なくとも部分的に、車両データ及び/又はタイヤデータの選択的な取得を可能にするプロセッサの実行を介して、更に、サーバと関連して記憶されているデータベース、ルックアップテーブルなどからの任意の追加のデータ又はアルゴリズムの入力のための電子通信において、実装され得る。

【0035】

20

システム100は、例えば、フリート管理サーバ若しくは他のコンピューティングデバイス140上に常駐する追加の分散されたプログラム論理、又は（例えば、視覚及び/若しくは音声インジケータを介した）リアルタイム通知のための車両に常駐するか、若しくはそのドライバと関連付けられたデバイス（図示せず）のユーザインターフェースを含み得、フリート管理デバイス140は、いくつかの実施形態では、通信ネットワークを介して搭載されたデバイス102に機能的にリンクしている。システムプログラミング情報は、例えば、ドライバによって、又はフリートマネージャによってオンボードで提供され得る。

【0036】

本明細書に開示される特定のアルゴリズム及び方法に関して特に関連して、前述のように、システムに関連付けられた1つ以上のセンサは、例えば、特定の大型トラックに現在しばしば含まれるようなタイヤ圧監視システム（TPMS）センサ118を含んでもよい。従来のTPMSの例は、TPMS受信機に機能的にリンクされたセンサ送信機を含み、それ自体がデータ処理ユニットに更にリンクされている。TPMSセンサ送信機は、タイヤホイール又はタイヤの内面のいずれかの上で、車両の各タイヤの内部空気キャビティ内に設けられてもよい。送信機は、所定の時間間隔でタイヤの内圧及び含有空気温度を検出することができ、タイヤに関連付けられた一意の識別子とともに対応する値を受信機に無線で送信する。送信機は、例えば、タイヤバルブと一体化されるようにホイールリム上に装着されてもよい。代替的に、送信機は、タイヤの内面に取り付けられてもよい。受信機は、例えばBluetoothなどの通信手段を介して送信機からデータ処理ユニットに信号を更に中継する。

30

40

【0037】

含有空気温度は、いくつかの要因によって影響を受ける。タイヤたわみは熱を発生させ、含有空気温度を上昇させる。タイヤにかかる負荷が大きくなると、たわみが増大し、これにより、より多くの熱が発生し、含有空気温度がより高く上昇する。旋回、制動、及び加速はまた、（タイヤと道路との間の摩擦からのより多くの熱に加えて）より多くのタイヤたわみを引き起こし、より多くの熱を発生させ、含有空気温度をより高く上昇させる。

【0038】

図2を参照すると、本明細書で更に説明される方法200は、前述の典型的なセンサ測定値（例えば、速度、周囲温度、膨張圧力、及びCAT）のうちのいくつかからのタイ

50

ヤ上の垂直荷重の予測に関する。

【0039】

1つのステップ210では、タイヤの熱特性（例えば、定常状態熱特性）が、様々な動作条件と相関するものとして決定される。様々な実施形態では、この決定は、物理的測定を介して、代替的に有限要素解析、他の同等の技法、又はそれらの混合を介して行うことができる。例示的な実施形態では、定常状態含有空気温度は、いくつかの異なる垂直荷重、速度、及び膨張圧力で決定される。次いで、これらの条件の全てが1つのパラメータにコンパイルされ、このパラメータは、垂直荷重に速度（本質的にタイヤへのパワー入力）を掛けて膨張圧力で割ったものである。

【0040】

図3は、データ曲線の2つの例を示し、第1の曲線301は、物理的測定からの屋外試験結果を介して生成され、第2の曲線302は、有限要素解析シミュレーションを介して生成される。本実施形態で表されるデータは、 $T = A * (F_z * v / p)^b$ の形式をとり、ここで、 T は、CAT（又は T_{rim} ）と周囲温度（又は T_{amb} ）との差であり、 F は垂直荷重であり、 v は車両速度であり、 p はタイヤの膨張圧力であり、 A 及び b は決定される係数である。例示的な曲線301については、係数 A は25であると決定され、係数 b は0.65であると決定される。例示的な曲線302については、係数 A は35であると決定され、係数 b は0.65であると決定される。

【0041】

別のステップ320では、過渡温度を予測するために、タイヤは集中容量モデルとして扱われてもよく、ここで、例えば、必要とされる唯一のパラメータは時定数である。この時定数は、タイヤが加熱中であるか冷却中であるかに応じて異なり得る。一例として、サイズ295/75R22.5 R283のトラック及びバスラジアル（truck and bus radial、TBR）タイヤから収集された限られたデータに基づいて、冷却時定数 c_{ool} は、2500秒であると決定され、加熱時定数 h_{eat} は、1250秒であると決定される。当業者は、これらの時定数がタイヤごとに、特に異なるサイズのタイヤについて変化する可能性が高く、したがって、これらの定数は実験データから決定される必要があることを理解するであろう。

【0042】

図4は、速度及び垂直荷重の両方における変動を伴う制御された屋内ドラム試験についての、測定された含有空気温度402に対する予測された含有空気温度401の比較を表す。試験走行距離410の第1のブロックでは、速度は40マイル毎時（miles per hour、mph）であり、荷重は6173重量ポンド（pounds of force、lbf）である。試験走行距離420の第2のブロックでは、速度は50mphであり、荷重は6173lbfである。試験走行距離430の第3のブロックでは、速度は60mphであり、荷重は6173lbfである。試験走行距離440の第4のブロックでは、速度は40mphであり、荷重は6614lbfである。試験走行距離450の第5のブロックでは、速度は50mphであり、荷重は6614lbfである。試験走行距離460の第6のブロックでは、速度は60mphであり、荷重は6614lbfである。

【0043】

TPMSデバイス118が前述したように実装されるとき、含有空気温度測定値402は、通常、そこから直接取得されてもよい。これは、前述のモデルが未知の変数、すなわち垂直荷重を予測するために使用されることを可能にする。図4に示される実施形態について、この方法が適用される場合、垂直荷重は、実際の値の120N以内で予測される。当業者であれば、このデータは、車両状態に関して瞬間的に見たとき、非常に疎であり、かつ/又はノイズが多い可能性があるが、ノイズは、例えば長距離トラックルートについて24時間にわたるなど、より長い期間にわたる平滑化分析を介してフィルタリングされるか、又は他の方法で最小化され得ることを理解するであろう。これは、摩耗及び耐久性をより正確に予測する典型的なシステムの能力にかなりの影響を与える可能性がある。

【0044】

10

20

30

40

50

様々なタイヤ摩耗値は、例えば、様々な物理的部分、プロセス、又はシステムの「デジタルツイン」仮想表現に基づいて推定されてもよく、デジタル及び物理データがペアリングされ、例えばニューラルネットワークなどの学習システムと組み合わせられる。例えば、車両からの実データ及び関連する位置／経路情報を提供して、タイヤ摩耗を推定するための車両タイヤのデジタル表現を生成してもよく、推定されたタイヤ摩耗と決定された実際のタイヤ摩耗とのその後の比較は、機械学習アルゴリズムのフィードバックとして実施してもよい。摩耗モデルは、搭載されたシステムを介して処理するために車両において実装されてもよく、又は、タイヤデータ及び／又は車両データは、リモート摩耗推定のために代表的なデータをホスト型サーバに提供するように処理されてもよい。

【0045】

タイヤ摩耗状態（例えば、トレッド深さ）は、例えば、特定の車両データとともにトラクションモデルへの入力として提供され得、トラクションモデルは、それぞれのタイヤについての推定トラクション状態又は1つ以上のトラクション特性を提供するように構成され得る。前述の摩耗モデルと同様に、トラクションモデルは、物理的部分、プロセス、又はシステムの「デジタルツイン」仮想表現を含んでもよく、デジタル及び物理データがペアリングされ、例えば人工ニューラルネットワークなどの学習システムと組み合わせられる。特定のタイヤ、車両、又はタイヤ-車両システムからの実車両データ及び／又はタイヤデータを、それぞれの資産のライフサイクル全体にわたって提供して、タイヤトラクションの推定のための車両タイヤの仮想表現を生成してもよく、推定タイヤトラクションと対応する測定又は決定された実際のタイヤトラクションとのその後の比較は、好ましくは、サーバレベルで実行される機械学習アルゴリズムのフィードバックとして実施してもよい。

【0046】

トラクションモデルは、様々な実施形態において、多数のタイヤ-車両システム及び入力パラメータ（例えば、タイヤトレッド、膨張圧力、路面特性、車両速度及び加速度、スリップ率及び角度、垂直力、制動圧力及び負荷）の値の関連する組み合わせに関して収集された、例えば、停止距離試験結果、タイヤトラクション試験結果などを含む事前試験からの結果を利用して、タイヤトラクション出力は、現在の車両データ及びタイヤデータ入力の所与の設定について効果的に予測する場合がある。

【0047】

一実施形態では、このトラクションモデルからの出力は、アクティブセーフティシステムに組み込まれ得る。本明細書で使用するとき、「アクティブセーフティシステム」という用語は、好ましくは、衝突回避システム、高度運転補助システム（advanced driver assistance system、ADAS）、アンチロック制動システム（anti-lock braking system、ABS）などの例を含むがこれらに限定されない、当業者に一般的に既知であるようなシステムを包含し得、これらは、最適な性能を達成するために、トラクションモデル出力情報を利用するように構成され得る。例えば、衝突回避システムは、典型的には、標的車両との潜在的な衝突を回避又は軽減するために、自車のブレーキを自動的に係合することなどの、及びタイヤのトラクション能力に関する情報の強化、ひいてはタイヤ車両システムの制動能力などの回避作用をとるよう構成されており、タイヤのトラクション能力、すなわちタイヤ車両システムの制動能力に関する拡張情報が極めて望ましい。

【0048】

別の実施形態では、ライドシェア自律フリートは、トラクションモデルからの出力データを使用して、悪天候の間にトレッド深さが低い車両を使用不能にするか、そうでなければ選択的に除去するか、又は潜在的にそれらの最大速度を制限することができる。

【0049】

様々な実施形態では、本方法は、現在の摩耗値を閾値と比較して、タイヤが交換を必要とするかどうか（又はいつ必要とするか）を決定することを更にも含む。本方法は、代替的に又は更に、1つ以上の将来の時点における摩耗値を予測することを含んでもよく、そのような予測値は、それぞれの閾値と比較され得る。例えば図1に表されるよう

10

20

30

40

50

に、予測されたタイヤ摩耗状態（例えば、所与の距離、時間などにおける予測されたトレッド深さ）に対応するフィードバック信号は、インターフェース 120 を介して、車両自体に関連付けられた搭載されたデバイス 102 に、又はユーザに関連付けられたモバイルデバイス 140 に提供されてもよく、例えば、タイヤが交換されるべきであるか又は間もなく交換される必要があるという警報又は通知／推奨を提供するように構成されたユーザインターフェースと統合されてもよい。

【0050】

別の例として、自律車両フリートは、様々な最小トレッド状態値を有する多数の車両を含んでもよく、車両フリート管理システムは、最小閾値を下回る車両の配備を無効にするように構成されてもよい。フリート管理システムは、車輪位置に対応する様々な最小トレッド状態値を更に実装し得る。このシステムは、したがって、車両と関連付けられた複数のタイヤの各々の最小タイヤトレッド値に作用するように構成され得るか、又は一実施形態では、最小閾値と比較するために、複数のタイヤの集約されたトレッド状態を計算し得る。

10

【0051】

様々な実施形態では、本方法は、閾値違反が検出されない場合であってもデータストリーミングを更に含んでもよく、推定及び／又は予測された摩耗値は、ローカルユーザインターフェース及び／又はリモートディスプレイ（例えば、フリート管理サーバと関連付けられる）上にリアルタイムで表示されることができ、更に表示されるデータは、例えば、含有空気温度を含んでもよい。

20

【0052】

本明細書及び特許請求の範囲を通して、文脈がそうでない旨を指示しない限り、以下の用語は、少なくとも、本明細書に明示的に関連する意味をとる。以下で識別される意味は、必ずしも用語を限定するものではなく、単に用語の例解的な例を提供するものである。「a」、「an」、及び「the」の意味は、複数の参照を含み得、「in」の意味は、「in」及び「on」を含み得る。本明細書で使用されるとき、「一実施形態では」という句は、必ずしも同じ実施形態を指すものではないが、指すこともあり得る。

【0053】

本明細書に開示される実施形態に関連して説明される様々な例解的な論理ブロック、モジュール、及びアルゴリズムステップは、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、又はそれらの両方の組み合わせとして実装することができる。ハードウェア及びソフトウェアのこの互換性を明確に例解するために、様々な例解的な構成要素、ブロック、モジュール、及びステップは、概して、それらの機能性に関して上で説明されている。そのような機能性がハードウェアとして実装されるかソフトウェアとして実装されるかは、特定の適用例、及びシステム全体に課される設計上の制約に依存する。説明された機能性は、それぞれの特定の適用例ごとに様々な方式で実装することができるが、そのような実装決定は、本開示の範囲からの逸脱を引き起こすものとして解釈されるべきではない。

30

【0054】

本明細書に開示される実施形態に関連して説明される様々な例解的な論理ブロック及びモジュールは、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ（digital signal processor、DSP）、特定用途向け集積回路（application specific integrated circuit、ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（field programmable gate array、FPGA）若しくは他のプログラマブル論理デバイス、個別ゲート若しくはトランジスタ論理、個別ハードウェア構成要素、又は本明細書に説明される機能を実行するように設計されたそれらの任意の組み合わせなど、機械によって実装又は実行することができる。汎用プロセッサは、マイクロプロセッサであってもよいが、代替として、プロセッサは、コントローラ、マイクロコントローラ、又はステートマシン、それらの組み合わせなどであってもよい。プロセッサはまた、コンピューティングデバイスの組み合わせ、例えば、DSPとマイクロプロセッサとの組み合わせ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連携する1つ以上のマイクロプロセッサ、又は任意の他のそのような構成の組み合わせとし

40

50

て実装することもできる。

【0055】

本明細書に開示される実施形態に関連して説明される方法、プロセス、又はアルゴリズムのステップは、ハードウェアで直接具現化するか、プロセッサによって実行されるソフトウェアモジュールで具現化するか、又はこれら2つの組み合わせで具現化することができる。ソフトウェアモジュールは、RAMメモリ、フラッシュメモリ、ROMメモリ、EPROMメモリ、EEPROMメモリ、レジスタ、ハードディスク、取り外し可能ディスク、CD-ROM、又は当該技術分野において既知の任意の他の形態のコンピュータ可読媒体内に常駐することができる。例示的なコンピュータ可読媒体は、プロセッサがメモリ/記憶媒体から情報を読み取り、メモリ/記憶媒体に情報を書き込むことができるように、プロセッサに結合され得る。代替として、媒体は、プロセッサと一体であり得る。プロセッサ及び媒体は、ASIC内に常駐することができる。ASICは、ユーザ端末内に常駐することができる。代替として、プロセッサ及び媒体は、ユーザ端末内の別個の構成要素として常駐することができる。

10

【0056】

本明細書で使用される、とりわけ、「できる(can)」、「かもしれない(might)」、「場合がある(may)」、「など(e.g.)」など、条件付き文言は、具体的に別途記載のない限り、又はさもなければ使用される文脈内で理解されない限り、特定の実施形態が、特定の特徴、要素、及び/又は状態を含むが、他の実施形態は、それらの特定の特徴、要素、及び/又は状態を含まないことを伝えることを概して意図する。したがって、そのような条件付き文言は、特徴、要素、及び/又は状態が、1つ以上の実施形態のために何らかの方式で必要とされることを示唆することを概して意図せず、また、1つ以上の実施形態が、オーサ入力又はプロンプティングを用いて又は用いないで、これらの特徴、要素、及び/又は状態が、何らかの特定の実施形態に含まれるか又はそれにおいて実行されるべきかどうかを決定するための論理を、必ず含むことを示唆することを概して意図しない。

20

【0057】

本発明の特定の好ましい実施形態は、典型的には、フリート管理システム、より具体的には自律型車両フリート又は商業用トラック用途のためのタイヤ摩耗推定に対して明細書に説明されることがあるが、本発明は、それに全くもって明示的に限定されるものではなく、本明細書で使用される時「車両」という用語は、別途記載のない限り、自己推進式であるかどうかにかかわらず、1つ以上のタイヤを含み得る、自動車、トラック、又はそれらの任意の等価物を指し、したがってタイヤ摩耗及び/又はタイヤトラクションの正確な推定又は予測、並びに、例えば直接車両制御調節の形態での潜在的な無効化、交換、又は介入を必要とし得る。

30

【0058】

本明細書で使用するとき、別途記載のない限り、「ユーザ」という用語は、例えば、本明細書に開示される特徴及びステップを提供するためのユーザインターフェースを有するデバイスと関連付けられ得る、ドライバ、搭乗者、メカニック、技術者、フリート管理職員、又は任意の他の人物若しくはエンティティを指し得る。

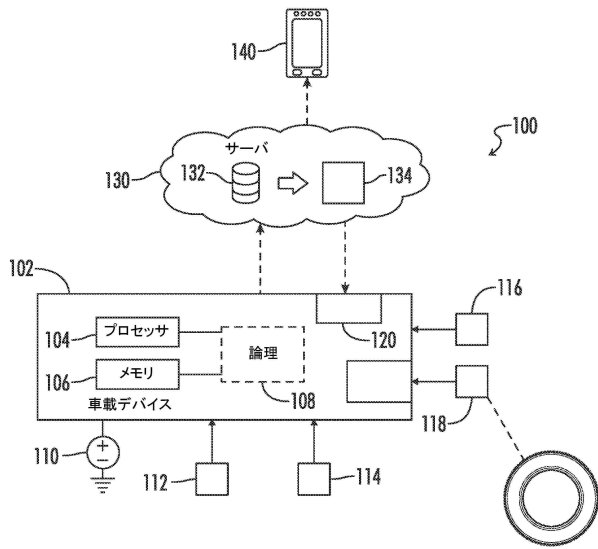
40

前述の詳細な説明は、例解及び説明の目的のために提供されている。したがって、新規で有用な発明の特定の実施形態を説明してきたが、このような参照が、以下の特許請求の範囲における記載を除いて、本発明の範囲への限定として解釈されることを意図しない。

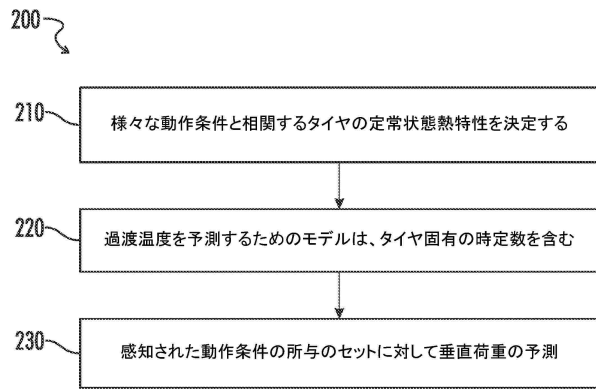
50

【図面】

【図 1】

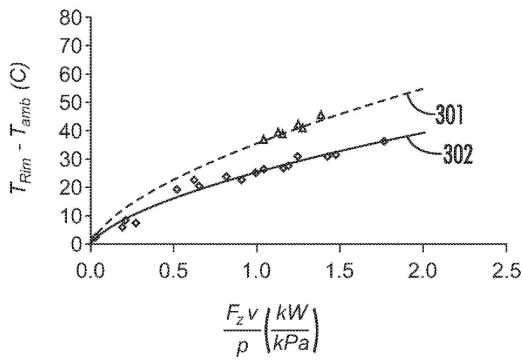


【図 2】

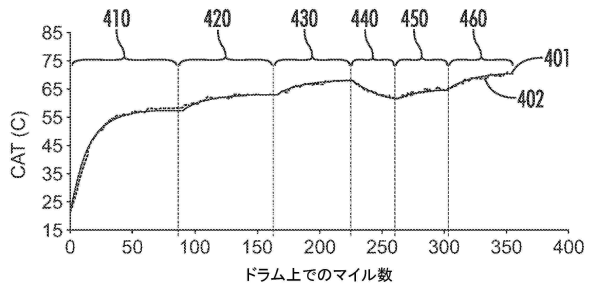


10

【図 3】



【図 4】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2014 - 046879 (JP, A)
特開 2014 - 084100 (JP, A)
特開 2016 - 011103 (JP, A)
特開 2016 - 205847 (JP, A)
特表 2013 - 536109 (JP, A)
国際公開第 2015 / 040745 (WO, A1)
米国特許出願公開第 2004 / 0068391 (US, A1)
米国特許出願公開第 2015 / 0360525 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01M 17 / 02
B60C 19 / 00