

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6968026号
(P6968026)

(45) 発行日 令和3年11月17日(2021.11.17)

(24) 登録日 令和3年10月28日(2021.10.28)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 M 17/02 (2006.01) GO 1 M 17/02
B 6 O C 19/00 (2006.01) B 6 O C 19/00 H

請求項の数 2 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-87563 (P2018-87563) (22) 出願日 平成30年4月27日 (2018. 4. 27) (65) 公開番号 特開2019-191122 (P2019-191122A) (43) 公開日 令和1年10月31日 (2019. 10. 31) 審査請求日 令和2年12月18日 (2020. 12. 18)</p>	<p>(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 100141243 弁理士 官園 靖夫 (72) 発明者 若尾 泰通 東京都中央区京橋3-1-1 株式会社ブリヂストン内 審査官 瓦井 秀憲</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タイヤ状態検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

タイヤ気室内の温度を検出する温度センサーと、
 タイヤの回転に伴う加速度を検出する加速度センサーと、
 タイヤ気室内の圧力を検出する圧力センサーと、
 前記検出された温度の履歴に基づいてタイヤの熱による熱疲労指標を算出する熱疲労指標算出手段と、

前記検出された加速度及び圧力の履歴に基づいてタイヤへの負荷による負荷疲労指標を算出する負荷疲労指標算出手段と、

前記熱疲労指標及び前記負荷疲労指標に基づいて、タイヤ疲労指標を算出するタイヤ疲労指標算出手段と、を備えたタイヤ状態検出装置。

10

【請求項2】

前記タイヤ疲労指標に基づいてタイヤ使用量を算出するためのタイヤ使用指標算出手段を備えた請求項1に記載のタイヤ状態検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、タイヤ状態検出装置に関し、特に、鉱山用運搬車両のタイヤの状態を検出するタイヤ状態検出装置に関する。

【背景技術】

20

【 0 0 0 2 】

従来、鉱山用運搬車両等に使用されるダンプトラックのタイヤが受ける応力の指標を決定する方法として、車両により計測される運搬荷重及び走行距離から、荷重と走行距離との積を算出し、その算出値を鉱山および車両の物理的パラメータによって補正して応力の指標を得る技術が開示されている（特許文献1）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特許 5 2 6 9 3 0 4 号 公 報

【 発明の概要 】

10

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、特許文献1に開示される技術では、タイヤの状態の把握において鉱山及び車両の物理的パラメータ等の各種パラメータによる補正に依存する。これらのパラメータは、車両の種類、鉱山の違い、また各鉱山において時々刻々と変化する路面状態に対応すべく補正する必要がある、多大な工数が必要であるという問題がある。

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、より簡便な方法でタイヤの状態を検出可能なタイヤ状態検出装置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 】

【 0 0 0 5 】

20

上記課題を解決するためのタイヤ状態検出装置の構成として、タイヤ気室内の温度を検出する温度センサーと、タイヤの回転に伴う加速度を検出する加速度センサーと、タイヤ気室内の圧力を検出する圧力センサーと、検出された温度の履歴に基づいてタイヤの熱による熱疲労指標を算出する熱疲労指標算出手段と、検出された加速度及び圧力の履歴に基づいてタイヤへの負荷による負荷疲労指標を算出する負荷疲労指標算出手段と、熱疲労指標及び前記負荷疲労指標に基づいて、タイヤ疲労指標を算出するタイヤ疲労指標算出手段と、を備える構成とした。

本構成によれば、車両の種類、鉱山の違い、また各鉱山において時々刻々と変化する路面状態に関わらず、タイヤの状態を簡単、かつより正確に検出することができる。

また、タイヤ状態検出装置の他の構成として、前記タイヤ疲労指標に基づいてタイヤ使用量を算出するタイヤ使用指標算出手段を備える構成とした。

30

本構成によれば、従来一般にタイヤは1本毎に製品として販売されていたが、タイヤ使用指標に応じて課金することが可能になる。即ち、タイヤ使用指標を使用量として課金することで、車両におけるタイヤへの初期投資を軽減することができる。また、寿命が尽きる前のタイヤを再利用する際も同様に、交換までの残存疲労余裕に基づき課金することができるため、より柔軟なタイヤの使用形態或いは販売形態を実現できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 6 】

【 図 1 】 タイヤ状態検出装置の概念図である。

【 図 2 】 データセンターのハードウェアの構成を示すブロック図である。

40

【 図 3 】 データセンターの構成を示すブロック図である。

【 図 4 】 処理手段のハードウェアの構成を示すブロック図である。

【 図 5 】 加速度データの波形の一例を示す図である。

【 図 6 】 タイヤが石に接触したときの加速度データの波形の一例を示す図である。

【 図 7 】 加速度波形と接地時間及び回転時間との関係を示す図である。

【 図 8 】 タイヤ疲労指標算出テーブルの概念図である。

【 図 9 】 外傷評価指標Hの概念図である。

【 図 1 0 】 タイヤ使用指標算出テーブルの概念図である。

【 図 1 1 】 タイヤ摩耗推定テーブルの概念図である。

【 発明を実施するための形態 】

50

【 0 0 0 7 】

以下、発明の実施形態を通じて本発明を詳説するが、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではなく、また実施形態の中で説明される特徴の組み合わせのすべてが発明の解決手段に必須であるとは限らず、選択的に採用される構成を含むものである。

【 0 0 0 8 】

図 1 は、本実施形態に係るタイヤ状態検出装置 1 の一例を示す概略図である。

タイヤ状態検出装置 1 は、概略、車両 2 の運行状態を取得するために車両 2 に設けられた複数の検出手段から出力される情報に基づいて、データセンター 4 において車両 2 に装着されたタイヤ 2 A の状態を取得し、車両 2 の運行を管理するために鉱山サイトに設けられた管理事務所（管制センター）6 の管制コンピュータ 7 に、取得した情報を出力することで、運行管理者にタイヤ 2 A の状態を報知するように構成される。

10

【 0 0 0 9 】

図 1 に示すように、鉱山サイトなどでは、複数の車両 2 が自動運転で運行される。各車両 2 には、図外の自動運転装置が搭載され、管理事務所 6 の管制コンピュータ 7 から出力される指令に基づいて移動が管理される。

各車両 2 は、タイヤ 2 A の状態を検出するタイヤ状態検出手段 8 と、タイヤ状態検出手段 8 により検出された情報をデータセンター 4 に出力する中継器 1 2 と備える。

【 0 0 1 0 】

タイヤ状態検出手段 8 は、車両 2 に装着されるタイヤ 2 A 毎に設けられる。タイヤ状態検出手段 8 は、例えば、タイヤ 2 A の気室内の温度を検出する温度センサー 1 3 と、タイヤ 2 A にかかる加速度を検出する加速度センサー 1 4 と、タイヤ 2 A の気室内の空気圧（内圧）を検出する圧力センサー 1 6 とを備える。

20

【 0 0 1 1 】

温度センサー 1 3、加速度センサー 1 4、圧力センサー 1 6 は、例えば、タイヤ内装置 2 0 として、一つのケースに收容されたモジュールとして一体的に構成され、タイヤ内周面を形成するインナーライナーのタイヤ幅方向中心（図中 C L で示す）に装着される。本実施形態では、加速度センサー 1 4 は、タイヤ 2 A のトレッド部のタイヤ径方向の加速度を検出可能に構成されている。タイヤ内装置 2 0 には、温度センサー 1 3、加速度センサー 1 4、圧力センサー 1 6 により検出された温度 T、加速度、空気圧 P 等の情報をデータセンター 4 に出力するための通信手段 2 2 が設けられる。

30

【 0 0 1 2 】

通信手段 2 2 は、車両 2 の車体に設けられた中継器 1 2 との間で通信可能に構成される。通信手段 2 2 は、例えば、無線通信装置であって、例えば、無線通信装置としての機能を一つに集約した所謂ワンチップ IC など構成される。通信手段 2 2 と中継器 1 2 との通信は、タイヤ内装置 2 0 側の電力の消費を考慮した場合、例えば、Bluetooth（登録商標）等の近距離無線通信規格が好適である。温度センサー 1 3、加速度センサー 1 4、圧力センサー 1 6 により検出された温度 T、加速度、空気圧 P 等の情報は、中継器 1 2 を介してデータセンター 4 に出力される。

40

【 0 0 1 3 】

タイヤ内装置 2 0 には、温度センサー 1 3、加速度センサー 1 4、圧力センサー 1 6 及び通信手段 2 2 の動作において電力を供給する図外の電力供給手段等が設けられる。電力供給手段には、例えば、電池が適用される。なお、各センサー 1 3；1 4；1 6 及び通信手段 2 2 への電力の供給は、電池に限定されずタイヤ 2 A の回転により発電する発電装置であっても良い。この場合、各センサー 1 3；1 4；1 6 及び通信手段 2 2 等と一体とせず、タイヤ内において別体として設けても良い。

【 0 0 1 4 】

タイヤ内装置 2 0 には、装置 ID が割り振られ、どのタイヤ内装置 2 0 が車両 2 におけるどの位置に装着されたタイヤ 2 A から入力された情報がデータセンター 4 において判別可能に構成される。装置 ID には、例えば、通信手段 2 2 に固有のものとして設定される

50

通信IDを利用することができる。以下この装置IDをタイヤIDという。

【0015】

中継器12は、タイヤ内装置20における通信手段22との通信を可能にするタイヤ側通信装置と、データセンター4との通信を可能にするセンター側通信装置とを備える。タイヤ側通信装置は、例えば、タイヤ内装置20に設けられた通信手段22と通信可能に構成され、例えば、小電力無線通信等の規格を適用される。センター側通信装置は、例えば、インターネットに接続可能な無線通信回線によりデータセンター4に接続される。

【0016】

センター側通信装置には、車両2を特定するための車両IDが設定され、タイヤ側通信装置を介して入力された温度T、加速度、空気圧P、タイヤID等の各種情報に加え、車両IDを付加してデータセンター4に出力する。これにより、データセンター4に入力された温度T、加速度、空気圧Pは、どの車両2のどの位置に装着されたタイヤ2Aの情報に識別される。

【0017】

データセンター4は、各車両2の各タイヤ2Aから入力された温度T、加速度、空気圧P等の情報を時系列に基づいてタイヤ2Aの状態を解析し、運行管理者に報知する。

【0018】

図2は、データセンター4のハードウェアの構成を示す。

データセンター4は、例えば、鉱山サイトとは異なる場所に設けられ、サーバーやネットワーク機器などのIT機器が設置された施設である。例えば、クラウドサーバー等と称される設備を利用することができる。即ち、データセンター4は、コンピュータを主として構成され、ハードウェア資源として設けられた演算手段としてのCPU40、ROM、RAM等の記憶手段42、外部との情報の入出力を可能にするための入出力手段44とを備える。

【0019】

記憶手段42には、入力された温度T、加速度、空気圧Pに基づいて各車両2の運行状態を取得するためのプログラムが格納される。データセンター4は、CPU40が記憶手段42に記憶されたプログラムを実行することにより、該データセンター4を後述の各手段として機能させる。

【0020】

記憶手段42には、各車両2からデータセンター4に入力された温度T、加速度、空気圧Pが、車両ID毎に履歴として記憶される。また、記憶手段42には、後述の処理において使用されるテーブル(データマップ)や判定値等の情報があらかじめ記憶される。

【0021】

入出力手段44は、例えば、有線、無線等のインターネット回線を介して、車両2及び管理事務所6の管制コンピュータ7と接続可能に構成される。

【0022】

図3は、データセンター4のブロック図である。データセンター4は、熱疲労指標算出手段46と、入力された加速度データを処理する加速度データ前処理手段48と、車両2における各タイヤ2Aの荷重算出手段50と、タイヤ回転数算出手段52と、負荷疲労指標算出手段53と、タイヤ疲労指標算出手段54と、疲労判定手段55と、疲労推定手段56、外傷検出手段58と、外傷解析手段59と、外傷判定手段60と、外傷推定手段62と、タイヤ使用指標算出手段64とを備える。

【0023】

熱疲労指標算出手段46は、温度センサー13により検出された温度Tに基づいて熱に起因するタイヤ2Aのゴムの疲労状態を熱疲労指標Ftとして算出する。熱疲労指標Ftは、熱によるタイヤ2Aの劣化度合いを示す数値であって、例えば、未使用状態を0、劣化による使用限界を100として0~100の間で示される。

熱疲労指標算出手段46では、記憶手段42にあらかじめ記憶させておいた熱疲労指標算出テーブルに、温度Tを参照させることで、熱疲労指標Ftを算出する。

10

20

30

40

50

ゴムの疲労は、タイヤに使用されるゴムの種類、タイヤの構造に依存するため、熱疲労指標算出テーブルは、タイヤの種類毎に、ドラム試験などによって新品状態から熱による劣化限界を取得することで作成される。

【0024】

加速度データ前処理手段48は、後段の車両2における各タイヤ2Aの荷重算出手段50と、タイヤ回転数算出手段52と、外傷検出手段58等の処理において使用される加速度データの前処理を実行する。

【0025】

図4は、加速度データ前処理手段48の構成の一例を示すブロック図である。図5は、加速度データの波形の一例を示す図である。加速度データ前処理手段48は、加速度データ読込部48Aと、ピーク位置検出部48Bと、ピーク位置判別部48Cとを備える。

10

加速度データ読込部48Aは、記憶手段42に記憶された加速度データの読み込みを実行する。

【0026】

ピーク位置検出部48Bは、読み込んだ加速度データに含まれるピークの位置を検出する。検出された各ピークは、それぞれに対応する位置とともに大きさがピークデータとして記憶される。ここでいう位置とは、加速度データにおける時間的な位置を示している。

【0027】

ピーク位置判別部48Cは、ピーク位置検出部48Bにより検出されたピークデータから、タイヤ2Aが路面と接地するときの踏み込み側の端部を(以下、踏込端という)Si、及びタイヤ2Aが路面から離間するときの蹴り出し側の端部を(以下、蹴出端という)Koか、それ以外を判別する。

20

【0028】

図5に示すように、踏込端Si及び蹴出端Koを示すピークは、加速度データにおいてタイヤ2Aが1回転する毎に正・負2つのピークEk, Efとなって現われる。例えば、時系列的に最初に出現するピークEkは、タイヤ2Aのタイヤ内装置20が装着された位置が路面に衝突するとき生じるピークであり、このピークが踏込端Siである。次に出現するピークEf(ピークEkと符号が逆向き)は、タイヤ2Aのタイヤ内装置20が装着された位置が路面から離れるときに生じるピークであり、このピークが蹴出端Koである。

30

【0029】

図6は、タイヤが石に接触したときの衝撃波形を含む加速度データの波形の一例を示す図である。また、加速度データには、石に接触したり、石や路面に形成された大きな凹凸を踏破したとき等の過度な入力(以下、大入力という)があった場合に、図6に示すような衝撃波形が加速度データの波形に含まれる。即ち、踏込端Si及び蹴出端Koを示すピークEk; Ef以外のピークが加速度データの波形に現れる。

【0030】

そこで、ピーク位置判別部48Cでは、加速度データにおいて検出されたピークデータから時系列に早い時刻位置に出現する正側のピークの位置を踏込端Siの位置t11、次に、出現する負側のピークの位置を蹴出端Koの位置t12として仮定し、記憶する。さらに、これに連続して次に出現する正・負2つのピークの位置を、それぞれ、次の踏込端Siの時刻(位置)t21、及び、次の蹴出端Koの位置t22等として仮定し、記憶する。

40

【0031】

図7は、加速度データにおける接地時間Tc及び回転時間Trとの関係を示す図である。

次に、上記仮定に基づいて、図7に示す接地時間Tc及びタイヤ2Aが1回転するときの回転時間Trを算出する。まず、時系列的に先に仮定した踏込端Siの位置t11及び蹴出端Koの位置t12により接地時間Tcを算出する。具体的には、接地時間Tcは、蹴出端Koの位置t12 - 踏込端Siの位置t11により算出される。

50

【 0 0 3 2 】

次に、先に仮定した踏込端 S_i の位置 t_{11} 及び次に仮定した踏込端 S_i の位置 t_{21} により回転時間 T_{ab} を算出する。具体的には、回転時間 T_r は、蹴出端 K_o の位置 t_{21} - 踏込端 S_i の位置 t_{11} により算出される。なお、回転時間 T_r は、蹴出端 K_o の位置 t_{11} と次の蹴出端 K_o の位置 t_{22} との差から算出してもよい。ここで、踏込端 S_i の位置 t_{12} と蹴出端 K_o の位置 t_{21} との差が、接地外時間 T_x である。

【 0 0 3 3 】

次に、接地時間比 K を算出し、接地時間比 K を用いて上記仮定が正しいか否かを判定する。接地時間比 K は、タイヤ 2 A が回転時間 T_r で一回転するときの接地時間 T_c の占める割合であって、 T_c / T_r により算出される。

10

【 0 0 3 4 】

次に、算出された接地時間比 K に対して接地時間比範囲 $[K_1, K_2]$ を設定し、 K と、接地時間比範囲の下限値 K_1 及び接地時間比範囲の上限値 K_2 とを比較し、接地時間比 K が接地時間比範囲にあるか否かを判定する。

【 0 0 3 5 】

例えば、大入力的位置を後の蹴出端 K_o の位置と推定してしまった場合に、算出された回転時間 T_r が実際の回転時間よりも短くなり、また、大入力的位置を後の踏込端 S_i と推定してしまった場合には、算出された接地時間 T_c が、実際の接地時間よりも短くなる。そこで、正しい踏込端 S_i の位置及び蹴出端 K_o の位置を取得するための判定基準として接地時間比範囲 $[K_1, K_2]$ を設定し、ピークを判定することにより、踏込端 S_i 及び蹴出端 K_o の位置を正確に検出することが可能となり、踏込端 S_i 及び蹴出端 K_o の位置の誤検出を防止することができる。

20

【 0 0 3 6 】

即ち、ピーク位置判別部 48C では、算出した接地時間比 K が、予め設定された接地時間比範囲 $[K_1, K_2]$ 内にあるか否かを判定し、接地時間比 K が接地時間比範囲内 ($K_1 \leq K \leq K_2$) にある場合には、踏み蹴り位置推定部において推定された t_{11} , t_{12} , t_{22} がそれぞれ実際の踏込端 S_i の位置、蹴出端 K_o の位置 (正常位置) として判定される。正常位置として判定されたピークは、接地ピークデータとして記憶手段 42 に記憶される。

【 0 0 3 7 】

一方、接地時間比 K が接地時間比範囲外 ($K < K_1$ または $K > K_2$) のときには、推定された踏込端 S_i の位置 t_{11} と蹴出端 K_o の位置 t_{12} , t_{22} の位置うちのいずれか一つ、もしくは、2つ、もしくは全部が実際の踏込端 S_i の位置及び蹴出端 K_o の位置ではない (誤推定) と判定する。誤推定された場合には、ピークの位置の組み合わせを変え、再び、接地時間比 K を算出することを繰り返すことで、検出された踏込端 S_i の位置、蹴出端 K_o の位置と、それ以外のピークとを判別する。踏込端 S_i 及び蹴出端 K_o 以外のピークは、接地外ピークとして記憶手段 42 に記憶される。また、上述の演算過程において得られたタイヤ 1 回転毎の接地時間 T_c 、回転時間 T_r は、記憶手段 42 に記憶される。

30

【 0 0 3 8 】

上述の判定処理により判定された接地外ピークは、タイヤ 2 A が石等に衝突したときや、石や凹凸を踏破したとき等の不整地路面を走行したときの衝撃によるものとして判別することができる。

40

【 0 0 3 9 】

荷重算出手段 50 は、記憶手段 42 に記憶された接地時間 K と、空気圧 P とに基づいて、タイヤ 2 A の荷重 W を算出する。

タイヤ 2 A の接地長さ L は、タイヤ 2 A に掛かる荷重 W と、タイヤ 2 A の空気圧 P とによって変化する。具体的には、接地長さ L は、タイヤ 2 A に掛かる荷重 W については、大きければ長く (接地時間比 K は大きく)、小さければ短く (接地時間比 K は小さく) なるようなほぼ直線の比例関係にある。一方、空気圧 P については、高くなれば小さく、空気

50

圧 P が低くなれば大きくほぼ直線の比例関係にある。

【 0 0 4 0 】

したがって、演算された接地時間比 K を検出された空気圧 P を用いて補正することで、荷重 W の推定精度を高めることができる。ここでいう接地長さ L は、接地ピークデータとして記憶された踏込端 S_i の位置及び蹴出端 K_o の位置に基づいて算出され、時間によって表される。

【 0 0 4 1 】

本実施形態では、入力された加速度データに基づいて算出された接地時間比 K は、基準空気圧 P_0 における接地長さ L を意味するものとして扱う。基準空気圧 P_0 とは、車両が異なる毎、或いは車両 2 において装着される位置毎に、タイヤ 2 A に適正な空気圧として設定される推奨値をいう。以下の説明では、基準空気圧 P_0 に対応させて演算された接地時間比 K を接地時間比 K_0 として示す。

【 0 0 4 2 】

圧力センサー 1 6 により検出された空気圧 P が p のときの接地時間比を K_p として示すと、接地時間比 K_p は、算出された接地時間比 K_0 に対して、 $K_p = K_0 + m(p - P_0)$ の関係があるとして算出できる。ここで、 m は、負の数値 ($m < 0$) であり、空気圧と接地時間比との関係を予め算出し、設定される係数である。

【 0 0 4 3 】

荷重算出手段 5 0 では、荷重 W の算出にあたり、まず、圧力センサー 1 6 により計測された空気圧 P と基準空気圧 P_0 とを比較する。空気圧 P と基準空気圧 P_0 との間に差がない場合には、記憶手段 4 2 に記憶された接地時間 K_0 を接地時間比 K_p とし、検出された空気圧 P と基準空気圧 P_0 とに差がある場合には、上記補正式を用いて接地時間比 K_0 を補正する。

【 0 0 4 4 】

そして記憶手段 4 2 に予め記憶させておいた荷重算出テーブルを読み込み、得られた接地時間比 K_p を荷重算出テーブルに参照させることで、タイヤ 2 A の荷重 W_p が算出される。荷重算出テーブルとは、基準空気圧 P_0 を基準として予め接地時間比の大きさと荷重との関係を求めておいたものである。算出された荷重 W は、記憶手段 4 2 に出力され、荷重履歴データとして記憶される。

【 0 0 4 5 】

タイヤ回転数算出手段 5 2 は、例えば、記憶手段 4 2 に記憶された回転時間 T_r に基づいて、単位時間当たりのタイヤ回転数を算出する。具体的には、回転時間 T_r の逆数を算出することで単位時間当たりのタイヤ回転数が得られる。算出したタイヤ回転数は、記憶手段 4 2 に出力され、タイヤ回転数の履歴、即ち走行距離としてデータとして記録される。

【 0 0 4 6 】

負荷疲労指標算出手段 5 3 は、荷重履歴及びタイヤ回転数（走行距離）に基づいて、タイヤへの負荷による疲労の度合いを示す負荷疲労指標 F_w を算出する。

負荷疲労指標 F_w は、例えば、次のように算出することができる。タイヤ 2 A の負荷疲労指標 F_w を算出するための負荷疲労指標算出テーブルを、あらかじめ記憶手段 4 2 に記憶させておき、荷重の積算値及びタイヤ回転数（走行距離）を、負荷疲労指標算出テーブルに参照させることで、負荷によるタイヤの疲労状態を示す負荷疲労指標 F_w を算出する。

【 0 0 4 7 】

負荷疲労指標算出テーブルは、例えば、タイヤの種類毎、具体的にはタイヤの構造毎に作成すると良い。負荷疲労指標算出テーブルは、タイヤ 2 A のドラム試験等の機上試験や、実際の車両にタイヤを装着し、走行試験を行ったとき等の試験結果に基づいて作成することができる。負荷疲労指標算出手段 5 3 により算出される負荷疲労指標 F_w は、タイヤ 2 A に故障の起こり得る状態をとったときを 1 0 0 とし、荷重の積算値及びタイヤ回転数に応じて、例えば、3 0、5 0、8 0 等の 0 ~ 1 0 0 までの数値で表される。

10

20

30

40

50

なお、指標の設定は上記例に限定されず適宜変更すれば良い。算出された負荷疲労指標 F_w は、記憶手段 4 2 に出力され、例えば、負荷疲労指標データ等として記憶される。

【 0 0 4 8 】

図 8 は、タイヤ疲労指標算出テーブルの概念図である。タイヤ疲労指標算出手段 5 4 は、熱疲労指標算出手段 4 6 と負荷疲労指標算出手段 5 3 とに基づいて、タイヤ 2 A の総合的な疲労の度合いを示すタイヤ疲労指標 F を算出する。

タイヤ疲労指標 F は、例えば、次のように算出することができる。タイヤ疲労指標を算出するためのタイヤ疲労指標算出テーブルをあらかじめ記憶手段 4 2 に記憶させておき、熱疲労指標 F_t 及び負荷疲労指標 F_w を、タイヤ疲労指標算出テーブルに参照させることで、使用限界に達していないタイヤ 2 A の疲労状態を示すタイヤ疲労指標 F を算出する。

10

【 0 0 4 9 】

図 8 に示すように、タイヤ疲労指標算出テーブルは、例えば、タイヤの種類毎、具体的にはタイヤの構造毎に作成すると良い。タイヤ疲労指標算出テーブルは、タイヤ 2 A のドラム試験等の機上試験や、実際の車両にタイヤを装着し、走行試験を行ったとき等の試験結果に基づいて作成すれば良い。

算出されるタイヤ疲労指標 F は、熱疲労指標 F_t 及び負荷疲労指標 F_w の組み合わせによりタイヤに故障が生じうる状態となったときを 1 0 0 とし、熱疲労指標 F_t 及び負荷疲労指標 F_w に応じて、例えば、3 0、5 0、8 0 等の 0 ~ 1 0 0 までの数値で表される。

なお、指標の設定は上記例に限定されず適宜変更すれば良い。算出されたタイヤ疲労指標 F は、記憶手段 4 2 に出力され、例えば、タイヤ疲労指標データ等として記憶される。

20

【 0 0 5 0 】

疲労判定手段 5 5 は、タイヤ疲労指標 F に基づいて、タイヤ 2 A の疲労状態が危険な状態にあるかどうかを判定する。具体的な処理の一例としては、タイヤ疲労指標 F の大きさが閾値 u よりも大きいかな否かによりタイヤ 2 A の疲労状態が危険な状態であるかどうかを判定する。閾値 u は、タイヤ 2 A の疲労状態を判定するための判定値である。タイヤ疲労指標 F が閾値 u より大きい場合には、タイヤが危険な状態にあると判定し、その旨を管制コンピュータ 7 に出力する。タイヤ疲労指標 F が、閾値 z 以下の場合には、監視を継続する。

【 0 0 5 1 】

疲労推定手段 5 6 は、タイヤ疲労指標算出手段 5 4 により算出されたタイヤ疲労指標 F に基づいて、タイヤ 2 A の疲労状態を推定する。タイヤ 2 A の疲労状態は、例えば、次のように推定することができる。タイヤ 2 A の疲労状態を推定するタイヤ疲労状態推定テーブルをあらかじめ記憶手段 4 2 に記憶させておき、タイヤ疲労指標算出手段 5 4 により算出されたタイヤ疲労指標 F を、タイヤ疲労状態推定テーブルに参照させることで、タイヤ 2 A の疲労推定値を算出する。

30

【 0 0 5 2 】

タイヤ疲労推定値は、例えば、故障発生の起こり得る状態を 1 0 0 とし、タイヤ疲労指標 F に応じて、例えば、3 0、5 0、8 0 等の 0 ~ 1 0 0 までの数値で表される。タイヤ疲労状態推定テーブルを作成する場合、例えば、安全率を考慮して疲労推定値を算出するように設定すると良い。例えば、安全率を 2 とし、タイヤ疲労指標 F が 2 0 のときは、 $2 \times 2 0$ の 4 0 が疲労推定値として出力される。また、タイヤ疲労指標 F が 5 0 のときは、 $2 \times 5 0$ の 1 0 0 が疲労推定値として出力され、例えば、タイヤの交換が必要であることが分かる。タイヤ疲労状態推定データは、タイヤ開発などにおける耐久試験の結果や、過去の使用履歴に基づいて作成することができる。推定された疲労推定値は、入出力手段 4 4 を介して管理事務所 6 の運行管理コンピュータ 7 に出力される。

40

【 0 0 5 3 】

例えば、鉱山用の車両等では、荷役のシビアさに変動が少ないものと考えられるので（つまり時間に略比例して疲労が進捗するので）、管理者は過去の使用履歴から疲労推定値が 5 0 となる時期を容易に推測することができる。したがって、管理者は、疲労推定値の数値を確認することで、どの車両 2 のどのタイヤ 2 A を将来的に交換すべきか容

50

易に把握することが可能となり、新品タイヤへの交換や、タイヤのローテーション等、車両2におけるタイヤ2Aの計画的なメンテナンス、及び運行管理を実現することができる。

【0054】

外傷検出手段58は、記憶手段42に記憶された接地外ピークデータからタイヤ2Aに外傷を与える虞のあるピークを検出する。外傷検出手段58では、接地外ピークデータに外傷検出データを参照させてタイヤに損傷(外傷)を与える虞のあるピークを検出する。外傷検出データとは、タイヤ2Aに外傷を生じさせる虞のある加速度の波形を纏めたデータベースである。したがって、外傷検出手段58では、接地外ピークデータに、外傷検出データを構成する参照波形をマッチングさせることで、外傷を及ぼす波形か、そうでない波形か判別することができる。外傷検出手段58により、検出されたピークは、外傷ピークデータとして記憶手段42に出力され、記憶される。

10

【0055】

図9は、外傷評価指標Hの概念図である。

外傷解析手段59は、外傷ピークデータにおける個々の外傷ピークがどの程度の外傷を負わせるものかを解析し、外傷評価指数Hを算出する。外傷解析手段59では、例えば、外傷ピークの大きさに応じて複数の段階に分類し、分類毎に評価値 G_i (ここでは、 $i = 1, 2, 3, \dots$)を設定する。外傷ピークは、あらかじめ設定された複数の閾値 v に対する大小に応じて分類することができる。閾値 v は、例えば、 $v_1 < v_2 < v_3 < \dots < v_i$ 等として設定すれば良い。そして、外傷ピークの大きさが、閾値 v_1 より小さいときには評価値 G_1 に1、閾値 v_2 以上閾値 v_3 より小さいときには評価値 G_2 に2、閾値 v_3 以上のときには評価値 G_3 に3等として設定される。

20

【0056】

次に、外傷解析手段59では、評価値 G_i により分類された外傷ピークの出現回数 T_i を評価値 G_i 毎に算出する。

そして、外傷解析手段59では、外傷の状態を評価するための外傷評価指標Hを算出する。外傷評価指標Hは、例えば、 $H = h_i G_i T_i$ ($i = 1, 2, 3, \dots$)により算出される。なお、 h_i は、積算における係数であって、タイヤ2Aの感度に依存するためタイヤ毎に異なる値が設定される。

30

【0057】

外傷状態判定手段60は、外傷評価指標Hに基づいて、タイヤ2Aの外傷の状態が、タイヤ2Aを損傷させる虞のあるものかどうかを判定する。具体的な処理の一例としては、外傷評価指標Hの大きさが閾値 w よりも大きいか否かによりタイヤ2Aが交換を必要とする状態にあるかどうかを判定する。閾値 w は、タイヤ2Aの使用限界を判定するための判定値である。外傷評価指標Hの大きさが閾値 w より大きい場合には、タイヤ2Aの損傷が危険な状態にあるとして判定する。また、閾値 w 以下の場合には、まだ、危険な状態ではないとして判定する。タイヤ2Aの損傷が危険な状態にあるとして判定した場合には、判定した情報を管制コンピュータ7に出力する。

【0058】

なお、外傷状態判定手段60における処理では、1つの閾値 w によりタイヤ2Aの外傷の状態を判定するものとしたが、これに限定されず、例えば、閾値の大きさを $w_1 < w_2 < w_3 \dots$ 等として複数設定し、外傷評価指標Hがどの閾値の範囲にあるかに応じて外傷の状態を詳細に判定しても良い。

40

【0059】

外傷推定手段62は、外傷評価指標Hに基づいて、タイヤ2Aの使用限界に達する時期を推定する。タイヤ2Aの外傷状態は、例えば、次のように推定することができる。外傷評価指標Hを、あらかじめ記憶手段42に記憶させておいた外傷推定テーブルに参照させることで、外傷度を推定する。外傷推定テーブルは、外傷評価指標Hを変数とし、タイヤ2Aの外傷の度合いを示す外傷度を算出する。外傷度は、故障発生を100とし、外傷の度合い(外傷度)を0~100の間の数値により表したものである。外傷推定テーブルは

50

、安全率を考慮して作成すると良い。例えば、安全率を2とし、外傷評価指標Hが20のときは、 2×20 の40が外傷度として出力される。また、外傷評価指標Hが50のときは、 2×50 の100が外傷度として出力され、例えば、タイヤの交換が必要であることが分かる。鉱山用車両等では、荷役のシビアさに変動が少ないと考えることができ（つまり時間に略比例して疲労が進捗するので）、過去の使用履歴から外傷度50となる時期を推測できることになり、タイヤの交換を含むタイヤや車両の計画的なメンテナンスを実現することができる。

【0060】

外傷推定テーブルは、タイヤ開発などにおける耐久試験の結果や、過去の使用履歴に基づいて作成することができる。推定されたタイヤの外傷度は、入出力手段44を介して管理事務所6の管制コンピュータ7に出力される。

10

【0061】

図10は、タイヤ使用指標算出テーブルの概念図である。

タイヤ使用指標算出手段64は、タイヤ疲労指標算出手段54及び外傷解析手段59により算出されたタイヤ疲労指標F及び外傷評価指標Hに基づいてタイヤ使用指標Uを算出する。タイヤ使用指標Uは、例えば、次のように算出することができる。タイヤ使用指標Uを算出するためのタイヤ使用指標算出テーブルを、あらかじめ記憶手段42に記憶させておき、タイヤ疲労指標F及び外傷評価指標Hを、タイヤ使用指標算出テーブルに参照させることで、タイヤ使用指標Uを算出する。

【0062】

20

タイヤ使用指標Uは、タイヤ2Aが使用限界となったときを100とし、タイヤ疲労指標F及び外傷評価指標Hに応じて、例えば、30、50、80等の0～100までの数値で表される。算出されたタイヤ使用指標Uは、入出力手段44を介して管理事務所6の管制コンピュータ7に出力される。タイヤ使用指標Uは、例えば、課金金額を示す指標と持捉えることができる。

【0063】

管制コンピュータ7は、場内に設けられた管理事務所6内に設置されたコンピュータであって、例えば、場内における各車両2の走行管制（走行ルート）を管理・制御する。

管制コンピュータ7は、インターネット等の通信回線を通じて、データセンター4から入力された情報をモニター上に表示する。即ち、管制コンピュータ7は、各車両2におけるタイヤ2Aの状態を報知する報知手段として機能する。

30

【0064】

以下、運行管理装置1の動作を説明する。

各車両2の各タイヤ2Aに設けられた温度センサー13、加速度センサー14、圧力センサー16により検出された情報が、データセンター4に入力される。

【0065】

データセンター4に入力された温度T、加速度、空気圧P等の情報は、それぞれ温度データ、加速度データ、空気圧データ等として記憶手段42に時系列データとして記憶される。そしてこれらのデータに基づいて各手段による処理が実行される。

【0066】

40

データセンター4では、温度データに基づいて、熱疲労指標算出手段46により、各タイヤ2Aの使用にともなって生じる発熱によるゴムの疲労を示す熱疲労指標F_tを算出する。

【0067】

また、入力された情報のうち、加速度データについて、加速度データ前処理手段48による前処理が実行される。加速度データは、加速度データ前処理手段48における加速度データ読込部48Aにより読み込まれ、ピーク位置検出部48Bにより加速度データにおけるピークの位置が検出され、ピークデータとして生成される。生成されたピークデータは、ピーク位置判別部48Cにより、ピークデータに含まれるピークが、タイヤ2Aが路面と接地するときの接地ピークデータと、接地外ピークデータとに判別される。そして、

50

上記判別により得られた接地ピークデータに基づいてタイヤ 1 回転毎の接地時間 T_c 、回転時間 T_r を算出する。

【 0 0 6 8 】

次に、算出された接地時間比 K と入力された空気圧データとに基づいて、荷重算出手段 5 0 により各タイヤ 2 A に掛かる荷重 W を算出する。

次に、算出された回転時間 T_r に基づいて、タイヤ回転数算出手段 5 2 によりタイヤ 2 A の回転数（タイヤ回転数）を算出する。

次に、荷重 W 及びタイヤ回転数に基づいて、負荷疲労指標算出手段 5 3 によりタイヤ 2 A の使用にともなう力学的な疲労を示す負荷疲労指標 F_w を算出する。

【 0 0 6 9 】

次に、熱疲労指標 F_t と負荷疲労指標 F_w に基づいて、タイヤ疲労指標算出手段 5 4 によりタイヤ 2 A の総合的な疲労の状態を示すタイヤ疲労指標 F を算出する。

【 0 0 7 0 】

次に、タイヤ疲労指標 F に基づいて、疲労判定手段 5 5 がタイヤ 2 A の疲労が危険な状態にあるかどうかを判定するとともに、疲労推定手段 5 6 がタイヤ 2 A の疲労状態を推定する。疲労判定手段 5 5 により判定された判定結果及び疲労推定手段 5 6 により推定されたタイヤの疲労状態は、管制コンピュータ 7 に出力される。

【 0 0 7 1 】

また、接地外ピークデータに基づいて、外傷検出手段 5 8 がタイヤ 2 A に外傷を生じさせる虞のあるピークを検出し、外傷ピークデータを生成する。

【 0 0 7 2 】

次に、外傷ピークデータに基づいて、外傷解析手段 5 9 が、外傷ピークデータにおける外傷ピークがどの程度の外傷を負わせるものかその大きさに応じて評価値 G_i を用いて分類し、評価値 G_i 毎に分類された外傷ピークの出現回数 T_i を算出し、 $H = \sum_{i=1}^n h_i G_i T_i$ ($i = 1, 2, 3, \dots$) により、外傷評価指標 H を算出する。

【 0 0 7 3 】

次に、外傷評価指標 H に基づいて、外傷状態判定手段 6 0 が、外傷の状態が危険であるかどうかを判定する。タイヤ 2 A の外傷が危険な状態にあるとして判定した場合には、判定した情報を管制コンピュータ 7 に出力する。

【 0 0 7 4 】

また、外傷評価指標 H に基づいて、外傷推定手段 6 2 が、タイヤ 2 A の外傷による劣化の状態を示す外傷度を算出する。

【 0 0 7 5 】

次に、タイヤ疲労指標算出手段 5 4 及び外傷解析手段 5 9 により算出されたタイヤ疲労指標 F 及び外傷評価指標 H に基づいてタイヤ使用指標算出手段 6 4 がタイヤ使用指標 U を算出し、管制コンピュータ 7 にタイヤ使用指標 U を出力する。

【 0 0 7 6 】

以上説明したように、従来のように、車両情報、鉱山情報といった間接情報に基づくのではなく、直接タイヤを計測するほうが精度よくタイヤの疲労度を推定できる。センサーはタイヤの温度、圧力、加速度を計測し、計測したデータをセンサーから車載器を經由して車外データセンターに転送し、データセンターにてセンサーにより検出された温度、圧力、加速度の解析を行うことにより、各タイヤの疲労度を担当者に連絡することができる。そして、疲労度の履歴からタイヤ疲労度の将来予測を行い、タイヤ交換時期を推奨することができる。また、タイヤが危険な状態にある場合にはタイヤ交換を勧告することができる。

【 0 0 7 7 】

また、一般にタイヤは 1 本毎に製品として販売されるが、本技術によってタイヤの疲労指標の蓄積として算出されたタイヤ使用指標 U に応じて課金することが可能になる。即ち、タイヤ使用指標 U を使用量として課金することで、車両におけるタイヤへの初期投資を軽減することができる。また、寿命が尽きる前のタイヤを再利用する際も同様に、交換

10

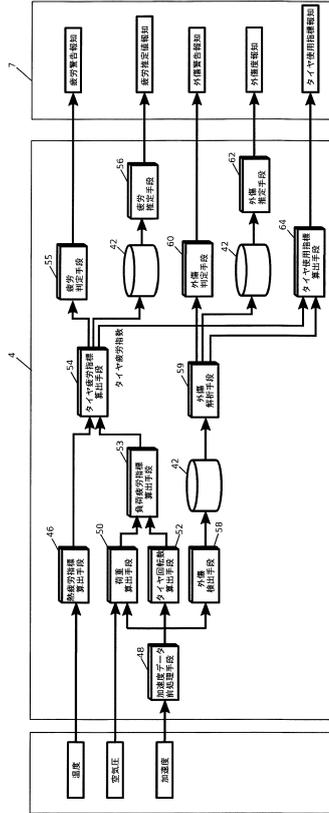
20

30

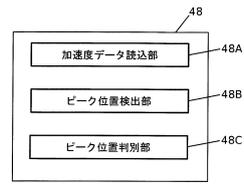
40

50

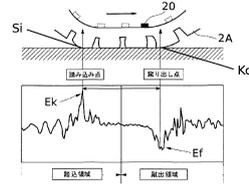
【図3】



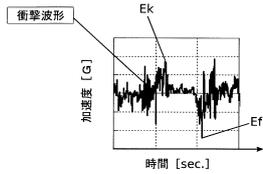
【図4】



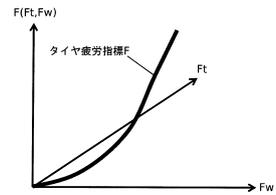
【図5】



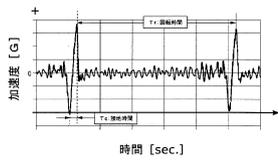
【図6】



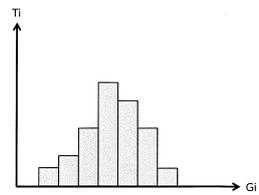
【図8】



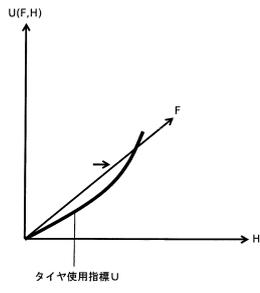
【図7】



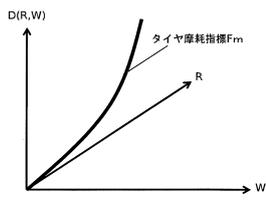
【図9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-153034(JP,A)
国際公開第2005/118317(WO,A1)
特開2005-227141(JP,A)
特開2017-202822(JP,A)
国際公開第2017/212756(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 17/02
B60C 19/00