

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7442755号
(P7442755)

(45)発行日 令和6年3月4日(2024.3.4)

(24)登録日 令和6年2月22日(2024.2.22)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 1 M	17/10	(2006.01)	G 0 1 M	17/10	
B 6 1 K	13/00	(2006.01)	B 6 1 K	13/00	Z

請求項の数 14 (全15頁)

(21)出願番号	特願2023-572258(P2023-572258)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和4年1月4日(2022.1.4)	(74)代理人	100118762 弁理士 高村 順
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/000032	(72)発明者	松山 悦司 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開番号	WO2023/131988	(72)発明者	西岡 勲 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開日	令和5年7月13日(2023.7.13)	審査官	福田 裕司
審査請求日	令和5年11月29日(2023.11.29)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 車輪踏面粗さ推定装置および車輪踏面粗さ推定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

鉄道車両の運転情報を取得する運転情報取得部と、
前記鉄道車両の運行中の車両情報を取得する車両情報取得部と、
前記運転情報および前記車両情報に基づいてセット値を決定し、前回演算された車輪踏面の粗さを示す前回の車輪踏面粗さに前記セット値を加算したものを最新の車輪踏面粗さとして演算する車輪踏面粗さ演算部と、
前記車輪踏面粗さ演算部で演算された前記最新の車輪踏面粗さを車輪踏面粗さ情報として出力する出力部と、
を備えることを特徴とする車輪踏面粗さ推定装置。

10

【請求項2】

前記車輪踏面粗さ推定装置に接続される車輪踏面粗し制御装置から前記車輪踏面粗し制御装置における車輪踏面粗し制御の情報である踏面粗し制御情報を取得する踏面粗し制御情報取得部、
を備え、
前記車輪踏面粗さ演算部は、前記運転情報、前記車両情報、および前記踏面粗し制御情報に基づいて、前記運転情報、前記車両情報、および前記踏面粗し制御情報に応じて設定されたセット値テーブルから該当する前記セット値を選択し、前記セット値として決定する、
ことを特徴とする請求項1に記載の車輪踏面粗さ推定装置。

20

【請求項 3】

前記車輪踏面粗さ演算部は、天候、温度、および湿度のうち少なくとも1つの情報を含む環境情報を取得し、前記環境情報を用いて前記セット値を決定する、
ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の車輪踏面粗さ推定装置。

【請求項 4】

前記車輪踏面粗さ演算部は、前記鉄道車両が運行されている路線の情報である運行路線情報を取得し、前記運行路線情報を用いて前記セット値を決定する、
ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の車輪踏面粗さ推定装置。

【請求項 5】

前記車輪踏面粗さ演算部は、前記運転情報および前記車両情報を用いた規定された演算式によって前記セット値を演算し、前記セット値として決定する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の車輪踏面粗さ推定装置。

10

【請求項 6】

前記車輪踏面粗さ演算部は、前記車輪踏面が鏡面化する状況では前記セット値を負の値とし、前記車輪踏面が粗くなる状況では前記セット値を正の値とする、
ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 つに記載の車輪踏面粗さ推定装置。

【請求項 7】

前記車輪踏面粗さ演算部は、運行開始後の最初の演算において、前回の運行において最後に演算された前記最新の車輪踏面粗さ、または点検の際に計測された車輪踏面粗さを前記前回の車輪踏面粗さとする、

20

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の車輪踏面粗さ推定装置。

【請求項 8】

車輪踏面粗さ推定装置が実行する車輪踏面粗さ推定方法であって、
運転情報取得部が、鉄道車両の運転情報を取得する第 1 のステップと、
車両情報取得部が、前記鉄道車両の運行中の車両情報を取得する第 2 のステップと、
車輪踏面粗さ演算部が、前記運転情報および前記車両情報に基づいてセット値を決定し、
前回演算された車輪踏面の粗さを示す前回の車輪踏面粗さに前記セット値を加算したものを最新の車輪踏面粗さとして演算する第 3 のステップと、

出力部が、前記第 3 のステップにおいて演算された前記最新の車輪踏面粗さを車輪踏面粗さ情報として出力する第 4 のステップと、

30

を含むことを特徴とする車輪踏面粗さ推定方法。

【請求項 9】

踏面粗し制御情報取得部が、前記車輪踏面粗さ推定装置に接続される車輪踏面粗し制御装置から前記車輪踏面粗し制御装置における車輪踏面粗し制御の情報である踏面粗し制御情報を取得する第 5 のステップ、

を含み、

前記第 3 のステップにおいて、前記車輪踏面粗さ演算部は、前記運転情報、前記車両情報、および前記踏面粗し制御情報に基づいて、前記運転情報、前記車両情報、および前記踏面粗し制御情報に応じて設定されたセット値テーブルから該当する前記セット値を選択し、前記セット値として決定する、

40

ことを特徴とする請求項 8 に記載の車輪踏面粗さ推定方法。

【請求項 10】

前記第 3 のステップにおいて、前記車輪踏面粗さ演算部は、天候、温度、および湿度のうち少なくとも1つの情報を含む環境情報を取得し、前記環境情報を用いて前記セット値を決定する、

ことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の車輪踏面粗さ推定方法。

【請求項 11】

前記第 3 のステップにおいて、前記車輪踏面粗さ演算部は、前記鉄道車両が運行されている路線の情報である運行路線情報を取得し、前記運行路線情報を用いて前記セット値を決定する、

50

ことを特徴とする請求項 8 から 10 のいずれか 1 つに記載の車輪踏面粗さ推定方法。

【請求項 12】

前記第 3 のステップにおいて、前記車輪踏面粗さ演算部は、前記運転情報および前記車両情報を用いた規定された演算式によって前記セット値を演算し、前記セット値として決定する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載の車輪踏面粗さ推定方法。

【請求項 13】

前記第 3 のステップにおいて、前記車輪踏面粗さ演算部は、前記車輪踏面が鏡面化する状況では前記セット値を負の値とし、前記車輪踏面が粗くなる状況では前記セット値を正の値とする、

ことを特徴とする請求項 8 から 12 のいずれか 1 つに記載の車輪踏面粗さ推定方法。

【請求項 14】

前記第 3 のステップにおいて、前記車輪踏面粗さ演算部は、運行開始後の最初の演算において、前回の運行において最後に演算された前記最新の車輪踏面粗さ、または点検の際に計測された車輪踏面粗さを前記前回の車輪踏面粗さとする、

ことを特徴とする請求項 8 から 13 のいずれか 1 つに記載の車輪踏面粗さ推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、鉄道車両の車輪の踏面を対象とした車輪踏面粗さ推定装置および車輪踏面粗さ推定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、鉄道車両では、ブレーキとして回生ブレーキおよび空制ブレーキが併用されており、通常時は回生ブレーキが主に使用されている。空制ブレーキは、回生ブレーキが立ち上がるまでの数十msのみ、または鉄道車両の停車中の転動防止用として使用される。鉄道車両は、回生ブレーキ中にブレーキを直ちに作用できるように、初込めBC (Brake Cylinder) 圧で空制ブレーキを動作させ、空制ブレーキを初込め状態にしている。空制ブレーキとして踏面式ブレーキ装置を用いる場合、鉄道車両では、初込め状態の押付位置において、摩擦材と車輪踏面とが軽く接触する位置となる。そのため、車輪踏面の面粗さが小さくなることで、車輪踏面が鏡面状態になる。車輪踏面が鏡面状態になると、鉄道車両が高速時に空制ブレーキを作用させた場合に粘着力が確保できず滑走を引き起こす、また、鉄道車両が非常時に非常ブレーキを動作させた場合に規定された減速度を確保できないなどの問題が生じる。また、一般的に、鉄道車両が通常走行をしている場合でも、レール面と車輪踏面との摩擦によって車輪踏面の面粗さが小さくなり、鏡面状態が進行して同様の問題が生じる。従って、鉄道車両は、車輪踏面が鏡面状態になった場合、踏面ブレーキ、すなわち空制ブレーキによって摩擦材を車輪踏面に押し付け、車輪踏面を粗くする必要がある。

【0003】

鉄道車両において精度良く粗し制御を行うためには、車輪踏面の粗さ情報として精度の良い情報が必要になる。例えば、特許文献 1 には、車輪測定装置が、ライン照明部からラインビームを車輪に向けて照射し、ラインビームの反射光の画像を撮影し、撮影した画像を処理することでレール上を走行する鉄道車両の車輪の形状を測定する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2006 - 118912 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

しかしながら、上記従来の技術によれば、車輪付近に高精度センサを設置する必要がある。そのため、測定結果は、鉄道車両の走行中において鉄道車両の振動の影響を大きく受けて精度が低下してしまう可能性がある、という問題があった。

【 0 0 0 6 】

本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、鉄道車両の走行中においても鉄道車両の振動の影響を受けずに車輪踏面の粗さを精度良く推定できる車輪踏面粗さ推定装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示の車輪踏面粗さ推定装置は、鉄道車両の運転情報を取得する運転情報取得部と、鉄道車両の運行中の車両情報を取得する車両情報取得部と、運転情報および車両情報に基づいてセット値を決定し、前回演算された車輪踏面の粗さを示す前回の車輪踏面粗さにセット値を加算したものを最新の車輪踏面粗さとして演算する車輪踏面粗さ演算部と、車輪踏面粗さ演算部で演算された最新の車輪踏面粗さを車輪踏面粗さ情報として出力する出力部と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本開示の車輪踏面粗さ推定装置は、鉄道車両の走行中においても鉄道車両の振動の影響を受けずに車輪踏面の粗さを精度良く推定できる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置の構成例を示すブロック図

【図 2】実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置および車輪踏面粗し制御装置が搭載される鉄道車両のブレーキ装置の構成例を示す図

【図 3】実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置のデータベースが格納しているセット値テーブルの例を示す図

【図 4】実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置の動作を示すフローチャート

【図 5】実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置を実現する処理回路をプロセッサおよびメモリで実現する場合の処理回路の構成の一例を示す図

【図 6】実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置を実現する処理回路を専用のハードウェアで構成する場合の処理回路の構成の一例を示す図

【図 7】実施の形態 2 に係る車輪踏面粗さ推定装置の構成例を示すブロック図

【図 8】実施の形態 2 に係る車輪踏面粗さ推定装置の動作を示すフローチャート

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

以下に、本開示の実施の形態に係る車輪踏面粗さ推定装置および車輪踏面粗さ推定方法を図面に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 1 1 】

実施の形態 1 .

図 1 は、実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置 3 0 の構成例を示すブロック図である。車輪踏面粗さ推定装置 3 0 は、運転情報取得部 3 1 と、車両情報取得部 3 2 と、踏面粗し制御情報取得部 3 3 と、車輪踏面粗さ演算部 3 4 と、出力部 3 8 と、を備える。車輪踏面粗さ演算部 3 4 は、データベース 3 5 と、セット値決定部 3 6 と、踏面粗さ推定部 3 7 と、を備える。車輪踏面粗さ推定装置 3 0 は、車輪踏面粗し制御装置 1 0 と、環境情報取得部 2 1 と、運行路線情報取得部 2 2 と、に接続される。なお、図 1 に示すように、車輪踏面粗し制御装置 1 0 および車輪踏面粗さ推定装置 3 0 によって、車輪踏面粗さ管理システム 4 0 を構成している。

【 0 0 1 2 】

運転情報取得部 3 1 は、鉄道車両に搭載される図示しない運転台または車両情報管理装

10

20

30

40

50

置などから、鉄道車両の運転情報を取得する。運転情報は、例えば、鉄道車両の運転士によるブレーキ操作の情報である。ブレーキ操作の情報は、例えば、鉄道車両が力行中かまたは惰行中かの情報、空制ブレーキを使用しているのかまたは回生ブレーキを使用しているのかまたは各ブレーキの比率の情報、常用ブレーキを使用しているのか非常ブレーキを使用しているのかの情報、現在のノッチの情報、などの情報である。運転情報取得部 3 1 は、取得した運転情報を車輪踏面粗さ演算部 3 4 に出力する。

【 0 0 1 3 】

車両情報取得部 3 2 は、鉄道車両の運行中の車両情報を取得する。例えば、車両情報取得部 3 2 は、鉄道車両に搭載される車両情報管理装置またはセンサなどから、鉄道車両の混雑度を表す応荷重圧力である A S (Air Suspension) 圧、 B C 圧、鉄道車両の速度などの情報を車両情報として取得する。車両情報取得部 3 2 は、取得した車両情報を車輪踏面粗さ演算部 3 4 に出力する。

10

【 0 0 1 4 】

踏面粗し制御情報取得部 3 3 は、車輪踏面粗し制御装置 1 0 から車輪踏面粗し制御装置 1 0 における車輪踏面粗し制御の情報である踏面粗し制御情報を取得する。踏面粗し制御情報は、例えば、現在の車輪踏面粗し制御装置 1 0 の踏面粗し制御の O N / O F F の状況を示す情報である。踏面粗し制御情報取得部 3 3 は、取得した踏面粗し制御情報を車輪踏面粗さ演算部 3 4 に出力する。

【 0 0 1 5 】

車輪踏面粗さ演算部 3 4 は、運転情報取得部 3 1 から取得した運転情報、車両情報取得部 3 2 から取得した車両情報、および踏面粗し制御情報取得部 3 3 から取得した踏面粗し制御情報に基づいて、運転情報、車両情報、および踏面粗し制御情報に応じて設定されたセット値テーブルから該当するセット値を選択し、セット値として決定する。車輪踏面粗さ演算部 3 4 は、前回演算された車輪踏面の粗さを示す前回の車輪踏面粗さにセット値を加算したものを最新の車輪踏面粗さとして演算する。なお、車輪踏面粗さ演算部 3 4 は、運転情報、車両情報、および踏面粗し制御情報の全てを使用せず、少なくとも 1 つに基づいて、セット値テーブルから該当するセット値を選択し、セット値として決定してもよい。

20

【 0 0 1 6 】

データベース 3 5 は、車輪踏面粗さ演算部 3 4 で使用されるセット値テーブルを格納している。データベース 3 5 は、運転情報取得部 3 1 から取得した運転情報、車両情報取得部 3 2 から取得した車両情報、踏面粗し制御情報取得部 3 3 から取得した踏面粗し制御情報、環境情報取得部 2 1 から取得した環境情報、および運行路線情報取得部 2 2 から取得した運行路線情報を格納してもよい。データベース 3 5 の設置場所は特に限定されず、データベース 3 5 は、図 2 に示すブレーキ制御部 1 0 3 などに設置されていてもよいし、鉄道車両 1 0 0 の外部に設置されていてもよい。

30

【 0 0 1 7 】

ここで、車輪踏面粗さ推定装置 3 0 および車輪踏面粗し制御装置 1 0 が搭載される鉄道車両のブレーキ装置について簡単に説明する。図 2 は、実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置 3 0 および車輪踏面粗し制御装置 1 0 が搭載される鉄道車両 1 0 0 のブレーキ装置の構成例を示す図である。速度センサ 1 0 1 は、各鉄道車両 1 0 0 の前後の台車に設置され、各車輪 1 1 0 の速度信号 1 0 1 D を取り込み、ブレーキ制御部 1 0 3 に出力する。ブレーキ指令部 1 0 2 は、規定された減速度を得るためのブレーキ指令 1 0 2 D を出力する。ブレーキ制御部 1 0 3 は、ブレーキ指令部 1 0 2 から出力されたブレーキ指令 1 0 2 D、各鉄道車両 1 0 0 の重量を検出する図示しない応荷重装置から出力された応荷重信号などを取得し、規定された圧力制御信号 1 0 3 D を出力する。圧力制御信号 1 0 3 D はブレーキ制御部 1 0 3 から電空変換弁 1 0 4 を介して中継弁 1 0 5 に出力され、ブレーキシリンダ圧力 1 0 5 D の生成に用いられている。電空変換弁 1 0 4 は、ブレーキ制御部 1 0 3 から出力された電気信号である圧力制御信号 1 0 3 D を規定された圧力の空気信号に変換する。中継弁 1 0 5 は、空気信号に変換された圧力制御信号 1 0 3 D を規定された値まで増幅し、ブレーキシリンダ圧力 1 0 5 D の応答性を向上させる。中継弁 1 0 5 には元空

40

50

気タンク 1 1 2 が接続されている。元空気タンク 1 1 2 には規定された圧力の空気である圧縮空気が貯留されているため、中継弁 1 0 5 は、圧力制御信号 1 0 3 D に対応する圧縮空気 1 1 2 D を出力することで、規定されたブレーキシリンダ圧力 1 0 5 D を生成することができる。

【 0 0 1 8 】

圧力センサ 1 0 6 は、ブレーキシリンダ圧力 1 0 5 D を検出し、ブレーキシリンダ圧力 1 0 5 D に基づいてフィードバック指令 1 0 6 D を生成してブレーキ制御部 1 0 3 に帰還する。ブレーキシリンダ 1 0 7 は、ブレーキシリンダ圧力 1 0 5 D の強さによって、制輪子 1 0 8 を車輪 1 1 0 に押し付ける。制輪子 1 0 8 は、規定された摩擦係数を有する摩擦材である。鉄道車両 1 0 0 のブレーキ力は、制輪子 1 0 8 の摩擦係数とブレーキシリンダ圧力 1 0 5 D との積によって導出することが可能である。ブレーキ制御部 1 0 3 は、図示しない空気ばね圧センサから入手する応荷重情報、およびブレーキ指令 1 0 2 D による目標減速度から必要ブレーキ力を演算し、回生ブレーキ制御部 1 1 4 に対して回生パターン信号 1 1 3 D を出力する。図示しない主回路制御装置に搭載される回生ブレーキ制御部 1 1 4 は、実トルクに応じた実回生ブレーキ力を回生フィードバック信号 1 1 4 D としてブレーキ制御部 1 0 3 に出力する。ブレーキ制御部 1 0 3 は、必要ブレーキ力から回生フィードバック信号 1 1 4 D の値を減算した値を空制補足量とし、圧力制御信号 1 0 3 D として電空変換弁 1 0 4 に出力することで B C 圧制御を行う。

10

【 0 0 1 9 】

鉄道車両 1 0 0 は、頻繁に空制ブレーキを使用すると車輪踏面が粗くなるので車輪 1 1 0 の鏡面状態も解消し、所望のブレーキ力を確保することができる。一方で、鉄道車両 1 0 0 は、空制ブレーキを多用すると回生ブレーキを有効に使用できず、省エネ効果が得られない。そのため、車輪踏面粗し制御装置 1 0 は、通常の常用ブレーキ中は回生ブレーキを有効に使用し、車輪 1 1 0 が鏡面状態になった場合に空制ブレーキを使用し、摩擦材である制輪子 1 0 8 を車輪 1 1 0 に押し付けて車輪 1 1 0 の踏面を粗くすることで、車輪 1 1 0 の鏡面状態を解消する。車輪踏面粗さ推定装置 3 0 は、車輪踏面粗さを推定して車輪踏面粗さ情報として車輪踏面粗し制御装置 1 0 に出力する。

20

【 0 0 2 0 】

図 1 の説明に戻る。セット値決定部 3 6 は、運転情報、車両情報、および踏面粗し制御情報に基づいて、データベース 3 5 に格納されているセット値テーブルから、運転情報、車両情報、および踏面粗し制御情報に該当するセット値を選択し、セット値として決定する。なお、セット値決定部 3 6 は、運転情報、車両情報、および踏面粗し制御情報の全てを使用せず、少なくとも 1 つに基づいて、セット値テーブルから該当するセット値を選択し、セット値として決定してもよい。セット値決定部 3 6 は、決定したセット値を踏面粗さ推定部 3 7 に出力する。

30

【 0 0 2 1 】

踏面粗さ推定部 3 7 は、前回の車輪踏面粗さに、セット値決定部 3 6 で決定されたセット値を加算したものを最新の車輪踏面粗さとして演算し、鉄道車両 1 0 0 の車輪踏面の粗さを推定する。

【 0 0 2 2 】

出力部 3 8 は、車輪踏面粗さ演算部 3 4 で演算された最新の車輪踏面粗さを車輪踏面粗さ情報として車輪踏面粗し制御装置 1 0 に出力する。なお、出力部 3 8 は、図 1 の例では車輪踏面粗さ情報を車輪踏面粗し制御装置 1 0 に出力しているが、車輪踏面粗さ情報の出力先は車輪踏面粗し制御装置 1 0 に限定されない。例えば、車輪踏面粗さ情報がメンテナンスなどの情報として利用される場合、出力部 3 8 は、車輪踏面粗さ情報を、図示しないメモリなどの記憶部に出力してもよいし、図示しない通信装置を介してメンテナンス用のデータを収集するサーバなどに送信してもよい。

40

【 0 0 2 3 】

車輪踏面粗し制御装置 1 0 は、車輪踏面粗さ推定装置 3 0 で推定された車輪踏面粗さ情報を用いて、踏面粗し制御の ON / OFF を制御する。

50

【 0 0 2 4 】

環境情報取得部 2 1 は、鉄道車両 1 0 0 周辺の天候、温度、湿度などの環境情報を取得する。天候、温度、湿度などは、鉄道車両 1 0 0 のブレーキの効きに影響を及ぼすためである。環境情報取得部 2 1 は、鉄道車両 1 0 0 に搭載されていてもよいし、地上に設置された列車運行管理システムなどに設置されていてもよい。環境情報取得部 2 1 は、取得した環境情報を車輪踏面粗さ推定装置 3 0 に出力する。

【 0 0 2 5 】

運行路線情報取得部 2 2 は、鉄道車両 1 0 0 が運行される路線などの運行路線情報を取得する。鉄道車両 1 0 0 が回生ブレーキを掛けるためには先行する鉄道車両 1 0 0 または後続する鉄道車両 1 0 0 などの他の鉄道車両 1 0 0 の存在が重要になるが、鉄道車両 1 0 0 が運行される路線が郊外の路線か都心部の路線かによって他の鉄道車両 1 0 0 が存在する頻度が異なるためである。運行路線情報取得部 2 2 は、鉄道車両 1 0 0 に搭載されていてもよいし、地上に設置された列車運行管理システムなどに設置されていてもよい。運行路線情報取得部 2 2 は、取得した運行路線情報を車輪踏面粗さ推定装置 3 0 に出力する。

【 0 0 2 6 】

ここで、データベース 3 5 に格納されているセット値テーブルについて説明する。図 3 は、実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置 3 0 のデータベース 3 5 が格納しているセット値テーブルの例を示す図である。図 3 に示すように、データベース 3 5 は、A S 圧ごと、および速度ごとに、前述のセット値が記載されたセット値テーブルを格納している。例えば、セット値決定部 3 6 は、A S 圧が 3 5 0 k P a であり、鉄道車両 1 0 0 の速度が 5 0 k m / h であった場合、セット値 1 として - 0 . 0 0 0 2 m m を取得し、セット値 2 として + 0 . 0 2 m m を取得し、セット値 3 として + 0 . 0 2 m m を取得し、セット値 4 として - 0 . 0 0 2 m m を取得し、セット値 5 として + 0 . 0 0 3 m m を取得する。なお、A S 圧および速度に係わらず、セット値 6 は変化なしとする。図 3 に示すように、車輪踏面粗さ演算部 3 4 は、車輪踏面が鏡面化する状況ではセット値を負の値とし、車輪踏面が粗くなる状況ではセット値を正の値とする。データベース 3 5 に格納されているセット値テーブルの各セット値の値については、鉄道車両 1 0 0 を運行する鉄道会社の担当者などが、車輪踏面粗さ推定装置 3 0 または車輪踏面粗さ推定装置 3 0 の外部の装置などから適宜設定または変更可能とする。車輪踏面粗さ推定装置 3 0 の外部の装置とは、例えば、車両情報監視分析システム、列車統合管理装置、B C U (Brake Control Unit) などである。

【 0 0 2 7 】

図 3 に示すセット値テーブルは、A S 圧および速度に対して閾値が 3 段階で分けられているが、2 段階で分けられていてもよいし、4 段階以上で分けられていてもよい。図 3 に示すセット値テーブルは、A S 圧ごと、および速度ごとに対応するセット値が記載されているが、A S 圧のみで各セット値がセット値テーブルに規定されていてもよいし、速度のみで各セット値がセット値テーブルに規定されていてもよい。また、セット値テーブルは、A S 圧ではなく B C 圧などを用いて規定されていてもよい。

【 0 0 2 8 】

また、鉄道車両 1 0 0 の走行は、環境情報、すなわち天候、温度、湿度などの影響を受け、また、運行路線情報、すなわち鉄道車両 1 0 0 が運行している路線などの影響をうけることから、データベース 3 5 は、環境情報の条件ごとにセット値テーブルを格納していてもよいし、運行路線情報の条件ごとにセット値テーブルを格納していてもよい。この場合、セット値決定部 3 6 は、環境情報および運行路線情報に合致したセット値テーブルからセット値を選択してセット値を決定する。このように、車輪踏面粗さ演算部 3 4 は、天候、温度、および湿度のうち少なくとも 1 つの情報を含む環境情報を取得し、環境情報を用いてセット値を決定してもよい。また、車輪踏面粗さ演算部 3 4 は、鉄道車両 1 0 0 が運行されている路線の情報である運行路線情報を取得し、運行路線情報を用いてセット値を決定してもよい。

【 0 0 2 9 】

例えば、データベース 35 は、天候が雨の場合、気温が低い場合などでは、天候が晴天の場合、気温が高い場合などのときよりも車輪踏面が鏡面状態になりやすいため、車輪踏面粗し制御装置 10 に対して踏面粗し制御を ON しやすい車輪踏面粗し情報を出力できるようなセット値が設定されたセット値テーブルを予め格納していることとする。また、都心部の路線では、郊外の路線よりも回生ブレーキの頻度が高いことが想定されるため、車輪踏面粗し制御装置 10 に対して踏面粗し制御を ON しやすい車輪踏面粗し情報を出力できるようなセット値が設定されたセット値テーブルを予め格納していることとする。また、車輪踏面粗さ演算部 34 は、複数の鉄道車両 100 からなる列車編成において、列車編成を構成する鉄道車両 100 の数に応じたセット値テーブルをデータベース 35 に格納させ、鉄道車両 100 の数に応じて、使用するセット値テーブルを変更してもよい。

10

【0030】

車輪踏面粗さ推定装置 30 の動作について説明する。図 4 は、実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置 30 の動作を示すフローチャートである。車輪踏面粗さ推定装置 30 は、各種情報を取得する（ステップ S31）。具体的には、車輪踏面粗さ推定装置 30 において、運転情報取得部 31 が運転情報を取得し、車両情報取得部 32 が車両情報を取得し、踏面粗し制御情報取得部 33 が踏面粗し制御情報を取得する。

【0031】

車輪踏面粗さ演算部 34 において、セット値決定部 36 は、鉄道車両 100 が停止中か否かを判定する（ステップ S32）。セット値決定部 36 は、車両情報に含まれる鉄道車両 100 の速度から、鉄道車両 100 が停止中か否かを判定することができる。なお、セット値決定部 36 は、鉄道車両 100 の位置情報が取得されている場合には、鉄道車両 100 の位置情報を用いて、鉄道車両 100 が停止中か否かを判定してもよい。鉄道車両 100 が停止中の場合（ステップ S32：Yes）、セット値決定部 36 は、現状維持のためセット値を 0 に決定する（ステップ S33）。

20

【0032】

鉄道車両 100 が走行中の場合（ステップ S32：No）、セット値決定部 36 は、鉄道車両 100 が力行情行中か否かを判定する（ステップ S34）。セット値決定部 36 は、運転情報から、鉄道車両 100 が力行情行中か否かを判定することができる。鉄道車両 100 が力行情行中の場合（ステップ S34：Yes）、セット値決定部 36 は、データベース 35 に格納されているセット値テーブルから該当するセット値を選択し、セット値をセット値 1 に決定する（ステップ S35）。

30

【0033】

鉄道車両 100 が力行情行中ではない場合（ステップ S34：No）、セット値決定部 36 は、鉄道車両 100 が常用ブレーキ中かつ回生ブレーキ OFF の状態か否かを判定する（ステップ S36）。セット値決定部 36 は、運転情報から鉄道車両 100 が常用ブレーキ中かつ回生ブレーキ OFF の状態か否かを判定することができる。鉄道車両 100 が常用ブレーキ中かつ回生ブレーキ OFF の場合（ステップ S36：Yes）、セット値決定部 36 は、データベース 35 に格納されているセット値テーブルから該当するセット値を選択し、セット値をセット値 2 に決定する（ステップ S37）。

【0034】

鉄道車両 100 が常用ブレーキ中かつ回生ブレーキ OFF ではない場合（ステップ S36：No）、セット値決定部 36 は、非常ブレーキ中か否かを判定する（ステップ S38）。セット値決定部 36 は、運転情報から鉄道車両 100 が非常ブレーキ中か否かを判定することができる。非常ブレーキ中の場合（ステップ S38：Yes）、セット値決定部 36 は、データベース 35 に格納されているセット値テーブルから該当するセット値を選択し、セット値をセット値 3 に決定する（ステップ S39）。

40

【0035】

非常ブレーキ中ではない場合（ステップ S38：No）、セット値決定部 36 は、常用ブレーキ中かつ踏面粗し制御 OFF 中か否かを判定する（ステップ S40）。セット値決定部 36 は、運転情報および踏面粗し制御情報から、鉄道車両 100 が常用ブレーキ中か

50

つ踏面粗し制御OFF中か否かを判定することができる。常用ブレーキ中かつ踏面粗し制御OFF中の場合（ステップS40：Yes）、セット値決定部36は、データベース35に格納されているセット値テーブルから該当するセット値を選択し、セット値をセット値4に決定する（ステップS41）。

【0036】

常用ブレーキ中かつ踏面粗し制御OFF中ではない場合（ステップS40：No）、セット値決定部36は、常用ブレーキ中かつ踏面粗し制御ON中か否かを判定する（ステップS42）。セット値決定部36は、運転情報および踏面粗し制御情報から、鉄道車両100が常用ブレーキ中かつ踏面粗し制御ON中か否かを判定することができる。常用ブレーキ中かつ踏面粗し制御ON中の場合（ステップS42：Yes）、セット値決定部36は、データベース35に格納されているセット値テーブルから該当するセット値を選択し、セット値をセット値5に決定する（ステップS43）。常用ブレーキ中かつ踏面粗し制御ON中ではない場合（ステップS42：No）、セット値決定部36は、現状維持のためセット値を0に決定する（ステップS44）。

【0037】

セット値決定部36は、ステップS33、またはステップS35、またはステップS37、またはステップS39、またはステップS41、またはステップS43、またはステップS44で決定したセット値を踏面粗さ推定部37に出力する。踏面粗さ推定部37は、現在値である前回演算された車輪踏面粗さにセット値を加算したものを最新の車輪踏面粗さとして演算する（ステップS45）。なお、車輪踏面粗さ演算部34において、踏面粗さ推定部37は、鉄道車両100の運行開始後の最初の演算において、前回の運行において最後に演算された最新の車輪踏面粗さ、または点検の際に計測された車輪踏面粗さを前回の車輪踏面粗さとする。前回の運行において最後に演算された最新の車輪踏面粗さ、または点検の際に計測された車輪踏面粗さについては、セット値決定部36が保持していてもよいし、鉄道車両100のBCUなどが保持していてもよい。踏面粗さ推定部37は、演算によって得られた最新の車輪踏面粗さを出力部38に出力する。出力部38は、踏面粗さ推定部37から取得した最新の車輪踏面粗さを車輪踏面粗さ情報として出力する（ステップS46）。

【0038】

つづいて、実施の形態1に係る車輪踏面粗さ推定装置30のハードウェア構成について説明する。車輪踏面粗さ推定装置30において、運転情報取得部31、車両情報取得部32、踏面粗し制御情報取得部33、車輪踏面粗さ演算部34、および出力部38は処理回路により実現される。処理回路は、プログラムを格納するメモリ、およびメモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサであってもよいし、専用のハードウェアであってもよい。処理回路は制御回路とも呼ばれる。

【0039】

図5は、実施の形態1に係る車輪踏面粗さ推定装置30を実現する処理回路をプロセッサ91およびメモリ92で実現する場合の処理回路90の構成の一例を示す図である。図5に示す処理回路90は制御回路であり、プロセッサ91およびメモリ92を備える。処理回路90がプロセッサ91およびメモリ92で構成される場合、処理回路90の各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアまたはファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ92に格納される。処理回路90では、メモリ92に記憶されたプログラムをプロセッサ91が読み出して実行することにより、各機能を実現する。すなわち、処理回路90は、車輪踏面粗さ推定装置30の処理が結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ92を備える。このプログラムは、処理回路90により実現される各機能を車輪踏面粗さ推定装置30に実行させるためのプログラムであるともいえる。このプログラムは、プログラムが記憶された記憶媒体により提供されてもよいし、通信媒体など他の手段により提供されてもよい。

【0040】

上記プログラムは、運転情報取得部 31 が、鉄道車両 100 の運転情報を取得する第 1 のステップと、車両情報取得部 32 が、鉄道車両 100 の運行中の車両情報を取得する第 2 のステップと、車輪踏面粗さ演算部 34 が、運転情報および車両情報に基づいてセット値を決定し、演算された車輪踏面の粗さを示す前回の車輪踏面粗さにセット値を加算したものを最新の車輪踏面粗さとして演算する第 3 のステップと、出力部 38 が、第 3 のステップにおいて演算された最新の車輪踏面粗さを車輪踏面粗さ情報として出力する第 4 のステップと、を車輪踏面粗さ推定装置 30 に実行させるプログラムであるとも言える。

【0041】

ここで、プロセッサ 91 は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、または DSP (Digital Signal Processor) などである。また、メモリ 92 は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable ROM)、EEPROM (登録商標) (Electrically EPROM) などの、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、または DVD (Digital Versatile Disc) などが該当する。

【0042】

図 6 は、実施の形態 1 に係る車輪踏面粗さ推定装置 30 を実現する処理回路を専用のハードウェアで構成する場合の処理回路 93 の構成の一例を示す図である。図 6 に示す処理回路 93 は、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせたものが該当する。処理回路 93 については、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。このように、処理回路 93 は、専用のハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

【0043】

以上説明したように、本実施の形態によれば、車輪踏面粗さ推定装置 30 は、運転情報、車両情報、および踏面粗し制御情報を用いてセット値テーブルからセット値を選択してセット値を決定し、前回の車輪踏面粗さにセット値を加算することで最新の車輪踏面粗さを演算し、車輪踏面粗さ情報として車輪踏面粗し制御装置 10 に出力することとした。これにより、車輪踏面粗さ推定装置 30 は、鉄道車両 100 の走行中においても、鉄道車両 100 の振動の影響を受けずに車輪踏面の粗さを精度良く推定することができる。

【0044】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 では、車輪踏面粗さ推定装置 30 は、予めデータベース 35 に格納されているセット値テーブルからセット値を選択することによってセット値を決定していた。実施の形態 2 では、車輪踏面粗さ推定装置が、セット値を演算によって決定する場合について説明する。

【0045】

図 7 は、実施の形態 2 に係る車輪踏面粗さ推定装置 30 a の構成例を示すブロック図である。車輪踏面粗さ推定装置 30 a は、運転情報取得部 31 と、車両情報取得部 32 と、車輪踏面粗さ演算部 34 a と、出力部 38 と、を備える。車輪踏面粗さ演算部 34 a は、セット値決定部 36 a と、踏面粗さ推定部 37 a と、を備える。車輪踏面粗さ推定装置 30 a は、車輪踏面粗し制御装置 10 に接続される。なお、図 7 に示すように、車輪踏面粗し制御装置 10 および車輪踏面粗さ推定装置 30 a によって、車輪踏面粗さ管理システム 40 a を構成している。

【0046】

車輪踏面粗さ演算部 34 a は、運転情報取得部 31 から取得した運転情報、および車両情報取得部 32 から取得した車両情報に基づいてセット値を演算し、セット値を決定する

10

20

30

40

50

。車輪踏面粗さ演算部 3 4 a は、前回演算された車輪踏面の粗さを示す前回の車輪踏面粗さにセット値を加算したものを最新の車輪踏面粗さとして演算する。なお、車輪踏面粗さ演算部 3 4 a は、運転情報、および車両情報の全てを使用せず、少なくとも 1 つに基づいてセット値を演算し、セット値として決定してもよい。

【 0 0 4 7 】

セット値決定部 3 6 a は、運転情報および車両情報に基づいてセット値を演算し、セット値として決定する。なお、セット値決定部 3 6 a は、運転情報、および車両情報の全てを使用せず、少なくとも 1 つに基づいてセット値を演算し、セット値として決定してもよい。セット値決定部 3 6 a は、決定したセット値を踏面粗さ推定部 3 7 a に出力する。

【 0 0 4 8 】

踏面粗さ推定部 3 7 a は、前回の車輪踏面粗さに、セット値決定部 3 6 a で決定されたセット値を加算したものを最新の車輪踏面粗さとして演算し、鉄道車両 1 0 0 の車輪踏面の粗さを推定する。

【 0 0 4 9 】

車輪踏面粗さ推定装置 3 0 a の動作について説明する。図 8 は、実施の形態 2 に係る車輪踏面粗さ推定装置 3 0 a の動作を示すフローチャートである。車輪踏面粗さ推定装置 3 0 a は、各種情報を取得する（ステップ S 5 1）。具体的には、車輪踏面粗さ推定装置 3 0 a において、運転情報取得部 3 1 が運転情報を取得し、車両情報取得部 3 2 が車両情報を取得する。

【 0 0 5 0 】

車輪踏面粗さ演算部 3 4 a において、セット値決定部 3 6 a は、鉄道車両 1 0 0 が停止中か否かを判定する（ステップ S 5 2）。セット値決定部 3 6 a は、車両情報に含まれる鉄道車両 1 0 0 の速度から、鉄道車両 1 0 0 が停止中か否かを判定することができる。なお、セット値決定部 3 6 a は、鉄道車両 1 0 0 の位置情報が取得されている場合には、鉄道車両 1 0 0 の位置情報を用いて、鉄道車両 1 0 0 が停止中か否かを判定してもよい。鉄道車両 1 0 0 が停止中の場合（ステップ S 5 2 : Y e s）、セット値決定部 3 6 a は、セット値を演算してセット値を決定する（ステップ S 5 3）。ここで、セット値決定部 3 6 a は、式（ 1 ）のようにセット値を演算する。

【 0 0 5 1 】

セット値 = 係数 × B C 圧 × B C 圧の継続時間 × 速度 ... (1)

【 0 0 5 2 】

式（ 1 ）は、鉄道車両 1 0 0 において摩擦材を車輪踏面に押し付けたときの押し付け積算値を表している。セット値決定部 3 6 a は、ステップ S 5 3 の場合、速度 = 0 であるので係数 の値に関係無くセット値 = 0 になるため、セット値を 0 に決定する。

【 0 0 5 3 】

鉄道車両 1 0 0 が走行中の場合（ステップ S 5 2 : N o）、セット値決定部 3 6 a は、回生ブレーキ O N 中かつ初込め B C 圧の状態か否かを判定する（ステップ S 5 4）。セット値決定部 3 6 a は、運転情報から、鉄道車両 1 0 0 が回生ブレーキ O N 中かつ初込め B C 圧の状態か否かを判定することができる。回生ブレーキ O N 中かつ初込め B C 圧の状態の場合（ステップ S 5 4 : Y e s）、セット値決定部 3 6 a は、セット値を演算してセット値を決定する（ステップ S 5 5）。このとき、セット値決定部 3 6 a は、式（ 1 ）において係数 を負の値とする。すなわち、ステップ S 5 5 で演算されるセット値は負の値になる。回生ブレーキ O N 中かつ初込め B C 圧の状態ではない場合（ステップ S 5 4 : N o）、セット値決定部 3 6 a は、セット値を演算してセット値を決定する（ステップ S 5 6）。このとき、セット値決定部 3 6 a は、式（ 1 ）において係数 を正の値とする。すなわち、ステップ S 5 6 で演算されるセット値は正の値になる。

【 0 0 5 4 】

セット値決定部 3 6 a は、ステップ S 5 3、またはステップ S 5 5、またはステップ S 5 6 で決定したセット値を踏面粗さ推定部 3 7 a に出力する。踏面粗さ推定部 3 7 a は、現在値である前回演算された車輪踏面粗さにセット値を加算したものを最新の車輪踏面粗

10

20

30

40

50

さとして演算する（ステップS57）。このように、車輪踏面粗さ演算部34aにおいて、セット値決定部36aは、運転情報および車両情報を用いた規定された演算式によってセット値を演算し、セット値として決定する。なお、車輪踏面粗さ演算部34aにおいて、踏面粗さ推定部37aは、鉄道車両100の運行開始後の最初の演算において、前回の運行において最後に演算された最新の車輪踏面粗さ、または点検の際に計測された車輪踏面粗さを前回の車輪踏面粗さとする。踏面粗さ推定部37aは、演算によって得られた最新の車輪踏面粗さを出力部38に出力する。出力部38は、踏面粗さ推定部37aから取得した最新の車輪踏面粗さを車輪踏面粗さ情報として出力する（ステップS58）。

【0055】

なお、図8の例では、セット値決定部36aは、鉄道車両100においてブレーキ信号が有る状態でセット値を演算していたが、これに限定されない。セット値決定部36aは、鉄道車両100においてブレーキ信号が無い状態でも、力行中時の状態のときに得られる値などを用いてセット値を演算してもよい。

10

【0056】

つづいて、実施の形態2に係る車輪踏面粗さ推定装置30aのハードウェア構成について説明する。車輪踏面粗さ推定装置30aにおいて、運転情報取得部31、車両情報取得部32、車輪踏面粗さ演算部34a、および出力部38は処理回路により実現される。処理回路は、プログラムを格納するメモリ、およびメモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサであってもよいし、専用のハードウェアであってもよい。

【0057】

以上説明したように、本実施の形態によれば、車輪踏面粗さ推定装置30aは、運転情報、および車両情報を用いてセット値を演算してセット値を決定し、前回の車輪踏面粗さにセット値を加算することで最新の車輪踏面粗さを演算し、車輪踏面粗さ情報として車輪踏面粗し制御装置10に出力することとした。これにより、車輪踏面粗さ推定装置30aは、鉄道車両100の走行中においても、鉄道車両100の振動の影響を受けずに車輪踏面の粗さを精度良く推定することができる。

20

【0058】

以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

30

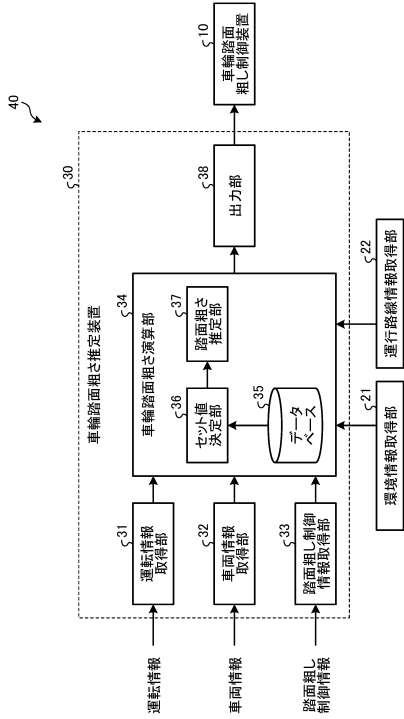
【符号の説明】

【0059】

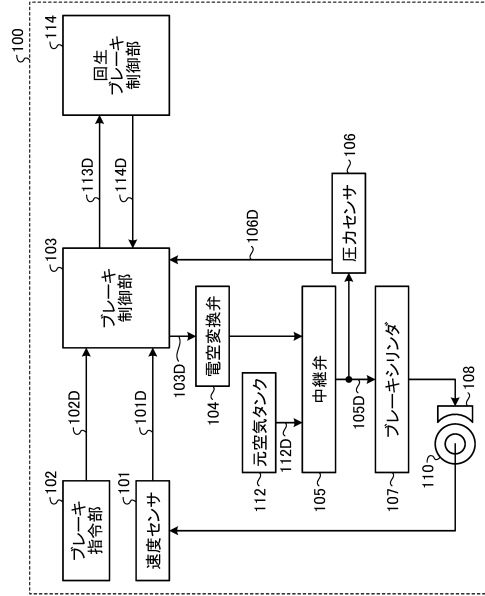
10 車輪踏面粗し制御装置、21 環境情報取得部、22 運行路線情報取得部、30、30a 車輪踏面粗さ推定装置、31 運転情報取得部、32 車両情報取得部、33 踏面粗し制御情報取得部、34、34a 車輪踏面粗さ演算部、35 データベース、36、36a セット値決定部、37、37a 踏面粗さ推定部、38 出力部、40、40a 車輪踏面粗さ管理システム、100 鉄道車両、101 速度センサ、102 ブレーキ指令部、103 ブレーキ制御部、104 電空変換弁、105 中継弁、106 圧力センサ、107 ブレーキシリンダ、108 制輪子、110 車輪、112 元空気タンク、114 回生ブレーキ制御部。

40

【図面】
【図 1】



【図 2】



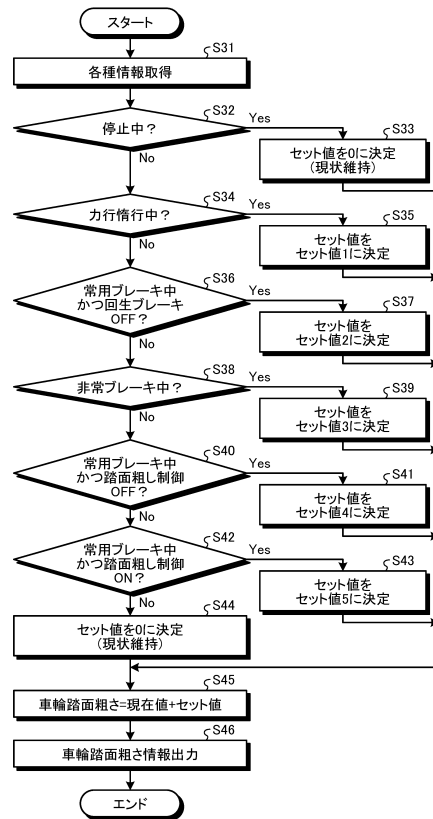
10

20

【図 3】

踏面粗さ変化量	1~40km/h	41~80km/h	81~120km/h
セット値1	-0.001mm	-0.002mm	-0.003mm
セット値2	+0.01mm	+0.02mm	+0.03mm
セット値3	+0.01mm	+0.02mm	+0.03mm
セット値4	-0.001mm	-0.002mm	-0.003mm
セット値5	+0.002mm	+0.003mm	+0.004mm
セット値6	上記以外	変化なし	変化なし
踏面粗さ変化量	1~40km/h	41~80km/h	81~120km/h
セット値1	-0.002mm	-0.003mm	-0.004mm
セット値2	+0.02mm	+0.03mm	+0.04mm
セット値3	+0.02mm	+0.03mm	+0.04mm
セット値4	-0.002mm	-0.003mm	-0.004mm
セット値5	+0.003mm	+0.004mm	+0.005mm
セット値6	上記以外	変化なし	変化なし
踏面粗さ変化量	1~40km/h	41~80km/h	81~120km/h
セット値1	-0.003mm	-0.004mm	-0.005mm
セット値2	+0.03mm	+0.04mm	+0.05mm
セット値3	+0.03mm	+0.04mm	+0.05mm
セット値4	-0.003mm	-0.004mm	-0.005mm
セット値5	+0.004mm	+0.005mm	+0.006mm
セット値6	上記以外	変化なし	変化なし

【図 4】

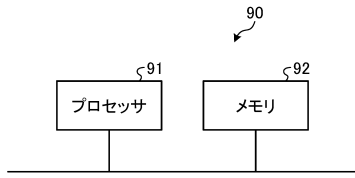


30

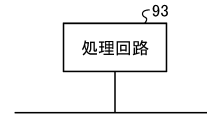
40

50

【図5】

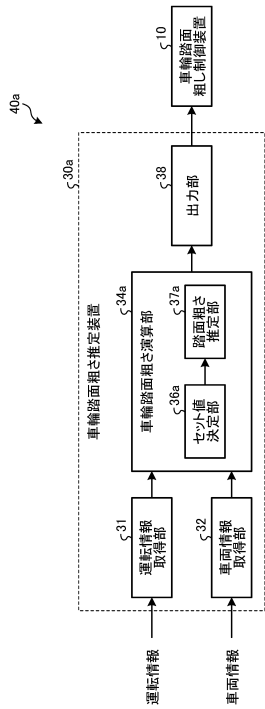


【図6】

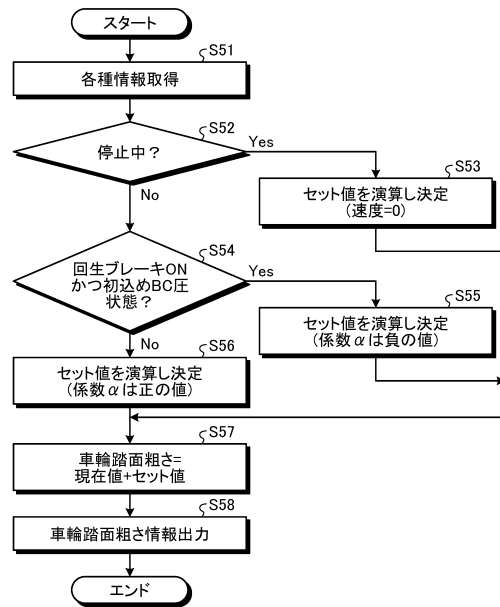


10

【図7】



【図8】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2021-046191(JP,A)
国際公開第2021/084576(WO,A1)
中国特許出願公開第111290295(CN,A)
特開2015-046191(JP,A)
特開2020-183767(JP,A)
特開2021-169934(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01M 17/10
B61K 13/00