

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5035418号
(P5035418)

(45) 発行日 平成24年9月26日 (2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日 (2012.7.13)

(51) Int. Cl. F I
B60W 40/068 (2012.01) B60W 40/06 168
B60T 8/172 (2006.01) B60T 8/172 B

請求項の数 16 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2010-519027 (P2010-519027)	(73) 特許権者	000003997
(86) (22) 出願日	平成21年6月26日 (2009.6.26)		日産自動車株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/061683		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(87) 国際公開番号	W02010/001819	(74) 代理人	100096459
(87) 国際公開日	平成22年1月7日 (2010.1.7)		弁理士 橋本 剛
審査請求日	平成22年8月5日 (2010.8.5)	(74) 代理人	100086232
(31) 優先権主張番号	特願2008-171510 (P2008-171510)		弁理士 小林 博通
(32) 優先日	平成20年6月30日 (2008.6.30)	(74) 代理人	100092613
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 富岡 潔
		(72) 発明者	塩澤 裕樹
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(72) 発明者	毛利 宏
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 路面摩擦係数推定装置及び路面摩擦係数推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車輪の制駆動力を検出する制駆動力検出部と、
 前記車輪のスリップ率を検出するスリップ率検出部と、
 前記制駆動力及び前記スリップ率を座標軸とする座標面における、基準路面摩擦係数のもとでの前記制駆動力と前記スリップ率の関係を表す特性曲線に関する情報を保持し、
 前記座標面において、前記制駆動力検出部が得た前記制駆動力の検出値及び前記スリップ率検出部が得た前記スリップ率の検出値に対応する検出点と、前記座標面の原点とを通る直線と、前記特性曲線との交点を基準点として求め、
 前記制駆動力及び前記スリップ率の少なくとも一方の前記検出値及び前記基準点における値である基準値、並びに前記基準路面摩擦係数に基づいて路面摩擦係数の推定値を計算する、路面摩擦係数推定部と、
 を備えた路面摩擦係数推定装置。

【請求項 2】

前記路面摩擦係数推定部は、
 前記制駆動力の前記検出値を前記スリップ率の前記検出値で除すことにより前記座標面における前記直線の傾きを計算し、
 前記傾きに基づいて前記基準点を求める、
 請求項 1 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 3】

前記座標面は、前記スリップ率を横軸とし、前記制駆動力を縦軸として有する、請求項 1 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 4】

前記座標面の前記原点は、前記制駆動力がゼロとなる点である、請求項 1 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 5】

前記路面摩擦係数推定部は、
前記制駆動力及び前記スリップ率の少なくとも一方の前記検出値及び前記基準値に基づいて対基準比率を計算し、

前記対基準比率及び前記基準路面摩擦係数に基づいて前記路面摩擦係数推定値を計算する、請求項 1 に記載の路面摩擦係数推定装置。

10

【請求項 6】

前記路面摩擦係数推定部は、前記制駆動力及び前記スリップ率の少なくとも一方の前記検出値を前記基準値で除すことにより前記対基準比率を計算する、請求項 5 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 7】

前記路面摩擦係数推定部は、
前記座標面における前記検出点と前記制駆動力がゼロとなる点との距離を第 1 の距離として計算し、

前記座標面における前記基準点と前記制駆動力がゼロとなる点との距離を第 2 の距離として計算し、

前記第 1 の距離及び前記第 2 の距離に基づいて前記対基準比率を計算する、請求項 5 に記載の路面摩擦係数推定装置。

20

【請求項 8】

前記路面摩擦係数推定部は、前記第 1 の距離を前記第 2 の距離で除すことにより前記対基準比率を計算する、請求項 7 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 9】

前記路面摩擦係数推定部は、前記スリップ率に対する前記制駆動力の比を横軸とし、前記制駆動力を縦軸とする第 2 の座標面における、前記基準路面摩擦係数のもとでの前記制駆動力と前記スリップ率の関係を表す第 2 の特性曲線に関する情報を保持する、請求項 1 に記載の路面摩擦係数推定装置。

30

【請求項 10】

前記路面摩擦係数推定部は、
前記第 2 の特性曲線の情報を参照して、前記制駆動力の前記基準値に対する前記検出値の比率を対基準比率として計算し、

前記対基準比率及び前記基準路面摩擦係数に基づいて、前記路面摩擦係数推定値を計算する、請求項 9 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 11】

前記路面摩擦係数推定部は、前記制駆動力の前記検出値を前記基準値で除すことにより前記対基準比率を計算する、請求項 10 に記載の路面摩擦係数推定装置。

40

【請求項 12】

前記路面摩擦係数推定部は、前記スリップ率に対する前記制駆動力の比を横軸とし、前記スリップ率を縦軸とする第 2 の座標面における、前記基準路面摩擦係数のもとでの前記制駆動力と前記スリップ率の関係を表す第 2 の特性曲線に関する情報を保持する、請求項 1 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 13】

前記路面摩擦係数推定部は、
前記第 2 の特性曲線を参照して、前記スリップ率の前記基準値に対する前記検出値の比率を対基準比率として計算し、

前記対基準比率及び前記基準路面摩擦係数に基づいて、前記路面摩擦係数推定値を計算

50

する、請求項 1 2 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 1 4】

前記路面摩擦係数推定部は、前記スリップ率の検出値を前記基準値で除すことにより前記対基準比率を計算する、請求項 1 3 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 1 5】

前記路面摩擦係数推定部は、前記基準路面摩擦係数に前記対基準比率を乗じることにより前記路面摩擦係数推定値を計算する、請求項 1 3 に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項 1 6】

車輪の制駆動力を検出する工程と、
前記車輪のスリップ率を検出する工程と、
前記制駆動力及び前記スリップ率を座標軸とする座標面における、基準路面摩擦係数のもとでの前記制駆動力と前記スリップ率の関係を表す特性曲線に関する情報を保持し、
前記座標面において、前記制駆動力の検出値及び前記スリップ率の検出値に対応する検出点と、前記座標面の原点とを通る直線と、前記特性曲線との交点を基準点として求め、
前記制駆動力及び前記スリップ率の少なくとも一方の前記検出値及び前記基準点における値である基準値、並びに前記基準路面摩擦係数に基づいて、路面摩擦係数の推定値を計算する工程と、

を備えた路面摩擦係数推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車両の走行路面の路面摩擦係数（以下、路面 μ と記載する）を推定する路面摩擦係数推定装置及び路面摩擦係数推定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

車両走行制御装置として、駆動輪の回転速度を計測し、その回転角加速度の最大値から路面 μ を推定し、駆動輪にスリップが発生しないようトルク制御を行う装置がある（例えば特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特公平 6 - 7 8 7 3 6 号公報

【発明の概要】

【0003】

特許文献 1 のような装置では、駆動輪の回転速度から路面 μ を推定しているため、駆動輪にスリップによって実際に回転速度の変化が発生しないと、路面 μ を推定することができない。

【0004】

本発明の課題は、車輪にスリップによって実際に回転速度の変化が発生する前に、走行路面の路面 μ を推定することである。

【0005】

前記課題を解決するために、本発明による路面摩擦係数推定装置は、車輪の制駆動力を検出する制駆動力検出部と、前記車輪のスリップ率を検出するスリップ率検出部と、前記制駆動力及び前記スリップ率を座標軸とする座標面における、基準路面摩擦係数のもとでの前記制駆動力と前記スリップ率の関係を表す特性曲線に関する情報を保持し、前記座標面において、前記制駆動力検出部が得た前記制駆動力の検出値及び前記スリップ率検出部が得た前記スリップ率の検出値に対応する検出点と、前記座標面の原点とを通る直線と、前記特性曲線との交点を基準点として求め、前記制駆動力及び前記スリップ率の少なくとも一方の前記検出値及び前記基準点における値である基準値、並びに前記基準路面摩擦係数に基づいて路面摩擦係数の推定値を計算する、路面摩擦係数推定部と、を備える。

【0006】

また、本発明による路面摩擦係数推定方法は、車輪の制駆動力を検出する工程と、前記車輪のスリップ率を検出する工程と、前記制駆動力及び前記スリップ率を座標軸とする座

10

20

30

40

50

標面における、基準路面摩擦係数のもとでの前記制駆動力と前記スリップ率の関係を表す特性曲線に関する情報を保持し、前記座標面において、前記制駆動力の検出値及び前記スリップ率の検出値に対応する検出点と、前記座標面の原点とを通る直線と、前記特性曲線との交点を基準点として求め、前記制駆動力及び前記スリップ率の少なくとも一方の前記検出値及び前記基準点における値である基準値、並びに前記基準路面摩擦係数に基づいて、路面摩擦係数の推定値を計算する工程と、を備える。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、タイヤの特性曲線を示す特性図である。

10

【図2】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、各路面 μ のタイヤの特性曲線及び摩擦円を示す特性図である。

【図3】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、各路面 μ のタイヤの特性曲線について、該タイヤの特性曲線の原点を通る直線との交点での接線の傾きを示す特性図である。

【図4】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、各路面 μ のタイヤの特性曲線について、該タイヤの特性曲線の原点を通る直線との交点での接線の傾きを示す他の特性図である。

【図5】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、路面 μ が異なるタイヤの特性曲線について得られる制駆動力 F_x 同士の比又はスリップ率 S 同士の比と、該路面 μ の比とが等しくなることを示す特性図である。

20

【図6】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、路面 μ が異なる路面で得た制駆動力 F_x とスリップ率 S との関係を示す特性図である。

【図7】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、スタッドレスタイヤについて、路面 μ が異なる路面で得た制駆動力 F_x とスリップ率 S との関係を示す特性図である。

【図8】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、任意の直線とタイヤの特性曲線との交点を示す制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x/S) と、該交点でのタイヤの特性曲線上の接線の傾きとのプロット点の集合からなる特性図である。

【図9】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、図8のプロット点から得た特性曲線(制駆動力特性指標値マップ)を示す特性図である。

30

【図10】本願発明の前提となる技術を説明するために使用した図であり、ある路面 μ におけるタイヤの特性曲線を基準として、実際の走行路面の路面 μ を推定する手順を説明するために使用した図である。

【図11】本発明の第1の実施形態の路面摩擦係数推定装置の構成を示すブロック図である。

【図12】検出した制駆動力 F_x を b を基に、路面 μ の推定値を算出する処理手順を示すフローチャートである。

【図13】検出したスリップ率 S を b を基に、路面 μ の推定値を算出する処理手順を示すフローチャートである。

40

【図14】実測点とタイヤの特性曲線の原点とを結ぶ直線の線長を基に、路面 μ の推定値の算出する処理手順を示すフローチャートである。

【図15】横軸が制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x/S) となり、縦軸が制駆動力 F_x となるタイヤの特性曲線(特性マップ)を示す特性図である。

【図16】横軸が制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x/S) となり、縦軸がスリップ率 S となるタイヤの特性曲線(特性マップ)を示す特性図である。

【図17】本発明の第2の実施形態の電動駆動車の構成を示す図である。

【図18】第2の実施形態の電動駆動車のシステム制御部の構成を示すブロック図である。

【図19】路面 μ (推定値)とゲイン $G a i n$ との関係を示す特性図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、説明するように、本発明によれば、車輪の制駆動力と車輪のスリップ率とを検出し、これに基づいて、時々刻々変化する路面 μ を推定することができる。

【0009】

本発明を実施するための形態（以下、実施形態という。）を図面を参照しながら詳細に説明する。

【0010】

（本願発明の実施形態の前提となる技術）

先ず、本願発明の実施形態の前提となる技術を説明する。図1はタイヤの特性曲線を示す。このタイヤの特性曲線は、駆動輪のスリップ率 S と駆動輪の制駆動力 F_x との間に成立する一般的な関係を示す。例えば、マジックフォーミュラ（Magic Formula）といったタイヤモデルからタイヤの特性曲線を得る。図1に示すように、タイヤの特性曲線では、スリップ率 S と制駆動力 F_x との関係が、スリップ率 S の絶対値が増加するに従い線形から非線形に遷移する。すなわち、スリップ率 S が零から所定の範囲内にある場合には、スリップ率 S と制駆動力 F_x との間に線形関係が成り立つ。そして、スリップ率 S の絶対値がある程度大きくなると、スリップ率 S と制駆動力 F_x との関係が非線形関係になる。

【0011】

図1の例における非線形領域では、スリップ率 S が0.1付近で、スリップ率 S に対する制駆動力 F_x の増加割合が少なくなる。そして、スリップ率 S が0.15付近で、制駆動力 F_x が最大値を示す。その後、スリップ率 S が増加するのに対して制駆動力 F_x が減少するようになる。例えば、このような関係は、タイヤの特性曲線の接線の傾きに注目すれば一目瞭然である。

【0012】

タイヤの特性曲線の接線の傾きは、スリップ率 S の変化量と制駆動力 F_x の変化量との比、すなわち、制駆動力 F_x のスリップ率 S に関する偏微分係数で示される。このように示されるタイヤの特性曲線の接線の傾きは、該タイヤの特性曲線に対して交わる任意の直線 a, b, c, d との交点（同図中に印で示す交点）におけるタイヤの特性曲線の接線の傾きとみることでもできる。そして、このようなタイヤの特性曲線上における位置、すなわちスリップ率 S 及び制駆動力 F_x がわかれば、タイヤの摩擦状態の推定が可能になる。例えば、図1に示すように、タイヤの特性曲線上で、非線形域でも線形域に近い位置 x_0 にあれば、タイヤの摩擦状態が安定状態にあると推定できる。タイヤの摩擦状態が安定状態にあれば、例えばタイヤがその能力を発揮できるレベルにあると推定できる。又は車両が安定状態にあると推定できる。

【0013】

図2は、各種路面 μ のタイヤの特性曲線と摩擦円を示す。同図（a）は、各種路面 μ のタイヤの特性曲線を示す。同図（b）、（c）及び（d）は、各路面 μ の摩擦円を示す。路面 μ は、例えば、0.2、0.5、1.0である。同図（a）に示すように、タイヤの特性曲線は、各路面 μ で定性的に同様な傾向を示す。また、同図（b）、（c）及び（d）に示すように、路面 μ が小さくなるほど、摩擦円が小さくなる。すなわち、路面 μ が小さくなるほど、タイヤが許容できる制駆動力が小さくなる。

【0014】

図3は、各種路面 μ のタイヤの特性曲線と原点を通る任意の直線 b, c, d との関係を示す。図3に示すように、図1と同様に、各種路面 μ のタイヤの特性曲線について、任意の直線 b, c, d との交点で接線の傾きを得る。すなわち、各種路面 μ でのタイヤの特性曲線について、直線 b との交点で接線の傾きをそれぞれ得る。各種路面 μ でのタイヤの特性曲線について、直線 c との交点で接線の傾きをそれぞれ得る。各種路面 μ でのタイヤの特性曲線について、直線 d との交点で接線の傾きをそれぞれ得る。その結果、同一の直線との交点で得られる各種路面 μ のタイヤの特性曲線上の接線の傾きが同一となる結果を得

10

20

30

40

50

ることができる。

【 0 0 1 5 】

例えば、図 4 では、図 3 に示した直線 c に着目している。図 4 に示すように、同一の直線 c との交点で得られる各種路面 μ のタイヤの特性曲線上の接線の傾きは同一となる。すなわち、路面 μ が $\mu = 0.2$ のタイヤの特性曲線上での交点 x_1 を得る制駆動力 F_{x1} とスリップ率 S_1 との比 (F_{x1} / S_1)、路面 μ が $\mu = 0.5$ のタイヤの特性曲線上での交点 x_2 を得る制駆動力 F_{x2} とスリップ率 S_2 との比 (F_{x2} / S_2)、及び路面 μ が $\mu = 1.0$ のタイヤの特性曲線上での交点 x_3 を得る制駆動力 F_{x3} とスリップ率 S_3 との比 (F_{x3} / S_3) が同一値となる。そして、それら各路面 μ のタイヤの特性曲線上で得られる各交点 x_1, x_2, x_3 での接線の傾きが同一となる。

10

【 0 0 1 6 】

このように、路面 μ が異なっても、各タイヤの特性曲線について、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) が同一なる値 (S, F_x) において、接線の傾きが同一となる。また、該各タイヤの特性曲線で、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) が同一となる値 (S, F_x) における、制駆動力 F_x 同士の比、又はスリップ率 S 同士の比は、路面 μ の比と等しくなる。すなわち、該制駆動力 F_x 同士の比、又は該スリップ率 S 同士の比が知ることができれば、路面 μ の比を知ることができる。

【 0 0 1 7 】

図 5 を用いて、路面 μ が異なる各タイヤの特性曲線について、制駆動力 F_x 同士の比、又はスリップ率 S 同士の比と、その路面 μ の比とが等しくなることを説明する。同図には、路面 μ が異なる路面 A (路面 $\mu = \mu_A$) 及び路面 B (路面 $\mu = \mu_B$) それぞれで得られるタイヤの特性曲線を示す。同図に示すように、路面 A で得られるタイヤの特性曲線と路面 B で得られるタイヤの特性曲線とで、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) が同一となる点 (S, F_x) (同図中に 印、 印でそれぞれ示す点) でそれぞれ得られる制駆動力 a_2 と制駆動力 b_2 との比 (a_2 / b_2) は、路面 A の路面 μ 値 μ_A と路面 B の路面 μ 値 μ_B との比 (μ_A / μ_B) と同一になる。また、同じく、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) が同一となる点 (S, F_x) でそれぞれ得られるスリップ率 a_3 とスリップ率 b_3 との比 (a_3 / b_3) は、路面 A の路面 μ 値 μ_A と路面 B の路面 μ 値 μ_B との比 (μ_A / μ_B) と同一になる。また、このようなことから、路面 A で得られるタイヤの特性曲線と路面 B で得られるタイヤの特性曲線とで、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) が同一となる点 (S, F_x) と原点 ($0, 0$) とをそれぞれ結んで得られる線長 a_1 と線長 b_1 との比 (a_1 / b_1) は、路面 A の路面 μ 値 μ_A と路面 B の路面 μ 値 μ_B との比 (μ_A / μ_B) と同一になる。

20

30

【 0 0 1 8 】

図 6 は、路面 μ が異なる路面で得た制駆動力 F_x とスリップ率 S との関係を示す。同図中、振動波形は、ドライ路 (Dry 路)、ウェット路 (Wet 路) 及び低 μ 路で得た実測値を示し、点線は、それぞれの路面におけるタイヤ (ノーマルタイヤ) の特性曲線を示す。同図に示すように、路面 μ が異なる各路面におけるタイヤの特性曲線が、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) を維持しながら、路面 μ が小さくなるほど、制駆動力 F_x 及びスリップ率 S が小さくなる。

40

【 0 0 1 9 】

また、図 7 は、スタッドレスタイヤについて、路面 μ が異なる路面で得た制駆動力 F_x とスリップ率 S との関係を示す。同図中、振動波形は、Dry 路、Wet 路及び低 μ 路で得た実測値を示し、点線は、それぞれの路面におけるタイヤの特性曲線を示す。また、太線の点線は、ノーマルタイヤの特性曲線を示す。同図に示すように、線形領域において、路面 μ が異なる各路面におけるタイヤの特性曲線 (細線の点線) が、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) を維持しながら、路面 μ が小さくなるほど、制駆動力 F_x 及びスリップ率 S が小さくなる。さらに、線形領域において、ノーマルタイヤの特性曲線 (太線の点線) の制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) と、スタッドレスタイヤの特性曲線 (細線の点線) の制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) とが、同一

50

となっている。すなわち、ノーマルタイヤの特性曲線とスタッドレスタイヤの特性曲線とは相似形状となる。つまり、スタッドレスタイヤのようにグリップ力やタイヤの表面形状等が異なる場合でも、線形領域において、ノーマルタイヤの特性曲線の制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) が同一となる。

【 0 0 2 0 】

図 8 は、任意の直線とタイヤの特性曲線との交点を示す制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) と、該交点でのタイヤの特性曲線上の接線の傾き (制駆動力 / スリップ率) との関係を示す。この図 8 では、各路面 μ (例えば、 $\mu = 0.2, 0.5, 1.0$) で得た値をプロットしている。同図に示すように、路面 μ にかかわらず、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) とタイヤの特性曲線上の接線の傾きとが一定の関係を示している。

10

【 0 0 2 1 】

図 9 は、図 8 のプロット点を基に得た特性曲線を示す。図 9 に示すように、この特性曲線は、路面 μ にかかわらず、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) とタイヤの特性曲線上の接線の傾きとが常に一定の関係があることを示すものとなる。そのため、例えば乾燥アスファルト路面や凍結路面等、路面 μ が異なる路面であっても、この図 9 に示す特性曲線が成立する。この特性曲線は、制駆動力 F_x とスリップ率 S の比 (F_x / S) が小さい領域では、タイヤの特性曲線上の接線の傾きが負値となる。そして、この領域では、その比 (F_x / S) が大きくなるに従い、タイヤの特性曲線上の接線の傾きが一旦減少してから増加に転じる。ここで、タイヤの特性曲線上の接線の傾きが負値であることは、制駆動力のスリップ率に関する偏微分係数が負値であることを示す。

20

【 0 0 2 2 】

また、制駆動力 F_x とスリップ率 S の比 (F_x / S) が大きい領域では、タイヤの特性曲線上の接線の傾きが正値になる。そして、この領域では、その比 (F_x / S) が大きくなると、タイヤの特性曲線上の接線の傾きが増加する。ここで、タイヤの特性曲線上の接線の傾きが正値であることは、制駆動力のスリップ率に関する偏微分係数が正値であることを示す。また、タイヤの特性曲線上の接線の傾きが最大となることは、該接線の傾きがタイヤの特性曲線の線形領域のものであることを示す。なお、線形領域では、タイヤの特性曲線上の接線の傾きは、制駆動力 F_x とスリップ率 S の値にかかわらず、常に一定の値を示す。

30

【 0 0 2 3 】

本願発明者は、以上に述べたように、各路面 μ のタイヤの特性曲線について、そのタイヤの特性曲線の原点を通る任意の一直線とタイヤの特性曲線との交点で、接線の傾きが同一となる点を発見した。これにより、本願発明者は、路面 μ にかかわらず、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) とタイヤの特性曲線上の接線の傾きとの関係がある特性曲線として表せる結果を得た (図 9)。これにより、制駆動力 F_x 及びスリップ率 S がわかれば、特性曲線を基に、路面 μ の情報を必要とすることなく、タイヤの摩擦状態の情報を得ることができる。

【 0 0 2 4 】

そして、本願発明者は、路面 μ が異なる各タイヤの特性曲線で、制駆動力 F_x とスリップ率 S との比 (F_x / S) が同一となる点 (S, F_x) での制駆動力 F_x 同士の比、又はスリップ率 S 同士の比が、路面 μ の比と等しくなる点を発見した。これにより、該制駆動力 F_x 同士の比、又は該スリップ率 S 同士の比がわかれば、路面 μ の比を知ることができる。これにより、ある路面 μ におけるタイヤの特性曲線を基準として、現在の走行路面の路面 μ を推定することができるようになる。

40

【 0 0 2 5 】

図 10 を用いて、ある路面 μ におけるタイヤの特性曲線を基準として、実際の走行路面 (検出対象の走行路面) の路面 μ を推定する手順を説明する。まず、走行中の制駆動力 $F_x b$ とスリップ率 $S b$ とを検出する。このとき検出した制駆動力 $F_x b$ とスリップ率 $S b$ とが示す点 ($S b, F_x b$) (同図中に 印で示す点) は、その検出時 (実際の走行路面

50

)の路面 μ のタイヤの特性曲線における点となる。

【0026】

続いて、基準となる路面（基準路面、例えば路面 μ 値が1の路面）のタイヤの特性曲線において、先に検出した制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 S_b との比 $(F \times b / S_b)$ が同一となる値の点 $(S_a, F \times a)$ （同図中に印で示す点）を算出（特定）する。前記線長により推定する場合には、先に検出した制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 S_b とが示す点 $(S_b, F \times b)$ と原点とを結ぶ直線の線長 b_1 と基準路面のタイヤの特性曲線で算出した値の点 $(S_a, F \times a)$ と該タイヤの特性曲線の原点とを結ぶ直線の線長 a_1 （線長 b_1 の延長線となる関係になる）との比 (b_1 / a_1) を算出する。それから、その算出した比 (b_1 / a_1) と基準路面の路面 μ 値 μ_A との乗算値 $(\mu_A \cdot b_1 / a_1)$ を得て、その乗算値 $(\mu_A \cdot b_1 / a_1)$ を実際の走行路面の路面 μ 値 μ_B として推定する。また、制駆動力 $F \times$ により推定する場合は、先に検出した制駆動力 $F \times b$ の大きさ b_2 と基準路面のタイヤの特性曲線で算出した値の点 $(S_a, F \times a)$ の制駆動力 $F \times a$ の大きさ a_2 との比 (b_2 / a_2) を算出する。算出した比 (b_2 / a_2) と基準路面の路面 μ 値 μ_A との乗算値 $(\mu_A \cdot b_2 / a_2)$ を得て、その乗算値 $(\mu_A \cdot b_2 / a_2)$ を実際の走行路面の路面 μ 値 μ_B として推定する。なお、 a_2 及び b_2 は制駆動力の大きさを表すが、これは図10中では線長 a_2 及び b_2 に相当し、 a_2 と b_2 の比は前記線長 a_1 と b_1 の比に等しい。

10

【0027】

また、スリップ率 S により推定する場合には、先に検出したスリップ率 S_b の大きさ b_3 と基準路面のタイヤの特性曲線で算出した値の点 $(S_a, F \times a)$ のスリップ率 S_a の大きさ a_3 との比 (b_3 / a_3) を算出する。それから、その算出した比 (b_3 / a_3) と基準路面の路面 μ 値 μ_A との乗算値 $(\mu_A \cdot b_3 / a_3)$ を得て、その乗算値 $(\mu_A \cdot b_3 / a_3)$ を実際の走行路面の路面 μ 値 μ_B として推定する。なお、 a_3 及び b_3 はスリップ率の大きさを表すが、これは図10中では線長 a_3 及び b_3 に相当し、 a_3 と b_3 の比は前記線長 a_1 と b_1 の比に等しい。

20

【0028】

これら制駆動力 $F \times$ 、スリップ率 S 及び線長に基づく路面 μ 値 μ_B の推定手順は、表現上の差異があるものの、物理的にはすべて同義である。以上のような手順により、ある路面 μ におけるタイヤの特性曲線を基準として、実際の走行路面の路面 μ を推定できる。

30

【0029】

（実施形態）

以上の技術の採用により実現した実施形態を次に説明する。

（第1の実施形態）

第1の実施形態は、本発明を適用した路面摩擦係数推定装置である。

（構成）

図11は、第1の実施形態の路面摩擦係数推定装置の構成を示す。路面摩擦係数推定装置は、例えば、路面 μ に応じて走行制御を行う車両に搭載される。同図に示すように、路面摩擦係数推定装置は、制駆動力検出部1、スリップ率検出部2及び路面 μ 算出部（路面摩擦係数推定部）3を備える。制駆動力検出部1は、制駆動力を検出する。制駆動力検出部1は、例えば、駆動源や制動装置の出力を基に、制駆動力を検出する。制駆動力検出部1は、検出した制駆動力を路面 μ 算出部3に出力する。また、スリップ率検出部2は、スリップ率を検出する。スリップ率検出部2は、車輪速度と車体速度との差分を基に、スリップ率を検出する。スリップ率検出部2は、検出したスリップ率を路面 μ 算出部3に出力する。

40

【0030】

路面 μ 算出部3は、基準路面のタイヤの特性曲線を特性マップとして、メモリ等の格納手段に格納している。基準路面のタイヤの特性曲線は、図10に示す基準路面のタイヤの特性曲線である。例えば、事前に車両により走行実験を行うことで特性マップをなす基準路面のタイヤの特性曲線を得る。例えば、走行実験として直線加加速走行実験を行う。加

50

加速とは、加速度を変動させることを意味する。基準路面での直線加加速走行実験により、そのときに得られるスリップ率の変動と駆動力又は制動力の変動との関係から、基準路面のタイヤの特性曲線を得る。また、走行実験ではなくシミュレーション等による演算により基準路面のタイヤの特性曲線の特性マップを得ることもできる。また、基準路面は、乾燥アスファルト ($\mu = 1$) 等の路面 μ の高い路面の方が、走行実験の際の計測器ノイズ等の外乱の影響を相対的に抑えることができ、高い精度でタイヤの特性曲線を得ることができる。

【 0 0 3 1 】

路面 μ 算出部 3 は、このようにして得た基準路面のタイヤの特性曲線の特性マップを基に、実際の走行路面の路面 μ を推定値として算出する。路面 μ 算出部 3 における算出処理は次に説明する一連の処理手順の説明において、詳しく説明する。

10

【 0 0 3 2 】

図 1 4 は、前記線長を基に、実際の走行路面の路面 μ の推定値を算出する場合の処理手順を示す。同図に示すように、処理を開始すると、路面 μ 算出部 3 は、先ずステップ S 2 1 及びステップ S 2 2 において、制駆動力 $F \times b$ 及びスリップ率 $S b$ を検出する。続いてステップ S 2 3 において、路面 μ 算出部 3 は、基準路面のタイヤの特性曲線の原点 ($0, 0$) と実測点とを通る直線が、該タイヤの特性曲線と交わる点の値 ($S a, F \times a$) を特定する。ここで、実測点とは、特性マップにおいて、前記ステップ S 2 1 及びステップ S 2 2 で検出した制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 $S b$ が示す点 ($S b, F \times b$) である。

【 0 0 3 3 】

続いてステップ S 2 4 において、路面 μ 算出部 3 は、実際の走行路面の路面 μ 値 μ_B の推定値を算出する。すなわち、路面 μ 算出部 3 は、特性マップにおいて、前記実測点 ($S b, F \times b$) と基準路面のタイヤの特性曲線の原点とを結ぶ直線の線長 $L b (= \sqrt{S b^2 + F \times b^2})$ と、前記ステップ S 2 3 で特定した基準路面のタイヤの特性曲線の交点 ($S a, F \times a$) と該タイヤの特性曲線の原点とを結ぶ直線の線長 $L a (= \sqrt{S a^2 + F \times a^2})$ との比 ($L b / L a$) を算出する。そして、路面 μ 算出部 3 は、その算出した比 ($L b / L a$) と、特性マップ (タイヤの特性曲線) を得た基準路面の路面 μ 値 μ_A とを乗算し、その乗算値を実際の走行路面の路面 μ の推定値 μ_B として得る ($\mu_B = \mu_A \cdot L b / L a$)。数式中、路面 μ 値 μ_A の係数 (ここでは ($L b / L a$)) を対基準比率と称する。このように、路面 μ 算出部 3 は、座標面における検出点と制駆動力がゼロとなる点との距離を第 1 の距離として計算し、座標面における基準点と制駆動力がゼロとなる点との距離を第 2 の距離として計算し、第 1 の距離及び前記第 2 の距離に基づいて前記対基準比率を計算する。

20

30

【 0 0 3 4 】

以上のような手順により、実際の走行路面の路面 μ の推定値を算出する。言い換えれば、実際の走行路面の路面 μ における、検出した制駆動力 $F \times b$ と検出したスリップ率 $S b$ との関係から推定する。例えば、路面 μ の実際の走行路面で、制駆動力が許容最大値となる最大路面 μ を推定することができる。例えば、図 1 0 に示すように検出できる制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 $S b$ との関係において、スリップ率 $S b$ の増加に対して駆動力 $F \times b$ が増加から減少に転じる境界となる最大路面 μ を推定することができる。

40

【 0 0 3 5 】

なお、この第 1 の実施形態を次のような構成により実現することもできる。すなわち、制駆動力を基に、実際の走行路面の路面 μ の推定値を算出することもできる。図 1 2 は、実際の走行路面の路面 μ の推定値の算出処理の処理手順を示す。同図に示すように、処理を開始すると、先ずステップ S 1 において、制駆動力検出部 1 は、制駆動力 $F \times b$ を検出する。続いてステップ S 2 において、スリップ率検出部 2 は、スリップ率 $S b$ を検出する。

【 0 0 3 6 】

続いてステップ S 3 において、路面 μ 算出部 3 は、前記ステップ S 1 及びステップ S 2 で検出した制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 $S b$ との比 ($F \times b / S b$) を算出する。続いて

50

ステップS 4において、路面 μ 算出部3は、特性マップである基準路面のタイヤの特性曲線から、対応する制駆動力 $F \times a$ を算出する。すなわち、路面 μ 算出部3は、タイヤの特性曲線にて、その比 $(F \times a / S a)$ が、前記ステップS 3で算出した制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 $S b$ との比 $(F \times b / S b)$ と同一となる制駆動力 $F \times a$ とスリップ率 $S a$ とを特定し、該制駆動力 $F \times a$ を得る。

【0037】

続いてステップS 5において、路面 μ 算出部3は、実際の走行路面の路面 μ 値 μ_B の推定値を算出する。具体的には、路面 μ 算出部3は、前記ステップS 1で検出した制駆動力 $F \times b$ と前記ステップS 4で特性マップから算出した制駆動力 $F \times a$ との比 $(F \times b / F \times a)$ と、特性マップ(タイヤの特性曲線)を得た基準路面の路面 μ 値 μ_A とを乗算する。路面 μ 算出部3は、その乗算値を実際の走行路面の路面 μ の推定値 μ_B として得る($\mu_B = \mu_A \cdot F \times b / F \times a$)。

10

【0038】

なお、この第1の実施形態を次のような構成により実現することもできる。すなわち、スリップ率を基に、実際の走行路面の路面 μ の推定値を算出することもできる。図13は、スリップ率を基に、実際の走行路面の路面 μ の推定値を算出する場合の処理手順を示す。同図に示すように、処理を開始すると、路面 μ 算出部3は、先ずステップS 11及びステップS 12において、図12と同様に、制駆動力 $F \times b$ 及びスリップ率 $S b$ を検出する。さらに、ステップS 13において、路面 μ 算出部3は、図12と同様に、前記ステップS 11及びステップS 12で検出した制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 $S b$ との比 $(F \times b / S b)$ を算出する。

20

【0039】

続いてステップS 14において、路面 μ 算出部3は、特性マップである基準路面のタイヤの特性曲線から、対応するスリップ率 $S a$ を算出する。すなわち、路面 μ 算出部3は、タイヤの特性曲線にて、その比 $(F \times a / S a)$ が、前記ステップS 13で算出した制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 $S b$ との比 $(F \times b / S b)$ と同一となる制駆動力 $F \times a$ とスリップ率 $S a$ とを特定し、該スリップ率 $S a$ を得る。続いてステップS 15において、路面 μ 算出部3は、実際の走行路面の路面 μ 値 μ_B の推定値を算出する。すなわち、路面 μ 算出部3は、前記ステップS 12で検出したスリップ率 $S b$ と前記ステップS 14で特性マップから算出したスリップ率 $S a$ との比 $(S b / S a)$ と、特性マップ(タイヤの特性曲線)を得た基準路面の路面 μ 値 μ_A とを乗算する。路面 μ 算出部3は、その乗算値を実際の走行路面の路面 μ の推定値 μ_B として得る($\mu_B = \mu_A \cdot S b / S a$)。

30

【0040】

なお、この実施形態では、タイヤの特性曲線が、横軸がスリップ率 S となり、縦軸が制駆動力 $F \times$ となる場合を説明した。これに対して、他の形態として表現するタイヤの特性曲線を用いることができる。

【0041】

図15は、タイヤの特性曲線の他の形態の例であり、横軸が制駆動力 $F \times$ とスリップ率 S との比 $(F \times / S)$ となり、縦軸が制駆動力 $F \times$ となる。そして、路面 μ 算出部3は、同図に示すような基準路面のタイヤの特性曲線からなる特性マップを基に、実際の走行路面の路面 μ 値 μ_B の推定値を算出する。具体的には、路面 μ 算出部3は、前述の実施形態の説明と同様に、制駆動力 $F \times b$ 及びスリップ率 $S b$ を検出する。路面 μ 算出部3は、タイヤの特性曲線にて、その検出した制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 $S b$ との比 $(F \times b / S b)$ と同一となるときの制駆動力 $F \times a$ ($a 2$)を特定する。そして、路面 μ 算出部3は、先に検出した制駆動力 $F \times b$ ($b 2$)とタイヤの特性曲線から特定した制駆動力 $F \times a$ ($a 2$)との比 $(F \times b / F \times a (= b 2 / a 2))$ と、該タイヤの特性曲線を得た基準路面の路面 μ 値 μ_A とを乗算する。路面 μ 算出部3は、その乗算値を実際の走行路面の路面 μ の推定値 μ_B として得る($\mu_B = \mu_A \cdot F \times b / F \times a$)。

40

【0042】

また、図16は、タイヤの特性曲線の他の形態の例であり、横軸が制駆動力 $F \times$ とスリ

50

ップ率 S との比 $(F \times b / S)$ となり、縦軸がスリップ率 S となる。そして、路面 μ 算出部3は、同図に示すような基準路面のタイヤの特性曲線からなる特性マップを基に、実際の走行路面の路面 μ 値 μ_B の推定値を算出する。具体的には、路面 μ 算出部3は、前述の実施形態の説明と同様に、制駆動力 $F \times b$ 及びスリップ率 S_b を検出する。路面 μ 算出部3は、タイヤの特性曲線にて、その検出した制駆動力 $F \times b$ とスリップ率 S_b との比 $(F \times b / S_b)$ と同一となる時のスリップ率 S_a (a_3)を特定する。そして、路面 μ 算出部3は、先に検出したスリップ率 S_b (b_3)とタイヤの特性曲線から特定したスリップ率 S_a (a_3)との比 $(S_b / S_a (= b_3 / a_3))$ と、該タイヤの特性曲線を得た基準路面の路面 μ 値 μ_A とを乗算する。路面 μ 算出部3は、その乗算値を実際の走行路面の路面 μ の推定値 μ_B として得る $(\mu_B = \mu_A \cdot S_b / S_a)$ 。

10

【0043】

また、この第1の実施形態では、特性マップを用いた場合を説明した。これに対して、他の手法を用いることもできる。具体的には、数式を用いることもできる。この場合、数式は、車輪の制駆動力と車輪のスリップ率とをそれぞれ変数として、特性マップと同様なタイヤの特性曲線を得る。そして、特性マップの場合と同様にして、数式により得られるタイヤの特性曲線と、検出した制駆動力及びスリップ率とを基に、例えば、連立式により、実際の走行路面の路面 μ を推定する。

【0044】

また、この第1の実施形態では、タイヤの特性曲線(特性マップ等)を得る基準路面が路面 μ の高い路面である場合を説明した。しかし、基準路面の路面 μ と実際の走行路面の路面 μ との比の関係から、該実際の走行路面の路面 μ を推定できる限り、基準路面の路面 μ は限定されるものではない。例えば、湿潤路面や凍結路面等の低路面 μ を基準路面としたタイヤの特性曲線(特性マップ等)を得ることもできる。

20

【0045】

なお、この第1の実施形態では、制駆動力検出部1は、車輪の制駆動力を検出する制駆動力検出手段を実現している。また、スリップ率検出部2は、前記車輪のスリップ率を検出するスリップ率検出手段を実現している。また、路面 μ 算出部3(特に特性マップを格納するメモリ等の格納手段)は、基準路面について車輪の制駆動力と前記車輪のスリップ率との相関関係(又は相関関係を示す基準曲線)を得る相関関係取得手段を実現している。また、路面 μ 算出部3は、前記制駆動力検出手段が検出した制駆動力と前記スリップ率検出手段が検出したスリップ率との比を算出する比算手段を実現している。また、路面 μ 算出部3は、前記比算手段が算出した比、前記相関関係取得手段が得た相関関係、並びに前記制駆動力検出手段が検出した制駆動力及び前記スリップ率検出手段が検出したスリップ率の少なくとも一方を基に、該制駆動力と該スリップ率との関係を推定する路面摩擦係数推定手段を実現している。

30

【0046】

また、この第1の実施形態では、路面 μ 算出部3(特に特性マップを格納するメモリ等の格納手段)は、基準路面について車輪の制駆動力と前記車輪のスリップ率との間の関係を示す特性曲線が得られる特性曲線取得手段を実現しており、制駆動力検出部1は、走行時の車輪の制駆動力を検出する制駆動力検出手段を実現しており、スリップ率検出部2は、走行時の前記車輪のスリップ率を検出するスリップ率検出手段を実現しており、路面 μ 算出部3は、前記制駆動力検出手段が検出した車輪の制駆動力と前記スリップ率検出手段が検出した車輪のスリップ率との比を算出する比算手段、前記特性曲線取得手段にて得られる特性曲線において、前記車輪の制駆動力と前記車輪のスリップ率との比が、前記比算手段が算出した前記比と同一となる時の、該車輪の制駆動力又は該車輪のスリップ率を特定する特定手段、及び前記特定手段が特定した車輪の制駆動力と前記制駆動力検出手段が検出した車輪の制駆動力との比、又は前記特定手段が特定した車輪のスリップ率と前記スリップ率検出手段が検出した車輪のスリップ率との比と、前記基準路面の路面 μ とを基に、走行路面の実路面 μ を算出する実路面 μ 算出手段を実現している。

40

【0047】

50

また、この第1の実施形態は、車輪の制駆動力及びスリップ率を検出し、前記検出した制駆動力とスリップ率との比を算出し、前記算出した比、基準路面についての車輪の制駆動力と前記車輪のスリップ率との相関関係、並びに前記検出した制駆動力及びスリップ率の少なくとも一方を基に、該制駆動力と該スリップ率との関係を推定する路面摩擦係数推定方法を実現している。

【0048】

また、この第1の実施形態は、走行時の車輪の制駆動力及びスリップ率を検出し、前記検出した車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との比を算出し、基準路面について前記車輪の制駆動力と前記車輪のスリップ率との間の関係として得られる特性曲線において、該車輪の制駆動力と該車輪のスリップ率との比が、前記算出した前記比と同一となるときの、
10
該車輪の制駆動力又は該車輪のスリップ率を特定し、前記特定した車輪の制駆動力と前記検出した車輪の制駆動力との比、又は前記特定した車輪のスリップ率と前記検出した車輪のスリップ率との比と、前記基準路面の路面 μ とを基に、走行路面の実路面 μ を算出する路面摩擦係数推定方法を実現している。

【0049】

(作用及び効果)

この第1の実施形態における作用及び効果は次のようになる。

(1) 走行時の車輪の制駆動力及びスリップ率を検出し、その検出した車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との比を算出している。そして、その算出した比、基準路面について車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との相関関係として得られるタイヤの特性曲線、並びに
20
検出した制駆動力及びスリップ率の少なくとも一方を基に、該制駆動力と該スリップ率との関係を推定している。これにより、車輪の制駆動力と車輪のスリップ率とを検出することができれば、その比を基に、時々刻々変化する路面 μ を推定することができる。すなわち、スリップが発生する前に、路面 μ を推定することができる。これにより、スリップ率と走行路面の路面 μ (又は制駆動力)との関係を推定できる。

【0050】

具体的には、走行時の車輪の制駆動力及びスリップ率を検出し、その検出した車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との比を算出している。さらに、基準路面について車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との間の関係として得られるタイヤの特性曲線において、車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との比が、前記算出した比と同一となるときの、該車輪の制
30
駆動力又は該車輪のスリップ率を特定している。そして、その特定した車輪の制駆動力と先に検出した車輪の制駆動力との比、又は特定した車輪のスリップ率と先に検出した車輪のスリップ率との比と基準路面の路面 μ とを基に、走行路面の実路面 μ を算出している。

【0051】

これにより、車輪の制駆動力と車輪のスリップ率とを検出することができれば、その比を基に、走行路面の実路面 μ を算出することができる。よって、スリップが発生する前に、走行路面の路面 μ を推定できる。

【0052】

また、基準路面のタイヤの特性曲線を用いるといったように、ある1つの路面のタイヤの特性曲線を得るだけで、走行路面の路面 μ を推定できる。これにより、スリップ率と走行路面の路面 μ との関係、又は走行路面の路面 μ を簡単に推定できる。
40

【0053】

例えば、路面 μ が異なる路面についてタイヤの特性曲線を得ておき、実際の走行路面の路面 μ を得ようとするタイヤの特性曲線がない場合に、既にある各タイヤの特性曲線を補完する等して、実施の走行路面の路面 μ を推定する方法も考えられる。しかし、このような場合、複数のタイヤの特性曲線を用いること、補完すること等により、路面 μ の推定精度が低くなる。これに対して、本発明を適用した場合、ある1つの路面のタイヤの特性曲線だけで、走行路面の路面 μ を推定できるので、簡単に走行路面の路面 μ を推定しつつも、高い精度でその推定値を得ることができる。

【0054】

10

20

30

40

50

(2) 制駆動力とスリップ率とをそれぞれ座標軸とするタイヤの特性曲線からなる特性マップを用いて、検出した制駆動力と検出したスリップ率との関係を推定している。これにより、時々刻々変化する路面 μ を簡単に推定することができる。

【0055】

(3) 制駆動力とスリップ率との比と、制駆動力とをそれぞれ座標軸とするタイヤの特性曲線からなる特性マップを用いて、検出した制駆動力と検出したスリップ率との関係を推定している。これにより、時々刻々変化する路面 μ を簡単に推定することができる。

【0056】

(4) 制駆動力とスリップ率との比と、スリップ率とをそれぞれ座標軸とするタイヤの特性曲線からなる特性マップを用いて、検出した制駆動力と検出したスリップ率との関係を推定している。これにより、時々刻々変化する路面 μ を簡単に推定することができる。

10

【0057】

(5) 制駆動力とスリップ率とをそれぞれ変数とする数式の形態としてタイヤの特性曲線を得ている。これにより、時々刻々変化する路面 μ を簡単に推定することができる。

【0058】

(第2の実施形態)

第2の実施形態は、本発明を適用した電動駆動車である。

(構成)

図17は、第2の実施形態の電動駆動車(2輪駆動)の概略構成を示す。同図に示すように、電動駆動車は、アクセルペダル操作量検出部21、ブレーキペダル操作量検出部22、車輪速検出部23_{FL}、23_{FR}、23_{RL}及び23_{RR}、加速度センサ24、駆動モータ25_{FL}、25_{FR}、システム制御部26、駆動輪27_{FL}、27_{FR}及びバッテリー28を備える。

20

【0059】

アクセルペダル操作量検出部21は、運転者によるアクセルペダルの操作量(アクセル開度)を検出する。アクセルペダル操作量検出部21は、その検出結果(アクセル開度)をシステム制御部26に出力する。ブレーキペダル操作量検出部22は、運転者によるブレーキペダルの操作量を検出する。ブレーキペダル操作量検出部22は、その検出結果をシステム制御部26に出力する。車輪速検出部23_{FL}、23_{FR}、23_{RL}及び23_{RR}は、車体に設けられた各車輪27_{FL}、27_{FR}、27_{RL}及び27_{RR}の車輪速 V_{FL} 、 V_{FR} 、 V_{RL} 及び V_{RR} を検出する。車輪速検出部23_{FL}、23_{FR}、23_{RL}及び23_{RR}は、その検出結果をシステム制御部26に出力する。加速度センサ24は、車両の前後方向の加速度及び横方向の加速度を検出する。加速度センサ24は、その検出結果(前後G・横G)をシステム制御部26に出力する。駆動モータ25_{FL}、25_{FR}は、システム制御部26が出力する駆動トルク指令値 T_{out} に応じた駆動トルクを発生し、駆動輪27_{FL}、27_{FR}を回転駆動する。駆動トルク指令値 T_{out} は、駆動モータ25_{FL}、25_{FR}を制御するためにバッテリー28から供給される電流である。

30

【0060】

図18は、システム制御部26の構成を示す。同図に示すように、システム制御部26は、車体速度算出部41、駆動トルク指令値算出部42、駆動トルク指令値補正部43、スリップ率算出部44、制駆動力算出部45、及び路面 μ 算出部46を備える。システム制御部26は、本発明を適用した車両用走行制御装置を実現している。車体速度算出部41は、車輪速検出部23_{FL}、23_{FR}、23_{RL}及び23_{RR}が検出した車輪速を基に、車体速度を算出する。具体的には、車体速度算出部41は、従動2輪の左右平均値を基に、車体速度を算出する。なお、前後加速度センサの検出値をも考慮して、車体速度を推定することもできる。この場合、車体速度算出部41は、車輪速を基に算出した車体速度から急加速時のタイヤ空転や急制動時のタイヤロックによる誤差の影響を除くように、該車体速度を補正する。また、GPS(Global Positioning System)や光学式対地速度計測器等を用いて、車体速度を検出することもできる。車体速度算出部41は、算出した車体速度を駆動トルク指令値算出部42及びスリップ率算出部44に出力する。

40

50

【 0 0 6 1 】

駆動トルク指令値算出部 4 2 は、アクセルペダル操作量検出部 2 1 が検出したアクセル開度及び車体速度算出部 4 1 が検出した車体速度を基に、駆動トルク指令値（駆動トルク基本指令値） T を算出する。駆動トルク指令値（駆動トルク基本指令値） T は、運転者のアクセル操作に応じた指令値であって、駆動モータ 2 5_{FL}、2 5_{FR} を制御するための電流値である。駆動トルク指令値算出部 4 2 は、算出した駆動トルク指令値（駆動トルク基本指令値） T を駆動トルク指令値補正部 4 3 に出力する。

【 0 0 6 2 】

スリップ率算出部 4 4 は、車輪速検出部 2 3_{FL}、2 3_{FR}、2 3_{RL} 及び 2 3_{RR} が検出した車輪速度及び車体速度算出部 4 1 が算出した車体速度を基に、スリップ率を算出する。具体的には、スリップ率算出部 4 4 は、車輪速度と車体速度との差分に応じてスリップ率を算出する。また、下記（ 1 ）式及び（ 2 ）式に示すように、加速時（駆動時）と減速時（制動時）とで切り替えて、スリップ率 S を算出する。

$$\text{加速時（駆動時）： } S = (V - w) / w \quad \cdots (1)$$

$$\text{減速時（制動時）： } S = (V - w) / V \quad \cdots (2)$$

ここで、 V は車体速度である。 w は車輪速度である。スリップ率算出部 4 4 は、算出したスリップ率を路面 μ 算出部 4 6 に出力する。

【 0 0 6 3 】

制駆動力算出部 4 5 は、駆動モータ 2 5_{FL}、2 5_{FR} を駆動するためのモータ電流値を基に、制駆動力を算出する。具体的には、モータ電流値及び車輪角加速度を基に、制駆動力を算出する。制駆動力算出部 4 5 は、算出した制駆動力を路面 μ 算出部 4 6 に出力する。路面 μ 算出部 4 6 は、前記第 1 の実施形態における路面 μ 算出部 3 と同様な処理により、路面 μ の推定値を算出する。すなわち、路面 μ 算出部 4 6 は、基準路面のタイヤの特性曲線からなる特性マップをメモリ等に格納している。特性マップの基準路面のタイヤの特性曲線は、例えば、図 1 0 に示すような基準路面のタイヤの特性曲線である。

【 0 0 6 4 】

ここで、前記第 1 の実施形態で説明したように、事前に走行実験を行うことで基準路面のタイヤの特性曲線の特性マップを得る。例えば、走行実験として、直線加加速走行実験を行う。基準路面での直線加加速走行実験により、そのときに得られるスリップ率の変動と駆動力又は制動力の変動との関係から、基準路面のタイヤの特性曲線を得る。また、走行実験ではなくシミュレーション等による演算により基準路面のタイヤの特性曲線の特性マップを得ることもできる。

【 0 0 6 5 】

路面 μ 算出部 4 6 は、そのようにして得た基準路面のタイヤの特性曲線の特性マップを基に、その制駆動力とスリップ率との関係を推定する。すなわち、実際の走行路面の路面 μ （又は最大路面 μ ）を推定値として算出する（図 1 2 乃至図 1 6 の説明参照）。路面 μ 算出部 4 6 は、算出した路面 μ の推定値を駆動トルク指令値補正部 4 3 に出力する。駆動トルク指令値補正部 4 3 は、路面 μ 算出部 4 6 が算出した路面 μ の推定値を基に、駆動トルク指令値算出部 4 2 が算出した駆動トルク指令値（駆動トルク基本指令値） T を補正する。具体的には、駆動トルク指令値補正部 4 3 は、路面 μ の推定値が小さくなるほど（ 1 から小さくなるほど）、駆動トルク指令値（駆動トルク基本指令値） T を小さくする補正をする。例えば、路面 μ の推定値に応じたゲインにより、駆動トルク指令値（駆動トルク基本指令値） T を補正する。

【 0 0 6 6 】

図 1 9 は、路面 μ （推定値）とゲイン $G a i n$ との関係を示す。同図に示すように、路面 μ が小さくなるほど（ 1 から小さくなるほど）、ゲイン $G a i n$ は小さくなる。このような関係を示すゲイン $G a i n$ を用いて、下記（ 3 ）式により補正後の駆動トルク指令値 T （左辺）を算出する。

$$T = T - G a i n \cdot L \quad \cdots (3)$$

ここで、 L は、空転をすぐに止めるためのゲイン（ > 0 ）である。この（ 3 ）式によれ

10

20

30

40

50

ば、路面 μ の推定値が小さくなるほど（1 から小さくなるほど）、駆動トルク指令値 T は小さくなる。

【0067】

（動作）

動作は次のようになる。車両走行中、アクセルペダル操作量検出部 2 1 が運転者のアクセル操作したアクセル開度を検出するとともに、車体速度算出部 4 1 が車体速度を算出する。駆動トルク指令値算出部 4 2 は、そのアクセル開度及び車体速度を基に、駆動トルク指令値（駆動トルク基本指令値） T を算出する。一方、車輪速検出部 2 3_{FL}、2 3_{FR}、2 3_{RL} 及び 2 3_{RR} は、車輪速度を検出する。そして、スリップ率算出部 4 4 は、その車輪速度と車体速度を基に、スリップ率を算出する。さらに、制駆動力算出部 4 5 は、モータ電流値を基に、制駆動力を算出する。路面 μ 算出部 4 6 は、それら制駆動力及びスリップ率、並びに特性マップを基に、実際の走行路面の路面 μ を推定値として算出する。そして、駆動トルク指令値補正部 4 3 は、その路面 μ の推定値を基に、駆動トルク指令値（駆動トルク基本指令値） T を補正する。具体的には、駆動トルク指令値補正部 4 3 は、路面 μ の推定値が小さくなるほど（1 から小さくなるほど）、駆動トルク指令値（駆動トルク基本指令値） T を小さくする補正をする。

【0068】

なお、この第 2 の実施形態を次のような構成により実現することもできる。すなわち、路面 μ に応じて、最大駆動トルク指令値の制限することもできる。例えば、路面 μ が小さくなるほど、最大駆動トルク指令値を小さくする。これにより、結果として、路面 μ の推定値が小さくなるほど（1 から小さくなるほど）、駆動トルク指令値 T は小さくすることができる。また、この第 2 の実施形態では、駆動トルクを補正する場合を説明している。これに対して、制動トルクを補正することもできる。この場合も、路面 μ の推定値が小さくなるほど（1 から小さくなるほど）、制動トルクを小さくする補正をする。

【0069】

また、この第 2 の実施形態では、モータにより駆動する電動駆動車の場合を説明した。これに対して、制駆動力及びスリップ率、又はそれらに相当する物理量を検出できる車両であれば、他の駆動源による車両に本発明を適用することもできる。例えば、ガソリンエンジン駆動車に本発明を適用することもできる。この場合、ガソリンエンジン駆動車に加速度センサを搭載し、加速度センサにより検出した車体加速度を車輪の制駆動力に置き換えて路面 μ を推定することもできる。なお、この第 2 の実施形態では、推定した路面 μ を基に、車両の走行挙動制御として、車両の制駆動トルクを制御する場合を説明した。これに対して、推定した路面 μ を基に、車両の走行制御のための他の制御量（例えば操舵アシストトルク等）を制御することもできる。

【0070】

（作用及び効果）

この第 2 の実施形態における作用及び効果は次のようになる。

（1）走行時の車輪の制駆動力及びスリップ率を検出し、その検出した車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との比を算出している。そして、その算出した比、基準路面について車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との相関関係として得られるタイヤの特性曲線、並びに検出した制駆動力及びスリップ率の少なくとも一方を基に、該制駆動力と該スリップ率との関係を推定している。それから、その制駆動力とスリップ率との関係を基に、車両の走行挙動制御として、車両の制駆動トルクを制御している。これにより、車両の制駆動トルクを走行路面の路面 μ に応じて適切に制御できる。

【0071】

具体的には、走行時の車輪の制駆動力及びスリップ率を検出し、その検出した車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との比を算出している。さらに、基準路面について車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との間の関係として得られるタイヤの特性曲線において、車輪の制駆動力と車輪のスリップ率との比が、前記算出した比と同一となるときの、該車輪の制駆動力又は該車輪のスリップ率を特定している。そして、その特定した車輪の制駆動力と

10

20

30

40

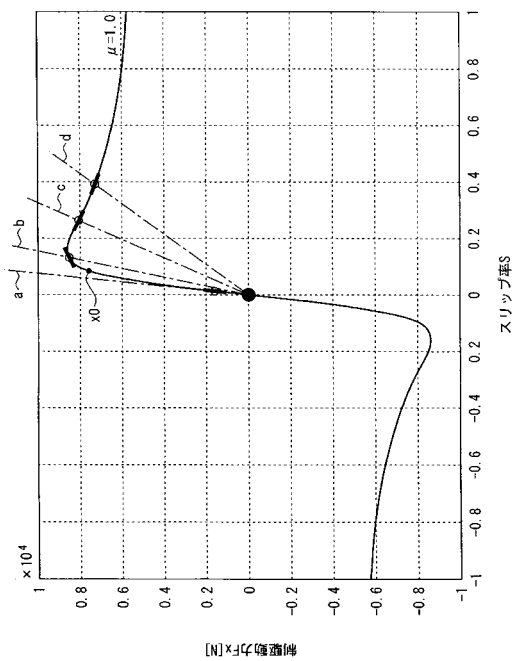
50

先に検出した車輪の制駆動力との比、又は特定した車輪のスリップ率と先に検出した車輪のスリップ率との比と基準路面の路面 μ とを基に、走行路面の実路面 μ を算出している。それから、その走行路面の実路面 μ を基に、車両の走行挙動制御として、車両の制駆動力を制御している。

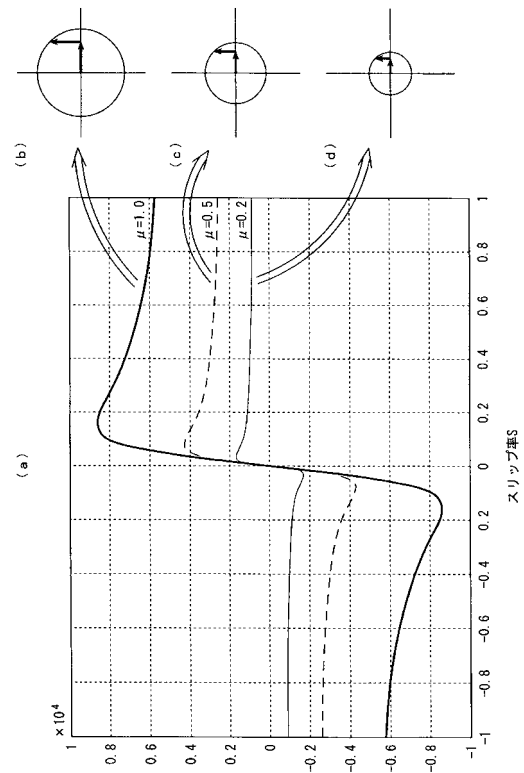
【0072】

これにより、車輪の制駆動力と車輪のスリップ率とを検出することができれば、その比を基に、走行路面の実路面 μ を算出することができる。よって、スリップが発生する前に、走行路面の路面 μ を推定できる。これにより、車両の制駆動力を走行路面の路面 μ に応じて適切に制御できる。すなわち例えば、スリップにより制駆動力のロスが発生してしまうのを防止でき、車両旋回中に、スピンやドリフトアウトしてしまうのを防止できる。

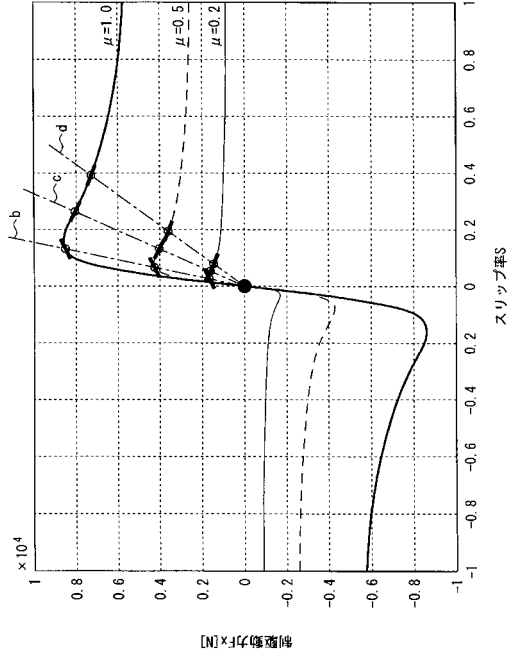
【図1】



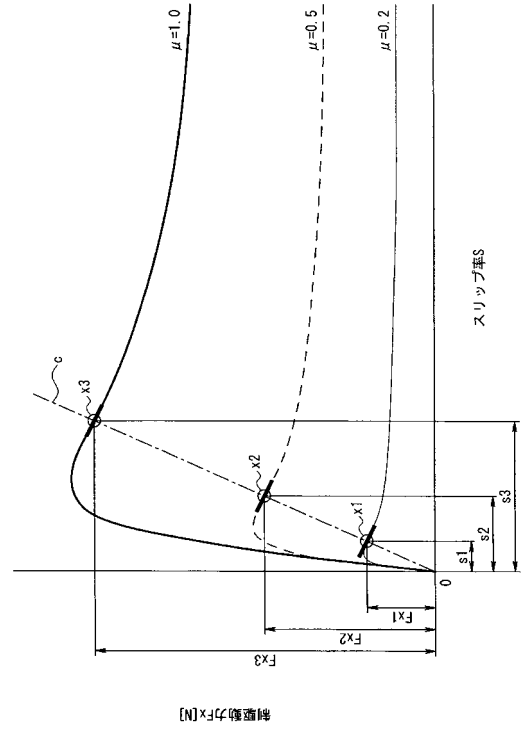
【図2】



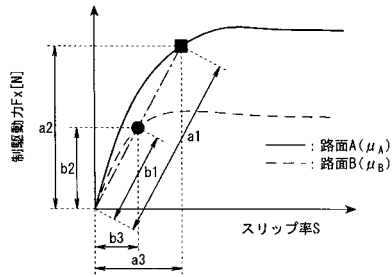
【図3】



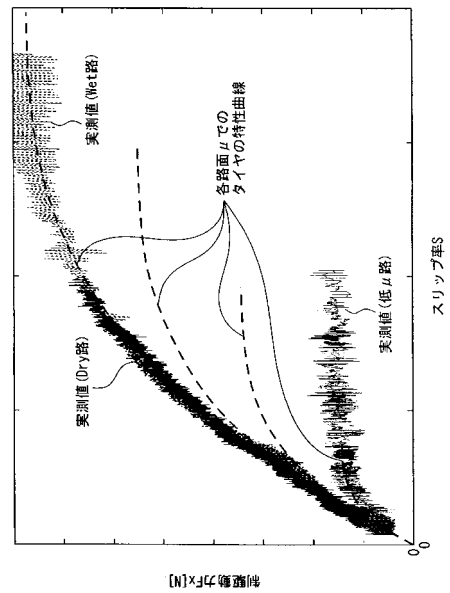
【図4】



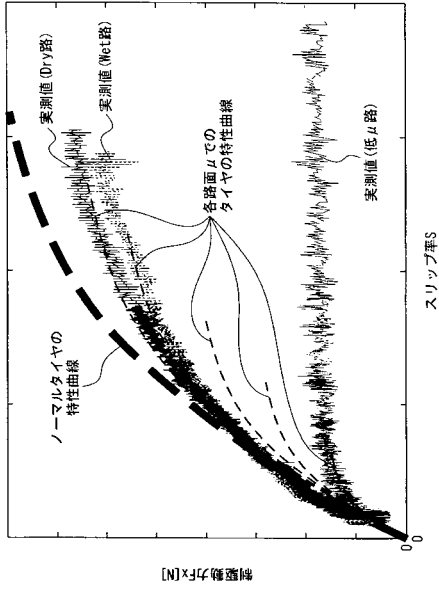
【図5】



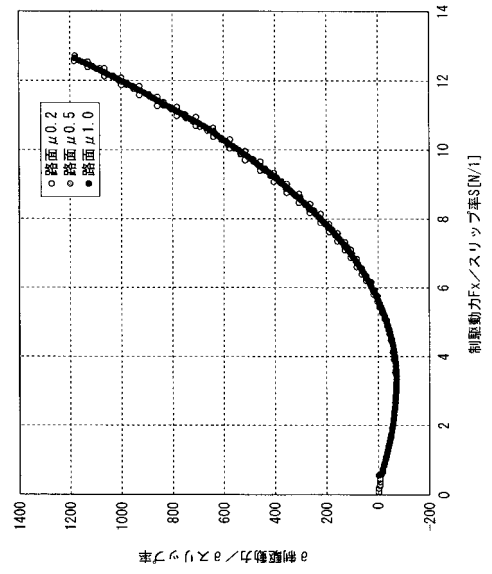
【図6】



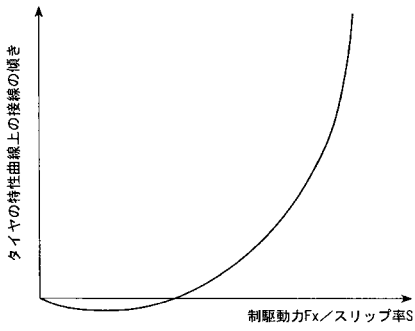
【図7】



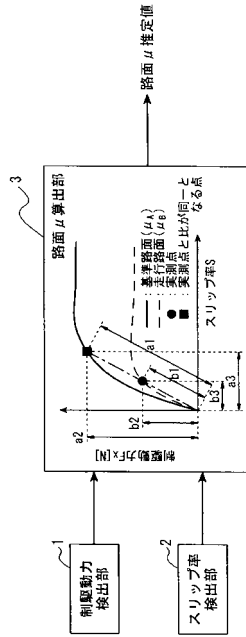
【図8】



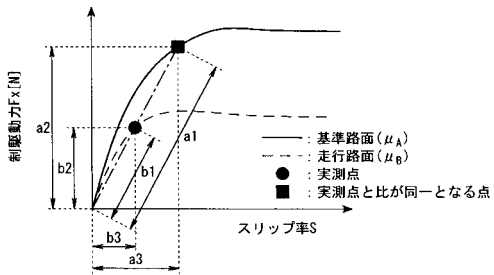
【図9】



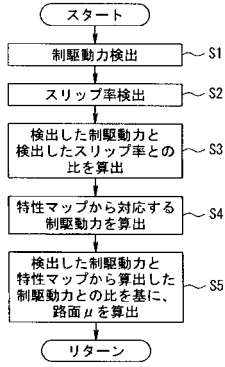
【図11】



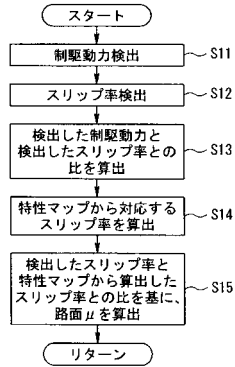
【図10】



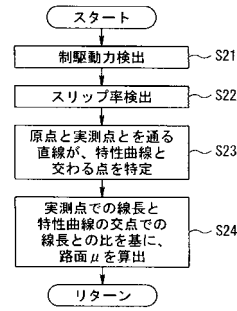
【図12】



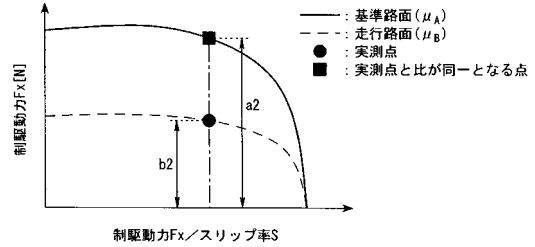
【図13】



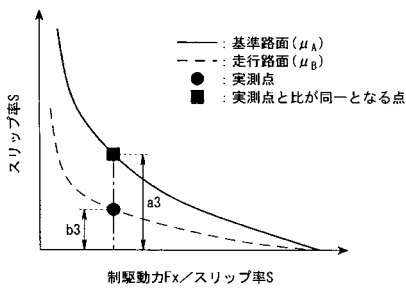
【図14】



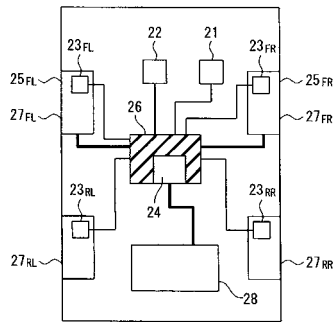
【図15】



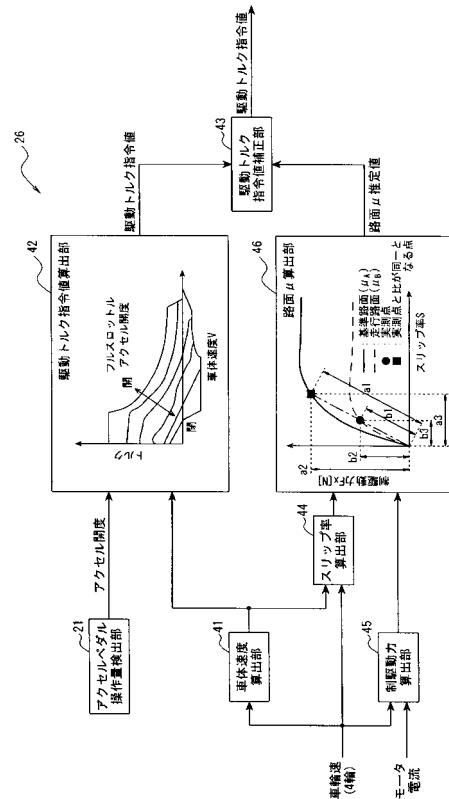
【図16】



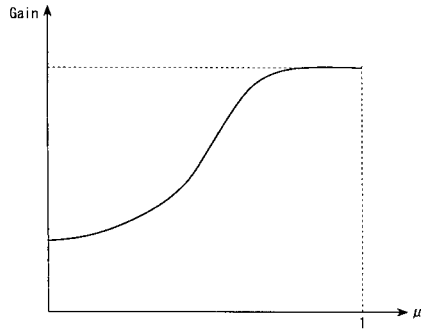
【図17】



【図18】



【 19】



フロントページの続き

(72)発明者 縄野 昌明

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

審査官 森本 康正

(56)参考文献 特開2004-130965(JP,A)

特開平06-001228(JP,A)

特開2003-312465(JP,A)

特開2008-087724(JP,A)

国際公開第2008/133150(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60W 30/00-50/08

B60T 8/172