

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-127637  
(P2016-127637A)

(43) 公開日 平成28年7月11日(2016.7.11)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>B60L</b>	<b>15/20</b>	<b>(2006.01)</b>	B60L	15/20	S	3D232		
<b>B62D</b>	<b>6/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B62D	6/00		3D241		
<b>B60W</b>	<b>40/114</b>	<b>(2012.01)</b>	B60W	40/114		5H125		
<b>B60W</b>	<b>30/02</b>	<b>(2012.01)</b>	B60W	30/02				

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2014-264668 (P2014-264668)  
(22) 出願日 平成26年12月26日 (2014.12.26)

(71) 出願人 00005348  
富士重工業株式会社  
東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号  
(74) 代理人 100095957  
弁理士 亀谷 美明  
(74) 代理人 100096389  
弁理士 金本 哲男  
(74) 代理人 100101557  
弁理士 萩原 康司  
(74) 代理人 100128587  
弁理士 松本 一騎  
(72) 発明者 安間 善貞  
東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 富士重工業株式会社内

最終頁に続く

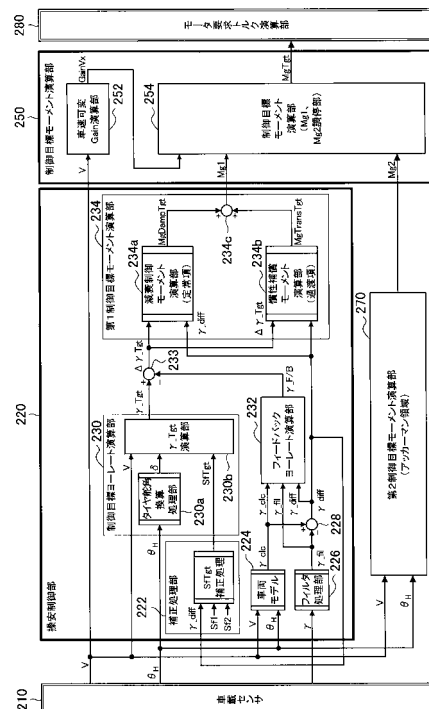
(54) 【発明の名称】 車両の制御装置及び車両の制御方法

(57) 【要約】

【課題】 走行条件に応じた最適な目標ヨーレートを算出することで、車両の挙動を最適に制御することが可能な車両の制御装置及び車両の制御方法を提供する。

【解決手段】 本発明に係る車両の制御装置200は、車両の目標ヨーレートと車両速度及び操舵角との関係を目標スタビリティファクタによって規定した車両モデルから目標ヨーレート $S_f T g t$ を算出する制御目標ヨーレート演算部230と、車両モデルから求まるヨーレートモデル値 $\_c l c$ とヨーレートセンサ150から求まるヨーレート $\_f i l$ との差分 $\_d i f f$ を取得する減算部228と、ヨーレートモデル値 $\_c l c$ とヨーレート $\_f i l$ との差分に基づいて、目標スタビリティファクタ $S_f T g t$ を補正する補正処理部222と、を備える。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

車両の目標ヨーレートと車両速度及び操舵角との関係を目標スタビリティファクタによって規定した車両モデルから前記目標ヨーレートを算出する目標ヨーレート算出部と、路面状況を表すパラメータを取得する路面状況パラメータ取得部と、前記路面状況を表すパラメータに基づいて、前記目標スタビリティファクタを補正する補正処理部と、  
を備えることを特徴とする、車両の制御装置。

**【請求項 2】**

車両モデルから求まる第 1 のヨーレートとヨーレートセンサから求まる第 2 のヨーレートを取得するヨーレート取得部を備え、  
前記路面状況を表すパラメータは、前記第 1 のヨーレートと前記第 2 のヨーレートとの差分であることを特徴とする、請求項 1 に記載の車両の制御装置。

10

**【請求項 3】**

前記補正処理部は、前記第 1 のヨーレートと前記第 2 のヨーレートとの差分の絶対値が大きくなる程、前記目標ヨーレートが小さくなるように前記目標スタビリティファクタを補正することを特徴とする、請求項 2 に記載の車両の制御装置。

**【請求項 4】**

車両が発生しているヨーレートとして、前記目標ヨーレートと比較するためのフィードバックヨーレートを取得するフィードバックヨーレート取得部と、  
前記目標ヨーレートと前記フィードバックヨーレートとの差分に基づいて、第 1 制御目標モーメントを算出する第 1 制御目標モーメント算出部を備え、  
前記第 1 制御目標モーメント算出部は、定常的な減衰制御モーメントと過渡的な慣性補償モーメントを加算して前記第 1 制御目標モーメントを算出し、前記第 1 のヨーレートと前記第 2 のヨーレートとの差分に基づいて、前記減衰制御モーメントと前記慣性補償モーメントを補正することを特徴とする、請求項 2 又は 3 に記載の車両の制御装置。

20

**【請求項 5】**

前記第 1 制御目標モーメント算出部は、前記第 1 のヨーレートと前記第 2 のヨーレートとの差分の絶対値が大きくなる程、前記減衰制御モーメント又は前記慣性補償モーメントが小さくなるように前記減衰制御モーメントと前記慣性補償モーメントを補正することを特徴とする、請求項 4 に記載の車両の制御装置。

30

**【請求項 6】**

前記フィードバックヨーレート取得部は、前記第 1 のヨーレートと前記第 2 のヨーレートとの差分に基づいて、差分が小さい場合は前記第 1 のヨーレートの配分を大きくし、差分が大きい場合は前記第 2 のヨーレートの配分を大きくして、前記フィードバックヨーレートを前記第 1 及び第 2 のヨーレートから算出することを特徴とする、請求項 4 又は 5 に記載の車両の制御装置。

**【請求項 7】**

操舵角と車両速度に基づいて、アッカーマンジオメトリから車両旋回制御の目標値である第 2 制御目標モーメントを算出する第 2 制御目標モーメント算出部と、  
車両速度に基づいて、前記第 1 制御目標モーメントと前記第 2 制御目標モーメントを重み付けして制御目標モーメントを算出し、車両速度が高くなるほど前記第 2 制御目標モーメントよりも前記第 1 制御目標モーメントの配分を高くして前記制御目標モーメントを算出する制御目標モーメント算出部と、  
を備えることを特徴とする、請求項 4 ~ 6 のいずれかに記載の車両の制御装置。

40

**【請求項 8】**

前記制御目標モーメントに基づいて、前記フィードバックヨーレートが前記目標ヨーレートとなるように、左右の車輪のそれぞれを駆動するモータを個別に制御するモータ制御部を備えることを特徴とする、請求項 7 に記載の車両の制御装置。

**【請求項 9】**

50

前記路面状況を表すパラメータは、車両を駆動するモータの実回転数と目標回転数との差分であることを特徴とする、請求項 1 に記載の車両の制御装置。

【請求項 10】

前記路面状況を表すパラメータは、車載カメラによって推定された路面摩擦係数の推定値であることを特徴とする、請求項 1 に記載の車両の制御装置。

【請求項 11】

車両の目標ヨーレートと車両速度及び操舵角との関係を目標スタビリティファクタによって規定した車両モデルから前記目標ヨーレートを算出するステップと、路面状況を表すパラメータを取得するステップと、前記路面状況を表すパラメータに基づいて、前記目標スタビリティファクタを補正するステップと、を備えることを特徴とする、車両の制御方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両の制御装置及び車両の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば下記の特許文献 1 には、インホイールモータによって駆動する電気自動車において、車両の操舵角、車速、及び車両の横方向加速度に基づいて算出される目標ヨーレートと、ヨー角速度検出手段により検出される車両のヨーレートとの偏差に基づき目標ヨーモーメントを算出し、目標ヨーモーメントが実現されるように制駆動力出力を制御する構成が開示されている。

20

【0003】

また、下記の特許文献 2 には、ロールオーバーが発生する危険性があると判定された場合に車両の前輪の舵角を旋回方向と反対方向に操舵する制御であるカウンターステア制御が可能な舵角制御部と、ロールオーバーが発生する危険性があると判定された場合に車両の加速制御が可能な駆動力制御部とを設けた構成が記載されている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 143310 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 265560 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載された手法では、路面の摩擦係数などの走行条件が変化した場合に目標ヨーモーメントを適正に算出することができず、走行条件に応じて制駆動力出力を制御することは困難である。例えば、雨天時や雪道など路面摩擦係数が低くなった状況（低 $\mu$ ）では、目標ヨーモーメントが過大となり、車両の挙動が不安定になったり、車両の制御が困難になることが想定される。

40

【0006】

また、上記特許文献 2 に記載された手法では、ロールオーバー閾値、スタビリティファクタとして予め ECU に織り込んでいる値を使用し、油圧ブレーキで制動させているため、走行状態に応じて車両挙動を安定する制御と、回頭性能を重視する制御を速やかに切り替えることができない問題がある。

【0007】

また、ブレーキ制動により車輪を制動して内外輪に駆動力差を設けることでヨーモーメントを付与する場合、ブレーキブースターやマスターシリンダー等を駆動させる際に発生

50

する油圧システムの応答が遅れることで制動力制御の介入やヨーモーメントの付与方向の切替処理も遅れてしまい、ドライバーが意図しない車両挙動を招き、乗り心地が悪化してしまう問題がある。

【0008】

また、モータ駆動によるヨーモーメント制御では、ブレーキ制動に比べると機械要素による応答遅れは低減されるが、低 $\mu$ 路面で、制御目標ヨーモーメントと実車のヨーモーメントの差が拡大した場合、常にモータトルクを出力する方向へ制御するため、ドライバーの想定以上に車両が旋回し違和感を招いてしまう。また、目標ヨーモーメントと実ヨーモーメントの差がオーバーシュートする場合や、ハンチングする場合には、ブレーキ制動によるヨーモーメント制御以上に車両が振動し、それに伴って制御コントローラにフィードバックされるヨーモーメントも振動し、乗り心地が悪化してしまう問題がある。

10

【0009】

そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、走行条件に応じた最適な目標ヨーレートを算出することで、車両の挙動を最適に制御することが可能な、新規かつ改良された車両の制御装置及び車両の制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、車両の目標ヨーレートと車両速度及び操舵角との関係を目標スタビリティファクタによって規定した車両モデルから前記目標ヨーレートを算出する目標ヨーレート算出部と、路面状況を表すパラメータを取得する路面状況パラメータ取得部と、前記路面状況を表すパラメータに基づいて、前記目標スタビリティファクタを補正する補正処理部と、を備える車両の制御装置が提供される。

20

【0011】

車両モデルから求まる第1のヨーレートとヨーレートセンサから求まる第2のヨーレートを取得するヨーレート取得部を備え、前記路面状況を表すパラメータは、前記第1のヨーレートと前記第2のヨーレートとの差分であっても良い。

【0012】

また、前記補正処理部は、前記第1のヨーレートと前記第2のヨーレートとの差分の絶対値が大きくなる程、前記目標ヨーレートが小さくなるように前記目標スタビリティファクタを補正するものであっても良い。

30

【0013】

また、車両が発生しているヨーレートとして、前記目標ヨーレートと比較するためのフィードバックヨーレートを取得するフィードバックヨーレート取得部と、前記目標ヨーレートと前記フィードバックヨーレートとの差分に基づいて、第1制御目標モーメントを算出する第1制御目標モーメント算出部を備え、前記第1制御目標モーメント算出部は、定常的な減衰制御モーメントと過渡的な慣性補償モーメントを加算して前記第1制御目標モーメントを算出し、前記第1のヨーレートと前記第2のヨーレートとの差分に基づいて、前記減衰制御モーメントと前記慣性補償モーメントを補正するものであっても良い。

40

【0014】

また、前記第1制御目標モーメント算出部は、前記第1のヨーレートと前記第2のヨーレートとの差分の絶対値が大きくなる程、前記減衰制御モーメント又は前記慣性補償モーメントが小さくなるように前記減衰制御モーメントと前記慣性補償モーメントを補正するものであっても良い。

【0015】

また、前記フィードバックヨーレート取得部は、前記第1のヨーレートと前記第2のヨーレートとの差分に基づいて、差分が小さい場合は前記第1のヨーレートの配分を大きくし、差分が大きい場合は前記第2のヨーレートの配分を大きくして、前記フィードバックヨーレートを前記第1及び第2のヨーレートから算出するものであっても良い。

【0016】

50

また、操舵角と車両速度に基づいて、アッカーマンジオメトリから車両旋回制御の目標値である第2制御目標モーメントを算出する第2制御目標モーメント算出部と、車両速度に基づいて、前記第1制御目標モーメントと前記第2制御目標モーメントを重み付けして制御目標モーメントを算出し、車両速度が高くなるほど前記第2制御目標モーメントよりも前記第1制御目標モーメントの配分を高くして前記制御目標モーメントを算出する制御目標モーメント算出部と、を備えるものであっても良い。

【0017】

また、前記制御目標モーメントに基づいて、前記フィードバックヨーレートが前記目標ヨーレートとなるように、左右の車輪のそれぞれを駆動するモータを個別に制御するモータ制御部を備えるものであっても良い。

10

【0018】

また、前記路面状況を表すパラメータは、車両を駆動するモータの実回転数と目標回転数との差分であっても良い。

【0019】

また、前記路面状況を表すパラメータは、車載カメラによって推定された路面摩擦係数の推定値であっても良い。

【0020】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、車両の目標ヨーレートと車両速度及び操舵角との関係を目標スタビリティファクタによって規定した車両モデルから前記目標ヨーレートを算出するステップと、路面状況を表すパラメータを取得するステップと、前記路面状況を表すパラメータに基づいて、前記目標スタビリティファクタを補正するステップと、を備える車両の制御方法が提供される。

20

【発明の効果】

【0021】

以上説明したように本発明によれば、走行条件に応じた最適な目標ヨーレートを算出することで、車両の挙動を最適に制御することが可能な車両の制御装置及び車両の制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本実施形態に係る車両を示す模式図である。

30

【図2】本実施形態に係る車両が行う旋回制御を示す模式図である。

【図3】制御装置の構成を示す模式図である。

【図4】本実施形態で行われる基本的な処理を示すフローチャートである。

【図5】制御装置で行われる処理を説明するための模式図である。

【図6】フィードバックヨーレート演算部が重み付けゲインを算出する際のゲインマップを示す模式図である。

【図7】目標スタビリティファクタ $S_f T g t$ を算出するマップを示す特性図である。

【図8】目標スタビリティファクタ $S_f T g t$ を算出する処理を示すフローチャートである。

【図9】減衰モーメント補正ゲイン $GainForMgDamp$ を算出するマップを示す特性図である。

40

【図10】減衰モーメント補正ゲイン $GainForMgDamp$ を算出する処理を示すフローチャートである。

【図11】 $\_diff = 0$ の場合に減衰モーメント補正ゲイン $GainForMgDamp$ を算出する処理を示すフローチャートである。

【図12】 $\_diff < 0$ の場合に減衰モーメント補正ゲイン $GainForMgDamp$ を算出する処理を示すフローチャートである。

【図13】慣性補償モーメント補正ゲイン $GainForMgTrans$ を算出するマップを示す特性図である。

【図14】慣性補償モーメント補正ゲイン $GainForMgTrans$ を算出する処理を示すフローチャート

50

ャートである。

【図15】  $\_diff = 0$  の場合に慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出する処理を示すフローチャートである。

【図16】  $\_diff < 0$  の場合に慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出する処理を示すフローチャートである。

【図17】第2制御目標モーメント演算部が第2制御目標モーメントMg2を演算する際に用いるマップを示す模式図である。

【図18】車両速度Vに応じて車速可変ゲインGainVxを算出するマップを示す特性図である。

【図19】車速可変ゲインGainVxを算出する処理を示すフローチャートである。

10

【図20】本実施形態に係る目標スタビリティファクタSfTgの補正処理による効果を説明するための特性図である。

【図21】本実施形態に係る目標スタビリティファクタSfTgの補正処理による効果を説明するための特性図である。

【図22】本実施形態に係る制御目標モーメント（GainForMgDampとGainForMgTransを併用）を補正した際の効果を説明するための特性図である。

【図23】本実施形態に係る制御目標モーメント（GainForMgDampとGainForMgTransを併用）を補正した際の効果を説明するための特性図である。

【図24】第2の実施形態に係る制御装置の構成を示す模式図である。

【図25】第3の実施形態に係る制御装置204の構成を示す模式図である。

20

【図26】目標スタビリティファクタSfTgtを算出するマップを示す特性図である。

【図27】目標スタビリティファクタSfTgtを算出する処理を示すフローチャートである。

【図28】減衰モーメント補正ゲインGainForMgDampを算出するマップを示す特性図である。

【図29】減衰モーメント補正ゲインGainForMgDampを算出する処理を示すフローチャートである。

【図30】慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出するマップを示す特性図である。

【図31】慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出する処理を示すフローチャートである。

30

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0024】

< 1. 第1の実施形態 >

まず、図1を参照して、本発明の各実施形態に係る車両1000の構成について説明する。図1は、本実施形態に係る車両1000を示す模式図である。図1に示すように、車両1000は、前輪100、102、後輪104、106、前輪100、102及び後輪104、106のそれぞれを駆動する駆動力発生装置（モータ）108、110、112、114、前輪100、102及び後輪104、106のそれぞれの車輪速を検出する車輪速センサ116、118、120、122、ステアリングホイール124、舵角センサ130、パワーステアリング機構140、ヨーレートセンサ150、加速度センサ160、外界認識部170、制御装置（コントローラ）200を有して構成されている。

【0025】

本実施形態に係る車両1000は、前輪100、102及び後輪104、106のそれぞれを駆動するためにモータ108、110、112、114が設けられている。このため、前輪100、102及び後輪104、106のそれぞれで駆動トルクを制御すること

50

ができる。従って、前輪 100, 102 の操舵によるヨーレート発生とは独立して、前輪 100, 102 及び後輪 104, 106 のそれぞれを駆動することで、トルクベクタリング制御によりヨーレートを発生させることができる。特に、本実施形態では、後輪 104, 106 のトルクを個別に制御することで、ハンドル操舵系とは独立してヨーレートを発生させる。後輪 104, 106 は、制御装置 200 の指令に基づき、後輪 104, 106 に対応するモータ 112, 114 が制御されることで、駆動トルクが制御される。

#### 【0026】

パワーステアリング機構 140 は、ドライバーによるステアリングホイール 124 の操作に応じて、トルク制御又は角度制御により前輪 100, 102 の舵角を制御する。舵角センサ 130 は、運転者がステアリングホイール 124 を操作して入力した舵角  $h$  を検出する。ヨーレートセンサ 150 は、車両 1000 の実ヨーレートを検出する。車輪速センサ 116, 118, 120, 122 は、車両 1000 の車両速度  $V$  を検出する。

10

#### 【0027】

なお、本実施形態はこの形態に限られることなく、前輪 100, 102 を駆動するモータ 108, 102 が設けられておらず、後輪 104, 106 のみがモータ 112, 114 で独立して駆動力を発生する車両であっても良い。また、本実施形態は、駆動力制御によるトルクベクタリングに限定されるものではなく、後輪の舵角を制御する 4WS のシステム等においても実現可能である。

#### 【0028】

図 2 は、本実施形態に係る車両 1000 が行う旋回制御を示す模式図であって、操舵による旋回制御（操安制御）を示す模式図である。操舵による旋回制御では、ドライバーによるステアリングホイール 124 の操作に応じて後輪 104, 106 に駆動力差を生じさせることで、車両 1000 の旋回を支援する。図 2 に示す例では、ドライバー（運転者）の操舵により車両 1000 が左に旋回している。また、後輪 104, 106 の駆動力差によって、右側の後輪 106 に前向きの駆動力を発生させ、左側の後輪 104 には右側の後輪 106 に対して駆動力を抑制、または後ろ向きに駆動力を発生させることで、左右に駆動力差を発生させ、左回りの旋回を支援する方向にモーメントを発生させている。

20

#### 【0029】

本実施形態では、車両の運動制御において、車両モデルから求まるヨーレートモデル値とヨーレートセンサから求まる実ヨーレートとの差分から、車両の旋回特性を推定し、差分が小さいときにはタイヤのグリップ性能が十分確保されている安定領域（高  $\mu$ ）にあるものと判定し、その状況に応じた制御目標ヨーレートを演算する。

30

#### 【0030】

また、ヨーレートモデル値と実ヨーレートとの差分が大きい時には、タイヤのグリップ性能が確保しづらく車両の応答限界に達しやすい領域（低  $\mu$ ）と判別し、その状況に応じた制御目標ヨーレートを演算する機能を有する「目標スタビリティファクタ」を算出する。

#### 【0031】

更に、車両の旋回特性に応じて、操縦安定制御で用いる制御目標モーメントを補正する係数を算出する機能も有しており、定常項を補正する係数と、過渡項を補正する係数を走行状況に応じて変化させることで、旋回時の回頭性能と安定性能の両立を図る。以下、詳細に説明する。

40

#### 【0032】

図 3 は、制御装置 200 の構成を示す模式図である。制御装置 200 は、車載センサ 210、操安制御部 220、制御目標モーメント演算部 250、第 2 制御目標モーメント演算部 270、モータ要求トルク演算部 280 を有している、操安制御部 220 は、補正処理部 222、車両モデル 224、フィルタ処理部 226、減算部 228、制御目標ヨーレート演算部 230、フィードバックヨーレート演算部 232、減算部 233、第 1 制御目標モーメント演算部 234 を有している。

#### 【0033】

50

制御目標モーメント演算部 250 は、車速可変ゲイン演算部 252、及び調停部 254 を有している。

【0034】

図4は、本実施形態で行われる基本的な処理を示すフローチャートである。先ず。ステップS10では、車両モデル224から求まるヨーレートモデル値  $\_c l c$  とヨーレートセンサ150が検出した実ヨーレート から求まるヨーレート  $\_f i l$  との差分(ヨーレート偏差)  $\_d i f f$  を算出する。次のステップS12では、目標スタビリティファクタ  $S f T g$  を算出する。次のステップS14では、目標スタビリティファクタ  $S f T g t$  に基づいて、制御目標ヨーレート  $\_T g t$  を算出する。次のステップS16では、 $\_d i f f$  に基づいて  $\_c l c$  と  $\_f i l$  を按分し、フィードバックヨーレート  $\_F / B$  を算出する。次のステップS17では、制御目標ヨーレート  $\_T g t$  とフィードバックヨーレート  $\_F / B$  との差分に基づいて、第1制御目標モーメント  $M g 1$  を算出する。次のステップS18では、アッカーマンジオメトリに基づいて、第2制御目標モーメント  $M g 2$  を算出する。次のステップS19では、第1制御目標モーメント  $M g 1$  と第2制御目標モーメント  $M g 2$  とに基づいて、制御目標モーメント  $M g T g t$  を算出する。

10

【0035】

図5は、制御装置200で行われる処理を説明するための模式図である。なお、図5は、図3と同様に制御装置200の構成要素を示すとともに、各構成要素が行う処理を詳細に示したものである。以下では、図3～図5に基づいて、制御装置200で行われる処理について説明する。車載センサ210は、上述した舵角センサ130、ヨーレートセンサ150、加速度センサ160、車輪速センサ116, 118, 120, 122を含む。

20

【0036】

制御用目標ヨーレート演算部230は、一般的な平面2輪モデルを表す以下の式(1)から操安制御用目標ヨーレート  $\_T g t$  を算出する。操安制御用目標ヨーレート  $\_T g t$  は、平面2輪モデルの式(1)における車両ヨーレート に相当し、式(1)の右辺に各値を代入することによって算出される。

【0037】

【数1】

$$\gamma = \frac{1}{1 + S f T g t \times V^2} \frac{V}{l} \delta \quad \dots (1)$$

30

$$\delta = G_h \times \theta_h \quad \dots (2)$$

$$A = \frac{m}{2l^2} \frac{l_f k_f - l_r k_r}{k_f k_r} \quad \dots (3)$$

【0038】

なお、式(1)～式(3)において、変数、定数は以下の通りである。

<変数>

40

：車両ヨーレート

V：車両速度

：タイヤ舵角

h：ハンドル操舵角

<定数>

l：車両ホイールベース

$l_f$ ：車両重心点から前輪中心までの距離

$l_r$ ：車両重心点から後輪中心までの距離

m：車両重量

$k_f$ ：コーナリングパワー(フロント)

50

$k_r$  : コーナリングパワー (リア)

$G_h$  : ハンドル操舵角からタイヤ舵角への変換ゲイン (ステアリングギヤ比)

【0039】

制御用目標ヨーレート  $\gamma$  (式(1)の左辺の  $\gamma$ ) は、車両速度  $V$ 、及びタイヤ舵角  $\delta$  を変数として、式(1)から算出される。式(1)のタイヤ舵角  $\delta$  は、直接センシングできないため、制御目標ヨーレート演算部230のタイヤ舵角換算処理部230aは、式(2)から、ハンドル操舵角  $h$  に変換ゲイン  $G_h$  を乗じることによりタイヤ舵角  $\delta$  を算出する。なお、ステアリングの運動モデルに基づいてタイヤ舵角  $\delta$  を算出しても良い。変換ゲイン  $G_h$  として、ステアリングギヤ比が用いられる。式(1)における目標スタビリティファクタ  $S_f T_g t$  は一般的には車両の特性を表す定数  $A$  として式(3)から算出されるが、本実施形態では、補正処理部222が目標スタビリティファクタ  $S_f T_g t$  を補正する。制御目標ヨーレート演算部230の  $\gamma$  演算部230bは、タイヤ舵角換算処理部230aが算出したタイヤ舵角  $\delta$  を用いて、式(1)から制御用目標ヨーレート  $\gamma$  を算出する。制御用目標ヨーレート  $\gamma$  は、減算部233へ入力される。

10

【0040】

一方、車両モデル224、フィルタ処理部226では、車両1000が発生しているヨーレートを計算又は実測により求める。車両モデル224は、車両ヨーレートを算出するための車両モデル(平面2輪モデル)を表す以下の式から、ヨーレートモデル値  $\gamma_c$  を算出する。具体的には、以下の式(4)、式(5)へ車両速度  $V$ 、ステアリングの操舵角  $h$  を代入し、式(4)、式(5)を連立して解くことで、ヨーレートモデル値  $\gamma_c$  (式(4)、式(5)における  $\gamma$ ) を算出する。なお、式(4)、式(5)から式(1)を導出することができるため、車両モデル224は、操舵角  $h$  と車両速度  $V$  とに基づき、制御用目標ヨーレート演算部230と同様の手法により車両モデルの式(1)からヨーレートモデル値  $\gamma_c$  を算出しても良い。

20

【0041】

【数2】

$$2K_f \frac{\theta h}{G_h} = mV \frac{d}{dt} \beta + 2(K_f + K_r) \beta + \left\{ mV + \frac{2}{V} (I_f K_f - I_r K_r) \right\} \gamma \dots (4)$$

30

$$2I_f K_f \frac{\theta h}{G_h} = 2(I_f K_f + I_r K_r) \beta + I \frac{d}{dt} \gamma + \frac{2}{V} (I_f^2 K_f - I_r^2 K_r) \gamma \dots (5)$$

【0042】

なお、式(4)~式(5)において、 $I$  は車両のヨー慣性、 $\theta$  は車両の横滑り角である。

【0043】

ヨーレートモデル値  $\gamma_c$  はフィードバックヨーレート演算部232へ入力される。フィルタ処理部226は、ヨーレートセンサ150が検出した実ヨーレート  $\gamma_r$  に対してノイズを除去するためにフィルタ処理を行い、フィルタ処理の結果得られたヨーレート  $\gamma_{fil}$  をフィードバックヨーレート演算部232へ入力する。

40

【0044】

減算部228は、ヨーレートモデル値  $\gamma_c$  からヨーレート  $\gamma_{fil}$  を減算し、ヨーレートモデル値  $\gamma_c$  とヨーレート  $\gamma_{fil}$  との差分  $\gamma_{diff}$  を求める。差分  $\gamma_{diff}$  は、フィードバックヨーレート演算部232へ入力される。ここで、差分  $\gamma_{diff}$  は路面状況を表すパラメータに相当するため、減算部228は路面状況を表すパラメータを取得する構成要素に相当する。

【0045】

以上のようにして、フィードバックヨーレート演算部232には、ヨーレートモデル値

50

$\_c l c$ 、ヨーレート  $\_f i l$ 、差分  $\_d i f f$  が入力される。フィードバックヨーレート演算部 232 は、ヨーレートモデル値  $\_c l c$  と実ヨーレート  $\_f i l$  との差分  $\_d i f f$  に基づいて、差分  $\_d i f f$  に応じて変化する重み付けゲイン を算出する。そして、フィードバックヨーレート演算部 232 は、以下の式 (6) に基づき、ヨーレートモデル値  $\_c l c$  とヨーレート  $\_f i l$  を重み付けゲイン によって重み付けし、フィードバックヨーレート  $\_F / B$  を算出する。算出されたフィードバックヨーレート  $\_F / B$  は、減算部 233 へ入力される。

$$\_F / B = \quad \times \_c l c + (1 - \quad) \times \_f i l \quad \cdot \cdot \cdot (6)$$

【0046】

図6は、フィードバックヨーレート演算部232が重み付けゲイン を算出する際のゲインマップを示す模式図である。図6に示すように、重み付けゲイン の値は、車両モデル224の信頼度に応じて0から1の間で可変する。車両モデル224の信頼度を図る指標として、ヨーレートモデル値  $\_c l c$  とヨーレート  $\_f i l$  との差分(偏差)  $\_d i f f$  を用いる。図6に示すように、差分  $\_d i f f$  の絶対値が小さい程、重み付けゲイン の値が大きくなるようにゲインマップが設定されている。フィードバックヨーレート演算部232は、差分  $\_d i f f$  に図6のマップ処理を施し、車両モデル224の信頼度に応じた重み付けゲイン を演算する。

10

【0047】

図6において、TH1  $\_P$  は重み付けゲイン の切り替えのしきい値(+側)、TH2  $\_P$  は重み付けゲイン の切り替えしきい値(+側)、TH1  $\_M$  は重み付けゲイン の切り替えしきい値(-側)、TH2  $\_M$  は重み付けゲイン の切り替えしきい値(-側)、をそれぞれ示している。なお、+側のしきい値の大小関係はTH1  $\_P < TH2 \_P$  とし、-側のしきい値の大小関係はTH1  $\_M > TH2 \_M$  とする。

20

【0048】

図6において、TH1  $\_P$  は重み付けゲイン の切り替えのしきい値(+側)、TH2  $\_P$  は重み付けゲイン の切り替えしきい値(+側)、TH1  $\_M$  は重み付けゲイン の切り替えしきい値(-側)、TH2  $\_M$  は重み付けゲイン の切り替えしきい値(-側)、をそれぞれ示している。なお、+側のしきい値の大小関係はTH1  $\_P < TH2 \_P$  とし、-側のしきい値の大小関係はTH1  $\_M > TH2 \_M$  とする。

【0049】

図6に示すゲインマップの領域A1は、差分  $\_d i f f$  が0に近づく領域であり、S/N比が小さい領域や、タイヤ特性が線形の領域(ドライの路面)であり、車両モデル216から算出されるヨーレートモデル値  $\_c l c$  の信頼性が高い。このため、重み付けゲイン = 1として、式(7)よりヨーレートモデル値  $\_c l c$  の配分を100%としてフィードバックヨーレート  $\_F / B$  が演算される。これにより、ヨーレート  $\_f i l$  に含まれるヨーレートセンサ150のノイズの影響を抑止することができ、フィードバックヨーレート  $\_F / B$  からセンサノイズを排除することができる。従って、車両1000の振動を抑制して乗り心地を向上することができる。

30

【0050】

特に、運転支援制御では、車両1000がコーナーに進入する前の直進状態から、推定走行路に基づいて車両1000が旋回する量を予見的に制御する。従って、車両1000の旋回時のみならず、車両1000の直進状態においても、センサノイズの影響を排除することで、車両1000に振動を生じさせることなく、安定して直進させることが可能である。

40

【0051】

このように、ヨーレートモデル値  $\_c l c$  の信頼度が高い領域は、差分  $\_d i f f$  と走行状況から指定することができる。図6に示したように、ドライ路面(高 $\mu$ )走行時であり、かつ転舵量が小さい場面(低曲率での旋回など)においては、重み付けゲイン が1となる様に差分  $\_d i f f$  と重み付けゲイン を関係づけることが、マップによる係数設定の一例として想定される。なお、上述した平面2輪モデルは、タイヤのスリップ

50

角と横加速度との関係（タイヤのコーナリング特性）が線形である領域を想定している。タイヤのコーナリング特性が非線形になる領域では、実車のヨーレートと横加速度が舵角やスリップ角に対して非線形になり、平面2輪モデルと実車でセンシングされるヨーレートとが乖離する。このため、タイヤの非線形性を考慮したモデルを使用すると、ヨーレートに基づく制御が煩雑になるが、本実施形態によれば、ヨーレートモデル値  $\text{yclc}$  の信頼度を差分  $\text{diff}$  に基づいて容易に判定することが可能である。

【0052】

また、図6に示すゲインマップの領域A2は、差分  $\text{diff}$  が大きくなる領域であり、ウェット路面走行時、雪道走行時、または高Gがかかる旋回時などに相当し、タイヤが滑っている限界領域である。この領域では、車両モデル216から算出されるヨーレートモデル値  $\text{yclc}$  の信頼性が低くなり、差分  $\text{diff}$  がより大きくなる。このため、重み付けゲイン = 0として、式(7)よりヨーレート  $\text{fil}$  の配分を100%としてフィードバックヨーレート  $\text{FB}$  が演算される。これにより、ヨーレート  $\text{fil}$  に基づいてフィードバックの精度を確保し、実車の挙動を反映したヨーレートのフィードバック制御が行われる。従って、ヨーレート  $\text{fil}$  に基づいて車両1000の旋回を最適に制御することができる。また、タイヤが滑っている領域であるため、ヨーレートセンサ150の信号にノイズの影響が生じていたとしても、車両1000の振動としてドライバーが感じることはなく、乗り心地の低下も抑止できる。図6に示す低 $\mu$ の領域A2の設定については、設計要件から重み付けゲイン = 0となる領域を決めても良いし、低 $\mu$ 路面を実際に車両1000が走行した時の操縦安定性能、乗り心地等から実験的に決めても良い。

【0053】

また、図6に示すゲインマップの領域A3は、線形領域から限界領域へ遷移する領域（非線形領域）であり、実車である車両1000のタイヤ特性も必要に応じて考慮して、ヨーレートモデル値  $\text{yclc}$  とヨーレート  $\text{fil}$  の配分（重み付けゲイン）を線形に変化させる。領域A1（高 $\mu$ 域）から領域A2（低 $\mu$ 域）への遷移、ないし領域A2（低 $\mu$ 域）から領域A1（高 $\mu$ 域）へ遷移する領域においては、重み付けゲインの急変に伴うトルク変動、ヨーレートの変動を抑えるため、線形補間で重み付けゲインを演算する。

【0054】

また、図6に示すゲインマップの領域A4は、ヨーレート  $\text{fil}$  の方がヨーレートモデル値  $\text{yclc}$  よりも大きい場合に相当する。例えば、車両モデル216に誤ったパラメータが入力されてヨーレートモデル値  $\text{yclc}$  が誤計算された場合等においては、領域A4のマップによりヨーレート  $\text{fil}$  を用いて制御を行うことができる。更に、領域A4のマップによれば、フィルタ処理に伴うヨーレート  $\text{fil}$  の位相遅れに起因して、一時的にヨーレートモデル値  $\text{yclc}$  がヨーレート  $\text{fil}$  よりも小さくなった場合においても、ヨーレート  $\text{fil}$  を用いて制御を行うことができる。なお、重み付けゲインの範囲は0~1の間に限定されるものではなく、車両制御として成立する範囲であれば任意の値を取れる様に構成を変更することも、本発明の技術で成し得る範疇に入る。

【0055】

補正処理部222は、制御用目標ヨーレート演算部230が、式(1)~(3)から制御用目標ヨーレート  $\text{Tgt}$  を算出するに際し、目標スタビリティファクタ  $\text{SfTgt}$  を補正する。図7は、目標スタビリティファクタ  $\text{SfTgt}$  を算出するマップを示す特性図である。また、図8は、目標スタビリティファクタ  $\text{SfTgt}$  を算出する処理を示すフローチャートである。図8の処理では、先ずステップS10において、 $\text{diff} = 0$  であるか否かを判定し、 $\text{diff} = 0$  の場合はステップS12へ進み、 $\text{diff} > \text{TH1}$  であるか否かを判定する。そして、 $\text{diff} > \text{TH1}$  の場合はステップS14へ進み、 $\text{SfTgt} = \text{Sf1}$  とする。

【0056】

10

20

30

40

50

また、ステップ S 1 2 で  $\gamma\_diff > TH1\_P$  の場合はステップ S 1 6 へ進み、 $\gamma\_diff < TH2\_P$  であるか否かを判定する。そして、 $\gamma\_diff < TH2\_P$  の場合はステップ S 1 8 へ進み、 $SfTgt = Sf2$  とする。

【 0 0 5 7 】

また、ステップ S 1 6 で  $\gamma\_diff < TH2\_P$  の場合はステップ S 2 0 へ進み、以下の式 ( 7 ) から  $SfTgt$  を算出する。

【 0 0 5 8 】

【 数 3 】

$$\bullet SfTgt = Sf1 + \frac{Sf2 - Sf1}{TH2\_P - TH1\_P} (\gamma\_diff - TH1\_P) \quad \dots (7) \quad 10$$

【 0 0 5 9 】

また、ステップ S 1 0 で  $\gamma\_diff < 0$  の場合はステップ S 2 2 へ進み、 $\gamma\_diff < TH1\_M$  であるか否かを判定する。そして、 $\gamma\_diff < TH1\_M$  の場合はステップ S 2 4 へ進み、 $SfTgt = Sf1$  とする。また、ステップ S 2 2 で  $\gamma\_diff < TH1\_M$  の場合はステップ S 2 6 へ進み、 $\gamma\_diff < TH2\_M$  であるか否かを判定する。そして、 $\gamma\_diff < TH2\_M$  の場合はステップ S 2 8 へ進み、 $SfTgt = Sf2$  とする。

【 0 0 6 0 】

また、ステップ S 2 6 で  $\gamma\_diff > TH2\_M$  の場合はステップ S 3 0 へ進み、以下の式 ( 8 ) から  $SfTgt$  を算出する。 20

【 0 0 6 1 】

【 数 4 】

$$\bullet SfTgt = Sf1 + \frac{Sf2 - Sf1}{TH2\_M - TH1\_M} (\gamma\_diff - TH1\_M) \quad \dots (8)$$

【 0 0 6 2 】

図 8 の処理によれば、車両 1 0 0 0 の状態量推定で用いる目標スタビリティファクタ ( $SfTgt$ ) が、ヨーレートモデル値  $\gamma\_clc$  (ヨーレート基準値) とヨーレートセンサ 1 4 2 の検出値をフィルタ処理して得られたヨーレート  $\gamma\_fil$  との乖離度合い ( $\gamma\_diff$ ) に応じて可変される。差分  $\gamma\_diff$  の絶対値が、基準値と検出値の乖離度合いが少ない側に設定したしきい値 ( $TH1\_M$ ,  $TH1\_P$ ) の絶対値よりも小さい場合は、車両挙動が安定している高  $\mu$  域、または通常領域であると判断し、車両 1 0 0 0 の自転 (ヨー運動) を促進するための目標スタビリティファクタ「 $Sf1$  (回頭性重視)」が設定される。また、差分  $\gamma\_diff$  の絶対値が所定の閾値 ( $TH2\_M$ ,  $TH2\_P$ ) よりも大きい場合は、低  $\mu$  域、または限界領域であると判断し、車両 1 0 0 0 の過度の自転 (ヨー運動) を抑制し、旋回時の安定性を確保するための目標スタビリティファクタ「 $Sf2$  (安定性重視)」が設定される。また、差分  $\gamma\_diff$  の絶対値が、しきい値  $TH1\_P$  と  $TH2\_P$  の間、または、しきい値  $TH1\_M$  と  $TH2\_M$  の間の値をとる場合は、差分  $\gamma\_diff$  の値に応じて「 $Sf1$ 」と「 $Sf2$ 」を補間して目標スタビリティファクタ「 $SfTgt$ 」が設定される。 30 40

【 0 0 6 3 】

このように、差分  $\gamma\_diff$  に基づいて車両の旋回特性を推定して目標スタビリティファクタ  $SfTgt$  を補正することで、路面摩擦係数が高  $\mu$  になるほど制御目標ヨーレート  $\gamma\_tgt$  の値が大きくなり、車両旋回が促進される。また、路面摩擦係数が低  $\mu$  になるほど制御目標ヨーレート  $\gamma\_tgt$  の値が小さくなり、車両旋回が抑制される。従って、そのときの路面状況等に応じた最適な制御目標ヨーレート  $\gamma\_tgt$  を演算することができる。

【 0 0 6 4 】

減算部 2 3 3 には、制御目標ヨーレート演算部 2 3 0 から制御目標ヨーレート  $\gamma\_tgt$  50

tが入力され、フィードバックヨーレート演算部232からフィードバックヨーレート  $\underline{F}/B$  が入力される。減算部233は、制御目標ヨーレート  $\underline{Tgt}$  からフィードバックヨーレート  $\underline{F}/B$  を減算し、  $\underline{Tgt}$  と  $\underline{F}/B$  との差分(ヨーレート補正量)  $\underline{Tgt}$  を求める。すなわち、差分  $\underline{Tgt}$  は、以下の式(9)から算出される。

$$\underline{Tgt} = \underline{Tgt} - \underline{F}/B \quad \dots (9)$$

差分  $\underline{Tgt}$  は、第1制御目標モーメント演算部234へ出力される。

#### 【0065】

第1制御目標モーメント演算部234は、差分  $\underline{Tgt}$  に基づいて車両挙動を補正するためのモーメントを算出する。第1制御目標モーメント演算部234は、差分  $\underline{Tgt}$  を用いて、制御目標モーメントを算出するとともに、調整ゲインにより、制御目標モーメントを補正することで、低 $\mu$ 時の安定性確保と、高 $\mu$ 時の旋回支援制御を両立させ、車両旋回時における定常的な挙動と過渡的な挙動の双方の観点から操縦安定性能を制御する。このため、第1制御目標モーメント演算部234は、車両1000のヨーレートを収束させるためのパラメータである「目標減衰モーメント  $MgDampTgt$ 」を算出する減衰制御モーメント演算部(定常項算出部)234aと、車両1000のヨー慣性を補償するパラメータである「目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$ 」を算出する慣性補償モーメント演算部(過渡項演算部)234bとを有している。

#### 【0066】

減衰制御モーメント演算部(定常項算出部)234aは、公知の平面2輪モデル(ヨー運動)をヨーモーメントについて整理した式において、ヨーレートに掛かっている係数  $D1$  を  $\underline{Tgt}$  に乗じることで、車両旋回時の収束性能を向上させる「目標減衰モーメント  $MgDampTgt$ 」の基本量  $MgDampBasis$  を演算する。ここで、係数  $D1$  は、(5)式で  $\underline{diff}$  に掛かっている  $2/V(l_f^2 K_f - l_r^2 K_r)$  に相当する。この際、減衰制御モーメント演算部(定常項算出部)234aは、目標減衰モーメントの基本量  $MgDampBasis$  に対して、ヨーレートの差分  $\underline{diff}$  に応じて路面状況を反映するように設定されたゲインを乗算することで、基本量  $MgDampBasis$  を補正し、「目標減衰モーメント  $MgDampTgt$ 」を算出する。「目標減衰モーメント  $MgDampTgt$ 」により、特に車両1000の定常的な挙動に対して、車両挙動を安定させることができる。

#### 【0067】

より詳細には、減衰制御モーメント演算部234aは、目標減衰モーメントを補正するゲイン  $GainForMgDamp$  を算出し、ヨーレートの差分  $\underline{diff}$  に応じてゲイン  $GainForMgDamp$  を可変させる機能を有する。また、減衰制御モーメント演算部234aは、差分  $\underline{diff}$  に基づいて、低 $\mu$ 域や限界領域に遷移しつつあると判断される場合は、ゲインを段階的に変化させるとともに、低 $\mu$ 域や限界領域に到達したと判断される場合には、車両の安定性能を重視するため、ゲインを負側に設定し旋回中に逆方向のモーメントを付加し、過度の車両1000の自転を抑制する制御を行う。

#### 【0068】

このため、減衰制御モーメント演算部234aは、先ず、  $\underline{Tgt}$  に係数  $D1$  を乗算して基本量  $MgDampBasis$  を算出する。そして、算出した基本量  $MgDampBasis$  と差分  $\underline{diff}$  に応じて変化する減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を乗算して目標減衰モーメント  $MgDampTgt$  を算出する。

#### 【0069】

図9は、減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出するマップを示す特性図である。また、図10は、減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する処理を示すフローチャートである。図10の処理では、先ずステップS40において、差分  $\underline{diff} = 0$  であるか否かを判定し、差分  $\underline{diff} = 0$  の場合はステップS42へ進み、0以上の値である  $\underline{diff}$  の値に基づいて減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する。また、差分  $\underline{diff} < 0$  の場合は

ステップS44へ進み、0より小さい値である  $\_diff$  の値に基づいて減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する。

【0070】

図11は、 $\_diff = 0$  の場合に減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する処理を示すフローチャートである。 $\_diff = 0$  の場合、図9に示すマップのうち、 $\_diff = 0$  の領域の特性に従って減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  が算出される。まず、ステップS50では、 $\_diff > TH1\_P$  であるか否かを判定し、 $\_diff > TH1\_P$  の場合はステップS52へ進み、 $GainForMgDamp = MAX\_GAIN$  とする。一方、ステップS50で  $\_diff > TH1\_P$  の場合はステップS54へ進み、 $\_diff > TH1\_P$  であるか否かを判定し、 $\_diff > TH1\_P$  の場合はステップS56へ進み、以下の式(10)から減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する。

10

【0071】

【数5】

$$\bullet \text{ GainForMgDamp} = \frac{MID\_GAIN - MAX\_GAIN}{TH2\_P - TH1\_P} (\gamma\_diff - TH2\_P)$$

• • (10)

【0072】

20

また、ステップS54で  $\_diff > TH1\_P$  の場合はステップS58へ進み、 $\_diff > TH3\_P$  であるか否かを判定し、 $\_diff > TH3\_P$  の場合はステップS60へ進んで  $GainForMgDamp = MID\_GAIN$  とする。

【0073】

また、ステップS58で  $\_diff > TH3\_P$  の場合はステップS62へ進み、 $\_diff > TH4\_P$  であるか否かを判定し、 $\_diff > TH4\_P$  の場合はステップS64へ進んで以下の式(11)から減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する。

【0074】

【数6】

30

$$\bullet \text{ GainForMgDamp} = \frac{MIN\_GAIN - MID\_GAIN}{TH4\_P - TH3\_P} (\gamma\_diff - TH3\_P)$$

• • • (11)

【0075】

また、ステップS62で  $\_diff > TH4\_P$  の場合はステップS66へ進み、 $GainForMgDamp = MIN\_GAIN$  とする。

【0076】

また、図12は、 $\_diff < 0$  の場合に減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する処理を示すフローチャートである。 $\_diff < 0$  の場合、図9に示すマップのうち、 $\_diff < 0$  の領域の特性に従って減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  が算出される。まず、ステップS70では、 $\_diff > TH1\_M$  であるか否かを判定し、 $\_diff > TH1\_M$  の場合はステップS72へ進み、 $GainForMgDamp = MAX\_GAIN$  とする。一方、ステップS70で  $\_diff < TH1\_M$  の場合はステップS74へ進み、 $\_diff > TH2\_M$  であるか否かを判定し、 $\_diff > TH2\_M$  の場合はステップS76へ進み、以下の式(12)から減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する。

40

【0077】

【数7】

$$\cdot \text{GainForMgDamp} = \frac{\text{MID\_GAIN} - \text{MAX\_GAIN}}{\text{TH2\_M} - \text{TH1\_M}} (\gamma\_diff - \text{TH2\_M})$$

. . . (12)

【0078】

また、ステップS74で  $\gamma\_diff < \text{TH2\_M}$  の場合はステップS78へ進み、 $\gamma\_diff > \text{TH3\_M}$  であるか否かを判定し、 $\gamma\_diff < \text{TH3\_M}$  の場合はステップS80へ進んで  $\text{GainForMgDamp} = \text{MID\_GAIN}$  とする。

10

【0079】

また、ステップS78で  $\gamma\_diff < \text{TH3\_M}$  の場合はステップS82へ進み、 $\gamma\_diff > \text{TH4\_M}$  であるか否かを判定し、 $\gamma\_diff < \text{TH4\_M}$  の場合はステップS84へ進んで以下の式(13)から減衰モーメント補正ゲイン  $\text{GainForMgDamp}$  を算出する。

【0080】

【数8】

$$\cdot \text{GainForMgDamp} = \frac{\text{MIN\_GAIN} - \text{MID\_GAIN}}{\text{TH4\_M} - \text{TH3\_M}} (\gamma\_diff - \text{TH3\_M})$$

. . . (13)

20

【0081】

また、ステップS62で  $\gamma\_diff < \text{TH4\_M}$  の場合はステップS86へ進み、 $\text{GainForMgDamp} = \text{MIN\_GAIN}$  とする。

【0082】

以上の処理により、減衰モーメント補正ゲイン  $\text{GainForMgDamp}$  が図9のマップに従って算出される。減衰制御モーメント演算部234aは、 $\gamma\_diff$  の大小に応じて、高 $\mu$ 、低 $\mu$ など操舵に対する車両挙動の安定度合いを判別するとともに、操舵に対する車両の旋回性能と収束性能を両立させるべく、高 $\mu$ 域 ( $\gamma\_diff$  が  $\text{TH1\_M}$  から  $\text{TH1\_P}$  までの範囲) では、旋回に伴う補正モーメントを100%出力するように減衰モーメント補正ゲイン  $\text{GainForMgDamp}$  を算出する。また、中 $\mu$ 域 ( $\gamma\_diff$  が  $\text{TH2\_P}$  から  $\text{TH3\_P}$  までの範囲、又は、 $\text{TH2\_M}$  から  $\text{TH3\_M}$  までの範囲) では、旋回に伴う補正モーメントを0とするように減衰モーメント補正ゲイン  $\text{GainForMgDamp}$  を算出する。また、低 $\mu$ 域 ( $\gamma\_diff$  が  $\text{TH4\_P}$  以上の範囲、又は、 $\text{TH4\_M}$  以下の範囲) では、旋回に伴い逆モーメントを付与するように減衰モーメント補正ゲイン  $\text{GainForMgDamp}$  を算出する。また、高 $\mu$ 域、中 $\mu$ 域、低 $\mu$ 域の各モードへ遷移する領域では、出力を線形に変化させるように補正ゲイン  $\text{GainForMgDamp}$  を算出する。

30

40

【0083】

なお、本実施形態では、操舵に対する車両1000の収束性能を向上させるため、減衰モーメント補正ゲイン  $\text{GainForMgDamp}$  に0や正負の値を設定しているが、車両制御が成立する範囲であれば、正の値のみの場合も含め、任意の定数を設定することができる。

【0084】

また、慣性補償モーメント演算部(過渡項演算部)234bは、公知の平面2輪モデル(ヨー運動)をヨーモーメントについて整理した式において、ヨー加速度に掛かっている係数  $T1$  を  $\gamma\_Tgt$  の微分値に乗じることで、車両旋回時におけるヨー慣性を補償する「目標慣性補償モーメント  $\text{MgTransTgt}$ 」の基本量  $\text{MgTransBasis}$

50

を演算する。ここで、係数  $T1$  は、(5)式で  $d/dt$  に掛かっている  $I$  (車両のヨー慣性) に相当する。この際、慣性補償モーメント演算部 (過渡項演算部) 234b は、「目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$ 」の基本量  $MgTransBasis$  に対して、ヨーレートの差分  $\_diff$  に応じて路面状況を反映するように設定されたゲインを乗算することで、基本量  $MgTransBasis$  を補正し、「目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$ 」を算出する。これにより、「目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$ 」により、特に車両 1000 の瞬間的な挙動に対して、車両挙動を安定させることができる。

【0085】

より詳細には、慣性補償モーメント演算部 234b は、慣性補償モーメントを補正するゲイン  $GainForMgTrans$  を算出し、減衰制御モーメント演算部 234a と同様に、 $\_diff$  に応じてゲイン  $GainForMgTrans$  を可変させる機能を有する。また、慣性補償モーメント演算部 234b は、 $\_diff$  に基づいて、高  $\mu$  域、低  $\mu$  域など操舵に対する車両挙動の安定度合いを判別するとともに、低  $\mu$  域では慣性補償モーメントの出力を制限する機能も併せ持つ補正ゲイン  $GainForMgTrans$  を算出する。そして、低  $\mu$  域や限界領域に遷移しつつあると判断される場合は、ゲインを段階的に低減させる一方で、低  $\mu$  域や限界領域に到達したと判断される場合には、ヨー慣性を補償するモーメントを 0 にするか、旋回性能を保持するため、ヨー慣性補償モーメントの出力を絞り、低  $\mu$  時でも一時的に車両の挙動を調整するための機能を保持する制御を行う。

【0086】

このため、慣性補償モーメント演算部 234b は、先ず、 $\_Tgt$  に係数  $T1$  を乗算して基本量  $MgTransBasis$  を算出する。そして、算出した基本量  $MgTransBasis$  と差分  $\_diff$  に応じて変化する慣性補償モーメント補正ゲイン  $GainForMgTrans$  を乗算して目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$  を算出する。

【0087】

図 13 は、慣性補償モーメント補正ゲイン  $GainForMgTrans$  を算出するマップを示す特性図である。また、図 14 は、慣性補償モーメント補正ゲイン  $GainForMgTrans$  を算出する処理を示すフローチャートである。図 14 の処理では、先ずステップ S90 において、差分  $\_diff = 0$  であるか否かを判定し、差分  $\_diff = 0$  の場合はステップ S92 へ進み、0 以上の値である  $\_diff$  の値に基づいて慣性補償モーメント補正ゲイン  $GainForMgTrans$  を算出する。また、差分  $\_diff < 0$  の場合はステップ S94 へ進み、0 より小さい値である  $\_diff$  の値に基づいて慣性補償モーメント補正ゲイン  $GainForMgTrans$  を算出する。

【0088】

図 15 は、 $\_diff = 0$  の場合に慣性補償モーメント補正ゲイン  $GainForMgTrans$  を算出する処理を示すフローチャートである。 $\_diff = 0$  の場合、図 13 に示すマップのうち、 $\_diff = 0$  の領域の特性に従って慣性補償モーメント補正ゲイン  $GainForMgTrans$  が算出される。先ず、ステップ S100 では、 $\_diff > TH1\_P$  であるか否かを判定し、 $\_diff > TH1\_P$  の場合はステップ S102 へ進み、 $GainForMgTrans = MAX\_GAIN$  とする。また、 $\_diff > TH1\_P$  の場合はステップ S104 へ進み、 $\_diff > TH2\_P$  であるか否かを判定し、 $\_diff > TH2\_P$  の場合はステップ S106 へ進み、 $GainForMgTrans = MIN\_GAIN$  とする。

【0089】

また、ステップ S104 で  $\_diff < TH2\_P$  の場合はステップ S108 へ進み、以下の式 (14) から慣性補償モーメント補正ゲイン  $GainForMgTrans$  を算出する。

【0090】

10

20

30

40

【数 9】

$$\cdot \text{GainForMgTrans} = \text{MIN\_GAIN} + \frac{\text{MIN\_GAIN} - \text{MAX\_GAIN}}{\text{TH2\_P} - \text{TH1\_P}} \cdot (\gamma\_diff - \text{TH2\_P})$$

・・・ (14)

【0091】

また、図16は、 $\gamma\_diff < 0$ の場合に慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出する処理を示すフローチャートである。 $\gamma\_diff < 0$ の場合、図13に示すマップのうち、 $\gamma\_diff < 0$ の領域の特性に従って慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransが算出される。先ず、ステップS110では、 $\gamma\_diff > \text{TH1\_M}$ であるか否かを判定し、 $\gamma\_diff > \text{TH1\_M}$ の場合はステップS112へ進み、GainForMgTrans = MAX\_GAINとする。また、 $\gamma\_diff < \text{TH1\_M}$ の場合はステップS114へ進み、 $\gamma\_diff > \text{TH2\_M}$ であるか否かを判定し、 $\gamma\_diff > \text{TH2\_M}$ の場合はステップS116へ進み、GainForMgTrans = MIN\_GAINとする。

【0092】

また、ステップS114で $\gamma\_diff > \text{TH2\_M}$ の場合はステップS118へ進み、以下の式(15)から慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出する。

【0093】

【数10】

$$\cdot \text{GainForMgTrans} = \text{MIN\_GAIN} + \frac{\text{MIN\_GAIN} - \text{MAX\_GAIN}}{\text{TH2\_P} - \text{TH1\_P}} \cdot (\gamma\_diff - \text{TH2\_M})$$

・・・ (15)

【0094】

以上の処理により、慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransが図13のマップに従って算出される。

【0095】

図9及び図13に示すように、差分 $\gamma\_diff$ がTH2\_Pよりも大きくなると、減衰モーメント補正ゲインGainForMgDampが0となり、定常項では旋回支援が行われなくなる。更に、差分 $\gamma\_diff$ がTH3\_Pよりも大きくなると、減衰モーメント補正ゲインGainForMgDampが負の値となり、その時の慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransの設定にもよるが、目標減衰モーメントMgDampTgtと目標慣性補償モーメントMgTransTgtを加算した値が負の値となる。従って、旋回を抑制する方向に第1制御目標モーメントMg1を発生させることができる。

【0096】

なお、本実施形態では、操舵に対する車両1000の応答性能を重視するため、正の値のみでゲインを指示しているが、車両制御が成立する範囲であれば、0や負の値を含め、任意の定数を設定することができる。

【0097】

以上のようにして目標減衰モーメントMgDampTgt及び目標慣性補償モーメントMgTransTgtが算出されると、第1制御目標ヨーレート演算部234の加算部234cは、目標減衰モーメントMgDampTgtと目標慣性補償モーメントMgTransTgtとを加算して、操安制御で用いる第1制御目標モーメントMg1を算出する。第1制御目標モーメントMg1は、制御目標モーメント演算部250へ入力される。

【0098】

一方、第2制御目標モーメント演算部270は、アッカーマン領域を想定して、車両の

幾何学的関係を模擬したモデルに舵角  $h$  と車両速度  $V$  を入力することで、第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  を算出する。低車速域においては、車両旋回に伴う遠心力が働かないか、または微小な量しか遠心力が発生しないため、コーナーリングフォースの影響を無視することができる。第 2 制御目標モーメント演算部 270 は、低速域における駆動力制御を補償するため、幾何的な関係に基づいて、いわゆるアッカーマンステアリングジオメトリにより車両運動を計算する。第 2 制御目標モーメント演算部 270 は、以下の式 (16) に基づいて、舵角  $h$  と車両速度  $V$  から第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  を算出する。なお、式 (16) における関数  $f(V, H)$  は、旋回中の車両の幾何学的な関係から導かれる計算式を適用しても良いし、実験結果を反映したマップを適用しても良い。

【0099】

【数11】

$$\cdot Mg_2 = f(V, \theta_H) \quad \dots (16)$$

【0100】

図 17 は、第 2 制御目標モーメント演算部 270 が第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  を演算する際に用いるマップを示す模式図である。図 17 に示すように、第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  は、操舵角  $h$  が大きいほど大きな値に設定される。また、第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  は、操舵角  $h$  が同じであっても、車両速度  $V$  に応じた車速パターンに応じて異なる値に設定される。例えば、第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  は、車両速度  $V$  が高くなるほど大きな値に設定される。なお、図 17 に示すマップは一例であり、操舵角  $h$  と車両速度  $V$  に基づいて第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  を算出するものであれば、シミュレーションに基づくマップ、実験値に基づくマップ等、どのようなマップであっても良い。このように、低車速域を想定したアッカーマン制御のモデルでは、操舵角  $h$  と車両速度  $V$  によるマップから、フィードフォワード制御で用いる第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  を演算する。

【0101】

図 17 に示すマップでは、操舵角  $h$  を横軸、第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  を縦軸とし、車両速度  $V$  により車速パターンを切り換えることを想定している。第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  を算出するマップについては、操舵角  $h$  と横滑り角の幾何学的な関係からマップ定数を指定してもよいし、実車評価を通じて適合したマップ定数を指定しても良い。

【0102】

制御目標モーメント演算部 250 は、車速可変ゲイン演算部 252、及び調停部 254 を有している。制御目標モーメント演算部 250 には、操安制御部 220 から第 1 制御目標モーメント  $Mg_1$  が入力される。また、制御目標モーメント演算部 250 には、第 2 制御目標ヨーレート演算部 270 から第 2 制御目標モーメント  $Mg_2$  が入力される。

【0103】

上述したように、低車速域においては、車両旋回に伴う遠心力が働かないか、または微小な量しか遠心力が発生しないため、コーナーリングフォースの影響を無視することができる。幾何的な関係に基づいて、いわゆるアッカーマンステアリングジオメトリにより車両運動を計算できる。

【0104】

一方、車両速度が上がるにつれて旋回に伴う遠心力が増大する。この状況において、低車速域での制御を操安制御に適用すると、実機の車両 1000 の挙動と制御目標との誤差が拡大し、車両挙動に対してドライバーの違和感を招く可能性がある。つまり、アッカーマン領域の制御では、車両 1000 が低速で走行し、かつ旋回中に遠心力が働かないことを前提としているため、中高速域における車両の旋回状況（車両に遠心力が働く状況）を模擬することはできない。

【0105】

このため、本実施形態では、車両速度  $V$  に応じて、低車速域でのアッカーマン領域にお

10

20

30

40

50

ける制御と中高速域での操安制御を滑らかに切り換えることで、実機の車両1000の挙動と制御目標との誤差を抑えるようにしている。

【0106】

制御目標モーメント演算部250は、中高速域での操安制御と低速域での旋回制御を両立させるため、車両速度Vに基づいて第1制御目標モーメントMg1と第2制御目標モーメントMg2を按分して制御目標モーメントMgTgtを算出する。このため、車速可変ゲイン演算部252は、車両速度Vに応じて車速可変ゲインGainVxを算出する。図18は、車両速度Vに応じて車速可変ゲインGainVxを算出するマップを示す特性図である。また、図19は、車速可変ゲインGainVxを算出する処理を示すフローチャートである。図18に示すように、車速可変ゲインGainVxは、車速がVx\_1以下では0とされる。また、車速可変ゲインGainVxは、車速VがVx\_1よりも大きい場合は、車両速度Vの増加に伴って増加し、車両速度VがVx\_2以上では1となる。本実施形態では、車速可変ゲインGainVxの最大値と最小値の間は線形補間で車速可変ゲインGainVxを計算している。車速可変ゲインGainVxの範囲は、車両制御として成立する範囲であれば任意の値を取れる様に構成を変更しても良い。

10

【0107】

図19の処理では、まず、ステップS120では、 $V < Vx\_1$ であるか否かを判定し、 $V < Vx\_1$ の場合はステップS122へ進み、 $GainVx = 0$ とする。一方、 $V > Vx\_1$ の場合はステップS124へ進み、 $V < Vx\_2$ であるか否かを判定し、 $V < Vx\_2$ の場合はステップS126へ進み、 $GainVx = 1$ とする。

20

【0108】

また、ステップS124で $V < Vx\_2$ の場合はステップS128へ進み、以下の式(17)から車速可変ゲインGainVxを算出する。

【0109】

【数12】

$$\cdot GainVx = \frac{V - VX\_1}{VX\_2 - VX\_1} \quad \dots (17)$$

【0110】

以上の処理により、車速可変ゲインGainVxが図18のマップに従って算出される。

30

【0111】

調停部254は、以下の式(18)に基づいて、車速可変ゲインGainVxに基づいて第1制御目標モーメントMg1と第2制御目標モーメントMg2を按分し、制御目標モーメントMgTgtを算出する。

$$MgTgt = GainVx \times Mg1 + (1 - GainVx) \times Mg2 \quad \dots (18)$$

【0112】

以上のようにして制御目標モーメント演算部250が算出した制御目標モーメントMgTgtは、モータ要求トルク演算部280へ入力される。モータ要求トルク演算部280は、制御目標モーメントMgTgtに基づいてモータ要求トルクを算出する。

40

【0113】

次に、図20～図23に基づいて、本実施形態の制御を行った場合の車両挙動について説明する。図20、図21は、シミュレーションによって得られた本実施形態に係る目標スタビリティファクタSfTgの補正処理による効果を説明するための特性図であって、車両速度Vを一定とし、操舵角hをランプ状に操作した操舵入力を車両1000に付与している際に、時刻t1で路面μが高μから低μへ急変した場合の車両挙動を示している。より詳細には、図20及び図21では、操舵角h、実ヨーレート、差分diff、路面摩擦係数μ、目標スタビリティファクタSftgt、ロール角、ロールレートdotの変化を示している。ここで、図20は、比較のため目標スタビリティファク

50

タ  $S f T g$  の補正処理を行わない場合のヨーレートフィードバック制御を示しており、図 21 は、本実施形態の制御により目標スタビリティファクタ  $S f T g$  の補正処理を行った場合を示している。

【0114】

図 20 に示すように、目標スタビリティファクタ  $S f T g$  の補正処理を行わない場合は、路面摩擦係数  $\mu$  が変化した瞬間に  $\_d i f f$  が増大している。そして、 $\_d i f f$  の増大に伴い旋回割合（実ヨーレート）とロール角が増大している。従って、路面が滑りやすい状況にも関わらず、車体の傾き（ロール角）が増大し、挙動が不安定になっていることが判る。

【0115】

一方、図 21 に示すように、本実施形態の制御により目標スタビリティファクタ  $S f T g$  の補正処理を行った場合は、実ヨーレート、および差分  $\_d i f f$  の定常ゲインの変化量が、図 20 よりも減少しており、かつ、ロールレート  $\_d o t$  がロールを戻す側にも発生していることから、ロール角の定常ゲインの変化量も減少している。従って、目標スタビリティファクタ  $S f T g t$  を変化させることにより、車両挙動が安定することが判る。

【0116】

また、図 22、図 23 は、シミュレーションによって得られた本実施形態に係る制御目標モーメント（減衰モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g D a m p$  と慣性補償モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g T r a n s$  を併用）を補正した際の効果を説明するための特性図であって、ウェット路や雪道等の路面摩擦係数が低い路面において、時刻  $t 2$  でレーンチェンジを行った場合の車両挙動を示している。なお、入力している操舵量は旋回支援に伴う駆動力制御を働かせていない状態で、「ドライ路面」（高  $\mu$ ）であり、かつ定常操舵で  $0.5 [G]$  の横加速度が発生するものとする。より詳細には、図 22 及び図 23 では、実ヨーレート、差分  $\_d i f f$ 、減衰モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g D a m p$ 、慣性補償モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g T r a n s$ 、ロール角、ロールレート  $\_d o t$  の変化を示している。ここで、図 22 は、比較のため本実施形態に係る制御目標モーメント補正を行わない場合を示しており、図 23 は、本実施形態に係る制御目標モーメント補正を行った場合を示している。

【0117】

図 22 に示すように、本実施形態に係る制御目標モーメント補正を行わない場合は、レーンチェンジ終了後に実ヨーレート および差分  $\_d i f f$  が振動している。また、ヨー運動の変化（実ヨーレートの振動）に連動してロールレート  $\_d o t$  も振動しており、ドライバーに対して違和感を与えてしまう。

【0118】

一方、図 23 に示すように、本実施形態の制御により制御目標モーメント補正を行った場合は、減衰モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g D a m p$  が負側に設定され、かつ慣性補償モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g T r a n s$  のゲインを低減する制御が行われるため、レーンチェンジ終了後の差分  $\_d i f f$  や実ヨーレートの振幅が、図 22 の制御よりも明らかに低減している。このため、ヨー運動の変化（実ヨーレートの振幅低減）に連動してロールレート  $\_d o t$  の振動が減少し、変化が緩やかになることから、ドライバーに違和感を与えてしまうことを抑止できる。

【0119】

以上説明したように第 1 の実施形態によれば、ヨーレートモデル値  $\_c l c$  とセンサ値  $\_f i l$  との差分  $\_d i f f$  に応じてヨーレートモデル値  $\_c l c$  の信頼度を判定し、差分  $\_d i f f$  の絶対値が大きいほど目標スタビリティファクタ  $S f T g t$  の値が増加するように目標スタビリティファクタ  $S f T g t$  の補正処理を行うようにした。これにより、路面摩擦係数  $\mu$  が低下している状況下では、目標スタビリティファクタ  $S f T g t$  の値が増加し、目標ヨーレート  $\_T g t$  を低下させることができ、車両 1000 の挙動を安定させることが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【0120】

また、差分  $\Delta diff$  の絶対値の増加に応じて、減衰モーメント補正ゲイン  $Gain_{FormgDamp}$  及び慣性補償モーメント補正ゲイン  $Gain_{FormgTrans}$  を減少させるようにしたため、路面摩擦係数  $\mu$  が低下している状況下では、第1制御目標モーメント  $Mg1$  の値を低下させることができる。従って、車両1000の旋回の支援を最適に制御することができ、車両1000の挙動を安定させることが可能となる。

## 【0121】

< 2. 第2の実施形態 >

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。第2の実施形態では、目標スタビリティファクタ  $SfTg$ 、減衰モーメント補正ゲイン  $Gain_{FormgDamp}$ 、慣性補償モーメント補正ゲイン  $Gain_{FormgTrans}$  を可変させる指標として、前輪100, 102及び後輪104, 106のそれぞれのモータ108, 110, 112, 114の目標回転数と、各モータ108, 110, 112, 114に対応する前輪100, 102及び後輪104, 106のそれぞれの実回転数との偏差のうち、絶対値が最大になる車輪の偏差  $MotRev$  を用いる。路面状況が低  $\mu$  である程、前輪100, 102及び後輪104, 106が空転して偏差  $MotRev$  が大きくなるため、偏差  $MotRev$  は  $\Delta diff$  と同様に路面状況を反映するものとなる。従って、偏差  $MotRev$  を目標スタビリティファクタ  $SfTg$ 、減衰モーメント補正ゲイン  $Gain_{FormgDamp}$ 、慣性補償モーメント補正ゲイン  $Gain_{FormgTrans}$  を可変させる指標として用いることができる。

## 【0122】

図24は、第2の実施形態に係る制御装置202の構成を示す模式図である。第2の実施形態に係る制御装置202の基本的な構成は、第1の実施形態に係る制御装置200の構成と同様であるが、偏差  $MotRev$  を検出する回転数差検出部290を有しており、補正処理部222は、偏差  $MotRev$  に基づいて目標スタビリティファクタ  $SfTgt$  を算出する。偏差  $MotRev$  に基づく目標スタビリティファクタ  $SfTgt$  の算出は、第1の実施形態における差分  $\Delta diff$  に基づく目標スタビリティファクタ  $SfTgt$  の算出と同様にして行われ、図7の横軸を偏差  $MotRev$  としたマップから目標スタビリティファクタ  $SfTgt$  を算出する。ここで、偏差  $MotRev$  は路面状況を表すパラメータに相当するため、回転数差検出部290は路面状況を表すパラメータを取得する構成要素に相当する。

## 【0123】

また、減衰制御モーメント演算部(定常項算出部)234a、及び慣性補償モーメント演算部(過渡項演算部)234bは、偏差  $MotRev$  に基づいて目標減衰モーメント  $MgDampTgt$  及び目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$  をそれぞれ算出する。偏差  $MotRev$  に基づく目標減衰モーメント  $MgDampTgt$ 、及び目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$  の算出は、第1の実施形態における差分  $\Delta diff$  に基づく目標減衰モーメント  $MgDampTgt$ 、及び目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$  の算出と同様にして行われ、図9、図13の横軸を偏差  $MotRev$  としたマップから目標減衰モーメント  $MgDampTgt$ 、目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$  を算出する。

## 【0124】

なお、 $MotRev$  の算出においては、各輪の各モータの目標回転数と各輪の実回転数の偏差の絶対値から、平均値を取って  $MotRev$  として指定しても良いし、旋回外側の車輪におけるモータの目標回転数と実回転数の偏差から、絶対値が最大のものを選択したり、絶対値の平均値を指標として使用する等、車両制御が成立する任意の組み合わせで偏差  $MotRev$  を指定してもよい。また、車輪速と車速から求められる各輪のスリップ率のうち、最大になるパラメータを指標として、制御を行っても良い。

## 【0125】

以上説明したように第2の実施形態によれば、偏差  $MotRev$  の絶対値が大きいほ

10

20

30

40

50

目標スタビリティファクタ  $S f T g t$  の値が増加するように目標スタビリティファクタ  $S f T g t$  の補正処理を行うようにした。これにより、路面摩擦係数  $\mu$  が低下している状況下では、目標スタビリティファクタ  $S f T g t$  の値が増加し、目標ヨーレート  $\omega_{T g t}$  を低下させることができ、車両 1000 の挙動を安定させることが可能となる。

【0126】

また、偏差  $M o t R e v$  の絶対値の増加に応じて、減衰モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g D a m p$  及び慣性補償モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g T r a n s$  を減少させるようにしたため、路面摩擦係数  $\mu$  が低下している状況下では、第1制御目標モーメント  $M g 1$  の値を低下させることができる。従って、車両 1000 の旋回の支援を最適に制御することができ、車両 1000 の挙動を安定させることが可能となる。

10

【0127】

< 3 . 第3の実施形態 >

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。第3の実施形態では、目標スタビリティファクタ  $S f T g$ 、減衰モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g D a m p$ 、慣性補償モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g T r a n s$  を可変させる指標として、外界認識手部 170 から取得される環境情報  $\mu_{p r e v}$  を用いる。

【0128】

外界認識部 170 は、CCD センサ、CMOS センサ等の撮像素子を有する左右1対のカメラを有して構成され、車両外の外部環境を撮像し、外部環境を画像情報として認識することができる。本実施形態に係る外界認識部 170 は、一例として色情報を取得可能なカラーカメラから構成される。外部認識部 170 は、撮像した左右1組のステレオ画像対に基づいて、路面摩擦係数  $\mu$  を推定することができる。

20

【0129】

具体的には、外部認識部 170 は、取得した環境情報に基づいて、路面がウエットであるか、雪道であるかなどを判定し、判定した路面状態に応じて路面摩擦係数  $\mu$  を推定し、推定した路面摩擦係数  $\mu$  の推定値  $\mu_{p r e v}$  を出力する。ここで、推定値  $\mu_{p r e v}$  の値が大きい程、路面摩擦係数  $\mu$  の値は低下するものとする。推定値  $\mu_{p r e v}$  は路面状況を表すパラメータに相当するため、外部認識部 170 は路面状況を表すパラメータを取得する構成要素に相当する。

【0130】

また、路面摩擦係数  $\mu$  の推定方法として、以下の方法を用いることもできる。例えば、車両の運動理論に基づいて車両の挙動をモデル化した車両運動モデルを用いた手法が周知である。この手法では、実際の車両の運動状態（例えば、すべり角）に基づいて、例えば、高  $\mu$  路を想定した車両運動モデルの運動状態と、低  $\mu$  路を想定した車両運動モデルの運動状態とを比較することにより、現在の摩擦係数  $\mu$  を推定する。このような摩擦係数  $\mu$  の推定手法の詳細については、例えば、特開 2000 - 071968 号公報に開示されているので、必要ならば参照されたい。また、これ以外にも、例えば、特開 2003 - 237558 号公報に開示されているように、2つの車輪 6 の速度差と、加速度とに基づいて摩擦係数  $\mu$  を推定してもよい。さらに、例えば、特開 2002 - 127882 号公報に開示されているように、車両の運動状態に、外界認識手段 170 から得られた道路の路面状況を検出した検出結果を考慮した上で摩擦係数  $\mu$  を推定してもよい。このように、本実施形態では、車両の状態に基づいて摩擦係数を推定する手法を広く用いることができる。

30

40

【0131】

路面状況が低  $\mu$  である程、路面摩擦係数  $\mu$  の推定値  $\mu_{p r e v}$  は大きな値となり、推定値  $\mu_{p r e v}$  は  $\omega_{d i f f}$  と同様に路面状況を反映するものとなる。従って、推定値 ( $\mu_{p r e v}$ ) を目標スタビリティファクタ  $S f T g$ 、減衰モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g D a m p$ 、慣性補償モーメント補正ゲイン  $G a i n F o r M g T r a n s$  を可変させる指標として用いることができる。

【0132】

図 25 は、第3の実施形態に係る制御装置 204 の構成を示す模式図である。第3の実

50

施形態に係る制御装置 204 の基本的な構成は、第 1 の実施形態に係る制御装置 200 の構成と同様であるが、補正処理部 222 は、推定値  $\mu\_prev$  に基づいて目標スタビリティファクタ  $SfTgt$  を算出する。

【0133】

図 26 は、目標スタビリティファクタ  $SfTgt$  を算出するマップを示す特性図である。また、図 27 は、目標スタビリティファクタ  $SfTgt$  を算出する処理を示すフローチャートである。図 27 の処理では、先ずステップ S130 において、 $\mu\_prev < TH1$  であるか否かを判定し、 $\mu\_prev < TH1$  の場合はステップ S132 へ進み、 $SfTgt = Sf1$  とする。一方、ステップ S130 で  $\mu\_prev > TH1$  の場合はステップ S134 へ進み、 $\mu\_prev > TH2$  であるか否かを判定し、 $\mu\_prev > TH2$  の場合はステップ S136 へ進んで  $SfTgt = Sf2$  とする。

10

【0134】

また、ステップ S134 で  $\mu\_prev < TH2$  の場合はステップ S138 へ進み、以下の式 (21) から  $SfTgt$  を算出する。

【0135】

【数 13】

$$\cdot SfTgt = Sf1 + \frac{Sf2 - Sf1}{TH2\_P - TH1\_P} \cdot (\gamma\_diff - TH1\_M) \quad \dots (21)$$

【0136】

以上のように、図 27 の処理によれば、図 26 のマップに従って目標スタビリティファクタ  $SfTgt$  を算出することができる。

20

【0137】

また、減衰制御モーメント演算部 (定常項算出部) 234a、及び慣性補償モーメント演算部 (過渡項演算部) 234b は、推定値 ( $\mu\_prev$ ) に基づいて目標減衰モーメント  $MgDampTgt$ 、及び目標慣性補償モーメント  $MgTransTgt$  をそれぞれ算出する。

【0138】

図 28 は、減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出するマップを示す特性図である。また、図 29 は、減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する処理を示すフローチャートである。図 29 の処理では、先ず、ステップ S140 では、 $\mu\_prev < TH1\_P$  であるか否かを判定し、 $\mu\_prev < TH1\_P$  の場合はステップ S142 へ進み、 $GainForMgDamp = MAX\_GAIN$  とする。一方、ステップ S140 で  $\mu\_prev > TH1\_P$  の場合はステップ S144 へ進み、 $\mu\_prev > TH2\_P$  であるか否かを判定し、 $\mu\_prev > TH2\_P$  の場合はステップ S146 へ進み、以下の式 (22) から減衰モーメント補正ゲイン  $GainForMgDamp$  を算出する。

30

【0139】

【数 14】

$$\cdot GainForMgDamp = \frac{MID\_GAIN - MAX\_GAIN}{TH2\_P - TH1\_P} (\mu\_prev - TH2\_P) \quad \dots (22)$$

40

【0140】

また、ステップ S144 で  $\mu\_prev > TH2\_P$  の場合はステップ S148 へ進み、 $\mu\_prev > TH3\_P$  であるか否かを判定し、 $\mu\_prev > TH3\_P$  の場合はステップ S150 へ進んで  $GainForMgDamp = MID\_GAIN$  とする。

【0141】

また、ステップ S148 で  $\mu\_prev > TH3\_P$  の場合はステップ S152 へ進み

50

、 $\mu\_prev$   $TH4\_P$ であるか否かを判定し、 $\mu\_prev$   $TH4\_P$ の場合はステップS154へ進んで以下の式(23)から減衰モーメント補正ゲインGainForMgDampを算出する。

【0142】

【数15】

$$\bullet \text{GainForMgDamp} = \frac{\text{MIN\_GAIN} - \text{MID\_GAIN}}{\text{TH4\_P} - \text{TH3\_P}} (\mu\_prev - \text{TH3\_P})$$

. . . (23)

10

【0143】

また、ステップS152で $\mu\_prev > TH4\_P$ の場合はステップS156へ進み、GainForMgDamp = MIN\_GAINとする。

【0144】

以上のように、図29の処理によれば、図28のマップに従って減衰モーメント補正ゲインGainForMgDampを算出することができる。

【0145】

図30は、慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出するマップを示す特性図である。また、図31は、慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出する処理を示すフローチャートである。図31の処理では、先ずステップS160において、 $\mu\_prev$   $TH1\_P$ であるか否かを判定し、 $\mu\_prev$   $TH1\_P$ の場合はステップS162へ進み、GainForMgTrans = MAX\_GAINとする。また、 $\mu\_prev > TH1\_P$ の場合はステップS164へ進み、 $\mu\_prev$   $TH2\_P$ であるか否かを判定し、 $\mu\_prev$   $TH2\_P$ の場合はステップS166へ進み、GainForMgTrans = MIN\_GAINとする。

20

【0146】

また、ステップS164で $\mu\_prev < TH2\_P$ の場合はステップS168へ進み、以下の式(24)から慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出する。

【0147】

【数16】

$$\bullet \text{GainForMgTrans} = \text{MIN\_GAIN} + \frac{\text{MIN\_GAIN} - \text{MAX\_GAIN}}{\text{TH2\_P} - \text{TH1\_P}} (\mu\_prev - \text{TH2\_P})$$

. . . (24)

30

【0148】

以上のように、図31の処理によれば図30のマップに従って慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを算出することができる。

【0149】

以上説明したように第3の実施形態によれば、路面摩擦係数 $\mu$ の推定値 $\mu\_prev$ の値が大きいほど(低 $\mu$ の場合ほど)目標スタビリティファクタSfTgtの値が増加、すなわち操舵入力に対してアンダーステアになるように目標スタビリティファクタSfTgtの補正処理を行うようにした。これにより、路面摩擦係数 $\mu$ が低下している状況下では、目標スタビリティファクタSfTgtの値が増加し、目標ヨーレート $\_Tgt$ を低下させることができ、車両1000の挙動を安定させることが可能となる。

40

【0150】

また、推定値 $\mu\_prev$ の増加に応じて、減衰モーメント補正ゲインGainForMgDamp及び慣性補償モーメント補正ゲインGainForMgTransを減少させるようにしたため、路面摩擦係数 $\mu$ が低下している状況下では、第1制御目標モーメン

50

トMg1の値を低下させることができる。従って、車両1000の旋回の支援を最適に制御することができ、車両1000の挙動を安定させることが可能となる。

【0151】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【符号の説明】

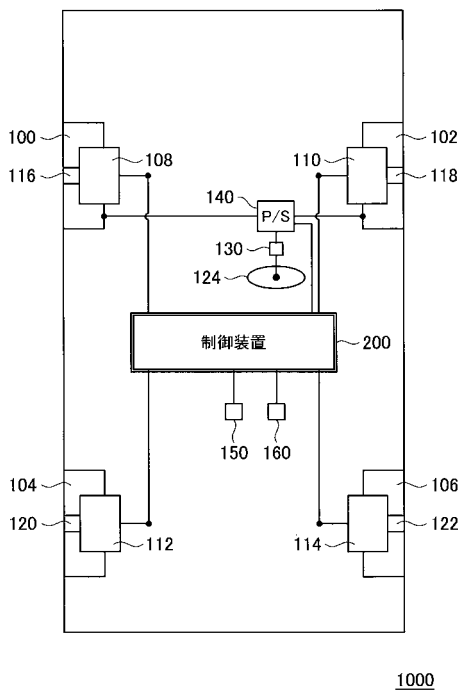
【0152】

- 150 ヨーレートセンサ
- 200 制御装置
- 222 補正処理部
- 228 減算部
- 230 制御目標ヨーレート演算部
- 232 フィードバックヨーレート演算部
- 234 第1制御目標モーメント演算部
- 250 制御目標モーメント演算部
- 270 第2制御目標モーメント算出部
- 280 モータ要求トルク演算部

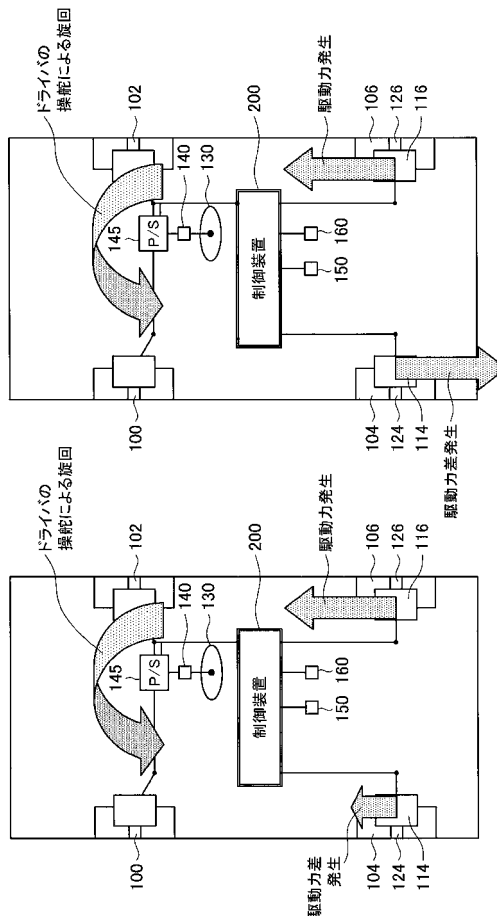
10

20

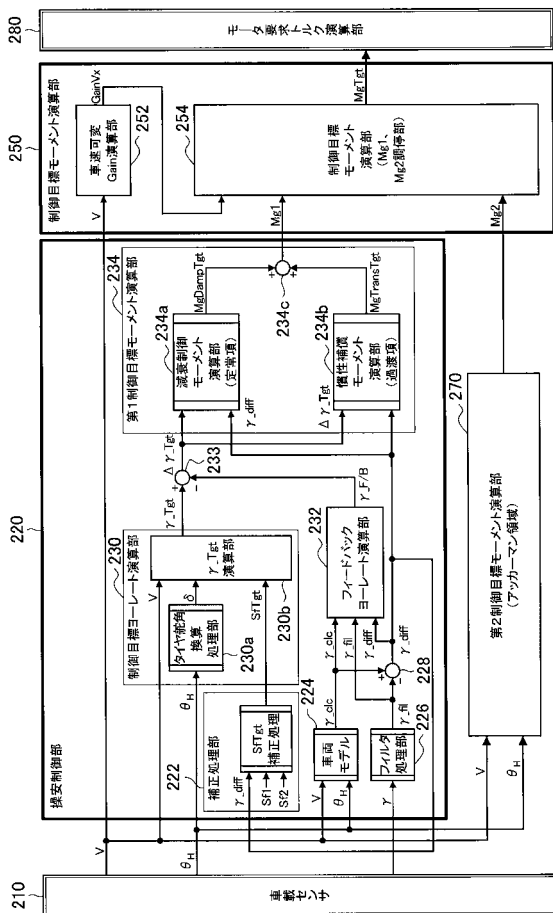
【図1】



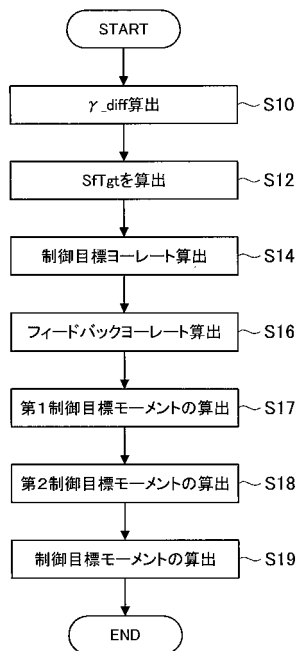
【図2】



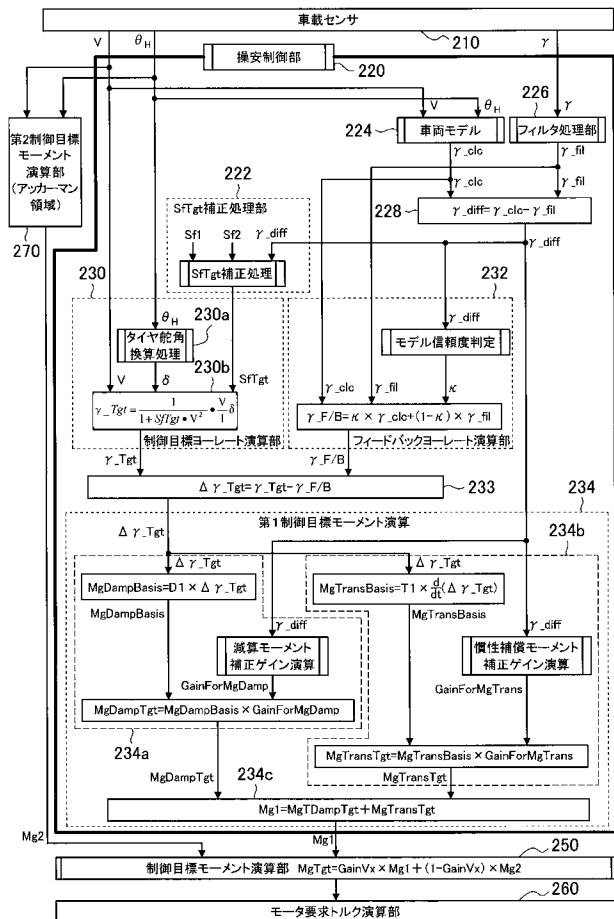
【図3】



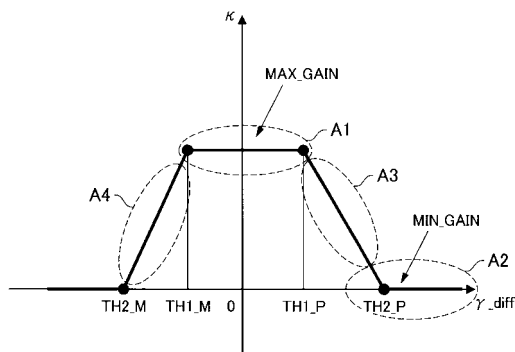
【図4】



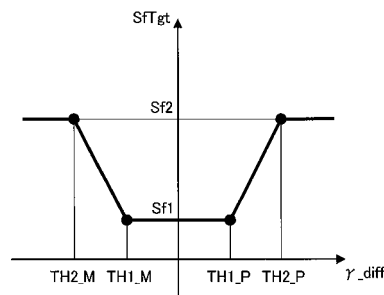
【図5】



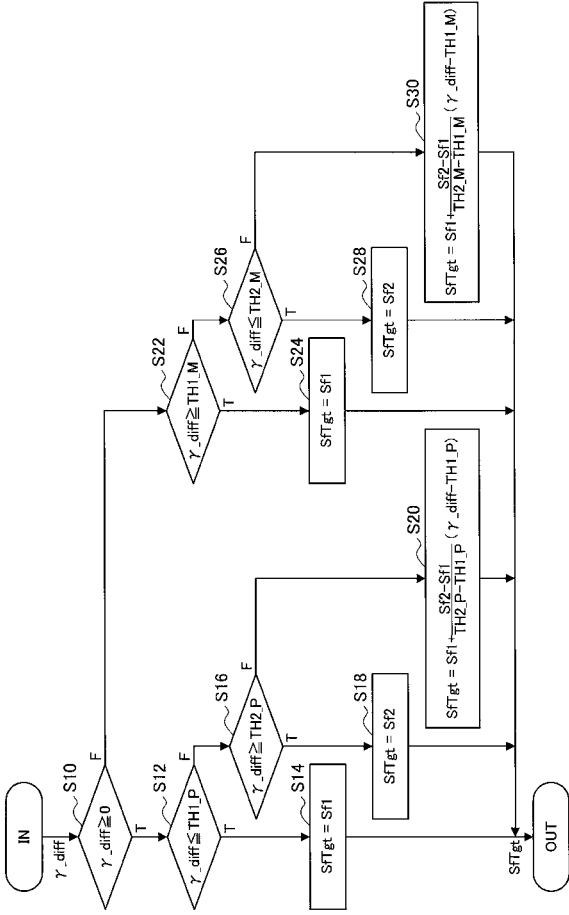
【図6】



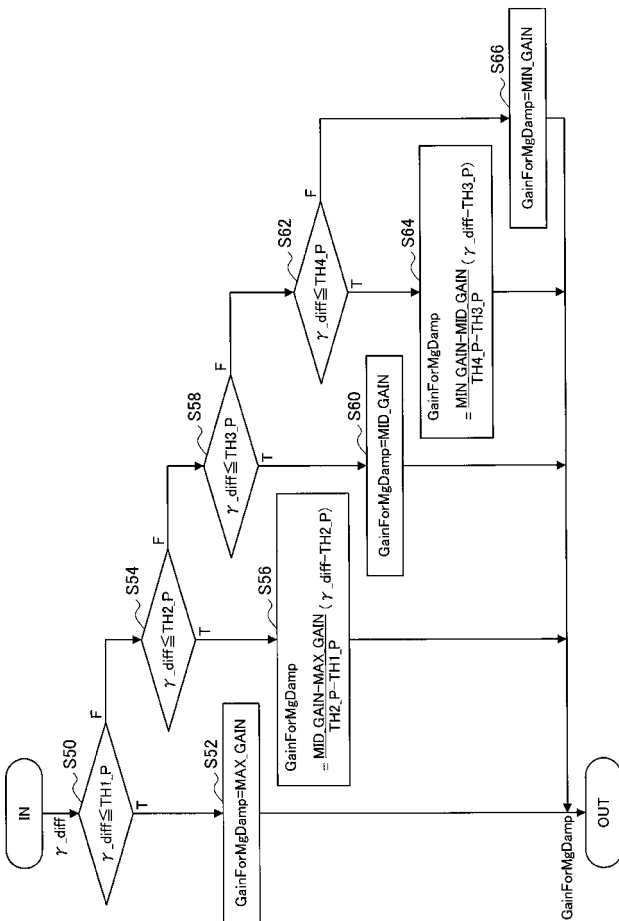
【図7】



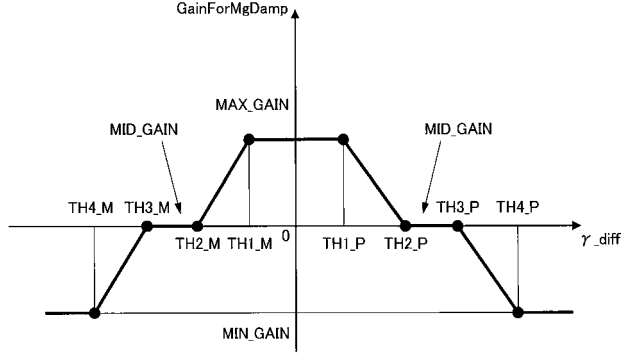
【 図 8 】



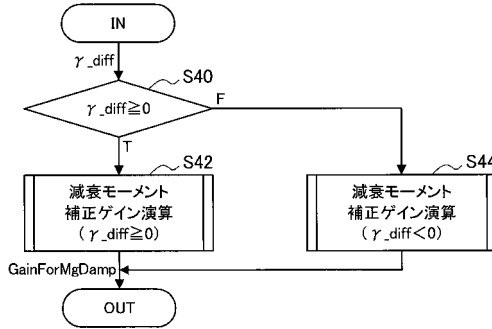
【 図 1 1 】



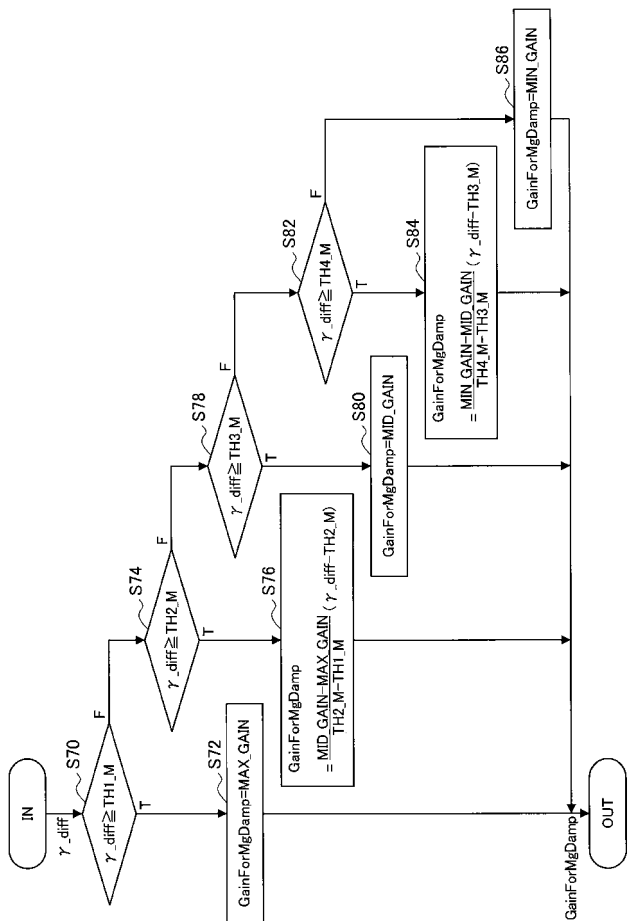
【 図 9 】



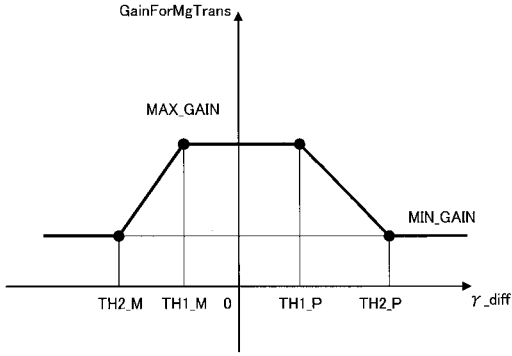
【 図 1 0 】



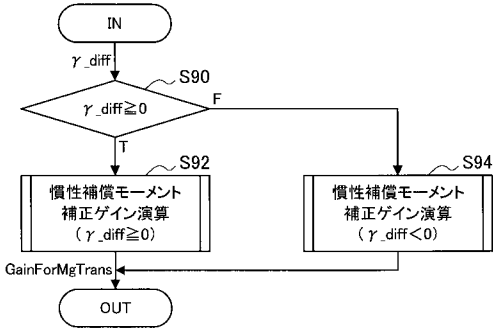
【 図 1 2 】



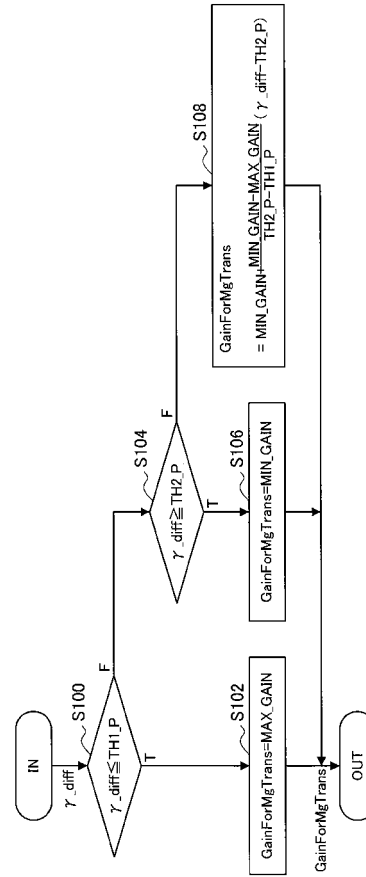
【 図 1 3 】



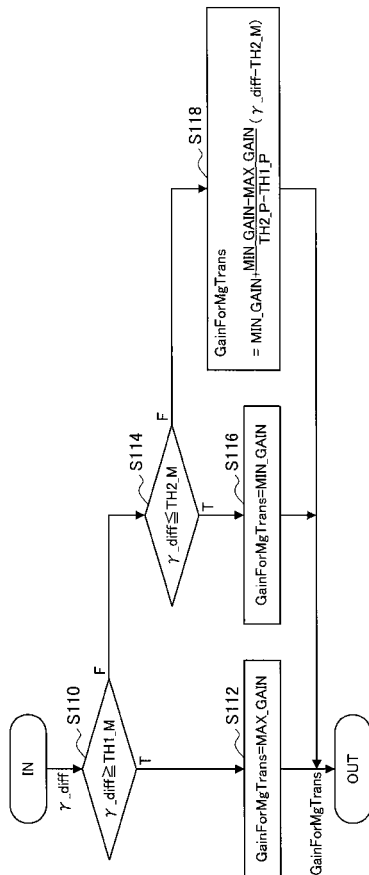
【 図 1 4 】



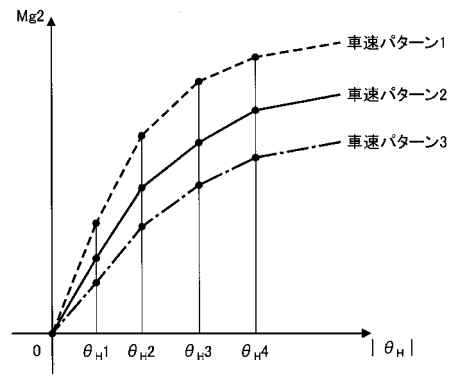
【 図 1 5 】



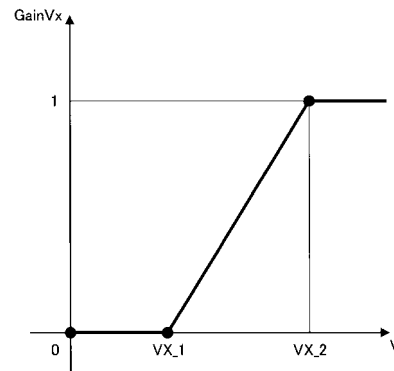
【 図 1 6 】



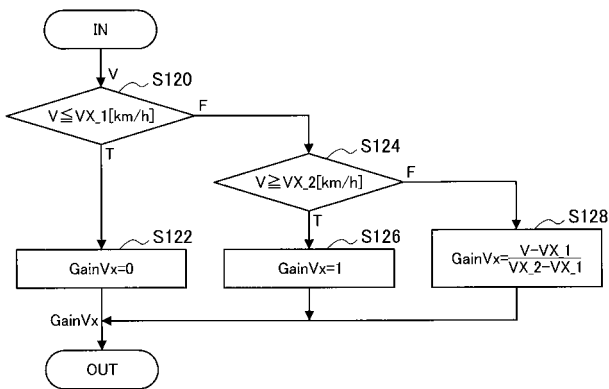
【 図 1 7 】



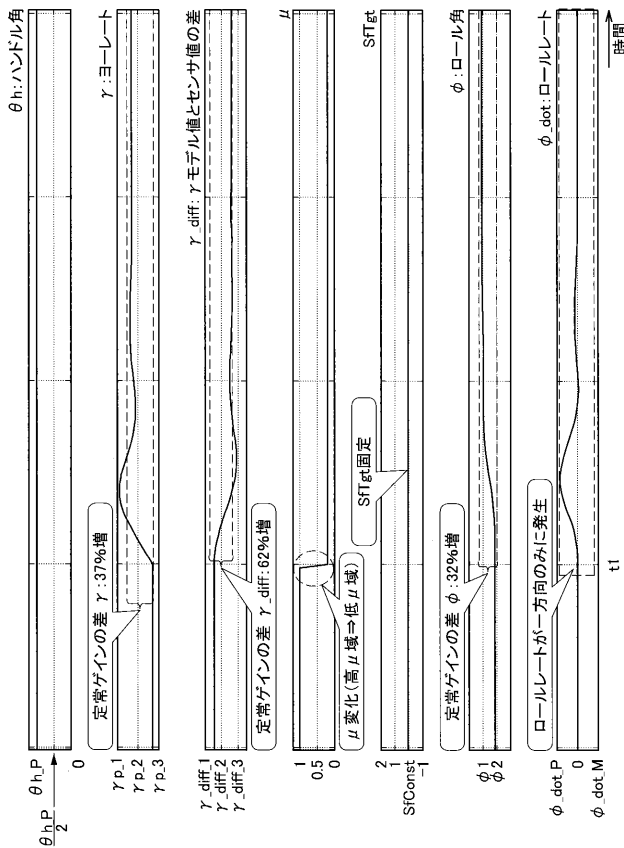
【 図 1 8 】



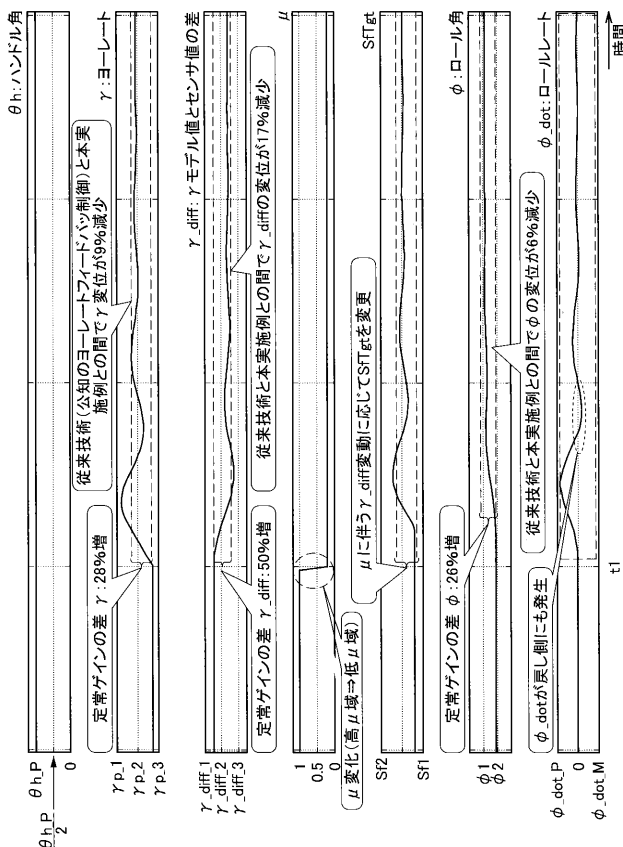
【 図 1 9 】



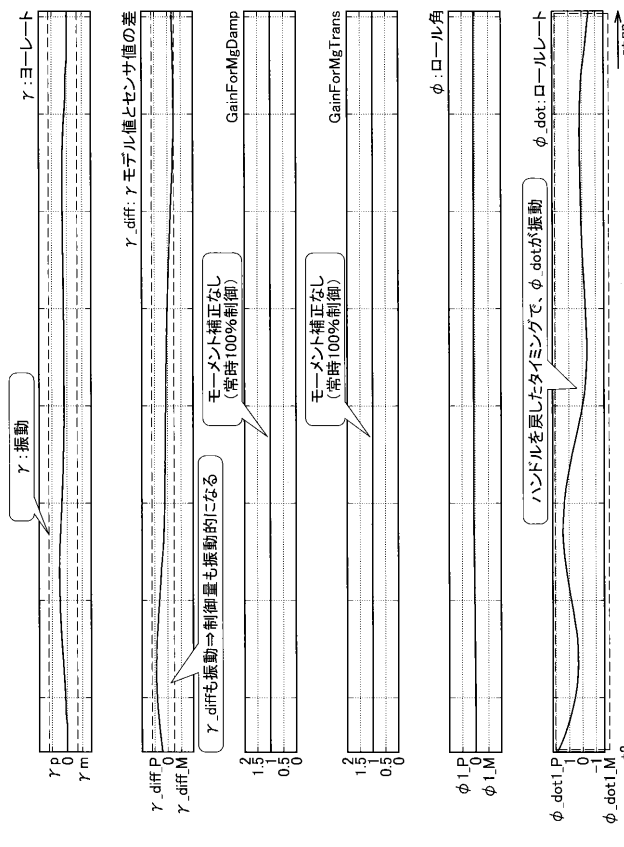
【 図 2 0 】



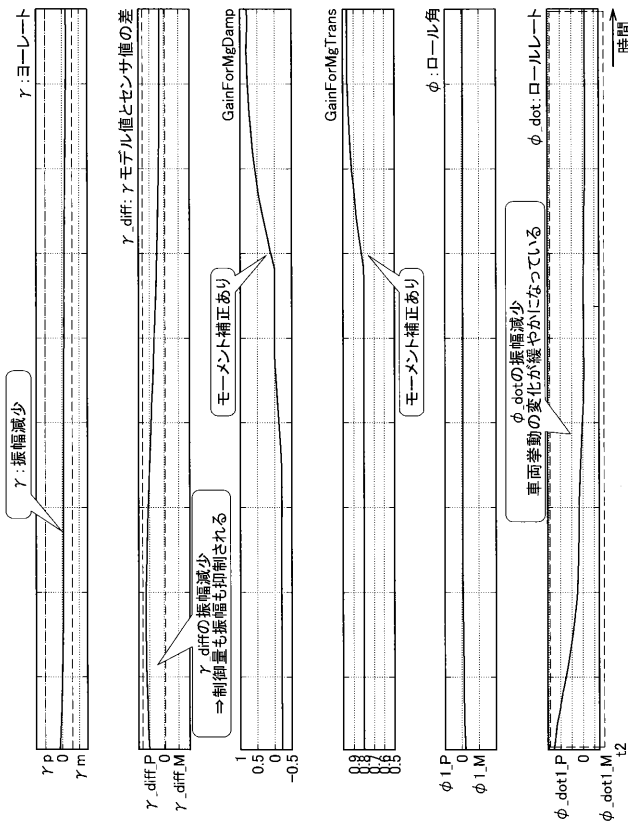
【 図 2 1 】



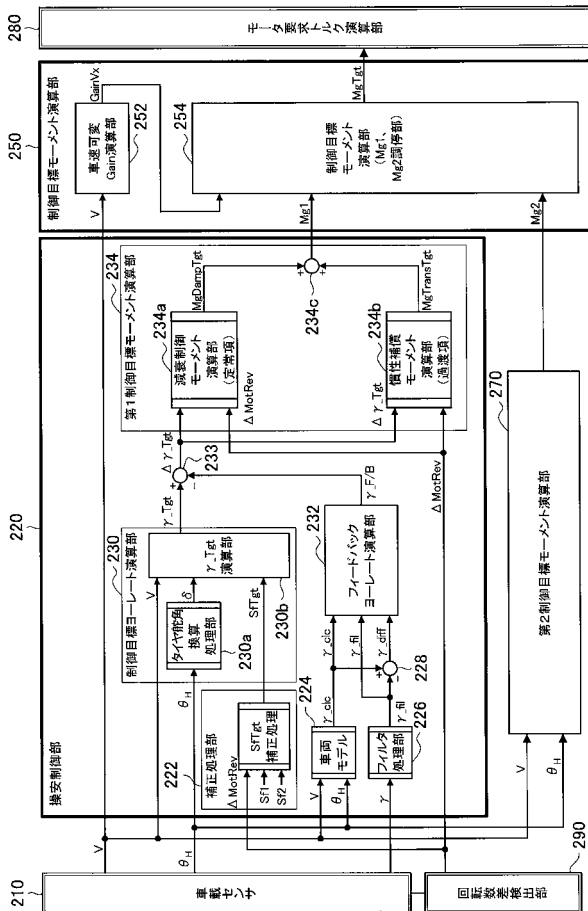
【 図 2 2 】



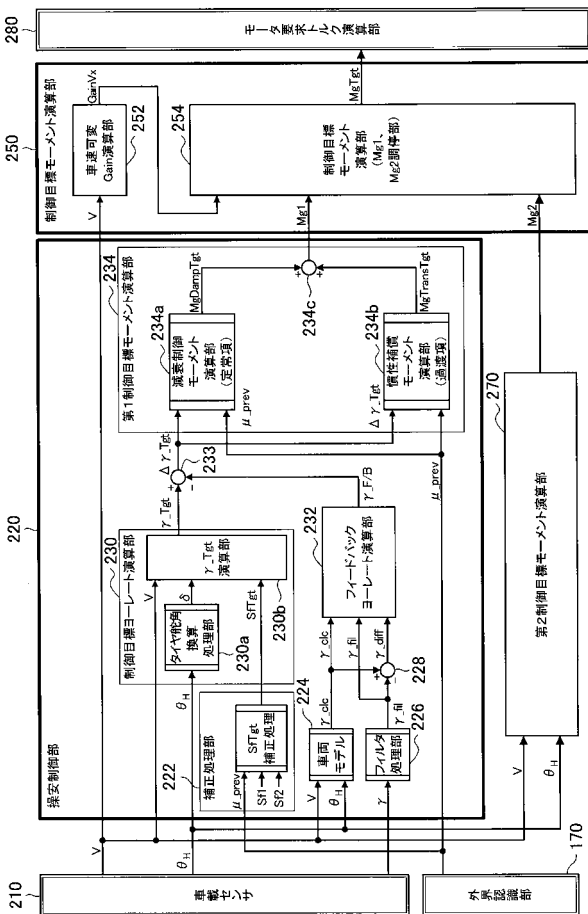
【図 2 3】



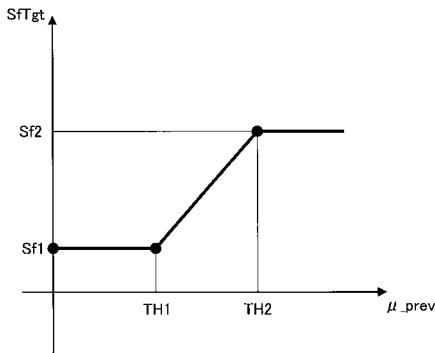
【図 2 4】



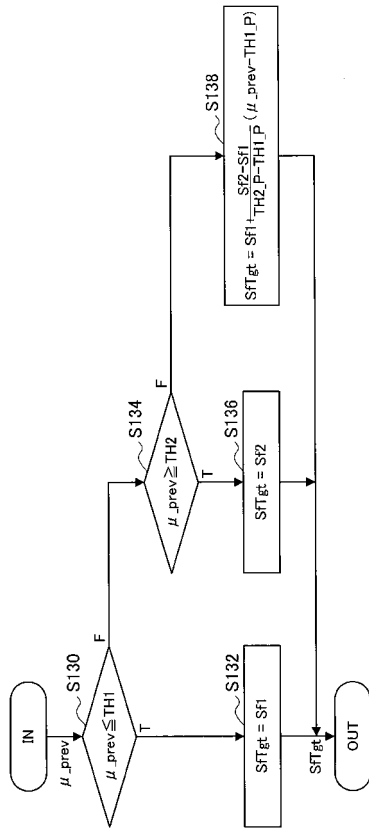
【図 2 5】



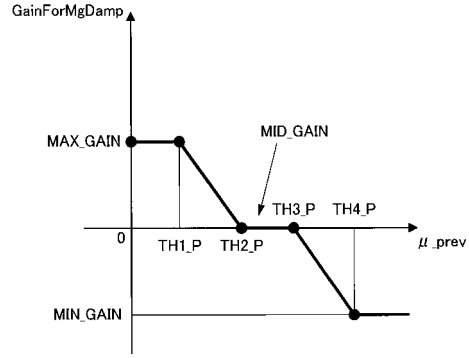
【図 2 6】



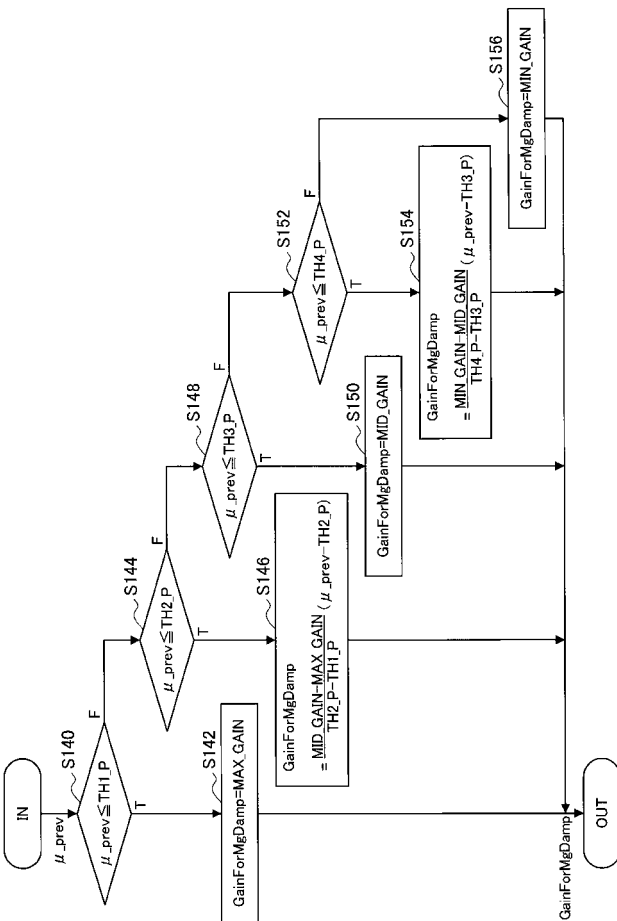
【 27 】



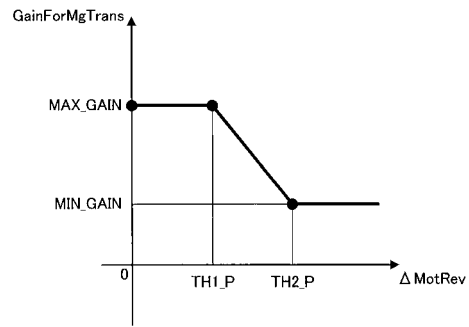
【 28 】



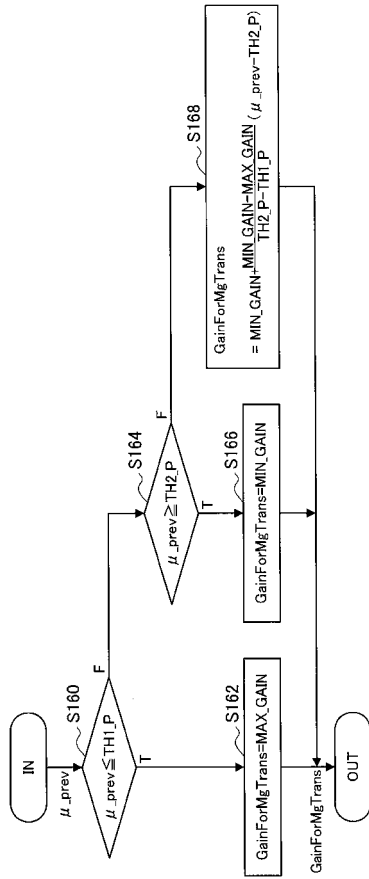
【 29 】



【 30 】



【 図 3 1 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 米田 毅

東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 富士重工業株式会社内

Fターム(参考) 3D232 CC14 DA03 DA24 DA25 DA29 EB04 EB11 EB16 EC22 FF05

GG15

3D241 BA18 BA53 BA54 CA09 CA16 CD01 CD03 CE05 CE09 DA19Z

DA20Z DA52Z DA54Z DB02Z DB12Z DC47Z

5H125 AA01 AB01 BA06 CA12 EE08 EE52 EE58 EE63