

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5452696号  
(P5452696)

(45) 発行日 平成26年3月26日 (2014. 3. 26)

(24) 登録日 平成26年1月10日 (2014. 1. 10)

(51) Int. Cl.	F I
<b>B60W 30/045 (2012.01)</b>	B60W 30/045
<b>B60K 17/356 (2006.01)</b>	B60K 17/356 ZYWB
<b>B60L 15/20 (2006.01)</b>	B60L 15/20 J
<b>B60T 8/1755 (2006.01)</b>	B60T 8/1755 Z

請求項の数 4 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2012-247992 (P2012-247992)	(73) 特許権者	509186579 日立オートモティブシステムズ株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地
(22) 出願日	平成24年11月12日 (2012. 11. 12)	(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
(62) 分割の表示	特願2009-4183 (P2009-4183) の分割	(74) 代理人	100098660 弁理士 戸田 裕二
原出願日	平成21年1月13日 (2009. 1. 13)	(72) 発明者	山門 誠 茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社 日立製作 所 機械研究所内
(65) 公開番号	特開2013-67382 (P2013-67382A)	(72) 発明者	齋藤 真二郎 茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社 日立製作 所 機械研究所内
(43) 公開日	平成25年4月18日 (2013. 4. 18)		
審査請求日	平成24年11月12日 (2012. 11. 12)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の運動制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

前輪及び後輪の駆動力又はノ及び制動力を制御可能な車両の運動制御装置において、車両がコーナーを進入し、定常旋回して、コーナーを脱出する場合、

横軸に車両の前後加速度、縦軸に車両の横加速度をとるダイアグラムを定義したときに、時間の経過とともに当該ダイアグラム上で、

左コーナー進入時には、横軸と縦軸の原点から第II象限に向けて、時計回りの曲線的な遷移となり、旋回横加速度を示す縦軸上の正の値から、第I象限に向けて、時計回りの曲線的な遷移となり、

右コーナー進入時には、横軸と縦軸の原点から第III象限に向けて、反時計回りの曲線的な遷移となり、旋回横加速度を示す縦軸上の負の値から、第IV象限に向けて、反時計回りの曲線的な遷移となるように決定された加減速制御指令と、車両の横滑り情報から算出されたヨーモーメント制御指令を決定するコントローラと、

前記ヨーモーメント制御指令に基づいて、制動力又はノ及び駆動力を決定する制動力駆動力配分部と、を有する車両の運動制御装置。

【請求項2】

請求項1記載の車両の運動制御装置において、

前記コントローラは、前記車両の横加速度が増加するときに前記車両が減速し、前記車両の横加速度が減少するときに前記車両が加速するように前記加減速制御指令を決定する車両の運動制御装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 記載の車両の運動制御装置において、

前記コントローラは、前記車両の操舵角が増加するときに前記車両が減速し、前記車両の操舵角が減少するときに前記車両が加速するように前記加減速制御指令を決定する車両の運動制御装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 記載の車両の運動制御装置において、

前記コントローラは、入力された舵角と車速に基づいて目標ヨーモーメントを算出し、前記制動力駆動力配分部は、前記加減速制御指令及び前記目標ヨーモーメントに基づいて、制動力又は / 及び駆動力を決定する車両の運動制御装置。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、車両の運動制御装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

ハンドル操作に連係した加減速を自動的に行うための指令値として、次の式が知られている（例えば非特許文献 1 参照）。

## 【0003】

## 【数 1】

20

$$G_{xc} = -\text{sgn}(G_y \cdot \dot{G}_y) \frac{C_{xy}}{1+Ts} |\dot{G}_y| + G_{xDC} \quad \dots \text{(数式 1)}$$

## 【0004】

基本的に横加加速度  $G_y$  にゲイン  $C_{xy}$  を掛け、一次遅れを付与した値を前後加減速指令にするというシンプルな制御則である。これによりエキスパートドライバの横と前後運動の連係制御ストラテジの一部が模擬できること確認されている（例えば非特許文献 2 参照）。この式の  $G_{xDC}$  は横運動に連係していない減速度成分である。前方にコーナーがある場合の予見的な減速、あるいは区間速度指令がある場合に必要となる項である。また、 $\text{sgn}$ （シグナム）項は、右コーナー、左コーナーの両方に対して上記の動作が得られるように設けた項である。具体的には、操舵開始のターンイン時に減速し、定常旋回になると（横加加速度がゼロとなるので）減速を停止し、操舵戻し開始時のコーナー脱出時に加速する動作が実現できる。

30

## 【0005】

このように制御されると、前後加速度と横加速度の合成加速度（ $G$  と表記）が、横軸に車両の前後加速度、縦軸に車両の横加速度をとるダイアグラムで、時間の経過とともに曲線的な遷移をするように方向付けられる（Vectoring）のため、「 $G$ -Vectoring 制御」と呼ばれている。

## 【0006】

また、限界運転領域での安全性能向上のための横滑り防止装置については、車両横滑り角と車両横滑り角速度（ $\dot{\theta}$ ）の位相平面で  $\dot{\theta}$  と  $\dot{\theta}$  の符号が同じ（第 I、III 象限）で原点から離れている領域に車両挙動が遷移していくと不安定（発散方向）であるので、横滑り防止装置の起動のための判断に用いると効果的であると報告されている（例えば非特許文献 3 参照）。横滑り情報に基づいて左右の輪に異なるブレーキ油圧を作用させて、左右異なる減速力を発生させ、横滑り角が小さくなる方向にヨーモーメントを発生させることにより、車両を安定化させることが開示されている。

40

## 【先行技術文献】

## 【非特許文献】

## 【0007】

【非特許文献 1】 M. Yamakado, M. Abe: Improvement of Vehicle Agility and Stabilit

50

y by G-Vectoring Control, Proc. of AVEC2008-080420

【非特許文献2】M. Yamakado, M. Abe: Proposal of the longitudinal driver model in coordination with vehicle lateral motion based upon jerk information, Review of Automotive Engineering, Vol.29, No.4, October 2008, P.533~541

【非特許文献3】S. Inagaki, I. Kushiro, M. Yamamoto: Analysis on Vehicle Stability in Critical Cornering Using Phase-Plane Method, Proc. of AVEC1994- 9438411

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

非特許文献1及び非特許文献2には、この制御手法がエキスパートドライバが随意に行うステア動作に応じたブレーキ、アクセル動作から抽出したものであり、通常領域から自動的に介入しても違和感が少ない可能性があるとともに、この制御手法の力学的な合理性、操縦性と安定性の向上がシミュレーション結果として示されている。これはドライバのステア動作に対して車両の挙動が適切に応答するように連係して加減速が制御されるので、結果として車両の横滑り角が大きくなることを防ぐことができるということである。特に操舵に対して旋回半径が大きくなりすぎてしまう、いわゆる「アンダーステア」を低減するのに効果的である。

【0009】

一方、この制御は、何らかの理由で横滑り角が大きくなってしまったときに、確実にそれを低減することを補償するものではない。たとえば、横滑り角が大きくなったドリフト状態で車両横運動が安定すると、横加速度が一定となり、横加加速度がゼロとなる。結果として数式1で示される加減速制御指令はゼロとなり、車両ドリフトしたままで安定状態となる。力学的には安定でも、すべてのドライバに違和感のない運転を実現しているという保証はない。

【0010】

また、非特許文献3に記載されている横滑り防止装置は横滑り情報に基づいて稼働されるが、横滑りが発生していない、あるいは小さい日常領域からの稼働についての指針は示されていない。さらに「G-Vectoring制御」が得意とする「アンダーステア」防止という観点からは、「横滑り防止装置」は、横滑りがある程度大きく発生してから初めてモーメントが入るということになる。このため制御が後手にまわりがちで、アンダーステアを低減させるために大きなモーメントが必要となってしまう。結果的に、アンダーステア低減効果が少なくなってしまうとともに、必要以上の減速で、違和感を生じさせることが懸念される。

【0011】

また、横滑り防止装置がヨーモーメントを発生させるときに発生する減速度に対する配慮はされておらず、発生しようとするモーメントが、まず決定され、左右制動力の合力により車両の加減速が決定されてしまう。これでは横運動と連係した加減速とは言いきれない。

【0012】

本発明は、このような問題点を解決することを課題としてなされたものであり、日常運転領域から稼働するハンドル操作に連係した加減速を自動的に行い、限界運転領域で横滑りを確実に低減させるという、違和感が少なく、安全性能向上を可能とする車両の運動制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一つは、前輪及び後輪の駆動力又は/及び制動力を制御可能な車両の運動制御装置において、車両がコーナーを進入し、定常旋回して、コーナーを脱出する場合、横軸に車両の前後加速度、縦軸に車両の横加速度をとるダイアグラムを定義したときに、時間の経過とともに当該ダイアグラム上で、左コーナー進入時には、横軸と縦軸の原点から第Ⅲ象限に向けて、時計回りの曲線的な遷移となり、旋回横加速度を示す縦軸上の正の値が

10

20

30

40

50

ら、第I象限に向けて、時計回りの曲線的な遷移となり、右コーナー進入時には、横軸と縦軸の原点から第III象限に向けて、反時計回りの曲線的な遷移となり、旋回横加速度を示す縦軸上の負の値から、第IV象限に向けて、反時計回りの曲線的な遷移となるように決定された加減速制御指令と、車両の横滑り情報から算出されたヨーモーメント制御指令を決定するコントローラと、ヨーモーメント制御指令に基づいて、制動力又はノ及び駆動力を決定する制動力駆動力配分部と、を有する車両の運動制御装置である。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、違和感が少なく、安全性能向上を可能とする車両の運動制御装置を提供できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】車両の全体構成を示す図。

【図2】車両モデルを用いた車両横加速度，加加速度推定を示す図。

【図3】加速度センサを用いた車両横加速度，加加速度推定を示す図。

【図4】推定信号と計測信号による相互補完の概念を示す図。

【図5】G-Vectoring制御車両の左コーナー進入から脱出までの様子を示す図。

【図6】図5のような走行を行っている時の時系列データを示す図。

【図7】左右差動制動・駆動力による負のヨーイングモーメント付加を示す図。

【図8】左右差動制動・駆動力による正のヨーイングモーメント付加を示す図。

20

【図9】横滑り防止制御車両の左コーナー進入から脱出までの様子を示す図。

【図10】図9のような走行を行っている時の時系列データを示す図。

【図11】G-Vectoring制御と横滑り防止制御の融合ロジックを示す図。

【図12】車両0に加わる力と加速度，ヨーイング運動を示す図。

【図13】G-Vectoring制御の荷重移動に起因するヨーモーメントを示す図。

【図14】横滑り防止制御の介入条件を示す図。

【図15】G-Vectoringと横滑り防止の融合制御時の時系列データを示す図。

【図16】G-Vectoringと横滑り防止の融合制御時の時系列データを示す図（小モーメント指令）。

【図17】“g-g”ダイアグラムに現れる制御効果を示す図。

30

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態を説明する。本実施形態は、日常運転領域から稼動するハンドル操作に連係した加減速を自動的に行い、限界運転領域での安全性能向上を図るための技術および装置に関するものである。

【0017】

本実施形態は、日常運転領域から稼動するハンドル操作に連係した加減速を自動的に行い、限界運転領域で横滑りを確実に低減させるといふ、違和感が少なく、安全性能向上を可能とする技術および装置を提供することを目的とする。

【0018】

そのために、日常領域から働く「G-Vectoring制御」と限界領域で働く「横滑り防止装置」の融合と非干渉化が必要となる。

40

【0019】

車両運動を平面上の運動として考えると、A．前後運動，B．横運動、そして重心点廻りの回転、すなわちC．ヨーイング運動で記述できる。

【0020】

横運動に連係した加減速を実現する「G-Vectoring制御」は、A．前後方向の加減速を制御するものであり、直接的にはC．ヨーイングモーメントを制御するものではない。すなわちヨーイングモーメントに関しては、「任意」であり自由度を有する。

【0021】

50

また、「横滑り防止装置」は直接C．ヨーモーメントを制御するものであり、A．前後方向の加減速を制御するものではない。すなわち、前後加減速度については「任意」であり自由度を有する。

【0022】

したがって、これらの制御の融合を実現するためには、「G-Vectoring制御」が決定する横運動に連係した加減速指令に従ってA．前後加減速を制御し、「横滑り防止制御装置」が決定するヨーモーメント制御指令に従ってC．ヨーイングモーメントを制御すればよい。

【0023】

具体的には、以下のような2つのモードをもつように装置を構成する。

- 1) 横滑りが顕著ではない通常領域においては、「G-Vectoring制御」指令に基づいて、左右輪に略同一の制動・駆動力を発生させる(第1のモード)。
- 2) 横滑りが大きくなって、「横滑り防止制御」が決定するヨーモーメント制御指令により左右異なる制動・駆動力を発生させる(第2のモード)。

【0024】

そして、第2のモードの状態となった場合に、例えば四輪の制動・駆動力により発生する前後加減速が、「G-Vectoring制御」にて決定される前後加減速指令と異なる場合は、その差分加減速を発生させるために車両に加えるべき制動・駆動力を算出し、それを等配分したものを左右輪に足し合わせればよい。これにより指令されたヨーイングモーメントを保ちながら、指令された加減速を実現することができる(2つの制御の融合と非干渉化の実現)。

【0025】

また、例えば二輪駆動の場合、あるいは、ブレーキ制御のみで、ヨーモーメントを制御する場合、所望の駆動力を発生できない場合もありうる。この場合は、「横滑り防止制御」を優先させ、確実にモーメントを発生させ、安全性の確保を図る構成とする。

【0026】

これにより、通常運転領域でメリットのあるハンドル操作に連係した加減速を自動的に行い、限界運転領域で横滑りを確実に低減させるといふ、違和感が少なく、安全性能向上を可能とする技術および装置を実現できる。

【0027】

図1に、本発明の第一実施例の全体構成を示す。

【0028】

本実施例において車両0はいわゆるバイワイヤシステムで構成され、ドライバと操舵機構、加速機構、減速機構の間に機械的な結合は無い。

【0029】

<駆動>

車両0はモータ1により左後輪63、右後輪64を駆動するとともに、左前輪モータ121で左前輪61を、右前輪モータ122で右前輪62を駆動する四輪駆動車(All Wheel Drive: AWD車)である。モータ1に接続して、モータのトルクを左右輪に自由に配分することが可能な駆動力配分機構2が装着されている。ここで、特に電気モータや内燃機関などの動力源の差異は問わない。本実施形態を示す、最も好適な例として、また、あとで示す四輪独立ブレーキと組み合わせることにより、四輪の駆動力および制動力を自由に制御できるような構成となっている。以下、詳細に構成を示していく。

【0030】

左前輪61、右前輪62、左後輪63、右後輪64には、それぞれブレーキロータ、車輪速検出用ロータと、車両側に車輪速ピックアップが搭載され、各輪の車輪速が検出できる構成となっている。そして、ドライバのアクセルペダル10の踏み込み量は、アクセルポジションセンサ31により検出され、ペダルコントローラ48を経て、中央コントローラ40で演算処理される。この演算処理の中には本実施形態の目的としての「横滑り防止

10

20

30

40

50

制御」に応じたトルク分配情報も含まれている。そしてパワートレインコントローラ 4 6 は、この量に応じて、モータ 1 , 左前輪モータ 1 2 1 , 右前輪モータ 1 2 2 の出力を制御する。また、モータ 1 の出力はパワートレインコントローラ 4 6 により制御される駆動力配分機構 2 を経由し、最適な比率にて左後輪 6 3 , 右後輪 6 4 に分配される。

【 0 0 3 1 】

アクセルペダル 1 0 にはまた、アクセル反力モータ 5 1 が接続され、中央コントローラ 4 0 の演算指令に基づき、ペダルコントローラ 4 8 により、反力制御される。

【 0 0 3 2 】

< 制動 >

左前輪 5 1 , 右前輪 5 2 , 左後輪 5 3 , 右後輪 5 4 には、それぞれブレーキロータが配備され、車体側にはこのブレーキロータをパッド ( 図示せず ) で挟み込むことにより車輪を減速させるキャリパーが搭載されている。キャリパーは油圧式、あるいはキャリパー毎に電機モータを有する電機式である。

【 0 0 3 3 】

それぞれのキャリパーは、基本的には中央コントローラ 4 0 の演算指令に基づき、ブレーキコントローラ 4 5 1 ( 前輪用 ) , 4 5 2 ( 後輪用 ) により制御される。

【 0 0 3 4 】

ブレーキペダル 1 1 にはまた、ブレーキ反力モータ 5 2 が接続され、中央コントローラ 4 0 の演算指令に基づき、ペダルコントローラ 4 8 により、反力制御される。

【 0 0 3 5 】

< 制動・駆動の統合制御 >

本実施形態においては、横滑り角情報に基づいて左右輪に異なる制動力や駆動力を発生させることになるが、ヨーモーメントとして寄与するのは左右の制動力あるいは駆動力の差分である。したがってこの差分を実現するために片側は駆動して、反対側を制動するなどの通常とは異なる動作もありうる。このような状況での統合制御指令は中央コントローラ 4 0 が統合的に指令を決定し、ブレーキコントローラ 4 5 1 ( 前輪用 ) , 4 5 2 ( 後輪用 ) , パワートレインコントローラ 4 6 , モータ 1 , 駆動力配分機構 2 を介して適切に制御される。

【 0 0 3 6 】

< 操舵 >

車両 0 の操舵系はドライバの舵角とタイヤ切れ角の間に機械的な結合の無い、ステアリング構造となっている。内部に舵角センサ ( 図示せず ) を含むパワーステアリング 7 とステアリング 1 6 とドライバ舵角センサ 3 3 とステアリングコントローラ 4 4 で構成されている。ドライバのステアリング 1 6 の操舵量は、ドライバ舵角センサ 3 3 により検出され、ステアリングコントローラ 4 4 を経て、中央コントローラ 4 0 で演算処理される。そしてステアリングコントローラ 4 4 はこの量に応じて、フロントパワーステアリング 7 、リアパワーステアリング 8 を制御する。

【 0 0 3 7 】

ステアリング 1 6 にはまた、ステア反力モータ 5 3 が接続され、中央コントローラ 4 0 の演算指令に基づき、ステアリングコントローラ 4 4 により、反力制御される。

【 0 0 3 8 】

ドライバのブレーキペダル 1 1 の踏み込み量は、ブレーキペダルポジションセンサ 3 2 により検出され、ペダルコントローラ 4 8 を経て、中央コントローラ 4 0 で演算処理される。

【 0 0 3 9 】

< センサ >

つぎに本実施形態の運動センサ群について述べる。本実施形態における車両の運動を計測するセンサについては、絶対車速計、ヨーレートセンサ、加速度センサなどを搭載している。これに加え、車速、ヨーレートについては車輪速センサによる推定、ヨーレート、横加速度については、車速と操舵角と車両運動モデルを用いた推定などを同時に行ってい

10

20

30

40

50

る。

【0040】

車両0にはミリ波対地車速センサ70が搭載されており、前後方向の速度 $V_x$ と横方向の速度 $V_y$ は、独立して検出可能である。また、ブレーキコントローラ451, 452には前出したように各輪の車輪速が入力されている。これら4輪の車輪速より前輪(非駆動輪)の車輪速を平均処理することにより絶対車速を推定することができる。本実施形態においては、特開平5-16789号公報で開示されている方法を用い、この車輪速および車両前後方向の加速度を検出する加速度センサの信号を加えることにより四輪同時に車輪速度が落ち込む場合でも、絶対車速( $V_x$ )を正確に測定するように構成されている。また前輪(非駆動輪)の左右輪速度の差分をとることにより車体のヨーレイトを推定するよ

10

【0041】

図1に示すように、横加速度センサ21と前後加速度センサ22およびヨーレイトセンサ38は、重心点近辺に配置されている。また夫々の加速度センサの出力を微分して加加速度情報を得る、微分回路23, 24が搭載されている。さらにヨーレイトセンサ38のセンサ出力を微分してヨー角加速度信号を得るための微分回路25が搭載されている。本実施例では微分回路の存在を明確化するために各センサに設置しているように図示したが

20

【0042】

また、加加速度を得るために、加速度センサと微分回路を利用しているが、特願2002-39435号公報で開示されている加加速度センサを用いても良い。

【0043】

また、本実施例においては、横加速度, 横加加速度を推定する方法も採用している。

【0044】

図2を用いて、操舵角 から横加速度推定値 $G_{ye}$ と横加加速度推定値 $G_{y'e}$ を推定する方法について述べる。

30

【0045】

まず車両横運動モデルにおいて、操舵角  $\delta$  [deg]と車両速度 $V$  [m/s]を入力として、動的特性を省略した定常円旋回時のヨーレイト $r$ を算出する。

【0046】

【数2】

$$r = \frac{1}{1 + AV^2} \delta \quad \dots \text{(数式2)}$$

【0047】

この式において、スタビリティファクタ $A$ , ホイールベース $l$ は車両固有のパラメータであり、実験的に求めた固定値である。また、横加速度 $G_y$ は以下の式で表される。

40

【0048】

【数3】

$$G_y = V(\dot{\beta} + r) \approx V \cdot r \quad \dots \text{(数式3)}$$

【0049】

は車両の横すべり角変化速度であるが、タイヤ力の線形範囲内の運動であり小さいとして省略する。以上のようにヨーレイト $r$ と車速 $V$ を乗じて、横加速度 $G_y$ を算出する。この横加速度は低周波領域では応答遅れ特性を有する車両の動的特性を考慮していない。

50

これは以下の理由による。車両の横加加速度情報  $G_y$  を得るためには横加速度  $G_y$  を離散時間微分する必要がある。この際に信号のノイズ成分が増強される。この信号を制御に用いるためにはローパスフィルター (LPF) を通す必要があるが、これは位相遅れを発生させてしまう。そこで動的特性を省略した、本来の加速度よりも位相の早い加速度を算出し、離散微分を行った後で時定数  $T_{lpf}$  の LPF を通すという方法を採用し、加加速度を得ることにした。これは LPF による遅れで横加速度の動的特性を表現し、得られた加速度を単に微分したと考えても良い。横加速度  $G_y$  も同じ時定数  $T_{lpf}$  の LPF に通す。これで加速度に対しても動的特性を与えられたことになり、図は省略するが、線形範囲においては、実際の加速度応答を良く表現できていることを確認している。

【0050】

10

以上のように、操舵角を用いて横加速度および横加加速度を算出する方法は、ノイズの影響を抑え、かつ横加速度と横加加速度の応答遅れを小さくするという利点がある。しかしながら本推定方法は、車両の横滑り情報を省略したり、タイヤの非線形特性を無視したりしているため、横滑り角が大きくなってきた場合には、実際の車両の横加速度を計測して利用する必要性がある。図3は、横加速度センサ21の検出信号を用いた横加速度、横加加速度情報を得る方法を示している。路面の凹凸などのノイズ成分を含んでいるために、センサ信号についてもローパスフィルター (時定数  $T_{lps}$ ) を通す必要がある (ダイナミクス補償ではない)。

【0051】

20

上述のような、横加速度、加加速度の推定、計測のそれぞれのメリットを両立させるため、本実施例においては、図4に示すように両者の信号を相補的に用いる方法を採用している。推定信号と検出信号は、横滑り角情報に基づいて可変となるゲインを掛けて足し合わせることになる。この、推定信号に対する可変ゲイン  $K_e$  ( $K_e < 1$ ) は、横滑り角が少ない領域において大きな値をとり、横滑りが増加してくると小さな値をとるように変更される。また、検出信号に対する可変ゲイン  $K_s$  ( $K_s < 1$ ) は、横滑り角が少ない領域において小さな値をとり、横滑りが増加してくると大きな値をとるように変更される。このように構成することにより、横滑り角が小さい通常領域から、横滑りが大きくなった限界領域までノイズが少なく、制御に適した加速度、加加速度信号を得ることができるよう構成となっている。なお、これらのゲインは、横滑り情報の関数、あるいはマップにより決定する。

30

【0052】

ここまでは本発明の第一実施例の装置構成および、横加速度、横加加速度を推定する方法 (これらは、中央コントローラ40内のロジックとして内包されている) について述べた。さて、ここからは「横運動に連係した加減速制御指令」と「車両の横滑り情報から算出したヨーモーメント制御指令」について述べる。

【0053】

< 横運動に連係した加減速制御指令 : G - Vectoring >

横運動に連係した加減速制御の指針は、例えば非特許文献1に示されている。

【0054】

【数4】

40

$$G_{xc} = -\text{sgn}(G_y \cdot \dot{G}_y) \frac{C_{xy}}{1+T_s} |\dot{G}_y| + G_{xDC} \quad \dots (数式1)$$

【0055】

基本的に横加加速度  $G_y$  にゲイン  $C_{xy}$  を掛け、一次遅れを付与した値を前後加減速指令にするというシンプルな制御則である。これによりエキスパートドライバの横と前後運動の連係制御ストラテジの一部が模擬できることが非特許文献2で確認されている。この式の  $G_{xDC}$  は横運動に連係していない減速度成分である。前方にコーナーがある場合の予見的な減速、あるいは区間速度指令がある場合に必要となる項である。また、 $\text{sgn}$  (シグナム) 項は、右コーナー、左コーナーの両方に対して上記の動作が得られるように

50



設けた項である。具体的には、操舵開始のターンイン時に減速し、定常旋回になると（横加加速度がゼロとなるので）減速を停止し、操舵戻し開始時のコーナー脱出時に加速する動作が実現できる。横加加速度に応じて加減速するということは、横加加速度が増加するときに減速し、横加加速度が減少するときに加速すると捉えることができる。また、数式 2，数式 3 を参考にすると、操舵角が増加するときに減速し、操舵角が減少するときに加速すると解釈することもできる。

【 0 0 5 6 】

さて、このように制御されると、前後加速度と横加速度の合成加速度（ $G$ と表記）が、横軸に車両の前後加速度、縦軸に車両の横加速度をとるダイアグラムで、時間の経過とともに曲線的な遷移をするように方向付けられる（Vectoring）のため、「 $G$ -Vectoring制御」と呼ばれている。

10

【 0 0 5 7 】

数式 1 の制御を適用した場合の車両運動に関して、具体的な走行を想定して説明する。図 5 は、直進路 A，過渡区間 B，定常旋回区間 C，過渡区間 D，直進区間 E という、コーナーへの進入、脱出の一般的な走行シーンを想定している。このとき、ドライバによる加減速操作は行わないものとする。また、図 6 は操舵角，横加速度，横加加速度，数式 1 にて計算した加減速指令、そして四輪（6 1，6 2，6 3，6 4）の制動，駆動力について時刻暦波形として示した図である。後で詳細に説明するが、前外輪（左旋回においては 6 2 となる）と前内輪（6 1），後外輪（6 4）と後内輪（6 3）は、左右（内外）それぞれ同じ値と成るように制動力・駆動力が配分されている。

20

【 0 0 5 8 】

まず直進路区間 A から車両がコーナーに進入する。過渡区間 B（点 1～点 3）では、ドライバが徐々に操舵を切増すに従い、車両の横加速度  $G_y$  が増加していく（横加加速度  $G_{yy}$  が正）。このとき、数式 1 より、制御車両は横加速度  $G_y$  の増加に伴い、減速（ $G \times c$  は負）する。その後、車両が定常旋回区間 C（点 3～点 5）に入ると、ドライバは操舵の切増しを止め、操舵角を一定に保つ。このとき、横加加速度  $G_y$  は 0 となるため、加減速指令  $G \times c$  は 0 となる。つぎに、過渡区間 D（点 5～7）では、ドライバの操舵の切戻し操作によって車両の横加速度  $G_y$  が減少していく。このとき車両の横加加速度  $G_y$  は負であり、数式 1 より加減速指令  $G \times c$  は正となり車両は加速される。また直進区間 E では横加加速度  $G_y$  が 0 となるため加減速制御は行われぬ。以上のように、操舵開始のターンイン時（点 1）からクリッピングポイント（点 3）にかけて減速し、定常円旋回中（点 3～点 5）には減速を止め、操舵切戻し開始時（点 5）からコーナー脱出時（点 7）には加速する。このように、車両に  $G$ -Vectoring 制御を適用すれば、ドライバは旋回のための操舵をするだけで、横運動に連係した加減速という車両運動を実現することが可能となる。また、この運動を前後加速度を横軸、横加速度を縦軸にとり、車両に発生している加速度様態を示す“ $g$ - $g$ ”ダイアグラムに表すと、滑らかな曲線状に遷移する特徴的な運動になる。この曲線状の遷移は左コーナーについては、図に示すように時計回りの遷移となり、右コーナーについては、 $G \times$  軸について反転した遷移経路となり、その遷移方向は半時計回りとなる。このように遷移すると前後加速度により車両に発生するピッチング運動と、横加速度により発生するロール運動が好適に連係し、ロールレイト、ピッチレイトのピーク値が低減される。

30

40

【 0 0 5 9 】

<ヨーモーメント制御指令>

つぎに、左右輪駆動・制動力配分によるヨーモーメント制御について図面を用いて簡単に示す。図 7 は車両 0 の反時計回りの旋回標準状態（A）から旋回を促進する方向（正）のヨーモーメント制御指令を入力した状況を示す模式図である。まず、標準状態での車両 0 の横方向の運動方程式とヨーイング（回転）運動の方程式を示す。

【 0 0 6 0 】

【数5】

$$mG_y = F_{yf} + F_{yr} \quad \dots (数式4)$$

【0061】

【数6】

$$M = I_z \dot{r} = 0 = F_{yf} l_f - F_{yr} l_r \quad \dots (数式5)$$

【0062】

ただし  $m$  : 車両0の質量,  $G_y$  : 車両0に加わる横方向の加速度,  $F_{yf}$  : 前2輪の横力、 $F_{yr}$  : 後2輪の横力,  $M$  : ヨーモーメント,  $I_z$  : 車両0のヨーイング慣性モーメント,  $r$  : 車両0のヨー角加速度 ( $r$  はヨーレート),  $l_f$  : 車両0の重心点と前車軸間の距離,  $l_r$  : 車両0重心点と後車軸間の距離である。定常円旋回状態ではヨーイング運動は釣り合い (ヨーモーメントがゼロ) を示し、角加速度はゼロとなる。

10

【0063】

この状態から (B) は内側の後輪 (左後輪63) のみにブレーキを掛け制動力 ( $F_{xl}$ ) を与えた例、(C) はこれに加え内側の前輪にもブレーキを掛け制動力 ( $F_{xr}$ ) を与えた例、(D) は (C) に加え外側前後輪に駆動力 ( $F_{xfl}$ ,  $F_{xrl}$ ) を与えた例である。

【0064】

この場合、車両0には、

20

【0065】

【数7】

$$M_d = \frac{d}{2} \{ (F_{xfr} + F_{xrr}) - (F_{xfl} + F_{xrl}) \} = \frac{d}{2} (F_{xr} - F_{xl}) > 0 \quad \dots (数式6)$$

【0066】

のヨーイングモーメントが働くことになる。ここで、前進方向、すなわち駆動方向の力を正とし、制動方向の力を負としており、 $d$  は左右輪間の距離 (トレッド) を表している。さらに、左側前後輪の合成制動・駆動力を  $F_{xr}$ 、右側前後輪の合成制動・駆動力を  $F_{xl}$  としている。

30

【0067】

また、同様に図8は負のモーメント、すなわち左旋回しているときに、負の方向の、すなわち時計回りの (復元側の) ヨーモーメント制御指令を発生させる制動・駆動力の配分である。

この場合も、ヨーイング運動の方程式は数式6となる。

【0068】

車両0においては、中央コントローラ40の指令により四輪のそれぞれに、自由に制動、駆動力を発生させることができるため、正負両方のヨーモーメント制御指令を発生することができる。

40

【0069】

さて、つぎに具体的な走行を想定して、このようなヨーモーメント制御の「横滑り防止」への適用について、その稼働条件の概要も含めて説明する。図9は、直進路A, 過渡区間B, 定常旋回区間C, 過渡区間D, 直進区間Eという、コーナーへの進入, 脱出の走行シーンについて、以下のように「アンダーステア」、「オーバーステア」が発生して車両に横滑りが発生し、コースから逸脱する状況において、「横滑り防止制御」を行った結果を示している。

【0070】

図10の3つのヨーレート, 横滑り角を用いて、「アンダーステア」, 「オーバーステア」の判定について簡単に説明する。図10は操舵角、「横滑り防止制御」介入条件に用

50

いる、推定値を含むヨーレイト，推定車両横滑り角、そしてこれらから求めたヨーモーメント制御指令、そして四輪（61，62，63，64）の制動，駆動力、このときの車両前後加速度，横加速度について時刻暦波形として示した図である。

【0071】

まず操舵から求めたヨーレイト  $r$  であるが、これは数式2を用いて、スタビリティファクタ  $A$ ，ホイールベース  $l$ ，車両速度  $V$ ，操舵角  $\delta$  を用いて算出したものである。ドライバの操舵角を入力としているため、ドライバの意思を最も良く反映したものと捉えることができる。

【0072】

つぎに、横加速度から求めたヨーレイト  $r_{G_y}$  であるが、これは数式3と同様に、横滑り角変化  $\beta$  を省略して数式7のように横加速度を車両速度で除して求めたものである。

【0073】

【数8】

$$r_{G_y} = \frac{G_y}{V} \quad \dots (数式7)$$

【0074】

この値は、車両の公転速度を示していると考えられ、車両旋回限界を示す量と考えられる。

【0075】

さらにヨーレイトセンサ38で検出したヨーレイト  $r_s$  は、車両の実際の自転速度を示している。

【0076】

横滑り角  $\beta$  は、定義としては車両の前後方向の速度  $u$  と車両の横方向の速度  $v$  を用いて、逆正接  $\arctan(v/u)$  であるが、車両と進行方向のなす角と考えることができる。例えば図7，図8の車両重心を通る矢印は車両進行方向を示しており、これと車両の前後方向とのなす角が横滑り角で、車両固定座標系反時計回りが正とされている。図7においては横滑り角が負で大きな状態でオーバーステア スピンを誘発するような状態を示している。また、図8はこれとは逆に横滑り角が正で大きな状態でアンダーステア 経路はみ出しを誘発するような状態を示している。

【0077】

操舵から求める横滑り角  $\beta$  は、車両運動モデルを用いて以下のように計算できる。

【0078】

【数9】

$$\beta_\delta = \frac{1 - \frac{m}{2l} \frac{l_f}{K_r} V^2}{1 + AV^2} \frac{l_r}{l} \delta \quad \dots (数式8)$$

【0079】

ここで、 $m$  は車両質量、 $K_r$  は、後輪の単位横滑り角に対する横力のゲインを現すコーナリングステイフネスである。

【0080】

横滑り角は、ミリ波対地車速センサ70で、前後方向の速度  $V_x$  と横方向の速度  $V_y$  を独立して検出し、

【0081】

【数10】

$$\beta = \arctan\left(\frac{V_y}{V_x}\right) \quad \dots (数式9)$$

【0082】

10

20

30

40

50

で求めても良いし、

【0083】

【数11】

$$\int \dot{\beta} dt = \int \left( \frac{G_y}{V_x} - r \right) dt \quad \dots (数式10)$$

【0084】

のような、積分法、あるいは車両運動モデルを用いたオブザーバ推定手法との併用により推定精度を向上させてもよい。

【0085】

これらの操舵から求めたヨーレイト  $r$ 、横加速度から求めたヨーレイト  $r_{G_y}$ 、ヨーレイトセンサ38で検出したヨーレイト  $r_s$ 、そして、操舵から求めた横滑り角、検出、あるいは推定値から求めた横滑り角を用いて、A.「横滑り防止制御」介入条件、B.ヨーモーメント制御量が決定される。

【0086】

A.介入条件

横加速度から求めたヨーレイトと実ヨーレイトを比較して、実ヨーレイトが小さいときは、アンダーステア、大きいときはオーバーステア、さらに横滑り角が負で大きい場合はオーバーステアであると判断される。このときの閾値、不感帯などは、テストドライバなどの感応試験により調整される。

【0087】

B.ヨーモーメント制御量

基本的には操舵から求めたヨーレイトと、横滑り角に実際の値が近くなるようにヨーモーメントを加える。さらには横滑り角微分値などにフィーリングに合うように調整されたゲインを掛け合わせ、これらを足し合わせた値を用いて補正を行っている。

【0088】

さて、本実施例でのアンダーステア、オーバーステア発生状況、それに対する「横滑り防止制御」について図10を用いて示す。まず、コーナー進入時の過渡区間Bの位置2～3において、アンダーステアが発生しコースを逸脱してしまう可能性が生じている。これは、横加速度から求めたヨーレイト  $r_{G_y}$  に対し、実ヨーレイト  $r_s$  が小さいことから検出することができる。そこで、旋回を促進する方向（正）のヨーモーメント制御指令が算出される。そして本実施例においては、左（内側）後輪に制動力を発生させ、旋回を促進する方向（正）のモーメントを加えている。

【0089】

また、定常旋回区間Cにおいて、最大横加速度状態で相対的に後輪の等価的なコーナリングステイフネスが低下し、オーバーステアが発生してスピンを誘発しそうな状況となっている。これは、横加速度から求めたヨーレイト  $r_{G_y}$  に対し、実ヨーレイト  $r_s$  が大きいことから検出することができ、さらには横滑り角が閾値である  $\theta_h$  よりも、大きくなって大きな横滑り角となっていることから検出することができる。過剰なヨーイング運動を復元するために、本実施例においては右側（外側）輪に制動力を発生させ、時計回りのモーメントを加えている。

【0090】

ヨーモーメント制御指令が存在しているときだけ、前外輪（左旋回においては62となる）と前内輪（61）、後外輪（64）と後内輪（63）は、左右（内外）それぞれ異なる値となるように制動力が配分されている。

【0091】

さて、このように左右、それぞれ異なる値となるように制動力（駆動力）を制御することにより、車両の横滑り防止のためのヨーモーメント制御を実現することができ、車両の操縦性（回頭性）と安定性を確保することができる。しかしながら、このとき図10に示すように、横滑りの発生状況に応じて減速度が加わることになる。当然、速度変化なども

10

20

30

40

50

発生するため、図10のように滑らかにハンドルを操舵しても横加速度にも変動が発生することになる。この運動を前後加速度を横軸、横加速度を縦軸にとり、車両に発生している加速度様態を示す“g-g”ダイアグラムに表すと、図9下に示すように1から5までの間で、反時計回りのループを2箇所生じてしまうことになる。これでは、ピッチング運動とローリング運動が非同期となり、図5のG-Vectoring制御時の運動に比べ、ギクシャクした運動となってしまう。いわゆるドライバ入力によって生じる横運動に連係していない加減速運動となってしまう。これが失速感、違和感の生じる所以である。本実施形態はこのような課題に対し、日常運転領域から稼動するハンドル操作に連係した加減速を自動的に実行（G-Vectoring）、限界運転領域で横滑りを確実に低減させる（横滑り防止制御）制御の融合を図ることにより、違和感が少なく、安全性能向上を可能とするものである。以下、具体的な制御装置の構成、および方法について開示していく。

10

## 【0092】

< G-Vectoring制御と「横滑り防止制御」の融合 >

図11は、中央コントローラ40の演算制御ロジックと、車両0、センサ群およびセンサからの信号をもとに（中央コントローラ40内で演算するのであるが）横滑り角を推定するオブザーバの関係性を模式的に示したものである。ロジック全体はおおまかに、車両運動モデル401、G-Vectoringコントローラ部402、ヨーモーメントコントローラ部403、制動力・駆動力配分部404にて構成されている。

## 【0093】

車両運動モデルは、ドライバ舵角センサ33から入力された舵角 $\delta$ と、車速 $V$ から数式2、数式3あるいは数式8を用いて推定横加速度 $G_{ye}$ 、目標ヨーレート $r_t$ 、目標横滑り角 $\theta_t$ を推定する。本実施例では、目標ヨーレート $r_t$ は、先に述べた、操舵から求めたヨーレート $r$ と同一とするような設定となっている。

20

## 【0094】

G-Vectoringコントローラ402に inputs する横加速度、横加加速度については図4に示すように両者の信号を相補的に用いるロジック410を採用している。G-Vectoringコントローラ402は、これらの横加速度、横加加速度を用いて数式1に従い、目標前後加速度指令 $G_{xt}$ のうち、現在の車両横運動に連係した成分を決定する。さらには現在の車両横運動に連係していない減速度成分である $G_{x\_DC}$ を足し合わせて、目標前後加速度指令 $G_{xt}$ を算出し、制動力・駆動力配分部404に出力する。

30

## 【0095】

ここで $G_{x\_DC}$ は、前方にコーナーがある場合の予見的な減速、あるいは区間速度指令がある場合に必要となる項である。区間速度指令は、自車が存在している座標により決定される情報であるため、区間速度指令が掲載されているマップ情報に対し、GPSなどで得られた座標データを照合することにより決定できる。つぎに前方コーナーに対する予見的な減速であるが、本実施例では検出の詳細は省略するが例えば、単眼、ステレオなどのカメラや、レーザー、ミリ波などの測距レーダー、あるいはGPS情報など、自車より前方の情報を取り入れ、現時点ではまだ顕在化していない将来の横運動（横加加速度）に応じて加減速を行うという方法で実現できる。前方注視距離・時間での経路と、自車到達予想位置での偏差情報を用いて、操舵角を決定するいわゆる「ドライバモデル」と同様に、将来の操舵角を推定する。そして、この操舵操作により車両に発生するであろう将来の横加加速度に応じて、数式1同様にG-Vectoringを行うことにより（Preview G-Vectoring）前方コーナーに対する予見的な減速が可能となる。

40

## 【0096】

つぎに、ヨーモーメントコントローラ403については、先に述べたようなロジックにしたがって、目標ヨーレート $r_t$ （ $r_t$ ）、目標横滑り角 $\theta_t$ と、実ヨーレート、実（推定）横滑り角との偏差 $r$ 、 $\theta$ に基づいて、目標ヨーモーメント $M_t$ を算出し、制動力・駆動力配分部404に出力する。

## 【0097】

制動力・駆動力配分部404は、目標前後加速度指令 $G_{xt}$ 、目標ヨーモーメント $M_t$

50

に基づいて、車両0の四輪の制動・駆動力 ( $F_{xf1}, F_{xfr}, F_{xr1}, F_{xrr}$ ) を決定する。以下では、まず基本的な配分則を示し、これに加えて本実施形態における「G-Vectoring」制御で特徴的な、間接的なヨーモーメント制御 (IYC: Indirect Yaw-moment Control) 効果について概説し、制動力・駆動力配分における特徴的な留意点について述べる。

【0098】

まず、図12を用いて、前後運動、横運動、ヨーイング運動の運動方程式について考える。ここで式の見通しをよくするために、制動・駆動力、タイヤ横力について、以下のように二輪分の力を再定義する。

【0099】

【数12】

$$F_{xr} = F_{xfr} + F_{xrr} \quad \dots (数式11)$$

【0100】

【数13】

$$F_{xl} = F_{xfl} + F_{xrl} \quad \dots (数式12)$$

【0101】

【数14】

$$F_{yf} = F_{yfl} + F_{yfr} \quad \dots (数式13)$$

【0102】

【数15】

$$F_{yr} = F_{yrl} + F_{yrr} \quad \dots (数式14)$$

【0103】

このようにおくと、

<前後運動>

【0104】

【数16】

$$mG_{xt} = F_{xl} + F_{xr} \quad \dots (数式15)$$

【0105】

<横運動>

【0106】

【数17】

$$mG_y = F_{yf} + F_{yr} \quad \dots (数式16)$$

【0107】

<ヨーイング運動>

【0108】

【数18】

$$I_z \cdot \dot{r} = (l_f F_{yf} - l_r F_{yr}) + \frac{d}{2} (F_{xr} - F_{xl}) \quad \dots (数式17)$$

【0109】

さらに、目標ヨーイングモーメントと各輪制動・駆動力についての記述は、

【0110】

10

20

30

40

【数 19】

$$M_t = \frac{d}{2}(F_{xr} - F_{xl}) \quad \dots (数式18)$$

【0111】

となる。ここで、前後運動の数式15とヨーイングモーメントの数式18を連立させると、未知数2つ、式2本で、以下のように解析的に解くことができる。

【0112】

【数 20】

$$F_{xr} = \frac{m}{2}G_{xt} + \frac{M_t}{d} \quad \dots (数式19)$$

10

【0113】

【数 21】

$$F_{xl} = \frac{m}{2}G_{xt} - \frac{M_t}{d} \quad \dots (数式20)$$

【0114】

これで、「G-Vectoring」制御による加減速指令と「横滑り防止制御」によるモーメント指令を両立できる、右側前後輪2本分の制動力・駆動力と左側前後輪2本分の制動力・駆動力を配分することができた。つぎにこれらを、前後輪の垂直荷重比に応じて前後輪に配分する。今、車両0のバネ上重心点の地面からの高さをhとし、車両0がGxtで加減速しているとすると、前輪と後輪の2輪分の荷重(Wf, Wr)は、それぞれ次のようになる。

20

【0115】

【数 22】

$$W_f = \frac{mgl_r - mhG_{xt}}{l} \quad \dots (数式21)$$

【0116】

【数 23】

$$W_r = \frac{mgl_f + mhG_{xt}}{l} \quad \dots (数式22)$$

30

【0117】

よって、荷重比に応じて配分された四輪の制動・駆動力は以下のようになる。

【0118】

【数 24】

$$F_{xfr} = \frac{gl_r - hG_{xt}}{gl} \left( \frac{m}{2}G_{xt} + \frac{M_t}{d} \right) \quad \dots (数式23)$$

40

【0119】

【数 25】

$$F_{xfl} = \frac{gl_r - hG_{xt}}{gl} \left( \frac{m}{2}G_{xt} - \frac{M_t}{d} \right) \quad \dots (数式24)$$

【0120】

【数 2 6】

$$F_{xrr} = \frac{gl_f + hG_{xt}}{gl} \left( \frac{m}{2} G_{xt} + \frac{M_t}{d} \right) \quad \dots \text{(数式25)}$$

【 0 1 2 1】

【数 2 7】

$$F_{xrl} = \frac{gl_f + hG_{xt}}{gl} \left( \frac{m}{2} G_{xt} - \frac{M_t}{d} \right) \quad \dots \text{(数式26)}$$

【 0 1 2 2】

ただし、

【 0 1 2 3】

【数 2 8】

$$G_{xt} = -\text{sgn}(G_y \cdot \dot{G}_y) \frac{C_{xy}}{1 + T_s} |\dot{G}_y| + G_{x,DC} \quad \dots \text{(数式27)}$$

【 0 1 2 4】

【数 2 9】

$$M_t = M(r_\delta, r_{G_y}, r_s, \beta_t, \beta_s) \quad \dots \text{(数式28)} \quad 20$$

【 0 1 2 5】

である。

【 0 1 2 6】

これが、本実施形態の基本配分則である。数式 2 3 から数式 2 6 を見ると、「G - Vectoring」制御指令値  $G_{xt}$  がゼロのときは、「横滑り防止制御」によるヨーモーメント制御指令を前後輪の静的荷重に応じて配分しており、「G - Vectoring」制御指令値  $G_{xt}$  がゼロ

でないときには、その前後加速度を実現するための制動力・駆動力が、余分なモーメントを発生しないように、左右輪には同一の値として、前後には荷重配分比に分配されると解釈できる。 30

【 0 1 2 7】

さて、本実施形態における「G - Vectoring制御」と「横滑り防止制御」の融合において、もうひとつ考慮すべき点がある。それは、タイヤ横力の荷重依存性に起因する、間接的なヨーモーメント制御 (IYC : Indirect Yaw-moment Control) 効果である。この効果について図 1 3 を用いて概説する。今、簡素化のために  $l_f$  (重心点から前軸までの距離) と  $l_r$  (重心点から後軸までの距離) が等しいと仮定する。すなわち前輪と後輪の静止時の前後輪荷重は等しいとする。

【 0 1 2 8】

タイヤ横力は、図 1 3 に示すようにタイヤ横滑り角に対して、横滑り角が小さいときには比例関係があり、大きいときには飽和特性を持つ。前後輪の荷重が等しいと仮定しているので、同一横滑り角に対しては同一の横力を発生することになる。ここで、車両 0 が「G - Vectoring」制御値  $G_{xt}$  に基づいて減速すると、数式 2 1 に示すように前輪荷重が増加し、数式 2 2 に示すように後輪荷重が減少する。結果として、旋回中に減速すると前輪の横力  $F_{yf}$  が増加し、後輪の横力  $F_{yr}$  が減少することになる。この現象を数式 1 7 のヨーイング運動方程式をもとに考えると、旋回を促進するモーメントが働くことになる。また、旋回中に加速すると図 1 3 下段のように復元側のヨーモーメントが働くことになる。 40

【 0 1 2 9】

横運動に連係した「G - Vectoring」制御においては、横加速度が増加していくとき、 50



すなわち旋回を開始するときに減速するので、旋回を促進する方向のヨーモーメントが働くことになる。また、横加速度が減少していくとき、すなわち旋回を終了するときに加速するので、旋回を復元し直進へ向かう方向のヨーモーメントが働くことになる。これらは、それぞれ操縦性向上と安定性向上のポテンシャルを有していることを示している。

#### 【0130】

さて、このような「G-Vectoring制御」に「横滑り防止制御」のためのヨーモーメントを加えた場合、制御量が多すぎて不具合を生じる可能性がある。それは例えば、コーナー進入時に、「横滑り防止制御」の観点からアンダーステア防止制御のためのヨーモーメント制御指令を入力し、これにさらに「G-Vectoring」制御を加えた場合などに発生する可能性がある。アンダーステア防止のための制御量が大きすぎて、ニュートラルステアを10  
 通り越してオーバーステアとなることも懸念される。このような状況を回避するために、本実施例においては、図14に示すようにG-Vectoring制御が稼動しているときには、ヨーモーメント制御量がある閾値を超えない限り、制動力・駆動力の左右配分を行わないようなロジックを内包するように構成している。これにより、ヨーモーメント制御指令が小さいときは、一つ目のモード(G-Vectoring)で稼動し、ヨーモーメント指令が大きいときは、二つ目のモード(横滑り防止制御)で稼動する。また、四輪のうちの左右輪に異なる制駆動力を発生する二つ目のモード(横滑り防止制御)で実現される車両前後加速度が、(G-Vectoring)の加減速制御指令との差が近くなるように四輪のうちの左右輪に略等しい制駆動力を加えるように補正制御されていることがわかる(数式23から数式26も参照)。しかしながら、制動・駆動配分が自在にならない、たとえば通常の二輪20  
 駆動車でかつ、ブレーキ制御のみを行うなどの他の実施例を考えると、必ずしも四輪のうちの左右輪に異なる制駆動力を発生する二つ目のモード(横滑り防止制御)で実現される車両前後加速度が、(G-Vectoring)の加減速制御指令と一致するものではない。例えば、G-Vectoring指令がゼロのときに、ブレーキ制御を行うと、どうしても減速度が発生してしまう。しかしながら、G-Vectoring制御の指令が、横滑り防止制御指令により発生する現速度よりも大きいときには、G-Vectoring制御の指令との差が近くなるように四輪のうちの左右輪に略等しい制駆動力を加えるように補正制御を行うことができ、本実施形態の課題を解決する場面が存在し、本実施形態の範囲内である。

#### 【0131】

最後に本実施形態の効果について図15, 図16, 図17を用いて説明する。図15, 30  
 図16, 図17は、図9, 図10にて示した、「横滑り防止制御」のみを適用したシーンについて本実施形態を適用した例である。また、図16は図10, 図15に対して、「アンダーステア」「オーバーステア」が発生する地点は同じであるが、より軽微なステア特性の変動であった場合を想定している。

#### 【0132】

図15は、操舵角に応じて発生する横運動に応じて決定された加減速指令, ヨーモーメント制御指令, 各輪制動・駆動配分、それにより実現される車両ヨーモーメント, 車両前後加速度, 車両横加速度を示している。このとき、アンダーステア, オーバーステア低減のためのヨーモーメント制御指令は、制御稼動閾値 $M_{th}$ よりも絶対値が大きな値となっている(「横滑り防止制御」稼動)。各輪の制動力, 駆動力を示す図において、点線は「40  
 G-Vectoring」制御のみの加減速指令信号で、破線が「横滑り防止制御」のヨーモーメント

制御指令に基づく減速量である。本実施形態を適用した制動・駆動力配分により地点1から3に掛けて四輪に制動力が加わり、旋回促進モーメントが発生するとともに地点2以降では、後内輪のみ大きな制動力が加わり、他の輪の制動力が低減され、「G-Vectoring」制御の指令に前後加速度が追従するとともに、「横滑り防止制御」が要求するヨーモーメントも実現できていることがわかる。また、地点4から5においては、前外輪, 後外輪の制動力が低減され、前内輪, 後内輪に駆動力が与えられ、車両前後加速度とヨーモーメントが指令どおりに追従していることがわかる。

#### 【0133】

10

20

30

40

50

図16においては、地点2から3に掛けて、アンダーステア低減のためのヨーモーメント制御指令が発生しているが、加減速指令がある状態で、かつヨーモーメント制御指令が閾値  $M_{th}$  より小さいために、左右輪独立制動・駆動制御は省略されている（左右輪で同じ制動力）。これに対し、地点4から5においては、ヨーモーメント指令は閾値  $M_{th}$  より小さいが、「G-Vectoring」による加減速制御指令が無く前後輪での荷重移動が発生しないため、「横滑り防止制御」を稼働している例を示している。

#### 【0134】

図15, 図16のように、四輪の制動力・駆動力が制御されると、図17に示すように「横滑り防止」のためのヨーモーメント制御を行いながら、「G-Vectoring」制御と同様に“g-g”ダイアグラム上を、滑らかな曲線状に遷移する特徴的な運動を実現することができる。この曲線状の遷移は左コーナーについては、図に示すように時計回りの遷移となり、右コーナーについては、Gx軸について反転した遷移経路となり、その遷移方向は半時計回りとなる。このように遷移すると前後加速度により車両に発生するピッチング運動と、横加速度により発生するロール運動が好適に連係し、ロールレイト、ピッチレイトのピーク値が低減される。

10

#### 【0135】

もちろん前方の車両が急に止まったり、道路に障害物があるという情報を受けたりして、システムあるいはドライバが減速指令を出す状況を考える必要がある。このような状況では、最優先にこれらの指令を反映させる必要がある。これは、図11のロジック図における  $G \times DC$  を加える部分からシステム入力すると良い。

20

#### 【0136】

以上のように、本実施形態によると、日常運転領域から稼働するハンドル操作に連係した加減速を自動的に行い、限界運転領域で横滑りを確実に低減させるといふ、違和感が少なく、安全性能向上を可能とする技術および装置を提供することが可能となる。

#### 【符号の説明】

#### 【0137】

- 0 車両
- 1 モータ
- 2 駆動力配分機構
- 7 フロントパワーステアリング
- 8 リアパワーステアリング
- 10 アクセルペダル
- 11 ブレーキペダル
- 16 ステアリング
- 21 横加速度センサ
- 22 前後加速度センサ
- 23, 24, 25 微分回路
- 31 アクセルセンサ
- 32 ブレーキセンサ
- 33 舵角センサ
- 38 ヨーレイトセンサ
- 40 中央コントローラ
- 44 ステアリングコントローラ
- 46 パワートレインコントローラ
- 48 ペダルコントローラ
- 51 アクセル反力モータ
- 52 ブレーキ反力モータ
- 53 ステアリング反力モータ
- 61 左前輪
- 62 右前輪

30

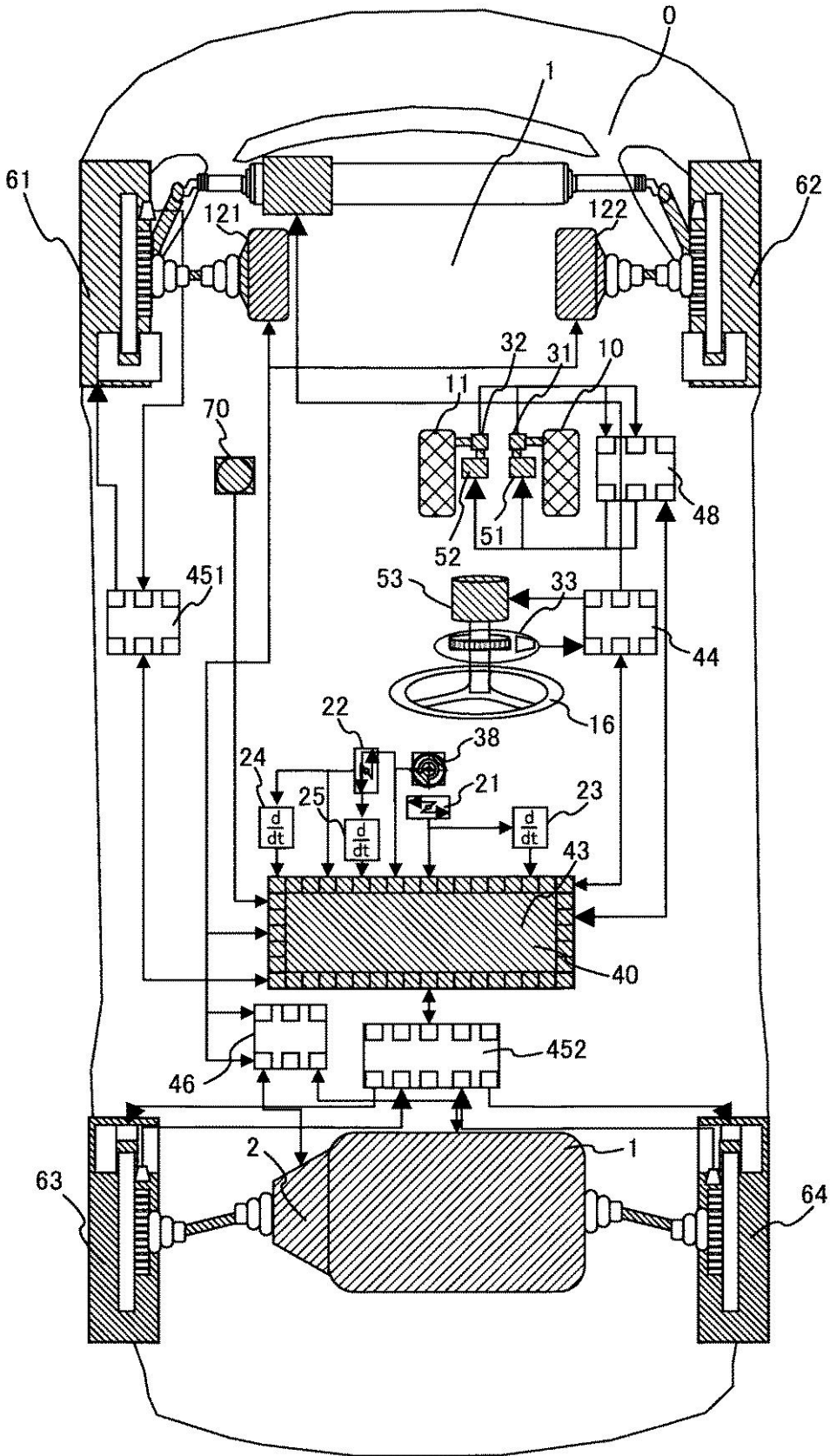
40

50

- 6 3 左後輪
- 6 4 右後輪
- 7 0 ミリ波対地車速センサ
- 1 2 1 左前輪モータ
- 1 2 2 右前輪モータ
- 4 5 1 , 4 5 2 ブレーキコントローラ

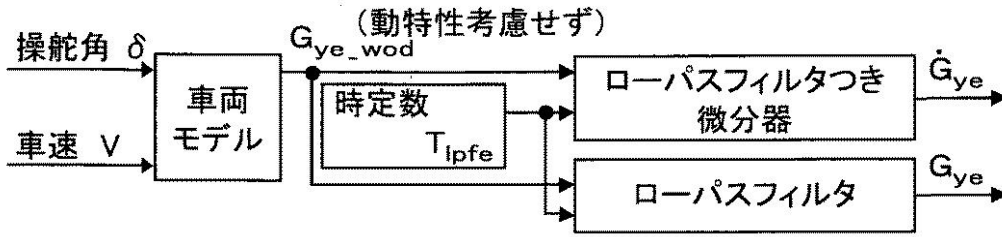
【図1】

図 1



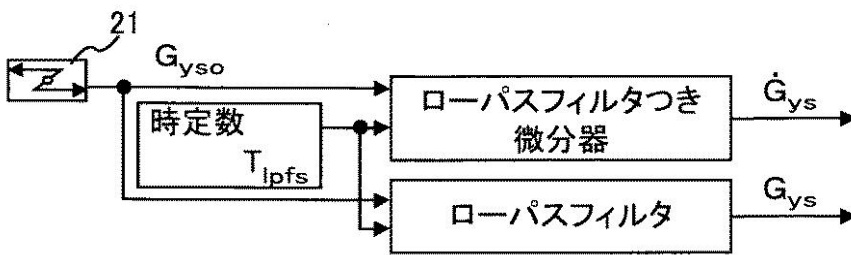
【図2】

図 2



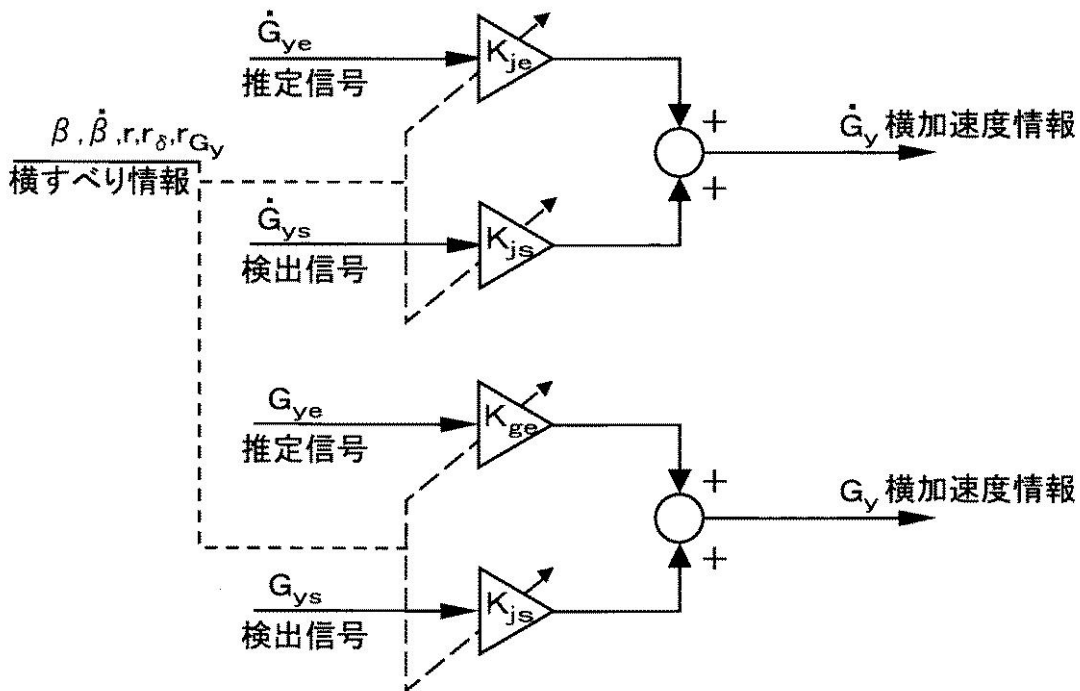
【図3】

図 3



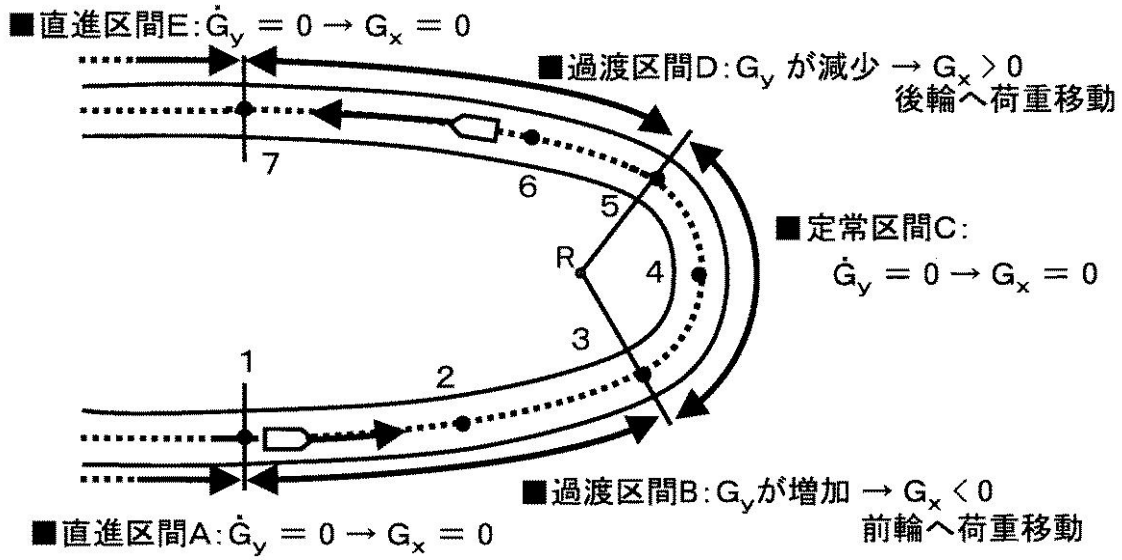
【図4】

図 4



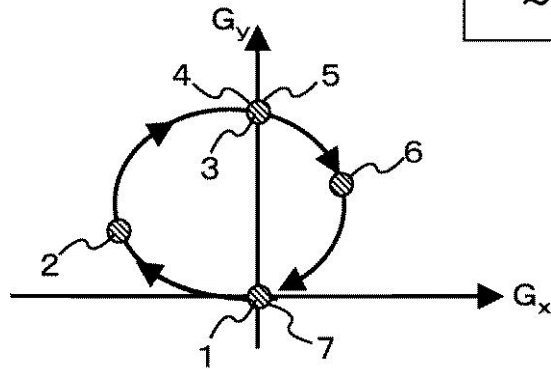
【図5】

図5



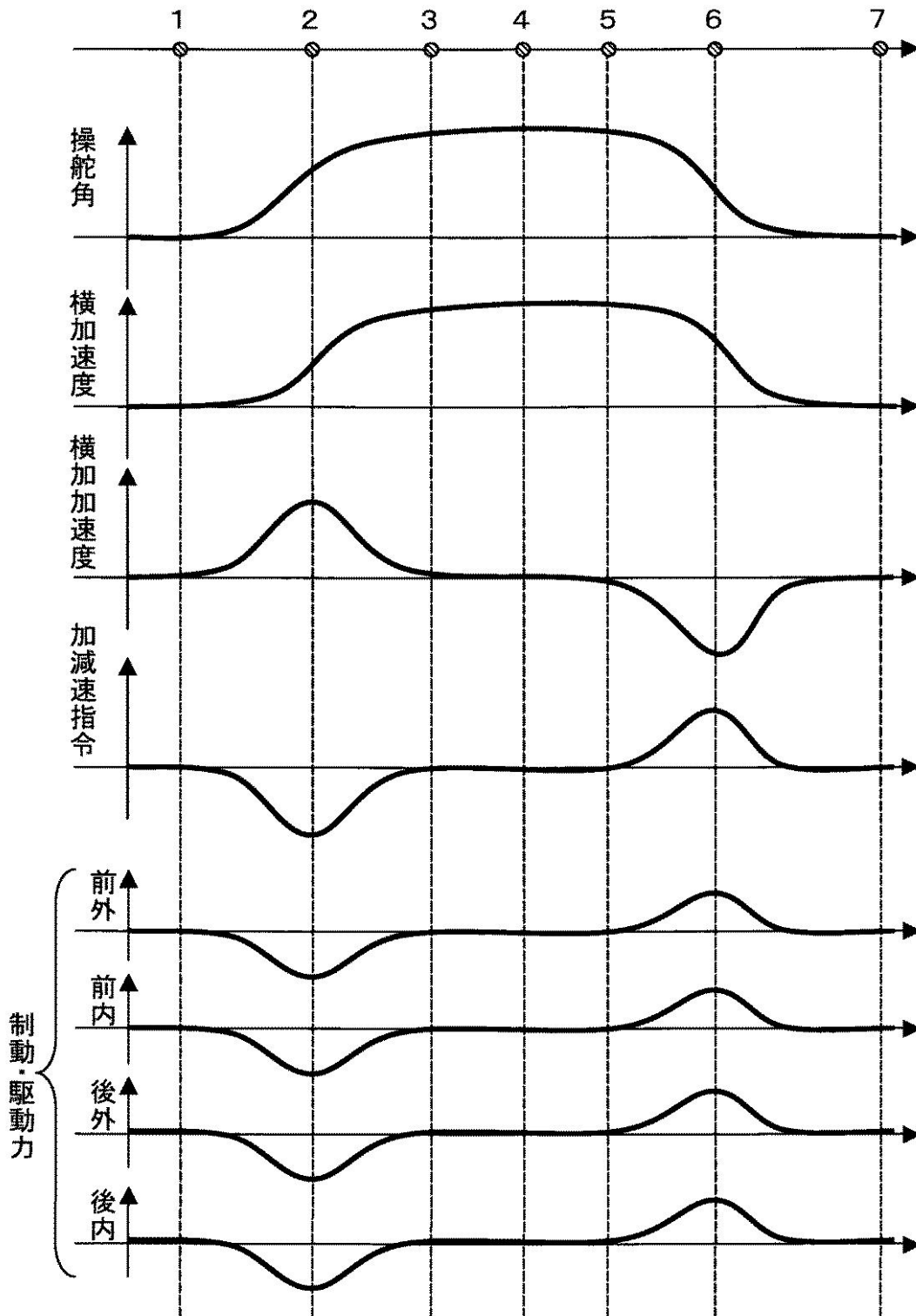
$$G_x = -\text{sgn}(G_y \cdot \dot{G}_y) \frac{C_{xy}}{1+T_s} |\dot{G}_y|$$

$$\approx -C_{xy} \dot{G}_y$$



【図6】

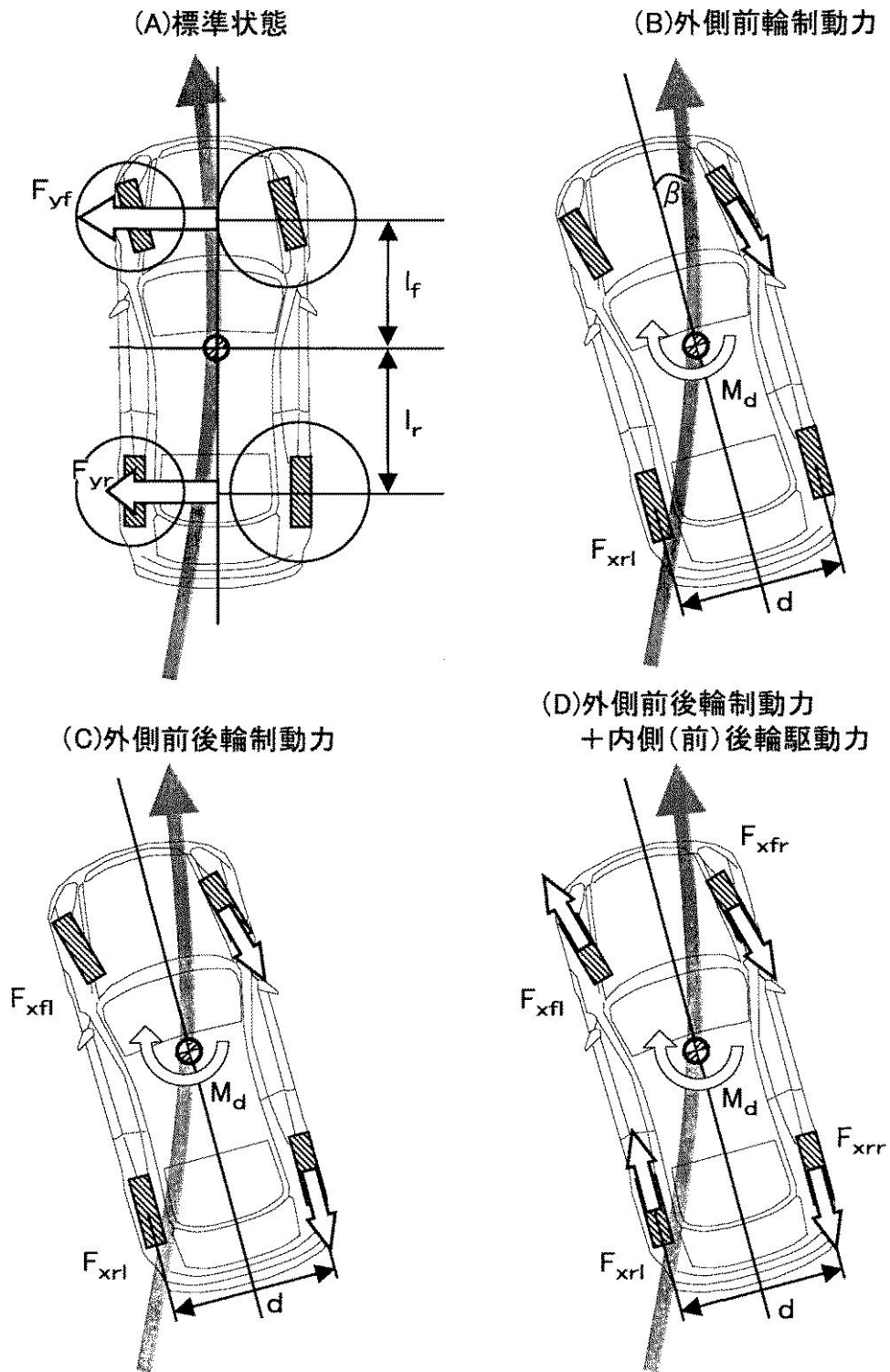
図6



【図7】

図7

負のモーメント付加

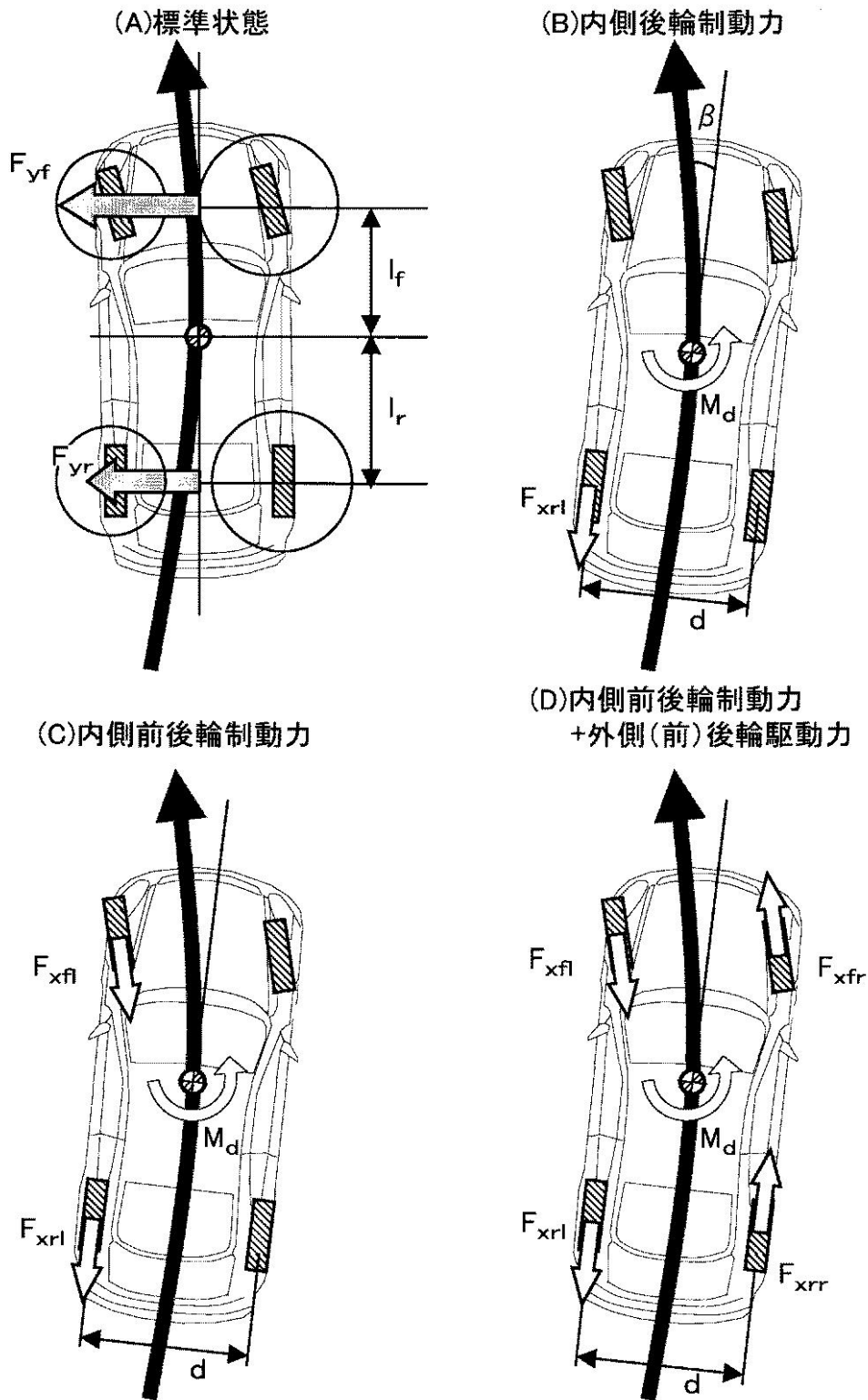




【図8】

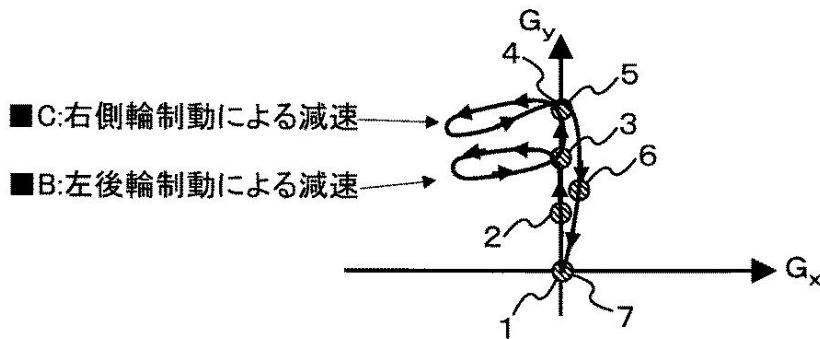
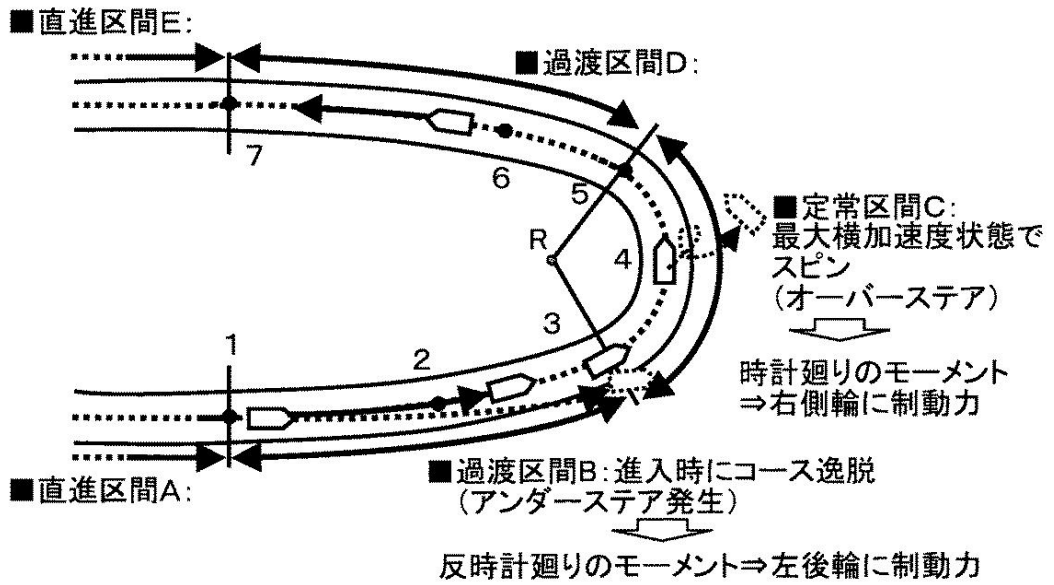
図 8

正のモーメント付加



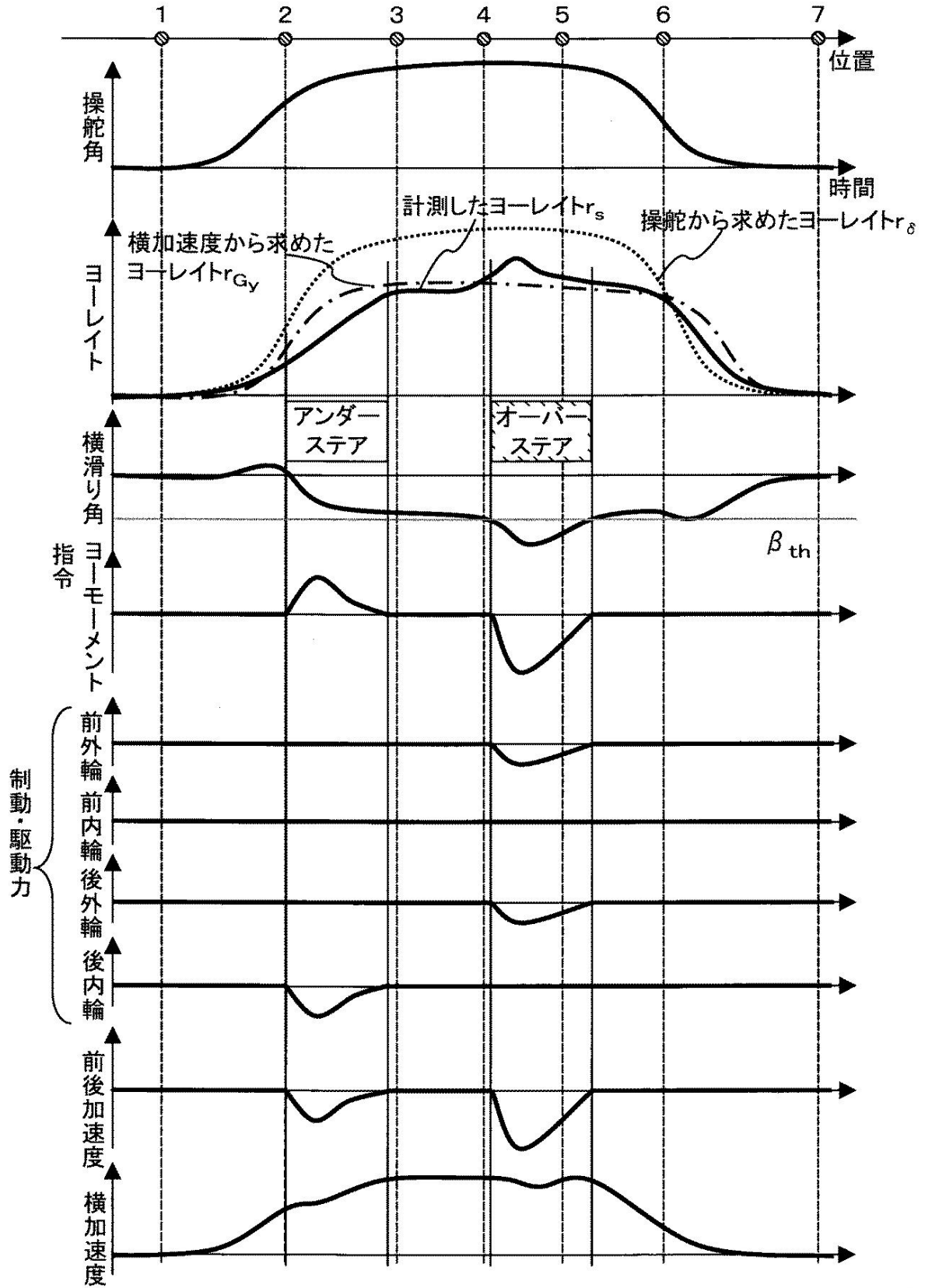
【図9】

図 9



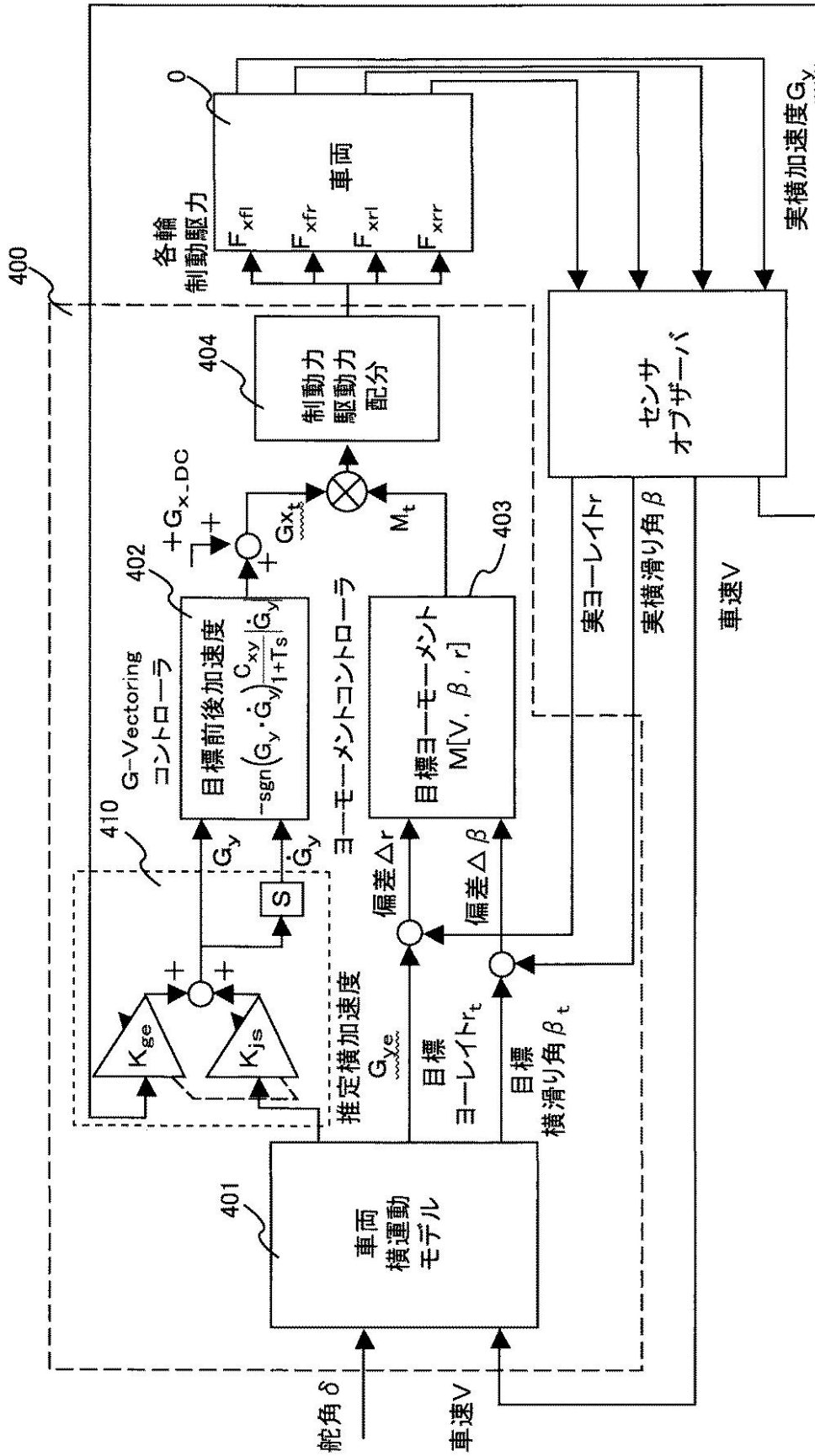
【図10】

図 10



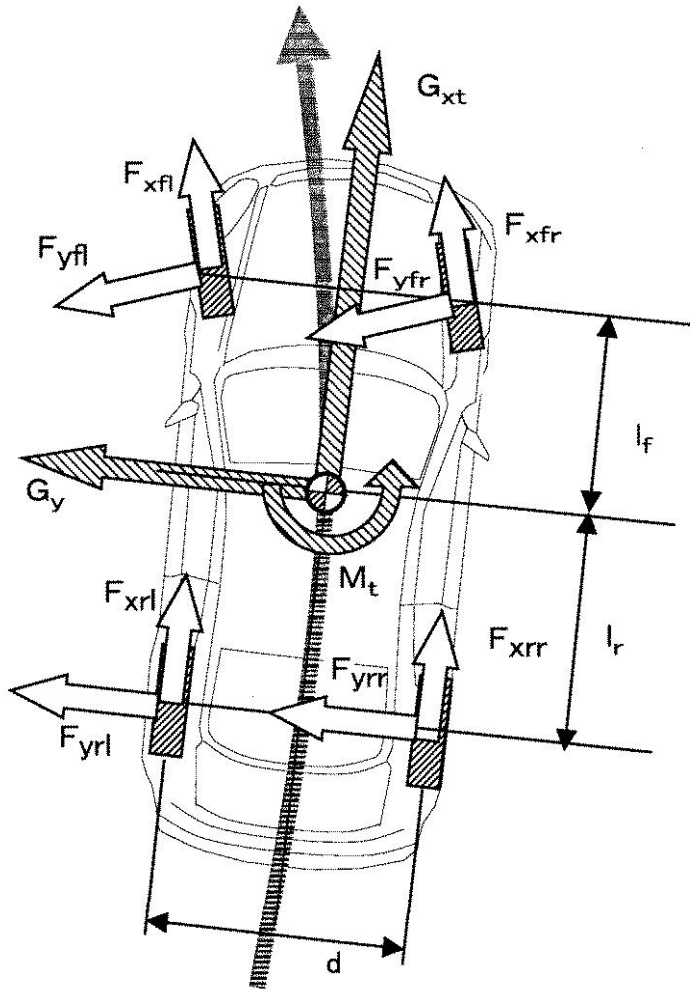
【図 11】

図 11



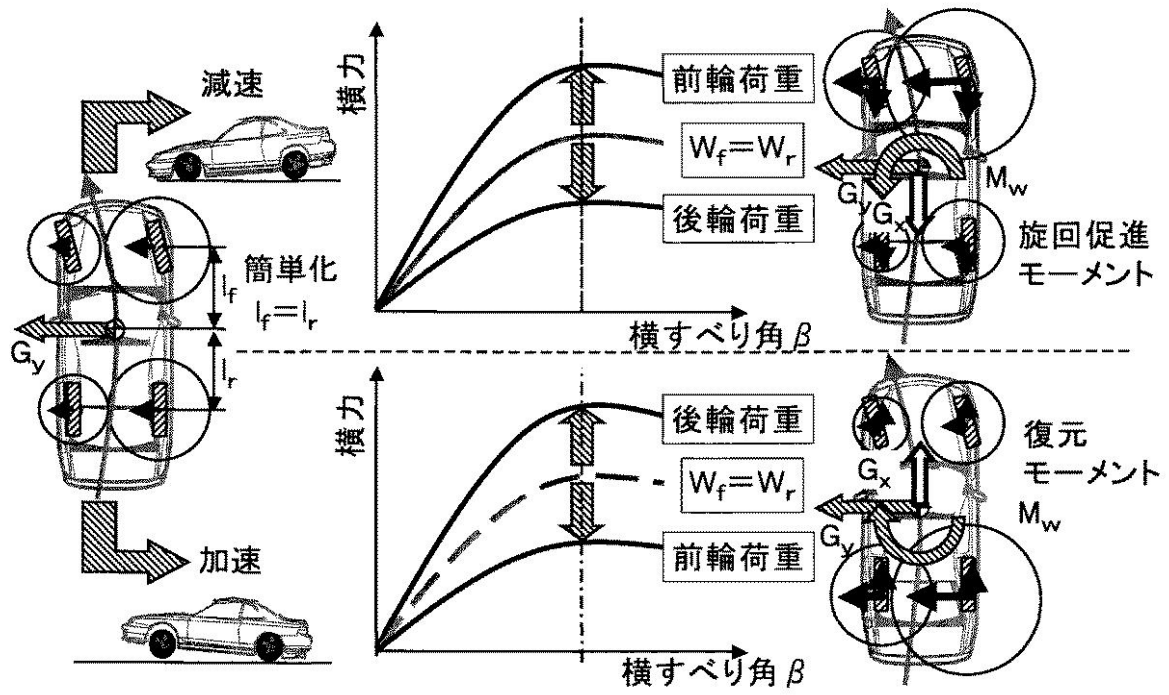
【図12】

図 12



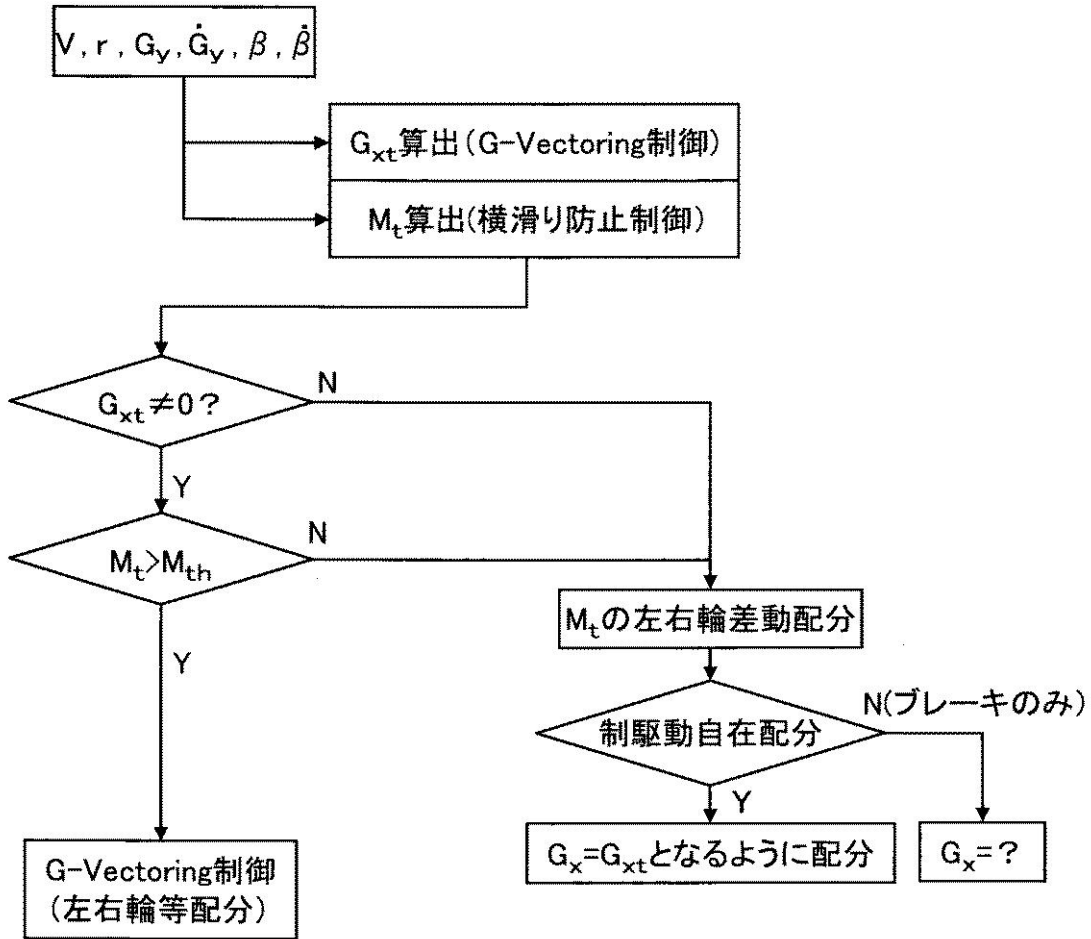
【図13】

図 13



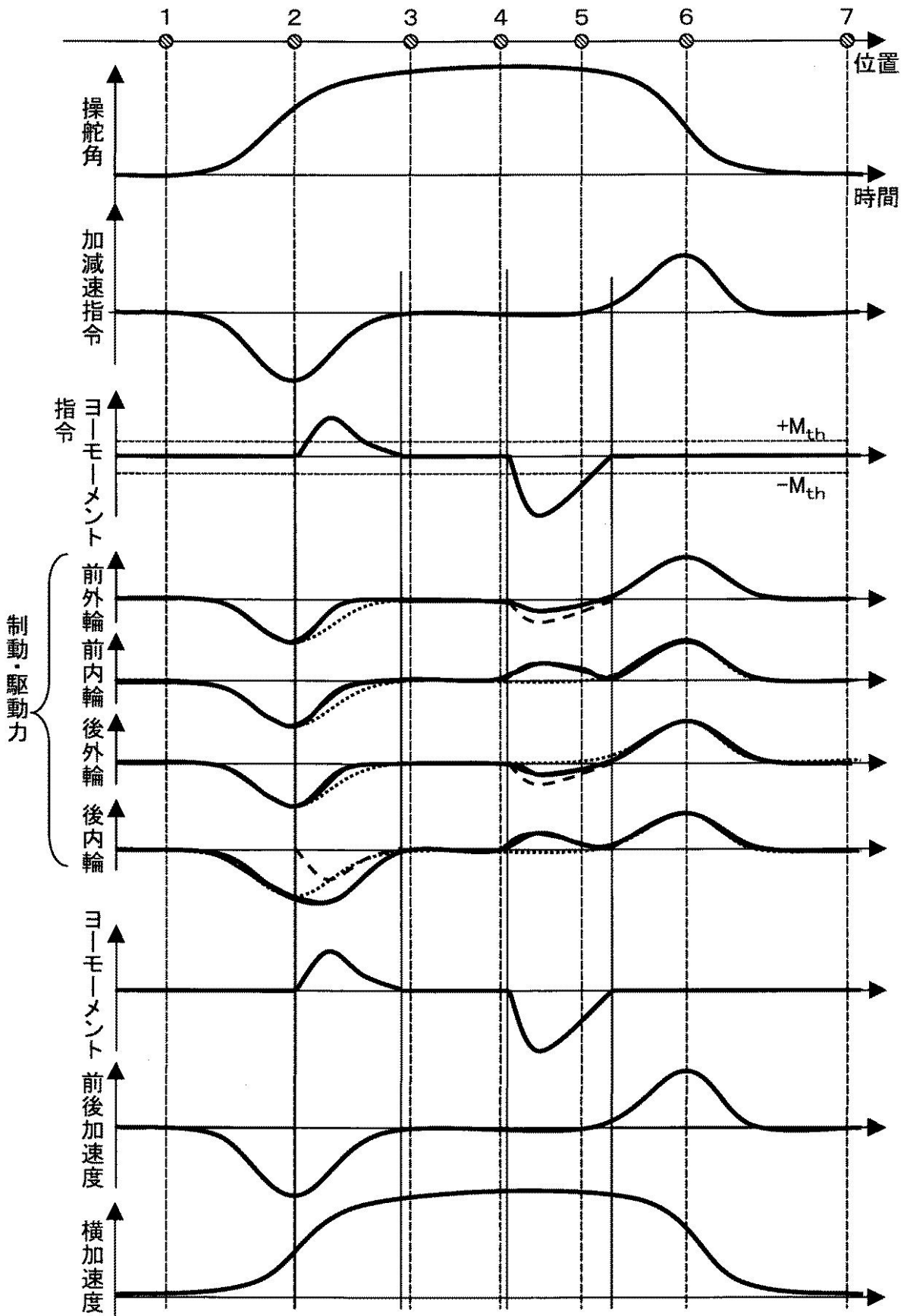
【図14】

図 14



【図15】

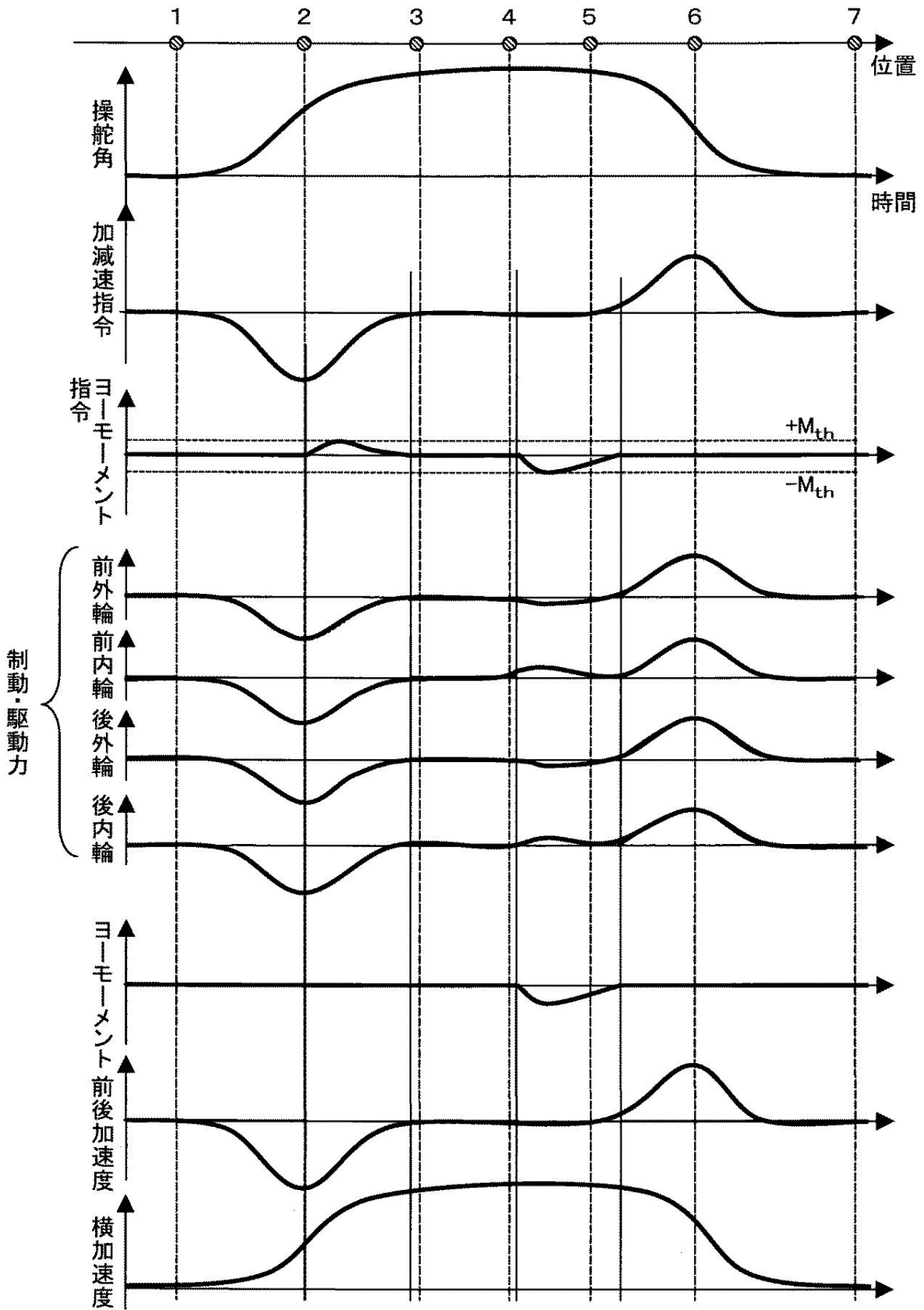
図 15





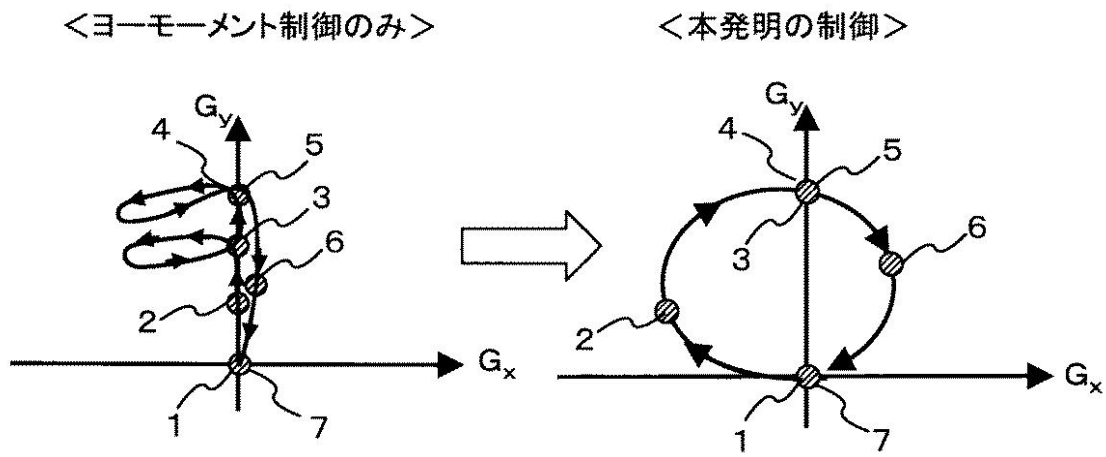
【図16】

図 16



【図17】

図 17



## フロントページの続き

- (72)発明者 横山 篤  
茨城県ひたちなか市堀口832番地2  
所内 株式会社 日立製作所 機械研究
- (72)発明者 高橋 絢也  
茨城県ひたちなか市堀口832番地2  
所内 株式会社 日立製作所 機械研究
- (72)発明者 吉田 龍也  
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地  
ティプシステムグループ内 株式会社 日立製作所 オートモ

審査官 有賀 信

- (56)参考文献 特開平08-261030(JP,A)  
特開2008-195226(JP,A)  
特開2008-201149(JP,A)  
特開2008-285066(JP,A)  
特開2007-290650(JP,A)  
特開2007-112367(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60W	10/00	50/16
B60T	7/12	8/1769
B60T	8/32	8/96
B60K	17/28	17/36
B60L	1/00	3/12
B60L	7/00	13/00
B60L	15/00	15/42