

(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2018-28545

(P2018-28545A)

(43) 公開日 平成30年2月22日(2018. 2. 22)

| (51) Int. Cl. |              | F I              | テーマコード (参考) |              |          |              |
|---------------|--------------|------------------|-------------|--------------|----------|--------------|
| <b>G01C</b>   | <b>19/02</b> | <b>(2006.01)</b> | <b>G01C</b> | <b>19/02</b> | <b>B</b> | <b>5H301</b> |
| <b>B62J</b>   | <b>27/00</b> | <b>(2006.01)</b> | <b>B62J</b> | <b>27/00</b> | <b>Z</b> |              |
| <b>B62J</b>   | <b>99/00</b> | <b>(2009.01)</b> | <b>B62J</b> | <b>99/00</b> | <b>K</b> |              |
| <b>G05D</b>   | <b>1/08</b>  | <b>(2006.01)</b> | <b>G05D</b> | <b>1/08</b>  | <b>Z</b> |              |

審査請求 有 請求項の数 16 O L (全 26 頁)

- (21) 出願番号 特願2017-191570 (P2017-191570)
- (22) 出願日 平成29年9月29日 (2017. 9. 29)
- (62) 分割の表示 特願2014-558970 (P2014-558970) の分割
- 原出願日 平成25年2月27日 (2013. 2. 27)
- (31) 優先権主張番号 61/603, 885
- (32) 優先日 平成24年2月27日 (2012. 2. 27)
- (33) 優先権主張国 米国 (US)
- (31) 優先権主張番号 61/603, 886
- (32) 優先日 平成24年2月27日 (2012. 2. 27)
- (33) 優先権主張国 米国 (US)
- (31) 優先権主張番号 13/777, 919
- (32) 優先日 平成25年2月26日 (2013. 2. 26)
- (33) 優先権主張国 米国 (US)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

- (71) 出願人 512240224  
リット モーターズ コーポレイション  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94  
103 サンフランシスコ フォルサム  
ストリート 1086
- (74) 代理人 100092093  
弁理士 辻居 幸一
- (74) 代理人 100067013  
弁理士 大塚 文昭
- (74) 代理人 100086771  
弁理士 西島 孝喜
- (74) 代理人 100109070  
弁理士 須田 洋之
- (74) 代理人 100109335  
弁理士 上杉 浩

最終頁に続く

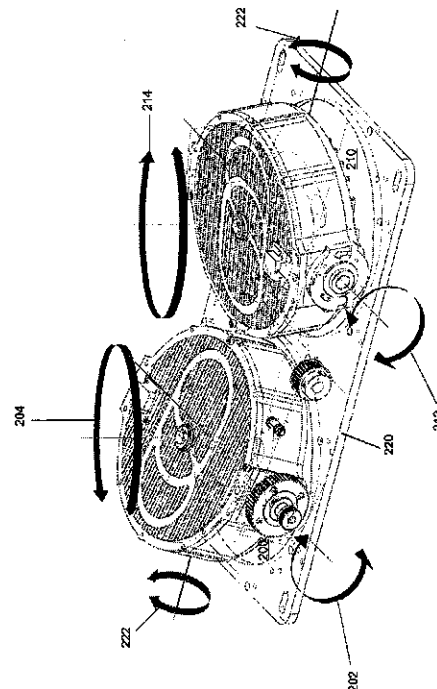
(54) 【発明の名称】 二輪車におけるジャイロ安定化

(57) 【要約】

【課題】 車両安定化システムを提供すること。

【解決手段】 本発明の実施形態では、車両安定化制御ユニットは、車両フレームに結合された1 つ又は2 つ以上のジャイロが車両フレームの安定化のために及ぼすコントロールモーメント 値を決定することができる。決定されたコントロールモーメント 値を生じさせるために、1 つ又は2 つ以上のジャイロのフライホイールが振動するようにするための入力軸線の本数を増やすのが良い。幾つかの実施例では、1 つ又は2 つ以上のジャイロは、更に、ターンテーブルに結合され、フライホイールのための入力軸線を増大させるステップは、ターンテーブルを回転させるステップを含む。さらに、幾つかの実施例では、1 つ又は2 つ以上のジャイロは、車両フレームにインライン式に結合された(例えば、互いに逆方向に回転すると共に振動を行うよう長さ方向が前輪及び後輪に対して整列した) 少なくとも2 つのジャイロを含む。

【選択図】 図2 A



## 【 特許請求の範囲】

## 【 請求項1 】

システムであって、  
 コントロールモーメントジャイロ（CMG）装置を含み、前記CMG装置は、  
 フライホイールと、  
 前記フライホイールを駆動するためのフライホイール駆動モータと、  
 前記フライホイール及び前記フライホイール駆動モータを収容して3つの自由度を有するハウジングと、  
 前記ハウジングを前記自由度で別個独立に作動させる1つ又は2つ以上のモータとを有し、  
 前記CMG装置の姿勢を制御するようになったコントローラを含む、システム。

10

## 【 請求項2 】

前記システムの位置及び速度を突き止めるための位置センサ及び速度センサを更に含み、前記コントローラは、車両本体に対するフライホイール位置、フライホイール速度、フライホイール加速度、ハウジング姿勢及び前記CMG装置に関する寸法を含む前記CMG装置の複数の状態の直接閉ループ制御を実行するようになっている、請求項1記載のシステム。

## 【 請求項3 】

前記CMG装置は、二輪車又は三輪車以上の車両に搭載され、前記CMG装置の姿勢の制御は、

20

車両本体のローリング、ピッチング及びヨーイングの直接制御、  
 安定性制御及び風及び外部物体から前記車両本体に加わる力を含む外乱非干渉、  
 衝突事故の際の安定化、

1本の車両車輪と路面との接触関係が貧弱であり又は全くない準安定状況における姿勢制御、及び

前記車両フレームが完全に宙に浮いている場合における姿勢制御のうちの1つ又は2つ以上を含む、請求項1記載のシステム。

## 【 請求項4 】

前記コントローラは、前記フライホイール駆動モータの開ループ制御を実行するようになっている、請求項1記載のシステム。

30

## 【 請求項5 】

前記CMG装置は、複数個のフライホイールを有し、前記コントローラは、  
 前記フライホイールの回転の独立制御、

回転によって生じるモーメントが打ち消されるようにするフライホイール回転方向制御

、  
 スレーブがマスタの運動と鏡像関係をなすようなマスタ-スレーブ制御、

通常の基準フライホイール位置、速度若しくはトルクに対する閉ループ制御、及び

各フライホイールについての特有の基準フライホイール位置、速度若しくはトルクに対する閉ループ制御のうちの1つ又は2つ以上を更に実行するようになっている、請求項1記載のシステム。

40

## 【 請求項6 】

前記コントローラは、全てのフライホイールの出力としての合力ベクトルの直接閉ループ制御及び力のベクトル化により1本又は2本以上の車両車輪に加わる垂直力の直接閉ループ制御のうちの一方を更に実行するようになっている、請求項5記載のシステム。

## 【 請求項7 】

非一過性コンピュータ可読記憶媒体であって、プロセッサによって実行されると、前記プロセッサが、

車両フレームに結合されていて各々がフライホイールを含む1つ又は2つ以上のジャイロが前記車両フレームの安定化のために及ぼすコントロールモーメント値を決定するステップ、及び

50

前記決定されたコントロールモーメント値を発生させるために前記1つ又は2つ以上のジャイロの前記フライホイールが振動するようにするための入力軸線の本数を増やすステップを含む方法を実施するようにする命令を含む、非一過性コンピュータ可読記憶媒体。  
【請求項8】

前記1つ又は2つ以上のジャイロは、更に、ターンテーブルに結合され、前記フライホイールのための入力軸線の本数を増やすステップは、ターンテーブルを回転させるステップを含む、請求項7記載の非一過性コンピュータ可読記憶媒体。  
【請求項9】

前記1つ又は2つ以上のジャイロは、前記車両フレームにインライン式に結合された2つ又は3つ以上のジャイロを含む、請求項7記載の非一過性コンピュータ可読記憶媒体。  
【請求項10】

前記ジャイロは、長さ方向が前輪及び後輪に対して整列している、請求項9記載の非一過性コンピュータ可読記憶媒体。  
【請求項11】

前記ジャイロの前記フライホイールは、互いに対して逆方向に回転すると共に振動する、請求項10記載の非一過性コンピュータ可読記憶媒体。  
【請求項12】

前記ジャイロは、前記車両の前記フレームに対して幅方向及び前記車両の前記フレームに対して高さ方向のうちの少なくとも一方に関して整列している、請求項9記載の非一過性コンピュータ可読記憶媒体。  
【請求項13】

ジャイロ装置であって、  
1つ又は2つ以上のジンバル及び回転軸線を備えたフライホイールハウジングと、  
第1の媒体を有するフライホイールとを有し、前記フライホイールは、前記回転軸線回りに回転すると共に前記1つ又は2つ以上のジンバルにより振動するように前記ハウジング内に設けられ、前記第1の媒体は、中実且つ成形媒体を含み、前記フライホイールは、安定化構造体を有し、前記安定化構造体は、前記フライホイールがその回転軸線回りに回転すると、前記安定化構造体全体にわたって分布される第2の分布可能な媒体を有し、前記第2の媒体は、流体又はばらばらの粒子状物体を含む、ジャイロ装置。  
【請求項14】

前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記フライホイール内に形成されたリング状チャンバを含む、請求項13記載のジャイロ装置。  
【請求項15】

前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記フライホイールの一区分内に形成されたチャンバを含み、前記第2の媒体は、前記チャンバ内に配置されたカートリッジ内に納められている、請求項13記載のジャイロ装置。  
【請求項16】

前記フライホイールの前記第2の媒体は、ばらばらの粒子状物体の凝集体から成る、請求項13記載のジャイロ装置。  
【請求項17】

前記フライホイールの前記第2の媒体は、粘稠材料から成る、請求項13記載のジャイロ装置。  
【請求項18】

前記フライホイールの前記第1の媒体は、炭素繊維、ケブラー、鋼、黄銅、青銅、鉛及び劣化ウランのうちの少なくとも1つを含む、請求項13記載のジャイロ装置。  
【請求項19】

前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記第2の分布可能な媒体の添加、減少又は交換を可能にするための取り外し可能な頂部を含む、請求項13記載のジャイロ装置。  
【請求項20】

前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記フライホイール内に収納された封止構

10

20

30

40

50

造体を含む、請求項13記載のジャイロ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、一般に、輸送用車両に関し、特に車両安定化システムに関する。

【0002】

【関連出願の説明】

本願は、2012年2月27日に出願された米国特許仮出願第61/603,885号及び2012年2月27日に出願された米国特許仮出願第61/603,886号の優先権主張出願である。

【背景技術】

【0003】

コントロールモーメントジャイロ(CMG)を用いると、角運動量の交換によりトルクを物体(例えば、車両本体又は構造体)内に生じさせてこの物体にこのトルクをかけることができる。CMGは、所与の速度で回転するフライホイールからの角運動量を交換する手法として定義される場合があり、角運動量は、フライホイールを回転中のフライホイールに対して横方向の軸線回りに回動させ又はジンバル支持することによってトルクに変換され、次に関心のある物体の構造体へのCMGシステムの剛性取り付けによりこの関心のある物体に加えられる。CMGの出力トルクは、典型的には、ジャイロ摂動によってフライホイール軸線とジンバル軸線の両方に直交した向きを取り、従ってCMGのフライホイールが直交している場合には有用なトルクが生じない。

【0004】

ジャイロ装置では、フライホイールが継手によって連結されている駆動シャフトによってフライホイールを回転させる。ジャイロトルクは、フライホイールをフライホイール軸線が駆動シャフトの軸線と整列した中央位置回りの2つの自由度で揺動させる傾向がある。フライホイールの製造中における不備により、生じるトルクの正確さが制限される。現行の対策では、ジャイロ装置が正確なレベルのトルクを発生させるためには、フライホイールは、不備があったとしてもこれが僅かであるように機械加工されなければならない、それによりかかるフライホイールを製作するための労力及びコストの量が著しく高騰する。

【発明の概要】

【0005】

本発明の一観点では、システムであって、

コントロールモーメントジャイロ(CMG)装置を含み、CMG装置は、

フライホイールと、

フライホイールを駆動するためのフライホイール駆動モータと、

フライホイール及びフライホイール駆動モータを収容して3つの自由度を有する

ハウジングと、

ハウジングを自由度で別個独立に作動させる1つ又は2つ以上のモータとを有し、

CMG装置の姿勢を制御するようになったコントローラを含むことを特徴とするシステムが提供される。

【0006】

本発明の別の観点では、非一過性コンピュータ可読記憶媒体であって、プロセッサによって実行されると、プロセッサが、

車両フレームに結合されていて各々がフライホイールを含む1つ又は2つ以上のジャイロが車両フレームの安定化のために及ぼすコントロールモーメント値を決定するステップ、及び

決定されたコントロールモーメント値を発生させるために1つ又は2つ以上のジャイロのフライホイールが摂動するようにするための入力軸線の本数を増やすステップを含む方法を実施するようにする命令を含むことを特徴とする非一過性コンピュータ可読記憶媒体が提供される。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

本発明の別の観点によれば、ジャイロ装置であって、

1 つ又は2 つ以上のジンバル及び回転軸線を備えたフライホイールハウジングと、

第1 の媒体を有するフライホイールとを有し、フライホイールは、回転軸線回りに回転すると共に1 つ又は2 つ以上のジンバルにより撓動するようにハウジング内に設けられ、第1 の媒体は、中実且つ成形媒体を含み、フライホイールは、

安定化構造体を有し、安定化構造体は、フライホイールがその回転軸線回りに回転すると、安定化構造体全体にわたって分布される第2 の分布可能な媒体を有し、第2 の媒体は、流体又はばらばらの粒子状物体を含むことを特徴とするジャイロ装置が提供される。

【 0 0 0 8 】

以下の図を参照して本発明の非限定的且つ非網羅的な実施形態について説明し、図中、同一の参照符号は、別段の指定がなければ、種々の図全体にわたって同一の部分を示している。以下の図は、縮尺通りには描かれていない場合があることが理解されるべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図1 A 】 本発明の実施形態としてのジャイロ安定化ユニットの図である。

【 図1 B 】 本発明の実施形態としてのジャイロ安定化ユニットの図である。

【 図2 A 】 本発明の実施形態としての多軸回転ジャイロ及びハウジングの図である。

【 図2 B 】 本発明の実施形態としての多軸回転ジャイロ及びハウジングの図である。

【 図3 】 本発明の実施形態としての1 つ又は2 つ以上の多軸回転ジャイロを制御する制御システムの図である。

【 図4 】 本発明の実施形態としてのシステムコントローラを作動させるコンピュータ処理装置の図である。

【 図5 】 本発明の1 つ又は2 つ以上の実施形態を組み込んだインライン式二輪車を示す図である。

【 図6 A 】 本発明の実施形態としてのコントロールモーメントジャイロユニットを利用した二輪車を示す図である。

【 図6 B 】 本発明の実施形態としてのコントロールモーメントジャイロユニットを利用した二輪車を示す図である。

【 図6 C 】 本発明の実施形態としてのコントロールモーメントジャイロユニットを利用した二輪車を示す図である。

【 図6 D 】 本発明の実施形態としてのコントロールモーメントジャイロユニットを利用した二輪車を示す図である。

【 図6 E 】 本発明の実施形態としてのコントロールモーメントジャイロユニットを利用した二輪車を示す図である。

【 図7 A 】 本発明の実施形態としてのジャイロ安定化ユニットのためのフライホイールを示す図である。

【 図7 B 】 本発明の実施形態としてのジャイロ安定化ユニットのためのフライホイールを示す図である。

【 図8 】 本発明の実施形態としてのフライホイールを含むジャイロ安定化ユニットを示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 0 】

或る特定の細部及び具体化例の説明は、次の通りであり、かかる説明は、以下に説明する実施形態のうちの幾つか又は全てを示しているといえる図の説明並びに本明細書において提供される発明の概念の他の潜在的な実施形態又は具体化例の説明を含む。本発明の実施形態の概観が以下に提供されており、次に図面を参照した詳細な説明が提供される。

【 0 0 1 1 】

本発明の実施形態は、1 つ又は2 つ以上の多軸回転ジャイロ、例えばコントロールモー

10

20

30

40

50

メントジャイロ（CMG）を利用する方法、装置及びシステムに関する。1つ又は2つ以上のジャイロのフライホイールのための振動軸線の本数は、決定されたコントロールモーメント値を生じさせるために増やされる。本発明の実施形態は、二輪車に関する姿勢制御（即ち、ピッチング、ローリング及びヨーイング）を可能にする。

【0012】

ジャイロは、エネルギーを重い回転質量体に貯蔵するために用いられる機械的装置である。エネルギーを特に制御目的でトルクとして引き出す場合、この装置をCMGと言う。作用上、CMGは、トルクを1本の軸線に入力して垂直軸線に加わる対応のトルクを生じさせることによって姿勢制御のために用いられる。本発明の実施形態は、3つの自由度（ローリング、ピッチング及びヨーイング）を備えた1つ又は2つ以上のジャイロの使用を例えば二輪車又は三輪車以上の車両の姿勢制御のために可能にする。

10

【0013】

以下の説明において、実施形態の完全な理解を提供するために多くの特定の細部について説明する。しかしながら、当業者であれば認識されるように、本明細書において説明する技術は、特定の細部のうちの1つ又は2つ以上を用いなくても又は他の方法、コンポーネント、材料等を用いて実施できる。他の場合、或る特定の観点をぼかすことがないよう周知の構造体、材料又は作用については図示しておらず又は詳細には説明していない。

【0014】

図1A及び図1Bは、本発明の実施形態としてのジャイロ安定化ユニットの図である。本発明の実施形態では、車両は、種々の運転条件の際に、例えば、休息時、低速度時及び曲がり角走行時に車両の安定性を向上させるためにジャイロ安定化ユニットを利用している。

20

【0015】

図1Aは、フライホイール102と、フライホイールに結合されたフライホイール電動発電機（モータ-発電機）104と、電動発電機に結合されたジンバル106と、駆動部分112（ジンバル106に結合可能である）及びフレーム部分114（ジャイロ組立体を含む車両に結合可能である）を備えた振動モータ110とを含むジャイロ組立体100を示している。この実施形態では、モータ発電機フレーム部分114は、取り付けブラケット108を介して車両に結合され、取り付けブラケット108は、車両フレームに固定的に取り付けられている。

30

【0016】

フライホイール102は、底部120及び頂部122を備えたジャイロハウジング内に収納され、底部120と頂部122は、この実施形態では、ねじ部品124及び位置合わせピン126を用いて組み立てられている。ジャイロハウジング頂部122は、車両100のための安定性を維持することができる逆トルクを発生させるようジャイロ組立体を振動させるために振動軸線となるジンバル106及びフライホイール102を支持する軸受又は支承ハウジング128を有するものとして示されている。電動発電機取り付けボルト130及びフライホイール取り付けボルト132がフライホイール電動発電機104とフライホイール102とジャイロハウジングを互いに結合するために設けられている。この実施形態では、フライホイール102とフライホイール電動発電機104の両方は、保守及び保護を容易にするためにジャイロ上側ハウジング部分120及び下側ハウジング部分122内に収納されている。ジャイロスタビライザ100は、理論的には、これが振動モータ（例えば、モータ110）の逆トルクを車両フレームに伝達するために車両フレームに結合できる限り、車両上のどこか他の場所に配置されても良い。例えば、ジャイロスタビライザ100は、標準条件において車両のほぼ予想される上下及び前後の重心（“CG”）のところに配置可能である。

40

【0017】

図1Bは、フライホイール152、フライホイールハウジング154及びフライホイールモータ156を含むジャイロ組立体150を示している。以下に説明するように、本発明の実施形態では、車両安定化制御回路（又は変形例として、論理、モジュール又はこれ

50

ら手段の組み合わせ)は、車両フレームの安定化のために車両フレームに結合された1つ又は2つ以上のジャイロが及ぼすコントロールモーメント値を決定することができる。決定されたコントロールモーメント値を発生させるために、1つ又は2つ以上のジャイロのフライホイールが振動するための入力軸線の本数を調節することができる(例えば、増やすことができる)。

[0018]

図2A及び図2Bは、本発明の実施形態としての多軸回転ジャイロの図である。この実施形態では、ジャイロ200、210は、それぞれ、振動軸線202、212を有するものとして示されている。ジャイロのフライホイールのどれかが表面に垂直である(即ち、直交している)場合、フライホイールは、もはや有用なトルクを発生させない。換言すると、車両安定化プロセス中、フライホイールは、その振動軸線を動かし、その結果、振動軸線が経時的に変化し、フライホイールが多すぎるほど振動しなければならない場合、フライホイールは、有用なトルクを生じさせることができない。

[0019]

本発明の実施形態は、それぞれ軸線204及び軸線214として示されているジャイロ200、210の回転軸線を回転させることによって所与の制御運動を生じさせるよう入力軸線の本数を増やす。したがって、ジャイロ200、210が二輪車に用いられた場合、3つの自由度が得られる。

[0020]

各ジャイロのフライホイールに対する制御の2本以上の軸線を利用することによって、車両の向きの制御の追加のレベルを達成することができる。制御された1つの自由度は、車両のローリング軸線及びフライホイールの回転軸線に対する相互直交軸線に整列すると、車両のローリングを制御することができる。追加の自由度は、別の回転軸線に対する制御を可能にする。

[0021]

この実施形態では、ジャイロ200、210は、更にターンテーブル220に結合されており、フライホイールのための入力軸線の本数を増やすことは、更に、ターンテーブルを回転させることを更に含む。例えば、ジャイロ200、210は、車両フレームにインライン式に結合された(例えば、互いに逆方向に回転すると共に振動するよう長さ方向が前輪及び後輪に対して整列した)ジャイロから成るのが良い。ターンテーブル220は、これらジャイロの整列状態を変えてこれらの整列状態を幅方向が車両のフレームに対して整列した状態及び高さ方向が車両のフレームに対して整列した状態等に向かって動かすことができる。図2Bに示されているように、ジャイロ組立体及びターンテーブルは、CMGハウジング250内に収納されるのが良い。この図に示されているように、ハウジングは、以下に説明するようにCMGの位置、速度又はトルク入力若しくは出力を制御するために用いられる位置/速度センサ252を更に有するのが良い。

[0022]

車両安定化ユニットがフライホイール回転軸線に平行な軸線(図2Aに軸線222として示されている)回りの追加の制御された自由度を有することができるようにすることにより、フライホイールが既に直交している極端な場合における車両のチルトに対する追加の制御の実現が可能である。フライホイールが垂直な向きにある状態でのローリング軸線回りの制御された自由度は又、車両のピッチングに対する制御を可能にする。これにより、車両の前輪及び後輪のところで得られるトラクションのレベルに対する制御が可能である。これは、一方の車輪がトラクションを失った状況において特に有用であり、図2のジャイロシステムは、この車輪が再びトラクションを得るのを助けるようこの車輪上の重量をシフトさせることができる。また、本発明の実施形態は、制動能力を最大にするよう等しい重量分布状態を維持するために制動の際に車両の再釣り合わせを実現することができる。

[0023]

図3は、本発明の実施形態としての1つ又は2つ以上の多軸回転ジャイロを制御する制

10

20

30

40

50

御システムの図である。図3に示されているように、システムモジュールが車両及びそのコンポーネントの種々の状態を判定するよう車両センサからの情報を受け取ることができる。この実施例では、図3は、車両のジャイロの状態を判定するジャイロ状態モジュール300、車両の状態を判定する車両状態モジュール310、車両のジャイロを制御するジャイロ制御モジュール320及び車両の他の観点を制御する車両補正モジュール330を示している。説明目的で別個のモジュールとして示されているが、モジュール300、310、320、330は、実際には、これよりも少ない又はこれよりも多い数のモジュールを含む場合があり、モジュールに代えて、本発明の実施形態は、これら手段の回路、論理又は任意の組み合わせから成っていても良いことが理解されるべきである。

【0024】

10

ジャイロ状態モジュール300は、車両のジャイロのセンサからのセンサデータ302、例えば、車両の各フライホイールに結合されたフライホイールセンサからのデータを受け取るよう示されている。フライホイールセンサは、車両フレームに対するフライホイールチルト角度、フライホイールチルト速度（即ち、摂動モータがフライホイールをその摂動軸線回りに回転させている回転速度）及びディスク速度（即ち、フライホイールディスクのその回転軸線回りの回転速度）を含む重要な測定値を示す信号を生じさせる。センサデータ302は、ジャイロの現在の摂動軸線を示すデータを更に含むのが良い。ジャイロ状態モジュール300は、ジャイロ状態データ304として示されているジャイロスタビライザにより車両に及ぼされるモーメントの実際の瞬時大きさ及び方向を求めるためにこの情報を使用するのが良い。

20

【0025】

車両状態モジュール310は、センサデータ312を受け取るよう示されており、センサデータ312は、車両の状態に対するセンサデータを含むのが良く、車両状態としては、その慣性状態、絶対状態が挙げられる。車両の慣性状態は、車両の回転加速度、直線加速度、速度及び位置を指示するのが良く、車両の絶対状態は、車両のチルト角度方向及び大きさ並びに電子コンパス及びGPS受信機を含むセンサにより提供される車両の移動方向、路面上における速度及び絶対地理学的位置を指示することができる。センサデータ312は、駆動輪速度（即ち、駆動輪の各々の回転速度）、ブレーキ状態（即ち、車両駆動輪の回転速度の減少率）、加速度計及びブレーキによる車両に対するユーザ入力、及び車両のステアリングユニットによる車両の順序づけられた方向転換又は旋回半径等を指示するデータを更に含むのが良い。車両状態モジュール310は、車両状態データ314を生じさせる。

30

【0026】

車両補正モジュール330は、車両状態データ314を用いて、現在の状態について車両の適正なチルト角を求め、これを車両の現在のチルト角として（車両の姿勢の観点、例えばローリング運動を含む）と比較して車両がチルトエラー状態（即ち、車両の現在又は意図した状態が所与である場合に、不安定状態）にあるかどうかを判定する。ジャイロ制御モジュール320は、ジャイロデータ304を用い、車両モジュール330と関連して働いて車両のジャイロの動作状態、例えば、フライホイール速度、摂動角度、フライホイールの摂動軸線に対する増減を変更して車両を安定化させ又は車両を所望のチルト範囲内に維持するのに十分な逆トルクを生じさせる。

40

【0027】

図4は、本発明の実施形態としてのシステムコントローラを実行するコンピュータ計算装置の図である。図示のシステム400は、本明細書で説明するように車両内に搭載される任意のコンピュータ計算装置であって良い。図示のように、システム400は、情報のやりとりをするバス通信手段418及び情報を処理するためにバス418に結合されたプロセッサ410を含む。このシステムは、バス418に結合されていて情報及びプロセッサ410によって実行されるべき命令を記憶する揮発性記憶装置412（別の表現として、本明細書では主メモリと呼ばれる）を更に含む。主メモリ412は又、プロセッサ410による命令の実行中、一時的変数又は他の中間情報を記憶するのにも使用できる。シス

50



テムは、バス418に結合されていてプロセッサ410のための静的情報及び命令を記憶する静的記憶装置416及びデータ格納装置414、例えば磁気ディスク又は光ディスク及びその対応のディスクドライブを更に含む。データ格納装置414は、情報及び命令を記憶するためにバス418に結合されている。

[0028]

システムは、更に、バス426を介してバス418に結合されていてコンピュータユーザに対する情報を表示するディスプレイ装置420、例えば陰極線管(CRT)又は液晶ディスプレイ(LCD)に結合されるのが良い。I/O装置422も又、情報及び指令選択(例えば、英数字データ及び/又はカーソル制御情報)をプロセッサ410に伝達するためにバス426を介してバス418に結合されるのが良い。

[0029]

オプションとしてコンピュータシステム400に結合されるのが良い別の装置は、ネットワークにアクセスするための通信装置424である。通信装置424としては、多くの市販のネットワーク周辺装置のうちの任意のもの、例えば、Ethernet(登録商標)、トークンリング(token ring)、Internet(登録商標)又はワイドエリアネットワーク(wide area network)への結合のために用いられる周辺装置が挙げられる。通信装置424は、更に、ナルモデム接続手段又はコンピュータシステム400と他の装置との間に接続性をもたらす任意他の機構であっても良い。図4に示されたこのシステムのコンポーネントのうちの幾つか又は全て及び関連ハードウェアは、本発明の種々の実施形態で使用できることに注目されたい。

[0030]

当業者であれば理解されるように、システムの任意の形態を特定の具体化例に従って種々の目的のために使用できる。本発明の制御論理又はソフトウェア具体化実施形態を主メモリ412、大容量記憶装置414又はプロセッサ410に局所的に又は遠隔的に接近可能な他の記憶媒体中に記憶可能である。

[0031]

通信装置424は、システム400が外部装置と通信することができるようにするためのハードウェア装置(例えば、ワイヤレス及び/又はワイヤードコネクタ並びに通信ハードウェア)及びソフトウェアコンポーネント(例えば、ドライバ、プロトコルスタック)を含むのが良い。通信装置は、別個の装置であって良く、例えば、他のコンピュータ計算装置、ワイヤレスアクセスポイント又は基地局並びに周辺装置、例えばヘッドセット、プリンタ又は他の装置である。

[0032]

通信装置424は、多種多様な形式の接続性又は接続方式、例えばセルラー接続性及びワイヤレス接続性の実現を可能にすることができる。セルラー接続性は一般に、ワイヤレスキャリアにより提供され、例えばGSM(登録商標)(移動通信用のグローバルシステム)又は変形例若しくは派生手段、CDMA(符号分割多元接続)又は変形例若しくは派生手段、TDM(時分割多重化)又は変形例若しくは派生手段、或いは他のセルラーサービス規格により提供されるセルラーネットワーク接続性を意味している。ワイヤレス接続性は、セルラーではないワイヤレス接続性を意味し、かかるワイヤレス接続性としては、パーソナルエリアネットワーク(例えば、Bluetooth(登録商標))、ローカルエリアネットワーク(例えば、WiFi及び/又はワイドエリアネットワーク(例えば、WiMax)又は他のワイヤレス通信が挙げられる。

[0033]

当業者には明らかなように、本明細書において説明するシステム、方法及びプロセスは、主メモリ412又は読み取り専用記憶装置416に記憶されていて、プロセッサ410によって実行されるソフトウェアとして具体化できる。この制御論理又はソフトウェアは又、コンピュータ可読プログラムコードが組み込まれたコンピュータ可読媒体を含む製造業者の物品上に常駐しても良く、そしてプロセッサ410が本明細書に記載した方法及び教示に従って動作するようにするために大量記憶装置414上で読み取り可能であるのが

10

20

30

40

50

良い。

【 0 0 3 4 】

図5は、本発明の1つ又は2つ以上の実施形態を組み込んだインライン式二輪車を示している。この実施形態では、車両500は、車両フレーム502を有し、第1の駆動輪510及び第2の駆動輪520を更に有している。

この実施形態では、ジャイロ安定化ユニット又はジャイロスタビライザ530が車両フレーム502を介して車両500に結合されている。ジャイロスタビライザ530は、フライホイール532、534を含む第1及び第2のジャイロ組立体を有するのが良く、フライホイールは、サイズ及び材料組成が異なっても良く、或いは実質的に同一であっても良い。

【 0 0 3 5 】

ジャイロスタビライザ530は、各ジャイロのフライホイールに対する2本以上の制御軸線を利用することによって車両の向きの追加の制御レベルを達成することができる。制御された1つの自由度は、車両のローリング軸線及びフライホイールの回転軸線に対する相互直交軸線の状態で整列すると、車両のローリングを制御することができる。追加の自由度は、別の回転軸線に対する制御を可能にする。

【 0 0 3 6 】

幾つかの実施形態では、ジャイロスタビライザ530は、フライホイールのための入力軸線の本数を増やすために回転可能なターンテーブルを更に有する。例えば、フライホイール532、534は、車両フレームにインライン式に結合されている(例えば長さ方向が前輪510及び後輪520に対して整列している)ものとして示されている。ターンテーブルは、これらジャイロの整列状態を変えてこれらの整列状態を幅方向が車両のフレームに対して整列すると共に高さ方向が車両のフレームに対して整列した状態等に向かって動かすことができる。

【 0 0 3 7 】

図6A～図6Eは、本発明の実施形態としてのコントロールモーメントジャイロユニットを利用した二輪車を示している。この実施形態では、車両600は、1つ又は2つ以上のCMG(CMG602として示されている)を利用した二輪車式のものであるように図6Aでは示されており、各CMGは、フライホイール、フライホイール駆動モータ、3つの自由度(即ち、ローリング、ピッチング、ヨーイング)を有するハウジング及びハウジング及びそれ故にフライホイールを各々別個独立にローリング状態、ピッチング状態及びヨーイング状態に作動させる1つ又は2つ以上のモータを有する。

【 0 0 3 8 】

本発明の実施形態は、CMGの全ての状態、即ち、フライホイール位置、フライホイール速度、フライホイール加速度、ケージ姿勢(即ち、ローリング、ピッチング、ヨーイング)及び車両600の車体に対する全ての寸法の直接閉ループ制御のための位置及び速度センサの利用に関する。二輪車又は三輪車以上の車両の姿勢制御のために用いられる場合、かかる姿勢制御は、以下のもの、即ち、車両本体のローリング、ピッチング及びヨーイングの直接制御、安定性制御及び風及び外部物体から車両本体に加わる力を含む外乱非干渉、衝突事故の際の安定化、1本の車両車輪と路面との接触関係が貧弱であり又は全くない準安定状況における姿勢制御、及び車両フレームが完全に宙に浮いている場合における姿勢制御のうちの任意のもの又は全てを含むことができる。当然のことながら、二輪車又は三輪車以上の車両の姿勢制御は、説明していない他の方式を含む場合がある。

【 0 0 3 9 】

本発明の幾つかの実施形態では、フライホイール回転の制御は、位置、速度、加速度又はトルクの直接制御(例えば、フライホイールモータの開ループ制御、状態センサによるフライホイールモータの閉ループフィードバック制御)CMGの姿勢の(即ち、ローリング、ピッチング、ヨーイング)の直接制御(例えば、CMGの姿勢の開ループ制御、CMGの位置、速度又はトルク入力若しくはトルク出力の閉ループフィードバック制御)を含むのが良い。

10

20

30

40

50

[ 0 0 4 0 ]

幾つかの実施形態では、1 つ又は2 つ以上のCMGのフライホイール回転の制御は、以下のもの、即ち、全てのCMGの回転の独立制御、回転によって生じるモーメントが打ち消されるようにするフライホイール回転方向制御、スレーブがマスタの運動と鏡像関係をなすようなマスタ-スレーブ制御、通常の基準フライホイール位置、速度若しくはトルクに対する閉ループ制御、及び各フライホイールについての特有の基準フライホイール位置、速度若しくはトルクに対する閉ループ制御のうちの任意のもの又は全てを含む。

[ 0 0 4 1 ]

さらに、本発明の実施形態は、全てのCMGの合力としての出力力のベクトルの直接閉ループ制御又は1 つ又は2 つ以上のCMGの力のベクトル化による各タイヤに加わる垂直力の直接閉ループ制御によって1 つ又は2 つ以上のCMGを制御することができる。

[ 0 0 4 2 ]

本明細書において説明するように、直接姿勢制御は、車両がその動作範囲全体を通じて安定化されるように力ベクトルの明確な仕様を示唆している。動作は、次の状態、即ち、直線高速道路運転、停車と方向転換を頻繁に行う低速での局所的な運転、風及び他の車両からの外乱の存在がある状態での運転、低速コーナリング、高速コーナリング、外乱のある状態でのコーナリング及び急な上り坂又は下り坂上でのコーナリングを含むコーナリングのうちの任意のものから成る場合がある。図6Bは、車両600がコーナリング軌道を取っている(車両状態600(1)~600(3))で示されている)ときの直交力ベクトルにおける変化の例を含むコーナリング動作における直接的姿勢制御を示している。

[ 0 0 4 3 ]

本発明の実施形態は、更に、1本又は2本以上の車輪が路面から離れる際の準安定状態(図6Cに示されている)における直接姿勢制御に関する。動作は、以下の追加の状態、即ち、全ての車輪が地面から離れると共に車両の姿勢が安全な着地のために十分に制御されるべき完全に宙に浮いた状態(図6Dに示されている)及び標準車両では可能ではないダイナミックな路面上操縦、例えば制御度の低いバーンアウト及び後輪走行のうちの任意のものから成る場合がある。

[ 0 0 4 4 ]

標準の運転状態並びにダイナミックな操縦状態における安定性を提供することに加えて、本発明の実施形態としての上述のCMGは、静的に不安定な車両の横臥操作に利用できる。二輪モータサイクルのような形態は、釣り合いのためにCMGを用いないで例えば自動車内で横臥着座位置から操作することが困難である。加うるに、CMGは、他の車両との衝突を含む状態で衝突による損傷を軽減するのに必要であり且つ有用である。最後に、一輪車又は空中操縦の場合、CMGは、車両の安全な着地を保證するのに必要である。

[ 0 0 4 5 ]

ジャイロは、以下の運動方程式、即ち、 $x = l_0(-2 \sin \theta \cos \theta) + l \sin \theta (\cos \theta +)$ ;  $y = l_0(\sin \theta + 2 \cos \theta) - l (\cos \theta +)$ ;  $z = l (+ \cos \theta - \sin \theta)$ によって定められる。

[ 0 0 4 6 ]

かかる運動方程式は、入力オイラー速度、即ちピッチング(シータ)速度、ローリング(プサイ)速度及びヨーイング(ファイ)速度の結果としてx軸、y軸及びz軸回りの出力トルクを説明している。z軸( $l$ )並びにx軸及びy軸( $l_0$ )回りの慣性モーメントは、ジャイロの幾何学的形状、サイズ及び重量と出力トルクの間をコード化する物理パラメータである。定常振動の特別の場合においては、ジャイロは、ピッチング運動で動き、その結果として、x軸回りのトルクが生じる。3つ全ての軸を3つ全ての軸回りのトルクを同時に発生させるために作動させることができ(ローリング運動、ピッチング運動及びヨーイング運動)、その結果、三次元の完全に特定できる力ベクトルが得られる。

[ 0 0 4 7 ]

上述したように、CMGのフライホイールは、組立体をローリング、ピッチング及びヨーイングで作動させることができるケージ内に収納されている。図6Eに示されているよ

うに車両又はCMGに関する状態情報が利用されない状態で開ループ制御が可能である。車両とCMGの両方への姿勢センサの追加により、完全状態フィードバック制御が可能である。制御システムは、流れ図610で示されているように稼働することができ、車両及びジャイロの状態(位置及び向き)は、センサ612によって求められ、センサ信号は、搭載型コンピュータ614上に具体化された制御システムに送られ、アルゴリズムが全てのCMG角度、速度又はトルク616を決定し、その結果、安定性基準が満たされるようになる(618)。

[0048]

本発明の実施形態は、更に、動的に釣り合いが取られるフライホイールを有する1つ又は2つ以上のジャイロを利用する方法、装置及びシステムに関する。フライホイールは、2つの媒体、即ち、中実且つ成形媒体を含む第1の媒体及びフライホイールがその回転軸線回りに回転しているときにフライホイール全体にわたって分布される粘稠材料(例えば、流体)又はばらばらの粒子状物体(「粒状媒体」という場合がある)を含む第2の媒体で構成される。

[0049]

上述したように、本発明の実施形態では、フライホイール、例えば図1A/図1Bのフライホイール102/152は、2つの媒体、即ち、中実且つ成形媒体を含む第1の媒体及びフライホイールがその回転軸線回りに回転しているときにフライホイール全体にわたって分布される流体又はばらばらの粒子状物体を含む第2の媒体で構成されるのが良い。

[0050]

図7A及び図7Bは、本発明の実施形態としてのジャイロ安定化ユニットのためのフライホイールを示している。この実施形態では、フライホイール700は、中実材料、例えば炭素繊維、ケブラー、鋼、黄銅、青銅、鉛、劣化ウラン及び任意他の機能的に均等な材料で作られた本体702を含む。少なくとも部分的に分布可能な材料710で満たされたリング構造体704として示された安定化構造体がこの本体内に位置している。この実施形態では、材料710は、本体702とほぼ同じ材料で形成された複数個の中実ビーズを有するものとして示され、他の実施形態では、この材料は、フライホイール700内で分布可能な任意の流体又はばらばらの粒状媒体から成るのが良い。

[0051]

この実施形態では、フライホイール700内に配置された材料710は、フライホイールの動作中に生じる振動(フライホイール内の非一様性によって引き起こされる振動を含む)をなくし、吸収すると共に/或いは減衰させる。かくして、本発明の実施形態では、フライホイールは、先行技術の不備と比較して大きな度合いの不備を持って機械加工されても良く、かかるフライホイールは、次の動作及び使用中に不備が生じた場合であっても機能し続けることができる。

[0052]

フライホイール700は、材料710を受け入れるためのリング構造体704を有するものとして示されている。図7Bにフライホイール700の断面図で示されているように、リング構造体704は、フライホイール全体にわたって一様な構造体から成る。他の実施形態では、フライホイールは、流体又はばらばらの粒状媒質を受け入れるための少なくとも1つの内部チャンバを備えたカートリッジを有するのが良い。加うるに、幾つかの実施形態では、フライホイールの一様な回転を促進するための釣り合い重りを更に利用するのが良い。

[0053]

フライホイール700は、リング構造体704を包囲する構造体706、708を更に利用するものとして示されている。かくして、リング構造体内の材料を追加し、減少させ又は交換することができる。他の実施形態では、フライホイールの安定化構造体を封止し、安定化構造体内の材料を追加することができず、減少させることができず又は交換することができない。

[0054]

10

20

30

40

50

図8は、本発明の実施形態としてのフライホイールを含むジャイロ安定化ユニットを示している。この実施形態では、ジャイロ安定化ユニット800は、頂部802、フライホイール電動発電機804、フライホイール810、底部806及びジャイロ安定化ユニットを車両に取り付けるための取り付け機構体808を含むものとして示されている。

[0055]

フライホイール810は、中実且つ成形材料で形成された本体812、分布可能な材料820で満たされたリング構造体814として示された安定化構造体及びリング構造体を密閉するコンポーネント816、818を有するものとして示されている。フライホイール810の安定化構造体は、上述したようにフライホイールの作動中の振動をなくし、吸収すると共に／或いは減衰させる。さらに、かかる安定化構造体の使用により、フライホイールは、先行技術の手段と比較してより正確な大きさのトルクを発生させることができる。

[0056]

かくして、本発明の実施形態は、二輪車、例えば図5の車両500を含むことができ、この場合、ジャイロスタビライザ530は、フライホイール532、534を収容した第1及び第2のジャイロ組立体を有するのが良く、フライホイール532、534は各々、上述の本発明の実施形態のフライホイール、即ち、第1の中実且つ成形媒体で構成されていて且つフライホイールが回転軸線回りに回転すると構造体全体にわたって分布される第2の分布可能な媒体（例えば、中実粒子状物体又は粘稠材料、例えば液体材料）を収容した安定化構造体を含むフライホイールと一致するのが良い。

[0057]

フライホイールの振動を用いて逆トルクを発生させることによって二輪車を直立状態に維持するようジャイロを使用する基本的概念は、公知である（本明細書ではジャイロ安定化二輪車について説明しているが、ジャイロ安定化原理は又、狭いトラック幅を有する車両であればどのような車両にも使用することができ、その結果、ジャイロ安定化は、車両を安定化し又は安定性を提供する際にサスペンションシステムを強化するよう使用されるが、かかるシステムは、種々の理由で普及してはならず、かかる理由としては、正確且つ予測可能な量のトルクを発生させるためにジャイロ安定化ユニットのフライホイールに高い精度が必要とされることが挙げられる。フライホイール432、434の各々が正確な大きさのトルクを発生させるためには、フライホイールは各々、フライホイールが回転軸線回りに回転しているときにリング全体にわたって分布されるべき分布可能な媒体を収容した安定化構造体を有するのが良い。幾つかの実施形態では、安定化構造体は、フライホイール内に形成されたリング状チャンバから成る。安定化構造体内に収納される媒体は、中実材料又は粘稠材料（例えば、液体材料又は釣り合いが得られた後では液体のままでも良い他の材料）から成るのが良い。

[0058]

これらの作用を規定する基本式は公知であり、方程式で書き表される。フライホイールディスクの慣性モーメント（I）は、

$$I = \frac{1}{4} * m * r^2$$

で与えられ、mはディスクの質量、rは半径である。車重及び重心（CG）が所与であるとすれば、ジャイロスタビライザのフライホイールは、車両の垂直安定性を停車の際に無制限に制御することができるようなサイズに設定されるのが良い。上述の安定化構造体の設計及び具体化を含むフライホイールの半径、質量、幾何学的形状及び構造は、車両フレーム内に嵌まり込むことができるコンパクトなサイズを維持すると共に依然として有効慣性モーメントIを提供できるよう選択されるのが良い。

[0059]

フライホイールを回転させると、それによりフライホイールの分布可能な媒体をフライホイール全体にわたって均等に分布させる。回転中のフライホイールをフライホイールの回転軸線に垂直な軸線回りに振動させると、回転軸線と振動軸線の両方に垂直な逆トルクが生じることになる。ジンバル式フライホイール組立体の有効逆トルク $\tau$ は、次式、即ち

10

20

30

40

50

、 $\tau = I_{disk} \cdot \omega_{disk} \cdot \omega_{axis}$ で与えられる。フライホイールの回転速度は、車両を安定化させるのに利用可能な有効トルク量において大きな役割を果たす。選択されたフライホイール質量及び幾何学的形状についての支配方程式における最適な制御可能な変数の1つとして、フライホイールの回転速度を制御し、車両の変化する静的負荷及び負荷分布、及びその結果としてジャイロスタビライザの修正能力を補正することができる。

[ 0 0 6 0 ]

車両の制御で使用される追加の変数として以下が挙げられる。

$\theta_{vehicle}$ は、ラジアン単位で測定した車両の左右方向のチルトである。

$V_{vehicle}$ は、メートル/秒単位で測定した道路走行中の車速である。

$\omega_{disk}$ は、ラジアン/秒単位で測定したフライホイールの回転速度である。

$\phi_{axis}$ は、ラジアン単位で測定したフライホイールのチルトである。

$\omega_{axis}$ は、ラジアン/秒単位で測定したフライホイールの傾斜の回転速度である。

$\theta_{steering}$ は、ラジアン単位で測定した操舵入力である。

[ 0 0 6 1 ]

入力 $\theta_{vehicle}$ 、 $V_{vehicle}$ 、 $\omega_{Flywheel}$ 、 $\omega_{axis}$ 、 $\phi_{axis}$ 、及び $\theta_{steering}$ を用いると、 $\omega_{axis}$ を変化させることにより $\theta_{vehicle}$ を制御することができ、 $\omega_{axis}$ は $\theta_{vehicle}$ に対する変化に対向又は増大させるように $\phi_{axis}$ に垂直なトルクを出力する。 $\phi_{axis}$ が $90^\circ$ 又は $\pi/2$ ラジアンに近づくと、トルク出力は $\phi_{axis}$ に垂直であるので、 $\theta_{vehicle}$ の変化の際のジャイロの有効性が低下する。 $\omega_{axis}$ を作動させることによる $\phi_{axis}$ 及び $\theta_{vehicle}$ の制御は、大小のループ制御又は状態空間を含む最新の制御システムを用いることにより達成することができる。そのため、2つの出力 $\phi_{axis}$ 及び $\theta_{vehicle}$ は、 $\theta_{vehicle}$ の安定の確保を優先して同時に考慮することができる。

[ 0 0 6 2 ]

フライホイールの幾何学的形状及び材料(並びにジャイロシステムの補正能力を一段と決定付ける振動モータのサイズ)は、変数、例えば、車重及び予想荷重条件での重心、最大車速、最大変向(方向転換)速度及び予想環境条件(例えば、横風、道路勾配の変動等)で決まる場合がある。一実施形態では、ジャイロ組立体の物理的サイズ及び質量は、包装及び効率化の目的で可能な限り小さいものであるのが良い。本発明の実施形態は更に、伝統的な自動車又はトラックよりも実質的に幅の狭い二輪車で利用でき、かかる二輪車は、ターサイクルの法律に従う。フライホイールの質量、即ち、フライホイールの中実部分、フライホイールの安定化構造体及び安定化媒体(即ち、上述の分布可能な媒体)は、所望の速度範囲内で回転しているとき、単一のフライホイールが長い長期間にわたり車両全体及びその内容物の不安定状態を補正できるように選択される。フライホイール材料の選択は、主として、材料密度( $\delta$ )と材料強度と4エネルギー貯蔵能力と全重量との間のトレードオフの関係によって決定される。エネルギー貯蔵( $E$ )は、方程式

$$E_{disk} = \frac{1}{2} * I_{disk} * \omega_{disk}^2$$

により、慣性モーメント及び速度の二乗に関係付けられる。高密度の材料は、全体として小型の全体的パッケージを可能にするが、フライホイールの質量が大きくなると、大きな駆動モータが必要となり、それ故、重量及びスペースに関する要件が厳しくなる。

[ 0 0 6 3 ]

加うるに、大きな質量のフライホイールは、加速度要求に対する応答性が低い(すなわち、所与の速度まで回転するのにより時間がかかる)か、所与の時間内でフライホイールを加速するためには遙かに大きな駆動モータを必要とするかのいずれである場合がある。フライホイールの質量は、車両の効率を向上させるよう最適化することができ、ジャイロ質量を最小限にすることにより車両の全体質量を小さく維持することが可能になり、このことは、車両運転時のエネルギー消費量が少ないことを意味する。一実施形態手は、フライホイール材料は、その重量に対して高い引張り強さを求めて選択されたカーボンファイ

パー又はケブラー（Kevlar）であり、高い回転速度（すなわち、10,000rpmを上回る）及び応答性のよい加速を可能にする。鋼、真鍮、青銅、鉛及び劣化ウランなどの高密度材料も又使用できるが、これらの材料の引張り強さは、高回転速度を可能にせず、フライホイールのサイズ及び質量を最小限にする上でその実用性が制限される点は理解される。

[0064]

ディスクの幾何学的形状に基づいて、慣性モーメントは、

$$\frac{1}{4} * m_{disk} * r_{disk}^2$$

10

から

$$\frac{1}{2} * m_{disk} * r_{disk}^2$$

までの範囲にわたるのが良い。振動しているジャイロにより出力されるトルク量は、 $\tau = I_{disk} \cdot \omega_{disk} \cdot \omega_{axis}$ で与えられるので、他の入力を一定に保持した状態で $I_{disk}$ を増大させることは、 $\tau$ がより大きくなることを意味する。従って、 $\tau$ は、車両を使用可能で且つ効率的に維持するために所与のサイズ及び重量制約において最大にすることができる。しかしながら、 $I_{disk}$ が増大すると、ジャイロを回転させるモータは許容可能な時間量で所望の $\omega_{disk}$ を達成するために更に強力にする必要があるので、 $I_{disk}$ と $\omega_{disk}$ は互いに関連性がある。

20

[0065]

ジャイロ組立体のX方向の出力トルク（ $\tau$ ）は又、ジャイロの角度位置（ $\phi_{axis}$ ）に依存する。出力トルク（ $\tau$ ）は、ジャイロの回転が垂直方向下向き又は上向きにされたときに最大となる。 $\omega_{axis}$ が増大すると、ジャイロディスクの回転方向は、垂直方向に向かって又は垂直方向から遠ざかって迅速に動く。車両が長期間にわたって安定化される必要がある場合、 $\omega_{axis}$ を最小限に抑えて許容可能な出力トルク（ $\tau$ ）が生成される時間量を最大にするのが良い。

[0066]

30

車両が停止しつつあり、低い前進速度（従って、低い車輪回転速度）を有する場合、車両の傾きにより加わる前方方向のトルクは、方程式 $M_x = r \cdot f \cdot \sin(\theta_{vehicle})$ によって書き表され、この式中、 $r$ は、車両の重心の高さであり、 $f$ は、車両に作用する重力、 $\theta_{vehicle}$ は、垂直からの傾き量である。フライホイールの振動により加わるモーメントは、方程式 $M_x = I_{disk} \cdot \omega_{disk} \cdot \omega_{axis} \cdot \sin(\theta_{diskaxis})$ で書き表される。低速で移動している公称500kgの車両では、重心が地上0.75mで垂直方向から30°傾いた車両により加わるモーメントは1131N-mである。従って、車両を安定に保つために1131N-mの逆トルクが必要であるが、車両を直立状態で移動させるには、過剰な逆トルクが必要となる可能性がある。当該傾き運動を打ち消すためには、ジャイロスタビライザフライホイールを振動させることによりモーメント $M_x$ を導入することが必要となる可能性がある。複数のフライホイールが利用される場合には、これらのモーメントは、加算される。

40

[0067]

30°の傾きは、安定性システムの故障に関与していない現実世界における状況で対処される以上のものであり、従って、軸線が垂直に向いた状態で1570rad/sで回転すると共に10.47rad/sで振動する半径0.15m及び慣性モーメント0.070kg-m-mのほぼ7kgのフライホイールディスクは、1295N-mのモーメントを及ぼすはずである。一実施形態では、互いに逆方向に回転し且つ互いに逆方向に振動する2つの同一のフライホイールが使用され、その結果、モーメントは同じ方向に作用するが、2つのフライホイールのヨーイングモーメント $M_z$ は、合わせるとゼロに等しい。フ

50

ライホイールの構造、即ち、フライホイールの中実部分、フライホイールの安定化構造体及び安定化媒体は、一方のフライホイールの故障の場合、残りのフライホイールが大抵の状況において車両を安定化することができるよう設計されているのが良い。したがって、上述の状況下における公称500kgの車両に関し、これが1131N・mのローリングモーメントを有する場合、2つのフライホイールは、2590N・mの逆トルクを生じさせ、これは、車両の傾きを維持し又は補正するのに十分であり、一方のフライホイールの部分故障時、残りのフライホイールは、車両を安全な状態にするよう車両を制御するのに十分な補正モーメントを提供することができる。フライホイールは、同じサイズのものであってれ良く異なるサイズのものであっても良い。

[0068]

10

かくして、少なくとも上記の説明及び以下の図の記載に照らして、本発明の実施形態は、複数個のセンサを介してデータを受け取って車両状態を記述する情報を示す装置及び方法に関することは理解されるべきである。この情報は、車両フレームの向き、フレームに対する車両の前輪の向き、車両内に設けられたジャイロフライホイール（即ち、車両フレームに結合されたジャイロ）の向き及び回転速度並びに車両の現在の速度（これらには限定されない）を含むのが良い。ジャイロを長さ方向に関して車両の前輪及び後輪に対して整列させ、幅方向に関して車両のフレームに対して整列させ（例えば、並置状態）或いは高さ方向に関して車両のフレームに対して整列させる例えば、積み重ね状態）のが良い。

[0069]

20

少なくとも部分的にセンサから受け取ったデータに基づいて、フライホイールの（少なくとも）1つの向き及び回転速度を調節することができる。本発明の実施形態は更に、車両の速度を変化させる入力（例えば、加速又はブレーキ入力）又は車両の方向を変化させる入力（例えば、ステアリングホイール入力）に基づいて、フライホイールの一方（少なくとも一方）の向き及び回転速度を調節することができる。例えば、本発明の実施形態は、加速入力が発出されたときにフライホイールの一方の回転速度を低下させるようにし、又はブレーキ入力（すなわち、前輪又は後輪ブレーキを掛ける入力）が発出されたときには、フライホイールの1つの回転速度を増大させるようにすることができ、車両が方向転換を行った（すなわち、フレームに対する前輪の向きが発出された）ことが判定された場合、本発明の実施形態は、方向転換中の安定性を維持するようフライホイールの少なくとも一方の向き又は回転速度を調節することができる。

30

[0070]

都市部での低速移動は、一般に、頻繁な制動及び加速の際のエネルギー損失（ブレーキへのエネルギー入力によると共に車両を加速させるのに使用され、その後の制動に合わせて失われるエネルギーによるエネルギー損失）に起因して、従来の車両では最もエネルギーを消費する形態である。従って、二輪走行し、リカンベント乗員配置を収容し、全天候密閉型乗員室の安全性を提供し、従来の自動車と同様の駆動制御を提供することができるジャイロ安定化車両を提供することにより、エネルギー効率の大幅な増大を達成することができ、更に、安定化フライホイールを回生制動システムに統合することによりジャイロ安定化車両の許容範囲及び効率を大幅に改善できることは理解されるべきである。

40

[0071]

車両が停止状態から加速している場合、又は減速して停止する場合のような低速度において、或いは、都市区域及び交通渋滞状況でよく見られる速度では、車両の自己安定化特性は、車両の直立方向の状態を維持するには不十分である。そのため、従来技術においては、不安定な車両を運転するのにライダーについては非常に高い技術が要求され、停車時に車両のバランスをとるのにライダーが自分の体力を用いる必要があり、実用性及び扱い易さが低下する可能性がある。

[0072]

低速時及び停車時のジャイロ安定化は又、高速時に生じる問題よりも単純な制御上の問題を提起する。ジャイロスタビライザは、ジンバル取付け具により車両に取り付けられ、

50



ジンバルモータを利用してジャイロを振動し、車両のロールモーメントに対する逆トルクを発生させることができる。車両状態は、車両に取り付けられた慣性センサ及び絶対位置センサにより測定でき、これらセンサを用いると、車両の直立状態を維持するのに十分な逆トルクを提供するのに必要とされる振動の量及び速度を決定することができる。一般に、ジャイロスタビライザの復元能力は、例えば停止信号灯又は停止標識で起こる場合のある十分な時間の間、車両を乗員が載った状態で安定化することができる。一実施形態では、車両を長時間にわたって停車させ又は作動停止させた場合、車両は、自動的に展開される機械的支持体により自己支持可能である。

【 0 0 7 3 】

一実施形態では、1つ又は複数個のジャイロスタビライザフライホイール及び駆動輪は、これら自体のそれぞれの電動発電機に結合され、かかる電動発電機は、それぞれの負荷を駆動するようモータモードで動作し、或いは発電機モードに切り換わって回転負荷を減速させ、このエネルギーを取り込んで他の負荷に伝達するようにすることができる。電力システムは、駆動／ブレーキシステムとジャイロスタビライザフライホイールとの間で電気エネルギーを伝達する間又は例えば車両の電源が切られたときに長時間にわたり、電気エネルギーの一時貯蔵を可能にするエネルギー貯蔵ユニットを含む。

【 0 0 7 4 】

システムコントローラは、車両の状態センサ（慣性センサ及び絶対位置センサ）、ジャイロスタビライザの状態センサ及び他のパラメータからセンサデータを受け取ってジャイロスタビライザによって与えられる補正トルクの量及びタイミングを制御する。

【 0 0 7 5 】

ジャイロスタビライザは、車両に結合された少なくとも1つのアクティブにジンバル支持されたフライホイールを含む。一実施形態では、ジャイロスタビライザは、別個独立にジンバル支持された第1及び第2の逆回転フライホイールを含む。各フライホイールは、垂直回転軸線が中立位置にあり且つジンバル軸線が互いに平行な状態で取り付けられるのが良い。この実施形態では、逆回転フライホイールは、互いに逆方向に振動され、その結果、これらの逆トルクが加算されるが、車両に対するこれらのヨーイング作用は、互いに相殺する。

【 0 0 7 6 】

また、2つのフライホイールを使用することにより、車両の幅の狭いフレーム内に嵌まり込むために個々のフライホイールの各々をコンパクトに製作することができる。加うるに、1つのフライホイールが故障した場合、別のフライホイールを用いて車両の緊急停止中に適当な安定性を提供し、車両を安全な状態にすることができる。フライホイールがいずれも故障した場合又は緊急バランス状況の場合、機械式ランディング装置の展開を可能にするフェールセーフプロトコルを用いて車両を直立状態に保ち、運転者の安全を維持することができる。

【 0 0 7 7 】

幾つかの実施形態では、上述の安定性基準は、以下のもの、即ち、特定の車両の向き（即ち、ローリング、ピッチング、ヨーイング）に関する調節、安定化向きに関する調節（この場合、安定化向きは、他の感覚入力、例えば車輪角度、風の速度及び向き、各タイヤの下の角度、接触パッチ位置及び形状並びに車両の状態又は周囲環境の状態の一部である任意他の情報によって定められる）、外乱非干渉（この場合、外乱は、周囲環境の力、例えば風又は他の車両、或いは内部外乱、例えば運転手の位置及び動作を含む場合がある）のうちの任意のもの又は全てを含む場合がある。

【 0 0 7 8 】

上述の説明は、例示であって、本発明を限定するものではないことは、理解されるべきである。上述の説明を読んで理解すると、当業者には多くの他の実施形態が明らかであろう。したがって、本発明の範囲は、特許請求の範囲に記載された本発明の全均等範囲と共に、特許請求の範囲の記載に基づいて定められるべきである。

【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50

上述の詳細な説明の幾つかの部分は、コンピュータメモリ内のデータビットに基づきアルゴリズム及び演算の記号による表示によって提供されている。これらアルゴリズムによる記述及び表示は、データ処理技術における当業者によって用いられ、かかる当業者の仕事の実質的内容を他人に最も効果的に伝える手段である。アルゴリズムがここでは、一般に、所望の結果をもたらすつじつまの合う一連の演算であると考えられる。これら演算は、物理量の物理的操作を必要とする演算である。通常、必ずしも必要であるというわけではないが、これら物理量は、記憶可能であり、伝送可能であり、組み合わせ可能であり、比較可能であると共に違ったやり方で操作可能な電気信号又は磁気信号の形態を取っている。これら信号をビット、値、要素、記号、文字、用語、数等として表すことは、主として共通使用の理由で場合によっては好都合であることが判明している。

10

【 0 0 8 0 】

しかしながら、念頭に置くべきこととして、これらの用語及び類似の用語の全ては、適当な物理量と関連すべきでありしかもこれら物理量に付けられる都合の良いラベルであるに過ぎない。具体的な別段の指定がなければ、上述の説明から明らかなように、明細書全体を通じて、例えば「捕捉する」、「伝送する」、「受け取る」、「構文解析する」、「形成する」、「モニタする」、「開始する」、「実施する」、「追加する」等の用語を利用した説明がコンピュータシステムのレジスタ及びメモリ内の物理（例えば、電子）量として表されたデータを操作してこれらをコンピュータシステムメモリ若しくはレジスタ又は他のかかる情報格納、伝送又は表示装置内の物理量として同様に表される他のデータに変換するコンピュータシステム又は類似の電子コンピュータ計算装置の行為及びプロセスを意味していることは理解されよう。

20

【 0 0 8 1 】

本発明の実施形態は又、本明細書において説明した演算又は操作を実施する装置に関する。この装置は、必要な目的で特別に構成されても良く、或いは、コンピュータ内に記憶されたコンピュータプログラムによって選択的に起動され又は再構成される汎用コンピュータから成っていても良い。かかるコンピュータプログラムは、非一過性コンピュータ可読記憶媒体、例えば、フロッピディスク、光ディスク、CD-ROM及び磁気-光ディスクを含む任意形式のディスク、読み取り専用記憶装置（ROM）、読み取り書き込み記憶装置（RAM）、EPROM、EEPROM、磁気若しくは光カード又は電子命令を記憶するのに適した任意形式の媒体（これらには限られない）に記憶されるのが良い。

30

【 0 0 8 2 】

上述の詳細な説明の幾つかの部分は、コンピュータメモリ内のデータビットに基づきアルゴリズム及び演算の記号による表示によって提供されている。これらアルゴリズムによる記述及び表示は、データ処理技術における当業者によって用いられ、かかる当業者の仕事の実質的内容を他人に最も効果的に伝える手段である。アルゴリズムがここでは、一般に、所望の結果をもたらすつじつまの合う一連のステップであると考えられる。これらステップは、物理量の物理的操作を必要とするステップである。通常、必ずしも必要であるというわけではないが、これら物理量は、記憶可能であり、伝送可能であり、組み合わせ可能であり、比較可能であると共に違ったやり方で操作可能な電気信号又は磁気信号の形態を取っている。これら信号をビット、値、要素、記号、文字、用語、数等として表すことは、主として共通使用の理由で場合によっては好都合であることが判明している。

40

【 0 0 8 3 】

しかしながら、念頭に置くべきこととして、これらの用語及び類似の用語の全ては、適当な物理量と関連すべきでありしかもこれら物理量に付けられる都合の良いラベルであるに過ぎない。具体的な別段の指定がなければ、上述の説明から明らかなように、明細書全体を通じて、例えば「捕捉する」、「決定する」、「分析する」、「駆動する」等の用語を利用した説明がコンピュータシステムのレジスタ及びメモリ内で物理（例えば、電子）量として表されたデータを操作してこれらをコンピュータシステムメモリ若しくはレジスタ又は他のかかる情報格納、伝送又は表示装置内の物理量として同様に表される他のデータに変換するコンピュータシステム又は類似の電子コンピュータ計算装置の行為及びプロ

50

セスを意味していることは理解されよう。

【 0 0 8 4 】

上記において提供されたアルゴリズム及びディスプレイは、本来、任意特定のコンピュータ又は他の装置には関連していない。種々の汎用システムを本明細書において説明した教示に従ってプログラムに使用することができ、或いは、必要な方法ステップを実施するためにより専用の装置を構成することが好都合であると言える場合がある。種々のこれらのシステムに必要な構造は、以下の説明から明らかであろう。加うるに、本発明は、任意特定のプログラミング言語を用いて本発明を説明していない。理解されるように、本明細書において説明した本発明の教示を具体化するために種々のプログラミング言語を用いることができる。

10

【 0 0 8 5 】

本明細書全体を通じて「一実施形態」又は「実施形態」と言った場合、これは、この実施形態と関連して説明される特定の特徵、構造又は特性が本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味している。かくして、上記説明全体を通じて種々の場所で「一実施形態では」又は「実施形態では」という語句が記載されていることによっては、必ずしもこれらが全て同一の実施形態を意味するものではない。さらに、特定の特徵、構造又は特性を1つ又は2つ以上の実施形態において任意適当な仕方で組み合わせることができる。

【 0 0 8 6 】

説明の目的で特定の実施形態を参照して上述の説明を行った。しかしながら、上述の説明は、網羅的ではなく、或いは、本発明を開示した形態そのものに限定するものではない。上述の教示を考慮して多くの改造及び変形が可能である。実施形態は、本発明の原理及びその実用的用途を最も良く説明するために選択されると共に説明してあり、それにより、当業者は、想定される特定の用途に適合するように種々の実施形態に種々の改造を加えてこれら実施形態を最適利用することができる。

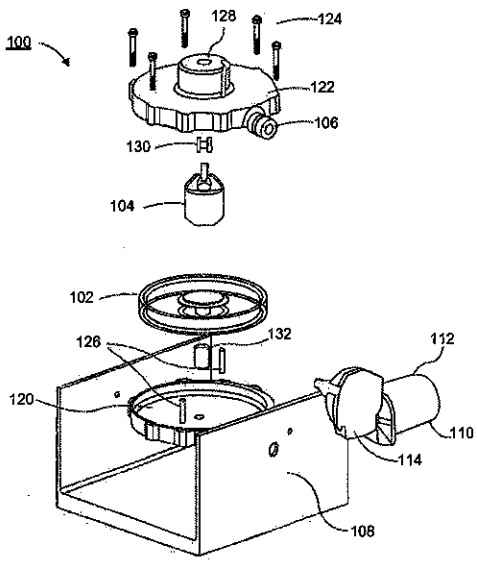
20

【 0 0 8 7 】

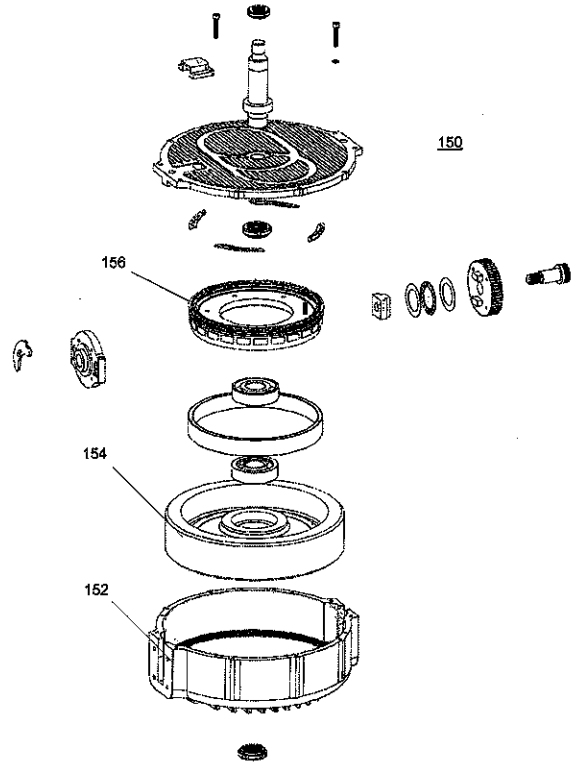
方法及びプロセスは、特定のシーケンス又は順番で示されているが、別段の指定がなければ、行為の順序を変更することができる。かくして、上述の方法及びプロセスは、例示としてのみ理解されるべきであり、上述の方法及びプロセスは、別の順序で実施でき、幾つかの行為は、並行に実施できる。加うるに、1つ又は2つ以上の行為は、本発明の種々の実施形態では省略可能であり、かくして、全ての具体化において全ての行為が必要であるというわけではない。他のプロセスフローの採用が可能である。

30

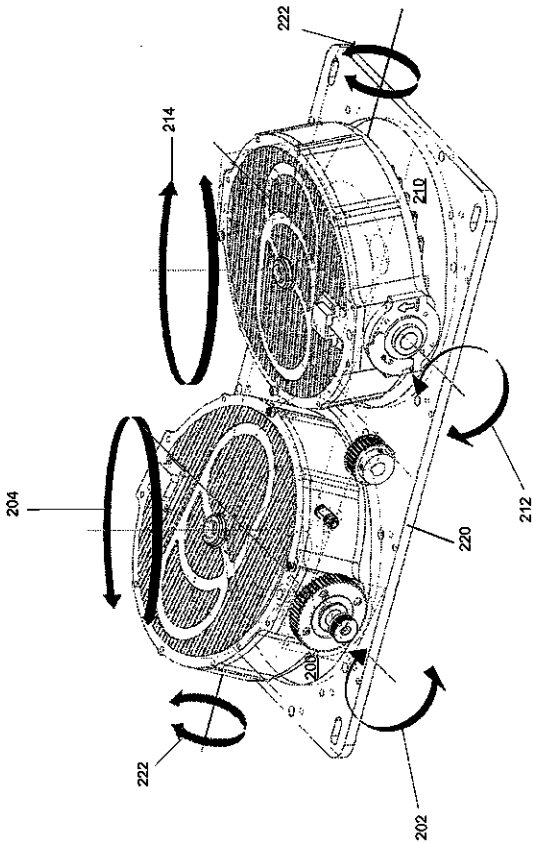
[ 図 1 A ]



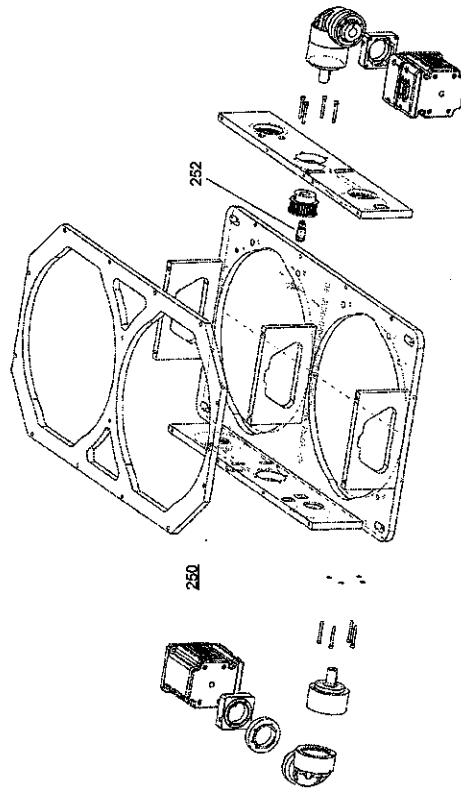
[ 図 1 B ]



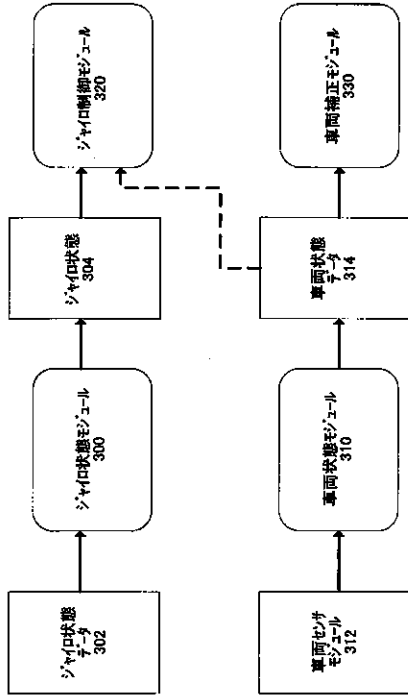
[ 図 2 A ]



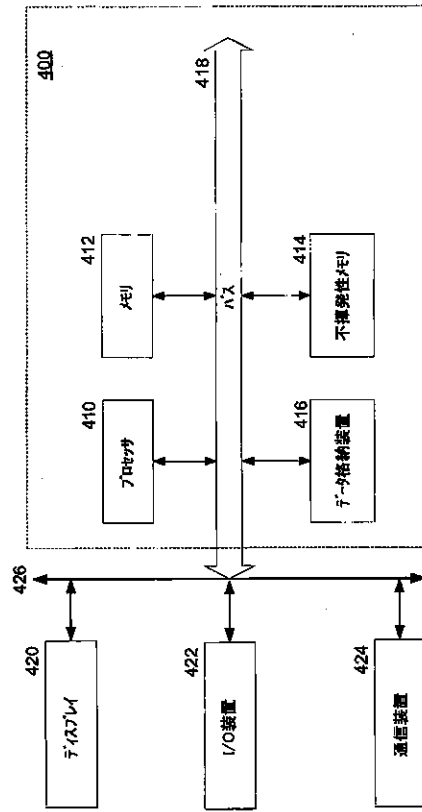
[ 図 2 B ]



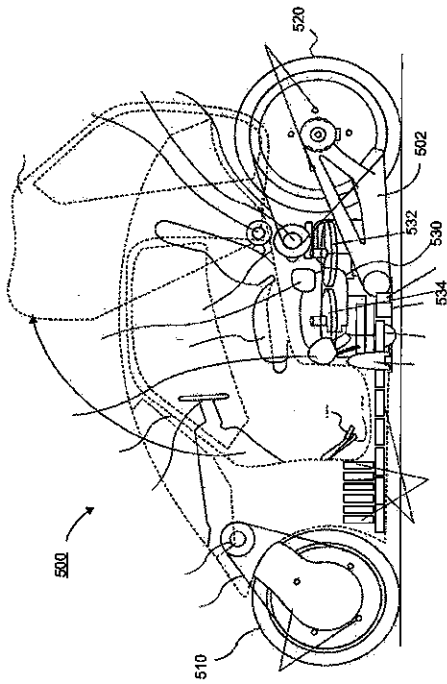
【 図 3 】



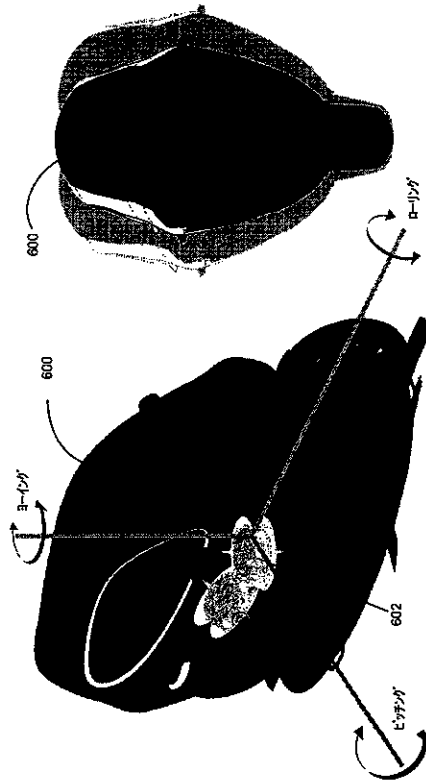
【 図 4 】



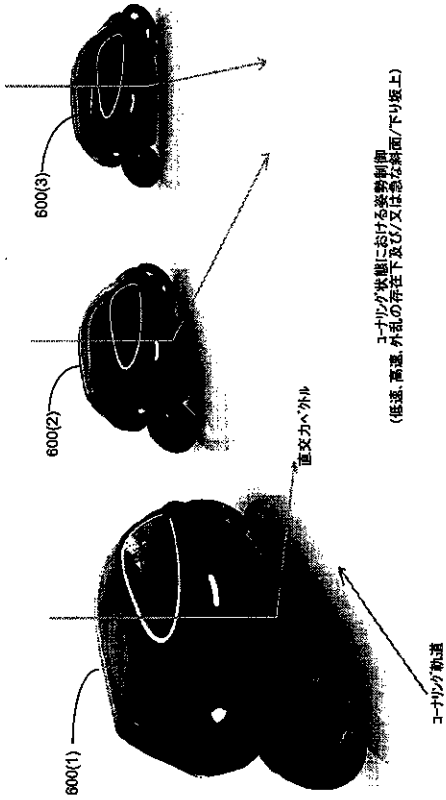
【 図 5 】



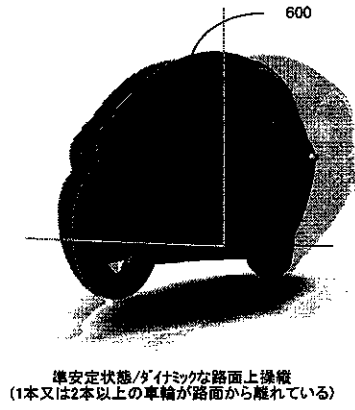
【 図 6 A 】



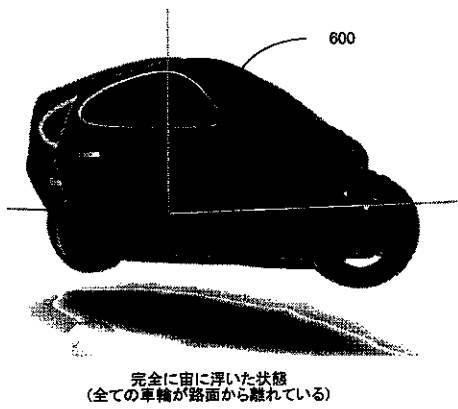
【 図 6 B 】



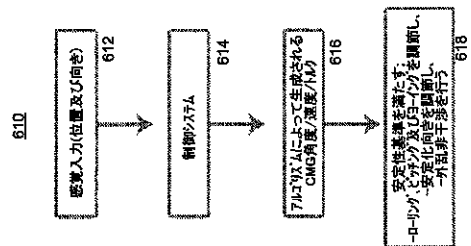
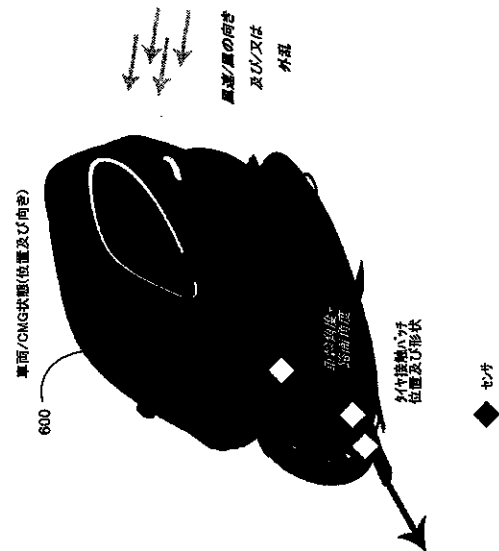
【 図 6 C 】



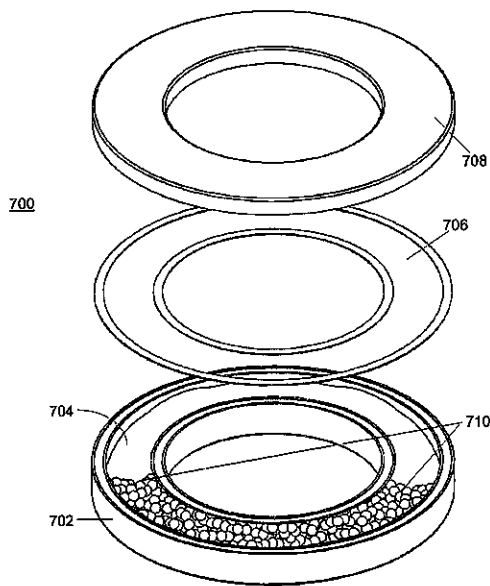
【 図 6 D 】



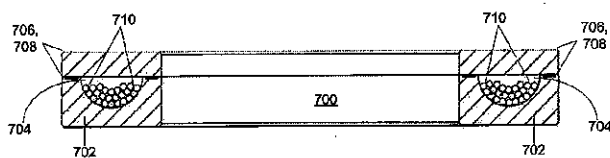
【 図 6 E 】



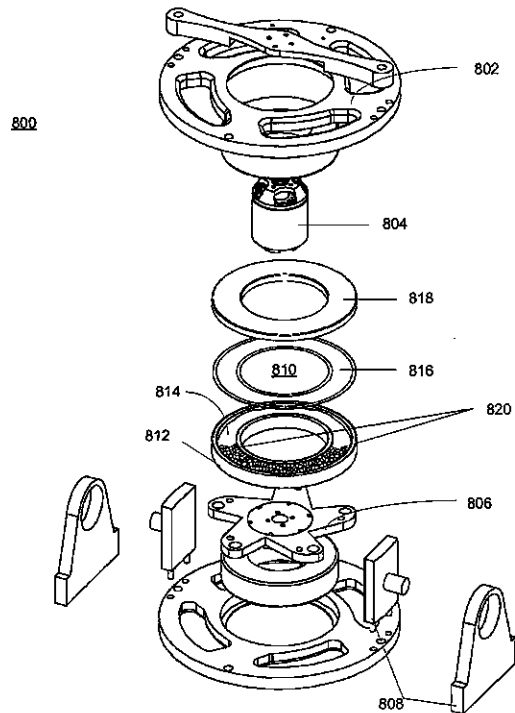
【 図 7 A 】



【 図 7 B 】



【 図 8 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成 29 年 10 月 23 日 ( 2017. 10. 23 )

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

ジャイロ装置であって、

1 つ又は 2 つ以上のジンバル及び回転軸線を有するフライホイールハウジングと、  
第 1 の媒体を有するフライホイールと、

を備え、

前記フライホイールは、前記回転軸線回りに回転すると共に前記 1 つ又は 2 つ以上のジンバルにより揺動するように前記ハウジング内に設けられ、

前記第 1 の媒体は、中実且つ成形媒体を含み、

前記フライホイールは、安定化構造体を有し、

前記安定化構造体は、前記フライホイールがその回転軸線回りに回転する時、当該安定化構造体全体にわたって分布される第 2 の分布可能な媒体を有し、

前記第 2 の媒体は、流体媒体及びばらばらの粒子状媒体のうちの 1 つを含む、ジャイロ装置。

【 請求項 2 】

前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記フライホイール内に形成されたリング状チャンバを含む、請求項 1 記載のジャイロ装置。

【 請求項 3 】

前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記フライホイールの一区分内に形成されたチャンバを含み、

前記第2の分布可能な媒体は、前記チャンバ内に配置されたカートリッジ内に納められている、請求項1記載のジャイロ装置。

【請求項4】

前記フライホイールの前記ばらばらの粒子状媒体は、ばらばらの粒子状材料の凝集体を含む、請求項1記載のジャイロ装置。

【請求項5】

前記フライホイールの前記流体媒体は、粘性材料を含む、請求項1記載のジャイロ装置。

【請求項6】

前記フライホイールの前記第1の媒体は、炭素繊維、ケブラー、鋼、黄銅、青銅、鉛及び劣化ウランのうちの少なくとも1つを含む、請求項1記載のジャイロ装置。

【請求項7】

前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記第2の分布可能な媒体の添加、減少又は交換を可能にするための取り外し可能な頂部を含む、請求項1記載のジャイロ装置。

【請求項8】

前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記フライホイール内に収納された封止構造体を含む、請求項1記載のジャイロ装置。

【請求項9】

フレームと、

前記フレームに結合された前輪及び後輪と、

前記フレームに結合されたジャイロ装置と、

前記フレームの向き、前記フレームに対する前記前輪の向き、前記フライホイールの向き及び回転速度、並びに、当該車両の速度、を検出するための複数のセンサと、

前記複数のセンサからのデータ、及び、当該車両の速度及び方向の少なくとも一方を変化させる入力、に少なくとも部分的に基づいて、前記フライホイールの向き及び回転速度の少なくとも一方を調整するための電子制御システムと、

を備えた車両であって、

前記ジャイロ装置は、

1つ又は2つ以上のジンバル及び回転軸線を有するフライホイールハウジングと、

第1の媒体を有するフライホイールと、

を備え、

前記フライホイールは、前記回転軸線回りに回転すると共に前記1つ又は2つ以上のジンバルにより振動するように前記ハウジング内に設けられ、

前記第1の媒体は、中実且つ成形媒体を含み、

前記フライホイールは、安定化構造体を有し、

前記安定化構造体は、前記フライホイールがその回転軸線回りに回転する時、当該安定化構造体全体にわたって分布される第2の分布可能な媒体を有し、

前記第2の媒体は、流体媒体及びばらばらの粒子状媒体のうちの1つを含む、車両。

【請求項10】

前記ジャイロ装置の前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記フライホイール内に形成されたリング状チャンバを含む、請求項9記載の車両。

【請求項11】

前記ジャイロ装置の前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記フライホイールの一区分内に形成されたチャンバを含み、

前記第2の媒体は、前記チャンバ内に配置されたカートリッジ内に納められている、請求項9記載の車両。

【請求項12】

前記ジャイロ装置の前記フライホイールの前記第2の媒体は、ばらばらの粒子状材料の



凝集体を含む、請求項9記載の車両。

【請求項13】

前記ジャイロ装置の前記フライホイールの前記流体媒体は、粘性材料を含む、請求項9記載の車両。

【請求項14】

前記ジャイロ装置の前記フライホイールの前記第1の媒体は、炭素繊維、ケブラー、鋼、黄銅、青銅、鉛及び劣化ウランのうちの少なくとも1つを含む、請求項9記載の車両。

【請求項15】

前記ジャイロ装置の前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記第2の分布可能な媒体の添加、減少又は交換を可能にするための取り外し可能な頂部を含む、請求項9記載の車両。

【請求項16】

前記フライホイールの前記安定化構造体は、前記フライホイール内に収納された封止構造体を含む、請求項9記載の車両。

---

フロントページの続き

1. KEVLAR

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(72)発明者 キム ダニエル キー ヨン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94103 サンフランシスコ フォルサム ストリート  
1086

(72)発明者 バッソ ブランドン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94103 サンフランシスコ フォルサム ストリート  
1086

Fターム(参考) 5-B01 AA01 CC03 CC06 CC08 GG07 GG17