

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4053789号  
(P4053789)

(45) 発行日 平成20年2月27日 (2008. 2. 27)

(24) 登録日 平成19年12月14日 (2007. 12. 14)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 O R 21/16 (2006. 01)

B 6 O R 21/32

B 6 O R 21/00 (2006. 01)

B 6 O R 21/00 6 3 O E

B 6 O R 22/48 (2006. 01)

B 6 O R 22/48 Z

G O 1 P 15/00 (2006. 01)

G O 1 P 15/00 J

請求項の数 16 外国語出願 (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2002-56554 (P2002-56554)  
 (22) 出願日 平成14年3月1日 (2002. 3. 1)  
 (65) 公開番号 特開2002-356138 (P2002-356138A)  
 (43) 公開日 平成14年12月10日 (2002. 12. 10)  
 審査請求日 平成17年3月1日 (2005. 3. 1)  
 (31) 優先権主張番号 60/272611  
 (32) 優先日 平成13年3月1日 (2001. 3. 1)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 399042247  
 オートモーティブ システムズ ラボラト  
 リー インコーポレーテッド  
 アメリカ合衆国 ミシガン州48331、  
 ファーミントン ヒルズ、 スイート B  
 -12、ハガーティールード 2720  
 O  
 (74) 代理人 100102842  
 弁理士 葛和 清司  
 (72) 発明者 ダブリュー. トッド・ワトソン  
 アメリカ合衆国 ミシガン州48111、  
 ベルビル、ルータン ディーアール. 47  
 O37

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両ロールオーバー検出システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両のロールオーバー状態を検出する方法であって、

a . 車両の横加速度の測度を収集するステップと、

b . 車両の縦方向軸回りの角速度の測度を収集するステップと、

c . 前記横加速度の測度と前記角速度の測度とにตอบสนองして、ロールオーバー状態を検出す  
る指標となる良度指数を決定するステップと、d . 前記横加速度の測度と、前記角速度の測度の、少なくとも一方にตอบสนองして、開始時  
刻を決定するステップと、e . 該開始時刻から現在時刻までの時間間隔を決定するステップと、

f . 該時間間隔の関数として良度指数閾値を決定するステップと、

g . 前記良度指数を、前記良度指数閾値と比較することによって、ロールオーバー状態を  
検出するステップとを含む、前記車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項 2】

横加速度の測度と角速度の測度の、少なくとも一方をフィルタリングするステップをさ  
 らに含み、該フィルタリング動作が、第1のフィルタリング特性を有する第1のフィルタ  
 リング動作と、第2のフィルタリング特性を有する第2のフィルタリング動作とを含む、  
 請求項1に記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項 3】

第1のフィルタリング特性が、第1の時間定数を含み、第2のフィルタリング特性が第

10

20

2の時間定数を含み、該第2の時間定数が、前記第1の時間定数よりも大きい、請求項2に記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項4】

第2のフィルタリング動作が、開始時刻後に中断され、該開始時刻後から、第2の時間間隔の経過後に再開される、請求項2または3に記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項5】

角速度の測度が、第2のフィルタリング動作からの、角速度オフセット測度によって補償される、請求項2～4のいずれかに記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項6】

良度指数が基準関数に応答性を有し、該基準関数が、車両に作用する反力と相関のある力の測度と回転運動エネルギーの測度の積を含む積項を含む、請求項1～5のいずれかに記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項7】

力の測度が、横角速度の測度に応答性を有する、請求項6に記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項8】

回転運動エネルギーの測度が、角速度の測度に応答性を有する、請求項6または7に記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項9】

積項が、位置エネルギーの測度の積をさらに含む、請求項6～8にいずれかに記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項10】

車両の縦方向軸回りの角度の測度を決定または収集する動作をさらに含み、位置エネルギーの測度が、前記角度の測度に応答性を有する、請求項9に記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項11】

基準関数が、該基準関数の前回値をさらに含む、請求項6～10のいずれかに記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項12】

ロールオーバーを検出する動作が、第1の時間間隔閾値よりも大きく、第2の時間間隔閾値よりも小さい、時間間隔にさらに応答性を有する、請求項1～11に記載の車両のロールオーバーを検出する方法。

【請求項13】

ロールオーバー状態を検出する動作が、時間に対して絶対値が増大する良度指数にさらに応答性を有する、請求項1～12のいずれかに記載の車両のロールオーバー状態を検出する方法。

【請求項14】

安全化基準が満たされ、1または複数の安全拘束アクチュエータを展開すべきことを示す場合には、横加速度の測度と、車両の縦方向軸回りの角速度の測度の、少なくとも一方からさらに決定を行う、請求項1～13のいずれかに記載の車両のロールオーバーを検出する方法。

【請求項15】

安全化基準が満たされ、1または複数の安全拘束アクチュエータを展開すべきことを示す場合が、少なくとも1つの加速度の測度の絶対値が、開始時刻後の第1の時点において第1の加速度閾値よりも大きい場合、および、角速度の測度の絶対値が、開始時刻後の第2の時点における第3の角速度閾値よりも大きい場合である、請求項14に記載の車両のロールオーバーを検出する方法。

【請求項16】

横加速度の測度を提供する加速度センサおよび車両の縦方向軸回りの角速度の測度を提

10

20

30

40

50

供する角速度センサの、少なくとも一方を再較正するステップをさらに含み、該再較正は、第5の時間間隔閾値より長い時間にわたり連続して第4の角速度閾値よりも大きい角速度の測度の絶対値、第3の時間間隔閾値より長い時間にわたり連続して角度閾値よりも大きい車両の角度の測度の絶対値および第4の時間間隔閾値より長い時間にわたり連続して第2の加速度閾値よりも大きい横加速度の測度の絶対値の、少なくとも1つに応答して行われる、請求項1～15のいずれかに記載の車両のロールオーバを検出する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

車両のロールオーバが発生する場合、特に頭部接触時間 (head closure time) が比較的短い種類のロールオーバにおいて、頭部が車両のインテリアと最初に接触する以前に、例えばシートベルトプリテンショナ、エアバッグまたはロールカーテンなどの関連する安全拘束アクチュエータを展開する時間余裕をもって、車両のロールオーバの判別を可能にする車両ロールオーバ検出システムが要求されている。例えば、ロールオーバの事象によっては、車両が完全にロールオーバするかどうかを、ロール回転事象の物理法則から確実に判断できる以前に、頭部接触が生じてしまうことがある。またロールオーバが比較的低速の事象か、あるいは比較的高速の事象であるかに応じて、車両のロールオーバを十分迅速に判別するロバストな車両ロールオーバ検出システムに対する要求もある。

図1aを参照すると、車両12にロールオーバ検出システム10が搭載されている。車両12は、局所デカルト座標系で示してあり、X軸は前方を正とした車両の縦方向軸と一致し、またY軸は左方向を正とした車両の横方向軸と、Z軸は上向きを正とした車両の垂直軸と一致している。車両12の質量をMとすると、それに対応する重心CGは、地上から $Z_0$ の高さに位置している。図では車両12は、障害物14に向かってY軸負方向に、速度Uでスライドしている。

【0002】

図1bを参照すると、車両12の1つまたは複数の車輪16が障害物14と係合すると、そこから発生する反力Fによって、車両12はトリップポイント13に対してX軸回りに、時間変化する角速度 $\omega_x(t)$ で回転し、これによって時間変化する角度位置 $\theta(t)$ を生じる。ここで関連する回転軸回りの車両12の慣性モーメントは $I_x$ であり、この回転軸はX軸と平行でトリップポイント13と交叉する。車両12の回転によって、重心CGの高さ $Z_{CG}$ は、障害物14との接触の以前の高さ $Z_0$ に対して増大し、これによって車両12の位置エネルギー

【数1】

$$M \cdot g \cdot (Z_{CG} - Z_0)$$

が、係合以前の位置と方向に対して増大する。つまり、車両12の位置エネルギーは、その角度位置に依存する。また、回転と共に車両12には、回転エネルギー

【数2】

$$I_x \cdot \frac{\omega_x^2}{2}$$

が生じる。反力Fによっても、Y軸に沿った横加速度成分 $A_y(t)$ で示すように、重心CGの直線加速度

【数3】

$$A = \frac{F}{M}$$

が生じる。図1aおよび1bは、車両がスライドして障害物と衝突することによって生じるロール事象を示すが、例えばタイヤの破裂によって、その後に関連する車輪リムが接地するなど、ロール事象は別の状況によっても生じる可能性があることはいうまでもない。したがって、ロールオーバ検出システム10は、特定の種類のロール事象に限定されるも

のではない。

【 0 0 0 3 】

図 2 を参照すると、ロールオーバ検出システム 1 0 は、横加速度計 1 8 と角速度センサ 2 0 を備え、これらは必要条件ではないが、車両 1 2 の重心 C G に近接して装着するのが好ましい。横加速度計 1 8 は、局所 Y 軸に沿った、時間変化する横加速度成分  $A_y(t)$  に応答性を有する。例えば、横加速度計 1 8 は、少なくとも 1 軸の感度を有するマイクロマシン加工による加速度計など、局所 Y 軸に実質的に一致する 1 つの感度軸を有する加速度計でもよい。角速度センサ 2 0、例えばジャイロスコープは、局所 X 軸回りの角速度の時間変化成分に応答性を有するように、方位が決められる。横加速度計 1 8 と角速度センサ 2 0 は、それぞれのフィルタ 2 2、2 4 に動作可能に接続され、それぞれの信号  $A_y(t)$  および  $\omega_x(t)$  を、メモリ 2 8 を有するプロセッサ 2 6 で処理するために、これらのフィルタでフィルタリングする。これらのフィルタ 2 2、2 4 は、当業者には知られているように、プロセッサ 2 6 と分離式にしても、組み込み式にしてもよく、またアナログ式でもデジタル式でも、あるいはその組合せでもよいことを理解すべきである。またフィルタ 2 2、2 4 はそれぞれの横加速度計 1 8 または角速度センサ 2 0 の部分となるように適合させてもよい。

10

【 0 0 0 4 】

プロセッサ 2 6 は、それぞれのフィルタリングされた信号

【 数 4 】

$$\tilde{A}_y(t) \text{ および } \tilde{\omega}_x(t)$$

20

を処理し、車両がロールオーバする可能性があるかどうかを判別し、その結果に応じて、適切な安全拘束アクチュエータ 3 0 の作動を制御して、車両 1 2 の乗員へのロールオーバ傷害を軽減する。プロセッサ 2 6 は例えば、デジタルコンピュータ、マイクロプロセッサもしくはその他のプログラム可能なデバイス、アナログプロセッサ、アナログもしくはデジタル回路、またはそれらの組合せとすることができる。さらに、安全拘束アクチュエータ 3 0 としては、それに限定されるわけではないが、シートベルト 3 4 に動作可能に接続されたシートベルトプリテンショナ 3 2、ロールオーバおよび側面衝突事故の両方からの保護をする胸部エアバッグインフレータ 3 6、乗員と車両 1 2 の側面ウインド 3 9 との間に展開するように適合されたロールカーテン 3 8、車両 1 2 のルーフまたはヘッドライナからエアバッグを展開するように適合させたオーバヘッド型エアバッグインフレータ 4 0 などを含めてもよい。図 2 では車両 1 2 の一方の座席についての安全拘束アクチュエータを示してあるが、安全拘束アクチュエータはすべての座席に備えることが可能であり、関連する安全拘束アクチュエータ 3 0 が、乗員の傷害を軽減するように適合されている、すべての方向のロールオーバに応じて、これらの安全拘束アクチュエータ 3 0 の任意の 1 つ、あるいはすべてを、ロールオーバ検出システム 1 0 で制御するように適合させることができる。また、特定の安全拘束アクチュエータ 3 0 の組合せが、上記のすべての安全拘束アクチュエータを必ずしも含む必要はなく、上記以外の他形式の安全拘束アクチュエータ 3 0 を含んでもよい。

30

【 0 0 0 5 】

図 3 を参照すると、車両のロールオーバを検出して、例えば図 2 に示した装置によって、1 つまたは複数の関連する安全拘束アクチュエータ 3 0 の作動を制御するロールオーバ検出アルゴリズム 1 0 0 の一実施態様には、データ収集および処理アルゴリズム 1 5 0、測度アルゴリズム (measures algorithm) 3 0 0 . 1、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2、安全化アルゴリズム 2 0 0、およびそれに応じて安全拘束アクチュエータ (1 つまたは複数) 3 0 の作動を制御する信号 3 4 2 を生成する、関連するロジック 3 3 0'、3 4 0 の組合せが含まれる。

40

測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 は、ロールオーバ状態を検出するのに、経験則的な、時間域判別処理を使用しており、通常車両の大きな横方向作用力を伴い、比較的速い頭部接触時間 (例えば  $< 250 \text{ msec}$ ) を特徴とする、ほとんどのロールオーバ事象に対して、展

50

開時間を短縮する上で有利である。測度アルゴリズム 300.1 では、フィルタリングされた

【数 5】

横加速度成分  $\tilde{A}_y$

信号およびフィルタリングされた

【数 6】

角速度  $\tilde{\omega}_x$

10

信号の両方を使用して、別の基準と共に展開決定を行うために用いる閾値と比較するための関数が評価される。

【0006】

エネルギーアルゴリズム 300.2 は、車両のロールオーバー発生過程に関する物理則に基づいて、位相空間判別処理を使用して、ロールオーバー状態を検出するものであり、主として車両の垂直方向力または車両 12 に対する低い横方向力によって生ずる低速のロール事象に対する信頼性のある展開判断をする上で有利である。エネルギーアルゴリズム 300.2 は、フィルタリングされた角速度信号を利用して、車両 12 のロール状態を同定し、その瞬間的な全エネルギー（回転運動エネルギーと位置エネルギー）と、関連する平衡点を越えて車両をロール回転させるのに要するエネルギーとを比較する。エネルギーアルゴリズム 300.2 は、関連する入口基準および出口基準に、フィルタリングされた

20

【数 7】

横加速度成分  $\tilde{A}_y(t)$

信号と、フィルタリングされた

【数 8】

角速度  $\tilde{\omega}_x(t)$

信号の両方を使用する。

30

【0007】

図 3 には測度アルゴリズム 300.1 とエネルギーアルゴリズム 300.2 とを組み合わせる場合を示しているが、このことは本質的ではなく、いずれのアルゴリズムも単独で使用することもできることを理解すべきである。しかしながら、アルゴリズムを組み合わせることによって、関連するロールオーバー検出システム 10 のロバスト性を増大させることができる。この理由は、例えば「縁石走行 (curb-trip)」状態のような状態においては、測度アルゴリズム 300.1 は、エネルギーアルゴリズム 300.2 よりも迅速な判別を実施できるが、これに対して「螺旋状 (corkscrew)」、「ランプ状 (ramp)」、または「フリップ状 (flip)」などのその他の状態においては、エネルギーアルゴリズム 300.2 の方が、測度アルゴリズム 300.1 よりも迅速な判別が可能である。

40

測度アルゴリズム 300.1 およびエネルギーアルゴリズム 300.2 は、互いに独立であるが両者とも、データ収集および処理アルゴリズム 150 からのフィルタリングされた共通のデータ、すなわちフィルタリングされた

【数 9】

横加速度成分  $\tilde{A}_y$

およびフィルタリングされた

【数 10】

## 角速度 $\tilde{\omega}_x$

のデータを利用する。測度アルゴリズム 300 . 1 およびエネルギーアルゴリズム 300 . 2 の両方とも、関連する入口基準および出口基準に特徴があり、それぞれのアルゴリズムに関連する計算は、それぞれの関連する入口基準が満たされた場合に開始され、それぞれの関連する出口基準が満たされた場合には、これらの計算は停止されて、その後に入力基準が満たされるとリセットされる。

【0008】

安全化アルゴリズム(safing algorithm) 200 は、1 つまたは複数の対応する安全化拘束アクチュエータ 30 を展開可能にするために満たさなくてはならない、フィルタリングされた

10

【数 1 1】

## 横加速度成分 $\tilde{A}_y$

および / またはフィルタリングされた

【数 1 2】

## 角速度 $\tilde{\omega}_x$

に依存する、独立した条件セット、または安全化基準を提供ことによって、ロールオーバー検出システム 10 の信頼性を向上させることができる。測度アルゴリズム 300 . 1 とエネルギーアルゴリズム 300 . 2 の両方とも、共通の安全化アルゴリズム 200 によって、それぞれ「安全化」される。安全化アルゴリズム 200 によって、追加の判別を行い、非ロールオーバー事象に対しての安全拘束アクチュエータ 30 の不要な作動を緩和することが可能となるが、安全化アルゴリズム 200 は本質的なものではなく、測度アルゴリズム 300 . 1 およびエネルギーアルゴリズム 300 . 2 は、いずれも単独で使用することも、互いに組み合わせて使用することも可能であり、また安全化アルゴリズム 200 を伴っても、伴わなくても使用可能であることを理解すべきである。

20

【0009】

ロールオーバー検出アルゴリズム 100 の作動に際して、データ収集および処理アルゴリズム 150 からのデータに応じて、測度アルゴリズム 300 . 1 または (OR 330') エネルギーアルゴリズム 300 . 2 が車両のロールオーバー状態を検出し、かつ (AND 340) 安全化アルゴリズム 200 が関連する独立の安全化条件が満たされると判断した場合、ステップ (350) において、車両 12 が実際にロールオーバーするかしらないにかかわらず、そのロールオーバー事象によって起こり得る関連する車両の乗員への傷害を軽減するために、1 つまたは複数の安全拘束アクチュエータ 30 が展開される。

30

以下に図 3 ~ 7 に示すフローチャートを参照して、データ収集および処理アルゴリズム 150、安全化アルゴリズム 200、測度アルゴリズム 300 . 1 およびエネルギーアルゴリズム 300 . 2 について説明する。図 6 は、測度アルゴリズム 300 . 1 およびエネルギーアルゴリズム 300 . 2 の両方の一般的なアルゴリズム構造のフローチャートを示しており、測度アルゴリズム 300 . 1 とエネルギーアルゴリズム 300 . 2 の個々の詳細は図 8 a ~ 8 c に表で示してある。アルゴリズムは数学的に記述してあり、応用例に特有の定数についてはパラメータを用いており、これらのパラメータを、特定の種類の車両について例となる数値とあわせて、図 9 a および 9 b に示してある。これらのパラメータは通常、例えば車両プラットフォームなどの特定の応用例に適合させるものであること、また図 9 a および 9 b に示すパラメータの具体的な数値は説明のためだけのものであり、本発明の範囲を限定するものと考えるべきではないことはいうまでもない。

40

【0010】

図 4 を参照すると、データ収集および処理アルゴリズム 150 は、ステップ (152) において横加速度計 18 から横加速度成分  $A_y$  の計測値を取得し、ステップ (158) にお

50

いて角速度センサ 20 から縦方向角速度  $\omega_x$  すなわちロール角速度の計測値を取得する。  
100 回以上のロールオーバー試験のデータから、ロールオーバーに伴う角速度  $\omega_x$  すなわち  
ロール角速度は、一般に  $\pm 300$  度 / 秒

【数 13】

$$(\pm |\omega_x^{\max}|)$$

であり、それに伴う横加速度成分  $A_y(t)$  は一般に  $\pm 20$  g

【数 14】

$$(\pm |A_y^{\max}|)$$

10

の範囲にあることがわかった。これらのそれぞれの限界値を超える横加速度成分  $A_y(t)$   
および角速度  $\omega_x$  は、それぞれステップ (154) および (160) において、それぞれ  
その値で刈り込まれる。例えば、関連する範囲が  $\pm 20$  g の例については、 $-20$  g 未満  
の横加速度成分  $A_y(t)$  の測定値は、ステップ (154) においてその値が  $-20$  g に設  
定される。横加速度計 18 と角速度センサ 20 の極性は、角速度  $\omega_x$  信号および横加速度  
成分  $A_y$  信号の対応する極性が、ロール発生中は互いに同じになるように設定される。一  
般に横加速度計 18 からの信号を刈り込むレベル

【数 15】

$$|A_y^{\max}|$$

20

は、 $20$  g または横加速度計 18 の測定範囲のいずれかの最小値に設定される。同様に、  
角速度センサ 20 からの信号を刈り込むレベル

【数 16】

$$|\omega_x^{\max}|$$

は、 $300$  度 / 秒または角速度センサ 20 の測定範囲のいずれかの最小値に設定される。

30

【0011】

横加速度計 18 および角速度センサ 20 それぞれからの、横加速度成分  $A_y$  および角速度  
 $\omega_x$  の生データは、それぞれステップ (156) および (162) において、それぞれの  
フィルタ 22、24 によってフィルタリングされて、それぞれフィルタリングされた

【数 17】

$$\tilde{A}_y$$

およびフィルタリングされた

【数 18】

40

$$\tilde{\omega}_x$$

となる。フィルタリングされた測定値を使用することは、ロール判別アルゴリズムの誤開  
始を避けること、および測度アルゴリズム 300 . 1 およびエネルギーアルゴリズム 300  
. 2 による関連する判別処理を改善することにおいて有利である。フィルタ 22、23 は  
、例えば 10 から 15 ミリ秒の間の移動平均ウィンド  $T_{avg}$  を有する移動平均フィルタ  
として、迅速な信号応答とノイズ低減とを適切に妥協させる。例えば、プロセッサ 26 は  
、以下に仮定するように、角速度  $\omega_x$  信号および横加速度成分  $A_y$  信号を、サンプリング  
速度 2500 Hz (サンプリング周期  $dt = 0.4$  ミリ秒に対応)、ウィンド 12 . 8 ミ  
リ秒で均一にサンプリングし、各信号についての移動平均が、収集された最新の 32 のサ

50

ンプルから計算される。移動平均の個々のサンプルは、通常均一に重みづけされるが、別の選択として不均一に重み付けすることもできる。

【 0 0 1 2 】

一般に、横加速度計 1 8 および角速度センサ 2 0 は、オフセットおよび/またはドリフト誤差（一般にセンサオフセット誤差と呼ばれる）を示す可能性があり、これを補償しない限り、関連するロール検出誤差が生じる可能性がある。このセンサオフセット誤差は、フィルタリングされた

【 数 1 9 】

横加速度成分  $\tilde{A}_y$

10

およびフィルタリングされた

【 数 2 0 】

角速度  $\tilde{\omega}_x$

を出力する上記の移動平均フィルタよりも、大幅に低い有効カットオフ周波数、あるいは言い換えると大幅に大きい有効フィルタ時間定数を有する、関連するフィルタを用いてセンサ計測値をフィルタリングすることによって評価される。例えば、

【 数 2 1 】

加速度オフセット  $\tilde{A}_y^{Offset}$  および角速度オフセット  $\tilde{\omega}_x$

20

は、ステップ ( 1 6 8 ) および ( 1 7 0 ) におけるそれぞれの移動平均フィルタによって、関連する角速度  $\omega_x$  および横加速度成分  $A_y$  それぞれの計測生データをフィルタリングして得られ、この各移動平均フィルタは関連するウインド幅

【 数 2 2 】

$T_{Avg\_Offset}$

例えば約 4 秒を有する。

【 0 0 1 3 】

ステップ ( 1 6 4 ) から、フィルタリングされた

【 数 2 3 】

加速度オフセット  $\tilde{A}_y^{Offset}$  および角速度オフセット  $\tilde{\omega}_x$

の値は測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 およびエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の両方が開始されていないときにのみ更新され、これは関連する両フラグ ONGOING\_EVENT\_FLAGS ( 進行イベントフラグ )、すなわち ONGOING\_MEASURES\_EVENT\_FLAG ( 進行メジャーズイベントフラグ ) および ONGOING\_ENERGY\_EVENT\_FLAG ( 進行エネルギーイベントフラグ ) の両方が設定されていないことで示される。したがって、ステップ ( 1 6 6 ) において、比較的長時間のフィルタリングを施された

【 数 2 4 】

加速度オフセット  $\tilde{A}_y^{Offset}$  および角速度オフセット  $\tilde{\omega}_x$

の値は、関連する横加速度成分  $A_y$  および角速度  $\omega_x$  が、関連するセンサオフセット値と大幅に異なる可能性のある時間間隔においては、更新されない。

【 0 0 1 4 】

図 4 では、角速度  $\omega_x$  の収集および処理の以前に、横加速度成分  $A_x$  の収集および処理を示しているが、相対的な順序は逆になることもあり、またこれらの操作が並行して実行さ

50



れることもあることを理解すべきである。

測度アルゴリズム 300.1、エネルギーアルゴリズム 300.2、および安全化アルゴリズム 200 のそれぞれにおいては、対応するセンサオフセット、すなわち

【数 25】

加速度オフセット  $\tilde{A}_y^{Offset}$  および角速度オフセット  $\tilde{\omega}_x$

をそれぞれ減じることにより補償した、フィルタリングされた

【数 26】

横加速度成分  $\tilde{A}_y$

10

およびフィルタリングされた

【数 27】

角速度  $\tilde{\omega}_x$

を使用することによって、対応する補償横加速度成分

【数 28】

$$(A'_y(t) = \tilde{A}_y(t) - \tilde{A}_y^{Offset}(t))$$

20

および補償角速度

【数 29】

$$(\omega'_x(t) = \tilde{\omega}_x(t) - \tilde{\omega}_x^{Offset}(t))$$

がそれぞれ求められる。

【0015】

図 5 を参照すると、安全化アルゴリズム 200 は、ステップ (202) から始まり、ここで関連する両フラグ SAFING\_EVENT\_FLAGS (安全化イベントフラグ)、すなわち ACCELERATION\_SAFING\_EVENT\_FLAG (加速度安全化イベントフラグ) および ROLL\_SAFING\_EVENT\_FLAG (ロール安全化イベントフラグ) が最初にリセットされる。次いで、ステップ (204) において、ONGOING\_EVENT\_FLAGS フラグ (すなわち ONGOING\_MEASURES\_EVENT\_FLAG または ONGOING\_ENERGY\_EVENT\_FLAG) のいずれかが設定されていることでわかるように、測度アルゴリズム 300.1 またはエネルギーアルゴリズム 300.2 のいずれかが開始されている場合には、次のステップ (206) において、

30

【数 30】

補償横加速度成分  $A'_y$

の絶対値が第 3 の加速度閾値

【数 31】

$$A_y^{Thr-3}$$

40

よりも大きい場合に、次のステップ (208) において、ACCELERATION\_SAFING\_EVENT\_FLAG が設定される。そうでない場合には、ステップ (204) から、ステップ (202) に戻り処理が反復される。

【0016】

ステップ (208) に続いて、あるいはステップ (206) に続いて、ステップ (210) において、

【数 32】

補償角速度  $\omega'_x$

50

の絶対値が第 3 の角速度閾値

【数 3 3】

$$\omega_x^{Thr-3}$$

よりも大きい場合に、ステップ ( 2 1 2 ) でROLL\_SAFING\_EVENT\_FLAGが設定される。これに次いで、あるいはステップ ( 2 1 0 ) から、ステップ ( 2 0 4 ) に戻り反復処理される。したがって、測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 およびエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の少なくとも 1 つに入った後で、かつ両者から出る以前に、安全化アルゴリズム 2 0 0 に関連する横加速度および角速度の条件が満たされると、それが必ずしも同時でなくても、それぞれの関連する安全化イベントフラグSAFING\_EVENT\_FLAGSが次に設定されて、測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 またはエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 のいずれかによるロール状態の検出に応じて 1 つまたは複数の安全拘束アクチュエータの展開が可能となる。それぞれのSAFING\_EVENT\_FLAGSは個別に設定、またはラッチされるが、両者は同時にリセットされると共に、測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 またはエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 に応じて 1 つまたは複数の関連する安全拘束アクチュエータ 3 0 を作動させるためには、両方が設定されていないとはならない。

10

【 0 0 1 7 】

代替案として、安全化アルゴリズム 2 0 0 を、前記のフラグの 1 つだけと、関連する基準だけを組み込むように適合させることによって、安全化基準が、測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 またはエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 のいずれかの開始時刻に続く、第 1 ポイント時刻における第 3 の加速度閾値

20

【数 3 4】

$$A_y^{Thr-3}$$

よりも大きい

【数 3 5】

補償横加速度成分  $A'_y$

の絶対値と、開始時刻に続く第 2 ポイント時刻における第 3 の角速度閾値

【数 3 6】

$$\omega_x^{Thr-3}$$

よりも大きい

【数 3 7】

補償角速度  $\omega'_x$

の絶対値の、少なくとも一方に応答するようにしてもよく、この場合に開始時刻とは、関連する測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 またはエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 について、関連する入口基準が満たされる時刻であり、開始時刻に続く、第 1 ポイントおよび第 2 ポイント時刻は互いに任意である。例えば、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 は、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の開始時刻に続くある時刻における、第 3 の加速度閾値

30

40

【数 3 8】

$$A_y^{Thr-3}$$

よりも大きな

【数 3 9】

補償横加速度成分  $A'_y$

だけに応答して「安全化」させることもできる。

【 0 0 1 8 】

50

ロールオーバー検出システム 10 は、測度アルゴリズム 300 . 1 またはエネルギーアルゴリズム 300 . 2 の実装用とは別個のマイクロプロセッサを用いて安全化アルゴリズム 200 を実装することによって信頼性を改善するように適合させてもよく、この場合には安全化アルゴリズム 200 が進行イベントフラグ ONGOING\_EVENT\_FLAGS を認識しない場合には、これらのフラグに応じて安全化イベントフラグ SAFING\_EVENT\_FLAGS をリセットするかわりに、1 つまたは複数の安全化アクチュエータ 30 が展開されるまで、あるいは両アルゴリズムが終了してしまうことになるまで、安全化条件が作動状態に維持されるように、一方の安全化基準が最後に満たされた時刻から、ある遅延、例えば

【数 40】

$$\Delta t_{\max}^E$$

10

(例えば 1.2 秒) を設けてリセットしてもよい。

【0019】

測度アルゴリズム 300 . 1 およびエネルギーアルゴリズム 300 . 2 のそれぞれは、図 6 に示す全体アルゴリズム構造に従って作動し、これらのアルゴリズムはそれぞれ、すべて参照番号 300 で示してある。特定の参照番号に小数点番号をつけることによって、個別のアルゴリズムを参照することにする。例えば、一般的な全体処理は参照番号 300 で表し、測度アルゴリズムは 300 . 1 で、エネルギーアルゴリズムは 300 . 2 で表す。別の例をあげると、全般のアルゴリズム計算ステップは参照番号 326 で表すが、参照番号 326 . 1 は測度アルゴリズム 300 . 1 のアルゴリズム計算ステップを特に表し、参照番号 362 . 2 はエネルギーアルゴリズム 300 . 2 のアルゴリズム計算ステップを表す。特定のアルゴリズムステップに関連する特定の方程式は、各アルゴリズムについて、図 8 a ~ 8 c に表形式で示し、関連するパラメータとその例としての値を、図 9 a、9 b に表形式で示してある。

20

【0020】

図 6 を参照すると、全体ロール処理アルゴリズムはステップ (302) から開始され、対応する進行イベントフラグ ONGOING\_EVENT\_FLAG がリセットされる。この ONGOING\_EVENT\_FLAG が設定されることは、ロール処理アルゴリズムの入口基準が満たされ、対応する出口基準は満たされず、したがって関連するアルゴリズムが作動状態であることを示す。次いでステップ (150) において、前述のデータ収集および処理アルゴリズム 150 に従って、このアルゴリズムで用いられる関連データが、収集かつ処理される。次いでステップ (304) において、ONGOING\_EVENT\_FLAG が設定されていない場合、つまり潜在的なロール事象からのデータを処理中ではなく、車両 12 にロール事象が生じていないことを示す場合には、ステップ (306) において 1 組の入口基準が評価されて関連する閾値と比較され、入口基準が満たされる場合には、ステップ (308) において ONGOING\_EVENT\_FLAG が設定され、かつステップ (310) において、例えばアルゴリズム関連する様々な動的変数を初期化することによって、アルゴリズムが開始される。

30

【0021】

あるいはステップ (304) から、進行イベントフラグ ONGOING\_EVENT\_FLAG が設定されており、潜在的なロール事象からのデータが処理中であることを示す場合には、ステップ (312) において、関連する時間の測度、例えばサンプル計数が更新されて、ステップ (400) で、新規に収集されたデータが評価されて、センサ (つまり横加速度計 18 または角速度センサ 20) を再校正する必要があるかどうか判断される。ステップ (400) に関連する処理を図 7 に示してあり、以下により詳細を説明する。

40

ステップ (400) から、1 つ又は複数のセンサが再校正を必要とする場合、ステップ (314) において再校正を必要とする 1 つまたは複数のセンサが再校正される。例えば、横加速度計 18 および角速度センサ 20 の両方が試験可能であり、既知の刺激をセンサに与え、対応するセンサ出力が既知の刺激と一致するように校正することができる。例えば、横加速度計 18 が、マイクロマシン加工による、スプリング要素の梁で懸架されたマス要素を含むものであれば、マス要素とハウジングの間に静電場を印加して、基準加速度レ

50

ベルに相当する量だけ梁を撓ませる。

#### 【 0 0 2 2 】

次いで、歪センシング要素からの出力が、基準加速度レベルに一致するように較正係数を計算する。ステップ( 3 1 6 )において、ステップ( 3 1 4 )の処理が、1つまたは複数のセンサが故障していることを示す場合、例えばセンサに試験刺激を加えるか否かにかかわらず、出力に実質的に変化がない場合には、ステップ( 3 1 8 )において、故障状態が設定され、警報装置、例えばライトが作動して車両12のドライバに警告し、ロールオーバー検出システムによる安全拘束アクチュエータ30の展開を不能とする。あるいはステップ( 3 1 6 )から、すなわち横加速度計18および角速度センサ20の両方ともが故障していない場合には、ステップ( 3 2 0 )において、両フラグONGOING\_EVENT\_FLAGS、すなわちONGOING\_MEASURES\_EVENT\_FLAGおよびONGOING\_ENERGY\_EVENT\_FLAGが、少なくとも1つのセンサの再較正が行われたことに応じてリセットされて、ステップ( 1 5 0 )から新たな処理が反復される。

10

#### 【 0 0 2 3 】

あるいはステップ( 4 0 0 )から、どのセンサも再較正の必要がない場合には、ステップ( 3 2 2 )において出口基準が評価されて、ステップ( 3 0 6 )における入口基準を再び満たしてアルゴリズムに再び入る時刻まで、アルゴリズムから退出するかどうかが決定的される。ステップ( 3 2 2 )からは、出口基準が満たされる場合には、ステップ( 3 2 4 )においてアルゴリズムがエネルギーアルゴリズム300.2であり、かつエネルギーアルゴリズム300.2がステップ( 3 0 6 )で連続して登録され、かつ次いでタイムアウト

20

#### 【 数 4 1 】

(すなわち  $\Delta t > \Delta t_{\max}^E$ )

の結果ステップ( 3 2 2 )で退出し、ステップ( 3 2 2 )で退出した直後に、例えばアルゴリズムの次回反復中にステップ( 3 0 6 )で再び入る場合には、ステップ( 3 2 2 )においてp回(例えばp = 3)連続で退出した後に、上述のようにステップ( 3 2 4 )からの処理が継続されて、センサが診断され、必要な場合には再較正される。あるいはステップ( 3 2 4 )から、関連する進行フラグONGOING\_EVENT\_FLAG、すなわちONGOING\_MEASURES\_EVENT\_FLAGまたはONGOING\_ENERGY\_EVENT\_FLAGがステップ( 3 2 0 )でリセットされて、ステップ( 1 5 0 )から新しい処理が反復される。

30

#### 【 0 0 2 4 】

あるいは、ステップ( 3 2 2 )からは、アルゴリズムがステップ( 3 0 6 )で登録され、かつステップ( 3 2 2 )で退出していない場合に、ステップ( 3 1 0 )またはステップ( 3 1 2 )のいずれかからの時間測度の特定の値にしたがって、アルゴリズムの特定の反復について、関連するアルゴリズム計算が実施される。次いで、ステップ( 3 3 0 )において、関連するアルゴリズム検出基準が、アルゴリズムの特定の反復において満たされ、かつステップ( 3 4 0 )において安全化イベントフラグSAFING\_EVENT\_FLAG(s)、すなわちACCELERATION\_SAFING\_EVENT\_FLAGおよびROLL\_SAFING\_EVENT\_FLAGが設定されている場合には、ステップ( 3 5 0 )においてロール事象が検出され、関連する安全拘束アクチュエータ30が作動される。逆に、ステップ( 3 3 0 )においてアルゴリズム検出基準が満たされない場合、またはステップ( 3 4 0 )において、すべての安全化イベントフラグが非設定であり、関連する安全化基準が、測度アルゴリズム300.1またはエネルギーアルゴリズム300.2の実行中のある時刻において満たされない場合には、ステップ( 1 5 0 )から始まる次の反復が継続される。

40

#### 【 0 0 2 5 】

測度アルゴリズム300.1およびエネルギーアルゴリズム300.2の両方とも、データ収集および処理アルゴリズム150からの横加速度成分 $A_y$ および縦方向角速度 $\dot{\alpha}_x$ の計測値に依存するが、各アルゴリズムに関連するその他の変数およびパラメータは互いに独立であり、同様にステップ( 3 0 6 )における関連する入口基準、ステップ( 3 1 0 )におけるアルゴリズム初期化、ステップ( 3 2 2 )における関連する出口基準、ステップ

50

( 3 2 6 ) におけるアルゴリズム計算、およびステップ ( 3 3 0 ) におけるアルゴリズム判断基準も独立であり、これらのすべてについての例を図 8 a , 8 b、8 c、9 a、および 9 b に詳細に示してある。例えば、各アルゴリズムは開始からの時間測度を決定し、縦方向角速度  $\dot{\theta}_x$  の計測値を積分することによってロール角の測度を計算するが、それぞれのロール角の測度と同様に、これらのそれぞれの時間測度は互いに独立である。測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 およびエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の両方とも、それぞれのアルゴリズムによる処理を開始するときに、初期には車両は水平である ( すなわち  $( t_{entrance} ) = 0$  ) と仮定している。

【 0 0 2 6 】

横方向加速度計 1 8 または角速度センサ 2 0 のいずれかが再較正を必要とするかどうかを判断する処理 4 0 0 を図 7 に示してある。ステップ ( 4 0 2 )、( 4 0 4 )、( 4 0 6 ) および ( 4 0 8 ) において、フィルタリングされた

10

【 数 4 2 】

角速度  $\tilde{\omega}_x$

の絶対値が、関連する時間間隔

【 数 4 3 】

$$\Delta t_{\omega}^{\max}$$

の間、第 4 の角速度閾値

20

【 数 4 4 】

$$\omega_x^{Thr-4}$$

を連続的に超える場合には、ステップ ( 4 1 0 ) において角速度センサ 2 0 の再較正の信号が出される。あるいは、ステップ ( 4 1 2 )、( 4 1 4 )、( 4 1 6 )、( 4 1 8 ) および ( 4 2 0 ) において、測度アルゴリズムからのロール角の絶対値  $^M$  か、またはエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 からのロール角  $^E$  のいずれかが、関連する時間間隔

【 数 4 5 】

$$\Delta t_{\theta}^{\max}$$

30

の間、ロール角閾値

【 数 4 6 】

$$\theta^{Thr}$$

を超える場合には、ステップ ( 4 1 0 ) において角速度センサ 2 0 の再較正の信号が出される。あるいはステップ ( 4 2 2 ) において、角速度センサ 2 0 の再較正の信号は出されない。ステップ ( 4 2 4 )、( 4 2 6 )、( 4 2 8 ) および ( 4 3 0 ) において、フィルタリングされた

【 数 4 7 】

横加速度成分  $\tilde{A}_y$

40

の絶対値が、第 4 の横加速度閾値

【 数 4 8 】

$$A_y^{Thr-4}$$

を、関連する時間間隔

【 数 4 9 】

$$\Delta t_A^{\max}$$

50

の間、連続的に超える場合には、ステップ(432)において横加速度計18の再校正の信号が出される。そうでない場合には、ステップ(434)において、横加速度計18の再校正の信号は出されない。ステップ(410)または(432)のいずれかで再校正の信号が出された場合には、上記のようにステップ(314)から処理が継続される。そうでない場合には、センサ再校正の信号は出されず、上記のようにステップ(322)から処理が継続される。

【0027】

次に図6、図8a~8c、および図9a, 9bを参照して、測度アルゴリズム300.1についてより詳細に論じるが、図6のステップ番号は、その関連を示すために、ここでは「.1」のような添え字をつけてある。測度アルゴリズム300.1の進行イベントフラグONGOING\_EVENT\_FLAGは、進行測度イベントフラグONGOING\_MEASURES\_EVENT\_FLAGと呼び、ステップ(306.1)で入口基準が満たされると、ステップ(308.1)で設定され、ステップ(322.1)で出口基準が満たされるとステップ(320.1)でリセットされる。進行測度イベントフラグONGOING\_MEASURES\_EVENT\_FLAGは例えば、測度アルゴリズム300.1を実装するための、関連するプロセッサ26のメモリ28内の特定の場所に対応することもある。ステップ(322.1)に続いて、アルゴリズムに入るとその後は、ステップ(322.1)で測度アルゴリズム300.1の出口基準が満たされるか、またはロール事象が検出され安全拘束アクチュエータ30が展開されるまで、測度アルゴリズム300.1からは出ることはない。さらに、測度イベント出口基準が満たされて、測度アルゴリズム300.1から出た後は、測度アルゴリズム300.1は、関連する測度イベント入口基準がその後に満たされる場合には、再び入ることができる。

【0028】

ステップ(306.1)における、測度アルゴリズム300.1の入口基準は例えば、

【数50】

補償横加速度成分  $A'_y$

の絶対値が第1の加速度閾値

【数51】

$$A_y^{Thr-1}$$

より大きい、すなわち

【数52】

$$|A'_y(t)| > A_y^{Thr-1}$$

であることである。ある特定の車両の例としては、実際のロールオーバのデータに基づいて、第1の加速度閾値は、約1.4gに設定された。この閾値は、測度アルゴリズム300.1の他のパラメータ値と同様に、一般に特定の関連する車両の特性または車両のクラスに依存すること、および特定のロールオーバ検出システム10に用いる特定の値は、関連する車両の12の特性または車両のクラスに応じて調節することによって判別能力を改善することができることに留意すべきである。

【0029】

ステップ(310.1)においては、ステップ(308.1)に続いて測度アルゴリズム300.1に最初に入ると、測度アルゴリズム300.1が初期化される。イベントサンプル数 $n^M$ および角度位置の値 $^M(n^M-1)$ および測度関数 $R(n^M-1)$ が、例えばゼロ値に初期化される。またイベント入口時刻の直前のサンプル時刻 $t^M(-1)$ が、現在時刻 $t$ に初期化された、測度イベント入口時刻 $t^M(0)$ の値に初期化され、かつアルゴリズム入口からの時間間隔 $t^M(0)$ がゼロ値に初期化される。ここで用いた上添え字「M」は、ここでは測度アルゴリズム300.1に関連する変数を表す。

【0030】

10

20

30

40

50

測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 の後続の反復時に、ステップ ( 3 0 4 . 1 ) において進行測度イベントフラグが設定され、次いでステップ ( 3 1 2 . 1 ) においてイベントサンプル数  $n^M$  が増分され、関連する現行サンプル時刻

【数 5 3】

$$t^M(n^M)$$

が、現行時刻  $t$  に等しく設定され、測度イベント時間  $t^M$  が測度イベント入口時刻  $t^M(0)$  から現行時刻

【数 5 4】

$$t^M(n^M)$$

10

までの時間間隔として、以下のように計算される。

【数 5 5】

$$\Delta t^M(n^M) = t^M(n^M) - t^M(0)$$

ステップ ( 3 2 2 . 1 ) における、測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 の出口基準は、例えばアルゴリズム入口からの時間間隔

【数 5 6】

$$\Delta t^M(n^M)$$

20

が、時間間隔閾値

【数 5 7】

$$\Delta t_{\max}^M$$

より大きいこと、すなわち

【数 5 8】

$$\Delta t^M(n^M) > \Delta t_{\max}^M$$

30

となることである。特定型式の車両の例については、実際のロールデータに基づいて、時間間隔閾値

【数 5 9】

$$\Delta t_{\max}^M$$

は約 1 6 5 ミリ秒に設定された。測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 から出ると、進行測度イベントフラグ ONGOING\_MEASURES\_EVENT\_FLAG はステップ ( 3 2 0 . 1 ) でリセットされ、これによって、その後にステップ ( 3 0 6 . 1 ) において入口基準が満たされるまでの間、ステップ ( 3 1 0 . 1 ) で測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 に関連する変数が初期化される。

40

【0 0 3 1】

ステップ ( 3 2 2 . 1 ) において、出口基準が満たされない場合には、アルゴリズム計算はステップ ( 3 2 6 . 1 ) において測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 の特定の反復に対して以下のように更新される。

最初に、補償された符号付の角速度値を積分することによって、角度位置  $\theta^M$  が以下のように推定される。

【数 6 0】

$$\theta^M(n^M) = \theta^M(n^M - 1) + \tilde{\omega}_x'(n^M) \cdot dt$$

50

ここで、積分時間ステップ  $\Delta t$  は、現行反復における時刻

【数 6 1】

$$t^M(n^M)$$

と、前回反復における時刻との差

【数 6 2】

$$t^M(n^M - 1)$$

として求め、この差はサンプリング速度が一様であれば、以下のように一定値となる。

【数 6 3】

$$\Delta t = t^M(n^M) - t^M(n^M - 1)$$

10

また、

【数 6 4】

$$\text{補償角速度 } \omega'_x$$

は以下の式で求められる。

【数 6 5】

$$\omega'_x(t) = \tilde{\omega}_x(t) - \tilde{\omega}_x^{\text{Offset}}(t)$$

20

【0 0 3 2】

次に測度関数  $R$  が推定され、これは良度指数 (figure-of-merit)  $FOM$  を計算するために用いられる。測度関数  $R$  は以下のように求められる。

【数 6 6】

$$R(n^M) = R(n^M - 1) \cdot \left(1 - \frac{\Delta t^M}{\tau}\right) + F^* \cdot KE^* \cdot PE^*$$

測度関数の第 1 項は、ダンピング項であり、前回値  $R(n^M - 1)$  にダンピング係数

30

【数 6 7】

$$\left(1 - \frac{\Delta t^M}{\tau}\right)$$

を乗じた積からなる。ダンピングのレベルは、特定の車両型式に依存する定数 によって決まる。例をあげると、特定型式の車両についてのロールオーバー試験データに基づき、の値は約 4 0 0 秒とした。ダンピング項は、

【数 6 8】

$$\text{補償横加速度成分 } A'_y$$

40

または

【数 6 9】

$$\text{補償角速度 } \omega'_x$$

の値が継続的に大きくない事象に対しては、結果として得られる良度指数  $FOM$  を確実に低下させる働きをする。

【0 0 3 3】

測度関数  $R$  の第 1 項に追加される残りの項は、3 つの測度の積であり、それは力測度  $F^*$ 、回転運動エネルギー測度  $KE^*$ 、および位置エネルギー測度  $PE^*$  である。力測度  $F^*$  は、

【数 7 0】

50



補償横加速度成分  $A'_y$ 

の現行サンプルとして以下のように求められる。

【数 7 1】

$$A'_y(n^M) = \tilde{A}_y(t) - \tilde{A}_y^{Offset}(t)$$

一般に、力と加速度はニュートンの第 2 法則の関係がある ( $F = M \cdot A$ )。力測度  $F^*$  は、力と加速度のベクトル特性の説明を必要とするような、厳密な力測度とする必要は必ずしもなく、少なくとも車両 1 2 に作用する反力  $F$  と関連のある測度とする。通常の車両のロール事象において、

10

【数 7 2】

補償横加速度成分  $A'_y$ 

は、タイヤまたは車輪リムに作用する横方向力によって生じる。この横方向力は、車両重量中心の回りの回転トルクを発生させて、最終的にロールオーバを引き起こす力と同じものである。

【数 7 3】

補償横加速度成分  $A'_y$ 

20

は、必ずしも実際の反力  $F$  に対する完全な測度とはならない。

【0 0 3 4】

例えば

【数 7 4】

補償横加速度成分  $A'_y$ 

では、例えばタイヤまたはその他のダンピング要素内の減衰力によるか、またはサスペンションシステムの運動による、非剛体運動の影響は、必ずしも説明できない。しかしながら

【数 7 5】

30

補償横加速度成分  $A'_y$ 

は経験則として、非剛体運動を除いては、小さな角度に対しては、車両 1 2 をロールさせる反力  $F$  に比例する。高速ロールオーバ試験またはトリップ式ロールオーバ試験によると、

【数 7 6】

補償横加速度成分  $A'_y$ 

は、角速度センサ 2 0 によって有効な補償角速度が観察される約 2 0 ミリ秒前に、有効となる。力測度  $F^*$  は、

40

【数 7 7】

補償横加速度成分  $A'_y$ 

に対して線形関係で示してあるが、力測度  $F^*$  は、

【数 7 8】

補償横加速度成分  $A'_y$ 

に対して、その他の (線形以外の) 関数または (1 以外の) 累乗とすることもできることを理解すべきである。

【0 0 3 5】

50

回転運動エネルギー測度  $PE^*$  は、

【数 7 9】

$$\tilde{\omega}_x'^2$$

で求められる。一般に回転運動エネルギー測度  $KE^*$  は、車両の回転運動エネルギーと相関がある。例えば、

【数 8 0】

$$KE^* = \tilde{\omega}_x'^2$$

のように、回転運動エネルギー測度  $KE^*$  は、比例定数を  $I_x / 2$  として車両 1 2 の回転運動エネルギーと比例する。しかし、回転運動エネルギー測度  $KE^*$  を、別の形式で表すことも可能である。例えば、

【数 8 1】

$$\tilde{\omega}_x'$$

の 2 乗以外の累乗を用いて、

【数 8 2】

$$\text{補償角速度 } \omega_x'$$

から回転運動エネルギー測度  $KE^*$  を構成することも可能であり、あるいは回転運動エネルギー測度  $KE^*$  を

【数 8 3】

$$\text{補償角速度 } \omega_x'$$

の別の関数とすることも可能である。

【0 0 3 6】

力測度  $F^*$  と回転運動エネルギー測度  $KE^*$  の積は、

【数 8 4】

$$\text{補償角速度 } \omega_x'$$

を単独で用いる場合よりも、より迅速にロールオーバを予測する測度となる。これはまた

【数 8 5】

$$\text{補償角速度 } \omega_x'$$

の最終値の予測測度ともなるが、それは

【数 8 6】

$$\text{補償横加速度成分 } A_y'$$

から推定された大きな横方向力は、通常約 20 ミリ秒後に

【数 8 7】

$$\text{補償角速度 } \omega_x'$$

の増加として表れることが観察されているからである。さらに、例えば補償角速度の 2 乗を用いることにより、補償角速度の重み付けを、補償横加速度成分よりも大きくすると、結果的に得られる良度指数  $FOM$  に対する、実際の補償角速度の影響を強めることになる。

【0 0 3 7】

位置エネルギー測度  $PE^*$  は、定数と角度位置の現行サンプル

【数 8 8】

10

20

30

40

$$\dot{e}^M(n^M)$$

の和として次のように求められる。

【数 8 9】

$$PE^* \leftarrow \text{sign}(A'_y(n^M)) \cdot \theta_0 + \dot{e}^M(n^M)$$

定数  $\theta_0$  は、特定の車両によって異なる。例えば、ある型式の車両についてのロールオーバー試験のデータに基づけば、 $\theta_0$  の値は約 0.1 度である。この定数項は、

【数 9 0】

$$\text{補償角速度 } \omega'_x$$

および

【数 9 1】

$$\text{補償横加速度成分 } A'_y$$

の両方の信号が、あるロール事象に対して同じ極性を有するように極性が与えられていると仮定して、これらの信号のいずれかと同じ同じ符号にされている。位置エネルギー測度  $PE^*$  を測度関数の積項に含めると、結果的に得られる良度指数  $FOM$  に与えるロール運動の影響を強め、例えば関連するアクチュエータ起動時間 (TTF) が通常 140 から 230 ミリ秒である、中速度のロール事象に対して、その絶対値を増大させる。(この範囲の上下限は、車両の特性に応じて 20 % 程度拡張することもあり、また異なる型式の車両に対してさらに異なる可能性もある。) 力測度  $F^*$  および回転運動エネルギー測度  $KE^*$  と比較して、位置エネルギー測度  $PE^*$  は、比較的重要度が低く、小規模なロールオーバー検出システム 10 においては無視する (例えば  $PE^* = 1$  に設定する) ことも可能である。しかし位置エネルギー測度  $PE^*$  は、中程度のアクチュエータ起動時間を示すロール事象の場合の要素として利点があると思われる。

【0038】

良度指数  $FOM$  は次式で求められる。

【数 9 2】

$$FOM(n^M) = |R(n^M)| \cdot (|R(n^M)| - |R(n^M - 1)|)$$

良度指数  $FOM$  は、関連する  $R(n^M)$  および  $R(n^M - 1)$  項の絶対値から計算され、この結果良度指数  $FOM$  は回転の方向には影響されない。

【数 9 3】

$$(|R(n^M)| - |R(n^M - 1)|)$$

項は、時間についての測度関数  $R$  の微分または勾配の測度となり、実際の勾配はこの項をサンプリング周期  $dt$  (一様にサンプリングされるシステムでは定数) で除して求められることになる。この勾配係数は、以下に述べる閾値関数と組み合わせられて、ロールオーバー事象が検出されて、その結果、関連する 1 つまたは複数の安全拘束システム 30 展開させるためには、良度指数  $FOM$  が時間と共に増加することを必要とさせる効果がある。

【0039】

代替案として、特に比較的小さな

【数 9 4】

$$(|R(n^M)| - |R(n^M - 1)|)$$

10

20

30

40

50

の値について、良度指数 F O M は次式で求めてもよい。

【数 9 5】

$$FOM(n^M) = |R(n^M)|$$

ステップ ( 3 2 2 . 1 ) のアルゴリズム計算に続いて、ステップ ( 3 3 0 . 1 ) で評価されたアルゴリズム検出基準は、例えば図 8 c に示すような複数の検出条件を含む。これらの条件のすべてが満たされる場合には、通常は測度イベント閾値を超えて、ロールオーバーが発生すると考えられ、またステップ ( 3 4 0 ) において安全化アルゴリズムから関連する安全化基準が満たされる場合には、ステップ ( 3 5 0 ) において、関連する乗員の傷害を軽減するために、関連する 1 つまたは複数の安全拘束アクチュエータ 3 0 が展開される。この検出基準は、特定の検出戦略にしたがって決められる。理想的には、検出基準は、関連する 1 つまたは複数の安全拘束システムの適切な展開によって乗員の傷害が軽減される程度の強度の、車両の内装と頭部の接触 ( つまり「頭部接触」 ) が発生するロール事象を検出することができて、その他の事象を無視できることである。

【 0 0 4 0】

しかし、このような理想的な性能が実現できない場合には、検出基準を適当な妥協手段となるように適合させることができる。例えば、重大なロール事象を十分迅速に、つまり関連する 1 つまたは複数の安全アクチュエータ 3 0 を、乗員への傷害を与えるリスクを軽減できるタイミングと速度で展開できるように、関連する頭部接触時間よりも十分に短い時間内に検出するためには、車両を完全にロールさせない ( 例えば縁石走行 ( curb trip ) または中減速度型から高減速度型のロール事象 ) 程度の重大ロールオーバー事象に応答して 1 つまたは複数の安全拘束アクチュエータ 3 0 が展開するのを許容することが必要なこともある。

【 0 0 4 1】

ステップ ( 3 3 0 . 1 ) の第 1 の検出条件として、測度イベント時間  $t^M$  が、測度イベント時間の範囲 (  $t^M_{min}$ 、 $t^M_{max}$  ) 内にあるか、どうかを以下のように試験する。

【数 9 6】

$$\Delta t^M_{min} \leq \Delta t^M \leq \Delta t^M_{max}$$

例えば特定の型式の車両に対して、イベントトリガーからの経過時間間隔が、特定の時間ウィンド内に入るように、関連する最小および最大イベント時間を、

【数 9 7】

$$\Delta t^M_{min}$$

= 4 0 ミリ秒、

【数 9 8】

$$\Delta t^M_{max}$$

= 1 6 5 ミリ秒とする。最小測度イベント時間

【数 9 9】

$$\Delta t^M_{min}$$

を制約することによって、非常に短時間の大きな横方向入力によって、偶然の検出が起こるのを防ぐと共に、観察された最短の頭部接触時間の条件を満たすように、十分に早く安全拘束システムを展開させることが可能になる。( 頭部接触時間は、乗員の頭部が車両の内装と接触する時間である。 ) 通常、重大な縁石走行または減速スレッド事象に対して、ロール判別アルゴリズムの入口時間は、ロール事象開始 ( すなわち、物理事象の開始 ) 後、約 2 0 ミリ秒である。そうすると、ロール判別アルゴリズムがエアバッグを展開し始め

10

20

30

40

50

ることができる最早時点は、ロール事象の開始後、約 60 ミリ秒となる（入口時間 + 約 40 ミリ秒）。

【0042】

観察された最速の頭部接触時間は、ロール事象の発生後、およそ 115 ミリ秒程度である。関連するデータ処理および安全拘束展開（例えばエアバッグ膨張）に約 30 ミリ秒を要すると仮定すると、これらの場合には、安全拘束アクチュエータ 30 は、ロール事象の開始後約 90 ミリ秒で完全に展開されることになる。最小起動時間  $t^{\min}$  は、横加速度計 18 および角速度センサ 20 からの信号がもたらす情報をできる限り利用しつつ、一方で重大事象における頭部接触を回避するのに、時間余裕をもって展開判断が行えるようにする。最大起動時間  $t^{\max}$  は、ロール判別アルゴリズムの連鎖事象に対する脆弱性を低減し、また時間間隔のあいた 2 つの横方向事象の 2 番目の事象によってロールオーバーが引き起こされる事故において、ロール判別アルゴリズムをリセットし、ロールオーバーの第 2 の「実際の」開始事象を検知することを可能にする。ステップ (330.1) において、測度イベント時間  $t^M$  が指定された範囲内にある場合には、第 1 の検出条件は満たされ、追加の検出基準がステップ (330.1) で評価される。そうでない場合には、処理はステップ (150) から次の反復が継続される。

10

【0043】

ステップ (330.1) の第 2 に検出条件として、例としての車両プラットフォームについて、上述の検出戦略にしがって必要な実質的にすべての事象に対して、良度指数 FOM と、十分に迅速な判別時間をもたらす閾値関数

20

【数 100】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

とが比較される。閾値関数

【数 101】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

は、例えば以下の形式となる。

【数 102】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M) = A \cdot \Delta t^M + B$$

30

対応する第 2 の検出条件は以下のようになる。

【数 103】

$$FOM(n^M) > FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

例えば、特定の型式の車両についてのロールオーバー試験からのデータに基づいて、A および B は、40 ミリ秒  $t^M < 96$  ミリ秒に対して、 $A = 6.46 \times 10^{-11} (g^2 \deg^6 / ms \cdot s^4)$ 、 $B = -2.34 \times 10^{-13} (g^2 \deg^6 / s^4)$ 、また 96 ミリ秒  $t^M \geq 96$  ミリ秒に対して、 $A = 2.59 \times 10^{-11} (g^2 \deg^6 / ms \cdot s^4)$ 、 $B = -1.36 \times 10^{-13} (g^2 \deg^6 / s^4)$  とした。良度指数 FOM および閾値関数

40

【数 104】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

は、例えば両方とも単位が  $[g^2 \deg^6 / s^4]$  である。

【0044】

一般に、異なる型式の車両は、閾値関数

【数 105】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

について、それぞれ異なるパラメータ値、または異なる関数形を有する。例えば複数の線形セグメントを有する、多重セグメント閾値関数

【数 1 0 6】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

は、ロール判別アルゴリズムの性能に対して有利であることがわかっている。上記の例示的閾値限界線は、0.8ミリ秒の時間ステップの間に1250Hzの速度でサンプリングされたデータから設定された。閾値関数

【数 1 0 7】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

は、良度指数FOMの計算における積分の残余項が異なるために、データサンプリング速度が変われば、変化する。一般に、閾値関数は、時間の関数、時間の分割関数、時間についてのテーブルルックアップのいずれかによって表すことができる。さらに通常、閾値関数は時間の関数、例えば開始から時間間隔の関数であるが、この閾値関数

【数 1 0 8】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

は場合によっては一定、すなわち時間に対して一定である可能性もあることを理解すべきである。ステップ(330.1)において、良度指数FOMが閾値関数

【数 1 0 9】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

を超える場合には、第2の検出条件が満たされ、ステップ(330.1)において、追加の検出基準が評価される。そうでない場合には、ステップ(150)から次の反復の処理が継続する。

【0045】

ステップ(330.1)の第3の検出条件として、安全拘束アクチュエータ30の予期される展開時において、良度指数FOMの絶対値が、時間に対して増大しているかどうかを、以下のように試験する。

【数 1 1 0】

$$|FOM(n^M)| > |FOM(n^M - 1)|, \text{ および } |FOM(n^M)| > |FOM(n^M - m)|, \text{ ここで } m > 1, \text{ 例えば } m=6$$

である。第3の検出条件は、例えば  $t = 40$  ミリ秒で閾値関数  $FOM^{Thr}(t)$  を超えるが、事象は減退しつつある(例えば  $A_y$  または  $x$  のいずれか、あるいは両方の絶対値が、減少している)場合の展開を防ぐためのものである。ステップ(330.1)において、良度指数FOMが時間に対して増大している場合には、第3の検出条件は満たされ、ステップ(330.1)において追加の検出基準が評価される。そうでない場合には、ステップ(150)から次の反復のための処理が継続される。

【0046】

ステップ(330.1)の第4の検出条件として、安全拘束アクチュエータ30の予測される展開時における補償横加速度成分

【数 1 1 1】

$$\text{補償横加速度成分 } A'_y$$

の絶対値が、第2の加速度閾値

【数 1 1 2】

10

20

30

40

$$A_y^{Thr-2}$$

と以下のように比較される。

【数 1 1 3】

$$\left| A'_y \left( n^M \right) \right| > A_y^{Thr-2}$$

第 4 の検出条件は、誤った大きな補償角速度

【数 1 1 4】

$$\text{補償角速度 } \omega'_x$$

10

信号を発生させるモードにおける、角速度センサ 20 の故障によって、安全拘束アクチュエータ（群）30 の偶発的な展開が生じることを防止する。例えば、ドライブ路面上に横方向のタイヤスリップのないような正常な運転状態において、第 2 の加速度閾値

【数 1 1 5】

$$A_y^{Thr-2}$$

の値 0.7 g を超えることはないと考えられる。ステップ（330.1）において、

【数 1 1 6】

$$\text{補償横加速度成分 } A'_y$$

20

の絶対値が、第 2 の加速度閾値

【数 1 1 7】

$$A_y^{Thr-2}$$

よりも大きい場合には、第 4 の検出条件が満たされ、ステップ（330.1）において追加の検出基準が評価される。そうでない場合には、ステップ（150）から次の反復のための処理が継続される。

【0047】

ステップ（330.1）の第 5 の検出条件として、

【数 1 1 8】

$$\text{補償角速度 } \omega'_x$$

30

の絶対値が、安全拘束アクチュエータ（群）30 の予想される展開時における、関連する第 2 のロール角速度閾値

【数 1 1 9】

$$\omega^{Thr-2}$$

と、以下のように比較される。

【数 1 2 0】

40

$$\left| \omega'_x \left( n^M \right) \right| > \omega^{Thr-2}$$

例えば、第 2 のロール角速度閾値

【数 1 2 1】

$$\omega^{Thr-2}$$

は、約 50 度 / 秒である。第 5 の検出条件は、車両 12 が安全拘束アクチュエータ（群）30 の展開時に、大きな角速度が発生していることを保証するものである。第 2 および第 5 の検出条件を組み合わせ、重大な側面衝突事象が、安全拘束アクチュエータ（群）3

50

0を展開するのを防止する。第5の検出条件はまた、故障横加速度計18が、誤った大きな横加速度信号を示して、安全拘束アクチュエータ30を偶発的に展開するのを防止する。ステップ(330.1)において、

【数122】

補償角速度  $\omega'_x$

の絶対値が、第2の角速度閾値

【数123】

$\omega^{Thr-2}$

10

よりも大きい場合には、第5の検出条件が満たされ、ステップ(340)から処理が継続する。そうでない場合には、ステップ(150)から次の反復のための処理が継続される。

【0048】

ここで記述する測度アルゴリズム300.1は、一連の車両ロールオーバー試験のデータを用いた試験に合格しており、最終的な車両のロールオーバーを高い信頼性で予測できることが実証されている。大きな横加速度によって生じるロール事象については、比較的迅速に予測をすることができ、これによって測度アルゴリズム300.1が、頭部接触が通常最も迅速に発生するタイプのロールオーバーに対して、頭部接触以前にエアバッグを展開することが可能となる。一般に、測度アルゴリズム300.1は、縁石走行や高g型横方向減速事象に類似する、短時間および中程度時間のロール事象に対して、比較的早期のロールオーバー検出と、関連する安全拘束アクチュエータ(群)30の比較的早期の起動時間(TTF)を実現する上で利点がある。

20

【0049】

したがって、測度アルゴリズム300.1を組み入れたロールオーバー検出システム10は、以下のステップにより、偶発的な展開を最小化しながら、乗員の頭部接触時間に適合するロールオーバーエアバッグの展開時間を可能にする車両のロールオーバーの改良型識別法を実現する。

それは、計測された横加速度を用いて将来(20~30ミリ秒後)のロール運動を予測すること、

30

横加速度に、角速度および全回転角を組み合わせ、開始角度が水平から約20度未満であるロール事象について、車両の初期角度情報を必要とすることなく、現行回転状態および運動と、回転を生成している強制関数との測度を生成すること、

車両特有の動的特性(ロールオーバー試験データから抽出される)に初期の車両応答測定値を組み合わせ、最終的なロールオーバーの発生を、そのような事象が明白になる以前に予測すること、である。

【0050】

図10を参照すると、テストA、テストB、テストCおよびテストDと名づけた4つの異なる試験条件を、測度アルゴリズム300.1とエネルギーアルゴリズム300.2を説明かつ比較する目的で表にして示してある(エネルギーアルゴリズム300.2については以下にさらに詳細に述べる)。テストAおよびテストBは、螺旋状テストであり、これはエネルギーアルゴリズム300.2が、測度アルゴリズム300.1よりも迅速なロールオーバー検出を示す条件を示しており、テストCおよびDは減速スレッドテストであり、これらについては測度アルゴリズム300.1がエネルギーアルゴリズム300.2よりも迅速なロールオーバー検出を示す。テストAおよびDにおいては、車両はロールオーバーを起こしたが、テストBおよびCにおいては、ロールオーバーは起こさず、最大ロール角が、それぞれ37度および34度であった。初期車両速度、平均車両減速度、関連する検出およびイベント時間も、図10に表示してあり、ここで頭部接触時間は乗員(ダミー)の頭部が車両の内装に実際に衝突した時間である。

40

【0051】

50



図 1 1 a ~ 1 1 d を参照すると、テスト A ~ D について図 1 0 に表示した条件にしたがい、加速度センサ 2 0 からのフィルタリングされたロール速度（角速度）、ロール角、および横加速度計 1 8 からのフィルタリングされた横加速度を、それぞれ時間の関数として示してある。

図 1 2 を参照すると、テスト C および D について計算で求めた良度指数を、測度イベント時間  $t^M$ 、すなわち図 1 0 の表に示した特定の型式の車両についての実際のスレッド減速テストにおける、測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 の開始からの時間の関数としてプロットしてある。図 1 2 には、この特定の形式の車両についての、関連する閾値関数

【数 1 2 4】

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

10

を示してある。テスト D では、車両がロールオーバを起こし、テスト C では、最大回転角が約 3 4 度まで達した。

【0 0 5 2】

ここで記述する測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 とによって計算した良度指数

【数 1 2 5】

$$FOM(n^M)$$

と、関連する閾値関数

【数 1 2 6】

20

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M)$$

を結合させることによって、車両のロールオーバが発生したテスト D におけるロールオーバ事象の開始後、起動時間（TTF）を 9 8 ミリ秒とすることが可能となり、この時間は関連する頭部接触時間 1 9 6 ミリ秒よりも時間的に大幅に短く、これによって関連する 1 つまたは複数の安全拘束アクチュエータ 3 0 を展開するための時間として 9 8 ミリ秒がもたらされた。関連する安全化アルゴリズム 2 0 0 の安全化基準は、ロール事象の開始後 2 6 ミリ秒で満たされ、これは測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 が検出基準を満たすよりも時間的に大幅に早かった。これと比較して、以下に述べるエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の検出基準は、テスト D の事象に対してはロール事象の開始後 5 9 4 ミリ秒までは満たされず、これは関連する頭部接触時間よりも大幅に遅れており、これによってテスト D のロール事象に対する測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 の利点が示された。

30

【0 0 5 3】

図 6、図 8 a ~ c、および図 9 a, 9 b を参照して、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 についてより詳細に述べるが、ここで図 6 のステップは、「. 2」という添え字をつけて、それに関連することを示している。エネルギーアルゴリズムについての、進行イベントフラグ ONGOING\_EVENT\_FLAG は、ONGOING\_ENERGY\_EVENT\_FLAG と呼び、ステップ（3 0 6 . 2）における入口基準が満たされると、ステップ（3 0 8 . 2）において設定され、ステップ（3 2 2 . 2）において出口基準が満たされるとステップ（3 2 0 . 2）においてリセットされる。例えば、ONGOING\_ENERGY\_EVENT\_FLAG は、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 を実装する関連するプロセッサ 2 6 のメモリ 2 8 の特定の場所に対応させてもよい。ステップ（3 0 6 . 2）に続いて、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 に入った後は、ステップ（3 2 2 . 2）においてエネルギーイベント出口基準が満たされるか、ロール事象 3 0 0 . 2 が検出されて、安全拘束アクチュエータ 3 0 が展開されるまでは、そこから出ない。さらに、エネルギーイベント出口基準が満たされて、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 から出た後に、その後関連するエネルギーイベント入口基準が満たされれば、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 に再び入ることができる。

40

【0 0 5 4】

エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 は、角速度センサ 2 0 からの角速度  $\omega_x$  信号を利用し、車両のロール状態を同定し、車両 1 2 の全体エネルギー（回転運動および位置エネルギー）と

50

完全にロールを生じさせるのに必要なエネルギーとを比較する。

ステップ ( 3 0 6 . 2 ) において、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の入口基準は、例えば

【数 1 2 7】

補償横加速度成分  $A'_y$

の絶対値が、第 1 の加速度閾値

【数 1 2 8】

$$A_y^{Thr-1}$$

10

よりも大きい、または ( O R )

【数 1 2 9】

補償角速度  $\omega'_x$

の絶対値が第 1 のロール速度閾値

【数 1 3 0】

$$\omega^{Thr-1}$$

よりも大きいことである。すなわち、次式である。

【数 1 3 1】

20

$$\left| A'_y \left( n^E \right) \right| > A_y^{Thr-1} \quad \text{OR} \quad \left| \omega'_x \left( n^E \right) \right| > \omega^{Thr-1}$$

特定の型式の車両を例にあげると、実際のロールオーバのデータに基づいて、第 1 の加速度閾値

【数 1 3 2】

$$A_y^{Thr-1}$$

を約 1 . 4 g ( 測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 に関して ) に設定し、第 1 の回転速度閾値

【数 1 3 3】

30

$$\omega^{Thr-1}$$

を約 1 9 度 / 秒に設定した。この閾値は、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の他のパラメータ値と同様に、通常関連する特定の車両 1 2 の特性または車両のクラスに依存し、かつ特定のロールオーバ検出システムに使用する特定の値は、関連する車両 1 2 の性質あるいは車両のクラスに応じて判別を向上させるために調整することができることはいうまでもない。

【 0 0 5 5】

ステップ ( 3 1 0 . 2 ) において、ステップ ( 3 0 6 . 1 ) に続いて最初にエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 に入場すると、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 が初期化される。イベントサンプル数  $n^E$  および角度位置の値

40

【数 1 3 4】

$$\theta^E(-1)$$

が初期化、つまりゼロに設定される。またイベント入口時刻の直前のサンプル時刻

【数 1 3 5】

$$t^E(-1)$$

は、現在時刻  $t$  の値に初期化されている、エネルギーイベント入口時刻

【数 1 3 6】

50

$$t^E(0)$$

に初期化され、かつアルゴリズムに入ってから時間間隔

【数 1 3 7】

$$\Delta t^E(0)$$

が、ゼロ値に初期化される。さらに、第 2 のイベントサンプル数

【数 1 3 8】

$$n_{\omega}^E$$

10

が、ロール方向変化からの時間間隔

【数 1 3 9】

$$\Delta t^{E*}$$

と同様に、ゼロに初期化される。ここで使用する上添え字「E」は、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 に関連する変数を示している。

【0 0 5 6】

後続のエネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の反復時に、ステップ ( 3 0 4 . 2 ) において、ONGOING\_ENERGY\_EVENT\_FLAGが設定されている場合には、ステップ ( 3 1 2 . 2 ) において、イベントサンプル数  $n^E$  が増分され、関連する現行のサンプル時刻

20

【数 1 4 0】

$$t^E(n^E)$$

が現行時刻  $t$  に等しく設定され、かつエネルギーイベント時間

【数 1 4 1】

$$\Delta t^E$$

がエネルギーイベント入口時刻

【数 1 4 2】

30

$$t^E(0)$$

から現行時刻

【数 1 4 3】

$$t^E(n^E)$$

までの時間間隔として次式で計算される。

【数 1 4 4】

$$\Delta t^E(n^E) = t^E(n^E) - t^E(0)$$

40

ステップ ( 3 2 2 . 2 ) における、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の 1 つの出口基準は、例えば、エネルギーイベント時間

【数 1 4 5】

$$\Delta t^E$$

が、最大時間間隔閾値

【数 1 4 6】

$$\Delta t_{\max}^E$$

より大きいこと、すなわち次式である。

【数 1 4 7】

$$\Delta t^E(n^E) > \Delta t_{\max}^E$$

エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の別の出口基準は、例えばエネルギーイベント時間

【数 1 4 8】

$$\Delta t^E$$

が、最小時間間隔閾値

【数 1 4 9】

$$\Delta t_{\min}^E$$

よりも大きく、かつステップ ( 3 0 6 . 2 ) からの入口基準が最近に満たされてからの時間が、第 2 の時間間隔閾値

【数 1 5 0】

$$\Delta t_{Event}^E$$

より大きいこと、すなわち次式である。

【数 1 5 1】

$$\Delta t^E(n^E) > \Delta t_{\min}^E \text{ AND } \Delta t^E(n^E) - \Delta t^{E*} > \Delta t_{Event}^E$$

【 0 0 5 7】

エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 は、比較的遅いロールオーバー事象が発生する可能性があるために、測度アルゴリズム 3 0 0 . 1 よりも、リスタートさせるまでに（すなわちアルゴリズムから出てリセットされるまでに）実質的に長い時間を必要とする。特定の型式の車両の例においては、実際のロールオーバーデータに基づいて、時間間隔閾値

【数 1 5 2】

$$\Delta t_{\max}^E$$

を約 1 2 秒に設定し、最小時間間隔閾値

【数 1 5 3】

$$\Delta t_{\min}^E$$

を約 4 秒に設定し、第 2 時間間隔閾値

【数 1 5 4】

$$\Delta t_{Event}^E$$

は約 2 秒に設定した。したがって、この例については、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 は、少なくとも 4 秒間、しかし 1 2 秒を超えない時間において実行され、このような制約を受けて、最近に満足された入口基準からの時間間隔が 2 秒を超えると、外に出ることになる。エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 1 の外に出ると、ONGOING\_ENERGY\_EVENT\_FLAGは、ステップ ( 3 2 0 . 2 ) でリセットされて、その後にステップ ( 3 0 6 . 2 ) で入口基準が満たされると、エネルギーアルゴリズム ( 3 0 0 . 2 ) に関連する変数がステップ ( 3 1 0 . 2 ) で初期化される。

【 0 0 5 8】

ステップ ( 3 2 2 . 2 ) において、出口基準が満たされない場合には、アルゴリズム計算は、エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 の特定の反復について、ステップ ( 3 2 6 . 2 ) で以下のように更新される。

10

20

30

40

50

最初に、角度位置

【数 1 5 5】

$$\theta^E$$

が、

【数 1 5 6】

補償角速度  $\omega'_x$

の符号付の値を積分することによって、以下のように評価される。

【数 1 5 7】

$$\theta^E(n^E) = \theta^E(n^E - 1) + \omega'_x(n^E) \cdot dt$$

ここで、積分時間増分  $dt$  は、現行反復における時刻

【数 1 5 8】

$$t^E(n^E)$$

と前回反復における時刻

【数 1 5 9】

$$t^E(n^E - 1)$$

の差として求められ、この差はサンプリング速度が均一の場合には一定であり、以下になる。

【数 1 6 0】

$$dt = t^E(n^E) - t^E(n^E - 1)$$

そして

【数 1 6 1】

補償角速度  $\omega'_x$

は次式で求められる。

【数 1 6 2】

$$\omega'_x(t) = \tilde{\omega}_x(t) - \tilde{\omega}_x^{Offset}(t)$$

【0 0 5 9】

ステップ (3 2 6 . 2) において、アルゴリズム計算は、ジャイロスコープ誤差または重大な車両運動の結果によるオフセットのいずれかによる、角速度  $\omega_x$  信号のオフセットを補償するように適合されており、そうしない場合には、特に角速度が実質的に振動挙動を示す可能性のあるラフ路面状態に対しては、これらのオフセットが、

【数 1 6 3】

補償角速度  $\omega'_x$

において適切に補償されない可能性がある。エネルギーアルゴリズム 3 0 0 . 2 においては、アルゴリズム入口基準が満たされた最近の時刻の後、少なくとも

【数 1 6 4】

$$\Delta t_{Event}^E$$

秒間、例えば 2 秒間は外に出ることはなく、これによってエネルギーアルゴリズム 3 0 0 .

10

20

30

40

50

2 の持続時間を

【数 1 6 5】

$$\Delta t_{\max}^E$$

秒、例えば 1 2 秒まで延長させ、このために角速度センサ 2 0 からの信号における比較的小さなオフセット、例えば 2 ~ 3 度 / 秒に対して、大幅なロール角積分誤差（例えば 2 4 から 3 6 度）につながる可能性がある。悪路においては、車両 1 2 は実質的に振動ロール運動を示すことがあり、したがって [ 悪路イベント ] では、角速度  $\omega_x$  は、真の角速度オフセット

【数 1 6 6】

$$\tilde{\omega}_x^{\text{Offset}}(t)$$

の回りに振動するという特徴がある。

【0 0 6 0】

例えば、図 1 3 を参照すると、真の角速度オフセット

【数 1 6 7】

$$\tilde{\omega}_x^{\text{Offset}}(t)$$

が - 6 . 5 度 / 秒である、角速度  $\omega_x$  信号を時間の関数としてプロットしてある。通常のロール事象においては、ロール事象中に

【数 1 6 8】

$$\text{補償角速度 } \omega'_x$$

の符号は変化をしないために、

【数 1 6 9】

$$\text{補償角速度 } \omega'_x$$

信号から悪路状態を認識することが可能である。これらの状況下で、積分されたロール角

【数 1 7 0】

$$\theta^E$$

は、

【数 1 7 1】

$$\text{補償角速度 } \omega'_x$$

が符号を変えるたびに、ゼロに向かって以下の式に従って減衰される。

【数 1 7 2】

$$\theta^E(n^E) = \theta^E(n^E - 1) \cdot \text{MAX} \left( \frac{1024 - (n^E - n_{\omega}^E)}{1024}, 0.5 \right) \text{ および } n_{\omega}^E = n^E$$

ここで、カウンタ

【数 1 7 3】

$$n_{\omega}^E$$

は、逆転時にイベントサンプル数

【数 1 7 4】

$$n^E$$

10

20

30

40

50

に等しく設定され、このイベントサンプルカウンタが、

【数 1 7 5】

補償角速度  $\omega'_x$

が方向を変える度に、最近の方向変更からの時間間隔に応じて、0.1%から50%の量のロール角

【数 1 7 6】

$\theta^E$

を減衰させる。

【0061】

図14を参照すると、ロール振動効果に対する上記の補償の効果を示してあり、ここでは、図13にプロットされた角速度データから積分したロール角を、様々な条件について時間の関数として示してある。第1の条件として、真の角速度オフセット

【数 1 7 7】

$\tilde{\omega}_x^{Offset}$

の-6.5度/秒を、積分に先立ち除去した。第2の条件として、ロール角

【数 1 7 8】

$\theta^E$

は、偏りのある角速度  $\omega_x$  データから積分して、次いで前述したようにロール振動の補償をする。第3の条件としては、ロール角

【数 1 7 9】

$\theta^E$

は、上述のロール振動に対する補償なしで角速度  $\omega_x$  データから積分して求め、これは比較的長い積分区間について補償をしない角速度  $\omega_x$  の偏りがある結果として、ロール事象の誤検出が発生する可能性を示すものである。上記のロール振動に対する補償は、角速度が実質的に一方向である実際のロール事象の検出に悪影響を与えることなく、ロール振動により導入された積分誤差を実質的に補正する。

【0062】

ステップ(326.2)において、アルゴリズムの計算によって、ステップ(306.2)の入口基準が満たされる最近時間の記録がさらに与えられ、これによってステップ(322.2)の出口基準の補助的な基礎が、以下のように与えられる。

【数 1 8 0】

$$\left| A'_y(n^E) \right| > A_y^{Thr-1} \quad \text{または} \quad \left| \omega'_x(n^E) \right| > \omega_x^{Thr-1} \quad \text{であるならば、} \quad \Delta t^{E*} = \Delta t^E$$

ステップ(322.2)のアルゴリズム計算に続いて、ステップ(330.2)で評価されるアルゴリズム検出基準は、例えば図8cに示すような複数の検出条件を含む。すべての検出条件が満足される場合には、通常エネルギーイベント閾値を超えて、ロールオーバーが発生すると考えられ、ステップ(340)において安全化アルゴリズム200からの、関連する安全化基準を満たせば、ステップ(350)において、関連する1人または複数の乗員への傷害を軽減するために、関連する1つまたは複数の安全拘束アクチュエータ30が展開される。エネルギーアルゴリズム300.2の検出基準は、測度アルゴリズム300.1について上述したものと類似の検出戦略に従って決定される。

【0063】

エネルギーアルゴリズム300.2の主要検出基準は、角速度とロール角の関連する位相空間(すなわち 位相空間)における、

10

20

30

40

50

【数 1 8 1】

補償角速度  $\omega'_x$ 

およびロール角

【数 1 8 2】

 $\theta^E$ 

の挙動と、それに関連する運動軌跡とに基づいている。

位相空間の例を図 1 5 に示

してある。

剛体運動力学に従って、関連する剛体のロール事象と非ロール事象を判別する位相空間内の理論的閾値境界が存在する。例えば、この理論的閾値境界は次式で求められる。

10

【数 1 8 3】

$$\omega^{Thr}(\theta) = \sqrt{\frac{2mg \cdot \left[\frac{T^2}{4} + h_{CG}^2\right]^{\frac{1}{2}} \cdot [1 - \sin(\theta + \tan^{-1}(\frac{2h_{CG}}{T}))]}{I}}$$

ここで、 $mg$  は車両の重量、 $T$  は車両のトラック幅、 $I$  は車両のロールの慣性モーメント、 $h_{CG}$  は車両の重心の高さである。この式は問題とする範囲では面内でほぼ線形である。

【0 0 6 4】

20

しかし、非剛体効果のために、実際の閾値境界は、通常上記の理論閾値境界に沿った約 5 つまたは 6 つの連結線分からなる、区分線形境界としてモデル化するのが有利であるが、これをロール事象と非ロール事象の識別性能を改善するために特定の車両 1 2 または車両プラットフォームについて適合させてもよい。一般に、この境界は位相空間内の関数（例えば、ロール角の関数）、位相空間内の区分関数（例えばロール角の区分関数）、または位相空間でのテーブルルックアップのいずれかで表すことができる。

図 1 5 を参照すると、上述の移動平均フィルタを用いてフィルタリングした、実際のロールオーバーテストデータを、図 1 1 a および 1 1 b に示すテスト A および B それぞれについて、図 1 0 の条件に従い、関連する理論的な閾値境界の例および実際の区分線形閾値境界の例と共に、位相空間内にプロットしてある。

30

【0 0 6 5】

現行順序の組

【数 1 8 4】

$$(\omega'_x(n^E), \theta^E(n^E))$$

と実際の閾値境界の線分との距離が、その関連する端点の角度値

【数 1 8 5】

$$\theta_k, \theta_{k+1}$$

40

が現行ロール角

【数 1 8 6】

$$\theta^E(n^E)$$

の上下限を決めている線分それぞれについて、各反復毎に計算される。実際の閾値境界の各線分は、その端点

【数 1 8 7】

$$(\omega_k, \theta_k), (\omega_{k+1}, \theta_{k+1})$$

によって定義される。現行順序組と実際の閾値境界の適切な線分との距離  $D$  は次式で求め

50



られる。

【数 1 8 8】

$$D(\tilde{\omega}_x, \theta^E, n^E, k) = \frac{\left[ (\omega_{k+1} - \omega_k) \cdot (\theta^E(n^E) - \theta_k) - (\theta_{k+1} - \theta_k) \cdot \left( \left| \omega'_x(n^E) \right| - \omega_k \right) \right]}{\sqrt{(\theta_{k+1} - \theta_k)^2 + (\omega_{k+1} - \omega_k)^2}}$$

ここで、この距離がゼロ未満の場合には、実際の閾値境界を超えたことになる。

【0 0 6 6】

位相空間における

10

【数 1 8 9】

$$\left( \omega'_x(n^E), \theta^E(n^E) \right)$$

の軌跡の勾配は次式で求められる。

【数 1 9 0】

$$Slope(n^E) = \frac{\omega'_x(n^E) - \omega'_x(n^E - 1)}{\theta^E(n^E) - \theta^E(n^E - 1)}$$

20

また 位相空間における、この勾配の関連する角度は次式で求められる。

【数 1 9 1】

$$\beta = \tan^{-1} \left( Slope(n^E) \cdot \frac{180}{\pi} \right)$$

ステップ ( 3 3 0 . 2 ) において、角度 が限度内にある ( すなわち、  $\min < < \max$  、ここで例えば  $\min = 75$  度、  $\max = 90$  度 ) 場合には、ロール角速度の絶対値は、時間と共に増加しており

【数 1 9 2】

$$(\text{すなわち } \left| \omega'_x(n^E) \right| - \left| \omega'_x(n^E - 1) \right| > 0),$$

30

実際の閾値境界までの距離が、ゼロより小さく

【数 1 9 3】

$$(\text{すなわち } D(\tilde{\omega}'_x, \theta^E, n^E, k) < 0),$$

かつロール角  $\theta^E$  がロール角閾値  $\theta^{Thr}$  よりも大きい

【数 1 9 4】

$$(\text{すなわち } \left| \theta^E \right| > \theta^{Thr},$$

40

ここで例えば  $\theta^{Thr} = 10$  度 ) 場合に、エネルギー検出基準が満足される。あるいは、位相空間における距離が、閾値  $D^{Thr}$  より小さく

【数 1 9 5】

$$(\text{すなわち } D(\tilde{\omega}'_x, \theta^E, n^E, k) < D^{Thr}, \text{ここで例えば } D^{Thr} = -2.5 \sqrt{\text{deg}^2 + (\text{deg/sec})^2})$$

かつロール角  $\theta^E$  がロール角閾値  $\theta^{Thr}$  よりも大きい

【数 1 9 6】

(すなわち  $|\theta^E| > \theta^{Thr}$ )

場合に、エネルギー検出基準が満たされる。

エネルギー検出基準が、ステップ(330.2)で満足され、かつステップ(340)において、安全化基準が満たされる場合には、ステップ(350)において、関連する1人または複数の乗員への傷害が軽減するために、関連する1つまたは複数の安全拘束アクチュエータ30が展開される。エネルギーアルゴリズム300.2の検出基準が満たされるときまでに安全化基準が満たされない場合には、安全化基準が満たされるか、またはステップ(322.2)でエネルギーアルゴリズム300.2から出るかのいずれかになるまで、エネルギーアルゴリズム300.2が反復されるように、エネルギーアルゴリズム300.2の展開決定はラッチされない。

10

【0067】

測度アルゴリズム300.1およびエネルギーアルゴリズム300.2は、共通のプロセッサ26上または別個のプロセッサ26上で、直列にでも、並列にでも実行することが可能であることはいうまでもない。直列に実行される場合には、図6に示す1回の反復についてのステップは、一方のアルゴリズムについて完了し、次いで他方のアルゴリズムが、第1のパスに対してステップ(302)から、または後続のパスに対してステップ(150)から開始されることになる。

ロールオーバー検出アルゴリズムは、特定の形式の式によって表されていたが、これらの計算は、本願の教示の範囲を逸脱することなく、様々な方法で、特定のプロセッサ26上に実装できることはいうまでもない。例えば、本願に記載の特定の計算を、特定のプロセッサに実際に実装するためには、例えば関連するアナログ/デジタル変換器の解像度や、特定のプロセッサ26によって実行可能な数学処理の形式と精度、また特定のプロセッサ26のワード長などに応じて、修正を必要とする可能性がある。

20

【0068】

ロール判別アルゴリズムは、本願ではサンプリングされたデータに対して適用すると説明したが、アルゴリズムは、例えばアナログプロセッサを用いて、連続的に実装することも可能であることはいうまでもない。さらに、イベントサンプル数 $n^M$ は、ロール判別の実際の実装においては、明示式および暗示式のどちらでもよく、また関連する時間依存の変数は、時間 $t$ の関数、またはイベントサンプル数 $n^M$ 、 $n^E$ の関数の、いずれでも表すことができることも理解すべきである。

30

測度アルゴリズム300.1およびエネルギーアルゴリズム300.2は、関連する

【数197】

補償角速度  $\omega'_x$

を積分することによって求めるロール角の測度を利用すると説明したが、例えば傾斜センサを用いて測定したロール角を、計算によるロール角の代わりに使用することも可能である。

【0069】

40

本願記載のロール判別アルゴリズムは、関連するテストデータから導いており、そのためにパラメータを抽出した車両とは異なる、他の種類の車両に適用する場合には、調節を必要とする可能性があり、この調節の基準は、例えば、ロールオーバー事象をロバストに、かつ早期に検出することであり、同時にまた可能な程度に、非ロールオーバー事象をロールオーバー事象として誤判別することを避けることである。

本願に記載した様々なパラメータについての特定の値は、それに限定するものではなく、例えばロールオーバーの発生しやすさが異なる、異なる型式の車両に対して異なってもよい。例えば、比較的重心の高い車両、または比較的ホイールベースの狭い車両、例えばスポーツユーティリティビークルなどは、比較的重心の低い、またはホイールベースの広い、例えば乗用セダンよりも、ロールオーバーを発生しやすい。

50

さらに、ロールオーバー検出システム 10 は、関連の縦方向加速度計およびピッチ角速度センサを備えることによって、ピッチオーバー事象、すなわち車両の局所 Y 軸回りの事象を検知するように適合させることも可能である。

【0070】

特定の実施態様について詳細を説明したが、当業者であれば、本開示の全般的な教示を参考として、これらの詳細に対する、様々な修正態様および代替手法を開発することが可能であることを理解するであろう。したがって、開示した特定の配設は、説明だけを目的とするものであり、本発明の範囲を限定するものではなく、本発明は添付の特許請求の範囲およびそのすべての等価物の全範囲を授与されるべきである。

【図面の簡単な説明】

10

【図 1 a】ロール発生開始以前の車両の背面図である。

【図 1 b】ロール発生中の車両の背面図である。

【図 2】ロールオーバー検出システムを示すブロック図である。

【図 3】ロールオーバー検出アルゴリズムを示すフロー図である。

【図 4】ロールオーバー検出アルゴリズムに組み込まれたデータ収集および処理アルゴリズムを示すフロー図である。

【図 5】ロールオーバー検出アルゴリズムに組み込まれた安全化アルゴリズムを示すフロー図である。

【図 6】ロールオーバー検出アルゴリズムを示すフロー図である。

【図 7】ロールオーバー検出アルゴリズムに組み込まれた、センサ再較正が必要かどうかを判断するためのアルゴリズムを示すフロー図である。

20

【図 8 a】ロールオーバー検出アルゴリズムの詳細を示す表である。

【図 8 b】ロールオーバー検出アルゴリズムの詳細を示す表である。

【図 8 c】ロールオーバー検出アルゴリズムの詳細を示す表である。

【図 9 a】ロールオーバー検出アルゴリズムのパラメータ値の例を示す表である。

【図 9 b】ロールオーバー検出アルゴリズムのパラメータ値の例を示す表である。

【図 10】様々なロールオーバー事象および非ロールオーバー事象に関連する条件を示す表である。

【図 11 a】ロールオーバー事象が発生する、テスト A と名づけた螺旋状 (corkscrew) ロールオーバーテストを受けた車両の、フィルタリングされたロール角速度、ロール角、およびフィルタリングされた横加速度のグラフである。

30

【図 11 b】ロールオーバー事象は発生しない、テスト B と名づけた螺旋状ロールオーバーテストを受けた車両の、フィルタリングされたロール角速度、ロール角、およびフィルタリングされた横加速度のグラフである。

【図 11 c】ロールオーバー事象は発生しない、テスト C と名づけた減速スレッドテストを受けた車両の、フィルタリングされたロール角速度、ロール角、およびフィルタリングされた横加速度のグラフである。

【図 11 d】ロールオーバー事象が発生する、テスト D と名づけた減速スレッドテストを受けた車両の、フィルタリングされたロール角速度、ロール角、およびフィルタリングされた横加速度のグラフである。

40

【図 12】テスト D のロールオーバー事象およびテスト C の非ロールオーバー事象について、測度アルゴリズムに応じた、ロールオーバー測度の良度指数および関連する展開閾値を時間の関数として示すグラフである。

【図 13】ロール角速度オフセットを含む信号について、ロール角速度を時間の関数として示すグラフである。

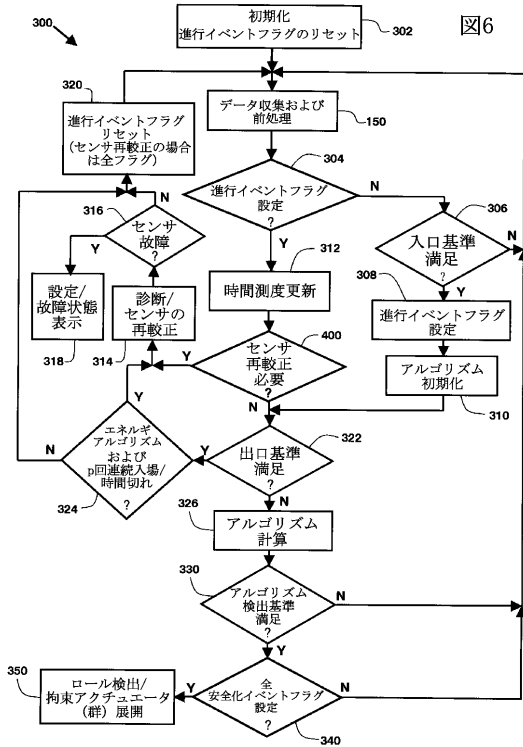
【図 14】ロール角速度からロール角を同定する、関連する様々な処理について、図 13 のデータに基づいてロール角を時間の関数として示すグラフである。

【図 15】テスト A のロールオーバー事象およびテスト B の非ロールオーバー事象について、エネルギーアルゴリズムに従って、ロール角の関数としてのロール角速度と、関連するロールオーバー閾値とを示すグラフである。

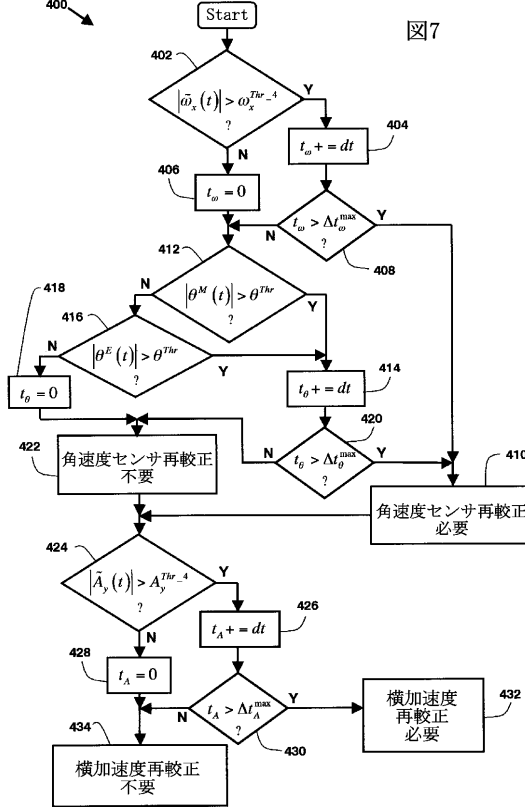
50



【図 6】



【図 7】



【図 8 a】

測定アルゴリズム (xxx.1)	エネルギーアルゴリズム (xxx.2)
ONGOING MEASURES EVENT FLAG	ONGOING ENERGY EVENT FLAG
入口基準 (306)	a. $ \hat{A}_x(t) - \hat{A}_x^{(n^E)}(t)  > A_x^{Thr, A}$ OR b. $ \hat{\omega}_x(t) - \hat{\omega}_x^{(n^E)}(t)  > \omega_x^{Thr, A}$
出口基準 (322)	a. $\Delta t^E(n^E) > \Delta t_{max}^E$ OR b. $\Delta t^E(n^E) > \Delta t_{max}^E$ AND c. $\Delta t^E(n^E) > \Delta t_{max}^E$
アルゴリズム初期化 (310)	a. $n^E = 0$ b. $\hat{A}_x^{(n^E)}(-1) = \hat{A}_x^{(n^E)}(0) = t$ c. $\hat{\omega}_x^{(n^E)}(0) = 0$ d. $\hat{\theta}^E(-1) = 0$ e. $\hat{\theta}^E(0) = 0$ f. $\Delta t^E = 0$
時間速度 (312)	a. $n^E = ++$ b. $t^E(n^E) = t$ c. アルゴリズム計算開始後経過時間 d. $\Delta t^E(n^E) = t^E(n^E) - t^E(0)$
安全化基準 (200)	a. $ \hat{A}_x(t) - \hat{A}_x^{(n^E)}(t)  > A_x^{Thr, A}$ 測定イベントまたはエネルギーイベント中の任意の1つに対して b. $ \hat{\omega}_x(t) - \hat{\omega}_x^{(n^E)}(t)  > \omega_x^{Thr, A}$ 測定イベントまたはエネルギーイベント中の任意の1つに対して (ROLL SAFING EVENT FLAG)

【図 8 b】

測定アルゴリズム (xxx.1)	エネルギーアルゴリズム (xxx.2)
サンプリング間隔 a. $dt = t^E(n^E) - t^E(n^E - 1)$	a. サンプリング間隔 b. $dt = t^E(n^E) - t^E(n^E - 1)$
加速度サンプリングとオフセット補償 c. $\hat{A}_x^{(n^E)}(n^E) = \hat{A}_x(t) - \hat{A}_x^{(n^E)}(t)$	b. 加速度サンプリングとオフセット補償 c. $\hat{A}_x^{(n^E)}(n^E) = \hat{A}_x(t) - \hat{A}_x^{(n^E)}(t)$
ローレル角速度サンプリングとオフセット補償 d. $\hat{\omega}_x^{(n^E)}(n^E) = \hat{\omega}_x(t) - \hat{\omega}_x^{(n^E)}(t)$	d. ローレル角速度サンプリングとオフセット補償 e. $\hat{\omega}_x^{(n^E)}(n^E) = \hat{\omega}_x(t) - \hat{\omega}_x^{(n^E)}(t)$
ローレル角速度の積分によるローレル角 e. $\theta^E(n^E) = \theta^E(n^E - 1) + \hat{\omega}_x^{(n^E)}(n^E) \cdot dt$	e. ローレル角速度の積分によるローレル角 f. $\theta^E(n^E) = \theta^E(n^E - 1) + \hat{\omega}_x^{(n^E)}(n^E) \cdot dt$
力測定 f. $F^E = \hat{A}_x^{(n^E)}(n^E)$	f. 力測定 g. $F^E = \hat{A}_x^{(n^E)}(n^E)$
回転運動エネルギー測定 g. $KE^E = \frac{1}{2} I \omega_x^{(n^E)2}$	g. 回転運動エネルギー測定 h. $KE^E = \frac{1}{2} I \omega_x^{(n^E)2}$
位置エネルギー測定 h. $PE^E = m \cdot g \cdot \sin(\hat{\theta}_x^{(n^E)}) \cdot \theta_x^{(n^E)}$	h. 位置エネルギー測定 i. $PE^E = m \cdot g \cdot \sin(\hat{\theta}_x^{(n^E)}) \cdot \theta_x^{(n^E)}$
測定関数 i. $R(n^E) = R(n^E - 1) \cdot (1 - \frac{\Delta t^E}{\tau}) + F^E \cdot KE^E + PE^E$	i. 測定関数 j. $R(n^E) = R(n^E - 1) \cdot (1 - \frac{\Delta t^E}{\tau}) + F^E \cdot KE^E + PE^E$
良度指数 j. $FOM(n^E) =  R(n^E)  \cdot  R(n^E - 1) $	j. 良度指数 k. $FOM(n^E) =  R(n^E)  \cdot  R(n^E - 1) $

【図 8 c】

エネルギーアルゴリズム (xxx. 2)	エネルギー関数領域	エネルギー関数領域 (xxx. 1)
エネルギー関数領域 (xxx. 2) $k = k \pm \theta \leq \theta^E < \theta$ b. 位相空間におけるエネルギー関数領域からの距離 $D(\vec{\omega}_s, \theta^E, n^E, k) = \sqrt{(\omega_{s1} - \omega_k)^2 + (\omega_{s2} - \omega_k)^2 + (\omega_{s3} - \omega_k)^2}$ c. 位相空間における軌跡勾配 $Slope(n^E) = \frac{\vec{\omega}_s(n^E) - \vec{\omega}_k(n^E - 1)}{\theta^E(n^E) - \theta^E(n^E - 1)}$ $\beta = \tan^{-1} \left( \frac{Slope(n^E)}{1} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$ d. $\beta = \tan^{-1} \left( \frac{Slope(n^E)}{1} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$ e1. $\beta^{min} < \beta < \beta^{max}$ AND e2. $ \vec{\omega}_s(n^E) - \vec{\omega}_k(n^E - 1)  > 0$ AND e3. $D(\vec{\omega}_s, \theta^E, n^E, k) < 0$ AND e4. $ \theta^E  > \theta^{thr}$ OR f1. $D(\vec{\omega}_s, \theta^E, n^E, k) < D^{thr}$ AND f2. $ \theta^E  > \theta^{thr}$	測定アルゴリズム (xxx. 1) a. 長さ指標関数 $FOM^{thr}(\Delta t^k) = A \cdot \Delta t^k + B$ b1. $\Delta t^k \leq \Delta t^M \leq \Delta t^{max}$ AND b2. $FOM(n^E) > FOM^{thr}(\Delta t^M)$ AND b3. $FOM(n^E) > FOM^{thr}(\Delta t^M)$ AND b4. $FOM(n^E) > FOM^{thr}(\Delta t^M)$ AND b5. $ \vec{\omega}_s(n^E) - \vec{\omega}_k(n^E - 1)  > A_y^{thr-2}$ AND b6. $ \vec{\omega}_s(n^E) - \vec{\omega}_k(n^E - 1)  > \omega^{thr-2}$	アルゴリズム (330) 検出基準 a. 長さ指標関数 $FOM^{thr}(\Delta t^k) = A \cdot \Delta t^k + B$ b1. $\Delta t^k \leq \Delta t^M \leq \Delta t^{max}$ AND b2. $FOM(n^E) > FOM^{thr}(\Delta t^M)$ AND b3. $FOM(n^E) > FOM^{thr}(\Delta t^M)$ AND b4. $FOM(n^E) > FOM^{thr}(\Delta t^M)$ AND b5. $ \vec{\omega}_s(n^E) - \vec{\omega}_k(n^E - 1)  > A_y^{thr-2}$ AND b6. $ \vec{\omega}_s(n^E) - \vec{\omega}_k(n^E - 1)  > \omega^{thr-2}$

【図 9 a】

図9a

ステップ	パラメータ	値	アルゴリズム
データ収集および前処理 (150)	dt	0.4 msec	データ収集
	$A_y^{max}$	Min(20 g,  加速度計範囲 )	クリッピング
	$\omega_s^{max}$	Min(300 deg/sec,  角速度センサ範囲 )	
	$T_{avg\_offset}$	4 sec	フィルタリング
	$T_{avg}$	12.8 msec	
入口基準 (306)	$A_y^{thr-1}$	1.4 g	測定およびエネルギー
	$\omega_s^{thr-1}$	19 deg/sec	エネルギー
出口基準 (322)	$\Delta t_{max}^M$	165 msec	測定
	$\Delta t_{min}^E$	4 sec	エネルギー
	$\Delta t_{max}^E$	12 sec	
	$\Delta t_{over}^E$	2 sec	
アルゴリズム計算 (326)	$\theta_k$	0.1 deg	測定
	$\tau$	400 sec	
アルゴリズム検出基準 (330)	A	6.46E11 (g <sup>2</sup> deg <sup>2</sup> /ms/s <sup>2</sup> )   40 ms < t < 96 ms 2.59E11 (g <sup>2</sup> deg <sup>2</sup> /ms/s <sup>2</sup> )   96 ms < t < 165 ms	測定
	B	-2.34E13 (g <sup>2</sup> deg <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )   40 ms < t < 96 ms -1.36E13 (g <sup>2</sup> deg <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )   96 ms < t < 165 ms	
	$\Delta t_{min}^M$	40 msec	
	$\Delta t_{min}^M$	165 msec	
	m	6	
	$A_y^{thr-2}$	0.7 g	
	$\omega_s^{thr-2}$	50 deg/sec	
	$\theta_k$	実験により決定	
	$\omega_k$	実験により決定	
	$\beta^{min}$	75 deg	エネルギー
	$\beta^{max}$	90 deg	
	$D^{thr}$	-2.5 $\sqrt{\text{deg}^2 + (\text{deg/sec})^2}$	
	$\theta^{thr}$	10 deg	

【図 9 b】

図9b

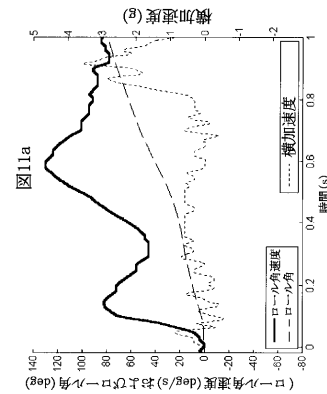
ステップ	パラメータ	値	アルゴリズム
センサ再校正基準 (400)	$\omega_s^{thr-4}$	0.8 * ロール角測定の最大範囲 (e.g. $\omega_s^{thr-4} = 250$ deg/sec)	測定およびエネルギー
	$\Delta t_{max}^M$	0.5 sec	
	$\theta^{thr}$	180 deg	
	$\Delta t_{min}^M$	0.5 sec	
	$A_y^{thr-4}$	0.8 * 加速度測定の最大範囲 (e.g. $A_y^{thr-4} = 15$ g)	
	$\Delta t_{max}^M$	3 sec	
センサ再校正基準 (524)	p	3	エネルギー
安全化基準 (200)	$A_y^{thr-3}$	1.9 g	測定およびエネルギー
	$\omega_s^{thr-3}$	50 deg/sec	

【図 10】

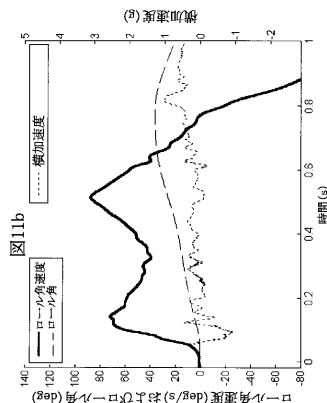
図10

テスト	A	B	C	D
種類	螺旋状	減速スレッド		
初期速度 MPH	33	28	14	17
平均減速度 g			1.5	2.5
結果	ロール発生	ロールなし	ロールなし	ロール発生
エネルギーアルゴリズム TTF (ms)	537	-	-	594
測定アルゴリズム TTF (ms)	855	-	-	98
安全化アルゴリズム TTF (ms)	846	-	43	26
頭部接触 (ms)	905	800	216	196
最大ロール角 (deg)	-	37	34	-

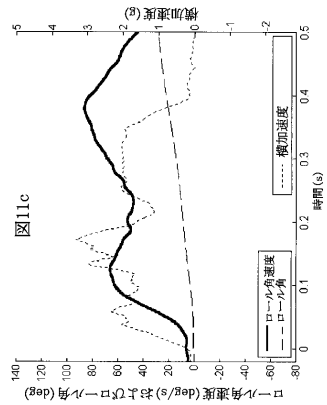
【図 11 a】



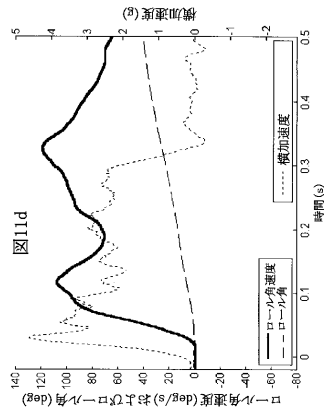
【図 11 b】



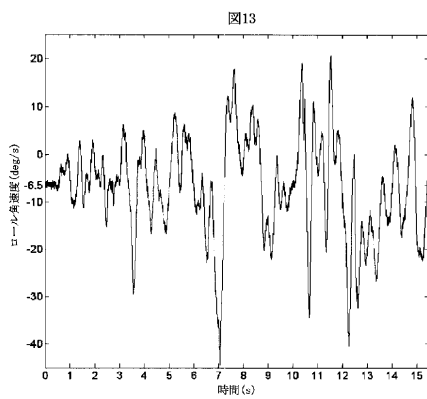
【図 11c】



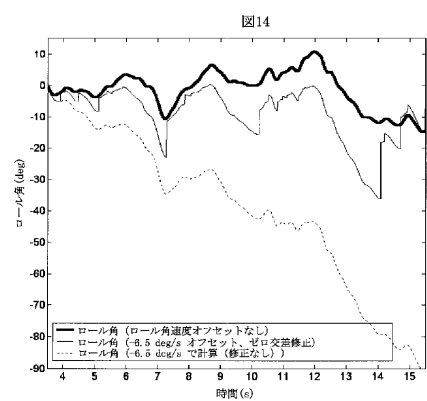
【図 11d】



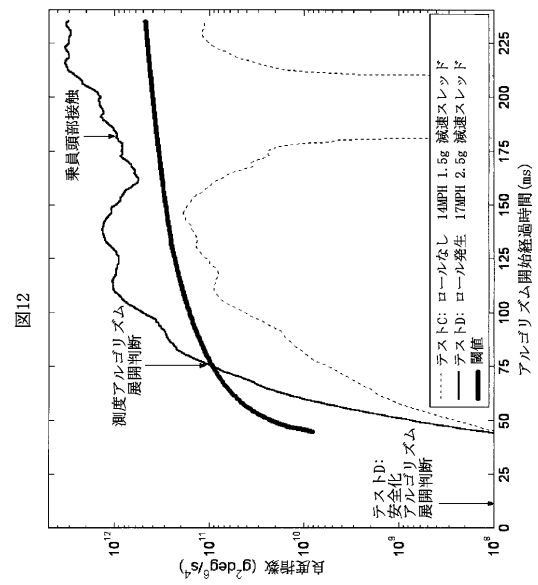
【図 13】



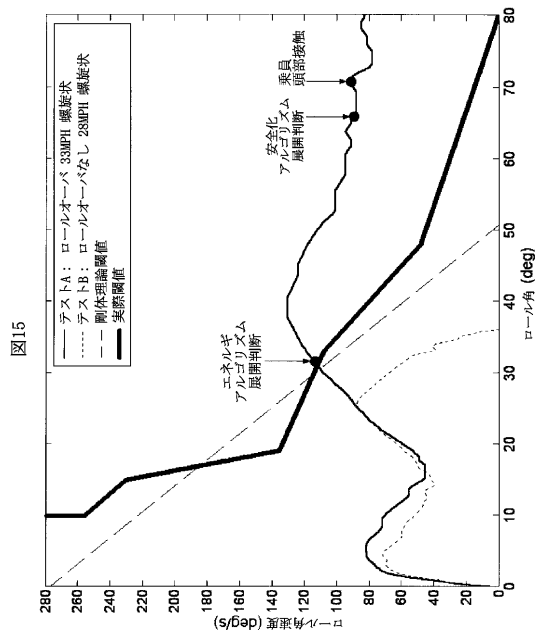
【図 14】



【図 12】



【図 15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 アラン - ジェイ . リッグス

アメリカ合衆国 ミシガン州 4 8 1 0 8、アン アーボー、ローガン コート 2 9 0 2

審査官 鳥居 稔

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 0 0 9 5 9 9 ( J P , A )

特開平 0 7 - 1 6 4 9 8 5 ( J P , A )

特開 2 0 0 0 - 1 2 7 8 9 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B60R 21/16-21/33