

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7501209号  
(P7501209)

(45)発行日 令和6年6月18日(2024.6.18)

(24)登録日 令和6年6月10日(2024.6.10)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 1 B 21/00 (2006.01) G 0 1 B 21/00 E

請求項の数 16 (全33頁)

(21)出願番号	特願2020-129373(P2020-129373)	(73)特許権者	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(22)出願日	令和2年7月30日(2020.7.30)	(74)代理人	100090387 弁理士 布施 行夫
(65)公開番号	特開2022-26083(P2022-26083A)	(74)代理人	100090398 弁理士 大淵 美千栄
(43)公開日	令和4年2月10日(2022.2.10)	(74)代理人	100148323 弁理士 川崎 通
審査請求日	令和5年7月27日(2023.7.27)	(74)代理人	100168860 弁理士 松本 充史
		(72)発明者	櫻井 誠 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ コーエプソン株式会社内
		(72)発明者	轟原 正義

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 表示装置、変位計測装置及び表示方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

車両に搭載されている慣性センサーから出力された出力信号に基づいて算出された前記車両の変位量に基づいて、

前記車両の変位を視覚的に認識可能な画像情報として表示部に表示し、

前記画像情報は、

前記車両に取付けられているタイヤのタイヤ情報に係るオブジェクトを含む、表示装置。

## 【請求項2】

請求項1において、

前記タイヤ情報に係るオブジェクトは、  
右フロントタイヤに係るオブジェクトと、  
左フロントタイヤに係るオブジェクトと、  
右リアタイヤに係るオブジェクトと、  
左リアタイヤに係るオブジェクトと、

を含む、表示装置。

## 【請求項3】

請求項1または2において、

前記タイヤ情報は、タイヤの摩耗量に基づく情報である、表示装置。

## 【請求項4】

請求項1乃至3の何れか一項において、

10

20

- 前記画像情報は、  
前記車両の重心の変位に係るオブジェクトを含む、表示装置。
- 【請求項 5】  
請求項 4 において、  
前記画像情報は、  
レーダーチャートを含み、  
前記タイヤ情報に係るオブジェクト及び前記車両の重心の変位に係るオブジェクトは、  
前記レーダーチャートに表示されている、表示装置。
- 【請求項 6】  
請求項 1 乃至 5 の何れか一項において、  
前記画像情報は、  
複数のドライバーがそれぞれ運転する車両の変位に基づいた複数のオブジェクトを比較して表示した画像情報を含む、表示装置。 10
- 【請求項 7】  
請求項 1 乃至 6 の何れか一項において、  
前記画像情報は、  
前記車両の道路を走行している車両映像を含む、表示装置。
- 【請求項 8】  
請求項 7 において、  
前記道路は、サーキットのコースである、表示装置。 20
- 【請求項 9】  
請求項 1 乃至 8 の何れか一項において、  
前記車両のエンジンモードは、  
クルージングモード、ローパワーモード、エコモード、ハイパワーモード、及びオーバーレブモードの何れかである、表示装置。
- 【請求項 10】  
請求項 1 乃至 9 の何れか一項において、  
前記慣性センサーは、  
加速度センサー、角速度センサー、及び慣性計測ユニットのうち少なくとも何れかである、表示装置。 30
- 【請求項 11】  
車両に搭載されている慣性センサーから出力された出力信号に基づいて算出された前記車両の変位量に基づいて、  
前記車両の変位を視覚的に認識可能な画像情報として表示部に表示し、  
前記画像情報は、  
前記車両の重心の変位に係るオブジェクトを含む、表示装置。
- 【請求項 12】  
請求項 11 において、  
前記画像情報は、  
前記車両の道路を走行している車両映像を含む、表示装置。 40
- 【請求項 13】  
請求項 12 において、  
前記車両映像は、前記車両の重心の変位に係るオブジェクトと同期している、表示装置。
- 【請求項 14】  
請求項 12 又は 13 において、  
前記道路は、サーキットのコースである、表示装置。
- 【請求項 15】  
請求項 11 乃至 14 の何れか一項において、  
前記車両のエンジンモードは  
クルージングモード、ローパワーモード、エコモード、ハイパワーモード、及びオーバ
- 50

ーレブモードの何れかである、表示装置。

【請求項 16】

請求項 11 乃至 15 の何れか一項において、  
前記慣性センサーは、  
加速度センサー、角速度センサー、及び慣性計測ユニットのうち少なくとも何れかである、表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変位計測装置及び表示方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、走行中の競技車両の速度、エンジン回転数、スロットル開度、加速度等のデータを時系列に測定する機能と、これ等のデータを時系列に表示する機能を備えた競技車両用データロガーにおいて、ラップ別のデータを比較するデータ比較手段と、サーキットの走行位置におけるデータを表示する表示手段と、車体の傾斜角とコーナリング半径を検出するデータ検出手段と、を有するデータロガーが記載されている。特許文献 1 に記載のデータロガーによれば、競技車両の周回別の各種情報を重ね合わせて表示することができ、且つ、距離系列のデータ表示を可能にして、サーキット上での走行位置の特定を可能にすると共に、車体傾斜角とコーナリング半径を正確に検出することができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2004 - 318216 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載のデータロガーでは、競技車両の各部位の座標を検出することはできない。

【課題を解決するための手段】

30

【0005】

本発明に係る変位計測装置の一態様は、

被計測物の所定の部位の第 1 の部分に配置されている第 1 の慣性センサーから出力される信号に基づく第 1 の信号と、前記所定の部位の前記第 1 の部分とは異なる第 2 の部分に配置されている第 2 の慣性センサーから出力される信号に基づく第 2 の信号と、を取得するセンサー信号取得部と、

前記第 1 の信号に基づく第 3 の信号に基づいて前記第 1 の慣性センサーの変位を算出し、前記第 2 の信号に基づく第 4 の信号に基づいて前記第 2 の慣性センサーの変位を算出する変位算出部と、

前記第 3 の信号に基づいて前記第 1 の慣性センサーの方位を算出し、前記第 4 の信号に基づいて前記第 2 の慣性センサーの方位を算出する方位算出部と、

40

前記第 1 の慣性センサーの前記変位と前記第 1 の慣性センサーの前記方位とに基づいて、前記第 1 の部分の座標を算出し、前記第 2 の慣性センサーの前記変位と前記第 2 の慣性センサーの前記方位とに基づいて、前記第 2 の部分の座標を算出する座標算出部と、  
を含む。

【0006】

本発明に係る表示方法の一態様は、

被計測物の所定の部位の第 1 の部分に配置されている第 1 の慣性センサーから出力される信号に基づく第 1 の信号と、前記所定の部位の前記第 1 の部分とは異なる第 2 の部分に配置されている第 2 の慣性センサーから出力される信号に基づく第 2 の信号と、を取得す

50

るセンサー信号取得工程と、

前記第 1 の信号に基づく第 3 の信号に基づいて前記第 1 の慣性センサーの変位を算出し、前記第 2 の信号に基づく第 4 の信号に基づいて前記第 2 の慣性センサーの変位を算出する変位算出工程と、

前記第 3 の信号に基づいて前記第 1 の慣性センサーの方位を算出し、前記第 4 の信号に基づいて前記第 2 の慣性センサーの方位を算出する方位算出工程と、

前記第 1 の慣性センサーの前記変位と前記第 1 の慣性センサーの前記方位とに基づいて、前記第 1 の部分の座標を算出し、前記第 2 の慣性センサーの前記変位と前記第 2 の慣性センサーの前記方位とに基づいて、前記第 2 の部分の座標を算出する座標算出工程と、

前記第 1 の部分の前記座標と、前記第 2 の部分の前記座標と、に基づいて、前記第 1 の部分に対する前記第 2 の部分の相対変位量を算出する相対変位量算出工程と、

前記相対変位量に基づくオブジェクトを表示する表示工程と、

を含む。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】被計測物の変位計測システムの概要を説明するための図。

【図 2】複数の慣性センサー 3 の配置例を示す図。

【図 3】複数の慣性センサー 3 の配置例を示す図。

【図 4】第 1 実施形態の変位計測装置の構成例を示す図。

【図 5】慣性センサーのローカル座標系、仮想センサーのローカル座標系及びシステム座標系の関係を示す図。

【図 6】基準座標データの一例を示す図。

【図 7】回転行列データの一例を示す図。

【図 8】センサーデータの一例を示す図。

【図 9】仮想センサーデータの一例を示す図。

【図 10】変位データの一例を示す図。

【図 11】方位データの一例を示す図。

【図 12】座標データの一例を示す図。

【図 13】第 1 実施形態の変位計測装置による変位計測の手順を示すフローチャート図。

【図 14】第 1 実施形態の変位計測装置による変位計測の他の手順を示すフローチャート図。

【図 15】オフライン解析の手順を示すフローチャート図。

【図 16】第 2 実施形態の変位計測装置による変位計測の手順を示すフローチャート図。

【図 17】オンライン解析の手順を示すフローチャート図。

【図 18】表示システムの構成例を示す図。

【図 19】表示システムに含まれる変位計測装置の構成を示す図。

【図 20】本実施形態の表示方法の手順を示すフローチャート図。

【図 21】表示情報生成工程の手順を示すフローチャート図。

【図 22】車両に搭載される変位計測装置、複数の慣性センサー、撮像部及び車両情報収集装置の配置例を示す図。

【図 23】表示情報の一例を示す図。

【図 24】表示情報の一例を示す図。

【図 25】表示情報の一例を示す図。

【図 26】表示情報の一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0009】

10

20

30

40

50

## 1. 変位計測装置

### 1-1. 第1実施形態

#### 1-1-1. 変位計測装置を用いた変位計測システムの概要

図1は、本実施形態の変位計測装置1を用いた被計測物の変位計測システムの概要を説明するための図である。

#### 【0010】

図1では、被計測物4である車両4aは、レーシングカーである。ただし、被計測物4は、車両4a以外の移動体、例えば、航空機や船舶等であってもよいし、橋梁やビル等の静止構造物であってもよい。

#### 【0011】

図1に示すように、車両4aには、変位計測装置1及び複数の慣性センサー3が搭載されている。

#### 【0012】

本実施形態では、慣性センサー3は、加速度センサー及び角速度センサーを有する慣性計測ユニット（IMU：Inertial Measurement Unit）である。ただし、慣性センサー3は、例えば、加速度センサーであってもよいし、角速度センサーであってもよい。

#### 【0013】

変位計測装置1は、複数の慣性センサー3のうちの車両4aの所定の部位の第1の部分に配置されている第1の慣性センサーから出力される信号に基づく第1の信号と、複数の慣性センサー3のうちの当該所定部位の第1の部分とは異なる第2の部分に配置されている第2の慣性センサーから出力される信号に基づく第2の信号と、を取得する。例えば、第1の信号は、第1の慣性センサーから出力されるデジタル信号であってもよいし、第1の慣性センサーから出力されるアナログ信号が増幅処理やA/D（Analog to Digital）変換処理されたデジタル信号であってもよい。同様に、例えば、第2の信号は、第2の慣性センサーから出力されるデジタル信号であってもよいし、第2の慣性センサーから出力されるアナログ信号が増幅処理やA/D変換処理されたデジタル信号であってもよい。

#### 【0014】

所定の部位は、例えば、フロントサスペンションFS、リアサスペンションRS、フロントウィングFW、リアウィングRW等であってもよい。また、所定の部位は、図1では不図示のフロアパネル、パワーユニット、トランスミッション等であってもよい。

#### 【0015】

また、変位計測装置1は、取得した第1の信号に基づいて第1の慣性センサーの変位を算出し、取得した第2の信号に基づいて第2の慣性センサーの変位を算出する。また、変位計測装置1は、第1の信号に基づいて第1の慣性センサーの方位を算出し、第2の信号に基づいて第2の慣性センサーの方位を算出する。そして、変位計測装置1は、第1の慣性センサーの変位と前記第1の慣性センサーの方位とに基づいて、第1の部分の座標を算出し、第2の慣性センサーの変位と第2の慣性センサーの方位とに基づいて、第2の部分の座標を算出する。

#### 【0016】

特に、本実施形態では、変位計測装置1は、車両4aの走行中の所定の期間に第1の信号及び第2の信号を取得し、当該所定の期間が終了した後に、第1の慣性センサーの変位及び第2の慣性センサーの変位を算出し、また、第1の慣性センサーの方位及び第2の慣性センサーの方位を算出し、さらに、第1の部分の座標及び第2の部分の座標を算出する。

#### 【0017】

また、変位計測装置1は、第1の部分の座標と、第2の部分の座標と、に基づいて、第1の部分に対する第2の部分の相対変位量を算出してもよい。この相対変位量は、車両4aの所定の部位の変形量に相当する。

#### 【0018】

さらに、変位計測装置1は、算出した車両4aの各部位の相対変位量に基づいて、車両4aの走行状況に関する情報である走行状況情報を生成してもよい。走行状況情報は、例

10

20

30

40

50

例えば、車両 4 a の各部位の変形量の分布を示す変形量ヒストグラムや車両 4 a の各部位の累積疲労度等の情報を含んでもよい。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、フロントサスペンション F S に対する複数の慣性センサー 3 の配置例を示す図であり、フロントサスペンション F S を上方から見た斜視図である。図 2 の例では、フロントサスペンション F S には、12 個の慣性センサー 3 である慣性センサー 3 a ~ 3 l が配置されている。

【 0 0 2 0 】

慣性センサー 3 a は、フロントサスペンション F S の右側アップパーアームの根元付近の部分に配置され、慣性センサー 3 b , 3 c は、右側アップパーアームの 2 つの先端付近の部分にそれぞれ配置されている。

10

【 0 0 2 1 】

慣性センサー 3 d は、フロントサスペンション F S の右側ロアアームの根元付近の部分に配置され、慣性センサー 3 e , 3 f は、右側ロアアームの 2 つの先端付近の部分にそれぞれ配置されている。

【 0 0 2 2 】

慣性センサー 3 g は、フロントサスペンション F S の左側アップパーアームの根元付近の部分に配置され、慣性センサー 3 h , 3 i は、左側アップパーアームの 2 つの先端付近の部分にそれぞれ配置されている。

【 0 0 2 3 】

慣性センサー 3 j は、フロントサスペンション F S の左側ロアアームの根元付近の部分に配置され、慣性センサー 3 k , 3 l は、左側ロアアームの 2 つの先端付近の部分にそれぞれ配置されている。

20

【 0 0 2 4 】

変位計測装置 1 は、所定の期間に 12 個の慣性センサー 3 a ~ 3 l の各々から出力される信号を取得する。そして、変位計測装置 1 は、所定の期間が終了した後に、12 個の慣性センサー 3 a ~ 3 l の各々の座標を算出する。例えば、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 a から出力される信号に基づいて、慣性センサー 3 a の変位及び方位を算出し、算出した慣性センサー 3 a の変位及び方位に基づいて、慣性センサー 3 a が配置されている部分の座標を算出する。同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 b から出力される信号に基づいて、慣性センサー 3 b の変位及び方位を算出し、算出した慣性センサー 3 b の変位及び方位に基づいて、慣性センサー 3 b が配置されている部分の座標を算出する。同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 c から出力される信号に基づいて、慣性センサー 3 c の変位及び方位を算出し、算出した慣性センサー 3 c の変位及び方位に基づいて、慣性センサー 3 c が配置されている部分の座標を算出する。

30

【 0 0 2 5 】

同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 d ~ 3 l の各々から出力される信号に基づいて、慣性センサー 3 d ~ 3 l の各々の変位及び方位を算出し、算出した慣性センサー 3 d ~ 3 l の各々の変位及び方位に基づいて、慣性センサー 3 d ~ 3 l の各々が配置されている部分の座標を算出する。

40

【 0 0 2 6 】

さらに、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 a が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 b が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 a が配置されている部分に対する慣性センサー 3 b が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。この相対変位量は、右側アップパーアームの前側のアームの変形量に相当する。同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 a が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 c が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 a が配置されている部分に対する慣性センサー 3 c が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。この相対変位量は、右側アップパーアームの後側のアームの変形量に相当する。

【 0 0 2 7 】

50

同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 d が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 e , 3 f の各々が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 d が配置されている部分に対する慣性センサー 3 e , 3 f の各々が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。これらの相対変位量は、右側口アームの前側のアームの変形量及び後側のアームの変形量に相当する。

【 0 0 2 8 】

同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 g が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 h , 3 i の各々が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 g が配置されている部分に対する慣性センサー 3 h , 3 i の各々が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。これらの相対変位量は、左側アップアームの前側のアームの変形量及び後側のアームの変形量に相当する。

10

【 0 0 2 9 】

同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 j が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 k , 3 l の各々が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 j が配置されている部分に対する慣性センサー 3 k , 3 l の各々が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。これらの相対変位量は、左側口アームの前側のアームの変形量及び後側のアームの変形量に相当する。

【 0 0 3 0 】

なお、フロントサスペンション F S は「所定の部位」の一例である。また、慣性センサー 3 a は「第 1 の慣性センサー」の一例であり、2 つの慣性センサー 3 b , 3 c はそれぞれ「第 2 の慣性センサー」の一例である。また、慣性センサー 3 a が配置されている部分は「第 1 の部分」の一例であり、2 つの慣性センサー 3 b , 3 c がそれぞれ配置されている部分は「第 2 の部分」の一例である。

20

【 0 0 3 1 】

また、慣性センサー 3 d は「第 1 の慣性センサー」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 e , 3 f はそれぞれ「第 2 の慣性センサー」の他の一例である。また、慣性センサー 3 d が配置されている部分は「第 1 の部分」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 e , 3 f がそれぞれ配置されている部分は「第 2 の部分」の他の一例である。

【 0 0 3 2 】

また、慣性センサー 3 g は「第 1 の慣性センサー」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 h , 3 i はそれぞれ「第 2 の慣性センサー」の他の一例である。また、慣性センサー 3 g が配置されている部分は「第 1 の部分」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 h , 3 i がそれぞれ配置されている部分は「第 2 の部分」の他の一例である。

30

【 0 0 3 3 】

また、慣性センサー 3 j は「第 1 の慣性センサー」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 k , 3 l はそれぞれ「第 2 の慣性センサー」の他の一例である。また、慣性センサー 3 j が配置されている部分は「第 1 の部分」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 k , 3 l がそれぞれ配置されている部分は「第 2 の部分」の他の一例である。

【 0 0 3 4 】

図 3 は、リアサスペンション R S に対する複数の慣性センサー 3 の配置例を示す図であり、リアサスペンション R S を下方から見た平面図である。図 3 の例では、リアサスペンション R S には、1 2 個の慣性センサー 3 である慣性センサー 3 m ~ 3 x が配置されている。

40

【 0 0 3 5 】

慣性センサー 3 m は、リアサスペンション R S の右側アップアームの根元付近の部分に配置され、慣性センサー 3 n , 3 o は、右側アップアームの 2 つの先端付近の部分にそれぞれ配置されている。

【 0 0 3 6 】

慣性センサー 3 p は、リアサスペンション R S の右側口アームの根元付近の部分に配置され、慣性センサー 3 q , 3 r は、右側口アームの 2 つの先端付近の部分にそれぞれ

50

配置されている。

【 0 0 3 7 】

慣性センサー 3 s は、リアサスペンション R S の左側アッパーアームの根元付近の部分に配置され、慣性センサー 3 t , 3 u は、左側アッパーアームの 2 つの先端付近の部分にそれぞれ配置されている。

【 0 0 3 8 】

慣性センサー 3 v は、リアサスペンション R S の左側ロアアームの根元付近の部分に配置され、慣性センサー 3 w , 3 x は、左側ロアアームの 2 つの先端付近の部分にそれぞれ配置されている。

【 0 0 3 9 】

図 2 で説明したのと同様であるため、説明を省略するが、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 m ~ 3 x の各々が配置されている部分の座標を算出する。

【 0 0 4 0 】

さらに、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 m が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 n が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 m が配置されている部分に対する慣性センサー 3 n が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。この相対変位量は、右側アッパーアームの前側のアームの変形量に相当する。同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 m が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 o が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 m が配置されている部分に対する慣性センサー 3 o が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。この相対変位量は、右側アッパーアームの後側のアームの変形量に相当する。

【 0 0 4 1 】

同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 p が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 q , 3 r の各々が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 p が配置されている部分に対する慣性センサー 3 q , 3 r の各々が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。これらの相対変位量は、右側ロアアームの前側のアームの変形量及び後側のアームの変形量に相当する。

【 0 0 4 2 】

同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 s が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 t , 3 u の各々が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 s が配置されている部分に対する慣性センサー 3 t , 3 u の各々が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。これらの相対変位量は、左側アッパーアームの前側のアームの変形量及び後側のアームの変形量に相当する。

【 0 0 4 3 】

同様に、変位計測装置 1 は、慣性センサー 3 v が配置されている部分の座標と、慣性センサー 3 w , 3 x の各々が配置されている部分の座標と、に基づいて、基準となる慣性センサー 3 v が配置されている部分に対する慣性センサー 3 w , 3 x の各々が配置されている部分の相対変位量を算出してもよい。これらの相対変位量は、左側ロアアームの前側のアームの変形量及び後側のアームの変形量に相当する。

【 0 0 4 4 】

なお、リアサスペンション R S は「所定の部位」の一例である。また、慣性センサー 3 m は「第 1 の慣性センサー」の一例であり、2 つの慣性センサー 3 n , 3 o はそれぞれ「第 2 の慣性センサー」の一例である。また、慣性センサー 3 m が配置されている部分は「第 1 の部分」の一例であり、2 つの慣性センサー 3 n , 3 o がそれぞれ配置されている部分は「第 2 の部分」の一例である。

【 0 0 4 5 】

また、慣性センサー 3 p は「第 1 の慣性センサー」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 q , 3 r はそれぞれ「第 2 の慣性センサー」の他の一例である。また、慣性センサー 3 p が配置されている部分は「第 1 の部分」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 q , 3 r がそれぞれ配置されている部分は「第 2 の部分」の他の一例である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 6 】

また、慣性センサー 3 s は「第 1 の慣性センサー」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 t , 3 u はそれぞれ「第 2 の慣性センサー」の他の一例である。また、慣性センサー 3 s が配置されている部分は「第 1 の部分」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 t , 3 u がそれぞれ配置されている部分は「第 2 の部分」の他の一例である。

## 【 0 0 4 7 】

また、慣性センサー 3 v は「第 1 の慣性センサー」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 w , 3 x はそれぞれ「第 2 の慣性センサー」の他の一例である。また、慣性センサー 3 v が配置されている部分は「第 1 の部分」の他の一例であり、2 つの慣性センサー 3 w , 3 x がそれぞれ配置されている部分は「第 2 の部分」の他の一例である。

10

## 【 0 0 4 8 】

## 1 - 1 - 2 . 変位計測装置の構成

図 4 は、第 1 実施形態の変位計測装置 1 の構成例を示す図である。図 4 に示すように、変位計測装置 1 は、処理回路 1 0 0、記憶回路 1 1 0、N 個のアナログフロントエンド ( A F E : Analog Front End ) 1 2 0、操作部 1 3 0、及び通信部 1 4 0 を含む。N は 2 以上の所定の整数である。なお、変位計測装置 1 は、図 4 の構成要素の一部を省略又は変更し、あるいは、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

## 【 0 0 4 9 】

N 個の慣性センサー 3 の各々から出力される信号は、N 個のアナログフロントエンド 1 2 0 の各々に入力される。アナログフロントエンド 1 2 0 は、慣性センサー 3 から出力される信号に対して増幅処理や A / D 変換処理を行ってデジタル信号を出力する。

20

## 【 0 0 5 0 】

処理回路 1 0 0 は、記憶回路 1 1 0 に記憶されている変位計測プログラム 1 1 1 を実行し、N 個のアナログフロントエンド 1 2 0 の各々から出力されるデジタル信号を取得し、取得したデジタル信号に基づいて被計測物 4 の各部位の第 1 の部分及び第 2 の部分の各座標や第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を算出する処理を行う。また、処理回路 1 0 0 は、各部位の相対変位量に基づいて、車両 4 a の走行状況に関する走行状況情報を生成してもよい。その他、処理回路 1 0 0 は、操作部 1 3 0 からの操作信号に応じた各種の処理、外部装置 5 とデータ通信を行うために通信部 1 4 0 を制御する処理等を行う。処理回路 1 0 0 は、例えば、C P U ( Central Processing Unit ) や D S P ( Digital Signal Processor ) によって実現される。

30

## 【 0 0 5 1 】

処理回路 1 0 0 は、変位計測プログラム 1 1 1 を実行することにより、センサー信号取得部 1 0 1、キャリブレーション部 1 0 2、変位算出部 1 0 3、方位算出部 1 0 4、座標算出部 1 0 5、相対変位量算出部 1 0 6 及び走行状況情報生成部 1 0 7 として機能する。すなわち、変位計測装置 1 は、センサー信号取得部 1 0 1、キャリブレーション部 1 0 2、変位算出部 1 0 3、方位算出部 1 0 4、座標算出部 1 0 5、相対変位量算出部 1 0 6 及び走行状況情報生成部 1 0 7 を含む。

## 【 0 0 5 2 】

センサー信号取得部 1 0 1 は、N 個のアナログフロントエンド 1 2 0 から出力される N 個のデジタル信号を取得する。

40

## 【 0 0 5 3 】

キャリブレーション部 1 0 2 は、N 個の回転行列  $R_1 \sim R_N$  を用いて、センサー信号取得部 1 0 1 が取得した N 個のデジタル信号の各々を、N 個の仮想センサーの各々から出力される信号に換算する。

## 【 0 0 5 4 】

図 5 は、第 n の慣性センサー 3 のローカル座標系、第 n の仮想センサーのローカル座標系及びシステム座標系の関係を示す図である。n は、1 以上 N 以下の任意の整数である。図 5 に示すように、第 n の慣性センサー 3 のローカル座標系は x 軸、y 軸及び z 軸で定義される。また、第 n の仮想センサーのローカル座標系は、 $x_{img}$  軸、 $y_{img}$  軸及び z

50

$i_{img}$  軸で定義される。また、システム座標系は、地表に対して向きが変わらない絶対座標系であり、 $X$  軸、 $Y$  軸及び  $Z$  軸で定義される。そして、変位計測装置 1 の初期状態において、すなわち計測開始時である時刻  $t = 0$  において、第  $n$  の仮想センサーの位置は第  $n$  の慣性センサー 3 の位置と一致する。換言すれば、時刻  $t = 0$  において、システム座標系での第  $n$  の慣性センサー 3 及び第  $n$  の仮想センサーの座標は一致し、ともに  $(X_n(0), Y_n(0), Z_n(0))$  である。また、時刻  $t = 0$  において、第  $n$  の仮想センサーのローカル座量系はシステム座標系と一致する。すなわち、 $x_{img}$  軸の方向は  $X$  軸の方向と一致し、 $y_{img}$  軸の方向は  $Y$  軸の方向と一致し、 $z_{img}$  軸の方向は  $Z$  軸の方向と一致する。

【 0 0 5 5 】

10

時刻  $t$  の経過によって第  $n$  の慣性センサー 3 の座標や方位が変化すると、第  $n$  の仮想センサーのローカル座量系の座標や方位も変化するが、時刻  $t$  によらず、第  $n$  の慣性センサー 3 のローカル座標と第  $n$  の仮想センサーのローカル座標との関係は一定の回転行列  $R_n$  によって規定される。すなわち、キャリブレーション部 102 は、任意の時刻  $t$  において第  $n$  の慣性センサー 3 から出力される信号に基づくデジタル信号を、当該デジタル信号に回転行列  $R_n$  を掛けることで、時刻  $t$  において第  $n$  の仮想センサーから出力される信号に基づくデジタル信号に変換する。

【 0 0 5 6 】

図 4 に戻り、変位算出部 103 は、キャリブレーション部 102 によって換算された  $N$  個のデジタル信号の各々に基づいて、 $N$  個の慣性センサー 3 の各々の変位を算出する。具体的には、1 以上  $N$  以下の任意の整数  $n$  に対して、変位算出部 103 は、第  $n$  のデジタル信号に含まれる加速度信号を 2 重積分して第  $n$  の慣性センサー 3 の変位である第  $n$  の変位ベクトルを算出する。

20

【 0 0 5 7 】

方位算出部 104 は、キャリブレーション部 102 によって換算された  $N$  個のデジタル信号の各々に基づいて、 $N$  個の慣性センサー 3 の各々の方位を算出する。具体的には、1 以上  $N$  以下の任意の整数  $n$  に対して、方位算出部 104 は、第  $n$  のデジタル信号に含まれる角速度信号を積分して第  $n$  の慣性センサー 3 の方位の差分である第  $n$  の方位差分ベクトルを算出し、第  $n$  の方位差分ベクトルに基づいて第  $n$  の慣性センサー 3 の方位である第  $n$  の方位ベクトルを算出する。例えば、方位算出部 104 は、時刻  $t$  における第  $n$  の方位ベクトルと時刻  $t + \Delta t$  における第  $n$  の方位差分ベクトルとを用いて、時刻  $t + \Delta t$  における第  $n$  の方位ベクトルを算出する。第  $n$  の方位ベクトルは、システム座標系における第  $n$  の仮想センサーの方位を示す単位ベクトルである。

30

【 0 0 5 8 】

座標算出部 105 は、1 以上  $N$  以下の任意の整数  $n$  に対して、変位算出部 103 が算出した第  $n$  の変位ベクトルと、方位算出部 104 が算出した第  $n$  の方位ベクトルとに基づいて、システム座標系における第  $n$  の慣性センサー 3 が配置されている部分の座標を算出する。

【 0 0 5 9 】

相対変位量算出部 106 は、座標算出部 105 が算出した  $N$  個の慣性センサー 3 が配置されている部分の座標に基づいて、車両 4a の 1 又は複数の所定の部位の第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を算出する。例えば、相対変位量算出部 106 は、時刻  $t$  における第 2 の部分の座標と時刻  $t + \Delta t$  における第 2 の部分の座標との差と、時刻  $t$  における第 1 の部分の座標と時刻  $t + \Delta t$  における第 1 の部分の座標との差との差分又は比を、第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量としても算出してよい。

40

【 0 0 6 0 】

例えば、車両 4a の所定の部位の第 1 の部分に第 1 の慣性センサー 3 が配置され、当該所定の部位の第 1 の部分とは異なる第 2 の部分に第 2 の慣性センサー 3 が配置されている場合において、処理回路 100 は、第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を次のように算出する。

50

## 【 0 0 6 1 】

まず、センサー信号取得部 1 0 1 が、第 1 の慣性センサー 3 から出力される信号に基づく第 1 の信号と、第 2 の部分に配置されている第 2 の慣性センサー 3 から出力される信号に基づく第 2 の信号と、を取得する。第 1 の信号は第 1 のアナログフロントエンド 1 2 0 から出力されるデジタル信号であり、第 2 の信号は第 2 のアナログフロントエンド 1 2 0 から出力されるデジタル信号である。

## 【 0 0 6 2 】

次に、キャリブレーション部 1 0 2 が、第 1 の回転行列  $R_1$  を用いて、第 1 の信号を第 1 の仮想センサーから出力される第 3 の信号に換算し、第 2 の回転行列  $R_2$  を用いて、第 2 の信号を第 2 の仮想センサーから出力される第 4 の信号に換算する。第 3 の信号は第 1 10  
の信号に基づく信号であり、第 4 の信号は第 2 の信号に基づく信号である。変位計測装置 1 の初期状態において、第 1 の仮想センサーの位置は第 1 の慣性センサー 3 の位置と一致し、かつ、第 1 の仮想センサーのローカル座量系はシステム座標系と一致する。また、変位計測装置 1 の初期状態において、第 2 の仮想センサーの位置は第 2 の慣性センサー 3 の位置と一致し、かつ、第 2 の仮想センサーのローカル座量系はシステム座標系と一致する。

## 【 0 0 6 3 】

次に、変位算出部 1 0 3 が、第 3 の信号に基づいて第 1 の慣性センサー 3 の変位を算出し、第 4 の信号に基づいて第 2 の慣性センサー 3 の変位を算出する。具体的には、変位算出部 1 0 3 は、第 3 の信号に含まれる加速度信号を 2 重積分して第 1 の慣性センサー 3 の変位である第 1 の変位ベクトルを算出する。また、変位算出部 1 0 3 は、第 4 の信号に含まれる加速度信号を 2 重積分して第 2 の慣性センサー 3 の変位である第 2 の変位ベクトルを算出する。 20

## 【 0 0 6 4 】

次に、方位算出部 1 0 4 が、第 3 の信号に基づいて第 1 の慣性センサー 3 の方位を算出し、第 4 の信号に基づいて第 2 の慣性センサー 3 の方位を算出する。具体的には、方位算出部 1 0 4 は、第 3 の信号に含まれる角速度信号を積分して第 1 の慣性センサー 3 の方位の差分である第 1 の方位差分ベクトルを算出し、当該方位の差分である第 1 の方位差分ベクトルに基づいて第 1 の慣性センサー 3 の方位である第 1 の方位ベクトルを算出する。また、方位算出部 1 0 4 は、第 4 の信号に含まれる角速度信号を積分して第 2 の慣性センサー 3 の方位の差分である第 2 の方位差分ベクトルを算出し、当該方位の差分である第 2 の方位差分ベクトルに基づいて第 2 の慣性センサー 3 の方位である第 2 の方位ベクトルを算出する。 30

## 【 0 0 6 5 】

次に、座標算出部 1 0 5 は、第 1 の慣性センサー 3 の変位である第 1 の変位ベクトルと第 1 の慣性センサー 3 の方位である第 1 の方位ベクトルとに基づいて、所定の部位の第 1 の部分の座標を算出する。また、座標算出部 1 0 5 は、第 2 の慣性センサー 3 の変位である第 2 の変位ベクトルと第 2 の慣性センサー 3 の方位である第 2 の方位ベクトルとに基づいて、所定の部位の第 2 の部分の座標を算出する。

## 【 0 0 6 6 】

最後に、相対変位量算出部 1 0 6 が、第 1 の部分の座標と、第 2 の部分の座標と、に基づいて、所定の部位の第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を算出する。 40

## 【 0 0 6 7 】

特に、本実施形態では、センサー信号取得部 1 0 1 は、所定の期間に第 1 の信号及び第 2 の信号を取得する。そして、当該所定の期間が終了した後に、キャリブレーション部 1 0 2 が、第 1 の信号を第 3 の信号に換算し、第 2 の信号を第 4 の信号に換算し、変位算出部 1 0 3 が、第 1 の慣性センサー 3 の変位及び第 2 の慣性センサー 3 の変位を算出し、方位算出部 1 0 4 が、第 1 の慣性センサー 3 の方位及び第 2 の慣性センサー 3 の方位を算出し、座標算出部 1 0 5 が第 1 の部分の座標及び第 2 の部分の座標を算出し、相対変位量算出部 1 0 6 が第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を算出する。

## 【 0 0 6 8 】

10

20

30

40

50

走行状況情報生成部 107 は、相対変位量算出部 106 が算出した車両 4 a の各部位の相対変位量に基づいて、車両 4 a の走行状況に関する情報である走行状況情報を生成してもよい。走行状況情報は、例えば、車両 4 a の各部位の変形量の分布を示す変形量ヒストグラムや車両 4 a の各部位の累積疲労度等の情報を含んでもよい。

#### 【0069】

走行状況情報生成部 107 は、例えば、車両 4 a の各部位に対して、複数の慣性センサー 3 の位置をメッシュの格子点とする弾性体モデルを定義し、メッシュの各格子点の相対変位量を示す変形量ヒストグラムを生成してもよい。各格子点の相対変位量は、例えば、相対変位量算出部 106 が算出した各部位の相対変位量である。また、走行状況情報生成部 107 は、各格子点の相対変位量から変位エネルギーを求め、変位エネルギーを  $k$  乗した値を積分することで、各部位の累積疲労度を計算してもよい。

10

#### 【0070】

記憶回路 110 は、不図示の ROM (Read Only Memory) 及び RAM (Random Access Memory) を有している。ROM は、変位計測プログラム 111 等の各種プログラムやあらかじめ決められたデータを記憶し、RAM は、処理回路 100 の作業領域として用いられ、ROM から読み出されたプログラムやデータ、操作部 130 から入力されたデータ、処理回路 100 が生成したデータ等を記憶する。

#### 【0071】

本実施形態では、記憶回路 110 には、変位計測プログラム 111、基準座標データ 112、回転行列データ 113、センサーデータ 114、仮想センサーデータ 115、変位データ 116、方位データ 117、座標データ 118 等が記憶される。

20

#### 【0072】

基準座標データ 112 は、 $N$  個の慣性センサー 3 が配置されている車両 4 a の部分の初期座標を有するデータである。図 6 に、基準座標データ 112 の一例を示す。図 6 に示すように、基準座標データ 112 は、1 以上  $N$  以下の各整数  $n$  に対して、第  $n$  の慣性センサー 3 が配置されている車両 4 a の部分の時刻  $t = 0$  における  $X$  座標  $X_n(0)$ 、 $Y$  座標  $Y_n(0)$  及び  $Z$  座標  $Z_n(0)$  を有する。

#### 【0073】

回転行列データ 113 は、 $N$  個の慣性センサー 3 のローカル座標系を  $N$  個の仮想センサーのローカル座標系に変換する  $N$  個の回転行列  $R_1 \sim R_N$  を有するデータである。図 7 に、回転行列データ 113 の一例を示す。図 7 に示すように、回転行列データ 113 は、1 以上  $N$  以下の各整数  $n$  に対して、第  $n$  の慣性センサー 3 のローカル座標系を第  $n$  の仮想センサーのローカル座標系に変換する回転行列  $R_n$  を有する。

30

#### 【0074】

センサーデータ 114 は、センサー信号取得部 101 によって取得された、 $N$  個のアナログフロントエンド 120 から出力される  $N$  個のデジタル信号の時系列データである。図 8 に、センサーデータ 114 の一例を示す。図 8 に示すように、センサーデータ 114 は、1 以上  $N$  以下の各整数  $n$  に対して、第  $n$  のデジタル信号に含まれる加速度データ  $a'_n(t)$  及び角速度データ  $g'_n(t)$  の時刻  $t = 0 \sim t_{end}$  の時系列データを含む。時刻  $t$  における加速度データ  $a'_n(t)$  は、 $x$  軸加速度値  $a_{x'_n}(t)$ 、 $y$  軸加速度値  $a_{y'_n}(t)$ 、 $z$  軸加速度値  $a_{z'_n}(t)$  を有し、時刻  $t$  における角速度データ  $g'_n(t)$  は、 $x$  軸角速度値  $g_{x'_n}(t)$ 、 $y$  軸角速度値  $g_{y'_n}(t)$  及び  $z$  軸角速度値  $g_{z'_n}(t)$  を有する。

40

#### 【0075】

仮想センサーデータ 115 は、キャリブレーション部 102 によって換算された  $N$  個のデジタル信号の時系列データである。図 9 に、仮想センサーデータ 115 の一例を示す。図 9 に示すように、仮想センサーデータ 115 は、1 以上  $N$  以下の各整数  $n$  に対して、換算された第  $n$  のデジタル信号に含まれる加速度データ  $a_n(t)$  及び角速度データ  $g_n(t)$  の時刻  $t = 0 \sim t_{end}$  の時系列データを含む。時刻  $t$  における加速度データ  $a_n(t)$  は、 $x$  軸加速度値  $a_{x_n}(t)$ 、 $y$  軸加速度値  $a_{y_n}(t)$ 、 $z$  軸加速度値  $a_{z_n}(t)$

50

)を有し、時刻  $t$  における角速度データ  $g_n(t)$  は、 $x$  軸角速度値  $g_{x_n}(t)$ 、 $y$  軸角速度値  $g_{y_n}(t)$  及び  $z$  軸角速度値  $g_{z_n}(t)$  を有する。

【0076】

変位データ116は、変位算出部103によって算出された、 $N$ 個の慣性センサー3の変位の時系列データである。図10に、変位データ116の一例を示す。図10に示すように、変位データ116は、1以上 $N$ 以下の各整数 $n$ に対して、第 $n$ の慣性センサー3の変位である変位ベクトル $d_n(t)$ の時刻  $t = 0 \sim t_{end} + t$  の時系列データを含む。時刻  $t$  における変位ベクトル $d_n(t)$ は、 $x_{img}$  軸方向の変位  $d_{x_n}(t)$ 、 $y_{img}$  軸方向の変位  $d_{y_n}(t)$ 、 $z_{img}$  軸方向の変位  $d_{z_n}(t)$  を有する。

【0077】

方位データ117は、方位算出部104によって算出された、 $N$ 個の慣性センサー3の方位の時系列データである。図11に、方位データ117の一例を示す。図11に示すように、方位データ117は、1以上 $N$ 以下の各整数 $n$ に対して、第 $n$ の慣性センサー3の方位である方位ベクトル $r_n(t)$ の時刻  $t = 0 \sim t_{end} + t$  の時系列データを含む。時刻  $t$  における方位ベクトル $r_n(t)$ は、 $X$  軸方向の方位  $r_{X_n}(t)$ 、 $Y$  軸方向の方位  $r_{Y_n}(t)$ 、 $Z$  軸方向の方位  $r_{Z_n}(t)$  を有する。

【0078】

座標データ118は、座標算出部105によって算出された、 $N$ 個の慣性センサー3が配置されている車両4aの部分の座標の時系列データである。図12に、座標データ118の一例を示す。図12に示すように、座標データ118は、1以上 $N$ 以下の各整数 $n$ に対して、第 $n$ の慣性センサー3が配置されている車両4aの部分の $X$ 座標  $X_n(t)$ 、 $Y$ 座標  $Y_n(t)$  及び  $Z$ 座標  $Z_n(t)$  の時刻  $t = 0 \sim t_{end} + t$  の時系列データを含む。

【0079】

操作部130は、操作キーやボタンスイッチ等により構成される入力装置であり、ユーザーによる操作に応じた操作信号を処理回路100に出力する。

【0080】

通信部140は、処理回路100と外部装置5との間のデータ通信を成立させるための各種制御を行う。例えば、通信部140は、処理回路100が生成した走行状況情報を外部装置5に送信し、外部装置5は、走行状況情報を受信して表示部に表示してもよい。

【0081】

なお、処理回路100の少なくとも一部が、専用のハードウェアで実現されてもよい。また、変位計測装置1は、単体の装置であってもよいし、複数の装置によって構成されてもよい。

【0082】

1-1-3. 変位計測の手順

図13は、第1実施形態の変位計測装置1による変位計測の手順を示すフローチャート図である。

【0083】

図13に示すように、まず、工程S1において、変位計測装置1は、基準座標データ112を取得し、記憶回路110に記憶させる。例えば、変位計測装置1は、所望の計測機器が $N$ 個の慣性センサー3の位置を実測して生成した基準座標データ112を取得してもよい。

【0084】

また、工程S2において、変位計測装置1は、回転行列データ113を取得し、記憶回路110に記憶させる。例えば、変位計測装置1は、所望の計測機器が $N$ 個の慣性センサー3の方位を実測して生成した回転行列データ113を取得してもよい。

【0085】

次に、工程S3において、変位計測装置1は、時刻  $t = 0$  に設定する。

【0086】

10

20

30

40

50

次に、センサー信号取得工程 S 4 において、センサー信号取得部 1 0 1 が、N 個の慣性センサー 3 から信号を取得し、センサーデータ 1 1 4 の一部として記憶回路 1 1 0 に記憶させる。

【 0 0 8 7 】

時刻  $t$  が  $t_{end}$  以上になるまで (工程 S 5 の N)、変位計測装置 1 は、時刻  $t = t + \Delta t$  に設定し (工程 S 6)、工程 S 3, S 4 を繰り返し行う。

【 0 0 8 8 】

そして、時刻  $t$  が  $t_{end}$  以上になると (工程 S 5 の Y)、工程 S 7 において、変位計測装置 1 は、時刻  $t = 0 \sim t_{end}$  の期間に取得した N 個の慣性センサー 3 のデータを有するセンサーデータ 1 1 4 を用いてオフライン解析を行う。

10

【 0 0 8 9 】

図 1 4 は、第 1 実施形態の変位計測装置 1 による変位計測の他の手順を示すフローチャート図である。図 1 4 において、図 1 3 と同じ工程には同じ符号が付されている。図 1 3 に示す手順では、変位計測装置 1 は、N 個の慣性センサー 3 のデータを取得する時刻  $t = 0 \sim t_{end}$  の期間の前に工程 S 1, S 2 を行うのに対して、図 1 4 に示す手順では、変位計測装置 1 は、N 個の慣性センサー 3 のデータを取得する時刻  $t = 0 \sim t_{end}$  の期間の後に工程 S 1, S 2 を行う。図 1 4 に示す手順の工程 S 1 ~ S 7 の各処理は、図 1 3 に示す手順の工程 S 1 ~ S 7 の各処理と同じであるため、その説明を省略する。

【 0 0 9 0 】

図 1 5 は、図 1 3 又は図 1 4 の工程 S 7 のオフライン解析の手順を示すフローチャート図である。図 1 5 に示すように、まず、工程 S 1 0 1 において、変位計測装置 1 は、時刻  $t = 0$ 、番号  $n = 1$  に設定する。

20

【 0 0 9 1 】

次に、工程 S 1 0 2 において、方位算出部 1 0 4 は、方位ベクトル  $r_n(0)$  を初期化する。例えば、方位算出部 1 0 4 は、方位ベクトル  $r_n(0) = (r_{X_n}(0), r_{Y_n}(0), r_{Z_n}(0))$  を X 軸方向の単位ベクトル  $(1, 0, 0)$  に初期化し、方位データ 1 1 7 を更新する。

【 0 0 9 2 】

次に、キャリブレーション工程 S 1 0 3 において、キャリブレーション部 1 0 2 は、回転行列  $R_n$  を用いて、加速度データ  $a'_n(t)$  及び角速度データ  $g'_n(t)$  を加速度データ  $a_n(t)$  及び角速度データ  $g_n(t)$  に変換する。

30

【 0 0 9 3 】

次に、変位算出工程 S 1 0 4 において、変位算出部 1 0 3 は、加速度データ  $a_n(t)$  を 2 重積分して変位ベクトル  $d_n(t + \Delta t)$  を算出する。

【 0 0 9 4 】

次に、方位算出工程 S 1 0 5 において、方位算出部 1 0 4 は、角速度データ  $g_n(t)$  を積分して方位差分ベクトル  $\Delta r_n(t + \Delta t)$  を算出し、方位ベクトル  $r_n(t)$  に方位差分ベクトル  $\Delta r_n(t + \Delta t)$  を加算して方位ベクトル  $r_n(t + \Delta t)$  を算出する。

【 0 0 9 5 】

次に、座標算出工程 S 1 0 6 において、座標算出部 1 0 5 は、座標  $(X_n(t), Y_n(t), Z_n(t))$ 、変位ベクトル  $d_n(t + \Delta t)$  及び方位ベクトル  $r_n(t + \Delta t)$  を用いて、座標  $(X_n(t + \Delta t), Y_n(t + \Delta t), Z_n(t + \Delta t))$  を算出する。

40

【 0 0 9 6 】

時刻  $t$  が  $t_{end}$  以上になるまで (工程 S 1 0 7 の N)、変位計測装置 1 は、時刻  $t = t + \Delta t$  に設定し (工程 S 1 0 8)、工程 S 1 0 3 ~ S 1 0 6 を繰り返し行う。

【 0 0 9 7 】

時刻  $t$  が  $t_{end}$  以上になると (工程 S 1 0 7 の Y)、番号  $n$  が N でなければ (工程 S 1 0 9 の N)、工程 S 1 1 0 において、変位計測装置 1 は、時刻  $t = 0$ 、番号  $n = n + 1$  に設定し、工程 S 1 0 2 ~ S 1 0 8 を再び行う。

【 0 0 9 8 】

50

そして、番号  $n$  が  $N$  になると（工程  $S 1 0 9$  の  $Y$ ）、相対変位量算出工程  $S 1 1 1$  において、相対変位量算出部  $1 0 6$  は、座標データ  $1 1 8$  を用いて車両  $4 a$  の各部位の第  $1$  の部分に対する第  $2$  の部分の相対変位量を算出する。

【  $0 0 9 9$  】

最後に、走行状況情報生成工程  $S 1 1 2$  において、走行状況情報生成部  $1 0 7$  は、車両  $4 a$  の各部位の相対変位量を用いて走行状況情報を生成する。

【  $0 1 0 0$  】

1 - 1 - 4 . 作用効果

以上に説明したように、第  $1$  実施形態の変位計測装置  $1$  は、第  $1$  の慣性センサー  $3$  から出力される信号に基づいて、第  $1$  の慣性センサー  $3$  の変位及び方位を算出し、第  $2$  の慣性センサー  $3$  から出力される信号に基づいて、第  $2$  の慣性センサー  $3$  の変位及び方位を算出する。そして、第  $1$  の慣性センサー  $3$  は車両  $4 a$  の所定の部位の第  $1$  の部分に配置され、第  $2$  の慣性センサー  $3$  は当該所定の部位の第  $2$  の部分に配置されている。したがって、第  $1$  実施形態の変位計測装置  $1$  によれば、第  $1$  の慣性センサー  $3$  の変位及び方位に基づいて当該所定の部位の第  $1$  の部分の座標を算出し、第  $2$  の慣性センサー  $3$  の変位及び方位に基づいて当該所定の部位の第  $2$  の部分の座標を算出することができる。さらに、第  $1$  実施形態の変位計測装置  $1$  によれば、当該所定の部位の第  $1$  の部分の座標だけでなく第  $2$  の部分の座標も算出するので、当該所定の部位の位置を精度よく算出することができる。

10

【  $0 1 0 1$  】

また、第  $1$  実施形態の変位計測装置  $1$  によれば、車両  $4 a$  の所定の部位の第  $1$  の部分に対する第  $2$  の部分の相対変位量を算出することにより、当該所定の部位の変形量を算出することができる。

20

【  $0 1 0 2$  】

また、第  $1$  実施形態の変位計測装置  $1$  によれば、初期状態において各慣性センサー  $3$  のローカル座標系を仮想的にシステム座標系と一致させることにより、システム座標系における座標を算出することができる。

【  $0 1 0 3$  】

また、第  $1$  実施形態の変位計測装置  $1$  によれば、各慣性センサー  $3$  の出力信号を取得する所定の期間が終了した後に座標を算出するので、座標の算出に必要な演算をバッチ処理することができ、計測時の演算負荷を軽減することができる。

30

【  $0 1 0 4$  】

1 - 2 . 第  $2$  実施形態

以下、第  $2$  実施形態の変位計測装置  $1$  について、第  $1$  実施形態と同様の構成要素には同じ符号を付し、第  $1$  実施形態と重複する説明は省略または簡略し、主に第  $1$  実施形態と異なる内容について説明する。

【  $0 1 0 5$  】

第  $2$  実施形態の変位計測装置  $1$  の構成は、図  $4$  と同様であるため、その図示を省略する。

【  $0 1 0 6$  】

第  $2$  実施形態の変位計測装置  $1$  は、車両  $4 a$  の走行中の所定の期間に、第  $1$  の信号及び第  $2$  の信号を取得し、当該所定の期間が終了する前に、第  $1$  の慣性センサーの変位及び第  $2$  の慣性センサーの変位を算出し、また、第  $1$  の慣性センサーの方位及び第  $2$  の慣性センサーの方位を算出し、さらに、車両  $4 a$  の所定の部位の第  $1$  の部分の座標及び第  $2$  の部分の座標を算出する。

40

【  $0 1 0 7$  】

具体的には、センサー信号取得部  $1 0 1$  は、所定の期間に第  $1$  の信号及び第  $2$  の信号を取得する。そして、当該所定の期間が終了する前に、キャリブレーション部  $1 0 2$  が、第  $1$  の信号を第  $3$  の信号に換算し、第  $2$  の信号を第  $4$  の信号に換算し、変位算出部  $1 0 3$  が、第  $1$  の慣性センサー  $3$  の変位及び第  $2$  の慣性センサー  $3$  の変位を算出し、方位算出部  $1 0 4$  が、第  $1$  の慣性センサー  $3$  の方位及び第  $2$  の慣性センサー  $3$  の方位を算出し、座標算出部  $1 0 5$  が第  $1$  の部分の座標及び第  $2$  の部分の座標を算出し、相対変位量算出部  $1 0 6$

50

が第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を算出する。

【 0 1 0 8 】

第 2 実施形態の変位計測装置 1 のその他の構成及び機能は、第 1 実施形態と同様であるため、その説明を省略する。

【 0 1 0 9 】

図 1 6 は、第 2 実施形態の変位計測装置 1 による変位計測の手順を示すフローチャート図である。

【 0 1 1 0 】

図 1 6 に示すように、まず、工程 S 1 1 において、変位計測装置 1 は、基準座標データ 1 1 2 を取得し、記憶回路 1 1 0 に記憶させる。例えば、変位計測装置 1 は、所望の計測機器が N 個の慣性センサー 3 の位置を実測して生成した基準座標データ 1 1 2 を取得してもよい。

10

【 0 1 1 1 】

また、工程 S 1 2 において、変位計測装置 1 は、回転行列データ 1 1 3 を取得し、記憶回路 1 1 0 に記憶させる。例えば、変位計測装置 1 は、所望の計測機器が N 個の慣性センサー 3 の方位を実測して生成した回転行列データ 1 1 3 を取得してもよい。

【 0 1 1 2 】

次に、工程 S 1 3 において、変位計測装置 1 は、時刻  $t = 0$  に設定する。

【 0 1 1 3 】

次に、工程 S 1 4 において、方位算出部 1 0 4 は、方位ベクトル  $r_n(0)$  を初期化する。例えば、方位算出部 1 0 4 は、方位ベクトル  $r_n(0) = (r_{X_n}(0), r_{Y_n}(0), r_{Z_n}(0))$  を X 軸方向の単位ベクトル  $(1, 0, 0)$  に初期化し、方位データ 1 1 7 を更新する。

20

【 0 1 1 4 】

次に、センサー信号取得工程 S 1 5 において、センサー信号取得部 1 0 1 が、N 個の慣性センサー 3 から信号を取得し、センサーデータ 1 1 4 の一部として記憶回路 1 1 0 に記憶させる。

【 0 1 1 5 】

次に、工程 S 1 6 において、変位計測装置 1 は、工程 S 1 5 で取得した N 個の慣性センサー 3 のデータを用いてオンライン解析を行う。

30

【 0 1 1 6 】

時刻  $t$  が  $t_{end}$  以上になるまで (工程 S 1 7 の N)、変位計測装置 1 は、時刻  $t = t + \Delta t$  に設定し (工程 S 1 8)、工程 S 1 5、S 1 6 を繰り返し行う。

【 0 1 1 7 】

図 1 7 は、図 1 6 の工程 S 1 6 のオンライン解析の手順を示すフローチャート図である。図 1 7 に示すように、まず、工程 S 2 0 1 において、変位計測装置 1 は、番号  $n = 1$  に設定する。

【 0 1 1 8 】

次に、キャリブレーション工程 S 2 0 2 において、キャリブレーション部 1 0 2 は、回転行列  $R_n$  を用いて、加速度データ  $a'_n(t)$  及び角速度データ  $g'_n(t)$  を加速度データ  $a_n(t)$  及び角速度データ  $g_n(t)$  に変換する。

40

【 0 1 1 9 】

次に、変位算出工程 S 2 0 3 において、変位算出部 1 0 3 は、加速度データ  $a_n(t)$  を 2 重積分して変位ベクトル  $d_n(t + \Delta t)$  を算出する。

【 0 1 2 0 】

次に、方位算出工程 S 2 0 4 において、方位算出部 1 0 4 は、角速度データ  $g_n(t)$  を積分して方位差分ベクトル  $r_n(t + \Delta t)$  を算出し、方位ベクトル  $r_n(t)$  に方位差分ベクトル  $r_n(t + \Delta t)$  を加算して方位ベクトル  $r_n(t + \Delta t)$  を算出する。

【 0 1 2 1 】

次に、座標算出工程 S 2 0 5 において、座標算出部 1 0 5 は、座標  $(X_n(t), Y_n$

50

( $t$ ),  $Z_n(t)$ ), 変位ベクトル  $d_n(t + t)$  及び方位ベクトル  $r_n(t + t)$  を用いて、座標 ( $X_n(t + t)$ ,  $Y_n(t + t)$ ,  $Z_n(t + t)$ ) を算出する。

【0122】

番号  $n$  が  $N$  でなければ (工程 S 2 0 6 の  $N$ )、工程 S 2 0 7 において、変位計測装置 1 は、番号  $n = n + 1$  に設定し、工程 S 2 0 2 ~ S 2 0 5 を再び行う。

【0123】

そして、番号  $n$  が  $N$  になると (工程 S 2 0 6 の  $Y$ )、相対変位量算出工程 S 2 0 8 において、相対変位量算出部 1 0 6 は、座標データ 1 1 8 を用いて車両 4 a の各部位の第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を算出する。

【0124】

最後に、走行状況情報生成工程 S 2 0 9 において、走行状況情報生成部 1 0 7 は、車両 4 a の各部位の相対変位量を用いて走行状況情報を生成する。

【0125】

以上に説明した第 2 実施形態の変位計測装置 1 によれば、各慣性センサー 3 の出力信号を取得する所定の期間に、リアルタイムに座標を算出することができる。第 2 実施形態の変位計測装置 1 は、その他、第 1 実施形態の変位計測装置 1 と同様の効果を奏する。

【0126】

2. 表示方法

以下、本実施形態の表示方法について、上記の各実施形態と同様の構成要素には同じ符号を付して説明する。

【0127】

2 - 1. 表示システムの構成

図 1 8 は、本実施形態の表示方法を行うための表示システムの構成例を示す図である。図 1 8 の例では、表示システム 2 0 0 では、複数の被計測物 4 である車両 4 a の各々に、変位計測装置 1、複数の慣性センサー 3 及び撮像部 7 が搭載されている。また、複数の車両 4 a の各々に、車両情報収集装置 8 が搭載されていてもよい。

【0128】

変位計測装置 1 は、車両 4 a の走行中に、複数の慣性センサー 3 から出力される信号を取得する。そして、変位計測装置 1 は、取得した信号に基づいて車両 4 a の各部位の第 1 の部位の第 2 の部分の相対変位量を算出し、車両 4 a の各部位の相対変位量に基づいて各種の指標の値を算出する。また、変位計測装置 1 は、車両情報収集装置 8 が車両 4 a の走行中に収集した車両情報に基づいて指標値を算出してもよい。また、変位計測装置 1 は、車両 4 a の走行中に、撮像部 7 が撮影した映像を取得してもよい。そして、変位計測装置 1 は、算出した各種の指標値や取得した映像を表示情報生成装置 2 1 0 に送信する。

【0129】

表示情報生成装置 2 1 0 は、各車両 4 a に搭載された変位計測装置 1 から各種の指標値や映像を取得し、少なくとも 1 つの指標値を示すオブジェクトを含む表示情報を生成する。指標値は車両 4 a の変位量に基づいて算出されるので、指標値を示すオブジェクトは、車両 4 a の所定の部位の相対変位量に基づくオブジェクトである。

【0130】

また、表示情報生成装置 2 1 0 は、当該オブジェクトを、いずれかの車両 4 a に搭載された変位計測装置 1 から取得した映像に重ねた表示情報を生成してもよい。そして、表示情報生成装置 2 1 0 は、生成した表示情報を表示装置 2 2 0 に送信する。表示装置 2 2 0 は、表示情報を受信して不図示の表示部に表示する。

【0131】

なお、各車両 4 a に搭載される変位計測装置 1、複数の慣性センサー 3、撮像部 7 及び車両情報収集装置 8 のそれぞれの数は特に限定されない。

【0132】

図 1 9 は、表示システム 2 0 0 に含まれる変位計測装置 1 の構成を示す図である。図 1 9 において、図 4 と同様の構成要素には同じ符号が付されている。図 1 9 に示すように、

10

20

30

40

50

前述の第1実施形態又は第2実施形態と同様、変位計測装置1は、処理回路100、記憶回路110、複数のアナログフロントエンド120、操作部130及び通信部140を含む。なお、変位計測装置1は、図19の構成要素の一部を省略又は変更し、あるいは、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

#### 【0133】

本実施形態では、処理回路100は、記憶回路110に記憶されている変位計測プログラム111を実行することにより、センサー信号取得部101、キャリブレーション部102、変位算出部103、方位算出部104、座標算出部105、相対変位量算出部106、走行状況情報生成部107、映像取得部151、車両情報取得部152及び指標値算出部153として機能する。すなわち、変位計測装置1は、センサー信号取得部101、

10

#### 【0134】

センサー信号取得部101、キャリブレーション部102、変位算出部103、方位算出部104、座標算出部105、相対変位量算出部106及び走行状況情報生成部107の機能は、第1実施形態又は第2実施形態と同様であるため、その説明を省略する。

#### 【0135】

映像取得部151は、撮像部7から映像を取得する。

#### 【0136】

車両情報取得部152は、車両情報収集装置8から車両4aの走行速度やエンジンの回転数等の車両情報を取得する。

20

#### 【0137】

指標値算出部153は、相対変位量算出部106が算出した車両4aの各部位の相対変位量に基づいて各種の指標の値を算出する。また、指標値算出部153は、車両情報取得部152が取得した車両情報に基づいて指標値を算出してもよい。

#### 【0138】

記憶回路110、複数のアナログフロントエンド120、操作部130及び通信部140の機能は、前述の第1実施形態又は第2実施形態と同様であるため、その説明を省略する。特に、本実施形態では、通信部140は、指標値算出部153が生成した各種の指標値を表示情報生成装置210に送信する。

30

#### 【0139】

なお、処理回路100の少なくとも一部が、専用のハードウェアで実現されてもよい。また、変位計測装置1は、単体の装置であってもよいし、複数の装置によって構成されてもよい。

#### 【0140】

##### 2-2. 表示方法の手順

図20は、本実施形態の表示方法の手順を示すフローチャート図である。

#### 【0141】

図20に示すように、まず、工程S21において、各車両4aに搭載された変位計測装置1が、基準座標データ112を取得し、記憶回路110に記憶させる。例えば、変位計測装置1は、所望の計測機器がN個の慣性センサー3の位置を実測して生成した基準座標データ112を取得してもよい。

40

#### 【0142】

また、工程S22において、各車両4aに搭載された変位計測装置1が、回転行列データ113を取得し、記憶回路110に記憶させる。例えば、変位計測装置1は、所望の計測機器がN個の慣性センサー3の方位を実測して生成した回転行列データ113を取得してもよい。

#### 【0143】

次に、工程S23において、各車両4aに搭載された変位計測装置1が、時刻 $t = 0$ に

50

設定する。

【0144】

次に、工程S24において、各車両4aに搭載された変位計測装置1の方位算出部104が、方位ベクトル $r_n(0)$ を初期化する。例えば、方位算出部104は、方位ベクトル $r_n(0) = (rX_n(0), rY_n(0), rZ_n(0))$ をX軸方向の単位ベクトル $(1, 0, 0)$ に初期化し、方位データ117を更新する。

【0145】

次に、センサー信号取得工程S25において、各車両4aに搭載された変位計測装置1のセンサー信号取得部101が、N個の慣性センサー3から信号を取得し、センサーデータ114の一部として記憶回路110に記憶させる。

10

【0146】

次に、工程S26において、各車両4aに搭載された変位計測装置1の変位計測装置1が、工程S25で取得したN個の慣性センサー3のデータを用いてオンライン解析を行う。オンライン解析の手順は、図17と同様である。

【0147】

次に、映像取得工程S27において、各車両4aに搭載された変位計測装置1の映像取得部151が、撮像部7が撮影した映像を取得する。

【0148】

次に、車両情報取得工程S28において、各車両4aに搭載された変位計測装置1の車両情報取得部152が、車両情報収集装置8が収集した車両情報を取得する。

20

【0149】

次に、指標値算出工程S29において、各車両4aに搭載された変位計測装置1の指標値算出部153が、工程S26において相対変位量算出部106が算出した各部位の相対変位量及び工程S28において車両情報取得部152が収集した車両情報に基づいて、各種の指標の値を算出する。

【0150】

次に、表示情報生成工程S30において、表示情報生成装置210が、各車両4aに搭載された変位計測装置1から各種の指標値及び映像を取得し、各指標値を示すオブジェクトを含む表示情報や各指標値を示すオブジェクトを映像に重ねた表示情報を生成し、生成した表示情報を表示装置220に送信する。

30

【0151】

次に、表示工程S31において、表示装置220が表示情報を受信して表示部に表示する。

【0152】

時刻 $t$ が $t_{end}$ 以上になるまで(工程S32のN)、各車両4aに搭載された変位計測装置1は、時刻 $t = t + \Delta t$ に設定し(工程S33)、工程S25～S29を繰り返し行い、表示情報生成装置210は工程S30を繰り返し行い、表示装置220は工程S31を繰り返し行う。

【0153】

図21は、図20の表示情報生成工程S180の手順を示すフローチャート図である。図21に示すように、まず、工程S301において、表示情報生成装置210は、各車両4aに搭載された変位計測装置1から各種の指標値及び映像を取得する。

40

【0154】

次に、工程S302において、表示情報生成装置210は、工程S301で取得した少なくとも1つの指標値を示すオブジェクトを含む表示情報を生成する。工程S302において、対象となる指標値は、表示情報生成装置210の不図示の操作部から入力される信号に基づいて選択されてもよいし、表示装置220からの選択信号に基づいて選択されてもよい。

【0155】

また、工程S303において、表示情報生成装置210は、工程S301で取得した少

50

なくとも1つの指標値と工程S301で取得したいいずれかの映像を同期させ、当該指標値を当該映像に重ねた表示情報を生成する。例えば、指標値は車両4aの変位量に基づいて算出されるので、工程S303は、車両4aの変位量と映像とを同期させる同期工程である。工程S303において、対象となる指標値及び映像は、表示情報生成装置210の不図示の操作部から入力される信号に基づいて選択されてもよいし、表示装置220からの選択信号に基づいて選択されてもよい。

【0156】

最後に、工程S304において、表示情報生成装置210は、工程S302、S303で生成した表示情報を表示装置220に送信する。

【0157】

2-3. 具体例

以下に示すように、本実施形態の表示方法としては、例えば、複数の車両4aによるレースにおいて視聴者やピットのクルーに各種の情報を表示する表示方法が挙げられる。

【0158】

図22は、車両4aに搭載される変位計測装置1、複数の慣性センサー3、撮像部7及び車両情報収集装置8の配置例を示す図である。

【0159】

図22の例では、被計測物4である車両4aは、レーシングカーであり、変位計測装置1、複数の慣性センサー3、撮像部7及び車両情報収集装置8が車両4aに搭載されている。複数の慣性センサー3の配置は図1と同じであるため、その説明を省略する。

【0160】

撮像部7は、オンボードカメラであり、例えば、エンジンカバーECの右側面に設置され、車両4aの前方を撮影する。したがって、車両4aの走行中は、撮像部7は、車両4aの前方のコースの映像を生成する。なお、撮像部7は、車両4aの前方及び後方を撮影してもよい。撮像部7は、撮影して生成した映像を変位計測装置1に送信する。

【0161】

車両情報収集装置8は、走行中の車両4aの速度やエンジン回転数等の各種の情報である車両情報を収集し、変位計測装置1に送信する。

【0162】

変位計測装置1は、複数の慣性センサー3の各々から出力される信号を取得し、取得した信号に基づいて、前述の変位計測方法により、複数の慣性センサー3の各々が配置された車両4aの部位の相対変位量を算出する。すなわち、変位計測装置1は、フロントウィングFW、リアウィングRW、フロントサスペンションFS及びリアサスペンションRSの各部位の相対変位量を算出する。

【0163】

そして、変位計測装置1は、車両4aの各部位の相対変位量に基づいて、各種の指標値を算出し、時刻情報を付して各種の指標値を表示情報生成装置210に送信する。例えば、変位計測装置1の指標値算出部153は、フロントウィングFW及びリアウィングRWの相対変位量から推定されるダウンフォースに基づいて、指標値として車両4aの重心の変位量を算出することができる。また、指標値算出部153は、フロントサスペンションFS及びリアサスペンションRSの相対変位量の時系列から、指標値として、右フロントタイヤRFT、左フロントタイヤLFT、右リアタイヤRRT及び左リアタイヤLRTの摩耗状況を算出することができる。

【0164】

指標値算出部153は、タイヤの摩耗状況をより正確に算出するために、車両4aの各部位の相対変位量とともに、他の情報を用いてもよい。例えば、指標値算出部153は、タイヤの摩耗状況をより正確に算出するために、車両4aの各部位の相対変位量と、各タイヤの温度、各タイヤの内圧、路面温度、各タイヤのスリップ回数、ブレーキロック回数、及び各タイヤを装着している間の車両4aの移動距離のうち少なくとも何れかと、に基づいて、タイヤの摩耗状況を算出してもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 6 5 】

例えば、各タイヤの内側のカーカスに搭載されている赤外線温度センサーが各タイヤの温度を検出し、各タイヤの温度を車両情報収集装置 8 に送信する。また、各タイヤの内側のカーカスに搭載されている空気圧センサーが各タイヤの内圧を検出し、各タイヤの内圧を車両情報収集装置 8 に送信する。また、車両 4 a のフロアパネルの下面等に搭載されている赤外線温度センサーが路面温度を検出し、路面温度を車両情報収集装置 8 に送信する。指標値算出部 1 5 3 は、車両情報収集装置 8 から各タイヤの温度、各タイヤの内圧及び路面温度を取得する。

## 【 0 1 6 6 】

スリップ率 = ( 車体速度 - 車輪速度 ) / 車体速度 × 1 0 0 ( % ) であり、タイヤロックは、スリップ率が 100%、すなわち、車輪速が 0 の状態で発生し、このとき操舵性に寄与するコーナリングフォースはほぼ 0 である。各リアタイヤがロックした場合は車両 4 a が不安定なり、各フロントタイヤがロックした場合には操舵が効かなくなる。タイヤの横滑り、すなわち、横方向スリップは、車両 4 a が進行方向に動いている時に横方向にスライドする状態である。各サスペンションに搭載された慣性センサー 3 a が横方向の加速度を検出し、指標値算出部 1 5 3 は、各慣性センサー 3 a が検出した横方向の加速度に基づいて、各タイヤのスリップを検出することができる。

10

## 【 0 1 6 7 】

また、車輪速センサーがブレーキローターの回転速度を計測し、ブレーキローターの回転速度を車両情報収集装置 8 に送信する。車輪速センサーは、各タイヤとともに回転するブレーキローターの磁界の変化を検出する非接触型センサーである。指標値算出部 1 5 3 は、車両情報収集装置 8 から取得したブレーキローターの回転速度に基づいて、ブレーキロックを検出することができる。

20

## 【 0 1 6 8 】

変位計測装置 1 は、車両情報収集装置 8 から車両情報を取得し、取得した車両情報に基づいて各種の指標の値を算出し、時刻情報を付して各種の指標値を表示情報生成装置 2 1 0 に送信してもよい。例えば、変位計測装置 1 の指標値算出部 1 5 3 は、車両情報に含まれるエンジンの回転数等の情報から、指標値として、車両 4 a のエンジンモードの情報を算出することができる。エンジンモードは、例えば、クルージングモード、ローパワーモード、エコモード、ハイパワーモード、オーバーレブモードの 5 つのモードのいずれかであってよい。

30

## 【 0 1 6 9 】

また、変位計測装置 1 は、撮像部 7 から映像を取得し、時刻情報を付して映像を表示情報生成装置 2 1 0 に送信してもよい。例えば、映像は、車両 4 a が走行するコースを含む映像であってもよい。

## 【 0 1 7 0 】

表示情報生成装置 2 1 0 は、各車両 4 a に搭載された変位計測装置 1 から各種の指標値を取得し、車両 4 a の所定の部位の相対変位量に基づくオブジェクトや車両情報に基づくオブジェクトとしての各種の指標値を示すオブジェクトを含む表示情報を生成する。

## 【 0 1 7 1 】

表示情報は、車両 4 a のフロントウィング F W 及びリアウィング R W の相対変位量に基づくオブジェクトとして、指標値である車両 4 a の重心の変位量を示すオブジェクトを含んでもよい。

40

## 【 0 1 7 2 】

また、表示情報は、車両 4 a のフロントサスペンション F S 及びリアサスペンション R S の相対変位量に基づくオブジェクトとして、指標値である車両 4 a の 4 つのタイヤの摩耗状況を示すオブジェクトを含んでもよい。

## 【 0 1 7 3 】

また、表示情報は、車両 4 a の車両情報に基づくオブジェクトとして、指標値であるエンジンモードを示すオブジェクトを含んでもよい。

50

## 【 0 1 7 4 】

また、表示情報生成装置 2 1 0 は、各車両 4 a に搭載された変位計測装置 1 から映像を取得し、時刻情報に基づいて、いずれかの指標値といずれかの映像とを同期させ、各指標値を示すオブジェクトを当該映像に重ねた表示情報を生成してもよい。例えば、映像は、車両 4 a が走行するコースを含む映像であってもよい。図 2 3 は、指標値に映像を重ねた表示情報の一例を示す図である。図 2 3 に示す表示情報では、車両 4 a が走行するコースを含む映像 V D に 2 つの車両 4 a の重心の変位量を示すオブジェクト O B 1 , O B 2 が重なっている。映像 V D は、左車線を走行する車両 4 a に搭載された撮像部 7 が撮影した映像である。

## 【 0 1 7 5 】

また、表示情報は、車両 4 a の所定の部位の相対変位量に基づくオブジェクトとして、車両 4 a の変位量に基づく複数の指標値を有するレーダーチャートを含んでもよい。図 2 4 は、レーダーチャートを含む表示情報の一例を示す図である。図 2 4 に示す表示情報では、レーダーチャートのオブジェクト O B 3 は、車両 4 a の変位量に基づく指標値として、車両 4 a の重心の変位量、右フロントタイヤ R F T の摩耗状況、左フロントタイヤ L F T の摩耗状況、右リアタイヤ R R T の摩耗状況及び左リアタイヤ L R T の摩耗状況を有する。また、オブジェクト O B 3 は、車両情報に基づく指標値として、車両 4 a のエンジンモードを有している。

## 【 0 1 7 6 】

また、表示情報は、各車両 4 a のドライバーを示すオブジェクトと、当該車両 4 a に関するレーダーチャートのオブジェクトと、を含んでもよい。図 2 5 は、ドライバーを示すオブジェクトとレーダーチャートのオブジェクトとを含む表示情報の一例を示す図である。図 2 5 に示す表示情報は、車両 4 a のドライバーを示すオブジェクト O B 4 と、その右側に配置された当該車両 4 a に関するレーダーチャートのオブジェクト O B 7 とを含む。また、当該表示情報は、他の車両 4 a のドライバーを示すオブジェクト O B 5 と、その右側に配置された当該車両 4 a に関するレーダーチャートのオブジェクト O B 8 とを含む。また、当該表示情報は、他の車両 4 a のドライバーを示すオブジェクト O B 6 と、その右側に配置された当該車両 4 a に関するレーダーチャートのオブジェクト O B 9 とを含む。例えば、図 2 6 に示すように、図 2 5 に示す表示情報において、6 つの指標値を有するレーダーチャートのオブジェクト O B 7 , O B 8 , O B 9 を、6 つの指標値を示すレベルメーターのオブジェクト O B 1 0 , O B 1 1 , O B 1 2 に置き換えてもよい。

## 【 0 1 7 7 】

表示情報生成装置 2 1 0 は、生成した表示情報を表示装置 2 2 0 に送信し、表示装置 2 2 0 は、表示情報を不図示の表示部に表示する。表示装置 2 2 0 は、例えば、レースの放送業者のパーソナルコンピューターであってもよいし、各車両 4 a のチームのピットに設置されたパーソナルコンピューターであってもよい。また、表示装置 2 2 0 は、レースの放送を受信する機器であってもよいし、ピットに設置されたスクリーンであってもよい。表示装置 2 2 0 の表示部には、例えば、図 2 3 ~ 図 2 6 の表示情報が表示される。視聴者やピットクルーは、図 2 3 の表示情報によって、例えば、各車両 4 a の性能や各ドライバーの技量を把握しながらレースの観戦や分析を行うことができる。また、視聴者やピットクルーは、図 2 4 の表示情報によって、例えば、車両 4 a の安定度や性能を把握し、あるいは、ピットインの時期を予想しながら、レースの観戦や分析を行うことができる。また、視聴者やピットクルーは、図 2 5 又は図 2 6 の表示情報によって、例えば、各車両 4 a の性能や各ドライバーの技量を比較してレース展開を予想しながら、レースの観戦や分析を行うことができる。

## 【 0 1 7 8 】

なお、表示情報生成装置 2 1 0 は表示装置 2 2 0 と兼用されてもよい。例えば、各車両 4 a のチームのピットに設置されたパーソナルコンピューターが、表示情報生成装置 2 1 0 及び表示装置 2 2 0 として兼用されてもよい。

## 【 0 1 7 9 】

また、車両 4 a がレーシングカーである例を挙げたが、車両 4 a の種類は特に限定されない。例えば、車両 4 a は乗用車やバイク等の車両であってもよい。また、被計測物 4 が車両 4 a である例を挙げたが、被計測物 4 は車両 4 a 以外の移動体、例えば、航空機や船舶等であってもよいし、橋梁やビル等の静止構造物であってもよい。

#### 【0180】

以上に説明した本実施形態の表示方法では、変位計測装置 1 が、第 1 の慣性センサー 3 から出力される信号に基づいて、第 1 の慣性センサー 3 の変位及び方位を算出し、第 2 の慣性センサー 3 から出力される信号に基づいて、第 2 の慣性センサー 3 の変位及び方位を算出する。そして、第 1 の慣性センサー 3 は車両 4 a の所定の部位の第 1 の部分に配置され、第 2 の慣性センサー 3 は当該所定の部位の第 2 の部分に配置されている。したがって、この表示方法によれば、変位計測装置 1 が、第 1 の慣性センサー 3 の変位及び方位に基づいて当該所定の部位の第 1 の部分の座標を算出し、第 2 の慣性センサー 3 の変位及び方位に基づいて当該所定の部位の第 2 の部分の座標を算出することができる。さらに、この表示方法によれば、変位計測装置 1 が、当該所定の部位の第 1 の部分の座標だけでなく第 2 の部分の座標も算出するので、当該所定の部位の位置を精度よく算出することができる。また、この表示方法によれば、変位計測装置 1 が、車両 4 a 所定の部位の第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を算出することにより、当該所定の部位の変形量を算出することができる。そして、この表示方法では、表示情報生成装置 210 が、車両 4 a の各部位の相対変位量に基づくオブジェクトを含む表示情報を生成し、表示装置 220 が表示情報を表示するので、視聴者は走行中の車両 4 a の状態を視覚的に把握することができる。

#### 【0181】

また、本実施形態の表示方法では、表示情報生成装置 210 が、車両 4 a の各部位の相対変位量と車両 4 a が走行するコースを含む映像とを同期させて、当該映像に車両 4 a の各部位の相対変位量に基づくオブジェクトを重ねて表示する表示情報を生成し、表示装置 220 が表示情報を表示するので、視聴者は、走行中の車両 4 a の映像とともに車両 4 a の状態を視覚的に把握することができる。

#### 【0182】

また、本実施形態の表示方法によれば、視聴者は、例えば、車両 4 a の性能やドライバーの技量を視覚的に把握することができる。

#### 【0183】

本発明は本実施形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

#### 【0184】

上述した実施形態および変形例は一例であって、これらに限定されるわけではない。例えば、各実施形態および各変形例を適宜組み合わせることも可能である。

#### 【0185】

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

#### 【0186】

上述した実施形態および変形例から以下の内容が導き出される。

#### 【0187】

変位計測装置の一態様は、

被計測物の所定の部位の第 1 の部分に配置されている第 1 の慣性センサーから出力される信号に基づく第 1 の信号と、前記所定の部位の前記第 1 の部分とは異なる第 2 の部分に配置されている第 2 の慣性センサーから出力される信号に基づく第 2 の信号と、を取得するセンサー信号取得部と、

10

20

30

40

50

前記第 1 の信号に基づく第 3 の信号に基づいて前記第 1 の慣性センサーの変位を算出し、前記第 2 の信号に基づく第 4 の信号に基づいて前記第 2 の慣性センサーの変位を算出する変位算出部と、

前記第 3 の信号に基づいて前記第 1 の慣性センサーの方位を算出し、前記第 4 の信号に基づいて前記第 2 の慣性センサーの方位を算出する方位算出部と、

前記第 1 の慣性センサーの前記変位と前記第 1 の慣性センサーの前記方位とに基づいて、前記第 1 の部分の座標を算出し、前記第 2 の慣性センサーの前記変位と前記第 2 の慣性センサーの前記方位とに基づいて、前記第 2 の部分の座標を算出する座標算出部と、

を含む。

【0188】

この変位計測装置は、第 1 の慣性センサーから出力される信号に基づいて、第 1 の慣性センサーの変位及び方位を算出し、第 2 の慣性センサーから出力される信号に基づいて、第 2 の慣性センサーの変位及び方位を算出する。そして、第 1 の慣性センサーは被計測物の所定の部位の第 1 の部分に配置され、第 2 の慣性センサーは当該所定の部位の第 2 の部分に配置されている。したがって、この変位計測装置によれば、第 1 の慣性センサーの変位及び方位に基づいて当該所定の部位の第 1 の部分の座標を算出し、第 2 の慣性センサーの変位及び方位に基づいて当該所定の部位の第 2 の部分の座標を算出することができる。さらに、この変位計測装置によれば、当該所定の部位の第 1 の部分の座標だけでなく第 2 の部分の座標も算出するので、当該所定の部位の位置を精度よく算出することができる。

【0189】

前記変位計測装置の一態様は、

前記第 1 の部分の前記座標と、前記第 2 の部分の前記座標と、に基づいて、前記第 1 の部分に対する前記第 2 の部分の相対変位量を算出する相対変位量算出部を含んでもよい。

【0190】

この変位計測装置によれば、被計測物の所定の部位の第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を算出することにより、当該所定の部位の変形量を算出することができる。

【0191】

前記変位計測装置の一態様において、

第 1 の回転行列を用いて、前記第 1 の信号を第 1 の仮想センサーから出力される前記第 3 の信号に換算し、第 2 の回転行列を用いて、前記第 2 の信号を第 2 の仮想センサーから出力される前記第 4 の信号に換算するキャリブレーション部を含み、

初期状態において、

前記第 1 の仮想センサーの位置は前記第 1 の慣性センサーの位置と一致し、かつ、前記第 1 の仮想センサーのローカル座標系はシステム座標系と一致し、

前記第 2 の仮想センサーの位置は前記第 2 の慣性センサーの位置と一致し、かつ、前記第 2 の仮想センサーのローカル座標系は前記システム座標系と一致し、

前記変位算出部は、

前記第 3 の信号に含まれる加速度信号を 2 重積分して前記第 1 の慣性センサーの前記変位を算出し、

前記第 4 の信号に含まれる加速度信号を 2 重積分して前記第 2 の慣性センサーの前記変位を算出し、

前記方位算出部は、

前記第 3 の信号に含まれる角速度信号を積分して前記第 1 の慣性センサーの方位の差分を算出し、当該方位の差分に基づいて前記第 1 の慣性センサーの前記方位を算出し、

前記第 4 の信号に含まれる角速度信号を積分して前記第 2 の慣性センサーの方位の差分を算出し、当該方位の差分に基づいて前記第 2 の慣性センサーの前記方位を算出してもよい。

【0192】

この変位計測装置によれば、初期状態において各慣性センサーのローカル座標系を仮想的にシステム座標系と一致させることにより、システム座標系における座標を算出するこ

10

20

30

40

50

とができる。

【0193】

前記変位計測装置の一態様において、  
前記センサー信号取得部は、  
所定の期間に前記第1の信号及び前記第2の信号を取得し、  
前記所定の期間が終了した後に、  
前記変位算出部が、前記第1の慣性センサーの前記変位及び前記第2の慣性センサーの前記変位を算出し、  
前記方位算出部が、前記第1の慣性センサーの前記方位及び前記第2の慣性センサーの前記方位を算出し、  
前記座標算出部が前記第1の部分の前記座標及び前記第2の部分の前記座標を算出してもよい。

10

【0194】

この変位計測装置によれば、座標の算出に必要な演算をバッチ処理することができ、計測時の演算負荷を軽減することができる。

【0195】

前記変位計測装置の一態様において、  
前記センサー信号取得部は、  
所定の期間に前記第1の信号及び前記第2の信号を取得し、  
前記所定の期間が終了する前に、  
前記変位算出部が、前記第1の慣性センサーの前記変位及び前記第2の慣性センサーの前記変位を算出し、  
前記方位算出部が、前記第1の慣性センサーの前記方位及び前記第2の慣性センサーの前記方位を算出し、  
前記座標算出部が前記第1の部分の前記座標及び前記第2の部分の前記座標を算出してもよい。

20

【0196】

この変位計測装置によれば、リアルタイムに座標を算出することができる。

【0197】

表示方法の一態様は、  
被計測物の所定の部位の第1の部分に配置されている第1の慣性センサーから出力される信号に基づく第1の信号と、前記所定の部位の前記第1の部分とは異なる第2の部分に配置されている第2の慣性センサーから出力される信号に基づく第2の信号と、を取得するセンサー信号取得工程と、  
前記第1の信号に基づく第3の信号に基づいて前記第1の慣性センサーの変位を算出し、前記第2の信号に基づく第4の信号に基づいて前記第2の慣性センサーの変位を算出する変位算出工程と、  
前記第3の信号に基づいて前記第1の慣性センサーの方位を算出し、前記第4の信号に基づいて前記第2の慣性センサーの方位を算出する方位算出工程と、  
前記第1の慣性センサーの前記変位と前記第1の慣性センサーの前記方位とに基づいて、前記第1の部分の座標を算出し、前記第2の慣性センサーの前記変位と前記第2の慣性センサーの前記方位とに基づいて、前記第2の部分の座標を算出する座標算出工程と、  
前記第1の部分の前記座標と、前記第2の部分の前記座標と、に基づいて、前記第1の部分に対する前記第2の部分の相対変位量を算出する相対変位量算出工程と、  
前記相対変位量に基づくオブジェクトを表示する表示工程と、  
を含む。

30

【0198】

この表示方法では、第1の慣性センサーから出力される信号に基づいて、第1の慣性センサーの変位及び方位を算出し、第2の慣性センサーから出力される信号に基づいて、第2の慣性センサーの変位及び方位を算出する。そして、第1の慣性センサーは被計測物の

50

所定の部位の第 1 の部分に配置され、第 2 の慣性センサーは当該所定の部位の第 2 の部分に配置されている。したがって、この表示方法によれば、第 1 の慣性センサーの変位及び方位に基づいて当該所定の部位の第 1 の部分の座標を算出し、第 2 の慣性センサーの変位及び方位に基づいて当該所定の部位の第 2 の部分の座標を算出することができる。さらに、この表示方法によれば、当該所定の部位の第 1 の部分の座標だけでなく第 2 の部分の座標も算出するので、当該所定の部位の位置を精度よく算出することができる。また、この表示方法によれば、被計測物の所定の部位の第 1 の部分に対する第 2 の部分の相対変位量を算出することにより、当該所定の部位の変形量を算出することができる。そして、この表示方法では、被計測物の所定の部位の相対変位量に基づくオブジェクトを表示するので、視聴者は被計測物の状態を視覚的に把握することができる。

10

## 【 0 1 9 9 】

前記表示方法の一態様は、

前記被計測物に搭載されている第 2 の撮像部が撮影した前記被計測物が走行するコースを含む映像を取得する映像取得工程と、

前記相対変位量と前記映像とを同期させる同期工程と、

を含み、

前記表示工程において、

前記映像に前記オブジェクトを重ねて表示してもよい。

## 【 0 2 0 0 】

この表示方法によれば、視聴者は、走行中の被計測物の映像とともに被計測物の状態を視覚的に把握することができる。

20

## 【 0 2 0 1 】

前記表示方法の一態様において、

前記オブジェクトは、前記被計測物の重心の変位量の情報を含んでもよい。

## 【 0 2 0 2 】

前記表示方法の一態様において、

前記相対変位量は、前記被計測物のサスペンションの変位量を含んでもよい。

## 【 0 2 0 3 】

前記表示方法の一態様において、

前記相対変位量は、前記被計測物のフロントウィングの変位量を含んでもよい。

30

## 【 0 2 0 4 】

前記表示方法の一態様において、

前記相対変位量は、前記被計測物のリアウィングの変位量を含んでもよい。

## 【 0 2 0 5 】

前記表示方法の一態様において、

前記オブジェクトは、前記被計測物のタイヤの摩耗の情報を含んでもよい。

## 【 0 2 0 6 】

前記表示方法の一態様において、

前記オブジェクトは、前記相対変位量に基づく複数の指標値を有するレーダーチャートを含んでもよい。

40

## 【 0 2 0 7 】

これらの表示方法によれば、視聴者は、例えば、被計測物の性能等を視覚的に把握することができる。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 2 0 8 】

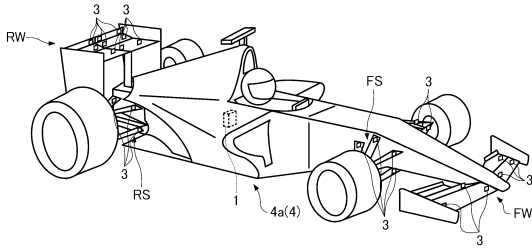
1 ... 変位計測装置、3, 3 a ~ 3 x ... 慣性センサー、4 ... 被計測物、4 a ... 車両、5 ... 外部装置、7 ... 撮像部、8 ... 車両情報収集装置、1 0 0 ... 処理回路、1 0 1 ... センサー信号取得部、1 0 2 ... キャリブレーション部、1 0 3 ... 変位算出部、1 0 4 ... 方位算出部、1 0 5 ... 座標算出部、1 0 6 ... 相対変位量算出部、1 0 7 ... 走行状況情報生成部、1 1 0 ... 記憶回路、1 1 1 ... 変位計測プログラム、1 1 2 ... 基準座標データ、1 1 3 ... 回転行列デ

50

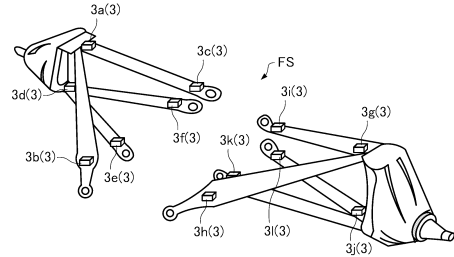
ータ、114...センサーデータ、115...仮想センサーデータ、116...変位データ、117...方位データ、118...座標データ、120...アナログフロントエンド、130...操作部、140...通信部、151...映像取得部、152...車両情報取得部、153...指標値算出部、200...表示システム、210...表示情報生成装置、220...表示装置

【図面】

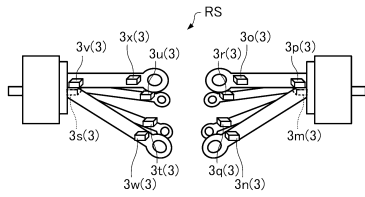
【図1】



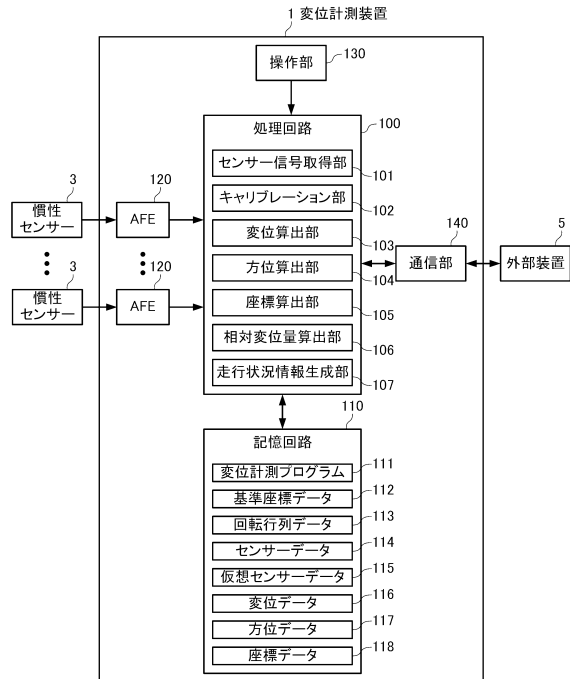
【図2】



【図3】



【図4】



10

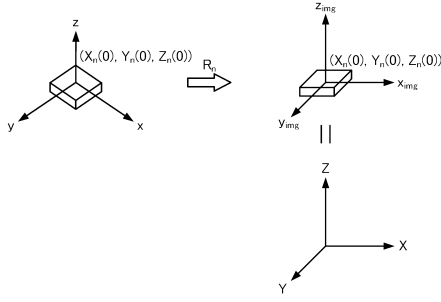
20

30

40

50

【 図 5 】



【 図 6 】

↙ 112

センサー番号	X座標	Y座標	Z座標
1	$X_1(0)$	$Y_1(0)$	$Z_1(0)$
2	$X_2(0)$	$Y_2(0)$	$Z_2(0)$
3	$X_3(0)$	$Y_3(0)$	$Z_3(0)$
4	$X_4(0)$	$Y_4(0)$	$Z_4(0)$
⋮	⋮	⋮	⋮
N	$X_N(0)$	$Y_N(0)$	$Z_N(0)$

10

【 図 7 】

↙ 113

センサー番号	回転行列
1	$R_1$
2	$R_2$
3	$R_3$
4	$R_4$
⋮	⋮
N	$R_N$

【 図 8 】

↙ 114

時刻t	加速度データ $a'_n(t)$			角速度データ $g'_n(t)$		
	x軸	y軸	z軸	x軸	y軸	z軸
0	$ax'_n(0)$	$ay'_n(0)$	$az'_n(0)$	$gx'_n(0)$	$gy'_n(0)$	$gz'_n(0)$
$\Delta t$	$ax'_n(\Delta t)$	$ay'_n(\Delta t)$	$az'_n(\Delta t)$	$gx'_n(\Delta t)$	$gy'_n(\Delta t)$	$gz'_n(\Delta t)$
$2\Delta t$	$ax'_n(2\Delta t)$	$ay'_n(2\Delta t)$	$az'_n(2\Delta t)$	$gx'_n(2\Delta t)$	$gy'_n(2\Delta t)$	$gz'_n(2\Delta t)$
$3\Delta t$	$ax'_n(3\Delta t)$	$ay'_n(3\Delta t)$	$az'_n(3\Delta t)$	$gx'_n(3\Delta t)$	$gy'_n(3\Delta t)$	$gz'_n(3\Delta t)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$t_{end}$	$ax'_n(t_{end})$	$ay'_n(t_{end})$	$az'_n(t_{end})$	$gx'_n(t_{end})$	$gy'_n(t_{end})$	$gz'_n(t_{end})$

20

【 図 9 】

↙ 115

時刻t	加速度データ $a_n(t)$			角速度データ $g_n(t)$		
	$X_{img}$ 軸	$Y_{img}$ 軸	$Z_{img}$ 軸	$X_{img}$ 軸	$Y_{img}$ 軸	$Z_{img}$ 軸
0	$ax_n(0)$	$ay_n(0)$	$az_n(0)$	$gx_n(0)$	$gy_n(0)$	$gz_n(0)$
$\Delta t$	$ax_n(\Delta t)$	$ay_n(\Delta t)$	$az_n(\Delta t)$	$gx_n(\Delta t)$	$gy_n(\Delta t)$	$gz_n(\Delta t)$
$2\Delta t$	$ax_n(2\Delta t)$	$ay_n(2\Delta t)$	$az_n(2\Delta t)$	$gx_n(2\Delta t)$	$gy_n(2\Delta t)$	$gz_n(2\Delta t)$
$3\Delta t$	$ax_n(3\Delta t)$	$ay_n(3\Delta t)$	$az_n(3\Delta t)$	$gx_n(3\Delta t)$	$gy_n(3\Delta t)$	$gz_n(3\Delta t)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$t_{end}$	$ax_n(t_{end})$	$ay_n(t_{end})$	$az_n(t_{end})$	$gx_n(t_{end})$	$gy_n(t_{end})$	$gz_n(t_{end})$

【 図 10 】

↙ 116

時刻t	変位ベクトル $d_n(t)$		
	$X_{img}$ 軸	$Y_{img}$ 軸	$Z_{img}$ 軸
0	$dx_n(0)$	$dy_n(0)$	$dz_n(0)$
$\Delta t$	$dx_n(\Delta t)$	$dy_n(\Delta t)$	$dz_n(\Delta t)$
$2\Delta t$	$dx_n(2\Delta t)$	$dy_n(2\Delta t)$	$dz_n(2\Delta t)$
$3\Delta t$	$dx_n(3\Delta t)$	$dy_n(3\Delta t)$	$dz_n(3\Delta t)$
⋮	⋮	⋮	⋮
$t_{end}$	$dx_n(t_{end})$	$dy_n(t_{end})$	$dz_n(t_{end})$
$t_{end} + \Delta t$	$dx_n(t_{end} + \Delta t)$	$dy_n(t_{end} + \Delta t)$	$dz_n(t_{end} + \Delta t)$

30

40

50

【図 1 1】

↙ 117

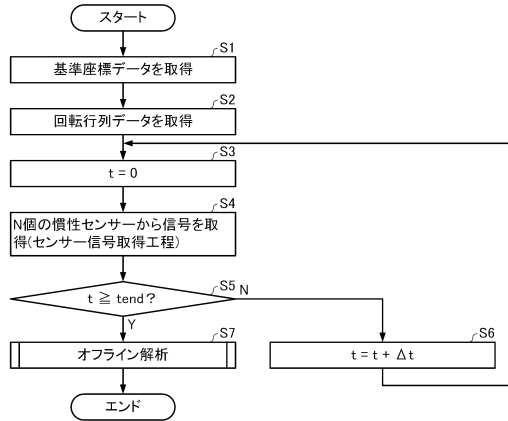
時刻t	方位ベクトル $r_{r_n}(t)$		
	X軸	Y軸	Z軸
0	$rX_n(0)$	$rY_n(0)$	$rZ_n(0)$
$\Delta t$	$rX_n(\Delta t)$	$rY_n(\Delta t)$	$rZ_n(\Delta t)$
$2\Delta t$	$rX_n(2\Delta t)$	$rY_n(2\Delta t)$	$rZ_n(2\Delta t)$
$3\Delta t$	$rX_n(3\Delta t)$	$rY_n(3\Delta t)$	$rZ_n(3\Delta t)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$t_{\text{end}}$	$rX_n(t_{\text{end}})$	$rY_n(t_{\text{end}})$	$rZ_n(t_{\text{end}})$
$t_{\text{end}} + \Delta t$	$rX_n(t_{\text{end}} + \Delta t)$	$rY_n(t_{\text{end}} + \Delta t)$	$rZ_n(t_{\text{end}} + \Delta t)$

【図 1 2】

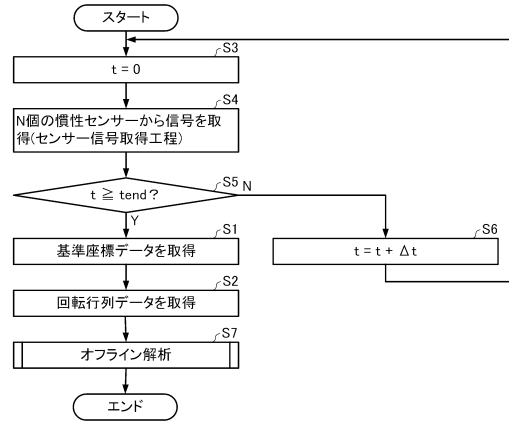
↙ 118

時刻t	X座標	Y座標	Z座標
0	$X_n(0)$	$Y_n(0)$	$Z_n(0)$
$\Delta t$	$X_n(\Delta t)$	$Y_n(\Delta t)$	$Z_n(\Delta t)$
$2\Delta t$	$X_n(2\Delta t)$	$Y_n(2\Delta t)$	$Z_n(2\Delta t)$
$3\Delta t$	$X_n(3\Delta t)$	$Y_n(3\Delta t)$	$Z_n(3\Delta t)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$t_{\text{end}}$	$X_n(t_{\text{end}})$	$Y_n(t_{\text{end}})$	$Z_n(t_{\text{end}})$
$t_{\text{end}} + \Delta t$	$X_n(t_{\text{end}} + \Delta t)$	$Y_n(t_{\text{end}} + \Delta t)$	$Z_n(t_{\text{end}} + \Delta t)$

【図 1 3】



【図 1 4】



10

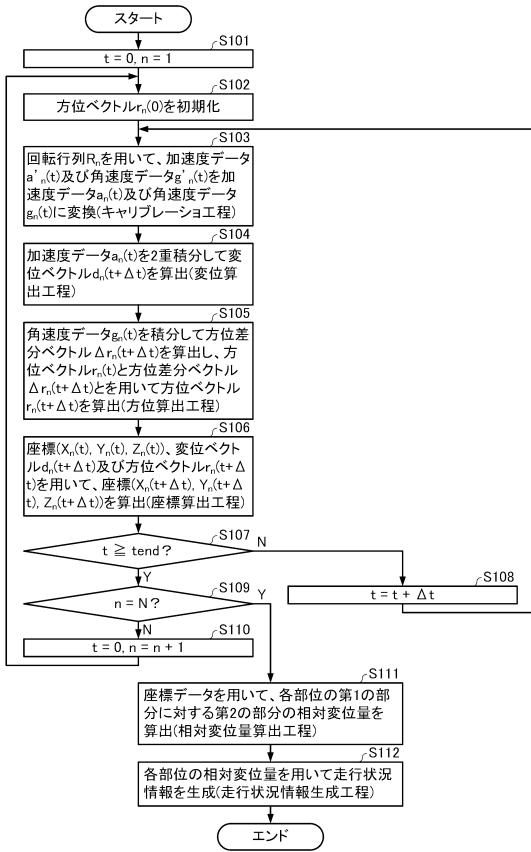
20

30

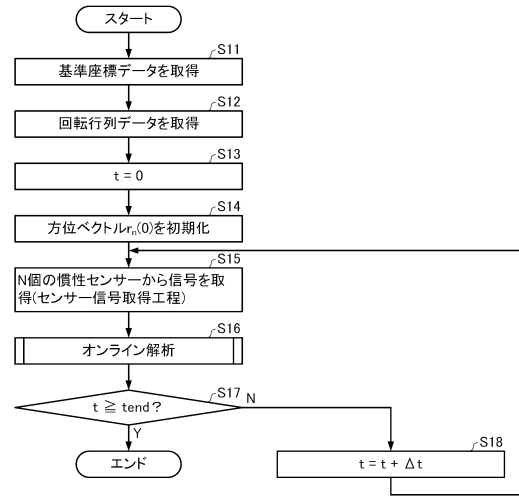
40

50

【図 15】



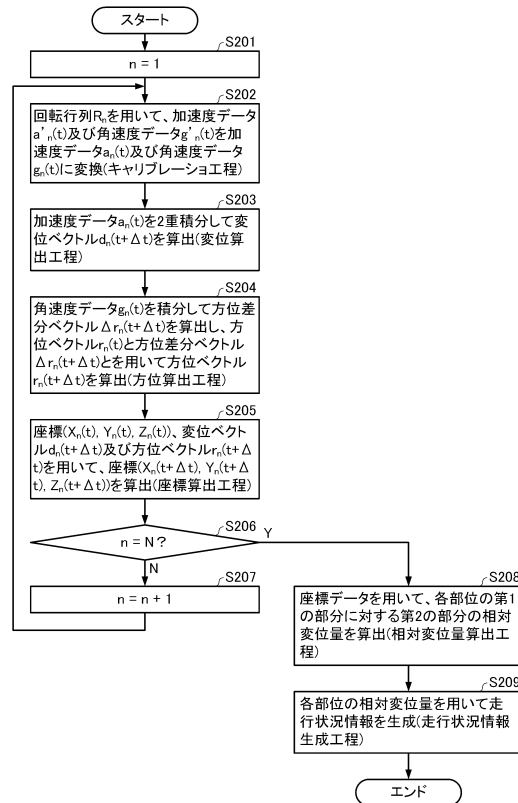
【図 16】



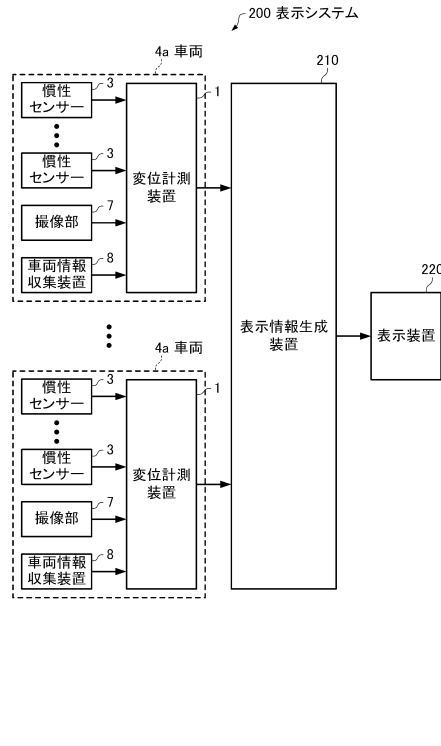
10

20

【図 17】



【図 18】

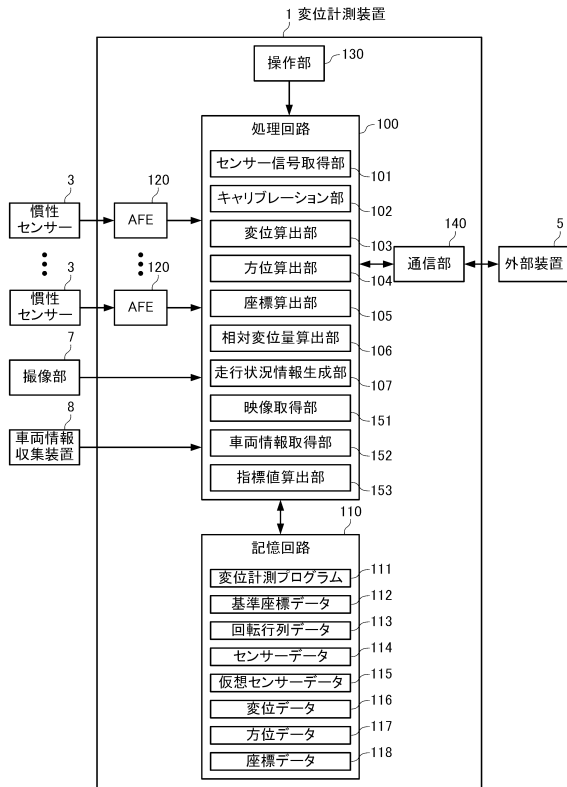


30

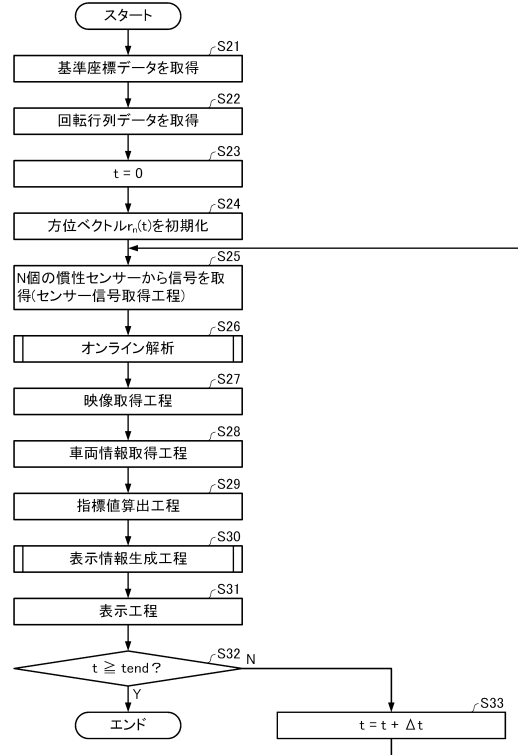
40

50

【図 19】



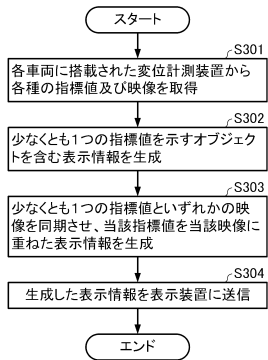
【図 20】



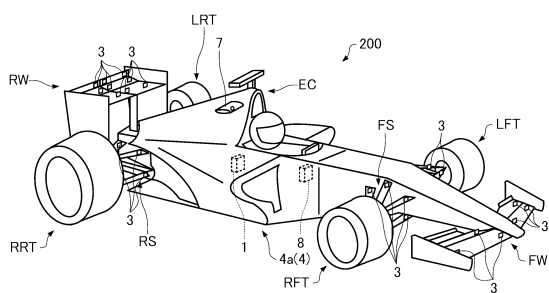
10

20

【図 21】



【図 22】

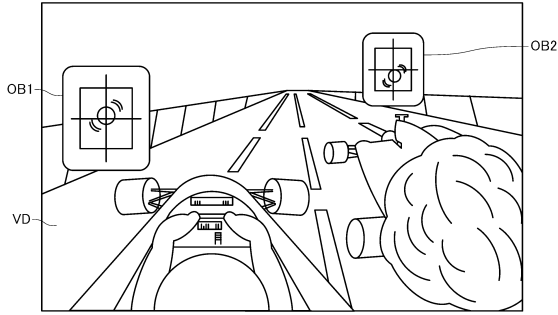


30

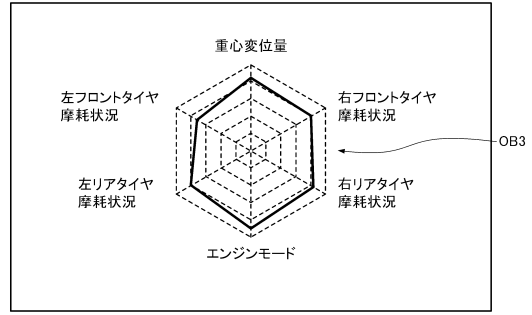
40

50

【図 2 3】

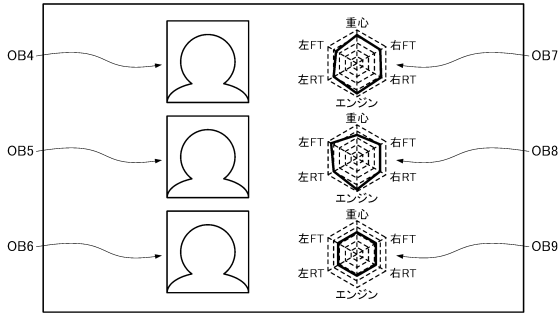


【図 2 4】

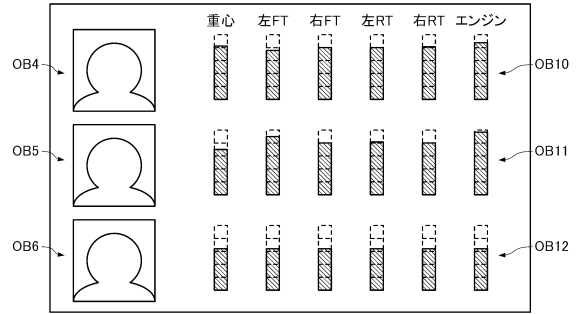


10

【図 2 5】



【図 2 6】



20

30

40

50

## フロントページの続き

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 佐藤 久則

- (56)参考文献 特開2010-175405(JP,A)  
特開2004-318216(JP,A)  
特開2006-327368(JP,A)  
国際公開第2020/071249(WO,A1)  
国際公開第2017/043181(WO,A1)  
特開2000-111335(JP,A)  
特開2009-292434(JP,A)  
特開2009-040354(JP,A)  
国際公開第2006/001255(WO,A1)  
特開2016-034826(JP,A)  
国際公開第2011/135971(WO,A1)  
特開2008-049776(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G01B 21/00