(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-15540
(P2017-15540A)
(43)公開日　平成29年1月19日(2017.1.19)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01P 13/02	(2006.01)	G01P 13/02	Z	2F034

審査請求 未請求　請求項の数 17　ＯＬ　（全 22 頁）

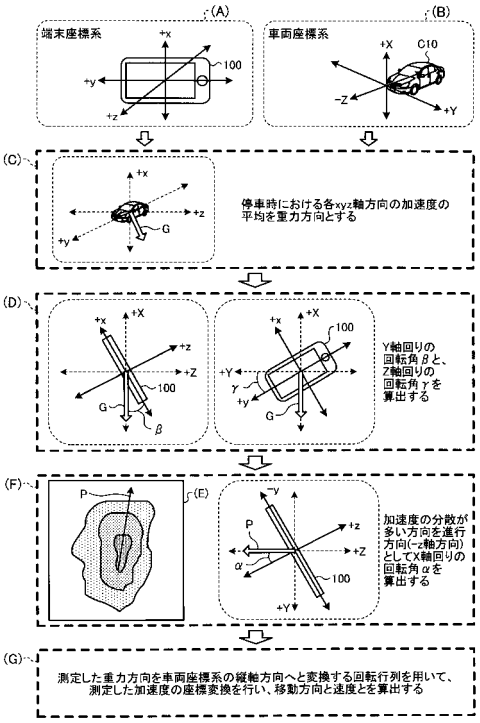
(21)出願番号　特願2015-132015 (P2015-132015)
(22)出願日　平成27年6月30日 (2015.6.30)

(71)出願人　500257300
ヤフー株式会社
東京都千代田区紀尾井町１番３号
(74)代理人　100089118
弁理士　酒井　宏明
(74)代理人　100125612
弁理士　中嶋　裕昭
(72)発明者　浅見　宗広
東京都港区赤坂九丁目７番１号　ヤフー株式会社内

Ｆターム(参考)　2F034 AA15　DC02

(54)【発明の名称】推定装置、移動方向推定方法及び移動方向推定プログラム

(57)【要約】
【課題】設置姿勢を容易に特定し、車両の進行方向を精度良く推定すること。
【解決手段】本願に係る端末装置は、加速度を検出する検出部と、所定の状態で前記検出部が検出した加速度の平均値を用いて、重力方向を特定する特定部と、前記検出部が検出した加速度から、前記特定部が特定した重力方向に基づく移動方向を推定する推定部とを有する。このため、例えば、端末装置は、重力方向を指標として設置姿勢を容易に特定し、車両の進行方向を精度良く推定することができる。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
加速度を検出する検出部と、
所定の状態で前記検出部が検出した加速度の平均値を用いて、重力方向を特定する特定部と、
前記検出部が検出した加速度から、前記特定部が特定した重力方向に基づく移動方向を推定する推定部と
を有することを特徴とする推定装置。
【請求項２】
前記特定部は、前記所定の状態として、端末装置が移動していない状態で前記検出部が検出した加速度の平均値を用いて、前記重力方向を特定することを特徴とする請求項１に記載の推定装置。
【請求項３】
前記推定部は、前記検出部が重力加速度を検出した方向を所定の軸方向に一致させる回転式を用いて、前記検出部が検出した加速度を前記重力加速度の方向に基づく移動方向の加速度に変換し、当該変換後の加速度を用いて、前記移動方向を推定することを特徴とする請求項１または２に記載の推定装置。
【請求項４】
前記推定部は、前記重力方向に対して垂直な平面を基準とした移動方向を推定することを特徴とする請求項１～３のいずれか１つに記載の推定装置。
【請求項５】
前記推定部は、前記検出部が検出した加速度のうち、前記重力方向に対して垂直な平面上の加速度を用いて、前記移動方向を推定することを特徴とする請求項４に記載の推定装置。
【請求項６】
前記推定部は、前記重力方向に対して垂直な平面上の方向であって、前記移動方向に対して垂直な方向に対する加速度に基づいて、前記端末装置の移動方向の変化を検出することを特徴とする請求項５に記載の推定装置。
【請求項７】
前記推定部は、前記重力方向に対して垂直な平面上における加速度のばらつきを算出し、当該算出したばらつきが最大となる方向を前記移動方向と推定することを特徴とする請求項１～６のいずれか１つに記載の推定装置。
【請求項８】
前記検出部は、所定の時間が経過するまでの間に検出された複数の加速度の値の平均値、または、連続して検出された所定の数の加速度の値の平均値を算出し、当該算出した平均値を、検出された加速度の平均値の値として出力することを特徴とする請求項１～７のいずれか１つに記載の推定装置。
【請求項９】
前記検出部が検出した加速度の値が有する特徴に基づいて、前記端末装置が移動しているか否かを判定する判定部
をさらに有し、
前記特定部は、前記端末装置が移動していないと前記判定部が判定した際に前記検出部が検出した加速度の平均値を用いて、前記重力方向を特定することを特徴とする請求項１～８のいずれか１つに記載の推定装置。
【請求項１０】
前記判定部は、端末装置が移動している間、および、移動していない間に測定された加速度の値が有する特徴を学習したサポートベクトルマシンを用いて、前記端末装置が移動しているか否かを判定することを特徴とする請求項９に記載の推定装置。
【請求項１１】
前記推定部が推定した移動方向への移動速度を算出する算出部

をさらに有することを特徴とする請求項１～１０のいずれか１つに記載の推定装置。
【請求項１２】
前記算出部は、前記推定部が推定した移動方向における加速度の積分値を、当該移動方向への移動速度とすることを特徴とする請求項１１に記載の推定装置。
【請求項１３】
前記算出部は、前記端末装置が移動していない場合は、前記加速度の積分値を零に補正することを特徴とする請求項１２に記載の推定装置。
【請求項１４】
前記算出部は、前記端末装置が移動を開始してから停止するまでの間に検出された加速度の積分値が零となるように、前記検出部が検出した加速度の値を補正することを特徴とする請求項１１～１３のいずれか１つに記載の推定装置。
【請求項１５】
前記算出部は、前記加速度の積分値が、衛星からの信号に基づいて算出された前記端末装置の移動速度と一致するように、前記検出部が検出した加速度の値を補正することを特徴とする請求項１１～１４のいずれか１つに記載の推定装置。
【請求項１６】
端末装置が実行する移動方向推定方法であって、
所定の状態で検出された加速度の平均値を用いて、重力方向を特定する特定工程と、
前記検出された加速度から、前記特定工程で特定された重力方向に基づく移動方向を推定する推定工程と
を含むことを特徴とする移動方向推定方法。
【請求項１７】
コンピュータに、
所定の状態で検出された加速度の平均値を用いて、重力方向を特定する特定手順と、
前記検出された加速度から、前記特定手順で特定された重力方向に基づく移動方向を推定する推定手順と
を実行させることを特徴とする移動方向推定プログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、推定装置、移動方向推定方法及び移動方向推定プログラムに関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、スマートフォン等の持ち運び可能な端末装置を用いて、利用者が乗車している車両を目的地まで案内するカーナビゲーション（以下、「案内」ともいう）の技術が知られている。このような案内を行う端末装置は、ＧＰＳ（Global Positioning System）等の衛星測位システムを用いて、車両の現在地を特定し、地図や誘導経路を示す画面と特定した現在地とを重ね合わせて表示する。
【０００３】
一方、端末装置は、トンネル内等の衛星からの信号が受信しづらい場所では、現在地を表示できなくなる。同じ課題は、ＧＰＳに限らず、外来の信号（例えば、携帯電話（セルラー）基地局からの電波や無線ＬＡＮ電波、ほか）を用いた測位全般に共通する。そこで、車両の移動方向と速度とに基づいて、車両の現在地を推定する手法が考えられる。例えば、加速度計を有する装置を所定の姿勢で車両内に固定し、装置が検出した加速度から車両の進行方向を特定する手法が提案されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開平１１－２４８４５５号公報
【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
しかしながら、スマートフォン等の端末装置は、利用者が乗車した車の車種や端末装置を保持するホルダの利用状況等に応じて、車内での設置姿勢がその都度異なるので、車両が移動した方向を容易に推定できないという問題がある。
【０００６】
例えば、端末装置は、端末装置を基準とした軸方向の加速度を検出する加速度計を有するので、端末装置の設置姿勢に基づいて、検出された加速度の方向を車両の移動方向を基準とした方向に変換する。そして、端末装置は、方向を変換した加速度を用いて、車両の進行方向や速度を特定し、特定した進行方向や速度から車両の現在地を特定する。しかしながら、端末装置は、設置姿勢が不明である場合は、加速度の方向を変換することができず、車両の進行方向を特定することができない。
【０００７】
本願は、上記に鑑みてなされたものであって、設置姿勢を容易に特定し、車両の進行方向を精度良く推定できる推定装置、移動方向推定方法及び移動方向推定プログラムを提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本願に係る推定装置は、加速度を検出する検出部と、所定の状態で前記検出部が検出した加速度の平均値を用いて、重力方向を特定する特定部と、前記検出部が検出した加速度から、前記特定部が特定した重力方向に基づく移動方向を推定する推定部とを有することを特徴とする。
【発明の効果】
【０００９】
実施形態の一態様によれば、設置姿勢を容易に特定し、車両の進行方向を精度良く推定することができるという効果を奏する。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】図１は、実施形態に係る端末装置が発揮する作用効果の一例を説明するための図である。
【図２】図２は、実施形態に係る端末装置が有する機能構成の一例を説明する図である。
【図３】図３は、実施形態に係る端末装置が実行する案内処理の流れの一例を説明するフローチャートである。
【図４】図４は、実施形態に係る端末装置が実行する推定処理の流れの一例を説明するフローチャートである。
【図５】図５は、車両が移動する際に生じる加速度の一例を説明する図である。
【図６】図６は、実施形態に係る端末装置が車両の速度を算出する処理の一例を説明する図である。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
以下に、本願に係る推定装置、移動方向推定方法及び移動方向推定プログラムを実施するための形態（以下、「実施形態」と呼ぶ。）について図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施形態により本願に係る推定装置、移動方向推定方法及び移動方向推定プログラムが限定されるものではない。また、以下の各実施形態において同一の部位及び処理には同一の符号を付し、重複する説明は省略される。
【００１２】
また、以下の説明では、推定装置が実行する処理として、利用者が乗車した車両を目的地まで案内するカーナビゲーションの一例について説明するが、実施形態は、これに限定されるものではない。例えば、推定装置は、利用者が歩行している場合や列車等、車両以外の交通手段を利用している場合にも、以下に説明する処理を実行し、利用者を目的地ま

で案内する処理を実行してもよい。

【００１３】

〔１．作用効果の概要〕

まず、図１を用いて、推定装置の一例である端末装置１００が発揮する作用効果の概念について説明する。図１は、実施形態に係る端末装置が発揮する作用効果の一例を説明するための図である。例えば、端末装置１００は、スマートフォン、タブレット端末やＰＤＡ（Personal Digital Assistant）等の移動端末、ノート型ＰＣ（Personal Computer）等の端末装置であり、移動通信網や無線ＬＡＮ（Local Area Network）等のネットワークＮを介して、任意のサーバと通信可能な端末装置である。

【００１４】

また、端末装置１００は、利用者が乗車した車両を目的地まで案内するカーナビゲーションの機能を有する。例えば、端末装置１００は、利用者から目的地の入力を受付けると、利用者を目的地まで誘導するための経路情報を、図示を省略したサーバ等から取得する。例えば、経路情報には、車両が利用可能な目的地までの経路、経路に含まれる高速道路の情報、経路上の渋滞情報、案内の目印となる施設、画面上に表示する地図の情報、案内時に出力する音声や地図等の画像等のデータが含まれる。

【００１５】

また、端末装置１００は、ＧＰＳ（Global Positioning System）等の衛星測位システムを用いて、端末装置１００の位置（以下、「現在地」と記載する。）を所定の時間間隔で特定する測位機能を有する。そして、端末装置１００は、経路情報に含まれる地図等の画像を液晶画面やエレクトロルミネッセンス、ＬＥＤ（Light Emitting Diode）画面等（以下、単に「画面」と記載する。）に表示すると共に、特定した現在地をその都度地図上に表示する。また、端末装置１００は、特定した現在地に応じて、左折や右折、使用する車線の変更、目的地への到着予定時間等を表示、若しくは、端末装置１００や車両のスピーカー等から音声により出力する。

【００１６】

ここで、衛星測位システムでは、複数の衛星から発信された信号を受信し、受信した信号を用いて、端末装置１００の現在地を特定する。このため、端末装置１００は、トンネルの中やビル群に挟まれた場所等、衛星から発信された信号を適切に受信できない場合には、現在地を特定することができない。また、端末装置１００に案内を実現させるアプリケーション等は、車両から速度や移動方向等の情報を取得する機能を有していない。このため、加速度を測定する加速度センサを端末装置１００に設置し、加速度センサが測定した加速度に基づいて、端末装置１００の位置を推定する手法が考えられる。

【００１７】

例えば、図１の（Ａ）に示すように、端末装置１００は、画面の短尺方向をｘ軸とし、画面の長尺方向をｙ軸とし、画面に対して垂直な方向をｚ軸として、各ｘｙｚ軸方向の加速度を測定する。例えば、端末装置１００は、画面を正面とした際に、正面側を＋ｚ軸方向、背面側を－ｚ軸方向とし、端末装置１００の利用時において画面上側を＋ｘ軸方向、画面下側を－ｘ軸方向、画面左側を＋ｙ軸方向、画面右側を－ｙ軸方向とする端末座標系における加速度を測定する。

【００１８】

一方、図１の（Ｂ）に示すように、利用者が使用する車両Ｃ１０の移動方向や速度は、車両が進行する方向をＺ軸とし、Ｚ軸に対して垂直な平面上において、車両が進行する際に左折若しくは右折する方向をＹ軸方向とし、車両の上下方向をＸ軸方向とする車両座標系で表される。例えば、車両Ｃ１０の移動方向や速度は、車両の上方向を＋Ｘ軸方向、下方向（すなわち、地面側）を－Ｘ軸方向、左折する方向を＋Ｙ軸方向、右折する方向を－Ｙ軸方向、車両の後ろ方向を＋Ｚ軸方向、前方向を－Ｚ軸方向とする車両座標系で表される。

【００１９】

このため、端末装置１００は、端末座標系で測定した加速度を車両座標系に変換し、変

換後の加速度を用いて、車両の移動方向や速度を測定することとなる。しかしながら、端末装置１００は、例えば、助手席の利用者が手で保持しているか、ホルダに保持されているか、ホルダが端末装置１００を保持する角度、利用者が乗車している車両の車種等に応じて、設置姿勢がその都度異なる。このため、設置姿勢が不明である場合は、加速度を測定したとしても、端末座標系を車両座標系へと変換することができない。

【００２０】

そこで、端末装置１００は、推定処理を実行する。まず、端末装置１００は、端末装置１００に対する加速度を検出する加速度センサを有する。また、端末装置１００は、所定の状態で検出された加速度の平均値を用いて、車両座標系における重力方向を特定する。そして、端末装置１００は、加速度センサが検出した加速度から、特定した重力方向に基づく移動方向、すなわち、車両座標系における車両Ｃ１０の移動方向を推定する。

【００２１】

以下、図を用いて、上述した推定処理を実現する端末装置１００の機能構成及び作用効果の一例を説明する。

【００２２】

〔２．機能構成の一例〕

図２は、実施形態に係る端末装置が有する機能構成の一例を説明する図である。図２に示すように、端末装置１００は、通信部１１、記憶部１２、複数の加速度センサ１３ａ～１３ｃ（以下、総称して「加速度センサ１３」と記載する場合がある。）、ＧＰＳ受信アンテナ１４、出力部１５、制御部１６を有する。通信部１１は、例えば、ＮＩＣ（Network Interface Card）等によって実現される。そして、通信部１１は、ネットワークＮと有線または無線で接続され、端末装置１００と、端末装置１００から目的地を受信すると、目的地までの経路を示す経路情報を配信する配信サーバとの間で情報の送受信を行う。

【００２３】

記憶部１２は、例えば、ＲＡＭ（Random Access Memory)、フラッシュメモリ（Flash Memory）等の半導体メモリ素子、または、ハードディスク、光ディスク等の記憶装置によって実現される。また、記憶部１２は、案内を実行するために用いる各種のデータである案内情報データベース１２ａを有する。例えば、案内情報データベース１２ａには、図示を省略したサーバ等から受信した目的地までの経路情報が格納される。

【００２４】

加速度センサ１３は、所定の時間間隔（例えば、５ミリ秒）で、端末装置１００に係る加速度の大きさと方向とを測定する。例えば、加速度センサ１３ａは、端末座標系におけるｘ軸方向の加速度を測定する。加速度センサ１３ｂは、端末座標系におけるｙ軸方向の加速度を測定する。加速度センサ１３ｃは、端末座標系におけるｚ軸方向の加速度を測定する。すなわち、端末装置１００は、各加速度センサ１３ａ～１３ｃが測定した加速度を端末座標系の各軸方向の加速度とすることで、端末装置１００に対する加速度の向きと大きさとを示すベクトルを取得することができる。

【００２５】

ＧＰＳ受信アンテナ１４は、ＧＰＳ等の衛星測位システムに用いられる信号を衛星から受信するためのアンテナである。また、出力部１５は、案内を行う際に地図や現在地を表示するための画面や、音声を出力するためのスピーカーである。

【００２６】

制御部１３は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＭＰＵ（Micro Processing Unit）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）やＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）等によって、端末装置１００内部の記憶装置に記憶されている各種プログラムが、ＲＡＭ等の記憶領域を作業領域として実行されることにより実現される。図２に示す例では、制御部１３は、案内実行部１７、音声出力部１８、画像出力部１９、方向推定部２０（以下、総称して各処理部１７～２０と記載する場合がある。）とを有する。また、方向推定部２０は、検出部２１、特定部２２、判定部２３、推定部２４、算出部２５とを有する。

【００２７】
なお、制御部１３が有する各処理部１７～２０の接続関係は、図２に示した接続関係に限られず、他の接続関係であってもよい。また、各処理部１７～２０は、以下に説明するような案内処理の機能・作用（例えば図１）を実現・実行するものであるが、これらは説明のために整理した機能単位であり、実際のハードウェア要素やソフトウェアモジュールとの一致は問わない。すなわち、以下の案内処理の機能・作用を実現・実行することができるのであれば、端末装置１００は、任意の機能単位で案内処理を実現・実行して良い。
【００２８】
〔３．案内処理における作用効果の一例〕
以下、図３に示すフローチャートを用いて、各処理部１７～２０が実行・実現する案内処理の内容について説明する。図３は、実施形態に係る端末装置が実行する案内処理の流れの一例を説明するフローチャートである。
【００２９】
まず、案内実行部１７は、利用者から目的地が入力されたか否かを判定する（ステップＳ１０１）。そして、案内実行部１７は、目的地が入力された場合は（ステップＳ１０１：Ｙｅｓ）、図示を省略した外部のサーバから経路情報を取得する（ステップＳ１０２）。ここで、案内実行部１７は、ＧＰＳが使えるか否かを判定する（ステップＳ１０３）。
【００３０】
例えば、案内実行部１７は、ＧＰＳ受信アンテナ１４が衛星からの信号を受信できない場合や、信号を受信できた衛星の数が所定の閾値よりも少ない場合等には、ＧＰＳが使用できないと判定し（ステップＳ１０３：Ｙｅｓ）、方向推定部２０により推定された車両Ｃ１０の移動方向や速度から現在地を取得する（ステップＳ１０４）。例えば、案内実行部１７は、現在地として前回ＧＰＳから特定もしくは推定した場所を起点として、方向推定部２０により推定された移動方向に、推定された速度で移動した際の場所を新たな現在地として推定する。なお、方向推定部２０が車両Ｃ１０の移動方向や速度を推定する推定処理の具体的な内容については、後述する。
【００３１】
一方、案内実行部１７は、ＧＰＳが使えると判定した場合は（ステップＳ１０３：Ｎｏ）、ＧＰＳを用いて現在地を特定する（ステップＳ１０５）。そして、案内実行部１７は、音声出力部１８や画像出力部１９を制御し、ＧＰＳを用いた現在地若しくは推定した現在地を用いて、案内を出力する（ステップＳ１０６）。例えば、音声出力部１８は、案内実行部１７からの制御に従って、現在地や車両Ｃ１０が進むべき方向等を示す音声を出力部１５から出力する。また、画像出力部１９は、案内実行部１７からの制御に従って、現在地と周辺の地図とを重ねた画像や、車両Ｃ１０が進むべき方向等を示す画像を出力部１５から出力する。
【００３２】
続いて、案内実行部１７は、現在位置が目的地の周辺であるか否かを判定する（ステップＳ１０７）。そして、案内実行部１７は、現在地が目的地の周辺であると判定した場合は（ステップＳ１０７：Ｙｅｓ）、音声出力部１８や画像出力部１９を制御して案内の終了を示す終了案内を出力し（ステップＳ１０８）、処理を終了する。一方、案内実行部１７は、現在地が目的地の周辺ではないと判定した場合は（ステップＳ１０７：Ｎｏ）、ステップＳ１０３を実行する。なお、案内実行部１７は、目的地が入力されていない場合は（ステップＳ１０１：Ｎｏ）、入力されるまで待機する。
【００３３】
〔４．推定処理における作用効果の一例〕
次に、図４に示すフローチャートを用いて、方向推定部２０が有する検出部２１、特定部２２、判定部２３、推定部２４、算出部２５が実行・実現する案内処理の内容について説明する。図４は、実施形態に係る端末装置が実行する推定処理の流れの一例を説明するフローチャートである。
【００３４】

まず、検出部２１は、加速度センサ１３から加速度を取得する（ステップＳ２０１）。ここで、加速度センサ１３が測定する加速度の値にはノイズが含まれると考えられる。そこで、検出部２１は、ローパスフィルタの一種である移動平均法を用いて、各加速度センサ１３ａ～１３ｃごとに、測定された加速度の平均値を算出する（ステップＳ２０２）。ここで、移動平均法とは、連続して測定されたデータが存在する場合に、直近に測定された複数個のデータの平均を算出する手法である。

【００３５】

具体的には、検出部２１は、所定の時間が経過するまでの間に検出された複数の加速度の値の平均値、または、連続して検出された所定の数の加速度の値の平均値を、検出された加速度の平均値の値として出力する。例えば、検出部２１は、時刻ｔ－ｎから時刻ｔまでの間に加速度センサ１３ａが測定した加速度の値の平均値を、加速度センサ１３ａが時刻ｔにおいて測定した加速度の値とし、時刻ｔ－ｎ＋１から時刻ｔ＋１までの間に加速度センサ１３ａが測定した加速度の値の平均値を、加速度センサ１３ａが時刻ｔ＋１において測定した加速度の値とする。

【００３６】

続いて、判定部２３は、加速度の値が有する特徴に基づいて、端末装置１００が移動しているか否かを判定する（ステップＳ２０３）。例えば、判定部２３は、端末装置１００が移動している間、および、移動していない間に測定された加速度の値が有する特徴を学習させたサポートベクトルマシン（ＳＶＭ：Support Vector Machine）を用いて、端末装置１００が移動しているか否かを判定する。

【００３７】

ここで、サポートベクトルマシンとは、教師データが有する特徴を学習する学習モデル（すなわち、教師あり学習により生成されたモデル）の一種である。例えば、判定部２３が利用するＳＶＭは、ある車両が停止している際に測定された３軸方向の加速度を示す停止データと、加速中若しくは移動中に測定された３軸方向の加速度を示す走行データとを教師データとして、停止データと走行データとを精度良く切り分けられるように、データが有する特徴量の学習を行った学習モデルである。例えば、ＳＶＭは、各軸方向ごとに、測定された加速度の値のうち一定時間（例えば、１秒）の範囲内に含まれる値の振幅、標準偏差、振動数、平均値、最大値および最小値の特徴を学習する。

【００３８】

このように走行データと停止データとの特徴を学習させたＳＶＭは、新たに測定された３軸方向の加速度が入力されると、各軸方向の加速度が有する特徴に基づいて、走行時に測定された加速度であるか、停止時に測定された加速度であるかを精度良く特定することができる。そこで、判定部２３は、予め学習されたＳＶＭに対し、検出部２１が検出した各軸方向の加速度を入力し、かかる加速度の値を停止時に測定された加速度であるとＳＶＭが判定した場合は、車両Ｃ１０が停止中であると判定する。

【００３９】

なお、端末装置１００は、正確な判定を実現するため、端末装置１００自身若しくは端末装置１００と同種の端末装置によって測定された教師データにより学習を行ったＳＶＭを利用してもよい。また、端末装置１００は、ロバストな判定を実現するため、端末装置１００と同種の端末装置を含む様々な種別の端末装置によって測定された教師データにより学習を行ったＳＶＭを利用してもよい。

【００４０】

また、ＳＶＭの教師データは、加速度を測定する装置の座標系（例えば、端末座標系）のままであってもよく、車両の座標系（例えば、車両座標系）に変換したデータであってもよい。なお、正確な判定を行うため、ＳＶＭの教師データは、端末装置１００と同種の端末装置により、端末装置１００が案内を行う際と同様の姿勢で測定された加速度であるのが望ましい。

【００４１】

続いて、特定部２２は、判定部２３が停止状態であると判定した場合は（ステップＳ２

０３：Ｙｅｓ）、加速度の平均値を用いて、重力方向を特定する（ステップＳ２０４）。例えば、図１中（Ｃ）に示すように、端末装置１００の加速度センサ１３は、車両Ｃ１０の加減速に応じた加速度だけではなく、端末装置１００に対して働く重力加速度Ｇを常時検出することとなる。ここで、車両Ｃ１０の動作を考慮すると、車両Ｃ１０の加減速によって端末装置１００が検出する加速度は、十分な期間内で見るとほぼ打ち消しあうと考えられる。

【００４２】

このため、検出された加速度の平均値や向きは、重力加速度Ｇの値や向きとほぼ同じになると推定される。そこで、端末装置１００は、測定した加速度の平均値を算出することで、端末座標系における重力加速度Ｇの方向（以下、「重力方向」と記載する。）を特定できる。また、端末座標系における重力方向は、車両座標系における重力方向、すなわち－Ｘ軸方向と一致するため、端末装置１００の設置姿勢、ひいては、車両Ｃ１０の移動方向を特定する指針となる。

【００４３】

そこで、推定部２４は、図４に示すステップＳ２０５～２０８に示す処理を実行することで、検出された加速度から、特定部２２によって特定された重力方向に基づく移動方向を推定する。まず、推定部２４は、推定した重力方向から、Ｙ軸回りの回転角およびＺ軸回りの回転角を特定する（ステップＳ２０５）。

【００４４】

例えば、図１中（Ｄ）に示すように、端末座標系と車両座標系との原点を重ね合わせ、かつＹ軸とｙ軸とが一致している場合は、Ｙ軸方向を中心としたｘ軸とＸ軸との間の角βにより、端末装置１００が画面奥方向にどれだけ傾いているかを特定することができる。また、Ｚ軸とｚ軸が一致している場合は、Ｚ軸方向を中心としてｙ軸とＹ軸との間の角度γにより、端末装置１００が画面を手前側とした際に左右方向へどれだけ傾いているかを特定することができる。より一般的な特定方法については、後述する説明で数式を用いて説明する。

【００４５】

ここで、重力加速度Ｇは、－Ｘ軸方向の力である。また、重力加速度Ｇの大きさは、端末座標系における各軸方向の加速度の二乗和の平方根で表すことができる。すると、推定部２４は、検出された－ｘ軸方向の加速度の大きさと重力加速度Ｇの大きさから、三角関数を用いて、角度βを算出できる。同様に、推定部２４は、検出された＋ｙ軸方向の加速度の大きさと重力加速度Ｇの大きさから、三角関数を用いて、角度γを算出できる。この結果、推定部２４は、特定した重力方向に対して垂直なＹＺ平面を特定することができる。なお、推定部２４は、停止状態ではないと判定された場合は（ステップＳ２０３：Ｎｏ）、前回特定した重力方向に基づいて、ＹＺ平面を特定すればよい。

【００４６】

続いて、推定部２４は、特定した重力方向に対して垂直な平面方向の加速度のばらつき、すなわち分散を算出し、分散が最も大きい方向を、車両Ｃ１０の進行方向、すなわち－Ｚ軸方向とする（ステップＳ２０６）。例えば、図５は、車両が移動する際に生じる加速度の一例を説明する図である。例えば、車両座標系におけるＹＺ平面は、Ｘ軸方向に対して垂直な平面であり、車両Ｃ１０の進行方向であるＺ軸方向とＺ軸とは垂直なＹ軸方向とに分割できる。ここで、車両Ｃ１０の挙動を考えると、図５中の点線の直線で示すように、車両Ｃ１０の加減速によって生じる加速度のうち、停車状態から発車状態へと移行して直進する際の加速度が最も強い加速度であると推定される。また、図５中の点線の曲線で示すように、Ｙ軸方向に曲がったとしても、車両Ｃ１０は前方（－Ｚ軸方向）へと移動することとなる。

【００４７】

この結果、端末装置１００が測定した加速度を、ＹＺ平面上に射影した場合、測定された加速度の広がりが最も大きい方向、すなわち、分散が最も大きい方向が車両Ｃ１０の前後方向、すなわち－Ｚ軸あるいは＋Ｚ軸方向であると予測される。この段階では、＋Ｚ軸

方向と－Ｚ軸方向のどちらが進行方向が不定であるが、かかる進行方向を特定する方法については、後述する説明で数式を用いて説明するものとし、以下の説明では、分散が最も大きい方向を－Ｚ軸方向とするものとして説明する。

【００４８】

例えば、推定部２４は、図１中（Ｅ）に示すように、重力方向に対して垂直なＹＺ平面上に対して測定された加速度を投影し、加速度のばらつきが最大となる方向Ｐを、車両Ｃ１０の移動方向、すなわち、－Ｚ軸方向とする。そして、図１中の（Ｆ）に示すように、方向Ｐを－Ｚ軸方向と推定した場合、Ｘ軸方向を中心としたＺ軸とｚ軸との間の角度αにより、端末装置１００が上下方向を中心としてどれだけ回転しているかを特定することができる。

【００４９】

その後、端末装置１００は、図１中（Ｇ）に示すように、測定した重力方向を車両座標系のＸ軸方向へと変換する回転行列を用いて、測定した加速度の座標変換を行い、移動方向と速度とを算出する。より具体的には、図４に示すように、推定部２４は、角度α、β、γを特定すると、特定した角度α、β、γを用いて、端末座標系を車両座標系に変換する回転行列を算出する（ステップＳ２０７）。

【００５０】

例えば、推定部２４は、端末座標系のベクトルを、ｘ軸を中心として角度－αだけ回転させ、ｙ軸を中心として角度－βだけ回転させ、ｚ軸を中心として角度－γだけ回転させる回転行列を生成する。そして、推定部２４は、回転行列を用いて、検出された端末座標系の加速度を、車両座標系に変換し、変換後の加速度を用いて、車両Ｃ１０の進行方向を推定する（ステップＳ２０８）。すなわち、推定部２４は、端末座標系で測定された重力加速度の方向を、車両座標系におけるＸ軸方向と一致させる回転行列を用いて、検出された加速度を重力方向に基づく移動方向の加速度に変換し、変換後の加速度を分析することで、移動方向を推定する。

【００５１】

例えば、推定部２４は、Ｘ軸に対して垂直なＹＺ平面上の加速度、すなわち、Ｙ軸方向とＺ軸方向との加速度を用いて、車両Ｃ１０の移動方向や移動方向の変化を推定する。より具体的には、推定部２４は、＋Ｚ軸方向の加速度が測定された場合は、車両Ｃ１０が加速していると判定し、－Ｚ軸方向の加速度が検出された場合は、車両が減速していると判定する。また、推定部２４は、進行方向である－Ｚ軸方向とは垂直な＋Ｙ軸方向の加速度が測定された場合は、車両Ｃ１０が右折したと判定し、－Ｙ軸方向の加速度が測定された場合は、車両Ｃ１０が左折したと判定する。

【００５２】

続いて、算出部２５は、変換後の加速度を用いて、車両Ｃ１０の移動速度を算出する（ステップＳ２０９）。具体的には、算出部２５は、車両Ｃ１０の停車時における加速度のＺ軸成分の平均値を原点（０）として、加速度のＺ軸成分の積分値を、車両Ｃ１０の移動速度とする。

【００５３】

例えば、図６は、実施形態に係る端末装置が車両の速度を算出する処理の一例を説明する図である。なお、図６に示す例では、－Ｚ軸方向への速度の値を縦軸にとり、時間を横軸にとることで、速度の時間経過をプロットした。例えば、時刻Ｔ１～時刻Ｔ２の間、車両Ｃ１０が前方に加速した場合は、＋Ｚ軸方向の加速度が検出されるため、図６に示すように、算出部２５は、速度が徐々に上昇すると判定する。また、時刻Ｔ２～時刻Ｔ３の間、車両Ｃ１０が減速した場合は、－Ｚ軸方向の加速度が検出されるため、図６中（Ａ）に示す速度を最高速度として、車両Ｃ１０の速度を徐々に減速させる。

【００５４】

ここで、車両Ｃ１０が時刻Ｔ３で停車したとしても、原点の設定や、端末装置１００が検出可能な加速度の精度等によっては、図６中（Ｂ）に示すように、実際に検出された加速度の積分値が時刻Ｔ３以降も正である場合がある。このような積分値を継続して利用し

た場合は、誤差が蓄積されるため、徐々に誤差が増大してしまう。

【００５５】

そこで、算出部２５は、判定部２３によって車両Ｃ１０が移動していないと判定された場合は、図６中（Ｃ）に示すように、積分値を０に補正する。同様に、算出部２５は、車両が時刻Ｔ４から加速した場合は、かかる加速の加速度を積分することで速度を算出する。そして、算出部２５は、実際に測定された加速度の積分値が、図６中（Ｄ）に示すように遷移したとしても、時刻Ｔ５で車両Ｃ１０が停止したと判定された場合は、図６中（Ｅ）に示すように、積分値を０に補正する。

【００５６】

〔５．推定処理における数式の一例〕

次に、数式を用いて、推定部２４が端末座標系を車両座標系へと変換する回転行列を算出する処理の一例を説明する。なお、推定部２４が実行する処理は、以下の数式が示す処理に限定されるものではない。例えば、推定部２４は、一次変換を表現した数式を用いて、端末座標系から車両座標系への座標変換を行ってもよい。

【００５７】

例えば、端末座標系の各軸をｘｙｚ軸とし、車両座標系の各軸をＸＹＺ軸とする。係る場合、車両座標系を端末座標系へと変換する処理は、以下の式（１）で表される。なお、式（１）では、ｘ軸を中心とした回転角度をα、ｙ軸を中心とした回転角度をβ、ｚ軸を中心した回転角度をγとし、ｘ軸を中心とした回転による座標変換を行う回転行列をR_x（α）、ｙ軸を中心とした回転による座標変換を行う回転行列をR_y（β）、ｚ軸を中心とした回転による座標変換を行う回転行列をR_z（γ）とした。

【００５８】

【数１】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = R_z(\gamma)R_y(\beta)R_x(\alpha)\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad \cdots (1)$$

【００５９】

また、回転行列R_x（α）、回転行列R_y（β）、および回転行列R_z（γ）（以下、総括して「各回転行列」と記載する場合がある。）は、以下の式（２）～（４）で表すことができる。

【００６０】

【数２】

$$R_x(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix} \quad \cdots (2)$$

【００６１】

【数３】

$$R_y(\beta) = \begin{pmatrix} \cos\beta & 0 & \sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta \end{pmatrix} \quad \cdots (3)$$

【００６２】

【数４】

$$R_z(\gamma)=\begin{pmatrix}\cos\gamma & -\sin\gamma & 0\\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix} \quad \cdots (4)$$

【００６３】

ここで、重力加速度は、－Ｘ軸方向の加速度であるから、車両座標系では、以下の式（５）で表すことができる。

【００６４】

【数５】

$$\begin{pmatrix}X\\ Y\\ Z\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-G\\ 0\\ 0\end{pmatrix} \quad \cdots (5)$$

【００６５】

一方、端末座標系で検出された各軸方向の重力加速度をa_x、a_y、a_zと記載する。かかる場合、端末座標系の重力加速度a_x、a_y、a_zは、式（５）で示す重力加速度を各回転行列で変換した値となるので、以下の式（６）が成り立つ。

【００６６】

【数６】

$$\begin{pmatrix}a_x\\ a_y\\ a_z\end{pmatrix}=R_z(\gamma)R_y(\beta)R_x(\alpha)\begin{pmatrix}-G\\ 0\\ 0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-G\cos\beta\cos\gamma\\ -G\cos\beta\sin\gamma\\ G\sin\beta\end{pmatrix} \quad \cdots (6)$$

【００６７】

この結果、式（６）におけるｚ軸方向の値より、式（７）を得る。

【００６８】

【数７】

$$\sin\beta=\frac{a_z}{G} \quad \cdots (7)$$

【００６９】

また、重力加速度の大きさを考慮すると、式（８）が成り立つため、式（６）におけるｘ軸およびｙ軸方向の値から、式（９）を得る。この結果、端末装置１００は、式（７）および式（９）から、ｙ軸回りの回転角βを特定することができる。

【００７０】

【数８】

$$G^2=a_x^2+a_y^2+a_z^2 \quad \cdots (8)$$

【００７１】

【数９】

$$\cos\beta=\pm\sqrt{1-\left(\frac{a_z}{G}\right)^2}=\pm\frac{\sqrt{a_x^2+a_y^2}}{G} \quad \cdots (9)$$

【００７２】

ここで、式（９）に示す値のうち、正の値を解として選択する。すると、式（６）にお

けるｘ軸およびｙ軸方向の値から、式（１０）および式（１１）を得る。この結果、端末装置１００は、式（１０）および式（１１）からｚ軸まわりの回転角γを特定することができる。

【００７３】

【数１０】

$$\sin\gamma = -\frac{a_y}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2}} \qquad \cdots (10)$$

【００７４】

【数１１】

$$\cos\gamma = -\frac{a_x}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2}} \qquad \cdots (11)$$

【００７５】

一方、端末座標系を車両座標系へと変換する処理は、式（１）に示す座標変換の逆変換であるため、以下の式（１２）で表される。

【００７６】

【数１２】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R_x(-\alpha)R_y(-\beta)R_z(-\gamma)\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \qquad \cdots (12)$$

【００７７】

また、βとγの値は式（７）、（９）、（１０）、（１１）から算出できるので、端末座標系の加速度のサンプルa_x、a_y、a_zのうちｙ軸およびｚ軸のみを回転させ、車両座標系へと変換すると、式（１３）となる。

【００７８】

【数１３】

$$\begin{pmatrix} X \\ y \\ z \end{pmatrix} = R_y(-\beta)R_z(-\gamma)\begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \qquad \cdots (13)$$

【００７９】

続いて、加速度のサンプルを、重力加速度Ｇと垂直な面上（すなわち、ＹＺ平面上）に投影し、分散が最も大きい方向Ｐを求める処理について考える。ｙ軸方向の加速度のサンプルをｙ、ｚ軸方向の加速度のサンプルをｚとし、ＹＺ平面上に投影した加速度のサンプルの成分をｙ’、ｚ’とすると、式（１４）となる。

【００８０】

【数１４】

$$\begin{pmatrix} y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha \\ -\sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix}\begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix} \qquad \cdots (14)$$

【００８１】

ここで、式（１４）からｚ’を抜き出すと、式（１５）となる。

【００８２】

【数１５】

$$z' = -y\sin\alpha + z\cos\alpha \qquad \cdots (15)$$

【００８３】

ここで、ｚ’の情報量が最大となる方向、すなわち、分散が最も大きい方向Ｐが車両Ｃ１０の進行方向となる。そこで、ｚ’の残差の二乗和を考える。ＹＺ平面上に投影されたＮ個の加速度のＺ軸成分をz_1’～z_N’とすると、残差の二乗和は、以下の式（１６）で表される。

【００８４】

【数１６】

$$L = \sum_{i=1}^{N}\left(z_i' - \overline{z'}\right)^2 \qquad \cdots (16)$$

【００８５】

ここで、式（１６）のうちオーバーラインを付したｚ’は、以下の式（１７）を満たす値である。

【００８６】

【数１７】

$$\overline{z'} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} z_i' \qquad \cdots (17)$$

【００８７】

角度αによるＬの偏微分が０である点を考えると、式（１６）は、以下の式（１８）に変形される。ここで、式（１８）に示すS_y、S_z、S_{yz}は、以下の式（１９）～（２１）に示す値である。

【００８８】

【数１８】

$$\frac{\partial L}{\partial \alpha} = 2\left(S_y - S_z\right)\sin\alpha\cos\alpha - 2S_{yz}\left(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha\right) = 0 \qquad \cdots (18)$$

【００８９】

【数１９】

$$\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - \overline{y}\right)^2 = S_y \qquad \cdots (19)$$

【００９０】

【数２０】

$$\sum_{i=1}^{N}\left(z_i - \overline{z}\right)^2 = S_z \qquad \cdots (20)$$

【００９１】

【数２１】

$$\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - \overline{y}\right)\left(z_i - \overline{z}\right) = S_{yz} \qquad \cdots (21)$$

【００９２】

ここで、式（１８）をαの変数と座標の変数とに分けると、式（２２）を導出することができる。

【００９３】

【数２２】

$$\frac{S_y - S_z}{S_{yz}} = \left(\frac{1}{\tan\alpha} - \tan\alpha \right) \quad \cdots (22)$$

【００９４】

ここで、αの正接関数（tanα）をｔとし、式（２２）の左辺をｓと置くと、式（２２）は、式（２３）に示すようにｔの二次関数で表すことができるので、ｔは、式（２４）で表すことができる。すなわち、αの変数ｔを座標の変数ｓで表すことができる。

【００９５】

【数２３】

$$t^2 + st - 1 = 0 \quad \cdots (23)$$

【００９６】

【数２４】

$$t = \frac{-s \pm \sqrt{s^2 + 4}}{2} \quad \cdots (24)$$

【００９７】

ここで、αの正弦関数（sinα）および余弦関数（cosα）は、式（２４）から、式（２５）、式（２６）となる。

【００９８】

【数２５】

$$\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + t^2}} \quad \cdots (25)$$

【００９９】

【数２６】

$$\sin\alpha = \frac{t}{\sqrt{1 + t^2}} \quad \cdots (26)$$

【０１００】

一方、式（２４）の値を正の値および負の値に分けると、以下の式（２７）、式（２８）で表すことができ、ｔの解は、式（２７）または式（２８）のいずれかで表される。

【０１０１】

【数２７】

$$t_p = \frac{-s + \sqrt{s^2 + 4}}{2} > 0 \quad \cdots (27)$$

【０１０２】

【数２８】

$$t_m = \frac{-s - \sqrt{s^2 + 4}}{2} < 0 \quad \cdots (28)$$

【０１０３】

ここで、式（２７）または（２８）の一方は、分散が最少となる方向を示す解である可能性がある。そこで、Ｌの２階偏微分を考える。Ｌの２階偏微分は、式（２９）で表すことができる。

【０１０４】
【数２９】

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \alpha^2} = -2(S_z - S_x)(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) + 8S_{yz}\sin\alpha\cos\alpha$$

$$= 2\frac{\tan\alpha}{S_{yz}}\cos^2\alpha\left\{(S_z - S_y)^2 + 4S_{yz}^2\right\} \quad \cdots (29)$$

【０１０５】
ここで、ｚ’の情報量を最大化する目的を考慮すると、Ｌは凸関数となるため、式（３０）を満たす条件を考える。
【０１０６】
【数３０】

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \alpha^2} < 0 \quad \cdots (30)$$

【０１０７】
すると、S_{yz}が０より大きい場合、式（３０）を満たすにはｔの値が０より小さくなければならないので、式（２８）が解となる。一方、S_{yz}が０未満の時、式（３０）を満たすにはｔの値が０より大きくなければならないので、式（２７）が解となる。そこで、端末装置１００は、S_{yz}の値に応じて求められたｔの値を式（２５）、式（２６）に代入し、回転角αの値を算出する。
【０１０８】
なお、S_{yz}の値が０である場合は、Ｌの２階偏微分が式（３１）で表される。このため、$S_z - S_y$が０より大きい場合は、式（３２）および式（３３）が成り立ち、$S_z - S_y$が０より小さい場合は、式（３４）、式（３５）が成り立つ。そこで、端末装置１００は、$S_z - S_y$の値に基づいて、式（３２）および式（３３）、または式（３４）および式（３５）を用いて、αの値を算出する。
【０１０９】
【数３１】

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \alpha^2} = -2(S_z - S_y)(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) < 0 \quad \cdots (31)$$

【０１１０】
【数３２】

$$\cos\alpha = 1 \quad \cdots (32)$$

【０１１１】
【数３３】

$$\sin\alpha = 0 \quad \cdots (33)$$

【０１１２】
【数３４】

$$\cos\alpha = 0 \quad \cdots (34)$$

【０１１３】

【数３５】

$$\sin\alpha = 1 \qquad \cdots (35)$$

【０１１４】

ここで、αの値が算出された場合、車両Ｃ１０がＺ軸のどちら方向を前方（進行方向、若しくは－Ｚ軸方向）とするかが不明確である。そこで、端末装置１００は、車両Ｃ１０が動き出した際に測定された加速度の符号や、積分した速度の符号に基づいて、車両Ｃ１０の前方方向を特定し、特定した方向を－Ｚ軸方向とする。例えば、端末装置１００は、車両Ｃ１０が動き出した際に測定された加速度の方向とは逆の方向を－Ｚ軸方向とする。また、端末装置１００は、積分した速度の符号が正となるように、－Ｚ軸方向を特定する。

【０１１５】

なお、上述した処理をまとめると、端末座標系の加速度を、ｙ軸とｚ軸とを中心として回転させる座標変換は、以下の式（３６）によって表すことができる。また、式（３６）によって座標変換した加速度を、ｘ軸を中心として回転させることで、車両座標系へと変換する座標変換は、以下の式（３７）で表すことができる。このため、端末装置１００は、上述した式（３６）、式（３７）を用いて、端末座標系を車両座標系へと変換する。

【０１１６】

【数３６】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = R_y(-\beta)R_z(-\gamma)\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (x\cos\gamma + y\sin\gamma)\cos\beta - z\sin\beta \\ -x\sin\gamma + y\cos\gamma \\ (x\cos\gamma + y\sin\gamma)\sin\beta + z\cos\beta \end{pmatrix} \qquad \cdots (36)$$

【０１１７】

【数３７】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R_x(-\alpha)\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x' \\ y'\cos\alpha + z'\sin\alpha \\ -y'\sin\alpha + z'\cos\alpha \end{pmatrix} \qquad \cdots (37)$$

【０１１８】

〔６．推定速度の補正について〕

上述した端末装置１００は、車両が停止したと判定された場合には、加速度の積分値を０に補正した。しかしながら、実施形態は、これに限定されるものではない。例えば、端末装置１００は、車両Ｃ１０が停止したと判定されてから、再度停止したと判定されるまでの間の積分値が０になるように、加速度の値もしくは加速度を積分して積分値にするための適宜な係数を補正してもよい。例えば、算出部２５は、図６に示す時刻Ｔ３から時刻Ｔ５までの間に測定された加速度の値の積分値が０になるように、原点の設定を修正してもよい。

【０１１９】

また、端末装置１００は、ＧＰＳを利用して加速度の積分値を補正してもよい。例えば、端末装置１００は、上述した推定処理を実行するとともに、衛星からの信号に基づいて端末装置１００の位置を特定し、特定した位置の変動量から端末装置１００の移動速度を算出する。そして、端末装置１００は、推定された速度、すなわち、検出された加速度の積分値が算出した移動速度と同じ値になるように、検出された加速度の値を補正（例えば、原点とする値を補正）してもよい。

【０１２０】

〔７．進行方向の補正について〕

上述した端末装置１００は、加速度の分散が大きい向きを車両Ｃ１０の前方（－Ｚ軸方

向）とした。しかしながら、実施形態は、これに限定されるものではない。例えば、端末装置１００は、ＧＰＳを利用して車両Ｃ１０が直進しているか否かを判定し、車両Ｃ１０が直進している場合には、かかる際に検出された加速度の方向をＺ軸方向に設定してもよい。また、端末装置１００は、ＧＰＳを利用して車両Ｃ１０の現在地の推移を特定し、車両Ｃ１０が直進しながら加速していると判定した場合は、検出されたＹＺ平面上の加速度の方向を、車両Ｃ１０の後方（＋Ｚ軸方向）とするような回転行列式を算出し、かかる回転行列式を用いて、端末座標系から端末座標系へと加速度を変換してもよい。

【０１２１】

〔８．他の実施形態〕

なお、上記実施形態は例示に過ぎず、本発明は、以下に例示するものやそれ以外の他の実施態様も含むものである。例えば、本出願における機能構成、データ構造、フローチャートに示す処理の順序や内容などは例示に過ぎず、各要素の有無、その配置や処理実行などの順序、具体的内容などは適宜変更可能である。例えば、上述した案内処理や推定処理は、上記実施形態で例示したように端末装置１００が実現する以外にも、スマートフォンのアプリなどが実現する端末における装置、方法やプログラムとして実現することもできる。

【０１２２】

また、端末装置１００を構成する各処理部１７～２０を、さらにそれぞれ独立した装置で実現する構成も一般的である。また、方向推定部２０を構成する各部２１～２５をそれぞれ独立した装置で実現する構成であってもよい。同様に、外部のプラットフォーム等をＡＰＩ（アプリケーション・プログラム・インタフェース）やネットワークコンピューティング（いわゆるクラウドなど）で呼び出すことで、上記実施形態で示した各手段を実現するなど、本発明の構成は柔軟に変更できる。さらに、本発明に関する手段などの各要素は、コンピュータの演算制御部に限らず物理的な電子回路など他の情報処理機構で実現してもよい。

【０１２３】

例えば、端末装置１００は、端末装置１００と通信可能な配信サーバとが協調して上述した案内処理を実行してもよい。例えば、配信サーバは、特定部２２、推定部２４、算出部２５を有し、端末装置１００が検出した加速度から、重力方向や、端末装置１００の移動方向および移動速度を推定する。そして、配信サーバは、推定した移動方向や移動速度を端末装置１００に配信し、利用者の案内を実行させてもよい。また、配信サーバは、端末装置１００に代わって上述した推定処理を実行し、実行結果を端末装置１００に送信することで、端末装置１００に案内処理を実行させてもよい。

【０１２４】

また、配信サーバは、判定部２３を有し、端末装置１００が移動中であるか否かを判定してもよい。なお、配信サーバと協調して案内処理や推定処理を実行する端末装置が複数存在する場合、配信サーバは、端末装置ごとに異なるＳＶＭを用いて、各端末装置が移動中であるか否かを判定してもよい。また、配信サーバは、各端末装置がＧＰＳで取得した位置情報を収集し、収集した位置情報から各端末装置が移動中であるか否かを判定し、判定結果と、各端末装置から収集した加速度の値とを用いて、ＳＶＭの学習を実現してもよい。

【０１２５】

〔９．効果〕

上述したように、端末装置１００は、所定の状態で検出された加速度の平均値を用いて、重力方向を特定する。そして、端末装置１００は、特定した重力方向に基づく移動方向を、検出された加速度から推定する。このように、端末装置１００は、複雑な処理を行わずとも、測定した加速度の平均値から、重量方向を特定し、特定した重力方向に基づく移動方向を、測定した加速度から推定する。この結果、端末装置１００は、設置姿勢を容易に特定し、車両Ｃ１０の進行方向を精度良く推定することができるという効果を奏する。

【０１２６】

また、端末装置１００は、端末装置１００が移動していない状態で検出された加速度の平均値を用いて、重力方向を特定する。このため、端末装置１００は、複雑な処理を実行せずとも、重力方向を精度良く特定することができるので、設置姿勢を容易に特定し、車両Ｃ１０の進行方向を精度良く推定することができる。

【０１２７】

また、端末装置１００は、重力加速度を検出した端末座標系の方向を車両座標系の所定の軸方向に一致させる回転行列式を用いて、検出された加速度を重力加速度の方向に基づく移動方向、すなわち、重力加速度と垂直なＹＺ平面上の加速度に変換し、かかる変換後の加速度を用いて、移動方向を推定する。このため、端末装置１００は、端末装置１００の設置姿勢を固定せずとも、検出した加速度から車両Ｃ１０が移動する方向を特定することができる。

【０１２８】

ここで、通常の態様においては、車両Ｃ１０は、ＹＺ平面上を移動することとなるため、移動によって生じる加速度もＹＺ平面上に生じる。そこで、端末装置１００は、重力方向に対して垂直なＹＺ平面を基準とした移動方向を推定する。

【０１２９】

より具体的には、端末装置１００は、検出された加速度のうち、重力方向に対して垂直なＹＺ平面上の加速度を用いて、移動方向を推定する。また、端末装置１００は、重力方向に対して垂直なＹＺ平面上の方向であって、移動方向に対して垂直な方向に対する加速度に基づいて、端末装置１００の移動方向の変化を検出する。このため、端末装置１００は、車両Ｃ１０の移動方向や移動速度を精度良く推定することができる。

【０１３０】

また、端末装置１００は、重力方向に対して垂直なＹＺ平面上における加速度のばらつきを算出し、当該算出したばらつきが最大となる方向、すなわち分散が最大となる方向を移動方向である－Ｚ軸方向とする。このため、端末装置１００は、車両Ｃ１０の移動方向を容易かつ精度良く特定することができる。

【０１３１】

また、端末装置１００は、所定の時間が経過するまでの間に検出された複数の加速度の値の平均値、または、連続して検出された所定の数の加速度の値の平均値を算出し、算出された平均値を、検出された加速度の平均値の値とする。すなわち、端末装置１００は、加速度センサ１３が検出した加速度の値を、移動平均法を用いて平滑化し、ノイズを軽減する。このため、端末装置１００は、移動方向や移動速度の推定精度を向上させることができる。

【０１３２】

また、端末装置１００は、検出した加速度の値が有する特徴に基づいて、端末装置１００、ひいては車両Ｃ１０が移動しているか否かを判定し、端末装置１００が移動していないと判定した際に検出された加速度の平均値を用いて、重力方向を特定する。このため、端末装置１００は、重力方向を精度良く特定することができる結果、移動方向や移動速度の推定精度を向上させることができる。

【０１３３】

また、端末装置１００は、端末装置１００が移動している間、および、していない間に測定された加速度の値が有する特徴を学習したＳＶＭを用いて、端末装置１００が移動しているか否かを判定する。このため、端末装置１００は、端末装置１００が移動しているか否かを精度良く判定することができる。

【０１３４】

また、端末装置１００は、推定された移動方向への移動速度を算出する。より具体的には、端末装置１００は、推定された移動方向における加速度の積分値を、かかる方向への移動速度とする。このため、端末装置１００は、車両Ｃ１０の移動速度を推定することができる。

【０１３５】

また、端末装置１００は、端末装置１００が移動していない場合は、加速度の積分値を零に補正する。また、端末装置１００は、移動を開始してから停止するまでの間に検出された加速度の積分値が零となるように、検出された加速度の値を補正する。また、端末装置１００は、衛星からの信号に基づいて算出された端末装置１００の移動速度を算出すると、加速度の積分値が算出された移動速度となるように、検出された加速度の値を補正する。これらの処理の結果、端末装置１００は、移動速度の推定精度を向上させることができる。

【０１３６】

以上、本願の実施形態のいくつかを図面に基づいて詳細に説明したが、これらは例示であり、発明の開示の欄に記載の態様を始めとして、当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した他の形態で本発明を実施することが可能である。

【０１３７】

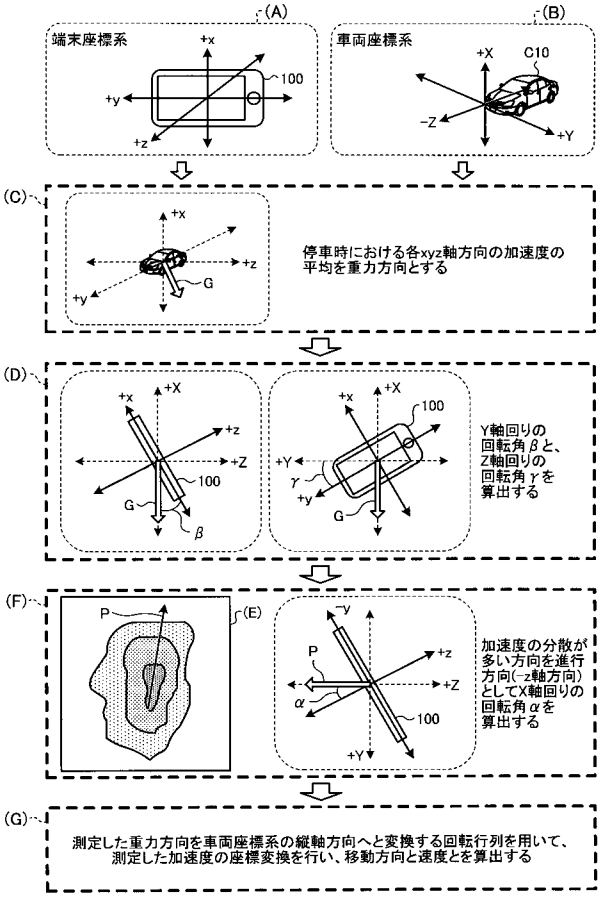
また、上記してきた「部（section、module、unit）」は、「手段」や「回路」などに読み替えることができる。例えば、方向推定部は、方向推定手段や方向回路に読み替えることができる。

【符号の説明】

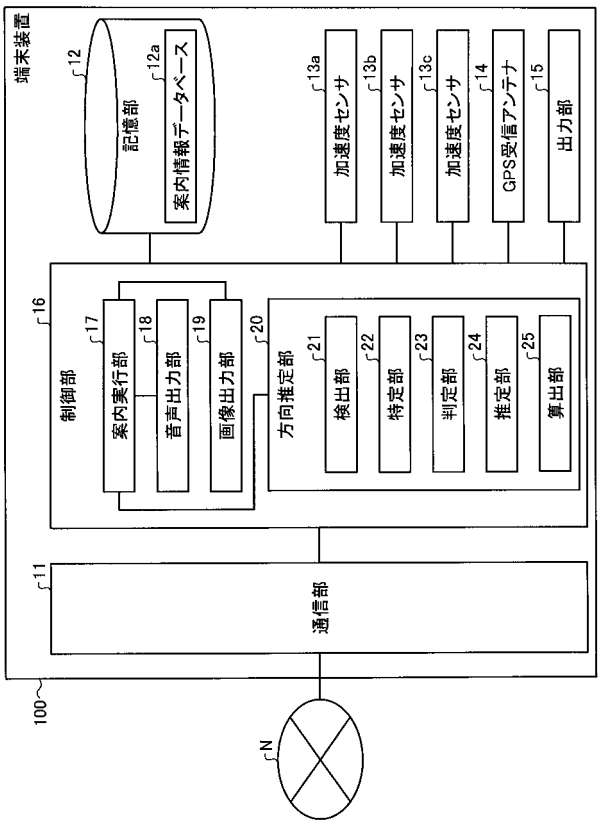
【０１３８】

１１　通信部
１２　記憶部
１３　加速度センサ
１４　ＧＰＳ受信アンテナ
１５　出力部
１６　制御部
１７　案内実行部
１８　音声出力部
１９　画像出力部
２０　方向推定部
２１　検出部
２２　特定部
２３　判定部
２４　推定部
２５　算出部
１００　端末装置

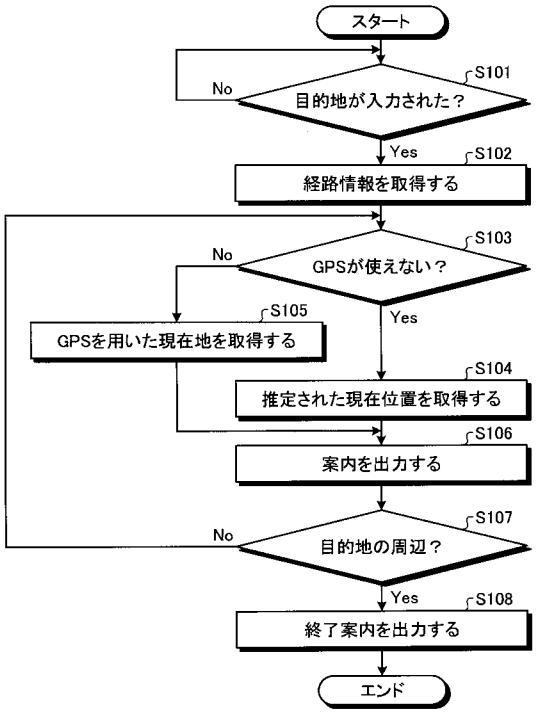
【図１】


(A)
端末座標系
+x
+y
+z
100
(B)
車両座標系
+X
C10
-Z
+Y
(C)
停車時における各xyz軸方向の加速度の平均を重力方向とする
G
(D)
Y軸回りの回転角βと、Z軸回りの回転角γを算出する
(F)
P
(E)
加速度の分散が多い方向を進行方向(−z軸方向)としてX軸回りの回転角αを算出する
α
(G)
測定した重力方向を車両座標系の縦軸方向へと変換する回転行列を用いて、測定した加速度の座標変換を行い、移動方向と速度とを算出する

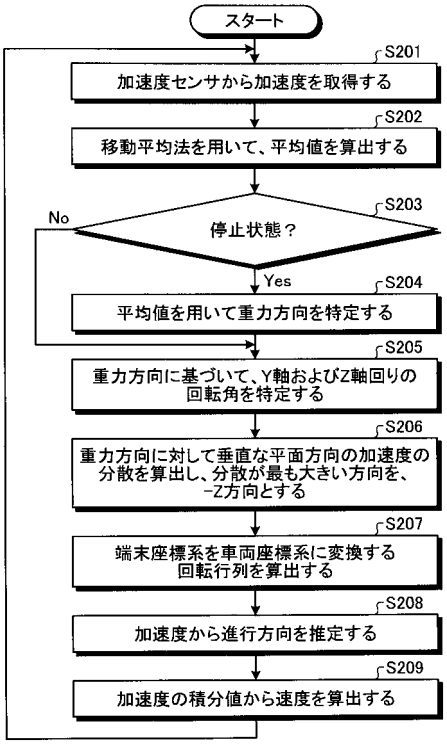
【図２】


端末装置
12
記憶部
12a
案内情報データベース
13a
加速度センサ
13b
加速度センサ
13c
加速度センサ
14
GPS受信アンテナ
15
出力部
16
制御部
17
案内実行部
18
音声出力部
19
画像出力部
20
方向推定部
21
検出部
22
特定部
23
判定部
24
推定部
25
算出部
11
通信部
100
N

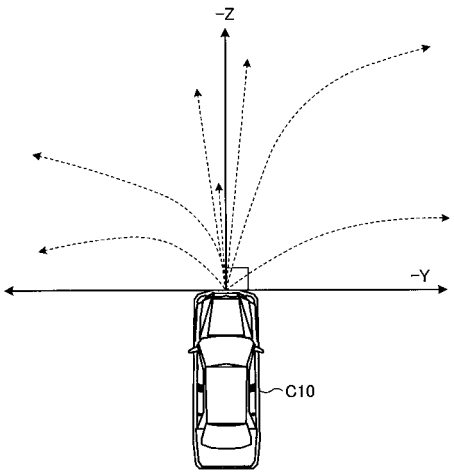
【図３】


スタート
S101
目的地が入力された？
No
Yes
S102
経路情報を取得する
S103
GPSが使えない？
No
Yes
S105
GPSを用いた現在地を取得する
S104
推定された現在位置を取得する
S106
案内を出力する
S107
目的地の周辺？
No
Yes
S108
終了案内を出力する
エンド

【図４】


スタート
S201
加速度センサから加速度を取得する
S202
移動平均法を用いて、平均値を算出する
S203
停止状態？
No
Yes
S204
平均値を用いて重力方向を特定する
S205
重力方向に基づいて、Y軸およびZ軸回りの回転角を特定する
S206
重力方向に対して垂直な平面方向の加速度の分散を算出し、分散が最も大きい方向を、-Z方向とする
S207
端末座標系を車両座標系に変換する回転行列を算出する
S208
加速度から進行方向を推定する
S209
加速度の積分値から速度を算出する

【図５】



【図６】

