

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6058152号
(P6058152)

(45) 発行日 平成29年1月11日(2017.1.11)

(24) 登録日 平成28年12月16日(2016.12.16)

(51) Int.Cl.

F 1

GO1P 21/00	(2006.01)	GO1P 21/00
GO1C 25/00	(2006.01)	GO1C 25/00
HO4M 1/00	(2006.01)	HO4M 1/00

U

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-540703 (P2015-540703)
(86) (22) 出願日	平成25年10月22日 (2013.10.22)
(65) 公表番号	特表2016-500827 (P2016-500827A)
(43) 公表日	平成28年1月14日 (2016.1.14)
(86) 國際出願番号	PCT/US2013/066169
(87) 國際公開番号	W02014/070524
(87) 國際公開日	平成26年5月8日 (2014.5.8)
審査請求日	平成28年10月14日 (2016.10.14)
(31) 優先権主張番号	61/722,084
(32) 優先日	平成24年11月2日 (2012.11.2)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	13/767,838
(32) 優先日	平成25年2月14日 (2013.2.14)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	507364838 クアルコム、インコーポレイテッド アメリカ合衆国 カリフォルニア 921 21 サン デイエゴ モアハウス ドラ イブ 5775
(74) 代理人	100108453 弁理士 村山 靖彦
(74) 代理人	100163522 弁理士 黒田 晋平
(72) 発明者	マヘシュ・ラマチャンドラン アメリカ合衆国・カリフォルニア・921 21-1714・サン・ディエゴ・モアハ ウス・ドライブ・5775

早期審査対象出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】モバイルデバイス表面をセンサの座標系と整合させるための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モバイルデバイス内に位置する加速度計を較正するための方法であって、

前記モバイルデバイスのプロセッサによって加速度ベクトルの複数の測定値を前記加速度計から受け取るステップであって、前記各測定値が、前記モバイルデバイスが位置する平面の法線に対して前記モバイルデバイスが異なる向きに静止状態で保持されているときに得られるステップと、

加速度計座標系における測定された前記加速度ベクトルのそれぞれの先端と一致する円を算出するステップと、

前記円の半径および測定された前記加速度ベクトルの長さに基づいて前記加速度計座標系と前記モバイルデバイスの表面との間の回転角度を算出して前記加速度計座標系を前記モバイルデバイスの前記表面と整合させるステップと、

測定された加速度ベクトルを前記回転角度だけ回転させて前記測定された加速度ベクトルを前記加速度計座標系から前記モバイルデバイスの前記表面によって画定される表面座標系におけるベクトルに変換するステップと、

前記表面座標系における前記ベクトルを、前記表面座標系とジャイロスコープ座標系との間の回転変換に基づいて前記ジャイロスコープ座標系に変換するステップと、
を含む方法。

【請求項 2】

前記加速度計のその後の測定値を較正するために前記モバイルデバイスのメモリに前記

10

20

回転角度を記憶するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記平面は水平軸に対して傾斜している、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記平面は水平軸に整合している、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記加速度計座標系が較正される前記モバイルデバイスの前記表面は、前記平面に面しがつ接触している前記表面である、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記各測定値は、前記モバイルデバイスが前記平面の前記法線に対してある角度だけ回転された後で静止状態に保持されているときに得られる、請求項1に記載の方法。 10

【請求項7】

バイアスが存在する場合に前記回転角度の算出を実行するステップであって、前記バイアスが、前記円の中心と、前記加速度計座標系の原点から延びる前記法線が前記円を含む第2の平面と交差する交差点との間の距離によって測定されるステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項8】

請求項1乃至7の何れか1項に記載の方法を実行するためのコードを含む、モバイルデバイス内に位置する加速度計を較正するための前記モバイルデバイスで実装されるコンピュータプログラム。 20

【請求項9】

モバイルデバイスであって、

加速度の複数の測定値を加速度計から受け取るための手段であって、前記各測定値が、前記モバイルデバイスが位置する平面の法線に対して前記モバイルデバイスが異なる向きに静止状態で保持されているときに得られる、手段と、

加速度計座標系における測定された加速度ベクトルのそれぞれの先端と一致する円を算出するための手段と、

前記円の半径および前記測定された加速度ベクトルの長さに基づいて前記加速度計座標系と前記モバイルデバイスの表面との間の回転角度を算出して前記加速度計座標系を前記モバイルデバイスの前記表面と整合させるための手段と、 30

測定された加速度ベクトルを前記回転角度だけ回転させて前記測定された加速度ベクトルを前記加速度計座標系から前記モバイルデバイスの前記表面によって画定される表面座標系におけるベクトルに変換するための手段と、

前記表面座標系における前記ベクトルを、前記表面座標系とジャイロスコープ座標系との間の回転変換に基づいて前記ジャイロスコープ座標系に変換するための手段と、
を備えるモバイルデバイス。

【請求項10】

前記加速度計座標系が較正される前記モバイルデバイスの前記表面は、前記平面に面しがつ接触している前記表面である、請求項9に記載のモバイルデバイス。

【請求項11】

前記各測定値は、前記モバイルデバイスが前記平面の前記法線に対してある角度だけ回転された後で静止状態に保持されているときに得られる、請求項9に記載のモバイルデバイス。 40

【請求項12】

前記回転角度を算出するための手段は、バイアスが存在する場合に前記回転角度の算出するための手段であって、前記バイアスが、前記円の中心と、前記加速度計座標系の原点から延びる前記法線が前記円を含む第2の平面と交差する交差点との間の距離によって測定される手段をさらに備える、請求項9に記載のモバイルデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書で開示する主題は概して、加速度計および/またはジャイロスコープなどのセンサの較正に関する。

【背景技術】**【0002】**

加速度計(動きセンサとも呼ばれる)は、加速度計が自由落下(または慣性)と相対的に受ける加速度である固有加速度を測定する。固有加速度は、加速度計の基準系にある試験質量が荷重を受ける現象に関連する。加速度計は、試験質量単位当たりの重み、すなわち特定力またはg力としても知られる量を測定する。概念的に、加速度計はばね上の減衰させた質量として振る舞う。加速度計が加速度を受けると、試験質量の位置が基準系に対して変位される。変位が測定され加速度が求められる。

10

【0003】

ジャイロスコープ(回転センサとも呼ばれる)は、慣性基準系におけるシステムの角速度を測定する。慣性基準系におけるシステムの元の向きを初期条件として使用し、角速度を積分することによって、システムの現在の向きを知ることができる。概念的に、ジャイロスコープは、角運動量の保存の原則に基づいて向きを維持するスピニングロータである。この現象は、航空機および宇宙船におけるコンパスおよびスタビライザなどの多くのアプリケーションにおいて向きを測定し維持するのに使用することができる。

【0004】

加速度計およびジャイロスコープは、様々な家庭用電子機器に組み込まれている。加速度計およびジャイロスコープを組み込むと、より正確でロバストな拡張現実(AR)アプリケーション、同時自己位置推定および地図作成(SLAM)アプリケーション、コンピュータビジョンアプリケーション、ナビゲーションアプリケーション、安定性制御アプリケーション、および広範囲の他のアプリケーションを実現することができる。

20

【発明の概要】**【課題を解決するための手段】****【0005】**

モバイルデバイス内に位置する加速度計を較正するための方法について説明する。一実施形態では、モバイルデバイスのプロセッサが加速度ベクトルの複数の測定値を加速度計から受け取る。各測定値は、モバイルデバイスが位置する平面の法線に対してモバイルデバイスが異なる向きに静止状態で保持されているときに得られる。プロセッサは、加速度計座標系における測定された加速度ベクトルのそれぞれの先端と一致する円を算出する。プロセッサは、円の半径および測定された加速度ベクトルの長さに基づいて加速度計座標系とモバイルデバイスの表面との間の回転角度を算出して加速度計座標系をモバイルデバイス表面と整合させる。

30

【0006】

別の実施形態では、モバイルデバイスは、加速度計と、加速度計に結合されたプロセッサと、プロセッサに結合されたメモリとを備える。プロセッサは、加速度の複数の測定値を加速度計から受け取ることであって、各測定値が、モバイルデバイスが位置する平面の法線に対してモバイルデバイスが異なる向きに静止状態で保持されているときに得されることを行うように構成される。プロセッサは、加速度計座標系における測定された加速度ベクトルのそれぞれの先端と一致する円を算出することと、円の半径および測定された加速度ベクトルの長さに基づいて加速度計座標系とモバイルデバイスの表面との間の回転角度を算出して加速度計座標系をモバイルデバイスの表面と整合することを行いうようにさらに構成される。回転角度は次いで、メモリに記憶される。

40

【0007】

別の実施形態では、コンピュータプログラム製品が、モバイルデバイス内に位置する加速度計を較正するためにモバイルデバイスに実装される。コンピュータプログラム製品は、モバイルデバイスのプロセッサによる加速度ベクトルの複数の測定値を加速度計から受け取ることであって、各測定値が、モバイルデバイスが位置する平面の法線に対してモバ

50

イルデバイスが異なる向きに静止状態で保持されているときに得られることと、加速度計座標系における測定された加速度ベクトルのそれぞれの先端と一致する円を算出することと、円の半径および測定された加速度ベクトルの長さに基づいて加速度計座標系とモバイルデバイスの表面との間の回転角度を算出して加速度計座標系をモバイルデバイスの表面と整合させることとのためのコードを含むコンピュータ可読媒体を備える。

【0008】

また別の実施形態では、モバイルデバイスは、加速度の複数の測定値を加速度計から受け取るための手段であって、各測定値が、モバイルデバイスが位置する平面の法線に対してモバイルデバイスが異なる向きに静止状態で保持されているときに得られる手段と、加速度計座標系における測定された加速度ベクトルのそれぞれの先端と一致する円を算出するための手段と、円の半径および測定された加速度ベクトルの長さに基づいて加速度計座標系とモバイルデバイスの表面との間の回転角度を算出して加速度計座標系をモバイルデバイスの表面と整合させるための手段とを備える。

10

【0009】

モバイルデバイス内に位置するジャイロスコープを較正するための方法について説明する。一実施形態では、モバイルデバイスのプロセッサが、回転軸の複数の測定値をジャイロスコープから受け取る。測定値は、モバイルデバイスが回転軸に対して様々に異なる率で回転しているときに得られ、回転軸は、モバイルデバイスが位置する平面の法線である。プロセッサは、ジャイロスコープ座標系における測定値と一致する線を算出する。プロセッサは、線とジャイロスコープ座標系の軸との間の回転角度をさらに算出してジャイロスコープ座標系をモバイルデバイスの表面と整合させる。

20

【0010】

別の実施形態では、モバイルデバイスは、ジャイロスコープと、ジャイロスコープに結合されたプロセッサと、プロセッサに結合されたメモリとを備える。プロセッサは、モバイルデバイスのプロセッサによる回転軸の複数の測定値をジャイロスコープから受け取ることであって、測定値が、モバイルデバイスが回転軸に対して様々に異なる率で回転しているときに得られ、回転軸が、モバイルデバイスが位置する平面の法線であることと、ジャイロスコープ座標系における測定値と一致する線を算出することと、線とジャイロスコープ座標系の軸との間の回転角度を算出してジャイロスコープ座標系をモバイルデバイスの表面と整合させることとを行うように構成される。回転角度は次いで、メモリに記憶される。

30

【0011】

別の実施形態では、コンピュータプログラム製品が、モバイルデバイス内に位置するジャイロスコープを較正するためにモバイルデバイスに実装される。コンピュータプログラム製品は、モバイルデバイスのプロセッサによる回転軸の複数の測定値をジャイロスコープから受け取ることであって、測定値が、モバイルデバイスが回転軸に対して様々に異なる率で回転しているときに得られ、回転軸が、モバイルデバイスが位置する平面の法線であることと、ジャイロスコープ座標系における測定値と一致する線を算出することと、線とジャイロスコープ座標系の軸との間の回転角度を算出してジャイロスコープ座標系をモバイルデバイスの表面と整合させることとのためのコードを含むコンピュータ可読媒体を備える。

40

【0012】

また別の実施形態では、モバイルデバイスは、モバイルデバイスのプロセッサによる回転軸の複数の測定値をジャイロスコープから受け取るための手段であって、測定値が、モバイルデバイスが回転軸に対して様々に異なる率で回転しているときに得られ、回転軸が、モバイルデバイスが位置する平面の法線である手段と、ジャイロスコープ座標系における測定値と一致する線を算出するための手段と、線とジャイロスコープ座標系の軸との間の回転角度を算出してジャイロスコープ座標系をモバイルデバイスの表面と整合させるための手段とを備える。

【図面の簡単な説明】

50

【0013】

【図1A】本発明の態様を実施できるモバイルデバイスのブロック図である。

【図1B】図1Aのモバイルデバイスの側面図である。

【図2A】実施形態によるモバイルデバイスの側面から見たときのモバイルデバイスを較正する例を示す図である。

【図2B】実施形態によるモバイルデバイスの側面から見たときのモバイルデバイスを較正する例を示す図である。

【図3A】実施形態によるモバイルデバイスの頂部から見たときのモバイルデバイスを較正する例を示す図である。

【図3B】実施形態によるモバイルデバイスの頂部から見たときのモバイルデバイスを較正する例を示す図である。 10

【図4A】一実施形態による加速度計座標系における較正測定値を示す図である。

【図4B】一実施形態による加速度計較正方法を示す流れ図である。

【図5A】一実施形態によるジャイロスコープ座標系における較正測定値を示す図である。 15

【図5B】一実施形態によるジャイロスコープ較正方法を示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】**【0014】**

「例示的」または「例」という単語は、本明細書では「例、事例、または例示の働きをすること」を意味するために使用される。「例示的」もしくは「例」として本明細書に記載される任意の態様または実施形態は、他の態様もしくは実施形態に比べて好ましいか、または有利であると必ずしも解釈されるべきではない。 20

【0015】

本発明の実施形態は、センサの座標系をモバイルデバイスの表面と整合させるための較正技法を提供する。センサは、モバイルデバイス内に位置し、様々なARアプリケーション、ナビゲーションアプリケーション、および安定性制御アプリケーションにおいてモバイルデバイスのプロセッサにセンサデータを供給する。本明細書では「センサ」という用語は加速度計またはジャイロスコープを指す。通常、センサは、センサの座標系がモバイルデバイスの表面と整合するように工場較正済みである。しかしながら、工場較正はモバイルデバイスに犠牲を強いる。本明細書で説明する較正技法は、ユーザがモバイルデバイスを平面上で複数の異なる向きに配置するか、またはモバイルデバイスを平面上で様々に異なる角度に回転させるときにモバイルデバイスのプロセッサによって実行されてよい。較正技法は、容易に実行することができ、整合結果はモバイルデバイスのメモリに記憶されてよい。したがって、モバイルデバイスを一旦整合させ(較正)てよく、整合結果がその後の測定において使用されてよい。 30

【0016】

図1Aは、本発明の実施形態が実施され得るシステムを示すブロック図である。システムは、プロセッサ110と、メモリ120と、インターフェース160と、加速度計130およびジャイロスコープ140などの1つまたは複数のセンサとを含んでよいモバイルデバイス100であつてよい。一実施形態では、モバイルデバイス100は加速度計130とジャイロスコープ140の両方を含んでよく、代替実施形態では、モバイルデバイス100は加速度計130またはジャイロスコープ140のいずれかを含んでよい。モバイルデバイス100は、ディスプレイデバイス、ユーザインターフェース(たとえば、キーボード、タッチスクリーンなど)、電源デバイス(たとえば、バッテリー)、ならびに通常、モバイル通信デバイスに関連する他の構成要素を含むことができることを諒解されたい。たとえば、インターフェース160は、ワイヤレスリンクを介してワイヤレスネットワークに/からワイヤレス信号を送信および受信するワイヤレストランシーバであり得るか、またはネットワーク(たとえば、インターネット)への直接接続用の有線インターフェースであり得る。したがって、モバイルデバイス100は、携帯電話、スマートフォン、携帯情報端末、モバイルコンピュータ、タブレット、パーソナルコンピュータ、ラップトップコンピュータ、電子リーダー、または動き検知機 40

能および/または回転検知機能を有する任意の種類のモバイルデバイスであってよい。

【0017】

一実施形態では、プロセッサ110は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、またはこれらの任意の組合せで実装されてよい較正エンジン115を含んでよい。一実施形態では、プロセッサ110は、センサ(たとえば、加速度計130および/またはジャイロスコープ140)の座標系をモバイルデバイス100の表面と整合させる較正エンジン115の動作を実行するための命令を実行するように構成された汎用プロセッサまたは専用プロセッサであってよい。

【0018】

メモリ120は、プロセッサ110によって実施される命令を記憶するために、プロセッサ110に結合され得る。メモリ120は、本明細書で説明する較正によって生成される整合結果を含む較正データ121を記憶してもよい。

【0019】

後述するように、本発明の実施形態は、モバイルデバイス100のプロセッサ110および/またはモバイルデバイス100の他の回路および/または他のデバイスによる命令の実行とともに実装可能であることを諒解されたい。詳細には、モバイルデバイス100の回路は、プロセッサ110を含むがこれに限定されず、プログラムの制御、ルーチン、または本発明の実施形態による方法もしくはプロセスを実行するための命令の実行の下で動作し得る。たとえば、そのようなプログラムは、(たとえば、メモリ120および/または他の位置に記憶されている)ファームウェアまたはソフトウェア内で実装可能であり、プロセッサ、たとえばプロセッサ110、および/またはモバイルデバイス100の他の回路によって実装可能である。さらに、プロセッサ、マイクロプロセッサ、回路、コントローラなどの用語は、論理、コマンド、命令、ソフトウェア、ファームウェア、機能などを実行することが可能な任意のタイプの論理または回路を指すことを諒解されたい。

【0020】

図1Bは、一実施形態によるモバイルデバイス100の側面図である。モバイルデバイス100は、前面と裏面(図1Bの例では一方が上を向き他方が下を向いている)とを有する。センサ座標系(すなわち、加速度計座標系183および/またはジャイロスコープ座標系184)を整合させるべきモバイルデバイス100の「表面」は、平面180(たとえば、テーブル面)に面しかつ接触している表面170である。モバイルデバイス100の前面と裏面が互いに平行である場合、モバイルデバイス100の裏面を整合させることはモバイルデバイス100の前面を整合させることと同じである。表面170は、表面170がx-y平面上に位置し(表面170が平坦であると仮定する)、表面の法線が表面座標系182のz軸に平行である表面座標系182(「デバイス座標系」とも呼ばれる)を画定する。加速度計座標系183は、すべての加速度計測定値が位置する座標系である。同様に、ジャイロスコープ座標系184は、すべてのジャイロスコープ測定値が位置する座標系である。

【0021】

センサ座標系183、184は必ずしも表面座標系182と整合するとは限らない。加速度計座標系183と表面座標系182は、表面座標系182のx-y平面が加速度計座標系183のax-ay平面と整合しないときにはずれている。同様に、ジャイロスコープ座標系184と表面座標系182は、表面座標系182のx-y平面がジャイロスコープ座標系184のx-y平面と整合しないときにはずれている。すなわち、本明細書で説明するすれば回転すればである。以下で詳細に説明するように、本発明の実施形態は、センサ座標系183、184の各々を表面座標系182と整合させるための較正技法を提供する。以下の説明では、表面座標系182との整合はモバイルデバイス100の表面との整合とも呼ばれる。

【0022】

モバイルデバイス100が加速度計130を含む実施形態では、加速度計130は次のように較正されてよい。図2Aは、モバイルデバイス100の側面から見たときにモバイルデバイス100が斜面210上に位置する例を示す。平面210は水平軸に対して傾斜している。平面210は、モバイルデバイス100が位置する平坦面を有する。加速度計130が静止しているとき、加速

10

20

30

40

50

度計130が測定する加速度ベクトルは重力ベクトルgである。重力ベクトルgは、海拔で測定された 9.81m/s^2 に等しく、真下の地球中心を指し示す。重力ベクトルgは、真下の地球中心を指し示すz軸を有する座標系における[0, 0, 9.81]によって表されてよい。加速度計130によって測定される重力ベクトルはg'であり、重力ベクトルgと同じベクトル長(海拔で測定された 9.81m/s^2)を有するが、加速度計130の向きおよび較正エラーに起因してgの回転バージョンである場合がある。たとえば、測定される重力ベクトルg'は、加速度計座標系183における[5, 2.69, 8]であってよい。加速度計座標系183と表面座標系182が整合している場合、表面座標系182内の重力ベクトルもg'である。しかしながら、加速度計座標系183と表面座標系182がずれている場合、表面座標系182内の重力ベクトルg"は、g'から3-Dユークリッドフレームにおけるある角度だけさらに回転される。本明細書で説明する較正によって生成される整合結果は、g'をg"に変換する回転変換である。

【0023】

図2Bは、モバイルデバイス100の側面から見たときにモバイルデバイス100が斜面220上に位置する例を示す。平面220は水平軸に対して傾斜している。平面220は、モバイルデバイス100が位置する平坦面を有する。図2Bは、平面220が異なる角度に傾斜していることを除いて図2Aと同様である。別の実施形態では、モバイルデバイスが位置する平面は水平であってよい。モバイルデバイス100が位置する平面が、本明細書で説明する較正技法の正当性および精度に影響を与えずに任意の角度(水平を含む)に向けられてよいことが諒解される。

【0024】

モバイルデバイス100のユーザは、加速度計座標系183と表面座標系182との間のずれエラーを較正するために、モバイルデバイス100を一連の回転保持動作で平面210上で回転軸250の周りを回転させてよい。すなわち、ユーザは、モバイルデバイス100を回転軸250に対して複数の向きに静止状態で保持してよい。回転軸250は平面210の法線である(「面法線」とも呼ばれる)。各「回転」は、面法線に対するモバイルデバイス100の向きを変化させ、一方、各「保持」は、加速度計130が重力ベクトルg'の測定値を得るのを可能にする。モバイルデバイス表面170が平面210と平行であるので、面法線は表面170の法線と同じである。

【0025】

図3Aは、モバイルデバイス100の頂部から見たときにモバイルデバイス100が平面230上に位置する例を示す。平面230は、(図2Aおよび2Bの)平面210、220、または平坦頂面を有する任意の他の平面であってよい。上記に図2Aおよび図2Bを参照して説明したように、モバイルデバイス100を回転軸250の周りに回転させてよい。代替として、図3Bに示すように、モバイルデバイス100を円形または半円形の経路に沿って回転させ移動させてよい。すなわち、モバイルデバイス100は、回転軸250の周りの回転運動に加えて、平面230上の並進運動を受けることもある。本明細書で説明する較正技法の精度は、平面210上の並進運動の影響を受けない。本明細書で説明する較正技法は、ユーザがモバイルデバイス100を平面230上で複数の異なる向きに位置させる限り正確な結果をもたらすことができる。

【0026】

図4Aは、加速度ベクトルの測定値が面法線に対して様々に異なる向きにおいて得られ収集される加速度計座標系183の実施形態を示す。各測定値は、加速度計座標系183の原点430から3-D空間内の点まで延びる測定された加速度ベクトルである。これらの点は、測定された加速度ベクトルのそれぞれの先端であり、加速度計座標系183において円を形成する。したがって、これらの複数の点と一致する円410を算出することができる。円410は、モバイルデバイスが位置する平面(たとえば、平面210、220、または230)に平行な平面(「円平面」と呼ばれる)上に位置する。円410の半径415は、代表的な加速度ベクトルの平面内構成要素であり、この平面内構成要素は面法線に垂直である。それぞれの加速度ベクトルは、測定された加速度ベクトルの「平均」ベクトルまたは「正規化」ベクトルを表す。測定された各加速度ベクトルならびに代表的な加速度ベクトルの長さが既知であるので(9.8m/s^2 に等しい)、代表的な加速度ベクトルと面法線との間の回転角度を算出することができる。

10

20

30

40

50

きる。この回転角度は、モバイルデバイス100のメモリに記憶され、以後の加速度計測定値の較正に使用されてよい。

【0027】

上述の較正技法は、バイアスが存在する場合ロバストである。加速度計座標系183と表面座標系182との間に回転エラー以外のエラー源があるときにバイアスが存在する。バイアスは、面法線を加速度計座標系183の原点430から円平面まで延ばし、面法線が円平面と交差点において接することによって測定することができる。交差点と円中心420との間の距離はバイアスbである。バイアスがないとき、交差点は円中心420と一致する。円平面、すなわち、モバイルデバイス100が位置する平面と、モバイルデバイス100の表面170が互いに平行であることに留意されたい。したがって、面法線は円平面の法線である。

10

【0028】

図4Bは、図1Aのプロセッサ110などのモバイルデバイスによって実行される加速度計較正方法400の実施形態を示す。一実施形態では、方法400は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、またはこれらの任意の組合せで実装され得る図1Aの較正エンジン115によって実行されてよい。

【0029】

一実施形態では、プロセッサは、加速度ベクトルの複数の測定値を加速度計から受け取る(ブロック401)。各測定値は測定された加速度ベクトルである。各測定値は、モバイルデバイスが位置する平面の法線に対してモバイルデバイスが異なる向きに静止状態で保持されているときに得られる。プロセッサは、加速度計座標系における測定された加速度ベクトルのそれぞれの先端と一致する円を算出する(ブロック402)。プロセッサは、円の半径および測定された加速度ベクトルの長さに基づいて、加速度計座標系とモバイルデバイスの表面との間の回転角度を算出する(ブロック403)。回転角度は、加速度計の以後の測定値を較正し、それによって加速度計座標系とモバイルデバイス表面とを整合させるためにモバイルデバイス内のメモリに記憶されてよい。

20

【0030】

モバイルデバイス100がジャイロスコープ140を含む実施形態では、ジャイロスコープ140は次のように較正されてよい。再び図3Aを参照するとわかるように、モバイルデバイス100のユーザは、ジャイロスコープ座標系184と表面座標系182との間のずれエラーを較正するために、モバイルデバイス100を複数の異なる回転率(すなわち、回転速度)で平面230上で回転軸250の周りを1回または複数回回転させてよい。この平面230は、平面210(図2A)、平面220(図2B)、水平面、またはモバイルデバイス100が位置する平坦頂面を有する任意の平面であってよい。通常、ユーザがモバイルデバイス100を手動で回転させると、回転速度は、最初はより高速であり、回転の終了が近づくにつれてより低速になる。したがって、ジャイロスコープ140は、モバイルデバイス100の手動による1回の回転から複数の測定値を得ることができる。

30

【0031】

代替として、図3Bに示すように、モバイルデバイス100を円形または半円形の経路に沿って回転させ移動させてよい。すなわち、モバイルデバイス100は、回転軸250の周りの回転運動に加えて、平面230上の並進運動を受けることもある。本明細書で説明する較正技法の精度は、平面210上の並進運動の影響を受けない。較正技法は、ユーザがモバイルデバイス100を平面230上で複数の異なる率で回転させる限り正確な結果をもたらすことができる。

40

【0032】

図5Aは、モバイルデバイス100を面法線に対して回転させるときに、様々に異なる回転率で回転軸250(すなわち、面法線)の測定値が得られ収集されるジャイロスコープ座標系184の実施形態を示す。各測定値は、ジャイロスコープ座標系184内の面法線上に位置する点である。モバイルデバイス100を回転させる角速度は、ジャイロスコープ座標系184の原点530から測定点まで延びるベクトルの長さである。各ベクトルは、対応する測定値が得られる回転率に応じて異なる長さを有してよい。測定値の複数の点は、ジャイロスコープ

50

座標系184における線を形成する。したがって、これらの複数の点と一致する線510を算出することができる。線510は、ジャイロスコープ座標系184内の測定された面法線である。ジャイロスコープ座標系184と表面座標系182との間のずれエラーは、線510(すなわち、測定された面法線)と z 軸(たとえば、 $[0, 0, 1]$)または- z 軸との間の回転角度()を算出することによって得ることができる。

【0033】

上述の較正技法は、バイアスが存在する場合ロバストである。ジャイロスコープ座標系184と表面座標系182との間に回転エラー以外のエラー源があるときにバイアス b が存在する。バイアスは、ジャイロスコープ座標系184の原点530と、測定された面法線510でもある、すべてのジャイロスコープ測定値と一致する線との間の垂直距離(点線として示される)によって測定されてよい。(理想的なジャイロスコープの場合のように)バイアスがないと、ジャイロスコープ測定値と一致する線は、ジャイロスコープ座標系184の原点530を通過し、言い換えれば、測定値は、ジャイロスコープが完全に静止しているときに零角速度を示す。バイアス b は、角速度のジャイロスコープ測定値の付加オフセットエラーである。言い換えれば、バイアス b は、ジャイロスコープが完全に静止しているときにはジャイロスコープの平均値である。

10

【0034】

図5Bは、図1Aのプロセッサ110などのモバイルデバイスによって実行されるジャイロスコープ較正方法500の実施形態を示す。一実施形態では、方法500は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの任意の組合せで実装され得る図1Aの較正エンジン115によって実行されてよい。

20

【0035】

一実施形態では、プロセッサは、回転軸の複数の測定値をジャイロスコープから受け取る(プロック501)。測定値は、モバイルデバイスが回転軸に対して様々に異なる率で回転しているときに得られ、回転軸は、モバイルデバイスが位置する平面の法線である(プロック501)。各測定値は、ジャイロスコープ座標系内の測定された面法線を表す点である。プロセッサは、ジャイロスコープ座標系における測定値と一致する線を算出する(プロック502)。プロセッサは、線とジャイロスコープ座標系の軸(たとえば、 z 軸)との間の回転角度を算出してジャイロスコープ座標系をモバイルデバイスの表面と整合させる(プロック503)。回転角度は、ジャイロスコープの以後の測定値を較正するためにモバイルデバイス内のメモリに記憶されてよい。

30

【0036】

加速度計とジャイロスコープの両方を有するモバイルデバイスの実施形態では、前述の較正技法は、ジャイロスコープ座標系に対する加速度計座標系の整合および加速度計座標系に対するジャイロスコープ座標系の整合を算出するのを可能にする。センサがモバイルデバイス内に配置されていることの事前知識によって(モバイルデバイス表面の)法線ベクトル n に沿った回転に対するあらゆる曖昧さをなくすことができる。たとえば、両方のセンサがモバイルデバイス内の同じ半導体チップに配置され、センサの軸が整合している場合、法線ベクトルに沿った両方のセンサの回転は零である。同じチップの平面内で一方のセンサが別のセンサに対して垂直に配置されており、センサの軸が直交している場合、法線ベクトルに沿った各センサの回転は90度離れる。センサの配置に関するこの知識によって、図4Bおよび図5Bの方法に従って各センサをモバイルデバイス表面に対して別個に較正することができる。次いで、加速度計座標系における測定値をジャイロスコープ座標系に、かつジャイロスコープ座標系における測定値を加速度計座標系に、モバイルデバイス表面に対するそれぞれの較正を介して変換することができる。モバイルデバイスは、モバイルデバイス内の加速度計およびジャイロスコープに対して記憶された較正データを使用することによって、これらの両方のセンサからの測定値を使用して、アプリケーションにおいて使用する前に共通の座標系に変換することができる。

40

【0037】

たとえば、法線ベクトルに沿った回転に対するあらゆる曖昧さがなくなっていると仮定

50

して、加速度計座標系における測定値を次のようにジャイロスコープ座標系に変換してよい。まず、測定された加速度ベクトルを方法400(図4B)を使用して得られた回転角度だけ回転させ、測定された加速度ベクトルを加速度計座標系から表面座標系におけるベクトルに変換する。その後、表面座標系とジャイロスコープ座標系との間の回転変換に基づいて、表面座標系におけるベクトルをジャイロスコープ座標系に変換してよく、この回転変換は、方法500(図5B)を使用して得られる角度 θ を表す。同様に、ジャイロスコープ座標系における測定値を次のように加速度計座標系に変換してよい。まず、方法500(図5B)を使用して得られた角度 θ をジャイロスコープの測定値に適用し、測定値を表面座標系に整合させてよい。その後、表面座標系と加速度計座標系との間の回転変換に基づいて、表面座標系における整合させた測定値を加速度計座標系に変換してよく、この回転変換は、方法400(図4B)を使用して得られる回転角度を表す。

【0038】

モバイルデバイスは、ワイヤレスモバイルデバイスである場合、任意の適切なワイヤレス通信技術に基づくか、または場合によってはそれをサポートするワイヤレスネットワークにより、1つまたは複数のワイヤレス通信リンクを介して通信することができる事を諒解されたい。たとえば、いくつかの態様では、コンピューティングデバイスまたはサーバは、ワイヤレスネットワークを含むネットワークと関連付けることができる。いくつかの態様では、ネットワークは、ボディエリアネットワークまたはパーソナルエリアネットワーク(たとえば、超広帯域ネットワーク)を備えることができる。いくつかの態様では、ネットワークは、ローカルエリアネットワークまたはワイドエリアネットワークを備えることができる。ワイヤレスデバイスは、たとえばCDMA、TDMA、OFDM、OFDMA、WiMAX、およびWi-Fiなどの多種多様なワイヤレス通信技術、プロトコル、または規格のうちの1つまたは複数をサポートするか、または場合によっては使用することができる。同様に、ワイヤレスデバイスは、様々な対応する変調または多重化方式のうちの1つまたは複数をサポートするか、または場合によっては使用することができる。したがって、ワイヤレスデバイスは、上記または他のワイヤレス通信技術を使用して、1つまたは複数のワイヤレス通信リンクを確立し、それを介して通信するのに適した構成要素(たとえばエアインターフェース)を含むことができる。たとえば、デバイスは、ワイヤレス媒体を介した通信を容易にする様々な構成要素(たとえば、信号発生器および信号処理器)を含むことができる、関連する送信機および受信機の構成要素(たとえば、送信機および受信機)を有するワイヤレストランシーバを備えることができる。よく知られているように、モバイルワイヤレスデバイスは、したがって、他のモバイルデバイス、携帯電話、他の有線およびワイヤレスのコンピュータ、インターネットウェブサイトなどとワイヤレスに通信することができる。

【0039】

本明細書に記載された技法は、符号分割多元接続(CDMA)、時分割多元接続(TDMA)、周波数分割多元接続(FDMA)、直交周波数分割多元接続(OFDMA)、シングルキャリアFDMA(SC-FDMA)および他のシステムなどの様々なワイヤレス通信システムに使用することができる。「システム」および「ネットワーク」という用語は、しばしば互換的に使用される。CDMAシステムは、ユニバーサル地上無線アクセス(UTRA)、CDMA2000などの無線技術を実装することができる。UTRAは、Wideband-CDMA(W-CDMA)およびCDMAの他の変形形態を含む。CDMA2000は、暫定規格であるIS-2000規格、IS-95規格、およびIS-856規格を包含する。TDMAシステムは、モバイル通信用グローバルシステム(GSM(登録商標))などの無線技術を実装することができる。OFDMAシステムは、発展型ユニバーサル地上無線アクセス(Evolved UTRAまたはE-UTRA)、ウルトラモバイルブロードバンド(UMB)、電気電子技術者協会(IEEE)80.2.11(Wi-Fi)、IEEE802.16(WiMAX)、IEEE802.20、Flash-OFDM(登録商標)などの無線技術を実装することができる。ユニバーサル地上無線アクセス(UTRA)およびE-UTRAは、ユニバーサルモバイル電気通信システム(UMTS)の一部である。3GPPロングタームエボリューション(LTE)は、ダウンリンクにOFDMAを採用し、アップリンクにSC-FDMAを採用する、E-UTRAを使用するUMTSの近く公開されるリリースである。UTRA、E-UTRA、UMTS、LTE、およびGSM(登録商標)は、「第3世代パートナーシッププロジェクト」(3GPP)という名称の組織から

10

20

30

40

50

の文書に記述されている。CDMA2000およびUMBは、「第3世代パートナーシッププロジェクト」(3GPP2)という名称の組織からの文書に記述されている。

【0040】

本明細書で説明する技法は、様々なモバイル装置(たとえば、デバイス)に組み込む(たとえば、それらの装置内に実装するか、またはそれらの装置によって実行する)ことができる。たとえば、本明細書で教示された1つまたは複数の態様は、電話(たとえば、携帯電話)、携帯情報端末(「PDA」)、タブレット、モバイルコンピュータ、ラップトップコンピュータ、タブレット、エンターテインメントデバイス(たとえば、音楽デバイスもしくはビデオデバイス)、ヘッドセット(たとえば、ヘッドフォン、イヤピースなど)、医療用デバイス(たとえば、生体センサ、心拍数モニタ、歩数計、EKGデバイスなど)、ユーザI/Oデバイス、POSデバイス、エンターテインメントデバイス、または任意の他の適切なデバイスに組み込むことができる。これらのデバイスは、様々に異なる電力要件およびデータ要件を有する場合がある。

【0041】

情報および信号が様々な異なる技術および技法のいずれかを使用して表され得ることを当業者は理解されよう。たとえば、上記の説明全体にわたって言及され得るデータ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、シンボル、およびチップは、電圧、電流、電磁波、磁界または磁性粒子、光場または光学粒子、あるいはそれらの任意の組合せによって表され得る。

【0042】

当業者は、本明細書に開示される実施形態に関連して説明される様々な例示的な論理ブロック、モジュール、回路、およびアルゴリズムステップが、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、または両方の組合せとして実装され得ることをさらに諒解されよう。ハードウェアおよびソフトウェアのこの互換性を明確に示すために、様々な例示的な構成要素、ブロック、モジュール、回路、およびステップを、上記では概してそれらの機能性に関して説明した。そのような機能がハードウェアとして実装されるか、またはソフトウェアとして実装されるかは、具体的な適用例および全体的なシステムに課される設計制約に依存する。当業者は、説明された機能を具体的な適用例ごとに様々な方法で実装することができるが、そのような実装の決定は、本発明の範囲からの逸脱を生じるものと解釈されるべきではない。

【0043】

本明細書に開示される実施形態に関連して説明される様々な例示的な論理ブロック、モジュール、および回路は、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)もしくは他のプログラマブル論理デバイス、個別のゲートもしくはトランジスタ論理、個別のハードウェア構成要素、または本明細書に説明される機能を実行するように設計されているそれらの任意の組合せを用いて実装または実行され得る。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであり得るが、代替として、プロセッサは任意の従来のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、または状態機械であり得る。プロセッサはまた、コンピューティングデバイスの組合せ、たとえば、DSPおよびマイクロプロセッサの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連携する1つもしくは複数のマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成として実装され得る。

【0044】

本明細書に開示される実施形態に関連して説明される方法またはアルゴリズムのステップは、直接ハードウェアで具現化されるか、プロセッサによって実行されるソフトウェアモジュールで具現化されるか、またはその2つの組合せで具現化され得る。ソフトウェアモジュールは、RAMメモリ、フラッシュメモリ、ROMメモリ、EPROMメモリ、EEPROMメモリ、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、CD-ROM、または当技術分野で知られている任意の他の形態の記憶媒体中に常駐し得る。例示的な記憶媒体は、プロセッサが記憶媒体から情報を読み取り、かつ記憶媒体に情報を書き込むことができるようプロセ

10

20

30

40

50

ッサに結合される。代替として、記憶媒体は、プロセッサと一体であり得る。プロセッサおよび記憶媒体はASIC中に存在し得る。ASICはユーザ端末内に存在し得る。代替として、プロセッサおよび記憶媒体は、ユーザ端末中に個別構成要素として存在し得る。

【0045】

1つまたは複数の例示的な実施形態では、説明される機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはそれらの任意の組合せにおいて実装され得る。コンピュータプログラム製品としてソフトウェアに実装された場合、機能は、1つまたは複数の命令またはコードとして、コンピュータ可読媒体上に記憶されるか、またはコンピュータ可読媒体を介して送信され得る。コンピュータ可読媒体は、ある場所から別の場所へのコンピュータプログラムの転送を容易にする任意の媒体を含む、コンピュータ記憶媒体と通信媒体の両方を含む。記憶媒体は、コンピュータによってアクセス可能である任意の入手可能な媒体とすることができる。例として、限定はしないが、そのようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMもしくは他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置もしくは他の磁気記憶デバイス、または、命令またはデータ構造の形態の所望のプログラムコードを搬送または記憶するために用いることができ、コンピュータによってアクセス可能である、任意の他の媒体を含むことができる。また、当然、あらゆる接続がコンピュータ可読媒体と呼ばれる。たとえば、ソフトウェアが、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、デジタル加入者回線(DSL)、または赤外線、無線、およびマイクロ波などのワイヤレス技術を使用して、ウェブサイト、サーバ、または他のリモートソースから送信される場合、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、DSL、または赤外線、無線、およびマイクロ波などのワイヤレス技術は、媒体の定義に含まれる。本明細書で使用する場合、ディスク(disk)およびディスク(disc)は、コンパクトディスク(CD)、レザーディスク(登録商標)、光ディスク、デジタル多用途ディスク(DVD)、フロッピー(登録商標)ディスク、およびブルーレイディスクを含み、ディスク(disk)は、通常、磁気的にデータを再生し、ディスク(disc)は、レーザーで光学的にデータを再生する。上記の組合せもコンピュータ可読媒体の範囲内に含めるべきである。

10

20

【0046】

開示される実施形態の上記の説明は、いかなる当業者も本発明を作製または使用できるようにするために提供される。これらの実施形態への様々な修正が当業者には容易に明らかになり、本明細書で定義する一般原理は、本発明の趣旨または範囲を逸脱することなしに他の実施形態に適用され得る。したがって、本発明は、本明細書に示される実施形態に限定されるものではなく、本明細書において開示される原理および新規の特徴に矛盾しない最も広い範囲を与えられるべきである。

30

【符号の説明】

【0047】

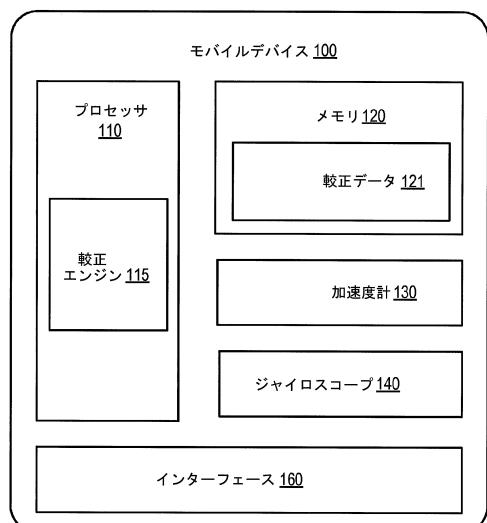
- 100 モバイルデバイス
- 110 プロセッサ
- 115 較正エンジン
- 120 メモリ
- 121 較正データ
- 130 加速度計
- 140 ジャイロスコープ
- 160 インターフェース
- 170 表面
- 180 平面
- 182 表面座標系
- 183 加速度計座標系
- 184 ジャイロスコープ座標系
- 210 平面
- 220 平面

40

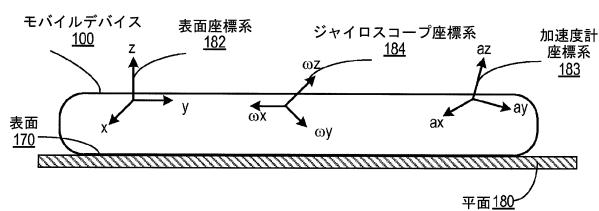
50

230 平面
 250 回転軸
 410 円
 415 半径
 420 円中心
 430 原点
 510 線
 530 原点

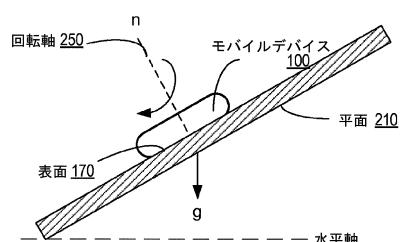
【図 1 A】



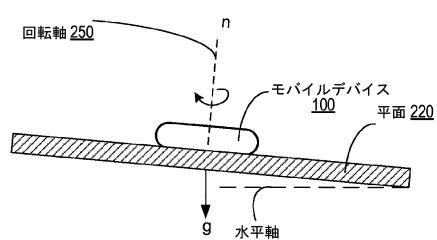
【図 1 B】



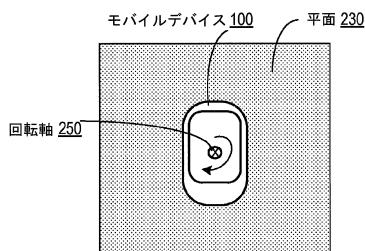
【図 2 A】



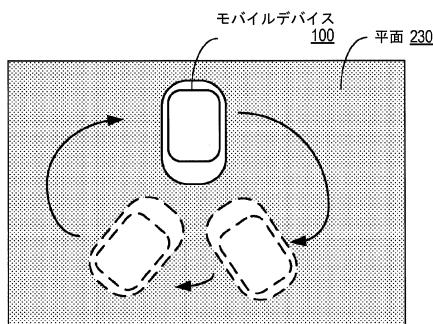
【図 2 B】



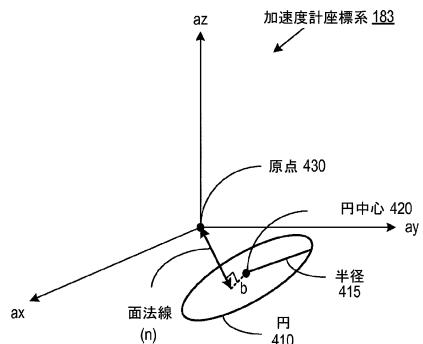
【図3A】



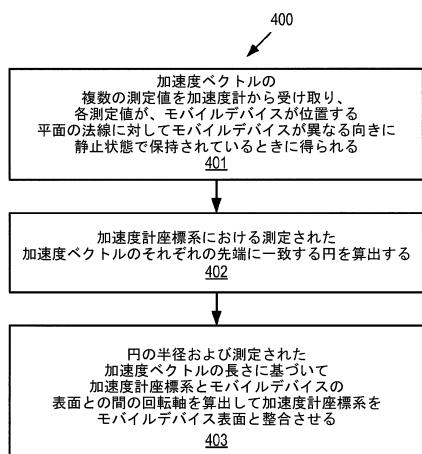
【図3B】



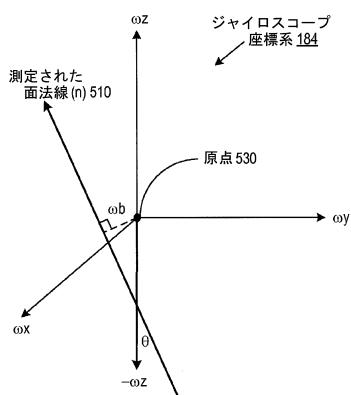
【図4A】



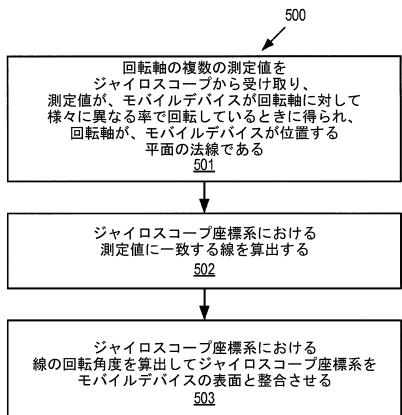
【図4B】



【図5A】



【図 5 B】



フロントページの続き

(72)発明者 アルヴィンド・ラマナンダン
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775

(72)発明者 クリストファー・ブラナー
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775

(72)発明者 ミュラリ・ラマスワミ・チャリ
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775

審査官 森 雅之

(56)参考文献 独国特許出願公開第102010001019(DE, A1)
国際公開第2008/068542(WO, A1)
欧州特許出願公開第2234003(EP, A2)
特表2012-506548(JP, A)
米国特許出願公開第2011/0077891(US, A1)
特許第5346910(JP, B2)
米国特許出願公開第2012/0203487(US, A1)
米国特許第8583392(US, B2)
特開2009-133695(JP, A)
特許第5038240(JP, B2)
特許第5577990(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01P 21/00
G01C 25/00
H04M 1/00