

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-521331
(P2018-521331A)

(43) 公表日 平成30年8月2日(2018.8.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 11/24 (2006.01)	GO 1 B 11/24 A	2 F 0 6 5
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 5 5 2	4 C 1 6 1
GO 1 B 11/00 (2006.01)	GO 1 B 11/00 A	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2018-517679 (P2018-517679)
 (86) (22) 出願日 平成28年6月17日 (2016.6.17)
 (85) 翻訳文提出日 平成30年1月11日 (2018.1.11)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2016/038187
 (87) 国際公開番号 WO2017/030648
 (87) 国際公開日 平成29年2月23日 (2017.2.23)
 (31) 優先権主張番号 62/180,829
 (32) 優先日 平成27年6月17日 (2015.6.17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 591044474
 ザ・チャールズ・スターク・ドレイパー・
 ラボラトリー・インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 02139 マサチュー
 セッツ州、ケンブリッジ、テクノロジー・
 スクエア 555
 (71) 出願人 517440483
 ルナ・イノベーションズ・インコーポレ
 イテッド
 アメリカ合衆国・ヴァージニア・2401
 1・ロアノーク・ファースト・ストリート
 ・サウスウェスト・301・スイート・2
 00
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 形状および／または位置を決定するためのシステムおよび方法

(57) 【要約】

オブジェクトの形状および／または位置を決定するためのシステムおよび方法が記載される。光ファイバ形状センサ (FOSS) が1つ以上の慣性測定ユニット (IMU) と組み合わせて用いられて、相互に位置および／または方向のセンサの測定値における誤差を、クロス修正することができる。IMUはFOSSの光ファイバに装着することができ、それにより、各IMUは光ファイバの対応する部分の方向を測定する。光ファイバの位置および形状は、それから、IMUから取得される測定値およびFOSSから取得される測定値に基づいて、決定することができる。例えば、FOSS測定値およびIMU測定値は状態推定ユニット (例えば、カルマンフィルタ) に提供することができ、そして、状態推定ユニットはそれらの測定値に基づいて光ファイバの位置および／または形状を推定することができる。いくつかの実施形態では、位置の推定が、ネット接続されたモバイル装置のナビゲーションのために使われる。

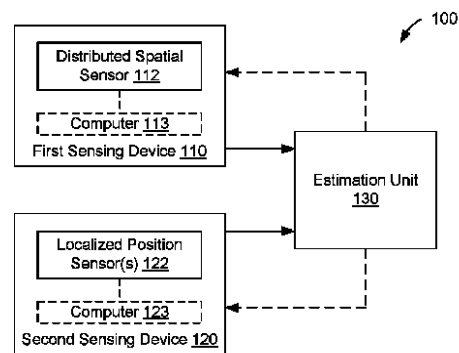


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ナビゲーションシステムであって、

分散した空間センサを備える第 1 の感知装置であって、形状、空間位置および角度位置からなるグループから選択される前記分散した空間センサの 1 つ以上の空間的特徴の測定値分布を作成するように操作可能である第 1 の感知装置と、

前記分散した空間センサの 1 つ以上の各部分に対応する 1 つ以上の局所的な位置センサを含む第 2 の感知装置であって、前記局所的な位置センサのそれぞれに対して、前記空間位置および角度位置からなるグループから選択される前記分散した空間センサの前記対応する部分の 1 つ以上の位置的特徴の局所的な測定値を作成するように操作可能である第 2 の感知装置と、

前記測定値分布および前記局所的な測定値に少なくとも部分的に基づいて前記ナビゲーションシステムの 1 つ以上の状態を推定するように操作可能な推定ユニットとを含む、システム。

【請求項 2】

前記分散した空間センサが、光ファイバを含む分散した光ファイバ形状センサを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記光ファイバが 1 つ以上の光ファイバコアを含む、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記分散した空間センサが、前記光ファイバに沿って歪み分布の測定値を作成するように操作可能であり、前記第 1 の感知装置が、前記光ファイバに沿った前記歪み分布の前記測定値に少なくとも部分的に基づいて、前記分散した空間センサの 1 つ以上の空間的特徴の前記測定値分布を作成するように操作可能である、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記 1 つ以上の局所的な位置センサが、前記分散した空間センサの対応する部分の角度位置の測定値を作成するように操作可能な少なくとも 1 つのセンサ装置を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記センサ装置が、ジャイロスコープおよび加速度計からなる前記グループから選択される少なくとも 1 つのセンサを備える慣性測定ユニットを含む、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記センサ装置が磁力計を含む、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記 1 つ以上の局所的な位置センサが、前記分散した空間センサの対応する部分の空間位置の測定値を作成するように操作可能な少なくとも 1 つのセンサ装置を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記センサ装置が、圧力センサおよび測位システム受信器からなるグループから選択される、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記センサ装置が撮像装置を含む、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記第 2 の感知装置が、前記局所的な位置センサのそれぞれに対して、前記分散した空間センサの前記対応する部分での重力ベクトルの局所的な測定値を作成するように更に操作可能である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記 1 つ以上の局所的な位置センサが第 1 の位置センサを含み、前記分散した空間センサの前記 1 つ以上の部分が前記分散した空間センサの第 1 部分を含み、前記第 1 の位置セ

10

20

30

40

50

ンサは前記分散した空間センサの前記第 1 部分に対応し、前記第 1 の位置センサは前記分散した空間センサの前記第 1 部分に接続する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 3】

前記分散した空間センサの前記第 1 部分が、前記分散した空間センサの末端部分を含む、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 4】

前記第 1 の感知装置が、前記 1 つ以上のそれぞれの局所的な位置センサに対応する前記分散した空間センサの前記 1 つ以上の部分の 1 つ以上の位置を決定するように更に操作可能である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 5】

前記システムの前記 1 つ以上の推定される状態が、前記分散した空間センサの少なくとも一部分の位置、前記分散した空間センサの少なくとも一部分の方向、前記分散した空間センサの少なくとも一部分の形状および前記分散した空間センサの少なくとも一部分の速度からなるグループから選択される少なくとも 1 つのナビゲーションパラメータを含む、請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 1 6】

前記推定ユニットが、前記測定値分布および前記局所的な測定値に少なくとも部分的に基づいて、前記少なくとも 1 つのナビゲーションパラメータの不確実性を推定するように更に操作可能である、請求項 1 5 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

前記推定ユニットが、カルマンフィルタ、拡張カルマンフィルタおよび粒子フィルタからなるグループから選択される少なくとも 1 つのフィルタを使用して、1 つ以上の状態を推定するように操作可能である、請求項 1 に記載のシステム。

20

【請求項 1 8】

前記推定ユニットが、加重平均算出、全般的状態空間推定および最適状態推定からなるグループから選択される少なくとも 1 つの数値的な状態推定技術を使用して、前記 1 つ以上の状態を推定するように操作可能である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 9】

前記推定ユニットが、前記 1 つ以上のそれぞれの局所的な位置センサに対応する前記分散した空間センサの前記 1 つ以上の部分の 1 つ以上の位置を示す較正データに少なくとも部分的に基づいて、前記 1 つ以上の状態を推定するように操作可能である、請求項 1 に記載のシステム。

30

【請求項 2 0】

前記第 1 の感知装置が前記分散した空間センサの末端部分の位置の第 1 の測定値を作成するように操作可能であり、前記第 2 の感知装置が前記分散した空間センサの前記末端部分の前記位置の第 2 の測定値を作成するように操作可能であり、前記 1 つ以上の推定される状態は前記分散した空間センサの前記末端部分の前記位置の推定を含み、前記分散した空間センサの前記末端部分の前記位置の推定は前記分散した空間センサの前記末端部分の前記位置の前記第 1 および第 2 の測定値よりも正確である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 2 1】

前記推定ユニットが、前記局所的な測定値に少なくとも部分的に基づいて、前記第 1 の感知装置の補正パラメータの値を推定するように更に操作可能である、請求項 1 に記載のシステム。

40

【請求項 2 2】

前記第 1 の感知装置によって作成する前記測定値分布が修正測定値分布を含み、前記分散した空間センサが前記分散した空間センサの 1 つ以上の空間的特徴の生の測定値分布を作成するように操作可能であり、前記第 1 の感知装置は前記生の測定値分布および前記補正パラメータの推定値に少なくとも部分的に基づいて前記修正測定値分布を作成するように操作可能である、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 3】

50

前記第 1 の感知装置が、前記補正パラメータを使用して前記分散した空間センサの一部分の角度位置の測定値における誤差を補正するように更に操作可能である、請求項 2 2 に記載のシステム。

【請求項 2 4】

前記補正パラメータの推定値が前記分散した空間センサの一部分の角度位置の測定値における誤差を示す、請求項 2 2 に記載のシステム。

【請求項 2 5】

前記第 1 の感知装置が、前記補正パラメータの推定値に少なくとも部分的に基づいて前記分散した空間センサを較正するように更に操作可能である、請求項 2 1 に記載のシステム。

10

【請求項 2 6】

前記 1 つ以上の位置センサが前記分散した空間センサの第 1 部分に対応する第 1 の位置センサを含み、前記推定ユニットが前記測定値分布に少なくとも部分的に基づいて前記第 1 の位置センサの補正パラメータの値を推定するように更に操作可能である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 2 7】

前記第 2 の感知装置によって作成される前記局所的な測定値が修正された局所的な測定値を含み、前記位置センサのそれぞれが前記分散した空間センサの前記対応する部分の 1 つ以上の位置的特徴の生の局所的な測定値を作成するように操作可能であり、前記第 2 の感知装置が、前記生の局所的な測定値および前記補正パラメータの推定値に少なくとも部分的に基づいて前記修正された局所的な測定値を作成するように操作可能である、請求項 2 6 に記載のシステム。

20

【請求項 2 8】

前記第 2 の感知装置が、前記補正パラメータを使用して、偏り誤差、スケールファクタ誤差、重力感知誤差および不良位置合せ誤差からなるグループから選択される前記第 1 の位置センサの少なくとも 1 つの誤差を補正するように、更に操作可能である、請求項 2 7 に記載のシステム。

【請求項 2 9】

前記補正パラメータの推定値が、偏り誤差、スケールファクタ誤差、重力感知誤差および不良位置合せ誤差からなるグループから選択される前記第 1 の位置センサの少なくとも 1 つの誤差を表す、請求項 2 7 に記載のシステム。

30

【請求項 3 0】

前記第 2 の感知装置が、前記補正パラメータの推定値に少なくとも部分的に基づいて前記第 1 の位置センサを較正するように更に操作可能である、請求項 2 6 に記載のシステム。

【請求項 3 1】

前記推定ユニットが、

前記 1 つ以上の局所的な位置センサの少なくとも 1 つが準安定状態にあるか否かを、前記測定値分布に少なくとも部分的に基づいて決定し、

前記少なくとも 1 つの局所的な位置センサが前記準安定状態にあると決定されると、前記少なくとも 1 つの局所的な位置センサの速度ゼロ補正を開始するように更に操作可能である、請求項 1 に記載のシステム。

40

【請求項 3 2】

モバイル装置を更に含み、前記システムの推定された 1 つ以上の状態は前記モバイル装置の位置、前記モバイル装置の方向および前記モバイル装置のパスからなるグループから選択される少なくとも 1 つのナビゲーションパラメータを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3 3】

前記モバイル装置が、ロボット、医療機器、ドリルおよび車両からなるグループから選択される、請求項 3 2 に記載のシステム。

50

【請求項 3 4】

前記推定ユニットが、同時局所化およびマッピング（SLAM）ならびにパスステッチングからなるグループから選択される少なくとも1つのタスクを、推定された少なくとも1つのナビゲーションパラメータに少なくとも部分的に基づいて実行するように更に操作可能である、請求項 3 2 に記載のシステム。

【請求項 3 5】

分散した空間センサの1つ以上の空間的特徴の測定値分布を作成することであって、前記空間的特徴は形状、空間位置および角度位置からなるグループから選択される、作成すること、

前記分散した空間センサの1つ以上の各部分に対応する1つ以上の局所的な位置センサのそれぞれに対して、前記分散した空間センサの前記対応する部分の1つ以上の位置的特徴の局所的な測定値を作成することであって、前記位置的特徴は空間位置および角度位置からなるグループから選択される、作成すること、

ナビゲーションシステムの1つ以上の状態を、前記測定値分布および前記局所的な測定値に少なくとも部分的に基づいて推定することを含む、ナビゲーション方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

本出願は「Inertial - Aided Fiber Shape Sensor」と題する、代理人記録簿番号CSDL - 2383 PRの下で2015年6月17日に提出された米国仮出願第62 / 180829号に対する優先権およびその利益を請求し、それは準拠法に違反しない範囲で本明細書に引用したものとする。

【0002】

[連邦支援研究または開発に関する声明]

本発明は、Intelligence Advanced Research Projects Activity (IARPA) によって与えられる助成金番号2014 - 14071000012の下で、政府サポートによって作成された。米国政府は、本発明における一定の権利を有する。

【0003】

本開示は、全般にオブジェクトの形状および/または位置を決定するためのシステムおよび方法に関する。いくつかの実施形態は、特に、分散した空間センサおよび1つ以上の局所的な位置センサから取得される測定値に基づいたナビゲーションのためのシステムと方法に関する。

【背景技術】

【0004】

一般に、ナビゲーションは、基準枠の範囲内でオブジェクトの位置および/または方向を決定することを必要とする。測位システムは、ナビゲーションのために用いることがある。測位システムは通常、既知の（ただし、必ずしも固定されているというわけではない）位置を有する一組の送信器から信号を送信することによって実体の位置の決定を容易にする。例えば、適切な信号は、衛星、携帯電話電波塔またはWi-Fi（登録商標）アクセスポイントから送ることができる。全地球測位システム（GPS）は、衛星ベースの測位システムの例である。適切な受信装置（例えば、GPS受信機）によって受信されると、測位システムによって送られる信号により受信装置が三角測量方式、三辺測量術または他の適切な位置検出技術を介してその位置を決定することができる。測位システムによって送信される測位信号が確実に受け取られない領域においては、測位システムを介してオブジェクトの位置を決定することは、困難か、あるいは不可能であり得る。

【0005】

慣性航法装置も、ナビゲーションのために用いる。測位システムとは対照的に、慣性航

10

20

30

40

50

法装置（INS）は、信頼される初期位置および1つ以上の慣性測定ユニット（IMU）から集められるデータに基づいて、オブジェクトの位置を決定する。IMUは、オブジェクトに物理的に接続した1つ以上の加速度計および/またはジャイロ스코ープにより提供される測定値に基づいて、オブジェクトの加速度およびオブジェクトの方向の変化を決定する。INSは推測ナビゲーション（状態推定技術）を使用して、IMUから取得される加速度および方向測定値に基づいてオブジェクトの位置および速度を推定する。特に、最初の信頼される位置を決めた後に、INSはIMUにより提供される測定値を集積して、オブジェクトが移動するにつれて、オブジェクトの速度および位置を推定する。オブジェクトの位置のINSの推定における誤差は、本明細書において、「時間依存ドリフト」または単に「ドリフト」と称される現象であり、IMUから取得される測定値における補正されていない誤差の集積化のため、時間とともに一般に増加する。長い移動の間に、ドリフトは、オブジェクトの推定された位置の有意な誤差につながり得る。ドリフトの率は、IMUが静止している時間の間、速度ゼロ補正（ZUP）を実行することによって、減らすことができる。しかしながら、ZUPを実行することはしばしば非実用的であり、その理由は、オブジェクトは静止していないことが多く、そして、オブジェクトを静止状態に置くことは実行不可能なことが多いからである。

10

【0006】

分散した空間センサ（例えば、光ファイバ形状センサ（FOSS））は、フレキシブルケーブルまたはファイバ（例えば、光ファイバ）の複数部分の空間位置および角度位置（例えば、方向）およびフレキシブルケーブルまたはファイバの形状を測定することができる第3のタイプのセンサである。光ファイバ形状センサの中には、1つ以上のファイバコアおよび光ファイバコアに光を放射しその光ファイバコアから反射光を受け取る光学周波数領域反射率計を用いることによって測定値を取得するものがある。このようにして、FOSSはファイバコア上の歪み分布を測定することができ、それは光ファイバの位置および形状を決定するために用いることができる。

20

【0007】

比較的短い光ファイバを有する光ファイバ形状センサが、カテーテル、内視鏡、関節鏡、結腸鏡、腹腔鏡およびバルーンカテーテルを含む様々な医療機器において使用可能である。このような器具で、FOSSによって取得される測定値は、患者の体内の器具の先端の位置や患者の体を通る器具のパスなどを決定するために用いることができる。この情報を用いて、カテーテル法、内視鏡検査、関節鏡検査、結腸鏡検査、腹腔鏡検査および血管形成術を含む関連医療手順に対する結果を改善することができる。

30

【0008】

従来の分散した空間センサでは、センサ較正の不備および測定値データのノイズは、位置および形状のセンサの測定値における誤差につながり得る。従来の長尺光ファイバ形状センサでは、光ファイバの長さのほぼ0.5%~1.0%の誤差でそれらの形状および端点位置を測定するものがある。光ファイバの長さが増加するにつれて、このような誤差の大きさは一般により大きくなって、最終的に、非常に長いファイバ長を必要とするいくつかの用途では容認できないレベルに達することがあり得る。また、測定値が取得されている間に光ファイバが著しい、急速な変化をその歪みの形状または状態に受ける場合、従来のFOSSは位置および形状の正確な測定値を提供することができないことがある。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】米国特許第7772541号明細書

【特許文献2】米国特許第8733650号明細書

【特許文献3】米国特許第8531655号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

50

全般に光ファイバ形状センサの、そして特に長い光ファイバ形状センサの精度を改善する技術の必要性が存在する。従来の光ファイバ形状センサにより提供される位置測定値における誤差は、センサの光ファイバの方向（例えば、姿勢および/または回転）と非常に相関している傾向がある。このように、ファイバの方向の光ファイバ形状センサの測定値における誤差に対する補正によって、位置の測定値における誤差を減らすことができる。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明者は、位置および形状の光ファイバ形状センサの測定値の精度が、ファイバの方向のFOSの測定値における誤差に対して修正するために1つ以上の局所的な位置センサと組み合わせることによって、FOSを用いて改善することができる、ということ
10
を認識して理解した。例えば、1つ以上のIMUをFOSの光ファイバに装着することができ、そうすることで、各IMUは光ファイバの対応する部分の方向を測定する。それから、光ファイバの位置および形状は、IMUから取得される測定値およびFOSから取得される測定値に基づいて決定することができる。例えば、FOS測定値およびIMU測定値は状態推定ユニット（例えば、カルマンフィルタ）に提供することができ、それはそれらの測定値に基づいて光ファイバの位置および/または形状を推定することができる。いくつかの実施形態では、位置の推定は、ネット接続されたモバイル装置のナビゲーションのために使うことができる。

【0012】

本開示の一態様によれば、ナビゲーションシステムが提供され、分散した空間センサを
20
備える第1の感知装置であって、形状、空間位置および角度位置からなるグループから選択される分散した空間センサの1つ以上の空間的特徴の測定値分布を作成するように操作可能である第1の感知装置と、分散した空間センサの1つ以上の各部分に対応する1つ以上の局所的な位置センサを含む第2の感知装置であって、局所的な位置センサのそれぞれに対して、空間位置および角度位置からなるグループから選択される分散した空間センサの対応する部分の1つ以上の位置的特徴の局所的な測定値を作成するように操作可能である第2の感知装置と、測定値分布および局所的な測定値に少なくとも部分的に基づいてナビゲーションシステムの1つ以上の状態を推定するように操作可能な推定ユニットとを含む。

【0013】

いくつかの実施形態では、分散した空間センサは、光ファイバを含む分散した光ファイ
30
バ形状センサを含む。いくつかの実施形態では、光ファイバは、1つ以上の光ファイバコアを含む。いくつかの実施形態では、分散した空間センサは光ファイバに沿って歪み分布の測定値を作成するように操作可能であり、そして、第1の感知装置は、光ファイバに沿った歪み分布の測定値に少なくとも部分的に基づいて、分散空間センサの1つ以上の空間的特徴の測定値分布を作成するように操作可能である。

【0014】

いくつかの実施形態では、1つ以上の局所的な位置センサは、分散した空間センサの対
40
応する部分の角度位置の測定値を作成するように操作可能な少なくとも1つのセンサ装置を含む。いくつかの実施形態では、センサ装置は、ジャイロスコープおよび加速度計からなるグループから選択される少なくとも1つのセンサを含む慣性測定ユニットを含む。いくつかの実施形態では、センサ装置は、磁力計を含む。

【0015】

いくつかの実施形態では、1つ以上の局所的な位置センサは、分散した空間センサの対
50
応する部分の空間位置の測定値を作成するように操作可能な少なくとも1つのセンサ装置を含む。いくつかの実施形態では、センサ装置は、圧力センサおよび測位システム受信器からなるグループから選択される。いくつかの実施形態では、センサ装置は、撮像装置を含む。

【0016】

いくつかの実施形態では、第2の感知装置は、局所的な位置センサのそれぞれに対して

、分散した空間センサの対応する部分での重力ベクトルの局所的な測定値を作成するように更に操作可能である。いくつかの実施形態において、1つ以上の局所的な位置センサは第1の位置センサを含み、分散した空間センサの1つ以上の部分は分散した空間センサの第1部分を含み、第1の位置センサは分散した空間センサの第1部分に対応し、そして、第1の位置センサは分散した空間センサの第1部分に接続している。いくつかの実施形態では、分散した空間センサの第1部分は、分散した空間センサの末端部分を含む。

【0017】

いくつかの実施形態では、第1の感知装置は、1つ以上のそれぞれの局所的な位置センサに対応する分散した空間センサの1つ以上の部分の1つ以上の位置を決定するように更に操作可能である。いくつかの実施形態において、システムの1つ以上の推定される状態は、分散した空間センサの少なくとも一部分の位置、分散した空間センサの少なくとも一部分の方向、分散した空間センサの少なくとも一部分の形状および分散した空間センサの少なくとも一部分の速度からなるグループから選択される少なくとも1つのナビゲーションパラメータを含む。いくつかの実施形態では、推定ユニットは、測定値分布および局所的な測定値に少なくとも部分的に基づいて、少なくとも1つのナビゲーションパラメータの不確実性を推定するように更に操作可能である。

10

【0018】

いくつかの実施形態では、推定ユニットは、カルマンフィルタ、拡張カルマンフィルタおよび粒子フィルタからなるグループから選択される少なくとも1つのフィルタを使用して、1つ以上の状態を推定するように操作可能である。いくつかの実施形態では、推定ユニットは、加重平均算出、全般的状態空間推定および最適状態推定からなるグループから選択される少なくとも1つの数値的な状態推定技術を使用して、1つ以上の状態を推定するように操作可能である。いくつかの実施形態では、推定ユニットは、1つ以上のそれぞれの局所的な位置センサに対応する分散した空間センサの1つ以上の部分の1つ以上の位置を示す校正データに少なくとも部分的に基づいて、1つ以上の状態を推定するように操作可能である。

20

【0019】

いくつかの実施形態において、第1の感知装置は分散空間センサの末端部分の位置の第1の測定値を作成するように操作可能であり、第2の感知装置は分散した空間センサの末端部分の位置の第2の測定値を作成するように操作可能であり、1つ以上の推定される状態は分散した空間センサの末端部分の位置の推定を含み、そして、分散した空間センサの末端部分の位置の推定は分散した空間センサの末端部分の位置の第1および第2の測定値よりも正確である。

30

【0020】

いくつかの実施形態では、推定ユニットは、局所的な測定値に少なくとも部分的に基づいて、第1の感知装置の補正パラメータの値を推定するように更に操作可能である。いくつかの実施形態において、第1の感知装置によって作成する測定値分布は修正測定値分布を含み、分散した空間センサは分散した空間センサの1つ以上の空間的特徴の生の測定値分布を作成するように操作可能であり、そして、第1の感知装置は生の測定値分布および補正パラメータの推定値に少なくとも部分的に基づいて修正測定値分布を作成するように操作可能である。いくつかの実施形態では、第1の感知装置は、補正パラメータを使用して分散した空間センサの一部分の角度位置の測定値における誤差を補正するように更に操作可能である。いくつかの実施形態では、補正パラメータの推定値は、分散した空間センサの一部分の角度位置の測定値における誤差を表す。いくつかの実施形態では、第1の感知装置は、補正パラメータの推定値に少なくとも部分的に基づいて分散した空間センサを校正するように更に操作可能である。

40

【0021】

いくつかの実施形態では、1つ以上の位置センサは分散した空間センサの第1部分に対応する第1の位置センサを含み、そして、推定ユニットは、測定値分布に少なくとも部分的に基づいて第1の位置センサの補正パラメータの値を推定するように更に操作可能であ

50

る。いくつかの実施形態において、第2の感知装置によって作成される局所的な測定値は修正された局所的な測定値を含み、各位置センサは分散した空間センサの対応する部分の1つ以上の位置的特徴の生の局所的な測定値を作成するように操作可能であり、そして、第2の感知装置は、生の局所的な測定値および補正パラメータの推定値に少なくとも部分的に基づいて修正された局所的な測定値を作成するように、操作可能である。いくつかの実施形態では、第2の感知装置は、補正パラメータを使用して、偏り誤差、スケールファクタ誤差、重力感知誤差および不良位置合せ誤差からなるグループから選択される第1の位置センサの少なくとも1つの誤差を補正するように、更に操作可能である。いくつかの実施形態では、補正パラメータの推定値は、偏り誤差、スケールファクタ誤差、重力感知誤差および不良位置合せ誤差からなるグループから選択される第1の位置センサの少なくとも1つの誤差を表す。いくつかの実施形態では、第2の感知装置は、第1の位置センサを補正パラメータの推定値に少なくとも部分的に基づいて較正するように更に操作可能である。

10

【0022】

いくつかの実施形態では、推定ユニットは、1つ以上の局所的な位置センサの少なくとも1つが準安定状態にあるか否かを、測定値分布に少なくとも部分的に基づいて決定し、そして、少なくとも1つの局所的な位置センサが準安定状態にあると決定されると、少なくとも1つの局所的な位置センサの速度ゼロ補正を開始するように更に操作可能である。

【0023】

いくつかの実施形態では、システムはモバイル装置を更に含み、そして、システムの推定された1つ以上の状態はモバイル装置の位置、モバイル装置の方向およびモバイル装置のパスからなるグループから選択される少なくとも1つのナビゲーションパラメータを含む。いくつかの実施形態では、モバイル装置は、ロボット、医療機器、ドリルおよび車両からなるグループから選択される。いくつかの実施形態では、推定ユニットは、同時局所化およびマッピング(SLAM)ならびにパスステッチングからなるグループから選択される少なくとも1つのタスクを、推定された少なくとも1つのナビゲーションパラメータに少なくとも部分的に基づいて実行するように、更に操作可能である。

20

【0024】

本開示の別の態様によれば、ナビゲーション方法が提供され、形状、空間位置および角度位置からなるグループから選択される分散した空間センサの1つ以上の空間的特徴の測定値分布を作成することと、分散した空間センサの1つ以上の各部分に対応する1つ以上の局所的な位置センサのそれぞれに対して、空間位置および角度位置からなるグループから選択される分散した空間センサの対応する部分の1つ以上の位置的特徴の局所的な測定値を作成することと、ナビゲーションシステムの1つ以上の状態を測定値分布および局所的な測定値に少なくとも部分的に基づいて推定することとを含む。

30

【0025】

本開示に記載されている内容の特定の実装は、以下の利点の1つ以上を実現することができる。いくつかの実施形態において、分散した空間センサ(例えば、光ファイバ形状センサ)および1つ以上の局所的な位置センサ(例えば、慣性測定ユニット)を含むナビゲーションシステムは、構成要素の感知装置の測定値における誤差の相互修正を他の感知装置の測定値に基づいて実行することができる。本ナビゲーションシステムは、長い期間の後であっても著しいドリフトを呈しない、オブジェクトの位置の正確な推定を提供することができる。本ナビゲーションシステムは、長い光ファイバ(例えば、100メートル以上の長さを有する光ファイバ)が光ファイバ形状感知のために用いられるときでも著しい誤差を呈しない、オブジェクトの位置の正確な推定を提供することができる。本ナビゲーションシステムは、光ファイバ形状センサが短い期間の間に著しい、急速な変化をその歪みの形状または状態に受ける期間の間にさえ、オブジェクトの位置の正確な推定を提供することができる。いくつかの実施形態では、本ナビゲーションシステムは、ファイバ長さのほぼ0.1%という低さの、あるいはいくつかの実施形態においてはそれより低い平均誤差で、光ファイバの形状および端点位置を測定する。

40

50

【0026】

本開示に記載されている内容の特定の実装は、様々な用途のために用いることもできる。例えば、分散した空間センサ（例えば、光ファイバ形状センサ）および1つ以上の局所的な位置センサ（例えば、慣性測定ユニット）を含むナビゲーションシステムは、地上および地球外の装置を含むネット接続されたモバイル装置のナビゲーションのために用いることができる。特に、ナビゲーションシステムは、地下もしくは沖合の掘削作業の掘削機器のナビゲーションのために、地下もしくは潜水探査動作の車両（例えば、自律車両（AV）および/または遠隔作業車両（ROV））のナビゲーションのために、または、他のいかなる適切なネット接続されたモバイル装置のナビゲーションのためにも用いることができる。本明細書において記載する実施形態は、地下または水面下の環境でのナビゲーションのために使われるときに特に利点があり、なぜなら、それら自体の測位システムがそのような環境においては信頼できないものであり、それら自体の慣性航法装置の精度は、このような環境での特定の作業（例えば、掘削作業および/または探査作業）に対しては不十分な可能性があるからである。別の例として、いくつかの実施形態は、同時局所化およびマッピング（SLAM）タスクのため、ロボットマッピングのため、または、ロボットパスステッチングのために使うことができる。

10

【0027】

本発明の他の態様および利点は以下の図面、詳述および請求項から明らかになるが、その全ては、例だけによって本発明の原理を説明する。いくつかの実施形態に対する動機付けの記述および/またはいくつかの実施形態の利点を含んで、前述の概要は、読者が本開示を理解するのを支援することを目的としており、いずれの請求項の範囲もいかなる形であれ制限するものではない。

20

【0028】

本開示の各種実施形態は、添付図面と連動して行われる以下の記述を参照することによって理解することができる。図面において、同様の参照文字は、異なる図の全体にわたって全般に同じ部品を参照するものである。また、図面は必ずしも一定の比率であるというわけではなく、その代わりに、本発明のいくつかの実施形態の原則を例示するにあたっては一般に強調がなされる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

30

【図1】いくつかの実施形態による、オブジェクトの形状および/または位置を決定するシステムのブロック図を示す。

【図2A】図1において表されるシステムの実施形態のブロック図を示す。

【図2B】いくつかの実施形態による、ステッチングされたパス測定値技術の説明を示す。

【図3】いくつかの実施形態による、オブジェクトの形状および/または位置を決定する方法のフローチャートを示す。

【図4A】いくつかの実施形態による、分散した空間センサと1つ以上の局所的な位置センサを接続するためのそれぞれのケーブルの配線系統図を示す。

【図4B】いくつかの実施形態による、分散した空間センサと1つ以上の局所的な位置センサを接続するためのそれぞれのケーブルの配線系統図を示す。

40

【図4C】いくつかの実施形態による、分散した空間センサと1つ以上の局所的な位置センサを接続するためのそれぞれのケーブルの配線系統図を示す。

【図5】いくつかの実施形態による、コンピュータのブロック図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0030】

[用語]

本明細書において使用する場合、オブジェクトの「空間的特徴」は、オブジェクトまたはその一部分の形状および/または位置（例えば、空間位置および/または角度位置）を含むことができる。オブジェクトの空間的特徴は、絶対的なものであるか、あるいは基準

50

点に対して相対的に測定したものであり得る。

【 0 0 3 1 】

本明細書において使用する場合、オブジェクトの空間的特徴の一組の「測定値分布」は、オブジェクトの少なくとも一部分にわたって分散する測定値を含むことができ、オブジェクトのその一部分のサイズと関連して高解像度を有することができる。例えば、一組の測定値分布において、隣接する測定値間の平均距離は、センチメートル、ミリメートル、数百マイクロメートル、数十マイクロメートル、マイクロメートルまたはそれより少ないオーダーであり得る。別の例として、一組の測定値分布は、長さ方向の10センチメートルの最小限の曲げ半径を有するオブジェクトに対して長さ1センチメートルにつき1つの測定値を含むことができる。別の例として、一組の測定値分布は、オブジェクトの少なくとも一部分にわたって分散し、かつ、オブジェクトのその一部分の全体にわたって連続的である測定値を含むことができる。

10

【 0 0 3 2 】

本明細書において使用する場合、オブジェクトの「位置的特徴」はオブジェクトまたはその一部分の位置（例えば、空間位置および/または角度位置）を含むことができ、それは基準点に対して相対的に測定することができる。代わりに、または、加えて、オブジェクトの位置的特徴は、オブジェクトまたはその一部分の速度、および/または、オブジェクトまたはその一部分に作用する重力ベクトルを含むことができる。

【 0 0 3 3 】

本明細書において使用する場合、オブジェクトの位置的特徴の「局所的な測定値」は、オブジェクトの位置的特徴の個々の測定値、またはオブジェクトの少なくとも一部分にわたって分散され、オブジェクトのその一部分のサイズと比べて長さにおいてより小さい解像度を有する一組の測定値を含むことができる。例えば一組の局所的な測定値において、隣接する測定値間の平均距離は数十センチメートル、メートル、またはそれより大きいオーダーにもあってもよい。

20

【 0 0 3 4 】

[オブジェクトの形状および/または位置を決定するための例示的システム]

図1は、いくつかの実施形態による、オブジェクトの形状および/または位置を決定するためのシステム100を示す。システム100は、ナビゲーションシステムとして用いることができる。図1の例において、システム100は第1の感知装置110および第2の感知装置120を含み、その両方が測定値を推定ユニット130に提供する。特に、第1の感知装置110は、分散した空間センサ112を含んで、オブジェクトの空間的特徴の測定値分布を推定ユニット130に提供する。第2の感知装置120は、1つ以上の局所的な位置センサ122を含んで、オブジェクトの位置的特徴の局所的な測定値を推定ユニット130に提供する。推定ユニット130は、感知装置により提供される測定値を使用して、オブジェクト（例えば、位置、形状など）の空間および/または位置的特徴を推定し、感知装置によって取得される測定値における誤差を補正するために用いることができる補正パラメータの値を推定し、および/または、他の適切なパラメータ（例えば、ナビゲーションパラメータ）の値を推定することができる。

30

【 0 0 3 5 】

第1の感知装置110の分散した空間センサ112は、オブジェクトの空間的特徴の測定値（例えば、分散3次元測定値）を提供する。いくつかの実施形態では、分散した空間センサ112は、FOS Sである。FOS Sは、1つ以上のファイバコア（例えば、1つ以上の単一コア光ファイバまたは1つ以上のファイバコアを有するマルチコア光ファイバ）を有する光ファイバを含むことができる。FOS Sは、光ファイバに沿って歪み分布を測定し、そして歪み分布の測定値に基づいて光ファイバの空間的特徴の測定値（例えば、測定値分布）を作成することができる。いくつかの実施形態では、FOS Sは、特許文献1、特許文献2および/または特許文献3にて説明されるように実施され、これらの特許は本明細書においてその全体を参照して援用する。

40

【 0 0 3 6 】

50

局所的な位置センサ 1 2 2 と関連して、分散した空間センサ 1 1 2 は、同程度の精度およびより粗い精度で位置（例えば、絶対的または相対的な 3 次元位置）を測定することができ、時間経過による精度のドリフトをほとんど呈することがない。いくつかの実施形態では、光ファイバの角度位置（例えば、方向）と空間位置の分散した空間センサの測定値の間には有意な統計的相関（例えば、0.8 以上、0.85 以上または 0.86 以上）があり得る。

【0037】

いくつかの実施形態では、分散した空間センサ 1 1 2 は、ファイバの範囲内で歪みの内部分布を測定してファイバの形状および方向を決定するために用いる 2 つ以上の光コアを有する光ファイバを含む。いくつかの実施形態では、1 つ以上の単一コア光ファイバは構造に結合されて、構造の歪みの分布を測定して、構造の形状および方向を決定する。

10

【0038】

いくつかの実施形態では、第 1 の感知装置 1 1 0 はまた、コンピュータ 1 1 3 を含む。コンピュータ 1 1 3 は、分散した空間センサ 1 1 2 の動作を（例えば、コンピュータ 1 1 3 上で実行しているプログラムで決定される時点または条件の下で測定値の収集を開始することによって）制御することができる。いくつかの実施形態では、コンピュータ 1 1 3 は、適切な較正データを使用して分散した空間センサ 1 1 2 を較正することができる。いくつかの実施形態では、コンピュータ 1 1 3 は、分散した空間センサ 1 1 2 によって取得されるオブジェクトの空間的特徴の生の測定値に補正モデルを適用することによって、オブジェクトの空間的特徴の修正測定値を生成することができる。分散した空間センサ 1 1 2 を較正するためにコンピュータ 1 1 3 により用いられる較正手順および/または修正測定値を作成するためにコンピュータ 1 1 3 により用いられる補正モデルは、1 つ以上の補正パラメータを有することができ、その値は推定ユニット 1 3 0 によって提供することができる。いくつかの実施形態では、第 1 の感知装置 1 1 0 は、生の測定値を提供することに加えて、または、その代わりに、修正測定値を推定ユニット 1 3 0 に提供することができる。

20

【0039】

図 1 をなお参照すると、第 2 の感知装置 1 2 0 の局所的な位置センサ 1 2 2 のそれぞれは、オブジェクトの対応する部分（例えば、第 1 の感知装置 1 1 0 の光ファイバ形状センサの光ファイバの一部）の位置的特徴の測定値（例えば、局所的な測定値）を提供する。いくつかの実施形態において、局所的な位置センサ 1 2 2 は、分散した空間センサ 1 1 2 の局所的な部分の空間位置および/または角度位置（例えば、姿勢、回転、方向など）を決定するために用いることができる測定値を提供するいかなるセンサまたはアクチュエータでもあってもよい。いくつかの実施形態では、少なくとも 1 つの局所的な位置センサ 1 2 2 は、光ファイバの対応する部分の角度位置（例えば、姿勢および/または回転）を測定する。例えば、局所的な位置センサ 1 2 2 は IMU を含むことができ、この IMU は、1 つ以上のジャイロスコープ、加速度計および/または磁力計から取得される測定値に基づいて、光ファイバの一部の角度位置を決定することができる。

30

【0040】

いくつかの実施形態では、少なくとも 1 つの局所的な位置センサ 1 2 2 は、第 1 の感知装置 1 1 0 の F O S S の光ファイバの対応する部分の空間位置を測定する。例えば、局所的な位置センサ 1 2 2 は圧力センサを含むことができ、それは光ファイバの対応する部分の垂直距離、高度または深さを計測することができる。別の例として、局所的な位置センサ 1 2 2 は測位システム受信器（例えば、GPS 受信機）を含むことができ、それは光ファイバの対応する部分の絶対位置を測定することができる。

40

【0041】

分散した空間センサ 1 1 2 と比較して、局所的な位置センサ 1 2 2 は推測ナビゲーションのために用いられるときに、同程度であるかより良い精度で位置（例えば、3 次元の絶対位置）を測定することができ、より微細な精度で位置を測定することができ、時間経過によって精度の著しいドリフトを呈し得る。

50

【 0 0 4 2 】

いくつかの実施形態では、第2の感知装置120はまた、コンピュータ123を含む。コンピュータ123は、局所的な位置センサ122の動作を（例えば、コンピュータ123上で実行しているプログラムで決定される時点または条件の下で測定値の収集を開始することによって）制御することができる。いくつかの実施形態では、コンピュータ123は、適切な校正データを使用している局所的な位置センサ122を校正することができる。いくつかの実施形態では、コンピュータ123は、局所的な位置センサ122によって取得されるオブジェクトの位置的特徴の生の測定値に1つ以上の補正モデルを適用することによって、オブジェクトの位置的特徴の修正測定値を生成することができる。局所的な位置センサ122を校正するためにコンピュータ123により用いられる校正手順および/または修正測定値を作成するためにコンピュータ123により用いられる補正モデルは、1つ以上の補正パラメータを使用することができ、その値は推定ユニット130によって提供することができる。いくつかの実施形態では、第2の感知装置120は、生の測定値を提供することに加えて、または、その代わりに、修正測定値を推定ユニット130に提供することができる。

10

【 0 0 4 3 】

いくつかの実施形態では、第1の感知装置110および第2の感知装置120は、補完的な特性を有する。例えば、第1の感知装置110は分散した空間センサ112の一部が移動している間は正確な測定値を提供することができないが、第2の感知装置120は局所的な位置センサ122が移動している間でも正確な測定値を提供することができる。別の例として、第1の感知装置110の精度は1つ以上のパラメータ（例えば、分散した空間センサ112の部分の角度位置）の値に依存する可能性があり、第2の感知装置120はそれらのパラメータの値の正確な測定値を提供することができる。いくつかの実施形態では、補完的な特性を有する感知装置110および120の使用により、システム100の精度を著しく改善することができる。

20

【 0 0 4 4 】

推定ユニット130は、感知装置により提供される測定値に基づいて（例えば、第1の感知装置110により提供される空間測定値および第2の感知装置120により提供される位置測定値の組合せに基づいて）、1つ以上のシステム状態を推定することができる。推定ユニット130によって推定される状態は、局所的な位置センサの位置的特徴および/または分散した空間センサの空間的特徴を含むことができる。加えて、または、択一的に、推定ユニット130によって推定される状態は、ナビゲーションパラメータ、例えば、オブジェクトまたはその一部分の位置、方向、パス、速度などの値を含むことができる。推定された位置（例えば、位置および方向）は、絶対位置であるか、基準位置に対する相対的なものでもよい。空間的、位置的、またはナビゲーションのデータによって特徴づけられるオブジェクトは、ネット接続されたモバイル装置（例えば、医療機器、ロボット、自律車両（AV）、遠隔作業車両（ROV）または他の車両、ドリルまたは他の掘削機器など）もしくはその一部分、分散した空間センサ112もしくはその一部分（例えば、光ファイバの末端部分）、または任意の適切な他のオブジェクトであってもよい。いくつかの実施形態において、推定ユニット130により提供される空間的特徴、位置的特徴および/またはナビゲーションパラメータの推定は、第1の感知装置110および第2の感知装置120により提供される対応する測定値よりも正確である。

30

40

【 0 0 4 5 】

推定ユニット130によって推定される状態は、感知装置によって取得される測定値における誤差を補正するために用いることができる補正パラメータの値を含むことができる。例えば、第1の感知装置110は、分散した空間センサ112の再校正のための、または、分散した空間センサ112によって取得される生の測定値（例えば、湾曲、ねじれ、歪みなどの生の測定値）における誤差の修正のための補正パラメータの少なくとも1つを使用することができる。補正パラメータは、例えば、分散した空間センサ112についてコンピュータ113によって実行される校正手順のパラメータでもよく、または、コンピ

50

ユーザ 1 1 3 によって分散した空間センサ 1 1 2 の生の測定値に適用される補正モデルのパラメータであってもよい。第 2 の感知装置 1 2 0 は、局所的な位置センサ 1 2 2 の再較正のため、または、局所的な位置センサ 1 2 2 によって取得される生の測定値における誤差の修正のために補正パラメータの少なくとも 1 つを使用することができる。補正パラメータは、例えば、局所的な位置センサ 1 2 2 についてコンピュータ 1 2 3 によって実行される較正手順のパラメータでもよく、または、コンピュータ 1 2 3 によって局所的な位置センサ 1 2 2 の生の測定値に適用される補正モデルのパラメータであってもよい。推定ユニット 1 3 0 は、指定されたイベントの発生に応答して（例えば、測定値の新規な一組がそれぞれ第 1 の感知装置 1 1 0 から取得された後）、絶えず、周期的に、断続的に、予定された時間に、または、他の任意の適切な時間に、補正パラメータの更新された値を決定し、および / または更新された値を感知装置に提供することができる。

10

【 0 0 4 6 】

いくつかの実施形態では、推定ユニット 1 3 0 は、推定ユニットにより提供される推定値の不確実性の量を推定する。不確実性の推定は、第 1 の感知装置 1 1 0 により提供される測定値および / または第 2 の感知装置 1 2 0 により提供される測定値に基づいてもよい。

【 0 0 4 7 】

いくつかの実施形態では、推定ユニット 1 3 0 は状態推定フィルタ（例えば、カルマンフィルタ、拡張カルマンフィルタ、粒子フィルタなど）または別の状態推定技術（例えば、加重平均算出、全般的な状態空間推定、最適状態推定など）を実施して、そこにおいて、状態および / または不確実性の値を推定する。上述の通り、推定は、第 1 の感知装置 1 1 0 により提供される測定値および / または第 2 の感知装置 1 2 0 により提供される測定値に少なくとも部分的に基づくことができる。いくつかの実施形態では、推定は、分散した空間センサ 1 1 2 のどの部分がそれぞれの局所的な位置センサ 1 2 2 に対応するかについて示すセンサ間較正データに、更に基づく。

20

【 0 0 4 8 】

図 2 A は、オブジェクトの形状および / または位置を決定するシステム 1 0 0 の実施形態であるシステム 2 0 0 を示す。システム 2 0 0 は、第 1 の感知装置 2 1 0、第 2 の感知装置 2 2 0 および推定ユニット 2 3 0 を含み、それらはそれぞれ、システム 1 0 0 の第 1 の感知装置 1 1 0、第 2 の感知装置 1 2 0 および推定ユニット 1 3 0 の実施形態である。第 1 の感知装置 2 1 0 は、F O S S 2 1 2 を含み、これは分散した空間センサ 1 1 2 の実施形態であり、そして、第 2 の感知装置 2 2 0 は I M U 2 2 2 を含み、これは局所的な位置センサ 1 2 2 の実施形態である。

30

【 0 0 4 9 】

光ファイバ形状センサ 2 1 2 は、光ファイバ 2 1 6 およびコントローラ 2 1 8 を含む。光ファイバ 2 1 6 は、1 つ以上のファイバコアを含む。コントローラ 2 1 8 は、ファイバコアに光を発射し、それから反射光を受け取ることができる光学的周波数領域反射率計を含む。反射率計によって受け取られる反射光の特性に基づいて、コントローラは、ファイバコアに対する歪み分布を測定することができ、そしてそれに基づいて、光ファイバ 2 1 6 の空間的特徴の測定値（例えば、測定値分布）を提供することができる。

40

【 0 0 5 0 】

図 2 A の例において、第 2 の感知装置 2 2 0 は 5 つの I M U 2 2 2 a ~ e を含み、それらは、それぞれ、光ファイバ 2 1 6 の 5 つの部分 2 1 4 a ~ e に装着される。各 I M U 2 2 2 は、I M U の位置的特徴の測定値（例えば、局所的な測定値）を作成することができる。I M U 2 2 2 が光ファイバ 2 1 6 の対応する部分 2 1 4 に装着されるので、各 I M U 2 2 2 の位置的特徴は光ファイバ 2 1 6 の対応する部分 2 1 4 の位置的特徴と実質的に類似している。このように、各 I M U は、光ファイバ 2 1 6 の対応する部分の位置的特徴の測定値（例えば、局所的な測定値）を作成することができる。（いくつかの実施形態では、第 2 の感知装置 1 2 0 または推定ユニット 1 3 0 のいずれかは補正モデルを適用して、I M U 2 2 2 の公称位置と光ファイバ 2 1 6 の対応する部分 2 1 4 の公称位置の差を補正

50

することができる。)

【0051】

図2Aの例において、システム200は5つのIMU222を含み、うち2つのIMU222aおよび222eは光ファイバ216の端部に置かれ、そして、その他の3つのIMU222b~222dは光ファイバ216の全長に沿って均一分散される。しかしながら、いくつかの実施形態は図2Aに示されるIMUの数または配置に限られていない。システム200はいかなる好適な方法でも配置される任意の適切な数のIMU222を含むことができる。いくつかの実施形態では、システム200は、光ファイバの末端部分214e(すなわち、反射率計から最も遠い光ファイバの端部)に装着される単一のIMU222を含む。光ファイバ216の末端部分214eにIMU222を装着することでシステム200の精度を大幅に向上させることができ、これは、光ファイバ形状センサ212により提供される生の測定値の累積誤差は通常、光ファイバ216の末端部分214eで最も大きいからである。

10

【0052】

いくつかの実施形態では、第1の感知装置210は、光ファイバ216のどの部分214がそれぞれのIMU222に対応するかについて示すセンサ間較正データを作成する。以下に更に詳細に説明するように、センサ間較正データは、光ファイバ216にIMU222を装着するための機構を提供するケーブルによって生成することができる。第1の感知装置210はセンサ間較正データを推定ユニット230に提供して、ナビゲーションパラメータ、補正パラメータなどの推定を容易にすることができる。

20

【0053】

いくつかの実施形態では、FOSS212およびIMU222は、補完的な属性を有する。例えば、FOSS測定値における誤差は光ファイバ216の長さの関数として一般に拡大するが、IMU測定値における誤差は最も直近の速度ゼロ補正(ZUP)から経過した時間の量の関数として一般に拡大する。別の例として、FOSS212は光ファイバ216が急速に移動していない(例えば、比較的短い期間にわたって形状または歪みに大きな変化を受けない)間は正確な測定値を一般に提供するが、IMUは光ファイバ216が移動している間でさえ正確な測定値を一般に提供することができる。更に別の例として、FOSS212は光ファイバ216の部分の方向の非常に正確な測定値を提供することができないが、IMU222は光ファイバ216の対応する部分214の方向の非常に正確な測定値を一般に提供することができる。

30

【0054】

図2Aに更に示すように、推定ユニット230は、第1の感知装置210により提供される測定値、第2の感知装置220により提供される測定値および/またはセンサ間較正データに基づいて補正パラメータ(そして、オプションとしてその不確実性)を推定することができる。補正パラメータは、IMU222a~eに対応する光ファイバ216の部分214a~eの方向のFOSS測定値における誤差のための補正に適している1つ以上のパラメータ $P_A \sim P_E$ を含むことができる。例えば、推定ユニット230は、センサ間較正データを使用して、第1の感知装置210により提供される測定値のうちどちらが光ファイバ216の部分214a~eの方向を表すかについて決定することができる。光ファイバ216のこのような部分214ごとに、推定ユニット230は、FOSS212により提供される方向測定値と、対応するIMU222により提供される方向測定値の間の差D1を決定することができる。光ファイバ216の特定部分214の方向に対する補正パラメータPの値は、光ファイバのその部分に対してFOSS212によって、そして、IMU222によって測定される方向の間の差D1に等しくてもよく、または、さもなければ差D1に基づいて算出することができる。あるいは、光ファイバ216の特定部分214のための補正パラメータPの値は、ファイバのその部分のための対応するIMU222により提供される方向測定値に等しくてもよい。

40

【0055】

推定ユニット230は、補正パラメータ $P_A \sim P_E$ の値を第1の感知装置210に提供

50

することができ、第1の感知装置210は補正パラメータを使用して光ファイバ216の部分214 a ~ eの方向のF O S S測定値における誤差を補正することができる。いくつかの実施形態では、第1の感知装置210は補正パラメータPを使用して、F O S S 212を再較正する。いくつかの実施形態では、補正パラメータPは、F O S S 212により提供される生の測定値を修正測定値に換算する第1の感知装置210により用いられる補正モデルのパラメータである。例えば、補正モデルを使用することで、光ファイバ216の部分214の方向のF O S S測定値を対応するI M U測定値で置き換えることができ、またはそうでなければ、F O S S測定値と対応するI M U測定値の差に基づいて、方向のF O S S測定値を調整する。補正モデルを使用することで、修正方向値に基づいて光ファイバ216の位置および形状のF O S S測定値を修正することもできる。その結果、補正パラメータPの使用により、第1の感知装置210によって提供される測定値の精度を強化することができる、光ファイバ216の全長にわたる誤差の累積を減らすことができる。

10

【0056】

補償パラメータは、偏り誤差、スケールファクタ誤差、重力感受性誤差、不良位置合せ誤差などによって生じるI M U測定値における誤差のための補正に適している1つ以上のパラメータQを含むこともできる。例えば、第1の感知装置210により提供される測定値のうちどちらがI M U 222 a ~ eに対応する光ファイバ216の部分214 a ~ eの空間位置を表すかについて決定するために、推定ユニット230は、センサ間較正データを使用することができる。I M U 222ごとに、推定ユニット230は、F O S S 212により提供される空間位置測定値と対応するI M U 222により提供される空間位置測定値との間の差D2を決定することができる。I M U 222の位置に対する補正パラメータQの値は、F O S S 212によって、そして、光ファイバ216の対応する部分214のためのI M U 222によって測定される位置の間の差D2に等しいものであり得るか、または、さもなければ差D2に基づいて算出することができる。あるいは、特定のI M U 222に対する補正パラメータQの値は、光ファイバ216の対応する部分214に対するF O S S 212により提供される位置測定値に等しいものであり得る。

20

【0057】

推定ユニット230は補正パラメータQの値を第2の感知装置220に提供することができ、それは補正パラメータQを使用してI M Uの位置のI M U測定値における誤差を補正することができる。いくつかの実施形態では、第2の感知装置220は補正パラメータQを使用してI M U 222を再較正し、それによって1つ以上のI M Uの偏り誤差、スケールファクタ誤差、重力感知誤差、不良位置合せ誤差などを減らすことができる。いくつかの実施形態では、補正パラメータQは、I M U 222により提供される生の測定値を修正測定値に変換する第2の感知装置220により用いられる補正モデルのパラメータである。例えば、補正モデルを適用することによって、I M U 222の位置のI M U測定値を光ファイバ216の対応する部分214の位置のF O S S測定値に置き換えることができるか、またはF O S S測定値と対応するI M U測定値との間の差に基づいて、位置のI M U測定値を調整することができる。その結果、補正パラメータQの使用が、第2の感知装置220により提供される測定値の精度を（例えば、経時的な誤差の蓄積を減らすことによって）強化することができる。

30

40

【0058】

いくつかの実施形態では、推定ユニット230は、I M U 222が準安定状態にあるときに、I M Uの速度ゼロ補正（Z U P T）を、開始する。上述の通り、I M Uが静止しているときにZ U P Tを実行することは、特にI M Uの以前のZ U P Tから長い期間が経過しているときに、I M Uにより提供される測定値における誤差を減らすことができる。しかしながら、システム200は、I M U 222がめったに静止しない、または、まれにしか静止しない用途のために用いられ得る。このような用途に対して、I M U測定値の精度（従って、推測ナビゲーション技術を使用してI M U測定値から導かれるナビゲーションパラメータの精度）は、I M Uが準安定状態にあるときにZ U P Tを実行することによって改善することができる。I M Uが完全に静的状態にはなく（例えば、完全に固定されて

50

いない)、しかし、有意な量の動作は受けていないときに、IMUは準安定状態にある。いくつかの実施形態では、推定ユニット230は、感知装置210および220により提供される測定値データに基づいてIMU222が静止しているかまたは準安定状態にあるかを決定することができ、IMUが静止しているかまたは準安定状態にあると決定されるときにIMUのZUP Tを開始することができる。

【0059】

推定ユニット230は、任意の適切な技術を使用してIMU222が準安定状態にあるか否かを決定することができる。例えば、推定ユニット230は、分散した空間センサ212の光ファイバ216が静止していることを示す信号を受信することができ、それに基づいて、推定ユニットはIMU222が準安定状態にあると決定することができる。この

10

【0060】

システム100または200がネット接続されたモバイル装置のナビゲーションのために用いられるいくつかの実施形態を記述してきた。例えば、光ファイバ形状センサの末端部分はモバイル装置に接続することができ、そして、システム100または200はFOSSの末端部分の位置および/またはパスを決定するために用いることができ、それはモバイル装置の位置および/またはパスに密接に近い。適切なモバイル装置の例は、掘削機

20

【0061】

いくつかの実施形態では、システム100または200は、限定するものではないが、同時局所化およびマッピング(SLAM)、ロボットマッピングおよびパスステッチングを含む他のタスクを遂行するために用いることができる。一般に「パスステッチング」は、領域(例えば、チューブのネットワーク)のマッピングのプロセスを指し、そのプロセスでは分散した空間センサをロボットまたは車両が領域を通して引き、分散した空間センサからの測定値は領域を通るパスのマップを形成するために一緒に「ステッチングされる。従来の光ファイバ形状センサがパスステッチングのために用いられるときに、FOSSの光ファイバの長さは通常、マッピングされているパスの湾曲特徴の長さと同じ規模の

30

【0062】

システム200の実施形態によって実行することができるパスステッチングの技術の図解を図2Bに示す。図2Bの例において、FOSSの光ファイバ216は、強制的なパス260に沿って引かれる。図2Bの例において、IMU222は光ファイバ216に装着され、そして、光ファイバ216はケーブル240(例えばスタンドオフケーブル)によって推定ユニット230に結合される。いくつかの実施形態において、光ファイバ216が強制的なパス260に沿って引かれるにつれて、推定ユニット230は光ファイバ216の空間的特徴の重なり合う測定値250a~250hを生成する。いくつかの実施形態では、重なり合う測定値250は、強制的なパス260のマップを形成するためにステッチングされる。

40

【0063】

局所的な位置センサ(例えば、IMU222)が分散した空間センサの対応する部分(例えば、部分214)に装着されるいくつかの実施形態を記述してきた。いくつかの実施形態では、局所的な位置センサは、分散した空間センサの対応する部分と同じ位置に、分

50

散した空間センサのそれらの部分に接続または装着せずに、配置することができる。いくつかの実施形態では、局所的な位置センサは、分散した空間センサの対応する部分と同じ位置に配置されない。むしろ、局所的な位置センサは、分散した空間センサの対応する部分を遠隔でモニタするように構成することができる。例えば、局所的な位置センサは撮像装置（例えば、カメラ、レーザー追尾装置など）でもよく、それが基準マーカの有無にかかわらず分散空間センサの対応する部分の画像を取得するように構成することができる。

【0064】

分散した空間センサ112がオブジェクトの空間的特徴の測定値分布を提供し、そして、1つ以上の位置センサ122がオブジェクトの位置的特徴の局所的な測定値を提供する、いくつかの実施形態を記述してきた。いくつかの実施形態では、分散した空間センサはオブジェクト（オブジェクトの形状を含む）の空間的特徴の測定値を提供し、そして、個々の位置センサはオブジェクトの異なる部分の位置的特徴の個々の測定値は提供するが、オブジェクトの形状の個々の測定値は提供しない。

10

【0065】

[オブジェクトの形状および/または位置を決定する例示的な方法]

図3は、いくつかの実施形態による、オブジェクトの形状および/または位置を決定する方法300を例示する。方法300は、ステップ310~330を含むことができる。ステップ310で、分散した空間センサを含む第1の感知装置は、分散した空間センサの空間的特徴の測定値（例えば、測定値分布）を作成するために用いる。ステップ320で、第2の感知装置は、分散した空間センサの部分の位置的特徴の測定値（例えば、局所的な測定値）を作成するために用いる。第2の感知装置は、分散した空間センサの部分に対応して、分散した空間センサのそれらの部分の位置的特徴の測定値を作成する1つ以上の局所的な位置センサを含む。ステップ330で、第1および第2の感知装置により提供される測定値に基づいて、1つ以上の状態（例えば、空間的特徴、位置的特徴、ナビゲーションパラメータ、補正パラメータなどの値）が推定される。方法300のいくつかの実施形態は、以下で更に詳述する。

20

【0066】

ステップ310で、第1の感知装置は、分散した空間センサの空間的特徴の測定値（例えば、測定値分布）を作成する。空間的特徴は、分散した空間センサの形状および分散した空間センサの部分の位置（例えば、空間および/または角度位置）を含むことができる。いくつかの実施形態では、分散した空間センサは、光ファイバに沿って歪み分布を測定して、歪み分布の測定値に基づいて光ファイバの空間的特徴の測定値を作成するFOS Sである。

30

【0067】

ステップ320で、第2の感知装置は1つ以上の局所的な位置センサを使用して、分散した空間センサの部分の位置的特徴の測定値（例えば、局所的な測定値）を作成する。分散した空間センサの部分の位置的特徴は、分散した空間センサのその部分の位置（例えば、空間および/または角度位置）を含むことができる。いくつかの実施形態では、局所的な位置センサの少なくとも1つは、分散した空間センサの部分の角度位置の測定値を作成する。例えば、局所的な位置センサは、IMU、ジャイロスコープ、加速度計および/または磁力計であってもよい。いくつかの実施形態では、局所的な位置センサの少なくとも1つは、分散した空間センサの部分の空間位置の測定値を作成する。例えば、局所的な位置センサは、圧力センサ、測位システム受信器または撮像装置でもよい。いくつかの実施形態では、局所的な位置センサの少なくとも1つは、分散した空間センサの部分に作用している重力ベクトルの測定値を作成する。

40

【0068】

いくつかの実施形態において、局所的な位置センサのそれぞれは分散した空間センサの対応する部分に接続される。例えば、局所的な位置センサは適切なケーブルによって分散した空間センサの対応する部分に接続することができ、そしてそれが、どの局所的な位置センサが分散した空間センサのどの部分に接続しているかについて示すセンサ間校正デー

50

タを提供することができる。いくつかの実施形態では、局所的な位置センサの少なくとも1つは、分散した空間センサの末端部分に接続される。

【0069】

ステップ330で、推定ユニットは、第1および第2の感知装置により提供される測定値に基づいて、状態推定を実行する。いくつかの実施形態では、推定される状態は、少なくとも1つのナビゲーションパラメータを含む。ナビゲーションパラメータは、分散した空間センサの少なくとも一部分の位置、方向、形状または速度であってもよい。いくつかの実施形態では、推定ユニットはまた、第1および第2の感知装置により提供される測定値に基づいて、ナビゲーションパラメータの推定値の不確実性を推定する。

【0070】

いくつかの実施形態では、推定ユニットは、第1の感知装置の少なくとも1つの補正パラメータの値を推定する。いくつかの実施形態では、補正パラメータの値は、分散した空間センサの部分の角度位置の分散空間センサの測定値における誤差を表す。いくつかの実施形態では、第1の感知装置は、補正パラメータの値および分散した空間センサ（例えば、生の測定値（補正パラメータが補正モデルのパラメータである）に補正モデルを適用することによって）によってできる生の測定値に基づいて、修正測定値を作成する。いくつかの実施形態では、第1の感知装置は、補正パラメータの推定値に基づいて分散空間センサベースを再較正する。

【0071】

いくつかの実施形態では、推定ユニットは、第2の感知装置の少なくとも1つの補正パラメータの値を推定する。いくつかの実施形態では、補正パラメータの値は、局所的な位置センサのその位置（分散した空間センサの位置に対応する）の測定値における誤差を表す。位置測定値における誤差は、センサの偏り誤差、スケールファクタ誤差、重力感知誤差、不良位置合せ誤差などによって起きる場合がある。いくつかの実施形態では、第2の感知装置は、補正パラメータの値および局所的な位置センサによって作成される生の測定値に基づいて（例えば、生の測定値に、補正パラメータが補正モデルのパラメータであるという中で補正モデルを適用することによって）修正測定値を作成する。いくつかの実施形態では、第2の感知装置は、補正パラメータの推定値に基づいて、局所的な位置センサを再較正する。

【0072】

ナビゲーションパラメータの値、補正パラメータの値および/またはその不確実性を推定するために、推定ユニットは、限定するものではないが、カルマンフィルタリング、拡張カルマンフィルタリング、粒子フィルタリング、加重平均算出、全般的な状態空間推定、最適状態推定などを含むいかなる適切な状態推定技術も使用することができる。いくつかの実施形態では、状態推定プロセスへの入力、測定値分布、局所的な測定値および/またはセンサ間較正データを含む。

【0073】

いくつかの実施形態では、推定ユニットは、局所的な位置センサの少なくとも1つが静止しているかまたは準安定状態にあるかを、第1の感知装置により提供される測定値、第2の感知装置により提供される測定値および/またはセンサ間較正データに少なくとも部分的に基づいて決定する。局所的な位置センサが静止しているかまたは準安定状態にあると推定ユニットが決定するときに、推定ユニットはセンサの速度ゼロ補正（ZUP T）を開始することができる。

【0074】

いくつかの実施形態では、方法300は、初期化ステップを更に含む。初期化ステップにおいて、状態（例えば、ナビゲーションパラメータ、位置的特徴、空間的特徴、補正パラメータなど）の推定値および推定される状態値の推定される不確実性は、初期化される。推定ユニットがカルマンフィルタを使用する実施形態において、推定された不確実性は、共分散マトリックスとして表すことができる。推定された不確実性の他の表現は可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 5 】

[センサを接続するための例示的なケーブル]

図 4 A、4 B および 4 C は、いくつかの実施形態による、分散した空間センサと 1 つ以上の局所的な位置センサを接続するための感知ケーブル 4 0 0 を示す。

【 0 0 7 6 】

いくつかの実施形態では、図 4 A および 4 B の例で分かるように、感知ケーブル 4 0 0 は 2 つ以上のモジュラセグメント 4 1 0 を含むことができる。感知ケーブル 4 0 0 の各セグメント 4 1 0 は、分散した空間センサおよび 1 つ以上の局所的な位置センサの関連する部分 4 2 0 を含むことができる。いくつかの実施形態では、このモジュラ構成は製造容易性のために好都合であり、その理由は各セグメント 4 1 0 が製造の間、個々に校正することができるからである。各セグメント 4 1 0 の校正は、分散した空間センサの関連する部分 4 2 0 の個々の校正（特許文献 3 参照）および関連する局所的な位置センサの個々の校正、ならびに分散した空間センサおよび局所的な位置センサの部分 4 2 0 の共同の校正を含むことができる。いくつかの実施形態では、モジュラセグメント 4 1 0 の長さは、製造工程および / または校正プロセスと関連した考慮点に基づいて決定されることができる。いくつかの実施形態では、モジュラセグメント 4 1 0 は長さほぼ 5 0 0 メートルでもよい、そして、2 0 以上のモジュラセグメント 4 1 0 を結合して 1 0 k m 以上の長さの感知ケーブルを形成することができる。

10

【 0 0 7 7 】

図 4 A および 4 B の例において、個々のケーブルセグメント 4 1 0 は、組立てプロセスの間にノード 4 3 0 で接合される。各ノード 4 3 0 は、1 つ以上の局所的な位置センサ、および / または、分散した光ファイバセンサと関連した他のコンポーネント（例えば、受動光連結装置、動力光増幅器など）を収納するための便利な場所を提供することができる。ノード 4 3 0 は、異なる寸法または機械的特性を有するケーブル 4 0 0 の領域を含むことができ、内部のセンサを保護し、および / またはケーブルのサービス作業のための便利なアクセスを提供するように構成することができる。

20

【 0 0 7 8 】

分散した空間センサが計上感知光ファイバである実施形態において、分散した空間センサの各部分 4 2 0 は光ファイバセグメントでもよく、そして、個々の光ファイバセグメントはいかなる適切な技術も使用して各ノード 4 3 0 に接合することができる。例えば、図 4 A に示すように、光ファイバセグメント 4 2 0 a は、つなぎ合せて連続した直列センサを形成することができる。あるいは、図 4 B に示すように、モジュラーケーブル 4 0 0 b は、1 つ以上のスタンドオフケーブル 4 4 0 が感知ファイバの校正された部分 4 2 0 に沿って各ケーブルセグメントに収納される並列構成で造ることができる。これらのスタンドオフケーブル 4 4 0 は、接合して（図示せず）感知ファイバの一部分 4 2 0 との間の連続した信号パスを提供することができる。スタンドオフファイバの各並列ストリングは、感知ファイバの一部分において 4 5 0 で終端することができる。

30

【 0 0 7 9 】

[センサシステムのための例示的な機能的リンク]

オブジェクトの形状および / または位置を決定するシステム（1 0 0、2 0 0）のいくつかの実施形態において、この機能的リンクは、分散した空間センサ（1 1 2、2 1 2）の可撓性感知コンポーネント（例えば、フレキシブルケーブルまたはファイバ）は、1 つ以上の局所的な位置センサ（1 2 2、2 2 2）に、機能的にリンクすることができる。いくつかの実施形態では、この機能的リンクは、2 つのタイプのセンサがそれらの相対位置および方向がそれによって分かるように互いに物理的に固定される、物理的リンクを含む。この物理的リンクは、可撓性感知コンポーネントが、それが局所的な位置センサに締め付けるかまたは固定するというような方法でルートを決められるセンサパッケージングによって達成することができる。いくつかの実施形態では、可撓性感知コンポーネントがそのパッケージングの内部で自由に摺動することができることは好都合であり得る。この自由浮動性の設計は、外力またはケーブル引きずりまたは圧力によって誘発される歪みなど

40

50

の外部の刺激から可撓性感知コンポーネントを分離するために用いることができる。

【0080】

図4Cは、いくつかの実施形態による感知ケーブル400cの一部を示す。図4Cの例において、分散した空間センサ（例えば、FOSS）の可撓性感知コンポーネント460（例えば、光ファイバ）は、ケーブル400cの内部パッケージングチューブ470内部で、自由に浮動する。この内部パッケージングチューブ470は局所的な位置センサ480に固定され、それにより内部パッケージングチューブが各局所的な位置センサ480の正確な場所で識別可能な特徴490（例えば、認識可能な形状）を呈する。際立った特徴490が方向および/または位置情報を提供することができる。いくつかの実施形態では、際立った特徴490は、平面屈曲、S曲線、より複雑な三次元形状などを含む。

10

【0081】

分散した空間センサの可撓性感知コンポーネント460が自由に内部パッケージングチューブ470の中で滑ることができるので、データ処理技術を用いて正確な場所および各認識可能な特徴の方向を決定することができる。それによって、分散した空間センサを局所的な位置センサにリンクする。分散空間センサの3D位置情報の特異値分解を実行することを含む適切なデータ処理技術を用いることができるが、これに限定するものではない。

【0082】

[例示的な較正方法]

いくつかの実施形態では、分散した空間センサおよび局所的な位置センサ ¥ は、個々に較正されてそれらのそれぞれの出力を作成する。形状感知光ファイバのための較正方法のいくつかの例は、特許文献3に記載されている。このような較正方法は、センサを較正形状の形で周知の一組の刺激に持ち込んで、刺激に応答してセンサにより提供される測定値から物理的較正係数を決定することを含む。較正の後、形状感知光ファイバのいくつかの実施形態は、他のセンサと独立して、3D形状位置および方向の正確な低ドリフト測定値を作成することが可能となり得る。

20

【0083】

分散した空間センサ112および1つ以上の局所的な位置センサ122の共同の較正は、分散した空間センサおよび局所的な位置センサの出力をリンクするために、実行することができる。このような共同の較正は、例えば、センサシステム100の製造の間に行うことができる。いくつかの実施形態では、共同の較正は、可撓性感知コンポーネント（例えば、形状感知光ファイバ）が局所的な位置センサと同じ所に配置される位置を決定することを含む。これらの位置は、局所的な位置センサの正確な場所に1ポイントの歪み、堅い屈曲または局所的な温度変化を光ファイバにもたらして、分散した空間センサの測定値応答を観察することを含むがこれに限らず、いかなる適切な技術も使用して、決定することができる。

30

【0084】

いくつかの実施形態では、共同の較正方法は、個々のセンサのそれぞれまたはセンサのクラスに特有のノイズまたは誤差統計を決定するためにとられる処置を含む。このノイズまたは誤差特徴付けは、各種の固定形状の測定値または定められたパスに沿った既知の運動の実行によって取得することができる。このノイズまたは誤差特徴付けは、推定ユニット130によって実行されて、分散した空間センサ112および局所的な位置センサ122からの不完全な入力を与えられるセンサシステム100の状態のより良好な推定を作成する状態推定技術（例えば、カルマンフィルタリング）を精緻化するために、用いることができる。いくつかの実施形態では、モデル精緻化は、センサのクラスに対して（例えば、形状感知光ファイバの個々の設計に対して、または、IMUの特定の等級に対して）行うことができる。更に、または、択一的に、この共同の較正プロセスは、個々のセンサの状態推定モデルを精緻化（例えば、特定の長さの形状感知光ファイバの幾何学的な欠陥から生じる形状依存的な誤差を除去）するために用いることができる。

40

【0085】

いくつかの実施形態において、共同の較正は、ナビゲーションの間の制御条件の導入に

50

よって元の位置で実行することができる。例えば、速度ゼロ補正（ZUP T）は、センサが移動しないときに、ナビゲーションシステムのセンサ（例えば、IMU）を較正するために実行することができる。ナビゲーションのシステム（100、200）のZUP Tのいくつかの用途は、上で記載されている。

【0086】

[例示的な座標系固定技術]

いくつかの実施形態では、分散した空間センサの可撓性感知コンポーネント（例えば、光ファイバ）は、近位端の固定位置から末端の固定されていない位置まで、ナビゲーションケーブルの全長にわたる。このような実施形態では、分散した空間センサは、他のセンサシステムと独立して、ケーブルの末端で、オブジェクトまたは車両の位置および方向を測定することができる。このような実施形態において、分散した空間センサおよび局所的な位置センサからのデータの合成は、可撓性感知コンポーネントの状態および可撓性感知コンポーネントに沿ったポイント（例えば、末端の終了点）の位置および/または方向についてのセンサシステムの推定を改善するために用いることができる。

10

【0087】

いくつかの実施形態では、分散した空間センサの可撓性感知コンポーネント（例えば、光ファイバ）は、ナビゲーションケーブルの全長より短い。このような実施形態では、分散した空間センサは、限られた空間情報（例えば、限られた長さの可撓性感知コンポーネントの形状および位置）を推定ユニットに提供することができる。局所的な位置センサからの入力と結合して、感知システム100は、可撓性感知コンポーネントの末端の終了点の位置および方向を測定することができる。このような実施形態では、分散した空間センサの近位端は既知の位置または方向に固定されず、従って、分散した空間センサはケーブルの領域の形状、位置および/または方向の相対的測定値を提供する。いくつかの実施形態では、センサシステム100は可撓性感知コンポーネントのこの限られた長さが関心領域に配置されるように設定される。例えば、この限られた長さは、複数の複雑な形状変化を受けるとされるケーブル400の一部（例えば、ナビゲーション制御下のステアリング機構または車両の近くに配置した可撓性感知コンポーネントの遠位先端）に配置されてもよい。

20

【0088】

このような限られた長さの実施形態は、分散した空間センサの可撓性感知コンポーネントが例えばパイプまたはトンネルのネットワークによって強制的なパスに沿って引かれる、パスステッチング用途によく適したものであり得る。パスステッチング用途において、分散した空間センサの複数の測定は、各測定値が1つ以上の先行測定値に重なる形状を表すように、連続して行うことができる。これらの重なり合う形状は、全体のパスの測定値を提供するためにステッチングすることができる。

30

【0089】

分散した空間センサだけがパスステッチングのために用いられるときに、ステッチングされたパス測定値の精度は通常、パスの形状に依存している。例えば、分散した空間センサだけによる正確なパスステッチングのためのパスの適合性は、ステッチング技術が回転を含む方向の正確な測定値を独自に決定する（そして、維持する）ことができる機能的センサ長より短いスケール上の識別可能な特徴の十分な数を、パスが有するか否か、に依存し得る。対照的に、分散した空間センサがシステム100の1つ以上の局所的な位置センサと結合されると、システムはパスへの制約を軽減することができ、その理由は、可撓性感知コンポーネントが直線で特徴のないパスに沿って引かれるケースでさえ、局所的な位置センサのそれぞれが、推定ユニットにセンサの方向および位置を正確に知らせることができるからである。いくつかの実施形態では、単一の局所的な位置センサは、可撓性感知コンポーネントの機能的長さの近位または末端に置かれる。

40

【0090】

[いくつかの実施形態の更なる記述]

オブジェクトの形状および/または位置を決定するシステム（100、200）および

50

方法(300)を記述してきた。このようなシステムの複数部分(例えば、第1の感知装置110のコンピュータ113、第2の感知装置の120コンピュータ123および推定ユニット130またはその複数部分)は、1つ以上のコンピュータを使用して実装することができる。同様に、方法300またはその複数部分(例えば、方法300の複数ステップ)は、1つ以上のコンピュータを使用して実行することができる。このようなコンピュータは、デジタル電子回路において、または、本明細書において開示される構造およびそれらの構造等価物を含むコンピュータソフトウェア、ファームウェアおよび/またはハードウェア、または、それらの1つ以上の組合せにおいて、実装することができる。本開示に記載される内容の複数部分は、1つ以上のコンピュータプログラム、すなわち、データ処理装置による実行またはデータ処理装置の動作の制御のためにコンピュータ記憶媒体上にコード化されたコンピュータプログラム命令の、1つ以上のモジュールとして実装することができる。

10

【0091】

代わりに、または、加えて、プログラム命令は、人工的に生成された伝達された信号にコード化することができ、例えば、データ処理装置による実行のための適切な受信機装置に伝送するための情報をコード化するために生成される、マシン生成の電気、光学または電磁信号がある。コンピュータ記憶媒体は、コンピュータ可読の記憶装置、コンピュータ可読記憶媒体基板、ランダムもしくは逐次アクセスメモリアレイもしくは装置、またはそれらの1つ以上の組合せであるか、または、その中に含むことができる。更に、コンピュータ記憶媒体が伝搬信号でない一方で、コンピュータ記憶媒体は人工的に生成された伝搬信号にコード化されるコンピュータプログラム命令のソースまたは宛先とすることができる。コンピュータ記憶媒体はまた、1つ以上の別々の物理コンポーネントまたは媒体(例えば、複数のCD、ディスクまたは他の記憶装置)であるか、または、その中に含むことができる。

20

【0092】

本開示に記載される方法、ステップおよびツールのいくつかの実施形態は、1つ以上のコンピュータ可読の記憶装置に格納されるかまたは他のソースから受け取られるデータに対してデータ処理装置によって実行される動作として実施することができる。

【0093】

「データ処理装置」という用語は、例として処理データ、プログラム可能プロセッサ、コンピュータ、チップ上のシステムまたは前記の複数のものまたはその組合せを含む全ての種類の装置、デバイスおよびマシンを包含する。装置は、専用論理回路(例えば、FPGA(フィールドプログラマブルゲートアレイ)またはASIC(特定用途向け集積回路))を含むことができる。装置はまた、ハードウェアに加えて、該当のコンピュータプログラムのための実行環境を作るコード、例えば、プロセッサファームウェア、プロトコルスタック、データベース管理システム、オペレーティングシステム、クロスプラットフォームの実行時環境、仮想マシンまたはそれらの1つ以上の組合せを構成するコードを含むことができる。装置および実行環境は、各種の異なるコンピューティングモデル基盤、例えばウェブサービス、分散コンピューティングおよびグリッドコンピューティング基盤を実現することができる。

30

40

【0094】

コンピュータプログラム(プログラム、ソフトウェア、ソフトウェアアプリケーション、スクリプトまたはコードとしても知られる)は、コンパイルされたか解釈された言語、宣言型または手続き型言語を含んで、いかなるプログラミング言語でも書くことができ、そしてそれは、スタンドアロンプログラムとして、または、モジュール、コンポーネント、サブルーチン、オブジェクトまたはコンピューティング環境で使用に適した他のユニットとして、ということを含んで、いかなる形でも展開することができる。コンピュータプログラムは、ファイルシステムのファイルに対応することができ得るが、それが必要なわけではない。プログラムは、他のプログラムまたはデータ(例えば、マークアップ言語資源に格納される1つ以上のスクリプト)を保持するファイルの一部に、該当のプログラ

50

ム専用の単一ファイルで、または、複数の協調ファイル（例えば、1つ以上のモジュール、サブプログラムまたはコードの複数部分を保存するファイル）で、保存することができる。コンピュータプログラムは、1台のコンピュータ上で、または、1つのサイトにあるかまたは複数のサイト全体に分散され通信ネットワークによって相互接続される複数のコンピュータ上で実行されるように展開することができる。

【0095】

本開示に記載されるプロセスおよび論理フローのいくつかの実施形態は、1つ以上のコンピュータプログラムを実行する1つ以上のプログラマブルプロセッサによって実行ことができ、入力データを操作して動作を実行し、出力を生成する。本明細書に記載されるプロセスおよび論理フローのいくつかの実施形態は、専用論理回路（例えば、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）またはASIC（特定用途向け集積回路））によって実行することができる、そして、本明細書に記載される装置のいくつかの実施形態は、専用回路として実装することができる。

10

【0096】

コンピュータプログラムの実行に適しているプロセッサは、例えば、汎用および特殊目的マイクロプロセッサ、および任意の種類デジタルコンピュータの1つ以上の任意のプロセッサの両方を含む。通常、プロセッサは、読取り専用メモリまたはランダムアクセスメモリまたは両方ともから命令およびデータを受け取る。

【0097】

図5は、コンピュータ500のブロック図を示す。コンピュータ500の要素は、命令に従って動作を実行するための1つ以上のプロセッサ502ならびに、命令およびデータを格納するための1つ以上のメモリ装置504を含む。いくつかの実施形態では、1つ以上のコンピュータ500で実行する1つ以上のプログラムは、システム100を制御して方法300を実行する。いくつかの実施形態では、1つ以上のコンピュータ500で実行する1つ以上のプログラムは、第1の感知装置110のコンピュータ113のタスク、第2の感知装置120のコンピュータ123のタスクおよび/または推定ユニット130のタスクを実施する。コンピュータ500によって実行されるプログラムの異なるバージョンは、格納されるか、分散されるか、またはインストールされることができる。ソフトウェアのいくつかのバージョンは、本明細書において記載される方法のいくつかの実施形態だけを実装することができる。

20

30

【0098】

通常、コンピュータ500はまた、データを格納するための1つ以上の大容量記憶装置、例えば、磁気、光磁気ディスクまたは光ディスクを、含むか、それらからデータを受け取るかまたはそれらにデータを転送するかその両方のためそれらに動作上連結されている。しかしながら、コンピュータは、このような装置を備えている必要はない。更に、コンピュータは、別の装置、例えば、少しだけ例を挙げれば、携帯電話、パーソナル携帯情報機器（PDA）、モバイル音声またはビデオプレーヤ、ゲーム機、全地球測位システム（GPS）受信機または携帯用記憶装置（例えば、汎用シリアルバス（USB）フラッシュドライブ）に埋め込むことができる。コンピュータプログラム命令およびデータを格納するのに適している装置は、不揮発性メモリ、媒体およびメモリ装置の全ての形を含み、例として挙げれば、例えばEPROM、EEPROMおよびフラッシュメモリ装置などの半導体記憶装置、例えば内蔵ハードディスクまたは取外し可能ディスクなどの磁気ディスク、光磁気ディスク、そして、CD-ROMおよびDVD-ROMディスクを含む。プロセッサおよびメモリは、専用論理回路によって補うことができるか、またはそれに取り入れることができる。

40

【0099】

ユーザとのインタラクションを提供するために、この開示に記載する内容の実装は、ユーザに情報を表示するためのディスプレイ装置（例えば、CRT（ブラウン管）またはLCD（液晶ディスプレイ）モニター）、およびユーザがそれによって入力をコンピュータに送ることができるキーボードおよびポインティング装置（例えば、マウスまたはトラック

50

ボール)を有するコンピュータに実装することができる。他の種類の装置は、同様にユーザとのインタラクションを提供するために用いることができ、例えば、ユーザに提供されるフィードバックは、いかなる感覚フィードバック(例えば、視覚フィードバック、聴覚器官フィードバックまたは触覚フィードバック)とすることもでき、そして、ユーザからの入力音響、話し言葉または触覚の入力を含むいかなる形でも受け取ることができる。加えて、コンピュータは、ユーザによって使われる装置に対する資源送信およびそれからの資源受信によって、例えば、ウェブページをウェブブラウザから受けた要求に回答してユーザのクライアント装置上のウェブブラウザに回送することによって、ユーザと対話することができる。

【0100】

いくつかの実施形態は、バックエンドコンポーネントを例えばデータサーバとして含むか、または、ミドルウェアコンポーネント、例えばアプリケーションサーバを含むか、または、フロントエンドコンポーネント、例えば、ユーザが本開示に記載される内容の実装と対話することができるようにするグラフィカルユーザインタフェースもしくはウェブブラウザを有するクライアントコンピュータ、または1つ以上のこのようなバックエンド、ミドルウェア、もしくはフロントエンドコンポーネントの組み合わせを含む、コンピューティングシステムで実施することができる。システムのコンポーネントは、例えば通信ネットワークなどのデジタルデータ通信のいかなる形式または媒体によっても相互接続することができる。通信ネットワークの例は、ローカルエリアネットワーク(「LAN」)および広域ネットワーク(「WAN」)、ネットワーク間(例えば、インターネット)、ならびに、ピアツーピアネットワーク(例えば、アドホックなピアツーピアネットワーク)を含む。

【0101】

コンピューティングシステムは、クライアントおよびサーバを含むことができる。クライアントおよびサーバは、一般には互いにリモート状態にあり、通常は通信ネットワークによって対話する。クライアントおよびサーバの関係は、それぞれのコンピュータで動作しており、互いにクライアント対サーバの関係があるコンピュータプログラムによって生じる。いくつかの実装において、サーバはデータ(例えば、HTMLページ)をクライアント装置に対して(例えば、クライアント装置と対話しているユーザに対するデータの表示およびそのユーザからのユーザ入力の受信の目的で)送信する。クライアント装置で生成されるデータ(例えば、ユーザーとの対話処理の結果)は、サーバでクライアント装置から受け取られることができる。

【0102】

1つ以上のコンピュータのシステムは、作動中に動作を実行させるかシステムに動作を実行させる、システムにインストールされたソフトウェア、ファームウェア、ハードウェアまたはそれらの組合せを有することによって、特定の操作または動作を実行するように構成することができる。1つ以上のコンピュータプログラムは、データ処理装置によって実行されるときに装置に動作を実行させる命令を含むことによって、特定の操作または動作を実行するように構成することができる。

【0103】

本開示が多くの特実装の詳細を含む一方で、これらは、いかなる発明、または、請求することができることの範囲に対する制限として解釈してはならず、むしろ特定の発明の特実装に特有の特徴の記述として解釈すべきである。別々の実装の文脈で本開示に記載されている特定の機能は、単一の実装に組み合わせて実施することもできる。逆に、単一の実装の文脈で記載されている各種の機能は、複数の実装において別々に実施することも、あるいは任意の適切な部分的組み合わせで実行することもできる。更に、機能が特定の組合せで行うとして上で記載されており、初めにそのように主張されることさえできるにもかかわらず、主張された組合せからの1つ以上の機能は組合せから場合によっては削除されることができ、そして、主張された組合せは部分的組み合わせまたは部分的組み合わせの変形を対象とすることができる。

10

20

30

40

50

【0104】

同様に、動作が特定の順序で本開示において記述されるか図面において表される一方で、このことが、望ましい結果を達成するために、このような動作が示される特定の順序で実行するかまたは順序通りに実行するという、あるいは例示される全ての動作を実行するというを要求するものである、と理解すべきではない。特定の環境では、マルチタスキングおよび並列処理が好都合であり得る。

【0105】

更に、上記の実装での各種のシステムコンポーネントの分離は、全ての実装においてこのような分離を必要とするとは理解すべきではなく、記載されているプログラムコンポーネントおよびシステムが通常、単一のソフトウェア製品と一緒に統合可能かまたは複数のソフトウェア製品にパッケージすることが可能であることを理解すべきである。

10

【0106】

このように、内容の特定の実装を記述してきた。他の実装は、以下の請求項の範囲内である。場合によっては、請求項において詳述される動作は、異なる命令において実行されることができて、それでも望ましい結果を成し遂げることができる。加えて、添付図面において表される方法が、望ましい結果を成し遂げるために、示される特定の順序または連続した順序を必ずしも必要とするというわけではない。特定の実装では、マルチタスキングおよび並列処理が好都合であり得る。

【0107】

[用語]

また、本明細書において用いる語法および用語は説明を目的とするものであり、制限的なものと見なすべきではない。

20

【0108】

本仕様および請求項において用いる場合、「およそ」または「実質的に」という用語、「ほぼ等しい」または「実質的に等しい」というフレーズおよび他の類似のフレーズ（例えば、「Xは、およそYの値を有する」、または、「Xは、Yにほぼ等しい」）は、1つの値（X）が別の値（Y）の予め定められた範囲の中にあることを意味すると解釈しなければならない。特に明記しない限り、予め定められた範囲は、プラスマイナス20%、10%、5%、3%、1%、0.1%、または0.1%より小さいものであることができる。

30

【0109】

本仕様および請求項において用いる場合、単数形での表記は、明確にそうでないと示されない限り「少なくとも1つ」ということを意味すると解釈しなければならない。本仕様および請求項において用いる場合、フレーズ「および/または」は、結合した要素の「どちらか、または両方」、すなわち、ある場合には共同で存在し、他の場合には分離的に存在する要素を意味すると解釈しなければならない。「および/または」で挙げられる複数の要素は、同じ形態（すなわち、結合した要素の「1つ以上」）で解釈されなければならない。他の要素は、具体的に識別される要素に関連があるか関連が無いかにかかわらず、「および/または」の節で識別される要素以外に任意に存在してもよい。このように、限定はしないが例として、「Aおよび/またはB」への言及は、「含む」などの制限のない語法と連動して使われるときに、1つの実施形態においてはAだけ（任意にB以外の要素を含む）を、別の実施形態においてはBだけ（任意にA以外の要素を含む）を、また更に別の実施形態においてはAおよびBの両方（任意に他の要素を含む）を指すなどということができる。

40

【0110】

本仕様および請求項において用いる場合、「または」は、上記で定められたように「および/または」と同じ意味を有すると解釈しなければならない。例えば、リストの項目を切り離すときに、「または」、または、「および/または」は、包括的であり、すなわち、多数の、または挙げられた要素、および任意にリストに無い追加の項目、のうち少なくとも1つを含むが、2つ以上も含む、として解釈される。それとは反対に明確に指示した

50

用語だけ、例えば「のうち1つだけ」、もしくは「のうち正確に1つ」、または請求項において使われるときに、「からなる」という用語だけは、正確に多数又はリストの要素の1要素の包含を指す。全般に用語「または」を使用する場合、排他性の用語、例えば、「いずれか」、「のうち1つ」、「1つだけ」または「正確に1つ」、が先行するときには、排他的な代替物（すなわち「両方ともでなくどちらか一方」）を示すとし解釈されない。請求項において使用する場合、「から基本的に成る」ことは特許法の分野において用いられているように、その通常の意味を有する。

【0111】

本仕様および請求項において用いる場合、1つ以上の要素のリストを参照する「少なくとも1つ」というフレーズは、要素のリストの要素のいかなる1つ以上からも選択される少なくとも1つの要素を意味するが、しかし、必ずしも要素のリストの範囲内で具体的に列挙したそれぞれのどの要素の少なくとも1つも含むというわけではなく、また要素のリストのいかなる部品の組合せも除外するものではない、と解釈しなければならない。この定義はまた、「少なくとも1つ」というフレーズが指す要素のリストの範囲内で具体的に識別される要素以外の要素が、具体的に識別される要素に関連があるか関連が無いかにかかわらず、任意に存在し得ることを許容する。このように、限定はしないが例として、「AおよびBの少なくとも1つ」（または、同等に、「AまたはBの少なくとも1つ」、または、同等に「Aおよび/またはBの少なくとも1つ」）は、1つの実施形態においては、少なくとも1つであって任意にそれより多くのAを含み、Bは存在しない（そして任意にB以外の要素を含む）ということ、別の実施形態においては、少なくとも1つであって任意にそれより多くのBを含み、Aは存在しない（そして任意にA以外の要素を含む）ということ、また別の実施形態においては、少なくとも1つであって任意にそれより多くを含むAと、少なくとも1つであって任意にそれより多くを含むB（そして任意にその他の要素を含む）ということを示すなどということができる。

10

20

【0112】

「含む」、「備える」、「有する」、「含有する」、「包含する」およびその変化は、その後で列挙される項目および追加項目を包含するためのものである。

【0113】

請求項において請求項要素を修飾する「第1」、「第2」、「第3」などの序数の用語の使用は、それ自体では、いかなる優先権、優先順位または、1つの請求項要素の別のものに対する順序もしくは方法の動作が実行される時間的な順序も暗示するものではない。請求項要素を区別するために、特定の名前を有する1つの請求項要素と同じ名前（序数の用語の使用がなければ）を有する別の要素を区別するラベルとしてだけ、序数の用語が使われる。

30

【0114】

[等価物]

このように本発明の少なくとも1つの実施形態のいくつかの態様を記載してきたが、各種の変更、修正および改良が当業者に容易に生じることを理解すべきである。このような変更、修正および改良は、この開示の一部であることを意図し、本発明の範囲内であることを意図している。従って、前記の記述および図面は、例としてだけのものである。

40

【 図 1 】

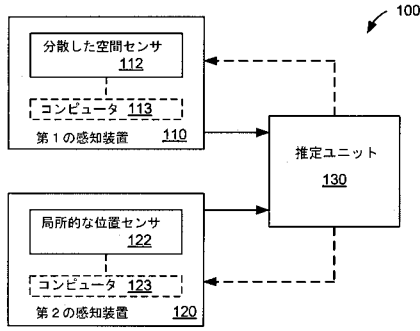


図 1

【 図 2 B 】

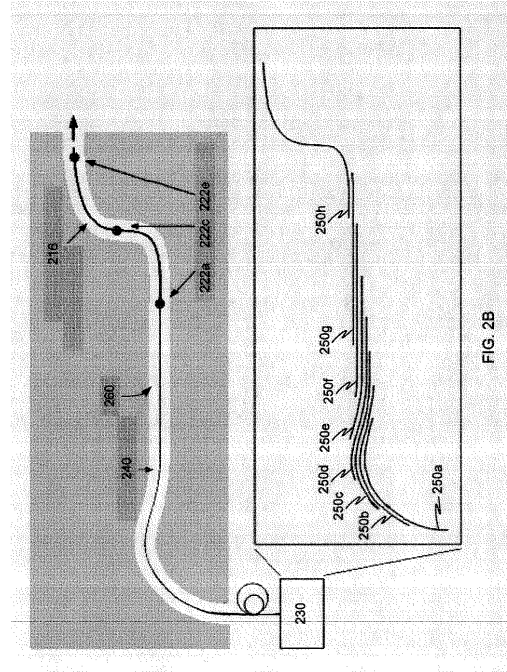


FIG. 2B

【 図 2 A 】

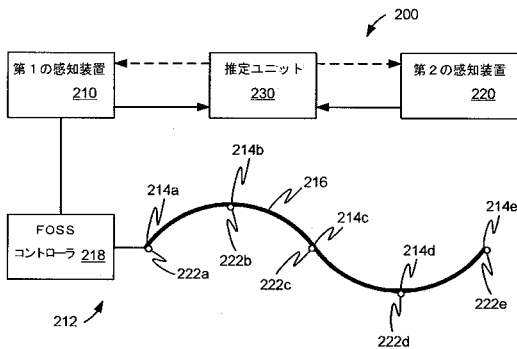


図 2 A

【 図 3 】

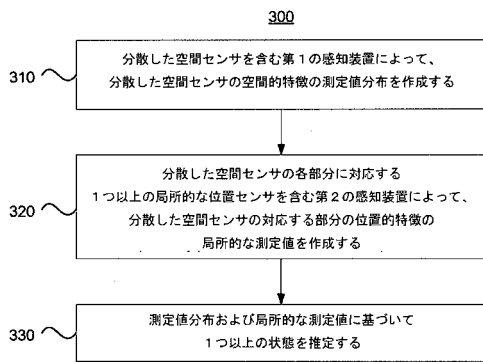


図 3

【 図 4 A 】

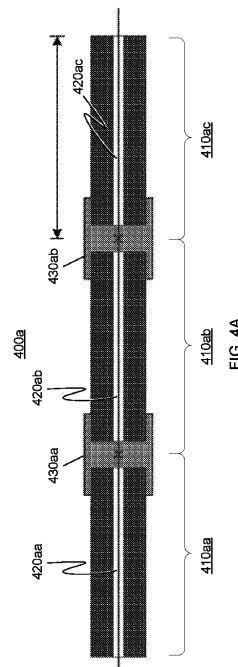


FIG. 4A

【 図 4 B 】

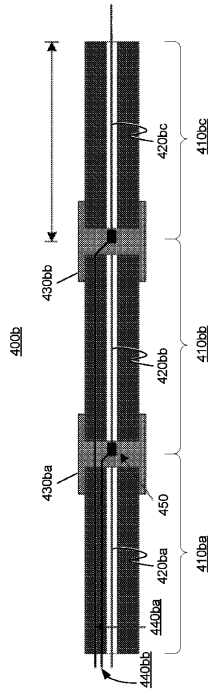


FIG. 4B

【 図 4 C 】

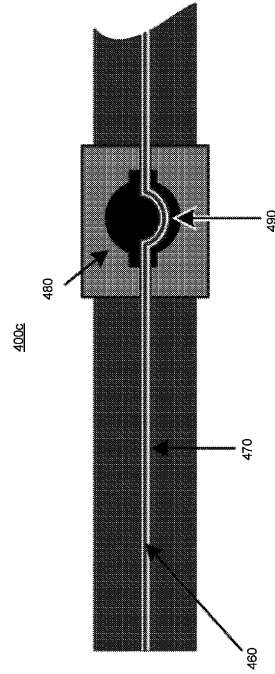


FIG. 4C

【 図 5 】

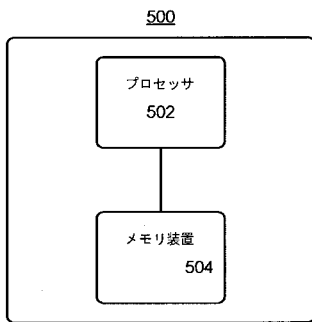


図 5

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2016/038187

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01B11/16 A61B34/10 G01L1/24 G01D5/26 G01C19/00 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B G01L E21B G01B G01D G02B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/098533 A1 (ONODA FUMIYUKI [JP] ET AL) 28 April 2011 (2011-04-28) paragraphs [0006], [0072] - [0105], [0130] - [0135]; figures 2, 16-18 paragraphs [0136] - [0166] -----	1-7, 11-14, 35
X	US 2015/124266 A1 (DAVIS MATTHEW A [US] ET AL) 7 May 2015 (2015-05-07) paragraphs [0009] - [0013], [0037] - [0045], [0055] - [0058] figures 1,12,17 -----	1-6, 12, 13, 35
X	US 2013/286378 A1 (DUTOIT DANA [US]) 31 October 2013 (2013-10-31) paragraphs [0030] - [0035], [0040], [0046] - [0047], [0055], [0056], [0059], [0090], [0091] -----	1-7, 12, 13, 35
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents :		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
E earlier application or patent but published on or after the international filing date		*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		*Z* document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
28 February 2017	22/05/2017	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Vanhaecke, Nicolas	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2016/038187**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-7, 11-14, 35

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2016/038187

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-7, 11-14, 35

See below.

1.1. claims: 1-4, 14, 35

solves the technical problem of providing distributed spatial measurements

1.2. claims: 5-7, 11

solves the technical problem of providing localized angular position measurements

1.3. claims: 12, 13

solves the technical problem of positioning localized spatial sensors with respect to a distributed spatial sensor

2. claims: 8-10

solves the technical problem of providing localized spatial position measurements

3. claims: 15-20

solves the technical problem of estimating states of a navigation system

4. claims: 21-31

solves the technical problem of correcting distributed measurements

5. claims: 32-34

solves the technical problem of estimating navigational parameters of a mobile device

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2016/038187

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2011098533	A1	28-04-2011	CN 102196761 A	21-09-2011
			EP 2351509 A1	03-08-2011
			JP 4759654 B2	31-08-2011
			US 2011098533 A1	28-04-2011
			WO 2010050526 A1	06-05-2010

US 2015124266	A1	07-05-2015	NONE	

US 2013286378	A1	31-10-2013	BR 112013018219 A2	08-11-2016
			CA 2819157 A1	26-07-2012
			CN 103270400 A	28-08-2013
			EP 2666001 A2	27-11-2013
			RU 2013138568 A	27-02-2015
			US 2013286378 A1	31-10-2013
			WO 2012098036 A2	26-07-2012

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74) 代理人 100110364

弁理士 実広 信哉

(74) 代理人 100133400

弁理士 阿部 達彦

(72) 発明者 ジュハ - ペッカ・ジェイ・レーヌ

アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02139・ケンブリッジ・テクノロジー・スクエア・555

(72) 発明者 ブルース・ダウ

アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02139・ケンブリッジ・テクノロジー・スクエア・555

(72) 発明者 マーク・マッコンリー

アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02139・ケンブリッジ・テクノロジー・スクエア・555

(72) 発明者 グレゴリー・プラスチ

アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02139・ケンブリッジ・テクノロジー・スクエア・555

(72) 発明者 ポール・ボーン

アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02139・ケンブリッジ・テクノロジー・スクエア・555

(72) 発明者 マシュー・エス・ボットコル

アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02139・ケンブリッジ・テクノロジー・スクエア・555

(72) 発明者 マイケル・リカード

アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02139・ケンブリッジ・テクノロジー・スクエア・555

(72) 発明者 エヴァン・エム・ラリー

アメリカ合衆国・ヴァージニア・24011・ロアノーク・ファースト・ストリート・サウスウエスト・301・スイート・200

(72) 発明者 サンドラ・エム・クルート

アメリカ合衆国・ヴァージニア・24011・ロアノーク・ファースト・ストリート・サウスウエスト・301・スイート・200

(72) 発明者 マシュー・ティー・リーヴス

アメリカ合衆国・ヴァージニア・24011・ロアノーク・ファースト・ストリート・サウスウエスト・301・スイート・200

(72) 発明者 エミリー・エイチ・テンプレットン

アメリカ合衆国・ヴァージニア・24011・ロアノーク・ファースト・ストリート・サウスウエスト・301・スイート・200

(72) 発明者 ジェームズ・ドナ

アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02139・ケンブリッジ・テクノロジー・スクエア・555

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA31 AA53 AA65 BB12 CC11 CC16 DD03 FF04 FF41
FF61 FF64 FF65 FF67 JJ03 JJ26 LL02 QQ13 QQ17 QQ31
QQ42
4C161 HH55 JJ17