

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 6 部門第 1 区分  
 【発行日】平成26年3月6日 (2014.3.6)

【公開番号】特開2011-221008(P2011-221008A)  
 【公開日】平成23年11月4日 (2011.11.4)  
 【年通号数】公開・登録公報2011-044  
 【出願番号】特願2011-52794(P2011-52794)  
 【国際特許分類】

G 0 1 B 21/22 (2006.01)

G 0 1 B 21/20 (2006.01)

B 2 5 J 19/02 (2006.01)

【F I】

G 0 1 B 21/22

G 0 1 B 21/20 1 0 1

B 2 5 J 19/02

【手続補正書】

【提出日】平成26年1月21日 (2014.1.21)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体に対するプローブの姿勢を、該プローブ及びラオ・ブラックウェル化パーティクルフィルタリングを用いた該物体のプロービングに基づいて求めるための方法であって、前記姿勢は該姿勢のロケーション及び該姿勢の配向を含み、各前記プロービングは、前記プローブと前記物体との間の接点を求め、それによって各該接点において前記姿勢が推定され、該方法は、

前記プローブと前記物体との間の前記姿勢の確率をパーティクルのセットによって表すステップであって、前記姿勢の前記ロケーションの確率が各前記パーティクルのロケーションによって表され、前記姿勢の前記配向の確率が、各前記パーティクルの前記ロケーションを条件とする、該パーティクルの配向にわたるガウス分布によって表される、表すステップと、

前記接点から次の接点への前記プローブの動きに従って各前記パーティクルを次のロケーションに再配置するステップであって、該動きは前記プロービングによって生じる、再配置するステップと、

各前記パーティクルの重要度重みを、該パーティクルの前記次のロケーション、該パーティクルの前記配向の前記確率、及び前記物体のマッパモデルに基づいて求めるステップであって、該重要度重みは、前記パーティクルが前記物体に対する前記プローブの前記姿勢を表す確率である、求めるステップと、

各前記パーティクルの前記次のロケーションを条件とするカルマンフィルタリングを使用して、前記パーティクルのセット内の各前記パーティクルの前記配向の前記確率を更新するステップと、

前記パーティクルのセット内の前記パーティクルが特定の姿勢の周りに集中するまで前記再配置すること、前記求めること、及び前記更新することを繰り返すステップと、

前記特定の姿勢に基づいて前記物体に対する前記プローブの前記姿勢を求めるステップと、

を含み、該方法の前記ステップはプロセッサによって実行される、方法。

【請求項 2】

物体モデル及び不確定性モデルに基づいて前記マップモデルを求めることをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記物体モデルの各特徴に不確定性関数を割り当てることによって前記不確定性モデルを求めることであって、該特徴は面、エッジ、又は頂点である、求めることをさらに含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記物体モデルの各前記特徴に関して、前記接点と前記特徴との間の距離のガウス確率密度関数として不確定性関数を定義することをさらに含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

時刻  $t$  における接触イベントの観測確率を、

【数 1】

$$p(z_t | s_t, \theta) = N(h_{k_c}(s_t, \theta); 0, \sigma_{k_c}^2)$$

に従って決定することをさらに含み、ここで、 $p(\cdot)$  は確率関数であり、 $s_t$  は前記パーティクルの位置を表し、 $\theta$  は前記パーティクルの配向を表し、 $z_t$  は時刻  $t$  における前記プローブと前記物体との間の接触の観測値であり、 $h$  は距離測定値であり、 $k_c$  は接触特徴

【数 2】

$$f_{k_c}$$

のインデックスであり、

【数 3】

$$\sigma_{k_c}^2$$

は前記接触特徴の前記不確定性関数の分散であり、 $N(x; \mu, \sigma^2)$  は、変数  $x$  にわたる、平均  $\mu$  及び分散  $\sigma^2$  を有するガウス分布である確率密度関数を表す、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記物体モデルの近傍の特徴の対間の角度に基づいて各前記特徴の前記不確定性関数を求めることをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記更新の後、各前記パーティクルの前記重要度重みに基づいて前記パーティクルのセットを再サンプリングすることをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記パーティクルのセット内の前記パーティクルの全てを単一のベース座標系に表すこと、

前記パーティクルのセット内の前記パーティクルごとの物体座標系を定義することであって、前記ベース座標系と各前記パーティクルの前記物体座標系との間の回転が各該パーティクルの前記姿勢の前記配向に対応し、前記回転の中心が該パーティクルの該姿勢の初期ロケーションである、定義すること、

前記ベース座標系において前記プローブの前記動きを表現すること、及び

前記物体座標系において前記マップモデルを表現すること、

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記プローピングは、ロボットのアームによって前記プローブを再位置決めし、該プローブを、該プローブと前記物体との間の接触を検出するまで前記物体の一般方向に動かすことによって達成され、前記方法は、

前記ロボットの前記アームのエンコーダーから前記接点の位置を受信することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記再位置決めは、ランダムに、又はロケーションの所定のシーケンスに基づいて、又は前記パーティクルのセットにおける前記パーティクルの前記ロケーション及び前記配向に基づいて実行される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記パーティクルのセット内のパーティクルの有効数を求めること、及び

前記有効数が閾値未満の場合、各前記パーティクルの前記重要度重みに基づいて前記パーティクルのセットを再サンプリングすることであって、前記閾値は前記パーティクルのセット内のパーティクルの数に基づいて求められる、再サンプリングすることをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 12】

前記パーティクルの前記次のロケーションを、

【数 4】

$$s_t^{[j]} \sim p(s_t | s_{t-1}^{[j]}, u_t)$$

に従って求めることをさらに含み、ここで、 $s_{t-1}^{[j]}$  は時刻  $t-1$  におけるパーティクル  $j$  の前記ロケーションであり、 $s_t^{[j]}$  はパーティクル  $j$  の前記次のロケーションであり、 $u_t$  は、時刻  $t-1$  における前記プローピングの前記接点から、時刻  $t$  における前記プローピングの前記接点への前記動きを表す、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

パーティクル  $j$  の前記姿勢の前記配向にわたる前記ガウス分布の前記パラメーターを、

【数 5】

$$\mu_t^{[j]} = \mu_{t-1}^{[j]} - K_t^{[j]} \hat{h}_{k_c, t}^{[j]}$$

$$\Sigma_t^{[j]} = (I - K_t^{[j]} H_t^{[j]}) \Sigma_{t-1}^{[j]}$$

に従って更新することをさらに含み、ここで、 $\mu_{t-1}^{[j]}$  は時刻  $t-1$  におけるパーティクル  $j$  の前記ガウス分布の平均であり、 $\mu_t^{[j]}$  はパーティクル  $j$  の次のガウス分布の平均であり、 $\Sigma_{t-1}^{[j]}$  は時刻  $t-1$  におけるパーティクル  $j$  の前記ガウス分布の共分散行列であり、 $\Sigma_t^{[j]}$  はパーティクル  $j$  の前記次のガウス分布の共分散行列であり、

【数 6】

$$\hat{h}_{k_c, t}^{[j]}$$

は、接触特徴  $k_c$  を使用した、パーティクル  $j$  の予測位置における距離測定値であり、  
【数 7】

$$K_t^{[j]} = \Sigma_{t-1}^{[j]} H_t^{[j]T} (H_t^{[j]} \Sigma_{t-1}^{[j]} H_t^{[j]T} + \sigma_{k_c}^2)^{-1}$$

であり、ここで  
【数 8】

$$\sigma_{k_c}^2$$

は前記接触特徴  $k_c$  の不確定性測定値である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

パーティクル  $j$  の時刻  $t$  における前記重要度重み  $w_t^{[j]}$  を、

【数 9】

$$w_t^{[j]} \propto w_{t-1}^{[j]} \cdot (2\pi q_t^{[j]})^{-1/2} \exp\left(-(\hat{h}_{k_c, t}^{[j]})^2 / 2q_t^{[j]}\right)$$

に従って求めることをさらに含み、ここで、

【数 10】

$$q_t^{[j]} = H_t^{[j]} \Sigma_{t-1}^{[j]} H_t^{[j]T} + \sigma_{k_c}^2$$

である、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記パーティクルのセット内の前記パーティクルが前記特定の姿勢の周りに集中するかどうかを、前記物体座標系における前記パーティクルの前記ロケーションの共分散行列のトレースを所定の閾値と比較することによって求めることをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

前記接点を前記検出することは、前記ロボットアームの内蔵された衝撃検出機能、該ロボットアームのコンプライアンス制御、及び外部センサーのうちの少なくとも 1 つを使用して達成される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 17】

前記物体に対する前記プローブの前記姿勢が産業プロセスにおいて使用される、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 18】

前記産業プロセスは、前記物体を持ち上げること、前記物体を位置決めすること、部品を前記物体と嵌合すること、前記物体に対するロボットの姿勢を求めること、前記物体に対し道具を使用すること、又はロボット座標系を校正することのうちの少なくとも1つを含む、請求項17に記載の方法。

## 【請求項 19】

物体に対するプローブの姿勢を、該プローブを用いて該物体をプロービングすることによって求めるための方法であって、

ラオ・ブラックウェル化パーティクルフィルタリングを使用して前記姿勢の確率を求めるステップであって、該姿勢のロケーションの確率が各前記パーティクルのロケーションによって表され、前記姿勢の配向の確率が、各前記パーティクルの前記ロケーションを条件とする、該パーティクルの前記配向にわたるガウス分布によって表され、該求めることは、前記姿勢の前記確率が特定の姿勢の周りに集中するまで、後続のプロービングごとに実行される、求めるステップと、

前記特定の姿勢に基づいて前記物体に対する前記プローブの前記姿勢を推定するステップと、

を含み、前記方法の各前記ステップはプロセッサによって実行される、方法。

## 【請求項 20】

前記求めることは、

前記接点から次の接点への前記プローブの動きに従って各前記パーティクルを次のロケーションに再配置することであって、該動きは前記プロービングによって生じる、再配置すること、

各前記パーティクルの重要度重みを、該パーティクルの前記次のロケーション、該パーティクルの前記配向の前記確率、及び前記物体のマップモデルに基づいて求めることであって、該重要度重みは、前記パーティクルが前記接点を表す確率である、求めること、及び

各前記パーティクルの前記次のロケーションを条件とするカルマンフィルタリングを使用して、前記パーティクルのセット内の各前記パーティクルの前記配向の前記確率を更新すること、

をさらに含む、請求項19に記載の方法。

## 【請求項 21】

物体モデル及び不確定性モデルに基づいて前記マップモデルを求めることをさらに含む、請求項20に記載の方法。

## 【請求項 22】

前記更新することの後に、各前記パーティクルの前記重要度重みに基づいて前記パーティクルのセットを再サンプリングすることをさらに含む、請求項20に記載の方法。

## 【請求項 23】

物体に対するプローブの姿勢を、該プローブ及びラオ・ブラックウェル化パーティクルフィルタリングを用いた該物体のプロービングに基づいて求めるためのシステムであって、前記姿勢は該姿勢のロケーション及び該姿勢の配向を含み、各前記プロービングの結果、前記プローブと前記物体との間の接点がもたらされ、それによって各該接点において前記姿勢が推定され、該システムは、

前記物体に対する前記プローブの前記姿勢の確率をパーティクルのセットによって表す手段であって、前記姿勢の前記ロケーションの確率が各前記パーティクルのロケーションによって表され、前記姿勢の前記配向の確率が、各前記パーティクルの前記ロケーションを条件とする、各該パーティクルの配向にわたるガウス分布によって表される、表す手段と、

前記接点から次の接点への前記プローブの動きに従って各前記パーティクルを次のロケーションに再配置する手段であって、該動きは前記プロービングによって生じる、再配置する手段と、

各前記パーティクルの重要度重みを、該パーティクルの前記次のロケーション、該パーティクルの前記配向の前記確率、及び前記物体のマップモデルに基づいて求める手段であって、該重要度重みは、前記パーティクルが前記接点を表す確率である、求める手段と、

各前記パーティクルの前記次のロケーションを条件とするカルマンフィルタリングを使用して、前記パーティクルのセット内の各前記パーティクルの前記配向の前記確率を更新する手段と、

前記パーティクルのセット内の前記パーティクルが特定の姿勢の周りに集中するまで前記再配置すること、前記求めること、及び前記更新することを繰り返す手段と、

前記特定の姿勢に基づいて前記物体に対する前記プローブの前記姿勢を求める手段と、を含み、前記方法の前記ステップはプロセッサによって実行される、システム。

【請求項 2 4】

物体モデル及び不確定性モデルに基づいて前記マップモデルを求める手段をさらに備える、請求項 2 3 に記載のシステム。

【請求項 2 5】

前記更新すること及び前記反復することの間に、各前記パーティクルの前記重要度重みに基づいて前記パーティクルのセットを再サンプリングする手段をさらに備える、請求項 2 3 に記載のシステム。