

【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2部門第3区分
 【発行日】令和5年3月27日(2023.3.27)

【公開番号】特開2021-70148(P2021-70148A)
 【公開日】令和3年5月6日(2021.5.6)
 【年通号数】公開・登録公報2021-021
 【出願番号】特願2020-36603(P2020-36603)
 【国際特許分類】

B 2 5 J 13/08(2006.01)

10

【F I】

B 2 5 J 13/08 A

【手続補正書】

【提出日】令和5年3月16日(2023.3.16)

【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】

20

【特許請求の範囲】

【請求項1】

コンピューティングシステムであって、
 ロボット、及び、カメラ視野を有するカメラと通信するように構成された通信インターフェースと、

前記コンピューティングシステムが前記ロボット及び前記カメラと通信するとき、キャリブレーションを実行するように構成された制御回路と、を備え、

前記ロボットは、当該ロボット上に配置されたキャリブレーションパターンを有し、

前記キャリブレーションの実行は、

前記キャリブレーションを実行するための、前記キャリブレーションパターンに対する配向の範囲であるパターン配向の範囲を決定することと、

30

前記キャリブレーションを実行するための、前記キャリブレーションパターンに対するパターン配向を決定することと、

前記キャリブレーションが実行されているときに前記キャリブレーションパターンが採用する複数の姿勢を決定することであって、前記複数の姿勢は、前記カメラ視野内の複数のそれぞれの位置と、姿勢角度値の複数のそれぞれのセットとのそれぞれの組み合わせによって画定されることと、

前記キャリブレーションパターンの配置を制御するための、複数のロボット動作コマンドを出力することであって、前記複数のロボット動作コマンドは、決定された前記複数の姿勢に基づいて生成されることと、

40

複数のキャリブレーション画像を受信することであって、前記複数のキャリブレーション画像の各キャリブレーション画像は、前記キャリブレーションパターンを表し、かつ、前記キャリブレーションパターンが前記複数の姿勢のそれぞれの姿勢を有する間に生成されることと、

前記複数のキャリブレーション画像に基づいて、キャリブレーションパラメータの推定値を決定することと、によってなされる、コンピューティングシステム。

【請求項2】

前記制御回路は、一様確率分布に従って、前記複数の姿勢のそれぞれの姿勢の各々をランダムに選択するように構成される、請求項1に記載のコンピューティングシステム。

【請求項3】

50

前記制御回路は、前記姿勢角度値のそれぞれのセットが基づく前記それぞれの表面点に対して、前記それぞれの表面点の各々を、一様な表面点のセットのみの中からランダムに選択するように構成され、

前記一様な表面点のセットは、一様に分布する表面点のセットである、請求項 2 に記載のコンピューティングシステム。

【請求項 4】

前記制御回路は、前記キャリブレーションが実行された後、前記カメラから前記通信インターフェースを介して後続の画像を受信し、前記後続の画像と、前記キャリブレーションパラメータの前記推定値とに基づいて生成される後続のロボット動作コマンドを出力するようにさらに構成される、請求項 1 に記載のコンピューティングシステム。

10

【請求項 5】

前記姿勢角度値の複数のセットの前記姿勢角度値の各セットは、それぞれの回転軸を回る前記キャリブレーションパターンのそれぞれの回転量を表す角度値のセットであり、

前記それぞれの軸は、互いに直交し、

前記それぞれの軸の各々は、カメラ光軸と平行であるか、又は直交する、請求項 1 に記載のコンピューティングシステム。

【請求項 6】

前記制御回路は、

前記カメラ視野内の空間を、3D領域の複数行及び3D領域の複数列を各々有する一つ以上の層に分ける、3D領域のグリッドを決定することと、

20

前記複数の姿勢が前記グリッド内に空間分布を有するように、前記複数の姿勢の前記複数の位置を決定することと、

によって、前記複数の姿勢を決定するように構成され、

前記グリッドでは、前記一つ以上の層の各層に対して、(i)前記層内の前記複数行の各行が、前記複数の姿勢のうちの一つ以下の姿勢を含み、かつ、(ii)前記層内の前記複数列の各列が、前記複数の姿勢のうちの一つ以下の姿勢を含む、請求項 1 に記載のコンピューティングシステム。

【請求項 7】

前記制御回路は、

前記カメラ視野内の空間を、3D領域の複数行及び3D領域の複数列を各々有する一つ以上の層に分ける、3D領域のグリッドを決定することと、

30

前記複数の姿勢が前記グリッド内に空間分布を有するように、前記複数の姿勢の前記複数の位置を決定することと、

によって、前記複数の姿勢を決定するように構成され、

前記グリッドでは、前記一つ以上の層の各層に対して、(i)前記層内の前記複数行の各行が、前記複数の姿勢のうちの一つ以下の姿勢を含むか、又は(ii)前記層内の前記複数列の各列が、前記複数の姿勢のうちの一つ以下の姿勢を含む、請求項 1 に記載のコンピューティングシステム。

【請求項 8】

前記制御回路は、

40

候補姿勢のセットを決定することであって、前記候補姿勢のセットの各候補姿勢は、前記候補姿勢に対して前記カメラ視野内のそれぞれの位置を決定し、前記候補姿勢に対して姿勢角度値のそれぞれのセットを決定することによって、決定されることと、

ロボットで達成可能な候補姿勢のセットを決定することであって、かかる決定が、前記候補姿勢のセットの各候補姿勢に対して、前記候補姿勢がロボットで達成可能かを決定することと、前記候補姿勢がロボットで達成可能であるという決定に回答して、前記候補姿勢を前記ロボットで達成可能な候補姿勢のセットへ追加することとによって、なされることと、

前記ロボットで達成可能な候補姿勢のセットのみの中から、前記複数の姿勢を選択することと、

50

によって、前記複数の姿勢を決定するように構成される、請求項 1 に記載のコンピューティングシステム。

【請求項 9】

前記制御回路は、前記カメラ視野内の空間を、3D領域の複数行及び3D領域の複数列を各々有する一つ以上の層に分ける、3D領域のグリッドを決定するように構成され、

前記制御回路は、前記候補姿勢のセットの各候補姿勢に対するそれぞれの位置を、

前記グリッドの前記一つ以上の層のうちの層の中にあり、かつ、

i) その層の中で、前記ロボットで達成可能な候補姿勢のセットのいずれのロボットで達成可能な候補姿勢とも行を共有せず、また、

ii) その層の中で、前記ロボットで達成可能な候補姿勢のセットのいずれのロボットで達成可能な候補姿勢とも列を共有しない位置であると、決定するように構成される、請求項 8 に記載のコンピューティングシステム。

10

【請求項 10】

前記制御回路は、

前記複数の姿勢に対して姿勢の数を示す目標数を決定し、

前記姿勢の目標数に基づいて、グリッドサイズ n を決定し、

前記カメラ視野内の空間を、3D領域の n 個の行及び3D領域の n 個の列を各々有する一つ以上の層に分ける、3D領域のグリッドを決定し、

前記一つ以上の層の各層に対して、前記ロボットで達成可能な候補姿勢のセットの一部として、i) 前記層の n 個の行の各行が、一つだけのロボットで達成可能な候補姿勢を含み、ii) 前記層の n 個の列の各列が、一つだけのロボットで達成可能な候補姿勢を含む、第一の空間分布で、 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢が n 個の位置を有するという初期条件に基づいて、前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットを決定する、

20

ように構成される、請求項 9 に記載のコンピューティングシステム。

【請求項 11】

前記制御回路は更に、前記グリッドの前記一つ以上の層の各層に対して、

前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットが、前記初期条件を満たす必要がある場合に、前記層に対する前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットが決定できるかを決定することであって、前記初期条件は、第一の条件である、ことと、

30

前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットが、前記初期条件を満たす必要がある場合に、前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットが決定できないという決定に回答して、i) 前記層の前記複数行の各行が、一つだけのロボットで達成可能な候補姿勢を含むか、又は ii) 前記層の前記複数列の各列が、一つだけのロボットで達成可能な候補姿勢を含む、第二の空間分布で、前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢が n 個の位置を有するという、第二の条件に基づいて、前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットを決定することと、

を行うことによって、前記ロボットで達成可能な候補姿勢のセットを決定するように構成される、請求項 10 に記載のコンピューティングシステム。

40

【請求項 12】

前記制御回路は更に、前記グリッドの前記一つ以上の層の各層に対して、

前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットが、前記第二の条件を満たす必要がある場合に、前記層に対する前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットが決定できるかどうかを決定することと、

前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットが、前記第二の条件を満たす必要がある場合に、前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサブセットが決定できないという決定に回答して、前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢が、前記層の n 個のそれぞれの3D領域内にランダムに分布する n 個の位置を有するという、第三の条件に基づいて、前記 n 個のロボットで達成可能な候補姿勢のそれぞれのサ

50

ブセットを決定することと、

を更に行うことによって、前記ロボットで達成可能な候補姿勢のセットを決定するように構成される、請求項 1 1 に記載のコンピューティングシステム。

【請求項 1 3】

前記グリッドは、 n 個の層を有し、

前記グリッドサイズ n は、

前記複数の姿勢に対する前記姿勢の目標数の平方根を決定することと、

前記グリッドサイズ n を、前記姿勢の目標数の前記平方根以上である最も小さい整数として決定することと、によって決定される、請求項 1 1 に記載のコンピューティングシステム。

10

【請求項 1 4】

非一時的コンピューター可読媒体であって、当該非一時的コンピューター可読媒体に記憶された命令を有する非一時的コンピューター可読媒体であって、

前記命令は、コンピューティングシステムの制御回路によって実行されると、前記コンピューティングシステムが、カメラ視野を有するカメラと、ロボット上に配置したキャリブレーションパターンを有する当該ロボットと通信するときに、前記制御回路にキャリブレーションを実行させるように構成されており、

前記コンピューティングシステムは、前記ロボット及び前記カメラと通信するように構成された通信インターフェースを有し、

前記キャリブレーションの実行は、

前記キャリブレーションを実行するための、前記キャリブレーションパターンに対する配向の範囲であるパターン配向の範囲を決定することと、

前記キャリブレーションを実行するための、前記キャリブレーションパターンに対するパターン配向を決定することと、

前記キャリブレーションが実行されているときに前記キャリブレーションパターンが採用する複数の姿勢を決定することであって、前記複数の姿勢は、前記カメラ視野内の複数のそれぞれの位置と、姿勢角度値の複数のそれぞれのセットとのそれぞれの組み合わせによって画定されることと、

前記キャリブレーションパターンの配置を制御するための、複数のロボット動作コマンドを出力することであって、前記複数のロボット動作コマンドは、決定された前記複数の姿勢に基づいて生成されることと、

複数のキャリブレーション画像を受信することであって、前記複数のキャリブレーション画像の各キャリブレーション画像は、前記キャリブレーションパターンを表し、かつ、前記キャリブレーションパターンが前記複数の姿勢のそれぞれの姿勢を有する間に生成されることと、

前記複数のキャリブレーション画像に基づいて、キャリブレーションパラメーターの推定値を決定することと、によってなされ、

前記命令は、前記キャリブレーションが実行された後で前記制御回路によって実行されるとき、前記制御回路に、さらに、前記カメラから前記通信インターフェースを介して後続の画像を受信させ、前記後続の画像と、前記キャリブレーションパラメーターの前記推定値とに基づいて生成される後続のロボット動作コマンドを出力させる、非一時的コンピューター可読媒体。

20

30

40

【請求項 1 5】

前記命令は、前記制御回路によって実行されるとき、前記制御回路に、一様な表面点のセットのみの中から表面点をランダムに選択することによって、前記複数の姿勢の前記決定を行わせ、

前記一様な表面点のセットは、一様に分布する表面点のセットであり、

前記姿勢角度値のそれぞれのセットは、選択される前記表面点のセットに基づく、請求項 1 4 に記載の非一時的コンピューター可読媒体。

【請求項 1 6】

50

前記命令は、前記制御回路によって実行されるとき及び前記コンピューティングシステムが前記ロボット及び前記カメラと通信するとき、

前記カメラ視野内の空間を、3D領域の複数行及び3D領域の複数列を各々有する一つ以上の層に分ける、3D領域のグリッドを決定することと、

前記複数の姿勢が前記グリッド内に空間分布を有するように、前記複数の姿勢の前記複数の位置を決定することと、

によって、前記制御回路に前記複数の姿勢を決定させ、

前記グリッドでは、前記一つ以上の層の各層に対して、(i)前記層内の前記複数行の各行が、前記複数の姿勢のうちの一つ以下の姿勢を含み、かつ、(ii)前記層内の前記複数列の各列が、前記複数の姿勢のうちの一つ以下の姿勢を含む、請求項14に記載の非一時的コンピューター可読媒体。

10

【請求項17】

前記命令は、前記制御回路によって実行されるとき及び前記コンピューティングシステムが前記ロボット及び前記カメラと通信するとき、

候補姿勢のセットを決定することであって、前記候補姿勢のセットの各候補姿勢は、前記候補姿勢に対して前記カメラ視野内のそれぞれの位置を決定し、前記表面領域内からそれぞれの表面点を選択し、選択される前記表面点に基づいて、前記候補姿勢に対して姿勢角度値のそれぞれのセットを決定することによって、決定されることと、

ロボットで達成可能な候補姿勢のセットを決定することであって、かかる決定が、前記候補姿勢のセットの各候補姿勢に対して、前記候補姿勢がロボットで達成可能かを決定することと、前記候補姿勢がロボットで達成可能であるという決定に応答して、前記候補姿勢を前記ロボットで達成可能な候補姿勢のセットへ追加することとによって、なされることと、

20

前記ロボットで達成可能な候補姿勢のセットのみの中から、前記複数の姿勢を選択することと、

によって、前記制御回路に前記複数の姿勢を決定させる、請求項14に記載の非一時的コンピューター可読媒体。

【請求項18】

ロボット制御を行うための方法であって、

ロボット上に配置したキャリブレーションパターンを有する当該ロボットと、カメラと通信するように構成された通信インターフェースとを備えるコンピューティングシステムによって、キャリブレーションを実行するための、パターン配向の範囲を決定することと、

30

前記コンピューティングシステムによって、前記キャリブレーションを実行するための、前記キャリブレーションパターンに対するパターン配向を決定することと、

前記コンピューティングシステムによって、前記キャリブレーションが実行されているときに前記キャリブレーションパターンが採用する複数の姿勢を決定することであって、前記複数の姿勢は、前記カメラ視野内の複数のそれぞれの位置と、姿勢角度値の複数のそれぞれのセットとのそれぞれの組み合わせによって画定されることと、

前記コンピューティングシステムによって、前記キャリブレーションパターンの配置を制御するための、複数のロボット動作コマンドを出力することであって、前記複数のロボット動作コマンドは、決定された前記複数の姿勢に基づいて生成されることと、

40

前記コンピューティングシステムによって、複数のキャリブレーション画像を受信することであって、前記複数のキャリブレーション画像の各キャリブレーション画像は、前記キャリブレーションパターンを表し、かつ、前記キャリブレーションパターンが前記複数の姿勢のそれぞれの姿勢を有する間に生成されることと、

前記コンピューティングシステムによって、前記複数のキャリブレーション画像に基づいて、キャリブレーションパラメータの推定値を決定することと、

前記キャリブレーションパラメータの前記推定値が決定された後、前記コンピューティングシステムによって、前記通信インターフェースを介して後続の画像を受信するこ

50

とと、

前記コンピューティングシステムによって、前記後続の画像と、前記キャリブレーションパラメータの前記推定値とに基づいて生成される後続のロボット動作コマンドを出力することと、を含む、方法。

【請求項 19】

前記複数の姿勢を決定することは、一様な表面点のセットのみの中から表面点をランダムに選択することを含み、

前記一様な表面点のセットは、一様に分布する表面点のセットであり、

前記姿勢角度値のそれぞれのセットは、選択される前記表面点のセットに基づく、請求項 18 に記載の方法。

10

20

30

40

50