

【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 4 年 7 月 1 日(2022.7.1)

【公開番号】 特開 2020-142367(P2020-142367A)
【公開日】 令和 2 年 9 月 10 日(2020.9.10)
【年通号数】 公開・登録公報 2020-037
【出願番号】 特願 2020-60752(P2020-60752)
【国際特許分類】

B 2 5 J 13/08(2006.01)

G 0 6 T 7/70(2017.01)

【F I】

B 2 5 J 13/08 A

G 0 6 T 7/70 Z

【手続補正書】

【提出日】 令和 4 年 6 月 22 日(2022.6.22)

【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】

ベースとキャリブレーションパターンが配置されているロボットアームとを有するロボット、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であって、

前記キャリブレーションパターンは、パターン座標系においてそれぞれの定義されたパターン要素位置を有する複数のパターン要素を含み、前記パターン座標系は、前記キャリブレーションパターンの位置及び向きに関して定義された座標系である、通信インターフェースと、

制御回路であって、

前記通信インターフェースを介して前記ロボットに移動コマンドを出力することにより、前記カメラ視野内の少なくとも 1 つの位置まで前記キャリブレーションパターンを移動させるように前記ロボットアームを制御することと、

前記通信インターフェースを介して前記カメラからキャリブレーション画像を受け取ることであって、該キャリブレーション画像は、前記カメラによって取り込まれ、前記少なくとも 1 つの位置における前記キャリブレーションパターンの画像であることと、

前記複数のパターン要素が前記キャリブレーション画像に現れるそれぞれの位置を示す複数の画像パターン要素位置を求めることと、

前記複数の画像パターン要素位置に基づき、かつ、前記定義されたパターン要素位置に基づき、第 1 の固有カメラパラメーターの推定値を求めることと、

前記第 1 の固有カメラパラメーターの前記推定値に基づき、かつ、前記複数の画像パターン要素位置に基づき、第 2 の固有カメラパラメーターの推定値を求めることと、

前記第 1 の固有カメラパラメーターの前記推定値及び前記第 2 の固有カメラパラメーターの前記推定値に基づき、カメラ座標系とワールド座標系との関係を記述する変換関数の推定値を求めることであって、前記カメラ座標系は、前記カメラの位置及び向きに関して定義された座標系であり、前記ワールド座標系は、前記ロボットの前記ベースに対して固定である位置に関して定義された座標系であることと、

10

20

30

40

50

により、カメラキャリブレーションを実施するように構成された制御回路と、
を備えた、ロボット制御システム。

【請求項 2】

前記変換関数は第 2 の変換関数であり、前記制御回路は、前記パターン座標系と前記カメラ座標系との関係を記述する第 1 の変換関数の推定値を更に求めることにより、前記カメラキャリブレーションを実施するように構成され、前記第 2 の変換関数は前記第 1 の変換関数に基づいて求められる、請求項 1 に記載のロボット制御システム。

【請求項 3】

前記第 1 の固有カメラパラメータは、前記通信インターフェースが通信するように構成されている前記カメラの画像センサー上の像射影を記述する射影行列であり、前記第 2 の固有カメラパラメータは、前記通信インターフェースが通信するように構成されている前記カメラのレンズによってもたらされるレンズ歪みを記述する歪みパラメータである、請求項 1 に記載のロボット制御システム。

【請求項 4】

前記制御回路は、(a) 前記第 2 の固有カメラパラメータの初期推定値を求めることと、(b) 前記第 2 の固有カメラパラメータの前記初期推定値、前記第 1 の固有カメラパラメータの前記推定値、及び前記キャリブレーション画像に基づき、前記レンズによってもたらされるレンズ歪みを補償する前記キャリブレーション画像の変更されたバージョンを生成することと、(c) 前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンにおける湾曲の量を求めることと、(d) 前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンにおける前記湾曲の量に基づき前記第 2 の固有カメラパラメータの前記初期推定値を調整して、前記湾曲の量を低減させる前記第 2 の固有カメラパラメータの調整された推定値を生成することであって、前記調整された推定値は前記第 2 の固有カメラパラメータの前記推定値であることにより、

前記第 2 の固有カメラパラメータの前記推定値を求めるように構成されている、請求項 3 に記載のロボット制御システム。

【請求項 5】

前記制御回路は、前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンにおける前記複数のパターン要素を通して複数の直線を当てはめることと、前記複数の直線のうちの各直線と該直線が当てはめられる前記複数のパターン要素のそれぞれのパターン要素との間のそれぞれの距離に基づき、前記湾曲の量を求めることとにより、前記湾曲の量を求めるように構成されている、請求項 4 に記載のロボット制御システム。

【請求項 6】

前記制御回路は、

前記第 1 の変換関数の前記推定値、前記第 1 の固有カメラパラメータの前記推定値、及び前記第 2 の固有カメラパラメータの前記推定値に基づき、前記キャリブレーションパターンのシミュレートされた画像であるシミュレートキャリブレーション画像を求めることと、

前記シミュレートキャリブレーション画像と前記キャリブレーション画像との差を求めることと、

前記差に基づき前記第 1 の変換関数の前記推定値を調整して、前記第 1 の変換関数の調整された推定値を生成することと、

前記第 1 の変換関数の前記調整された推定値に基づき、前記カメラと前記ロボットの前記ベースに対して固定である位置との間の空間的関係を記述する前記第 2 の変換関数の推定値を求めることと、

を行うように構成される、請求項 2 に記載のロボット制御システム。

【請求項 7】

前記制御回路は、さらに、

前記ワールド座標系とリンク座標系との関係を記述する第 3 の変換関数の推定値を求めることであって、前記リンク座標系は、前記キャリブレーションパターンが配置されている

前記ロボットアームのリンクにおける位置に関して定義された座標系であることと、
前記パターン座標系と前記リンク座標系との関係を記述する第4の変換関数の推定値を求めることであって、前記第2の変換関数の前記推定値と前記第4の変換関数の前記推定値とは、ともに、前記第1の変換関数の推定値と前記第3の変換関数の推定値とに基づいて求められることと、

により、前記カメラキャリブレーションを実施するように構成されている、請求項2に記載のロボット制御システム。

【請求項8】

前記制御回路は、さらに、

前記第4の変換関数の前記推定値、前記第3の変換関数の前記推定値、及び前記第2の変換関数の前記推定値に基づき、前記キャリブレーションパターンのシミュレートされた画像であるシミュレートキャリブレーション画像を求めることと、

前記カメラのレンズによってもたらされるレンズ歪みを補償するように該カメラによって取り込まれる前記キャリブレーション画像の変更されたバージョンを求めることと、
前記シミュレートキャリブレーション画像と前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンとの差を求めることと、

前記シミュレートキャリブレーション画像と前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンとの前記差を低減させるように、少なくとも前記第4の変換関数の前記推定値及び前記第2の変換関数の前記推定値を調整することと、

により、前記カメラキャリブレーションを実施するように構成されている、請求項7に記載のロボット制御システム。

【請求項9】

前記通信インターフェースが通信するように構成されている前記カメラは第1のカメラであり、前記カメラ座標系は第1のカメラ座標系であり、

前記通信インターフェースは、第2のカメラと通信するように構成され、

前記制御回路は、前記第1のカメラ座標系と第2のカメラ座標系との関係を更に求めることにより前記カメラキャリブレーションを実施するように構成され、前記第2のカメラ座標系は、前記第2のカメラの位置及び向きに関して定義される、請求項7に記載のロボット制御システム。

【請求項10】

ロボット制御を実施する方法であって、

ロボット制御システムにより、該ロボット制御システムの通信インターフェースに出力する移動コマンドを生成することであって、該通信インターフェースは、ベースとキャリブレーションパターンが配置されているロボットアームとを有するロボットと通信するように構成され、カメラ視野を有するカメラと通信するように構成されることと、

前記ロボット制御システムにより、前記通信インターフェースに前記移動コマンドを出力することであって、該通信インターフェースは、前記ロボットに前記移動コマンドを通信して、前記ロボットアームが前記カメラ視野内の少なくとも1つの位置まで前記キャリブレーションパターンを移動させるように構成されることと、

前記ロボット制御システムにより、前記通信インターフェースからキャリブレーション画像を受け取ることであって、該通信インターフェースは、前記カメラから前記キャリブレーション画像を受け取るように構成され、該キャリブレーション画像は、前記カメラ視野内の前記少なくとも1つの位置における前記キャリブレーションパターンの画像であり、該キャリブレーションパターンは、パターン座標系におけるそれぞれの定義されたパターン要素位置を有する複数のパターン要素を含み、前記パターン座標系は、前記キャリブレーションパターンの位置及び向きに関して定義された座標系であることと、

前記ロボット制御システムにより、前記キャリブレーション画像から複数の画像パターン要素位置を求めることであって、該複数の画像パターン要素位置は、前記複数のパターン要素が前記キャリブレーション画像に現れるそれぞれの位置を示すことと、

前記ロボット制御システムにより、前記複数の画像パターン要素位置に基づき、かつ前記

10

20

30

40

50

定義されたパターン要素位置に基づき、第 1 の固有カメラパラメーターの推定値を求めることと、

前記ロボット制御システムにより、前記第 1 の固有カメラパラメーターの前記推定値に基づき、かつ前記複数の画像パターン要素位置に基づき、第 2 の固有カメラパラメーターの推定値を求めることと、

前記ロボット制御システムにより、前記第 1 の固有カメラパラメーターの前記推定値と前記第 2 の固有カメラパラメーターの前記推定値とに基づき、カメラ座標系とワールド座標系との関係を記述する変換関数の推定値を求めることであって、前記カメラ座標系は、前記通信インターフェースが通信するように構成される前記カメラの位置及び向きに関して定義された座標系であり、前記ワールド座標系は、前記通信インターフェースが通信するように構成される前記ロボットの前記ベースに対して固定である位置に関して定義された座標系であることと、

を含む、方法。

【請求項 1 1】

前記変換関数は第 2 の変換関数であり、前記方法は、前記パターン座標系と前記カメラ座標系との関係を記述する第 1 の変換関数の推定値を求めることを更に含み、前記第 2 の変換関数は、前記第 1 の変換関数に基づいて求められる、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記第 2 の固有カメラパラメーターの前記推定値を求めることは、(a) 前記第 2 の固有カメラパラメーターの初期推定値を求めることと、(b) 前記第 2 の固有カメラパラメーターの前記初期推定値、前記第 1 の固有カメラパラメーターの前記推定値、及び前記キャリブレーション画像に基づき、レンズによってもたらされるレンズ歪みを補償する前記キャリブレーション画像の変更されたバージョンを生成することと、(c) 前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンにおける湾曲の量を求めることと、(d) 前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンにおける前記湾曲の量に基づき前記第 2 の固有カメラパラメーターの前記初期推定値を調整して、前記湾曲の量を低減させる前記第 2 の固有カメラパラメーターの調整された推定値を生成することであって、該調整された推定値は、前記第 2 の固有カメラパラメーターの前記推定値であることとを含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記第 1 の変換関数の前記推定値、前記第 1 の固有カメラパラメーターの前記推定値、及び前記第 2 の固有カメラパラメーターの前記推定値に基づき、前記キャリブレーションパターンのシミュレートされた画像であるシミュレートキャリブレーション画像を求めることと、

前記シミュレートキャリブレーション画像と前記キャリブレーション画像との差を求めることと、

前記差に基づき前記第 1 の変換関数の前記推定値を調整して、前記第 1 の変換関数の調整された推定値を生成することと、

前記第 1 の変換関数の前記調整された推定値に基づき、前記カメラと前記ロボットの前記ベースに対して固定である位置との間の空間的関係を記述する前記第 2 の変換関数の推定値を求めることと、

を更に含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記ワールド座標系とリンク座標系との関係を記述する第 3 の変換関数の推定値を求めることであって、前記リンク座標系は、前記ロボットアームのリンクにおける位置に関して定義された座標系であり、前記キャリブレーションパターンは前記リンクに配置されることと、

前記パターン座標系と前記リンク座標系との関係を記述する第 4 の変換関数の推定値を求めることであって、前記第 2 の変換関数の前記推定値と前記第 4 の変換関数の前記推定値とは、ともに、前記第 1 の変換関数の前記推定値と前記第 3 の変換関数の前記推定値とに

10

20

30

40

50

基づいて求められることと、
を更に含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記第 4 の変換関数の前記推定値、前記第 3 の変換関数の前記推定値、及び前記第 2 の変換関数の前記推定値に基づき、前記キャリブレーションパターンのシミュレートされた画像であるシミュレートキャリブレーション画像を求めることと、

___ レンズ歪みを補償するように前記キャリブレーション画像の変更されたバージョンを求めることと、

前記シミュレートキャリブレーション画像と前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンとの差を求めることと、

前記シミュレートキャリブレーション画像と前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンとの前記差を低減させるように、少なくとも前記第 4 の変換関数の前記推定値及び前記第 2 の変換関数の前記推定値を調整することと、

を更に含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

ロボット制御システムの制御回路によって実行されると、該制御回路に対して、

前記ロボット制御システムの通信インターフェースに出力する移動コマンドを生成することであって、該通信インターフェースは、ベースとキャリブレーションパターンが配置されているロボットアームとを有するロボットと通信するように構成され、カメラ視野を有するカメラと通信するように構成されることと、

前記通信インターフェースに前記移動コマンドを出力することであって、該通信インターフェースは、前記ロボットに前記移動コマンドを通信して、前記ロボットアームが前記カメラ視野内の少なくとも 1 つの位置まで前記キャリブレーションパターンを移動させるように構成されることと、

前記通信インターフェースからキャリブレーション画像を受け取ることであって、該通信インターフェースは、前記カメラから前記キャリブレーション画像を受け取るように構成され、該キャリブレーション画像は、前記カメラ視野内の前記少なくとも 1 つの位置における前記キャリブレーションパターンの画像であり、該キャリブレーションパターンは、パターン座標系におけるそれぞれの定義されたパターン要素位置を有する複数のパターン要素を含み、前記パターン座標系は、前記キャリブレーションパターンの位置及び向きに関して定義された座標系であることと、

前記キャリブレーション画像から複数の画像パターン要素位置を求めることであって、該複数の画像パターン要素位置は、前記複数のパターン要素が前記キャリブレーション画像に現れるそれぞれの位置を示すことと、

前記複数の画像パターン要素位置に基づき、かつ前記定義されたパターン要素位置に基づき、第 1 の固有カメラパラメーターの推定値を求めることと、

___ 前記第 1 の固有カメラパラメーターの前記推定値に基づき、かつ前記複数の画像パターン要素位置に基づき、第 2 の固有カメラパラメーターの推定値を求めることと、___

___ 前記第 1 の固有カメラパラメーターの前記推定値と前記第 2 の固有カメラパラメーターの前記推定値とに基づき、カメラ座標系とワールド座標系との関係を記述する変換関数の推定値を求めることであって、前記カメラ座標系は、前記通信インターフェースが通信するように構成される前記カメラの位置及び向きに関して定義された座標系であり、前記ワールド座標系は、前記通信インターフェースが通信するように構成される前記ロボットの

前記ベースに対して固定である位置に関して定義された座標系であることと、
により、カメラキャリブレーションを実施させる命令が記憶されている、非一時的コンピューター可読媒体。

【請求項 1 7】

前記変換関数は第 2 の変換関数であり、前記命令は、前記制御回路によって実行されると、前記制御回路に対しさらに、___ 前記パターン座標系と前記カメラ座標系との関係を記述する第 1 の変換関数の推定値を求めさせ、前記第 2 の変換関数は、前記第 1 の変換関数に基

10

20

30

40

50

づいて求められる、請求項 16 に記載の非一時的コンピューター可読媒体。

【請求項 18】

前記命令は、前記制御回路によって実行されると、前記制御回路に対しさらに、

前記第 1 の変換関数の前記推定値、前記第 1 の固有カメラパラメータの前記推定値、及び前記第 2 の固有カメラパラメータの前記推定値に基づき、前記キャリブレーションパターンのシミュレートされた画像であるシミュレートキャリブレーション画像を求めることと、

前記シミュレートキャリブレーション画像と前記キャリブレーション画像との差を求めることと、

前記差に基づき前記第 1 の変換関数の前記推定値を調整して、前記第 1 の変換関数の調整された推定値を生成することと、

前記第 1 の変換関数の前記調整された推定値に基づき、前記カメラと前記ロボットの前記ベースに対して固定である位置との間の空間的関係を記述する前記第 2 の変換関数の推定値を求めることと、を行わせる、請求項 17 に記載の非一時的コンピューター可読媒体。

10

【請求項 19】

前記命令は、前記制御回路によって実行されると、前記制御回路に対しさらに、

前記ワールド座標系とリンク座標系との関係を記述する第 3 の変換関数の推定値を求めさせ、前記リンク座標系は、前記ロボットアームのリンクにおける位置に関して定義された座標系であり、前記キャリブレーションパターンは前記リンクに配置され、

前記パターン座標系と前記リンク座標系との関係を記述する第 4 の変換関数の推定値を求めさせ、前記第 2 の変換関数の前記推定値と前記第 4 の変換関数の前記推定値とは、ともに、前記第 1 の変換関数の推定値と前記第 3 の変換関数の推定値とに基づいて求められる、請求項 17 に記載の非一時的コンピューター可読媒体。

20

【請求項 20】

前記命令は、前記制御回路によって実行されると、前記制御回路に対しさらに、

前記第 4 の変換関数の前記推定値、前記第 3 の変換関数の前記推定値、及び前記第 2 の変換関数の前記推定値に基づき、前記キャリブレーションパターンのシミュレートされた画像であるシミュレートキャリブレーション画像を求めさせ、

レンズ歪みを補償するように前記キャリブレーション画像の変更されたバージョンを求めることと、

前記シミュレートキャリブレーション画像と前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンとの差を求めさせ、

前記シミュレートキャリブレーション画像と前記キャリブレーション画像の前記変更されたバージョンとの前記差を低減させるように、少なくとも前記第 4 の変換関数の前記推定値及び前記第 2 の変換関数の前記推定値を調整させる、請求項 19 に記載の非一時的コンピューター可読媒体。

30

40

50