

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02018/097223

発行日 令和1年10月17日 (2019.10.17)

(43) 国際公開日 平成30年5月31日 (2018.5.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06T 19/00 (2011.01)	G06T 19/00 300A	3C707
B25J 9/22 (2006.01)	B25J 9/22 A	5B050

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 50 頁)

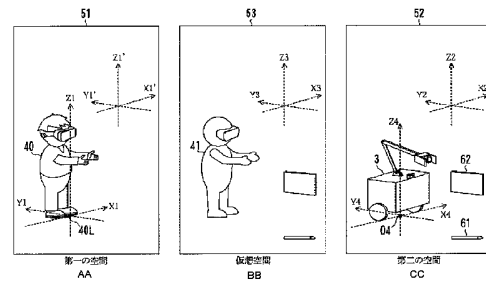
出願番号 特願2018-552962 (P2018-552962)	(71) 出願人 504132272 国立大学法人京都大学 京都府京都市左京区吉田本町36番地1
(21) 国際出願番号 PCT/JP2017/042155	(74) 代理人 100125117 弁理士 坂田 泰弘
(22) 国際出願日 平成29年11月24日 (2017.11.24)	(74) 代理人 100086933 弁理士 久保 幸雄
(31) 優先権主張番号 特願2016-227546 (P2016-227546)	(72) 発明者 松野 文俊 京都府京都市左京区吉田本町36番地1 国立大学法人京都大学内
(32) 優先日 平成28年11月24日 (2016.11.24)	(72) 発明者 村田 諒介 京都府京都市左京区吉田本町36番地1 国立大学法人京都大学内
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット制御システム、機械制御システム、ロボット制御方法、機械制御方法、および記録媒体

(57) 【要約】

オペレーションコンピュータは、第一の空間にいるオペレータがロボットの存在する第二の空間に居るならばオペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像をヘッドマウントディスプレイのようなディスプレイに表示させる。そして、オペレータの動作に応じてタスクを行うようにロボットを制御する。



AA First space
BB Virtual space
CC Second space

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ディスプレイに表示された画像をオペレータに見せながら、タスクを実行するようロボットを制御するロボット制御システムであって、

前記オペレータが前記ロボットの存在する空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像を前記ディスプレイに表示させる表示手段と、

前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令を生成し、前記ロボットに送信する制御手段と、

を有するロボット制御システム。

【請求項 2】

前記ロボットは、物体を取り扱う第一の部位を有し、

前記オペレータは、第二の部位を有し、

前記制御手段は、前記第二の部位の動きに基づいて前記第一の部位を動かす命令を前記制御命令として生成し前記ロボットに送信する、

請求項 1 に記載のロボット制御システム。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記オペレータが前記第二の部位を動かした際に、前記オペレータが前記空間に居るならば前記第二の部位が前記空間の中で動く軌跡に合わせて前記第一の部位が動くように前記ロボットを制御する、

請求項 2 に記載のロボット制御システム。

【請求項 4】

前記ディスプレイは、前記オペレータに装着するためのヘッドマウントディスプレイであり、

前記表示手段は、前記空間を仮想的に再現した仮想空間の中に前記オペレータの動きに合わせて動くアバターを配置し、前記アバターの目から視線方向に見える様子を表わす画像を前記視界画像として前記ディスプレイに表示させる、

請求項 2 または請求項 3 に記載のロボット制御システム。

【請求項 5】

前記表示手段は、前記オペレータを計測することによって求められた三次元形状および前記ロボットに設けられた計測装置によって得られたデータに基づいて求められた三次元形状を用いて前記アバターを前記空間に配置する、

請求項 4 に記載のロボット制御システム。

【請求項 6】

前記オペレータが足踏みするのに伴って前記ロボットを移動させる第二の制御手段、を有し、

前記表示手段は、前記ロボットが前記仮想空間において再現される位置に前記アバターを配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる、

請求項 4 または請求項 5 に記載のロボット制御システム。

【請求項 7】

前記表示手段は、前記ロボットを仮想した仮想ロボットを前記仮想空間の中の前記位置に配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる、

請求項 6 に記載のロボット制御システム。

【請求項 8】

前記表示手段は、特定のコマンドが入力されまたは前記ロボットに特定のイベントが生じた場合に、前記ロボットを仮想した仮想ロボットを前記仮想空間の中の前記位置に配置し、前記アバターを前記位置の近傍に配置し直し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる、

請求項 6 に記載のロボット制御システム。

【請求項 9】

前記アバターが配置し直された後に前記オペレータが動作を行った場合に、前記オペレ

10

20

30

40

50

ータと前記ロボットとの位置関係が前記アバターと前記仮想ロボットとの位置関係と同じであるならば前記動作によって前記ロボットに生じる変化が起きるように前記ロボットを制御する、第三の制御手段、を有する、

請求項 8 に記載のロボット制御システム。

【請求項 10】

前記ロボットが前記物体に触れまたは前記空間の中の障害物に干渉した場合に、前記物体に触れたことまたは前記障害物に干渉したことを、力覚、触覚、または聴覚を前記オペレータを与えることによって知らせる報知手段、を有する、

請求項 2 ないし請求項 9 のいずれかに記載のロボット制御システム。

【請求項 11】

前記第一の部位によって前記物体を前記オペレータの所望する通りに取り扱うことができないうちに他のロボットと協同して当該物体を取り扱うための処理を行う協同手段、を有する、

請求項 2 ないし請求項 10 のいずれかに記載のロボット制御システム。

【請求項 12】

前記表示手段は、前記オペレータの動きに応じたタスクを行うように前記アバターを動かしながら前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる、

請求項 4 ないし請求項 9 のいずれかに記載のロボット制御システム。

【請求項 13】

機械を制御する機械制御システムであって、

オペレータが前記機械の存在する空間の中の前記機械の近傍の位置に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像をディスプレイに表示させる表示手段と、

前記オペレータが動作を行った場合に、前記オペレータが前記空間の中の前記位置に居るならば前記動作によって前記機械に生じる変化が起きるように前記機械を制御する、制御手段と、

を有する機械制御システム。

【請求項 14】

前記ディスプレイは、前記オペレータに装着するためのヘッドマウントディスプレイであり、

前記機械は、パワーアシストスーツである、

請求項 13 に記載の機械制御システム。

【請求項 15】

ディスプレイに表示された画像をオペレータに見せながら、タスクを実行するようロボットを制御するロボット制御方法であって、

前記オペレータが前記ロボットの存在する空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像を前記ディスプレイに表示させる表示処理を行い、

前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令を生成し前記ロボットに送信する制御処理を行う、

ロボット制御方法。

【請求項 16】

前記ロボットは、物体を取り扱う第一の部位を有し、

前記オペレータは、第二の部位を有し、

前記制御処理は、前記第二の部位の動きに基づいて前記第一の部位を動かす命令を前記制御命令として生成し前記ロボットに送信する処理である、

請求項 15 に記載のロボット制御方法。

【請求項 17】

前記制御処理は、前記オペレータが前記第二の部位を動かした際に、前記オペレータが前記空間に居るならば前記第二の部位が前記空間の中で動く軌跡に合わせて前記第一の部位が動くように前記ロボットを制御する処理である、

10

20

30

40

50

請求項 16 に記載のロボット制御方法。

【請求項 18】

前記ディスプレイは、前記オペレータに装着するためのヘッドマウントディスプレイであり、

前記表示処理は、前記空間を仮想的に再現した仮想空間の中に前記オペレータの動きに合わせて動くアバターを配置する配置し、前記アバターの目から視線方向に見える様子を表わす画像を前記視界画像として前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 16 または請求項 17 に記載のロボット制御方法。

【請求項 19】

前記表示処理は、前記オペレータを計測することによって求められた三次元形状および前記ロボットに設けられた計測装置によって得られたデータに基づいて求められた三次元形状を用いて前記アバターを前記空間に配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 18 に記載のロボット制御方法。

【請求項 20】

前記オペレータが足踏みするのに伴って前記ロボットを移動させる第二の制御処理、を行い、

前記表示処理は、前記ロボットが前記仮想空間において再現される位置に前記アバターを配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 18 または請求項 19 に記載のロボット制御方法。

【請求項 21】

前記表示処理は、前記ロボットを仮想した仮想ロボットを前記仮想空間の中の前記位置に配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 20 に記載のロボット制御方法。

【請求項 22】

前記表示処理は、特定のコマンドが入力されまたは前記ロボットに特定のイベントが生じた場合に、前記ロボットを仮想した仮想ロボットを前記仮想空間の中の前記位置に配置し、前記アバターを前記位置の近傍に配置し直し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 20 に記載のロボット制御方法。

【請求項 23】

前記アバターが配置し直された後に前記オペレータが動作を行った場合に、前記オペレータと前記ロボットとの位置関係が前記アバターと前記仮想ロボットとの位置関係と同じであるならば前記動作によって前記ロボットに生じる変化が起きるように前記ロボットを制御する、第三の制御処理を行う、

請求項 22 に記載のロボット制御方法。

【請求項 24】

前記ロボットが前記物体に触れまたは前記空間の中の障害物に干渉した場合に、前記物体に触れたことまたは前記障害物に干渉したことを、力覚、触覚、または聴覚を前記オペレータを与えることによって知らせる報知処理を行う、

請求項 16 ないし請求項 23 のいずれかに記載のロボット制御方法。

【請求項 25】

前記第一の部位によって前記物体を前記オペレータの所望する通りに取り扱うことができない場合に他のロボットと協同して当該物体を取り扱うための協同処理を行う、

請求項 16 ないし請求項 24 のいずれかに記載のロボット制御方法。

【請求項 26】

前記表示処理は、前記オペレータの動きに応じたタスクを行うように前記アバターを動かしながら前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 18 ないし請求項 23 のいずれかに記載のロボット制御方法。

【請求項 27】

10

20

30

40

50

機械を制御する機械制御方法であって、

オペレータが前記機械の存在する空間の中の前記機械の近傍の位置に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像をディスプレイに表示させる表示処理を行い、

前記オペレータが動作を行った場合に、前記オペレータが前記空間の中の前記位置に居るならば前記動作によって前記機械に生じる変化が起きるように前記機械を制御する制御処理を行う、

機械制御方法。

【請求項 28】

前記ディスプレイは、前記オペレータに装着するためのヘッドマウントディスプレイであり、

前記機械は、パワーアシストスーツである、

請求項 27 に記載の機械制御方法。

【請求項 29】

ディスプレイに表示された画像をオペレータに見せながら、タスクを実行するようロボットを制御するコンピュータに用いられるコンピュータプログラムを格納した、前記コンピュータによるアクセスが可能な記録媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、

前記オペレータが前記ロボットの存在する空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像を前記ディスプレイに表示させる表示処理を前記コンピュータに実行させ、

前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令を生成し前記ロボットに送信する制御処理を前記コンピュータに実行させる、

記録媒体。

【請求項 30】

前記ロボットは、物体を取り扱う第一の部位を有し、

前記オペレータは、第二の部位を有し、

前記制御処理は、前記第二の部位の動きに基づいて前記第一の部位を動かす命令を前記制御命令として生成し前記ロボットに送信する処理である、

請求項 29 に記載の記録媒体。

【請求項 31】

前記制御処理は、前記オペレータが前記第二の部位を動かした際に、前記オペレータが前記空間に居るならば前記第二の部位が前記空間の中で動く軌跡に合わせて前記第一の部位が動くように前記ロボットを制御する処理である、

請求項 30 に記載の記録媒体。

【請求項 32】

前記ディスプレイは、前記オペレータに装着するためのヘッドマウントディスプレイであり、

前記表示処理は、前記空間を仮想的に再現した仮想空間の中に前記オペレータの動きに合わせて動くアバターを配置する配置し、前記アバターの目から視線方向に見える様子を表わす画像を前記視界画像として前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 30 または請求項 31 に記載の記録媒体。

【請求項 33】

前記表示処理は、前記オペレータを計測することによって求められた三次元形状および前記ロボットに設けられた計測装置によって得られたデータに基づいて求められた三次元形状を用いて前記アバターを前記空間に配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 32 に記載の記録媒体。

【請求項 34】

前記オペレータが足踏みするのに伴って前記ロボットを移動させる第二の制御処理を前

10

20

30

40

50

記コンピュータに実行させ、

前記表示処理は、前記ロボットが前記仮想空間において再現される位置に前記アバターを配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 3 2 または請求項 3 3 に記載の記録媒体。

【請求項 3 5】

前記表示処理は、前記ロボットを仮想した仮想ロボットを前記仮想空間の中の前記位置に配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 3 4 に記載の記録媒体。

【請求項 3 6】

前記表示処理は、特定のコマンドが入力されまたは前記ロボットに特定のイベントが生じた場合に、前記ロボットを仮想した仮想ロボットを前記仮想空間の中の前記位置に配置し、前記アバターを前記位置の近傍に配置し直し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 3 4 に記載の記録媒体。

【請求項 3 7】

前記アバターが配置し直された後に前記オペレータが動作を行った場合に、前記オペレータと前記ロボットとの位置関係が前記アバターと前記仮想ロボットとの位置関係と同じであるならば前記動作によって前記ロボットに生じる変化が起きるように前記ロボットを制御する第三の制御処理を前記コンピュータに実行させる、

請求項 3 6 に記載の記録媒体。

【請求項 3 8】

前記ロボットが前記物体に触れまたは前記空間の中の障害物に干渉した場合に、前記物体に触れたことまたは前記障害物に干渉したことを、力覚、触覚、または聴覚を前記オペレータを与えることによって知らせる報知処理を前記コンピュータに実行させる、

請求項 3 0 ないし請求項 3 7 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 3 9】

前記第一の部位によって前記物体を前記オペレータの所望する通りに取り扱うことができない場合に他のロボットと協同して当該物体を取り扱うための協同処理を前記コンピュータに実行させる、

請求項 3 0 ないし請求項 3 8 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 4 0】

前記表示処理は、前記オペレータの動きに応じたタスクを行うように前記アバターを動かしながら前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる処理である、

請求項 3 2 ないし請求項 3 7 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 4 1】

機械を制御するコンピュータに用いられるコンピュータプログラムを格納した、前記コンピュータによるアクセスが可能な記録媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、

オペレータが前記機械の存在する空間の中の前記機械の近傍の位置に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像をディスプレイに表示させる表示処理を前記コンピュータに実行させ、

前記オペレータが動作を行った場合に、前記オペレータが前記空間の中の前記位置に居るならば前記動作によって前記機械に生じる変化が起きるように前記機械を制御する制御処理を前記コンピュータに実行させる、

記録媒体。

【請求項 4 2】

前記ディスプレイは、前記オペレータに装着するためのヘッドマウントディスプレイであり、

前記機械は、パワーアシストスーツである、

請求項 4 1 に記載の記録媒体。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ロボットなどの機械をオペレータの動作に応じて動作させる技術に関する。

【背景技術】**【0002】**

10

オペレータは、ロボットにタスクをリアルタイムで実行させる場合、通常、ロボットを操作する。ロボットを操作する際に用いられる技術として、例えば次のような技術が知られている。

【0003】

特許文献1に記載される視覚装置は、操作者の頭部の動きに応じて、ロボットであるスレーブ装置に搭載した撮像装置に映像を撮像させ、ヘッドマウントディスプレイに投影させる。

【0004】

特許文献2に記載される遠隔操作システムは、吹き付け作業を開始する前に、吹き付け機1の左カメラ、右カメラでトンネルの吹き付け対象面の画像を撮像し、メモリに記憶する。吹き付け作業が開始されると吹き付けノズルの位置、方向等を計測し、吹き付け対象面の吹き付け量、吹き付け厚を推定し、吹き付けられるモルタルの画像を作成し、メモリに書き込む。また、吹き付けを行っている吹き付けノズルの画像を左カメラ、右カメラで撮像し、画像合成部でこの吹き付けノズルの画像とメモリから送られる吹き付け対象面、および吹き付けられるモルタルの画像とを合成し、立体画像表示部で立体表示する。オペレータは、この画像を見つつ吹き付け機を遠隔操作する。

20

【0005】

非特許文献1には、人間の身体と類似した構造を持つヒューマノイド型ロボットの操作方法が開示されている。非特許文献2には、移動マニピュレータの遠隔操作システムが開示されている。

30

【0006】

非特許文献3には、ロボットのいる遠隔地を仮想空間に再現し、その中に人間の手のモデルとタスクを実現するためのツールを提示する手法が開示されている。

【0007】

また、従来、人間の身体とは異なる構造を有するロボットをオペレータが操作する場合は、ジョイスティックまたはゲームコントローラなどの入力装置が用いられる。以下、このようなロボットを「非ヒューマノイド型ロボット」と記載する。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0008】**

40

【特許文献1】特開平05-228855号公報

【特許文献2】特開平06-323094号報

【非特許文献】**【0009】**

【非特許文献1】C. L. Fernando, M. Furukawa, T. Kurogi, S. Kamuro, K. Sato, K. Minamizawa, and S. Tachi, "Design of telesar v for transferring bodily consciousness in telexistence," in Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on. IEEE, 2012, pp. 5112-5118

【非特許文献2】C. Ha, S. Park, J. Her, I. Jang, Y. Lee, G. R. Cho, H. I. Son, and D. Lee, "Whole body multi-modal semi-autonomous teleoperation system of mobi

50

le manipulator," in IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Seattle, WA. MAY 26-30, 2015. IEEE, 2015

【非特許文献3】A. Kheddar, "Teleoperation based on the hidden robot concept," Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on, vol. 31, no. 1, pp.1-13, 2001

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

従来の技術によると、非ヒューマノイド型ロボットを動作させる場合に、オペレータは、どのように入力装置を操作すればどのように非ヒューマノイド型ロボットが動作するのかが予め把握する必要がある。さらに、操作に慣れる必要がある。

10

【0011】

非ヒューマノイド型ロボットを動作させるのに慣れる時間は、短いほうが望ましい。特に災害現場および事故現場など緊急性の要する場所で初心者が非ヒューマノイド型ロボットを使用する場合は、少しでも早く非ヒューマノイド型ロボットを動作させるのに慣れることが望ましい。ロボット以外の機械を動作させる場合も、同様である。

【0012】

本願発明は、このような課題に鑑み、オペレータがロボットなどの機械を、その存在を意識することなく動作させることができるようにすることを、目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0013】

本願発明の一形態に係るロボット制御システムは、ディスプレイに表示された画像をオペレータに見せながら、タスクを実行するようロボットを制御するロボット制御システムであって、前記オペレータが前記ロボットの存在する空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像を前記ディスプレイに表示させる表示手段と、前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令を生成し、前記ロボットに送信する制御手段と、を有する。

【0014】

「タスク」は、ペンを持つタスクまたはペンで円を描くタスクなど複雑なタスクだけでなく、特定の部位を単に動かすタスクのような簡単なタスクも含まれる。また、タスクを実現するための人間の動作とロボットの動作とが異なるようなタスクも含まれる。例えば、写真を撮影するタスクに関しては、人間はカメラのシャッターを押す仕草をすることによって行うが、ロボットはそれに搭載されているカメラによって映像をキャプチャし保存することによって行う。このように、ロボットが行うタスクは、動作が見た目に現われないことがある。

30

【0015】

本願発明の一形態に係る機械制御システムは、機械を制御する機械制御システムであって、オペレータが前記機械の存在する空間の中の前記機械の近傍の位置に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像をディスプレイに表示させる表示手段と、前記オペレータが動作を行った場合に、前記オペレータが前記空間の中の前記位置に居るならば前記動作によって前記ロボットに生じる変化が起きるように前記ロボットを制御する、制御手段と、を有する。

40

【発明の効果】

【0016】

本発明によると、オペレータは、ロボットなどの機械を、その存在を意識することなく操作することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】遠隔作業システムの全体的な構成の例を示す図である。

【図2】第一の空間、第二の空間、および仮想空間の例を示す図である。

50

【図 3】オペレーションコンピュータのハードウェア構成の例を示す図である。

【図 4】作業支援プログラムの構成の例を示す図である。

【図 5】ロボットのハードウェア構成の例を示す図である。

【図 6】初期化の際のデータの流れの例を示す図である。

【図 7】第二の空間座標系とロボット座標系との位置関係の例を示す図である。

【図 8】角度 hip、長さ L leg、および距離 D stepの例を示す図である。

【図 9】ロボットの移動の際のデータの流れの例を示す図である。

【図 10】角度 bodyの例を示す図である。

【図 11】ロボットの移動の方向および距離の例を示す図である。

【図 12】仮想空間の様子を表示する際のデータの流れの例を示す図である。

10

【図 13】ヘッドマウントディスプレイに表示される画像の例を示す図である。

【図 14】把持部を動作させる際のデータの流れの例を示す図である。

【図 15】仮想空間への仮想ロボットの配置およびアバターのシフトの例を示す図である。

【図 16】ヘッドマウントディスプレイに表示される画像の例を示す図である。

【図 17】障害物の対策の際のデータの流れの例を示す図である。

【図 18】ロボットおよびヘルプロボットが協同する例を示す図である。

【図 19】遠隔地の作業を支援するための処理の流れの例を示すフローチャートである。

【図 20】遠隔地の作業を支援するための処理の流れの例を示すフローチャートである。

20

【図 21】遠隔地の作業を支援するための処理の流れの例を示すフローチャートである。

【図 22】パワーアシストスーツが制御の対象である場合の、第一の空間、第二の空間、および仮想空間の例を示す図である。

【図 23】パワーアシストスーツが制御の対象である場合の、第一の空間、第二の空間、および仮想空間の第二の例を示す図である。

【図 24】実験の結果の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図 1 は、遠隔タスク実行システム 5 の全体的な構成の例を示す図である。図 2 は、第一の空間 5 1、第二の空間 5 2、および仮想空間 5 3 の例を示す図である。

【0019】

30

図 1 に示す遠隔タスク実行システム 5 は、図 2 に示す第二の空間 5 2 でのタスクをオペレータ 4 0 が第一の空間 5 1 に居ながら遠隔的に行うことができるようにするシステムである。例えば、第二の空間 5 2 の中にあるペン 6 1 およびパネル 6 2 を探し、ペン 6 1 でパネル 6 2 に絵を描く、というタスクを行うことができる。

【0020】

第二の空間 5 2 にはロボット 3 が配置されており、ロボット 3 が、第二の空間 5 2 に存在する様々な物体を直接的に取り扱う。

【0021】

仮想空間 5 3 は、第二の空間 5 2 をコンピュータによって仮想的に再現した仮想空間である。仮想空間 5 3 には、オペレータ 4 0 のアバター 4 1 が配置される。オペレータ 4 0 は、アバター 4 1 の視線で見た、仮想空間 5 3 の様子を、ヘッドマウントディスプレイ 1 2 によって見ることができる。これにより、自分自身がアバター 4 1 に乗り移り、仮想空間 5 3 に居るように感じることができる。

40

【0022】

オペレータ 4 0 が動作するとアバター 4 1 も同じように動作し、さらにロボット 3 もそれに連動して動作する。

【0023】

遠隔タスク実行システム 5 のこのような機能により、オペレータ 4 0 は、第一の空間 5 1 に居ながら遠隔的に、かつ、ロボット 3 を意識することなく、第二の空間 5 2 でのタスクを行うことができる。以下、この仕組みについて説明する。

50

【 0 0 2 4 】

遠隔タスク実行システム 5 は、図 1 に示すように、オペレーションコンピュータ 1 0、ヘッドマウントディスプレイ 1 2、複数台の色距離センサ 1 4、モーションキャプチャコンピュータ 1 6、通信回線 2、およびロボット 3 などによって構成される。

【 0 0 2 5 】

通信回線 2 は、イーサネット（登録商標）回線、インターネット、公衆回線、または専用線などの通信回線であって、オペレーションコンピュータ 1 0 とロボット 3 との通信など、後述する種々の通信のために用いられる。

【 0 0 2 6 】

オペレータ 4 0 は、第一の空間 5 1 にいる。ヘッドマウントディスプレイ 1 2 は、オペレータ 4 0 の頭部に装着される。ヘッドマウントディスプレイ 1 2 として、非透過型の HMD または透過型の HMD などを用いられる。非透過型の HMD の例は、O c u l u s VR 社の O c u l u s r i f t である。透過型の HMD の例は、マイクロソフト社の H o l o L e n s およびグーグル社のグーグルグラスである。以下、ヘッドマウントディスプレイ 1 2 として非透過型の HMD が用いられる場合を例に説明する。

10

【 0 0 2 7 】

複数台の色距離センサ 1 4 は、第一の空間 5 1 の中央付近に配置される物体の前面、後面、および両側面を死角なく計測できるように、第一の空間 5 1 の中に設置される。以下、色距離センサ 1 4 として 3 台の色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 が設置される場合を例に説明する。

20

【 0 0 2 8 】

ロボット 3 は、第二の空間 5 2 の中にいる。さらに、第二の空間 5 2 には、ペン 6 1 およびパネル 6 2 など様々な物体が置かれている。置かれている物体には R F I D (Radio Frequency Identification) などのタグが搭載されており、物体の情報をロボットが読み込める環境を想定してもよい。

【 0 0 2 9 】

パネル 6 2 には、ペン 6 1 によって絵が描かれる。パネル 6 2 としてホワイトボードが用いられ、ペン 6 1 として水性ペンが用いられる。または、パネル 6 2 として、静電容量方式のタッチパネルディスプレイを用いてもよい。この場合は、ペン 6 1 として、タッチペンが用いられる。

30

【 0 0 3 0 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、ヘッドマウントディスプレイ 1 2 およびモーションキャプチャコンピュータ 1 6 と通信することができる場所に設置される。第一の空間 5 1 の中に設置されていてもよいし、第一の空間 5 1 の外に設置されていてもよい。

【 0 0 3 1 】

モーションキャプチャコンピュータ 1 6 は、オペレーションコンピュータ 1 0 および色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 と通信することができる場所に設置される。第一の空間 5 1 の中に設置されていてもよいし、第一の空間 5 1 の外に設置されていてもよい。

【 0 0 3 2 】

〔各装置の概要〕

40

図 3 は、オペレーションコンピュータ 1 0 のハードウェア構成の例を示す図である。図 4 は、タスク支援プログラム 1 0 j の構成の例を示す図である。図 5 は、ロボット 3 のハードウェア構成の例を示す図である。

【 0 0 3 3 】

遠隔タスク実行システム 5 を構成する各装置の主な機能を説明する。各装置の処理の詳細については、後に説明する。

【 0 0 3 4 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、主に、オペレータ 4 0 のモーションに基づいてロボット 3 へのコマンドを生成したり、仮想空間 5 3 にオペレータ 4 0 のアバター 4 1 を図 2 に示すように配置し仮想空間 5 3 の様子を表わす画像の画像データを生成したりする。

50

以下、オペレーションコンピュータ10として、パーソナルコンピュータが用いられる場合を例に説明する。

【0035】

オペレーションコンピュータ10は、図3に示すように、CPU (Central Processing Unit) 10a、RAM (Random Access Memory) 10b、ROM (Read Only Memory) 10c、補助記憶装置10d、無線通信装置10e、液晶ディスプレイ10f、スピーカ10g、および入力装置10hなどによって構成される。

【0036】

無線通信装置10eは、通信回線2の無線基地局を介してヘッドマウントディスプレイ12、モーションキャプチャコンピュータ16、およびロボット3と通信する。

10

【0037】

液晶ディスプレイ10fは、メッセージを示す画面などを表示する。スピーカ10gは、メッセージを音声によって出力する。

【0038】

入力装置10hは、キーボードまたはポインティングデバイスであって、オペレータ40または管理者がデータまたはコマンドをオペレーションコンピュータ10に入力するために用いられる。

【0039】

ROM10cまたは補助記憶装置10dには、タスク支援プログラム10jが記憶されている。タスク支援プログラム10jは、オペレータ40に仮想空間53の様子を見せたりロボット3を制御したりするためのプログラムである。

20

【0040】

タスク支援プログラム10jは、図4に示すように、初期化モジュール101、アバター生成モジュール102、仮想空間演算モジュール103、移動情報演算モジュール104、移動コマンドモジュール105、マニピュレートモジュール106、およびソリューションモジュール107などのソフトウェアモジュールなどによって構成される。本実施形態では、移動コマンドモジュールとマニピュレートモジュールとを分けているが、ロボット3が冗長自由度を持つ場合などは、移動ベースとマニピュレータとを一体のシステムとして制御してもよい。

【0041】

初期化モジュール101は、タスクを開始する前またはタスクを再開する前に、初期化の処理を行う。

30

【0042】

アバター生成モジュール102は、オペレータ40の三次元形状の計測の結果に応じてアバター41のデータを生成する。

【0043】

仮想空間演算モジュール103は、仮想空間53にある物体の位置および姿勢を演算する。さらに、仮想空間53の中の特定の位置から特定の方向を見た場合の仮想空間53の様子を表わす画像の画像データを生成する。アバター41を仮想空間53にした場合の仮想空間53の様子を表わす画像の画像データを生成することもできる。演算および生成の技術として、SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) が用いられる。

40

【0044】

移動情報演算モジュール104は、オペレータ40の動作に基づく移動の量および方向を演算する。

【0045】

移動コマンドモジュール105は、ロボット3を移動させるためのコマンドをオペレータ40の動作に応じて生成し、ロボット3に与える。

【0046】

マニピュレートモジュール106は、ロボット3のアームを動作させるためのコマンドをオペレータ40の動作に応じて生成し、ロボット3に与える。

50

【 0 0 4 7 】

ソリューションモジュール 1 0 7 は、ロボット 3 が障害物に遭遇した際の対策のためのモジュールである。

【 0 0 4 8 】

タスク支援プログラム 1 0 j は、RAM 1 0 b にロードされ、CPU 1 0 a によって実行される。補助記憶装置 1 0 d として、SSD (Solid State Drive) またはハードディスクなどが用いられる。

【 0 0 4 9 】

ヘッドマウントディスプレイ 1 2 は、上述の通りオペレータ 4 0 の頭部に装着される。そして、オペレーションコンピュータ 1 0 から画像データを受信し、仮想空間 5 3 の様子を表わす画像を表示する。

10

【 0 0 5 0 】

色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 は、RGB - D カメラまたはデプスカメラであって、オペレータ 4 0 の人体の表面の各点の色、および、各点と色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 自らの距離を、所定の時間 T a ごとに計測する。これにより、各点の RGB D (Red Green Blue Depth) データが所定の時間 T a ごとに得られる。所定の時間 T a は、オペレータ 4 0 の動作の解析能の高さに応じて任意に決めることができるが、例えば 0 . 1 秒ごとに訪れる時刻である。

【 0 0 5 1 】

そして、色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 は、RGB D データを得るごとに、モーションキャプチャコンピュータ 1 6 へ送信する。色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 として、例えばマイクロソフト社の k i n e c t センサが用いられる。

20

【 0 0 5 2 】

モーションキャプチャコンピュータ 1 6 は、色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 から RGB D データが送信されてくるごとに、オペレータ 4 0 の全身の三次元形状を、RGB D データおよび色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 それぞれの設置されている位置に基づいて算出する。そして、算出した三次元形状を示す三次元データをオペレーションコンピュータ 1 0 へ送信する。モーションキャプチャコンピュータ 1 6 として、例えばマイクロソフト社の K i n e c t f o r W i n d o w s S D K がインストールされたコンピュータが用いられる。

30

【 0 0 5 3 】

このように、モーションキャプチャコンピュータ 1 6 は、オペレータ 4 0 の全身の三次元形状を所定の時間 T a ごと算出する。三次元形状の変化は、オペレータ 4 0 のモーションを表わしている。したがって、モーションキャプチャコンピュータ 1 6 はオペレータ 4 0 のモーションをキャプチャしている、と言える。

【 0 0 5 4 】

ロボット 3 は、図 1 または図 5 に示すように、筐体 3 0、ロボットコンピュータ 3 1、ロボットコントローラ 3 2、モータ 3 3、モバイルドライバ 3 4、および 2 つまたは 4 つの車輪 3 5、マニピュレータ 3 6、マニピュレータドライバ 3 7、アクチュエータ 3 8、および色距離センサ 3 9 などによって構成される。

40

【 0 0 5 5 】

ロボットコンピュータ 3 1 は、ロボット 3 の全体的な管理を行うためのコンピュータである。例えば、オペレーションコンピュータ 1 0 から特定のデータを受信すると、ロボットコントローラ 3 2 へ転送する。または、マニピュレータ 3 6 によって得られたデータをオペレーションコンピュータ 1 0 へ転送する。

【 0 0 5 6 】

また、ロボットコンピュータ 3 1 は、色距離センサ 3 9 によって得られた RGB D データなどに基づいて、ロボットコンピュータ 3 1 の周囲の物体のモデリングを行い、さらに、物体の位置および姿勢を算出する。ロボットコンピュータ 3 1 は、筐体 3 0 に内蔵されている。

50

【 0 0 5 7 】

色距離センサ 3 9 は、RGB-Dカメラまたはデプスカメラである。色距離センサ 3 9 として、Kinect センサが用いられる。色距離センサ 3 9 は、ロボット 3 の前方を計測することができるように、筐体 3 0 の上面に設置されている。なお、筐体 3 0 の上面以外の位置に設置されてもよい。例えば、把持部 3 6 2 に設置されてもよい。または、色距離センサ 3 9 が複数台、設置されてもよい。例えば、4 台の色距離センサ 3 9 が筐体 3 0 の上面にそれぞれ前方、右方、左方、および後方を向くように設置されてもよい。

【 0 0 5 8 】

ロボットコントローラ 3 2 は、筐体 3 0 に内蔵されており、オペレータ 4 0 のモーションに応じてロボット 3 が動くようにモバイルドライバ 3 4 またはマニピュレータドライバ 3 7 に指令を与える。

10

【 0 0 5 9 】

マニピュレータ 3 6 は、人間の手および腕の代わりに、物体を掴んだり動かしたりする。マニピュレータ 3 6 は、筐体 3 0 の上面に設けられ、アーム部 3 6 1 および把持部 3 6 2 などによって構成される。

【 0 0 6 0 】

アーム部 3 6 1 は、手先に 6 自由度以上を持たせるための直動関節および回転関節を有し、これらの関節を曲げたり伸ばしたりすることによって、位置および姿勢を変えることができる。把持部 3 6 2 は、複数の指を有し、複数の指同士の距離を調整することによって物体を掴んだり離したりすることができる。

20

【 0 0 6 1 】

アクチュエータ 3 8 は、アーム部 3 6 1 および把持部 3 6 2 を駆動する。マニピュレータドライバ 3 7 は、ロボットコントローラ 3 2 からの指令に基づいて、アーム部 3 6 1 または把持部 3 6 2 が駆動するようにアクチュエータ 3 8 を制御する。なお、筐体 3 0 に対する、把持部 3 6 2 の位置は、例えば、ロータリーエンコーダなどによって各関節の角度を計測することによって求められる。

【 0 0 6 2 】

床からの、筐体 3 0 の上面の高さは、約 5 0 ~ 1 0 0 センチメートルである。アーム部 3 6 1 の長さは、人間の腕の付け根から指の先端までの長さよりも少し長い程度であり、約 6 0 ~ 1 0 0 センチメートルである。把持部 3 6 2 の両端の指を広げたときの距離は、人間の手を広げたときの親指と小指との距離よりも少し長い程度であり、約 2 0 ~ 3 0 センチメートルである。

30

【 0 0 6 3 】

このような構成により、把持部 3 6 2 は、人間がロボット 3 と同じ位置に立っているときに人間の手が届く範囲と同じ範囲またはそれよりも広い範囲で動くことができる。オペレータ 4 0 の可動範囲とロボット 3 の可動範囲とが異なっても構わない。後に述べるが、オペレータ 4 0 の可動範囲とロボット 3 の可動範囲とが異なっていて、オペレータ 4 0 の動作に応じたタスクをロボット 3 が実現できない場合には、仮想空間にロボットの CG (Computer Graphics) を入れ込むことにより、ロボット 3 がタスクを実現できないことをオペレータ 4 0 に理解させて、対応するためのリカバリー処理を実施する。

40

【 0 0 6 4 】

筐体 3 0 の右側面および左側面には、車輪 3 5 が 1 つずつまたは 2 つずつ設けられている。以下、車輪 3 5 として右車輪 3 5 1 および左車輪 3 5 2 それぞれが筐体 3 0 の右側面および左側面に設けられている場合を例に説明する。

【 0 0 6 5 】

モータ 3 3 は、筐体 3 0 に内蔵されており、右車輪 3 5 1 および左車輪 3 5 2 を駆動させる。モバイルドライバ 3 4 は、筐体 3 0 に内蔵されており、ロボットコントローラ 3 2 からの指令に基づいて、右車輪 3 5 1 および左車輪 3 5 2 が駆動するようにモータ 3 3 を制御する。これにより、ロボット 3 が移動する。

【 0 0 6 6 】

50

〔第二の空間 5 2 中の物体を取り扱う際の処理〕

次に、オペレータ 4 0 が第一の空間 5 1 の中に居ながら第二の空間 5 2 中の物体を取り扱う際の、各装置の処理について説明する。

【0067】

〔初期化〕

図 6 は、初期化の際のデータの流れの例を示す図である。図 7 は、第二の空間座標系とロボット座標系との位置関係の例を示す図である。

【0068】

オペレータ 4 0 は、タスクを開始する前に、第一の空間 5 1 中の、色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 によって囲まれる位置に、右足 4 0 3 および左足 4 0 4 を揃えて立つ。そして、開始コマンド 7 0 をオペレーションコンピュータ 1 0 に入力する。

【0069】

すると、オペレーションコンピュータ 1 0 は、初期化モジュール 1 0 1 によって、初期化を行う。以下、初期化を、図 6 を参照しながら説明する。

【0070】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、開始コマンド 7 0 が入力されると、計測コマンド 7 1 を色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 へ送信する。

【0071】

なお、オペレータ 4 0 の手がオペレーションコンピュータ 1 0 に届かない場合は、オペレータ 4 0 が無線デバイスによって開始コマンド 7 0 を入力してもよいし、オペレータ 4 0 の代わりに補助者が開始コマンド 7 0 を入力してもよい。または、オペレータ 4 0 が開始コマンド 7 0 を入力した後、所定の時間、例えば 1 0 秒が経過した後、計測コマンド 7 1 が送信されるようにしてもよい。

【0072】

また、初期化が完了するまで、オペレータ 4 0 は、動かず静止していることが、望ましい。特に、顔 4 0 1、右手 4 0 2、右足 4 0 3、および左足 4 0 4 が静止していることが、望ましい。

【0073】

色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 は、それぞれ、計測コマンド 7 1 を受信すると、オペレータ 4 0 の人体の表面の各点の色、および、各点と色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 自らとの距離の計測を開始する。計測は、上述の通り、所定の時間 T_a ごとに行われる。そして、色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 は、計測によって RGBD データ 7 A を得るごとに、モーションキャプチャコンピュータ 1 6 へ送信する。

【0074】

モーションキャプチャコンピュータ 1 6 は、色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 のそれぞれから RGBD データ 7 A を受信すると、これらの RGBD データ 7 A に基づいてオペレータ 4 0 の全身の三次元形状を算出する。そして、算出した三次元形状を示す三次元データ 7 B をオペレーションコンピュータ 1 0 へ送信する。

【0075】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、1 つ目の三次元データ 7 B を受信すると、その三次元データ 7 B に示される三次元形状から、右手 4 0 2、右足 4 0 3、および左足 4 0 4 それぞれを検出する。そして、オペレータ座標系における、右手 4 0 2 の位置を算出する。以下、この算出された位置を「初期位置 P_0 」と記載する。両手を使った作業の場合には、右手 4 0 2 だけでなく左手 4 0 7 の位置も検出する。

【0076】

「オペレータ座標系」は、図 2 に示すような三次元座標系である。つまり、右足 4 0 3 のつま先と左足 4 0 4 のつま先とを結ぶライン 4 0 L の中心を原点とし、右足 4 0 3 のつま先から左足 4 0 4 のつま先への方向を X 1 軸方向とし、鉛直上向き方向を Z 1 軸方向とし、さらに、X 1 軸および Z 1 軸に直交しかつオペレータ 4 0 の正面から背後へ向かう方向を Y 1 軸方向とする、三次元座標系である。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

そして、オペレーションコンピュータ 10 は、初期位置 P 0 をパラメータとして示す初期化コマンド 7 2 をロボットコンピュータ 3 1 へ送信する。

【 0 0 7 8 】

ロボットコンピュータ 3 1 は、初期化コマンド 7 2 を受信すると、把持部 3 6 2 の位置の初期化を行うようにロボットコントローラ 3 2 へ指令する。この際に、初期化コマンド 7 2 に示される初期位置 P 0 をロボットコントローラ 3 2 に通知する。

【 0 0 7 9 】

すると、ロボットコントローラ 3 2 は、初期位置 P 0 に対応する、ロボット座標系における位置へ把持部 3 6 2 を移動させるように、マニピュレータドライバ 3 7 へ指令する。

10

【 0 0 8 0 】

「ロボット座標系」は、右車輪 3 5 1 および左車輪 3 5 2 それぞれが接地する位置を結ぶラインの中心を原点とし、右車輪 3 5 1 から左車輪 3 5 2 へ向かう方向を X 4 軸方向とし、鉛直上向き方向を Z 4 軸方向とし、さらに、X 4 軸および Z 4 軸に直交しかつロボット 3 の正面から背後へ向かう方向を Y 4 軸方向とする三次元座標系である。以下、この中心を「ロボット原点 O 4」と記載する。

【 0 0 8 1 】

つまり、ロボットコントローラ 3 2 は、初期位置 P 0 が (X 1 a , Y 1 a , Z 1 a) であれば、ロボット座標系における (X 1 a , Y 1 a , Z 1 a) の位置へ把持部 3 6 2 を移動させるように、マニピュレータドライバ 3 7 へ指令する。

20

【 0 0 8 2 】

この際に、ロボットコントローラ 3 2 は、ロボット座標系におけるこの位置をマニピュレータドライバ 3 7 へ通知する。

【 0 0 8 3 】

すると、マニピュレータドライバ 3 7 は、通知された位置に把持部 3 6 2 が移動するようにアクチュエータ 3 8 を制御する。さらに、マニピュレータドライバ 3 7 は、把持部 3 6 2 が完全に開いた状態になるように、つまり、把持部 3 6 2 の複数の指同士の距離を、取り得る距離の最長になるように、アクチュエータ 3 8 を制御する。

【 0 0 8 4 】

また、ロボットコンピュータ 3 1 は、把持部 3 6 2 の位置の初期化を指令するのと並行して、ロボット 3 の前方の計測を色距離センサ 3 9 に開始させる。

30

【 0 0 8 5 】

すると、色距離センサ 3 9 は、所定の時間 T a ごとに計測を行い、計測によって R G B D データ 7 C を得るごとにロボットコンピュータ 3 1 へ送信する。なお、初期化後は、ロボット 3 の前方の計測および R G B D データ 7 C の送信を、ロボット 3 が移動している間のみ行ってもよい。

【 0 0 8 6 】

そして、ロボットコンピュータ 3 1 は、R G B D データ 7 C を受信するごとに、これをオペレーションコンピュータ 10 へ送信する。

【 0 0 8 7 】

ところで、第二の空間 5 2 の原点 O 2、X 2 軸方向、Y 2 軸方向、および Z 2 軸方向を定めなければならない。そこで、オペレーションコンピュータ 10 は、図 7 (A) のように、第二の空間 5 2 の中の、初期化が行われた時点のロボット原点 O 4 の位置と同じ位置を、原点 O 2 に定める。さらに、この時点の、右車輪 3 5 1 から左車輪 3 5 2 へ向かう方向を X 2 軸方向に定める。鉛直上向き方向を Z 2 軸方向に定める。そして、X 2 軸および Z 2 軸に直交しかつこの時点の、ロボット 3 の正面から背後へ向かう方向を Y 2 軸方向に定める。X 2 軸、Y 2 軸、および Z 2 軸からなる座標系を「第二の空間座標系」と記載する。

40

【 0 0 8 8 】

なお、初期化の時点においては、第二の空間座標系の X Y Z の各軸つまり X 2 軸、Y 2

50

軸、および Z 2 軸は、それぞれ、ロボット座標系の X Y Z の各軸つまり X 4 軸、Y 4 軸、および Z 4 軸に一致する。第二の空間座標系において、ロボット 3 は、Y 2 軸のマイナス方向を向いて原点 O 2 で止まっている。しかし、ロボット 3 が第二の空間 5 2 つまり第二の空間座標系の中で移動するのに伴って、図 7 (B) のように、ロボット座標系の、第二の空間座標系に対する位置が変わる。

【 0 0 8 9 】

以上の処理によって、初期化モジュール 1 0 1 による初期化が完了する。初期化の後、オペレータ 4 0 の動作に応じてアバター 4 1 およびロボット 3 が動作する。つまり、オペレータ 4 0、アバター 4 1、およびロボット 3 がリンクする。オペレータ 4 0 にとっては、自分の動作に伴ってアバター 4 1 が動き、アバター 4 1 の動作に伴ってロボット 3 が自
10
律的に動くように感じられる。よって、オペレータ 4 0 は、第二の空間 5 2 の中の物体を、ロボット 3 を意識することなく、かつ、直接触れることなくロボット 3 を介して取り扱うことができる。仮想空間 5 3 の画像の表示のための処理およびロボット 3 の移動のための処理が並行して行われる。以下、これらの処理について、説明する。

【 0 0 9 0 】

〔ロボット 3 の移動〕

図 8 は、角度 hip、長さ L leg、および距離 D step の例を示す図である。図 9 は、ロボット 3 の移動の際のデータの流れの例を示す図である。図 1 0 は、角度 body の例を示す
20
図である。図 1 1 は、ロボット 3 の移動の方向および距離の例を示す図である。

【 0 0 9 1 】

オペレータ 4 0 が、第一の空間 5 1 の中を歩きまたは足踏みすると、アバター 4 1 が移動し、ロボット 3 も移動する。さらに、自分の正面の向きを変えることによって、ロボット 3 が前進する方向を変えることができる。まずは、ロボット 3 が前進する際の処理を、オペレータ 4 0 が足踏みする場合を例に、図 8 を参照しながら説明する。アバター 4 1 の移動については、後述する。第一の空間 5 1 の中を歩く場合の処理も、後述する。

【 0 0 9 2 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、移動情報演算モジュール 1 0 4 によって、ロボット 3 を移動させるべき距離および向きを次のように算出する。

【 0 0 9 3 】

上述の通り、初期化が完了した後も、所定の時間 T a ごとにモーションキャプチャコンピュータ 1 6 から三次元データ 7 B がオペレーションコンピュータ 1 0 に送信されてくる
30
。

【 0 0 9 4 】

ところで、オペレータ 4 0 が 1 回、足踏みする間に、オペレータ 4 0 の右脚 4 0 5 と左脚 4 0 6 との角度 hip は、次のように変化する。オペレータ 4 0 が左足 4 0 4 を上げ始めると、角度 hip は、0 度から徐々に大きくなる。左足 4 0 4 が図 9 (A) に示すように最も高く上がったところで、角度 hip は、最大になる。そして、左足 4 0 4 を下げ始めると角度 hip は、徐々に小さくなり、0 度に戻る。

【 0 0 9 5 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、三次元データ 7 B に基づいて、右足 4 0 3 または左足 4 0 4 の位置の変化の有無を判別し、変化があれば、右脚 4 0 5 および左脚 4 0 6 それぞれの、所定の時間 T a ごとの角度 hip を算出する。
40

【 0 0 9 6 】

さらに、オペレーションコンピュータ 1 0 は、右脚 4 0 5 または左脚 4 0 6 の長さ L leg を三次元データ 7 B に基づいて算出する。なお、長さ L leg は、1 回だけ算出すればよい。初期化の際に予め算出しておいてもよい。

【 0 0 9 7 】

そして、オペレーションコンピュータ 1 0 は、次の (1) 式に基づいて、距離 D step を算出する。

【 0 0 9 8 】

10

20

30

40

50

【数 1】

$$D_{\text{step}}(T_i) = \int_{T_{i-1}}^{T_i} L_{\text{leg}} \dot{\theta}_{\text{hip}} dT \quad \dots\dots (1)$$

【0099】

距離 D_{step} は、オペレータ 40 が足踏みするのではなく歩いたならば進むと推測される距離である。

【0100】

つまり、オペレーションコンピュータ 10 は、長さ L_{leg} および所定の刻み時間 T_a における角度 θ_{hip} の変化の割合に基づいて距離 D_{step} を算出する。なお、時刻 T_i は、 i 番目のサンプル時刻であり、時刻 $(T_i - 1)$ は、1つ前の時刻（時刻 T_i の時間 T_a 前）である。

【0101】

オペレーションコンピュータ 10 は、距離 D_{step} を他の方法によって算出してもよい。例えば、オペレーションコンピュータ 10 は、最大であるときの角度 θ_{hip} で図 9 (B) のようにオペレータ 40 が一步前進したものとみなし、三角関数を用いて距離 D_{step} を算出してもよい。この方法によると、(1) 式を用いる方法よりも分解能は劣るが、計算量を減らすことができる。

【0102】

または、予め、オペレータ 40 または補助者が、実際にオペレータ 40 が様々な歩幅 W で歩いたときの両脚の最大の角度 θ_{hip} を計測し、歩幅 W と角度 θ_{hip} との関係式、 $W = f(\theta_{\text{hip}})$ 、を求めておく。そして、オペレーションコンピュータ 10 は、オペレータ 40 が足踏みすると、角度 θ_{hip} の最大値を算出し、これを、この式の θ_{hip} に代入することによって、歩幅 W を距離 D_{step} として算出してもよい。この方法も、(1) 式を用いる方法よりも分解能は劣るが、計算量を減らすことができる。

【0103】

また、オペレーションコンピュータ 10 は、三次元データ 7B に基づいて、オペレータ 40 の正面の向きの変化を次のように算出する。

【0104】

オペレーションコンピュータ 10 は、初期化後、第一の空間 51 における、ライン 40L、つまり、右足 403 のつま先と左足 404 のつま先とを結ぶラインの向きを監視し続ける。そして、図 10 に示すようにライン 40L の向きに変化が生じると、変化前の向きに対する変化後の向きの角度 θ_{body} を算出する。これにより、オペレータ 40 が自分の正面の向きをどれくらい変えたのかが算出される。

【0105】

移動情報演算モジュール 104 によって、以上のように、ロボット 3 を移動させるべき距離および向きが算出される。

【0106】

なお、オペレータ 40 が右脚 405 または左脚 406 を上げることによって自分の正面の向きを変えると、足踏みであるとオペレーションコンピュータ 10 が誤って検知することがある。そこで、オペレータ 40 は、右足 403 および左足 404 を床に付けたまま向きを変えるのが望ましい。または、角度 θ_{hip} が所定の角度未満である場合は、オペレーションコンピュータ 10 は、距離 D_{step} を算出しないようにしてもよい。

【0107】

オペレーションコンピュータ 10 は、移動情報演算モジュール 104 によって距離 D_{step} または角度 θ_{hip} が算出されると、移動コマンドモジュール 105 によって次のようにロボットコンピュータ 31 へコマンドを与える。

【0108】

10

20

30

40

50

オペレーションコンピュータ10は、移動情報演算モジュール104によって距離Dstepが算出された場合は、この距離Dstepをパラメータとして示す前進コマンド73をロボットコンピュータ31へ送信する。または、角度bodyが算出された場合は、この角度bodyをパラメータとして示す方向転換コマンド74をロボットコンピュータ31へ送信する。

【0109】

ロボットコンピュータ31は、前進コマンド73または方向転換コマンド74を受信すると、ロボットコントローラ32へ転送する。

【0110】

ロボットコントローラ32は、初期化後に方向転換コマンド74を受信することなく前進コマンド73を受信した場合は、前進コマンド73に示される距離Dstepだけ真っ直ぐ前進するようにモビールドライバ34へ指令する。または、前回に1歩分前進した後、方向転換コマンド74を受信することなく前進コマンド73を受信した場合も同様に、前進コマンド73に示される距離Dstepだけ直進するようにモビールドライバ34へ指令する。

10

【0111】

すると、モビールドライバ34は、図11(A)に示すように距離Dstepだけ進行方向を変えることなくロボット3が直進するように、モータ33を制御する。

【0112】

または、初期化後、方向転換コマンド74を受信してから前進コマンド73を受信した場合は、方向転換コマンド74に示される角度bodyの方向へ、前進コマンド73に示される距離Dstepだけ前進するように、モビールドライバ34へ指令する。

20

【0113】

すると、モビールドライバ34は、図11(B)に示すように角度bodyの方向へ距離Dstepだけロボット3が前進するように、右車輪351および左車輪352の向きおよびモータ33を制御する。

【0114】

また、モビールドライバ34は、ロボット3が移動している間、所定の時間Taごとに、ロボット3の、第二の空間52における現在の位置および姿勢を算出し、算出した位置および姿勢を示すステータスデータ7Dをロボットコンピュータ31へ送信する。

30

【0115】

ロボットコンピュータ31は、ステータスデータ7Dを受信するごとに、それをオペレーションコンピュータ10へ転送する。

【0116】

〔仮想空間53の画像の表示〕

図12は、仮想空間53の様子を画像を表示する際のデータの流れの例を示す図である。図13は、ヘッドマウントディスプレイ12に表示される画像の例を示す図である。

【0117】

初期化が完了した後、仮想空間53の中の画像を表示するための処理が次のように行われる。以下、この処理を、図12を参照しながら説明する。

40

【0118】

開始コマンド70が入力されると、上述の通り、色距離センサ141~143によってRGBDの計測が開始され、モーションキャプチャコンピュータ16によって三次元形状の算出が開始される。

【0119】

初期化が完了した後も、色距離センサ141~143は、RGBDの計測を継続し、モーションキャプチャコンピュータ16は三次元形状の算出を継続する。これにより、オペレーションコンピュータ10には、所定の時間Taごとにモーションキャプチャコンピュータ16から三次元データ7Bが送信されてくる。

【0120】

50

オペレーションコンピュータ10は、三次元データ7Bが送信されてくるごとに、アバター生成モジュール102を用いて三次元データ7Bに対して加工を施すことによって、アバター41のアバターデータ7Eを生成する。例えば、加工として、三次元形状の円滑化の処理を施す。

【0121】

または、モーションキャプチャコンピュータ16は、最初にオペレータ40の三次元形状を算出して三次元データ7Bを生成し、三次元データ7Bをオペレーションコンピュータ10へ送信した後は、三次元データ7Bを生成し送信するのを継続する代わりに、オペレータ40の表面の点のうちの変化があった点の変化後の座標をオペレーションコンピュータ10へ通知するようにしてもよい。

10

【0122】

この場合は、オペレーションコンピュータ10は、変化後の座標を最初に通知されると、その座標に応じて三次元データ7Bを補正することによってアバターデータ7Eを生成する。その後は、変化後の座標が通知されるごとに、その座標に応じてアバターデータ7Eを補正する。

【0123】

上述の通り、オペレーションコンピュータ10には、所定の時間TaごとにRGBDデータ7Cがロボットコンピュータ31から送信されてくる。初期化後は、さらに、ステータスデータ7Dが送信されてくることもある。

【0124】

オペレーションコンピュータ10は、RGBDデータ7Cを受信し、またはアバターデータ7Eが生成されもしくは補正されるごとに、仮想空間演算モジュール103によって次の処理を行う。

20

【0125】

オペレーションコンピュータ10は、RGBDデータ7Cを受信すると、RGBDデータ7Cに基づいて第二の空間52を再現することによって、仮想空間53にある仮想の物体の位置および姿勢を算出する。これにより、ペン61およびパネル62など第二の空間52の中の各物体が、各物体の相対的な関係を保ったまま仮想空間53に仮想される。

【0126】

なお、ロボット原点04と色距離センサ39の位置とが一致していないので、オペレーションコンピュータ10は、両者の差に応じて物体の位置および姿勢を補正してもよい。

30

【0127】

また、ロボット3が移動し始めるまで、つまりステータスデータ7Dを受信するまでは、オペレーションコンピュータ10は、ロボット3がY2軸のマイナス方向を向いて原点02にあるものとして、第二の空間52を再現する。ステータスデータ7Dを受信したら、そのステータスデータ7Dに示される位置および向きにロボット3があるものとして、第二の空間52を再現する。位置および姿勢は、マイクロソフト社のkinectの技術によって算出することができる。

【0128】

または、オペレーションコンピュータ10は、アバター生成モジュール102によってアバターデータ7Eが生成されまたは補正されると、第二の空間52における、ロボット3の現在の位置および向きに合わせて、そのアバターデータ7Eに基づいて仮想空間53にアバター41を配置しまたは移動させる。

40

【0129】

アバター41の初期の位置は、仮想空間座標系の原点である。仮想空間座標系は、仮想空間53の座標系であって、初期におけるアバター41の右足のつま先から左足のつま先への方向をX3軸方向とし、鉛直上向き方向をZ3軸方向とし、さらに、X3軸およびZ3軸に直交しかつアバター41の正面から背後へ向かう方向をY3軸方向とする、三次元座標系である。

【0130】

50

既にアバター 4 1 を配置済である場合は、オペレーションコンピュータ 1 0 は、そのアバターデータ 7 E に示される三次元形状になるようにアバター 4 1 を更新する。

【 0 1 3 1 】

仮想空間 5 3 へのアバター 4 1 の配置およびアバター 4 1 の更新は、S L A M (Simultaneous Localization And Mapping) の技術によって行うことができる。

【 0 1 3 2 】

さらに、オペレーションコンピュータ 1 0 は、仮想空間演算モジュール 1 0 3 によって、所定の時間 T a ごとに仮想空間 5 3 におけるアバター 4 1 の両目の位置を検出し、その位置からの視線の方向を算出する。以下、仮想空間 5 3 におけるアバター 4 1 の両目の位置を「両目位置」と記載する。両目位置として、アバター 4 1 の両目の代わりにヘッドマウントディスプレイ 1 2 の位置を検出してもよい。そして、両目位置から視線の方向を見た場合の、仮想空間 5 3 の中の物体の様子 of 画像を表わす画像データ 7 F を生成し、ヘッドマウントディスプレイ 1 2 へ送信する。この画像は、オペレータ 4 0 の視界に現われる様子を表わしている、と言える。

10

【 0 1 3 3 】

ヘッドマウントディスプレイ 1 2 は、画像データ 7 F を受信するごとに、画像データ 7 F が表わす画像を表示する。

【 0 1 3 4 】

以上の処理によると、オペレータ 4 0 が顔 4 0 1 を動かすと、顔 4 0 1 の動きに伴ってアバター 4 1 の両目位置および視線の方向も変わり、仮想空間 5 3 の中の物体の様子 of 画像も変わる。よって、オペレータ 4 0 は、所定の時間 T a ごとに表示される画像を見ることによって、自分が第二の空間 5 2 または仮想空間 5 3 にいるように感じることができる。画像が所定の時間 T a ごとに変わるので、ヘッドマウントディスプレイ 1 2 は動画像を表示している、と言える。

20

【 0 1 3 5 】

また、表示される画像は、両目位置から見えるものである。よって、これらの画像には、アバター 4 1 の全体は表われておらず、図 1 3 のように、例えば腕および手しか表われない。

【 0 1 3 6 】

オクルージョンの問題を軽減するために、アバター 4 1 の画像を半透明にしてもよい。または、オペレータ 4 0 がタスクを実行していないとき、つまり、右手 4 0 2 を動かしていないときは、アバター 4 1 の画像を表示しないようにしてもよい。または、コマンドによってアバター 4 1 の画像の不透過での表示、半透明での表示、および非表示を切り換えることができるようにしてもよい。ヘッドマウントディスプレイ 1 2 として透過型の H M D が用いられる場合は、デフォルトではアバター 4 1 の画像を表示しないようにしておき、コマンドによってアバター 4 1 の画像の不透過での表示、半透明での表示、および非表示を切り換えられるようにすればよい。

30

【 0 1 3 7 】

〔手の動作〕

図 1 4 は、把持部 3 6 2 を動作させる際のデータの流の例を示す図である。

40

【 0 1 3 8 】

オペレータ 4 0 は、右手 4 0 2 を動かすことによって、把持部 3 6 2 を動かすことができる。以下、把持部 3 6 2 を動かす処理を、図 1 4 を参照しながら説明する。

【 0 1 3 9 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、初期化後、マニピュレートモジュール 1 0 6 によって次の処理を行う。

【 0 1 4 0 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、三次元データ 7 B を受信するごとに、オペレータ座標系における右手 4 0 2 の位置を算出し、位置に変化があったか否かを監視する。

【 0 1 4 1 】

50

そして、右手 4 0 2 の位置に変化があったことを検知すると、オペレーションコンピュータ 1 0 は、右手 4 0 2 の最新の位置の座標をパラメータとして示すマニピュレートコマンド 7 5 をロボットコンピュータ 3 1 に送信する。

【 0 1 4 2 】

ロボットコンピュータ 3 1 は、マニピュレートコマンド 7 5 を受信すると、ロボットコントローラ 3 2 に転送する。

【 0 1 4 3 】

ロボットコントローラ 3 2 は、ロボット座標系における、マニピュレートコマンド 7 5 に示される座標の位置へ把持部 3 6 2 を動かすようにマニピュレタドライバ 3 7 に指令する。

【 0 1 4 4 】

すると、マニピュレタドライバ 3 7 は、右手移動量だけ把持部 3 6 2 が移動するようにアクチュエータ 3 8 を制御する。

【 0 1 4 5 】

この処理を右手 4 0 2 の位置が変わるごとに行うことによって、把持部 3 6 2 が、右手 4 0 2 が動いた通りに動く。アーム部 3 6 1 は、オペレータ 4 0 の右腕が動いた通りに動かなくてもよい。

【 0 1 4 6 】

また、前に説明した通り、アバター 4 1 の形状は、オペレータ 4 0 の三次元形状の変化に伴って変化する。したがって、アバター 4 1 の右手も、右手 4 0 2 が動いた通りに動く。

【 0 1 4 7 】

よって、オペレータ 4 0 が右手 4 0 2 を動かすと、アバター 4 1 も同じように右手を動かし、さらに、ロボット 3 も同じように把持部 3 6 2 を動かす。つまり、右手 4 0 2、アバター 4 1 の右手、および把持部 3 6 2 それぞれの動きのベクトルが、一致する。

【 0 1 4 8 】

オペレータ 4 0 が把持部 3 6 2 を動作させたくないにも関わらず、オペレータ 4 0 が足踏みするとき、および、自分の正面の向きを変えるときにも、右手 4 0 2 が動くことがある。すると、オペレータ 4 0 の意思に反して把持部 3 6 2 が動作してしまう。

【 0 1 4 9 】

そこで、オペレーションコンピュータ 1 0 は、右足 4 0 3 および左足 4 0 4 が動いていない場合にのみ、右手 4 0 2 の位置の変化を監視するようにしてもよい。

【 0 1 5 0 】

また、オペレーションコンピュータ 1 0 は、右手 4 0 2 の位置の変化とともに、右手 4 0 2 の指の開閉を監視する。そして、指が閉じたことを検知した場合は、クローズコマンド 7 6 をロボットコンピュータ 3 1 に送信する。一方、指が開いたことを検知した場合は、オープンコマンド 7 7 をロボットコンピュータ 3 1 に送信する。

【 0 1 5 1 】

ロボットコンピュータ 3 1 は、クローズコマンド 7 6 を受信すると、ロボットコントローラ 3 2 に転送する。

【 0 1 5 2 】

ロボットコントローラ 3 2 は、クローズコマンド 7 6 を受信すると、把持部 3 6 2 を閉じるようにマニピュレタドライバ 3 7 に指令する。

【 0 1 5 3 】

すると、マニピュレタドライバ 3 7 は、把持部 3 6 2 の複数の指同士の距離が徐々に短くなるようにアクチュエータ 3 8 を制御する。なお、いずれかの指に感圧センサを取り付けておき、感圧センサによって一定の圧力が検知されたら、これらの指の動作を停止させてもよい。

【 0 1 5 4 】

一方、オープンコマンド 7 7 を受信すると、ロボットコンピュータ 3 1 は、把持部 3 6

10

20

30

40

50

2を開くようにマニピュレータドライバ37に指令する。

【0155】

すると、マニピュレータドライバ37は、把持部362が完全に開いた状態になるようにアクチュエータ38を制御する。

【0156】

マニピュレートモジュール106によると、以上のように、右手402の動作に合わせて把持部362の位置を変えたり把持部362を閉じたり開いたりすることができる。

【0157】

〔物体の取扱いの具体例〕

オペレータ40は、第一の空間51の中で足踏みしたり、向きを変えたり、ヘッドマウントディスプレイ12に表示される画像を見たりしながら、仮想空間53の中でペン61およびパネル62を探す。ペン61およびパネル62を見つけたら、足踏みしたり、向きを変えたりしながら、ペン61およびパネル62の近くに移動しようとする。オペレータ40の動作に伴って、アバター41は仮想空間53の中を移動し、ロボット3は第二の空間52の中を移動する。

【0158】

さらに、オペレータ40は、右手402がペン61に届くように思えたら、右手402を伸ばす。右手402がペン61に届いたことを、ヘッドマウントディスプレイ12に表示される画像によって確認したら、右手402を閉じる。すると、アバター41は、ペン61を掴もうとする。さらに、第二の空間52の中で、ロボット3は、ペン61を把持部362によって掴む。

【0159】

そして、オペレータ40は、右手402を動かすことによって、ペン61をパネル62の表面のところまで移動させ、パネル62の表面にペン61の先が触れたように思えたら、円を描くように右手402を動かす。ハプテックスデバイスを用いて触覚や力覚をオペレータに提示することも可能である。すると、ロボット3は、右手402の動作に応じて把持部362を動作させる。これにより、パネル62の表面にペン61で円が描かれる。

【0160】

ヘッドマウントディスプレイ12に表示される画像は、アバター41の両目位置から見たものである。よって、オペレータ40は、仮想空間53に没入し、ロボット3の存在を意識することなく、自分自身の脚で移動し自分自身の手で物体を取り扱っている感覚を得ることができる。

【0161】

本例では、ペンを持って円を描くタスクを例に説明したが、組立て作業または加工作業の様なさらに複雑なタスク、あるいは特定の部位を単に動かすタスクのような簡単なタスクも、本発明における「タスク」に含まれる。また、オペレータ40が右手402でシャッタを切る仕草をするのに応じて、ロボット3がロボット3に備わるデジタルカメラで写真を撮影するなど、ロボットの動作が見た目に現われないタスクも含まれる。

【0162】

〔障害物の対策〕

図15は、障害物の対応の際にアバター40の視点を変えるために仮想空間53へ仮想ロボット3Aを配置しアバター41をシフトさせる例を示す図である。図16は、ヘッドマウントディスプレイ12に表示される画像の例を示す図である。図17は、障害物の対策の際のデータの流れの例を示す図である。図18は、ロボット3およびヘルプロボット3Xが協同する例を示す図である。

【0163】

ところで、移動中にロボット3が障害物に出会うことがある。オペレータ40およびアバター41ならば障害物を跨いで進むことができるが、ロボット3は進めないことがある。すると、アバター41の移動先の位置へロボット3が追従することができないことがある。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 4 】

このような場合に、ロボット 3 は、自律的に迂回してアバター 4 1 の移動先の位置へ移動することができる。

【 0 1 6 5 】

しかし、ロボット 3 は、自律的に迂回する機能を用いてもアバター 4 1 の移動先の位置へ移動できないことがある。そこで、ソリューションモジュール 1 0 7 が用いられる。ソリューションモジュール 1 0 7 によると、ロボット 3 に障害物を乗り越えさせたり障害物から後退させたりすることができる。

【 0 1 6 6 】

ロボット 3 は、アバター 4 1 の移動先の位置へ移動できない場合に、オペレーションコンピュータ 1 0 へその旨を通知する。すると、ヘッドマウントディスプレイ 1 2 にその旨のメッセージや画像情報が表示される。

10

【 0 1 6 7 】

オペレータ 4 0 は、足踏みしているにも関わらずロボット 3 が前進しないことを、そのメッセージや画像情報によって知ったら、ソリューションコマンド 8 1 を入力する。

【 0 1 6 8 】

または、前進コマンド 7 3 を受信し続けているにも関わらず前進しないことをモバイルドライバ 3 4 に検知させてもよい。そして、モバイルドライバ 3 4 は、障害通知信号 8 2 を、ロボットコンピュータ 3 1 を介してオペレーションコンピュータ 1 0 へ送信すればよい。

20

【 0 1 6 9 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、ソリューションコマンド 8 1 が入力されまたは障害通知信号 8 2 を受信したら、オペレータ 4 0 およびアバター 4 1 とロボット 3 とのリンクを切断するために、移動情報演算モジュール 1 0 4、移動コマンドモジュール 1 0 5、およびマニピュレートモジュール 1 0 6 を停止する。

【 0 1 7 0 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、仮想空間演算モジュール 1 0 3 によって、仮想空間 5 3 におけるオブジェクトの配置の変更の処理を次のように実行する。

【 0 1 7 1 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、図 1 5 に示すように、仮想空間 5 3 の中の、第二の空間 5 2 におけるロボット 3 の現在の位置に対応する位置に、ロボット 3 の三次元形状を仮想した仮想ロボット 3 A を配置する。仮想ロボット 3 A の向きも、ロボット 3 の現在の向きに合わせる。

30

【 0 1 7 2 】

さらに、オペレーションコンピュータ 1 0 は、アバター 4 1 を配置する位置を仮想ロボット 3 A の真後ろへ所定の距離だけシフトさせる。例えば、仮想ロボット 3 A の背面から 2 0 センチメートル後方へシフトさせる。なお、仮想ロボット 3 A の三次元データは、ロボット 3 を三次元計測することによって予め用意しておけばよい。ロボットの C A D (Computer-aided Design) データを用いてもよい。

【 0 1 7 3 】

そして、オペレーションコンピュータ 1 0 は、アバター生成モジュール 1 0 2 によってアバターデータ 7 E が生成されまたは補正されると、ロボット 3 の現在の位置ではなく、シフト後の位置にアバター 4 1 を配置する。

40

【 0 1 7 4 】

その後、オペレーションコンピュータ 1 0 は、アバター 4 1 のシフト後の両目位置から視線方向を見た様子を表わす画像の画像データ 7 F を生成し、ヘッドマウントディスプレイ 1 2 へ送信する。

【 0 1 7 5 】

そして、ヘッドマウントディスプレイ 1 2 は、画像データ 7 F を受信するごとに、画像データ 7 F が表わす画像を表示する。ただし、アバター 4 1 の位置がシフトしたので、図

50

16のような、仮想ロボット3Aの背後から見た環境の様子画像が表示される。

【0176】

オペレーションコンピュータ10は、ソリューションモジュール107によって、ロボット3に障害物を乗り越えさせたり障害物から後退させたりする処理を行う。以下、この処理を、図17を参照しながら説明する。

【0177】

オペレータ40は、画像を見ることによって、ロボット3の周囲の様子を確認する。ロボット3が障害物を乗り越えられそうであれば、ロボット3の背面を押すために、右手402および左手407を自分の前方へ伸ばし始める。

【0178】

右手402および左手407を伸ばしている途中で、仮想空間演算モジュール103の処理によって、アバター41の右手および左手が仮想ロボット3Aの背面に触れる様子画像がヘッドマウントディスプレイ12に表示される。オペレータ40は、右手402および左手407をさらに伸ばし続ける。

【0179】

オペレーションコンピュータ10は、アバター41の右手および左手が仮想ロボット3Aの背面に達したことを検知すると、出力アップコマンド83をロボットコンピュータ31へ送信する。

【0180】

ロボットコンピュータ31は、出力アップコマンド83を受信すると、ロボットコントローラ32へ転送する。

【0181】

ロボットコントローラ32は、出力アップコマンド83を受信すると、回転数を通常よりも上げるようにモビールドライバ34へ指令する。

【0182】

すると、モビールドライバ34は、右車輪351および左車輪352が通常より高速に回転するように、または、通常よりも高い加速度で回転するように、モータ33を制御する。これにより、ロボット3が障害物を乗り越えられることもあれば、乗り越えられないこともある。あるいは、ロボット3が、フリッパーを備えるクローラ型ロボットの場合は、フリッパーの角度を障害物に合わせて調節し、障害物を踏破する。

【0183】

なお、右手402および左手407が伸びる速さに比例して右車輪351および左車輪352の回転数または加速度が高くなるように構成してもよい。この場合は、その速さをパラメータとして出力アップコマンド83に加えておけばよい。そして、モビールドライバ34は、そのパラメータに応じた回転数または加速度で右車輪351および左車輪352が回転するようにモータ33を制御すればよい。次に説明する、ロボット3を後退させる場合も同様に、右手402を曲げる速さに応じて右車輪351および左車輪352の回転数または加速度が高くなるように構成してもよい。

【0184】

または、ロボット3が障害物を乗り越えられそうでない場合、または、乗り越えることができなかった場合は、オペレータ40は、筐体30またはマニピュレータ36を掴んでロボット3を後ろへ下げるために、右手402を自分の前方へ伸ばし始める。

【0185】

右手402を伸ばしている途中で、仮想空間演算モジュール103の処理によって、アバター41の右手が仮想ロボット3Aの筐体またはマニピュレータに触れる様子画像がヘッドマウントディスプレイ12に表示される。ここで、オペレータ40は、筐体またはマニピュレータを掴むように右手402を閉じ、筐体またはマニピュレータを自分のほうへ引っ張るように右手402を曲げ始める。

【0186】

すると、オペレーションコンピュータ10は、バックコマンド84をロボットコンピュ

10

20

30

40

50

ータ 3 1 へ送信する。

【 0 1 8 7 】

ロボットコンピュータ 3 1 は、バックコマンド 8 4 を受信すると、ロボットコントローラ 3 2 へ転送する。

【 0 1 8 8 】

ロボットコントローラ 3 2 は、バックコマンド 8 4 を受信すると、後退するようにモバイルドライバ 3 4 へ指令する。

【 0 1 8 9 】

すると、モバイルドライバ 3 4 は、右車輪 3 5 1 および左車輪 3 5 2 が逆回転するように、モータ 3 3 を制御する。これにより、ロボット 3 が後退する。

【 0 1 9 0 】

または、オペレータ 4 0 は、足踏みまたは方向を変えることによって、仮想ロボット 3 A の後方から前方へアバター 4 1 を回り込ませ、仮想ロボット 3 A の前面を押すことによって、仮想ロボット 3 A を後退させてもよい。

【 0 1 9 1 】

オペレータ 4 0 は、ロボット 3 に障害物を乗り越えさせることができ、または、ロボット 3 に後退させることができたなら、再開コマンド 7 8 をオペレーションコンピュータ 1 0 に入力する。

【 0 1 9 2 】

すると、オペレーションコンピュータ 1 0 は、仮想ロボット 3 A を仮想空間 5 3 から削除し、ソリューションモジュール 1 0 7 の処理を終了する。そして、初期化モジュール 1 0 1 によって、再度、初期化の処理を行う。また、初期化後、アバター生成モジュール 1 0 2、仮想空間演算モジュール 1 0 3、移動情報演算モジュール 1 0 4、移動コマンドモジュール 1 0 5、およびマニピュレートモジュール 1 0 6 を再開する。これにより、オペレータ 4 0 およびアバター 4 1 とロボット 3 とが再びリンクするので、オペレータ 4 0 は、仮想空間 5 3 に没入して目的のタスクを再開することができる。ソリューションモジュール 1 0 7 を開始する前に仮想空間演算モジュール 1 0 3 によって算出された、仮想空間 5 3 にある物体の位置および姿勢のデータは、削除せずに再使用されればよい。

【 0 1 9 3 】

本例では、オペレーションコンピュータ 1 0 は、右手 4 0 2 または左手 4 0 7 の動作に応じて出力アップコマンド 8 3 またはバックコマンド 8 4 をロボット 3 に送信することによって、ロボット 3 を動作させた。

【 0 1 9 4 】

しかし、アバター 4 1 の位置に対応する、第二の空間 5 2 の位置に、ロボット 3 と同等の機能を有するヘルプロボットを出動させ、障害物を乗り越えたり障害物から後退したりするタスクをヘルプロボットに行わせてもよい。この場合は、オペレータ 4 0 およびアバター 4 1 を、ロボット 3 の代わりにヘルプロボットとリンクさせればよい。リンクの処理は、上述の通りである。そして、ヘルプロボットは、役割を終えたら、ロボット 3 のところから離れる。オペレーションコンピュータ 1 0 は、初期化モジュール 1 0 1 によって、再度、初期化の処理を行う。

【 0 1 9 5 】

このように、ソリューションモジュール 1 0 7 によると、オペレータ 4 0 は、仮想空間 5 3 に没入し、ロボット 3 または仮想ロボット 3 A に直接触れるような感覚で、障害物の対策を施すことができる。

【 0 1 9 6 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、障害物の対策の処理を、障害物への遭遇以外の特定のイベントが生じた場合にも同様に行ってもよい。例えば、把持部 3 6 2 が右手 4 0 2 の動きに連動しなくなった場合、または、筐体 3 0 の内部を隠すためのパネルが開いてしまった場合に、同様の処理を行ってもよい。

【 0 1 9 7 】

10

20

30

40

50

または、オペレーションコンピュータ 10 は、アバター 41 を仮想ロボット 3 A の後方ではなく、前方、左方、または右方にシフトさせてもよい。

【0198】

または、マニピュレータ 36 の関節を曲げたり伸ばしたりする動作をオペレータ 40 が行った場合は、オペレーションコンピュータ 10 およびロボットコンピュータロボットコントローラ 32 は、その動作にマニピュレータ 36 を連動させるようにマニピュレータドライバ 37 に指令してもよい。

【0199】

なお、ロボット 3 は、把持部 362 によって物体を持ち上げることができない場合にも、ヘルプロットを自律的に登場させ、ヘルプロットと協同して物体を持ち上げてもよい。例えば、オペレータ 40 が椅子 63 を持ち上げる動作をしたが、ロボット 3 だけでは椅子 63 を持ち上げることができない場合に、ヘルプロット 3 X を出動させ、図 18 に示すようにロボット 3 とヘルプロット 3 X とが協同して椅子 63 を持ち上げればよい。ヘルプロット 3 X を呼び出す手段は、ロボットコンピュータ 31 に設けてもよいし、オペレーションコンピュータ 10 に設けてもよい。

10

【0200】

ロボット 3 は、単独でまたはヘルプロット 3 X と協同して、組立てまたは加工などの作業をタスクとして実行してもよい。

【0201】

ヘルプロット 3 X は、ロボット 3 と異なる構造体であっても構わない。例えばアーム付のドローンであってもよい。

20

【0202】

〔全体の流れ〕

図 19 ~ 図 21 は、遠隔地のタスクを支援するための処理の流れの例を示すフローチャートである。

【0203】

次に、オペレーションコンピュータ 10 の全体的な処理の流れを、フローチャートを参照しながら説明する。

【0204】

オペレーションコンピュータ 10 は、タスク支援プログラム 10 j に基づいて、図 19 ~ 図 21 に示す手順で処理を実行する。

30

【0205】

オペレーションコンピュータ 10 は、開始コマンド 70 が入力されると、初期化を次のように行う（#801 ~ #805）。

【0206】

オペレーションコンピュータ 10 は、計測コマンド 71 を色距離センサ 141 ~ 143 へ送信することによって、オペレータ 40 の RGBD の計測を開始するように色距離センサ 141 ~ 143 に要求する（#801）。

【0207】

すると、色距離センサ 141 ~ 143 が RGBD を計測し始め、計測結果に基づいてモーションキャプチャコンピュータ 16 がオペレータ 40 の三次元形状を算出しその三次元形状を示す三次元データ 7B をオペレーションコンピュータ 10 へ送信し始める。これにより、オペレーションコンピュータ 10 は、三次元データ 7B を受信し始める（#802）。

40

【0208】

オペレーションコンピュータ 10 は、三次元データ 7B に基づいてオペレータ 40 の右手 402、右足 403、および左足 404 などの位置を検出し始める（#803）。

【0209】

そして、オペレーションコンピュータ 10 は、初期化コマンド 72 をロボット 3 へ送信する（#804）。すると、ロボット 3 が第二の空間 52 の RGBD の計測を開始し、オ

50

ペレションコンピュータ10は、RGBDデータ7Cをロボット3受信し始める(#805)。なお、初期化後は、さらにステータスデータ7Dも受信し始める。

【0210】

オペレーションコンピュータ10は、初期化が完了すると、オペレータ40の動作に応じて、移動に関するコマンドを次のようにロボット3に与える(#821~#828)。

【0211】

オペレーションコンピュータ10は、右足403または左足404の位置の変化を監視し(#821)、変化を検知するごとに(#822でYes)、距離Dstepを算出し(#823)、その距離Dstepをパラメータとして示す前進コマンド73をロボット3へ送信する(#824)。

10

【0212】

また、オペレーションコンピュータ10は、オペレータ40の向きの変化を監視し(#825)、変化を検知したら(#826でYes)、角度hipを算出し(#827)、その角度hipをパラメータとして示す方向転換コマンド74をロボット3へ送信する(図20の#828)。

【0213】

また、オペレーションコンピュータ10は、仮想空間53に関する処理を次のように行う(#841~#845)。

【0214】

オペレーションコンピュータ10は、RGBDデータ7Cおよびステータスデータ7Dに基づいて第二の空間52を再現することによって仮想空間53を仮想する(#841)。RGBDデータ7Cおよびステータスデータ7Dが得られるごとに、再現される範囲が広がる。

20

【0215】

さらに、オペレーションコンピュータ10、三次元データ7Bに基づいてアバター41を生成または補正する(#842)。そして、仮想空間53にアバター41を配置する(#843)。なお、既にアバター41を配置済である場合は、最新の三次元データ7Bに示される三次元形状に合わせてアバター41を更新する。

【0216】

オペレーションコンピュータ10は、アバター41の両目位置から見た、仮想空間53の様子を表わす画像を生成し(#844)、その画像の画像データ7Fをヘッドマウントディスプレイ12へ送信する(#845)。これにより、ヘッドマウントディスプレイ12に画像が表示される。

30

【0217】

また、オペレーションコンピュータ10は、把持部362を動作させるための処理を次のように行う(#861~#863)。

【0218】

オペレーションコンピュータ10は、右手402の位置の変化および指の開閉を監視する(#861)。変化を検知したら(#862でYes)、変化に応じたコマンドをロボット3へ送信する(#863)。具体的には、右手402の位置の変化を検知した場合は、変化量をパラメータとして示すマニピュレートコマンド75を送信する。指が閉じるのを検知した場合は、クローズコマンド76を送信する。指が開くのを検知した場合は、オープンコマンド77を送信する。

40

【0219】

ステップ#821~#824の処理、ステップ#825~#828の処理、ステップ#841~#845の処理、およびステップ#861~#863の処理は、並行して適宜、実行される。

【0220】

また、オペレーションコンピュータ10は、ソリューションコマンド81が入力されまたはロボット3から障害通知信号82を受信すると(#871でYes)、障害物の対策

50

のための処理を次のように行う（＃ 8 7 2 ~ ＃ 8 8 1）。

【 0 2 2 1 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、オペレータ 4 0 およびアバター 4 1 とロボット 3 とのリンクを切断し（＃ 8 7 2）、仮想空間 5 3 の中の、第二の空間 5 2 におけるロボット 3 の現在の位置に対応する位置に仮想ロボット 3 A を配置する（＃ 8 7 3）。仮想ロボット 3 A の向きも、ロボット 3 の現在の向きに合わせる。アバター 4 1 を仮想ロボット 3 A の後方へシフトさせる（図 2 1 の＃ 8 7 4）。

【 0 2 2 2 】

オペレーションコンピュータ 1 0 は、アバター 4 1 のシフト後の両目位置から視線方向を見た様子を表わす画像の画像データ 7 F を生成し（＃ 8 7 5）、ヘッドマウントディスプレイ 1 2 へ送信する（＃ 8 7 6）。

10

【 0 2 2 3 】

さらに、オペレーションコンピュータ 1 0 は、アバター 4 1 の右手などの部位の位置などを監視する（＃ 8 7 7）。そして、アバター 4 1 の部位が仮想ロボット 3 A の特定の部位に触れたことを検知すると（＃ 8 7 8）、アバター 4 1 の部位のその後の動作に応じたコマンドをロボット 3 へ送信する（＃ 8 7 9）。

【 0 2 2 4 】

具体的には、アバター 4 1 の右手および左手が仮想ロボット 3 A の背面に触れ、その後も仮想ロボット 3 A を押す方向へ右手および左手が動こうとすると、オペレーションコンピュータ 1 0 は、出力アップコマンド 8 3 をロボット 3 に送信する。または、アバター 4 1 の右手が仮想ロボット 3 A のマニピュレータに触れ、右手をアバター 4 1 の胴体の方向へ戻そうとすると、オペレーションコンピュータ 1 0 は、バックコマンド 8 4 をロボット 3 へ送信する。

20

【 0 2 2 5 】

再開コマンド 7 8 が入力されると（＃ 8 8 0 で Yes）、オペレーションコンピュータ 1 0 は、仮想ロボット 3 A を仮想空間 5 3 から削除し（＃ 8 8 1）、ステップ＃ 8 0 1 に戻って初期化を再度、行う。

【 0 2 2 6 】

本実施形態によると、オペレータ 4 0 は、アバター 4 1 に乗り移るような感覚で仮想空間 5 3 に没入し、しかも、人間の身体と異なる構造であるロボット 3 の存在を意識することなく、ロボット 3 を介して第二の空間 5 2 でのタスクを行うことができる。

30

【 0 2 2 7 】

本実施形態では、オペレータ 4 0 の足踏みに応じてアバター 4 1 が仮想空間 5 3 の中を移動し、ロボット 3 が第二の空間 5 2 の中を移動したが、オペレータ 4 0 が第一の空間 5 1 の中を歩いたり後ろに下がったりして移動するのに応じてアバター 4 1 およびロボット 3 が移動してもよい。この場合に、遠隔タスク実行システム 5 の各部は、次のように処理を行えばよい。

【 0 2 2 8 】

オペレーションコンピュータ 1 0 の移動情報演算モジュール 1 0 4 は、オペレータ 4 0 の初期の位置を第一の空間座標系の原点に定める。初期化の時点では、第一の空間座標系の X 1 ' 軸、Y 1 ' 軸、および Z 1 ' 軸（図 2 参照）は、それぞれオペレータ座標系の X 1 軸、Y 1 軸、および Z 1 軸に一致する。しかし、オペレータ 4 0 が動くと、第一の空間座標系に対してオペレータ座標系も動く。

40

【 0 2 2 9 】

移動情報演算モジュール 1 0 4 は、色距離センサ 1 4 1 ~ 1 4 3 によって得られた値または位置センサによって得られた値に基づいて、オペレータ 4 0 の第一の空間座標系における位置の座標を算出する。

【 0 2 3 0 】

アバター生成モジュール 1 0 2 は、仮想空間座標系の、移動情報演算モジュール 1 0 4 によって算出された座標の位置へアバター 4 1 を移動させる。

50

【0231】

移動コマンドモジュール105は、第二の仮想空間座標系の、移動情報演算モジュール104によって算出された座標の位置へ移動するようにロボット3へ指令する。すると、ロボット3は、移動コマンドモジュール105からの指令に従って移動する。

【0232】

または、足踏みモードおよび歩行モードをオペレーションコンピュータ10に用意しておいてもよい。そして、オペレーションコンピュータ10は、足踏みモードが指定された場合は、足踏みに応じてアバター41およびロボット3を移動させ、歩行モードが指定された場合は、第一の空間座標系におけるオペレータ40の位置に応じてアバター41およびロボット3を移動させてもよい。

10

【0233】

〔制御対象の変形例〕

図22は、パワーアシストスーツ300が制御の対象である場合の、第一の空間51、第二の空間52、および仮想空間53の例を示す図である。図23は、パワーアシストスーツ300が制御の対象である場合の、第一の空間51、第二の空間52、および仮想空間53の第二の例を示す図である。

【0234】

本実施形態では、ロボット3が障害物に遭遇した場合に、オペレータ40およびアバター41とロボット3とのリンクを切断し、ソリューションモジュール107によってオペレータ40の動作に応じて障害物をロボット3に乗り越えさせまたは障害物から後退させた。この際に、オペレータ40は、仮想空間53に没入し、ロボット3または仮想ロボット3Aに直接触れるような感覚でロボット3を動作させることができた。

20

【0235】

ソリューションモジュール107による処理を、第二の空間52にある他の物体を動作させるために適用してもよい。例えば、パワーアシストスーツ300を動作させるために適用してもよい。

【0236】

以下、パワーアシストスーツ300として、サイバーダイン社のHAL (Hybrid Assistive Limb) 医療用下肢タイプまたはHAL福祉用下肢タイプのような、下肢をサポートするパワーアシストスーツが用いられ、オペレータ40が熟練者としてゴルフのスイングの際の下半身の動作を初心者である人物46に教える場合を例に、遠隔タスク実行システム5の各要素の構成について、説明する。上述の構成と重複する点は、説明を省略する。

30

【0237】

〔準備〕

第二の空間52に、複数台の色距離センサ39A~39Cを配置する。人物46が、パワーアシストスーツ300を着用し、第二の空間52の中に立つ。色距離センサ39A~39Cは、人物46およびその周囲の物体のRGBDを計測し、計測結果をオペレーションコンピュータ10に送信する。

【0238】

オペレーションコンピュータ10は、色距離センサ39A~39Cそれぞれから計測結果を受信すると、仮想空間演算モジュール103によってこれらの計測結果に基づいて第二の空間52を再現することによって、仮想空間53を仮想する。これにより、人物46のアバター47が、パワーアシストスーツ300が着用された状態で仮想空間53に現われる。以下、仮想空間53に現われるパワーアシストスーツ300を「仮想パワーアシストスーツ301」と記載する。

40

【0239】

オペレーションコンピュータ10は、アバター生成モジュール102によってアバター41を生成し、仮想空間演算モジュール103によって仮想空間53の中の、アバター47の背中から所定の距離だけ離れた位置にアバター41を配置する。例えば、50センチメートル離れた位置に配置する。

50

【0240】

または、仮想パワーアシストスーツ301の三次元データを、パワーアシストスーツ300を三次元計測することによって予め用意しておいてもよい。そして、この三次元データを用いて仮想パワーアシストスーツ301に配置してもよい。

【0241】

アバター41およびアバター47を仮想空間53の中に配置した後、オペレーションコンピュータ10は、アバター41の両目位置から視線方向に仮想空間53の中を見た画像の画像データ7Fを生成し、ヘッドマウントディスプレイ12へ送信する。そして、ヘッドマウントディスプレイ12は、画像データ7Fに基づいて画像を表示する。これにより、オペレータ40は、自分が人物46の背後にいるように感じることができる。

10

【0242】

一般のパワーアシストスーツは、生体の電位信号に応じて動作する。しかし、パワーアシストスーツ300は、無線LANの装置が設け、生体の電位信号の代わりに、オペレーションコンピュータ10から送信されてくるコマンドに応じて動作するように構成されている。

【0243】

〔パワーアシストスーツ300の制御〕

オペレータ40は、仮想パワーアシストスーツ301を触るような感覚で、パワーアシストスーツ300を動作させることができる。

【0244】

人物46がスイングすると、アバター47がスイングしている画像がヘッドマウントディスプレイ12によって表示される。

20

【0245】

オペレータ40は、その画像を見ることによって、人物46のフォームを確認する。下半身の動作に問題点を見つけたら、人物46にゆっくりとスイングしてもらう。この際に、どのように下半身を動作させればよいのかを、まるでパワーアシストスーツ300を直接触って動かすように、右手402および左手407を動かして指導する。

【0246】

すると、オペレーションコンピュータ10は、仮想空間53においてアバター41の右手および左手と仮想パワーアシストスーツ301とが接触したことを検知したら、右手402および左手407それぞれのその後の動きをパラメータとして示す動作コマンド86をパワーアシストスーツ300へ送信する。接触の検知および動作コマンド86の送信は、例えばマニピュレートコマンドモジュール106によって行えばよい。または、マニピュレートコマンドモジュール106とは別のモジュールを用意し、それによって行ってもよい。

30

【0247】

パワーアシストスーツ300は、動作コマンド86を受信すると、動作コマンド86に示される動作の通りに動作する。

【0248】

例えば、人物46の右膝が伸びている問題点として見つけたら、オペレータ40は、仮想パワーアシストスーツ301の右膝またはその付近の部分を持って人物46の右膝を曲げるかのように、右手402および左手407を動かす。すると、この動きをパラメータとして示す動作コマンド86がオペレーションコンピュータ10からパワーアシストスーツ300へ送信される。そして、パワーアシストスーツ300は、動作コマンド86に示される動きの通りに動作する。

40

【0249】

または、人物46の腰の捻り方に問題があると思ったら、オペレータ40は、仮想パワーアシストスーツ301の腰の部分を持って人物46の腰を正しい捻り方で捻るかのように、右手402および左手407を動かす。すると、この動きをパラメータとして示す動作コマンド86がオペレーションコンピュータ10からパワーアシストスーツ300へ送

50

信される。そして、パワーアシストスーツ300は、動作コマンド86に示される動きの通りに動作する。

【0250】

なお、パワーアシストスーツ300の上述の制御の仕方は、一例に過ぎない。例えば、予め、両手でパワーアシストスーツ300のどの部位をどのように動かせばどのような電位信号を発生させるのかを実験によって求め、両手の動き、パワーアシストスーツ300の部位、および電位信号の関係を示すデータをデータベースに登録しておいてもよい。

【0251】

そして、オペレーションコンピュータ10は、アバター41の両手が仮想パワーアシストスーツ301に接した後、接した部位、右手402および左手407の動き、およびこのデータに基づいて電位信号を算出し、パワーアシストスーツ300へ通知してもよい。パワーアシストスーツ300は、通知された電位信号に基づいて動作する。

10

【0252】

本実施形態の技術をパワーアシストスーツ300に適用することによって、オペレータ40は、人物46から離れた場所にいながらリアルタイムで、従来よりも安全に人物46にフォームを指導することができる。

【0253】

パワーアシストスーツ300として、上半身をサポートするパワーアシストスーツを用いてもよい。また、ゴルフのスイング以外の技術を伝えるためにも、本変形例を適用することができる。例えば、陶芸、建築、もしくは彫刻などの匠の技術または舞踊、演劇、もしくは書画などの芸能の継承にも適用することができる。

20

【0254】

本変形例は、パワーアシストスーツ300以外の機械にも適用することができる。例えば、自動運転の機能を有する乗物に適用することができる。

【0255】

または、図23に示すようにオペレータ40もパワーアシストスーツ302を着けてもよい。そして、パワーアシストスーツ302は、オペレータ40の動作を検知すると、パワーアシストスーツ300へ通知する。すると、パワーアシストスーツ300は、オペレータ40の動作に応じて動作する。または、パワーアシストスーツ300は、人物46の動作を検知すると、パワーアシストスーツ302へ通知してもよい。そして、パワーアシストスーツ302は、人物46の動作に応じて動作すればよい。これにより、オペレータ40は、人物46の動作を体感し、人物46の動作の癖または良し悪しを判断することができる。

30

【0256】

〔その他の変形例〕

本実施形態では、初期化モジュール101ないしソリューションモジュール107(図4参照)は、ソフトウェアモジュールであった。しかし、これらのモジュールの全部または一部をハードウェアモジュールによって実現してもよい。

【0257】

本実施形態では、オペレータ40の三次元形状を色距離センサ14およびRGBDをモーションキャプチャコンピュータ16によって算出したが、三次元計測装置によって計測してもよい。

40

【0258】

本実施形態では、把持部362がペン61を掴む場合を例に説明した。しかし、把持部362が持ち上げることができる重さよりも重い物を掴む場合は、オペレータ40は、その物を思い通りに取り扱うことができない。そこで、このような場合は、ロボット3は、ロボット3のところへ補助のロボットを出動させ、補助のロボットと共同してその物を持ち上げたり移動させたりしてもよい。

【0259】

本実施形態では、オペレータ40は、自分の思い通りにロボット3が進まない場合にソ

50

リューションコマンド 8 1 を入力したが、いつ入力しても構わない。例えば、ロボット 3 の様子を確認したい場合に入力してもよい。これにより、オペレータ 4 0 は、車輪 3 5 およびマニピュレータ 3 6 など、オペレータ 4 0 およびアバター 4 1 がロボット 3 とリンクしている際には確認しにくい部分を、容易に確認することができる。

【 0 2 6 0 】

本実施形態では、オペレーションコンピュータ 1 0 は、オペレータ 4 0 およびアバター 4 1 がロボット 3 とリンクしている際には、仮想ロボット 3 A を仮想空間 5 3 に配置しなかったが、ロボット 3 の状態を確認するためにユーザが配置コマンドを入力した際に、一時的に、または、解除コマンドが入力されるまで配置してもよい。これにより、オペレータ 4 0 は、右手 4 0 2 と把持部 3 6 2 とがきちんと連動しているか否かを確認することができる。これにより、オペレータ 4 0 は常にロボット 3 の実際の動作を監視しながらタスクを実現できる。

10

【 0 2 6 1 】

本実施形態では、第二の空間 5 2 の様子が仮想空間 5 3 の画像によってオペレータ 4 0 へ伝えられたが、他の手段で様子を伝えてもよい。

【 0 2 6 2 】

例えばロボット 3 が障害物に接触するなど物体に干渉した際に、オペレーションコンピュータ 1 0 のスピーカ 1 0 g から接触音を出力してもよい。障害物に接触したことは、ロボット 3 のセンサによって検知すればよい。または、仮想空間演算モジュール 1 0 3 によって算出される、ロボット 3 の位置および物体の位置に基づいて検知してもよい。接触音は、予め録音したまたは合成した音声であってもよいし、ロボット 3 にマイクを付けておき実際に接触した際に集音したものであってもよい。接触したことを示すメッセージを色距離センサ 1 4 または液晶ディスプレイ 1 0 f によって表示してもよい。障害物が壊れる様子を色距離センサ 1 4 によって表示してもよい。

20

【 0 2 6 3 】

または、把持部 3 6 2 の指に力覚センサを設けておき、物体を掴んだ際の力またはモーメントを測定させる。または、把持部 3 6 2 に触感センサを設けておき、物体の滑り感またはザラザラ感を検知させる。そして、オペレーションコンピュータ 1 0 は、計測結果または検知結果をヘッドマウントディスプレイ 1 2 または液晶ディスプレイ 1 0 f によって表示させる。または、オペレータ 4 0 の右手 4 0 2 に触覚グローブを嵌めておき、物体を掴んだ感覚を計測結果または検知結果に基づいて触覚グローブによってオペレータ 4 0 に伝えてもよい。触覚グローブとして、D e x t a R o b o t i c s 社の D e x m o または S e n s o D e v i c e s 社の S e n s o G l o v e などが用いられる。

30

【 0 2 6 4 】

本実施形態では、ペン 6 1 でパネル 6 2 に絵を描くためにロボット 3 を使用する場合は例に説明したが、ロボット 3 を災害現場、事故現場、または宇宙空間などで使用することもできる。

【 0 2 6 5 】

オペレータ 4 0 の動きに合わせてアバター 4 1 は直ちに動くが、アバター 4 1 の動きとロボット 3 の動きとの間に時差が生じる場合がある。例えば、ロボット 3 が月面に配置されオペレータ 4 0 が地球上で作業する場合は、コマンドの到達に要する時間が経過してから、月面上でロボット 3 が動作する。また、ロボット 3 の動作速度がアバター 4 1 の動作速度より遅い場合には、オペレータ 4 0 またはアバター 4 1 の動きに遅れてロボット 3 が動作することになる。例えば、ロボット 3 の移動速度がオペレータ 4 0 の移動速度より遅い場合、オペレータ 4 0 が移動して椅子を持ち上げると、ロボット 3 は移動に時間がかかる分遅れて椅子を持ち上げることになる。この場合は、オペレータ 4 0 の動作のログを取っておき、ログに基づいてロボット 3 を制御する。

40

【 0 2 6 6 】

あるいは、仮想空間では遅れがないように動作し、物理シミュレータでロボット 3 の運動をシミュレートし、シミュレーション結果を用いて仮想空間内ではオペレータ 4 0 とア

50

バター 4 1 とを同期させ動作させる。そして、アバターの 4 1 の動きを示すデータをメモリに入れておき、ロボット 3 に順次送信する。シミュレータ上のロボット 3 あるいは実空間のロボット 3 が作業に失敗した場合には、オペレータ 4 0 にその旨を知らせ、メモリのデータによりアバター 4 1 の状態を作業を失敗する直前の時点の状態に戻し、仮想空間の状況に戻すことにより、リカバリー動作を開始することができる。

【 0 2 6 7 】

本実施形態では、ロボット 3 に移動手段として車輪 3 5 が 2 つ設けられた場合を例に説明したが、車輪 3 5 が 4 つまたは 6 つ設けられていてもよい。または、キャタピラが設けられていてもよい。または、ロボット 3 の底部にスクリューを設け、ロボット 3 が水上または水中を移動できるようにしてもよい。様々なロボットを用意し、災害現場または事故現場の状況に応じてロボットを使い分けてもよい。

10

【 0 2 6 8 】

本実施形態では、オペレータ 4 0 の右手 4 0 2 の動作にロボット 3 の把持部 3 6 2 を連動させたが、ロボット 3 にマニピュレータ 3 6 が 2 本ある場合は、右のマニピュレータ 3 6 の把持部 3 6 2 をオペレータ 4 0 の右手 4 0 2 に連動させ、左のマニピュレータ 3 6 の把持部 3 6 2 をオペレータ 4 0 の左手 4 0 7 に連動させればよい。

【 0 2 6 9 】

または、ロボット 3 に右足および左足が備わっている場合は、ロボットの右足および左足をそれぞれオペレータ 4 0 の右足 4 0 3 および左足に連動させてもよい。

【 0 2 7 0 】

本実施形態では、アバター 4 1 を拡大することも縮小することもなく仮想空間 5 3 に配置したが、拡大または縮小して配置してもよい。例えば、ロボット 3 がネズミのような小動物と同じくらいの大きさならば、この大きさに合わせてアバター 4 1 を縮小して配置してもよい。そして、アバター 4 1 およびロボット 3 を、オペレータ 4 0 の動きのうちの、オペレータ 4 0 の大きさに対するアバター 4 1 の大きさ割合に応じただけ、動かすようにすればよい。または、アバター 4 1 の大きさを変更せず、アバター 4 1 およびロボット 3 の動きのスケールを、その割合に応じて変更してもよい。

20

【 0 2 7 1 】

本実施形態では、ロボット 3 は、第二の空間 5 2 に存在する物体を、色距離センサ 3 9 によって得られた R G B D データ 7 C などに基づいて検知した。しかし、物体ごとに、各物体の位置、三次元形状、および特性などを記録した I C (Integrated Circuit) タグを付けておき、 I C タグからのこれらの情報を読み取ることによって検知してもよい。

30

【 0 2 7 2 】

〔 実験の結果の例 〕

図 2 4 は、実験の結果の例を示す図である。

【 0 2 7 3 】

次に、遠隔タスク実行システム 5 を用いて行った実験例について説明する。パネル 6 2 には、外径が 4 0 0 ミリメートル、内径が 3 0 0 ミリメートルの帯状の円が予め描かれている。円の中心の床面からの高さは、約 0 . 6 メートルである。本実験のタスクは、パネル 6 2 から約 1 . 7 メートル離れた位置からロボット 3 をパネル 6 2 のところへ移動させ、ペン 6 1 で円を描くことである。本実験では、ペン 6 1 は、既に把持部 3 6 2 によって掴まれている。オペレータ 4 0 は、予めヘッドマウントディスプレイ 1 2 を装着している。

40

【 0 2 7 4 】

オペレータ 4 0 は、その場で足踏みすることによってロボット 3 をパネル 6 2 の近くへ移動させ、パネル 6 2 に右手 4 0 2 が届くと感じたら、予め描かれている円をなぞるように、パネル 6 2 にペン 6 1 を当てて右手 4 0 2 を動かす。なお、本実施形態では、パネル 6 2 に接近したら、仮想ロボット 3 A を仮想空間 5 3 に配置することによって、仮想ロボット 3 A の把持部の位置をオペレータ 4 0 が把握しやすいようにした。

【 0 2 7 5 】

50

本実験の比較実験として、次のような実験を行った。ヘッドマウントディスプレイ12ではなく、23インチの一般的な液晶ディスプレイに、仮想空間53にアバター41を配置せず仮想ロボット3Aを配置して、仮想空間53の様子を表わす画像を表示した。さらに、被験者つまりオペレータ40は、この画像を見ながら、スティックおよびボタンを有するゲームコントローラを用いてロボット3を操作した。表示される画像すなわち仮想空間53を見る視点は、マウスによってオペレータ40がいつでも自由に変更できるようにした。そして、ゲームコントローラによって予め描かれている円をペン61でなぞる。

【0276】

本実験および比較実験によって、図24に示すような結果が得られた。図24に示す星状のマークは、有意水準 $= 0.05$ とした対応のある場合の両側 t 検定によって、本実験と比較実験とに有意差が認められたことを示している。

10

【0277】

図24(A)および(B)から、オペレータ40は、アバター41が自分自身の身体であるかのように感じる事が分かる。図24(C)および(D)から、比較実験の場合よりも本実験の場合のほうが、オペレータ40は仮想空間53にいるように感じる事が分かる。図4(E)、(F)、および(G)から、比較実験よりも本実験例のほうが、オペレータ40は普段通りの感覚が得られる事が分かる。

【産業上の利用可能性】

【0278】

本発明は、ロボットなどの機械を介して、オペレータが遠隔的に作業したり熟練者の技能の初心者に伝えたりするために、用いられる。

20

【符号の説明】

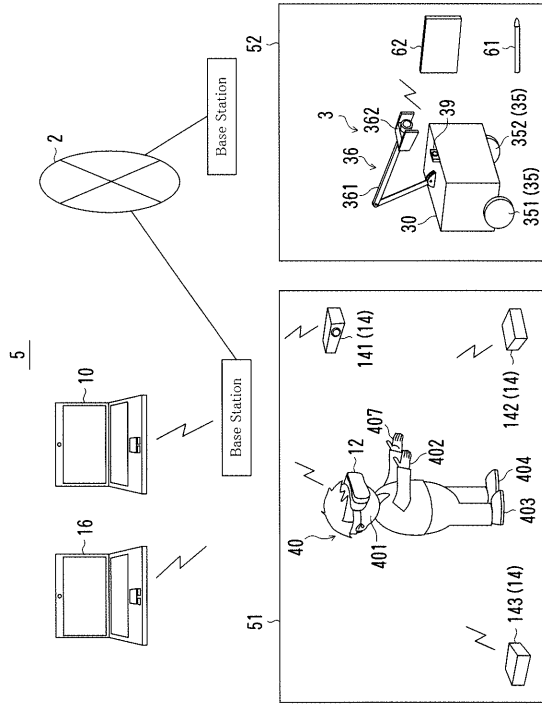
【0279】

- 5 遠隔タスク実行システム(ロボット制御システム、機械制御システム)
- 10 a CPU
- 10 b RAM
- 10 h スピーカ(報知手段)
- 10 3 仮想空間演算モジュール(表示手段)
- 10 4 移動情報演算モジュール(第二の制御手段)
- 10 5 移動コマンドモジュール(第二の制御手段)
- 10 6 マニピュレートコマンドモジュール(制御手段)
- 10 7 ソリューションモジュール(第三の制御手段)
- 12 ヘッドマウントディスプレイ(ディスプレイ)
- 3 ロボット
- 3 A 仮想ロボット
- 3 6 2 把持部(第一の部位)
- 3 0 0 パワーアシストスーツ(機械)
- 40 オペレータ
- 40 2 右手(第二の部位)
- 41 アバター
- 52 第二の空間(空間)
- 53 仮想空間
- 61 ペン(物体)
- 63 椅子(物体)

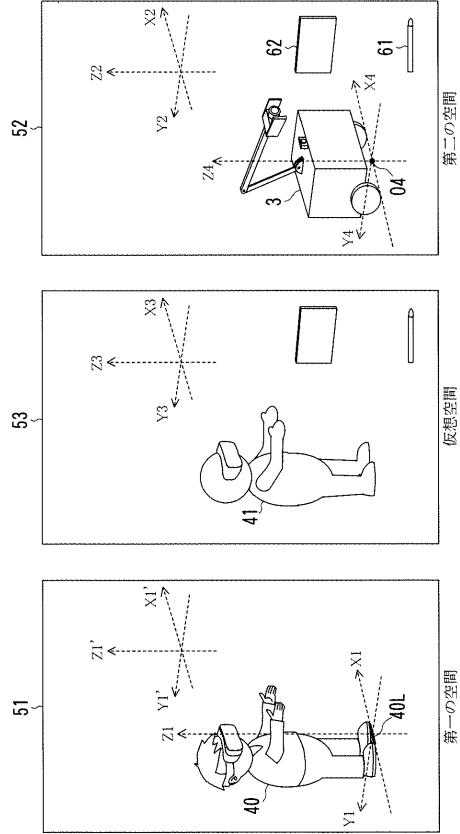
30

40

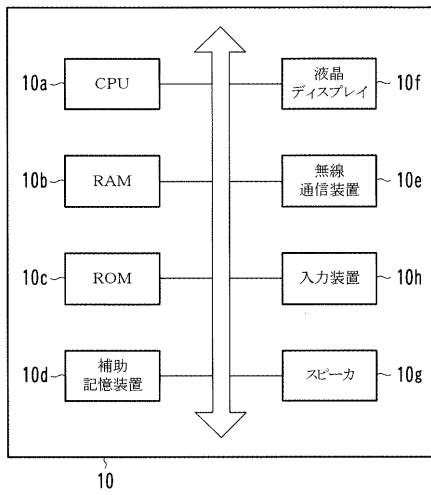
【図1】



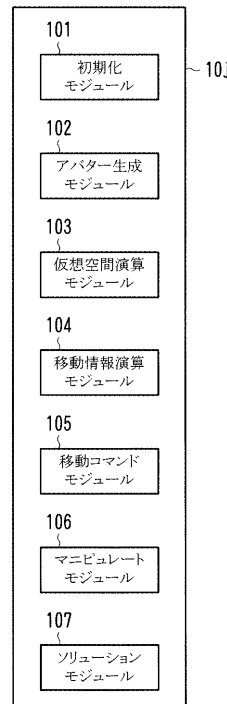
【図2】



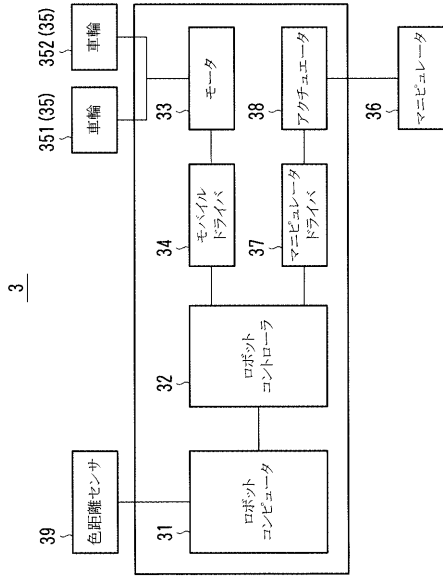
【図3】



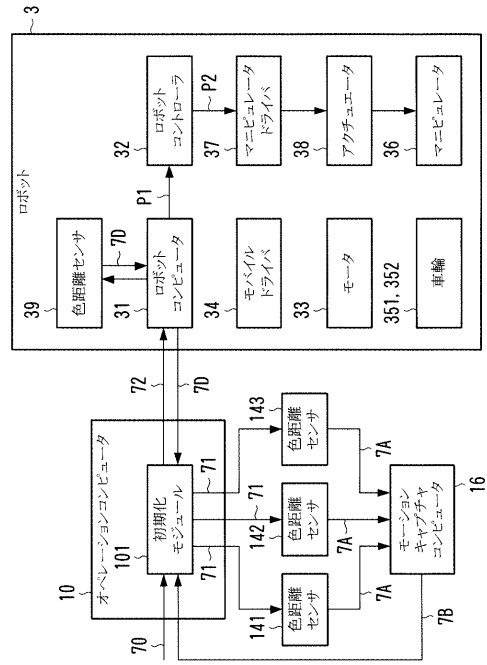
【図4】



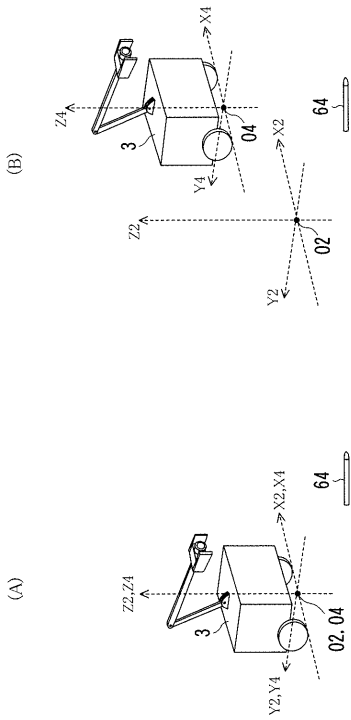
【図5】



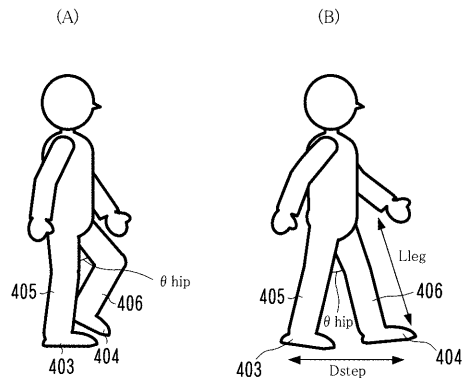
【図6】



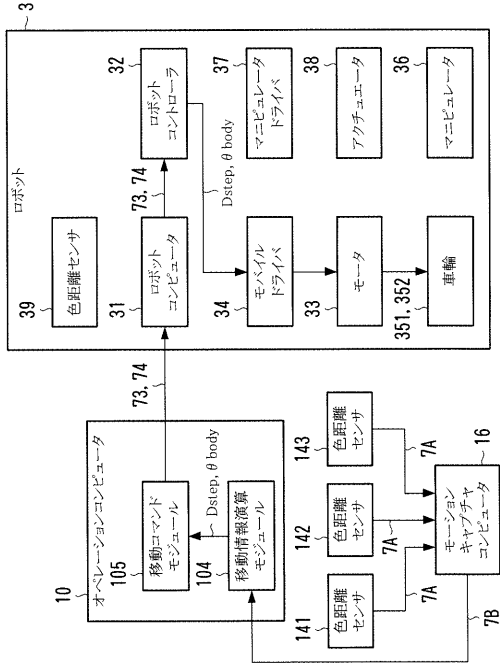
【図7】



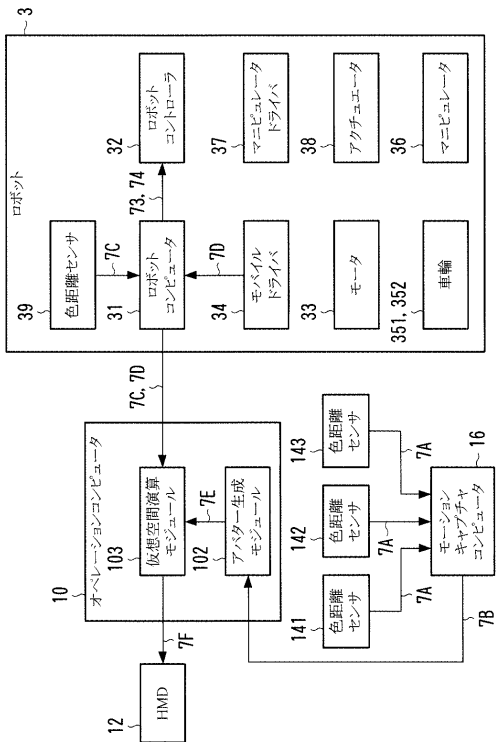
【図8】



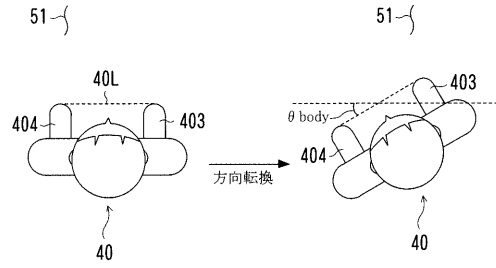
【図9】



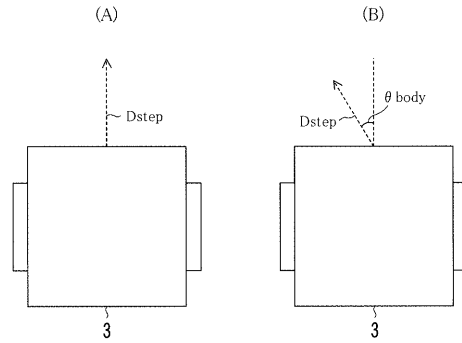
【図12】



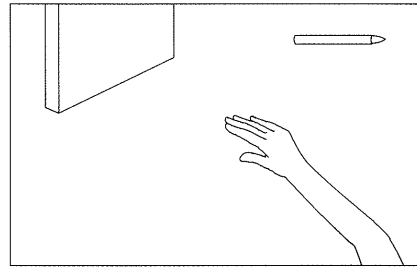
【図10】



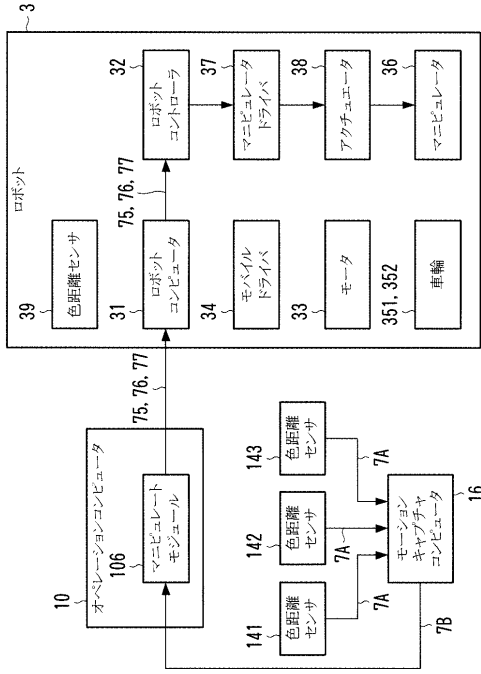
【図11】



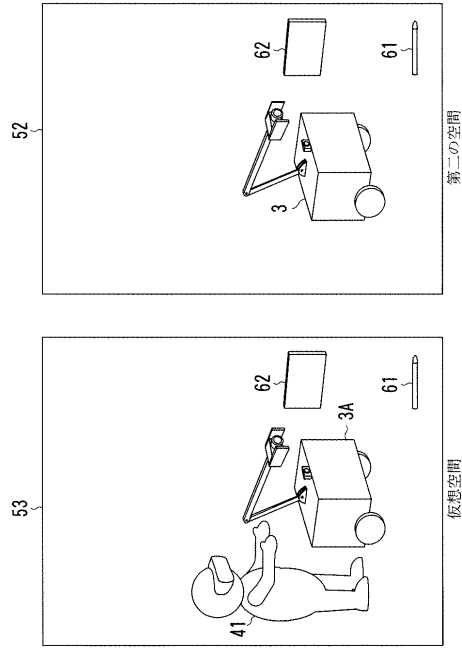
【図13】



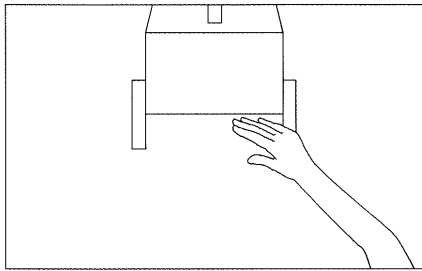
【図 14】



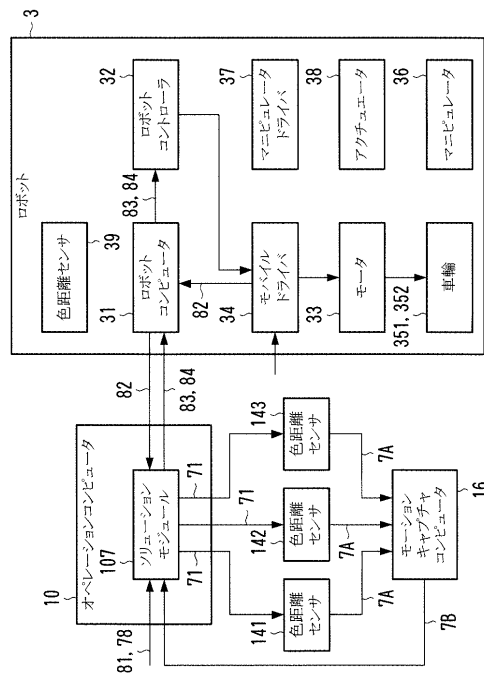
【図 15】



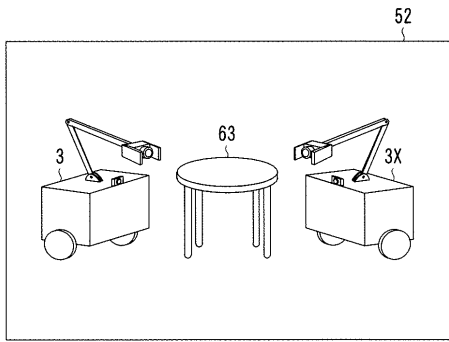
【図 16】



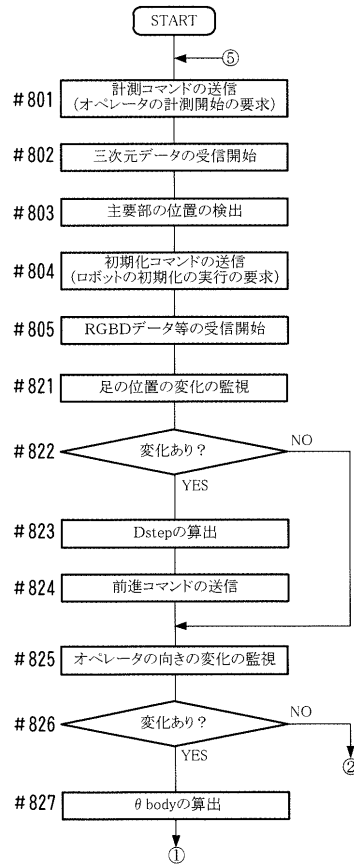
【図 17】



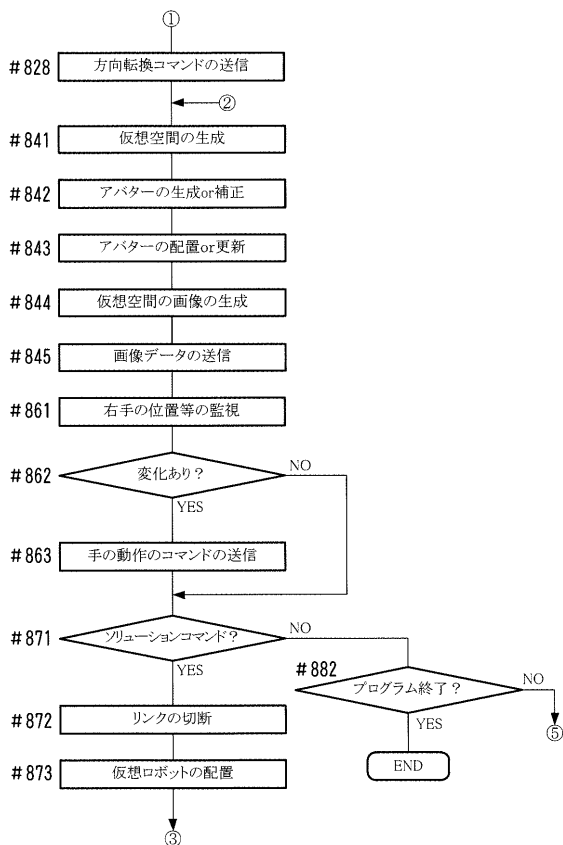
【 図 1 8 】



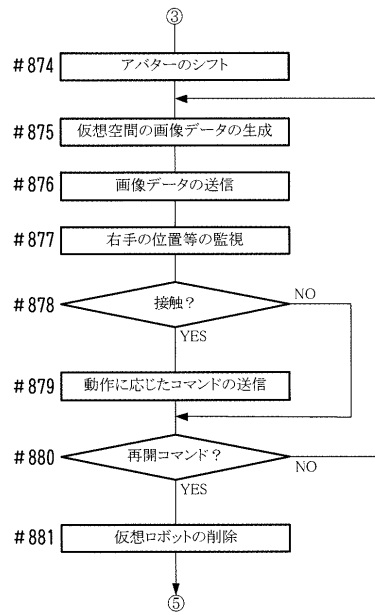
【 図 1 9 】



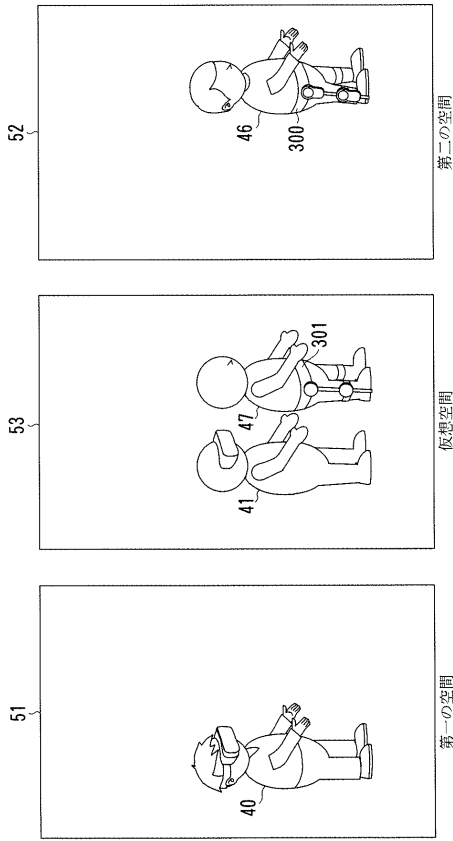
【 図 2 0 】



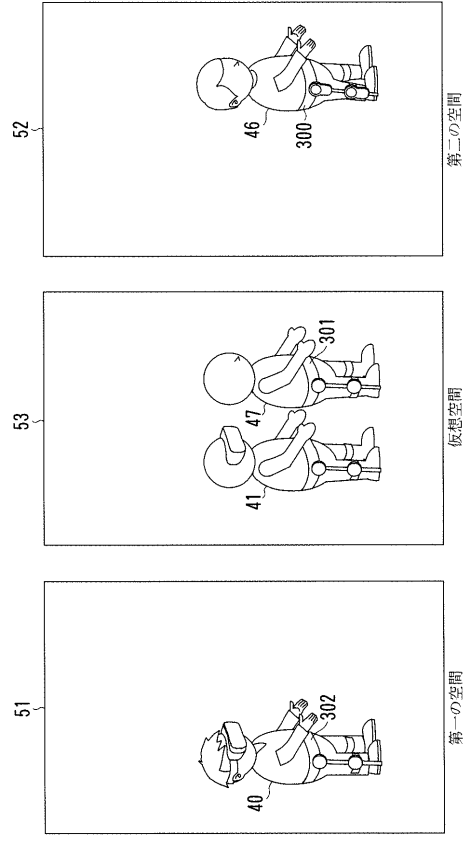
【 図 2 1 】



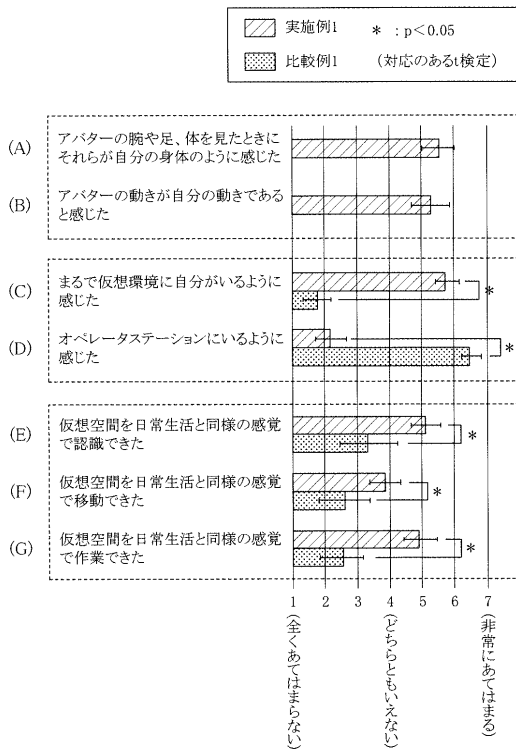
【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【手続補正書】

【提出日】平成30年9月11日(2018.9.11)

【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】

ディスプレイに表示された画像をオペレータに見せながら、タスクを実行するようロボットを制御するロボット制御システムであって、

前記オペレータが前記ロボットの存在する空間を仮想的に再現した仮想空間の中に前記オペレータの動きに合わせて動くアバターを配置し、前記空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像として前記アバターの目から視線方向に見える様子を表わす画像を前記ディスプレイに表示させる表示手段と、

前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令を生成し、前記ロボットに送信する制御手段と、

を有するロボット制御システム。

【請求項2】

前記ロボットは、第一の部位を有し、

前記オペレータは、第二の部位を有し、

前記制御手段は、前記第二の部位の動きに基づいて前記第一の部位を動かす命令を前記制御命令として生成し前記ロボットに送信する、

請求項1に記載のロボット制御システム。

【請求項3】

前記制御手段は、前記オペレータが前記第二の部位を動かした際に、前記オペレータが前記空間に居るならば前記第二の部位が前記空間の中で動く軌跡に合わせて前記第一の部位が動くように前記ロボットを制御する、

請求項2に記載のロボット制御システム。

【請求項4】

前記ディスプレイは、前記オペレータに装着するためのヘッドマウントディスプレイである、

請求項1 - 3、11のいずれかに記載のロボット制御システム。

【請求項5】

前記表示手段は、前記オペレータを計測することによって求められた三次元形状および前記ロボットに設けられた計測装置によって得られたデータに基づいて求められた三次元形状を用いて前記アバターを前記空間に配置する、

請求項1 - 4、11のいずれかに記載のロボット制御システム。

【請求項6】

前記オペレータが足踏みするのに伴って前記ロボットを移動させる第二の制御手段、を有し、

前記表示手段は、前記ロボットが前記仮想空間において再現される位置に前記アバターを配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる、

請求項1 - 5、11のいずれかに記載のロボット制御システム。

【請求項7】

前記表示手段は、前記ロボットを仮想した仮想ロボットを前記仮想空間の中の前記位置に配置し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる、

請求項6に記載のロボット制御システム。

【請求項8】

前記表示手段は、特定のコマンドが入力されまたは前記ロボットに特定のイベントが生

じた場合に、前記ロボットを仮想した仮想ロボットを前記仮想空間の中の前記位置に配置し、前記アバターを前記位置の近傍に配置し直し、前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる、

請求項 6 に記載のロボット制御システム。

【請求項 9】

前記アバターが配置し直された後に前記オペレータが動作を行った場合に、前記オペレータと前記ロボットとの位置関係が前記アバターと前記仮想ロボットとの位置関係と同じであるならば前記動作によって前記ロボットに生じる変化が起きるように前記ロボットを制御する、第三の制御手段、を有する、

請求項 8 に記載のロボット制御システム。

【請求項 10】

前記空間の中の障害物に干渉した場合に、前記障害物に干渉したことを、力覚、触覚、または聴覚を前記オペレータを与えることによって知らせる報知手段、を有する、
請求項 1 - 9、11 のいずれかに記載のロボット制御システム。

【請求項 11】

前記第一の部位によって物体を前記オペレータの所望する通りに取り扱うことができない場合に他のロボットと協同して当該物体を取り扱うための処理を行う協同手段、を有する、

請求項 2 または請求項 3 に記載のロボット制御システム。

【請求項 12】

前記表示手段は、前記オペレータの動きに応じたタスクを行うように前記アバターを動かしながら前記視界画像を前記ディスプレイに表示させる、

請求項 1 - 9、11 のいずれかに記載のロボット制御システム。

【請求項 13】

機械を制御する機械制御システムであって、

オペレータが前記機械の存在する空間の中の前記機械の近傍の位置に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像をディスプレイに表示させる表示手段と、

前記オペレータが前記位置で前記機械を触るような動作を行った場合に、前記オペレータが前記空間の中の前記位置に居るならば前記動作によって前記機械に生じる変化が起きるように、前記機械を制御する、制御手段と、

を有する機械制御システム。

【請求項 14】

前記ディスプレイは、前記オペレータに装着するためのヘッドマウントディスプレイであり、

前記機械は、パワーアシストスーツである、

請求項 13 に記載の機械制御システム。

【請求項 15】

ディスプレイに表示された画像をオペレータに見せながら、タスクを実行するようロボットを制御するロボット制御方法であって、

前記オペレータが前記ロボットの存在する空間を仮想的に再現した仮想空間の中に前記オペレータの動きに合わせて動くアバターを配置し、前記空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像として前記アバターの目から視線方向に見える様子を表わす画像を前記ディスプレイに表示させる表示処理を行い、

前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令を生成し前記ロボットに送信する制御処理を行う、

ロボット制御方法。

【請求項 16】

(削除)

【請求項 17】

(削除)

【請求項 18】

(削除)

【請求項 19】

(削除)

【請求項 20】

(削除)

【請求項 21】

(削除)

【請求項 22】

(削除)

【請求項 23】

(削除)

【請求項 24】

(削除)

【請求項 25】

ディスプレイに表示された画像を、第二の部位を有するオペレータに見せながら、タスクを実行するように、物体を取り扱う第一の部位を有するロボットを制御するロボット制御方法であって、

前記オペレータが前記ロボットの存在する空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像を前記ディスプレイに表示させる表示処理を行い、

前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令として前記第二の部位の動きに基づいて前記第一の部位を動かす命令を生成し前記ロボットに送信する制御処理を行い、

前記第一の部位によって前記物体を前記オペレータの所望する通りに取り扱うことができない場合に、前記ロボットおよび他のロボットが前記制御命令に応じて協同して前記物体を取り扱うための処理を行う、

ロボット制御方法。

【請求項 26】

(削除)

【請求項 27】

機械を制御する機械制御方法であって、

オペレータが前記機械の存在する空間の中の前記機械の近傍の位置に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像をディスプレイに表示させる表示処理を行い、

前記オペレータが前記位置で前記機械を触るような動作を行った場合に、前記オペレータが前記空間の中の前記位置に居るならば前記動作によって前記機械に生じる変化が起きるように、前記機械を制御する制御処理を行う、

機械制御方法。

【請求項 28】

(削除)

【請求項 29】

ディスプレイに表示された画像をオペレータに見せながら、タスクを実行するようロボットを制御するコンピュータに用いられるコンピュータプログラムを格納した、前記コンピュータによるアクセスが可能な記録媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、

前記オペレータが前記ロボットの存在する空間を仮想的に再現した仮想空間の中に前記オペレータの動きに合わせて動くアバターを配置し、前記空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像として前記アバターの目から視線方向に見える様子を表わす画像を前記ディスプレイに表示させる表示処理を前記コンピュータに実行さ

せ、

前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令を生成し前記ロボットに送信する制御処理を前記コンピュータに実行させる、

記録媒体。

【請求項 3 0】

(削除)

【請求項 3 1】

(削除)

【請求項 3 2】

(削除)

【請求項 3 3】

(削除)

【請求項 3 4】

(削除)

【請求項 3 5】

(削除)

【請求項 3 6】

(削除)

【請求項 3 7】

(削除)

【請求項 3 8】

(削除)

【請求項 3 9】

ディスプレイに表示された画像を、第二の部位を有するオペレータに見せながら、タスクを実行するように、物体を取り扱う第一の部位を有するロボットを制御するコンピュータに用いられるコンピュータプログラムを格納した、前記コンピュータによるアクセスが可能な記録媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、

前記オペレータが前記ロボットの存在する空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像を前記ディスプレイに表示させる表示処理を前記コンピュータに実行させ、

前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令として前記第二の部位の動きに基づいて前記第一の部位を動かす命令を生成し前記ロボットに送信する制御処理を前記コンピュータに実行させ、

前記第一の部位によって前記物体を前記オペレータの所望する通りに取り扱うことができない場合に、前記ロボットおよび他のロボットが前記制御命令に応じて協同して当該物体を取り扱うための協同処理を前記コンピュータに実行させる、

記録媒体。

【請求項 4 0】

(削除)

【請求項 4 1】

機械を制御するコンピュータに用いられるコンピュータプログラムを格納した、前記コンピュータによるアクセスが可能な記録媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、

オペレータが前記機械の存在する空間の中の前記機械の近傍の位置に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像をディスプレイに表示させる表示処理を前記コンピュータに実行させ、

前記オペレータが前記位置で前記機械を触るような動作を行った場合に、前記オペレータが前記空間の中の前記位置に居るならば前記動作によって前記機械に生じる変化が起きるように前記機械を制御する制御処理を前記コンピュータに実行させる、

記録媒体。

【請求項 4 2】

(削除)

【請求項 4 3】

ディスプレイに表示された画像を、第二の部位を有するオペレータに見せながら、タスクを実行するように、物体を取り扱う第一の部位を有するロボットを制御するロボット制御システムであって、

前記オペレータが前記ロボットの存在する空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像を前記ディスプレイに表示させる表示手段と、

前記オペレータの動きに応じたタスクを前記ロボットに実行させるための制御命令として前記第二の部位の動きに基づいて前記第一の部位を動かす命令を生成し、前記ロボットに送信する制御手段と、

前記第一の部位によって前記物体を前記オペレータの所望する通りに取り扱うことができない場合に、前記ロボットおよび他のロボットが前記制御命令に応じて協同して前記物体を取り扱うための処理を行う協同手段、

を有するロボット制御システム。

【請求項 4 4】

前記表示手段は、前記オペレータが前記パワーアシストスーツの存在する空間を仮想的に再現した仮想空間の中に、前記オペレータの動きに合わせて動く第一のアバターと前記パワーアシストスーツを着用した人の第二のアバターとを配置し、前記空間に居るならば前記オペレータの視界に現われる様子を表わす視界画像として前記第一のアバターの目から視線方向に見える様子を表わす画像を前記ヘッドマウントディスプレイに表示させ、

前記動作は、前記オペレータの手の動作であり、

前記制御手段は、前記手が前記パワーアシストスーツに触れながら前記手の動作に合わせて動くように、前記パワーアシストスーツを制御する、

請求項 1 4 に記載の機械制御システム。

【請求項 4 5】

前記ロボットが前記物体に触れた場合に、前記物体に触れたことを、力覚、触覚、または聴覚を前記オペレータを与えることによって知らせる報知手段、を有する、

請求項 1 - 9、11 のいずれかに記載のロボット制御システム。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2017/042155										
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. G06T19/00(2011.01) i, B25J9/22(2006.01) i 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) Int. Cl. G06T19/00-19/20, B25J9/00-9/22, G06F3/01, G06F3/048-3/0489 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)												
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category*</th> <th style="width: 60%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 30%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td rowspan="3">FERNANDO, C. L. et al., Design of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Telexistence, 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2012, pp. 5112-5118</td> <td>1-3, 10, 13, 15-17, 24, 27, 29-31, 38, 41</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Y</td> <td>11, 14, 25, 28, 39, 42,</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>4-9, 12, 18-23, 26, 32-37, 40</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	FERNANDO, C. L. et al., Design of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Telexistence, 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2012, pp. 5112-5118	1-3, 10, 13, 15-17, 24, 27, 29-31, 38, 41	Y	11, 14, 25, 28, 39, 42,	A	4-9, 12, 18-23, 26, 32-37, 40
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.										
X	FERNANDO, C. L. et al., Design of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Telexistence, 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2012, pp. 5112-5118	1-3, 10, 13, 15-17, 24, 27, 29-31, 38, 41										
Y		11, 14, 25, 28, 39, 42,										
A		4-9, 12, 18-23, 26, 32-37, 40										
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input 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 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "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 "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family												
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report										
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.										

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/042155

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	平岩明ほか, モバイルテレグジスタンスのための車載型遠隔操縦ロボット操縦系の構築と遠隔協調作業方式の提案, 第21回日本ロボット学会学術講演会予稿集 [CD-ROM], 社団法人日本ロボット学会, 2003, 1F22 (HIRAIWA, Akira et al., "Tele-operation Human Interface for Mobile Tele-existence and Proposal of Tele-collaboration with Tele-robotics". Proceedings of the 21st Annual Conference of the RSJ [CD-ROM]. The Robotics Society of Japan.)	11, 25, 39
Y	JP 2015-77354 A (WAKAYAMA UNIVERSITY) 23 April 2015, paragraph [0007] (Family: none)	14, 28, 42
A	目指せ熟練者並みの効率, 自律制御や仮想現実で実現, 日経エレクトロニクス, 2015, no. 1162, pp. 28-35 (Aiming for efficiency on part with experts; Realizing autonomous control and virtual reality. NIKKEI Electronics)	1-42

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2017/042155													
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G06T19/00(2011.01)i, B25J9/22(2006.01)i															
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G06T19/00-19/20, B25J9/00-9/22, G06F3/01, G06F3/048-3/0489															
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2018年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2018年	日本国実用新案登録公報	1996-2018年	日本国登録実用新案公報	1994-2018年				
日本国実用新案公報	1922-1996年														
日本国公開実用新案公報	1971-2018年														
日本国実用新案登録公報	1996-2018年														
日本国登録実用新案公報	1994-2018年														
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)															
C. 関連すると認められる文献															
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号													
X Y A	FERNANDO, Charith Lasantha et al., Design of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Telexistence, 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2012, p.5112-5118	1-3, 10, 13, 15-17, 24, 27, 29-31, 38, 41 11, 14, 25, 28, 39, 42 4-9, 12, 18-23, 26, 32-37, 40													
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。															
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>の日の後に公表された文献</td> </tr> <tr> <td>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</td> <td>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td>「&」 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</td> <td></td> </tr> </table>				* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献	「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献	「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	
* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献														
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの														
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの														
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの														
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献														
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願															
国際調査を完了した日 05.01.2018		国際調査報告の発送日 23.01.2018													
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 村松 貴士 電話番号 03-3581-1101 内線 3531	5H 9854												

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 7 / 0 4 2 1 5 5
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	平岩明ほか, モバイルテレグジスタンスのための車載型遠隔操縦ロボット操縦系の構築と遠隔協調作業方式の提案, 第21回日本ロボット学会学術講演会予稿集[CD-ROM], 社団法人日本ロボット学会, 2003, 1F22	11, 25, 39
Y	JP 2015-77354 A (国立大学法人和歌山大学) 2015.04.23, 段落 [0007] (ファミリーなし)	14, 28, 42
A	目指せ熟練者並みの効率、自律制御や仮想現実で実現, 日経エレクトロニクス, 2015, 第1162号, p.28-35	1-42

フロントページの続き

(81) 指定国・地域 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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

(出願人による申告) 平成26年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、革新的研究開発推進プログラム(IMPACT)「タフな索状ロボットおよび極限ヒューマンインタフェースのための極限制御システムの開発」に係る委託研究事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(72) 発明者 遠藤 孝浩

京都府京都市左京区吉田本町36番地1 国立大学法人京都大学内

Fターム(参考) 3C707 CS08 JS03 JT10 JU03 JU12 JU14 WA16

5B050 BA09 BA11 CA08 EA05 EA07 EA27 FA02 FA06

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。