

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年8月25日(25.08.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/132399 A1

- (51) 国際特許分類:
C12M 3/00 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)
B25J 9/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/000803
- (22) 国際出願日: 2015年2月19日(19.02.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日揮株式会社(JGC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町2丁目
2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 渡辺 恵市郎(WATANABE, Keiichiro); 〒
2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい2丁
目3番1号日揮株式会社内 Kanagawa (JP). 古市
和也(FURUICHI, Kazuya); 〒2206001 神奈川県横浜
市西区みなとみらい2丁目3番1号日揮株式会
社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 井上 俊夫(INOUE, Toshio); 〒2310058 神
奈川県横浜市中区弥生町2丁目15番1号ス
トークタワー大通り公園3 601号 Kanagawa
(JP).

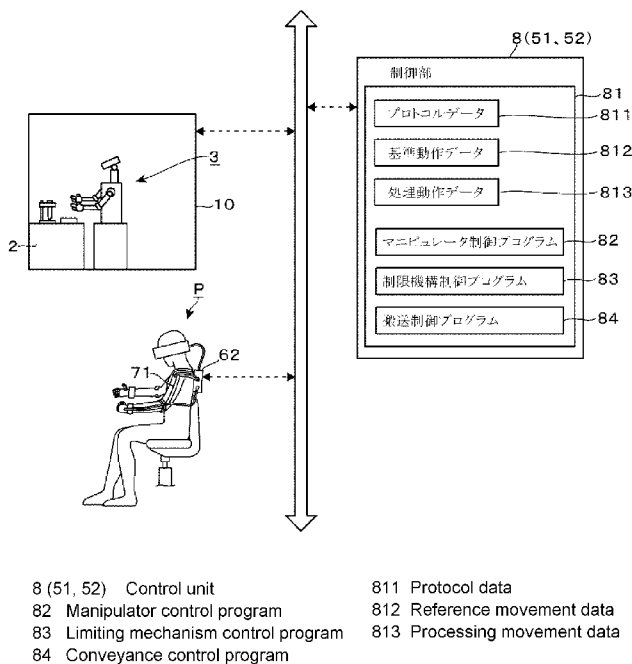
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (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),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: CELL CULTURE PROCESSING EQUIPMENT

(54) 発明の名称: 細胞培養加工設備



8 (51, 52) Control unit
82 Manipulator control program
83 Limiting mechanism control program
84 Conveyance control program
811 Protocol data
812 Reference movement data
813 Processing movement data

レータ P の動作を制限する。

(57) Abstract: [Problem] To provide cell culture processing equipment that makes it possible for an operator to achieve correct operation in accordance with a protocol via a manipulator. [Solution] A work chamber 1 is provided with a culture container 26 for culturing cells, a suction tool 22, and an incubator 21. A manipulator 3 within the work chamber 1 is equipped with a movable imaging unit 311 and a tactile function, and said manipulator 3 is remotely operated to perform each of operations relating to the culture container 26 and the suction tool 22. When the manipulator 3 is used to carry out an operation relating to the culturing of cells, a limiting control unit 6 uses a movement limiting unit 71 to limit the movement of an operator P when deviation from movement of the manipulator 3 based on reference movement data 812 stored in advance in a movement storage unit 81 occurs.

(57) 要約: 【課題】オペレータが、マニピュレータを介して、プロトコルに沿った正しい操作を実現することが可能な細胞培養加工設備を提供する。【解決手段】作業室1は、細胞培養用の培養容器26、吸引具22、及びインキュベータ21を備え、作業室1内のマニピュレータ3は、可動式撮像部311及び触覚機能を搭載し、前記培養容器26や吸引具22に対する操作の各々について遠隔操作される。制限制御部6は、マニピュレータ3により細胞の培養に係る操作を実行する際に、動作記憶部81に予め記憶された基準動作データ812に基づくマニピュレータ3の動作からずれた場合に、動作制限部71を用いてオペ

明 細 書

発明の名称：細胞培養加工設備

技術分野

[0001] 本発明は、再生医療における細胞の処理、加工、培養を行う作業室を備えた細胞培養加工設備に関する。

背景技術

[0002] 再生医療においては、例えばヒト細胞の処理、加工、培養（以下、これらをまとめて「細胞培養」という）を経て目的の細胞が作成される。目的細胞を得るためには、採取した細胞を消毒する工程、目的細胞を単離する工程、単離された細胞を溶液中へ懸濁する工程、溶液中の細胞を培地に播種する工程、播種された培地中で細胞を培養する工程、継代培養する工程などの一連の工程が実行される。

[0003] さらに各工程には、細胞を含む液体試料を所定の温度に調整したり、細胞に薬液を加えて攪拌したりするといった種々の操作が含まれ、その操作は処理、加工の内容や目的細胞の種類によって異なる。このため細胞培養は、各工程にて実施する操作の内容を記載したプロトコールと呼ばれる手順書に基づいて実施することにより、目的細胞を作成する際の再現性を高めている。

[0004] しかしながら細胞培養においては、同じ条件下で同じ操作を行ったからといって、毎回の操作結果が同じとなるとは限らない。このため、再生医療における細胞培養は、作業者の経験や技量に依存する部分が多いのが実情であり、熟練者と非熟練者との間の技量差が細胞培養の成否や効率に与える影響が大きい。

[0005] 特に、非熟練の作業者がプロトコールに記載されている手順を十分に理解せずに、間違った操作を行ってしまうと貴重な細胞を無駄にってしまう事態にもつながりかねない。また、熟練の作業者であっても、プロトコールに記載された複雑な手順中の一部の操作を飛ばしてしまったり、繰り返し操作の中で操作回数を間違えてしまったりするといった操作間違いの発生を排除す

ることは困難である。

[0006] ここで引用文献 1 には、前面側に開閉用のドアを備えた筐体内に多関節型の操作ロボットを配置し、この前面に対向する背面側に細胞培養機器を配置した自動細胞培養装置が記載されている。しかしながら、当該引用文献 1 には、オペレータが操作ロボットを操作する際に、プロトコールに沿った正しい操作をいかにして実現するのかといった手法の記載はない。

[0007] また、引用文献 2 には、遠隔に位置するオペレータ制御ステーションに設けられたコントローラを操作することにより、外科手術サイトの患者の組織の処置を行うエンドエフェクターを駆動するテレオペレータシステムが記載されている。しかしながら、当該引用文献 2 に記載の技術においても、エンドエフェクターによって実現される外科手術において正しい操作を実現する技術は示唆されていない。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特許第 5 4 1 6 9 1 9 号公報：請求項 1、段落 0 0 1 8～0 0 2 1、図 1、3

特許文献2：特許第 3 5 8 3 7 7 7 号公報：請求項 1、図 1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明はこのような事情の下になされたものであり、その目的は、マニピュレータを操作するオペレータが、プロトコールに沿った正しい操作を実現することが可能な細胞培養加工設備を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の細胞培養加工設備は、細胞培養用の培養容器及び当該培養容器内の流体を吸引する吸引具と、前記培養容器が収納されるインキュベータと、を備えた作業室と、

前記培養容器に対する操作及び前記吸引具に対する操作である細胞の培養

に係る操作の各々について遠隔操作されると共に可動式撮像部及び触覚機能を搭載し、前記作業室内に設けられたマニピュレータと、

前記作業室外にて、前記可動式撮像部にて撮像された画像を映し出すモニタ部、及び、オペレータに装着され前記触覚機能にて知覚された触覚をフィードバックするフィードバック機能を備えた前記マニピュレータの操作部と、

前記操作部を操作するオペレータに装着され、当該オペレータが操作部を操作する動作を制限する動作制限部と、

前記マニピュレータにより、前記細胞の培養に係る操作が実行されるときに当該マニピュレータの基準動作データを予め記憶した動作記憶部と、

オペレータが、前記操作部を介してマニピュレータにより前記細胞の培養に係る操作を実行する際に、前記操作部の操作に基づく前記マニピュレータの動作が、前記基準動作データに基づくマニピュレータの動作からずれた場合に、前記動作制限部によりオペレータの動作を制限する制限制御部と、を備えたことを特徴とする。

[0011] 前記細胞培養加工設備は以下の特徴を備えていてもよい。

(a) 前記動作記憶部に予め記憶された基準動作データは、前記操作部を装着した記録対象オペレータが、マニピュレータにより実行した前記細胞の培養に係る操作に基づいて設定されていること。

(b) 前記基準動作データは、細胞の培養に係る複数の操作の手順が記述されたプロトコールに含まれる、前記操作毎に設定されていること

(c) 前記基準動作データは、前記培養操作にて用いられる培養容器または吸引具を用いた操作について設定されているものであり、マニピュレータにより培養容器または吸引具を操作している位置が前記基準動作データに予め記憶されているマニピュレータによる培養容器または吸引具の動作領域の外に出ている場合に、前記動作制限部によりオペレータの操作に係る動作を制限すること。

(d) 前記動作記憶部には、前記培養容器または吸引具を用いた操作が実行

されるときに当該マニピュレータの処理動作データが予め記憶され、前記マニピュレータが培養容器または吸引具を前記動作領域内に移動させた状態になったら、前記操作部を介したオペレータによるマニピュレータの操作に替えて、前記動作記憶部に記憶された処理動作データに基づいて前記マニピュレータの処理動作を実行させる動作制御部と、を備えたこと。このとき、前記動作記憶部に予め記憶された処理動作データは、前記操作部を装着した記録対象オペレータが、マニピュレータにより実行した細胞の培養に係る処理動作に基づいて設定されていること。

(e) 前記操作部は、オペレータの腕の動きに基づいて前記マニピュレータを動作させ、前記動作制限部は当該操作部と共にオペレータの腕に装着されて前記制限制御部からの指示に基づいて当該オペレータの動作を制限すること。

(f) 前記制限制御部は、オペレータによる前記操作部の操作に基づくマニピュレータの動作と、前記基準動作データに基づくマニピュレータの動作とのずれ量が大きくなるにつれて、前記動作制限部によりオペレータの動作を制限する力を大きくすること。

発明の効果

[0012] 本発明は、作業室外のオペレータにより操作されるマニピュレータの動作が、予め記憶された基準動作データに基づく動作からずれた場合に、動作制限部を用いてオペレータの動作を制限するので、基準動作データに沿った正しい操作を実現することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施の形態に係る細胞培養加工設備の作業室の横断平面図である。

[図2]前記作業室の縦断側面図である。

[図3]前記作業室内での操作を実行するマニピュレータの斜視図である。

[図4]前記マニピュレータの遠隔操作を行うオペレータの正面図である。

[図5]前記オペレータの側面図である。

[図6]前記マニピュレータを制御する制御部のブロック図である。

[図7]プロトコールの一例を示す説明図である。

[図8]前記プロトコールに基づき実施される操作の流れを示す説明図である。

[図9]前記マニピュレータの動作に係る第1の説明図である。

[図10]前記マニピュレータの動作に係る第2の説明図である。

[図11]前記マニピュレータの処理動作範囲及び基準動作範囲を示す第1の説明図である。

[図12]前記マニピュレータの動作に係る第3の説明図である。

[図13]前記マニピュレータの処理動作範囲及び基準動作範囲を示す第2の説明図である。

[図14]前記マニピュレータの動作データを取得する際の動作を示す流れ図である。

[図15]前記動作データに基づいて細胞培養を実施する動作の流れを示す第1の流れ図である。

[図16]前記動作データに基づいて細胞培養を実施する動作の流れを示す第2の流れ図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図1～図6を参照しながら本発明の細胞培養加工設備、及び当該設備内で各種操作を行うマニピュレータ3、並びにその動作制御を行うシステムについて説明する。

本発明の細胞培養加工設備は、筐体10によって外部雰囲気から区画された作業室1内に、細胞培養用の各種機器が配置された作業卓2と、この作業卓2と対向する位置に設けられ、前記機器の操作を実行するマニピュレータ3と、を備えている。

[0015] 図1、図2に示すように作業卓2は、後述するマニピュレータ3のハンド32がアクセス可能な高さ位置に設けられている。図1には、細胞培養用の機器として、培養容器であるディッシュ26を収納するインキュベータ21、流体の吸引、供給操作を実行するピペット装置（吸引具）22、液体試料

中に分散した細胞の分離操作を実行する遠心分離器 2 3、及び作業卓 2 で培養され分離された目的細胞の大量培養を行う大量培養装置 2 4 を備えた作業卓 2 の例を示している。

[0016] インキュベータ 2 1 は、内部を一定温度に保つことが可能な筐体内に、多数のディッシュ 2 6 を収容可能な棚を備えている。図 1 にはマニピュレータ 3 側から見て、手前側及び奥手側の前後 2 列の棚を配置したインキュベータ 2 1 の例を示している。この場合には、手前の棚を昇降自在に構成することにより、各棚に収容されたディッシュ 2 6 に手前側からアクセスすることができる。

[0017] ピペット装置 2 2 は、ディッシュ 2 6 などの流体容器から液体試料や各種薬液を所定量だけ吸引し、別の容器へ注入する操作に用いられる。ピペット装置 2 2 は、例えば作業卓 2 の上面に配置されたスタンドに着脱自在に保持される。ピペット装置 2 2 を保持するスタンドの隣には、前記ピペット装置 2 2 に対して着脱自在に構成され、取り扱う流体に応じて交換される複数のピペットチップ 2 2 1 がチップスタンド 2 2 2 に保持されている。

[0018] 遠心分離器 2 3 には、筐体内に収容された回転ロータのホルダー（不図示）に遠心管 2 3 1 を保持し、回転ロータを回転させて遠心管 2 3 1 内の液体試料に遠心力を加え、液体試料中の細胞の分離などを行う。遠心分離器 2 3 の隣には、遠心管 2 3 1 を保持する遠心管スタンド 2 3 2 が配置されている。

[0019] 大量培養装置 2 4 は、例えば細胞のディッシュ 2 6 よりも大容量の培養液を収容可能な培養タンクや培養液の攪拌装置（不図示）などを備える。培養タンクは例えば作業卓 2 の下方側に配置され、作業室 1 の外部からアクセスして取り外すことができる（図 1 には培養タンクを破線で示してある）。例えば作業卓 2 の上面からは、ディッシュ 2 6 にて培養された目的細胞を培養タンク内に注入するための注入口 2 4 1 が突出している。なお、大量培養装置 2 4 には、培養フラスコ及びフラスコ用インキュベータが併設されているが、図 1 には記載を省略してある。

[0020] 図1に示すように、マニピュレータ3から見て左手側の筐体10の側壁面には、外部との間で試料や薬液を収容した容器などを搬入出するための搬入出部11が設けられている。搬入出部11は、筐体10の側の壁面及び作業室1側に設けられた開閉扉111、112によって、外部空間及び作業室1内から区画自在に構成された空間であり、その内部には搬入出物を載置した状態で移動自在な搬入出ステージ113が設けられている。

[0021] さらに、マニピュレータ3側から見て、スタンドに保持されたピペット装置22や遠心管スタンド232の手前側の作業卓2上には作業ステージ20が設けられている。マニピュレータ3によって操作されるディッシュ26はこの作業ステージ20上に載置される。

[0022] また、前記作業卓2には、作業ステージ20、搬入出部11、及びインキュベータ21にアクセス自在に構成された搬送装置25が設けられている。搬送装置25は、作業ステージ20との搬入出部11との間の作業卓2上に設けられた走行レール251上を走行自在、鉛直軸周りに回転自在、及び昇降自在に構成されている。また搬送装置25は、ディッシュ26などの搬送対象物を保持する保持部252を備え、当該保持部252を伸縮させて、搬入出部11内の搬入出ステージ113やインキュベータ21内の各棚におけるディッシュ26の保持位置、及び作業ステージ20にアクセスすることができる。

[0023] さらに図2に示すように、作業室1を構成する筐体10の天井部には、不図示のファンから送られた気体（例えば作業室1の外部の空気）をろ過するフィルターユニット12が設けられている。また作業室1には、筐体10の内部の圧力を調節する不図示の排気ユニットが設けられている。

[0024] 以上に説明したように、ディッシュ26内の液体試料などを吸引するピペット装置22やディッシュ26が収容されるインキュベータ21などの細胞培養用の機器は筐体10によって外部から隔離された作業室1内に設けられている。そして、これらの機器を用いた細胞培養に係る操作は、作業室1内に配置されたマニピュレータ3を用いて実行される。

[0025] 図3に示すように、本例のマニピュレータ3は、ボディ形状のハンド支持部36に、頭部31と、2本の腕状のハンド32とを設けた上半身を備え、遠隔操作によって動作するスレイブロボットとして構成されている。

ハンド支持部36の上端に設けられた頭部31は、例えば2つの3Dカメラ311を備え、遠隔操作により頭部31を上下、左右に動かすことにより、3Dカメラ311の向きを変えることができる。3Dカメラ311や頭部31は、本例の可動式撮像部に相当する。また頭部31には、作業室1内の音を検出するマイクロフォンが設けられている。

[0026] 各ハンド32は、複数の関節を有する腕部321と、この腕部321の先端に設けられた複数本、例えば3～5本の指部322とを備える。各指部322には複数の関節が設けられている。各関節を用いた腕部321及び指部322の動きは後述の遠隔操作により実行される。また各指部322には不図示の圧力センサが設けられ、ディッシュ26などを持ったときの触覚をオペレータPに対してフィードバックすることができる。このほか、腕部321の外側面には、作業室1内の機器との衝突を回避するために、これらの機器の近接を検出する近接センサを設けてもよい。

[0027] 図1～図3に示すように、マニピュレータ3のハンド支持部36は、既述のインキュベータ21やピペット装置22などが配置された作業卓2に沿って、横方向に伸びる基台部33によって下面側から支持されている。基台部33の上面には走行レール331が設けられ、ハンド支持部36（マニピュレータ3）はこの走行レール331に沿って基台部33上を左右に移動することができる。

また、ハンド支持部36は、基台部33上で自在に水平旋することもできる。

[0028] 一方、基台部33の床面には、横長に形成された基台部33と直交する方向（前後方向）に向けて伸びる2本の走行レール332が設けられている。基台部33はこれらの走行レール332上に配置され、作業卓2に近づき、または遠ざかる方向へ移動することができる。なお、図3においては、当図

に向かって左側部分の基台部 3 3 の記載を一部省略してある。

また基台部 3 3 には、マニピュレータ 3 が障害物に衝突した衝撃を検出したとき、基台部 3 3 の移動を自動停止するための衝突センサ、及び基台部 3 3 の駆動機構の制御部を設けてもよい。

[0029] 基台部 3 3 上に設けられたハンド支持部 3 6 の左右方向の移動動作や旋回動作、また基台部 3 3 の前後方向の移動動作は遠隔操作により実行される。

マニピュレータ 3 は、不図示の通信部を備え、作業室 1 内に配置されたスレイブ側制御部 5 1 との間で、頭部 3 1、ハンド 3 2、ハンド支持部 3 6、基台部 3 3 の操作信号の受信、及び 3 D カメラ 3 1 1 にて撮影した画像情報やマイクロフォンの音声情報、指部 3 2 2 にて検出した圧力情報の送信を行う。スレイブ側制御部 5 1 は、作業室 1 の外部の操作区域側に設けられた後述のマスタ側制御部 5 2 または自動制御部 5 3 との間で、これらの情報の入出力を行う（図 3 に示す「信号 A、B」）。マニピュレータ 3 とスレイブ側制御部 5 1 との通信は、無線で行ってもよいし、有線で行ってもよい。

[0030] 次に、図 4、図 5 を参照しながら、オペレータ P によるマニュアル操作を行うマスタシステムについて説明を行う。当該マスタシステムが設けられるマニピュレータ 3 の操作区域は、作業室 1 の外部であれば特段の限定はないが、例えば作業室 1 が配置されている建屋内に設けられる。

[0031] 本例のマスタシステムは、マニピュレータ 3 の遠隔操作を行うオペレータ P の頭部に装着されるヘッドギア部 6 1 と、ヘッドギア部 6 1 の位置や向きを検出する頭部リンク機構 6 2 3 と、オペレータ P の両手の指に装着され、各指の位置や向きを検出する指部リンク機構 6 2 1 と、オペレータ P の手に装着され、オペレータ P の腕の位置や向きを検出する腕部リンク機構 6 2 2 と、を備える。頭部リンク機構 6 2 3、指部リンク機構 6 2 1、腕部リンク機構 6 2 2 は、オペレータ P の体幹（例えば背中）に装着され、マニピュレータ 3 における頭部 3 1 やハンド 3 2（腕部 3 2 1、指部 3 2 2）の位置や向きを教示する情報の検出及び出力を行う入出力部 6 2 に接続されている。

[0032] オペレータ P の身体の動作を頭部リンク機構 6 2 3、指部リンク機構 6 2

1、腕部リンク機構622（多関節構造体）の形状変化に伴う関節の変化量として検出し、マニピュレータ3の遠隔操作を行うための教示情報（操作信号）として出力する手法としては既存のシステムを利用することができる。

[0033] 頭部リンク機構623を用いて検出されたヘッドギア部61の向きは、頭部31の向きを変える操作信号として入力され、オペレータPの頭部の動きに連動してマニピュレータ3の頭部31が動くこととなる。さらに、オペレータPには、当該上半身の鉛直軸周りのひねりを検出する不図示の上半身リンク機構が設けられ、オペレータPの上半身をひねると、そのひねり方向へ向けてハンド支持部36を水平旋回させることができる。その後、オペレータPの上半身のひねりを戻すと、ハンド支持部36の旋回が停止する。

さらにヘッドギア部61には、マニピュレータ3の3Dカメラ311にて撮影した映像を表示する3Dモニタが設けられており、オペレータPはこの3Dモニタを介して作業室1内の様子を視認することができる。

[0034] 同様に、指部リンク機構621、腕部リンク機構622を用いて検出されたオペレータPの腕や指の位置や向きは、ハンド32の操作信号として入力され、オペレータPの腕や指の動きに連動してマニピュレータ3のハンド32が動くこととなる。また、マニピュレータ3側の指部322の圧力センサにて検出された圧力情報は、例えばハンド32によってディッシュ26を保持する操作の触覚情報としてオペレータPが装着するグローブに伝達される。

[0035] さらに図4、図5に示すように、本例マスタシステムは、マニピュレータ3の遠隔操作を行うオペレータPが着座する作業椅子65と、当該作業椅子65に着座したオペレータPの足下の床面に配置された各種の操作ペダル631、632、641、642とを備える。

[0036] 作業椅子65に着座したオペレータPの右足側の足下には、基台部33を前進移動させるための前進ペダル631、後退移動させるための後退ペダル632が設けられている。一方、オペレータPの左足側の足下には、基台部33上のハンド支持部36を右方向へ移動させるための右移動ペダル641

、左方向へ移動させるための左移動ペダル 6 4 2 が設けられている。これら各操作ペダル 6 3 1、6 3 2、6 4 1、6 4 2 が踏まれている期間中に、対応する各種動作が実行される。また、これらの操作ペダル 6 3 1、6 3 2、6 4 1、6 4 2 の踏み込み量に応じて、基台部 3 3、ハンド支持部 3 6 の移動速度を変化させることができるように構成してもよい。

[0037] 頭部リンク機構 6 2 3、指部リンク機構 6 2 1、腕部リンク機構 6 2 2 から取得された頭部 3 1 やハンド 3 2 の教示情報は、入出力部 6 2 を介して操作区域内に配置されたマスタ側制御部 5 2 に入力される。また、不図示の上半身リンク機構から出力されたオペレータ P の上半身のひねりに関する情報や各操作ペダル 6 3 1、6 3 2、6 4 1、6 4 2 の操作情報も前記マスタ側制御部 5 2 に入力される。これらの情報は、マニピュレータ 3 を遠隔操作するための操作信号として作業室 1 側のスレイブ側制御部 5 1 に出力される。また、スレイブ側制御部 5 1 から取得した画像情報や音声情報、圧力情報についてもマスタ側制御部 5 2 を介して、オペレータ P が装着しているヘッドギア部 6 1 やグローブに送信される。

[0038] ここで、既述の頭部リンク機構 6 2 3、指部リンク機構 6 2 1、腕部リンク機構 6 2 2、上半身リンク機構（不図示）や入出力部 6 2、各種操作ペダル 6 3 1、6 3 2、6 4 1、6 4 2 は、マニピュレータ 3 にオペレータ P の動きを伝え、細胞培養用の機器の操作を実行するための操作部に相当している。

[0039] 以上に説明したマスタシステムを介してマニピュレータ 3 の遠隔操作（マニュアル操作）を行うオペレータ P には、オペレータ P 自身の動作を制限するための動作制限機構（動作制限部）7 1 が装着されている。

[0040] 例えば動作制限機構 7 1 は、腕部リンク機構 6 2 2 によって動作が検出されるオペレータ P の腕部に沿って装着されたリンク機構（多関節構造体）として構成されている。動作制限機構 7 1 は、入出力部 6 2 に入力された情報に基づいて、各関節の動きを制限することにより、オペレータ P の動作を制限する。オペレータ P の動作が制限されることにより、腕部リンク機構 6 2

2 を利用したマニピュレータ 3 の操作が抑えられるので、動作制限機構 7 1 によって許可されないマニピュレータ 3 の動作は実行されないことになる。

動作制限機構は、オペレータ P の腕部に設ける場合に限らず、頭部リンク機構 6 2 3 にて動作検出されるオペレータ P の頸部や、不図示の上半身リンク機構によって動作検出されるオペレータ P の胴体部にも設けてよい。

[0041] また所定の条件下においては、マニピュレータ 3 は、オペレータ P によるマニュアル操作に替えて、予め記憶しておいた処理動作データ 8 1 3 に基づいて、細胞培養用の機器の操作を自動で実行することができる。

以下、図 6 を用いて上述の動作制限機構 7 1 によるオペレータ P の動作制限やマニピュレータ 3 の自動操作を実行する手法について説明する。

[0042] 図 6 に示すように本例の細胞培養加工設備は、既述のスレイブ側制御部 5 1、マスタ側制御部 5 2 を含む制御部 8 を備える。なお説明の便宜上、図 6 にはスレイブ側制御部 5 1、マスタ側制御部 5 2 を含む制御部 8 の全体を総括的に表示してある。

制御部 8 は不図示の CPU (Central Processing Unit) とメモリ 8 1 とを備えたコンピュータとして構成される。メモリ 8 1 には、マニピュレータ 3 の自動操作を実行させるためのマニピュレータ制御プログラム 8 2 と、動作制限機構 7 1 によるオペレータ P の動作制限を実行させるための制限機構制御プログラム 8 3 と、搬送装置 2 5 にディッシュ 2 6 の搬送操作を実行させるための搬送制御プログラム 8 4 と、が記憶されている。

マニピュレータ制御プログラム 8 2 に基づいて動作する制御部 8 は、本実施の形態の動作制御部に相当し、制限機構制御プログラム 8 3 に基づいて動作する制御部 8 は制限制御部に相当する。

[0043] ここで実際には既述のように、スレイブ側制御部 5 1 とマスタ側制御部 5 2 とは別々のコンピュータとして構成され、スレイブ側制御部 5 1 は作業室 1 内に配置される一方、マスタ側制御部 5 2 はオペレータ P がいる操作区域側に配置される。このとき、マニピュレータ制御プログラム 8 2 は、作業室 1 内のスレイブ側制御部 5 1 と共通のコンピュータのメモリ 8 1 内に記憶さ

れる一方、制限機構制御プログラム 83 は、操作区域側のマスタ側制御部 52 と共通のコンピュータのメモリ 81 内に記憶されている。

[0044] さらにメモリ 81 には、プロトコール 4 に含まれる操作の内容及びその実行順を予め記録したプロトコールデータ 811 と、動作制限機構 71 によるオペレータ P の動作制限を行う際に、マニピュレータ 3 の動作が予め設定した動作からずれているか否かの判断を行うための基準となる基準動作データ 812 と、マニピュレータ 3 の自動操作を実行するための処理動作データ 813 とが記憶されている。

[0045] 例えば図 7 は、目的細胞を培養したディッシュ 26 の底面から目的細胞を剥がし、新たなディッシュ内に播種する工程にて実施される操作の手順を既述したプロトコールの一部を示している。

プロトコールデータ 811 には、これらプロトコールに記述されている操作が、「A 地点から B 地点へディッシュ 26 を搬送する」、「ディッシュ 26 に $X\text{ ml}$ の薬液を加える」などといったより基本的な操作単位に分解され、その実行順と共に記録されている（図 8 の操作単位 P1 ~ P11）。

[0046] プロトコールに記述されている操作を操作単位に分解することにより、当該操作単位を実行している期間中に、マニピュレータ 3 の可動部（例えば各関節部分）が、作業室 1 を構成する空間内のどの位置から、どの位置まで移動するのかといった移動軌道を示すデータとの対応づけを行うことができる。なお、マニピュレータ 3 の可動部は、各リンク機構 621、622、623（操作部）の動きに対応して作業室 1 内で動作することから、作業室 1 内における座標位置が特定されている。

[0047] 図 7 の記載から分かるように、細胞の培養に係る操作には、ディッシュ 26 に特定の薬液を所定量加える操作（「PBS（-）を $X_1\text{ ml}$ 加える」、「 $X_2\text{ ml}$ のトリプシンを加え」など）や特定の地点間でディッシュ 26 を搬送する操作（「トリプシンを加えた作業ステージ 20 の上方位置から、ディッシュ 26 を搬送装置 25 に受け渡す」など）のように、細胞培養用の各種機器（ディッシュ 26 やピペット装置 22 など）を移動させるだけの動作が含

まれる。このような移動動作は、オペレータ P の判断によらず、誰が行ってもほぼ同じように実施される操作単位である。

[0048] メモリ 8 1 には、オペレータ P の判断を必要としない移動動作に係る操作単位におけるマニピュレータ 3 の可動部の移動軌道に係るデータが、基準動作データ 8 1 2 として操作単位毎に予め記憶されている。例えば図 8 には、前記移動軌道が基準動作データ 8 1 2 として記憶されている対象の操作を一重線で囲んで示してある。この観点においてメモリ 8 1 は、本例の動作記憶部に相当している。

[0049] 制限機構制御プログラム 8 3 に基づき動作する制御部 8 は、各操作単位の実行期間内において予め設定された時間間隔毎に、オペレータ P によりマニュアル操作されるマニピュレータ 3 の可動部の位置と、基準動作データ 8 1 2 に記憶されているマニピュレータ 3 の移動軌道とを比較する。そして、マニュアル操作されているマニピュレータ 3 の移動位置が、前記移動軌道からずれている場合には、動作制限機構 7 1 を作動させてオペレータ P の動作を制限する。

[0050] 基準動作データ 8 1 2 である移動軌道は、例えば当該操作についての熟練者を記録対象オペレータ P とし、記録対象オペレータ P がマニピュレータ 3 を遠隔操作してプロトコルに記載の操作を実行した結果に基づいて設定される。詳細には、前記遠隔操作によって実行されるマニピュレータ 3 の各可動部の移動軌道が記録される。

[0051] このとき、動作制限機構 7 1 によってオペレータ P の動作が必要以上に制限されないようにするため、記録対象オペレータ P によるマニュアル操作を複数回、繰り返して行い、これらの操作で得られた複数の移動軌道を含むように、空間的な幅を持たせて基準動作データ 8 1 2 の移動軌道の領域（移動軌道領域）を設定してもよい。この場合には、例えば制御部 8 は、マニピュレータ 3 の位置が、前記移動軌道領域から外れた場合に動作制限機構 7 1 を作動させてオペレータ P の動作を制限する。

[0052] また、動作制限機構 7 1 によってオペレータ P の動作が必要以上に制限さ

れないようにする他の手法として、マニピュレータ 3 が、予め設定された移動軌道から遠く離れるに連れて（オペレータ P の遠隔操作によるマニピュレータ 3 の動作と、基準動作データ 8 1 2 に基づくマニピュレータ 3 の動作とのずれ量が大きくなるに連れて）、動作制限機構 7 1 がオペレータ P の動作を制限する力を大きくしてもよい。

[0053] ここで図 7 のプロトコールに記載されている「細胞が剥がれていることを確認できたら、インヒビターを…加え」、「細胞が剥がれていない場合はトリプシンを…追加し」、といった操作は、3 D カメラ 3 1 1 によるディッシュ 2 6 内の撮像結果をオペレータ P が確認しないと、次の操作単位を決定することができない。このような場合には、予め設定された複数の操作単位（図 8 の例では操作単位 P 5 または操作単位 P 1 1）のうちのいずれかが、オペレータ P の判断に基づいて選択される。

[0054] 例えば図 8 に示す操作単位 P 1 0（ディッシュ 2 6 の蓋を取り外す操作）を実行した後は、ディッシュ 2 6 内にトリプシンを加える操作単位 P 5、またはディッシュ 2 6 にインヒビターを加える操作単位 P 1 1 のいずれかが実行される。従って動作制限機構 7 1 は、操作単位 P 5、P 1 1 のいずれが実行されても動作制限は行わない。一方で、これらの操作単位 P 5、P 1 1 と対応づけられている移動軌道からずれた方向にマニピュレータ 3 を動かすと、動作制限機構 7 1 が作動してオペレータ P の動作が制限される。

[0055] 次に、制御部 8 が処理動作データ 8 1 3 に基づいてマニピュレータ 3 の自動操作を実行する手法について説明する。

ここで図 7 に示すプロトコールに記載されている「トリプシンを…細胞全体に万遍なく広げ」といった操作（図 8 の操作単位 P 6）には、非熟練のオペレータ P が再現することが難しい動作が含まれているものとする。

[0056] 熟練の作業による操作単位 P 6 の内容を詳しく見たとき、図 9 に示すように、ハンド 3 2 にて保持したディッシュ 2 6 を作業ステージ 2 0 の上方位置に移動させた後、（a）ディッシュ 2 6 を水平に保持して時計回りに複数回公転させる動作、（b）同じくディッシュ 2 6 を反時計回りに複数回公転

させる動作、（c）ディッシュ26を左右方向に複数回移動させる動作、（d）ディッシュ26を前後方向に複数回移動させる動作がこの順に行われていたとする。これら（a）～（d）の各動作においても、ディッシュ26を動かす回数や、その動作速度には微妙なコツが含まれていることもある。

[0057] そこでプロトコルデータ811中の一部の操作単位は、マニピュレータ3が一定の操作を自動で実行する設定となっている（図8中に二重線で囲んで示してある）。この自動操作を実現するため、処理動作データ813には、当該操作の熟練者である記録対象オペレータPがマニピュレータ3のマニュアル操作を実行して得られた動きが記憶されている。例えば記録対象オペレータPがマニピュレータ3をマニュアル操作して、ディッシュ26を時計回りに複数回公転させる動作（a）を実行する。処理動作データ813には、このときのマニピュレータ3の動きが、各可動部の移動軌道や移動軌道上の各位置における移動速度などを示す情報として処理動作データ813に記録される（動作学習）。図10、図12に示す例は、各々、図9に示す動作（a）、（d）におけるハンド32の各関節部分（可動部）の位置の移動軌道を模式的に示している。

[0058] さらに、図11、図13に示すように、作業室1内には、マニピュレータ3によってディッシュ26が所定の位置に搬送されてきたとき、オペレータPによる遠隔操作（マニュアル操作）から、処理動作データ813に基づく自動操作へとマニピュレータ3の動作の切り替えを行う切替領域411、412が設定されている。例えば切替領域411、412は作業ステージ20の上方位置に設定される。

[0059] 従って、基準動作データ812の移動軌道に沿ってマニピュレータ3が動き、所定の操作単位にてディッシュ26が切替領域411内に搬入されると、マニピュレータ3の動作が自動操作に切り替わった後、処理動作データ813に基づき自動で動作（a）が実行される。この後、所定時間の経過後、動作（a）は動作（b）に切り替わる。そして、動作（b）が所定時間実行された後、ディッシュ26が切替領域412内に位置していると、動作（c

）、（d）が順次、実行される。

[0060] これらの動作においては、マニピュレータ 3 側の各指部 3 2 2 の圧力センサにて検出されたディッシュ 2 6 の動きの感覚がオペレータ P 側のグローブに伝達される。

また、図 1 1、図 1 3 中に破線で示す動作領域 4 2 1、4 2 2（既述の代替領域 4 1 1、4 1 2 を囲むように設定されている）は、オペレータ P の腕の位置がこれら動作領域 4 2 1、4 2 2 の外でディッシュ 2 6 を保持している状態となったとき、動作制限機構 7 1 を作動させてオペレータ P の動作を制限するために設けられる。従って動作領域 4 2 1、4 2 2 についても基準動作データ 8 1 2 としてメモリ 8 1 内に記憶される。

[0061] マニピュレータ 3 が自動操作となっている期間中においても、ディッシュ 2 6 の動きの感覚がオペレータ P にフィードバックされることにより、オペレータ P は、熟練者がディッシュ 2 6 の操作を行う感覚を学習し、その熟練度を向上させることができる。

またここで、自動操作の期間中、マニピュレータ 3 は、オペレータ P による操作から切り離されているので、例えばオペレータ P の腕が大きく動いたとしても、マニピュレータ 3 は正しい自動操作を継続する。しかしながら、この状態ではオペレータ P は、正しい操作感覚を学習できないばかりでなく、マニュアル操作への復帰時に、マニピュレータ 3 側で、意図しない急激な動作が引き起こされてしまうおそれもある。そこで、上述の自動操作の期間中においても、動作領域 4 2 1、4 2 2 内でディッシュ 2 6 の操作を行う状態に対応する位置からオペレータ P の腕の位置が外れると、動作制限機構 7 1 によりオペレータ P の動作が制限される。

[0062] そして、オペレータ P の熟練度が一定程度まで向上した場合には、処理動作データ 8 1 3 に基づくマニピュレータ 3 の自動操作に替えて、オペレータ P によるマニュアル操作にて当該操作単位を実行してもよい。この場合にも、オペレータ P のマニュアル操作に係わるマニピュレータ 3 の動作位置が、前記動作領域 4 2 1、4 2 2 の外に出ている場合には、動作制限機構 7 1 に

よりオペレータ P の動作が制限され、正しい動作領域 4 2 1、4 2 2 内でディッシュ 2 6 を動かすように操作が矯正される。

[0063] ここで、記録対象オペレータ P がマニピュレータ 3 をマニュアル操作した結果に基づいて設定される基準動作データ 8 1 2（移動軌道や動作領域 4 2 1、4 2 2）、処理動作データ 8 1 3 は、1 回のマニュアル操作の結果に基づいて決定される場合に限定ない。例えば、プロトコルデータ 8 1 1 に含まれる一連の操作を繰り返し実行して毎回の動作に係わるデータを記憶し、これらに含まれる個別の操作単位に係る動作の中から、最も良好な操作単位についての基準動作データ 8 1 2 や処理動作データ 8 1 3 を選択してもよい。

[0064] この他、プロトコルデータ 8 1 1 に含まれる一連の操作を繰り返し実行して複数の操作に係わる情報を取得し、これらの情報に含まれる位置データなどの平均値に基づいて実現されるマニピュレータ 3 の平均的な動作を基準動作データ 8 1 2 や処理動作データ 8 1 3 として記録してもよい。

[0065] 以上に説明したマニピュレータ制御プログラム 8 2 や制限機構制御プログラム 8 3 などに基づく制御部 8 の動作について、図 1 4～図 1 6 を参照しながら説明する。

図 1 4 は、基準動作データ 8 1 2、処理動作データ 8 1 3（以下、これらをまとめて動作データともいう）を取得する動作の流れを示し、図 1 5、図 1 6 はこれらの動作データを利用して、マニピュレータ 3 による操作を実行する動作の流れを示している。

[0066] （動作データの取得）

初めに、記録対象オペレータ P が、頭部リンク機構 6 2 3、指部リンク機構 6 2 1、腕部リンク機構 6 2 2 などの操作部を装着し、プロトコルに沿ってマニピュレータ 3 の遠隔操作を開始する（図 1 4 のスタート）。

[0067] 次いで、記録対象オペレータ P が実行するプロトコルデータ 8 1 1 から、動作データを取得する対象の操作単位 P n を読み出してセットする（ステップ S 1 0 1）。こうした操作単位のセットや後述する移動軌道の記録と、

処理動作の学習の切り替えタイミングなどは、動作データの取得をサポートする他のオペレータが、不図示のタッチパネルなどを介して行ってもよい。

[0068] 例えば図8に示すように、「搬送装置25からディッシュ26を受け取る」という操作単位P1については、基準動作データ812である移動軌道のみが記録され、動作学習の対象となる操作は含まれていない。この場合には（ステップS102；NO）、マニピュレータ3が搬送装置25からディッシュ26を受け取って作業ステージ20の上方へ搬送する動作について、マニピュレータ3の移動軌道を基準動作データ812として記録する（ステップS106）。

そして、当該操作単位が最終の操作単位でなければ（ステップS107；NO）、次の操作単位Pnのセットを行う（ステップS101）。

[0069] 一方、動作データを取得する操作単位Pnが、動作学習の対象となる操作を含んでいる場合には（ステップS102；YES）、移動軌道の記録（ステップS103、105）と、マニピュレータ3の動きの動作学習（ステップS104）とが分けて実行される。

[0070] 例えば既述の操作単位P6の場合には、先行する操作単位P5にてディッシュ26に所定量のトリプシンを加えた後の位置から、ピペット装置22をスタンドに戻し、ピペット装置22を持つハンド32を、操作の終了状態の位置である例えばハンド支持部36の手前の位置に戻す移動軌道を記録する（ステップS103）。なお、本例のマニピュレータ3においては、ハンド支持部36の手前にハンド32を位置させた状態が、所定の操作を開始する前の初期状態、または操作を終了した後の終了状態に設定されている。

[0071] 次いで、図9～図13を用いて説明した（a）～（d）の動作を順次、実行し、これらの動作におけるハンド32の可動部の移動軌道や移動軌道上の各位置における移動速度などを示す情報を処理動作データ813として記録する（ステップS104）。また、この操作が行われた領域を切替領域411、412として記録し、この切替領域411、412を含むように動作領域421、422を設定し、記録する。

しかる後、当該動作が終わった後、ディッシュ 26 を保持した状態で作業ステージ 20 の上方の待機位置までディッシュ 26 を移動する動作の移動軌道を記録する（ステップ S 105）。

[0072] こうしてプロトコルデータ 811 に設定されている各操作単位 P_n について、順次、基準動作データ 812 の記録を行い、最後の操作単位に係わる動作データを取得したら（ステップ S 107；YES）、記録対象オペレータ P によるマニピュレータ 3 の遠隔操作を終了する。

[0073] ここで例えばディッシュ 26 内の目的細胞の状態に応じて異なる操作が選択される場合には、図 14 に示した動作を、複数回、繰り返し行い、前記異なる操作の双方を実行することによりこれらの操作の移動軌道を記録することができる（例えば図 8 の操作単位 P 10→P 5 を実行する場合と、操作単位 P 10→P 11 を実行する場合）。

なお、選択される確率が小さい操作単位がある場合には、別途、独立して移動軌道の記録を行った結果を基準動作データ 812 として記録してもよい。

[0074] （マニピュレータ 3 による操作実行）

オペレータ P は頭部リンク機構 623、指部リンク機構 621、腕部リンク機構 622 などの操作部を装着し、遠隔操作を開始する（図 15 のスタート）。

[0075] 制御部 8 は、プロトコルデータ 811 から、操作単位 P_n を読み出し（ステップ S 201）、この操作単位 P_n に対して対応づけられて記録されている基準動作データ 812、処理動作データ 813 を読み出す。

[0076] 読み出された操作単位 P_n が学習済みの処理動作データ 813 と対応づけられていない場合には（ステップ S 202；NO）、マニピュレータ 3 が基準動作データ 812 である移動軌道に沿って動いているか否かを確認する（ステップ S 204）。

その結果、マニピュレータ 3 の位置が、前記移動軌道からずれている場合には（ステップ S 204；NO）、動作制限機構 71 を作動させてオペレー

タ P の動作を制限する（ステップ S 2 0 5）。

[0077] 一方、マニピュレータ 3 の位置が移動軌道に沿っている場合には（ステップ S 2 0 4 ; Y E S）、オペレータ P のマニュアル操作に基づくマニピュレータ 3 の動作を継続する（ステップ S 2 0 6）。なお、説明を簡単にするため、図 1 5 にはステップ S 2 0 4 ~ S 2 0 5 に係わる動作を 1 ループで表現しているが、これらの動作は、各操作単位 P n が完了するまでの期間中、所定の時間間隔で繰り返し行われる（図 1 6 のステップ S 3 0 1 ~ S 3 0 2、S 3 0 9 ~ 3 1 0 について同じ）。

[0078] これに対し、読み出された操作単位 P n について、学習済みの処理動作データ 8 1 3 が対応づけられている場合には（ステップ S 2 0 2 ; Y E S）、図 1 6 に示す動作が実行される（ステップ S 2 0 3）。

[0079] 即ち、マニピュレータ 3 の位置が、移動軌道に沿っているかを確認し（図 1 6 のステップ S 3 0 1）、移動軌道からずれている場合には（ステップ S 3 0 1 ; N O）、動作制限機構 7 1 を作動させてオペレータ P の動作を制限する（ステップ S 3 0 2）。

[0080] マニピュレータ 3 の位置が、移動軌道に沿っている場合には（ステップ S 3 0 1 ; Y E S）、オペレータ P のマニュアル操作に基づくマニピュレータ 3 の動作を継続する（ステップ S 3 0 3）。そして、切替領域 4 1 1、4 1 2 に到達するまで操作対象（例えばディッシュ 2 6）を搬送し（ステップ S 3 0 4 ; N O、S 3 0 3）、操作対象が切替領域 4 1 1、4 1 2 内に位置したら（ステップ S 3 0 4 ; Y E S）、マニピュレータ 3 の動作を自動操作に切り替えて、学習済みの処理動作データ 8 1 3 に基づきマニピュレータ 3 を自動で動作させる（ステップ S 3 0 6）。

[0081] 当該動作を行っている期間中、オペレータ P 側の腕の位置が動作領域 4 2 1、4 2 2 を出ている場合には（ステップ S 3 0 6 ; N O）、動作制限機構 7 1 による動作制限を実行する（ステップ S 3 0 7）。そして、これらの動作を予め設定した時間が経過するまで繰り返す（ステップ S 3 0 5 ~ 3 0 8 ; N O）。

[0082] こうして、所定時間だけ自動操作が実行されたら（ステップS308；YES）、マニピュレータ3をオペレータPによるマニュアル操作に切り替え、その位置が移動軌道に沿っているか否かを確認し（ステップS309）、必要に応じて動作制限機構71によるオペレータPの動作制限を行いつつ（ステップS310）、次の操作単位 P_{n+1} の動作を開始する位置までマニピュレータ3を動作させる（ステップS311）。

[0083] 図15の説明に戻ると、以上に説明した基準動作データ812、処理動作データ813を利用したマニピュレータ3の操作をプロトコルデータ811に記録されている各操作単位 P_n について繰り返し行い（ステップS201～S207；NO）、最終の操作単位が完了したら、プロトコルに記載された細胞培養操作を終える（エンド）。

[0084] 本実施の形態に係る細胞培養加工設備によれば以下の効果がある。作業室1外のオペレータPにより操作されるマニピュレータ3の動作が、予め記憶された基準動作データ812（移動軌道や動作領域421、422を示すデータ）に基づく動作からずれた場合に、動作制限機構71を用いてオペレータPの動作を制限するので、基準動作データ812に沿った正しい操作を実現することが可能となる。

[0085] また、マニピュレータ3を介して作業室1内の操作を実行することにより、通常、ヒトが立ち入る空間では実行しにくい強力な殺菌操作、作業室1全体の薬剤による殺菌処理などを行うこともできる。

さらに、最大の汚染源であるヒトによる直接操作がないため、確実な微生物汚染防止を図ることもできる。

[0086] ここで上述の実施の形態では、処理動作データ813に基づく自動操作の一例として、ディッシュ26を動かしてトリプシンを細胞全体に広げる動作（図9～図13）について説明したが、自動操作の対象はこれに限定されるものではない。

[0087] 例えば「ディッシュ26内の培地を蓋に触れないように振る」、「蓋だけでなく、ディッシュ26の本体に指が触れていることを確認しながらディッ

シュ 2 6 を持ち上げる」、「ディッシュ 2 6 の側面や底面にピペットチップ 2 2 1 を触れさせずに細胞浮遊液を吸引する」、「ディッシュ 2 6 を回転させずに前後左右に振りながら、ディッシュ 2 6 の全体に均一に細胞浮遊液を分散させる」、「ピペットチップ 2 2 1 の先端を、液面のごく近傍に位置させて、遠心管スタンド 2 3 2 内の液体を吸引する」、「ピペット装置 2 2 にて吸引した細胞浮遊液をなるべく早く複数のディッシュ 2 6 に分ける」などといった、熟練者の経験を必要とする各種操作について、処理動作データ 8 1 3 を記録しておくことにより、非熟練者が再現することが難しい操作を自動で実行することができる。

[0088] また、基準動作データ 8 1 2 に基づいてオペレータ P の動作を制限する動作制限部の構成についても図 4、図 5 などに示した多関節構造体の例に限定されない。例えばオペレータ P が操作を行っている操作区域の天井部や床面に設けられた基端部から伸び出し、その末端部がオペレータ P のひじや手首などの関節に接続されるレバーを設けて動作制限部としてもよい。この場合には、動作制限を行っていないときにはオペレータ P のひじや手首の動きに追従してレバーが動き、動作制限時には当該レバーの動きを止めてオペレータ P のひじや手首の移動が制限される。

[0089] さらに、動作制限部（制限機構制御プログラム 8 3 に基づき動作する制御部 8）が動作制限機構 7 1 を作動させてオペレータ P の動作を制限するか否かを判断する手法は、マニピュレータ 3 の可動部の位置が、所定の移動軌道領域を外れたか否かに基づいて行う場合に限定されない。例えば、予め設定した移動軌道と比較して、可動部の実際の移動方向が、移動軌道に沿った方向から、予め設定された角度以上ずれている場合には、オペレータ P の動作を制限する構成としてもよい。

[0090] さらに、本例の胞培養加工設備で培養される細胞は、ヒト細胞に限定されるものではなく、動物細胞や植物細胞、単細胞生物の細胞であってもよい。

符号の説明

[0091] P オペレータ

- 1 作業室
- 2 作業卓
- 2 1 インキュベータ
- 2 2 ピペット装置
- 2 6 ディッシュ
- 3 マニピュレータ
- 3 1 1 3 Dカメラ
- 3 2 ハンド
- 4 1 1、4 1 2
- 切替領域
- 4 2 1、4 2 2
- 動作領域
- 5 1 スレイブ側制御部
- 5 2 マスタ側制御部
- 6 1 ヘッドギア部
- 6 2 1 指部リンク機構
- 6 2 2 腕部リンク機構
- 6 2 3 頭部リンク機構
- 7 1 動作制限機構（動作制限部）
- 8 制御部
- 8 1 メモリ
- 8 1 1 プロトコールデータ
- 8 1 2 基準動作データ
- 8 1 3 処理動作データ
- 8 2 マニピュレータ制御プログラム
- 8 3 制限機構制御プログラム
- 8 4 搬送制御プログラム

請求の範囲

- [請求項1] 細胞培養用の培養容器及び当該培養容器内の流体を吸引する吸引具と、前記培養容器が収納されるインキュベータと、を備えた作業室と、
- 、
- 前記培養容器に対する操作及び前記吸引具に対する操作である細胞の培養に係る操作の各々について遠隔操作されると共に可動式撮像部及び触覚機能を搭載し、前記作業室内に設けられたマニピュレータと、
- 、
- 前記作業室外にて、前記可動式撮像部にて撮像された画像を映し出すモニタ部、及び、オペレータに装着され前記触覚機能にて知覚された触覚をフィードバックするフィードバック機能を備えた前記マニピュレータの操作部と、
- 前記操作部を操作するオペレータに装着され、当該オペレータが操作部を操作する動作を制限する動作制限部と、
- 前記マニピュレータにより、前記細胞の培養に係る操作が実行されるときに当該マニピュレータの基準動作データを予め記憶した動作記憶部と、
- オペレータが、前記操作部を介してマニピュレータにより前記細胞の培養に係る操作を実行する際に、前記操作部の操作に基づく前記マニピュレータの動作が、前記基準動作データに基づくマニピュレータの動作からずれた場合に、前記動作制限部によりオペレータの動作を制限する制限制御部と、を備えたことを特徴とする細胞培養加工設備。
- 。
- [請求項2] 前記動作記憶部に予め記憶された基準動作データは、前記操作部を装着した記録対象オペレータが、マニピュレータにより実行した前記細胞の培養に係る操作に基づいて設定されていることを特徴とする請求項1に記載の細胞培養加工設備。
- [請求項3] 前記基準動作データは、細胞の培養に係る複数の操作の手順が記述

されたプロトコールに含まれる、前記操作毎に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の細胞培養加工設備。

[請求項4] 前記基準動作データは、前記培養操作にて用いられる培養容器または吸引具を用いた操作について設定されているものであり、マニピュレータにより培養容器または吸引具を操作している位置が前記基準動作データに予め記憶されているマニピュレータによる培養容器または吸引具の動作領域の外に出ている場合に、前記動作制限部によりオペレータの操作に係る動作を制限することを特徴とする請求項 1 に記載の細胞培養加工設備。

[請求項5] 前記動作記憶部には、前記培養容器または吸引具を用いた操作が実行されるときに当該マニピュレータの処理動作データが予め記憶され、

前記マニピュレータが培養容器または吸引具を前記動作領域内に移動させた状態となったら、前記操作部を介したオペレータによるマニピュレータの操作に替えて、前記動作記憶部に記憶された処理動作データに基づいて前記マニピュレータの処理動作を実行させる動作制御部と、を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の細胞培養加工設備。

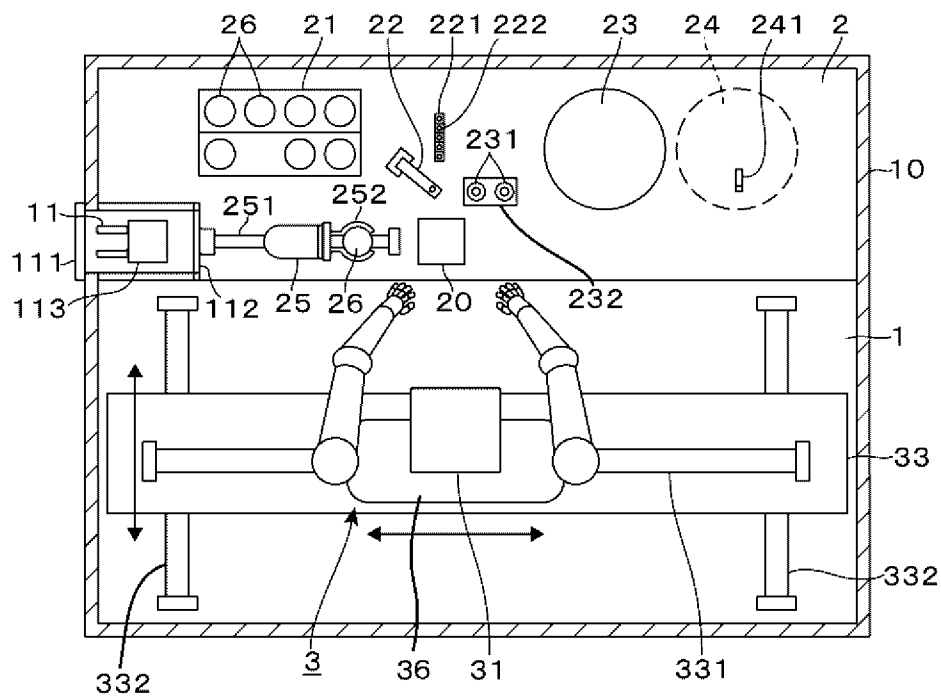
[請求項6] 前記動作記憶部に予め記憶された処理動作データは、前記モニタ部及び操作部を装着した記録対象オペレータが、マニピュレータにより実行した細胞の培養に係る処理動作に基づいて設定されていることを特徴とする請求項 5 に記載の細胞培養加工設備。

[請求項7] 前記操作部は、オペレータの腕の動きに基づいて前記マニピュレータを動作させ、前記動作制限部は当該操作部と共にオペレータの腕に装着されて前記制限制御部からの指示に基づいて当該オペレータの動作を制限することを特徴とする請求項 1 に記載の細胞培養加工設備。

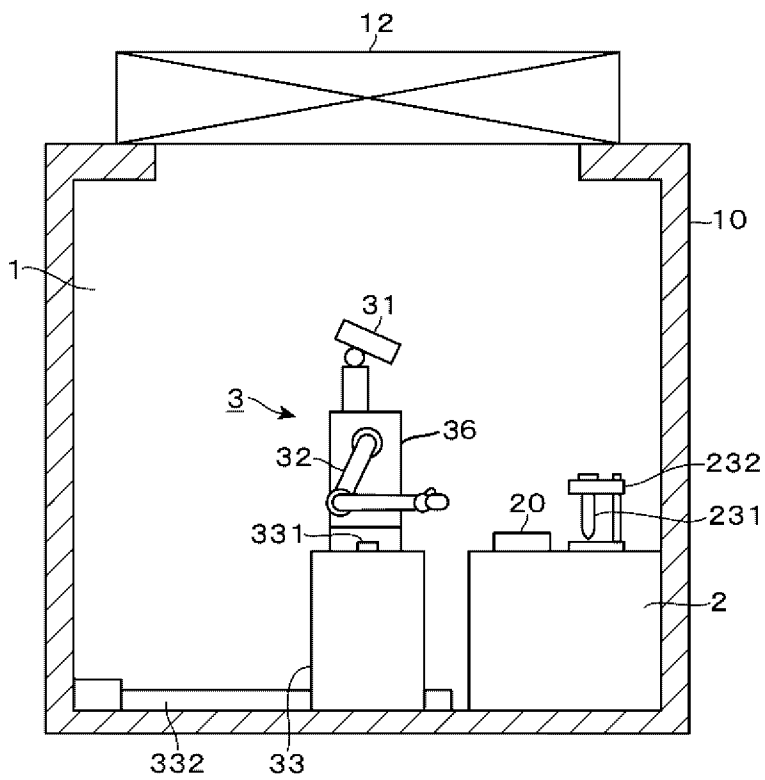
[請求項8] 前記制限制御部は、オペレータによる前記操作部の操作に基づくマニピュレータの動作と、前記基準動作データに基づくマニピュレータ

の動作とのずれ量が大きくなるにつれて、前記動作制限部によりオペレータの動作を制限する力を大きくすることを特徴とする請求項 1 に記載の細胞培養加工設備。

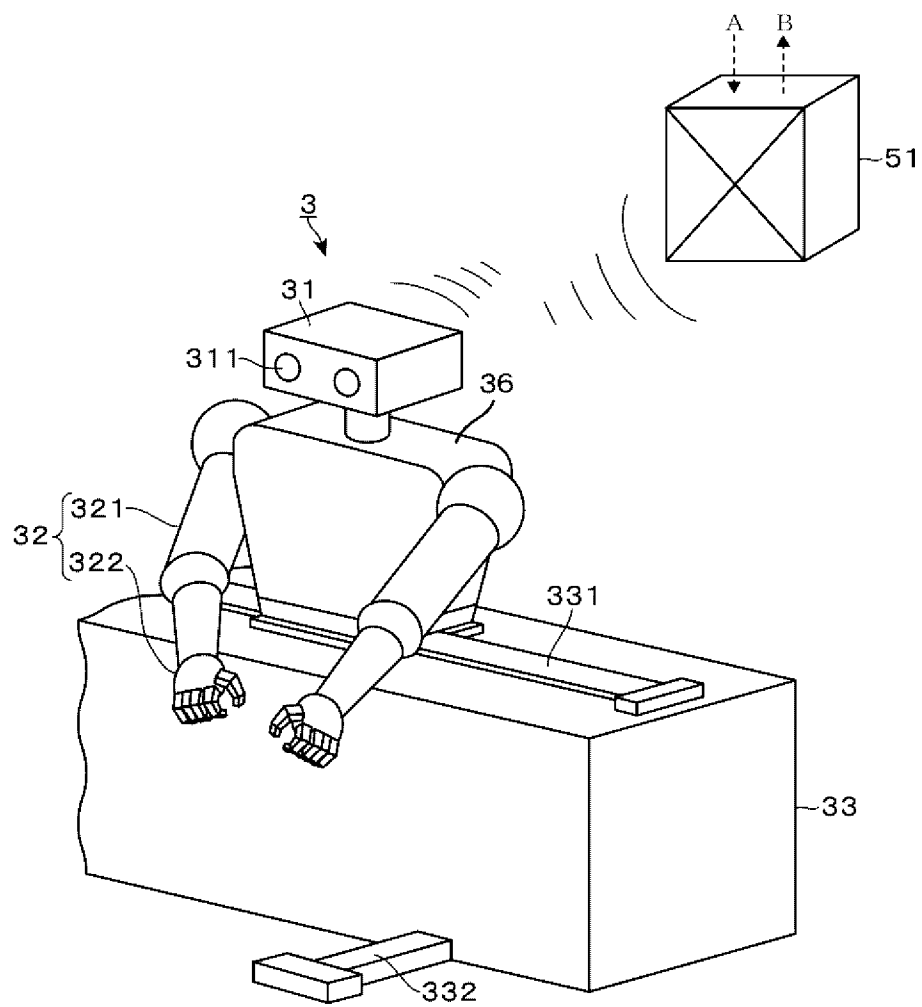
[図1]



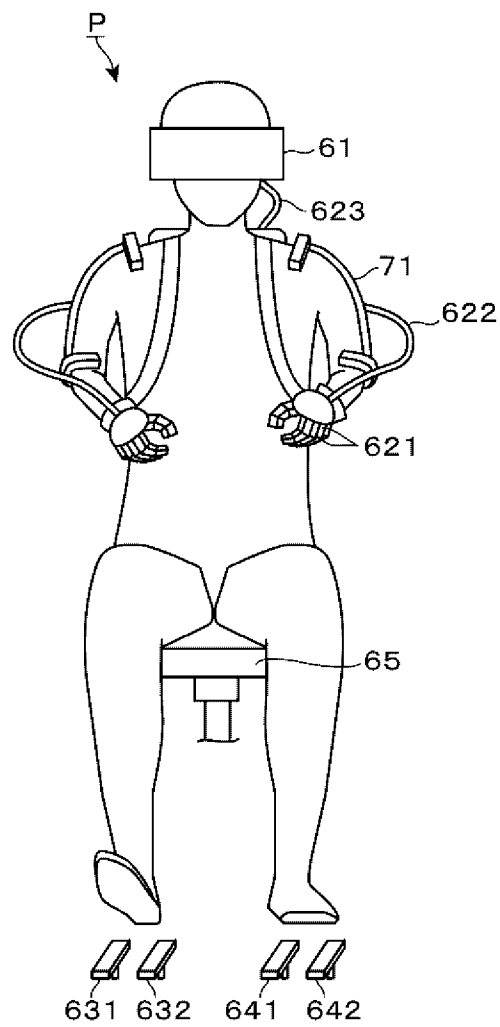
[図2]



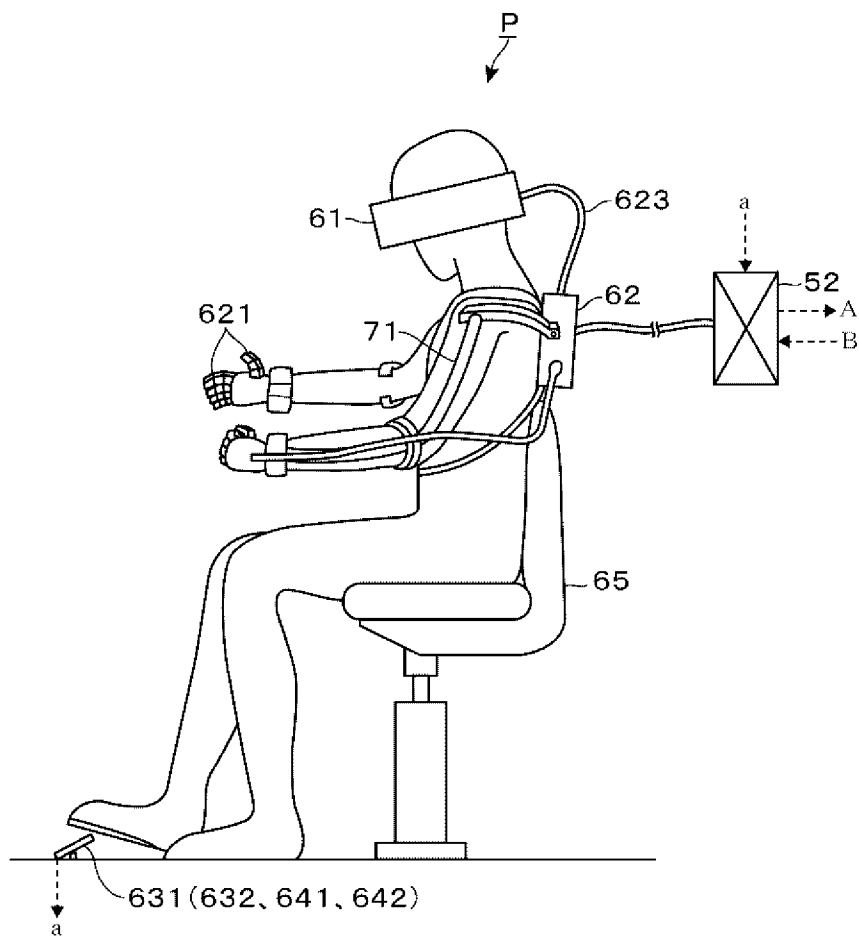
[図3]



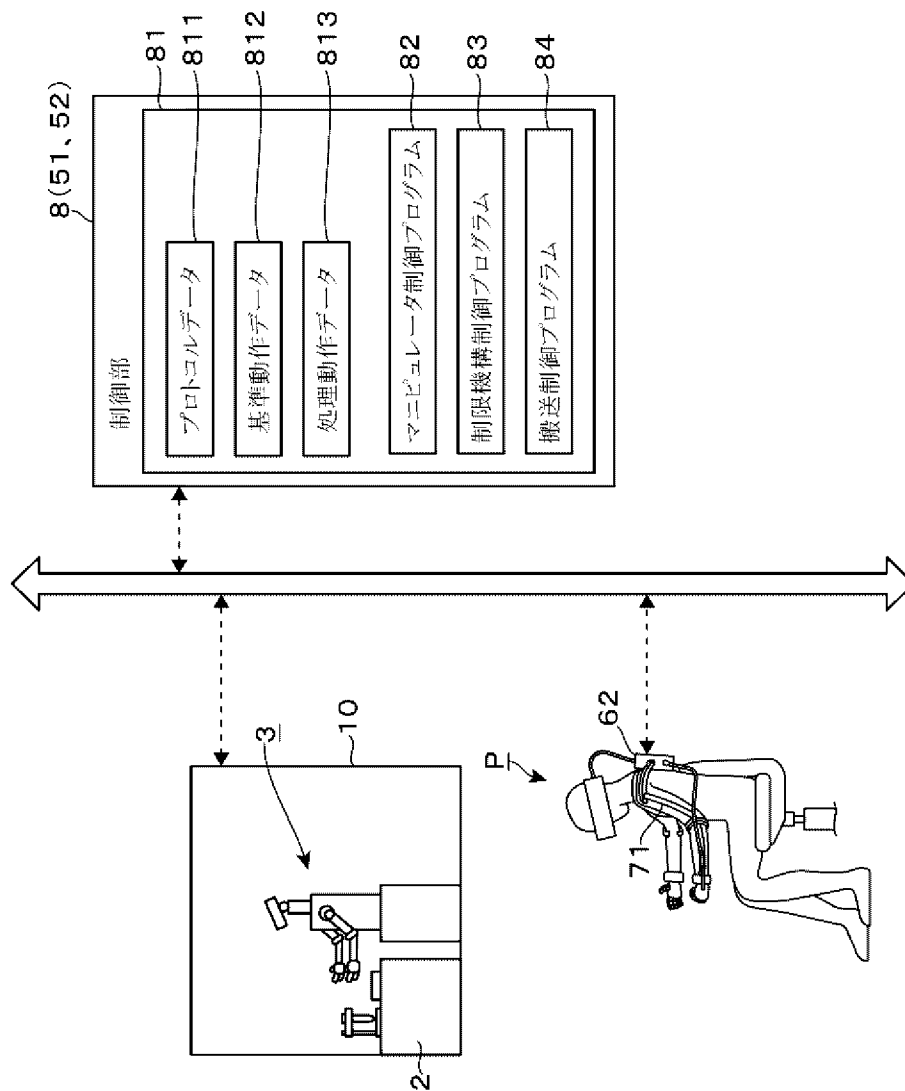
[図4]



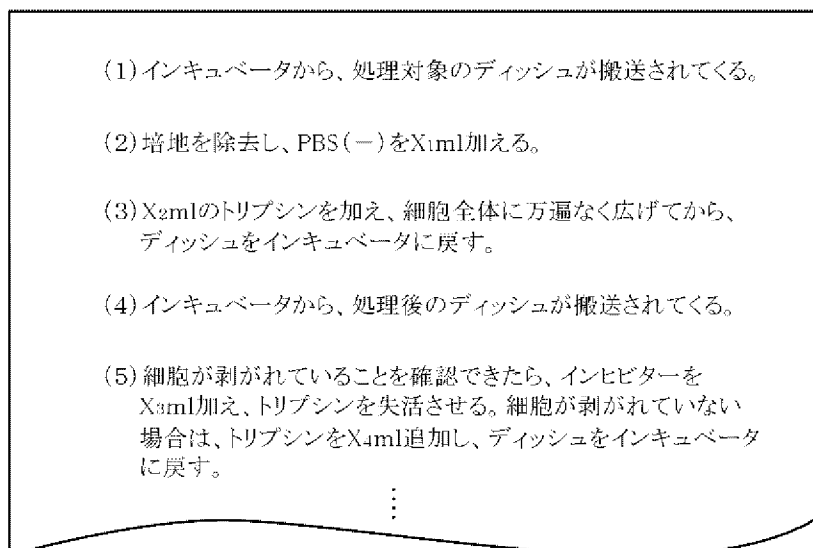
[図5]



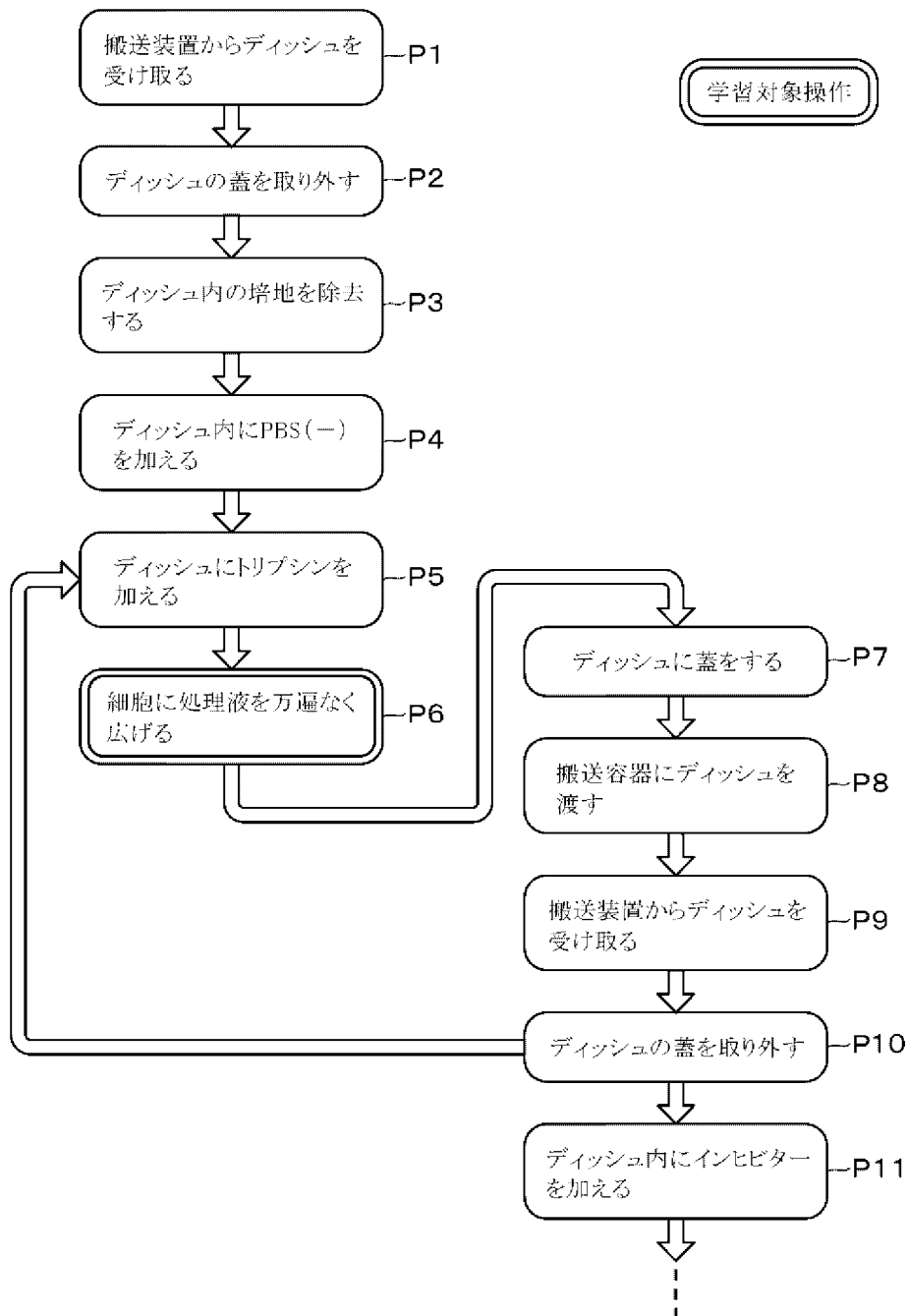
[図6]



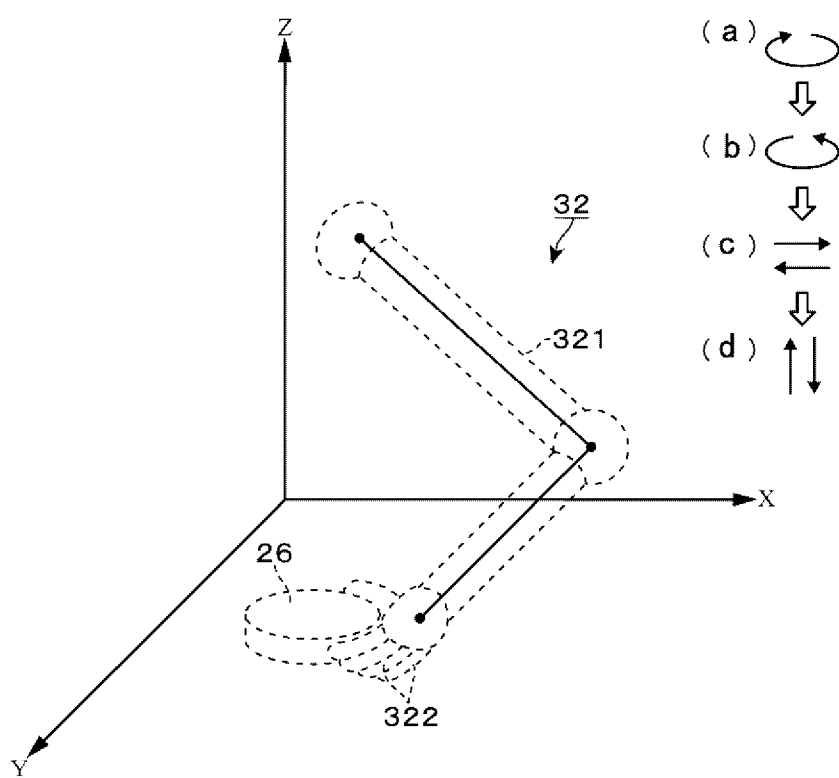
[図7]



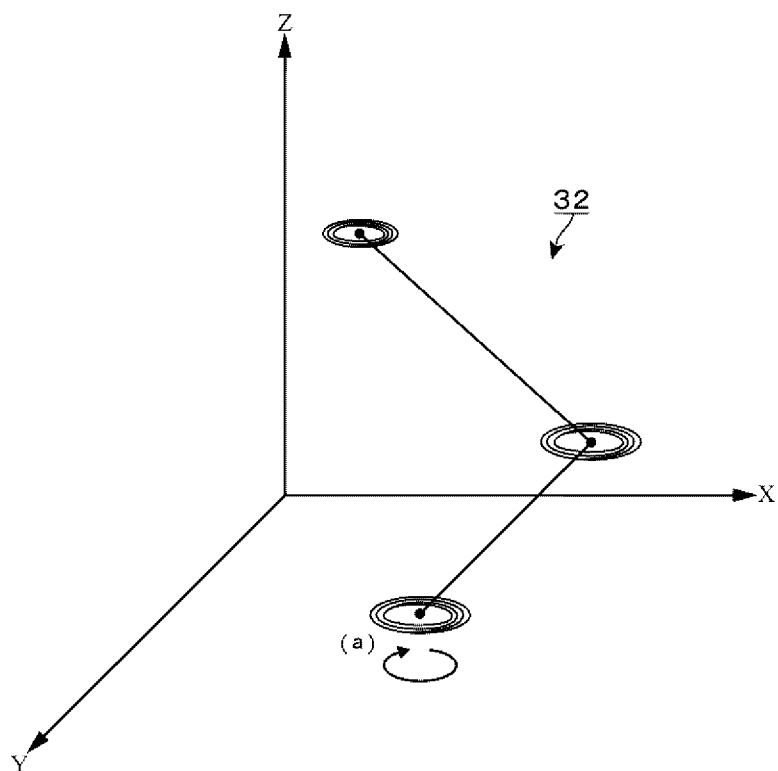
[図8]



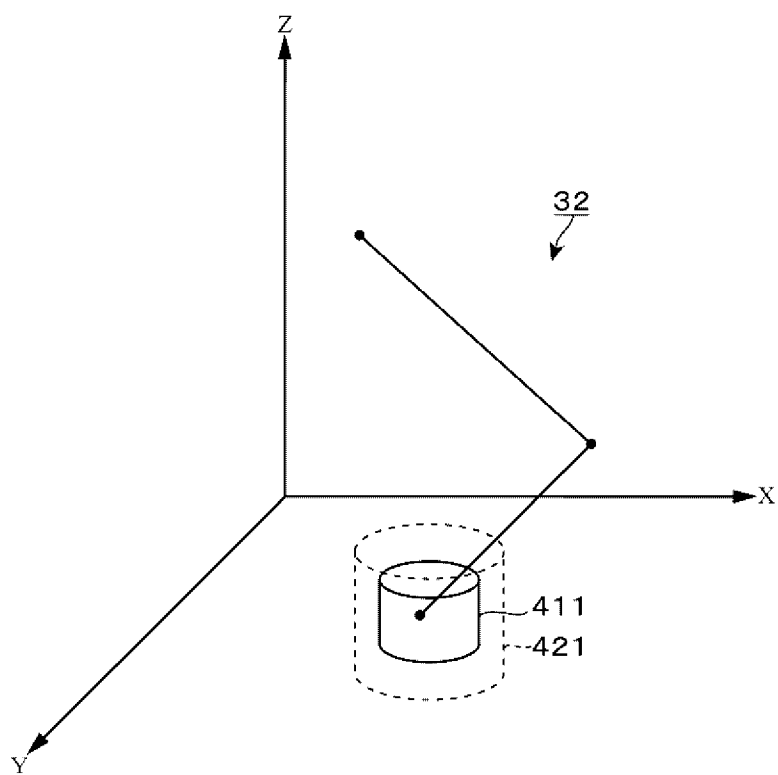
[図9]



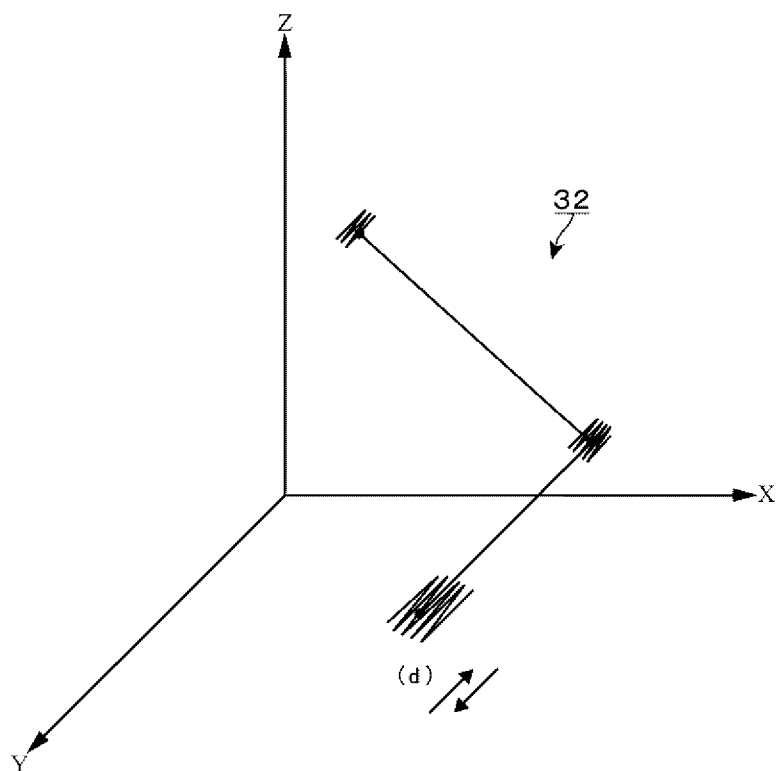
[図10]



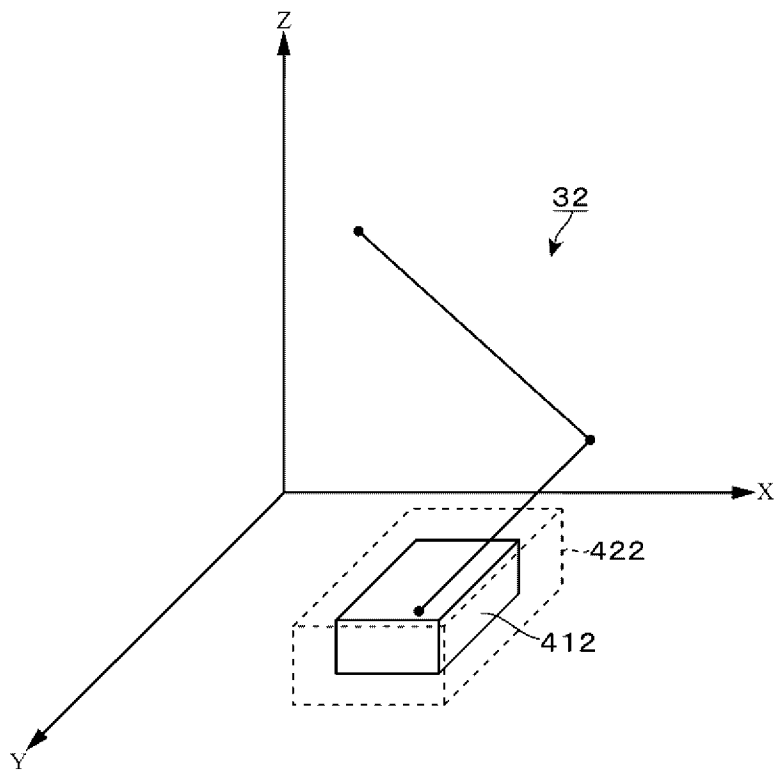
[図11]



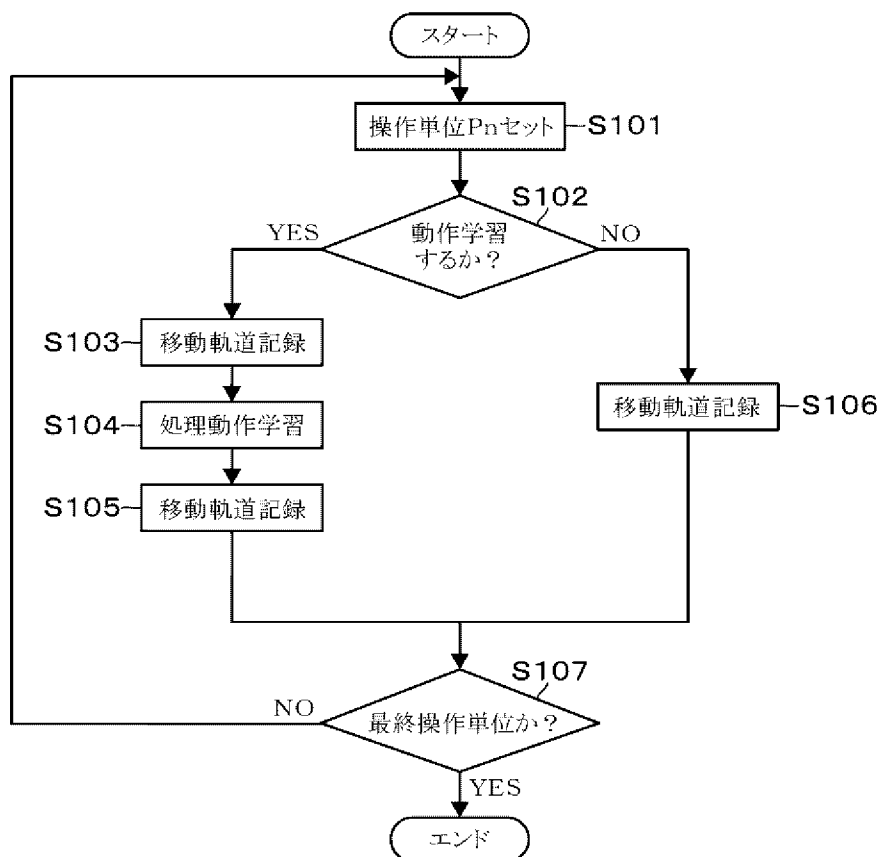
[図12]



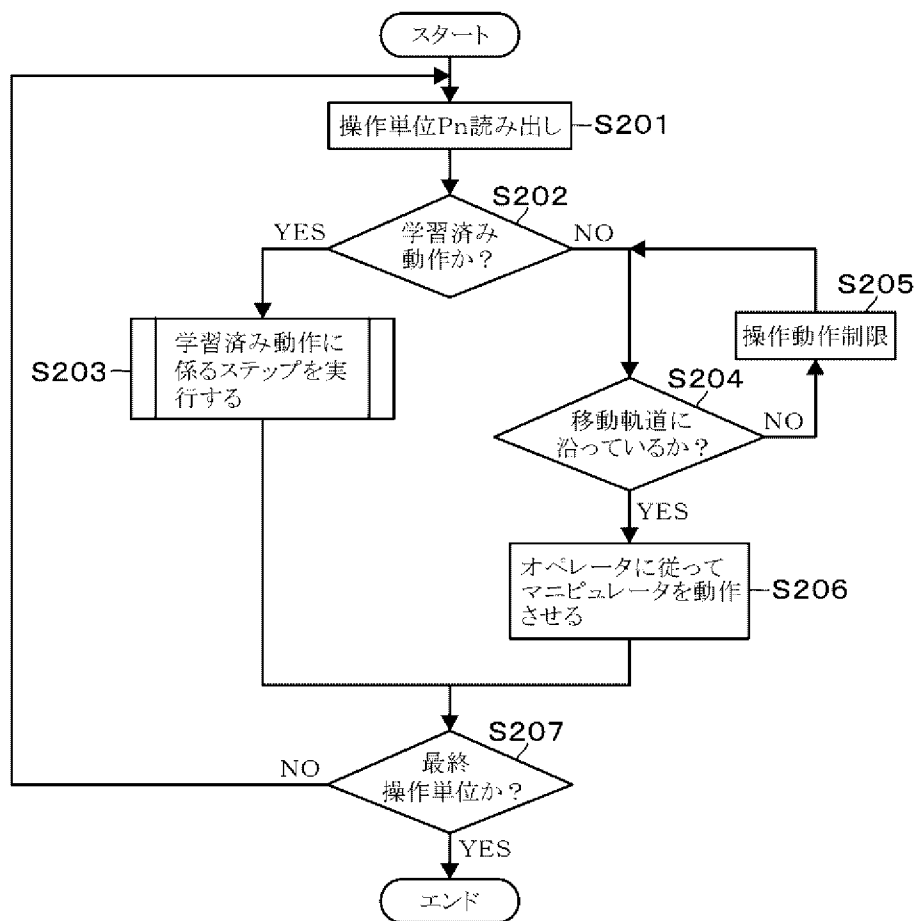
[図13]



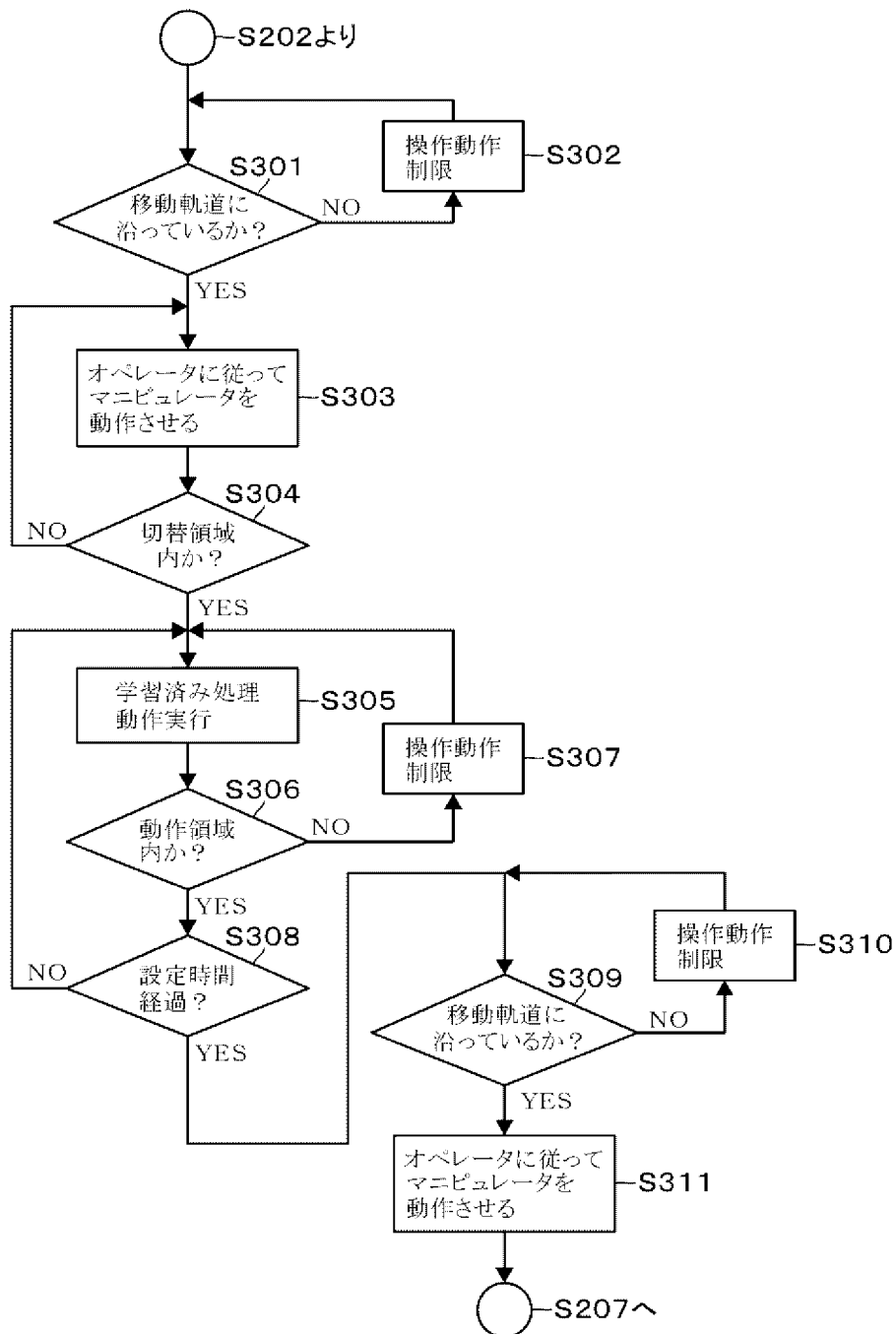
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/000803

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C12M3/00(2006.01)i, B25J9/22(2006.01)n, B25J13/08(2006.01)n

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)

C12M3/00, B25J9/22, B25J13/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus//JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-291104 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 17 December 2009 (17.12.2009), claims; fig. 3 (Family: none)	1-8
A	JP 2006-149268 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 15 June 2006 (15.06.2006), claims; figures & US 2006/0115889 A1 & EP 1661980 A1	1-8
A	JP 2010-89222 A (Hitachi Engineering & Services Co., Ltd.), 22 April 2010 (22.04.2010), claims; paragraphs [0018], [0025]; fig. 2 (Family: none)	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

13 April 2015 (13.04.15)

Date of mailing of the international search report

21 April 2015 (21.04.15)

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/JP2015/000803

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6016385 A (Albert G.Yee et al.), 18 January 2000 (18.01.2000), abstract; column 3, paragraph of 'SUMMARY'; column 7, line 49 to the last line (Family: none)	1-8
A	JP 9-76063 A (Sanshuzen Industrial Mfg., Inc.), 25 March 1997 (25.03.1997), paragraph [0003] (Family: none)	1-8
A	JP 2005-334998 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 08 December 2005 (08.12.2005), abstract (Family: none)	1-8
A	JP 2003-340674 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 02 December 2003 (02.12.2003), abstract (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. C12M3/00(2006.01)i, B25J9/22(2006.01)n, B25J13/08(2006.01)n		
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（I P C）） Int.Cl. C12M3/00, B25J9/22, B25J13/08		
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 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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） JSTPlus//JST7580(JDreamIII)		
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
A	JP 2009-291104 A（川崎重工業株式会社）2009.12.17, 特許請求の範囲、図3等（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2006-149268 A（川崎重工業株式会社）2006.06.15, 特許請求の範囲、図等 & US 2006/0115889 A1 & EP 1661980 A1	1-8
A	JP 2010-89222 A（株式会社日立エンジニアリング・アンド・サービス）2010.04.22, 特許請求の範囲、段落【0018】、【0025】、図2等（ファミリーなし）	1-8
A	US 6016385 A（Albert G.Yee et.al）2000.01.18, abstract, 3欄の「SUMMARY」の項、7欄の49行～最終行（ファミリーなし）	1-8
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「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 「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） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「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 「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 「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 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 13.04.2015	国際調査報告の発送日 21.04.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 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） 田中 晴絵 電話番号 03-3581-1101 内線 3448	4B 9739

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
A	JP 9-76063 A (三周全工業株式会社) 1997. 03. 25, 段落【0 0 0 3】 (ファミリーなし)	1 - 8
A	JP 2005-334998 A (富士写真フイルム株式会社) 2005. 12. 08, 要約 (ファミリーなし)	1 - 8
A	JP 2003-340674 A (三菱重工業株式会社) 2003. 12. 02, 要約 (ファ ミリーなし)	1 - 8