

(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  
2024年11月21日(21.11.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/237300 A1

(51) 国際特許分類:  
G06F 3/01 (2006.01) B25J 13/00 (2006.01)  
G06F 3/048 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/018061

(22) 国際出願日: 2024年5月16日(16.05.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願 2023-081911 2023年5月17日(17.05.2023) JP

(71) 出願人: 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).

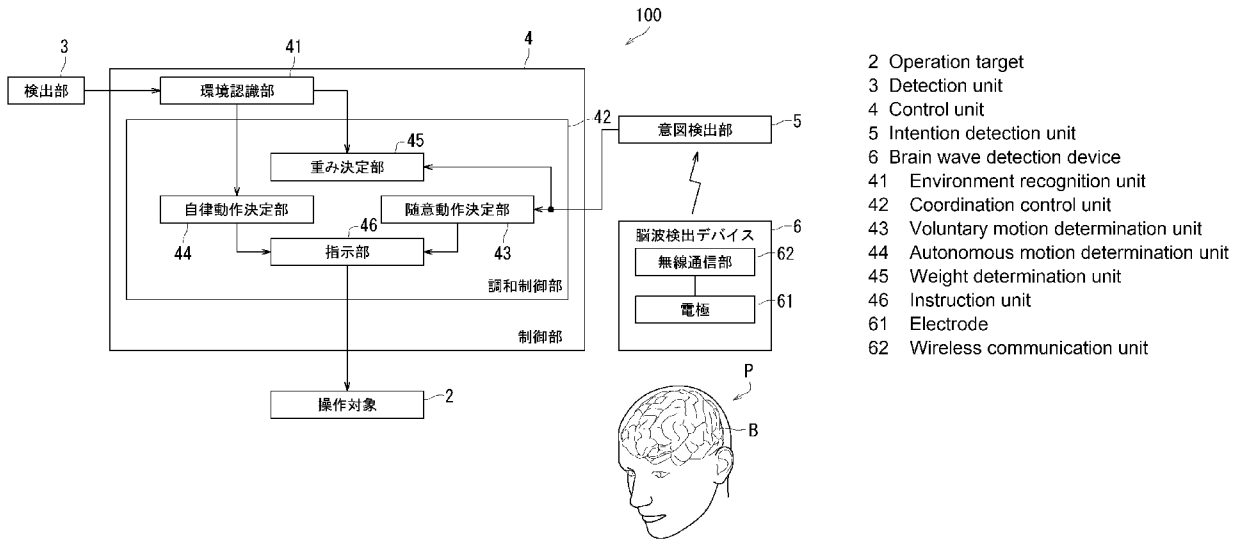
(72) 発明者: 平田 雅之 (HIRATA Masayuki); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 藏富 壮留 (KURATOMI Takeru); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 吉田 翔平 (YOSHIDA Shohei); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 新居 広守 (NIJ, Hiromori); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号イトーピア新大阪ビル6階新居国際特許事務所内 Osaka (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,

(54) Title: CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 制御システム



(57) Abstract: A control system (100) controls an operation target (2). The control system (100) comprises a detection unit (3), a first determination unit (43), a second determination unit (44), and a weight determination unit (45). The detection unit (3) detects a detection target related to autonomous control of the operation target (2). The first determination unit (43) determines the next action of the operation target (2) by voluntary control, on the basis of brain waves of an operator (P) who operates the operation target (2). The second determination unit (44) determines the next action of the operation target (2) by the autonomous control, on the basis of the detection result from the detection unit (3). The weight determination unit (45) determines, on the basis of the detection result from the detection unit (3), a first weight for the next action of the operation target (2) by the voluntary control, and a second weight for the next action of the operation target (2) by the autonomous control. The weight determination unit (45) changes the first weight and the second weight in accordance

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

with the detection result from the detection unit (3).

(57) 要約: 制御システム (100) は、操作対象 (2) を制御する。制御システム (100) は、検出部 (3) と、第1決定部 (43) と、第2決定部 (44) と、重み決定部 (45) とを備える。検出部 (3) は、操作対象 (2) の自律制御に係わる検出対象を検出する。第1決定部 (43) は、操作対象 (2) を操作する操作者 (P) の脳波に基づいて、随意制御による操作対象 (2) の次の行動を決定する。第2決定部 (44) は、検出部 (3) による検出結果に基づいて、自律制御による操作対象 (2) の次の行動を決定する。重み決定部 (45) は、検出部 (3) による検出結果に基づいて、随意制御による操作対象 (2) の次の行動に対する第1重みと、自律制御による操作対象 (2) の次の行動に対する第2重みとを決定する。重み決定部 (45) は、検出部 (3) による検出結果に応じて第1重み及び第2重みを変化させる。

## 明 細 書

発明の名称：制御システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、制御システムに関する。

### 背景技術

[0002] 制御対象をBMI (Brain Machine Interface) によって制御する技術が知られている。また、制御対象を自律的に動作させる技術が知られている。例えば、特許文献1には、機械の動作の決定に、ユーザの意図に基づく意図動作に加えて、機械自身の状況判断に基づく自律動作も反映させる機械システムが開示されている。特許文献1の機械システムによれば、BMIを適用した機械操作において、ユーザの煩わしさ、及び負担を軽減できる。

[0003] 詳しくは、特許文献1の機械システムは、BMIにより、ユーザが意図する動作であるユーザ意図動作を決定する。また、特許文献1の機械システムは、ロボットの動作情報と、センサを介して取得したロボットの周辺情報（例えば、障害物検知情報）とに基づいて、ロボットの自律動作を決定する。そして、機械システムは、ユーザ意図動作と自律動作とが一致しない場合に、予め定められた規則情報に従って、ロボットが実行すべき動作を確定する。

[0004] 具体的には、特許文献1の機械システムは、ユーザ意図動作と自律動作とが一致しない場合に、自律動作に対する重み付け係数を、ユーザ意図動作に対する重み付け係数より大きくして、ユーザ意図動作と自律動作との重み付け線形和を算出し、ロボットが実行すべき動作を決定する。この結果、BMIを適用した機械操作において、ユーザの煩わしさ、及び負担が軽減される。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-237859号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1の機械システムでは、ユーザ意図動作と自律動作とが一致しない場合に、ユーザの意図が反映され難い。したがって、制御の随意性が低くなり易く、制御対象が、ユーザの意図と異なる動作を行う可能性がある。

[0007] 本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、制御対象の動作がユーザの意図と異なる動作になり難い制御システムを提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一局面によれば、制御システムは、操作対象を制御する。当該制御システムは、検出部と、第1決定部と、第2決定部と、重み決定部とを備える。前記検出部は、前記操作対象の自律制御に係わる検出対象を検出する。前記第1決定部は、前記操作対象を操作する操作者の脳波に基づいて、随意制御による前記操作対象の次の行動を決定する。前記第2決定部は、前記検出部による検出結果に基づいて、自律制御による前記操作対象の次の行動を決定する。前記重み決定部は、前記検出部による検出結果に基づいて、随意制御による前記操作対象の次の行動に対する第1重みと、自律制御による前記操作対象の次の行動に対する第2重みとを決定する。前記重み決定部は、前記検出部による検出結果に応じて前記第1重み及び前記第2重みを変化させる。

[0009] ある実施形態において、上記の制御システムは、意図検出部を更に備える。前記意図検出部は、前記操作者の脳波に基づいて、前記操作者の意図を検出する。前記重み決定部は、前記検出部による検出結果と、前記操作者の意図とに基づいて、前記第1重み及び前記第2重みを決定する。

[0010] ある実施形態において、上記の制御システムは、指示部を更に備える。前記指示部は、前記第1決定部により決定された前記次の行動と、前記第2決

定部により決定された前記次の行動と、前記第 1 重みと、前記第 2 重みとに基づいて、前記操作対象に対して前記操作対象の次の行動を指示する。

[0011] ある実施形態において、上記の制御システムは、記憶部を更に備える。前記記憶部は、前記第 1 重み及び前記第 2 重みの変更条件を記憶する。前記変更条件は、前記制御システムの訓練時に取得された制御性能と操作感とをパラメータとして含む評価関数に基づいて調整される。前記制御性能は、前記訓練時に前記操作対象を操作する作業者が意図した行動と、前記操作対象の実際の行動とのずれ量を反映した値を示す。前記操作感は、前記作業者が評価した前記操作対象の操作のし易さを反映した値を示す。

[0012] ある実施形態において、前記指示部は、前記操作対象の行動の初期段階において、前記第 1 決定部により決定された前記次の行動に基づいて前記操作対象の次の行動を指示する。

[0013] ある実施形態において、前記指示部は、前記操作対象の行動の最終段階において、前記第 2 決定部により決定された前記次の行動に基づいて前記操作対象の次の行動を指示する。

[0014] ある実施形態において、前記自律制御は、前記随意制御と比べて、前記操作対象を精密に制御する。

[0015] ある実施形態において、前記検出部は、物体を検出する。前記重み決定部は、前記操作対象と前記物体との間の距離に応じて前記第 1 重み及び前記第 2 重みを動的に変化させる。

[0016] ある実施形態において、上記の制御システムは、指示部を更に備える。前記指示部は、前記第 1 決定部により決定された前記次の行動と、前記第 2 決定部により決定された前記次の行動とに基づいて、前記操作対象に対して前記操作対象の次の行動を指示する。前記第 2 決定部は、前記検出部による検出結果と、前記第 1 重みと、前記第 2 重みとに基づいて、自律制御による前記操作対象の次の行動を決定する。

[0017] ある実施形態において、上記の制御システムは、記憶部を更に備える。前記記憶部は、前記第 1 重み及び前記第 2 重みの変更条件を記憶する。前記変

更条件は、前記制御システムの訓練時に取得された制御性能と操作感とをパラメータとして含む評価関数に基づいて調整される。前記制御性能は、前記訓練時に前記操作対象を操作する作業者が予測した行動と、前記第2決定部により決定された前記操作対象の行動とのずれ量を反映した値を示す。前記操作感は、前記作業者が評価した前記操作対象の操作のし易さを反映した値を示す。

[0018] ある実施形態において、前記操作対象の行動は、前記操作対象による発話である。前記検出部は、前記操作対象の発話の相手である発話相手による発話を検出する。前記第2決定部は、前記検出部による検出結果と、前記第1重みと、前記第2重みとに基づいて、前記操作対象の次の発話内容の候補を少なくとも1つ決定する。前記第2決定部により決定された前記次の発話内容の候補は、随意制御による発話内容を組み込み可能である。前記第1決定部は、前記脳波に基づいて次の発話の内容を決定する。前記指示部は、前記操作対象に対して前記操作対象による発話の内容を指示する。

### 発明の効果

[0019] 本発明に係る制御システムによれば、制御対象の動作がユーザの意図と異なる動作になり難くなる。

### 図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の実施形態に係る制御システムを示す図である。

[図2]本発明の実施形態に係る制御システムの一例であるロボット制御システムの構成を示すブロック図である。

[図3]ロボット制御システムに含まれるロボットアームの一部を示す図である。

[図4]ロボット制御システムに含まれるロボットアームの駆動機構の構成を示す図である。

[図5]ロボット制御システムに含まれる駆動部の構成と、ロボットアームの駆動機構の構成とを示すブロック図である。

[図6] (a) は、ロボット制御システムに含まれるロボットアームの把持部を

示す平面図である。(b)は、ロボット制御システムに含まれる制御部及びロボットアームの構成を示すブロック図である。

[図7]ロボット制御システムに含まれる意図検出部の構成を示すブロック図である。

[図8]ロボット制御システムに含まれる制御部のハードウェアを示すブロック図である。

[図9](a)は、ロボット制御システムに含まれるロボットアームを示す側面図である。(b)は、ロボット制御システムに含まれるロボットアームを示す平面図である。

[図10]ロボット制御システムが実行する処理の一例を示すフローチャートである。

[図11]本発明の実施形態に係る制御システムの一例であるコミュニケーションシステムの構成を示すブロック図である。

[図12]コミュニケーションシステムによって制御される2次元アバターを示す図である。

[図13]コミュニケーションシステムに含まれる随意動作決定部を示す図である。

[図14]コミュニケーションシステムに含まれる自律動作決定部を示す図である。

[図15]コミュニケーションシステムに含まれるアバターシステムを示す図である。

[図16]コミュニケーションシステムに含まれる意図検出部の構成を示すブロック図である。

[図17]コミュニケーションシステムに含まれる制御部のハードウェアを示すブロック図である。

[図18]コミュニケーションシステムに含まれる制御部の第2記憶部に記憶されるコンピュータプログラム及びデータを示す図である。

[図19](a)～(c)は、定型文を用いて2次元アバターに発話させる際に

表示部に表示される画面を示す図である。

[図20] (a) ~ (c) は、2次元アバターの次の発話内容の候補のうちから一の候補を選択する際に表示部に表示される画面を示す図である。

[図21] (a) 及び (b) は、ユーザが任意の文字を入力する際に表示部に表示される画面を示す図である。

[図22] (a) 及び (b) は、ユーザが任意の文字を入力する際に表示部に表示される画面を示す図である。

[図23] 2次元アバターの次の発話内容を確定するか否かを決定する際に表示部に表示される画面を示す図である。

[図24] コミュニケーションシステムに含まれる意図検出部及び制御部が実行する処理を示すフローチャートである。

### 発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面（図1～図24）を参照して本発明の制御システムに係る実施形態を説明する。但し、本発明は以下の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の態様において実施することが可能である。なお、説明が重複する箇所については、適宜説明を省略する場合がある。また、図中、同一又は相当部分については同一の参照符号を付して説明を繰り返さない。

[0022] まず、図1を参照して、本発明の実施形態を説明する。図1は、本実施形態の制御システム100を示す図である。制御システム100は、操作対象2の動作を制御する。詳しくは、制御システム100は、操作対象2を自律的に制御する機能を有する。制御システム100は更に、ユーザPの脳波に基づいて操作対象2を随意的に制御する機能を有する。具体的には、制御システム100は、BMI（Brain Machine Interface）を含んでもよい。ここで、ユーザPは、操作対象2を操作する操作者である。図1に示すように、本実施形態の制御システム100は、操作対象2と、検出部3と、制御部4と、意図検出部5と、脳波検出デバイス6とを備える。以下、自律的に制御することを「自律制御」と記載する場合がある。

同様に、随意的に制御することを「随意制御」と記載する場合がある。

[0023] 操作対象2は、随意制御と自律制御とが可能である限り、特に限定されない。操作対象2は、例えば、図2～図10を参照して後述するロボットアーム2Aであってもよいし、図11～図24を参照して後述する2次元アバター2Bであってもよい。あるいは、操作対象2は、ヒト型ロボット、アバターロボット、電動車椅子、走行ロボット、ドローン、マウス（ユーザーインターフェース装置）であってもよい。

[0024] 脳波検出デバイス6は、ユーザPの脳Bから脳波を検出する。例えば、脳波検出デバイス6は、0.1秒又は0.2秒ごとに脳波を検出する。本実施形態において、脳波検出デバイス6は、ユーザPの頭蓋内に配置されて、頭蓋内脳波iEEG（Intracranial electro Encephalography）を検出する。具体的には、脳波検出デバイス6は、電極61と、無線通信部62とを有する。

[0025] 電極61は、例えば、脳表電極型であってもよい。この場合、電極61は、グリッド状の皿状電極を有する。グリッド状の皿状電極は、脳Bの表面に留置されて、皮質脳波を検出する。あるいは、電極61は、刺入針電極型であってもよい。この場合、電極61は、微小な針電極のアレイを有する。針電極は、脳B内に刺入される。

[0026] 無線通信部62は、意図検出部5との間で無線通信を行う。無線通信部62は、無線信号を意図検出部5へ送信する。無線信号は、電極61によって検出された脳波を示す。具体的には、電極61から無線通信部62へ、脳波を示す電気信号が出力される。無線通信部62は、電気信号を無線信号に変換して、意図検出部5へ送信する。なお、無線通信の規格は特に限定されない。例えば、無線通信部62と意図検出部5とは、Bluetooth（登録商標）のような近距離無線通信規格に準拠して無線通信を行ってもよい。

[0027] 脳波検出デバイス6は、信号増幅部を更に含み得る。信号増幅部は、電極61から出力される電気信号を増幅して無線通信部62へ送信する。具体的には、信号増幅部は、電極61から出力される微弱な電流を増幅して無線通

信部 62 に入力する。

[0028] 検出部 3 は、操作対象 2 の自律制御に係わる検出対象を検出する。例えば、検出部 3 は、図 2 ～図 10 を参照して後述するように撮像デバイス 31A を有してもよい。あるいは、検出部 3 は、図 11 ～図 24 を参照して後述するように撮像デバイス 31B 及び集音器 32B を有してもよい。意図検出部 5 は、ユーザ P の脳波に基づいて、ユーザ P の意図を検出する。制御部 4 は、検出部 3 による検出の結果と、ユーザ P の脳波とに基づいて、操作対象 2 の動作を制御する。本実施形態において、制御部 4 は、検出部 3 による検出の結果と、意図検出部 5 により検出されたユーザ P の意図とに基づいて、操作対象 2 の動作を制御する。より具体的には、制御部 4 は、環境認識部 41 と、調和制御部 42 とを含む。

[0029] 環境認識部 41 は、検出部 3 による検出結果に基づいて、操作対象 2 の周囲の環境を認識する。例えば、環境認識部 41 は、図 2 ～図 10 を参照して後述するように、操作対象 2 の周囲の環境として、物体 ST の種類や、物体 ST の重心位置を判定してもよい。あるいは、環境認識部 41 は、図 11 ～図 24 を参照して後述するように、操作対象 2 の周囲の環境として、発話相手の発話内容（意味）や、発話相手の感情を判定してもよい。

[0030] 調和制御部 42 は、随意制御と自律制御とを調和させて操作対象 2 を制御する。詳しくは、調和制御部 42 は、ユーザ P の脳波に基づいて、随意制御による操作対象 2 の次の行動を決定する。また、調和制御部 42 は、検出部 3 による検出結果に基づいて、自律制御による操作対象 2 の次の行動を決定する。そして、調和制御部 42 は、随意制御による操作対象 2 の次の行動と、自律制御による操作対象 2 の次の行動とを調和させて、操作対象 2 の次の行動を決定する。

[0031] 本実施形態において、調和制御部 42 は、意図検出部 5 により検出されたユーザ P の意図に基づいて、随意制御による操作対象 2 の次の行動を決定する。また、調和制御部 42 は、環境認識部 41 によって認識された操作対象 2 の周囲の環境に基づいて、自律制御による操作対象 2 の次の行動を決定す

る。より具体的には、調和制御部42は、随意動作決定部43と、自律動作決定部44と、重み決定部45と、指示部46とを含む。

[0032] 随意動作決定部43は、ユーザPの脳波に基づいて、随意制御による操作対象2の次の行動を決定する。本実施形態において、随意動作決定部43は、意図検出部5により検出されたユーザPの意図に基づいて、随意制御による操作対象2の次の行動を決定する。以下、随意制御による操作対象2の次の行動を、「随意動作」と記載する場合がある。随意動作決定部43は、「第1決定部」の一例である。

[0033] 自律動作決定部44は、検出部3による検出結果に基づいて、自律制御による操作対象2の次の行動を決定する。本実施形態において、自律動作決定部44は、環境認識部41によって認識された操作対象2の周囲の環境に基づいて、自律制御による操作対象2の次の行動を決定する。以下、自律制御による操作対象2の次の行動を、「自律動作」と記載する場合がある。自律動作決定部44は、「第2決定部」の一例である。

[0034] 重み決定部45は、検出部3による検出結果に基づいて、随意動作に対する重みと、自律動作に対する重みとを決定する。本実施形態において、重み決定部45は、環境認識部41によって認識された操作対象2の周囲の環境に基づいて、随意動作に対する重みと、自律動作に対する重みとを決定する。

[0035] 以下、随意動作に対する重みを、「第1重み」と記載する場合がある。また、自律動作に対する重みを、「第2重み」と記載する場合がある。第1重みの値が第2重みの値よりも大きくなると、自律制御に対して随意制御の比重が大きくなる。つまり、自律動作に対して随意動作の比重が大きくなる。逆に、第2重みの値が第1重みの値よりも大きくなると、随意制御に対して自律制御の比重が大きくなる。つまり、随意動作に対して自律動作の比重が大きくなる。

[0036] 詳しくは、重み決定部45は、検出部3による検出結果に応じて第1重み及び第2重みを変化させる。本実施形態において、重み決定部45は、環境

認識部 4 1 によって認識された操作対象 2 の周囲の環境に基づいて、第 1 重み及び第 2 重みを変化させる。したがって、第 1 重み及び第 2 重みの各値は、操作対象 2 の周囲の環境の変化に応じて変化する。

[0037] 指示部 4 6 は、操作対象 2 に対して次の行動を指示する。詳しくは、指示部 4 6 は、操作対象 2 に次の行動を実行させる命令（信号）を出力する。指示部 4 6 が操作対象 2 に対して指示する行動は、第 1 重み及び第 2 重みによって自律動作と随意動作とが調和された行動を示す。

[0038] 本実施形態によれば、操作対象 2 の周囲の環境の変化に応じて第 1 重みと第 2 重みとを変化させることができる。換言すると、随意動作の割合と自律動作の割合とを操作対象 2 の周囲の環境の変化に応じて変化させることができる。その結果、随意制御と自律制御とを調和させて操作対象 2 の動作を制御することができる。

[0039] また、本実施形態によれば、指示部 4 6 は、随意動作と自律動作とが異なる場合に、自律動作を操作対象 2 に指示するのではなく、随意動作と自律動作とを調和させた動作（行動）を操作対象 2 に指示する。したがって、随意動作と自律動作とが異なる場合であっても、操作対象 2 に対して指示する行動に随意動作を反映させることができる。よって、操作対象 2 の動作がユーザ P の意図する動作と異なる動作になり難くなる。例えば、図 2 ～図 10 を参照して後述するロボットアーム 2 A が操作対象 2 である場合に、随意動作がロボットアーム 2 A の手首部 2 5 の横方向への移動を示し、自律動作がロボットアーム 2 A の手首部 2 5 の前方向への移動を示したとき、指示部 4 6 は、ロボットアーム 2 A に対して手首部 2 5 の前方向への移動を指示するのではなく、第 1 重み及び第 2 重みによって随意動作と自律動作とを調和させた行動をロボットアーム 2 A に指示する。例えば、指示部 4 6 は、ロボットアーム 2 A に対して手首部 2 5 の斜め前方向への移動を指示する。したがって、ロボットアーム 2 A の次の行動に随意動作（手首部 2 5 の横方向への移動）が反映される。

[0040] 続いて、図 1 を参照して、本実施形態の制御システム 100 を更に説明す

る。本実施形態において、重み決定部４５は、検出部３による検出結果と、ユーザＰの脳波とに基づいて、第１重み及び第２重みを決定する。より具体的には、重み決定部４５は、環境認識部４１によって認識された操作対象２の周囲の環境と、意図検出部５により検出されたユーザＰの意図とに基づいて第１重み及び第２重みを決定する。

[0041] 詳しくは、重み決定部４５は、環境認識部４１によって認識された操作対象２の周囲の環境と、意図検出部５により検出されたユーザＰの意図とに応じて、第１重み及び第２重みを変化させる。したがって、第１重み及び第２重みの各値は、操作対象２の周囲の環境の変化に応じて変化する。また、第１重み及び第２重みの各値は、ユーザＰの意図の変化に応じて変化する。よって、第１重み及び第２重みの各値にユーザＰの意図をより反映させることができる。その結果、操作対象２の動作がユーザＰの意図する動作と異なる動作に更になり難くなる。

[0042] [ロボット制御システム１００Ａ]

以下、図１～図１０を参照して、本実施形態の制御システム１００の一例であるロボット制御システム１００Ａを説明する。但し、図１を参照して説明した事項と異なる事項を説明し、図１を参照して説明した事項と同じ事項についての説明は適宜割愛する。

[0043] 図２は、本実施形態の制御システム１００の一例であるロボット制御システム１００Ａの構成を示すブロック図である。図３は、ロボット制御システム１００Ａに含まれるロボットアーム２Ａの一部を示す図である。ロボット制御システム１００Ａは、「制御システム１００」の一例である。ロボット制御システム１００Ａの操作対象２は、ロボットアーム２Ａである。

[0044] 図２に示すように、ロボット制御システム１００Ａは、ロボットアーム２Ａと、検出部３Ａと、制御部４Ａと、意図検出部５Ａと、脳波検出デバイス６とを備える。ロボット制御システム１００Ａは、ロボットアーム２Ａを自律的に制御する機能を有する。ロボット制御システム１００Ａは更に、ユーザＰの脳波に基づいてロボットアーム２Ａを随意的に制御する機能を有する

。ここで、ユーザPは、ロボットアーム2Aを操作する操作者である。ロボット制御において、自律制御は、随意制御と比べて、操作対象2を精密に制御することができる。

[0045] なお、操作対象2の精密な制御には、操作対象2を精度よく制御することと、操作対象2に複雑な動作を行わせることが含まれる。「複雑な動作」には、複数の動作を連動させることが含まれる。例えば、ロボットアーム2Aに物体STを把持させる動作には、精密な制御が必要である。したがって、ロボットアーム2Aに物体STを把持させる動作は、自律制御により可能な動作であり、随意制御によって実行することは困難である。具体的には、ロボットアーム2Aに物体STを把持させる場合、ロボットアーム2Aの把持部26（図3参照）を、物体STを把持できる位置まで精密に移動させる必要があるが、随意制御（脳波）によって把持部26の位置を精密に制御することは困難である。また、把持部26に物体STを把持させる動作は複雑な動作であり、随意制御（脳波）によって制御することは困難である。

[0046] 検出部3Aは、ロボットアーム2Aの自律制御に係わる検出対象を検出する。具体的には、検出部3Aは、撮像デバイス31Aを有する。撮像デバイス31Aは、検出対象を撮像し、撮像した画像を示す撮像データを制御部4Aへ送信する。制御部4Aは、撮像デバイス31Aによって撮像された画像に基づいて、自律制御によるロボットアーム2Aの次の行動を決定する。画像は、例えば、2次元画像であってもよい。なお、撮像デバイス31Aと制御部4Aとは通信を行ってもよい。例えば、撮像デバイス31Aと制御部4Aとは、LAN（Local Area Network）又は無線LANを介して通信を行ってもよい。あるいは、撮像デバイス31Aと制御部4Aとは、インターネット回線のような公衆の回線網を介して通信を行ってもよい。

[0047] 詳しくは、撮像デバイス31Aは、ロボットアーム2Aの周囲を撮像して、検出対象を検出する。撮像デバイス31Aは、ロボットアーム2Aの周囲の動画像を撮像してもよいし、ロボットアーム2Aの周囲の静止画像を撮像

してもよい。図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aでは、撮像デバイス31Aはロボットアーム2Aの前方を撮像する（図3参照）。撮像デバイス31Aは、制御部4Aによって制御される。

[0048] 撮像デバイス31Aの検出対象は、例えば、物体STと、ロボットアーム2Aとを含む（図3参照）。つまり、撮像デバイス31Aは、物体STと、ロボットアーム2Aとを検出してもよい。図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aにおいて、制御部4Aは、ロボットアーム2Aの動作を制御して、ロボットアーム2Aに物体STを把持させる。

[0049] 制御部4Aは、撮像デバイス31Aによって撮像された画像（撮像データ）から、ロボットアーム2Aの現在の状態と、物体STの位置との関係を示す情報を取得する。そして、制御部4Aは、撮像データから取得した情報に基づいて、自律制御によるロボットアーム2Aの次の行動を決定する。例えば、制御部4Aは、撮像データに基づいて、ロボットアーム2Aの手首部25（図3参照）の位置と物体STの位置とを特定し、ロボットアーム2Aの手首部25（図3参照）と物体STとの間の距離を算出してもよい。この場合、制御部4Aは、ロボットアーム2Aの手首部25と物体STとの間の距離に基づいて、自律制御によるロボットアーム2Aの次の行動（自律動作）を決定する。

[0050] より詳しくは、撮像デバイス31Aは、被写体までの距離情報を示す動画像を撮像してもよい。あるいは、撮像デバイス31Aは、被写体までの距離情報を示す静止画像を撮像してもよい。

[0051] 例えば、撮像デバイス31Aは、ステレオカメラであってもよい。この場合、撮像デバイス31Aは、離れて配置された2つのカメラを有し、三角測量の原理に基づいて撮像デバイス31Aから被写体までの距離を算出する。そして、撮像デバイス31Aは、被写体までの距離を示す映像を生成して、制御部4Aへ送信する。

[0052] あるいは、撮像デバイス31Aは、TOF（Time Of Flight）カメラであってもよい。この場合、撮像デバイス31Aは、被写体に赤

外光を照射する光源と、カメラとを有し、被写体から反射した赤外光をカメラで撮像する。撮像デバイス31Aは、光源から出射した赤外光がカメラに戻ってくるまでの時間に基づいて、撮像デバイス31Aから被写体までの距離を算出する。そして、撮像デバイス31Aは、被写体までの距離を示す映像を生成して、制御部4Aへ送信する。

[0053] 被写体までの距離を示す映像は、例えば、色によって距離が表現されてもよい。具体的には、撮像デバイス31Aは、撮像デバイス31Aからの距離が近いほど青く表現され、遠いほど赤黒く表現される映像を生成してもよい。

[0054] 意図検出部5Aは、ユーザPの脳波に基づいて、ユーザPの意図を検出する。詳しくは、意図検出部5Aは、脳波検出デバイス6によって検出された脳波に基づいて、ユーザPが意図するロボットアーム2Aの次の行動を検出する。具体的には、意図検出部5Aは、脳波検出デバイス6の無線通信部62から送信された無線信号からユーザPの脳波を取得する。そして、意図検出部5Aは、取得した脳波を解析して、ユーザPが意図するロボットアーム2Aの次の動作を検出する。以下、ユーザPが意図するロボットアーム2Aの次の動作を、「意図動作」と記載する場合がある。

[0055] 制御部4Aは、撮像デバイス31Aの出力と、意図検出部5Aの出力とに基づいて、ロボットアーム2Aを制御する。ここで、撮像デバイス31Aの出力は、撮像デバイス31Aによる検出結果を示す。すなわち、撮像デバイス31Aの出力は、撮像デバイス31Aによって撮像された画像（撮像データ）を示す。意図検出部5Aの出力は、意図動作を示す。なお、制御部4Aと意図検出部5Aとは通信を行ってもよい。例えば、制御部4Aと意図検出部5Aとは、LAN又は無線LANを介して通信を行ってもよい。あるいは、制御部4Aと意図検出部5Aとは、インターネット回線のような公衆の回線網を介して通信を行ってもよい。

[0056] ロボットアーム2Aは、駆動機構27と、駆動部28とを有する。駆動部28は、駆動機構27を駆動させる。駆動機構27が駆動することにより、

ロボットアーム 2 A が動作する。制御部 4 A は、駆動部 2 8 を制御して、ロボットアーム 2 A を動作させる。具体的には、制御部 4 A は、環境認識部 4 1 A と、調和制御部 4 2 A とを含む。調和制御部 4 2 A は、随意動作決定部 4 3 A と、自律動作決定部 4 4 A と、重み決定部 4 5 A と、指示部 4 6 A とを含む。

[0057] 随意動作決定部 4 3 A は、ユーザ P の脳波に基づいて、随意制御によるロボットアーム 2 A の次の行動（随意動作）を決定する。詳しくは、随意動作決定部 4 3 A は、意図検出部 5 A によって検出された意図動作に基づいて、随意制御によるロボットアーム 2 A の次の行動（随意動作）を決定する。

[0058] 具体的には、意図検出部 5 A は、意図動作として、ロボットアーム 2 A の手首部 2 5（図 3 参照）の速度ベクトル  $V_{pp}$  を推定する。以下、意図検出部 5 A により推定される速度ベクトル  $V_{pp}$  を、「意図速度  $V_{pp}$ 」と記載する場合がある。随意動作決定部 4 3 A は、第 1 速度決定部 4 3 1 を含む。第 1 速度決定部 4 3 1 は、意図速度  $V_{pp}$  に基づいて、ロボットアーム 2 A の手首部 2 5（図 3 参照）の速度ベクトル  $V_p$  を決定する。以下、随意動作決定部 4 3 A（第 1 速度決定部 4 3 1）により決定される速度ベクトル  $V_p$  を、「随意制御による速度  $V_p$ 」と記載する場合がある。例えば、第 1 速度決定部 4 3 1 は、意図速度  $V_{pp}$  を補正して、随意制御による速度  $V_p$  を決定してもよい。

[0059] 自律動作決定部 4 4 A は、撮像デバイス 3 1 A による検出結果に基づいて、自律制御によるロボットアーム 2 A の次の行動（自律動作）を決定する。つまり、自律動作決定部 4 4 A は、撮像デバイス 3 1 A によって撮像された画像（撮像データ）に基づいて、自律動作を決定する。詳しくは、自律動作決定部 4 4 A は、環境認識部 4 1 A により認識されたロボットアーム 2 A の周囲の環境に基づいて自律動作を決定する。

[0060] 具体的には、環境認識部 4 1 A は、撮像デバイス 3 1 A によって撮像された画像に含まれるロボットアーム 2 A と物体 S T とを特定し、ロボットアーム 2 A の現在の状態と、物体 S T の位置とを特定する。自律動作決定部 4 4

Aは、ロボットアーム2Aの現在の状態と、物体STの位置とに基づいて自律動作を決定する。

[0061] 図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aでは、環境認識部41Aは、撮像デバイス31Aによって撮像された画像から、ロボットアーム2Aの手首部25（図3参照）の三次元位置と、物体STの三次元位置とを特定する。そして、環境認識部41Aは、手首部25（図3参照）と物体STとの間の距離を算出する。自律動作決定部44Aは、手首部25（図3参照）と物体STとの間の距離に基づいて、自律動作を決定する。自律動作には、手首部25（図3参照）を物体STへ近づける動作が含まれる。

[0062] 詳しくは、自律動作決定部44Aは、第2速度決定部441を含む。第2速度決定部441は、ロボットアーム2Aの手首部25（図3参照）と物体STとの間の距離に基づいて、ロボットアーム2Aの手首部25（図3参照）の速度ベクトル $V_a$ を決定する。以下、自律動作決定部44A（第2速度決定部441）により決定される速度ベクトル $V_a$ を、「自律制御による速度 $V_a$ 」と記載する場合がある。

[0063] 図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aにおいて、自律動作には、ロボットアーム2Aの把持部26（図3参照）により物体STを把持する動作が更に含まれる。詳しくは、意図検出部5Aが、意図動作として、把持意図を更に検出する。把持意図は、物体STを把持する意図を示す。自律動作決定部44Aは、意図検出部5Aによって把持意図が検出されると、自律動作として、把持部26（図3参照）に物体STを把持させる動作を決定する。

[0064] 具体的には、環境認識部41Aが、撮像デバイス31Aによって撮像された画像から、物体STの立体形状（三次元形状）を特定する。更に、環境認識部41Aが、物体STの立体形状（三次元形状）に基づいて、物体STの重心位置を判定する。自律動作決定部44Aは、物体STの立体形状と重心位置とに基づいて、ロボットアーム2Aの把持部26（図3参照）の自律動

作を決定する。詳しくは、自律動作決定部44Aは、物体STの重心位置に基づいて、把持部26が物体STを把持する位置を決定する。そして、自律動作決定部44Aは、物体STの立体形状に基づいて、把持部26が物体STを把持する際の把持部26の動作を決定する。

[0065] 更に、図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aでは、環境認識部41Aが、物体STの立体形状に基づいて、物体STの種類を特定する。自律動作決定部44Aは、物体STの種類に基づいて、把持部26が物体STを把持する際の圧力を調整する。

[0066] 重み決定部45Aは、撮像デバイス31Aによる検出結果に基づいて、随意動作に対する重み（第1重み）と、自律動作に対する重み（第2重み）とを決定する。つまり、重み決定部45Aは、撮像デバイス31Aによって撮像された画像に基づいて、随意動作に対する重み（第1重み）と、自律動作に対する重み（第2重み）とを決定する。詳しくは、重み決定部45Aは、ロボットアーム2Aの手首部25（図3参照）と物体STとの間の距離に基づいて、第1重み及び第2重みを決定する。図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aにおいて、第1重みは、随意制御による速度 $V_p$ に対する重みを示す。また、第2重みは、自律制御による速度 $V_a$ に対する重みを示す。既に説明したように、ロボットアーム2Aの手首部25（図3参照）と物体STとの間の距離は、環境認識部41Aによって算出される。

[0067] 重み決定部45Aは、撮像デバイス31Aによる検出結果に応じて、第1重み及び第2重みの各値を変化させる。具体的には、重み決定部45Aは、ロボットアーム2Aの手首部25（図3参照）と物体STとの間の距離に応じて、第1重み及び第2重みの各値を動的に変化させる。

[0068] 図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aにおいて、重み決定部45Aは、ロボットアーム2Aの手首部25（図3参照）と物体STとの間の距離と、意図速度 $V_{pp}$ とに基づいて、第1重み及び第2重みを決定する。既に説明したように、意図速度 $V_{pp}$ は、ユーザPの脳波に

基づいて推定される手首部 25（図 3 参照）の速度ベクトルを示す。第 1 重み及び第 2 重みに意図速度  $V_{pp}$  を反映させることにより、ロボットアーム 2 A の動作がユーザ P の意図する動作と異なる動作に更になり難くなる。

[0069] 具体的には、重み決定部 45 A は、ロボットアーム 2 A の手首部 25（図 3 参照）と物体 S T との間の距離に応じて第 1 重み及び第 2 重みの各値を決定した後、意図速度  $V_{pp}$  に基づいて第 1 重み及び第 2 重みの各値を補正してもよい。例えば、重み決定部 45 A は、第 1 重み及び第 2 重みの各値に係数を掛けて、第 1 重み及び第 2 重みの各値を補正してもよい。ここで、係数は、意図速度  $V_{pp}$  の値に応じて変化する値を示してもよいし、一定値を示してもよい。意図速度  $V_{pp}$  の値に応じて変化する係数を用いる場合、重み決定部 45 A は、意図速度  $V_{pp}$  が大きいほど、第 1 重みの値を大きくし、第 2 重みの値を小さくしてもよい。

[0070] 指示部 46 A は、ロボットアーム 2 A に対して次の行動を指示する。具体的には、指示部 46 A は、ロボットアーム 2 A の駆動部 28 を制御して駆動機構 27 を駆動させる。この結果、ロボットアーム 2 A が動作する。詳しくは、指示部 46 A は、随意動作決定部 43 A により決定された随意動作と、自律動作決定部 44 A により決定された自律動作と、第 1 重みと、第 2 重みに基づいて、ロボットアーム 2 A の次の行動を制御する。この結果、ロボットアーム 2 A に対する随意制御と自律制御とが調和される。

[0071] より詳しくは、指示部 46 A は、第 1 重みにより随意動作の割合を変化させ、第 2 重みにより自律動作の割合を変化させ、割合を変化させた後の随意動作と自律動作との線形和を算出する。そして、指示部 46 A は、算出した線形和に基づいて、ロボットアーム 2 A が次に実行する行動を決定する。

[0072] 図 2 ～図 10 を参照して説明するロボット制御システム 100 A では、指示部 46 A は、姿勢決定部 461 を含む。指示部 46 A は、随意制御による速度  $V_p$  に対して第 1 重みを付与して、随意制御による速度  $V_p$  を変化させるとともに、自律制御による速度  $V_a$  に対して第 2 重みを付与して、自律制御による速度  $V_a$  を変化させる。そして、指示部 46 A は、第 1 重み及び第

2重みにより変化させた後の速度 $V_p$ と速度 $V_a$ との線形和を算出する。姿勢決定部461は、算出された線形和に基づいて、ロボットアーム2Aの次の姿勢を決定し、決定した姿勢に基づいて駆動部28を制御する。その結果、駆動機構27が動作して、ロボットアーム2Aの姿勢が決定した姿勢となる。

[0073] 続いて、図2～図5を参照して、ロボット制御システム100Aを説明する。図4は、ロボット制御システム100Aに含まれるロボットアーム2Aの駆動機構27の構成を示す図である。図5は、ロボット制御システム100Aに含まれる駆動部28の構成と、ロボットアーム2Aの駆動機構27の構成とを示すブロック図である。

[0074] 図3に示すように、撮像デバイス31Aは、ロボットアーム2Aに支持されてもよい。図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aでは、撮像デバイス31Aは、ロボットアーム2Aの上部に固定される。撮像デバイス31Aの視線方向 $V_A$ は、斜め下方に設定されてもよい。撮像デバイス31Aの視線方向 $V_A$ と水平面とがなす角度 $\theta$ は、例えば、 $50^\circ$ である。

[0075] 図3に示すように、ロボットアーム2Aは、肩部21と、上腕部22と、肘部23と、前腕部24と、手首部25と、把持部26とを有する。図4に示すように、駆動機構27は、第1関節駆動機構27a～第7関節駆動機構27gを含む。つまり、ロボットアーム2Aは、7つの自由度を有する。例えば、第1関節駆動機構27a～第7関節駆動機構27gはそれぞれ、正逆回転可能な電動モータを含んでもよい。例えば、正逆回転可能な電動モータは、ステッピングモータであってもよい。

[0076] 具体的には、肩部21が、第1関節駆動機構27aと、第2関節駆動機構27bと、第3関節駆動機構27cとを有する。肘部23が、第4関節駆動機構27dを有する。前腕部24が、第5関節駆動機構27eを有する。手首部25が、第6関節駆動機構27fと、第7関節駆動機構27gとを有する。図3及び図4は、肩部21から鉛直下方に上腕部22が延び、肘部23

が直角に曲がり、前腕部 24 及び手首部 25 が水平方向に延びた姿勢のロボットアーム 2A を示す。

[0077] 図 4 に示すように、第 1 関節駆動機構 27a は、Y 軸方向に延びる軸心を中心とする回転方向に揺動自在である。ここで、Y 軸方向は、水平方向に含まれる。第 1 関節駆動機構 27a は、第 2 関節駆動機構 27b に連結される。第 1 関節駆動機構 27a の駆動力は、第 2 関節駆動機構 27b に伝達される。したがって、第 2 関節駆動機構 27b は、第 1 関節駆動機構 27a の軸心を中心として、第 1 関節駆動機構 27a により揺動される。

[0078] 第 2 関節駆動機構 27b は、第 1 関節駆動機構 27a に対して、-Y 側に配置される。第 2 関節駆動機構 27b は、第 1 関節駆動機構 27a の軸心に直交する方向に延びる軸心を中心とする回転方向に揺動自在である。図 4 に示す姿勢の場合、第 2 関節駆動機構 27b の軸心は X 軸方向に延びる。つまり、第 2 関節駆動機構 27b の軸心は、水平方向に延びる。第 2 関節駆動機構 27b は、第 3 関節駆動機構 27c に連結される。第 2 関節駆動機構 27b の駆動力は、第 3 関節駆動機構 27c に伝達される。したがって、第 3 関節駆動機構 27c は、第 2 関節駆動機構 27b の軸心を中心として、第 2 関節駆動機構 27b により揺動される。

[0079] 図 4 に示す姿勢の場合、第 3 関節駆動機構 27c は、第 2 関節駆動機構 27b に対して、-Z 側に配置される。第 3 関節駆動機構 27c は、第 2 関節駆動機構 27b の軸心に直交する方向に延びる軸心を中心とする回転方向に揺動自在である。図 4 に示す姿勢の場合、第 3 関節駆動機構 27c の軸心は Z 軸方向に延びる。つまり、第 3 関節駆動機構 27c の軸心は、鉛直方向に延びる。第 3 関節駆動機構 27c は、第 4 関節駆動機構 27d に連結される。第 3 関節駆動機構 27c の駆動力は、第 4 関節駆動機構 27d に伝達される。したがって、第 4 関節駆動機構 27d は、第 3 関節駆動機構 27c の軸心を中心として、第 3 関節駆動機構 27c により揺動される。

[0080] 図 4 に示す姿勢の場合、第 4 関節駆動機構 27d は、第 3 関節駆動機構 27c に対して、-Z 側に配置される。第 4 関節駆動機構 27d は、第 3 関節

駆動機構 27c の軸心に直交する方向に延びる軸心を中心とする回転方向に揺動自在である。図 4 に示す姿勢の場合、第 4 関節駆動機構 27d の軸心は Y 軸方向に延びる。つまり、第 4 関節駆動機構 27d の軸心は、水平方向に延びる。第 4 関節駆動機構 27d は、第 5 関節駆動機構 27e に連結される。第 4 関節駆動機構 27d の駆動力は、第 5 関節駆動機構 27e に伝達される。したがって、第 5 関節駆動機構 27e は、第 4 関節駆動機構 27d の軸心を中心として、第 4 関節駆動機構 27d により揺動される。

[0081] 図 4 に示す姿勢の場合、第 5 関節駆動機構 27e は、第 4 関節駆動機構 27d に対して、+X 側に配置される。第 5 関節駆動機構 27e は、第 4 関節駆動機構 27d の軸心に直交する方向に延びる軸心を中心とする回転方向に揺動自在である。図 4 に示す姿勢の場合、第 5 関節駆動機構 27e の軸心は X 軸方向に延びる。つまり、第 5 関節駆動機構 27e の軸心は、水平方向に延びる。第 5 関節駆動機構 27e は、第 6 関節駆動機構 27f に連結される。第 5 関節駆動機構 27e の駆動力は、第 6 関節駆動機構 27f に伝達される。したがって、第 6 関節駆動機構 27f は、第 5 関節駆動機構 27e の軸心を中心として、第 5 関節駆動機構 27e により揺動される。

[0082] 図 4 に示す姿勢の場合、第 6 関節駆動機構 27f は、第 5 関節駆動機構 27e に対して、+X 側に配置される。第 6 関節駆動機構 27f は、第 5 関節駆動機構 27e の軸心と同じ方向に延びる軸心を中心とする回転方向に揺動自在である。図 4 に示す姿勢の場合、第 6 関節駆動機構 27f の軸心は X 軸方向に延びる。つまり、第 6 関節駆動機構 27f の軸心は、水平方向に延びる。第 6 関節駆動機構 27f は、第 7 関節駆動機構 27g に連結される。第 6 関節駆動機構 27f の駆動力は、第 7 関節駆動機構 27g に伝達される。したがって、第 7 関節駆動機構 27g は、第 6 関節駆動機構 27f の軸心を中心として、第 6 関節駆動機構 27f により揺動される。

[0083] 図 4 に示す姿勢の場合、第 7 関節駆動機構 27g は、第 6 関節駆動機構 27f に対して、+X 側に配置される。第 7 関節駆動機構 27g は、第 6 関節駆動機構 27f の軸心に直交する方向に延びる軸心を中心とする回転方向に

揺動自在である。図4に示す姿勢の場合、第7関節駆動機構27gの軸心はZ軸方向に延びる。つまり、第7関節駆動機構27gの軸心は、鉛直方向に延びる。第7関節駆動機構27gは、把持部26に連結される。第7関節駆動機構27gの駆動力は、把持部26に伝達される。したがって、把持部26は、第7関節駆動機構27gの軸心を中心として、第7関節駆動機構27gにより揺動される。

[0084] 図5に示すように、駆動部28は、第1駆動部28a～第7駆動部28gを含む。第1駆動部28aは、第1関節駆動機構27aを駆動する。同様に、第2駆動部28b～第7駆動部28gはそれぞれ第2関節駆動機構27b～第7関節駆動機構27gを駆動する。第1駆動部28a～第7駆動部28gは、例えば、モータドライバを含む。

[0085] 調和制御部42Aは、第1駆動部28aを制御して、第1関節駆動機構27aを駆動させる。同様に、調和制御部42Aは、第2駆動部28b～第7駆動部28gをそれぞれ制御して、第2関節駆動機構27b～第7関節駆動機構27gをそれぞれ駆動させる。

[0086] 具体的には、調和制御部42Aは、第1関節駆動機構27aの揺動角度 $\theta_{c1}$ （回転角度）を制御する。詳しくは、調和制御部42Aは、第1関節駆動機構27aの軸心を中心とする第2関節駆動機構27bの揺動角度 $\theta_{c1}$ （回転角度）を制御する。

[0087] 同様に、調和制御部42Aは、第2関節駆動機構27b～第7関節駆動機構27gの揺動角度 $\theta_{c2} \sim \theta_{c7}$ をそれぞれ制御する。詳しくは、調和制御部42Aは、第2関節駆動機構27bの軸心を中心とする第3関節駆動機構27cの揺動角度 $\theta_{c2}$ （回転角度）を制御する。調和制御部42Aは、第3関節駆動機構27cの軸心を中心とする第4関節駆動機構27dの揺動角度 $\theta_{c3}$ （回転角度）を制御する。調和制御部42Aは、第4関節駆動機構27dの軸心を中心とする第5関節駆動機構27eの揺動角度 $\theta_{c4}$ （回転角度）を制御する。調和制御部42Aは、第5関節駆動機構27eの軸心を中心とする第6関節駆動機構27fの揺動角度 $\theta_{c5}$ （回転角度）を制御

する。調和制御部 4 2 A は、第 6 関節駆動機構 2 7 f の軸心を中心とする第 7 関節駆動機構 2 7 g の揺動角度  $\theta c 6$ （回転角度）を制御する。調和制御部 4 2 A は、第 7 関節駆動機構 2 7 g の軸心を中心とする把持部 2 6 の揺動角度  $\theta c 7$ （回転角度）を制御する。

[0088] 続いて、図 6（a）及び図 6（b）を参照して、ロボットアーム 2 A に含まれる把持部 2 6 を説明する。図 6（a）は、ロボット制御システム 1 0 0 A に含まれるロボットアーム 2 A の把持部 2 6 を示す平面図である。図 6（b）は、ロボット制御システム 1 0 0 A に含まれる制御部 4 A 及びロボットアーム 2 A の構成を示すブロック図である。

[0089] 図 6（a）に示すように、把持部 2 6 は、第 1 把持部材 2 6 a と、第 2 把持部材 2 6 b と、第 1 歯車 2 6 c と、第 2 歯車 2 6 d と、支持部材 2 6 e とを有してもよい。

[0090] 支持部材 2 6 e は、第 1 歯車 2 6 c 及び第 2 歯車 2 6 d を回転自在に支持する。詳しくは、第 1 歯車 2 6 c 及び第 2 歯車 2 6 d は、互いの歯部が噛み合った状態で支持部材 2 6 e に支持される。したがって、第 1 歯車 2 6 c 及び第 2 歯車 2 6 d は、互い逆方向に回転する。

[0091] 第 1 把持部材 2 6 a は、支持部材 2 6 e に揺動自在に支持されて、支持部材 2 6 e から突出する。第 1 歯車 2 6 c の駆動力は第 1 把持部材 2 6 a の基端部に伝達される。同様に、第 2 把持部材 2 6 b は、支持部材 2 6 e に揺動自在に支持されて、第 1 把持部材 2 6 a と同じ側に支持部材 2 6 e から突出する。第 2 歯車 2 6 d の駆動力は第 2 把持部材 2 6 b の基端部に伝達される。

[0092] 第 1 把持部材 2 6 a と第 2 把持部材 2 6 b とは互いに対向する。第 1 歯車 2 6 c 及び第 2 歯車 2 6 d が揺動することに応じて、第 1 把持部材 2 6 a と第 2 把持部材 2 6 b とが開いたり、閉じたりする。ここで、第 1 把持部材 2 6 a と第 2 把持部材 2 6 b とが開くことは、第 1 把持部材 2 6 a と第 2 把持部材 2 6 b とがそれぞれの基端部を中心に互いに離れる方向へ回転することを示す。また、第 1 把持部材 2 6 a と第 2 把持部材 2 6 b とが閉じることは

、第1把持部材26aと第2把持部材26bとがそれぞれの基端部を中心に互いに近付く方向に回転することを示す。

[0093] より具体的には、図6(b)に示すように、把持部26は、把持駆動機構27hを有する。駆動部28は、第8駆動部28hを含む。第8駆動部28hは、把持駆動機構27hを駆動させる。把持駆動機構27hが駆動することにより、第1歯車26c及び第2歯車26dが揺動する。例えば、把持駆動機構27hは、正逆回転可能な電動モータを含む。例えば、正逆回転可能な電動モータは、ステッピングモータであってもよい。第8駆動部28hは、例えば、モータドライバを含む。なお、支持部材26eは、箱状であってもよい。この場合、把持駆動機構27hは、支持部材26eの内部に収容されてもよい。

[0094] 調和制御部42Aは、第8駆動部28hを制御して、把持部26を動作させる。例えば、調和制御部42Aは、把持部26に物体STを把持させる際に、第8駆動部28hを制御して、第1把持部材26aと第2把持部材26bとを閉じる。この結果、第1把持部材26aと第2把持部材26bとに挟まれた物体STが、第1把持部材26aと第2把持部材26bとによって把持される。また、把持部26による物体STの把持を解除する際に、調和制御部42Aは、第8駆動部28hを制御して、第1把持部材26aと第2把持部材26bとを開く。

[0095] 図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aでは、図2を参照して説明したように、環境認識部41Aが物体STの立体形状（三次元形状）を特定し、自律動作決定部44Aが、物体STの立体形状に基づいて、把持部26が物体STを把持する際の把持部26の動作を決定する。したがって、調和制御部42Aは、物体STの立体形状に合わせて、第1把持部材26a及び第2把持部材26bの揺動角度（回転角度）を制御することができる。換言すると、調和制御部42Aは、物体STの立体形状に合わせて、第1把持部材26aと第2把持部材26bとの開き角度を制御することができる。この結果、より適切な圧力で物体STを把持することができる。

。

[0096] 更に、図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aでは、環境認識部41Aが物体STの種類を特定し、自律動作決定部44Aが、物体STの立体形状と物体STの種類とに基づいて、把持部26が物体STを把持する際の把持部26の動作を決定する。したがって、調和制御部42Aは、物体STの立体形状と物体STの種類とに合わせて、第1把持部材26a及び第2把持部材26bの揺動角度（回転角度）を制御することができる。換言すると、調和制御部42Aは、物体STの立体形状及び種類に合わせて、第1把持部材26aと第2把持部材26bとの開き角度を制御することができる。この結果、より適切な圧力で物体STを把持することができる。

[0097] 続いて、図7を参照して、ロボット制御システム100Aに含まれる意図検出部5Aを説明する。図7は、ロボット制御システム100Aに含まれる意図検出部5Aの構成を示すブロック図である。図7に示すように、意図検出部5Aは、第1記憶部51と、第1処理部52と、無線通信部53とを有する。意図検出部5Aは、例えば、パーソナルコンピュータであってもよい。

[0098] 無線通信部53は、脳波検出デバイス6から、ユーザPの脳波を示す無線信号を受信する。具体的には、無線通信部53は、図1を参照して説明した脳波検出デバイス6の無線通信部62との間で無線通信を行う。詳しくは、無線通信部53は、脳波検出デバイス6の無線通信部62と同じ無線通信規格に準拠して無線通信を行う。無線通信部53は、脳波を示す無線信号を、脳波を示す電気信号に変換して、第1処理部52に入力する。

[0099] 第1記憶部51は、各種コンピュータプログラム及び各種データを記憶する。第1記憶部51は、例えば、半導体メモリを有する。半導体メモリは、例えば、RAM（Random Access Memory）及びROM（Read Only Memory）を含む。半導体メモリは、フラッシュメモリ、EPROM（Erasable Programmable R

ead Only Memory)、又はEEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) を含んでもよく、VRAM (Video RAM) を含んでもよい。第1記憶部51は、HDD (Hard Disk Drive) 又はSSD (Solid State Drive) を含んでもよく、リムーバブルメディアを含んでもよい。

[0100] 第1処理部52は、第1記憶部51に記憶されたコンピュータプログラムを実行することによって、数値計算や情報処理のような様々な処理を行う。第1処理部52は、例えばCPU (Central Processing Unit) 又はMPU (Micro Processing Unit) を含み得る。第1処理部52は、GPU (Graphics Processing Unit) を更に含んでもよいし、NPU (Neural network Processing Unit) を更に含んでもよい。あるいは、第1処理部52は、量子コンピュータを含んでもよい。

[0101] 例えば、第1処理部52は、多変量解析により、脳波からユーザPの意図（意図動作）を取得する。多変量解析には、機械学習モデルを用いた解析が含まれる。図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aでは、第1記憶部51が、第1機械学習モデルD1を記憶する。第1機械学習モデルD1は、脳波を解析してユーザPの意図を推定するコンピュータプログラムである。具体的には、第1機械学習モデルD1は、脳波を解析して意図動作を推定するように訓練されている。

[0102] より詳しくは、第1機械学習モデルD1は、回帰分析により、ロボットアーム2Aの手首部25の速度ベクトル（意図速度 $V_{pp}$ ）を出力するように訓練されている。意図速度 $V_{pp}$ （速度ベクトル）は、X軸方向の成分 $V_{ppx}$ と、Y軸方向の成分 $V_{ppy}$ と、Z軸方向の成分 $V_{ppz}$ とを含む。また、第1機械学習モデルD1は、回帰分析により、把持意図を検出するように訓練されている。

[0103] 例えば、第1機械学習モデルD1は、サポートベクター回帰による分析を

行ってもよい。第1機械学習モデルD1は、サポートベクター回帰による分析の前に、前処理を行ってもよい。前処理は、脳波から特徴量を抽出する処理を含む。例えば、前処理は、部分的最小二乗回帰（Partial Least Squares regression；PLS回帰）、又は、独立成分分析（Independent Component Analysis；ICA）であってもよい。

[0104] 前処理を行う場合、意図速度Vppは、以下の式（1）により求めることができる。以下の式（1）において、「iEEG」は、頭蓋内脳波を示す。

「W1」は、前処理の重みを示す。「W2」は、サポートベクター回帰の重みを示す。

$$Vpp = iEEG \times W1 \times W2 = (Vppx, Vppy, Vppz) \cdot \cdot \cdot (1)$$

[0105] 第1処理部52は、脳波を示す電気信号を、脳波を示すデータに変換して、第1機械学習モデルD1に入力する。この結果、第1機械学習モデルD1が脳波を解析してユーザPの意図を推定する。具体的には、第1機械学習モデルD1は、脳波を解析して意図動作を推定する。第1処理部52は、第1機械学習モデルD1によって推定された意図動作を示すデータを制御部4Aへ出力する。図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aでは、第1処理部52（意図検出部5A）は、意図動作を示すデータとして、意図速度Vppを示す信号を制御部4Aへ出力する。また、第1処理部52（意図検出部5A）は、意図動作を示すデータとして、把持意図を示す信号を制御部4Aへ出力する。

[0106] 詳しくは、第1処理部52は、脳波を示す電気信号に対してバンドパスフィルタ処理を行い、バンドパスフィルタ処理後の脳波のデータを第1機械学習モデルD1に入力する。具体的には、バンドパスフィルタ処理により、脳波を示す電気信号から、運動に係わる周波数帯の信号が抽出される。運動に係わる周波数帯は、例えば、60Hz以上200Hz以下の周波数帯である。

[0107] なお、第1機械学習モデルD1を構築するための機械学習アルゴリズムは、サポートベクター回帰に限定されない。第1機械学習モデルD1を構築するための機械学習アルゴリズムは、例えば、決定木、最近傍法、単純ベイズ分類器、又は、ニューラルネットワークであってもよい。したがって、第1機械学習モデルD1は、決定木、最近傍法、単純ベイズ分類器、サポートベクターマシン、又は、ニューラルネットワークを含む。機械学習に、誤差逆伝搬法が利用されてもよい。

[0108] 例えば、ニューラルネットワークは、入力層、単数又は複数の中間層、及び、出力層を含む。具体的には、ニューラルネットワークは、ディープニューラルネットワーク（DNN: Deep Neural Network）、再帰型ニューラルネットワーク（RNN: Recurrent Neural Network）、又は、畳み込みニューラルネットワーク（CNN: Convolutional Neural Network）のうちの少なくとも1つを含み、ディープラーニングを行う。例えば、ディープニューラルネットワークは、入力層、複数の中間層、及び、出力層を含む。

[0109] 続いて、図8を参照して、ロボット制御システム100Aに含まれる制御部4Aを説明する。図8は、ロボット制御システム100Aに含まれる制御部4Aのハードウェアを示すブロック図である。図8に示すように、制御部4Aは、第2記憶部4aと、第2処理部4bと、入力部4cとを有する。制御部4Aは、例えば、パーソナルコンピュータであってもよい。

[0110] 第2記憶部4aは、各種コンピュータプログラム及び各種データを記憶する。第2記憶部4aは、例えば、半導体メモリを有する。半導体メモリは、例えば、RAM及びROMを含む。半導体メモリは、フラッシュメモリ、EPROM、又はEEPROMを含んでもよく、VRAMを含んでもよい。第2記憶部4aは、HDD又はSSDを更に含んでもよく、リムーバブルメディアを含んでもよい。

[0111] 具体的には、図8に示すように、第2記憶部4aは、ロボットオペレーティングシステム（Robot Operating System: ROS

) D 1 1 を記憶する。ロボットオペレーティングシステム D 1 1 は、ロボットを動作させるためのミドルウェア（コンピュータプログラム）である。第 2 処理部 4 b は、ロボットオペレーティングシステム D 1 1 を実行して、ロボットアーム 2 A を制御する。

[0112] 第 2 処理部 4 b は、第 2 記憶部 4 a に記憶されたコンピュータプログラムを実行することによって、数値計算や情報処理のような様々な処理を行う。第 2 処理部 4 b は、例えば CPU 又は MPU を含み得る。第 2 処理部 4 b は、GPU を更に含んでもよいし、NPU を更に含んでもよい。あるいは、第 2 処理部 4 b は、量子コンピュータを含んでもよい。

[0113] 具体的には、第 2 処理部 4 b は、第 2 記憶部 4 a に記憶されたコンピュータプログラムを実行することによって、図 2 を参照して説明した環境認識部 4 1 A、随意動作決定部 4 3 A、自律動作決定部 4 4 A、重み決定部 4 5 A、及び指示部 4 6 A として機能する。

[0114] 例えば、第 2 処理部 4 b は、随意動作決定部 4 3 A として機能する際に、意図動作に基づいて、随意動作を決定する。具体的には、第 2 処理部 4 b は、随意動作決定部 4 3 A（第 1 速度決定部 4 3 1）として機能する際に、意図速度  $V_{pp}$  に基づいて、ロボットアーム 2 A の手首部 2 5 の速度ベクトル  $V_p$ （随意制御による速度  $V_p$ ）を決定する。随意制御による速度  $V_p$  は、X 軸方向の成分  $V_{px}$  と、Y 軸方向の成分  $V_{py}$  と、Z 軸方向の成分  $V_{pz}$  とを含む。

[0115] 第 2 処理部 4 b は、環境認識部 4 1 A として機能する際に、撮像デバイス 3 1 A によって撮像された画像に基づいて、ロボットアーム 2 A の手首部 2 5 の現在の位置と、物体 S T の位置とを特定し、手首部 2 5 と物体 S T との間の距離を算出する。第 2 処理部 4 b は、自律動作決定部 4 4 A（第 2 速度決定部 4 4 1）として機能する際に、手首部 2 5 と物体 S T との間の距離に基づいて自律動作を決定する。

[0116] 図 2 ～図 1 0 を参照して説明するロボット制御システム 1 0 0 A では、第 2 処理部 4 b は、自律動作決定部 4 4 A（第 2 速度決定部 4 4 1）として機

能する際に、手首部25と物体STとの間の距離に基づいて、自律制御による速度 $V_a$ （手首部25の速度ベクトル $V_a$ ）を算出する。自律制御による速度 $V_a$ は、X軸方向の成分 $V_{ax}$ と、Y軸方向の成分 $V_{ay}$ と、Z軸方向の成分 $V_{az}$ とを含む。

[0117] 更に、第2処理部4bは、環境認識部41Aとして機能する際に、撮像デバイス31Aによって撮像された画像に基づいて、物体STの立体形状（三次元形状）を特定する。そして、第2処理部4bは、物体STの立体形状に基づいて、物体STの重心位置と、物体STの種類とを特定する。

[0118] 詳しくは、図8に示すように、第2記憶部4aが第2機械学習モデルD12を記憶する。具体的には、第2機械学習モデルD12は、ロボットオペレーティングシステムD11に組み込まれる。第2機械学習モデルD12は、撮像デバイス31Aによって撮像された画像を解析して、ロボットアーム2Aの手首部25の現在の位置と、物体STの位置とを特定し、ロボットアーム2Aの手首部25と物体STとの間の距離を算出するように訓練されている。更に、第2機械学習モデルD12は、撮像デバイス31Aによって撮像された画像を解析して、物体STの三次元形状と、物体STの重心位置と、物体STの種類とを推定するように訓練されている。第2処理部4bは、撮像デバイス31Aによって撮像された画像を示すデータを第2機械学習モデルD12に入力する。その結果、ロボットアーム2Aの手首部25と物体STとの間の距離と、物体STの三次元形状と、物体STの重心位置と、物体STの種類とを示す情報が第2機械学習モデルD12から出力される。

[0119] なお、第2機械学習モデルD12を構築するための機械学習アルゴリズムは、特に限定されず、例えば、決定木、最近傍法、単純ベイズ分類器、サポートベクターマシン、又は、ニューラルネットワークであってもよい。したがって、第2機械学習モデルD12は、決定木、最近傍法、単純ベイズ分類器、サポートベクターマシン、又は、ニューラルネットワークを含む。機械学習に、誤差逆伝搬法が利用されてもよい。

[0120] 第2処理部4bは、重み決定部45Aとして機能する際に、撮像デバイス

31 A による検出結果に基づいて、第1重みと、第2重みとを決定する。図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100 Aでは、第2処理部4 bは、手首部2 5（図3参照）と物体S Tとの間の距離と、意図速度 $V_{pp}$ とに基づいて、第1重みと、第2重みとを決定する。詳しくは、図8に示すように、第2記憶部4 aは、重み変更条件D 1 3を更に記憶する。具体的には、重み変更条件D 1 3は、ロボットオペレーティングシステムD 1 1に組み込まれる。第2処理部4 bは、重み変更条件D 1 3を参照して、第1重み及び第2重みの各値を決定する。

[0121] 重み変更条件D 1 3は、第1重み及び第2重みの各値の変更条件を示す。具体的には、重み変更条件D 1 3は、撮像デバイス31 Aによる検出結果に応じて第1重み及び第2重みの各値を変化させる条件を示す。図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100 Aでは、重み変更条件D 1 3は、撮像デバイス31 Aによる検出結果と、意図動作とに応じて第1重み及び第2重みの各値を変化させる条件を示す。

[0122] 入力部4 cは、作業者が操作するユーザーインターフェース装置である。入力部4 cは、典型的には、キーボード及びマウスを有する。入力部4 cは、タッチセンサーを有してもよい。作業者は、入力部4 cを操作して、重み変更条件D 1 3を調整することができる。つまり、作業者は、入力部4 cを操作して、第1重み及び第2重みの各値の変更条件を調整することができる。

[0123] 図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100 Aにおいて、重み変更条件D 1 3は、ロボットアーム2 Aの手首部2 5と物体S Tとの間の距離と、意図速度 $V_{pp}$ とに応じて第1重み及び第2重みの各値を変化させる条件を示す。つまり、重み変更条件D 1 3は、手首部2 5と物体S Tとの間の距離と、意図速度 $V_{pp}$ と、第1重み及び第2重みの各値との関係を示す。

[0124] 具体的には、重み変更条件D 1 3は、手首部2 5と物体S Tとの間の距離と、意図速度 $V_{pp}$ と、随意動作に対する重み $W_p$ （第1重み）との関係を

示す。第2処理部4bは、意図速度 $V_p$ を意図検出部5Aから取得し、手首部25と物体STとの間の距離を算出すると、重み変更条件D13を参照して、重み $W_p$ （第1重み）の値を決定する。そして、第2処理部4bは、重み $W_p$ （第1重み）に基づいて、自律動作に対する重み（第2重み）を算出する。詳しくは、第2処理部4bは、第2重みを以下の式（2）に基づいて求める。

$$\text{第2重み} = 1 - W_p \cdots (2)$$

[0125] 図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aにおいて、第1重み（ $W_p$ ）は、随意制御による速度 $V_p$ に対する重みであり、第2重み（ $1 - W_p$ ）は、自律制御による速度 $V_a$ に対する重みである。重み $W_p$ の値が大きくなると、自律制御による速度 $V_a$ に対して、随意制御による速度 $V_p$ の比重が大きくなる。逆に、重み $W_p$ の値が小さくなると、随意制御による速度 $V_p$ に対して、自律制御による速度 $V_a$ の比重が大きくなる。

[0126] 重み変更条件D13は、ロボットアーム2Aの行動の初期段階においてロボットアーム2Aが随意制御によって行動するように第1重み（ $W_p$ ）を規定してもよい。例えば、重み変更条件D13は、物体STとロボットアーム2Aの手首部25との間の距離が1m以上の場合にロボットアーム2Aが随意制御によって行動するように第1重み（ $W_p$ ）を規定してもよい。具体的には、重み変更条件D13は、物体STとロボットアーム2Aの手首部25との間の距離が1m以上の際の第1重み（ $W_p$ ）の値を「1」又は略「1」に規定してもよい。この結果、ロボットアーム2Aの行動の初期段階では、第2処理部4bがロボットアーム2Aを意図動作によって制御するため、ロボットアーム2Aの行動がユーザPの意図した行動となる。例えば、物体STとロボットアーム2Aの手首部25との間の距離が1m以上の場合、ロボットアーム2Aの行動がユーザPの意図した行動となる。

[0127] また、重み変更条件D13は、ロボットアーム2Aの行動の最終段階においてロボットアーム2Aが自律制御によって行動するように第1重み（ $W_p$ ）を規定してもよい。例えば、重み変更条件D13は、物体STとロボット

アーム 2 A の手首部 2 5 との間の距離が 3 0 c m 以下の場合にロボットアーム 2 A が自律制御によって行動するように第 1 重み ( $W_p$ ) を規定してもよい。具体的には、重み変更条件 D 1 3 は、物体 S T とロボットアーム 2 A の手首部 2 5 との間の距離が 3 0 c m 以下の際の第 1 重み ( $W_p$ ) の値を「0」又は略「0」に規定してもよい。この結果、ロボットアーム 2 A の行動の最終段階では、第 2 処理部 4 b がロボットアーム 2 A を自律動作によって制御するため、随意制御と比べて、ロボットアーム 2 A (操作対象 2) を精密に制御することができる。

[0128] なお、手首部 2 5 と物体 S T との間の距離と重み  $W_p$  との関係は、連続的であってもよいし、段階的であってもよい。つまり、重み  $W_p$  の値は、手首部 2 5 と物体 S T との間の距離の変化に応じて連続的に変化してもよいし、段階的に変化してもよい。例えば、重み変更条件 D 1 3 は、ロボットアーム 2 A の行動の途中段階において第 1 重み ( $W_p$ ) の値を連続的に減らす条件であってもよいし、段階的に減らす条件であってもよい。具体的には、重み変更条件 D 1 3 は、物体 S T とロボットアーム 2 A の手首部 2 5 との間の距離が 1 m より小さく、3 0 c m より大きい場合に、物体 S T とロボットアーム 2 A の手首部 2 5 との間の距離が小さいほど、第 1 重み ( $W_p$ ) の値を連続的又は段階的に小さくする条件であってもよい。

[0129] 図 2 ～図 1 0 を参照して説明するロボット制御システム 1 0 0 A において、重み変更条件 D 1 3 は、意図速度  $V_{pp}$  が所定速度以上である場合に、物体 S T とロボットアーム 2 A の手首部 2 5 との間の距離に基づいて決定された第 1 重み ( $W_p$ ) に対して係数を付与する条件を示してもよい。ここで、係数は、「1」より大きい値を示す。係数は、一定値であってもよいし、意図速度  $V_{pp}$  に応じて変化する値であってもよい。係数は、意図速度  $V_{pp}$  に応じて連続的に変化してもよいし、段階的に変化してもよい。意図速度  $V_{pp}$  が所定速度以上である場合に第 1 重みの値を大きくすることで、ロボットアーム 2 A の動作がユーザ P の意図する動作と異なる動作になり難くなる。

[0130] 第2処理部4bは、指示部46Aとして機能する際に、第1重みにより意図動作の割合を変化させ、第2重みにより自律動作の割合を変化させ、割合を変化させた後の意図動作と自律動作との線形和を算出する。そして、第2処理部4bは、算出した線形和に基づいて、ロボットアーム2Aが次に実行する行動を決定する。

[0131] 図2～図10を参照して説明するロボット制御システム100Aにおいて、第2処理部4bは、指示部46Aとして機能する際に、随意制御による速度 $V_p$ を第1重み( $W_p$ )により変化させ、自律制御による速度 $V_a$ を第2重み( $1-W_p$ )により変化させる。そして、第2処理部4bは、変化後の速度 $V_p$ と速度 $V_a$ との線形和を算出して、ロボットアーム2Aの手首部25(図3参照)の速度ベクトル $V_{cmd}$ を決定する。速度ベクトル $V_{cmd}$ は、指令値である。以下、速度ベクトル $V_{cmd}$ を、「指令速度 $V_{cmd}$ 」と記載する場合がある。

[0132] 例えば、指令速度 $V_{cmd}$ は、以下の式(3)に基づいて求めることができる。指令速度 $V_{cmd}$ は、X軸方向の成分 $V_{cmd\_x}$ と、Y軸方向の成分 $V_{cmd\_y}$ と、Z軸方向の成分 $V_{cmd\_z}$ とを含む。

$$V_{cmd} = V_p \times W_p + V_a \times (1 - W_p) \cdots (3)$$

[0133] 第2処理部4bは、指示部46Aとして機能する際に、指令速度 $V_{cmd}$ に基づいて、ロボットアーム2Aを制御する。具体的には、第2処理部4bは、ロボットオペレーティングシステムD11を実行して、指令速度 $V_{cmd}$ で手首部25が移動するように、図3～図5を参照して説明した駆動機構27(第1関節駆動機構27a～第7関節駆動機構27g)を制御する。

[0134] 詳しくは、第2処理部4b(ロボットオペレーティングシステムD11)は、指令速度 $V_{cmd}$ に含まれるX軸方向の成分 $V_{cmd\_x}$ 、Y軸方向の成分 $V_{cmd\_y}$ 及びZ軸方向の成分 $V_{cmd\_z}$ をそれぞれ積分して、ロボットアーム2Aの手首部25の次の三次元位置( $X_o$ 、 $Y_o$ 、 $Z_o$ )を決定し、ロボットアーム2Aの手首部25が次の三次元位置( $X_o$ 、 $Y_o$ 、 $Z_o$ )まで移動するように、図3～図5を参照して説明した駆動機構27を制

御する。例えば、次の三次元位置（ $X_o$ 、 $Y_o$ 、 $Z_o$ ）はそれぞれ、以下の式（４）～（６）により求めることができる。なお、三次元座標は、ロボットアーム２Ａの肩部２１を原点（０、０、０）として設定されてもよい。以下、次の三次元位置を、「目標位置」と記載する場合がある。

[数１]

$$x_o = \int v_{cmd\_x} dt \quad \dots (4)$$

[数２]

$$y_o = \int v_{cmd\_y} dt \quad \dots (5)$$

[数３]

$$z_o = \int v_{cmd\_z} dt \quad \dots (6)$$

[0135] ロボットオペレーティングシステムＤ１１には、逆運動学に基づいて第１関節駆動機構２７ａ～第７関節駆動機構２７ｇのそれぞれの目標角度 $\theta_1 \sim \theta_7$ を算出する制御式が組み込まれている。第２処理部４ｂ（ロボットオペレーティングシステムＤ１１）は、目標位置（ $X_o$ 、 $Y_o$ 、 $Z_o$ ）から第１関節駆動機構２７ａ～第７関節駆動機構２７ｇのそれぞれの目標角度 $\theta_1 \sim \theta_7$ を算出する。そして、第２処理部４ｂ（ロボットオペレーティングシステムＤ１１）は、第１関節駆動機構２７ａ～第７関節駆動機構２７ｇのそれぞれの揺動角度 $\theta_{c1} \sim \theta_{c7}$ が目標角度 $\theta_1 \sim \theta_7$ となるように、第１関節駆動機構２７ａ～第７関節駆動機構２７ｇを制御する。

[0136] 例えば、ロボットオペレーティングシステムＤ１１には、制御式として、以下の式（７）～（１９）が組み込まれてもよい。具体的には、第２処理部

4 b (ロボットオペレーティングシステムD 1 1) は、Y o が 0 以下の場合、式 (7) ~ 式 (14) から目標角度  $\theta_1 \sim \theta_7$  を算出する。また、第2処理部4 b (ロボットオペレーティングシステムD 1 1) は、Y o が 0 より大きい場合、式 (7) ~ 式 (9) 及び式 (15) ~ 式 (19) から目標角度  $\theta_1 \sim \theta_7$  を算出する。

[数4]

$$\beta = \tan^{-1} \left( \frac{y_o}{x_o} \right) \quad \dots (7)$$

[数5]

$$\theta_4 = \cos^{-1} \left( \frac{L_1^2 + L_2^2 - r^2}{2L_1L_2} \right) - \frac{\pi}{2} \quad \dots (8)$$

[数6]

$$\theta_7 = 0 \quad \dots (9)$$

[数7]

$$\theta_1 = -\tan^{-1}(\cos \beta \tan \alpha) \quad \dots (10)$$

[数8]

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left( \frac{-\sin \beta \sin \alpha}{\sqrt{\cos^2 \beta \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}} \right) \quad \dots (11)$$

[数9]

$$\theta_3 = -\tan^{-1}(\tan \beta \cos \alpha) \quad \cdot \cdot \cdot (12)$$

[数10]

$$\theta_5 = 0 \quad \cdot \cdot \cdot (13)$$

[数11]

$$\theta_6 = \cos^{-1} \frac{r^2 + L_2^2 - L_1^2}{2rL_2} + \tan^{-1} \frac{z_o}{\sqrt{x_o^2 + y_o^2}} \quad \cdot \cdot \cdot (14)$$

[数12]

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{z_o \cos \theta_3 \sin \alpha + x_o \cos \alpha}{r \cos^2 \theta_3 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \cdot \cdot \cdot (15)$$

[数13]

$$\theta_2 = 0 \quad \cdot \cdot \cdot (16)$$

[数14]

$$\theta_3 = -\sin^{-1} \frac{y_o}{r \sin \cos^{-1} \frac{r^2 + L_1^2 - L_2^2}{2rL_1}} \quad \cdot \cdot \cdot (17)$$

[数15]

$$\theta_5 = \tan^{-1} \frac{-\tan \theta_1 \sin \theta_3}{\sin \theta_4 \cos \theta_3 \tan \theta_1 + \cos \theta_4} \quad \cdot \cdot \cdot (18)$$

[数16]

$$\theta_6 = \tan^{-1} \left( \frac{\cos \theta_4 \tan \theta_1 \cos \theta_3 - \frac{\sin \theta_4}{\tan \theta_1}}{\cos \theta_5 (\tan \theta_5 \sin \theta_3 - \sin \theta_4 \cos \theta_3 + \frac{\cos \theta_4}{\tan \theta_1})} \right) \dots (19)$$

[0137] 続いて、図9（a）及び図9（b）を参照して、上記式（7）～式（19）に含まれる「 $\alpha$ 」、「 $\beta$ 」、「L1」、「L2」、「r」について説明する。図9（a）は、ロボット制御システム100Aに含まれるロボットアーム2Aを示す側面図であり、図9（b）は、ロボット制御システム100Aに含まれるロボットアーム2Aを示す平面図である。

[0138] 図9（a）に示すように、「 $\alpha$ 」は、Z軸と上腕部22とがなす角度を示す。「 $\beta$ 」は、側面視したときの上腕部22と前腕部24とがなす角度を示す。「L1」は、上腕部22の長さを示す。「L2」は、前腕部24の長さを示す。図9（a）及び図9（b）に示すように、「r」は、肩部21（原点）から目標位置（Xo、Yo、Zo）までの距離を示す。

[0139] 続いて、図2～図10を参照して、ロボット制御システム100Aが実行する処理を説明する。図10は、ロボット制御システム100Aが実行する処理の一例を示すフローチャートである。詳しくは、図10は、ロボットアーム2Aの把持部26に物体STを把持させる処理の一例を示す。図10に示すように、ロボット制御システム100Aが実行する処理は、ステップS1～ステップS10を含んでもよい。

[0140] 図10に示す処理は、例えば、脳波検出デバイス6によってユーザPの脳波が検出されることに応じて開始する。図10に示す処理が開始すると、まず、意図検出部5A（第1処理部52）が、ユーザPの脳波から意図動作を推定する（ステップS1）。

[0141] 意図動作が推定されると、意図検出部5A（第1処理部52）は、意図動作が把持意図か否かを判定する（ステップS2）。意図動作が把持意図でないと判定された場合（ステップS2のNo）、意図動作は、意図速度Vpp

を示す。この場合、意図検出部 5 A（第 1 処理部 5 2）は、意図速度  $V_{pp}$  を示す信号を制御部 4 A へ送信する。意図動作が把持意図であると判定された場合（ステップ S 2 の Yes）、意図検出部 5 A（第 1 処理部 5 2）は、把持意図を示す信号を制御部 4 A へ送信する。

[0142] 第 2 処理部 4 b（随意動作決定部 4 3 A）は、意図速度  $V_{pp}$  を示す情報を意図検出部 5 A から取得した場合（ステップ S 2 の No）、随意動作を決定する（ステップ S 3）。詳しくは、第 2 処理部 4 b（随意動作決定部 4 3 A）が、意図速度  $V_{pp}$  から、随意制御による速度ベクトル  $V_p$  を算出する。

[0143] また、第 2 処理部 4 b（重み決定部 4 5 A）は、意図速度  $V_{pp}$  を示す情報を意図検出部 5 A から取得した場合（ステップ S 2 の No）、第 1 重み（ $W_p$ ）を決定し、第 2 重み（ $1 - W_p$ ）を算出する（ステップ S 4）。

[0144] 詳しくは、第 2 処理部 4 b（環境認識部 4 1 A）が、撮像デバイス 3 1 A によって撮像された画像に基づいて、物体 S T とロボットアーム 2 A の手首部 2 5 との間の距離を算出する。そして、第 2 処理部 4 b（重み決定部 4 5 A）が、物体 S T とロボットアーム 2 A の手首部 2 5 との間の距離と、意図速度  $V_{pp}$  とに基づいて、第 1 重み（ $W_p$ ）を決定し、第 2 重み（ $1 - W_p$ ）を算出する。

[0145] 第 2 処理部 4 b は、第 1 重み（ $W_p$ ）を決定し、第 2 重み（ $1 - W_p$ ）を算出すると、物体 S T とロボットアーム 2 A の手首部 2 5 との間の距離に基づいて、自律動作を決定する（ステップ S 5）。詳しくは、第 2 処理部 4 b（自律動作決定部 4 4 A）は、自律制御による速度  $V_a$  を算出する。そして、第 2 処理部 4 b（指示部 4 6 A）が、随意制御による速度  $V_p$  と、自律制御による速度  $V_a$  と、第 1 重み（ $W_p$ ）と、第 2 重み（ $1 - W_p$ ）とに基づいて、指令速度  $V_{cmd}$  を算出する（ステップ S 6）。

[0146] 第 2 処理部 4 b（指示部 4 6 A）は、指令速度  $V_{cmd}$  を算出すると、指令速度  $V_{cmd}$  を積分して目標位置（ $X_o$ 、 $Y_o$ 、 $Z_o$ ）を算出する（ステップ S 7）。そして、第 2 処理部 4 b（指示部 4 6 A）は、目標位置（ $X_o$

、 $Y_o$ 、 $Z_o$ )に基づいて、第1関節駆動機構27a～第7関節駆動機構27gの目標角度 $\theta_1 \sim \theta_7$ を算出する(ステップS8)。

[0147] 第2処理部4b(指示部46A)は、目標角度 $\theta_1 \sim \theta_7$ を算出すると、第1関節駆動機構27a～第7関節駆動機構27gの揺動角度 $\theta_{c1} \sim \theta_{c7}$ が目標角度 $\theta_1 \sim \theta_7$ となるように第1関節駆動機構27a～第7関節駆動機構27gを駆動させる。この結果、ロボットアーム2Aの手首部25が目標位置( $X_o$ 、 $Y_o$ 、 $Z_o$ )へ移動する(ステップS9)。ロボットアーム2Aの手首部25を目標位置( $X_o$ 、 $Y_o$ 、 $Z_o$ )へ移動させると、処理はステップS1へ戻る。なお、意図検出部5A(第1処理部52)は、0.1秒又は0.2秒ごとに意図動作を推定する。

[0148] 例えば、第2処理部4b(重み決定部45A)は、物体STとロボットアーム2Aの手首部25との間の距離が1m以上の場合、第1重み( $W_p$ )の値を「1」又は略「1」に決定する。この結果、指令速度 $V_{cmd}$ が、随意制御による速度 $V_p$ に等しくなるか、略等しくなる。したがって、手首部25が、ユーザPの意図したように移動する。

[0149] 物体STとロボットアーム2Aの手首部25との間の距離が1m未満になると、第2処理部4b(重み決定部45A)は、物体STとロボットアーム2Aの手首部25との間の距離が小さいほど、第1重み( $W_p$ )の値を小さくする。その結果、ロボットアーム2Aの手首部25が物体STに近付くにつれて、随意制御による速度 $V_p$ が指令速度 $V_{cmd}$ に反映される割合が小さくなり、自律制御による速度 $V_a$ が指令速度 $V_{cmd}$ に反映される割合が大きくなる。

[0150] 物体STとロボットアーム2Aの手首部25との間の距離が30cm以下になると、第2処理部4b(重み決定部45A)は、第1重み( $W_p$ )の値を「0」又は略「0」に決定する。この結果、指令速度 $V_{cmd}$ が、自律制御による速度 $V_a$ に等しくなるか、略等しくなる。したがって、自律制御により手首部25が移動する。

[0151] 第2処理部4bは、意図動作が把持意図であると判定された場合(ステッ

プS 2のY e s)、撮像デバイス3 1 Aによって撮像された画像に基づいて把持部2 6を制御して、把持部2 6に物体S Tを把持させる(ステップS 1 0)。この結果、図1 0に示す処理が終了する。

[0152] 具体的には、第2処理部4 b(環境認識部4 1 A)は、撮像デバイス3 1 Aによって撮像された画像に基づいて、物体S Tの三次元形状、重心位置及び種類を特定する。そして、第2処理部4 b(自律動作決定部4 4 A)は、物体S Tの立体形状と、物体S Tの重心位置と、物体S Tの種類とに基づいて自律動作を決定する。第2処理部4 b(指示部4 6 A)は、決定された自律動作に基づいて把持駆動機構2 7 hを制御して、第1把持部材2 6 a及び第2把持部材2 6 bを動作させる。つまり、第2処理部4 bは、自律制御によって把持部2 6を動作させる。この結果、第1把持部材2 6 aと第2把持部材2 6 bとによって物体S Tが把持される。

[0153] 本実施形態によれば、ロボットアーム2 Aに物体S Tを把持させる際に、自律制御によって把持部2 6を動作させる。したがって、随意制御によって把持部2 6を動作させる場合と比べて、ロボットアーム2 Aによって物体S Tをより精度よく把持することができる。

[0154] 続いて、図2～図9を参照して、重み変更条件D 1 3を説明する。ロボット制御システム1 0 0 Aにおいて、重み変更条件D 1 3は、評価関数に基づいて調整される。評価関数は、ロボット制御システム1 0 0 A(制御システム1 0 0)の訓練時に取得された制御性能と操作感とをパラメータとして含む。制御性能は、ロボット制御システム1 0 0 A(制御システム1 0 0)の訓練時にロボットアーム2 A(操作対象2)を操作する作業者が意図した行動と、ロボットアーム2 A(操作対象2)の実際の行動とのずれ量を反映した値を示す。また、操作感は、作業者が評価したロボットアーム2 A(操作対象2)の操作のし易さを反映した値を示す。

[0155] 例えば、評価関数として、以下の式(2 0)を用いて、重み変更条件D 1 3を調整してもよい。

$$\text{評価関数} = a \cdot f(\text{操作感}) - b \cdot g(\text{誤差}) \quad \cdots (20)$$

[0156] 式(20)において、「f(操作感)」は、操作感をパラメータとして含む関数である。「g(誤差)」は、ロボットアーム2A(操作対象2)を操作する作業者が意図した行動と、ロボットアーム2A(操作対象2)の実際の行動とのずれ量(誤差)をパラメータとして含む関数である。例えば、「f(操作感)」は、操作感の値が大きいほど、値が大きくなる関数であってもよい。「g(誤差)」は、ずれ量(誤差)が大きいほど、値が大きくなる関数であってもよい。係数「a」及び「b」は、作業者によって任意に決定されてもよい。

[0157] なお、係数「a」及び「b」は、以下の式(21)及び式(22)に基づいて決定されてもよい。式(21)及び式(22)に含まれる「t」は、作業者によって任意に決定されてもよい。

$$a = t \quad \cdots (21)$$

$$b = 1 - t \quad \cdots (22)$$

[0158] 具体的には、ロボット制御システム100A(制御システム100)の訓練は、随意制御の訓練を示す。随意制御の訓練は、第1機械学習モデルD1の訓練後に行われる。詳しくは、ロボット制御システム100A(制御システム100)の訓練時に、作業者は、脳波検出デバイス6に作業者の脳波を検出させ、意図検出部5A(意図検出部5)に作業者の意図を検出させて、制御部4A(制御部4)に、作業者の意図に基づいてロボットアーム2A(操作対象2)を動作させる。換言すると、ロボット制御システム100A(制御システム100)の訓練時に、制御部4A(制御部4)は、随意制御によってロボットアーム2A(操作対象2)を制御する。つまり、制御部4A(制御部4)は、意図動作に基づいてロボットアーム2A(操作対象2)を動作させる。

[0159] 作業者は、ロボット制御システム100A(制御システム100)の訓練時に、作業者が意図したロボットアーム2A(操作対象2)の動作と、ロボットアーム2A(操作対象2)の実際の動作との差(誤差)を求める。そして、作業者は、作業者が意図したロボットアーム2A(操作対象2)の動作

と、ロボットアーム 2 A（操作対象 2）の実際の動作との差（誤差）が小さくなるように、入力部 4 c を操作して重み変更条件 D 1 3 を調整する。つまり、作業者は、誤差が小さくなるように、重み  $W_p$  の変更条件を調整する。

[0160] また、作業者は、ロボット制御システム 1 0 0 A（制御システム 1 0 0）の訓練時に、ロボットアーム 2 A（操作対象 2）の操作のし易さ（操作感）を、5 段階評価などの段階評価によって評価する。あるいは、作業者は、視覚連続尺度（ビジュアルアナログスケール）を用いて、ロボットアーム 2 A（操作対象 2）の操作のし易さ（操作感）を評価してもよい。そして、作業者は、評価が高くなるように、入力部 4 c を操作して重み変更条件 D 1 3 を調整する。つまり、作業者は、評価が高くなるように、重み  $W_p$  の変更条件を調整する。

[0161] 詳しくは、作業者は、式（20）を参照して、評価関数の値が可及的に大きくなるように、入力部 4 c を操作して重み変更条件 D 1 3（重み  $W_p$  の変更条件）を調整する。換言すると、作業者は、評価関数の値が局所的な最適解となるように重み変更条件 D 1 3（重み  $W_p$  の変更条件）を調整する。

[0162] 以上、図 2 ～図 1 0 を参照して、本実施形態の制御システム 1 0 0 の一例であるロボット制御システム 1 0 0 A を説明した。本実施形態によれば、随意制御と自律制御とを調和させることができる。その結果、ロボットアーム 2 A（操作対象 2）の動作がユーザ P の意図と異なる動作になり難くなる。例えば、ロボットアーム 2 A に物体 S T を把持させる場合、手首部 2 5 が物体 S T から遠いほど重み  $W_p$  の値が大きいため、随意制御が支配的となり、ロボットアーム 2 A は、ユーザ P の意図したように動作する。そして、手首部 2 5 が物体 S T に近付くほど重み  $W_p$  の値が小さくなり、随意制御の割合が徐々に小さくなる。この段階でも、随意制御の割合は 0 ではないため、ロボットアーム 2 A（操作対象 2）の動作がユーザ P の意図から外れた場合、ユーザ P は脳波によりロボットアーム 2 A（操作対象 2）の動作を修正することができる。特に、本実施形態によれば、重み  $W_p$  にユーザ P の意図を反映させることができる。したがって、ユーザ P の脳波によりロボットアーム

２Ａ（操作対象２）の動作をより確実に修正することができる。把持部２６が物体ＳＴの近傍（例えば、物体ＳＴから３０ｃｍの範囲内）まで移動すると、自律制御が支配的になる。その結果、ロボットアーム２Ａをより高精度に制御して、ロボットアーム２Ａに物体ＳＴを把持させることができる。

[0163] また、本実施形態によれば、制御性能及び操作感に基づいて、評価関数が可及的に大きくなるように重み $W_p$ の変更条件を調整することができる。この結果、ユーザＰの意図により近い行動をロボットアーム２Ａ（操作対象２）に行わせることと、ユーザＰによる操作のし易さとを調和させることができる。よって、ロボット制御システム１００Ａ（制御システム１００）の利便性が向上する。

[0164] なお、図２～図１０を参照して説明したロボット制御システム１００Ａでは、第１処理部５２が多変量解析により脳波からユーザＰの意図を取得したが、第１処理部５２は、脳波信号を画像化して、画像認識によりユーザＰの意図を取得してもよい。具体的には、第１記憶部５１が、脳波の画像からユーザＰの意図を推定するように訓練された画像認識用の機械学習モデルを記憶し、第１処理部５２が、画像認識用の機械学習モデルに脳波の画像を入力することで、ユーザＰの意図を取得してもよい。

[0165] [コミュニケーションシステム１００Ｂ]

続いて図１１～図２４参照して、本実施形態の制御システム１００の一例であるコミュニケーションシステム１００Ｂを説明する。但し、図１～図１０を参照して説明した事項と異なる事項を説明し、図１～図１０を参照して説明した事項と同じ事項についての説明は適宜割愛する。

[0166] 図１１は、本実施形態の制御システム１００の一例であるコミュニケーションシステム１００Ｂの構成を示すブロック図である。図１２は、コミュニケーションシステム１００Ｂによって制御される２次元アバター２Ｂを示す図である。コミュニケーションシステム１００Ｂの操作対象２は、２次元アバター２Ｂである。コミュニケーションシステム１００Ｂは、２次元アバター２Ｂ（操作対象２）の行動を制御する。コミュニケーションシステム１０

０Ｂにより制御される２次元アバター２Ｂ（操作対象２）の行動には、２次元アバター２Ｂによる発話と、２次元アバター２Ｂによるボディーランゲージとが含まれる。

[0167] 図１１に示すように、コミュニケーションシステム１００Ｂは、２次元アバター２Ｂと、検出部３Ｂと、制御部４Ｂと、意図検出部５Ｂと、脳波検出デバイス６とを備える。

[0168] コミュニケーションシステム１００Ｂは、ユーザＰの脳波に基づいて２次元アバター２Ｂの発話内容を制御する機能を有する。つまり、コミュニケーションシステム１００Ｂは、随意制御を行う。具体的には、コミュニケーションシステム１００Ｂは、ＢＭＩを含んでもよい。ここで、ユーザＰは、２次元アバター２Ｂを操作する操作者である。

[0169] また、コミュニケーションシステム１００Ｂは、２次元アバター２Ｂの発話内容の候補を自律的に生成する機能を有する。つまり、コミュニケーションシステム１００Ｂは、自律制御を行う。図１１～図２４を参照して説明するコミュニケーションシステム１００Ｂは、更に、２次元アバター２Ｂのボディーランゲージを自律的に決定する機能を有する。

[0170] 検出部３Ｂは、２次元アバター２Ｂの自律制御に係わる検出対象を検出する。具体的には、検出部３Ｂは、撮像デバイス３１Ｂと、集音器３２Ｂとを有する。

[0171] 撮像デバイス３１Ｂは、２次元アバター２Ｂの発話の相手である発話相手の顔を撮像する。撮像デバイス３１Ｂは、例えば、ビデオカメラ又はウェブカメラを含んでもよい。図１１～図２４を参照して説明するコミュニケーションシステム１００Ｂにおいて、操作対象２（２次元アバター２Ｂ）の自律制御に係わる検出対象には、発話相手の表情が含まれる。

[0172] 撮像デバイス３１Ｂは、撮像した動画像（撮像データ）を制御部４Ｂへ送信する。具体的には、撮像デバイス３１Ｂは、発話相手の顔を映した撮像データ（動画像）を制御部４Ｂへ送信する。

[0173] 集音器３２Ｂは、音声を集音して音声データを生成する。集音器３２Ｂは

、例えば、マイクロフォンを有する。具体的には、集音器 3 2 B は、2 次元アバター 2 B の発話相手から発せられた音声を集音する。換言すると、集音器 3 2 B は、発話相手による発話を検出する。図 1 1 ～図 2 4 を参照して説明するコミュニケーションシステム 1 0 0 B において、操作対象 2 （2 次元アバター 2 B）の自律制御に係わる検出対象には、発話相手による発話が含まれる。

[0174] 集音器 3 2 B は、音声データを制御部 4 B へ送信する。音声データは、集音器 3 2 B により集音された音声を示す。具体的には、音声データは、発話相手による発話を示す。

[0175] なお、検出部 3 B（撮像デバイス 3 1 B 及び集音器 3 2 B）と制御部 4 B とは通信を行ってもよい。例えば、検出部 3 B（撮像デバイス 3 1 B 及び集音器 3 2 B）と制御部 4 B とは、L A N 又は無線 L A N を介して通信を行ってもよい。あるいは、検出部 3 B（撮像デバイス 3 1 B 及び集音器 3 2 B）と制御部 4 B とは、インターネット回線のような公衆の回線網を介して通信を行ってもよい。

[0176] 制御部 4 B は、撮像デバイス 3 1 B の出力と、集音器 3 2 B の出力と、意図検出部 5 B の出力とに基づいて、2 次元アバター 2 B による発話を制御する。具体的には、制御部 4 B は、2 次元アバター 2 B に次に発話させる内容を決定する。2 次元アバター 2 B の次の発話は、「操作対象 2 の次の行動」の一例である。

[0177] 詳しくは、制御部 4 B は、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の候補を示す文章 A S E を自律的に生成する（自律制御）。つまり、制御部 4 B は、自律制御により、文章 A S E を生成する。文章 A S E には、空所が含まれる。つまり、制御部 4 B は、自律制御により、空所付きの文章 A S E を生成する。制御部 4 B は、意図検出部 5 B からの入力に基づいて、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の残りの部分（文章 A S E の空所部分の発話内容）を決定する。換言すると、制御部 4 B は、ユーザ P の脳波に基づいて、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の残りの部分を決定する。この結果、2 次元アバタ

ー 2 B の次の発話内容を示す文章 C S E が完成する。制御部 4 B は、完成した文章 C S E に基づいて 2 次元アバター 2 B に発話させる。

[0178] 発話相手の発話内容に基づいて、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の候補（文章 A S E）が複数決定された場合、制御部 4 B は、意図検出部 5 B からの入力に基づいて、複数の候補のうちの一の候補を決定する。つまり、制御部 4 B は、ユーザ P の脳波に基づいて、複数の候補のうちの一の候補を決定する。

[0179] 意図検出部 5 B は、脳波検出デバイス 6 との間で無線通信を行い、脳波検出デバイス 6 からユーザ P の脳波を取得する。そして、意図検出部 5 B は、ユーザ P の脳波に基づいて、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の残りの部分（文章 A S E の空所部分の発話内容）を制御部 4 B に決定させる。この結果、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の一部が随意的に制御される。したがって、2 次元アバター 2 B の次の発話内容に、ユーザ P の意図する内容を含めることができる。

[0180] 発話相手の発話内容に基づいて、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の候補が複数決定された場合、意図検出部 5 B は、ユーザ P の脳波に基づいて、複数の候補のうちの一の候補を制御部 4 B に選択させる。この結果、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の候補が随意的に決定される。

[0181] 制御部 4 B を更に説明する。図 1 1 に示すように、制御部 4 B は、環境認識部 4 1 B と、調和制御部 4 2 B とを含む。環境認識部 4 1 B は、検出部 3 B による検出結果に基づいて、2 次元アバター 2 B の周囲の環境を認識する。詳しくは、環境認識部 4 1 B は、2 次元アバター 2 B の周囲の環境として、発話相手の発話内容の意味と、発話相手の感情とを認識する。具体的には、環境認識部 4 1 B は、音声処理部 4 1 1 と、意味判定部 4 1 2 と、第 1 感情判定部 4 1 3 とを含む。

[0182] 音声処理部 4 1 1 は、集音器 3 2 B から受信した音声データに基づいて、発話相手の発話内容を抽出する。意味判定部 4 1 2 は、音声処理部 4 1 1 により抽出された発話内容の意味を特定する。

- [0183] 更に、意味判定部412は、発話相手の発話内容の意味に基づいて、発話相手の発話内容に対する返事に、任意に入力すべき内容が含まれるか否かを判定する。
- [0184] 第1感情判定部413は、撮像デバイス31Bから受信した撮像データ（発話相手の顔を映した動画像）を解析して、発話相手の表情から発話相手の感情を判定する。例えば、第1感情判定部413は、発話相手の表情から、発話相手が穏やかであるか、困っているか、怒っているか等を判定してもよい。
- [0185] 調和制御部42Bは、撮像デバイス31Bの出力（撮像データ）と、集音器32Bの出力（音声データ）とに基づいて、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補（文章ASE）を自律的に決定する。また、調和制御部42Bは、ユーザPの脳波に基づいて、文章ASEの空所部分の発話内容（2次元アバター2Bの次の発話内容の一部）を随意的に決定する。そして、調和制御部42Bは、自律制御により決定された発話内容の候補（空所付きの文章ASE）と、随意制御により決定された発話内容の一部（空所部分の発話内容）とを調和させて、文章CSEを完成させ、2次元アバター2Bの発話を制御する。
- [0186] 図11～図24を参照して説明するコミュニケーションシステム100Bにおいて、自律動作決定部44Bは、検出部3Bの出力に基づいて、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補（文章ASE）を自律的に決定する（自律制御）。具体的には、自律動作決定部44Bは、環境認識部41Bの出力に基づいて、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補を自律的に決定する。すなわち、自律動作決定部44Bは、発話相手の発話内容の意味と、発話相手の感情とに基づいて、自律制御により2次元アバター2Bの次の発話内容の候補を生成する。
- [0187] 随意動作決定部43Bは、ユーザPの脳波に基づいて、2次元アバター2Bの次の発話内容の一部を決定する（随意制御）。具体的には、随意動作決定部43Bは、意図検出部5Bからの入力に基づいて、文章ASEの空所部

分の発話内容を決定する。この結果、２次元アバター２Ｂの次の発話内容の一部が随意的に決定される。更に、随意動作決定部４３Ｂは、ユーザＰの脳波に基づいて、複数の発話内容の候補のうちの一の候補を決定（選択）する（随意制御）。具体的には、随意動作決定部４３Ｂは、意図検出部５Ｂからの入力に基づいて、複数の発話内容の候補のうちの一の候補を決定（選択）する。

[0188] 重み決定部４５Ｂは、環境認識部４１Ｂの出力に基づいて、随意制御に対する重みと、自律制御に対する重みとを決定する。すなわち、重み決定部４５Ｂは、環境認識部４１Ｂにより認識された発話相手の発話内容の意味と、発話相手の感情とに基づいて、随意制御に対する重みと、自律制御に対する重みとを決定する。以下、随意制御に対する重みを、「第１重み」と記載する場合がある。同様に、自律制御に対する重みを、「第２重み」と記載する場合がある。

[0189] 第１重みにより、随意制御による２次元アバター２Ｂの次の発話内容の割合が決定される。また、第２重みにより、自律制御による２次元アバター２Ｂの次の発話内容の割合が決定される。具体的には、第１重みにより、２次元アバター２Ｂの次の発話内容のうち、随意制御により生成する部分の文字数の割合が決定される。例えば、第１重みにより、文章ＡＳＥに含まれる空所の数が決定される。また、第２重みにより、２次元アバター２Ｂの次の発話内容のうち、自律制御により生成する部分の文字数の割合が決定される。例えば、第２重みにより、文章ＡＳＥのうちの空所以外の部分の文字数が決定される。

[0190] 重み決定部４５Ｂは、発話相手の発話内容の意味に応じて第１重み及び第２重みの各値を動的に変化させる。具体的には、重み決定部４５Ｂは、発話相手の発話に対する返事において、推定できる部分の割合が大きくなるほど、第１重みを小さくし、第２重みを大きくしてもよい。

[0191] 以下、随意制御により決定される発話内容を、「随意制御による発話部分」と記載する場合がある。同様に、自律制御により決定される発話内容を、

「自律制御による発話部分」と記載する場合がある。

[0192] 図 1 1 ～図 2 4 を参照して説明するコミュニケーションシステム 1 0 0 B において、重み決定部 4 5 B は更に、意図検出部 5 B の出力に基づいて、随意制御による発話部分（文章 A S E の空所部分の発話内容）の作成中に第 1 重み及び第 2 重みの各値を動的に変化させる。詳しくは、重み決定部 4 5 B は、意図検出部 5 B の出力によって随意制御による発話部分の一部（文章 A S E の空所の一部の発話内容）が決定される場合に、第 1 重み及び第 2 重みの各値を動的に変化させる。具体的には、重み決定部 4 5 B は、文章 A S E の空所の一部の発話内容が決定されると、第 1 重みを小さくし、第 2 重みを大きくする。この結果、新たな空所付きの文章 A S E が生成される。新たな文章 A S E では、自律制御による発話部分の量が増加し、空所の数が増加している。

[0193] 指示部 4 6 B は、2 次元アバター 2 B に対して次の行動を指示する。具体的には、指示部 4 6 B は、随意制御による発話部分と、自律制御による発話部分とを調和させて、2 次元アバター 2 B に次の発話内容を指示する。詳しくは、指示部 4 6 B は、自律制御により生成された文章 A S E の空所部分に、随意制御による発話部分を示す文字を組み込んで、2 次元アバター 2 B の次の発話内容を示す文章 C S E を生成する。そして、指示部 4 6 B は、完成した文章 C S E に基づいて 2 次元アバター 2 B に発話させる。この結果、指示部 4 6 B が 2 次元アバター 2 B に対して指示する行動は、第 1 重み及び第 2 重みによって自律動作と随意動作とが調和された行動となる。つまり、2 次元アバター 2 B の次の発話に対する随意制御と自律制御とが調和される。

[0194] なお、指示部 4 6 B は、2 次元アバター 2 B の次の発話内容として定型文 T S E が決定された場合、定型文 T S E に基づいて、2 次元アバター 2 B に次の発話内容を指示する。つまり、指示部 4 6 B は、2 次元アバター 2 B に定型文 T S E を発話させる。

[0195] 続いて、図 1 3 を参照して、随意動作決定部 4 3 B を説明する。図 1 3 は、コミュニケーションシステム 1 0 0 B に含まれる随意動作決定部 4 3 B を

示す図である。図 1 3 に示すように、随意動作決定部 4 3 B は、文字入力部 4 3 2 と、文章選択部 4 3 4 とを含む。

[0196] 文字入力部 4 3 2 は、意図検出部 5 B の出力に基づいて、文章 A S E の空所部分に入力する文字を決定する。つまり、文字入力部 4 3 2 は、ユーザ P の脳波に基づいて、文章 A S E の空所部分に入力する文字を決定する。

[0197] 文章選択部 4 3 4 は、自律制御により複数の文章 A S E（複数の発話内容の候補）が生成された場合に、意図検出部 5 B の出力に基づいて、複数の文章 A S E のうちの一の文章 A S E を選択（決定）する。また、文章選択部 4 3 4 は、意図検出部 5 B の出力に基づいて、複数の定型文 T S E（複数の発話内容の候補）のうちの一の定型文 T S E を選択（決定）する。

[0198] 続いて、図 1 4 を参照して、自律動作決定部 4 4 B を説明する。図 1 4 は、コミュニケーションシステム 1 0 0 B に含まれる自律動作決定部 4 4 B を示す図である。図 1 4 に示すように、自律動作決定部 4 4 B は、文章予測部 4 4 2 と、第 2 感情判定部 4 4 4 と、ボディーランゲージ決定部 4 4 6 とを含む。

[0199] 文章予測部 4 4 2 は、環境認識部 4 1 B の出力に基づいて、自律制御による発話部分を決定する。具体的には、文章予測部 4 4 2 は、発話相手の発話内容の意味と、発話相手の表情（感情）とに基づいて、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の候補を自律的に決定する。

[0200] 詳しくは、文章予測部 4 4 2 は、図 1 1 に示す意味判定部 4 1 2 により判定された発話相手の発話内容の意味と、図 1 1 に示す第 1 感情判定部 4 1 3 により判定された発話相手の感情とに基づいて、自律制御により、2 次元アバター 2 B の次の発話内容（自律制御による発話部分）を決定する。

[0201] より詳しくは、文章予測部 4 4 2 は、発話相手の発話内容の意味と、発話相手の感情と、重み決定部 4 5 B により決定される第 1 重み及び第 2 重みに基づいて、2 次元アバター 2 B の次の発話内容の候補を示す文章 A S E を少なくとも 1 つ決定する。既に説明したように、自律制御により生成される発話内容を示す文章 A S E には、空所が含まれる。換言すると、文章予測部

4 4 2 は、空所付きの文章 A S E を生成する。空所は、随意制御による発話内容が組み込まれる部分である。具体的には、文章予測部 4 4 2 は、第 1 重みと第 2 重みとに基づいて、空所部分（随意制御による発話部分）の割合と、自律的に文字を生成する部分（自律制御による発話部分）の割合とを決定し、それらの割合に基づいて、空所付きの文章 A S E を生成する。

[0202] 例えば、第 1 重みの値が第 2 重みの値よりも大きくなると、文章 A S E の全体に占める空所部分の文字数が、自律的に生成する文字数よりも多くなる。逆に、第 1 重みの値が第 2 重みの値よりも小さくなると、文章 A S E の全体に占める空所部分の文字数が、自律的に生成する文字数よりも少なくなる。つまり、第 1 重みの値が大きくなるほど、文章 A S E の全体に占める空所部分の文字数がより多くなる。逆に、第 1 重みの値が小さくなるほど、文章 A S E の全体に占める空所部分の文字数がより少なくなる。

[0203] なお、文章予測部 4 4 2 は、発話相手への返事として予測できない部分を空所にする。更に、文章予測部 4 4 2 は、自律的に生成される各文字に、確からしさを示す値を付与してもよい。ここで、確からしさは、発話相手への返事として適している程度を示す。文章予測部 4 4 2 は、第 1 重み及び第 2 重みに基づいて、確からしさを示す値が低い文字から順に空所にしてもよい。

[0204] 第 2 感情判定部 4 4 4 は、2 次元アバター 2 B の次の発話内容を解析して、ユーザ P の感情を判定する。具体的には、第 2 感情判定部 4 4 4 は、指示部 4 6 B により生成された文章 C S E、又は随意制御により決定された定型文 T S E を解析してユーザ P の感情を判定する。

[0205] ボディーランゲージ決定部 4 4 6 は、2 次元アバター 2 B のボディーランゲージを決定する。具体的には、ボディーランゲージ決定部 4 4 6 は、第 2 感情判定部 4 4 4 により判定されたユーザ P の感情に応じて、2 次元アバター 2 B のボディーランゲージを決定する。例えば、ボディーランゲージ決定部 4 4 6 は、ユーザ P が発話相手に穏やかに返事をしているのか、発話相手の発話内容に対して困っているのか、発話相手の発話内容に対して怒ってい

るのかを判定してもよい。ボディーランゲージ決定部４４６は、ユーザＰが発話相手に穏やかに返事をしているのか、発話相手の発話内容に対して困っているのか、発話相手の発話内容に対して怒っているのか等に応じて、異なるボディーランゲージを決定する。

[0206] 指示部４６Ｂは、ボディーランゲージ決定部４４６により決定されたボディーランゲージに基づいて、２次元アバター２Ｂのボディーランゲージを制御する。

[0207] 続いて、図１２及び図１５を参照して、コミュニケーションシステム１００Ｂに含まれるアバターシステム７を説明する。図１５は、コミュニケーションシステム１００Ｂに含まれるアバターシステム７を示す図である。図１５に示すように、コミュニケーションシステム１００Ｂは、アバターシステム７を更に備える。アバターシステム７は、２次元アバター２Ｂを表示して、２次元アバター２Ｂに発話させるシステムである。アバターシステム７は、通信部７１と、アバター表示部７２と、音声出力部７３と、記憶部７４と、システム処理部７５とを有する。

[0208] 通信部７１は、システム処理部７５によって制御されて、制御部４Ｂとの間で通信を行う。具体的には、通信部７１は、２次元アバター２Ｂに発話させる内容を示すデータを制御部４Ｂから受信する。詳しくは、通信部７１は、調和制御部４２Ｂにより生成された文章ＣＳＥを示すデータ、又は調和制御部４２Ｂにより決定された定型文ＴＳＥを示すデータを受信する。文章ＣＳＥ及び定型文ＴＳＥは、２次元アバター２Ｂの次の発話内容を示す。通信部７１は、更に、ボディーランゲージを示すデータを制御部４Ｂから受信する。通信部７１は、例えばＬＡＮ又は無線ＬＡＮを介して、制御部４Ｂとの間で通信を行ってもよい。あるいは、通信部７１は、インターネット回線のような公衆の回線網を介して、制御部４Ｂとの間で通信を行ってもよい。通信部７１は、例えば、ＬＡＮボード又はＬＡＮモジュールを含んでもよい。

[0209] アバター表示部７２は、システム処理部７５によって制御されて、２次元アバター２Ｂを表示する（図１２参照）。アバター表示部７２は、例えば、

液晶ディスプレイ又は有機EL（electroluminescence）ディスプレイを含む。システム処理部75は、2次元アバター2Bの画像を生成して、アバター表示部72に2次元アバター2Bを表示させる。

[0210] 音声出力部73は、システム処理部75によって制御されて、音声を出力する。具体的には、システム処理部75は、制御部4Bから受信したデータに基づいて、2次元アバター2Bの次の発話を音声出力部73から出力させる。詳しくは、システム処理部75は、文章CSE又は定型文TSEを示すデータから音声データを生成して、音声出力部73から音声を出力させる。この結果、2次元アバター2Bが発話する。音声出力部73は、例えば、スピーカを有する。

[0211] システム処理部75は、2次元アバター2Bの次の発話時に、図14を参照して説明したボディーランゲージ決定部446により決定されたボディーランゲージを2次元アバター2Bに行わせる。具体的には、システム処理部75は、図14を参照して説明したボディーランゲージ決定部446により決定されたボディーランゲージを行う2次元アバター2Bの画像を生成する。

[0212] 記憶部74は、各種コンピュータプログラム及び各種データを記憶する。記憶部74は、例えば、半導体メモリを有する。半導体メモリは、例えば、RAM及びROMを含む。半導体メモリは、フラッシュメモリ、EPROM、又はEEPROMを含んでもよく、VRAMを含んでもよい。記憶部74は、HDD又はSSDを含んでもよく、リムーバブルメディアを含んでもよい。

[0213] システム処理部75は、記憶部74に記憶されたコンピュータプログラムを実行することによって、アバターシステム7の各部の動作を制御する。システム処理部75は、例えばCPU又はMPUを含み得る。システム処理部75は、GPUを更に含んでもよい。

[0214] 続いて、図16を参照して、コミュニケーションシステム100Bに含まれる意図検出部5Bを説明する。図16は、コミュニケーションシステム1

00Bに含まれる意図検出部5Bの構成を示すブロック図である。図16に示すように、意図検出部5Bは、図7を参照して説明した意図検出部5Aと同様に、第1記憶部51と、第1処理部52と、無線通信部53とを有する。

[0215] 図11～図24を参照して説明するコミュニケーションシステム100Bでは、第1記憶部51が、第1機械学習モデルD2を記憶する。第1機械学習モデルD2は、脳波を解析してユーザPの意図を推定するコンピュータプログラムである。具体的には、第1機械学習モデルD2は、脳波を解析して、制御部4Bに対する入力を推定するように訓練されている。第1処理部52は、第1機械学習モデルD2によって推定された入力内容を示すデータを制御部4Bへ出力する。

[0216] なお、第1処理部52は、図7を参照して説明した第1処理部52と同様に、脳波を示す電気信号に対してバンドパスフィルタ処理を行い、バンドパスフィルタ処理後の脳波のデータを第1機械学習モデルD2に入力する。

[0217] 第1機械学習モデルD2は、サポートベクター回帰による分析を行ってもよい。但し、第1機械学習モデルD2を構築するための機械学習アルゴリズムは、サポートベクター回帰に限定されない。第1機械学習モデルD2を構築するための機械学習アルゴリズムは、例えば、決定木、最近傍法、単純ベイズ分類器、又は、ニューラルネットワークであってもよい。機械学習に、誤差逆伝搬法が利用されてもよい。

[0218] 続いて、図17及び図18を参照して、コミュニケーションシステム100Bに含まれる制御部4Bを説明する。図17は、コミュニケーションシステム100Bに含まれる制御部4Bのハードウェアを示すブロック図である。図17に示すように、制御部4Bは、第2記憶部81と、表示部82と、通信部84と、第2処理部85とを有する。図18は、コミュニケーションシステム100Bに含まれる制御部4Bの第2記憶部81に記憶されるコンピュータプログラム及びデータを示す図である。制御部4Bは、例えば、パーソナルコンピュータであってもよい。

- [0219] 第2記憶部81は、各種コンピュータプログラム及び各種データを記憶する。第2記憶部81は、例えば、半導体メモリを有する。半導体メモリは、例えば、RAM及びROMを含む。半導体メモリは、フラッシュメモリ、EEPROM、又はEEPROMを含んでもよく、VRAMを含んでもよい。第2記憶部81は、HDD又はSSDを更に含んでもよく、リムーバブルメディアを含んでもよい。
- [0220] 表示部82は、第2処理部85によって制御されて各種の画面GAを表示する。表示部82は、例えば、液晶ディスプレイ又は有機ELディスプレイを含む。各種の画面GAは、図19～図23を参照して説明する第1画面GA1～第6画面GA6を含む。
- [0221] 通信部84は、第2処理部85によって制御されて、アバターシステム7の通信部71（図15参照）との間で通信を行う。通信部84は、2次元アバター2Bの次の発話内容を示す文章データをアバターシステム7へ送信する。また、通信部84は、2次元アバター2Bの次の発話時に2次元アバター2Bに行わせるボディーランゲージを示すデータをアバターシステム7へ送信する。通信部84は、例えば、LANボード又はLANモジュールを含んでもよい。
- [0222] 第2処理部85は、第2記憶部81に記憶されたコンピュータプログラムを実行することによって、数値計算や情報処理のような様々な処理を行う。第2処理部85は、例えばCPU又はMPUを含み得る。第2処理部85は、GPUを更に含んでもよいし、NPUを更に含んでもよい。あるいは、第2処理部85は、量子コンピュータを含んでもよい。
- [0223] 具体的には、第2処理部85は、第2記憶部81に記憶されたコンピュータプログラムを実行することによって、図11、図13、及び図14を参照して説明した音声処理部411、意味判定部412、第1感情判定部413、重み決定部45B、指示部46B、文字入力部432、文章選択部434、文章予測部442、第2感情判定部444、及びボディーランゲージ決定部446として機能する。詳しくは、図18に示すように、第2記憶部81

は、第2機械学習モデルD21～第7機械学習モデルD26を記憶する。

[0224] 第2機械学習モデルD21は、音声データを解析して発話内容を抽出するように訓練されている。例えば、第2機械学習モデルD21は、音声データを多次元ベクトルに変換するように訓練されてもよい。第2処理部85は、音声処理部411として機能する際に、検出部3B（集音器32B）から受信した音声データ（発話相手の音声）を第2機械学習モデルD21に入力する。この結果、発話相手の発話内容を示すデータが第2機械学習モデルD21から第2処理部85に出力される。

[0225] 第3機械学習モデルD22は、発話相手の発話内容の意味を判定するように訓練されている。例えば、第3機械学習モデルD22は、多次元ベクトルから意味を判定するように訓練されてもよい。更に、第3機械学習モデルD22は、発話相手の発話内容の意味から、発話相手の発話内容に対して定型文TSEによる返事が可能か否かを判定するように訓練されている。例えば、第3機械学習モデルD22の訓練時には、想定される発話相手の発話内容の意味と、定型文TSEにより返事が可能か否かを示すデータとが使用されてもよい。つまり、第3機械学習モデルD22の訓練データには、想定される発話相手の発話内容の意味と、定型文TSEにより返事が可能か否かを示すデータとを組み合わせたデータが含まれてもよい。

[0226] 第2処理部85は、意味判定部412として機能する際に、第2機械学習モデルD21により抽出された発話内容を示すデータを第3機械学習モデルD22に入力する。この結果、発話相手の発話内容の意味を示すデータと、発話相手の発話内容に対して定型文TSEにより返事が可能か否かを示す判定結果とが第3機械学習モデルD22から第2処理部85に出力される。

[0227] 第4機械学習モデルD23は、撮像データを解析して発話相手の表情から発話相手の感情を判定するように訓練されている。第2処理部85は、第1感情判定部413として機能する際に、検出部3B（撮像デバイス31B）から受信した撮像データ（発話相手の顔を映した動画像）を第4機械学習モデルD23に入力する。この結果、発話相手の感情を示すデータが第4機械

学習モデルD 2 3 から第2 処理部8 5 に出力される。

[0228] 第5 機械学習モデルD 2 4 は、発話相手の発話内容の意味と、発話相手の感情とを解析して第1 重み及び第2 重みの各値を決定するように訓練されている。例えば、想定される発話相手の発話内容の意味と、想定される発話相手の感情と、発話相手への返事として想定される発話内容の文字数と、その返事の発話内容において任意に入力すべき文字の数とに基づいて、第5 機械学習モデルD 2 4 の訓練時に使用する訓練データを作成してもよい。

[0229] 第2 処理部8 5 は、重み決定部4 5 Bとして機能する際に、第3 機械学習モデルD 2 2 により判定された発話内容の意味を示すデータと、第4 機械学習モデルD 2 3 により判定された発話相手の感情を示すデータとを第5 機械学習モデルD 2 4 に入力する。この結果、第1 重み及び第2 重みの各値を示すデータが第5 機械学習モデルD 2 4 から第2 処理部8 5 に出力される。

[0230] 更に、第5 機械学習モデルD 2 4 は、意図検出部5 Bから入力されるデータが文章A S E の空所の一部の発話内容を決定することを示す場合に、第1 重みを小さくし、第2 重みを大きくするように訓練されている。第2 処理部8 5 は、随意制御による発話部分（文章A S E の空所部分の発話内容）の作成中に、意図検出部5 Bから入力されるデータを第5 機械学習モデルD 2 4 に入力する。この結果、第1 重み及び第2 重みの各値が動的に変化する。

[0231] なお、第5 機械学習モデルD 2 4 は、発話相手の発話内容の意味と、発話相手の感情とを解析して第1 重みの値を決定するように訓練されてもよい。この場合、第2 処理部8 5 は、例えば以下の式（2 3）に基づいて第2 重みの値を決定してもよい。

$$\text{第2 重み} = 1 - \text{第1 重み} \quad \cdots (23)$$

[0232] 第6 機械学習モデルD 2 5 は、発話相手の発話内容の意味及び発話相手の感情から、発話相手に対する返事を予測するように訓練されている。第6 機械学習モデルD 2 5 の訓練時には、想定される発話相手の発話内容の意味と、想定される発話相手の感情と、想定される2次元アバター2 Bの次の発話内容（発話相手に対する返事の内容）と、返事の内容に応じて決定した第1

重み及び第2重みの各値とを組み合わせた訓練データが使用される。

[0233] 第2処理部85は、文章予測部442として機能する際に、第3機械学習モデルD22により判定された発話内容の意味を示すデータと、第4機械学習モデルD23により判定された発話相手の感情を示すデータと、第5機械学習モデルD24により決定された第1重み及び第2重みの各値とを第6機械学習モデルD25に入力する。この結果、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補（文章ASEを示すデータ）が第6機械学習モデルD25から第2処理部85に出力される。

[0234] 第7機械学習モデルD26は、2次元アバター2Bの次の発話内容からユーザPの感情を判定するように訓練されている。第2処理部85は、第2感情判定部444として機能する際に、2次元アバター2Bの次の発話内容を示すデータを第7機械学習モデルD26に入力する。この結果、ユーザPの感情を示すデータが第7機械学習モデルD26から第2処理部85に出力される。

[0235] 第2機械学習モデルD21～第7機械学習モデルD26を構築するための機械学習アルゴリズムは、特に限定されず、例えば、決定木、最近傍法、単純ベイズ分類器、サポートベクターマシン、又は、ニューラルネットワークであってもよい。機械学習に、誤差逆伝搬法が利用されてもよい。なお、第2機械学習モデルD21を構築するための機械学習アルゴリズムは、Transformerであってもよい。Transformerは、深層学習モデルである。

[0236] 続いて、図17及び図18を参照して制御部4Bを更に説明する。図18に示すように、第2記憶部81は、定型文データD27、及びボディーランゲージデータD28を更に記憶する。

[0237] 定型文データD27は、各種の定型文TSEを示す。具体的には、定型文データD27は、「おはようございます」、「こんにちは」、「こんばんは」、「いらっしゃいませ」、「何をお探しでしょうか」等を示してもよい。第2処理部85は、第3機械学習モデルD22により、発話相手の発話内容

に対して定型文TSEにより返事が可能と判定された場合、定型文データD27を参照して、定型文TSEの一覧を表示部82に表示させる。

[0238] ボディーランゲージデータD28は、各種のボディーランゲージを示す。各種のボディーランゲージには、各種の感情に対応するボディーランゲージが含まれる。例えば、ボディーランゲージデータD28は、発話相手に穏やかに返事をする場合に適したボディーランゲージと、発話相手の発話内容に対して困っている場合に適したボディーランゲージと、発話相手の発話内容に対して怒っている場合に適したボディーランゲージとを示してもよい。第2処理部85は、ボディーランゲージ決定部446として機能する際に、第7機械学習モデルD26からの出力に基づいて、ボディーランゲージデータD28からユーザPの感情を表現しているボディーランゲージを決定する。

[0239] 続いて、図17～図19を参照して、ユーザPが2次元アバター2Bを制御する際のコミュニケーションシステム100Bの動作を説明する。図19(a)～図19(c)は、定型文TSEを用いて2次元アバター2Bに発話させる際に表示部82に表示される画面GAを示す図である。詳しくは、図19(a)及び図19(b)は、定型文TSEを選択する際に表示部82に表示される画面GAを示す。図19(c)は、2次元アバター2Bの次の発話内容を確定するか否かを決定する際に表示部82に表示される画面GAを示す。

[0240] 図19(a)に示すように、定型文TSEを用いて2次元アバター2Bに発話させる際に、第2処理部85は、定型文データD27を参照して、定型文TSEの一覧を示す画面GA(第1画面GA1)を表示部82に表示させる。図19(a)は、5つの定型文TSE1～TSE5が縦方向に並ぶ第1画面GA1を例示している。なお、「x」は、文字を示している。

[0241] 第2処理部85は更に、第1カーソルCA1を第1画面GA1に表示させる。第1カーソルCA1は、文章を選択するカーソルである。第1カーソルCA1は、複数の定型文TSEのうちの一の定型文TSEを囲んでもよい。図19(a)は、5つの定型文TSE1～TSE5のうちの定型文TSE1

を選択している第1カーソルC A 1を例示している。この場合、第1カーソルC A 1は、定型文T S E 1を囲んでもよい。

[0242] 図19(a)及び図19(b)に示すように、第2処理部85は、定型文T S Eが並ぶ方向に第1カーソルC A 1を移動させる。例えば、第2処理部85は、縦方向に第1カーソルC A 1を移動させる。この結果、第1カーソルC A 1によって選択される定型文T S Eが、時間の経過と共に変化する。

[0243] 第1画面G A 1の表示中に、意図検出部5 B(第1処理部5 2)及び制御部4 B(第2処理部8 5)は、ユーザPの脳波に基づいて、複数の定型文T S Eのうちの一の定型文T S Eを選択する。具体的には、ユーザPは、2次元アバター2 Bに発話させたい内容の定型文T S Eが第1カーソルC A 1によって選択されたタイミングで、第1動作を頭で考える。

[0244] 第1動作は、ユーザPの動作を示す。ユーザPが頭で考える第1動作は、脳波から検出できる動作である限り、特に限定されない。例えば、第1動作は、ユーザPが手を挙げる動作、又はユーザPが指を動かす動作であってもよい。第1動作は、任意に決定され得る。意図検出部5 Bの第1記憶部5 1(図16参照)には、第1動作と、第1カーソルC A 1の停止とを関連付けるデータが予め記憶されている。

[0245] 意図検出部5 B(第1処理部5 2)は、ユーザPの脳波が第1動作を示す場合、第1カーソルC A 1の移動を停止させる指令を生成して、制御部4 Bに送信する。この結果、第2処理部8 5が、第1カーソルC A 1を停止させる。図19(c)に示すように、第2処理部8 5は、第1カーソルC A 1を停止させると、第2画面G A 2を表示部8 2に表示させる。

[0246] 第2画面G A 2は、ユーザPの脳波に基づいて選択された定型文T S Eを表示する。第2画面G A 2は更に、第1ボタンS B 1と、第2ボタンS B 2と、第2カーソルC A 2とを表示する。図19(c)は、ユーザPの脳波に基づいて定型文T S E 3が選択された場合を例示している。

[0247] 第1ボタンS B 1は、2次元アバター2 Bの次の発話内容を確認するためのソフトボタンである。第2ボタンS B 2は、定型文T S Eの選択を解除す

るためのソフトボタンである。換言すると、第2ボタンSB2は、キャンセルボタンである。第2カーソルCA2は、第1ボタンSB1及び第2ボタンSB2のうちの一方を囲んでもよい。

[0248] 第2処理部85は、第1ボタンSB1及び第2ボタンSB2が並ぶ方向に第2カーソルCA2を移動させる。この結果、第2カーソルCA2によって選択されるソフトボタンが、第1ボタンSB1と第2ボタンSB2との間で時間の経過と共に変化する。

[0249] 定型文TSEの内容を確定する場合、意図検出部5B（第1処理部52）及び制御部4B（第2処理部85）は、第2画面GA2の表示中に、ユーザPの脳波に基づいて、第1ボタンSB1を押下する。

[0250] 具体的には、ユーザPは、2次元アバター2Bの次の発話内容を、第2画面GA2に表示されている定型文TSEの内容で確定させる場合、第2カーソルCA2によって第1ボタンSB1が選択されているタイミングで、第2動作を頭で考える。

[0251] 第2動作は、ユーザPの動作を示す。ユーザPが頭で考える第2動作は、脳波から検出できる動作である限り、特に限定されない。第2動作は、任意に決定され得る。第2動作は、第1動作と同じ動作であってもよいし、第1動作と異なる動作であってもよい。

[0252] 意図検出部5Bの第1記憶部51（図16参照）には、第2動作と、第2カーソルCA2の停止とを関連付けるデータが予め記憶されている。意図検出部5B（第1処理部52）は、ユーザPの脳波が第2動作を示す場合、第2カーソルCA2の移動を停止させる指令を生成して、制御部4Bに送信する。この結果、第2処理部85が、第1ボタンSB1を押下して、定型文TSEの内容を確定する。つまり、第2処理部85は、第2カーソルCA2によって選択されているソフトボタンを押下する。

[0253] 定型文TSEの選択をキャンセルする場合、意図検出部5B（第1処理部52）及び制御部4B（第2処理部85）は、第2画面GA2の表示中に、ユーザPの脳波に基づいて、第2ボタンSB2を押下する。

- [0254] 具体的には、ユーザPは、2次元アバター2Bの次の発話内容を、第2画面GA2に表示されている定型文TSEの内容とは異なる内容に変更する場合、第2カーソルCA2によって第2ボタンSB2が選択されているタイミングで、第2動作を頭で考える。この結果、第2処理部85が、第2ボタンSB2を押下して、定型文TSEの選択を解除する。第2処理部85は、第2ボタンSB2を押下すると、表示部82に第1画面GA1を再度表示させる。
- [0255] 続いて、図17、図18、及び図20～図23を参照して、随意制御と自律制御とによって2次元アバター2Bの次の発話内容を確定する際のコミュニケーションシステム100Bの動作を説明する。図20(a)～図20(c)は、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補（複数の文章ASE）のうちから一の候補を選択する際に表示部82に表示される画面GAを示す図である。図21(a)、図21(b)、図22(a)、及び図22(b)は、ユーザPが任意の文字を入力する際に表示部82に表示される画面GAを示す図である。図23は、2次元アバター2Bの次の発話内容を確定するかどうかを決定する際に表示部82に表示される画面GAを示す図である。
- [0256] 図20(a)に示すように、第2処理部85は、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補（複数の文章ASE）を自律的に生成すると、発話内容の候補（文章ASE）の一覧を示す画面GA（第3画面GA3）を表示部82に表示させる。図20(a)は、5つの候補（文章ASE11～文章ASE15）が縦方向に並ぶ第3画面GA3を例示している。既に説明したように、文章ASEには空所が含まれる。図20(a)～図20(c)において、「○」で示す部分が空所である。なお、「x」は、文字を示している。
- [0257] 第2処理部85は更に、第1カーソルCA1を第3画面GA3に表示させる。第3画面GA3中の第1カーソルCA1は、発話内容の候補（文章ASE）を選択する。第1カーソルCA1は、複数の候補（文章ASE）のうちの一の候補（文章ASE）を囲んでもよい。
- [0258] 図20(a)及び図20(b)に示すように、第2処理部85は、発話内

容の候補（文章A S E）が並ぶ方向に第1カーソルC A 1を移動させる。この結果、第1カーソルC A 1によって選択される候補（文章A S E）が、時間の経過と共に変化する。

[0259] ユーザPの脳波に基づいて定型文T S Eを選択する場合と同様に、意図検出部5 B（第1処理部5 2）及び制御部4 B（第2処理部8 5）は、第3画面G A 3の表示中に、ユーザPの脳波に基づいて、複数の候補（文章A S E）のうちの一の候補（文章A S E）を選択する。その結果、図20（c）に示すように、第2処理部8 5が、第4画面G A 4を表示部8 2に表示させる。

[0260] 第4画面G A 4は、第3画面G A 3の表示中にユーザPの脳波に基づいて選択された発話内容の候補（文章A S E）を表示する。第4画面G A 4は更に、図19（c）を参照して説明した第2画面G A 2と同様に、第1ボタンS B 1と、第2ボタンS B 2と、第2カーソルC A 2とを表示する。図20（c）は、ユーザPの脳波に基づいて文章A S E 1 3が選択された場合を例示している。

[0261] 定型文T S Eの場合と同様に、第4画面G A 4の表示中に、ユーザPの脳波に基づいて第1ボタンS B 1が押下されると、発話内容の候補（文章A S E）が確定する。また、第4画面G A 4の表示中に、ユーザPの脳波に基づいて第2ボタンS B 2が押下されると、発話内容の候補（文章A S E）の選択がキャンセルされる。第2処理部8 5は、第2ボタンS B 2を押下すると、表示部8 2に第3画面G A 3を再度表示させる。

[0262] 第2処理部8 5は、発話内容の候補（文章A S E）が確定すると、図21（a）に示すように、第5画面G A 5を表示部8 2に表示させる。第5画面G A 5は、50音表J Sと、第3カーソルC A 3とを表示する。

[0263] 第3カーソルC A 3は、50音表J Sに含まれる複数の行のうちの一の行を選択するカーソルである。第3カーソルC A 3は、50音表J Sに含まれる複数の行のうちの一の行を囲んでもよい。図21（a）は、50音表J Sの「あ行」を選択している第3カーソルC A 3を例示している。この場合、

第3カーソルC A 3は、「あ行」を囲んでもよい。

[0264] 図21(a)及び図21(b)に示すように、第2処理部85は、50音表J Sに含まれる複数の行が並ぶ方向に第3カーソルC A 3を移動させる。例えば、第2処理部85は、横方向に第3カーソルC A 3を移動させる。この結果、第3カーソルC A 3によって選択される行が、時間の経過と共に変化する。

[0265] 第3カーソルC A 3の表示中に、意図検出部5 B(第1処理部5 2)及び制御部4 B(第2処理部8 5)は、ユーザPの脳波に基づいて、50音表J Sに含まれる複数の行のうちの一の行を選択する。例えば、ユーザPは、「な」行を選択する場合、第3カーソルC A 3によって「な」行が選択されたタイミングで、第3動作を頭で考える。

[0266] 第3動作は、ユーザPの動作を示す。ユーザPが頭で考える第3動作は、脳波から検出できる動作である限り、特に限定されない。第3動作は、任意に決定され得る。第3動作は、第1動作又は第2と同じ動作であってもよいし、第1動作及び第2動作と異なる動作であってもよい。

[0267] 意図検出部5 Bの第1記憶部5 1(図16参照)には、第3動作と、第3カーソルC A 3の停止とを関連付けるデータが予め記憶されている。意図検出部5 B(第1処理部5 2)は、ユーザPの脳波が第3動作を示す場合、第3カーソルC A 3の移動を停止させる指令を生成して、制御部4 Bに送信する。この結果、第2処理部8 5が、第3カーソルC A 3を停止させる。

[0268] 図22(a)に示すように、第2処理部8 5は、第3カーソルC A 3を停止させた後、第3カーソルC A 3に替えて、第4カーソルC A 4を第5画面G A 5に表示させる。

[0269] 第4カーソルC A 4は、50音表J Sに含まれる各文字を一文字ずつ選択するカーソルである。第4カーソルC A 4は、50音表J Sに含まれる複数の文字のうちの一の文字を囲んでもよい。図22(a)は、文字「な」を選択している第4カーソルC A 4を例示している。この場合、第4カーソルC A 4は、文字「な」を囲んでもよい。

- [0270] 図22(a)及び図22(b)に示すように、第2処理部85は、50音表JSに含まれる複数の段(列)が並ぶ方向に第4カーソルCA4を移動させる。例えば、第2処理部85は、縦方向に第4カーソルCA4を移動させる。詳しくは、第2処理部85は、ユーザPの脳波に基づいて選択された行に含まれる各文字を順次選択するように第4カーソルCA4を移動させる。例えば、ユーザPの脳波に基づいて「な」行が選択された場合、「な」行に含まれる各文字が、第4カーソルCA4によって順次選択される。
- [0271] 第4カーソルCA4の表示中に、意図検出部5B(第1処理部52)及び制御部4B(第2処理部85)は、ユーザPの脳波に基づいて、50音表JSに含まれる複数の文字のうちの一の文字を選択する。例えば、ユーザPは、「な」行に含まれる文字「ね」を選択する場合、第4カーソルCA4によって文字「ね」が選択されたタイミングで、第4動作を頭で考える。
- [0272] 第4動作は、ユーザPの動作を示す。ユーザPが頭で考える第4動作は、脳波から検出できる動作である限り、特に限定されない。第4動作は、任意に決定され得る。第4動作は、第1動作、第2動作又は第3動作と同じ動作であってもよいし、第1動作、第2動作及び第3動作のいずれとも異なる動作であってもよい。
- [0273] 意図検出部5Bの第1記憶部51(図16参照)には、第4動作と、第4カーソルCA4の停止とを関連付けるデータが予め記憶されている。意図検出部5B(第1処理部52)は、ユーザPの脳波が第4動作を示す場合、第4カーソルCA4の移動を停止させる指令を生成して、制御部4Bに送信する。この結果、第2処理部85が、第4カーソルCA4を停止させる。
- [0274] 第2処理部85は、第4カーソルCA4の停止時に第4カーソルCA4によって選択されている文字を、第4画面GA4(図20(c)参照)において確定した発話内容の候補(文章ASE)の空所に組み込む。以降、意図検出部5B及び制御部4Bは、発話内容の候補(文章ASE)に含まれる空所の全てが文字で埋まるまで、図21(a)～図22(b)を参照して説明した処理を繰り返す。

- [0275] 第2処理部85は、発話内容の候補（文章A S E）に含まれる空所の全てが文字で埋まると、図23に示すように、第6画面G A 6を表示部82に表示させる。第6画面G A 6は、完成した文章C S Eを表示する。第6画面G A 6は更に、図19（c）を参照して説明した第2画面G A 2と同様に、第1ボタンS B 1と、第2ボタンS B 2と、第2カーソルC A 2とを表示する。
- [0276] 定型文T S Eの場合と同様に、第6画面G A 6の表示中に、ユーザPの脳波に基づいて第1ボタンS B 1が押下されると、2次元アバター2 Bの次の発話内容（文章C S E）が確定する。また、第6画面G A 6の表示中に、ユーザPの脳波に基づいて第2ボタンS B 2が押下されると、2次元アバター2 Bの次の発話内容（文章C S E）がキャンセルされる。第2処理部85は、第2ボタンS B 2を押下すると、表示部82に第3画面G A 3（図20（a）参照）を再度表示させる。あるいは、第2処理部85は、第2ボタンS B 2を押下すると、表示部82に第5画面G A 5（図21（a）参照）を再度表示させてもよい。
- [0277] 続いて、図11～図24を参照してコミュニケーションシステム100 Bを説明する。図24は、コミュニケーションシステム100 Bに含まれる意図検出部5 B及び制御部4 Bが実行する処理を示すフローチャートである。図24に示す処理は、発話相手が発話することにより開始する。つまり、図24に示す処理は、集音器32 Bが発話相手の音声（発話）を集音することにより開始する。
- [0278] 制御部4 Bの第2処理部85は、集音器32 Bが音声を検出すると、音声処理部411により、発話相手の発話内容を取得する（ステップS41）。詳しくは、第2処理部85は、集音器32 Bから受信した音声データを第2機械学習モデルD21に入力する。この結果、発話相手の発話内容を示すデータが第2機械学習モデルD21から第2処理部85に出力される。
- [0279] 第2処理部85は、発話相手の発話内容を取得すると、意味判定部412により発話内容の意味を取得する。そして、第2処理部85は、発話内容の

意味から、定型文 T S E による返事が可能か否かを判定する（ステップ S 4 2）。詳しくは、第 2 処理部 8 5 は、第 2 機械学習モデル D 2 1 により抽出された発話内容を示すデータを第 3 機械学習モデル D 2 2 に入力する。この結果、発話相手の発話内容の意味を推定した結果が第 3 機械学習モデル D 2 2 から第 2 処理部 8 5 に出力される。更に、発話相手の発話内容に対して定型文 T S E により返事が可能か否かを示す判定結果が第 3 機械学習モデル D 2 2 から第 2 処理部 8 5 に出力される。

[0280] 定型文 T S E による返事が可能な場合（ステップ S 4 2 の Y e s）、第 2 処理部 8 5 は、図 1 9（a）を参照して説明したように、定型文データ D 2 7 を参照して第 1 画面 G A 1 を表示部 8 2 に表示させる（ステップ S 4 3）。

[0281] 第 1 画面 G A 1 が表示されると、複数の定型文 T S E のうちの一の定型文 T S E が随意制御により選択される（ステップ S 4 4）。詳しくは、図 1 9（a）～図 1 9（c）を参照して説明したように、意図検出部 5 B（第 1 処理部 5 2）及び制御部 4 B（第 2 処理部 8 5）が、ユーザ P の脳波に基づいて、複数の定型文 T S E のうちの一の定型文 T S E を確定する。

[0282] 定型文 T S E が確定すると、第 2 処理部 8 5 は、第 2 感情判定部 4 4 4 により、確定した定型文 T S E からユーザ P の感情を判定する（ステップ S 4 5）。詳しくは、第 2 処理部 8 5 は、2 次元アバター 2 B の次の発話内容を示すデータを第 7 機械学習モデル D 2 6 に入力する。この結果、ユーザ P の感情を示すデータが第 7 機械学習モデル D 2 6 から第 2 処理部 8 5 に出力される。定型文 T S E による返事が可能な場合（ステップ S 4 2 の Y e s）、第 2 処理部 8 5 は、随意制御により確定した定型文 T S E を第 7 機械学習モデル D 2 6 に入力して、ユーザ P の感情を判定する。

[0283] 第 2 処理部 8 5 は、ユーザ P の感情を判定すると、ボディーランゲージデータ D 2 8 を参照して、ユーザ P の感情を表現しているボディーランゲージを決定する（ステップ S 4 6）。

[0284] 第 2 処理部 8 5 は、2 次元アバター 2 B の次の発話内容及びボディーラン

ゲージを決定すると、2次元アバター2Bの次の発話内容を示すデータと、ボディーランゲージを示すデータとを、通信部84を介してアバターシステム7へ送信する（ステップS47）。この結果、図24に示す処理が終了する。

[0285] 一方、定型文TSEによる返事が可能でない場合（ステップS42のNo）、第2処理部85は、第1感情判定部413により、撮像デバイス31Bから受信する動画像に映された発話相手の表情に基づいて発話相手の感情を判定する（ステップS51）。詳しくは、第2処理部85は、撮像デバイス31Bから受信した撮像データ（発話相手の顔を映した動画像）を第4機械学習モデルD23に入力する。この結果、発話相手の感情を示すデータが第4機械学習モデルD23から第2処理部85に出力される。

[0286] 第2処理部85は、発話相手の感情を判定すると、第1重み及び第2重みの各値を算出する（ステップS52）。詳しくは、第2処理部85は、ステップS42において推定した発話内容の意味を示すデータと、ステップS51において判定した発話相手の感情を示すデータとを第5機械学習モデルD24に入力する。この結果、第1重み及び第2重みの各値を示すデータが第5機械学習モデルD24から第2処理部85に出力される。

[0287] 第2処理部85は、第1重み及び第2重みの各値を算出すると、発話相手の発話内容の意味及び発話相手の感情から、発話相手に対する返事を予測して、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補の一覧を表示部82に表示する（ステップS53）。つまり、第2処理部85は、図20（a）を参照して説明したように、第3画面GA3を表示部82に表示させる。

[0288] 詳しくは、第2処理部85は、ステップS42において推定した発話内容の意味を示すデータと、ステップS51において判定した発話相手の感情を示すデータと、ステップS52において算出した第1重み及び第2重みの各値とを第6機械学習モデルD25に入力する。この結果、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補（空所付きの文章ASE）が第6機械学習モデルD25から第2処理部85に出力される。第2処理部85は、第6機械学習モ

デルD 2 5 から出力された発話内容の候補の一覧を表示部 8 2 に表示させる。  
。

[0289] 第3画面GA 3が表示されると、複数の候補（文章ASE）のうちの一の候補が随意制御により選択される（ステップS 5 4）。詳しくは、図2 0（a）～図2 0（c）を参照して説明したように、意図検出部5 B（第1処理部5 2）及び制御部4 B（第2処理部8 5）が、ユーザPの脳波に基づいて、複数の候補のうちの一の候補を確定する。

[0290] 2次元アバター2 Bの次の発話内容の候補が確定すると、随意制御により、発話内容の候補に含まれる空所部分に文字が入力される（ステップS 5 5）。詳しくは、図2 1（a）、図2 1（b）、図2 2（a）、図2 2（b）、及び図2 3を参照して説明したように、意図検出部5 B（第1処理部5 2）及び制御部4 B（第2処理部8 5）が、ユーザPの脳波に基づいて、5 0音表JSから文字を選択して、空所部分に組み込む。この結果、2次元アバター2 Bの次の発話内容が確定する。

[0291] 2次元アバター2 Bの次の発話内容が確定すると、第2処理部8 5は、第2感情判定部4 4 4により、2次元アバター2 Bの次の発話内容（文章CSE）からユーザPの感情を判定する（ステップS 4 5）。

[0292] 第2処理部8 5は、ユーザPの感情を判定すると、ボディーランゲージデータD 2 8を参照して、ユーザPの感情を表現しているボディーランゲージを決定する（ステップS 4 6）。

[0293] 第2処理部8 5は、2次元アバター2 Bの次の発話内容及びボディーランゲージを決定すると、2次元アバター2 Bの次の発話内容を示すデータと、ボディーランゲージを示すデータとを、通信部8 4を介してアバターシステム7へ送信する（ステップS 4 7）。この結果、図2 4に示す処理が終了する。

[0294] 続いて、第5機械学習モデルD 2 4（図1 8参照）について更に説明する。第5機械学習モデルD 2 4は、「変更条件」の一例である。すなわち、第1重み及び第2重みは、第5機械学習モデルD 2 4によって変更される。

- [0295] コミュニケーションシステム100Bにおいて、第5機械学習モデルD24（第1重み及び第2重みの変更条件）は、評価関数に基づいて調整される。第5機械学習モデルD24の調整は、第5機械学習モデルD24を再訓練することを示す。第5機械学習モデルD24の再訓練時に、評価関数に基づいて調整された訓練データが第5機械学習モデルD24に入力される。
- [0296] 既に説明したように、第5機械学習モデルD24の訓練データは、想定される発話相手の発話内容の意味と、想定される発話相手の感情と、発話相手への返事として想定される発話内容の文字数と、その返事の発話内容において任意に入力すべき文字の数とに基づいて作成される。返事の発話内容において任意に入力すべき文字の数は、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補を示す文章ASEに含まれる「空所」の数に相当する。コミュニケーションシステム100Bでは、第5機械学習モデルD24を再訓練する際に、訓練データとして第5機械学習モデルD24に入力する「空所の数」が評価関数に基づいて調整される。評価関数は、コミュニケーションシステム100Bの訓練時に取得された制御性能と操作感とをパラメータとして含む。
- [0297] 制御性能は、コミュニケーションシステム100Bの訓練時に2次元アバター2Bを操作する作業者が予測した空所の数と、文章予測部442（第2処理部85）により決定された発話内容の候補に含まれる空所の数とのずれ量を反映した値を示す。つまり、制御性能は、作業者が予測した次の発話内容に含まれる空所の数と、第3画面GA3に表示される発話内容の候補に含まれる空所の数とのずれ量を反映した値を示す。例えば、制御性能は、作業者が予測した空所の数と実際の空所の数との数の差を示してもよい。
- [0298] 操作感は、作業者が評価した発話内容の操作のし易さを反映した値を示す。操作感は、5段階評価などの段階評価によって評価されてもよい。あるいは、操作感、視覚連続尺度（ビジュアルアナログスケール）を用いて評価されてもよい。例えば、作業者は、実際の空所の数が予測した数と異なる場合に、操作感の評価を低くしてもよい。また、作業者は、実際の空所の数が予測した数と異なるが、実際の空所の数の方が意図した文章を成立させ易い

と感じた場合に、操作感の評価を高くしてもよい。

[0299] 例えば、評価関数として、以下の式（24）を用いて、訓練データに含まれる空所の数が調整されてもよい。

$$\text{評価関数} = a \cdot f(\text{操作感}) - b \cdot g(\text{誤差}) \quad \cdots (24)$$

[0300] 式（24）において、「 $f$ （操作感）」は、操作感をパラメータとして含む関数である。「 $g$ （誤差）」は、作業者が予測した空所の数と実際の空所の数とのずれ量（誤差）をパラメータとして含む関数である。例えば、「 $f$ （操作感）」は、操作感の値が大きいほど、値が大きくなる関数であってもよい。「 $g$ （誤差）」は、ずれ量（誤差）が大きいほど、値が大きくなる関数であってもよい。係数「 $a$ 」及び「 $b$ 」は、作業者によって任意に決定されてもよい。

[0301] なお、係数「 $a$ 」及び「 $b$ 」は、以下の式（25）及び式（26）に基づいて決定されてもよい。式（25）及び式（26）に含まれる「 $t$ 」は、作業者によって任意に決定されてもよい。

$$a = t \quad \cdots (25)$$

$$b = 1 - t \quad \cdots (26)$$

[0302] 詳しくは、作業者は、式（24）を参照して、評価関数の値が可及的に大きくなるように、訓練データに含まれるデータ（空所の数）を調整する。この結果、評価関数の値が可及的に大きくなるように、第1重み及び第2重みの変更条件（第5機械学習モデルD24）が調整される。換言すると、作業者は、評価関数の値が局所的な最適解となるように、訓練データに含まれるデータ（空所の数）を調整する。この結果、評価関数の値が局所的な最適解となるように、第1重み及び第2重みの変更条件（第5機械学習モデルD24）が調整される。

[0303] 以上、図11～図24を参照して、本実施形態の制御システム100の一例であるコミュニケーションシステム100Bを説明した。本実施形態によれば、随意制御と自律制御とを調和させることができる。その結果、2次元アバター2Bの次の発話内容（操作対象2の行動）がユーザPの意図と異なる

る発話内容になり難くなる。更に、随意制御と自律制御とを調和させることで、随意制御を利用した文章CSEの作成がより容易になる。換言すると、ユーザPの負担を軽減することができる。特に、本実施形態によれば、第1重み及び第2重みの各値にユーザPの意図を反映させることができる。その結果、ユーザPの負担をより軽減することができる。

[0304] また、本実施形態によれば、制御性能及び操作感に基づいて、評価関数が可及的に大きくなるように、第1重み及び第2重みの変更条件（第5機械学習モデルD24）を調整することができる。つまり、評価関数が可及的に大きくなるように、随意制御による発話部分の割合と、自律制御による発話部分の割合とが調整される。したがって、2次元アバター2B（操作対象2）の次の発話内容の候補として、ユーザPの意図により近い文章を作成させることと、ユーザPによる発話内容の操作のし易さとを調和させることができる。よって、コミュニケーションシステム100Bの利便性が向上する。

[0305] なお、図11～図24を参照して説明したコミュニケーションシステム100Bでは、発話相手の発話内容と、発話相手の感情と、第1重みと、第2重みとに基づいて、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補を少なくとも1つ決定したが、文章予測部442は、発話相手の発話内容と、第1重みと、第2重みとに基づいて、2次元アバター2Bの次の発話内容の候補を少なくとも1つ決定してもよい。つまり、文章予測部442は、発話相手の発話内容と発話相手の感情とのうち、発話相手の発話内容のみを用いて、発話相手への返事の内容を決定してもよい。

[0306] 以上、図面（図1～図24）を参照して本発明の実施形態について説明した。ただし、本発明は、上記の実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の態様において実施できる。また、上記の実施形態に開示される複数の構成要素は適宜改変可能である。例えば、ある実施形態に示される全構成要素のうちのある構成要素を別の実施形態の構成要素に追加してもよく、又は、ある実施形態に示される全構成要素のうちの一つの構成要素を実施形態から削除してもよい。

[0307] 図面は、発明の理解を容易にするために、それぞれの構成要素を主体に模式的に示しており、図示された各構成要素の厚さ、長さ、個数、間隔等は、図面作成の都合上から実際とは異なる場合もある。また、上記の実施形態で示す各構成要素の構成は一例であって、特に限定されるものではなく、本発明の効果から実質的に逸脱しない範囲で種々の変更が可能であることは言うまでもない。

### 産業上の利用可能性

[0308] 本発明は、自律制御又は随意制御が可能な操作対象を制御するシステムに有用である。

### 符号の説明

|        |       |           |
|--------|-------|-----------|
| [0309] | 2     | : 操作対象    |
|        | 2 A   | : ロボットアーム |
|        | 2 B   | : 2次元アバター |
|        | 3     | : 検出部     |
|        | 3 A   | : 検出部     |
|        | 3 B   | : 検出部     |
|        | 4 a   | : 第2記憶部   |
|        | 5     | : 意図検出部   |
|        | 5 A   | : 意図検出部   |
|        | 5 B   | : 意図検出部   |
|        | 4 3   | : 随意動作決定部 |
|        | 4 3 A | : 随意動作決定部 |
|        | 4 3 B | : 随意動作決定部 |
|        | 4 4   | : 自律動作決定部 |
|        | 4 4 A | : 自律動作決定部 |
|        | 4 4 B | : 自律動作決定部 |
|        | 4 5   | : 重み決定部   |
|        | 4 5 A | : 重み決定部   |

|         |                 |
|---------|-----------------|
| 4 5 B   | : 重み決定部         |
| 4 6     | : 指示部           |
| 4 6 A   | : 指示部           |
| 4 6 B   | : 指示部           |
| 8 1     | : 第 2 記憶部       |
| 1 0 0   | : 制御システム        |
| 1 0 0 A | : ロボット制御システム    |
| 1 0 0 B | : コミュニケーションシステム |
| D 1 3   | : 重み変更条件        |
| D 2 4   | : 第 5 機械学習モデル   |
| S T     | : 物体            |

## 請求の範囲

- [請求項1]           操作対象を制御する制御システムであって、  
                  前記操作対象の自律制御に係わる検出対象を検出する検出部と、  
                  前記操作対象を操作する操作者の脳波に基づいて、随意制御による  
前記操作対象の次の行動を決定する第1決定部と、  
                  前記検出部による検出結果に基づいて、自律制御による前記操作対  
象の次の行動を決定する第2決定部と、  
                  前記検出部による検出結果に基づいて、随意制御による前記操作対  
象の次の行動に対する第1重みと、自律制御による前記操作対象の次  
の行動に対する第2重みとを決定する重み決定部と  
                  を備え、  
                  前記重み決定部は、前記検出部による検出結果に応じて前記第1重  
み及び前記第2重みを変化させる、制御システム。
- [請求項2]           前記操作者の脳波に基づいて、前記操作者の意図を検出する意図検  
出部を更に備え、  
                  前記重み決定部は、前記検出部による検出結果と、前記操作者の意  
図とに基づいて、前記第1重み及び前記第2重みを決定する、請求項  
1に記載の制御システム。
- [請求項3]           前記第1決定部により決定された前記次の行動と、前記第2決定部  
により決定された前記次の行動と、前記第1重みと、前記第2重みと  
に基づいて、前記操作対象に対して前記操作対象の次の行動を指示す  
る指示部を更に備える、請求項1又は請求項2に記載の制御システム  
。
- [請求項4]           前記第1重み及び前記第2重みの変更条件を記憶する記憶部を更に  
備え、  
                  前記変更条件は、前記制御システムの訓練時に取得された制御性能  
と操作感とをパラメータとして含む評価関数に基づいて調整され、  
                  前記制御性能は、前記訓練時に前記操作対象を操作する作業者が意

図した行動と、前記操作対象の実際の行動とのずれ量を反映した値を示し、

前記操作感は、前記作業者が評価した前記操作対象の操作のし易さを反映した値を示す、請求項 3 に記載の制御システム。

[請求項5] 前記指示部は、前記操作対象の行動の初期段階において、前記第 1 決定部により決定された前記次の行動に基づいて前記操作対象の次の行動を指示する、請求項 3 に記載の制御システム。

[請求項6] 前記指示部は、前記操作対象の行動の最終段階において、前記第 2 決定部により決定された前記次の行動に基づいて前記操作対象の次の行動を指示する、請求項 3 に記載の制御システム。

[請求項7] 前記自律制御は、前記随意制御と比べて、前記操作対象を精密に制御する、請求項 6 に記載の制御システム。

[請求項8] 前記検出部は、物体を検出し、  
前記重み決定部は、前記操作対象と前記物体との間の距離に応じて前記第 1 重み及び前記第 2 重みを動的に変化させる、請求項 3 に記載の制御システム。

[請求項9] 前記第 1 決定部により決定された前記次の行動と、前記第 2 決定部により決定された前記次の行動とに基づいて、前記操作対象に対して前記操作対象の次の行動を指示する指示部を更に備え、

前記第 2 決定部は、前記検出部による検出結果と、前記第 1 重みと、前記第 2 重みとに基づいて、自律制御による前記操作対象の次の行動を決定する、請求項 1 又は請求項 2 に記載の制御システム。

[請求項10] 前記第 1 重み及び前記第 2 重みの変更条件を記憶する記憶部を更に備え、

前記変更条件は、前記制御システムの訓練時に取得された制御性能と操作感とをパラメータとして含む評価関数に基づいて調整され、

前記制御性能は、前記訓練時に前記操作対象を操作する作業者が予測した行動と、前記第 2 決定部により決定された前記操作対象の行動

とのずれ量を反映した値を示し、

前記操作感は、前記作業者が評価した前記操作対象の操作のし易さを反映した値を示す、請求項 9 に記載の制御システム。

[請求項11]

前記操作対象の行動は、前記操作対象による発話であり、

前記検出部は、前記操作対象の発話の相手である発話相手による発話を検出し、

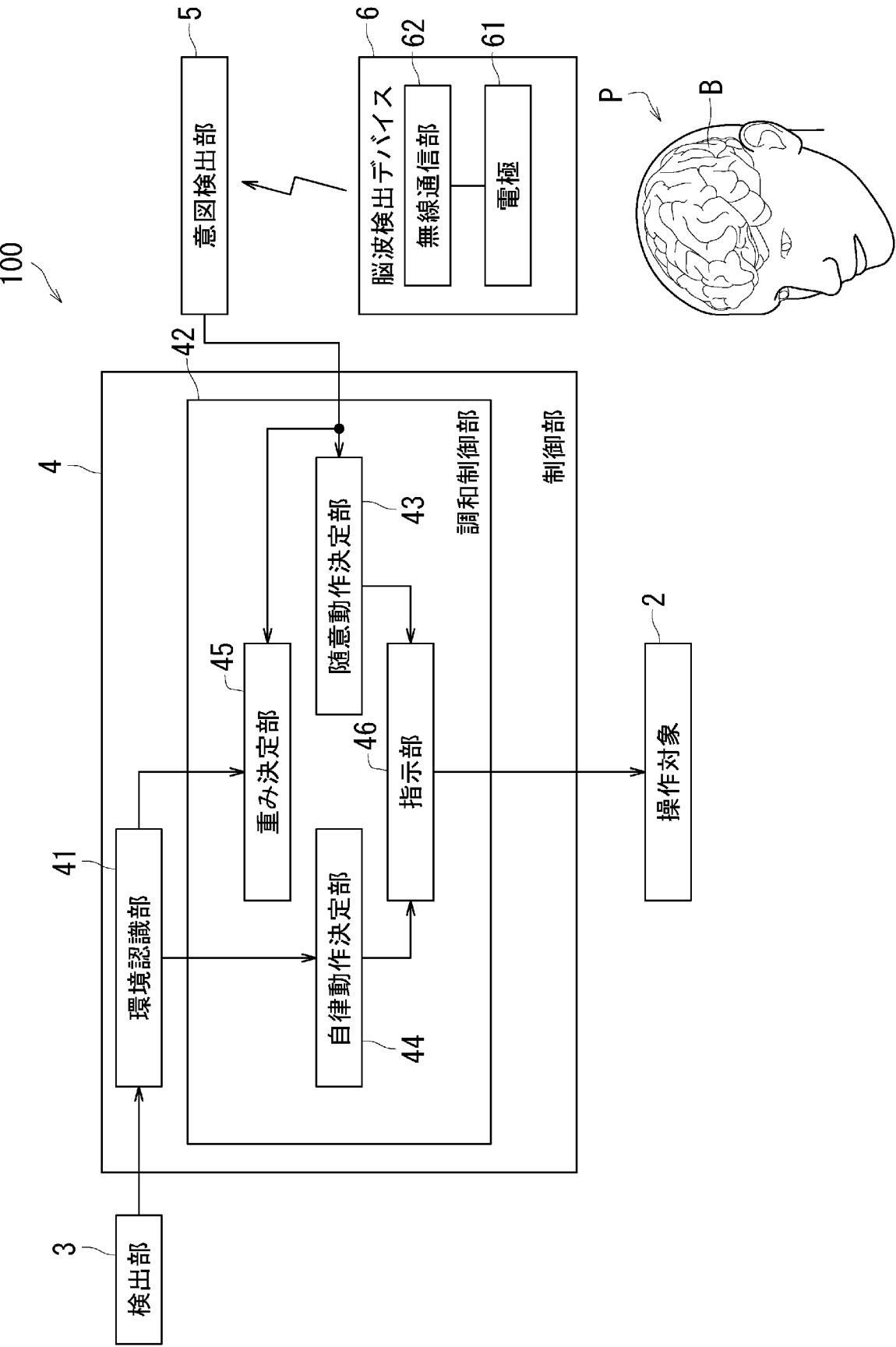
前記第 2 決定部は、前記検出部による検出結果と、前記第 1 重みと、前記第 2 重みとに基づいて、前記操作対象の次の発話内容の候補を少なくとも 1 つ決定し、

前記第 2 決定部により決定された前記次の発話内容の候補は、随意制御による発話内容を組み込み可能であり、

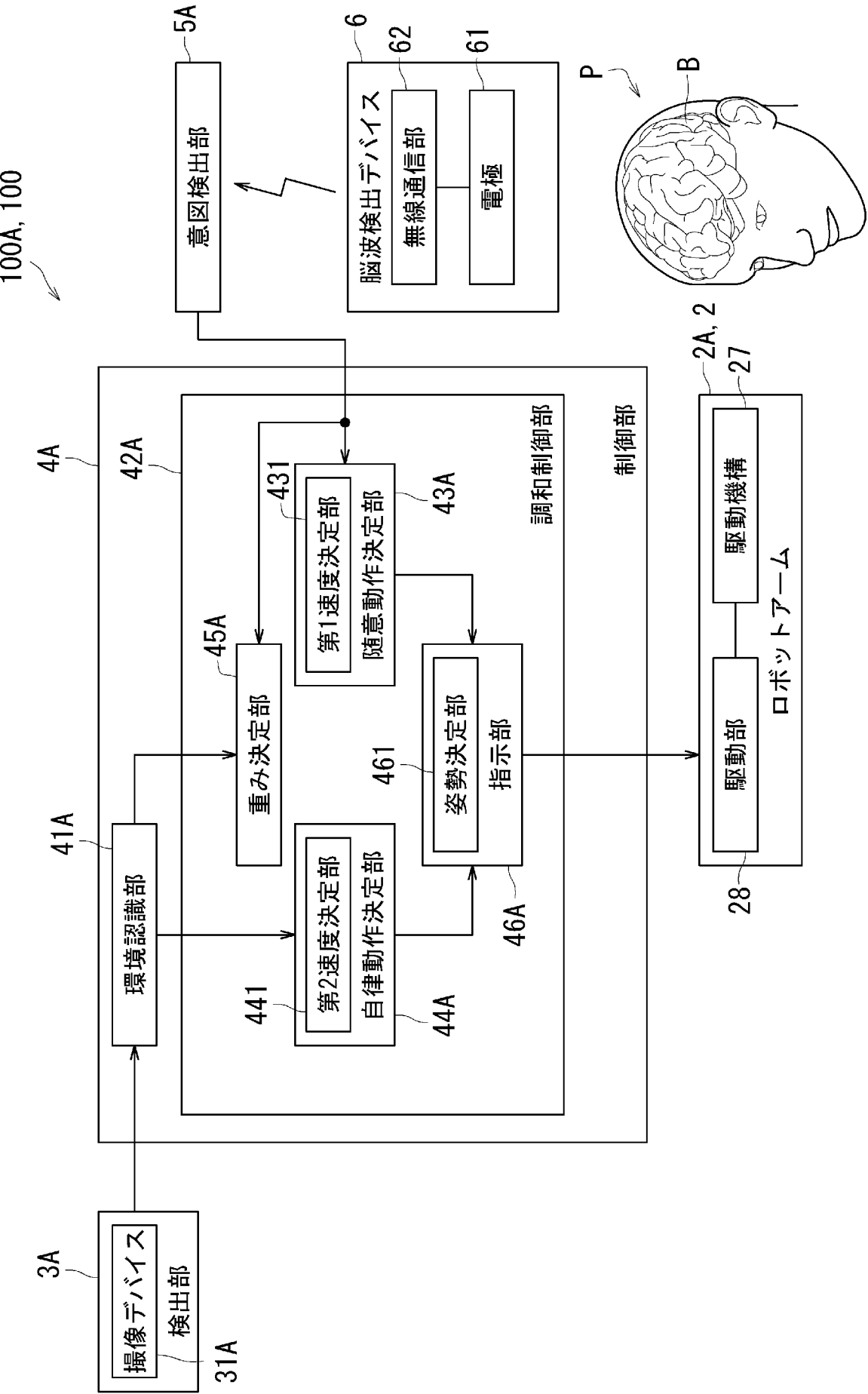
前記第 1 決定部は、前記脳波に基づいて次の発話の内容を決定し、

前記指示部は、前記操作対象に対して前記操作対象による発話の内容を指示する、請求項 9 に記載の制御システム。

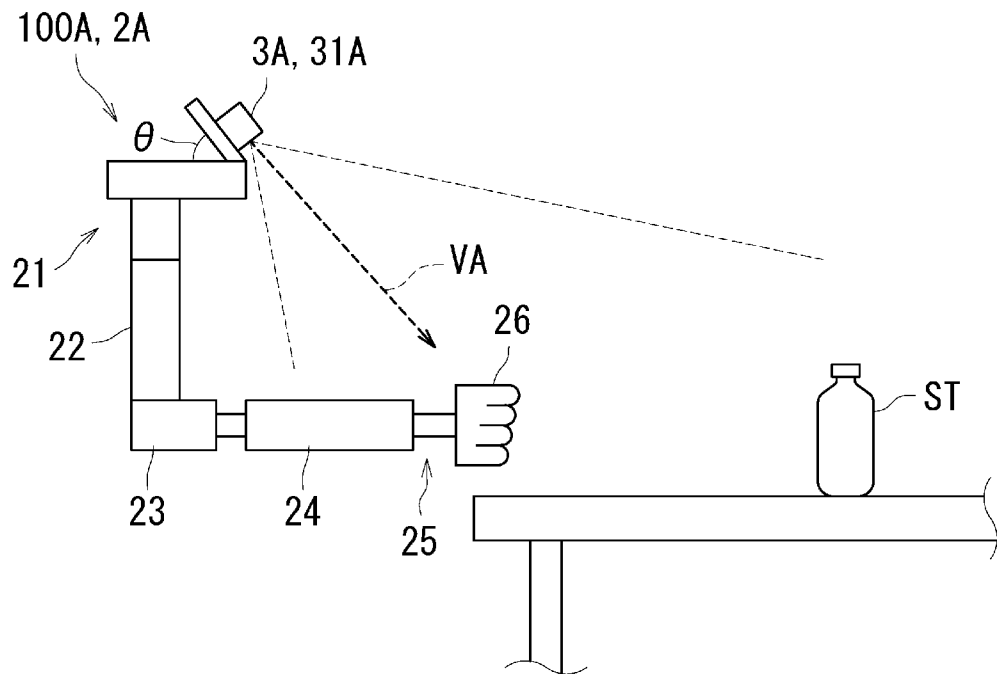
[図1]



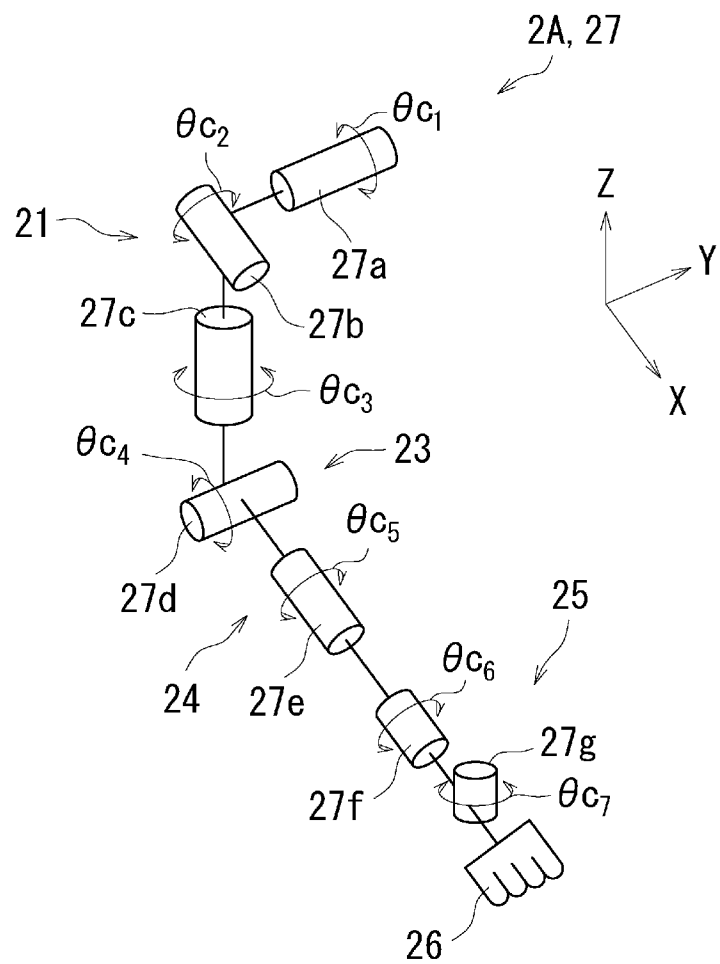
[図2]



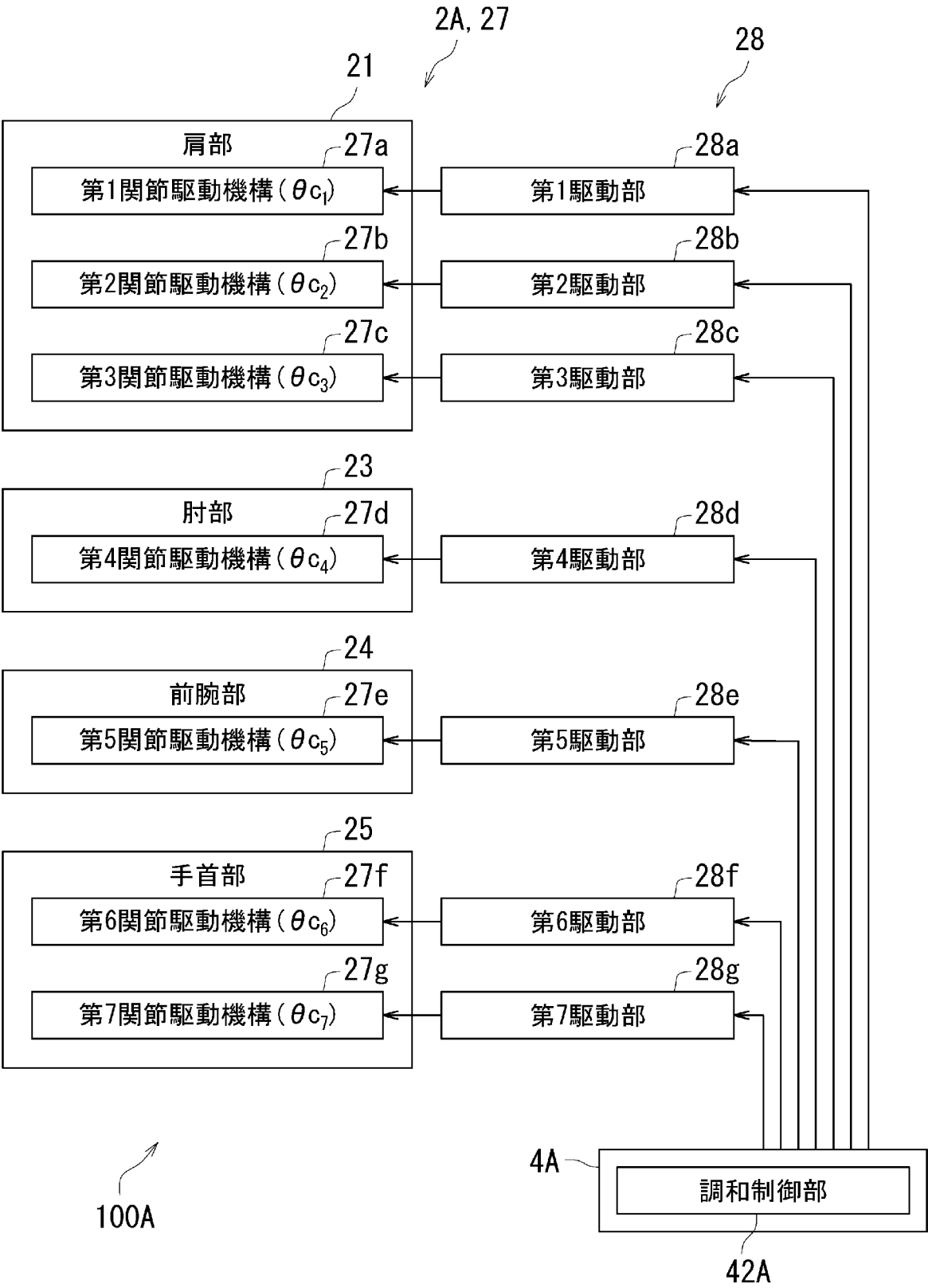
[図3]



[図4]

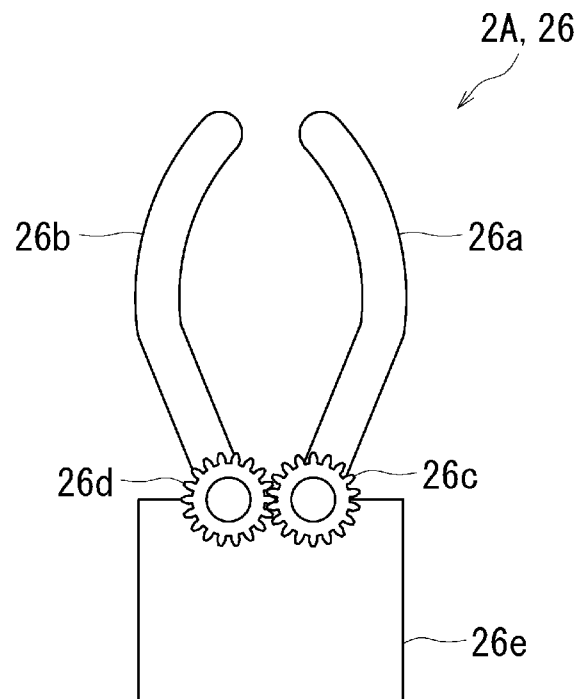


[図5]

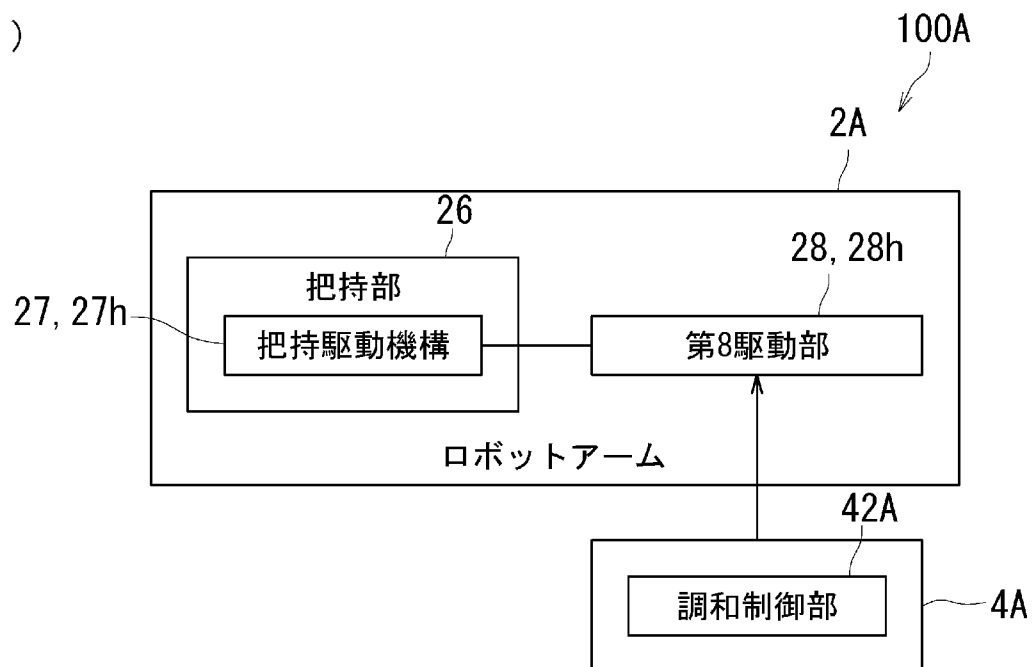


[図6]

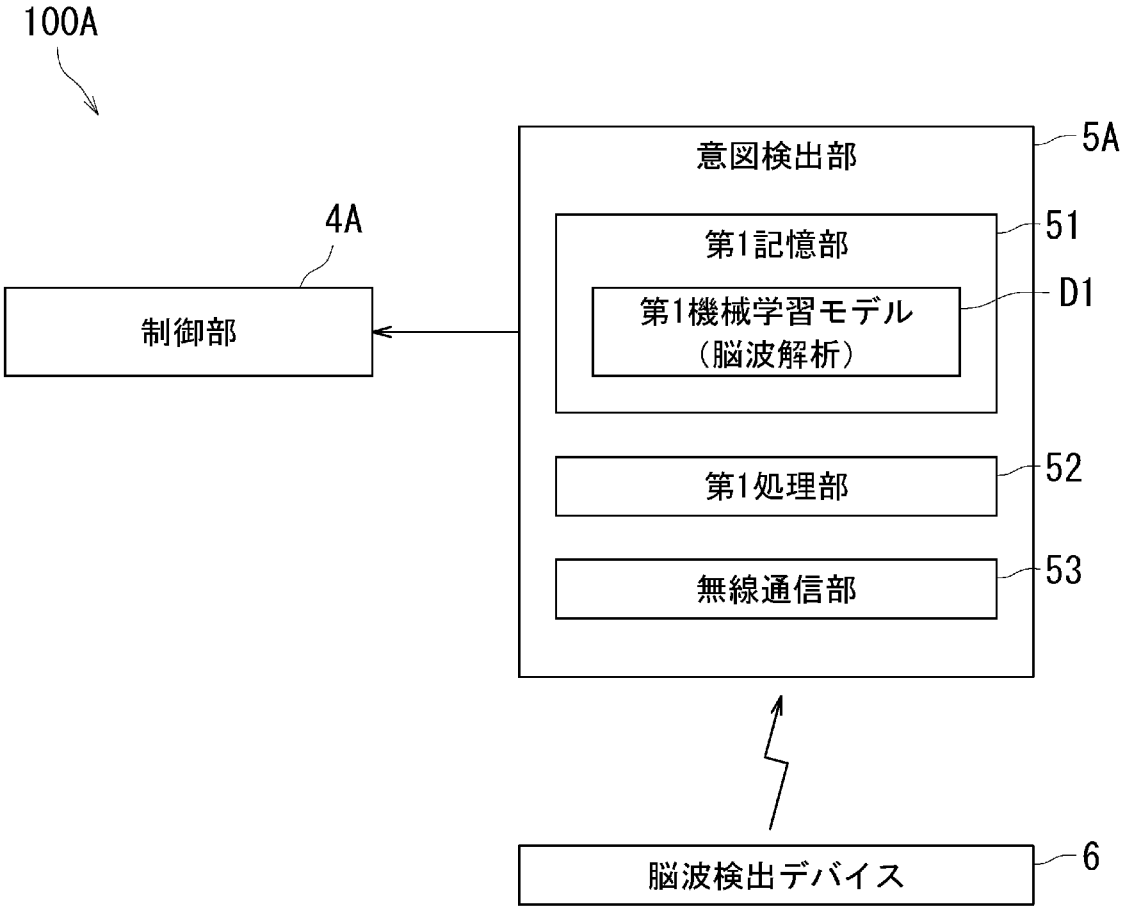
(a)



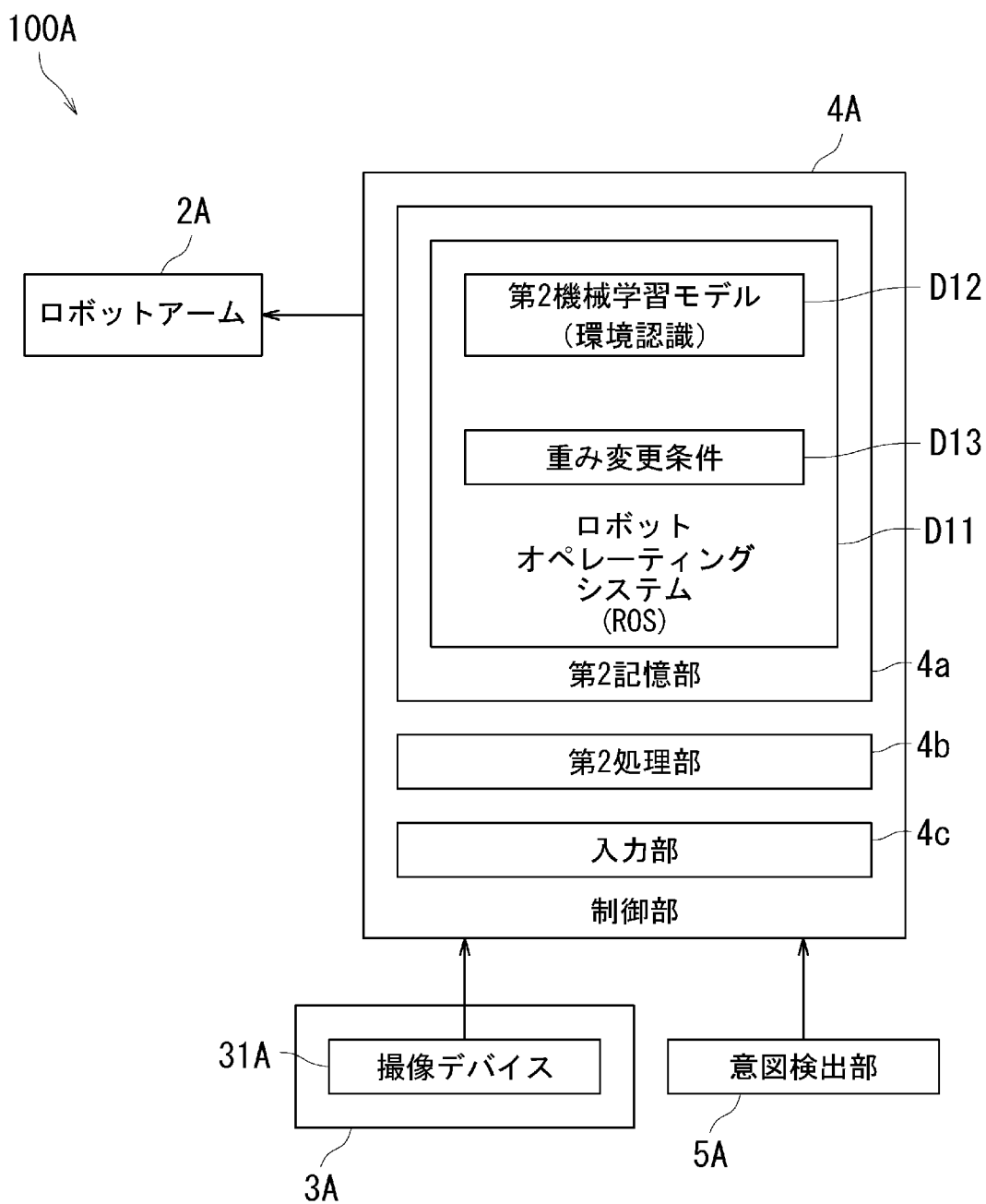
(b)



[図7]

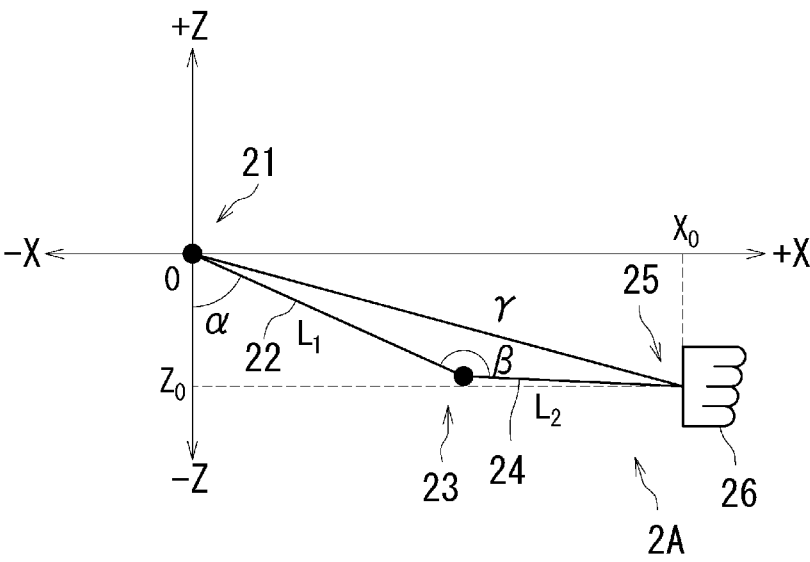


[図8]

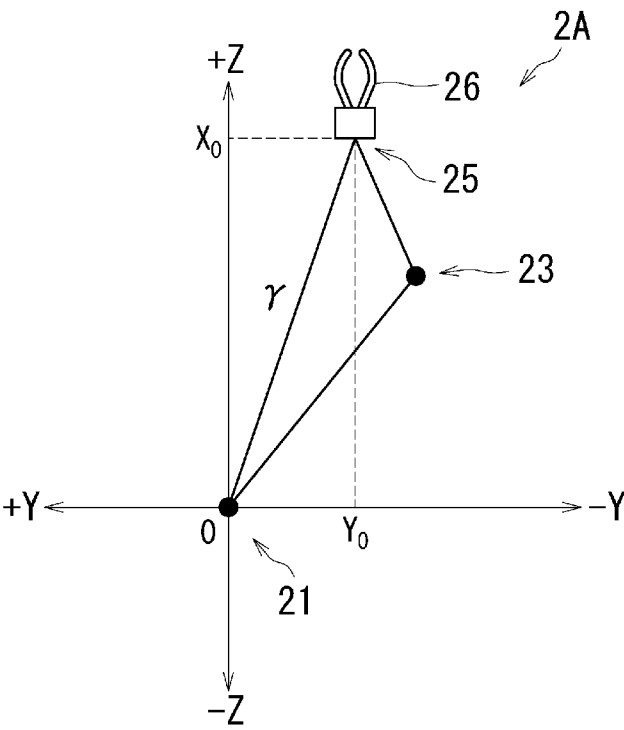


[図9]

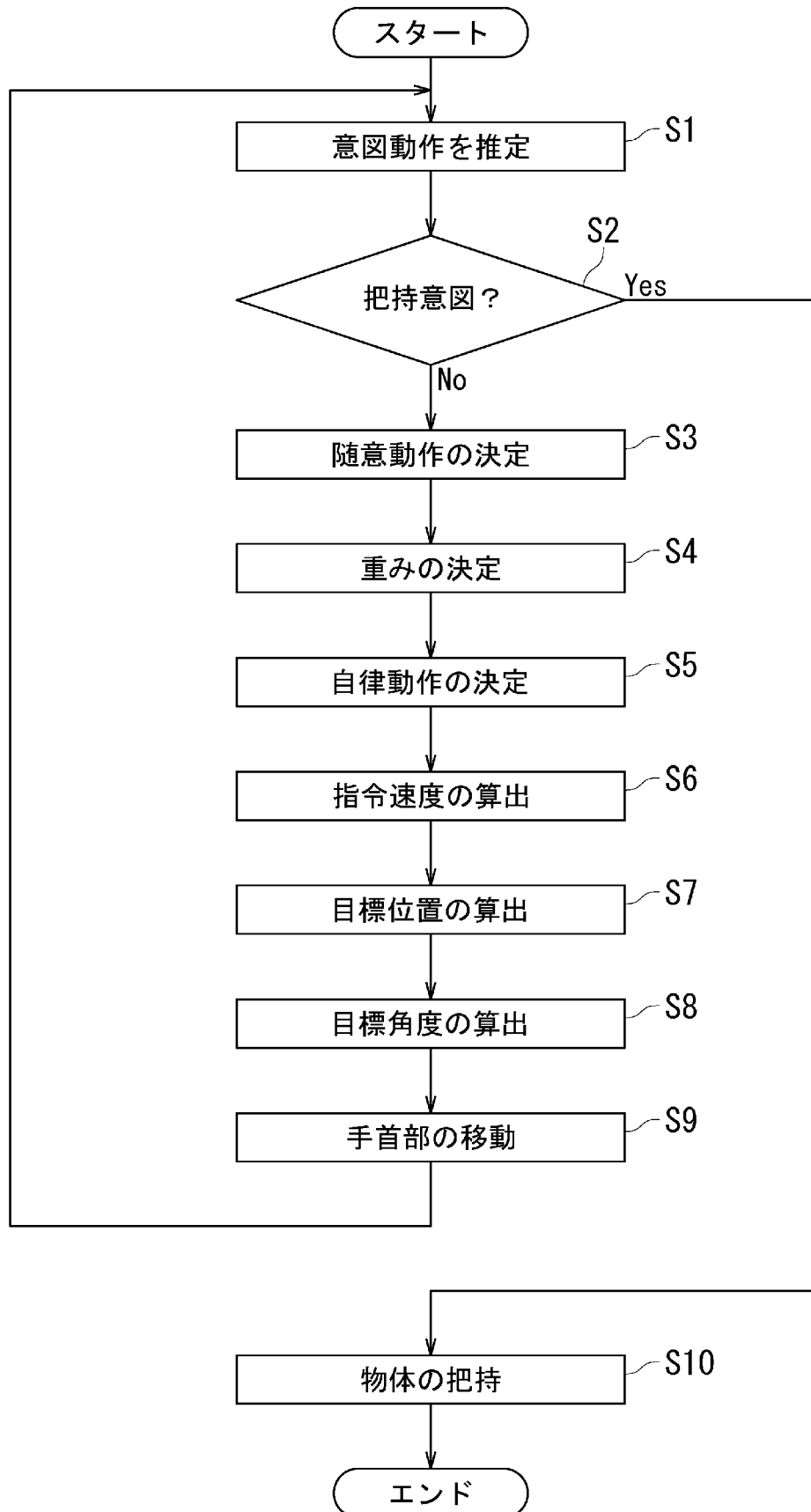
(a)



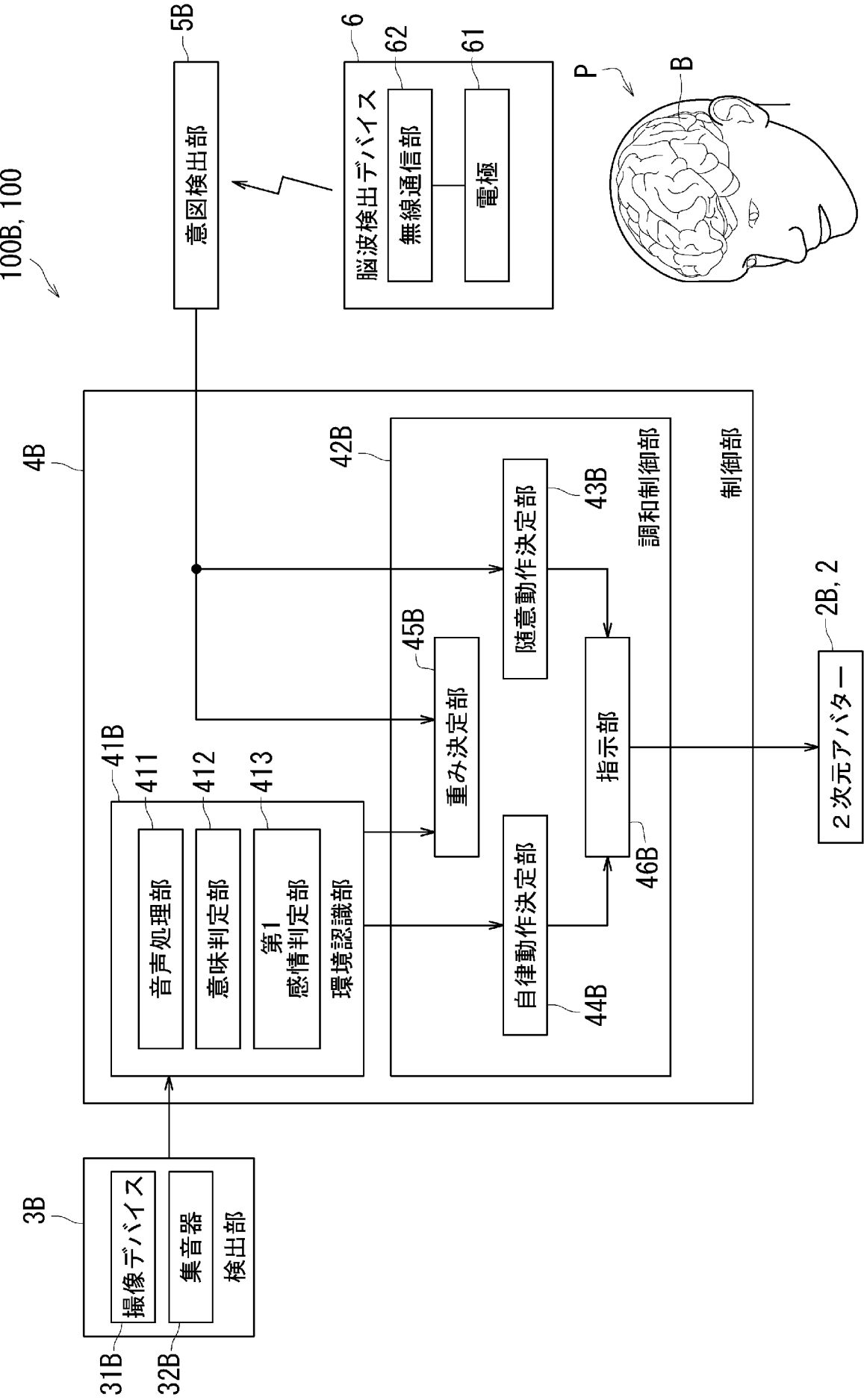
(b)



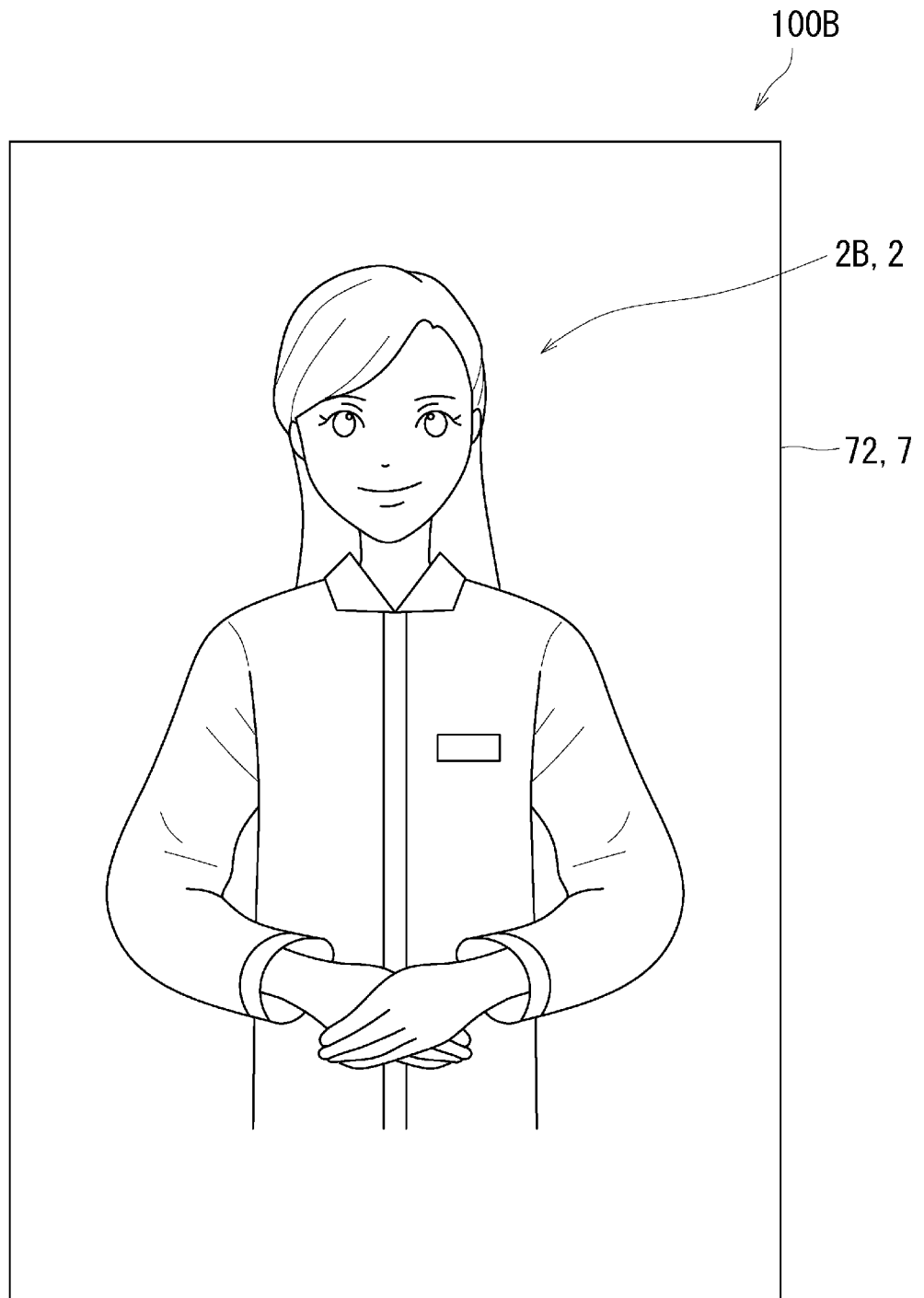
[図10]



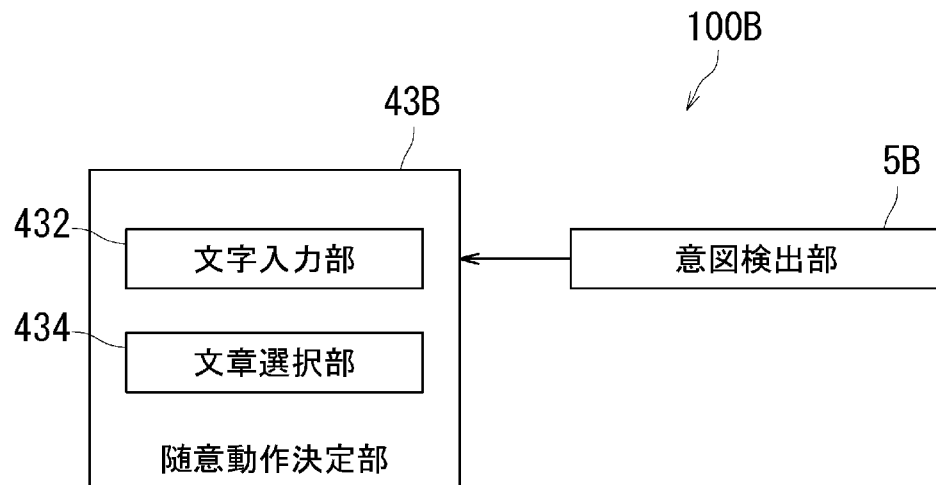
[図11]



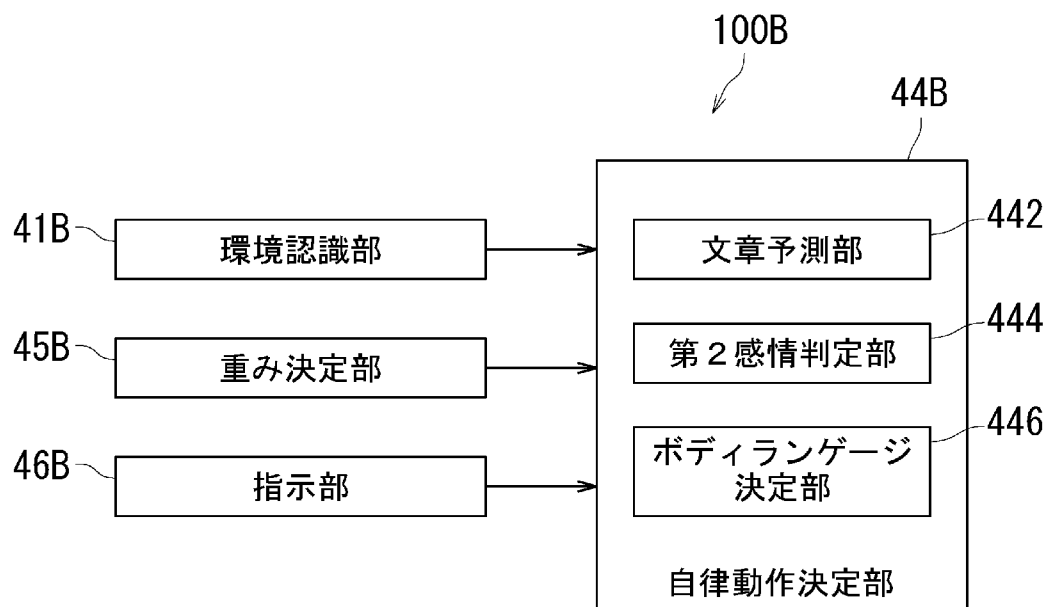
[図12]



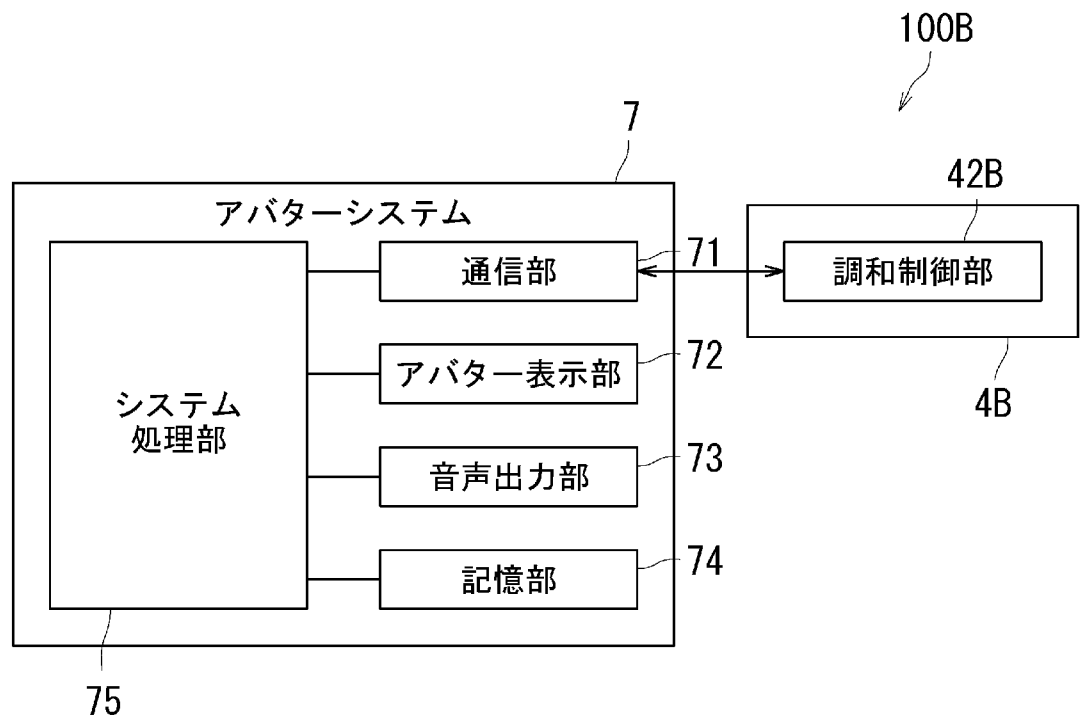
[図13]



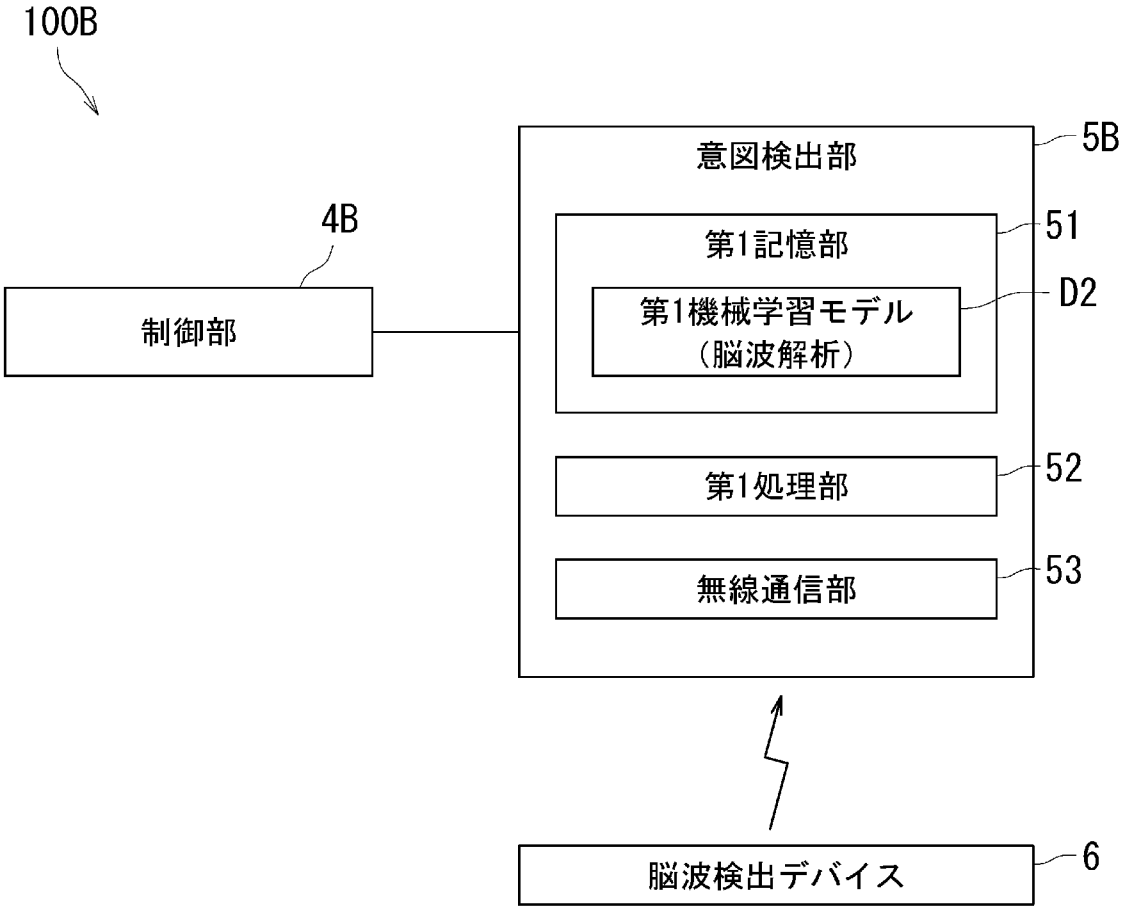
[図14]



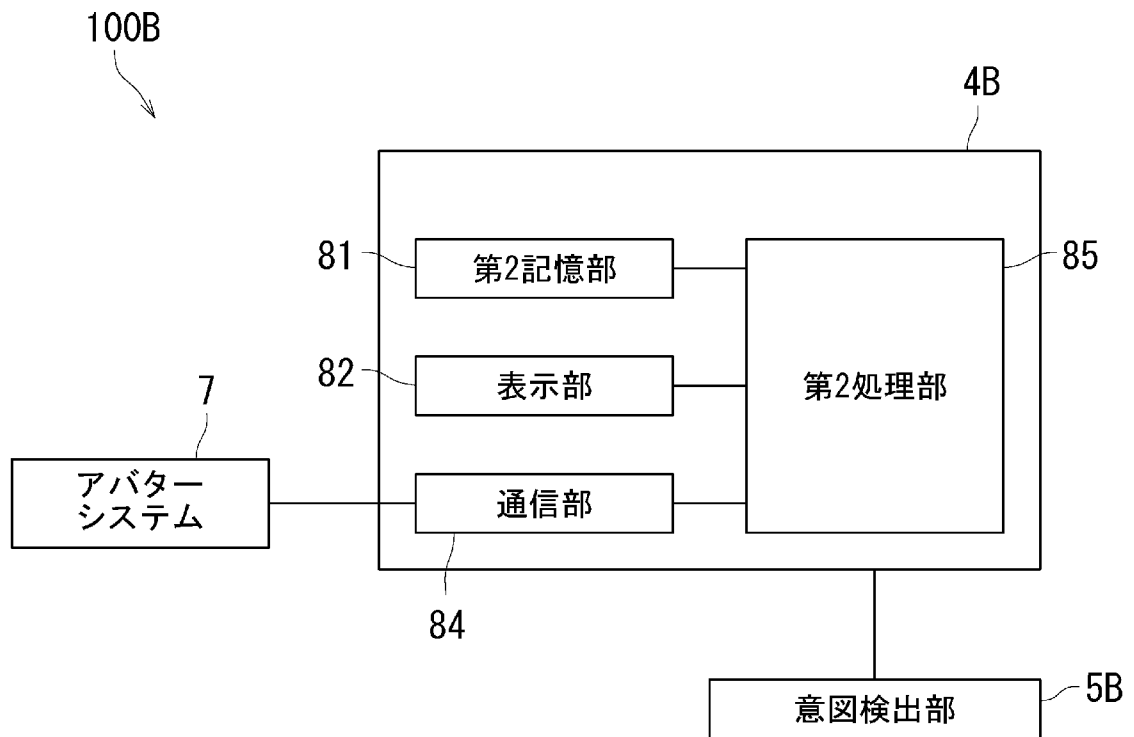
[図15]



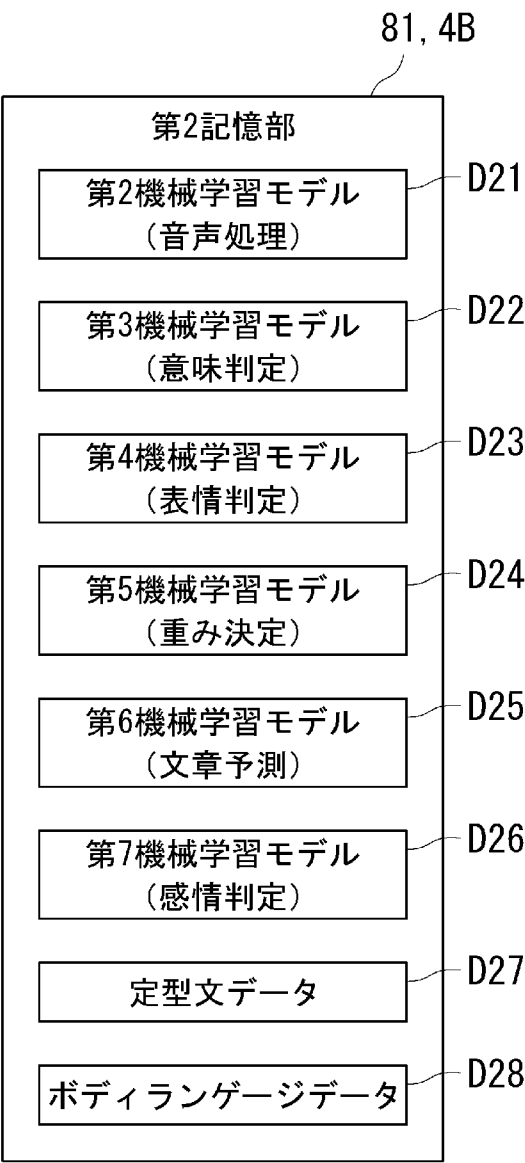
[図16]



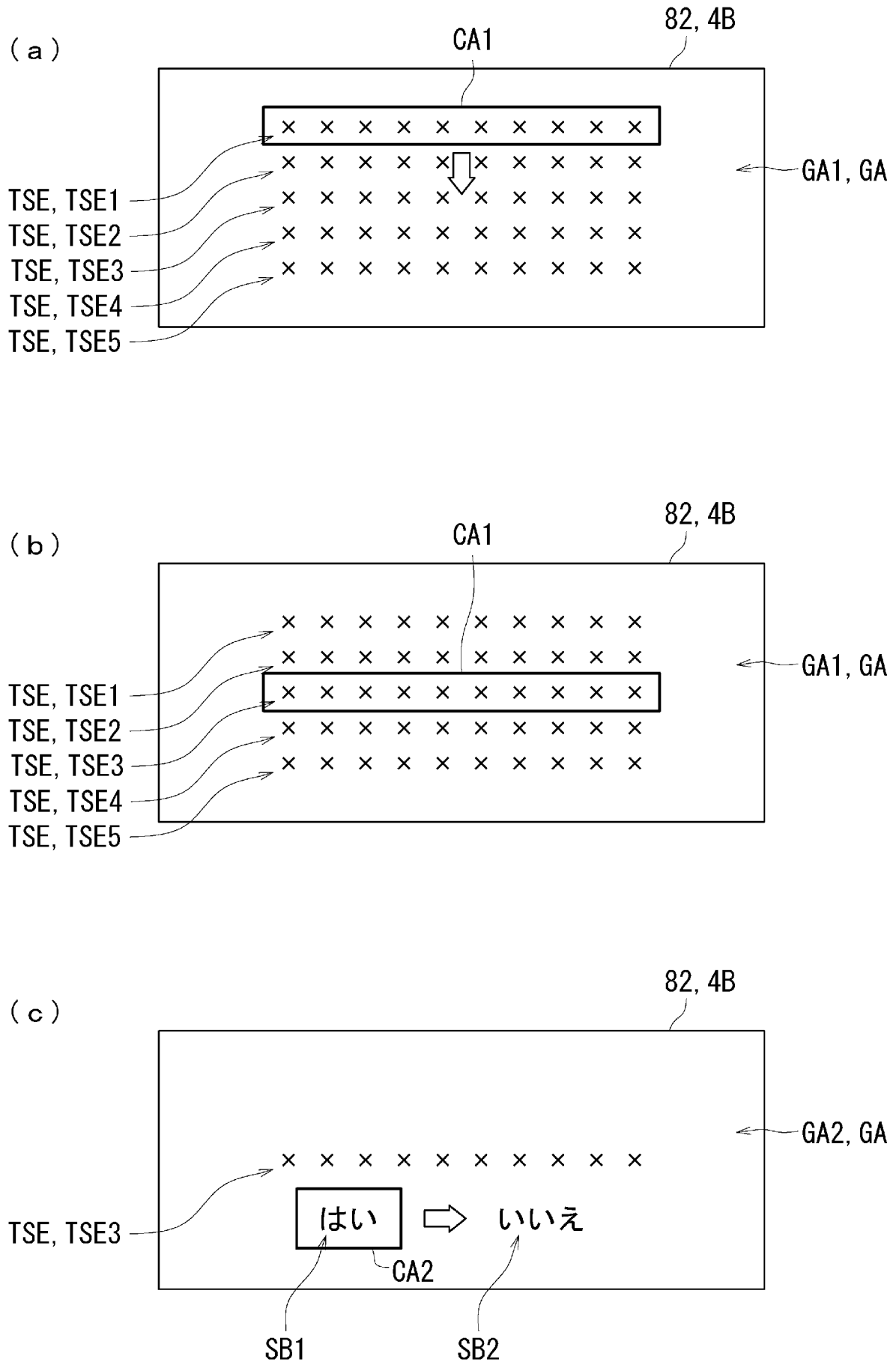
[図17]



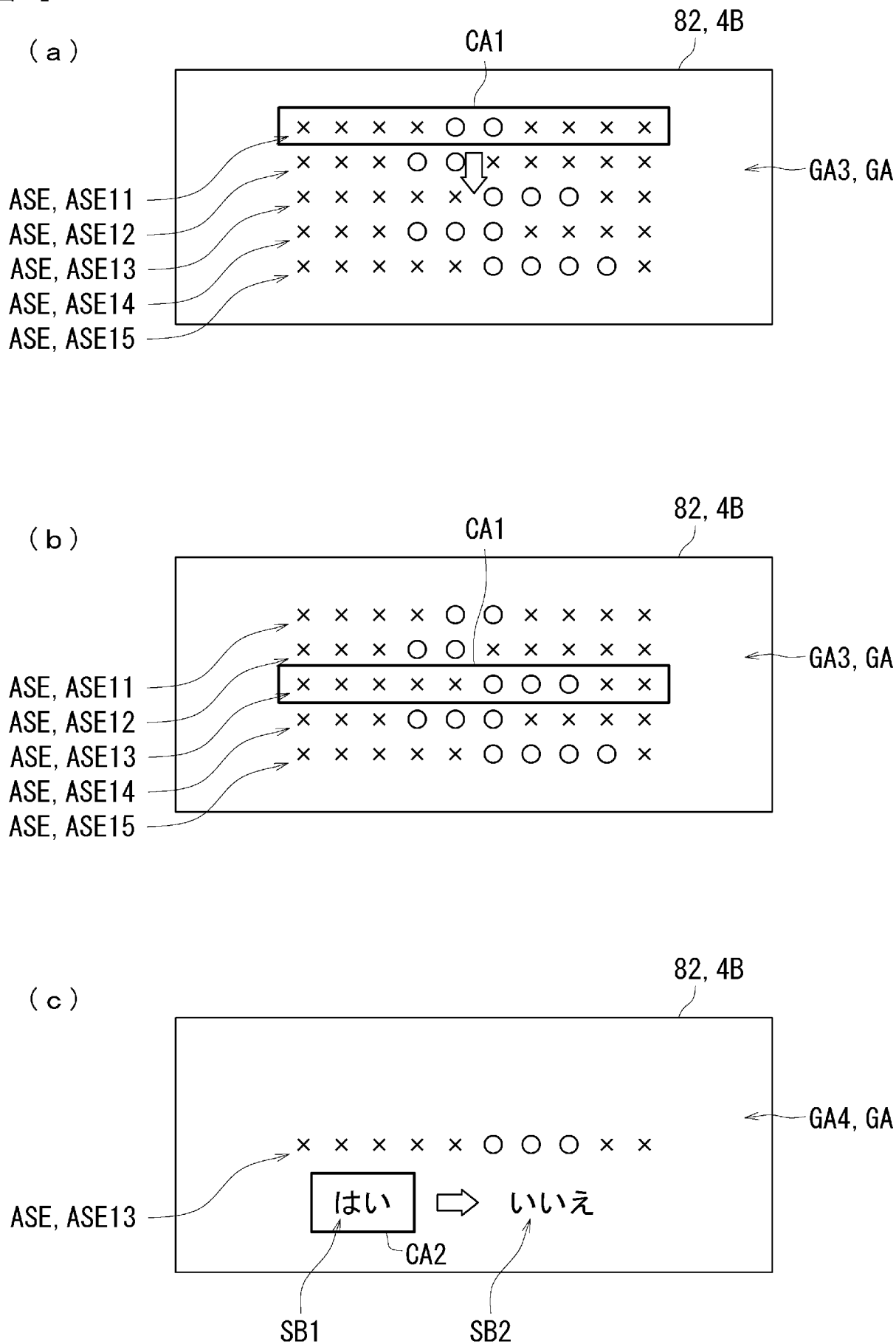
[図18]



[図19]

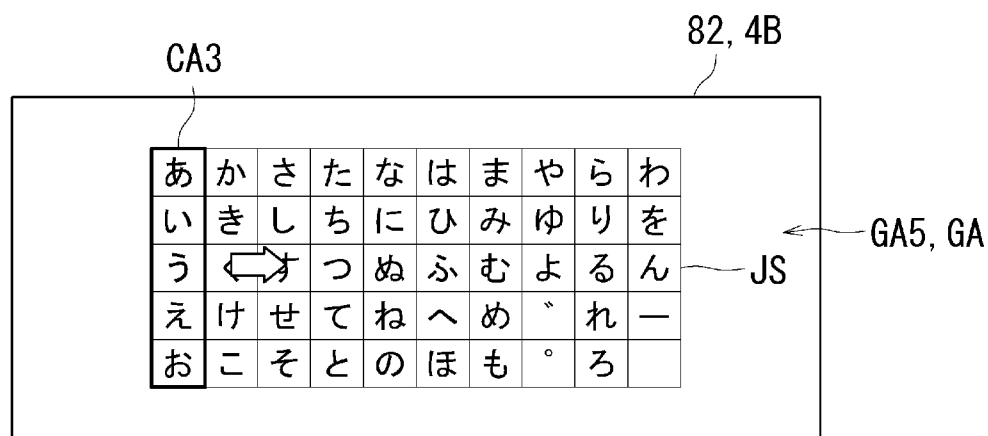


[図20]

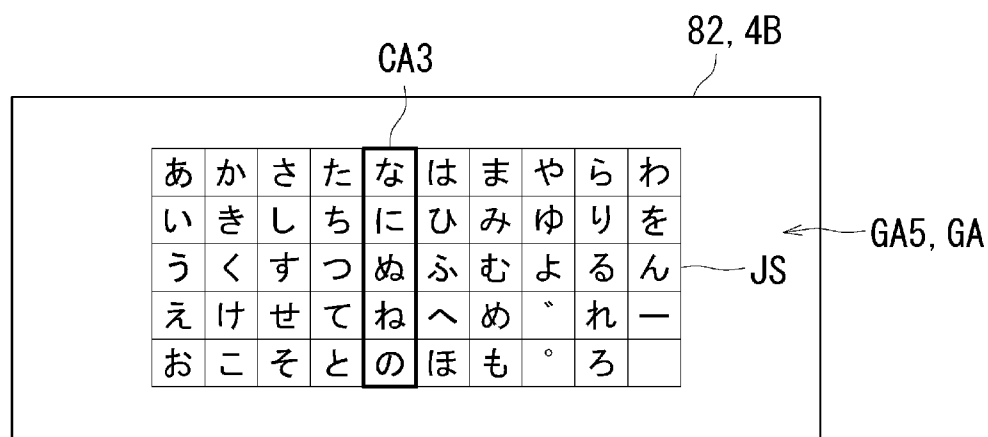


[図21]

(a)

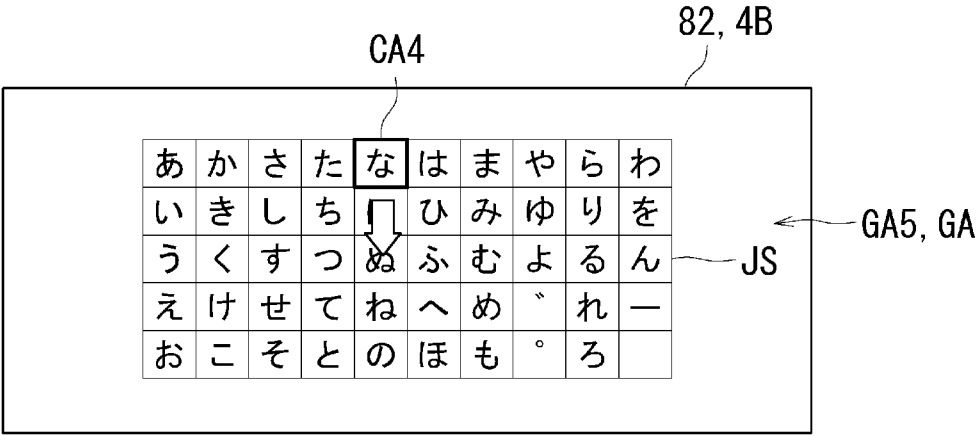


(b)

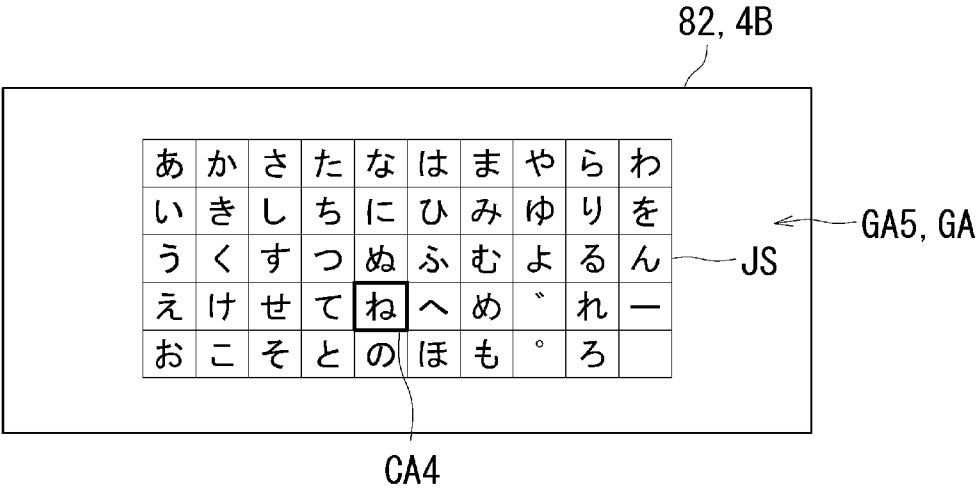


[図22]

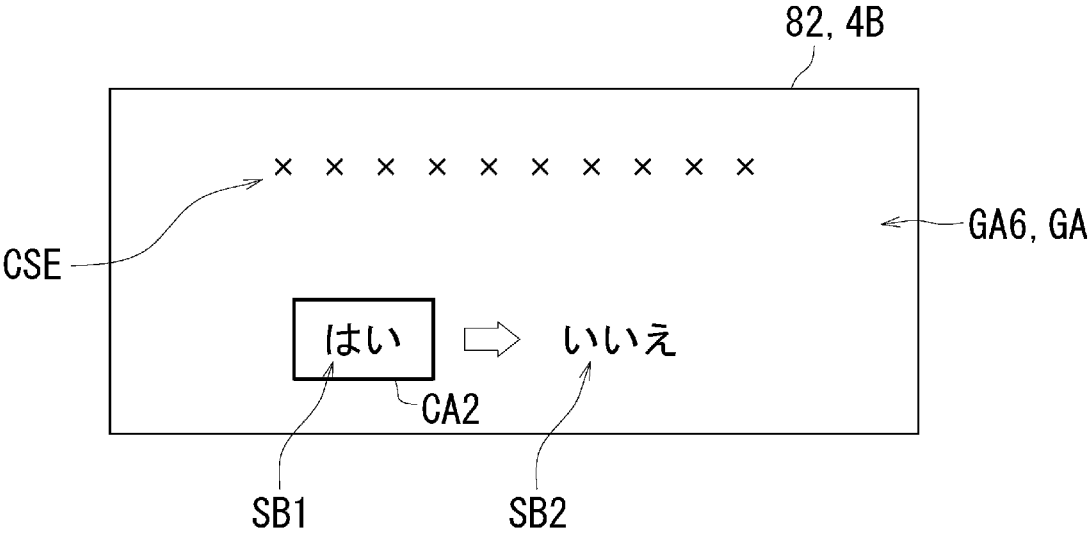
(a)



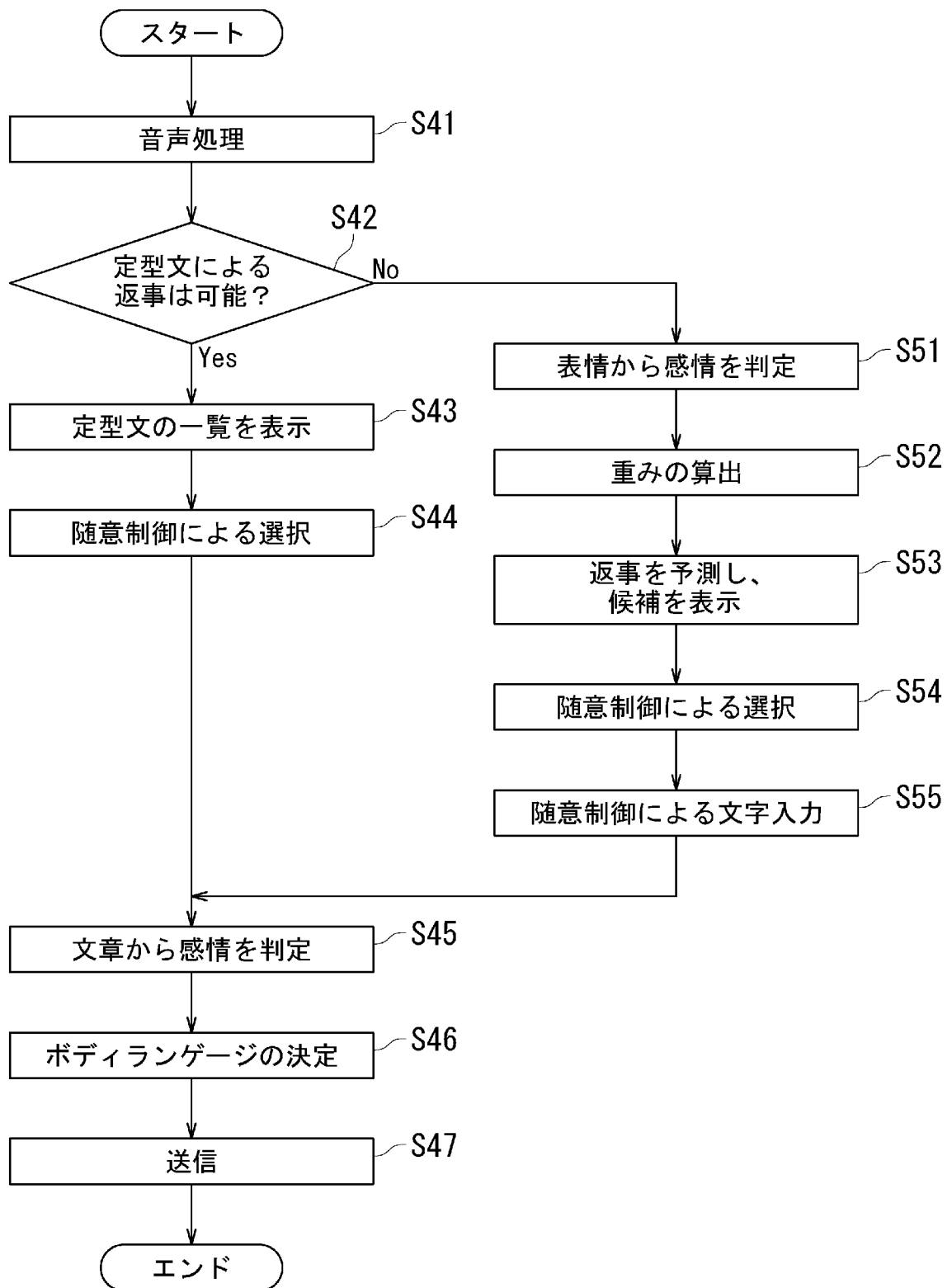
(b)



[図23]



[図24]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/018061

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                             |                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br><i>G06F 3/01</i> (2006.01)i; <i>G06F 3/048</i> (2013.01)i; <i>B25J 13/00</i> (2006.01)n<br>FI: G06F3/01 515; G06F3/048; B25J13/00 Z<br><br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                             |                                                                           |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>G06F3/01; G06F3/048; B25J13/00<br><br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Published examined utility model applications of Japan 1922-1996<br>Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024<br>Registered utility model specifications of Japan 1996-2024<br>Published registered utility model applications of Japan 1994-2024<br><br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                             |                                                                           |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                             |                                                                           |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                          | Relevant to claim No.                                                     |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JP 2010-237859 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 21 October 2010 (2010-10-21)<br>fig. 1-3, paragraphs [0021]-[0060] | 1-3, 5-9, 11                                                              |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                             | 4, 10                                                                     |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JP 2022-059140 A (AGAMA-X CO., LTD.) 13 April 2022 (2022-04-13)<br>paragraph [0307]                         | 4, 10                                                                     |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                             |                                                                           |
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“D” document cited by the applicant in the international application</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p> |                                                                                                             |                                                                           |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>07 June 2024</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                             | Date of mailing of the international search report<br><b>25 June 2024</b> |
| Name and mailing address of the ISA/JP<br><b>Japan Patent Office (ISA/JP)<br/>3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915<br/>Japan</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                             | Authorized officer<br><br>Telephone No.                                   |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

### Information on patent family members

International application No.

**PCT/JP2024/018061**

| Patent document<br>cited in search report |             |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |              | Publication date<br>(day/month/year) |  |
|-------------------------------------------|-------------|---|--------------------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------------------|--|
| JP                                        | 2010-237859 | A | 21 October 2010                      | (Family: none)          |              |                                      |  |
| JP                                        | 2022-059140 | A | 13 April 2022                        | US                      | 2022/0107686 | A1                                   |  |
|                                           |             |   |                                      | paragraph [0343]        |              |                                      |  |

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G06F 3/01(2006.01)i; G06F 3/048(2013.01)i; B25J 13/00(2006.01)n  
FI: G06F3/01 515; G06F3/048; B25J13/00 Z

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））  
G06F3/01; G06F3/048; B25J13/00

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

1971-2024年

日本国実用新案登録公報

1996-2024年

日本国登録実用新案公報

1994-2024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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X               | JP 2010-237859 A（本田技研工業株式会社）21.10.2010（2010-10-21）<br>図1-3、段落0021-0060 | 1-3, 5-9, 11   |
| Y               |                                                                        | 4, 10          |
| Y               | JP 2022-059140 A（株式会社A g a m a - X）13.04.2022（2022-04-13）<br>段落0307    | 4, 10          |

☐ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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の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抵触するものではなく、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

07.06.2024

国際調査報告の発送日

25.06.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)  
〒100-8915  
日本国  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

九鬼 一慶 2Z 4404

電話番号 03-3581-1101 内線 3247

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
PCT/JP2024/018061

| 引用文献 |             |   | 公表日        | パテントファミリー文献        | 公表日 |
|------|-------------|---|------------|--------------------|-----|
| JP   | 2010-237859 | A | 21.10.2010 | (ファミリーなし)          |     |
| JP   | 2022-059140 | A | 13.04.2022 | US 2022/0107686 A1 |     |
|      |             |   |            | 段落0343             |     |