

(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10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/201593 A1

(51) 国際特許分類:
G05D 1/02 (2020.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/011920

(22) 国際出願日: 2023年3月24日(24.03.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電気株式会社 (**NEC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 町田 真直 (**MACHIDA, Manao**); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

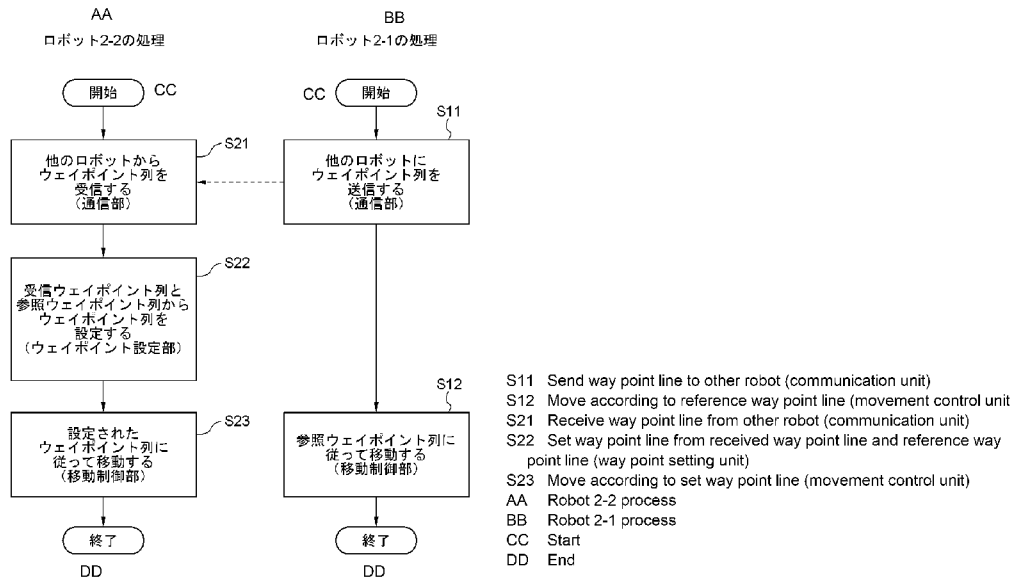
(74) 代理人: 馬場 資博, 外 (**BABA, Motohiro et al.**); 〒3500046 埼玉県川越市菅原町25番地1 石井ビル2階 Saitama (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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.

(54) **Title:** CONTROL DEVICE, CONTROL METHOD, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 制御装置、制御方法及び記録媒体

[図2]



(57) **Abstract:** This control device comprises: a communication unit that receives a movement plan representing a movement route of another robot; a setting unit that sets, from the received movement plan of the other robot and a movement plan of a host robot, a movement plan representing a route different from the movement route and extending along the movement route while maintaining a communicable distance with the other robot; and a control unit that controls movement of the host robot according to the set movement plan.

(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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 制御装置は、他のロボットの移動経路を表す移動計画を受信する通信部と、受信した他のロボットの移動計画と自身のロボットの移動計画とから、前記他のロボットとの通信可能な距離を保ちつつ前記移動経路に沿った、前記移動経路とは異なる経路を表す移動計画を設定する設定部と、前記設定された移動計画に従って自身のロボットの移動を制御する制御部と、を有する。

明 細 書

発明の名称： 制御装置、制御方法及び記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、制御装置、制御方法及び記録媒体の技術分野に関する。

背景分野

[0002] 複数台のロボットが協調して動くシステムを、マルチエージェントシステムという。マルチエージェントシステムでは、各ロボットは、自身のセンサが観測した情報と、近くに存在するロボットとのローカルな通信に基づいて、自身の行動を決定する。

[0003] 特に移動ロボット間でのローカルな通信では、一般的に通信を行うロボット間の距離が一定以上に離れると、データの送受信ができなくなり、通信断絶が起きる。そのため、特許文献1では、ロボット間の通信断絶を検知し、通信を復活させるようにロボットを移動させる手法を提案している。また、非特許文献1では、マルチエージェントシステム全体での通信の強さを数値化し、この値を一定以上に保つようにロボット間の距離に制限をかけることで、通信の維持を行う手法を提案している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-62768

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Cai, D., Wu, S., & Deng, J. (2017). Distributed Global Connectivity Maintenance and Control of Multi-Robot Networks. IEEE Access, 5, 9398-9414.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、ロボットは通信やセンシングを行うたびに一定の電力を消費するため、高頻度での通信やセンシングは、低頻度での通信やセンシングに比べ

て電力消費量が大きくなってしまいう問題がある。これは、たとえば、特許文献 1、非特許文献 1 に記載されている技術を用いたとしてもロボット間にて高頻度に通信しているためである。

本発明の目的の一つは、上述した課題を鑑み、少ない通信回数で、ロボット間の通信を維持する仕組みを提供することである。

課題を解決する手段

- [0007] 本発明の一形態に係る制御装置は、
- 他のロボットの移動経路を表す移動計画を受信する通信部と、
- 受信した他のロボットの移動計画と自身のロボットの移動計画とから、前記他のロボットとの通信可能な距離を保ちつつ前記移動経路に沿った、前記移動経路とは異なる経路を表す移動計画を設定する設定部と、
- 前記設定された移動計画に従って自身のロボットの移動を制御する制御部と、
- を有するように構成されている。
- また、本発明の他の形態に係る制御方法は、
- 他のロボットの移動経路を表す移動計画を受信し、
- 受信した他のロボットの移動計画と自身のロボットの移動計画とから、前記他のロボットとの通信可能な距離を保ちつつ前記移動経路に沿った、前記移動経路とは異なる経路を表す移動計画を設定し、
- 前記設定された移動計画に従って自身のロボットの移動を制御する、
- ように構成されている。
- また、本発明の他の形態に係るコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、
- コンピュータに、
- 他のロボットの移動経路を表す移動計画を受信する処理と、
- 受信した他のロボットの移動計画と自身のロボットの移動計画とから、前記他のロボットとの通信可能な距離を保ちつつ前記移動経路に沿った、前記移動経路とは異なる経路を表す移動計画を設定する処理と、
- 前記設定された移動計画に従って自身のロボットの移動を制御する処理と

、

を行わせるためのプログラムを記録するように構成されている。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、少ない通信回数で、ロボット間の通信を維持することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の第1実施形態のシステムの構成例を示すブロック図である。

[図2]本発明の第1実施形態のシステムのフローチャートである。

[図3]本発明の第1実施形態の一実施例における参照ウェイポイント列と受信ウェイポイント列を示す図である。

[図4]本発明の第1実施形態の一実施例におけるステップ1実行後のウェイポイント列を示す図である。

[図5]本発明の第1実施形態の一実施例におけるステップ2実行後のウェイポイント列を示す図である。

[図6]本発明の第2実施形態のシステムの構成例を示すブロック図である。

[図7]本発明の第2実施形態の一実施例における最初の起点とその起点の子ロボットを説明する図である。

[図8]本発明の第2実施形態の一実施例における2番目の起点とそれらの起点の子ロボットを説明する図である。

[図9]本発明の第2実施形態の一実施例における3番目の起点とそれらの起点の子ロボットを説明する図である。

[図10]本発明の第1実施形態の一実施例における参照ウェイポイント列とステップ2で設定されたウェイポイント列の差を示す図である。

[図11]本発明の第1実施形態の一実施例と同じ経路を表すより密なウェイポイント列を入力としたときのステップ2で設定されるウェイポイント列を示す図である。

[図12]本発明の第3実施形態の一実施例におけるステップ3の最初の処理の説明図である。

[図13]本発明の第3実施形態の一実施例におけるステップ3の最初の処理のあとのウェイポイント列を示す図である。

[図14]本発明の第2実施形態の一実施例におけるステップ3の2番目の処理の説明図である。

[図15]本発明の第2実施形態の一実施例におけるステップ3で設定されるウェイポイント列を示す図である。

[図16]本発明の第1実施形態に係る制御装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図17]本発明の実施形態で使用する数式を示す図である。

[図18]本発明の第4の実施形態に係る制御装置のブロック図である。

発明を実施するための形態

[0010] 次に、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以降の説明において、複数の同一または類似の要素が存在する場合、各要素を区別せずに説明するために共通の符号を用いることがあり、また、各要素を区別して説明するために当該共通の符号に枝番号を加えることがある。

[0011] <第1実施形態>

第1実施形態に係るシステム1の構成の一例を図1に示す。システム1は、2台のロボット2を備える。また、各ロボット2は、制御装置3を備える。

[0012] 各制御装置3は、例えば図16に示すように、通信インタフェース部101と、キーボードやマウスなどの操作入力部102と、液晶ディスプレイ等の画面表示部103と、メモリやハードディスク等の記憶部104と、1以上のCPU (Central Processing Unit) を含む演算処理部105と、プログラム110とで実現することができる。プログラム110は、制御装置3の立ち上げ時等に外部のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体から記憶部104に読み込まれ、演算処理部105の動作を制御することにより、演算処理部105上に、図1に示す参照ウェイポイント記憶部4と、通信部5と、ウェイポイント設定部6と、移動制御部7とを、実

現する。

- [0013] 参照ウェイポイント記憶部4は、ロボット2の計画された経路情報であるウェイポイント列を記憶する。ウェイポイント列は、計画情報とも称される。ウェイポイントとは、ロボットが通過する必要がある地点を指す。ウェイポイントは、地点とも称される。ウェイポイントは、位置と時刻の組として表される。ウェイポイントは、ロボットに指定した時刻に指定した位置に到着することを要求する。すなわち、ウェイポイント (p, t) は、位置 p に時刻 t に到着する、という経路である。
- [0014] また、ウェイポイント列を使ったより限定的な経路の指定方法として、たとえば、ロボットが等速直線運動することを仮定してウェイポイント間の経路を指定するというものがある。すなわち、2つのウェイポイント $((p_1, t_1), (p_2, t_2))$ 間の経路を、図17に示す式1のように定める。ここで、式1における関数 $P(t)$ は、入力した時刻 t に対して、その時刻にロボットがいる位置を返す関数である。各時刻にいる位置を指定しているので、関数 $P(t)$ によって経路を表すことができる。
- [0015] 本実施形態では、このより限定的な経路の指定方法により、ウェイポイント列から経路を指定する。但し、ロボットは、必ずしも、等速直線運動する必要はない。その場合に、関数 $P(t)$ は、時刻 t にてロボットがいる位置を表していればよく、式1に示す形に限定されない。
- [0016] 参照ウェイポイント記憶部4は、ロボット2の都合だけを考慮してあらかじめ考えられた経路を記憶する。すなわち、この経路ではロボット間の通信維持は考慮されておらず、複数台のロボットがそれぞれ自身の参照ウェイポイント記憶部4に記憶されたウェイポイント列に従って移動したとき、互いに通信が断絶するような状況に陥ってしまう危険性がある。
- [0017] 通信部5は、自身のロボット2と他のロボット2との間でウェイポイント列の送受信を行う。2台のロボット2は、ウェイポイント列を送信する側のロボットと受信する側のロボットにわけられている。ここでは、説明の便宜上、ロボット2-1はウェイポイント列を送信するロボット、ロボット2-

2はウェイポイント列を受信するロボットに定められているものとする。この場合、ロボット2-1の通信部5-1は、自身の現在計画されている経路を表すウェイポイント列を送信し、ロボット2-2の通信部5-2は、ロボット2-1の現在計画されている経路を表すウェイポイント列を受信する。さらに、通信部5はウェイポイント列以外の目的に応じたデータのやり取りをすることもできる。例えば、複数台のロボットを使って周辺一帯を監視するような目的の場合、ロボットは怪しいものの有無について互いに通信し合うことがある。

[0018] 通信部5は、電波や音波等を用いて通信を行うが、これらの通信方法にはあらかじめ通信範囲が定められている。通信範囲とは、電波や音波の減衰等を考慮して、通信が可能であると想定される範囲である。ロボット同士が互いの通信範囲外にいるとき、通信が成功せず、通信断絶に陥る危険性がある。ほとんどの場合、通信範囲は距離に依存し、ロボットを中心とする円形（球形）となる。但し、通信範囲は、距離以外の要因（例えば障害物）を考慮して決定してもよい。

[0019] ウェイポイント設定部6は、自身の参照ウェイポイント記憶部4に記憶されたウェイポイント列と、通信部5で受信した他のロボット2のウェイポイント列から、通信維持を考慮したウェイポイント列を自身の計画された経路として設定する。今後は説明を簡単にするため、参照ウェイポイント記憶部4に記憶されたウェイポイント列を参照ウェイポイント列、通信部5で受信したウェイポイント列を受信ウェイポイント列と呼ぶ。ウェイポイント設定部6は、より具体的には、ウェイポイント列を送信してきたロボットの位置と、自身の位置が、常に互いの通信範囲内になるような経路を表すウェイポイント列の中で、自身の参照ウェイポイント記憶部4に記憶されたウェイポイント列とできるだけ近いものを、ウェイポイント列として設定する。

[0020] 具体的な設定の手順は、次の2つのステップにわかれる。

・ステップ1：受信ウェイポイント列と、参照ウェイポイント列の時刻列を合わせる。

・ステップ2. 各時刻のウェイポイントを、互いの通信範囲内にマッピングする。

[0021] 各ステップについて詳しく説明する。

ステップ1では、ウェイポイント設定部6は、2つのウェイポイント列について、含まれるウェイポイントの時刻を1つずつチェックしていき、もし片方の列だけに含まれる時刻がある場合、もう片側の列にもその時刻に対応するウェイポイントを追加する。追加するウェイポイントの位置は、式1に従って定める。すなわち、時刻 t に対応したウェイポイントは $(P(t), t)$ となる。ただし、ウェイポイント設定部6は、ウェイポイント列の最初と最後に関しては例外として、ウェイポイント列の最初時刻以前の位置は元からロボットがその位置にいるものと仮定して最初の位置を、ウェイポイント列の最後の時刻以降の位置はそれ以降もロボットがその位置に留まるとして最後の位置を、そのまま設定する。

[0022] ステップ1の結果、2つのウェイポイント列は、必ず同じ時刻に対応するウェイポイントを持つ。

[0023] ステップ2では、ウェイポイント設定部6は、参照ウェイポイント列から、受信ウェイポイント列と通信維持可能なウェイポイント列を算出する。具体的には、ウェイポイント設定部6は、各時刻の参照ウェイポイントを、同時刻の受信ウェイポイント列の通信範囲内にマッピングする。ここで、複数のロボットが共通して持つ通信範囲が、それぞれのロボットを中心とする半径 R の円（あるいは球）であるとする。また、ある時刻 t の参照ウェイポイントを (p, t) 、受信ウェイポイントを (q, t) とすると、マッピング後の位置 P_{mapping} は、図17に示す式2のようになる。

[0024] ウェイポイント間の距離が通信距離 R より大きいとき、マッピング後の位置は p と最も近く、 q の通信範囲にある位置になる。もし、 p が既に q の通信範囲にあるならば、マッピングは位置を変更しない。

[0025] マッピング後のウェイポイント列が表す経路に従うロボットと、受信ウェイポイント列が表す経路に従うロボットは、常に互いの通信範囲にいる。こ

れはマッピングを行ったウェイポイントの時刻に限らず、すべての時刻において成り立つ。何故なら、2つのウェイポイント列 $((p_1, t_1), (p_2, t_2))$ と $((q_1, t_1), (q_2, t_2))$ が表す経路に従って2台のロボットがそれぞれ移動するとき、時刻 t ($t_1 \leq t \leq t_2$)のロボット間の距離は、図17の式3に示されるような上限を持つからである。

[0026] ここで、マッピング後のウェイポイント間の距離はすべて R 以下なので、図17の式4が成り立ち、すべての時刻でロボット同士が互いの通信範囲内にいることがわかる。

[0027] ステップ1～2により、ロボット同士が通信維持を行うための経路を表すウェイポイント列を算出することができる。

[0028] 最後に、移動制御部7は、自身のウェイポイント設定部6がウェイポイント列を設定した場合にはその設定されたウェイポイント列が表す経路に従うように自身のロボットの移動の制御を行う。また、移動制御部7は、自身のウェイポイント設定部6がウェイポイント列を設定しなかった場合は自身の参照ウェイポイント記憶部4に記憶された参照ウェイポイント列が表す経路に従うように自身のロボットの移動の制御を行う。ロボットの移動機構としては、例えば、車輪型移動機構、クローラ型移動機構、脚型移動機構などが考えられるが、それらに限定されない。

[0029] システムの処理の流れを、図2に示す。まず、2台のロボットのうち、片方のロボット2-1が参照ウェイポイント記憶部4-1に記憶された参照ウェイポイント列を通信部5-1で送信する(ステップS11)。もう片側のロボット2-2が、通信部5-2でその参照ウェイポイント列を受信し(ステップS21)、ウェイポイント設定部6-2で受信したウェイポイント列と参照ウェイポイント列から通信維持可能なウェイポイント列を設定する(ステップS22)。その後、それぞれのロボット2は、現在のウェイポイント列が表す経路に従って移動制御部7で移動を行う。ただし、ウェイポイント設定部6で設定されたウェイポイント列があるならばそのウェイポイント列、ない場合は参照ウェイポイント列が現在のウェイポイント列となる。従

って、図2に示す例では、ロボット2-1は参照ウェイポイント列に従って移動し、ロボット2-2はウェイポイント設定部6-2で設定されたウェイポイント列に従って移動する。

[0030] ロボット2-2はウェイポイント設定部6-2で設定されたウェイポイント列が表す経路に従って移動するだけで、ウェイポイント列を送信してきたロボット2-1と、通信維持を行うことができる。この手法によれば、ロボット間で頻繁に通信や観測を行う必要はなく、互いに経路を決めた後（計画した後）に片方のロボットからウェイポイント列を一度送信するだけでよい。そのため、通信の回数を抑えながら通信維持ができる。

[0031] <第1実施形態の実施例>

具体例を用いて、第1実施形態の処理についてより詳細に説明する。

ロボット2-1とロボット2-2はそれぞれ、図3に示すように、次のようなウェイポイント列を参照ウェイポイント記憶部4-1、4-2に記憶している。

((0, 0), 0), ((8, 0), 10))

((0, 2), 0), ((4, 4), 5), ((8, 2), 10))

[0032] はじめに、ロボット2-1がロボット2-2にウェイポイント列を送信する。ロボット2-2はウェイポイント列を受信し、ウェイポイント設定部6-2でロボット2-1と通信維持可能なウェイポイント列を設定する。

[0033] ウェイポイント設定部6-2は、まずステップ1で、片側の列にしかない時刻に対応するウェイポイントを追加する。すなわち、受信ウェイポイント列にしかない時刻5に対応するウェイポイントを、参照ウェイポイント列に追加する。ステップ1の処理の結果、図4に示す通り、2つのウェイポイント列は次のようになる。

((0, 0), 0), ((4, 0), 5), ((8, 0), 10))

((0, 2), 0), ((4, 4), 5), ((8, 2), 10))

[0034] ステップ2では、ウェイポイント設定部6-2は、参照ウェイポイント列の各ウェイポイントを、同時刻の受信ウェイポイントの通信範囲内にマッピ

ングする。通信範囲がロボットを中心とする半径3の円形であるとしたとき、図5に示す通り、マッピングの結果は次のようになる。ここでは、通信範囲を2D（円）としたが、3D（球）であってもよい。

((0, 0), 0), ((4, 1), 5), ((8, 0), 10))

時刻0について、(0, 0)と(0, 2)の距離は3以下であり、マッピングは位置を変更しない。時刻10についても同様である。時刻5について、(4, 0)と(4, 4)の距離は4であり、位置(4, 0)は通信範囲内にはない。そのため、通信範囲の中で、位置(4, 0)に最も近い位置(4, 1)にマッピングされる。

最終的に、

((0, 0), 0), ((4, 1), 5), ((8, 0), 10))

がロボット2-2のウェイポイント列として設定される。

[0035] ロボット2-1とロボット2-2の移動制御部7-1、7-2が、それぞれ現在のウェイポイント列が表す経路に従って移動することで、2台のロボットの距離は常に3以下に留まり、通信維持が達成される。

[0036] <第2実施形態>

第1実施形態では、ロボット2台の場合についてのみの説明を行った。第2実施形態では、3台以上のロボットの通信維持について説明する。

[0037] 第2実施形態に係るシステム1Aの構成の例を図6に示す。各ロボット2の内部構成は、第1実施形態におけるロボット2と同様のものである。各ロボット2には、第1実施形態と同様な制御装置3が設けられている。以下に説明するロボット2による処理および動作は、そのロボット2に設けられた制御装置による処理および動作である。

[0038] 第2実施形態では、システム1Aは複数台のロボット2に対して一意な木構造を設定する。すなわち、各ロボット2は0台以上の子ロボットを持ち、かつ各ロボット2は1台以下の親ロボットを持ち、さらに1台のロボット2だけが親ロボットを持たない(0台の親ロボットを持つ)。ここで、ロボットAがロボットBを子ロボットとして持つとき、またそのときに限り、ロボ

ットBはロボットAを親ロボットとして持つ。

[0039] この木構造は、複数のロボット2が通信維持のためにウェイポイント列を設定する順序を示す。親ロボットを持たないロボットをルートロボットと呼ぶ。ルートロボットを起点として、以下のステップに従ってウェイポイント列の設定を行う。

[0040] ・ステップ1：起点であるロボット2が現在の経路を表すウェイポイント列を自身のすべての子ロボット2へ送信する。

・ステップ2：ウェイポイント列を受信したすべての子ロボット2は、第1実施形態に示した手順に従って起点であるロボット2と通信維持できるウェイポイント列を設定する。

・ステップ3：ウェイポイント列の設定が済んだそれぞれの子ロボット2は、自身が（1台以上の）子ロボット2を持つ場合、自身を起点としてステップ1～3を繰り返す。

[0041] <第2実施形態の実施例>

簡単な具体例を用いて上記の処理を説明する。

はじめに、図7に示す通り、ルートロボット2-1が星印で表される起点となる。そして、丸印で表される、ルートロボット2-1の2台の子ロボット2-2、2-3が、ルートロボット2-1からウェイポイント列を受信し、ルートロボット2-1と通信維持できるウェイポイント列を設定する。

[0042] 次に、図8に示す通り、先ほどの2台の子ロボット2-2、2-3がそれぞれ起点となり、それぞれの子ロボット2-4～2-5、2-6～2-8にウェイポイント列を送信する。このとき、送信されるウェイポイント列は、先ほどそれぞれのロボット2-2、2-3で設定されたウェイポイント列である。ウェイポイント列を受信した子ロボット2-4～2-8は受信ウェイポイント列から自身のウェイポイント列を設定する。これらの処理は、起点と起点の持つ子ロボットごとに、並列して行われる。

[0043] 最後に、図9に示す通り、先ほどの子ロボット2-4～2-8のうち、自身の子ロボットを持つロボット2-4、2-6、2-7がそれぞれ起点とな

って、自身の子ロボット2-9~2-10、2-11、2-12にウェイポイント列を送信する。ウェイポイント列を受信した子ロボット2-9~2-12は、ウェイポイント列を設定する。この子ロボット2-9~2-12たちは自身の子ロボットを持たないので、これ以上ステップは繰り返されない。

[0044] 以上の手続きにより、すべての子ロボットは親ロボットと通信維持できるウェイポイント列を設定することができ、複数ロボット全体として通信の維持が達成される。

[0045] <第3実施形態>

第3実施形態に係るシステムの構成は、第1実施形態と同じものである。第3実施形態では、第1実施形態とウェイポイント設定部6での処理のみが異なる。より具体的には、ウェイポイント設定部6の処理に、ステップ3を加えることにより、よりよいウェイポイント列を設定することを目的とする。

[0046] 詳しくは後述するが、第1実施形態におけるウェイポイント列の設定には、経路が疎なウェイポイント列によって表されるとき、通信維持のために設定されるウェイポイント列と、元のウェイポイント列との乖離が大きくなるという傾向がある。一方、経路を密なウェイポイント列で表せば、乖離を小さく抑えることができるが、通信するウェイポイント数が増え、通信コストが増えてしまうという問題がある。

[0047] そこで、ステップ3では、受信ウェイポイント列が表す経路と、参照ウェイポイント列が表す経路から、理想的な経路を算出し、この算出した理想的な経路と設定するウェイポイント列が表す経路の距離を一定以下に抑えることで、ウェイポイント列の乖離を小さく抑える。

[0048] 受信ウェイポイント列が表す経路を P_A 、参照ウェイポイント列が表す経路を P_B 、ステップ2を行った後に設定されるウェイポイント列が表す経路を $P_{B'}$ とする。このとき、経路 P_A に従って移動するロボットと通信維持でき、かつ経路 P_B に最も近い理想的な経路 $P_{B''}$ は、図17の式5で表される。

[0049] 経路間のギャップの閾値をDとする。この閾値が小さいほど元の経路に近いウェイポイント列が設定されるが、一方でウェイポイント数が多くなる。閾値はこのトレードオフを考慮して適切に設定する。

[0050] ウェイポイント設定部6は、ステップ2で設定されたウェイポイント列を比較列として、以下の処理を行う。

[0051] ・ステップ3：比較列が表す経路と P_B'' を各時刻について比較し、もし距離の差がDより大きい時刻tが見つければ、比較列にウェイポイント($P_B''(t)$, t)を追加し、追加されたものを新しい比較列として処理を繰り返す。もし見つからなければ、その時点の比較列をウェイポイント列として設定する。

[0052] ステップ3で設定されたウェイポイント列が表す経路は、理想的な経路 P_B'' とどの時刻についても距離がD以下であり、より元の経路 P_B に近いウェイポイント列となっている。

[0053] 第3実施形態によれば、閾値を適切に設定することにより、通信する情報量に影響するウェイポイント数の増加を抑えつつ、より元の経路と近い、通信維持できるウェイポイント列を設定することができる。

[0054] <第3実施形態の実施例>

第1実施形態の実施例と同じ例を用いて、第3実施形態の処理と効果を説明する。

ステップ2で設定されたウェイポイント列と、元のウェイポイント列が表す経路の差は、この場合は図10に示す破線で囲まれた領域の面積と一致する。すなわち、差は4となる。ここで、もしステップ1の後のウェイポイント列が以下のように与えられていたとする。

((0, 0), 0), ((2, 0), 2.5), ((4, 0), 5), ((6, 0), 7.5), ((8, 0), 10))

((0, 2), 0), ((2, 3), 2.5), ((4, 4), 5), ((6, 3), 7.5), ((8, 2), 10))

この場合、これらのウェイポイント列は図3と同じ経路を表しているにも

関わらず、ステップ2で設定されるウェイポイント列は図11に示す通りとなる。

$((0, 0), 0), ((2, 0), 2.5), ((4, 1), 5), ((6, 0), 7.5), ((8, 0), 10))$

このウェイポイント列と元のウェイポイント列の差は2となり、元のウェイポイント列が密に与えられていた方が、設定されるウェイポイント列の乖離が小さくなることがわかる。

[0055] ステップ2で設定されるウェイポイント列と参照ウェイポイント列との差がウェイポイント列の密度に依存する問題を解決するため、ステップ3では理想の経路とステップ2で設定されたウェイポイント列の各時刻の距離を比較する。ここで理想の経路(式5)は、以下のウェイポイント列で表される経路と一致する。

$((0, 0), 0), ((2, 0), 2.5), ((4, 1), 5), ((6, 0), 7.5), ((8, 0), 10))$

[0056] 閾値を $D = 0.4$ として、比較列と理想の経路の距離が閾値を最初に超える時刻は、図12に示すように時刻2である。そのため、比較列には $((1.6, 0), 2)$ が追加され、追加されたものが図13に示す新たな比較列となる。

[0057] 図13の新しい比較列と理想の経路の距離が次に閾値を超える時刻は、図14に示すように時刻7であり、そのため新しい比較列に $((5.6, 0.2), 7)$ が追加される。

[0058] 図15に示すウェイポイントが追加された新しい比較列

$((0, 0), 0), ((1.6, 0), 2), ((4, 1), 5), ((5.6, 0.2), 7), ((8, 0), 10))$

は、どの時刻でも理想の経路との距離が閾値を超えることがないため、ここで処理を終了する。最終的な比較列が、ウェイポイント列として設定される。設定されたウェイポイント列は、ステップ2までで設定されたウェイポイント列よりも参照ウェイポイント列との差が小さくなっており、ステップ3

によってよりよいウェイポイント列が設定されていることがわかる。また、ウェイポイント数も２個の増加に留まっており、通信コストの増加も抑えることができる。

[0059] <第４実施形態>

次に、本発明の第４実施形態について説明する。本実施形態では、本発明の概略を説明する。

[0060] 図１８は、本実施形態に係る制御装置２００のブロック図である。図１８を参照すると、制御装置２００は、通信部２０１と設定部２０２と制御部２０３とを含んで構成されている。

[0061] 通信部２０１は、他のロボットの移動経路を表す移動計画を受信するように構成されている。設定部２０２は、通信部２０１で受信した他のロボットの移動計画と自身のロボットの移動計画とから、他のロボットとの通信可能な距離を保ちつつ前記移動経路に沿った、前記移動経路とは異なる経路を表す移動計画を設定するように構成されている。制御部２０３は、設定部２０２によって設定された移動計画に従って自身のロボットの移動を制御するように構成されている。

[0062] 以上のように構成された制御装置１００は、以下のように動作する。まず、通信部２０１は、他のロボットの移動経路を表す移動計画を受信する。次に、設定部２０２は、通信部２０１で受信した他のロボットの移動計画と自身のロボットの移動計画とから、他のロボットとの通信可能な距離を保ちつつ前記移動経路に沿った、前記移動経路とは異なる経路を表す移動計画を設定する。次に、制御部２０３は、設定部２０２によって設定された移動計画に従って自身のロボットの移動を制御する。

通信部２０１は、第１実施形態に係る通信部５が有する機能を用いて実現することができる。設定部２０２は、第１実施形態に係るウェイポイント設定部６が有する機能を用いて実現することができる。制御部２０３は、第１実施形態に係る移動制御部７が有する機能を用いて実現することができる。従って、制御装置２００は、第１実施形態に係る制御装置３が有する機能を

用いて実現することができる。

[0063] 以上のように構成され動作する制御装置 100 によれば、少ない通信回数で、ロボット間の通信を維持することができる。その理由は、移動計画の段階で通信維持を達成するためである。

[0064] 以上、上記各実施形態を参照して本発明を説明したが、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明の範囲内で当業者が理解しうる様々な変更をすることができる。

例えば、制御装置は、上述した CPU の代わりに、GPU (Graphic Processing Unit)、DSP (Digital Signal Processor)、MPU (Micro Processing Unit)、FPU (Floating number Processing Unit)、PPU (Physics Processing Unit)、TPU (Tensor Processing Unit)、量子プロセッサ、マイクロコントローラ、又は、これらの組み合わせなどを用いることができる。

符号の説明

- [0065] 1、1A システム
- 2、2-1～2-12 ロボット
- 3、3-1、3-2 制御装置
- 4、4-1、4-2 参照ウェイポイント記憶部
- 5、5-1、5-2 通信部
- 6、6-1、6-2 ウェイポイント設定部
- 7、7-1、7-2 移動制御部

請求の範囲

- [請求項1] 他のロボットの移動経路を表す移動計画を受信する通信部と、
 受信した他のロボットの移動計画と自身のロボットの移動計画とから、前記他のロボットとの通信可能な距離を保ちつつ前記移動経路に沿った、前記移動経路とは異なる経路を表す移動計画を設定する設定部と、
 前記設定された移動計画に従って自身のロボットの移動を制御する制御部と、
 を有する制御装置。
- [請求項2] 前記移動計画は、ロボットが順次通過する必要がある地点の列を含む、
 請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 前記地点は、位置と時刻と、を含む、
 請求項2に記載の制御装置。
- [請求項4] 前記設定部は、
 前記受信した他のロボットの移動計画と前記自身のロボットの移動計画との何れか一方の移動計画だけに含まれる時刻と同一時刻を有する地点を他方の移動計画に追加することにより、双方の前記移動計画が同じ時刻の地点を持つように調整し、
 前記調整後の双方の前記移動計画に含まれる同じ時刻の各地点について、前記自身のロボットの移動計画に含まれる地点が前記受信した相手のロボットの移動計画の地点の通信範囲内に入るように前記自身のロボットの移動計画における地点の位置を修正する、
 請求項3に記載の制御装置。
- [請求項5] 前記設定部は、
 前記修正後の前記自身のロボットの移動計画と、前記受信した相手のロボットの移動計画と通信維持可能な理想的な移動計画とを、各時刻について比較し、

或る時刻において双方の前記移動計画の地点間の距離があらかじめ定めた閾値より大きいとき、前記修正後の前記自身のロボットの移動計画に、当該時刻と当該時刻に前記理想的な移動計画においてロボットがいる位置とを含む地点を追加する、
請求項4に記載の制御装置。

[請求項6] 前記通信部は、複数台のロボットに対して定められた木構造における前記自身のロボットの親となるロボットから前記他のロボットの移動計画を受信する、
請求項1に記載の制御装置。

[請求項7] 前記通信部は、前記木構造における前記自身のロボットの子となるロボットに対して、前記設定された移動計画を送信する、
請求項6に記載の制御装置。

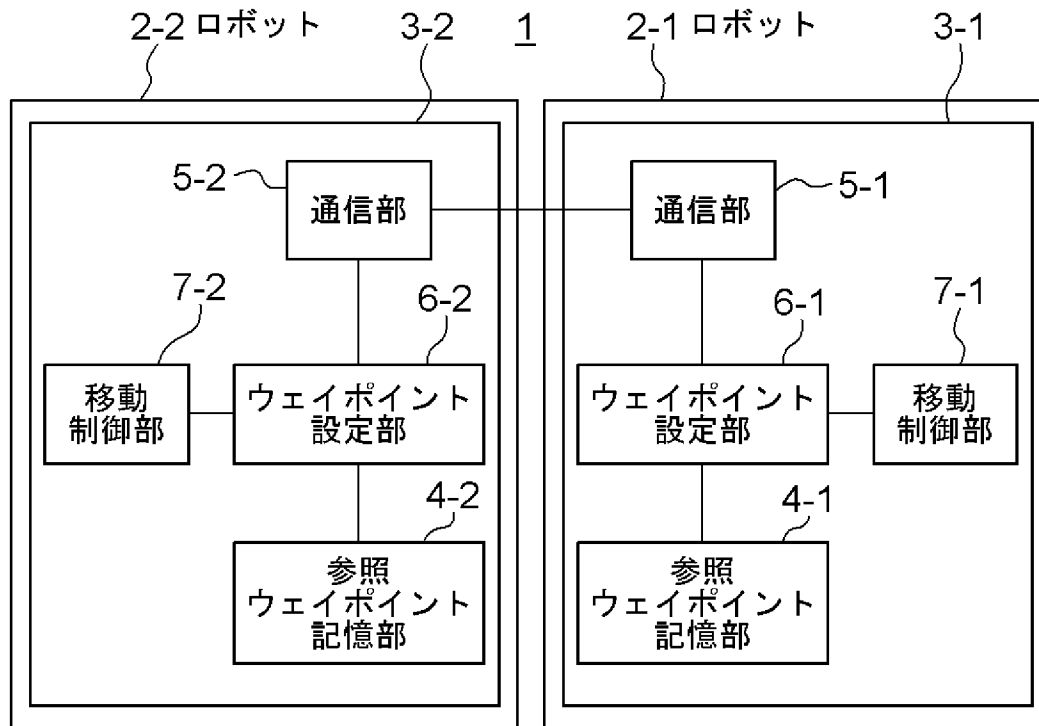
[請求項8] 請求項1乃至7の何れかに記載された制御装置を複数備える、
システム。

[請求項9] 他のロボットの移動経路を表す移動計画を受信し、
受信した他のロボットの移動計画と自身のロボットの移動計画とから、前記他のロボットとの通信可能な距離を保ちつつ前記移動経路に沿った、前記移動経路とは異なる経路を表す移動計画を設定し、
前記設定された移動計画に従って自身のロボットの移動を制御する、
制御方法。

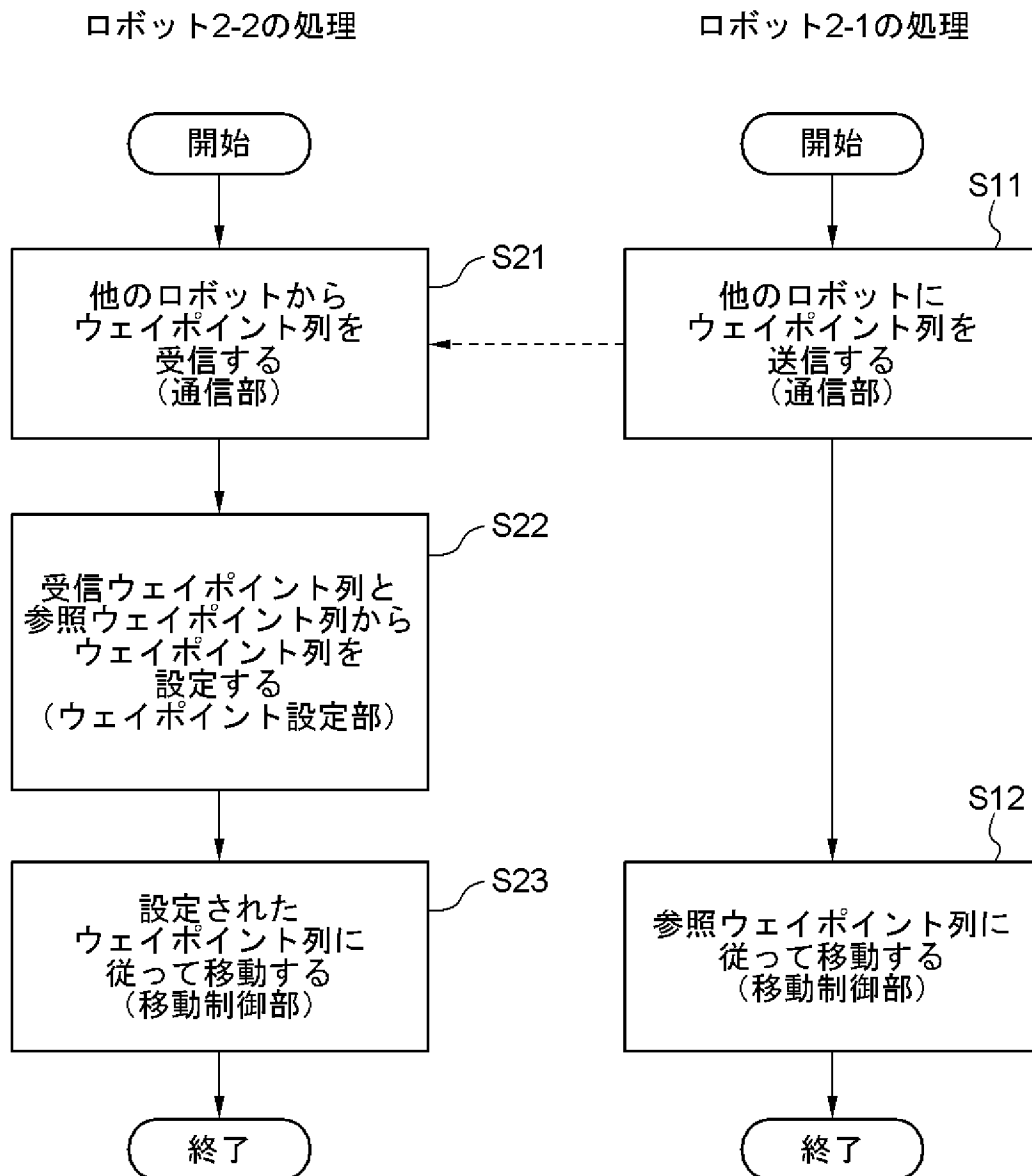
[請求項10] コンピュータに、
他のロボットの移動経路を表す移動計画を受信する処理と、
受信した他のロボットの移動計画と自身のロボットの移動計画とから、前記他のロボットとの通信可能な距離を保ちつつ前記移動経路に沿った、前記移動経路とは異なる経路を表す移動計画を設定する処理と、
前記設定された移動計画に従って自身のロボットの移動を制御する

処理と、
を行わせるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な
記録媒体。

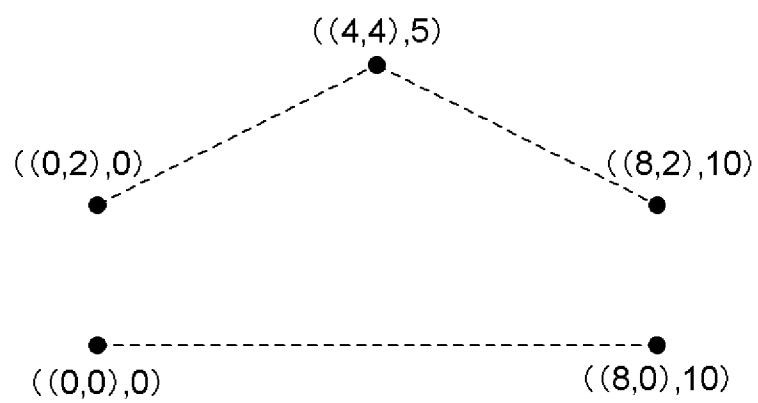
[図1]



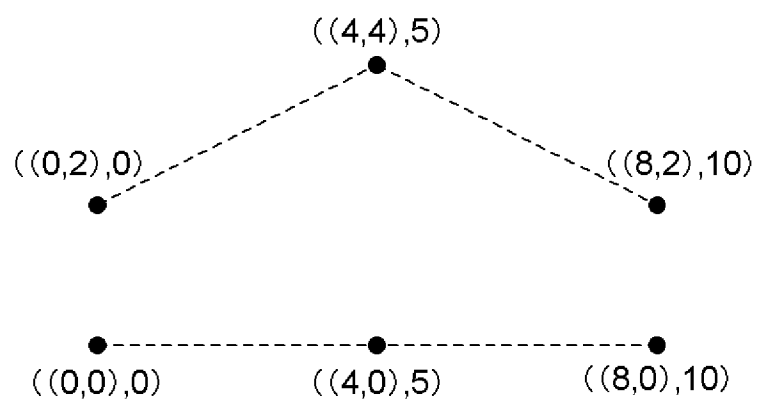
[図2]



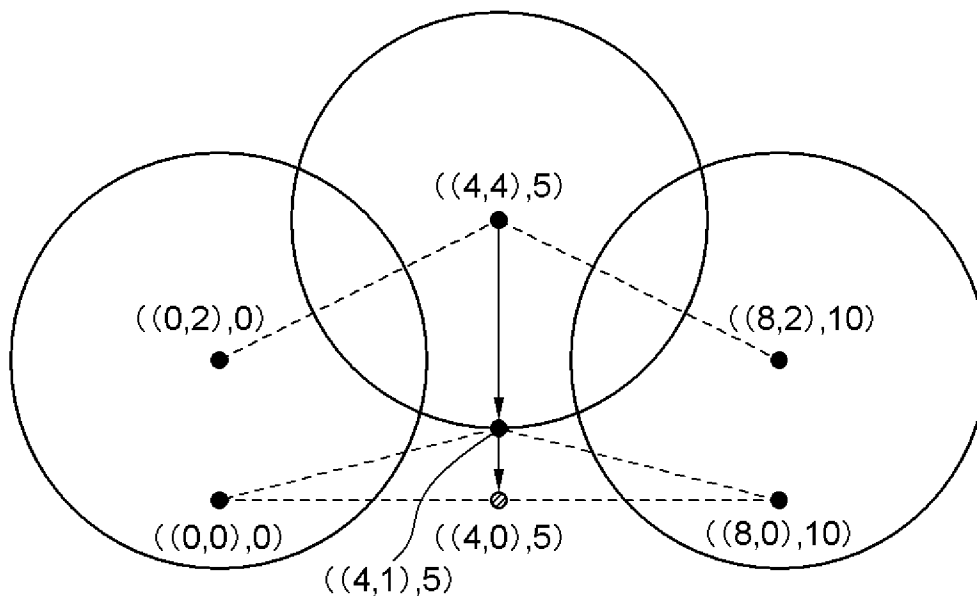
[図3]



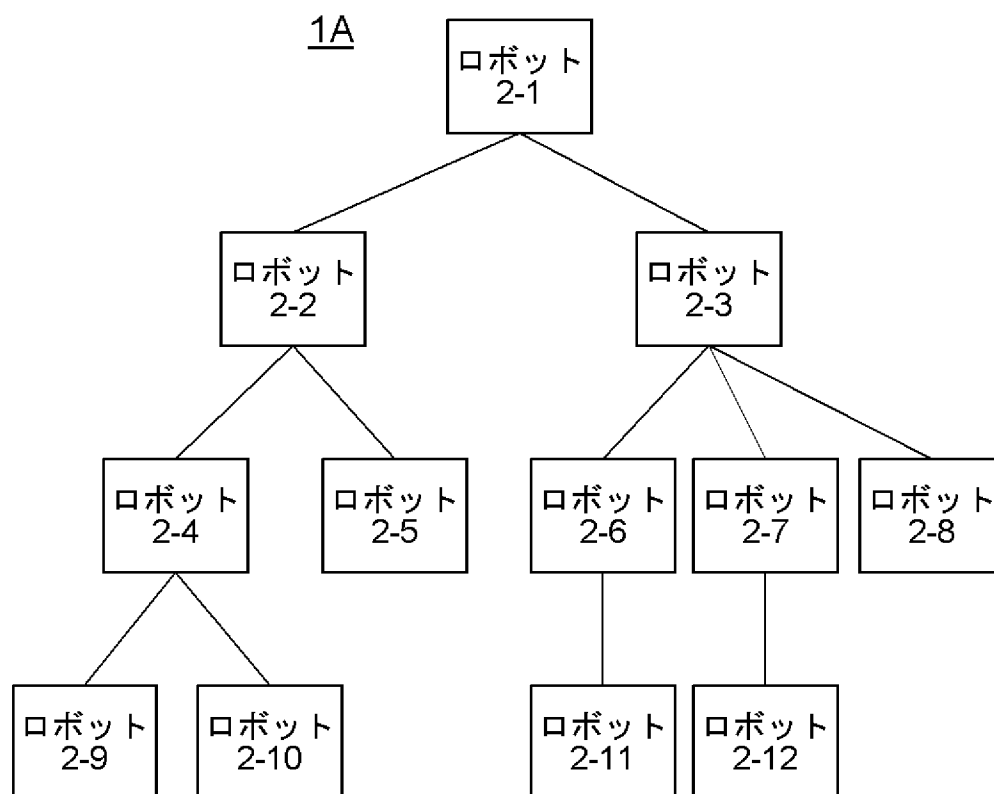
[図4]



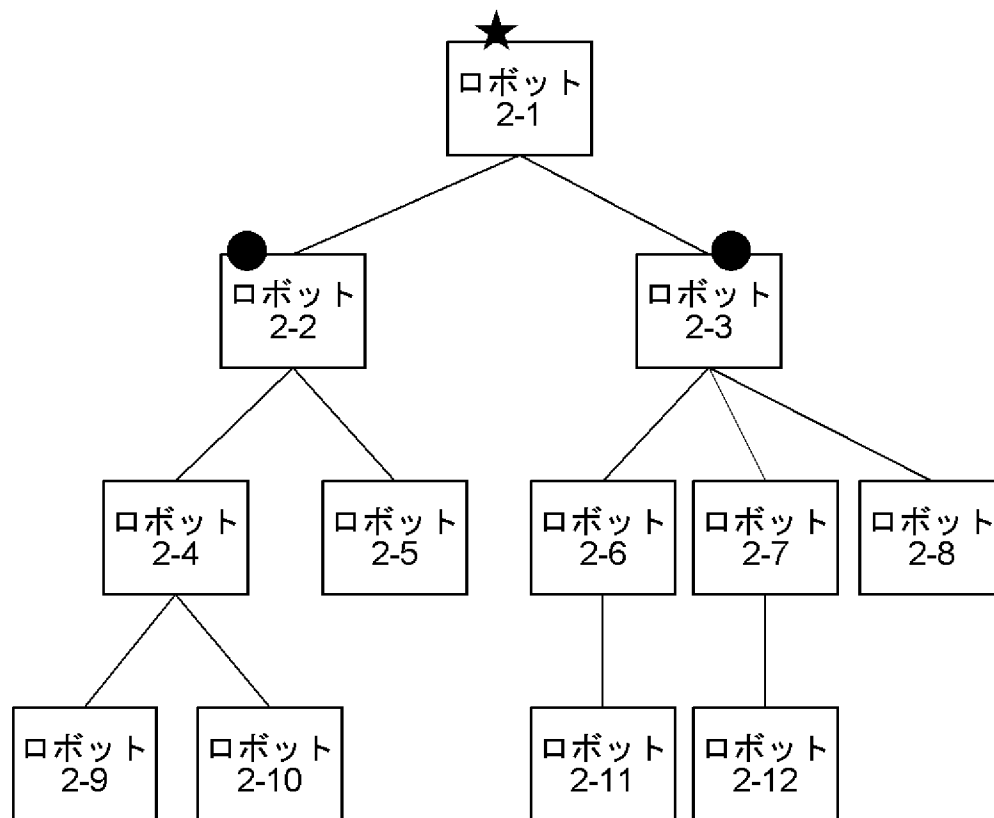
[図5]



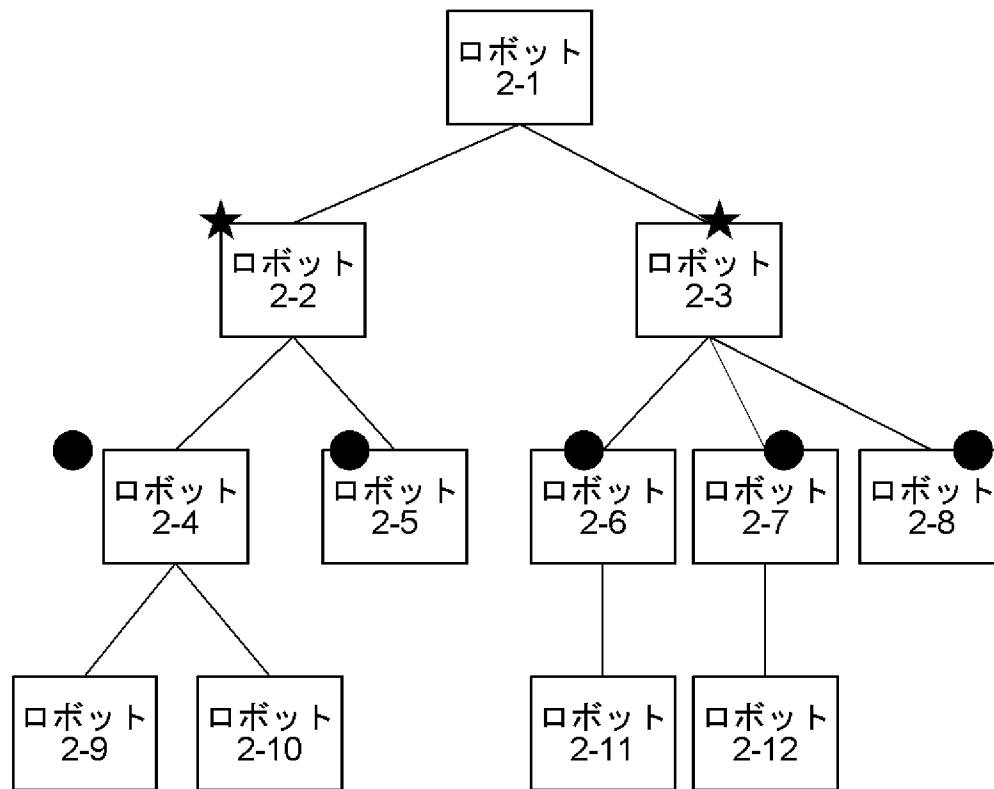
[図6]



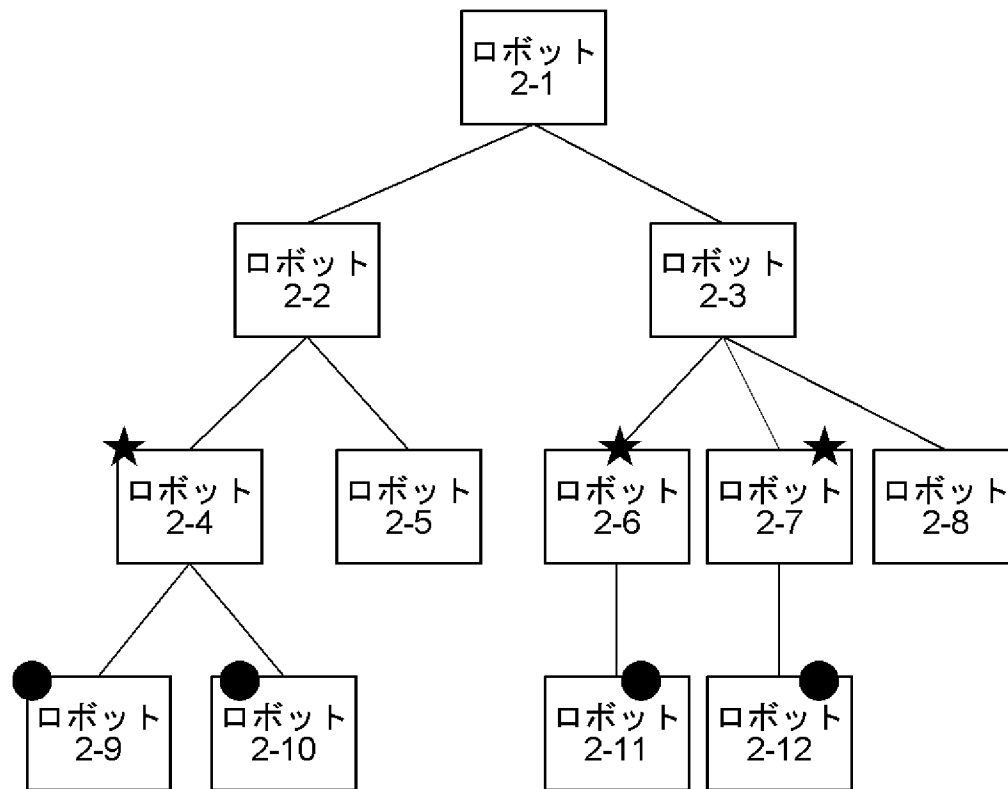
[図7]



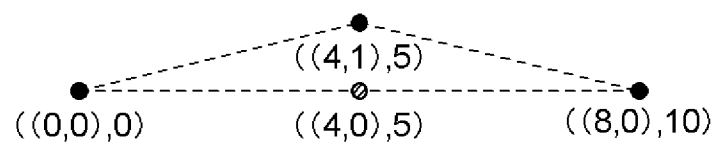
[図8]

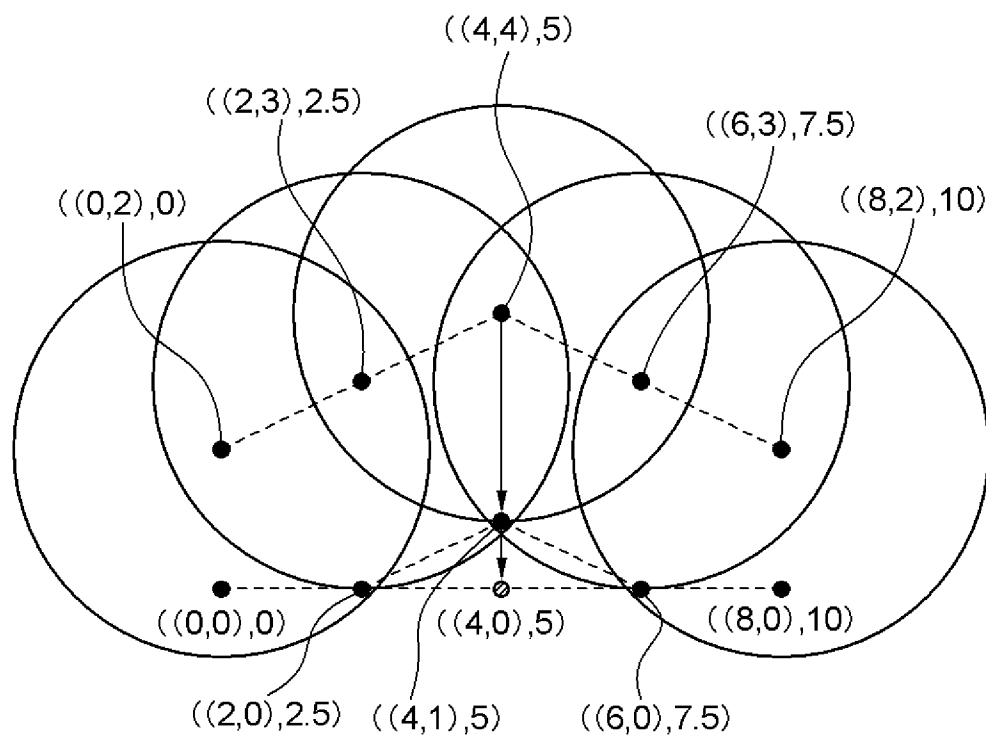


[図9]

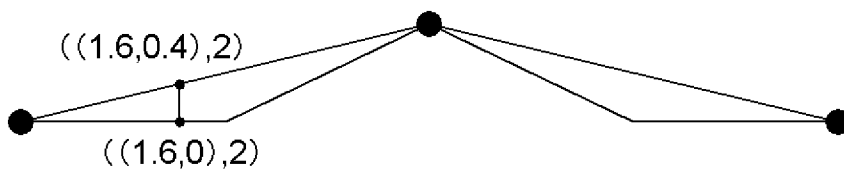


[図10]

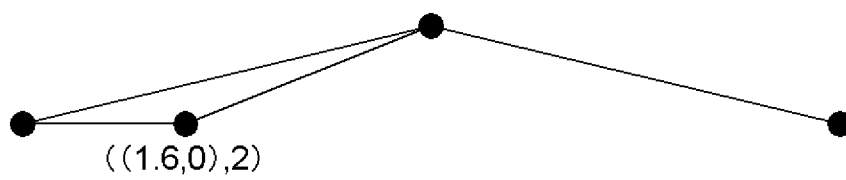




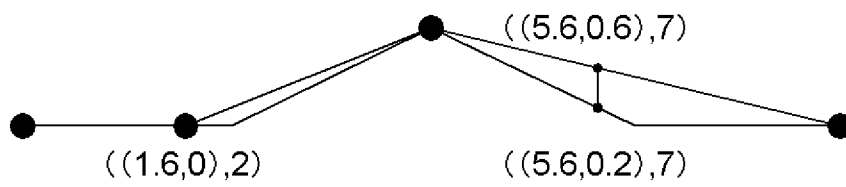
[図12]



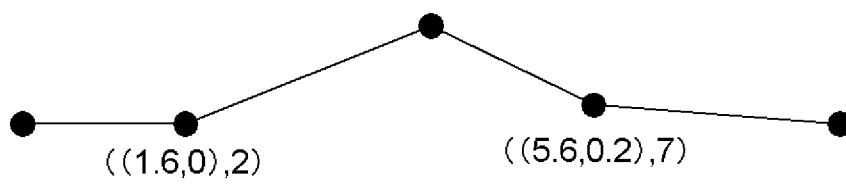
[図13]



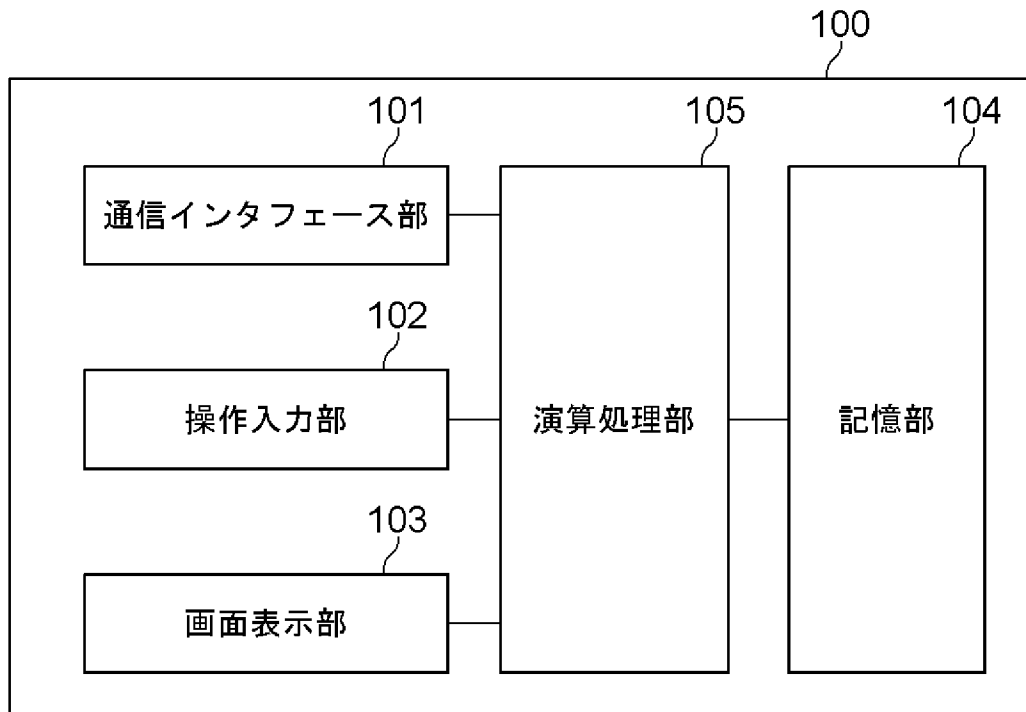
[図14]



[図15]



[図16]



[図17]

$$P(t) = \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} p_1 + \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} p_2 \quad \dots \text{式1}$$

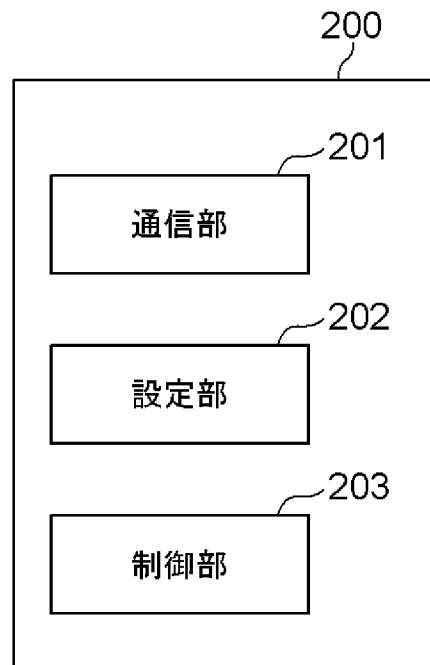
$$p_{\text{mapping}} = \begin{cases} q + \frac{p - q}{\|p - q\|} R & (\|p - q\| > R) \\ p & (\|p - q\| \leq R) \end{cases} \quad \dots \text{式2}$$

$$\left\| \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} (p_1 - q_1) + \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} (p_2 - q_2) \right\| \leq \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} \|p_1 - q_1\| + \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \|p_2 - q_2\| \quad \dots \text{式3}$$

$$\frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} \|p_1 - q_1\| + \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \|p_2 - q_2\| \leq \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} R + \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} R \leq R \quad \dots \text{式4}$$

$$P'_{\text{B}}(t) = \begin{cases} P_{\text{A}}(t) + \frac{P_{\text{B}}(t) - P_{\text{A}}(t)}{\|P_{\text{B}}(t) - P_{\text{A}}(t)\|} R & (\|P_{\text{B}}(t) - P_{\text{A}}(t)\| > R) \\ P_{\text{B}}(t) & (\|P_{\text{B}}(t) - P_{\text{A}}(t)\| \leq R) \end{cases} \quad \dots \text{式5}$$

[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/011920

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G05D 1/02**(2020.01)i

FI: G05D1/02 H

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05D1/02

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2022/180682 A1 (NEC CORPORATION) 01 September 2022 (2022-09-01) paragraphs [0014]-[0110], fig. 1-5	1-10
A	JP 2018-10335 A (IHI CORP.) 18 January 2018 (2018-01-18) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2022-501704 A (LG ELECTRONICS INCORPORATED) 06 January 2022 (2022-01-06) entire text, all drawings	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 April 2023

Date of mailing of the international search report

16 May 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/011920

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2022/180682	A1	01 September 2022	(Family: none)	
JP	2018-10335	A	18 January 2018	(Family: none)	
JP	2022-501704	A	06 January 2022	US 2020/0081454 A1	
				entire text, all drawings	
				WO 2020/050494 A1	
				KR 10-2020-0029969 A	
				CN 112654470 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05D 1/02(2020.01)i FI: G05D1/02 H		
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）） G05D1/02 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2022/180682 A1（日本電気株式会社）01.09.2022（2022-09-01） 段落[0014]-[0110]，図1-5	1-10
A	JP 2018-10335 A（株式会社 I H I）18.01.2018（2018-01-18） 全文，全図	1-10
A	JP 2022-501704 A（エルジー エレクトロニクス インコーポレイティド）06.01.2022 （2022-01-06） 全文，全図	1-10
☐ 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 “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 25.04.2023	国際調査報告の発送日 16.05.2023	
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） 今井 貞雄 3U 4129 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	

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/JP2023/011920

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2022/180682	A1	01.09.2022	(ファミリーなし)	
JP	2018-10335	A	18.01.2018	(ファミリーなし)	
JP	2022-501704	A	06.01.2022	US 2020/0081454	A1
				全文, 全図	
				WO 2020/050494	A1
				KR 10-2020-0029969	A
				CN 112654470	A