

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-93364  
(P2020-93364A)

(43) 公開日 令和2年6月18日(2020.6.18)

| (51) Int.Cl. |              |                  | F I  |       |   | テーマコード (参考) |  |  |
|--------------|--------------|------------------|------|-------|---|-------------|--|--|
| <b>B25J</b>  | <b>9/10</b>  | <b>(2006.01)</b> | B25J | 9/10  | A | 3C707       |  |  |
| <b>B25J</b>  | <b>5/00</b>  | <b>(2006.01)</b> | B25J | 5/00  | E |             |  |  |
| <b>B25J</b>  | <b>19/06</b> | <b>(2006.01)</b> | B25J | 19/06 |   |             |  |  |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2018-234297 (P2018-234297)  
(22) 出願日 平成30年12月14日 (2018.12.14)

(71) 出願人 000003207  
トヨタ自動車株式会社  
愛知県豊田市トヨタ町1番地  
(74) 代理人 100103894  
弁理士 冢入 健  
(72) 発明者 寺田 耕志  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
Fターム(参考) 3C707 CS08 KS16 KS22 KT01 KT04  
LS15 MS05 WA16 WL09

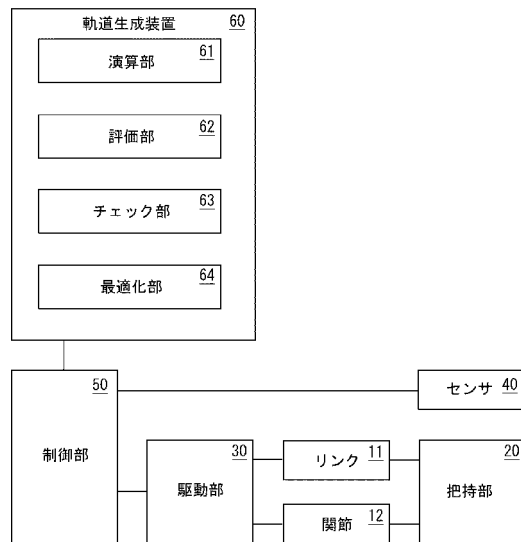
(54) 【発明の名称】 軌道生成装置

(57) 【要約】

【課題】精度低下を抑制しつつ、演算時間を短くすることができる軌道生成装置を提供する。

【解決手段】実施形態に係る軌道生成装置60は、移動体1または把持部20を、開始位置Sから目標位置Gまで移動させる軌道70を生成する演算部61と、軌道70の評価を行う評価部62と、を備え、演算部61は、目標位置G及び目標位置Gの近傍を含む目標領域GAまでの複数の軌道候補71a~71eを、所定の把持条件に対応付けた複数の自由度で、所定期間TS内に演算できる範囲、所定演算処理量で演算できる範囲、及び、所定数の前記軌道候補を演算できる範囲のうちのいずれかの範囲で生成し、評価部62は、生成された複数の軌道候補71a~71eを評価項目に基づいて評価を行い、演算部は、評価が高い軌道候補71bを用いて軌道70を生成する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

移動体または前記移動体の把持部を、開始位置から目標位置まで移動させる軌道を生成する演算を行う演算部と、前記軌道の評価を行う評価部と、を備える軌道生成装置であって、

前記演算部は、

前記目標位置及び前記目標位置の近傍を含む目標領域までの複数の軌道候補を、所定の把持条件に対応付けた複数の自由度で、所定期間内に演算できる範囲、所定演算処理量で演算できる範囲、及び、所定数の前記軌道候補を演算できる範囲のうちのいずれかの範囲で生成し、

前記評価部は、

生成された前記複数の軌道候補を評価項目に基づいて評価を行い、

前記演算部は、

前記評価が高い前記軌道候補を用いて前記軌道を生成する、

軌道生成装置。

**【請求項 2】**

前記演算部は、

前記評価が高い前記軌道候補の前記開始位置側の一部であって、前記所定期間に前記移動体または前記把持部が移動する部分を、微小軌道として、前記開始位置または直前の前記微小軌道に前記所定期間毎に周期的に繋げ、これにより、前記開始位置から順に複数の前記微小軌道を繋げることにより前記軌道を生成する、

請求項 1 に記載の軌道生成装置。

**【請求項 3】**

前記演算部は、

前記開始位置または直前の前記微小軌道の前記目標位置側から、前記目標領域までの前記複数の軌道候補を生成する、

請求項 2 に記載の軌道生成装置。

**【請求項 4】**

前記移動体は、

本体部と、前記本体部に前記把持部を取付けるリンク及び関節と、画角が可変なカメラとを有し、

前記演算部は、

前記移動体の位置、前記リンクの位置、前記関節の回転角及び前記画角のうちの少なくともいずれかを、所定の範囲内に収めるハード拘束条件を、前記所定の把持条件として、前記軌道候補を生成する、

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の軌道生成装置。

**【請求項 5】**

前記評価部は、

前記軌道候補に沿った長さが小さい方の前記評価を高くする軌道長の条件、または、できるだけ満たされることが好ましいソフト拘束条件を前記評価項目に含む、

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の軌道生成装置。

**【請求項 6】**

干渉物の回避の成立性をチェックするチェック部をさらに含み、

前記チェック部は、

前記評価が高い前記軌道候補から順に前記成立性をチェックし、前記成立性を満たす軌道候補を選択し、

前記演算部は、

前記チェック部が選択した前記軌道候補を用いて前記軌道を生成する、

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の軌道生成装置。

**【請求項 7】**

10

20

30

40

50

生成された前記軌道を前記移動体または前記把持部が移動可能となるように、前記移動体または前記把持部の駆動を最適化する最適化部をさらに含む、

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の軌道生成装置。

【請求項 8】

前記演算部は、解析解を用いて前記軌道候補を生成する、

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の軌道生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、軌道生成装置に関するものであり、例えば、ロボット等の移動体を目標位置まで移動させる軌道を生成する軌道生成装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、ロボット等の移動体が障害物と干渉しない軌道を生成する演算部と、軌道を記憶する記憶手段と、を備えた軌道生成装置が開示されている。特許文献 1 の軌道生成装置は、記憶手段に記憶された複数の軌道の中から、現在の環境に適した軌道を選択する。そして、選択された軌道のうち、障害物と干渉しない軌道部分を抽出し、その両端を、移動体の軌道のスタート位置及びゴール位置のそれぞれに、枝を伸ばすように結ぶことによって、最終的な 1 つの軌道を生成する。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 5 7 2 4 9 1 9 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 7 - 4 2 8 6 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 の軌道生成装置は、軌道の演算に非常に時間がかかる場合がある。把持部を有する移動体の軌道生成に適用した場合に、“把持に適した”ゴール位置までの移動体またはその把持部の軌道生成を、精度低下を抑制しつつ演算時間を短くできる軌道生成装置を実現したいという課題がある。

30

【0005】

本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、精度低下を抑制しつつ演算時間を短くすることができる軌道生成装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様に係る軌道生成装置は、移動体または前記移動体の把持部を、開始位置から目標位置まで移動させる軌道を生成する演算を行う演算部と、前記軌道の評価を行う評価部と、を備える軌道生成装置であって、前記演算部は、前記目標位置及び前記目標位置の近傍を含む目標領域までの複数の軌道候補を、所定の把持条件に対応付けた複数の自由度で、所定期間内に演算できる範囲、所定演算処理量で演算できる範囲、及び、所定数の前記軌道候補を演算できる範囲のうちのいずれかの範囲で生成し、前記評価部は、生成された前記複数の軌道候補を評価項目に基づいて評価を行い、前記演算部は、前記評価が高い前記軌道候補を用いて前記軌道を生成する。このような構成とすることにより、演算の精度低下を抑制しつつ、多くの軌道候補を生成することができる。

40

【0007】

また、前記演算部は、前記評価が高い前記軌道候補の前記開始位置側の一部であって、前記所定期間に前記移動体または前記把持部が移動する部分を、微小軌道として、前記開始位置または直前の前記微小軌道に前記所定期間毎に周期的に繋げ、これにより、前記開始位置から順に複数の前記微小軌道を繋げることにより前記軌道を生成する。このような

50

構成により、軌道生成とリアルタイムに移動体を移動させ、移動体の動きをスムーズにすることができる。

【0008】

さらに、前記演算部は、前記開始位置または直前の前記微小軌道の前記目標位置側から、前記目標領域までの前記複数の軌道候補を生成する。このような構成とすることにより、所定期間内に演算できる範囲に、できるだけ多くの軌道候補を生成することができる。

【0009】

前記移動体は、本体部と、前記本体部に前記把持部を取付けるリンク及び関節と、画角が可変なカメラとを有し、前記演算部は、前記移動体の位置、前記リンクの位置、前記関節の回転角及び前記画角のうち少なくともいずれかを、所定の範囲内に収めるハード拘束条件を、前記所定の把持条件として、前記軌道候補を生成する。このような構成により、ハード拘束条件に基づいて軌道候補を生成するので、関節等の動きを制限でき、生成時間を低減することができる。

10

【0010】

また、前記評価部は、前記軌道候補に沿った長さが小さい方の前記評価を高くする軌道長の条件、または、できるだけ満たされることが好ましいソフト拘束条件を前記評価項目に含む。このような構成により、移動体の位置及び姿勢等を好ましいものにすることができる。

【0011】

さらに、干渉物の回避の成立性をチェックするチェック部をさらに含み、前記チェック部は、前記評価が高い前記軌道候補から順に前記成立性をチェックし、前記成立性を満たす軌道候補を選択し、前記演算部は、前記チェック部が選択した前記軌道候補を用いて前記軌道を生成する。このような構成により、軌道候補の評価及びチェックで成立性を担保することができる。

20

【0012】

生成された前記軌道を前記移動体または前記把持部が移動可能となるように、前記移動体または前記把持部の駆動を最適化する最適化部をさらに含む。このような構成により、移動体及び把持部の移動をスムーズにすることができる。

【0013】

また、前記演算部は、解析解を用いて前記軌道候補を生成する。このような構成により、高速に演算することができるので、移動体及び把持部の移動とリアルタイムで軌道を生成することができる。

30

【発明の効果】

【0014】

本発明により、精度低下を抑制しつつ演算時間を短くすることができる軌道生成装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施形態に係る移動体の構成を例示した図である。

【図2】実施形態に係る移動体の構成を例示したブロック図である。

40

【図3】実施形態に係る軌道生成装置の演算部が生成した軌道候補を例示した図である。

【図4】実施形態に係る軌道生成装置が用いる把持条件を例示した図である。

【図5】実施形態に係る軌道生成装置が用いる拘束条件の種類を例示した図である。

【図6】実施形態に係る軌道生成装置において、演算部が生成した軌道候補を評価部が評価した結果を例示した図である。

【図7】実施形態に係る軌道生成装置の演算部が生成した軌道候補を例示した図である。

【図8】実施形態に係る軌道生成装置の演算部が生成した軌道候補を例示した図である。

【図9】実施形態に係る軌道生成方法を例示したフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

50

以下、本発明を実施するための最良の形態について、添付図面を参照しながら説明する。但し、本発明が以下の実施の形態に限定される訳ではない。また、説明を明確にするため、以下の記載及び図面は、適宜、簡略化されている。

**【0017】**

(実施形態)

実施形態に係る軌道生成装置を説明する。本実施形態の軌道生成装置は、例えば、ロボット等の移動体において、ハンド等の把持部を移動させる軌道を生成する。まず、軌道生成装置を含む移動体の構成を説明する。その後、軌道生成装置による移動体及び把持部の軌道生成方法を説明する。

**【0018】**

(移動体の構成)

図1は、実施形態に係る移動体1の構成を例示した図である。図2は、実施形態に係る移動体1の構成を例示したブロック図である。図1及び図2に示すように、移動体1は、本体部10、リンク11、関節12、把持部20、駆動部30、センサ40、制御部50、軌道生成装置60を備えている。移動体1は、例えば、ロボットである。

**【0019】**

本体部10は、移動体1の胴体を構成する。本体部10には、移動体1の把持部20が取り付けられている。また、本体部10の下方には、本体部10を移動させる駆動部30として、例えば、車輪及び車輪を回転させるモータが取り付けられている。例えば、本体部10は、車輪の回転により移動する。なお、本体部10を移動させる駆動部30は、車輪及び車輪を回転させるモータに限らず、2足歩行する脚部等でもよい。

**【0020】**

リンク11及び関節12は、本体部10と把持部20との間に設けられている。リンク11及び関節12は、本体部10に把持部20を取り付けている。リンク11は、例えば、棒状の部材であり、いわゆる骨の役割をする。関節12は、本体部10とリンク11との間、リンク11とリンク11との間、リンク11と把持部20との間等の部材同士を回転可能に連結する。関節12には、駆動部30が設けられている。関節12の駆動部30は、例えば、アクチュエータである。関節12は、駆動部30の駆動により回転する。

**【0021】**

把持部20は、例えば、ロボットのハンドである。把持部20は、リンク11及び関節12を介して、本体部10に取り付けられている。よって、把持部20は、関節12の回転により移動する。

**【0022】**

駆動部30は、本体部10の下方に取り付けられた車輪及び車輪を回転させるモータ、並びに、関節12を回転させるアクチュエータである。本体部10の移動により、把持部20も移動する。

**【0023】**

センサ40は、移動体1の位置を検出する。具体的には、センサ40は、本体部10及び把持部20の位置を検出する。例えば、センサ40は、本体部10の上方に取り付けられ、本体部10、把持部20及びそれらの周囲を撮像するカメラ13である。カメラ13は、関節12を介して本体部10に取り付けられている。カメラ13は、関節12の駆動部30により撮像方向を変えることができる。また、センサ40は、把持部20に取り付けられたカメラ13でもよい。把持部20のカメラ13は、把持対象物を撮像する。把持部20のカメラ13は、把持部20の移動により撮像方向を変えることができる。カメラ13は、画角が可変であり、近くのものも撮像することもできるし、遠くのものも撮像することもできる。センサ40は、撮像した画像により、本体部10及び把持部20の位置を検出する。

**【0024】**

センサ40は、駆動部30におけるモータ及びアクチュエータに設けられたエンコーダでもよい。センサ40は、測定した回転信号により、本体部10及び把持部20の位置を

10

20

30

40

50

検出してもよい。さらに、センサ 40 は、関節 12 の回転角を取得する。センサ 40 は、検出した位置情報及び回転角情報を制御部 50 に出力する。

【0025】

センサ 40 は、移動体 1 の速度（速さ及び方向）及び角速度（速さ及び方向）も検出する。具体的には、センサ 40 は、本体部 10 及び把持部 20 の速度及び角速度を検出する。センサ 40 は、カメラ 13 により、所定の間隔で撮像された複数の画像から本体部 10 及び把持部 20 の速度及び角速度を検出してもよいし、モータ及びアクチュエータに設けられたエンコーダにより、本体部 10 及び把持部 20 の速度及び角速度を検出してもよい。センサ 40 は、検出した速度情報及び角速度情報を制御部 50 に出力する。

【0026】

制御部 50 は、移動体 1 の動作を制御する。制御部 50 は、センサ 40 が検出した本体部 10 及び把持部 20 の位置、回転角、速度（速さ及び方向）及び角速度（速さ及び方向）に基づいて、本体部 10 及び把持部 20 の移動を制御する。具体的には、制御部 50 は、モータ及び関節 12 の回転の角速度を制御することにより、本体部 10 及び把持部 20 の移動を制御する。制御部 50 は、例えば、汎用的なコンピュータである。

【0027】

軌道生成装置 60 は、演算部 61、評価部 62、チェック部 63、最適化部 64 を備えている。

【0028】

演算部 61 は、移動体 1 または移動体 1 の把持部 20 を、開始位置 S から目標位置 G まで移動させる軌道 70 を生成する演算を行う。具体的には、演算部 61 は、複数の軌道候補を生成し、生成した軌道候補から軌道 70 を生成する。

【0029】

図 3 は、実施形態に係る軌道生成装置 60 の演算部 61 が生成した軌道候補を例示した図である。図 3 に示すように、演算部 61 は、目標位置 G 及び目標位置 G の近傍を含む目標領域 GA までの複数の軌道候補 71a ~ 71e を生成する演算を行う。複数の軌道候補 71a ~ 71e は、目標位置 G までの軌道 70 となりうるものである。軌道候補 71a ~ 71e は、移動体 1 または把持部 20 がリアルタイムで移動する軌道 70 に接続可能なものである。複数の軌道候補 71a ~ 71e は、例えば、数百本であり、図には、数例を示している。

【0030】

演算部 61 は、複数の軌道候補 71a ~ 71e を生成する際には、目標位置 G という一点に向かう軌道 70 ではなく、目標位置 G 及びその近傍を含むある程度の範囲を持った目標領域 GA に向かう複数の軌道候補 71a ~ 71e を生成する。近傍の範囲は、演算毎に変化してもよい。例えば、目標位置 G から遠い場合には、近傍の範囲は広くてもよいし、目標位置 G に近い場合には、近傍の範囲は狭くてもよい。近傍の範囲は、所定の把持条件に対応付けて決定されてもよい。目標領域 GA に向かう複数の軌道候補 71a ~ 71e を生成することにより、軌道 70 となりうるものとしてのある程度の精度を保ちつつ、リアルタイムに移動体 1 及び把持部 20 を移動させる軌道 70 を生成することができる。

【0031】

演算部 61 は、複数の軌道候補 71a ~ 71e を、所定の把持条件に対応付けた複数の自由度で生成する。所定の把持条件は、例えば、移動体 1 の位置及び姿勢、リンク 11 の位置、関節 12 の回転角及びカメラ 13 の画角等を、所定の範囲内に収める条件をいう。所定の把持条件には、複数の自由度が対応付けられる。例えば、移動体 1 の位置を所定の範囲内に収める条件には、所定の範囲内の複数の位置に対応付けられた複数の自由度を設定することができる。例えば、関節 12 の回転角を所定の範囲内に収める条件には、所定の範囲内の複数の角度に対応付けられた複数の自由度を設定することができる。

【0032】

図 4 は、実施形態に係る軌道生成装置 60 が用いる把持条件を例示した図である。図 4 に示すように、把持条件は、例えば、4 つの拘束条件、すなわち、ゴールのハード拘束条

10

20

30

40

50

件、ゴールのソフト拘束条件、パスのハード拘束条件及びパスのソフト拘束条件に区別することができる。ゴールのハード拘束条件及びゴールのソフト拘束条件は、把持部 20 が把持対象物を把持するときの拘束条件をいう。パスのハード拘束条件及びパスのソフト拘束条件は、把持部 20 が把持するまでの軌道 70 の拘束条件をいう。

【0033】

ゴールのハード拘束条件は、例えば、軌道 70 の目標位置 G で移動体 1 及び把持部 20 が必ず取っているべき状態をいう。具体的には、把持部 20 は把持対象物を把持できる位置に位置していることである。ゴールのソフト拘束条件は、例えば、軌道 70 の目標位置 G で移動体 1 及び把持部 20 になるべく満たしたい状態をいう。具体的には、移動体 1 は姿勢を伸ばしすぎないようにすることである。

10

【0034】

パスのハード拘束条件は、例えば、軌道 70 の全体で移動体 1 及び把持部 20 が必ず取っているべき状態をいう。具体的には、机等の引き出しを引く場合には、把持部 20 は直線軌道をとることである。パスのソフト拘束条件は、例えば、軌道 70 の全体で移動体 1 及び把持部 20 になるべく満たしたい状態をいう。具体的には、移動中、移動体 1 はなるべく手を動かさないなどである。

【0035】

図 5 は、実施形態に係る軌道生成装置 60 が用いる拘束条件の種類を例示した図である。図 5 に示すように、拘束条件の種類は、例えば、TSR 拘束条件、Range Joint 拘束条件及び Visibility 拘束条件を含んでいる。

20

【0036】

TSR 拘束条件は、リンク 11 に関する拘束条件であり、リンク 11 の位置及び姿勢、把持部 20 の位置及び姿勢をある範囲内に収める条件をいう。例えば、TSR 拘束条件を 6 次元 (X 軸方向の位置、Y 軸方向の位置、Z 軸方向の位置、軸回りの回転、軸回りの回転、軸回りの回転) の超立方体で表現してもよい。これにより、ドア開け等の軌道を一軌道で表現することができる。TSR 拘束条件は、前述のゴールのハード拘束条件～パスのソフト条件の 4 つの拘束条件のいずれに用いてもよい。

【0037】

Range Joint 拘束条件は、関節 12 に関する拘束条件であり、関節 12 をある範囲内に収める条件をいう。これにより、移動体 1、リンク 11、カメラ 13 の位置及び向きを表現することができる。Range Joint 拘束条件も、ゴールのハード拘束条件～パスのソフト条件の 4 つの拘束条件のいずれに用いてもよい。

30

【0038】

Visibility 拘束条件は、カメラ 13 の画角等に関する拘束条件であり、指定したカメラ 13 の視野に、指定した座標を収める条件をいう。Visibility 拘束条件は、ゴールのハード拘束条件～パスのソフト条件の 4 つの拘束条件のいずれに用いてもよい。

【0039】

演算部 61 は、複数の軌道候補 71a～71e を生成する際には、所定のゴールのハード拘束条件及びパスのハード拘束条件に対応付けた複数の自由度で生成する。演算部 61 は、移動体 1 の位置、リンク 11 の位置、関節 12 の回転角及びカメラの画角のうちの少なくともいずれかを、所定の範囲内に収めるハード拘束条件を、所定の把持条件として、複数の軌道候補 71a～71e を生成する。

40

【0040】

演算部 61 が軌道候補 71a～71e を生成する方法は特にこだわらない。例えば、リンク 11 及び関節 12 で構成されたマニピュレータにおいて、直交する 3 軸回りの回転移動の解析解を用いて軌道候補 71a～71e を演算する解析解ベースの軌道生成方法でもよいし、ルックアップテーブル等を用いたメモリベースの軌道生成方法でもよい。演算部 61 は、特許文献 2 に記載された解析解を用いて軌道候補を生成することが望ましい。解析解ベースの軌道生成方法は、高速に演算することができるので、移動体 1 及び把持部 2

50

0の移動とリアルタイムで軌道70を生成することができる。

【0041】

演算部61は、所定期間TS内に演算できる範囲で複数の軌道候補71a~71eを生成する。所定期間TSは、例えば、演算部61が数百本の軌道候補71a~71eを生成する期間である。所定期間TSは、例えば、200[ms]である。演算部61は、所定期間TS毎に周期的に、複数の軌道候補71a~71eを生成する。また、演算部61は、所定演算処理量で演算できる範囲で複数の軌道候補71a~71eを生成してもよい。さらに、演算部61は、所定数の軌道候補を演算できる範囲で複数の軌道候補71a~71eを生成してもよい。このように、演算部61は、目標位置G及び目標位置Gの近傍を含む目標領域GAまでの複数の軌道候補を、所定の把持条件に対応付けた複数の自由度で、所定期間内に演算できる範囲、所定演算処理量で演算できる範囲、及び、所定数の軌道候補を演算できる範囲のうちのいずれかの範囲で生成する。なお、所定期間、所定演算処理量、所定数は、複数の軌道候補を生成できることを満たせばよく、設定して決めた設定期間、設定演算処理量、設定数であってもよい。

10

【0042】

図3に示すように、例えば、複数の軌道候補71a~71eは、時間t2~時間t3の間の所定期間TS内に生成される。そして、時間t3までの間に、複数の軌道候補71a~71eから軌道70となるものが選択される。時間t2~時間t3の間に、移動体1または把持部20が移動している軌道72は、時間t1~時間t2の間に生成されたものである。このように、演算部61は、現在(時間t2~t3)の軌道70に、次の周期で(時間t3からの)接続可能な軌道候補71a~71eを周期的に生成する。演算部61は、所定のハード拘束条件を満たす様々な軌道候補71a~71eを、1つの所定期間TSが許す限り生成する。

20

【0043】

評価部62は、軌道70の評価を行う。具体的には、評価部62は、生成された複数の軌道候補71a~71eを評価項目に基づいて評価を行う。

【0044】

図6は、実施形態に係る軌道生成装置60において、演算部61が生成した軌道候補71a~71eを評価部62が評価した結果を例示した図である。図6に示すように、評価部62は、評価項目に基づいて、軌道候補71b、71a、71c、71d及び71eを、No.1~No.5に順位付けする。評価部62が順位付けに用いる評価項目は、例えば、できるだけ満たされることが好ましいソフト拘束条件を含んでいる。また、評価項目は、軌道長の条件を含んでいる。軌道長の条件は、軌道長が小さい方の軌道候補71a~71eの評価を高くする条件である。軌道長は、軌道候補71a~71eに沿った長さである。

30

【0045】

チェック部63は、干渉物の回避の成立性をチェックする。チェック部63は、評価部62が評価した軌道候補71a~71eのうち、評価が高い軌道候補71bから順に成立性をチェックする。成立性は、軌道として成立するかどうかを示すものである。例えば、成立性は、干渉物の回避について成立するかである。すなわち、軌道候補71a~71eが干渉物を回避している場合には、成立性を満たしている。チェック部63は、具体的には、3Dによる干渉チェックまたはマップを用いた2D干渉チェックを行う。そして、チェック部63は、成立性を満たす軌道候補71bを選択する。

40

【0046】

図7は、実施形態に係る軌道生成装置60の演算部61が生成した軌道候補71bを例示した図である。図7に示すように、演算部61は、評価が高い軌道候補71bを用いて軌道70を生成する。または、演算部61は、チェック部63が選択した軌道候補71bを用いて軌道を生成する。具体的には、演算部61は、評価が高い軌道候補71b、または、チェック部63が選択した軌道候補71bの開始位置S側の一部を微小軌道73として、開始位置Sまたは直前の微小軌道73に所定期間TS毎に周期的に繋げる。具体的に

50

は、演算部 6 1 は、時間  $t_3$  までに、軌道候補 7 1 b の開始位置 S 側の一部を、時間  $t_3$  ~ 時間  $t_4$  に移動体 1 または把持部 2 0 が進む微小軌道 7 3 として、時間  $t_3$  までに生成された軌道 7 0 に繋げる。

【0047】

これにより、演算部 6 1 は、開始位置 S 側から順に周期的に複数の微小軌道 7 3 を繋げることににより軌道 7 0 を生成する。微小軌道 7 3 は、軌道候補 7 1 b のうち、所定期間 T S に移動体 1 または把持部 2 0 が移動する部分である。

【0048】

図 8 は、実施形態に係る軌道生成装置 6 0 の演算部 6 1 が生成した軌道候補 7 1 f ~ 7 1 j を例示した図である。図 8 に示すように、次の所定期間 T S (時間  $t_3$  ~  $t_4$ ) 内において、演算部 6 1 は、複数の軌道候補 7 1 f ~ 7 1 j を生成する。その際には、演算部 6 1 は、直前の微小軌道 7 3 の目標位置 G 側 (時間  $t_4$  の位置) から、目標領域 G A までの複数の軌道候補 7 1 f ~ 7 1 j を生成する。演算部 6 1 は、移動体 1 または把持部 2 0 が目標位置 G まで到達するまで軌道候補の生成を繰り返す。

10

【0049】

最適化部 6 4 は、生成された軌道を移動体 1 及び把持部 2 0 が許容される最速の速度で移動可能となるように、移動体 1 または把持部 2 0 の駆動を最適化する。具体的には、最適化部 6 4 は、駆動部 3 0 を調整して、本体部 1 0、リンク 1 1、関節 1 2 及びカメラ 1 3 の駆動を最適化する。最適化部 6 4 は、生成された幾何学的な軌道 7 0 上を、実際に、移動体 1 及び把持部 2 0 が許容される最速の速度で移動できるように、駆動部 3 0 の駆動を最適化する。

20

【0050】

(軌道生成方法)

次に、軌道生成方法を説明する。図 9 は、実施形態に係る軌道生成方法を例示したフローチャート図である。図 9 のステップ S 1 1 に示すように、所定期間 T S 内に複数の軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成する。具体的には、演算部 6 1 は、目標領域 G A までの複数の軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を所定の把持条件に対応付けた複数の自由度で生成する。演算部 6 1 は、所定期間 T S 内に演算できる範囲で、できるだけ多くの軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成する。所定期間 T S は、例えば、200 [ms] である。また、演算部 6 1 は、例えば、所定の把持条件として、ハード拘束条件に基づいて、複数の軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成する。なお、演算部 6 1 は、所定演算処理量で演算できる範囲で複数の軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成してもよいし、所定数の軌道候補を演算できる範囲で複数の軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成してもよい。

30

【0051】

次に、ステップ S 1 2 に示すように、生成された複数の軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を評価する。評価部 6 2 は、生成された複数の軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を評価項目に基づいて評価を行う。評価項目は、例えば、軌道長の条件、または、ソフト拘束条件を含んでいる。なお、評価項目は、軌道長の条件及びソフト拘束条件に限らず、他の評価項目を用いてもよい。

40

【0052】

次に、ステップ S 1 3 に示すように、軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e の成立性を評価順にチェックする。チェック部 6 3 は、評価部 6 2 が評価した軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を、評価が高い軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e から順に成立性をチェックする。チェック部 6 3 は、成立性を満たす軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を選択する。そして、チェック部 6 3 は、選択した軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を出力する。

【0053】

次に、ステップ S 1 4 に示すように、直前の軌道 7 0 に軌道候補 7 1 b を繋げる。演算部 6 1 は、チェック部 6 3 が選択した軌道候補 7 1 b 等を用いて軌道 7 0 を生成する。具体的には、演算部 6 1 は、評価部 6 2 による評価が高く、チェック部 6 3 が選択した軌道候補 7 1 b の開始位置 S 側の一部を微小軌道 7 3 として、直前の微小軌道 7 3 に繋げる。

50

これにより、開始位置 S 側から周期的に順に複数の微小軌道 7 3 を繋げることにより軌道 7 0 を生成する。このように、軌道 7 0 は、複数の微小軌道 7 3 により構成されている。

【0054】

次に、ステップ S 1 5 に示すように、軌道 7 0 の最適化を行う。最適化部 6 4 は、生成された軌道 7 0 を移動体 1 または把持部 2 0 が許容される最速の速度で移動可能となるように、移動体 1 または把持部 2 0 の駆動を最適化する。

【0055】

次に、ステップ S 1 6 に示すように、目標位置 G に到達したか判断する。演算部 6 1 は、移動体 1 または把持部 2 0 の位置と、目標位置 G とを比較することにより目標位置 G に到達したかを判断する。演算部 6 1 は、移動体 1 または把持部 2 0 が目標位置 G に到達していないと判断した場合には、ステップ S 1 1 に戻る。そして、処理を繰り返す。すなわち、演算部 6 1 は、微小軌道 7 3 の目標位置 G 側から、目標領域 G A までの複数の軌道候補 7 1 f ~ 7 1 j を生成する。

10

【0056】

一方、ステップ S 1 6 において、演算部 6 1 は、移動体 1 または把持部 2 0 が目標位置 G に到達したと判断したときには、処理を終了する。このようにして、軌道生成装置 6 0 は、軌道 7 0 を生成することができる。

【0057】

次に、本実施形態の効果を説明する。本実施形態では、演算部 6 1 は、目標位置 G 及び目標位置 G の近傍を含む目標領域 G A までの複数の軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成する。目標位置 G を、その近傍を含む目標領域 G A まで拡張させているので、演算の精度低下をある程度で抑制しつつ、多くの軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成することができる。また、目標位置 G を、その近傍を含む目標領域 G A まで拡張させているので、1 本の軌道候補を生成する演算時間を短くすることができ、所定期間 T S 内にできるだけ多くの軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成することができる。

20

【0058】

また、ハード拘束条件に基づいて軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成するので、関節 1 2 等の動きを制限でき、演算時間を低減することができる。よって、許容される所定時間 T S 内に複数の軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成することができる。精度をとどめた代わりに、軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e の評価及びチェックで成立性を担保する。このようにして、軌道 7 0 の生成とリアルタイムにロボット等の移動体 1 を移動させ、移動体 1 の動きをスムーズにすることができる。

30

【0059】

従来の軌道生成装置は、RRT (Rapidly exploring Random Tree)、PRM (Probabilistic Road Map) 等のグローバルな軌道生成装置、及び、Jacobian 等を用いた微分運動学系の軌道生成装置の 2 つに分けられる。グローバルな軌道生成装置は、開始位置 S から目標位置 G までの軌道 7 0 の全体を探索するため、軌道 7 0 の生成に長時間を要する。

【0060】

本実施形態では、目標位置 G を、目標位置 G の近傍を含む目標領域 G A まで拡張させて、可能な限り多くの軌道候補 7 1 a ~ 7 1 e を生成する。よって、軌道 7 0 の生成のための演算を、所定の精度にとどめることができ、演算時間を低減することができる。

40

【0061】

評価部 6 2 は、評価項目としてソフト拘束条件を含んでいる。よって、移動体 1 の位置及び姿勢等を好ましいものにすることができる。

【0062】

演算部 6 1 は、評価が高い軌道候補 7 1 b の開始位置 S 側の一部を微小軌道 7 3 として、開始位置 S または直前の微小軌道 7 3 に繋げ、これにより、開始位置 S 側から周期的に順に複数の微小軌道 7 3 を繋げることにより軌道 7 0 を生成する。よって、移動体 1 及び把持部 2 0 は、滑らかに軌道 7 0 上を移動することができる。

50

## 【 0 0 6 3 】

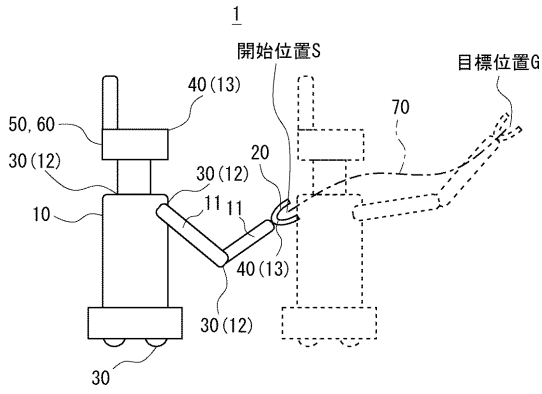
以上、本発明に係る実施の形態を説明したが、上記の構成に限らず、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲で、変更することが可能である。例えば、実施形態に係る軌道生成装置を備えたロボット等の移動体 1 も、本発明の技術的思想に含まれる。

## 【 符号の説明 】

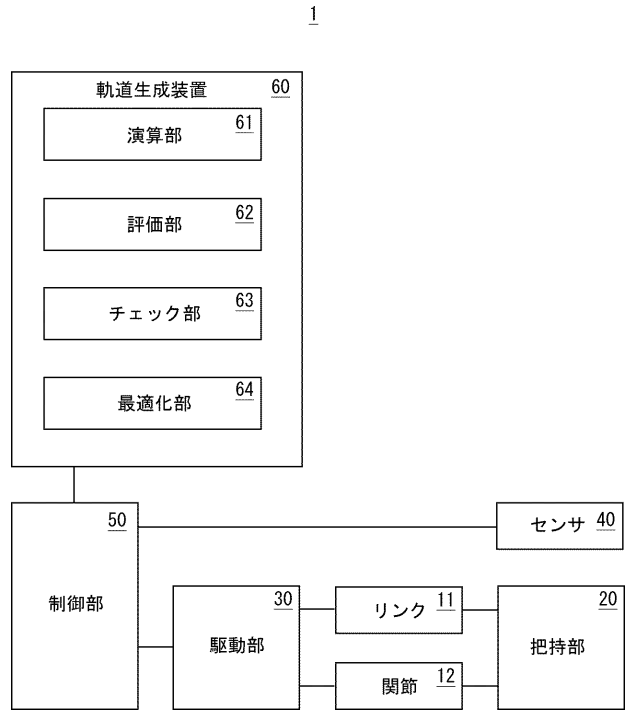
## 【 0 0 6 4 】

|                               |        |    |
|-------------------------------|--------|----|
| 1                             | 移動体    |    |
| 1 0                           | 本体部    |    |
| 1 1                           | リンク    |    |
| 1 2                           | 関節     | 10 |
| 1 3                           | カメラ    |    |
| 2 0                           | 把持部    |    |
| 3 0                           | 駆動部    |    |
| 4 0                           | センサ    |    |
| 5 0                           | 制御部    |    |
| 6 0                           | 軌道生成装置 |    |
| 6 1                           | 演算部    |    |
| 6 2                           | 評価部    |    |
| 6 3                           | チェック部  |    |
| 6 4                           | 最適化部   | 20 |
| 7 0、7 2                       | 軌道     |    |
| 7 1 a、7 1 b、7 1 c、7 1 d、7 1 e | 軌道候補   |    |
| 7 1 f、7 1 g、7 1 h、7 1 i、7 1 j | 軌道候補   |    |
| 7 3                           | 微小軌道   |    |
| G                             | 目標位置   |    |
| G A                           | 目標領域   |    |
| S                             | 開始位置   |    |
| T S                           | 所定期間   |    |

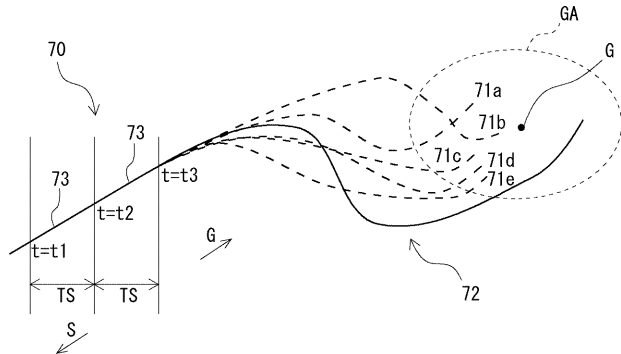
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



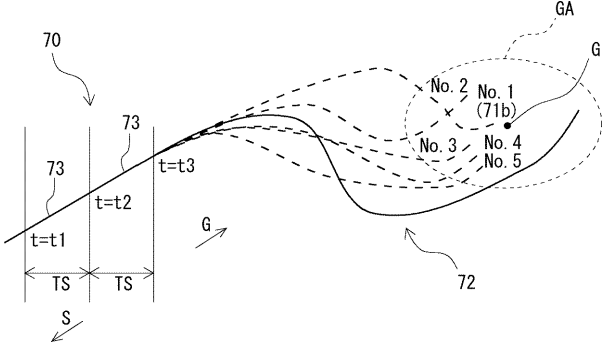
【 図 4 】

| ゴールorパス | ハードorソフト | 例   |
|---------|----------|---|
| ゴール     | ハード      | 軌道の最後に移動体が必要取るべき状態<br>ex. 把持対象物をつかめる位置に把持部が位置している |
| ゴール     | ソフト      | 軌道の最後に移動体が必要取るべき状態<br>ex. 移動体の姿勢を伸ばさない            |
| パス      | ハード      | 軌道の全体で移動体が必要取るべき状態<br>ex. 引き出しを引く場合の直線軌道          |
| パス      | ソフト      | 軌道の全体で移動体が必要取るべき状態<br>ex. なるべく手を動かさない             |

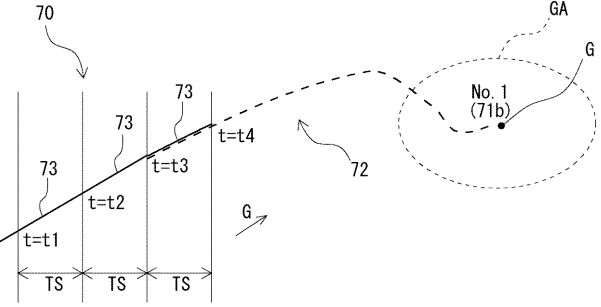
【 図 5 】

| 拘束条件の種類    | 例                        |
|------------|--------------------------|
| TSR        | リンク、把持部等の位置及び姿勢をある範囲に収める |
| RangeJoint | 関節、移動体の向き等を範囲内に収める       |
| Visibility | カメラの画角等を指定した範囲に収める       |

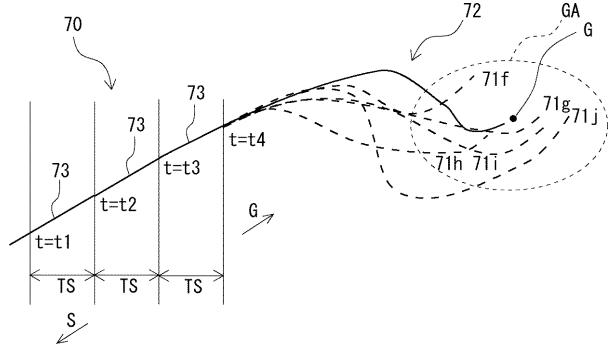
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

