

(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
2021年9月23日(23.09.2021)



(10) 国際公開番号

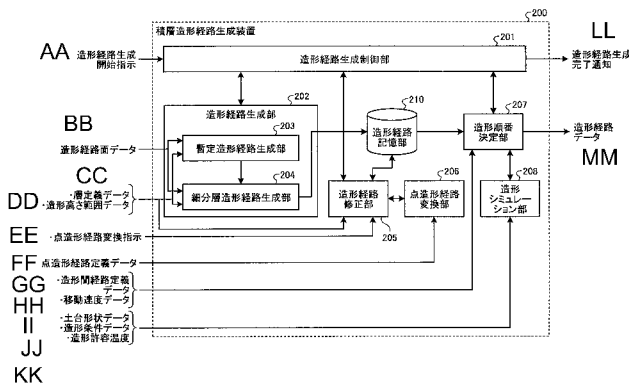
WO 2021/186723 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 9/04 (2006.01) B23K 26/34 (2014.01)
B23K 26/21 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/012501
- (22) 国際出願日: 2020年3月19日(19.03.2020)
- (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:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 入口 健二 (IRIGUCHI, Kenji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3

- 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 篠原 暢宏 (SHINOHARA, Nobuhiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 鷲見 信行(SUMI, Nobuyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 藤城 伸司 (FUJISHIRO, Shinji); 〒4618670 愛知県名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱電機メカトロニクスソフトウェア株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (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,

(54) Title: LAMINATION MODELING ROUTE GENERATION DEVICE, LAMINATION MODELING ROUTE GENERATION METHOD, AND MACHINE LEARNING DEVICE

(54) 発明の名称: 積層造形経路生成装置、積層造形経路生成方法、および機械学習装置



- 200 Lamination modeling route generation device
201 Modeling route generation control unit
202 Modeling route generation unit
203 Provisional modeling route generation unit
204 Fragmentation layer modeling route generation unit
205 Modeling route modification unit
206 Point modeling route conversion unit
207 Modeling order decision unit
208 Modeling simulation unit
210 Modeling route storage unit
AA Modeling route generation start instruction
BB Modeling route surface data
CC Layer definition data
DD Modeling height range data
EE Point modeling route conversion instruction
FF Point modeling route definition data
GG Inter-modeling route definition data
HH Moving speed data
II Foundation shape data
JJ Modeling condition data
KK Modeling acceptance temperature
LL Modeling route generation completion notification
MM Modeling route data

(57) Abstract: A lamination modeling route generation device (200) is provided with: a modeling route generation unit (202) for generating a modeling route as a route to model divided layers by dividing a laminated modeled object into layers in such a manner that a modeling height of a bead which models the layers does not exceed an upper limit value on the basis of layer definition information which defines a division into layers as units to model the laminated modeled object

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

and a modeling route surface as a surface to restrict a position of the modeling route; and a modeling route modification unit (205) for modifying the modeling route into such a modeling route that a plurality of layers are partially collectively modeled within a range between the upper limit value and a lower limit value of the modeling height.

(57) 要約: 積層造形経路生成装置 (200) は、積層造形物を造形する単位となる層への分割を定義する層定義情報と造形経路の位置を制約する面である造形経路面とから、層を造形するビードの造形高さが上限値を超えないように積層造形物を層に分割して、分割した層を造形する経路である造形経路を生成する造形経路生成部 (202) と、造形経路を造形高さが上限値と下限値との範囲内で複数の層を部分的に一括して造形する造形経路に修正する造形経路修正部 (205) と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

積層造形経路生成装置、積層造形経路生成方法、および機械学習装置

技術分野

[0001] 本開示は、熔融金属の積層により造形物を造形する積層造形装置を制御するための積層造形経路生成装置、積層造形経路生成方法、および機械学習装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1に開示されているように、熔融金属の積層により造形物を造形する造形方法として、造形対象形状の形状データに基づいて、造形対象を等高線に沿った積層体に分割する工程と、得られた積層体の形状データに基づいて溶接トーチの移動経路を作成するものが知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2000-015363号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記の従来の造形方法では、造形対象の形状によっては、等高線に沿った層に分割した際に下層のビードに対して積層する上層のビードのずれが大きくなり、熔融金属の供給量を制御しても重力方向への垂れが発生してしまう場合があった。重力方向への垂れの発生は、造形物の精度の低下を招く。

[0005] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであり、熔融金属の垂れを抑制できる造形経路を生成できる積層造形経路生成装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示は、積層造形物を

造形する単位となる層への分割を定義する層定義情報と造形経路の位置を制約する面である造形経路面とから、層を造形するビードの造形高さが上限値を超えないように積層造形物を層に分割して、分割した層を造形する経路である造形経路を生成する造形経路生成部と、造形経路を造形高さが上限値と下限値との範囲内で複数の層を部分的に一括して造形する造形経路に修正する造形経路修正部と、を備える。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、熔融金属の垂れを抑制できる造形経路を生成できる積層造形経路生成装置を得ることができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]積層造形装置によって造形される造形対象の一例を示す図

[図2]図1に示した造形対象を等高線に沿った層に分割した例を示す図

[図3]図1に示した造形対象を等高線に沿わない層に分割した例を示す図

[図4]実施の形態1にかかる積層造形経路生成装置の概略構成を示すブロック図

[図5]実施の形態1における造形経路生成制御部が造形経路生成開始の指示を受けた際の動作を示すフローチャート

[図6]実施の形態1における造形経路生成部が動作開始の指示を受信した際の動作を示すフローチャート

[図7]実施の形態1における暫定造形経路生成部に入力される入力データのイメージを示す図

[図8]実施の形態1において層を定義するための層間の境界面 F_1 , F_2 , $\dots$ の定義のイメージを示す図

[図9]実施の形態1において生成された造形経路 P_0 , P_1 , $\dots$ を示す図

[図10]実施の形態1における造形経路上の点 $Q_{i,j}$ に対する造形方向および造形高さの定義の例を示す図

[図11]実施の形態1における細分層の設定を説明するための図

[図12]実施の形態1における細分層の設定を説明するための図

[図13]実施の形態1における細分層の設定を説明するための図

[図14]実施の形態1における造形経路修正部が動作開始の指示を受信した際の動作を示すフローチャート

[図15]実施の形態1における一括造形部分の抽出について説明するための図

[図16]実施の形態1における一括造形部分の抽出について説明するための図

[図17]実施の形態1における一括造形部分の抽出について説明するための図

[図18]実施の形態1における一括造形部分の抽出について説明するための図

[図19]実施の形態1における一括造形部分の抽出について説明するための図

[図20]実施の形態1における一括造形部分の抽出について説明するための図

[図21]実施の形態1における一括造形部分の抽出について説明するための図

[図22]実施の形態1における一括造形部分の抽出について説明するための図

[図23]実施の形態1における造形順番決定部が動作開始の指示を受信した際の動作を示すフローチャート

[図24]実施の形態1において造形順番決定部から造形経路データ等を与えられた造形シミュレーション部の動作を示すフローチャート

[図25]実施の形態1にかかる積層造形経路生成装置を実現するハードウェアの一例を示す図

[図26]実施の形態2にかかる機械学習装置の構成を示すブロック図

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、実施の形態にかかる積層造形経路生成装置、積層造形経路生成方法、および機械学習装置を図面に基づいて詳細に説明する。

[0010] まず、図1から図3を用いて、積層造形物である造形対象を等高線に沿った層に分割して積層造形した際に、下層のビードに対して積層する上層のビードのずれが大きくなり、熔融金属の供給量を制御しても重力方向への垂れが発生してしまう例を説明する。

[0011] 図1は、積層造形装置によって造形される造形対象の一例を示す図である。図2は、図1に示した造形対象を等高線に沿った層に分割した例を示す図である。

[0012] 造形対象１００は、土台１０１の天面１０２上に造形される。造形対象１００は、屈曲させた筒状形状となっている。筒状形状の壁面は薄肉に形成されている。図２では、土台１０１の天面１０２に平行な面である等高線に沿った層に造形対象１００を分割した状態を示している。図２に矢印１０３で示す造形方向に沿って見た層の断面形状が上下の隣接する層間で大きく異なる箇所がある。例えば、第１の層１００ａと第２の層１００ｂでは、断面形状が大きく異なる。層間で断面形状が大きく異なると、上層部分の溶融金属が下層部分に支持されにくいため、上層部分の溶融金属に垂れが発生してしまう。

[0013] 図３は、図１に示した造形対象を等高線に沿わない層に分割した例を示す図である。図３に示すように、屈曲部分の内周側でビードの造形高さが低くなるような層に造形対象１００を分割している。これにより、図３に矢印１０４で示す造形方向に沿って見た各層の断面形状の違いが小さくなる。したがって、溶融金属の垂れの発生を抑えることが可能となる。

[0014] しかしながら、図３に示した例では、１層の中で層の高さの変化が大きくなると、品質を維持しつつ効率的に造形可能な範囲のビードの造形高さで造形が行えない場合がある。この場合、造形の効率が低下したり、溶融金属が造形対象１００に適切に溶着せずに欠陥が生じたりするなど、造形対象１００の品質が低下することがあった。

[0015] 実施の形態１．

図４は、実施の形態１にかかる積層造形経路生成装置の概略構成を示すブロック図である。積層造形経路生成装置２００は、造形経路生成制御部２０１、造形経路生成部２０２、造形経路修正部２０５、点造形経路変換部２０６、造形順番決定部２０７、造形シミュレーション部２０８、および造形経路記憶部２１０を備える。まず、上述した積層造形経路生成装置２００の各機能部の動作について簡単に説明し、詳細な手順についてはフローチャートを用いて後に説明する。

[0016] 造形経路生成制御部２０１は、装置外部からの造形経路生成開始指示を受

けて、造形経路生成のための各部の動作開始を制御する。具体的には、造形経路生成制御部201は、造形経路生成部202、造形経路修正部205、および造形順番決定部207の各部に対し、動作開始の指示を順番に送信する。ここで装置外部には、積層造形経路生成装置200を内蔵する上位装置が例示される。上位装置には、CAM装置および造形機上の自動プログラミング装置等が挙げられる。

[0017] また、造形経路生成制御部201は、造形経路生成部202、造形経路修正部205、および造形順番決定部207の各部からの動作終了の通知の受信に基づいて、造形経路生成のための全ての動作を終了したと判断して装置外部へ造形経路生成完了通知を送信する。

[0018] 造形経路生成部202は、暫定造形経路生成部203と細分層造形経路生成部204と、を有する。造形経路生成部202は、造形経路生成制御部201からの動作開始の指示を受けて、暫定造形経路生成部203および細分層造形経路生成部204を動作させて造形経路データを生成する。また、生成した造形経路データを造形経路記憶部210に格納し、動作終了の通知を造形経路生成制御部201へ送信する。

[0019] 暫定造形経路生成部203は、造形経路生成部202からの動作開始の指示を受けて、装置外部から造形経路面データ、層定義データ（層定義情報）、および造形高さ範囲データを取得する。暫定造形経路生成部203は、取得した造形経路面データ、層定義データ、および造形高さ範囲データを基に、暫定的な造形経路データを生成する。暫定造形経路生成部203は、生成した造形経路データを細分層造形経路生成部204へ送信する。造形高さ範囲データには、ビードの造形高さの上限値を示すデータおよびビードの造形高さの下限値を示すデータが含まれる。層定義データは、積層造形物を造形する単位となる層への分割を定義するデータである。

[0020] ここで、本開示において生成される造形経路データは、理想的な造形経路を折れ線で近似表現した際の折れ線の頂点に対する、頂点位置、造形方向およびその造形方向におけるビードの造形高さの各データを有するものである

。

- [0021] 細分層造形経路生成部204は、装置外部から造形経路面データ、層定義データ、および造形高さ範囲データを取得する。細分層造形経路生成部204は、暫定造形経路生成部203から送信された造形経路データと、造形経路面データ、層定義データ、および造形高さ範囲データと、を基に、ビードにおける最大の造形高さが造形高さ範囲データの上限値を超える1層の造形経路データにおいて、最大の造形高さが造形高さ範囲データの上限値を超えないように細分層を設定する。細分層造形経路生成部204は、設定した細分層に対する造形経路データを生成する。細分層造形経路生成部204は、暫定造形経路生成部203から送信された造形経路データに対して造形高さのデータを更新して細分層を設定する。細分層造形経路生成部204は、細分層が設定された造形経路データと細分層に対して生成した造形経路データとを造形経路記憶部210に格納する。
- [0022] 造形経路修正部205は、造形経路生成制御部201からの動作開始の指示を受けて、造形経路記憶部210に記憶された造形経路データを取得する。造形経路修正部205は、造形経路生成制御部201からの動作開始の指示を受けて、装置外部から造形高さ範囲データを取得する。造形経路修正部205は、造形経路生成制御部201からの動作開始の指示を受けて、装置外部からの点造形経路変換指示の有無を確認する。
- [0023] 造形経路修正部205は、装置外部からの点造形経路変換指示があった場合には、点造形経路変換部206に造形経路データを送信して、離散的な位置でビードを造形する点造形経路データに変換させる。造形経路修正部205は、点造形経路データを点造形経路変換部206から受け取る。
- [0024] 造形経路修正部205は、ビードの造形高さが造形高さ範囲データの上限値を超えず、かつ、造形高さ範囲データの下限値をできるだけ下回らないように造形経路データを修正する。造形経路修正部205は、造形経路記憶部210に格納されたデータを、修正した造形経路データで更新し、動作終了の通知を造形経路生成制御部201へ送信する。

- [0025] 点造形経路変換部 206 は、造形経路修正部 205 から送信された造形経路データ、装置外部から取得した点造形経路定義データを基に、点造形を行う点造形経路データに変換する。点造形経路変換部 206 は、点造形経路データを造形経路修正部 205 に送信する。
- [0026] 造形順番決定部 207 は、造形経路生成制御部 201 からの動作開始の指示を受けて、造形経路記憶部 210 に記憶された造形経路データ、装置外部から取得した造形間経路定義データおよび移動速度データ、ならびに造形シミュレーション部 208 でのシミュレーションの結果を基に、造形経路データの出力の順番を決定する。造形順番決定部 207 は、決定した出力順番での造形経路データ間の造形間移動経路データ、造形待機時間データを生成する。造形順番決定部 207 は、決定した出力順番での造形経路データ、造形間移動経路データ、および造形待機時間データを装置外部に出力する。全てのデータの出力を完了した際には動作終了の通知を造形経路生成制御部 201 へ送信する。なお、移動速度データは、溶融させてビードを形成する金属材料の供給部の移動速度を示すデータである。なお、以下の説明において、溶融させてビードを形成する金属材料の供給部を、金属材料供給部と称する。
- [0027] 造形シミュレーション部 208 は、装置外部から取得した土台形状データ、造形条件データ、および移動速度が指定された造形間移動経路データと造形経路データを基に、時間経過に対する金属材料供給部の造形物に対する位置、造形物形状、および造形物の熱分布である蓄熱状態を模擬するシミュレータである。なお、土台形状データは、土台 101 の形状を示すデータである。造形物形状とは、土台 101 の形状と、天面 102 に積層されたビードによって形成された形状を合わせた形状である。
- [0028] 造形シミュレーション部 208 は、造形順番決定部 207 からの指示で、初期状態に設定する。造形シミュレーション部 208 は、造形順番決定部 207 からの問い合わせがあると、与えられた造形間移動経路データおよび造形経路データと装置外部から取得した造形許容最大温度に基づいて造形を開

始するまでの待ち時間を計算する。造形シミュレーション部２０８は、計算した待ち時間を造形順番決定部２０７に送信する。造形シミュレーション部２０８は、造形順番決定部２０７からの指示で、与えられた造形間移動経路データおよび造形経路データによる金属材料供給部の造形部に対する位置、ビード形状を乗せた造形物形状、および、造形物の蓄熱状態を模擬した状態に遷移させる機能を提供する。

[0029] 造形経路記憶部２１０は、細分層造形経路生成部２０４で生成された造形経路データを記憶する。造形経路記憶部２１０は、造形経路修正部２０５で造形経路データが修正された場合には、記憶された造形経路データを修正された造形経路データで更新する。

[0030] 次に、積層造形経路生成装置２００の各機能部の詳細な動作についてフローチャートを用いて説明する。図５は、実施の形態１における造形経路生成制御部が造形経路生成開始の指示を受けた際の動作を示すフローチャートである。

[0031] ステップＳ３００において、造形経路生成制御部２０１は造形経路生成部２０２に動作開始の指示を送信し、造形経路生成部２０２から動作終了の通知を受信するのを待機する。造形経路生成制御部２０１が造形経路生成部２０２から動作終了の通知を受信すると、ステップＳ３０１に進む。

[0032] ステップＳ３０１において、造形経路生成制御部２０１は造形経路修正部２０５に動作開始の指示を送信し、造形経路修正部２０５から動作終了の通知を受信するのを待機する。造形経路生成制御部２０１が造形経路修正部２０５から動作終了の通知を受信すると、ステップＳ３０２に進む。

[0033] ステップＳ３０２において、造形経路生成制御部２０１は造形順番決定部２０７に動作開始の指示を送信し、造形順番決定部２０７から動作終了の通知を受信するのを待機する。造形経路生成制御部２０１が造形順番決定部２０７から動作終了の通知を受信すると、ステップＳ３０３に進む。

[0034] ステップＳ３０３において、造形経路生成制御部２０１は装置外部へ造形経路生成完了の通知を送信し、動作を停止する。

[0035] 次に、造形経路生成部202が造形経路生成制御部201から動作開始の指示を受信した際の動作、すなわちステップS300における動作を説明する。図6は、実施の形態1における造形経路生成部が動作開始の指示を受信した際の動作を示すフローチャートである。

[0036] ステップS400において、暫定造形経路生成部203において暫定的な造形経路データが生成される。生成された暫定的な造形経路データは、細分層造形経路生成部204に送信される。

[0037] 図7から図10を用いて暫定造形経路生成部203の動作の一例を説明する。図7は、実施の形態1における暫定造形経路生成部に入力される入力データのイメージを示す図である。造形経路面Sによって造形経路の位置が制約される。以下、層を定義するための情報として、基準となる面 F_0 、形状に合わせて厚さが一定でない層を定義するための曲線C、曲線Cに沿った層の厚さを指定する値bを示す。面 F_0 と曲線Cは点 C_0 で交差している。

[0038] 造形経路面Sは、図1から図3に示した造形対象100に対応する。造形対象100が薄肉の壁面で形成されていることから、1層につき1本線の経路に沿ったビードで造形することとする。壁面の中立面を造形経路面とする。厚肉の壁面で形成されている場合などで、1層につき複数本の経路に沿ったビードを並べて造形を行うためには、ビードごとに複数の造形経路面を与えることで対応した造形経路を生成することが可能となる。

[0039] 図8は、実施の形態1において層を定義するための層間の境界面 F_1 , F_2 , $\dots$ の定義のイメージを示す図である。 i 番目と $i+1$ 番目の層間の境界面 F_i は、次のように定義される。

C_i : 曲線C上で点 C_0 から曲線長間隔を値bとしてとった i 番目の点

D_0 : 点 C_0 における曲線Cの接線方向ベクトル ($|D_0|=1$ とする)

D_i : 点 C_i における曲線Cの接線方向ベクトル ($|D_i|=1$ とする)

[0040] 境界面 F_i は面 F_0 をベクトル $C_i - C_0$ だけ平行移動させ、さらに、点 C_i を通りベクトル $D_0 \times D_i$ 方向の直線を回転軸として回転角度 $\theta = \sin^{-1}(|D_0 \times D_i|)$ だけ回転移動させたものである。なお、「 $\times$ 」はベクトルの外

積演算を示している。

[0041] 図9は、実施の形態1において生成された造形経路 $P_0, P_1, \dots$ を示す図である。 i 番目の層の造形経路 P_{i-1} は造形経路面 S と境界面 F_{i-1} との間の交差線として求めたものである。

[0042] 本開示における造形経路データには、造形経路の位置を定義するデータと造形経路上の点に対する、造形方向及びその造形方向におけるビードの造形高さを定義するデータが含まれる。

[0043] 図10は、実施の形態1における造形経路上の点 $Q_{i,j}$ に対する造形方向および造形高さの定義の例を示す図である。点 $Q_{i,j}$ を含み点 $Q_{i,j}$ における造形経路の接線方向 $F_{i,j}$ に垂直な断面上において点 $Q_{i,j}$ から一つ上の層の造形経路上の点 $P_{i+1}(Q_{i,j})$ に向かう方向 $T_{i,j}$ を造形方向としており、造形高さ $h_{i,j}$ は点 $Q_{i,j}$ 、点 $P_{i+1}(Q_{i,j})$ 間の距離として定義している。

[0044] 造形方向および造形高さの情報は、本開示における造形経路データを基に造形を行う積層造形機械において、造形材料供給部に対する造形物の姿勢の制御や、造形材料の供給量や造形物に対する造形材料供給部の移動速度の制御に利用される。

[0045] ステップS401では、細分層造形経路生成部204において暫定造形経路生成部203から送信された造形経路データの最下層のものからの取り出しが行われる。

[0046] ステップS402では、取り出された造形経路データの有無がチェックされる。造形経路データが無ければ（ステップS402, No）、細分層造形経路生成部204の動作が終了され、造形経路生成部202が造形経路生成制御部201に動作終了の通知を送信する。一方、造形経路データがある場合には（ステップS402, Yes）、ステップS403へ進む。

[0047] ステップS403では、取り出した造形経路データにおける最大の造形高さが造形高さ範囲の上限値 h_u を超えているかがチェックされる。最大の造形高さが造形高さ範囲の上限値 h_u を超えていない場合には（ステップS403, No）、ステップS404へ進む。一方、最大の造形高さが造形高さ範囲

の上限値 h_u を超えている場合には（ステップ S 4 0 3, Yes）、ステップ S 4 0 5 へ進む。

[0048] ステップ S 4 0 4 では、取り出した造形経路データを造形経路記憶部 2 1 0 に記憶させ、その後ステップ S 4 0 1 へ戻る。

[0049] ステップ S 4 0 5 では、取り出した造形経路データの属する層の細分層が設定され、細分層に対応した造形経路データが生成される。細分層に対応した造形経路データは、取り出し前のものとして暫定的な造形経路データに追加される。これにより、ステップ S 4 0 1 に戻ったときに、再度当該層の造形経路が取り出されて、あらためて造形高さ範囲の上限値 h_u との比較が行われる。

[0050] 図 1 1 から図 1 3 を用いて、細分層の設定について説明する。図 1 1 から図 1 3 は、実施の形態 1 における細分層の設定を説明するための図である。図 1 1 において、取り出されている造形経路 P_i が、造形経路上の点 $Q_{i,m}$ において造形高さが最大値をとり、この値が造形高さ範囲の上限値 h_u を超えているものとする。

[0051] 造形経路 P_i の属する層は、層を定義するための曲線 C 上の点 C_i と点 C_{i+1} に対する境界面に挟まれたものであり、図 1 2 に示すように、点 C_i と点 C_{i+1} の間の曲線 C 上の点 $C_{i,0}$ をとり、これに対応する境界面を追加することで細分層が設定される。

[0052] そして、追加した境界面に対する造形経路 $P_{i,0}$ が生成される。造形方向および造形高さのデータが造形経路 P_{i+1} との関係で計算され、造形経路 $P_{i,0}$ に保有させる。また、造形経路 P_i に保有させる造形方向および造形高さのデータが造形経路 $P_{i,0}$ との関係で計算されて更新される。

[0053] その後、ステップ S 4 0 3 に戻り造形高さのデータが更新された造形経路 P_i について最大造形高さの確認が再び行われる。

[0054] 細分層を設定する際の境界面は複数であってもよい。例えば、造形高さ範囲の上限値 h_u に対する造形経路 P_i の最大造形高さの割合を基に境界面の数を決定することで細分層設定による層数増加を抑制でき、造形経路データと

動作時間の削減が可能となる。

[0055] 図 13 では、細分層造形経路生成部 204 の動作終了後の造形経路記憶部 210 に記憶された造形経路データのイメージを示している。暫定造形経路生成部 203 と細分層造形経路生成部 204 を用いた造形経路データの生成では、最大造形高さが造形高さ範囲の上限値 h_u を超えない造形経路データの生成を、必要な部分に細分層を設定して造形経路データを追加することで効率的に行うことが可能となる。

[0056] 最大造形高さが造形高さ範囲の上限値 h_u を超えないように造形経路を生成する方法としては、初期の造形経路データの生成において、 i 層目造形経路の最大の造形高さが造形高さ範囲の上限値 h_u と等しくなるように $i+1$ 層目造形経路の位置を探索的に決定するという方法もとることができ、この方法により、全体的な層数をより削減した造形経路データの生成が可能となる。

[0057] 次に、造形経路修正部 205 が造形経路生成制御部 201 から動作開始の指示を受信した際の動作、すなわちステップ S301 における動作を説明する。図 14 は、実施の形態 1 における造形経路修正部が動作開始の指示を受信した際の動作を示すフローチャートである。

[0058] ステップ S500 では、造形経路データ記憶部 210 から、基準とする造形経路データが最下層のものから上位層に向かって順番に取り出される。

[0059] ステップ S501 では、基準とする造形経路データの有無が確認されている。基準とする造形経路データがある場合には（ステップ S501, Yes）、ステップ S502 へ進む。基準とする造形経路データがない場合には（ステップ S501, No）、造形経路生成制御部 201 へ動作終了の通知が送信されて動作が終了する。

[0060] ステップ S502 では、装置外部からの点造形経路変換指示の有無が確認されている。点造形経路変換指示がある場合には（ステップ S502, Yes）、ステップ S503 へ進む。点造形経路変換指示がない場合には（ステップ S502, No）、ステップ S504 へ進む。

[0061] ステップ S503 では、基準として取り出した造形経路データが点造形変

換部 206 によって離散的な点（離散点）でビードを造形する点造形を行うための点造形経路データに変換される。ここで、点造形変換部 206 は、造形経路修正部 205 からの造形経路データと装置外部から取得した点造形経路定義データに含まれる点造形目標間隔データに基づいて、層毎に点造形間の実間隔 d_a を決定する。点造形変換部 206 は、造形経路データが現す造形経路上の点を実間隔 d_a で発生させ、発生させた点の位置を基に点造形の造形経路データを生成し、造形経路修正部 205 に送信する。

[0062] 点造形間の実間隔 d_a の決定では、層毎に造形経路データが現す造形経路の経路長 L が計算され、 L/N が造形目標間隔 d_t を超さずかつ最大の整数値 N が求められて、 $d_a = L/N$ によって決定される。

[0063] ステップ S504 では、基準の造形経路データが現す造形経路において上層の造形経路による造形を含めて一括して行う一括造形部分を抽出する。一括造形部分の抽出の一例を図 15 から図 22 を用いて説明する。

[0064] 図 15 から図 22 は、実施の形態 1 における一括造形部分の抽出について説明するための図である。なお、図 15 から図 18 は線造形の場合について説明するための図となっている。

[0065] 図 15 から図 18 において造形経路 P_i は基準の造形経路を示している。一括造形部分の抽出においては、まず、基準の造形経路 P_i の部分で造形高さが造形高さの範囲の下限值 h_i よりも小さな部分が一括造形候補として抽出される。

[0066] 図 16 は基準の造形経路 P_i 上の点の位置を横軸、基準の造形経路 P_i 上の点に対する造形高さを縦軸にとったグラフであり、 h_i は造形経路 P_i のデータに含まれる造形高さデータが定義する造形高さを示しており、造形高さ h_i が下限値 h_i を下回っている部分として点 $QL_{i,0}$ と点 $QL_{i,1}$ との間の部分が抽出される。

[0067] そして、抽出された部分の中で上層の造形経路の造形を一括して行える部分が次に抽出される。この抽出では基準の造形経路 P_i の造形高さ h_i が下限値 h_i を下回っている部分に対し上層の造形経路の造形を一括して行う際に必

要となる造形高さが計算され、計算された造形高さが造形高さの範囲の上限値 h_u よりも下回っている部分が抽出される。

[0068] 図 16 において、 h_{i+1} は基準の造形経路 P_i で上層の造形経路 P_{i+1} の造形を一括して行う際に必要となる造形高さを計算したものであり、点 $QU_{i,0}$ と点 $QU_{i,1}$ との間の部分であれば、上層の造形高さを足した造形高さ h_{i+1} が造形高さの範囲の上限値 h_u を下回っており、この部分が一括造形部分として抽出される。

[0069] ここで、抽出された部分において造形高さ h_{i+1} が造形高さの範囲の下限值 h_l を下回っている部分が存在する場合は、下限値 h_l を下回った部分についてさらに上層の造形経路との一括造形部分の抽出が繰り返して行われる。なお、与えられる造形高さの範囲によっては、図 16 に示す造形経路 P_i の点 $QL_{i,0}$ と点 $QU_{i,0}$ との区間や点 $QU_{i,1}$ と点 $QL_{i,1}$ との区間のように造形高さが下限値を下回る部分が存在するが、上層の造形経路と一括で造形可能な部分以外でのみ存在しており、造形高さが下限値を下回る部分は可能な限り絞られた区間となる。

[0070] ステップ S505 では、ステップ S504 で抽出された基準の造形経路中で上層の造形経路の造形を一括して行える部分について、造形経路データの造形高さのデータが一括造形に必要な造形高さのデータに変更され、変更されたデータで造形経路記憶部 210 の元のデータが更新される。

[0071] ステップ S506 では、基準の造形経路で一括造形される部分を有する上層の造形経路データについて、一括で造形される部分の経路が削除されたデータに変更され、変更されたデータで造形経路記憶部 210 の元のデータが更新される。

[0072] 図 17 は、基準の造形経路 P_i における造形高さデータの更新と、基準の造形経路 P_i による造形で一括造形される部分を有する上層の造形経路 P_{i+1} において一括で造形される部分の造形経路の削除が行われた結果を示している。図 18 は、基準の造形経路を下層のものから順番に取り出して造形経路の修正を行った結果を示している。

- [0073] 図19から図22は点造形の場合について説明するための図となっている。図19において、基準の造形経路 P_i は間隔 d_a で点造形を行うものとなっており、上層の造形経路については線造形のもののままとされている。基本的にステップS504～ステップS506において、基準の造形経路が線造形の場合の処理と同様に処理される。ただし、ステップS504にて抽出される基準の造形経路中の一括造形部分は、図20に示すように点造形の離散点の中で抽出される。また、離散点の中での抽出に基づいて、図21に示すように基準の造形経路の造形高さデータの更新と、基準の造形経路で一括造形される部分を有する上層の造形経路における一括造形部分の経路の削除が行われる。
- [0074] 点造形経路変換指示がある場合に、基準の造形経路のみを点造形に変換しながら造形経路修正を行うようにすることで図22の i 層目の点 $QL_{i,0}$ に対して $i+1$ 層目の端の点 P_{i+1} ($QL_{i,0}$) が対応するように各層の造形における端の点造形の位置が整列性良く決定され品質の良い造形が可能となる。
- [0075] 次に、造形順番決定部207が造形経路生成制御部201から動作開始の指示を受信した際の動作、すなわちステップS302における動作を説明する。図23は、実施の形態1における造形順番決定部が動作開始の指示を受信した際の動作を示すフローチャートである。
- [0076] ステップS600において、造形順番決定部207は、造形シミュレーション部208に対し初期化を指示する。造形シミュレーション部208は、初期化が指示されると、装置外部から取得した土台形状データ、造形条件データに基づきシミュレーションの状態を現すデータの造形機の位置、造形物形状、造形物の熱分布を造形開始前の状態に初期化する。
- [0077] ステップS601において、造形順番決定部207は、次の造形候補の造形経路データのデータ群を造形経路記憶部210から取り出している。造形経路データを取り出す際には、最下層のものから上層のものに向かって順番に取り出していき、取り出した造形経路の中で層の上下関係がない範囲までの造形経路データを次の造形候補のものとして取り出す。

- [0078] ステップS 6 0 2において、造形順番決定部2 0 7は、次の造形候補の造形経路データの有無を確認している。次の造形候補の造形経路データがない場合には（ステップS 6 0 2, N o）、造形経路生成制御部2 0 1へ動作終了の通知を送信して造形順番決定部2 0 7の動作を終了する。次の造形候補の造形経路データがある場合には（ステップS 6 0 2, Y e s）、ステップS 6 0 3へ進む。
- [0079] ステップS 6 0 3において、造形順番決定部2 0 7は、次の造形候補の各造形経路データについて、造形シミュレーション部2 0 8に造形状態を最後に反映した造形経路の終点から次の造形候補の造形経路の始点までの移動経路データを生成する。造形順番決定部2 0 7は、造形シミュレーション部2 0 8に次の造形候補の造形経路データ、造形経路始点までの移動経路データを与えて、次の造形候補の造形経路による造形開始までの待ち時間である造形待ち時間と待ち時間中に造形物の冷却に必要な時間である冷却時間を造形シミュレーション部2 0 8から取得する。
- [0080] ここで、造形シミュレーション部2 0 8における待ち時間及び冷却時間の計算動作、すなわち、ステップS 6 0 3で造形順番決定部2 0 7から造形経路データ等を与えられた際の造形シミュレーション部2 0 8の動作を説明する。図2 4は、実施の形態1において造形順番決定部から造形経路データ等を与えられた造形シミュレーション部の動作を示すフローチャートである。
- [0081] ステップS 7 0 0において、造形シミュレーション部2 0 8は、現在のシミュレーションの状態に後で復帰するためのデータを内部に保存する。ステップS 7 0 1において、造形シミュレーション部2 0 8は、造形順番決定部2 0 7から与えられた移動経路データと装置外部から取得した移動速度データに基づいて、移動経路による移動の状態をシミュレーションに反映し、時間 t_m を取得する。ここで時間 t_m は、金属材料供給部が造形状態を最後に反映した造形経路の終点から、与えられた移動経路に沿って次の造形候補の造形経路の始点まで移動する際の時間である。
- [0082] ステップS 7 0 2において、造形シミュレーション部2 0 8は、冷却時間

t_c を 0 に初期化する。ステップ S 7 0 3 において、造形シミュレーション部 2 0 8 は、造形順番決定部 2 0 7 から与えられた造形経路データおよび装置外部から取得した造形条件データに基づいて、造形経路によるビードが乗る造形物形状の部分のシミュレーション状態における最大温度 T_m を取得する。

[0083] ステップ S 7 0 4 において、造形シミュレーション部 2 0 8 は、取得した最大温度 T_m が装置外部から取得した造形許容温度 T_p よりも低いかを確認する。最大温度 T_m が造形許容温度 T_p よりも低い場合には（ステップ S 7 0 4 , Y e s）、ステップ S 7 0 6 に進む。最大温度 T_m が造形許容温度 T_p 以上である場合には（ステップ S 7 0 4 , N o）、ステップ S 7 0 5 に進む。

[0084] ステップ S 7 0 5 において、造形シミュレーション部 2 0 8 は、シミュレーション状態を微小時間 Δt 後の状態に更新し、冷却時間 t_c を微小時間 Δt 増加させた後、ステップ S 7 0 3 に進む。ステップ S 7 0 6 において、ステップ S 7 0 0 で保存しておいたシミュレーション状態に復帰する。

[0085] ステップ S 7 0 7 において、造形シミュレーション部 2 0 8 は、移動時間 t_m と冷却時間 t_c の和として計算した待ち時間 t_w と冷却時間 t_c を造形順番決定部 2 0 7 へ返し、その後、待ち時間計算の動作を終了する。以上が造形シミュレーション部 2 0 8 における待ち時間及び冷却時間の計算動作となる。

[0086] 図 2 3 に戻って、ステップ S 6 0 4 において、次の造形候補の各造形経路データの中で取得した造形待ち時間が最小のものが選択される。ステップ S 6 0 5 において、造形シミュレーション部 2 0 8 に選択した造形経路データを与えてシミュレーションの状態を与えたデータによる造形後の状態に遷移させる。

[0087] ステップ S 6 0 6 において、選択した造形経路データに対してステップ S 6 0 3 で生成した移動経路データにステップ S 6 0 3 で取得した冷却時間データを付加したものと、選択した造形経路データを装置外部へ出力する。その後ステップ S 6 0 1 へ戻る。以上が造形順番決定部 2 0 7 の動作となる。

[0088] 以上説明した積層造形経路生成装置 2 0 0 によれば、一様の高さでない層

を積層させる造形において、造形の高さが指定の上限値を超えず、かつ、所定の下限値を可能な限り下回らないようにした造形経路を生成できる。これにより、出力した造形経路によって適切な造形高さでの造形が行え、造形の効率と品質の低下を防止することが可能となる。

[0089] また、積層造形経路生成装置 200 は、出力する造形経路データの順番を造形経路間の移動時間と造形経路によるビードが乗る造形物部分が指定温度まで下がるまでの冷却時間にに基づき最小の造形開始までの待ち時間となるように決定し、冷却時間データを付加した移動経路データを造形経路データ間で出力している。この出力したデータを基に造形を行うことで、造形物のビードが乗る部分の温度を指定温度以下に抑えることで形状の崩れを回避しつつ造形時間を短縮することが可能となる。

[0090] 図 25 は、実施の形態 1 にかかる積層造形経路生成装置を実現するハードウェアの一例を示す図である。プロセッサ 11 は、CPU (Central Processing Unit、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、DSP (Digital Signal Processor) ともいう)、システム LSI (Large Scale Integration) などである。メモリ 12 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (登録商標) (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)、ハードディスクドライブなどである。インタフェース回路 13 は、積層造形経路生成装置 200 が外部の装置との間でデータの受け渡しを行うための回路である。

[0091] 積層造形経路生成装置 200 の造形経路生成制御部 201、造形経路生成部 202、暫定造形経路生成部 203、細分層造形経路生成部 204、造形経路修正部 205、点造形経路変換部 206、造形順番決定部 207、および造形シミュレーション部 208 は、これらの各部として動作するためのプログラムをプロセッサ 11 が実行することにより実現される。

[0092] プログラムはメモリ 12 に予め格納されている。プロセッサ 11 は、上記

プログラムをメモリ 12 から読み出して実行する。なお、プログラムは、メモリ 12 に予め格納されていることを想定するがこれに限定されない。プログラムは、CD (Compact Disc) - ROM、DVD (Digital Versatile Disc) - ROMなどの記録媒体に書き込まれた状態でユーザに供給され、ユーザが上記プログラムをメモリ 12 にインストールする形態であってもよい。この場合、積層造形経路生成装置 200 を実現するハードウェアは、記録媒体からプログラムを読み出すための読み取り装置を更に含む。また、インタフェース回路 13 に読み取り装置を接続してプログラムをインストールする形態としてもよい。

[0093] 実施の形態 2.

以下に実施の形態 2 にかかる機械学習装置を図面に基づいて詳細に説明する。なお、上記実施の形態 1 と同様の構成については、同様の符号を付して詳細な説明を省略する。図 26 は、実施の形態 2 にかかる機械学習装置の構成を示すブロック図である。機械学習装置 220 は、状態観測部 221 と学習部 222 とを備える。

[0094] 状態観測部 221 は、積層造形経路生成装置 200 が出力した造形経路データ、造形材料材質種別データ、および積層造形経路生成装置 200 が出力した造形経路データに基づく造形結果の造形精度を状態変数として観測する。

[0095] 造形経路データに基づく造形結果の造形精度は、例えば三次元測定機や表面粗さ測定器、画像寸法測定器などの機器を用いて測定された値を用いることが望ましい。造形精度に関する情報は、例えば造形結果情報記憶部 211 に記憶されてもよい。

[0096] 学習部 222 は、造形経路データ、造形材料材質種別データ、および造形経路データに基づく造形結果の造形精度の状態変数に基づいて作成されるデータセットに従って、造形経路データに基づく造形結果の造形精度を満たす造形許容温度を学習する。

[0097] 造形許容温度は、積層造形経路生成装置 200 において、造形経路の造形

順番の決定において基となる造形経路に対する造形待ち時間の構成要素である冷却時間を造形シミュレーション部208で計算する際の、造形経路によるビードが乗る造形物形状の部分に要求される最大の温度を指定するものである。

[0098] 学習部222が用いる学習アルゴリズムはどのようなものを用いてもよい。一例として、強化学習（Reinforcement Learning）を適用した場合について説明する。強化学習は、ある環境内におけるエージェント（行動主体）が、現在の状態を観測し、取るべき行動を決定する、というものである。エージェントは行動を選択することで環境から報酬を得て、一連の行動を通じて報酬が最も多く得られるような方策を学習する。強化学習の代表的な手法として、Q学習（Q-learning）やTD学習（TD-learning）が知られている。例えば、Q学習の場合、行動価値関数 $Q(s, a)$ の一般的な更新式（行動価値テーブル）は以下の数式（1）で表される。

[数1]

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha \left(r_{t+1} + \gamma \max_a Q(s_{t+1}, a) - Q(s_t, a_t) \right) \quad \cdots (1)$$

[0099] 数式（1）において、 s_t は時刻 t における環境を表し、 a_t は時刻 t における行動を表す。行動 a_t により、環境は s_{t+1} に変わる。 r_{t+1} はその環境の変化によってもらえる報酬を表し、 γ は割引率を表し、 α は学習係数を表す。なお、 γ は $0 < \gamma \leq 1$ 、 α は $0 < \alpha \leq 1$ の範囲とする。Q学習を適用した場合、入力される造形許容温度が行動 a_t となる。

[0100] 数式（1）で表される更新式は、時刻 $t+1$ における最良の行動 a の行動価値が、時刻 t において実行された行動 a の行動価値 Q よりも大きければ、行動価値 Q を大きくし、逆の場合は、行動価値 Q を小さくする。換言すれば、時刻 t における行動 a の行動価値 Q を、時刻 $t+1$ における最良の行動価値に近づけるように、行動価値関数 $Q(s, a)$ を更新する。それにより、或る環境における最良の行動価値が、それ以前の環境における行動価値に順

次伝播していくようになる。

- [0101] 学習部 222 は、報酬計算部と、関数更新部とを備えている。報酬計算部は、状態変数に基づいて報酬を計算する。報酬計算部は、積層造形経路生成装置 200 から出力された造形経路データに基づく造形結果の加工精度に基づいて、報酬 r を計算する。例えば、造形経路データに基づく造形結果の造形精度が所望の造形精度より良い場合には報酬 r を増大させる（例えば「1」の報酬を与える。）。他方、造形経路データに基づく造形結果の造形精度が所望の造形精度より悪い場合には報酬 r を低減する（例えば「-1」の報酬を与える。）。
- [0102] 造形経路データに基づく造形結果の造形精度は、公知の方法に従って抽出される。例えば、三次元測定機や表面粗さ測定器、画像寸法測定器などの機器を用いて測定された値が所望の造形精度以内か否かを判定することにより求める。
- [0103] 関数更新部は、報酬計算部によって計算される報酬に従って、造形経路データに基づく造形結果の造形精度を満たす造形許容温度を決定するための関数を更新する。例えば Q 学習の場合、数式 (1) で表される行動価値関数 $Q(s_t, a_t)$ を造形経路データに基づく造形結果の造形精度を満たす造形許容温度を算出するための関数として用いる。
- [0104] なお、本実施の形態では、学習部 222 が用いる学習アルゴリズムに強化学習を適用した場合について説明したが、これに限られるものではない。学習アルゴリズムについては、強化学習以外にも、教師あり学習、教師なし学習、又は半教師あり学習等を適用することも可能である。
- [0105] また、上述した学習アルゴリズムとしては、特徴量そのものの抽出を学習する、深層学習 (Deep Learning) を用いることもでき、他の公知の方法、例えばニューラルネットワーク、遺伝的プログラミング、機能論理プログラミング、サポートベクターマシンなどに従って機械学習を実行してもよい。
- [0106] なお、機械学習装置 220 は、積層造形経路生成装置 200 が出力した造

形経路データに基づく造形結果の造形精度を満たす造形許容温度を学習するために使用されるが、例えば、ネットワークを介して積層造形経路生成装置 200 に接続され、この積層造形経路生成装置 200 とは別個の装置であってもよい。また、機械学習装置 220 は、積層造形経路生成装置 200 に内蔵されていてもよい。さらに、機械学習装置 220 は、クラウドサーバ上に存在していてもよい。

[0107] また、学習部 222 は、複数の積層造形経路生成装置 200 に対して作成されるデータセットに従って、造形経路データに基づく造形結果の造形精度を満たす造形許容温度を学習するようにしてもよい。なお、学習部 222 は、同一の現場で使用される複数の積層造形経路生成装置 200 からデータセットを取得してもよいし、或いは、異なる現場で独立して稼働する複数の積層造形機械 209 から収集されるデータセットを利用して造形経路データに基づく加工結果の造形精度を満たす造形許容温度を学習してもよい。さらに、データセットを収集する積層造形経路生成装置 200 を途中で対象に追加し、あるいは、逆に対象から除去することも可能である。さらに、ある積層造形経路生成装置 200 に関して造形経路データに基づく造形結果の造形精度を満たす造形許容温度を学習した機械学習装置 220 を、これとは別の積層造形経路生成装置 200 に取り付け、当該別の積層造形経路生成装置 200 に関して造形経路データに基づく造形結果の造形精度を満たす造形許容温度を再学習して更新するようにしてもよい。

[0108] また、機械学習装置 220 は、図 25 に示したハードウェアによって実現可能である。プロセッサ 11 がメモリ 12 からプログラムを読み出して実行することで、状態観測部 221 および学習部 222 として動作する。

[0109] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0110] 100 造形対象、100a 第1の層、100b 第2の層、101
土台、102 天面、200 積層造形経路生成装置、201 造形経路生
成制御部、202 造形経路生成部、203 暫定造形経路生成部、204
細分層造形経路生成部、205 造形経路修正部、206 点造形経路変
換部、207 造形順番決定部、208 造形シミュレーション部、209
積層造形機械、210 造形経路記憶部、211 造形結果情報記憶部、
220 機械学習装置、221 状態観測部、222 学習部。

請求の範囲

[請求項1] 積層造形物を造形する単位となる層への分割を定義する層定義情報と造形経路の位置を制約する面である造形経路面とから、前記層を造形するビードの造形高さが上限値を超えないように前記積層造形物を前記層に分割して、分割した層を造形する経路である造形経路を生成する造形経路生成部と、

前記造形経路を前記造形高さが上限値と下限値との範囲内で複数の層を部分的に一括して造形する造形経路に修正する造形経路修正部と、を備えることを特徴とする積層造形経路生成装置。

[請求項2] 前記造形経路には前記造形経路で造形するビードの造形高さ情報が付加されており、

前記造形経路修正部は、

前記造形経路の一部であって前記造形高さが前記下限値より小さい部分を一括造形候補として抽出し、

前記一括造形候補の中で前記一括造形候補の造形と前記一括造形候補の上方に隣接する前記造形経路の造形とを合わせた造形の造形高さが前記上限値を超えない部分を、一括造形部分として抽出し、

抽出した前記一括造形部分についての前記造形高さ情報を、前記一括造形候補の造形と前記一括造形候補の上方に隣接する前記造形経路の造形とを合わせた造形の造形高さに更新し、

前記一括造形部分の上方に隣接する前記造形経路の部分を前記造形経路から削除することを特徴とする請求項1に記載の積層造形経路生成装置。

[請求項3] 前記造形経路生成部は、前記層定義情報と前記造形経路面とから、暫定的な造形経路である暫定造形経路を生成する暫定造形経路生成部と、

前記暫定造形経路におけるビードの最大の造形高さが前記上限値を超える前記層を選択し、前記選択した層を高さ方向に分割した細分層

を設定した場合に設定した細分層の造形経路におけるビードの最大の造形高さが前記上限値を超えないように細分層を設定し、前記設定した細分層の造形経路を生成して前記選択した層の造形経路を置換する細分層造形経路生成部と、をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の積層造形経路生成装置。

[請求項4] 前記造形経路上に離散点を設定し、前記離散点を結ぶように前記造形経路を設けて造形経路を生成する点造形経路変換部をさらに備え、

前記離散点の間の前記造形経路の長さは互いに等しく、前記離散点の間の前記造形経路の長さはあらかじめ定めた値を超えないことを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載の積層造形経路生成装置。

[請求項5] 造形順番決定部をさらに備え、

前記造形順番決定部は、前記造形経路を、下方の前記層から上方の前記層へと順番に取り出した際の層の上下関係がない範囲のものを次の出力候補とし、

積層記造形物が載置される土台に造形経路によるビードが乗せられた造形物の形状と時間経過に対する造形物の熱分布を模擬し、与えられた造形間移動経路による移動時間と造形経路のビードが乗る造形物の部分における最大温度を評価する造形シミュレーション部を備え、

前記次の出力候補の造形経路の各々について、最後に出力した造形経路の終点から次の出力候補の造形経路の始点までの移動経路を生成し、

生成した移動経路と所定の移動速度を基に前記造形シミュレーション部により移動時間を評価して取得し、

最後に出力した造形経路による造形後から前記移動時間が経過した時点の状態から、前記出力候補の造形経路によるビードが乗る造形物の部分の最大温度の前記造形シミュレーション部による評価を所定の経過時間を前記造形シミュレーション部に与えながら行うことでビー

ドが乗る造形物の部分の最大温度が所定の造形許容温度まで下がるまでの冷却時間を計算し、

前記取得した移動時間と前期計算した冷却時間との和により前記出力候補の造形経路による造形を開始するまで造形待ち時間を計算し、

前記次の出力候補の造形経路の中で、前期計算した造形待ち時間が最小のものを出力する造形経路として選択し、

選択した造形経路を前記造形シミュレーション部に与えて前記造形シミュレーション部の状態を造形後の造形物の形状と熱分布の状態に更新し、選択した造形経路に対する移動経路、造形待ち時間、および造形経路を出力することを特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載の積層造形経路生成装置。

[請求項6]

積層造形物を造形する単位となる層への分割を定義する層定義情報と造形経路の位置を制約する面である造形経路面とから、前記層を造形するビードの造形高さが上限値を超えないように前記積層造形物を層に分割して、分割した層を造形する経路である造形経路を生成する造形経路生成ステップと、

前記造形経路生成ステップで生成された前記造形経路をビードの造形高さが前記上限値と下限値の範囲内で複数の隣接する層を部分的に一括して造形する造形経路に修正する造形経路修正ステップと、を備えることを特徴とする積層造形経路生成方法。

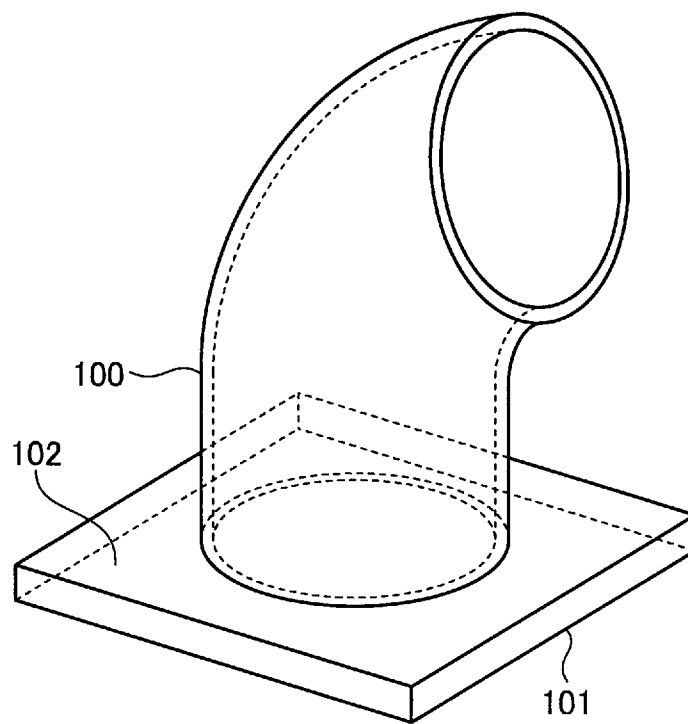
[請求項7]

積層造形経路生成装置から出力される造形経路に基づく造形結果の加工精度を満たす造形許容温度を学習する機械学習装置であって、

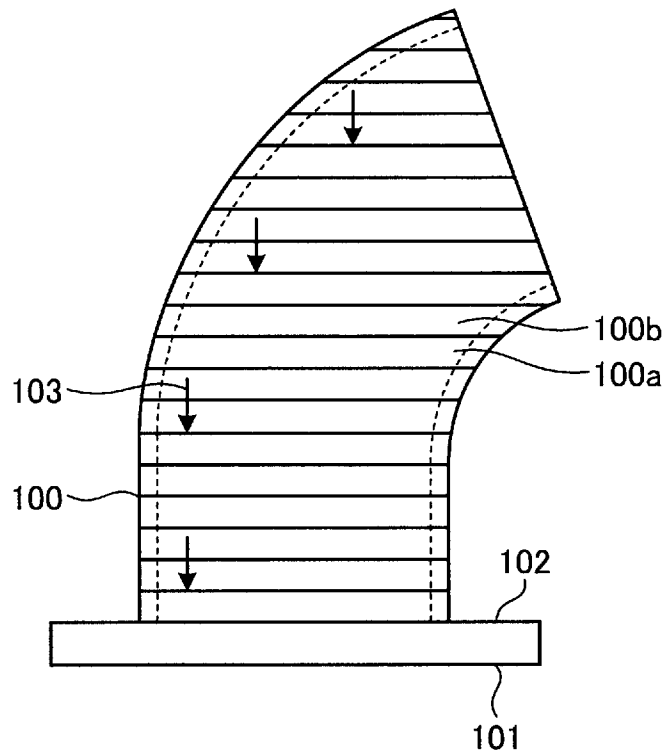
前記積層造形経路生成装置が出力した前記造形経路、造形材料材質種別、および前記造形経路に基づく造形結果の造形精度を状態変数として観測する状態観測部と、

前記状態変数に基づいて作成されるデータセットに従って、造形結果の造形精度を満たす造形許容温度を学習する学習部と、を備えることを特徴とする機械学習装置。

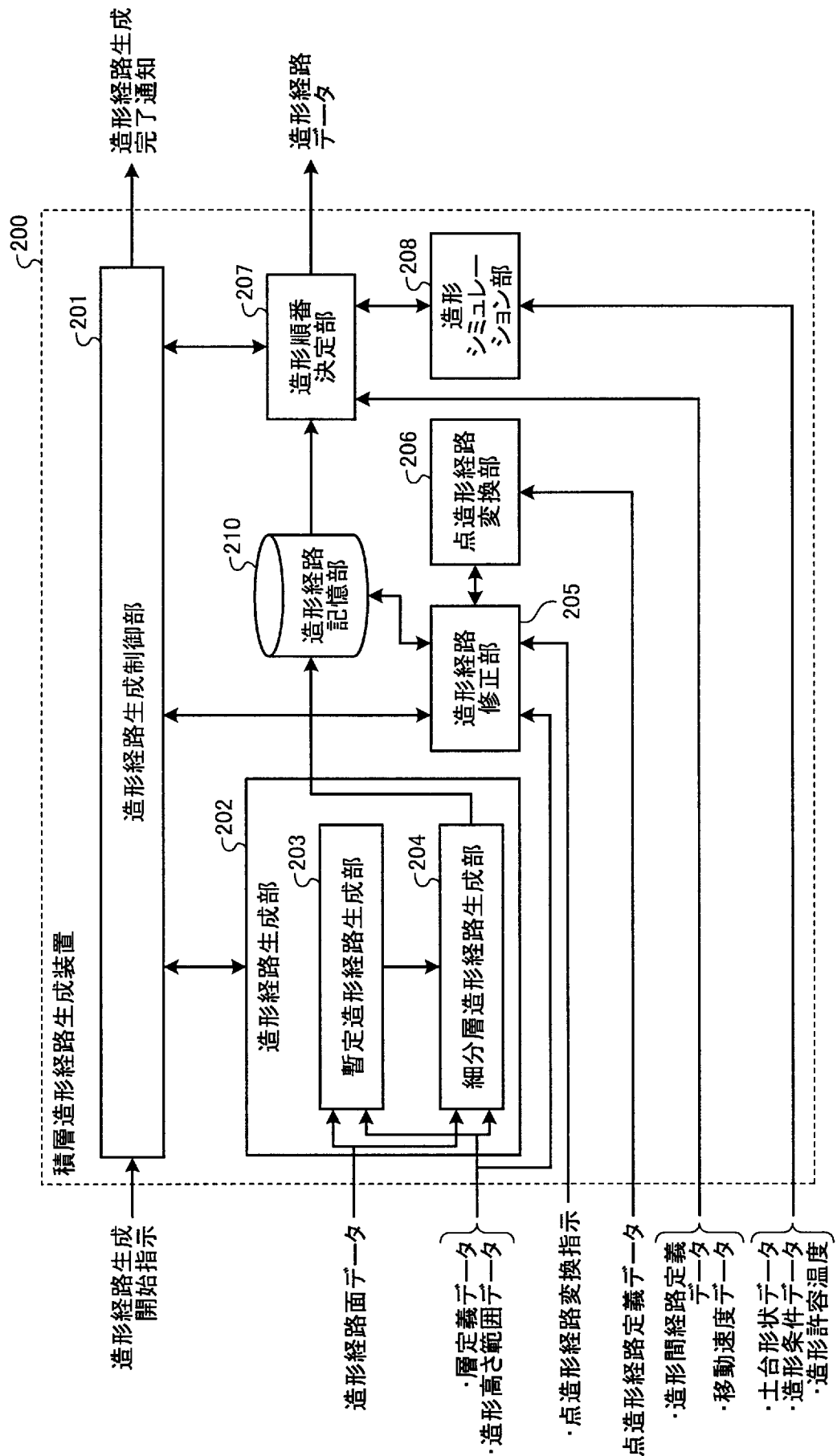
[図1]



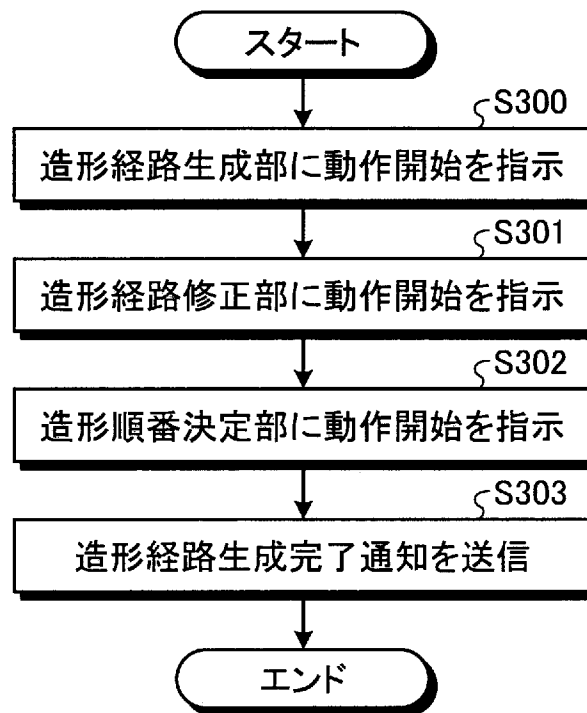
[図2]



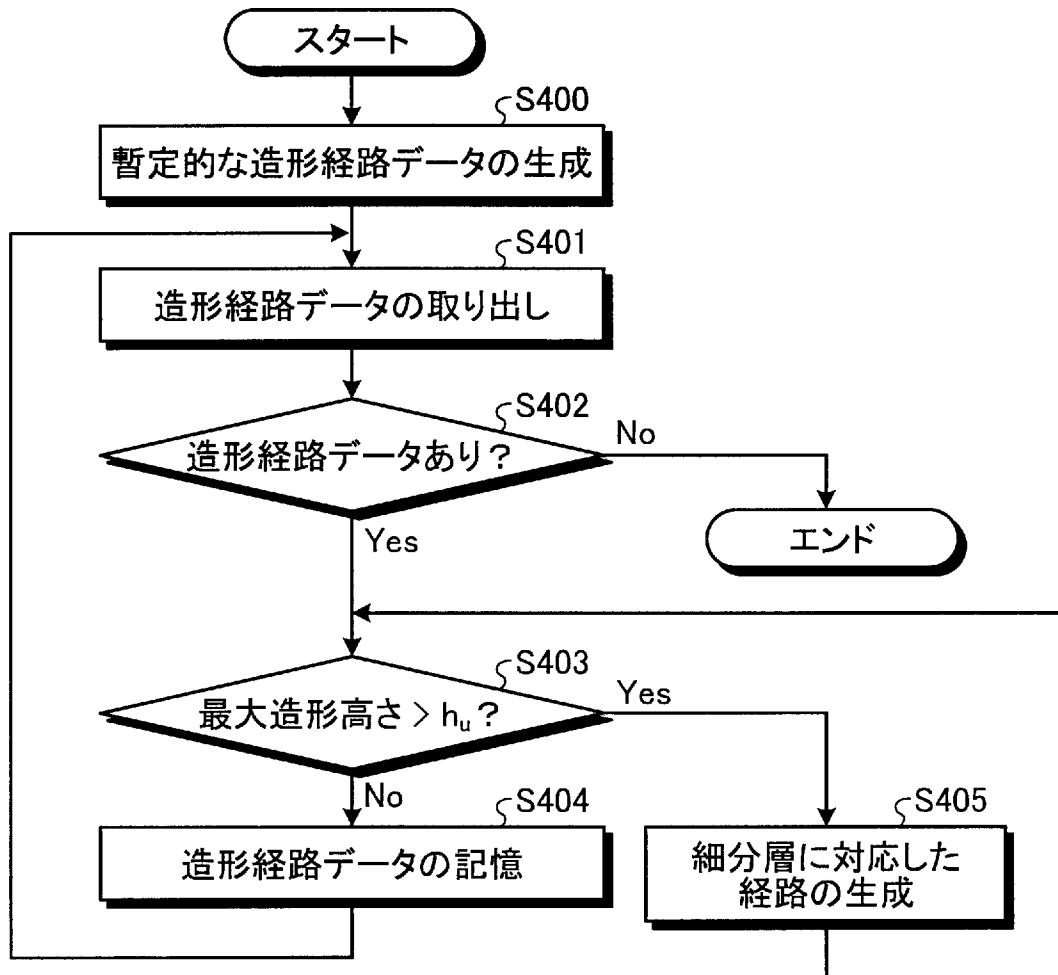
[図4]



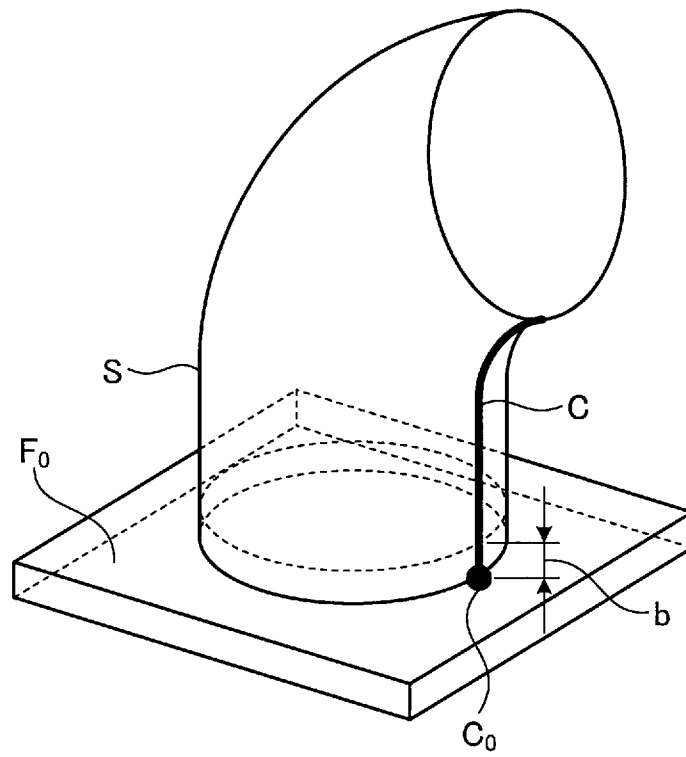
[図5]



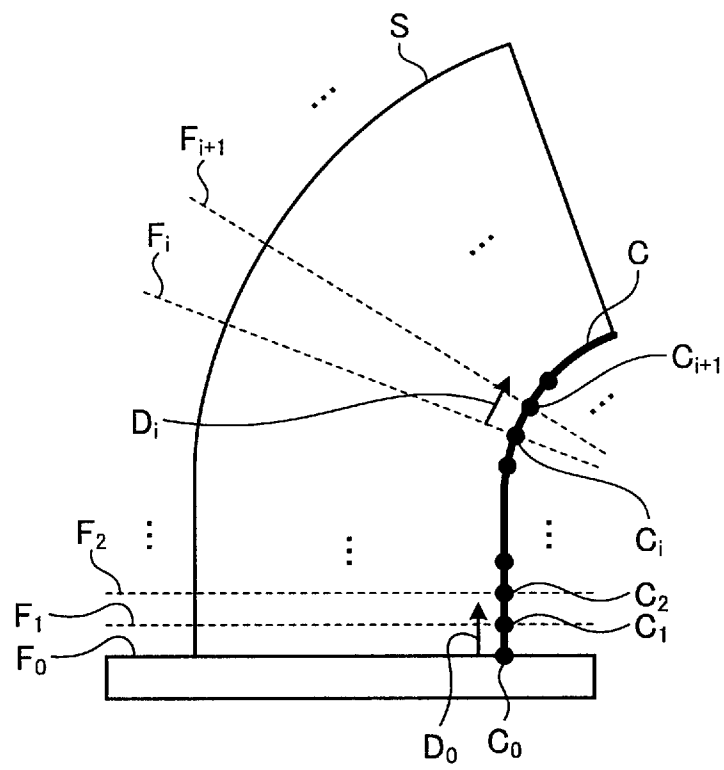
[図6]



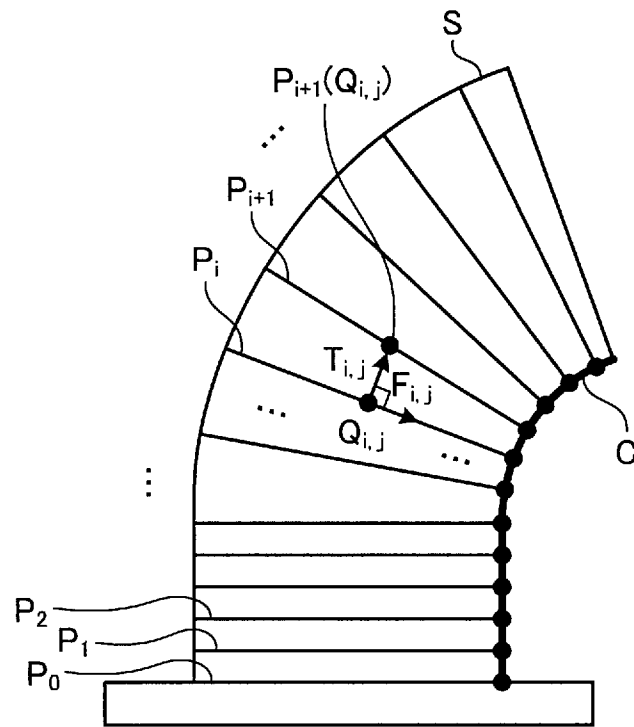
[図7]



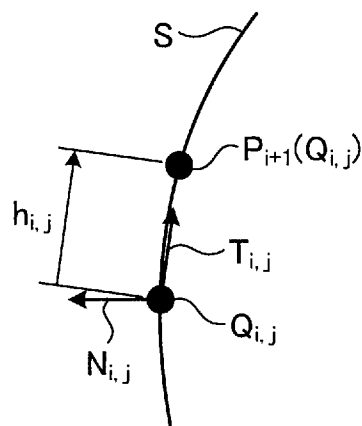
[図8]



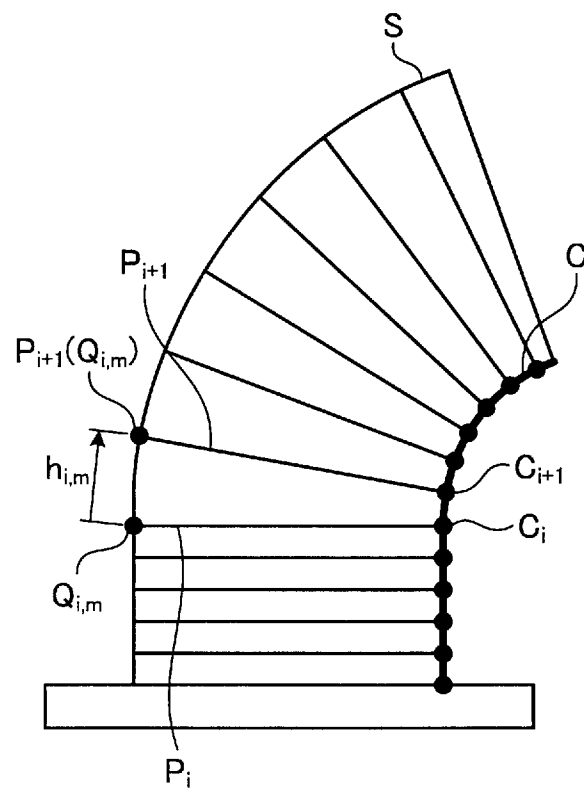
[図9]



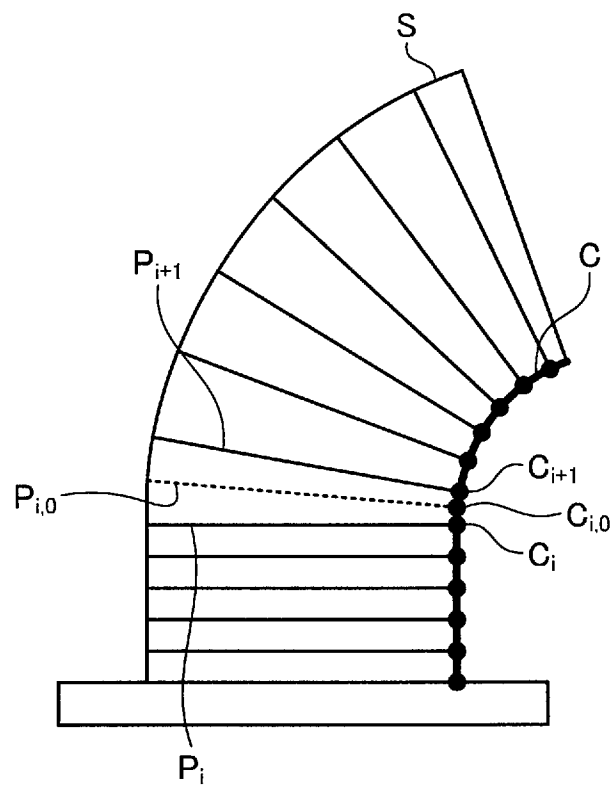
[図10]



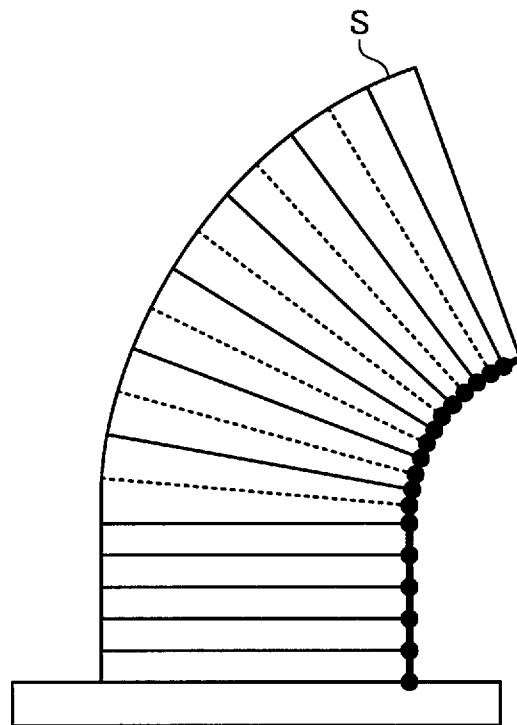
[図11]



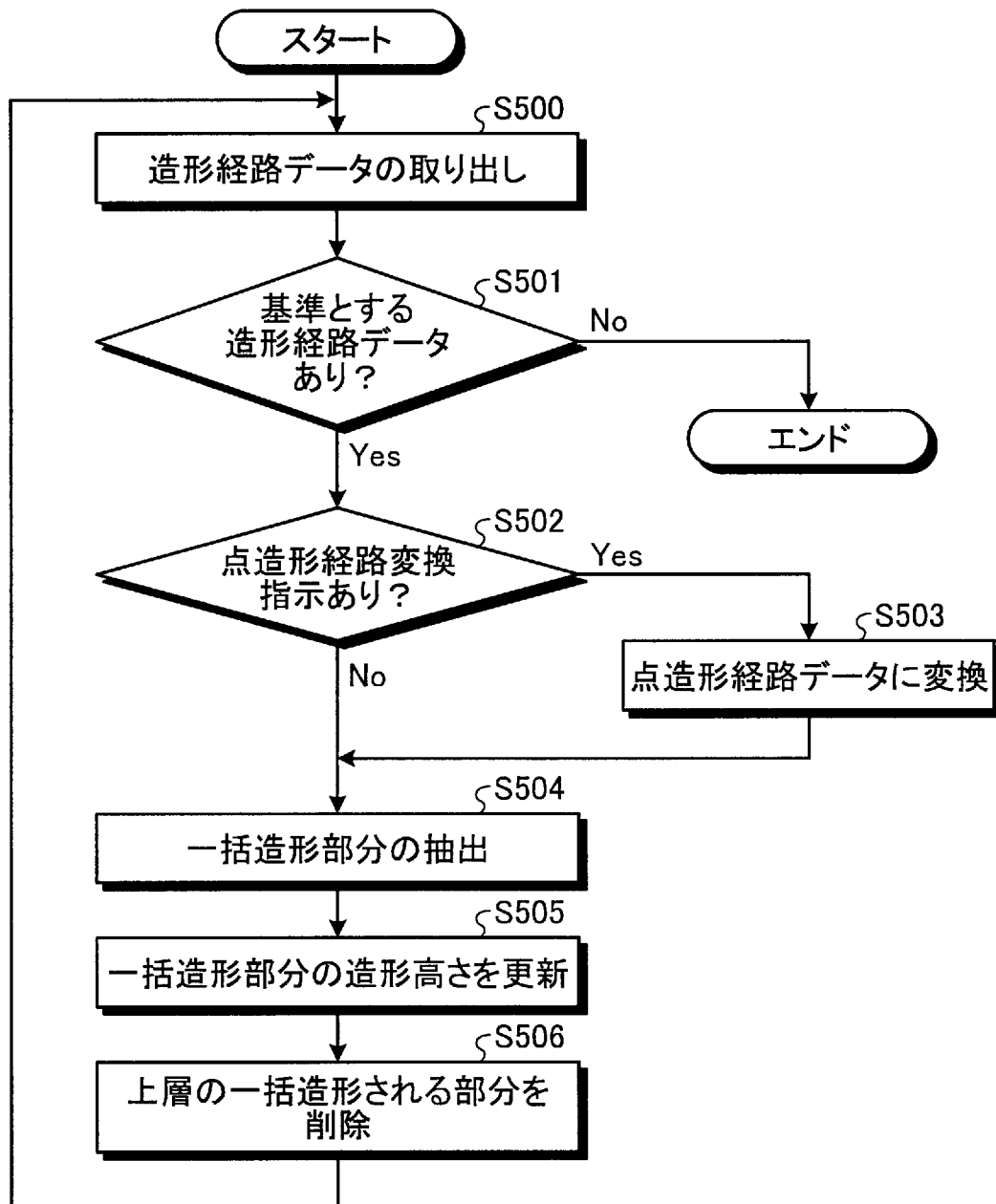
[図12]



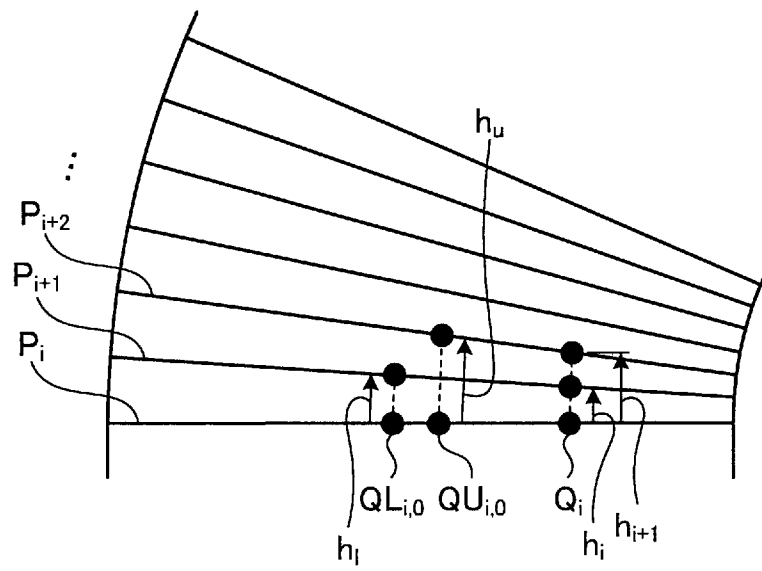
[図13]



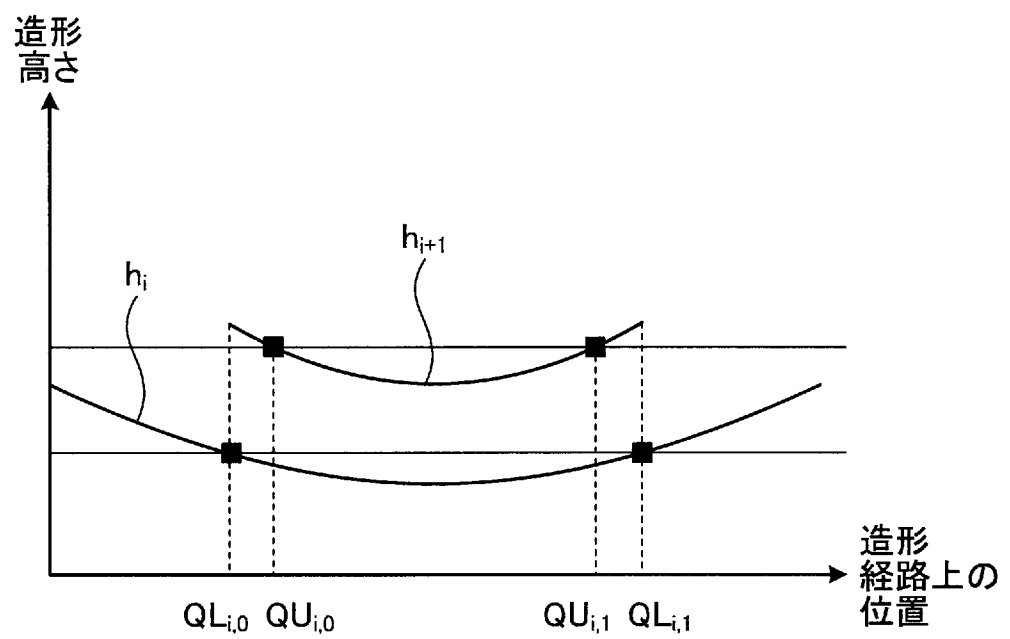
[図14]



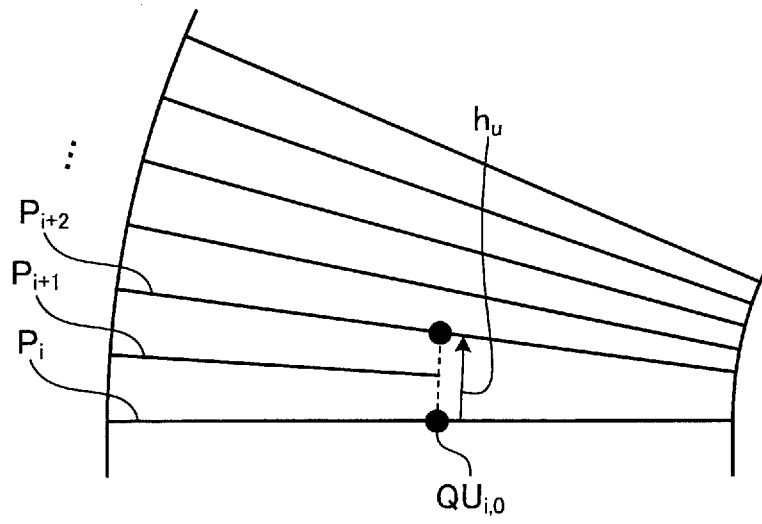
[図15]



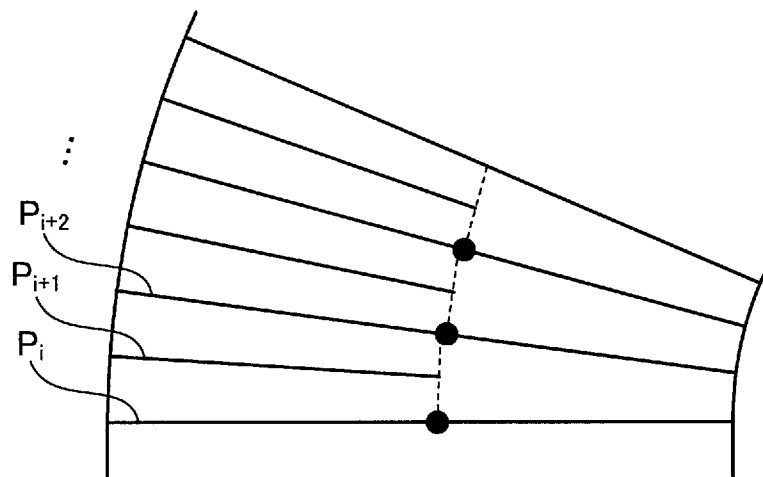
[図16]



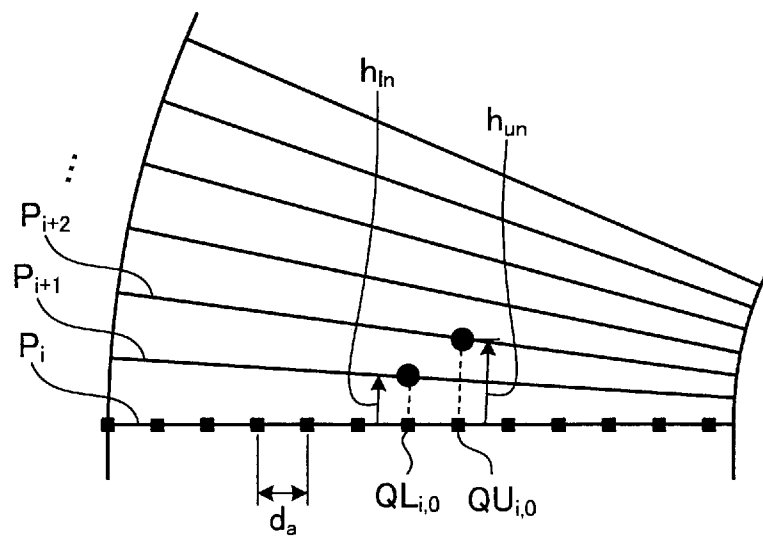
[図17]



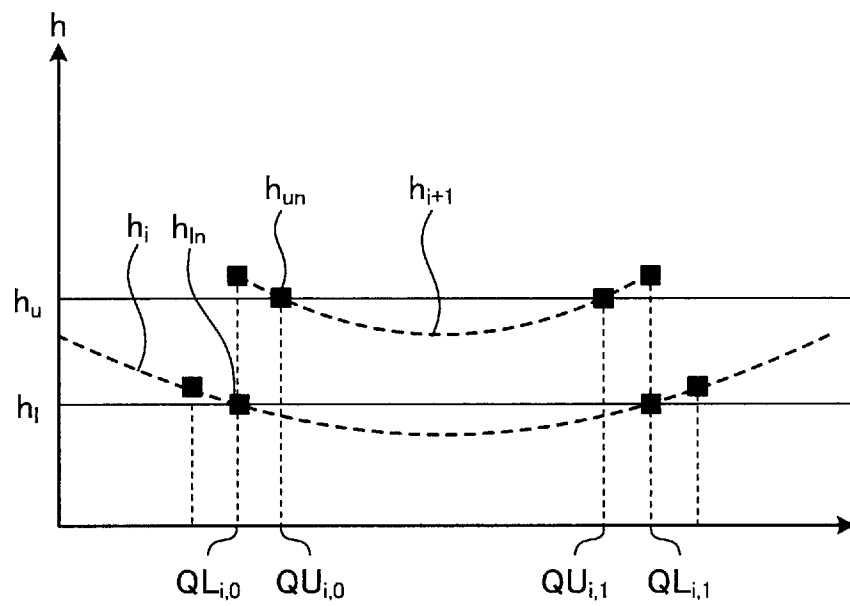
[図18]



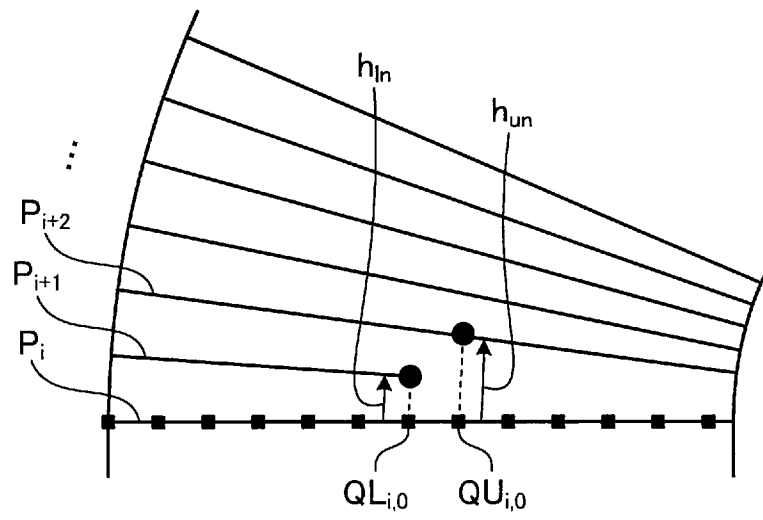
[図19]



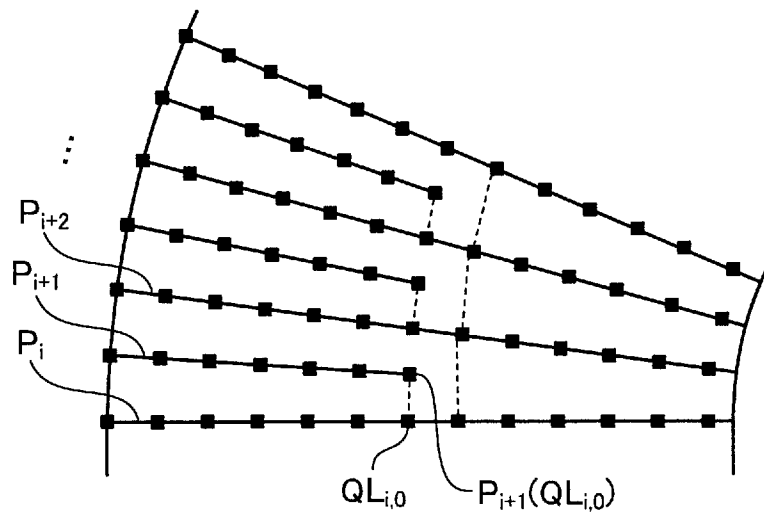
[図20]



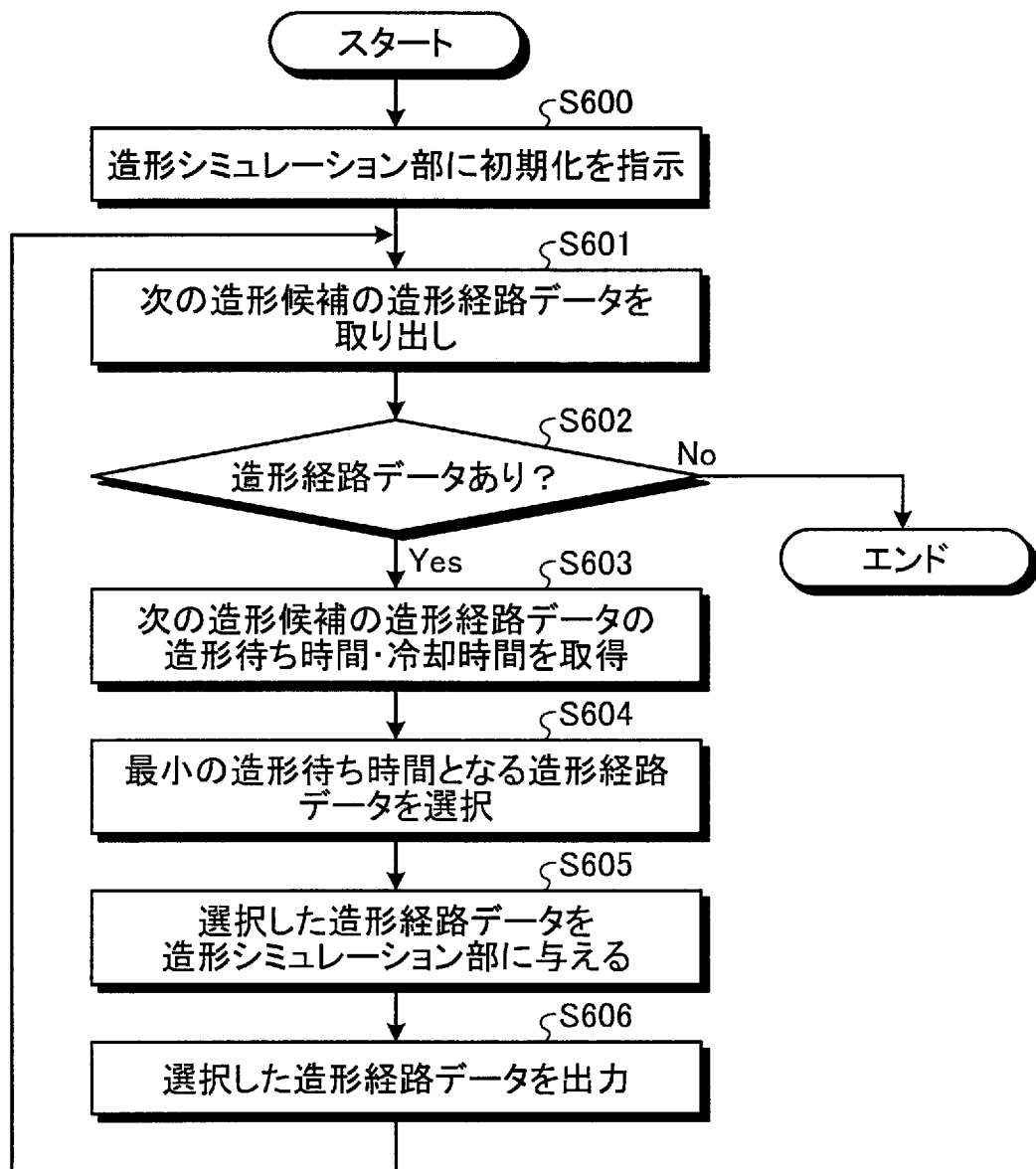
[図21]



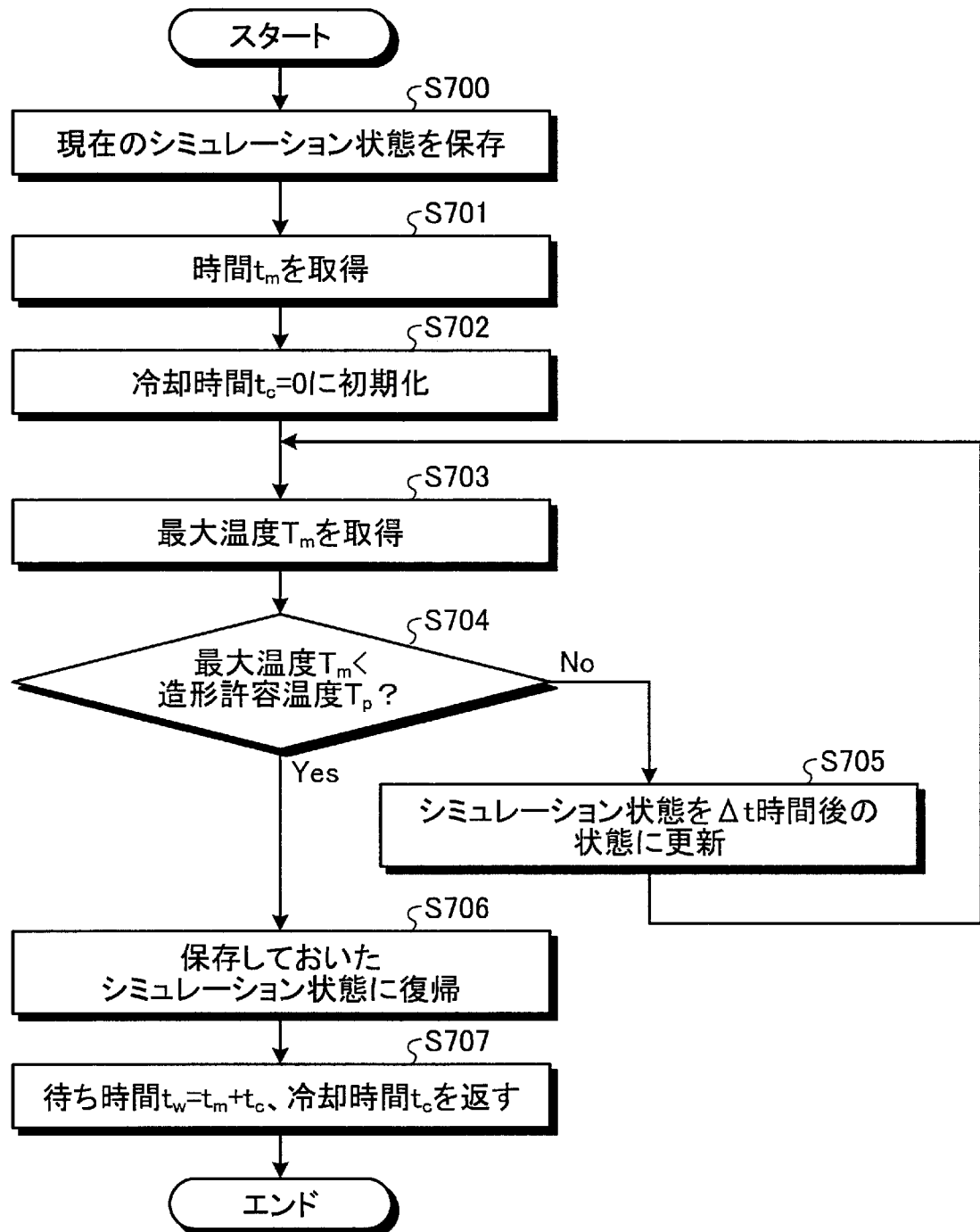
[図22]



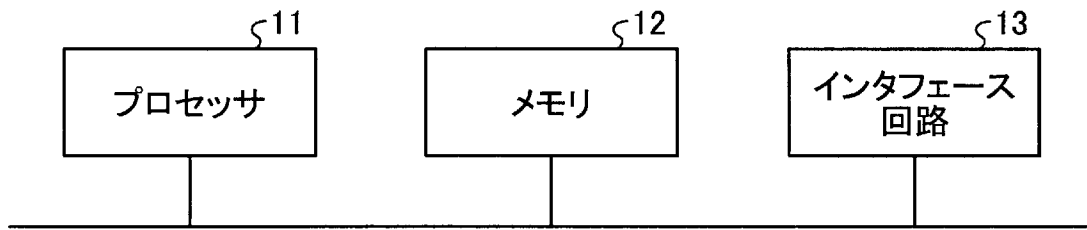
[図23]



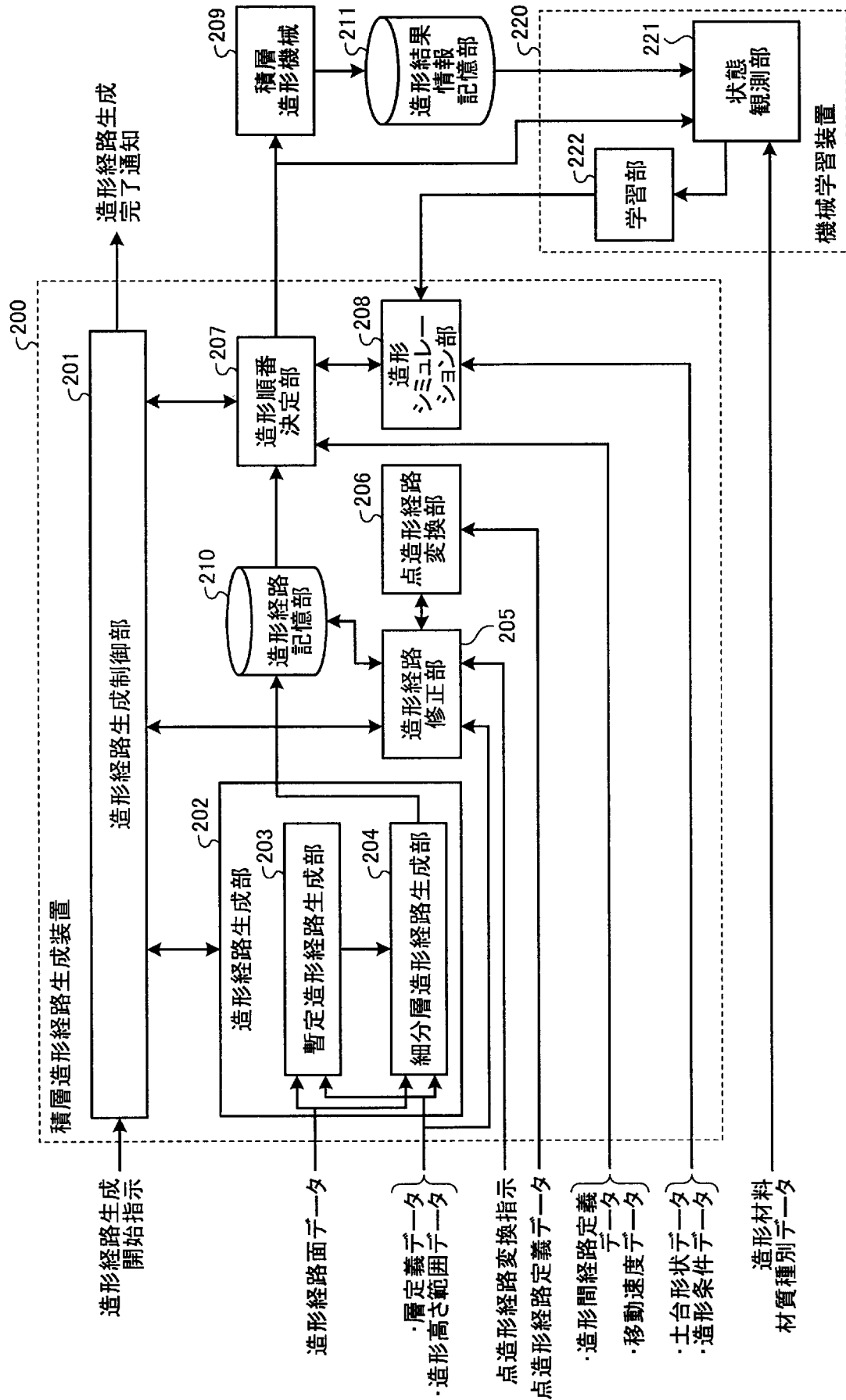
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/012501

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B23K9/04 (2006.01) i, B23K26/21 (2014.01) i, B23K26/34 (2014.01) i
FI: B23K9/04 K, B23K9/04 J, B23K26/21, B23K26/34

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. B23K9/04, B23K26/21, B23K26/34

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
X	JP 2019-513596 A (HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO.)	7
A	30 May 2019, paragraphs [0019], [0036]-[0039]	1-6
A	JP 6472585 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 20 February 2019, entire text, all drawings	1-7
A	JP 6576593 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 18 September 2019, entire text, all drawings	1-7
A	JP 4-336304 A (GEBRUDER SULZER AG) 24 November 1992, entire text, all drawings	1-7



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
28.05.2020

Date of mailing of the international search report
09.06.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2020/012501
--

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-246438 A (HITACHI, LTD.) 12 September 2000, entire text, all drawings	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/012501

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2019-513596 A	30.05.2019	US 2019/0143586 A1 paragraphs [0022], [0039]-[0042] CN 109070451 A (Family: none)	
JP 6472585 B1	20.02.2019	(Family: none)	
JP 6576593 B1	18.09.2019	(Family: none)	
JP 4-336304 A	24.11.1992	US 5233150 A entire text, all drawings	
JP 2000-246438 A	12.09.2000	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 9/04(2006.01)i; B23K 26/21(2014.01)i; B23K 26/34(2014.01)i FI: B23K9/04 K; B23K9/04 J; B23K26/21; B23K26/34		
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）） B23K9/04; B23K26/21; B23K26/34		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2019-513596 A (ヒューレット・パッカート デベロップメント カンパニー エル. ピー.) 30.05.2019 (2019 - 05 - 30) 段落[0019], [0036]-[0039]	7
A		1-6
A	JP 6472585 B1 (三菱電機株式会社) 20.02.2019 (2019 - 02 - 20) 全文, 全図	1-7
A	JP 6576593 B1 (三菱電機株式会社) 18.09.2019 (2019 - 09 - 18) 全文, 全図	1-7
A	JP 4-336304 A (ゲブリユーダー ズルツァー アクチエンゲゼルシャフト) 24.11.1992 (1992 - 11 - 24) 全文, 全図	1-7
A	JP 2000-246438 A (株式会社日立製作所) 12.09.2000 (2000 - 09 - 12) 全文, 全図	1-7
☐ 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 28.05.2020		国際調査報告の発送日 09.06.2020
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） 岩見 勤 3P 6101 電話番号 03-3581-1101 内線 3363

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/JP2020/012501

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-513596	A	30.05.2019	US 2019/0143586 A1 段落[0022], [0039]-[0042] CN 109070451 A	
JP	6472585	B1	20.02.2019	(ファミリーなし)	
JP	6576593	B1	18.09.2019	(ファミリーなし)	
JP	4-336304	A	24.11.1992	US 5233150 A 全文, 全図	
JP	2000-246438	A	12.09.2000	(ファミリーなし)	