

(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
2020年7月23日(23.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/149376 A1

(51) 国際特許分類:
G06T 7/00 (2017.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/001354

(22) 国際出願日: 2020年1月16日(16.01.2020)

(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 2019-005373 2019年1月16日(16.01.2019) JP

(71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 吉田 隆彦 (YOSHIDA, Takahiko); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 信田 萌伽 (NOBUTA, Moeka); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 永井 冬紀, 外 (NAGAI, Fuyuki et al.); 〒1080075 東京都港区港南一丁目6番41号 品川クリスタルスクエア 901 永井特許事務所 Tokyo (JP).

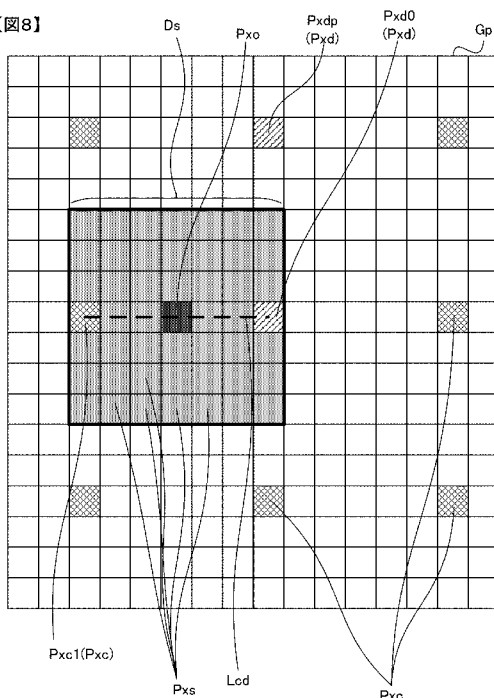
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, 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,

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理方法およびプログラム

【図8】



(57) Abstract: An image processing device that connects fragmented cell regions in an image to extract a cell, said image processing device equipped with: an acquisition unit for acquiring a fragmented cell region from within the image; a first pixel setting unit for setting a first pixel in the fragmented cell region; and an extraction unit for setting a plurality of pixel groups on the basis of the position of the first pixel, selecting a second pixel on the basis of the luminance values of the pixels included in the plurality of pixel groups, and then connecting the first pixel and the second pixel, thereby extracting a cell.

(57) 要約: 画像処理装置は、画像において断片化された細胞領域をつないで細胞を抽出する画像処理装置であって、上記画像の中から断片化された細胞領域を取得する取得部と、断片化された細胞領域において第1画素を設定する第1画素設定部と、第1画素の位置に基づいて複数の画素群を設定し、当該複数の画素群に含まれる画素の輝度値に基づいて第2画素を選択し、次いで、第1画素と第2画素をつないで細胞を抽出する抽出部と、を備える。

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)）

明 細 書

発明の名称： 画像処理装置、画像処理方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、画像処理装置、画像処理方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 分枝等を適宜備える線状の部分を含む対象物を撮像して得られた画像に対して画像処理を行う方法が提案されている（特許文献1参照）。このような画像処理では、精度の悪化を抑制しつつ、迅速に処理を行うことが望ましい。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第9 6 4 6 1 9 4 号明細書

発明の概要

[0004] 本発明の第1の態様によると、画像処理装置は、画像において断片化された細胞領域をつないで細胞を抽出する画像処理装置であって、前記画像の中から断片化された細胞領域を取得する取得部と、前記断片化された細胞領域において第1画素を設定する第1画素設定部と、前記第1画素の位置に基づいて複数の画素群を設定し、前記複数の画素群に含まれる画素の輝度値に基づいて第2画素を選択し、次いで、前記第1画素と前記第2画素とをつないで細胞を抽出する抽出部と、を備える。

本発明の第2の態様によると、画像処理方法は、画像において断片化された細胞領域をつないで細胞を抽出する画像処理方法であって、前記画像の中から断片化された細胞領域を取得する領域取得と、前記断片化された細胞領域において第1画素を設定する第1画素設定と、前記第1画素の位置に基づいて複数の画素群を設定し、前記複数の画素群に含まれる画素の輝度値に基づいて第2画素を選択し、次いで、前記第1画素と前記第2画素とをつないで細胞を抽出する画素抽出と、を含む。

本発明の第3の態様によると、プログラムは、画像において断片化された細胞領域をつないで細胞を抽出するプログラムであって、前記画像の中から断片化された細胞領域を取得する取得処理と、前記断片化された細胞領域において第1画素を設定する第1画素設定処理と、前記第1画素の位置に基づいて複数の画素群を設定し、前記複数の画素群に含まれる画素の輝度値に基づいて第2画素を選択し、次いで、前記第1画素と前記第2画素とをつないで細胞を抽出する抽出処理と、を処理装置に行わせるものである。

図面の簡単な説明

- [0005] [図1]図1は、一実施形態の画像生成装置の構成を示す概念図である。
- [図2]図2は、データ処理部の構成を示す概念図である。
- [図3]図3は、確率分布画像を示す概念図である。
- [図4]図4は、連結領域画像を示す概念図である。
- [図5]図5は、探索領域を説明するための概念図である。
- [図6]図6は、始点画素の設定を説明するための概念図である。
- [図7]図7は、選択画素設定処理を説明するための概念図である。
- [図8]図8は、候補画素を説明するための概念図である。
- [図9]図9は、輝度と候補画素パラメータとの関係を示すグラフである。
- [図10]図10は、連結画素領域を示す概念図である。
- [図11]図11は、一実施形態に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。
- [図12]図12は、一実施形態に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。
- [図13]図13は、選択画素の再度の抽出を説明するための概念図である。
- [図14]図14は、変形例に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。
- [図15]図15は、算出画素領域の大きさと神経突起の幅との関係を説明するための概念図である。
- [図16]図16は、一実施形態の画像生成装置の構成を示す概念図である。

[図17]図17(A)、17(B)、17(C)および17(D)は、候補領域および確定領域を説明するための概念図である。

[図18]図18は、一実施形態に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。

[図19]図19は、始点画素の設定を説明するための概念図である。

[図20]図20は、変形例の画像生成装置の構成を示す概念図である。

[図21]図21は、変形例の画像生成装置の構成を示す概念図である。

[図22]図22(A)、22(B)および22(C)は、交叉の検出を説明するための概念図である。

[図23]図23(A)、23(B)、23(C)および23(D)は、交叉の検出を説明するための概念図である。

[図24]図24は、変形例の画像生成装置の構成を示す概念図である。

[図25]図25は、神経突起の幅の算出を説明するための概念図である。

[図26]図26は、神経突起の幅の算出を説明するための概念図である。

[図27]図27は、出力輝度値の算出を説明するための概念図である。

[図28]図28は、一実施形態の画像生成装置の構成を示す概念図である。

[図29]図29は、第1選択画素設定処理を説明するための概念図である。

[図30]図30は、第2選択画素設定処理を説明するための概念図である。

[図31]図31は、一実施形態に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。

[図32]図32は、一実施形態に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。

[図33]図33は、始点配置領域を示す概念図である。

[図34]図34は、変形例に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。

[図35]図35は、プログラムの提供を説明するための概念図である。

発明を実施するための形態

[0006] 以下、図を参照して本発明を実施するための形態について説明する。

[0007] ー第1実施形態ー

第1実施形態の画像生成装置は、取得した画像データ（以下、入力画像データと呼ぶ）に基づいて、複数の画素を抽出し、抽出された複数の画素に基づいて画像データ（以下、出力画像データと呼ぶ）を生成する。

[0008] 図1は、本実施形態の画像生成装置の構成を示す概念図である。画像生成装置1は、培養部100と、情報処理部40とを備える。培養部100は、培養器10と、観察用試料台11と、駆動部12と、撮像部20とを備える。情報処理部40は、入力部41と、通信部42と、記憶部43と、出力部44と、制御部50とを備える。制御部50は、データ処理部51と、出力制御部52と、装置制御部53とを備える。

[0009] 画像生成装置1は、培養装置として構成され、培養部100での撮像により得られた入力画像データがデータ処理部51に入力され処理される構成となっている。

なお、画像生成装置1は、入力画像データを取得できれば、画像生成装置1が撮像や培養を行う構成でなくともよい。

[0010] 本実施形態では、入力画像データに対応する入力画像から、直線、曲線または交叉等を含む線状の部分を抽出対象として抽出する。以下では、細胞Ceが神経細胞であり、神経突起Nrに対応する部分を抽出する例を用いて説明するが、上記のような線状の部分を含めば、抽出対象はこの例に限定されず、画像を構成する任意の要素とすることができる。

[0011] 培養部100は、細胞Ceを培養し、培養された細胞Ceの撮像を行う。

[0012] 培養器10は、細胞Ceが培養されている培養容器Cを内部に格納する。培養器10の内部は、不図示の温度調節器により予め設定された温度に維持される等、予め設定された環境で培養が行われるように制御される。駆動部12は、アクチュエーターを備え、予め定められた時間に培養容器Cを移動させ、培養器10の内部にある観察用試料台11に載置する。さらに、駆動部12は、細胞Ceの撮像のため、撮像部20の焦点面に細胞Ceが配置されるように、撮像部20または観察用試料台11等を適切な位置に移動させ

る。

[0013] 撮像部20は、CMOSやCCD等の撮像素子を含む撮像装置を備え、細胞Ce、特に細胞Ceの神経突起Nrを撮像する。撮像部20による撮像の方法は、撮像画像において、神経突起Nrに対応する画素が、当該画素の輝度値により他の部分と所望の精度で区別することができれば特に限定されない。例えば、撮像部20による撮像の方法は、蛍光観察法や位相差観察法等を用いることができる。

[0014] 撮像部20が蛍光観察法により撮像を行う場合、遺伝子導入により、細胞CeにGFP等の蛍光タンパク質を発現させたり、神経突起Nrに局在するタンパク質と蛍光タンパク質とを融合させたタンパク質を発現させたりすることで蛍光染色を行うことができる。撮像後の細胞Ceの利用に問題が無ければ、免疫染色等の他の標識法を行ってもよい。

[0015] 撮像部20が細胞Ceを撮像して得られた撮像画像に対応するデータは、デジタル信号に変換され、画素と輝度値とが対応付けられた入力画像データとして情報処理部40に入力され（矢印A1）、記憶部43に記憶される。

[0016] 情報処理部40は、画像生成装置1のユーザ（以下、単に「ユーザ」と呼ぶ）とのインターフェースとなる他、様々なデータに関する通信、記憶、演算等の処理を行う。

なお、情報処理部40は、培養部100と物理的に離れた情報処理装置として構成してもよい。また、画像生成装置1が用いるデータの一部は遠隔のサーバ等に保存してもよく、画像生成装置1が行う演算処理の一部は遠隔のサーバ等で行ってもよい。

[0017] 入力部41は、マウス、キーボード、各種ボタンまたはタッチパネル等の入力装置を備える。入力部41は、培養部100による撮像やデータ処理部51によるデータ処理に必要なデータ等を、ユーザから受け付ける。

[0018] 通信部42は、インターネット等の無線や有線による接続により通信可能な通信装置を備え、画像生成装置1における制御や処理に関するデータを適宜送受信する。

- [0019] 記憶部43は、不揮発性の記憶媒体を備え、制御部50に処理を行わせるプログラムおよび、データ処理部51の処理に関する画像データ等を記憶する。
- [0020] 出力部44は、液晶モニタ等の表示装置を備え、データ処理部51の処理により得られた出力画像データに基づく画像等を出力する。
- [0021] 制御部50は、CPU等の処理装置により構成され、画像生成装置1を制御する動作の主体として機能し、記憶部43に搭載されているプログラムを実行することにより各種処理を行う。
- [0022] 制御部50のデータ処理部51は、撮像部20から入力された入力画像データを処理し、抽出対象に対応する複数の画素を抽出し、抽出された複数の画素に基づいて出力画像データ（後述の連結領域画像データ）を生成する。
- [0023] 図2は、データ処理部51の構成を示す概念図である。データ処理部51は、確率分布画像生成部511と、領域設定部512と、終点画素設定部513と、始点画素設定部514と、画素抽出部600と、画像生成部700とを備える。画素抽出部600は、候補画素指定部601と、選択画素設定部602とを備える。
- [0024] データ処理部51の確率分布画像生成部511は、記憶部43に記憶されている入力画像データに基づいて、確率分布画像に対応する確率分布画像データを生成し取得する。
- [0025] 図3は、確率分布画像G_pを示す概念図である。確率分布画像G_pは、確率分布画像G_pの各画素の輝度が、当該画素が抽出対象の神経突起N_rに対応する確率と対応付けられている画像である。図3は、神経細胞に対応する確率分布画像G_pを示しているが、わかりやすくするため神経突起N_rは1本のみ示した。図3の確率分布画像G_pでは、ハッチングが濃い部分程、当該部分に対応する画素が神経突起N_rに対応する画像部分である可能性が高いことを示している。確率分布画像G_pは、各画素に対して上記確率が1次元の輝度値として対応し、グレースケール画像として表現されることが好ましいが、上記確率と輝度値とが対応付けられれば確率分布画像G_pの態様は

特に限定されない。

[0026] 確率分布画像生成部 511 は、入力画像データに対し、所定の画像処理アルゴリズムによる処理を行うことで、各画素について、抽出対象である神経突起 N_r に対応する確率を算出する。上記所定の画像処理アルゴリズムは、学習済みの機械学習である。この機械学習は、神経細胞を撮像して得られた複数の画像と、当該画像における神経突起に対応する部分を示す画像とを演算装置に入力して学習させた深層学習である。

なお、上記所定の画像処理アルゴリズムは、上記確率と輝度値とが対応付けられれば特に限定されず、深層学習以外の機械学習や、機械学習以外のアルゴリズムを用いてもよい。

[0027] 確率分布画像 G_p では、被写体の細胞 C_e (図 1) とは異なり、神経突起 N_r に対応する部分と、細胞体 S_o に対応する部分とが、必ずしも連結されていない。この理由の一つは、入力画像を撮像により得る際に、神経突起 N_r 等の線状の部分が細いために十分な精度で撮像できないためである。細胞等の撮像によく用いられている蛍光顕微鏡により得られた画像でもこの傾向がみられる。

[0028] 図 3 の確率分布画像 G_p には、神経突起 N_r に対応する複数の画素領域断片 F を示した。画素領域断片 F_1 と画素領域断片 F_2 とは 2 画素以上離れ、画素領域断片 F_2 と画素領域断片 F_3 とも 2 画素以上離れている。このような場合、確率分布画像 G_p を用いて神経突起 N_r を解析する際に神経突起 N_r の長さを算出することが難しく、神経突起 N_r から適切に情報を取得することができない。

[0029] 画素領域断片 F_3 と画素領域断片 F_4 とは、斜め方向には隣接しているが、縦方向または横方向には連結されていない。このような場合に画素領域断片 F_3 と F_4 とが連結されているものとするか連結されていないものとするかは特に限定されず、上記のような神経突起 N_r を解析する際の解析アルゴリズムにおける連結性の定義等に基づいて適宜設定することができる。

[0030] データ処理部 51 は、確率分布画像 G_p から、抽出対象である神経突起 N

r に対応し、一体に連結された複数の画素からなる連結画素領域を算出する。連結画素領域を示す画像を連結領域画像と呼ぶ。

[0031] 図4は、図3の確率分布画像 G_p から得られた連結領域画像 G_s を示す概念図である。連結画素領域 D_c は、神経突起 N_r に対応しており、かつ連結画素領域 D_c を構成する画素が互いに連結されている。図4では、連結画素領域 D_c に連結された細胞体 S_o に対応する部分も示されているが、この部分は連結領域画像 G_s に示しても、示さなくてもよい。以下では、データ処理部51が始点画素と終点画素とを設定し、始点画素と終点画素とを連結する連結画素領域 D_c を導出し、連結領域画像 G_s に対応する連結領域画像データを生成する点を説明する。

[0032] データ処理部51は、始点画素と終点画素とを設定し、始点画素を始点として複数の画素を順々に設定する。設定された画素を、以下、選択画素と呼ぶ。データ処理部51は、終点画素の位置に基づいた条件（以下、終了条件と呼ぶ）が満たされた際に設定されている当該選択画素の少なくとも一つを抽出する。ここで抽出された画素を抽出画素と呼ぶ。

[0033] 領域設定部512は、抽出画素を探索する範囲である探索領域を設定する。探索領域は、後述の候補画素指定部601が候補画素を指定する範囲となる。領域設定部512は、確率分布画像 G_p （図3）において、ユーザが設定した範囲に対応する画素領域を探索領域とする。領域設定部512は、ユーザの設定がなかった場合、確率分布画像 G_p の全体を探索領域とする。

[0034] 図5は、探索領域を示す概念図である。領域設定部512は、ユーザがマウスのカーソル等を用いて設定した矩形の範囲を探索領域 D_1 として設定している。

[0035] 終点画素設定部513は、探索領域 D_1 を構成する画素から終点画素 P_x を設定する。終点画素 P_x は、1つでもよいし、複数でもよい。神経突起 N_r （図3）を抽出対象とする場合、終点画素 P_x は、細胞 C_e （図1）の細胞体 S_o に対応する画素とする。入力画像や確率分布画像 G_p から細胞体 S_o に対応する画素を決定する方法は特に限定されない。終点画素設定

部513は、確率分布画像G_pを二値化し、二値化された画像においてオープニング処理により神経突起N_rを消去し、連結された最大の画素領域に対応する画素を細胞体S_oに対応する画素とする等、公知の方法等を用いることができる。

[0036] 始点画素設定部514は、探索領域D₁を構成する画素から始点画素を設定する。始点画素設定部514は、確率分布画像G_pにおける各画素の輝度を二値化して得られた二値化画像（以下、第1二値化画像と呼ぶ）に対応する第1二値化画像データを生成し、この第1二値化画像に基づいて始点画素を設定する。

[0037] 図6は、図3の確率分布画像G_pを二値化して得られた第1二値化画像G_{b1}の一例を示す図である。図6の第1二値化画像G_{b1}では、確率分布画像G_pの各画素領域断片F（F₁、F₂、F₃およびF₄）を構成する画素が黒に、それ以外の部分が白に対応する輝度値を備えるように変換されている。確率分布画像G_pのノイズの量等に基づいて、二値化の際の閾値は適宜設定することができる。細胞体S_oは、終点画素P_{x t}に対応する。

[0038] 始点画素設定部514は、第1二値化画像G_{b1}において、終点画素P_{x t}からの距離と、第1二値化画像G_{b1}において抽出対象に対応し、同一の値を有する画素領域の広さとに基づいて、始点画素P_{x i}を設定する。始点画素設定部513は、画素領域断片Fのうち探索領域D₁で最も画素数が多い画素領域断片F₁を選択し、選択された画素領域断片F₁における終点画素P_{x t}から最も遠い画素を始点画素P_{x i}として設定することが好ましい。画素領域断片F₁における各画素と終点画素P_{x t}との間の距離としては、当該各画素と終点画素P_{x t}の重心との間の距離や、当該各画素と、終点画素P_{x t}のうち最も当該各画素に近い画素との間の距離等を用いることができる。

[0039] 画素抽出部600（図2）は、始点画素P_{x i}を始点に、探索領域D₁において選択画素を設定していき、所定の条件に基づいて複数の選択画素が構成する画素列を複数の抽出画素として抽出する。始点画素P_{x i}は抽出画素

に含まれてもよい。この画素の抽出は、ダイクストラ法に基づいた方法により行われる。選択画素の設定では、候補画素指定部601が探索領域D1において複数の候補画素を指定し、選択画素設定部602が複数の候補画素から選択画素を設定する。

[0040] 図7は、画素抽出部600による選択画素の設定を説明するための概念図である。始点画素 $P \times i$ の位置に基づいた複数の位置に対応する画素が、複数の候補画素 $P \times c$ としてそれぞれ指定される。ここで、始点画素 $P \times i$ に対応する各候補画素 $P \times c$ のそれぞれについて、候補画素パラメータが算出される。候補画素パラメータは非負の値をとり、ダイクストラ法における距離に対応する。始点画素 $P \times i$ および各候補画素 $P \times c$ をノードとするとノードを結ぶエッジ $E d$ のそれぞれに候補画素パラメータが対応する。候補画素パラメータの値に基づいて、始点画素 $P \times i$ に対応する候補画素 $P \times c$ のうち1つの画素が選択画素 $P \times d$ として選択され設定される。ここで設定された画素が選択画素 $P \times d 1$ となる（矢印A3）。選択画素 $P \times d$ として選択された候補画素 $P \times c$ は、候補画素としての指定が解除される。

なお、選択画素 $P \times d$ を設定する度に全ての候補画素 $P \times c$ を一旦解除し、改めて必要な候補画素全体を再設定してもよい。

[0041] 次に、始点画素 $P \times i$ を除いた探索領域D1（図5）において、選択画素 $P \times d 1$ の位置に基づいた複数の位置に対応する画素が、複数の候補画素 $P \times c$ としてそれぞれ指定される。始点画素 $P \times i$ および選択画素 $P \times d 1$ に対応する各候補画素 $P \times c$ のうち、始点画素 $P \times i$ から各候補画素 $P \times c$ までの1または複数のエッジ $E d$ に対応する候補画素パラメータの和が最も小さい候補画素 $P \times c$ が新たな選択画素 $P \times d 2$ として設定される（矢印A4）。このようにして、終了条件が満たされるまで、複数の選択画素 $P \times d$ が順に設定される。

[0042] 候補画素指定部601による候補画素 $P \times c$ の指定についてより詳しく説明する。候補画素指定部601は、始点画素 $P \times i$ および既に設定した選択画素 $P \times d$ を除いた探索領域D1において、始点画素 $P \times i$ および既に設定

した選択画素 $P \times d$ のそれぞれから、少なくとも N 画素以上離れた位置に複数の候補画素 $P \times c$ を指定する。以下、 N を候補画素位置パラメータと呼ぶ。ここで、画素抽出部 600 が確率分布画像 G_p に対して最初に抽出画素の抽出を行う場合、画素抽出部 600 は N を 2 以上に設定する。

[0043] ここで、「 X 画素離れる」と記載した場合の画素間の距離は、以下のように定義される。縦横の格子における格子点の位置に対応して画素が配置されている場合、縦方向に離れた二画素の間および横方向に離れた二画素の間の距離については、それぞれの方向における単位格子の幅を一画素離れた距離とする。すなわち、ある画素に対して縦方向または横方向に隣り合った画素が一画素離れた画素であり、縦方向または横方向で隣り合った二つの画素間の距離を、一画素離れた距離とする。斜め方向に離れた二画素の間の距離については、縦方向または横方向の距離のうちより長い方の距離とする。

[0044] 例えば、座標 $(0, 0)$ にある画素と座標 $(1, 1)$ にある画素は斜め方向に隣接しており、縦方向の距離 1、横方向の距離 1 のため、1 画素離れていることになる。座標 $(0, 0)$ にある画素と座標 $(2, 2)$ にある画素は、縦方向の距離 2、横方向の距離 2 のため、2 画素離れていることになる。座標 $(0, 0)$ にある画素と座標 $(1, 2)$ にある画素は、縦方向の距離の距離 2、横方向の距離 1 のため、2 画素離れていることになる。

[0045] 候補画素位置パラメータ N が 2 以上であり、始点画素 $P \times i$ または選択画素 $P \times d$ と 2 画素以上離れて候補画素 $P \times c$ を設定するため、選択画素 $P \times d$ の設定回数を少なくすることができ、迅速に抽出対象に対応する画素を抽出することができる。また、第 1 二値化画像 $G_b 1$ (図 6) において、本来連結されている抽出対象に対応する画素領域が、ノイズ等により 1 画素の間隔をおいて途切れて（抽出対象に対応する確率が低くなって）いても、当該間隔を跳び越えて選択画素 $P \times d$ からなる画素列を設定することができるため、抽出対象を正確に反映した連結画素領域 D_c を出力することができる。

[0046] 図 8 は、候補画素位置パラメータ N を 6 とした場合の 1 つの選択画素 $P \times d$ に対応する候補画素 $P \times c$ の指定を示す概念図である。図 8 の例では、

選択画素 $P \times d_0$ から縦方向または横方向に 6 画素離れた位置に候補画素 $P \times c$ が配置されている。さらに、選択画素 $P \times d_0$ から縦方向および横方向の両方に 6 画素ずつ移動した位置にも候補画素 $P \times c$ が配置されている。図 8 上部にある選択画素 $P \times d_p$ は、選択画素 $P \times d_0$ よりも前に選択画素 $P \times d$ として設定されたものである。既に選択画素 $P \times d$ として設定された画素は、候補画素 $P \times c$ として指定されない。始点画素 $P \times i$ に対しても選択画素 $P \times d$ と同様に候補画素 $P \times c$ が指定される。

[0047] 選択画素設定部 602 は、始点画素 $P \times i$ または選択画素 $P \times d$ と、候補画素 $P \times c$ との位置に基づいて、候補画素パラメータを算出する際に輝度値を用いる画素の範囲である算出画素領域 D_s を設定する。算出画素領域 D_s に含まれる各画素を、算出画素 $P \times s$ と呼ぶ。算出画素 $P \times s$ は、始点画素 $P \times i$ または選択画素 $P \times d$ と、候補画素 $P \times c$ とを結ぶ線上に位置する画素（以下、中心画素 $P \times o$ と呼ぶ）を中心とした所定の範囲に含まれる画素であることが好ましい。

[0048] 図 8 の例では、中心画素 $P \times o$ は、選択画素 $P \times d_0$ と候補画素 $P \times c_1$ とを結ぶ線 L_{cd} 上に位置し、線 L_{cd} 上に位置する 7 つの画素の真ん中の画素、言い換えれば線 L_{cd} の中点を含む画素に該当する。図 8 の例では、算出画素領域 D_s は、中心画素 $P \times o$ を中心とした 7×7 の正方形の領域であり、49 個の算出画素 $P \times s$ が含まれている。他の候補画素 $P \times c$ についても、同様に中心画素 $P \times o$ および算出画素領域 D_s が設定される。

なお、候補画素位置パラメータ N および算出画素領域 D_s は、神経突起 N_r の幅から設定してもよい。候補画素位置パラメータ N および算出画素領域 D_s の幅の少なくとも一つが、神経突起 N_r の幅よりも大きくなるように候補画素位置パラメータ N および算出画素領域 D_s を設定することができる。例えば、神経突起 N_r の幅が 2 画素分の幅である場合、候補画素位置パラメータ N を 5 画素分や 7 画素分の長さに設定することができる。他の例として、始点画素 $P \times i$ または選択画素 $P \times d$ と、候補画素 $P \times c$ とが、当該候補画素 $P \times c$ の算出画素領域 D_s に含まれるように候補画素位置パラメータ N

および算出画素領域 D_s を設定することができる。これにより、確率分布画像 G_p の画素をより多く用い、情報の無駄を少なくして計算を行うことができる。

[0049] 選択画素設定部 602 は、各候補画素 $P \times c$ に対応する算出画素領域 D_s に含まれる複数の算出画素 $P \times s$ の輝度値から候補画素パラメータ d を算出する。候補画素パラメータ d は、算出画素領域 D_s に含まれる算出画素 $P \times s$ の輝度値の和や、算術平均等の平均値を用いて算出される。例えば、候補画素パラメータ d は、各候補画素 $P \times c$ に対応する算出画素領域 D_s に含まれる輝度の和を I_{patch} 、 a を定数として、以下の式 (1) により算出することができる。

$$d = \exp(-I_{patch}/a) \quad \dots (1)$$

[0050] 図 9 は、式 (1) により算出された、算出画素 $P \times s$ の輝度値の和 I_{patch} に対する候補画素パラメータ d の値を示したものである。候補画素パラメータ d は、和 I_{patch} が増加すると単調減少するように設定されている。確率分布画像 G_p (図 8) の輝度値が、画素が抽出対象に対応する確率を示していることから、算出画素 $P \times s$ の輝度値が高い程、候補画素パラメータ d が小さくなることを意味する。このことは、ダイクストラ法における距離の値が小さいことに対応する。

[0051] 選択画素設定部 602 は、始点画素 $P \times i$ および選択画素 $P \times d$ に対応する複数の候補画素 $P \times c$ のうち、始点画素 $P \times i$ から候補画素 $P \times c$ までの各エッジ E_d (図 7) に対応する候補画素パラメータ d の和の値が最も小さい候補画素 $P \times c$ を、新たな選択画素 $P \times d$ として設定する。新たな選択画素 $P \times d$ が設定されたら、候補画素指定部 601 は、上述したように既に指定されていた候補画素 $P \times c$ に加え、新たな選択画素 $P \times d$ の位置に基づいた複数の位置のそれぞれに候補画素 $P \times c$ を指定し、選択画素設定部 602 が複数の候補画素 $P \times c$ からさらに新たな選択画素 $P \times d$ を設定する。この候補画素 $P \times c$ の指定と選択画素 $P \times d$ の設定とを繰り返す処理 (以下、選択画素設定処理と呼ぶ) により、画素抽出部 600 は、複数の選択画素 $P \times$

dを設定する。

[0052] 画素抽出部600は、選択画素設定処理を行う前に終点画素 $P \times t$ （図5）に基づいた終了条件を設定し、この終了条件が満たされたときに、選択画素設定処理を終了する。この終了条件の少なくとも一つ（以下、第1終了条件と呼ぶ）は、候補画素指定部601が設定する候補画素 $P \times c$ （図8）が終点画素 $P \times t$ と重なる場合である。第1終了条件が満たされた場合、画素抽出部600は、選択画素設定処理を終了し、その時点で設定されている複数の選択画素 $P \times d$ のうち、終点画素 $P \times t$ から最も少ない画素数離れた選択画素 $P \times d$ に対応する画素列に含まれる複数の選択画素 $P \times d$ を抽出画素として記憶部43に記憶する。ここで当該画素列とは、始点画素 $P \times i$ と、選択画素設定処理において選択された複数の選択画素 $P \times d$ の少なくとも一部とからなり、始点画素 $P \times i$ と、上記の終点画素 $P \times t$ から最も少ない画素数離れた選択画素 $P \times d$ とをつなぐ画素列である。複数の選択画素 $P \times d$ の少なくとも一部は、始点画素 $P \times i$ から始まる複数の選択画素 $P \times d$ からなる複数の列のうち、候補画素パラメータdの和が最も小さい列を構成する複数の選択画素 $P \times d$ であり、これらの選択画素 $P \times d$ が抽出画素となる。ここで、「つなぐ」とは画素列において隣り合う順番の画素が互いに対応付けられていることを指す。画素Aと画素Bとが「対応付け」られているとは、画素Aに対して候補画素 $P \times c$ が配置され得るいずれかの位置に画素Bが配置されていることを指す。その後、画素抽出部600は、設定された複数の選択画素 $P \times d$ を破棄し、選択画素 $P \times d$ が設定されていない状態に戻す。そして、後述のように、領域設定部512による複数の抽出画素に基づく連結画素領域 D_c の設定が行われる。

なお、設定された選択画素 $P \times d$ の破棄は、新たな選択画素設定処理が開始されるまでに行われればいつ行ってもよい。

[0053] 終了条件の他の一つ（以下、第2終了条件と呼ぶ）は、予め定められた回数だけ選択画素 $P \times d$ の設定が行われた場合とする。上記回数は、確率分布画像 G_p （図8）の倍率および解像度、ならびに抽出対象の特性等に基づい

て適宜設定することができる。第2終了条件が満たされた場合、画素抽出部600は、設定された複数の選択画素 $P \times d$ を破棄し、選択画素 $P \times d$ が設定されていない状態に戻す。その後、始点画素 $P \times i$ の位置を変更したり、候補画素位置パラメータ N を変更する等、条件を変更して選択画素設定処理をやり直すことが好ましい。第2終了条件を設定しておくことで、始点画素 $P \times i$ を含む画素領域断片 F や後述の候補領域 F_c が、抽出すべき神経突起 N_r でなかった場合等に不必要な探索を避け、計算コストの削減が可能になる。

[0054] 領域設定部512は、抽出された複数の抽出画素に基づいて、連結画素領域 D_c （図4）を設定する。領域設定部512は、始点画素 $P \times i$ および抽出された複数の抽出画素のそれぞれに所定の範囲の画素領域（以下、連結要素画素領域と呼ぶ）を対応させる。始点画素 $P \times i$ および複数の抽出画素のそれぞれに対応する各連結要素画素領域は、他の連結要素画素領域と一部の画素が重なるように上記所定の範囲が事前に設定される。領域設定部512は、設定された複数の連結要素画素領域の少なくとも一つに対応する画素を含む画素領域を連結画素領域 D_c として設定する。

[0055] 図10は、連結画素領域 D_c の設定を説明するための概念図である。図10では、連結要素画素領域 D_e は、始点画素 $P \times i$ または抽出画素 $P \times e$ を中心とした、 7×7 の正方形の画素領域として設定されている。図10では、候補画素位置パラメータ N は3として選択画素設定処理が行われた場合を示す。候補画素位置パラメータ N よりも連結要素画素領域 D_e の幅が十分大きいので、各連結要素画素領域 D_e は他の連結要素画素領域 D_e と重なり部分を有し、連結された連結画素領域 D_c が得られている。例として、始点画素 $P \times i$ に対応する連結要素画素領域 D_{e1} と抽出画素 $P \times e1$ に対応する連結要素画素領域 D_{e2} とが、一部の画素について重なっている点を示した。

なお、連結要素画素領域 D_e の形状や大きさは特に限定されない。連結要素画素領域 D_e の形状または大きさは、算出画素領域 D_s （図8）の形状ま

たは大きさに基づいて定めてもよい。例えば、連結要素画素領域 D_e の形状および大きさは、算出画素領域 D_s の形状および大きさと等しくすることができる。これにより、候補画素パラメータ d を算出する際に寄与する画素領域の大きさと連結要素画素領域 D_e の大きさが略等しくなるため、より正確に抽出対象に対応した連結画素領域 D_c を設定することができる。また、連結要素画素領域 D_e の大きさを、互いに隣り合った始点画素 P_{xi} および抽出画素 P_{xe} または互いに隣り合った二つの抽出画素 P_{xe} が含まれる大きさに設定してもよい。

[0056] 画像生成部 700 は、連結画素領域 D_c を示す連結領域画像 G_s (図 4 参照) に対応する画像データ (以下、連結領域画像データと呼ぶ) を生成する。連結領域画像 G_s では、連結画素領域 D_c に対応する部分が、他の部分と区別して示される。画像生成部 700 は、連結領域画像 G_s において連結画素領域 D_c に対応する部分または当該部分に終点画素 P_{xt} (図 6) を加えた部分を、他の部分とは色相、明度および彩度の少なくとも一つが異なるようにして連結領域画像データを生成する。生成された連結領域画像データは、データ処理部 51 からの出力画像データとなる。連結領域画像データは、その後適宜形態解析等に従われ、神経突起長の算出等が行われる。

[0057] 図 1 に戻って、制御部 50 の出力制御部 52 は、出力部 44 を制御し、連結領域画像 G_s を出力画像として出力させる。

[0058] 制御部 50 の装置制御部 53 は、入力部 41 からの入力等に基づいて、培養部 100 の各部を制御する (矢印 A2)。装置制御部 53 は、培養に関する制御を行ったり、撮像部 20 に撮像を行わせる。

[0059] 図 11 は、本実施形態に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。ステップ S1001 において、培養部 100 は、細胞 C_e を培養する。ステップ S1001 が終了したら、ステップ S1003 が開始される。ステップ S1003 において、撮像部 20 は、培養された細胞 C_e を撮像し、情報処理部 40 は、撮像画像に対応する入力画像データを取得する。ステップ S1003 が終了したら、ステップ S1005 が開始される。

- [0060] ステップS1005において、確率分布画像生成部511は、入力画像データを、確率分布画像G_pに対応する確率分布画像データに変換する。ステップS1005が終了したら、ステップS1007が開始される。ステップS1007において、終点画素設定部513は、終点画素P_{x t}を設定する。ステップS1007が終了したら、ステップS1009が開始される。
- [0061] ステップS1009において、始点画素設定部514は、始点画素P_{x i}を設定する。ステップS1009が終了したら、ステップS1011が開始される。ステップS1011において、画素抽出部600は、複数の選択画素P_{x d}を設定し、複数の抽出画素を抽出する。ステップS1011が終了したら、ステップS1013が開始される。
- [0062] ステップS1013において、領域設定部512は、抽出された複数の抽出画素P_{x e}に基づいて、連結画素領域D_cを設定する。ステップS1013が終了したら、ステップS1015が開始される。ステップS1015において、画像生成部700は、連結画素領域D_cを示す連結領域画像G_sに対応する連結領域画像データを生成する。ステップS1015が終了したら、ステップS1017が開始される。
- [0063] ステップS1017において、出力部44は、連結領域画像G_sを出力する。ステップS1017が終了したら、処理が終了される。
- [0064] 図12は、図11のフローチャートにおけるステップS1011の流れを示すフローチャートである。ステップS1009が終了したら、ステップS111が開始される。ステップS111において、候補画素指定部601は、始点画素P_{x i}から少なくともN画素離れた位置にある複数の画素を候補画素P_{x c}に指定する。ステップS111が終了したら、ステップS113が開始される。ステップS113において、選択画素設定部602は、各候補画素P_{x c}に対応する算出画素領域D_sに含まれる複数の算出画素P_{x s}の輝度から、候補画素パラメータdを算出する。ステップS113が終了したら、ステップS115が開始される。
- [0065] ステップS115において、選択画素設定部602は、各候補画素P_{x c}

の候補画素パラメータ d に基づいて、複数の候補画素 $P \times c$ から選択画素 $P \times d$ を設定する。ステップ $S 115$ が終了したら、ステップ $S 117$ が開始される。ステップ $S 117$ において、候補画素指定部 601 は、既に設定された選択画素 $P \times d$ から、少なくとも N 画素離れた位置に存在する複数の画素を、候補画素 $P \times c$ に指定する。ステップ $S 117$ が終了したら、ステップ $S 119$ が開始される。

[0066] ステップ $S 119$ において、候補画素指定部 601 は、複数の候補画素 $P \times c$ のうち少なくとも一つは終点画素 $P \times t$ であるか否かを判定する。候補画素指定部 601 は、複数の候補画素 $P \times c$ が終点画素 $P \times t$ を含む場合、ステップ $S 119$ を肯定判定し、ステップ $S 127$ が開始される。候補画素指定部 601 は、複数の候補画素 $P \times c$ が終点画素 $P \times t$ を含まない場合、ステップ $S 119$ を否定判定してステップ $S 121$ が開始される。

[0067] ステップ $S 121$ において、選択画素設定部 602 は、各候補画素 $P \times c$ に対応する算出画素領域 D_s に含まれる複数の算出画素 $P \times s$ の輝度から、候補画素パラメータ d を算出する。ステップ $S 121$ が終了したら、ステップ $S 123$ が開始される。ステップ $S 123$ において、選択画素設定部 602 は、各候補画素 $P \times c$ の候補画素パラメータ d に基づいて、複数の候補画素 $P \times c$ から新たな選択画素 $P \times d$ を設定する。ステップ $S 123$ が終了したら、ステップ $S 125$ が開始される。

[0068] ステップ $S 125$ において、画素抽出部 600 は、予め定められた回数だけ、選択画素 $P \times d$ の設定を行ったか否かを判定する。画素抽出部 600 は、上記回数だけ、選択画素 $P \times d$ の設定を行っていた場合、ステップ $S 125$ を肯定判定し、処理が終了される。画素抽出部 600 は、選択画素 $P \times d$ の設定を行った回数が上記回数未満の場合、ステップ $S 125$ を否定判定してステップ $S 117$ に戻る。

[0069] ステップ $S 127$ において、画素抽出部 600 は、設定されている選択画素 $P \times d$ の少なくとも一つからなる抽出画素を記憶部 43 に記憶させた後、選択画素 $P \times d$ が設定されていない状態とする。ステップ $S 127$ が終了し

たら、ステップS 1 0 1 3（図 1 1）が開始される。

なお、候補画素 $P \times c$ を指定した段階でステップS 1 1 9の判定を行わず、選択画素 $P \times d$ が設定された後に終点画素 $P \times t$ と一致したかどうかを判定し、一致していた場合にはステップS 1 2 7が開始されるものとしてもよい。

[0070] 上述の実施の形態によれば、次の作用効果が得られる。

（1）本実施形態の画像生成装置 1 または画像生成方法では、確率分布画像 G_p を構成する複数の画素から始点画素 $P \times i$ を設定する始点画素設定部 5 1 4 と、確率分布画像 G_p を構成する複数の画素のうち始点画素 $P \times i$ を除く複数の画素から複数の候補画素 $P \times c$ を指定し、複数の候補画素 $P \times c$ から選択画素 $P \times d$ を設定する画素抽出部 6 0 0 と、を備え、画素抽出部 6 0 0 は、確率分布画像 G_p を構成する複数の画素のうち設定した選択画素 $P \times d$ を除く複数の画素から複数の候補画素 $P \times c$ を指定し、複数の候補画素 $P \times c$ から新たに選択画素 $P \times d$ を設定する選択画素設定処理を繰り返し行い、複数の候補画素 $P \times c$ は、指定されるときに除かれた始点画素 $P \times i$ および選択画素 $P \times d$ である除外画素から少なくとも 2 画素離れている。これにより、精度の悪化を抑制しつつ、迅速に抽出対象に対応する画素を抽出する処理を実現することができる。

[0071] （2）本実施形態の画像生成装置 1 において、確率分布画像 G_p に対応する確率分布画像データを取得する確率分布画像生成部 5 1 1 を備え、画素抽出部 6 0 0 は、除外画素と候補画素 $P \times c$ との位置に基づいて設定された複数の算出画素 $P \times s$ の輝度に基づいて、複数の候補画素 $P \times c$ から新たな選択画素 $P \times d$ を設定し、選択画素設定処理により得られた複数の選択画素 $P \times d$ の少なくとも一部を抽出画素 $P \times e$ として抽出し、抽出された複数の抽出画素 $P \times e$ に基づいて連結領域画像 G_s に対応する連結領域画像データを生成する画像生成部 7 0 0 とを備える。これにより、精度の悪化を抑制しつつ、迅速に抽出対象に対応する画素を抽出し、当該抽出に基づく画像を提供することができる。

- [0072] (3) 本実施形態の画像生成装置 1 において、確率分布画像 G_p において、少なくとも複数の抽出画素 $P_x e$ を含む連結画素領域 D_c を設定する領域設定部 512 を備え、画像生成部 700 は、連結画素領域 D_c を示す連結領域画像 G_s に対応する連結領域画像データを生成する。これにより、連結された画素領域（連結画素領域 D_c ）を得ることができ、形態解析等を精度よく行うことができる。
- [0073] (4) 本実施形態の画像生成装置 1 において、連結画素領域 D_c と連結される 1 以上の終点画素 $P_x t$ を設定する終点画素設定部 513 を備え、画素抽出部 600 は、終点画素 $P_x t$ の位置に基づいた、選択画素設定処理が終了される条件を設定する。これにより、入力画像において抽出対象が接続される部分がある場合に、当該接続を反映した連結画素領域 D_c を設定することができる。
- [0074] (5) 本実施形態の画像生成装置 1 において、画素抽出部 600 は、候補画素設定部 601 が指定する候補画素 $P_x c$ が終点画素 $P_x t$ の少なくとも一つに対応する場合、または、複数の候補画素 $P_x c$ からの選択画素 $P_x d$ の設定が所定の回数行われた場合、終了条件が満たされたものとして選択画素設定処理を終了する。これにより、連結画素領域 D_c を入力画像において抽出対象が接続される部分に適切に接続するとともに、抽出対象に対応しない選択画素 $P_x d$ を誤って設定してしまった場合等に不必要な探索を避け、計算コストの削減が可能になる。
- [0075] (6) 本実施形態の画像生成装置 1 において、選択画素設定部 602 は、複数の算出画素 $P_x s$ の輝度に基づいて、それぞれの候補画素 $P_x c$ ごとに候補画素パラメータ d を算出し、候補画素パラメータ d に基づいて複数の候補画素 $P_x c$ から選択画素 $P_x d$ を設定する。これにより、精度よく抽出対象に対応する画素を抽出することができる。
- [0076] (7) 本実施形態の画像生成装置 1 において、選択画素設定部 602 は、複数の算出画素 $P_x s$ の輝度の和または算術平均に基づいて、候補画素パラメータ d を算出する。これにより、ノイズの低減等を行うことができ、精度よく

く抽出対象に対応する画素を抽出することができる。

[0077] (8) 本実施形態の画像生成装置 1 において、複数の算出画素 $P \times s$ は、選択画素 $P \times d$ と候補画素 $P \times c$ とに基づく算出画素領域 D_s に含まれる複数の画素である。これにより、適切な位置の画素の輝度に基づいて、精度よく抽出対象に対応する画素を抽出することができる。

[0078] (9) 本実施形態の画像生成装置 1 において、算出画素領域 D_s の範囲は、選択画素 $P \times d$ と候補画素 $P \times c$ とを結ぶ線 L_{cd} 上に位置する中心画素 $P \times o$ を中心とした範囲である。これにより、より適切な位置の画素の輝度に基づいて、さらに精度よく抽出対象に対応する画素を抽出することができる。

[0079] (10) 本実施形態の画像生成装置 1 において、領域設定部 512 は、事前に設定された範囲または算出画素領域 D_s に基づいて、複数の抽出画素 $P \times e$ から連結画素領域 D_c を設定する。これにより、抽出対象に対応する連結画素領域 D_c を精度よく設定することができる。

[0080] (11) 本実施形態の画像生成装置 1 において、確率分布画像 G_p は、撮像により得られた入力画像の各画素について、学習済みの機械学習を用いて抽出対象に対応する確率を算出し、この確率に基づいた輝度を対応させた画像である。これにより、抽出対象の特性に合わせて学習させた画像処理アルゴリズムを用いて精度よく上記確率の分布を得ることができる。

[0081] (12) 本実施形態の画像生成装置 1 において、上記機械学習は、撮像により得られた複数の撮像画像と、それぞれの撮像画像において抽出対象に対応する部分を示す画像とを演算装置に入力して学習させた深層学習である。これにより、深層学習に基づいて精度よく上記確率の分布を得ることができる。

[0082] (13) 本実施形態の画像生成装置 1 において、画像生成装置 1 のユーザにより、確率分布画像 G_p において始点画素 $P \times i$ または候補画素 $P \times c$ を配置する範囲である探索領域 D_1 を指定することができる。これにより、ユーザの指示に基づいて、適切に確定画素 $P \times d$ を抽出する範囲を指定すること

ができる。

- [0083] (14) 本実施形態の画像生成装置1において、始点画素設定部514は、確率分布画像データにおける輝度を二値化して得られた第1二値化画像Gb1に対応するデータを用いて始点画素 $P \times i$ を設定する。これにより、抽出対象に対応する部分に適切に始点画素 $P \times i$ を設定することができる。
- [0084] (15) 本実施形態の画像生成装置1において、始点画素設定部514は、第1二値化画像Gb1において、終点画素 $P \times t$ からの距離、および、第1二値化画像Gb1において同一の値を持つ連結された画素領域断片Fの広さに基づいて、始点画素 $P \times i$ を設定する。これにより、ノイズの影響を低減しながら、入力画像において抽出対象と接続される部分（細胞体So等）からの距離に基づいて適切に始点画素 $P \times i$ を設定することができる。
- [0085] (16) 本実施形態の画像生成装置1において、抽出対象は、確率分布画像Gpにおける神経突起Nrに対応する部分である。これにより、神経突起Nrに対応する画素を、精度の悪化を抑えつつ、迅速に抽出することができ、神経突起Nrの長さ等を正確に解析するための画像データを提供することができる。神経突起Nrの長さを含む形状を解析できると、薬剤を神経細胞に投与する実験や生体からの試料におけるその変化を調べることにより、薬剤の効果や病気の進行度の定量化が可能となる。
- [0086] (17) 本実施形態の画像生成装置1において、終点画素 $P \times t$ は、神経突起Nrに接続する細胞体Soに対応する。これにより、細胞体Soへの接続が反映された連結画素領域Dcを設定することができる。
- [0087] (18) 本実施形態の画像生成装置1は、連結領域画像Gsを出力する出力部44を備える。これにより、視覚を通じてユーザに連結領域画像Gsを認識させることができる。
- [0088] (19) 本実施形態に係る撮像装置は、画像生成装置としての情報処理部40と、撮像部20とを備える。これにより、撮像した画像から、抽出対象に対応する画素を、精度の悪化を抑えつつ、迅速に抽出することができる。
- [0089] (20) 本実施形態に係る培養装置は、画像生成装置としての情報処理部4

0と、細胞C_eを培養する培養部100とを備える。これにより、培養されている細胞C_eを連結領域画像G_sを用いて解析し、この解析に基づいて培養条件や培養時間を調節したりすることができる。

[0090] 次のような変形も本発明の範囲内であり、上述の実施形態と組み合わせることが可能である。

(変形例1)

上述の実施形態において、得られた連結画素領域D_cを探索領域D₁として、再度確定画素の抽出を行ってもよい。

[0091] 図13は、本変形例の画素の抽出方法を説明するための概念図である。領域設定部512は、上述の実施形態で設定された連結画素領域D_c(図10)を、探索領域D₁に設定する。候補画素指定部601がこのように設定された探索領域D₁において候補画素P_{x c}(図8)を指定するようにして、画素抽出部600は抽出画素P_{x e}の再度の抽出を行う。この再度の抽出における選択画素P_{x d}(図8)の設定では、候補画素位置パラメータNを、上述の実施形態の最初の抽出における候補画素位置パラメータN(Nが2以上)よりも小さい値にする。従って、候補画素指定部601は、この再度の抽出において、候補画素位置パラメータNは、1以上に設定する。始点画素設定部514は、探索領域D₁に始点画素P_{x i}を設定するが、上述の実施形態での始点画素P_{x i}をそのまま用いてもよい。

[0092] 図13では、再度の抽出において候補画素位置パラメータNを1とした場合の抽出された抽出画素P_{x e}を示した。領域設定部512は、始点画素P_{x i}と、再度の抽出において抽出された抽出画素P_{x e}のそれぞれに連結要素画素領域D_e(図10)を設定し、これらの連結要素画素領域D_eが連結された新たな連結画素領域を設定することができる。この際の連結要素画素領域D_eの幅は、上述の実施形態の最初の抽出における連結要素画素領域D_eの幅よりも小さくし、例えば最初の連結画素領域D_cの設定の際に7画素としていた場合、再度の設定の際には2画素や3画素等に設定することができる。

[0093] 上記のように再度の抽出において候補画素位置パラメータ N や連結要素画素領域 D_e の幅を最初の抽出画素 $P \times e$ の抽出のときよりも小さい値にすることで、最初の連結画素領域 D_c の設定を抽出対象に対応する画素の粗い抽出とし、再度の抽出をより高い精度の抽出とすることができる。そして、再度の抽出では、最初の抽出よりも精度を高くしても、探索領域 D_1 が狭くなっているため計算量の上昇を抑えることができる。

[0094] 図 14 は、本変形例に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。ステップ $S2001$ から $S2013$ までは、図 11 のフローチャートのステップ $S1001$ から $S1013$ までにそれぞれ対応するため、説明を省略する。ステップ $S2013$ が終了したら、ステップ $S2015$ が開始される。

[0095] ステップ $S2015$ において、領域設定部 512 は、ステップ $S2013$ で設定された連結画素領域 D_c を探索領域 D_1 に設定し、画素抽出部 600 は、再度、複数の選択画素 $P \times d$ を設定し、複数の抽出画素 $P \times e$ を抽出する。ステップ $S2015$ が終了したら、ステップ $S2017$ が開始される。ステップ $S2017$ において、領域設定部 512 は、再度抽出された複数の抽出画素 $P \times e$ に基づいて、連結画素領域 D_c を設定する。ステップ $S2017$ が終了したら、ステップ $S2019$ が開始される。ステップ $S2019$ および $S2021$ は、図 11 のフローチャートのステップ $S1015$ および $S1017$ にそれぞれ対応するため、説明を省略する。

[0096] 本変形例の画像生成装置において、始点画素設定部 514 は、領域設定部 512 が設定した連結画素領域 D_c （探索領域 D_1 ）において、始点画素 $P \times i$ を設定し、画素抽出部 600 は、連結画素領域 D_c から複数の抽出画素 $P \times e$ の再度の抽出を行い、候補画素指定部 514 は、この再度の抽出において、始点画素 $P \times i$ および選択画素 $P \times d$ から 1 画素以上離れた複数の位置に候補画素 $P \times c$ を設定し、領域設定部 512 は、この再度の抽出により抽出された画素を含む連結画素領域 D_c を設定する。これにより、より精度の高い画素の抽出をしながら、計算量の上昇を抑えることができる。

[0097] (変形例2)

上述の実施形態において、算出画素領域 D_s (図8)を変化させた際の候補画素パラメータ d の値に基づいて、連結要素画素領域 D_e の形状または大きさを定めてもよい。例えば、候補画素パラメータ d が算出画素領域 D_s における算出画素 $P \times s$ の輝度値の平均値に基づくとする。この場合、算出画素領域 D_s に対して抽出対象の神経突起 N_r の幅が小さいと、算出画素領域 D_s において神経突起 N_r に対応しない算出画素 $P \times s$ の割合が増え、候補画素パラメータ d が変化する。

[0098] 図15は、算出画素領域 D_s と神経突起 N_r との対応を示す概念図である。神経突起 N_r の幅 W に対して算出画素領域 D_s が大きいと、神経突起 N_r と重なる算出画素 $P \times s_1$ よりも、神経突起 N_r と重ならない算出画素 $P \times s_2$ の方が多くなっている。算出画素領域 D_s を図15に示す大きさから小さくしていった場合、算出画素領域 D_s の幅が神経突起 N_r の幅 W と同程度になると、その後算出画素領域 D_s をより小さくしても、候補画素パラメータ d の変化はそれまでより小さくなる。従って、算出画素領域 D_s を変化させて候補画素パラメータ d を算出していったときに、候補画素パラメータ d の変化が小さくなった際の算出画素領域 D_s を、当該選択画素 $P \times d$ (図8)に対応する連結要素画素領域 D_e とすると、神経突起 N_r の幅に基づいた連結画素領域 D_c (図4)を生成することができる。

[0099] 選択画素設定部602は、各候補画素 $P \times c$ (図8)に対して、算出画素領域 D_s の大きさを異ならせて複数の候補画素パラメータ d を算出する。領域設定部512は、算出された候補画素パラメータ d に基づいて当該候補画素が抽出画素 $P \times e$ となった場合の連結要素画素領域 D_e の大きさを設定することができる。

[0100] 本変形例の画像生成装置において、領域設定部512は、算出画素領域 D_s を変化させた際の候補画素パラメータ d に基づいて、連結画素領域 D_c の広さを変更可能とする。これにより、抽出対象の線状部分の幅等に基づいた連結画素領域 D_c を提供することができる。

[0101] (変形例3)

上述の実施形態では、入力画像の被写体を細胞C e (図1)とし、抽出対象の線状部分を神経突起N rとして説明したが、線状の部分を含めば、抽出対象はこの例に限定されず、例えば血管とすることも好ましい。

[0102] さらに、入力画像の被写体を眼底とし、抽出対象の線状部分を眼底における血管とすることがより好ましい。眼底画像では、視神経乳頭から血管が様々な方向へ伸びていくことが示される。従って、抽出対象の線状部分を血管とし、確率分布画像生成部511が、入力画像から、各画素が血管に対応する確率を輝度値に対応させた確率分布画像G p (図5)を生成する。終点画素設定部513は視神経乳頭に対応する画素領域を抽出し、終点画素P x tに設定する。始点画素設定部514は始点画素P x i (図6)を第1二値化画像における画素領域断片Fに設定する。画素抽出部600は、血管に対応する複数の抽出画素P x eを抽出し、領域設定部512は、連結画素領域D cを設定する。

[0103] 本変形例の画像生成装置1において、抽出対象は確率分布画像G pにおける血管に対応する部分である。これにより、血管を被写体とした画像から、血管に対応する部分を精度の低下を抑えつつ、迅速に抽出することができる。得られた血管に対応する部分の情報に基づいて、血管の長さや面積を算出することができ、血管の定量化が可能となる。医師の目視等による治療の効果や病気の進行度の評価ではばらつきが生じ得るが、本変形例の方法では客観性を持った評価が可能になる。

[0104] 本変形例の画像生成装置1において、抽出対象は、確率分布画像G pにおける血管に対応する部分であり、確率分布画像G pは眼底に対応する画像であり、終点画素P x tは、視神経乳頭に対応する。これにより、眼底における血管を精度の低下を抑えつつ、迅速に抽出することができる。

[0105] ー第2実施形態ー

第2実施形態の画像生成装置2は、第1実施形態に係る画像生成装置1と同様の構成を有しているが、データ処理部の構成が第1実施形態とは異なっ

ている。第2実施形態では、複数の神経突起 N_r が確率分布画像 G_p にある場合に精度よくこれらの神経突起 N_r に対応する画素を抽出するための方法を説明する。第1実施形態との同一部分については第1実施形態と同一の符号で参照し、場合に応じ説明を省略する。

[0106] 図16は、本実施形態の画像生成装置2の構成を示す概念図である。画像生成装置2は、データ処理部51a以外の構成要素も図1と同様に含むが、図示を省略した。画像生成装置2は、信頼度算出部515と、判定部516と、候補・確定領域設定部517とを備える点で上述の実施形態の画像生成装置1と異なっている。

[0107] 以下では、探索領域 D_1 （図5）が、分枝した複数の神経突起 N_r に対応する画像部分を含む場合や、1つの細胞体 S_o から伸びた複数の神経突起 N_r に対応する画像部分を含む場合の、これらの神経突起 N_r に対応する画素の抽出を説明する。本実施形態において得られる複数の神経突起 N_r または神経細胞の位置情報から、細胞間相互作用の定量化を行うことができる。

[0108] 信頼度算出部515は、画素抽出部600が抽出した複数の抽出画素 $P \times e$ が、抽出対象に対応する部分に対応しているか否かについての信頼度を算出する。信頼度算出部515は、この信頼度を示す信頼度パラメータ R を、抽出画素 $P \times e$ に対応する選択画素 $P \times d$ が設定された際の当該選択画素 $P \times d$ に対応する候補画素パラメータ d に基づいて算出する。信頼度算出部515は、抽出された複数の抽出画素 $P \times d$ の画素列について、当該抽出画素 $P \times d$ に対応する選択画素 $P \times d$ が設定された際の当該選択画素 $P \times d$ に対応する候補画素パラメータ d の算術平均等の平均をとった値 d_{ave} を信頼度パラメータ R として算出することが好ましい。ここでは、信頼度パラメータ R の数値が小さい方が信頼度が高いものとするが、対応付けができれば特に限定されず、信頼度パラメータ R の定義に基づいて適宜設定される。

[0109] 判定部516は、信頼度パラメータ R に基づいて、画素抽出部600が抽出した複数の抽出画素 $P \times e$ が、連続した1本の神経突起 N_r に対応しているか否かの判定（以下、信頼度判定と呼ぶ）を行う。判定部516は、信頼

度パラメータ R が、閾値 T_h に基づく条件を満たすか否かに基づいて、信頼度判定を行う。閾値 T_h は、過去に抽出画素 $P \times e$ の抽出を行った例等に基づいて予め設定され、記憶部 43 に記憶されている。例えば、候補画素パラメータ d が最も小さい候補画素 $P \times c$ が選択画素 $P \times d$ として設定される条件で、信頼度算出部 515 が d_{ave} を信頼度パラメータ R として算出したとする。この場合、判定部 516 は、信頼度パラメータ R が閾値 T_h より大きい場合には、画素抽出部 600 が抽出した複数の抽出画素 $P \times d$ は信頼度が十分ではないものと判定して破棄し、当該判定の対象となった抽出画素 $P \times e$ についての連結画素領域 D_c の設定等を行われない。信頼度判定は、終点画素 $P \times t$ と接続される連結画素領域 D_c が設定される場合、例えば、上述の第1終了条件により選択画素設定処理が終了した場合に行うことが好ましい。

[0110] 上述のように、抽出した抽出画素 $P \times e$ の信頼度に基づいた判定を行うことにより、神経突起 N_r に対応しない画像部分を神経突起 N_r として抽出するリスクを低減することができる。

[0111] 候補・確定領域設定部 517 は、画素抽出部 600 による選択画素設定処理が行われる前に、確率分布画像 G_p において、神経突起 N_r に対応する部分の候補となる領域（以下、候補領域と呼ぶ）を設定する。候補・確定領域設定部 517 は、確率分布画像 G_p における各画素の輝度を二値化して得られた二値化画像（以下、第2二値化画像と呼ぶ）に対応する第2二値化画像データを生成する。探索領域 D_1 は、二値化の際の閾値に基づいて、抽出対象に対応する確率が高い領域と、低い領域とに分けられることになる。

なお、第2二値化画像としては、第1二値化画像を用いてもよい。

[0112] 候補・確定領域設定部 517 は、第2二値化画像データに基づいて候補領域を設定する。候補・確定領域設定部 517 は、上記抽出対象に対応する確率が高い領域を、候補領域として設定する。さらに、候補・確定領域設定部 517 は、確定領域を設定する。確定領域は、画素抽出部 600 による抽出画素 $P \times e$ の抽出が行われるまでは、該当する領域が無いものとされる。画

素抽出部600による抽出画素 $P \times e$ の抽出の結果、少なくとも一部の候補領域が抽出対象に対応する領域であると確定したとき、候補・確定領域設定部517は、当該確定された候補領域を候補領域から外し、確定領域として設定する。

[0113] 候補・確定領域設定部517は、候補領域を示す候補領域画像に対応する候補領域画像データ、および、確定領域を示す確定領域画像に対応する確定領域画像データをそれぞれ生成する候補領域画像生成部および確定領域画像生成部として機能する。候補領域画像および確定領域画像の態様は特に限定されないが、二値化された画像であることが情報量の節約等の観点から好ましい。

[0114] 図17(A)は、画素抽出部600が選択画素設定処理を行う前の、候補領域画像 G_c および確定領域画像 G_d の例を示す図である。候補領域画像 G_c では、分枝した同一の神経突起 N_r (図4)に対応する4つの分離された候補領域 F_{c1} , F_{c2} , F_{c3} および F_{c4} (以下、候補領域を一般に F_c の符号で示す)が示されている。一方、確定領域画像 G_d では、この段階では確定領域が設定されていない。図17(A)では、抽出対象の神経突起 N_r が接続されている細胞体 S_o の位置を、候補領域画像 G_c および確定領域画像 G_d の左に模式的に示した(図17(C)および(D)でも同様である)。

[0115] 図17(B)は、画素抽出部600による抽出画素 $P \times e$ の抽出および領域設定部512による連結画素領域 D_c の設定により、候補領域 F_{c2} から候補領域 F_{c1} を通り細胞体 S_o へと接続される連結画素領域 D_{c12} が設定された点を示す概念図である。候補領域 F_{c3} および F_{c4} は、連結画素領域 D_{c12} とは分離されている。

[0116] 図17(C)は、候補領域 F_c および確定領域の更新を示す概念図である。判定部516により連結画素領域 D_{c12} に対応する抽出画素 $P \times e$ の信頼度判定が行われ、信頼度が高いものとして確定されたとする。この場合、候補・確定領域設定部517は、候補領域 F_{c1} および F_{c2} を候補領域 F

cではないものとして設定を更新し、連結画素領域D c 1 2を確定領域F d 1（以下、確定領域を一般にF dの符号で示す）として設定する。

[0117] 一部の候補領域F cが確定領域F dとして設定されたら、始点画素設定部5 1 4は、残りの候補領域F cのいずれかにおいて始点画素P x iを設定する。終点画素設定部5 1 3は、細胞体S oおよび、設定された確定領域F d 1を終点画素P x tとして設定する。

[0118] 図1 7（D）は、図1 7（C）の状態から、候補領域F cおよび確定領域F dのさらなる更新が行われた後の候補領域画像G cおよび確定領域画像G dを示す概念図である。図1 7（C）の状態から、候補領域F c 4に始点画素P x iが設定され、細胞体S oおよび連結画素領域D c 1 2が終点画素P x tと設定されて、抽出画素P x eの抽出および連結画素領域D c 3の設定が行われた。さらに、当該連結画素領域D c 3が信頼度判定により信頼度が高いと判定されたものとする。このとき、候補・確定領域設定部5 1 7は、候補領域F c 4を候補領域F cでないものとして設定を更新し、確定領域F d 1と連結画素領域D c 3が連結された新たな確定領域F d 2を確定領域F dに設定する。

[0119] 図1 8は、本変形例に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。ステップS 3 0 0 1からS 3 0 0 5までは、図1 1のフローチャートのステップS 1 0 0 1からS 1 0 0 5までにそれぞれ対応するため、説明を省略する。ステップS 3 0 0 5が終了したら、ステップS 3 0 0 7が開始される。

[0120] ステップS 3 0 0 7において、候補・確定領域設定部5 1 7は、候補領域F cおよび確定領域F dに対応するデータを生成する。ステップS 3 0 0 7が終了したら、ステップS 3 0 0 9が開始される。ステップS 3 0 0 9において、始点画素設定部5 1 4は始点画素P x iを設定し、終点画素設定部5 1 3は終点画素P x tを設定し、画素抽出部6 0 0は、複数の選択画素P x dを設定して複数の抽出画素P x eを抽出し、領域設定部5 1 2は当該抽出画素P x eに基づいた連結画素領域D cを設定する。ステップS 3 0 0 9が

終了したら、ステップS3011が開始される。

[0121] ステップS3011において、判定部516は、ステップS3009で抽出された複数の抽出画素 $P \times e$ について信頼度判定を行う。ステップS3011が終了したら、ステップS3013が開始される。ステップS3013において、候補・確定領域設定部517は、信頼度判定の結果に基づいて候補領域 F_c および確定領域 F_d に対応するデータを更新する。信頼度判定で信頼度が高いと判定された場合、信頼度判定の対象となった複数の抽出画素 $P \times e$ が配置されている候補領域 F_c が候補領域から削除され、ステップS3009で設定された連結画素領域 D_c が確定領域 F_d として設定される。信頼度判定で信頼度が低いと判定された場合、ステップS3009で抽出された抽出画素 $P \times e$ および設定された連結画素領域 D_c は破棄される。さらにこの場合、信頼度判定の対象となった複数の抽出画素 $P \times e$ が抽出される際の選択画素設定処理において始点画素 $P \times i$ が配置された候補領域 F_c 、または当該複数の抽出画素 $P \times e$ が配置された候補領域 F_c については、候補領域 F_c から削除することができる。ステップS3013が終了したら、ステップS3015が開始される。

[0122] ステップS3015において、候補・確定領域設定部517は、候補領域 F_c がまだ残っているか否かを判定する。候補領域 F_c がまだ残っている場合、候補・確定領域設定部517はステップS3015を肯定判定してステップS3009に戻る。候補領域 F_c が残っていない場合、候補・確定領域設定部517は、ステップS3015を否定判定してステップS3017が開始される。

[0123] ステップS3017およびS3019は、図11のフローチャートにおけるステップS1015およびS1017と同様であるため説明を省略する。

[0124] 上述の第2実施形態によれば、第1実施形態により得られる作用効果の他に、次の作用効果が得られる。

(1) 本実施形態の画像生成装置2は、複数の選択画素 $P \times d$ が複数の候補画素 $P \times c$ から設定された際の当該選択画素 $P \times d$ に対応する候補画素パラ

メータ d に基づいて、複数の抽出画素 $P \times d$ が抽出対象に対応しているかについての信頼度を算出する信頼度算出部 515 を備える。これにより、抽出された抽出画素 $P \times e$ の画素列が正確に抽出できているかの情報が得られ、当該情報を利用した処理を行うことができる。

[0125] (2) 本実施形態の画像生成装置 2 において、上記信頼度に基づいて、複数の抽出画素 $P \times e$ が連続した抽出対象に対応しているかの信頼度判定を行う判定部 516 を備える。これにより、信頼度判定に基づいて、信頼度の高い抽出画素 $P \times e$ を利用することができ、抽出の精度を高めることができる。

[0126] (3) 本実施形態の画像生成装置 2 において、判定部 516 は、候補画素指定部 601 が指定する候補画素 $P \times c$ が終点画素 $P \times t$ の少なくとも一つに対応することにより第 1 終了条件が満たされ設定画素設定処理が終了された際に、信頼度判定を行う。これにより、第 2 終了条件により設定画素 $P \times d$ の設定が終了した場合のように、終点画素 $P \times t$ と連結画素領域 $D \times c$ とが連結されない場合に信頼度判定を行わないことで、計算量を低減することができる。

[0127] (4) 本実施形態の画像生成装置 2 において、画素抽出部 600 は、連結画素領域 $D \times c$ の少なくとも一部を終点画素 $P \times t$ として選択画素設定処理を行う。これにより、神経突起 $N \times r$ 等の抽出対象が分枝を有する場合等においても、複数回の抽出画素 $P \times e$ の抽出により精度よく抽出対象に対応する連結画素領域 $D \times c$ を設定することができる。

[0128] (5) 本実施形態の画像生成装置 2 は、抽出対象に対応する部分として確定した確定領域 $F \times d$ を示す確定領域画像 $G \times d$ に対応するデータを生成する候補・確定領域設定部 517 を備える。これにより、確定領域 $F \times d$ をユーザにわかりやすく示したり、画像処理に供することができる。

[0129] (6) 本実施形態の画像生成装置 2 において、確定領域画像 $G \times d$ は二値化された画像であり、候補・確定領域設定部 517 は、確定した連結画素領域 $D \times c$ に基づいて上記二値化された画像を更新する。これにより、情報量や計算量を低減し、効率的に処理を行うことができる。

[0130] 次のような変形も本発明の範囲内であり、上述の実施形態と組み合わせることが可能である。

(変形例1)

上述の実施形態では、確率分布画像 G_p において細胞体 S_o が一つ示されている場合を用いて説明を行ってきた。確率分布画像 G_p に複数の細胞体 S_o が示されている場合でもこれらの細胞体 S_o を終点画素 P_{xt} として同様に連結画素領域 D_c の設定を行うことができる。しかし、この場合に、始点画素設定部 514 は、候補領域 F_c の重心に基づいた位置に始点画素 P_{xi} を設定することが好ましい。

[0131] 図19は、本変形例の始点画素 P_{xi} の設定を説明するための概念図である。探索領域 D_1 に、細胞体 S_{o1} および S_{o2} に対応する画素領域と、互いに連結されていない候補領域 F_{c5} 、 F_{c6} 、 F_{c7} および F_{c8} が示されている。互いに連結されている複数の終点画素 P_{xt} を終点画素領域と呼ぶとすると、細胞体 S_{o1} および S_{o2} のそれぞれは、互いに連結されていない2つの終点画素領域に相当する。

[0132] ここで、同一の候補領域 F_c に始点を有する抽出画素 P_{xe} の画素列（以下、抽出画素列と呼ぶ）において、始点画素 P_{xi} の位置により、信頼度パラメータ R の値が変化する場合がある。例えば、候補領域 F_{c7} の両端にある始点画素 P_{xi1} と始点画素 P_{xi2} とのそれぞれから複数の選択画素 P_{xd} の設定を行い、細胞体 S_{o2} に接続された抽出画素列を得た場合を考える。この場合、始点画素 P_{xi2} から細胞体 S_{o2} へと向かう抽出画素列の方が、候補領域 F_{c7} の分だけ輝度値が高い領域を通過するため、信頼度パラメータ R が候補画素パラメータ d の平均値 d_{ave} で表されるときにはこの d_{ave} の値が小さく、始点画素 P_{xi1} を始点とする選択画素設定処理の場合と比べてより信頼度が高くなる。従って、候補領域 F_c においてどの位置に始点画素 P_{xi} を設定するかによって、抽出される抽出画素 P_{xe} の信頼度がばらつき、当該候補領域 F_c が異なる細胞体 S_o に接続され得る。

[0133] このような信頼度のばらつきを抑制するため、互いに連結されていない終

点画素 $P \times t$ または終点画素領域が探索領域 D_1 に複数存在する場合、始点画素設定部 514 は、始点画素 $P \times i$ を候補領域 F_c の重心に基づいた位置に設定する。例えば、始点画素設定部 514 は、候補領域 F_c の重心を算出し、当該重心を含む画素を始点画素 $P \times i$ に設定する。当該重心を含む画素が無い場合には、始点画素設定部 514 は当該重心に最も近い画素を始点画素 $P \times i$ に設定することができる。

[0134] 本変形例の画像生成装置において、終点画素 $P \times t$ は、互いに連結されていない複数の画素または画素領域を備え、始点画素設定部 514 は、候補領域 F_c を示す二値化画像において同一の値を持ち連結された複数の画素を含む候補領域 F_c の重心に基づいて始点画素 $P \times i$ を設定する。これにより、適切な終点画素 $P \times t$ に連結画素領域 D_c が連結される可能性を高めることができる。

[0135] (変形例 2)

上述の実施形態では、終点画素設定部 513 が画像処理により、確率分布画像 G_p から細胞体 S_o に対応する画素を抽出し終点画素 $P \times t$ に設定する構成としたが、培養の際に細胞体 S_o に対応する画素を所定の時間間隔で抽出して得られたデータを用いて終点画素 $P \times t$ を設定してもよい。細胞 C_e の培養においては、細胞 C_e が移動する場合がある。従って、ある時刻（第 1 時刻）と、第 1 時刻と異なる第 2 時刻において、同一の細胞 C_e を同定しておくことが、同一の細胞 C_e の形態等の特性の変化を時系列的に解析するために必要である。上記所定の時間間隔は、細胞 C_e の特性に合わせて数分～数日等に適宜設定される。上記所定の時間間隔は、適宜変化してもよい。

[0136] 図 20 は、本変形例に係るデータ処理部 51b を示す概念図である。本変形例では、データ処理部 51b は、細胞 C_e の位置を追尾する追尾部 518 を備える。確率分布画像生成部 511 は、撮像部 20 から所定の時間間隔で撮像された細胞 C_e の撮像画像を取得し、当該撮像画像から、確率分布画像データを生成する。追尾部 518 は、上述の終点画素設定部 513 による場合と同様に、確率分布画像 G_p における細胞体 S_o に対応する画素の抽出を

行う。上記所定の時間間隔に比べて細胞C_eの移動が遅い場合は、追尾部518は、直前に行った抽出結果を利用して当該画素の抽出を行ってもよい。終点画素設定部513は、追尾部518による細胞体S_oに対応する画素の抽出により得られたデータに基づいて終点画素P_{x t}を設定することができる。

[0137] 本変形例の画像生成装置において、確率分布画像生成部511は、異なる時間に複数回の確率分布画像データの取得を行い、追尾部518は、確率分布画像G_pにおける終点画素P_{x t}に対応する部分を追尾する。これにより、過去の細胞C_eの位置等に基づいて、より正確に終点画素P_{x t}の設定を行うことができる。

なお、本変形例は、細胞体S_oが複数存在する場合により好適に用いられるが、細胞体S_oが一つの場合でも同様の作用効果を上げることができる。

[0138] (変形例3)

上述の実施形態において、データ処理部は、神経突起N_r等の抽出対象の線状の部分の交叉の存在を判定する交叉判定部を備えてもよい。

[0139] 図21は、本変形例に係るデータ処理部51cを示す概念図である。本変形例では、データ処理部51cは、交叉が存在するか否かを判定する交叉判定部519を備える。交叉判定部519は交叉を検出する交叉検出部として機能する。

[0140] 図22(A)は、神経突起が交叉している場合の候補領域F_cの例を示す概念図である。細胞体S_o1から伸びる神経突起N_r1は、候補領域F_c21およびF_c23と、候補領域F_c22の一部と対応している。細胞体S_o2から伸びる神経突起N_r2は、候補領域F_c22の一部と、候補領域F_c24とに対応している。候補領域F_c22には、交叉J1が存在している。

[0141] 画素抽出部600は、探索領域D1が複数の連結されていない終点画素または終点画素領域を含む場合、まず上述の実施形態と同様、始点画素P_{x i}を始点として複数の選択画素P_{x d}の設定および複数の抽出画素の抽出を行う。

[0142] 図22(B)は、抽出された抽出画素 $P \times e$ に基づいて領域設定部512が設定した連結画素領域 $D \times c 2 1$ を示す概念図である。図22(B)の例では、始点画素 $P \times i$ と細胞体 $S \times o 1$ とを接続する連結画素領域 $D \times c 2 1$ が設定された場合を示す。

[0143] 連結画素領域 $D \times c 2 1$ が設定されたら、画素抽出部600は抽出された抽出画素 $P \times e$ を記憶部43に記憶させた後に選択画素 $P \times d$ および抽出画素 $P \times e$ が設定されていない状態にする。その後、終点画素設定部513は、連結画素領域 $D \times c 2 1$ が接続されている細胞体 $S \times o 1$ を終点画素 $P \times t$ から除き、細胞体 $S \times o 2$ を終点画素 $P \times t$ として抽出画素 $P \times e$ の抽出を行う。

[0144] 図22(C)は、細胞体 $S \times o 1$ を終点画素 $P \times t$ から除いた場合に抽出された抽出画素 $P \times e$ に基づいて領域設定部512が設定した連結画素領域 $D \times c 2 2$ を示す概念図である。図22(C)の例では、始点画素 $P \times i$ と細胞体 $S \times o 2$ とを接続する連結画素領域 $D \times c 2 2$ が設定されている。

[0145] 交叉判定部519は、設定された連結画素領域 $D \times c 2 1$ および連結画素領域 $D \times c 2 2$ に基づいて、交叉 $J 1$ に対応する画素または画素領域を検出する。交叉判定部519は、連結画素領域 $D \times c 2 1$ と連結画素領域 $D \times c 2 2$ の重なっている領域において、始点画素 $P \times i$ と反対側の端にある画素または当該端から所定の範囲にある画素領域を交叉に対応する画素とする。交叉判定部519は、候補領域 $F \times c 2 2$ に交叉がある点を示すデータを生成してもよい。上記所定の範囲は、連結画素領域 $D \times c 2 1$ または $2 2$ の幅等に基づいて適宜定めればよい。

[0146] 次に、終点画素 $P \times t$ が1つの画素または連結された画素領域からなる場合において抽出対象の線状部分の交叉に対応する画素を検出する点を説明する。以下の方法は終点画素 $P \times t$ が一つの画素または連結された画素領域である場合に好適であるが、終点画素 $P \times t$ が複数の連結されていない画素または画素領域からなる場合にも適用可能である。

[0147] 図23(A)は、1つの細胞体 $S \times o$ から伸びる2つの神経突起 $N \times r 3$ および $N \times r 4$ が交叉している場合の候補領域 $F \times c$ を示す概念図である。細胞体 S

○から伸びる神経突起N r 3は、候補領域F c 3 1、F c 3 3およびF c 3 4と、候補領域F c 3 2の一部と対応している。細胞体S oから伸びる神経突起N r 4は、候補領域F c 3 2の一部と、候補領域F c 3 5およびF c 3 6とに対応している。候補領域F c 3 2には、交叉J 2が存在している。

[0148] 画素抽出部600は、探索領域D 1が1つの終点画素P x tまたは連結された終点画素領域を含む場合、まず上述の実施形態と同様、始点画素P x iを始点として複数の選択画素P x dの設定および抽出画素P x eの抽出を行う。

[0149] 図23(B)は、抽出された抽出画素P x eに基づいて領域設定部512が設定した連結画素領域D c 3 1を示す概念図である。図23(B)の例では、候補領域F c 3 1、F c 3 2、F c 3 3およびF c 3 4を通る、始点画素P x iと細胞体S oとを接続する連結画素領域D c 3 1が設定された場合を示す。

[0150] 連結画素領域D c 3 1が設定されたら、選択画素設定部602は抽出された抽出画素P x eを記憶部43に記憶させた後、選択画素P x dおよび抽出画素P x eが設定されていない状態にする。その後、領域設定部512は、連結画素領域D c 3 1に対応する候補領域F cの一部を探索領域D 1から除く。候補領域F cのうち探索領域D 1から除かれた一部を、以下、除外領域と呼ぶ。例えば、領域設定部512は、既に設定した連結画素領域D c 3 1において、終点画素P x t側の所定の個数の抽出画素P x eに対応する連結要素画素領域D e (図10)に含まれる領域に含まれる候補領域F cを除外領域として探索領域D 1から除く。

[0151] 図23(C)は、除外領域D e xを模式的に示す概念図である。画素抽出部600は、点線で囲まれた部分における候補領域F cを除外領域D e xとして探索領域D 1から除外し、始点画素P x iを始点に選択画素P x dの設定を行う。

[0152] 図23(D)は、除外領域D e xを探索領域D 1から除いた場合に抽出された抽出画素P x eに基づいて領域設定部512が設定した連結画素領域D

c 3 2 を示す概念図である。図 2 3 (D) の例では、候補領域 F c 3 1、F c 3 2 および F c 3 5 を通り、始点画素 P x i と細胞体 S o とを接続する連結画素領域 D c 3 2 が設定されている。

[0153] 交叉判定部 5 1 9 は、設定された連結画素領域 D c 3 1 および連結画素領域 D c 3 2 に基づいて、交叉 J 2 に対応する画素または画素領域を検出する。交叉判定部 5 1 9 は、連結画素領域 D c 3 1 と連結画素領域 D c 3 2 の重なっている領域において、始点画素 P x i と反対側の端にある画素または当該端から所定の範囲にある画素領域を交叉に対応する画素とする。交叉検出部 5 1 9 は、候補領域 F c 3 2 に交叉がある点を示すデータを生成してもよい。上記所定の範囲は、連結画素領域 D c 3 1 または 3 2 の幅等に基づいて適宜定めればよい。

[0154] 交叉が存在しない場合には、第 2 終了条件により選択画素設定処理が終了する等して、図 2 2 (C) や図 2 3 (D) のような抽出画素列は得られない。上述のように交叉判定部 5 1 9 により、交叉の有無が判定され、交叉が検出された場合には交叉に対応する画素が導出されたら、これらの情報を用いて、形態解析等を行うことができる。また、画像生成部 7 0 0 は、交叉の位置等を連結領域画像 G s において示すようにしてもよい。

[0155] 本変形例の画像生成装置において、終点画素 P x t は、互いに連結されていない複数の画素または画素領域を備え、交叉判定部 5 1 9 は抽出対象の線状部分の交叉の有無を判定し交叉を検出する。これにより、複数の連結されていない終点画素領域等に対応する部分（細胞体 S o 1、S o 2 等）が示された入力画像における、交叉の位置についての情報を提供することができる。その結果、交叉がある状況でも精度よく神経突起 N r に対応する画素の抽出を行うことができる。交叉についての情報を含む位置情報により、より正確に細胞間相互作用の定量化が可能となる。

[0156] 本変形例の画像生成装置において、画素抽出部 6 0 0 は、選択画素設定処理において設定された一部の複数の抽出画素 P x e を含む領域を除外し、再度選択画素設定処理を行い、交叉検出部 5 1 9 は、抽出対象の線状部分の交

叉を検出する。これにより、1つの終点画素 $P \times t$ または連結された終点画素領域しか入力画像にない場合でも、入力画像における交叉の位置についての情報を提供することができる。

[0157] (変形例4)

上述の実施形態において、データ処理部は、神経突起 N_r 等の抽出対象の線状の部分の幅を検出する幅検出部を備えてもよい。

[0158] 図24は、本変形例に係るデータ処理部51dを示す概念図である。本変形例では、データ処理部51dは、抽出対象の線状の部分の幅を検出する幅検出部520を備える。

[0159] 図25は、連結画素領域 D_c に基づいて抽出対象の線状の部分（神経突起 N_r ）の幅を検出する点を説明するための概念図である。ユーザが入力部41を介して連結画素領域 D_c における点 T （以下、入力点 T と呼ぶ）の位置における神経突起 N_r の幅を算出するように入力したとする。この場合、幅検出部520は、入力点 T を含む連結画素領域 D_c に内接する円のうち、半径 r が最も大きい円 C_i を算出し、当該半径 r の2倍を神経突起 N_r の幅 W_d として算出する。算出された幅 W_d についての情報は、出力部44から出力される。

[0160] 本変形例の画像生成装置において、幅算出部520は、抽出対象の線状部分の幅 W_d を算出する。これにより、抽出対象の線状部分の太さ等の形態に関する情報を提供することができる。

[0161] 本変形例の画像生成装置において、幅算出部520は、連結画素領域 D_c における入力点 T に対応する連結画素領域 D_c の幅 W_d を、入力点 T を含む連結画素領域 D_c の内部に含まれる最大の円 C_i の直径により算出する。これにより、抽出対象の線状部分の幅 W_d を算出することができる。

[0162] (変形例5)

上述の変形例では、連結画素領域 D_c の内接円を用いて神経突起 N_r の幅を算出したが、連結画素領域 D_c を通る線分の長さに基づいて神経突起 N_r の幅 W_d を算出してもよい。

[0163] 図26は、連結画素領域 D_c に基づいて抽出対象の線状の部分（神経突起 N_r ）の幅を検出する点を説明するための概念図である。ユーザが入力部41を介して入力点 T の位置における神経突起 N_r の幅を算出するように入力したとする。この場合、幅検出部520は、入力点 T を通り複数の異なる方向に伸びる線分 L_1 、 L_2 および L_3 を仮定し、線分 L_1 、 L_2 および L_3 において連結画素領域 D_c の内部に含まれる長さを算出する。幅検出部520は、算出された上記長さのうち、最も短い値を神経突起 N_r の幅 W_d とする。なお、線分 L_1 、 L_2 および L_3 の方向は特に限定されず、一定の角度ずつずれる等、適宜設定することができる。また、幅 W_d の算出のために用いる線分の本数も特に限定されない。

[0164] 本変形例の画像生成装置において、幅算出部520は、連結画素領域 D_c における入力点 T に対応する連結画素領域の幅 W_d を、入力点 T を通る複数の線分 L_1 、 L_2 および L_3 において、連結画素領域 D_c に含まれる長さが最も短い場合の当該長さにより算出する。これにより、計算量を抑えつつ、抽出対象の線状部分の幅 W_d を算出することができる。

[0165] （変形例6）

上述の実施形態において、入力画像または確率分布画像 G_p 等においてユーザが入力した点における輝度値を出力する際、当該輝度値を複数の画素の輝度に基づいて算出し、出力してもよい。これにより、ばらつきを抑えより精度の高い輝度を提供することができる。

[0166] 図27は、出力される輝度値（以下、出力輝度値と呼ぶ）を算出する方法を説明するための概念図である。ユーザが入力部41を介して指定した入力点 T について、出力輝度値を算出する場合、データ処理部51aは、入力点 T の位置に基づく所定の範囲（以下、対応画素領域 C_t と呼ぶ）における画素の輝度値の算術平均等の平均を出力輝度値として算出する。算出された出力輝度値は、出力部44から出力される。対応画素領域 C_t の形状や大きさは特に限定されず、入力点 T を中心とした半径数画素の円の範囲に対応する画素領域等とすることができる。

[0167] ー第3実施形態ー

第3実施形態の画像生成装置3は、第2実施形態に係る画像生成装置2と同様の構成を有しているが、データ処理部の構成が第2実施形態とは異なっている。第3実施形態では、複数の始点画素 $P \times i$ についての選択画素設定処理を並列に行う際に、精度を落とさずに迅速に行う方法を説明する。第2実施形態との同一部分については第2実施形態と同一の符号で参照し、場合に応じ説明を省略する。

[0168] 図28は、本実施形態の画像生成装置3の構成を示す概念図である。画像生成装置3は、制御部50aおよびデータ処理部51e以外の構成要素も図1と同様に含むが、図示を省略した。画像生成装置3は、領域設定部512aが始点配置領域設定部531および候補画素配置領域設定部532を備える点で上述の実施形態の画像生成装置2と異なっている。さらに、画像生成装置3の制御部50aは、マルチコア化されたCPUのように並列処理に適したCPUを備え、データ処理部51eの行う選択画素設定処理は、この並列処理に適したCPUにより行われることが好ましい。

[0169] 以下では、確率分布画像 G_p が、複数の細胞体 S_o に対応する部分を含む際の、連結画素領域 D_c の設定の方法を説明する。本実施形態に係る画像生成方法は細胞体 S_o が複数存在したり等、神経突起 N_r が複雑に伸びている場合等に好適であるが、特にこのような場合に限定されず適用することが可能である。

[0170] 上述の実施形態では、領域設定部512が設定した探索領域 D_1 に始点画素 $P \times i$ および候補画素 $P \times c$ が設定される構成とした。本実施形態では、始点配置領域設定部531が設定した始点配置領域に始点画素 $P \times i$ が設定され、候補画素配置領域設定部532が設定した候補画素配置領域に候補画素 $P \times c$ が設定される。

[0171] 図29は、始点配置領域を示す概念図である。始点配置領域80は、第1始点配置領域81と、第2始点配置領域82とを備える。第1始点配置領域81は、互いには連結されていないがそれぞれが一つの連続した領域である

、第1連結領域81a、第2連結領域81b、第3連結領域81cおよび第4連結領域81dを備える。第2始点配置領域82は、互いには連結されていないがそれぞれが一つの連続した領域である、第1連結領域82a、第2連結領域82b、第3連結領域82cおよび第4連結領域82dを備える。

[0172] 以下では、第1連結領域81a、第2連結領域81b、第3連結領域81cおよび第4連結領域81d、ならびに、第2連結領域82a、第2連結領域82b、第3連結領域82cおよび第4連結領域82dのそれぞれを区別せずに個々の領域を指す場合、単に連結領域と記載する。符号81a、81b、81cおよび81dを81a～dと記載し、符号82a、82b、82cおよび82dを82a～dと記載する。

[0173] 後述するように、第1始点配置領域81に配置された始点画素 P_{xi1a} 、 P_{xi1b} 、 P_{xi1c} および P_{xi1d} （以下、 $P_{xi1a} \sim d$ と記載する）を始点とする選択画素設定処理と、第2始点配置領域82に配置された始点画素 P_{xi2a} 、 P_{xi2b} 、 P_{xi2c} および P_{xi2d} （図30）を始点とする選択画素設定処理とは、同時並行して行われたい。このように、始点配置領域80は、始点配置領域80に配置された始点画素 P_{xi} に対応する選択画素設定処理をいつ行うかに基づいて、複数の領域（第1始点配置領域81および第2始点配置領域82）に分割されている。

[0174] 第1始点配置領域81に含まれる連結領域81a～d同士の間、および、第2始点配置領域82に含まれる連結領域82a～d同士の間は、予め定められた最小連結領域間隔をMとすると、少なくともM画素以上離れている。図29の始点配置領域80の例では、各連結領域81a～d、82a～dの縦方向の画素数は確率分布画像 G_p の縦方向の画素数と等しく、横方向の画素数は M_i となっている。M_iは、Mと等しいかより大きい値とする。

[0175] 連結領域81a～dにそれぞれ配置された始点画素 $P_{xi1a} \sim d$ を始点とする選択画素設定処理の少なくとも一部は、同時並行して行われる。従って、連結領域81a～d同士の間を少なくともM画素離すことで、異なる始点画素 P_{xi} を始点にした選択画素 P_{xd} の画素列が、確率分布画像 G_p の

同一の候補領域 F_c (図 17) を通ったりする可能性を低減することができる。連結領域 82a~d についても同様である。これにより、候補領域 F_c と確定領域 F_d (図 17) が適切に更新され、抽出対象に対応する部分が複雑な構造をしている場合でも精度を落とさずに迅速に連結画素領域 D_c の設定を行うことができる。

[0176] 最小連結領域間隔 M は、撮像部 20 の撮像の際の実効倍率、確率分布画像 G_p の画素の幅、および、入力画像の被写体について過去に得られた線状の部分の長さの統計値等に基づいて算出される。例えば、被写体を特定の種類の神経細胞とし、当該種類の神経細胞において神経突起 N_r の長さの上限を L_{max} 、上記実効倍率を x 、上記画素の幅を y とすると、 $M = 2 \times L_{max} \times x / y$ の式により連結領域間隔 M を算出することができる。一例として、 $L_{max} = 500 \mu m$ 、 $x = 10$ (倍)、 $y = 8 \mu m$ とすると、最小連結領域間隔 M は 1250 ピクセルとなる。これにより、2つの連結領域 (例えば連結領域 81a および 81b) にあるそれぞれの始点画素 P_{xi} へと、これらの間にある連結領域 (例えば連結領域 82b) にある細胞体 S_o からまっすぐ神経突起 N_r が伸びている場合にも、同時並行して設定されている選択画素 P_{xd} の画素列が同一の候補画素 P_{xc} を通過する可能性を低減することができる。

なお、確率分布画像 G_p の画素の幅等のパラメータに基づいて最小連結領域間隔 M を設定する場合、最小連結領域間隔 M は、各細胞 C_e の幅や神経突起 N_r の長さに基づいて定めてもよい。また、最小連結領域間隔 M は、効率化の観点から各連結領域 81a~d, 82a~d に基づいて定めることができる。

[0177] 始点配置領域設定部 531 は、入力部 41 からの入力等に基づいて、始点配置領域 80、第 1 始点配置領域 81、第 2 始点配置領域 82 および連結領域 81a~d、82a~d を設定する。入力部 41 から確率分布画像 G_p におけるこれらの領域に対応する画像部分を示す画像データまたは、当該画像部分の形状若しくは大きさに関する情報が入力される。始点配置領域設定部

531は、この画像データや情報に基づいて確率分布画像Gpにおける各画素が、始点配置領域80、第1始点配置領域81、第2始点配置領域82および連結領域81a～d、82a～dに含まれることまたは含まれないことを設定する。

[0178] 候補画素配置領域設定部532は、選択画素設定処理において候補画素Pxcが配置される領域である候補画素配置領域90を設定する。候補画素配置領域90は、入力部41からの入力等に基づいて設定される。図29では、候補画素配置領域90は確率分布画像Gpの全体に設定されている。候補画素Pxcが設定される領域は、選択画素Px dが設定され抽出画素Px eが抽出される領域になる。

[0179] 始点画素設定部514は、始点配置領域80に始点画素Pxiを設定する。始点画素設定部514は、第1始点配置領域81を始点とする選択画素設定処理を行う際には、第1始点配置領域81に始点画素Pxi 1a～dを配置する。始点画素設定部514は、第2始点配置領域82を始点とする選択画素設定処理を行う際には、第2始点配置領域82に始点画素Pxi 2a～dを配置する。

[0180] 画素抽出部600は、始点画素Pxiの位置に基づいて、複数の選択画素設定処理を、同時並行して行う。領域設定部512aは、これら複数の選択画素設定処理で設定された選択画素Px dから抽出された抽出画素Px eに基づいて連結画素領域Dcを設定する。

[0181] 図29では、画素抽出部600が、第1始点配置領域81に配置された始点画素Pxi 1a～dを始点とする複数の選択画素設定処理（以下、第1選択画素設定処理と呼ぶ）を同時並行して行う点が模式的に示されている。図29には、始点画素Pxi 1aと細胞体So 1aとを接続する連結画素領域Dc 1a、始点画素Pxi 1bと細胞体So 1bとを接続する連結画素領域Dc 1b、始点画素Pxi 1cと細胞体So 1cとを接続する連結画素領域Dc 1c、および、始点画素Pxi 1dと細胞体So 1dとを接続する連結画素領域Dc 1dとが示されている。

- [0182] 画素抽出部600は、第1選択画素設定処理とは異なる時間に、第2始点配置領域82に配置された始点画素 $P \times i \ 2 \ a \sim d$ を始点とする複数の選択画素設定処理（以下、第2選択画素設定処理と呼ぶ）を同時並行して行う。
- [0183] 図30は、画素抽出部600が、複数の第2選択画素設定処理を同時並行して行う点を模式的に示す概念図である。図30には、始点画素 $P \times i \ 2 \ a$ と細胞体 $S \circ 2 \ a$ とを接続する連結画素領域 $D \circ 2 \ a$ 、始点画素 $P \times i \ 2 \ b$ と細胞体 $S \circ 2 \ b$ とを接続する連結画素領域 $D \circ 2 \ b$ 、始点画素 $P \times i \ 2 \ c$ と細胞体 $S \circ 2 \ c$ とを接続する連結画素領域 $D \circ 2 \ c$ 、および、始点画素 $P \times i \ 2 \ d$ と細胞体 $S \circ 2 \ d$ とを接続する連結画素領域 $D \circ 2 \ d$ とが示されている。
- [0184] 領域設定部512aは、同時並行して行われた複数の選択画素設定処理に基づいて得られた複数の連結画素領域 $D \circ$ （図4）の統合を行う。この統合では、少なくとも一つの連結画素領域 $D \circ$ に含まれる画素からなる1つの連結された連結画素領域 $D \circ$ を新たに設定する。候補・確定領域設定部は、統合された連結画素領域 $D \circ$ に基づいて、候補領域 $F \circ$ および確定領域 $F \circ$ （図17）を更新する。
- [0185] 図31は、本実施形態に係る画像生成方法の流れを示すフローチャートである。ステップS4001からS4007までは、図11のフローチャートのステップS1001からS1007までと同一であるため、説明を省略する。ステップS4007が終了したら、ステップS4009が開始される。
- [0186] ステップS4009において、始点配置領域設定部531は、第1始点配置領域81、第2始点配置領域82および連結領域81a～d、82a～dを設定する。ステップS4009が終了したら、ステップS4011が開始される。ステップS4011において、始点画素設定部514が始点配置領域80に始点画素 $P \times i$ を設定し、画素抽出部600が複数の選択画素 $P \times d$ を設定して複数の抽出画素 $P \times e$ を抽出し、領域設定部512aが連結画素領域 $D \circ$ を設定する並列処理を行い、領域設定部512aは、統合された連結画素領域を設定する。ステップS4011が終了したら、ステップS4

013が開始される。

[0187] ステップS4013において、画像生成部700は、統合された連結画素領域を示す連結領域画像Gsに対応する連結領域画像データを生成する。ステップS4013が終了したら、ステップS4015が開始される。ステップS4015において、出力部44は、連結領域画像Gsを出力する。ステップS4015が終了したら、処理が終了される。

[0188] 図32は、図31のフローチャートにおけるステップS4011の流れを示すフローチャートである。図32のフローチャートでは、第1始点配置領域81の第1連結領域81aおよび第2連結領域81bについての選択画素設定処理と、第2始点配置領域82の第1連結領域82aおよび第2連結領域82bについての選択画素設定処理とがそれぞれ同時並行に行われる点を記載し、他の連結領域についての選択画素設定処理についての記載は省略した。ステップS4009が終了したら、ステップS501aおよびステップS501bが開始される。

[0189] ステップS501aにおいて、始点画素設定部514は、第1始点配置領域81の第1連結領域81aに始点画素 $P \times i$ を設定する。ステップS501aが終了したらステップS503aが開始される。ステップS503aにおいて、画素抽出部600は、ステップS501aで設定された始点画素 $P \times i$ を始点に、複数の選択画素 $P \times d$ を設定し、抽出画素 $P \times e$ を抽出し、領域設定部512aは、当該抽出画素 $P \times e$ に基づいて連結画素領域Dcを設定する。

なお、本実施形態の候補画素 $P \times c$ の設定では、候補画素位置パラメータNの値は特に限定されず、1以上の任意の値に設定することができる。以下の選択画素設定処理でも同様である。

[0190] ステップS501bにおいて、始点画素設定部514は、第2始点配置領域82の第2連結領域82aに始点画素 $P \times i$ を設定する。ステップS503bにおいて、画素抽出部600は、ステップS503aで設定された始点画素 $P \times i$ を始点に、複数の設定画素 $P \times d$ を設定し、抽出画素 $P \times e$ を抽

出し、領域設定部512aは、当該抽出画素 $P \times e$ に基づいて連結画素領域 Dc を設定する。ステップS503aおよびステップS503bが終了したら、ステップS505が開始される。

[0191] ステップS505において、領域設定部512aは連結画素領域 Dc を統合し、候補・確定領域設定部517は候補領域 Fc および確定領域 Fd を更新する。ステップS505が終了したら、ステップS507aおよびS507bが開始される。

[0192] ステップS507aにおいて、始点画素設定部514は、第2始点配置領域82の第1連結領域82aに始点画素 $P \times i$ を設定する。ステップS507aが終了したら、ステップS509aが開始される。ステップS509aにおいて、画素抽出部600は、ステップS507aで設定された始点画素 $P \times i$ を始点に、複数の選択画素 $P \times d$ を選択し、抽出画素 $P \times e$ を抽出し、領域設定部512aは、当該抽出画素 $P \times e$ に基づいて連結画素領域 Dc を設定する。

[0193] ステップS507bにおいて、始点画素設定部514は、第2始点配置領域82の第2連結領域82bに始点画素 $P \times i$ を設定する。ステップS507bが終了したら、ステップS509bが開始される。ステップS509bにおいて、画素抽出部600は、ステップS507bで設定された始点画素 $P \times i$ を始点に、複数の選択画素 $P \times d$ を設定し、抽出画素 $P \times e$ を抽出し、領域設定部512aは、当該抽出画素 $P \times e$ に基づいて連結画素領域 Dc を設定する。ステップS509aおよびステップS509bが終了したら、ステップS511が開始される。

[0194] ステップS511において、領域設定部512aは、連結画素領域 Dc を統合し、統合された連結画素領域を設定する。ステップS511が終了したら、ステップS4013が開始される。

[0195] 上述の第3実施形態によれば、第1実施形態および第2実施形態により得られる作用効果の他に、次の作用効果が得られる。

(1) 本実施形態の画像生成装置3において、画素抽出部600は、互いに

連結されていない連結領域 8 1 a ~ d に配置された複数の始点画素 $P \times i 1$ a ~ d についての選択画素設定処理を、上記連結領域 8 1 a ~ d を除く始点配置領域 8 0 である連結領域 8 2 a ~ d に配置された始点画素 $P \times i 2$ a ~ d についての選択画素設定処理とは異なる時間に行う。これにより、抽出対象が複雑な構造をしている場合でも精度を落とさずに迅速に抽出対象に対応する画素を抽出することができる。

[0196] (2) 本実施形態の画像生成装置 3 において、連結領域 8 1 a ~ d の間隔は、抽出対象の線状部分の長さに基づいて設定される。これにより、抽出対象の線状部分の特性に合わせ、適切な連結領域 8 1 a ~ d の間隔 M_i を設定することができ、より迅速に抽出対象に対応する画素を抽出することができる。

[0197] 次のような変形も本発明の範囲内であり、上述の実施形態と組み合わせることが可能である。

(変形例 1)

上述の実施形態では、図 30 の第 1 始点配置領域 8 1 および第 2 始点配置領域 8 2 のように連結領域 8 1 a ~ d および 8 2 a ~ d を設定したが、連結領域の形状や大きさは、連結領域同士の間が少なくとも最小連結領域間隔 M 離れていれば特に限定されない。

[0198] 図 33 は、連結領域の一例を示す概念図である。確率分布画像 G_p には、それぞれ異なる時間の選択画素設定処理に対応する第 3 始点配置領域 8 3 および第 4 始点配置領域 8 4 が始点配置領域 8 0 として設定されている。第 3 始点配置領域 8 3 は、確率分布画像 G_p の四隅に配置された矩形の連結領域 8 3 a、8 3 b、8 3 c および 8 3 d と、確率分布画像 G_p の中心から点対称に広がる十字の形状をした連結領域 8 3 e とを備える。第 4 始点配置領域 8 4 は、連結領域 8 3 a、8 3 b、8 3 c および 8 3 d のそれぞれと、連結領域 8 3 e との間に位置する L 字状または回転された L 字の形状の連結領域 8 4 a、8 4 b、8 4 c および 8 4 d を備える。

[0199] 連結領域 8 3 a、8 3 b、8 3 c および 8 3 d のそれぞれと、連結領域 8

3 e との間隔 M_{i2} 、および、上下および左右に隣り合う連結領域 84 a、84 b、84 c および 84 d の間の間隔 M_{i1} は、抽出対象の線状部分の長さに基づき、最小連結領域間隔 M よりも大きく設定される。

なお、細胞 C_e の密集度合を例えば細胞体 S_o の密度等により公知の方法等を用いて検出し、密集している領域が一つの連結領域に入るように、同時並行して選択画素設定処理が行われる複数の連結領域同士の間隔を設定してもよい。これにより、並列処理を効率よく行うことができる。

[0200] (変形例 2)

上述の実施形態では、画素抽出部 600 は、ダイクストラ法に基づいて抽出画素 P_{xe} の抽出を行ったが、 $Astar$ アルゴリズムにより抽出画素 P_{xe} の抽出を行ってもよい。 $Astar$ アルゴリズムでは選択画素 P_{xd} を設定する際、候補画素 P_{xc} と終点画素 P_{xt} との間の距離を利用して選択画素 P_{xd} を設定する点が上述の方法とは異なる。

[0201] (変形例 3)

上述の実施形態では、画素抽出部 600 は、ダイクストラ法に基づいて抽出画素 P_{xe} の抽出を行ったが、クラスカル法等の最小全域木 (MST ; $Minimum\ Spanning\ Tree$) を求める手法を利用して抽出画素 P_{xe} の抽出を行ってもよい。

[0202] (変形例 4)

上述の実施形態では、画素抽出部 600 は、ダイクストラ法に基づいて抽出画素 P_{xd} の抽出を行った。しかし、画素の組合せごとに所定のパラメータ（以下、エネルギーと呼ぶ）を定義し、所定の条件の下で、エネルギーが最大または最小になるような複数の画素の組合せを抽出画素 P_{xe} として算出してもよい。

[0203] 確率分布画像 G_p の各画素について、抽出画素 P_{xe} として抽出される場合を 1、抽出画素 P_{xe} として抽出されない場合を 0 の数値に対応させるものとする。この場合、確率分布画像 G_p が 100 個の画素からなるとすると、複数の抽出画素 P_{xe} の画素列の抽出は、2 の 100 乗の組合せから適切

な組み合わせを探索することに相当する。

[0204] 抽出画素 $P \times e$ として抽出されるか否かについて、複数の画素間の相関を考慮しないものとする。この場合は、確率分布画像 G_p における i 番目の画素のエネルギーを e_i として、抽出画素 $P \times e$ のエネルギー e_i の和が最大値または最小値等の最適化された値になるような組合せを算出すればよい。例えば、エネルギーが画素の輝度値である場合には、エネルギーの和が最大値となる画素の組合せを算出すればよい。輝度値の逆数をエネルギーとする場合や、画像が白黒反転している場合には、エネルギーの和が最小値となる組合せを算出すればよい。このような最適化にあたっては、適宜、始点と終点との連結性等に基づいた制約を示す条件を加えてもよい。以下の複数の画素間の相関を考慮する場合も同様である。

[0205] 抽出画素 $P \times e$ として抽出されるか否かについて、複数の画素間の相関を考慮するものとする。この場合は、確率分布画像 G_p における i 番目の画素と j 番目の画素が共に抽出画素 $P \times e$ であることについてのエネルギーを e_{ij} として、抽出画素 $P \times e$ の組合せに含まれる画素の任意のペアにおけるエネルギー e_{ij} の和が最大値または最小値等の最適化された値になるような組合せを算出すればよい。

[0206] (変形例5)

上述の実施形態では、第1選択画素設定処理と、第2選択画素設定処理とを交互に行うものとした。しかし、第1選択画素設定処理または第2選択画素設定処理を連続して行ったり、所定の条件に基づいていずれかを行う構成にしてもよい。本変形例では、各候補領域 F_c に対応する神経突起の長さに基づいて、第1始点配置領域81および第2始点配置領域82のいずれかを選択し、選択された領域における選択画素設定処理を行い、抽出画素 $P \times e$ を抽出する。本変形例に係る画像生成方法の流れは、第3実施形態の図31のフローチャートで示された流れと同様であるが、ステップS4011に対応する部分が異なる。

[0207] 図34は、本変形例において、図31のフローチャートにおけるステップ

S 4 0 1 1 に対応する部分の流れを示すフローチャートである。ステップ S 4 0 0 9 (図 3 1) が終了したら、ステップ S 6 0 1 が開始される。ステップ S 6 0 1 において、データ処理部 5 1 e は、各候補領域 F c について、対応する神経突起 N r の長さについての情報を取得する。データ処理部 5 1 e は、確率分布画像 G p を解析して得られた各画素領域断片 F (図 3) に対応する神経突起 N r の長さを、候補領域 F c に対応する神経突起 N r の長さとして取得する。候補領域 F c に対応する神経突起 N r の長さの算出方法は特に限定されない。ステップ S 6 0 1 が終了したら、ステップ S 6 0 2 が開始される。

[0208] ステップ S 6 0 2 において、画素抽出部 6 0 0 は、仮に始点画素 P x i を設定した場合に、第 1 始点配置領域 8 1 および第 2 始点配置領域 8 2 のうち、最も長い神経突起に対応する始点画素 P x i が含まれる領域を選択する。ステップ S 6 0 2 が終了したら、ステップ S 6 0 3 が開始される。ステップ S 6 0 3 において、始点画素設定部 5 1 4 が、ステップ S 6 0 2 で選択された領域において設定され得る始点画素 P x i のうち少なくとも一部を設定し、選択画素設定部 6 0 2 が複数の選択画素 P x d を設定し、画素抽出部 6 0 0 が抽出画素 P x e を抽出し、領域設定部 5 1 2 a が連結画素領域 D c を設定する。例えば、始点画素設定部 5 1 4 は、上記選択された領域における各連結領域において、ステップ S 6 0 1 で取得された情報に基づき最も長い神経突起に対応する始点画素 P x i を設定することができる。ステップ S 6 0 3 が終了したら、ステップ S 6 0 4 が開始される。

[0209] ステップ S 6 0 4 は図 3 2 のフローチャートのステップ S 5 0 5 と同一であるため、説明を省略する。ステップ S 6 0 4 が終了したら、ステップ S 6 0 5 が開始される。ステップ S 6 0 5 において、画素抽出部 6 0 0 は、候補領域 F c がまだ残っているか否かを判定する。候補領域 F c がまだ残っている場合、画素抽出部 6 0 0 は、ステップ S 6 0 5 を肯定判定してステップ S 6 0 2 に戻る。候補領域 F c が残っていない場合、画素抽出部 6 0 0 は、ステップ S 6 0 5 を否定判定してステップ S 6 0 6 が開始される。ステップ S

606は、ステップS511と同一であるため説明を省略する。ステップS606が終了したら、処理が終了される。

[0210] 本変形例の画像生成方法では、第1始点配置領域81または第2始点配置領域82、または連結領域81a～d、82a～dに含まれる各始点画素 $P \times i$ に対応する神経突起 N_r の長さに基づいて、選択画素設定処理を行う順番が設定される。これにより、予め得られた神経突起 N_r の長さに基づいて、所望の順番で効率的に画素の抽出を行うことができる。

[0211] (変形例6)

上述の実施形態の情報処理装置40の情報処理機能を実現するためのプログラムをコンピュータにより読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録された、上述した選択画素 $P \times d$ の設定および抽出画素 $P \times e$ の抽出や連結画素領域 D_c の設定等のデータ処理部51、51a、51b、51c、51dおよび51eによる処理等に関するプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行させてもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS (Operating System) や周辺機器のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、光ディスク、メモリカード等の可搬型記録媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持するものを含んでもよい。また上記のプログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせにより実現するものであってもよい。

[0212] また、パーソナルコンピュータ（以下、PCと呼ぶ）等に適用する場合、

上述した制御に関するプログラムは、CD-ROMなどの記録媒体やインターネット等のデータ信号を通じて提供することができる。図34はその様子を示す図である。PC950は、CD-ROM953を介してプログラムの提供を受ける。また、PC950は通信回線951との接続機能を有する。コンピュータ952は上記プログラムを提供するサーバーコンピュータであり、ハードディスク等の記録媒体にプログラムを格納する。通信回線951は、インターネット、パソコン通信などの通信回線、あるいは専用通信回線などである。コンピュータ952はハードディスクを使用してプログラムを読み出し、通信回線951を介してプログラムをPC950に送信する。すなわち、プログラムをデータ信号として搬送波により搬送して、通信回線951を介して送信する。このように、プログラムは、記録媒体や搬送波などの種々の形態のコンピュータ読み込み可能なコンピュータプログラム製品として供給できる。

[0213] 上述した情報処理機能を実現するためのプログラムとして、確率分布画像Gpを構成する複数の画素から始点画素 $P \times i$ を設定する始点画素設定処理（図11のフローチャートのステップS1009に対応）と、前記複数の画素のうち始点画素 $P \times i$ を除く複数の画素から複数の候補画素 $P \times c$ を指定し、複数の候補画素 $P \times c$ から選択画素 $P \times d$ を設定する画素抽出処理（S1011に対応）と、を処理装置に行わせるためのプログラムであって、複数の候補画素 $P \times c$ は、始点画素 $P \times i$ から少なくとも2画素離れているプログラムが含まれる。これにより、精度の悪化を抑制しつつ、迅速に抽出対象に対応する画素を抽出する処理を実現することができる。

[0214] 本発明は上記実施形態の内容に限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

[0215] 次の優先権基礎出願の開示内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特願2019-005373号（2019年1月16日出願）

符号の説明

[0216] 1, 2, 3…画像生成装置、10…培養器、20…撮像部、40…情報処

理部、43…記憶部、44…出力部、50, 50a…制御部、51, 51a, 51b, 51c, 51d, 51e…データ処理部、80…始点配置領域、81…第1始点配置領域、82…第2始点配置領域、83…第3始点配置領域、84…第4始点配置領域、81a, 81b, 81c, 81d, 82a, 82b, 82c, 82d, 83a, 83b, 83c, 83d, 83e, 84a, 84b, 84c, 84d…連結領域、90…候補画素配置領域、100…培養部、511…確率分布画像生成部、512, 512a…領域設定部、513…終点画素設定部、514…始点画素設定部、515…信頼度算出部、516…判定部、517…候補・確定領域設定部、518…追尾部、519…交叉判定部、520…幅算出部、600…画素抽出部、601…候補画素指定部、602…選択画素設定部、700…画像生成部、Ce…細胞、D1…探索領域、Dc, Dc12, Dc21, Dc22, Dc3, Dc31, Dc32, Dc1a, Dc1b, Dc1c, Dc1d, Dc2a, Dc2b, Dc2c, Dc2d…連結画素領域、Ds…算出画素領域、F, F1, F2, F3, F4…画素領域断片、Fc, Fc1, Fc2, Fc3, Fc4, Fc5, Fc6, Fc7, Fc8, Fc21, Fc22, Fc23, Fc24, Fc31, Fc32, Fc33, Fc34, Fc35, Fc36…候補領域、Fd, Fd1, Fd2…確定領域、Gc…候補領域画像、Gd…確定領域画像、Gp…確率分布画像、Gs…連結領域画像、J1, J2…交叉、M…最小連結領域間隔、Nr, Nr1, Nr2, Nr3, Nr4…神経突起、Pxc, Pxc1…候補画素、Pxd, Pxd0, Pxd1, Pxd2…選択画素、Pxe, Pxe1…抽出画素、Pxi, Pxi1, Pxi2, Pxi1a, Pxi1b, Pxi1c, Pxi1d, Pxi2a, Pxi2b, Pxi2c, Pxi2d…始点画素、Pxs, Pxs1, Pxs2…算出画素、Pxt…終点画素、So, So1, So2, So1a, So1b, So1c, So1d, So2a, So2b, So2c, So2d…細胞体、T…入力点、W, Wd…神経突起の幅。

請求の範囲

- [請求項1] 画像において断片化された細胞領域をつないで細胞を抽出する画像処理装置であって、
- 前記画像の中から断片化された細胞領域を取得する取得部と、
- 前記断片化された細胞領域において第1画素を設定する第1画素設定部と、
- 前記第1画素の位置に基づいて複数の画素群を設定し、前記複数の画素群に含まれる画素の輝度値に基づいて第2画素を選択し、次いで、前記第1画素と前記第2画素とをつないで細胞を抽出する抽出部と、
- を備える画像処理装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の画像処理装置において、
- 前記抽出部は、
- (a) 前記複数の画素群として、前記第1画素を中心に所定の画素数離間した候補画素群を設定し、前記候補画素群に含まれる画素の輝度値に基づいて、前記候補画素群から前記第2画素を選択し、(b) 前記第2画素を中心に所定の画素数離間し、前記第1画素および前記第2画素を除く複数の画素を新たな候補画素群として設定し、前記新たな候補画素群に含まれる画素の輝度値に基づいて、前記新たな候補画素群から新たな第2画素を選択し、(c) 前記(b)における前記新たな第2画素選択を繰り返し実行して複数の新たな第2画素を順次選択し、次いで、(d) 前記複数の新たな第2画素をつないで細胞を抽出する、画像処理装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の画像処理装置において、
- 前記抽出部は、少なくとも一つの終点画素を設定する終点画素設定部を備え、前記終点画素の位置に基づいて、前記(c)処理が終了される終了条件を設定し、
- 前記抽出部が設定する前記候補画素群または設定された前記第2画

素が前記終点画素の少なくとも一つに対応する場合、または、複数の前記候補画素群からの前記第2画素の設定が所定の回数行われた場合、前記終了条件が満たされたものとして前記(c)処理を終了する画像処理装置。

[請求項4] 請求項2または3に記載の画像処理装置において、
前記抽出部は、
前記複数の候補画素群が設定されるときに除かれた前記第1画素および前記第2画素である除外画素と、前記複数の候補画素群との位置に基づいて複数の第3画素を設定し、前記第3画素の輝度値に基づいて、複数の前記候補画素群から新たな第2画素を選択し、当該処理により得られた複数の前記第2画素の少なくとも一部を抽出画素として抽出する画像処理装置。

[請求項5] 請求項4に記載の画像処理装置において、
前記画像の中から少なくとも、前記抽出画素を含む第1画素領域を設定する領域設定部を備える画像処理装置。

[請求項6] 請求項5に記載の画像処理装置において、
前記抽出部は、前記複数の第3画素の輝度に基づいて、それぞれの前記候補画素ごとに第1の値を算出し、前記第1の値に基づいて複数の前記候補画素群から前記第2画素を選択する画像処理装置。

[請求項7] 請求項6に記載の画像処理装置において、
前記複数の第3画素は、前記除外画素と前記候補画素群とを結ぶ線上に位置する画素を中心とした範囲の画素である画像処理装置。

[請求項8] 請求項6または7に記載の画像処理装置において、
前記複数の第2画素が複数の前記候補画素群から選択された際の当該候補画素群に対応する前記第1の値に基づいて、前記(c)処理により選択された複数の前記第2画素の少なくとも一部を抽出する画像処理装置。

[請求項9] 請求項6から8までのいずれか一項に記載の画像処理装置において

、

前記複数の第2画素が複数の前記候補画素群から設定された際の当該第2画素に対応する前記第1の値に基づいて、前記(c)処理により選択された複数の前記第2画素の少なくとも一部が抽出対象に対応しているかについての信頼度を算出する信頼度算出部を備える画像処理装置。

[請求項10] 請求項5から9までのいずれか一項に記載の画像処理装置において

、

前記画像は、撮像により得られた画像の各画素について、学習済みの機械学習を用いて前記細胞に対応する画素である確率を算出し、前記確率に基づいた輝度を対応させた画像である画像処理装置。

[請求項11] 請求項5から10までのいずれか一項に記載の画像処理装置において、

て、

選択された前記複数の第2画素を含む領域を記憶する記憶部を備え

、

前記領域設定部は、前記記憶部が前記複数の第2画素を含む領域を記憶したのち、前記画像から新たな複数の第2画素を抽出するための探索領域を設定する画像処理装置。

[請求項12] 請求項5から11までのいずれか一項に記載の画像処理装置において、

て、

前記抽出部は、前記第1画素領域の少なくとも一部を前記終点画素として前記(c)処理を行う画像処理装置。

[請求項13] 請求項5から12までのいずれか一項に記載の画像処理装置において、

て、

前記第1画素領域を構成する要素画素群は、少なくとも2画素以上の正方形の領域であり、

前記要素画素群の外周部の画素に前記第2画素の少なくとも一部が配置される画像処理装置。

[請求項14] 請求項5から13までのいずれか一項に記載の画像処理装置において、

前記終点画素は、互いに連結されていない複数の画素または画素領域を備え、

前記抽出部は、抽出対象の線状部分の交叉を検出する第1交叉検出部を備える画像処理装置。

[請求項15] 請求項5から14までのいずれか一項に記載の画像処理装置において、

前記抽出部は、前記領域設定部によって設定された前記複数の抽出画素を含む領域を前記記憶部に記憶させたのちに除外し、再度前記（c）処理を行い、抽出対象の線状部分の交叉を検出する第2交叉検出部を備える画像処理装置。

[請求項16] 請求項5から15までのいずれか一項に記載の画像処理装置において、

抽出対象の線状部分の幅を算出する幅算出部を備え、

前記幅算出部は、前記第1画素領域における点に対応する前記第1画素領域の幅を、前記点を含み前記第1画素領域の内部に含まれる最大の円の直径により算出する画像処理装置。

[請求項17] 請求項16に記載の画像処理装置において、

前記幅算出部は、前記第1画素領域における点に対応する前記第1画素領域の幅を、前記点を通る複数の線分において、前記第1画素領域に含まれる長さが最も短い場合の前記長さにより算出する画像処理装置。

[請求項18] 請求項5から17までのいずれか一項に記載の画像処理装置において、

前記抽出部は、互いに連結されていない複数の始点配置領域に配置された複数の前記第1画素についての前記（c）処理を、前記複数の始点配置領域を除く領域に配置された前記第1画素についての前記（

c) 処理とは異なる時間に行う画像処理装置。

[請求項19] 画像において断片化された細胞領域をつないで細胞を抽出する画像処理方法であって、

前記画像の中から断片化された細胞領域を取得する領域取得と、

前記断片化された細胞領域において第1画素を設定する第1画素設定と、

前記第1画素の位置に基づいて複数の画素群を設定し、前記複数の画素群に含まれる画素の輝度値に基づいて第2画素を選択し、次いで、前記第1画素と前記第2画素とをつないで細胞を抽出する画素抽出と、

を含む画像処理方法。

[請求項20] 画像において断片化された細胞領域をつないで細胞を抽出するプログラムであって、

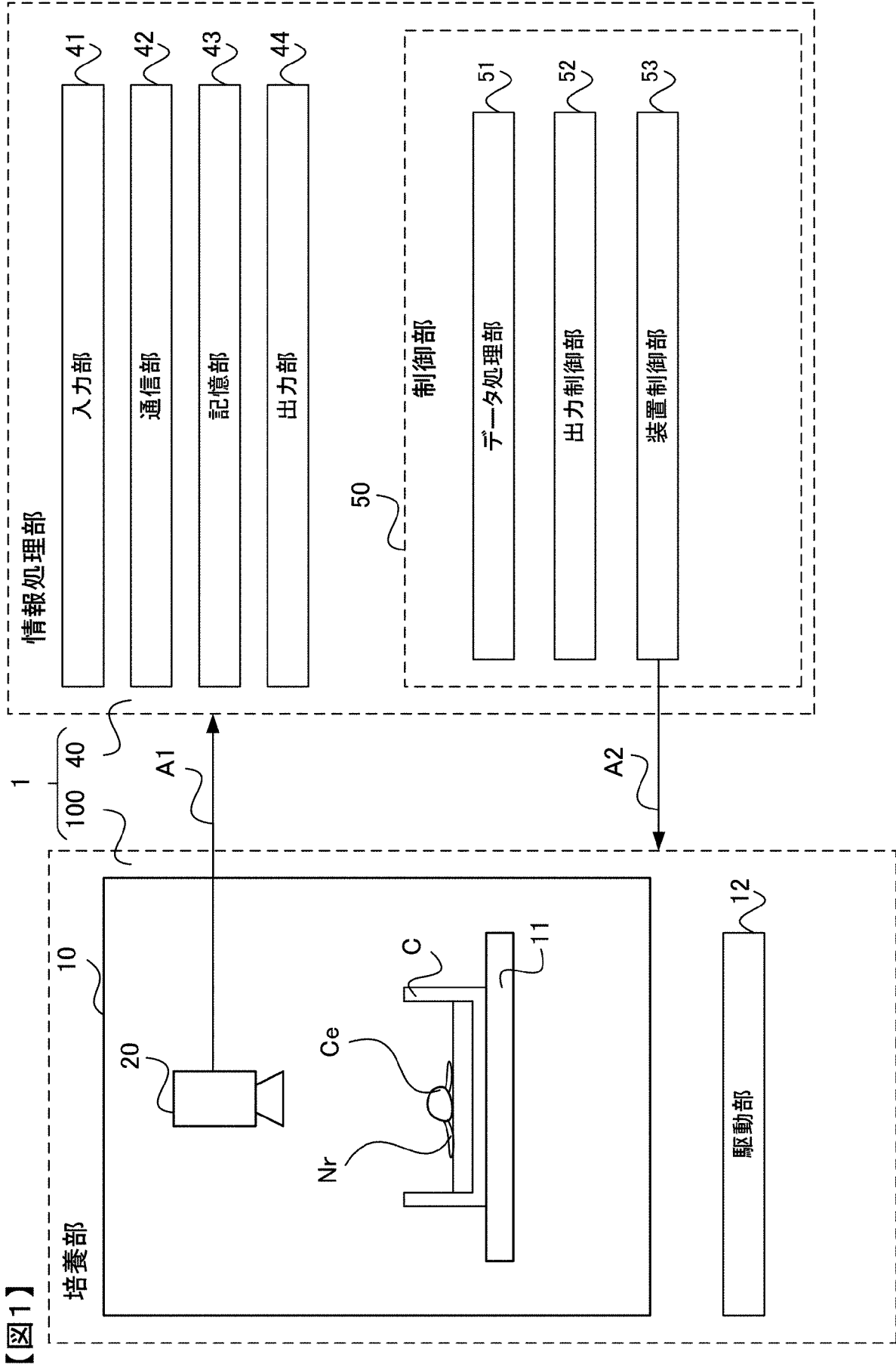
前記画像の中から断片化された細胞領域を取得する取得処理と、

前記断片化された細胞領域において第1画素を設定する第1画素設定処理と、

前記第1画素の位置に基づいて複数の画素群を設定し、前記複数の画素群に含まれる画素の輝度値に基づいて第2画素を選択し、次いで、前記第1画素と前記第2画素とをつないで細胞を抽出する抽出処理と、

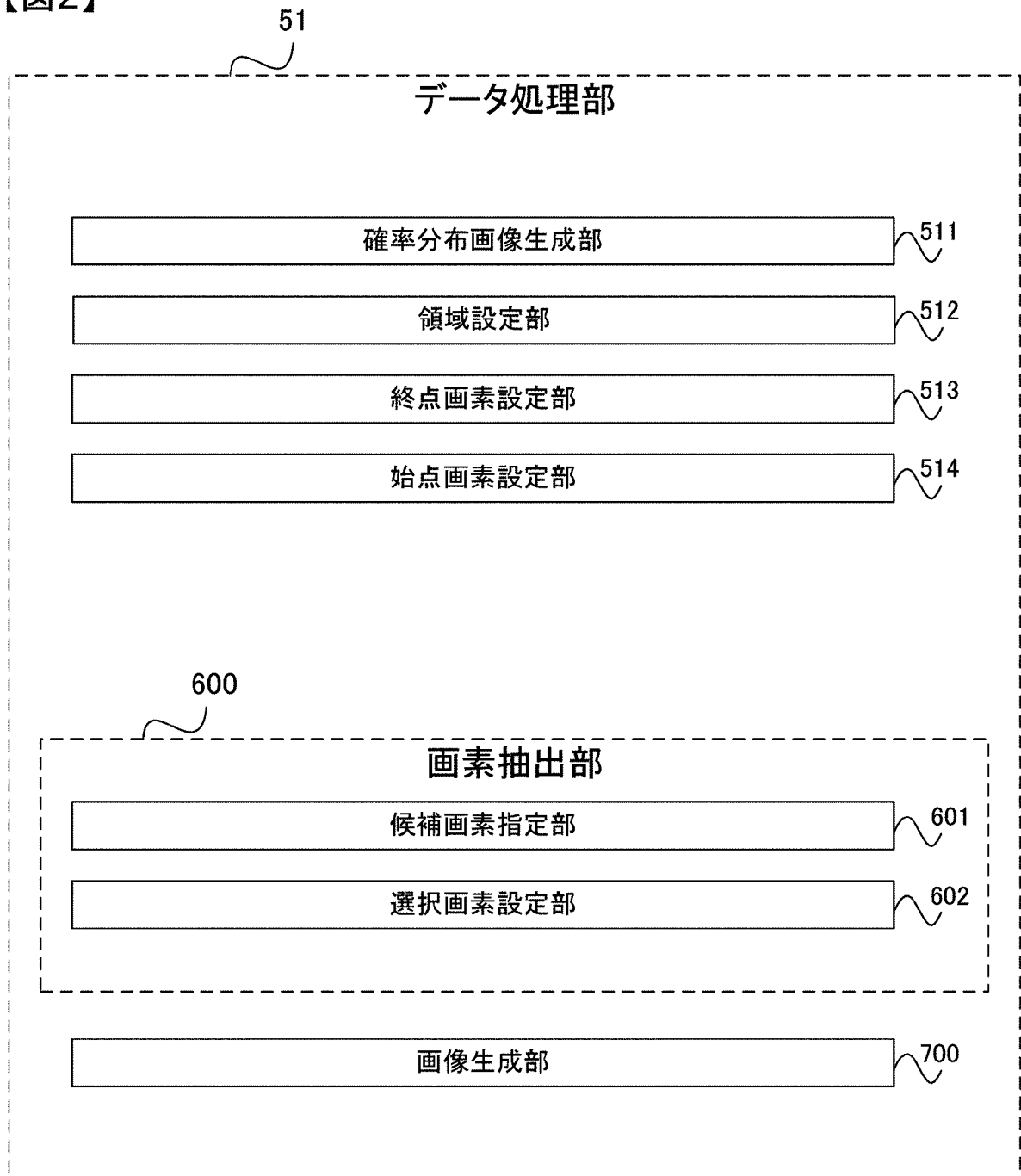
を処理装置に行わせるプログラム。

【図1】



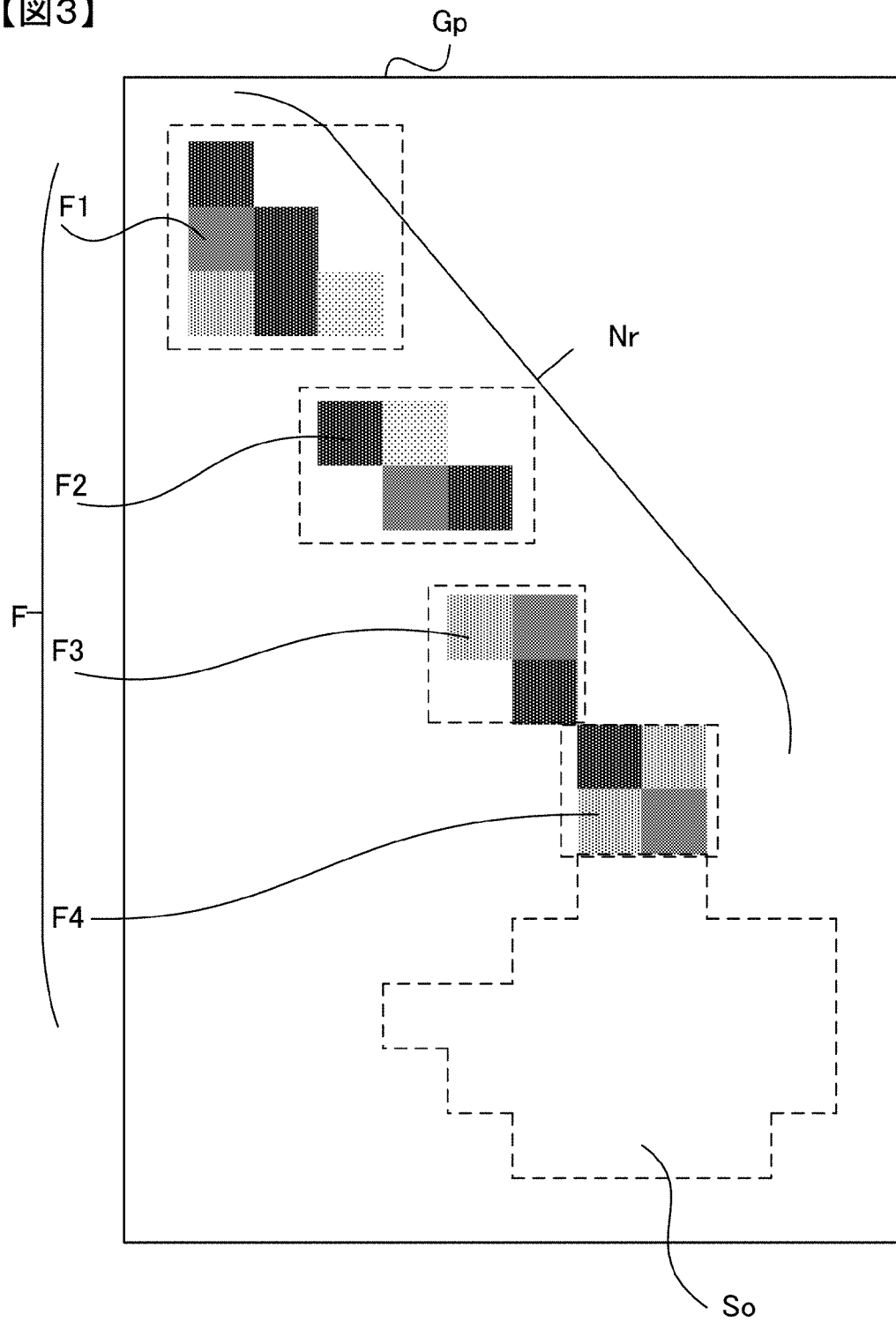
[図2]

【図2】



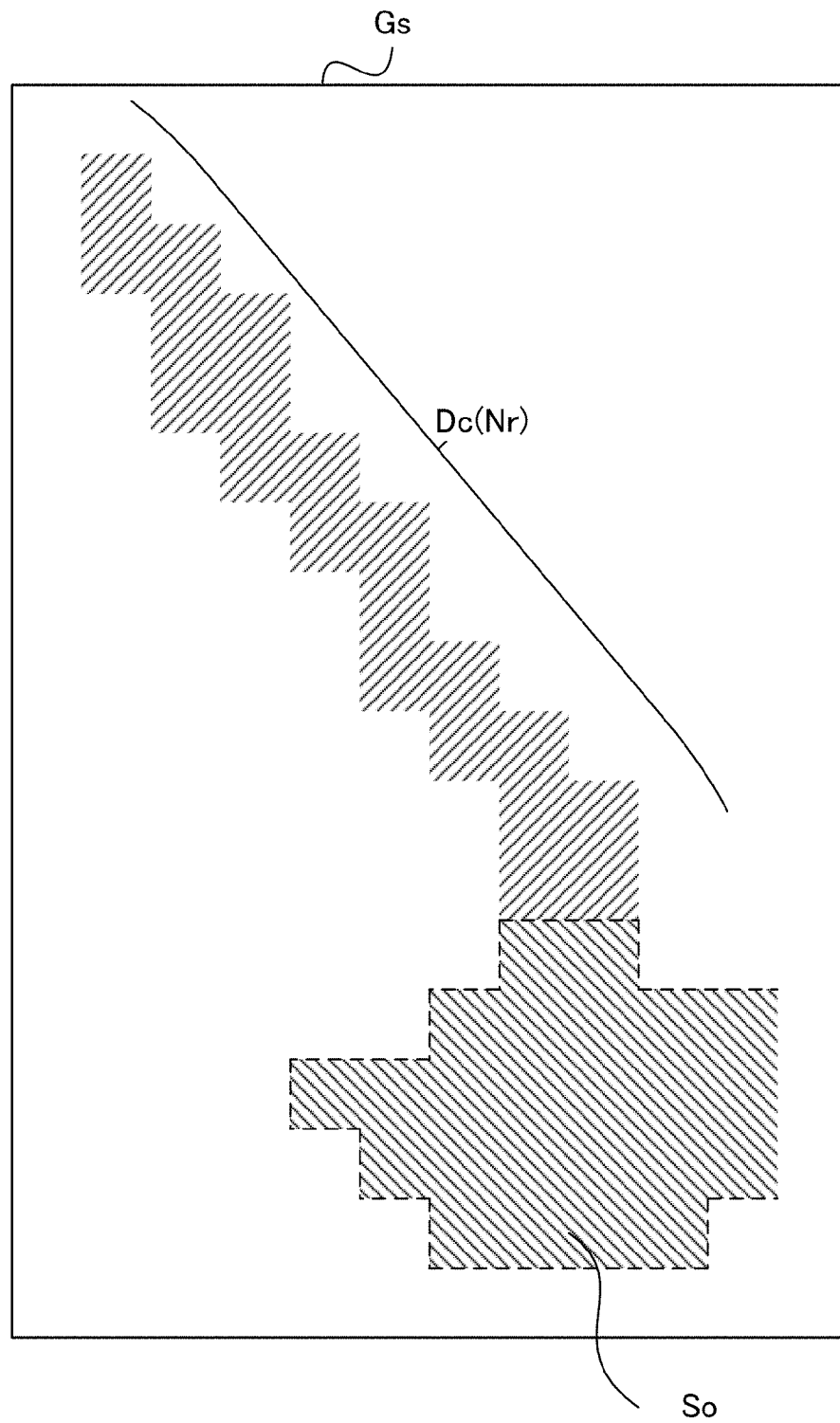
[図3]

【図3】



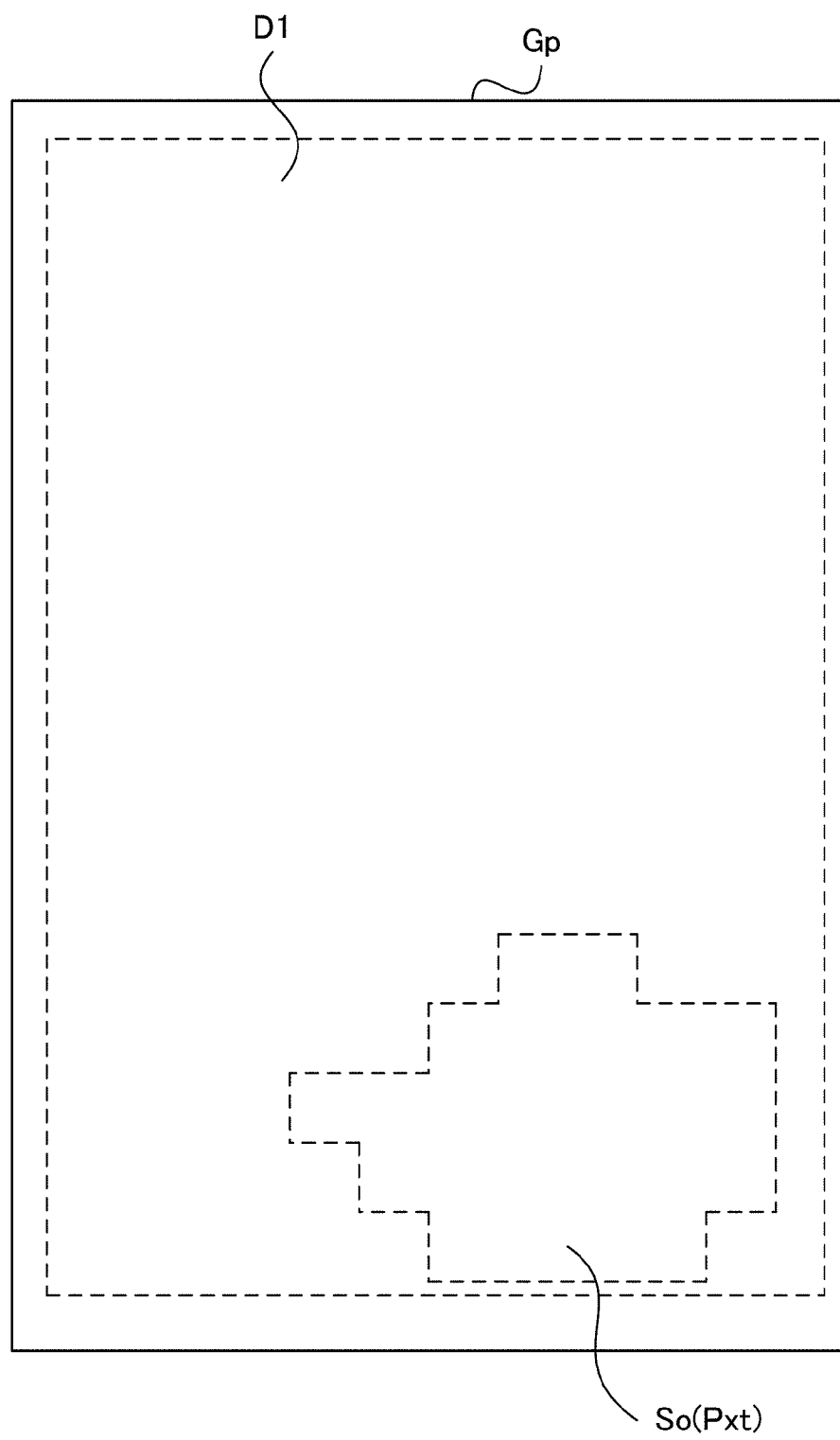
[図4]

【図4】

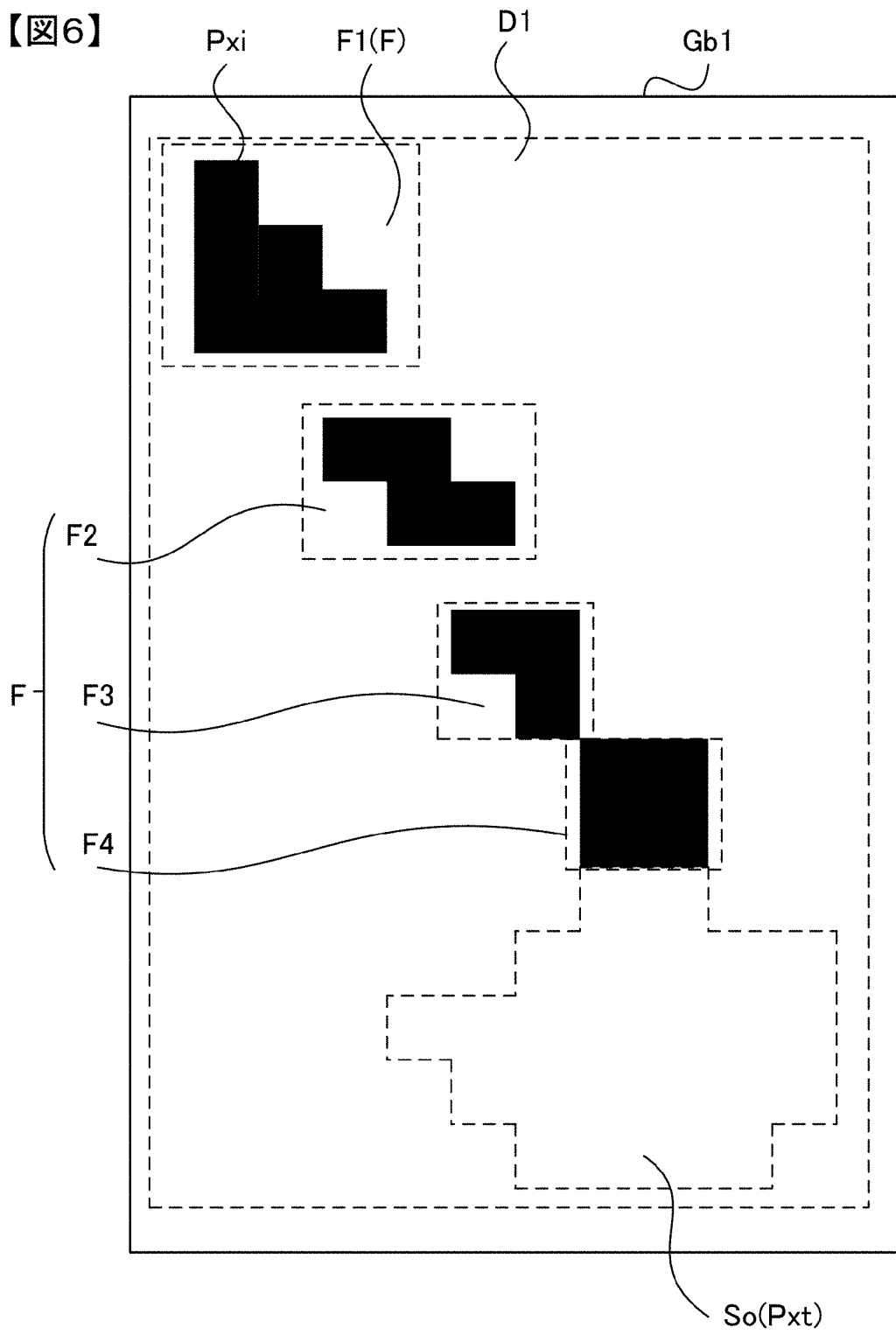


[図5]

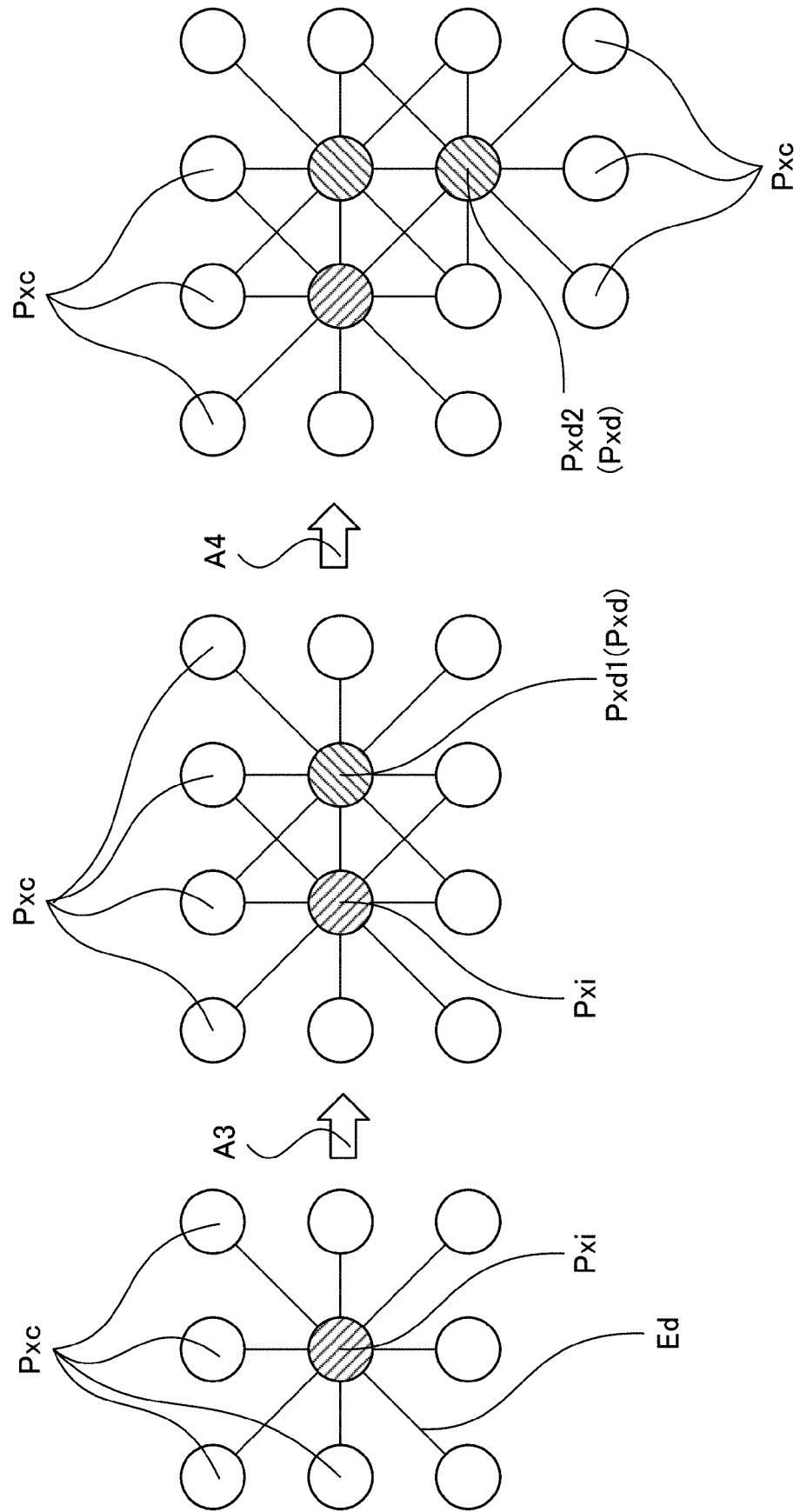
【図5】



[図6]



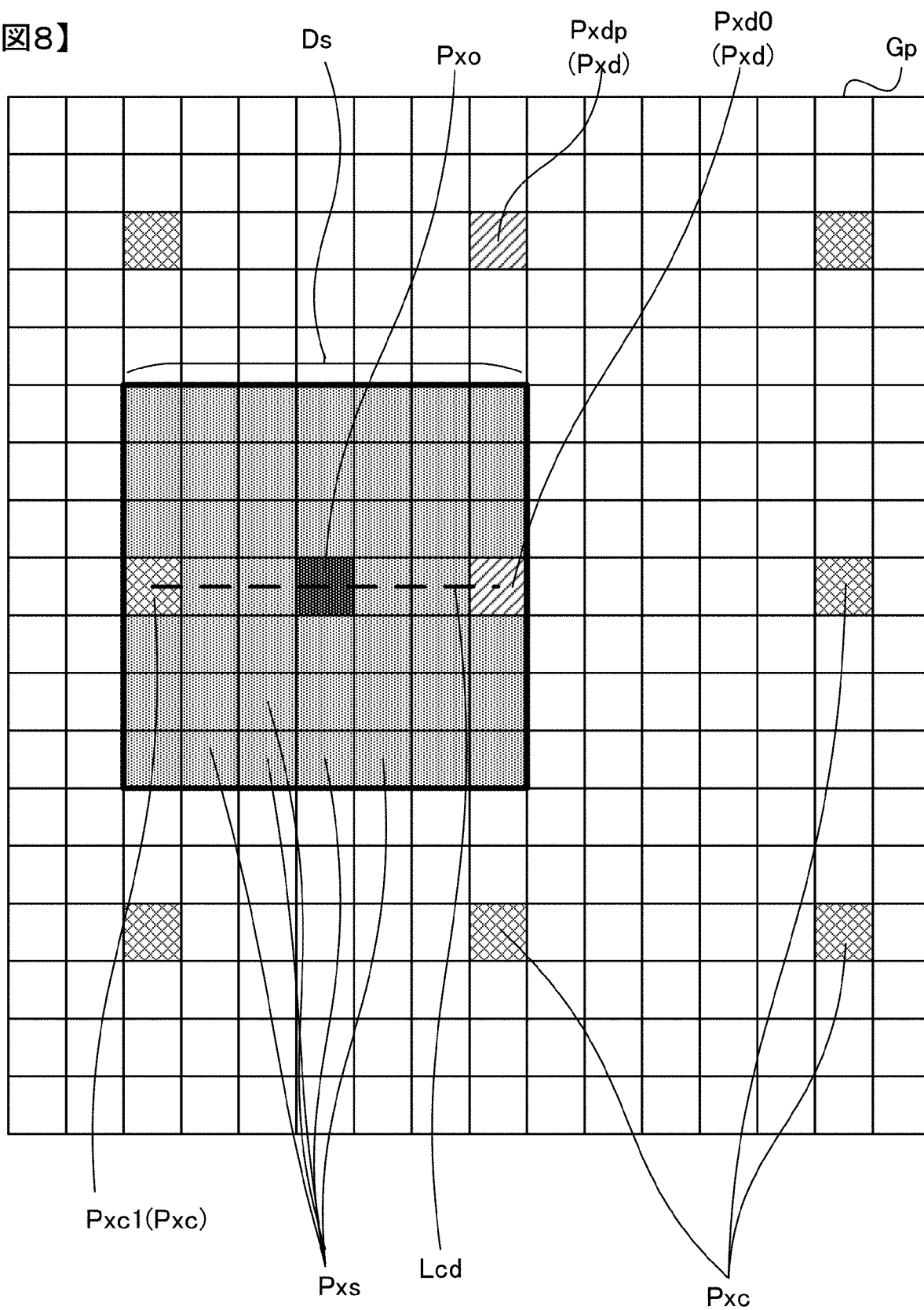
【図7】



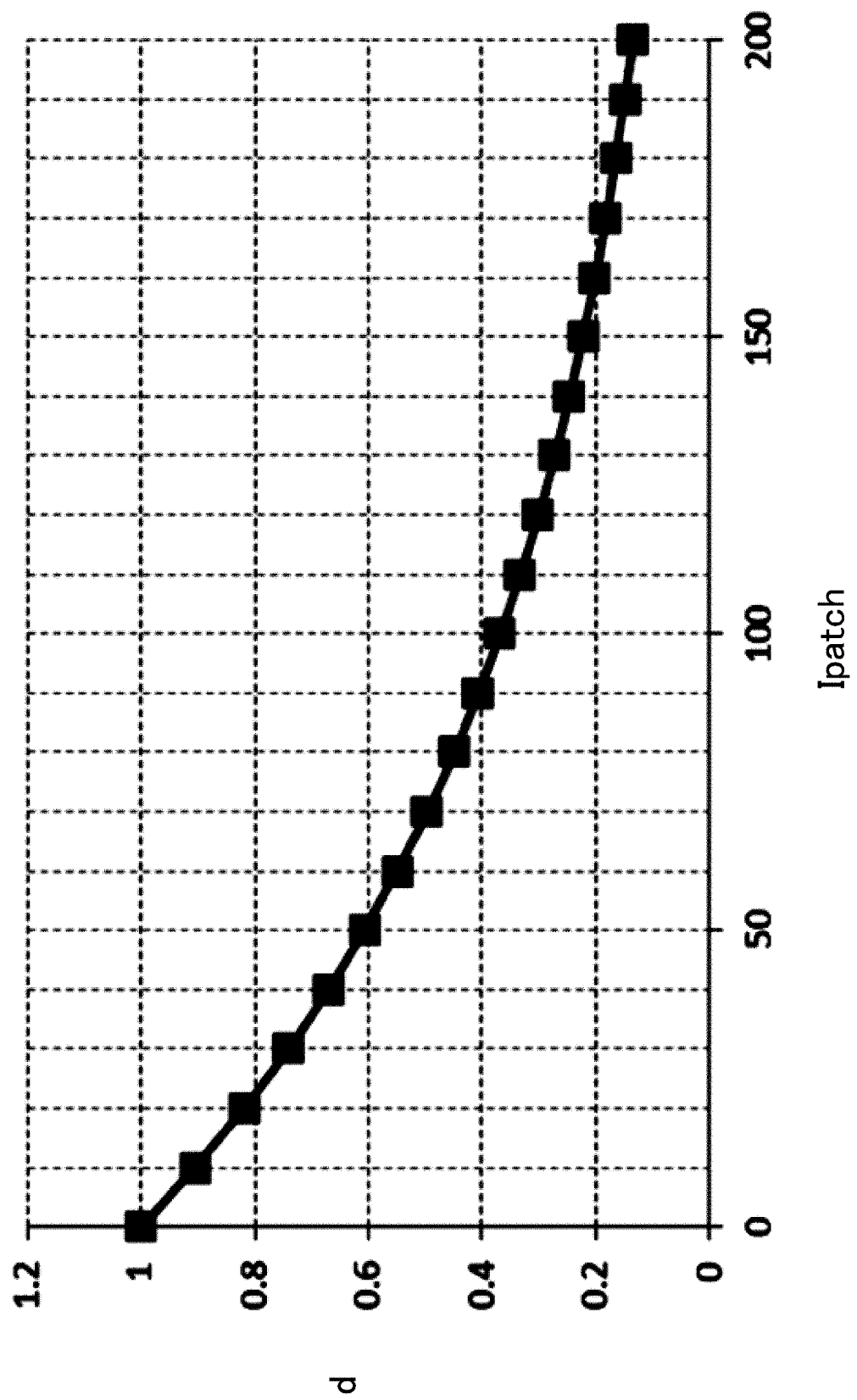
【図7】

[図8]

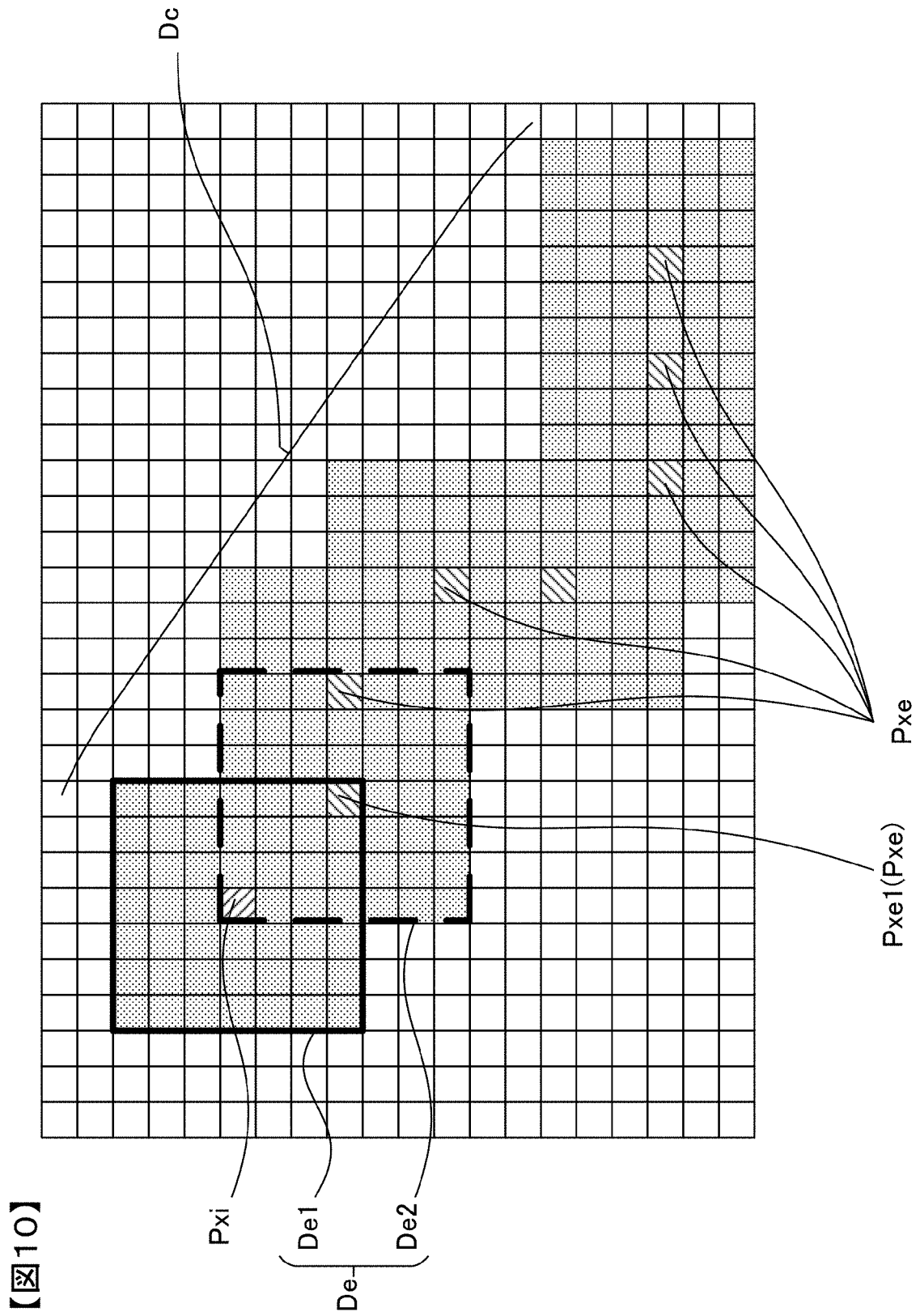
【図8】



【図9】

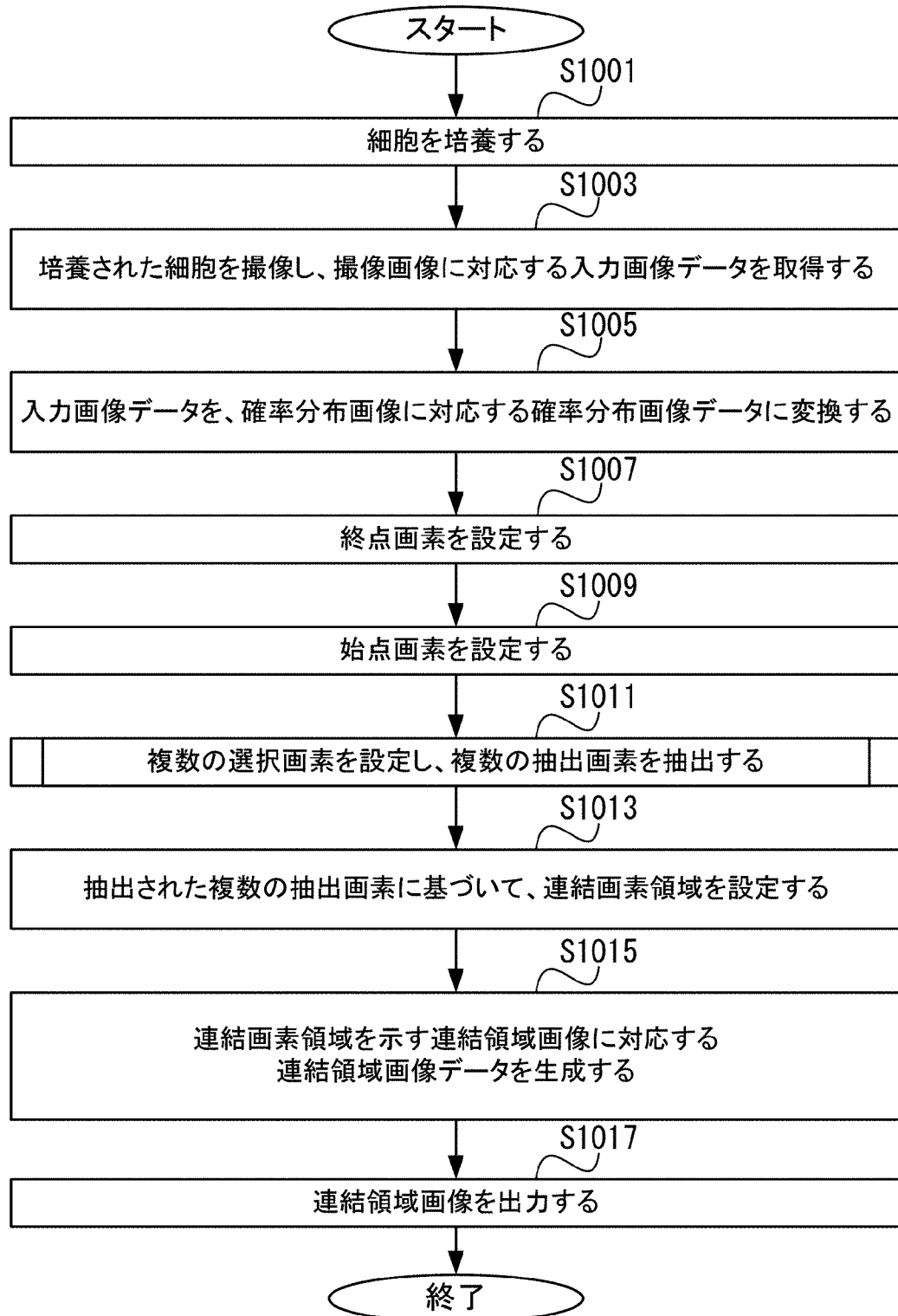


[図10]



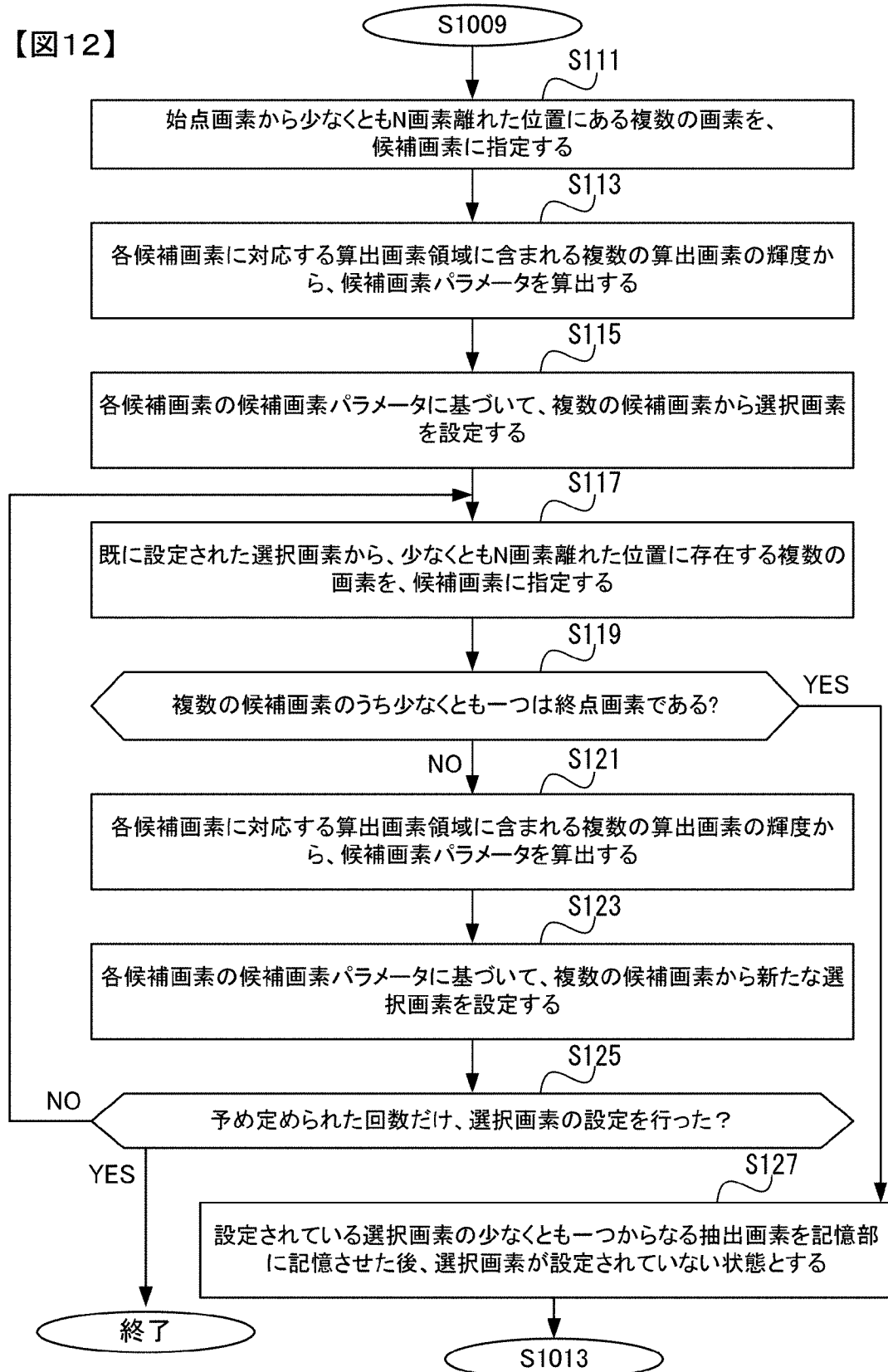
[図11]

【図11】



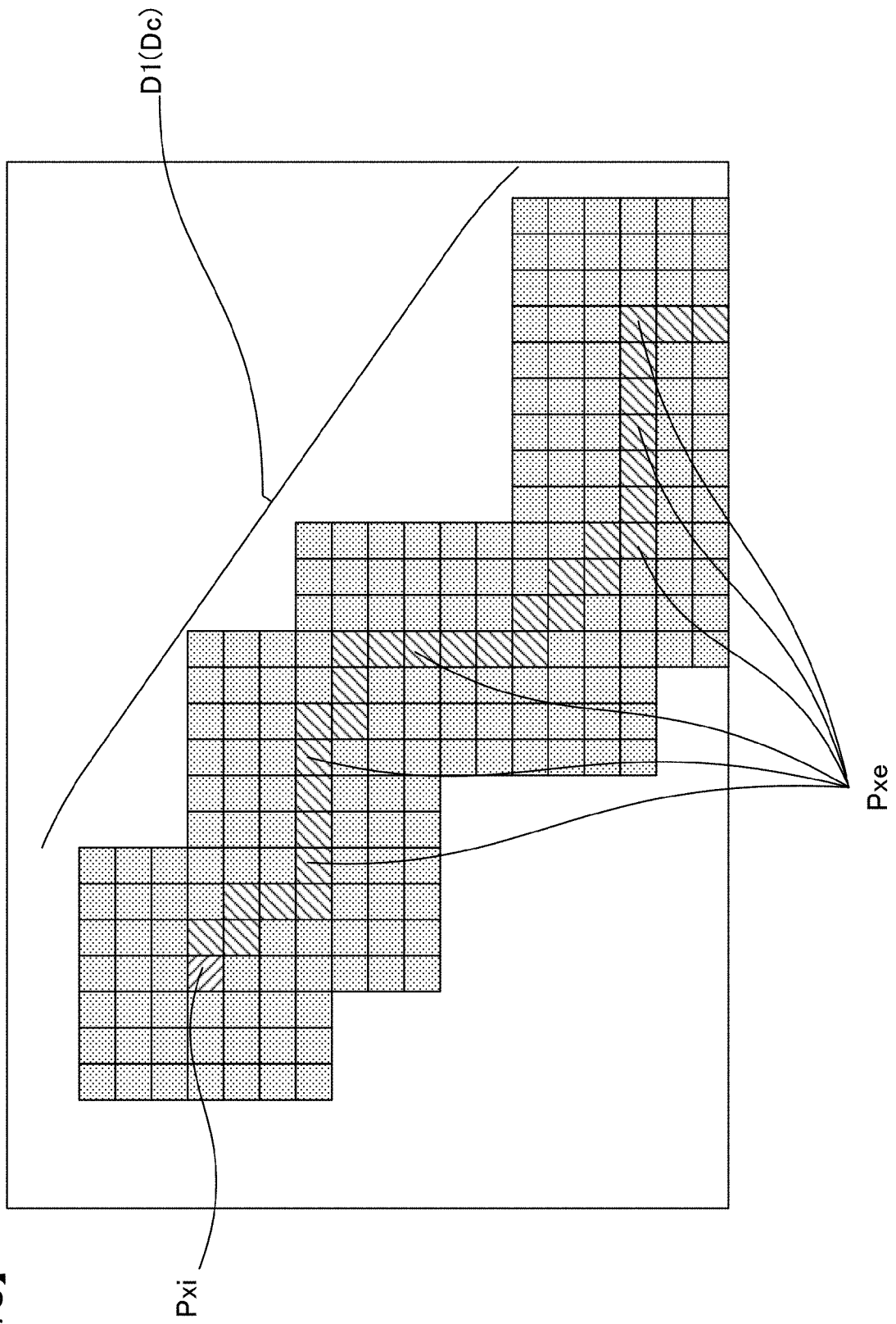
[図12]

【図12】



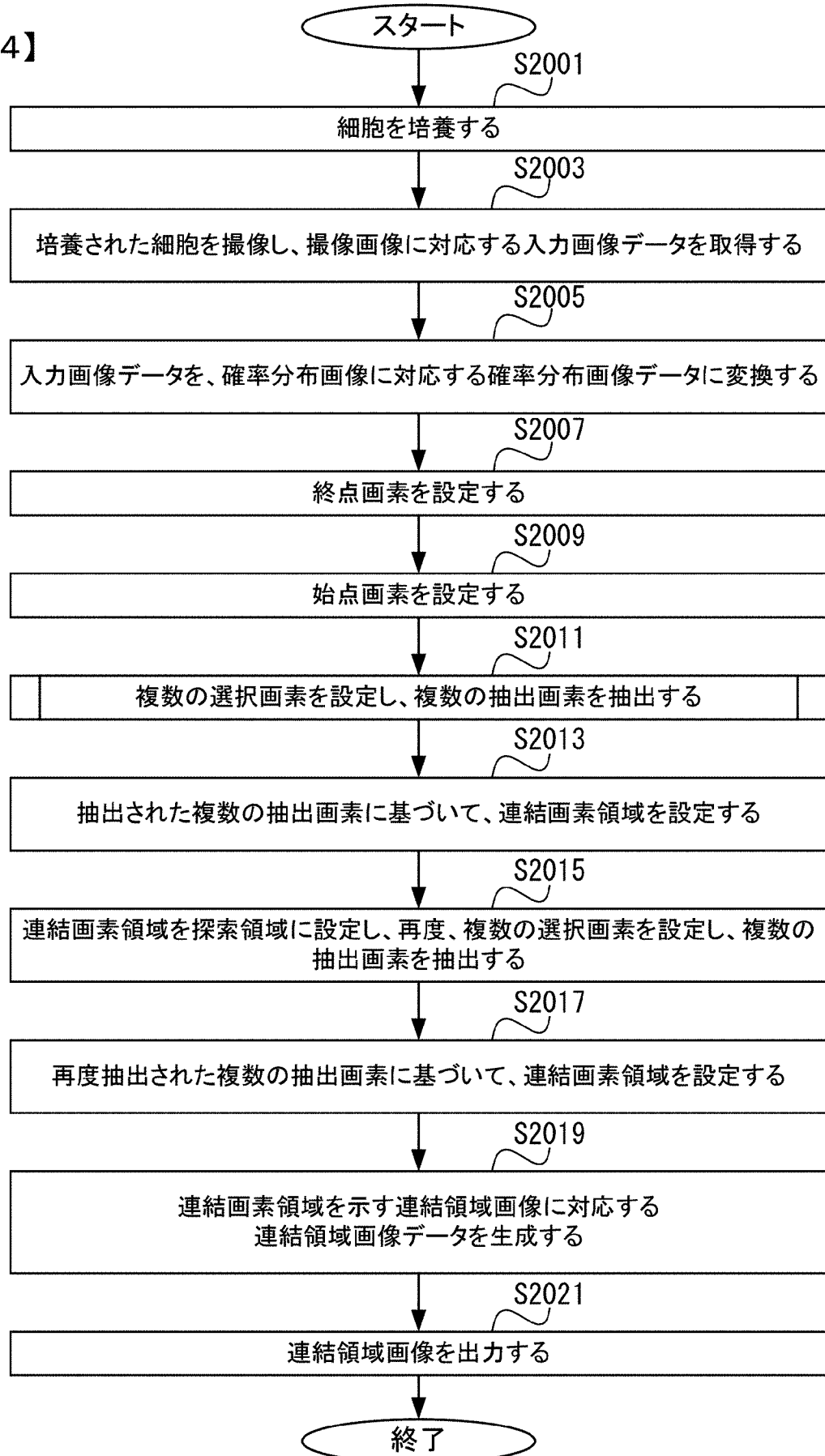
[図13]

【図13】



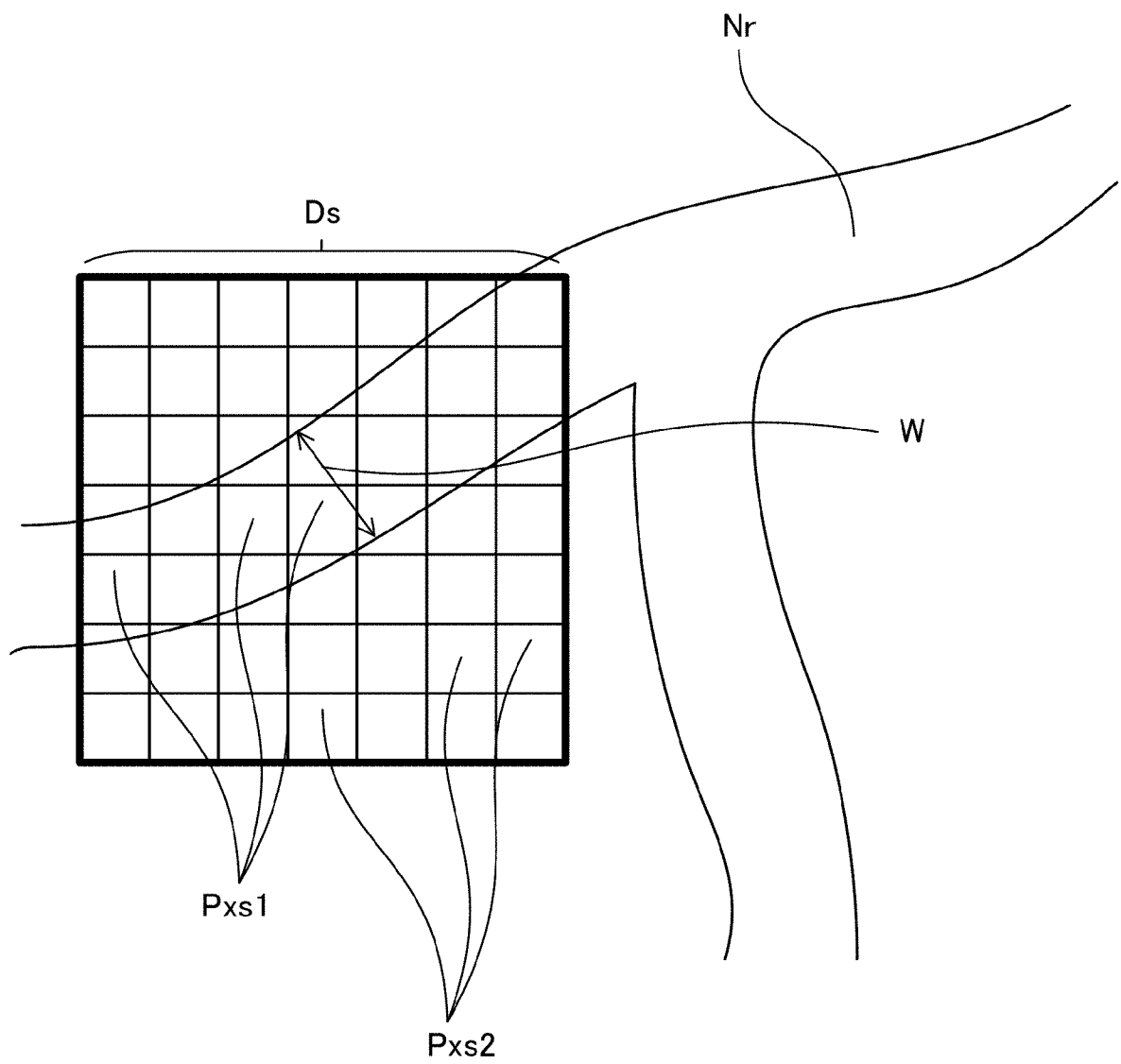
[図14]

【図14】



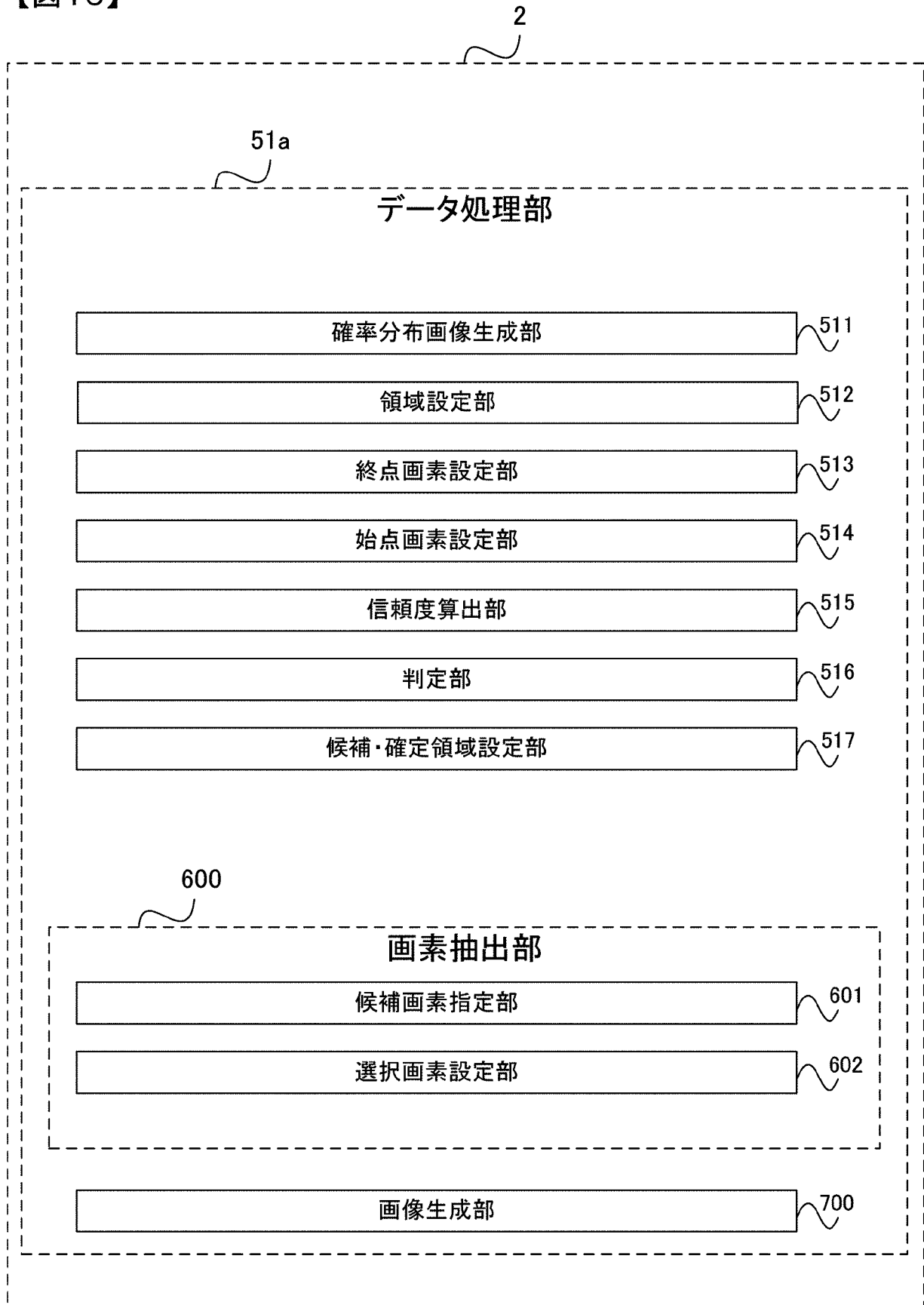
[図15]

【図15】



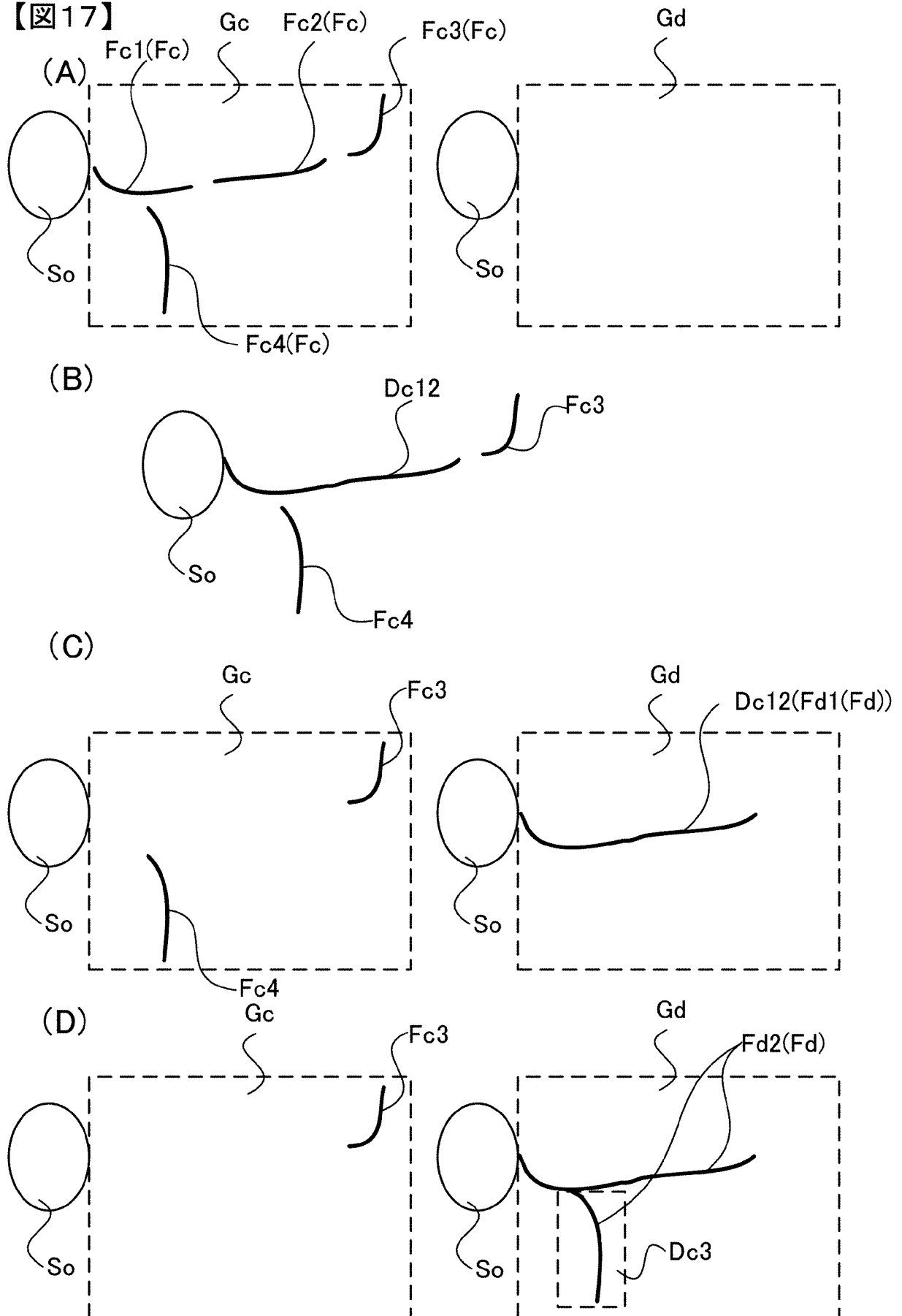
[図16]

【図16】



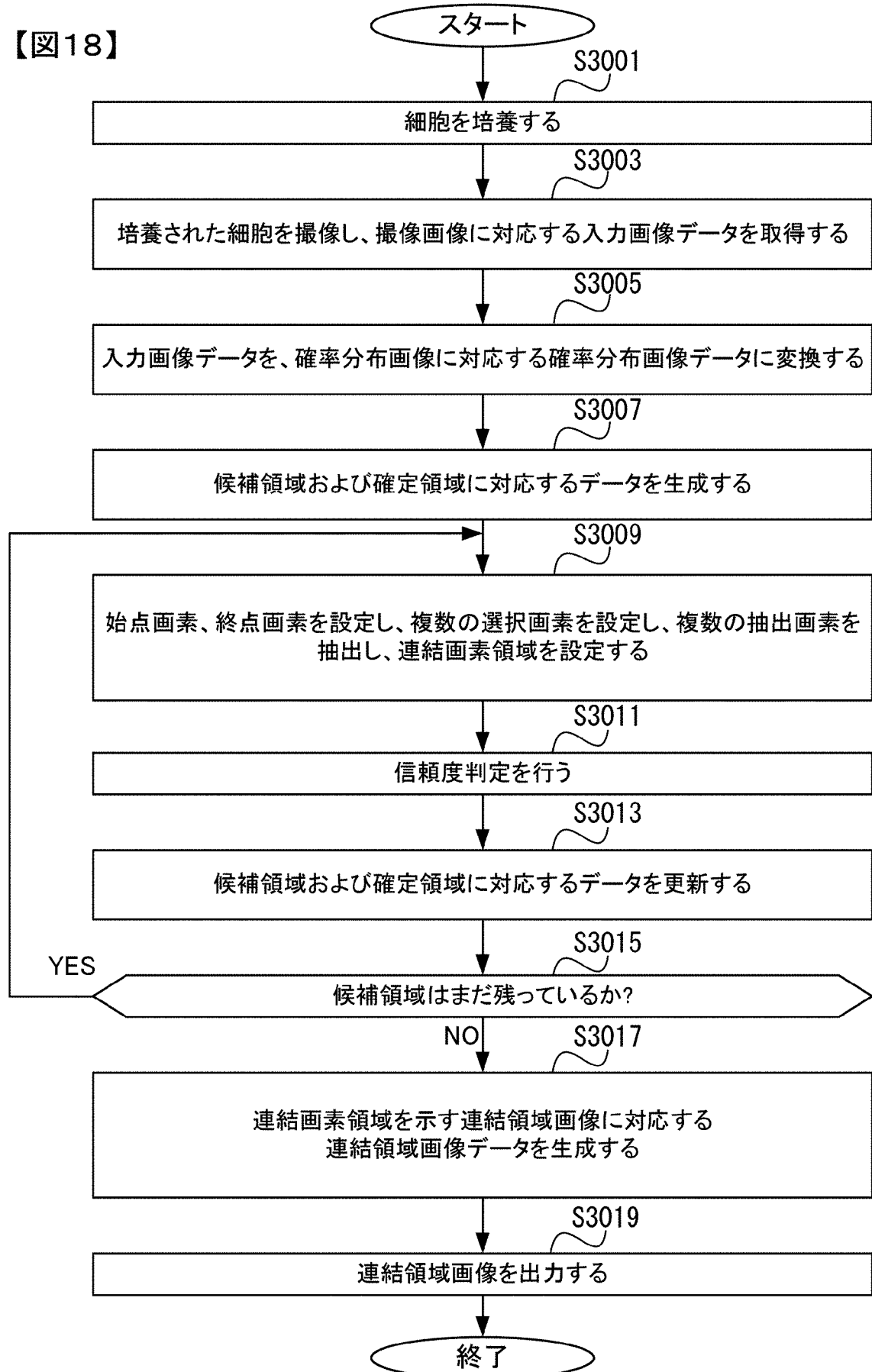
[図17]

【図17】



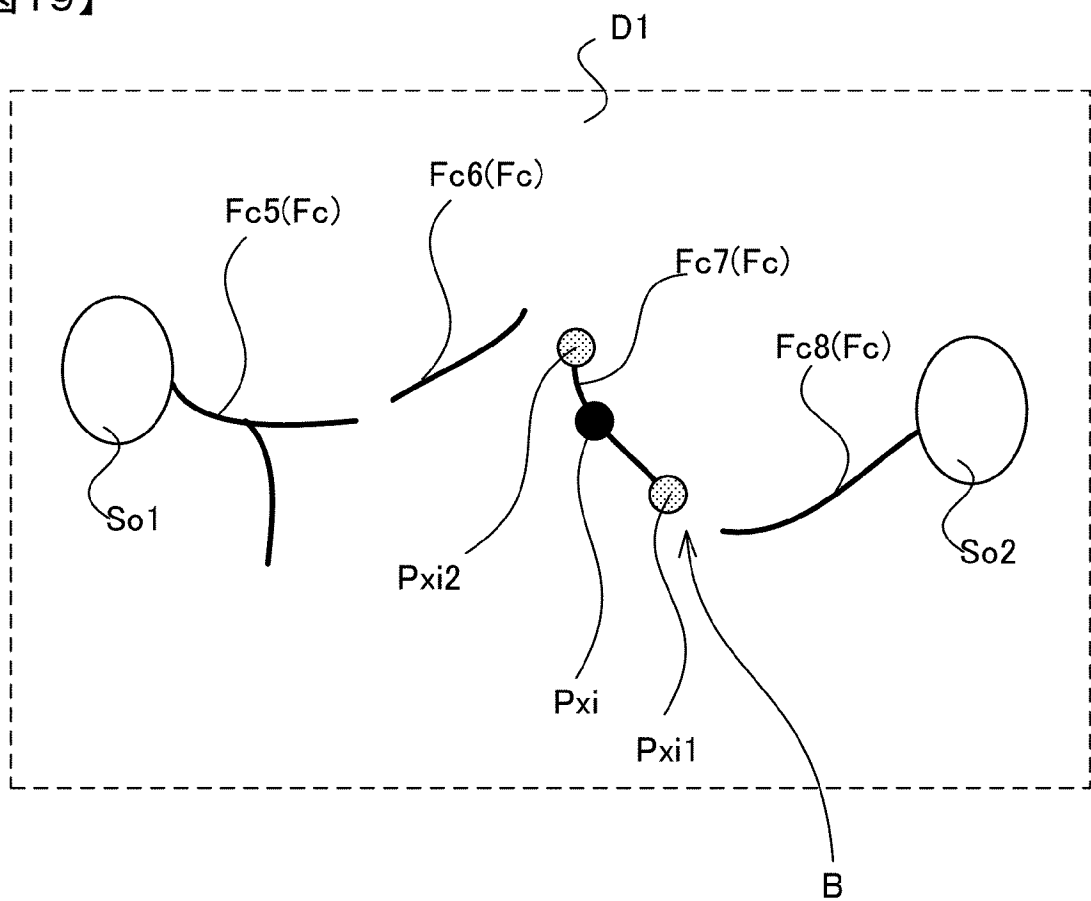
[図18]

【図18】



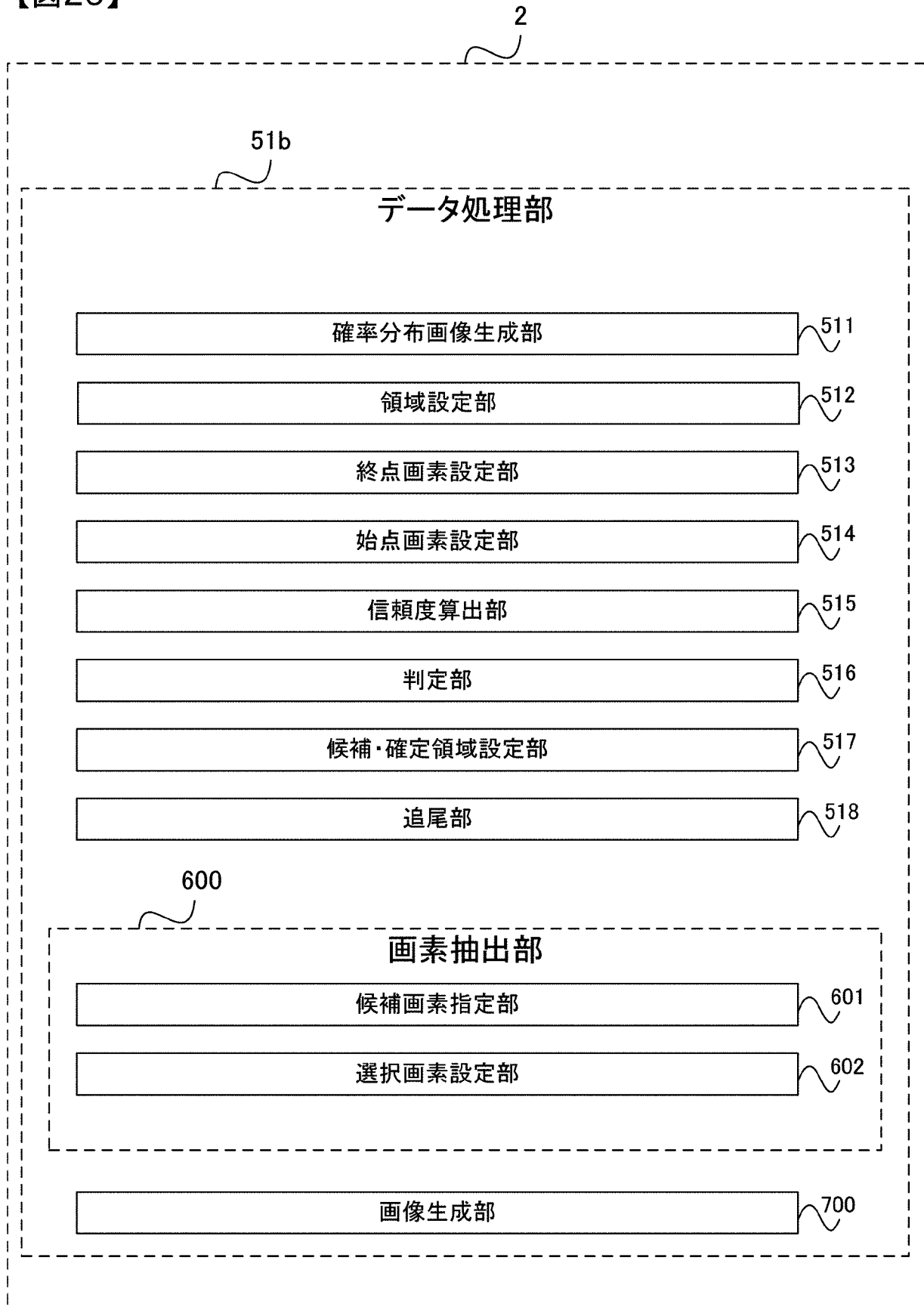
[図19]

【図19】



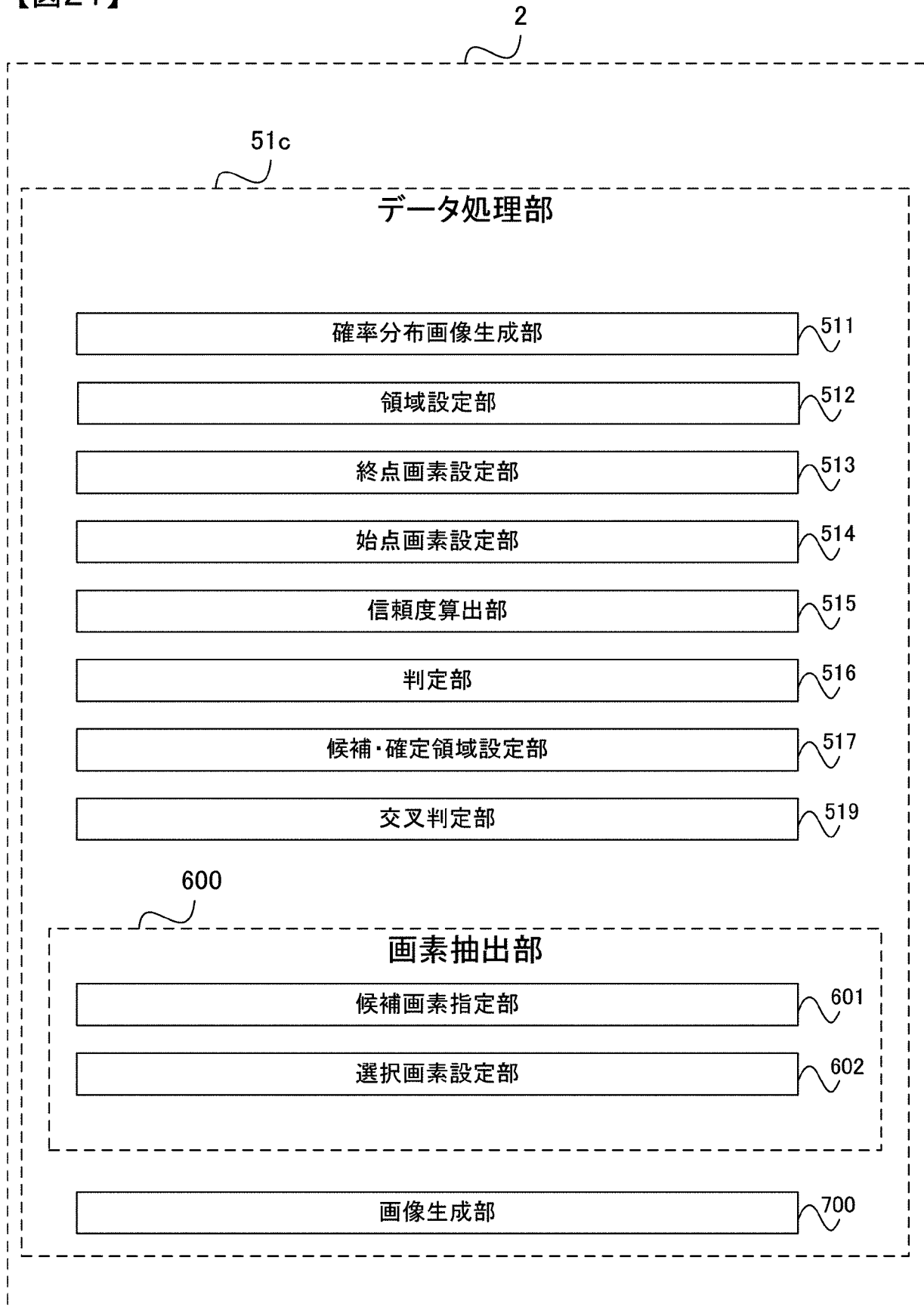
[図20]

【図20】



[図21]

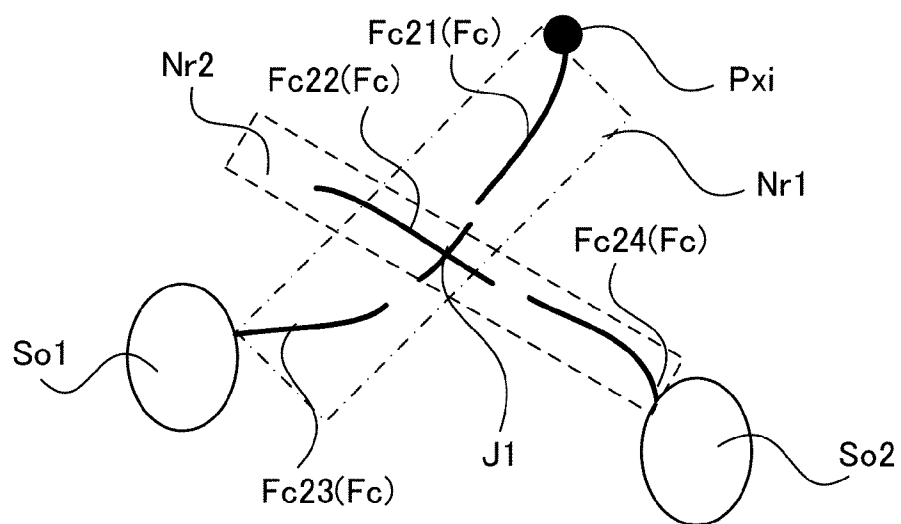
【図21】



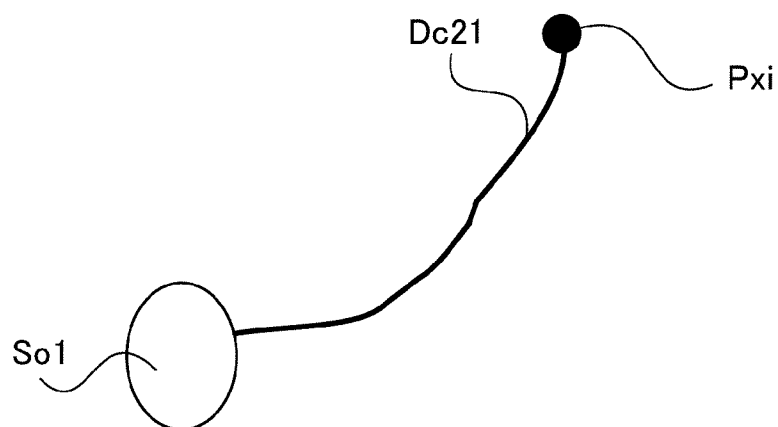
[図22]

【図22】

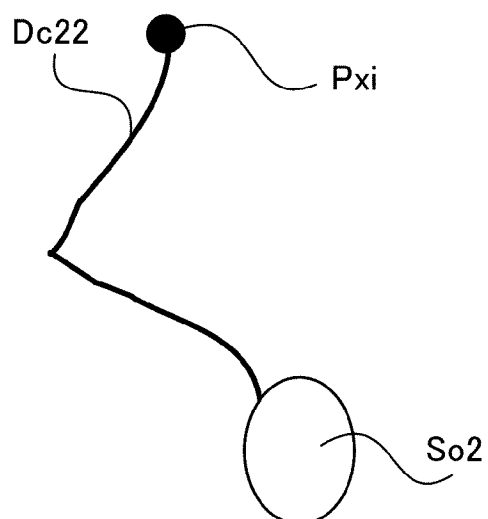
(A)



(B)



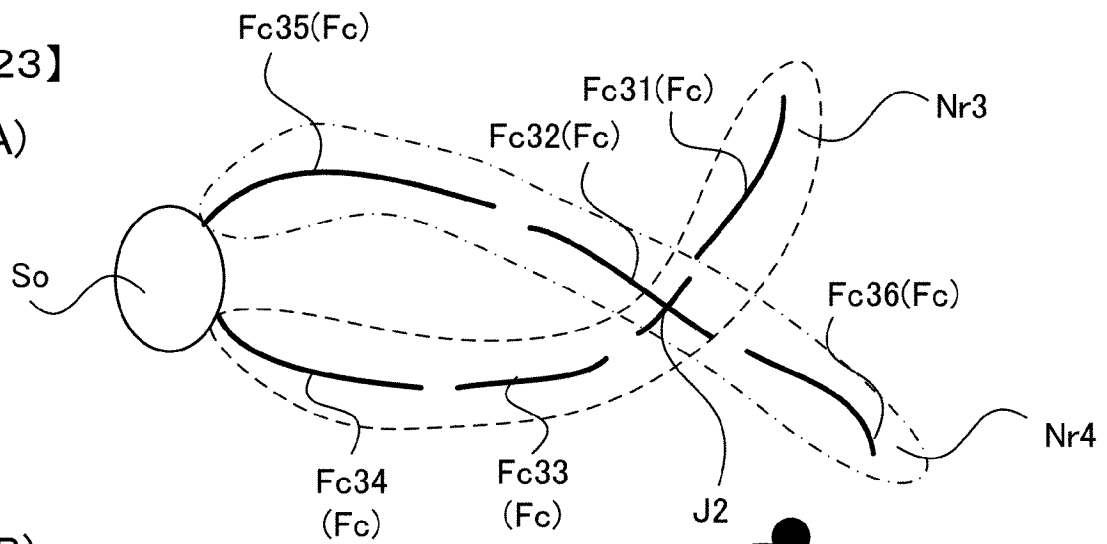
(C)



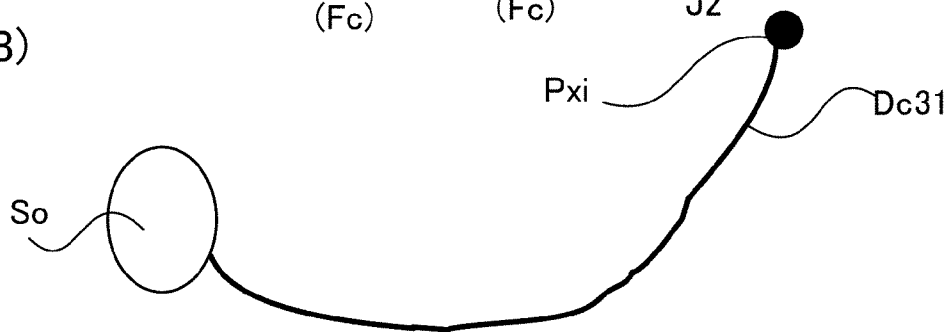
[図23]

【図23】

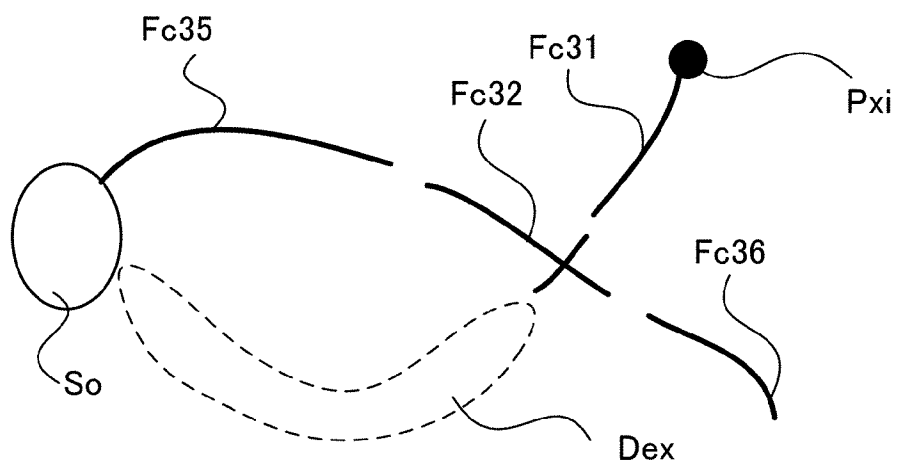
(A)



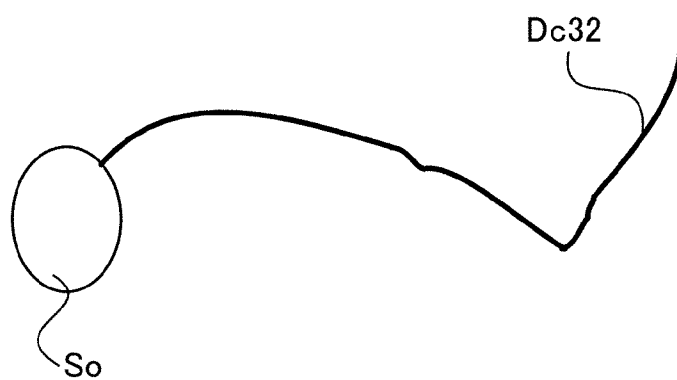
(B)



(C)

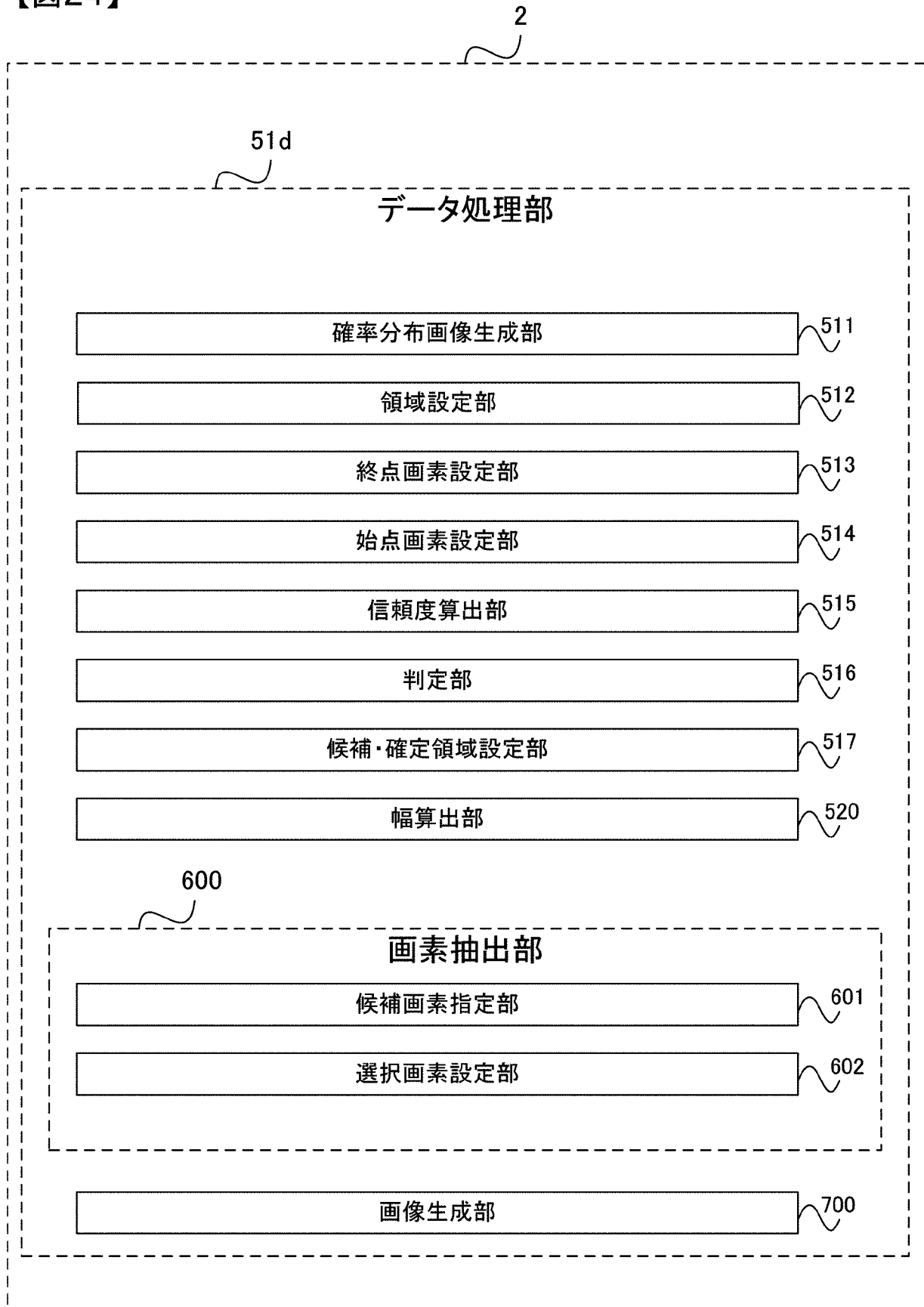


(D)



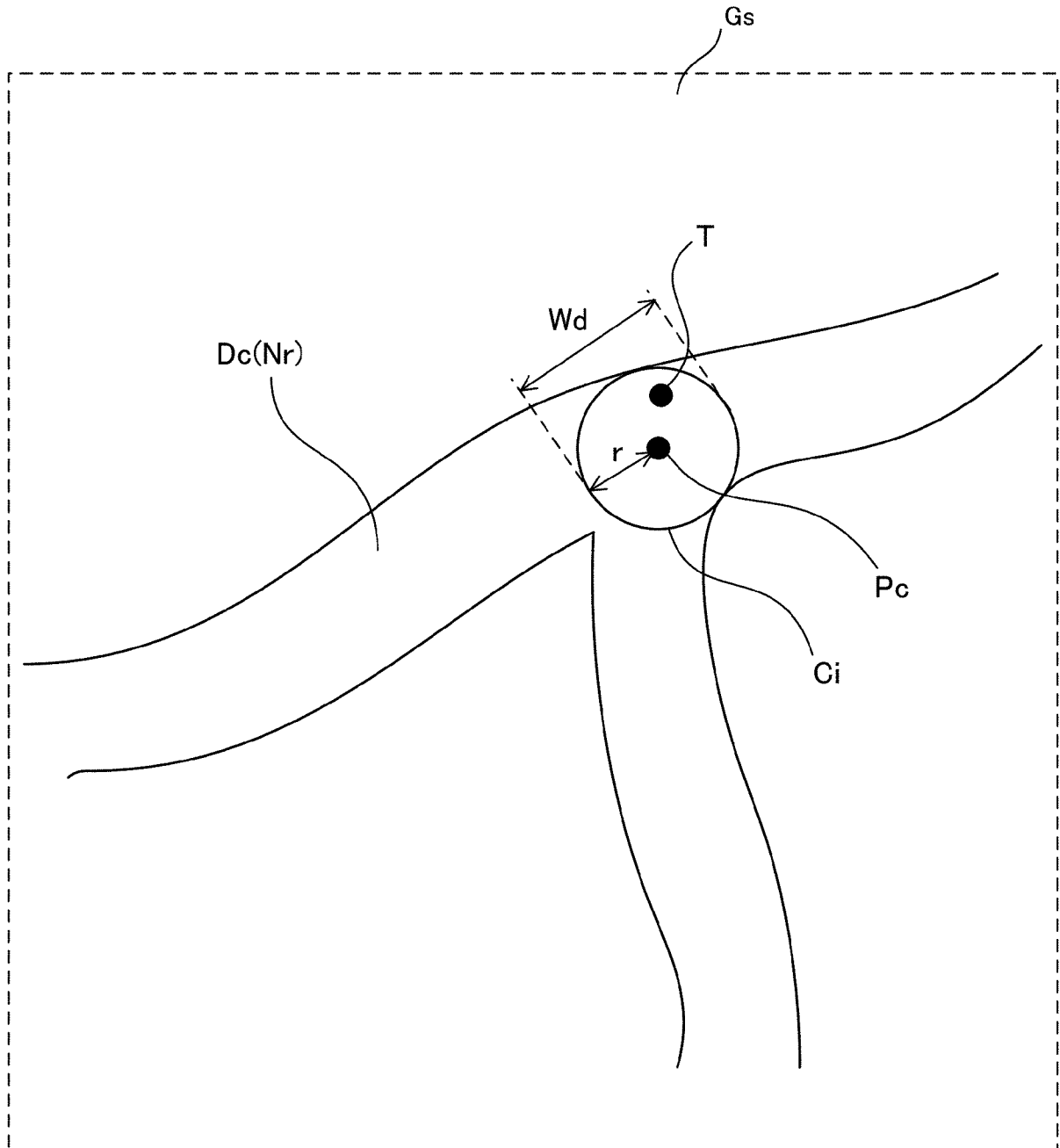
[図24]

【図24】



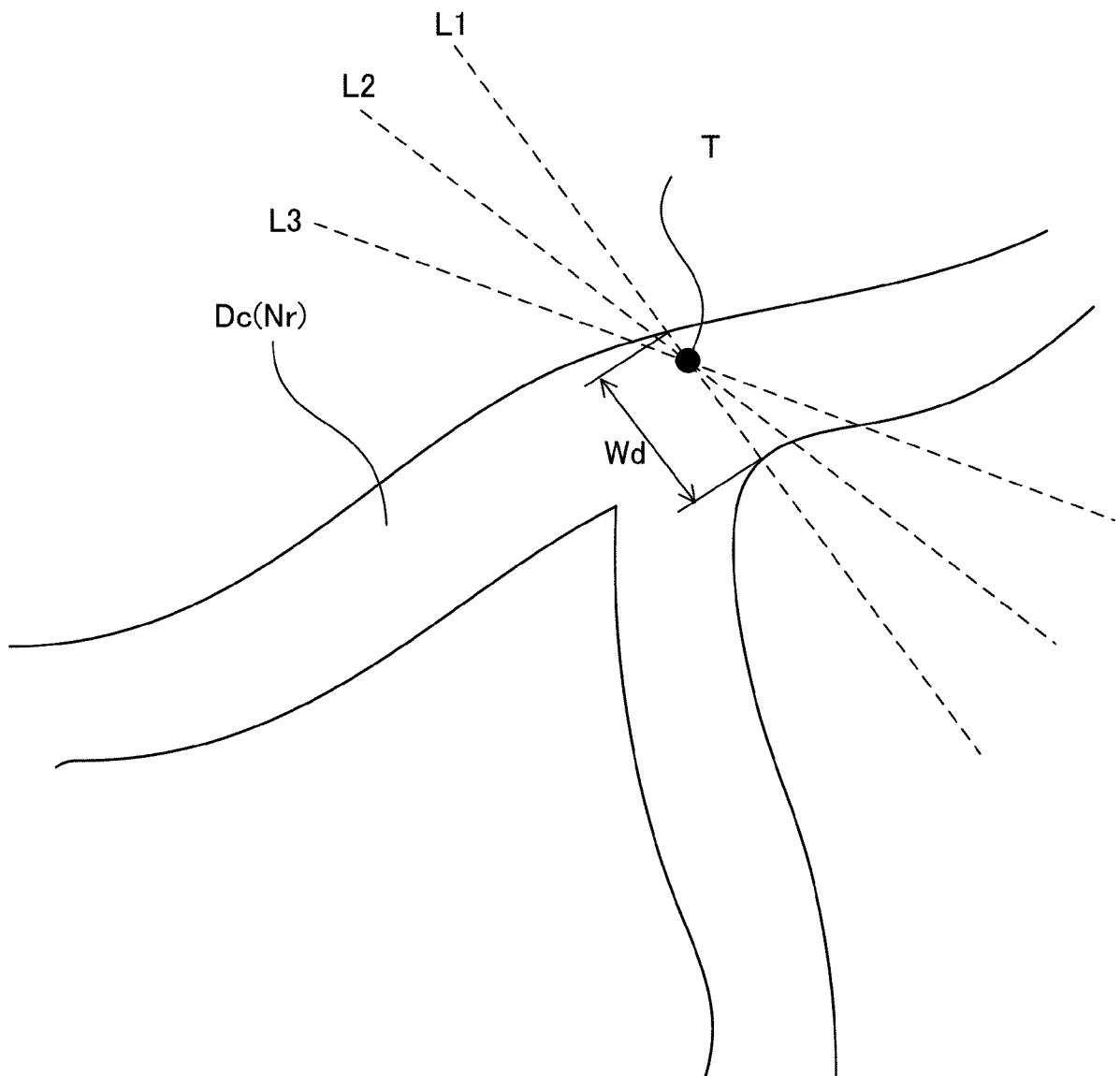
[図25]

【図25】



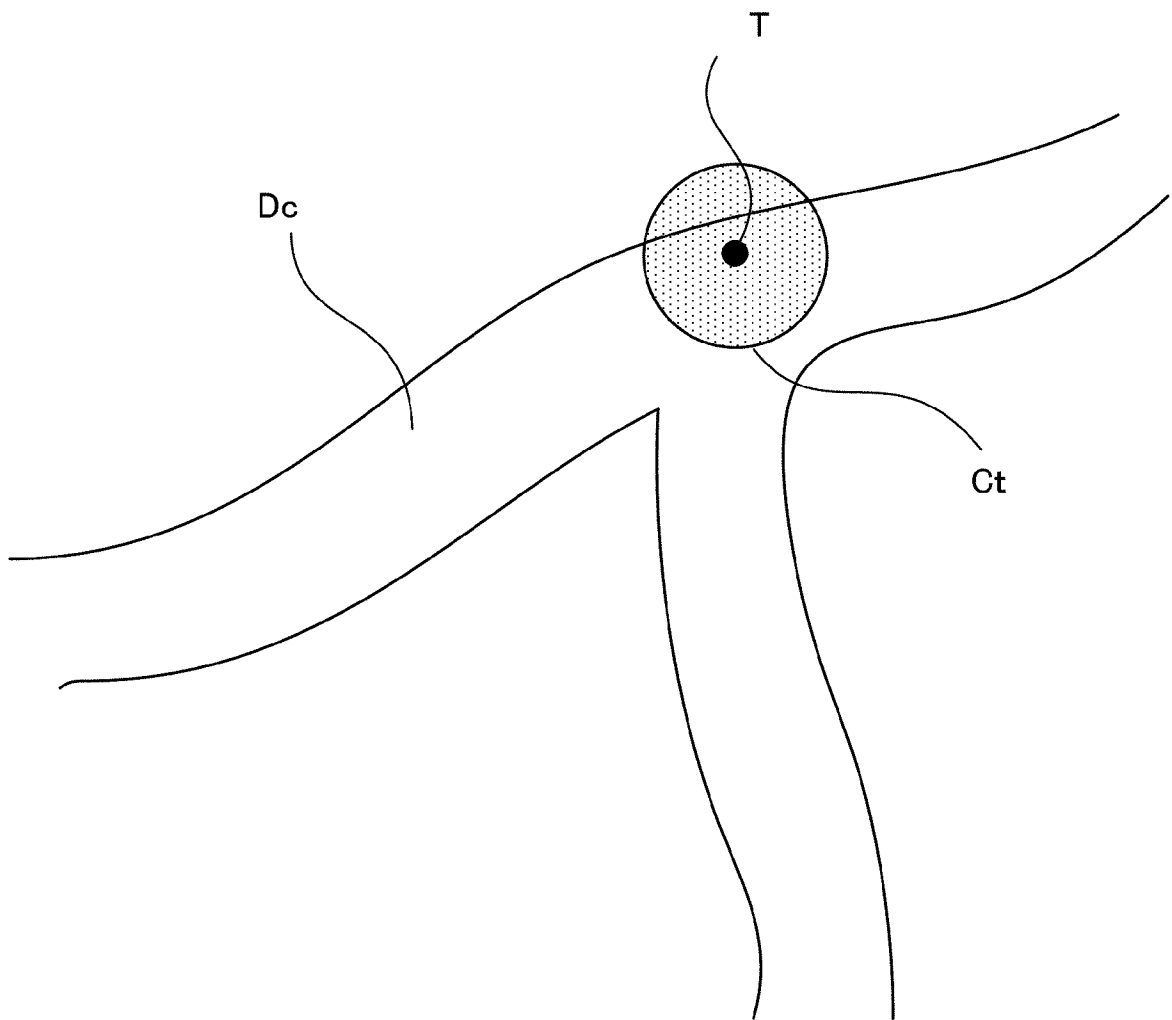
[図26]

【図26】



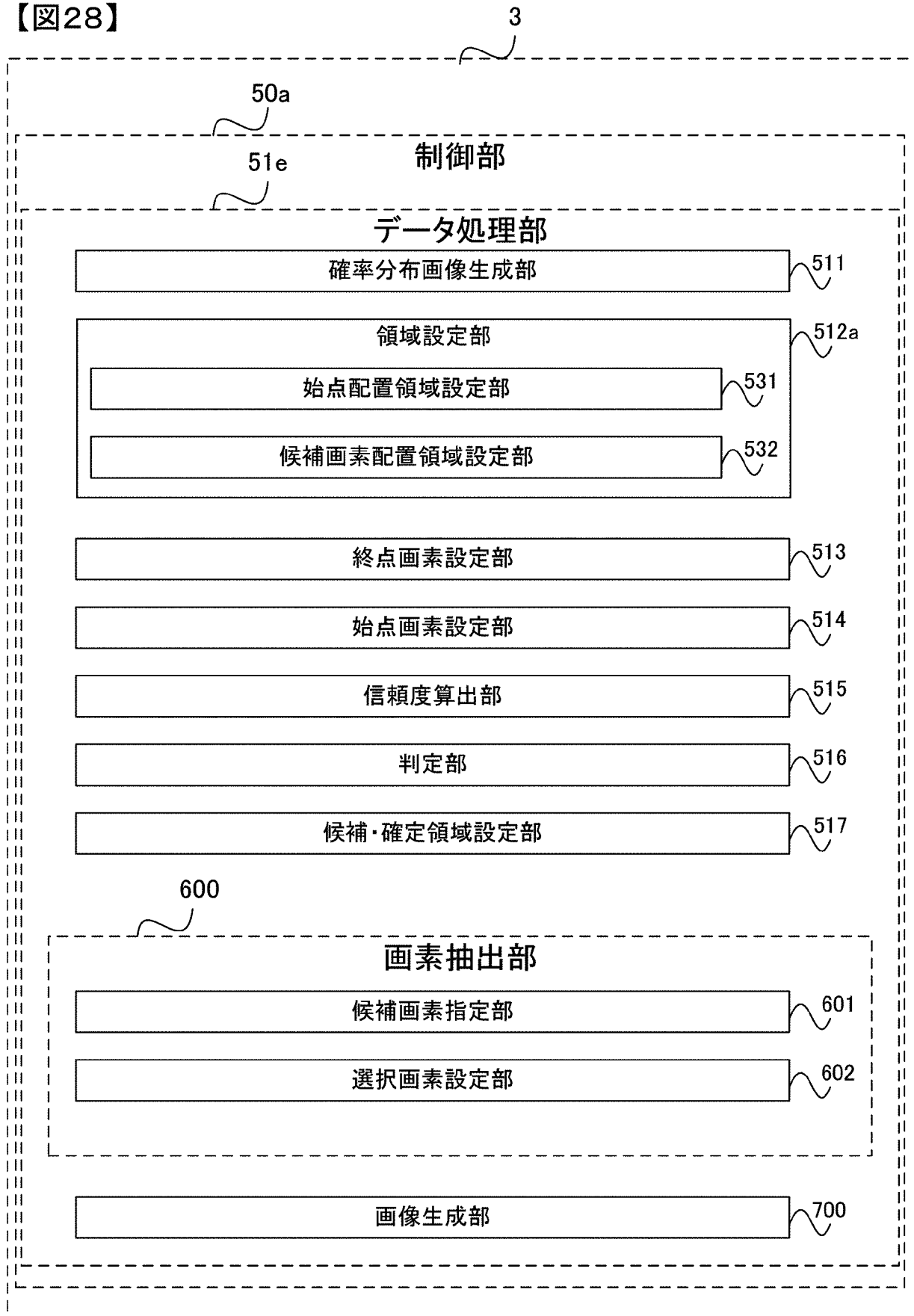
[図27]

【図27】



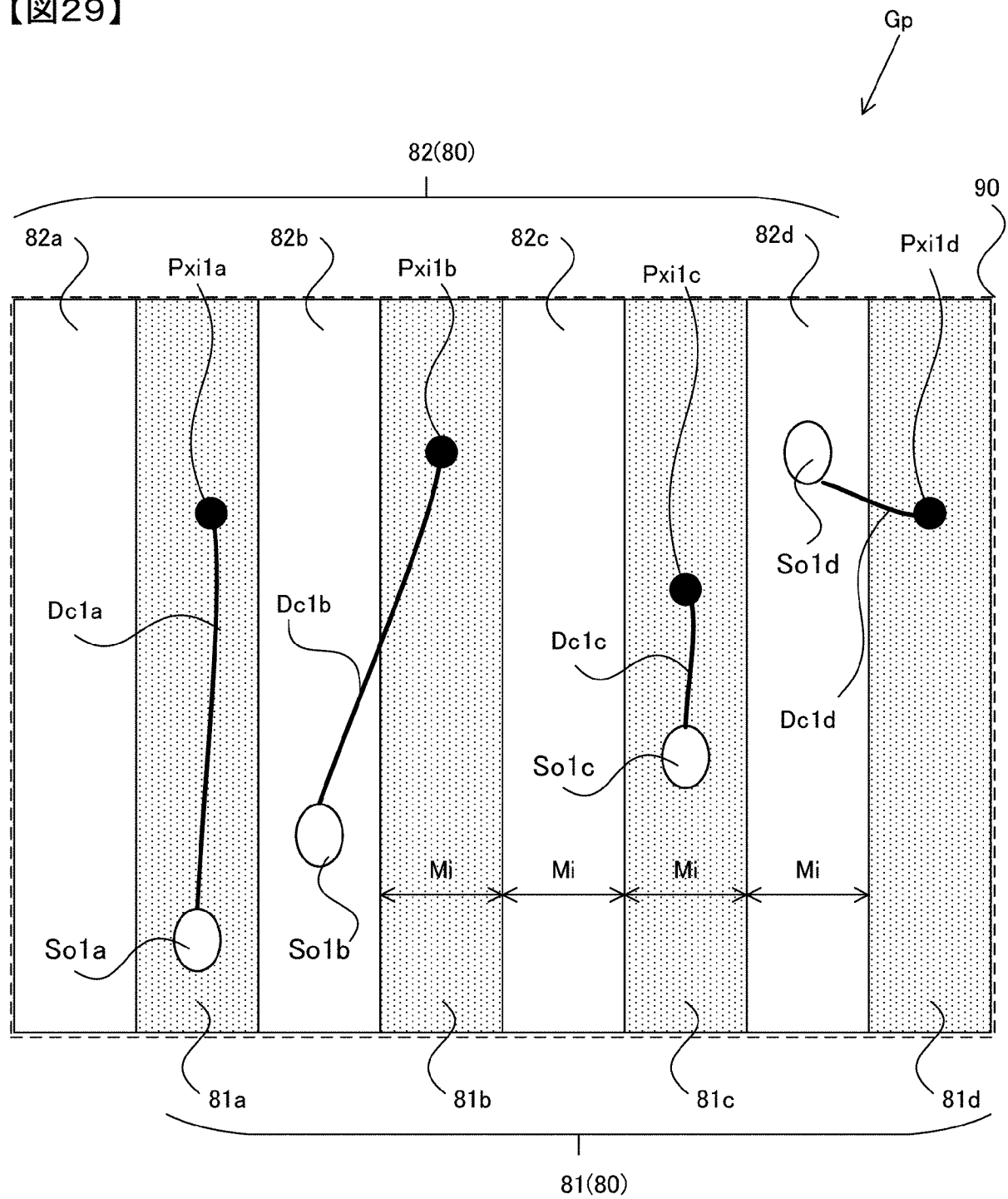
[図28]

【図28】



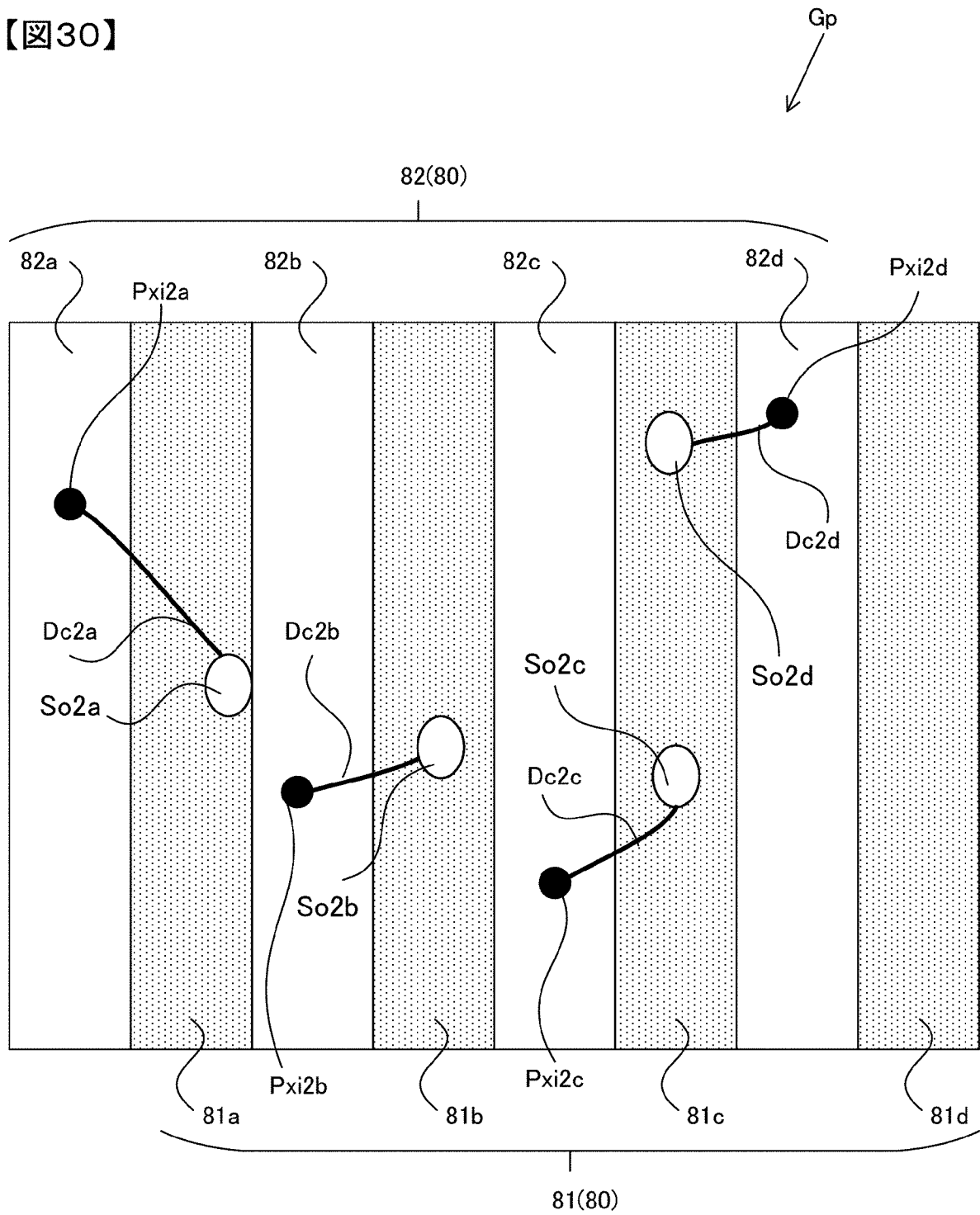
[図29]

【図29】



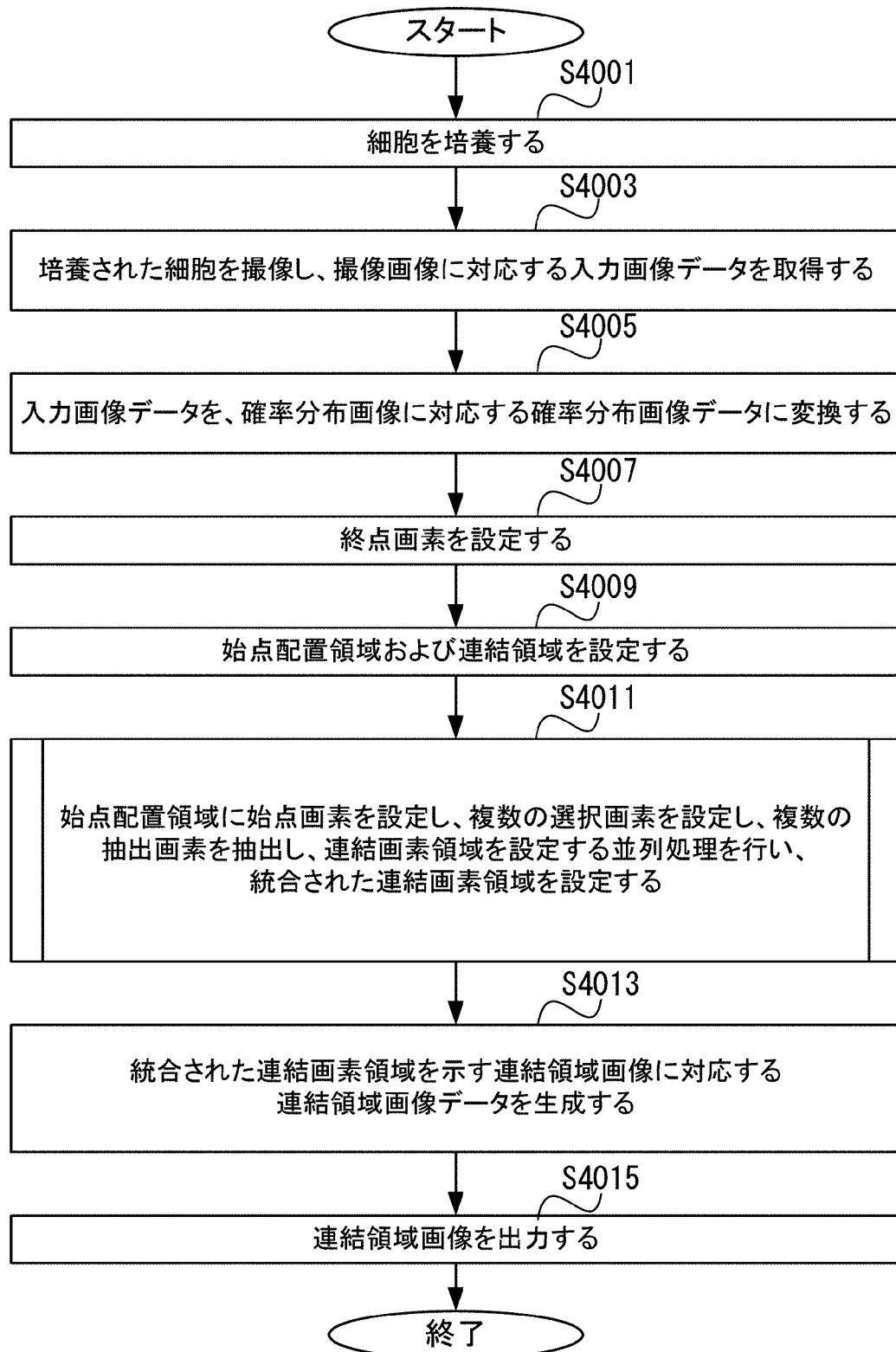
[図30]

【図30】



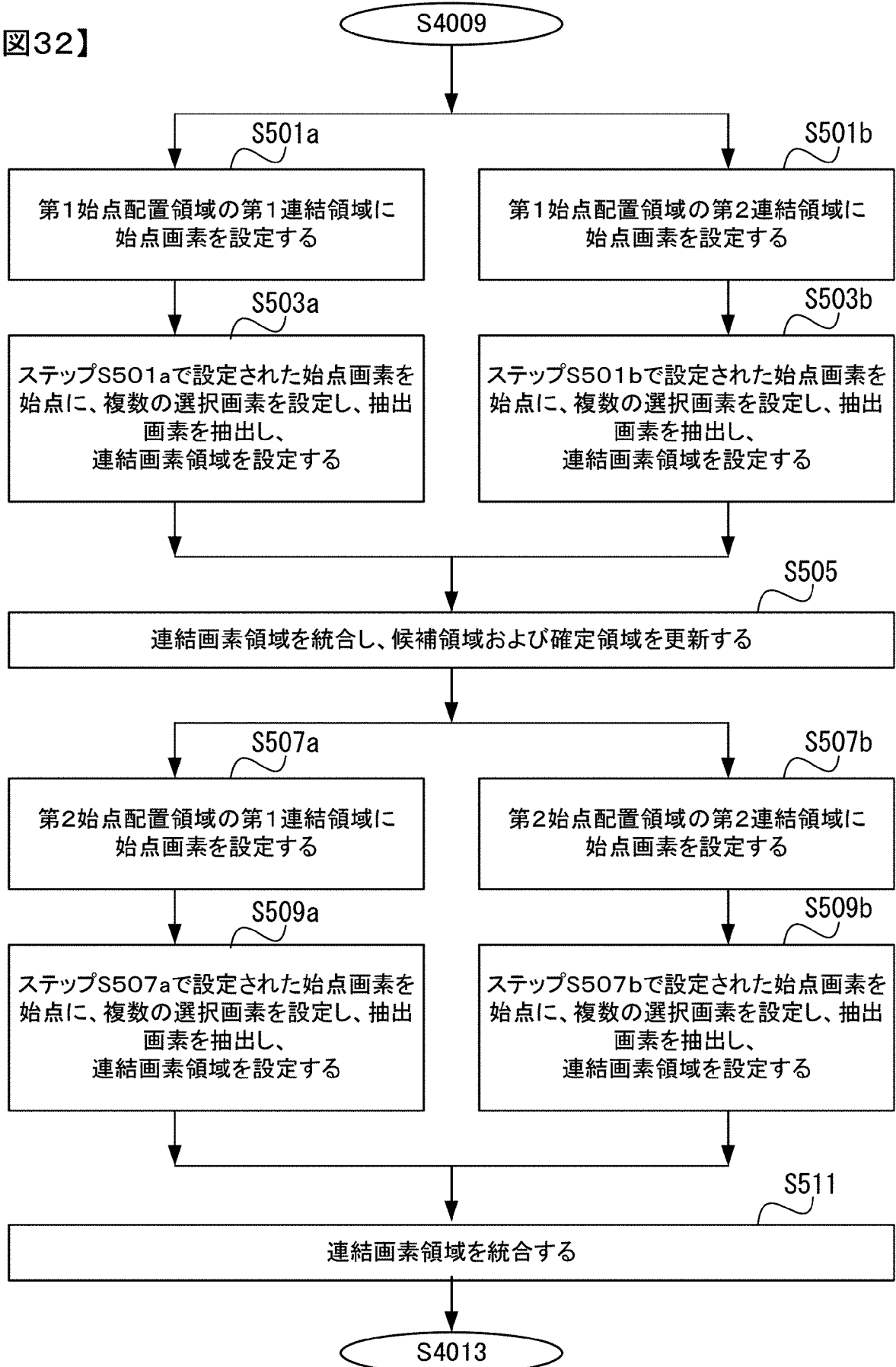
[図31]

【図31】



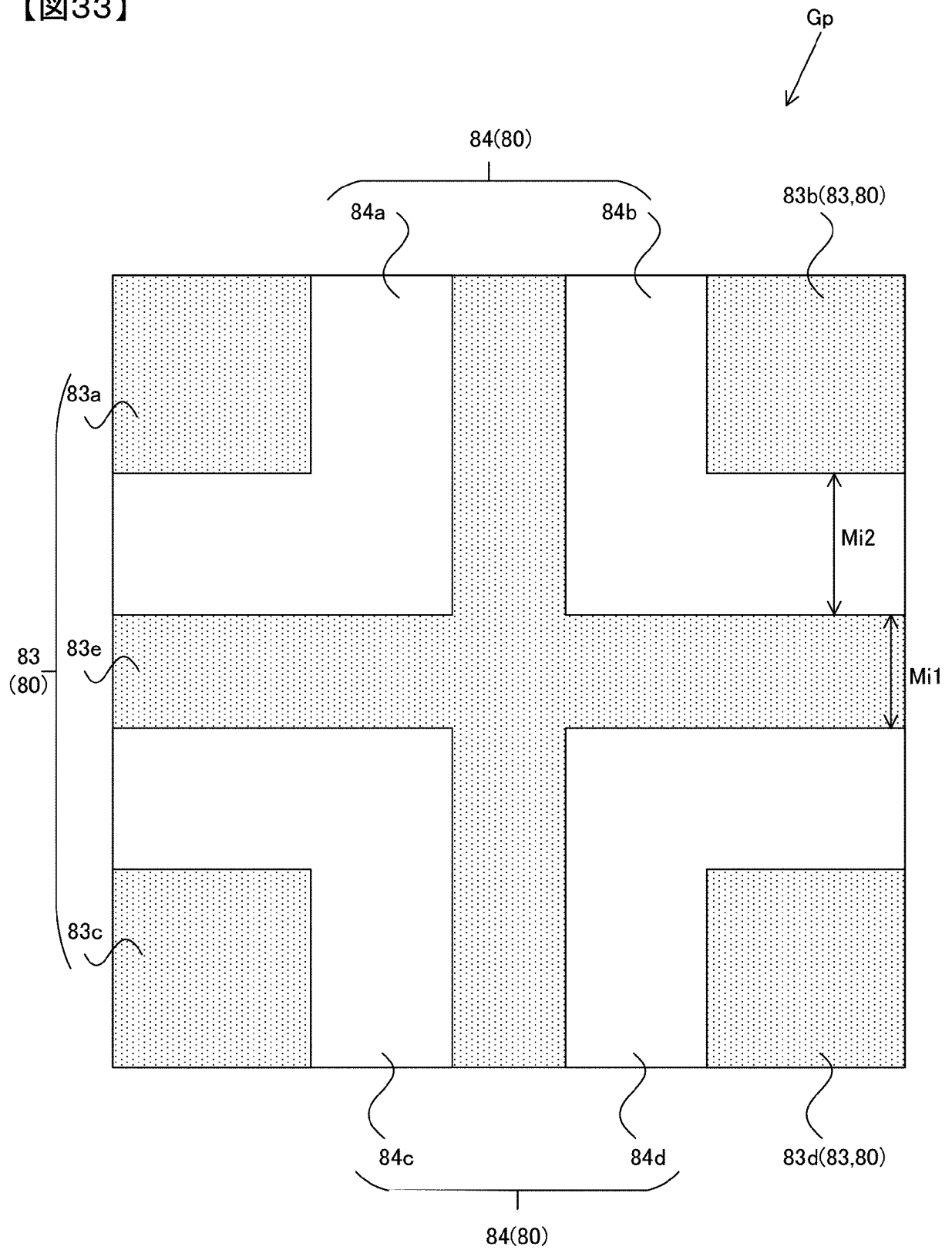
[図32]

【図32】



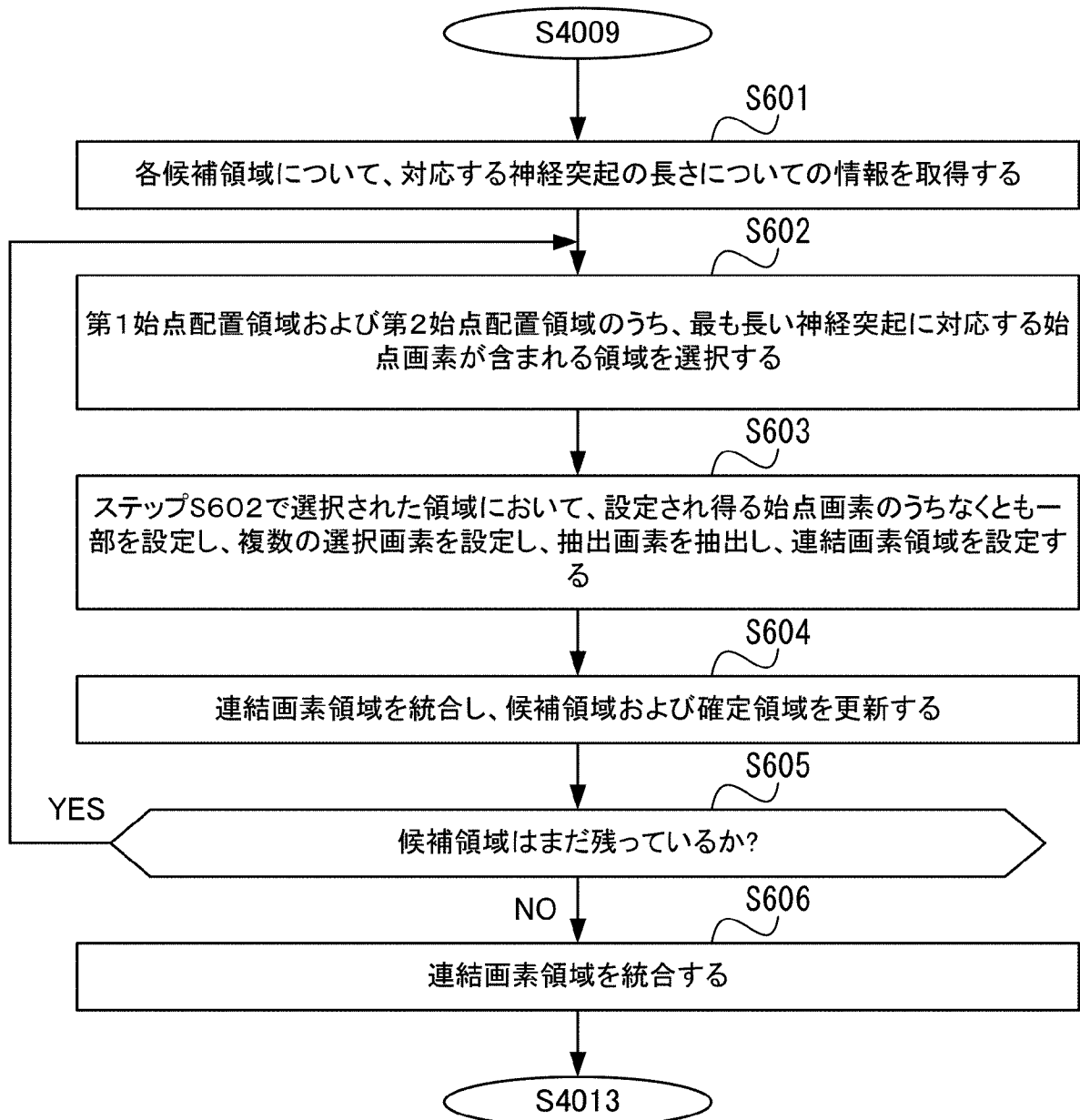
[図33]

【図33】



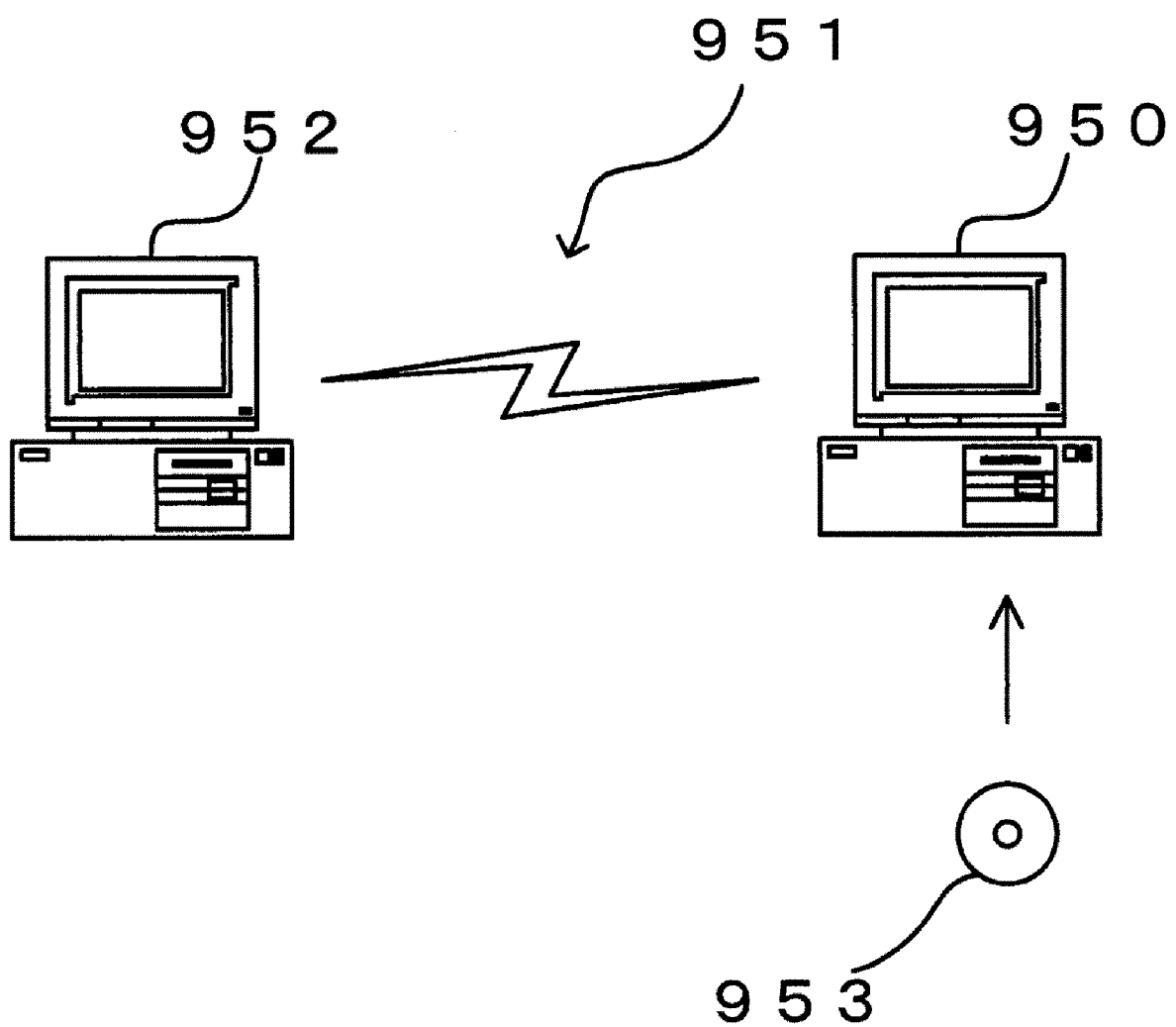
[図34]

【図34】



[図35]

【図35】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/001354

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/00 (2017.01) i

FI: G06T7/00 630

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)

G06T7/00

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.
Y A	US 2010/0074486 A1 (BROSER, Philip J.) 25.03.2010 (2010-03-25) paragraphs [0054], [0065]-[0073]	1, 19-20 2-18
Y A	US 2010/0119113 A1 (KULESCHOW, Andreas) 13.05.2010 (2010-05-13) paragraphs [0090], [0102]-[0112]	1, 19-20 2-18



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

"I" 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 March 2020 (25.03.2020)

Date of mailing of the international search report

07 April 2020 (07.04.2020)

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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/001354

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2010/0074486 A1	25 Mar. 2010	WO 2008/061548 A1	
US 2010/0119113 A1	13 May 2010	EP 2187351 A1	
		DE 102008056600 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06T 7/00(2017.01)i FI: G06T7/00 630														
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）） G06T7/00														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			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				
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												
Y A	US 2010/0074486 A1 (Broser Philip J.) 25.03.2010 (2010 - 03 - 25) 段落 [0054]、[0065] - [0073]	1, 19-20 2-18												
Y A	US 2010/0119113 A1 (KULESCHOW Andreas) 13.05.2010 (2010 - 05 - 13) 段落 [0090]、[0102] - [0112]	1, 19-20 2-18												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 25.03.2020	国際調査報告の発送日 07.04.2020													
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） 板垣 有紀 5C 4452 電話番号 03-3581-1101 内線 3541													

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/JP2020/001354

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2010/0074486	A1	25.03.2010	WO	2008/061548	A1	
US	2010/0119113	A1	13.05.2010	EP	2187351	A1	
				DE	102008056600	A1	