

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7523628号  
(P7523628)

(45)発行日 令和6年7月26日(2024.7.26)

(24)登録日 令和6年7月18日(2024.7.18)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B	6/00 (2024.01)	A 6 1 B	6/00	5 5 0 D
G 0 6 T	7/143(2017.01)	G 0 6 T	7/143	
G 0 6 T	7/00 (2017.01)	G 0 6 T	7/00	6 1 2
G 0 6 V	10/82 (2022.01)	G 0 6 T	7/00	3 5 0 C
		G 0 6 V	10/82	

請求項の数 12 (全15頁)

(21)出願番号	特願2023-76312(P2023-76312)	(73)特許権者	000001007 キャノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	令和5年5月2日(2023.5.2)	(74)代理人	110003281 弁理士法人大塚国際特許事務所
(62)分割の表示	特願2021-164291(P2021-164291) )の分割	(72)発明者	小林 剛 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャノン株式会社内
原出願日	平成30年8月14日(2018.8.14)	審査官	佐藤 秀樹
(65)公開番号	特開2023-100836(P2023-100836 A)		
(43)公開日	令和5年7月19日(2023.7.19)		
審査請求日	令和5年5月30日(2023.5.30)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、及びプログラム

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

放射線撮影された2次元画像内の照射野領域を抽出する画像処理装置であって、

2次元画像における照射野領域に関する情報を含む学習データを用いて学習したニューラルネットワークに2次元画像を入力することにより、入力された2次元画像における各画素が照射野領域であるか、又は照射野領域でないかに関する確率マップを、照射野候補領域として推論する推論手段と、

前記推論された照射野候補領域に対する輪郭抽出処理として、コリメータの形状に基づいて前記照射野領域の輪郭候補の抽出を行い、前記照射野領域の輪郭候補と前記推論された照射野候補領域とを用いて前記照射野領域の輪郭に関する判定を行い、前記判定に基づいて前記照射野領域の輪郭を抽出する輪郭抽出手段と、

前記輪郭に基づいて前記照射野領域を抽出する領域抽出手段と、

を備え、

前記確率マップは、前記入力された2次元画像における各画素が照射野領域であるか、又は照射野領域でないかの確率に対する2値化処理により得たマップである画像処理装置。

## 【請求項2】

前記輪郭抽出手段は、前記推論された照射野候補領域に対する輪郭抽出処理により得た前記照射野領域の輪郭候補と前記推論された照射野候補領域とを用いて前記照射野領域の輪郭候補が前記照射野領域の輪郭として妥当であるか否かの判定を行い、前記判定に基づいて前記照射野領域の輪郭を抽出する請求項1に記載の画像処理装置。

10

20

## 【請求項 3】

前記輪郭抽出手段は、前記推論された照射野候補領域に対する輪郭抽出処理により得た前記照射野領域の輪郭候補と前記推論された照射野候補領域とを用いて前記照射野領域の輪郭に関する判定を行い、前記輪郭候補が前記輪郭として妥当であると判定された場合には、前記輪郭候補を前記輪郭として抽出する請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 4】

前記輪郭抽出手段は、前記推論された照射野候補領域に対する輪郭抽出処理により得た前記照射野領域の輪郭候補と前記推論された照射野候補領域とを用いて前記照射野領域の輪郭に関する判定を行い、前記輪郭候補が前記輪郭として妥当であると判定された場合には、前記輪郭候補を前記輪郭として抽出し、前記輪郭候補が前記輪郭として妥当であると判定されなかった場合には、前記輪郭抽出処理に基づいて抽出された前記照射野領域の他の輪郭候補を前記輪郭として抽出する請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

10

## 【請求項 5】

前記輪郭抽出手段は、前記輪郭候補から想定される照射野領域と、前記推論された照射野候補領域から想定される照射野領域とが重複する領域に基づいて、前記照射野領域の輪郭を抽出する請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

## 【請求項 6】

前記輪郭抽出手段は、前記輪郭候補から想定される照射野領域と、前記推論された照射野候補領域から想定される照射野領域とが重複する割合が閾値以上となる領域の輪郭候補を、前記照射野領域の輪郭として抽出する請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

20

## 【請求項 7】

前記輪郭抽出手段は、前記推論された照射野候補領域から得られる、前記照射野領域とコリメータ領域との境界を示すエッジを含む画像から前記照射野領域の輪郭を抽出する請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

## 【請求項 8】

前記輪郭抽出手段は、前記コリメータの形状が矩形である場合は矩形用の輪郭抽出処理を行い、前記コリメータの形状が円形である場合は円形用の輪郭抽出処理を行う請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

30

## 【請求項 9】

前記領域抽出手段は、前記輪郭の内側の領域を前記照射野領域として抽出する請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

## 【請求項 10】

前記推論手段は、ユーザーの使用環境で取得した画像と、前記照射野領域のデータセットの組とに基づいて新たに追加された学習の結果と、事前に行われた学習の結果とに基づいて前記推論を行う請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

## 【請求項 11】

放射線撮影された 2 次元画像内の照射野領域を抽出する画像処理方法であって、

2 次元画像における照射野領域に関する情報を含む学習データを用いて学習したニューラルネットワークに 2 次元画像を入力することにより、入力された 2 次元画像における各画素が照射野領域であるか、又は照射野領域でないかに関する確率マップを、照射野候補領域として推論する推論工程と、

40

前記推論された照射野候補領域に対する輪郭抽出処理として、コリメータの形状に基づいて前記照射野領域の輪郭候補の抽出を行い、前記照射野領域の輪郭候補と前記推論された照射野候補領域とを用いて前記照射野領域の輪郭に関する判定を行い、前記判定に基づいて前記照射野領域の輪郭を抽出する輪郭抽出工程と、

前記輪郭に基づいて前記照射野領域を抽出する領域抽出工程と、

を備え、

前記確率マップは、前記入力された 2 次元画像における各画素が照射野領域であるか、又

50

は照射野領域でないかの確率に対する2値化処理により得たマップである画像処理方法。

【請求項12】

コンピュータに、請求項11に記載の画像処理方法の各工程を実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線画像の照射野領域を抽出する画像処理装置、画像処理方法、及びプログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、医療現場において放射線撮影装置が広く普及しており、放射線画像をデジタル信号として取得し画像処理を行ったあと、表示装置に表示して診断に利用することが行われている。

【0003】

ここで、放射線撮影においては、診断に必要な関心領域（以後、「照射野領域」と呼称する）以外への放射線の影響を抑え、照射野領域外からの散乱を防ぎ、コントラストの低下を防止するために、コリメータを用いて照射野絞りを行って、照射野領域以外の領域への放射線照射を防ぐのが一般的である。

【0004】

照射野絞りが行われた画像においては、診断の関心領域となる照射野領域に対して画像処理を施すために、照射野領域を抽出する技術について各種の提案が行われている。

【0005】

例えば、特許文献1では、画像内のエッジ強度をもとに、複数の輪郭を求め、正誤判定を行って照射野領域を抽出する技術が提案されている。また、特許文献2では、画像データをニューラルネットワークに入力して、照射野領域を結果として出力する技術が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2015-123157号公報

【文献】特開平04-261649号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、被写体となる人体には、骨部や、インプラント等、照射野絞りの輪郭と区別が難しい強いエッジ成分を持った構造が含まれている場合があり、特許文献1の技術では、照射野認識を行えない場合が生じ得る。

【0008】

また、特許文献2の技術では、ニューラルネットワークにより多くの画像の総合的な特徴を用いて照射野領域を判定することができるものの、ニューラルネットワーク単体では照射野領域を分類することは難しい場合が生じ得る。

【0009】

本発明は、上記の課題を鑑みてなされたものであり、照射野領域を抽出できる画像処理技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一態様に係る画像処理装置は、放射線撮影された2次元画像内の照射野領域を抽出する画像処理装置であって、

2次元画像における照射野領域に関する情報を含む学習データを用いて学習したニュー

10

20

30

40

50

ラルネットワークに２次元画像を入力することにより、入力された２次元画像における各画素が照射野領域であるか、又は照射野領域でないかに関する確率マップを、照射野候補領域として推論する推論手段と、

前記推論された照射野候補領域に対する輪郭抽出処理として、コリメータの形状に基づいて前記照射野領域の輪郭候補の抽出を行い、前記照射野領域の輪郭候補と前記推論された照射野候補領域とを用いて前記照射野領域の輪郭に関する判定を行い、前記判定に基づいて前記照射野領域の輪郭を抽出する輪郭抽出手段と、

前記輪郭に基づいて前記照射野領域を抽出する領域抽出手段と、  
を備え、

前記確率マップは、前記入力された２次元画像における各画素が照射野領域であるか、又は照射野領域でないかの確率に対する２値化処理により得たマップである。

10

#### 【発明の効果】

##### 【００１１】

本発明によれば、照射野領域を抽出できる画像処理技術を提供することが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【００１２】

【図１】（a）は、実施形態に係る画像処理装置を含んだ放射線撮影システムの基本的な構成例を示すブロック図、（b）は、照射野認識部の基本的な構成例を示すブロック図。

【図２】（a）は、照射野認識部の処理の流れを示したフローチャート、（b）は、照射野認識部の処理における処理画像を示した模式図。

20

【図３】（a）は、ニューラルネットワークの学習の概念を示した説明図、（b）は、ニューラルネットワークの推論の概念を示した説明図。

【図４】（a）は、輪郭抽出処理の流れを示したフローチャート、（b）は、輪郭抽出処理の処理画像を示した模式図、（c）は、画像を極座標空間に変換した例を示した図。

【図５】（a）は、輪郭抽出処理の流れを示したフローチャート、（b）は、輪郭抽出処理の処理画像を示した模式図。

【図６】実施形態に係る画像処理装置を含んだ放射線撮影システムの基本的な構成例を示すブロック図。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【００１３】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を例示的に詳しく説明する。尚、本発明において放射線とは、一般的に用いられるX線に限らず、放射性崩壊によって放出される粒子（光子を含む）の作るビームである線、線、及び線などの他、同程度以上のエネルギーを有するビーム（例えば、粒子線や宇宙線など）も含まれる。以下、放射線としてX線を用いる場合を例に説明する。

##### 【００１４】

（実施形態１：矩形コリメータ）

まず、図１を用いて、本発明の実施形態１に係る画像処理装置の構成例について説明する。図１（a）は、実施形態１の画像処理装置を有する放射線撮影システムの基本的な構成例を示すブロック図である。

40

##### 【００１５】

放射線撮影システム１００は、放射線を発生させる放射線発生装置１０１と、被写体１０２を配置する寝台１０３と、放射線を検出し、被写体１０２を通過した放射線に応じた画像データを出力する検出装置１０４（FPD）と、放射線発生装置１０１の放射線発生タイミングと放射線発生条件を制御する制御装置１０５と、各種デジタルデータを収集するデータ収集装置１０６と、ユーザーの指示に従って画像処理や機器全体の制御を行う情報処理装置１０７とを備える。尚、放射線撮影システム１００の構成を放射線撮影装置ということもある。

##### 【００１６】

情報処理装置１０７は、照射野認識部１０９と、診断用画像処理部１１０とを含む画像

50

処理装置 108 と、CPU 112 と、メモリ 113 と、操作パネル 114 と、記憶装置 115 と、表示装置 116 とを備えており、これらは CPU バス 111 を介して電氣的に接続されている。

【0017】

メモリ 113 には、CPU 112 での処理に必要な各種のデータなどが記憶されるとともに、メモリ 113 は CPU 112 の作業用ワークメモリを含む。また、CPU 112 は、メモリ 113 を用いて、操作パネル 114 に入力されるユーザーの指示に従い、装置全体の動作制御などを行うように構成されている。

【0018】

図 1 ( b ) は、実施形態 1 の画像処理装置における、照射野認識部 109 の基本的な機能構成の例を示すブロック図である。照射野認識部 109 は、機能構成として、前処理部 120 と、推論部 121 と、輪郭抽出部 122 と、領域抽出部 123 とを含む。

10

【0019】

放射線撮影システム 100 は、操作パネル 114 を介したユーザーの指示に従って、被写体 102 の撮影シーケンスを開始する。放射線発生装置 101 から所定の条件の放射線が発生し、被写体 102 を通過した放射線が検出装置 104 に照射される。ここで、制御装置 105 は、電圧、電流、及び照射時間などの放射線発生条件に基づいて放射線発生装置 101 を制御し、所定の条件で放射線発生装置 101 から放射線が発生させる。

【0020】

検出装置 104 は、被写体 102 を通過した放射線を検出し、検出した放射線を電気信号に変換し、放射線に応じた画像データとして出力する。検出装置 104 から出力された画像データは、データ収集装置 106 によりデジタルの画像データとして収集される。データ収集装置 106 は検出装置 104 から収集した画像データを情報処理装置 107 に転送する。情報処理装置 107 において、画像データは CPU 112 の制御により CPU バス 111 を介してメモリ 113 に転送される。

20

【0021】

画像処理装置 108 は、メモリ 113 に格納された画像データに対して各種画像処理を適用することにより、放射線撮影された画像内の照射野領域を抽出する。画像処理装置 108 は、照射野認識部 109 によって被写体領域の抽出を行った後、診断用画像処理部 110 によって、階調処理や強調処理、ノイズ低減処理などの診断用画像処理を適用し、診断に適した画像作成を行う。画像処理装置 108 は、診断用画像処理部 110 の処理結果を記憶装置 115 へ保存し、表示装置 116 へ表示する。

30

【0022】

次に、図 2 を用いて、照射野認識部 109 の処理について説明する。図 2 ( a ) は、照射野認識部 109 の処理の流れを示したフローチャートであり、図 2 ( b ) は、照射野認識部 109 の処理における処理画像を例示した模式図である。ここでは、被写体 102 の手部について矩形コリメータを用いて撮影した例を説明する。ただし、本発明は、実施形態 1 で説明する撮影部位やコリメータの形状に限定されず、例えば、被写体 102 の胸部や腹部等の他の部位、あるいは円形コリメータを用いるなどの任意の照射野絞り形状にも適用可能である。

40

【0023】

ステップ S 201 において、前処理部 120 は入力画像の前処理を行う。本前処理により、入力画像は後段のニューラルネットワークの推論処理が有効に機能する形式に変換される。ここで、前処理部 120 は、推論部 121 の学習の際、例えば、ニューラルネットワークを学習する際に使った画像と同じタイプの画像に変換することが可能である。前処理部 120 による前処理の一例として、前処理部 120 はグリッド除去処理や散乱線低減処理、ノイズ低減処理、対数変換処理や正規化処理を行った後、推論部 121 による推論処理で用いるニューラルネットワークに適した画像サイズに拡大または縮小する処理を行うことが可能である。

【0024】

50

画像サイズは任意の形式を取ることができるが、一例として、前処理部 1 2 0 に入力する入力画像は 1 1 2 × 1 1 2 ピクセル乃至 2 2 4 × 2 2 4 ピクセルなど、縦横を 1 : 1 のアスペクト比とした画像としておくと回転への汎化性能を高めること可能である。また、前処理部 1 2 0 は、正規化処理の例として、入力画像の信号が 0 から 1 となるように信号レベルの正規化を行うことも可能である。前処理部 1 2 0 は以上の処理を実行することにより、前処理済み画像 2 1 1 を取得する。前処理済み画像 2 1 1 には、図 2 ( b ) に示すように照射野領域 2 1 2 と、コリメータ領域 2 1 3 が任意の比率で含まれる。

#### 【 0 0 2 5 】

ステップ S 2 0 2 において、推論部 1 2 1 は、放射線撮影された画像内の照射野候補領域を推論処理に基づいて取得する。推論部 1 2 1 は前処理後の画像である前処理済み画像 2 1 1 に対して推論処理（例えば、ニューラルネットワークによる推論処理）を行い、放射線撮影された画像から照射野候補領域を取得する。推論部 1 2 1 は、放射線撮影された画像を入力とし、照射野領域を出力としたデータの組を用いた学習に基づいて推論処理を行う。推論部 1 2 1 は学習としてニューラルネットワークを含む学習の結果に基づいて推論処理を行う。例えば、推論部 1 2 1 は、推論処理で使用するニューラルネットワークとして、事前に学習を行ったニューラルネットワークを使用することが可能である。ニューラルネットワークの学習と、ニューラルネットワークの推論処理の詳細については後述する。尚、推論処理は、ニューラルネットワークを用いるものに限定されるものではなく、推論部 1 2 1 は、例えば、サポートベクターマシンやブースティングによる機械学習で生成された処理ユニットを用いることも可能である。

#### 【 0 0 2 6 】

推論部 1 2 1 は、入力された画像の各画素に対して、「照射野領域であるか」、又は「照射野領域でないか（コリメータ領域か）」の確率を示す確率マップ 2 1 4 を照射野候補領域として取得する。ここで、ニューラルネットワークによる推論処理は、人力では不可能なほどの多くの特徴量を使用し、エッジの特徴に限らない画像の総合的な特徴を用いて照射野領域を判定することができるものの、処理単体では照射野領域を分類することは難しい場合がある。例えば、図 2 ( b ) に示す確率マップ 2 1 4 においては、照射野領域である確率の高い領域 2 1 5 と、コリメータである確率の高い領域 2 1 6 が得られるが、実際にはコリメータ領域ではないが、コリメータ領域と判定してしまった誤検出領域 2 1 7 が含まれる場合が生じ得る。

#### 【 0 0 2 7 】

ステップ S 2 0 3 において、輪郭抽出部 1 2 2 は照射野候補領域に基づいて照射野領域の輪郭を抽出する。輪郭抽出部 1 2 2 は、照射野候補領域に対する輪郭抽出処理に基づいて照射野領域の輪郭を抽出する。輪郭抽出部 1 2 2 は、ステップ S 2 0 2 で取得された確率マップ 2 1 4 （照射野候補領域）に対して、コリメータの形状を基に輪郭 2 1 8 を抽出する輪郭抽出処理を行う。

#### 【 0 0 2 8 】

輪郭抽出部 1 2 2 は、照射野候補領域に対して、コリメータの形状を基に輪郭を抽出する輪郭抽出処理を行う。輪郭抽出部 1 2 2 は、コリメータの形状に基づいて、輪郭抽出処理を変更する。例えば、輪郭抽出部 1 2 2 は、コリメータの形状が矩形である場合は矩形用の輪郭抽出処理を行い、コリメータの形状が円形である場合は円形用の輪郭抽出処理を行うことが可能である。輪郭抽出部 1 2 2 は、コリメータの形状が矩形用の輪郭抽出処理と、円形用の輪郭抽出処理とを選択可能である。

#### 【 0 0 2 9 】

実施形態 1 では、コリメータの輪郭を矩形（矩形コリメータ）と想定しており、輪郭抽出部 1 2 2 は矩形用の輪郭抽出処理により輪郭候補として直線を抽出する。すなわち、輪郭抽出部 1 2 2 は、確率マップ 2 1 4 から、コリメータの矩形性を基に、コリメータの形状の輪郭を構成する輪郭線として高々 4 本の直線を求める輪郭抽出処理を行う。そして、抽出された輪郭候補の妥当性の確認処理に基づいて、最終的な輪郭が設定される。この輪郭抽出処理の詳細については後述する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 0 】

ステップ S 2 0 4 において、領域抽出部 1 2 3 は輪郭 2 1 8 に基づいて照射野領域を抽出する。具体的には、領域抽出部 1 2 3 は照射野領域の抽出処理を行い、入力された画像を照射野領域 2 2 1 とコリメータ領域 2 2 0 とに分割した領域分割画像 2 1 9 を取得する。ここで、領域抽出部 1 2 3 は、輪郭 2 1 8 の内側の領域を照射野領域 2 2 1 として抽出する。輪郭 2 1 8 の内側の領域は、輪郭 2 1 8 により囲まれる領域である。すなわち、領域抽出部 1 2 3 は、ステップ S 2 0 3 で抽出された輪郭 2 1 8 の情報に基づいて、輪郭 2 1 8 により囲まれる領域を照射野領域 2 2 1 として抽出し、それ以外の領域（輪郭 2 1 8 に囲まれていない領域）をコリメータ領域 2 2 0 として抽出する。領域抽出部 1 2 3 の照射野領域の抽出処理によって、ニューラルネットワークの推論処理の結果に含まれていた誤検出領域 2 1 7 を除去した形で照射野領域 2 2 1 を抽出することができる。

10

## 【 0 0 3 1 】

尚、領域抽出部 1 2 3 は、照射野領域の抽出処理として、輪郭 2 1 8 から想定される照射野領域と、確率マップ 2 1 4 から想定される照射野領域との重複する領域に基づいて、照射野領域を抽出することが可能である。すなわち、領域抽出部 1 2 3 は、輪郭 2 1 8 から想定される照射野領域と、確率マップ 2 1 4 から想定される照射野領域とが重複する割合が設定された値以上となる領域を照射野領域として抽出することが可能である。例えば、領域抽出部 1 2 3 は、照射野領域の抽出処理として、輪郭 2 1 8 の情報（S 2 0 3）と、確率マップ 2 1 4 の情報（S 2 0 2）とに基づいて、輪郭 2 1 8 が作り得る領域と、確率マップ 2 1 4 において照射野領域である確率の高い領域 2 1 5 と、が重複する割合が所定の基準値以上（例えば 7 5 %）となる領域を照射野領域 2 2 1 として抽出することが可能である。

20

## 【 0 0 3 2 】

以上のステップ S 2 0 1 ~ S 2 0 4 の処理によって、照射野認識部 1 0 9 は、精度の高い照射野領域の抽出を行うことが可能となる。

## 【 0 0 3 3 】

続いて、図 3 を用いて、推論部 1 2 1 の詳細な処理内容について説明する。図 3 ( a ) は、ニューラルネットワークの学習の概念を示した説明図であり、図 3 ( b ) は、ニューラルネットワークの推論の概念を示した説明図である。

## 【 0 0 3 4 】

ニューラルネットワークの学習は、入力データの組 3 0 1 と、それに対応する教師データの組 3 0 5 をもって行われる。

30

## 【 0 0 3 5 】

まず、入力データの組 3 0 1 に対して、学習途中のニューラルネットワーク 3 0 2 による推論処理を行い、推論結果の組 3 0 4 を出力する。次に推論結果の組 3 0 4 と教師データの組 3 0 5 から、損失関数を算出する。損失関数は、例えば二乗誤差や、交差エントロピー誤差など、任意の関数を用いることができる。さらに損失関数を起点とした誤差逆伝搬を行い、学習途中のニューラルネットワーク 3 0 2 のパラメータ群を更新する。上記の処理を、入力データの組 3 0 1 と教師データの組 3 0 5 を変えながら繰り返すことで、学習途中のニューラルネットワーク 3 0 2 の学習を進めることができる。

40

## 【 0 0 3 6 】

ニューラルネットワークの推論は、入力データ 3 0 6 に対して、学習済みニューラルネットワーク 3 0 7 による推論処理を適用し、推論結果 3 0 8 を出力する処理である。

## 【 0 0 3 7 】

ここで、実施形態 1 において、教師データの組 3 0 5 は、入力データの組 3 0 1 において照射野領域を 1、コリメータ領域を 0 とするように設定される。教師データの組 3 0 5 は例えば手入力で適宜作成してもよいし、照射野認識部 1 0 9 が外部から取得してもよい。また、照射野認識部 1 0 9 が撮影部位に応じて規範となる教師データを自動的に生成してもよい。

## 【 0 0 3 8 】

50

ここで、ニューラルネットワーク 302 は、多数の処理ユニット 303 が任意に接続された構造を取る。処理ユニット 303 の例としては、コンボリューション演算や、Batch Normalization 等の正規化処理、あるいは、ReLU や Sigmoid 等の活性化関数による処理が含まれ、それぞれの処理内容を記述するためのパラメータ群を有する。これらは例えば、コンボリューション演算、正規化、活性化関数、のように順番に処理を行う組が 3 ~ 数百程度の層状に接続され、畳み込みニューラルネットワークや、再帰型ニューラルネットワークと呼ばれる構造を取ることができる。

#### 【0039】

尚、ニューラルネットワーク 302 の入出力の形式は前処理部 120 における処理済みの画像とする。出力画像は入力画像と同じ解像度とし、ピクセル毎に照射野領域である確率を表す画像とした構成を取ることが可能である。別の例として、出力画像を入力画像に対して低い解像度になるようにしてもよい。この場合は、学習・推論の処理時間を短縮することが可能であるが、後段の処理を含めた全体の精度の低下がトレードオフとなることがある。

10

#### 【0040】

続いて、図 4 を用いて、輪郭抽出部 122 における輪郭抽出処理の詳細な処理内容について説明する。図 4 ( a ) は、輪郭抽出処理の流れを示したフローチャートであり、図 4 ( b ) は、輪郭抽出処理の処理画像を示した模式図、図 4 ( c ) は、画像を極座標空間に変換した例を示した図である。輪郭抽出部 122 は、確率マップ 214 から得られる、照射野領域とコリメータ領域との境界を示すエッジを含む画像から照射野領域の輪郭を抽出する。

20

#### 【0041】

ステップ S 401 において、輪郭抽出部 122 は、確率マップ 214 から照射野領域である確率の高い領域 215 と、コリメータである確率の高い領域 216 との境界を示すエッジを抽出する。エッジの抽出方法は制限しないが、一例として、確率マップ 214 に対して Sobel フィルタなどの微分フィルタを適用することでエッジを抽出することが可能である。確率マップ 214 は各々の画素に対して 0 ~ 1 の任意の確率が設定されるが、エッジの抽出処理を簡便にするため、事前に設定した閾値 (例えば 0.5) に基づいた 2 値化処理を行い、閾値以上の画素を抽出する処理を行うことも可能である。以上の処理により、照射野領域とコリメータ領域との境界を含むエッジ 412 を含んだ画像 411 を得ることができる。

30

#### 【0042】

ステップ S 402 において、輪郭抽出部 122 は、画像 411 に対して Hough 変換を適用する。ここでは、直交座標系で ( x , y ) と表される画像 411 上の点を、式 1 を用いて角度  $\theta$  と距離  $\rho$  の極座標空間に変換する。ここで、 $\rho$  は ( x , y ) を通る直線に対し、原点から垂線を下ろしたときに垂線と x 軸とがなす角度であり、 $\theta$  は ( x , y ) を通る直線に対し、原点から垂線を下ろしたときの垂線の長さである。例えば、 $-90^\circ < \theta < 90^\circ$  の範囲で変換を行うと、図 4 ( c ) のように極座標空間上の分布が得られる。ここで、極座標空間上で局所最大値をとる  $\rho$  の組は、直交座標系の画像で直線が存在する可能性が高い。この特徴を利用することで、Hough 変換の適用によって直線的な構造を持つ矩形コリメータの輪郭を抽出しやすくなる効果が得られる。

40

#### 【0043】

##### 【数 1】

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

## 【 0 0 4 4 】

ステップ S 4 0 3 において、輪郭抽出部 1 2 2 は、画像 4 1 1 から、最も長い直線 4 1 3 を輪郭候補として抽出する。本ステップでは、輪郭抽出部 1 2 2 は、極座標空間全体を検索し、極座標空間の最大値を取る、 の組 4 1 7 が作る直線を抽出する。

## 【 0 0 4 5 】

ステップ S 4 0 4 において、輪郭抽出部 1 2 2 は、直線 4 1 3 に対して対向する線として、平行な直線 4 1 4 を輪郭候補として抽出する。コリメータの矩形性を想定すると、1 辺に平行な方向にもう 1 辺が存在することが考えられる。その前提に基づき、極座標空間上で、輪郭抽出部 1 2 2 は、直線 4 1 3 に相当する、 の組 4 1 7 を基準として、 が一定範囲内にある領域 4 2 1 から局所最大値を探索する。 は例えば、  $= -90^\circ$  に対して  $5^\circ$  乃至  $15^\circ$  程度の値、または  $= 90^\circ$  に対して  $-(5^\circ$  乃至  $15^\circ)$  程度の値を設定することが可能である。これにより、輪郭抽出部 1 2 2 は、 の組 4 1 7 を除いた局所最大値として、 の組 4 1 8 と、それに対応する直線 4 1 4 を抽出することが可能となる。

10

## 【 0 0 4 6 】

ステップ S 4 0 5 において、輪郭抽出部 1 2 2 は、直線 4 1 3 に対して交差する線として、垂直な直線 4 1 5 を輪郭候補として抽出する。コリメータの矩形性を想定すると、ある 1 辺に垂直な方向にもう 1 辺が存在することが考えられる。その前提に基づき、極座標空間上で、輪郭抽出部 1 2 2 は、直線 4 1 3 に相当する、 の組 4 1 7 を基準として、 が極座標空間上の一定範囲内にある領域 4 2 2 から、 の組を探索する。探索範囲として、基準となる組 4 1 7 の  $(= -90^\circ)$  に対して  $+90^\circ$  の位相差を有する  $= 0^\circ$  から前後  $15^\circ$  程度の任意の値を設定することが可能である。これにより、輪郭抽出部 1 2 2 は、 の組 4 1 7 を通る波形 4 3 1 と、 の組 4 1 8 を通る波形 4 3 2 とが交差する点として、 の組 4 1 9 と、それに対応する直線 4 1 5 を抽出することが可能となる。

20

## 【 0 0 4 7 】

ステップ S 4 0 6 において、輪郭抽出部 1 2 2 は、直線 4 1 5 に対して対向する線として、平行な直線 4 1 6 を輪郭候補として抽出する。ステップ S 4 0 4 と同様に、輪郭抽出部 1 2 2 は、直線 4 1 5 に対して平行な方向の辺を探索し、極座標空間上の領域 4 2 3 から、 の組を探索する。探索範囲として、 の組 4 1 9 が抽出された領域 4 2 2 に比べて領域 4 2 3 を狭い範囲に設定することができる。輪郭抽出部 1 2 2 は、 の組 4 1 7 を通る波形 4 3 3 と、 の組 4 1 8 を通る波形 4 3 4 とが交差する、 の組 4 2 0 と、それに対応する直線 4 1 6 を領域 4 2 3 から抽出する。尚、ステップ S 4 0 3 ~ S 4 0 6 において直線が見つからない場合は、直線がないものとして各ステップの処理をスキップすることが可能である。

30

## 【 0 0 4 8 】

ステップ S 4 0 7 において、輪郭抽出部 1 2 2 は、ステップ S 4 0 3 ~ S 4 0 6 で抽出した輪郭候補の直線 4 1 3 ~ 4 1 6 が、照射野領域とコリメータ領域の輪郭として妥当であるかについての妥当性の確認を行う。例えば、輪郭抽出部 1 2 2 は、抽出した直線の長さが一定値より長いかを判定することが可能である。この判定に基づいて、輪郭抽出部 1 2 2 は、抽出した輪郭候補の直線のうち一定長さを超える直線を輪郭として抽出する。

40

## 【 0 0 4 9 】

また、輪郭抽出部 1 2 2 は、抽出した直線が作る領域が、確率マップ 2 1 4 において照射野領域である確率の高い領域 2 1 5 と整合良くオーバーラップ（重複）しているか、例えば、領域間の重なり割合を示す重複率が閾値以上か否かなどを判定することが可能である。輪郭抽出部 1 2 2 は、輪郭候補に基づいた領域（抽出した直線 4 1 3 ~ 4 1 6 に基づいた領域）と、確率マップ 2 1 4 から想定される照射野領域との重なり割合を示す重複率が閾値以上の場合、輪郭候補（直線 4 1 3 ~ 4 1 6）を輪郭として抽出する。

## 【 0 0 5 0 】

輪郭の妥当性の確認に関して、輪郭抽出部 1 2 2 は、放射線撮影における被写体の撮影

50

部位など、撮影画像の特徴に合わせた判別処理を行うことが可能である。輪郭抽出部 1 2 2 は、本ステップで妥当性が確認されなかった直線については除外し、必要に応じて再探索を行い、残った直線群を最終的な輪郭として出力する。以上のステップ S 4 0 1 ~ S 4 0 7 の処理によって、輪郭抽出部 1 2 2 は、精度の高い輪郭の抽出を行うことが可能となる。

【 0 0 5 1 】

実施形態 1 によれば、照射野領域内に照射野絞りの輪郭と区別が難しい強いエッジ成分を持った構造が含まれている場合においても、照射領域を正確に抽出できる画像処理技術の提供が可能となる。

【 0 0 5 2 】

(実施形態 2 : 円形照射野)

次に本発明の実施形態 2 について説明する。実施形態 2 では、照射野絞りに円形コリメータを用いた場合の構成例について説明する。放射線撮影システム 1 0 0 及び画像処理装置の構成例は実施形態 1 と同様である。実施形態 1 と異なる点は、輪郭抽出部 1 2 2 の輪郭抽出処理が、円形コリメータを前提とした円形用の輪郭抽出処理となる点である。実施形態 2 において、輪郭抽出部 1 2 2 は円形用の輪郭抽出処理により輪郭候補として円または楕円を抽出する。

【 0 0 5 3 】

図 5 を用いて、輪郭抽出部 1 2 2 における輪郭抽出処理の詳細な処理内容について説明する。図 5 ( a ) は、実施形態 2 における輪郭抽出処理の流れを示したフローチャートであり、図 5 ( b ) は、実施形態 2 における輪郭抽出処理の処理画像を示した模式図である。

【 0 0 5 4 】

いま、照射野認識部 1 0 9 に円形コリメータによって照射野絞りされた画像 5 1 1 が入力され、推論部 1 2 1 によって確率マップ 5 1 2 が出力されたときの例を考える。確率マップ 5 1 2 においては、照射野領域である確率の高い領域 5 1 5 と、コリメータである確率の高い領域 5 1 6 が得られるが、実際にはコリメータ領域ではないが、コリメータ領域と判定してしまった誤検出領域 5 1 7 が含まれる場合が生じ得る。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 5 0 1 において、輪郭抽出部 1 2 2 は、確率マップ 5 1 2 から照射野領域である確率の高い領域 5 1 5 と、コリメータである確率の高い領域 5 1 6 との境界を示すエッジを含んだ画像 5 1 3 を取得する。本処理は図 4 のステップ S 4 0 1 と同等である。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 5 0 2 において、輪郭抽出部 1 2 2 は、画像 5 1 3 に対して H o u g h 変換を適用する。ここでは、直交座標系で ( x , y ) と表される画像 5 1 3 上の点を、式 2 を用いて円の中心点 ( c e n t e r X , c e n t e r Y ) と、半径 r の三次元の H o u g h 空間に変換する。

【 0 0 5 7 】

【数 2】

$$r^2 = (x - centerX)^2 + (y - centerY)^2$$

【 0 0 5 8 】

あるいは、輪郭抽出部 1 2 2 は、コリメータの輪郭が楕円であることを想定して、直交座標系で ( x , y ) と表される画像 5 1 3 上の点を、式 3 を用いて楕円の中心点 ( c e n t e r X , c e n t e r Y ) と、楕円の長径 a、短径 b の四次元の H o u g h 空間に変換することが可能である。

【 0 0 5 9 】

【数 3】

$$\frac{(x - centerX)^2}{a^2} + \frac{(y - centerY)^2}{b^2} = 1$$

## 【 0 0 6 0 】

ステップ S 5 0 3 において、輪郭抽出部 1 2 2 は、H o u g h 変換の結果から、円形輪郭 5 1 4 に相当する H o u g h 空間の座標を選択し、円形輪郭 5 1 4 を抽出する。

10

## 【 0 0 6 1 】

ステップ S 5 0 4 において、輪郭抽出部 1 2 2 は、ステップ S 5 0 3 で抽出した円形輪郭 5 1 4 が、照射野領域とコリメータ領域の輪郭として妥当であるかについての妥当性の確認を行う。例えば、輪郭抽出部 1 2 2 は、抽出した円（または楕円）の中心座標の位置と、半径（または長径、短径）が一定範囲内に含まれているかを判定することが可能である。例えば、輪郭抽出部 1 2 2 は、輪郭候補として抽出した円の中心座標の位置と、円の半径とが一定範囲内に含まれている円を輪郭として抽出する。また、輪郭抽出部 1 2 2 は、輪郭候補として抽出した楕円の中心座標の位置と、楕円の長径及び短径とが一定範囲内に含まれている楕円を輪郭として抽出する。

20

## 【 0 0 6 2 】

あるいは、抽出した円（または楕円）が作る領域が、確率マップ 5 1 2 において照射野領域である確率の高い領域 5 1 5 と整合良くオーバーラップ（重複）しているか、例えば、領域間の重なり割合を示す重複率が基準値以上か否かなどを判定することが可能である。輪郭抽出部 1 2 2 は、輪郭候補に基づいた領域（抽出した円形輪郭 5 1 4 に基づいた領域）と、確率マップ 2 1 4 から想定される照射野領域との重なり割合を示す重複率が閾値以上の場合、輪郭候補（円形輪郭 5 1 4 ）を輪郭として抽出する。

## 【 0 0 6 3 】

輪郭の妥当性の確認に関して、輪郭抽出部 1 2 2 は、放射線撮影における被写体の撮影部位など、撮影画像の特徴に合わせた判別処理を行うことが可能である。

30

## 【 0 0 6 4 】

以上のステップ S 5 0 1 ~ S 5 0 4 の処理によって、輪郭抽出部 1 2 2 は、照射野絞りに円形コリメータを用いた場合でも精度の高い輪郭の抽出を行うことが可能となる。

## 【 0 0 6 5 】

尚、推論部 1 2 1 によって求める確率マップ 5 1 2 は、推論部 1 2 1 の学習時の教師データに矩形コリメータの例と円形コリメータ（楕円コリメータも含む）の例を両方含むことによって、矩形・円形問わず確率マップを求めることが可能である。この性質を利用して、求めた確率マップの形状によって、輪郭抽出部 1 2 2 を実施形態 1 に示した矩形用のものと、実施形態 2 に示した円形用のもののうち、最適なものを選択可能とする構成を取ってもよい。

40

## 【 0 0 6 6 】

例えば、操作パネル 1 1 4 を介してユーザーが選択する構成を取っても構わないし、または、輪郭抽出部 1 2 2 において、矩形用の処理と円形用の処理を両方行い、領域抽出部 1 2 3 において、抽出した輪郭が作る領域と、確率マップにおいて照射野領域である確率の高い領域と、が重複する割合が所定の基準値以上となる領域を照射野領域 2 2 1 として自動抽出するように構成することも可能である。

## 【 0 0 6 7 】

（実施形態 3 : ユーザーサイトでの学習機構）

次に、実施形態 3 について説明する。図 6 は、実施形態 3 の画像処理装置を含んだ放射線撮影システムの基本的な構成例を示すブロック図である。実施形態 3 では、実施形態 1

50

と同等の構成に加え、情報処理装置 107 に学習装置 601 が含まれるところに違いがある。

【0068】

実施形態 1、2 では、放射線撮影システム 100 は、推論部 121 においてニューラルネットワークの推論処理のみを行い、ニューラルネットワークの学習は、事前に行っておく構成を取っていた。

【0069】

ここで、実施形態 3 では、放射線撮影システム 100 は、ユーザーの使用環境で取得した画像と、照射野領域のデータセットの組とが記憶装置 115 に蓄積されるようになっている。情報処理装置 107 内の CPU バス 111 に学習装置 601 を電氣的に接続することで、学習処理も放射線撮影システム 100 の情報処理装置 107 内で実施することができる。推論部 121 は、ユーザーの使用環境で取得した画像と、照射野領域のデータセットの組とが新たに追加された学習の結果と、事前に行われた学習の結果とに基づいて推論処理を行う。これにより、記憶装置 115 に保存されたデータセットの組を新たな教師データとして、学習装置 601 を用いた追加の学習処理を行い、推論部 121 のパラメータ群を更新することができる。尚、学習装置 601 として、GPU などの並列演算性能の高い演算ユニットを用いることが可能である。

【0070】

追加の学習を行うタイミングは、例えば、記憶装置 115 に新たな教師データであるデータセットが一定数以上蓄積された場合や、照射野認識結果をユーザーによって修正されたデータセットが一定数以上蓄積された場合など、任意タイミングを選択できる。また、推論部 121 を追加学習する際のニューラルネットワークのパラメータ群の初期値としては、学習前に使用していたパラメータ群を設定し、転移学習を行うことも可能である。

【0071】

ここで、記憶装置 115 と学習装置 601 は、情報処理装置 107 上に直接搭載する構成に限らず、ネットワークを介して接続されたクラウドサーバー上に構成されていてもよい。その場合は、複数の放射線撮影システム 100 によって得られたデータセットをクラウドサーバー上に収集・保存し、そのデータセットを用いて追加の学習を行うこともできる。

【0072】

以上説明したように、実施形態 3 によれば、実施形態 1、2 の効果に加えて、ユーザーの使用環境に合わせて照射野認識処理を最適化し、照射野領域をより正確に抽出できる画像処理技術の提供が可能となる。

【0073】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0074】

(その他の実施形態)

本発明は、上述の実施形態の 1 以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1 以上の機能を実現する回路 (例えば、ASIC) によっても実現可能である。

【符号の説明】

【0075】

100 : 放射線撮影システム、101 : 放射線発生装置、102 : 被写体、103 : 寝台、104 : 検出装置、105 : 制御装置、106 : データ収集装置、107 : 情報処理装置、108 : 画像処理装置、109 : 照射野認識部、110 : 画像処理部、111 : CPU バス、112 : CPU、113 : メモリ、114 : 操作パネル、115 : 記憶装置、116 : 表示装置、120 : 前処理部、121 : 推論部、122 : 輪郭抽出部、123 : 領域抽出部

10

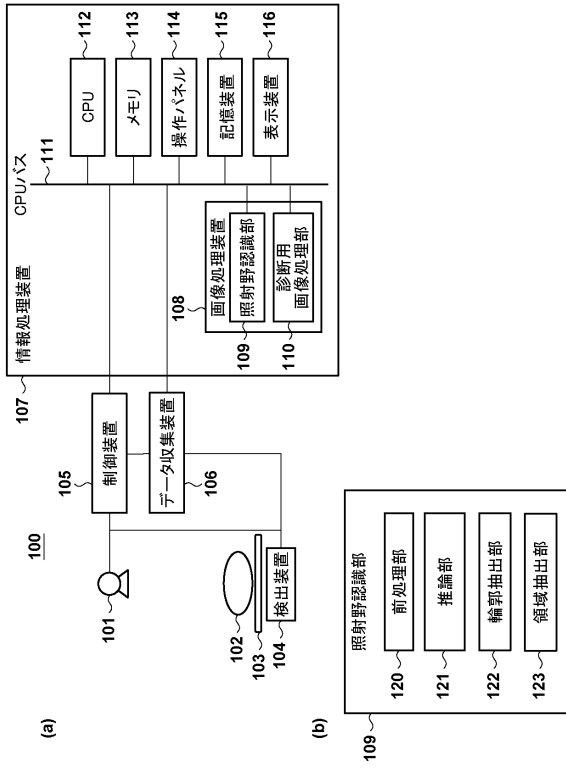
20

30

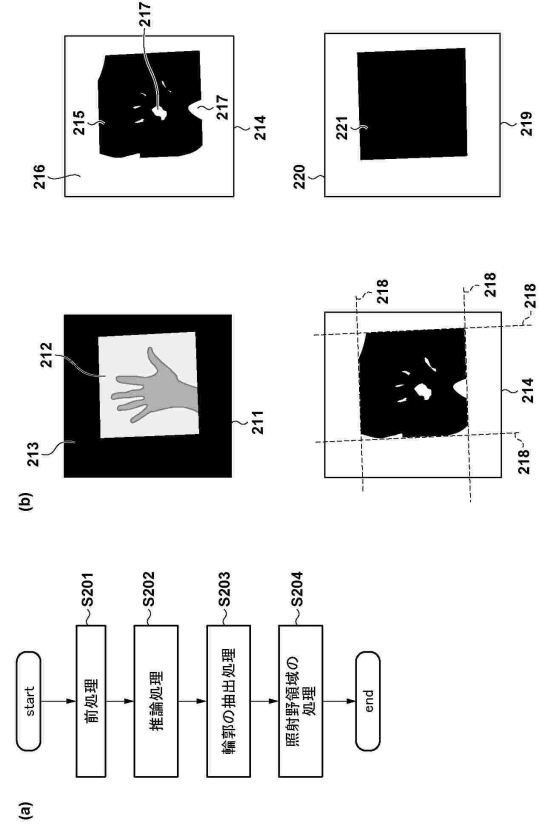
40

50

【図面】  
【図 1】



【図 2】



10

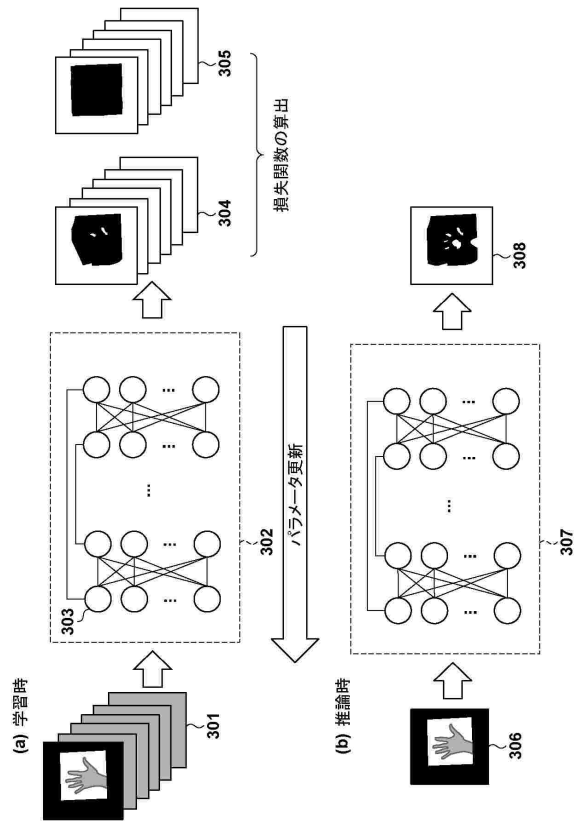
20

30

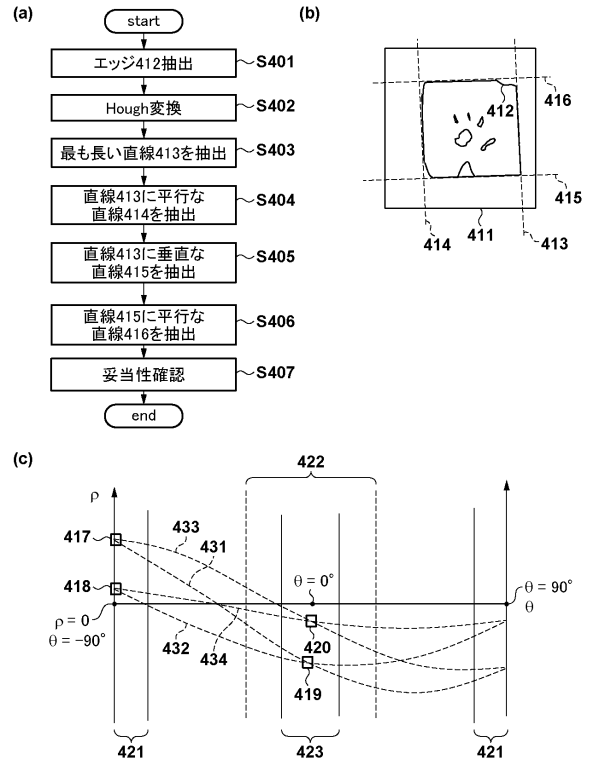
40

50

【図3】



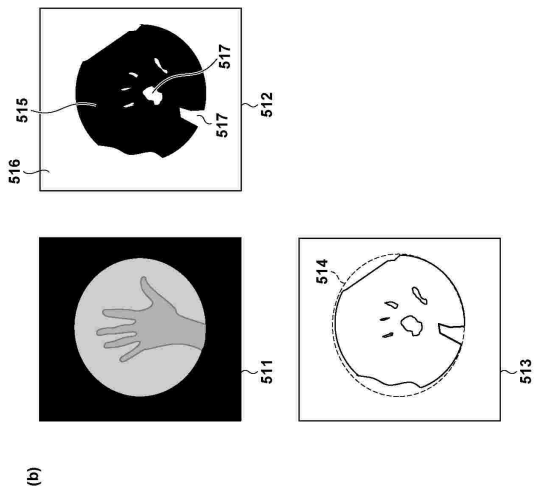
【図4】



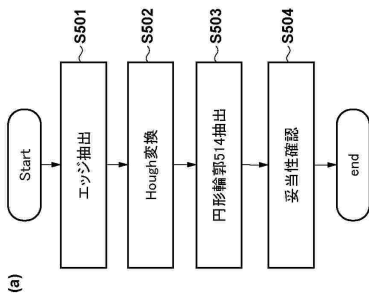
10

20

【図5】

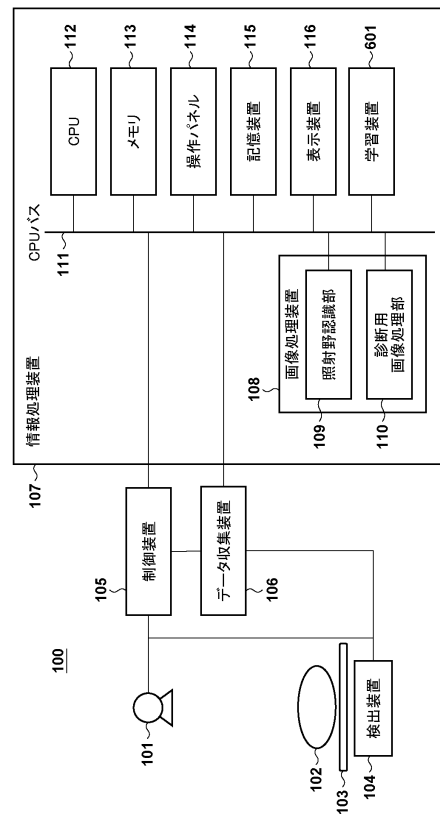


(b)



(a)

【図6】



30

40

50

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2020-025780(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

A61B 6/00 - 6/58

G06T 7/00 - 7/90