(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-531470
(P2024-531470A)
(43)公表日　令和6年8月29日(2024.8.29)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
Ａ６１Ｂ	*6/03 (2006.01)*	Ａ６１Ｂ	6/03	５６０Ｊ	４Ｃ０９３
Ａ６１Ｂ	*6/51 (2024.01)*	Ａ６１Ｂ	6/51	５００	５Ｌ０９６
Ｇ０６Ｔ	*7/187(2017.01)*	Ａ６１Ｂ	6/03	５６０Ｔ	
		Ｇ０６Ｔ	7/187		

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全25頁）

(21)出願番号　特願2024-512202(P2024-512202)
(86)(22)出願日　令和4年8月31日(2022.8.31)
(85)翻訳文提出日　令和6年4月11日(2024.4.11)
(86)国際出願番号　PCT/FI2022/050573
(87)国際公開番号　WO2023/031520
(87)国際公開日　令和5年3月9日(2023.3.9)
(31)優先権主張番号　20215916
(32)優先日　令和3年9月1日(2021.9.1)
(33)優先権主張国・地域又は機関
フィンランド(FI)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　591036309
プランメカ オイ
Ｐｌａｎｍｅｃａ Ｏｙ
フィンランド国．００８８０ ヘルシンキ，アセンタヤンカトゥ ６
Ａｓｅｎｔａｊａｎｋａｔｕ ６，００８８０ Ｈｅｌｓｉｎｋｉ，Ｆｉｎｌａｎｄ
(74)代理人　110002952
弁理士法人鷲田国際特許事務所
(72)発明者　リン ジユアン
フィンランド国 ヘルシンキ アセンタヤンカトゥ ６ プランメカ オイ内
Ｆターム（参考）　4C093　AA22 AA26 DA05 FF16 FH07
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　下顎管セグメント化の後処理

(57)【要約】
実施形態によれば、下顎管セグメント化データの後処理方法は、複数の可能な下顎管ボクセルを含む下顎管セグメント化データを取得することと、可能な下顎管ボクセル内のプリコンフィグレーションされた確率値閾値を上回る確率値を有する隣接するボクセルを連結することにより、複数のボクセル構造体を形成することと、各ボクセル構造体をスケルトン化することによって複数のルートを形成することと、複数のルート内のルートペアごとに、ルートペアがコンカチネーション基準を満たすかどうかを検査することと、ルートペアがコンカチネーション基準を満たすことに応答して、ルートペアをコンカチネートすることにより、第二の複数のルートを形成することと、第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行し、少なくとも１回のチェックに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することとを含む。
【選択図】図１

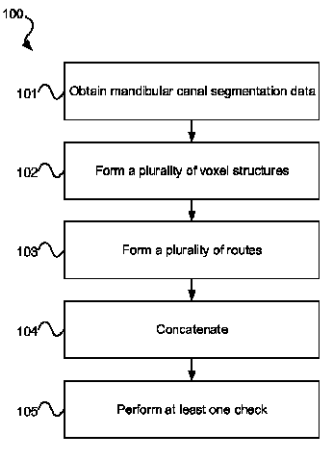


FIG. 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
下顎管セグメント化データの後処理のための方法であって、
下顎骨のコンピュータ断層撮影スキャン中に複数の可能な下顎管ボクセルを含む前記下顎管セグメント化データを取得することであって、前記複数の可能な下顎管ボクセル内の各ボクセルは前記ボクセルが下顎管を含む確率を定量化する確率値に関連付けられる、前記取得することと、
前記可能な下顎管ボクセル内のプリコンフィグレーションされた確率値閾値を上回る確率値を有する隣接するボクセルを連結することによって、複数のボクセル構造体を形成することと、
前記複数のボクセル構造体内の各ボクセル構造体をスケルトン化することによって複数のルートを形成することであって、前記複数のルート内の各ルートは前記複数のボクセル構造体内の対応するボクセル構造体の空間曲線を含む、前記形成することと、
前記複数のルート内のルートペアごとに、前記ルートペアがコンカチネーション基準を満たすかどうかを検査し、前記コンカチネーション基準を満たすルートペアに応答して、前記ルートペアをコンカチネートすることにより、第二の複数のルートを形成することと、
前記第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行し、前記少なくとも１回のチェックに基づいて前記第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することと、
を含む、前記方法。
【請求項２】
前記複数のルートを形成した後で、かつ前記複数のルート内のルートペアごとに、前記ルートペアが前記コンカチネーション基準を満たすかどうかを検査する前に、前記ルート内の各ボクセルの相対位置に応じて前記複数のルート内の各ルート内のボクセルをソートすることをさらに含む、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記第二の複数のルート内の各ルートの前記少なくとも１つの空間特徴についての前記少なくとも１回のチェックを実行し、前記少なくとも１回のチェックに基づいて前記第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することは、
前記ルートの第一セグメントの方向を決定することと、
前記ルートの前記第一セグメント以外の、前記ルートの複数のセグメント内のセグメントごとに、前記セグメントの方向が前記ルートの前記第一セグメントの前記方向からプリコンフィグレーションされた公差内であるかどうかを検査することと、
前記複数のセグメント内のセグメント数が前記公差内ではないことに基づいて単調性スコアを計算することと、
少なくとも前記単調性スコアに基づいて、前記第二の複数のルートから前記少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することと、
を含む、請求項１または請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記第二の複数のルート内の各ルートの前記少なくとも１つの空間特徴についての前記少なくとも１回のチェックを実行し、前記少なくとも１回のチェックに基づいて前記第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することは、
前記第二の複数のルート内の少なくとも１つのルートペアについて、少なくとも１つのペアスコアを計算することであって、前記少なくとも１つのペアスコアは、
前記ルートペアの平均座標スコアであって、前記ルートペア内の各ルートの座標軸方向内の平均座標を比較することによって計算される、前記平均座標スコア、
前記ルートペアの空間対称性を定量化する前記ルートペアの対称性スコア、及び／または、
前記ルートペアの対称面スコア、

のうちの少なくとも１つを有する、前記計算することと、
前記ペアの前記少なくとも１つのペアスコアに基づいて前記第二の複数のルート内の前記少なくとも１つのルートペアの合計スコアを計算することと、
少なくとも前記合計スコアに基づいて、前記第二の複数のルートから前記少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することと、
を含む、請求項１～３のいずれかに記載の方法。
【請求項５】
前記第二の複数のルート内の各ルートの前記少なくとも１つの空間特徴についての前記少なくとも１回のチェックを実行し、前記少なくとも１回のチェックに基づいて前記第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することは、
各ルートの単調性スコアに基づいて前記第二の複数のルートからルートのサブセットを選択することと、
前記選択されたルートのサブセット内のルートペアごとに前記少なくとも１つのペアスコアを計算することと、
前記ルートペアの前記少なくとも１つのペアスコアに基づいて前記選択されたサブセット内のルートペアごとに前記合計スコアを計算することと、
前記選択されたルートのサブセット内で最高合計スコアを有するルートペアを前記候補の下顎管ペアとして選択することと、
を含む、請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記座標軸方向は、前記下顎骨の前記コンピュータ断層撮影スキャンの幅方向と平行である、請求項４または請求項５に記載の方法。
【請求項７】
前記対称性スコア及び／または前記対称面スコアは、前記ルートペア内の前記ルートのダイジェストに基づいて計算され、前記ルートの前記ダイジェストは、前記ルートの開始位置、前記ルートの終了位置、及び前記ルートの平均位置を含む、請求項４～６のいずれかに記載の方法。
【請求項８】
前記対称面スコアは、前記ルートペアの対称面が前記下顎骨の前記コンピュータ断層撮影スキャンの高さ方向とどの程度よくアライメントされるかを定量化する、請求項４～７のいずれかに記載の方法。
【請求項９】
前記コンカチネーション基準は、プリコンフィグレーションされた最大閾値距離未満である、前記ルートペア内の第一ルートのエンドポイントと前記ルートペア内の第二ルートのエンドポイントとの間の距離を含む、請求項１～８のいずれかに記載の方法。
【請求項１０】
前記複数のルート内のルートペアごとに、前記ルートペアが前記コンカチネーション基準を満たすかどうかを検査することは、
前記ルートペアのエンドポイント間の最小距離、
前記ルートペアの外挿されたエンドポイント間の最小距離であって、前記外挿されたエンドポイントはプリコンフィグレーションされたボクセル数によって前記エンドポイントを線形外挿することによって取得される、前記最小距離、及び／または、
前記ルートペアのスキュー距離、
のうちの少なくとも１つを計算することを含み、
前記コンカチネーション基準は、前記エンドポイント間の前記最小距離が満たす第一基準、前記外挿されたエンドポイント間の前記最小距離が満たす第二基準、及び／または、前記ルートペアの前記スキュー距離が満たす第三基準を含む、請求項１～９のいずれかに記載の方法。
【請求項１１】
前記複数のボクセル構造体内の各ボクセル構造体は、連結成分アルゴリズムを使用して

形成される、請求項１～１０のいずれかに記載の方法。
【請求項１２】
前記下顎管セグメント化データは、訓練済みニューラルネットワークの出力として取得される、請求項１～１１のいずれかに記載の方法。
【請求項１３】
少なくとも１つのプロセッサ、及び、
コンピュータプログラムコードを有する少なくとも１つのメモリ、
を含むコンピューティングデバイスであって、
前記少なくとも１つのメモリ及び前記コンピュータプログラムコードは、前記少なくとも１つのプロセッサによって、前記コンピューティングデバイスに請求項１～１２のいずれかに記載の方法を実行させるように構成される、前記コンピューティングデバイス。
【請求項１４】
コンピュータプログラム製品がコンピュータ上で実行される場合、請求項１～１２のいずれかに記載の方法を実行するように構成されたプログラムコードを含む、前記コンピュータプログラム製品。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、歯科イメージングに関し、さらに特に、下顎管セグメント化データの後処理方法、対応するコンピューティングデバイス、及びコンピュータプログラム製品に関する。
【背景技術】
【０００２】
下顎としても知られている、ヒトの下顎骨は解剖学的に複雑で、咀嚼、発声、及び顔の表情の機能を促進する、顔領域内で唯一可動な骨である。また下の歯列、筋付着部、側頭下顎関節、神経、及び血管の足場及びプラットフォームとしても機能する。重要な下顎構造は２本の下顎管であり、これら２本の下顎管は小臼歯領域及び大臼歯領域内の歯の下の両側に位置している。各管には動脈と静脈だけでなく、下歯槽神経が含まれ、下歯槽神経は三叉神経の下顎縁枝の一部であり、筋肉に運動神経支配を、そして歯、頤、及び下唇に知覚神経支配を与える。下顎内の下顎管の位置を正確に特定することは、歯科インプラント学において重要である。
【発明の概要】
【０００３】
本概要は、下段の発明を実施するための形態にさらに記述されている単純化された形式で一連の概念を紹介するために提供されている。本概要は、主張されている主題の主要な特徴または重要な特徴を特定することが意図されておらず、主張されている主題の範囲を制限するために用いられることも意図するには値しない。
【０００４】
下顎管セグメント化データの後処理方法を提供することを目的とする。上記及び他の目的は、独立請求項の特徴によって達成される。さらなる実施態様形態は、従属請求項、説明及び図から明らかである。
【０００５】
第一態様によれば、下顎管セグメント化データの後処理方法は、下顎骨のコンピュータ断層撮影スキャン中に複数の可能な下顎管ボクセルを含む下顎管セグメント化データを取得することであって、複数の可能な下顎管ボクセル内の各ボクセルはボクセルが下顎管を含む確率を定量化する確率値に関連付けられる、取得することと、可能な下顎管ボクセル内のプリコンフィグレーションされた確率値閾値を上回る確率値を有する隣接するボクセルを連結することによって、複数のボクセル構造体を形成することと、複数のボクセル構造体内の各ボクセル構造体をスケルトン化することによって複数のルートを形成することであって、複数のルート内の各ルートは複数のボクセル構造体内の対応するボクセル構造

体の空間曲線を含む、形成することと、複数のルート内のルートペアごとに、ルートペアがコンカチネーション基準を満たすかどうかを検査し、ルートペアがコンカチネーション基準を満たすことに応答して、ルートペアをコンカチネートすることにより、第二の複数のルートを形成することと、第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行し、少なくとも１回のチェックに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することと、を含む。方法は、例えば、向上した正確度によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【０００６】

第一態様の実装形態では、方法は、複数のルートを形成した後で、かつ複数のルート内のルートペアごとに、ルートペアがコンカチネーション基準を満たすかどうかを検査する前に、ルート内の各ボクセルの相対位置に応じて複数のルート内の各ルート内のボクセルをソートすることをさらに含む。方法は、例えば、ルートがソートされる場合、他の操作をより効率的に実行することができるため、向上した効率によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【０００７】

第一態様の別の実装形態では、第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行し、少なくとも１回のチェックに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することは、ルートの第一セグメントの方向を決定することと、ルートの第一セグメント以外の、ルートの複数のセグメント内のセグメントごとに、セグメントの方向がルートの第一セグメントの方向からプリコンフィグレーションされた公差内であるかどうかを検査することと、公差内ではない複数のセグメント内のセグメント数に基づいて単調性スコアを計算することと、少なくとも単調性スコアに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することとを含む。方法は、例えば、候補の下顎管ペアを選択する場合にルートの方向情報を利用することができるため、さらに向上した正確度によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【０００８】

第一態様の別の実装形態では、第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行し、少なくとも１回のチェックに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することは、第二の複数のルート内の少なくとも１つのルートペアについて、少なくとも１つのペアスコアを計算することであって、少なくとも１つのペアスコアはルートペアの平均座標スコアであって、ルートペア内の各ルートの座標軸方向内の平均座標を比較することによって計算される、平均座標スコア、ルートペアの空間対称性を定量化するルートペアの対称性スコア、及び／またはルートペアの対称面スコアのうちの少なくとも１つを含む、計算することと、ペアの少なくとも１つのペアスコアに基づいて第二の複数のルート内の少なくとも１つのルートペアの合計スコアを計算することと、少なくとも合計スコアに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することとを含む。方法は、例えば、候補の下顎管ペアを選択する場合にルートペアの対称性情報を利用することができるため、さらに向上した正確度によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【０００９】

第一態様の別の実装形態では、第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行し、少なくとも１回のチェックに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することは、各ルートの単調性スコアに基づいて第二の複数のルートからルートのサブセットを選択することと、選択されたルートのサブセット内のルートペアごとに少なくとも１つのペアスコアを計算することと、ルートペアの少なくとも１つのペアスコアに基づいて選択されたサブセット内のルートペアごとに合計スコアを計算することと、選択されたルートのサブセット

内で最高合計スコアを有するルートペアを候補の下顎管ペアとして選択することとを含む。方法は、例えば、候補の下顎管ペアを選択する場合にルートの方向情報及びルートペアの対称性情報を利用することができるため、さらに向上した正確度によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【００１０】

第一態様の別の実装形態では、第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行し、少なくとも１回のチェックに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することは、空間単調性という観点から、その方向が実際の下顎管の方向と概してどの程度よくアライメントするかを定量化する、各ルートの単調性スコアに基づいて第二の複数のルートからルートのサブセットを選択することと、選択されたルートのサブセット内のルートペアごとに少なくとも１つのペアスコアを計算することと、ルートペアの少なくとも１つのペアスコアに基づいて選択されたサブセット内のルートペアごとに合計スコアを計算することと、選択されたルートのサブセット内で最高合計スコアを有するルートペアを候補の下顎管ペアとして選択することとを含む。方法は、例えば、候補の下顎管ペアを選択する場合にルートの方向情報及びルートペアの対称性情報を利用することができるため、さらに向上した正確度によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【００１１】

第一態様の別の実装形態では、座標軸方向は、下顎骨のコンピュータ断層撮影スキャンの幅方向と平行である。方法は、例えば、候補の下顎管ペアを選択する場合にルートの幅（左右）対称性情報を利用することができるため、さらに向上した正確度によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【００１２】

第一態様の別の実装形態では、対称性スコア及び／または対称面スコアは、ルートペア内のルートのダイジェストに基づいて計算され、ルートのダイジェストは、ルートの開始位置、ルートの終了位置、及びルートの平均位置を含む。方法は、例えば、ルートの対称性情報を効率的に利用することができるため、さらに向上した正確度及び効率によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【００１３】

第一態様の別の実装形態では、対称面スコアは、ルートペアの対称面が下顎骨のコンピュータ断層撮影スキャンの高さ方向とどの程度よくアライメントされるかを定量化する。方法は、例えば、ルートの対称面情報を利用することができるため、さらに向上した正確度によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【００１４】

第一態様の別の実装形態では、コンカチネーション基準は、プリコンフィグレーションされた最大閾値距離未満である、ルートペア内の第一ルートのエンドポイントとルートペア内の第二ルートのエンドポイントとの間の距離を含む。方法は、例えば、２つのルートをコンカチネートするべきかどうかを効率的に決定することができるため、さらに向上した正確度及び効率によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。

【００１５】

第一態様の別の実装形態では、複数のルート内のルートペアごとに、ルートペアがコンカチネーション基準を満たすかどうかを検査することは、ルートペアのエンドポイント間の最小距離、ルートペアの外挿されたエンドポイント間の最小距離であって、外挿されたエンドポイントはプリコンフィグレーションされたボクセル数によってエンドポイントを線形外挿することによって取得される、最小距離、及び／またはルートペアのスキュー距離のうちの少なくとも１つを計算することを含み、コンカチネーション基準は、エンドポイント間の最小距離が満たす第一基準、外挿されたエンドポイント間の最小距離が満たす第二基準、及び／またはルートペアのスキュー距離が満たす第三基準を含む。方法は、例えば、これらの基準に基づいて２つのルートをコンカチネートするべきかどうかを決定することができるため、さらに向上した正確度によって少なくとも１つの候補の下顎管ペア

を提供することができる。
【００１６】
第一態様の別の実装形態では、複数のボクセル構造体内の各ボクセル構造体は、連結成分アルゴリズムを使用して形成される。方法は、例えば、連結成分アルゴリズムを使用してボクセル構造体を効率的に形成し、さらに連結成分のプロパティを利用することができるため、さらに向上した正確度及び効率によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。
【００１７】
第一態様の別の実装形態では、下顎管セグメント化データは、訓練済みニューラルネットワークの出力として取得される。方法は、例えば、下顎管セグメント化データを後処理することができるため、ニューラルネットワーク単独と比較して、向上した正確度によって少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することができる。
【００１８】
第二態様によれば、コンピューティングデバイスは、少なくとも１つのプロセッサ、及びコンピュータプログラムコードを有する少なくとも１つのメモリを含み、少なくとも１つのメモリ及びコンピュータプログラムコードは、少なくとも１つのプロセッサによって、コンピューティングデバイスに第一態様による方法を実行させるように構成される。
【００１９】
第三態様によれば、コンピュータプログラム製品がコンピュータ上で実行される場合、第一態様による方法を実行するように構成されたプログラムコードを含む。
【００２０】
付随する特徴の多くは、添付の図面に関連して考慮される以下の詳細な説明を参照することによって、よりよく理解されるようになるので、より容易に理解されるようになる。
【００２１】
以下では、実施形態が、添付の図及び図面を参照して、より詳細に説明される。
【図面の簡単な説明】
【００２２】
【図１】実施形態による方法のフローチャート表現を示す。
【図２】実施形態によるコンピューティングデバイスの概略図を示す。
【図３】実施形態による、複数の可能な下顎管ボクセル及び対応するボクセル構造体の概略図を示す。
【図４】実施形態による、ボクセル構造体及び対応するルートの概略図を示す。
【図５】実施形態による連結成分としてのボクセル構造体の概略図を示す。
【図６】実施形態によるコンカチネーションプロシージャのフローチャート表現を示す。
【図７】実施形態による、ルート間の距離の概略図を示す。
【図８】実施形態による、ルートセグメントの概略図を示す。
【図９】実施形態による、対称性スコア計算の概略図を示す。
【図１０】実施形態による、候補の下顎管ペア選択プロシージャのフローチャート表現を示す。
【図１１】実施形態による、畳み込みニューラルネットワークの概略図を示す。
【発明を実施するための形態】
【００２３】
以下では、添付の図面において同様の部分を示すために同様の参照番号が使用される。
【００２４】
本開示の以下の詳細な説明では、本開示の一部を形成し、本開示が配置され得る特定の態様が例示として示されている添付図面への参照が行われる。本開示の範囲から逸脱することなく、他の態様を利用することができ、構造的または論理的な変更を行うことができることが理解される。したがって、以下の詳細な説明は、本開示の範囲は添付の特許請求の範囲によって定義されるため、限定的な意味で解釈されるべきではない。
【００２５】

例えば、説明した方法に関連する開示は、その方法を実行するように構成された対応するデバイスまたはシステムにも当てはまり、その逆も成り立つことが理解される。例えば、特定の方法ステップが説明されている場合、対応するデバイスは、説明された方法ステップを実行するためのユニットを、そのようなユニットが図に明示的に記載または図示されていなくても含むことができる。その一方で、例えば、特定の装置が機能ユニットに基づいて説明されている場合、対応する方法は、説明された機能を実行するステップを、そのようなステップが明示的に記載または図示されていなくても含むことができる。さらに、特に断りのない限り、本明細書に記載の様々な例示的態様の特徴を互いに組み合わせることができることを理解されたい。

【００２６】

図１は、実施形態による方法のフローチャート表現を示す。

【００２７】

実施形態によれば、方法１００は、下顎骨のコンピュータ断層撮影スキャン中に複数の可能な下顎管ボクセルを含む下顎管セグメント化データを取得する（１０１）ことを含み、複数の可能な下顎管ボクセル内の各ボクセルはボクセルが下顎管を含む確率を定量化する確率値に関連付けられる。

【００２８】

下顎骨は、下顎、顎骨などと呼ばれることもある。

【００２９】

本明細書では、ボクセルは、３次元空間内の規則的なグリッド上の値を表し得る。ボクセルは、規則的な間隔の３次元グリッド上にサンプルまたはデータ点を表す。ボクセルは、このグリッド上の単一点を表すことができる。データ点は、ボクセルが下顎管を有する確率を定量化する確率値のような単一データ、または複数のデータを含むことができる。確率値は確率そのものを含まない場合がある。むしろ、確率値は、確率を定量化する任意の量を含み得る。

【００３０】

下顎管ボクセルは、下顎管を含むコンピュータ断層撮影スキャンの領域に対応するボクセルを指し得る。同様に、複数の可能な下顎管ボクセル内の任意のボクセルは、下顎管を含むコンピュータ断層撮影スキャンの領域に対応し得、各ボクセルに関連する確率は、ボクセルの領域が下顎管を含む確率を定量化する。

【００３１】

本明細書では、コンピュータ断層撮影スキャン、下顎骨、及び／または下顎管の幾何学的形状は、奥行き、幅、及び高さの寸法／方向を参照することによって記述されることができる。また奥行き寸法／方向は、前後寸法／方向、ｚ寸法などと呼ばれることもある。奥行き寸法／方向は、冠状面に垂直であることができる。幅寸法／方向は、左右寸法／方向、ｘ寸法などと呼ばれることもある。幅寸法／方向は矢状面に垂直であることができる。高さ寸法／方向は、ボトムアップ寸法／方向、ｙ寸法などと呼ばれることもある。高さ寸法／方向は、水平断面／軸位断面／横断面に垂直であることができる。ｘ軸、ｙ軸、及び／またはｚ軸のゼロ点は、下顎骨のスキャンの中央にあるように置かれ得る。

【００３２】

方法１００は、可能な下顎管ボクセル内のプリコンフィグレーションされた確率閾値を上回る確率値を有する隣接するボクセルを連結することによって、複数のボクセル構造体を形成する（１０２）ことをさらに含み得る。

【００３３】

本明細書では、ボクセル構造体は、複数の連結されたボクセルを有する任意の構造体を含み得る。例えば、ボクセル構造体は、本明細書で開示されるような連結成分として実装されることができる。ボクセル構造体は、複数の連結ボクセルを含み得る。したがって、ボクセル構造体内の各ボクセルには、同じボクセル構造体内の少なくとも１つの他のボクセルが隣接している。

【００３４】

プリコンフィグレーションされた確率閾値は、例えば、０．１、０．２、０．３、０．４、０．５、０．６、０．７、０．８、または０．９であってもよい。

【００３５】

小さいボクセル構造体は、ボクセル構造体が形成された後に破棄されてもよい。例えば、ボクセル構造体は、そのサイズ（すなわち、ボクセル構造体内のボクセル数）が最大ボクセル構造体のプリコンフィグレーションされた割合よりも小さいため、破棄されてもよい。例えば、ボクセル構造体Ｃは、

【数１】

$$\text{サイズ}(C) \geqq T \times \text{最大サイズ}_{c}(c)$$

によって保たれ得、式中、Ｔは０．０１、０．０２、０．０３、０．０５、または０．１などの閾値である。より小さい閾値を選択し、より多くの候補ボクセルを含み得るため、小さいボクセル構造体を無視し得ない。

【００３６】

方法１００は、複数のボクセル構造体内の各ボクセル構造体をスケルトン化することによって複数のルートを形成する（１０３）ことをさらに含んでもよく、複数のルート内の各ルートは複数のボクセル構造体内の対応するボクセル構造体の空間曲線を含む。

【００３７】

複数のルート内の各ルートは、複数のボクセル構造体内の対応するボクセル構造体をスケルトン化することによって取得されることができる。

【００３８】

方法１００は、複数のルート内のルートペアごとに、ルートペアがコンカチネーション基準を満たすかどうかを検査し、コンカチネーション基準を満たすルートペアに応答して、ルートペアをコンカチネートすることにより、第二の複数のルートを形成することをさらに含み得る。

【００３９】

本明細書では、２つのルートをコンカチネートすることは、２つのルートをエンドツーエンドで結合することによって新しいルートを作成することを含んでもよい。

【００４０】

方法１００は、第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行し（１０５）、少なくとも１回のチェックに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することをさらに含み得る。

【００４１】

下顎管はほとんどが下方と内方に向いている。第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴についての少なくとも１回のチェックは、この情報、及び下顎管の幾何学的形状に関する他の情報を使用して、第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することができる。

【００４２】

方法１００は、少なくとも１つの候補の下顎管ペアを提供することをさらに含み得る。提供することは、例えば、少なくとも１つの候補の下顎管ペアをユーザに提供することを含んでもよい。少なくとも１つの候補の下顎管ペアは、例えば対応するルートをユーザのディスプレイ上に表示することなどによって、ユーザに提供され得る。ルートは、例えば、下顎骨のコンピュータ断層撮影スキャンの上にオーバーレイされてもよい。いくつかの実施形態では、ルートのキーポイントはサンプルであることができ、キーポイントは提供されることができる。

【００４３】
方法１００の少なくともいくつかの実施形態は、本来であれば無視される小さいルートセグメントも考慮することができる。
【００４４】
方法１００の少なくともいくつかの実施形態は、抽出されたルートの形状を考慮することができるため、他の解剖学的構造体、及び誤ってラベル付けされたデータさえも無視することができる。
【００４５】
方法１００は、ギャップ及び偽陽性を含む可能性がある不完全なセグメント化データから下顎神経管の正しいセグメント化を構築することができる。方法１００は、コーンビームコンピュータ断層撮影（ＣＢＣＴ）及びコンピュータ断層撮影（ＣＴ）の両方のデータに作用することができる。方法１００は、すべての可能な管を、構築することができると、例えばルート座標単調性及びペアワイズ対称性などに基づいて、スクリーニングすることができる。
【００４６】
方法１００は、まず、下顎管セグメント化データによって示唆されたすべての可能な下顎管を構築することができ、次にヒューリスティックな方法を使用して偽の管をスクリーニングして除くことができる。次に方法１００は、チェックを使用して、下顎管ルートに対応する可能性が低いルート／ルートペアをスクリーニングして除くことができる。これらのようなチェックは、下顎管ルートの空間特性を考慮することができる。
【００４７】
図２は、実施形態によるコンピューティングデバイス２００の概略図を示す。
【００４８】
実施形態によれば、コンピューティングデバイス２００は、少なくとも１つのプロセッサ２０１、及びコンピュータプログラムコードを有する少なくとも１つのメモリ２０２を含む。
【００４９】
少なくとも１つのメモリ２０２及びコンピュータプログラムコードは、少なくとも１つのプロセッサ２０１によって、コンピューティングデバイス２００に方法１００を実行させるように構成され得る。
【００５０】
少なくとも１つのプロセッサ２０１は、例えば、中央処理装置（ＣＰＵ）、グラフィカルプロセッシングユニット（ＧＰＵ）、コプロセッサ、マイクロプロセッサ、処理ユニット、デジタル信号プロセッサ（ＤＳＰ）、付属ＤＳＰを有するかまたは有しない処理回路などの様々な処理デバイスのうちの１つ以上、あるいは特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、マイクロプロセッサユニット（ＭＣＵ）、ニューラルネットワークアクセラレータなどのハードウェアアクセラレータ、専用コンピュータチップなどの集積回路を含む様々な他の処理デバイスを備えることができる。
【００５１】
少なくとも１つのメモリ２０２は、例えば、コンピュータプログラムなどを格納するように構成され得る。少なくとも１つのメモリ２０２は、１つ以上の揮発性メモリデバイス、１つ以上の不揮発性メモリデバイス、及び／または１つ以上の揮発性メモリデバイスと不揮発性メモリデバイスの組み合わせを備えることができる。例えば、少なくとも１つのメモリ２０２は、磁気記憶装置（ハードディスクドライブ、フロッピーディスク、磁気テープなど）、光磁気記憶装置、及び半導体メモリ（マスクＲＯＭ、ＰＲＯＭ（プログラマブルＲＯＭ）など、ＥＰＲＯＭ（消去可能なＰＲＯＭ）、フラッシュＲＯＭ、ＲＡＭ（ランダムアクセスメモリ）など）。）として具現化することができる。
【００５２】
コンピューティングデバイス２００は、図２の実施形態には示されていない他のコンポ

ーネントをさらに含み得る。コンピューティングデバイス２００は、例えば、コンピューティングデバイス２００を他のデバイスに接続するための入出力バスを含み得る。

【００５３】

コンピューティングデバイス２００がいくつかの機能を実装するように構成される場合、いくつかの構成要素、及び／または少なくとも１つのプロセッサ２０１及び／または少なくとも１つのメモリ２０２など、コンピューティングデバイス２００の構成要素は、この機能を実装するように構成され得る。さらに、少なくとも１つのプロセッサ２０１が何らかの機能を実装するように構成されている場合、この機能は、例えば少なくとも１つのメモリ２０２に含まれるプログラムコードを使用して実装され得る。

【００５４】

図３は、実施形態による、複数の可能な下顎管ボクセル及び対応するボクセル構造体の概略図を示す。

【００５５】

複数のボクセル構造体は、可能な下顎管ボクセル内のプリコンフィグレーションされた確率閾値を上回る確率値を有する隣接するボクセルを連結することによって、形成されることができる。例えば、図３の実施形態では、確率閾値は０．５に設定される。したがって、図３の実施形態に示されるボクセル構造体３０２＿１、３０２＿２は、ボクセル構造体３０２＿１、３０２＿２内で確率値が０．５を上回っている、可能な下顎管ボクセル３０１内の隣接するボクセルを連結することによって形成される。

【００５６】

２ボクセルが隣接しているかどうかに使用されるルールは、異なる実施形態では異なる場合がある。例えば、図３の実施形態では、ボクセルごとに、最も近い８ボクセルが隣接するボクセルであるとみなされる。最も近い４ボクセルのみが隣接するボクセルであるとみなされる場合、第二の３０２＿２ボクセル構造体は形成されない。３次元では、ボクセルごとに、そのボクセルに接触する他の６ボクセル、または３×３×３ボクセル立方体内の他の２６ボクセルは、例えば、隣接するボクセルであるとみなされ得る。

【００５７】

図３の実施形態が２つのボクセル構造体３０２＿１、３０２＿２のみを示す単純化された例の２次元表現にすぎないことを理解されたい。

【００５８】

図４は、実施形態による、ボクセル構造体及び対応するルートの概略図を示す。

【００５９】

各ルートは、ボクセル構造体をスケルトン化し得ることで取得され得る。したがって、各ルートは、対応するボクセル構造体のスケルトンを含み得る。

【００６０】

本明細書では、ボクセル構造体のスケルトンは、ボクセル構造体の境界から等距離にあるそのボクセル構造体の薄いバージョンを指し得る。したがって、ルートは、ボクセル構造体の幾何学的プロパティ及び位相幾何学的プロパティ、例えば、その連結性、トポロジー、長さ、方向、及び幅を強調することができる。形状境界までのその点の距離と合わせて、スケルトンはボクセル構造体の表現としても機能することができる。

【００６１】

図４の実施形態では、各ルート３０３＿１、３０３＿２は、対応するボクセル構造体３０２＿１、３０２＿２をスケルトン化することによって取得される。

【００６２】

実施形態によれば、方法は、複数のルートを形成した後で、かつ複数のルート内のルートペアごとに、ルートペアがコンカチネーション基準を満たすかどうかを検査する前に、ルート内の各ボクセルの相対位置に応じて複数のルート内の各ルート内のボクセルをソートすることをさらに含む。

【００６３】

例えば、Ｒ内のボクセルに２つの最近傍グラフが構築されることができる。第一グラフ

G_sはルートトポロジーを維持するためにより小さい半径を有することができ、第二グラフG_lは傍探索に大きい半径を有することができる。ここで、半径は、所与のボクセルに隣接しているとみなされるボクセルを測定する。

【００６４】

例えば、幅優先探索（ＢＦＳ）を使用して、G_sに基づいてルートＲ内の最長路

【数２】

$$\widehat{R}$$

を見つけることができる。ソートされたルートとして最長路

【数３】

$$\widehat{R}$$

を使用することができる。経路

【数４】

$$\widehat{R}$$

が十分な長さではない場合（例えば、

【数５】

$$\left|\widehat{R}\right| < T_r \left|R\right|$$

の場合、式中、｜・｜は経路／ルートの長さであり、T_rは閾値である）、最長路

【数６】

$$\widehat{R}$$

は、最長路

【数７】

$$\widehat{R}$$

が十分な長さになるまで繰り返し、G_lに基づいて最も近い隣接するボクセルを追加することによって延長されることができる（例えば、

【数８】

$$\left|\widehat{R}\right| \geqq T_r \left|R\right|$$

の場合）。追加の制約を使用して、最も近い隣接するボクセルを追加することができる。例えば、追加されるボクセルのｙ成分ｖ$_y$は、最長路
【数９】

$$\widehat{R}$$

内の最後のボクセルのｙ成分
【数１０】

$$\widehat{v}_y$$

よりも大きくなる必要がある場合がある。式中、ｙ軸は下顎骨のコンピュータ断層撮影スキャンの前後方向に沿い、ｙ値が大きいほど後方向を指す。そのようなボクセルを見つけることができない場合、制約は、例えば
【数１１】

$$v_y > \widehat{v}_y - T_y$$

などに緩和されることができ、式中、Ｔ$_y$は閾値である。
【００６５】
さらに、それらの隣接するボクセル数を調べることによって、順序付けされたルート内の最初と最後のボクセルが真のエンドポイントであることを確保することができる。
【００６６】
図５は、実施形態による連結成分としてのボクセル構造体の概略図を示す。
【００６７】
実施形態によれば、複数のボクセル構造体内の各ボクセル構造体は、連結成分アルゴリズムを使用して形成される。これは、連結成分ラベリング（ＣＣＬ）または連結成分分析（ＣＣＡ）と呼ばれることもある。
【００６８】
連結成分アルゴリズムは、複数の可能な下顎管ボクセル３０１に基づいて、頂点３２１と、連結する辺３２０とを含むグラフ３２５を構築することができる。グラフ３２５内の各頂点はボクセルに対応することができる。辺３２０は、連結された隣接するボクセルを指示することができる。連結成分アルゴリズムは、複数の連結成分３１２＿１、３１２＿２を構築することができる。連結成分は、任意の２つの頂点３２１が経路によって相互に連結され、グラフ３２５の残りの追加の頂点に連結されていない部分グラフである。各連結成分は、連結されたボクセルのボクセル構造体に対応することができる。
【００６９】
図５の実施形態は、図３及び図４の実施形態に示される、ボクセル構造体３０２＿１、３０２＿２にそれぞれ対応する連結成分３１２＿１、３１２＿２を示す。

【００７０】
図６は、実施形態による、コンカチネーションプロシージャのフローチャート表現を示す。
【００７１】
プロシージャを操作５０１で開始することができる。
【００７２】
操作５０２では、複数のルート内のルートペアごとにスコアを計算することができる。このスコアは、コンカチネーションスコアなどと呼ばれる場合がある。
【００７３】
操作５０３では、コンカチネートされるルートペアの有効な提案がスコア計算５０２によって提供されるかどうかをチェックすることができる。例えば、コンカチネーション基準を満たすルートペアがない場合、有効な提案は提供されない。有効な提案が提供されない場合、プロシージャは操作５０５に進むことができ、そこでプロシージャは終了する。有効な提案が提供される場合、プロシージャは操作５０４に進むことができる。
【００７４】
実施形態によれば、コンカチネーション基準は、プリコンフィグレーションされた最大閾値距離未満である、ルートペア内の第一ルートのエンドポイントとルートペア内の第二ルートのエンドポイントとの間の距離を含む。
【００７５】
例えば、操作５０２では、ルートペア内の第一ルートのエンドポイントとルートペア内の第二ルートのエンドポイントとの間の距離に基づいて、ルートペアごとにコンカチネーションスコアを計算することができる。加えてまたは代わりに、コンカチネーションスコアを計算する場合、本明細書に開示されるような他の基準が考慮されてもよい。次に、操作５０３では、任意のルートペアのコンカチネーションスコアがプリコンフィグレーションされた最小コンカチネーションスコアより大きいかどうか、すなわち、計算によってコンカチネートされるべきルートの有効な提案が提供されたかどうかをチェックすることができる。代替またはさらに、有効な提案が見つからず、この値が操作５０３で検出されることができる場合、スコア計算５０２自体は、ヌルなどの特別な値を返してもよい。
【００７６】
操作５０４では、最高スコアを有するルートペアをコンカチネートすることができる。コンカチネーション後、プロシージャは操作５０２に戻ることができ、そこでルートペアごとにスコアを計算することができる。操作５０４で実行されるコンカチネーションにより、複数のルートは異なる複数のルートを含むことになる。したがって、有効なコンカチネーション提案が提供されなくなるまで、操作５０２～５０４を繰り返すことができる。
【００７７】
プロシージャ１０４の結果として、第二の複数のルートを提供することができる。
【００７８】
図７は、実施形態による、ルート間の距離の概略図を示す。
【００７９】
実施形態によれば、複数のルート内のルートペアごとに、ルートペアがコンカチネーション基準を満たすかどうかを検査することは、ルートペアのエンドポイント間の最小距離、ルートペアの外挿されたエンドポイント間の最小距離であって、外挿されたエンドポイントはプリコンフィグレーションされたボクセル数によってエンドポイントを線形外挿することによって取得される、最小距離、及び／またはルートペアのスキュー距離のうちの少なくとも１つを計算することを含む。
【００８０】
ルートペアごとに、ルートペア内の異なるルートに属するエンドポイント間の距離の最小値を計算することができる。合計で２×２＝４ケースがある。最小距離はｄとして表されることができる。
【００８１】

ルートペアの外挿されたエンドポイント間の最小距離は、例えば、各ルートのエンドポイントをｋボクセルによって線形外挿することによって取得されることができる。最小距離を計算し、d_{ext}として表すことができる。

【００８２】

ルートペアのスキュー距離は、ルートのエンドポイントをその外挿に連結することによって形成された線間の最短距離を指し得る。スキュー距離の目的の１つは、２つのルートが外挿されるときに交差するかどうかをチェックすることであり、他の２つの基準は２つのルートが反対方向に進んでいるかどうかを定量化する。スキュー距離は$d_{スキュー}$で示されることができる。

【００８３】

コンカチネーション基準は、エンドポイント間の最小距離が満たす第一基準、外挿されたエンドポイント間の最小距離が満たす第二基準、及び／またはルートペアのスキュー距離が満たす第三基準を含むことができる。

【００８４】

例えば、$d_{ext} < T_1$、$d - d_{ext} > T_2$、及び$d_{スキュー} < T_3$の場合（式中、T_iはプリコンフィグレーションされた閾値である）、ルートをコンカチネートすることができる。これらの基準が満たされる場合、例えば図６の実施形態の操作５０２では、d_{ext}がコンカチネーションスコアとして提供され得る。これらの基準が満たされない場合、これを指示するためにヌルなどの特別な値が提供されることができる。次に、例えば図６の実施形態に開示されるように、各ルートペアのコンカチネーションスコアに基づいて、コンカチネートされるルートペアを選択することができる。

【００８５】

図８は、実施形態による、ルートセグメントの概略図を示す。

【００８６】

実施形態によれば、第二の複数のルート内の各ルート３０３の少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行することは、ルート３０３の第一セグメント７０１の方向を決定することと、ルート３０３の第一セグメント７０１以外の、ルート３０３の複数のセグメント内のセグメント７０２ごとに、セグメント７０２の方向がルート３０３の第一セグメント７０１の方向からプリコンフィグレーションされた公差内であるかどうかを検査することと、公差内ではない複数のセグメント内のセグメント数に基づいて単調性スコアを計算することと、少なくとも単調性スコアに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することと、を含む。

【００８７】

第一セグメント７０１は、ルート３０３内の任意のセグメントに対応し得る。例えば、図８の実施形態では、第一セグメント７０１はルート３０３の一端に位置している。他の実施形態では、第一セグメント７０１は、ルート３０３に沿って任意の位置に置かれていてもよい。

【００８８】

複数のセグメントは、任意の数のセグメントを含み得る。例えば、図８の実施形態では、複数のセグメントは、第一セグメント以外のすべてのセグメントを含む。他の実施形態では、複数のセグメントは、例えば、ルート３０３内のすべてのセグメントのより小さい１サブセットのみを含み得る。

【００８９】

例えば、ルート３０３の開始点付近で、ｘ（幅）、ｙ（高さ）、及び／またはｚ（奥行き）の座標がどの方向に進んでいる（増加しているまたは減少している）か、をチェックすることができる。いくつかの実施形態では、これらの座標の一部のみが考慮され得る。例えば、ｘ及びｚ成分のみが関心対象のものである場合がある。より堅牢性を得るために、いくつかの単純な投票戦略をここで適用することができる。次に、他のセグメント７０２ごとに、ルート３０３がこの方向に沿っているかどうかをチェックすることができる。ある程度の公差とある程度の違反回数は許容されることができる。

【００９０】
図９は、実施形態による、対称性スコア計算の概略図を示す。
【００９１】
実施形態によれば、第二の複数のルート内の各ルートの少なくとも１つの空間特徴について少なくとも１回のチェックを実行することは、第二の複数のルート内の少なくとも１つのルートペアについて、少なくとも１つのペアスコアを計算することを含み、少なくとも１つのペアスコアは、ルートペアの平均座標スコアであって、ルートペア内の各ルートの座標軸方向内の平均座標を比較することによって計算される、平均座標スコア、ルートペアの空間対称性を定量化するルートペアの対称性スコア、及び／またはルートペアの対称面スコアのうちの少なくとも１つを含む。
【００９２】
ペアの少なくとも１つのペアスコアに基づいて第二の複数のルート内の少なくとも１つのルートペアの合計スコアを計算することができる。少なくとも合計スコアに基づいて、第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することができる。
【００９３】
実施形態によれば、対称性スコア及び／または対称面スコアは、ルートペア内のルートのダイジェストに基づいて計算され、ルートのダイジェストは、ルートの開始位置、ルートの終了位置、及びルートの平均位置を含む。
【００９４】
図９の実施形態では、第一ルートのダイジェスト８０１、第二ルートのダイジェスト８０２、及びダイジェスト８０１、８０２に基づいて決定された対称面８０３が示される。
【００９５】
対称性スコアは、例えば対称面８０３からのダイジェスト８０１、８０２の変位８０４の平均に基づいて、計算されることができる。各変位８０４は、第一ダイジェスト８０１内の点から第二ダイジェスト８０２内の対応する点まで引かれた線８０５が対称面８０３に対してどの程度垂直であるかを定量化することができる。例えば、線８０５と対称面８０３との間の相対的な配置または鋭角の正弦値を使用することができる。線８０５が対称面８０３に垂直である場合、変位はゼロであり得る。他の実施形態では、対称性スコアは別の方法で計算されることができる。
【００９６】
実施形態によれば、対称面スコアは、ルートペアの対称面８０３が下顎骨のコンピュータ断層撮影スキャンの高さ方向とどの程度よくアライメントされるかを定量化する。したがって、対称面スコアはルートペアの左右対称性を定量化することができる。
【００９７】
実施形態によれば、座標軸方向は、下顎骨のコンピュータ断層撮影スキャンの幅方向と平行である。
【００９８】
したがって、合計スコアは、ルートペアが下顎管ルートの正しいペアに関する以下の観察にどの程度よく従っているかを反映することができる：２つのルートのｚ座標は平均値で近い必要があり、２つのルートはほぼ対称である必要があり、対称面は高さ（ｙ）方向に沿っている必要があり、対称面の法線ベクトルは幅（ｘ）方向に沿っている必要がある。
【００９９】
図１０は、実施形態による、候補の下顎管ペア選択プロシージャのフローチャート表現を示す。
【０１００】
実施形態によれば、少なくとも１回のチェックに基づいて第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することは、操作９０１～９０４の少なくとも一部を実行することを含む。
【０１０１】

操作９０１では、各ルートの単調性スコアに基づいて第二の複数のルートからルートのサブセットを選択することができる。

【０１０２】

単調性スコアは、本明細書に開示される方法では、第二の複数のルート内のルートごとに計算されることができる。サブセットは、例えば単調性スコアの閾値より大きい単調性スコアを有するすべてのルートを選択することに基づいて、選択されることができる。

【０１０３】

操作９０１の後に残っているルートが２つ未満である場合、例えば、単調性スコアの閾値より大きい単調性スコアを有するルートが２つ未満である場合、単調性が閾値を下回るいくつかのルートは次の操作のために選択され得る。ただし、スコアが最も高いルートが最初に選択される。

【０１０４】

操作９０２では、選択されたルートのサブセット内のルートペアごとに少なくとも１つのペアスコアを計算することができる。

【０１０５】

本明細書に開示された方法では、選択されたルートのサブセット内のルートペアごとに少なくとも１つのペアスコアを計算することができる。

【０１０６】

操作９０３では、ルートペアの少なくとも１つのペアスコアに基づいて選択されたサブセット内のルートペアごとに合計スコアを計算することができる。

【０１０７】

本明細書に開示された方法では、選択されたルートのサブセット内のルートペアごとに合計スコアを計算することができる。

【０１０８】

操作９０４では、選択されたルートのサブセット内で最高合計スコアを有するルートペアを候補の下顎管ペアとして選択することができる。

【０１０９】

したがって、図１０の実施形態では、単調性スコアを使用してルートをフィルタリングすることができ、次いで候補の下顎管ペアを合計スコアに基づいて残りのルートのサブセットから選択することができる。したがって、図１０の実施形態は、単調性スコア及び合計スコアに基づいて、第二の複数のルートから少なくとも１つの候補の下顎管ペアを選択することができる。

【０１１０】

図１１は、実施形態による、畳み込みニューラルネットワークの概略図を示す。

【０１１１】

実施形態によれば、下顎管セグメント化データは、訓練済みニューラルネットワークの出力として取得される。

【０１１２】

本明細書では、「ニューラルネットワーク」という用語は、人工ニューラルネットワークを指すために使用される。

【０１１３】

図１１の実施形態では、ニューラルネットワークは畳み込みニューラルネットワーク（ＣＮＮ）を含む。ＣＮＮは４タイプの畳み込み層を含む。第一タイプ１００１は、畳み込み、１のストライドを有するサイズ３×３×３の畳み込みカーネル、バッチ正規化（ＢＮ）、及び整流線形ユニット（ＲｅＬＵ）活性化関数を含む。第二タイプ１００２は、畳み込み、２のストライドを有するサイズ３×３×３の畳み込みカーネル、ＢＮ、及びＲｅＬＵ活性化関数を含む。第三タイプ１００３は、転置畳み込み、２のストライドを有するサイズ３×３×３の畳み込みカーネル、ＢＮ、及びＲｅＬＵ活性化関数を含む。第四タイプ１００４は、畳み込み、１のストライドを有するサイズ１×１×１の畳み込みカーネル、及びシグモイド活性化関数を含む。ＣＮＮは、図１１に示されるようにスキップ接続も含

む。スキップ接続の一部は要素ごとの総和であり、一部は特徴のコンカチネーションである。各層内のチャネル数を図１１に示す。

【０１１４】

図１１の実施形態は、下顎管セグメント化データを提供することができるＣＮＮの実装例にすぎない。代替に、下顎管セグメント化データは、適切に訓練された任意のタイプの機械学習モデル、またはデータによって訓練される必要があり得ない反復機械学習モデルなど、任意の他のタイプのデータ処理によって提供されてもよい。

【０１１５】

本明細書で与えられた任意の範囲またはデバイス値は、求められる効果を失うことなく拡張または変更することができる。また、明示的に禁止されていない限り、任意の実施形態を別の実施形態と組み合わせることができる。

【０１１６】

本主題は、構造的特徴及び／または行為に特有の言語で説明されているが、添付の特許請求の範囲で定義される本主題が必ずしも上述の特定の特徴または行為に限定されないことを理解されたい。むしろ、上記の特定の特徴及び行為は、特許請求の範囲を実施する例として開示されており、他の同等の特徴及び行為は、特許請求の範囲内にあることを意図している。

【０１１７】

上述の利益及び利点は、一実施形態に関連する場合もあれば、いくつかの実施形態に関連する場合もあることが理解されるであろう。実施形態は、記載された課題のいずれかまたは全てを解決するもの、あるいは記載された利益及び利点のいずれかまたは全てを有するものに限定されない。「ある」項目への言及は、それらの項目の１つ以上を指し得ることがさらに理解されるであろう。

【０１１８】

本明細書に記載の方法のステップは、任意の適切な順序で、または必要に応じて同時に実行することができる。さらに、個々のブロックは、本明細書に記載された主題の趣旨及び範囲から逸脱することなく、いずれの方法からも削除することができる。上述の実施形態のいずれかの態様を、記載されている他の実施形態のいずれかの態様と組み合わせて、求められる効果を失うことなく、さらなる実施形態を形成することができる。

【０１１９】

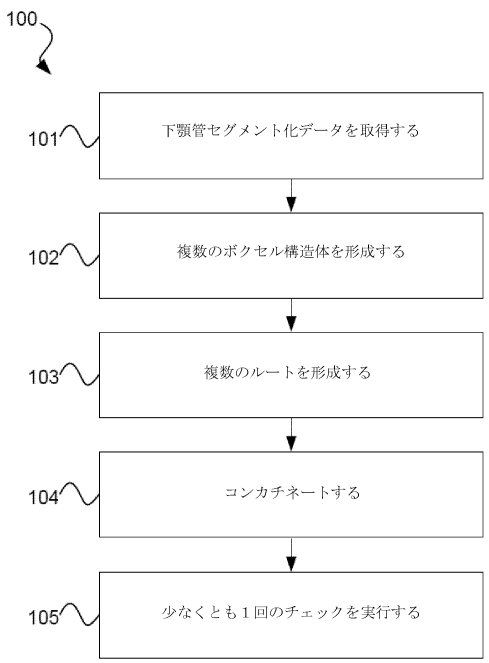
本明細書では、「備える」という用語は、識別された方法、ブロックまたは要素を含むことを意味するために使用されるが、そのようなブロックまたは要素は排他的リストを構成するものではなく、方法または装置は追加のブロックまたは要素を備えることができる。

【０１２０】

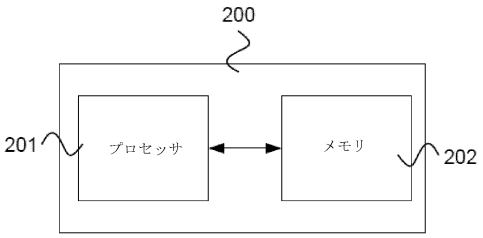
上記の説明は単なる例としてのみ与えられたものであり、当業者によって様々な変更がなされ得ることが理解されよう。上記の仕様、例、及びデータは、例示的な実施形態の構造及び使用に関する完全な説明を提供する。様々な実施形態が、ある程度の特殊性をもって、または１つ以上の個々の実施形態を参照して上記で説明されてきたが、当業者は、本明細書の趣旨または範囲から逸脱することなく、開示された実施形態に対して多数の変更を行うことができる。

【図面】

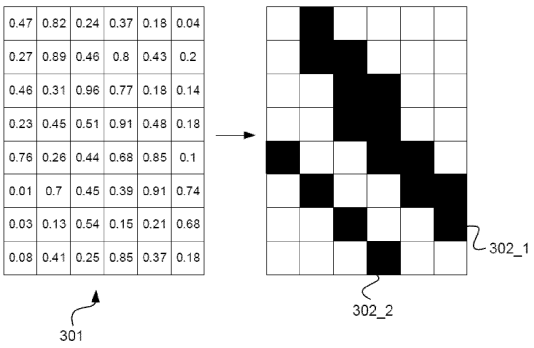
【図１】


100
101
下顎管セグメント化データを取得する
102
複数のボクセル構造体を形成する
103
複数のルートを形成する
104
コンカチネートする
105
少なくとも１回のチェックを実行する

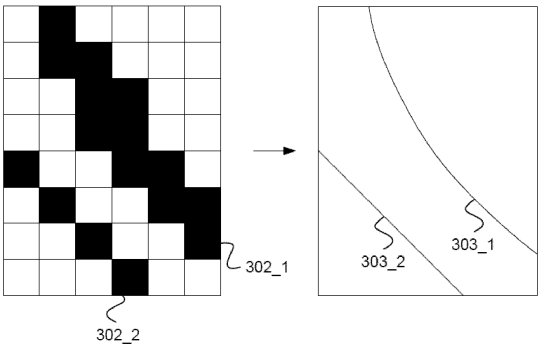
【図２】


200
201
プロセッサ
メモリ
202

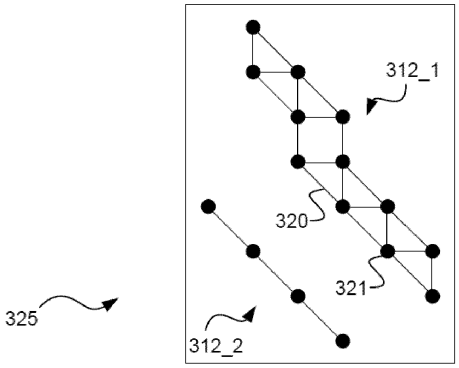
【図３】


0.47 0.82 0.24 0.37 0.18 0.04
0.27 0.89 0.46 0.8 0.43 0.2
0.46 0.31 0.96 0.77 0.18 0.14
0.23 0.45 0.51 0.91 0.48 0.18
0.76 0.26 0.44 0.68 0.85 0.1
0.01 0.7 0.45 0.39 0.91 0.74
0.03 0.13 0.54 0.15 0.21 0.68
0.08 0.41 0.25 0.85 0.37 0.18
301
302_1
302_2

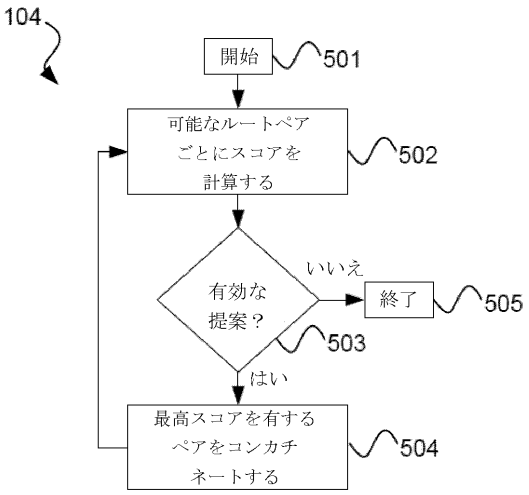
【図４】


302_1
302_2
303_1
303_2

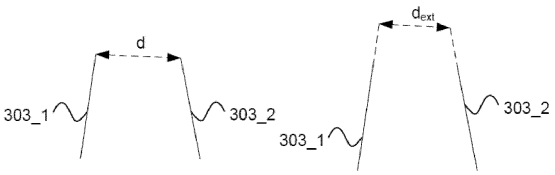
【図５】


312_1
320
321
325
312_2

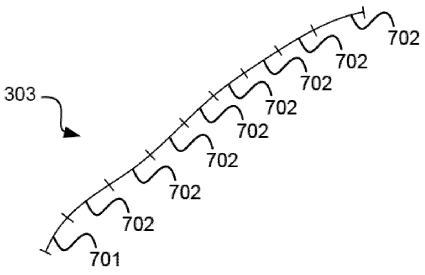
【図６】


104
開始
501
可能なルートペア
ごとにスコアを
計算する
502
有効な
提案？
503
いいえ
終了
505
はい
最高スコアを有する
ペアをコンカチ
ネートする
504

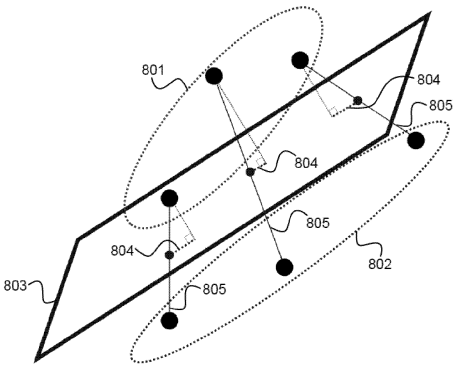
【図７】


d
d_{ext}
303_1
303_2
303_1
303_2

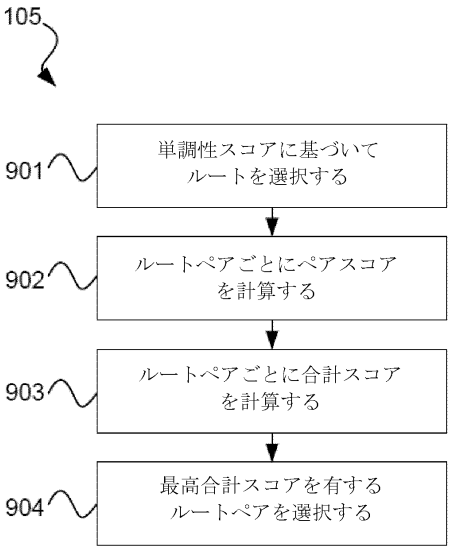
【図８】


303
702
702
702
702
702
702
702
701

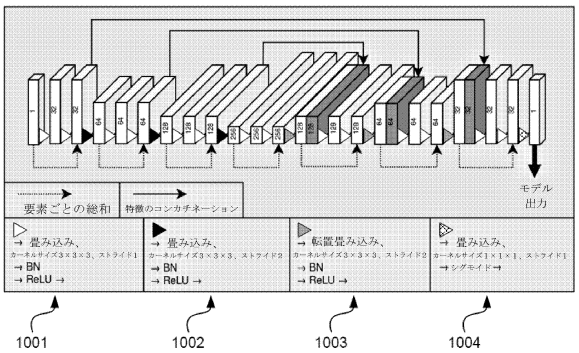
【図９】


801
804
805
804
805
804
805
802
803

【図１０】


105
901
単調性スコアに基づいて
ルートを選択する
902
ルートペアごとにペアスコア
を計算する
903
ルートペアごとに合計スコア
を計算する
904
最高合計スコアを有する
ルートペアを選択する

【図１１】


要素ごとの総和
特徴のコンカチネーション
モデル
出力
畳み込み、
BN
ReLU
畳み込み、
BN
ReLU
転置畳み込み、
BN
ReLU
畳み込み、
シグモイド
1001
1002
1003
1004

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FI2022/050573

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06T7/10
ADD.

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)
G06T

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JASKARI JOEL ET AL: "Deep Learning Method for Mandibular Canal Segmentation in Dental Cone Beam Computed Tomography Volumes", SCIENTIFIC REPORTS, [Online] vol. 10, no. 5842, 3 April 2020 (2020-04-03), XP093000587, DOI: 10.1038/s41598-020-62321-3 Retrieved from the Internet: URL:https://www.nature.com/articles/s41598-020-62321-3.pdf> [retrieved on 2022-11-22]	1,2,9-14
A	Abstract. p. 7, lines 1-7 below Eq. (1). p. 7, lines 1-4 below Eq. (7).	3-8

-/--

[x] Further documents are listed in the continuation of Box C. [ ] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
22 November 2022	05/12/2022

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Nicolau, Stephane

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FI2022/050573

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KEATMANEE CHADAPORN ET AL: "Inferior alveolar canal segmentation in cone beam computed tomography images using an adaptive diffusion flow active contour model", 2015 14TH IAPR INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE VISION APPLICATIONS (MVA), MVA ORGANIZATION, 18 May 2015 (2015-05-18), pages 57-60, XP033173121, DOI: 10.1109/MVA.2015.7153132 [retrieved on 2015-07-08] the whole document	1-14
A	ABDOLALI FATEMEH ET AL: "Automatic segmentation of mandibular canal in cone beam CT images using conditional statistical shape model and fast marching", INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER ASSISTED RADIOLOGY AND SURGERY, SPRINGER, DE, vol. 12, no. 4, 21 September 2016 (2016-09-21), pages 581-593, XP036195796, ISSN: 1861-6410, DOI: 10.1007/S11548-016-1484-2 [retrieved on 2016-09-21] the whole document	1-14
A	KONDO T ET AL: "Computer-based extraction of the inferior alveolar nerve canal in 3-D space", COMPUTER METHODS AND PROGRAMS IN BIOMEDICINE, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 76, no. 3, 1 December 2004 (2004-12-01), pages 181-191, XP004610531, ISSN: 0169-2607, DOI: 10.1016/J.CMPB.2004.06.003 the whole document	1-14
A	GYEHYUN KIM ET AL: "Automatic Extraction of Inferior Alveolar Nerve Canal Using Feature-Enhancing Panoramic Volume Rendering", IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, IEEE, USA, vol. 58, no. 2, 1 February 2011 (2011-02-01), pages 253-264, XP011343374, ISSN: 0018-9294, DOI: 10.1109/TBME.2010.2089053 the whole document	1-14

-/--

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FI2022/050573

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	BRECHT MORIS ET AL: "Automated tracking of the mandibular canal in CBCT images using matching and multiple hypotheses methods", COMMUNICATIONS AND ELECTRONICS (ICCE), 2012 FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 1 August 2012 (2012-08-01), pages 327-332, XP032245545, DOI: 10.1109/CCE.2012.6315922 ISBN: 978-1-4673-2492-2 the whole document -----	1-14

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,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

Fターム（参考） 5L096 AA09 CA02 DA01 DA02 FA12 FA13 FA32 FA64 FA66 FA67 FA69 GA14 GA15 GA30 GA51 HA11 KA04