

(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
2023年5月11日(11.05.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/079657 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 5/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/040673

(22) 国際出願日: 2021年11月4日(04.11.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 国立大学法人東北大学 (TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 Miyagi (JP).

(72) 発明者: 富永 循哉 (TOMINAGA, Junya); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi

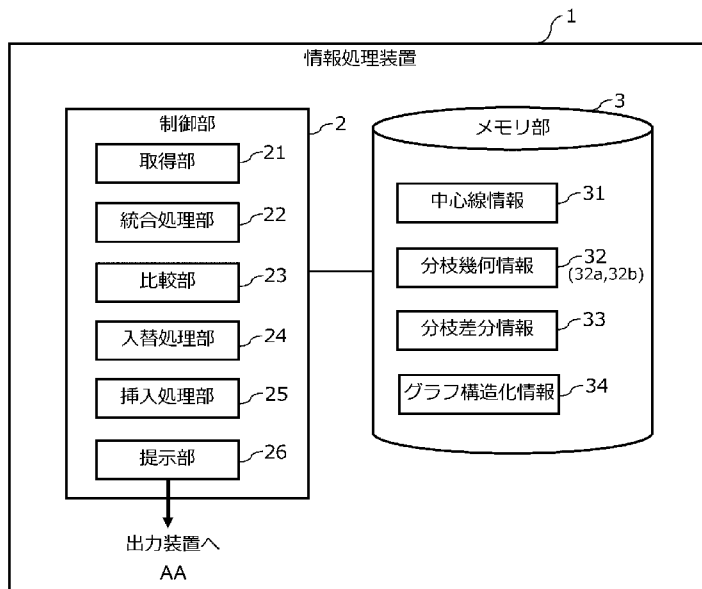
(JP). 水藤 寛(SUITO, Hiroshi); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).

(74) 代理人: 真田 有(SANADA, Tamotsu); 〒1800004 東京都武蔵野市吉祥寺本町1丁目10番31号 NMF 吉祥寺本町ビル8階 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, IT, 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,

(54) **Title:** INFORMATION PROCESSING DEVICE, ASSOCIATION METHOD FOR ORGAN STRUCTURE HAVING TREE STRUCTURE, AND ASSOCIATION PROGRAM FOR ORGAN STRUCTURE HAVING TREE STRUCTURE

(54) 発明の名称: 情報処理装置、木構造を示す器官の構造の対応付け方法、及び、木構造を示す器官の構造の対応付けプログラム



- 1 Information processing device
- 2 Control unit
- 3 Memory unit
- 21 Acquisition unit
- 22 Integration processing unit
- 23 Comparison unit
- 24 Replacement processing unit
- 25 Insertion processing unit
- 26 Presentation unit
- 31 Center line information
- 32 Bifurcation geometrical information
- 33 Bifurcation differential information
- 34 Graphical structure information
- AA To output device

(57) **Abstract:** An information processing device (1) is provided with an acquisition unit (21) that acquires first bifurcation information (32a) relating to coordinate data on the center line of an organ having a tree structure at a first time point and second bifurcation information (32b) relating to coordinate data on the center line of the organ having the tree structure at a second time point; a comparison unit (23) that compares the first bifurcation information and the second bifurcation information acquired by the acquisition unit; a processing unit (24, 25) that, when the first bifurcation information does

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

not match the second bifurcation information as a result of the comparison by the comparison unit, changes definitions, in the first bifurcation information or the second bifurcation information, for bifurcations included in the organ having the tree structure; and a presentation unit (26) that presents to an output device the first bifurcation information and the second bifurcation information having undergone the process for changing the definitions for the bifurcations performed by the processing unit.

(57) 要約: 情報処理装置(1)は、第1の時刻における木構造の器官の中心線の座標データに関する第1の分枝情報(32a)と、第2の時刻における前記木構造の器官の中心線の座標データに関する第2の分枝情報(32b)とを取得する取得部(21)と、前記取得部によって取得された前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報とを比較する比較部(23)と、前記比較部による比較の結果、前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報との間に不一致がある場合には、前記第1の分枝情報又は前記第2の分枝情報における前記木構造の器官に含まれる各分枝の定義を変更する処理を行う処理部(24, 25)と、前記処理部による前記各分枝の定義を変更する処理の実施後における、前記第1の分枝情報及び前記第2の分枝情報を出力装置に提示する提示部(26)と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

情報処理装置、木構造を示す器官の構造の対応付け方法、及び、木構造を示す器官の構造の対応付けプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、情報処理装置、木構造を示す器官の構造の対応付け方法、及び、木構造を示す器官の構造の対応付けプログラムに関する。

背景技術

[0002] ヒトなどの脊椎動物の器官には、末梢に向かって分岐を繰り返す木構造を持つ管状構造物が含まれ、例えば、気管支や特定の臓器内の血管がこれに該当する。これらの木構造を示す器官の変化を発見するには、様々な手法がある。

[0003] 日常臨床では、人の目視によって画像を評価する手法が最も一般的に用いられている。気管支拡張を例に挙げれば、個々の気管支が単純に拡張しているか、あるいは拡張していないか、目視で主観的に評価する方法である。このような質的評価は、最も簡便に呼吸器疾患の異常を判定しうる方法である。これに対して、半定量評価として、全肺を複数の領域に分割し、各領域における気管支の変化に対しスコアを付し、所定の基準（例えば、特定の所見を示す異常陰影の違い）で重み付けを加え、合計値を算出する方法がある。これには、拡張を伴う気管支分岐レベルをスコア化したり、参照画像を参考に、気管支拡張の程度をスコア化したりする方法がある。これらの半定量評価では、スコア値と、患者の病状及び予後との間に関連が示されており、臨床的にも有用とされる。

[0004] さらに、ワークステーション上で気管支の特定の部位を測定し、直径や半径などのパラメータを測定し、測定値を評価する手法がある。この方法では、熟練度にかかわらず、客観的に気管支の拡張の程度を定量評価できる。

[0005] 血管の評価を行なう前提として、機械学習を用いて血管の対応付けを行な

う手法がある。例えば、特許文献1には、継続観察する標的領域を含む毛細血管領域の顕微鏡写真に、テンプレートマッチングのアルゴリズムを用いて特定時間経過前後の標的領域の画像類似性を算出する手法が記載されている。特許文献1では、画像類似性が70%以上である場合に、特定時間経過前後の標的領域が同一であると判定し、標的領域における毛細血管の数、間隔、太さ、形状異常の変化を特定する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2021-62127号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 人の目視による評価手法は、経過で明らかな変化があれば容易に判断が可能である。一方、その判断には主観が入るため、種々のバイアスで適切な評価ができないおそれがある。また、経験や能力によって評価に個人差が生じること、微妙な変化の判断が困難であること、定量評価ができないことなどの課題もある。

[0008] 測定値を評価する手法は、客観的かつ定量的である。一方、経時的変化を評価する際、比較対象の同一部位を異なる時期の気管支からそれぞれ特定する必要があるが、このような対応付けの作業は人の目視で行わなければならず、多大な労力を必要とする。

[0009] 上記特許文献1の手法は、標的領域を狭い範囲に設定する必要があり、また、そもそもテンプレートマッチングで特定できる程度の血管構造には適用可能であるが、複雑な木構造の血管の対応付けには適しないという課題がある。

[0010] 上述した気管支や血管以外の木構造を有する器官についても、変化の前後における対応付け作業は人が目視で行なう。

[0011] 木構造の器官の変化を定量評価するには、器官全体の変化の有無や程度だ

けでなく、木構造のどの部位が変化しているかを特定できることが望ましい。そのためには、変化の前後における木構造を示す器官の構造を細部にわたって対応づける作業が必要となるが、この対応付け作業を人が目視で正確に行うことは極めて困難である。

[0012] 1つの側面では、本発明は、異なる時刻における同一対象の木構造の器官の構造を正確に対応付けて、器官の変化を定量評価するための情報を出力装置に提示できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 1つの側面では、情報処理装置は、取得部、比較部、処理部及び提示部を有する。取得部は、第1の時刻における木構造を示す器官の中心線の座標データに関する第1の分枝情報と、第2の時刻における前記器官の中心線の座標データに関する第2の分枝情報とを取得する。比較部は、前記取得部によって取得された前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報とを比較する。処理部は、前記比較部による比較の結果、前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報との間に不一致がある場合には、前記第1の分枝情報又は前記第2の分枝情報における前記器官に含まれる各分枝の定義を変更する処理を行う。提示部は、前記処理部による前記各分枝の定義を変更する処理の実施後における、前記第1の分枝情報及び前記第2の分枝情報を出力装置に提示する。

発明の効果

[0014] 1つの側面では、本発明は、異なる時刻における同一対象の木構造の器官の構造を正確に対応付けた情報を出力装置に提示できると共に、木構造を示す器官の変化を定量評価するのに大いに寄与する。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]実施形態に係る情報処理装置のソフトウェア機能構成例を模式的に示すブロック図である。

[図2]図2Aは気管支の三次元形状の一例を示す図であり、図2Bは中心線の抽出の一例を説明するための図である。

[図3]分枝間の接続関係を取得する過程を説明するための図である。

[図4]分枝の統合処理の一例を説明するための図である。

[図5]分枝の入替処理の一例を説明するための図である。

[図6]分枝の挿入処理の一例を説明するための図である。

[図7]図 7 Aは気管支のグラフ構造化情報の一例を示す図であり、図 7 B 単純なグラフ構造化情報の一例を示す図である。

[図8]単純化した異なる時刻の気管支構造の対応付けの一例を示す図である。

[図9]実施形態に係る気管支構造の対応付け処理の全体処理の一例を説明するフローチャートである。

[図10]図 9 における分枝の統合処理の一例を説明するフローチャートである。

[図11]図 9 における分枝の入替処理の一例を説明するフローチャートである。

[図12]図 9 における分枝の挿入処理の一例を説明するフローチャートである。

[図13]コンピュータのハードウェア構成例を模式的に示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。ただし、以下に説明する実施形態は、あくまでも例示であり、その趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。なお、以下の実施形態で用いる図面において、同一符号を付した部分は、特に断らない限り、同一若しくは同様の部分を表す。

[0017] 上述したように、ヒトなどの脊椎動物は木構造の器官を有する。本実施形態では、木構造の器官の一例として、ヒト（被検者）の気管支を用いて、器官の構造の対応付けを説明する。また、説明で用いる方向を下記のように定義する。「上流」は気管に向かう方向をいい、「下流」は気管から遠ざかる方向をいう。なお、気管支上のある分岐点から次の分岐点又は端点までの区間を分枝と称する。

[0018] 〔A〕実施形態

〔A－１〕ソフトウェア構成例

[0019] 図１は、実施形態に係る情報処理装置１のソフトウェア機能構成例を模式的に示すブロック図である。図１に示すように、情報処理装置１は、制御部２及びメモリ部３を備える。制御部２とメモリ部３とは、相互に通信可能に接続されてよい。

[0020] 制御部２は、気管支構造の対応付けに関する種々の制御を行なう。制御部２は、取得部２１、統合処理部２２、比較部２３、入替処理部２４、挿入処理部２５及び提示部２６として機能する。

[0021] メモリ部３は、情報処理装置１が利用する種々のデータを記憶する。メモリ部３は、中心線情報３１、分枝幾何情報３２、分枝差分情報３３及びグラフ構造化情報３４を記憶する。

[0022] 以下の説明では、便宜上、中心線情報３１、分枝幾何情報３２及び分枝差分情報３３のそれぞれを、テーブル形式のデータとして説明し、グラフ構造化情報３４をグラフ形式のデータとして説明するが、これに限定されるものではなく、種々のデータ形式であってよい。

[0023] （取得部２１）

取得部２１は、分枝幾何情報３２を取得する前処理として、解析対象とする被検者の器官が撮像された医用画像から中心線情報３１を抽出する。医用画像は通信部（不図示）を介して取得部２１に入力されてもよく、あるいは、予めメモリ部３に格納されていてもよい。本実施形態においては、取得部２１は、Computed Tomography（ＣＴ）画像に含まれる気管支の中心線の座標データを中心線情報３１として取得する。以下、中心線情報３１の取得方法の一例を説明する。

[0024] 取得部２１は、ＣＴ画像に含まれる気管支の三次元形状を抽出し、さらに、抽出した気管支の中心線を抽出する。図２Ａは、ＣＴ画像から気管支の三次元形状を構築した図であり、図２Ｂは、気管支の中心線を抽出した図である。

[0025] 図2Bに示すように、中心線とは、管状構造物の軸方向に対して垂直な断面の中心を結んだ線である。図2Bでは説明のために、気管の中心線及び気管の末端から分岐する二本の気管支の中心線のみを描画しているが、実際は気管支全体の中心線が抽出される。以下、分岐からさらに分岐が分かれる地点を分岐点と称する。

[0026] 各分枝は、その分枝の中心線の始点及び終点の座標で表すことができる。取得部21は、分枝の中心線の始点及び終点の各点の位置を表す $x y z$ 座標の組（各点の座標データ）を中心線情報31として取得する。中心線情報31には、中心線の始点及び終点の $x y z$ 座標の他、始点から各中心線上の任意の点までの距離や任意の点での断面積などが含まれてもよい。中心線情報31は、例えば、分枝の中心線に所定の順番で数字を付し、各中心線の始点から0.5mmごとの点の $x y z$ 座標や断面積等の情報を含んでもよい。

[0027] 上記CT画像は、既存のCT装置で撮像されてよい。本実施形態では、thin-section CTを用いて撮像した。

[0028] また、上述したCT画像からの三次元形状の抽出及び中心線の抽出は、商用のフリーソフトを用いて実現可能である。本実施形態では、CT画像からの三次元構築及び中心線の抽出にはSynopsis社のSimplewareを用いた。

[0029] さらに、取得部21は、中心線情報31に基づいて気管支の分枝幾何情報32を取得する。分枝幾何情報32は、気管支の中心線の座標データに関する分枝情報の一例である。取得部21は、中心線情報31の各点の座標データから各分枝を表す点の組を作成し、各分枝を定義する。具体的には、取得部21は、各分枝の始点と終点との組を作成し、ある分枝の終点と他のある分枝の始点とが共有されている分枝の組を抽出し、分枝群を検索して（順番に分岐点を取り出して）、分枝の接続関係を取得する。

[0030] 気管支は、気管から始まって分岐を繰り返すが、再度合流することはない木構造(hierarchical tree structure)となっていることが特徴である。ある分岐点から上流側に接続している分枝を「親」、下流側に接続している分枝を「子」と称する。ある分枝が下流側に分岐を有していない（「子」がない

）場合、その分枝は気管支の末端である。全ての分岐点は二分岐又は三分岐であるため、全ての分岐点において子の数は2又は3であるとする。

[0031] 取得部21は、各分枝に接続関係を示すラベルを付す。ラベルは、例えば、数字、文字、記号またはこれらの組み合わせ等で作成されてよい。本実施形態では、数字を組み合わせた識別番号をラベルとして付加する。子の識別番号は、親の識別番号の末尾に1, 2, 3のいずれかを付加した番号である。複数の子が存在する場合には、親分枝の末端から延長する半直線と子分枝とがなす角度（以下、接続角度と称する）の小さい子分枝から順に1, 2, 3を振る。これにより、子同士の識別番号は重複しない。

[0032] 気管支の根元となる気管の識別番号を1とする。気管を第一世代とすれば、気管から分岐する第二世代の分枝の識別番号は11と12、第二世代に連なる第三世代は111, 112, 121, 122などとなる。識別番号は数字のみで表現されるが、以下、便宜上、親(1)と表わしてもよい。各分枝に接続関係を示す識別番号を付す処理は、各分枝の定義づけの一例である。

[0033] 図3は、分枝の接続関係を取得する過程を説明するための図である。図3の(a)は分岐点J1における接続関係を示す例である。分岐点J1の上流側の分枝はその終点を下流側の二本の分枝の始点と共有しているため、これらの分枝の関係性は親子と分類される。そこで、取得部21は上流側の親分枝に識別番号1を付ける。さらに、親(1)と左側の子分枝との接続角度の方が、親(1)と右側の子分枝との接続角度よりも小さいため、取得部21は、左側の子分枝に識別番号11を付け、右側の子分枝に識別番号12を付ける。図3の(b)は分岐点J2, J3における接続関係を示す例である。取得部21は、分岐点J1と同様に、子(11)及び子(12)それぞれの終점에接続している子(孫)に、子(11), (12)との接続角度に基づいて識別番号111, 112, 121, 122, 123を付ける。

[0034] 分枝幾何情報32は、各分枝の識別番号の他、接続角度を含んでもよく、さらに、各分枝の特徴を示す情報を含んでもよい。各分枝の特徴として、例えば、各分枝の断面積、曲率、開き角、方向変化、長さなどが挙げられる。

開き角とは、二分岐の場合には2つの子分枝がなす角度、三分岐の場合には3つの子分枝のうちいずれか2つがなす角度のうちで最も大きいもののことである。開き角は、親子の分枝の中心線の方角から内積を使って計算することで取得される。方向変化とは、子分枝の方角を平均した方向と親分枝の末端から延長する半直線がなす角度である。

[0035] 取得部21は、異なる時刻における複数の分枝幾何情報32を取得する。本実施形態では、取得部21は、時刻1の分枝幾何情報32aと、時刻1とは異なる時刻2の分枝幾何情報32bとを取得する。時刻1の分枝幾何情報32aは、第1の時刻における第1の分枝情報の一例であり、時刻2の分枝幾何情報32bが、第2の時刻における第2の分枝情報の一例である。

[0036] 第1の時刻及び第2の時刻は、任意の時刻であってよく、例えば、病期の異なる二つの時刻に限られず、病前、病中及び病後の期間における任意の時刻であってよい。第1の時刻と第2の時刻の間隔は短期でもよく、長期でもよい。また、時刻2は、時刻1から任意時間経過あるいは任意時間遡上した時刻であってよい。器官の状態が生理学的に変化する場合は、第1の時刻は第1の状態である時刻であり、第2の時刻は第1の状態とは異なる第2の状態の時刻であってよい。例えば、気管支の場合、第1の時刻は肺が吸気状態である時刻であって第2の時刻は肺が呼気状態である時刻であってよく、又は、第1の時刻は肺が呼気状態である時刻であって第2の時刻は肺が吸気状態である時刻であってよい。

[0037] 取得部21は、取得した中心線情報31及び分枝幾何情報32（32a，32b）をメモリ部3に格納する。また、取得部21は、メモリ部3に対して、統合処理部22、比較部23、入替処理部24、挿入処理部25の処理結果に応じて分枝幾何情報32の変更（「修正」又は「更新」と称されてもよい）等のアクセスを行なう。取得部21は、当該アクセスの際、処理結果に応じて、接続角度に基づいて各分枝に付された識別番号を変更する処理を行なってよい。これにより、各処理後に、最新の分枝幾何情報32を取得することができる。

[0038] 以下、統合処理部 2 2、比較部 2 3、入替処理部 2 4 及び挿入処理部 2 5 は、分枝幾何情報 3 2 に対して、分枝群を検索して（順番に分岐点を取り出して）各処理を行なう。

[0039] （統合処理部 2 2）

気管支における木構造はその多くが二分岐の繰り返しであるが、一部に三分岐と見なすのが適切な分岐形態が存在する。しかしながら、非常に近い位置で連続する二つの二分岐と、三分岐とを明確に区別するのは困難であり、区別の正確性は、元となる C T 画像の解像度にも依存する。そこで、非常に近くに位置する二分岐の連続を統合して三分岐に変更する処理を行なってもよい。

[0040] 統合処理部 2 2 は、連続する二分岐を統合して三分岐に変更する処理を行なう。具体的には、統合処理部 2 2 は、連続する二つの分岐点の間の分枝の長さが所定の長さ未満である場合に、当該二つの分岐点を統合する。

[0041] 図 4 は、分枝の統合処理の一例を説明するための図である。図 4 の（a）に示すように、親(1)は、子(11)及び子(12)への二分岐を有し、さらに、子(11)は、子(111)及び子(112)への二分岐を有する。そして、分岐点 J 4（第 4 の分岐点）及び分岐点 J 5（第 5 の分岐点）の間の子(11)の長さが所定の長さ未満である。そこで、統合処理部 2 2 は、分岐点 J 4 と分岐点 J 5 とを統合する。さらに、統合された子(11)とは別の子(12)を、統合された分岐点 J 6 に付け替える。

[0042] 統合処理部 2 2 は、分岐点の統合処理及び分枝の付け替え処理に伴い、さらに、接続角度に基づいて分枝の識別番号を変更してもよい。統合処理により、親(1)と子(11)とは一本の分枝になり、子(11)の後の世代は一世代分繰り上がる。このため、子(111), (112)の識別番号は、子(11), (12)に変更される。さらに、付け替え処理により、子(12)の識別番号は子(13)に変更される。統合処理部 2 2 による一連の処理によって、図 4 の（b）に示すように、連続する二分岐が統合され、分岐点 J 6 に接続する子(11), (12), (13)の三分岐に変更された。

[0043] 取得部 2 1 は、統合処理部 2 2 の処理に応じて、分枝幾何情報 3 2 を更新する。

[0044] (比較部 2 3)

比較部 2 3 は、取得部 2 1 によって取得又は更新された異なる時刻の分枝幾何情報 3 2 を比較する。本実施形態では、比較部 2 3 は、時刻 1 の分枝幾何情報 3 2 a と時刻 2 の分枝幾何情報 3 2 b とを比較する。

[0045] 比較部 2 3 は、分枝幾何情報 3 2 a 及び分枝幾何情報 3 2 b から同じ識別番号を持つ分枝を取り出し、この分枝の組の位置と方向との違いを評価する。具体的には、同じ識別番号の分枝同士の位置及び方向の違いがあらかじめ設定した限界値以下であれば、これらの分枝は対応付けられたものと評価する。ここで、比較対象とする二つの分枝の始点が一致するように一方を平行移動した上での双方の終点の間の距離を「位置の違い」と呼び、双方の分枝のなす角度を「方向の違い」と呼ぶ。ここでいう方向とは、各分枝の始点と終点を結ぶ3次元空間上でのベクトルの方向を意味する。

[0046] 比較部 2 3 による比較の結果、比較対象分枝が不一致と判断された場合には、分枝幾何情報 3 2 a, 3 2 b における分枝の定義を変更する処理が行われる。ここで、不一致とは、同じ識別番号の分枝同士の位置または方向の違いがあらかじめ設定した限界値を超えるため、これらの分枝を対応付けることができないことを意味する。別言すると、対応付けができない分枝は、未対応の分枝である。定義を変更する処理は、入替処理部 2 4 及び挿入処理部 2 5 によって行われる。入替処理部 2 4 及び挿入処理部 2 5 は、処理部の一例である。

[0047] 比較部 2 3 は、全ての分枝の組に対して評価を行ない、未対応の分枝の組が無くなるか、又は、あらかじめ設定した最大処理回数に達した時点で処理を終了する。

[0048] 同一被検者の気管支であっても、時刻が異なれば病状の進行、回復、呼吸状態の変化などによって形状が変化していることが多いため、異なる時刻の CT 画像から取得された分枝幾何情報 3 2 a, 3 2 b における同じ識別番号

の分枝が、解剖学的に同一分枝であるとは限らない。このため、入替処理部 24 及び挿入処理部 25 による処理が必要となる。

[0049] (入替処理部 24)

入替処理部 24 は、気管支上の一の分岐点において気管支の末端側に接続される複数の分枝のそれぞれについて一の分岐点に対する接続角度に基づいて割り振られる識別番号を入れ替える。具体的には、入替処理部 24 は、時刻 1 及び時刻 2 において処理対象の分岐点に子分枝が二本以上ある場合、入替試行を行い、試行の結果に基づいて時刻 2 の子分枝の識別番号の入れ替えを実行する。入替処理は、特に接続角度が複数の子分枝の間で近いときに必要となることが多い。

[0050] 入替試行では、同じ識別番号の分枝について、時刻 1 における分枝と、時刻 2 における分枝との位置及び方向の違いを評価し、時刻 2 における子分枝の識別番号を入れ替える前及び入れ替えた後で、同じ識別番号の分枝の位置及び方向の違い、つまり分枝の一致度の大小を判定する。入れ替えによって分枝の一致度が大きくなる（違いが小さくなる）場合は“入れ替え実行可”と判定し、分枝の一致度が小さくなる（違いが大きくなる）場合は“入れ替え実行不可”と判定する。“入れ替え実行可”と判定された場合は、入替処理部 24 は、時刻 2 の子分枝の識別番号を入れ替える。入替処理部 24 は、処理対象分岐点が無くなるまで、一連の入替処理を繰り返す。入替処理は、各分枝の定義づけを変更する処理の一例である。

[0051] 図 5 は、分枝の入替処理の一例を説明するための図である。図 5 の (a) に示すように、時刻 1 及び時刻 2 においてともに親分枝(1)に子分枝が二本以上存在している。入替前は、時刻 1 の子分枝の識別番号は左から(11), (12)であり、時刻 2 の子分枝の識別番号は左から(12), (11)である。入替試行で、時刻 2 の子分枝の識別番号(11), (12)を入れ替えた後の方が、入替前に比べて、時刻 1 及び時刻 2 の子分枝の一致度が大きくなると判定されると、図 5 の (b) に示すように、時刻 2 の子分枝の識別番号を入れ替える。

[0052] 取得部 21 は、入替処理部 24 の処理に応じて、分枝幾何情報 32 を更新

する。

[0053] (挿入処理部 25)

続いて、挿入処理部 25 について説明する。特に病態の進行に伴って気管支が拡張する疾患では、発症前には CT 装置で撮像できる限界以下であった気管支が拡張して CT に写るようになるため、時刻 1 及び時刻 2 で分枝の不一致が発生しやすくなる。逆に、ある時刻には CT に写っていた気管支が、粘液が詰まるなどして空気が入らなくなり、分枝が写らなくなることも起きる。そして、気管支のある一箇所での状態が発生すると、発生箇所の下流の分枝全ての対応付けができなくなる。挿入処理は、このような状態の気管支に必要な処理である。

[0054] 挿入処理部 25 は、気管支上において連続する二つの分岐点の間に、新たに分岐点を挿入する。具体的には、挿入処理部 25 は、時刻 1 又は時刻 2 の一方において処理対象の分岐点に子分枝が二本以上ある場合、挿入試行を行い、試行の結果に基づいて、時刻 1 又は時刻 2 の他方の親分枝の始点と終点との間に新たに分岐点を挿入する。換言すれば、挿入処理は、時刻 1 又は時刻 2 のいずれかの親分枝を二本の分枝に分割することで、元親分枝と元子分枝との間に一世代を追加する処理である。

[0055] 挿入試行では、同じ識別番号の分枝について、時刻 1 における分枝の位置及び方向の違いと、時刻 2 における分枝の位置及び方向の違いとを比較し、時刻 1 の親分枝に分岐点を挿入する前及び挿入した後で、同じ識別番号の分枝の位置及び方向の違い（分枝の一致度）の大小を判定する。挿入によって分枝の一致度が大きくなる場合は、“挿入実行可”と判定し、分枝の一致度が小さくなる場合は“挿入実行不可”と判定する。“挿入実行可”と判定された場合は、挿入処理部 25 は、時刻 1 に分岐点を挿入する。挿入処理部 25 は、処理対象分岐点が無くなるまで、一連の挿入処理を繰り返す。挿入処理は、各分枝の定義づけを変更する処理の一例である。

[0056] 図 6 は、分枝の挿入処理の一例を説明するための図である。図 6 は、気管支拡張の発症後に一部の気管支が拡張して CT に写るようになった例である

。図 6 の（a）に示すように挿入前は、時刻 1 では親(1)は子(11), (12)を有し、時刻 2 では親(1)は子(11), (12)を有し、さらに、子(11)は子(111), (112)を有する。時刻 1 には、時刻 2 の挿入試行で、時刻 1 の親分枝の分岐点 J 1（第 1 の分岐点）及び分岐点 J 2（第 2 の分岐点）の間に分岐点 J 3（第 3 の分岐点）を挿入した後の方が、挿入前に比べて、時刻 1 及び時刻 2 の子分枝の一致度が大きくなると判定されると、図 6 の（b）に示すように、時刻 1 の親分枝に分岐点を挿入する。

[0057] 取得部 2 1 は、挿入処理部 2 5 の処理に応じて、分枝幾何情報 3 2 を更新する。

[0058] 比較部 2 3 は、入替処理部 2 4 及び挿入処理部 2 5 の処理が実行される度に、更新された分枝幾何情報 3 2 の全ての分枝の組に対して評価を行なう。

[0059] 比較部 2 3 の比較処理が終了した時点で、分枝幾何情報 3 2 a 及び分枝幾何情報 3 2 b において、解剖学的に同一の分枝に同じ識別番号が割り当てられた状態となる。すなわち、時刻 1 及び時刻 2 の気管支構造の対応付けが完了した状態となる。

[0060] 取得部 2 1 は、対応付け処理が完了した分枝幾何情報 3 2 a 及び分枝幾何情報 3 2 b を統合し、一つの分枝幾何情報 3 2 を取得してもよい。

[0061] さらに、取得部 2 1 は、統合された分枝幾何情報 3 2 に基づいて、分枝差分情報 3 3 を取得してもよい。分枝差分情報 3 3 は、二つの時刻間の各分枝の変化の情報を含む。変化の情報とは、断面積、開き角、方向変化、長さなどの項目について、時刻 1 を基準として変化した割合を変化率として示したものである。各項目の変化率は規格化されてもよい。さらに、変化率の値は、変化量の大小に応じて、色分けされてもよい。

[0062] 気管支構造は、グラフ構造化して表現されてもよい。取得部 2 1 は、分枝幾何情報 3 2 に基づいて、各分枝を辺とする気管支のグラフ構造化情報 3 4 を取得する。グラフ構造化情報 3 4 は、データを視覚化したインフォグラフィックスの一種であり、本実施形態では、分枝幾何情報 3 2 を視覚的にグラフ形式で表現した図（三次元画像）である。グラフ構造化情報 3 4 は、分枝

幾何情報 3 2 に加えて、分枝差分情報 3 3 に基づいて作成されてもよい。

[0063] 図 7 A は、気管支をグラフ構造として表現したものである。図 7 A は複雑であるため、図 7 B に単純なグラフ構造化情報を示す。グラフ構造化情報 3 4 では、例えば、分枝は棒で表され、分岐点は球で表される。グラフ構造化情報 3 4 により、複雑な気管支構造を直感的に把握できる。

[0064] 上述したグラフ構造化は、商用のフリーソフトを用いて実現可能である。本実施形態では、グラフ構造化にはフリーソフトウェアの Python パッケージ NetworkX を用いた。

[0065] 気管支のグラフ構造化情報 3 4 は、各分枝が色分けされていてもよい。例えば、各世代について、識別番号の末尾に 1 が付された分枝には濃青色、2 が付された分枝には薄青色、3 が付された分枝には緑色を付して分類されてもよい。

[0066] さらに、二つの時刻で同じ識別番号の分枝の一致度が小さく、分枝の対応付けが正しくできていないと判断される場合は、これらの分枝に赤色が付されてもよい。また、対応付けが完了したときに、二つの時刻の一方にしか存在しない分枝に黄色が付されてもよい。

[0067] 取得部 2 1 は、グラフ構造化情報 3 4 を、気管支構造の対応付けが完了する前に取得してもよい。これにより、気管支構造の対応付け処理の途中過程を直感的に確認することができる。

[0068] (提示部 2 6)

提示部 2 6 は、処理部による各分枝の定義を変更する処理の実施後における、分枝幾何情報 3 2 a 及び分枝幾何情報 3 2 b を出力装置 4 0 (図 1 3 参照) に提示する。さらに、提示部 2 6 は、取得部 2 1 で取得された中心線情報 3 1、分枝差分情報 3 3 及びグラフ構造化情報 3 4 の少なくとも一つを出力装置 4 0 に提示してよい。また、提示部 2 6 は、上述した処理過程での判定結果や処理結果を出力装置 4 0 に提示してもよい。

[0069] 気管支構造の対応付け処理の過程では、例えば下記のような変化が起こり得、各処理の度に更新される分枝幾何情報 3 2 にはこのような変化が反映さ

れる。対応付けが完了した時点の分枝幾何情報 3 2 には、器官の変化を定量評価するための情報が準備されている。

1. 時刻 1 よりも分枝が細く又は太くなった
2. 時刻 1 には見えなかった（C T 画像に描出されなかった）分枝が、見えるようになった（この分枝が末端でなければ 4 又は 6 も同時に発生）
3. 時刻 1 では見えていた（C T 画像に描出された）分枝が、見えなくなった（この分枝が末端でなければ 5 又は 6 も同時に発生）
4. 時刻 1 では子分枝と識別されたが、当該子分枝とその親分枝との間に別の分枝の存在が判明したため、子分枝は孫分枝に変更された
5. 時刻 1 では孫分枝と識別されたが、当該孫分枝の親である子分枝の存在がなくなったため、当該孫分枝は子分枝に変更された
6. 時刻 1 では分岐点に二本の分枝が接続すると識別されたが、三本の分枝が接続すると変更されたあるいはその反対
7. 上流側で上記 1 から 6 のような変化があったため、これに応じて下流側の対応付けが変更された

[0070] 図 8 に、単純化した異なる時刻の気管支構造の対応付けの一例を示す。図 8 は、制御部 2 における処理によって気管支構造の対応付けが完了した二つの時刻の気管支のグラフ構造化情報 3 4 を重ねて表示したものである。薄灰色が時刻 1、濃灰色及び白色が時刻 2 の気管支構造である。時刻 2 の気管支構造は、時刻 1 には無い分枝が白色で示され、また、分枝の直径が大きくなっている部位は分枝が太く示されている。この例では、時刻 1 から時刻 2 の間で、気管支の一部で気管支拡張が進行していることが認められる。

[0071] [A-2] 動作例

以下、上述した情報処理装置 1 の動作例（木構造を示す器官の構造の対応付け方法）を、図 9～図 12 に示すフローチャートを参照しながら説明する。

[0072] [A-2-1] 全体処理

図 9 は、実施形態に係る気管支構造の対応付け処理の全体処理の一例を説

明するフローチャートである。情報処理装置 1 の制御部 2 において、取得部 2 1 は、C T 画像から中心線情報 3 1 を抽出し（ステップ S 1）、メモリ部 3 に格納する。さらに、取得部 2 1 は、中心線情報 3 1 に基づいて時刻 1 及び時刻 2 それぞれの分枝幾何情報 3 2 a, 3 2 b を取得する（ステップ S 2）。

[0073] 次に、統合処理部 2 2 は、子分枝の長さに応じて連続する二つの分岐点を統合する統合処理を行なう（ステップ S 3）。統合処理については後述する。

[0074] 続いて、比較部 2 3 は、分枝幾何情報 3 2 a 及び分枝幾何情報 3 2 b の同じ識別番号の分枝同士を比較する（ステップ S 4）。具体的には、比較部 2 3 は、同じ識別番号の分枝の位置及び方向の違いがあらかじめ設定した限界値を超えるかどうかを評価する。

[0075] さらに、比較部 2 3 は、未対応の分枝があるか否かを判定する（ステップ S 5）。具体的には、比較部 2 3 は、同じ識別番号の分枝同士の距離及び角度のずれがあらかじめ設定した限界値を超えるため、対応付けることができない分枝の組の各分枝を未対応の分枝と評価する。一方、未対応の分枝が無い場合（ステップ S 5 で N o）は、提示部 2 6 は、分枝幾何情報 3 2 a 及び分枝幾何情報 3 2 b を出力装置 4 0 に提示し（ステップ S 9）、終了する。なお、提示部 2 6 は、ステップ S 9 において、さらに、分枝差分情報 3 3 及びグラフ構造化情報 3 4 を出力装置 4 0 に提示してもよい。

[0076] 未対応の分枝がある場合（ステップ S 5 で Y e s）、比較部 2 3 は、処理回数が予め設定した最大回数に達したかどうかを判定する（ステップ S 6）。処理回数が最大回数に達した場合（ステップ S 6 で Y e s）は、ステップ S 9 に移行する。一方、処理回数が最大回数に達していない場合（ステップ S 6 で N o）、入替処理部 2 4 及び挿入処理部 2 5 により、各分枝の定義を変更する処理を行なう（ステップ S 7, S 8）。入替処理及び挿入処理については後述する。

[0077] 制御部 2 は、未対応の分枝がなくなるか（ステップ S 5 で N o）、処理回

数が最大回数に達する（ステップS 6でY e s）まで、ステップS 4～ステップS 8の処理を繰り返す。

[0078]〔A－2－2〕統合処理

図10は、図9における分枝の統合処理の一例を説明するフローチャートである。統合処理は、連続する二分岐を統合して三分岐に変更する処理である。

[0079] 統合処理部22は、分枝幾何情報32a及び分枝幾何情報32bからそれぞれ所定の順番で分岐点を取り出し（ステップS 31）、取り出した分岐点が処理対象であるか否かを判定する（ステップS 32）。処理対象の分岐点が無い場合（ステップS 32でN o）は、図9のステップS 4に移行する。

[0080] 処理対象の分岐点がある場合（ステップS 32でY e s）は、統合処理部22は、分岐点の二本の子分枝の一方の長さが所定値未満か否かを判定する（ステップS 33）。長さが所定値以上である場合（ステップS 33でN o）、ステップS 31に戻り、次の分岐点に処理を行なう。

[0081] 続いて、統合処理部22は、ステップS 33で長さが所定値未満と判定された短い子分枝にさらに子分枝が二本接続されているか否かを判定する（ステップS 34）。子分枝が二本接続されていない場合（ステップS 34でN o）、ステップS 31に戻り、次の分岐点に処理を行なう。一方、子分枝が二本接続されている場合（ステップS 34でY e s）は、短い子分枝の分岐点を親分枝の分岐点と統合する（ステップS 35）。さらに、短い分枝と始点を共有していた長い子分枝を、ステップS 35で統合された分岐点に付け替える（ステップS 36）。なお、前述の通り、ステップS 36の後、統合処理部22は、さらに、接続角度に基づいて分枝の識別番号を変更してもよい（不図示）。

[0082] 取得部21は、分枝幾何情報32a及び分枝幾何情報32bを更新する（ステップS 37）。

[0083]〔A－2－3〕入替処理

図11は、図9における分枝の入替処理の一例を説明するフローチャート

である。入替処理は、気管支上の一の分岐点において気管支の末端側に接続される複数の分枝のそれぞれについて一の分岐点に対する接続角度に基づいて付与された識別番号を入れ替える処理である。識別番号の付与は、取得部 2 1 の機能の説明で記載した通りである。

[0084] 入替処理部 2 4 は、分枝幾何情報 3 2 から所定の順番で分岐点を取り出し（ステップ S 7 1）、取り出した分岐点が処理対象であるか否かを判定する（ステップ S 7 2）。処理対象の分岐点が無い場合（ステップ S 7 2 で N o）は、図 9 のステップ S 8 に移行する。

[0085] 処理対象の分岐点がある場合（ステップ S 7 3 で Y e s）は、入替処理部 2 4 は、時刻 1 及び時刻 2 の分岐点に子分枝が二本以上あるか否かを判定する（ステップ S 7 3）。子分枝が二本以上ない場合（ステップ S 7 3 で N o）、ステップ S 7 1 に戻り、次の分岐点に処理を行なう。

[0086] 続いて、入替処理部 2 4 は、時刻 2 の分枝の入替を実行するか否かを判定する入替試行処理を行なう（ステップ S 7 4）。入替処理部 2 4 は、子分枝を入れ替える前の時刻 1 及び時刻 2 の分枝の一致度を評価し（ステップ S 7 4 a）、さらに、子分枝を入れ替えた後の時刻 1 及び時刻 2 の分枝の一致度を評価する（ステップ S 7 4 b）。具体的には、入替処理部 2 4 は、同じ識別番号の分枝について、時刻 1 における分枝の位置及び方向と、時刻 2 における分枝の位置及び方向とを比較する。ステップ S 7 4 a 及びステップ S 7 4 b は並行して行われてもよい。

[0087] 入替処理部 2 4 は、子分枝の入れ替えによって分枝の一致度が改善するか否かを判定する（ステップ S 7 4 c）。具体的には、入替処理部 2 4 は、入替の前後で、時刻 1 及び時刻 2 における同じ識別番号の分枝の位置及び方向の違いが小さくなるかどうかを判定する。分枝の一致度が改善する場合（ステップ S 7 4 c で Y e s）は、子分枝の“入替実行可”と判定し（ステップ S 7 4 d）、ステップ S 7 5 に移行する。これに対し、分枝の一致度が改善しない場合（ステップ S 7 4 c で N o）は、子分枝の“入替実行不可”と判定し（ステップ S 7 4 e）、ステップ S 7 5 に移行する。

[0088] 入替試行結果が“入替実行可”の場合（ステップS 7 5でY e s）、入替処理部2 4は子分枝を入れ替える（ステップS 7 6）。一方、入替試行結果が“入替実行不可”（ステップS 7 5でN o）、ステップS 7 1に戻り、次の分岐点に処理を行なう。

[0089] 取得部2 1は、分枝幾何情報3 2 a及び分枝幾何情報3 2 bを更新する（ステップS 7 7）。

[0090] [A-2-4] 挿入処理

図1 2は、図9における分枝の挿入処理の一例を説明するフローチャートである。挿入処理は、気管支上において連続する二つの分岐点の間に、新たに分岐点を挿入する処理である。

[0091] 挿入処理部2 5は、分枝幾何情報3 2から所定の順番で分岐点を取り出し（ステップS 8 1）、取り出した分岐点が処理対象であるか否かを判定する（ステップS 8 2）。処理対象の分岐点が無い場合（ステップS 8 2でN o）は、図9のステップS 4に移行する。

[0092] 処理対象の分岐点がある場合（ステップS 8 3でY e s）は、挿入処理部2 5は、時刻2の分岐点に子分枝が二本以上あるか否かを判定する（ステップS 8 3）。子分枝が二本以上無い場合（ステップS 8 3でN o）、ステップS 8 1に戻り、次の分岐点に処理を行なう。

[0093] 続いて、挿入処理部2 5は、子分枝の挿入を実行するか否かを判定する挿入試行処理を行なう（ステップS 8 4）。挿入処理部2 5は、子分枝を挿入する前の分枝の一致度を評価し（ステップS 8 4 a）、さらに、子分枝を挿入した後の分枝の一致度を評価する（ステップS 8 4 b）。具体的には、挿入処理部2 5は、同じ識別番号の分枝について、時刻1における分枝の位置及び方向と、時刻2における分枝の位置及び方向を比較する。ステップS 8 4 a及びステップS 8 4 bは並行して行われてもよい。

[0094] 挿入処理部2 5は、子分枝の挿入によって分枝の一致度が改善するか否かを判定する（ステップS 8 4 c）。具体的には、挿入処理部2 5は、挿入前及び挿入後の時刻1及び時刻2における同じ識別番号の分枝の位置及び方向

の違いを比較して、差が少なくなるかどうかを判定する。分枝の一致度が改善する場合（ステップS 8 4 cでY e s）は、子分枝の“挿入実行可”と判定し（ステップS 8 4 d）、ステップS 8 5に移行する。これに対し、分枝の一致度が改善しない場合（ステップS 8 4 cでN o）は、子分枝の“挿入実行不可”と判定し（ステップS 8 4 e）、ステップS 8 5に移行する。

[0095] 挿入試行結果が“挿入実行可”の場合（ステップS 8 5でY e s）、挿入処理部2 5は子分枝を挿入する（ステップS 8 6）。一方、挿入試行結果が“挿入実行不可”（ステップS 8 5でN o）、ステップS 8 1に戻り、次の分岐点に対して処理を行なう。

[0096] 取得部2 1は、分枝幾何情報3 2 a及び分枝幾何情報3 2 bを更新する（ステップS 8 7）。

[0097] [A-3] ハードウェア構成例

図1 3は、情報処理装置1の機能を実現するコンピュータ10のハードウェア（HW）構成例を模式的に示すブロック図である。図1 3に示すように、コンピュータ10は、例示的に、プロセッサ10 a、メモリ10 b、記憶部10 c、I F（Interface）部10 d、I/O（Input / Output）部10 e、及び読取部10 fを備える。

[0098] プロセッサ10 aは、種々の制御や演算を行なう演算処理装置の一例である。プロセッサ10 aは、コンピュータ10内の各ブロックとバス10 iで相互に通信可能に接続されている。プロセッサ10 aとしては、例えば、C P U、M P U、G P U、A P U、D S P、A S I C、F P G A等の集積回路（I C ; Integrated Circuit）が挙げられる。

[0099] メモリ10 bは、種々のデータやプログラム等の情報を格納するHWの一例である。メモリ10 bとしては、例えばD R A M（Dynamic Random Access Memory）等の揮発性メモリ、及び、P M（Persistent Memory）等の不揮発性メモリ、の一方又は双方が挙げられる。

[0100] 記憶部10 cは、種々のデータやプログラム等の情報を格納するHWの一例である。記憶部10 cとしては、H D D（Hard Disk Drive）等の磁気ディ

スク装置、SSD (Solid State Drive) 等の半導体ドライブ装置、不揮発性メモリ等の各種記憶装置が挙げられる。不揮発性メモリとしては、例えば、フラッシュメモリ、SCM (Storage Class Memory)、ROM (Read Only Memory) 等が挙げられる。

[0101] また、記憶部10cは、コンピュータ10の各種機能の全部若しくは一部を実現するプログラム10g (木構造を示す器官の構造の対応付けプログラム) を格納してよい。コンピュータ10の各種機能には、上述した制御部2 (取得部21, 統合処理部22, 比較部23, 入替処理部24, 挿入処理部25, 提示部26) の機能が含まれる。

[0102] 例えば、情報処理装置1のプロセッサ10aは、記憶部10cに格納されたプログラム10g (木構造を示す器官の構造の対応付けプログラム) をメモリ10bに展開して実行することにより、図1に例示する情報処理装置1 (制御部2) としての機能を実現できる。すなわち、木構造を示す器官の構造の対応付けプログラムは、プロセッサ10aに実行させる処理として、中心線情報31、分枝幾何情報32、分枝差分情報33及びグラフ構造化情報34を取得する取得処理、分枝を統合する統合処理、分枝幾何情報32同士を比較する比較処理、分枝を入れ替える入替処理、分岐点を挿入する挿入処理、並びに、取得又は更新された中心線情報31、分枝幾何情報32 (32a, 32b)、分枝差分情報33及びグラフ構造化情報34を提示する提示処理を規定する。提示処理には、処理過程における処理結果 (比較結果や判定結果) の提示が含まれてよい。

[0103] また、図1に例示するメモリ部3は、メモリ10b及び記憶部10cの少なくとも1つが有する記憶領域により実現されてよい。さらに、図1に例示する取得部21は、記憶装置の一例としてのメモリ10b及び記憶部10cの少なくとも1つに取得した情報 (中心線情報31, 分枝幾何情報32 (32a, 32b), 分枝差分情報33, グラフ構造化情報34) を格納してもよい。

[0104] IF部10dは、ネットワークとの間の接続及び通信の制御等を行なう通

信 I F の一例である。例えば、I F 部 1 0 d は、イーサネット（登録商標）等の L A N（Local Area Network）、或いは、F C（Fiber Channel）等の光通信等に準拠したアダプタを含んでよい。例えば、情報処理装置 1 は、I F 部 1 0 d を介して、図示しない撮像装置（C T 装置）と相互に通信可能に接続されてよい。また、例えば、プログラム 1 0 g は、当該通信 I F を介して、ネットワークからコンピュータ 1 0 にダウンロードされ、記憶部 1 0 c に格納されてもよい。

[0105] I/O部 1 0 e は、入力装置及び出力装置 4 0、の一方又は双方に接続されてよい。入力装置としては、例えば、キーボード、マウス、タッチパネル等が挙げられる。出力装置 4 0 としては、例えば、モニタ、プロジェクタ、プリンタ等が挙げられる。例えば、図 1 に例示する提示部 2 6 は、I/O部 1 0 e を介して出力装置 4 0 に、取得された情報（中心線情報 3 1，分枝幾何情報 3 2（3 2 a，3 2 b），分枝差分情報 3 3，グラフ構造化情報 3 4）や上述した処理過程での処理結果（比較結果や判定結果）を提示させてもよい。

[0106] 読取部 1 0 f は、記録媒体 1 0 h に記録された情報（データ）やプログラムの情報を読み出すリーダの一例である。読取部 1 0 f は、記録媒体 1 0 h を接続可能又は挿入可能な接続端子又は装置を含んでよい。読取部 1 0 f としては、例えば、U S B（Universal Serial Bus）等に準拠したアダプタ、記録ディスクへのアクセスを行なうドライブ装置、S D カード等のフラッシュメモリへのアクセスを行なうカードリーダ等が挙げられる。なお、記録媒体 1 0 h にはプログラム 1 0 g が格納されてもよく、読取部 1 0 f が記録媒体 1 0 h からプログラム 1 0 g を読み出して記憶部 1 0 c に格納してもよい。

[0107] 記録媒体 1 0 h としては、例示的に、磁気／光ディスクやフラッシュメモリ等の非一時的なコンピュータ読取可能な記録媒体が挙げられる。磁気／光ディスクとしては、例示的に、フレキシブルディスク、C D（Compact Disc）、D V D（Digital Versatile Disc）、ブルーレイディスク、H V D（Hol

ographic Versatile Disc) 等が挙げられる。フラッシュメモリとしては、例示的に、USBメモリやSDカード等の半導体メモリが挙げられる。

[0108] 上述したコンピュータ10のHW構成は例示である。従って、コンピュータ10内でのHWの増減（例えば任意のブロックの追加や削除）、分割、任意の組み合わせでの統合、又は、バスの追加若しくは削除等は適宜行なわれてもよい。例えば、情報処理装置1において、I/O部10e及び読取部10fの少なくとも一方は、省略されてもよい。

[0109] [B] 効果

実施形態の一例における情報処理装置1、木構造を示す器官の構造の対応付け方法及び木構造を示す器官の構造の対応付けプログラムによれば、例えば、以下の作用効果を奏することができる。

[0110] 取得部21は、時刻1における木構造の器官の一例である気管支の中心線の座標データに関する分枝幾何情報32aと、時刻2における気管支の中心線の座標データに関する分枝幾何情報32bとを取得する。比較部23は、取得部21によって取得された分枝幾何情報32a及び分枝幾何情報32bを比較する。処理部24、25は、比較部23による比較の結果、分枝幾何情報32aと分枝幾何情報32bとの間に不一致がある場合には、分枝幾何情報32a又は分枝幾何情報32bにおける気管支に含まれる各分枝の定義を変更する。提示部26は、処理部24、25による各分枝の定義を変更する処理の実施後における、分枝幾何情報32a及び分枝幾何情報32bを提示する。

[0111] これにより、木構造の器官の一例である気管支の各分枝の関係性を正しく定義した分枝幾何情報32a、32bを取得することができるため、異なる時刻において同一対象の気管支の構造を正確に対応付けることができる。さらに、分枝幾何情報32を出力装置40に提示することにより、出力装置40には、各分枝の接続関係と、各分枝の特徴と、を含む情報が視覚的に示されるため、同一被検者の気管支が異なる時刻間でどのように進行したか、例えば気管支拡張がどの部位でどのように変化したかを定量的に評価すること

ができる。

[0112] 入替処理部 24 は、気管支上の一の分岐点において気管支の末端側に接続される複数の分枝のそれぞれについて一の分岐点に対する接続角度に基づいて付与された識別番号を入れ替える。

[0113] これにより、複数の子分枝の関係性を正確に取得できるため、接続角度の大小関係が子分枝の間で逆転するような形態変化があった場合にも、高い精度の気管支構造の対応付けを実現でき、気管支の定量評価に資する。

[0114] 挿入処理部 25 は、気管支上において連続する分岐点 J1 と分岐点 J2 との間に、分岐点 J3 を挿入する。

[0115] これにより、挿入した分岐点から下流の分枝の対応付けが改善されるため、気管支の一部が描出されない状態が発生した場合にも、高い精度の気管支構造の対応付けを実現でき、気管支の定量評価に資する。

[0116] 比較部 23 による比較の前に、統合処理部 22 は、気管支上において連続する分岐点 J4 と分岐点 J5 との間の分枝の長さが所定の長さ未満である場合には、分岐点 J4 と分岐点 J5 とを統合する。

[0117] これにより、非常に近い位置で連続する二分岐と三分岐とが整理されるため、気管支の木構造を系統的に対応付けることができる。

[0118] [C] その他

開示の技術は上述した各実施形態に限定されるものではなく、各実施形態の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。各実施形態の各構成及び各処理は、必要に応じて取捨選択することができ、あるいは適宜組み合わせてもよい。

[0119] 例えば、図 1 に示す情報処理装置 1 における制御部 2 及びメモリ部 3 は併合してもよく、それぞれ分割してもよい。図 1 に示す制御部 2 が備える取得部 21、統合処理部 22、比較部 23、入替処理部 24 及び挿入処理部 25 は、任意の組み合わせで併合してもよく、それぞれ分割してもよい。

[0120] 本件発明は、木構造の器官であれば、気管支以外にも上記処理（分枝幾何情報の取得処理、統合処理、比較処理、入替処理、挿入処理）を変更するこ

となく、適用可能である。木構造を示す他の器官としては、特定の臓器内の血管（脈管；動脈及び静脈）がある。本件発明を肺動脈に適用する場合、肺高血圧症や肺血栓塞栓症といった脈管径が変化する疾患の経過を評価することができる。さらに、適応を広げれば、肺に限らず、動脈硬化症など、動脈系疾患の経過観察にも期待できる。

[0121] 木構造を示す脈管は、様々な分岐形式を示す可能性があり、三分岐，四分岐と、より多くの分岐数を示す可能性があるが、生体で、全くずれなく同時に多数分岐することはあり得ない。従って、本実施形態の三分岐の処理を応用することで脈管にも上記処理を適用することができる。

符号の簡単な説明

- [0122] 1 情報処理装置
- 10 コンピュータ
 - 10a プロセッサ
 - 10b メモリ
 - 10c 記憶部
 - 10d I/F部
 - 10e I/O部
 - 10f 読取部
 - 10g プログラム（木構造を示す器官の構造の対応付けプログラム）
 - 10h 記録媒体
- 2 制御部
- 21 取得部
 - 22 統合処理部
 - 23 比較部
 - 24 入替処理部（処理部）
 - 25 挿入処理部（処理部）
 - 26 提示部
- 3 メモリ部

3 1 中心線情報

3 2, 3 2 a, 3 2 b 分枝幾何情報（分枝情報）

3 3 分枝差分情報

3 4 グラフ構造化情報

4 0 出力装置

J 分岐点

請求の範囲

- [請求項1] 第1の時刻における木構造の器官の中心線の座標データに関する第1の分枝情報と、第2の時刻における前記木構造の器官の中心線の座標データに関する第2の分枝情報とを取得する取得部と、
- 前記取得部によって取得された前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報とを比較する比較部と、
- 前記比較部による比較の結果、前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報との間に不一致がある場合には、前記第1の分枝情報又は前記第2の分枝情報における前記木構造の器官に含まれる各分枝の定義を変更する処理を行う処理部と、
- 前記処理部による前記各分枝の定義を変更する処理の実施後における、前記第1の分枝情報及び前記第2の分枝情報を出力装置に提示する提示部と、
- を備える、情報処理装置。
- [請求項2] 前記各分枝の定義を変更する処理は、前記木構造の器官上の一の分岐点において前記木構造の器官の末端側に接続される複数の分枝のそれぞれについて前記一の分岐点に対する接続角度に基づいて付与された識別番号を入れ替える処理である、
- 請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記各分枝の定義を変更する処理は、前記木構造の器官上において連続する第1の分岐点と第2の分岐点との間に、第3の分岐点を挿入する処理である、
- 請求項1又は2に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記比較部による比較の前に、前記木構造の器官上において連続する第4の分岐点と第5の分岐点との間の分枝の長さが所定の長さ未満である場合には、前記第4の分岐点と前記第5の分岐点とを統合する統合処理部
- を更に備える、請求項1～3のいずれか一項に記載の情報処理装置。

[請求項5] 第1の時刻における木構造の器官の中心線の座標データに関する第1の分枝情報と、第2の時刻における前記木構造の器官の中心線の座標データに関する第2の分枝情報とを取得し、

 取得された前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報とを比較し、
 比較の結果、前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報との間に不一致がある場合には、前記第1の分枝情報又は前記第2の分枝情報における前記木構造の器官に含まれる各分枝の定義を変更する処理を行い、

 前記各分枝の定義を変更する処理の実施後における、前記第1の分枝情報及び前記第2の分枝情報を出力装置に提示する、
木構造を示す器官の構造の対応付け方法。

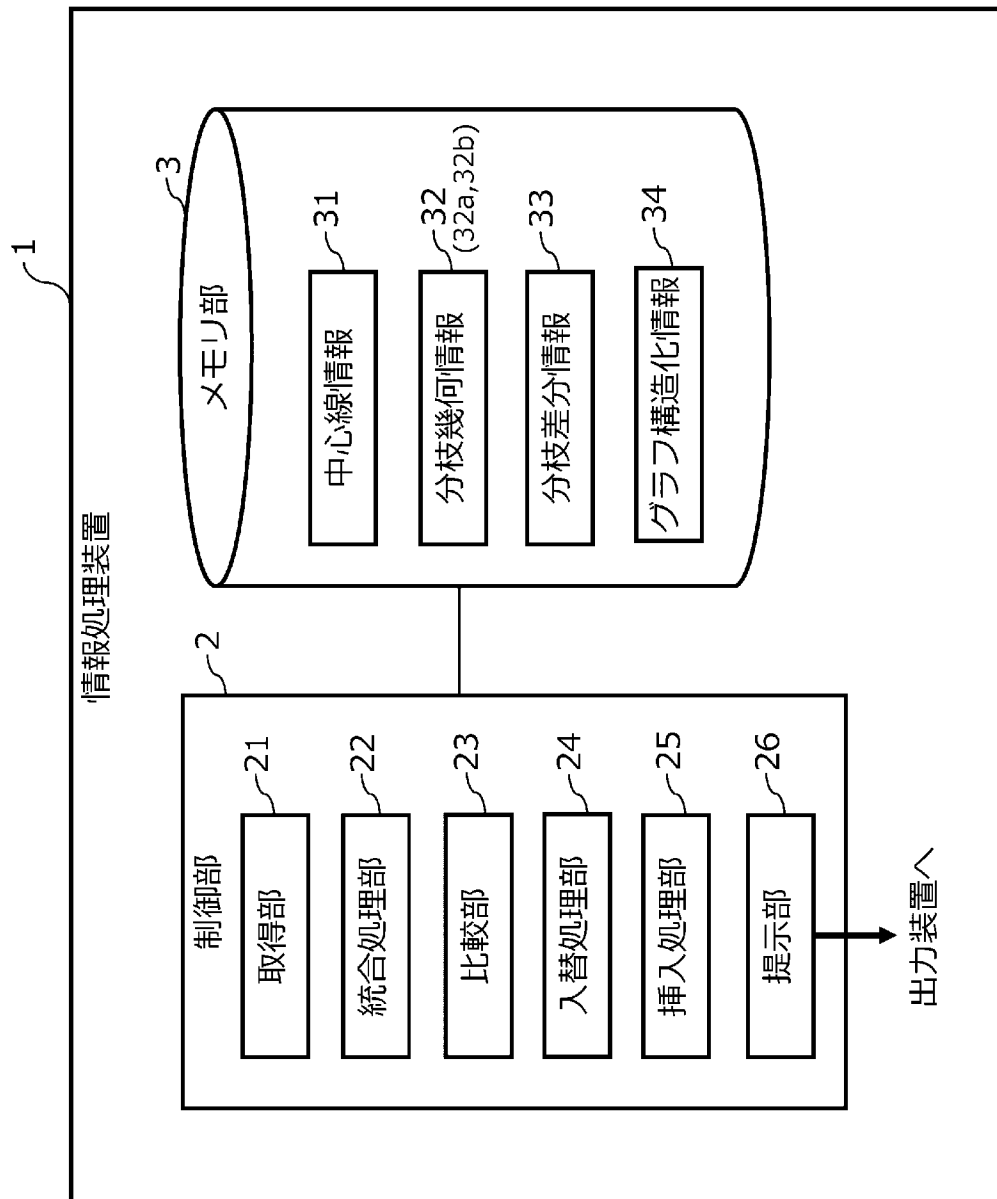
[請求項6] コンピュータに、

 第1の時刻における木構造の器官の中心線の座標データに関する第1の分枝情報と、第2の時刻における前記木構造の器官の中心線の座標データに関する第2の分枝情報とを取得し、

 取得された前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報とを比較し、
 比較の結果、前記第1の分枝情報と前記第2の分枝情報との間に不一致がある場合には、前記第1の分枝情報又は前記第2の分枝情報における前記木構造の器官に含まれる各分枝の定義を変更する処理を行い、

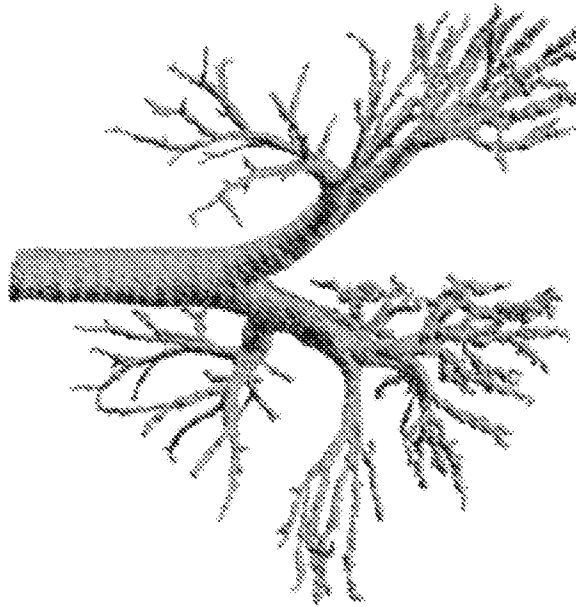
 前記各分枝の定義を変更する処理の実施後における、前記第1の分枝情報及び前記第2の分枝情報を出力装置に提示する、
処理を実行させる、木構造を示す器官の構造の対応付けプログラム。

[図1]

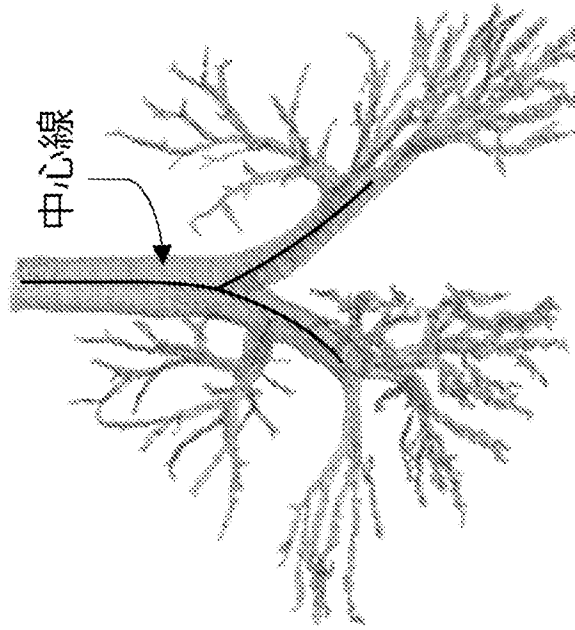


[図2]

[図2A] 三次元形状の構築

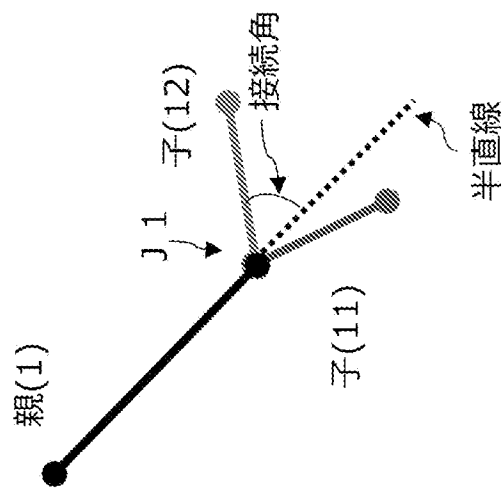


[図2B] 中心線の抽出

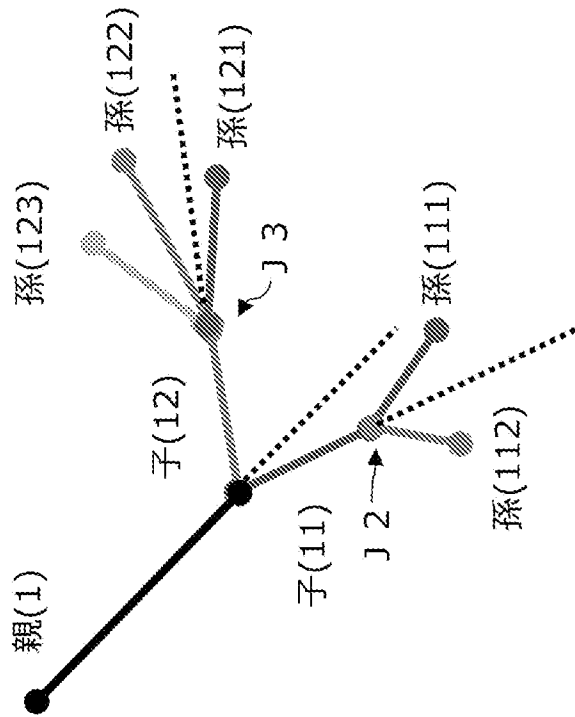


[図3]

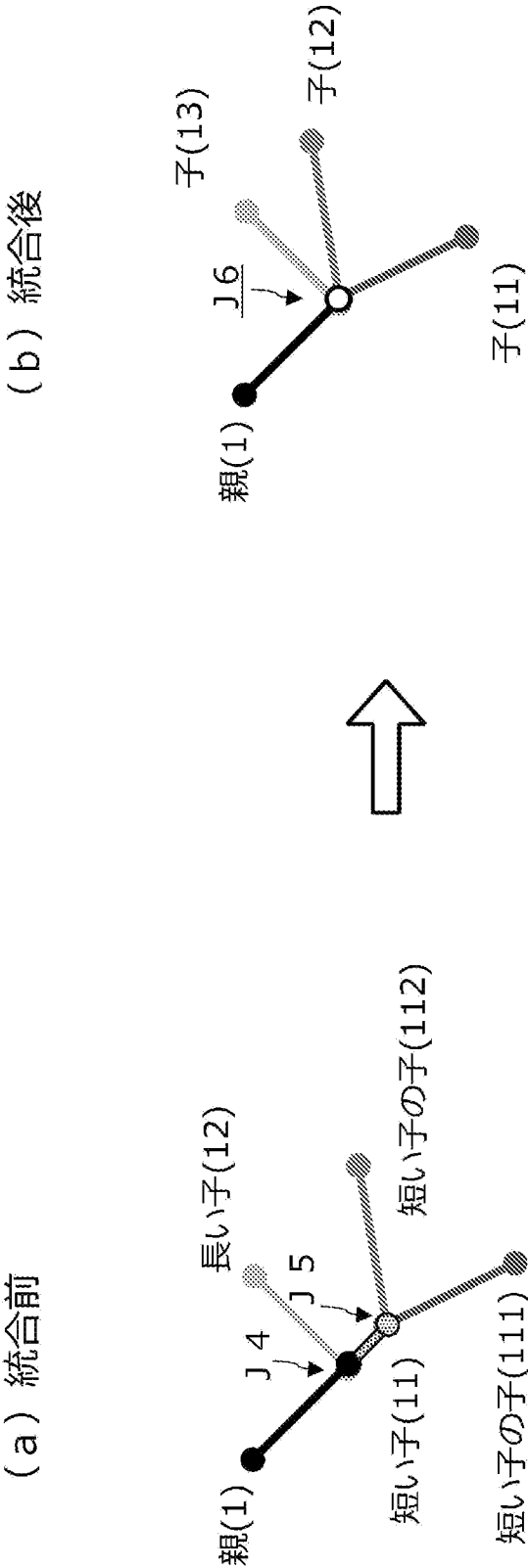
(a) 分岐点 J 1 における接続関係



(b) 分岐点 J 2, J 3 における接続関係

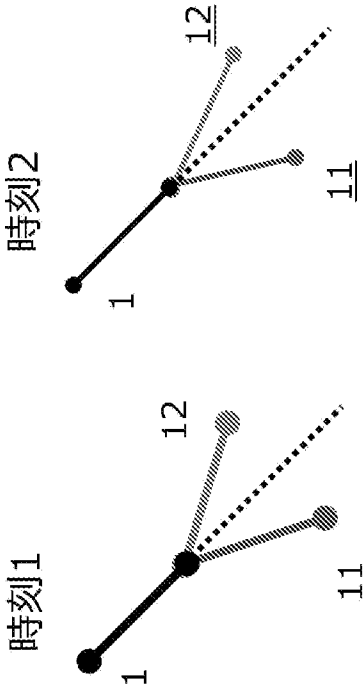


[図4]

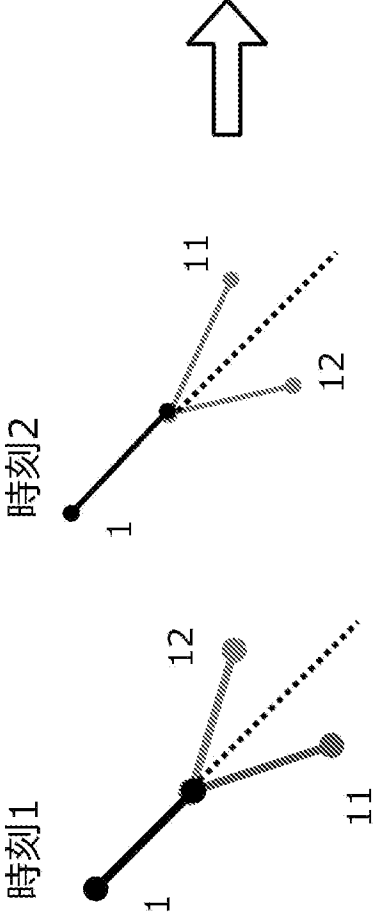


[図5]

(b) 入替後

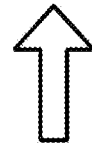
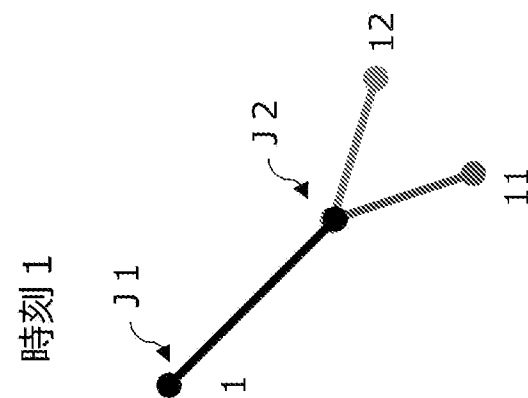


(a) 入替前

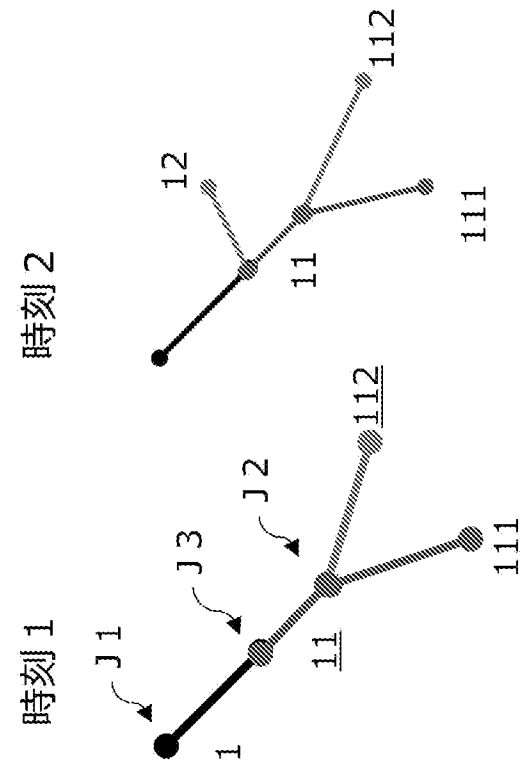


[図6]

(a) 挿入前

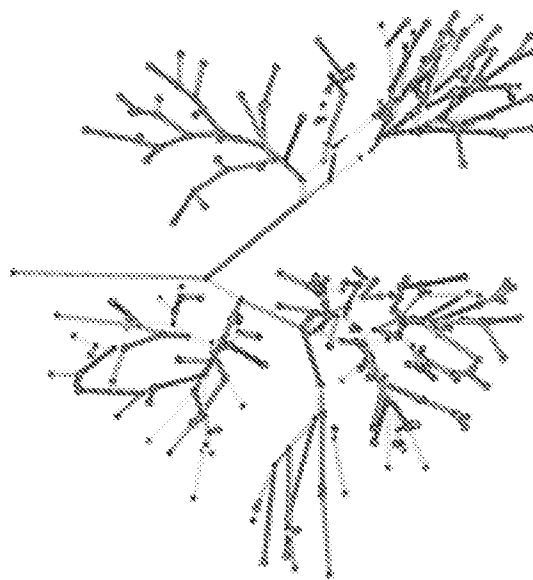


(b) 挿入後

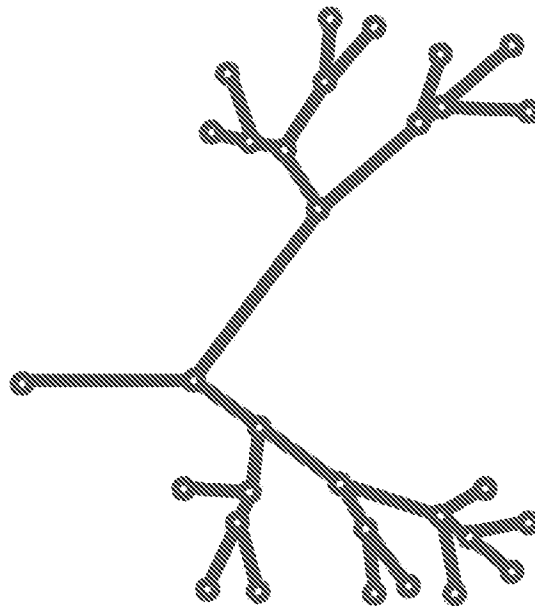


[図7]

[図7A] 気管支のグラフ構造化情報

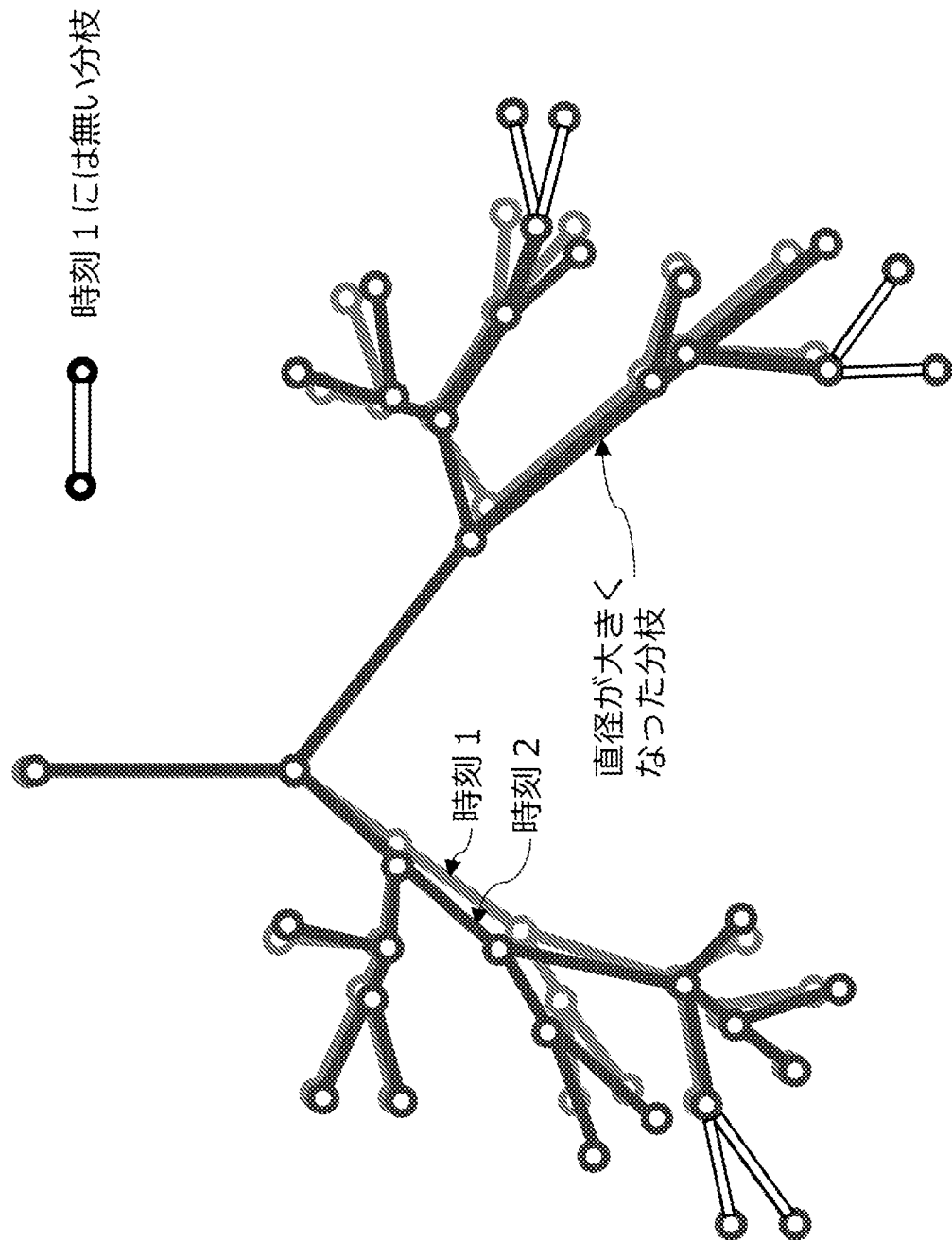


[図7B] 単純なグラフ構造化情報

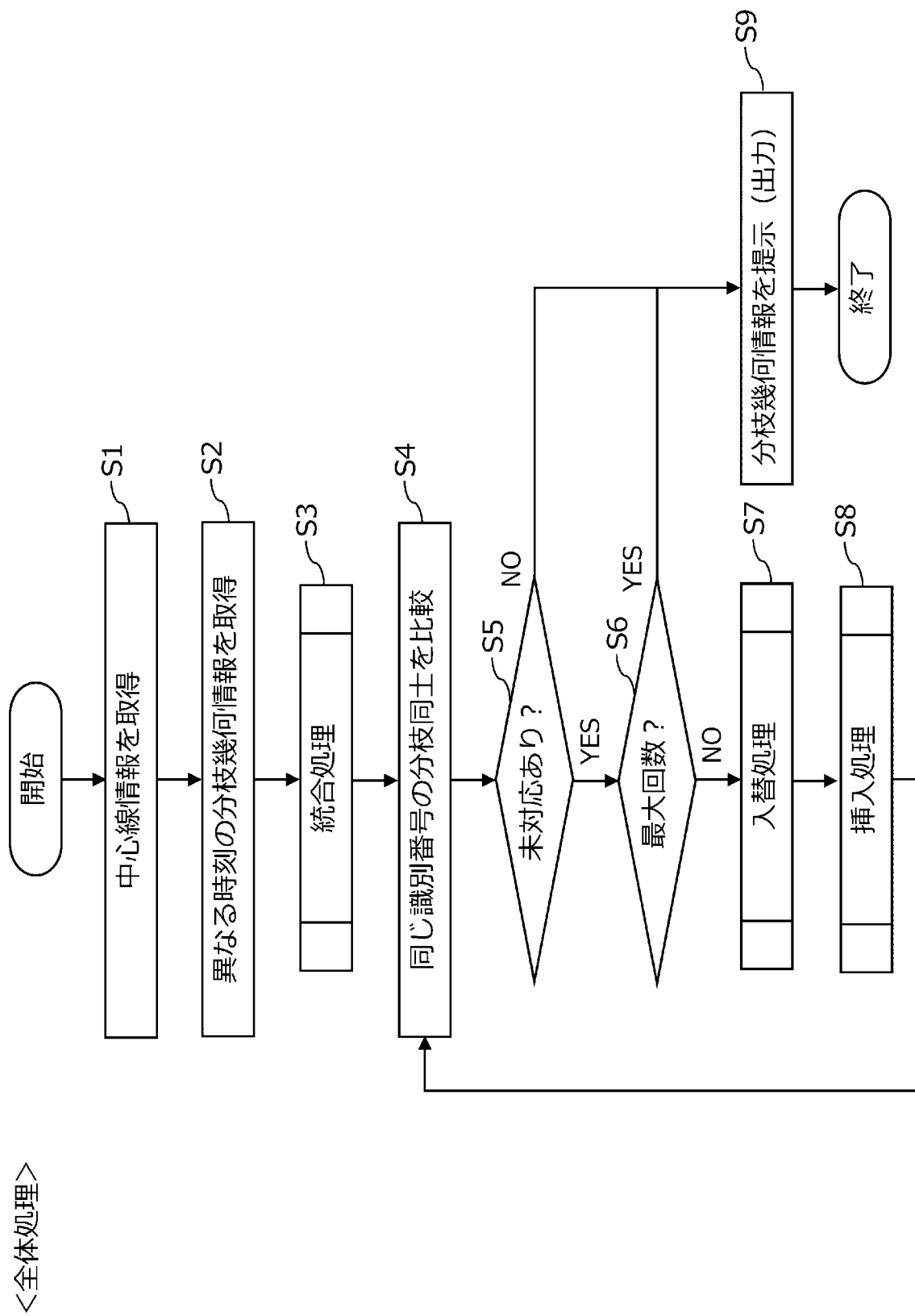


[図8]

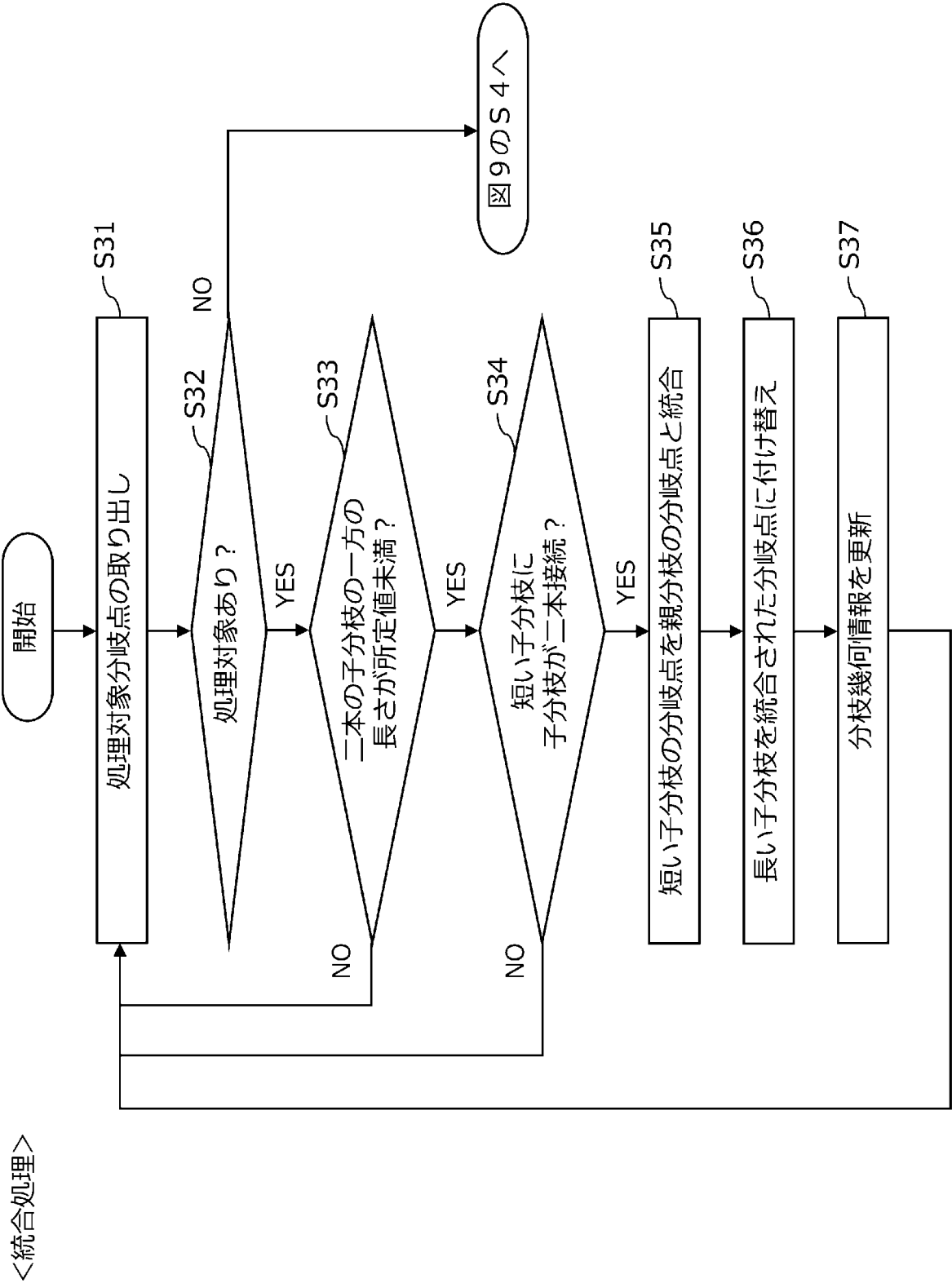
<単純化した気管支構造の対応付けの一例>



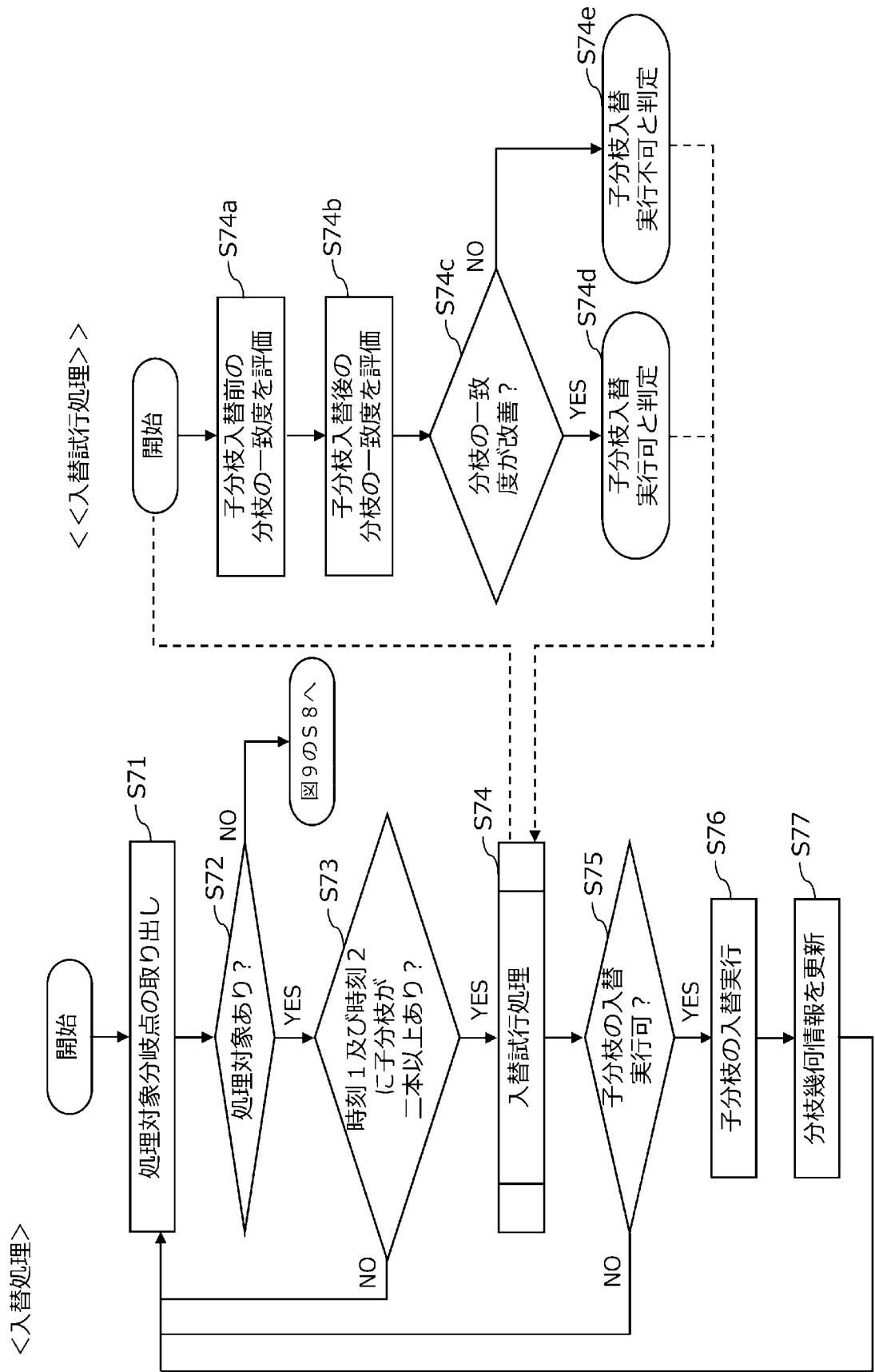
[図9]



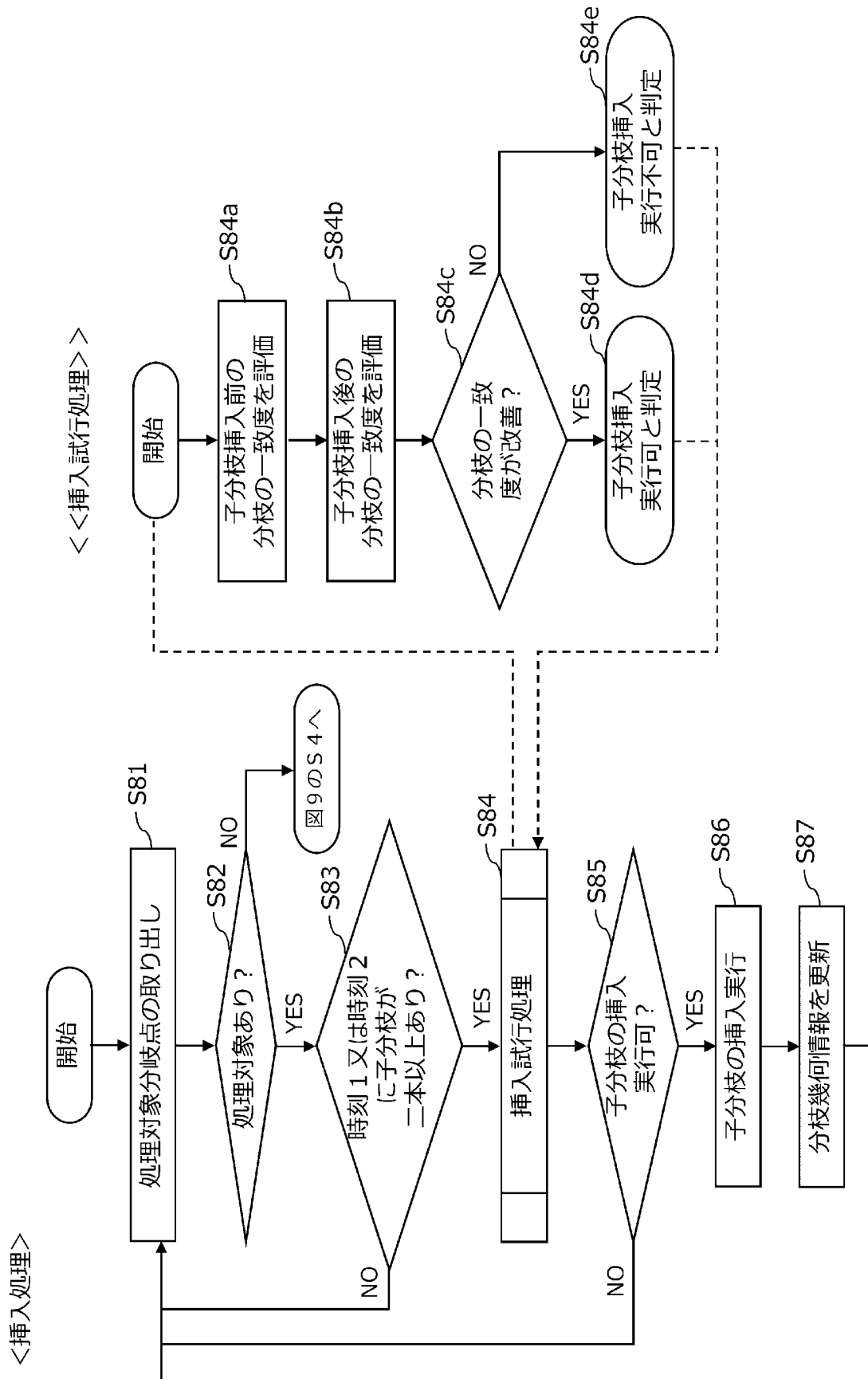
[図10]



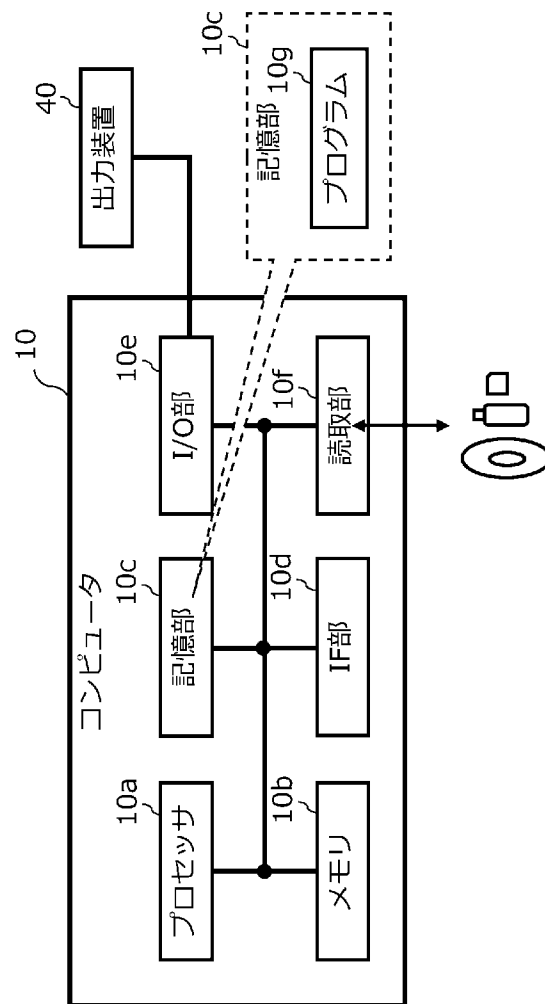
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/040673

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**A61B 5/00**(2006.01)i

FI: A61B5/00 G

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)

A61B5/00

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007-044488 A (SIEMENS CORPORATE RES., INC.) 22 February 2007 (2007-02-22) paragraphs [0003]-[0004], [0014]-[0020], [0042]-[0081]	1-2, 5-6
Y		4
A		3
X	JP 2016-087433 A (TOSHIBA CORP.) 23 May 2016 (2016-05-23) paragraphs [0002]-[0007], [0012], [0041]	1-2, 5-6
Y		4
A		3
Y	JP 2011-212314 A (FUJIFILM CORP.) 27 October 2011 (2011-10-27) paragraph [0051]	4
A	US 2004/0066958 A1 (CHEN, Shiuh-Yung James) 08 April 2004 (2004-04-08) paragraphs [0010], [0049]	1-6
A	US 2021/0174500 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 10 June 2021 (2021-06-10) paragraphs [0047], [0068], [0089]	1-6

☐ 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

05 January 2022

Date of mailing of the international search report

18 January 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
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/JP2021/040673

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2007-044488	A	22 February 2007	US 2007/0001879 A1 paragraphs [0003]-[0004], [0014]-[0020], [0050]-[0086] DE 102006028812 A1 CN 1892704 A	
JP	2016-087433	A	23 May 2016	US 2016/0125604 A1 paragraphs [0002]-[0008], [0021], [0050] CN 105608687 A	
JP	2011-212314	A	27 October 2011	(Family: none)	
US	2004/0066958	A1	08 April 2004	WO 2004/032740 A2 page 3, lines 24-30, page 8, line 29 to page 9, line 14 AU 2003284002 A1	
US	2021/0174500	A1	10 June 2021	WO 2019/211131 A1 page 9, line 29 to page 10, line 2, page 13, lines 22-24, page 18, lines 20-28 EP 3564961 A1 CN 112074912 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） A61B 5/00(2006.01)i FI: A61B5/00 G														
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）） A61B5/00 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>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2022年													
日本国実用新案登録公報	1996-2022年													
日本国登録実用新案公報	1994-2022年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
X	JP 2007-044488 A（シーメンス コーポレイト リサーチ インコーポレイテッド） 22.02.2007（2007-02-22） [0003]-[0004], [0014]-[0020], [0042]-[0081]	1-2, 5-6												
Y		4												
A		3												
X	JP 2016-087433 A（株式会社東芝）23.05.2016（2016-05-23） [0002]-[0007], [0012], [0041]	1-2, 5-6												
Y		4												
A		3												
Y	JP 2011-212314 A（富士フイルム株式会社）27.10.2011（2011-10-27） [0051]	4												
A	US 2004/0066958 A1（CHEN, Shih-Yung James）08.04.2004（2004-04-08） [0010], [0049]	1-6												
A	US 2021/0174500 A1（KONINKLIJKE PHILIPS N.V.）10.06.2021（2021-06-10） [0047], [0068], [0089]	1-6												
☐ 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 05.01.2022	国際調査報告の発送日 18.01.2022													
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） 樋口 祐介 2Q 6203 電話番号 03-3581-1101 内線 3292													

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/JP2021/040673

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2007-044488	A	22.02.2007	US 2007/0001879 A1 [0003]-[0004], [0014]- [0020], [0050]-[0086] DE 102006028812 A1 CN 1892704 A	
JP	2016-087433	A	23.05.2016	US 2016/0125604 A1 [0002]-[0008], [0021], [0050] CN 105608687 A	
JP	2011-212314	A	27.10.2011	(ファミリーなし)	
US	2004/0066958	A1	08.04.2004	W0 2004/032740 A2 第3頁第24行-第30行, 第8頁 第29行-第9頁第14行 AU 2003284002 A1	
US	2021/0174500	A1	10.06.2021	W0 2019/211131 A1 第9頁第29行-第10頁第2行, 第13頁第22行-第24行, 第18 頁第20行-第28行 EP 3564961 A1 CN 112074912 A	