



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

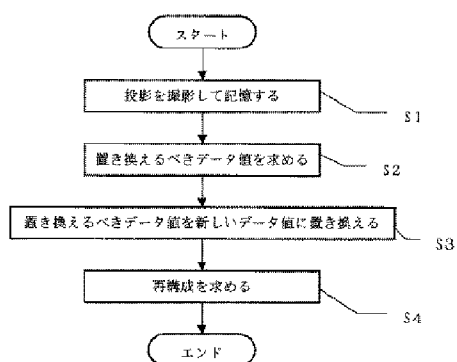
(11) Publication number: **2004243130 A**(43) Date of publication of application: **02.09.04**(51) Int. Cl. **A61B 6/03**(21) Application number: **2004036199**(22) Date of filing: **13.02.04**(30) Priority: **13.02.03 DE 2003 10306016**(71) Applicant: **SIEMENS AG**(72) Inventor:
BRUNNER THOMAS
BOEHM STEPHAN
HORNEGGER JOACHIM
NEUMAIR CHRISTIAN(54) **METHOD FOR OBTAINING RECONSTRUCTION
OF THREE-DIMENSIONAL TEST SUBJECT**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable to reduce or remove an artifact.

SOLUTION: A plurality of projections (P) of a three-dimensional test subject (4) are imaged by imaging devices (1, 2). Each projection (P) includes a data set of data values relevant to a location. The projections (P) are preset in a computer (6). A first part of the projection (P) data values is replaced with new data and a second part of the projection (P) data values remains unchanged. Projections (P') modified as indicated above are produced and a reconstruction of the test subject (4) is obtained by the computer (6) based on the modified projection (P').

COPYRIGHT: (C)2004,JPO&NCIPI



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-243130

(P2004-243130A)

(43) 公開日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(51) Int.Cl.⁷

A61B 6/03

F I

A61B 6/03 350F

テーマコード (参考)

4C093

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2004-36199 (P2004-36199)
 (22) 出願日 平成16年2月13日 (2004.2.13)
 (31) 優先権主張番号 10306016.2
 (32) 優先日 平成15年2月13日 (2003.2.13)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 390039413
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
 Siemens Aktiengesellschaft
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン ヴィッテルスバッハープラッツ 2
 (74) 代理人 100075166
 弁理士 山口 巖
 (72) 発明者 トーマス ブルンナー
 ドイツ連邦共和国 90427 ニュルンベルク エルレンハインシュトラッセ 4

最終頁に続く

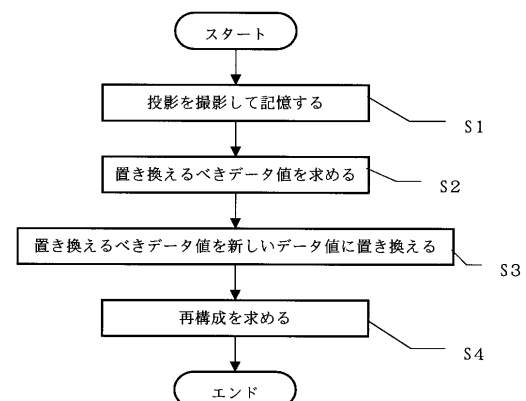
(54) 【発明の名称】 3次元被検体の再構成を求める方法

(57) 【要約】

【課題】アーチファクトの低減もしくは除去を可能にする。

【解決手段】撮像装置 (1, 2) により3次元被検体 (4) の複数の投影 (P) が撮像される。各投影 (P) は位置に関連したデータ値のデータセットを含む。投影 (P) がコンピュータ (6) に事前設定される。投影 (P) のデータ値の第1部分が新しいデータ値と置き換えられ、投影 (P) のデータ値の第2部分が無変化のままにされる。そのようにして変更された投影 (P') が発生させられ、変更された投影 (P') に基づいてコンピュータ (6) によって被検体 (4) の再構成が求められる。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像装置 (1, 2) により撮像された 3 次元被検体 (4) の複数 (N) の投影 (P) に基づいて 3 次元被検体 (4) の再構成を求める方法であって、各投影 (P) が位置に関連したデータ値のデータセットを含み、撮像された投影 (P) がコンピュータ (6) に事前設定される 3 次元被検体の再構成を求める方法において、

投影 (P) のデータ値の第 1 部分を新しいデータ値と置き換え、投影 (P) のデータ値の第 2 部分を無変化のままにすることにより、変更された投影 (P') を発生させ、

変更された投影 (P') に基づいて再構成をコンピュータ (6) によって求めることを特徴とする 3 次元被検体の再構成を求める方法。

10

【請求項 2】

撮像された投影 (P) のそれぞれについて、どのデータ値を置き換えるべきかをコンピュータ (6) に使用者 (7) によって事前設定することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

撮像された投影 (P) のうちの少なくとも 2 つについて、どのデータ値を置き換えるべきかをコンピュータ (6) に使用者 (7) によって事前設定し、コンピュータ (6) が事前設定されたデータ値に基づいて、その他の撮像された投影 (P) においてどのデータ値を置き換えるべきかを自動的に求めることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

コンピュータ (6) によって撮像された投影 (P) に基づいて暫定的再構成を求め、暫定的再構成において 3 次元空間における少なくとも 1 つの位置をコンピュータ (6) に使用者 (7) によって事前設定し、その少なくとも 1 つの位置に基づいて、撮像された投影 (P) の置き換えるべきデータ値をコンピュータ (6) によって自動的に求めることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

20

【請求項 5】

置き換えるべきデータ値をコンピュータ (6) によって投影 (P) のデータ値に基づいて自動的に求めることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

撮像された投影 (P) のそれぞれについて、内側が位置に関連した少なくとも 1 つの範囲 (13) をコンピュータ (6) に使用者 (7) によって事前設定し、コンピュータ (6) が置き換えるべきデータ値をその範囲 (13) の内側のみ又は外側のみにおいて求めることを特徴とする請求項 5 記載の方法。

30

【請求項 7】

コンピュータ (6) に使用者 (7) によって、撮像された投影 (P) のうちの少なくとも 2 つについて、内側が位置に関連した少なくとも 1 つの範囲 (13', 13'') を事前設定し、

コンピュータ (6) が、これらの撮像された投影 (P1, P2) に関して、置き換えるべきデータ値をその範囲 (13', 13'') の内側のみ又は外側のみにおいて求め、

コンピュータ (6) が、事前設定された範囲 (13', 13'') に基づいて、その他の撮像された投影 (P) において、当該投影のどの範囲の内側もしくは外側において置き換えるべきデータ値を求めるべきかを自動的に決定することを特徴とする請求項 5 記載の方法。

40

【請求項 8】

コンピュータ (6) によって撮像された投影 (P) に基づいて暫定的再構成を求め、

コンピュータ (6) に使用者 (7) によって暫定的再構成において 3 次元空間における内側が位置に関連した少なくとも 1 つの範囲 (14) を事前設定し、

コンピュータ (6) が、その範囲 (14) に基づいて、撮像された投影 (P) における対応範囲 (13) を求め、

置き換えるべきデータ値をコンピュータ (6) によって対応範囲 (13) の内側のみ又

50

は外側のみにおいて求めることを特徴とする請求項 5 記載の方法。

【請求項 9】

置き換えるべきデータ値をコンピュータ (6) によって、置き換えるべきデータ値自身のみに基づいて求めることを特徴とする請求項 5 乃至 8 の 1 つに記載の方法。

【請求項 10】

置き換えるべきデータ値をコンピュータ (6) によって、置き換えるべきデータ値自身及び位置的に隣接するデータ値に基づいて求めることを特徴とする請求項 5 乃至 8 の 1 つに記載の方法。

【請求項 11】

撮像された投影 (P) が 1 次元投影であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 の 1 つに記載の方法。 10

【請求項 12】

撮像された投影 (P) が 2 次元投影であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 の 1 つに記載の方法。

【請求項 13】

撮像された投影 (P) が平行投影であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の 1 つに記載の方法。

【請求項 14】

撮像された投影 (P) が透視投影であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の 1 つに記載の方法。 20

【請求項 15】

各投影 (P) について、新しいデータ値をコンピュータ (6) によって、置き換えるべきデータ値の位置的周囲からの無変化のままのデータ値に基づいて求めることを特徴とする請求項 1 乃至 14 の 1 つに記載の方法。

【請求項 16】

各投影 (P) について置き換えるべきデータ値のマスクを求め、各投影 (P) について無変化のままのデータ値の位置スペクトルとマスクの位置スペクトルとを求め、各投影 (P) について新しいデータ値を無変化のままのデータ値の位置スペクトルとマスクの位置スペクトルとに基づいて自動的に求めることを特徴とする請求項 1 乃至 14 の 1 つに記載の方法。 30

【請求項 17】

請求項 1 乃至 16 の 1 つに記載の方法を実行するためにデータキャリア (9) に記憶されたコンピュータプログラム。

【請求項 18】

請求項 1 乃至 16 の 1 つに記載の方法が実行可能であるようにプログラムされたコンピュータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置により撮像された 3 次元被検体の複数の投影に基づいて 3 次元被検体の再構成 (再構成画像) を求める方法であって、各投影が位置に関連したデータ値のデータセットを含み、撮像された投影がコンピュータに事前設定され、コンピュータによって再構成が求められる 3 次元被検体の再構成を求める方法に関する。 40

【0002】

さらに、本発明は、このような方法を実施するためにデータキャリアに記憶されたコンピュータプログラム、及びこのような方法を実施可能にするようにプログラムされているコンピュータに関する。

【背景技術】

【0003】

この種の 3 次元被検体の再構成を求める方法は一般に知られている。これは、例えばコ 50

ンピュータ断層撮影法及び3D血管撮影法において使用される。

【0004】

従来技術による方法の場合、特に被検体における金属部分によってしばしばアーチファクトが生じる。個々の事例の状況に応じて、このアーチファクトは障害にならなかったり、障害ではあるが許容範囲内であったり、あるいは容認できなかったりする。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の課題は、3次元被検体の再構成を求める方法を、アーチファクトが低減可能でありかつしかも相当数の場合には大いに除去可能であるように改善することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

この課題は、投影のデータ値の第1部分を新しいデータ値と置き換え、投影のデータ値の第2部分を無変化のままにすることにより、変更された投影を発生させ、変更された投影に基づいて再構成をコンピュータによって求めることにより解決される。

【0007】

すなわち、本発明は、再構成を求めるための入力データつまり投影が適切に処理されることによってアーチファクトを最も簡単に回避できるという認識に基づいている。

【0008】

最も簡単な場合、撮像された投影のそれぞれについて、どのデータ値を置き換えるべきかがコンピュータに使用者によって事前設定される。この方法はいつでも機能するが、しかし使用者にとって疲れ、費用がかかる。

20

【0009】

撮像された投影の少なくとも2つ、好ましくは正確に2つについて、どのデータ値を置き換えるべきかがコンピュータに使用者によって事前設定され、コンピュータがこの事前設定されたデータ値に基づいて、その他の撮像された投影においてどのデータ値を置き換えるべきかを自動的に求めると非常に便利である。この場合、最初に言及した2つの投影は互いにほぼ90°の角度をなすと好ましい。

【0010】

2つの投影において変更されるべきデータ値を事前設定する代わりに、コンピュータによって撮像された投影に基づいて暫定的再構成を求め、暫定再構成において3次元空間における少なくとも1つの位置をコンピュータに使用者によって事前設定し、その少なくとも1つの位置に基づいて、撮像された投影の置き換えるべきデータ値をコンピュータによって自動的に求めることも可能である。

30

【0011】

置き換えるべきデータ値の使用者による手動の事前設定の代わりに、置き換えるべきデータ値をコンピュータによって投影のデータ値に基づいて自動的に求めることも可能である。この場合、置き換えるべきデータ値をコンピュータによって全ての投影において求めることは理論的に可能である。しかし、2段階の対話式の進行形式が好ましい。第1段階では、内側が位置に関連した少なくとも1つの範囲をコンピュータに使用者によって事前設定し、コンピュータが置き換えるべきデータ値をその範囲の内側又は外側において求める。

40

【0012】

置き換えるべきデータ値の手動の事前設定と同様に、撮像された投影のそれぞれについて、内側が位置に関連した少なくとも1つの範囲をコンピュータに使用者によって事前設定し、コンピュータが置き換えるべきデータ値を当該範囲の内側のみ又は外側のみにおいて求めることも可能である。

【0013】

位置的に互いに分離ししかし内側が位置に関連した複数の範囲が事前設定される場合、当該範囲はオア又はアンドの論理結合が行なわれる。置き換えるべきデータ値を事前設定

50

された範囲内のみにおいて求めるべき場合、それらの範囲はオア結合されている。置き換えるべきデータ値を事前設定された範囲外において求めるべき場合、それらの範囲はアンド結合されている。

【0014】

置き換えるべきデータ値を事前設定する場合と同様に、コンピュータに使用者によって、撮像された投影の少なくとも2つ、好ましくは正確に2つについて、内側が位置に関連した少なくとも1つの範囲を事前設定し、コンピュータが、これらの撮像された投影に関して、置き換えるべきデータ値を当該範囲の内側のみ又は外側のみにおいて求め、コンピュータが、事前設定された範囲に基づいて、その他の撮像された投影において当該範囲のどの範囲の内側又は外側において置き換えるべきデータ値を求めるべきかを自動的に決定する。この場合にも最初に言及した2つの投影が互いにほぼ直角をなすと好ましい。 10

【0015】

この場合にも代替として、コンピュータによって撮像された投影に基づいて暫定的再構成を求め、コンピュータに使用者によって暫定的再構成において3次元空間における内側が位置に関連した少なくとも1つの範囲を事前設定し、コンピュータが、その範囲に基づいて、撮像された投影における対応範囲を求め、置き換えるべきデータ値を対応範囲の内側のみ又は外側のみにおいて求めることも可能である。

【0016】

置き換えるべきデータ値を求めるために、これらをコンピュータによって、置き換えるべきデータ値自身に基づいて求めることが可能である。例えば、データ値が、事前にコンピュータにより求めた閾値又はコンピュータに事前設定された閾値と比較されるとよい。 20

【0017】

これに対して、置き換えるべきデータ値を、コンピュータによって、置き換えるべきデータ値自身及び位置的に隣接するデータ値、特に位置的に直接に隣接するデータ値に基づいて求めると好ましい。この場合、例えば直接に隣接するデータ値の差と静的又は動的な閾値との比較によって縁部検出が行なわれるとよい。この結果として生じる平面を公知のようにして埋めることができる。ほかにも、場合によっては追加して実行することで、前処理が可能であり、例えば固定数又は可変数の位置的に隣接するデータ値の周りへの拡張が可能である。

【0018】

投影は任意の性質であってよい。特に、投影は（例えばコンピュータ断層撮影法の場合）1次元又は（例えば3D血管撮影法の場合）2次元であってよい。投影は平行投影又は透視投影であってよい。 30

【0019】

新しいデータ値に関して、簡単な場合、各投影について、新しいデータ値がコンピュータによって、置き換えるべきデータ値の位置的周囲からの無変化のままのデータ値に基づいて求められる。例えば、置き換えるべきデータ値は周囲の平均値によって、場合によっては平滑化によって置き換えられる。

【0020】

しかし、とりわけ、各投影について、置き換えるべきデータ値のマスクが求められ、各投影について無変化のままのデータ値の位置スペクトルとマスクの位置スペクトルとが求められ、各投影について新しいデータ値がコンピュータによって無変化のままデータ値の位置スペクトルとマスクの位置スペクトルとに基づいて自動的に求められる。特に、それによって適応フィルタ処理もしくは中央値フィルタ処理を行なうとよい。フィルタ処理は、Til Aach及びVolker Metzlerによる論文「“Defect interpolation in digital radiography – how object-oriented transform coding helps”」, Proceedings of SPIE, Vol. 4322 (2001), p 824～835」の記載のように行なうこともできる。 40

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下において図面を参照しながら実施例を説明することにより、他の利点及び詳細を明らかにする。

図1は画像形成医療設備の原理図、
図2は揺動平面の平面図、
図3は投影の説明図、
図4は経過の流れ図、
図5は投影図、
図6は置き換えるべきデータ値のマスク、
図7乃至図10は経過の流れ図、
図11は三角法の原理を示し、
図12乃至図15は経過の流れ図、
図16は投影の説明図、
図17及び図18は経過の流れ図、
図19は再構成の投影を示す。

10

【0022】

図1乃至図3によれば、画像形成医療設備は放射線源1及び放射線検出器2を有する。放射線源1及び放射線検出器2は撮像装置を構成する。撮像装置は共通な揺動軸線3の周りに揺動可能である。揺動軸線3の範囲には透過されるべき3次元被検体4（例えば人間もしくは人間の一部分）が配置されている。

20

【0023】

放射線源1はほぼ点状に形成されている。従って、放射線検出器2によって撮像される投影Pは主として被検体4の透視投影である。しかし、放射線源1を適切に構成すれば、投影Pとして平行投影も可能である。

【0024】

特に図3から明らかのように、放射線検出器2はセンサ5の2次元配置を有する。従って、放射線検出器2から供給された投影Pは2次元投影である。それゆえ、各投影Pは位置に関連した多数のデータ値 f_{ij} を有するデータセットに相当する。原理的には放射線検出器2は単一の行のみのセンサ5であってもよいが、この場合に投影Pは1次元となる。

【0025】

画像形成医療設備は例えばX線設備であってよい。図1乃至図3によれば、画像形成医療設備はX線血管撮影装置である。しかし、他の画像形成医療設備、例えばコンピュータ断層撮影装置が使用されてもよい。

30

【0026】

画像形成医療設備はコンピュータ6によって制御される。さらに、コンピュータ6自身は使用者7から指令を受け取る。コンピュータ6は、とりわけ、揺動軸線3の周りにおける放射線源1及び放射線検出器2の（共通な）揺動を制御する。さらに、その揺動中に、コンピュータ6は放射線源1が放射線を放出するように放射線源1を駆動する。さらに、コンピュータ6は放射線検出器2によって撮像された投影Pを読み込む。

【0027】

一般に、揺動角度 α だけの揺動が行なわれる（図2参照）。揺動中、増分角度 β の行程に従ってその都度、投影Pがコンピュータ6に読み込まれる。揺動角度 α は図2によれば約 90° である。しかし一般に揺動角度 α は 90° よりも大きく、大抵はそれどころか 180° よりも大きい。なぜならば、それによって、十分に多い投影Pの撮像の場合に被検体4のフェルドkampアルゴリズムによる3次元再構成が可能であるからである。

40

【0028】

揺動角度 α と増分角度 β との比は撮像される投影Pの個数Nを決定する。個数Nは一般に40～400の範囲にある。各投影Pは既に述べたように位置に関連したデータ値 f_{ij} のデータセットを形成する。

【0029】

50

投影 P に基づいてコンピュータ 6 は被検体 4 の再構成（すなわち再構成画像）を求める。すなわち、コンピュータ 6 はデータ値 f_{ij} に基づいて理想的には被検体 4 に対応するボリュームデータセット V_{xyz} を算出する。この種の方法は公知である。模範的には既に述べたフェルドカンブアルゴリズムが挙げられる。これは、例えば L. A. Feldkamp、L. C. Davis 及び J. W. Kress による論文「“Practical Cone-beam Algorithm”、JOSA A 1, 612 (1984)」に記載されている。

【0030】

3次元被検体の再構成を求める方法の実行のために（画像形成医療設備の制御のためにも）、コンピュータ 6 はコンピュータプログラム 8 によりプログラムされている。コンピュータプログラム 8 はコンピュータ 6 に前もってデータキャリア 9 を介して供給されている。このデータキャリア 9 にはコンピュータプログラム 8 が記憶されている。データキャリア 9 は、例えばコンピュータプログラム 8 が専ら機械的に読出し可能な形で記憶されている CD-ROM であってよい。しかしながら、それは例えば文書リストの如き他のデータキャリア 9 も考え得る。コンピュータプログラム 8 のダウンロードも可能である。この場合、データキャリア 9 はサーバのハードディスク又は類似の記憶媒体である。

【0031】

同様に 3次元被検体 4 の 3次元再構成を求めるために、コンピュータ 6 は、次に図 4 を参照しながら詳しく説明する方法を実行する。その際に補足的に図 1 乃至図 3 並びに図 5 及び図 6 を参照する。図 4 のステップ経過の詳細は図 7 乃至図 18 に参照しながら詳しく説明する。

【0032】

図 4 によれば、コンピュータ 6 はステップ S1 においてまず投影 P を撮像し、それらを内部に記憶する。しかしながら、投影 P の撮像の代替として、投影 P がコンピュータ 6 に別の方法で事前設定されていてもよい。すなわち、コンピュータ 6 は投影 P の撮像を必ずしも自ら制御しなければならないというわけではない。

【0033】

図 5 は人間の頭部の撮像つまり投影 P を模範的に示す。放射線源 1 はこの撮像の場合には人間の後頭部の背後に配置されている。放射線検出器 2 は人間の顔の前に配置されている。図 5 において、人間の歯の範囲 10 において暗い領域を明白に認識することができる。

【0034】

さらに、ステップ S2 において、置き換えるべきデータ値が求められる（位置決めされる）。置き換えるべきデータ値の求め方の細部は後で更に詳しく説明する。

【0035】

さらに、ステップ S3 において、置き換えるべきデータ値が新しいデータ値に置き換えられる。データ値の置き換えについても後で更に詳しく説明する。置き換えるべきでない他のデータ値は無変化のままである。コンピュータ 6 はこのようにして変化させられた投影 P' を発生する

【0036】

図 6 は図 5 の投影 P について置き換えるべきデータ値を示す。一方では歯の範囲 10 に位置している要素であり、他方では人間の耳範囲 11, 11' に位置するデータ値である。

【0037】

ステップ 4 S において、コンピュータ 6 は変更された投影 P' に基づいて被検体 4 の再構成を求める。再構成を求めることは公知の再構成アルゴリズム、例えば既述のフェルドカンブアルゴリズムに従って行なわれる。

【0038】

図 4 による方法のステップ S2 は、本発明による 3次元被検体の再構成を求める方法の簡単な形式では、図 7 に示されているように構成されている。図 7 によれば、ステップ S

10

20

30

40

50

5においてコンピュータ6によって投影Pの1つ、例えば図5による投影がディスプレイ12に表示される。その際に、使用者7によって、どのデータ値が置き換えるべきかが事前設定される。従って、コンピュータ6はステップS6において置き換えるべきデータ値の位置を受け取る。マーキングは使用者7によって、例えば或る個所へのカーソル移動及びクリック指令の入力により行なわれる。

【0039】

その後コンピュータ6はステップS7においてまだ処理しなければならない他の投影Pが有るかどうかを検査する。まだ有る場合にはステップS8に分岐し、そこで、すぐ次の投影Pを選択する。ステップS8からコンピュータは再びステップS5へ移行する。これに対して全ての投影Pが処理されている場合にはステップS7から出て、図7によるルーチンを抜け出す。この場合には図4のステップS3が続行される。 10

【0040】

図3から特に明白に分かるように、1つの投影Pの各点は空間における1つの投射線に対応する。従って、投影Pの1点の選択は空間における1つの線を規定する。従って、図7による方法に対する代替として、本発明による3次元被検体の再構成を求める方法の若干便利な形式においては、まずステップS9において第1の投影P1をディスプレイ12に表示し、ステップS10において第1の投影P1における位置を受け取ることが可能である。その場合、ステップS9及びS10は内容的には図7のステップS5及びS6に対応する。

【0041】

その後、ステップS11において、第2の投影P2がディスプレイ12に表示される。この投影P2に関してもコンピュータ6はステップS12においてここでも置き換えるべきデータ値の位置を受け取る。ステップS11及びS12も内容的には図7のステップS5及びS6に対応する。 20

【0042】

この方法によって、コンピュータ6がステップS13において第1の投影P1及び第2の投影P2の対応する投射線が交差する空間位置を求めることが可能である。この交差点によって定められる空間位置は別の投影Pにおいて撮像することができる。それによって、ステップS14においてその別の投影Pにおける位置をコンピュータ6によって自動的に求めることができる。従って、使用者7は、図8による方法の場合、もはや $N = 40 \cdot 30 \cdot 400$ の個数の投影において置き換えるべきデータ値を事前設定する必要はなく、2つの投影P1, P2に関してだけ置き換えるべきデータ値を事前設定しさえすればよい。 30

【0043】

図8による方法は最も効率的に2つの投影P1, P2が同時に表示されることによって行なわれる。その場合に表示は専用のディスプレイ12上で行なわれる。この表示は個別のディスプレイ12の2つのウィンドウで行なうこともできる。その際に、例えば投影P1における1つの点の設定は、投影P2における対応線の表示を自動的にもたらす。このとき、この線上における点をマーキングすることによって、空間における1つの位置（例えば図3における矢印参照）もしくは複数の位置が一義的に決定される。

【0044】

さらに、本発明による3次元被検体の再構成を求める方法の別の変形において図9による方法も可能である。すなわち、コンピュータ6は、ステップS15において、撮像された（無変化の）投影Pに基づいてまず暫定的再構成（暫定的再構成画像）を求める。この暫定的再構成はディスプレイ12を介して表示される。この暫定的再構成に関して、コンピュータ6は、ステップS16において、コンピュータ6に使用者7によって事前設定された空間位置を受け取る。この位置に関して、コンピュータ6は、ステップS17において、撮像された投影Pにおける対応位置及び置き換えるべきデータ値を自動的に求める。 40

【0045】

図8の方法に対する図9による方法の利点は、ステップS15による暫定的再構成は確かにアーチファクトを有しているが、しかしアーチファクトは至るところに発生するわけ 50

ではないということにある。従って、多くの場合において、ステップ S 1 6 及び S 1 7 の実行は全く必要でない。これに対して、それが必要な場合には、ステップ S 1 6 において、使用者が欠陥源に関する知識に基づいて空間に直接に、考え得る欠陥源をマーキングすることができる。

【0046】

図 7 乃至図 9 による方法の場合、置き換えるべきデータ値は直接的又は間接的に使用者 7 によって決定される。しかし、置き換えるべきデータ値をコンピュータ 6 によって投影のデータ値に基づいて自動的に求めることもできる。これを以下において図 10 乃至図 16 に関連させて詳しく説明する。

【0047】

10

図 10 によれば、例えば、図 7 のステップ S 5 と同様に、ステップ S 1 8 においてディスプレイ 1 2 に投影 P を表示することができる。この投影 P に関して、コンピュータ 6 に使用者 7 によって少なくとも 1 つの範囲 1 3 (図 11 参照) が事前設定される。コンピュータ 6 はこの範囲 1 3 をステップ S 1 9 において受け取る。範囲 1 3 は人間の歯の範囲 10 に相当する (図 5 及び図 6 参照)。

【0048】

その後コンピュータ 6 はステップ S 20 においてこの投影 P の置き換えるべきデータ値の位置を求める。この位置を求めることは、コンピュータ 6 によって、事前設定された範囲 1 3 の内側のみに于行なわれる。この代替として、範囲 1 3 の外側のみに于行なわれることも可能である。この求め方の詳細については、後で図 14 乃至図 16 を参照して

20

【0049】

さらに、図 7 と同様に、コンピュータ 6 は、ステップ S 21 において、まだ投影 P を表示し処理すべきか否かを検査する。投影 P を表示し処理すべきである場合、コンピュータ 6 は先ずステップ S 22 に分岐し、そこにおいて次の投影 P を選択する。その後コンピュータ 6 はステップ S 1 8 に戻る。そうでない場合には図 10 によるルーチンを抜け出し、図 4 のステップ S 3 が続行される。

【0050】

図 10 による方法の場合、投影 P のそれぞれについて範囲の事前設定が行なわれる。事前設定された範囲 1 3 の内側 (もしくは外側) において、置き換えるべきデータ値の位置

30

【0051】

図 10 による方法も便利に構成することができる。図 8 による方法と同様に、図 12 ではステップ S 23 及び S 25 において、2 つの投影 P 1, P 2 を 1 つのディスプレイ 1 2 (もしくは複数のディスプレイ 1 2) に表示し、投影 P 1, P 2 について範囲 1 3', 1 3'' を事前設定することができる。これらの範囲 1 3', 1 3'' は、ステップ S 24 及び S 26 において、コンピュータ 6 によって受け取られる。相応の断面形成によってコンピュータ 6 はステップ S 27 において空間範囲 1 4 を求めることができる。その後、この空間範囲 1 4 は、コンピュータ 6 によってステップ S 28 において、自動的にその他の投影 P 内へ写像される。それゆえ、そこでは対応範囲 1 3 を求めることができる。その後

40

ステップ S 29 において、コンピュータ 6 が全ての投影 P に関して置き換えるべきデータ値の位置を求める。この場合、各投影 P について、置き換えるべきデータ値の位置を求めることは、事前設定されたもしくは求められた範囲 1 3, 1 3', 1 3'' の内側 (外側) のみに于行なわれる。

【0052】

図 9 による方法と同様に、ここでも直接に空間において動作させることができる。このために、図 13 によれば、まずステップ S 30 において被検体 4 の暫定的再構成が求められ、ディスプレイ 1 2 を介して出力される。その後使用者 7 が、暫定再構成において、内側が位置に関連した少なくとも 1 つの空間範囲 1 4 をコンピュータ 6 に事前設定し、その

50

少なくとも 1 つの空間範囲 1 4 をコンピュータ 6 がステップ S 31 において受け取る。ス

ステップ S 3 2 において、コンピュータ 6 は自動的に投影 P 内の対応範囲を求める。その後ステップ S 3 3 において、コンピュータ 6 が投影 P の範囲 1 3 の内側（もしくは外側）において置き換えるべきデータ値の位置を自動的に求める。

【0053】

図 1 4 は、置き換えるべきデータ値をコンピュータ 6 によって自動的に求めるための簡単な方法を示す。図 1 4 によれば、まずステップ S 3 4 において、1 つの投影 P の位置（ $i j$ ）におけるデータ値が閾値 S W 1 よりも大きいかが調べられる。そのデータ値が閾値 S W 1 よりも大きくない場合、位置（ $i j$ ）におけるマスクがステップ S 3 5 において値 1 にセットされる。もしそうでなければ、位置（ $i j$ ）におけるマスクはステップ S 3 6 において値 0 にセットされる。その後ステップ S 3 7 において、その都度の投影 P における全ての位置（ $i j$ ）の処理が済んだかどうか調べられる。もし済んでなければ、ステップ S 3 4 にジャンプして戻る。もし済んでいれば、（ステップ S 3 8 における対応の検査の実行後に）次の投影 P が続行されるか、もしくはルーチンが最終的に抜け出される。

10

【0054】

図 1 4 による方法の場合、置き換えるべきデータ値がコンピュータ 6 によって置き換えるべきデータ値自身のみに基づいて求められる。観察すべき投影 P の内部において使用者 7 によって範囲設定が行なわれる場合、図 1 4 による方法は事前設定された範囲 1 3 の内側のみ又は外側のみにおいて実行される。そうでない場合、投影 P の全体に関して行なわれる。

20

【0055】

図 1 5 は、データ値を置き換えるべきか否かを求めるための別の方法を示す。図 1 5 による方法の場合、置き換えるべきデータ値がコンピュータ 6 によって置き換えるべきデータ値自身と位置的に直接に隣接するデータ値とに基づいて求められる。

【0056】

図 1 5 によれば、まずステップ S 3 9 において、論理変数 L O G の値が求められる。位置（ $i j$ ）におけるデータ値と位置（ $n m$ ）におけるデータ値との差の最大値が閾値 S W 2 よりも大きい場合、論理変数は値 1 をとる。インデックス n は値 $i - 1$, i , $i + 1$ をとって行く。インデックス m は値 $j - 1$, j , $j + 1$ をとって行く。閾値 S W 2 は固定設定してもよいし、使用者 7 によって可変設定してもよいし、あるいはコンピュータ 6 によって包括的もしくは局部的に自動設定してもよい。

30

【0057】

ステップ S 4 0 においては、論理変数 L O G がどの値をとったかを検査する。ステップ S 4 0 における検査結果に応じて、位置（ $i j$ ）におけるマスクは、ステップ 4 1 において値 1 にセットされるか又はステップ S 4 2 において値 0 にセットされる。

【0058】

その後ステップ S 4 3 において、コンピュータ 6 はその都度の投影 P における全ての位置（ $i j$ ）の処理を済ませたかどうかを検査する。全ての処理が済んでいないならば、コンピュータ 6 は改めて新しい位置（ $i j$ ）においてステップ S 3 9 ～ S 4 2 による方法を実行する。全ての処理が済んでいるならば、コンピュータ 6 はステップ S 4 4 においてマスクの閉じられた構造を値 0 で埋める。それゆえ、コンピュータ 6 は、例えば、図 1 6 に示すように、投影 P の 1 つにおいて、マスクが常に値 0 を有するような閉じた輪郭 1 5 を探す。輪郭 1 5 内の全てのデータ値は同様に置き換えるべきデータ値である。これは図 1 6 において輪郭 1 5 内のハッチングによって示されている。閉じた構造 1 5 を検出するためのこの種の方法は知られている。

40

【0059】

ステップ S 4 4 における閉じた構造 1 5 の埋め込み後にさらに後処理が続き、この後処理は場合によってステップ S 4 5 において実行される。例えば、発見された構造 1 5 は或る個数（場合によっては使用者 7 によって可変数である）のピクセルだけ拡大又は縮小することができる。両方法の組み合わせも可能である。例えば、閉じた構造をまず 5 個のピ

50

クセルだけ拡大し、その後3個のピクセルだけ縮小することができる。このような方法の場合、とりわけ比較的小さい隙間が閉じられる。

【0060】

次にコンピュータ6はステップS46において全ての投影Pの処理が済んでいるかどうか検査する。検査結果に応じて、次の投影Pについて処理が実行されるか又はルーチンが抜け出される。

【0061】

置き換えるべきデータ値を事前設定するかもしれない（位置決めした）後に、もちろん新しいデータ値が決定されなければならない。最も簡単な場合、コンピュータ6が図17に従ってステップS47において、置き換えるべきデータ値を取り囲むデータ値の平均値を求める。つまり、例えば図16の閉じた輪郭15の周りにおいて、輪郭15の外側を取り囲むデータ値の平均値が求められる。その後ステップS48において、位置(i, j)におけるマスクが値1を有するかどうか検査される。そのマスクが値1を有しない場合、データ値は置き換えるべきである。この場合に位置(i, j)におけるデータ値は、ステップS49において、ステップS47で求められた平均値と置き換えられる。

【0062】

その後ステップS50において、全ての位置(i, j)が処理済かどうか検査される。場合によって、もちろん新しい位置(i, j)について、再びステップS46で処理が実行される。そうでない場合、コンピュータ6はなおもステップS51において、全ての投影Pの処理が済んでいるかどうか検査する。検査結果に応じて、次の投影Pを実行するか又はルーチンが抜け出される。

【0063】

従って、図17による方法の場合、各投影Pについて、新しいデータ値がコンピュータ6によって、置き換えるべきデータ値の位置的周囲からの無変化のままのデータ値に基づいて自動的に求められる。この方法は再構成の改善をもたらす。しかしながら、各投影について図18に示されている方法を実行することがより改善となる。

【0064】

図18によれば、ステップS52においてまずフーリエ変換によって無変化のままのデータ値の位置スペクトルが求められる。その後ステップS53においてフーリエ変換によってマスクの位置スペクトルが求められる。その後両フーリエ変換に基づいて新しいデータ値がコンピュータ6によってステップS54において自動的に求められる。

【0065】

新しいデータ値の求め方は、例えば先に挙げたTil Aach及びVolkern Metzlerによる論文に開示されているように実施することができる。従って、この論文の開示内容を本明細書に取り込まれることはもちろんである。

【0066】

この求め方には反復式アルゴリズムが使用される。無変化のままのデータ値は変更された投影P'とマスクとの積として仮定される。それにより、フーリエ変換後に、無変化のままのデータ値の位置スペクトルとマスクの位置スペクトルとの畳み込みが生じる。反復的に次第に、変更された投影P'のスペクトル成分を求めることができる。十分な多さのスペクトル線を求めた後に、変更された投影P'をフーリエ逆変換によって求めることができる。

【0067】

本発明による3次元被検体の再構成を求める方法により、被検体4におけるアーチファクトの原因となる要素にもかかわらず、簡単に被検体4の良好な再構成が可能である。図19はこの種の再構成の投影を示す。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】画像形成医療設備の原理図

【図2】揺動平面の平面図

10

20

30

40

- 【図 3】 投影の説明図
- 【図 4】 経過の流れ図
- 【図 5】 投影を示す図
- 【図 6】 置き換えるべきデータ値のマスクを示す図
- 【図 7】 経過の流れ図
- 【図 8】 経過の流れ図
- 【図 9】 経過の流れ図
- 【図 10】 経過の流れ図
- 【図 11】 三角法の原理図
- 【図 12】 経過の流れ図
- 【図 13】 経過の流れ図
- 【図 14】 経過の流れ図
- 【図 15】 経過の流れ図
- 【図 16】 投影の説明図
- 【図 17】 経過の流れ図
- 【図 18】 経過の流れ図
- 【図 19】 再構成の投影を示す図

10

【符号の説明】

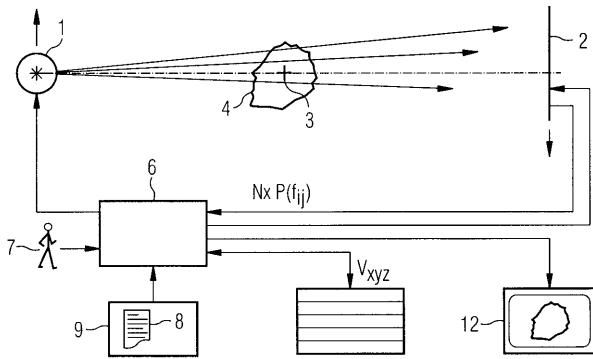
【0069】

- 1 放射線源
- 2 放射線検出器
- 3 揺動軸線
- 4 被検体
- 5 センサ
- 6 コンピュータ
- 7 使用者
- 8 コンピュータプログラム
- 9 データキャリア
- 10 歯の範囲
- 11 耳の範囲
- 11' 耳の範囲
- 12 ディスプレイ

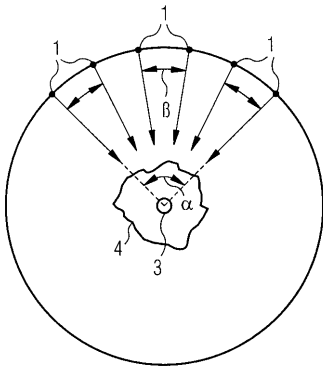
20

30

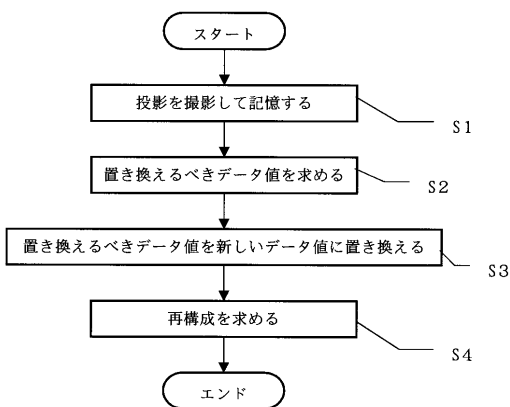
【図 1】



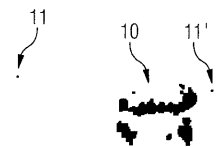
【図 2】



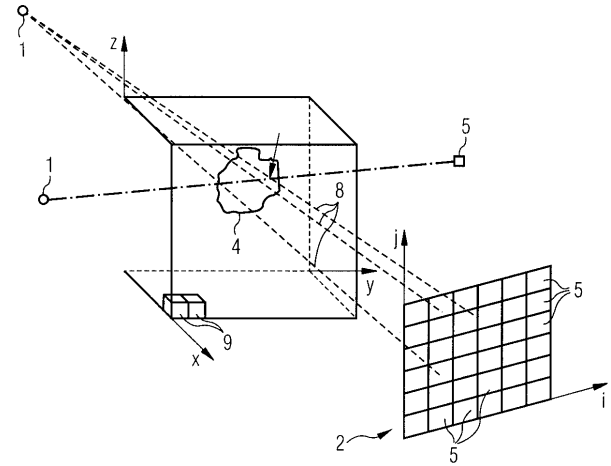
【図 4】



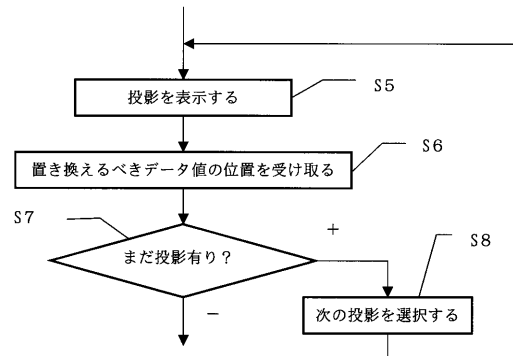
【図 6】



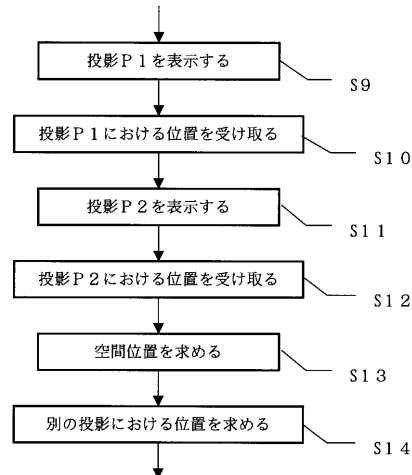
【図 3】



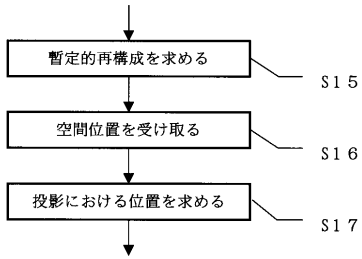
【図 7】



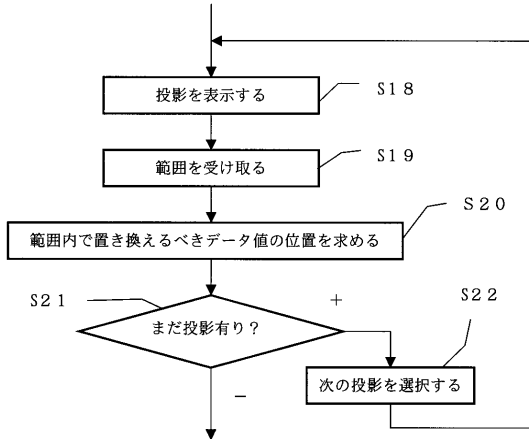
【図 8】



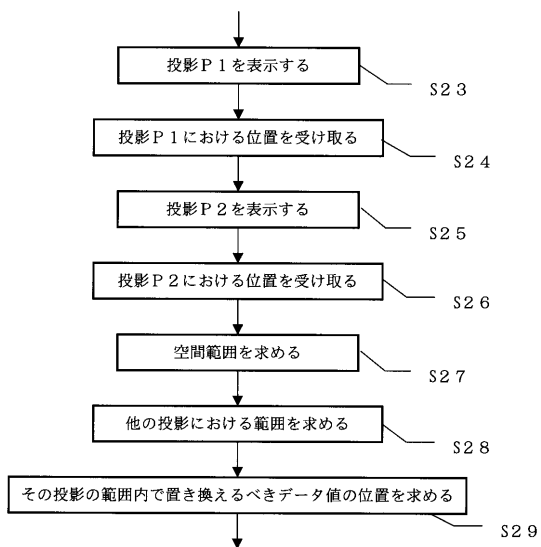
【図 9】



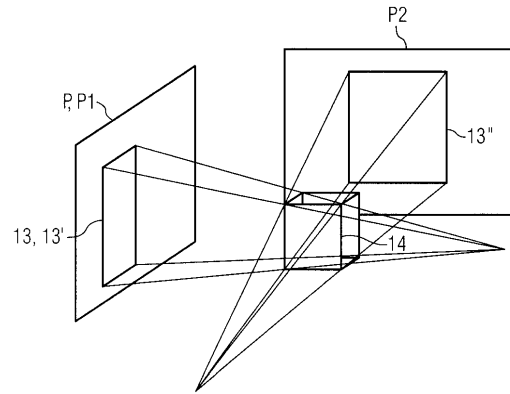
【図 10】



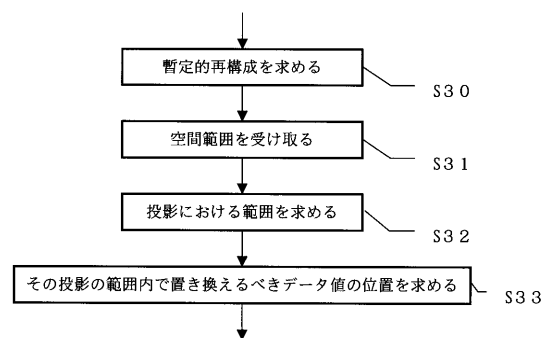
【図 12】



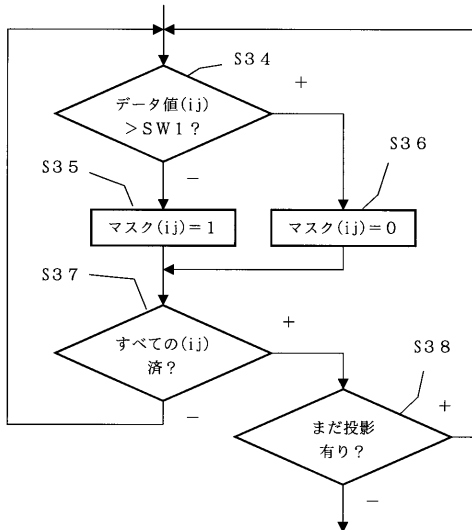
【図 11】



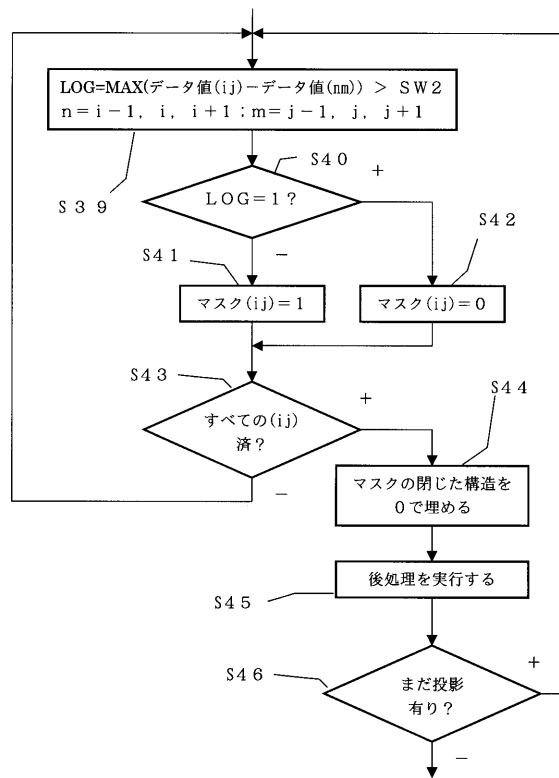
【図 13】



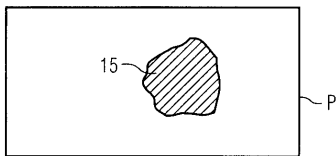
【図 1 4】



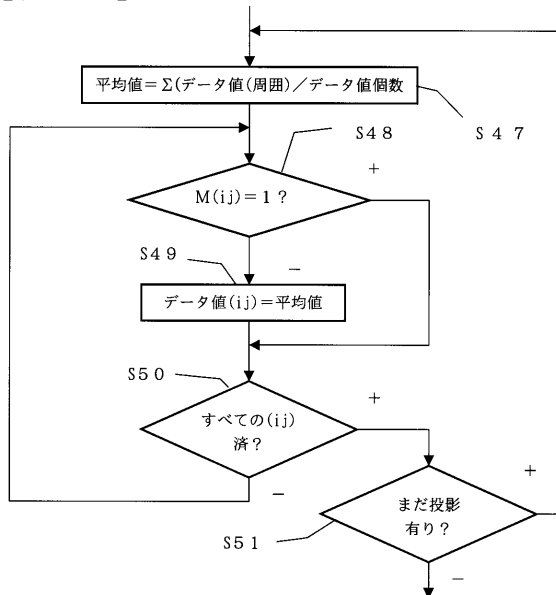
【図 1 5】



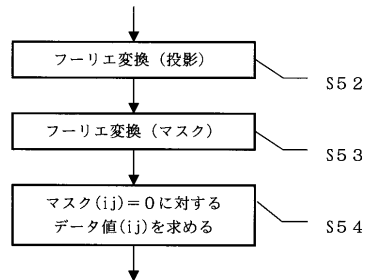
【図 1 6】



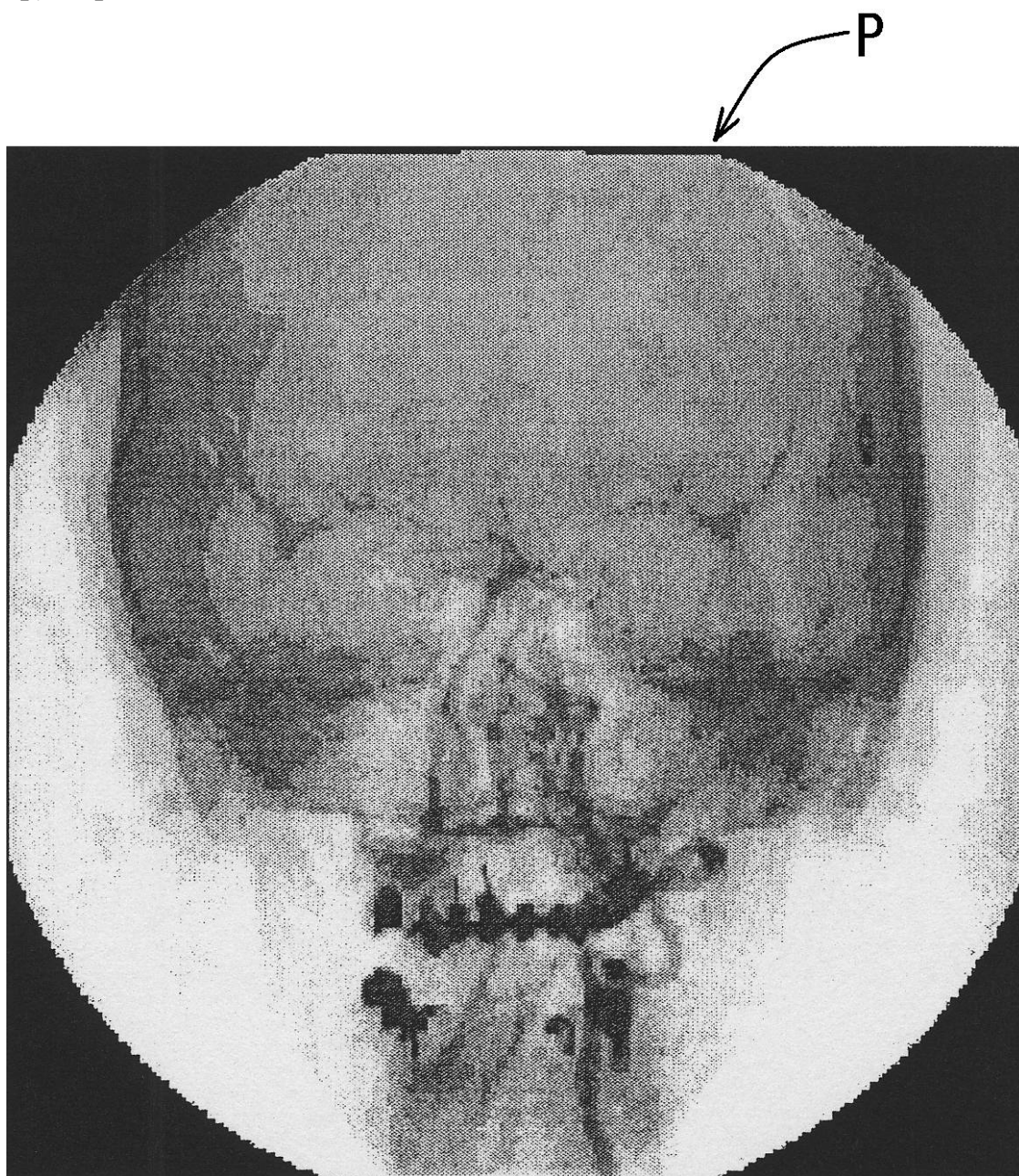
【図 1 7】



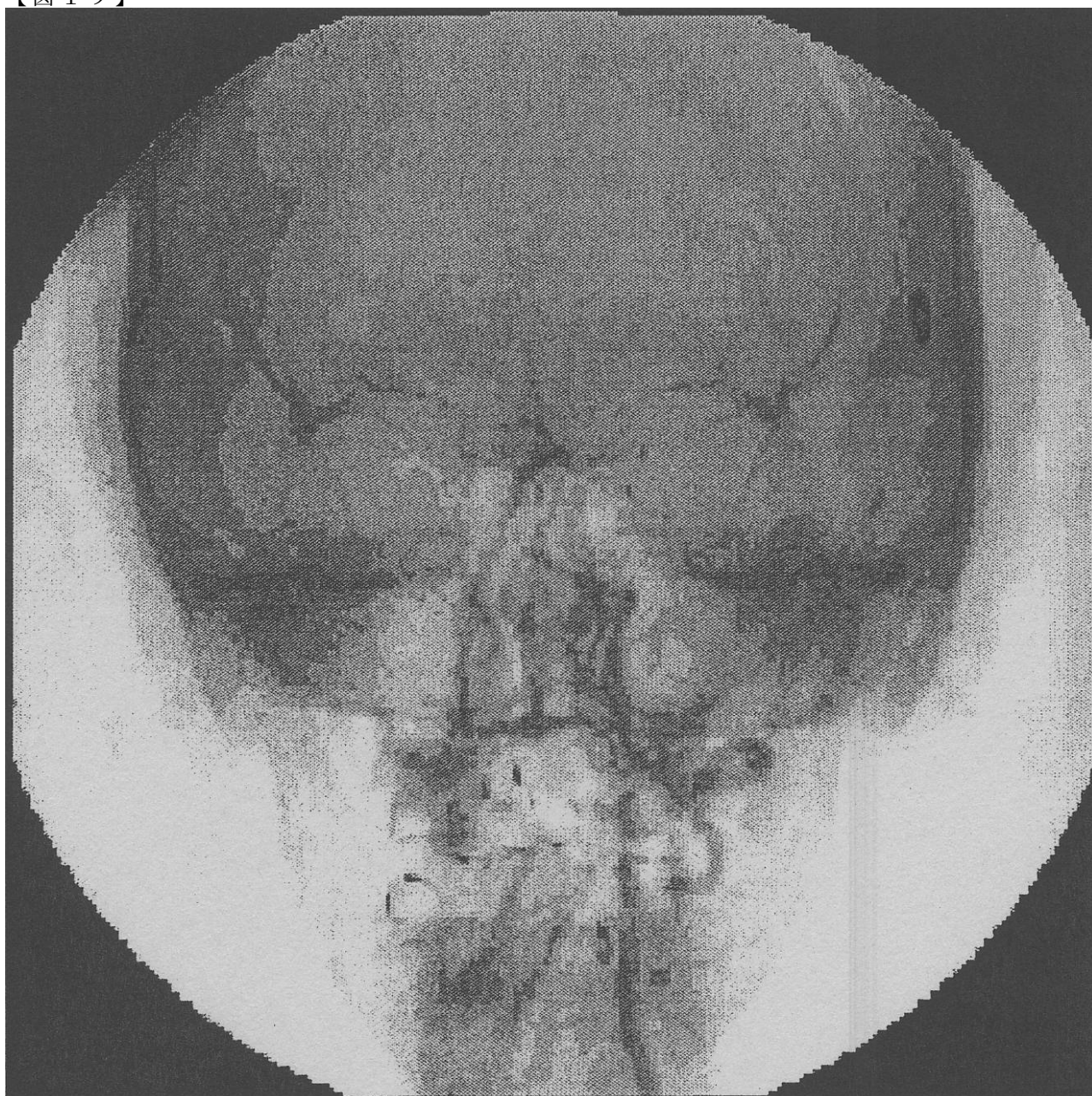
【図 1 8】



【図 5】



【図 19】



フロントページの続き

(72)発明者 シュテファン ベーム

ドイツ連邦共和国 9 0 5 2 2 オベラスバッハ ゲルリッツァー シュトラーセ 3

(72)発明者 ヨアヒム ホルネッガー

ドイツ連邦共和国 9 1 0 9 6 メーレンドルフ アン デア マルター 1 0

(72)発明者 クリスティアン ノイマイル

ドイツ連邦共和国 8 5 0 7 2 アイヒシュテット レーマーシュトラーセ 6 5

Fターム(参考) 4C093 AA22 CA13 CA17 CA32 FC11 FE12 FE14