(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3597917号
(P3597917)
(45)発行日　平成16年12月8日(2004.12.8)　(24)登録日　平成16年9月17日(2004.9.17)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G06T 15/00　G06T 15/00　200

請求項の数 5　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願平7-231811
(22)出願日　平成7年9月8日(1995.9.8)
(65)公開番号　特開平9-81770
(43)公開日　平成9年3月28日(1997.3.28)
審査請求日　平成14年8月30日(2002.8.30)

(73)特許権者　000153498
株式会社日立メディコ
東京都千代田区内神田１丁目１番１４号
(74)代理人　100093872
弁理士　高崎　芳紘
(72)発明者　後藤　艮洋
東京都千代田区内神田１丁目１番１４号
株式会社　日立メディコ　内
(72)発明者　中村　尚子
東京都千代田区内神田１丁目１番１４号
株式会社　日立メディコ　内
(72)発明者　永尾　朋洋
東京都千代田区内神田１丁目１番１４号
株式会社　日立メディコ　内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】擬似三次元画像構成法並びに投影画像表示装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像に対して、視点と第１の投影面とを対として中心投影法によりこの第１の投影面に投影して第１の擬似三次元画像を得、
上記視点又は視点近傍を含む位置が投影対象領域となるように、上記第１の投影面と異なる位置と方向の第２の投影面を設定し、上記積み上げ三次元画像に対してこの第２の投影面への平行投影法による投影を行って擬似三次元画像を得る、
ものとした擬似三次元画像構成法。
【請求項２】
中心視点と中心投影面とを対にして更新して、中心投影面に、断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像の中心投影像を得、これを陰影化して表示するようにした投影画像表示装置において、
上記中心投影像を陰影化して得た第１の擬似三次元画像を格納する第１のメモリと、
上記中心投影面と異なる方向に設定した平行投影面に、上記積み上げ三次元画像を平行投影して得た第２の擬似三次元画像を格納する第２のメモリと、
表示器と、
上記第２のメモリの第２の擬似三次元画像を表示器の表示面に表示させておき、上記第１のメモリ上の格納画像の上記中心視点に代わる新視点を、表示された第２の擬似三次元画像上で設定する手段と、
より成る投影画像表示装置。

【請求項３】
中心視点と中心投影面とを対にして更新して、中心投影面に断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像の中心投影像を得、これを陰影化して表示するようにした投影画像表示装置において、
上記中心投影像を陰影化して得た第１の擬似三次元画像を格納する第１のメモリと、
上記中心投影面に直交する平行投影面に、上記積み上げ三次元画像を平行投影し陰影化すると共に平行投影視点面から遠い画素を取り出して得た、第２の擬似三次元画像を格納する第２のメモリと、
表示器と、
上記第２のメモリの第２の擬似三次元画像を表示器の表示面に表示させておき、上記第１のメモリ上の格納画像の上記中心視点に代わる新視点を、表示された第２の擬似三次元画像上で設定する手段と、
より成る投影画像表示装置。
【請求項４】
視点と中心投影面とを対にして更新して、断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像に対して、各更新毎に対となる視点と中心投影面にあっては、その視点からの中心投影法によりこの中心投影面に投影して第１の擬似三次元画像を得、これを表示するようにした投影画像表示装置において、
上記第１の擬似三次元画像を格納する第１のメモリと、
上記中心投影面と異なる位置及び方向に設定した平行投影面に、上記積み上げ三次元画像を平行投影法で投影して得た第２の擬似三次元画像を格納する第２のメモリと、
表示器と、
上記第２のメモリの第２の擬似三次元画像を表示器の表示面に表示させておき、上記第１のメモリ上の格納画像の上記視点に代わる更新後の新視点を、表示された第２の擬似三次元画像上で設定する手段と、
より成る投影画像表示装置。
【請求項５】
視点と中心投影面とを対にして更新して、断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像に対して、各更新毎に対となる視点と中心投影面にあっては、その視点からの中心投影法によりこの中心投影面に投影して第１の擬似三次元画像を得、これを表示するようにした投影画像表示装置において、
上記第１の擬似三次元画像を格納する第１のメモリと、
上記中心投影面に直交する平行投影面に、上記積み上げ三次元画像を平行投影して得た第２の擬似三次元画像を格納する第２のメモリと、
表示器と、
上記第２のメモリの第２の擬似三次元画像を表示器の表示面に表示させておき、上記第１のメモリ上の格納画像の上記視点に代わる更新後の新視点を、表示された第２の擬似三次元画像上で設定する手段と、
より成る投影画像表示装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、擬似三次元画像表示、特に内視鏡的な擬似三次元画像を動的に得るのに好適な表示装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
Ｘ線ＣＴ画像を積み上げて三次元画像を構成しておき、これを直接に二次元画面上に表示させたり、この三次元画像に対してある視点から投影面に投影を行い、この投影像を表示させたりする技術がある。検査、診断、手術に直接利用したり、それらの支援のために利用したりする。Ｘ線ＣＴ画像の他に、ＭＲＩのように三次元計測を行って三次元画像を得

た場合、それらを二次元断層像に展開して、Ｘ線ＣＴ画像のように扱う分野でも同様な利用法がある。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】

投影面への投影に際して、平行投影法と中心投影法がある。本件特許出願人は、平行投影法に関する種々の特許出願を行い、中心投影法でも特願平６－３４９２、特願平６－１４３４９６の如き特許出願を行っている。中心投影法は、内視鏡的な投影像を得るのに優れており、特願平６－３４９２でその詳細が述べられている。更に、内視鏡的に視点を更新した場合の、その意義及びやり方や更新例について述べているのが特願平６－１４３４９６である。

【０００４】

特願平６－１４３４９６での視点の更新は、更新座標を事前に与えておくとか、キーボードとかによるデータ入力法を利用して設定するとか、を用いれば比較的簡単にできる。しかし、画面上に中心投影法による画像を表示させておき、その画像をみながら画面上でカーソル等を使って視点を更新することは容易でない。例えば人間の気管支について中心投影法によって、気管支の手前から奥側に向かう画像を得てこれを表示させている場合を考える。画面上には奥側の距離は表示されていないため、奥側の位置に新視点を正確に設定することはできない。また奥行きにも幅があるため、その幅のどの位置に新視点を設定するかを決めることが要求されるが、こうしたことも不可能である。

従って、表示画面上から新視点位置を正確に設定可能にするためには、視点更新を行うのに有効な画像を、表示させておくことが必要となる。

【０００５】

本発明の目的は、視点更新を行うのに有効な画像を平行投影法によって得、この画像上で新視点を設定入力可能なようにした投影画像構成法、疑似三次元画像構成法を並びに表示装置を提供するものである。

【０００６】

【課題を解決するための手段】

本発明は、断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像に対して、視点と第１の投影面とを対として中心投影法によりこの第１の投影面に投影して第１の擬似三次元画像を得、

上記視点又は視点近傍を含む位置が投影対象領域となるように、上記第１の投影面と異なる位置と方向の第２の投影面を設定し、上記積み上げ三次元画像に対してこの第２の投影面への平行投影法による投影を行って擬似三次元画像を得る、

ものとした擬似三次元画像構成法を開示する。

【０００７】

更に本発明は、中心視点と中心投影面とを対にして更新して、中心投影面に、断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像の中心投影像を得、これを陰影化して表示するようにした投影画像表示装置において、

上記中心投影像を陰影化して得た第１の擬似三次元画像を格納する第１のメモリと、

上記中心投影面と異なる方向に設定した平行投影面に、上記積み上げ三次元画像を平行投影して得た第２の擬似三次元画像を格納する第２のメモリと、

表示器と、

上記第２のメモリの第２の擬似三次元画像を表示器の表示面に表示させておき、上記第１のメモリ上の格納画像の上記中心視点に代わる新視点を、表示された第２の擬似三次元画像上で設定する手段と、

より成る投影画像表示装置を開示する。

更に本発明は、中心視点と中心投影面とを対にして更新して、中心投影面に断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像の中心投影像を得、これを陰影化して表示するようにした投影画像表示装置において、

上記中心投影像を陰影化して得た第１の擬似三次元画像を格納する第１のメモリと、

上記中心投影面に直交する平行投影面に、上記積み上げ三次元画像を平行投影し陰影化すると共に平行投影視点面から遠い画素を取り出して得た、第２の擬似三次元画像を格納する第２のメモリと、
表示器と、
上記第２のメモリの第２の擬似三次元画像を表示器の表示面に表示させておき、上記第１のメモリ上の格納画像の上記中心視点に代わる新視点を、表示された第２の擬似三次元画像上で設定する手段と、
より成る投影画像表示装置を開示する。

【０００８】

更に本発明は、視点と中心投影面とを対にして更新して、断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像に対して、各更新毎に対となる視点と中心投影面にあっては、その視点からの中心投影法によりこの中心投影面に投影して第１の擬似三次元画像を得、これを表示するようにした投影画像表示装置において、
上記第１の擬似三次元画像を格納する第１のメモリと、
上記中心投影面と異なる位置及び方向に設定した平行投影面に、上記積み上げ三次元画像を平行投影法で投影して得た第２の擬似三次元画像を格納する第２のメモリと、
表示器と、
上記第２のメモリの第２の擬似三次元画像を表示器の表示面に表示させておき、上記第１のメモリ上の格納画像の上記視点に代わる更新後の新視点を、表示された第２の擬似三次元画像上で設定する手段と、
より成る投影画像表示装置を開示する。

更に本発明は、視点と中心投影面とを対にして更新して、断層像を積み上げて形成する積み上げ三次元画像に対して、各更新毎に対となる視点と中心投影面にあっては、その視点からの中心投影法によりこの中心投影面に投影して第１の擬似三次元画像を得、これを表示するようにした投影画像表示装置において、
上記第１の擬似三次元画像を格納する第１のメモリと、
上記中心投影面に直交する平行投影面に、上記積み上げ三次元画像を平行投影して得た第２の擬似三次元画像を格納する第２のメモリと、
表示器と、
上記第２のメモリの第２の擬似三次元画像を表示器の表示面に表示させておき、上記第１のメモリ上の格納画像の上記視点に代わる更新後の新視点を、表示された第２の擬似三次元画像上で設定する手段と、
より成る投影画像表示装置を開示する。

【０００９】

【発明の実施の形態】

図１は、中心投影法、及びこの中心投影法での投影データによる平行投影法とを説明する図である。複数個の断層像を積み上げておき、これを視点Ｅから投影面１（中心投影面Ｐ）に中心投影する。これが中心投影法であり、本件特許出願人になる特願平６－３４９２に詳しい。一方、視点Ｅと投影面１とを対応させて更新させることで動的投影像を得るやり方は、本件特許出願人による特願平６－１４３４９６に詳しい。特願平６－３４９２で得る中心投影法による画像は、視点から放射状に広がる画像であって、これはいわゆる内視鏡でみた如き画像である。即ち、特願平６－３４９２は、あたかも内視鏡で、積み上げ三次元画像をのぞいた時の如き擬似的な画像を得ることができる。例えば気管支や胃や腸の内部像をみるのに都合がよい。

【００１０】

一方、特願平６－３４９２が視点固定であったのに対し、特願平６－１４３４９６は、視点Ｅと投影面１とを対向させながら更新させてゆき、この位置更新に応じた動的内視鏡的画像を得ることにしている。

【００１１】

一方、平行投影法による投影法は、積み上げ三次元画像を平行投影するやり方である。積

み上げ三次元画像の外観像や切断面で切断した時の切断画像を得るのに都合がよい。

【００１２】

中心投影法、平行投影法でも、投影面に得られる画素値は、積み上げ三次元画像上の画素値そのものではなく、距離が遠ければ小さい画素値（低輝度値のこと）、近ければ大きい画素値（高輝度値のこと）とする如き陰影化した画像（遠くのものは暗く、近くのものは明るくみえるように表示すること）である。この陰影化には、デブス法、サーフェース法、ボリュームレンダリング法等種々の方法が採用される。更に、同一投影画素位置に対して複数の画素が投影されることがある（１つの投影点に複数の投影対象点からの投影があること）。いわゆる画素の重なりである。こうした重なりは、同一投影画素位置に対して、奥行き方向に２つ以上の投影対象画素が存在することによって生ずる。そこで、奥側の投影対象画素は削除し、一番手前側（又は一番奥側）の投影対象画素のみをこの位置の投影画素として選ぶことにした。これが隠面化処理と呼ばれる。これによって、重なりあった場合、一番手前側の投影対象画素が投影されて表示させることになる。

【００１３】

こうした陰影化及び隠面化して得た投影像は、元の積み上げ三次元画像の画素値そのものではなく、擬似的な画素値であって、且つ表示面に投影画像を表示する際に見かけ的に三次元的な表示であることから、擬似三次元画像と呼ばれる。

【００１４】

図１において、投影面２が平行投影法による平行投影面Ｑである。この際の投影対象画像は、中心投影法の投影に使用した積み上げ三次元画像である。

投影面２は、任意の空間位置でよいが、最も利用価値の高いものは、視点Ｅから投影面１へ直角に入射する直交投影線に対して、平行な角度方向にある投影面、即ち、投影面１と２とが直交している。この際には、視点Ｅからみた内視鏡的な画像が投影面１に得られ、その視点Ｅからの直交投影線に直交する方向からみた平行投影像が投影面２に得られることになる。

【００１５】

この位置関係を図２に示す。図２は、内部に空洞を持つ生体組織a_1の画像であり、生体組織a_2で空洞は２つに分岐（b_1、b_2）する。このような画像は例えば気管支である。空洞内に視点Ｅを置き、投影面１に中心投影を行い擬似三次元画像を得る。一方、その直交投影線に平行する方向の任意の位置（即ち平行位置）に投影面２を設定し、この投影面２に、投影面１への投影で使用した画素位置（投影対象点のこと）の画素データを投影する。

【００１６】

この結果、投影面１には視点Ｅからみた内視鏡的な画像が得られ、投影面２には、直交投影線と平行な位置の投影面に、積み上げ三次元画像を横方向からみた時の平行投影像が得られる。

勿論、直交投影線に平行以外の任意の角度例もありうる。

【００１７】

更に、投影面１、２とは、実際上はそれぞれに相当する投影メモリそのものと考えてよく、投影点は、この投影メモリのアドレスで規定できる。更に、投影メモリが画像メモリより大きい場合には投影メモリから画像メモリサイズの画像を切り出し（読み出し）、これを画像メモリに格納し、表示させる。投影メモリと画像メモリとが同一サイズであれば、投影メモリの内容はそのまま画像メモリとして又は、そのまま画像メモリに移し変えて表示させる。

【００１８】

本発明での平行投影画像の利用法について述べる。第１は、中心投影法でみている内視鏡的な画像が、その横方向（図２でみるに、紙面の手前側から奥側をみた時のその方向のこと）からどのような位置又はどのような状況にあるかを外観的に観察するために利用すること、第２は、特願平６－１４３４９６で視点を更新（前進又は後退）させてゆく際の、視点位置の指定に利用すること、等である。

【００１９】
第２の利用法は、横方向からの平行投影画像でみると、視点をどのような方向に向かって更新させてゆけばよいかがわかることから、視点の更新設定に利用するとしたものである。特に視点は１つの直線上を一定間隔で更新することは少なく、例えば図３（イ）の如く、$E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_3 \rightarrow E_4 \rightarrow E_5$ の如く曲線的な更新軌跡をとることもある。こうした場合、中心投影画像を表示してみているだけでは、その奥行き（又は手前）方向の動きがつかめず、図３（イ）の如き視点更新はしにくい。感をたよりにしたり、事前にE_1、E_2′…E_5の各位置を求めておき、この位置に従った更新を行ったりしなければならない。
【００２０】
また、E_1～E_5の軌跡が１つの平面上で行われることもあるが、異なった平面である場合もある。図３（ロ）がそのような事例で、E_2′、E_4″が異なる平面への更新例を示す。即ち、E_1、E_3、E_5が図３（イ）と同一平面上の各点であり、E_2′、E_4″がその平面と異なる他の平面への軌跡更新例である。直交投影線に平行な図２の如き投影面２にあっては、図３（イ）の如き更新平面がその面に沿って平行に移動する如き更新に最適である。従って、投影面２に沿う平行な他の面を更新平面とする如き例にあっては、投影面２はその更新平面と平行になるように選ぶことが好ましい（従って、この場合は直交投影線と平行であるとは限らない）。また、図３（ロ）の如き例にあっては、投影面２はE_1、E_2、E_3の構成する面とE_2′、E_4″の構成する各面との平均的な面（傾き）に選ぶことが好ましい。
【００２１】
横方向からみての更新視点の設定は、横方向からみた平行投影画像を画面上に表示しておき、その画像上で更新位置を設定し、これをマウスカーソルで読み取り、メモリにラッチさせておくやり方をとる。詳細は後述の図５、図６の説明で述べる。
【００２２】
図４は、中心投影法で得た内視鏡的な表示画像を示す。図５は、図４の画像を得る際の視点E_1と三次元原画像１１と投影面１２との関係図、図６は平行投影法で得た、横方向からみた断面形状図である。
【００２３】
図５は、複数のＣＴ断層面（…、$\#_i$、…）を平行に積み上げて三次元原画像１１を得、これに視点E_1と投影面１２とを与えて、投影面１２に視点E_1からの中心投影法による内視鏡的な画像を得るものとしている。三次元原画像１１は、内壁ａ、ｂで区切られた内部空洞部分Ｃと外部組織d_1、d_2（ハッチング表記）とを持つ画像例であり、その奥側では、空洞部分Ｃが２つの空洞C_1、C_2に分岐している。
【００２４】
視点E_1による投影面１２への投影像はメモリM_1（後述）に書き込まれ、その表示画像が、図４となる。ここで、図５で視点Ｅから投影面１２に向かって原画像上の斜線で示した部分が中心投影法での投影対象部位となる。しかし、実際の投影では、隠面化処理を行っている故に、斜線部分の中で、視点E_1からみて一番手前となる部分A_1、A_2、A_3が、実際の投影像を形成する。図４と図５のA_1、A_2、A_3が互いに同じ部分を示す。
【００２５】
図６は、その平行投影画像を示す。これはメモリM_2（後述）に書き込まれた画像である。図５を紙面に垂直方向（横方向）からみた図である。図６で太線部や斜線部分は図面に表示されたものでなく、図５の対応のために出願人が書き入れた。図６の画像は右手方向が奥行き、左手方向が現在の視点E_1近傍である。そこで奥行き方向に視点を新しく設定するためには、図６のE_2の如く画面上でマウスで指示し且つＸ印を表示し、これをマウスで指定することで新視点E_2の座標を読み込む。この読み込んだ新視点E_2に対して対応する新投影面を設定し、新視点E_2からの中心投影像を新投影面に形成する。
【００２６】
このように、図６の画面には、視点の更新方向を横方向からみた画像が表示されることになり、この画像上で新視点を正確に設定できることになった。尚、図６では新視点がE_2

の一点としたが、２点とか３点とかを図６に示す１つの画像上で設定してもよい。勿論、新視点E_2をもとに得た新投影像に対して図６の如き画像を得て、そこから新視点をE_3を新しく設定してもよい。
以下、具体的に本発明を説明する。
【００２７】
さて、図１で、積み上げ三次元画像の座標系をｘ、ｙ、ｚで与える。ここで、ｙは積み上げ方向の座標であり、ｘ、ｚが各ＣＴ画像面の画素座標である。中心投影面の座標系はＸ、Ｙで与える。更に、平行投影面の座標系はη、ξで与える。
図１で示す各座標及びその座標位置を以下で定義する。
視点Ｅの座標を（x_1、y_1、z_1）、
視点Ｅから中心投影面への直交点C_1を、ｘ、ｙ、ｚ座標系での座標で（x_{c1}、y_{c1}、z_{c1}）、Ｘ、Ｙ座標系で（X_c、Y_c）、
任意の中心投影線Ｌ上での、ＣＴ画像の投影対象点Ｓを、（x_0、y_0、z_0）、
上記中心投影線Ｌ上の中心投影面上の投影点Ｒを、ｘ、ｙ、ｚ座標系で（ｘ、ｙ、ｚ）、Ｘ、Ｙ座標系で（Ｘ、Ｙ）。
【００２８】
図１のその他の関係パラメータは以下の通りである。
ａ、ｂ、ｃ…中心投影面Ｐとｘ、ｙ、ｚ座標系との位置関係を示すパラメータであって、ａは、ｘ、ｙ、ｚ座標系のｘ軸と中心投影面Ｐとの交点までの原点からの距離、ｂはｙ軸上での原点から交点までの距離、ｃはｚ軸上での原点から交点迄の距離である。
γ_1、γ_2…γ_1はｘ、ｙ、ｚ座標系の原点から平行投影面Ｑに垂線を下した際の、その垂線と、ｘｚ平面（ＣＴ断層面）とのなす角度。γ_2は前記垂線をさらにｘｚ平面に投影した直線と、ｘ軸とのなす角度。
α、β…αはｘ、ｙ、ｚ座標系の原点から中心投影面に下ろした垂線を、ｚｘ面に投影した際のその投影直線がｘ軸となす角度。βは前記垂線がｘｚ面となす角度。
【００２９】
更に、中心投影面Ｐとは実際上は投影メモリが相当し、これをメモリM_1とする。更に平行投影面Ｑも実際上は投影メモリが相当し、これをメモリM_2とする。またメモリM_2のスケールが小さい時には、それをスケールアップしたメモリM_2′に座標のスケールアップを行うことにしている。
【００３０】
図７は平行投影面Ｑの画像を格納するメモリM_2を示す。横軸η、縦軸にξを取る。メモリM_2は４つのメモリ４０、４１、４２、４３から構成しており、メモリ４０がη－ξの座標系のもとでの各画素座標での画素値DP_1を格納し、メモリ４１、４２、４３は、その画素値DP_1が投影点である時の、ＣＴ画像３上での投影対象点でのｘ、ｙ、ｚ座標値x_0、y_0、z_0を、格納する。
【００３１】
図８は平行投影面Ｑの画像を格納するメモリM_3を示す。４つのメモリ４４、４５、４６、４７より成る。メモリM_2は、平行投影した際の、視点面からみて最も遠い画像位置からの平行投影画素値DP_2及びその投影対象点でのｘ、ｙ、ｚ座標値x_0、y_0、z_0を格納する。具体的には平行投影した際の視点面からみて最も近い画像位置からの平行投影画素値DP_2をメモリ４４に及びその投影対象点でのｘ、ｙ、ｚ座標値x_0、y_0、z_0をメモリ４５、４６、４７に格納する。
【００３２】
ここで、最も遠い、最も近いの定義を述べる。１つの平行投影線についてみると、その投影線は複数のＣＴ断層面を貫いており、交点は複数個出現する。これらの複数個の交点は平行投影面への投影対象点である。この複数個の交点の中で、視点面（平行投影の視点面ということ）からみて最も近い交点（投影対象点）を、最も近い画素位置と定義する。逆に視点面からみて最も遠い交点（投影対象点）を最も遠い画素位置と定義する。平行投影線全てについて同様の定義をする。そして、メモリM_2のメモリ４０には、最も遠い画像

位置を投影対象点とした時の平行投影画素値DP_1を格納し、メモリ４１、４２、４３にはその投影対象点のｘ、ｙ、ｚ座標値x_0、y_0、z_0を格納する。更に、メモリM_3のメモリ４４には最も近い画素位置を投影対象点とした時の投影画素値DP_2を格納し、メモリ４５、４６、４７にはその投影対象点のｘ、ｙ、ｚ座標値x_0、y_0、z_0を格納する。

【００３３】

以上のメモリM_2、M_3への格納の意義について図９で説明する。図９（イ）は円筒形状の部位画像２０を示し、Ｎ－Ｎ′は、紙面手前右方向から左側方向に平行投影線を設定した時の、画像２０の左側端部での、この端部を通る平行投影線の画像中心線である。図９（ニ）にその詳細例を示す。画像２３に平行（紙面に平行）に図の如き平行投影線が存在するとき、画像２３とは、点１、２、３、４で交叉する。そして、点１と点２との中心位置、及び点３と点４との中心位置が画像中心点となる。この画像中心点を結んだものが画像中心線Ｎ－Ｎ′である。

【００３４】

図９（ロ）は、画像中心線Ｎ－Ｎ′より奥側の画像２１を示し、図９（ハ）は画像中心線Ｎ－Ｎ′より手前の画像２２を示す。図９（ニ）では、Ｎ－Ｎ′の左側（奥側）のみの抽出画像が画像２１、Ｎ－Ｎ′の右側（手前側）のみの抽出画像が画像２２となる。

【００３５】

図９（ロ）の画像がメモリM_2に格納される画像であり、図９（ハ）がメモリM_3に格納される画像である。即ち、図７に示すメモリM_2に格納する遠い位置の画像とは、視線方向から画像をみた時の、画像中心線でその画像を切断したときの遠い側の切断画像であり、これは図９（ロ）に示す画像２１に相当する。一方、図８のメモリM_3に格納する画像とは、その画像中心線で画像を切断した時の近い側の切断画像であり、これは図９（ハ）に示す画像２２に相当する。

【００３６】

図１０は、本発明の処理フローチャート例を示す。

先ず、フローF_1は中心投影面のメモリM_1、及び平行投影面のメモリM_2をゼロクリアする。フローF_2は、平行投影面のメモリM_3に最大値（例えば９９９９）をイニシャルセットする。最大値を設定するのは、画像中心線を切断線とした時のその切断線より手前（近い例）の画像をメモリM_3に格納するためである。

【００３７】

フローF_3は、中心投影面（即ちメモリM_1）上での表示面の初期座標Ｘ、Ｙを設定する。表示面の切り取り例を図１１に示す。視点Ｅからの直交点C_1を画面中心として（縦の画像サイズ数）×（横の画像サイズ数）＝ｍ×ｎとして切り出した例が図１１である。直交点C_1を中心としたのは、中心投影面は視点Ｅに直交になるように選んであり、その直交位置が直交点C_1だからである。そして、初期座標Ｘ、Ｙは、ｍ×ｎサイズの切り出し画像の中で左上端部位置である、下式に従う。

【数１】

$$X = X_{c1} - (m/2)$$
$$Y = Y_{c1} - (m/2)$$

ここで、X_{c1}、Y_{c1}は直交点C_1の座標である。

【００３８】

フローF_4は、視点Ｅに最も近いＣＴ画像を指定する。視点Ｅに最も近いＣＴ画像とは、図５の例では、断層面＃（ｉ－２）である。フローF_5では、この最も近いＣＴ画像に対して中心投影線を放射状に形成した時の、各中心線のＣＴ画像上での交点（即ち投影対象点）x_0、z_0を算出する。フローF_3との関係でみれば、（数１）のＸ、Ｙを投影点とした時の、その投影対象点x_0、z_0を求めることである。このx_0、z_0から（数１）のＸ、Ｙへの座標変換式は後述する。

【００３９】
尚、フローＦ$_4$での視点Ｅに最も近いＣＴ画像の指定は、ＣＴ断層面（即ちＣＴ画像）のｙ座標値と視点Ｅのｙ座標値とを比較して、視点よりも投影面に近く且つ視点Ｅのｙ座標値に最も近い、ＣＴ断層面のｙ座標値をみつけることで、指定となる。
【００４０】
フローＦ$_6$は、フローＦ$_5$で求めた投影対象点ｘ$_0$、ｚ$_0$のＣＴ画素値がしきい値を満たすか否かチェックする。ここで、しきい値とは抽出基準となる値のことであり、このしきい値条件を満足すればフローＦ$_9$に移り、満足しなければフローＦ$_7$に移る。しきい値は、例えば臓器のある関心部位を抽出したい場合には、その関心部位を抽出できるような値である。
【００４１】
フローＦ$_7$では、次に近い断層像（断層面）（図５の例では、＃（ｉ－１））を指定する。そして全ての画像（図５の例では＃（ｉ－２）から＃（ｉ＋７）に至る全ての画像）を指定したか（即ち、最後の画像＃（ｉ＋７）の指定が終わったか否か）をフローＦ$_8$でチェックし、そうでなければ、フローＦ$_5$へ移り、最後の画像＃（ｉ＋７）の指定終了であれば、フローＦ$_{16}$に移る。
【００４２】
フローＦ$_9$では、視点Ｅと投影対象点Ｓとの距離Ｄを求める。距離Ｄは次式より得る。
【数２】

$$D=\sqrt{(x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z_1-z_0)^2}$$

【００４３】
フローＦ$_{30}$では、メモリＭ$_1$の投影位置Ｒ（Ｘ、Ｙ）に、距離Ｄを書き込む。この際、１つの投影位置に複数の投影対象点からの投影がなされる場合、複数の投影対象点により複数のＤが得られるが、その複数の距離Ｄの中で最小の距離Ｄを、最終的に書き込む（これは遠い距離の投影対象点を取り除く処理であり、隠面化処理である）。
【００４４】
フローＦ$_{10}$では、投影対象点Ｓ（ｘ$_0$、ｙ$_0$、ｚ$_0$）からの平行投影面Ｑ上への平行投影点（η$_0$、ξ$_0$）を、（数３）によって求める。
【００４５】
【数３】

$$\eta_0=x_0\cdot\cos\gamma_2+z_0\cdot\sin\gamma_2$$
$$\xi_0=x_0\cdot\sin\gamma_2\cdot\sin\gamma_1-z_0\cdot\cos\gamma_2\cdot\sin\gamma_1-y_0\cdot\cos\gamma_1$$

ここで、γ$_1$、γ$_2$は先に定義した値である。更に、平行投影面Ｑのスケール変更（拡大又は縮尺）をする場合には、それにあったスケール変換を行う。そのスケール変換後の平行投影面がメモリＭ$_2$′となる。以下では、スケール変換を行わない例で説明するが、どちらも採用可能である。例えば血管内などの投影対象が小さい場合はスケール拡大を行う。
【００４６】
フローＦ$_{11}$では、投影対象点（ｘ$_0$、ｙ$_0$、ｚ$_0$）とその平行投影点（η$_0$、ξ$_0$）との間の距離ＤＰを次式で求める。
【数４】

$$DP = | x_0 \cdot \cos\gamma_1 \cdot \cos\gamma_2 + z_0 \cdot \cos\gamma_1 \cdot \sin\gamma_2 + y_0 \cdot \sin\gamma_1 - D_0 |$$

ここで、D_0は、投影対象点Ｓの属するＣＴ断層面とｙ軸との交点と、平行投影面Ｑとの距離である。ｙ軸がＣＴ断層面の中心位置に設定することから、このｙ軸との交点とはＣＴ断層面の中心位置を指す。

【００４７】

フローF_{12}では、メモリM_2の位置（η_0、ξ_0）の画素値（図７のメモリ４０の画素値DP_1である）と（数４）のＤＰとの大小を比較する。もし、メモリM_2がフローF_1でゼロクリアされたままであれば、この比較結果は必ずＤＰ＞０である故に、フローF_{14}に移り、メモリM_2の位置（η_0、ξ_0）に画素値としてＤＰを、上書きする（上書きとは、過去のＤＰを消去して新しいＤＰが書き込まれることを意味する）。一般的には、新しいＤＰが得られる毎に、それ迄の過去のＤＰと大小比較をし、新しいＤＰが大きい場合にはこの新しいＤＰがとって代わることになる。このフローF_{12}を設けたことで、メモリM_2の各画素には、最終的に最も大きいＤＰが投影点毎に記憶される。ここで最も大きいとは、１つの投影点に複数の投影対象からの平行投影がなされた場合、複数の投影対象点についてのＤＰの中で、最大のＤＰを指す。更に、比較の結果、新しいＤＰが過去のＤＰよりも小さければ、その過去のＤＰの値はそのままメモリM_2上に残しておく。

【００４８】

フローF_{13}ではメモリM_3の投影位置Ｒ（Ｘ、Ｙ）の画素値（図８のメモリ４４の画素値DP_2である）と（数４）のＤＰとの大小を比較する。ＤＰが小であれば、フローF_{15}に移り、メモリM_3の投影位置Ｒ（Ｘ、Ｙ）にこのＤＰを上書きする。一方、ＤＰが大であれば、上書きせず、過去のＤＰはそのまま残す。尚、メモリM_3はフローF_2で最大値を初期設定しているため、初期設定後の最初の比較では必ず、新しいＤＰがその最大値にとって代わることになり、その後の比較で、より小さいＤＰが上書きされることになる。

このフローF_{13}を設けたことで、メモリM_3には最も小さいＤＰが投影点毎に記憶できる。

【００４９】

フローF_{16}では投影面Ｐ（メモリM_1）での座標Ｘを更新し、最大座標値（切り出しサイズの右上位置＋１のこと）になるまでフローF_4～フローF_{15}を繰り返す。最大座標値に達すれば、フローF_{18}で、座標Ｙを更新し、且つ座標Ｘをもとの座標（切り出しサイズの左側端部Ｘ座標）に戻す。以下、Ｙが最大座標値（切り出しサイズの下側端部Ｙ座標）に達するまで同様の処理を繰り返す（フローF_{18}、F_{19}）。

【００５０】

フローF_{20}では、フローF_{30}で得たメモリM_1の全ての画素値Ｄに代わって、次式の画素値Ｄ′を書き込む。Ｄｍａｘは最大画素値（設定値）である。

【数５】

$$D' = D_{max} - D$$

この画素値Ｄ′は、デプス法で陰影化したは画素値である。他の陰影化もありうる。

【００５１】

更に、フローF_{20}では、フローF_{12}、F_{14}で得たメモリM_2の全ての画素値ＤＰに代わって、次式の画素値ＤＰ′を書き込む。ＤＰｍａｘは最大画素値（設定値）である。この画素値ＤＰ′はデプス法で陰影化した画素値である。他の陰影化も採用できる。

【数６】

$$DP' = DP_{max} - DP$$

かくして、メモリM_1には隠面化され且つ陰影化した画像が得られ、メモリM_2には切断面からみて最も遠く、且つ陰影化した画像が得られたことになる。

【００５２】

図１０のステップF_{20}で得たメモリM_1の画像、メモリM_2の画像はそれぞれ表示装置に送られて画像として表示される。ここでメモリM_1の画像は内視鏡で観察した如き画像となり、メモリM_2の画像は、図６の如き画像となる。図６の画像上に現在の視点E_1の位置を表示させておき、この視点E_1を参考にしてそれと異なる任意の位置を新視点E_2として指定する。新視点E_2は、カーソルで指示することで、コンピュータはその位置（η_i、ξ_i）を取り込むことができる。

【００５３】

図１２は、かかる新視点E_2の設定とその座標読取、座標変換の処理フローチャートである。フローF_{21}では図６の画面上の一点を新視点E_2としてカーソルによって指定する。フローF_{22}では、その指定座標（平行投影面の座標）（η_i、ξ_i）を読み取る。またスケール変換の必要があればその読み取った座標を、スケール変換前の座標にスケール変更（縮尺）する。

【００５４】

更にフローF_{23}では、指定座標（η_i、ξ_i）から、図７のメモリM_2のメモリ４１、４２、４３上での対応座標（x_{01}、y_{01}、z_{01}）を読み出す。これは指定されて読み取られた座標（η_i、ξ_i）は図７のメモリM_2のメモリ４０の縦と横とのアドレスであり、メモリ４１、４２、４３にはそのアドレスに対応するＣＴ画像上の点（投影対象点のこと）が格納されており、座標（η_i、ξ_i）でメモリ４１、４２、４３をアクセスすることで対応する投影対象点（x_{01}、y_{01}、z_{01}）を読み出せるためである。

【００５５】

フローF_{24}では、指定座標（η_i、ξ_i）から、図８のメモリM_3のメモリ４５、４６、４７上での対応座標（x_{02}、y_{02}、z_{02}）を読み出す。メモリ４５、４６、４７がメモリ４４のアドレス（η、ξ）と同一アドレス（η、ξ）によってアドレスされ、且つメモリ４５、４６、４７にはそのアドレス（η、ξ）に対応する投影対象点（x_{02}、y_{02}、z_{02}）が格納されているから、読み出せるのである。

【００５６】

フローF_{25}では、読み出した２つの投影対象点（x_{01}、y_{01}、z_{01}）、（x_{02}、y_{02}、z_{02}）の平均値をとり、それを中央点とみなす。（x_{01}、y_{01}、z_{01}）が最も遠い点、（x_{02}、y_{02}、z_{02}）が最も近い点であり、その平均値は、両者の中央点となる。こうしたフローF_{25}の処理は、以下の如き例に有益である。血管や気管の如く所定の内径を持ち、その内径について最も遠い点をメモリ４１、４２、４３に格納し、その内径について最も近い点をメモリ４５、４６、４７に格納したものとする。そして設定した新視点E_2に着目するに、図６の紙面から奥行き方向に所定の空洞があり、その空洞の中央点が新視点E_2'として最適である。この中央点を求める処理がフローF_{25}である。

【００５７】

尚、メモリM_3のメモリ４４は必ずしも表示は必要でない。このメモリ４４はあくまでフローF_{25}での中央点を求めるための一時的なバッファメモリとして用いているためである。しかし、切断面の手前の画像（図９（ハ））をみたい場合には、表示画面上に表示させてもよい。

【００５８】

図１のフローF_5における、画素位置Ｓ（x_0、y_0、z_0）を投影点Ｒ（ｘ、ｙ、ｚ）に投影するための投影対象点Ｓと投影点Ｒとの関係及びＲ（ｘ、ｙ、ｚ）を投影面上の座標系の座標Ｒ（Ｘ、Ｙ）に変換する変換式について以下説明する。

【００５９】
まず、投影面Ｐはｘ、ｙ、ｚ座標系で定義すると、
【数７】

$$(x/a)+(y/b)+(z/c)=1$$

で表される。
又、Ｅ点（x_1、y_1、z_1）とＰ点（ｘ、ｙ、ｚ）を通る直線２２はｘ、ｙ、ｚ座標系では、
【数８】

$$(x_0-x)/(x_1-x)=(y_0-y)/(y_1-y)=(z_0-z)/(z_1-z)$$

で与えられる。
【００６０】
投影面ＰがC_1点（x_{c1}、y_{c1}、z_{c1}）で視点と直交することから、
【数９】

$$k_1=\sin\alpha$$
$$k_2=\cos\alpha/\sin\beta$$
$$k_3=\cos\alpha\cdot\cos\beta/\sin\beta$$
$$a_i=1/a$$
$$b_i=1/b$$
$$c_i=1/c$$

としてＲ（ｘ、ｙ、ｚ）のｘ、ｙ、ｚと、この点Ｒの投影面Ｘ、Ｙ座標系での座標をＲ（Ｘ、Ｙ）とするときのＸ、Ｙとの関係は以下となる。
【数１０】

$$z=[X\cdot k_1-Y\cdot k_2-y_{c1}\cdot k_3-\{(c_i\cdot k_3\cdot z_{c1})/b_i\}+\{(a_i\cdot k_3\cdot X)/(b_i\cdot\cos\alpha)\}-\{(a_i\cdot k_3\cdot x_{c1})/b_i\}]/[1-\{(c_i\cdot k_3)/b_i\}+\{(a_i\cdot k_3\cdot\sin\alpha)/(b_i\cdot\cos\alpha)\}]$$
$$x=(X-z\cdot\sin\alpha)/\cos\alpha$$
$$y=[y_{c1}+\{-c_i\cdot(z-z_{c1})-a_i\cdot(x-x_{c1})\}]/b_i$$

ここで、上記C_1点（x_{c1}、y_{c1}、z_{c1}）には、例えば、視点Ｅ（x_1、y_1、z_1）から投影面Ｐに下ろした垂線と投影面Ｐの交わる点（この点と視点Ｅ間の距離はｈ）として、
【数１１】

$$z_{c1}=z_1\pm[h/\sqrt{1+(c^2/a^2)+(c^2/b^2)}]$$
（「$z_1\pm$」の「−」は$z_0<z_{c1}$のとき）
$$x_{c1}=x_1+\{c\cdot(z_1-z_{c1})/a\}$$
$$y_{c1}=y_1+\{c\cdot(z_1-z_{c1})/b\}$$

を使ってもよい。
【００６１】
尚、投影面と表示画面との関係は先に述べたが、投影面とは座標系Ｘ－Ｙで定義した投影メモリであり、この投影メモリの全部又は切り取った一部を表示メモリに送り、それを表

示画面で表示する。

【００６２】

投影面Ｐに投影された画像を表示装置の表示画面（図示せず）上に、縦５１２画素×５１２画素で表示するとき、Ｘ、Ｙは－２５６から＋２５６までの値をとる。それぞれのＸ、Ｙに対して（数１０）によりｘ、ｙ、ｚが決まる。Ｅ点のx_1、y_1、z_1は任意に与えるので、（数１２）により、$y=y_0$の断層像上で画素Ｓ点の座標x_0、z_0が決まる。

【数１２】

$$x_0=\{(y_0-y)/(y_1-y)\}\times(x_1-x)+x$$
$$z_0=\{(y_0-y)/(y_1-y)\}\times(z_1-z)+z$$

【００６３】

以上のような座標変換を、表示画面に相当する投影面Ｐ上の全ての点について行う。且つ、全ての断層像３について行う。

【００６４】

図１３には、本発明の投影表示装置のシステム図を示す。この投影表示装置は、ＣＰＵ５０、主メモリ５１、磁気ディスク５２、表示メモリ５３、ＣＲＴ５４、コントローラ５５、マウス５６、キーボード５７及び共通バス５８から成る。磁気ディスク５２には、各断層像が格納されており、主メモリ５１の投影表示ソフトウェア（図１０、図１２）に従ってＣＰＵ５０が所定の処理を行う。この処理ではマウス５６や、キーボード５７を利用して入出力処理や処理操作が行われる。積み上げ三次元画像は表示メモリ５３を介してＣＲＴ５４に表示され、オペレータの操作等を利用して図１０、図１２の処理がなされる。そして主メモリ５１や磁気ディスク５２の一部であるメモリM_2又はM_2′の内容が表示され、オペレータはそれをみて視点の更新を行う。視点の更新により新たにメモリM_1（これも主メモリ５１や磁気ディスク５２の一部である）に得られた内視鏡的にみた画像が次々に画面に出現し、治療計画情報を提供したり、診断、検査、治療等の各種情報を操作者に提供できる。又表示内容は磁気ディスク５２に格納され、再表示に利用される。

【００６５】

尚、ＣＴ断層像を用いたが、ＭＲＩ画像にも適用できる。また平行投影像は、視点更新側で説明したが、単なる観察対象画像として表示させる例もある。

【００６６】

【発明の効果】

本発明によれば、視点から中心投影面に投影し陰影づけをしたときに使った元の画像データで、平行投影による奥行きの情報を持った画像が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の原理説明図である。

【図２】本発明の中心投影法と平行投影法との利用例図である。

【図３】視点更新例図である。

【図４】中心投影法で得た画像表示例図である。

【図５】中心投影法の説明図である。

【図６】図５の画像に対する平行投影図である。

【図７】メモリM_2の内容を示す図である。

【図８】メモリM_3の内容を示す図である。

【図９】Ｎ－Ｎ′（中央線）による切断処理の説明図である。

【図１０】本発明の中心投影法と平行投影法とによる処理フローチャート図である。

【図１１】中心投影面と表示画面との対応図である。

【図１２】平行投影法で得た画像上での新視点の座標算出フローチャートである。

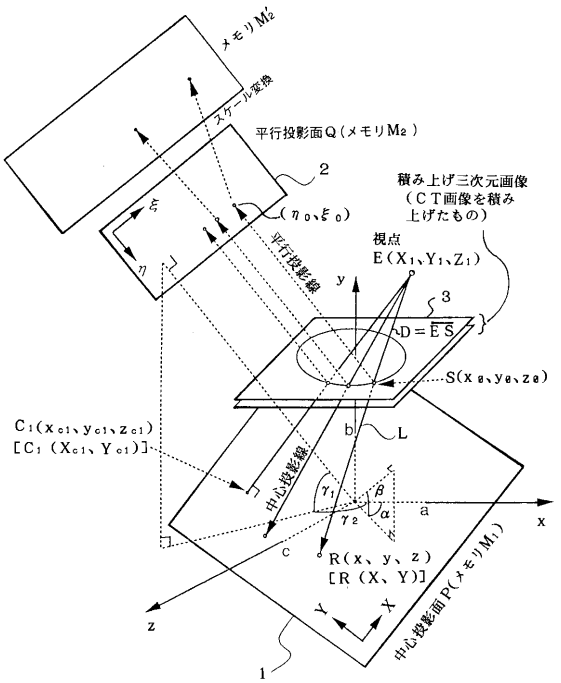
【図１３】本発明の処理システム図である。

【符号の説明】

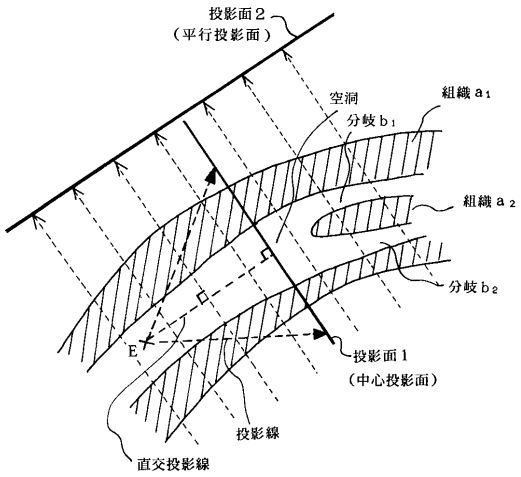
１　　中心投影面Ｑ

２　平行投影面Ｐ
３　ＣＴ断層面
M_1　中心投影画像メモリ
M_2　平行投影画像メモリ
M_2′　スケール変換後の平行投影画像メモリ
Ｅ　視点
５０　ＣＰＵ
５１　主メモリ
５２　磁気ディスク
５３　表示メモリ
５４　ＣＲＴ
５５　コントローラ
５６　マウス
５７　キーボード

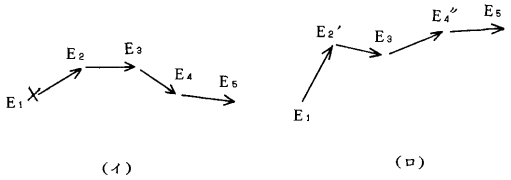
【図１】



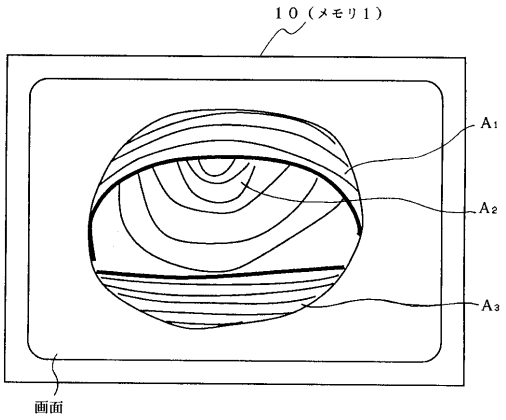
【図２】



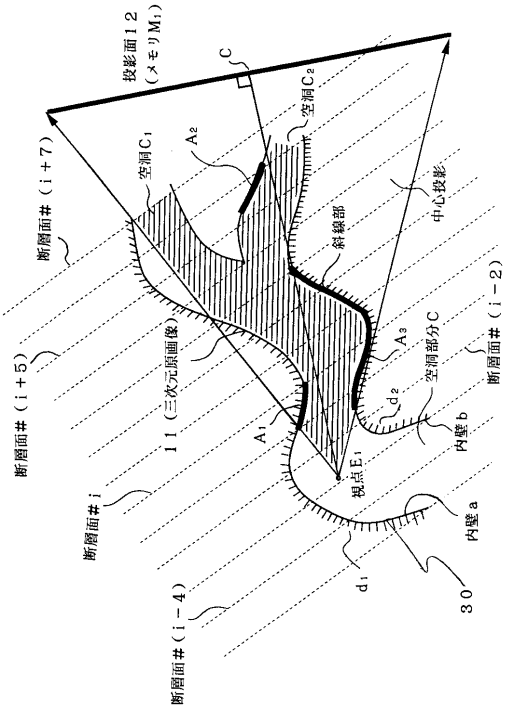
【図３】



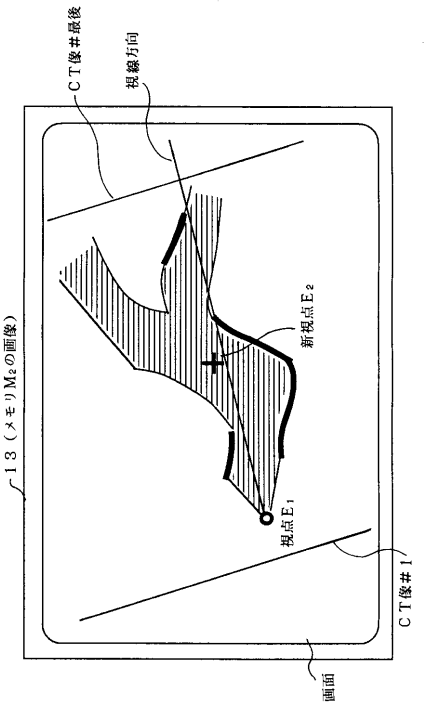
【図４】


１０（メモリ１）
A₁
A₂
A₃
画面

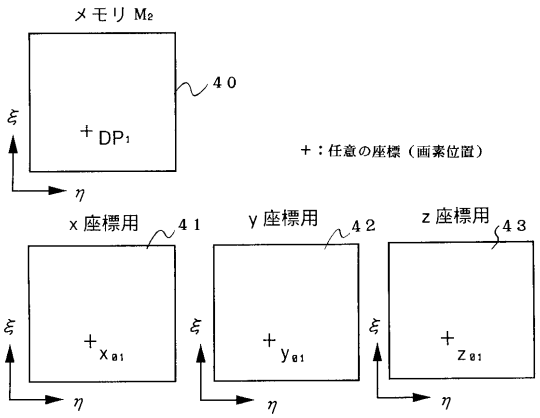
【図５】


投影面１２（メモリM₁）
C
空洞C₂
空洞C₁
A₂
中心投影
斜線部
断層面＃（i＋7）
断層面＃（i＋5）
１１（三次元原画像）
A₃
空洞部分C
断層面＃（i－2）
d₂
内壁b
A₁
視点E₁
断層面＃i
内壁a
d₁
３０
断層面＃（i－4）

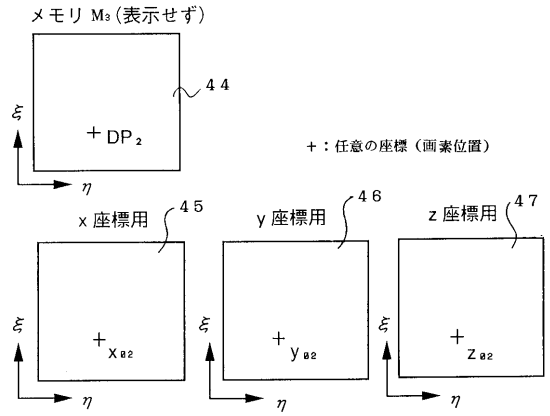
【図６】


ＣＴ像＃最後
視線方向
１３（メモリM₂の画像）
新視点E₂
視点E₁
ＣＴ像＃１
画面

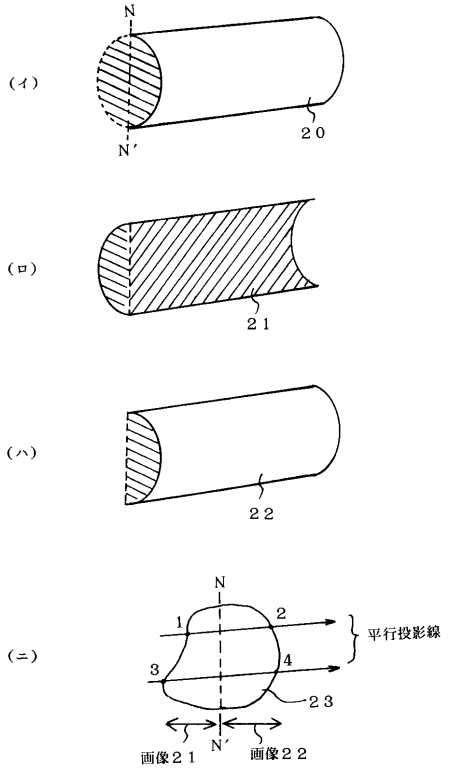
【図７】


メモリ M₂
４０
DP₁
ξ
η
＋：任意の座標（画素位置）
x 座標用
４１
y 座標用
４２
z 座標用
４３
x₀₁
y₀₁
z₀₁

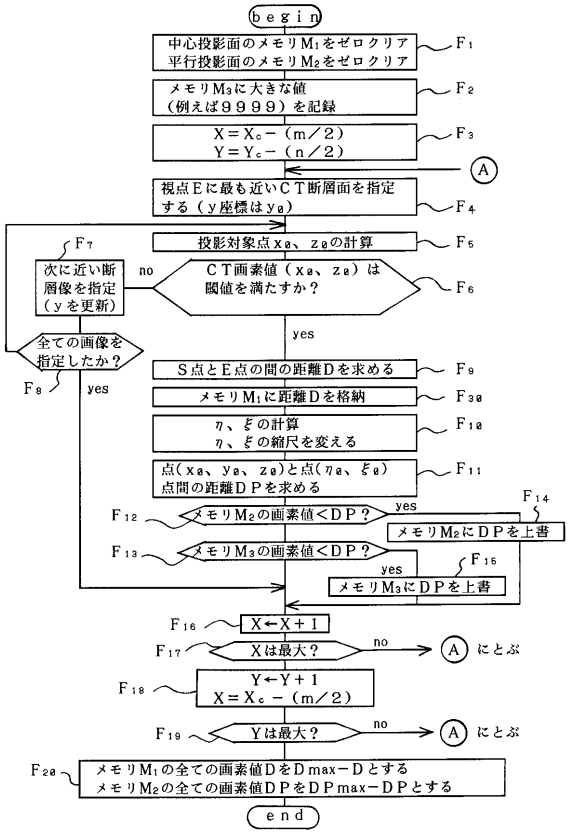
【図８】



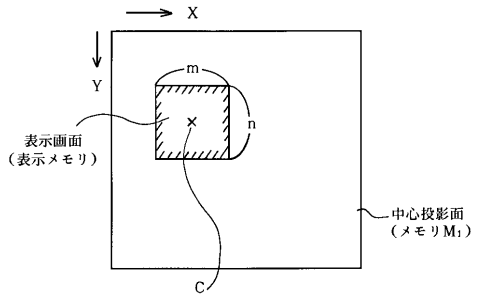
【図９】



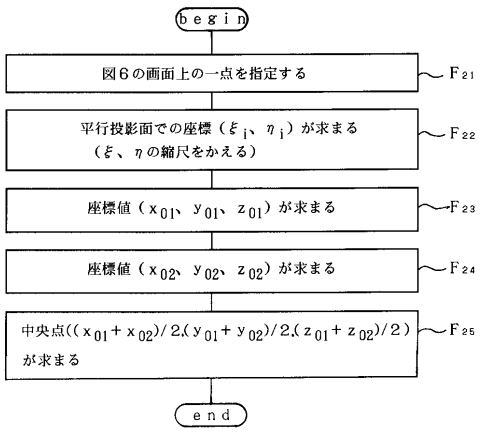
【図１０】



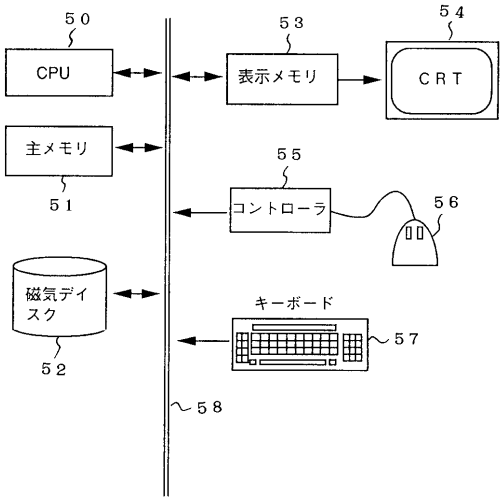
【図１１】



【図１２】



【図１３】


５０
CPU
５３
表示メモリ
５４
ＣＲＴ
主メモリ
５１
５５
コントローラ
５６
磁気ディスク
５２
キーボード
５７
５８

フロントページの続き

審査官　伊知地　和之

(56)参考文献　特開平０７－１４６９５４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２１０７７１（ＪＰ，Ａ）
特開平７－２８９７６（ＪＰ，Ａ）
特開平８－１６８１３（ＪＰ，Ａ）
特開平７－１１４６５２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G06T 15/00
A61B 6/03
CSDB(日本国特許庁)