(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3594468号
(P3594468)
(45)発行日　平成16年12月2日(2004.12.2)　(24)登録日　平成16年9月10日(2004.9.10)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
A61B 3/12	A61B	3/12	E
A61B 3/14	A61B	3/14	J

請求項の数 1　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願平9-337998
(22)出願日　平成9年11月21日(1997.11.21)
(65)公開番号　特開平11-151206
(43)公開日　平成11年6月8日(1999.6.8)
審査請求日　平成14年11月12日(2002.11.12)

(73)特許権者　000135184
株式会社ニデック
愛知県蒲郡市栄町７番９号
(72)発明者　鳥居　美和子
愛知県蒲郡市拾石町前浜３４番地１４　株式会社ニデック拾石工場内

審査官　小原　博生

(56)参考文献　特開平０７－０４７０５５（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１２５８７６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
A61B 3/10-3/18

(54)【発明の名称】眼底画像の解析方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
眼底を立体的に解析することができる立体眼底画像に基づいて視神経乳頭部を解析する眼底画像の解析方法において、立体眼底画像に基づいてディスク外周縁を得、そのディスク外周縁内の最深点に近似した位置を基準点として求め、この基準点を中心とした多数のディスク断面情報に基づいてカップ縁を得るディスク外周縁及びカップ縁作成段階と、ディスク外周縁とカップ縁とを同一の平面に投影し、ディスク外周縁及びカップ縁を同一の平面上に形成する平面画像作成段階と、平面画像上のディスク外周縁及びカップ縁のそれぞれについて、予め定められた所定方向における最長距離を求め、この最長距離によりＣ／Ｄ比を算出する算出段階と、を備えることを特徴とする眼底画像の解析方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、眼底画像から視神経乳頭部の検出解析を行う眼底画像の解析方法及びその装置に係り、殊に乳頭パラメータの算出に好適な方法及び装置に関する。
【０００２】
【従来技術】
視機能障害の一つとして緑内障がある。緑内障の診断としては、眼底像による視神経乳頭部（以下、単に乳頭という）の観察が重要であるといわれている。近年、画像解析技術の進歩により、乳頭を定量的に計測することが可能となってきた。

【０００３】
画像解析による乳頭陥凹部の大きさを示すパラメータの１つとして、いわゆるカップと呼ばれる乳頭陥凹部の縁とディスクと呼ばれる乳頭縁の距離比であるＣ／Ｄ比が用いられており、このＣ／Ｄ比は一般的に垂直方向の垂直Ｃ／Ｄ比と水平方向の水平Ｃ／Ｄ比に別けて算出されている。
【０００４】
これらの算出方法としては、次のようなものが知られている。図１１に示すように、垂直Ｃ／Ｄ比はディスク重心を中心とした７０°～１１０°の１０°間隔の５本の経線上、ディスク縁の大きさの平均とカップ縁の大きさの平均の比率をとる。水平Ｃ／Ｄ比はディスク重心を中心とした３４０°～２０°の１０°間隔の５本の経線上、ディスク縁の大きさの平均とカップ縁の大きさの平均の比率をとる。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、図１２のように、垂直方向に乳頭浮腫又は視神経繊維欠損が比較的少ないカップ縁部分１００がある場合や、視神経繊維のわずかな欠損部分１０１がある場合、上記の方法により算出された垂直Ｃ／Ｄ比、水平Ｃ／Ｄ比は臨床における眼科医の所見と大きく異なることがあった。また、ディスク重心に対してカップが偏心している場合にも、上記の方法によるＣ／Ｄ比の算出では眼科医の所見と異なることがあり、不十分であるという問題があった。
【０００６】
本発明は上記従来技術の問題点に鑑み、臨床における眼科医の所見に近く、適切にＣ／Ｄ比を算出できる眼底画像の解析方法及びその装置を提供することを技術課題とする。
【０００７】
【課題を解決するための手段】
上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。
【０００８】
（１）　眼底を立体的に解析することができる立体眼底画像に基づいて視神経乳頭部を解析する眼底画像の解析方法において、立体眼底画像に基づいてディスク外周縁を得、そのディスク外周縁内の最深点に近似した位置を基準点として求め、この基準点を中心とした多数のディスク断面情報に基づいてカップ縁を得るディスク外周縁及びカップ縁作成段階と、ディスク外周縁とカップ縁とを同一の平面に投影し、ディスク外周縁及びカップ縁を同一の平面上に形成する平面画像作成段階と、平面画像上のディスク外周縁及びカップ縁のそれぞれについて、予め定められた所定方向における最長距離を求め、この最長距離によりＣ／Ｄ比を算出する算出段階と、を備えることを特徴とする。
【００１３】
【実施例】
以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。図１は本実施例の装置のブロック構成図である。解析装置１は演算・解析部２、指示入力部であるキーボード３とマウス４、眼底画像や解析結果等を表示するディスプレイ５、プリンタ６を備える。演算・解析部２は市販のパソナルコンピュータが使用できる。他の構成品も市販のものが使用できる。７は立体眼底カメラであり、眼底で反射した照明光束を二孔絞りにより２つの光束に分け、左右一対のステレオ画像を得る。立体眼底カメラ７により撮影された眼底のステレオ画像は、画像読取装置８により画像データに変換され、演算・解析部１に入力される。立体眼底カメラ７はスライドフィルムに撮影するタイプのものや、ＣＣＤカメラにより撮影するタイプのものでも良い。後者のタイプの場合、眼底画像は静止画像として画像記憶手段に記録された後、直接あるいはフロッピ等の記録媒体を介して演算・解析部１に入力される。
【００１４】
次に、演算・解析部２による眼底画像の解析について説明する。
＜ディスク縁とカップ縁の検出＞

まず、立体眼底カメラ７により撮影した眼底の一対のステレオ画像データを演算・解析部１に入力する。演算・解析部１は、入力されたステレオ画像データに対して視差、結像倍率、収差等の歪みによる補正を加え、補正されたステレオ画像データにステレオ・マッチングの処理を施し、これに基づいて眼底の三次元データを得る。ステレオ・マッチング処理については、特開平８－５６７号公報（発明の名称：眼底計測装置）によるものを使用できる。

【００１５】

続いて、ディスク外周線を指定する。眼底の三次元データに基づき鳥瞰図（又は三角網）による眼底の三次元画像と、正面から見たときの平面画像はディスプレイ５に表示され、オペレータは表示された眼底の三次元画像又は平面画像にディスク領域を指定する。ディスク領域の指定は次のようにする。ディスプレイ５上の三次元画像及び平面画像上には、ディスク外周線を指定するためのポインタが表示されるので、マウス４の操作によりポインタを移動し、クリックすることによりディスク外周線のポイントを多数指定していく（好ましくは１０点程か、それ以上）。

【００１６】

ディスク外周線の指定ができたら、オペレータはマウスにより、演算・解析部２にカップ解析処理の実行を指令する。演算・解析部１は、まずカップの検出を行う。カップの検出は図３のフローチャートにしたがって行われる。

【００１７】

指定されたポイントを３次スプライン曲線により滑らかなラインとなるように結び、そのラインをディスプレイ５上の平面画像に重ねて描く。指定されたポイントをスプライン曲線で描くことにより、ディスク外周線を極めて現実のものに近似した形状で決定できる。また、歪な形状のディスク外周であっても、これに対応できる。演算・解析部１は、その内側をディスク領域とし、その重心位置を求める（以上ＳＴＥＰ１　）。重心位置はディスク領域内の最低点位置を求めるための仮の中心位置となる。

【００１８】

演算・解析部１は、ＳＴＥＰ１　で求めた重心位置を中心として、所定の検出角度ごと（例えば、１度ごと）のディスク断面を求め（ＳＴＥＰ２　）、各ディスク断面ごとの最低点（最深点）を求める（ＳＴＥＰ３　）。ＳＴＥＰ３　による各ディスク断面ごとの最低点の中から、さらにＭｉｎｉｍｕｍ　の最低点とディスク領域中でのその位置を求め（ＳＴＥＰ４　）、ＳＴＥＰ４　で求めたＭｉｎｉｍｕｍ　の最低点位置を中心として、所定の検出角度（例えば、１度）ごとのディスク断面を再び求める（ＳＴＥＰ５　）。更に、ＳＴＥＰ５による各ディスク断面における最低点を求め、この最定点の中からＭｉｎｉｍｕｍ　の最低を求める（ＳＴＥＰ６　）。このＳＴＥＰ６　で求めたＭｉｎｉｍｕｍ　の最低点はディスク領域内での真の最低点に近似しており、これを基準点にして解析を行う。これにより領域内のすべての点の高さを求め、これを比較することにより最低点を求める処理から解放され、簡易かつ迅速な処理を行うことができる。

【００１９】

ＳＴＥＰ６　で得られた各ディスク断面における最低点と両側のディスクポイント（ディスク断面の両端）間での両方向の２つの最高点を各々求め（ＳＴＥＰ７　）、求めた各々の最高点から所定距離（例えば１５０μｍ）下がったレベルを各々のカップレベルとする（ＳＴＥＰ８　　図４参照）。

【００２０】

ＳＴＥＰ６　で求めた最低点から左右方向にそれぞれカップレベルの点を検索し、カップレベルに達した点の数を見（ＳＴＥＰ９　）、最低点からの左右方向のそれぞれについて、カップレベルに達した点が一つのときは、これをカップ点とする（ＳＴＥＰ１０）。カップレベルに達した点が複数あるときは、最低点に最も近い点をカップ点とする（ＳＴＥＰ１１　図５参照）。各断面で求めたカップ点を結んでカップ縁を得る（ＳＴＥＰ１２）。

【００２１】

以上のような方法により、ディスク面が傾いている場合でも精度の良いカップ縁の検出が可能になり、再現性も向上することができる。

【００２２】

＜乳頭パラメータの算出＞

続いて、演算・解析部１はカップの算出データに基づき、各種の乳頭パラメータを演算して算出する。乳頭パラメータ算出に際して、図６に示すように、カップ縁の最高点を基準位置にとり、基準位置を含む水平面（基準面）にカップ縁により形成されたカップ曲面を投影してできたカップ平面Ｓを得る。このカップ平面Ｓの外周線をカップ縁データとして算出に用いる。

【００２３】

乳頭パラメータの１つであるＣ／Ｄ比の算出について説明する。上記のように算出したカップ縁とディスク外周線のデータから、図７のようなディスクライン２０とカップライン２１を持つ平面画像を作成する。この画像に基づいて垂直Ｃ／Ｄ比、水平Ｃ／Ｄ比を次のようにして求める（図８のフローチャート参照）。

【００２４】

（イ）垂直Ｃ／Ｄ比の算出

ディスクライン２０から重心位置Ｏを求め、重心位置Ｏのｘ座標を基準に垂直方向の走査線を初期設定として生成し、まず、ｘ座標の右側（＋側）へと所定のステップで順にスキャンしていく。基準位置で生成した走査線とディスクライン２０との交点数が１つ以上検出されれば（初めは２つ以上検出される）、交点のｙ座標の最大値Ｄｙｍａｘと最小値Ｄｙｍｉｎを得る（１番目のスキャンではＤＹｍａｘとＤＹｍｉｎとなる）。次の２番目のスキャンでディスクライン２０との交点が検出されたら、このとき得られる交点ｙ座標の最大値Ｄｙｍａｘ、最小値Ｄｙｍｉｎのそれぞれについて、前に得られたｙ座標の最大値ＤＹｍａｘ、最小値ＤＹｍｉｎと比較する。最大値同士の比較で大きい方を新たな最大値ＤＹｍａｘとし、最小値同士の比較で小さい方を新たな最小値ＤＹｍｉｎとする。以後、順にｘ座標の右側（＋側）へスキャンして最大値ＤＹｍａｘと最小値ＤＹｍｉｎを求めて行く。

【００２５】

また、同様に走査線とカップライン２１との交点数が１つ以上検出されれば、交点のｙ座標の最大値Ｃｙｍａｘと最小値Ｃｙｍｉｎを得、前に得られたｙ座標の最大値ＣＹｍａｘ、最小値ＣＹｍｉｎをそれぞれ比較して、新たな最大値ＣＹｍａｘ及び最小値ＣＹｍｉｎを求めていく。なお、カップライン２１とディスクライン２０は異なる画像配列で描かれているので、それぞれ区別して走査線との交点が得られる。

【００２６】

ｘ座標の右側（＋側）へのスキャンにより、走査線とディスクライン２０との交点数が１つ以上検出できなくなれば、今度は重心位置Ｏを基準にｘ座標の左側（－側）へと所定のステップで順にスキャンしていく。同様に走査線とディスクライン２０並びにカップライン２１との交点数がそれぞれ１つ以上検出されれば、Ｄｙｍａｘ、Ｄｙｍｉｎ並びにＣｙｍａｘ、Ｃｙｍｉｎを得て、これまでに得られたＤＹｍａｘ、ＤＹｍｉｎ並びにＣＹｍａｘ、ＣＹｍｉｎと比較して新たなＤＹｍａｘ、ＤＹｍｉｎ並びにＣＹｍａｘ、ＣＹｍｉｎをそれぞれ得る。ｘ座標の左側（－側）へのスキャンにより、走査線とディスクライン２０との交点数が１つ以上検出できなくなれば、垂直方向のスキャンを終了し、最終的なＤＹｍａｘ、ＤＹｍｉｎ並びにＣＹｍａｘ、ＣＹｍｉｎをそれぞれ得る。図７に示した例の場合、ディスクライン２０で定まる領域のＡ点＝ＤＹｍａｘ、Ｂ点＝ＤＹｍｉｎとなり、カップライン２１で定まる領域のＣ点＝ＣＹｍａｘ、Ｄ点＝ＣＹｍｉｎとなる。

【００２７】

こうして得られたディスクライン２０の最大値ＤＹｍａｘと最小値ＤＹｍｉｎとから求まる垂直方向の距離ＤＶ　と、カップライン２１の最大値ＣＹｍａｘと最小値ＣＹｍｉｎから求まる垂直方向の距離ＣＶ　とにより、その距離比である垂直Ｃ／Ｄ比を算出する。

【００２８】

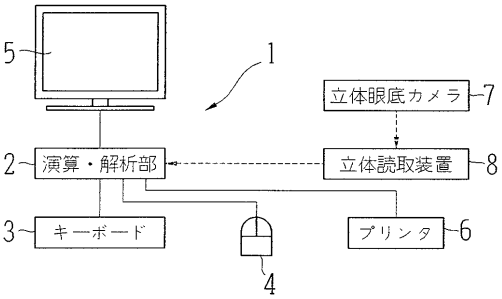
（ロ）水平Ｃ／Ｄ比の算出
垂直Ｃ／Ｄ比の算出に行った走査線のスキャン方向を水平方向に変え、ｘ座標について同様な処理を行う。すなわち、重心位置Ｏのｙ座標を基準に水平方向の走査線を初期設定し、ｙ座標の上側（＋側）へと順にスキャンする。走査線とディスクライン２０並びにカップライン２１との交点数がそれぞれ１つ以上検出されれば、ｘ座標における走査線とディスクライン２０の交点の最大値ＤｘｍａｘＤｘｍａｘ、最小値ＤｘｍｉｎＤｘｍｉｎ並びにカップライン２１との交点との最大値ＣｘｍａｘＣｘｍａｘ、最小値ＣｘｍｉｎＣｘｍｉｎを得て、これまでに得られたＤＸｍａｘＤＸｍａｘ、ＤＸｍｉｎＤＸｍｉｎ並びにＣＸｍａｘＣＸｍａｘ、ＣＸｍｉｎＣＸｍｉｎと比較して新たなＤＸｍａｘＤＸｍａｘ、ＤＸｍｉｎＤＸｍｉｎ並びにＣＸｍａｘＣＸｍａｘ、ＣＸｍｉｎＣＸｍｉｎをそれぞれ得る。走査線とディスクライン２０との交点数が１つ以上検出できなくなれば、今度は重心位置Ｏを基準にｙ座標の下側（－側）へと順にスキャンして同じ処理を行い、最終的なＤＸｍａｘＤＸｍａｘ、ＤＸｍｉｎＤＸｍｉｎ並びにＣＸｍａｘＣＸｍａｘ、ＣＸｍｉｎＣＸｍｉｎをそれぞれ得る。図７の例の場合、Ｅ点＝ＤＸｍａｘＤＸｍａｘ、Ｆ点＝ＤＸｍｉｎＤＸｍｉｎ、Ｇ点＝ＣＸｍａｘＣＸｍａｘ、Ｈ点＝ＣＸｍｉｎＣＸｍｉｎとなり、水平Ｃ／Ｄ比はＧ点とＨ点の水平方向の距離ＣＨ　と、Ｅ点とＦ点の水平方向の距離ＤＨ　とにより算出する。
【００２９】
なお、上記の画像処理に際し、全ての画像領域をスキャンしてＡ点～Ｈ点を求めるのに対して、ディスクライン２０の領域内に基準を設け、そこから上下左右にスキャンしてディスクライン２０との交点が検出されなくなったところでスキャンを終了するようにしているので、余分な領域での画像処理を行わなくてすみ、処理時間が短縮できる。
【００３０】
また、Ａ点～Ｈ点の検出に当たっては、上記のように垂直方向及び水平方向へのスキャンを行うのではなく、いずれか一方のスキャンによる走査線と各ライン２０，２１との交点のｘｙ座標を一度に得て、それぞれの最大値、最小値を得るようしても良い。
【００３１】
以上のような方法により、図７のように、垂直方向の視神経繊維欠損が比較的少ないカップ縁部分３０や、わずかな視神経繊維欠損のカップ縁部分３１がある場合、あるいはディスク重心に対してカップが偏心している場合等にも、これら乳頭部周辺の諸条件を反映させて眼底観察による所見と近いＣ／Ｄ比を算出できる。
【００３２】
乳頭パラメータとしてはＣ／Ｄ比の他、カップ縁内の平面積（Ｃｕｐ　Ａｒｅａ）、カップとディスクの面積比（Ｃ／Ｄ　Ａｒｅａ　Ｒａｔｉｏ）、カップの深さ（Ｍａｘ　Ｃｕｐ　Ｄｅｐｔｈ　）、カップ容積（Ｃｕｐ　Ｖｏｌｕｍｅ）等を算出する。算出された各乳頭パラメータは、ディスプレイ５上に表示されるとともに、保存記録される。
【００３３】
【発明の効果】
以上説明したように、本発明によれば、乳頭部周辺の諸条件を反映させて、信頼性の高い適切なＣ／Ｄ比を算出することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】実施例の装置のブロック構成図である。
【図２】眼底画像解析全体のフローチャートを示す図である。
【図３】カップ検出のフローチャートを示す図である。
【図４】ディスク断面におけるカップレベルを定めるステップを説明する図である。
【図５】カップレベルに達した点が複数あるときのカップ点の定め方を説明する図である。
【図６】カップ平面Ｓを得る方法を説明する図である。
【図７】ディスクラインとカップラインの平面画像の例を示す図である。
【図８】Ｃ／Ｄ比の算出のフローチャートを示す図である。
【図９】Ｃ／Ｄ比の算出のフローチャートを示す図である。
【図１０】Ｃ／Ｄ比の算出のフローチャートを示す図である。
【図１１】従来のＣ／Ｄ比の算出の方法を説明する図である。

【図１２】従来のＣ／Ｄ比の算出の方法を説明する図である。

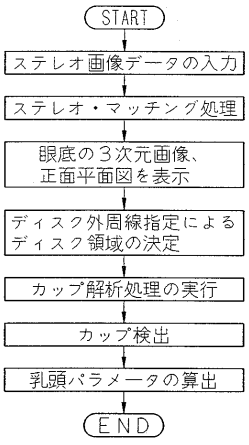
【符号の説明】

１　解析装置
２　演算・解析部
３　キーボード３
７　立体眼底カメラ
８　画像読取装置
２０　ディスクライン
２１　カップライン

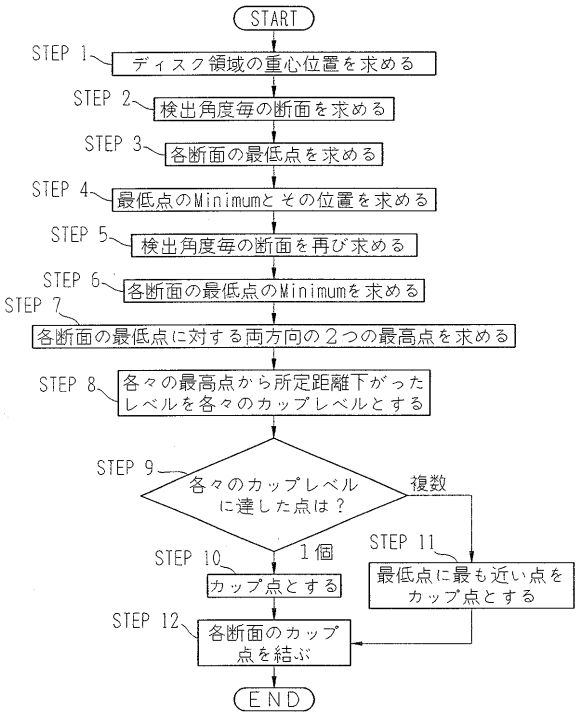
【図１】



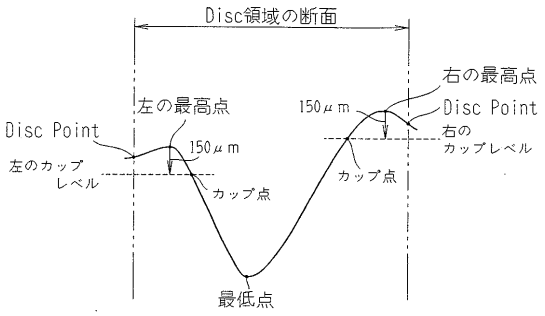
【図２】



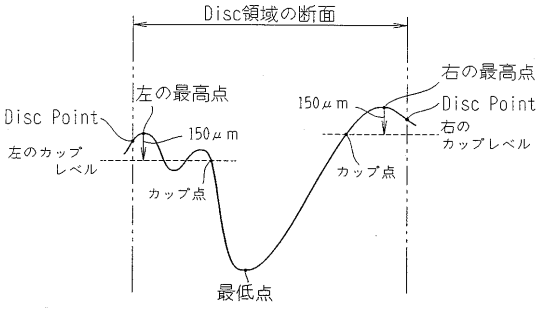
【図３】



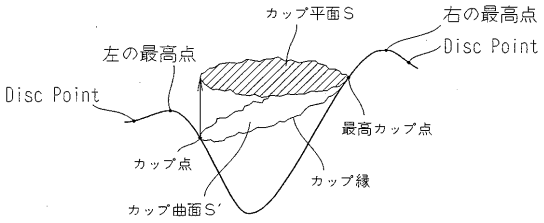
【図４】



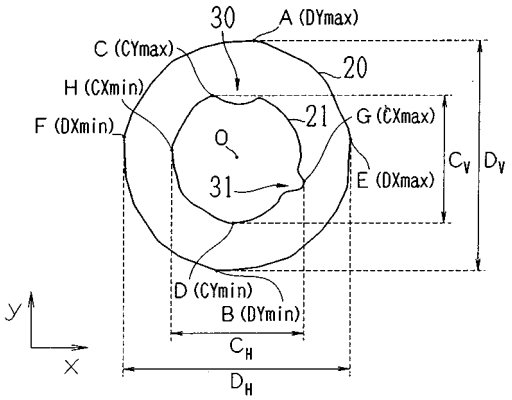
【図５】



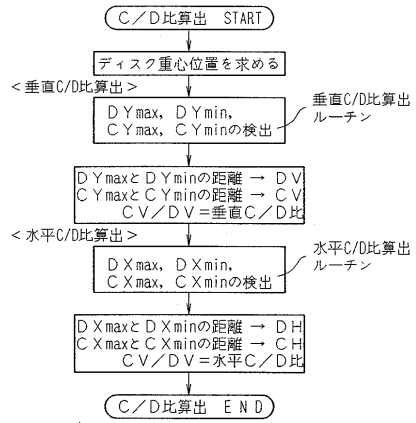
【図６】



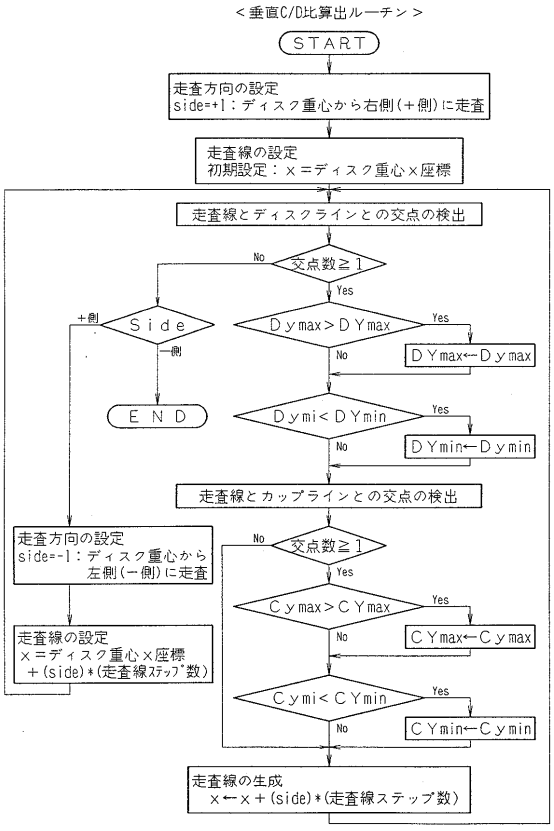
【図７】



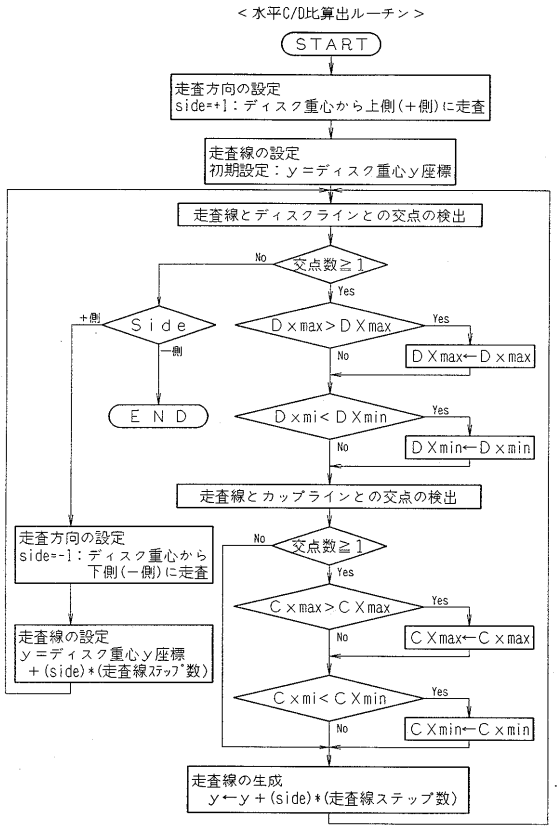
【図８】



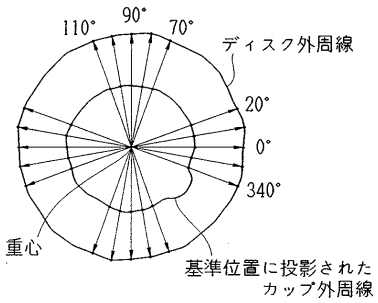
【図９】



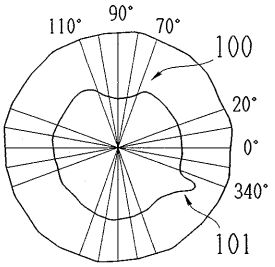
【図１０】


＜水平C/D比算出ルーチン＞
START
走査方向の設定
side=+1：ディスク重心から上側(＋側)に走査
走査線の設定
初期設定：ｙ＝ディスク重心ｙ座標
走査線とディスクラインとの交点の検出
No
交点数≧１
Yes
＋側
Ｓｉｄｅ
一側
ＥＮＤ
Ｄｘmax＞ＤＸmax
Yes
No
ＤＸmax←Ｄｘmax
Ｄｘmi＜ＤＸmin
Yes
No
ＤＸmin←Ｄｘmin
走査線とカップラインとの交点の検出
走査方向の設定
side=-1：ディスク重心から
下側(－側)に走査
No
交点数≧１
Yes
Ｃｘmax＞ＣＸmax
Yes
No
ＣＸmax←Ｃｘmax
走査線の設定
ｙ＝ディスク重心ｙ座標
＋(side)*(走査線ｽﾃｯﾌﾟ数)
Ｃｘmi＜ＣＸmin
Yes
No
ＣＸmin←Ｃｘmin
走査線の生成
ｙ←ｙ＋(side)*(走査線ステップ数)

【図１１】


110°
90°
70°
ディスク外周線
20°
0°
340°
重心
基準位置に投影された
カップ外周線

【図１２】


110°
90°
70°
100
20°
0°
340°
101