

画像解析法による挿入眼内レンズの位置計測の試み (図7)

佐々木一之・坂本 保夫・柴田 崇志 (金沢医科大学眼科学教室)
江 森 康 文 (千葉大学工学部電子工学科)

Measurement of Implanted IOL Positioning
Using an Image Processing Technique

Kazuyuki Sasaki, Yasuo Sakamoto, Takashi Shibata
Department of Ophthalmology Kanazawa Medical University
Yasufumi Emori
Faculty of Engineering Chiba University

要 約

眼内に挿入された人工水晶体の固定状態を、生体眼で計測する方法を開発した。Scheimpflug カメラにより、水平、垂直の二方向から撮影された人工水晶体画像をデジタル化し、幾何学的な補正を行った上で、二値化法、カーブフィッティング法を用い、鮮明な画像として抽出した。この二種の撮影画像から、角膜前面の曲率中心と瞳孔中心を通る直線 (standard line) に対する、人工水晶体の光軸の傾きを計測した。IOL 中心のずれは、standard line に対する距離とその方向により表示した。IOL の位置は、数値の他に三次元的な画像として再構成した。本法は、偽水晶体眼前眼部の各種生体計測に応用できるものと考えた。(日眼 91:1252—1255, 1987)

キーワード：人工水晶体，生体計測，画像解析，Scheimpflug カメラ

Abstract

A three dimensional in vivo measurement method for the positioning of implanted IOLs was developed using an image processing technique. Two images of anterior eye segments including the IOL were photographed by a Scheimpflug camera with slit angles of 90° and 180°. After geometrical correction, the contours of the original images were clarified using binarization and curve fitting techniques. From these images, the optic axis tilt angle of the IOL to the standard line that connected the curvature center of anterior surface of the cornea with the center point of pupil was calculated. IOL decentration was shown with the direction. The IOL image in the posterior chamber was expressed as actual values and/or wire frame figures. This measurement method can be applied to several kinds of biometry in pseudophakic eyes. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 91: 1252—1255, 1987)

Key words: IOL, biometry, image analysis, Scheimpflug camera

I 緒 言

最近の人工水晶体挿入術の発展にはめざましいものがあり、わが国でもその手術数は急速に増加してい

る¹⁾。術後の評価はさまざまな形で検討されており、これも今後の手術方法の改善、進歩に取り入れられるものと思われる。

後房内に挿入された人工水晶体(以下 IOL と略)が、

別刷請求先：920-02 石川県河北郡内灘町大学1-1 金沢医科大学眼科学教室 佐々木一之

Reprint requests to: Kazuyuki Sasaki, M.D. Dept. of Ophthalmol., Kanazawa Medical Univ.

1-1 Daigaku, Uchinade-machi, Kahoku-gun, Ishikawa 920-02, Japan

(昭和62年7月13日受付) (Accepted July 13, 1987)

術後どのような位置で固定されているかは、本手術を行うものにとっては極めて興味のあるところである。臨床的にその概略は細隙灯顕微鏡下に観察できるが、微妙な位置異常、あるいは具体的な IOL の位置の表示となると、これを検出する手段は未だ確立されていない。現段階では摘出眼²⁾ないしは、実験的レベルの検討^{3)~5)}が生体眼について行われているにとどまってい

る。著者らは、画像解析法を応用した前眼部の生体計測を行ってきたが^{6)~10)}、今回はその応用の一つとして、IOL の眼内での位置を三次元的に表示する方法を開発したので以下に報告する。

II 実験方法

IOL が挿入された被検眼を十分散瞳した上で、

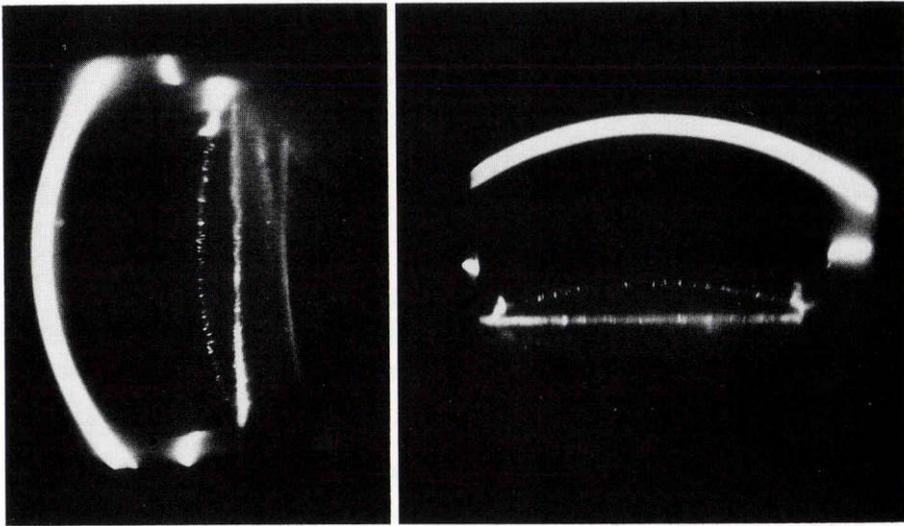


図1 Scheimpflug camera により撮影された IOL 挿入眼の前眼部スリット原画像、
左：垂直断像、右：水平断像

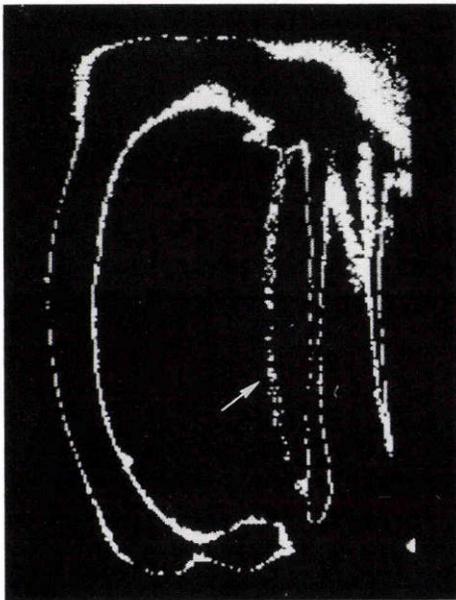


図2 二値化像、↑：人工水晶体前面

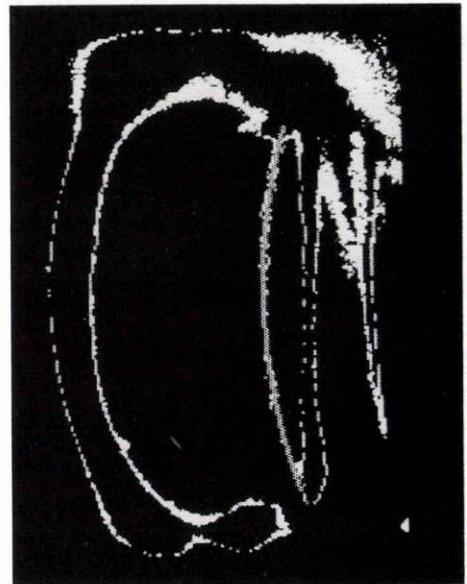


図3 curve fitting 法により鮮明化された IOL 画像

Scheimpflug カメラ (TOPCON SL-45) により, IOL を含む前眼部の水平, 垂直二断面を撮影した (図1). 得られた二つの画像を drum scan densitometer (阿部設計) を介してデジタル化し, コンピューター (super mini-computer, ECLIPS MV-4000) に入力した. 入力されたデジタル画像は, 撮影時に生ずる歪みを幾何学的に補正した上で¹⁰⁾, 二値化像として CRT ディスプレイに表示した (図2). 次いで, より鮮明な IOL 画像を得るために, curve fitting 法により IOL の前面を明確に描出した (図3).

以上のように前処理された画像より, ほぼ視軸に相当する standard line を設定し, これに対する IOL の光軸の傾きと偏心を以下の如く計測した.

〈standard line および IOL の光軸〉

standard line は, 角膜前面の曲率中心 (C₁) と瞳孔縁 (B₁, B₂) を結ぶ直線の中点 (O) を通る直線とし, その方向ベクトルを \vec{S} とした. また, IOL の光軸は IOL の前面の曲率中心 (C₂) を通り, IOL の後面の法線ベクトル (\vec{I}) に平行な直線とした (図4). 角膜前面の曲率中心は角膜前面の任意の一点 (A) を設定し, その近傍の数十点 (A_i) のそれぞれと, 仮の曲率中心 (C) との距離 (X および X_i) の分散が最小となる点とした. すなわち,

$$\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2$$

が最小となる点が曲率中心である (図5). また, その点までの距離が曲率半径となる. IOL 前面の曲率中心は, IOL が球面レンズであることより IOL 前面上の同一平面上にない任意の4点を選択し算出した.

〈IOL の傾き〉

IOL の傾き (θ) は, 空間座標上における standard line と IOL の光軸のなす角, すなわち, 方向ベクトル

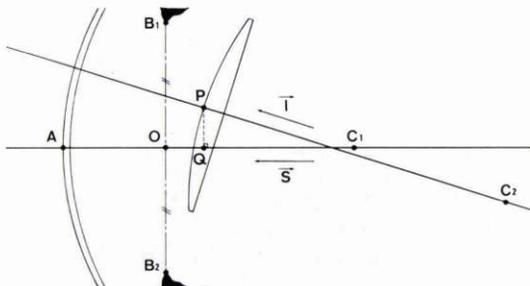


図4 Standard line と IOL 光軸. Standard line : 点 C₁, O を結ぶ直線, IOL 光軸 : 点 C₂ を通り I に平行な直線

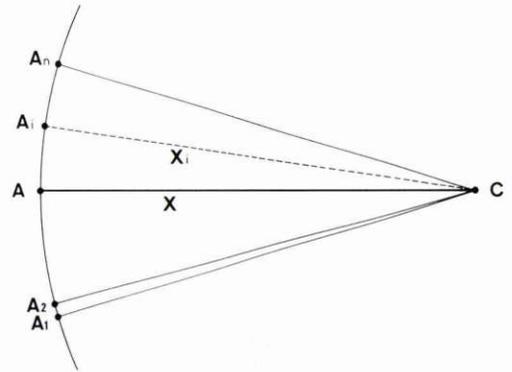


図5 曲率中心

\vec{S} と \vec{I} のなす角をもって表し, 次式より算出した.

$$\cos \theta = \frac{(\vec{S}, \vec{I})}{|\vec{S}| \cdot |\vec{I}|}$$

〈IOL の偏心〉

IOL 中心のずれは, 光軸と IOL 前面が交わる点 (P) と standard line の距離をもって示した.

III 結果

数値として算出された IOL の傾きとずれは, ワイヤフレームにより三次元的に表示し, 角膜と IOL の位置関係を明らかにした (図6). 特に, 中心のずれはその距離と共に, ずれの方向を図示した (図7).

症例を図6, 7に示す. この症例は54歳女性の左眼で, IOL (Intermedics 社製, 後房レンズ, 17.5D) 挿入後20日目に計測されたものである. レンズは耳側上方に1.07mm 偏位し, その傾きは1.49°であった.

IV 考 按

挿入された IOL の傾きをはじめとする位置異常を, 検討しようという試みは既にいくつかある. 摘出眼での検討からは, 脚部の固定状態と位置異常の関係などが明らかにされているが, 生体レベルでレンズの位置を知ることも, また, 術後の検査項目としては必要なものの一つではないかと考える. しかし, このような検討は, 検査手技に未だ確立されたものがいないため, 報告例は少ない. 今までに, Purkinje 像から傾きを計測する方法が小峯ら⁹⁾, 魚里, Guyton ら¹⁰⁾により報告されている. 小峯らは, 実際に臨床応用まで行っており, IOL の傾斜と残余乱視の間に有意な相関があることを報告している. 今回著者らの試みも, 意図したところは従来までの報告と変わらないが, その手段は若

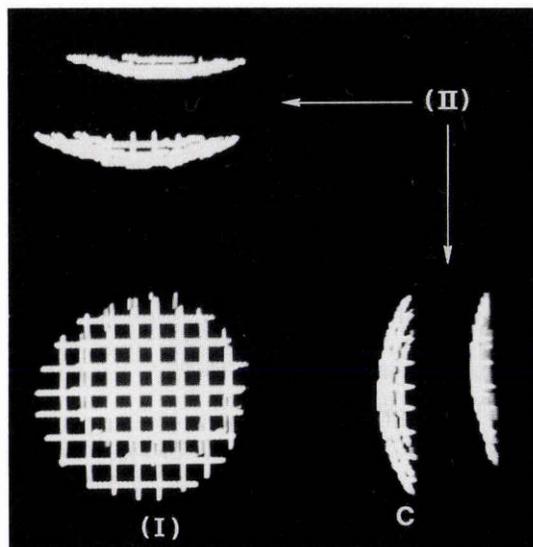


図6 IOL位置のwire frame表示, I: IOL偏心の表示, II: IOL傾きの表示, C: 角膜

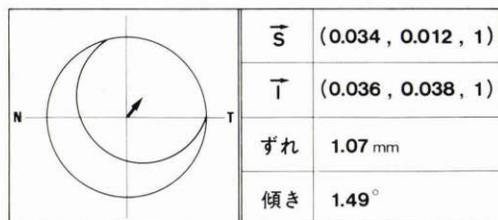


図7 計測例

干異なるものである。著者らの方法は、特殊な前眼部撮影装置 (Scheimpflug カメラ)¹¹⁾により撮影された IOL の画像を処理したものである。その特徴は、第一に生体計測法であること、第二は異なった方向から撮影した 2 枚の IOL 画像の情報から、眼内の IOL の固定状態を三次元的に、数値ないしは画像として表示し得たこと、第三は単なる IOL の傾きや位置ずれの表示だけでなく、IOL と角膜、後嚢などその周囲眼組織との位置関係も検出可能なことである。他にも、画像処理過程の中で、微かにしか写らない後房レンズの画像

を検出する方法などが組み込まれている。著者らも本法を臨床レベルに導入しつつあり種々の興味ある情報を得ているが、本法には特殊な撮影装置が必要なことと、画像解析に高性能の処理装置を用いていることなどで、現時点では実験レベルにとどまっている。IOL の眼内での固定状態に関するこの種の計測は、IOL 手術手技の今後の発展にも有用な情報を与える筈である。眼光学機器、ME の発展がめざましい今日、偽水晶体眼での生体計測が、今以上日常臨床レベルまで導入されても良いかと考える。

文 献

- 1) 林 文彦：白内障手術と眼内レンズの展望. IOL 1: 4-10, 1987.
- 2) Lakshminarayanan V, Enoch JM, Raasch T, et al: Refractive changes by intraocular lens tile and longitudinal displacement. Arch Ophthalmol 104: 90-92, 1986.
- 3) 小峯輝男, 加藤桂一郎, 高橋文男: 人工水晶体の偏心について. 眼光学 6: 50-52, 1985.
- 4) 小峯輝男, 加藤桂一郎, 高橋文男: 人工水晶体の傾斜について. 眼光学 7: 99-102, 1986.
- 5) 魚里 博, Guyton DL: Purkinje 第 3 及び第 4 像を用いた眼内レンズの傾きと偏心量の臨床的検査法. 眼光学 8: 110-115, 1987.
- 6) 佐々木一之: 水晶体混濁の客観的評価法. 日本の眼科 52: 356-366, 1981.
- 7) 狩野晴子, 狩野宏成, 柴田崇志他: 初期白内障眼, 糖尿病患者眼の水晶体前後径計測. 眼紀 36: 542-546, 1985.
- 8) Shibata T, Hockwin O, Weigeli E, et al: Biometrie der Linse in Abhangigkeit vom Lebensalter und von der Kataraktmorphologie. Klin Mbl Augenheilk 185: 35-42, 1984.
- 9) 柴田崇志, 佐々木一之: ヒト水晶体各層の生体計測. 日眼 90: 453-458, 1986.
- 10) 江森康文, 安田嘉純, 福田弘之他: Computer tomography による眼球光学系の構造解析. 眼光学 7: 35-38, 1986.
- 11) 佐々木一之, 中村福美, Hockwin O, 他: 回転式細隙灯撮影装置の試作. 臨眼 33: 899-902, 1989.