

X線回転撮影方式による血管3次元再構成

6D-1

河田佳樹、仁木 登、佐藤 均*、隈崎達夫**
 徳島大学、*東芝医用機器技術研究所、**日本医科大学

1. はじめに

脳血管障害は、現在ガン、心臓病と並んで大きな死亡原因となっている。この高度な診断支援のために高精度な3次元画像化技術の開発が望まれている。従来、脳血管の3次元再構成を行うためにX線ステレオ・バイプレーン撮影方式、MRアンギオグラフィーなどを用いた手法が報告されているが、これらの手法では高精度な血管網の抽出が困難である[1]-[4]。本稿では、コーンビームX線源とImage Intensifier(II)を対にし、これを高速回転させて撮影するX線回転撮影装置を用いて脳血管網を高精度に3次元再構成する手法を述べ、この3次元画像情報の表示法とモデル作製について報告する。

2. X線回転撮影方式による血管3次元再構成

従来、X線撮影法による血管網の3次元再構成法として、2方向からのステレオ・バイプレーン撮影法を用いて血管造影画像を計測し、この造影画像から血管網の位置や形状情報を推定する手法が報告されている[1]-[4]。これらの方式を用いた手法は、投影数の不足から高精度な血管情報を3次元構成するのが困難である。特に、動脈瘤や狭窄のある血管の高度な診断支援を実現するには、高精度な血管3次元再構成法の開発が望まれる。

提案する手法は、撮影系を回転撮影方式にして高速に多方向からの血管投影画像を計測し、これらの投影画像から血管網を3次元再構成するものである[5]。このX線撮影システムを図1に示す。このシステムは日本医科大学の隈崎グループが開発した実用装置であり、X線源とIIを対にして約2秒で180度回転する高速撮影方式である[6]。この投影画像から血管を3次元再構成する手法は、IIによる歪み補正処理、撮影座標系の推定、3次元再構成、3次元画像結果の表示とモデル作製からなる。以下に各処理について述べる。

(1) IIの画像歪み補正

投影画像には、IIによる糸巻歪み、S字歪み、濃度

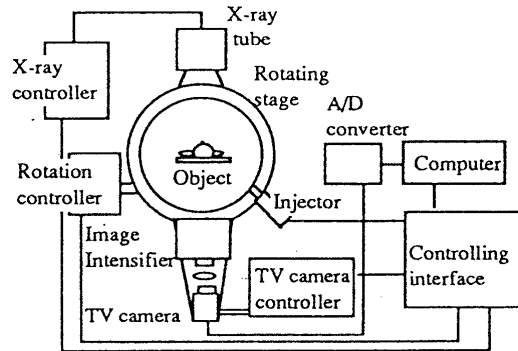


図1 X線回転撮影システム

歪みが含まれる。糸巻歪み、S字歪みのために格子ファントムを撮影する。歪みの少ない中心付近の格子データから理想格子を作成し、実際の格子点と理想格子点との差をスプライン補間を用いて差分テーブルを作る。この差分テーブルから投影画像の糸巻歪み、S字歪みを補正する。濃度歪みの補正はヌル画像を撮影し、被写体画像を次式で正規化して計算する。

$$\text{補正画像} = I_n \left(\frac{\text{ヌル画像}}{\text{被写体画像}} \right)$$

(2) 撮影幾何系の推定法

撮影装置の測定座標系を鉛球を1cm毎に埋め込んだ棒ファントム、角や面の中心に鉛球を埋め込んだ立方体ファントムを用いて、X線源から回転軸間の距離、X線源から検出器までの距離、回転中心点の検出面への投影座標点を推定する。

(3) 3次元再構成法

高速回転撮影方式で計測した投影画像から血管網を3次元再構成する。この3次元再構成法はFeldkampらにより提案された手法を用いる[7]。これは、ファンビーム投影に対するフィルタ補正逆投影法を3次元被写体に対するコーンビーム投影に拡張したものである。

(4) 3次元表示とモデル作製

3次元再構成結果の表示は、MIP表示[8]とスライス

3-D Reconstruction of Blood Vessels Using an X-ray Rotational Projection System

Yoshiki Kawata, Noboru Niki, Hitoshi Satoh*, Tatsuo Kumazaki**

Univ. of Tokushima, *Toshiba Corporation, **Nippon Medical School

画像の表示を用いる。3次元再構成結果からしきい値処理と血管網の連結性を用いて血管網データを抽出し、レーザーリングラフィ技術を用いて血管3次元モデルを作製する[9]。

3. 実行と評価

本手法を脳血管の投影画像に適用した。画像サイズは 512×512 で、投影数は3度毎60枚である。この3次元再構成結果を図2(a)、(b)に示す。(a)は正面、側面、上面方向からのMIP法の血管投影画像である。(b)は(a)で指定した動脈瘤部位のスライス画像である。血管3次元画像をMIP法による投影画像とスライス画像の対話的同時表示により高度に認識できることを確認した。この3次元再構成結果の血管3次元モデルを作製した。この結果を図3に示す。この症例では、脳血管網と動脈瘤の位置関係が実際の3次元世界で正確に把握でき、動脈瘤の大きさも把握できる。

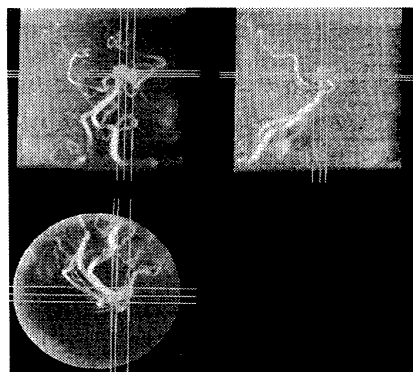
4. おわりに

X線回転撮影方式を用いた脳血管3次元再構成について述べた。本手法を脳血管投影画像に適用した結果、複雑な脳血管網の高度な診断や手術支援に有効であることが確かめられた。

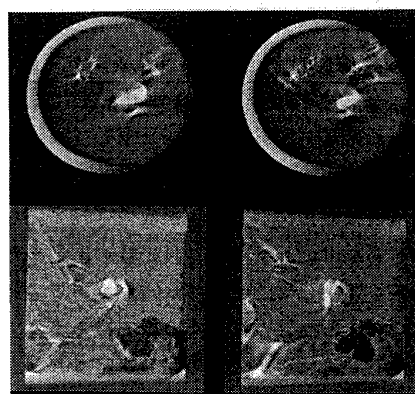
参考文献

- [1]特集：三次元像（立体画像法）：その臨床の進歩. 最新医学, 41:1(1986)
- [2]K. Kitamura, J. M. Tobis, J. Sklansky: "Estimating the 3-D skeletons and transverse areas of coronary arteries from biplane angiograms", IEEE Trans. Med. Imaging, MI-7, 3, pp. 173-187 (1988)
- [3]仁木登, 堀江周二, 松本圭蔵, "頭部X線CT・血管造影画像からの高精度複合3次元表示", 信学論 J70-D, 12: pp. 2525-2534 (1987)
- [4]J. A. Fessler, A. Macovski: "Object-based 3-D reconstruction of arterial trees from magnetic resonance angiograms", IEEE Trans. Med. Imaging, MI-10, 1, pp. 25-39 (1991)
- [5]仁木登, 佐藤均, 宇山親雄, 隈崎達夫, "X線のイメージング-回転撮影方式-", 日本医用画像工学会誌, 10, pp. 113-118 (1992)
- [6]隈崎達夫, "回転立体デジタル血管撮影-画像処理ならびに臨床的評価-", 日本医用画像工学会誌, 7, pp. 433-439 (1989)
- [7]L. A. Feldkamp, L. C. Davis, J. W. Kress: "Practical cone-beam algorithm", J. Opt. Soc. Am. A, 1, pp. 612-619 (1984)
- [8]G. Laub, "Displays for MR angiography", Magn. Reson. Med., 14, pp. 222-229 (1990)

[9]N. Niki, A. Iwasa, H. Nishitani and Y. Marutani, "3-D Fabrication of Blood Vessels Using MRI and Laser Lithography", World Congress on Med. Phys. & Biomed. Eng., Kyoto, July 7-12, pp. 958 (1991).



(a)



(b)

図2 脳血管3次元再構成

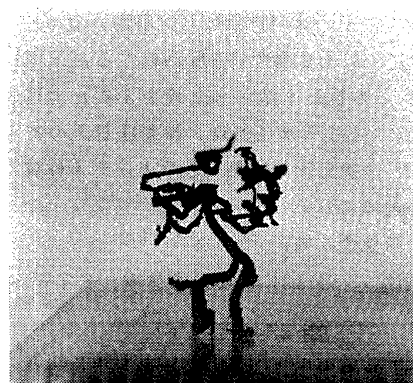


図3 脳血管3次元モデル