

## 蛍光X線を用いた血管造影法の検討 Trial of Angiography using Fluorescent X-ray

白井 幹康<sup>a</sup>、大東 琢治<sup>b</sup>、梅谷 啓二<sup>b</sup>、八木 直人<sup>b</sup>  
Mikiyasu Shirai<sup>a</sup>, Takuji Ohigashi<sup>b</sup>, Keiji Umetani<sup>b</sup>, Naoto Yagi<sup>b</sup>

<sup>a</sup>広島国際大学、<sup>b</sup>高輝度光科学研究センター  
<sup>a</sup>Hiroshima International University, <sup>b</sup>JASRI

### アブストラクト

生体内における血流の可視化を目的として、造影剤からの蛍光X線を二次元画像として撮影する方法を開発した。この方法は、生体内の一断面における造影剤の分布を一度に可視化できる。また、垂直方向のスキャンだけで三次元CT像を得ることができる。テスト実験の結果、100ミクロンのピンホールを用いた撮影において、200ミクロン程度の空間分解能が確認された。

### Abstract

A new technique to visualize the distribution of iodinated contrast agent in the plane of a live animal body was developed. This method makes an image of fluorescence x-rays from the contrast agent. Compared with the previous fluorescence tomography approach, this method has the advantage that a two-dimensional distribution of the contrast agent can be obtained in one exposure. A preliminary experiment confirmed a spatial resolution of about 200  $\mu\text{m}$  using a pinhole of 100  $\mu\text{m}$  in diameter.

### 背景と研究目的：

生体内の血流分布を観察する方法としては、血管造影法が一般的である。この方法は血管にヨード等の造影剤を注入して、そのX線の吸収によるコントラストを観察する方法である。一般の血管造影法は透過像の観察であるため、血管の重なりによって血流の奥行き方向の分布を知ることはできない。

これとは全く別の方法としてここで提案するのは、造影剤からの蛍光X線を観察することによって血流分布を知る蛍光X線血管造影法である。ヨード造影剤を血管に注入し、ヨードのK吸収端直上のエネルギーを持つX線を照射すると、造影剤から蛍光X線が発生する。この蛍光X線の発生を画像化できれば、生体内の一平面における造影剤の分布、すなわち血流分布を測定することができる。試料を動かして複数のスライスからの画像を得れば、三次元トモグラフィー画像となる。蛍光X線を画像化する最も単純な方法は、ピンホールを用いてピンホールカメラの原理で蛍光X線源をX線検出器上に投影する方法である (Fig. 1)。薄い平板状のX線ビームを用いることによって、生体内の造影剤の分布を観察することができるはずである。

### 実験：

BL28B2において、実験ハッチに置いた一枚横振

りシリコン単結晶分光器を用いて、高さ500ミクロン、幅2mm程度のシート状のX線ビームを得た。これを試料に透過させ蛍光X線を発生させた。ビームから20mm離れた位置に置いた直径100ミクロンのピンホール (Pt厚さ500ミクロン)を通して、蛍光X線像をX線イメージンテンシファイア (浜松ホトニクス社製V7739P) 上に投影した。この投影像を冷却CCDカメラ (浜松ホトニクス社製C4880-50) で観察した。X線ビームからピンホールまでが約20mm、ピンホールからイメージンテンシファイアのベリリウム窓までも20mmとして、倍率1倍で観察を行った。

蛍光像を得るために、X線のエネルギーはヨードのK吸収端 (33.17keV) 直上とした。試料は希釈した造影剤を入れたガラスキャピラリー、および血管に造影剤を注入したラット (死体) を用いた。

### 結果、および、考察：

Fig. 2は、1/10に薄めたヨウ素造影剤 (イオパミロン) を詰めた外径0.9mm内径0.63mmのガラス管と、何も入れていない同じガラス管を交互に5本並べたテスト試料で撮影を行ったものである。X線は左側から照射されており、ヨウ素による吸収によってX線下流側ほど強度が低い。これは期待された通りの結果である。さらに、造影剤を入れた内径0.08mmのキャピ

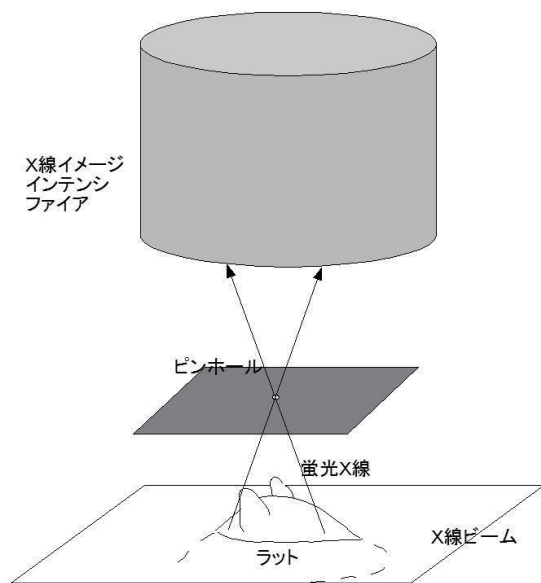


Figure 1. Schematic drawing of fluorescent x-ray angiography. A sheet-like monochromatic x-ray beam is created from synchrotron radiation and passed through the sample. Fluorescent x-rays from contrast agent containing heavy elements such as iodine or barium are lead to an area detector through a pinhole, giving a 2D distribution of the contrast agent in the body of the animal. In the present experiment, the x-ray detector was an image intensifier.

ラリーを観察したところ、CCDカメラでは約230ミクロンに観察された。これは、ピンホールの直径とX線イメージインテンシファイアの空間分解能（約120ミクロン）を考慮すると、ほぼ妥当な値であり、光学系が予想通りに働いていることが分かった。X線エネルギーをヨウ素の吸収端以下にすると画像が大幅に減弱することから、この画像の主成分が蛍光X線であることを確認した。

ラットの撮影では、太い血管と思われる像が得られたが、X線ビームをピンホールから離してゆくとバックグラウンドが上昇する現象が見られた。この原因は不明であり、今後更に検討が必要である。

今後の課題：

本実験によって、ピンホールを用いた蛍光X線イメージング法で物体内の断層像を可視化できることが明らかとなった。しかし今回の実験はまだ原理の確認に留まっており、今後この方法を生体に応用するには、露出時間の短縮や視野の拡大、分解能の向上（拡大率の

増加）など多くの問題がある。本実験はこの手法の初めての試みであり、今後これらの問題を一つずつ解決してゆく必要がある。

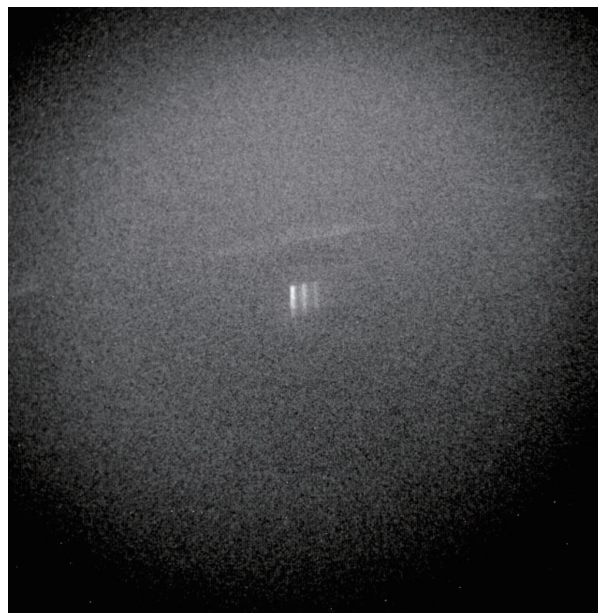


Figure 2. Image of glass capillaries (outer diameter 0.9mm, inner diameter 0.63mm) filled with contrast agent. Three of five glass capillaries were filled with diluted Iopamilon 370 (iodine contrast agent, tenfold dilution was made by water), while other two capillaries were empty. These different types of capillaries were aligned alternately in a plate perpendicular to the beam. A sheet-like x-ray beam, with an energy slightly higher than 33.17keV, entered from left. Fluorescent x-rays from the contrast agent were recorded by an x-ray image intensifier as a 2D image. The capillaries look brighter in the left side because the x-ray was absorbed by the contrast agent.

参考文献：  
特になし。

論文発表状況・特許状況：  
特になし。

キーワード：  
fluorescence x-ray 蛍光X線  
pinhole optics ピンホール光学系  
angiography 血管造影