

X線タルボ干渉計による大視野位相CTイメージングを用いた 動脈硬化病変組成の評価

Evaluation of Atherosclerotic Plaque Components Using Wide-area Phase CT Imaging with X-ray Talbot Interferometer

篠原 正和、多和 秀人、武田 匡史、佐々木 直人、山下 智也、百生 敦*

Masakazu Shinohara, Hideto Tawa, Masafumi Takeda, Naoto Sasaki, Tomoya Yamashita, Atsushi Momose*

神戸大学大学院医学系研究科循環器内科学

*東京大学大学院新領域創成科学研究科物質系専攻

Division of Cardiovascular Medicine, Department of Internal Medicine,

Kobe University Graduate School of Medicine

*Department of Advanced Materials Science, Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo

背景：

冠動脈の動脈硬化プラーク軟部組織組成を画像評価することは、将来の急性心筋梗塞発症を予知するために有用であると考えられている。しかし現在臨床応用されているCT装置は吸収X線を用いた吸収イメージングであり、軟部組織に対する感度が低く、プラーク軟部組織組成を良好には評価出来ない。

近年、百生らによって位相差X線を用いたCTシステムが開発されてきた(1)。位相差X線による観察は、軟部組織に対する感度が通常の吸収X線による観察よりも極めて高い。我々は本法を用いて動脈硬化プラークの軟部組成評価の基礎研究を進めてきた。

2006A/B期では、マウス動脈硬化病変の観察を結晶X線干渉計による位相差X線CTを用いて行い、病変内の軟部組織の違いを明瞭に描出することが可能であった。また対応する組織学的評価から脂質沈着領域・膠原繊維領域・平滑筋領域の屈折率、すなわち物質密度も定量的に算出が可能であった(2)。

位相CTイメージングが動脈硬化病変の評価に有用であることがこれまでの実験で示唆されたが、結晶X線干渉計を用いた計測では大視野化に問題があることや、放射光線源から離れることが出来ないといった限界点があった。そこで2007A期において、Talbot干渉計を用いた位相CTイメージングによる動脈硬化病変の評価をBL20XUにおいて試みた。この実験にて talbot干渉計を用いた ex-vivo 位相イメージングにおいてもマウスの動脈硬化プラークが良好に描出可能であった。

2007A期の実験では視野角が5mm角という狭

い視野しか確保出来ないという限界点があった。今後ヒト冠動脈などより大きなサンプルの解析を行うため、予備実験として2007B期ではBL20B2において大視野Talbot干渉計を用いた位相イメージングを試みた。

実験の目的：

BL20B2において大視野Talbot干渉計による位相差X線CTを用い、動脈硬化プラーク組成を画像として評価する。

実験の方法：

BL20B2にて60mm×60mmの位相格子・干渉格子を用いたTalbot干渉計を構築した(Figure 1)。出来るだけ位相情報を感度良く測定するためX線波長は0.7Å(17.7keV)を使用し、格子間距離も長めの1003mmとした。検出器サイズの関係で撮影視野角は20mm×20mmとなった。1projectionあたり2secの露光時間を取り、180°あたり800撮影を行った。空間分解能は30μm程度の分解能が得られた。

将来ヒトの冠動脈のex-vivo撮影を計画しているため、動脈硬化サンプルとして動脈硬化モデルウサギ(WHHLMI rabbit)の胸部大動脈を用いた。ウサギ胸部大動脈は直径が約7~8mmでヒト冠動脈とほぼ同じサイズである。また将来的にはマウスin vivo撮影も念頭に置いているため、マウスのwhole body imagingも試みた。

実験の結果：

今回の実験がex-vivoではあるものの動脈硬化病変を大視野talbot干渉計で観察した初めての実験である。結晶X線干渉計に比較すると感度で

劣る面があるが、大視野化が実現しやすい・将来的に放射光以外の一般線源にも応用可能といった実用性での有利な点も多い。

Figure 2 にウサギ血管の位相差 X 線 CT イメージング、Figure 3 に同じ部位での吸収差 X 線 CT イメージングを示す。Figure 2 に示す位相差イメージングにおいては、周囲の中性緩衝ホルマリン液と血管組織との差が良好に描出されており、血管組織内においても種々の屈折率・物質密度を呈しており、内部軟部組織を反映していることが予想される。Figure 3 に示す吸収差イメージングにおいては、周囲の液体と血管組織との差が不明瞭であり、血管組織内においても一部石灰化らしき高吸収領域が描出されるのみで、軟部組織内の組成評価は難しい。現時点では対応する組織学的評価が行えていないが、物質密度の高い領域は平滑筋領域・膠原繊維領域、物質密度の低い領域は脂質沈着領域と予想される。

マウス whole body イメージングに関しては、体表に多数存在する毛からのアーチファクト・体内の骨からの強いアーチファクトがあり、現在の手技では評価可能な良好な画像を得ることが難しく、さらに個体内での凝血が組織物質密度に与えるアーチファクトを無視出来ない。今後体毛の脱毛処理・脱血処理等を行った上での位相イメージングの検討が必要である。

考察：

Talbot 干渉計を用いた広視野位相差 X 線イメージングを用いた動脈硬化プラークの観察によっても、ex-vivo ではあるが動脈硬化病変の内部軟部組織組成の鑑別が可能であった。しかしマウスといった小動物であっても whole body でのイメージングには今後、撮影条件の検討を要する。今後の実験は ex-vivo での動脈硬化サンプルの評価を行いつつ、whole body イメージングが可能となるような条件設定を検討して行きたい。

参考文献：

- (1) Momose A. et al. Nature Medicine 2, 473-475(1996).
- (2) Shinohara M. et al. American Journal of Physiology, Heart and Circulatory Physiology. 2008. *In press*.

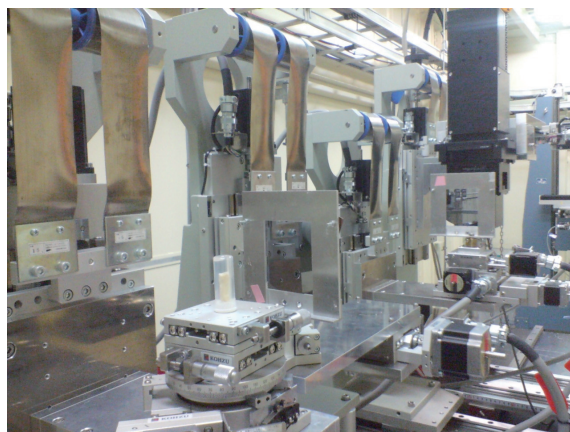


Figure 1

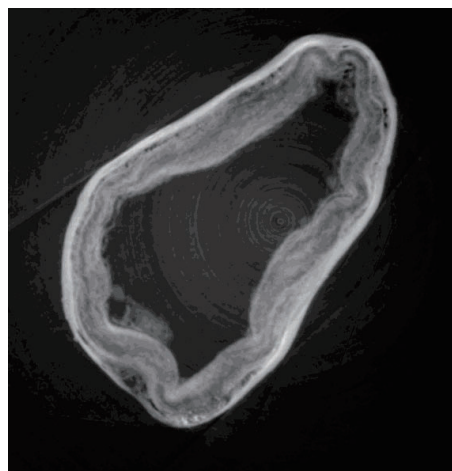


Figure 2

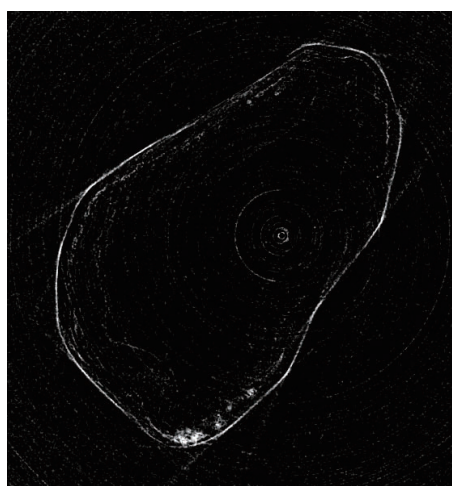


Figure 3