

# パラメトリック X 線の生物イメージングへの応用 —医用画像診断のブレークスルーを目指して—

日大理工研<sup>1</sup>, 日大量科研<sup>2</sup>, 日大松戸歯学部<sup>3</sup>, 日大総科研<sup>4</sup>

○高橋由美子<sup>1</sup>, 早川恭史<sup>2</sup>, 桑田隆生<sup>1</sup>, 寒河江登志朗<sup>3</sup>, 田中俊成<sup>2</sup>, 早川建<sup>2</sup>, 佐藤勇<sup>4</sup>

E-mail: yumikot@lebra.nihon-u.ac.jp

<http://www.lebra.nihon-u.ac.jp/index.html>

## 研究の概要

日本大学電子線利用研究施設 (Laboratory for Electron Beam Research and Application: LEBRA)ではパラメトリック X 線 (Parametric X-ray Radiation : PXR) という新 X 線源を用いた位相コントラストイメージング法を開発しました。この方法を使って従来の X 線撮影法では画像化が困難な生体器官標本の撮影に成功しました(図 1)。この成果はこれまで大規模な放射光施設での実験が主流であった位相コントラスト法を小規模施設でも実用化できる可能性を示唆しており、広く医療分野へと展開する上での足がかりとなることが期待されます。

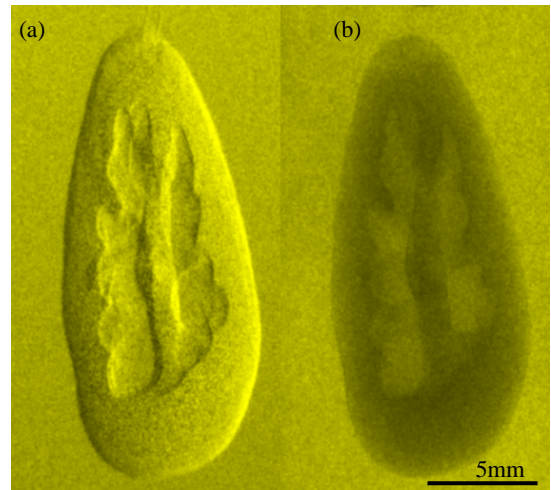


図1 LEBRA-PXRによるマウス腎臓標本のX線イメージ  
位相コントラスト像(a)では吸収コントラスト像(b)に比べ、軟組織の内部構造が明瞭に観察できる。  
X線エネルギー17.5 keV (波長0.071nm)。

## 研究の背景—レントゲンから 100 年後の革新、位相コントラストイメージング—



図2 1896年1月23日にレントゲンが撮ったX線写真(吸収コントラスト像)。Wikipediaより。  
X線の吸収能が高い骨や金属は良く見えるが、X線をあまり吸収しない皮膚や軟骨は写らない。

現代医療に欠かせない道具になっている各種 X 線撮影法(レントゲン、CT、マンモグラフィー等)は物質ごとの X 線吸収能の違いを影の濃淡として画像化する原理(吸収コントラスト:図2)に基づいていて、この原理は1895年のレントゲンによる X 線発見以来約100年間不変でした。近年、X線の波としての性質から物質を透過した X 線の波面が変形することを用いて画像化する位相コントラスト法が盛んに研究されています(図3)。この方法は吸収コントラスト法の苦手とする炭素・窒素・酸素などの軽元素からなる物質でも感度良く撮影できるため生体観察に向いており、軟骨の観察や組織変化(例えば正常組織中の癌組織)の識別など医療診断への活用が期待できます。しかし波面の変化は、通常は無視されるほど微小な量なので、あえてこれを検出するためには波面が揃った(コヒーレントな) X 線を照射する必要があります。このため現状では多くの場合大型放射光施設の利用が不可欠となっています。

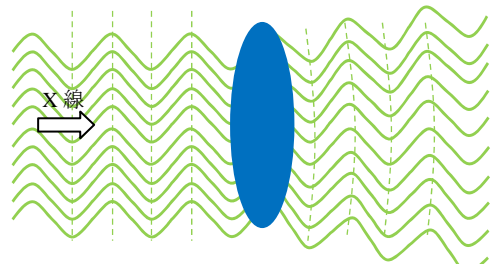


図3 物質透過による X 線波面(点線)の変化

## ポイント1-パラメトリック X 線 (PXR) -

### \*PXR とは？

相対性理論が適応される、光速に近い速さの荷電粒子が結晶のような周期構造を持つ物質に入射したときに生じる電磁放射現象です。X 線管や放射光とは全く異なる原理で発生します(図 4)。

### \*LEBRA-PXR

日大 LEBRA では全長約 15m の線形加速器を用い、エネルギー100MeV(1 億電子ボルト)に加速した電子をシリコン単結晶に入射して PXR を発生しています。

### \*世界初、PXR の実用応用

PXR は 1985 年にその存在が確認された新しい現象で、これまで実用的な光源として応用された例はほとんどありません。常設的な光源としては LEBRA での実験が世界でも唯一の成功例となっています。

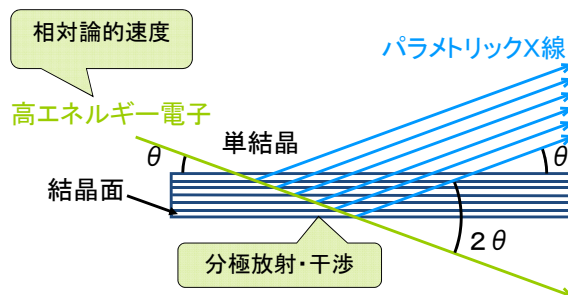


図 4 PXR の発生原理

## ポイント2-PXR が位相コントラストに適している理由-

\***コヒーレンス** : X 線管や放射光ではバラバラな波面をピンホールなどで整える必要があるのに対し、PXR は発生時点で波面の揃った波なので、そのまま位相コントラスト法への利用が可能です。

\***照射面積** : PXR は入射粒子のエネルギーに依存した角度幅で広がります。LEBRA-PXR では放射光の数十倍の角度幅があるので、X 線を飛ばす距離が短くても大きな照射面積が得られます。

\***単色性** : X 線管や放射光では様々な波長の X 線が混在しているのに対し、PXR は単一波長の X 線として発生し、任意の波長に設定できます (単色連続波長可変)。このため測定に最適な単一波長のみを照射でき、医療被曝を低減できる可能性も高いと言えます。

## 将来展望-医療応用の可能性-

位相コントラスト法により医用画像診断は大幅に改善される可能性があります。しかし、大型放射光施設が必要では誰でも気軽に使える状況とは言えません。本研究では PXR を光源とすることでコンパクトな光学系での位相コントラストイメージングが可能になりました。これによって病院等に設置できる汎用型の装置に発展できる可能性も高まりました(図 5)。

日大 LEBRA では本体長が 3m 程度の小型加速器も検討されています。実現すれば位相コントラストによる画像診断と単色 X 線による放射線治療が 1 台の X 線源で可能になり、病院や研究施設への普及も容易になると考えられます。現在では一部の機関でしか行えない初期癌の早期発見・治療といった高精度診断・放射線治療が将来的には小さな町の病院でもその場で行えるようになると期待がもたれています。

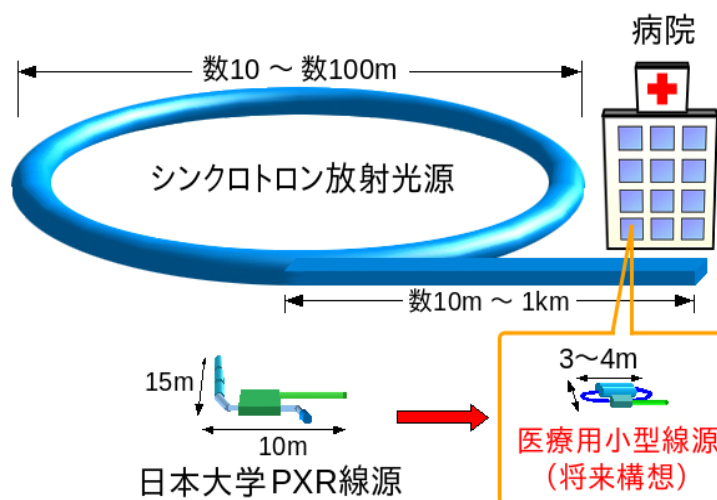


図 5 X 線源の小型化と医療への貢献