



Title	BNCT-SPECT 実現のための最適画像再構成法の検討
Author(s)	守實, 友梨
Citation	令和元（2019）年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2020
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/75987
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

2019年度大阪大学未来基金【住野勇財団】学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏名	もりざね ゆり 守實 友梨	学部 学科	工学部環境・エ ネルギー工学科	学年	2年
ふりがな 共同 研究者氏名	いがわ しげえ 井川 静恵	学部 学科	工学部環境・エ ネルギー工学科	学年	2年
	ささき あきら 佐々木 良		工学部応用理工 学科		1年
					年
アドバイザー教員 氏名	村田勲	所属	工学研究科		
研究課題名	BNCT-SPECT 実現のための最適画像再構成法の検討				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				
<p>1.研究目的</p> <p>がんは日本の国民病であり、様々な研究者ががん治療の確立を目指している。そんな中近年、ホウ素中性子捕捉療法(Boron Neutron Capture Therapy, BNCT)という放射線がん治療法が注目されている。今回は2018年度の研究に引き続き、そのBNCTの治療効果を、被写体を回転させず、二画面でリアルタイム測定する方法(画像再構成法)を確立するため、研究を行った。これは未だ解決されていない課題である。</p> <p>2.研究方法</p> <p>BNCTとは近年注目されている放射線がん治療法である。あらかじめがん患者の体内にホウ素化合物を蓄積させておき、そこに中性子を照射することで図1の核反応を起こす。この治療法では、ホウ素中性子捕捉反応で生じたα線と^7Liで内部からがん細胞を死滅させるものである。他の放射線治療法と異なり、α線と^7Liの飛距離はたかだか細胞1個分($10\mu\text{m}$)であるため、周りの正常細胞を傷つけることなく腫瘍細胞を殺すことが可能である。これにより、再発した場合でも、同一箇所を複数回治療できるというメリットもある。</p> <div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">がん細胞内で起こる^{10}Bと中性子の核反応</p> $^{10}\text{B} + n \rightarrow \alpha(1.47\text{MeV}) + ^7\text{Li}(0.84\text{MeV}) + \gamma(0.478\text{MeV})$ </div>					

図 1:BNCT の原理

今回の研究ではこの BNCT の治療効果を得ることを目指す。通常、臨床における測定は CT や SPECT を用いて、被写体もしくは検出器を 360° 回転させて行う。しかし BNCT は壁に固定されて治療を行うため、 360° 回することは不可能である。そのため現在、BNCT 用の SPECT 装置 (BNCT-SPECT) の研究が進められている。BNCT-SPECT の原理は図 2 に示す。大きい円を頭部、その中の赤い円を腫瘍細胞とみなす。いま腫瘍にホウ素が蓄積されおり、そこに中性子を照射すると、ホウ素と中性子の核反応が起り、副産物としてガンマ線が発生する。このガンマ線の強度を測定することで核反応の回数・すなわち BNCT の治療効果を得ることができる。今、ガンマ線の線源強度を N 、測定値を A 、誤差等を R とするとき以下のような連立方程式を立てることができる。

$$A_1 = R_{x1} \times N_1 + R_{x2} \times N_2 \quad (1)$$

$$A_2 = R_{x3} \times N_3 + R_{x4} \times N_4 \quad (2)$$

$$A_3 = R_{y1} \times N_1 + R_{y3} \times N_3 \quad (3)$$

$$A_4 = R_{y2} \times N_2 + R_{y4} \times N_4 \quad (4)$$

2018 年度の自主研究では、核反応で発生する 487keV のガンマ線の代わりに 662keV の ^{137}Cs を用いて実験を行い、画像再構成を試した。その結果、連立方程式を立てて解いた数学的解は真値と大きくかけ離れていた。そこで、条件付確率を用いて画像再構成を行う方法を提案し、より良い値を得ることができた。しかし、精度良く解けるのは、 $2\text{ マス} \times 2\text{ マス}$ の場合のみであり、劣問題、すなわち測定値と変数の数が合致しない 3×3 以上に拡張すると平均誤差 30% 以上と実際の治療現場で用いるには誤差がかなり大きくなつた。

今回の研究ではより臨床に近い実験装置を用意し体系を組み立て、その後条件付確率を応用させベイズ推定を用いて 49×49 マスにて測定を行い、画像再構成を行つた。 49 マスにする理由は、脳外科の医師等の要望が、空間分解能 5mm 程度であり、人体の頭部が 20 cm 直径程度であることに基づいている。 49×49 マスでは 2 画面測定・すなわち検出器を 90° 回転させることによってデータを得た。すなわち、データは、 $90/49^\circ$ 毎に取得することで、劣問題を回避している。 90° とする理由は、BNCT の場合、X 線 CT や SPECT のような診断ではなく治療であるため、制約が多く、 90° 程度の制限された角度範囲内の計測に限定されるためである。

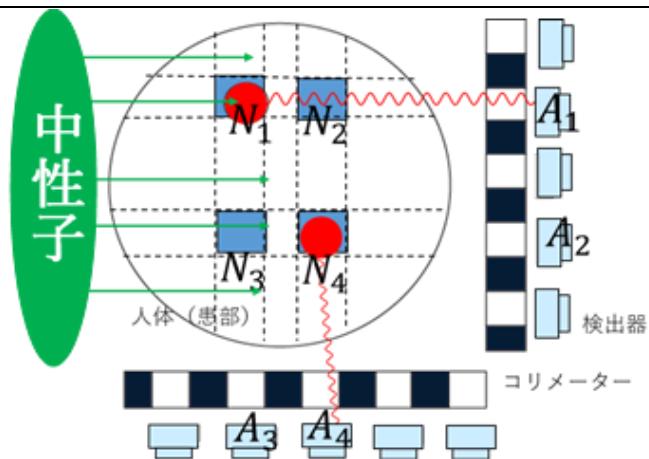


図 2:BNCT-SPECT の原理図

3.研究経過

図 3 に新規の実験装置を示す。今回は腫瘍サンプルを点線源から、体積線源を用いた。これは、福島県の ^{137}Cs が含まれる土壌であり、腫瘍を模擬している。検出器はサーベイメータよりも高度な CsI シンチレーション検出器を用いた。ファントムを構成するアクリル板の厚さについては、昨年度と異なり、腫瘍を模擬した線源の周りについては、4mm 厚さにすることで、空間分解能を上げた。

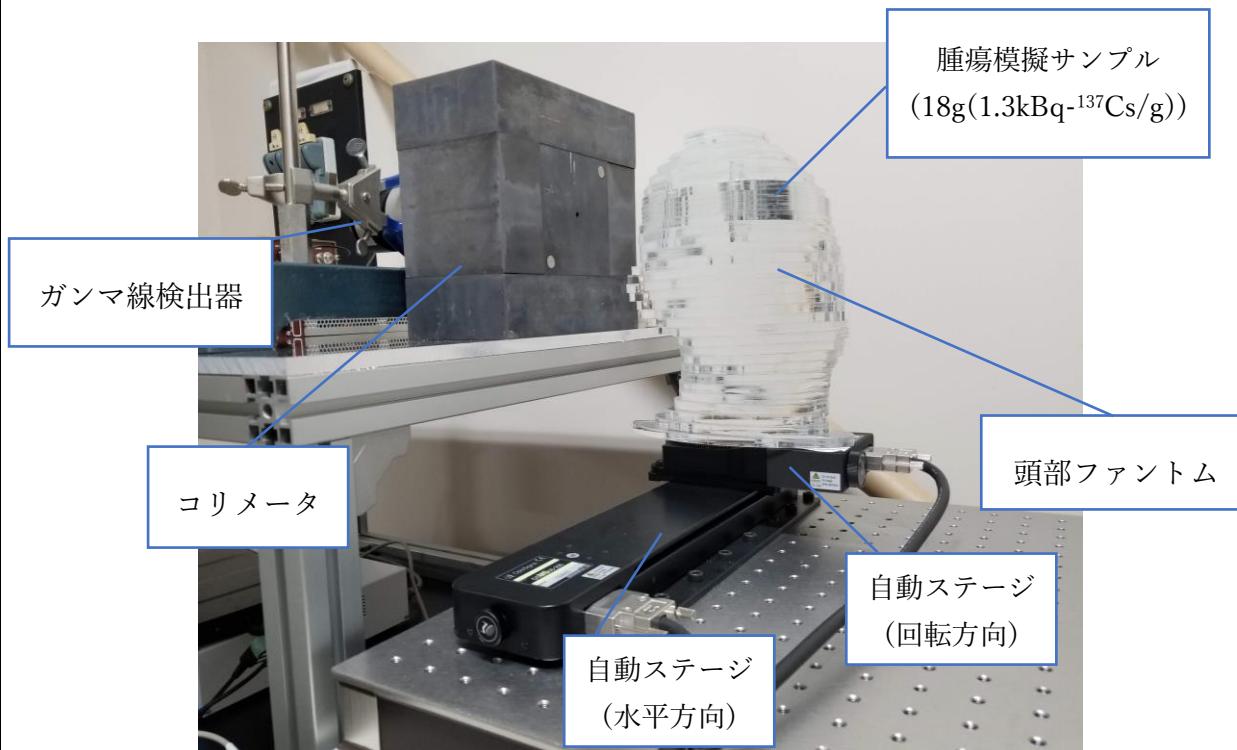


図 3:新しい実験体系

4.研究結果

図 3 の装置を用いて実際に測定を行った。今回は図 4 のように体積線源を 2 つ配置し、二画面各 49 マスずつ計測を行った。測定結果は、現在解析中であるが、まずは数値実験を行ったのでその結果を図 5・図 6 に示す。図 5 が真値であり、頭部内に 2 か所腫瘍を配置している。濃淡は、ホウ素濃度に対応している。これを 49 個の CsI 検出器からなる、コリメータ付きライン検出器 (BNCT-SPECT 装置のプロトタイプ) により計測し、Unfolding した結果が図 6 である。

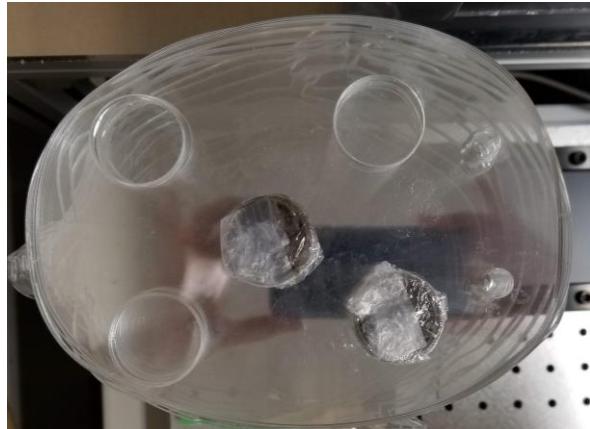


図 4:線源の配置の様子

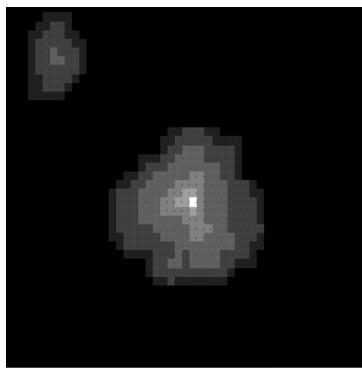


図 5:49×49 における真値

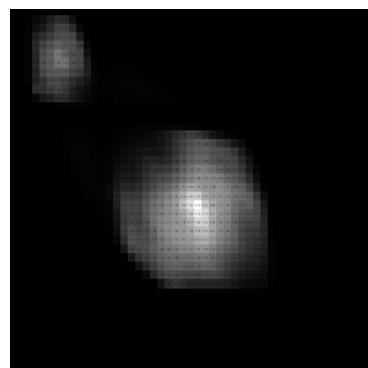


図 6:画像再構成結果

49×49 マス問題では 90° と少ない角度の測定でも、ベイズ推定を用いて真値とほぼ相違なく画像再構成が可能であった。ただし、現状は、検出器の統計誤差を含めていないため、統計誤差の大きさと結果の関係を調べる必要がある。

5.結論

BNCT 治療効果のリアルタイム画像再構成を行うため、2018 年度の自主研究に引き続き、より高精度な実験装置を組み立て、測定を行った。

今年度は新しい実験体系の構築を行い、より高精度な装置を用いて臨床を模擬した実験を行った。また並行して、49×49 マスの二画面での数値実験を実施した。その結果、高精度な画像再構成を行うことができた。今後はこの手法のみでなく様々な画像再構成を試行し最適方法の検討を行う。また、ベイズ推定法を用いて条件付確率による測定法を改良し、臨床に使える画像再構成法の検討を行う。