



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	CdTe半導体検出器を用いた散乱線エネルギースペクトルの測定および深層学習を用いた脳血流SPECT画像の予測に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	及川, 青亮
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第15818号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91850
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Joma_Oikawa_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（保健科学） 氏名：及川 青亮

審査委員	主査 教授	澤村 大輔
	副査 教授	横澤 宏一
	副査 准教授	杉森 博行

学位論文題名

CdTe 半導体検出器を用いた散乱線エネルギースペクトルの測定および深層学習を用いた脳血流 SPECT 画像の予測に関する研究

当審査は令和6年1月24日実施の公開発表にて行われた。（出席者70名）

本論文は放射線防護における生物学的影響の推定（第1章）および被ばく低減（第2章）の観点から臨床における職業被ばく、医療被ばくの検討を行ったものである。

第1章では臨床現場における散乱X線エネルギースペクトルの実測を行った。2011年の国際放射線防護委員会（international commission on radiological protection：ICRP）勧告による眼の水晶体の被ばく限度の引き下げを受け、2022年度より日本においても改正電離則が施行された。特に職業被ばくにおいて水晶体の被ばく線量が高い、インターベンショナルラジオロジー（interventional radiology：IVR）手技の従事者に着目した。当該ICRP勧告においては参考とされた疫学調査では、放射線誘発性白内障の発症に至るしきい線量が明確に定まらず、あくまでも規制においては「臨床的に明らかな組織損傷効果を防ぎ、容認できるレベルまで効果を制限することを目的として、水晶体にしきい値線量が設けられている」ことを取り上げた。これを基に、白内障の発症リスクの推定およびそのために必要である放射線誘発性白内障の発症機序を明らかにすることを研究における大きな指針として定めた。ここで、放射線障害における機序とは物理学的過程、化学的過程、生化学的過程、生物学的過程に分けられるとして、まず物理学的過程に焦点を当てた。

近年の研究において、物理学的過程は他の過程に比べ明瞭であるとしながらも、全ての過程の始点となる情報に不足があったとした。これは、臨床において被ばくする散乱X線のエネルギーに関する情報である。X線のエネルギーにより生物学的効果に差が生じることは既に多く報告されており、また眼の水晶体の構造を踏まえて局所的なエネルギー付与を考慮することが重要であることを示した。以上のことから、放射線防護におけるIVR従事者が浴びる散乱X線エネルギースペクトルの基準を示すことが目的として設定された。

第2章では深層学習を用いた画像の予測を行った。臨床における放射性医薬品であるラジオアイソトープによる被ばくについて触れ、深層学習による画像処理によってより低い投与線量による検査が可能であるかという疑問に端を発した。また臨床において投与線量を落とした検証は困

難とし、時間の短縮という面から検証は行われた。実際の臨床において、脳血流単一光子放射断層撮影(single photon emission computed tomography: SPECT)検査を受ける被検者は脳梗塞や認知症の疑いがあることが多く、長時間の検査に耐えられないケースも少なくない。そこで深層学習を用いた撮像時間の短縮を目的として各種画像生成モデルによる検証を行った。横断面スライスの画像を用いた検証ではモデルによって生成された画像と実際の撮像画像との比較において structural similarity (SSIM) の値によって十分な類似度を持たないとされた。この問題の解消法として 3D データの利用や解剖学的なセグメンテーションの利用をあげている。

本論文は放射線防護における課題解決に向けて、これまで行われてこなかった臨床現場における散乱 X 線エネルギースペクトルの実測を行ったものであり、臨床における職業被ばくのリスク低減に貴重な示唆を与えるものである。また、今後の発展が期待される撮像時間短縮を目的とした深層学習による脳画像生成モデルの確立においても更なる研究に繋がる重要な方法論的問題点を浮き彫りにした。本研究の成果は、いずれも今後の実臨床に直結するものであり、さらに他の視点より検証を重ねることにより診療放射線技師業務の安全性や効率化につながる知見が得られることが見込まれる。

よって本論文の著者は、北海道大学博士(保健科学)の学位を授与される資格あるものと認める。