



Title	放射線粒子輸送シミュレーションによるDNA二本鎖切断数の推定 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	吉井, 勇治
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第12015号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/59913">https://hdl.handle.net/2115/59913</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	Yuji_Yoshii_review.pdf, 審査の要旨



## 学 位 論 文 審 査 の 要 旨

保 健 科 学 専 攻	博 士 (保健科学)	氏 名	吉 井 勇 治
審 査 委 員	主 査 教 授	小 笠 原 克 彦	
	副 査 教 授	伊 達 広 行	
	副 査 准 教 授	坂 田 元 道	

### 学 位 論 文 題 名

#### 放射線粒子輸送シミュレーションによる DNA 二本鎖切断数の推定

現在、医療において放射線による診断や治療は欠かすことのできないものとなっている。その一方で、放射線診療による患者被ばく（医療被ばく）ががんリスクを増加させるという疫学調査の結果が報告されている。2011年の福島第一原発の事故以降、医療被ばくを含む放射線が人体に及ぼす影響に対する関心が高まり、放射線障害のメカニズムの解明が重要な研究課題となっている。診療用放射線は放射線治療の一部を除き、光子線（X線、 $\gamma$ 線）が用いられており、医療被ばくの大部分は光子線によるものである。光子線による生物学的影響を明らかにすることは、放射線診療を受ける患者の不安の軽減につながるものと考えられる。

本学位論文は、光子線による生物学的影響の解析を実現する手法として用いられるモンテカルロ法（MC法）によるシミュレーションの問題点を解決する物理的指標と計算モデルを提案し、X線による医療被ばくで生じるDNA二本鎖切断（DSB：double strand break）の発生を解析したものである。

第1章では、本研究を行った研究背景・過去の研究動向および目的について説明している。

第2章では、MC法における電子輸送シミュレーションのアルゴリズムや電子線の物質へのエネルギー付与における高密度領域の抽出アルゴリズムを解説するとともに、電子輸送のイベント事象の二点間距離に着目した新しい指標AI(Aggregation Index)の導入を試みている。その結果、AIを導入することにより、電子線の飛跡の形状に依存することのなく、ミクロレベルの放射線の物理的過程を定量的に評価することを可能とし、DSBが電子線トラックの近傍で発生することを明らかにしている。

第3章では、電離・励起事象の位置から算出したAI値を用いて電子線エネルギーとDSB発生率の関係を分析している。その結果、電子線エネルギーの違いによるAIとDSB発生率の変動の傾向が一致し、電子線の電離・励起の隣接する頻度がDSB数と密接な関係にあることが明らかにしている。これにより、物理的過程を考慮したAIが生物学的影響の一つであるDSBの数量を推定する指標の妥当性を明らかにし、シミュレーションの計算プロセス数の短縮を示している。

第4章では、X線自体に由来するDSB発生と二次電子に由来するDSB発生に分離して計算を行い、X線照射によるDSBの大部分が、二次電子に由来することを明らかにしている。次に高エネルギーX線の一例として放射線治療用6MVX線、低エネルギーX線の一例として乳房撮影用28kVpX線、基準放射線として200kVp X線とCo-60  $\gamma$ 線を取り上げ、生体にX線を照射したと

きに生成される DSB 数を推定し、それに基づく RBE を求め、細胞実験データと比較している。構築したモデルから評価された結果では、放射線治療用 6MVX 線の RBE は基準放射線より低く、乳房撮影用 28kVpX 線の RBE は基準放射線より高いことが分かり、それは細胞実験の結果との一致を示している。これらから、今回提案した物理的指標 AI を用いることにより、医療用 X 線による DSB をエンドポイントとする RBE を推定している。

第 5 章では、本研究で得られた成果を統合した考察がなされ、総括している。

これを要するに、著者は、従来の実現する手法として用いられるモンテカルロ法 (MC 法) による光子線による生物学的影響の解析の問題点を解決する物理的指標と計算モデルを提案したものであり、今後の医療被曝の推計とその信頼性の向上に対して貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、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。