



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	治療期間中の体内構造変化に対する適応陽子線治療に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	吉川, 優平
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16195号
Issue Date	2024-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93978
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yuhei_Kikkawa_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 (工学) 氏名 吉川 優平

審査担当者 主査 准教授 宮本 直樹
副査 教授 富岡 智
副査 教授 加美山 隆

学位論文題名

治療期間中の体内構造変化に対する適応陽子線治療に関する研究
(Studies on Adaptive Proton Therapy for Interfractional Anatomical Changes)

がんは我が国において主要な死因の1つであり、1981年から2024年現在まで全死因の中で最も死亡数が多く、そのため、有効な治療技術の研究開発が盛んに行われている。なかでも、近年臨床実用化された陽子線治療は、がんに対して照射した際に、ある深さ(体内飛程)において大きな線量を付与するという物理的特性を有しており、従来のX線による治療と比較して、より線量集中性の高い照射が可能であり、治療効果の向上や副作用の低減効果が期待されている。このような陽子線の利点を活かすためには、標的となるがんや、周囲の正常臓器の位置だけでなく、体表からみた各組織の体内飛程を治療計画時と合わせることが必要である。しかし現状では、治療計画時および治療時に、治療期間中の体内構造変化によって生じる飛程変化は考慮されておらず、線量誤差の要因となっている。本論文は、これら治療計画時および治療時の飛程変化に適応する技術の開発を目的としたものである。

第1章では、研究背景として、がんに対する陽子線治療における治療計画や患者位置決めなどの一般的な臨床的ワークフロー、および本論文の目的について述べている。

第2章では、本論文で利用する基本的な画像誘導患者位置決め原理、および線量計算アルゴリズムについて述べている。特に、本論文で提案されている体内構造変化の評価や患者位置決め技術において重要な指標となる水等価厚の計算方法について説明がなされている。

第3章では、治療計画時における体内構造変化への適応技術として、患者ごとに最適な照射角度を選択することを目的とした研究について述べている。膵臓がん症例を対象に、体内構造変化と照射角度の傾向を患者ごとに解析し、照射角度の選択が体内構造変化と線量分布に与える影響について述べている。全照射角度の体内構造変化と照射角度傾向を可視化することで、いくつかの異なる角度傾向がみられることを明らかにした。また、2つの治療計画による線量分布、線量体積ヒストグラム指標の比較評価から、体内構造変化が小さい照射角度を選択することで、体内構造変化に対してロバストな照射が可能であることを明らかにした。

第4章では、治療時における体内構造変化への適応技術として、体内構造変化に応じた移動量の補正とレンジシフト厚の調節を組み合わせた新しい患者位置決め手法に関する研究について述べている。従来の患者位置合わせ法と比較した結果、線量指標を基に定めた線量制約違反回数に改善が見られ、再治療計画の回数の低減につながることを明らかにした。

第5章では、論文の結論を述べている。本論文で提案された手法は、周囲の正常臓器への予期せぬ高線量付与を回避でき、膵臓以外の他の部位に対しても同様に適用可能であることから、得られ

た知見を基にさらに発展させ、治療期間中の体内構造変化に適応した陽子線治療の実現が期待される。

これを要するに、著者は、治療期間中の体内構造変化に対する適応陽子線治療の新知見を得たものであり、がんの陽子線治療の高精度化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(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。