

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 安井 啓祐

論 文 題 目

スポットスキヤニング陽子線治療における
物理コリメータの有用性の検討と臨床応用

論文審査担当者

主 査	名古屋大学教授	山本 誠一
	名古屋大学教授	磯田 治夫
	名古屋大学准教授	小森 雅孝

論文審査の結果の要旨

陽子線治療では、直径1 cm程度の陽子線を走査することにより標的腫瘍に線量を付与する、いわゆるスキヤニング法が照射野形成法の主流になりつつある。従来の拡大照射法と比べ、スキヤニング法は複雑な照射野の形成が可能であり、また中性子による被ばくが少ないなどの利点がある。しかし、現状の陽子線治療装置に使われるシンクロトロンは、エネルギーが70 MeV以下では安定したビーム強度の陽子線を供給することができない。そのため4 g/cm²以下の浅い領域における照射は、吸収体を配置することで陽子線のエネルギーを下げて行う必要がある。低いエネルギーの陽子線は、空気中で散乱されビーム径が拡大するうえに吸収体によってもビーム径が拡大し、半影領域の広がりによる線量分布の悪化を引き起こすという問題があった。

浅い領域の照射における線量分布を改善する手法として、吸収体と物理コリメータを併用することが考えられる。この手法は、吸収体を用いることで浅い領域の照射を可能にする一方で、物理コリメータを用いることで半影領域の広がりを抑え、線量分布を改善できる可能性がある。しかし吸収体と物理コリメータを併用したスキヤニング法の線量分布に関して、これまで詳細に検討されたことは無かった。

本研究では、吸収体と物理コリメータを併用した付属装置を、基本的な複数の照射野に対して試作し、半影領域における広がり指標である80% - 20%線量幅 (P80-20) を評価した。また強度変調陽子線治療の臨床例において、吸収体と物理コリメータを用いることによる標的周辺のリスク臓器への線量付与の低減を、標的線量の50%線量が付与される領域の体積 (50%線量域) を指標として評価した。

本研究の新知見と意義は、要約すると以下のとおりである。

1. 試作した吸収体と物理コリメータを併用した付属装置を用いることで、P80-20を30%~70%改善できることを明らかにした。
2. 陽子線治療計画装置は、吸収体と物理コリメータを用いた場合であっても、線量分布を精度よく計算していることを確認した。
3. 強度変調陽子線治療の症例に対して、吸収体と物理コリメータを用いることにより、50%線量域を1%~39%低減できることが分かった。したがって本手法は、標的周辺のリスク臓器に対する線量低減効果を有することが示唆された。

本研究は、スキヤニング法を用いた陽子線治療における、浅い部位の線量分布の改善に重要な知見を提供したと言える。

本研究成果は米国医学物理専門誌である *Medical Physics* (Five-Year Impact Factor: 2.9) に掲載された (K. Yasui, et al., A patient-specific aperture system with an energy absorber for spot scanning proton beams: Verification for clinical application, *Medical Physics* 42(12) 6999-7010, 2015)

以上の理由により、本研究は博士 (医療技術学) の学位を授与するに相応しい価値を有するものと評価した。