

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	松浦妙子
研究機関名	北海道大学大学院
所属部署名	工学研究院
役職名	教授
研究課題名	超小型音響センサを用いた生物学的適応型陽子線治療
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本年度は昨年度に引き続き、陽子線ブラッグピークを音源とする γ 波と金マーカに吸収された陽子線エネルギーを音源とする球面共振波に対する詳細な実験解析を進めた。 γ 波については高 SN 比を達成し、 <1 Gy にて音波ピークを十分観測できた。また、実測のビーム特性を取り入れたシミュレーションとのピーク時間差から TOF 法を用いて飛程検出誤差を求めたところ、サブミリの飛程同定が実現できた。一方で、球面共振波に関しては、十分な SN 比を得るために 5 Gy 程度の線量が必要であった。球面共振波については理論上、絶対圧力から飛程を予測可能であるが、現状の圧電係数に関する精度が十分ではなく、この方法は適用が難しい。そこで、飛程の異なる 2 種類のビームを使って、それらの残余飛程に対する信号勾配をシミュレーションと比較することで飛程検出する手法を考案した。この方法で計算された飛程位置の検出誤差は 1.6 mm であった。これは主に、金マーカ設置における位置誤差に起因すると考えられる。実臨床においては、金マーカは X 線透視でミリ精度に位置を同定することが可能であるため、この誤差はより小さく出来ると期待される。また、人体に近い音響特性を有する寒天ファントムを製作し、ファントム表面で音響波を計測する手法についての検討を開始した。光学ハイドロフォンを直接ファントムに結合させると音波の乱れが観測されたため、ハイドロフォン周囲を寒天で覆うようなセンサヘッドを製作したが、今後は耐久性などの課題を解決していく必要がある。

最後に、生物学的適応に向けて開発した生物物理モデルに関連した研究として、照射時間中の亜致死損傷回復を低減するための陽子線スキャニング照射法を検討した。前立腺に対する 2 門照射を想定したシミュレーションでは、照射するエネルギーレイヤーの順序を門ごとに反転させることで、腫瘍制御率が大きく改善できる可能性が示唆された。