

2022 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	准教授
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	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本年度は当初予定していた通り、2021 年度に構築したイオン音響波の模擬試験環境を用いて光学ハイドロフォンの基本性能試験を実施し、周波数感度、並進シフトに対する感度、回転に対する感度に対する計測を行った。周波数解析において、当初想定していた周波数 (1.52 MHz) 以外に複数の周波数ピークが見られたが、これは、陽子線とレーザーのエネルギー付与分布の違いに基づくものであると考えられる。並進移動に対する感度低下は従来型圧電素子が 58%/mm であるのに対して、光学ハイドロフォンは 12%/mm に抑えられ、位置ずれに対するロバスト性の大幅な改善が見られた。

陽子線試験に向けては、まずは音響波伝搬シミュレーションの構築を完了させ、昨年度計測した FFA 加速器で加速される陽子線特性 (陽子線線量分布やパルス幅、パルス形状) を取り込んだシミュレーション解析を実施した。シミュレーションにおいては、陽子線線量分布を Geant4 モンテカルロコードで計算し、これを初期圧力に変換して k-Wave シミュレーションコードにて音波の時間発展および周波数スペクトルの解析を行った。この結果をもとに、陽子線照射試験用データ収集回路を構築し、FFA を用いた試験を行った。試験においては、従来イオン音響波の実験に用いられてきた圧電素子型のハイドロフォンと比較し十分な信号対ノイズ比が確認でき (下図)、また限られた計測位置においては、サブミリの飛程検出精度が確認された。このため、世界初のレーザー干渉原理を用いたイオン音響波検出実験が成功したとして論文化した。また、後半で実施する生物学的適用に向けて生物物理モデルの研究を更に進め、論文化を行った。

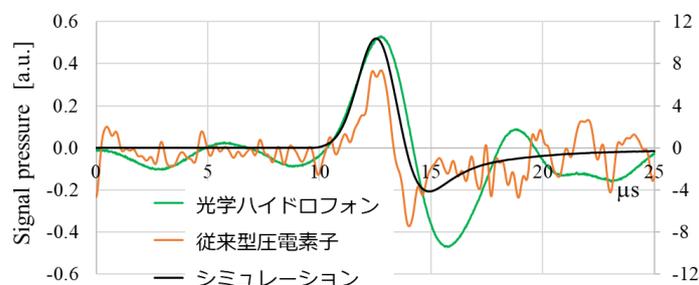


図 FFA 加速器で出射した陽子線から発生した音響波信号。光学ハイドロフォン (緑) は従来型圧電素子 (橙) と比較して信号対ノイズ比が大幅に改善された。