

研 究 報 告 書
令和5年度：B課題

2025 年 5月 13日

公益財団法人 がん研究振興財団

理事長 堀 田 知 光 殿

研究施設 山形大学大学院

住 所 山形県山形市飯田西2-2-2

研究者氏名 宮坂 友侑也

(研究課題)

重粒子線乳がん治療法の開発-新しいユニバーサル固定具・照射法の開発-

令和6年 4月 1日付助成金交付のあった標記B課題について研究が終了致しました
のでご報告いたします。

1. 研究背景・目的

乳がんは若年者でも罹患し、女性においては最も罹患率の高いがん種である。乳がんの根治治療には手術が一般的に用いられる。しかし、乳房にメスを入れることに抵抗がある患者も多く、また治療後の整容性やむくみといった症状に悩まされる患者も少なくない。これに対して、近年放射線治療の一種である重粒子線治療によって体にメスを入れることなく完治を目指す治療法が開発された。Karasawa らは乳がんの重粒子線治療の治療成績において良好な成績が確認されたことを報告し (Journal of Radiation Research, 2019)、現在も臨床試験が実施されている。このように重粒子線治療は体にメスを入れることなく根治を目指すことができる治療法としても期待されているが、治療時技術には多くの課題がある。重粒子線治療は日本に 7 施設、世界でも 15 施設程度でしか稼働しておらず、治療を検討できる施設が少ない。これにより、技術を成熟させるに足るだけの症例を重ねられず、これまでの乳がん重粒子線治療の治療方法やその技術的手法に関する報告はほとんどない。これは、乳がん重粒子線治療を高精度に達成するために大きな障害となる。特に、乳房は極めて柔らかく、簡単に可動、変形してしまう組織であり、乳房および乳がんを精度よく固定することは困難を極める。患部を精度よく固定できないとポンポイントに腫瘍を治療する重粒子線治療を成功させることができず、むしろ大きな副作用を引き起こす可能性もある。そこで、我々は乳房を効果的に固定するための新たな乳房用固定具の作成を実施した。本研究は、重粒子線乳がん治療において効果的かつ簡便に患部を固定するための新たなユニバーサル固定具を開発することを目的とした。

2. 方法

本研究における技術的ポイントは 3D プリンターを用いることである。数が少ないながら報告されている重粒子線乳がん治療における固定具は、きわめ

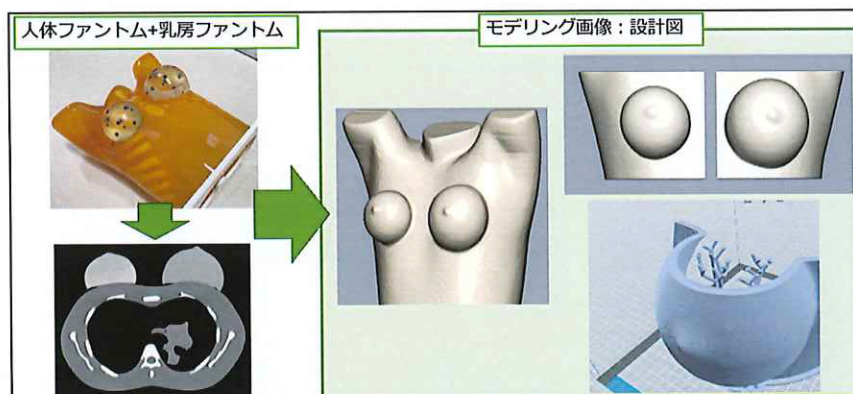


図 1 CT 画像から作成したボリュームレンダリング画像

て大掛かりで作成が難しい器具であった。また、この固定具作成の精度は作成を担当する診療放射線技師の技量に大きく依存し、これから新規に治療を開始する施設

においてこれを再現することは困難であろうと考えられた。そこで、我々は簡便かつ均質な固定具を作成するために 3D プリンターを活用した。人体上半身モデルに乳房模型を張り付けた女性胸部模型を作成した。この模型の CT 画像を取得し、この画像からボリュームレンダリングを実施し、3D プリンターで出力可能なデータを作成した(図 1)。作成したモデルから、3D プリンターにて PLA を素材として固定具を作成した。作成した固定具を女性胸部モデルにはめ込み、重粒子線治療装置に設置し、重粒子線治療で実際に実施する位置決めプロセスにおいての位置決め精度を評価した。

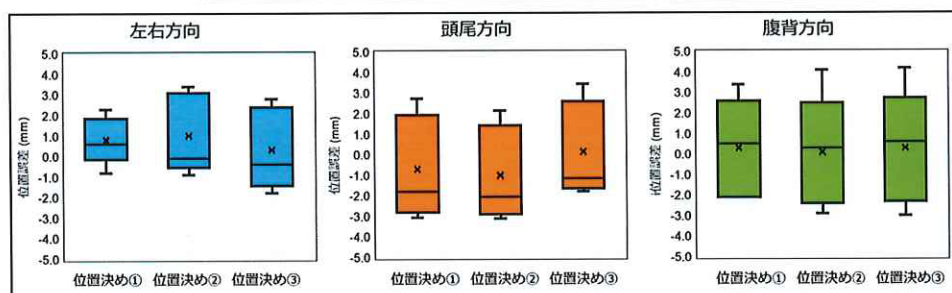
3. 結果

作成された乳房用固定具を図 2 に示す。作成された固定具は女性胸部モデルに設置可能であった。また、重粒子線治療を模擬した位置決め精度の結果を図 3 に示す。乳房モデル内に挿入したマーカーの位置精度は<5mm 以内を達成して



図 2 3D プリンターを用いて作成した乳房用固定具

おり、治療に十分耐えられる精度であることが明らかになった。この位置決め結果をもとに、治療の設計図である



治療計画を作成したところ、臨床的に許容可能な治療計画を作成することができた

図 2 固定具を使用した際の位置決め精度

4. 結語

3D プリンターを用いることで重粒子線乳がん治療用固定具を作成することができた。令和 7 年度より当院にて重粒子線乳がん治療の臨床試験を開始する。この治療に当たっては、今回開発した固定具を使用する予定である。今後はさらに重粒子線治療に適した素材、軽さや費用面などを考慮し、よりよい固定具の作成を目指していく。