

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 3 月 31 日現在

機関番号 : 12102  
研究種目 : 奨励研究  
研究期間 : 2019  
課題番号 : 19H00472  
研究課題名 : 放射線治療における高精度な測定を可能にする新しいファントムの開発

研究代表者  
額 純一 (Koketsu Junichi)  
筑波大学附属病院・放射線技師

交付決定額 (研究期間全体) (直接経費) : 530,000 円

## 研究成果の概要 :

本研究では、3D プリンターを利用することで、新しい不均質ファントムを作成し、放射線治療における線量測定精度を改善することを試みた。新ファントムの検証項目として、従来型ファントムの課題である方向依存性の確認を行った。また、更なる適応拡大のための初期検討として、様々な材質で実用レベルの造形が可能かを検証した。結果、方向依存性は実用可能レベルで小さく、プリント可能な材質としては、アクリル樹脂、シリコンゴムなど、硬度や、弾性が様々な材質でも作成可能であることを確認した。これにより、人体の他部位に応用可能になり、静態ファントムとしてだけではなく、動態ファントムとしての可能性も見出すことができた。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、汎用のファントムでは測定誤差が大きくなってしまいう不均質領域において、新しい形状のファントムを新規に提案している点にある。これにより線量計測精度を上げることが可能になれば、より精度の高い放射線治療を提供することが可能になるため、社会的意義も大きい。

## 研究分野 : 医学物理学

キーワード : 陽子線治療、QA、肺ファントム、3D プリンター、モンテカルロシミュレーション

## 1. 研究の目的

これまでに筆者は、肺の不均質構造を再現するために、「ボロノイ分割」等を応用して不均質構造ファントムを作成し、3D プリントすることで測定誤差を改善することに成功した。これにより一定の成果は得られたが、3D プリントの材質をゴムライクな素材に変更することで、呼吸の動きによる線量への影響も推定可能になり、更なる高精度な放射線治療が実現可能になると考えた。そこで、本研究では、肺の動きによる密度変化に対応可能な不均質構造ファントムを作成し、最適なファントムの条件とダイナミックな不均質構造が線量に与える影響の解析を目的とした。

## 2. 研究成果

(1) 肺の不均質構造を再現するために、「ボロノイ分割」等を応用して作成した不均質構造ファントムを作成し、ファントムの用途を拡大するのに必要な方向依存性について検証を実施した。従来型の密度のみ肺と同等なファントム (Uniform phantom, acrylic urethane resin,  $0.24 \text{ g/cm}^3$ ) と新しく作成した内部構造まで考慮した不均質構造ファントム (Voronoi lung phantom, acrylic urethane resin,  $0.24 \text{ g/cm}^3$ ) で比較を行った。方法としては、 $4 \text{ cm} * 4 \text{ cm} * 4 \text{ cm}$  の立方体をそれぞれの形状で 3D プリントし、ビーム入射面を変更して Percentage Depth Dose (PDD) を取得した。結果は図 1 に示す。これにより、Voronoi lung phantom は、入射面を変更してもグラフの形状が一致することから、方向依存性が小さいことがわかる。「ボロノイ分割」等を応用して作成した形状は、今後、実用的なファントムとして活用する際に、有用な形

状であることが示された。また、この結果について、関連する国際学会においても発表を行い、放射線治療部門において Best Poster 賞を受賞した。(EPSM & AOCMP 2019, Australia)

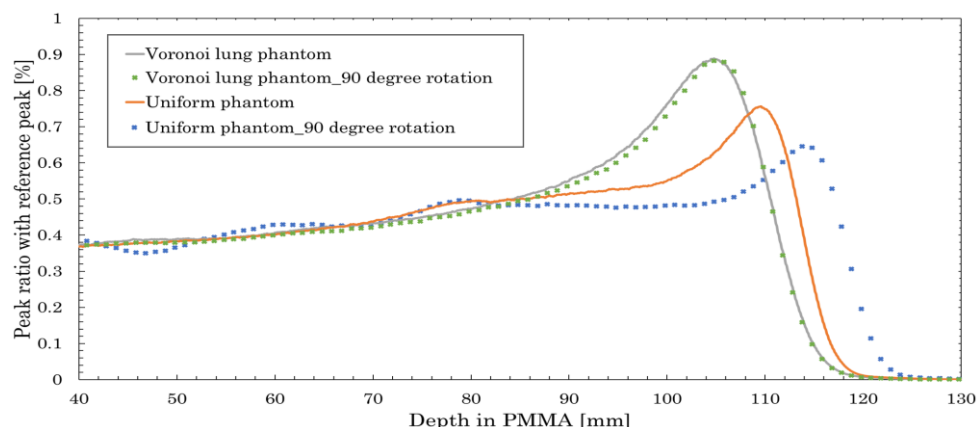
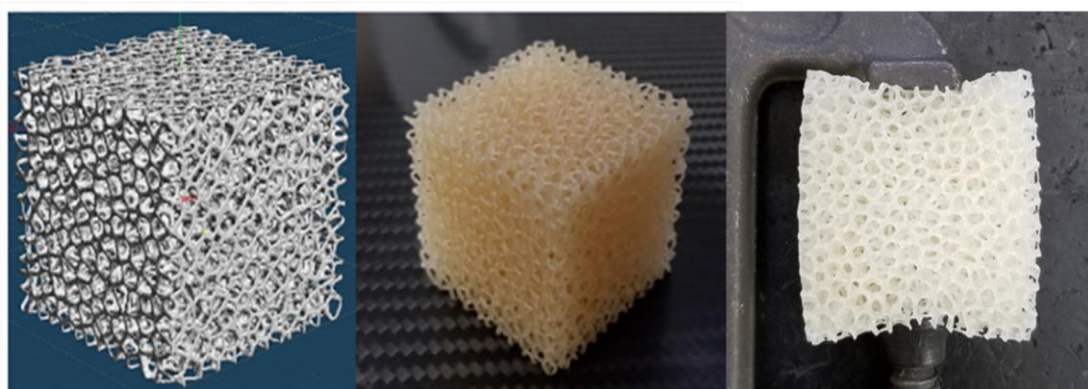


図 1 : 方向依存性の比較

(2) 設計したファントム形状が、有用なことが明らかになったため、更なる適応拡大に向けた初期検討として、様々な材質で実用レベルの造形が可能かを検証した。結果を図 2 に示す。プリント可能な材質としては、アクリル樹脂、シリコンゴムなど、硬度や、弾性が様々な材質でも作成できることを確認した。これにより、材質を変更することで、人体の様々な部位に応用が可能になり、静態ファントムとしてだけではなく、動態ファントムとしての可能性も見出すことができた。



(a)

(b)

(c)

図 2 : 作成したファントムの外観図、(a)は、「ボロノイ分割」等を応用して作成した不均質構造ファントムの設計データ。(b)は、設計データを元に、アクリル樹脂で作成した実物ファントム。(c)はシリコンゴムで作成した試作ファントム。弾性が高く、実際の肺により近い動きが期待できる。

### 3. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

①Junichi Koketsu, Hiroaki Kumada, Kenta Takada, Hideyuki Takei, Yutaro Mori, Satoshi Kamizawa, Yuchao Hu, Hideyuki Sakurai, Takeji Sakae, **3D-printable lung phantom for distal falloff verification of proton Bragg peak**, *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 査読有、vol:20:9、86-94 (2019)

DOI: 10.1002/acm2.12706

[学会発表] (計 1 件)

①Junichi Koketsu, Hiroaki Kumada, Hideyuki Takei, Yutaro Mori, Yosuke Yoshimura, Satoshi Kamizawa, Yuchao Hu, Takeji Sakae, **3-D-printable lung phantom for verification of proton Bragg peak deterioration**, *Engineering and Physical Sciences in Medicine Conference and Asia-Oceania Congress of Medical Physics 2019*, Pan Pacific Perth (Australia) 2019 年 10 月 28 日

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。