

○令和元年度奨励研究

「核医学画像標準化推進を目指した3Dプリンタ用ファントムデータの作製」

放射線技術科学科 助教 中島 修一

1. 研究目的

本研究の目的は核医学画像標準化推進を目指し、3Dプリンタ用ファントムデータ配信するための3Dプリンタ用設計データ作製を目的とする。3Dプリンタを用いることで、従来から使用されている市販のアクリル製ファントムでは実現しえなかった放射性同位元素を3次的に配置し、吸収・散乱について検証可能なファントムとなりうる可能性がある。しかし、画質評価に使用するファントムは高価であることや、作製できる構造に限界があることから全ての施設で目的に応じたファントムを配備することは困難な状況にある。本研究では、3Dプリンタを用いてファントムを作製することでファントムの低価格化を図り、3Dプリンタ用ファントムデータを一般に公開するために、幾何学的に構造物を配置したファントムデータを作製し、3Dプリンタで試作を行い、放射性同位元素を用いる核医学検査装置で使用可能な性能を持つものの検証を行う。

2. 研究方法

1) 3Dプリンタ用ファントム設計データ作製

ファントム設計データの作製は、Autodesk社製 Fusion 360を使用しStandard Triangulated Language (STL)形式で出力した。そして、ファントム設計データは、濃度分解能ファントム、画像歪み測定用ファントムの2種類を作製した。

2) 3Dプリンタによるファントム作製

濃度分解能ファントム作製には、熱溶解積層型3DプリンタMaker Bot社製 Replicator 2X を使用し、歪み測定用のファントムの作製には、光造形型3DプリンタHiEHA社製 3D SQ1を使用した。熱溶解積層型3Dプリンタにおける作製条件は表1、光造形型3Dプリンタによる造形条件は表2の通りとした。

3) 核医学診断装置による撮像

核医学診断装置での撮像はPhilips社製Bright ViewXを使用し、放射性同位元素は ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレータ(富士フイルム富山化学社製 ウルトラテクネカウ 925 MBq)から得た $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ を用いた。濃度分解能ファントムにおいては、100 kBq/mLの放射能濃度の $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ を満たし、コリメータはCHR (Cardiac High Resolution)を用いて、像時間300秒、マトリクスサイズ256×256、拡大率2.19倍でStatic像を撮像した。また、画像歪み測定用ファントムにおいては、100 kBq/mLの放射能濃度の $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ を満たし、コリメータはCHRを用いて、マトリクスサイズ256×256、Number of Angles 60度、Time/Angle 30秒でSPECT撮像を行った。そして、得られた画像はProminence Processor Version 3.1 (核医学画像処理技術カンファレンス)を用いて画像解析を行った。

3. 研究結果

1) 濃度分解能ファントム

図1に3Dプリンタで作製した濃度分解能ファントム(A, B)及び、核医学診断装置から得られた画像(C)を示す。図1に示す濃度分解能ファントムは、設計寸法より±1 mm以下となっており、作製精度は十分な物であった。そして、放射性同位元素の漏れ、滲み等は認められず、放射性同位元素を用いる核医学診断装置用ファントムとして、汚染などの問題もなく十分な安全性を持つことが分かった。そして、図1CのようにRegion of Interest (ROI)をとり、かくROIでの放射能濃度を測定した結果、直線性が保たれていた。

表 2 熱溶解型3Dプリンタ作製条件

Raft	Off
Support	Off
Layer Height	0.2 mm
Infill	20 %
Number of Shells	2
Material	Pxmalion ABS Filament
Extruder Temperature	230 °C
Platform Temperature	110 °C

表 2 光造形3Dプリンタ作製条件

	Burn-in Layers	Normal Layers
Raft	Off	
Support	Off	
Number of Layers	4	—
Material	HiEHA UV-Curing RESIN	
Layer Thickness	40 µm	100 µm
Cure Time	50 s	15 s

2) 画像歪み測定用ファントム

画像歪み測定用ファントムについては、設計寸法より $\pm 1\text{ mm}$ 以下の精度で作製されていた。しかし、ファントム側面にわずかなひび割れが認められたため、 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ を用いた撮像を行う際にエポキシ系パテで補修を行った上で撮像を行った。核医学診断装置を用いて得られたSPECT画像を図2Bに示す。図2B a-fは作製した画像歪み測定用ファントムの断面ごとに画像再構成を行い得られた画像を示す。設計図面通りの断面像が得られ、画像上で歪みは認められなかった。しかし、設計図面上では、正方形である構造物はやや丸みを帯びた画像となった。

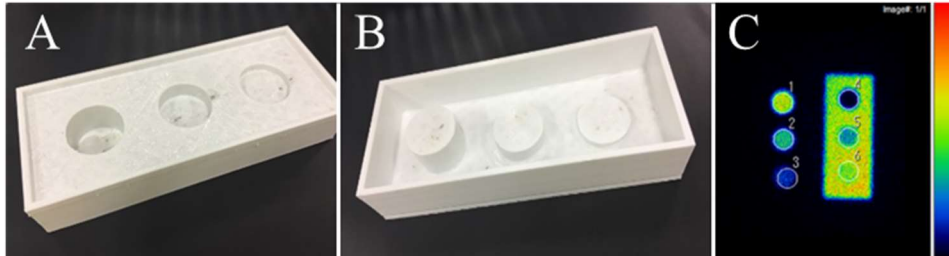


図 2 濃度分解能ファントム(A,B), 核医学診断装置から得た画像(C)

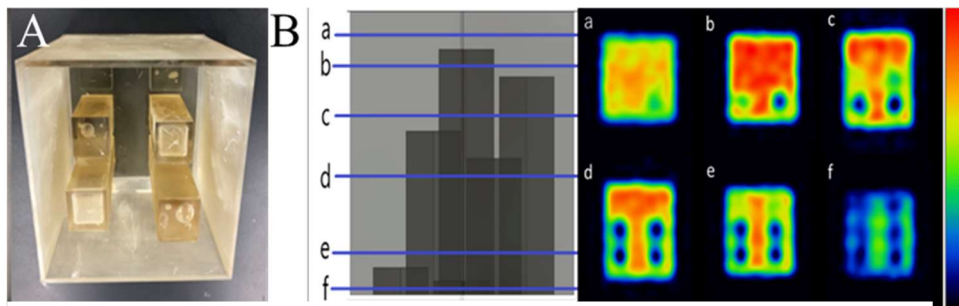


図 2 画像歪み測定用ファントム(A), 核医学診断装置から得た画像(B)

4. 考察(結論)

本研究で作製した核医学画像の標準化を目指したファントムを3Dプリンタで作製を行った所、作製精度 $\pm 1\text{ mm}$ 以下であり、核医学診断装置の空間分解能を超える精度を持つファントムが作製できた。また、放射性同位元素を用いることから、気密性を保つ必要があるが、作製したファントムは、放射性同位元素の漏洩もなく、撮像試験に耐える性能を持つことが示唆された。しかし、光造形型3Dプリンタを使用する際には、UVレジンにUV硬化させる必要があるが、硬化時間や温度など再検討する必要性があった。そして、市販されている画質評価ファントムにくらべ導入コストは約1/6程度であり大幅なコストダウンが図れた。3Dプリンタは診療報酬改定後に、画像等術前支援加算が算定できることから、今後さらに、3Dプリンタは多くの病院で利用が見込まれる。本研究で作製を試みた画質評価ファントムデータは、データベース化し一般に公開することで、国内外の多くの施設で統一したファントムを用いた品質管理試験を行うことが可能となり、核医学診断装置から出力される画像の標準化を図ることが可能であると思われる。そのことで1人の患者の経過を観察する際に、自施設と他施設での定量値の差や再構成画像の統一化が図れるものと考えられる。さらに、CTやMRIなどの核医学診断装置以外のモダリティでも応用可能なものと思われる。

5. 成果の発表(学会・論文等、予定を含む)

本研究の成果は令和2年度において、第59回自治体病院学会や、第60回日本核医学会などで成果発表を行う。

6. 参考文献

- 1) 村川圭三. 心筋SPECT 画像の現状と問題点. 日本心臓核医学会誌. 2017;19:(1)15-16.
- 2) 医科診療報酬点数表(診療報酬の算定方法の一部を改正する件:令和元年8月19日厚生労働省告示第八十五号)K939画像等手術支援加算.
- 3) 加藤広之, 神尾崇. 3Dプリント技術の外科的歯内治療マネージメントへの活用. 日歯内療誌 2016; 37:(2)97-105.
- 4) J. I. Gear, C. Long, D. Rushforth, S. J. Chittenden, C. Cummings, and G. D. Flux. Development of patient-specific molecular imaging phantoms using a 3D printer. Medical Physics 2014; 41:(8) 082502-1-3