

研究テーマ：エックス線画像学的に人体等価な模擬ファントムの開発に関する基礎研究	
研究代表者（職氏名）：吉田 彰（教授）	連絡先（E-mail 等）： ayosida@pu-hiroshima.ac.jp
共同研究者（職氏名）：中村 悟（助教）， 小濱千幸（JA 広島総合病院技師長）	

研究成果の概要

（１）背景と目的

申請者は、これまで X 線写真画像の画質評価を物理的および視覚的に研究してきた。その中で、X 線画像を生成する各種の撮影装置の性能を評価する場合、病変部あるいは目的部位の見えやすさで視覚的に装置やシステムの優劣を評価することがある。視覚評価では、実際の患者さんやボランティアの臨床画像を利用する場合があるが、被験者の X 線被曝や個体差の問題が生じる。また、評価する上で適当な病変をもつ患者さんの X 線画像を多数収集することが困難な場合もある。そのため、人体を模擬したファントムに人工的な病変を付加し、X 線撮影後、臨床写真に近い画像を得て視覚評価することも多い。ところが、従来から使われている市販の模擬ファントムは生体とは構造が異なるので、本来、見慣れた正常構造であるべきバックグラウンドが異常な画像となるため病変部位の観察実験に大きな影響を与える。

本研究は、X 線像を生成する通常の過程を逆に捉えて、生体の X 線写真像からデジタル的に濃度情報を取り出し、それをファントム材の厚さ情報に変換し、その厚さ情報を基にモデリングマシンでファントム材を切削することにより、人体と形態的に等価な X 線写真像を呈する模擬ファントムの開発を目的とする基礎研究である。

（２）研究実施状況の概要

モデリングマシンのドリル径の決定：ファントム切削用のモデリングマシンは、予算の関係上新規に購入できないため、本学に設置のドリル式モデリングマシンでどの程度の細やかな試作が可能か検討した。このとき、参考にしたのは、臨床で使用されている X 線撮像装置のピクセル幅である。一般撮影装置で、0.1~0.2mm、マンモ用撮影装置で 0.05~0.1mm である。このことから、ファントムの切削には、胸部ファントムでは 0.2mm、マンモファントムでは 0.1mm 以下の直径のボールエンドミルで切削することが望ましいことになる。ところが、そのような小さい径のドリルは、入手できないことと入手できてもファントムの材質によっては、すぐに折れるか磨耗してしまうため実際上使用できない。そこで、最終的な仕上げ加工のドリルの直径として 0.3mm を使用することにした。したがって、0.3mm 直径のドリルで試作した胸部ファントムの X 線写真像は、元の X 線像と比べると少しボケた像になることが予想される。なお、本学のモデリングマシンでマンモ用ファントムを試作することはほとんど無意味であるため、今回はシミュレーション用のデータを取得するだけにした。

ファントム材の材質の決定：ファントム材の厚さは、モデリングマシンのドリルの刃長の関係で厚過ぎても工作精度から薄過ぎてもいけなく、20~30mm 位が適当である。この厚さで、ファントム最大厚のとき最小厚の 1/100 以下になるような X 線減弱特性をもち、かつ 0.3mm 直径の

ドリルが折れないで磨耗しにくく工作のし易い材質を調査した。アルミニウム、アクリル、タフポーン、含鉛アクリルなどのさまざまな材質の減弱曲線を各管電圧ごとに測定し、その結果、含鉛アクリルが適当と結論した。

含鉛アクリル板の厚さを階段状に変えて厚さとX線量の関係をX線減弱曲線として求めた。また、X線量と写真濃度との関係曲線（特性曲線）も測定した。

ボランティアの胸部臨床X線写真フィルムを高精細レーザースキャナーでコンピュータに取り込み、濃度データを収集した。その際、ピクセルサイズ0.2mm、1760×1760マトリックス、8bitでデータを取り込んだ。

二次元濃度データを特性曲線からX線強度分布データに変換し、次いで強度分布データを減弱曲線から含鉛アクリルの二次元の厚さデータに変換した。

二次元の厚さデータをコンピュータを介してモデリングマシンに転送し、含鉛アクリル板を精密に切削した。その際、ボールエンドミルの直径をまず6mmで荒加工し、続いて3mm、1mmで中荒加工し、最後に0.3mmで仕上げ加工した。

作製した模擬ファントムをX線撮影し、その画像が、もとの臨床X線写真画像をどの程度再現しているか検証した。

胸部模擬ファントムの結果より、臨床乳房X線写真像からマンモグラフィ用模擬ファントムを開発する際の問題点を検討した。

(3) 研究成果

従来より使用されてきた市販の胸部ファントムは、肋骨や脊柱などの人骨あるいは人造骨と犬の血管に造影剤を注入したものをポリウレタン樹脂の中に入れて作製されている。一体あたり数百万円もする非常に高価なファントムである。ところが、そのX線写真像をみると、肺血管の走行は、生体のX線写真像とはかなり異なっており、血管の辺縁もくっきりと鮮明に写し出され過ぎており、臨床写真を見慣れた目には現実感に欠ける。この傾向は、他の部位、すなわち、大動脈弓、心臓、横隔膜の辺縁でも同様にみられる。それに対して、今回作製した模擬ファントムの胸部X線写真像では、元のボランティアのX線写真像と比較すると少しボケてはいるが、元の画像の雰囲気・感じはよく出ている。市販の胸部ファントムにみられるような明らかに人体とは異なる“異常な”X線像とはなっていない。ただ、やはり、3mmのドリルを使用しているため、画像を拡大すればもっとボケが露わになってくる。0.2mm以下の小さい直径のドリルを使用できるマシンかドリルを使わない、例えばレーザーを使用するマシンなどで模擬ファントムが作製できれば「エックス線画像学的に人体等価な模擬ファントム」の開発は可能であろう。ドリル径の問題は、今回は作製できなかったマンモ用模擬ファントムでは決定的である。ただし、これは技術的な問題であり、原理的に新しい模擬ファントムを作製できる可能性を示したことに価値がある。

本研究により、ピクセルサイズと同程度の細やかさで切削できるモデリングマシンを使用すれば、市販の高価な模擬ファントムとは異なり、元のX線写真像とほぼ同等な像が得られる新しい模擬ファントム作製法を原理的に示すことができた。