



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	深層学習を用いた医用画像データからの患者体重推定に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	市川, 翔太
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第15817号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91848
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shota_Ichikawa_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（保健科学）

氏名：市川 翔太

学位論文題名

深層学習を用いた医用画像データからの患者体重推定に関する研究

患者体重は、X線 computed tomography (CT) 検査の被ばく線量管理や造影剤投与量の決定において重要な指標である。しかしながら、救急医療を中心として、体重計を使用した測定や問診時に患者から聴取することが困難な場合がある。また、体重測定に要する僅かな時間の損失が患者の予後に大きく影響し、体重測定にともなう医療従事者の負担は救急医療のマンパワー不足を加速させる恐れがある。このような状況に対応するため、臨床現場では医療従事者が目視で推定した体重が代わりに用いられているが、その精度は十分ではない。そこで、画像診断のために取得された医用画像を副次的に活用し、深層学習を用いて高精度かつ即時に患者体重を推定することを着想した。本論文では、深層学習を用いた医用画像からの患者体重推定およびその応用に関する以下の4つの研究を実施した。

1) 深層学習による CT 位置決め画像を用いた患者体重推定手法の提案

CT 位置決め画像は、撮影範囲の決定、読影の際のスライス位置の確認、照射線量を変調させて線量低減を図る技術である CT automatic exposure control で使用する被写体情報の収集を目的に撮影される画像である。胸部および腹部の CT 位置決め画像と実測した患者体重を対として教師あり学習を行い、CT 位置決め画像から患者体重を直接推定できる深層学習モデルを構築した。結果として、平均絶対誤差 (mean absolute error : MAE) が胸部 CT 位置決め画像で 2.75 kg、腹部 CT 位置決め画像で 4.77 kg となった。実測体重から ± 5 kg 以内の誤差であった受診者の割合は、胸部 CT 位置決め画像で 82.3%、腹部 CT 位置決め画像で 56.7% であり、腹部 CT 位置決め画像を用いる場合よりも胸部 CT 位置決め画像を用いた場合のほうが、高い推定精度が得られることが明らかになった。

2) 深層学習を用いた患者体重推定手法の胸部単純 X 線写真への応用

胸部単純 X 線写真は、画像診断の中でも最も普及している検査法である。単純 X 線写真と CT 位置決め画像はどちらも身体の前方向を透過した X 線減弱の程度を平面画像に表したものであるという点で類似しており、深層学習による体重推定手法を胸部単純 X 線写真へ応用することで、提案手法の汎用性の向上を目指した。また、性差による X 線減弱特性の違いを考慮し、男女別モデルと男女混合モデルの2種類のモデルを作成し、精度を比較した。結果として、男女混合モデルの MAE は女性に対して 2.69 kg、男性に対して 3.14 kg であった。一方、男女別モデルの MAE は女性に対して 2.63 kg、男性に対して 3.35 kg であった。以上の結果から、深層学習を用いた医用画像データからの体重推定手法は、胸部単純 X 線写真に対しても応用可能であること、モデル構築の際に性別を考慮する効果は小さいことが明らかになった。

3) CT 横断像を用いた患者体重の推定：断面積測定法と深層学習の評価

単一の CT 横断像を用いて、身長や体重などの形態学的指標、皮下脂肪や内臓脂肪などの体組成を評価する試みが行われてきた。患者体重に関しては、第三腰椎レベル中央の CT 横断像で手動により計測された断面積を入力とする線形回帰により、推定可能であることが報告されている。しかし、この線形回帰モデルの適用は第三腰椎レベルの CT 横断像に限定されるため、腹部 X 線 CT 検査または躯幹部 X 線 CT 検査を受けた患者にのみ適用可能である。また、手動による計測は臨床応用の観点から望ましくない。そこで、躯幹部 CT のさまざまなスライス位置の横断像に対して、断面積を自動的に算出する画像処理方法を提案し、スライス位置ごとに体重推定用の線形回帰モデルを求めた。同時に、1) および 2) で検証した深層学習を用いた手法も検証した。結果として、線形回帰モデルを用いた場合は、第五胸椎レベルの CT 横断像における断面積を入力とした場合の MAE が 5.39 kg であり、最も精度が高かった。一方、深層学習モデルを用いた場合は、第五腰椎レベルの CT 横断像を入力した場合の MAE が 6.72 kg であり、最も精度が高かった。以上の結果より、断面積を入力とする線形回帰モデルと、CT 画像から直接患者体重を推定する深層学習モデルにおいて、患者体重を推定するための最適なスライス位置が明らかになった。

4) X 線 CT 検査における体重不詳患者の被ばく線量管理

X 線 CT 検査の被ばく線量管理において、深層学習を用いて医用画像データから算出した推定体重が、実測体重の代替として使用可能であるかについて検討した。具体的には、深層学習を用いて胸部 CT 位置決め画像から算出した推定体重と実測体重に基づいた体重群別に胸部 X 線 CT 撮影の線量指標を比較したところ、実測体重を用いた場合と推定体重を用いた場合で同等の結果が得られた。また、個々の患者の線量評価をより正確に行うために、患者の体格を考慮した SSDE (size-specific dose estimates) の使用が推奨されているが、SSDE を用いた線量評価のためには専用の被ばく線量管理ソフトウェアを使用する必要がある点や、患者の身体が有効視野外となるような場合には、SSDE の算出に必要な実効直径や水等量直径を正確に求めることが困難になる点が課題として残されている。そこで、実測体重または推定体重と実効直径の換算式を作成し、SSDE 算出の簡略化を試みたところ、実測体重を用いた場合と推定体重を用いた場合で同等の SSDE を算出可能であることが示された。

以上、本研究の成果は、深層学習を用いることで画像診断のために取得された医用画像データから患者体重という新たな情報を引き出すことができることを明らかにしたものであり、医用画像データに付加価値をもたらすものである。算出された推定体重は、胸部 X 線 CT 撮影における被ばく線量管理において、実測体重の代替と成り得ることが示された。提案手法は、体重情報が不詳である成人患者の体重を高精度かつ即時に推定可能であり、臨床現場における X 線 CT 検査の被ばく線量管理や造影剤投与量の決定に活用されることが期待される。