



|              |                                                                                                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 2D-3D reconstruction of distal forearm bone from actual X-ray images of the wrist using convolutional neural networks                                 |
| Author(s)    | 塩出, 亮哉                                                                                                                                                |
| Citation     | 大阪大学, 2022, 博士論文                                                                                                                                      |
| Version Type |                                                                                                                                                       |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/87901">https://hdl.handle.net/11094/87901</a>                                                                   |
| rights       |                                                                                                                                                       |
| Note         | やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨  
Synopsis of Thesis

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名<br>Name                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 塩出 亮哉                                                                                                                                                                  |
| 論文題名<br>Title                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2D-3D reconstruction of distal forearm bone from actual X-ray images of the wrist using convolutional neural networks (畳み込みニューラルネットワークを用いた手関節単純X線画像から前腕骨遠位の2次元-3次元再構成) |
| <p>論文内容の要旨</p> <p>〔目的(Purpose)〕</p> <p>高精度の3次元（以下3D）コンピュータ骨モデル（以下3D骨モデル）は、Computer navigation systemsを使用する手術や患者適合型ガイドを用いる手術、Computer simulationによる動態解析など、術中支援や術前計画などに幅広く使用されている。こうした高精度の3D骨モデルの生成にはCT画像（以下CT）が必須であるが、医療コストや放射線被曝の問題がある。これらの問題を解決するために、2次元画像である単純X線画像（以下Xp）から3D骨モデルを構築する方法（以下2D3D reconstruction）が研究されてきた。従来方法は、多数のCTから生成した統計学的平均形状モデルをXpに重ね合わせて、最適な3D形状になるように変形させる手法であったが、初期位置合わせや計算に莫大な時間がかかり、実用的とは言えなかった。そこで、我々は人工知能（以下AI）を用いて、CTを用いず、Xpから直接高精度の3D骨モデルを推定する手法の開発を目的とした。</p> <p>〔方法ならびに成績(Methods/Results)〕</p> <p><u>方法</u>：AIの学習に用いるデータとして、過去に我々が集積した前腕遠位部の健常のCT（173例）と対応する手関節Xp正面像（105例）のデータセットを用意した。推定は2段階で行い、2D3D reconstructionを行うネットワークと画像変換を行うネットワークを組み合わせた。2D3D reconstructionにおいては家具の写真から家具の3次元モデルを推定する研究で開発されたconvolutional neural networks の一種であるTL-netを用いた。学習に使用する2次元データとして、3DCTから作成した2D擬似X線画像（以下DRR）を使用した。DRRを用いることで、任意にデータ拡張が可能となる。173のCTデータから、3DCTと対応するDRRの6,920のデータセットを構築し学習を行い、DRRから3D骨モデルを推定可能とした。次に画像変換のネットワークにおいてはGenerative Adversarial Networkの1種であるpix2pixを用いた。33のCTとXpにデータセットから、手関節Xpと対応するDRRの3,300のデータセットを構築し学習を行い、手関節XpからDRR様画像への画像変換を行った。2つのネットワークを用いて手関節XpからDRR様画像への画像変換を行い、DRR様画像から3D骨モデルが推定可能となった。2D3D reconstructionの精度検証にはground truthを3DCTとして、Average symmetric Surface Distance（以下ASD）法を用いた。</p> <p><u>結果</u>：手関節Xp正面像から推定した3D骨モデルは、橈骨、尺骨それぞれASD 1.05±0.36mm、1.45±0.41mmの精度であった。</p> <p>〔総括(Conclusion)〕</p> <p>AIを使用することで、Xpから直接高精度の3D骨モデルが推定可能となった。今後ネットワークの改良により、さらなる精度向上を目指すとともに、疾患例や、別の骨に適応を広げることで実臨床への応用を目指す予定である。本研究はCT撮影を不要とすることで、社会全体として放射線被曝量および医療費の低減に大きく貢献する可能性がある。</p> |                                                                                                                                                                        |

論文審査の結果の要旨及び担当者

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------|
| (申請者氏名) 塩出 亮哉                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |                       |
| 論文審査担当者                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | (職) | 氏 名                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 主 査 | 大阪大学教授<br>岡田 誠司       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 副 査 | 大阪大学教授<br>中田 研        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 副 査 | 大阪大学寄附講座教授<br>菅 本 一 臣 |
| 論文審査の結果の要旨                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |                       |
| <p>CTから生成される3次元骨モデルは、特に整形外科領域において広く使用され、治療成績の向上に寄与してきたが、放射線被曝や医療費の増加という問題が懸念事項である。本研究は、写真データから立体形状を推定構築する人工知能研究をベースとして構築したネットワークを用いて、単純X線画像とそれに対応するCT画像のデータセットを人工知能に学習させることにより、2次元画像である単純X線画像からCT撮影を経ずに正確な3次元骨モデルを再構成する画期的な新規技術である。手関節単純X線画像1枚のみから高精度な3次元骨モデルが推定可能となっている。現在は正常手関節の骨のみの適応であるが、今後、全身の骨や疾患例に適応を広げることで、社会全体としてCT撮影回数減による放射線被曝量および医療費の低減に大きく貢献する可能性がある研究と考えられ、学位の授与に値すると考えられる。</p> |     |                       |