

様式 C-7-1

令和元年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

| | | | | |
|----------|----|---------------|------|-------|
| 所属研究機関名称 | | 奈良先端科学技術大学院大学 | 機関番号 | 14603 |
| 研究代表者 | 部局 | 先端科学技術研究科 | | |
| | 職 | 教授 | | |
| | 氏名 | 佐藤 嘉伸 | | |

1. 研究種目名 基盤研究(A)(一般) 2. 課題番号 19H01176

3. 研究課題名 深層学習、シミュレーション、統計モデルを融合した人工股関節手術の意思決定支援

4. 研究期間 令和元年度～令和4年度 5. 領域番号・区分 -

6. 研究実績の概要

1. 人工股関節手術の過去症例DBを構築した。具体的には、以下のDBを整備した。(1)原画像DB(術前術後・経過観察CT・X線画像)、(2)臨床情報DB(インプラント術前計画、術中設置データ)、(3)解剖情報DB(原画像DBから、深層学習に基づく画像認識による筋骨格と人工関節モデルデータ)

2. 患者解剖の自動認識：原画像DBから解剖情報DBを自動構築するため、深層学習を最大限活用した以下のツールの第1バージョンを開発した。(1)術前CT画像からの筋骨格認識および不確実性の出力、(2)金属アーチファクトを含む術後CT画像からの人工関節・筋骨格認識、(3)CT画像からの解剖学的特徴点検出、(4)2次元X線画像からの筋骨格3次元復元(これにより、2次元X線画像のみから3次元解剖に基づく手術計画・関節機能解析を行う)

3. 疾患モデル構築：新規患者の術前解剖から疾患進行に伴う解剖変化(骨変形・筋萎縮変性・走行変化)を予測する疾患モデルを開発するため、解剖情報DB中の疾患股関節の左右で疾患進行度の異なる股関節CTデータを学習データとして準備した。

4. 手術モデル構築：手術モデルを構成する(1)手術暗黙知統計モデル、(2)術後関節機能評価モデル、(3)術後経過予測モデルを開発するため、解剖情報DB中の術前術後の筋骨格解剖、および臨床情報DB中の手術計画・ログ(人工関節機種、サイズ、位置・角度、ネック長・角度等の手術パラメータのデータ)の学習データ整備を進めた。機能計測に向けて、手術計画時、術後の関節可動域計測ツールの開発を進めた。

5. 意思決定支援：新規患者の術前データと復元された解剖データから、手術暗黙知統計モデルにより手術パラメータの範囲を得て、その中から多目的最適化でパレート解(最適候補)を得る方法を検討した。

7. キーワード

筋肉セグメンテーション 金属アーチファクト削減 筋萎縮 筋変性 関節可動域

8. 現在までの進捗状況

区分 (1)当初の計画以上に進展している。

理由

術前CT画像からの筋肉セグメンテーションだけでなく不確実性を出力するBayesian U-net法を開発し、不確実性がセグメンテーション精度の予測に有用であることを実証できた。この成果は、IEEE Transactions on Medical Imaging (IF 7.816)に採択された。術前画像のみならず、術後の金属アーチファクトにより乱された術後画像からも、既存手法とU-netを組み合わせることで高精度の筋骨格認識を可能にし、手術モデル開発のための術後データ整備の基盤技術が整った。この成果は、Journal of Signal Processing Systemsに採択された。さらに、疾患モデル開発の基盤となる疾患進行データとして、CT画像からセグメンテーションされた個別の筋肉の萎縮と変性を計測し、罹患側と非罹患側で有意な変化を明らかにした。この成果は、Journal of Orthopaedic Scienceに採択された。本研究を進めるにあたり、基盤となる3つの成果が1年目で雑誌論文として採択されたことは、当初の計画以上の進展と言える。

3版

9. 今後の研究の推進方策

1. 症例DB: 人工股関節手術の過去症例DBを拡充する。倫理審査更新、新承認を得て、大阪大学病院の2015年以降の症例追加、国立大阪医療センターの新規DB構築を行う。それぞれ500~1000例程度を予定する。
 2. 患者解剖の自動認識: 深層学習を最大限活用した以下の方法を拡張、検証する。(1)大腿骨下端までであった術前CT画像からの筋骨格認識を下肢全体に拡張する。(2)金属アーチファクトを含む術後CT画像からの人工関節・筋骨格認識精度および不確実性との相関を実画像で検証する。(3)2次元X線画像からの筋骨格3次元情報復元について、各解剖構造の分離、および骨密度分布の推定を行う方法を開発する。
 3. 疾患モデル構築: 疾患モデルについて、左右で疾患進行度の異なる股関節の各筋肉の体積の左右差計測から、筋肉・骨の形状とCT値分布に基づく左右差統計モデルに拡張する。左右差の統計モデルから、股関節全体の疾患進行モデルを構築する方法を検討する。これらのモデルに基づき疾患進行に基づく筋骨格形状・CT値分布の変化(骨変形、筋萎縮変性・走行変化)を予測する方法を検討する。
 4. 手術モデル構築: 術後CT画像からの推定した人工関節パラメータ、関節可動域に加えて、術後経過データ(QOLスコア、機能計測、合併症等)を関連づけたDBを整備する。これらのDBを用いて、術前データから手術(人工関節パラメータ)および術後の解剖・関節機能(関節可動域等)を予測するモデルを構築する。
 5. 意思決定支援: 疾患進行の予測、手術および術後解剖・機能の予測を組み合わせた手術に関する意思決定支援の設計方針を検討する。疾患進行に伴う骨変形や筋萎縮、人工関節の耐用年数、術後の運動機能・リハビリなどを総合的に評価し、患者にも意思決定のための情報提供を行える方式を検討する。

10. 研究発表(令和元年度の研究成果)

[雑誌論文] 計6件(うち査読付論文 5件/うち国際共著論文 0件/うちオープンアクセス 0件)

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Hiasa Yuta, Otake Yoshito, Takao Masaki, Ogawa Takeshi, Sugano Nobuhiko, Sato Yoshinobu | 4. 巻 39 |
| 2. 論文標題 Automated Muscle Segmentation from Clinical CT Using Bayesian U-Net for Personalized Musculoskeletal Modeling | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Transactions on Medical Imaging | 6. 最初と最後の頁 1030-1040 |
| 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMI.2019.2940555 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Sakamoto M, Hiasa Y, Otake Y, Takao M, Suzuki Y, Sugano N, Sato Y. | 4. 巻 92 |
| 2. 論文標題 Bayesian segmentation of hip and thigh muscles in metal artifact-contaminated CT using convolutional neural network-enhanced normalized metal artifact reductio | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Signal Processing Systems | 6. 最初と最後の頁 335-344 |
| 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s11265-019-01507-z | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Tani T, Takao M, Uemura K, Otake Y, Hamada H, Ando W, Sato Y, Sugano N. | 4. 巻 38(3) |
| 2. 論文標題 Posterior Pelvic Tilt From Supine to Standing in Patients With Symptomatic Developmental Dysplasia of the Hip | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Orthopaedic Research | 6. 最初と最後の頁 578-587 |
| 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jor.24484 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Ogawa T, Takao M, Otake Y, Yokota F, Hamada H, Sakai T, Sato Y, Sugano N. | 4. 巻 25(1) |
| 2. 論文標題 Validation study of the CT-based cross-sectional evaluation of muscular atrophy and fatty degeneration around the pelvis and the femur | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Orthopaedic Science | 6. 最初と最後の頁 139-144 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jos.2019.02.004 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 Jodeiri A, Zoroofi RA, Hiasa Y, Takao M, Sugano N, Yoshinobu S, Otake Y. | 4. 巻 184 |
| 2. 論文標題 Fully automatic estimation of pelvic sagittal inclination from anterior-posterior radiography image using deep learning framework | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Computer Methods and Programs in Biomedicine | 6. 最初と最後の頁 105282 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cmpb.2019.105282 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 日朝 祐太、大竹 義人、松岡 拓未、高尾 正樹、菅野 伸彦、佐藤 嘉伸 | 4. 巻 37 |
| 2. 論文標題 GANを用いた実X線画像からの疑似X線画像変換 骨盤傾斜角推定手法の実画像への適用 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Medical Imaging Technology | 6. 最初と最後の頁 125-129 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.11409/mit.37.125 | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 中西直樹, 日朝祐太, 大竹義人, 高尾正樹, 菅野伸彦, 佐藤嘉伸 |
| 2. 発表標題 CycleGAN を用いた単純 X 線画像からの下肢筋骨格領域抽出の初期検討 |
| 3. 学会等名 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア |
| 4. 発表年 2019年 |

【研究代表者・所属研究機関控】

日本学術振興会に紙媒体で提出する必要はありません。

3版

〔図書〕 計0件

1 1 . 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件 / うち取得0件）

1 2 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 3 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

-

1 4 . 備考

-