

様 式 C - 7 - 1

令和2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. 過去症例DBについて以下を進めた。(1)臨床情報DBについて、インプラント機種別の整備を行った。(2)解剖情報DBについて、学習（正解）データ拡充に向けて、筋肉自動認識結果を修正することで大幅に正解データ作成時間の短縮が行えることを確認し、100例以上の正解データ追加の見通しを得た。

2. 患者解剖の自動認識ツールについて以下を進めた。(1)術前CT画像からの筋骨格認識を「骨盤から膝まで」を「下肢全体」へ拡張するための予備実験を行った。(2)術前CT画像から、骨密度測定用ファントムの自動認識・キャリブレーションにより骨密度分布推定の精密化を図った。(3)術前CT画像の不確実性推定の実用的利用の評価を行った。(4)術後CT画像からの人工関節の認識およびその検証を行った。(5)2次元X線画像からの筋骨格3次元復元の一部として、各骨格・筋肉の分離法の検証を行った。

3. 疾患モデル構築について、100例以上の患者CT画像の自動認識を行い、各筋肉の萎縮・変性について評価した。筋肉の自動認識結果を評価し、疾患モデル構築のために自動認識結果をそのまま用いると、認識誤差のため、疾患状態が十分に反映されないことが想定されたため、自動認識結果をマニュアルで修正した後、構築することとした。

4. 手術モデル構築について、関節可動域計測ツールの開発を完了した。術後CT画像から自動認識した骨格モデル上に立案した人工関節設置計画に対して、複数の関節運動を想定して可動域を推定した。どの運動においても、マニュアルで作成した骨格モデルとほぼ同等に、可動域推定が行えることを確認した。

5. 意思決定支援について、術前の筋肉評価（疾患状態評価）から、術後の運動機能が予測できる可能性（手術時期の決定支援等、手術の意思決定に利用できる可能性）を検討した。

## 7. キーワード

筋肉セグメンテーション 筋萎縮 筋変性 関節可動域 骨密度

## 8. 現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。

理由  
術前CT画像からの骨格・筋肉の自動認識結果を、次の段階の疾患モデル・手術モデルの構築に、どこまで、そのまま使えるか？ そのまま使えない場合は、マニュアルの修正がどの程度必要か？ について、明確な見通しが得られた点で、一つの意味のある進展が得られたと考える。骨格については、関節可動域計測が、自動認識結果からも、マニュアルトレース作成の場合と同等に推定できたことで、CT画像のみから自動手術計画を立案、および、そのための学習データ自動生成が行える見通しが得られた。筋肉については、自動認識では十分でないが、一定のマニュアル作業量で、これまで利用されていなかった個々の筋肉の萎縮・変性情報をモデル化できる見通しを得た。これらの結果は、まだ、論文として発表できていないが、学会発表では、疾患モデル構築のための筋肉評価の発表で「最優秀演題賞」（岩佐ほか、第47回日本股関節学会学術集会）を受賞しており、当初の計画どおりに進捗していると考えている。

1 版

9. 今後の研究の推進方策

1. 症例DB：(1) AIの学習・検証の強化のため、CT画像の患者解剖認識の正解データを増強する。昨年度までに開発したAIによる患者解剖自動認識結果を修正することで、効率的に正解データを作成する。(2)本研究のAIシステムが提供する精度予測情報を用いて、AIの認識結果向上に必要な正解データを効率的に作成する方法を検討する。(3)同一患者の術前・術後の筋骨格および術後の人工関節を認識した縦断DBを構築する。(4)コロナ禍で見合わせていた国立大阪医療センターの新規DB構築について、状況を鑑みながら慎重に進める。

2. 患者解剖の自動認識：(1)CT装置の機種、撮影条件、再構成条件の違いに対応した解剖認識AIを構築する。(2)同一患者の術前・術後の筋骨格/人工関節を認識した縦断DBを構築するため、人工関節認識(位置・姿勢推定)、術前・術後の骨格位置合わせ等、縦断変化のデータ化に必要な認識・解析システムを構築する。(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・骨密度分布の推定に加えて、骨格の形状復元・個別筋肉の筋肉量推定を行うシステムを開発する。

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筋骨格左右差統計モデル、疾患進行モデルの開発を進める。歩行運動の解析・その生体力学的解析の検討も進める。

4. 手術モデル構築：同一患者の術前・術後の縦断DBを学習データとして、術前CT画像から術後の筋骨格解剖・人工関節設置状態・術後QOLスコアを予測・最適化するAIシステムの開発に着手する。

5. 意思決定支援：以上DB・モデル・システムを用いて、患者のライフステージ・ライフスタイルの要素を考慮した意思決定支援システムの検討を進める。

10. 研究発表(令和2年度の研究成果)

〔雑誌論文〕 計1件(うち査読付論文 1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 Uemura Keisuke, Otake Yoshito, Takao Masaki, Soufi Mazen, Kawasaki Akihiro, Sugano Nobuhiko, Sato Yoshinobu	4. 巻 -
2. 論文標題 Automated segmentation of an intensity calibration phantom in clinical CT images using a convolutional neural network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11548-021-02345-w	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 -

〔学会発表〕 計9件(うち招待講演 2件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Yoshinobu Sato
2. 発表標題 Deep learning in musculoskeletal image analysis: Big data analysis and cross-modality adaptation
3. 学会等名 2020 Annual CITI Symposium Institute of Medical Robotics(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 嘉伸, 大竹 義人, 日朝 祐太, 上村 圭亮, 高尾 正樹, 菅野 伸彦
2. 発表標題 AIを活用した計算解剖学と手術データサイエンス
3. 学会等名 第35回日本整形外科学会基礎学術集会、基礎研究に裏づけられた臨床応用「外科手術支援ロボットの開発と整形外科臨床への導入」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akihiro Kawasaki, Yoshito Otake, Keisuke Uemura, Masaki Takao, Nobuhiko Sugano, Yoshinobu Sato
2. 発表標題 Statistical Analysis of Sacral Bone Density using a CNN-based Atlas Creation on a Large-scale CT database
3. 学会等名 International Society for Computer Assisted Orthopaedic Surgery (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩佐 諒、高尾 正樹、大竹 義人、濱田 英敏、安藤 渉、高木 啓至、佐藤 嘉伸、菅野 伸彦
2. 発表標題 THA術前の股関節周囲筋萎縮及び変性と術後早期身体機能との関連
3. 学会等名 第47回日本股関節学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤嘉伸
2. 発表標題 運動器の多元計算解剖学
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 槇野大樹、大竹義人、上村圭亮、高尾正樹、菅野伸彦、佐藤嘉伸
2. 発表標題 Bayesian U-netを用いた股関節疾患症例CT画像からの三次元骨形状の抽出
3. 学会等名 医用画像研究会
4. 発表年 2020年

1 版

1. 発表者名 上村圭亮、大竹義人、岡本昌士、徳永邦彦、高尾正樹、菅野伸彦、佐藤嘉伸
2. 発表標題 Bayesian U-netを用いた股関節形成不全症例の筋萎縮の評価
3. 学会等名 第29回コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩佐諒、高尾正樹、大竹義人、高木啓至、濱田英敏、安藤渉、佐藤嘉伸、菅野伸彦
2. 発表標題 Artificial intelligenceを用いた変形性股関節症患者の股関節周囲筋評価
3. 学会等名 第29回コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷哲郎、高尾正樹、Soufi Mazen、濱田英敏、安藤渉、大竹義人、佐藤嘉伸、菅野英彦
2. 発表標題 立位MRI装置を用いた臥位から立位の男女別仙腸関節動態の検討
3. 学会等名 第29回コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2020年

〔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

-