

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	准教授		
	氏名	大竹 義人		

1. 研究種目名 基盤研究(B)(一般) 2. 課題番号 20H04550

3. 研究課題名 人工関節患者の筋骨格動態四次元認識システムの開発

4. 研究期間 令和2年度～令和4年度 5. 領域番号・区分 -

6. 研究実績の概要

本年度は4つの小目的のうち、以下の3つの項目について研究を進めた。

- 高忠実性筋骨格解剖バイオメカモデルの構築：研究代表者らが以前発表したCT画像から筋線維走行を推定する手法[Otake et al. MICCAI2018]を、腱や靭帯線維にも適用可能かを検証するための予備実験を行った。また、同様の手法を下肢全体に拡張するための準備として、これまで対象としていなかった下腿部の筋肉の自動セグメンテーションを行うための学習データセットの構築を行った。
- 医用画像データベースに基づく個体間解剖バリエーションの推定：平島（研究分担者）が開発するDef Muscle（三次元的な筋変形をシミュレーション可能なプラットフォーム）モデルを患者個別の解剖学形状に適應するためのファイルフォーマットの共有および予備実験を行った。下肢のCT画像から手でセグメンテーションした筋骨格形状（20症例）に対して、それぞれの筋肉・骨格表面の距離誤差を最小化するように非剛体位置合わせを行い、得られた変形場を用いてDef Muscleモデルの筋線維走行を変形させた。
- 筋骨格の動態変形バリエーションの推定：田中（研究分担者）の協力により、7名のボランティアを対象に、足部のCTとX線動画像から複数の骨の三次元動態を認識するシステムを構築した。足部の動態解析ではこれまで足根骨の一部のみを対象とした解析しか行われていないが、小さな骨に対しても頑健にCTとX線画像の位置合わせが行える研究代表者が開発したアルゴリズムにより、中足骨（足の前後方向のアーチを構成する骨）を含めた動態解析を初めて実現した。これにより、診断・リハビリテーション計画支援への実用可能性が大きく広がった。また、非侵襲に動作データを取得可能なマーカーレスモーションキャプチャシステムを購入し、健常ボランティアを対象とした試験運用を開始した。

7. キーワード

患者個別筋骨格モデリング 四次元動態認識 人工関節患者 X線動画像 非侵襲筋骨格動態計測

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
大規模なCT画像解析における一つの基盤技術として、輝度値のキャリブレーション（密度既知のファントムを患者と同時に撮影した画像からファントム部分のみを抽出し、輝度値vs密度の校正直線を求める操作）を自動化し、実際に大規模データベースで検証を行った成果が、International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery (IF:2.473)に採択された。また、大規模CTデータベースから仙骨の個体間解剖バリエーションを統計解析した結果が国際会議（Computer Assisted Orthopedic Surgery）に採択された。CT画像からの下腿部筋肉の自動セグメンテーションの実証結果を国内会議（日本医用画像工学会）、X線投影像から個別の筋肉・骨格を分離するアルゴリズム、CTとX線画像を用いた足部骨格の動態解析、OpenSim（ひも状に簡易化した筋肉モデルによる筋骨格シミュレーションプラットフォーム）を用いた個別化筋線維モデルの妥当性の検証、の3件について国内研究会（電子情報通信学会医用画像研究会）で発表した。本研究を進めるにあたり、基盤となる研究成果が雑誌論文、国際・国内会議で採択されたことから、おおむね順調に進展していると考えられる。ただし、当初はプロジェクト開始後できるだけ早急に購入し運用を開始する予定だったマーカーレスモーションキャプチャシステム（Theia3D）については、新型コロナウイルス感染症蔓延の影響から購入手続きが遅れ、納品が年度末近くになってしまったため、今年度は試験運用のみに留まった点は当初の計画と異なる。来年度前半に早急に、高尾・菅野（研究分担者）の協力により、大阪大学整形外科において本格運用を開始し、人工関節設置後患者の動作解析を開始する予定である。

2 版

9. 今後の研究の推進方策

1.高忠実性筋骨格解剖バイオメカモデルの構築：深層学習を最大限活用し、以下の項目について拡張・検証をする。(1)下肢全体の遺体の連続切片断層画像データセット (Visible Korean Human dataset) から腱・靭帯線維を自動抽出する深層学習モデルを構築し、研究代表者らが開発した筋線維トラクトグラフィと同様の手法で腱と靭帯を含めた高忠実性モデルを構築する。(2)これまで大腿骨下端までを対象としていたモデル構築を下肢全体に拡張する。(3)線維走行の妥当性の検証のため、関節動作時の各線維のモーメントアーム変化を解析する。
 2.医用画像データベースに基づく個体間解剖バリエーションの推定：大阪大学整形外科の協力で構築した1000症例以上の人工股関節患者のCTデータベースを用いてDef Muscleモデルの被験者個別化の可能性を検証する。特に、深層学習による全自動セグメンテーションの結果に対して本手法が適用可能か検討する。
 3.筋骨格の動態変形バリエーションの推定：足部に関しては、CTとX線動画像を用いた骨格動態認識システムを、田中（研究分担者）の協力により多数の患者で検証し、診断・リハビリテーション計画に使える実用的なレベルにする。また、CT画像から筋肉を含めたセグメンテーションをし、動作時の筋変形を認識する手法を検討する。股関節に関しては、大阪大学整形外科で人工股関節患者を対象に本格運用を開始するマーカーレスモーションキャプチャと、X線動画像とを同時計測可能な環境を構築し、複数の患者で計測データを蓄積する。
 4.筋骨格動態四次元認識AIの構築と医用画像を用いた評価：1～3で構築した患者個別バイオメカニクスモデルと解剖・動態の学習データベースをもとに、患者のCT画像とX線動画像、あるいはビデオ画像から各時点での筋骨格の三次元形状を推論する深層学習モデルを構築する。

10. 研究発表（令和2年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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, K., Otake, Y., Takao, M., Soufi, M., Kawasaki, A., Sugano, N., & Sato, Y.	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 -

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 Reduction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Sign Process Syst	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） 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 Tetsuro Tani, Masaki Takao, Keisuke Uemura, Yoshito Otake, Hidetoshi Hamada, Wataru Ando, Yoshinobu Sato, Nobuhiko Sugano	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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

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 Masaki Takao, Yoshito Otake, Yuki Tanaka, Makoto Iwasa, Keisuke Uemura, Kento Aida, Shinichi Sato, Akihiro Nishie, Yoshinobu Sato, Nobuhiko Sugano
2. 発表標題 Measurement of Pelvic Tilt in the Supine Position of 12,523 CT Data Sets using Artificial Intelligence
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 Mazen Soufi, Yoshito Otake, Takuma Miyamoto Yasuhiro Tanaka, Keisuke Uemura, Masaki Takao, Nobuhiko Sugano, Yoshinobu Sato
2. 発表標題 Automated segmentation of musculoskeletal structures from CT image of lower leg: toward personalized musculoskeletal sciences
3. 学会等名 日本医用画像学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keisuke Uemura, Yoshito Otake, Akihiro Kawasaki, Mazen Soufi, Masaki Takao, Nobuhiko Sugano, Yoshinobu Sato
2. 発表標題 Automated segmentation of an intensity calibration phantom to quantify bone mineral density of the femur from clinical CT images
3. 学会等名 日本医用画像学会
4. 発表年 2020年

2 版

1. 発表者名 大竹 義人, スーフィ・マーゼン, 上村 圭亮, 高尾 正樹, 菅野 伸彦, 佐藤 嘉伸
2. 発表標題 大規模 C T データベースと深層学習による整形外科手術支援
3. 学会等名 日本コンピュータ外科学会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

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 日本コンピュータ外科学会
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

-