

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K09437

研究課題名（和文）AI技術を活用した骨粗鬆症性新鮮椎体骨折の画像診断支援システムの開発に関する研究

研究課題名（英文）Research on the development of an imaging diagnosis support system for fresh osteoporotic vertebral fractures using AI technology

研究代表者

星野 雅俊（hoshino, masatoshi）

大阪公立大学・大学院医学研究科・客員研究員

研究者番号：30748637

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は人工知能（Artificial Intelligence: AI）技術を、超高齢社会の重要課題である骨粗鬆症性新鮮椎体骨折（Osteoporotic Vertebral Fracture:以下OVF）の画像診断能の向上に応用することとした。当施設が有するOVFデータベースを用いて、MRI画像に対する新鮮OVF自動検出AIシステムとOVF予後予測AIシステムの開発を完遂出来た。またOVF臨床研究における積年の課題であった予後予測精度の向上に対してもAI技術を応用し機械学習モデルの構築に成功できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発されたMRI画像に対する新鮮OVF自動検出AIシステムとOVF予後予測AIシステムは、世界初の試みであり、骨粗鬆症性骨折の中で最も頻度が高い椎体骨折の一般診療現場における診療成績の改善の一助となり、健康寿命延伸への寄与が期待できる。

研究成果の概要（英文）： The purpose of this study was to apply Artificial Intelligence (AI) technology to improve diagnostic imaging of fresh osteoporotic vertebral fracture (OVF), an important issue in the super-aging society. Using our OVF database, we have completed the development of an AI system for automatic detection of fresh OVF on MRI images and an AI system for prediction of OVF prognosis. We also applied AI technology to improve the accuracy of prognosis prediction, which has been a longstanding issue in OVF clinical research and succeeded in constructing a machine learning model.

研究分野：整形外科学

キーワード：骨粗鬆症性椎体骨折 人工知能 画像診断

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会となった我が国において、高齢者の健康寿命の延伸は喫緊の課題である。要支援要介護に至る原因において運動器疾患は最も大きな割合を占め、中でも骨粗鬆症性脆弱性骨折への対策は急務である。骨粗鬆症性新鮮椎体骨折 (Osteoporotic Vertebral Fracture:以下OVF) は骨粗鬆症性骨折の中でも最も頻度が高く、本邦の年間の椎体骨折発生件数は約90万件と推定され(紺野慎一 整形外科 2009) 椎体骨折変形の有病者数は1460万人と推定されている(C Horii, J Bone Miner Metab. 2019)。骨粗鬆症性疾患の治療体系において、骨粗鬆症への薬物治療や、椎体骨折後変形・神経障害への手術治療のエビデンスの集積が進む中、新鮮OVFへの診療体系の確立は大きく後れを取っている。その主な原因の一つが新鮮OVFの診断の困難性である。X線撮影は現在の整形外科画像検査の中で最も汎用性に優れ安価であり、陳旧性の椎体変形の検出には有用であるが、新鮮椎体骨折においてはその椎体変形が無いかあってもごく軽微なものが少なく、その診断感度は34.5%と報告され極めて困難といえる(中野哲雄 脊椎脊髄ジャーナル 2009)。一方、CTやMRIは新鮮OVFの検出能に優れるが、被爆や費用、機器所有施設の限定などのため、最前線の一般臨床医にとって依然新鮮OVFの見逃し例は多く、急性期骨折において骨折診断の遅れは適切な治療開始の遅れに直結している。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「画像を読み込むだけで新鮮椎体骨折を判別できるアプリ」を開発することと、我々がこれまで取り組んできた受傷後早期のMRI画像によるOVF予後の予測システムを開発することである。

3. 研究の方法

(1) MR画像における新鮮椎体骨折の自動検出システムの開発

OVF研究データベースより新鮮OVFと診断された814例(平均76.5歳、女性:715例)の受傷時及び経時的に撮影されたMR画像1624スライス(T1強調画像、矢状断)を使用し、診療記録を参照しながら骨折椎体に対して新鮮(受傷3ヶ月未満)か陳旧性(3カ月以上)かを記録した。椎体の抽出にはPyramid scene parsing Networkを使用した。抽出された新鮮OVF 828椎体、陳旧性OVF 1779椎体を深層学習のために、それぞれTraining, Validation, Test dataに割り振った。Imbalance dataであったためAugmentationを行い、最終的にTraining dataは新鮮・陳旧性OVFそれぞれ5785椎体ずつとした。9種類のCNN(VGG16, VGG19, DenseNet121, DenseNet169, DenseNet201, Inception, ResNetV2, InceptionV3, ResNet50, Xception)を用いてEnsemble学習を行い、1番精度が高い組み合わせを採用した。CNN分類器の正確度、感度、特異度を求め、受信者動作特性(ROC)曲線を描き、ROC曲線下面積(AUC)を算出した。また、Test dataからランダムに100椎体抽出し2人の脊椎外科医(19年目、7年目)が評価し、その精度をCNN分類器と比較した。

(2) MR画像を用いた遷延癒合予測システムの開発

OVF研究データベースより新鮮OVFと診断された症例データの中から受傷後6ヶ月時点で遷延癒合を認めた101例(平均年齢:78.2歳、女性:80例)及び骨癒合を認めた101例(平均年齢:77.0歳、女性:84例)を抽出し、受傷から2か月以内撮影されたMRI T1・T2強調画像それぞれ202スラ

イスを対象とした。まず骨折椎体とその周囲をcroppingし180×180となるようにゼロパディングした。さらに学習時はAugmentationによるデータ拡張を行った。学習にはImagenetで学習済みのEfficientNetB2を用いた。モデルの評価は10分割交差検証を用いて行った。T1・T2強調画像それぞれに基づくCNNの予後予測能について受信者動作特性(ROC)曲線を描き、ROC曲線下面積(AUC)を算出し遷延癒合予測における正確度、感度、特異度を求めた。

(3) 機械学習による骨粗鬆症性椎体骨折後の骨癒合不全の予測精度の向上

OVF研究データベースの急性期OVF583患者のうちデータ欠損のない1505患者を抽出した。患者情報やX線所見、MRI所見などの情報を、機械学習モデルで分析した。機械学習は、ロジスティック回帰モデル、決定木モデル、extreme gradient boosting (XGBoost)、random forestを用いた。

4. 研究成果

(1) MR画像における新鮮椎体骨折の自動検出システムの開発

VGG16, VGG19, DenseNet201, ResNet50の組み合わせが精度:0.89、感度:0.844、特異度:0.917、AUC:0.949と一番精度が高かった。脊椎外科医による評価ではそれぞれ精度:0.87, 0.89、感度:0.881, 1、特異度:0.862, 0.655と19年目の方が7年目より優れ、CNNと同等であった。

(2) MR画像を用いた遷延癒合予測システムの開発

新鮮OVFにおける遷延癒合予測においてT1強調画像に基づくCNN分類期のAUCは0.71、正確度は0.67、感度は0.81、特異度は0.52であった。T2強調画像に基づくCNN分類期のAUCは0.72、正確度は0.68、感度は0.78、特異度は0.60であった。

(3) 機械学習による骨粗鬆症性椎体骨折後の骨癒合不全の予測精度の向上

Random Forrest, XGboostモデルのAUCが最も高い精度を示した(それぞれAUC=0.86, 0.85)。また、機械学習モデルは、MRI所見、椎体前方高比、椎体後弯角、BMI、VAS、年齢、椎体後壁損傷、骨折高位、喫煙習慣が重要な特徴として評価していることが判明した。

本研究課題の3年間を通じて、OVFのMRI画像に対する新鮮椎体骨折自動検出AIシステムと椎体骨折予後予測AIシステムの開発を完遂出来た。これらは過去に試みの無い世界初のシステムであり、MRI設備が海外と比して多い本邦においては実臨床に有用なものである。またOVF臨床研究における積年の課題であった予後予測精度の向上に対してもAI技術を応用し機械学習モデルの構築に成功できた。以上の技術は骨粗鬆症性骨折の中で最も頻度が高い椎体骨折の一般診療現場における診療成績の改善の一助となり、世界一の長寿国家である日本の健康寿命延伸への寄与が期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Yabu Akito, Hoshino Masatoshi, Tabuchi Hitoshi, Takahashi Shinji, Akada Masahiro, Morita Shoji, Maeno Takafumi, Iwamae Masayoshi, Inose Hiroyuki, Ohyama Shoichiro, Hori Yusuke, Okawa Atsushi, Nakamura Hiroaki | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Using artificial intelligence to diagnose fresh osteoporotic vertebral fractures on magnetic resonance images | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 The Spine Journal | 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） 10.1016/j.spinee.2021.03.006 | 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 - |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 藪 晋人、星野 雅俊、田淵 仁志、高橋 真治、寺井 秀富、升本 浩紀、前野 考史、岩前 真由、豊田 宏光、鈴木 亨暢、玉井 孝司、猪瀬 弘之、吉井 俊貴、大川 淳、中村 博亮、 | 4. 巻 57 |
| 2. 論文標題 特集 整形外科領域における人工知能の応用 各論 人工知能を活用した骨粗鬆症性椎体骨折の画像診断補助システム-MR画像における新鮮椎体骨折の識別 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 臨床整形外科 | 6. 最初と最後の頁 1205 ~ 1211 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11477/mf.1408202457 | 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 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 藪 晋人、高橋 真治、寺井 秀富、星野 雅俊、中村 博亮 | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 人工知能技術を活用した骨粗鬆症性椎体骨折の画像診断補助システム | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Spine Research | 6. 最初と最後の頁 844 ~ 850 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.34371/jspineres.2022-0607 | 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11件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

| | |
|--|--|
| 1. 発表者名 藪 晋人、星野 雅俊、田淵 仁志、高橋 真治、升本 浩紀、今西 勁峰、前野 考史、岩前 真由寺井 秀富、豊田 宏光、鈴木 亨暢、玉井 孝司、堀 悠介、猪瀬 弘之、大川 淳、中村 博亮 | |
| 2. 発表標題 人工知能技術を活用した骨粗鬆症性椎体骨折の画像診断補助システムの開発 MR画像における新旧椎体骨折の分類 | |
| 3. 学会等名 第50回日本脊椎脊髄病学会 | |
| 4. 発表年 2021年 | |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藪 晋人, 星野 雅俊, 田淵 仁志, 高橋 真治, 升本 浩紀, 今西 勁峰, 辻尾 唯雄, 寺井 秀富, 豊田 宏光, 鈴木 亨暢, 玉井 孝司, 堀 悠介, 猪瀬 弘之, 大川 淳, 中村 博亮 |
| 2. 発表標題 人工知能技術を活用した骨粗鬆症性椎体骨折予後予測システムの開発 MR画像を用いた遷延癒合予測 |
| 3. 学会等名 第50回日本脊椎脊髄病学会(国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藪 晋人, 星野 雅俊, 田淵 仁志, 高橋 真治, 升本 浩紀, 今西 勁峰, 辻尾 唯雄, 寺井 秀富, 豊田 宏光, 鈴木 亨暢, 玉井 孝司, 堀 悠介, 猪瀬 弘之, 大川 淳, 中村 博亮 |
| 2. 発表標題 人工知能による骨粗鬆症性椎体骨折の予後予測システムの開発 MR画像を用いた遷延癒合予測 |
| 3. 学会等名 AO spine Japan conference |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藪 晋人, 星野 雅俊, 田淵 仁志, 高橋 真治, 升本 浩紀, 今西 勁峰, 前野 考史, 岩前 真由寺井 秀富, 豊田 宏光, 鈴木 亨暢, 玉井 孝司, 堀 悠介, 猪瀬 弘之, 大川 淳, 中村 博亮 |
| 2. 発表標題 AIを活用した骨粗鬆症性椎体骨折の画像診断補助システムの開発 MR画像における新旧椎体骨折の分類 |
| 3. 学会等名 第24回日本低侵襲脊椎外科学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藪 晋人, 星野 雅俊, 田淵 仁志, 高橋 真治, 升本 浩紀, 赤田 真啓, 森田 翔治, 前野 考史, 岩前 真由, 猪瀬 弘之, 加藤 剛, 吉井 俊貴, 大川 淳, 中村 博 |
| 2. 発表標題 人工知能技術を活用した骨粗鬆症性椎体骨折の画像診断補助システムの開発 MR画像における新鮮椎体骨折の自動検出 |
| 3. 学会等名 日本整形外科学会基礎学術集会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藪 晋人、星野 雅俊、田淵 仁志、高橋 真治、升本 浩紀、赤田 真啓、森田 翔治、前野 考史、岩前 真由、猪瀬 弘之、加藤 剛、吉井 俊貴、大川 淳、中村 博亮 |
| 2. 発表標題 人工知能を用いた骨粗鬆症性椎体骨折の画像診断補助システム MR画像における新鮮椎体骨折の自動検出 |
| 3. 学会等名 日本腰痛学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藪 晋人、星野 雅俊、田淵 仁志、高橋 真治、升本 浩紀、今西 勁峰、前野 考史、岩前 真由、寺井 秀富、豊田 宏光、鈴木 亨暢、玉井 孝司、堀 悠介、猪瀬 弘之、大川 淳、中村 博亮 |
| 2. 発表標題 人工知能技術を活用した骨粗鬆症性椎体骨折の画像診断補助システムの開発 MR画像における新旧椎体骨折の分類 |
| 3. 学会等名 日本脊椎脊髄病学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藪 晋人、星野 雅俊、田淵 仁志、高橋 真治、前野 考史、岩前 真由、堀 悠介、猪瀬 弘之、大川 淳、中村 博亮 |
| 2. 発表標題 AIを活用した骨粗鬆症性椎体骨折の画像診断補助システムの開発 MR画像における新鮮椎体骨折の自動検出 |
| 3. 学会等名 日本骨粗鬆症学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藪 晋人、星野 雅俊、田淵 仁志、升本 浩紀、高橋 真治、前野 考史、岩前 真由、猪瀬 弘之、大川 淳、中村 博亮 |
| 2. 発表標題 人工知能技術を活用した骨粗鬆症性椎体骨折の画像診断補助システムの開発 MR画像における新鮮椎体骨折の自動検出 |
| 3. 学会等名 日本整形外科学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 高橋 真治, 寺井 秀富, 星野 雅俊, 中村 博亮 |
| 2. 発表標題 機械学習による骨粗鬆症性椎体骨折後の骨癒合不全の予測 |
| 3. 学会等名 日本骨粗鬆症学会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 高橋 真治, 星野 雅俊, 寺井 秀富, 加藤 相勲, 豊田 宏光, 鈴木 亨暢, 玉井 孝司, 藪 晋人, 中村 博亮 |
| 2. 発表標題 機械学習による骨粗鬆症性椎体骨折後の骨癒合不全の予測 |
| 3. 学会等名 日本脊椎脊髄病学会 |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|---|----|
| 研究分担者 | 高橋 真治 (Takahashi Shinji) (80735605) | 大阪公立大学・大学院医学研究科・病院講師 (24405) | |
| 研究分担者 | 田淵 仁志 (Tabuchi Hitoshi) (80364008) | 広島大学・医系科学研究科(医)・寄附講座教授 (15401) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|