



人工知能を用いて超音波画像から「野球肘」の早期病変を高精度で検出！

～早期に病変を検出するアルゴリズムを開発～

研究成果のポイント

- 肘の超音波画像を使用し、野球肘を早期に検出するアルゴリズムを開発しました。
- このアルゴリズムは人工知能を用いており、最大 97.0% の高精度で病変検出が可能です。
- 本研究は、野球肘の早期検出の支援を目指しており、将来的には人工知能による自動検出が可能になることを期待しています。

概要

京都府立医科大学大学院医学研究科 運動器機能再生外科学(整形外科学)助教 木田圭重, 同 大学院生 高辻謙太, 同 教授 高橋謙治, 兵庫県立大学 先端医療工学研究所 所長 小橋昌司らの共同研究チームは、野球をする人に多く見られる疾患で野球肘とも呼ばれる「離断性骨軟骨炎(OCD)」を検出するアルゴリズムを開発しました。

本研究で開発した新たなアルゴリズムは、人工知能を用いた深層学習に基づき、超音波画像から「離断性骨軟骨炎(OCD)」の早期病変を非常に高い精度で検出することができます。本研究成果は多くのクリニックや医療機関で**野球肘の早期検出に役立ち、将来的には自動診断への応用が期待**されます。

本研究成果に関する論文は、2024 年 1 月 17 日に International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery に、また同年 5 月 14 日に Journal of Bone and Joint Surgery に掲載されました。

研究内容

【背景】

成長期の小中高生の間でよく見られる肘の疾患「野球肘」は、特に投球動作を繰り返すことによって引き起こされます。この疾患である「離断性骨軟骨炎(osteochondritis dissecans; 以下、「OCD」と言う。))」は、選手生命に深刻な影響を及ぼす可能性があります。OCD は、医学的には肘の関節部分の骨や軟骨に障害が生じることを指し、痛みや動きの制限が発生します(図 1)。この疾患は初期段階では症状がほとんど現れず、問診や理学所見での早期検出が困難です。症状が現れたときにはすでに疾患が進行しており、手術が必要になるケースが多く、競技からの長期間離脱や復帰の困難さに繋がります。実際に、中学生や高校生の野球選手の中で 1.6% から 3.4% がこの疾患を抱えています。

OCD が初期段階であれば、保存療法として投球や打撃の練習を控え、安静にしていることで、約半年から 1 年で骨が自然に修復し、野球を再開できることが多いです。しかし、疾患が進行すると保存療法だけでは完治せず、最終的には手術が必要となります。初期段階での治療では 9 割が完治しますが、進行した場合は治る確率は 5 割程度です。

そのため、初期段階の OCD の早期検出は非常に重要です。超音波検査は初期段階の野球肘の発見に

適していますが、病変の判断には専門的な技術と経験が必要です。日本各地では年に数回、超音波画像診断装置を用いた野球肘検診が行われていますが(図2)、検診の頻度は十分ではなく、診断を行うことができる専門医も不足しています。多くの選手は痛みを我慢しながらも競技を続け、症状が重くなって初めて受診するケースが多い状況です。

初期段階の野球肘を発見し、選手生命を守るためには、超音波検査が広く普及されることが重要です。超音波検査は医師以外の医療職でも資格を保有してれば行うことができます。肘の超音波検査の経験が浅い場合でも簡便に利用することができ、専門医と同等の高い診断精度を有するOCDのコンピュータ診断支援システムの開発が望まれています(図3)。



図 1. 3D-CT による OCD 評価
肘関節外側の変形を認める(赤丸).



図 2. 超音波検査による画像評価
上図: 肘関節後方長軸の検査肢位
左下図: 正常 右下図: OCD(矢頭)

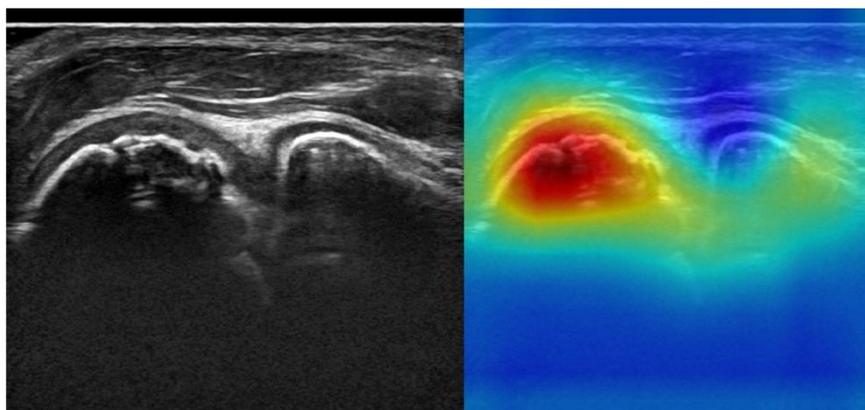


図 3. 人工知能による OCD の判定
人工知能が着目した部位をヒートマップで可視化。ヒトと同様に
OCD 病変部に着目している。
(左図)元画像、(右図)着目部位が強調され赤く表示。

【研究手法・成果】

本共同研究チームは、超音波画像から肘関節の骨表面を自動検出し、その骨表面が健常あるいはOCDかを識別する人工知能による画像診断支援アルゴリズムを開発しました(図4)。

本研究では、画像全体からOCDを識別するのではなく、専門医による診断と同様に骨表面に限定し病変の有無を検出することで、より高い検出精度を目指しました(図5)。骨表面の検出には、車や人物の自動検出にも使用される物体検出アルゴリズムYOLO^{*1}を使用し、検出された骨表面が健常あるいはOCDの分類には、深層学習モデルVGG16^{*2}を使用しました。成長期の野球選手の肘関節後方長軸の超音波画像を収集し、これらを学習データとして使用しました。VGG16の学習データは、京都府立医科大学大学院医学研究科の野球肘治療を専門とする運動器機能再生外科学(整形外科医)の合議により正確な学習データを作成し、VGG16の分類精度を高めました。

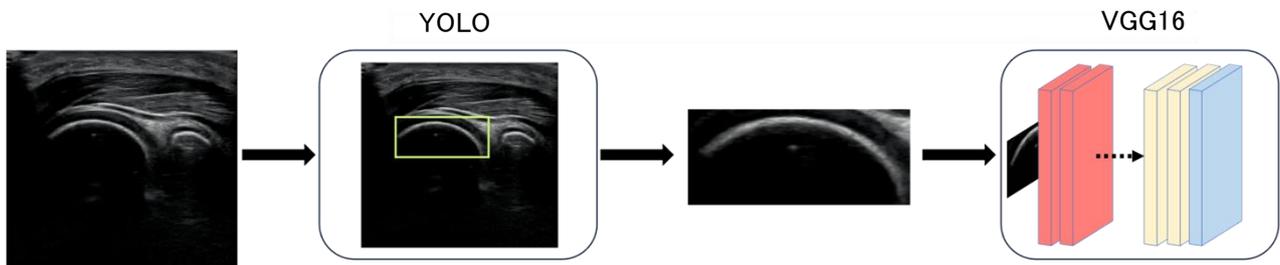


図4. 物体検出と画像認識を組み合わせたOCD検出アルゴリズムの概要

YOLOを用いて画像全体から骨表面を検出し、得られた骨表面の限局画像に対してVGG16を用いて画像分類を実行

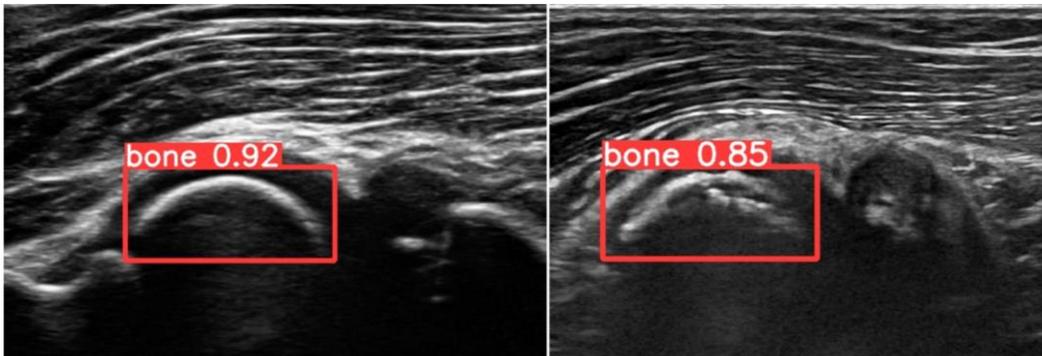


図5. 物体検出アルゴリズムによる骨表面の検出

画像全体から骨表面を検出(左:健常, 右:OCD)

この新しい手法により、画像全体から OCD を検出する方法と比較して、骨表面に限定した OCD の識別により、検出の正確度*3 は 0.806 から 0.890 に向上しました。さらに、このアルゴリズムを肘関節の 4 つの方向（前方長軸、前方短軸、後方長軸、後方短軸）の超音波画像に対して同様の手法を適用しました。このアルゴリズムを野球肘検診参加者 20 名（正常 10 名、OCD 10 名）のデータに適用した結果、OCD 検出の精度は ROC 曲線*4 から求められた AUC*5 が前方長軸で 0.969、前方短軸で 0.966、後方長軸で 0.996、後方短軸で 0.993（図 6）、また正確度は前方長軸で 0.915、前方短軸で 0.920、後方長軸で 0.970、後方短軸 0.960 と、すべての方向で非常に高い精度を示しました。

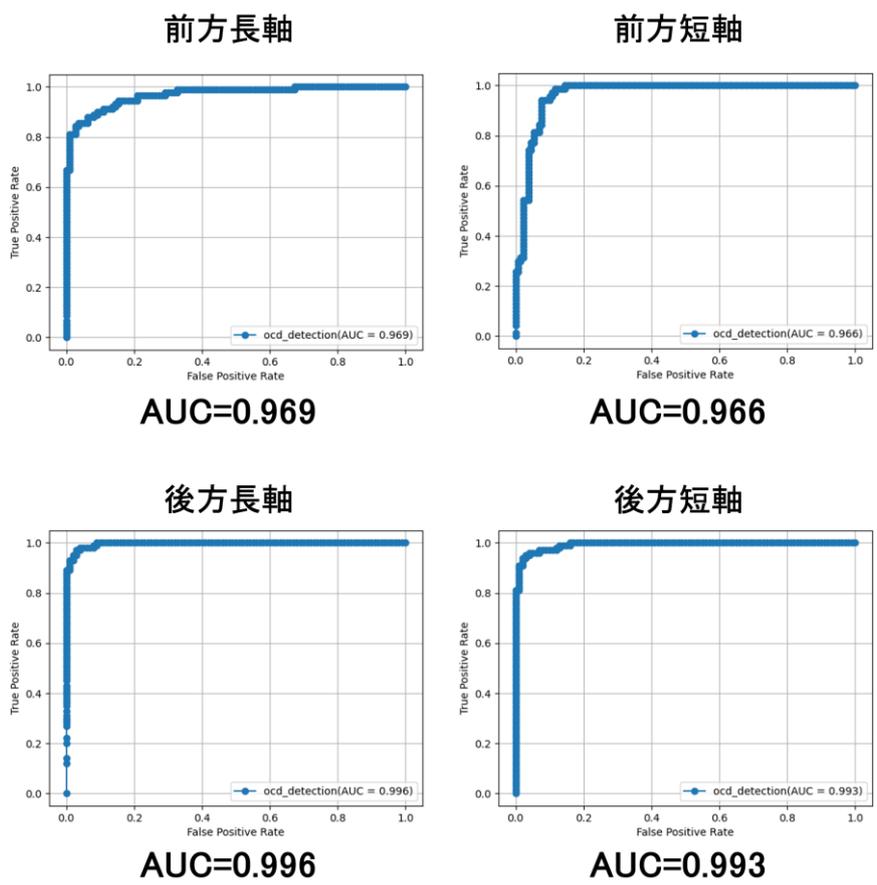


図 6. 4 方向のモデルにおける ROC 曲線と AUC

【今後の展望】

現在、OCD の検出を目的とした野球肘検診は全国で行われていますが、費用と人的資源の制約により、検診の頻度は年に1～2回に限定されています。今回、新しく開発されたアルゴリズムを活用したリアルタイム自動検出システムが臨床現場に導入されれば、野球肘検診の効率を大幅に向上させることが期待されます。これにより、検診に要する時間を短縮し、必要な人的資源も削減できる可能性があります。さらに、野球肘検診だけでなく、クリニックや一般外来診療においても OCD の検出機会が増え、結果として OCD の早期発見率の向上が期待されます。

また、本アルゴリズムの実用化に向けて、産業界や技術企業の協力が不可欠です。われわれの研究チームと協力し、新しい検出システムの開発に参加していただける企業を歓迎しています。ご興味をお持ちの方は、お気軽にお問い合わせください。

【用語の説明】

- *¹YOLO: You Look Only Once. 物体検出アルゴリズムの一種で、画像内の複数の物体を同時に検出し、それらの位置と種類(クラス)を予測することができます。
- *²VGG16: the 16-layer visual geometry group. 16層からなる Visual Geometry Group の深層学習モデルで、入力画像に基づいてクラス分類を行います。
- *³ 正確度: 学習モデルが画像を正しく予測できる割合で、本研究では OCD を含む画像を OCD として、健全な骨表面を含む画像を健全として正しく識別できた割合を表します。
- *⁴ROC 曲線: receiver operating characteristic 曲線. 二値分類モデルの性能を評価するためのグラフで、疾患と健全を区別する各カットオフポイントでの真陽性率と偽陽性率を計算し、縦軸に真陽性率、横軸に偽陽性率をプロットして表します。
- *⁵AUC: area under the curve. ROC 曲線下の面積を意味し、0 から 1 までの値を取ります。値が 1 に近いほど、モデルの判別能が高いことを示します。

論文情報

論文名: Deep learning-based osteochondritis dissecans detection in ultrasound images with humeral capitellum localization (ディープラーニングに基づく超音波画像からの上腕骨離断性骨軟骨炎の検出)

著者名: 佐々木研太¹, 藤田大輔¹, 高辻謙太², 琴浦義浩², 南昌孝², 小林雄輔², 祐成毅², 木田圭重², 高橋謙治², 小橋昌司¹

(¹ 兵庫県立大学先端医療工学研究所, ² 京都府立医科大学大学院医学研究科 運動器機能再生外科学)

掲載誌: International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery

DOI: 10.1007/s11548-023-03040-8

公表日: 2024 年 1 月 17 日

論文名: Deep Learning-Based Computer-Aided Diagnosis of Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum Using Ultrasound Images (超音波画像を用いたディープラーニングに基づく上腕骨被殻離断性骨軟骨炎のコンピュータ支援診断)

著者名: 高辻謙太², 木田圭重², 佐々木研太¹, 藤田大輔¹, 小林雄輔², 祐成毅², 琴浦義浩², 南昌孝², 小橋昌司¹, 高橋謙治²

(¹ 兵庫県立大学先端医療工学研究所, ² 京都府立医科大学大学院医学研究科 運動器機能再生外科学)

掲載誌: Journal of Bone and Joint Surgery

DOI: 10.2106/JBJS.23.01164

公表日: 2024 年 5 月 14 日

問い合わせ先

■ 研究に関するお問い合わせ

京都府立医科大学大学院医学研究科 運動器機能再生外科学

助教 木田 圭重

TEL: 075-251-5549

E-mail: kida@koto.kpu-m.ac.jp

<https://www.h.kpu-m.ac.jp/doc/departments/clinical-departments/orthopaedics.html>

兵庫県立大学先端医療工学研究所

所長 小橋 昌司 (工学研究科・教授)

TEL: 079-280-1248

E-mail: info@ame.u-hyogo.ac.jp
<https://ame-hyogo.org/>

■ 広報に関するお問い合わせ

京都府立医科大学
事務局 企画広報課 担当: 堤 絵美
TEL: 075-251-5804
E-mail: kouhou@koto.kpu-m.ac.jp

兵庫県立大学
医産学連携・研究支援コーディネーター 岡本 利樹
TEL: 079-280-1248
E-mail: info@ame.u-hyogo.ac.jp