

研究紹介

X線画像解析 AIによる上腕骨小頭離断性骨軟骨炎(OCD)の早期診断支援システムの開発と地域検診体制への応用

真島 裕也^{1), 2)}、和田 直史³⁾、染矢 圭一郎^{1), 2)}、望月 友晴²⁾
大森 豪⁴⁾、渋谷 幸喜⁵⁾、山本 智章¹⁾

1) 新潟リハビリテーション病院 整形外科

2) 新潟大学医歯学総合病院 整形外科

3) 北海道科学大学 情報科学部 情報科学科

4) 新潟医療福祉大学 健康科学部健康スポーツ学科

5) 新潟リハビリテーション病院 放射線科

はじめに

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎 (osteochondritis dissecans: OCD) は、成長期の野球選手に多く発症する肘関節障害であり、早期に適切な治療介入が行われない場合、不可逆的な関節障害へ進行する可能性がある。特に初期病変では保存療法により改善が期待できる一方、進行例では手術治療を要することもあり、早期診断の重要性は高い¹⁾。

本疾患の評価には単純 X 線、超音波、MRI、CT などが用いられるが、日常診療で最も広く用いられているのは単純 X 線である。しかし、初期病変では X 線所見の判別が難しく、読影には一定の経験を要する。とくに診断経験の差によって評価のばらつきが生じる可能性があり、客観的かつ再現性のある診断支援手法の確立が望まれている。新潟県では2006年から継続的に野球肘検診が実施されており、こうした地域の診療・検診体制を背景としても、X 線評価を支援する技術の意義は大きい。

近年、人工知能 (artificial intelligence: AI)、とくに深層学習を用いた画像認識技術は医療画像解析の分野で急速に発展している。整形外科領域でも画像診断支援への応用が進みつつあり、実際に超音波画像を用いた離断性骨軟骨炎の診断支援モデルの開発も報告されている²⁾。本研究では単純 X 線画像から上腕骨小頭 OCD を判定する AI 診断支援システムの開発を行っている。

X線画像解析 AIによる診断支援システムの開発

本研究では、2009年から2020年に撮影された肘

関節 X 線画像2,387枚を用いて AI 学習用データセットを構築した。対象は7～18歳の671名で、内訳はOCDあり612枚、OCDなし1,775枚であった。DICOM 画像から上腕骨小頭領域を切り出し、256×256ピクセルの画像データセットを作成した。これらを学習用、検証用、評価用に7:1:2の比率で分割し、AI モデルの構築と性能評価に用いた。

診断支援システムには畳み込みニューラルネットワーク (convolutional neural network: CNN) を用い、上腕骨小頭 OCD の有無を判定する二値分類モデルを構築した。モデルには DenseNet-121³⁾ を採用し、「OCDあり」「OCDなし」の2クラス分類を行った。また、Grad-CAM⁴⁾ を併用し、AI が注目した画像領域を可視化することで、判断根拠を提示できる設計とした。

その結果、評価用データにおいて真陰性292例、偽陽性9例、偽陰性8例、真陽性103例であった (表1)。Accuracy (正解率) は0.959であり、全体の95.9%の症例を正しく分類した。Precision (適合率) は0.920であり、AI がOCDありと判定した症例のうち92.0%が真のOCD症例であった。Recall (再現率) は0.928であり、実際のOCD症例の92.8%を検出可能であった。さらに、F-measure (F値) は0.934と高値を示し、陽性例の検出能と判定の的確さのバランスが良好であることが示された。以上より、本モデルは単純 X 線画像のみからOCDの有無を高精度に判別する可能性が示された。

さらに、Grad-CAMによる可視化結果では、

表1 上腕骨小頭 OCD 診断 AI の分類結果 (混同行列)

		予測値	
		OCDなし	OCDあり
正解値	OCDなし	True Negative(TN) 292	False Positive(FP) 9
	OCDあり	False Negative(FN) 8	True Positive(TP) 103

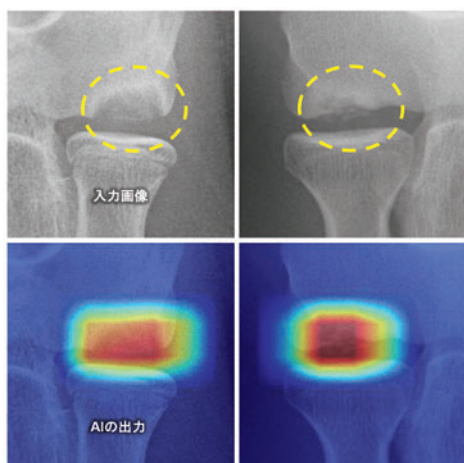


図1 Grad-CAMを用いた上腕骨小頭 OCD 診断 AI の判断根拠の可視化

OCD 陽性画像において AI が注目した領域は病変部位と概ね一致していた(図1)。このことから、AI は偶発的な特徴ではなく、臨床的に妥当な領域を根拠として判定している可能性が示唆された。したがって、本システムは医師の読影を補助し、診断の客観性および再現性の向上に寄与しうる診断支援技術として発展する可能性がある。

臨床応用と今後の展望

本研究の意義は、日常診療で広く用いられる単純 X 線画像を対象として、OCD 診断の客観化と標準化を目指している点にある。とくに、初期病変の見逃し防止や、診断経験の差による評価のばらつきを補う手段として、AI 診断支援は有用である可能性がある。

今後は、OCD の有無判定に加えて、病期分類や重症度推定など、より実臨床に即した支援機能へ発展させることを目指している。また、異なる施設や撮影条件における外部検証を進めることで、モデルの汎化性能を確認し、より信頼性の高

いシステムへと改良していく必要がある。

さらに将来的には、こうした診断支援技術を日常診療や検診の場面にも応用し、OCD の早期発見や適切な専門医紹介につなげていくことが期待される。新潟県では長年にわたり野球肘検診が継続されており、本研究はそのような既存の検診体制とも親和性の高い技術基盤となりうる。今後は、研究成果を実用的な形へと整備し、臨床現場への還元を目指したい。

謝辞

本研究に対しまして、令和7年度新潟県医師会学術研究助成金を賜りました。ここに厚く御礼を申し上げます。

また、本研究の遂行にあたり、ご指導、ご協力を賜った関係各位に厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) Maruyama M, Takahara M, Satake H : Diagnosis and treatment of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. J Orthop Sci 2018 ; 23 : 213-219.
- 2) Sasaki K, Fujita D, Takatsuji K, et al : Deep learning-based osteochondritis dissecans detection in ultrasound images with humeral capitellum localization. Int J Comput Assist Radiol Surg 2024 ; 19 : 2143-2152.
- 3) Huang G, Liu Z, van der Maaten L, et al : Densely connected convolutional networks. Proc IEEE Conf Comput Vis Pattern Recognit 2017 : 4700-4708.
- 4) Selvaraju RR, Cogswell M, Das A, et al : Grad-CAM : Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization. Int J Comput Vis 2020 ; 128 : 336-359.