

物体検出モデルを用いたレントゲン画像からの大腿骨転子部骨折の位置推定 Position Estimation of Femoral Trochanteric Fracture from X-ray Image Using Object Detection Model

森近 拓生[†] 尾山 匡浩[†] 藤本 健司[†] 野田光昭[‡]
Morichika Hiroki Oyama Tadahiro Fujimoto Kenji Noda Mitsuki

1. はじめに

大腿骨付近の骨折はレントゲン画像からその症状の診断が成熟の医師であっても困難であり、正確な診断のためには Computed Tomography(CT)を用いた立体的に捉えることが求められる。しかし、CT を利用できる病院は少なく、症状が発覚しないまま重症化するケースも少なくない。また CT での撮影は非常に高価であり、保険が適用されない海外などでは利用が困難である。こうした理由からレントゲン画像から症状を正確に判断することができれば非常に有用であるといえる。

そこで本研究では、骨折位置を推定する診断システムの開発の前段階として、深層学習を利用した物体検出技術を用いて大腿骨転子部骨折の骨折位置を推定できるモデルの検証を行う。なお、推定精度向上のためには、データ数の増加や正確なアノテーション、アルゴリズムの選定などが求められるが、本稿ではその中でもアルゴリズムに着目し、様々なアルゴリズムを比較検討することで位置推定に最適な手法を選定することを目的とする。

2. レントゲン画像からの骨折位置推定

2.1 使用するレントゲン画像

本研究で対象とする部位および症例は大腿骨転子部における骨折であり、骨折と診断された 985 名に対して、大腿骨転子部を正面から撮影し、得られた 985 枚のレントゲン画像を使用する。それぞれの画像には、正解ラベルとして CT 画像をもとに専門医が判断した AO 分類法に従った 5 段階のラベル付けが行われており、これをもとに専門医監修のもとレントゲン画像に対してアノテーションが行われている。ただし、1 枚のレントゲン画像には 1 つの症例のみしか写っておらず、加工等も行っていない。また、985 枚のレントゲン画像は複数の病院から収集されたものであるため、画像の解像度は統一されていない。表 1 に AO 分類法のラベルごとの画像枚数を示す。この AO 分類法は、大腿骨転子部骨折を骨折の発生位置と程度により 5 段階に分類する方法である。例として図 1 に AO1~AO5 の骨折画像の例を示す。なお、数字大きいほど重い骨折であることを意味する。

表 1 AO 分類法におけるラベルごとの画像枚数

ラベル	AO1	AO2	AO3	AO4	AO5
枚数	26	153	269	479	58

[†] 神戸市立工業高等専門学校 Kobe City College of Technology

[‡] 西病院 Nishi Hospital

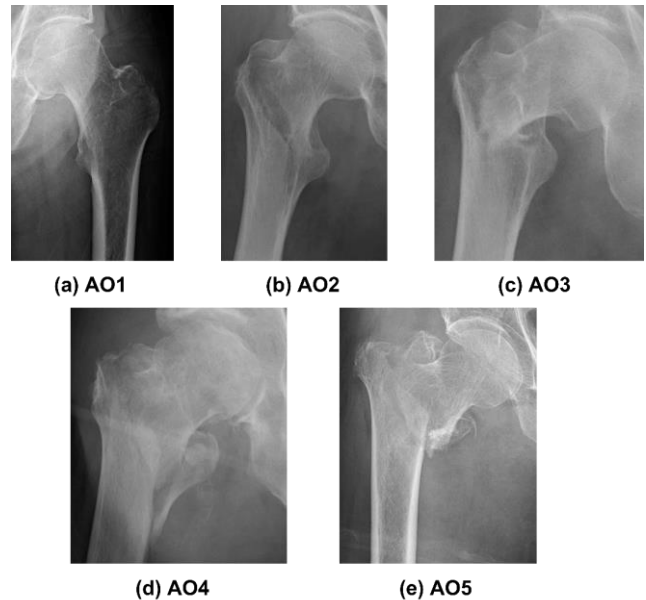


図 1 AO 分類法に従った骨折分類例

2.2 推定手法

本稿では、リアルタイムにオブジェクト検出が可能なアルゴリズムである YOLOv5^[1]から YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, YOLOv5x, を、YOLOv7^[2]から YOLOv7-無印, YOLOv7-X, YOLOv7-W6, YOLOv7-E6, YOLOv7-D6, YOLOv7-E6E モデルを採用し、推定実験を通して比較検討を行う。2.1 節で述べたレントゲン画像を入力として、それぞれのモデルで 1000 回の学習を行い、検証用画像に対する性能が最も高かったモデルを用いて、テスト用画像に対する推論を行う。なお、信頼度が 0.25 以上の場合にのみ検出結果を出力するように工夫し、複数の箇所を検出した場合は、最も信頼度の高い検出結果を推論結果とする。また、YOLOv7-W6 モデル以上のモデルは、Auxiliary Loss というネットワークの途中で補助的な分類器を構成し、勾配消失の問題を改善しモデルの汎用性を上げることのできる手法を用いることができるため、この Auxiliary Loss を利用した場合と用いない場合の 2 通りでそれぞれ学習を行う。

3. 検証実験

3.1 検証内容

本稿では大腿骨転子部骨折を AO 分類法に従った 5 段階の分類と、AO1~AO3 を安定型、AO4~AO5 を不安定型とする 2 段階の分類の 2 つの分類法により検証を行う。

はじめに、表 1 に示した使用データを、表 2 の画像数の比率(約 8 : 1 : 1)で学習用、検証用、テスト用データに無作

為に分割し、その組み合わせを 3 セット用意した。次に、それぞれのデータの組み合わせに対し 2.2 節で述べた各モデルにて学習を行い、その推論結果を比較、評価した。この手続きを 5 段階分類と 2 段階分類の 2 種類の分類法に対して、それぞれで実施した。なお、データの組み合わせは各分類法で別のものを利用した。

表 2 AO 分類法における学習データ数内訳

ラベル	AO1	AO2	AO3	AO4	AO5
学習用	20 枚	123 枚	215 枚	383 枚	46 枚
検証用	3 枚	15 枚	27 枚	48 枚	6 枚
テスト用	3 枚	15 枚	27 枚	48 枚	6 枚

3.2 各モデルの分類結果

表 3 に YOLOv5 と v7 の各モデルを用いた場合の分類結果(正解率と F1 スコア)を示す。表中の左半分が AO 分類法における 5 分類の結果、右半分が安定型・不安定型の 2 分類の結果である。また、表 3 の中央線より下 4 モデルが YOLOv5 の各モデル、上 6 モデルが YOLOv7 の各モデルを表している。なお、表中の F1 スコアと正解率は各組み合わせで実施したホールドアウト検証の平均値を示している。表中の正解率のみに着目すると、YOLOv7 の各モデルの方が v5 シリーズと比べて性能がより高いことが分かる。また、2 分類タスクの場合、各モデルともに正解率、F1 スコアが 70% 付近の高い性能が出ているが、その中でも YOLOv7-D6 モデル、YOLOv5s モデルが 76.7%、76.8% の正解率で突出していることが分かる。図 2 に検出結果の例を示す。図 2(左)が AO4 の骨折画像から AO4 を検出できた成功例、図 2(右)が AO3 の骨折画像から AO2 を誤検出した失敗例である。

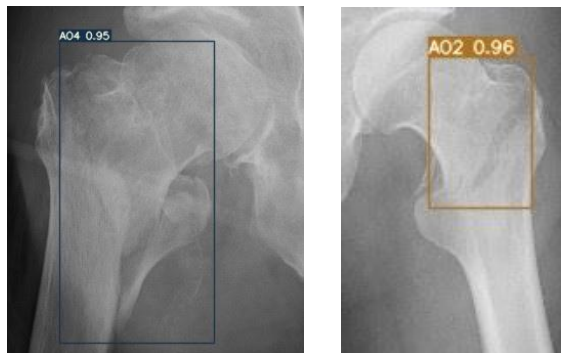


図 2 検出成功例(左)と検出失敗例(右)

3.3 Auxiliary Loss を導入したモデルの分類結果

表 4 は Auxiliary Loss を使用して学習を行った際の YOLOv7 各モデルの推論結果を表したものである。表の左半分が AO 分類に基づく 5 分類の結果、右半分が安定型・不安定型の 2 分類の推論結果を表している。表 4 の F1 スコアと正解率もホールドアウト検証における各値の平均値である。YOLOv7 の各モデルの正解率、F1 スコア等から Auxiliary Loss を使用した方が全体的に性能が向上していることが分かる。また、Auxiliary Loss を用いた場合の

YOLOv7 各モデルは、ほとんどのモデルで性能の向上が見られたが、導入前に最も正解率が高かった YOLOv7-D6 モデルでは逆に性能が低下しているが分かる。

表 3 各モデルの検証結果 (%)

モデル	AO 分類 5 段階		AO 分類 2 段階	
	正解率	F1 スコア	正解率	F1 スコア
E6E	54.5	28.4	71.7	70.7
D6	52.5	26.6	76.7	76.2
E6	53.9	30.2	70.7	69.5
W6	55.2	31.2	70.8	69.0
X	52.0	29.5	69.7	71.0
無印	46.4	26.1	71.5	70.0
x	51.9	35.3	72.1	71.5
l	54.2	37.2	72.0	72.5
m	52.9	35.7	69.8	68.8
s	49.5	28.9	76.8	76.0

表 4 Auxiliary Loss を用いた各モデルの推論結果 (%)

モデル	AO 分類 5 段階		AO 分類 2 段階	
	正解率	F1 スコア	正解率	F1 スコア
E6E	54.9	33.3	72.1	71.2
D6	56.2	36.7	73.4	73.2
E6	53.2	32.6	71.7	70.9
W6	57.2	31.7	73.4	72.5

3.4 考察

表 3 左側の AO 分類タスクの結果を見ると、YOLOv7 の F1 スコアが低く正解率が高くなっている。この原因としては、使用したデータのラベル間の偏り、具体的には AO4 の症例のデータ数が多くその検出に特化したモデルが構築された可能性が挙げられる。一方で、Auxiliary Loss を導入することで汎用性が向上し、表 4 に示す通り各種評価指標が向上したと考えられる。

また、用意したデータの組み合わせの 1 つにおいて、各モデルで高い評価指標となることが確認された。これより、このデータの組み合わせには、大腿骨転子部骨折推定のための適切な特徴量が含まれている可能性があると言える。

4. おわりに

本稿では、レントゲン画像からの骨折位置と程度の推定を目指し、最適な分類手法の検討を行った。今後の課題として、YOLO 以外の物体検出手法で同様の検証を行っていくことが挙げられる。

参考文献

- [1] Glenn Jocher, "YOLOv5", <https://github.com/ultralytics/yolov5>, (2023 年 1 月 28 日最終閲覧)(2020).
- [2] Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovskiy, Hong-Yuan Mark Liao, "YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real time object detectors", arXiv:2207.02696, (2022).