

2023年11月2日

報道関係者各位

国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学

## 人工知能でX線画像から骨密度を高精度に計測 ～骨粗鬆症診断をどこの病院でも簡便・正確に実現～ 超高齢社会の医療コストの大幅削減も可能に

### 【概要】

奈良先端科学技術大学院大学（学長：塩崎一裕）先端科学技術研究科 情報科学領域の博士後期課程 Gu Yi（コクイ）、大竹義人准教授、佐藤嘉伸教授の研究グループと大阪大学医学系研究科 運動器医学治療学講座の上村圭亮講師、菅野伸彦教授、愛媛大学整形外科の高尾正樹教授、大阪大学医学系研究科 整形外科の岡田誠司教授は、人工知能（AI）を用いて、一般的な検査で使われる単純 X 線画像から骨密度（注 1）を高精度に計測するシステムを開発しました。高精度な骨粗鬆症診断の簡便化が期待されます。

従来、骨粗鬆症の診断は DXA（Dual-energy X-ray Absorptiometry、注 2）と呼ばれる骨密度計測専用の装置を用いて行われるため、大きな大学病院や医療施設でしか行うことができませんでした。また、ベッドに横になって正しい姿勢での撮影が必要で、一人の患者の計測に 20～30 分かかっていました。

特に、寝たきりの主要な要因である、大腿骨の足の付け根部分の骨折が、超高齢社会を迎えた日本の社会問題になっており、その部分の骨密度の精密計測が重要です。

今回のシステムでは、315 名の患者から収集した X 線画像（2 次元画像）と CT 画像（3 次元画像）のペアのデータに基づいて、CT 画像から筋肉や骨格を別々に自動認識する AI の技術と、CT・X 線双方の画像を重ね合わせて表示する技術を結び付けました。この方法により、X 線画像のみから、DXA や CT で計測したのとほぼ同等の精度での骨密度計測ができる AI を構築しました。X 線画像は DXA と異なり、小さなクリニックや移動型の検診車などでも撮影が可能で、更に立ったままでの撮影が可能のため、一人の患者の計測が 1～2 分で終わります。計測精度が高いため、骨粗鬆症のスクリーニングだけでなく、診断に用いることができるほか、骨粗鬆症の薬物治療の効果を判定するためにも用いることができ、これらの診断・治療のコストを DXA や CT による検査に比べて大幅に削減できます。

この研究成果は、医用画像工学で最も権威のある国際雑誌の一つ Medical Image Analysis 誌（Impact Factor 10.9）に 2023 年 9 月 15 日に、オンライン公開されました。また、本システムは国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）の医療機器等研究成果展開事業（開発実践タイプ）および日本整形外科学会プロジェクト研究（2023-2）に採択され、現在製品化に向けた取り組みを進めています。

【解説】

## AIによるX線画像の分離

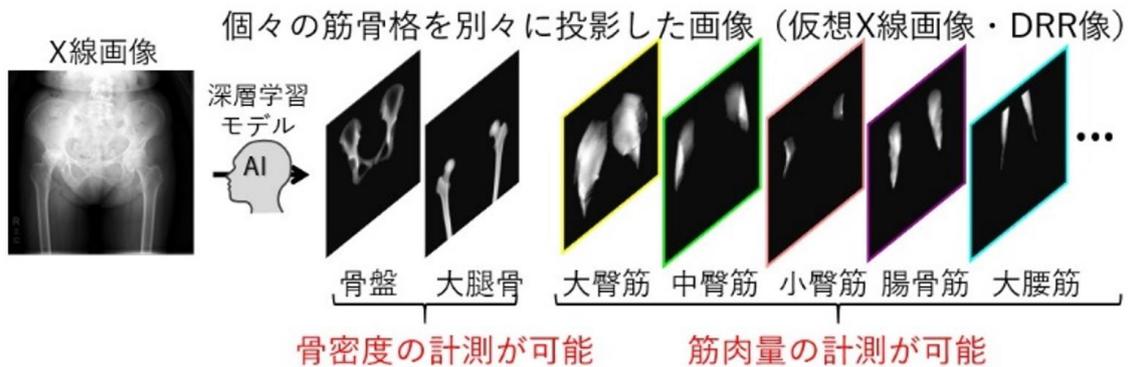


図1 本システムの基盤技術。骨・筋肉・その他の臓器が重ね合わさったX線画像から、AIを用いて一つ一つの臓器の投影像に分離(decompose)することが可能になった。骨の部分の分離画像を解析すると、骨密度を計測することができる。

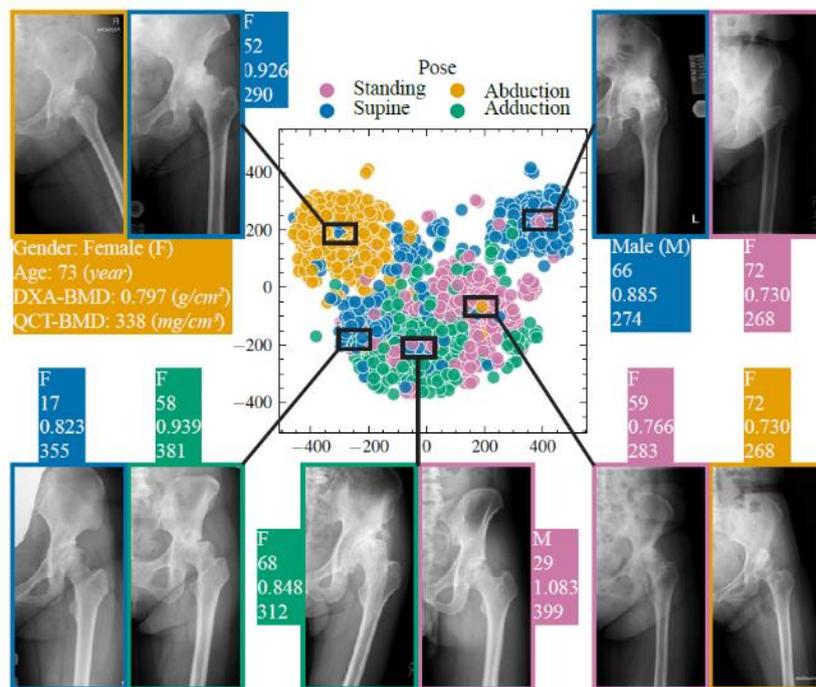


図2 今回のシステムで対象とするX線画像（さまざまなメーカー・撮影条件・肢位の画像を学習データとして用いた）

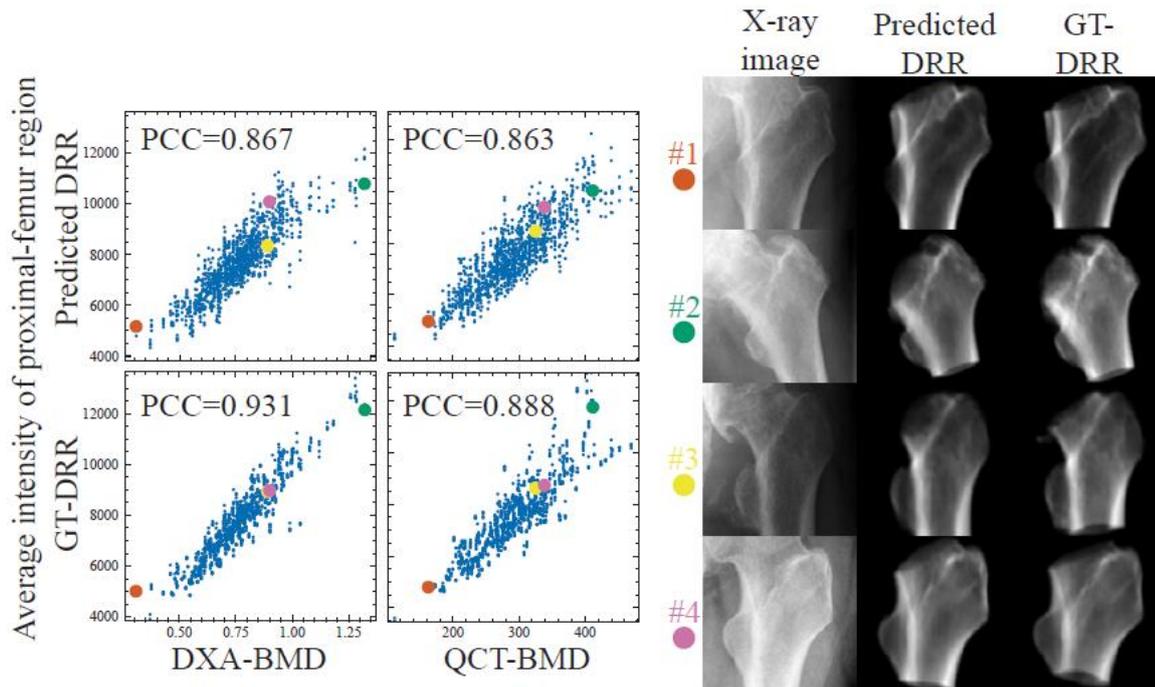


図3 提案手法により X 線画像から生成した仮想 X 線画像 (DRR、注 3) の例。骨密度がほぼ同じ症例 (症例 #3 と #4) でも、実際の X 線画像に写る骨の見え方は、撮影の条件や患者の筋肉・脂肪の付き方などによって大きく変わるが、GT 上で骨だけを分離してから生成した仮想 X 線画像は骨密度の個人差を正確に反映している。本システムでは、AI によってこの仮想 X 線画像に近い画像を生成することで、高精度な骨密度計測が実現できた。

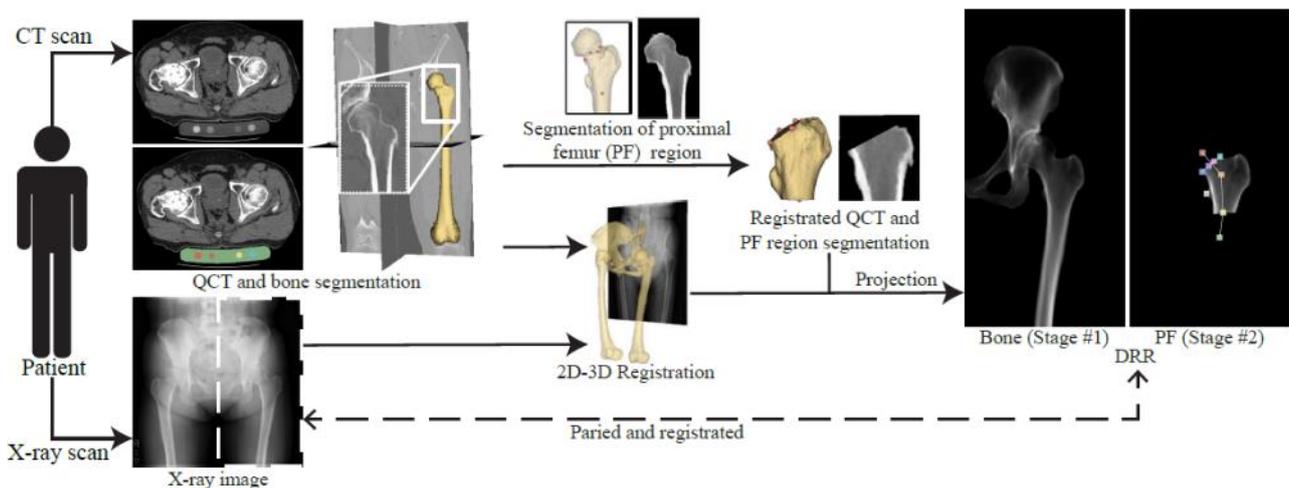
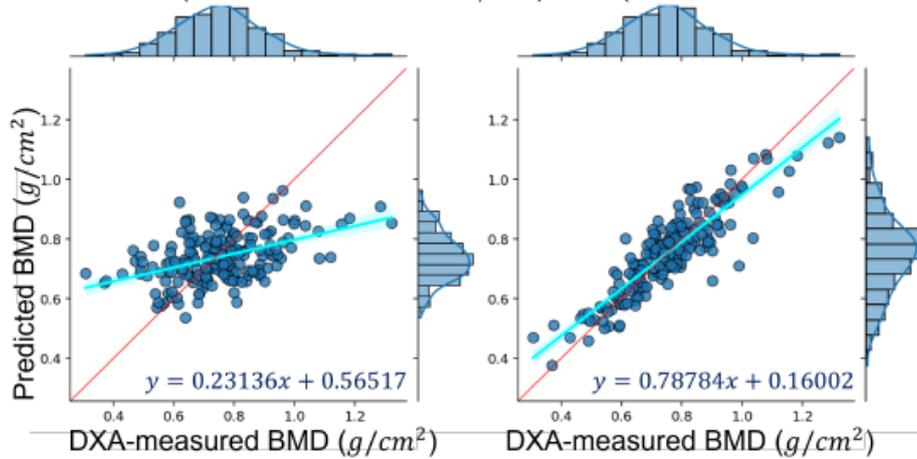


図4 提案手法における学習データ生成手法の概要。315 名の患者から計測した CT 画像と X 線画像を収集した。先行研究 [1] [2] を用いて、CT から的大腿骨近位部の自動抽出と、CT と X 線画像との重ね合わせを行い、学習データとした。

[1] Hiasa, Y., Otake, Y., Takao, M., Ogawa, T., Sugano, N., & Sato, Y. (2019). Automated Muscle Segmentation from Clinical CT using Bayesian U-Net for Personalized Musculoskeletal Modeling. *IEEE Trans Med Imaging*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/TMI.2019.2940555>

[2] Otake, Y., Armand, M., Armiger, R. S., Kutzer, M. D., Basafa, E., Kazanzides, P., & Taylor, R. H. (2012). Intraoperative image-based multiview 2D/3D registration for image-guided orthopaedic surgery: incorporation of fiducial-based C-arm tracking and GPU-acceleration. *IEEE Trans Med Imaging*, 31 (4), 948-962. <https://doi.org/10.1109/TMI.2011.2176555>

Conventional (ICC=0.361,PCC=0.447) Proposed (ICC=0.882,PCC=0.888)



Conventional(PCC=0.460)

Proposed (PCC=0.853)

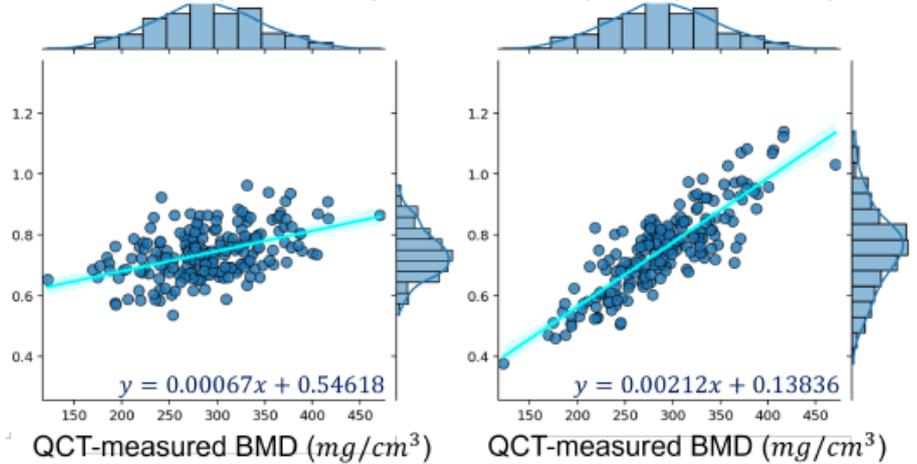


図5 DXA（上段）およびQCT（下段、注4）で計測した骨密度（横軸）と本システムで予測した骨密度（縦軸）の散布図。従来法（左列）に比べ提案法（右列）の精度が大幅に向上しているのが分かる。

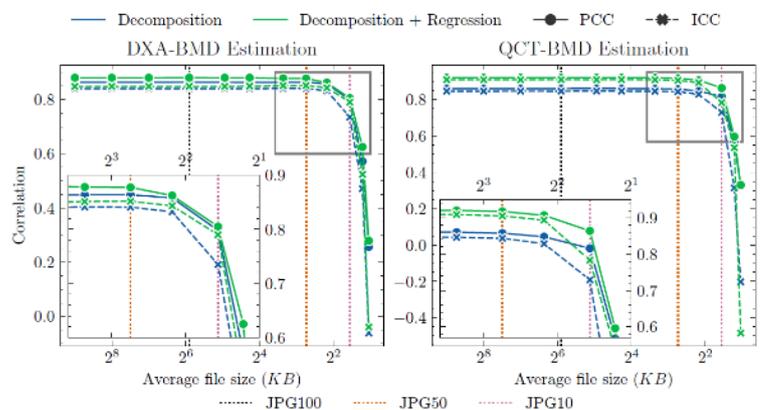
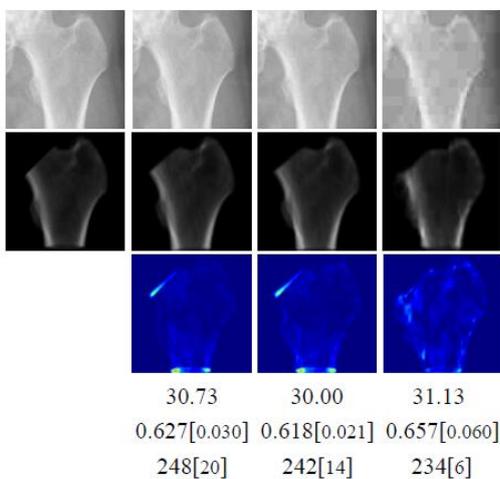


図6 JPEG圧縮により画質が劣化したX線画像に対する推論実験の結果。入力するX線画像のファイルサイズを元画像の50分の1以上小さく圧縮した場合でもほぼ同程度の精度で計測が可能だった。

### 【背景と目的】

要介護となる原因の一つである運動器（筋骨格）障害のリスクを増加させる主要因が骨粗鬆症と、加齢とともに筋肉量が減少する「サルコペニア」です。それらの診断には、主に、DXA法が用いられますが（図7）、設置施設が少なく、検診率が低い（全国平均4.5%）です。CTやDXAに比べて安価・低被曝な単純X線画像を使って骨密度・筋肉量の計測ができれば、運動器疾患の検診率向上、早期診断につながります。

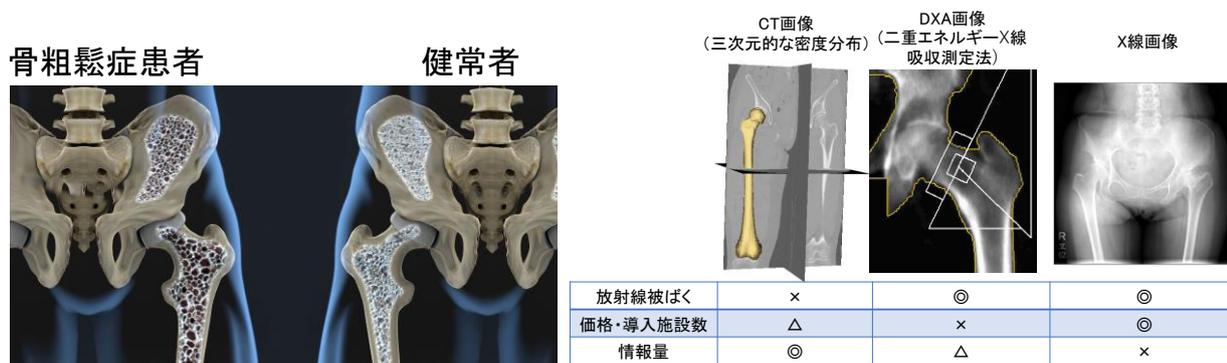


図7 骨粗鬆症（左）と骨密度計測が可能な装置の比較（右）  
（左図は Endocrine Library.” Osteoporosis” より引用）

### 【今後の展開】

現在、国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）の支援により、本システムの製品化・薬事申請、保険収載に向けた取り組みを進めており、一年以内に製品として販売することを目標にしています。骨密度だけでなく、筋肉量の計測にも本手法を応用する予定であり、これが実現すると骨粗鬆症とサルコペニアという非常に関連の深い二つの運動器疾患を、小規模クリニックや健康診断などで低コスト、簡便かつ高精度で早期診断することが可能になり、健康長寿の延伸に寄与することが期待されます。

### 【掲載論文】

<https://doi.org/10.1016/j.media.2023.102970>

Yi Gu, Yoshito Otake, Keisuke Uemura, Mazen Soufi, Masaki Takao, Hugues Talbot, Seiji Okada, Nobuhiko Sugano, Yoshinobu Sato.

Bone mineral density estimation from a plain X-ray image by learning decomposition into projections of bone-segmented computed tomography. Medical Image Analysis. (available online on 15 September 2023, 102970).

### 【用語解説】

- 1) 骨密度（BMD）：骨の強度を示す指標。骨粗鬆症の診断や治療、薬の開発において重要な役割を果たす。
- 2) DXA（Dual-energy X-ray Absorptiometry）：現状、骨密度を測定するためのゴールドスタンダードとされる技術。特殊な計測装置が必要で、患者はベッドに横になる必要があるため一人の計測に20～30分の時間がかかる。

3) 仮想 X 線画像 (Digitally Reconstructed Radiograph, DRR) : CT 画像に対して投影演算を適用して得られた X 線画像に近い投影画像。CT から骨領域のみを取り出して生成した DRR では、輝度値の総和が CT 画像での骨の輝度値の総和 (密度の総和=重さ) と等しくなる。この性質を使うと DRR 画像のみから骨密度の正確な計測が可能になる。

4) QCT (Quantitative CT) : 輝度値を正確に校正した CT 画像を用いることで、3 次元的な骨密度の高精度測定が可能となる技術。2 次元投影画像で計測する DXA よりも高精度に測定ができるが、被ばく量が多く、何度も繰り返し測定することは難しい。

【お問い合わせ先】

<研究に関すること>

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 情報科学領域 生体医用画像研究室

博士後期課程 Yi Gu

准教授 大竹 義人

教授 佐藤 嘉伸

TEL 0743-72-5230 FAX 0743-72-5239

E-mail: gu.yi.gu4@is.naist.jp, otake@is.naist.jp, yoshi@is.naist.jp

<報道に関すること>

奈良先端科学技術大学院大学 企画総務課 渉外企画係

TEL : 0743-72-5026/5063 FAX : 0743-72-5011 E-mail : s-kikaku@ad.naist.jp