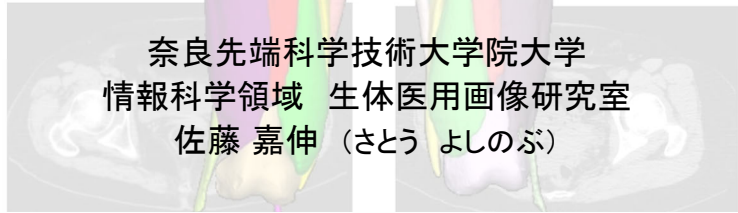


けいはんなR&Dフェア「技術講演」
2021年11月12日

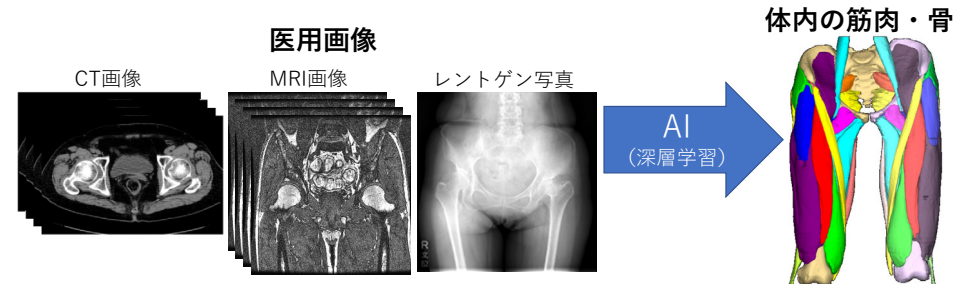
AIによる医用画像からの 人体筋骨格の解析

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学領域 生体医用画像研究室
佐藤 嘉伸 (さとう よしのぶ)



AIによる医用画像からの人体筋骨格の解析

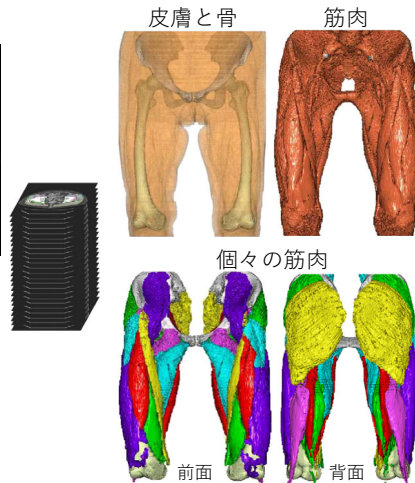
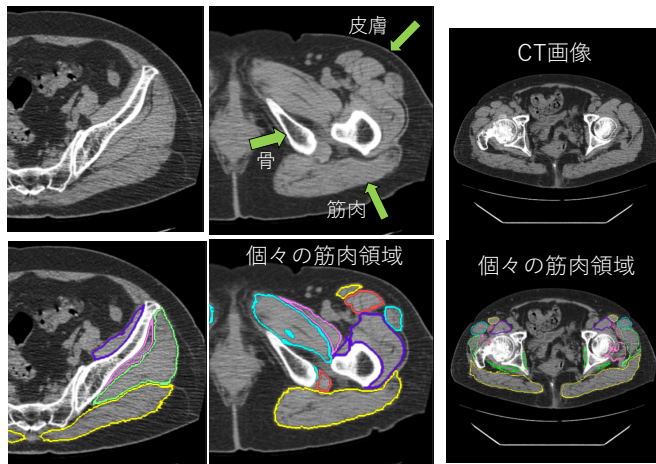
私たちの研究室では、日々、病院で撮影される医用画像（CT、MRI、レントゲン写真等）から、AI（深層学習）を用いて、体内の筋肉や骨を高精度で自動認識する研究を行っています。このAI技術をわかりやすく解説し、筋骨格の自動診断や人生100年時代の健康づくりに、どのように活用するかについてお話しします。



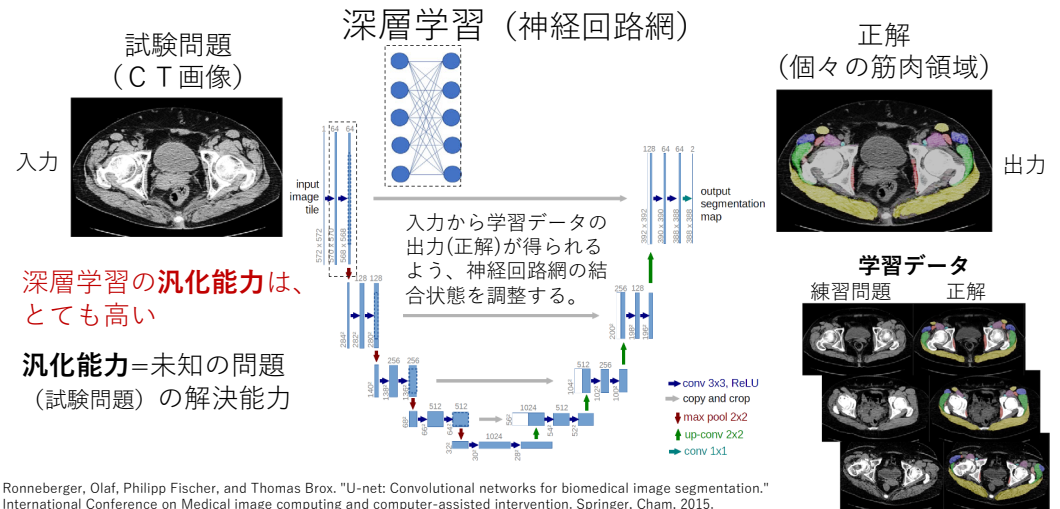
CT画像からの筋肉・骨格の認識



菅野先生 高尾先生
(阪大病院整形外科)

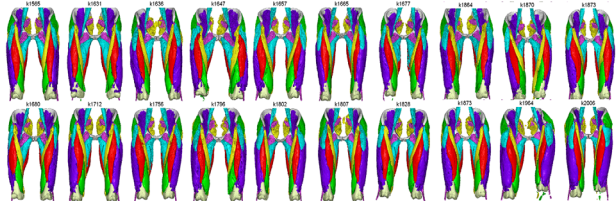


AI (深層学習) による画像認識

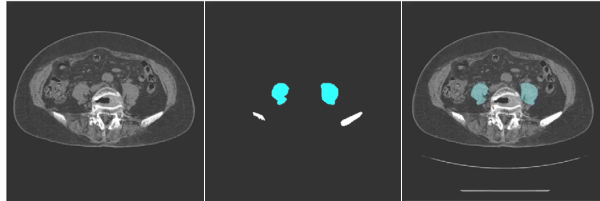


学習データ

• 骨盤から膝にかけてのCTデータ：20例
(1例あたり数百スライス画像)

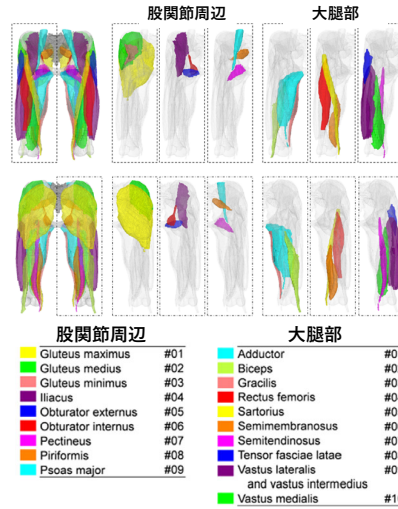


CT画像 ラベル画像 CT+ラベル画像

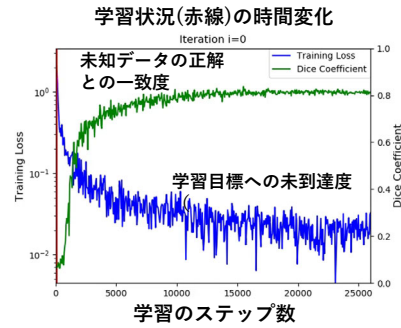


Hiasa Y, Otaka Y, et al. Automated muscle segmentation from clinical CT using Bayesian U-net for personalized musculoskeletal modeling. IEEE Transactions on Medical Imaging. 2019

• 19種類の筋肉領域のトレース



AIの学習

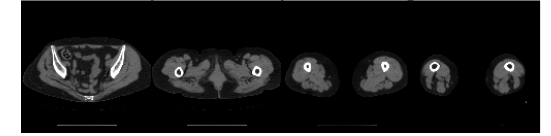


未知データ：試験問題
学習目標：試験問題は知らない状況で、練習問題のみから設定された達成目標

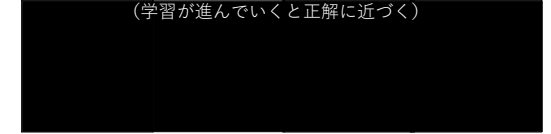
Hiasa Y, Otaka Y, et al. Automated muscle segmentation from clinical CT using Bayesian U-net for personalized musculoskeletal modeling. IEEE Transactions on Medical Imaging. 2019

未知データ (入力CT画像)

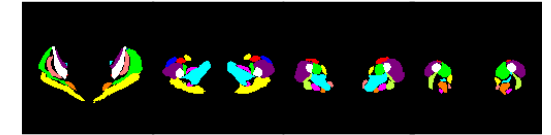
Slice number 腰のあたり 100 大腿部上部 200 大腿部中間部 300 大腿部下部 400



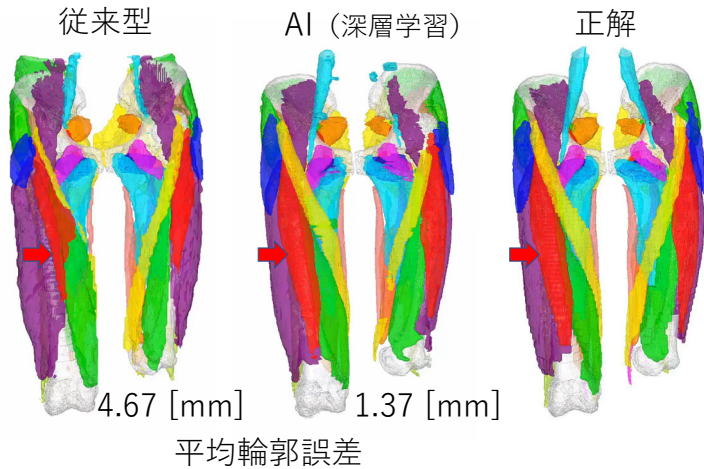
学習の進展に伴う認識結果の変化
(学習が進んでいくと正解に近づく)



未知データの正解



AI (深層学習) による筋肉のCT画像認識の例



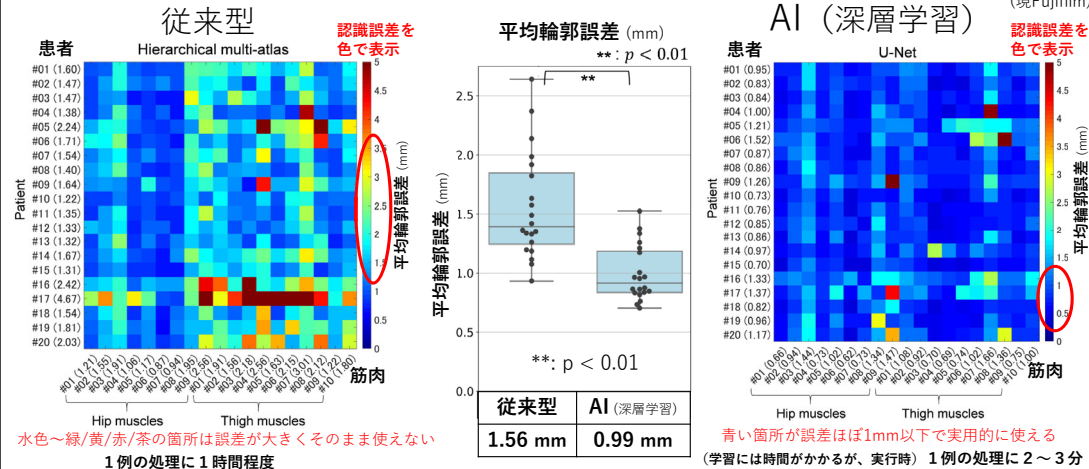
AIは、従来型よりもはるかに高精度

Hiasa Y, Otaka Y, et al. Automated muscle segmentation from clinical CT using Bayesian U-net for personalized musculoskeletal modeling. IEEE Transactions on Medical Imaging. 2019

AI (深層学習) による筋肉のCT画像認識精度



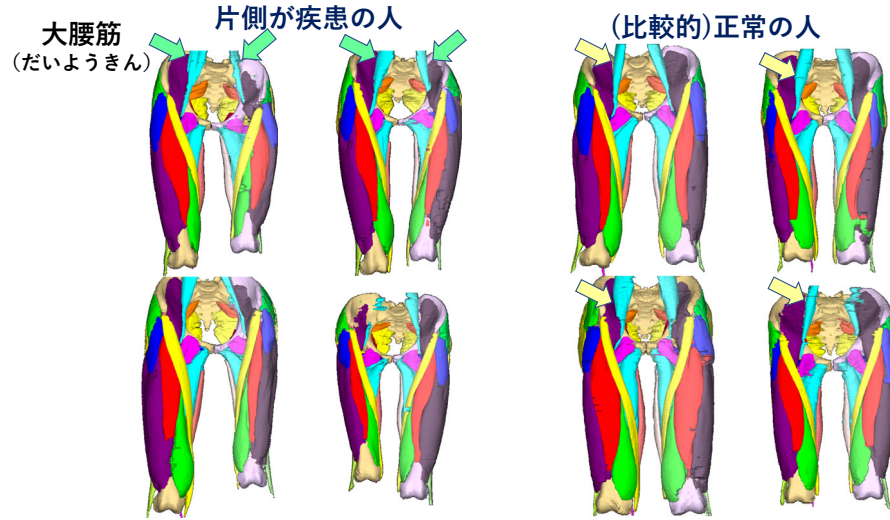
日朝(元)助教 (現Fujifilm)



Hiasa Y, Otaka Y, et al. Automated muscle segmentation from clinical CT using Bayesian U-net for personalized musculoskeletal modeling. IEEE T Med Imaging. 2019

筋肉の個人差

CT画像自動認識の結果



AI (深層学習)の問題点

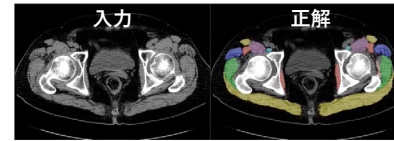
1. AIはブラックボックス

- 判断根拠がよくわからない。AIも間違える。信用しきってよいのか？
- AIは、判断根拠もデータから学習し、その学習結果は膨大な数の神経結合の係数として表現され、人間はそれを理解しにくい。

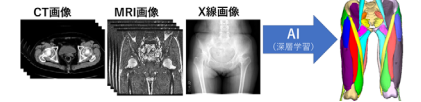
結果の信頼度(不確実性)を出力して、信用できない結果を検知

2. AIの学習データ(正解データ)作成の膨大な手間

- 新しいAIを作成するたびに、学習(正解)データ作成が必要である。
- 先ほどの筋肉の認識では、1症例(数百枚)の学習(正解)データを作成するのに整形外科医が1週間(40時間=8時間×5日)要した。20症例で20週間(5か月)。



CT画像を認識するAIを、正解データ作成無しにMRIやX線画像を認識するAIに拡張



AI (深層学習)の問題点

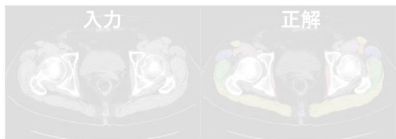
1. AIはブラックボックス

- 判断根拠がよくわからない。AIも間違える。信用しきってよいのか？
- AIは、判断根拠もデータから学習し、その学習結果は膨大な数の神経結合の係数として表現され、人間はそれを理解しにくい。

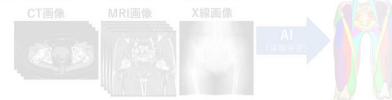
結果の信頼度(不確実性)を出力して、信用できない結果を検知

2. AIの学習データ(正解データ)作成の膨大な手間

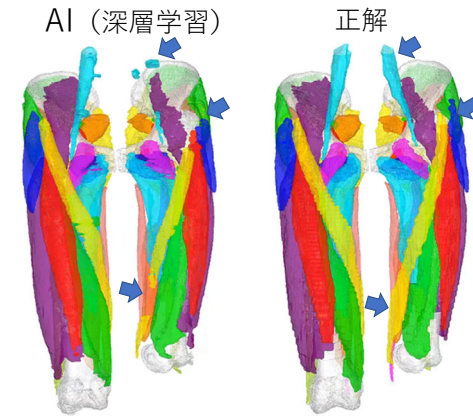
- 新しいAIを作成するたびに、学習(正解)データ作成が必要である。
- 先ほどの筋肉の認識では、1症例(数百枚)の学習(正解)データを作成するのに整形外科医が1週間(40時間=8時間×5日)要した。20症例で20週間(5か月)。



CT画像を認識するAIを、正解データ作成無しにMRIやX線画像を認識するAIに拡張



AI (深層学習) による筋肉のCT画像認識の例



AIの間違いはどこか？

AI(深層学習)によるAI自身の間違い予測

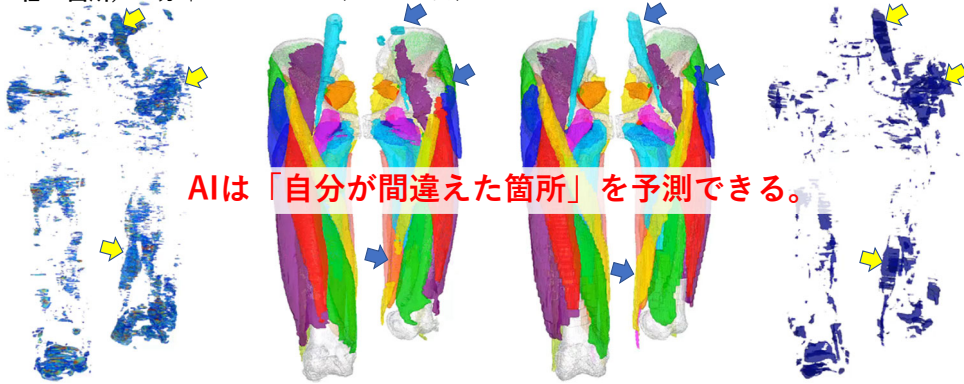


不確実性(信頼度の低い箇所)の分布

AI (深層学習)

正解

実際の誤差の分布



AIは「自分が間違えた箇所」を予測できる。

AIが予測した間違い箇所

AIが実際に間違えた箇所

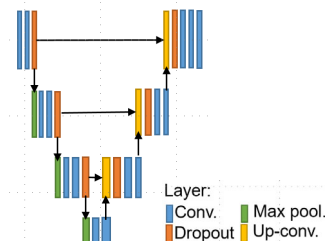
Hiasa Y, Otaka Y, et al. Automated muscle segmentation from clinical CT using Bayesian U-net for personalized musculoskeletal modeling. IEEE Transactions on Medical Imaging. 2019

AIによる画像認識の不確実性



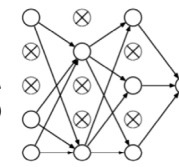
- 神経回路網の特徴：脳の神経結合において多少の結合が途切れても（脱落しても）大きな影響はない。
- ランダムに結合を脱落(dropout)させても結果は大きく変わらないはず。
- 大きく変わるようなら、学習が十分にできていない（自信がない）。

Bayesian U-net

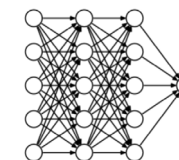


[Hiasa et al, IEEE-TMI, 2019]

Dropoutなし
(結合の脱落なし)



Dropoutあり
(結合の脱落あり)



Srivastava N, Hinton G, Krizhevsky A, Sutskever I, Salakhutdinov R. Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting. The journal of machine learning research. 2014 Jan 1;15(1):1929-58.

AI(深層学習)によるAI自身の間違い予測

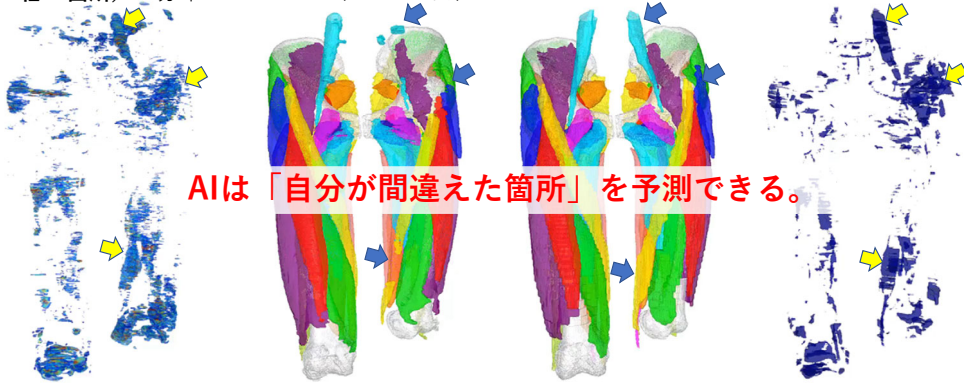


不確実性(信頼度の低い箇所)の分布

AI (深層学習)

正解

実際の誤差の分布



AIは「自分が間違えた箇所」を予測できる。

AIが予測した間違い箇所

AIが実際に間違えた箇所

Hiasa Y, Otaka Y, et al. Automated muscle segmentation from clinical CT using Bayesian U-net for personalized musculoskeletal modeling. IEEE Transactions on Medical Imaging. 2019

AI (深層学習)の問題点

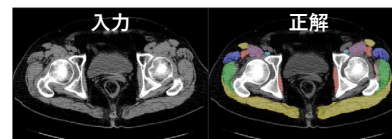
1. AIはブラックボックス

- 判断根拠がよくわからない。AIも間違える。信用しきってよいのか？
- AIは、判断根拠もデータから学習し、その学習結果は膨大な数の神経結合の係数として表現され、人間はそれを理解しにくい。

結果の信頼度(不確実性)を出力して、信用できない結果を検知

2. AIの学習データ(正解データ)作成の膨大な手間

- 新しいAIを作成するたびに、学習(正解)データ作成が必要である。
- 先ほどの筋肉の認識では、1症例(数百枚)の学習(正解)データを作成するのに整形外科医が1週間(40時間=8時間×5日)要した。20症例で20週間(5か月)。



CT画像を認識するAIを、正解データ作成無しにMRIやX線画像を認識するAIに拡張



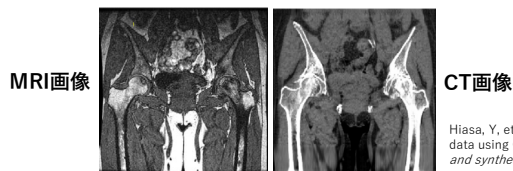
体内の筋肉・骨

学習(正解)データ作成無しでの拡張 AIによるフェイク画像の合成

どちらがフェイク画像(合成画像)でしょうか?

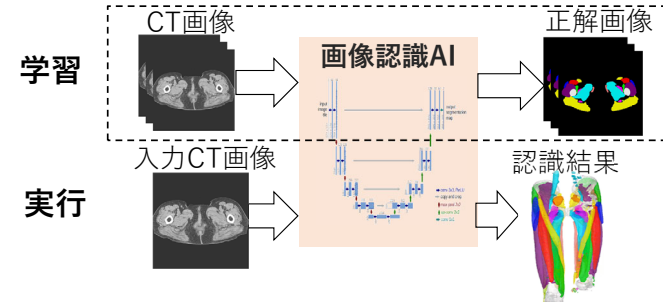


Zhu, Jun-Yan, et al. "Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks." *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*. 2017.

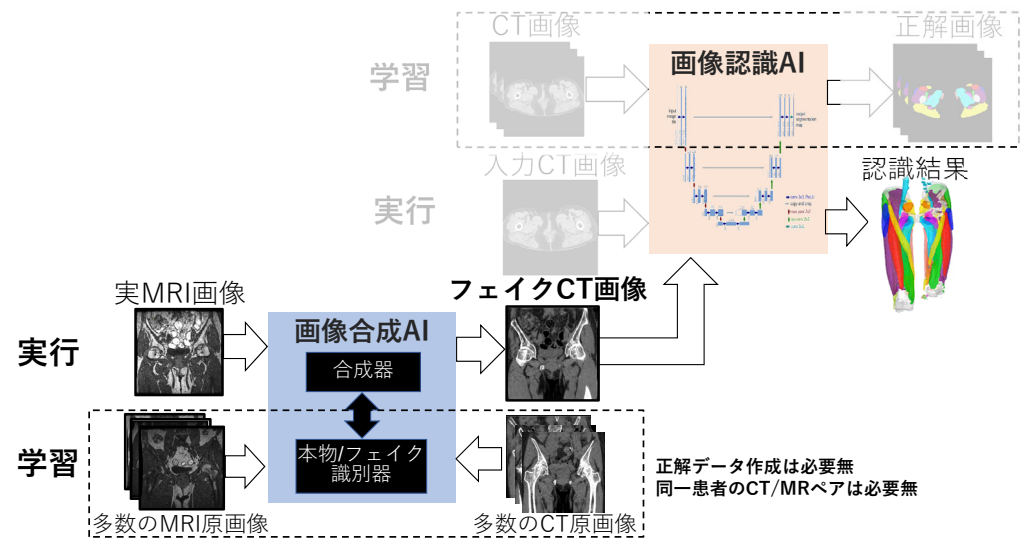


Hiasa, Y, et al. "Cross-modality image synthesis from unpaired data using CycleGAN." *International workshop on simulation and synthesis in medical imaging*. Springer, Cham, 2018.

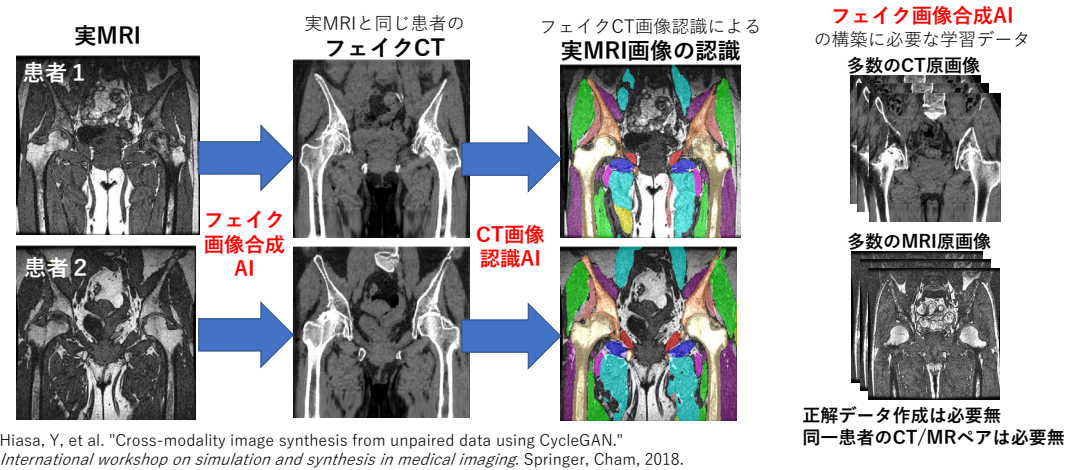
CT画像→CT画像認識



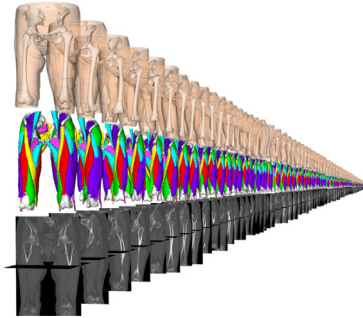
実MRI画像→フェイクCT画像→CT画像認識



学習(正解)データ作成無しでの拡張 フェイクCT画像の認識による実MRI画像の認識

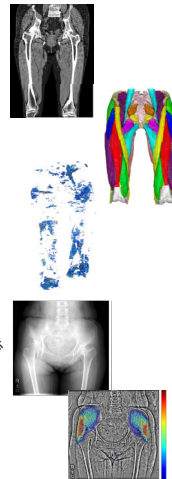


大規模データの解析



AIによる医用画像からの人体筋骨格の解析 まとめ

- 高精度な認識
 - (できないと思われていた) 個々の筋肉も詳細かつ高精度に認識
 - 学習には時間がかかるが、一旦学習すれば、高速に認識
- 認識精度を予測
 - 認識が不確実なところを高精度に予測 (自信のない箇所を予測)
 - これは**人間とAIの協働**に大事→AIが自信のない箇所のみを人間が支援
- 人間による正解データ作成によらない認識能力の増強
 - 人間による正解データ無しでもCT画像認識を、MRIやX線画像の認識に自動的に拡張
 - 人間による作成では極めて困難な量の正解データを自動生成し、人間では難しい認識を達成 (X線画像からの筋肉認識)
- 大規模データ解析
 - 1万例規模の未整理データの自動解析による新しい医学知識の導出



大規模データへの適用



ご清聴ありがとうございました。

