



## 〈第21回優秀論文賞(応募論文)〉

Daiju Ueda, et al.

Deep Learning-based Angiogram Generation Model for Cerebral Angiography without Misregistration Artifacts

Radiology 299: 675-681, 2021

### はじめに

今回、大阪公立大学(旧大阪市立大学)大学院医学研究科放射線診断学・IVR学からRadiology誌に掲載された論文を、IVR学会にて優秀論文賞に選出いただいた<sup>1)</sup>。これは、Digital Subtraction Angiography (DSA)画像から深層学習人工知能モデル(以下AI)によってモーションアーチファクトをなくすことを試みた研究である。放射線分野では、AIといえば画像診断に用いられがちではあるものの、IVR領域でも力を発揮できることを示せたという側面は、個人的に大変興味深い点である。当教室でも伝統あるIVR分野の研究に少しでも貢献できたことを誇らしく思う。この場をお借りし、お世話になり続けております三木教授、山本准教授をはじめ、大学医局員や同門の方々、さらには放射線技師の方々に御礼申し上げたい。皆様の日々の臨床の積み重ねと研究へのサポートなくして生まれ得なかった研究だった。

### 背景

DSAはライブ画像からマスク画像を差し引くことで、動脈と静脈の両方を含む造影された血管のみからなる血管画像を得る技術である<sup>2)</sup>。マスク画像とは、ライブ画像撮影時に造影剤が血管に到達する前に得られる背景画像である。脳血管領域では、頭蓋骨の高

吸収信号と血管部の造影剤濃度の区別が困難なため、DSAはIVRに不可欠である。わずかなモーションアーチファクトでも、血管の同定に支障をきたしやすく、手技の失敗の原因となる。DSAの大きな問題点は、ライブ画像とマスク画像の位置関係がずれることで、主に患者の動きによるアーチファクト(モーションアーチファクト)が発生することである。脳出血や脳梗塞などの急性期治療では、患者を静止させることが困難な場合が多い。これらのアーチファクトは、血管抽出の失敗を引き起こすだけでなく、血管に似た陰影を作ることもあるため、再撮影が必要になり、時には患者の鎮静が必要になることもある。手技の遅れは予後に影響を与え、再撮像によって造影剤の投与量や放射線量が增加する。

そこで、我々はAIを用いて、頭部領域のDSAからモーションアーチファクトをなくすことを目的とした。DSAはライブ画像からマスク画像を差分することで血管のみを残す技術だが、そのマスク画像の背景構造物を消すという役割自体をAIに学習及び代替させる。つまり、ライブ画像+マスク画像でDSAを作成するのではなく、ライブ画像+AIでDSA様画像(deep learning angiography; 以下DLSA画像)を作成できるようにする。マスク画像をAIで代替するDLSA画像は、患者が動いてもモーションアーチファクトの生じることのない血管のみの画像が作成できる。背景構造物を消すという特徴は、モーションアーチファクトのないDSA画像とそのライブ画像の間にある。このペアを用意し、これらの画像間にある特徴をAIに学ばせる。本研究で用いたAIは、pix2pixというモデルである<sup>3)</sup>。これは、生成的敵対ネットワークを用いて、ペア画像間の変換特徴を学習することができる。動いている患者に対してDSA画像を取得した場合、ライブ画像とマスク画像との間にずれが生じるため、モーションアーチファクトが発生する。しかし、AIサブトラクションでは、マスク画像を用いることなく、ライブ画像から背景を除去することができるため、モーションアーチファクトが生じない。

### 方法

2019年1月から4月までに大阪市立大学医学部附属病院で実施された脳血管造影検査の連続シーケンスをレトロスペクティブに収集した。1シーケンスは1か所の血管造影の時系列で、Artis Zee BA Twin (Siemens)を使用して取得されたものである。すべてのDSA画像は、2人の著者が個別にモーションアーチファクトあり、なしと分類した。これらの画像から4つのデー

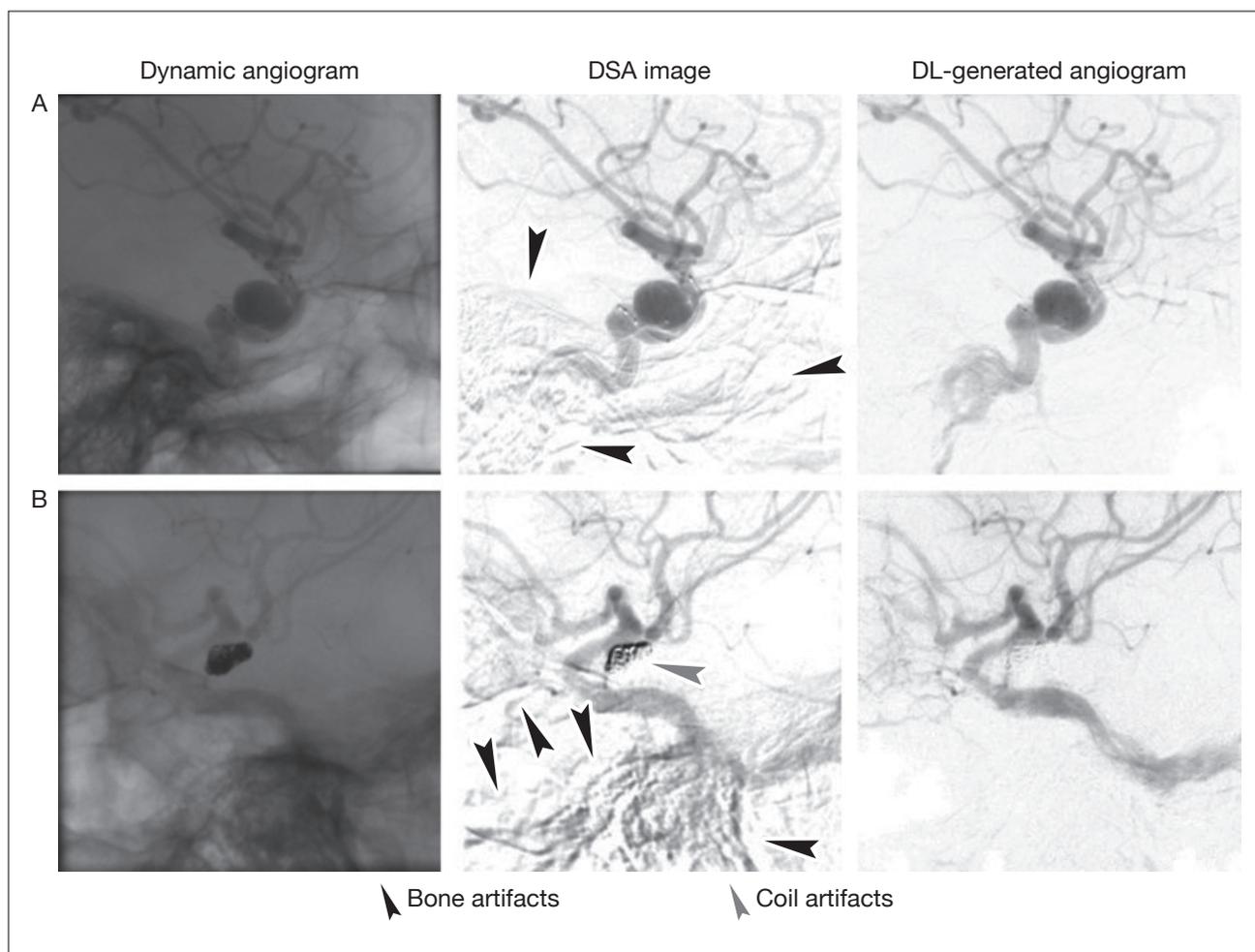


図 引用文献1)より許可を得て転載

タセットが用意された。モーションアーチファクトのないペア画像から①トレーニングデータ、②バリデーションデータ、③アーチファクトフリーテストデータが作成され、モーションアーチファクトのある画像からは、④アーチファクトテストデータセットを作成した。モーションアーチファクトのない①トレーニングデータでAIが学習し、②バリデーションデータでAIのチューニングを行い、完成したAIを③アーチファクトフリーテストデータ、④アーチファクトテストデータセットに適応した。前者で定量的なPSNRとSSIMで評価を行い、後者で視覚評価を行った。

## 結果

結果として、40人の患者(年齢62歳±11歳、女性33人)の608個のシーケンスから、合計17,934枚のライブ画像およびDSA画像ペアを収集し、AIの作成及び検証が行われた。③アーチファクトフリーテストデータによる定量評価では、DLSA画像との間の平均PSNR値は

40.2dB±4.05で、平均SSIM値は0.97±0.02であった。これらは非常に高い値で、ほとんど画像間に差がないことを示している。④アーチファクトテストデータセットによる視覚評価では、臨床的有用性テストが4.0点(5点満点)、モデル適正処理テストが3.0点(4点満点)であった。これらからアンギオグラファーはいずれも、DLSA画像がDSA画像よりも良いと判断したことがわかった(図)。

## 考察

モーションアーチファクトを低減するために、マスク画像の修正(リマスキング)や、ライブ画像アンギオグラムの平行移動(ピクセルシフト処理)など、これまでさまざまな技術が試みられてきた<sup>4,5)</sup>。しかし、いずれもあくまで「低減する」技術であり、モーションアーチファクトが「発生しない」技術ではない。我々の知る限り、モーションアーチファクトを避ける方法を開発し、モーションアーチファクトを持つDSA画像よ

りも臨床的に有用であることを確認したのは、この研究が初めてである。また、今回のAIを臨床に適用した場合でも、DLSA画像を作成するのにかかる時間は、ライブ画像1枚あたり1秒未満であり、血管造影中に患者が動いても、モーションアーチファクトのない血管図がすぐに得られることが、他の技術と異なる点である。

#### 引用文献

- 1) Ueda D, Katayama Y, Yamamoto A, Ichinose T, Arima H, Watanabe Y, et al: Deep Learning-based Angiogram Generation Model for Cerebral Angiography without Misregistration Artifacts. *Radiology* 299: 675-681, 2021.
- 2) Hanafee W, Stout P: Subtraction Technic. *Radiology* 79: 658-661, 1962.
- 3) Isola P, Zhu J-Y, Zhou T, Efros AA, editors: Image-to-image translation with conditional adversarial networks. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*; 2017.
- 4) Levin DC, Schapiro RM, Boxt LM, Dunham L, Harrington DP, Ergun DL: Digital subtraction angiography: principles and pitfalls of image improvement techniques. *AJR Am J Roentgenol* 143: 447-454, 1984.
- 5) Meijering EH, Niessen WJ, Viergever MA: Retrospective motion correction in digital subtraction angiography: a review. *IEEE Trans Med Imaging* 18: 2-21, 1999.

本論文はこちらにて閲覧が可能です。

<https://doi.org/10.1148/radiol.2021203692>

