



TITLE:

Generative Image Transformer (GIT):
unsupervised continuous image generative
and transformable model for [^{123}I]FP CIT
SPECT images(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Watanabe, Shogo

CITATION:

Watanabe, Shogo. Generative Image Transformer (GIT): unsupervised continuous image generative and transformable model for [^{123}I]FP CIT SPECT images. 京都大学, 2022, 博士(人間健康科学)

ISSUE DATE:

2022-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k23825>

RIGHT:

許諾条件により本文は2022-09-05に公開; This is a post-peer-review, pre-copyedit version of an article published in Annals of Nuclear Medicine. The final authenticated version is available online at: <https://doi.org/10.1007/s12149-021-01661-0>. Embargo period is the following 12 months after first publication of the final authenticated version.

(続紙 1)

京都大学	博士 (人間健康科学)	氏名	渡辺翔吾
論文題目	Generative image transformer (GIT): unsupervised continuous image generative and transformable model for [¹²³ I]FP-CIT SPECT images (画像生成Transformer (GIT) : [¹²³ I]FP-CIT SPECT画像における教師なし連続画像生成変換モデル)		
(論文内容の要旨)			
<p>機械学習を用いた診断支援システムの性能向上には可能な限り多くのデータが必要である。そこで近年、医用画像研究の分野では画像生成モデルが盛んに研究されており、診断支援システム構築の訓練データ加増への応用が期待されている。本研究では自己回帰モデルに基づいたTransformerによる画像生成手法を提案し、その有効性を検証した。本研究ではTransformerを画像生成に拡張した。Transformerは自然言語などの時系列データに対して高い性能を発揮することが確認されている、深層学習におけるネットワーク構造の1つである。本論文では、3次元画像の各スライス画像を、自己回帰によって順次生成するモデルを作成した。画像生成の対象として、パーキンソン症候群が疑われる際に実施される[¹²³I]FP-CIT SPECT画像を用いた。画像データには、Parkinson Progression Marker Initiative (PPMI) データベースのパーキンソン病と診断された441例の画像を使用した。本手法の有効性を検証するため、重複を許さず50例を検証データとして取り除き、5-fold で訓練と評価を行った。PPMI データベースのSPECT画像は各例につき91スライスの3次元データである。モデルの訓練データは、左右反転と微小な回転を加えて14倍に加増を行い、前処理として投与量の正規化を行った。Transformerを16層用いたモデルを作成し、損失関数を2乗誤差としてモデルパラメータの学習を行った。推論時は、開始スライスからある時点までの連続なスライスを入力とし、その次のスライスを生成する。そして新しく生成したスライスを加えたものを入力データとして再度その次のスライスを生成するという工程を繰り返し、順次スライスの生成を行う。提案手法の有効性を検証するために、定性評価と定量評価を行った。画像を生成する際はパーキンソン病の診断において重要となる基底核線条体の領域が含まれない40番目までのスライスを用いて41番目以降のスライス画像を生成した。また、訓練と検証に含んでいないPPMIデータベースの健常なSPECT画像でも同様の手順で画像生成を行った。定性評価として、2人の神経内科医と1人の放射線科医による生成画像の目視評価を行った。その結果、パーキンソン病が疑われるSPECT画像として違和感がないこと、パーキンソン病と診断する際の特徴である基底核線条体に左右差が現れているものがあることを確認した。生成画像の3断面表示の目視評価も実施し、3次元データとして生成された画像に違和感がないことを確認した。また、健常者データからパーキンソン病の特徴を持った画像が生成できることも確認した。定量評価では、各foldの訓練データから取り除いた50例のデータに対して、元データの41番目以降の画像を正解データとし、生成された51枚のスライス画像との平均絶対値誤差のスライスごとの平均値を算出して、定量的な評価とした。その結果、約15スライスまでの誤差が十分小さい値に収まっていることを確認した。また、前述の誤差が最も大きかったfoldに注目した誤差マップを作成して、その詳細を確認した。さらに、モデルが生成する画像が平均的な画像ばかりではないことを確認するため、検証データと生成データそれぞれから基底核線条体の左右差を非対称性指標値として算出し、そのヒストグラムを比較した。その結果、生成データは右</p>			

低下よりも左低下の方が多いという傾向が確認できた。また元々左右差がなかったものから左右差があるものを生成するなどの多様性も確認できた。これらの結果から、本研究の画像生成における提案手法の有効性が検証できた。今後、より高解像度な他の医用画像への本手法の適用や診断支援システム構築における訓練データの多様性の増加といった応用を検討していきたい。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

機械学習を用いた診断支援システムの開発では多くの訓練データが必要であり、そのための一つの方法として生成モデルの研究が盛んに行われている。本研究は訓練データ加増のための新しい画像生成モデルの提案と有効性検証を行ったものである。Parkinson Progression Marker Initiative データベースからパーキンソン病(PD)の[123I]FP-CIT SPECT画像441例を使用し、主として時系列データ解析に用いられているTransformerを画像の生成に初めて応用したモデルを提案した。神経内科医と放射線科医による生成画像の目視評価により、基底核線条体の左右差などのPDの特徴の再現、脳の構造の3次元的連続性の再現を確認した。また、健常データからPDの特徴を持つ画像が生成できることも確認した。定量評価として、検証データを正解データとし、生成画像とのスライス毎の平均絶対値誤差を算出し、約15スライスまで誤差が微小範囲に収まっていることを確認した。さらに検証および生成データから基底核線条体の左右差指標値を算出してヒストグラムを比較した結果、生成データは右低下よりも左低下の方が多い傾向が確認でき、また、元々左右差がなかったものから左右差があるものが生成されるなど、平均的な画像ばかりではなく多様性のある画像生成が可能であることが確認された。これらは提案手法の有効性を十分に示すものである。以上の研究により提案された新しい画像生成モデルは、今後の画像診断支援システム開発などへの応用を強く期待させるものである。したがって、本論文は博士(人間健康科学)の学位論文として価値あるものと認める。なお、本学位授与申請者は、2021年12月6日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。

要旨公表可能日： 年 月 日以降