

# PET-to-CT画像生成のための輝度感受性カスケード生成ネットワークに関する研究計画

Xiaoyu Deng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui, 910-0017, Japan

## 1 研究背景と意義

陽電子放射断層撮影とコンピュータ断層撮影（PET/CT）は、一回の検査で代謝および解剖情報を同時に提供できるが、装置の価格が高く、放射線被曝量が比較的多いため、資源が限られた地域での普及は難しい。近年、医用画像のクロスモーダル変換において生成敵対ネットワーク（GAN）が大きな可能性を示しているが、現状の手法ではテクスチャがぼやける、高輝度領域の強度が歪む、性能が一定の水準で飽和するなどの課題が残されている。本研究では、これらの課題を克服するため、三段階エンコーダデコーダの連鎖構造と輝度感受性損失を組み合わせた輝度感受性カスケードGANを提案し、PETからCTへの画像合成精度を向上させることを目指す。本研究を通じ、多段階生成方式および輝度適応制約が臨床的に有用な疑似PET画像生成へ与える影響を体系的に検証し、低コストの早期スクリーニング技術の基盤形成を目指す。

## 2 研究目的

**理論的目的：** 解釈可能なクロスモーダルカスケード生成フレームワークを構築し、多段階分解および輝度感受性損失が構造およびテクスチャ再現精度に与える効果を明らかにする。

**アルゴリズム的目的：** 多段階生成器、マルチスケール輝度モデリング、適応的重み付けス

ケジューリング戦略を設計 最適化し、高輝度低輝度領域の詳細再現性を改善する。

**応用的目的：** 複数施設の公開および臨床脳PET/CTデータを用いてモデルの頑健性 転移可能性を検証し、早期脳卒中スクリーニング、腫瘍定量評価、アルツハイマー病前駆状態の検出支援への応用価値を評価する。

## 3 研究方法

### 3.1 データ収集および前処理

本研究では、米国国立がん研究所（NCI）癌画像プログラム（CIP）の肺PET/CTデータセットを利用する。このデータセットは355名の患者から収集された合計251,135枚のDICOM画像および性別、年齢、体重、喫煙歴、診断カテゴリーなどのメタデータを含む。腫瘍サブタイプは腺癌（A）、小細胞癌（B）、大細胞癌（E）、扁平上皮癌（G）として分類されている。PETおよびCTの両モダリティで撮影されたのは一部であり、本研究ではB型小細胞癌患者38名のペア画像を選択し、造影画像を含めて合計464ペアのPET/CT画像を解析対象とする。全データは匿名化され、RGB 256×256画素に再サンプリングされる。

### 3.2 手法の最適化

既存の問題点を解決するため、クロスモーダル変換においてより効果的なアーキテクチャおよび学習手法を検討する。

1. 医用画像変換タスクに特化した多段階生成器および識別器の設計を行う。
2. カスケード拡張フレームワークおよび注意機構を導入し、重要な解剖学的構造に焦点を当てる。
3. 知覚損失および敵対的損失を融合した複合損失関数を採用し、視覚的リアリズムおよび構造的類似性を向上させる。
4. マルチタスク学習および転移学習を導入し、モデルの汎化性能および収束速度を改善する。

## 4 研究の革新点

1. **多段階拡張性学習の解析:** カスケード生成器の特性を解析し、段階を無秩序に積み重ねた場合に生じる過学習を防ぎながら性能を最大化する方法を提案する。
2. **輝度感受性機能の導入:** 適応重み付けを行う輝度マスクを導入し、高密度の皮質骨と低密度の実質組織テクスチャを効果的に再現する。