

Flow Visualization を用いた FDG 吸収傾向の可視化 Visualization of FDG absorption trends using Flow Visualization

柳田 直也¹⁾ 戸崎 哲也¹⁾ 千田 道雄²⁾
Naoya Yanagida Tetsuya Tozaki Michio Senda

1. はじめに

PET による画像診断は、被験者に放射性核種を用いた薬剤を投与し、その放射性核種の集積分布を画像化することで行われる。がん診断には、特に、グルコースに類似した薬剤を用いる FDG-PET が使われている。がん組織は他の組織と比べて糖代謝が高いため、FDG が集積し、FDG-PET 上に陰影として表れる。

FDG-PET によるがん診断は、他のモダリティに比べて回盲部がんや直腸がんなどの検出が容易である利点を持つ。一方で、FDG はがん組織のみではなく、糖代謝の活発な組織にも集積するため、FDG-PET 上の陰影ががん腫瘍を示しているのか、正常組織への集積を示しているのかを判断するのが難しい。

この問題を解決するために PET 画像が体内に投与された薬剤がどの組織に取り込まれるかを表す機能画像であることに着目した。機能画像であることから、どのようにして取り込まれるかという情報も得られると考え、文献[1]の流体を可視化する手法を用いて薬剤の流れを表現しようと考えた。FDG の取り込まれ方は膀胱なら滞留するように、がん組織なら一転に集中するようにと、組織によって違いがあると仮定し、FDG の集積傾向の違いを視覚的に表現することで、がん診断に有効な情報が得られるか検討を行う。

2. 手法

2.1 Image Based Flow Visualization : IBFV

IBFV[1]は、2次元流体の流れの可視化手法であり、全ての手順が画像を使用して行われる。流れのアニメーションの各フレーム画像は、1つ前の画像を歪ませて、背景画像とブレンドすることで作成される。画像を歪ませる操作では、画像を長方形のメッシュに投影し、メッシュの点を短い距離移動させる。背景画像と歪ませた画像とブレンドさせ、生成された画像を新たなフレーム画像とする。新たに作成される画像 F を式(1)に示す。

$$F(\mathbf{p}_k; k) = \alpha \sum_{i=0}^{k-1} (1-\alpha)^i G(\mathbf{p}_{k-1}; k-i) \quad (1)$$

ここで、 \mathbf{p}_k : 点、 k : フレーム番号、 α (0~1): ブレンドマスク、 G : 背景画像とする。図 1 のように画像を歪める操作と背景画像とのブレンドを繰り返すことで流れのアニメーションの各フレームを作成している。つまり、流体の流れる方向に従ってメッシュを変形させることで、流体の流れを可視化することができる。本研究では、背景はランダムホワイトノイズ画像、メッシュの点を文献[2]、[3]の曲

率ベクトルに従って移動させることにより、曲率ベクトルに基づく流れのアニメーションを作成する。

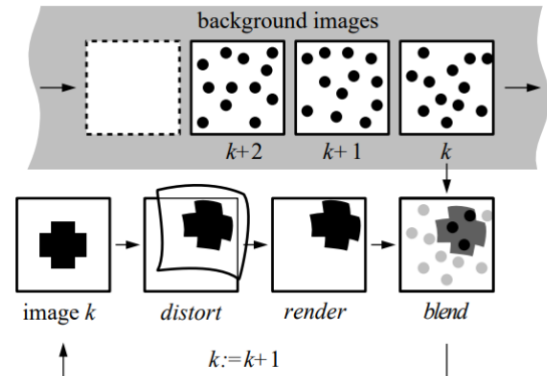
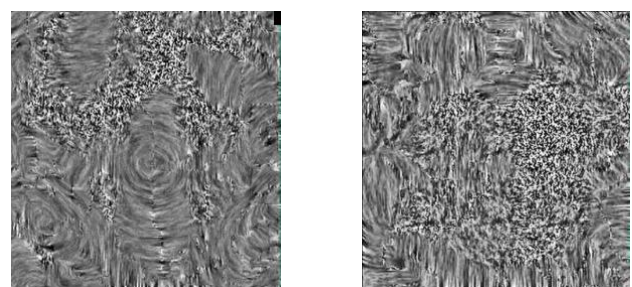


図 1 流れのアニメーションの生成のフロー図
(文献[1]より引用)

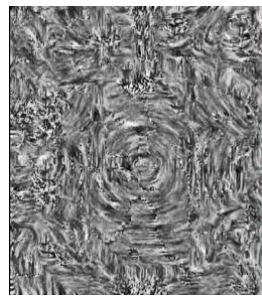
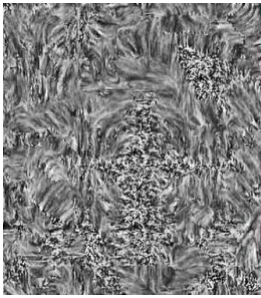
3. 研究結果

がんの原発部である回盲部と生理的な FDG の集積が見られる膀胱付近における陰影に対して、曲率ベクトルを算出し、それに基づいて IBFV の作成を行なった。そのスナップショットを図 2~7 に示す。各図の (a)、(b) は各曲率を coronal 方向、sagittal 方向に見たときの結果である。

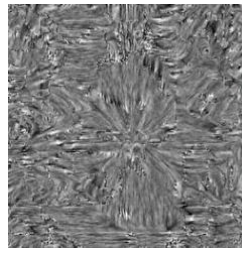
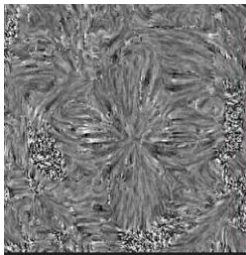


a coronal 方向 b sagittal 方向
図 2 回盲部がんの第 1 曲率のアニメーション

- 1) 神戸市立工業高等専門学校 Kobe City College of Technology
- 2) 先端医療センター Institute of Biomedical Research and Innovation

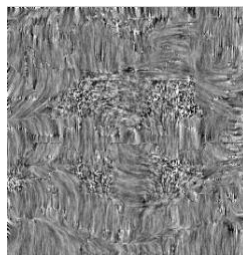
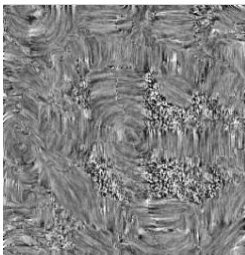


(a) coronal 方向 (b) sagittal 方向
図 3 回盲部がんの第 2 曲率のアニメーション

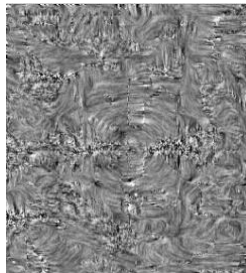
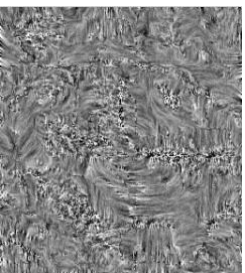


(a) coronal 方向 (b) sagittal 方向
図 4 回盲部がんの第 3 曲率のアニメーション

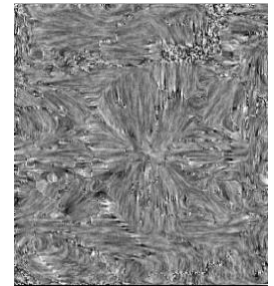
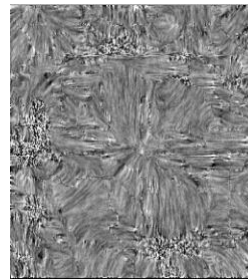
図 2 (a)、図 3 (b) より回盲部にある陰影の coronal 方向から見た第 1 曲率と sagittal 方向から見た第 2 曲率の結果は、どちらも陰影の周りを周回している様子が見られた。また、図 4 の第 3 曲率では、どちらの方向から見ても陰影の中心から放射上に広がっている動きが見られた。背景のノイズ画像がそのまま見えている場所は、動きがない場所であると考えられる。



(a) coronal 方向 (b) sagittal 方向
図 5 膀胱付近の第 1 曲率のアニメーション



(a) coronal 方向 (b) sagittal 方向
図 6 膀胱付近の第 2 曲率のアニメーション



(a) coronal 方向 (b) sagittal 方向
図 7 膀胱付近の第 3 曲率のアニメーション

図 5 より、第 1 曲率では、coronal 方向から見ると陰影の周りを周回する動きが見られた。sagittal 方向から見ると陰影を縦断する動きが見られた。図 6 より、第 2 曲率では、どちらの方向から見ても陰影付近を水平方向に動く様子が見られた。図 7 より、第 3 曲率では、図 4 の回盲部と同じように陰影の中心から放射上に広がっている動きが見られた。

4. 考察

生理的な集積を示す膀胱付近の第 2 曲率では、水平方向の動きが見られたが、FDG の滞留を表現している可能性がある。第 3 曲率では、回盲部と膀胱付近のどちらでも陰影を中心に放射状に広がっている動きが見られたため、がんであるかは関係なくこのような動きが見られると考えられる。従って、第 3 曲率は陰影の検出に有効であると考えられる。

5. まとめ

本研究では曲率ベクトルの向きに基づいて FDG の流れを表現した。また、その流れをアニメーションにすることで可視化することを考えた。回盲部がんの症例におけるがんの疑いがある部位と生理的な FDG の集積がみられる部位の曲率ベクトルの動きの違いをみることができた。また、曲率によって示すものが違うことも確認できた。

今回は回盲部がんのみの PET 画像を用いたので、今後の課題として、別の症例でも陰影付近の流れを見る必要がある。また、背景画像がランダムホワイトノイズ画像であると流れを確認するのが難しいため、別の背景画像を用いて可視化したいと考えている。

参考文献

- [1] Jarke J. van Wijk, "Image based flow visualization", SIGGRAPH'02: Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 745-754, (2002).
- [2] 朝戸天翔, 戸崎哲也, 千田道雄: 組織の機能に基づく FDG-PET 像の解析, FIT2022 (第 21 回情報科学技術フォーラム), 第 2 分冊, pp.531-532 (2022)
- [3] O.monga,S.benayoun,"Usingpartialderivativeson3Dimages to extract typical surface features", Computer Vision and Image Understanding, Vol.61, No.2 pp.172-189, 1995.