

図2: 軸推定の処理フロー

表1: 手動設定と提案手法の軸角度比較

	手動設定		提案手法		絶対値誤差	
	TA	VLA	TA	VLA	TA	VLA
症例1	68	-16	74	-25	6	9
症例2	72	-12	81	-22	9	10
症例3	51	-16	47	-51	4	35
症例4	65	-10	56	-35	9	25
症例5	55	-37	45	-34	10	3
平均	-	-	-	-	7.6	16.4

Step3: 内腔抽出

外壁楕円フィッティングで求めた楕円内部を塗りつぶしたマスク画像を生成し、このマスク画像と心筋領域画像との論理積を計算する。得られた領域には内腔以外のノイズが含まれるため、面積最大となる領域を内腔領域として抽出する。さらに、内腔領域が最大となるスライスを選択し、その前後スライスを合わせた3枚の内腔領域の論理和を取り、最終的な内腔領域とする。

Step4: 内腔楕円フィッティング

得られた内腔領域に対して、Step2と同様のアルゴリズムで楕円フィッティングを行い、楕円の中心座標 c と長軸の角度 θ を求める。

以上の軸推定処理は、図1に示すTAおよびVLAにおける軸推定で同様に適用される。

3. 実験結果

提案手法により推定した軸角度と専門家が手動設定した軸角度を比較する実験を行った。実験には、小樽市立病院から提供していただいた臨床データ5症例を使用した。

結果を表1に示す。表1は、各症例における手動設定および提案手法によるTA, VLAの軸角度、ならびにそれらの絶対値誤差を示している。表1より、提案手法の推定誤差の最小値は3度であり、TAでは、すべての症例で誤差10度以内となった。一方で、VLAでは、症例3で35度、症例4で25度と大きな誤差となった。症例1および症例3における三軸断層像生成結果を図3、図4にそれぞれ示した。図中の上段は軸推定結果、下段は三軸断層像である。上段左の画像がTA、右の画像がVLAである。症例1では、TA, VLAともに誤差が10度以内に収まっており、図3でも、主観的に大きな角度のずれはないことが確認できた。一方、症例3では、VLAで35度と大きな誤差が生じており、図4のVLAでも主観的に大きなずれが確認できた。誤差が大きくなる要因として、抽出した内腔領域が楕円形状と大きく異なる（心筋領域が理想的なU字型になっていない）場合に、楕円近似が困難になることが考えられる。今後の課題として、内腔領域の補正処理の導入など、内腔抽出の安定性向上に向けた対策が挙げられる。

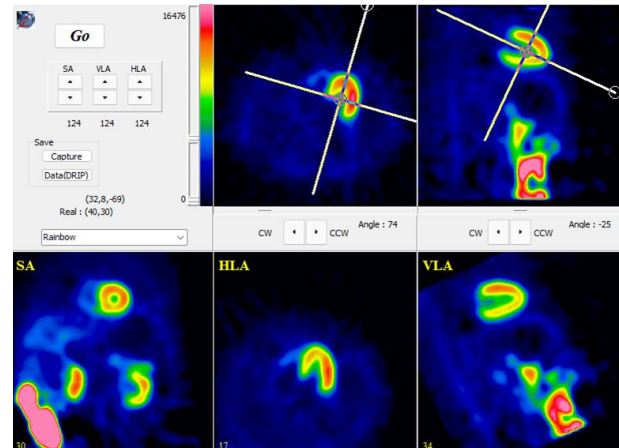


図3: 症例1に対する三軸断層像生成結果

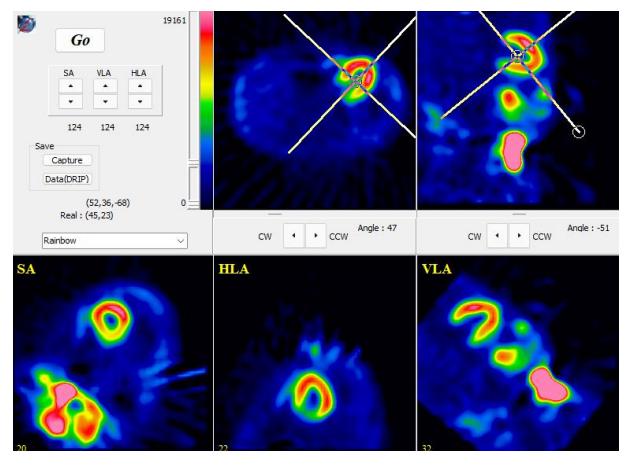


図4: 症例3に対する三軸断層像生成結果

4. おわりに

本研究では、心筋 SPECT 画像から三軸断層像を自動生成する手法として、内腔の楕円近似に基づく軸推定法を提案した。心筋領域をセグメンテーションにより推定し、内腔領域を抽出して楕円で近似することで軸角度を算出した。実験では、TAの軸推定はおおむね良好であったが、VLAでは一部に大きな誤差が生じた症例があった。

今後は、抽出結果の補正処理を含め、内腔抽出や楕円フィッティングの安定性を高めるための手法を検討し、軸推定の精度向上を図る必要がある。

参考文献

- [1] O. Ronneberger, et al.: "U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation," In MICCAI, (2015)
- [2] 和田, 他: "心臓核医学における心筋抽出のための U-Net の拡張に関する一検討," FIT2021, (2021)
- [3] A. Kikuchi, et al.: "A myocardial extraction method using deep learning for 99mTc myocardial perfusion SPECT images: A basic study to reduce the effects of extra-myocardial activity," Computers in Biology and Medicine, (2022)
- [4] M. Tan, et al.: "EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks," arXiv:1905.11946, (2019)
- [5] K. He, et al.: "Guided Image Filtering," TPAMI, (2013)