

**3D-ACTITによる3D-PET画像に対する臓器セグメンテーションの自動構築**  
 Automatic construction of internal organs segmentation  
 from PET image data using 3D-ACTIT

中野 雄太†  
 Yuta Nakano

長尾 智晴†  
 Tomoharu Nagao

### 1.はじめに

筆者らの研究グループでは、複雑な画像処理をその画像処理の事例(原画像とその目標画像の組)を与えるだけで、既存の1入力1出力、2入力1出力の画像フィルタを木構造状に組み上げることによって自動的に生成する木構造状画像変換自動構築法 ACTIT (Automatic Construction of Tree-Structural Image Transformation)を開発した[1]。これまでにACTITを様々な画像処理の課題に適用し、必要な画像処理プロセスが全自動で獲得されることを確認しその有効性を確認した。

筆者らの研究グループでは、医用画像処理の自動構築を行っているが、CT、MRI、PETなど、原データが複数の断層像で与えられるものを処理対象とする場合は、本来3次元データで与えられるものなので、各断層像に対して処理するよりも、3次元画像データとして処理することが望まれる。これまでに様々な3次元画像処理手法が開発されている[2]。そこで本稿では、2次元画像用に先に開発したACTITを、3次元画像用に改良した3D-ACTITを提案する。

### 2. 3D-ACTIT

ACTITの主旨は、筆者らが提案している進化的画像処理[3]：「画像処理を最適化問題として定式化し、進化的計算法で解く」を具現化したものであり、本来、処理対象を限定するものではない。ACTITの3次元化も、原画像データを3次元ボクセルデータとし、用いるフィルタとして3次元画像処理用のフィルタを用いるだけで可能である。3次元画像処理フィルタをランダムに組み合わせた木構造を個体とする集団を遺伝的プログラミング(GP)で進化させることで、必要な3次元画像処理を自動獲得することが可能である。

#### 2.1 3次元画像セットの入力

複数の断層像をデータセットとして読み込み、それらをボクセルデータとして保存する。学習用のデータとしては、1枚の断層像とそれに対応する目標画像、重み画像(目標画像中の重要度0~1)を階調値とする参照用画像)を用意して、それら、断層像枚数分で構成されたものを教師画像セットとして用いる方式を採用した。なお、複数の教師画像セットを用いることも可能である。

#### 2.2 画像処理フィルタの3次元化

従来用いていた2次元画像用フィルタを3次元化して

横浜国立大学 大学院環境情報学府†

† Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

実験を行った。例えば、2次元8近傍を用いるフィルタは、3次元26近傍に変更した。なお本稿では、基本的なフィルタのみを用いて基本的な性能の検討を行った。

### 3. 実験結果と考察

まず、3D-ACTITの動作を確認するためにそれぞれ目標を限定したテストデータを作成し、実験した後、次に実際のPET画像を使って実験した。

#### 3.1 テスト画像の実験結果

図1に教師画像セットとその結果を示す。

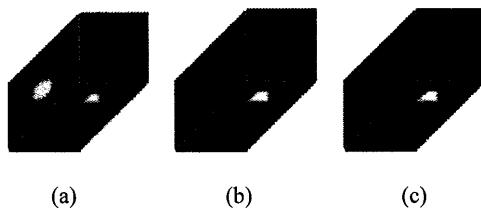


図1 教師画像とその結果

これは3次元空間中に3つの物体から四面体だけを抽出する処理である。図1(a)は原画像、図1(b)は目標画像、図1(c)は処理結果である。図からわかるように、目標画像と結果が一致しているので期待通りの処理が構築できたといえる。他にも図1の画像から丸い物体だけ、十字架の形をした物体だけの抽出、また、ノイズ除去処理などの処理を基本的なフィルタ群を組み合わせることで自動構築することができます。

これらテスト画像に対して構築した木構造状フィルタは、未知画像に対しても各処理とも期待した出力結果を得られた。図2に得られた木構造状フィルタの一例を示す。図のように各画像処理フィルタは記号が割り当てられており、処理の途中結果もこの構造をたどることによって解析が可能である。

#### 3.2 PET画像への応用

次にPET画像を使って教師画像セットを作成し、3D-ACTITが実際の3次元データへ応用できるか否か確認するとともに、PET画像は図3に示すように境界線が曖昧であるので、このような処理が困難な画像に対しても応用できるか実験

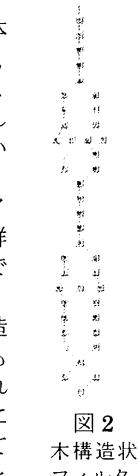


図2  
木構造状  
フィルタ

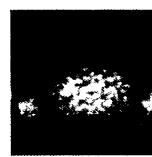


図3 PET画像

した。

なお、今回使用した 3D-Viewer では図 4 のように断層像をずらして重ねることによって、3 次元を擬似的に表示している。

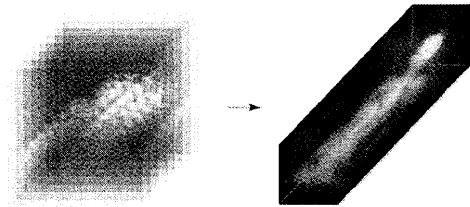
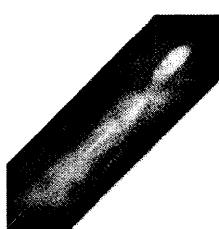


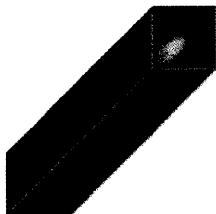
図 4 3D-Viewer による擬似 3D 表示

### 3.2.1 全身 PET 画像からの脳部分の抽出

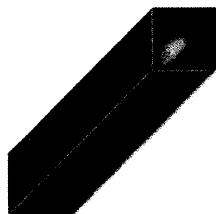
全身 PET 画像から脳の部分の抽出を目的とした教師画像セットを作成し、3D-ACTIT に入力した。図 5 にその教師画像セットと出力結果を示す。目標画像と出力結果を見ると、ほぼ一致したものが得られたので、期待した処理が獲得できたと言える。



(a) 原画像



(b) 目標画像



(c) 出力結果

図 5 全身 PET 画像からの脳部分抽出用教師画像とその出力

画像データは解像度  $128 \times 128$  の画像 295 枚で形成されている。

次にこの実験で得られた木構造状フィルタを順を追って解析した結果を図 6 に示す。木構造の下から見していくと、処理の序盤は大局的な処理を施し、後半は最大値、最小値、平均値フィルタなどの局所的な処理をして精度を上げていくことがわかった。これは全体から局所的な部分を抽出するときの非常に一般的な手順であり、3D-ACTIT は教師画像を与えるだけでこのような処理手順を獲得したことを示している。またフィルタの並びについても、なかなか考えつくものではなく、進化計算の特性を十分に発揮していることがわかる。

### 3.2.2 腎臓・肝臓部分の抽出

次に腎臓・肝臓部分の抽出を目的とした教師画像を作成し、3D-ACTIT に入力した結果を示す。図 7 は断層像 100 枚で形成した原画像、図 8, 9 に目標画像と出力結果を示す。

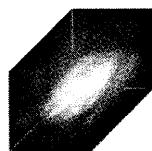


図 7 原画像

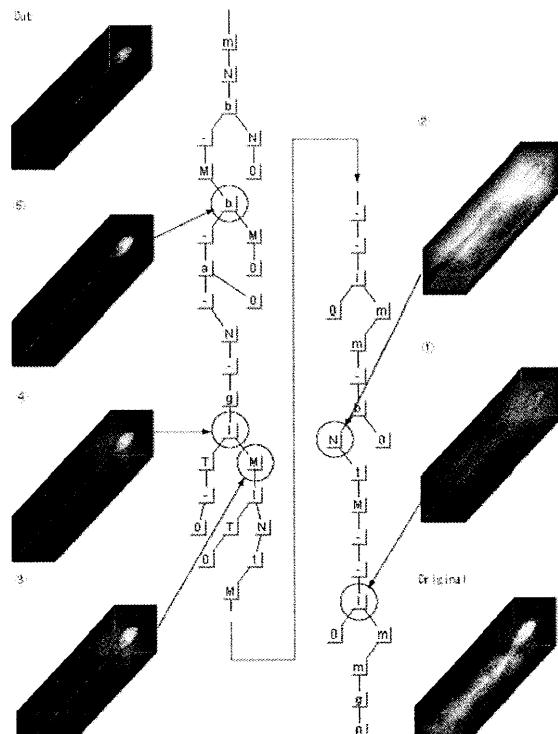
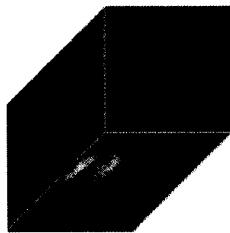
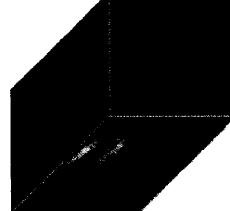


図 6 木構造状フィルタとその解析

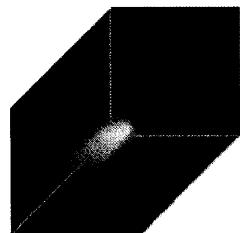


(a) 目標画像

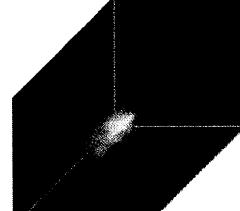


(b) 出力結果

図 8 腎臓抽出用教師画像



(a) 目標画像



(b) 出力結果

図 9 肝臓抽出用教師画像

これらの図から、それぞれ期待した処理が構築できたことが確認できた。

今後は医学的知識の利用や形状に依存したフィルタの追加などを検討する予定である。

### 参考文献

- [1] 青木, 長尾: 木構造状画像変換の自動構築法 ACTIT ; 映情誌, Vol.53, No.6 (1999)
- [2] 鳥脇 : 3 次元ディジタル画像処理, 昭晃堂 (2002)
- [3] 長尾 : 進化的画像処理, 昭晃堂 (2002)