

1. CTによる腹部画像診断の最新動向と未来への展望

5) 肝胆膵領域における手術支援のための三次元CT画像活用の実際

宮本 良一*¹ / 高橋 遍*¹ / 小倉 俊郎*¹ / 小笠原 彩*²
 北村 圭*¹ / 石田 啓之*¹ / 松平 慎一*¹ / 網倉 克己*¹
 野津 聡*³ / 川島 吉之*¹

*1 埼玉県立がんセンター消化器外科 *2 富士フィルム(株)画像技術センター
 *3 埼玉県立がんセンター放射線診断科



肝胆膵領域をはじめとした腹部領域の手術に臨む上で、MDCT、MRCPの術前画像の詳細な検討に加えて、病変と周囲臓器、脈管との位置関係を正確に把握することが、安全な手術を行う上で必要不可欠である。しかしながら、これらモダリティの二次元の画像を正確に読影し、患者の病態に特有の手術解剖イメージを正しく三次元的に構築するには、知識と経験が必要である。

2013年より、われわれは肝切除ですでに運用していた3D画像支援技術を膵切除へ独自に拡充し、手術解剖イメージの正確性の向上(図1)や周術期因子の改善、膵切離面上での膵管位置の予測(図2)、さらには残膵容積値の予測(図3)など、一定の成果を報告してきた^{1)~4)}。しかしながら、膵臓画像解析の課題として、膵周囲脈管は複雑で変異に富むこと、腫瘍浸潤や炎症による膵実質や周囲脈管への影響、膵実質の造影効果の個体差、膵管走行認識の精度といった理由から、これまでソフトウェアでの高精度な自動抽出は困難であり、外科医の膵周囲解剖の知識と労力が必要であった。

本稿では、ディープラーニングアルゴリズムを用いて設計した人工知能(AI)エンジンにより膵実質、膵管、膵周囲脈管の半自動抽出が可能な「SYNAPSE VINCENT」(version 6, 富士フィルム社製)の性能を評価する。

方法

SYNAPSE VINCENTに搭載されている膵臓解析AIエンジンは、ディープラーニングアルゴリズムを用いて設計しており、ダイナミックCT画像から膵実質、膵管、膵周囲脈管(図4 a)のほか、脾臓、腎臓、十二指腸などの領域(図4 b, c)を抽出可能である⁵⁾。膵臓解析AIエンジンの抽出精度を、膵がん20症例、対照群として非膵がん20例のダイナミック造影CT画像で評価した。膵実質、膵管抽出機能の評価方法は、Dice係数(以下、DSC。2つの集合の平均要素数と共通要素数の割合、1に近い値ほど類似性が高い)で比較した。脈管抽出(動脈、門脈・静脈)は、DSCに加えて感度、特異度を算出し、さらに、膵臓外科医による画像の目視評価を追加した(3段階評価)。

1. 3D画像の作成方法

SYNAPSE VINCENTの膵臓解析AIに動脈相と門脈相を入力し、動脈相で動脈を、門脈相で膵臓、膵管、門脈・静脈を抽出した(図4)。正解マスクはSYNAPSE VINCENTを使用して、膵臓の術前シミュレーションで重要となる範囲に対して、膵臓、膵管、動脈、門脈・静脈のマスクを膵臓外科医がスクラッチで作成した。

2. 抽出された3D画像の精度評価

正解マスクと抽出マスクの類似性を判断するために、DSCを算出した⁵⁾。DSCは2つの集合における要素の一致率を評価するための指標であり、true positives(以下、TP)、false positives(以下、FP)、false negatives(以下、FN)を用いて以下のように定義した。

$$DSC = \frac{2TP}{2TP+FP+FN}$$

膵管、動脈、門脈・静脈は、その走行を正しく認識できることが重要であるため、抽出マスクのセンターボクセルを基にDSCを算出した。正解マスクと抽出マスクのセンターボクセルを比較する場合、完全な一致は不可能であり、臨床的には影響しないわずかなシフトが発生する可能性がある。そのため、正解マスクの最大半径の平均に等しい δ を導入し、以下のように定義した。

$$TP_C = G_C \cap (d(P_C) < \delta)$$

$$FP_C = (d(G_C) < \delta) \cap P_C$$

$$FN_C = G_C \cap (d(P_C) > \delta)$$

$$DSC_C = \frac{2TP_C}{2TP_C+FP_C+FN_C}$$

ここで、 G_C は正解マスクのセンターボクセル集合、 P_C は抽出マスクのセンターボクセル集合であり、 $d(x)$ は集合 x からの距離である。また、膵臓解析AIエ