

4. 放射線治療におけるAI活用の実際

2) 「Ai-Seg」による自動輪郭作成の実際

壽賀 正城 兵庫県立粒子線医療センター放射線物理科

放射線治療では、腫瘍および正常臓器の輪郭作成が治療計画の基盤となる。近年、強度変調放射線治療や粒子線治療などの高精度放射線治療が広く普及し、標的への線量集中性が向上した一方で、正常組織への線量制御はこれまで以上に重要となっている。そのため、標的体積やリスク臓器 (organs at risk : OAR) の輪郭作成精度は、治療品質に直結する重要な要素となっている。一方で、輪郭作成は多くの時間と労力を要する作業であり、特に頭頸部領域のように、解剖構造が複雑で、描出すべき正常臓器数が多い部位では、長時間を要する場合も少なくない。また、輪郭作成には作成者間差が存在し、経験年数や施設ごとの運用方針によって描出範囲に違いが生じることもある。このように、放射線治療における輪郭作成では、効率化と均質化の両立が課題となっている。

こうした背景から近年注目されているのが、人工知能 (AI) を用いた自動輪郭作成技術である。特に深層学習を利用した手法は、従来の atlas-based segmentation などと比較して高い輪郭作成精度を示し、治療計画装置や支援装置への実装が進んでいる。現在では、ほぼすべての部位で AI を用いた自動輪郭作成の実用化が進み、日常臨床で活用する施設も増加している。本稿では、深層学習ベースの自動輪郭作成システムの一つである「Ai-Seg」(フジデノロ社) を例に、放射線治療における AI 自動輪郭作成の実際について概説する。特に、実臨床での運用方法や有用性、さらに、実際の使用を通じて見えてきた課題について紹介する。

Ai-Seg について

Ai-Seg は、放射線治療における自動輪郭作成を目的とした国産の AI システムである。もともとは、粒子線治療における適応放射線治療の実現という高い目標を掲げ、その基盤技術の開発が進められていた。適応放射線治療の実現には、リアルタイムに近い速度で高精度な輪郭作成を行うことが不可欠であった。しかし、当時は日本人の体形特性や、粒子線治療特有の腹臥位に対応した AI が普及しておらず、実装への大きな障壁となっていた。こうした課題を解決するため、当時兵庫県の第三セクターであった「ひょうご粒子線メディカルサポート」の主導により、2020年から当センターと共同で臓器輪郭作成 AI の開発に着手した。開発は、当時すでに1万件近く蓄積されていた当センターの臨床データを用いた学習および評価から開始され、その後、複数施設からのデータ提供や性能検証へと段階的に展開された。こうした評価と改良を経て実用性が高められ、2023年には国産の放射線治療用 AI 輪郭作成システムとして初の薬機法承認を取得し、Ai-Seg は実用化に至った。

開発には、「NVIDIA Clara Imaging」(現在は MONAI へと発展・継承されている) が用いられた。医用画像 AI 開発向けに設計されたこのプラットフォームにより、学習から推論までを統合的に扱うことが可能となり、開発の効率化が図

られた。開発当初はモデルアーキテクチャとして主に AH-Net を採用していたが、現在では最新のアーキテクチャを用いた開発が進められている。

AI 輪郭作成の効率的な運用に向けたワークフローの最適化

Ai-Seg の通常の使用では、部位や体位に応じたモデルを手動で選択する必要がある。当センターでは、「MIM Maestro」(MIM Software 社) のワークフロー機能およびエクステンション機能を組み合わせることで、このプロセスを自動化した(図1)。具体的には、DICOM タグ情報を利用して撮像部位や体位を自動判別し、適切な AI モデルを自動的に選択する仕組みを構築している。特に腹部領域では、単純な選択ミスの防止に加え、仰臥位用と腹臥位用の両モデルを組み合わせるよう工夫した。これにより、各モデルの輪郭に加え、それらを統合した輪郭を含む計3種類の候補を比較でき、ユーザーが最終的に適切な輪郭を選択可能となった(図2)。

また、現時点の AI 輪郭作成では確認および修正が前提となるため、当センターでは輪郭修正をいかに効率化するかという運用上の工夫も行っている。比較的精度が高く、局所的な修正で対応可能な部位については、AI 輪郭を生かしたまま編集を行う。例えば、脳、肝臓、腎臓、膀胱などでは、追加したい部分のみを別輪郭として数スライスおきに作成