Ⅱ Beyond Precision：高精度放射線治療のさらなる展開

1. AIによる放射線治療計画の現状と将来展望

木村　祐利　アイラト（株）

放射線治療の高精度化は，照射装置と治療計画装置（TPS）の進化，照射技術の進歩，ワークフローの洗練によって進んできた。なかでも強度変調放射線治療（IMRT）や強度変調回転放射線治療（VMAT）は，特別な治療から標準的な治療へと移行しつつある。一方で，治療計画立案スキルの属人化と計画作成の時間的負担は深刻である。遠山らの国内調査では，IMRTの輪郭描出と計画作成にそれぞれ平均84分，166分を要し，施設間のバラツキも大きいことが示されている[1]。施設基準の緩和などでIMRT実施施設が増えれば，問題はいっそう顕在化する。高精度放射線治療を広く届ける上で，人工知能（AI）はその中心となる技術である。

放射線治療支援AIはオートコンツーリングだけではない

放射線治療支援AIというと，正常臓器の自動輪郭描出（オートコンツーリング）を思い浮かべることが多い。実際，国内でも複数の製品が承認され，医療機関への導入が進み，業務効率化に寄与している[2]。現状は，放射線治療計画プロセスにおけるAIについて，臨床利用されている機能は限られている。しかし，放射線治療の流れを，診察・CT撮影，輪郭描出，照射パラメータの最適化，患者個別のQA，照射に分けてみると，アカデミア的な観点では，AIの研究開発はほぼすべての工程において積極的に進められている。計画品質と安全性を左右する工程の多くは研究段階にあるものの，今後臨床導入が期待される技術や，徐々に導入が進んでいる技術が存在する。

標的体積の描出

正常臓器と異なり，肉眼的腫瘍体積（GTV）の描出は，医師間のバラツキが大きい工程である。Trimplらは，肺がん10例を医師9名が描出するデザインの研究で，手動描出と比べてAIの輪郭を医師が修正した場合の方が，作業時間が23％短縮し，さらに，意見が分かれやすい部位のバラツキも減ることを示した[3]。Zhangらは，多発脳転移のMRIを対象に，多施設データで検出感度89.7％，Dice係数0.92を報告しており[4]，臨床的有効性が示唆されている。

また，画像以外のテキスト情報を統合してGTVを描出する試みも報告されている。例として，頭頸部がんでは，GTVがCT，MR画像だけでは決まらず，医師は内視鏡所見や病期など電子カルテの情報を参照しながら描出を行うケースが多い。Rajendranらは，電子カルテのテキストを大規模言語モデル（LLM）で要約，ベクトル化して画像と統合する手法を報告し，頭頸部がん約3000例の原発巣GTVで，テキストを加えることにより，Dice係数が0.70から0.76に向上することを報告している[5]。一方，カルテ記録，検査記録の書き方は施設や医師で異なり，その標準化が実用化の前提となる。

照射パラメータの最適化：経験則から再現可能な手順へ

TPSを用いた照射パラメータの最適化の難しさは大きく2点ある。1つは，症例ごとに達成可能な線量分布の完成形を頭の中で描けるか，もう1つは，それを思いどおりに形成できるかである。最適化用のダミー構造をどこに置くか，各構造の線量制約をどの程度強くするかといった判断は，従来，立案者の感覚と経験則に委ねられてきた。その結果，業務が属人化し，計画の品質にもバラツキが生じる。Nelmsらは，同一症例

〈0913-8919/26/￥300/論文/JCOPY〉