

## 2. IMRTの現状と展望

岡本 裕之 国立がん研究センター中央病院放射線品質管理室長・医学物理士

21世紀に入っても放射線治療の技術革新は衰えを知らず、今日まで強度変調放射線治療 (intensity modulated radiation therapy : IMRT) や画像誘導放射線治療 (image guided radiation therapy : IGRT) などの高精度放射線治療が臨床導入されてきた。IMRTは、駆動可能な放射線の遮蔽材 (multi-leaf collimator : MLC) を照射中に駆動制御することにより、これまで照射野内が均一であった三次元原体照射 (3D conformal radiation therapy : 3D-CRT) に比べ、照射野内の放射線強度を不均一にし、腫瘍近傍のリスク臓器の線量を抑えることが可能である (図1)。この照射技術を用いれば、図2に示すように、当院のロゴを模した複雑な放射線強度も再現できる。本邦では2000年に、7施設の放射線治療施設でIMRTの臨床導入が始まった。それからおよそ20年が経過し、IMRTの適応症例の拡大、強度変調回転放射線治療 (volumetric modulated arc therapy : VMAT) の導入、品質管理の高

度化など、初期の環境に比べ大きな変化を遂げた。

放射線治療においては、腫瘍の局所制御率の向上と有害事象の低減を同時に達成することは難しい。1フィールドから複数のフィールド、そしてIMRTと、複雑な照射法になるに従い、腫瘍に確実に線量を投与でき、放射線の影響が生じないレベルまでリスク臓器の線量を落とすことが期待できる。図1に示すように、リスク臓器が重なる領域を単純に遮蔽しているのではなく、治療計画装置 (treatment planning system : TPS) と呼ばれる高度な計算機を用いて、MLCの駆動制御を緻密に計算し、三次元線量分布から治療効果と想定される有害事象を評価する。従来に比べIMRTでは、治療プロセスが複雑であり、治療手技含めすべての工程において専門的知識が要求される。本邦では、臨床的・物理技術的なガイドライン<sup>1)</sup>の整備が進み、診療報酬上でのIMRTの要件も厳格に定められている。

### IMRT治療計画

図1に示すように、VMATはガントリ (装置本体) を回転させながら照射することによって、時間効率を高めている。当院での経験では、固定多門のIMRTにおいては、1回の治療で約15分のところ、VMATでは約3分である。IMRTとVMATで照射法は大きく異なるものの、最適化計算法においては大きな違いはない。図3に、一般的なIMRTの最適化計算法の模式図を示す。最適化計算中、線量計算を行いながら計画者が設定した線量制約と計算値を比較し、その結果からある規則に従い放射線の強度を調整する。この計算過程を繰り返すことによって、両者の差は小さくなり線量分布が理想的な形状へと近づいていく。ここで述べている線量制約とは、計画者が事前に設定する各臓器の線量情報の要件を指す。現在ではいくつかの設定方法が挙げられる。IMRT導入の初期の頃は、標的あるいはリスク臓器の最小/最大線量に制約を設ける単純な方法であった。その後、dose-volume histogram (以下、DVH) 上で複数のポイントに制約を設け、体積も考慮した方法が一般的となった。これにより、臨床的に意義のあるDVHパラメータ、例えば、肺の $V_{20Gy}$ などに直接制約を設けることができるようになった。また、近年ではgeneralized equivalent uniform dose (以下、gEUD) と呼ばれる臓器の