

様式 (7)

報告番号	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: inline-block; text-align: center; vertical-align: middle;">甲 保</div> 第 45 号 乙 保
論文内容要旨	
氏 名	中田 良成
題 目	Intensity-Modulated Radiation Therapy Optimization for Acceptable and Remaining-One Unacceptable Dose-Volume and Mean-Dose Constraint Planning (達成可能及び残り一つを除いて達成可能な線量体積・平均線量制約に基づく計画のための強度変調放射線治療の最適化)
<p> 回転照射放射線治療 (VMAT) を含む強度変調放射線治療 (IMRT) は、リニアック装置による高エネルギー放射線ビームの角度と強度を自由に制御できる機構を利用し、がん細胞が死滅するに十分な線量を標的体積 (PTV) に照射するとともに、周囲のリスク臓器 (OAR) には低い線量が照射されるように意図された治療法である。少ない副作用で高い効果が得られるがん治療の計画法として高精度化が期待されている。IMRT による治療計画は放射線ビーム係数に関する目的関数の最小化問題に帰着される。先行研究では、線量体積制約を満たす状況を表す acceptable の概念を新しく導入し、最適化の目的と結果の評価が異なる従来法の問題を解消させている。ただし、系は微分方程式で記述され、演算コストが高いため、長い演算時間を要す欠点がある。本論文では、先行法とはベクトル場が異なる非線形微分方程式系を与え、微分方程式系の乗法的数値離散による反復法を提案している。この際、線量体積制約だけでなく、平均線量制約も扱えるよう acceptable の概念と評価関数の拡張を行っている。新しく与えた微分方程式系にみられる平衡点を理想的な IMRT 計画に対応させ、平衡点の安定性をリアプノフ定理により証明した。さて、提案した反復アルゴリズムだけでは、全体が acceptable な計画に対しては acceptable な解を求めることができるが、unacceptable な計画に適用した場合、acceptable 解に準じた望まれる解が得られるとは限らない。そこで、準 acceptable 解を求める方策として、提案法を用いた達成手順を提案した。すなわち、全体としては unacceptable な計画で、一つの線量制約を除外すれば残りが acceptable となる計画を対象とし、部分的に acceptable な状況を満たしながら、残り一つの制約に可能な限り接近させた unacceptable 解を求める。力学的には、一つを除いて部分的に acceptable な状態空間を含む近傍領域に解を拘束し、残りの制約に接近するよう解を移動させることを意図している。線量体積と平均線量の制約を評価とする IMRT 計画の汎用的で困難な例題を用いた数値実験を行い、提案法が実用的な演算時間で acceptable な計画を導くことができることを示している。さらに、全体が unacceptable な計画に対しては、頭頸部に PTV と脊髄・耳下腺の OAR を配置して線量体積制約と平均線量を設定し、残りの制約をできる限り満たす期待通りの実験結果が得られることを例証している。 </p> <p> 本研究の実用化により、試行錯誤手続きを伴わずに、線量体積制約を直接の評価関数とした逆問題に基づく高精度な治療計画が得られ、本研究結果が医療分野に与える効果は大きい。 </p>	