

論文審査の結果の要旨

報告番号	甲 保 第 45 号 乙 保	氏 名	中田 良成
審査委員	主 査 芳賀昭弘 副 査 阪間 稔 副 査 安井敏之		

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)

著 者 Ryosei Nakada, Omar M. Abou Al-Ola, Tetsuya Yoshinaga
2020年9月3日 Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2020, Article ID 3096067 (doi: 10.1155/2020/3096067) に発表済

要 旨

強度変調放射線治療 (IMRT) は、放射線ビームの角度と強度を制御できる機構を利用し、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 計画は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 の概念を導入し、最適化の目的と結果の評価が異なる従来の問題を解消させているが、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微分方程式系を与え、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、平衡点への漸近を理論的に証明している。さらに、品質の高い治療計画の実現を図るため、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 解を求める方法を解決させている。IMRT 計画の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 を配置して必須の線量制約を設定し、残りの制約をできる限り満たす期待通りの結果が得られることを例証している。提案法の実用化により、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、本研究が医療分野に与える効果は大きい。

以上の研究成果は、先端医用情報科学の発展に寄与するものであり、社会に大きく貢献すると期待され、博士の学位授与に値すると判定した。