

論文審査の結果の要旨

報告番号	甲 保 第 17 号 乙 保	氏 名	田 中 義 浩
審査委員	主 査 阪 間 稔 副 査 近 藤 和 也 副 査 上 田 哲 史		

題 目 Dose-volume constrained optimization in intensity-modulated radiation therapy treatment planning (強度変調放射線治療計画の線量体積制約に基づく最適化)

著 者 Yoshihiro Tanaka, Ken'ichi Fujimoto and Tetsuya Yoshinaga
2015年4月8日 Journal of Inequalities and Applications, 2015:122
(doi: 10.1186/s13660-015-0643-2) オンライン版に発表済

要 旨

強度変調放射線治療 (IMRT) は, 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, 標的体積 (PTV) には高線量を照射するとともに, 周囲のリスク臓器 (OAR) はできるだけ少ない線量に抑えられるよう計画された治療法であり, ビーム係数に関する目的関数の最適化問題に帰着される. 従来, PTV, OAR にそれぞれ, 下限線量以上, 上限線量以下の許容線量になるべく多くの体積割合で照射されるよう設計した目的関数を定めて inconsistent な最適化問題を解き, 結果的に線量体積制約を満たすことを期待した方法が用いられている. このため, 目的関数を再設定して逆問題を解くという, 一連の最適化プロセスに試行錯誤が必要となる. 医療従事者が実施する作業には長時間を要し, 問題の抜本的な解決が望まれている.

本論文では, 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の問題を解消している. すなわち, 最適化問題を非線形ハイブリッド力学系の初期値問題に帰着させ, acceptable な解への収束が理論的に保証された系を提案している. 提案系は, 線量体積制約の不等式に係る射影をベクトル場を含み, 複雑な構造の力学系であるが, 適切なリアプノフ関数を見出すことに成功している. 臨床例に基づく数値実験を通し, 提案法の性能を評価している. 従来法と比較した結果, 提案法のみ acceptable な平衡点に収束し, 平衡点に対応する IMRT 計画は, 臨床例として厳しい設定にも関わらず全ての線量体積制約を実現しており, 提案法の有用性が例証された. 提案法の実用化によって, 試行錯誤の手続きを施すことなく線量体積制約に基づく高精度な IMRT 計画が得られ, 本研究成果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, 国民の健康生活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.