The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	AN OPTIMIZATION ALGORITHM OF DOSE DISTRIBUTION USING ATTRACTION-REPULSION MODEL (APPLICATION TO LOW-DOSE-RATE INTERSTITIAL BRACHYTHERAPY)
Author(s)	隅田, 伊織
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45536
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【78】

氏　　名	隅田伊織（すみだいおり）
博士の専攻分野の名称	博　士（医　学）
学　位　記　番　号	第　１９３１１　号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 医学系研究科生体統合医学専攻
学　位　論　文　名	AN OPTIMIZATION ALGORITHM OF DOSE DISTRIBUTION USING ATTRACTION-REPULSION MODEL (APPLICATION TO LOW-DOSE-RATE INTERSTITIAL BRACHYTHERAPY) （引力斥力モデルを用いた線量分布最適化アルゴリズム－低線量率組織内照射への応用－）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　中村　仁信 （副査） 教　授　奥山　明彦　　教　授　田村　進一

論　文　内　容　の　要　旨

【目的】

前立腺癌の低線量率小線源治療は、針を通して放射性線源を前立腺の中へ永久的に挿入する放射線治療である。前立腺に近接する臓器として、膀胱、直腸があり、前立腺内部には尿道が走行している。放射性線源を前立腺へ留置して治療するため、これらの臓器（決定臓器）に対して、少なからず放射線が照射される。

前立腺へは十分な放射線を照射し、同時に決定臓器に照射される線量をできる限り抑えることを線量の最適化と称し、低線量率小線源治療では最適な線源配置を求めることにより満たされる。本研究では新たな発想に基づく最適化手法（引力斥力モデル）を考案し、前立腺癌の低線量率小線源治療の線量最適化へと応用した。

【方法】

1. 引力斥力モデルについて

引力斥力モデルは、電磁気学におけるガウスの法則を応用した最適化方法である。今回の検討では、経直腸超音波装置を用いて画像を取得し臓器ボリュームを作成した。画像上に等間隔の最適化計算グリッド（以下、グリッド）を設けた。引力斥力モデルは、グリッドが発する引力、斥力を線源へフィードバックし、線源の位置を変更するモデルである。引力はグリッドが線源を引き付ける力とし、斥力は押し離す力とした。このモデルは、各グリッドに属性を持たせることができる。その属性は線量の関数として表され、グリッドが引力、斥力を発する。計算が単純であるため高速な処理が可能である。

画像上に前立腺を Target とし、尿道、直腸、そして前立腺周囲の正常組織を決定臓器とし領域を設定した。Target 内のグリッドでは、グリッドが線源から受けた線量が最小線量以下で引力、最大線量以上で斥力、決定臓器内のグリッドでは、最大線量以上で斥力を発する属性を持たせた。各グリッドが持つ引力および斥力に従い、線源位置を変更した。ここで線源は針の内部にあるため、線源は頭尾方向への移動を自由とし、左右あるいは背腹方向へは針自体の平行移動を自由とした。最適化計算ではこれらの移動を同時に行った。引力と斥力が平衡に達するまで繰り返し計算し、線源位置が安定した時点をもって最適配置とした。

2. 線量評価

投与線量はTarget体積の95%を囲む線量（D95）とした。前立腺を含む超音波画像スライスについて、2次元的に線量が照射された領域を確認した。3次元的な線量評価として、Targetについて投与線量の100%で囲まれる相対体積（V100）、投与線量の150%で囲まれる相対体積（V150）、そして投与線量の200%で囲まれる相対体積（V200）を求めた。尿道について投与線量の150%で囲まれる相対体積（V150-Urethra）を求めた。また、Target内の線量均一性の指標としてDose homogeneity index（DHI）を、そして投与線量がどれだけTargetに限局して照射されたかの指標としてConformal index（COIN）を求めた。

【結果】

各臓器に設定したグリッドの属性が満たされ、2次元的な線量評価では、前立腺へは投与線量が限局して照射され、同時に尿道および直腸へは線量が抑えられた。TargetのV100、V150、V200はそれぞれ95%、31%、5%であった。尿道のV150は2%であった。DHIとCOINはそれぞれ0.67と0.86で良好な結果が得られた。

【考察】

類似研究として、焼きなまし法や遺伝的アルゴリズムを用いた線量最適化法があり、臨床的にも一定の成果を収めている。しかし、これらの手法では最適化過程で乱数を用いるため、計算回数は非常に多くなる。引力斥力モデルでは、フィードバック機構を利用しているため、これらの方法より計算回数が少なくてすむ。臨床応用の場合は、適切な関数設定が重要であるが、引力斥力モデルのフィードバック関数は、他の方法の評価関数と互換性が高く、少しの変更で応用することができる。このことは引力斥力モデルを普及させていく上で重要である。

【総括】

放射線治療の線量の最適化法として引力斥力モデルを考案し、低線量率小線源治療の線量最適化へ応用した。このモデルは各臓器に対し線量の制約を設定でき、乱数を使用せず最適化計算を行うため、より少ない計算回数で自由度および客観性の高い線量最適化が可能となった。

論文審査の結果の要旨

前立腺癌の低線量率小線源治療では、前立腺に対して副作用を伴う臓器が近接しており、腫瘍に対する十分な照射と正常組織への照射抑制の両立を達成するには、線量の最適化が必要である。本研究は、電磁気学分野でのガウスの法則と、制御工学でのフィードバック機構を融合した新たな発想に基づく最適化アルゴリズムを考案し、低線量率小線源治療の線量最適化へ応用しようという試みである。

本研究で考案した引力斥力モデルは、フィードバック機構を利用した線量最適化モデルであり、少ない反復計算回数で希望通りの線量分布を得ることが可能であることを示した。本モデルを使用すれば、腫瘍および個々の正常組織に対して個別に照射すべき線量の制約を自由に設定することができる。このことは、引力斥力モデルの柔軟性を示している。実際の臨床応用面では、先行施設で使用される他の最適化手法と本モデルの互換性が高いことから、少しの改良で応用可能であることが分かった。

引力斥力モデルという新たな線量最適化モデルを構築したことは独自性に富み、本モデルを臨床応用し、本邦より発信していく展望が明るいと評価できる。よって、本研究は学位の授与に値すると考える。