

令和元年6月18日現在

機関番号：12301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K19200

研究課題名(和文)線量分布による位置決めシステムの確立

研究課題名(英文)Development of positioning system by dose distribution

研究代表者

川嶋 基敬 (Kawashima, Motohiro)

群馬大学・大学院医学系研究科・助教

研究者番号：50638989

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：計算グリッドの妥当性を検討した結果、回転照射に対する計算グリッドの線量分布への影響は小さいことが分かった。回転照射では超多門の照射となるために時間の短縮が求められるが、計算グリッドを1.5倍にしても影響があまり出ない事が分かった。また、線量分布を水等価深で変換するソフトを作成した。このソフトを用いた線量分布と治療計画装置で計算した線量分布が大きく変わらない事が確認できた。実臨床データで毎回の線量分布の変換を行い、標的のカバレッジや正常臓器の線量より最適なマージンの検討を考察するためのデータを収集している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

放射線治療では標的を照射するために日々の臓器の動きや変化、また、体形の変化などを考慮してマージンを設けて計画的照射体積を決定している。但し、マージンを設ける事で照射体積は大きくなり、正常臓器も照射する事となる。

標的の動きを考慮してマージンを設ける事で、標的をしっかりと照射する事はできる。しかし、標的がずれ込んだ部分に正常臓器が入ってくることとなる。そこで、本研究の目的として、標的の変形のためのマージンで照射体積が済むように、線量分布で位置決めをはかる手法を確立する。それによって、照射体積の縮小をはかり正常臓器の線量を低減する事により、より高精度な治療を可能とする。

研究成果の概要(英文)：We confirmed influence of the calculation grid size, it was found that the effect of the calculation grid size on the dose distribution for rotating radiation is small. In the case of rotating irradiation, it is required to shorten the time because it becomes irradiation of a large number of fields. However, it was found that the effect would not be much if the calculation grid was 3 mm.

We created software to convert the dose distribution by water equivalent depth. It was confirmed that the dose distribution calculated by this software and the treatment planning device did not significantly difference. The dose distribution is converted by CT images for each treatment of actual clinical data. We are collecting data to decide the optimal margin for coverage of target and normal organ dose.

研究分野：放射線治療

キーワード：放射線治療 水等価深 IGRT

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

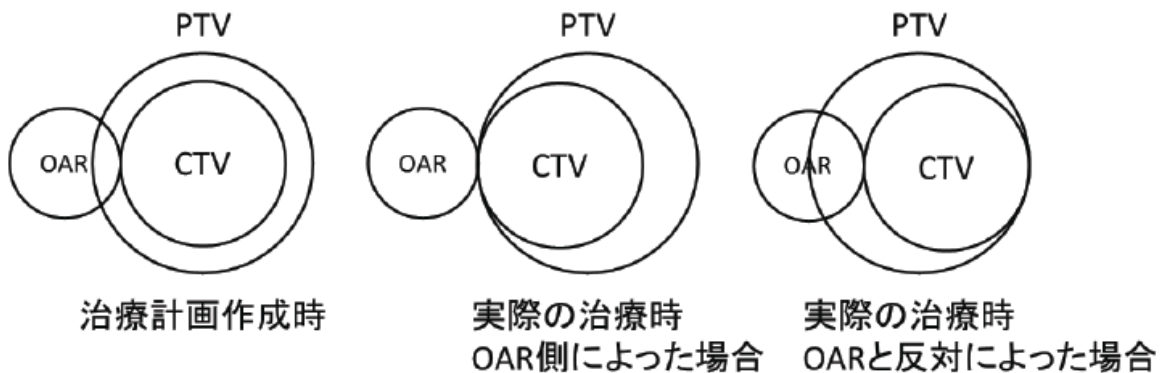
### 1. 研究開始当初の背景

放射線治療では一般的に一回線量 2 Gy を繰り返して照射する事で治療を行っている。根治の治療では週 5 回照射を 6 週程度繰り返す。治療計画時にシミュレーションを行っているが、長期間の治療では日々の臓器の動きや変化、また、体形の変化などが出てくる。そこで、臨床的標的体積 (clinical target volume: CTV) を繰り返し照射するためにマージンを設けて計画的照射体積 (planning target volume: PTV) を照射する事で、毎回 CTV に予定している線量を照射している。但し、マージンを設けて照射体積は大きくする事は、正常臓器も照射する事となる。

### 2. 研究の目的

現在の放射線治療では標的の動きや変形を考慮してマージンを設けた PTV を設ける事で、CTV をしっかりと照射する事はできる。本来、もっと高線量を CTV に照射したいが、放射線の影響を考慮して正常臓器に障害が出ない程度の線量で線量を控えている治療部位もある。そのため、より高線量を標的に照射するためにはマージンを小さくして正常臓器の線量を減らす必要がある。

現在の放射線治療のマージンは標的の動きと変形、また体系の変化などを考慮して設けられている。また、マージンを設けた PTV は CTV の動きや変形で腫瘍が存在する可能性がある場所を照射している。しかし、実際に標的の動きを考慮してマージンを設けたとしても、標的が動いている場合は、動いた側はしっかりと照射する事はできるが、標的がずれ込んだ部分に正常臓器が入ってくることがあれば、正常臓器を過剰に照射している事となる。(図 1 参照)



PTV とは計画的照射体積、CTV が臨床的標的体積、OAR がリスク臓器。

そこで、本研究の目的として、標的の変形と体系変化のみからマージンを求めて、照射体積の縮小をはかり正常臓器の線量を低減する事により、より高精度な治療を行う事を目的とする。

### 3. 研究の方法

現在の放射線治療では標的がどこにあるかを治療前に CBCT を撮像して画像で確認をして位置決めを行っている。しかし、画像だけでは線量がシミュレーション通りにあたっているか把握する事は難しい。そこで、実際の照射時に画像で位置を確認するだけでなく、線量分布を求めて線量を確認して位置決めを行う手法を確立する。

線量分布が見える事で、高線量エリアが CTV に重なっているかどうかや、正常臓器に高線量がどれだけ照射されているかを確認して位置決めをはかる事が可能となる。また、現在 CTV が存在している可能性がある場所を網羅的に標的としているが、線量分布を合わせる事で、CTV のみが高線量に囲われていれば照射できるようになる。

位置決めは放射線治療を行う前にシミュレーション時の体位に合わせて行われる。その後、照射を行っていく。治療時の懸念として、突発的な動きや長時間の拘束がつらく動いてしまう可能性がある。そういった事を防ぐために、患者の固定後はできるだけ速やかに照射が行われる必要がある。そのため、線量分布で位置決めを行う上で、線量計算の高速化は本研究に必須事項となる。そこで、線量計算の時間に影響を及ぼす、計算グリッドの妥当性を検討した。

続いて、線量分布を治療前に計算していると時間が非常にかかってしまう要因となる。そこで、水等価深さで線量分布を変更する計算ソフトを作成した。元々の線量分布を使用しているために散乱線の影響などの誤差は出てくるが、線量分布を計算するよりも時間の短縮ははかれる手法となる。

これらの開発や検討を行った上で、実際の臨床データで標的がしっかりと照射されるために必要なマージンの設定を行っていく。

#### 4. 研究成果

治療計画時の計算グリッドの影響は固定多門の高精度治療（一般的に7から9方向から照射する治療）で多数の報告が挙げられている。Chung H 等の報告ではグリッドサイズは1.5mmでの計算と比較して、2mmグリッドの線量計算に違いがある事を報告している。(Phys Med Biol. 2006 Oct 7;51(19):4841-56.)

しかし、最近のVMAT (volumetric arc therapy) と呼ばれる回転照射では180門の照射として線量分布が計算される。但し、これは一例であり治療計画装置によっても多少のアルゴリズムの違いがあるが、固定多門の高精度治療と比較して超多門照射で計算される。

今回の派生研究では、放射線治療の計算グリッドの妥当性を回転照射で検討した。結果として、回転照射に対する計算グリッドの線量分布への影響は小さいことが分かった。

固定多門の高精度治療では門数が少ないためにそのまま細かいグリッドサイズで計算をしても多くの時間はかからないため問題ないと考えられる。対して、回転照射では超多門の照射となるためにそのまま計算をすると時間が非常にかかるので、短縮が求められる。しかし、計算グリッドを5mm程度にしても位置決めにはあまり影響が出ない事が分かった。下図で線量分布の差を示すが、急勾配の線量分布を示す部分に5%程度の違いが表される。しかし、急勾配な部分の線量誤差は位置で示した場合にCT画像の1、2ピクセルに相当する。そのために、位置決めに用いる線量計算では大きな問題にならないと考える。(図2)

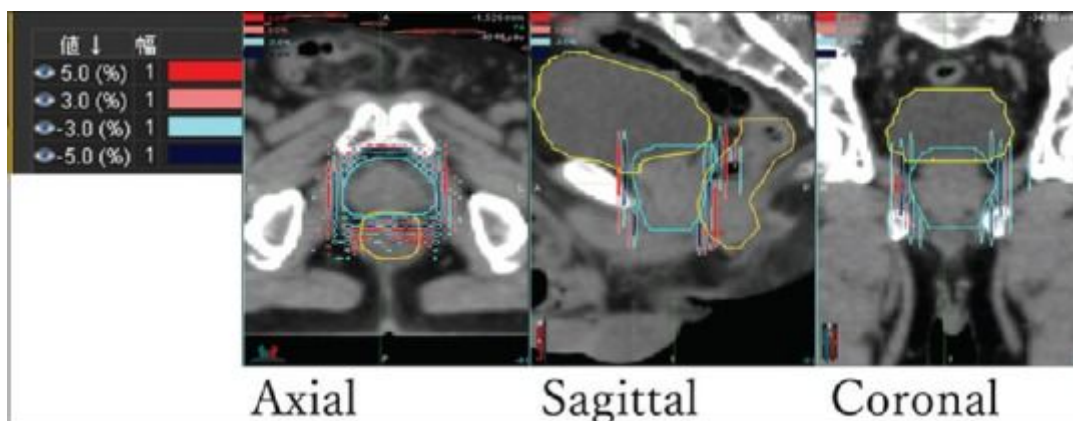


図2. 線量分布の差を表し例 (From figure 3 in journal of medical physics)

次に、線量計算に関して考えた。

実際の線量分布の計算では一次線と散乱線が考えられる。一次線の線量は深さ方向の水等価深で決定され、散乱線は上流の物質と散乱を受ける照射野の範囲の影響が大きいと考えられる。しかし、最初の画像で散乱線の影響も計算されているため、ほぼ同一体位で計算が行われる線量分布では概ね散乱線の影響は一致すると考えられる。そこで、線量分布を水等価深とビーム上流のビルドアップ領域の長さの密度で補正した線量分布を作成するソフトを作成した。水等価深によって変換する事で通常の線量計算より大幅に線量分布作成の時間の短縮につながった。本手法で開発した線量計算では後方散乱の影響を考慮する事ができないために、物体の密度が急激に変化する部分では一部3%程度の誤差が出た。しかし、多門で計算をする事で一門の放射線の計算誤差は位置決めの影響しない程度となった。

以下に計算した中心線量の深さ方向の相対線量を示す。途中に肺と同様な物体を入れたファントムと水等価の物質のみで計算した結果のグラフとなる。

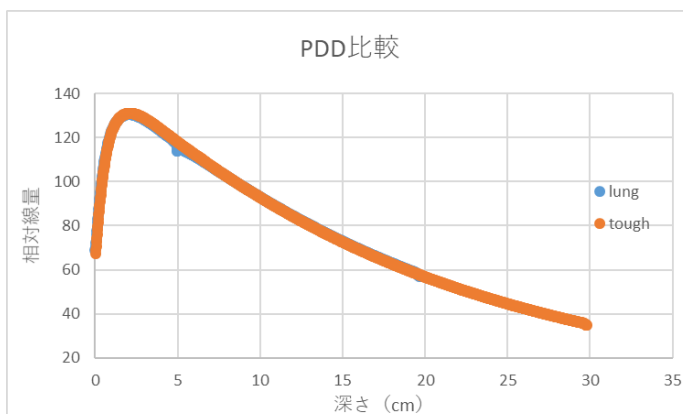


図3. 深さ方向の比較。5cm深さで個体ファントムから肺に入る事で後方散乱の影響で多少の誤差が見られる。

このアルゴリズムで計算された結果を治療計画装置で計算した線量分布と比較した。結果として、大きな違いは見つからず、位置決めを行う上で 1mm 以下の変化で作成できると結果となった。

ソフト作成後に、実臨床データでこれらの計算を行い、線量分布位置決めの最適なマージンの検討を考察している。

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Journal of medical physics. 2017 Jul-Sep; 42(3): 144–150. “The Impact of the Grid Size on TomoTherapy for Prostate Cancer.” **Motohiro Kawashima**, Hidemasa Kawamura, Masahiro Onichi et. al.

〔学会発表〕(計 1 件)

The 28th annual meeting of the Japanese society for radiation oncology “The influence of grid size on dose distribution for TomoTherapy.” **Motohiro Kawashima** et. al., 2015

〔図書〕(計 0 件)

特になし

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年 :

国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年 :

国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

## 6 . 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名 :

ローマ字氏名 :

所属研究機関名 :

部局名 :

職名 :

研究者番号 (8 桁) :

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名 :

ローマ字氏名 :

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。