

研究報告書  
平成30年度：B課題

2021年 6月 7日

公益財団法人 がん研究振興財団

理事長 堀田 知光 殿

研究施設 大阪重粒子線センター

住 所 大阪府大阪市中央区大手前 3-1-10

研究者氏名 坪内 俊郎



(研究課題)

重粒子線を用いた Grid therapy (すだれ照射) の臨床応用に向けたシステムの開発

---

平成31年 1月 24日付助成金交付のあった標記B課題について研究が終了致しましたのでご報告いたします。

## 1. 研究概要

【研究の背景】放射線治療はがんの3大治療方法のひとつであり、患部やその周辺の機能・形態を温存できることが最大の特徴である。なかでも近年重粒子線治療への注目が高まっている。重粒子線は従来のX線とは異なる物理学的及び生物学的特徴を有しており、効果的な治療が期待できる。重粒子線は腫瘍に近接する正常組織に対するダメージの低減が大きく期待できるが、一方で重粒子線が通過する正常組織に対する損傷が大きいことも報告されている。我々はすだれ照射技術に着目して、上記問題の解決を試みた。

【Grid therapy】すだれ照射とは放射線（ビーム）を空間的に分割して照射する技術である。その歴史は古く最近の研究では、ビームサイズが正常組織のダメージ低減に、つまり小さければ正常組織の放射線に対する耐性が大きくなることが明らかになっている。シンクロトン放射光による微小サイズ（ $\sim \mu\text{m}$ ）のビームを利用した Microbeam radiation therapy に関する研究だけでなく、近年ではサブミリメートルサイズの重粒子を含む荷電粒子を利用したすだれ照射(Grid therapy)に関する研究も進められており、細胞実験や動物実験などでその有効性が示されている。しかしながら生物学的効果のメカニズムはまだ明らかになっておらず、また臨床使用においては高い幾何学精度が要求されるため、まだ実現に至っていない。

【本研究の目的】我々は、腫瘍に対して多方向から照射することにより、腫瘍には十分な線量を投与しつつ一方で正常組織のダメージを低減する手法を提案した。これにより正常組織のダメージを低減させたまま、より腫瘍への投与線量を増加させることが可能である。本研究ではこれを実現するシステムの開発を行い、その時の重粒子線の物理特性を評価する。

## 2. 研究方法

当初はコリメータを作成して微小サイズの Beam 評価を実施予定であったが、当センターではスキャニング照射による治療を行っており、そのスキャニング照射の特徴を生かすべく、コリメータを用いずにビーム間隔を広げることで(図1)すだれ状の線量分布を造り出した。

本研究ではまずビームサイズが一番小さい430 MeV/uの炭素線を利用した。図1にはビーム間隔(Spacing)を変えたときの水面における横方向線量分布を示す。Spacing が大きいほど Peak と Valley の線量比が大きくなっていることが分かる。

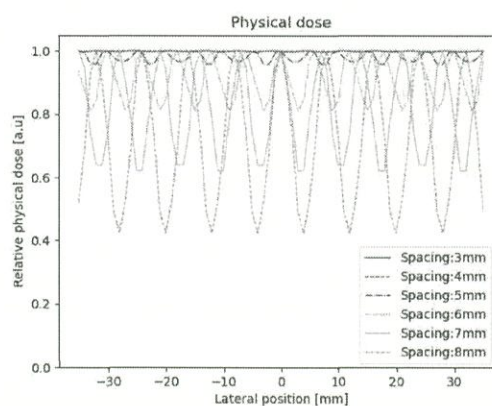


図1 ビーム間隔(spacing)と側方線量分布

## 3. 結果

すだれ状線量分布を細胞に照射したときに予想される細胞生残率を、LQ モデルに従うと仮定して計算した結果とそれを DVH で表現した結果を図2に示す。

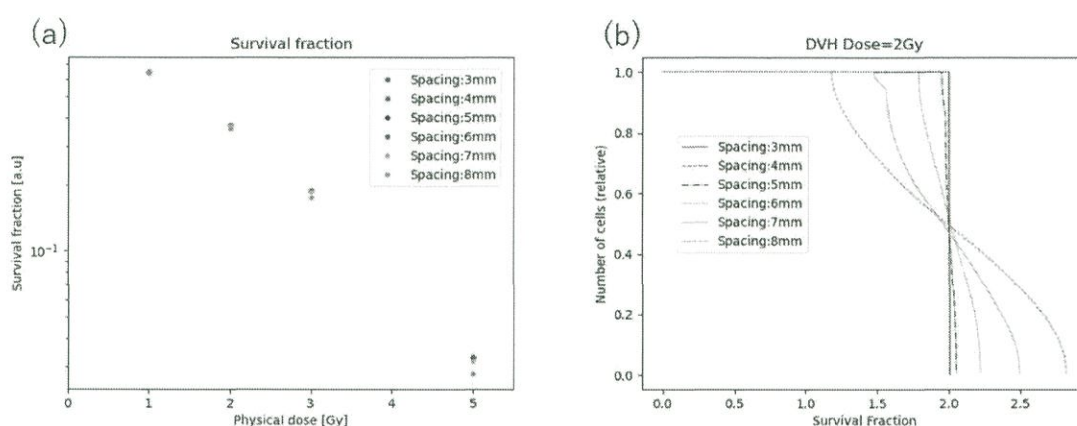


図2 (a)各 Spacing に対し LQ モデルに基づいて計算した細胞生残率  
(b)得られた生残率から DVH を計算

#### 4. 今後の研究課題

本研究のシミュレーションで得られた結果をもとに、現在図1で示す線量分布を細胞に照射して実験を行っている段階である。シミュレーション結果と比較しながら、臨床で期待できる効果を得られるかどうかを明らかにしていく必要がある。

今回の研究では Spacing のみを変更してシミュレーションや実験を実施しているが、今後は Beam size が及ぼす影響も明らかにしていく予定である。

#### 5. 学会・論文発表

未発表(今後発表予定)

#### 6. 謝辞

本研究の遂行にあたり、公益財団法人 がん研究振興財団により研究助成のご支援をして頂いた。ここに深謝の意を表す。