

（様式6-A） A. 雑誌発表論文による学位申請の場合

Daniel Scott Bridges 氏から学位申請のため提出された
論文の審査要旨

題 目 Probabilistic dose distribution from interfractional motion in carbon ion
radiation therapy for prostate cancer shows rectum sparing with moderate
target coverage degradation

（前立腺癌の炭素イオン線治療において照射毎の動きを考慮した確率線量分布はターゲットのカバーの若干減少と直腸線量が減少することを示す）

PLOS ONE, 2018;13(8):e0203289

Daniel Bridges、河村英将、金井達明

論文の要旨及び判定理由

炭素線による前立腺治療は、X線治療に比べて直腸障害が少なく、腫瘍制御率も高い結果が得られており、これからの治療法の一つであることが期待されている。群馬大学では、炭素線治療は16回（現在は12回）の分割照射で治療が行われており、1回毎の位置合わせは、骨を治療計画時と合わせる（骨合わせ）で行われている。治療計画では、臓器の動きは考慮していない。一方で、前立腺は分割照射間で様々な条件により移動していることが多数報告されている。このように、照射毎の前立腺位置が骨合わせで位置合わせを行ったとしても前立腺やリスク臓器（OAR）である直腸も動いていることが予想される。しかし、実績として炭素線治療は直腸障害が少なく腫瘍も消失している確率が高い治療法になっている。

なぜ前立腺が（最大10mmも）動いても障害が少なく腫瘍が消失する治療法になっているのかの解析がこの論文の目的である。群馬大学医学部附属病院の前立腺のX線治療では、骨合わせによる位置決めの後、コーンビームCTによって前立腺合わせをしている。両者の位置決め結果の差が前立腺の移動量を示していると考えて良い。そこで、このX線のデータを基に、前立腺の同様の動きが炭素線の治療時にも起きていると仮定した。前立腺の動きはガウス分布で近似した確率分布を用いて推測した。炭素線治療では骨合わせによる位置決めをしているので、ビームが骨を通過する位置は前立腺が動いたとしても再現していると考えられる。すなわち、軟組織中の線量分布は治療計画時に想定していた治療線量分布が再現していると考えて良く、前立腺は軟組織中で動いていると考えてよい。前立腺周囲の治療線量分布の評価に当たっては、前立腺を動かすのではなく、動きを考慮しない炭素線の固定線量分布を確率分布に従って逆に動かした。このように得られた線量分布を「ぼかされた線量分布 (blurred dose)」として、改めてPTV, CTV、直腸OARのDVHを計算した。動きを考慮した確率的線量分布では、DVHはPTV, CTVともに固定線量分から計算したものより、小さい値を示した。また、直腸に対するDVHも、固定線量分布から計算された値よりも小さい値を示し、直腸障害が少ないことを裏付けるものと考えられる。これらの結果から、DVHが小さくなっていることから腫瘍の領域はもっと小さい可能性があること、また、より少数分割では16分割で行った統計的処理が難しくなり、in-room CT等の治療時の正確な位置決めが必要となるとの結論を得た。この研究は治療毎の前立腺の動きを考慮した確率的線量分布の計算の有用性を示し、今後の炭素線治療にとって有益な結果を得たと判断し、博士（医学）の学位に値するものと判定した。

（審査2018年8月31日）

（様式6, 2頁目）

審査委員

主査	群馬大学教授（医学系研究科） 腫瘍放射線学分野担任	中野隆史
副査	群馬大学教授（医学系研究科） 神経薬理学分野担任	白尾智明
副査	群馬大学教授（医学系研究科） 重粒子線臨床医学分野担任	大野達也
副査	筑波大学教授（医学医療系） 医学物理学分野担任	栄武一