



Title	動体追跡装置における体内複数マークを用いた高精度ゲーティング照射法の検討 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	右近, 可奈子
Description	配架番号 : 2263
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第12389号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63287
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kanako_Ukon_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医 学） 氏 名 右近 可奈子

	主査	教授	秋田 弘俊
審査担当者	副査	教授	白土 博樹
	副査	教授	松野 吉宏
	副査	教授	久下 裕司

学 位 論 文 題 名

動体追跡装置における体内複数マーカを用いた高精度ゲーティング照射法の検討
(Analytical approach for efficient gating irradiation using three fiducial markers
in a real-time tumor tracking system)

本研究において申請者は、動体追跡放射線治療において体内の複数マーカを利用することで腫瘍の位置推定精度を向上させた新たな高精度ゲーティング法（TID gating 法）を提案することを目的として、北海道大学病院にて動体追跡放射線治療を受けた実患者データから得られた複数マーカの座標位置ログデータを用いた解析を行い、TID gating 法について詳細な検討を行った。

審査にあたり、副査・松野教授より、対象となる症例の中で TID gating 法が適用可能な症例の選択を行う際は、実際のマーカが挿入された後に検証するのかという質問があり、現行の治療では治療開始の前日にリハーサルを行い、実際の X 線透視でマーカを確認しており、この時にマーカ座標のログデータを取得することが可能であるので、TID gating 法と従来法のどちらが適しているかを判断することが可能であり、診療の妨げや患者さんの負担になることはないと考えているとの回答があった。また、TID gating 法が優位となるマーカの挿入位置関係に対する質問では、マーカが腫瘍位置に近いほど推定誤差は小さいのでなるべく近い位置に、腫瘍を囲うように挿入されていることが理想的であると回答された。肺以外にも呼吸性移動を伴う臓器はあるが肺を選んだ理由についての質問に対しては、最も呼吸性移動が大きく、肺野や心臓、骨陰影がそれぞれのマーカと重なり、同じ透視条件の中でそれら複数個のマーカを同時に認識することが他臓器より難しく、またそれらのマーカを認識するための透視条件も複雑に変化するため、厳しい条件である肺がんを選択したと回答された。さらに、腎臓への適応可能性についても追加で質問があり、腎臓においてマーカを用いた定位照射は行っておらず、現在は肝臓と肺のみが適応となっている旨の回答があった。

次に副査・久下教授から、TID gating 法の計算時間について 10 万回計算しているようであるが、リアルタイムでの追跡に間に合うのかとの質問があったが、本計算は治療前日のリハーサル

にて取得した座標ログデータに対して TID gating 法による誤差推定を目的として 10 万回のシミュレーション計算を実施しているため計算に多少時間がかかっても問題なく、また実際の TID gating 法の計算では 10 万回のシミュレーション計算ではなく、従来法の位置補正計算と同様の計算時間で行われている旨の回答があった。

また、TID gating 法の推定誤差が大きい症例は、腫瘍側の問題なのか、もしくはマーカ挿入の問題なのかとの質問に対し、マーカの挿入位置と透視条件の影響が大きいと考えられると回答された。さらに久下教授より、腫瘍を囲うようにマーカを挿入するのは難しいと思うが、現実的に囲うような挿入ができる患者はいるのかとの追加質問に対し、腫瘍位置にも依存するが囲うというよりは、2 つのマーカは比較的近くの位置に、もう 1 つのマーカは反対側の離れたところとなることが多いとの回答があった。また今回の評価法はアイソセンタと重心の関係を利用しているので TID gating 法に有利な解析となるのではないかと、また腫瘍の重心を評価する場合はこの方法でいいと思うが腫瘍が大きい場合や辺縁に関してはまた違ってくるのではないかとコメントがあり、今回の対象は肺癌であるため腫瘍は球体に近い形状をとる場合が多く、腫瘍が球体に近ければ問題ないと思われるとの回答がされた。

副査・白土教授からは、投稿論文と発表内容を照らし合わせた質問がなされた。ゲーティング効率を揃えた解析において、従来法ではマーカ毎に評価値がばらつきを示す理由としてマーカからアイソセンタの距離が影響しているのかとの質問に対し、患者毎のマーカ距離の情報を提示して適切に回答された。また、本研究において不足している部分はどこかとの質問に対しては、今後の課題としてゲーティング効率を揃えた解析において、統計的な解析を加えた評価を行ってみたいと回答された。

最後に、主査・秋田教授から 10 例の解析の結果、最適なゲーティング法を症例毎に決めるアルゴリズムは作れるのかとの質問があり、治療前に事前に透視し推定誤差を算出できるので、推定誤差の判断基準を明確に決めればできる可能性があるとの回答された。今後、TID gating 法が普遍的にどの症例においても最適となるためにはどうすべきかとの質問に対し、マーカ同士の位置関係が強く影響するため、どの症例でも最適にできるかは不明であるが、透視条件も影響することから透視線量を上げずに画像処理でマーカの認識率を高く保つことでマーカ認識誤差を最小限にできるのではないかと回答された。さらに秋田教授から、肺の腫瘍は解剖学的位置関係からマーカの挿入位置をコントロールするのは難しいと考えられるので、放射線医学・医学物理の技術面で向上してほしいとのコメントがあった。

総評として、非常に興味深い研究であり、学位論文としても十分なレベルに達している。学位論文審査会における発表資料の完成度も問題なく、指定された時間内で発表資料を完結に説明されていた。質疑応答において、多岐にわたる質問に対して適切に回答し、深く研究内容を理解している態度がうかがえた。

本論文の内容は該当分野における著名な英文誌 *Physics in Medicine and Biology* に投稿中であるが、動体追跡放射線治療の精度と効率を両立する手法の確立に貢献するものと期待される。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研究に対する姿勢や取得単位の状況なども含めて、申請者は博士（医学）の学位を受ける十分な資格を有すると判定した。