OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	高精度放射線治療における線量測定技術に関する研究
Author(s)	水野, 裕一
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/51965
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

〔 題　　名 〕

高精度放射線治療における線量測定技術に関する研究

学位申請者　　水野　裕一

近年，治療機器の性能向上に伴い放射線治療の高度化が進んでいる．その結果，Deformable image registration (DIR)などの画像処理技術，Flattening filter free (FFF)の新たな照射技術，またガフクロミックフィルムEBT2，EBT3のような測定技術の発展へとつながった．これらの技術により高精度放射線治療における治療技術の向上，日々の治療を考慮した線量評価や計画装置の整合性を高い空間分解能で評価することが可能となった．本研究では，これらの技術を有効に活用するための技術について検討を行った．

本論文では第１章で高精度放射線治療の線量測定技術について解説し，第２章でdeformable image registrationを用いた直腸の線量評価を，第３章でFlattening Filter Freeビームの低MUでの特性評価を，第4章でガフクロミックフィルムEBT2，EBT3のlot間における均一性の違いとその扱いについて示した．

第２章ではkVCBCTと比較し画質の劣るMVCBCTでDIRを利用して直腸の位置変化や変形の影響を考慮した線量評価を行った．MVCBTの直腸のCT値を変更することにより低コントラストの画質でもDIRを可能とし，直腸線量のプラン線量との誤差の要因となるのは，体積ではなくAP方向の動きであることを示した．

第３章では商用リニアックにおいて導入されはじめたFFFビームの低MUでの基礎特性に関してProfilerを用いて行った．装置の精度向上により2 MU以上で対称性，平坦度，直線性で良好な結果を示した．また測定値の自動読み取りシステムの開発により，手間のかかる測定の効率化を実現した．

第４章ではIMRTやその他品質保証に広く用いられているEBT2，EBT3の基礎特性について説明し，lot間での均一性の違い，2つのフィルムの違いを明らかにすることにより，有効な取扱いについて示した．

本研究により，高精度治療で必要となる日々の治療におけるリスク臓器に対する位置照合の考え方，新しい技術であるFFFビームの扱い，および品質管理，品質保証に広く扱われるガフクロミックフィルムの有効な扱いについて検討し，高精度治療を行う上で有用となる情報を示した．

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　水野　裕一　）

論文審査担当者	（職）	氏名
主査	教授	小泉　雅彦
副査	教授	石田　隆行
副査	教授	近江　雅人

論文審査の結果の要旨

本論文では，高精度放射線治療における画像処理技術，照射技術，測定技術を有効に活用するための技術について検討を行った．

画像処理の技術に関して，kV-CBCT(kilo voltage cone beam CT)と比較し画質の劣るMV-CBCT(Mega voltage cone beam CT)でDIR(Deformable image registration)を利用して直腸の位置変化や変形の影響を考慮した線量評価を行った．MVCBTの直腸のCT値を変更することにより低コントラストの画質でもDIRを可能とし，直腸線量のプラン線量との誤差の要因となるのは，体積ではなくAP(Anterior Posterior)方向の動きであることを示した．

照射技術に関して，商用リニアックにおいて導入されはじめたFFF(flattening filter free)ビームの低MU(Monitor Unit)での基礎特性に関してProfilerを用いて行った．装置の精度向上により2 MU(Monitor Unit)以上で対称性，平坦度，直線性で良好な結果を示した．また測定値の自動読み取りシステムの開発により，手間のかかる測定の効率化を実現した．

測定技術に関して，IMRT(Intensity Modulated Radiation Therapy)やその他品質保証に広く用いられているgafchromic film_(EBT2，EBT3)のフィルム間，フィルム内の測定誤差について検討した．現像機を必要としないこと，明光下で利用可能，優れた空間分解能，線質依存性がほぼないという特徴を有している．しかしフィルム依存性の誤差やスキャナ依存性の誤差も有しており，特にフィルム自身の不均質性は検証結果に大きな影響をあたえる．これまでの報告により示される不均質性は1.2%～4.5%とバラツキがあり，lotによる違いは報告されていない．そこでフィルム内，フィルム間，lot間での均一性の違い，EBT2，EBT3，2種類のフィルムの違いを明らかにした．

フィルム間の差はEBT2，EBT3ともに画素値評価で0.5%以内，線量変換後1.4%以内となった．EBT2において早期の2lotはフィルム内均一性においてADC value(Analogue to digital converted value) が0.3%～2.1%の変動係数であったのに対して，それ以降の3lotは0.1%～0.7%の変動係数を示しており，製造時期の違いによる均一性の差を示した．1フィルムを12分割した各ピースの変化結果を確認すると，EBT2早期のlotでは右端が低濃度となっており，以降のlotでは左側が低濃度を示した．またその影響は線量が増加するごとに大きくなった．この結果はactive layerの塗布にかたよりがあったことを示唆している．塗布方法の改善により新しいlotでは均一性が向上したものと考えられる．一方，EBT3は全lotとも0.6%以内の変動係数におさまっており，lot間の差は見られなかった．特徴的であったのは，EBT2に線量依存性があったのに対して，EBT3は線量によらず変動係数がほぼ同じ値となったことである．このことからEBT3となり塗布ムラが軽減されたことが示唆される．EBT2では未照射と照射で均一性が異なっていたが，EBT3となり未照射と照射で同じように変化するということは，照射フィルムのADC valueを未照射フィルムのADC valueで補正できる可能性がある．線量での評価ではEBT2の早期のlotだと大きいもので6.3%の変動係数を示しており，そのままの使用ではIMRT線量検証の許容内での使用は困難であることが示唆された．ADC valueの評価では線量依存性が見られたが，線量に変換されると線量による違いはほぼなくなった．これは線量－濃度変換曲線が低濃度領域ほど急峻な勾配となっているため，同じADC valueの誤差であっても線量に変換した際，低濃度領域ほどその差は大きくなるためと考えられる．ただし変動係数を大きくしている要因にフィルム端の大きな塗布ムラがあるため，この領域をはずして考慮すると結果は変わってくる．各lot端の塗布ムラが大きい箇所をはずして変動係数を評価すると，0.5～1.9%のADC value変動係数に改善された．また早期の2lotのmax dose は4.2%，3.2%に改善され，後期のlotとほぼ変わらない値となった．このことから塗布ムラの傾向を理解して扱えば，lotに関係なく臨床利用に耐えうる精度で利用可能であることが示唆された．一方EBT3は0.5Gyでの変動係数が大きいもので4.3%となり，2 Gy，3 Gyと比較して約2倍の値となった．これも上記と同様に線量変換した際、低濃度領域ほどその差が大きくなったと考えられる．IMRTの評価ではリスク臓器線量となる低濃度領域が重要となるため，EBT3は低濃度領域の画像処理による補正が必須となるものと考えられる．

以上よりEBT2はlot間の差が非常に大きく，EBT3となりlot間の差が小さくなったが，EBT2はいずれのlotも塗布ムラが原因と考えられ，原因となる端部分を除いて解析することにより，十分臨床利用に耐えうる精度となる．一方EBT3は照射の有無に関係なく一定の濃度変化となることから，塗布ムラの改善が行われたと考えられる．ただし低濃度領域のバラツキは後期のEBT2よりも大きくなったため，画像処理により補正することは必須となる．それぞれのフィルムの特徴を把握して扱うことで，どちらのフィルムも有用なツールとなりうる．

本研究は，高精度治療で必要となる日々の治療におけるリスク臓器に対する位置照合の考え方，新しい技術であるFFFビームの扱い，および品質管理，品質保証に広く扱われるガフクロミックフィルムの有効な扱いについて提示されており，高精度治療の質向上への貢献が期待できる．

本研究論文は、博士(保健学)の学位を授与する価値があると認定する。