

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K16803

研究課題名（和文）計画標的体積マージン自動決定システムの開発

研究課題名（英文）Development of Planning Target Volume Margin Automatic Determination System

研究代表者

廣瀬 貴章（HIROSE, Takaaki）

九州大学・大学病院・診療放射線技師

研究者番号：50608982

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：前立腺癌IMRTのCBCT画像を用いた位置合わせにおける観察者による不確かさの評価を行った。CBCT画像を用いたIGRTにおける位置合わせの不確かさ、さらに、観察者間のばらつきを考慮したPTVマージンについて検討した。6名の診療放射線技師による、前立腺癌IGRTにおける前立腺重心の位置合わせの不確かさを、CBCT画像上で放射線腫瘍医が抽出した前立腺輪郭と比較し、観察者間および観察者内変動をシステムティックエラーおよびランダムエラーに分類して評価した。観察者間によるIGRTのばらつきの影響により考慮すべきPTVマージンはAP、SI、LR方向でそれぞれ3.5、3.8、2.1 mmであった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

前立腺癌の画像誘導放射線治療における観察者間の変動を考慮した最適なPTVマージンの結果が得られた。PTVマージンは放射線治療の遂行にあたり、標的領域に十分な処方線量を投与するために、様々な不確かさを考慮して決定され、治療成績にも大きく寄与するものである。得られた結果は、局所腫瘍制御率の向上と正常組織障害の低減を可能とし、患者の「生活の質(Quality Of Life: QOL)」の向上に繋がる。

研究成果の概要（英文）：Observer uncertainty in CBCT registration of prostate cancer IMRT was evaluated. We investigated the uncertainty of registration in IGRT using CBCT images and the PTV margin considering inter-observer variability. We compared the uncertainty of prostate centroid registration in prostate cancer IGRT by 6 radiological technologists with the prostate contours extracted by radiation oncologists on CBCT images. It was classified into random errors and evaluated. The PTV margins to be considered due to inter-observer variability in IGRT were 3.5, 3.8, and 2.1 mm in the AP, SI, and LR directions, respectively.

研究分野：放射線治療

キーワード：PTVマージン 前立腺癌 IMRT

1. 研究開始当初の背景

放射線治療において IMRT の技術は標的の形状に合わせて複雑な線量分布の最適化を可能とする。しかし、そのターゲットおよびリスク臓器の形状等の解剖学的情報と線量情報の関係は明らかになっていない。本研究の目的は前立腺癌 IMRT において、放射線治療計画における CTV およびリスク臓器の形状変化を考慮した最適な PTV マージンおよび PRV マージンについて解剖学的情報と線量情報との関係性を解明し、マージンの自動決定システムを開発することである。その方法は、治療計画 CT 画像から CTV およびリスク臓器の体積や互いの位置関係、形状などの解剖学的情報を抽出し、線量分布および線量体積ヒストグラム (Dose Volume Histogram : DVH) などの線量情報との関係性を解析する。さらにその関係性について機械学習を用いて数理モデルを構築することで、個々の症例に対して標的およびリスク臓器の線量制約を満たすために最適な非等方性のマージンを求め、PTV マージンおよび PRV マージンの個別化を試みる。これは局所腫瘍制御率の向上と正常組織障害の低減を可能とし、患者の「生活の質 (Quality Of Life: QOL)」の向上に繋がる。

2. 研究の目的

前立腺癌 IMRT において、放射線治療計画における CTV およびリスク臓器の形状変化を考慮した最適な PTV マージンおよび PRV マージンについて解剖学的情報と線量情報との関係性を解明し、マージンの自動決定システムを開発することである。

3. 研究の方法

- [1] 放射線治療計画 CT 画像における標的体積およびリスク臓器の輪郭から体積や位置関係、形状などの解剖学的特徴量を自動的に抽出する手法を開発する。
- [2] 各症例において PTV マージンを変化させて得た PTV を用いて IMRT による治療計画を行い、各 PTV マージンに応じた線量分布および DVH の線量情報を取得する。
- [3] [1] と [2] で得られた情報について解剖学的情報と線量分布情報の関係性を明らかにする。
- [4] [3] の関係性について機械学習を用いて関係数理モデルを構築する。
- [5] [4] で関係数理モデルを用いて個々の症例において最適化された PTV マージンおよび PRV マージンの自動決定システムを開発し、その有用性を検証する。

4. 研究成果

前立腺癌 IMRT の画像誘導放射線治療 (IGRT) における PTV マージンの最適化について検討した。IGRT では、治療計画画像に対し、治療直前に取得した画像を用いて患者位置照合を行うことで、高精度な患者セットアップが可能となる。しかし、IGRT を用いても補正できない残余誤差が生じるため、これらの不確かさについては PTV マージンとして考慮する必要がある。本研究では、CBCT 画像による患者位置照合における観察者による不確かさについて、Inter-observer error および Intra-observer error を評価した。図 1 にワークフローを示す。

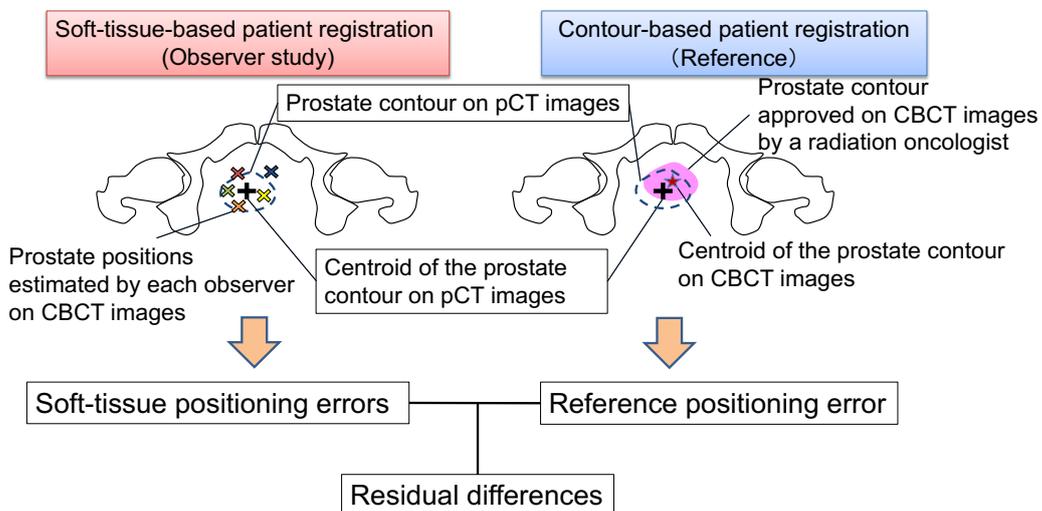


図 1. CBCT 画像を用いた前立腺癌 IGRT における観察者による不確かさ評価

図1の通り、CBCT画像を用いた前立腺癌IGRTにおける観察者による不確かさについて、放射線腫瘍医により描出された前立腺輪郭の重心位置を基準として、6人の診療放射線技師による前立腺位置の軟部組織画像照合の変動を評価した。

その結果、図2のような観察者間のばらつきが見られた。左右方向の残余誤差が最も小さく、頭尾方向で最もばらつきが大きくなった。これは、CBCTの画質ではコントラストが低く、前立腺との境界を同定するうえで、観察者によるばらつきが大きくなったことが考えられる。このような、IGRTを用いても補正できないエラーは、PTVマージンとして考慮しなければならない。

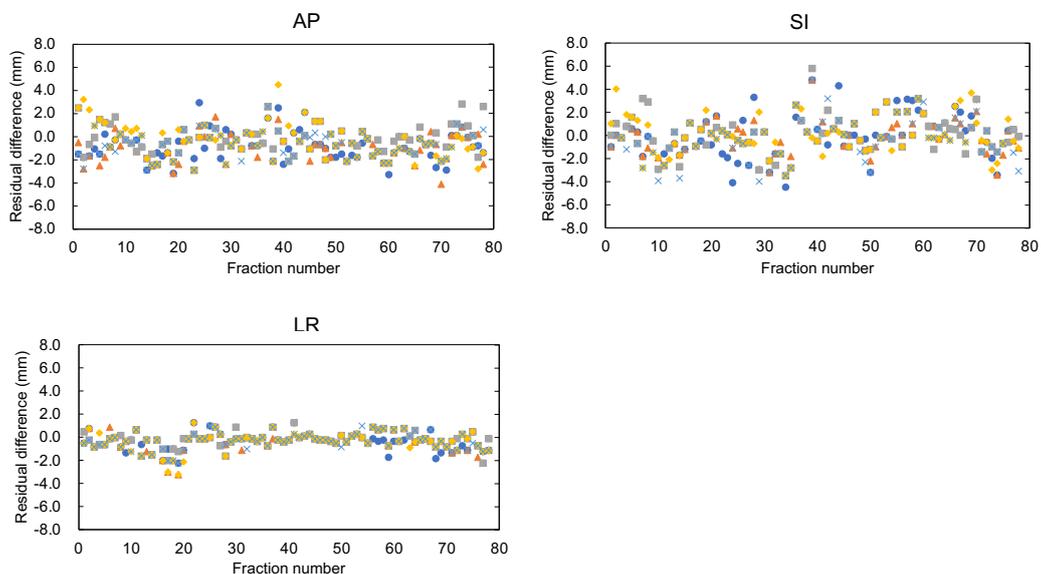


図2. 観察者毎の軟部組織照合における残余誤差

そこで、図3には本研究で得られたIGRTの軟部組織照合における観察者による不確かさを考慮したPTVマージンの結果を示す。観察者間および観察者内変動を考慮したPTVマージンは腹背、頭尾、左右方向でそれぞれ3.5 mm、3.8 mm、2.1 mmであった。これら成果は論文として公表した。

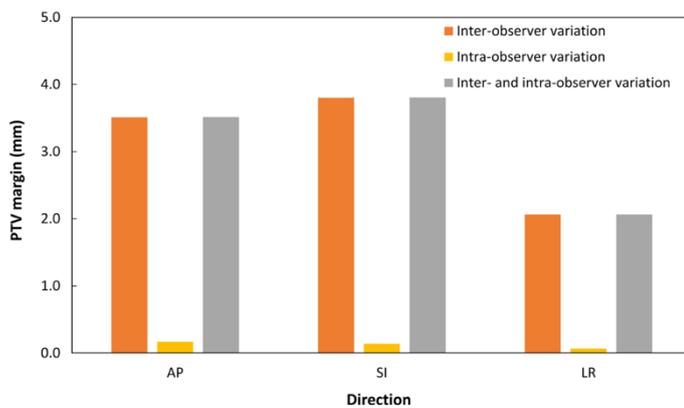


図3. IGRTにおける観察者による不確かさを考慮したPTVマージン

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hirose Takaki, Arimura Hidetaka, Fukunaga Junichi, Ohga Saiji, Yoshitake Tadamasa, Shioyama Yoshiyuki	4. 巻 21
2. 論文標題 Observer uncertainties of soft tissue based patient positioning in IGRT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 73~81
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/acm2.12817	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 廣瀬貴章, 福永淳一, 松本亮二, 平野奈緒美, 園田真二郎, 平山亮太, 長峰周治, 柴山祐亮, 高倉健汰
2. 発表標題 CBCT画像誘導 即時適応放射線治療における DIR精度評価
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第35回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 廣瀬貴章
2. 発表標題 CBCTベースの適応放射線治療システム
3. 学会等名 第50回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 廣瀬貴章
2. 発表標題 放射線治療を支援するAI技術
3. 学会等名 第17回九州放射線医療技術大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taka-aki Hirose , Hidetaka Arimura , Junichi Fukunaga , Saiji Ohga
2. 発表標題 Uncertainties of Soft-Tissue-based Patient Registration by Multiple Observers Using Cone-beam CT for Prostate Cancer Radiation Therapy
3. 学会等名 第117回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taka-aki Hirose , Hidetaka Arimura , Junichi Fukunaga , Saiji Ohga
2. 発表標題 Reveal of Uncertainties of Soft-Tissue-based Patient Registration Due to Inter- and Intra-observer Variability in IGRT Era for Prostate Cancer Radiation Therapy
3. 学会等名 The 3rd Annual Scientific Meeting on Medical Physics and Biophysics (PIT-FMB) in conjunction with the 17th South-East Asia Congress of Medical Physics (SEACOMP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------