



令和8年2月2日



放射線治療が短時間中断した場合の影響を補正する新技術を開発
～3次元補償が可能な治療計画システム（BART）の開発～

論文掲載

【本研究成果のポイント】

- * がんの放射線治療において予期せぬ治療の中断にも対応できる治療計画構築システム（BART）を開発しました。
- * 治療効果の低下を抑え、がん患者の治療における QOL 向上につながります。

【概要】

広島大学病院放射線部の河原大輔准教授を中心とする研究チームは、肺がん患者に対する放射線治療において、短時間の治療中断による影響を補正する新たな BART システムを開発しました。放射線治療中に発生する予期しない中断（機器の故障や患者の体調不良など）は、がん細胞の回復を引き起こし、治療効果を低下させることがあります。本研究では、この短時間の治療中断に伴い減少する、治療に必要な放射線量を補償する技術を開発し、従来の治療計画システムに統合する方法を示しました。

この新しいアプローチは、臨床現場において即座に適用可能であり、放射線治療の精度を高めるだけでなく、患者の治療効果をより確実に示唆しています。

本研究成果は、2025 年 4 月発行の「Medical Physics」誌に掲載されました。

＜発表論文＞

論文タイトル

Biological adaptive radiotherapy for short-time dose compensation in lung SBRT patients

著書

Daisuke Kawahara^{a,*}, Akito S Koganezawa^{c,*}, Takuya Wada^{a,b}, Yuji Murakami^b

a Department of Radiation Oncology, Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University, Hiroshima 734-8551, Japan

b Radiation Therapy Section, Department of Clinical Practice and Support, Hiroshima University Hospital, Hiroshima 734-8551, Japan

c Robotics and Artificial Intelligence Course, Department of Integrated Science and Engineering, Faculty of Science and Engineering, Teikyo University, Tochigi 320-8551, Japan

掲載雑誌

Medical Physics

DOI 番号

10.1002/mp.17820

【背景】

がんの放射線治療 1 回にかかる治療時間はおよそ 10 分～30 分程度です。治療中、ごくたまに装置のトラブルや患者さんの体調変化が起こり、数 10 分～数時間程度治療を中断する場合があります。この中断の間にがん細胞が回復してしまい、治療の効果が低下することが知られています。これを防ぐためには、治療中断中にがん細胞がどれくらい回復するのか把握し、その回復量に応じて治療強度を高めることが必要になります。

【研究成果の内容】

本研究では、治療の中断に伴うがん細胞の回復量を数値で表すために、「微視的動力学モデル（MKM）」を採用し、治療を中断した日数に応じて必要な補償係数と追加線量を自動的に算出するシステム（BART）を開発しました。このシステムを用いて、肺がん患者を対象にした放射線治療において、治療の中断による影響を評価し、BART システムによる補償後、目標線量の低下を最小限に抑えることができることを確認しました。

また、このシステムをもちいた解析により、30 分の治療中断で減少する放射線量は 12.1%、120 分の中断で 19.0%までに達することが確認されました。補償後、BART システムは、放射線治療計画装置上での 1 度の最適化計算により、当初の計画と同等の治療効果を有する新たな治療計画を作成することができ、補償後の周囲のリスク臓器への線量は許容範囲内に収まることが確認されました。

【今後の展開】

本研究により、治療期間の延長による影響を生物学的に補償する新たな技術が確立されました。これにより、臨床現場で頻繁に発生する治療中断の問題に対して、生物学的根拠に基づく高精度な補償計画を迅速に提供することが可能になります。BART は、がんの放射線治療における治療計画を生物学的に最適化する手段として実用性が高く、今後は他部位への応用や、生物学的な個人パラメータを推定する技術の開発を進める予定です。また、治療中断が複数回発生する場合にも対応できるよう、補償計算の精度向上を目指して研究を進めていきます。

【用語解説】

#1 BD（Biological Dose：生物線量）

生物線量（BD）は、放射線治療における腫瘍や正常組織の反応を評価するための指標で、治療中断などによって生じる生物学的影響を補償するために計算されます。

#2 MKM（Microdosimetric Kinetic Model：微視的動力学モデル）

微視的動力学モデル（MKM）は、放射線治療における生物学的影響を計算するためのモデルです。このモデルでは、放射線のエネルギー分布や細胞修復のダイナミクスを考慮し、治療中断による BD の減少と補償線量の計算を行います。

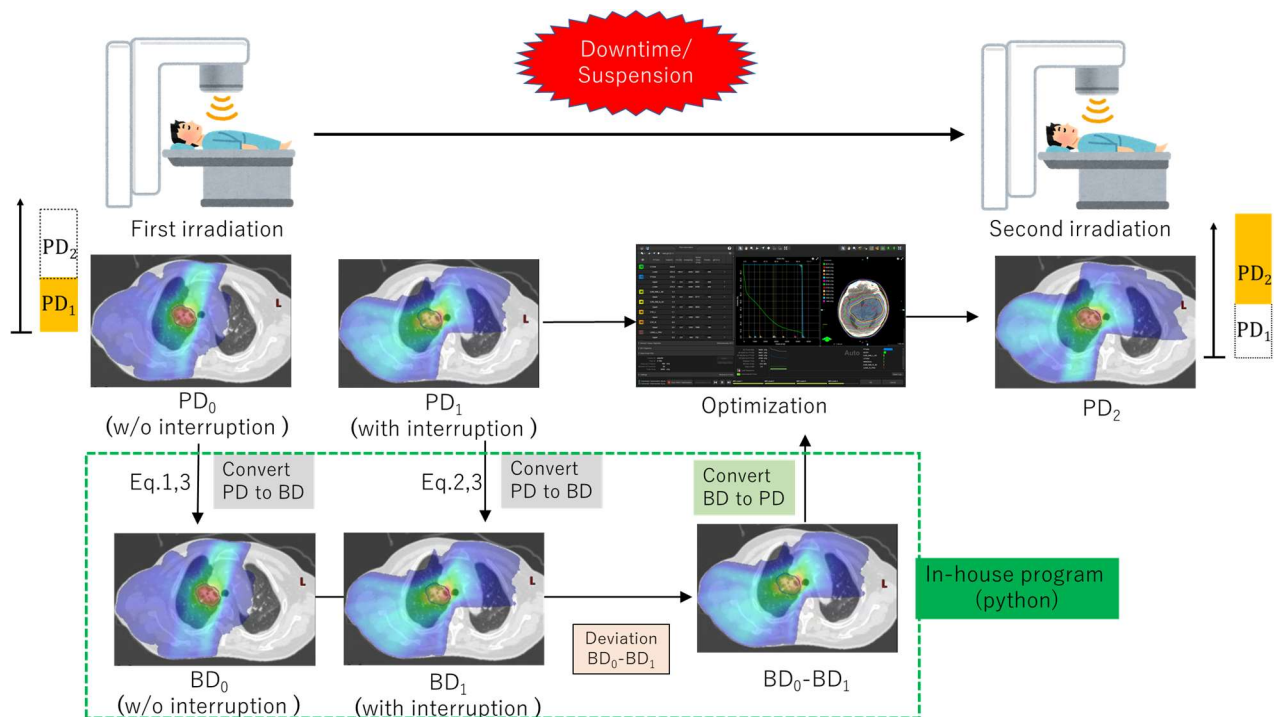


図 1 治療中断で不足する BD を補償する新規 BART システムの概要

表 1 中断時間による肉眼的腫瘍体積 (GTV) および計画標的体積 (PTV) の生物学的線量 (BED) の変化。中断によって GTV、PTV とともに低下するが BART により同等に補償されている。

中断時間	GTV D99%	GTV D50%	PTV D95%	PTV D50%
元の計画	49.7%	52.6%	42.0%	47.5%
30 分中断	44.5%	46.9%	36.6%	42.8%
60 分中断	43.0%	45.5%	35.3%	41.4%
90 分中断	42.5%	45.0%	34.8%	40.9%
120 分中断	41.7%	44.2%	34.1%	40.3%
BART 補償後	49.9%	52.9%	41.9%	48.3%

【お問い合わせ先】

病院放射線部 准教授 河原大輔
 Tel : 082-257-1545 FAX : 082-257-1546
 E-mail : daika99@hiroshima-u.ac.jp

発信枚数 : A 4 版 3 枚 (本票含む)