

# 論文内容要旨

A synthesized gamma distribution-based patient-specific  
VMAT QA using a generative adversarial network

(敵対的生成ネットワークを用いた合成ガンマ分布による  
強度変調回転放射線治療における患者個別検証)

Medical Physics, 50:2488–2498, 2023.

主指導教員：栗井 和夫 教授  
(医系科学研究科 放射線診断学)  
副指導教員：村上 祐司 准教授  
(医系科学研究科 放射線腫瘍学)  
副指導教員：柿本 直也 教授  
(医系科学研究科 歯科放射線学)

松浦 貴明

(医系科学研究科 医歯薬学専攻)

## [序論]

強度変調回転放射線治療 (VMAT) は治療前に測定による患者個別検証を実施することが一般的であるが、装置の占有や測定器のセットアップなどの時間的および人的労力を要する。また、臨床応用されはじめた即時適応放射線治療ではこの測定ベース検証の実施が困難である。そのため、近年は VMAT 検証結果について測定を必要としない人工知能を用いた予測ベースの仮想検証手法が多く考案されている。従来の手法は治療計画情報から検証結果の合否もしくはガンマパス率 (GPR) の数値を直接予測してきたが、位置情報が失われるため各測定点におけるガンマ値を把握することはできなかった。AAPM TG-218 では VMAT 検証において GPR の値だけでなくガンマ分布の Fail 箇所も併せて線量精度を評価することが推奨されている。本研究では、画像生成分野で活用される敵対的生成ネットワーク (GAN) を用いて VMAT 検証測定のガンマ分布を生成し、GPR と各測定点のガンマ値を予測するモデルを開発した。また、本モデルを用いた新規検証ワークフローを構築し検証測定の省力化について検討を行った。

## [方法]

前立腺癌に対する VMAT 270 ビームを対象とし、EPID を用いてフルエンスマップ測定およびガンマ解析を実施した。ガンマ解析判定基準は 3%/2 mm, 2%/1 mm, 1%/1 mm, 1%/0.5 mm の 4 通りとした。ガンマ分布生成モデルは GAN を用い、入力データを治療計画装置で計算されたフルエンスマップ、教師データを実測のガンマ分布として 240 ビームで学習を行った。学習済みモデルにより生成した検証用 30 ビームのガンマ分布において、ガンマ値が 1 を上回った Fail 箇所の検出精度および計算した GPR の予測精度を評価した。また、AAPM TG-218 で示されたプロセスベースの GPR 許容値をガンマ解析判定基準ごとに算出し、予測された GPR の 99.9%信頼区間の下限値がこの許容値を上回ったプラン、上限値が許容値を下回ったプランの合計の割合を測定省略率として算出した。

## [結果]

生成されたガンマ分布における Fail 箇所の検出感度/特異度は 3%/2 mm で 51.9%/99.6%, 2%/1 mm で 68.3%/98.7%, 1%/1 mm で 71.3%/97.5%, 1%/0.5 mm で 82.7%/95.7%であった。生成ガンマ分布から計算された予測 GPR の二乗和平方根誤差は各ガンマ解析判定基準でそれぞれ 1.0%, 2.1%, 3.5%, 3.6%であった。実測 GPR との相関係数はそれぞれ 0.65, 0.64, 0.57, 0.51 と中程度以上の相関が認められた。提案ワークフローによる測定省略率は各ガンマ解析判定基準でそれぞれ 93%, 97%, 83%, 70%であった。

## [結論]

GAN を用いた VMAT 患者個別検証におけるガンマ分布生成モデルは、治療計画段階において測定不要で GPR の値だけでなく Fail 箇所の予測も可能であり、線量精度の事前把握および VMAT 稼働安定期の検証ワークフロー省力化に有用な可能性がある。