

# 深層学習による呼吸性移動を伴う肺腫瘍軌跡の未来予測

羽 切 綾 都

杏林大学保健学部診療放射線技術学科 4 年

## 目的

肺がんの放射線治療では、呼吸に伴う腫瘍位置の変動が治療精度に影響を及ぼす<sup>1)</sup>。呼吸同期照射は広く用いられているが、照射指示から実際の照射までに数百msec程度のシステム遅延が生じ、その間に腫瘍が移動することが課題である<sup>2)</sup>。本研究では、4次元CT (four-dimensional computed tomography: 4DCT) を用い、深層学習により未来呼吸位相の腫瘍位置を予測する手法を構築し、照射遅延補正への応用可能性を検討した。

## 方法

The Cancer Imaging Archiveより取得した肺がん患者45例の4DCTおよびgross tumor volume (GTV) マスクを使用した。

図1に本研究で構築した3次元U-Net (3D U-Net) モデルの概要を示す。第N位相のCT画像とGTVマスクおよび第N+1位相のCT画像からなる3チャンネル画像を入力とし、第N+1位相のGTVマスクの1チャンネル画像として出力するモデルを構築した。

損失関数はBinary Cross Entropy (BCE) 単独とBCE

+ Dice 損失を比較した。予測方法は、予測マスクを逐次入力する連鎖予測と各位相で正解マスクを入力する個別予測の2手法を検討した。評価指標はDice係数および重心間距離 (mm) とした。

## 結果と考察

図2に予測手法および損失関数の違いによるDice係数と重心間距離の結果を示す。連鎖予測では位相の進行とともにDice係数が低下し、重心間距離は最大約8mmまで増加した。これは前位相の予測誤差が次位相へ伝播し累積したためと考えられる。一方、個別予測では全位相にわたり安定した精度が得られた。また、BCE単独では腫瘍ボクセルが少数クラスである影響を十分に反映できなかったが、Dice損失を併用することでDice係数70%以上を維持し、位置誤差も改善した。本手法は、呼吸同期照射におけるシステム遅延の補正に寄与する可能性を有し、適応放射線治療への応用が期待される<sup>3,4)</sup>。

## 結語

3D U-Netを用いた未来位相GTV予測モデルを構築し、損失関数の工夫により連鎖予測においても実用的精度が得

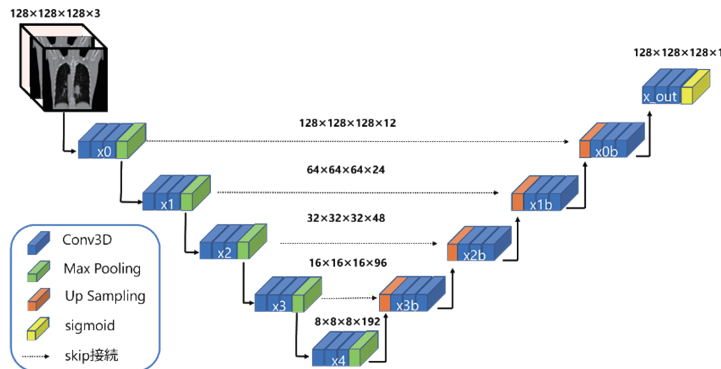


図1 3D U-Netモデルの概要

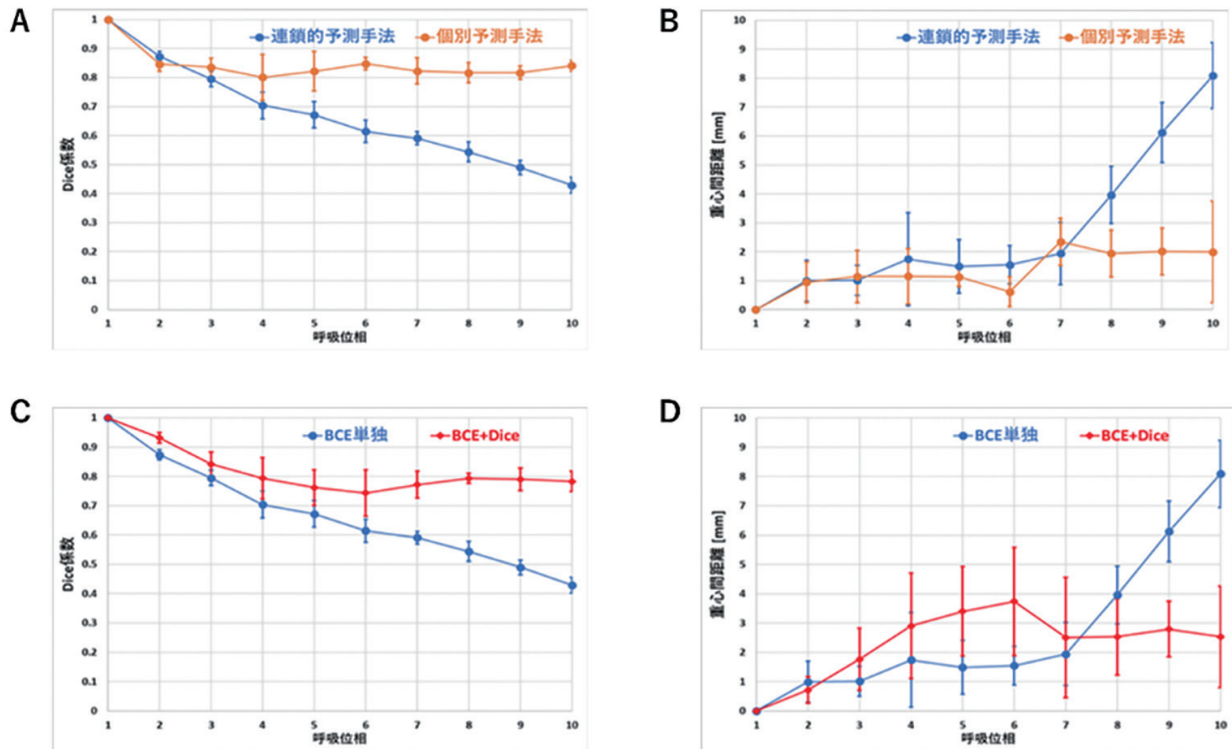


図2 予測手法および損失関数の違いによるDice係数と重心間距離の比較

A 予測手法の違いによるDice係数 B 予測手法の違いによる重心間距離  
C 損失関数の違いによるDice係数 D 損失関数の違いによる重心間距離

られる可能性を示した。本手法は呼吸同期照射の高精度化や適応放射線治療への応用が期待される。

【指導教員】保健学部診療放射線技術学科 准教授 三木健太郎

#### 参考文献

- 1) Jeong S, Heon W, Cho S, et al. Clinical applicability of deep learning-based respiratory signal prediction models for four-dimensional radiation therapy. PLoS One. 2020; 15(6): e0235006.
- 2) Giraud P, Morvan E, Claude L, et al. Respiratory gating techniques for optimization of lung cancer radiotherapy. Radiother Oncol. 2010; 95(3): 325-330.
- 3) 木村智樹, 西淵いくの, 村上祐司, 他. 4次元照射と呼吸同期照射. 日放腫会誌. 2019; 31(2): 95-103.
- 4) Momin S, Lei Y, Tian Z, et al. Lung tumor segmentation in 4D CT images using motion convolutional neural networks. Med Phys. 2024; 51(7): 4298-4309.

1) Jeong S, Heon W, Cho S, et al. Clinical applicability of deep