

# MR 画像誘導放射線治療における 照射中リアルタイム 3 次元腫瘍位置予測の試み

清水 涼音<sup>†</sup> 恒田 雅人<sup>††</sup> 阿部 幸太<sup>††</sup> 横田 元<sup>††</sup> 堀越 琢郎<sup>††</sup>  
太田 丞二<sup>††</sup> 宇野 隆<sup>††</sup> 須鎗 弘樹<sup>†††</sup> 森 康久仁<sup>†††</sup>

† 千葉大学大学院融合理工学府 †† 千葉大学医学部附属病院 ††† 千葉大学大学院工学研究院

## 1. はじめに

放射線治療とは体内の悪性腫瘍に高エネルギー放射線を照射する治療法である。この治療において、呼吸などによって運動する腫瘍の位置を正確に把握することができれば、腫瘍のみへのピンポイント照射を可能にすることができ、治療成績の向上が期待できる。しかし、体内を直接視認することができないこと、また放射線治療装置が照射するタイミングでの腫瘍位置が推定できないことなどが腫瘍のみへのピンポイント照射を難しくさせている。近年、MRI が搭載された放射線治療装置 (MR-linac) が開発され、画質の優れた MR 画像で治療中の体内の腫瘍及び臓器の位置変動を確認できるようになった。したがって、放射線が照射されるタイミングでの腫瘍位置が正確に推定できれば、腫瘍へのピンポイント照射が可能となる。この技術は、未来の放射線治療分野に必要不可欠であり、近年では AI の技術を利用することで数百ミリ秒先の腫瘍位置を予測する研究が報告されている[1]。しかし[1]では、画像内の腫瘍位置を時系列データ化する際の正規化処理において、位置座標の最大値・最小値を事前に把握する必要があり、実際の臨床応用が難しいといった問題がある。

本稿では、0.2~0.6 秒後の 3 次元位置座標をリアルタイム予測するニューラルネットワークモデルを提案し、異なる入力断面の情報を複数入力した場合の位置座標の予測精度を検討する。

## 2. 実験

### 2.1 実験に用いるデータ

千葉大学医学部附属病院において MR 画像誘導放射線治療にて加療された 6 人の患者を対象とした。治療中に取得される 3 断面の MR 画像(横断面, 矢状面, 冠状面)を約 78,000 枚使用した。本研究では、3 断面の MR 画像上で比較的視認しやすい肝臓の 3 次元位置座標を予測対象とした。まず、MR 画像から肝臓の重心位置を抽出することで、実験で用いる重心位置データを取得した。また、モデルの学習時にデータ拡張処理を行うことで、学習データの総数を約 4 倍に拡張した。

### 2.2 予測手法

約 20 秒間の肝臓位置データを学習データとして、0.2~0.6 秒後の位置を予測するモデルの学習を行った。

本研究では予測モデルの構造として Non-stationary Transformer[2]を採用した。このモデルは非定常(不定期に振幅が大きく変動する)区間を含む時系列データへの対応力が高いという特長を持っており、患者体内の不規則な呼吸によって動く位置座標の予測において、他のニューラルネットワークモデルよりも高精度な予測が期待できると考える。

### 2.3 実験内容

冠状面から取得できる 1 期先の肝臓位置を予測する実験を行った。このとき、予測モデルが読み込む位置データの断面について、以下の(a)~(c)の 3 条件で実験を行うことで予測精度を比較した。また、各条件において 3-fold cross validation によって評価を行った。

- 冠状面データのみ入力
- 冠状面 + 矢状面のデータを入力
- 冠状面 + 矢状面 + 横断面のデータを入力

## 3. 実験結果

表 1 は各条件, fold において、上下方向の誤差が 1pixel(約 1.2mm)以下となる予測率の平均値, 標準偏差である。結果から、条件(b), (c)において高精度な予測が実現可能であることが読み取れる。

表 1. 誤差 1pixel 以下の予測率 (%)

	条件(a)	条件(b)	条件(c)
Fold 1	64.5±10.4	74.3±8.9	73.2±8.4
Fold 2	64.3±13.3	69.0±12.4	65.6±14.9
Fold 3	58.8±16.4	71.3±15.2	60.9±15.5

## 4. 今後の課題

データ追加による追実験や、臓器・腫瘍の重心位置に加えて輪郭情報を予測できるモデルの検討などが考えられる。

## 参考文献

- [1] Elia Lombardo, et al. "Evaluation of real-time tumor contour prediction using LSTM networks for MR-guided radiotherapy" Radiotherapy and Oncology, Feb 2023.
- [2] Yong Liu, et al. "Non-stationary Transformers : Exploring the Stationarity in Time Series Forecasting," Advances in Neural Information Processing Systems, 2022.