

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：51303

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17582

研究課題名（和文）Development of High-Accuracy Tumor Tracking Systems for Next-Generation Radiation Therapy Technology

研究課題名（英文）Development of High-Accuracy Tumor Tracking Systems for Next-Generation Radiation Therapy Technology

研究代表者

張 曉勇 (Zhang, Xiaoyong)

仙台高等専門学校・総合工学科・助教

研究者番号：90722752

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は動体追尾放射線治療の照射の精度向上するために、照射中に腫瘍の位置、形状などの追跡システムの開発である。本研究の提案手法では、輝度値を基本とする一般的手法よりも雑音に対して頑強なアルゴリズムを提案し、高精度と高速な腫瘍位置・輪郭の追跡手法を開発した。臨床データを用いた性能検証により、提案法は従来法よりも正確かつ高速な画像計測が可能であることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

放射線治療において、治療効果を高めつつ副作用を避けるためには、病巣周辺の健康な組織への照射を極力避け、腫瘍のみへの正確な照射が要求される。提案手法を用いて、実際に放射線治療を行っている際の腫瘍位置や形状などを自動的にリアルタイムに把握することは、正常組織障害の低減の同時に、放射線治療の精度を向上できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This research focused on developing a radiographic image tracking system to track the tumor motion in real-time for adaptive tumor following radiation therapy. In this research projects, we have developed a robust tracking system that is capable of tracking the tracking the tumor's position and its boundary in radiographic images. The experimental results performed on the phantom and clinical data demonstrated that the effectiveness of the tracking systems for clinical application.

研究分野：医用画像処理

キーワード：画像誘導放射線治療 マーカレス追尾照射

1 . 研究開始当初の背景

In radiation therapy, the respiration-induced tumor motion significantly degrades the efficiency of radiation delivery and brings risk to the healthy tissues around the tumor. To solve this problem, extensive efforts on tracking tumor in real-time during the radiation delivery have been devoted over the past decade.

Conventional tracking systems utilize external or implanted markers as the surrogate of tumor motion. A common disadvantage is that the tracking results are inaccurate since the motions of the external and implanted markers are uncorrelated with the tumor motion frequently. In addition, due to the non-continuous irradiation, the treatment process is ineffective and time-consuming.

2 . 研究の目的

The purpose of this research is to develop a markerless tracking system that can track the respiration-induced tumor motion automatically in real-time during radiation delivery. This tracking system will be able to provide conformable tumor motion information and to allow the treatment device to deliver high-dose conformable radiation to the moving target accurately.

3 . 研究の方法

The following three tasks have been carried out during this project:

(1) [FY2017~FY2019]: Phantom and clinical data acquisitions and analysis.

During this project, we have collected a set of radiographic images, including the four-dimensional computed tomography (4-D CT), kilo-voltage (kV), and megavoltage (MV) X-ray image sequences, in phantom experiments and clinical treatment. These data have been used for evaluation of our tumor tracking system extensively.

(2) [FY2017~FY2018]: Preliminary implement and evaluation of tracking algorithms.

Several visual tracking algorithms have been developed for tracking tumor in kilo-voltage (kV), and megavoltage (MV) X-ray image sequences. A tentative study, which use a statistic approach to extract the tumor in the image sequences, was carried out for improving the tumor tracking accuracy.

(3) [FY2019]: Tracking system development and experimental evaluation

4 . 研究成果

The following three achievements have been made in this project.

(1) During the past 3 fiscal years, a set of phantom and more than 30 clinical radiographic image data, including 4D-CT, kilo-voltage (kV), and megavoltage (MV), for lung cancer treatment have been acquired and collected at the Tohoku university hospital and Hirosaki university hospital. The usage of clinical data has been approved by the Committee of Medical Ethics of Hirosaki University Graduate School of Medicine. A radiographic image database with ground truth have been established at the Tohoku university.

(2) A graphical user interface (GUI) has been developed using MATLAB for analyzing the tumor motion in clinical data. The tumor motion and its boundary can be drawn manually by clinicians as the ground truths for tracking system evaluation. Fig 1 shows the developed GUI application in which tumor boundary in an MV image sequence can be manually drawn by the clinicians and its isocenter can be automatically recorded.

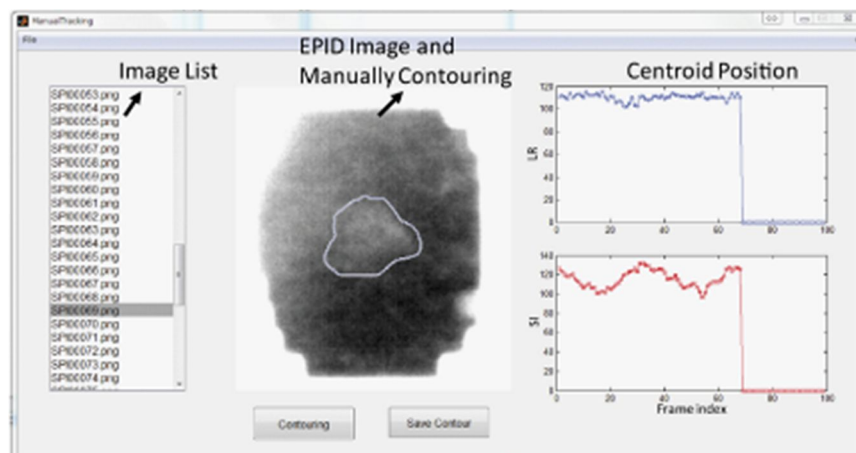


Fig 2. A GUI application for generating the ground truth of tumor motion in clinical data.

(3) Development of tumor tracking system.

A key-point based real-time tracking method has been proposed for tracking the tumor in kV and MV images in real time. The experimental results showed that the average of the root mean square errors of tracking were 2.46 mm (1.89 mm) and 1.53 mm (0.38 mm) for kV and MV x-ray image sequences, respectively. This tracking performance was more accurate than previous tracking methods. In addition, the average processing times for each frame were 0.014 s (0.012 s) and 0.050 s (0.021 s) for kV and MV image sequences, respectively, and the proposed method was faster than previous methods as well as shorter than frame acquisition interval. Therefore, the proposed method has the potential for both highly accurate and fast tumor tracking in clinical applications. This work has been published on Medical Physics in 2018. Fig 2 shows an evaluation of the proposed method in comparison with existing methods.

In addition, a hidden Markov Model-based method has been proposed for extraction of tumor in X-ray image sequence. Experimental results demonstrated that tracking performance of the proposed method is superior to that of conventional tumor enhancement method and raw images. Therefore, the proposed method has potential for contributing to effectively observe internal organ motion for Lung Radiation Therapy. Fig. 3 shows an example of tumor extraction in X-ray image.

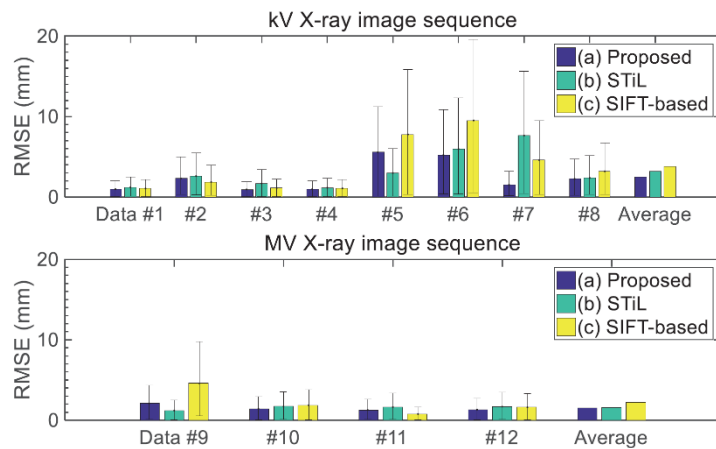


Fig 2. RMS tracking errors RMSE (mm) on (top) kV x-ray image sequences (data #1–8) and (bottom) MV x-ray image sequences (data #9–12) for the proposed method, STiL, and SIFT-based method, respectively. Each error bar shows the 95% confidence interval (mm) of RMSE. The tracking error of the proposed method was slightly smaller than the error by two tracking methods in average of datasets.

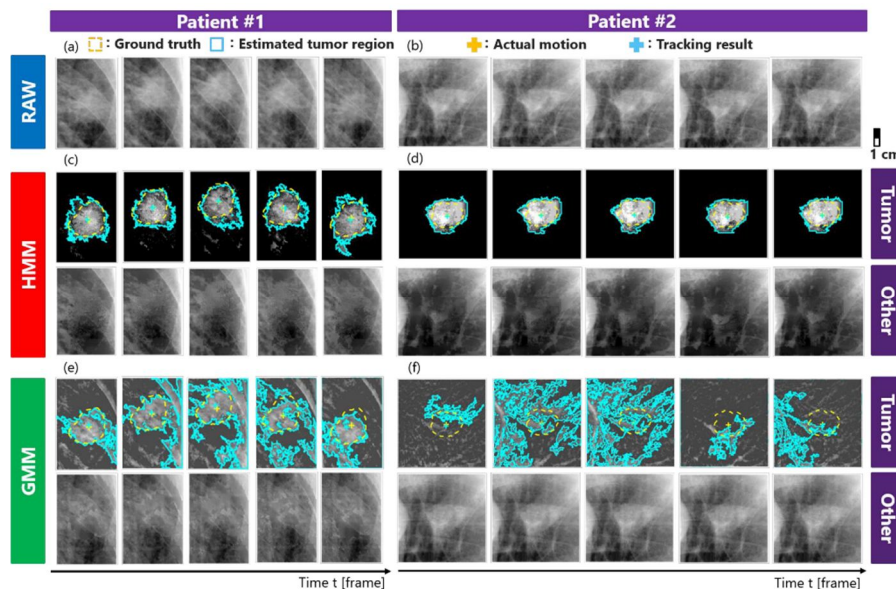


Fig 3. Examples of experimental data and results on patient data. (a) Observed images (Patient #1). (b) Observed images (Patient #2). (c) Result of proposed method (Patient #1). (d) Result of proposed method (Patient #2). (e) Result of conventional method (Patient #1). (f) Result of conventional method (Patient #2).

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

新藤 雅大, 市地 慶, 本間 経康, 張 曉勇, 奥田 隼梧, 杉田 典大, 八巻 俊輔, 高井 良尋, 吉澤 誠, “肺がん放射線治療のための隠れマルコフモデルを用いた X 線動画像中の物体輝度抽出”, 査読有, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌) 140(1) 49 - 60 2020 年.

鈴木真太郎, 張曉勇, 本間経康, 市地慶, 高根侑美, 柳垣聡, 川住祐介, 石橋忠司, 吉澤 誠, “乳がん病変検出のための深層学習を用いた計算機診断支援システム,” 査読有, 計測自動制御学会論文集, Vol. 54, No.8, pp 659-669, 2018年.

Kei Ichiji, Y. Yoshita, N. Homma, Xiaoyong Zhang, I. Bukovsky, Y. Takai, M. Yoshizawa, “A key-point based real-time tracking of lung tumor in x-ray image sequence by using difference of Gaussians filtering and optical flow,” Physics in Medicine and Biology, 査読有, Vol. 63, No. 18, pp 1–16, 2018.

Kadoya N, Ichiji K, Uchida T, Nakajima Y, Ikeda R, Uozumi Y, Zhang X, Bukovsky I, Yamamoto T, Takeda K, Takai Y, Jingu K, Homma N, , “Dosimetric evaluation of MLC-based dynamic tumor tracking radiotherapy using digital phantom: Desired setup margin for tracking radiotherapy.,” Medical dosimetry : official journal of the American Association of Medical Dosimetrists, 査読有, 43(1) 74 – 81, 2018.

〔学会発表〕(計15件)

Xiaoyong Zhang, S. Suzuki, H. Takano, Noriyasu Homma, “Deep Convolutional Neural Network for Mammographic Computer-Aided Detection,” 第31回 回路とシステムワークショップ, 2018年5月, 北九州 (招待講演).

H. Takano, Xiaoyong Zhang, Noriyasu Homma, Makoto Yoshizawa, “Classification of Masses in Mammogram: A Comparison Study of State-of-the-Art Deep Learning Technologies,” Proceedings of the AAPM2018, 2018.

M. Shindo, K. Ichiji, Noriyasu Homma, Makoto Yoshizawa, Xiaoyong Zhang, T. Kakai “Probabilistic Decomposition of X-ray Image Sequence to Extract Obscure Target Objects for Monitoring Intrafractional Organ Motion,” Proceedings of the AAPM2018, 2018.

Xiaoyong Zhang, Takuya Sasaki, Shintaro Suzuki, Yumi Takane, Yusuke Kawasumi, Tadashi Ishibashi, Noriyasu Homma, Makoto Yoshizawa, “Classification of Mammographic Masses by Deep Learning,” Proceedings of the SICE Annual Conference 2017, 978-4-907764-56-2 PR0001/17, pp. 793-796 (Sep. 2017)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)

名称：
発明者：

権利者：
種類：
番号：
出願年：

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：
ローマ字氏名：
所属研究機関名：
部局名：
職名：
研究者番号 (8 桁)：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ichiji K, Yoshida Y, Homma N, Zhang X, Bukovsky I, Takai Y, Yoshizawa M	4. 巻 63
2. 論文標題 A key-point based real-time tracking of lung tumor in x-ray image sequence by using difference of Gaussians filtering and optical flow	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 185007 ~ 185007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1088/1361-6560/aada71	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 SUZUKI Shintaro, ZHANG Xiaoyong, HOMMA Noriyasu, ICHIJ I Kei, TAKANE Yumi, YANAGAKI Satoru, KAWASUMI Yusuke, ISHIBASHI Tadashi, YOSHIZAWA Makoto	4. 巻 54
2. 論文標題 A Deep Learning-based Computer-aided Diagnosis System for Mammographic Lesion Detection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers	6. 最初と最後の頁 659 ~ 669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.9746/sicetr.54.659	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 -
1. 著者名 市地慶, 本間経康, 張曉勇, 武田賢, 高井良尋, 杉田典大, 吉澤誠	4. 巻 129
2. 論文標題 最大リャブノフ指数推定に基づく呼吸性移動時系列の予測可能性の検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 東北医学雑誌	6. 最初と最後の頁 47-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kadoya Noriyuki, Ichiji Kei, Uchida Tomoya, Nakajima Yujiro, Ikeda Ryutarou, Uozumi Yosuke, Zhang Xiaoyong, Bukovsky Ivo, Yamamoto Takaya, Takeda Ken, Takai Yoshihiro, Jingu Keiichi, Homma Noriyasu	4. 巻 43
2. 論文標題 Dosimetric evaluation of MLC-based dynamic tumor tracking radiotherapy using digital phantom: Desired setup margin for tracking radiotherapy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Medical Dosimetry	6. 最初と最後の頁 74 ~ 81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.meddos.2017.08.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 H. TAKANO, X. ZHANG, N. HOMMA, M. YOSHIZAWA
2. 発表標題 Classification of Masses in Mammogram: A Comparison Study of State-of-the-Art Deep Learning Technologies
3. 学会等名 The 60th AAPM annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野呂恭平, 張暁勇, 高野寛己, 市地慶, 柳垣聡, 高根侑美, 石橋忠司, 本間経康
2. 発表標題 乳房X線画像における画像診断が難しい腫瘍に対する 深層学習を用いた良悪性鑑別の試み
3. 学会等名 第 14回コンピューショナル・イリジェス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野呂恭平, 張暁勇, 高野寛己, 市地慶, 柳垣聡, 高根侑美, 石橋忠司, 本間経康
2. 発表標題 乳房X線画像における良悪性鑑別が難しい腫瘍に対する深層学習の性能評価
3. 学会等名 日本放射線技術学会第46回秋季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M Shindo, K Ichiji, N Homma, X Zhang, Y Takai, M Yoshizawa
2. 発表標題 Probabilistic Decomposition of X-Ray Image Sequence to Extract Obscure Target Objects for Monitoring Intrafractional Organ Motion
3. 学会等名 The 60th AAPM annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新藤雅大, 市地慶, 本間経康, 張曉勇, 杉田典大, 八巻俊輔, 高井良尋, 吉澤誠
2. 発表標題 マーカレス腫瘍追跡のための隠れマルコフモデルを用いたX線動画像からの物体輝度抽出
3. 学会等名 第28回インテリジェント・システム・シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 W. Wu, K. Ichiji, X. Zhang, I. Bukovsky, M. Osanai, Y. Takai, N. Homma
2. 発表標題 Tumor tracking by integrating multiple sensing results for radiation therapy
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会 (SSI2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤雄介, 市地慶, 新藤雅大, 張曉勇, 角谷倫之, 小山内実, 高井良尋, 本間経康
2. 発表標題 呼吸性移動対策のための肺腫瘍位置の時系列成分分離に基づく予測
3. 学会等名 日本放射線技術学会第46回秋季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zhang ZHANG, Xiaoyong ZHANG, Kei ICHIJI, Makoto OSANAI, Noriyasu HOMMA
2. 発表標題 Computer-Aided Diagnosis of Micro-Calcification Clusters in Mammograms Using an Adaptive Gaussian Mixture Model
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会 (SSI2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Xiaoyong Zhang, Takuya Sasaki, Shintaro Suzuki, Yumi Takane, Yusuke Kawasumi, Tadashi Ishibashi, Noriyasu Homma, Makoto Yoshizawa
2. 発表標題 Classification of Mammographic Masses by Deep Learning
3. 学会等名 SICE Annual Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木真太郎, 張曉勇, 本間経康, 吉澤誠
2. 発表標題 Deep Convolutional Neural Networkの転移学習による乳房X線画像上の腫瘍検出
3. 学会等名 計測自動制御学会東北支部第307回研究集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木真太郎, 張曉勇, 本間経康, 市地慶, 魚住洋佑, 高根侑美, 柳垣聡, 川住祐介, 石橋忠司, 吉澤誠
2. 発表標題 乳がん病変検出のための深層学習を用いた計算機支援画像診断システム
3. 学会等名 第11回コンピューテーショナル・インテリジェンス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木真太郎, 張曉勇, 佐々木拓也, 本間経康, 市地慶, 魚住洋佑, 高根侑美, 柳垣聡, 川住祐介, 石橋忠司, 吉澤誠
2. 発表標題 深層学習による乳房X線画像上の腫瘍鑑別
3. 学会等名 第11回コンピューテーショナル・インテリジェンス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高野寛己, 張曉勇, 本間経康, 吉澤誠
2. 発表標題 Classification of Benign and Malignant Masses in Mammogram by Using Deep Convolutional Neural Network
3. 学会等名 平成29年度電気関係学会東北支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木真太郎, 張曉勇, 高根侑美, 川住祐介, 石橋忠司, 本間経康, 吉澤誠
2. 発表標題 乳がん病変検出のための深層学習を用いた計算機支援画像診断システム
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高野寛己, 張曉勇, 本間経康, 吉澤誠
2. 発表標題 データ拡張を用いたDCNNによる乳房X線画像上の腫瘍鑑別性能向上
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会
4. 発表年 2017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