

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24791264

研究課題名(和文) 動体追跡装置を用いた『体内臓器の動き』のモデル化に関する研究

研究課題名(英文) Study of inter-fractional organ motion modeling estimated by real-time tumor-tracking radiotherapy (TRT)

研究代表者

鈴木 隆介 (SUZUKI, RYUSUKE)

北海道大学・大学病院・助教

研究者番号：00400052

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：北海道大学病院において動体追跡装置を用いて測定された臓器の動きに関するデータベースの構築を継続して進め、このデータベースを元にした動きの解析を行った。動体追跡装置で得られるログの中に存在する、せきなどにより大きく動いた場合や、透視条件が悪い時などに動体追跡装置が追跡のマーカを認識できなくなる際に起こる動きのアーチファクトの影響を考慮するインターフェースの実装を行った。この構築したデータベースを基盤とした、臓器の動きに関するモデル化のアルゴリズムの開発を行った。

研究成果の概要(英文)：A web-based database system has continuously been developed for studying organ motion estimated by real-time tumor-tracking radiotherapy (TRT) and analysis of organ motion is performed by using this database system. The interface to reduce the artifact of organ motion is implemented and algorithm of organ motion modeling is developed.

研究分野：医学物理

キーワード：放射線治療物理学 データベース

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、日本でも数多く建設が進んでいる陽子線などの粒子線治療や、2008 年度から保険適用された強度変調放射線治療では、通常の放射線治療に比べ、腫瘍に線量を集中し、それ以外の臓器の線量を極力減らすことが可能となった。しかしながら、このような腫瘍への線量集中が可能な治療では、位置精度が悪ければ、腫瘍への線量が足りない、または、腫瘍近傍の正常臓器への線量が高くなるという危険性があるため、高精度な位置精度が要求される。この位置の精度に関しては、患者をいかに再現よく固定するかとともに、呼吸等による患者の主要および臓器の動きに応じた治療が必要である。

(2) 北海道大学病院では世界に先駆けて腫瘍の動きを捕えながら照射を行う動体追跡放射線治療装置 [H. Shirato, et al., Int J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 48(2) (2000) pp435-442.] を開発した。この治療では腫瘍の位置を同定するために事前に患者の腫瘍近傍に金のマーカが挿入される。治療時に X 線透視装置を用いてマーカを追跡し、あらかじめ計画していた位置に来たときのみ照射を行うことで、従来の照射法に比べて照射範囲が大幅に減少し、副作用のより少ない照射が可能となった。マーカの位置情報はリアルタイムでログとして残されており、この動きを解析することで体の動きに関する新たな知見を得ることができる。

(3) これまで3年間に渡り、この動体追跡装置から得られたデータを元にした『臓器の動き』に関するデータベースを作成してきた。図1は、データベースの概要である。本データベースは、ウェブベースで構築され、体内の動きの解析を可能とする基盤であり、このデータベースを用いることで、これまで各研究者が独自に行っていた解析作業を本格的に系統的に行うことが可能となる。

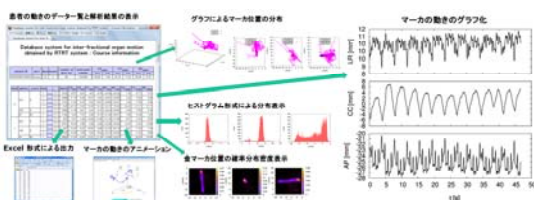


図1 『体内臓器の動き』データベース

2. 研究の目的

本研究の目的は、腫瘍の動きを捕えながら照射を行う動体追跡装置により得られる臓器の動きのデータを収集し、これまでに作成したデータベースを元に、各患者の動きを解析・評価を行うとともに、システムの改良および動きの解析に必要な機能の追加を行う。

3. 研究の方法

(1) 本システムにおいて、解析、評価を行いながらデータベースのデータ数を増やす。データの増加に従い、データの変換等の時間が問題となることが想定されるので、システムを改良することで、統計数を挙げ、信頼性の高い解析を可能とするシステムを目指す。

(2) 臓器の動きのデータの中では、せきなどによる患者の大きな動きや、透視条件が悪い時に動体追跡装置がマーカを認識できなくなるなどにより起こる、ログデータのアーチファクトの対応が問題となるので、このアーチファクトに対応する機能を追加する。また、[Bengua, G., et al., Int J. Radiat. Oncol. Biol. Phys, 77(2) (2010) pp. 630-636] にて導入された effective range は、このようなアーチファクトを含むようなデータの解析に強いと思われるので、この effective range を用いた解析機能を実装する。

(3) 動体追跡装置により得られるデータは、患者数が増加するに従い、膨大な数となるため、解析用の解析システムの仕様を検討し、導入を行う。

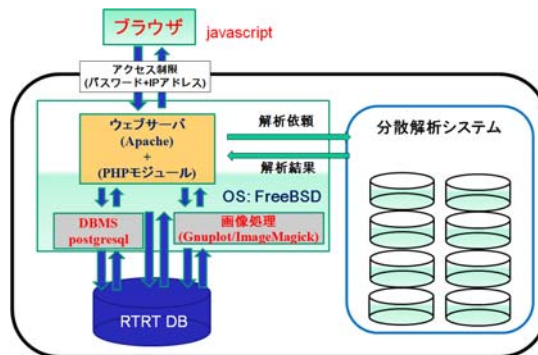


図2 システム構成図

(4) 動きについてのモデル化を目指し、臓器の動きをこれまでに提案されている cos 関数 [A. E. Lujan ., et al., Med Phys. 26

(1999) pp715-720] でのフィッティングによる解析を検討する。

4. 研究成果

(1) 臓器の動きの研究の解析を通じて RTRT システムのデータベースから本システムへのデータベースへの変換のスキプトの改良を行い、変換の効率を改良することで多くのデータを扱うことを可能とした。また、ユーザビリティの改良や不具合の修正を通して、システムを使いやすいものにした。

(2) アーチファクトについては、自動的に完全に除去することは難しく、解析の領域を指定することで、アーチファクト等による影響を低減する機能を実装した。図 3 はアーチファクトを低減するインターフェースであり、解析領域を指定することにより、アーチファクトを解析から排除し、純粋な臓器の動きを抽出することが可能となった。また、effective range を用いた動きの range が、動きの評価において通常行われる動きの最大値、最小値の差で定義される amplitude に比べ、アーチファクトの影響が小さいことが明らかになった。

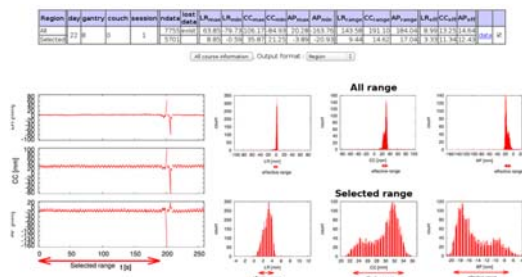


図 3 アーチファクト排除するためのインターフェース

(3) サーバシステムを導入し、これまで一つのサーバにおいて行われていたウェブ機能と解析機能の分離を行うことで、高負荷に耐えることができるシステムを作成することができた。

(4) 本システムを用いた動体追跡装置により得られる臓器の動きの amplitude (動きの最大値と最小値の差) に関する系統的なデータを提供することで、実際の放射線治療中における臓器の動きと、体表面での呼吸信号を用いて撮像される 4D-CT により得られる動

きの情報の比較に関する研究に対する貢献を行った。この研究は 2013 年の国際会議において発表された。

(5) データベースの公開を意識し、ウェブインタフェースの改良を行った (図 4)。

図 4 改良されたインターフェース

(6) 本研究について、第 109 回日本医学物理学会学術大会(横浜)にて報告を行った。

(7) 患者の動きは完全な周期的ではないため、簡単な cos 関数での取り扱いが難しいことが解析を通じて明らかになり、課題として残された。この課題に関しては、各周期ごとのデータを取り出し、そのデータの平均化による解析を提案することができた。この解析により臓器の動きのモデル化が展開可能と考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Harada, T, Katoh, N, Suzuki, R, Inoue, T, Onimaru, R, Shimizu, S, Miyamoto, N, Ishikawa, M, Shirato, H, Can 4D CT Imaging Predict Lung Motion During Stereotactic Body Radiation Therapy?, International Journal of Radiation Oncology*Biology*Physics, Vol. 87 Supplement 1 S67, 2013, 査読無

[学会発表] (計 3 件)

- ① 鈴木隆介、石川正純、Kenneth Sutherland、宮本直樹、牧永綾乃、加藤

徳雄、清水伸一、鬼丸力也、白土博樹、
動体追跡放射線治療装置による臓器の動
きに関するデータベースシステムの開発、
日本医学物理学会、2015年4月16日-2015
年4月19日、パシフィコ横浜（横浜市）

② Harada.T, Katoh.N., Suzuki.R,
Inoue.T, Onimaru.R, Shimizu.S,
Miyamoto.N, Ishikawa.M, Shirato.H,
Can 4D CT Imaging Predict Lung Motion
During Stereotactic Body Radiation
Therapy?, the American Society for
Radiation Oncology 55th Annual Meeting
2013.9.22-2013.9.25, Georgia World
Congress Center (Atlanta, USA)

③ Suzuki.R, Ishikawa.M, Miyamoto.N,
Kenneth Lee Sutherland, Matsuura.T,
Takao.S, Toramatsu.C, Nihongi.H,
Shimizu.S, Onimaru.R, Shirato.H,
Web-based database system for
inter-fractional organ motion
estimated by real-time tumor-tracking
radiotherapy system, 31st Sapporo
International Cancer Symposium 2012,
2012.7.23-2012.7.24, Hokkaido
University (Sapporo)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 隆介 (SUZUKI RYUSUKE)
北海道大学・北海道大学病院・助教
研究者番号：00400052

(2) 研究分担者

なし