

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22591390

研究課題名（和文） 照射中の監視追従可能なライナック定位手術的照射用高精度画像誘導照射法の開発

研究課題名（英文） Development of high-precision image-guided irradiation method that enables us to monitor the movement during linac stereotactic radiosurgery

研究代表者

国枝 悦夫（KUNIEDA ETSUO）

東海大学・医学部・教授

研究者番号：70170008

研究成果の概要（和文）：定位放射線治療では、これまで患者の動きを抑えるために頭蓋骨にフレームをボルトによって装着するなどしていたが、患者の負担が大きい。我々は、固定精度を損なうことなく、光学的に直接頭部3点の動きをフィードバックすることで、病巣の座標を計算し、安全に治療可能な装置を開発した。基礎実験にて、精度と安全性を確認したのち、ボランティアによる実験をおこなった。その結果、十分実用可能なことを確認し今後のより広範囲な応用への期待が持たれた。

研究成果の概要（英文）：Stereotactic radiotherapy is a burden for the patients, when the frame is attached to the skull with a bolt to suppress the patient's movement. We developed a device to obtain the head position and treat safely by using an optical device without losing the precision. After having verified the precision and safety on the basic experiment, the experiment was performed by the volunteers. As a result, we confirmed it practicable enough and had an expectation to the extensive application.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・内科系臨床医学：放射線科学

キーワード：放射線治療・画像誘導治療

1. 研究開始当初の背景

定位放射線治療は、CT、MRIなどの画像情報を元に行なわれる治療であり、患者の動きを抑えるために、頭部治療でも頭蓋骨にフレー

ムをボルトによって装着、あるいは歯型を作成し、患者頭部を固定するなどの固定法がとられている。そのため患者の負担が増え、あるいは歯のないもの、小児には使用しづらい

などの問題があった。非侵襲の頭部位置検出機構として歯型と赤外線マーカを利用したシステム(Linac Scalpel)がフロリダ大学で開発されている。このシステムは壁に設置した2つの赤外線カメラでマーカ位置を検出し病巣位置座標を割り出すものであるが、歯型だけに依存しているため歯のない患者などではしばしばずれが生じ、かつそのずれを検出する方法がないため、不十分である。また、サイバーナイフや、北海道大学で開発された動態追跡装置、または三菱重工の高精度放射線治療用のライナック装置などでは、治療中の動きの追跡が可能であるが特殊で高価な装置であり、通常のライナックで容易に使用可能なものが望まれる。

我々は光学的に直接頭部3点の動きをフィードバックすることで、病巣の座標を計算し、このような誤りの介在する恐れがなく安全に治療可能な装置を開発できるのではないかと着想した。ポータブルで簡便であるため既存施設で容易に非侵襲な定位手術的照射に移行可能な点でも本装置開発は臨床的に大変有意義と思われる。

2. 研究の目的

定位手術的照射は1回で脳転移などを治療し効果が高いが、全身状態が不良な患者に対しての負担がある。本研究は、高精度かつQOLの高い定位手術的照射を実現するために、患者の頭部を複数方向から、カメラ映像化し、簡便に3次元的な動きをリアルタイムで検出し、動きに連動した照射ビームの制御を可能とするシステム開発を目的とする。主に頭部疾患をターゲットとするが、体幹部治療への応用研究も可能である。

3. 研究の方法

慶應義塾大学ではカメラと動態ファントム

を用いた基礎実験と、ボランティアによる臨床条件での実験を主におこなった。成果を確認した上で、臨床応用を検討した。なお研究代表者は研究採択後移動したので東海大学においても継続して研究をおこなった。

法政大学では尾川浩一研究室の既存ソフトウェア開発環境を利用しソフトウェア開発を進めて、医工連携にて効率的な研究を推進した。

平成22年度は基礎実験、23年度はボランティア実験、24年度はこれらのデータをもとにした装置改良による実用化試験をおこなった。

4. 研究成果

慶應義塾大学でおこなったカメラと動態ファントムを用いた基礎実験では、カメラ固定台のレプリカを用いて実験をおこない、精度と安全性を確認した。ボランティアによる実験では、患者の鼻と耳にマーカとなるシールを貼り付け、ソフトウェアによる探索結果とマーカの移動距離を比較しておこなった。ボランティアによる臨床条件での実験は5分間の実験で、マーカの動きに比べて平均誤差0.2mmほどのトラッキングが行えていることが判明した。顔の表情がよく動く場合(主に鼻)、誤検出が発生してしまう可能性があるため、それに対して

- ・ テンプレートサイズを広げて探索(フレームレートが落ちてしまうのでそれも考慮する)、
- ・ 表情の影響の少ない位置に貼ったマーカを探索対象にする、

などを試した。

また、頭部を固定せずに実験を行っているた

め、頭部自体が動いたのか、顔表面（表情）だけが動いたのか、不明確な点がある。
実際の治療においてバイトプレートの補助的に本システムを用いる事を考えると、今後、頭部を固定した状態でどれほど顔表面の動きが発生するのか確かめる必要がある。
そのため、まずは頭部が固定されて動きにくくなる枕を利用するなどがある。成果を確認した上で、臨床応用を検討し、十分実用化の可能性のあることを確認し、また今後のより広範囲への応用の期待がもたれた。

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 5 件）

①Takuya Yamakawa, Koichi Ogawa, Hitoshi Iyatomi, Etsuo Kunieda, Keisuke Usui, Naoyuki Shigematsu, “Motion detection system accelerated by GPU for stereotactic radiosurgery,” Med. Imag. Tech, vol.30, No. 5, pp.268-278, 2012 （査読有）

②K. Usui, A. Kihara, Y. Ichimaru, Y. Okumura, K. Murakami, E. Kunieda, K. Ogawa, “Evaluation on Pixel Value Conversion Methods for Dose Calculation with Kilo-Voltage Cone Beam CT Images,” World congress on medical physics and biomedical engineering, IFMBE proceedings 39, pp. 1783-1786, 2012 （査読有）

③Keisuke Usui, Yasunobu Ichimaru, Yasuhiro Okumura, Katsuki Murakami, Makoto Seo, Etsuo Kunieda, Koichi Ogawa, “Dose calculation with a cone beam CT image in image-guided radiation therapy,” Radiol Phys Technol, DOI 10.1007/s12194-012-0176-z, August 2012 （査読有）

④Takuya Yamakawa, Koichi Ogawa, Hitoshi Iyatomi, Etsuo Kunieda, “Feasibility Evaluation of a Motion Detection System with Face Images for Stereotactic Radiosurgery,” Proc of 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp.425-428, Boston, USA, August 30 - September 3, 2011 （査読有）

⑤Ryusuke Ando, Koichi Ogawa, “Correction of patient movement with a phase-only correlation method in a SPECT study,” IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, CD-ROM, Knoxville (USA), Nov.1-6, 2010 （査読有）

〔学会発表〕（計 8 件）

①臼井桂介、木原彩佳、国枝悦夫、尾川浩一、“CBCT画像による線量計算を目的とした画素値変換法の検討”、第103回日本医学物理学会学術大会（医学物理、vol.32、sup.1、p.144、2012/4/12-4/15（横浜）

②K. Usui, K. Ogawa, E. Kunieda, “Feasibility of dose calculation using combined information of cone-beam and multi-slice CT images,” 54th AAPM annual meeting, (Medical Physics, vol.39, No.6, p.3675), 7/29-8/2 Charlotte (USA) 2012

③S. Kabuki, H. Kimura, H. Kubo, K. Ogawa, E. Kunieda, T. Tanimori, “Performance study of an electron tracking Compton Camera for medical imaging,” 54th AAPM annual meeting, (Medical Physics, vol.39, No.6, p.3639), 7/29-8/2 Charlotte (USA) 2012

④Takuya Yamakawa, Koichi Ogawa, Hitoshi Iyatomi, Etsuo Kunieda, “Feasibility Evaluation of a Motion Detection System with Face Images for Stereotactic Radiosurgery,” 33rd Annual International IEEE EMBS Conference, 8/30 - 9/3, 2011, Boston (USA)

⑤Keisuke Usui, Ayaka Kihara, Yasunobu Ichimaru, Yasuhiro Okumura, Katsuki Murakami, Etsuo Kunieda, Koichi Ogawa, “Feasibility of kV-CBCT images for the dose calculation in image-guided radiotherapy,” the 6th Japan-Korea Joint Meeting on Medical Physics, 9/29-10/1, Fukuoka (Japan), 2011

⑥山川拓也、尾川浩一、彌富仁、国枝悦夫：“定位放射線治療のためのGPGPUを用いた動き検出システムの開発”、第101回日本医学物理学会学術大会報文集（医学物理、vol.31、sup.1、p.120、2011/5/9-5/20（震災のためWeb開催）

⑦臼井桂介、木原彩佳、一丸恭伸、奥村康弘、村上克己、国枝悦夫、尾川浩一：“CBCTにおける標的位置照合精度の改善を目的とした

撮像法の検討”、日本放射線腫瘍学会第24回学術大会、抄録集 2011/11/17-19 (神戸市)

⑧山川拓也, 尾川浩一, 彌富仁, 国枝悦夫: “放射線治療のための照明変動にロバストな動き検出システムの開発”、第29回日本医用画像工学会大会 2010/7/30-31 (伊勢原市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

国枝 悦夫 (KUNIEDA ETSUO)
東海大学・医学部・教授
研究者番号: 70170008

(2) 研究分担者

尾川 浩一 (OGAWA KOUICHI)
法政大学・理工学部・教授
研究者番号: 00158817

花田 剛士 (HANADA TAKASHI)
慶應義塾大学・医学部・助教
研究者番号: 30571054