

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 2 日現在

機関番号：13802

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26670563

研究課題名(和文)超高速三次元計測小型カメラによる高精度放射線治療位置認識システムの開発

研究課題名(英文)The development of an optical surface scanning and monitoring system using a high-speed pattern projector and a compact camera for patient setup

研究代表者

中村 和正 (Katsumasa, Nakamura)

浜松医科大学・医学部・教授

研究者番号：20284507

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：放射線治療の位置ずれを検出するための超高速三次元計測小型カメラを開発した。本システムは、MEMSミラーを使ったレーザー投光部およびCCDカメラより成る。MEMSミラーに直線上のレーザー光を投影、超高速に走査し、CCDカメラを通して対象物の三次元形状に合わせたパターンを取得する。取得された縞模様のパターンは3次元計測ソフトウェアに送られ、対象物の三次元形状を計測する。本システムの位置認識精度は1mm以内の誤差であり、放射線治療の実臨床で、患者セットアップの位置ずれの確認に用いるために必要な精度を有することが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop an optical surface scanning and monitoring system for patient setup. We have developed a 3D shape measurement system using a high-speed pattern projector and a compact camera. The pattern projector composed of a laser diode and a single MEMS (micro electro mechanical system) mirror. The spatiotemporal conversion technique was introduced to our projection system. The point beam from the laser diode was transformed into a line beam after passing through a cylindrical lens. When the output of laser beam was sinusoidally controlled by the MEMS mirror and scanned the surface of the phantom, fringe patterns were formed on the phantom. The patterns were captured through a camera, and then 3D positions of the surface were calculated. The accuracy to detect the displacement of the phantom was less than 1 mm. This 3D shape measurement system has a potential to conduct 3D position registration for patient setup.

研究分野：放射線腫瘍学

キーワード：放射線治療 光3D形状計測 CCDカメラ

1. 研究開始当初の背景

近年、頭蓋内腫瘍、体幹部腫瘍に対する定放射線治療、頭頸部癌、前立腺癌に対する強度変調放射線治療などの高精度放射線治療技術が発達してきた。放射線治療ではまず治療計画 CT を撮影し、その画像を用いてターゲットを設定、そのターゲットに放射線治療を照射する。その際、治療計画時の体位と実際の治療時の体位のずれが問題となるため、治療直前に、X 線ステレオ視や CT 等の画像を取得し、計画時との位置を補正して照射する画像誘導放射線治療が開発された。しかし、治療中の動きは検出できず、また、X 被ばくが避けられないという欠点があった。

2. 研究の目的

高精度放射線治療での位置ずれをより安全かつ正確に実施するために、独自の MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ミラーを利用した超高速三次元計測小型カメラを用い、高精度放射線治療全般に応用でき、認識位置精度 1mm 未満で、ほぼリアルタイムに三次元計測が可能な、新しい位置認識システムの開発を企画した。

3. 研究の方法

本研究は、以下の 3 つのプロセスに分けて実施した。

(1) MEMS ミラーを使った超高速三次元計測小型カメラによる高精度放射線治療位置認識システムを完成した。

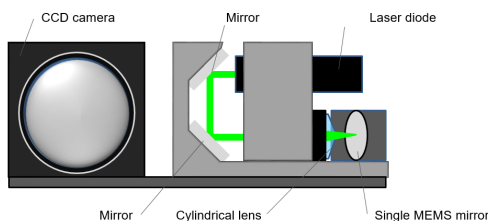
(2) ヒト頭部ファントムを用いて、本位置認識システムの精度を実測した。

(3) 高精度放射線治療システムノバリス STx の画像誘導位置認識システムでの位置認識結果と本システムの位置認識結果を比較し、その有用性を検証した。

4. 研究成果

(1) 放射線治療の位置ずれを検出するための超高速三次元計測小型カメラを試作した。超高速三次元計測小型カメラは、MEMS ミラーを使ったレーザー投光部および CCD カメラで構成される。

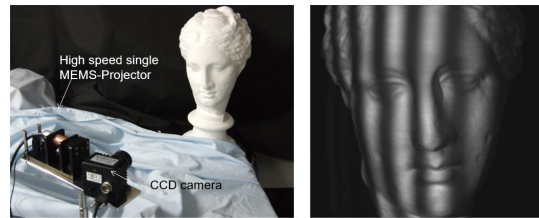
超高速三次元計測小型カメラ 模式図



CCD camera : 8 bits, 640×480 pixels
Laser diode : 520nm, 50mW, Analog modulation
MEMS mirror : φ3mm, 500Hz, scanning angle 40°

MEMS ミラーに直線上のレーザー光を投影、超高速に走査し (500Hz, scanning angle 40°) CCD カメラを通して対象物の三次元形状に合わせたパターンを取得する。取得され

た縞模様のパターンは、コンピュータ上の 3 次元計測ソフトウェアに送られ、対象物の三次元形状を計測する。



fundamental experimental setup

the fringe pattern captured by a digital camera

本三次元計測カメラを用いて、頭部ファントムの表面の三次元形状を計測、取得できることを確認した。

(2) 次に、頭部ファントムを X 方向 (左右方向) Z 方向 (上下方向) に 1-5mm 移動、またはローリング (前後を軸としての回転) させ、そのずれ幅を GOM Inspect V7 SR2 を用いてマッチングさせて計測した。計測誤差は、0.3mm 以内であった。

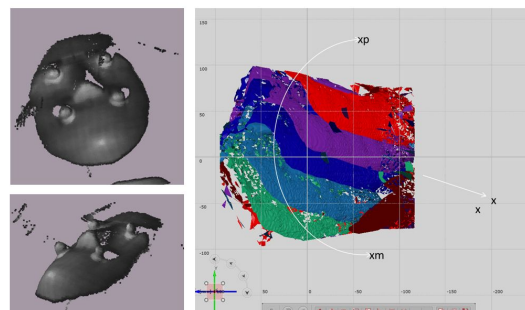
(3) 実物大のヒト頭部ファントムを用い、高精度放射線治療システムノバリス STx の画像誘導位置認識システムでの位置認識結果と本システムの位置認識結果を比較、検証した。

既存の画像誘導システム (ExacTrac® X-Ray system) との精度比較



ノバリス STx は X 線透視から得られた画像から対象物の 6 軸方向のずれを正確に計測する位置認識システムを有する。具体的には、ノバリスシステムの寝台上に頭部ファントムを設置し、X 軸、Y 軸、Z 軸方向に、±1, ±2, ±3 mm 動かし、ノバリスシステム上の赤外線マーカー、および X 線位置認識システムにて移動距離を計測した。同時に、超高速三次元計測小型カメラで画像を取得し、移動距離を計測した。赤外線を使った方法では

既存の画像誘導システムとの精度比較



2-3mm の誤差が見られたが、本システムでは 1mm 以内の誤差であった。

実際に臨床でマッチングを行うためのシステム開発の検討を行った。本開発には、治療計画用に取得した CT 画像の取得、治療計画 CT 画像(DICOM データ)からの surface rendering の作成、surface rendering された画像と本システムで取得された表面三次元形状とのマッチングおよび位置のずれ幅の計測、の手順で実施する。実際の放射線治療への応用には専用のソフトウェア開発が必要で、現在検討中である。

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 3 件)

Soufi M, Arimura H, Nakamura K, Lestari FP, Haryanto F, Hirose TA, Umedu Y, Shioyama Y, Toyofuku F. Feasibility of differential geometry-based features in detection of anatomical feature points on patient surfaces in range image-guided radiation therapy. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2016 Nov;11(11):1993-2006.

Nakamura K, Sasaki T, Yoshitake T, Ohga S, Terashima K, Asai K, Matsumoto K, Shioyama Y, Honda H. Recent advances in radiation oncology-intensity-modulated radiotherapy: A clinical perspective. Int J Clin Oncol. 2014 Aug;19(4):564-9.

Wakayama T, Hiratsuka S, Kamakura Y, Nakamura K, Yoshizawa T. Compact camera for 3D position registration of cancer in radiation treatment. Proc. SPIE 9276, 2014 doi:10.1117/12.2072170

〔学会発表〕(計 5 件)

中村和正. 「放射線腫瘍学講座からの業務紹介」医療現場との情報交換会. はままつ次世代光・健康医療産業創出拠点 H29.1.25 浜松

Nakamura K, Yoshitake T, Asai K, Sasaki T, Konishi K, Shioyama K. Development of machine vision system for precise radiotherapy using a CCD camera. The 4th Taiwan-Japan Radiation Oncology Symposium. Taipei, June 4, 2016.

K Nakamura, K Konishi, T Wakayama, Y Kamakura, T Yoshizawa. A new optical surface scanning and monitoring system for patient setup. The 3rd Japan-Taiwan Radiation Oncology Symposium. Yamanashi, June 27, 2015

中村和正, 小西憲太, 若山俊隆, 鎌倉吉寿, 吉澤徹. 超高速三次元計測小型カメラによる放射線治療位置認識システムの開発 (口演) 日本医学放射線学会第 158 回中部地方会 浜松 2015.7.4-7.5

若山俊隆, 平塚駿, 鎌倉吉寿, 福永淳一, 中村和正, 吉澤徹. 小型化格子パターン投影法と実用化. 光応用技術シンポジウム Senspec 2015 2015.6.11 横浜

〔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:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://www2.hama-med.ac.jp/w1b/radiol2/hp/service2.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村和正 (NAKAMURA, Katsumasa)
浜松医科大学・医学部・教授
研究者番号: 20284507

(2) 研究分担者

佐々木智成 (SASAKI, Tomonari)
九州大学・医学研究院・准教授
研究者番号: 10380437

吉武忠正 (YOSHITAKE, Tadamasa)
九州大学・医学研究院・講師
研究者番号: 40452750

本田浩 (HONDA, Hiroshi)
九州大学・医学研究院・教授
研究者番号: 90145433

若山俊隆 (WAKAYAMA, Toshitaka)
埼玉医科大学・保健医療学部・准教授
研究者番号：90438862

(3) 連携研究者
()

研究者番号：

(4) 研究協力者
()