

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 25 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23659589

研究課題名(和文)サイバーナイフ治療におけるマシンビジョンシステムを用いた位置認識システムの開発

研究課題名(英文)The development of position recognition system using a machine vision system in Cyberknife treatment

研究代表者

中村 和正 (Katsumasa, Nakamura)

九州大学・大学病院・准教授

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、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、サイバーナイフによる頭部・頭頸部腫瘍の治療にて、X線による被ばくがなく、real timeに治療中の動きの検出が可能で、新しい位置認識システムを開発することである。3個のCCDカメラおよび画像認識システムからなる位置認識システムのプロトタイプを作成した。本システムは、両側眼裂、両外耳等の顔面の構成要素の形状を認識し、特徴稜線を抽出し、あらかじめ登録された基準画像の特徴稜線と相関マッチングを行い、ターゲット映像と基準画像の位置のずれを検出する。ファントムでの計測では、サイバーナイフの位置認識システムほぼ同等の精度であった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop a new position recognition system, which can detect the motion of the patient in real time without exposure of X ray in the Cyberknife treatment. This system composed of three CCD cameras and the software for the detection of the patient position. This system could recognize the specific shapes of the nose and palpebral fissures, extract the edge lines of these structures, and detect the differences of the position of target and registered images using the feature matching. The experiment using a head phantom suggested that the accuracy of this system was similar to that of position recognition system of Cyberknife.

研究分野：放射線科学

科研費の分科・細目：放射線治療学

キーワード：放射線治療 サイバーナイフ 画像誘導放射線治療

### 1. 研究開始当初の背景

ロボットとリニアックを組み合わせた新しいタイプの外照射治療装置、サイバーナイフは、頭部や頭頸部腫瘍の定位放射線治療に主に用いられる。サイバーナイフは、2つのアモルファスシリコンディテクタを用いて、約100-200の照射方向からの各照射直前にX線によるステレオ透視をおこない、患部の位置を確認する自動位置認識システムを持つ。しかし、位置確認はあくまで照射直前であり、ビームの照射中にはターゲットの位置確認のためのステレオ透視ができず、治療中の動きはまったく検出できないという欠点があった。また、自動位置認識システムはX線による透視を行うため、X被ばくが避けられない。さらに各ビームごとに位置認識を行うことにより、治療時間が延長するという欠点もあった。

これまで、平成18-20年度科学研究費補助金 基盤研究C「マシンビジョンシステムを使った新しい呼吸同期定位放射線治療の開発」にて、光学(CCD)カメラを使ったマシンビジョンシステムによる呼吸同期照射法を開発した。この研究では、マシンビジョンシステム(CCDカメラと画像解析ソフトウェアを有するコンピュータより成るシステム)により、腹壁上に置いたマークの形状パターンを認識し、そのマークの位置を精密に検出する原理を利用し、呼吸同期照射法の開発し、それを実用化した。

そこで、現在まで開発してきたCCDカメラを用いた位置認識システムを発展させ、real timeの位置の同定ができ、X線による被ばくもない、サイバーナイフでの頭部・頭頸部領域の定位放射線治療における新しい位置認識システムの開発を企画した。

### 2. 研究の目的

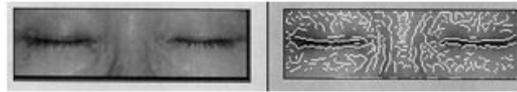
CDカメラを用いた頭部・頭頸部放射線治療における新しい位置認識システム(マシンビジョンシステム)を作成し、位置認識精度が1-2mm以下で実現できること、そしてreal timeに位置精度を検出できること、を検証することを目的とする。

### 3. 研究の方法

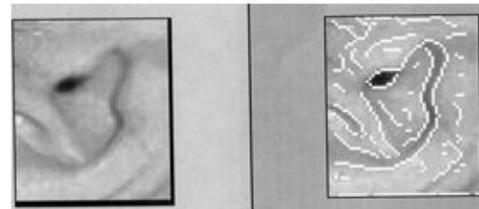
(1) 本研究では、放射線治療に伴う「痩せ」などでの顔面の変形に影響されにくい部位として、両側眼裂、両外耳等に着目した。眼裂および外耳の形状・位置は、放射線治療期間中、まったく変わることはなく、また体重減少などにも影響されない。よって、頭頸部の放射線治療の位置モニタリングの部位としては最適と考えられる。

まず、CCDカメラを用いたマシンビジョンシステムにより、眼裂および左右の外耳を認識させる。位置検出を行ないたい形状(両側眼裂および両外耳)を含む任意の基本映像から特徴稜線を抽出、モデル化し、あらかじめ登録された基準画像とマッチングさせる。基

準画像とのずれから、マシンビジョンシステムにて、変位(X,Y,Z)を検出する。このようなシステムを作成した。



両眼裂周囲  
モデル画像領域の切り出し 特徴抽出とモデル化



外耳  
モデル画像領域の切り出し 特徴抽出とモデル化

図1. モデル画像領域の特徴抽出

(2) 次に、マイクロメータの先に実物大のヒト頭部模型が取り付けられた、X軸、Z軸、Rollingの3軸の変位が可能なファントムを用いて、本システムの位置認識精度を検証した。

(3) 治療計画用X線CTを用いて頭部ファントムPB1(京都標本科学株式会社製)のサイバーナイフ(Accuray)用の治療計画を作成し、マシンビジョンシステムとサイバーナイフの位置認識システムとを比較した。この時、移動量の真の値は、KEYENCE社CV-3000カメラのパターン追跡機能を利用した。

### 4. 研究成果

(1) 3基のCCDカメラを用いて、眼裂および左右の外耳を認識し、その位置ずれを検知するマシンビジョンシステムを作成した。

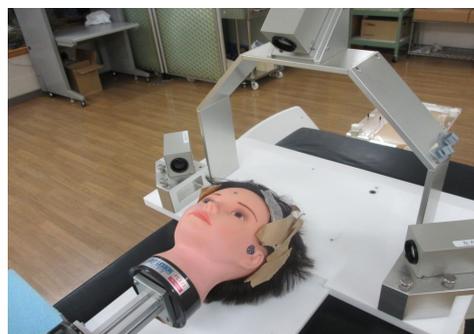


図2. 3基のCCDカメラ

ソフトウェアの作成は、研究協力者(エンジニアリングシステム(株)種裕之氏)の助言を受けて作成した。

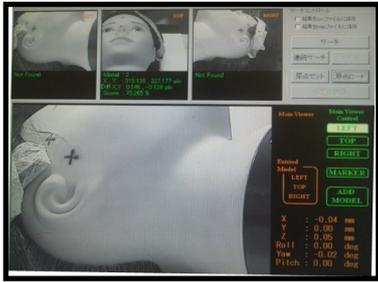


図3. 特徴抽出および位置変異を検出するソフトウェア

(2) マイクロメータの先に実物大のヒト頭部模型が取り付けられ、X軸、Z軸、Rollingの3軸の変位が可能なファントムを図4に示す。



図4. マイクロメーターファントム

本ファントムをX軸、Z軸、Rollingの3軸に変位させ、本システムの精度を検証した。X軸、Z軸に関しては、0.0mm~2.0mm間を0.1mm毎、それぞれ10回の測定を行った。Rollingに関しては、0.0°~2.0°間の0.1°毎を10回の測定を行った。

カメラの頭尾方向、尾頭方向に関して、X軸、Z軸、Rollingの各変位量とマシンビジョンシステムの誤差を図5に示す。それぞれの軸に関して、変位量が大きくなるにつれ、誤差も大きくなる傾向が認められた。

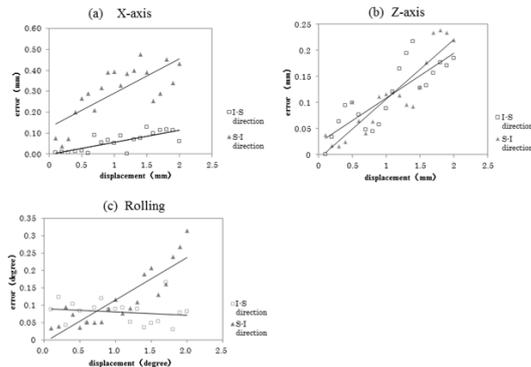


図5. 変位量と誤差の関係

カメラの尾頭方向と頭尾方向に関して、X軸、Z軸の0.0~2.0mm間、Rolling軸の0.0~2.0°間のマシンビジョンシステムの誤差の平均値を図6に示す。カメラの頭尾方向の測定は尾頭方向の測定と比較して、誤差が大

きくなる結果が得られた。また、X軸とZ軸については、カメラの頭尾方向と尾頭方向の誤差の間に有意差がみられた( $p < 0.05$ )。X軸、Z軸の0.0~1.0mm間、Rolling軸の0.0~1.0°間のマシンビジョンシステムの誤差の平均値は、X軸方向のみで有意差がみられた( $p < 0.05$ )。

| axis    | I-S direction   | S-I direction   |
|---------|-----------------|-----------------|
| X       | $0.06 \pm 0.09$ | $0.31 \pm 0.16$ |
| Z       | $0.11 \pm 0.06$ | $0.12 \pm 0.08$ |
| Rolling | $0.08 \pm 0.06$ | $0.13 \pm 0.11$ |

図6. 0-2mm、0-2度変位させた場合の平均誤差

(3) サイバーナイフの位置認識システムとの比較

X軸、Z軸の0.0~2.0mm間の変位におけるマシンビジョンシステムとサイバーナイフのX線ステレオ撮影の誤差の平均値を図7に示す。X軸に関してはサイバーナイフの位置認識システムとマシンビジョンシステムの間には有意差がみられたが( $p < 0.05$ )、精度的にはほぼ同程度と考えられた。

| axis | CyberKnife      | Machine Vision  |
|------|-----------------|-----------------|
| X    | $0.12 \pm 0.09$ | $0.16 \pm 0.09$ |
| Z    | $0.11 \pm 0.09$ | $0.08 \pm 0.0$  |

図7. 0-2mm変位させた場合の位置認識精度の比較

最後に、部屋の照度の違いによるマシンビジョンシステムの位置認識精度が低下するかを検証した。

異なる部屋の照度におけるX軸、Z軸の0.0mm~2.0mm間、Rollingの0.0°~2.0°間の変位は、672 lx、130 lxと比較して61 lxの測定誤差は有意的に大きくなった( $p < 0.05$ )。

よって、本システムを使用する場合には十分な治療室の明るさが保たれていることが重要と考えられた。

## 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 6 件)

Shinoto M, Shioyama Y, Nakamura K, Nakashima T, Kunitake N, Higaki Y, Sasaki T, Ohga S, Yoshitake T, Ohnishi K, Asai K, Hirata H, Honda H. Postoperative radiotherapy in patients with salivary duct carcinoma: clinical outcomes and prognostic factors. J Radiat Res 2013;54(5):925-30.

doi: 10.1093/jrr/rrt026.

Hirata H, Nakamura K, Kunitake N, Shioyama Y, Sasaki T, Nonoshita T, Inoue K, Nagashima A, Ono M, Honda H. Association between EGFR-TKI Resistance and Efficacy of Radiotherapy for Brain Metastases from EGFR-mutant Lung Adenocarcinoma. Anticancer Res 33, 1649-1656, 2013

Ohga S, Nakamura K, Shioyama Y, Sasaki T, Yoshitake T, Atsumi K, Terashima K, Asai K, Matsumoto K, Yoshikawa H, Kawano Y, Honda H. Radiotherapy for Early-stage Primary Ocular Adnexal Mucosa-associated Lymphoid Tissue Lymphoma. Anticancer Res. 2013;33(12):5575-8.

Hatakenaka M, Nakamura K, Yabuuchi H, Shioyama Y, Matsuo Y, Ohnishi K, Sunami S, Kamitani T, Setoguchi T, Yoshiura T, Nakashima T, Nishikawa K, Honda H. Pretreatment Apparent Diffusion Coefficient of the Primary Lesion Correlates with Local Failure in Head-and-Neck Cancer Treated with Chemoradiotherapy or Radiotherapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 81(2): 339-45, 2011

Hatakenaka M, Shioyama Y, Nakamura K, Yabuuchi H, Matsuo Y, Sunami S, Kamitani T, Yoshiura T, Nakashima T, Nishikawa K, Honda H. Apparent Diffusion Coefficient Calculated with Relatively High b-Values Correlates with Local Failure of Head and Neck Squamous Cell Carcinoma Treated with Radiotherapy. AJNR Am J Neuroradiol. ;32(10):1904-10, 2011

有村 秀孝, 馬込 大貴, 穴井 重男, 塩山 善之, 中村 和正. 放射線治療における医用画像処理技術と評価法. 日本放射線学会雑誌 67(1): 76-83, 2011

[学会発表](計 4 件)

毛利一彩、梅津芳幸、福永淳一、種裕之、永田弘典、中村和正、平田秀紀. 定位放射線治療装置におけるマシンビジョンシステムを用いた新しい位置認識システムの開発. 第 41 回日本放射線技術学会秋季学術大会. 2013.10.17-10.19 横浜.

毛利一彩、梅津芳幸、福永淳一、種裕之、永田弘典、平島英明、中村和正、平田秀紀. 定位放射線治療装置におけるマシンビジョンシステムを用いた新しい位置認識システムの開発. 第 69 回日本放射線技術学会総会. 2013.4.11-4.14 横浜.

中村和正. CT 計画の注意点とその対策. 第 11 回九州放射線治療システム研究会 福岡市 2013.1.19

中村和正. 「放射線治療の実際と問題点、そして今後の展望」(講演) 第 2 回医療放射線技術研究会 大阪市 H24.3.3

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K001997/index.html>

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

中村 和正 (NAKAMURA Katsumasa)

九州大学・大学病院・准教授

研究者番号：20284507

(2)研究分担者

有村 秀孝 (ARIMURA Hidetaka)

九州大学・医学研究院・准教授

研究者番号：20287353

塩山 善之 (SHIOYAMA Yoshiyuki)

九州大学・医学研究院・研究員

研究者番号：10323304

穴井 重男 (ANAI Shigeo)

九州大学・大学病院・診療放射線技師

研究者番号：90380469

吉留 郷志 (YOSHIDOME Satoshi)

九州大学・大学病院・診療放射線技師

研究者番号：70419612

(3)連携研究者

なし