

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18591383
 研究課題名（和文） 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
 研究課題名（英文） Development of a new respiratory synchronization method for radiotherapy using a machine vision system
 研究代表者
 中村 和正（NAKAMURA KATSUMASA）
 福岡大学・医学部・講師
 研究者番号：20284507

研究成果の概要：呼吸停止下の放射線治療では、呼吸停止時の胸腹壁の位置情報を被験者/患者自身にフィードバックする（visual feedback 法）ことにより、息止めの位置の再現性が高まることを明らかとした。

その研究結果を応用し、visual feedback 法による呼吸同期放射線治療専用のソフトウェアおよびシステムを開発した。このシステムにより自発的な息止めによっておこなう呼吸同期照射法を簡便かつ正確に実施できると考えられた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	570,000	4,070,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：①体幹部定位放射線治療、②呼吸同期法、③放射線治療

1. 研究開始当初の背景

体幹部定位放射線治療は、5 mm以内の精度で放射線を正確に集中する技術で、早期肺癌、肝癌などの重要な治療法のひとつとなっている。しかし、体幹部定位放射線治療を実施するにあたり、ターゲットの呼吸性移動をいかに解決するかが重要な問題であり、さまざまな呼吸同期照射法が考案されてきた。そのひとつに、胸腹壁に貼り付けた赤外線反射板の呼吸性移動を赤外線カメラでモニターし、一定の位置にある場合に照射をする方法が普及しており、数社から製品化されている。しかし、赤外線を発生させる必要があり、赤

外線カメラおよびその位置認識のための専用の計測装置を準備しなければならず、価格が高価であることが欠点であった。

また、これらの方法は、単に胸腹壁の位置をモニタするだけであり、胸腹壁の位置情報を被験者/患者にフィードバックするシステムを有していないことがほとんどであった。

2. 研究の目的

(1) 呼吸停止時の胸腹壁の位置を被験者自身にフィードバックすること（visual feedback 法）により、呼吸停止位置精度を高めることができるかどうかを検証する。

(2) 高精度画像処理システム (マシンビジョンシステム) を用いて、赤外線カメラの代わりに、光学 (CCD) カメラを用いた呼吸同期照射法を開発する。

(3) CCD カメラを用いたマシンビジョンシステムが体幹部定位放射線治療における呼吸同期照射に有用であるかどうかを検証する。

3. 研究の方法

(1) レーザーポインタを使用した呼吸補助システムにより visual feedback 法を行い、任意の呼吸位相で息止めをさせ、胸腹壁の停止位置を測定する。

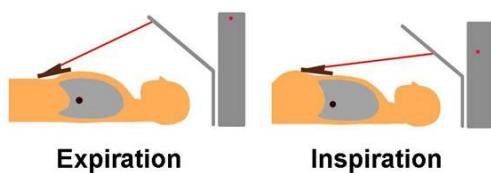
(2) 工業用で用いられるマシンビジョンシステムを用いて、visual feedback 法を行い、同様に胸腹壁の停止位置を測定する。

(3) 健常被験者 5 名に、マシンビジョンシステム上で任意の呼吸位相で息止めをさせ、息止めの再現性をチェックし、システムを完成させる。

(4) 呼吸同期のためにカスタマイズしたアプリケーションを作成し、胸腹壁上に添付したマークの検出位置をモニタ表示し、被験者が自らの呼吸位相を認識できるシステムを作成する。

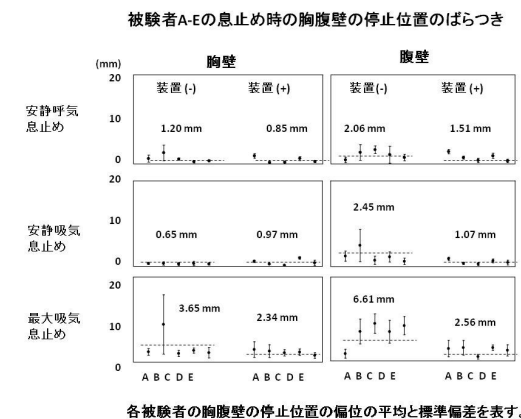
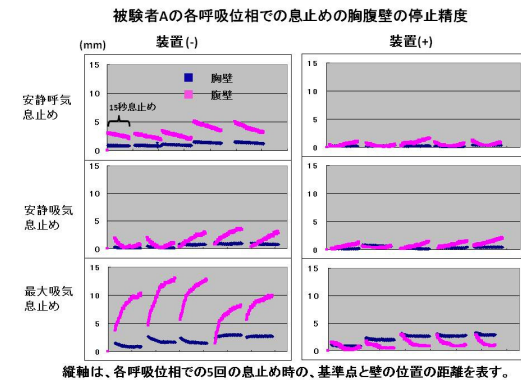
4. 研究成果

(1) 我々は、まず、レーザーポインタを使用した呼吸同期補助システムにより、呼吸時の胸腹壁の位置を被験者自身にフィードバックするシステム (visual feedback 法) を試作した。



次に、visual feedback 法により呼吸停止位置の再現性が高まるかどうかを検証した。visual feedback 法を行わない場合、胸腹壁の停止位置の偏位は、安静呼吸息止めが最も少なく、4mm 以内であった。しかし、安静吸気、最大吸気息止めでは停止位置の偏位は 4mm を超え、ばらつきが大きかった。また、最大吸気息止めでは、腹壁のみならず、胸壁

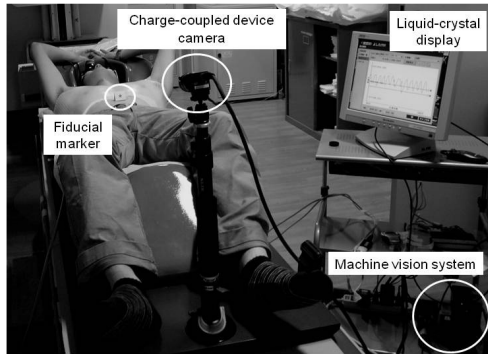
の動きも大きくなった。一方、呼吸同期補助システムを装着し、visual feedback 法を実施した場合、安静呼吸時、安静吸気時とも停止位置はほぼ 4mm 以内に安定した。しかし、最大吸気息止めでは、息を止めているにもかかわらず、15 秒間の息止め間に、胸腹壁の停止位置は偏位し、安定して胸腹壁を停止させることが困難であることが判明した。(Nakamura, et al. IJROBP 2007) .



この実験にて、Visual feedback 法により、安静呼吸時、安静吸気時の呼吸停止位置精度が高まることが証明された。

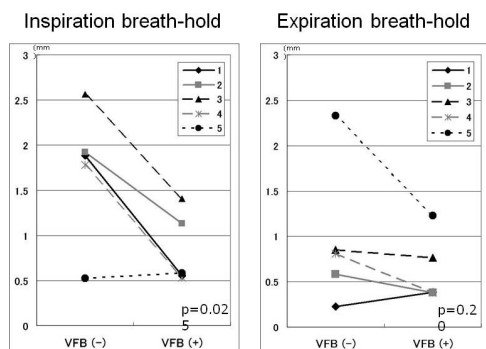
また、呼吸停止下での放射線治療は、全体的な安定性から Visual feedback 法による安静呼吸時の息止めが最も適すと考えられた。

(2) 上記研究結果を応用し、実際に工業用に使用されている高精度画像処理システム (マシンビジョンシステム) の位置認識機能を利用して、CCD カメラにより呼吸移動に伴う胸腹壁の偏位を正確にとらえ、その情報をヘッドマウントディスプレイ (HMD) にてフィードバックするシステムを開発した (図)。

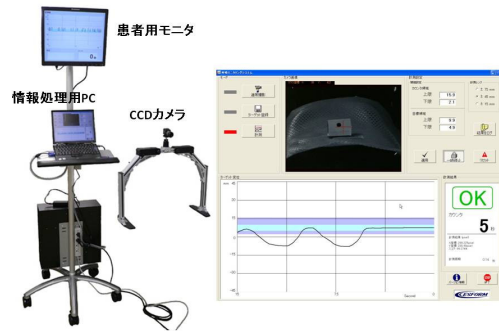


CCD カメラを用いたマシンビジョンシステムを利用した呼吸同期システムの作成は世界に先駆けたものである。

(3) 5名のボランティアに安静呼気、安静吸気で息止めをさせ、visual feedback法の有無での胸腹壁の停止位置を計測した。ほぼ全例において、visual feedback法により停止位置の再現性の向上が認められた。このシステムを使用することにより、breath holding techniqueにおける呼吸停止位置精度を高めることが明らかとなった (Yoshitake, Nakamura, et al. Radiat Med 26, 2008)。



(4) 上記システムは工業用に開発されたマシンビジョンシステムを用いるため、操作が煩雑であった。そこで、我々は、visual feedback法による呼吸同期放射線治療専用のソフトウェアおよびシステムを開発した。システムは36万画素CCDカメラ、情報処理用PC、操作者用モニター、患者用モニターより成るマシンビジョンシステムである。ソフトウェアは、CCDカメラにて患者腹壁上のマーカを認識、モニター上にその動きを波形として表示する。患者用モニター上には息止めのための目標領域が設定され、被験者はこの領域内で呼吸を停止するように指示される。また、呼吸停止の時間は、息止め時間の目安として外部液晶モニターやヘッドマウントディスプレイ等に表示される。



(5) 本システムの位置認識精度をハイトゲージを用いて検証した。カメラ中心より±30mmの範囲においてほぼ±0.5mm以内であった。また、画像処理および表示にかかる時間は約0.1秒であった。

(6) 本研究で開発したvisual feedback法を用いた呼吸同期システムは、使用もきわめて簡便で、十分臨床応用可能と考えられた。

マシンビジョンシステムを使った呼吸同期法の特徴として、

- ・ Visual feedback法により、呼吸停止位置精度を高めることができる。
- ・ CCDカメラを使うため、治療室を暗くする必要がない。
- ・ CCDカメラの位置認識はきわめて精度が高く、胸腹壁の位置を正確に認識できる。
- ・ カメラを治療寝台上に取り付けるため、治療寝台を動かしても、同じように胸腹壁の位置を認識できる。

などがあげられる。

本研究により開発した呼吸同期照射法は非常に有効な方法のひとつであり、体幹部定位放射線治療において、有害事象の低減、治療成績の向上が期待でき、実臨床において大きなインパクトを持つと考えられる。

今後の展望として、さらなる有効な患者固定法を開発し、本研究で開発した呼吸同期照射法と併用し、高精度放射線治療の普及をはかる予定である。

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7件)

① Arimura H, Egashira Y, Shioyama Y, Nakamura K, et al. Computerized method for

estimation of the location of a lung tumor on EPID cine images without implanted markers in stereotactic body radiotherapy. Phys Med Biol. 2009 Feb 7;54(3):665-77. 査読有

②T Yoshitake, K Nakamura, Y Shioyama, et al. Breath-hold monitoring and visual feedback for radiotherapy using a charge-coupled device camera and a head-mounted display: system development and feasibility. Radiat med 2008; 26: 50-55. 査読有

③穴井重男, 有村秀孝, 吉留郷志, 中村和正, 塩山善之, 他, 体幹部定位放射線治療における EPID ポータル画像を用いたターゲット位置のずれ量推定方法の開発. 日本放射線腫瘍学会誌 19, 245-252, 2007. 査読有

④Arimura H, Anai S, Yoshidome S, Nakamura K, Shioyama Y, et al. "Computerized method for measurement of displacement vectors of target positions on EPID cine images in stereotactic radiotherapy," SPIE Proceedings 6512: 65121U-1 - 65121U-8 (2007). 査読有

⑤中村和正, 桑原康雄, 佐々木智成. 前立腺癌の放射線治療における画像誘導放射線治療の意義. 映像情報 Medical 39(12), 1096-1100, 2007 査読無

⑥椎木健裕, 中村和正, 塩山善之, 他. 肺腫瘍に対する体幹部定位放射線治療における回転原体照射法の有用性の検討. 臨床放射線 52(5), 705-709, 2007 査読有

⑦Nakamura K, Shioyama Y, Nomoto S, et al. Reproducibility of the abdominal and chest wall position by voluntary breath-hold technique using a laser-based monitoring and visual feedback system. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2007 May 1;68(1):267-72. 査読有

[学会発表] (計6件)

①中村和正, 他. 「Fiberboard body fixation system の開発と IGRT 時代の新しい固定法の提案」第19回日本高精度放射線外部照射研究会 2009. 1. 31 名古屋

②中村和正, 野々熊真也, 吉川治雄, 桑原康雄, 吉満研吾, 塩山善之, 他. 「Cardboard を用いた骨盤部外部照射用の固定具の開発」2008. 10. 16-10. 18 第21回日本放射線腫瘍学会学術大会 札幌

③中村和正, 桑原康雄, 塩山善之, 他. 「段ボールを用いた高精度外部照射用の体幹部固定具の開発」2007. 12. 13-15 日本放射線腫瘍学会第20回学術大会 福岡

④中村和正, 桑原康雄, 吉武忠正, 塩山善之, 穴井重男, 他. 「CCD カメラを用いた呼吸同期システム」2007. 12. 13-15 日本放射線腫瘍学会第20回学術大会 福岡

⑤中村和正, 吉武忠正, 塩山善之, 他. 「CCD カメラを用いた呼吸同期システムと専用ソフトウェアの開発」第15回日本高精度放射線外部照射研究会 2007. 3. 3 東京

⑥中村和正. 「体幹部定位放射線治療の現状と今後」第32回筑豊地区放射線科セミナー 2006. 6. 30 飯塚

[その他]

ホームページ等

<http://www.med.fukuoka-u.ac.jp/radiolog/radiotherapy>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 和正 (NAKAMURA KATSUMASA)

福岡大学・医学部・講師

研究者番号: 20284507

(2) 研究分担者

(平成18年度～平成19年度)

塩山 善之 (SIOYAMA YOSHIYUKI)

九州大学・医学研究院・助教

研究者番号: 10323304

(3) 連携研究者

(平成20年度)

塩山 善之 (SIOYAMA YOSHIYUKI)

九州大学・医学研究院・助教

研究者番号: 10323304