

## 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15日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22611011

研究課題名（和文）類似症例検索に基づく高精度3次元放射線治療計画支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of high precision 3D radiation treatment planning system based on similar cases

研究代表者

有村 秀孝（ARIMURA HIDETAKA）

九州大学・医学研究院・保健学部門

研究者番号：20287353

研究成果の概要（和文）：

本研究では、過去に経験豊富な治療計画者によって計画された類似症例に基づき、ビーム方向を決定する放射線治療計画支援システムの開発を行った。第一に、画像特徴量に基づき、対象症例と類似した症例を、81症例の治療計画データベースの中から自動的に検索した。第二に、線形レジストレーション法に基づき、類似症例のビーム方向を対象症例に合わせて変形させた。提案手法を、肺定位放射線治療によって治療された肺癌患者10症例に適応し、D95や肺の平均線量等の8種類の線量評価指標を用いて評価を行った。提案手法を用いて作成されたプランと、放射線腫瘍医が手動で作成したプランの線量評価指標を比較した結果、全ての線量評価指標において有意差がないことを確認できた ( $p > 0.05$ )。したがって、提案手法を経験の浅い治療計画者の教育用ツールとして使用できる可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study was to develop a computer-aided method for determination of beam arrangements based on similar cases in a radiotherapy treatment-planning database for stereotactic lung radiation therapy. First, the five most similar cases were searched, based on geometrical features related to the location, size and shape of the planning target volume, lung and spinal cord. Second, five beam arrangements of an objective case were automatically determined by registering five similar cases with the objective case, with respect to lung regions, by means of a linear registration technique. The most usable beam arrangement was selected by sorting the five treatment plans based on eight plan evaluation indices, including the D95, mean lung dose and spinal cord maximum dose. We applied the proposed method to 10 test cases, by using an RTP database of 81 cases with lung cancer, and compared the eight plan evaluation indices between the original treatment plan and the corresponding most usable similar-case-based treatment plan. As a result, the proposed method may provide usable beam arrangements, which have no statistically significant differences from the original beam arrangements ( $P > 0.05$ ) in terms of the eight plan evaluation indices. Therefore, the proposed method could be employed as an educational tool for less experienced treatment planners.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000円	600,000円	2,600,000円
2011年度	600,000円	180,000円	780,000円
2012年度	900,000円	270,000円	1,170,000円
総計	3,500,000円	1,050,000円	4,550,000円

研究分野：放射線科学

科研費の分科・細目：放射線治療

キーワード：治療計画，類似症例検索，画像処理

## 1. 研究開始当初の背景

放射線治療の目的は、腫瘍に線量を集中させ、周囲の正常組織への線量をできる限り低減させることで、正常組織の障害を発生させることなく、がんを根治または症状を緩和することである。このために、高精度放射線治療の手法が開発されてきた。定位放射線治療は、高精度放射線治療の一つで、大線量を腫瘍部位に限局して短期間に照射するために、治療効果は大きく、患者への負担が小さい。しかし、治療計画が不適切な場合、正常組織障害は甚大となる。また、肺定位放射線治療では、治療計画に長時間を要するため、治療計画者の人数に限られた施設では、限られた数の患者にしか治療を実施することができない。さらに、経験の浅い治療計画者の場合、適切なビーム配置の決定が困難な場合が多い。放射線治療計画における経験とは、経験豊富な治療計画者からの指導または教科書等を用いて、臨床の現場で繰り返し治療計画を行うことで培われる。このとき、治療計画者は指導を受けて立案した治療計画のパターンを記憶し、新たな症例の治療計画を行う際に、記憶している過去の類似した症例の治療計画を参考にして対象症例の計画を立案する。したがって、対象症例に類似の治療計画症例に基づき新たな症例の治療計画の立案を支援するシステムがあれば、治療計画者にとって有効なツールとなると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、過去に治療計画された類似症例に着目し、ビーム配置を決定する、放射線治療計画支援システムの開発を行った。ここで、ビーム配置とは、ビーム方向だけでなく、ビームの加速電圧、コリメータ角度、ビーム weight などを含む。

## 3. 研究の方法

### 3. 1 概要

図 1 に、提案手法の概要を示す。初めに、PTV (planning target volume:治療計画体積)、肺、脊髄に関する画像特徴量を用いて、検索対象症例との類似度が高い 5 症例を検索した。次に、線形レジストレーション法に基づき、類似症例のビーム方向を変形させることで、検索対象症例のビーム方向を決定した。最後に、線

量評価指標を用いて提案手法の評価を行った。

### 3. 2 画像特徴量に基づく類似症例の検索

肺定位放射線治療における腫瘍とリスク臓器から求められる画像特徴量とは、PTV の位置、PTV の形状、肺の大きさや、脊髄と PTV の位置関係である。本研究では、これらの特徴量を画像特徴量として算出し、特徴量空間において、対象症例との距離が近い症例を類似症例と定義した。

### 3. 3 線形レジストレーション法に基づくビーム方向の決定

線形レジストレーション法に基づき、類似症例のビーム方向を対象症例に位置合わせすることで、検索対象症例のビーム方向を決定した。類似症例の肺領域を検索対象症例の肺領域に対して位置合わせするための、アフィン変換行列を算出した。

### 3. 4 提案手法の評価

81 症例の治療計画データベース（右肺：46 症例，左肺：33 症例）と 10 症例のテスト症例（右肺：3 症例，左肺：7 症例）を用いて提案手法の評価を行った。テスト症例は全症例の中からランダムに選択され、治療計画データベースとトレーニング症例には含まれていない。類似症例は、同側の肺癌症例の中から検索され、ビーム方向以外の治療計画パラメータ（ビーム weight やウェッジなど）は類似症例のプランを用いて決定された。

## 4. 研究成果

一般的に、各施設の治療計画データベースは、経験のある治療計画者が試行錯誤を重ねた、経験と知識が含まれている。本研究では、治療計画データベースを用いることで、経験のある治療計画者の知識や経験を利用する、コンピュータ支援治療計画システムを開発した。提案システムを用いることで、類似症例に基づく複数のビーム配置を提案することができる。図 1 に対象症例と 5 つの類似症例検索の結果を示す。また、図 2 に対象症例の治療計画と、5 つの類似症例から治療計画を示す。求めた複数のビーム配置の中から有用なビーム配置を選択するために、線量評価指

標を用いて治療計画の評価を行っているが、限られた指標では、3次元の線量分布全体を評価することは難しい。したがって、本手法を臨床現場で用いる場合には、治療計画者の考え方に従い、提案手法に基づく複数のビーム配置から、適切なビーム配置を選択することが可能である。

肺定位放射線治療は早期の肺癌患者に対して広く行われている治療法であるが、治療計画において適切なビーム配置を決定することは難しく、経験の必要な業務である。提案手法を用いることで、肺定位放射線治療におけるビーム配置を類似症例に基づき自動的に決定することができる。経験の浅い治療計画者が、経験豊富な治療計画者のデータベースに基づく提案手法を用いることで、肺定位放射線治療の治療計画のばらつきを低減できる可能性がある。提案手法は、経験の浅い治療計画者の教育用ツールとして使用することが可能である。

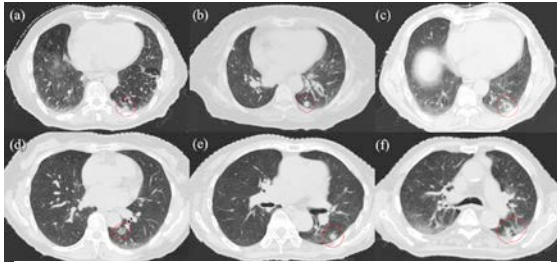


図1 類似症例検索の結果。ただし、(a)は対象症例と赤丸は肺がん。

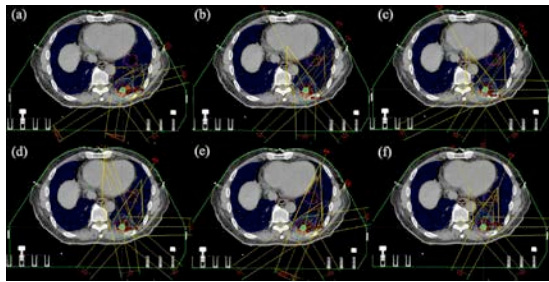


図2 類似症例 (b-f) から決定した治療計画。ただし、(a)は対象症例と元の治療計画。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計7件)

- (1) 溝口明日実, 有村秀孝, 塩山善之, 廣瀬貴章, 穴井重男, 本田浩, 梅津芳幸, 平田秀紀, 大喜雅文, 中村和正, 豊福不可依, 放射線治療における electronic portal imaging device を用いた4次元線量分布

推定法の開発, 電子情報通信学会 医用画像特集, Vol.J96-D, No.4, pp.813-823, 2013. (査読有)

- (2) Magome T, Arimura H, Shioyama Y, Mizoguchi A, Tokunaga C, Nakamura K, Honda H, Ohki M, Toyofuku F, Hirata H. Computer-aided beam arrangement based on similar cases in radiation treatment planning databases for stereotactic lung radiation therapy. *Journal of Radiation Research* Vol. 54, 2013 (E-pub ahead of print). (査読有)
- (3) Arimura H, Itano W, Shioyama Y, Matsushita N, Magome T, Yoshitake T, Anai S, Nakamura K, Yoshidome S, Yamagami A, Honda H, Ohki M, Toyofuku F, Hirata H. Computerized estimation of patient setup errors in portal images based on localized pelvic templates for prostate cancer radiotherapy. *Journal of Radiation Research*, 1;53(6):961-72, 2012.11. (査読有)
- (4) Kawata H, Arimura H, Suefuji H, Ohkura S, Saida Y, Nashiki K, Hayashida K, Kawahara T, Ohishi A, Hayabuchi N. Automated Estimation of Number of Implanted Iodine-125 Seeds for Prostate Brachytherapy based on Two-View Analysis of Pelvic Radiographs. *Journal of Radiation Research*, 53(5):742-52, 2012. (査読有)
- (5) Anai S, Arimura H, Nakamura K, Araki F, Matsuki T, Yoshikawa H, Yoshidome S, Shioyama Y, Honda H, Ikeda N. Estimation of focal and extra-focal radiation profiles based on Gaussian modeling in medical linear accelerators. *Radiological Physics and Technology*, 4(2):173-9, 2011. (査読有)
- (6) Atsumi K, Shioyama Y, Arimura H, Terashima K, Matsuki T, Ohga S, Yoshitake T, Nonoshita T, Tsurumaru D, Ohnishi K, Asai K, Matsumoto K, Nakamura K, Honda H. Esophageal Stenosis Associated with Tumor Regression in Radiation Therapy for Esophageal Cancer: Frequency and Prediction. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 1;82(5):1973-80, 2012. (査読有)
- (7) 吉留 郷志, 有村 秀孝, 塩山 善之, 中村和正, 穴井重男, 中村浩太, 野元諭, 本田 浩, 豊福不可依, 寺嶋廣美, 平田秀紀, 肺定位放射線治療における EPID シネ画像を用いた腫瘍位置のずれ量自動推定

方法の開発,医学物理,Vol.30, No.3,  
120-131,2011.(査読有)

[学会発表] (計 12 件)

- (1) Taiki Magome, Hidetaka Arimura, Yoshiyuki Shioyama, Asumi Mizoguchi, Katsumasa Nakamura, Yasuhiko Nakamura, Hiroshi Honda, Masafumi Ohki, Fukai Toyofuku, Hideki Hirata, Optimization method of beam directions based on similar cases in stereotactic body radiotherapy for lung cancers,第 105 回日本医学物理学学会 学術大会 (横浜),2013.04.13.
- (2) Hidetaka Arimura, Computer-Assisted Particle Therapy System Based on Computational Anatomy Models for Treatment Planning, Computational Anatomy for Computer-aided Diagnosis and Therapy (Osaka University),2013.02.23.
- (3) 馬込大貴, 有村秀孝, 塩山善之, 溝口明日実, 徳永千晶, 中村和正, 本田浩, 中村泰彦, 豊福不可依, 平田秀紀,類似症例に基づくビームアングルの最適化方法の開発,日本放射線腫瘍学会第 25 回学術大会(東京),2012.11.23.
- (4) Magome T, Arimura H, Shioyama Y, Mizoguchi A, Tokunaga C, Nakamura K, Nakamura Y, Honda H, Ohki, Toyofuku F, Hirata H.,Computer-assisted determination of the usable beam arrangement from similar treatment plans in stereotactic body radiotherapy (p.101-107),Workshop of Image-Guidance and Multimodal Dose Planning in Radiation Therapy, MICCAI 2012 (Nice),2012.10.05.
- (5) Arimura H, Jin Z, Kakiuchi G, Magome T, Shioyama Y, Nakamura K.,Computational Image-Assisted Radiation Treatment Planning,Progress in Radiology 2012 (Tokyo),2012.09.07.
- (6) Magome T, Arimura H, Shioyama Y, Mizoguchi A, Tokunaga C, Nakamura K, Honda H, Ohki, Toyofuku F, Hirata H.,Similar-case-based optimization of beam arrangements in stereotactic body radiation therapy (p.3908),AAPM2012 (Charlott),2012.07.31.
- (7) 馬込大貴, 有村秀孝, 塩山善之, 溝口明日実, 徳永千晶, 中村和正, 本田浩, 大喜雅文, 豊福不可依, 平田秀紀,肺定位放射線治療計画支援のための類似症例に基づくビーム方向自動決定法の開発

(p.183),第 103 回日本医学物理学学会学術大会(横浜),2012.04.14.

- (8) Magome T, Arimura H, Shioyama Y, Mizoguchi A, Tokunaga C, Nakamura K, Honda H, Ohki M, Toyofuku F, Hirata H.,Computer-assisted radiation treatment planning system for determination of beam directions based on similar cases in a database for stereotactic body radiotherapy,SPIE Medical Imaging 2012, San Diego,2012.02.07.
- (9) 馬込大貴, 有村秀孝, 塩山善之, 徳永千晶, 中村和正, 本田浩, 大喜雅文, 豊福不可依, 平田秀紀,放射線治療計画支援のための類似症例を用いたビーム方向決定法の開発,メディカルイメージング連合フォーラム (沖縄),2012.01.19.
- (10) 馬込大貴, 有村秀孝, 塩山善之, 徳永千晶, 中村和正, 穴井重男, 本田浩, 大喜雅文, 豊福不可依, 平田秀紀,肺定位放射線治療における類似症例を用いたビームアングルの自動決定法,第 24 回日本放射線腫瘍学会 (JASTRO) 神戸,2011.11.19.
- (11) Magome T, Arimura H, Shioyama Y, Tokunaga C, Nakamura K, Anai S, Honda H, Ohki M, Toyofuku F, Hirata H.,Automated Determination of Beam Arrangement Based on Similar Cases in Radiotherapy Treatment Planning Database for Lung Stereotactic Body Radiotherapy,ASTRO 2011, Miami Beach,2011.10.05.
- (12) Magome T, Arimura H, Shioyama Y, Tokunaga C, Nakamura K, Honda H, Ohki M, Hirata H, Toyofuku F.,Automated method for determination of beam directions based on similar cases for lung stereotactic body radiotherapy. ,6th Japan-Korea Joint Meeting on Medical Physics (JKMP), 11th Asia-Oceania Congress of Medical Physics (AOCMP) , Fukuoka,2011.10.01.

[図書] (計 1 件)

Arimura H, Magome T, Kakiuchi G, Kuwazuru J, Mizoguchi A, Analysis for Assisting Radiation Oncologists' Decision Making in Radiation Treatment Planning," in Computational Intelligence in Biomedical Imaging Edited by Kenji Suzuki (The University of Chicago), 30 pages, Springer,

USA, 2013 (to be published). (査読有)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称:放射線ビームアングル決定システム,  
放射線ビームアングル決定方法及び放射線  
ビームアングル決定用コンピュータプログ  
ラム

発明者:有村秀孝, 馬込大貴, 塩山善之

権利者:九州大学

種類:

番号:特願 2012-69606 号

出願年月日:2012年3月26日

国内外の別:国内

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

研究者のホームページで研究成果を, 英語と  
日本語で以下の URL で公開している.

<http://www.shs.kyushu-u.ac.jp/~arimura>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

有村秀孝

九州大学・医学研究院・准教授

研究者番号:20287353

### (2)研究分担者

中村和正

九州大学・大学病院・准教授

研究者番号:20284507

### (3)連携研究者

塩山善之

九州大学・医学研究院・教授

研究者番号:10323304