

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：34324

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K10017

研究課題名（和文）CT検査プロトコル単位での放射線量を管理可能なシステム開発

研究課題名（英文）Development of a system capable of managing the radiation dose for each CT scan protocol

研究代表者

森 正人（MORI, Masato）

京都医療科学大学・医療科学部・教授

研究者番号：50378767

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、X線CT検査の医療被ばくの問題に対応するため、X線CT検査とその撮影線量を保管・管理するシステムの開発を行った。本システムの特徴は、1)検査プロトコルが標準化されていない状況の中で、検査プロトコル名が異なっても同じ検査内容と判断できれば、同検査と認識できる仕組みをもつ点。2)検査プロトコルごとに撮影線量の管理が可能となる点。3)患者の被験体のサイズに依存した被ばく線量の指標を用いている点である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本システムは、(1)RDSR(Radiation Dose Structured Report)未対応のX線CT装置であっても線量管理が可能となること。(2)撮影線量にSSDEを用いることで体格指標として管理すること。(3)始業点検の管理値と一緒に撮影線量を管理することで撮影画像の品質を担保できることが特徴である。これは、X線CT検査における撮影線量の管理に必要な3つ要素を備えたシステムとしての標準モデルとなるものと確信している。

研究成果の概要（英文）：This study has developed a system that can store and manage X-ray CT scans and their imaging doses in order to address the issue of medical radiation exposure associated with X-ray CT scans. The features of this system are as follows: (1) it can recognize a scan as long as it is able to ascertain that the details of the scan are the same, even if the names of the scan protocols are different under current circumstances where scan protocols have not been standardized; (2) it allows for the management of imaging doses for each scan protocol; and (3) it utilizes an index of radiation dose that varies depending on the size of the patient's target region.

研究分野：医用画像情報学、医療情報学

キーワード：医療被ばく管理 検査プロトコル RDSR SSDE 始業点検

1. 研究開始当初の背景

2017年8月3日日本学術会議臨床医学委員会より「CT検査による医療被曝の低減に関する提言」が発表された。その提言書では、CT検査の検査量が増加したことでCT検査による医療被曝が増加しているが、CT検査の診療実態の把握ができない状況であるため早々に実態を把握できる環境を構築することが必要であると述べている。実態把握ができない理由は、実態把握するために必要なCT検査プロトコル(撮影部位・撮影条件で決定される撮影手順のこと)とその撮影線量の状況を調査するための環境が構築されていないためである。

しかし、検査プロトコル“ごと”の放射線線量を分析することは困難である。そうしている原因は2つある。1つは検査プロトコルの標準化が行われておらず、同じような検査内容でも医療施設毎にプロトコル名が異なるため集約が難しいことにある。もう1つは、検査プロトコル名が記載される線量レポートと呼ばれるデータの形式がCT装置の開発時期により画像出力 or 文書(テキスト情報)出力と出力形式が1種類ではないことにある。従って、検査プロトコル“ごと”に放射線線量を把握するためには、この2つの問題を解決しなければならない。

2. 研究の目的

これらの2つの問題を解決するため、画像処理技術と文書検索処理を利用し、検査プロトコル名が異なっても同じ検査内容であれば統合し、検査プロトコル毎の放射線線量を収集管理できるアプリケーションシステムを構築することを研究目的とする。

3. 研究の方法

- (1) 初年次は、「検査プロトコル情報の抽出方法の確立」を目指す。医療機関の多くは検査プロトコルを画像出力している。そのため、画像出力された検査プロトコルの抽出処理の開発を行う。
- (2) 2年次は、「同じ撮影内容であるが検査プロトコル名が異なるデータの統合処理の確立」を目指す。
- (3) 3年次から4年次は、「システム構築」を行う。これまでに確立した処理方法をもとにCT装置から出力された画像データを入力し、検査プロトコル毎の撮影線量を出力できるシステムとして構築する。

4. 研究成果

(1) 線量レポートに記載された線量情報のテキスト化

DICOM規格としてRDSR (Radiation Dose Structured Report) が制定されたものの、この規格に未対応のX線CT装置は未だに多く稼働しており、これらの装置からは、線量表示をそのままキャプチャしたものが線量レポートとして出力される。これには2つの問題がある。1つは、線量情報がテキストデータとして出力されていないこと、もう1つは、ベンダや機種が変わると出力画面の配置を含めたフォーマットが変化することである。図1は実装した線量情報のテキスト化の構成を示す。

- ①フォント読込部: はじめに、図2に示すような3社のフォントパターン(GE, Philips, Canon) をビット列に変換して16進数で表現した設定ファイルを準備しておく。これをシステム起動時に読み込む。
- ②線量レポート判定部: ここでは、送られてきた画像が「検査画像」か「線量レポートの画像」なのかを判定する。このとき、ベンダ情報も同時に取得する。
- ③2値化処理部: 2値化は、特に画像圧縮等によるノイズを除去するために使用する。
- ④行数抽出部: ここでは、図3(a)に示すように画像をy方向にスキャンして得られたプロファイル結果から、行判定用のしきい値を使って行数を数える。
- ⑤単語抽出部: 引き続き、図3(b)に示すように、行ごとにx方向にスキャンして得られたプロファイル結果から、文字判定用のしきい値を使って単語/数字ごとのブロックに分解する。
- ⑥デジタル化部: 分解したブロックの画像を左から垂直方向の1ビット列ごとに比較してパターンマッチングを行う。比較の結果、いずれかのフォントとマッチングすればx方向にポイントを送り、次のフォントのマッチングを続ける。この際、単語/数字内に漢字コードが含まれていると、漢字コードの高さがアルファベットより1、2ピクセル分多いことから、起点がずれ、マッチングが合わなくなることがある。この解決策として、フォントマッチングは、y方向に±2ビット程度の論理シフトを



図1 線量テキスト化の構成

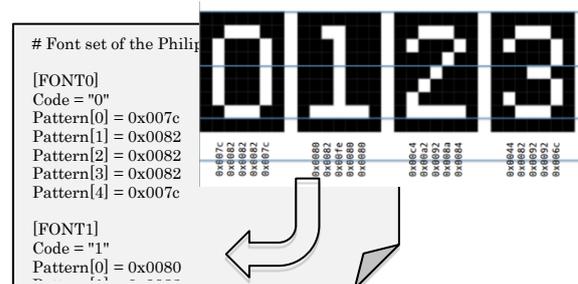


図2 埋め込みフォントの事前読

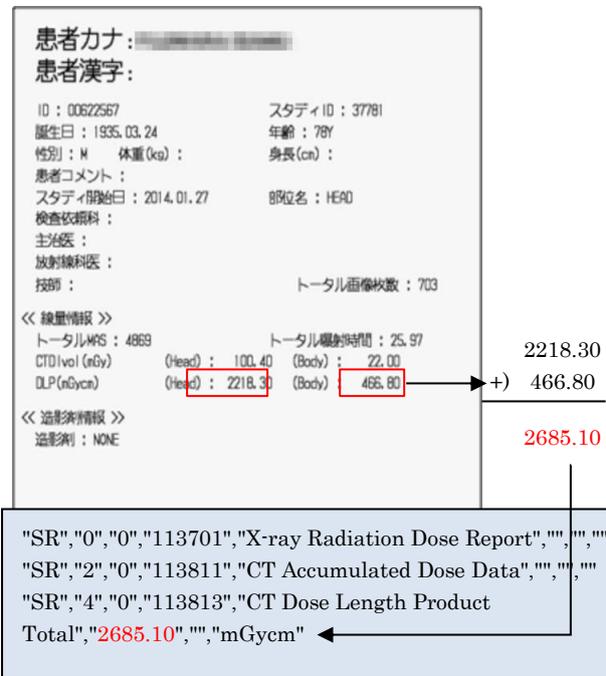
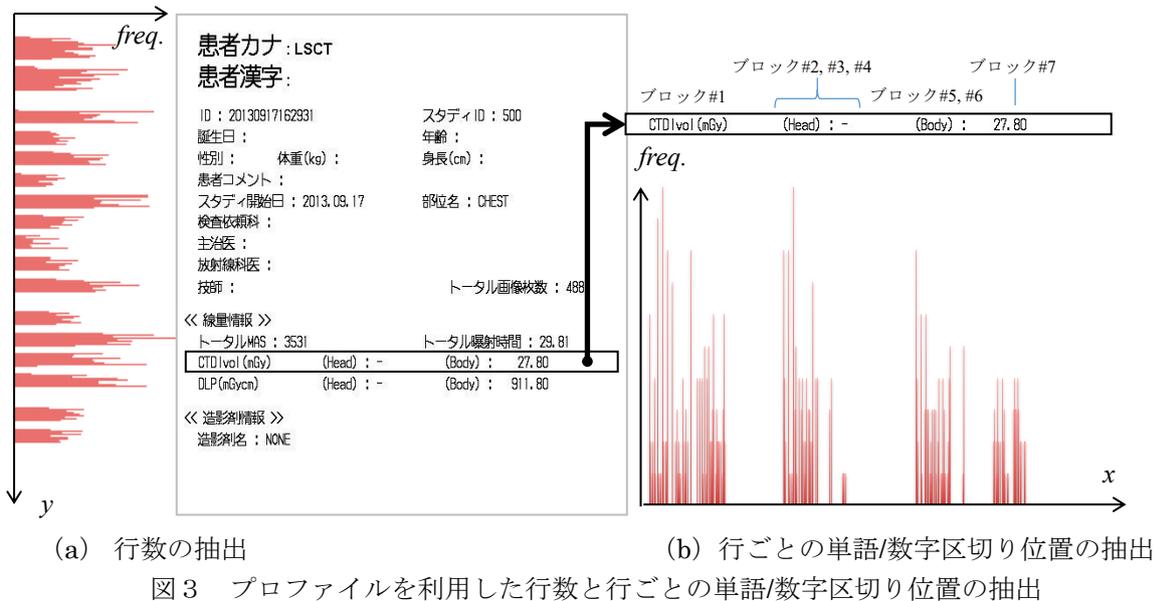


図4 CSVフォーマットへの整形出力

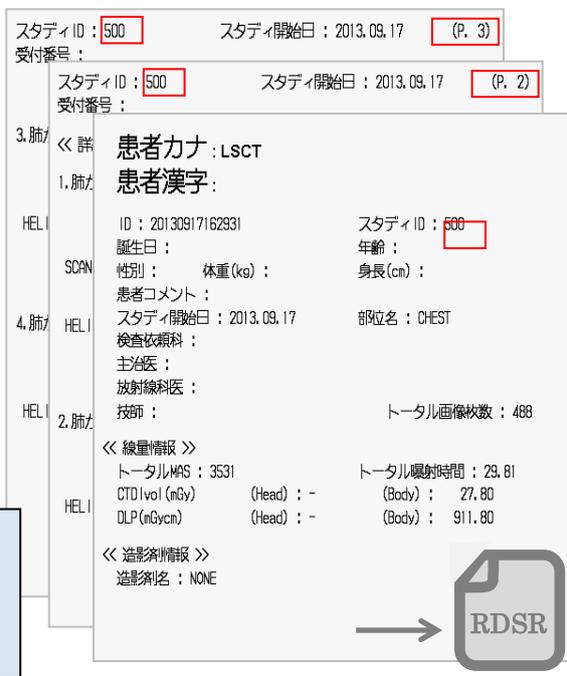


図5 RDSRの作成

繰り返しながら行う。すなわち、パターンを小刻みに揺らしながらマッチングを行っている。

⑦フォーマット解釈部:ここでは、仕上がったデジタル値から、CTDIvol(被ばく線量)とDLP(線積分線量)を抽出する。これは、メーカー(GE, Philips, Canon)ごとの解析ロジックとして実装した。

⑧テキスト出力部:ここでは、読み取った線量情報を図4に示すようにDICOM規格に準拠した階層構造や単位に換算して、画像単位にCSV(comma separated value)ファイルとして出力する。

⑨RDSR出力部:図5に示すように、上記で出力されたCSV(comma separated value)ファイルを検査単位に融合する。この際、同じ検査であることを判断するため、DICOM情報の検査インスタンス情報とシリーズインスタンス情報を使用して集約する。

(2) 線量レポートに記載された検査プロトコルのテキスト化

一方、検査プロトコルのテキスト化は、上記で述べた線量情報をテキスト化する段階で、検査プロトコルに記載されている箇所を特定しておき、その行だけをキー画像として抜き出す。図6の例では、「頭部単純(All 4mm)」がキー画像である。検査プロトコルには漢字コードが使われるため、線量情報と同様のOCRは行っていない。これは、漢字コードをパターンマッチングするためのコードをすべて網羅することが現実的でないことと、数字やアルファベットにおけるOCRの処理コストの増大を避けるためである。そのため、ここでは、ユーザに教師データを入力してもらう方法を採用した。続いて同じ「キー画像」に出くわした場合は、それをRDSRの項目「Acquisition Protocol」に登録する。

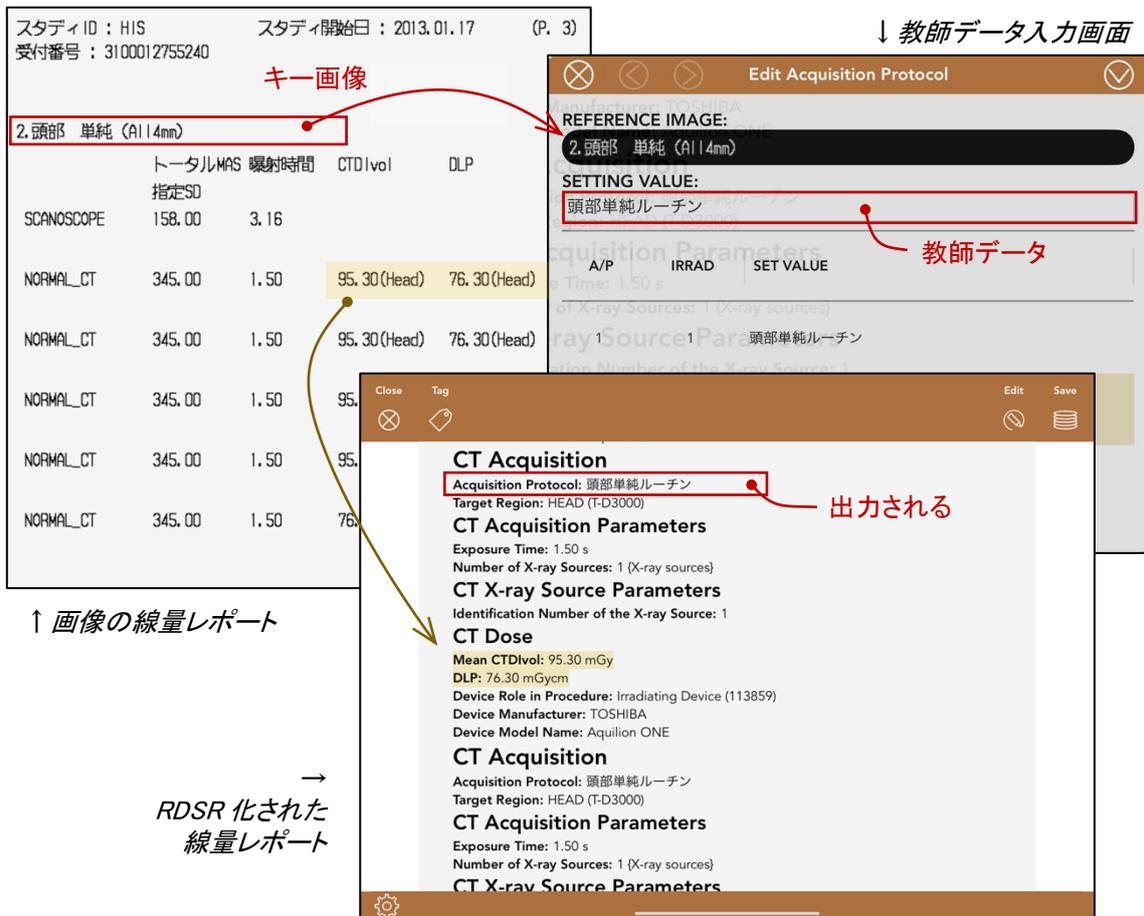


図6 RDSR 非対応の線量レポートのRDSR 化

この仕組みより、RDSR 非対応の線量レポートを自動的に RDSR 化できるようになるため、日本で稼働するほとんどの X 線 CT 装置から出力される線量レポートを統一的な仕組みで管理できることになる。

(3) 被ばく線量の SSDE 化

実証実験を行う施設より、線量データの CTDIvol (computed tomography dose index volume) は、被検体の体積を考慮していないため、これを反映した SSDE (size-specific dose estimates) [1, 2]で提示してほしいとの要望があった。これにより、小児や痩せた体型の被検者に及ぼす被ばく量を正確に提示できるためである。CTDIvol を SSDE に換算するには、非検体の体積を知る必要がある。体積を知るためには、検査画像のすべてのスライスに断面積を示す ROI を設定する作業が必要となる。検査当たり複数行われるシリーズ当たりのスライ数は少なくとも数百枚あり、手作業で設定するのは困難なため、これを自動化してほしいという要望である。

ROI を自動的に設定する際に障害となるのが画像に映り込んでいるベッドやガントリを ROI の設定から外すことである。そのために考案した画像処理の構成を図7に示す。

①2値化処理部:ここでは、図8(a)のCT断層像に対して2値化処理を施し、図8(b)に示す白黒画像を作成する。

②輪郭線抽出部:ここでは、白黒画像上において白色の領域と黒色の領域の境界である輪郭線を設定し、各輪郭線のうち閉領域を形成している輪郭線を抽出する。これにより図8(c)に示す例では、白黒画像上に6個の閉領域(領域1~6)の輪郭線を抽出する。

③輪郭線抽出部:上記で抽出された各輪郭線により形成される閉領域の面積を所定のしきい値と比較し、これよりも面積が大きい閉領域の輪郭線を選択する。図8(c)に示す例では、領域1~3及び領域6の輪郭線が選択され、領域4及び領域5の輪郭線は白黒画像から除去される(図8(d))。

④中心位置特定部:続く中心位置特定部は、輪郭線選択部によって選択された輪郭線が形成する閉領域のすべてが含まれ、かつ、該閉領域と接するように白黒画像上に矩形枠を設定する。これにより、領域1~3及び領域6を取り囲む最小の矩形枠が白黒画像上に設定される(図8(d)参照)。

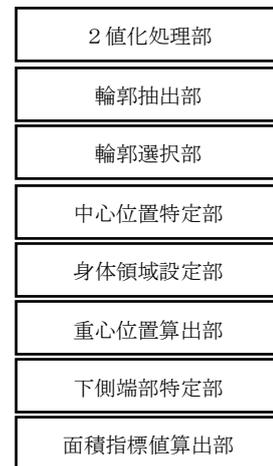


図7 断面積抽出の構成

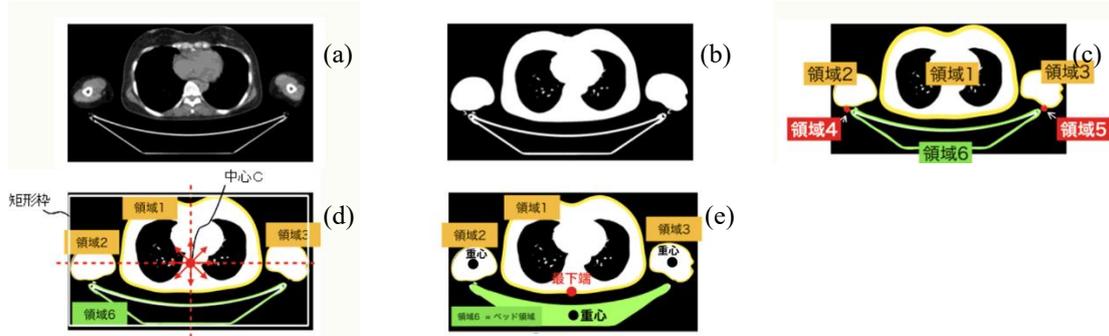


図8 断面積抽出の説明

- ⑤身体領域設定部: 矩形枠の中心の位置を特定すると、身体領域設定部は、各中心との距離が最も短い輪郭線を探索し、その輪郭線により形成される閉領域を身体領域の一部とする(以下「主身体領域」という)。輪郭線と中心との距離は、例えば該中心の周囲の8方向(図8(d)の中心を基点とする8本の矢印の方向)に向かう直線と輪郭線との交点を求め、これと前記中心との長さから求めることができる。
- ⑥重心位置算出部、下側端部特定部: 下側端部特定部は主身体領域として設定された閉領域の最下端を特定する。また、重心位置算出部は主身体領域として設定された閉領域以外の閉領域(図8(e)の例では領域2、3、6)の重心の位置(座標値)を算出する。続いて、重心の位置を算出した閉領域のうち、主身体領域の最下端よりも上位に位置する重心を持つ閉領域を求め、それを身体領域の一部として設定する(以下「副身体領域」という)。図8(e)に示す例では、領域2と領域3(いずれも腕部に対応する閉領域)が副身体領域として設定される。この副身体領域と上述した主身体領域を合わせて断面積とする。
- ⑦面積指標算出部: SSDE の算出方法には、 $SSDE_{204}[1]$ と $SSDE_{220}[2]$ の2種類がある。 $SSDE_{204}$ は、体幹部の長径と短径から実質的な被検者の実効直径を算出する。 $SSDE_{220}$ は、体幹部の断面積から水当量直径を算出する。ここで求めた断面積は、 $SSDE_{220}$ に利用できるものであるが、この情報から体幹部の長径と短径を求めることは容易である。よって、ここで説明した断面積の抽出法は、この両方に対応する。
- ⑧図9は、SSDE に関する実行画面である。右手には、計算に必要な各種パラメータと結果を表示している。なお、図9の画像にアノテーションされた直線が $SSDE_{204}$ の断面積が収まる矩形領域の短辺と長編を示し、画像上の塗りつぶされていない領域が $SSDE_{220}$ の断面積を視覚的に示している。

(4) 画質の担保

線量が低くても画質が悪ければ意味がない。画質管理は、線量管理とは切り離してはならない重要な機能である。本システムは、画像の特徴から、送られてきた画像が始業点検用のウォータファントムの画像であることを自動的に判断し、その管理値を算出する機能を有する。図10は、ROIを設定の上、その領域の平均値と標準偏差を表示している状態を示す。算出された管理値は、日々サーバに保存されグラフとして視覚化されるため、異常を発見しやすくなる。

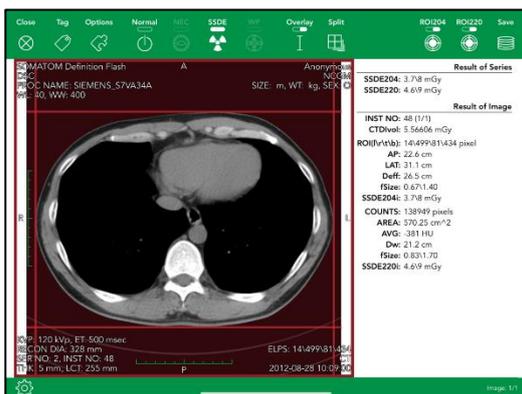


図9 SSDE の自動算出

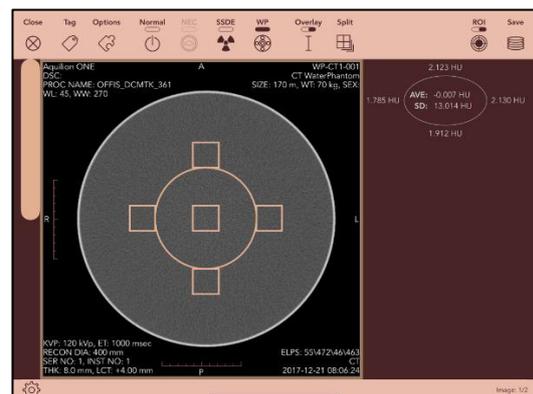


図10 始業点検画像の自動判定と管理値の抽出

<参考文献>

- [1] John M. Boone, Keith J. Strauss, Dianna D. Cody, Cynthia H. McCollough, Michael F. McNitt-Gray, Thomas L. Toth, Marilyn J. Goske, Donald P. Frush, "Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations," Report of AAPM Task Group 204 (2011).
- [2] Cynthia McCollough, Donovan M. Bakalyar, Maryam Bostani, Samuel Brady, Kristen Boedeker, John M. Boone, Olav I. Christianson, Shuai Leng, Baojun Li, Michael F. McNitt-Gray, Roy A. Nilsen, Mark P. Supanich, Jia Wang, "Use of Water Equivalent Diameter for Calculating Patient Size and Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in CT," Report of AAPM Task Group 220 (2014).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 画像処理装置	発明者 森正人, 田畑慶人	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-111098	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	田畑 慶人 (TABATA Yoshito) (20369656)	京都医療科学大学・医療科学部・准教授 (34324)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------