

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：37116

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26293135

研究課題名(和文) 固体線量計を用いた頭部IVR診断参考レベルの策定と術者水晶体被曝の評価

研究課題名(英文) Diagnostic Reference Levels and occupational eye lens doses for neurointerventional radiology

研究代表者

盛武 敬 (MORITAKE, Takashi)

産業医科大学・産業生態科学研究所・准教授

研究者番号：50450432

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では頭部IVRにおける医師の水晶体被ばくを明らかにすることができた。また、RADIRECシステムを用いることで、頭部IVR実施患者の詳細な水晶体被ばく線量を得ることができ、DICOM-RDSR情報と組み合わせることで患者被ばくを効率的に管理する手法の道筋をつけることができた。患者線量測定・管理を全自動で実施するためのReal-time RADIRECについても試作が完了した。

研究成果の概要(英文)：Thorough this project, we have shown the exposure dose to the physician's lens of the eye. Also, we could obtain the precise data on the lens dose of the patient who underwent neurointerventional radiology, using the RADIREC system we constructed. We found the DICOM-RDSR could be an useful tool for estimating the dose to the patient as well as managing the medical exposure automatically.

研究分野：医療放射線防護

キーワード：インターベンショナルラジオロジー 医療被ばく 脳血管内治療 診断参考レベル 水晶体被ばく 職業被ばく 放射線 DICOM-RDSR

1. 研究開始当初の背景

(1) IVR 治療と被曝線量管理の重要性

IVRはインターベンショナル・ラジオロジー(Interventional Radiology)の略語で、日本語では一般的に「放射線診断技術の治療的応用」と訳されている。頭部のIVRでは、X線透視を見ながら体内に細い管(カテーテルや針)を入れて治療され、従来のような大がかりな手術を必要とせず局所の治療で済むため、身体に与える負担が少なく、入院期間も短縮できるなど優れた特徴を持っている。しかし、長時間のX線曝射による患者の被曝線量は大きくなり、皮膚障害や白内障などの放射線障害が見られるようになってきた。これを受けて国際放射線防護委員会(ICRP)は被曝の正当化と最適化を図るよう勧告したが(ICRP publ. 103, 2007)、現状では患者個人の医療被曝線量を測定・管理する方法は定まっておらず、すべては各国(各施設)の自主努力に委ねられている。また最近では、従来のICRPの1990年勧告及び2007年勧告で示している水晶体混濁の閾値5Gy及び視覚障害検知の閾値8Gyは、いずれもリスクの過小評価であることが疫学調査の結果から指摘され、ICRPは水晶体混濁の閾値を0.5Gyへと大幅に引き下げるステートメントを発表した(ICRP publ. 118)。今後は患者と術者のいずれに対しても、具体的な線量管理や白内障防止措置が強く求められるであろう。

(2) IVR被曝線量測定と管理に関するこれまでの研究経緯と成果

本研究申請者らはこのような世界の動きに先駆け、IVR実施時の体表面入射線量(Gy)を測定して結果の線量分布図を病院に返送するまでの一連のシステム「RADIREC®(ラジレック;登録商標第5164008号)」を開発した(日本国特許第4798476号, 北米特許第7541599号取得済)頭部RADIRECでは、専用の装具に60個の蛍光ガラス線量計を配し(図1)、この装具を患者に被せてIVR治療を行う(図2)。治療後は使用した線量計を読み取り機関に送り、線量数値を専用の装置で読み取った後、線量分布図を描画したカルテ保存用シートを治療実施病院に返送するシステムである(Moritake *et al.* Radiation Measurements, 2011)。実際にこのRADIRECを用いると、高線量領域と患者の一過性脱毛部位が良好に一致することから、2回目以降のIVR治療の際には、1回目の線量分布情報(前回までの積算線量情報)を参照することで、患者の局所の過度な線量集中が避けられることを見いだした(Hayakawa *et al.* Clinical Neurology and Neurosurgery, 2010)。



図1



図2

(3) 患者個人被曝履歴管理システムに関するこれまでの研究経緯と成果

しかしながら、(2)に示した現行のRADIRECでの、カルテシート方式による線量結果通知法には、カルテの法定保管期間(5年)が過ぎると廃棄され、数年~数十年後に発症する放射線障害の解明と予防に利用出来ないという欠点がある。そこで我々は、被曝履歴を電子カルテやDICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)情報として保管することで、データ寿命を飛躍的に伸ばし、放射線影響研究に資する貴重なデータを、日本の将来の世代に引き継ぐ方法を提唱している。

2. 研究の目的

(1) 頭部血管造影検査(診断アンギオ)の診断参考レベル策定: ICRPでは診断的放射線の利用に際して、診断参考レベル(Diagnostic Reference Level, DRL)を設けて、被曝線量の最適化に向けた方策を取ることを勧告している。しかしながら、頭部診断アンギオに関する日本のデータは無く、現在我々は日本脳神経血管内治療学会企画としてのDRL策定を準備している。本研究では、国内主要30施設で(20症例/施設)線量実測し、最大皮膚線量を始めとする関連パラメーターのDRLを策定する。

(2) 頭部 IVR 患者個人被曝線量の把握: IVR(治療的)において被曝線量限度は適用されない。しかし、線量の「最適化」を行うためには、疾患別、血管造影装置別、施設別、術者別の線量分布傾向を解析し、それを現場の医師・放射線技師にフィードバックすることが有効な手段となる。そこで上記同様、国内主要30施設(20症例/施設)を目標に、IVR治療における線量を実測し詳細を解析する。

(3) 頭部 IVR 術者水晶体被曝線量の把握: 世界的に見ても、IVR術者水晶体線量の実測データは無く、日本脳神経血管内治療学会企画による、上記30施設延べ1000症例以上の実測データは貴重である。診断アンギオとIVR治療の1症例あたりの術者水晶体被曝線量を算出し、年間線量限度(ICRP publ.118で20mSv/年と勧告された)を超過する施設の防護対策や、手技の問題点を検証する。

(4) IVR 個人被曝線量管理システムの構築: 前記RADIRECから得られる線量データ(CSV形式)と、現在我々が開発中のReal-time RADIREC(後述)

から線量データを自動で取り込み、DICOM サーバーに出力保管し、それを院内の端末から容易にアクセス出来るシステムを構築する。

3. 研究の方法

(1) 頭部血管造影検査(診断アンギオ)の診断参考レベル策定

患者被曝の最適化のため、ICRP では多施設調査による線量分布(あるいは関連パラメーター)の 75 パーセンタイル値より求めた「診断参考レベル(DRL)」の設定を推奨している。しかし我が国には、脳血管造影検査における診断参考レベルは今のところ存在しておらず、使用される DSA 装置、照射条件、付加フィルタなどの設定は各施設で様々である。そのため、施設間での患者被曝線量の格差は大きいと考えられ、患者被曝の最適化の観点からも、実測による患者皮膚線量の把握が必要となる。

患者頭部の皮膚線量は、蛍光ガラス線量計素子(GD-302, 千代田テクノル)を帽子型の RADIREC に 60 個装着して実測する。本研究では、日本脳神経血管内治療学会企画として、国内の基幹 30 施設(およそ 50 症例/年以上の治療実績を有する中心的施設を想定)で測定を行い、皮膚線量(Gy)に関する国内の DRL を策定することを目標とする。

(2) 頭部 IVR 患者個人被曝線量の把握

上記(1)の DRL 策定と同様のスキームを用い、IVR 治療で受ける患者被曝線量を測定する。

(3) 頭部 IVR 術者水晶体被曝線量の把握

上記(1)の DRL 策定と同様のスキームを用い、術者の水晶体被曝線量を測定する。

測定は NanoDot™(長瀬ランダウア)を眼球被曝防護ゴーグルの左右の内/外と頸部の計5カ所に貼付し、一定期間(症例数)積算した後、素子を回収して解析する。診断、治療それぞれ1症例あたりの術者水晶体被曝線量を算出する。

通常用いられている、頸部個人被曝線量計と水晶体線量の相関を解析し、水晶体線量の簡便な推定法を考案する。

(4) IVR 個人被曝線量管理システムの構築

①簡便な被曝データ取り扱い：画面上に直接数値を入力するだけで瞬時に Web 上で線量レポートが作成されるシステムを構築する。レポートは紙出力や PDF 出力の他、DICOM 転送が選択でき、医師や患者は病院内の端末画面から電子カルテや DICOM 画像サーバーにアクセスして、線量分布データが閲覧できる。また、医師が施術中に過去の被曝履歴を確認しながら、特定の部位への過度な照射を避けることができる。

②被曝データの長期保存性：医療用の画像標準である DICOM 規格でレポートを提供することで、データの長期保存が可能となる。DICOM 情報としてサーバーに送信する内容は、①RADIREC による被曝線量積算情報と分布画像情報、②同様に Real-time RADIREC(後述)による被曝線量積算情報と分布画像情報、③REM (Radiation Exposure Monitoring) 統合プロファイルが定める被曝関連情報 kV, mA, collimation, filters, Patient, Order, Study details などをも想定している。これにより過去の被曝状況を自動で解析することも可能となる。

③導入・維持の低コストと高い汎用性：院内に既存する DICOM 画像サーバーシステムをそのまま利用することで、病院に導入する際の初期コストを大幅に抑えることができ、どの病院にも導入可能な高い汎用性を実現する。

③導入・維持の低コストと高い汎用性：院内に既存する DICOM 画像サーバーシステムをそのまま利用することで、病院に導入する際の初期コストを大幅に抑えることができ、どの病院にも導入可能な高い汎用性を実現する。

4. 研究成果

(1) 頭部血管造影検査(診断アンギオ)の診断参考レベル策定：国内脳血管内治療の主学会である日本脳神経血管内治療学会(放射線防護委員会委員長松丸、同副委員長盛武)では、放射線技術の主学会である日本放射線技術学会と合同で(図3)、国内150施設以上の基幹病院での被ばくの実態調査の準備を完了し実施直前となっている。本調査では、患者被ばく線量は IVR 基準点での積算空気カーマ値(AK)と面積線量値(DAP)で算出し、血管撮影の目的別(診断・治療)、疾患別に統計を行い DRL の構築を目指している。

関連学会主導による合同被ばく調査体制 (概要)			
治療領域	脳血管	心血管	腹部・体幹・四肢～
治療内容の責任団体	日本脳神経血管内治療学会 (JSNET)	日本心血管インターベンション治療学会 (CVIT)	日本インターベンショナルラジオロジー学会 (IVR学会)
放射線技術の責任団体	日本放射線技術学会 (JSRT)		
	日本診療放射線技師会 (JART)		

図3

試みに、RADIREC 測定を実施している大学病院で、記録の残る全ての症例(1425 症例)の AK 値をもとに、患者の最大入射皮膚線量を推定し、これを目的別・疾患治療別に分類したところ、血管撮影の目的や疾患により、最大入射皮膚線量には有意な差が見られることが判明した(図4)。この知見を基に、平成30年度に日本脳神経血管内治療学会と日本放射線技術学会合同調査では、撮影目的・疾患(手技)別に実施する予定である。

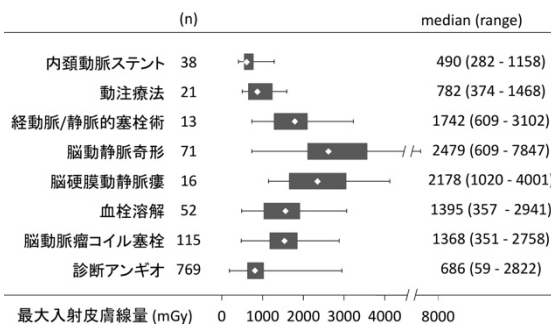


図4

(2) 頭部 IVR 患者個人被曝線量の把握

RADIREC 測定を実施している地域基幹病院で、脳血管内治療 46 症例の患者最大入射

皮膚線量と AK(図 5a)及び DAP(図 5b)との相関を解析したところ、いずれも強い相関を認め、これらのパラメータを用いて簡便に最大入射皮膚線量を推測することが可能であることが明らかとなった(川内ら、JSRT2015)。

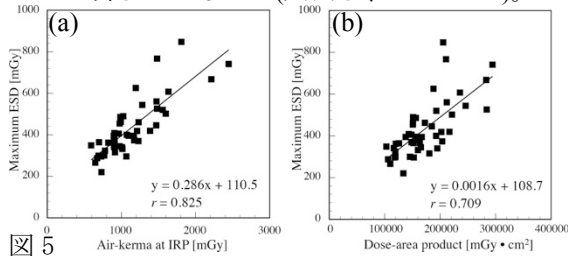


図 5

(3) 頭部 IVR 術者水晶体被曝線量の把握

日本脳神経血管内治療学会主導で、国内 31 施設で術者水晶体線量を測定した。測定方法は線量計素子(Nanodot、長瀬ランダウア)を放射線防護眼鏡の内外面に添付して、一症例毎に測定を行った。防護眼鏡の外表面では 0.180mSv/手技、内表面では 0.083mSv/手技となり、防護眼鏡を正しく装着していれば、年約 550 症例を超えなければ水晶体等価線量限度 20mSv/年を遵守できるのに対し、防護眼鏡を装着していなければ、年約 110 例で限度超過となる可能性がある。頻繁に IVR に従事する医師であれば容易に到達する数なので、防護眼鏡の装着は必須である。

(4) IVR 個人被曝線量管理システムの構築

RADIREC で測定された線量をユーザーにフィードバックする仕組みを整備し、年 1000 例程度の測定をこなせるシステムを産業医科大学に構築した(図 6)。これにより、線量データを基盤とした医師—患者—放射線技師間での協調(図 7)が期待できる(孫ら、JSRT2015)。なお本システムは近い将来オープン化の整備を進める予定である。

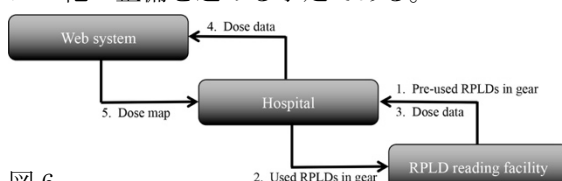


図 6

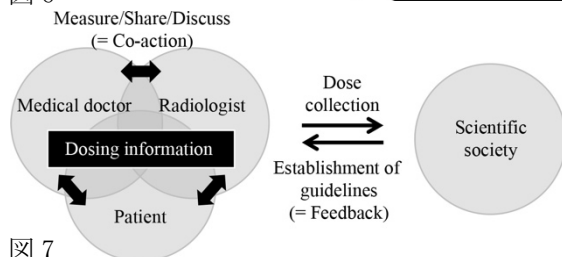


図 7

(5) Real-time RADIREC の開発

IVR の術中にリアルタイムに線量測定を行うことを目的として、有機フォトダイオードを用いた新しい X 線検出器の開発・評価を行った。試作検出器は X 線検出素子・極薄フレキ基板・データ収集装置からなる。X 線検出素子として有機フォトダイオードを 10

mm×10 mm×1mm のプラスチックシンチレータ上に直接作成した。シンチレータ上に IZO 電極をスパッタリング作成した後、P3HT(p)と PCBM(n)の混合物をスピコート塗布、最後に Al 電極を真空蒸着した。極薄フレキ基板は長さ 35cm、全体の厚さは 50μm 以下、伸縮性・透過性ともに十分である。1 枚の極薄フレキ基板上に 3 個の素子を取り付け可能。電極の接着は透過性の高いカーボンペーストを使用して行った。検出素子からの電流は、極薄フレキ基板で信号を X 線視野外に引き出し、IV アンプ増幅後、データ収集用 DAQ 装置(NI USB-6351)を用いて記録を行った

透視画像上、ほとんど視認できず、十分な透過性が得られた。続いて小動物用 CT を用いて検出器の性能評価を行った。各検出素子の個体差は観測されたものの、補正を行い管電流や X 線の実効エネルギーとの良好な相関関係を得ることに成功した。また、X 線の照射方向に対する検出器の出力依存性も少なかった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 15 件)

- 1) 盛武 敬, 茂呂田 孝一, 人見 剛: 実測法と推定法による脳血管内治療患者の被ばく線量評価 ~ 生物学的線量反応関係解明への応用可能性 ~. 放射線生物研究, 52(4), 385-401, 2017 (査読有り) rbrbc.kenkyukai.jp/special/index.asp?id=27805
- 2) Sun L, Moritake T, Ito K, Matsumoto Y, Yasui H, Nakagawa H, Hirayama A, Inanami O, Tsuboi K: Metabolic analysis of radioresistant medulloblastoma stem-like clones and potential therapeutic targets. PLoS One. 2017 Apr 20;12(4):e0176162. doi: 10.1371/journal.pone.0176162. (査読有り)
- 3) 茂呂田孝一, 盛武 敬, 孫 略, 石原隆宏, 熊奈津代, 村田聡美, 山田貴大, 岡崎龍史: 患者被ばく線量低減に向けた DICOM RDSR (病院内医療用画像規格線量レポート) 情報の収集. Journal of UOEH (産業医科大学雑誌) 2016; 38 (4) : 325-335 (査読有り) <http://doi.org/10.7888/juoeh.38.335>
- 4) Kato M, Chida K, Moritake T, Sato T, Oosaka H, Toyoshima H, Zuguchi M, Abe Y: Direct dose measurement of patient during percutaneous coronary intervention procedures using radiophotoluminescence glass dosimeters. Radiation Protection Dosimetry, Volume 175, Issue 1, 1 June 2017, Pages 31-37, <http://doi:10.1093/rpd/ncw263>, 2016 Sep 13 (査読有り)
- 5) 加藤守, 坂本肇, 塚本篤子, 川内覚, 松本一真, 盛武敬: インターベンションにおける診断参考レベルの確定に向けて. 日本放射線技術学会誌2016; 72(12): 1255-1267 (査

- 読 無 し)
https://doi.org/10.6009/jjrt.2016_JSRT_72.12.1255
- 6) 加藤守, 千田浩一, 盛武敬, 小口靖弘, 加賀勇治, 坂本肇, 塚本篤子, 川内覚, 松本一真, 松村光章, 大阪肇, 豊嶋英仁: 心臓インターベンション時の皮膚入射線量実測による多施設線量評価. 日本放射線技術学会誌2016; 72(1): 73-81 (査読有り)
http://doi:10.6009/jjrt.2016_JSRT_72.1.73
 - 7) 孫略, 人見剛, ニツ矢浩一郎, 加藤守, 川内覚, 茂呂田孝一, 塚本篤子, 早川幹人, 柴武二, 松丸祐司, 千田浩一, 盛武敬: 多施設間IVR被ばく線量解析研究を支援するためのシステム構築. 日本放射線技術学会誌2015; 71(12): 1241-1247 (査読有り)
http://doi.org/10.6009/jjrt.2015_JSRT_71.12.1241
 - 8) 川内覚, 盛武敬, 早川幹人, 濱田裕介, 佐久間秀之, 依田彰吾, 佐藤允之, 孫略, 小口靖弘, 赤羽恵二, 千田浩一, 松丸祐司: 頭部診断血管撮影における最大入射皮膚線量の推定. 日本放射線技術学会誌2015; 71(9): 746-757 (査読有り)
https://doi.org/10.6009/jjrt.2015_JSRT_71.9.746
 - 9) Hong Z, Zenkoh J, Le B, Gerelchuluun A, Suzuki K, Moritake T, Washio M, Urakawa J, Tsuboi K: Generation of low-flux X-ray micro-planar beams and their biological effect on a murine subcutaneous tumor model. *J Radiat Res.* 2015 Sep;56(5):768-76. doi:10.1093/jrr/rvv037. Epub 2015 Jul 3.
 - 10) Kohzaki M, Ootsuyama A, Moritake T, Abe T, Kubo T, Okazaki R: What have we learned from a questionnaire survey of citizens and doctors both inside and outside Fukushima? -Survey comparison between 2011 and 2013-. *J Radiol Prot.*, 35(1): N1-N17, 2015 doi:10.1088/0952-4746/35/1/N1
 - 11) Kato M, Chida K, Moritake T, Koguchi Y, Kaga Y, Sakamoto H, Tsukamoto A, Kawauchi S, Matsumoto K, Matsumura M, Oosaka H, Tosa T: Study on the development of a patient dosimetry gown for interventional cardiology procedures. *Hoshasen Gijyutu Gakkai Zasshi.* Aug;70(8):814-20, 2014
https://doi.org/10.6009/jjrt.2014_JSRT_70.8.814
 - 12) Sun L, Mizuno Y, Iwamoto M, Goto T, Koguchi Y, Miyamoto Y, Tsuboi K, Chida K, Moritake T: Direct measurement of patient's entrance skin dose during pediatric cardiac catheterization. *J Radiat Res.* 55(6), 1122-1130, doi:10.1093/jrr/rru050, 2014
 - 13) Kanemoto A, Hirayama R, Moritake T, Furusawa Y, Sun L, Sakae T, Kuno A, Terunuma T, Yasuoka K, Mori Y, Tsuboi K, Sakurai H: RBE and OER within the spread-out Bragg peak for proton beam therapy: in vitro study at the Proton Medical Research Center at the University of Tsukuba. *J Radiat Res.* Sep;55(5), 1028-1032, doi:10.1093/jrr/rru043, 2014
 - 14) Kanemoto A, Okumura T, Ishikawa H, Mizumoto M, Oshiro Y, Kurishima K, Homma S, Hashimoto T, Ohkawa A, Numajiri H, Ohono T, Moritake T, Tsuboi K, Sakae T, Sakurai H: Outcomes and prognostic factors for recurrence after high-dose proton beam therapy for clinically and peripherally located stage I non-small-cell lung cancer. *Clinical Lung Cancer.* Mar;15(2):e7-12, doi:10.1016/j.clcc.2013.11.002, 2014
 - 15) Kato M, Chida K, Moritake T, Koguchi Y, Sato T, Oosaka H, Tosa T, Kadowaki K: Fundamental study on the characteristics of a radiophotoluminescence glass dosimeter with no energy compensation filter for measuring patient entrance doses in cardiac interventional procedures. *Radiation Protection Dosimetry.* Dec;162(3):224-229, doi:10.1093/rpd/nct300, 2014
- [学会発表] (計 65 件)
- 1) 川内 覚, 松丸祐司, 盛武敬, 安倍等思, 庄島正明, 早川幹人, 坂本 肇, 人見 剛, 濱田祐介, 鶴田和太郎, 千田浩一, 田野政勝: JSNET 防護委員会で今後行う DRL 調査について. 第 33 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会, グランドプリンスホテル新高輪国際館パミール (東京都・港区), 11 月 23 日-25 日, 2017
 - 2) ニツ矢浩一郎, 盛武敬, 掛田伸吾, 藤本啓司, 永元啓介, 村上誠一, 茂呂田孝一, 孫 略, 村上 優, 真崎弘美, 竹下洋平, 興梠征典: 脳血管撮影時の水晶体防護-ファントム実験とモンテカルロシミュレーションによる検証-. 第 33 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会, グランドプリンスホテル新高輪国際館パミール (東京都・港区), 11 月 23 日-25 日, 2017
 - 3) 川内 覚, 千田浩一, 依田彰吾, 細尾久幸, 盛武敬, 濱田祐介, 佐久間秀之, 孫 略, 松丸祐司, 鶴田和太郎, 堂福翔吾, 田野政勝: 血流改変ステントを用いた脳動脈瘤治療における患者被ばく線量. 第 33 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会, グランドプリンスホテル新高輪国際館パミール (東京都・港区), 11 月 23 日-25 日, 2017
 - 4) 盛武敬: 脳外科医師から見た DRLs2015. 第 33 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会, グランドプリンスホテル新高輪国際館パミール (東京都・港区), 11 月 23 日-25 日, 2017
 - 5) Nagamoto K, Moritake T, Takayama A, Sun L, Watanabe R, Murakami S, Okazaki R: Variation of Local Doses by Rotation Time in the Volume Scanning CT for Auditory Ossicle.

The 3rd International Conference on Radiological Science and Technology, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima, Japan, October 21, 2017

- 6) 永元啓介, 盛武 敬, 茂呂田孝一, 松崎 賢, 高山愛菜, 孫 略, 渡辺 亮, 村上誠一, 岡崎龍史: CT検査における患者介助者の被ばく線量測定. 平成 29 年度日本産業衛生学会九州地方会学会, 熊本国際交流会館 (熊本県・熊本市), 7 月 14 日-15 日, 2017
- 7) 松崎 賢, 盛武 敬, 茂呂田孝一, 永元啓介, 孫 略, 木下弘子, 笹山眞吾, 山田貴大, 太田篤志, 和田裕佑, 石原隆宏, 熊奈津代, 梶木繁之, 岡崎龍史: 当院 IVR 施行医の被ばく防護に対する実態調査. 平成 29 年度日本産業衛生学会九州地方会学会, 熊本国際交流会館 (熊本県・熊本市), 7 月 14 日-15 日, 2017
- 8) 茂呂田孝一, 盛武 敬, 松崎 賢, 永元啓介, 孫 略, 石原隆宏, 山田貴大, 岡崎龍史: DICOM-RDSR を用いた線量管理の可能性. 平成 29 年度日本産業衛生学会九州地方会学会, 熊本国際交流会館 (熊本県・熊本市), 7 月 14 日-15 日, 2017
～以下省略～

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 3 件)

名称: 接触検知装置及び放射線照射装置

発明者: 盛武敬, 小野洋彰

権利者: 産業医科大学, (有) コスモテック

種類: 特許

番号: 特願 2017-194606

出願年月日: 2017 年 10 月 4 日

国内外の別: 国内

名称: 放射線被ばくの判定方法

発明者: 孫略, 盛武敬, 平山暁, 千田浩一

権利者: 産業医科大学, 筑波技術大学, 東北大学

種類: 特許

番号: 特願 2017-030440

出願年月日: 2017 年 2 月 21 日

国内外の別: 国内

名称: 放射線暴露原因の推定方法及び推定システム

発明者: 田村拓也, 盛武敬, 石垣陽

権利者: 産業医科大学, ヤグチ電子工業 (株)

種類: 特許

番号: 特願 2014-254228

出願年月日: 2014 年 12 月 16 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

盛武 敬 (MORITAKE, Takashi)

産業医科大学・産業生態科学研究所・准教

授

研究者番号: 50450432

(2) 研究分担者

錦戸 文彦 (NISHIKIDO, Fumihiko)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所 計測線量評価部・研究員

研究者番号: 60367117

千田 浩一 (CHIDA, Koichi)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号: 20323123

吉永 信治 (YOSHINAGA, Shinji)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所 放射線防護情報統合センター リスク評価チーム・チームリーダー

研究者番号: 50270616

綿貫 啓一 (WATANUKI, Keiichi)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号: 30212327

松丸 祐司 (MATSUMARU, Yuji)

筑波大学・医学医療系・教授

研究者番号: 70323300

松原 俊二 (MATSUBARA, Syunji)

川崎医科大学・医学部・准教授

研究者番号: 60294675

岡崎 龍史 (OKAZAKI, Ryuji)

産業医科大学・産業生体科学研究所・教授

研究者番号: 50309960

(3) 連携研究者

赤羽 恵一 (AKAHANE, Keiichi)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所 計測線量評価部 外部被ばく線量評価チーム・チームリーダー

研究者番号: 80202521

加藤 守 (KATO, Mamoru)

東北大学・医学 (系) 研究科 (研究院)・非常勤講師

研究者番号: 10595573

早川 幹人 (HAYAKAWA, Mikito)

筑波大学・医学医療系・講師

研究者番号: 80450229