

令和 4 年 4 月 22 日現在

機関番号：13301
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2019～2021
課題番号：19K08223
研究課題名(和文)放射線治療時のリスク臓器線量のインビボ測定に向けた Disposable 線量計の開発

研究課題名(英文)Development of disposable dosimeter for in-vivo measurement of organ at risk during radiation therapy

研究代表者
林 裕晃 (Hayashi, Hiroaki)

金沢大学・保健学系・准教授

研究者番号：30422794
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)： ^{192}Ir を用いた放射線治療は子宮頸がん治療に用いられており、この治療では放射線感受性が高い直腸がリスク臓器となるため、投与線量を正確にコントロールすることが求められている。本研究では、光刺激ルミネッセンス(OSL)線量計を用いて新しい直腸線量計を自作し、実臨床において線量を実測することで、放射線線量計の開発と実臨床での投与線量の精度についての知見を得ることを目的とした。自作した直腸線量計は、非常に小型で安価で製作できたため、使い捨て用途にも適しており衛生的である。臨床研究で得られた結果では、計画線量と実測線量は10%以上の差が生じている例もあったが、その原因を分析することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
放射線治療時の投与線量は数%の誤差範囲内で決定できていると言われていたが、この値は人体模型などを用いて測定した静的な条件下での評価であり、一般的には患者さんに起因する誤差を含んでいない。本研究で行った実測では、患者さんの状態や治療計画に用いるX線画像の質によって、実際の投与線量と計画線量の間に10%を超える差異が生じる可能性があることを明らかにした。この事実は、放射線治療の安全性や危険性を示すものではなく、あくまでも実臨床において、患者さんに起因する誤差要因が入り込む可能性を明示し、またこのような差異を開発した放射線線量計によって検出することができたことは学術的に大変重要である。

研究成果の概要(英文)：Radiation therapy using ^{192}Ir is used for the treatment of cervical cancer. Since the rectum, which is one of the radiation-sensitive organs, is an organ at risk in this treatment, it is required to control the dose precisely. In this study, we aimed to develop a new rectum dosimeter using an optically stimulated luminescence (OSL) dosimeter and actually measuring the dose during clinical treatment to obtain knowledge about the development of a novel radiation dosimeter and the accuracy of delivered doses during clinical treatment. The hand-made rectum dosimeter was very small and inexpensive, therefore it is suitable for disposable use and is hygienic. For the results obtained in clinical studies, although we experienced a few cases in which differences between the planned and the measured doses become 10% or more, we could analyze the causes.

研究分野：医学物理学

キーワード：医学物理学 放射線線量計 子宮頸癌治療 密封小線源治療 放射線治療 精度検証 インビボ測定 直腸線量

1. 研究開始当初の背景

子宮頸癌はヒトパピローマウイルスによって引き起こされ、性的活動期である若年女性の罹患率が高い稀な癌である。子宮頸癌に対する治療は外科的療法と放射線療法であり、病期によっては化学療法も併用される。放射線療法では、外部からターゲット(腫瘍)を照射する外部放射線治療と密封された小型の放射性同位元素を用いて体内から腫瘍を照射する密封小線源治療が併用される。本研究では、密封小線源治療に着目して研究を行った。

図1に密封小線源を子宮頸がん治療に適用した際の概念図を示す。患者の膣に線源を導入するための器具(アプリーケータ)を挿入し、外部から遠隔操作で高線量の放射線源を輸送し、治療を行う。このシステムは、リモートアフターローディング(RALS)法と呼ばれ、一般的には¹⁹²Ir(イリジウム192)を放射線源として使用している。この治療は、ターゲットの近傍から放射線を近接的に照射することができるため非常に効率が良いが、放射線が照射される部位を自由に制御できないという欠点もある。結果として、ターゲット(腫瘍)と同時に正常組織への放射線照射量を適切にコントロールすることが求められる。特に、直腸や膀胱は放射線の感受性が高く、これらの正常組織に過剰な放射線が照射された際の有害事象として、直腸出血や膀胱炎などが起こることが報告されている。

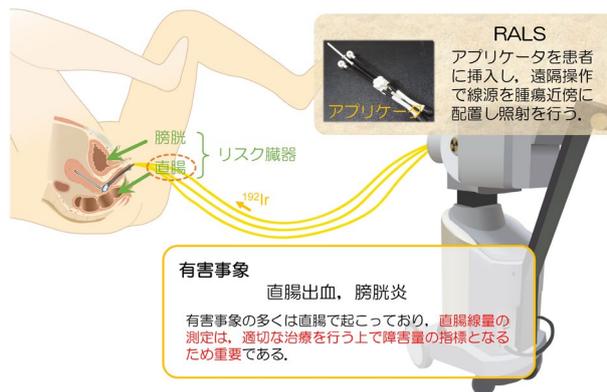


図1 子宮頸癌治療における密封小線源利用の概念図

2. 研究の目的

放射線治療時にはリスク臓器の線量は、コンピュータ計算によって評価しているが、様々な技術的な制約がある事も確かである。図2に本研究の学術的な問いを示す。実際の放射線治療では、患者をポジショニングした後に、治療計画画像を取得し、治療計画を作成した後に、実際の照射を行う。しかし、画像を取得してから実際の治療を行うまでに時間が空くため、患者や臓器の状態が初期状態のまま保持されているかどうかは保証されていない。線量計を作成し、実測データを取得することができれば、治療計画時の線量と実際の投与線量の比較を行う事ができ、結果として治療計画画像を取得してから照射が行われるまでの患者や臓器の体動などに起因する誤差要因を評価できると考えた。

本研究の目的として、以下の2項目を設定した。

<<目的1>>

直腸線量計を新たに設計・製作する。

<<目的2>>

実臨床データを取得し、計画線量と実測線量の違いを調べる。

3. 研究の方法

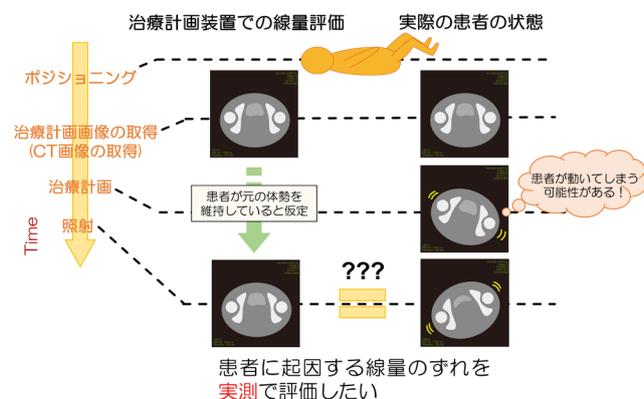


図2 治療計画装置を用いた線量評価と実際の患者の状態の違いの概念図



図3 自作直腸線量計の製作手法

直腸線量の製作は、OSL シートを用いて行った。OSL シートは、米国ランダウア社で製造され、 $Al_2O_3:C$ を成分とする輝光性蛍光体の一種である。放射線の線量に応じた応答を示す素子であり、照射後の任意の時間に読み取りを行う事ができることが特徴である。線量の情報を比較的長時間保持する能力に長けるため、個人被ばく線量計などに用いられている。図 3 に線量計の製作手順を示す。まず、図 3 の左上に示した OSL シートを 2 cm×1 cm の小片に切り出し、黒色の遮光ビニルで覆った。次に、この検出素子を熱収縮チューブを用いて直径 6 mm のカテーテルに固定した。熱収縮チューブはヒートガンで熱し、適切に収縮させた。図 3 の中ほどに示したように、直腸線量計はカテーテルに固定された構造をしている。ほぼカテーテルと同じ外形とすることで、実際に患者の肛門から腸に挿入した際に不快な思いを軽減できるように工夫した。この直腸線量計は EOG ガス滅菌をした後に臨床で使用した。さらに、図 3 の下側を用いて解析手法を説明する。照射した OSL 線量計は、ポンチを使って直径 5 mm のディスク 3 つを等間隔に打ち抜いた。そしてこのディスクを市販の OSL 線量計 (nanoDot OSL 線量計、長瀬ランダウア株式会社) のケースにはめ込むことで、市販の線量計と同一の形状にし、市販の OSL リーダー (マイクロスター、長瀬ランダウア株式会社) を用いて読み取った。自作の線量計を作りつつも、解析に関わるハードウェアは市販品を使う事で、線量計の開発や特性評価などの実験に研究の多くの時間を充てられるように工夫した。

OSL 線量計を OSL リーダーで読み取ると線量に応じて計数值 (カウント) が得られる。このカウントを線量に適切に変換する手法を線量校正といい、放射線計測で非常に重要な解析である。図 4 に線量校正の手法を示す。まず、実験的に RALS システムを用いて ^{192}Ir からの放射線を線量計に照射する必要がある。そのために、図 4 の左上に示した一辺が 10 cm の直方体のアクリル製ファントムを自作した。ファントムには、中心に ^{192}Ir を挿入できる貫通孔を空け、左右に直腸線量計や市販の OSL 線量計を挿入できる貫通孔を空けた。ファントムの画像を治療用の CT 装置で撮影し、線量計位置に決められた線量が付与されるように ^{192}Ir の停留時間を制御した。この方法は実際の放射線治療で行われている方法と同じである。線量の計算値 (計画線量) を 1 Gy から 10 Gy の範囲で変化させることで、線量と直腸線量計の応答値 (カウント) の関係性を実験的に決定した。

図 4 の右下に示した図が線量校正直線である。横軸 (X 軸) は計画線量であるが、治療計画装置ではすべてを水として構成された直径 30 cm の球を仮定しており、実際のアクリル製ファントムと前提条件が異なるため、両者の条件での線量付与の割合をモンテカルロシミュレーションで計算し、補正係数として乗ずることで値を適切に補正している。縦軸 (Y 軸) は線量の応答値 (カウント) である。一方で、この校正は、直腸線量計と放射線源の位置的な関係性が常に同一である (変化しない) という前提条件の元で成り立つが、実臨床の使用において、円筒形状の線量計の角度を制御することは極めて困難である。そこで、円筒形状の線量計を故意に回転させ、どのような影響が得られるのかを調べた。このような性質を角度依存性という。

図 5 に角度依存性の評価手法と結果を示す。解析では OSL シートから 3 か所を打ち抜いて測定用素子を製作している。この事は、シートを A, B および C と 3 分割した際のそれぞれの場所の線量依存性が線量計の回転角度によってどのように変わるのかを調べなければいけないことを意味している。そこで、図 4 に示した実験において、45 度毎に線量計を故意に回転させて、依存性を調べた。図 5 の右側に結果を示す。A, B および C のそれぞれの部位に相当する線量は、角度によって大きく変化している。その理由は線源とそれぞれの部位の距離が変化するためである。このままでは角度依存性が出てしまうが、本研究では A, B 及び C の平均を計算することを発想した。図 5 の右下に示すように、平均値は角度に依らず一定値を示しており、平均操作によって角度依存性の影響を排除できることが示された。さらにこの実験を複数回行うことで再現性に関わる誤差を算出したところ、3.1% (k=1) 程度であることがわかった。

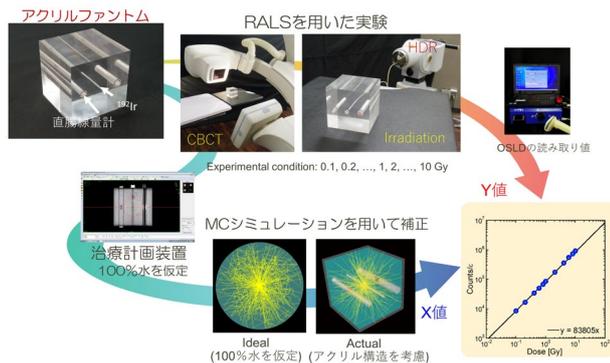


図 4 線量校正手法

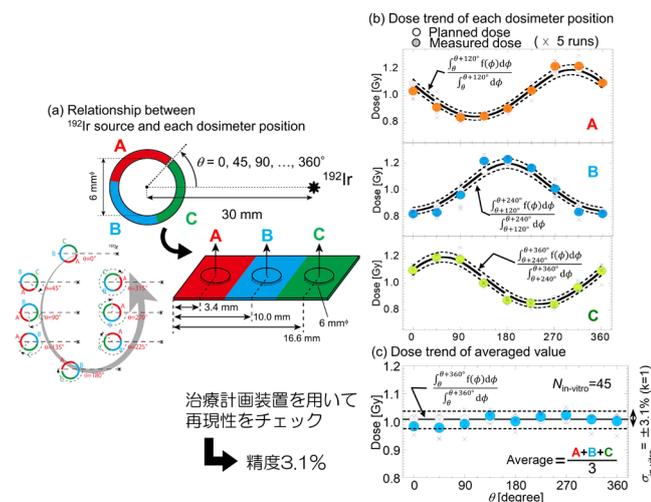


図 5 直腸線量計の角度依存性評価結果

次にこの線量計を臨床で使用し、臨床データを取得した。図6に方法の概念図を示す。図6の左側に示した流れは実臨床で使用されている方法(プロトコル)である。まず、患者のセッティングを行い、アプリケーションを挿入する。次に、X線透視によってアプリケーションの設定位置を確認する。さらに、CT画像を取得する。そして、この画像を用いて治療計画を立て、照射を行う。最後にアプリケーションを抜去し、一連の放射線治療が終わる。本研究で開発した直腸線量計は、臨床のプロトコルをほぼ乱すことなく適用可能である。図6の右図に示した通り、直腸線量計実測のための追加手順としては、①アプリケーションの挿入時に追加で直腸線量計を肛門より挿入する手順と、②アプリケーションの抜去時に直腸線量計も同時に抜去するという2つの簡便な手順が追加されるだけである。

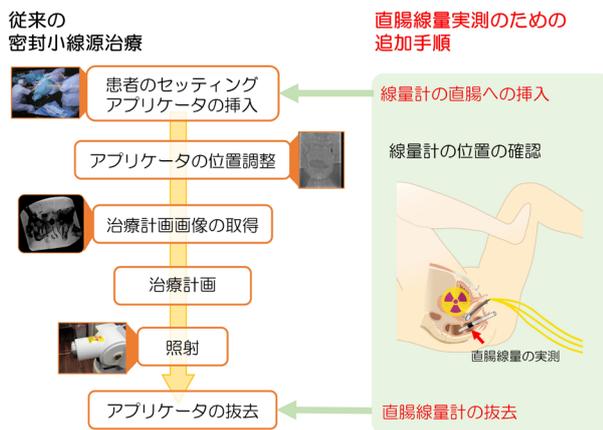


図6 臨床研究の流れ

臨床研究に際して、当該研究施設の倫理審査委員会の承認を得た。データ解析は、計画線量と実測線量の比較をメインに行った。これらの値がずれることが事前に想定されたため、ずれの要因を分析できるように、追加で以下の情報を記録した。記録した情報は、(a)治療中の患者の体動の有無、(b)腸内ガスの有無、そして(c)アーチファクトの有無である。(a)に関しては、治療に立ち会った看護師から聞き取りを行った。主な体動の要因は、排尿によるものである。治療時に少しでも膀胱壁を放射線源から離すために患者には蓄尿して治療を受けてもらう方針としているが、長時間に及ぶ治療で排尿してしまうケースがいくらかあった。(b)や(c)は治療計画用に取得したCT画像を解析することで情報を得ることができた。腸内ガスが存在する場合には、直腸線量計の場所が固定されずに動いてしまうことが想定される。また、治療によっては金属アプリケーションを使用する必要があったが、金属部品とCT画像の相性が悪く、特に金属アプリケーションを用いた場合にはCT画像が乱れてしまう。この現象を金属アーチファクトと呼んでいる。金属アーチファクトが生じた場合には、アプリケーションの正確な位置を決定することが難しくなるため、¹⁹²Irの導入経路に不正確性が生じる。結果として、線量計算値が不正確になることが想定される。このように実臨床では、様々な誤差要因が入り込むが、それらが複合して結果に表れるため、要因を個別に分離して厳密な解析をすることは非現実的である。本研究では、上述の(a)、(b)および(c)の要因を主因と仮定し、データを分類した。

4. 研究成果

図7に臨床試験で得られた典型的な画像と線量分布を示している。左の画像は矢状面であり、右側に見える子宮の中に挿入したアプリケーション(タンデムアプリケーション)中の放射線源の停留点を中心として、線量分布が描かれている。線量計は腸に挿入されているが、直腸線量計を固定したカテーテル内は空気で満たされているため、CT画像上では黒く描出される。直腸線量計と最も近い線源停留位置の距離はおよそ30mmであった。この値は、図4で示したアクリルファントムでの線量校正時の設計条件とほぼ同一である。図7の右図はCT画像の体軸断面であり、人体を横方向に輪切りにした断面に相当する。この断面では、上方に2つの線源停留点が見られるが、これはアプリケーション(オボイドアプリケーション)の場所を示している。この断面においても、放射性同位元素の停留位置と直腸線量計の距離はおよそ30mmであった。図7の画像は、放射線治療で使用するソフトウェアで、投与線量の予測値を示したものである。このシステムを治療計画装置と呼び、計算された線量を「計画線量」という。

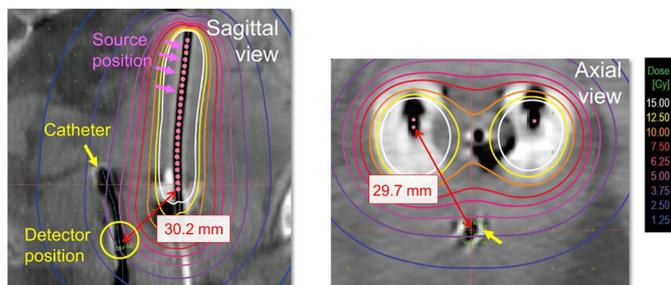


図7 典型的な臨床画像

注意しなければいけないことは、この治療計画用の画像は、患者を照射する前に撮られた画像であり、実際の治療中に全く同一の状態である事は保証されていないことである。すなわち、直腸線量計を患者に挿入し、図6に示した方法に従って研究を行い、「実測線量」を得ることができるが、この実測線量が上述の計画線量と一致することは臨床研究においては保証されていない。一方で、図5に示した静的なファントムスタディにおいては、治療計画画像の状況と実際の照射条件が同一であるため、実測線量と計画線量は一致する。図5に示した結果では、その一致度は3.1%であると評価できた。以上の状況をまとめると、患者を使った臨床研究を行ったと

きに、実測線量と計画線量の一致度がファントムスタディで得られた精度である3.1%よりどの程度大きくなるかという事が一つの大きな評価項目になる。

図8に延べ人数64名に対して臨床研究を行った結果を示す。治療計画画像は、コーンビームCT(CBCT)とマルチスライスCT(MDCT)の二種類のケースが存在していたが、両者によって結果は変わっていないので、両者の違いには着目しない。図8の上図は相関図である。横軸は「計画線量」であり、直腸線量計が挿入されたポイントで、治療計画装置を用いて計算した線量予測値を示している。多くのデータが4 Gy 近傍にある事が分かる。縦軸は直腸線量計を用いて実測した値、すなわち「実測線量」である。計画線量と実測線量が一致するデータは、斜め45度のライン(Y=X)上にプロットされる。このラインからのずれを評価するために、図8の下図に示すように、残差をプロットした。これらを算術的に評価すると、残差のデータは12.7%の標準偏差をもっているという理解できる。

次に、この観測されたずれをより定量的に評価するために、図9に示したように計画線量と実測線量の相対的なずれの頻度分布を作った。この分布関数を作成する際に、制約が課せられなかった一般的な照射条件(Common situations)と、制約が課せられた照射条件に分けた。制約としては、(a)患者の体動(Patient movement)、(b)腸内ガス(Gas)、および(c)アーチファクト(Artifacts)を主要項目として挙げた。これらのデータは、治療時に立ち会った看護師からの情報提供や、治療計画画像の事後解析によって分類を行った。まず、(c)のアーチファクトに着目する。アーチファクトが生じる原因は、患者によっては金属アプリケーションを使用せざるを得なかった状況に相当するが、日常的にこのような状況が生じており医療スタッフがアーチファクト入りの画像を見慣れているため、大きな影響は無さそうに見える。つまり、アーチファクトの発生は確かに画像を見にくくする一因ではあるが、アーチファクトが発生したからといって、計画線量が大きくずれるという事は考えにくい。本研究の施行により、このような重要なエビデンスが得られたことは、日々の治療行為の正当化において大変重要である。次に(a)や(b)が起こった場合について詳しく調べてみる。(a)や(b)が起こると、図9の分布関数の両端にプロットされることが多いことは一目瞭然である。中心の±10%の範囲は、ファントムスタディで得られた誤差の3倍の範囲であり、統計学的な変動においてこの範囲を超えたデータが観測されることはまず考えられない。このことから、±10%の変動範囲を超えたデータは、何らかの異常が起こったと考えるのが妥当であろう。この異常なずれの要因として、(a)腸内ガスや(b)腸内ガスの存在との関係性を示すことができたことは、本研究で開発した直腸線量計を用いて実測を行ったことの意義を示している。

本研究では、OSLシートを用いた直腸線量計を新たに開発し、実臨床データを取得することで、必ずしも精度数%で線量付与が行われていない可能性を示した。現在の多くの研究は、治療計画画像に対していかにして精度よく線量を付与するかという事に着目されがちであるが、実測という行為を通して、実際の患者を用いた線量検証を行っていくことの重要性を示した。

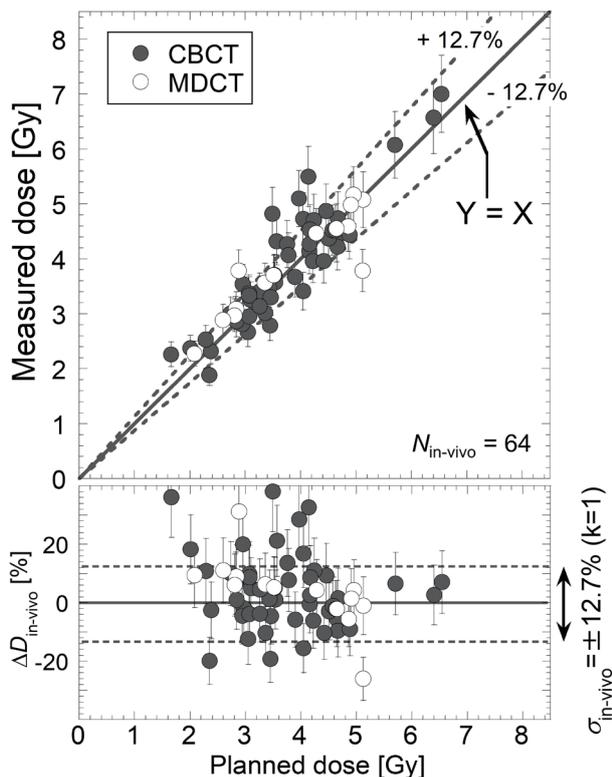


図8 直腸線量の測定結果

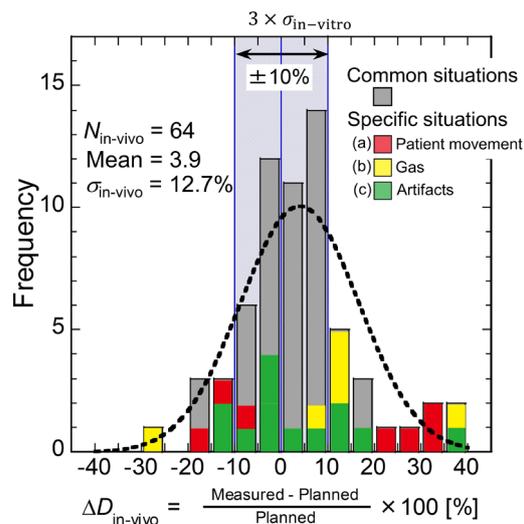


図9 計画線量と実測線量の差の分析結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hayashi Hiroaki, Kimoto Natsumi, Maeda Tatsuya, Tomita Emi, Asahara Takashi, Goto Sota, Kanazawa Yuki, Shitakubo Yasufumi, Sakuragawa Kanako, Ikushima Hitoshi, Okazaki Tohru, Hashizume Takuya	4. 巻 48
2. 論文標題 A disposable OSL dosimeter for in vivo measurement of rectum dose during brachytherapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 4621-4635
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/mp.14857	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Asahara, Hiroaki Hayashi, Emi Tomita, Kanako Sakuragawa, Hiroshi Saegusa, Yasufumi Shitakubo, Hitoshi Ikushima, Yuki Kanazawa, Yoshiki Mihara, Yoshinori Miyahara, Tohru Okazaki, Takuya Hashizume and Vergil LE Cruz	4. 巻 6
2. 論文標題 Development of Novel Rectum Dosimeter using OSL sheet with the aim of Direct Dose Measurement of Organ Dose during Brachytherapy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress in Nuclear Science and Technology	6. 最初と最後の頁 30-33
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15669/pnst.6.39	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Vergil Lorenzo E. Cruz, Tohru Okazaki, Hiroaki Hayashi, Yoshiki Mihara, Takashi Asahara, Natsumi Kimoto, Hiroki Okino, Yuki Kanazawa, Takuya Hashizume, Ikuo Kobayashi	4. 巻 6
2. 論文標題 Energy and Angular Dependence of the Small-Type OSL Dosimeter in Nuclear Medicine Regions using Monte Carlo Simulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress in Nuclear Science and Technology	6. 最初と最後の頁 34-38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15669/pnst.6.34	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Emi Tomita, Hiroaki Hayashi, Takashi Asahara, Kanako Sakuragawa, Yasufumi Shitakubo, Hiroshi Saegusa, Hitoshi Ikushima, Yuki Kanazawa, Sota Goto, Tohru Okazaki, Takuya Hashizume and Vergil LE Cruz	4. 巻 6
2. 論文標題 Direct Radiation Dose Measurement of Rectum during High-Dose-Rate 192Ir Brachytherapy for Cervical Cancer Treatment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress in Nuclear Science and Technology	6. 最初と最後の頁 34-42
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15669/pnst.6.39	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tohru Okazaki, Hiroaki Hayashi, Yoshiki Mihara, Takashi Asahara, Natsumi Kimoto, Yuki Kanazawa, Kosaku Higashino, Kazuta Yamashita, Sumi Yokoyama, Kazuki Takegami, Takuya Hashizume, Vergil LE Cruz and Ikuo Kobayashi	4. 巻 6
2. 論文標題 Applicability of a Practical Calibration for the Small-type OSL Dosimeter for Measuring Doses from Direct X-rays and Penetrating X-rays Affected by Scattered Radiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress in Nuclear Science and Technology	6. 最初と最後の頁 22-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15669/pnst.6.22	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Emi Tomita, Hiroaki Hayashi, Takashi Asahara, Natsumi Kimoto, Sota Goto, Yuki Kanazawa, Yasufumi Shitakubo, Kanako Sakuragawa, Hitoshi Ikushima, Tohru Okazaki, Takuya Hashizume
2. 発表標題 Development of a Clinically Applicable Rectum Dosimeter for Brachytherapy using an Optically Stimulated Luminescence Dosimeter
3. 学会等名 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sota GOTO, Hiroaki HAYASHI, Emi TOMITA, Takashi ASAHARA, Natsumi KIMOTO, Yuki KANAZAWA, Hidetoshi YAMAGUCHI, Morihito SHIMIZU
2. 発表標題 Novel Disk-Shaped OSL Dosimeter Having Smaller Angular Dependence
3. 学会等名 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Asahara, Hiroaki Hayashi, Sota Goto, Emi Tomita, Natsumi Kimoto, Takumi Asakawa, Kazuki Takegami, Yuki Kanazawa, Tohru Okazaki, Takuya Hashizume
2. 発表標題 Precise dose calibration method of OSL dosimeter with help of X-ray spectra toward exposure dose evaluation of eye lens
3. 学会等名 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Takegami, Hiroaki Hayashi, Takashi Asahara, Sota Goto, Emi Tomita, Natsumi Kimoto, Yuki Kanazawa, Shohei Kudomi
2. 発表標題 Dose calibration factor of an OSL dosimeter during CT examination to measure exposure dose of patients taking into consideration proper X-ray quality
3. 学会等名 ECR2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 裕晃, 前田達哉, 浅原 孝, 後藤聡汰, 竹上和希, 李 青海, 安藤未来, 金澤裕樹, 生島仁史, 岡崎 徹, 橋詰拓弥
2. 発表標題 ディスプレイ型自作直腸線量計を用いた子宮頸がん治療における線量の実測
3. 学会等名 第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林裕晃
2. 発表標題 OSL 線量計を用いた 直腸線量計 の開発とHDR RALSによる子宮頸癌治療における in vivo線量測定
3. 学会等名 医学物理士会主催の医学物理士セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

金沢大学医薬保健研究域保健学系(林研究室)内の研究成果紹介ページ
http://hayashi.w3.kanazawa-u.ac.jp/index_02.html

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	金澤 裕樹 (Kanazawa Yuki) (80714013)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部(医学域)・助教 (16101)	
研究分担者	生島 仁史 (Ikushima Hitoshi) (90202861)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部(医学域)・教授 (16101)	

	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
研究協力者	富田 恵美 (Emi Tomita)		

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