

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：33920

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K07671

研究課題名(和文)脳血管奇形に対するフレームレス光子線高精度照射法の精度向上と低侵襲化の検討

研究課題名(英文)Improvement of precision and less invasiveness on frameless photon radiosurgery for intracranial vascular malformations

研究代表者

大宝 和博(Ohtakara, Kazuhiro)

愛知医科大学・公立大学の部局等・客員研究員

研究者番号：20452146

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)：定位照射標的定義において選択的血管造影検査が必須である脳動静脈奇形・硬膜動静脈瘻に対するフレームレス照射のより正確、安全、快適な治療体系確立に向けて本研究を行った。1)従来フレーム固定下でのみ可能であった直交2方向2D血管造影画像(1～2フレーム)と3D回転撮影によるcone-beam CT画像(CBCTA)の高精度統合と共通座標共有下の双方参照は、subtractionしたCBCTA画像を使用することで専用ソフト上で統合可能なこと、2)フレームレスでの治療前setup精度はフレーム固定と遜色なく、治療中の頭部の動きは最新の体表面形状認識システムで随時検出・補正できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2Dと3D血管造影画像の統合診断をソフト上で高精度に実施できるようになり、血管構築の複雑な例に対しても、模擬計画を行い正確な標的体積と期待閉塞率推定のもと確信度の高い適応判断が可能となり、多職種連携のもと十分な時間をかけ余裕をもった治療計画が可能となった。血管内治療など他の治療にも有用で、血管造影読影力向上の面で教育的意義も大きい。患者にとって、再度の血管造影検査を省略できる、治療当日の負担が圧倒的に軽減され外来で実施できるなどより安全で快適な治療体系となった。従来定位照射の中で侵襲性の高かったフレーム固定主体の血管奇形定位照射でも、フレームレス治療を標準的な位置づけとする基盤を構築できた。

研究成果の概要(英文)：This study was conducted to make frameless stereotactic radiosurgery (SRS) more accurate, safe and comfortable for cerebral arteriovenous malformation and dural arteriovenous fistula which require selective angiogram for precise target definition, and demonstrated the following results: 1) Accurate co-registration of 2D digital subtraction angiogram (2D-DSA) and 3D cone-beam CT angiogram (CBCTA), previously achievable only with image localizer under frame fixation, could be performed in a frameless manner utilizing subtraction-CBCTA and the whole sequences of 2D-DSA with a dedicated upgraded application software. 2) Initial setup accuracy and intra-fractional head motion, manageable with real-time surface guidance system, for frameless SRS were comparable to those for frame-based one.

研究分野：放射線腫瘍学

キーワード：定位放射線照射 脳動静脈奇形 硬膜動静脈瘻 脳卒中 脳血管障害 低侵襲 高精度放射線治療 光子線

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

脳動静脈奇形(AVM)や硬膜動静脈瘻(dAVF)など頭蓋内血管奇形(ICVM)に対する定位照射(STI)の、現在(2022)でも一般的(標準的)な方法は、定位手術用フレームを頭蓋骨に固定した後、再度血管造影検査を行い限られた時間の中で治療計画を行い照射する workflow (FBRS, frame-based radiosurgery)である。1日がかかりとなり患者・現場の負担は大きい。前回の基盤研究C(25461911)で、選択的血管造影での3D回転撮影によるcone-beam CT画像(CBCTA)主体の標的定義に基づく、画像誘導システム(IGS)を活用したマスク固定によるフレームレス照射(FLRS, frameless radiosurgery)について、基礎的検討の上、基本的運用法を確立し、臨床応用を行った。血管構築の複雑な例ではCBCTAのみでの標的定義が困難なこと、照射中の頭部の予期せぬ動きに伴う精度誤差などの課題があった。

### 2. 研究の目的

頭蓋内血管奇形 ICVM に対する FLRS のより高精度、安全、快適な治療体系の確立と様々な治療装置での普遍的適用に向けて、FBRS に比べ劣る点など現状での問題点・課題の解決をはかる。高精度化のため、1)血管構築が複雑な例での高空間・時間分解能を有する血管造影画像統合診断システムの確立により複雑な血管構築をより可視化し把握しやすくする、2)塞栓術先行例における標的定義と線量計算精度の向上をはかる、3)マスク固定での治療中の頭部の動きに対する適切な対応法。安全性・快適性向上のため、1)治療当日の血管造影検査を確実に省略可能な治療体系の確立、2)定位手術用フレーム固定を省略しマスク固定でも総合的な治療精度として非劣勢の治療体系の確立、3)治療前日までに治療計画・検証を時間的余裕もって実施することで治療当日の患者・現場負担の軽減、完全外来治療の確立、4)治療当日の機器故障時にも柔軟に対応(翌日以降に延期)可能な体系の構築。

### 3. 研究の方法

- 1) CBCTA 主体の標的定義に基づき治療予定前日までに治療計画・検証までを十分な時間をかけて余裕もって行う FLRS 運用のリニアック系全般での普遍的な適用可能性を検討した。
- 2) 塞栓術先行例における CT アーチファクトと残存病変描出困難を克服し、線量計算精度を高めるため、dual energy CT によるアーチファクト低減、血管描出 3D 画像の適切な処理法、不均質補正に優れた線量計算アルゴリズムの導入等を検討した。
- 3) FBRS に比べ FLRS が劣る最大の課題である直交 2 方向(斜位含む)の 2 次元血管造影画像(2D-DSA)を治療計画画像に直接統合し参照できない点を解決するため、2D-DSA ペア画像と三次元回転撮影での CBCT 再構成像(CBCTA)を、定位手術枠固定下での image localizer を介さず、アプリケーションソフト上で 2D-DSA と CBCTA の両者を高精度統合し共通座標共有下で相互参照、統合診断する至適方法を検討した。
- 4) Multi-detector CT など新規 CT 技術活用による経静脈的 CT 血管造影画像が侵襲的経動脈的血管造影を代替しうるか検討した。
- 5) ロボット制御定位照射システムでの FLRS 運用の適用確認と至適線量分布実現のための最適化法を検討した。多分割絞り(MLC)によるリニアックシステムとの線量分布の優劣を検討した。

### 4. 研究成果

- 1) CBCTA 主体の標的定義に基づく FLRS は、ロボット制御定位照射システム、0-ring 型動態追尾定位照射でも運用可能であることを確認し臨床応用も行った。ICVM に対する FLRS はガンマナイフ、リニアック系など光子線定位照射に普遍的に適用可能な治療体系であることを明らかにした。
- 2) 塞栓後の残存病変の描画は、治療計画 CT と塞栓前後の CBCTA(塞栓後では subtraction 画像も有用)を統合し、視認できる塞栓物質と塞栓前後の造影血管を対比することで認識可能であることを明らかにした。Dual energy CT 活用の付加意義については課題となった。塞栓物質(NBCA)と周囲アーチファクトをそれぞれ描画し、その組成と物理密度の両者をそれぞれ塞栓物質と脳組織相当に上書きした上でモンテカルロ法あるいは線形ボルツマン輸送方程式を応用した線量計算アルゴリズムを用いた線量計算により不均質補正(線量計算)の精度が向上した。但し、Onyx はアーチファクト顕著であり課題が残る。可能であれば塞栓前

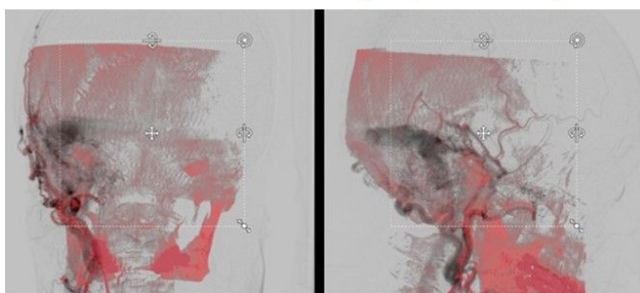
の照射が望ましい。

- 3) 2D-DSA と CBCTA のソフト上での統合は、CBCTA subtraction 像の使用で血管成分の抽出量、選択性が有意に向上し高精度統合可能なことを明らかにした(図 1)。また 2D-DSA 全フレーム統合可能となり、特に high flow 例では秒間撮影フレーム数最大で撮影することで、時間分解能を高め 3D 画像の 4 次元的解析が可能となった。2D-DSA 全フレームと CBCTA を共通座標共有下に双方参照でき、さらに T2 強調像など脳・神経組織が描出する画像を統合することで各血管、nidus 成分の脳局在、脳組織の介在程度、各耐容性の認識が可能となった。病変周囲を通過する正常血管を識別し、治療対象とすべき異常血管を高い確信度をもった可視化が可能となった。2D-DSA と CBCTA の 4 次元統合診断(図 2)は、血管造影画像の読影力向上に有用で、教育上の意義も大きいことを明らかにした。また定位照射に限らず血管奇形の適切な診断、事前の標的体積推定に基づく治療方針選択を判断する上で、客観的で確信度の高い情報となり有用であることを明らかにした。
- 4) 経静脈的 CT 血管造影に基づく標的定義は、血管構築の単純な病変など適用は非常に限定的であることが明らかとなった。初回診断時に、2D-DSA と CBCTA(subtraction 含む)を確実に実施することが、その後の方針決定、適切な治療を行う上で重要であることが明らかとなった。
- 5) ロボット制御システムでは、可変式準円形コリメータが標的形狀への線量集中性、内部線量増加、標的外線量減衰、照射時間短縮の点で最適であった。また標的体積を閉塞優先度、正常脳含有度、隣接脳機能重要度の観点で細分化してとらえ(segmentation)、更新されたアルゴリズム(VOLO)を活用し、複数標的を異なる線量で一連照射するよう線量勾配、線量強度を最適化できることを明らかにした。高精細 MLC(2.5 mm)では、多軌道回転型強度変調による最適化の適用によりほぼ同等な線量分布を実現可能なことを明らかにした。5 mm MLC での再現性は今後の課題である。
- 6) IGS 無しでの定位手術枠での治療前セットアップは FLRS に劣る可能性が高いことが明らかになった。FLRS での照射中の頭部の動きの検出補正は、ロボット制御システムが検出間隔の短さとロボットが誤差補正する点で最も優れるが、汎用リニアックも blue light や体表温度カメラによる体表形状のリアルタイムモニターや照射中の kV X 線照合などにより従来より精度向上が期待される。

本研究により ICVM (AVM, dAVF)定位照射は、診断時点で定位照射を意識した画像取得を行うことで、標準的な FBRS から、より高精度で安全、快適性をもった FLRS へ十分置換でき、また置換すべきことを明らかにした。また、ICVM に限らず、腫瘍を含めた FLRS 全般の精度向上につながる。

図 1: 横 S 状静脈洞部 dAVF における CBCTA 通常画像(上)と subtraction 像(下)での血管成分抽出の選択性、抽出量、統合精度の差異

### Cone-beam CT angio (Standard)



### Cone-beam CT angio (Subtraction)

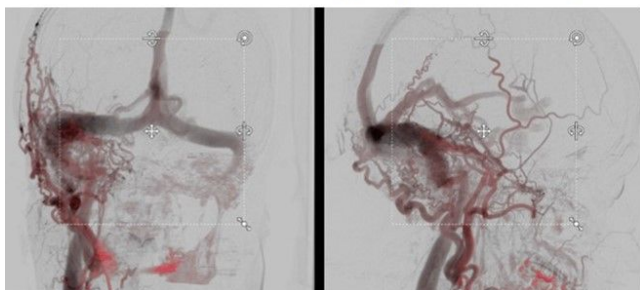
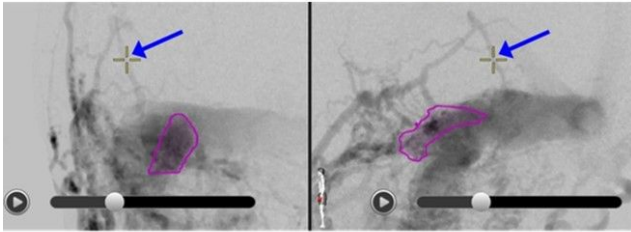
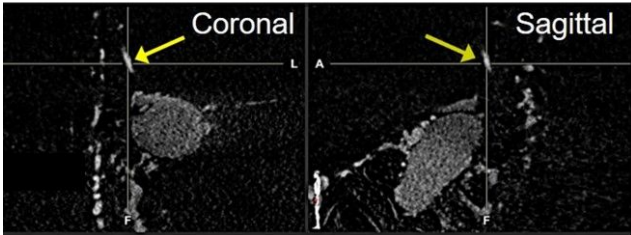


図 2: 2D-DSA(全フレーム)と CBCTA のソフト上での高精度統合による共通座標共有下での相互参照

2D-DSA pair (whole sequence)



Cone-beam CT angio (Subtraction)



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 大宝和博	4. 巻 42
2. 論文標題 頭蓋内血管奇形に対する定位照射標的定義におけるElements Cranial Vascular (Image Fusion Angio, SmartBrush) を用いた2D-DSA 全フレームペア画像の3D 画像への統合: 空間・時間分解能向上による4次元標的定義	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Brainlab User Report RT-CR042-Rev.01	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Kentaro Suzuki, Takeshi Kamomae, Hiroshi Oguchi, Fumitaka Kawabata, Kazuma Sugita, Kuniyasu Okudaira, Masaki Mori, Shinji Abe, Masataka Komori, Mariko Kawamura, Kazuhiro Ohtakara, Yoshiyuki Itoh, Shinji Naganawa	4. 巻 91
2. 論文標題 Development of an x-ray-opaque-marker system for quantitative phantom positioning in patient-specific quality assurance.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys Med	6. 最初と最後の頁 121-130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejmp.2021.10.017	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 Makoto Ito, Yasuo Yoshioka, Yuuki Takase, Junji Suzuki, Takuma Matsunaga, Hironori Takahashi, Arisa Takeuchi, Sou Adachi, Souichirou Abe, Yukihiko Oshima, Kazuhiro Ohtakara, Kojiro Suzuki, Takahito Okuda	4. 巻 51(8)
2. 論文標題 Stereotactic body radiation therapy for Japanese patients with localized prostate cancer: 2-year results and predictive factors for acute genitourinary toxicities.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Jpn J Clin Oncol	6. 最初と最後の頁 1253-1260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jjco/hyab094	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 Takeshi Kamomae, Takuma Matsunaga, Junji Suzuki, Kuniyasu Okudaira, Fumitaka Kawabata, Yutaka Kato, Hiroshi Oguchi, Morihito Shimizu, Motoharu Sasaki, Yuki Takase, Mariko Kawamura, Kazuhiro Ohtakara, Yoshiyuki Itoh, Shinji Naganawa	4. 巻 86
2. 論文標題 Dosimetric impacts of beam-hardening filter removal for the CyberKnife system.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys Med	6. 最初と最後の頁 98-105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejmp.2021.05.011	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 Yuuki Takase, Yoshiyuki Itoh, Kazuhiro Ohtakara, Mariko Kawamura, Junji Ito, Yumi Oie, Tamami Ono, Yutaro Sasaki, Ayumi Nishida, Shinji Naganawa	4. 巻 83(2)
2. 論文標題 Early glottic cancer treatment with concurrent chemoradiotherapy with once-daily orally administered S-1.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nagoya J Med Sci	6. 最初と最後の頁 251-258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18999/nagjms.83.2.251	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大宝和博	4. 巻 46
2. 論文標題 - 最先端医療の今 - 転移性脳腫瘍に対する病理病態を考慮した生物学的原体性の高い定位放射線照射	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Science Digest	6. 最初と最後の頁 54-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Kohei Kawata, Takeshi Kamomae, Hiroshi Oguchi, Fumitaka Kawabata, Kuniyasu Okudaira, Mariko Kawamura, Kazuhiro Ohtakara, Yoshiyuki Itoh, Shinji Naganawa	4. 巻 47
2. 論文標題 Evaluation of newly implemented dose calculation algorithms for multileaf collimator-based CyberKnife tumor-tracking radiotherapy.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Med Phys	6. 最初と最後の頁 1391-1403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mp.14013	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 大宝和博	4. 巻 231
2. 論文標題 脳転移に対する定位放射線照射：特に大型病変に対する対応	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JCRニュース(日本放射線科専門医会・医会誌)	6. 最初と最後の頁 15-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 大宝和博	4. 巻 1
2. 論文標題 転移性脳腫瘍に対する定位放射線治療：標的定義・線量分布・線量分割方針2020 update	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BrainLAB User Report RT-CR037-Rev.01	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Masahiro Nakano, Hiroshi Araki, Kazuhiro Ohtakara, Hidekazu Tanaka, Koji Iinuma, Takashi Deguchi.	4. 巻 25
2. 論文標題 Significance of total colonoscopy screening before definitive radiotherapy for prostate cancer on the detection of anorectocolonic disease requiring intervention in advance.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int J Urol	6. 最初と最後の頁 166-168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iju.13494	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大宝和博、谷口拓矢、小島孝雄、大洞昭博、久米 真	4. 巻 22
2. 論文標題 大型肝癌に対する光子線高精度照射の意義：意図的不均一PTV線量・辺縁処方による定位照射技術の活用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 定位的放射線治療	6. 最初と最後の頁 113-123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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18件（うち招待講演 10件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 Elements Angio Contouring 導入がもたらす頭蓋内血管奇形診療の革新:放射線治療医の立場から
3. 学会等名 第31回脳神経外科手術と機器学会（CNTT2022）（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大宝和博, 加茂前 健, 泉 孝嗣, 西堀正洋, 塚田哲也, 小島健吾, 鈴木耕次郎
2. 発表標題 頭部血管奇形に対する定位照射を含む診断治療における血管造影CBCT subtraction画像ルーチン取得とElements Angio Contouring導入がもたらす革新
3. 学会等名 第13回日本放射線外科学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大宝和博, 小島健吾, 泉 孝嗣, 西堀正洋, 塚田哲也, 加茂前 健, 鈴木耕次郎
2. 発表標題 血管奇形標的定義における2D-DSA・3D回転血管造影統合におけるsubtraction像の有用性
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第34回学術大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 大宝和博, 小島健吾, 泉 孝嗣, 西堀正洋, 塚田哲也, 加茂前 健, 高瀬裕樹, 大島幸彦, 鈴木耕次郎
2. 発表標題 頭蓋内血管奇形に対するフレームレス定位照射標的定義における直交2方向2D-DSA全フレーム画像の3D画像への統合:前臨床評価
3. 学会等名 第30回日本定位放射線治療学会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 大宝和博、熊谷始紀、高瀬裕樹、伊藤淳二、棚橋邦明、大岡史治、加茂前健、伊藤善之、夏目敦至、若林俊彦
2. 発表標題 新規最適化アルゴリズムに基づく最新型ロボット式定位照射システムによる頭部定位放射線照射の多様化：当院における臨床的取り組み
3. 学会等名 第29回日本定位放射線治療学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 脳転移定位照射の治療計画「至適な治療計画と処方線量」
3. 学会等名 東海放射線腫瘍研究会 第58回技術部会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 脳転移に対する定位放射線照射：長期縮小維持に必要な標的辺縁線量勾配と分割数
3. 学会等名 第28回徳島放射線治療研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 Gamma Knife Icon 時代の転移性脳腫瘍に対する分割定位照射：最適な標的辺縁の線量勾配と分割数
3. 学会等名 第19回日本ガンマナイフ学会学術総会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大宝和博、鈴木耕次郎
2. 発表標題 転移性脳腫瘍に対する定位放射線照射の線量処方・治療計画における最適化・規定・評価法の現状と課題
3. 学会等名 第57回日本医学放射線学会秋季臨床大会 教育展示
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 10個程度までの複数脳転移に対する新たなサイバーナイフ治療戦略～IrisコリメータとVLO最適化を用いたプランニングのTipsを交えて～
3. 学会等名 第30回日本定位放射線治療学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大宝和博、熊谷始紀、高瀬裕樹、伊藤淳二、棚橋邦明、大岡史治、加茂前健、伊藤善之、長縄慎二
2. 発表標題 5～10個の脳転移に対するCyberknife治療における単一計画での同時照射法の有用性
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第33回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 脳転移に対するmodified DCA : double round-trip arcs with different leaf margins
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第33回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大宝和博、熊谷始紀、高瀬裕樹、伊藤淳二、大家祐実、加茂前健、伊藤善之、棚橋邦明、大岡史治、夏目敦至、大島幸彦、鈴木耕次郎
2. 発表標題 多発脳転移（2～12）に対する単一治療計画による包括的一連照射： Iris collimatorを用いたCK-VOLO最適化によるPTV内線量勾配調整と治療時間短縮
3. 学会等名 サイバーナイフ研究会 第14回学術研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 転移性脳腫瘍に対する定位放射線照射の臨床
3. 学会等名 Brainlab Workshop 2020 in 鹿児島（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 “変わる！脳転移診療” 転移性脳腫瘍の定位放射線治療
3. 学会等名 第151回関西Cancer Therapistの会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 転移性脳腫瘍に対しElements Multiple Brain Mets SRSをどう活かすか？：縮小維持を目指した定位放射線照射の取り組み
3. 学会等名 BRAINLAB SEMINAR 2020 in 中部（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 転移性脳腫瘍に対する長期縮小維持を目指した定位放射線治療戦略
3. 学会等名 令和2年度大阪府がん診療連携協議会・第1回放射線治療部会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大宝和博
2. 発表標題 転移性脳腫瘍に対する分割定位放射線治療：長期縮小維持を目指した治療計画
3. 学会等名 令和3年度がん診療連携拠点病院機能強化事業 がん医療従事者研修事業 札幌医科大学 放射線治療セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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	加茂前 健  (Kamomae Takeshi)  (60706282)	名古屋大学・医学部附属病院・病院助教   (13901)	
研究 分担者	伊藤 善之  (Itoh Yoshiyuki)  (90232488)	名古屋大学・医学部附属病院・病院教授   (13901)	

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
---------	---------