

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H04157

研究課題名（和文）浸潤病変の局所制御と術後機能温存を両立する微弱衝撃波パルスジェットメスの開発

研究課題名（英文）Development of a weak shock wave pulse jet scalpel that achieves both local control of infiltrating lesions and preservation of postoperative function

研究代表者

中川 敦寛（Nakagawa, Atsuhiko）

東北大学・大学病院・特任教授

研究者番号：10447162

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、申請者らが原理開発から臨床研究まで開発を進めたパルスジェットメスに微弱衝撃波を印加することで、内視鏡下に脳内浸潤病変境界部への薬剤深達を得られることを明らかにすることである。本研究では、1. 浸潤病変部の物性値を物性工学的検討で測定、2. 微弱衝撃波印加後のパルスジェットの流体動態と組織内深達効果を流体力学、模擬モデルを用いた検討、組織学的検討で臨床的に有用性をもたらすことができる条件を同定、3. 模擬モデルおよび動物モデルで内視鏡下手術用パルスジェットメスに微弱衝撃波を印加、照射し、従来の切開、剥離に加え局所病変制御効果を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた知見から、水ジェットの組織選択性に加えて、パルスジェットに微弱衝撃波を印加することで、液体を意図した範囲で拡散させられる可能性が示唆された。衝撃波による流体動態修飾が可能である点は液体制御の産業応用の観点だけでなく衝撃波工学の観点から学術的意義がある。パルスジェットメスの特徴である細血管・神経の温存下の切開、剥離に加えて脳損傷を発生させない微弱衝撃波を照射し、手術摘出腔周囲に薬剤を浸潤する機能を付加することで、最大限の局所病変制御と機能温存の両立が期待でき、脳を含めた悪性疾患の浸潤病変に対する新たな治療戦略の提供、機器の事業化につながり得る点で意義がある。

研究成果の概要（英文）：The purpose of present study was to achieve infiltration of drug delivery to brain parenchyma through neuroendoscopic procedure by applying pulsed water jet. We have hypothesized that the penetration depth and area can be modified by applying shock wave. We have measured material property of brain and measured penetration depth and area using brain phantom and animal model. Present results showed the possibility of shock wave modified pulsed water jet can be additional treatment tool for the malignant lesion without well demarcated margin.

研究分野：人間医工学

キーワード：医工学 産業連携 低侵襲治療 トランスレーショナルリサーチ 流体力学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

悪性脳腫瘍では病変可及的摘出が大原則で、悪性神経膠腫では78%以上の摘出率では1%摘出率が増えるごとに生存率が増加するとの報告もある。その一方で、細血管、神経周囲での摘出に関しては病変摘出と術後の機能温存の両立は容易でなく、とくに病変の境界が不明瞭な浸潤病変ではその判断が難しく、病変を残さざるを得ないのが現状である。

組織選択性を有するパルスジェットの開発: 申請者は水ジェットの有する“組織選択性(組織の物性値(特に破断強度)の違いによりある強さのジェットに対して相対的に弱い組織が破碎される)”に注目し、低侵襲機器への導入を念頭にこれを微小パルス流として発生する技術を2001年に開発し(Hirano T, et al. Lasers Surg Med 2001) 細血管を温存下に病変を摘出するための手術用治療器(パルスレーザージェットメス)の開発(Nakagawa A, et al. Lasers Surg Med 2002)へと展開した。工学実験(Ohki T, et al. Lasers Surg Med 2004) 非臨床試験(Nakagawa A, et al. J Neurosurg 2004)を経て2006年にfirst-in-human studyを実施した(中川敦寛、他. 脳神経外科 2008)。その後、難易度の高い下垂体近傍腫瘍において従来の方法と比較して有意な摘出率増加、出血量減少、手術時間短縮効果(Ogawa Y, et al. Acta Neurochir (Wien) 2011) 視神経近傍腫瘍における視機能温存と最大限の腫瘍摘出(Ogawa Y, et al. Acta Neurochir (Wien) 2013) 多施設臨床研究で有効性安全性を報告した(Nakagawa A, et al. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg 2015)。さらに、ピエゾ方式で開発を進めていたパルスジェットメスも2013年より臨床試験を開始し、血管が腫瘍に巻き込まれた髄膜種での有用性(遠藤俊毅、他. 脳神経外科 2014) 脊髄髄内血管腫での摘出における有用性(Endo T, et al. Neurosurgery 2015) てんかん症例での手術における有用性(Takahashi Y, et al. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg 2017) 血種を伴うくも膜下出血における血腫摘出率が従来方法と比較して有意に増加することを報告(Endo H, et al. Neurosurg Rev 2017)した。実験的には出血のコントロールに難渋する内視鏡下手術への応用を企図し、内視鏡用パルスジェット発生装置を試作、非臨床試験での有効性を報告(Kawaguchi T, et al. J Neurosurg 2016)するとともに、食道粘膜下層剥離術での有効性(Sato C, et al. Dig Endosc 2013) 血流を遮断しない腎部分摘出術の可能性(Yamashita S, et al. Int J Urol 2014、Kamiyama Y, et al. Tohoku J Exp Med 2017、Kamiyama Y, et al. Urology 2019) 肝部分切除術での有効性(Yamada M, et al. Eur Surg Res 2014、Nakanishi C, et al. Biomed Eng Online 2016) 眼科網膜血管閉塞解除での有効性(Kunikata H, et al. Transl Vis Sci Technol 2014) 脊髄を機能温存下に剥離切除する可能性(Endo T, et al. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg 2017) 心血管バイパスのドナー摘出での有用性(Suzuki T, et al. J Artif Organs 2018)を非臨床試験として実施、有効性ならびに安全性について報告した。

臨床医学上の課題: 境界が明瞭な病変では、これまでの検討結果から、細血管や神経を巻き込んでいても最大限の摘出と機能温存の両立を図ることができる概念実証を蓄積してきた一方、境界不明瞭な症例においては依然として治療成績を向上させるための有効な打ち手を見いだせていない。また、こうした病変が細血管、神経を含めた重要構造物を巻き込む場合は、境界不明瞭な病変自体の描出が確立していない部分もあるが、仮想の境界線を摘出することに固執するだけでなく、重要構造物を温存し、病変の残存は許容しつつコントロールを最大限行う、などの発想の転換も取り入れ解決していくことが求められるものと考えられる。

衝撃波の医療応用に関する研究: 東北大学流体科学研究所は1980年代から衝撃波研究の国際的学際研究拠点として、結石破碎装置(事業化)、血栓破碎(非臨床研究)、細胞膜透過性変化作

用に基づくがん化学療法（基礎研究）の開発など実績を重ねてきた。2000年代に入り、本学循環器内科と共同で衝撃波による手術が困難な重症心不全症例に対する心臓血管再建療法を開発、先進医療として承認を得るとともに国際治験実施に至った実績がある。本研究の基盤技術であるパルスジェットも1990年代後半に工学的に機序解明をすすめた水中溶存気泡に衝撃波を干渉させることにより発生する高速ジェット発生現象（shock bubble interaction）を発展させたもので、10 診療領域（脳外科/脊髄外科/泌尿器科/肝胆膵外科/消化器外科/婦人科/歯科/心臓血管外科/形成外科/眼科）、8 研究領域（流体力学/医療工学/機械工学/電子工学/理論解析/人間工学/材料工学/物性工学）の産学連携体制下に薬事承認申請を目指し臨床試験実施まで進捗したものである。

2．研究の目的

本研究では、パルスレーザージェットメスに微弱衝撃波を印加することで正常組織とは異なる物性値を有する浸潤病変に適切な強度のパルスジェットを深達させ、局所病変制御効果が得られることを非臨床試験で明らかにすることが目的である。具体的には 1. 浸潤病変部の物性値、2. 微弱衝撃波印加後のパルスジェットの流体動態と組織内深達効果を明らかにし、3. 実験モデルで微弱衝撃波印加パルスジェットを照射、従来の切開、剥離に加え局所病変制御効果を評価し、次段階での臨床応用に必要な安全性、有効性に必要な知見を蓄積することを目的とした。

3．研究の方法

本研究では、1. 浸潤病変部の物性値を物性工学的検討で測定、2. 微弱衝撃波印加後のパルスジェットの流体動態と組織内深達効果を流体力学、模擬モデルを用いた検討、組織学的検討で臨床的に有用性をもたらすことができる条件を同定、3. 模擬モデルおよび動物モデルで内視鏡下手術用パルスジェットメスに微弱衝撃波を印加、照射し、従来の切開、剥離に加え局所病変制御効果を評価した。以上 1-3 を実施することで、次段階での臨床応用に必要な安全性、有効性に必要な知見を蓄積した。

具体的には、1 では、工学的検討として、浸潤病変部の物性値（破断強度/ヤング率/粘弾性）計測を東北大学病院臨床研究推進センターに設置された破断強度計測器を用いて行った。技術的にはブタ組織で臓器測定を2013年から実施しており、測定精度は安定している。2 では、パルスジェットの流体力学的検討では、高速度画像装置を用いた可視化、PVDF needle hydrophone を用いた圧測定を中心とした流体力学的検討を行った。模擬モデル実験では、破断強度が脳と同等の豆腐、ゼラチンを用いて組織内深達を、高速度画像装置を用いた可視化、PVDF needle hydrophone を用いた圧測定を用いた検討を行った。

模擬モデルでの検討では、物性値が異なり混在の空間的組成を変えたモデルで検討した。測定に際してはサンプルサイズが小さくなることにより精度が落ちる懸念がこれまでの経験から示唆されていたことから、治具を作成し、対応した。微弱衝撃波印加後のパルスジェットの流体動態に関する流体力学的検討は東北大学流体科学研究所で実施した。流体力学的検討では、可視化/ 圧測定を東北大学流体科学研究所の現有設備で実施した。

4．研究成果

(1) 浸潤病変部の物性値については、肝臓も含めて多臓器において浸潤病変部を想定した物性値（破断強度/ヤング率/粘弾性）について知見を蓄積した。当初計画に加えて変形しにくさの指標として弾性率についても測定を行い、破断強度と弾性率が切除特性予測で重要であることが明らかになった。

(2) 微弱衝撃波印加後のパルスジェットの流体動態と組織内深達効果を流体力学、模擬モデルを用いた検討、組織学的検討で臨床的に有用性をもたらすことができる条件を明らかにした。従来実施してきた開頭手術を念頭においたデバイスに対して内視鏡環境下射出デバイスで検討を実施し、空中照射環境下と比較し、水中環境下では射出距離の増加によって切除深達度が低下し、算術平均粗さが増大すること、また、水中環境下では、空中環境下より少量の水量での切除が可能であることが示唆された。また、水中照射時には、曲率半径、曲角、エネルギー（駆動電圧）、周波数、流量、操作速度が組織深達度、10点平均粗さにおよぼす影響を検討し、カテーテル長、周波数が切除深達度に大きく関与することが示唆された。高速度画像解析により、同一流量であれば、周波数が高い場合は、先進流効果により、後続流の打ち込み効果が高くなる可能性が示唆され、流体制御の見地から知見を得ることができた。また、安全性を確立するために、水中での拡散に関する評価方法の確立を行った。水中環境下におけるパルスジェットの飛沫の拡散制御での検討では、水槽内において、 $1.23 \times 10^{-1}\%$ メチレンブルー溶液で染色した脳模擬モデル（破断強度 0.1 MPa）に対してパルスジェットを照射し、ノズル周囲から吸引を作動させた条件下に照射し、メチレンブルー拡散量とジェット出力、吸引量、入射角（模擬モデル平面の垂直軸に対するノズルの傾き）、吸引管構造と飛沫拡散量の関係を検討した。その結果、拡散量はジェット出力、ノズル-照射物間の入射角に有意な正の相関が、吸引力に有意な負の相関が認められた。吸引管構造については、模擬モデルからの距離が1mm以下で吸着してしまうことから、3Dプリンターでノズル形状の改良を試み、出力/吸引量と拡散量の関係を外筒の有無で比較した。その結果、先端構造の変化により拡散量は一定量減少を認め、従来の形状と新しい形状（柵状物を設置した場合と膜で囲んだ場合）の拡散量に有意差が示された。その一方で、拡散範囲を狭めることで吸引管付近の拡散量は制御可能であったが、移動切除によって拡散物質が制御範囲外に漏出する可能性は排除できず、引き続き検討を行う必要性が示唆された。

(3) 模擬モデルおよび動物モデルで内視鏡下手術用パルスジェットメスに微弱衝撃波を印加、照射し、従来の切開、剥離に加え局所病変制御効果について知見を蓄積した。パルスジェットの流体力学的検討により同定した微弱衝撃波印加条件（0.05 MPa）を用いた非臨床試験、模擬モデルでの検討、微弱衝撃波印加後のパルスジェットの流体動態に関する流体力学的検討を実施、印加衝撃波はモデル中で0.5 μ s で0.5 mmの範囲での範囲することが可視化で明らかになった。流体に衝撃波を照射することで、水ジェットの組織選択性を維持した状態で、液体が拡散することが示唆され、浸潤部（境界不明瞭な病変）では、物性値の観点から微弱衝撃波を印加したパルスジェットを照射することで、病変と正常組織の移行部近傍まで深達させ、かつ、深達経路周囲に薬剤溶存液体を拡散させることにより病変の局所制御と機能温存の両立を図る可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Nakayashiki A, Kawaguchi T, Nakagawa A, Sato M, Mochizuki F, Endo T, Tominaga T.	4. 巻 79
2. 論文標題 Water veil effect to control splashing from the pulsed water jet device: Minimization of the potential risk of dissemination using surgical aspirators.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg	6. 最初と最後の頁 309-315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1608836.	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 Suzuki T, Kawamoto S, Nakagawa A, Endo T, Tominaga T, Akiyama M, Adachi O, Kumagai K, Saiki Y.	4. 巻 21
2. 論文標題 Application of actuator-driven pulsed water jet for coronary artery bypass grafting: assessment in a swine model.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Artificial Organs	6. 最初と最後の頁 247-253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10047-017-1008-z.	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 Tsuji T, Sase K, Chen X, Tomita M, Konno A, Nakayama M, Nakagawa A, Abe K, Uchiyama M.	4. 巻 該当なし
2. 論文標題 Development of a Surgical Simulator for Training Retraction of Tissue with an Encountered-type Haptic Interface Using MR Fluid.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Award Finalist Paper Award Finalist of ROBIO 2018	6. 最初と最後の頁 898-903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ROBIO.2018.8665269	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 A. Nakagawa. K. Ohtani T. Kawaguchi T. Tominaga	4. 巻 -
2. 論文標題 Biological Effect of Shock Waves: Mechanism of Blast-Induced Traumatic Injury to Medical Application	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 31st International Symposium on Shock Waves 2	6. 最初と最後の頁 421-426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-91017-8_53	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 Atsushi Nakayashiki , Tomohiro Kawaguchi , Atsuhiko Nakagawa , Fusako Mochizuki , Hiroaki Furukawa , Arata Nagai , Takuya Suematsu , Teiji Tominaga	4. 巻 80(5)
2. 論文標題 Reducing Surgeon's Physical Stress in Minimally Invasive Neurosurgery.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of neurological surgery. Part A, Central European neurosurgery	6. 最初と最後の頁 333-340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0038-1676622	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 Kaniyama Y , Yamashita S , Nakagawa A , Fujii S , Goto T , Mitsuzuka K , Ito A , Abe T , Tominaga T , Arai Y	4. 巻 123
2. 論文標題 Effects of a Novel Piezo Actuator-Driven Pulsed Water Jet System on Residual Kidney after Partial Nephrectomy in a Rat Model.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Urology	6. 最初と最後の頁 265-272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.urology.2018.10.014	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 中川 敦寛 , 大谷 清伸 , 八木橋 真央 , 佐久間 篤 , Hiroaki Tomita , 刈部 博 , Rocco Armonda , 久志本 成樹 , 富永 梯二	4. 巻 25(2)
2. 論文標題 blast-induced traumatic brain injury (bTBI): 損傷機序と病態	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NEUROSURGICAL EMERGENCY	6. 最初と最後の頁 195-202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24723/jsne.25.2_195	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 該当する

1. 著者名 Ayaka Nishimura , Ryota Suwabe , Yuka Ogihara , Shotaro Yoshida , Hiroya Abe , Shin-ichiro Osawa , Atsuhiko Nakagawa , Teiji Tominaga , Matsuhiko Nishizawa	4. 巻 22(3)
2. 論文標題 Totally transparent hydrogel-based subdural electrode with patterned salt bridge	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomedical Microdevices	6. 最初と最後の頁 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10544-020-	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 中川 敦寛 , 佐藤 千穂 , 八木橋 真央 , 高橋 千明 , 富永 悌二	4. 巻 29(11)
2. 論文標題 橋渡し研究 - 最近の変化と現状の問題点 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 脳神経外科ジャーナル	6. 最初と最後の頁 760-767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7887/jcns.29.760	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 Yuka Sato , Masahiro Iikubo , Takashi Nishioka , Nobuhiro Yoda , Tetsuya Kusunoki , Atsuhiko Nakagawa , Keiichi Sasaki , Teiji Tominaga	4. 巻 20(1)
2. 論文標題 The effectiveness of an actuator-driven pulsed water jet for the removal of artificial dental calculus: a preliminary study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BMC Oral Health	6. 最初と最後の頁 205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12903-020-01190-8	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 Tetsuya Kusunoki , Tomohiro Kawaguchi , Atsuhiko Nakagawa , Yuta Noguchi , Shin-Ichiro Osawa , Hidenori Endo , Toshiki Endo , Ryuta Saito , Masayuki Kanamori , Kuniyasu Niizuma , Teiji Tominaga	4. 巻 14(1)
2. 論文標題 Effect of endoscope flexibility on tissue dissection profile assessed with pulsed water jet device: ensuring safety, efficacy, and handling of thin devices for neuroendoscopic surgery	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BMC Research Notes	6. 最初と最後の頁 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13104-021-05475-1	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 大谷清伸、小川俊広、中川敦寛、阿部淳	4. 巻 -
2. 論文標題 円管内形状の異なる閉空間内発生水中衝撃波挙動に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本機械学会2020年度年次大会 講演論文集	6. 最初と最後の頁 -
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 大谷清伸、小川俊広、阿部淳、中川敦寛	4. 巻 -
2. 論文標題 多層網状媒体との干渉による衝撃波低減に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020年度衝撃波シンポジウム 講演論文集	6. 最初と最後の頁 -
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 大谷清伸、小川俊広、阿部淳、中川敦寛	4. 巻 -
2. 論文標題 多層網状媒体干渉による衝撃波圧力低減に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020年度衝撃波シンポジウム 講演論文集	6. 最初と最後の頁 -
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51件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 中川敦寛、遠藤俊毅、遠藤英徳、新妻邦泰、齋藤竜太、金森政之、藤村幹、小川欣一、富永悌二
2. 発表標題 ピエゾ方式パルスウォータージェットメス：臨床的有用性
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 楠哲也、中川敦寛、野口侑太、中西史、横沢友樹、山下慎一、佐藤由加、遠藤俊毅、遠藤英徳、新妻邦泰、飯久保正弘、富永悌二
2. 発表標題 ピエゾ方式パルスウォータージェットメス：軟性内視鏡下での使用を想定したパルスジェット特性の検討
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野口侑太、中川敦寛、楠哲也、中西史、横沢友樹、山下慎一、佐藤由加、遠藤俊毅、遠藤英徳、新妻邦泰、飯久保正弘、富永悌二
2. 発表標題 ピエゾ方式パルスウォータージェットメス：パルスウォータージェットの切開深達度均一性についての検討
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川敦寛、Rocco Armonda、Guy Rosenthal、大谷清伸、富田博秋、佐久間篤、八木橋真央、Geoffrey Manley、久志本成樹、富永悌二
2. 発表標題 爆傷と銃創：臨床、診療体制
3. 学会等名 第10回日本Acute Care Surgery 学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 特別企画「脳神経外科における研究の現状と展望 第3部 医療機器開発 (パネルディスカッション)」
3. 学会等名 第77回日本脳神経外科学会総会・学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川敦寛、Rocco Armonda、大谷清伸、Guy Rosenthal、富田博秋、佐久間篤、八木橋真央、Geoffrey Manley、久志本成樹、富永悌二
2. 発表標題 「東京オリンピック・パラリンピックにおける救急医の役割」 爆風損傷：臨床、診療体制、医療以外の連携
3. 学会等名 第46回日本救急医学会総会・学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakagawa A, Tominaga T.
2. 発表標題 Traumatic Brain Injury: Management Update and Current Topics.
3. 学会等名 Cipto Mangunkusumo National General Hospital, Jakarta, Indonesia (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakagawa A, Ohtani K, Tominaga T.
2. 発表標題 Mechanism of blast-induced traumatic brain injury. Insight from shock wave research.
3. 学会等名 India Institute of Science, Bangalore, India (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 爆風損傷：臨床、診療体制、課題
3. 学会等名 第24回日本脳神経外科救急学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 スポーツ神経外傷の課題と対応
3. 学会等名 第42回日本脳神経外傷学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 脳神経外傷の画像診断
3. 学会等名 第42回日本脳神経外傷学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 楠哲也、中川敦寛、野口侑太、大沢伸一郎、川口泰洋、新妻邦泰、遠藤英徳、齋藤竜太、金森政之、富永悌二
2. 発表標題 パルスウォータージェットメス：軟性内視鏡下での使用を想定したパルスジェット特性の検討
3. 学会等名 第28回脳神経外科手術と機器学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 影山 宗祐、中川 敦寛、楠 哲也、喜屋武 学、大沢 伸一郎、川口 奉洋、新妻 邦奉、遠藤 英徳、齋藤 竜太、金森 政之、富永 悌二
2. 発表標題 水中でのパルスジェットメスの切除物の飛沫拡散についての検討
3. 学会等名 第28回脳神経外科手術と機器学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 喜屋武学、中川敦寛、楠哲也、影山宗祐、大沢伸一郎、川口奉洋、遠藤俊毅、遠藤英徳、新妻邦泰、齋藤隆太、金森政之、富永悌二
2. 発表標題 パルスウォータージェットメスの開発：水中環境下における切除特性に関する検討
3. 学会等名 第28回脳神経外科手術と機器学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuhiko Nakagawa, Teiji Tominaga
2. 発表標題 How to bridge the gap between ICT & healthcare industry, how clinical immersion works in Japan
3. 学会等名 Clinical Immersion Workshop at Show Chwan Hospital, Taichun, Taiwn. (Show Chwan Hospital (台湾・台中))
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 脳神経外科学の可能性 橋渡し研究 最近の変化と現状の問題点
3. 学会等名 第39回日本脳神経外科コンgres総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 プロセスデザインのススメ：橋渡し研究とその後の事業化
3. 学会等名 JASSニューヨーク理系勉強会. (コロンビア大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuhiko Nakagawa, Teiji Tominaga
2. 発表標題 Design thinking in action
3. 学会等名 B.E.S.T. INNOVATION INCUBATING FUTURE LEADERS . (AITS (秀伝亜洲遠距微創手術中心) 台湾・彰化市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 つながることの価値、バイオデザイン（方法）、インフラ
3. 学会等名 福岡脳卒中医療連携カンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuhiko Nakagawa, Teiji Tominaga
2. 発表標題 Future of Japanese Healthcare in coming years: Our constraints, our challenge. Future Tech Spotlight
3. 学会等名 IoT India Congress 2019. (Hotel Lalit Ashok in Bangaluru)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuhiko Nakagawa
2. 発表標題 Achieving better healthcare outcomes: Value-based models needed in emerging markets
3. 学会等名 Philips Digital Healthcare Conclave 2019. (Hotel Shangri La)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuhiko Nakagawa, Teiji Tominaga
2. 発表標題 Japan Biodesign : How we implemented into Japanese Context
3. 学会等名 The 28 th Annual Meeting of the Japanese Association of Cardiovascular Intervention and Therapeutics. (Nagoya Congress Center)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 デザイン思考を用いた医療機器開発：“事業化に資する”課題設定から事業化までのプロセスのデザイン
3. 学会等名 第20回山形医工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 その医療機器開発、間違っていますか？ 事業化に資する“真のニーズ”の見つけ方とは：医療現場とともに取り組むイノベーション46社、1300名の企業開発研究員の受け入れから。
3. 学会等名 クロスヘルスEXP02019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 デザイン思考を用いた医療機器開発：“事業化に資する”課題設定から事業化までのプロセスのデザイン
3. 学会等名 山形大学医学部コホート研究推進会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 わが国が直面する医療・ヘルスケアの課題 どのようにテクノロジーを上手に使いこなして課題解決を図るか？
3. 学会等名 日立ソリューションズ東日本 事業化発表会.(仙台国際センター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 事業化に資する課題選択から事業化までのプロセスデザイン：医療現場×バイオデザイン
3. 学会等名 令和元年度 工業系支援機関ネットワーク研修会in東北. (中小企業大学校仙台校)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakagawa A, Tominaga T
2. 発表標題 Life Science at Tohoku University
3. 学会等名 Presentation (Oulu University Hospital)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakagawa. A, Karibe H, Geoffrey Manley, Tominaga T
2. 発表標題 Controversies in Neurotrauma
3. 学会等名 The 2nd Jakarta Interanational Neurosurgery Forum (JINeF) 39th anniversary of Indonesian Society of Neurological Surgeon. (Harris Hotel, Kelap Gading, Jakarta)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuhiko Nakagawa, Teiji Tominaga
2. 発表標題 Biodesign: Solving right question, designing the process
3. 学会等名 International Symposium Shining Japanese. (金沢大学医学部記念館2階)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、池野文昭、富永悌二
2. 発表標題 デザイン思考とco-creation : constraint (差し迫った問題) をinnovation (チャンス) にかえるための方法
3. 学会等名 第14回医療の質・安全学会学術集会.(京都国際会館)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 “事業化に資する”課題設定から事業化までの機器開発の一連のプロセスのデザイン
3. 学会等名 第32回日本内視鏡外科学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakagawa A, Tominaga T
2. 発表標題 Japan Biodesign Experience
3. 学会等名 Shanghai Institute for Minimally Invasive Therapy, University of Shanghai for Science and Technology .
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakagawa A, Tominaga T
2. 発表標題 Innovation and Cocreation in Healthcare
3. 学会等名 Philips Research Shanghai. (Philips China Innovation Campus)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 東北大学病院ベッドサイドソリューションプログラム アカデミック・サイエンス・ユニット ASU 6 年間、46 社、1400 名のみなさんとの協働から 東北大学病院が行う意義
3. 学会等名 名古屋大学メディカルイノベーション推進室講演
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsuhiko Nakagawa
2. 発表標題 Video message from JapanBioDesign
3. 学会等名 TMUxBE demoday
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛、刈部博、GeoffreyManley、富永悌二
2. 発表標題 頭部外傷
3. 学会等名 第40回日本脳神経外科コンgres総会（石川県立音楽堂）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 課題のショーケース、企業アライアンス、テクノロジー導入のハブとしての病院 6年間、46社、1400名のみ なさんとの協働から
3. 学会等名 インターネット協会OICシンポジウム（WEB）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 アカデミック・サイエンス・ユニット ASU6年間、46社、1400名のみなさんとの協働から
3. 学会等名 三井業際研0歳からの健康・未病 ビジネス研究委員会 (Zoom)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛、GeoffreyManley、富永悌二
2. 発表標題 頭部外傷の橋渡し研究
3. 学会等名 第29回日本形成外科学会基礎学術集会 (パシフィコ横浜)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jan Kimpen, MD, Sean Carney,Timo Alalaakkola, Jiro Machida, MD, Hironobu Tokumasu, Atsuhiko Nakagawa
2. 発表標題 海外の事例に学ぶ医療の「ニューノーマル」働き方を変える産業との共創とは ?How to create “new normal” in medicine and healthcare through innovation.
3. 学会等名 日経クロスヘルスエキスポ (浜松町コンベンションホール & Hybrid スタジオ)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 医療現場で持続的に価値、モノ、人財を創り出すための方法プロセスの デザイン、アライアンス、テクノロジー 導入
3. 学会等名 日本脳神経外科学会第79回学術総会 (岡山コンベンションセンター)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 東北大学病院ASU 1400名との協働から事業化に資する課題にとりこんでいますか? “これがほしかった!”といわれる ニーズにたどり着くためのtips & pitfall
3. 学会等名 日経BP 新価値創造展 2020 (TKPガーデンシティ仙台)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 実現したいときに “合格点をあげられる” 課題に取り組んでいますか? バイオデザインのススメ
3. 学会等名 東邦大学 第8回リサーチカンファレンス (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 “解決すべき” 課題に取り組んでいますか? バイオデザインのススメ
3. 学会等名 北海道大学 臨床医学・外科解剖セミナー (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 出口を見据えた医療機器開発- 47社・1,500名のみなさんを医療現場に受け入れた経験から-
3. 学会等名 東京医科歯科大学講演 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川敦寛
2. 発表標題 デザイン思考も用いた医療・ヘルスケア現場観察 ～47社・1,500名のみなさんとの協働から～ デジタルトランス フォーメーションに伴い、現場からの一次情報の重要性はさらに増す
3. 学会等名 第11回東北大学NetworkingEvening. (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大谷清伸, 小川俊広, 中川敦寛, 阿部淳
2. 発表標題 円管内形状の異なる閉空間内発生水中衝撃波挙動に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会2020年度年次大会 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大谷清伸, 小川俊広, 阿部淳, 中川敦寛
2. 発表標題 多層網媒体との干渉による衝撃波低減に関する研究
3. 学会等名 火薬学会2020年度秋季研究発表会 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大谷清伸, 小川俊広, 阿部淳, 中川敦寛
2. 発表標題 多層網媒体干渉による衝撃波圧力低減に関する研究
3. 学会等名 2020年度衝撃波シンポジウム (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsuhiko nakagawa, Teiji tominaga
2. 発表標題 IoT in Meddical and Healthcare Domain:Key is hou we understand our constraints
3. 学会等名 JapanHabbaTechFair (オンライン)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 中川敦寛、Rocco Armonda、富永梯二	4. 発行年 2018年
2. 出版社 メジカルビュー社 新NS NOW	5. 総ページ数 7
3. 書名 脳・脊髄外傷の治療	

1. 著者名 中川敦寛	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日経BP	5. 総ページ数 11
3. 書名 医療・介護を革新する ヘルスケアビジネス最前線	

〔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	富永 梯二 (Tominaga Teiji) (00217548)	東北大学・大学病院・教授 (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	遠藤 俊毅 (Endo Toshiki) (00535370)	東北大学・大学病院・講師 (11301)	
研究分担者	中西 史 (Nakanishi Chikashi) (00547408)	東北大学・医学系研究科・非常勤講師 (11301)	
研究分担者	大沢 伸一郎 (Oosawa Shinichiro) (00813693)	東北大学・大学病院・助教 (11301)	
研究分担者	齋藤 竜太 (Saito Ryuta) (10400243)	名古屋大学・大学病院・教授 (11301)	
研究分担者	山下 慎一 (Yamashita Shinichi) (10622425)	東北大学・大学病院・講師 (11301)	
研究分担者	唐澤 秀明 (Karasawa Hideaki) (30547401)	東北大学・大学病院・助教 (11301)	
研究分担者	辻田 哲平 (Tujita Teppei) (40554473)	防衛大学校（総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群）・システム工学群・准教授 (82723)	
研究分担者	荒船 龍彦 (Arafune Tatuhiro) (50376597)	東京電機大学・理工学部・准教授 (32657)	

6. 研究組織（つづき）

	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	大谷 清伸 (Ootani Kiyonobu) (80536748)	東北大学・流体科学研究所・特任准教授 (11301)	
研究分担者	近野 敦 (Konno Atsushi) (90250688)	北海道大学・情報科学研究所・教授 (10101)	
研究分担者	八木橋 真央 (Yagihashi Mao) (80801927)	東北大学・医学系研究科・非常勤講師 (11301)	削除：2020年3月18日
研究分担者	森田 隆弘 (Morita Takahiro) (80836289)	東北大学・医学系研究科・非常勤講師 (11301)	削除：2020年3月18日
研究分担者	西鷹 泰生 (Nishijima Yasuo) (90816307)	東北大学・医学系研究科・非常勤講師 (11301)	削除：2018年10月18日

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