

令和 5 年 5 月 23 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K09362

研究課題名(和文) シロスタゾールを用いたもやもや病における内因性幹細胞賦活と血管新生促進療法の開発

研究課題名(英文) Cilostazol may enhance the endogenous stem cell activity and thereby increase pial syngangiosis after revascularization surgery for Moyamoya disease

研究代表者

藤村 幹 (Miki, Fujimura)

北海道大学・医学研究院・教授

研究者番号：00361098

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：もやもや病は異常血管網発達と側副血行路を含めた血管新生能を有する原因不明の疾患であるが、重症例に対する治療は未確立である。内因性多能性幹細胞に着目し、術後血管新生の機序を解明し、その効果を促進する手法の開発を着想した。患者クモ膜における内因性多能性幹細胞の発現と血行再建術後の血管新生の関連を明らかにし、「もやもや病に対するシロスタゾールを用いた内因性多能性幹細胞の賦活と血行再建術効果促進」の概念実証を試みた。もやもや病患者クモ膜組織における内因性多能性幹細胞を免疫組織学的に検証し多能性幹細胞マーカー陽性所見を確認した。さらにRNF213遺伝子変異により血管新生が増幅されることを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

もやもや病においては側頭動脈・中大脳動脈吻合術や側頭筋を用いた間接血行再建術を含めた外科治療の有効性が確立しているが、重症例に対する治療は未確立であった。本研究において患者クモ膜組織における内因性多能性幹細胞の発現を免疫組織学的に証明し、RNF213遺伝子変異により血管新生が増幅されることを示唆したことにより、今後の重症例を含めた患者に対する個別化医療の道が拓けるとともに血行再建術の効果を促進する新規治療法開発への概念実証が達成できたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Moyamoya disease (MMD) is a chronic occlusive cerebrovascular disease with unknown etiology. Surgical revascularization is the standard management option for symptomatic MMD, but optimum treatment for the patients with poor clinical condition, especially those of small children, is not established. We investigated the expression of endogenous pluripotent stem cells in the arachnoid membrane of the surgical specimen from MMD patients (n=40), and we found the predominant expression of endogenous pluripotent stem cells in MMD patients. Furthermore, we found that patients with the genetic variant of RNF213, a susceptibility gene for MMD, represented enhanced pial syngangiosis after revascularization surgery for MMD. These results suggest the pharmacological enhancement of endogenous stem cells could be the possible management strategy for MMD patients with poor clinical condition.

研究分野：脳神経外科

キーワード：血管新生療法 もやもや病 再生医療 多能性幹細胞 血行再建術

## 1. 研究開始当初の背景

### もやもや病に対する外科治療の効果と限界に関する背景

もやもや病は異常血管網発達ならびに代償的な側副血行路を含めた血管新生能を有する原因不明の疾患である。症候性で日常生活の自立しているもやもや病患者に対しては、浅側頭動脈・中大脳動脈吻合術ならびに側頭筋を用いた間接血行再建術を含めた外科治療の有効性が確立しておりガイドラインでも推奨されているが (Fujimura M et al Neurol Med Chir 2022) 重篤な神経脱落症状を有する重症成人例や幼小児期の重症脳梗塞発症例に対する治療は未確立である。間接術は脳損傷を伴う重症例にも安全に行うことが理論的には可能であるが、単独の場合は血管新生不良例が見られる点が臨床上の問題である。我々は過去にもやもや病患者クモ膜組織において SASEA-3 陽性の愛飲性幹細胞が存在することを見出し、またもやもや病患者にも使用が考慮されているシロスタゾールに幹細胞の mobilization/proliferation を促進し、血管新生や神経再生を誘導する働きがあるとの報告に着目した (Shin HK et al. J Neurol Res 2010; Chao TH et al. Int J Cardiol 2014)。抗血小板剤内因性多能性幹細胞とその活性化に期待が持てる薬剤に着目し、間接術からの血管新生の機序を解明し、その効果を促進する手法を開発することによりもやもや病の治療成績の向上が期待できると着想した。

### 未解決の重要な課題：もやもや病における内因性幹細胞の発現とその制御

もやもや病患者における内因性幹細胞の動態については過去に報告がなく、その役割や制御機構についても不明である。疾患感受性遺伝子 RNF213 多型はもやもや病患者の長期予後にも関わる重要な倍マーカーとして期待されてきたが、血行再建術後の血管新生に及ぼす影響については不明な点も多い。

## 2. 研究の目的

### もやもや病における内因性幹細胞の動態と薬物の影響

本研究の目的は、もやもや病患者クモ膜における内因性多能性幹細胞の発現と血行再建術後の血管新生の関連を明らかにし、「もやもや病に対するシロスタゾールを用いた内因性多能性幹細胞の賦活と血行再建術効果促進」の概念実証し、臨床レベルでもやもや病手術例に対するシロスタゾールを用いた内因性多能性幹細胞の賦活による血行再建術効果療法を確立することである。

## 3. 研究の方法

もやもや病患者クモ膜における内因性多能性幹細胞の発現動態を検証し、MUSE 細胞に代表される内因性多能性幹細胞陽性細胞数と患者年齢、発症形式、病期 (鈴木分類)、術前 MRI 所見との関連を検証した。次に高感度 MRI/MRA (術後 1,3,6 か月) により、もやもや病に対する血行再建術後の血管新生の程度と脳循環動態を検証し、くも膜における内因性多能性幹細胞の発現動態と血管新生の相関を検証した。さらに疾患感受性遺伝子 RNF213 多型の有無と、内因性多能性幹

細胞の発現動態ならびに術後血管新生の関連について検証した。最後に術後・抗血小板療法としてのシロスタゾール使用群とアスピリン使用群における血行再建術後の血管新生の程度を比較検討し、シロスタゾールの術後血管新生に及ぼす影響を検証した。

#### 4．研究成果

頭蓋外内血行再建術を行った44例のもやもや病患者に由来する検体を用いて、患者クモ膜組織における内因性多能性幹細胞を免疫組織学的に検討したところ、多くの症例で多能性幹細胞マーカー陽性所見を認めた。そして内因性多能性幹細胞を認める症例の多くにおいて術後慢性期高感度MRAによる血管新生が促進されている傾向を認めた。RNF213遺伝子変異と内因性多能性幹細胞発現動態に有意な相関を認めるには至っていないが、RNF213遺伝子変異を有する患者においては術後慢性期の間接血行再建術由来の血管新生が有意に更新していることを見出し、小児例、成人例それぞれにおいて報告した(Ito M, Fujimura M et al. Neurosurg Rev 45:2305-2313, 2022; Kawabori M, Fujimura M et al. Cerebrovasc Dis 2023)。抗血小板剤については今回の連続症例の中ではアスピリン使用が多くシロスタゾール使用例が少なかったため今後も検証を重ねたうえで両群間で多能性幹細胞マーカー発現動態と術後血管新生の程度を比較予定である。マウス間接血行再建術モデルに対するシロスタゾール投与に関しては今年度も有意な結果は得られておらず今後の課題である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 FUJIMURA Miki, TOMINAGA Teiji	4. 巻 65
2. 論文標題 Flow-augmentation bypass for moyamoya disease	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Neurosurgical Sciences	6. 最初と最後の頁 277-286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23736/S0390-5616.20.05079-1	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 FUJIMURA Miki, TOMINAGA Teiji	4. 巻 132
2. 論文標題 Characteristic Pattern of the Cerebral Hemodynamic Changes in the Acute Stage After Combined Revascularization Surgery for Adult Moyamoya Disease: N-isopropyl-p-[123I] iodoamphetamine Single-Photon Emission Computed Tomography Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acta Neurochir Suppl	6. 最初と最後の頁 57~61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-63453-7_8	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 OZAKI Dan, ENDO Hidenori, TASHIRO Ryosuke, SUGIMURA Koichiro, TATEBE Shunsuke, YASUDA Satoshi, TOMATA Yasutake, ENDO Toshiki, TOMINAGA Keita, NIIZUMA Kuniyasu, FUJIMURA Miki, TOMINAGA Teiji	4. 巻 51
2. 論文標題 Association between RNF213 c.14576G>A Variant (rs112735431) and Peripheral Pulmonary Artery Stenosis in Moyamoya Disease	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cerebrovascular Diseases	6. 最初と最後の頁 282-287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1159/000519717	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 KANOKE Atsushi, FUJIMURA Miki, TASHIRO Ryosuke, OZAKI Dan, TOMINAGA Teiji	4. 巻 51
2. 論文標題 Transient Global Cerebral Hypoperfusion as a Characteristic Cerebral Hemodynamic Pattern in the Acute Stage after Combined Revascularization Surgery for Pediatric Moyamoya Disease: N-Isopropyl-P-[123I] Iodoamphetamine Single-Photon Emission Computed Tomography Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cerebrovascular Diseases	6. 最初と最後の頁 453-460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1159/000520801	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 TASHIRO Ryosuke, FUJIMURA Miki, NISHIZAWA Taketo, SAITO Atsushi, TOMINAGA Teiji	4. 巻 8
2. 論文標題 Cerebral Hyperperfusion and Concomitant Reversible Lesion at the Splenium after Direct Revascularization Surgery for Adult Moyamoya Disease: Possible Involvement of MERS and Watershed Shift Phenomenon	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 NMC Case Report Journal	6. 最初と最後の頁 451 ~ 456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2176/nmccrj.cr.2020-0337	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 TOKAIRIN Kikutaro, SUGIYAMA Taku, ITO Masaki, FUJIMURA Miki	4. 巻 8
2. 論文標題 Intraoperative Early Venous Filling Phenomenon as an Intrinsic Sign of the Local Hemodynamic Change after Revascularization Surgery in a Patient with Adult Moyamoya Disease: Implications of a Potential Arteriovenous Shunt	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 NMC Case Report Journal	6. 最初と最後の頁 755 ~ 760
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2176/nmccrj.cr.2021-0181	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 FUJIMURA Miki	4. 巻 44
2. 論文標題 Moyamoya Disease-Standards and Advances in Revascularization Procedure and Peri-operative Management	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Adv Tech Stand Neurosurg	6. 最初と最後の頁 175 ~ 186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-87649-4_9	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 ITO Masaki, KAWABORI Masahito, SUGIYAMA Taku, TOKAIRIN Kikutaro, TATESAWA Ryota, UCHINO Haruto, KAZUMATA Ken, HOUKIN Kiyohiro, FUJIMURA Miki	4. 巻 52
2. 論文標題 Impact of RNF213 founder polymorphism (p.R4810K) on the postoperative development of indirect pial synangiosis after direct/indirect combined revascularization surgery for adult Moyamoya disease	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neurosurgical Review	6. 最初と最後の頁 171-176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10143-022-01749-9	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 FUJIMURA Miki, TOMINAGA Teiji, KURODA Satoshi, TAKAHASHI Jun C., ENDO Hidenori, OGASAWARA Kuniaki, MIYAMOTO Susumu, Research Committee on Moyamoya Disease (Spontaneous Occlusion of Circle of Willis) of the Ministry of Health, Labor Welfare, Japan, the Guideline Committee 2021 of the Japan Stroke Society	4. 巻 62
2. 論文標題 2021 Japanese Guidelines for the Management of Moyamoya Disease: Guidelines from the Research Committee on Moyamoya Disease and Japan Stroke Society	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neurologia medico-chirurgica	6. 最初と最後の頁 165-170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2176/jns-nmc.2021-0382	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 Velo Mariano, Grasso Giovanni, Fujimura Miki, Torregrossa Fabio, Longo Marcello, Granata Francesca, Pitrone Antonio, Vinci Sergio Lucio, Ferra? Ludovica, La Spina Paolino	4. 巻 159
2. 論文標題 Moyamoya Vasculopathy: Cause, Clinical Manifestations, Neuroradiologic Features, and Surgical Management	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 World Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 409 ~ 425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wneu.2021.11.026	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 該当する

1. 著者名 藤村幹	4. 巻 50
2. 論文標題 もやもや病：病態研究の現状と個別化医療への道程	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 脳神経外科	6. 最初と最後の頁 216-221
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 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 Kawamura Kokoro, Fujimura Miki, Tashiro Ryosuke, Kanoke Atsushi, Saito Atsushi, Tominaga Teiji	4. 巻 29
2. 論文標題 Persistent Local Vasogenic Edema with Dynamic Change in the Regional Cerebral Blood Flow after STA-MCA Bypass for Adult Moyamoya Disease	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases	6. 最初と最後の頁 104625 ~ 104625
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.104625	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 Rashad Sherif, Saqr Khalid M., Fujimura Miki, Niizuma Kuniyasu, Tominaga Teiji	4. 巻 10
2. 論文標題 The hemodynamic complexities underlying transient ischemic attacks in early-stage Moyamoya disease: an exploratory CFD study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3700
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-60683-2	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 Tashiro Ryosuke, Fujimura Miki, Katsuki Masahito, Nishizawa Taketo, Tomata Yasutake, Niizuma Kuniyasu, Tominaga Teiji	4. 巻 -
2. 論文標題 Prolonged/delayed cerebral hyperperfusion in adult patients with moyamoya disease with RNF213 gene polymorphism c.14576G>A (rs112735431) after superficial temporal artery middle cerebral artery anastomosis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3171/2020.6.JNS201037	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 Takahashi Jun C., Funaki Takeshi, Houkin Kiyohiro, Kuroda Satoshi, Fujimura Miki, Tomata Yasutake, Miyamoto Susumu	4. 巻 -
2. 論文標題 Impact of cortical hemodynamic failure on both subsequent hemorrhagic stroke and effect of bypass surgery in hemorrhagic moyamoya disease: a supplementary analysis of the Japan Adult Moyamoya Trial	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3171/2020.1.JNS192392	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 Nishizawa Taketo, Fujimura Miki, Katsuki Masahito, Mugikura Shunji, Tashiro Ryosuke, Sato Kenichi, Tominaga Teiji	4. 巻 49
2. 論文標題 Prediction of Cerebral Hyperperfusion after Superficial Temporal Artery-Middle Cerebral Artery Anastomosis by Three-Dimensional-Time-of-Flight Magnetic Resonance Angiography in Adult Patients with Moyamoya Disease	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cerebrovascular Diseases	6. 最初と最後の頁 396 ~ 403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1159/000509740	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 Katsuki Masahito, Fujimura Miki, Tashiro Ryosuke, Tomata Yasutake, Nishizawa Taketo, Tominaga Teiji	4. 巻 -
2. 論文標題 Pre-operative higher hematocrit and lower total protein levels are independent risk factors for cerebral hyperperfusion syndrome after superficial temporal artery middle cerebral artery anastomosis with pial synangiosis in adult moyamoya disease patients: case-control study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neurosurgical Review	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) 10.1007/s10143-020-01395-z	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 Fujimura Miki, Tominaga Teiji	4. 巻 -
2. 論文標題 Flow-augmentation bypass for Moyamoya disease	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Neurosurgical Science	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) 10.23736/S0390-5616.20.05079-1	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 藤村幹	4. 巻 38
2. 論文標題 もやもや病	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Clinical Neuroscience	6. 最初と最後の頁 638-639
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14件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 藤村 幹
2. 発表標題 もやもや病に対する血行再建術：脳血流SPECTを用いた周術期病態診断とpitfall回避の工夫
3. 学会等名 第44回 日本脳神経CI学会総会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤村 幹
2. 発表標題 もやもや病に対するバイパス術と実臨床における 疾患感受性遺伝子RNF213の意義
3. 学会等名 第21回日本分子脳神経外科学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤村 幹
2. 発表標題 もやもや病とは：最近の研究により解き明かされる特徴的病態
3. 学会等名 日本脳神経外科学会第80回学術集会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 FUJIMURA Miki
2. 発表標題 Current status of revascularization surgery for Moyamoya disease
3. 学会等名 Asia Pacific Stroke Congress 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤村 幹
2. 発表標題 もやもや病：治療の現状と研究課題について
3. 学会等名 第41回 日本脳神経外科コンgres (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 FUJIMURA Miki
2. 発表標題 Current Surgical Approaches to Pediatric Moyamoya Disease
3. 学会等名 International Stroke Conference (ISC) 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤村 幹
2. 発表標題 脳血管バイパス術の基本手技と合併症回避の工夫 -コラーゲンマトリックスを用いたもやもや病に対する複合血行再建術を中心に-
3. 学会等名 第51回日本脳卒中の外科学会総会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤村幹、田代亮介、勝木将人、西澤威人、遠又靖文、新妻邦泰、富永悌二
2. 発表標題 成人もやもや病に対するバイパス術後の遅発性過灌流とRNF213遺伝子c.14576G>A多型の関連についての検討
3. 学会等名 第79回日本脳神経外科学会学術総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤村幹、田代亮介、勝木将人、西澤威人、遠又靖丈、新妻邦泰、富永悌二
2. 発表標題 成人もやもや病に対するバイパス術後の遅発性過灌流とRNF213遺伝子c.14576G>A多型の関連についての検討
3. 学会等名 第63回日本脳循環代謝学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤村幹、富永悌二
2. 発表標題 もやもや病に対する頭蓋外内バイパス術 高画質顕微鏡を用いた基本手技とpitfall回避の工夫
3. 学会等名 第40回日本脳神経外科コンgres (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤村幹、富永悌二
2. 発表標題 もやもや病：手術適応と治療戦略
3. 学会等名 第49回日本脳卒中の外科学会総会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤村幹、富永悌二
2. 発表標題 脳血管外科手術におけるチタン・生体性吸収性プレート併用・頭蓋形成法の長期成績
3. 学会等名 第13回日本整容脳神経外科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujimura Miki, Tominaga Teiji
2. 発表標題 Current status of revascularization surgery for moyamoya disease; surgical indication and modern perioperative management
3. 学会等名 第50回日本脳卒中の外科学会総会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujimura Miki
2. 発表標題 Current indication and technical pitfall of revascularization surgery for adult Moyamoya disease
3. 学会等名 Asian Congress of Neurological Surgeons 2021 'Webinar with the Master'（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kuroda Satoshi (ed) Fujimura Miki, Tominaga Teiji	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 341
3. 書名 Moyamoya disease: Current knowledge and Future Perspective	

〔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	新妻 邦泰  (Niizuma Kuniyasu)  (10643330)	東北大学・医工学研究科・教授    (11301)	
研究分担者	麦倉 俊司  (Mugikura Shunji)  (20375017)	東北大学・東北メディカル・メガバンク機構・教授    (11301)	
研究分担者	坂田 洋之  (Sakata Hiroyuki)  (80722305)	東北大学・医学系研究科・非常勤講師    (11301)	

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