

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年5月30日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05435

研究課題名（和文）トンネル磁気抵抗素子脳磁計を用いた大脳機能の動的可視化技術

研究課題名（英文）Visualization of dynamic brain function by magnetoencephalography using tunnel magnetic resistance (TMR) sensors

研究代表者

中里 信和 (Nakasato, Nobukazu)

東北大学・医学系研究科・教授

研究者番号：80207753

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではトンネル磁気抵抗素子（TMR）センサを用いて、初めて平均加算を行わずに心臓図を計測できた。さらに同センサにて初めて脳磁図を測定することにも成功した。またTMR脳磁計の応用分野を広げるため、従来型の超伝導脳磁計を用いた脳機能研究を行い、話者の口唇を読むことにより理解度が高まる機序を解明した。また、正中神経刺激体性感覚誘発磁界を、覚醒と睡眠とに厳密に分離して平均加算する新手法を開発し、第1波の信号強度が側頭葉てんかん患者では覚醒時のみ低下することを見いだした。また頭蓋内電極を留置した難治てんかん症例における高周波振動は、REM睡眠期のものが得意的にてんかん原生を捉える可能性を見いだした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳磁図は大脳機能を高い時空間精度で非侵襲的に計測できる夢の装置といわれているが、従来の超伝導を用いた脳磁計では液体ヘリウムのコストが高いことや、被験者がヘルメット型の装置の中で安静状態に固定されて測定を受けなければならないという大きな制限があった。本研究で得られた成果の第一は、トンネル磁気抵抗素子（TMR）においても生体信号、とくに脳磁図信号を計測できる可能性があることが示された点である。原理的にTMRセンサーはコストは安く小型で大量生産が可能である。将来的には歩いたり走ったりしながら、大脳の機能を時々刻々と計測する新しい検査装置に発展する可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In the present study, we successfully measured magnetocardiography (MCG) using tunnel-magnetic-resistance (TMR) sensors without signal averaging technique. We also successfully measured magnetoencephalography (MEG) using TMR sensors for the first. In order to expand MEG application, we applied conventional SQUID MEG to reveal neuronal mechanism of "lip-reading". We also applied MEG to measure somatosensory evoked magnetic fields (SEFs) with strict separation of awake and sleep condition. As a result, we found amplitude of N20m, the first component of SEFs, is decreased during awake condition only in patients with temporal lobe epilepsy. Using intracranial electrode, we also found high frequency oscillation during rapid-eye-movement (REM) sleep is specific to epileptogenic area. Above all results, we became more confident for the development of TMR MEG system in the future.

研究分野：てんかん学、臨床神経生理学、脳神経外科学

キーワード：脳磁図 トンネル磁気抵抗素子 てんかん 脳機能マッピング 脳波

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脳磁図とは脳神経細胞の活動にともない右ねじの法則で発生する磁場である。脳磁計は脳磁図信号をとらえて、その起源となる脳の電気活動を推定する装置である。脳実質から脳磁図センサーで活動を捉えるまで磁場活動が各組織の抵抗の影響を受けないため、信号源を高い時間的・空間的分解能をもって推定できるのが最大の特長である。その臨床応用は生理検査としての皮質性局在の評価や、てんかんの局在診断にとどまらず、虚血性脳疾患や神経・精神科領域の疾患にも応用範囲が広がっている。

一方で従来の脳磁図は十分に普及された医療機器とはいえないのが現状である。その要因として従来の超低温状態を維持した特殊かつ大掛かりな装置 (SQUID 脳磁計) を必要とすること、そしてこれに関連して出現する莫大な維持費用の存在が挙げられる。これまで脳磁図検査を受ける患者はわざわざこの大掛かりな装置に出向き、運動を制限された姿勢を保持する必要があった。したがって記録時間も最大 1 時間程度と制限される極めて特異な状況下で検査を受けざるを得なかった。

研究開発当初、我々のグループではトンネル磁気抵抗素子 (TMR) を用いた、従来とは全く異なるシステムによる脳磁図の研究・開発をすすめていた。その最大の特徴は、TMR センサーの低ノイズ化が実現されたことで、環境ノイズが存在する室温状況下で動作する点である。すなわち、この革新的技術により液体ヘリウムとシールドルームを要せずに生体磁場を記録できる新技術である。TMR センサの登場によって、これまで脳磁図普及の妨げとなっていた諸要因が近い将来に克服されると期待されるようになった。すでに脳磁図よりも信号強度の強い心磁図において、我々は TMR センサーを用いて、平均加算の手法によってノイズを軽減しての計測に成功していた。しかも、磁気雑音を低減するための専用の磁気シールド室なしでも、TMR センサによる心磁図計測を実現していた。これは、より信号の小さい脳磁図の計測が期待される状況であった。

2. 研究の目的

本研究では、まず TMR センサーを用いて、1) 平均加算を行わず単発の信号として心磁図を計測すること、2) 平均加算処理を行って脳磁図の計測に初めて成功すること、を最大の目標とした。いったん信号が確認できれば、これを根拠として装置の開発が飛躍的に進歩すると期待されるからである。

また本研究では、将来の TMR 脳磁計の応用を念頭において、従来型の SQUID 脳磁計を用いて健常者における新たな脳機能研究を実施した。体性感覚誘発磁界、聴覚誘発磁界、視覚誘発磁界、運動準備磁界がその対象であり、これらの手法を複数組み合わせさせた大脳機能の解明にも、脳磁図を用いるという目標をたてた。

さらに本研究では、将来の TMR 脳磁計の応用を念頭において、薬剤抵抗性難治てんかんの病態を解明することを目標とした。

すなわち本研究では、TMR センサーによる生体磁気信号の計測に加えて、従来型 SQUID 脳磁計による脳機能研究の推進という二本の研究目的をもつ。

3. 研究の方法

まず、TMR センサーによる心磁図計測においては、心電図との同時計測を実施し、当初は平均加算の手法によって背景雑音を低減して計測を実施した。その上で、被験者ごとに最大強度の心磁図が計測できる部位をあらかじめ把握し、最終的には平均加算を行わない生の波形を記録し、その中で背景雑音が比較的低い時間帯における心磁図波形を探しだした。

つぎに、TMR センサーによる脳磁図計測においては、あらかじめ SQUID 脳磁図による計測を行って、覚醒閉眼時のアルファ波の明瞭な健常人被験者を探しだし、アルファ波の振幅の強い部分の見当もつけた。その上で、頭皮脳波をトリガーとしながら、TMR 磁気センサの信号を平均加算した。また、あらかじめ TMR センサーを 4 個でブリッジ回路とし、雑音の低減を図った。

さらに、読唇による大脳機能反応を調べるために、健常者において、子音と母音の組み合わせによる語を視覚情報と聴覚情報が異なる条件と、同一の条件で提示して、大脳皮質聴覚野から生じる誘発磁界の違いを調べた。

さらに、正中神経刺激体性感覚誘発磁界において、刺激を加えながらの反応を記録すると同時に、背景脳波と背景脳磁図を記録し、覚醒か睡眠かを判定して、それぞれを分別して平均加算する手法を開発した。これを健常者と側頭葉てんかん患者とで N20m 信号の強度 (モーメント) として比較し、さらに側頭葉患者においては罹病期間との相関を調べた。

最後に、頭蓋内電極を留置した難治性てんかん症例において、大脳皮質の高周波振動 (HF0) を、覚醒、徐波睡眠、高速眼球運動をとともなう睡眠 (REM 睡眠期) とにわけて計測した。頭蓋内電極部位を、てんかん外科切除域とそれ以外とにわけ、前者をてんかん原生領域に近い部位と仮定して、後者のてんかん原生領域に遠い部位と仮定した領域との比較を行った。

4. 研究成果

第 1 に、TMR センサの高感度開発と並行して、健常者における生体信号の計測に挑戦し、心臓図と脳磁図の計測に成功した。心磁図計測においては従来の TMR センサにおいては、平均加算の手法によってようやく背景雑音を低減して心磁図波形が認められるものであったが、我々

は平均加算処理を行わない単発の心磁図波形においても心磁図 QRS 波型を確認することができた。これは TMR 生体磁気計測において画期的な第一歩である。また脳磁図計測においては、4 個の TMR センサをブリッジ回路に組み込んでノイズ対策に用いる手法を開発し、脳波をトリガーにした平均加算の手法と併用して、健常者の覚醒閉眼時の後頭部基礎波（アルファ波）を計測することに世界で初めて成功した。

第 2 に、将来の TMR 脳磁計の応用を念頭に、従来型の SQUID 脳磁計を用いて健常者における新たな脳機能研究を実施した。聴覚誘発磁界においては、人間が話を聞く時に話者の口唇を読むことによって理解度を高める機序を解明することができた。すなわち、話者の口の動きを視覚的に理解するスピードが速いために、遅れて入力される聴覚情報を受け入れやすい準備を、あらかじめ脳が行えるというメカニズムである。このメカニズムを脳磁図により証明することができた。この活動は、将来 TMR 脳磁計が開発された際に、最初の段階で応用可能な分野である。また体性感覚誘発磁界においては、手首の正中神経刺激によって最初に大脳から誘発される N20m 信号に着目し、覚醒と睡眠の時間帯を厳密に分離しての平均加算という新しい手法を導入した結果、健常者においては覚醒状態よりも睡眠時に N20m の信号強度が低下することが判明した。驚くべきことに、睡眠時の N20m の信号強度は健常者でも側頭葉てんかん患者でも有意差がないものの、覚醒時の N20m の信号強度は、健常者に比べて側頭葉てんかん患者では有意に低下していることが判明した。しかも、側頭葉てんかん患者における覚醒時の N20m の信号強度の低下は、発病からの年数によって経時的に低下することも明らかになった。これは、本来は側頭葉てんかんの発生部位とは無関係である体性感覚活動が、繰り返す発作によって抑制されるという新知見であり、今後のてんかん研究における金字塔的発見といえる。

第 3 に、将来の TMR 脳磁計の臨床応用を念頭に、従来型の SQUID 脳磁計や、頭皮脳波、頭蓋内脳波を駆使して、新たなてんかん診断法を開発した。頭蓋内電極を留置した難治性てんかん症例において、異なる睡眠ステージでの大脳皮質の高周波振動（HFO）をとらえ、高速眼球運動をとまらな睡眠（REM 睡眠期）においては、HFO の頻度は少ないものの、てんかん原生をより特異的に捉えている可能性が示唆された。この HFO は、将来 TMR 脳磁計が開発された際に、最初の臨床応用の分野として期待される。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 49 件、うち英語論文のみ記載)

- 1) Ishikawa T, Obara T, [Jin K](#), Nishigori H, Miyakoda K, Suzuka M, Ikeda-Sakai Y, Akazawa M, [Nakasato N](#), Yaegashi N, Kuriyama S, Mano N: Examination of the prescription of antiepileptic drugs to prenatal and postpartum women in Japan from a health administrative database. *Pharmacoepidemiology and drug safety*. 2019 (in press) . DOI:10.1002/pds.4749 (査読有り)
- 2) Iwaki H, [Jin K](#), Sugawara N, [Nakasato N](#), Kaneko S: Perampanel-induced weight gain depends on level of intellectual disability and its serum concentration. *Epilepsy research* 152 1-6, 2019, DOI:10.1016/j.eplepsyres.2019.02.011 (査読有り)
- 3) Matsumura N, Nobusawa S, Ito J, Kakita A, Suzuki H, Fujii Y, Fukuda M, [Iwasaki M](#), [Nakasato N](#), Tominaga T, Natsume A, Mikami Y, Shinojima N, Yamazaki T, Nakazato Y, Hirato J, Yokoo H: Multiplex ligation-dependent probe amplification analysis is useful for detecting a copy number gain of the FGFR1 tyrosine kinase domain in dysembryoplastic neuroepithelial tumors. *Journal of neuro-oncology* . 143(1):27-33, 2019, DOI:10.1007/s11060-019-03138-7 (査読有り)
- 4) Morishita Y, Mugikura S, Mori N, Tamura H, Sato S, Akashi T, [Jin K](#), [Nakasato N](#), Takase K: Atrophy of the ipsilateral mammillary body in unilateral hippocampal sclerosis shown by thin-slice-reconstructed volumetric analysis. *Neuroradiology* 61(5):515-523, 2019. DOI:10.1007/s00234-019-02158-4 (査読有り)
- 5) Ninomiya A, [Iwasaki M](#), [Kakisaka Y](#), [Jin K](#), [Nakasato N](#), Tominaga T: Apparently diffuse epileptic abnormalities caused by a small cavernous malformation: a surgical case report. *Epilepsy & Seizure* 10: 107-113, 2018. DOI:https://doi.org/10.3805/eands.10.107 (査読有り)
- 6) Usui N, Akamatsu N, [Nakasato N](#), Ohnishi A, Kaneko S, Hiramatsu H, Saeki K, Miyagishi H, Inoue Y: Long-term tolerability, safety and efficacy of adjunctive perampanel in the open-label, dose-ascending Study 231 and extension Study 233 in Japanese patients with epilepsy. *Seizure* 62:26-32, 2018. DOI:10.1016/j.seizure.2018.09.012 (査読有り)
- 7) Hari R, Baillet S, Barnes G, Forss N, Gross J, Hämäläinen M, Jensen O, Kakigi R, Mauguière F, [Nakasato N](#), Puce A, Romani GL, Schnitzler A, Taulu S: Reply to "Clinical practice guidelines or clinical research guidelines?". *Clin Neurophysiol* 129: 2056-2057, 2018, DOI: 10.1016/j.clinph.2018.06.016 (査読有り)
- 8) [Kakisaka Y](#), [Jin K](#), Fujikawa M, Kitazawa Y, [Nakasato N](#): Teleconference-based education of epileptic seizure semiology. *Epilepsy Res* 145: 73-76, 2018. DOI:

- 10.1016/j.eplepsyres.2018.06.007 (査読有り)
- 9) Kitazawa Y, Jin K, Kakisaka Y, Fujikawa M, Tanaka F, Nakasato N : Predictive factors of higher drug load for seizure freedom in idiopathic generalized epilepsy: Comparison between juvenile myoclonic epilepsy and other types . *Epilepsy Res* 144 : 20-24, 2018. DOI : 10.1016/j.eplepsyres.2018.04.009 (査読有り)
 - 10) Hari R, Baillet S, Barnes G, Burgess R, Forss N, Gross J, Hämäläinen M, Jensen O, Kakigi R, Mauguière F, Nakasato N, Puce A, Romani GL, Schnitzler A, Taulu S : IFCN-endorsed practical guidelines for clinical magnetoencephalography (MEG) . *Clin Neurophysiol* 129 : 1720-1747, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2018.03.042>
 - 11) Iwaki H, Jin K, Fujikawa M, Nakasato N, Kaneko S : Topiramate-induced weight loss depends on level of intellectual disability in patients with epilepsy . *Epilepsy Behav* 83 : 87-91, 2018, DOI : 10.1016/j.yebeh.2018.03.010 (査読有り)
 - 12) Fujiwara K, Oogane M, Kanno A, Imada M, Jono J, Terauchi T, Okuno T, Aritomi Y, Morikawa M, Tsuchida M, Nakasato N, Ando Y : Magnetocardiography and magnetoencephalography measurements at room temperature using tunnel magneto-resistance . *Applied Physics Express* 11, 023001, 2018, <https://doi.org/10.7567/APEX.11.023001> (査読有り)
 - 13) Kato K, Kakisaka Y, Jin K, Fujikawa M, Nakamura M, Suzuki N, Kondo M, Fukuda K, Shimokawa H, Nakasato N : Stressful medical explanation may cause syncope in patients with emotion-triggered neurocardiogenic syncope . *Pacing Clin Electrophysiol* 41(1) : 96-98 . 2018, DOI:10.1111/pace.13199 (査読有り)
 - 14) Yahata I, Kawase T, Kanno A, Hidaka H, Sakamoto S, Nakasato N, Kawashima R, Katori Y : Effects of visual speech on early auditory evoked fields - From the viewpoint of individual variance . *PLoS One* 31:12(1):e0170166, 2017, DOI:10.1371/journal.pone.0170166 (査読有り)
 - 15) Kakisaka Y, Jin K, Fujikawa M, Kitazawa Y, Kato K, Nakasato N : Levetiracetam improves symptoms of multiple chemical sensitivity : Case report . *J Med Invest* 64 : 296-298, 2017 . DOI:10.2152/jmi.64.296 (査読有り)
 - 16) Hihara H, Kanetaka H, Kanno A, Koeda S, Nakasato N, Kawashima R, Sasaki K : Evaluating age-related change in lip somatosensation using somatosensory evoked magnetic fields . *PLoS One* 12(6) : e0179323, 2017 . DOI:10.1371/journal.pone.0179323 (査読有り)
 - 17) Kawase T, Yahata I, Kanno A, Sakamoto S, Takanashi Y, Takata S, Nakasato N, Kawashima R, Katori Y : Impact of audio-visual asynchrony on lip-reading effects -neuromagnetic and psychophysical study . *PLoS One* 28 : 11:e0168740, 2016 (査読有り)
 - 18) Takezawa Y, Kakisaka Y, Wakusawa K, Ishitobi M, Hino-Fukuyo N, Inui T, Endo W, Anzai M, Nakasato N, Haginoya K : The efficacy of lamotrigine for atypical absence status epilepticus in a case of perioral myoclonia with absence . *Epilepsy & Seizure (J Jpn Ep Soc)* 8(1) : 1-8, 2016, <https://doi.org/10.3805/eands.8.1> (査読有り)
 - 19) Takahashi Y, Iwasaki M, Nakagawa A, Sato S, Nakasato N, Tominaga T : Predicting tissue breaking strengths in the epileptic brain with T2 relaxometry : Application of pulsed water jet dissection system for epilepsy surgery . *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 78 : 561-565, 2017, DOI:10.1055/s-0036-1593959 (査読有り)
 - 20) Nakamura M, Jin K, Kato K, Itabashi H, Iwasaki M, Kakisaka Y, Nakasato N : Differences in sleep architecture between left and right temporal lobe epilepsy . *Neurol Sci* 38(1) : 189-192, 2017, DOI:10.1007/s10072-016-2731-6 (査読有り)
 - 21) Iwasaki M, Jin K, Nakasato N, Tominaga T : Non-invasive Evaluation for Epilepsy Surgery . *Neurol Med Chir (Tokyo)* 56 : 632-640, 2016, DOI:10.2176/nmc.ra.2016-0186 (査読有り)
 - 22) Fujikawa M, Nishio Y, Kakisaka Y, Ogawa N, Iwasaki M, Nakasato N : Fantastic confabulation in right frontal lobe epilepsy . *Epilepsy Behav Case Rep* 6:55-57, 2016 . DOI:10.1016/j.ebcr.2016.08.003 (査読有り)
 - 23) Sato S, Iwasaki M, Suzuki H, Mugikura S, Jin K, Tominaga T, Takase K, Takahashi S, Nakasato N : T2 relaxometry improves detection of non-sclerotic epileptogenic hippocampus . *Epilepsy Res* 126 : 1-9 2016, DOI:10.1016/j.eplepsyres.2016.06.001 (査読有り)
 - 24) Khalil AF, Iwasaki M, Nishio Y, Jin K, Nakasato N, Tominaga T : Verbal dominant memory impairment and low risk for post-operative memory worsening in both left and right temporal lobe epilepsy associated with hippocampal sclerosis : *Neurol Med Chir (Tokyo)* 56(11) : 716-723, 2016, DOI:10.2176/nmc.oa.2016-0004 (査読有り)

[学会発表](計 30 件、うち国際学会のみ記載)

- 1) Ishida M, Jin K, Kakisaka Y, Kanno A, Kawashima R, Nakasato N : Attenuated somatosensory evoked magnetic fields during wakefulness in patients with temporal lobe epilepsy. American Clinical Neurophysiology Society Annual Meeting . Las

- Vegas, NV, USA . 2019 年 2 月 6 日
- 2) Nakasato N : Epilepsy : The name you know, the story you don ' t . Asian Leksell Gamma Knife Society . Sendai, Japan . 2019 年 1 月 19 日
 - 3) Jin K, Kanno A, Nakasato N : Japanese Perspective on the Current State and Future Direction of Clinical MEG . 31st International Congress of Clinical Neurophysiology . Washington, D.C., USA . 2018 年 5 月 6 日
 - 4) Agari D, Kakisaka Y, Jin K, Kanno A, Ishida M, Nakasato N : Magnetoencephalography correlates of benign epileptiform transients of sleep in patients with temporal lobe epilepsy . 31st International Congress of Clinical Neurophysiology . Washington, D.C., USA . 2018 年 5 月 3 日
 - 5) Nakasato N : Detection, separation and localization of deep epileptiform activity in EEG and MEG . MEG 50 Years, The International and European Societies Magnetoencephalography . Poros, Greece . 2018 年 4 月 20 日
 - 6) Nakasato N : When, why and how is MEG essential to diagnose epilepsy . 12th Asian-Oceanian Congress of Neuroradiology . Taipei, Taiwan . 2018 年 3 月 18 日
 - 7) Takayama Y, Jin K, Kakisaka Y, Kanno A, Ishida M, Iwasaki M, Osawa S, Kitazawa Y, Agari D, Suzuki H, Nakasato N : Characteristics of MEG findings in patients with dysembryoplastic neuroepithelial tumor and ganglioglioma . 71th American Epilepsy Society Annual Meeting . Washington, D.C., USA . 2017 年 12 月 3 日
 - 8) Kitazawa Y, Kanno A, Jin K, Ishida M, Kakisaka Y, Tanaka F, Nakasato N : Abnormal dipole rotation in the somatosensory evoked response to median nerve stimulation in a patient with polymicrogyria . 6th Biennial Meeting of the International Society for the Advancement of Clinical Magnetoencephalography (ISACM) . 仙台 . 2017 年 5 月 24 日
 - 9) Takayama Y, Jin K, Kakisaka Y, Kitazawa Y, Agari D, Kanno A, Ishida M, Nakasato N : Comparison of MEG findings between patients with dysembryoplastic neuroepithelial tumor and ganglioglioma . 6th Biennial Meeting of the International Society for the Advancement of Clinical Magnetoencephalography (ISACM) . 仙台 . 2017 年 5 月 24 日
 - 10) Ishida M, Kakisaka Y, Kanno A, Iwasaki M, Jin K, Kawashima R, Nakasato N : A case of subclinical seizures detected by magnetoencephalography but not by scalp electroencephalography . American Clinical Neurophysiology Society Annual Meeting . Phoenix, AZ, USA . 2017 年 2 月 10 日
 - 11) Kanno A, Yahata I, Kawase T, Nakasato N, Katori Y, Sugiura M, Kawashima R : Effects of visual speech on early auditory evoked magnetic fields . American Clinical Neurophysiology Society Annual Meeting . Phoenix, AZ, USA . 2017 年 2 月 10 日
 - 12) Kakisaka Y, (他 3 名) : MEG may reveal hidden population of spikes in epilepsy with porencephalic cyst/encephalomalacia . 20th International Conference on Biomagnetism . Seoul, Korea . 2016 年 10 月 6 日
 - 13) Kanno A, Koeda S, Kakisaka Y, Nakasato N, Kawashima R, Sugiura M : Somatosensory evoked magnetic fields in patients with free flap reconstruction of the tongue . 20th International Conference on Biomagnetism . Seoul, Korea . 2016 年 10 月 5 日
 - 14) Iwasaki M, Kanno A, Nakasato N : Complementary use of functional MRI and MEG for language mapping in pre-surgical evaluation of epilepsy . Human Brain Mapping Annual Meeting . Geneva, Switzerland . 2016 年 6 月 27 日

〔図書〕(計 1 件)

- 1) 中里信和 : NHK 出版、変わる! あなたのてんかん治療、2018 年 (総ページ数 144)
ISBN:4140113502

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ

東北大学大学院医学系研究科てんかん学分野 (<http://www.epilepsy.med.tohoku.ac.jp>)

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名 : 岩崎 真樹

ローマ字氏名：Iwasaki, Masaki

所属研究機関名：国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター

部局名：病院

職名：部長

研究者番号（8桁）：00420018

研究分担者氏名：神 一敬

ローマ字氏名：Jin, Kazutaka

所属研究機関名：東北大学

部局名：医学系研究科

職名：准教授

研究者番号（8桁）：20436091

研究分担者氏名：菅野 彰剛

ローマ字氏名：Kanno, Akitake

所属研究機関名：東北大学

部局名：医学系研究科

職名：講師

研究者番号（8桁）：20578968

研究分担者氏名：柿坂 庸介

ローマ字氏名：Kakisaka, Yosuke

所属研究機関名：東北大学

部局名：大学病院

職名：講師

研究者番号（8桁）：90400324

(2)研究協力者

なし

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、研究者個人に帰属されます。