

機関番号：14401  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2008 ～ 2010  
 課題番号：20591685  
 研究課題名（和文）3 テスラMRI によるマルチテンソル・トラクトグラフィーの臨床応用とその検証  
 研究課題名（英文）Clinical application and the validation of 3T-MRI based multi-tensor fiber tractography  
 研究代表者  
 橋本 直哉（HASHIMOTO NAOYA）  
 大阪大学・大学院医学系研究科・准教授  
 研究者番号：90315945

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、multi-tensor approach による FT 画像 (multi-tensor tractography: MT) を 3T-MRI 装置による DTI 画像に応用し、FT 画像の精度の向上を達成した。研究期間後半では、eloquent 手術の実際における術中モニタリング、ナビゲーション画像と組み合わせて、multi-tensor tractography の in vivo での検証を行った。

## 研究成果の概要（英文）：

A novel approach of fiber tractography named “multi-tensor tractography (MT)” was applied to 3T-MRI based DTI and successfully used in neurosurgery to improve the accuracy of neuro-navigational system. Then, MT mounted on the system has been validated by intra-operative electrophysiological monitoring and mapping.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・脳神経科学

キーワード：(1) 3T-MRI (2) 拡散テンソル (3) マルチテンソル (4) トラクトグラフィー  
 (5) 電気生理学的検証

## 1. 研究開始当初の背景

申請者らは拡散テンソル画像 (DTI) を基盤とした fiber tractography (FT) 画像を臨床応用し、その有用性を述べてきた (脳神経外科、2007)。これらの DTI-FT 画像は「拡散の異方性」の情報をもとに神経線維走行の方向性を描出するものであり、実際の in vivo において「何を見ているか」は検証されていない。(NeuroImage, 2005)。従来の FT 画像が、

目的とする神経線維束のすべてを描出できないことには、交叉線維の存在など複雑な解剖学的因子、病理学的因子、DTI-FT 画像の原理的/技術的因子が関与するものと考えられる。これまでの FT 画像は、DTI 画像において単一のボクセル上に単一のテンソルを計算し、これを line tracking することにより目的とする神経線維束を描出する。この

single-tensor approachによるFT画像では、交叉線維の存在や手／顔面からの線維が扇状に広がる解剖学的特性 (fan-shaped fibers) から、運動／感覚線維を完全には描出することができない。視覚線維において側脳室下角を取り巻く Meyer's loop では、しばしば tracking が困難である。これらの問題点は実際の臨床応用、普及を考える上で、神経線維の過小評価や、手術に応用した場合に患者の神経学的障害を招く恐れがあるという点からも、解決すべき課題であった。

これらのことから、motion probing gradient (MPG)やb-valueを高く設定し、典型的には30軸以上、3000sec/mm<sup>2</sup>以上とした HARDI (high angular resolution diffusion imaging)が考案された。さらに、これらの DTI データから単一のボクセル内に複数のテンソルを計算して仮定する HARDI-based multi-tensor tractography が開発された (Frank LR Magn Reson Med 2002, Kreher BW et al. Magn Reson Med 2005)。しかし、HARDIでは撮像そのものに相当の時間を要し、臨床には使用できないのが現状であった。我々はこの方法を臨床応用することを着想し、single-tensor approach用に1.5T-MRIにより短時間で撮像した DTI 画像データを、multi-tensor model のアルゴリズムで解析し、臨床応用の可能性を示した (AJNR, 2007, 脳腫瘍の外科, 2007)。半卵円中心では下肢／体幹に加えて、上肢／顔面／舌の線維も分離／描出可能であった。これらの結果を3T-MRI装置による撮像データに応用し、single-tensor approachによるFT画像と比較検討、術前・術中画像としてのMTの臨床的有用性を確立するとともに、その検証を行うことを計画した。

## 2. 研究の目的

研究室レベルで multi-tensor approach のために開発された撮像法は、撮像条件としての MPG が30軸以上、b-value も3000sec/mm<sup>2</sup>以上と、通常の1.5T-MRIによる撮像では相当の時間を要するため臨床使用に適さない。本研究では、3T-MRI装置におけるMTのための撮像条件を探り、MPGやb-valueなどの設定を行い、最適な撮像条件を明らかにする。FT法の問題点としては撮像条件のみならず、trackingにおけるFA値の設定など諸条件が標準化されていないことが挙げられる。これらを解決するために、3T撮像で得られたDTIデータから、multi-tensor approachでのtrackingにおける最適条件を明らかにする。

さらに、single-tensor approachによるFT画像と比較検討し、術前・術中画像としてのMTの臨床的有用性を確立する。すでに少ない症例数ではあるが、1.5T-MRI装置によるMTではsingle-tensor approachと比較して、半卵円中心もにおいて数倍の太さをもって運動線維が描出されることを確認した (脳腫瘍の外科 2007)。これらを定量化して比較検討し、MTの臨床的有用性を明らかにする。また、実際の eloquent 領域の手術に際して、MTによる画像をナビゲーションシステムに搭載し、術中の電気生理学的モニタリング (motor evoked potential: MEP など)により、MTが実際の神経線維束をどれほど正確に描出しているかを検証する。

## 3. 研究の方法

### (1) MTのための3T-MR撮像条件、tracking最適条件の確立

正常被験者10名と機能領域に関連のない疾患を有する患者10名において、3T-MRI装置を用いて拡散テンソル画像を撮像し、MTによるfiber tractography (FT)画像を作成する。元来低いS/N比を有するDTIでは、3Tによる高いS/N比が期待され、撮像の条件として、single shot echo planar法でのMPGの軸数、b-value、加算回数 (averaging)などについて検討し、至適条件を見出す。MT画像は解析ソフトウェア (PRIDE: Philips Medical Systems, Best, The Netherland)を用い、皮質関心領域を分けて設定することにより、顔面／舌／上肢／体幹／下肢の運動および感覚神経線維の分離を行い、3Tにおいても方法論として確立する。顔面／舌／上肢／体幹／下肢線維の分離された画像情報をDICOM画像として出力し、ナビゲーションシステムに搭載可能であることを確認する。

最適化されたDTIデータを用いて、MTにより視覚線維や言語関連線維を描出し、これまで描出が困難か不良であったこれらの線維の描出能を検討し、標準化する。

### (2) MTとsingle-tensor approachによるFT画像の比較検討

(1)で解析した同一被験者のDTIデータにおいて、single-tensor approachによる解析を行う。すなわち、この解析においても顔面／舌／上肢／体幹／下肢の皮質関心領域を分けて設定することにより、それぞれの部位に対応する神経線維束が描出可能かどうかを検討するとともに、その結果を(1)で得られたMT画像と比較検討する。同様の手法で視覚線維においても、MTとsingle-tensor approachによるFTを比較検

討し、MT の臨床的有用性を確認する予定である。

### (3) MT により描出された神経線維束の神経学的、電気生理学的な検証

それぞれの神経線維束に応じて、手術ナビゲーションシステムに搭載された MT 画像の神経学的、電気生理学的検証を個別に行う。

#### ①運動線維の検証

従来から eloquent 領域の手術に応用している術中 motor evoked potential (MEP) を使用し、ナビゲーションシステム上の MT 画像において、それぞれの電気生理学的反応が得られた部位を記録し、解析する。

#### ②感覚／視覚線維の検証

ナビゲーション上の MT 画像における感覚／視覚線維を、術中の sensory evoked potential (SEP) および visual evoked potential (VEP) と比較検討する。従来の SEP/VEP とともに、神経線維を術中に直接刺激することにより (subcortical stimulation)、皮質において解析にたえうる SEP/VEP を観測できる手法を確立し、刺激部位に最も近い感覚／視覚線維までの距離を正確に計測、記録することにより、MT による感覚／視覚線維の検証を行う。

#### ③言語関連線維の描出と検証

これまでに single-tensor approach において、上縦束の一部としての弓状束、下前頭後頭束、鈎状束などを描出してきたが、個々の被験者における描出能にばらつきがあり、描出不能な場合も多く経験する。これらの言語関連線維について、(1)、(2) で最適化された MT による神経線維束の描出能を検討する。さらには、覚醒下手術において、①、②での検討と同様に、皮質および皮質下刺激を行い、MT による言語関連線維描出の正確性の検証を試みる。

## 4. 研究成果

### (1) MT のための 3T-MR 撮像条件、tracking 最適条件の確立

正常被験者 10 名と機能領域に関連のない疾患を有する患者 10 名において、3T-MRI 装置を用いて拡散テンソル画像を撮像し、MT による fiber tractography (FT) 画像を作成した。撮像の条件として、motion probing gradient (MPG): 25 軸、b-value: 2000、averaging: 2 回を最適条件として確立した。PRIDE (Philips Medical Systems, Best, The Netherlands) を用いて、運動／感覚線維の描出を行い、fractional anisotropy (FA 値) や inner product などの stopping criteria を施設内で標準化した。皮質関心領域を分けて設定することにより、顔面／舌／上肢／体幹／下肢の運動および感覚神経線維の分離を行った。これら画像情報は DICOM 画像として出力し、ナビゲーションシステムに搭載可

能であった。視覚線維や言語関連線維についても同様のことを行い、標準化した。

### (2) MT と single-tensor approach による FT 画像の比較検討

(1) で解析した同一被験者の DTI データにおいて、single-tensor approach による解析を行い、顔面／舌／上肢／体幹／下肢の皮質関心領域を分けて設定することにより、それぞれの部位に対応する神経線維束が描出可能かどうかを検討し、MT 画像と比較検討した。Single-tensor approach においては、これらの神経線維束の分離は一部が不能であり、明らかに MT と比較して、分離／描出能は劣っているものと考えられた。

### (3) MT により描出された神経線維束の神経学的、電気生理学的な検証

①運動線維の検証：術中 motor evoked potential (MEP) を使用し、ナビゲーションシステム上の multi-tensor tractography (MT) 画像において、それぞれの電気生理学的反応が得られた部位を記録し、解析した。MT とこれら電気生理学的モニタリングの関係性についてある程度の相関性を見出した。統計学的に解析を行い、過去の報告と対比して論文化を行っている。

②感覚／視覚線維の検証：ナビゲーション上の MT 画像における感覚／視覚線維を、術中の SEP および VEP と比較検討した。この間、新たな検証法として subcortical SEP, VEP の開発を行った。Subcortical VEP では 5 症例で視覚刺激：白質電位測定、白質刺激：皮質電位測定に成功し、新たな検証法として報告予定である (図 1)。結果をもとに、Meyer's loop など retinotopy との関係性を解析している。

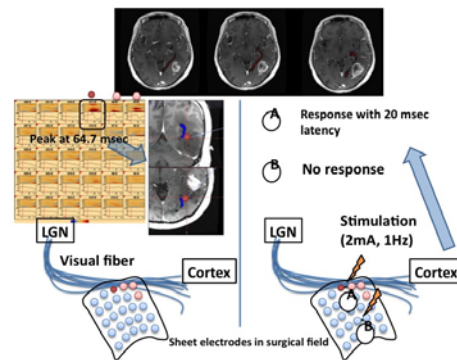


図 1 : Subcortical VEP

③言語関連線維の描出と検証：弓状束、下前頭後頭束、鈎状束などの言語関連線維について、主に言語関連領域の病変における手術患者で、MT によるこれら神経線維束の描出を行った。覚醒下手術において皮質および皮

質下刺激を行い、MT による言語関連線維描出の正確性を検証した。弓状束では、4mA の刺激強度で FT 上の線維から 5.7mm から 11.7mm の幅をもって言語症状が出現した。これらの結果から、他の神経線維群と比較して、言語関連線維である弓状束は、解剖学的に複雑な構造である可能性や、個人差が大きいこと、あるいは MT をもってしても正確に描出することが困難である可能性が示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 17 件)

- ① Kinoshita M, Goto T, Okita Y, Kagawa N, Kishima H, Hashimoto N, Yoshimine T: Diffusion tensor based tumor infiltration index cannot discriminate vasogenic edema from tumor-infiltrated edema. Neuro-oncol 96, 409-415, 2010 査読有
- ② Okita Y, Kinoshita M, Goto T, Kagawa N, Kishima H, Shimosegawa E, Hatazawa J, Hashimoto N, Yoshimine T: 11C-methionine uptake correlates with tumor cell density rather than with microvessel density in glioma: a stereotactic image-histology comparison. Neuroimage 49, 2977-2982, 2010 査読有
- ③ Goto Y, Hashimoto N, Okita Y, Goto T, Rabo C, Hirayama H, Horikawa Y, Kinoshita M, Kagawa N, Yoshimine T: A surgically treated case of Lhermitte-Duclos disease with a precise natural history and high uptake of FDG on PET. J Neuro-oncol 97, 445-450, 2010 査読有
- ④ Kinoshita M, Yoshioka Y, Okita Y, Hashimoto N, Yoshimine T: MR molecular imaging of HER-2 in a murine tumor xenograft by SPIO labeling of anti-HER-2 affibody. Contrast Media Mol Imaging 5, 18-22, 2010 査読有
- ⑤ Yamada K, Akazawa K, Yuen S, Goto M, Matsushima S, Takahata A, Nakagawa M, Mineura K, Nishimura T: MR Imaging of Ventral Thalamic Nuclei. AJNR Am J Neuroradiol 31, 732-735, 2010 査読有
- ⑥ Yamada K, Sakai K, Owada K, Mineura K, Nishimura T: Cerebral white matter lesions may be partially reversible in patients with carotid artery stenosis. AJNR Am J Neuroradiol 31, 1350-1352, 2010 査読有
- ⑦ Akazawa K, Yamada K, Matsushima S, Goto M, Yuen S, Nishimura T: Optimum b value for resolving crossing fibers: a study with standard clinical b value using 1.5-T MR. Neuroradiology 52, 723-728, 2010 査読有
- ⑧ Morisaki S, Kawai Y, Umeda M, Nishi M, Oda R, Fujiwara H, Yamada K, Higuchi T, Tanaka C, Kawata M, Kubo T: In vivo assessment of peripheral nerve regeneration by diffusion tensor imaging. J Magn Reson Imaging 31, 535-542, 2010 査読有
- ⑨ Kinoshita M, Hashimoto N, Goto T, Kagawa N, Kishima H, Izumoto S, Tanaka H, Fujita N, Yoshimine T: Use of fractional anisotropy for determination of the cut-off value in 11C-methionine positron emission tomography for glioma. Neuroimage 45, 312-318, 2009 査読有
- ⑩ Hashiba T, Hashimoto N, Izumoto S, Suzuki T, Kagawa N, Maruno M, Kato A, Yoshimine T: Serial volumetric assessment of the natural history and growth pattern of incidentally discovered meningiomas. Journal of Neurosurgery 110(4), 675-684, 2009 査読有
- ⑪ Hosomi A, Nagakane Y, Yamada K, Kuriyama N, Mizuno T, Nishimura T, Nakagawa M: Assessment of arcuate fasciculus with diffusion-tensor tractography may predict the prognosis of aphasia in patients with left middle cerebral artery infarcts. Neuroradiology 51, 549-555, 2009 査読有
- ⑫ Yamada K: Diffusion tensor tractography should be used with caution. Proc Natl Acad Sci U S A 106: E14, 2009 査読有
- ⑬ Sakai K, Yamada K, Nagakane Y, Mori S, Nakagawa M, Nishimura T: Diffusion tensor imaging may help the determination of time at onset in cerebral ischaemia. J Neurol Neurosurg Psychiatry 80, 986-990, 2009 査読有
- ⑭ Yamada K, Nagakane Y, Sasajima H, Nakagawa M, Mineura K, Masunami T, Akazawa K, Nishimura T: Incidental acute infarcts identified on diffusion-weighted images: A university hospital-based study. AJNR

Am J Neuroradiol 29, 937-940, 2008 査読有

- ⑮ Matsuo K, Mizuno T, Yamada K, Akazawa K, Kasai T, Kondo M, Mori S, Nishimura T, Nakagawa M: Cerebral white matter damage in frontotemporal dementia assessed by diffusion tensor tractography. *Neuroradiology* 50. 605-611, 2008 査読有
- ⑯ Nakamae T, Narumoto J, Shibata K, Matsumoto R, Kitabayashi Y, Yoshida T, Yamada K, Nishimura T, Fukui K: Alteration of fractional anisotropy and apparent diffusion coefficient in obsessive-compulsive disorder: A diffusion tensor imaging study. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 32, 1221-1226, 2008 査読有
- ⑰ Sasaki M, Yamada K, Watanabe Y, Matsui M, Ida M, Fujiwara S, Shibata E: Variability in absolute apparent diffusion coefficient values across different platforms may be substantial: A multivendor, multi-institutional comparison study. *Radiology* 249, 624-630, 2008 査読有

[学会発表] (計 21 件)

- ① Hashimoto N, Goto T, and Yamada K: Novel "Subcortical" Stimulation and Detection of Sensori-visual Evoked Potentials for the Validation of Fiber-tractography. The 2nd International Symposium on the Project `Computational Anatomy 2011年3月6日 Nagoya, Japan
- ② Hashimoto N, Goto T, and Yamada K: Anatomical Validation and Clinical Feasibility of Fiber-Tractography Based on Diffusion Tensor Imaging. The 2nd International Symposium on the Project `Computational Anatomy 2011年3月6日 Nagoya, Japan
- ③ Kinoshita M, Goto T, Kagawa N, Fujimoto Y, Kishima H, Hatazawa J, Hashimoto N, Yoshimine T: Glucose and methionine uptake decouples in T2-hyperintense area with tumor infiltration but not in pure vasogenic edema. *Neuroscience* 2010 -40<sup>th</sup> Annual meeting: 2010年11月16日 San Diego, USA
- ④ 後藤 哲、平田雅之、橋本直哉、貴島晴彦、柳澤琢史、齋藤洋一、佐野史郎、吉

峰俊樹: 皮質下脳波計測による神経白質線維の活動計測.

第 69 回日本脳神経外科学会総会 2010年10月28日 福岡

- ⑤ 吉峰俊樹、橋本直哉、羽柴哲夫、後藤 哲、沖田典子、Rabo Carter、藤本康倫、香川尚己、木下 学、山本福子、木嶋教行、有田英之: 無症候性病変の手術適応と手術時期. 第 69 回日本脳神経外科学会総会 2010年10月28日 福岡
- ⑥ 木下 学、後藤 哲、有田英之、沖田典子、香川尚己、藤本康倫、貴島晴彦、畑澤 順、橋本直哉、吉峰俊樹: 多画像同時解析による新規画像診断法の開発: voxel-wise analysis が可能にする真のマルチモデル画像解析. 第 69 回日本脳神経外科学会総会 2010年10月27日 福岡
- ⑦ 木下 学、吉岡芳親、沖田典子、橋本直哉、吉峰俊樹: Affibody を用いた MRI による HER-2 受容体の分子イメージング. 第 69 回日本癌学会学術総会 2010年9月24日 大阪
- ⑧ Okita Y, Kinoshita M, Goto T, Kagawa N, Kishima H, Hashimoto N, Yoshimine T: Stereotactic Image-Histology Comparison Among 11C-Methionine Uptake and Histopathology in Gliomas. 7th Meeting of Asian Society for Neuro-Oncology 2010年6月12日 Seoul, Korea
- ⑨ Kinoshita M, Yoshioka Y, Okita Y, Hashimoto N, Yoshimine T: MR molecular imaging of HER-2 in a murine tumor xenograft by SPI0 labeling of anti-HER-2 Affibody. International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) 18th Scientific Meeting 2010年5月3日 Stockholm, Sweden
- ⑩ 木下 学、後藤 哲、沖田典子、香川尚己、貴島晴彦、橋本直哉、吉峰俊樹: 拡散テンソル画像による tumor infiltration index は悪性 glioma の浸潤評価に有用か? 第 27 回日本脳腫瘍学会 2009年11月8日 大阪
- ⑪ 橋本直哉、木嶋教行、千葉泰良、沖田典子、山本福子、後藤 哲、平田雅之、木下 学、香川尚己、吉峰俊樹: 悪性グリオーマにおけるモニタリングと長期成績: 現状と今後の展望. 第 68 回日本脳神経外科学会総会 2009年10月14日 東京

- ⑫ 橋本直哉, 木嶋教行, 千葉泰良, 沖田典子, 山本福子, 後藤 哲, 平田雅之, 木下 学, 香川尚己, 吉峰俊樹: 言語領野近傍の手術における multitensor fiber tractography と methioninePET との有効利用: 覚醒下手術の迅速化. 第14回日本脳腫瘍の外科学会 2009年9月25日 東京
- ⑬ Kinoshita M, Hashimoto N, Goto T, Yanagisawa T, Kagawa N, Kishima H, Hatazawa J, Yoshimine T: Use of fractional anisotropy for determination of the cut-off value in 11C-methionine positron emission tomography for glioma. ISMRM 17th Annual Meeting and Exhibition 2009年4月23日 Honolulu, USA
- ⑭ 後藤雄子, 平田雅之, 後藤哲, 沖田典子, 山本福子, 千葉泰良, 木下学, 香川尚己, 橋本直哉, 吉峰俊樹: 左島弁蓋部神経膠腫に対してマルチモダリティ覚醒手術を施行した一症例. 近畿脳腫瘍研究会 2009年4月4日 大阪
- ⑮ 木下 学, 後藤 哲, 柳澤琢史, 沖田典子, 香川尚己, 貴島晴彦, 橋本直哉, 吉峰俊樹: Use of fractional anisotropy for determination of the cut-off value in methionine PET. 第32回日本脳神経 CI 学会総会 2009年3月6日 京都
- ⑯ 木下 学, 沖田典子, 後藤 哲, 山本福子, 千葉泰良, 香川尚己, 貴島晴彦, 橋本直哉, 吉峰俊樹: 拡散テンソル画像による細胞密度, 増殖能の評価と FDG-PET との相関性. 第26回日本脳腫瘍学会 2008年12月2日 松山
- ⑰ 橋本直哉, 後藤 哲, 沖田典子, 山本福子, 千葉泰良, 木下 学, 香川尚己, 吉峰俊樹: Multi-tensor fiber tracking のグリオーマ手術への応用. 第26回日本脳腫瘍学会 2008年12月1日 松山
- ⑱ 木下 学, 橋本直哉, 後藤 哲, 沖田典子, 山本福子, 千葉泰良, 香川尚己, 貴島晴彦, 吉峰俊樹: MRI による脳腫瘍の生物学的特性の評価の試み-拡散テンソル画像 (DTI) による細胞密度, 増殖能の評価- 第67回日本脳神経外科学会総会 2008年10月3日 盛岡
- ⑲ 平田雅之, 橋本直哉, 後藤哲, 齊藤洋一, 貴島晴彦, 押野悟, 柳澤琢史,

細見晃一, 依藤史郎, 吉峰俊樹: 脳磁図, 皮質電位, ファイバートラッキング, 経頭蓋磁気刺激を用いた術前術中視覚機能評価.

第8回日本脳神経外科術中画像研究会 2008年7月26日 大阪

- ⑳ 橋本直哉, 平田雅之, 沖田典子, 後藤 哲, 山本福子, 千葉泰良, 木下学, 香川尚己, 吉峰俊樹:

Multi-tensor tractograph と 11C-methionine PET を搭載したナビゲーションシステムによる脳腫瘍の手術.

第8回日本脳神経外科術中画像研究会 2008年7月26日 大阪

- ㉑ 橋本直哉, 羽柴哲夫, 後藤 哲, 沖田典子, 山本福子, 千葉泰良, 木下学, 香川尚己, 吉峰俊樹: 無症候性髄膜腫の自然経過: 体積計測による個別未来予測.

第17回日本脳ドック学会総会 2008年6月28日 郡山

〔図書〕 (計2件)

- ① Hashimoto N, Yoshimine T: Incidentally discovered meningiomas: growth rates and patterns. Tumors of the Central Nervous System. Springer (New York) in press

- ② 平田雅之, 後藤 哲, 谷 直樹, 甲津彩子, 元木 優, 齋藤洋一, 貴島晴彦, 橋本直哉, 柳澤琢史, 細見晃一, 依藤史郎, 吉峰俊樹: 脳磁図, 皮質の脳波, ファイバートラッキング, 経頭蓋磁気刺激を用いた術前・術中視覚機能評価. 臨床脳波 51, 721-728, 2009

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

橋本 直哉 (HASHIMOTO NAOYA)  
大阪大学・大学院医学系研究科・准教授  
研究者番号: 90315945

### (2) 研究分担者

山田 恵 (YAMADA KEI)  
京都府立医科大学・医学系研究科・講師  
研究者番号: 80315960

吉峰 俊樹 (YOSHIMINE TOSHIKI)  
大阪大学・大学院医学系研究科・教授  
研究者番号: 00201046

### (3) 連携研究者

( )  
研究者番号: