

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：63905

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22985

研究課題名（和文）7テスラ超高磁場 MRI による in vivo 大脳皮質分節マッピング法の開発

研究課題名（英文）Development of in vivo cortical segmental mapping using 7 tesla ultra-high field MRI

研究代表者

福永 雅喜（Fukunaga, Masaki）

生理学研究所・システム脳科学研究領域・准教授

研究者番号：40330047

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：細胞微細構造計測に特化した定量的磁化率画像およびT2*緩和時間画像を導出するためのマルチエコーグラディエントエコー法の開発と、相反する磁化率をもつ組織に含有されるミエリンと鉄を分離同定するために必要な常磁性磁化率および反磁性磁化率を個別に描出する画像生成法の開発を実施した。前者では、エコー間の読み取り磁場勾配スキームを鏡像関係に維持することでアーチファクトの大幅な低減が可能であった。後者では、周波数シフトとR2'緩和時間情報から常磁性及び反磁性を分離するモデルを生成し、組織標本の染色像から得られた大脳皮質内髄鞘密度分布と高い一致を示す反磁性磁化率画像の取得が可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の脳画像は、脳の大局的な形状（脳回や脳溝形状、体積や厚さなど）から異常を見出すことを目的とされてきた。しかし、脳の機能局在を示す脳領域は、大脳皮質のメソスコピックな微細構造形状に基づくため、これらの描出技術が望まれる。本研究では、ヒト生体に応用可能な磁気共鳴法を用いて脳内の微細構造描出技術を開発した。本成果は、脳研究の発展のみならず、神経疾患の病態メカニズム探索にも応用可能と考えられる。

研究成果の概要（英文）：The development of a multi-echo gradient echo for deriving quantitative magnetic susceptibility and T2*-relaxation time images specialized for microstructure in the cortex, and the development of an imaging technique for separately delineating paramagnetic and diamagnetic magnetic susceptibilities required to separate and identify myelin and iron in tissues. The proposed method significantly reduces the artifacts by maintaining the readout gradient scheme between echoes in the mirroring/balanced relationship. In the latter, a model separating paramagnetic and diamagnetic susceptibilities was generated from the frequency shift and R2' relaxation time, enabling the acquisition of diamagnetic susceptibility images highly consistent with intraparenchymal myelin distributions obtained from stained images of tissue specimens.

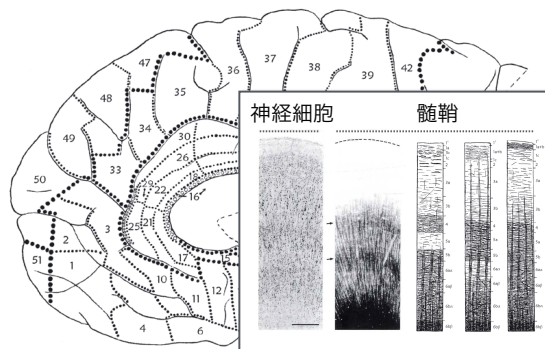
研究分野：磁気共鳴医学

キーワード：7テスラMRI 髄鞘密度 大脳皮質 高分解能MRI 磁化率

1. 研究開始当初の背景

磁気共鳴画像法 (magnetic resonance imaging: MRI) は、非侵襲的にヒトの脳形態を画像化する手法として、臨床医学、脳科学研究を問わず広く利用されている。近年、明確な器質的異常のみられない神経・精神疾患に対し、脳の大局的な形状情報 (脳回や脳溝形状、体積や厚さなど) から構造異常を探索する Voxel Based Morphometry (VBM) が試みられている。しかし、脳回や脳溝形状に個体間差が大きいことに加え、脳の機能区分は、皮質内の細胞配列や層状構造などの微細形態に依存するため、VBM には脳構造解析法として限界がある。一方、超高磁場 MRI 装置 (静磁場 7 テスラ以上) の実用化による感度・空間分解能上昇は、それまで困難だった皮質内構造の検出を可能にした。我々は、超高磁場 MRI から再構成した周波数情報を応用し、従来法では検出が困難であった皮質灰白質に内在するコントラスト局在の高感度描出法を考案し [PNAS 104:11796-11801, 2007]、その皮質内コントラストは髄鞘分布と高い相関を示すことを報告した [PNAS 107: 3834-3839, 2010]。近年、細胞形状や神経突起形態を拡散強調 MRI にて捉える試みが進められており、これらの画像も皮質内構造を反映すると思われる。これらの MRI 画像法を 7 テスラ超高磁場 MRI に応用し改良を加え、各画像コントラストから大脳皮質内の微細構造を画像化する in vivo 大脳皮質分節マッピング法の開発により、個体データにもとづくレイヤーレベルの大脳皮質微細構造を起源とする皮質分節アトラスの再構築を確信し本研究の着想に至った。

髄鞘分布形態による皮質分節



本研究は、個人脳レベルで実現する大脳皮質分節情報収集法の要素技術の確立である。これは、従来の脳機能イメージングで行われている個体間比較のパラダイムを一新するものである。従来法における個体間比較では、脳回や脳溝などをランドマークに空間的標準化を行うが、これら大局的脳構造が機能局在を規定しているとの仮定が前提である。しかしながら、脳の機能的局在の本体と考えられる皮質分節は、レイヤーレベルの微細構造形状に基づくものであり、この分節と脳回や脳溝の形状との関連性は未だ不明瞭で、必ずしも一致しない。個体レベルの大脳皮質微細構造に基づく脳アトラスの構築は、脳の機能・構造連関解析を個体レベルで実現するものであり、脳形状にみられる個体バリエーションを吸収することで、これまで一般的に利用されてきた個体間比較の手法を大きく改善すると考えられる。

2. 研究の目的

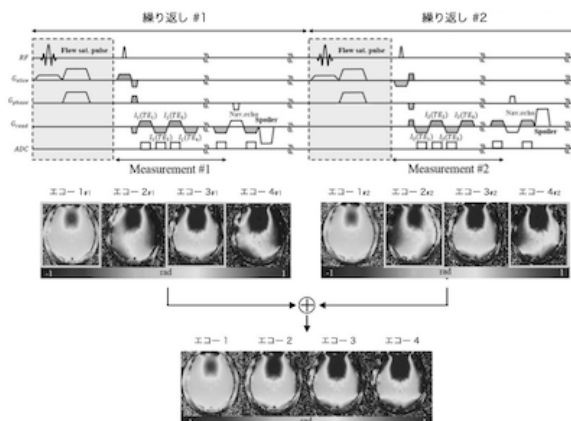
本研究は、7 テスラ超高磁場 MRI を用いて、ヒト生体を対象にレイヤーレベルの大脳皮質髄鞘密度分布を高度に反映する in vivo 大脳皮質分節マッピング法の要素技術開発を目的とする。細胞微細構造計測に特化した定量的磁化率画像および緩和時間画像からなるミエリン密度分布計測法を超高磁場 MRI に導入し、従来の灰白質、白質 2 つの分画から成る大局的な脳形態計測と一線を画す高精細画像法を目指す。

3. 研究の方法

(1) 高精度定量的磁化率画像および緩和時間画像収集のためのパルスシーケンス開発

大脳皮質内の微細構造描出を高精度で実現するため、定量的磁化率画像および緩和時間画像の収集に必要な T2*強調マルチエコーグラディエントエコー法をマルチコンポーネント解析に応用するための改良を実施する。

一般的に、マルチエコーグラディエントエコー法のパルスシーケンススキームは、エコー収集部分の様式により、単極型 (モノポーラータイプ) と双極型 (バイポーラータイプ) に大別される。単極型は、読み取り磁場の印可方向が各エコー間で同一のため大きな巻き戻し磁場が必要となりエコー間隔が延長する。双極型は、読み取り磁場が巻き戻し磁場を兼ねることでエコー間隔の短縮が可能



であるが、読み取り磁場の印可方向が各エコー間で反転するため、渦電流などの影響によりエコー位置のミスアライメントが発生する。

そこで、両タイプの特性を応用するグラディエントペアリング法を考案した。緩和時間計測のサンプル間隔は、エコー時間で規定されるため双極型をベースとし、傾斜磁場極性を完全に反転した計測を連続して繰り返した上で、奇数エコーデータと偶数エコーデータを交互に組み合わせる。これにより、傾斜磁場極性を維持したまま双極型の短いエコー間隔のマルチエコーデータの収集が可能となる。また2つのデータ収集間で、読み取り磁場以外のスライス励起磁場および位相エンコード磁場も完全に極性を反転することで渦電流に由来する影響の最小化を試みた。

(2) 定量的磁化率画像、緩和時間画像による髄鞘密度分布様態の画像化

7テスラ MRI の高い感度と組織磁化率の鋭敏な検出能力は、大脳皮質のレイヤー構造検出にも応用可能なサブミリメートルスケールの T2*強調画像の収集を可能にした。我々は、大脳皮質内で観察される T2*強調画像のコントラストバリエーションが、髄鞘を形成するミエリンに共在するフェリチン内の鉄に由来することを報告した[PNAS 107: 3834-3839, 2010]。一方で、リン脂質で構成されるミエリンと鉄は、それぞれ反磁性 (χ_{neg}) と常磁性 (χ_{pos}) を示し磁性の観点からは、相反する性質である。従って、MRI で観測する磁化率画像では、これらが相殺された後の磁化率を検出している。このため、髄鞘密度の正確な描出には、反磁性成分と常磁性成分を独立して観測することが必要となる。そこで、既存の MRI シーケンスより算出が可能な組織パラメータである R2' 緩和時間と周波数シフト Δf から、反磁性および常磁性の磁化率の寄与を個別に分離する生物物理モデル (下記) を作成し、反磁性成分と常磁性成分を異なる配分で混合して生成したシミュレーションファントムからモンテカルロシミュレーションを用いてモデル係数を導出する。この係数をもとに、磁化率が既知の物質および大脳皮質の脳標本の MRI 計測を用いて反磁性成分と常磁性成分の磁化率を独立して算出し検証した。MRI 計測には、T2*緩和のコンポーネントを T2 緩和と T2' 緩和 (R2' は、T2' の逆数) 成分に分離するためにマルチエコーグラディエントエコー法とマルチエコースピネコー法を用いて画像を収集し、組織学的手法に基づく大脳皮質のミエリンおよび鉄分布にみられる空間的特徴との比較にて検証を行った。

モデル

$$R_2'(\mathbf{r}) + i2\pi \cdot \Delta f(\mathbf{r}) = \overline{D_{r,pos}} \cdot \left| \chi_{pos}(\mathbf{r}) \right| + \overline{D_{r,neg}} \cdot \left| \chi_{neg}(\mathbf{r}) \right| + i2\pi D_f(\mathbf{r}) * (\chi_{pos}(\mathbf{r}) + \chi_{neg}(\mathbf{r}))$$

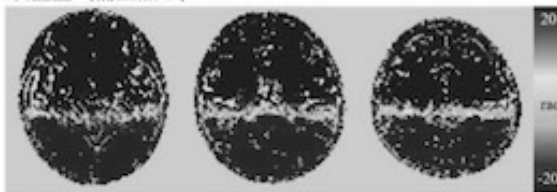
4. 研究成果

(1) 高精度定量的磁化率画像および緩和時間画像収集のためのパルスシーケンス開発

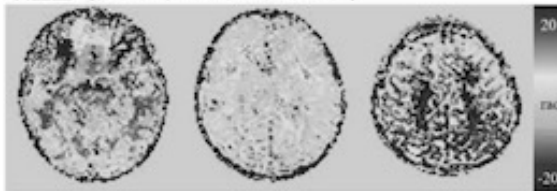
定量的磁化率画像および緩和時間画像の収集に必要な双極型の読み取り磁場印可を持つ T2*強調マルチエコーグラディエントエコー法を用いて、①補正 (ペアリング) 無しの変極型読み取り磁場、②グラディエントペアリングによる変極型読み取り磁場、③グラディエントペアリングと全印可磁場反転による変極型読み取り磁場の3つのパルスシーケンススキームによるヒト脳画像を収集した。画像の評価には、一般的に利用される強度画像ではなく、定量的磁化率画像の算出に必要な位相画像を元にエコー時間から同定した周波数シフト画像を用いた。

補正 (ペアリング) 無しの変極型読み取り磁場の場合、周波数シフト画像には強度のアーチファクトがみられたが、グラディエントペアリングによる変極型読み取り磁場では、読み取り磁場方向 (スライス面内) のアーチファクトは大幅に低減されたが、スライス方向 (スライス間) に軽度のアーチファクトが残存した。一方、グラディエントペアリングと全印可磁場反転による変極型読み取り磁場の場合、スライス方向にも周波数シフトが低減され、周波数分布の均一度が最も平坦であった。これらから、グラディエントペアリングと全印可磁場反転による変極型読み取り磁場をもつ T2*強調マルチエコーグラディエントエコー法の採用により、定量的磁化率画像の画質改善が期待された。

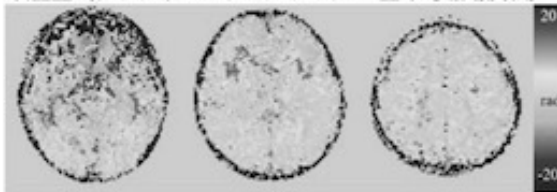
変極型 (補正無し)



変極型 (グラディエントペアリング)



変極型 (グラディエントペアリング + 全印可磁場反転)



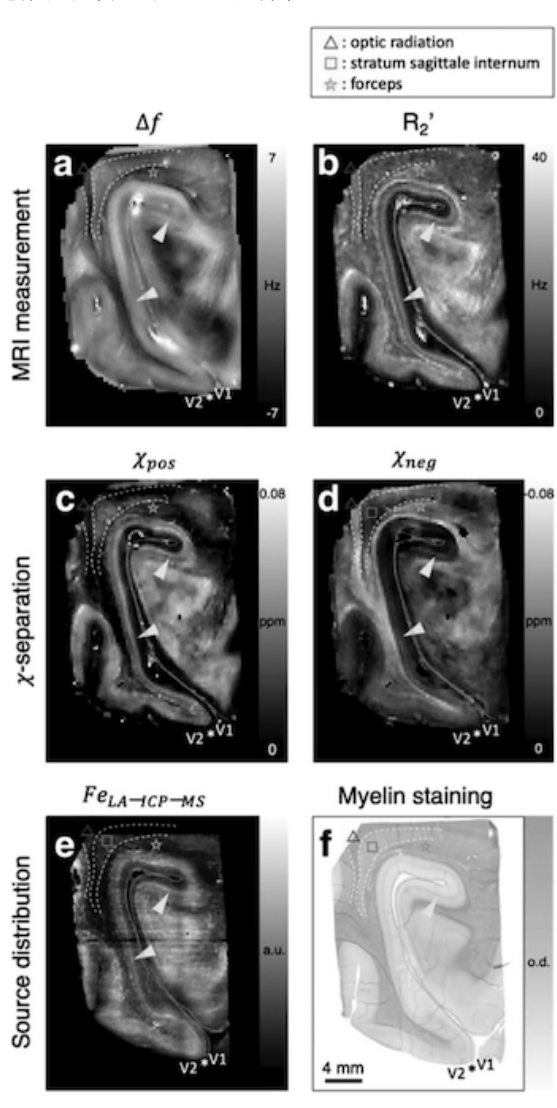
(2) 定量的磁化率画像、緩和時間画像による髄鞘密度分布様態の画像化

前述のモデル式から導出される常磁性・反磁性磁化率の妥当性を示すため、モンテカルロシミュレーションを行った。常磁性のみ、反磁性のみ、常磁性と反磁性の混合とそれぞれ異なる濃度の9つの円柱形状のシミュレーションファントムを設計し、周波数シフトと R_2' の空間的摂動から、反磁性及び常磁性磁化率の符号和が周波数シフトを、それらの絶対和が R_2' を決定することが示された。シミュレーションファントムから算出した周波数シフトマップおよび R_2' マップに上記モデルを適用することで、常磁性と反磁性の磁化率を分離出来ることが検証できた。

次に、大脳皮質内の髄鞘密度のバリエーションが豊富な後頭葉視覚領野からサンプルされたヒト死後脳標本を対象に、マルチエコーグラディエントエコー法とマルチエコースピンエコー法による MRI 画像を収集、上記モデルを適用し、常磁性および反磁性磁化率マップを導出した。その結果、脳の複雑な微細環境にもかかわらず、常磁性 (χ_{pos}) 磁化率マップは、LA-ICP-MS による Fe 画像と、反磁性 (χ_{neg}) の磁化率マップは、LFB 染色によるミエリン像と高い類似性を示した。一般的な傾向として、大脳皮質は白質よりも高い常磁性と低い反磁性を示した。

特に一次視覚野では、組織学的に Gennari 線条に一致する明瞭な線条構造が常磁性磁化率マップ、反磁性磁化率マップともに捉えられていた。

常磁性磁化率マップでは、表層で非常に低く、中層に強度のピークがあり、深層でも高い強度の分布が見られた。これらのパターンは、Fe 画像と一致していた。両画像とも、二次視覚野では中間層のピークが消失していた。反磁性磁化率マップでは、常磁性磁化率マップと比較して、表層で低強度、中層で強度ピーク、深層で低強度という異なるパターンを示し、ミエリン組織像と一致していた。これらの結果から、磁化率画像を用いた髄鞘密度コントラストの検出には、常磁性磁化率と反磁性磁化率を個別に導出する必要が示唆され、本研究で開発した定量的磁化率画像、緩和時間画像および分離同定法により、大脳皮質髄鞘密度分布描出が可能であった (NeuroImage, 240:118371, 2021)。現在、本法を用いて、生体ヒト計測への応用を進めている。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Shin Hyeong-Geol, Lee Jingu, Yun Young Hyun, Yoo Seong Ho, Jang Jinhee, Oh Se-Hong, Nam Yoonho, Jung Sehoon, Kim Sunhye, Fukunaga Masaki, Kim Woojun, Choi Hyung Jin, Lee Jongho	4. 巻 240
2. 論文標題 -separation: Magnetic susceptibility source separation toward iron and myelin mapping in the brain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 NeuroImage	6. 最初と最後の頁 118371 ~ 118371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroimage.2021.118371	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 Harada Takumi, Sugawara Tomoko, Ito Taeko, Wada Yoshiro, Fukunaga Masaki, Sadato Norihiro, Larroque Stephen K., Demertzi Athena, Laureys Steven, Sakai Hiroyuki	4. 巻 15
2. 論文標題 Vestibular Morphological Asymmetry Associated With Motion Sickness Susceptibility	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 763040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnins.2021.763040	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 Matsumoto Junya, Fukunaga Masaki, Miura Kenichiro, Nemoto Kiyotaka, Koshiyama Daisuke, Okada Naohiro, Morita Kentaro, Yamamori Hidenaga, Yasuda Yuka, Fujimoto Michiko, Hasegawa Naomi, Watanabe Yoshiyuki, Kasai Kiyoto, Hashimoto Ryota	4. 巻 740
2. 論文標題 Relationship between white matter microstructure and work hours	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neuroscience Letters	6. 最初と最後の頁 135428 ~ 135428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neulet.2020.135428	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 Yu Yinghua, Huber Laurentius, Yang Jiajia, Fukunaga Masaki, Chai Yuhui, Jangraw David C., Chen Gang, Handwerker Daniel A., Molfese Peter J., Ejima Yoshimichi, Sadato Norihiro, Wu Jinglong, Bandettini Peter A.	4. 巻 248
2. 論文標題 Layer-specific activation in human primary somatosensory cortex during tactile temporal prediction error processing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 NeuroImage	6. 最初と最後の頁 118867 ~ 118867
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroimage.2021.118867	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 Yamamoto Tetsuya, Fukunaga Masaki, Sugawara Sho K., Hamano Yuki H., Sadato Norihiro	4. 巻 53
2. 論文標題 Quantitative Evaluations of Geometrical Distortion Corrections in Cortical Surface Based Analysis of High Resolution Functional MRI Data at 7T	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Magnetic Resonance Imaging	6. 最初と最後の頁 1220 ~ 1234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jmri.27420	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 Koshiyama D, COCORO, Fukunaga M, Okada N, Morita K, Nemoto K, ..., Hashimoto R, Takahashi T, Hori T, Nakataki M, Onitsuka T, Holleran L, Jahanshad N, van Erp TGM, Turner J, Donohoe G, Thompson PM., Kasai K, Hashimoto R	4. 巻 25
2. 論文標題 Differences in fractional anisotropy between the patients with schizophrenia and healthy comparison subjects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Psychiatry	6. 最初と最後の頁 697 ~ 698
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41380-020-0700-1	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 Koshiyama Daisuke, Miura Kenichiro, Nemoto Kiyotaka, Okada Naohiro, Matsumoto Junya, Fukunaga Masaki, Hashimoto Ryota	4. 巻 43
2. 論文標題 Neuroimaging studies within Cognitive Genetics Collaborative Research Organization aiming to replicate and extend works of ENIGMA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Human Brain Mapping	6. 最初と最後の頁 182 ~ 193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/hbm.25040	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 Ikegame T, Bundo M, Okada N, Murata Y, Koike S, Sugawara H, Saito T, Ikeda M, Owada K, Fukunaga M, Yamashita F, Koshiyama D, Natubori T, Iwashiro N, Asai T, Yoshikawa A, Nishimura F, Kawamura Y, Ishigooka J, Kakiuchi C, Sasaki T, Abe O, Hashimoto R, Iwata N, Yamasue H, Kato T, Kasai K, Iwamoto K	4. 巻 46
2. 論文標題 Promoter Activity-Based Case-Control Association Study on SLC6A4 Highlighting Hypermethylation and Altered Amygdala Volume in Male Patients With Schizophrenia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Schizophrenia Bulletin	6. 最初と最後の頁 1577 ~ 1586
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/schbul/sbaa075	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 定藤規弘、福永雅喜	4. 巻 270
2. 論文標題 超高磁場MRIによる脳機能イメージング -種間比較をめざして	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 医学のあゆみ	6. 最初と最後の頁 685-691
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 Maruyama Shuki, Fukunaga Masaki, Fautz Hans-Peter, Heidemann Robin, Sadato Norihiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Comparison of 3T and 7T MRI for the visualization of globus pallidus sub-segments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-54880-x	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 Nemoto Kiyotaka, Shimokawa Tetsuya, Fukunaga Masaki, Yamashita Fumio, ..., Onitsuka Toshiaki, Yamasue Hidenori, Suzuki Michio, Kasai Kiyoto, Hashimoto Ryota, Arai Tetsuaki	4. 巻 74
2. 論文標題 Differentiation of schizophrenia using structural MRI with consideration of scanner differences: A real world multisite study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Psychiatry and Clinical Neurosciences	6. 最初と最後の頁 56 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pcn.12934	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 Koshiyama Daisuke, COCORO, Fukunaga Masaki, Okada Naohiro, ..., Holleran Laurena, Jahanshad Neda, van Erp Theo G. M., Turner Jessica, Donohoe Gary, Thompson Paul M., Kasai Kiyoto, Hashimoto Ryota	4. 巻 25
2. 論文標題 White matter microstructural alterations across four major psychiatric disorders: mega-analysis study in 2937 individuals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Psychiatry	6. 最初と最後の頁 883-895
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41380-019-0553-7	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

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Chen NH, Cho KH, Chao YP, Huang SM, Sadato N, Kuo LW, Fukunaga M
2. 発表標題 Reproducibility evaluation on resolving complex fiber orientations using diffusion spectrum imaging at 3T and 7T
3. 学会等名 2021 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yang J, Fukunaga M, Yu Y, Huber L, Bandettini PA, Sadato N
2. 発表標題 Layer-specific activation of prediction in the human midcingulate cortex
3. 学会等名 2021 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fukunaga M
2. 発表標題 Ultra high field functional-structural MRI analysis of neural basis of intentional sharing
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Waggoner RA, Fukunaga M, Tanskanen T, Ueno K, Sadato N, Tanaka K
2. 発表標題 Inferotemporal Lobe High-Resolution fMRI at Ultra-High Field Using Multi-Shot EPI.
3. 学会等名 第49回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福永雅喜
2. 発表標題 7テスラ超高磁場MRIによる脳イメージング
3. 学会等名 第39回神経治療学会学術大会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chen NH, Cho KH, Chao YP, Huang SM, Sadato N, Kuo LW, Fukunaga M
2. 発表標題 Orientation Distribution Function (ODF) based reproducibility in diffusion spectrum imaging (DSI) at 3T and 7T
3. 学会等名 ISMRM Diffusion Study Group Trainee Day: 24 Hours of DIFFUSION Around the World! (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Yamamoto, Sho Sugawara, Yuki Hamano, Masaki Fukunaga, Norihiro Sadato
2. 発表標題 Quantitative Evaluations of Geometric Distortion Corrections in Surface-Based Analysis of 7T fMRI
3. 学会等名 2020 Organization for Human Brain Mapping Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Yamamoto, Masaki Fukunaga, Norihiro Sadato
2. 発表標題 Linking Multimodal Parcellation 1.0 of Human Connectome Project to MNI Coordinates
3. 学会等名 2020 Organization for Human Brain Mapping Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yamamoto, Tetsuya Fukunaga, Masaki Sadato, Norihiro Le Bihan, Denis
2. 発表標題 Parcellation of the human brain cortex using a model free, sparse acquisition diffusion MRI approach (S-index)
3. 学会等名 2020 ISMRM & SMRT VIRTUAL CONFERENCE & EXHIBITION (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本純弥、三浦健一郎、坂元竜馬、福永雅喜、越山太輔、根本清貴、岡田直大、森田健太郎、大井一高、長谷川尚美、藤本美智子、山森英長、安田由華、笠井清登、渡邊嘉之、橋本亮太
2. 発表標題 統合失調症のbiotypeである認知機能障害と大脳白質構造異常の関連
3. 学会等名 NPBPPP 2020 合同年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本純弥、三浦健一郎、福永雅喜、越山太輔、根本清貴、大井一高、岡田直大、長谷川尚美、山森英長、安田由華、藤本美智子、鬼塚俊明、高橋努、尾崎紀夫、渡邊嘉之、橋本亮太
2. 発表標題 統合失調症患者と健常被験者における拡散テンソル画像を用いた大脳白質微細構造と認知機能、認知機能障害、労働時間との関連
3. 学会等名 NPBPPP 2020 合同年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中根俊樹、福永雅喜、田岡俊昭、川井恒、加藤裕、櫻井康雄、長縄慎二
2. 発表標題 7T-MRI装置におけるMP2RAGEを用いた視床内部構造の描出
3. 学会等名 第48回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaki Fukunaga
2. 発表標題 Brain microstructure and function using ultra high field MRI
3. 学会等名 第42回日本神経科学大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福永雅喜
2. 発表標題 超高磁場MRIによる脳機能画像研究
3. 学会等名 第47回日本磁気共鳴医学会大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸山修紀、福永雅喜、定藤規弘
2. 発表標題 7T MRIを用いたヒト淡蒼球内部構造の描出：3T MRIとの比較
3. 学会等名 第47回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Fukunaga, Jeff Duyn
2. 発表標題 Origins of phase contrast in white matter
3. 学会等名 5th INTERNATIONAL WORKSHOP ON MRI PHASE CONTRAST & QUANTITATIVE SUSCEPTIBILITY MAPPING（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hyeong-Geol Shin, Jingu Lee, Masaki Fukunaga, Yoonho Nam, Se-Hong Oh, Jongho Lee
2. 発表標題 Separating positive and negative susceptibility sources in QSM
3. 学会等名 5th INTERNATIONAL WORKSHOP ON MRI PHASE CONTRAST & QUANTITATIVE SUSCEPTIBILITY MAPPING (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Fukunaga
2. 発表標題 Brain Microstructure and Function using Ultra High Field MRI
3. 学会等名 The 10th BRI International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 福永雅喜	4. 発行年 2020年
2. 出版社 株式会社インナービジョン	5. 総ページ数 4
3. 書名 超高磁場MRIによる脳機能評価の実際	

1. 著者名 倉田二郎	4. 発行年 2020年
2. 出版社 真興交易 医書出版部	5. 総ページ数 384
3. 書名 痛みのバイオマーカーとしての 機能的脳画像診断法	

〔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	梅田 雅宏 (Umeda Masahiro) (60223608)	明治国際医療大学・医学教育研究センター・教授 (34318)	

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			
韓国	Seoul National University			