

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：93801

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K20104

研究課題名（和文）超低磁場MRIにおける高速撮像の実現および新たなコントラストの創出

研究課題名（英文）Developments of rapid scans and new contrasts in ultra-low field MRI

研究代表者

笈田 武範（Oida, Takenori）

浜松ホトニクス株式会社・中央研究所・専任部員

研究者番号：70447910

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、超低磁場MRIを生体応用する場合に課題となる高速撮像法の実現、および新たな画像コントラストの創出として磁束密度計測シーケンスの開発を行った。高速撮像法の実現では、データ収集と再構成に関する検討として圧縮センシングや深層学習による超解像法を用いた手法について検討を行った。また、パルスシーケンスの高速化としてSSFP法やSWIFT法の有効性を検討した。また、磁束密度計測シーケンスの開発として、スピロック撮像法のSIRS法およびSL-Mz法について、Bloch方程式の解析およびファントム実験から、SL-Mz法により計測対象時場の振幅や位相の情報の計測が可能である事を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本本研究課題で開発を進めてきた超低磁場MRIの高速撮像法や磁束密度計測法は、生体の機能計測の分野において大きなインパクトを持つ可能性があり、生体由来の微弱磁場の計測を発展させる可能性を秘めている。特に磁束密度計測法は、微小な磁場の分布を計測できる手法であるため、生体計測のみならず、遠くの天体から飛来する宇宙磁場や地磁気変動などの天文学・地球科学の発展にも寄与する可能性があり、多くの波及効果を期待できる計測法になりうる事が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this research, rapid imaging and pulse sequences for measuring magnetic flux densities were developed to realize the in-vivo measurements of ultra-low field MRI.

For the rapid imaging, compressed sensing and super-resolution with deep-learning techniques were applied to reduce the number of samples in the MR signal acquisition. In addition, the pulse sequences of steady state free precession and sweep imaging with Fourier transformation were assessed as rapid scan in ULF-MRI.

In the stimulus-induced rotary saturation and spin-locked Mz (SL-Mz) sequences, on the other hand, the movements of the magnetizations were analyzed with Bloch equations to confirm the effectiveness as the flux density measurements. As a result, the amplitudes and phases of measuring magnetic field were able to be obtained by the SL-Mz sequence.

研究分野：医用画像

キーワード：超低磁場MRI 高速撮像 圧縮センシング 超解像法 T1コントラスト改善 磁束密度計測 スピロック撮像法

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、光ポンピング原子磁気センサ (optically pumped atomic magnetometer : OPAM) や超伝導量子干渉素子 (superconducting quantum interference device : SQUID) などの微小磁場計測技術の進展に伴い、様々な微小磁場計測を応用した研究が進展してきている。このような応用の 1 つに生体を非侵襲に断層撮像できる磁気共鳴画像法の一つである超低磁場 MRI (ultra-low field magnetic resonance imaging : ULF-MRI) が挙げられる。

ULF-MRI には、他モダリティとの融合が容易である、小型軽量化が容易である等の特長がある。また、ULF-MRI は、腫瘍の T1 強調画像のコントラストが得やすいという特長があるため、癌検診などへの応用も期待されている技術である。

一方、ULF-MRI には、現在臨床応用されている高磁場 MRI に必須である超電導コイルが不要であり、常電導コイルによる実装が可能である。したがって、高磁場 MRI では実装不可能な一様磁場 (静磁場) を変動させる MRI 計測も可能となる。

しかしながら、ULF-MRI には、MRI 計測における共鳴周波数が静磁場強度に伴って低下するため、MR 信号の帯域を広く取れない、MR 信号の狭帯域化に伴い MR 信号取得時間が延長する等、生体応用に対しては、まだ多くの課題が残されている。

2. 研究の目的

以上のことから、本研究では、ULF-MRI を生体応用する場合に課題となる MR 信号取得時間を短縮した高速撮像法の実現を目指す。

さらに、上記の高速化や上述の一様磁場の制御が可能である事を応用して高磁場では実現できない MRI 画像の新たなコントラストの創出を目指す。特に、高磁場では実現できない新たなコントラストの創出として 3 次元磁束密度計測シーケンスの実現に挑戦する。この超低磁場 MRI の高速撮像および 3 次元の磁束密度計測シーケンスの創出はともに世界初の試みであり、DC から低周波の 3 次元磁束密度分布の計測を実現できれば、医用・生体工学のみならず環境磁場計測などへの波及効果も期待できる計測技術となることが予想される。

3. 研究の方法

本研究では、上記の目的を達成するため、

(1) ULF-MRI 計測において有効な高速撮像法の検討

(2) 磁束密度計測シーケンスの開発

を進める。(1)の高速撮像では、圧縮センシングや超解像法などデータの収集と再構成の工夫に関する検討と ULF-MRI に適した高速撮像パルスシーケンスの検討を行う。また、高速撮像時に課題となるハードウェア上の課題に関しても検討を行い、より高速な撮像の実現を目指す。一方、(2)の磁束密度計測シーケンスの開発では、スピンロック撮像法をベースとして微小振動磁場を計測できるパルスシーケンスの開発を目指す。(1),(2)の両検討に際しては、シミュレーションや数値解析、および 0.3T の MRI を用いたファントム撮像、OPAM を用いた ULF-MRI 計測を通してパルスシーケンスの有効性の確認を進める。

4. 研究成果

(1) 超低磁場 MRI における高速撮像に関しては、圧縮センシングを用いた高速撮像および T1 コントラストの向上に関して検討を行った。圧縮センシングでは、計測データのサンプル数を減らし高速化を図るが、MRI では読み出し方向および位相エンコード方向から選択することができる。高磁場 MRI では、一般的に MR 信号の帯域を十分に広く取れるため、位相エンコードの削減にのみ圧縮センシングが用いられる。一方、超低磁場 MRI では、共鳴周波数の低下に伴い MR 信号の帯域幅が十分広く取れないことから、信号読み出し時間の延長、ひいては繰り返し時間 (repetition time : TR) の延長につながる。本研究では、この課題に対して読み出し方向および位相エンコード方向両方向におけるサンプル数の削減により高速化を図る。また、本手法では、読み出し方向のサンプル数を削減することにより TR の短縮が可能になる。これは、超低磁場 MRI の特長である T1 コントラストの増強につながることも期待できる。

本研究では、本手法の有効性を確認するため、マグネシウムの濃度を 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0, 2.0, 3.0 mM に調整して T1 緩和時間を変化させた生理食塩水溶液を図 1 のように配置し、0.3T の MRI 上に実装した提案手法を適用した勾配エコー法により画像を取得した。この時、図 2 に示すように、圧縮センシングを用いて MR 信号の読み出しにおけるサンプル数の削減により、TR の短縮を可能とすることが確認できた。実際には、サンプル数をフルサンプルの 25% に削減したシーケンスに対して、周波数エンコードの巻き戻しパルスと位相エンコードパルスをランダムに設定して MR 信号収集を行うことにより TR の短縮を実現した。その結果、図 3 のような画像が取得でき、本手法が撮像の高速化および T1 コントラストの向上に有益であることが確認できたので、その有効性を公表した。しかしながら、サンプリングの打ち切りに伴うアーチファク

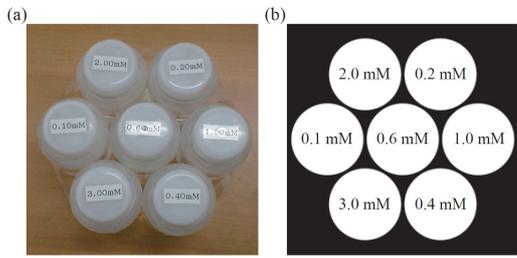


図 1 : マグネピストを添加した生理食塩水ファントム . [1,2]

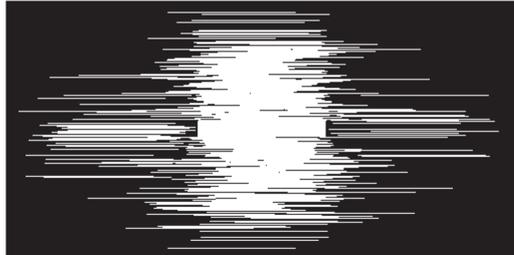


図 2 : 圧縮センシングのサンプリングパターンの一例 . [1,2]

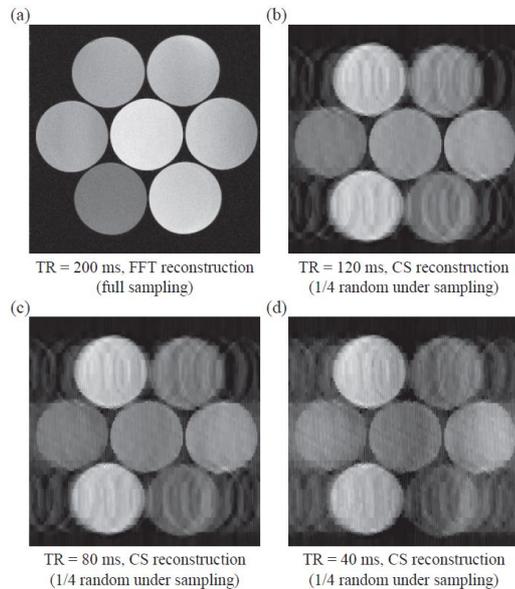


図 3 : ファントムの撮像結果 . (a) フルサンプル+FFT 画像再構成の結果、(b) (c) (d) TR = 120, 80, 40ms とし、1/4 サンプリング+CS 画像再構成の結果 . [1,2]

トの抑制が不十分であり、精度の高い画像取得のためにはサンプル数やサンプリングパターンの選択、再構成アルゴリズムに関してさらなる検討が必要であることも確認できた。

また、MRI 計測において一般的に用いられる勾配エコー法 (GRE) に加え steady state free precession (SSFP) および sweep imaging with Fourier transformation (SWIFT) 法に関する検討を行った。しかしながら、SSFP では静磁場の均一性が高い場合には高速化の効果が認められたが、静磁場の均一性が不十分な場合には GRE と変わらないあるいは悪化する結果となった。一方、SWIFT 法は、励起と信号収集を短い時間に繰り返す手法であるが、こちらは送受信スイッチングに伴うノイズが、高速な撮像の妨げになることが確認されたため、干渉抑制型フラックストランスフォーマ (flux transformer : FT) を用いることにより送受信スイッチング速度向上について検討を行った。本研究において実装した干渉抑制型 FT と OPAM を用いた ULF-MRI 計測装置の送受信システムの模式図を図 4 に示す。本手法では、励起磁場の発生に伴って FT の入力コイルに生じる干渉をキャンセルコイルを用いて低減する事によって送受信スイッチングに伴うノイズの抑制を図る。本送受信システムを用いて SWIFT 計測を行ったときに生じるスイッチングノイズを計測した結果、図 5 に示すように提案手法を用いることによってスイッチングノイズを低減し、より高速にサンプリングを開始できることが確認できたので、本手法の有効性を公表した。

さらに、深層学習による超解像法を用いた高速撮像法についても検討を行った。本手法では、MRI 撮像における位相エンコードステップを低減し、撮像の高速化を図ると共に、位相エンコードステップの減少により低下した空間分解能を、深層学習を用いた超解像法を適用することにより回復させる。本研究では、提案手法の有効性を確認するため U-Net を用いた実装を行い、サンプル画像を用いて位相エンコードステップを低減した計測データから高分解能の画像を分解能の画像を再構成可能であることを確認したので、その有効性を公表した。

(2) 一方、新しいコントラストの創出として磁束密度計測シーケンスについて検討を行う過程で、スピンロック撮像法と呼ばれる振動磁場計測法に関する検討を行った。磁束密度計測の応用例として、脳活動に伴う微小な磁場変化を計測が挙げられる。このような磁束密度計測法の 1 つとして Witzel 氏らによって stimulus-induced rotary saturation (SIRS) 法が提案されている。しかしながら、本手法は、生成した横磁化の低周波数領域での 2 次共鳴を利用して振動磁場を計測するため、複雑な直の挙動から磁束密度を推定することになる。そこで、本研究では SIRS パルスシーケンスのプレパレーションパルス印加部分、特にスピンロックパルス印加時の磁化の挙動に関する Bloch 方程式の解析解の導出を行い、磁場強度と緩和能の関係により生じる磁化挙動のモード分岐が存在することを確認した。また、上記解析解の妥当性を確認するために 0.3T の MRI によるファントム撮像実験を行った。計測磁場の周波数を 100 Hz に設定した時の、スピンロック周波数変化に対する SIRS 法により計測した MR 信号強度の変化を図 6 に示す。また、計測対象の磁束密度の大きさに対する MR 信号強度の変化を図 7 に示す。両計測の結果、解析解と計測結果をフィッティングした結果はスピンロッ

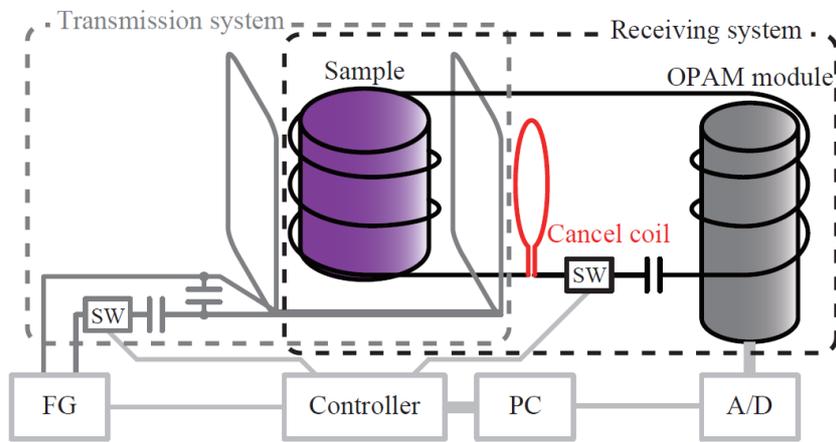


図 4：干渉抑制型 FT と OPAM を用いた ULF-MRI 計測装置の送受信システムの模式図．^[3]

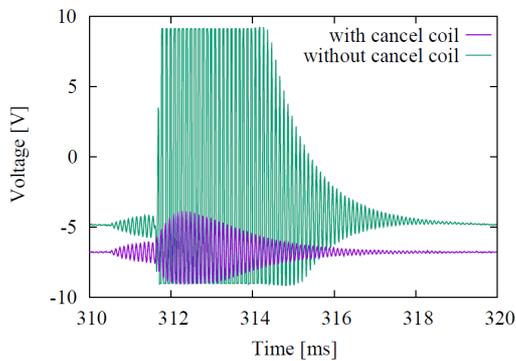


図 5：キャンセルコイルを用いたスイッチングノイズ抑制の結果．^[3]

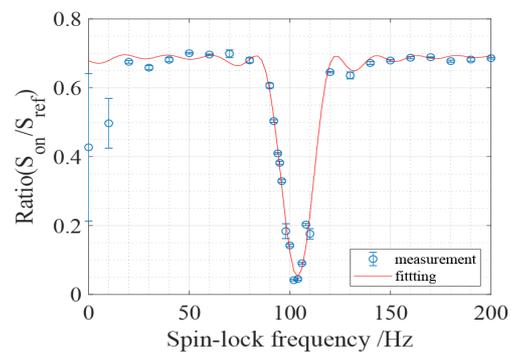


図 6：計測磁場周波数の変化による MR 信号強度の変化．^[4]

ップ角などの SIRS パルスシーケンスの撮像パラメータの設定値と概ね一致する結果となった。

また、上記 SIRS では図 7 から分かるように計測対象磁場に対して MR 信号の大きさが \cos 関数的に変化する。したがって、微小な磁場に対する変化が小さくなる。この課題に対応するため、SIRS パルスシーケンスの最後の -90° パルスを除去した Spin-locked M_z (SL- M_z) パルスシーケンスについても検討を行った。SIRS パルスシーケンス同様、Bloch 方程式の解析解から、計測対象の場強度が微小である場合、SIRS 法では信号強度によらず一定の値に近づくのに対して SL- M_z 法では信号強度に比例して MR 信号が変化することが確認された。この結果の妥当性を確認するため、ループコイルを含むファントムを作成し、0.3T の MRI を用いてループコイルが生成する磁場の磁束密度の大きさに対する MR 信号強度の変化を計測した。その結果 SIRS 法および SL- M_z 法において図 8 に示すような信号強度の変化が得られた。図 8 の通り、解析解と計測結果は概ね一致しており、解析解の妥当性が確認できたほか、SIRS 法と比較して SL- M_z 法の方が微小な磁場強度に対して敏感な計測法である事が確認できた。

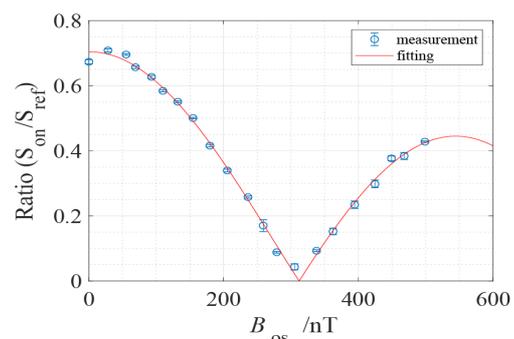


図 7：計測磁場強度の変化による MR 信号強度の変化．^[4]

さらに、SL- M_z 法では、SIRS 法にはない計測対象磁場の位相に対する MR 信号強度の変化についても検討を行った。上記で求めた解析解およびファントム計測の結果、計測対象時場の位相の変化に対して周期的な MR 信号強度が得られることが確認された（図 9）。この結果は、振動磁場の位相情報の取得には SL- M_z 法が有効であることを示しており、SIRS 法と SL- M_z 法を組み合わせる事により、計測対象時場の方向を含む磁束密度計測の次元の拡張の可能性を示す結果が得られたと考えられる。

しかしながら、静磁場強度の選択に伴う SNR の変化との兼ね合いなどから、ヒトの神経活動

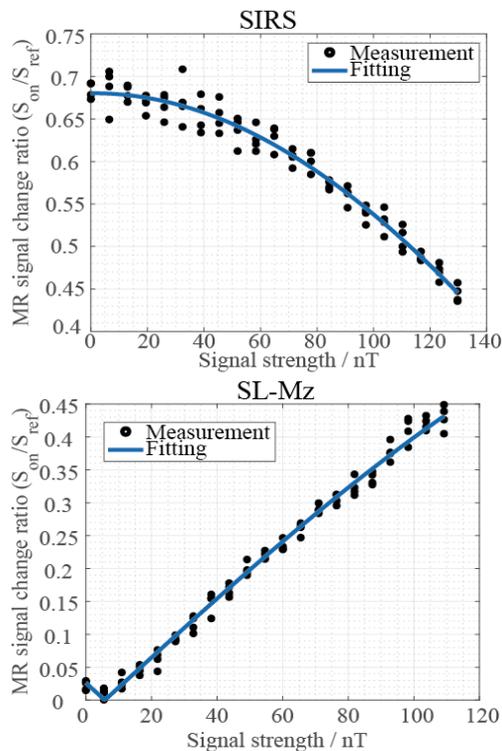


図 8：計測磁場強度の変化に対する SIRS 法および SL-Mz 法により得られた MR 信号強度の変化。[5]

測対象となる振動する磁束密度に対する影響を評価し、振動磁場の位相情報の取得には SL-Mz 法が有効であることを示し、公表した。

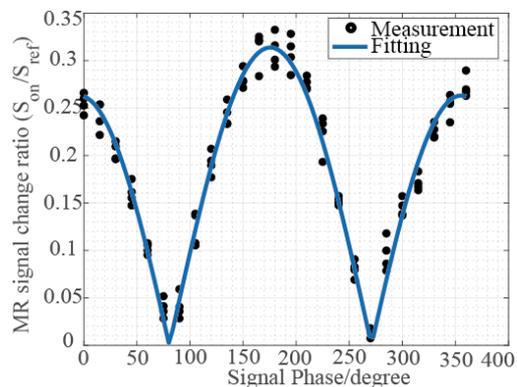


図 9：計測磁場の位相の変化に対する SL-Mz 法により得られた MR 信号強度の変化。[5]

を検出するのに十分な感度を得られているわけではなく、より高い感度の計測に必要なパルスシーケンスの改善や SNR の向上なども微小磁場計測には必要であるということも確認された。

以上のように、磁束密度計測シーケンスの開発としてスピンロックパルスを用いた撮像法について検討を進めた結果、SL-Mz 法に着目し、spin-lock 周波数や flip 角などパルスシーケンス中の RF パルスのパラメータの計

- [1] 笈田 他, 第 45 回日本磁気共鳴医学会大会抄録集, 37 (S), p.304, 2017
- [2] 笈田 他, 信学技報, 116 (520), pp.59-64, 2017
- [3] 笈田 他, 信学技報, 118 (469), pp.59-64, 2019
- [4] Ueda et al., Journal of Magnetic Resonance, 295, pp.38-44, 2018
- [5] 上田 他, 信学技報, 118 (493), pp.13-18, 2019

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 安田 卓司, 笈田 武範, 小林 哲生	4. 巻 120(40)
2. 論文標題 超低磁場MRIの高速撮像に向けた検討～深層学習を用いた高分解能画像再構成～	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 5-8
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 Takenori Oida, Kentaro Kato, Yosuke Ito and Tetsuo Kobayashi	4. 巻 5(1)
2. 論文標題 Remote detection of magnetic signals with a compact atomic magnetometer module towards human MRI-MPI hybrid systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal on Magnetic Particle Imaging	6. 最初と最後の頁 1906001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18416/IJMPI.2019.1906001	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 Hiroyuki Ueda, Hiroaki Seki, Yosuke Ito, Takenori Oida, Yo Taniguchi and Tetsuo Kobayashi	4. 巻 295
2. 論文標題 Dynamics of magnetization under stimulus-induced rotary saturation sequence	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Magnetic Resonance	6. 最初と最後の頁 38-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmr.2018.07.004	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 上田 博之, 伊藤 陽介, 笈田 武範, 谷口 陽, 小林 哲生	4. 巻 118 (106)
2. 論文標題 低磁場MRIによる神経活動の直接計測に向けたスピンロックシーケンスの検討～SIRS法におけるスポイラーとバンドアーティファクトに関する検討～	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 13-18
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 森口 司, 笈田 武範, 小林 哲生	4. 巻 118 (32)
2. 論文標題 原子磁気センサとフラックストランスフォーマを用いた遠隔超低磁場NMR信号計測の感度向上	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 15-20
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 長谷川 直樹, 笈田 武範, 小林 哲生	4. 巻 118 (32)
2. 論文標題 光ポンピング原子磁気センサを用いた超低磁場MRIにおける超偏極Xe画像化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 21-24
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 喜多 謹仁, 笈田 武範, 長谷川 直樹, 小林 哲生	4. 巻 118 (32)
2. 論文標題 光ポンピング原子磁気センサを用いた超低磁場MRIにおける超偏極Xe画像化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 25-29
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 上田 博之, 伊藤 陽介, 笈田 武範, 谷口 陽, 小林 哲生	4. 巻 118 (493)
2. 論文標題 神経磁場を捉える新原理の機能的MRI ~ 低磁場MRIによる機能的結合計測の試み ~	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 13-18
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 笈田 武範, 星 翔馬, 喜多 謹仁, 長谷川 直樹, 森口 司, 小林 哲生	4. 巻 118 (469)
2. 論文標題 光ポンピング原子磁気センサを用いた超偏極Xeの超低磁場MRI計測 ~ 干渉抑制型フラクストランス フォームを用いたSWIFT計測 ~	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 59-64
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 笈田武範、長谷川直樹、森口司	4. 巻 117(507)
2. 論文標題 光ポンピング原子磁気センサの時間安定性向上のためのフィードバック型ノイズ抑制	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 45-49
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 關祐亮、上田博之、伊藤陽介、笈田武範、谷口陽、小林哲生	4. 巻 117(360)
2. 論文標題 0.3T低磁場MRIを用いた機能的結合の直接計測に向けたスピンロック撮像法 ~ 信号源における振動磁場の 位相差が及ぼす影響の検討 ~	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 55-60
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32件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 安田 卓司, 笈田 武範, 小林 哲生
2. 発表標題 超低磁場MRIの高速撮像に向けた検討 ~ 深層学習を用いた高分解能画像再構成 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 医用画像研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上田 博之, 曾我部 智之, 伊藤 陽介, 笈田 武範, 谷口 陽, 小林 哲生
2. 発表標題 Spin-lockパルスを用いた脳機能直接計測の試み: 階段状spin-lockパルスによる周波数帯域拡大に関する検討
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 曾我部 智之, 上田 博之, 伊藤 陽介, 笈田 武範, 谷口 陽, 小林 哲生
2. 発表標題 脳機能計測に向けたspin-lock撮像法における計測対象磁場の方向の影響
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 喜多 謹仁, 笈田 武範, 長谷川 直樹, 森口 司, 小林 哲生
2. 発表標題 超低磁場MRIにおける超偏極XeのMR信号取得に関する検討: 勾配エコー法とSWIFT法の比較
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 笈田 武範, 森口 司, 長谷川 直樹, 喜多 謹仁, 小林 哲生
2. 発表標題 光ポンピング磁気センサを用いた超低磁場MRIにおけるフラックストランスフォーマの最適化
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 喜多 謹仁, 笈田 武範, 長谷川 直樹, 森口 司, 小林 哲生
2. 発表標題 原子磁気センサを用いた超低磁場MRIの開発: 超偏極Xeの画像化
3. 学会等名 第34回日本生体磁気学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Ueda, Yosuke Ito, Takenori Oida, Yo Taniguchi and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 Detection of tiny oscillating magnetic field with spin-lock presentation for low-field MRI
3. 学会等名 The 4th Annual Scientific Meeting of the Japanese Chapter of ISMRM (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoyuki Sogabe, Hiroyuki Ueda, Yosuke Ito, Takenori Oida, Yo Taniguchi and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 Direct measurement of brain function by spin lock fMRI: a simulation study on distinction of two signal sources with phase difference
3. 学会等名 The 4th Annual Scientific Meeting of the Japanese Chapter of ISMRM (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuo Kobayashi, Takenori Oida, Yosuke Ito and Kentaro Kato
2. 発表標題 Detection of Magnetic Nanoparticle Signals with a Compact OPM towards Next Generation Neuroimaging
3. 学会等名 TOHBM2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Ueda, Hiroaki Seki, Yosuke Ito, Takenori Oida, Yo Taniguchi and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 A new spin-lock preparation toward direct imaging of functional connectivity
3. 学会等名 The 3rd Annual Scientific Meeting of the Japanese Chapter of ISMRM (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoyuki Sogabe, Hiroyuki Ueda, Yosuke Ito, Takenori Oida, Yo Taniguchi and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 A novel spin-lock MR sequence towards direct imaging of functional connectivity with low-field MRI
3. 学会等名 12th ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroyuki Ueda, Yosuke Ito, Takenori Oida, Yo Taniguchi and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 Toward direct imaging of neural activities using MRI: Phantom and simulation studies on a new spin-lock preparation sequence
3. 学会等名 Symposium on Creation of Advanced Photonic and Electronic Devices 2019 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川 直樹, 笈田 武範, 小林 哲生
2. 発表標題 光ポンピング原子磁気センサを用いた超低磁場MRIにおける超偏極XeのNMR計測
3. 学会等名 第33回日本生体磁気学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森口 司、笈田 武範、小林 哲生
2. 発表標題 超低磁場NMR信号の原子磁気センサとフラックストランスフォーマを用いた検出の有用性に関する検討
3. 学会等名 第33回日本生体磁気学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 博之、伊藤 陽介、笈田 武範、谷口 陽、小林 哲生
2. 発表標題 低磁場MRIによる神経活動の直接計測に向けたスピンロックシーケンスの検討 ~SIRS法におけるスポイラーとバンドアーティファクトに関する検討~
3. 学会等名 電子情報通信学会 MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笈田 武範、長谷川 直樹、小林 哲生
2. 発表標題 超低磁場MRIにおける狭帯域SWIFT法による超偏極Xeの画像化
3. 学会等名 電子情報通信学会 MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森口 司、笈田 武範、小林 哲生
2. 発表標題 原子磁気センサとフラックストランスフォーマを用いた遠隔超低磁場NMR信号計測の感度向上
3. 学会等名 電子情報通信学会 MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川 直樹, 笈田 武範, 小林 哲生
2. 発表標題 光ポンピング原子磁気センサを用いた超低磁場MRIにおける超偏極Xe画像化
3. 学会等名 電子情報通信学会 MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 喜多 謹仁, 笈田 武範, 長谷川 直樹, 小林 哲生
2. 発表標題 光ポンピング原子磁気センサを用いた超低磁場MRIにおける超偏極Xe画像化
3. 学会等名 電子情報通信学会 MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笈田 武範, 星 翔馬, 喜多 謹仁, 長谷川 直樹, 森口 司, 小林 哲生
2. 発表標題 光ポンピング原子磁気センサを用いた超偏極Xeの超低磁場MRI計測 ~ 干渉抑制型フラックストランスフォーマを用いたSWIFT計測 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田 博之, 伊藤 陽介, 笈田 武範, 谷口 陽, 小林 哲生
2. 発表標題 神経磁場を捉える新原理の機能的MRI ~ 低磁場MRIによる機能的結合計測の試み ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 ヒューマン情報処理研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tekenori Oida, Kazuhiro Tamiwa, Hiroyuki Ueda and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 Rapid scan using compressed sensing in ultra-low field MRI with optically pumped atomic magnetometer
3. 学会等名 The 11th International Conference on Complex Medical Engineering (CME2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tetsuo Kobayashi, Shiho Okuhata, Hodaka Miki, Satoki Yoda, Ryusuke Nakai, Takenori Oida and Kazuki Ida
2. 発表標題 Quantitative evaluation methods of MR-diffusion information along white matter nerve bundles towards identification of neural circuits associated with neuropsychiatric disorders
3. 学会等名 The 11th International Conference on Complex Medical Engineering (CME2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takenori Oida, Yuki Kaga, Tetsuya Yamamoto and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 SWIFT imaging for hyperpolarized xenon in ultra-low field MRI
3. 学会等名 ISMRM 25th Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笈田武範、長谷川直樹、森口司
2. 発表標題 光ポンピング原子磁気センサの時間安定性向上のためのフィードバック型ノイズ抑制
3. 学会等名 電子情報通信学会MEとバイオサイバネティックス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笈田武範、上田博之、谷口陽、小林哲生
2. 発表標題 超低磁場・低磁場 MRI における圧縮センシングを用いたT1強調画像撮像の高速化とコントラスト改善
3. 学会等名 第20回日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 關祐亮、上田博之、伊藤陽介、笈田武範、谷口陽、小林哲生
2. 発表標題 0.3T低磁場MRIにおける機能的結合の直接計測に向けたスピンロック撮像法 ~ 信号源における振動磁場の位相差が及ぼす影響の検討 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kentaro Kato, Takenori Oida, Yosuke Ito and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 Measurements of MNP signals using an atomic magnetometer module with a flux transformer
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長谷川直樹、笈田武範、小林哲生
2. 発表標題 超低磁場MRIを用いた超偏極Xe画像化におけるSNR向上に向けた検討
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takenori Oida, Hiroyuki Ueda, Yo Taniguchi and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 T1 contrast improvement with compressed sensing in low and/or ultra-low field MRI (低磁場・超低磁場MRIにおける圧縮センシングを用いたT1強調コントラストの改善)
3. 学会等名 第45回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroyuki Ueda, Hiroaki Seki, Yosuke Ito, Takenori Oida, Yo Taniguchi and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 Analytical solution of magnetization dynamics under functional spin-lock preparation (機能的spin-lock撮像法における磁化ダイナミクスの解析的な検討)
3. 学会等名 第45回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroaki Seki, Hiroyuki Ueda, Yosuke Ito, Takenori Oida, Yo Taniguchi and Tetsuo Kobayashi
2. 発表標題 On spin-lock preparation towards direct measurements of functional connectivity with 0.3T low-field MRI (0.3T低磁場MRIを用いた機能的結合の直接計測に向けたスピロック撮像法の検討)
3. 学会等名 第45回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------------------------	-----------------------	----