

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01333

研究課題名（和文）ヒト胎児用超高分解能MRIの開発と標準胎児脳高精細アトラスの構築

研究課題名（英文）Development of Ultra-High-Resolution MRI for Human Embryo and Construction of a Standard High-Resolution Atlas of the Embryonic Brain

研究代表者

寺田 康彦（Terada, Yasuhiko）

筑波大学・数理解物質系・准教授

研究者番号：20400640

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：脳は複雑な構造と機能を持ち、その神経発達のメカニズムには未解明な部分が多い。磁気共鳴イメージング（MRI）は、ヒト胚子を非侵襲的に3次元的に観察できるが、これまでの装置は空間分解能が低く、発達機構の解明に必要な微細な構造を抽出することが困難であった。本課題では、世界最高レベルの空間分解能（10 μ m）をもつMRIを開発し、ヒト胚子脳の微細構造を効果的に描写することを示した。この技術を使ってヒト胚子の各ステージのサンプルの撮像を実施し、アトラス構築に必要な基礎的データを獲得することができた。本課題の成果は、これまで困難であった脳中枢神経系の発達機構の解明の礎となることが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題では、世界最高レベルの空間分解能（10 μ m）をもつMRIを開発したことで、これまで主に外表面の特徴点に頼っていた構造解析を、内部の特徴点にまで拡張して明らかにすることができる点で大きな学術的意義がある。将来的には、多数の正常胎児脳に対する構造解析結果を成長段階別に系統的に統計解析することで、神経発達メカニズムの解明に寄与する。さらに本課題で得られたデータは、胎児の超音波診断の基盤データともなり、周産期医学や出生前診断の分野においても利用可能となるなど、期待される波及効果は大きい。

研究成果の概要（英文）：The brain has a complex structure and function, and many aspects of its neurodevelopmental mechanisms remain unresolved. Magnetic resonance imaging (MRI) can noninvasively observe human embryos in three dimensions. Still, previous devices had low spatial resolution, making it difficult to delineate the fine structures necessary for elucidating developmental mechanisms.

In this project, we developed MRI with the world's highest spatial resolution (10 μ m) and demonstrated that it effectively depicts the fine structures of the human embryonic brain. Using this technology, samples from each stage were scanned, and the basic data necessary for atlas construction were obtained. The results of this project are expected to serve as a foundation for elucidating the developmental mechanisms of the central nervous system of the brain, a task that has been difficult to accomplish.

研究分野：磁気共鳴医工学、人体発生学

キーワード：超高分解能MRI ヒト胚子・胎児 脳の神経発達機構

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脳は複雑な構造と機能をもち、その神経発達のメカニズムには未解明な部分が多い。特に妊娠初期の胚子期、胎児期では、主要な器官の原基が次々と急速に形成され、異常発生の確率も高まるため、その神経発達機構を解明することがきわめて重要である。京都大学には、数万体にも及ぶヒト胚子標本が所蔵されており、幅広い期間における胎児の器官形成の経時変化を、網羅的に調査することが可能である。この形態形成解析には、主に光学顕微鏡と磁気共鳴画像 (MRI) 装置が用いられている。光学顕微鏡画像からは、高分解能かつ高コントラストで解剖学的な情報を得られるが、本質的に2次元データであり、3次元アトラス構築には膨大な時間と人手が必要となる。さらに切片化が破壊的作業であるため、データ数が限られている。一方、MRI では試料を破壊することなく、3次元立体的な立体像が大量に得られる。これまで、筑波大学と京都大学との共同研究により、ヒト胎児 1204 体の3次元 MRI 画像データベースが作成され[1]、それを基に、形態変化の特徴を統計学的に解析した3次元構造モデルが構築された[2]。

しかし、これまでの MRI データベースの画像は、技術的な問題から、空間分解能が 40 ~ 150 μm と低かった。そのため、10 μm 程度の小さな超微細構造が描出されず、構造解析に必要な解剖学的特徴点を見つけることが困難であった。

2. 研究の目的

本研究では、信号送受信プローブの高感度化と、スパースモデリングによる高分解能化に関する要素技術を高度に複合化することにより、世界最高レベルの空間分解能 (10 μm) をもつ MRI を開発することを目的とする。さらに、成長段階ごとの胚子脳の構造を解析し、ヒト胚子脳高精度3次元アトラスを構築することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) ヒト胚子標本

カーネギーステージ (CS) 16 から 23 までのヒト胚子を計測対象とした。各試料を NMR 管に入れ、管内で動かないように 1 % アガロースゲルで固定した (図 1(a))。

(2) MRI 顕微鏡システム

9.4T 垂直ワイドボア (直径 89mm) 超伝導磁石 (オックスフォード・インストゥルメンツ社製) (図 1(b))、MRI コンソール、高周波 (radiofrequency; RF) コイル、勾配磁場コイルからなる MRI システム (図 1(c)) を使用した。試料のサイズに合わせて、異なるサイズの勾配磁場コイルを用いた (図 1(d))。

(3) 高感度 RF コイルの製作

ヒト胚子試料に合わせて高感度ソレノイド RF コイルを製作した (図 1(c)) [3,4]。コイルはチップコンデンサーで分割し、自己共振による共振周波数の低下を防いだ。

(4) 高分解能撮像用シーケンス

ヒト胚子撮像には、3次元定常歳差自由誘導減衰 (SSFP-FID) シーケンスの T1 強調画像法と T2* 強調画像法を用いた [3,4]。胚子標本を最適条件下で異なる解像度で撮像した。ボクセルサイズは 40 ~ 10 μm であった。撮像結果に対し、発生学上重要な解剖学的特徴点の抽出やアノテーション (タグ付け作業) を行った。

(5) スパースモデリングによる高分解能化

10 μm イメージングを実現するため、圧縮センシングを使用した [3]。撮像時間を半分にするような圧縮率を設定した。Nyquist のサンプリング数よりも少ないデータ (アンダーサンプリングされたデータ) からの画像再構成では、交互方向の乗法を使って全変動正則化問題を繰り返し解くことで最適解を求めた。

(6) 成長段階ごとの胚子脳の構造解析

山口らによる脳の三次元セグメンテーションの作成手法 [2] に従い、9 点のランドマークを作成した。次に、領域拡大法で作成した脳全体をセグメンテーションした後のデータを用いて、ランドマークを参考に、終脳、間脳、中脳、小脳、橋、延髄の 6 つの領域ごとに手動のセグメンテーションを行った。

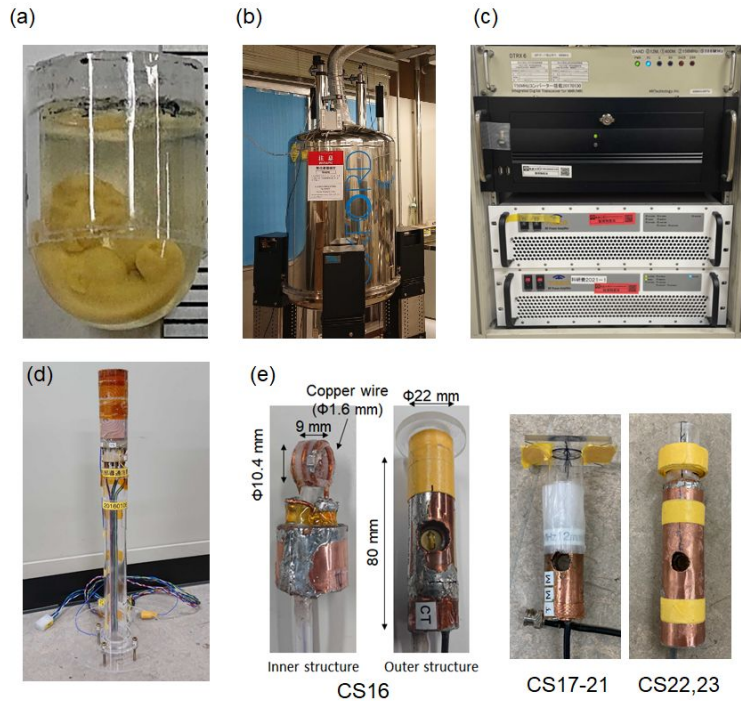


図 1 本研究で開発した MRI システムとヒト胚子標本の例。(a) ヒト胚子標本 CS16。(b) 超伝導磁石。(c)コンソール。(d)勾配磁場コイル。(e)高周波コイル。

4. 研究成果

(1) 高分解能 MRI システムの開発

本研究では、従来装置よりも高い空間分解能を達成するために、ハードウェアとパルスシーケンスが改良された[3,4]。ヒト胚子標本の高分解能イメージングには多くの障壁があったが、その第一の要因はコイル感度の不足であった。これまでの研究では、主にソレノイドコイルよりも固有感度の低いサドル型やバードケージ型の RF コイルが用いられるが、低磁場中で撮像されていた。使われたパルスシーケンスも単純な勾配エコー法のみであった。さらに、アナログハードウェアシステムでは、安定性に欠けるため、何日にもわたる長時間の画像撮影が困難であった。本研究では、これらの問題を解決し、10 μm の等方的空間分解能を持つ高分解能イメージングを実証した。具体的には、9.4T の高磁場に対応するソレノイドコイルを可能な限り小型化することで、コイル感度の不足を解決した。SNR を高く保ちながら実撮像時間内で撮像時間を短縮するために圧縮センシングを用いた。パルスシーケンスを臓器間のコントラストが最大になるように、最適化した。

(2) 分解能の検証

MRI では、一般にボクセルサイズと空間分解能は同じではなく、実際のセットアップでは、システムの欠陥が解像度の低下を引き起こすことがある。圧縮センシングを使った場合、高周波成分のデータ取得が不足して、分解能が低下する可能性がある。本研究では、設計された分解能が達成されていることを、直方体ファントムを用いて実証した。また、ヒト胚子の実験結果からも、分解能が実現されていることが確認された(図 2)。光学顕微鏡画像との比較から、内臓などの解剖学的構造が MR 画像でよく可視化されていることが確認された。

(3) 異なるコントラスト画像の取得

T1 強調画像法では大脳皮質 (Cerebral cortex) 内の層構造や、副神経 (accessory nerves) など、一部観測できない組織が存在する。これらの組織を区別化するため、T2*強調画像法でも撮像を行った[4]。図 3 上段に示した T1 強調画像では周辺の組織で区別できなかった大脳皮質や副神経が、図 3 中段に示した T2*強調画像では明瞭に区別できている。図 3 下段に示した光学顕微鏡画像と比較すると、これらの組織の MRI 画像との対応関係が明らかである。その他のコントラストとして、磁化率を直接定量する磁化率 MRI も行い、中枢神経系において周辺組織と異なるコントラストで描出することも示した[5]。

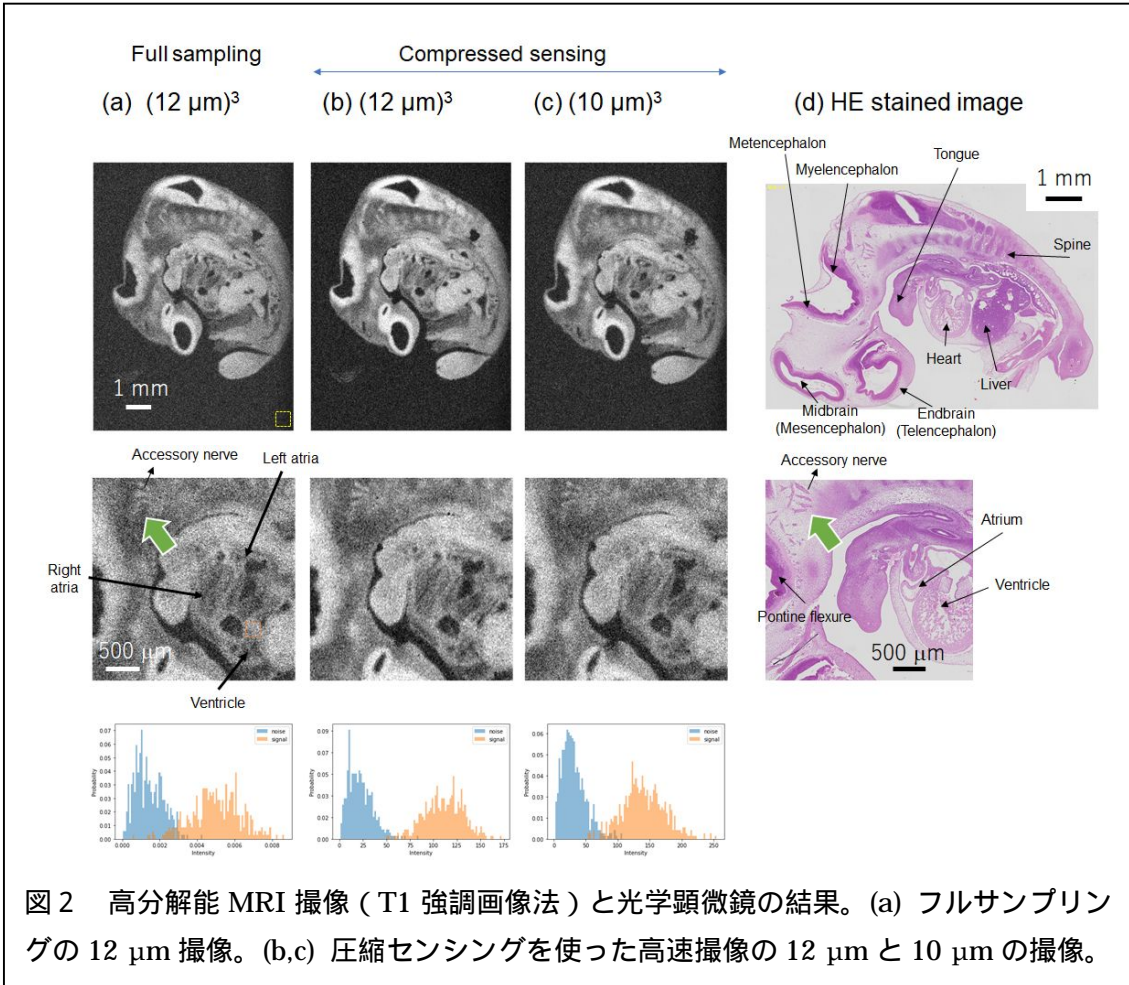


図2 高分解能MRI撮像(T1強調画像法)と光学顕微鏡の結果。(a)フルサンプリングの12 μm撮像。(b,c)圧縮センシングを使った高速撮像の12 μmと10 μmの撮像。

(4) 成長段階ごとの胚子脳の構造解析

開発した装置とパルスシーケンスを用いて、CS17~CS23を対象に撮像を行い、その画像中の各領域(終脳、間脳、中脳、小脳、橋、延髄)をセグメンテーションした結果と、脳の三次元ボリュームレンダリング画像と発生段階による脳容積の変化のグラフを図4に示す。発生段階が進むにつれて脳容量が増加し、特にCS21以降で急激に増加する傾向が得られた。また、CS19、CS20では終脳の内部構造の発達段階は異なっていた。

(5) まとめ

以上の結果は、本研究で開発した超高分解能MRIシステムが、ヒト胚子脳の微細構造を効果的に描写することを示している。この技術を使ってヒト胚子の各ステージのサンプルの撮像を実施し、アトラス構築に必要な基礎的データを得ることができた。

<引用文献>

- [1] Matsuda Y et al., Ono S, Otake Y, Handa S, Kose K, Haishi T, Yamada S, Uwabe C, Shiota K. Magn Reson Med Sci. 2007;6(3):139-46.
- [2] Yamaguchi Y, Yamada S. Cells Tissues Organs. 2018;205(5-6):314-319.
- [3] Makihara K, Kunieda K, Yamada S, Yamaguchi M, Nakamura T, Terada Y. J Magn Reson. 2023 Oct;355:107545. doi: 10.1016/j.jmr.2023.107545. Epub 2023 Aug 30. PMID: 37683315.
- [4] Kunieda K, Makihara K, Yamada S, Yamaguchi M, Nakamura T, Terada Y. Magn Reson Med Sci. 2024 Feb 16. doi: 10.2463/mrms.mp.2023-0110. Epub ahead of print.
- [5] Shirai T, Terada Y, Kose K, Yamada S. Magn Reson Med Sci. 2024 Feb 27. doi: 10.2463/mrms.tn.2023-0149. Epub ahead of print.

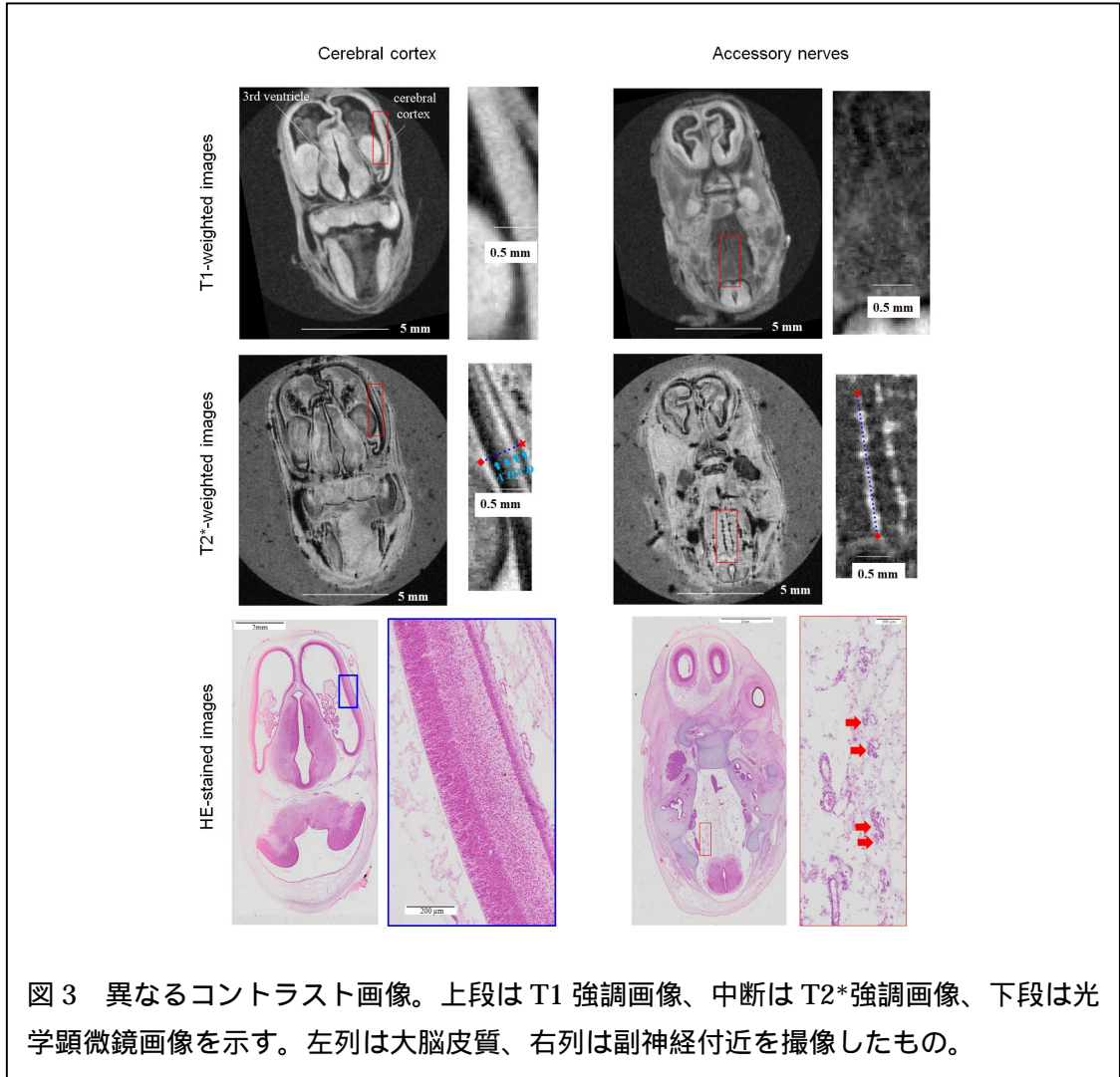


図3 異なるコントラスト画像。上段はT1強調画像、中段はT2*強調画像、下段は光学顕微鏡画像を示す。左列は大脳皮質、右列は副神経付近を撮影したもの。

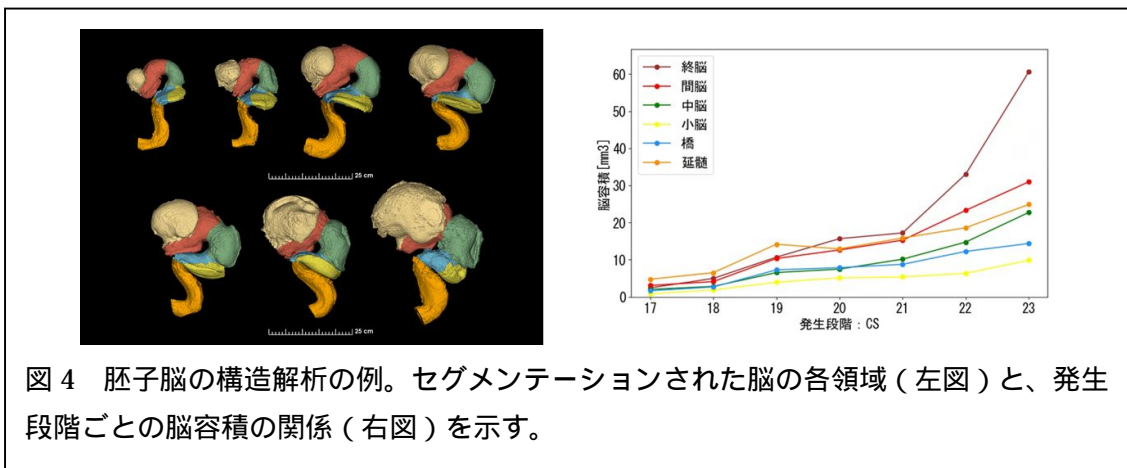


図4 胚子脳の構造解析の例。セグメンテーションされた脳の各領域（左図）と、発生段階ごとの脳容積の関係（右図）を示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Kunieda Kazuki, Makihara Kazuyuki, Yamada Shigehito, Yamaguchi Masayuki, Nakamura Takashi, Terada Yasuhiko	4. 巻 -
2. 論文標題 Brain Structures in a Human Embryo Imaged with MR Microscopy	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medical Sciences	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) 10.2463/mrms.mp.2023-0110	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 Shirai Toru, Terada Yasuhiko, Kose Katsumi, Yamada Shigehito	4. 巻 -
2. 論文標題 Histological Properties of a Chemically Fixed Human Embryo Visualized with Quantitative Susceptibility Mapping	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medical Sciences	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) 10.2463/mrms.tn.2023-0149	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 Miyasaka Tomoki, Kajiwara Michiru, Kawasaki Akito, Okamoto Yoshikazu, Terada Yasuhiko	4. 巻 22
2. 論文標題 Development of a Car-mounted Mobile MR Imaging System for Diagnosis of Sports-related Wrist Injury	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medical Sciences	6. 最初と最後の頁 379 ~ 387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2463/mrms.tn.2021-0158	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 Makihara Kazuyuki, Kunieda Kazuki, Yamada Shigehito, Yamaguchi Masayuki, Nakamura Takashi, Terada Yasuhiko	4. 巻 355
2. 論文標題 High-resolution MRI for human embryos with isotropic 10 μ m resolution at 9.4 T	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Magnetic Resonance	6. 最初と最後の頁 107545 ~ 107545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmr.2023.107545	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 Fujita Naoto, Yokosawa Suguru, Shirai Toru, Terada Yasuhiko	4. 巻 -
2. 論文標題 Numerical and Clinical Evaluation of the Robustness of Open-source Networks for Parallel MR Imaging Reconstruction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medical Sciences	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) 10.2463/mrms.mp.2023-0031	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 Nakagawa Yusuke, Kaseda Ryohei, Suzuki Yuya, Watanabe Hirofumi, Otsuka Tadashi, Yamamoto Suguru, Kaneko Yoshikatsu, Goto Shin, Terada Yasuhiko, Haishi Tomoyuki, Sasaki Susumu, Narita Ichiei	4. 巻 4
2. 論文標題 Sodium Magnetic Resonance Imaging Shows Impairment of the Counter-current Multiplication System in Diabetic Mice Kidney	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Kidney360	6. 最初と最後の頁 582 ~ 590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34067/KID.0000000000000072	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 Kajiwaru Michiru, Haishi Tomoyuki, Prananto Dwi, Sasaki Susumu, Kaseda Ryohei, Narita Ichiei, Terada Yasuhiko	4. 巻 22
2. 論文標題 Development of an Add-on ²³ Na-MRI Radiofrequency Platform for a 1H-MRI System Using a Crossband Repeater: Proof-of-concept	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medical Sciences	6. 最初と最後の頁 103 ~ 115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2463/mrms.tn.2021-0094	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 Terada Yasuhiko, Miyasaka Tomoki, Nakao Ai, Funayama Satoshi, Ichikawa Shintaro, Takamura Tomohiro, Tamada Daiki, Morisaka Hiroyuki, Onishi Hiroshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Clinical evaluation of super-resolution for brain MRI images based on generative adversarial networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Informatics in Medicine Unlocked	6. 最初と最後の頁 101030 ~ 101030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.imu.2022.101030	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 Makihara Kazuyuki, Yamaguchi Masayuki, Ito Ken, Sakaguchi Kazuya, Hori Yusaku, Semba Taro, Funahashi Yasuhiro, Fujii Hirofumi, Terada Yasuhiko	4. 巻 56
2. 論文標題 New Cluster Analysis Method for Quantitative Dynamic Contrast Enhanced MRI Assessing Tumor Heterogeneity Induced by a Tumor Microenvironmental Ameliorator (E7130) Treatment to a Breast Cancer Mouse Model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Magnetic Resonance Imaging	6. 最初と最後の頁 1820 ~ 1831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jmri.28226	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 Kose Ryoichi, Kose Katsumi, Terada Yasuhiko	4. 巻 90
2. 論文標題 Implementation of the QRAPMASTER data analysis using dictionary matching and quantitative evaluation of the magnetization transfer effect	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance Imaging	6. 最初と最後の頁 26 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mri.2022.03.005	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 -

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Kazuki Kunieda, Kazuyuki Makihara, Shigehito Yamada, and Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Brain structures of a human embryo depicted by MR microscopy with different contrasts
3. 学会等名 ISMIRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Fujita, and Yasuhiko Terada
2. 発表標題 DC-Swin: Deep Cascade of Swin Transformer with Sensitivity Map for Parallel MRI Reconstruction
3. 学会等名 ISMIRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Fujita, Suguru Yokosawa, Toru Shirai, and Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Systematic evaluation of the robustness of open-source networks for MRI multicoil reconstruction
3. 学会等名 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Momiyama, Tomoyuki Haishi, and Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Development of $1\text{H}/23\text{Na}$ dual-tuned RF probe using inductive coupling for 9.4T vertical wide-bore superconducting MRI for rat's kidney
3. 学会等名 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Momiyama, Tomoyuki Haishi, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Development of single-port, inductively coupled $1\text{H}/23\text{Na}$ dual-tuned RF coils for small animals for 9.4 T vertical-bore superconducting MRI
3. 学会等名 第51回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺田 康彦
2. 発表標題 Image quality evaluation for MR images processed by AI
3. 学会等名 第51回日本磁気共鳴医学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuki Kunieda, Kazuyuki Makihara, Shigehito Yamada, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Brain finer structures of a human embryo depicted by MR microscopy with different contrasts
3. 学会等名 第51回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Fujita, Suguru Yokosawa, Toru Shirai, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Model-based deep learning reconstruction for accelerating T2 mapping
3. 学会等名 第51回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroya Nakamura, Masayuki Yamaguchi, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Quantitative susceptibility mapping of Super Paramagnetic Iron Oxide (SPI0) at low and high fields
3. 学会等名 第51回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田直人, 横沢 俊, 白猪 亨, 寺田康彦
2. 発表標題 モデルベース型深層学習画像再構成によるMR定量値マッピングの高速化の検討
3. 学会等名 第42回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Fujita, Suguru Yokosawa, Toru Shirai, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Benchmarking Deep Learning Networks for MRI Reconstruction on Multicoil Public Dataset
3. 学会等名 ASMRM (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoki Miyasaka, Satoshi Funayama, Daiki Tamada, Hiroyuki Morisaka, Hiroshi Onish , and Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Radionic feature-based assessment of deep learning-based compressed sensing reconstruction
3. 学会等名 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuyuki Makihara , Kazuki Kunieda , Shigehito Yamada , Katsumi Kose , and Yasuhiko Terada
2. 発表標題 MR microscopy of human embryo at high isotropic spatial resolution
3. 学会等名 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺田 康彦
2. 発表標題 低磁場MRIの近況
3. 学会等名 第8回バイオマグネティックス専門研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoto Momiyama, Tomoyuki Haishi, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Development of 1H - ^{23}Na Dual-Tuned gradient Probe for 9.4T Vertical WideBore Superconducting MRI for Rat's body
3. 学会等名 第50回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoto Fujita, Suguru Yokosawa, Toru Shirai, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Performance and generalizability of public deep learning models for multicoil image reconstruction
3. 学会等名 第50回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mari Minami, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Development of planer gradients with cylindrical shielded gradients for vertical wide-bore superconducting magnets
3. 学会等名 第50回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuki Kunieda, Kazuyuki Makihara, Shigehito Yamada, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 High resolution MR microscopy of human embryo at 9.4 T
3. 学会等名 第50回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Advances in Magnetic Resonance Imaging: From Low-Field to High-Field and Back to Low-Field MRI
3. 学会等名 第46回日本磁気学会学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田直人, 横沢俊, 白猪亨, 寺田康彦
2. 発表標題 MR 画像再構成用ディープラーニングモデルのロバスト性の評価
3. 学会等名 第26 回NMRマイクロイメージング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南菜里, 寺田康彦
2. 発表標題 縦型ワイドボア超電導磁石用の円筒型シールドコイルを搭載した平行平板型勾配磁場コイルの開発
3. 学会等名 第26 回NMRマイクロイメージング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國枝和輝, 牧原和幸, 山田重人, 仲村高志, 寺田康彦
2. 発表標題 ヒト胚子標本 3次元アトラス構築に向けた MR マイクロスコーピー
3. 学会等名 第26 回NMRマイクロイメージング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺田康彦, 南菜里, 初山直人, 山田重人
2. 発表標題 モデルベース再構成を用いた拡散テンソルイメージングにおける画像歪み補正
3. 学会等名 第26回NMRマイクロイメージング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 初山直人, 高川直也, 石川雅也, 寺田康彦
2. 発表標題 温度可変MRマイクロイメージングシステムを用いた高山植物の凍結過程の解析
3. 学会等名 第26回NMRマイクロイメージング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Low-Field Versus High-Field Hardware: Magnets, Coils & Spectrometers.
3. 学会等名 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuto Murakami and Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Development of a multi-turn double helix dipole coil for magnetic resonance microimaging of chemically-fixed human embryos at 7T.
3. 学会等名 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Tomoki Miyasaka, Satoshi Funayama, Daiki Tamada, Utaroh Motosugi, Hiroyuki Morisaka, Hiroshi Onishi, and Yasuhiko Terada
2. 発表標題	Multi-contrast CS reconstruction using data-driven and model-based deep neural networks.
3. 学会等名	ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Michiru Kajiwara, Tomoyuki Haishi, and Yasuhiko Terada
2. 発表標題	Development of an add-on 23Na MRI platform for an existing 1H MRI scanner using a crossband repeater: Proof-of-concept.
3. 学会等名	ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Erika Takahashi, Tomoki Miyasaka, Satoshi Funayama, Daiki Tamada, Utaroh Motosugi, Hiroyuki Morisaka, Hiroshi Onishi, Yasuhiko Terada
2. 発表標題	Improved performance of deep-learning-based super-resolution of clinical brain images improved by decreasing reduction factor
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	Tomoki Miyasaka, Erika Takahashi, Sayaka Tojima, Shigehito Yamada, Yasuhiko Terada
2. 発表標題	MR microimaging of marsupial embryo and neonate specimens using a 4.7T vertical superconducting magnet
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 Keisuke Yoshida, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Image restoration for spiral imaging using dAUTOMAP and GIRF
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 Kazuyuki Makihara, Kazuya Sakaguchi, Masayuki Yamaguchi, Ken Ito, Yusaku Hori, Taro Semba, Yasuhiro Funahashi, Hirofumi Fujii, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Evaluation of drug activity of a novel anticancer drug E7130 in different human breast cancer models by DCE-MRI clustering analysis
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 Kazuki Kunieda, Yuto Murakami, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Development of double helix dipole (DHD) coils for 7T MR microscopy
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 Tomoki Miyasaka, Satoshi Funayama, Daiki Tamada, Utaroh Motosugi, Hiroyuki Morisaka, Hiroshi Onishi, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Multi-coil CS reconstruction using deep learning under parallel imaging constraints
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 Mari Minami, Shigehito Yamada, Yasuhiko Terada
2. 発表標題 Initial study of DTI of a chemically fixed human fetus
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 牧原和幸, 寺田康彦
2. 発表標題 9.4T縦型超電導磁石を用いたヒト胚子化学固定標本の高分解能イメージング
3. 学会等名 第25回NMRマイクロイメージング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 國枝和輝, 村上雄斗, 寺田康彦
2. 発表標題 MR マイクロスコピー用 double helix dipole 型 RF コイルの開発
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

〔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
研究分担者	仲村 高志 (Nakamura Takashi) (60321791)	国立研究開発法人理化学研究所・生命機能科学研究センター・特別嘱託技師 (82401)	

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	山田 重人 (Yamada Shigehito) (80432384)	京都大学・医学研究科・教授 (14301)	
研究分担者	山口 雅之 (Yamaguchi Masayuki) (90450577)	国立研究開発法人国立がん研究センター・東病院・医長 (82606)	

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