

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K22957

研究課題名（和文）量子生命科学の新機軸：革新的MRIにおけるコントラスト創出の解明

研究課題名（英文）Frontier of Quantum Life Science: Study of Emergence of Contrast in Innovative MRI

研究代表者

佐々木 進（Sasaki, Susumu）

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：80323955

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）：MRI（磁気共鳴画像法）は、NMR（根幹技術）と、画像処理技術（上層技術）からなります。つまり、MRI = NMR（根幹技術）+ 画像化技術（上層技術）です。根幹技術NMRは、ここ20年間の量子コンピューターの急速な進展の原動力となりましたが、MRIにおいては、もっぱら画像化技術のみに注力され、根幹技術であるNMRは40年近く手付かずのままです。我々は、根幹技術の最先端の成果（具体的には、「量子計算」の研究の過程で見出した「量子パルス」）を使うことで、これまでモノトーンだった画像にコントラストが得られことを見出しました。本研究では、この現象の謎に迫りました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

MRIは、日本の医療機関に7000台ほどあり、人体の内部の様子なら何でも見られると思われるかもしれませんが。しかし、MRIでは明瞭な画像が得られないことも少なくありません。我々の発明は、この困難を解決できる非常に高い可能性を持っています。量子計算の研究で得られた技術に、なぜこのような効果があるのかを解明するのが本研究ですが、それがわかれば、これまでのMRIでは区別がつかなかった画像が明確になり、医療への格段の進歩が強く見込まれます。

研究成果の概要（英文）：MRI consists of two techniques: NMR (ground technique) and imaging (upper technique). These 20 years, NMR has made a huge progress by contributing to basic concepts in quantum mechanics. In contrast, these developments in NMR (ground technique of MRI) has not been implemented at all in MRI. We found that an NMR technique which is called "quantum pulse" enables us to make a clear contrast in the MRI pictures that showed only monotone images. In this study, we made a substantial progress in clarifying what causes those contrasts.

研究分野：量子物理とその医学医療への展開

キーワード：MRI 量子パルス コントラスト創出 所望部位の選択可視化

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

医療に欠かせない装置となった MRI であるが、その開発はもっぱら上層技術である画像取得に限られ、根幹技術である核磁気共鳴法 NMR は 40 年近く前の技術のままである。申請者は、自ら構築した NMR 装置に改良を重ね、量子計算の分野において量子パルス照射によってコヒーレンスが增大することを先駆的に報告してきた。

2. 研究の目的

申請者は近年、生体模擬物質に量子パルスを照射すると、信号強度が著しく振動するという異常な現象を世界で初めて見出すと共に、これまで信号強度の区別が困難であった類似の模擬物質に対し、量子パルス条件により所望物質の NMR 信号のみを強化できる事を見出した。本課題では、この現象を解明することである。

3. 研究の方法

関連特許を準備中のため、2024 年 3 月 31 日までに依頼を終えて、本課題の詳細を報告する。

4. 研究成果

関連特許を準備中のため、2024 年 3 月 31 日までに依頼を終えて、本課題の詳細を報告する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 Kajiwara Michiru, Haishi Tomoyuki, Prananto Dwi, Sasaki Susumu, Kaseda Ryohei, Narita Ichiei, Terada Yasuhiko	4. 巻 -
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 2021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.2021-0094	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 佐々木進, Dwi Prananto	4. 巻 56
2. 論文標題 物性研究者のためのMRI入門ー物理学者から見た撮像の原理ー	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 固体物理	6. 最初と最後の頁 31-40
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 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 Sasaki Susumu, Miura Takanori, Ikeda Kosuke, Sakai Masahiro, Sekikawa Takuya, Saito Masaki, Yuge Tatsuro, Hirayama Yoshiro	4. 巻 10
2. 論文標題 1/f ² spectra of decoherence noise on ⁷⁵ As nuclear spins in bulk GaAs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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） 10.1038/s41598-020-67636-9	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20件（うち招待講演 3件／うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Susumu Sasaki, Takuya Sekikawa, Tatsuro Yuge, Yoshiro Hirayama
2. 発表標題 CPMG Does Not Give T ₂ But Generalized Coherence Time
3. 学会等名 International Society of Magnetic Resonance Conference (ISMAR2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dwi Prananto, 佐々木進
2. 発表標題 量子パルスが拓く革新的MRI
3. 学会等名 量子生命科学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dwi Prananto*, Susumu Sasaki, Kotaro Someya, and Shintaro Nomura
2. 発表標題 Decoherence Noise Spectroscopy of CaF ₂ and NaCl using Multi-pulse Sequence
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dwi Prananto, Susumu Sasaki
2. 発表標題 Anomalous behaviour of spin echoes in liquids with “ quantum-pulse ” sequences
3. 学会等名 NMR討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Susumu Sasaki, Takuya Sekikawa, Dwi Prananto, Yusuke Mori, Maki Kushimoto, Hiroshi Amano and Kenji Shiraishi
2. 発表標題 Direct Observation of Spontaneous Polarization in Freestanding GaN Substrate
3. 学会等名 International Conference of Materials and System for Sustainability (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Susumu Sasaki
2. 発表標題 Intrinsic Noise Spectrum Is Given by both the Hahn-Echo T2 and the Spectral Intensities Properly Derived from Multiple Spin-Echo Decays
3. 学会等名 Condensed Matter Physics Meeting (CMPMEET2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川裕介; 悴田亮平; 拝師智之; 佐々木進; 成田一衛
2. 発表標題 23Na-MRIを用いた2型糖尿病モデルマウスの腎臓のNa+濃度の検討
3. 学会等名 第64回日本腎臓学会学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木進
2. 発表標題 量子計測技術が創出するMRIの焦点機能
3. 学会等名 第2回量子生命科学学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 悴田亮平; 拝師智之; 佐々木進; 成田一衛
2. 発表標題 23Na-MRIを用いた腎臓内の対向流増幅系の検討
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 Michiru Kajiwara;Yasuhiko Terada;Ryohei Kaseda;Yusuke Nakagawa;Ichiei Narita;Susumu Sasaki;Tomoyuki Haishi
2. 発表標題 Sodium imaging with a 1.5T-MRI by using a new cross-band repeater technique
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 梶原 成生;寺田 康彦;悴田 亮平;中川 祐介;成田 一衛;佐々木 進;拝師 智之
2. 発表標題 クロスバンドレピータの技術を応用したNaイメージング
3. 学会等名 第24回NMRマイクロイメージング研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 悴田亮平;拝師智之;佐々木進;成田一衛
2. 発表標題 23Na-MRIを用いた腎臓の病態生理の検討
3. 学会等名 第63回日本腎臓学会学術総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoyuki Haishi, Ryohei Kaseda, Ichiei Narita, Susumu Sasaki
2. 発表標題 In-vivo 23Na-MRI of mice toward renal clinical applications
3. 学会等名 NMR**2 Spring Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Susumu Sasaki, Ryo Kusanagi, Kohei Suzuki, Yusuke Mori, Maki Kushimoto, Hiroshi Amano, Kenji Shiraishi
2. 発表標題 Direct Observation of Spontaneous Polarization in Freestanding GaN Substrate Through Nuclear Magnetic Resonance
3. 学会等名 SSDM2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Susumu Sasaki
2. 発表標題 How should we define the spectral intensity from multiple spin-echo decays?
3. 学会等名 9th Spin Camp (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 拝師智之, 俣田亮平, 成田一衛, 佐々木進
2. 発表標題 マウス腎疾患モデルの生体内ナトリウムを可視化する ²³ Na-MRIの開発
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 Susumu Sasaki, Yusuke Mori, Maki Kushimoto, Hiroshi Amano, Kenji Shiraishi
2. 発表標題 Direct Observation of Spontaneous Polarization in Freestanding GaN Substrate
3. 学会等名 第58回NMR討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 拝師智之, 俣田亮平, 成田一衛, 佐々木進
2. 発表標題 9.4Tesla-MRIを用いて生体マウス腎臓のナトリウム分布を可視化する
3. 学会等名 第58回NMR討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Susumu Sasaki, Takanori Miura, Kohsuke Ikeda, Masahiro Sakai, Takuya Sekikawa, Masaki Saito, Tatsuro Yuge, Yoshiro Hirayama
2. 発表標題 How should we derive the noise spectrum from multiple spin-echo decays?
3. 学会等名 HQS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木進, 三浦敬典, 池田宏輔, 坂井祐大, 関川卓也, 齋藤雅樹, 弓削達郎, 平山祥郎
2. 発表標題 いかにして多重スピネコーから雑音スペクトルを抽出するか?
3. 学会等名 第67回 応用物理学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計6件

産業財産権の名称 核磁気共鳴装置、磁気共鳴イメージング装置、核磁気共鳴方法、磁気共鳴イメージング方法、測定条件を決定する方法、及びプログラム	発明者 佐々木進	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、US 20/16/976707	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 核磁気共鳴装置、磁気共鳴イメージング装置、核磁気共鳴方法、磁気共鳴イメージング方法、測定条件を決定する方法、及びプログラム	発明者 佐々木 進	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、EP20197614423	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 核磁気共鳴イメージング装置,核磁気共鳴イメージング方法,及びプログラム	発明者 拝師 智之, 俣田 亮平, 佐々木 進	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/019524	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 画像処理装置，画像処理方法，およびプログラム	発明者 俣田 亮平，佐々木 進，成田 一衛，持 師 智之	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-127377	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 核磁気共鳴装置、磁気共鳴イメージング装置、核磁気共鳴方法、磁気共鳴イメージング方法、測定条件を決定する方法、及びプログラム	発明者 佐々木 進	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2019/008240	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 核磁気共鳴イメージング装置、核磁気共鳴イメージング方法、及びプログラム	発明者 佐々木 進	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-093569	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>既存の1H-MRIを簡単に23Na-MRI対応にできる付加型動作環境を開発 https://www.niigata-u.ac.jp/news/2021/98094/ 日本医療研究開発機構 先端計測技術 https://www.amed.go.jp/koubo/02/01/0201C_00008.html 新潟大学での大型資金プロジェクト https://www.niigata-u.ac.jp/contribution/ability/bigproject 新潟大学工学部機能材料科学プログラム 佐々木研究室 http://fusion.eng.niigata-u.ac.jp/index.html</p>
--

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------