

令和元年9月4日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K09933

研究課題名(和文) マルチバンドEPIとRESOLVE併用によるMRI-QSI解析

研究課題名(英文) MRI-QSI analysis by multi-band EPI and RESOLVE combination

研究代表者

八木 一夫 (YAGI, KAZUO)

首都大学東京・人間健康科学研究科・名誉教授

研究者番号：50201819

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：MRI-QSI法は脳組織などの μ オーダーの微細構造内で拡散粒子がどのように分布するかを明らかにできる方法として注目されている。しかし、適切な構造評価を行うためには対象制限構造に合致した条件設定が必要だが最適撮像条件は未だ明示されていない。

MRI-QSI研究において、新たにMRI-QSI用PHANTOMを高分子モノマーを化学重合させて約5-20 μ オーダーの微細構造解析が可能なように作成し9T-動物用MRI実験機、3T-MRI臨床機におけるPHANTOM撮像を実施し最適条件を求め画像解析した。またMonte-Carlo法による水分子の拡散シミュレーションを設定し、最適撮像条件の推定を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

対象制限構造の構造評価においてどの程度の拡散時間が必要か推定できた。また、本シミュレーションでは、 μ オーダーの変動による信号減衰曲線の推移が確認でき、 μ オーダーについて実際の撮像データに含まれる最適撮像条件を提示できる。白質線維や筋線維発達においてQSI法は病理に近い構造情報の得られる可能性が示唆された。対象構造内で拡散粒子がどのように分布するか、マイクロサイズの構造情報の抽出を行うことができるMRI-QSIは、制限拡散を評価する手法として有効性が示された。また、当法が脳組織などの μ オーダーの微細構造内で脳腫瘍などが示す異常拡散粒子の分布を明示できる方法として有用であると国際会議や国際学会で発表してきた。

研究成果の概要(英文)：The MRI-QSI method has been attracting attention as a method of clarifying how diffused particles are distributed in a μ -order microstructure such as brain tissue. However, in order to perform an appropriate structural evaluation, it is necessary to set conditions that match the target restricted structure, but the optimal imaging conditions have not yet been specified. In MRI-QSI research, PHANTOM for MRI-QSI is newly prepared by chemically polymerizing high molecular monomer to enable fine structure analysis on the order of about 5-20 μ , 9T-animal MRI experimental machine, 3T-MRI clinical. We performed PHANTOM imaging on the aircraft and analyzed the image for the optimum condition. In addition, we set the diffusion simulation of water molecule by Monte-Carlo method and tried to estimate the optimum imaging condition.

研究分野：放射線診断物理学

キーワード：MRI-QSI Monte-Carloシミュレーション QSI-PHANTOM QSI撮像とその評価 拡散粒子のマイクロサイズ分布 マイクロサイズ構造情報の抽出 average displacement zero-displacement

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、臨床 MRI - Diffusion Weighted Imaging (DWI)において新しい撮像シーケンスとして q-space imaging (QSI)法が注目されている。生体のような複雑な組織の水の拡散は非ガウス性を表す解析の導入が必要で、複雑な組織の水分子の変位分布(PDF)を直接推定する方法として QSI がある。強力な傾斜磁場を用いて行う MRI- QSI 法では、平均変位画像、ゼロ変位画像、カルトーシス画像の3種類の画像と実際の組織構造との間に強い相関が確認されている。また、 μ (マイクロ)オーダーでの構造を検出可能なことから近年、微細領域の構造解析や NMR 顕微鏡あるいはヒトの脳神経構造解析に対する応用が期待されている。

私達は QSI 法の撮像シーケンス開発において臨床機搭載のための研究を 19 年前の 2000 年から開始して、2003 年より国内では最初に臨床機への実機搭載を実現した。その臨床応用の研究成果を関連学会で報告し 12 年前(2007 年)から 2011 年までと 2013 年度の第 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42 回日本磁気共鳴医学会大会において q-space 法に関連する演題で連続して共同研究者が大会長賞を頂いた。また 12 年前の 2007 年 11 月からの GE-YMS との共同研究で、1.5 ~ 3T までの MRI 臨床機用として QSI シーケンスを搭載する新しいプログラム開発に着手し 2009 年 5 月完成し臨床機への応用研究を開始した。現時点において独自開発した q - space 法の臨床機への実機搭載を行っているのは日本では我々の研究グループのみである。しかし、QSI 法による MRI 検査は q 値(高 b 値)拡散でのデータ収集を必要とするため、長い緩和時間の計測が必要となり撮像時間が非常に長くなるという欠点がある。よって、MRI QSI 法を臨床機の撮像用シーケンスとして臨床応用化するためには、検査時間短縮化のためのシーケンスの最適化と q 値(高 b 値)拡散領域での信号取得が必要になる。

そのための一つの解決法として非ガウス性拡散を表すパラメータ：拡散尖度を基にした近似である DKI(Diffusion kurtosis imaging)と kurtosis 画像が近年非常に注目をあびている。現在この DKI, kurtosis 法の臨床応用適用のための近似計算での QSI 法最適プログラムを作成し臨床での症例適応に努力している処である。

2. 研究の目的

QSI 法を基本とした kurtosis 法の応用展開や特性関数法による解析、およびキュムランと母関数(DKI)による解析の手法を参考としつつ QSI 解析にモンテカルロシミュレーション法を導入し、シーケンス最適化と三次元的可視化を目的とした q 値(高 b 値)拡散解析、多面体解析を実施する。また、MRI-QSI 撮像における実計測体(：Phantom)として高分子化学の手法を利用して NIPAAm (N isopropyl acrylamide)モノマーを縮重合してポリマー合成ゲル化し MRI-QSI Phantom を開発し撮像解析を行う。同時に QSI 法に DKI 法を用いた拡散画像解析を実行し神経走行の多角度多軸解析による精度向上に貢献することを目的とする。また、MRI 装置の性能に大きく依存する事項に該当するが、QSI 法のシーケンスに MRI 高速撮像法である EPI を導入し同時に帯域を単一のシングルバンドからマルチバンドに広げることによって、あるいは RESOLVE を併用させて、データ収集の精度を向上させることを目的とする。

3. 研究の方法

3T - MRI など高磁場 MRI の新しいシーケンスとして QSI 法を独自開発し臨床応用するために QSI シーケンスの最適化を行い、臨床機における QSI 撮像シーケンスを導入して QSI の主たる撮像画像である average displacement(平均変位)画像、zero-displacement(ゼロ変位)画像、kurtosis(カルトーシス)画像に反映させる。QSI 解析にはモンテカルロシミュレーション法を導入し、シーケンス最適化と DKI, kurtosis 法の臨床応用適用のための近似計算での QSI 法最適プログラムを作成し臨床での症例データに適応させる。また、MRI-QSI 撮像における実計測体(：Phantom)として高分子化学の手法を利用してモノマーを縮重合でポリマー合成ゲル化し MRI-QSI Phantom を開発し撮像解析を行う。その研究応用として、脳神経走行を微細描画するために多面体多軸解析を実施する。QSI シーケンスの最適化には動物用 9T-MRI および臨床用 3T - MRI における MRI-QSI Phantom での q 値(従来の high-b 値)収集データおよびノーマルボランテアでの q 値(従来の high-b 値)収集データを成分別けし多変量解析や高次曲線などで近似する。標準化には、MRI-QSI Phantom および新たなノーマルボランテアでの QSI 法による q 値データ収集を長時間にわたり実測した値と、短い間の短時間計測による信号減衰の度合を基本として、近似計算された信号値と比較することによって標準化した値の信頼度を判定する。これを繰り返し標準化した値の信頼度を向上させていく。以上を組み合わせソフト化し MRI 臨床機に搭載する。さらに QSI 撮像シーケンスに反映させ平均変位画像、ゼロ変位画像、kurtosis 画像の3種類の画像を取得する。また、加齢と脳構造の関係についても、必要に応じて脳の年齢別変化に対応させ各年齢別に q 値データを収集しデータベース化する。データベース化した計測値はそれぞれの年代の q 値データとして近似計算に利用する。

4. 研究成果

MRI の新しい撮像シーケンスとして臨床機に搭載するプロトタイプ型 q-space imaging (QSI) (b-values, 0-12000 s/mm²)法の撮像シーケンスを開発し臨床機に実装した。臨床応用するために QSI シーケンスの最適化を行った。QSI 解析にはモンテカルロシミュレーション法を導入し、シーケンス最適化と DKI, kurtosis 法の臨床応用適用のための近似計算での QSI 法最適プログ

ラムを作成し臨床での症例データに適応させた。また、MRI-QSI 撮像における実計測体（：Phantom）として高分子化学重合の手法を利用して出発母材である NIPAAm (N isopropyl acrylamide)モノマーを縮重合させ合成ゲル化した PNIPAAm(poly -N isopropyl acrylamide)系ゲルを主体とした MRI-QSI Phantomを開発し撮像解析を行った。その研究応用として、脳神経走行を微細描画するために多面体多軸解析を実施した。

開発した MRI-QSI Phantom は SEM (Scanning Electron Microscopy) 観察の結果より内部構造に 5 - 20 μ の空孔を有し、q-space imaging の分解能に対応できた。植物であるエリンゲ (Pleurotus eryngii) とアスパラガス (Asparagus officinalis) を対象試料とした QSI (q-space imaging) 計測では 12.3 \pm 3.0[μ m] , 20.6 \pm 1.6[μ m] 光学顕微鏡観察の結果 Microscope 10.8 \pm 2.8[μ m] , 16.3 \pm 8.9[μ m] となりほぼ相関が取れていた。よって、MRI-QSI 撮像法が対象とする生体の神経束の直径の大きさ 10 - 200 μ に適応出来ていた。また、私達が新たに開発した MRI-QSI- Phantom (PNIPAAm 系ゲル Phantom)と従来までの MRI 関連施設で主として一般的に利用されてきた高分子ゲル Phantom(PVA-ゲル Phantom)との製法の違いによる材料特性の特徴の違いは、従来までの PVA-MRI-Phantom ゲルは物理ゲルと称されるゲルである。ゲルの製法は試料の高分子を含む溶液中で凍結融解して作成する(凍結融解法)PVA 系 - GEL で力学的特性が水分量を増加すると弱くなる傾向を持つ。さらにゲルの試料温度を上昇させると段階的に弱くなり 40 以上の高温にすると溶解する 私達が開発した MRI-QSI-PNIPAAm 系ゲル Phantom は化学合成による重合ゲルで化学ゲルと称される(モノマーに対して材料仕込時に水を加え重合反応でゲル化する)。40 以上の高温にしても溶けない特徴を持つ。よって体温 37 付近の内部温度での MRI-QSI-解析には PNIPAAm 系ゲル Phantom がより適応性が高いと推定できる。QSI シーケンスの最適化には動物用 9T- MRI および臨床用 3T - MRI における MRI-QSI Phantom での q 値 (従来 high-b 値) 収集データを成分別けし多変量解析や高次曲線などで近似した。および臨床用 3T - MRI における ノーマルボランテアでの q 値 (従来 high-b 値) 収集データを成分別けし多変量解析や高次曲線などで近似した。標準化には、QSI 用 MRI - Phantom および新たな ノーマルボランテアでの QSI 法による q 値データ収集を長時間にわたり実測した値と、短い間の短時間計測による信号減衰の割合を基本として、近似計算された信号値と比較することによって、標準化した値の信頼度を判定した。これを繰り返し標準化した値の信頼度を向上させていく。以上を組み合わせソフト化し MRI 臨床機に搭載した。さらに QSI 撮像シーケンスに反映させ average displacement(平均変位)画像, zero-displacement(ゼロ変位)画像, kurtosis(カルトーシス)画像の 3 種類の画像を取得した。その研究応用として、QSI 用 MRI - Phantom および ノーマルボランテアおよび臨床患者の q-space 解析画像による average displacement(平均変位)画像, zero-displacement(ゼロ変位)画像, kurtosis(カルトーシス)画像の 3 種類の画像を取得し臨床診断に応用した。また、脳神経走行を微細描画するために多面体多軸構造解析を実施した。

多面体多軸構造解析。ヒトの脳機能発現領域と脳活動のネットワーク網について詳細なデータを収集するために MRI-QSI 法を用いた q 値拡散(高 b 値)強調画像を利用し、脳白質神経走行の三次元的可視化を目的とした多面体解析を実施し、神経走行描画を実現した。また、同様に kurtosis imaging の q 値(低, 中値)拡散強調画像を利用し、脳白質神経走行の三次元的可視化を目的とした多面体解析を実施し、神経走行描画を実現し精度検証した。さらに f - MRI による脳賦活活動を動的情報源として脳内に目的とする注目領域を設定し、MRI 三次元画像上に可視化された白質神経回路網を使って賦活領域の発現と賦活情報の伝達を神経走行の連絡回路毎に追跡し、脳の運動機能、認知機能の伝達や制御について三次元画像上で解剖学的に明らかにした。運動機能、認知機能の伝達と制御は三次元多面体解析画像から計算した脳白質神経走行画像と f MRI による脳組織の賦活画像を積層計算させ、白質神経回路網の詳細な解剖学的解析を行った。脳組織における部位の役割や分担については、fMRI 法を用い、音声、言語、映像など一定の聴覚刺激、視覚刺激を考案し外的刺激として感覚器官を通して脳に信号を与え脳組織の賦活部位を同定した。また通常の頭部 MRI T1, T2 強調画像を利用して組織解剖学的画像領域の 3 次元画像を作り、従来までの MRI 拡散強調テンソル画像も必要に応じて加えて積層計算した。これに三次元的可視化を目的とした q 値解析(低, 中値拡散解析, 高 q 値拡散解析)、多面体解析を実施し、神経走行の多角度多軸解析の向上をはかった。神経走行を描画する上で撮像条件 (MPG パルスの印加方向など) を最適化し、f-MRI による脳組織の賦活部位画像と脳内運動野、脳内感覚野を開始点あるいは終着到達点として神経走行の相互相関関係を試行錯誤方式で追跡し、最後に神経走行を連結して神経回路を連絡させた。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 40 件)

- Kazuo Yagi, Masashi Ueda, Masayuki Onodera, Madoka Nanao :HWHM Micro Order Verification of MRI-QSI Sequences Group for the Subject of PNIPAAm-based Gel Phantom Considering Limiting Diffusion. ICMRI-2019, 3,28-30, Soul, Korea.
- Kazuo Yagi, Naoto Shinoda, Seiichi Sugimoto, Masataka Kubo, Tadashi Inaba : Nano Material Design and Creation of PEG Modified Shell Coating Material: Development of the New Type MRI Contrast Medium Using Ferrite-Type Magnetic Fluid as the Core as

- the Application Example. ICMRI-2019, 3,28-30, Soul, Korea.
- Kazuo Yagi, Masashi Ueda, Madoka Nanao, Masayuki Onodera, Yuji Komaki, Junichi Hata : Creation of phantom for MRI-QSI using PNIPAAm hydrogel as reference evaluation equipment, The international conference of W-C-S-M-2019, March, 8-11.2019. (Rome, Italy)
 - Kazuo Yagi, Naoto Shinoda, Yoshihiro Yazu, Seiichi Sugimoto, Masataka Kubo, Tadashi Inaba: Design of PEG capsule type SPIO by formation of RES evasive drug-encapsulating polymer micelle. The international conference of W-C-S-M-2019, March, 8-11.2019. (Rome, Italy)
 - Kazuo Yagi, Atsuya Ikeda, Ayumi Nakagawa, Yuta Sakaguchi, Seiichi Sugimoto, Tadashi Inaba : Evaluation of the Material Properties PNIPAAm-DMAAm Hydrogel Due to Increase in Phase Transition Temperature and by Synthesis under Low Temperature Environment. The international conference of W-C-S-M-2019, March, 8-11, 2019. (Rome, Italy).
 - Kazuo Yagi, Aiko Iida, Naoto Shinoda, Seiichi Sugimoto, Masataka Kubo, Tadashi Inaba : New material design creation and magnetic properties evaluation of PEGylated -GAG-coated SPIO,第 46 回日本磁気共鳴医学会大会 : 2018.9.7 ~ 9 : 金沢, p199
 - Kazuo Yagi, Ayumi Nakagawa, Seiichi Sugimoto, Tadashi Inaba: Strength characteristics and transition temperature evaluation by material design of NIPAAm composite gel,第 46 回日本磁気共鳴医学会大会 : 2018.9.7 ~ 9 : 金沢, p200
 - Kazuo Yagi, Atsuya Ikeda, Ayumi Nakagawa, Yuta Sakaguchi, Seiichi Sugimoto, Tadashi Inaba: Material Design and Evaluation of Water-soluble Molecule Recognition Shape Memory Gel. 6thInternational Solvothermal and Hydrothermal Association Conference (ISHA2018) on Aug. 8th-12th 2018 in Sendai, Japan.
 - K. Yagi , T. Hamada, S Kakuda, S. Sugimoto, and T. Inaba : Material Design of New Bone Composite and the mechanical properties of the PBS-HAp-PLAF composite. 6thInternational Solvothermal and Hydrothermal Association Conference (ISHA2018) on Aug. 8th-12th 2018 in Sendai, Japan.
 - K. Yagi, A. Iida, N. Shinoda, S. Sugimoto, M. Kubo, T. Inaba: Creation of pegylated chondroitin sulfate magnetic fluid oriented towards new drugs, ASN2018(Asian Symposium on Nanoscience and Nanotechnology 2018 "Fundamentals and applications of Nanoclusters and Nanoparticles"), May 12th-14th, 2018,
 - 八木 一夫, 篠田 直史, 飯田 亜子, 杉本 聖一, 稲葉 忠司 : PEG 化 2 重カプセル型 ナノコロイド磁性複合体の材料設計とその創製, ナノ学会第 1 6 回大会 5.10,11,2018,東京
 - 八木 一夫, 中川 愛海, 池田 篤哉, 杉本 聖一, 稲葉 忠司, PNIPAAm ハイドロゲルの力学特性向上と相転移温度の上昇, ナノ学会第 1 6 回大会 5.10,11,2018,東京
 - 飯田 亜子, 八木 一夫, 篠田 直史, 杉本 聖一, 久保 雅敬, 稲葉 忠司 : PEG 化高分子被膜ナノコロイド磁性流体の材料特性, ナノ学会第 1 6 回大会 5.10,11,2018,東京
 - Toshiyuki Onodera, Toshiki Wakayama, Kazuo Yagi, Masahiro Ida, Fumiaki Kawakami, Takashi Ueda, Terumi Tabei : b value correction method in IVIM analysis, 第 44 回日本磁気共鳴医学会 (JSMRM)大会 : 2017.9.14 ~ 16 : 宇都宮
 - Kazuo Yagi, Yuji Komakia, Marin Nishio, Tadashi Shinoda, Seiichi Sugimoto, Masataka Kubo, Tadashi Inaba: Creation of new MRI contrast agent and implementation of animal experiment.第 45 回日本磁気共鳴医学会大会 : 2017.9.14 ~ 16 : 宇都宮
 - Kazuo Yagi, Tomoki Hamada, Seiichi Sugimoto, Tadashi Inaba: Material design and creation of PBS-HAp-PLA fiber composite artificial aggregate.第 45 回日本磁気共鳴医学会大会 : 2017.9.14 ~ 16 : 宇都宮
 - Kazuo Yagi, Tadashi Shinoda, Seiichi Sugimoto, Masataka Kubo, Tadashi Inaba: Material design and creation of RES-evasive PEGylated polymer base materials.第 45 回日本磁気共鳴医学会大会 : 2017.9.14 ~ 16 : 宇都宮
 - Kazuo Yagi, Ayumi Nakagawa, Seiichi Sugimoto, Tadashi Inaba: Evaluation of polymer gelation characteristics by low-temperature polymerization synthesis of NIPAAm polymer and change in solution charge amount.第 45 回日本磁気共鳴医学会大会 : 2017.9.14 ~ 16 : 宇都宮
 - Ayumi Nakagawa, Kazuo Yagi, Tadashi Inaba, Seiichi Sugimoto:Material Property Evaluation of PNIPAAm Hydrogel Synthesized at Low Temperature. International Union of Materials Research Societies-The 15th International Conference on Advanced Materials, 2017.8.
 - Kazuo Yagi, Atsuya Ikeda, Ayumi Nakagawa, Yuta Sakaguchi, Seiichi Sugimoto, Tadashi Inaba: Evaluation of the Material Properties of P-NIPAAm -DMAAm Hydrogel due to Increase in Phase Transition Temperature and Low-Temperature Synthesis.

- International Union of Materials Research Societies–The 15th International Conference on Advanced Materials, 2017.8.
- 21 Naoto Shinoda, Kazuo Yagi, Tadashi Inaba, Seiichi Sugimoto: The magnetic characterization of magnetic fluid coated by polyacrylic acid. International Union of Materials Research Societies–The 15th International Conference on Advanced Materials, 2017.8.
 - 22 八木 一夫, 篠田 直史, 水谷 大地, 川端 寛之, 杉本 聖一, 久保 雅敬, 稲葉 忠司: PEG-CS 皮膜型 Fe-Zn フェライト磁性流体の創製と磁気特性評価, ナノ学会第15回大会 5.10,11,2017,札幌
 - 23 八木 一夫, 中川 愛海, 池田 篤哉, 坂口 雄太, 杉本 聖一, 稲葉 忠司: 低温重合と高含水による温度 PNIPAAm 系ゲルの創製と材料特性評価, ナノ学会第15回大会 5.10,11,2017,札幌
 - 24 Yukiko Nagawa, Junichi Hata, Akiko Uematsu, Fumiko Seki, Yuji Komaki, Ryutaro Yano, Masakazu Sato, Ryoussuke Ishihara, Hideyuki Okano, Kazuo Yagi, Norio Sekine : Impacts of difference of transparency reagents on mouse brain,第44回日本磁気共鳴医学学会 (JSMRM)大会 : 2016.9.9 ~ 10 : 大宮 p267
 - 25 Kazuo Yagi, Masakazu Sato, Junichi Hata, Yasuhiko Tachibana, Norio Sekine : Estimation of optimum imaging conditions using the Monte Carlo simulation in QSI,第44回日本磁気共鳴医学学会 (JSMRM)大会 : 2016.9.9 ~ 10 : 大宮,p131
 - 26 Kazuo Yagi, Atsuya Ikeda, Naoyuki Kurimoto, Masashi Ueda, Madoka Nanao, Seiichi Sugimoto, Tadashi Inaba: Changes in material properties due to phase transition temperature movement and water content by PNIPAAm-based gel that takes into account QSI-Phantom,第44回日本磁気共鳴医学学会 (JSMRM)大会 : 2016.9.9 ~ 10 : 大宮, p159
 - 27 Kazuo Yagi, Daichi Mizutani, Yoshihiro Yazu, Hiroyuki Kawabata, Seiichi Sugimoto, Masataka Kubo, Tadashi Inaba : Material design of sugar –PEG –modified liposome encapsulating the nano magnetic material,第44回日本磁気共鳴医学学会 (JSMRM)大会 : 2016.9.9 ~ 10 : 大宮,p210
 - 28 Kazuo Yagi, Daichi Mizutani, Hiroyuki Kawabata, Takanori Tanaka, Yoshihiro Yazu, Yujiro Harada, Seiichi Sugimoto, Masataka Kubo, Tadashi Inaba : Evaluation of the sugar coating type material due to the formation of ferrite nanoparticles by liquid phase synthesis and colloidal material method, 第44回日本磁気共鳴医学学会 (JSMRM)大会 : 2016.9.9 ~ 10 : 大宮, p211
 - 29 水谷 大地, 八木 一夫, 杉本 聖一, 稲葉 忠司: PEG 化 PAA を被膜した新たな磁性流体の材料特性評価, 第28回バイオエンジニアリング講演会 : 2016.1.9 ~ 10 : 東京
 - 30 覚田 聖, 八木 一夫, 杉本 聖一, 稲葉 忠司: PBS-GF,HAp 添加複合材料の曲げ試験による力学的特性の評価, 第28回バイオエンジニアリング講演会 : 2016.1.9 ~ 10 : 東京
 - 31 Kazuo YAGI, Seiichi SUGIMOTO, Naohiro YAZU, Hiroki HOSHINO, Masataka KUBO and Tadashi INABA ; The design and creation of the new type carrier agent of PEGylate galactosaminoglycan(GalNAc) in carrying the magnetic fine particles: NFA 2015(2nd NFA) abstract p-67. (CD Ram), October 26-28, 2015.
 - 32 Kazuo YAGI, Seiichi SUGIMOTO , Naohiro YAZU , Hiroki HOSHINO, Masataka KUBO and Tadashi INABA; The new design of the PEGylate galactosaminoglycan(GalNAc) in encapsulating the magnetic fine particles: 47.Symposium on Catalysis abstract OP8.(USB-files), November 2-4, 2015.
 - 33 八木 一夫, 小野寺 聡之, 山崎 雅史, 丹 綾香, 橋本 佳祐, 黒川 琴代, 篠浦 伸禎, 山田 良治: 脳外科手術ナビゲーションデータとして f-MRI の賦活領域を Seed Point にして計算する Tractography の支援研究; 第43回日本磁気共鳴医学学会 (JSMRM)大会講演抄録集 p171 , 2015年9月10日
 - 34 Kazuo Yagi, Daichi Mizutani, Yoshihiro Yazu, Hiroyuki Kawabata, Seiichi Sugimoto, Masataka Kubo, Tadashi Inaba: Material design of sugar -PEG-modified liposome encapsulating the nano magnetic material, 第43回日本磁気共鳴医学学会 (JSMRM)大会講演抄録集 p201 , 2015.9.10.
 - 35 Kazuo Yagi, Daichi Mizutani, Hiroyuki Kawabata, Takanori Tanaka, Yoshihiro Yazu, Yujiro Harada, Seiichi Sugimoto, Masataka Kubo, Tadashi Inaba. Evaluation of the sugar coating type material due to the formation of ferrite nanoparticles by liquid phase synthesis and colloidal material method 第43回日本磁気共鳴医学学会 (JSMRM)大会講演抄録集 p211 , 2015.9.10.
 - 36 八木 一夫, 新川 翔太, 畑 純一, 遠藤 和樹: DTI を用いた筋力発揮時における羽状筋構造解析; 第43回日本磁気共鳴医学学会 (JSMRM)大会講演抄録集 p227 , 2015年9月11日
 - 37 Kazuo Yagi, Atsuya Ikeda, Naoyuki Kurimoto, Masashi Ueda, Madoka Nanao, Seiichi Sugimoto, Tadashi Inaba : Changes in material properties due to phase transition

temperature movement and water content by PNIPAAm based gel that takes into account QSI-Pantom. 第 43 回日本磁気共鳴医学会 (JSMRM)大会講演抄録集 p282 , 2015.9.11

- 38 丹 綾香, 八木 一夫, 小野寺 聡之, 安部 真治: fMRI における Broca's area のタスク検討; 第 43 回日本磁気共鳴医学会 (JSMRM)大会講演抄録集 p320 , 2015 年 9 月 10 日
- 39 名川 友紀子, 畑 純一, 矢野 竜太郎, 関 布美子, 小牧 裕司, 八木 一夫, 関根 紀夫: 透明化による脳組織変性の評価; 第 43 回日本磁気共鳴医学会 (JSMRM)大会講演抄録集 p394 , 2015 年 9 月 12 日
- 40 Kazuo Yagi, Masakazu Sato, Junichi Hata, Yasuhiko Tachibana, Norio Sekine: Estimation of optimum imaging conditions using the Monte Carlo simulation in QSI 第 43 回日本磁気共鳴医学会 (JSMRM)大会講演抄録集 p427 , PDF , 2015.9.11

6 . 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名: 杉本 聖一, 稲葉 忠司, 久保 雅敬, 小野寺 聡之, 小牧 裕司, 畑 純一

ローマ字氏名: (SUGIMOTO, seiichi), (INABA, tadashi), (KUBO, masataka), (ONODERA, masayuki), (KOMAKI, yuji), (HATA, junichi)