

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K07616

研究課題名（和文）スピラベル法による新たな脳機能画像のためのシーケンス改良とその解析モデルの開発

研究課題名（英文）MR sequence improvement and its signal analytic model based on spin labeling for new brain functional images

研究代表者

木村 浩彦（Kimura, Hirohiko）

福井大学・学術研究院医学系部門・名誉教授

研究者番号：10242596

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：DANTE法とASL血流画像法を組み合わせ、ASL-CBFと動脈側の血管容量（aCBV）を計算するMR画像法と信号解析モデルが提案できた（S. Ishida, H. Kimura, N. Takei, Y. et al. MRM）。このモデルを用いASL-TTT、CBFが、moyamoya病や慢性閉塞性脳動脈患者での脳循環代謝の評価に利用できることを確認報告できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳循環代謝、血管反応性を計るには、これまでPETやSPECT検査で、放射性薬剤の投与や血管拡張剤を使用する必要があった。MRI撮像法の一つである、スピラベル（ASL）法は、特に中枢神経系の機能画像診断で利用されつつある。今回の結果より、ASL-TTT、CBFのパラメータを利用することで、完全に非侵襲的に脳循環代謝の評価が可能となれば、その社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：By combining the DANTE method and ASL blood flow imaging, we were able to propose an MR imaging method and signal analysis model to calculate ASL-CBF and arterial side blood volume (aCBV) (S. Ishida, H. Kimura, N. Takei, Y. et al. MRM). Using this model, we reported that ASL-TTT and CBF can be used to evaluate cerebral circulation and metabolism in patients with moyamoya disease and chronic occlusive cerebral artery disease, since the ASL-TTT significantly correlates with both local OEF and cerebral reactivity from PET study (Takata, et.al. Diagnostics 2023; K. Takeuchi, et.al. Magn Reson Med Sci 2022).

研究分野：放射線医学分野

キーワード：Arterial spin labeling MRI Brain perfusion CBF CBV Transit time

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

MRI 撮像法の一つである、スピンラベル (ASL) 法は、特に中枢神経系の画像診断では、臨床現場においても利用されつつあった。しかしながら、その本来の機能画像の提供については、十分臨床に生かされていなかった。ASL による機能的画像を臨床現場に有用な情報として提供可能とすることが望まれていた。特に最新の撮像シーケンスの最先端技術を積極的に取り入れることで、弱点であった S/N 比を改善し臨床利用が可能な時間でスピン通過のダイナミック撮像を可能とし、より複雑な信号モデルの解析を可能とし、完全に非侵襲的手法である ASL の本来の特性を生かすことができると考えた。具体的には、ASL によるスピン到達時間、微小血管容量、通過速度や時間などの新たな脳機能画像を開発し、ASL による脳循環代謝評価、脳腫瘍の特性化などの応用を確立し臨床展開を促進することがのぞまれていた。

2. 研究の目的

本研究期間内に、局所 aCBV (動脈側の脳血管容量) 相当のパラメタを含むモデルを提案し、ASL の信号解析法を開発し aCBV、ATT (動脈スピン到達時間)、TTT (組織スピン到達時間)、微小血管通過時間 (TTT-ATT)、CBF (脳血流) などの機能画像を安定させ、実臨床時間内の作成を可能にすることを目的とする。

(1) 解析モデルの開発: ASL 信号モデルの提案とその解析手法の開発を目的とし、正常人での ASL 撮像を行い、計算モデルの妥当性を検証する。(2) 本研究の臨床評価として、慢性閉塞性脳血管障害患者例を対象とし、従来 PET による脳循環代謝検査と ASL-撮像により得られたパラメタの対比を行い、提案された手法が ASL-MRI による新たな脳循環代謝画像となるかどうかを検証する。最終的に慢性閉塞性脳血管障害にて、進行的慢性虚血状態 (misery-perfusion) と安定的な低血流状態 (matched hypo-perfusion) の新たな指標を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

ASL 機能画像の開発は、撮像シーケンス法の開発と信号モデルの確立と信号解析処理のアルゴリズム開発が主となる。(1) ASL 信号解析モデルの開発: DANTE 法と ASL 法を組み合わせ開発工夫された ASL 撮像シーケンスを用いて、正常人の rCBF, aCBV, ATT, TTT の計算モデルの妥当性、計算法の正確性をシミュレーションを用い検証した。aCBV を含む ASL 信号解析モデルを提案し、正常人での抑制呼吸下での脳循環動態を表す ASL パラメタの変化が正確にとらえられるかどうかを確認した (Ishida S, Kimura H, et al. MRM 2021)。臨床応用の進展のため、AI 手法を利用することで、より正確な脳循環パラメタが得られているかをシミュレーション上で確認した。(2) 臨床応用展開: In vivo での検証として、正常人データでの再現性の検証と同時にモヤモヤ患者、慢性閉塞性脳血管障害患者の ASL と PET による脳循環代謝パラメタを比較検討した。特に PET/MRI 撮像装置での検証に焦点をあて、提案パラメタと従来の PET によるダイヤモンド負荷前後の血管反応性を含め詳細に比較した。

4. 研究成果

(1) DANTE 法と ASL 血流画像法を組み合わせ、ASL-CBF と aCBV (動脈側の血管容量) を計算する MR 画像法と解析モデルを提案した 図 1 は信号解析モデルの模式図である。(A) 血管内と組織の両者の信号。(B) 組織内の ASL 信号。(C) 血管内の ASL 信号である。血管内と組織の二つのコンパートメントを仮定し、ラベルされたスピンは血管内から組織に順次すべて移行すると仮定した。このモデルで正常人 (N=15) を対象に、通常呼吸時 (Normoventilation) と抑制呼吸時 (Breath-holding) の CBF, aCBV, の違いをマッピングすることができた (図 2)。

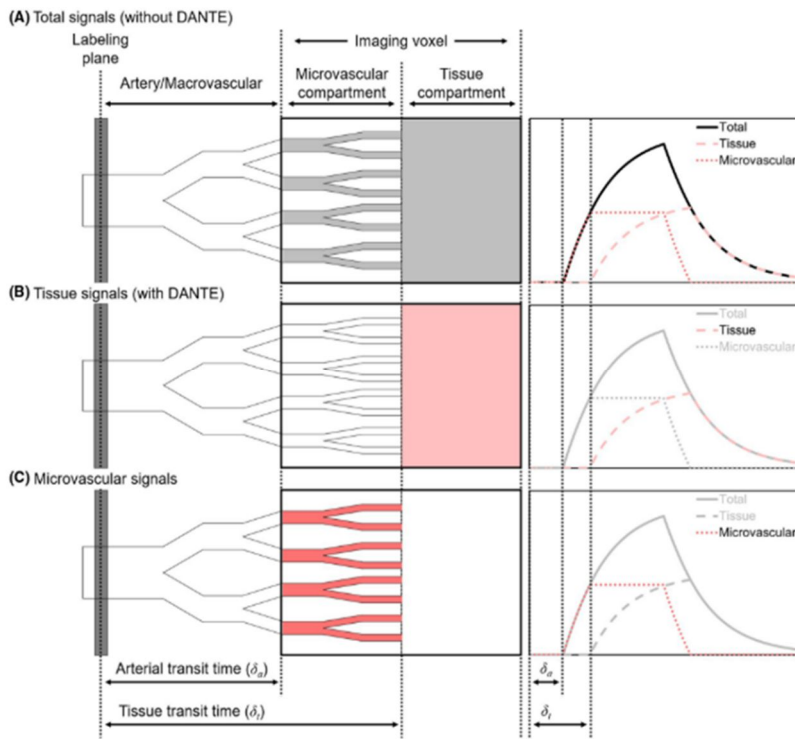


図1 ASL信号解析モデル (S. Ishida, H. Kimura, et.al. Magn Reson Med 2021)

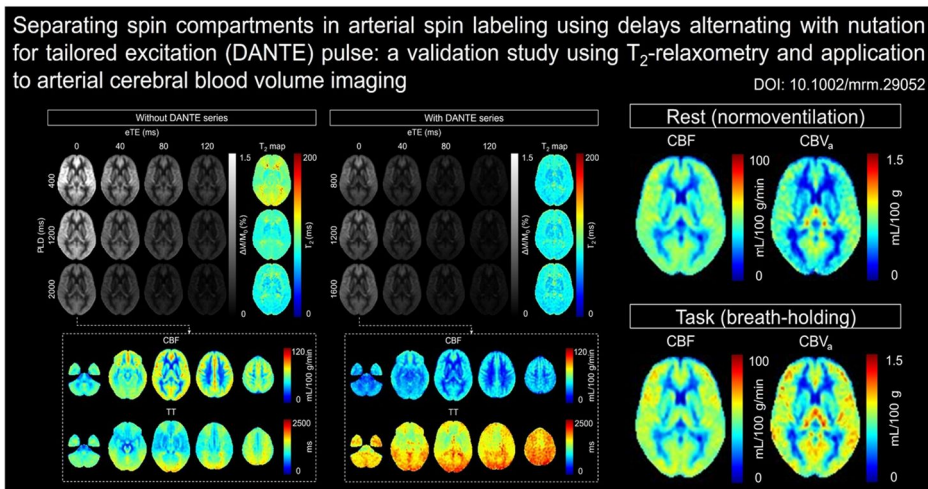


図2 正常呼吸時と抑制呼吸時のCBFとaCBVの違いのマッピング

(2) このモデルを基礎とする解析法にAI手法を取り入れ、より正確なCBF, aCBV, ATT解析が可能となることを国際学会 (Ishida S., Kimura H., et.al. ISMRM, Toronto) にて発表し、複数の論文にまとめ報告した (JCAT 2023, 48, 459-471, JMRI 2022, 57, 1477-1489)

(3) この手法の臨床利用にむけた最適収集パラメタの提案を行い、正常人でのASL-CBF, ATT, aCBVの再現性についても学会発表した (Matta Y. et.al., 日本磁気共鳴医学会、軽井沢2023)

(4) 臨床応用展開の成果として、慢性閉塞性脳動脈患者(N=11)で、PET-CBFとASL-CBFの相関を得ることができた。ラベル時間が長く、ラベル後時間を長くし、到達時間を補正した場合が最も相関がよく正確に計測できることがわかった (図3)

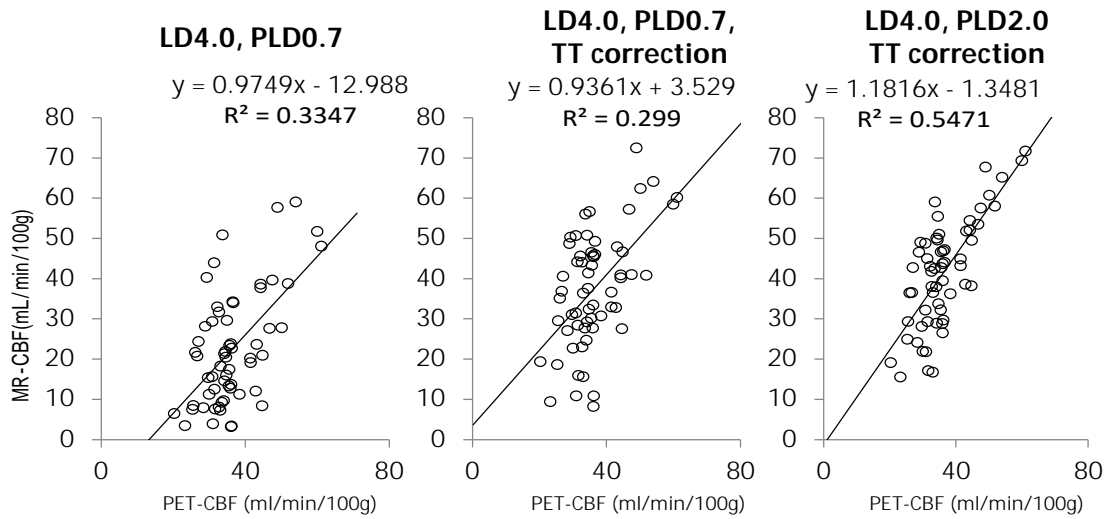


図3 LD(ラベル時間) PLD(ラベル後待ち時間) TT(到達時間)補正の有無によるPET-CBFとASL-CBFの相関の違い(K. Takeuchi, et.al. Magn Reson Med Sci 2022)

さらに、PET-OEFとASL-ATTが相関することが確認された。下図4 aは、すべての領域でのプロット、bは観測の半球でのプロットをしめす。患側での相関がより強く得られており、ASL-ATTは、単にASL-CBF計測補正だけでなく脳循環代謝に関連するパラメタであることがわかった(図4)。

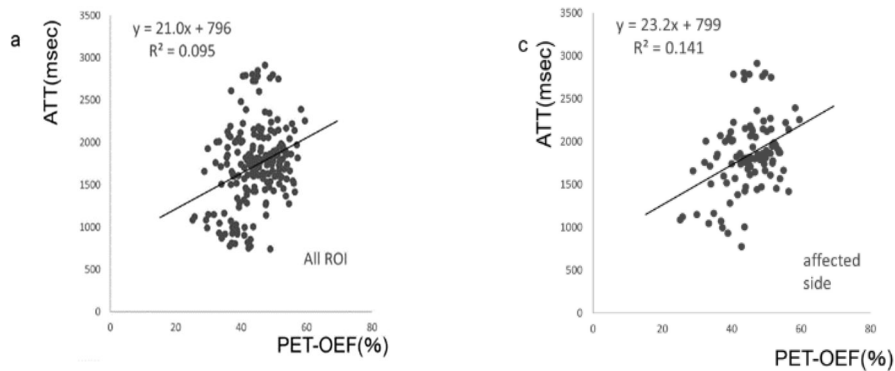


図4 PET-OEFとASL-ATTの相関関係(K. Takeuchi, et.al. Magn Reson Med Sci 2022)。

(5) PETによるアセタゾラミド(ACZ)脳血流負荷試験での血管反応性(CVR)を確認することは、脳循環代謝の健全性をみる指標の一つとして、臨床的に利用されている。 moyamoya 病患者(N=12)で、PETによる血管反応性とASL-CBFによる血管反応性をPET/MRの同時計測にて検討した。ASL-CBFとPET-CBFは、絶対値、相対値、アセトゾラミド負荷前、負荷後いずれでも有意相関が得られた(図5)。

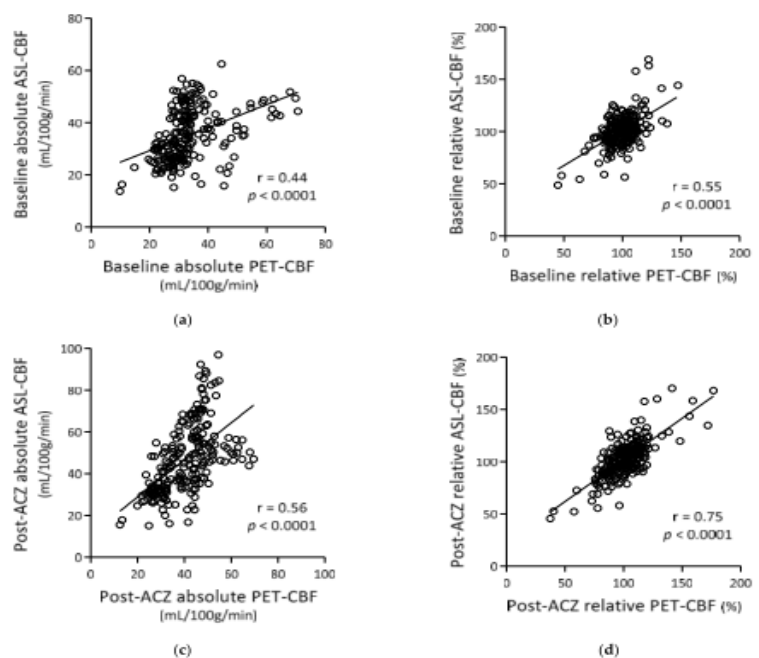


図5 PET-CBF,ASL-CBF 負荷前、負荷後の相関。(a) Pre-ACZ absolute PET-

CBF and ASLCBF, (b) pre-ACZ relative PET-CBF and ASL-CBF, (c) post-ACZ absolute PET-CBF and ASL-CBF, (d) post-ACZ relative PET-CBF and ASL-CBF

さらに、ASL-ATT と負荷前後の PET-CBF の変化との関係の詳細を検討すると、ASL-ATT と PET CVR と有意に相関し、CVR の低い領域は、明らかに ASL-ATT が延長しており、両者の領域群間に有意な差があることがしめされた。これらの結果より ASL-ATT が血行動態の関連のパラメタとなることがわかった (図 6)。

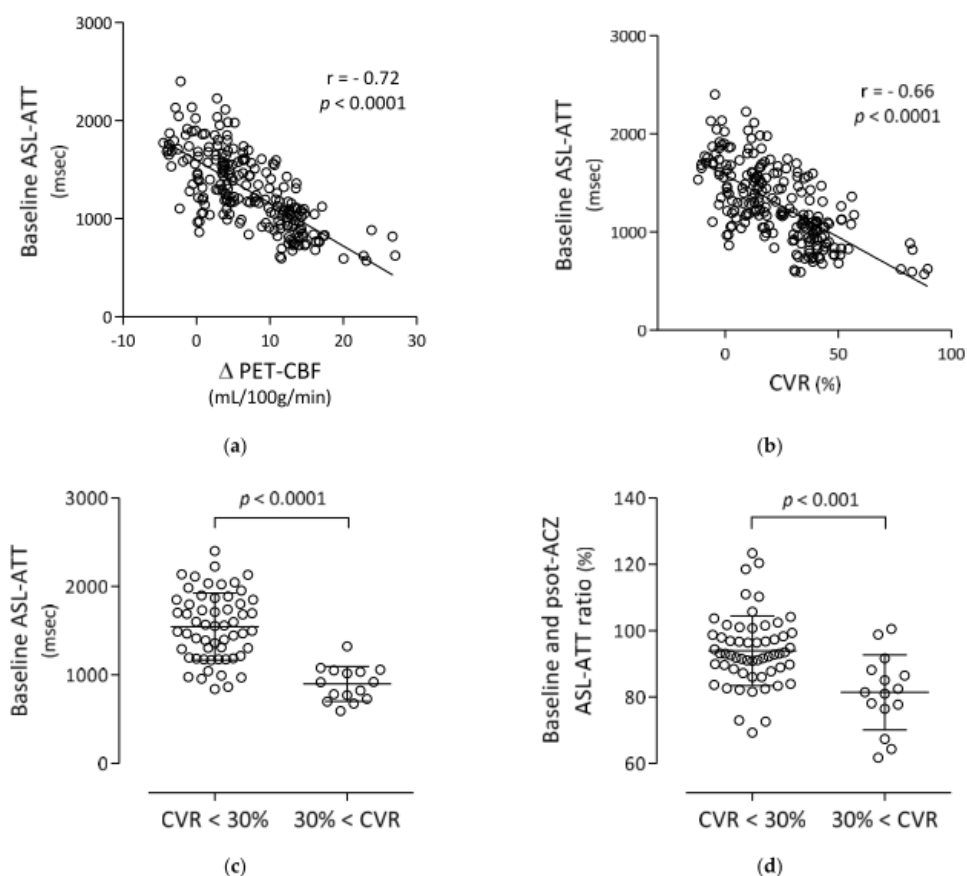


図 6 ベースライン ASL-ATT と PET-CBF 変化量(a)、PET-CVR(b)との相関関係。 負荷前 ASL-ATTs (c)、負荷後 ASL-ATT (d)の MCA 領域での CVR が 30%以上の領域と 30%以下の領域での群間比較。(Takata, et.al. Diagnostics 2023)。

(6) さらに PET の脳血負荷試験で、PET-CBF とともに V0 (動脈サイドの血管容量) を加えたモデルで評価し、ASL-MRI でも aCBV を含む ASL 信号モデルで解析すると、PET-CBF 解析の V0 パラメタと ASL - aCBF が相関することから、この ASL-aCBV も脳循環動態に関連するパラメタとなり得ると国際学会にて発表した (Kimura H., et.al. Toronto ISMRM 2023)。

(7) ASL 血流画像の臨床症例への応用として、拡散強調画像の高信号と ASL-CBF 低値が CJD 病の画像診断に有用であることを報告し (Kitazaki Y, et.al., Front Neurol.) 脳卒中に対して機械的血栓除去術成功後の脳梗塞発生予測を ASL-CBF、心房細動病歴の有無、梗塞発症から血管再開通までの時間の組み合わせで予測できるとの報告をした (Kidoguchi, M. et.al. Clinical neuroradiology) 脳腫瘍への臨床応用としても、CEST 画像と同時利用として、造影剤を利用せず、非侵襲的に腫瘍特性を測る指標としての利用について論文報告した (Yamauchi T., et.al. Interdisciplinary Neurosurgery 2023)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fujiwara Yasuhiro, Ishida Shota, Matta Yuki, Kanamoto Masayuki, Kimura Hirohiko	4. 巻 95
2. 論文標題 Atlas-based relaxometry and subsegment analysis of the substantia nigra pars compacta using quantitative MRI: a healthy volunteer study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The British Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 20210572
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1259/bjr.20210572	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 木村浩彦、石田翔太	4. 巻 80
2. 論文標題 Arterial spin labeling (ASL) 灌流画像の原理と脳卒中画像への臨床応用	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本臨牀	6. 最初と最後の頁 455-460
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 Yamauchi Takahiro, Kitai Ryuhei, Kodera Toshiaki, Arishima Hidetaka, Matsuda Ken, Isozaki Makoto, Ishida Shota, Matta Yuki, Kanamoto Masayuki, Kimura Hirohiko, Kikuta Ken-ichiro	4. 巻 28
2. 論文標題 Comparison of amide proton transfer imaging with perfusion imaging of using arterial spin-labeling for evidence of tumor invasion in glioblastoma	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Interdisciplinary Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 101461 ~ 101461
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.inat.2021.101461	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 Ishida Shota, Isozaki Makoto, Fujiwara Yasuhiro, Takei Naoyuki, Kanamoto Masayuki, Kimura Hirohiko, Tsujikawa Tetsuya	4. 巻 57
2. 論文標題 Estimation of cerebral blood flow and arterial transit time from multi-delay arterial spin labeling using a simulation-based supervised deep neural network	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Magnetic Resonance Imaging	6. 最初と最後の頁 1477 ~ 1489
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jmri.28433	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 Ishida Shota, Kimura Hirohiko, Takei Naoyuki, Fujiwara Yasuhiro, Matsuda Tsuyoshi, Kanamoto Masayuki, Matta Yuki, Kosaka Nobuyuki, Kidoya Eiji	4. 巻 87
2. 論文標題 Separating spin compartments in arterial spin labeling using delays alternating with nutation for tailored excitation (DANTE) pulse: A validation study using T ₂ relaxometry and application to arterial cerebral blood volume imaging	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medicine	6. 最初と最後の頁 1329 ~ 1345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mrm.29052	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 Lindner, T. Bolar, D. S. Achten, E. Barkhof, F. Bastos-Leite, A. J. Detre, J. A. Golay, X. Gunther, M. Wang, D. J. J. Haller, S. Ingala, S. Jager, H. R. Jahng, G. H. Juttukonda, M. R. Keil, V. C. Kimura, H. Ho, M. L. Lequin, M. Lou, X. Petr, J. Pinter, N. Pizzini, F. B. Smits, M. Sokolska, M. Zaharchuk, G. Mutsaerts, Hjm	4. 巻 89
2. 論文標題 Current state and guidance on arterial spin labeling perfusion MRI in clinical neuroimaging	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medicine	6. 最初と最後の頁 2024 ~ 2047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mrm.29572	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 Kitazaki Yuki, Ikawa Masamichi, Yamaguchi Tomohisa, Enomoto Soichi, Shirafuji Norimichi, Yamamura Osamu, Tsujikawa Tetsuya, Okazawa Hidehiko, Kimura Hirohiko, Nakamoto Yasunari, Hamano Tadanori	4. 巻 65
2. 論文標題 Regional cortical hypoperfusion and atrophy correlate with striatal dopaminergic loss in Parkinson's disease: a study using arterial spin labeling MR perfusion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 569 ~ 577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00234-022-03085-7	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 該当する

1. 著者名 Yamaguchi Tomohisa, Ikawa Masamichi, Enomoto Souichi, Shirafuji Norimichi, Yamamura Osamu, Tsujikawa Tetsuya, Okazawa Hidehiko, Kimura Hirohiko, Nakamoto Yasunari, Hamano Tadanori	4. 巻 64
2. 論文標題 Arterial spin labeling imaging for the detection of cerebral blood flow asymmetry in patients with corticobasal syndrome	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 1829 ~ 1837
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00234-022-02942-9	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 Kosaka Nobuyuki、Kimura Hirohiko	4. 巻 55
2. 論文標題 Editorial for “Arterial Transit Time? Based Multidelay Combination Strategy Improves Arterial Spin Labeling MRI Cerebral Blood Flow Measurement Accuracy in Severe Steno Occlusive Diseases”	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Magnetic Resonance Imaging	6. 最初と最後の頁 188 ~ 189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jmri.27901	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 Ishida Shota、Isozaki Makoto、Fujiwara Yasuhiro、Takei Naoyuki、Kanamoto Masayuki、Kimura Hirohiko、TsujiKawa Tetsuya	4. 巻 48
2. 論文標題 Effects of the Training Data Condition on Arterial Spin Labeling Parameter Estimation Using a Simulation-Based Supervised Deep Neural Network	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Computer Assisted Tomography	6. 最初と最後の頁 459 ~ 471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/RCT.0000000000001566	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 Kidoguchi Masamune、Akazawa Ayumi、Komori Osamu、Isozaki Makoto、Higashino Yoshifumi、Kawajiri Satoshi、Yamada Shinsuke、Kodera Toshiaki、Arishima Hidetaka、TsujiKawa Tetsuya、Kimura Hirohiko、Kikuta Kenichiro	4. 巻 33
2. 論文標題 Prediction of Occurrence of Cerebral Infarction After Successful Mechanical Thrombectomy for Ischemic Stroke in the Anterior Circulation by Arterial Spin Labeling	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Clinical Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 965 ~ 971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00062-023-01295-x	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 Takeuchi Kayo、Isozaki Makoto、Higashino Yoshifumi、Kosaka Nobuyuki、Kikuta Ken-ichiro、Ishida Shota、Kanamoto Masayuki、Takei Naoyuki、Okazawa Hidehiko、Kimura Hirohiko	4. 巻 22
2. 論文標題 The Utility of Arterial Transit Time Measurement for Evaluating the Hemodynamic Perfusion State of Patients with Chronic Cerebrovascular Stenosis or Occlusive Disease: Correlative Study between MR Imaging and (15)O-labeled H2O Positron Emission Tomography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medical Sciences	6. 最初と最後の頁 289 ~ 300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2463/mrms.mp.2020-0123	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 Takata Kenji, Kimura Hirohiko, Ishida Shota, Isozaki Makoto, Higashino Yoshifumi, Kikuta Ken- Ichiro, Okazawa Hidehiko, Tsujikawa Tetsuya	4. 巻 13
2. 論文標題 Assessment of Arterial Transit Time and Cerebrovascular Reactivity in Moyamoya Disease by Simultaneous PET/MRI	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Diagnostics	6. 最初と最後の頁 756 ~ 756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/diagnostics13040756	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 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 石田 翔太, 藤原 康博, 竹井 直行, 松田 祐貴, 金本 雅行, 木村 浩彦, 辻川 哲也
2. 発表標題 DANTE-ASLによるマルチパラメータ推定用ニューラルネットワークの開発
3. 学会等名 第51回日本磁気共鳴医学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hirohiko Kimura, Makoto Isozaki, Shota Ishida, Naoyuki Takei, Yasuhiro Fujiwara, Yuki Matta, Hidehiko Okazawa, and Tetsuya Tsujikawa
2. 発表標題 The validation of ASL-aCBV measured by Hadamard encoded ASL imaging evaluating moyamoya disease correlative study with 150- H2O PET-aCBV
3. 学会等名 ISMRM Annual Meeting & Exhibition 03-08 June 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shota Ishida, Yasuhiro Fujiwara, Naoyuki Takei, Yuki Matta, Masayuki Kanamoto, Hirohiko Kimura and Tetsuya Tsujikawa
2. 発表標題 Multiparameter estimation from DANTE prepared multi delay ASL using artificial neural network
3. 学会等名 ISMRM Annual Meeting & Exhibition 03-08 June 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuki Matta, Shota Ishida, Masayuki Kanamoto, Toshiki Tateishi, Hirohiko Kimura, Tetsuya Tsujikawa
2. 発表標題 Reproducibility of arterial CBV imaging using DANTE-ASL
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 Shota Ishida, Hirohiko Kimura, Naoyuki Takei, Yasuhiro Fujiwara, Tsuyoshi Matsuda, Nobuyuki Kosaka
2. 発表標題 Effects of vascular territories on efficiency of DANTE preparation pulse for ASL
3. 学会等名 Joint Annual Meeting ISMRM-ESMRMB & ISMRT 31st Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田翔太
2. 発表標題 Multi-delay ASL と Multi-parametric ASL
3. 学会等名 第33回臨床MR脳機能研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村浩彦
2. 発表標題 どこが違う：MR-ASL血流画像とH2150-PET血流画像
3. 学会等名 第33回臨床MR脳機能研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山内貴寛, 萩原峻太, 月輪悠, 梅田秀人, 芝池由規, 木戸口正宗, 川尻智士, 山田真輔, 磯崎誠, 有島英孝, 小寺俊昭, 菊田健一郎, 木村浩彦
2. 発表標題 膠芽腫の治療経過においてAPT imagingをどう用いるべきか
3. 学会等名 日本脳神経外科学会 第81回学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S.Ishida, H.Kimura, N.Takei, Y.Fujiwara, T.Matsuda, Y.Matta, M.Kanamoto, N.Kosaka, E.Kidoya
2. 発表標題 Verifying the effect of DANTE preparation pulse for separating spin-compartments in arterial spin labeling using T2-measurement
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 木村 浩彦
2. 発表標題 ASLによる脳血流評価の最適化：脳卒中と認知症予防のスクリーニングとしての脳血流評価をめざして
3. 学会等名 第30回日本脳ドッグ学会総会の共催シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 分担：木村浩彦 石田翔太	4. 発行年 2022年
2. 出版社 日本臨牀	5. 総ページ数 6
3. 書名 最新臨床脳卒中学(第2版)上 最新の診断と治療	

〔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	石田 翔太 (Ishida Shota) (50817559)	京都医療科学大学・医療科学部・助教 (34324)	ASL解析手法の提案、特にAI手法の応用。
研究分担者	藤原 康博 (Fujiwara Yasuhiro) (90422675)	熊本大学・大学院生命科学研究部(保)・准教授 (17401)	ASL解析手法の提案
研究分担者	松田 祐貴 (Matta Yuuki) (40896841)	福井大学・学術研究院医学系部門(附属病院部)・放射線技師 (13401)	正常人を対象に堅固な臨床プロトコルの提案とASLの再現性確認。
研究分担者	竹内 香代 (Takeuchi Kayo) (90750836)	福井大学・学術研究院医学系部門・助教 (13401)	臨床データの解析、論文報告

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