

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：83903

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21300196

研究課題名（和文）

テンソル fMRI による高齢者認知機能診断法の開発

研究課題名（英文）

Development of a cognitive imaging method for geriatrics using tensor based fMRI

研究代表者

中井 敏晴（NAKAI TOSHIHARU）

独立行政法人国立長寿医療研究センター・長寿医療工学研究部・神経情報画像開発研究室長

研究者番号：30344170

研究成果の概要（和文）： 加齢による脳機能ネットワークの応答の変化を評価するために、認知処理の量的・質的变化に対する脳機能の予備能力を推定する課題を用いて脳機能信号の応答特性を評定する基本計算アルゴリズムを開発した。従来は2つの領域間の結合定数としてのみ表現されていた神経活動の相関情報が空間的な経路を持つ情報として可視化され、行動パフォーマンスの推移と脳機能マップに見られる hyper-activation との間に相関が示唆された。

研究成果の概要（英文）： The fundamental algorithm to estimate higher order functional connectivity representing the age-dependent characteristics of neuronal network response was developed by implementing over-all computation of the HRF correlation and its tensor analysis. The framework was investigated by using qualitative and quantitative modulation of cognitive demand. This method enabled visualization of the functional connectivity as spatially distributed coefficient. It was suggested that longitudinal change of behavioral data might be potentially correlated with age-related change of brain activation.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2009年度 | 7,200,000 | 2,160,000 | 9,360,000 |
| 2010年度 | 3,600,000 | 1,080,000 | 4,680,000 |
| 2011年度 | 3,300,000 | 990,000 | 4,290,000 |
| 総計 | 14,100,000 | 4,230,000 | 18,330,000 |

研究分野：神経情報学、医療工学

科研費の分科・細目：人間医工学 医用システム

キーワード：画像診断システム、認知症、加齢、脳機能イメージング、fMRI

1. 研究開始当初の背景

認知症対策は明確な認知障害が出現する前にその兆候をつかみ、認知運動訓練や薬物療法を開始するタイミングを判断することが重要であり、脳機能イメージングの役割はそのような兆候の予知や行動データの解釈の根拠を与えることである。その理由は、認知症は必ずしも病理的な変化（例えば $A\beta$ や

Tau の蓄積）と症状が平行せず、行動データの評価が臨床的な判断基準になる反面、初期の段階では行動データに見られる変化は限定的かつ再現性に乏しい傾向が見られるからである。従って、加齢に伴って生じる脳機能の変化の中から認知機能の低下を予測できる画像診断技術が必要になる。近年、加齢に伴い脳活動領域が拡大し、頭頂葉や前頭葉

の活動が活発になることが報告されている (Nielson et al., *Neurobio Aging* 27, 1494-1504, 2006)。この hyper-activation は発達段階で一旦形成された脳神経回路の機能が低下し、それを補うために連合野や方略の異なる認知処理が動員されるようになるために生じると考えられ、この代償機能 (demand-reservation balance hypothesis; DRB 仮説) が不十分になると「軽度認知障害 (MCI)」を経て、いわゆる認知症に進行してゆくと考えられる。脳波を使った研究により、認知症患者では脳波のコヒーレンスが低下しているとの報告があり、この仮説を支持している。このような脳機能の変化は神経ユニット間の活動の相関の指標である FC (functional connectivity) として評定されるが、従来法では特定の脳領域と認知過程を想定して FC を計算しており、臨床診断として実用的な方法ではなかった。

2. 研究の目的

本研究開発では認知機能の低下を反映する脳活動の変化を脳機能ネットワークの応答性変化として評価するためのフレームワークを構築する。そのために、脳神経組織全体を対象として脳活動の応答特性を漏れなく評定できる基本計算アルゴリズムを考案するとともに、その臨床実用性の評価を行う。

3. 研究の方法

FC を、従来のような予め特定された小神経回路モデルとして計算するのではなく、それぞれの開始点に対して終了点を網羅的に計算しその総和を 3 次のテンソル場で表記する。そのテンソル場の 3 次元配列に対して、脳活動の関心領域を開始点として FC の tract を描かせる。概念設計の段階では神経束の描出に用いられる逐次的処理の方法を応用して見通しを得た上で、開始点を網羅的に検索する方法を検討する。その上で、不要点の削除や計算法の最適化を進める。

若年群と高齢群に対して運動制御、作業記憶、運動視覚などの基礎認知機能を評定する課題を用いた脳機能イメージングを実施し、検証用の加齢脳機能マップデータベースを整備する。MMSE やその他の記憶検査、課題のパフォーマンス (反応時間、正答率などの行動データ) と、脳機能ネットワークの応答特性の変化や電磁気計測 (EEG/MEG) の知見との関連性を検討し、テンソル場で表現された FC の神経生理学的意義を検証する。

4. 研究成果

脳活動相関の計算 (HRF や t 値などソースとなる信号の切り出し方、信号の前処理、相関検定の方法) における非線型項 (modulatory connection) として共分散構造解析 (SEM)、多変量自己回帰モデル (MAR)、

動態因果モデル (DCM) の 3 つを比較し、計算コストを考えると DCM が最適と考えられた。臨床診断用に高速化するために、予め準備された標準脳の座標系に基づく 256 方向等の軸計算用テンプレートを考案した。この方法では、fMRI で得た脳機能画像のボリューム数 (測定点数) に関わらず、計算結果を軸方向分のボリュームデータに FC を再構成できるので、データベース化のひとつの方法となる。このような標準化により計算が大幅に省略でき (約 10^5 倍)、一般に普及している解析パッケージのプラットフォームをそのまま利用することが出来る。これらの改良を行って、従来のように活動相関をパス図で模式的に表記するのではなく、形態情報とマッチする情報伝達経路の空間的な分布を可視化する FC マップを作り出す手法の基盤を形成した。今後の課題としては、標準脳への正規化による空間誤差の影響を今後検討してゆく必要があり、特定軸方向へのボクセル集約化により生じる検定力の低下も想定されるので、今後の検討が必要である。

この方法は全ての脳活動が同期性検索の対象となるデータ駆動型の解析になり、仮説によるバイアスが無いので、未知の FC が反映される反面、機能的に異なったクラスに属する FC がひとつのテンソル場に反映されることになる。このような成分は global な FC であり、従来型の FC とは区別するべきであろう。神経解剖学的、電気生理的なエビデンスに基づいた従来型の FC は、機能的な特異性という点では神経生理学的意義が説明しやすい反面、大規模なレベルでの探索や高次元での機能結合の推定は困難であり、本法のような global なアプローチと相補的な意義があると考えられる。

加齢脳機能データベースによる検証実験では、MMSE スコアの低下リスクとの関連性が推定される age-related hyper-activation との関係を検討した。運動認知課題を用いたデータ群では高次運動野を含む前頭葉でのコヒーレンスの低下が示唆された。DRB 仮説では、加齢による脳機能信号の変化は既存の神経回路に従って生じること、若年者でも潜在的に神経回路全体が動員されていることを前提としている。テンソル場を使って得られた global な FC の知見は、我々が提唱している加齢による信号の亢進と低下、あるいは脳領域による応答関数の違いを認知機能の予備能力の観点から説明する DRB 仮説と矛盾しないものであったが、その神経生理学的な解釈にはより高度の成分抽出が必要であり、今後の検討を要する。

本法は、加齢による脳機能ネットワークの変化をスクリーニングする目的での応用が期待できるが、本法で得られるマップだけで特異的診断が可能になるわけではないので、

今後の推進方策としては、認知処理のデマンドのレベルを体系的に変化させることにより高齢者の潜在的な脳機能低下を検出するための認知負荷テストを解析する方法としての実用化を進める計画である。

以上の成果ならびに関連する研究は以下の通り、原著 19 報、総説 1 報、国際会議での発表 23 報、その他の発表 27 報として報告された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 20 件)

- 1 Iidaka T, Miyakoshi M, Harada T, Nakai T, White matter connectivity between superior temporal sulcus and amygdala is associated with autistic trait in healthy humans, *Neuroscience Letters*, 査読有, vol.510, 2012, 154-158
- 2 Miyakoshi M, Chen AS, Matsuo K, Wu CY, Suzuki A, Nakai T, Extensive stimulus repetition leads older adults to show delayed functional magnetic resonance imaging adaptation, *Brain Imaging and Behavior*, 査読有, 2012, DOI:10.1007/s11682-012-9148-5
- 3 Nakano H, Nakai T, Improvement of SNR of a Magnetic Resonance Micro Imaging Using a Cooled Resonance Circuit at 0.3T, *Magnetic Resonance in Medical Sciences*, 査読有, vol. 10, 2011, 259-262
- 4 Tomiyasu M, Matsuda T, Tropp J, Inubushi T, Nakai T, Combination of Two Fat Saturation Pulses Improves Detectability of Glucose Signals in Carbon-13 MR Spectroscopy, *Proc. Jap. Aca. B.*, 査読有, vol.87, 2011, 425-430
- 5 山口さち子, 中井敏晴, 村中弘幸, 土橋俊男, 山田直明, 黒田輝, 鎮西清行, 吉川典子, 川光秀昭, 原田潤太, 森川茂廣, 吉川宏起, MR検査の安全性についてのアンケート実施報告書, *日本磁気共鳴医学会雑誌*, 査読有, 31 巻, 2011, 151-166
- 6 T. Mori, Y. Maekawa, Y. Akiyama, F. Mishima, K. Sutani, S. Iwaki, S. Nishijima, Fundamental study for controlling environment using biological signal, *Control & Intelligent Systems*, 査読有, In Press.
- 7 S. Iwaki, Multimodal neuroimaging to visualize human visual processing, *Biomedical Engineering and Cognitive Neuroscience for Healthcare*, IGI Global Press, 査読有, In Press.
- 8 S. Iwaki, T. Hamada, T. Kawano, Differential offset and onset responses to interruptions and resumptions of verbal streams in the human auditory cortex, *Int. J. Bioelectromagnetism*, 査読有, vol.14, 2012, 74-79
- 9 Nakai T, Bagarinao E, Miyakoshi M, Chen SA, Tseng WI, Matsuo K, Neuroimaging evidence of demand-reservation balance change in the aging brain - An analysis of hemodynamic response function during motor execution, *Frontiers in Neuroscience. Conference Abstract: Neuroinformatics 2010*, 査読有, 2010, DOI:10.3389/conf.fnins.2010.13.00138
- 10 Matsuo K, Chen SA, Hue C, Wu C, Bagarinao E, Tseng WI, Nakai T, Neural substrates of phonological selection for Japanese character kanji based on fMRI investigations, *Neuroimage*, 査読有, vol.50, 2010, 1280-1291
- 11 S. Iwaki, K. Sutani, Visualization of the sensitivity of the MEG sensor array based on the 3-D modeling of cortical surface and volume conductor, *J. Appl. Phys.*, 査読有, vol.107 : 09B317, 2010
- 12 G. Bonmassar, S. Iwaki, G. Goldmaker, L.M. Angelone, J.W. Belliveau, On the measurement of electrical impedance spectroscopy (EIS) of the human head, *Int. J. Bioelectromagnetism*, 査読有, vol.12, 2010, 32-46
- 13 S. Iwaki, J.W. Belliveau, Neural interactions between dorsal and ventral visual subsystems while perceiving 3-D structure from 2-D motion, *Advances in Biomagnetism*, Springer, 査読有, 2010, 286-289
- 14 岩木直, 動きと空間の認知, *Clinical Neuroscience*, 査読有, vol. 10, 2010, 1153-1155
- 15 Chen SHA, Matsuo K, Nakai T, Bagarinao E, Ho MHR, Tseng WYI, Liou M, Hue CW, Reproducibility analysis to validate language processes in Kanji and Chinese characters under different scanner environments, *Medical Imaging Technology*, 査読有, vol.27, 2009, 217-223
- 16 Miyakoshi M, Tomiyasu M, Bagarinao E, Murakami S, Nakai T, A phantom study on component segregation for MR images

- using ICA, Academic Radiology, 査読有, vol.16, 2009, 1025-1028
- 17 Nakai T, Bagarinao E, Miyakoshi M, Yoshida M, Matsuo K, The Hemodynamic response function represents the neuronal Basis of Demand-Reservation Balance in Aging Brain, Proceedings of The 2009 International Symposium on Early Detection and Rehabilitation Technology of Dementia, 査読有, 2009, 85-88
 - 18 Miyakoshi M, Chen A, Matsuo K, Nakai T, Aging Effects on the Neural Basis of Incidental Memory Encoding, Proceedings of The 2009 International Symposium on Early Detection and Rehabilitation Technology of Dementia, 査読有, 2009, 63-65
 - 19 S. Iwaki, Modulation of extrastriate visual processing by audio-visual attention, Brain Topography and Multimodal Imaging, Kyoto Univ. Press, 査読有, 2009, 75-78.
 - 20 M. Kashiwagi, S. Iwaki, Y. Narumi, H. Tamai, S. Suzuki, Parietal dysfunction in developmental coordination disorder children: An fMRI study, Neuroreport, 査読有, vol.20, 2009, 1319-1324.
- [学会発表] (計 50 件)
- 1 中井敏晴, 他, fMRI で見られる脳機能信号変化と MMSE 検査の関連性の検討, 平成 23 年度日本生体医工学会東海支部大会, 2011.10.15, スズケン本社ビル (名古屋市)
 - 2 二宮慎太郎, 他, 運動機能評価のための画像計測システムの開発—豆運び運動を対象にして—, 平成 23 年度日本生体医工学会東海支部大会, 2011.10.15, スズケン本社ビル (名古屋市)
 - 3 松尾香弥子, 他, 高齢者と若年成人の fractional anisotropy における LDDMM を用いたボクセルベース比較, 第 39 回日本磁気共鳴医学会大会 (日磁会), 2011.10.1, リーガロイヤルホテル小倉 (北九州市)
 - 4 宮腰誠, 他, EEG-fMRI 同時計測を用いた高齢者の自律的脳活動の研究, 第 39 回日磁会, 2011.9.29, リーガロイヤルホテル小倉 (北九州市)
 - 5 中井敏晴, 他, 加齢による脳機能信号増強と神経心理評定の関連性の検討, 第 39 回日磁会, 2011.9.29, リーガロイヤルホテル小倉 (北九州市)
 - 6 Iidaka T, et al., White matter connectivity between superior temporal sulcus and amygdala predicts empathetic ability in normal humans, SfN⁷ s 41st annual meeting, November 16 2011, Walter E. Washington Convention Center, Washington DC, USA
 - 7 Chen SHA, et al., Age-related changes in whole-brain functional connectivity resting-state networks., 17th Annual Meeting of Organization for Human Brain Mapping(OHMB), June 28 2011, Centre des Congres de Québec, Quebec City, Canada
 - 8 Nakai T, et al., Movement Trajectory Monitoring Using Conventional Image Processing for fMRI Studies., 17th OHMB, June 28 2011, Centre des Congres de Québec, Quebec City, Canada
 - 9 Shih Y, et al., The Voxel-Based Comparison of Fractional Anisotropy between Elderly and Young Using LDDMM., 17th OHMB, June 27 2011, Centre des Congres de Québec, Quebec City, Canada
 - 10 Miyakoshi M, et al., Comparison of two approaches to the resting state: spatial ICA and EEG alpha-band correlates, 17th OHMB, June 27 2011, Centre des Congres de Québec, Quebec City, Canada
 - 11 Nakane T, et al., One's own name is connected to consciousness, The 15th Annual Meeting of The Association for the Scientific Study of Consciousness, June 11 2011, Kyoto University, Kyoto, Japan
 - 12 Miyakoshi M, et al., Aging effect on the resting state: two complementary approaches with the same fMRI datasets, ISMRM Annual Meeting 2011, May 12 2011, Montreal Convention Centre, Montreal, Canada
 - 13 Nakane T, et al., Investigating the Neural Base of Hearing One's Own Name by fMRI, ISMRM Annual Meeting 2011, May 11 2011, Montreal Convention Centre, Montreal, Canada
 - 14 杉浦圭, 他, 予防医療のための生体機能測定用 Web アプリケーションの動作精度保証機構, 情報処理学会第 73 回全国大会, 2011.3.2-3.4, 東京工業大学
 - 15 中井敏晴, 他, 血液動態反応に見られる加齢性変化の機序, 平成 22 年度日本生体医工学東海支部大会, 2010.10.16, スズケン本社 (愛知県)

- 16 畑中涉, 他, 色トラッキングを用いた脳機能計測中の運動計測の試み, 平成 22 年度日本生体医工学東海支部大会, 2010. 10. 16, スズケン本社 (愛知県)
- 17 中根俊樹, 他, 注意時・非注意時における名前が呼ばれた時の脳活動の検討, 平成 22 年度日本生体医工学東海支部大会, 2010. 10. 16, スズケン本社 (愛知県)
- 18 宮腰誠, 他, アルファ波相関皮質領域とデフォルトモードネットワークの比較, 平成 22 年度日本生体医工学東海支部大会, 2010. 10. 16, スズケン本社 (愛知県)
- 19 宮腰誠, 他, デフォルトモードネットワークとアルファ波相関領域の比較, 第 38 回日本磁気共鳴医学会大会 (日磁会), 2010. 9. 30-10. 2, つくば国際会議場
- 20 宮腰誠, 他, 加齢が単語の意味処理に与える影響の fMRI 研究, 第 38 回日磁会, 2010. 9. 30-10. 2, つくば国際会議場
- 21 中根俊樹, 他, 名前に対する注意は前頭葉内側の脳活動に反映される, 第 38 回日本磁気共鳴医学会大会, 2010. 9. 30-10. 2, つくば国際会議場
- 22 松尾香弥子, 他, fMRI 課題内容による言語側性化指標の変動, 第 38 回日磁会, 2010. 9. 30-10. 2, つくば国際会議場
- 23 畑中涉, 他, 画像計測による行動データを指標とした fMRI データ評価の試み, 第 38 回日磁会, 2010. 9. 30-10. 2, つくば国際会議場
- 24 中井敏晴, 他, BOLD 信号の加齢性変化を反映する神経負荷モデルの研究, 第 38 回日磁会, 2010. 9. 30-10. 2, つくば国際会議場
- 25 中井敏晴, 他, 脳画像から神経情報画像への道, 第 19 回日本バイオイメーキング学会学術集会公開シンポジウム, 2010. 9. 11, 慶応義塾大学 独立館藤原記念ホール
- 26 Wu C, et al., Effective connectivity underlying phonological selection for Japanese Kanji, Decade of the Mind VI, October 18 2010, Fusionopolis Singapore, Singapore
- 27 Miyakoshi M, et al., Age-related Changes in Semantic Processing, 16th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping (OHBM), June 9-10 2010, Palacio de Congressos de Catalunya, Barcelona, Spain
- 28 Miyakoshi M, et al., Compromised temporal responsivity in fusiform areas by aging, 16th Annual Meeting of OHBM, June 9-10 2010, Palacio de Congressos de Catalunya, Barcelona, Spain
- 29 Nakai T, et al., HRF Analysis of Age-related Decline of Brain Activation, 16th Annual Meeting of OHBM, June 9-10 2010, Palacio de Congressos de Catalunya, Barcelona, Spain
- 30 Nakane T, Hearing one's own name activates the medial frontal area?, 16th Annual Meeting of OHBM, June 7-8 2010, Palacio de Congressos de Catalunya, Barcelona, Spain
- 31 Nakai T, et al., The hemodynamic response characteristics underlying the age-related change of brain activation during motor execution, ISMRM-ESMRMB Joint Annual Meeting 2010, May 5 2010, Stockholm International Fairs, Stockholm, Sweden
- 32 Nakai T, et al., The dependency of age-related change of brain activation on the visual stimuli - Demand-reservation balance, ISMRM-ESMRMB Joint Annual Meeting 2010, May 5 2010, Stockholm International Fairs, Stockholm, Sweden
- 33 Miyakoshi M, et al., Compromised temporal responsivity in fusiform areas by aging, ISMRM-ESMRMB Joint Annual Meeting 2010, May 4 2010, Stockholm International Fairs, Stockholm, Sweden
- 34 中井敏晴, 他, 脳機能マップに見られる加齢性変化の基盤研究, 平成 21 年度日本生体医工学東海支部大会, 2009. 10. 17, スズケン本社講堂 (愛知県)
- 35 加藤備識, 他, 脳機能解析支援のためのタッピング動作検出手法の性能評価, 平成 21 年度日本生体医工学東海支部大会, 2009. 10. 17, スズケン本社講堂 (愛知県)
- 36 宮腰誠, 他, 認知症の早期診断のための安静時脳活動の EEG-fMRI 同時計測, 平成 21 年度日本生体医工学東海支部大会, 2009. 10. 17, スズケン本社講堂 (愛知県)
- 37 宮腰誠, 他, fMRI を用いた高齢被験者の記銘の研究, 第 37 回日本磁気共鳴医学会大会 (日磁会), 2009. 10. 2, パンパシフィック横浜ベイホテル東急
- 38 中根俊樹, 他, 風景写真と模様のどちらの視覚刺激が fMRI で海馬活動を見やすいか-臨床での利用を念頭に-, 第 37 回日磁会, 2009. 10. 2, パンパシフィック横浜ベイホテル東急
- 39 中根俊樹, 他, あなたの名前が呼ばれたら脳はどう活動するか-異なる注意状態が与える影響からの検討-, 第 37 回日磁会 2009. 10. 2, パンパシフィック横浜ベイホ

- テル東急
- 40 松尾香弥子, 他, Sliding Window Analysis 法によって検出した顔と名前の対連合学習中の海馬活動の信号変化過程, 第 37 回日磁会, 2009.10.2, パンパシフィック横浜ベイホテル東急
 - 41 中井敏晴, 他, 加齢により運動中枢に見られる付加的活動の発生機序, 第 37 回日磁会, 2009.10.2, パンパシフィック横浜ベイホテル東急
 - 42 加藤備識, 他, 脳機能解析支援のためのリアルタイム指運動追跡システムの開発, 平成 21 年度電気関係学会東海支部連合大会, 2009.9.11, 愛知工業大学
 - 43 Chen SHA, et al., Reproducibility analysis to validate language processes in Kanji and Chinese characters under different scanner environments, 第 28 回日本医用画像工学会大会, 2009.8.5, 中京大学名古屋キャンパス
 - 44 Nakane T, et al., Comparison of the Hippocampal Activation between Concrete and Abstract Pictures - A preliminary Evaluation for Clinical fMRI, 15th Annual Meeting of Organization for Human Brain Mapping (OHBM), June 21 2009, San Francisco Marriott USA
 - 45 Nakai T, et al., Augmented Activation in Aging Brain Depends on the Context of Motor Execution, 15th Annual Meeting of OHBM, June 21 2009, San Francisco Marriott USA
 - 46 Nakai T, et al., The Effect of Aging on the Activation of Visual Areas Depends on the Cognitive Demand of Visual Perception, 15th Annual Meeting of OHBM, June 19 2009, San Francisco Marriott USA
 - 47 Miyakoshi M, et al., Time-frequency Gantt chart for self-face recognition: an EEG study with an ICA clustering method, 15th Annual Meeting of OHBM, June 19 2009, San Francisco Marriott USA
 - 48 中井 敏晴, 脳内ネットワークから見た高齢者の認知特性-認知機能障害の入口はどこにあるのか?- , 日本人間工学会大会第 50 回記念大会, 2009.6.11, 産業技術総合研究所つくば中央
 - 49 Matsuo K, et al., The application of the Sliding Window Analysis: the brain location and the window width, ISMRM Seventeenth Scientific Meeting and Exhibition, April 20 2009, The Hawaii Convention Center, Honolulu USA

- 50 Matsuo K, et al., Time course information extracted by the Sliding Window Analysis detected the decrease of t-values in hippocampal areas during a paired associative learning of novel faces and names, ISMRM Seventeenth Scientific Meeting and Exhibition, April 20 2009, The Hawaii Convention Center, Honolulu USA

[図書] (計 1 件)

- 1 中井敏晴, 株式会社インナービジョン, 磁気共鳴スペクトルの医学応用-基礎から臨床まで- 第3章 MRSの臨床応用 第二節 脳のMRS 第七項 加齢, 認知症, 2012, 208-211

[その他]

ホームページ等

<http://medvision.medgrid.org/>

<http://www.medgrid.org>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中井 敏晴 (NAKAI TOSHIHARU)
独立行政法人国立長寿医療研究センター・
長寿医療工学研究部・
神経情報画像開発研究室長
研究者番号: 3 0 3 4 4 1 7 0

(2) 研究分担者

松尾 香弥子 (MATUO KAYAKO)
独立行政法人国立長寿医療研究センター・
長寿医療工学研究部・研究員
研究者番号: 7 0 3 9 9 5 0 9
宮腰 誠 (MIYAKOSHI MAKOTO)
独立行政法人国立長寿医療研究センター・
長寿医療工学研究部・研究員
研究者番号: 0 0 5 0 8 0 4 6
岩木 直 (IWAKI SUNAO)
独立行政法人産業技術総合研究所・
人間福祉医工学研究部門・研究グループ長
研究者番号: 7 0 3 5 6 5 2 5
神谷 直樹 (KAMIYA NAOKI)
独立行政法人国立長寿医療研究センター・
長寿医療工学研究部・研究員
研究者番号: 7 0 6 1 0 4 5 0

(3) 連携研究者

Epifanio Bagarinao
スタンフォード大学医学部・麻酔科・
神経システム痛覚研究室・研究員
研究者番号: 0 0 4 4 3 2 1 8