

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：82636

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23240036

研究課題名(和文)非意識下プロセスにおけるワーキングメモリの脳内機構：意識下と麻酔下との比較

研究課題名(英文)The brain mechanisms of working memory under the unconscious processes:
comparison between conscious and anesthetized conscious condition

研究代表者

芋阪 満里子 (OSAKA, Mariko)

国立研究開発法人情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター脳情報通信融合研究室・主任研究員

研究者番号：70144300

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,600,000円

研究成果の概要(和文)：ワーキングメモリは、情報の一時的保持と処理を並行して行う機能をもつ、高次認知活動の基盤となる記憶システムである。本研究では、非意識下におけるワーキングメモリの働きと脳内機構を明らかにすることで、中央実行系機能について理解を深めることを目的とした。主な方法としては、麻酔により意識レベルを変化させ、擬似的記憶障害をもたらすことで、中央実行系機能の働きがどのように変化するのを探した。その結果、1/2濃度の鎮静状態では、ワーキングメモリの特徴である二重課題に対応することは可能だが、行動した内容を長期記憶に転送することはできず、ワーキングメモリが健全に機能する限界の意識レベルであることが示された。

研究成果の概要(英文)：Working memory is a memory system which sustains concurrent execution of temporary storage and process of information. It is considered as a basis of higher cognitive activities. The purpose of this research is to explore the function of central executive component of working memory, by clarifying the activity of working memory and its brain mechanisms under the unconscious condition. Mainly, we explored how the activity of the central executive change under the anesthetized conscious condition which is similar to pseudo memory dysfunction. It showed that under the 50% concentration of anesthetized condition, it is possible to execute the dual-task which is the typical working memory situation. On the other hands, under the same anesthetized condition, participants could not transform the information into the long-term memory. We speculate that the 50% concentration of anesthetized condition is the threshold level of consciousness under which working memory system can work effectively.

研究分野：ワーキングメモリ

キーワード：ワーキングメモリ 実行系機能 麻酔 意識 情動 ロボット

1. 研究開始当初の背景

ワーキングメモリは、一時的に情報を活性化状態で保持することに加えて、並行して処理を行う機能を持つ。この機能は、会話や車の運転などの日常生活において頻繁に起こる二重処理に必要であり、高次認知を支える記憶システムである。特にワーキングメモリの中央実行系の働きは、二重課題を支える注意制御を行う機能として重要である。

ワーキングメモリの働きは加齢により減衰することが知られており、その減衰は高齢者が健全な社会生活を送ることを困難とするものである。したがって、特にワーキングメモリの制御を行う中央実行系機能を健全に維持することが重要であり、その全貌を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、非意識下におけるワーキングメモリの働きとその脳内機構を明らかにすることで、中央実行系機能についての理解を深めることを目的とした。主な方法としては、麻酔により意識レベルを変化させて、中央実行系機能の働きがどのように変化するのかを探索した。また、中央実行系機能の減衰過程だけでなく、機能促進の効果についても検討し、加齢による脳機能の低下を防ぐ方法について模索した。

2. 研究の目的

本研究では、非意識下におけるワーキングメモリの特徴を測定するため、麻酔下状態において鎮静レベルを変化させ、ワーキングメモリ課題遂行の変化を検討することを計画した。麻酔下での比較を特に取り上げたのは、麻酔による鎮静状況では、行動の処理は可能であるが、その再生や再認が困難になる、いわゆる擬似的記憶障害が発現すると考えられるためである。この状況は、高齢者にしばしば認められる記憶障害に極めて類似している。そこで、麻酔によって鎮静した状況でのワーキングメモリの効率を測定することから、その特徴を探索することが可能になるものと考えた。

さらに本研究では、非意識下での中央実行系機能の減衰状況と類似した加齢による減衰過程に注目して、その脳基盤の特徴について、機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) や経頭蓋直流刺激法 (tDCS)、近赤外線分光法 (NIRS) を用いた脳イメージング研究法により解明することを計画した。また、減衰した中央実行系機能を強化する方法を開発するため、情動がワーキングメモリに及ぼす効果を探索するとともに、積極的なワーキングメモリ強化の可能性を検討することを目標とした。

3. 研究の方法

(1) 加齢による中央実行系の特徴の測定

麻酔実験の実施にあたり、実験方法に関する倫理審査と、実験前後で行う参加者の健康診断の実施方法についての検討、また実験施設の確保に関する協議が必要であったが、

そのための会議が開催できる回数も限られていたため、実験実施までに長い時間を要することがわかった。

そこで、麻酔実験に先立ち、高齢者を対象として脳画像を取得することにより、加齢によるワーキングメモリ機能減衰の特徴を探索することとした。具体的には、fMRI を用いて高齢者のワーキングメモリ課題遂行中の脳活動を測定した。実験課題にはワーキングメモリの中央実行系の機能を測定するリーディングスパンテスト (RST) 用い、その実行に伴う脳活動を測定した。

また、ワーキングメモリの発達過程についても調べるため、未就学の幼児を対象とした行動実験も行った。幼児に対してはリスニングスパンテスト (LST) を用い、4才~6才の3段階でどのような成績変化がみられるのかを分析した。

(2) 麻酔による鎮静化状態でのワーキングメモリの特徴に関する検討

倫理審査等の許可を得て麻酔によりワーキングメモリの減衰状況を創出することが可能となった。ここでは、麻酔科専門医 3 名以上の立ち会いのもと、血圧・心電図・パルスオキシメータなどのモニタ装着、気道確保・蘇生などの準備を徹底させることとなった。また、倫理審査の内容を踏まえ、実験内容の説明文を作成した上で、実験参加者から同意書を取得した。

以上により麻酔の深度を3段階に変化させることが可能となり、鎮静した3段階(深、中、浅)の意識状態でのワーキングメモリの機能を、複数の課題を実施することにより測定した。鎮静段階の同定には Target Control Infusion (TCI) を用い、瞬目反射が消失する予測脳内濃度を基準に、 $3/4 \cdot 1/2 \cdot 1/4$ の各濃度で鎮静レベルを制御した。そして、(a) それぞれの鎮静段階におけるワーキングメモリ課題の遂行成績と、(b) 麻酔薬投与前、そして(c) 麻酔からの回復段階における成績とを比較検討した。課題には、聴覚提示によるカテゴリー判断と、特定のカテゴリーの単語を記憶する二重課題を設定し、3段階の意識レベルと投与前段階のそれぞれにおいて実施した。

記憶した単語の再認は、直後再認(カテゴリー判断と同時に符号化した直後に、音の同定判断課題(約5分)を挿入し、その後に実施)と、遅延再認(麻酔回復後、歩行が可能となり実験室に移動した後(刺激提示後2、3時間後)に実施)の2種類を設け、遅延時間に伴う再認成績を比較検討した。

さらに、麻酔による鎮静化状態において、ワーキングメモリの特性である刺激情報のバインディングの効率の変化を測定するため、音の高さと刺激提示位置(実験参加者の左右に置かれたスピーカから提示)を記憶する二重課題を設定した。再認課題はカテゴリー判断の直後の単語再認の後に行った。この

時のバインディングの効率は、行動データとともに脳波（電極位置：Cz、Fz、F3、眉上縁）を測定して検討を加えた。

(3) ワーキングメモリの活性化の検討

鎮静状態によるワーキングメモリ機能低下による特徴を踏まえて、低下状態を活性化するための方法を検討した。ここでは RST を実施して、その課題遂行中の注意制御を促進させることを目標とした。注意の焦点化を促進させる方法としては、視覚イメージを用いる方略を適用させ、言語リハースルとともに視空間的スケッチパッドのサブシステムを併用することにより、課題遂行時のワーキングメモリの機能を高める可能性を試みた。

また、課題遂行時の抑制制御にも注目して、抑制機能を促進するための訓練を行うことに加え、tDCS による促進化を検討する実験も実施した。

さらに、情動的な情報がワーキングメモリの遂行に及ぼす影響を調べるため、positive 情動と negative 情動の効果について fMRI 実験により検討した。加えて、子供のようなヒト型ロボットとの交流により、ポジティブ情動を強化することにも取り組んだ。この時の脳活動は、身体の動きを伴う活動中の脳活動の測定が可能な NIRS 装置を用いた。ここでは、リアルタイムデータ転送ソフトを用い、参加者に脳活動をニューロフィードバックする手法についても模索した。

4. 研究成果

(1) 加齢によるワーキングメモリの脳機能の特徴

高齢者を対象とした fMRI 実験：ワーキングメモリの脳内機構について、特に加齢による中央実行系機能の減衰過程に注目して検討した結果から、中央実行系制御機能と関わる RST の実施中に、高齢者の脳活動は前頭葉を中心に認められ、特に前頭前野背外側領域（DLPFC）の活動が顕著になることが確認できた。これは、研究代表者が若年者について得た結果（Osaka, et al., 2003, 2004, 2007）と一致した。しかし、高齢者では若年者には強い活動が認められる前帯状皮質（ACC）の活動増強が微弱であった。この結果から、加齢によって中央実行系の注意制御機能が脆弱化し、特に課題遂行場面での、課題目標と他の刺激との間の葛藤に直面して注意を的確に対象に焦点化することが困難になると考えられた。以上により、DLPFC と ACC のネットワークを中心とする前頭領域の活動の差が、注意の焦点化、抑制機能など実行系機能の差となり、加齢に伴うワーキングメモリの低下をもたらすという知見を得た。

幼児を対象とした行動実験：ワーキングメモリの発達過程に関する実験からは、抑制機能は 4 才から 6 才にかけて顕著に発達することが示された。

(2) 麻酔によるワーキングメモリの特徴

麻酔により鎮静した状態でワーキングメモリの機能の特徴を探索した実験からは、以下の結果が得られた。

カテゴリー判断課題：鎮静段階におけるカテゴリー判断は、投与前と 3/4 濃度との間、および 3/4 濃度と 1/4 濃度との間で差が認められ、3/4 濃度の鎮静状態においてのみ投与前に比べてカテゴリー判断が低下することがわかった。1/4 濃度の鎮静段階では低下は認められず、この鎮静段階ではカテゴリー判断は妨害されないことが確認できた。

再認課題：直後再認では、3/4 濃度のみが 1/2 濃度や 1/4 濃度より成績が低下した。この結果から 1/2 濃度以上の麻酔による鎮静段階では二重課題に対応でき、ワーキングメモリ遂行が可能であることがわかった。しかし遅延再認では、直後再認とは異なり、投与前および 1/4 濃度との間に有意差が認められた。また、3/4 濃度の低下と同様に、1/2 濃度でも 1/4 濃度に比較して再認成績の低下が認められた。

このように、1/2 濃度では、直後再認と遅延再認の成績に違いが生じたことから、1/2 濃度では長期記憶への転送が阻害されている可能性が示唆された。この 1/2 濃度における実験参加者の特徴から、ワーキングメモリの機能低下が推察できる。こうした鎮静状況では、カテゴリー判断と、特定のカテゴリーに合致した単語を記憶する二重課題に対応できること、すなわちワーキングメモリに特徴的な二重課題に対応することが可能であることが分かった。

他方、直後の再認は可能であるが、遅延すると再認できないことを示す結果となった。すなわち、こうした呼びかけに応じない状態の約 2 分の 1 レベルの鎮静段階は、行動した内容を長期記憶に転送できないことが示されており、ワーキングメモリが健全に機能する限界の意識レベルであると考えられる。その特徴は、行動は可能である一方で、その行動を想起することが困難になるという認知症の症状と近似している。

このように、本研究結果で示した特定の鎮静状況は、疑似認知症と相似した状況をとらえたと考えられる。こうした知見は学会発表され、優秀演題賞に選ばれた（苧阪他、日本麻酔学会、2014（優秀演題））。

刺激情報のバインディング：麻酔による鎮静化状態において、刺激情報のバインディングの効率の変化を測定した結果からは、麻酔濃度の影響が条件によって異なることが示された。刺激の高さと空間位置が同一の条件では、1/2 濃度段階において、投与前条件よりも成績が低下した。しかし高さと位置を変化させた条件では、1/2 濃度段階において、投与前および 1/4 濃度に比べて成績の低下が認められた。この結果から、1/2 の TCI 濃度段階で、刺激情報のバインディングが阻害されることがわかった。この結果は、ワーキン

グメモリにおける特徴結合には、意識レベルが3/4以上必要であることを示唆するものである。

脳波の同期的変動の測定：さらに脳波の同期的変動を測定するため、2部位からの測定データについてウェーブレットコヒーレンス分析を実施したところ、CzとFz間の同期的脳活動は、投与前及びTCI濃度3/4の段階では刺激提示後に弱まったのに対し、TCI濃度1/2では持続していた。この同期活動の低下は機能分化を反映していると考えれば、麻酔薬はその機能分化を妨げる可能性を示唆している。

(3) 実行系機能の機能強化

方略の適用：fMRIを用いた高齢者の脳イメージング実験からは、ワーキングメモリ課題遂行時にDLPFCの活動は増強することが確認できたが、ACCの活動が低下していることがわかった。そこで、ACCの機能強化を図るため、課題目標の焦点化に視覚イメージを用いる方略を適用させ、言語リハーサルとともに視空間的スケッチパッドのサブシステムを併用することにより、課題遂行時の刺激コンフリクトを軽減できる可能性について検討した。その結果、侵入エラーが減少し、抑制制御が促進していることが確かめられた。さらに、こうした方略を適用して課題遂行を訓練したところ、fMRIによる脳の活動領域が訓練前にはACCの活動がほとんど認められなかったが、訓練後の測定では前頭葉のACCの活動の上昇が認められた。この結果は、イメージ方略を用いて注意を焦点化する方略を強化させて、ワーキングメモリの効率を高める可能性を示唆するものである。

抑制機能の促進：さらに、課題遂行時の抑制制御にも注目して、その促進化を目標とする実験も実施した。具体的には、ストループ課題に類似した注意の抑制制御を行う課題を用い、二重課題遂行における抑制制御を高める訓練を実施した。その結果、抑制制御訓練の実施後には、ACC活動の増強が確かめられた。このような結果は、訓練により中央実行系の注意制御機能が促進され、特に注意の焦点化と抑制制御が機能強化されたことを示唆するものである(Osaka et al., 2012, *Frontiers in Human Neuroscience*; Osaka et al., 2012, *Behavioural Brain Research*)。またtDCSを用いた検討により、注意制御に関わる後部頭頂皮質(PPC)への刺激によって、ワーキングメモリ課題遂行が促進される結果を得た。

情動の効果：positive、negativeの情動をとりあげ、情動のフィルターを通したワーキングメモリの機能を、脳の神経基盤を基に解明した。fMRIによる脳活動を検討したところ、positive情動は脳の中央実行系に関わる領域とともに、ドーパミンの放出に関わる黒質の活動を高め、ワーキングメモリの課題遂行に必要な注意の制御機能を促進する知見

を得た。また、positive情動による効果は、情動的刺激が提示されている時のみでなく、再認時にも認められた。再認時には、情動的にニュートラルな刺激が提示されているにも関わらず、前頭のDLPFCの活動増強が認められたことは興味深い。これは刺激情報が再認時にまで影響していることを示しており、情報の保持を促進する効果を示すものと考えられる。一方、negative情動は脳の扁桃体の活動を強め、ACCを中心とする制御機能に干渉を起こして、ワーキングメモリ課題の遂行を妨害する知見を得た(Osaka et al., 2013, *Scientific Reports*)。

また、ヒト型ロボットを用い、NIRSによって脳活動を測定した実験により、ポジティブ情動により前頭前野を中心として活性化が高まる結果を得た。一方で、活動が抑制される領域もあり、こうした活動増強と抑制の相互作用が、課題遂行に重要であるという知見を得た。

(4) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

ワーキングメモリの特徴を、麻酔で意識レベルを変化させることにより検討した研究は国内外ともにほとんど例が無い。特に麻酔による鎮静段階を変化させて、その段階におけるワーキングメモリの特徴を探索した研究は無く、人間の意識とワーキングメモリの関係を解明し得るものである。

(5) 今後の展望

本研究の成果により、ワーキングメモリの健全な機能維持には、意識レベルの維持が必要であることが分かった。そこで、機能低下したワーキングメモリの活性化に意識レベルの積極的活性化を促す注意の制御や、positiveな情動を用いる可能性について指摘したものとする。

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36件)

苧坂満里子 (2016). ワーキングメモリとこころの発達 学術の動向, 21, 63-66. 査読無 (DOI: 10.5363/tits.21.4_63)

Logie, R. H., Saito, S., Morita, A., Varma, S., & Norris, D. (2016).

Recalling visual serial order for verbal sequences. *Memory & Cognition*, 44, 590-607. 査読有 (DOI:

10.3758/s13421-015-0580-9)

中西惇也・桑村海光・港隆史・西尾修一・石黒浩 (2016). 人型対話メディアにおける抱擁から生まれる好意 電子情報通信学会論文誌A, J99-A, 36-44. 査読有 (DOI: 無し (URL:

<https://search.ieice.org/bin/summary>.

php?id=j99-a_1_36))
Minamoto, T., Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. (2015). The rostral prefrontal cortex underlies individual differences in working memory capacity: An approach from the hierarchical model of the cognitive control. *Cortex*, **71**, 277-290. 査読有 (DOI: 10.1016/j.cortex.2015.07.025)
Soemer, A., & Saito, S. (2015). Maintenance of auditory-nonverbal materials in working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, **22**, 1777-1783. 査読有 (DOI: 10.3758/s13423-015-0854-z)
長井志江 (2015). 認知発達ロボティクスから探る「感性」の発達 - 人と感性を共有するロボットを目指して - 感性工学, **13**, 195-199. 査読無 (DOI: 無し (URL: 無し))
Azuma, M., Minamoto, T., Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. (2014). Effect of memory load on eye movement control: A study using the reading span test. *Journal of Eye Movement Research*, **7**(5): 3. 査読有 (DOI: 10.16910/jemr.7.5.3)
Minamoto, T., Azuma, M., Yaoi, K., Ashizuka, A., Mima, T., Osaka, M., Fukuyama, H., & Osaka, N. (2014). The anodal tDCS over the left posterior parietal cortex enhances attention toward a focus word in a sentence. *Frontiers in Human Neuroscience*, **8**: 992. 査読有 (DOI: 10.3389/fnhum.2014.00992)
Higo, K., Minamoto, T., Ikeda, T., & Osaka, M. (2014). Robust order representation is required for backward recall in the Corsi blocks task. *Frontiers in Psychology*, **5**: 1285. 査読有 (DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01285)
Koshino, H., Minamoto, T., Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. (2014). Coactivation of the Default Mode Network regions and Working Memory Network regions during task preparation. *Scientific Reports*, **4**: 5954. 査読有 (DOI: 10.1038/srep05954)
Osaka, M., Yaoi, K., Minamoto, T., & Osaka, N. (2014). Serial changes of humor comprehension for four-frame comic Manga: an fMRI study. *Scientific Reports*, **4**: 5828. 査読有 (DOI: 10.1038/srep05828)
Matsuyoshi, D., Osaka, M., & Osaka, N. (2014). Age and individual differences in visual working memory deficit induced by overload. *Frontiers in Psychology*, **5**: 384. 査読有 (DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00384)
Tanaka, T., Sugimoto, M., Tanida, Y., &

Saito, S. (2014). The influences of working memory representations on long-range regression in text reading: An eye-tracking study. *Frontiers in Human Neuroscience*, **8**: 765. 査読有 (DOI: 10.3389/fnhum.2014.00765)
Osaka, M., Yaoi, K., Minamoto, T., & Osaka, N. (2013). When do negative and positive emotions modulate working memory performance? *Scientific Reports*, **3**: 1375. 査読有 (DOI: 10.1038/srep01375)
越野英哉・苧阪満里子・苧阪直行 (2013). デフォルトモードネットワークの機能的異質性 生理心理学と精神生理学, **31**, 27-40. 査読有 (DOI: 10.5674/jjppp.1304si)
Saeki, E., Baddeley, A. D., Hitch, G. H., & Saito, S. (2013). Breaking a habit: A further role of the phonological loop in action control. *Memory & Cognition*, **41**, 1065-1078. 査読有 (DOI: 10.3758/s13421-013-0320-y)
Nakae, A., Endo, K., Adachi, T., Ikeda, T., Hagihira, S., Mashimo, T., & Osaka, M. (2013). The influence of working memory capacity on experimental heat pain. *The Journal of Pain*, **14**, 1088-1096. 査読有 (DOI: 10.1016/j.jpain.2013.04.005)
西尾修一・山崎竜二・石黒浩 (2013). 遠隔操作アンドロイドを用いた認知症高齢者のコミュニケーション支援 システム制御情報学会誌, **57**, 31-36. 査読有 (DOI: 10.11509/isciesci.57.1_31)
Osaka, M., Yaoi, K., Otsuka, Y., Katsuhara, M., & Osaka, N. (2012). Practice on conflict tasks promotes executive function of working memory in the elderly. *Behavioural Brain Research*, **233**, 90-98. 査読有 (DOI: 10.1016/j.bbr.2012.04.04)
Minato, T., Thomas, D., Yoshikawa, Y., & Ishiguro, H. (2012). A model to explain the emergence of imitation development based on predictability preference. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, **4**, 17-28. 査読有 (DOI: 10.1109/TAMD.2011.2158098)
①Osaka, M., Otsuka, Y., & Osaka, N. (2012). Verbal to visual code switching improves working memory in older adults: an fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience*, **6**: 24. 査読有 (DOI: 10.3389/fnhum.2012.00024)
②Minamoto, T., Osaka, M., Engle, R. W., & Osaka, N. (2011). Incidental encoding of goal irrelevant information is associated with insufficient engagement of the dorsal frontal cortex and the

inferior parietal cortex. *Brain Research*, **1429**, 82-97. 査読有 (DOI: 10.1016/j.brainres.2011.10.034)

- ②③ Koshino, H., Minamoto, T., Ikeda, T., Osaka, M., Otsuka, Y., & Osaka, N. (2011). Anterior medial prefrontal cortex exhibits activation during task preparation but deactivation during task execution. *PLoS One*, **6**, e22909. 査読有 (DOI: 10.1371/journal.pone.0022909)

[学会発表] (計 150 件)

Osaka, M., Yaoi, K., Minamoto, T., Azuma, M., & Osaka, N., Inhibitory Effect of Orbit Frontal Cortex During Emotional Complex Span Task of Working Memory: An fMRI Study. Psychonomic Society 57th Annual Meeting, 2016/11/18, Boston, Massachusetts, USA.

Minamoto, T., Ikeda, T., Endo, K., Nakae, A., Hagihira, S., Fujino, Y., Mashimo, T., & Osaka, M., Temporal desynchronisation may underlie audio-spatial binding in working memory: An EEG study under anesthesia in humans. 44th annual meeting of the Society for Neuroscience, 2014/11/18, Washington DC, USA.

Osaka, M., Endo, K., Ikeda, T., Minamoto, T., Nakae, A., Hagihira, S., Fujino, Y., & Mashimo, T., Conscious level required for working memory and long-term memory functions: An anesthesia study in humans. 2014/11/16, 44th annual meeting of the Society for Neuroscience, Washington DC, USA.

源健宏・池田尊司・遠藤香織・中江文・苧阪満里子, ワーキングメモリにおける特徴統合と脳の同期的活動 日本心理学会第 78 回大会, 2014/9/12, 同志社大学 (京都府京都市)

苧阪満里子・遠藤香織・池田尊司・源健宏・中江文, 三段階の鎮静におけるワーキングメモリ 日本心理学会第 78 回大会, 2014/9/12, 同志社大学 (京都府京都市)
苧阪満里子・中江文・池田尊司・源健宏・萩平哲・藤野裕士, 鎮静レベルのミダゾラムとプロポフォール記憶への影響 日本麻酔科学会第 61 回学術集会, 2014/5/16, パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市)

[図書] (計 8 件)

Osaka, M., Springer, Cognitive Neuroscience Robotics B: Analytic Approaches to Human Understanding, 2016, 275 ページ (pp. 39-57)

Nagai, Y., Springer, Cognitive Neuroscience Robotics: A: Synthetic Approaches to Human Understanding, 2016,

236 ページ (pp. 51-72)

長井志江, 新曜社, ロボットと共生する社会脳: 神経社会ロボット学, 2015, 384 ページ (pp. 211-242)

苧阪満里子, 新曜社, 成長し衰退する脳: 神経発達学と神経加齢学, 2014, 408 ページ (pp. 247-271)

苧阪満里子, 講談社, もの忘れの脳科学, 2014, 192 ページ

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ

<http://www2.nict.go.jp/bnc/osaka/index.html> (国立研究開発法人 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 苧阪グループ)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

苧阪 満里子 (OSAKA, Mariko)

国立研究開発法人 情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター脳情報通信融合研究室・主任研究員
研究者番号: 70144300

(2) 研究分担者

齊藤 智 (SAITO, Satoru)

京都大学・大学院教育学研究科・教授
研究者番号: 70253242

真下 節 (MASHIMO, Takashi)

大阪大学・その他部局等・名誉教授
研究者番号: 10110785

石黒 浩 (ISHIGURO, Hiroshi)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授
研究者番号: 10232282

長井 志江 (NAGAI, Yukie)

大阪大学・大学院工学研究科・特任准教授
研究者番号: 30571632
(平成 24 年度より研究分担者)

中江 文 (NAKAE, Aya)

大阪大学・免疫学フロンティア研究センター・特任准教授 (常勤)
研究者番号: 60379170

浅田 稔 (ASADA, Minoru)

大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 60151031
(平成 24 年度に辞退)