

平成 22 年 5 月 25 日現在

研究種目：特定領域研究
 研究期間：2005～2009
 課題番号：17021004
 研究課題名（和文）生理学的、神経心理学的及び計算論的アプローチによる行動発現機構の統合的研究
 研究課題名（英文）Integration of multiple information and quantitative processing of neural representation in the lateral prefrontal cortex.
 研究代表者
 丹治 順 (TANJI JUN)
 玉川大学・脳科学研究所・教授
 研究者番号：10001885

研究成果の概要（和文）：

脳生理学者と神経心理学者、脳の計算論学者の連携による研究を行い、相補的研究により行動の認知的制御メカニズムの理解を推進した。霊長類を対象とした生理学的実験研究、健常者及び脳に障害を有する患者を対象とする神経心理学的研究、及び脳の計算論に基づく理論的研究を有機的に統合させながら遂行した。統合的研究アプローチによって外界事象の認知情報と脳内の記憶情報に依拠して多彩に行われる行動の制御機構を明らかにした。

研究成果の概要（英文）： Integrative approach is the key to explore neural mechanisms involved in cognitive control of behavior. We conducted a series of research projects where physiological, neuropsychological, and computational studies were performed in close collaboration. As a result of successful experiments employing nonhuman primates and human subjects, we obtained a number of novel findings that advances the understanding of the roles played by cortical and subcortical structures for the control of volitional motor actions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	35,000,000	0	35,000,000
2006年度	34,700,000	0	34,700,000
2007年度	35,300,000	0	35,300,000
2008年度	42,900,000	0	42,900,000
2009年度	33,400,000	0	33,400,000
総計	181,300,000	0	181,300,000

研究分野：神経生理学、神経生理学及び計算論的神経科学

科研費の分科・細目：神経科学・神経科学一般

キーワード：

- | | | | |
|-----------|-----------|----------|------------|
| (1) 神経生理学 | (2) 神経心理学 | (3) 計算論 | (4) 統合的脳研究 |
| (5) 脳高次機能 | (6) 行動発現 | (7) 研究提携 | (8) 霊長類 |

1. 研究開始当初の背景

- (1) 行動の認知的発現を制御する機構は脳

の高次機能のなかで枢要な位置を占める。その制御機構の解明の基本は脳を構成する要素の機能の実体を理解することであるが、霊

長類を用いた生理学的研究が進展し、いまや高次元の行動制御機構を細胞活動の動態として直接研究できる態勢が整った。

(2) その研究成果を人の脳機能理解につなげるには、ヒトを対象とする研究が不可欠であり、霊長類における脳構造と機能の知見を基盤とする神経心理学的研究が必要である。そこで脳生理学者と神経心理学者の連携による研究を行い、相補的研究により行動の認知的制御メカニズムの解明をはかる必然性が高まった。

(3) さらに、脳活動の時空間パターンの機能的意味を理解するために、計算論的神経科学者との連携による研究によって、行動及び脳活動の計算論的解析を行い、機能モデルに基づいた脳機能理解をも進める意義が大きいとみなされた。

(4) 行動発現に関与する脳の機構の研究は世界的に未だ黎明期にあり、しかも研究は手法・アプローチの観点から個別的であった。従来の大脳前頭葉機能の研究の視点は認知情報の保持と処理、そして情報の概念的発展に向けられており、行動発現に関する研究は極めて少なく、漸くその端緒が開かれた段階であった。

(5) 他方、多面的手法による学際的アプローチによる高次機能研究の方向は国際的にも将来性が認知されてきた。本申請による研究プロジェクトは統合的アプローチを行動発現機構に関して進めようとするものであり、脳高次機能研究において先導的であるとともに、より広範囲にわたる今後の脳研究に有効な方向性を示すという観点からも期待が大きかった。

2. 研究の目的

この研究ではヒトを含む霊長類の行動発現機構の理解を目指す。どのような状況下に、行動発現に含まれるどの要素が、脳のどの部位の、どのような時間経過を有する脳活動で実現されるかを多面的アプローチによる統合的脳研究によって調べる。

高次脳機能研究へのブレークスルーのひとつは、脳画像技術の進歩である。特に機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) によるヒト脳機能の計測は近年の脳研究に新局面を開いた。しかしこの手法にも時間・空間分解能に限界があり、脳の細部に立ち入った解析をミリ秒単位で行うことはできないので、細胞レベルの解析による研究によって相補的な知見を得る必要がある。他方、ヒト脳の活動解析によって、脳の多領域が複雑な時間パターンで活動変化を示すことが解ってきた。そのような脳活動の時空間パターンの意味を理解するためには、計算論的神経科学による理論の導入が必要である。

以上の見地から、具体的には以下の研究を目的とする。

(1) サルの大脳における行動発現機構の細胞レベルでの解明

行動発現を促す諸局面を設定し、まず認知情報の受容、行動企画、行動準備及び構成に、脳細胞がいかなる関与をするかについて、大脳皮質の連合野及び高次運動野で研究を進め、次いで神経伝達物質の関与などに関して解析を進める。この研究遂行にあたっては、脳の局在的病態に関する神経心理学的研究との連携を密にし、外界認知、自己認知および報酬認知に基づく行動発現の過程を詳細に解析する。

(2) 局在的脳損傷における病態の解析とfMRIによるヒト行動発現機構の解析

脳画像で同定された局在病変の症例における神経心理学的解析とfMRIによる脳機能解析を並行して進め、ヒト脳による行動発現機構を調べる。ヒト脳活動の機能理解を進めるために、得られた知見をサルにおける実験モデルに展開し、細胞レベルでの理解に結びつける。具体的には前頭葉の機能脱落の病態、失認と失行の客観的病態解析、言語機能の部位特異的病態の解明、Parkinson病の高次機能障害解明を行なう。

(3) 脳の計算論適用によるサルの脳細胞活動及びヒト脳活動の時空間パターンの機能理解

行動発現の諸局面で出現することが明らかとなった大脳連合野・高次運動野ならびに大脳基底核が示す活動の時空間パターンを、計算論に基づいて数理解析し、機能モデルを構築し、作動原理を解明するとともに、機能モデルから動作様式を導き出し、実験的に検証すべき命題を創出する。

上記から明らかのように、この研究は学際的アプローチによって脳の認知機能を解明しようとする点が特色であり、行動発現に関与するヒト脳の連合野・高次運動野の活動を調べ、その基盤となる細胞活動を知り、脳活動の機能的意味を理論から導き出そうとする点において、先駆的な研究とみなされる。

3. 研究の方法

(1) 研究代表者は霊長類を対象とした生理学的実験を行うが、大脳の高次運動野及び前頭前野における行動の認知的な発現機構を多角的に調べる。外界事象の認知情報と記憶情報、及びその両者の組み合わせによる情報に依拠して多彩に行われる行動の随意的制御機構を解明し、次に自己発動性の行動のプロセスを設定して、その発現のメカニズムを解析する。以上はニホンザルを実験対象とし、

行動に伴う細胞活動の解析を詳細に行う。

(2) このように高度な認知過程を含む行動発現メカニズムの研究においては、神経心理学的視点が有用である。研究分担者の鈴木とともに、霊長類動物における Psychophysics を充分に行い、それに引き続き行動下の細胞活動を記録解析して、認知ないし行動の諸要素の時間的変動が脳細胞活動とどのように対応するかを解析する。

(3) 同時に、ヒトを対象とした神経心理学的研究を fMRI を活用しながら行い、ヒト脳と霊長類動物脳に共通した動作原理を探索する。また、大脳の局所に病変を有するヒトの徴候を神経心理学的に検索し、その徴候の発現機構を細密に調べるために、霊長類動物によるモデル実験を設定し、脳細胞活動の解析によって問題点の検討を行う。このようにして、大脳連合野の多数領域の機能を統合的に理解する共同研究を実現する。また、大脳基底核の病変による病態についても解析を行なう。

(4) パーキンソン病患者における意思決定機能の障害を定量的に検討する。さらに、より限局した局所損傷における意思決定機能の障害について臨床的研究を進める。まず、被殻出血・梗塞を対象として意思決定課題を行い、パーキンソン病患者および正常対照群の成績と比較する。また、動物実験で負の報酬信号で活動することが明らかになってきた手綱核の損傷により、意思決定機能がどのように変化するかを検討する。このため、松果体部腫瘍の伸展で手綱核にほぼ限局した病巣をもつ症例を対象として、意思決定課題を行う。さらに中脳の両側性損傷によって意思決定機能が障害された症例において、詳細な神経心理学的検討、神経機能画像的検討を行う。以上の研究を統合し、ヒトにおける意思決定機能に関するネットワークの一端を明らかにする。

(5) 他方、認知活動に伴う脳細胞の活動記録の結果得られる時系列的な活動パターンの解釈を行う際に、脳の計算論に基づく理論を適用することは、細胞活動の解釈に有力な枠組みを与える。さらにヒトの Psychophysics のデータ及び fMRI データの数理的解析を行うことにより、脳活動の時空間パターン解釈に新たな展開がもたらされる可能性が高く、研究分担者銅谷の理論的解析が極めて有効と考えられる。

(6) 計算論的神経科学の立場から以下の研究を進める。①報酬予測による行動学習の制御に大脳基底核が関与するメカニズムを調べ、行動の価値の情報を表現するモデルを構築する。②次いで霊長類の報酬依存的学習課題における線条体細胞の活動を解析する。さらに③ヒトの報酬確率に基づく学習課題を用い、fMRI 計測によって線条体活動を調べる。

他方、④環境要因に基づく学習過程を可能にする神経回路の動作原理を検証し、また⑤自己保存的報酬のほかに種族依存的報酬という二つの報酬系を導入し、報酬依存的学習過程におけるそれらの相互関係を理論的に探索する。

4. 研究成果

まず、生理学的、神経心理学的、計算論的アプローチによる研究による行動発現機構の解明に関する研究成果を要約する。

この段階の研究活動は極めて順調に進捗し、多大な成果を得ることができた。次に、それぞれの研究目標と研究の方法論、ならびに研究内容について研究連絡を行い、討議を行なうことによってそれぞれの研究の相互理解をはかると共に、総合的視点に立った新たな研究の発想を醸成することができた。

(1) 霊長類動物がスタート点からゴールまでを、さまざまな経路でたどる作業を計画する課題を行わせた。大脳前頭前野において、企画している行動のゴールの内容を表現する細胞活動を発見した。他方、大脳の帯状皮質運動野において、行動の系列をモニターする細胞活動を見出した。さらに、動作の視覚情報による誘導の機構を検索した研究では、大脳の外側の運動前野腹側において、運動の方向よりも、動作イメージという視覚情報が細胞活動として表現されていることを明らかにした。

(2) 大脳の前補足運動野において、動作の時系列を2進法の数表現で示している細胞活動を発見した。前頭前野においては、将来行うべき動作のステップの一つ一つが動作企画時にすでに活動として表現されていることを明らかにした。具体的には、数手先の手順における動作の方向と位置をそれぞれ企画時に表現する細胞活動を見出した。

(3) 霊長類の前頭前野において、さまざまな手順を必要とする複数の動作の時間的パターンを概念的にカテゴリー化して表現する活動を発見した。これは行動計画の概念化の具体例を細胞活動として捉えたことを意味する。

(4) 前頭前野の複数の細胞活動が、霊長類の行動企画が切り替わる時点において、同期発火を示すことを見出した。細胞活動の同期発火の具体的な行動における意味づけを提示したことになる。また、運動前野においては、動作の概念レベルでのプランを具体的な運動のプランへと変換する過程が行われることを明らかにした。

(5) 大脳内側の高次運動野である前補足運動野について研究を進めた。秒単位の時間生成および数秒後の動作発現過程における大

脳内側の前補足運動野の機能を明らかにした。特に、異なる時間間隔における時間経過を、細胞活動の指数関数的活動量変化で表現していることを発見した。その細胞活動の時間経過を定量化し、数式で表現することができた。

他方、秒単位の時間情報の取り込みや、特定の時間経過後に動作開始を促す意味を有する細胞活動も明らかにした。

(6) 脳の局在性病変の病態における認知機能変化を、神経心理学的解析手法により研究した。①前頭葉眼窩野に病変を有する症例について解析を進めた。従来の概念とは異なり、記憶機能には異常が無く、また作話も発現しないことが明らかとなり、問題は価値判断など、行動の別の側面にあることを確認した。②大脳基底核のなかで、左被殻に病変を有する症例で、衝動性ないし脅迫性に行動発現の見られることを明らかにした。③てんかん患者の手術前に大脳の皮質電位を直接記録することができた。側頭葉の底部における電位を解析したところ、単語識別及び画像の呼称を行なっている際に、80—100Hzの高ガンマ帯域に特異的な振動が高まることを発見した。さらに、このような側頭葉活動は単語の意味あるいは漢字とかなによる違いを部位特異性に表現することも見出した。④側頭葉の前部に局在する病変を有する症例においては、固有名詞の中でも人名に特異的な名称失語が生ずることを発見した。

(7) 計算論的神経科学の立場から、行動学習及び行動制御の理論による行動の動態の解明及び脳活動の解明を目指す研究を行った。①報酬予測による行動学習の制御に大脳基底核が関与するメカニズムを調べた。まず理論的考察から、線条体が行動選択によりもたらされる価値、すなわち ActionValue の情報を表現するというモデルを作成した。②次いで霊長類報酬依存的学習課題における線条体細胞の活動を解析し、活動特性がまさに ActionValue を表現することを確かめた。さらに③ヒトの報酬確率に基づく学習課題を用い、fMRI 計測によって線条体活動を調べることにより、尾状核の細胞活動が報酬確率の学習過程を反映して増加することを見出した。他方、④環境要因に基づく学習過程を可能にする神経回路の動作原理を見出し、また⑤自己保存的報酬のほかに種族依存的報酬という二つの報酬系を導入し、報酬依存的学習過程におけるそれらの相互関係を形成するアルゴリズムを見出した。

上記のように、生理学、神経心理学、計算論を基盤とする3研究チームがそれぞれのアプローチにより行なった研究は、著しく進展し、行動発現の諸局面における脳の機能の理解を進めた。それらの研究過程において研究連絡を行い、討議することでそれぞれの研究

の相互理解を計ってきた。各研究チームが相互に研究室に出張して研究を体験し、研究連絡を密に行うことにより、この段階も予定通りに進めた。次に3つの分野の研究者が連携を深め、共同研究を行なうために、具体的な研究の実現性ならびに有効性について、十分に検討を重ねた。その結果として、共同研究計画を策定することができた。さらに、連携を一段と進めて、異分野を包含する共同実験を開始した。

(8) 正常成人を被験者とし、行動選択過程において、選択ルールが複数存在する状況を設定し、どのルールが適切であるかを見出すことを要求した。その共同実験によって、①ルールを解読する過程、②ルールを発見する過程、③ルールを行動選択に適用する過程を区別し、event-related fMRI の記録解析を行った。その結果、②のルール発見過程において、脳活動の局在部位が明らかになった。前頭葉内側の帯状皮質運動野から前補足運動野にかけて、活動の特異的な高まりが見出され、また尾状核にも活動後進が認められた。双方の活動には相関があることも判明した。

(9) 引き続き、前頭前野に関する神経心理学的考察をもとにして生理学的研究を進め、サルの前頭前野における細胞活動が行動の概念形成に関与していることを実験的に明らかにした。

(10) 計算論と生理学的研究の提携による共同実験を行った。行動中の霊長類の前頭前野細胞の発火パターンを時系列的に解析した。細胞発火の同期性の機能的意義を解明する研究を行い、同期性が課題遂行のフェーズに特異的に変化することを見出した。特に、最終的に到達する目標を示す細胞発火頻度の変化が、途中経路の通過点を示す細胞発火に移り変わるまさにその時期に、細胞同士の発火の同期性が高まるという興味深い知見が得られた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 62 件)

丹治 順 査読有

①Yamagata T, Nakayama Y, Tanji J, Hoshi E. Processing of visual signals for direct specification of motor targets and for conceptual representation of action targets in the dorsal and ventral premotor cortex.

J Neurophysiol. 102:3280-3294 (2009)

②Tachibana K, Suzuki K, Mori E, Miura N, Kawashima R, Horie K, Sato S, Tanji J, Mushiaki H. Neural activity in the human brain signals logical rule identification.

J Neurophysiol. 2009 Sep;102(3):1526-37

- ③Mita A, Mushiake H, Shima K, Matsuzaka Y, Tanji J. Interval time coding by neurons in the presupplementary and supplementary motor areas. **Nat Neurosci.** 12:502-507 (2009)
- ④Nakajima T, Hosaka R, Mushiake H, Tanji J. Covert representation of second-next movement in the pre-supplementary motor area of monkeys. **J. Neurophysiol.** 101: 1883-1889 (2009)
- ⑤ Tanji J, and Hoshi E. Role of the lateral prefrontal cortex in executive behavioral control. **Physiol. Rev.** 88(1):37-57 (2008)
- ⑥Hoshi E, Tanji J. Distinctions between dorsal and ventral premotor areas: anatomical connectivity and functional properties. **Curr Opin Neurobiol.** 17: 234-242 (2007)
- ⑦Shima K, Isoda M, Mushiake H, Tanji J. Categorization of behavioural sequences in the prefrontal cortex. **Nature.** 445: 315-318 (2007)
- ⑧Hoshi E, Tanji J. Differential involvement of neurons in the dorsal and ventral premotor cortex during processing of visual signals for action planning. **J Neurophysiol.** 95: 3596-616 (2006)
- ⑨Shima K, Tanji J. Binary-coded monitoring of a behavioral sequence by cells in the pre-supplementary motor area. **J Neurosci.** 26: 2579-2582 (2006)
- ⑩Mushiake H, Saito N, Sakamoto K, Itoyama Y, Tanji J. Activity in the lateral prefrontal cortex reflects multiple steps of future events in action plans. **Neuron.** 50: 631-641 (2006)
- ⑪Ochiai T, Mushiake H, Tanji J. Involvement of the ventral premotor cortex in controlling image motion of the hand during performance of a target-capturing task. **Cereb Cortex.** 15:929-937 (2005)
- ⑫Saito N, Mushiake H, Tanji J. Representation of immediate and final behavioral goals in the monkey prefrontal cortex during an instructed delay period. **Cereb Cortex.** 15:1535-46 (2005)
- ⑬Hoshi E, Sawamura H, and Tanji J. Neurons in the rostral cingulate motor area monitor multiple phases of visuomotor behavior with modest parametric selectivity. **J Neurophysiol.** 94(1): 640-656 (2005)
- 鈴木 匡子 査読有
- ①Hosokai Y, Nishio Y, Hirayama K, Takeda A, Ishioka T, Sawada Y, Suzuki K, Itoyama Y,

- Takahashi S, Fukuda H, Mori E. Distinct patterns cerebral glucose metabolism in Parkinson' s disease with and without mild cognitive impairment. **Movement Disorder.** 24(6):854-862 (2009)
- ②Abe N, Fujii T, Hirayama K, Takeda A, Hosokai Y, Ishioka T, Nishio Y, Suzuki K, Itoyama Y, Takahashi S, Fukuda H, Mori E. Do parkinsonian patients have trouble telling lies? The neurobiological basis of deceptive behavior. **Brain.** 132(Pt 5):1386-1395 (2009)
- ③Iizuka O, Suzuki K, Endo K, Fujii T, Mori E. Pure word deafness and pure anarthria in a patient with frontotemporal dementia. **European Journal of Neurology.** 14:473-475 (2007)
- ④ Iizuka O, Suzuki K, Mori E. Severe amnesic syndrome and collecting behavior after surgery for craniopharyngioma. **Cog Behav Neurol.** 20:126-130 (2007)
- ⑤Nishio Y, Kazui H, Hashimoto M, Shimizu K, Onouchi K, Mochio S, Suzuki K, Mori E. Actions anchored by concepts: defective action comprehension in semantic dementia. **J Neurol Neurosurg Psychiatry.** 77 : 1313-1317 (2006)
- ⑥Iizuka O, Suzuki K, Ohno T, Soma Y, *Mori E. Pure amnesic syndrome with thymoma. **Europ Neurol.** 54:123-124 (2005)
- ⑦Fujii T, Ohtake H, Tsukiura T, Miura R, Suzuki M, Suzuki K. Normal memory and no confabulation after extensive damage to the orbitofrontal cortex. **J Neurol Neurosurg Psychiatry.** 76: 1309-1310 (2005)
- ⑧Yamawaki R, Suzuki K, Tanji K, Fujii T, Endo K, Abe M, Meguro K, *Yamadori A. Anomic alexia of kanji in a patient with anomic aphasia **Cortex.** 41:555-559 (2005)
- ⑨Tanji K, Suzuki K, Delorne A, Shamoto H, Nakasato N. High-frequency gamma band activity in the basal temporal cortex during picture naming and lexical decision tasks. **Journal of Neuroscience.** 25:3287-3293 (2005)
- ⑩Otsuka Y, Suzuki K, Fujii T, Miura R, Endo K, Kondo H, Yamadori A. Proper name anomia after left temporal subcortical hemorrhage. **Cortex.** 41:39-47 (2005)
- 銅谷 賢治 査読有
- ① Morimura T, Uchibe E, Yoshimoto J, Peters J, Doya K. Derivatives of logarithmic stationary distributions for policy gradient reinforcement learning. **Neural Comput.** 22(2):342-376 (2010)

- ②Klein M, Kamp H, Palm G, Doya K.
A computational neural model of goal-directed utterance selection.
Neural Netw. Jun;23(5):592-606 (2010)
- ③Nakano T, Doi T, Yoshimoto J, Doya K.
A kinetic model of dopamine- and calcium-dependent striatal synaptic plasticity. **PLoS Comput Biol.** 6(2): e1000670 (2010)
- ④Nakano T, Doi T, Yoshimoto J, Tanaka SC, Shishida K, Schweighofer N, Okamoto Y, Yamawaki S, Doya K.
Serotonin affects association of aversive outcomes to past actions. **J Neurosci.** 2009 Dec 16;29(50):15669-15674.
- ⑤Ito M, Doya K.
Validation of decision-making models and analysis of decision variables in the rat basal ganglia.
J Neurosci. 2009 Aug 5;29(31):9861-9874.
- ⑥Uchibe E, Doya K.
Finding intrinsic rewards by embodied evolution and constrained reinforcement learning.
Neural Netw. 2008 Dec;21(10):1447-1455.
- ⑦Bissmarck F, Nakahara H, Doya K, Hikosaka O. Combining modalities with different latencies for optimal motor control.
J Cogn Neurosci. 2008 Nov;20(11):1966-1979.
- ⑧Schweighofer N, Bertin M, Shishida K, Okamoto Y, Tanaka SC, Yamawaki S, Doya K.
Low-serotonin levels increase delayed reward discounting in humans.
J Neurosci. 2008 Apr 23;28(17):4528-4532.
- ⑨Doya K. Modulators of decision making.
Nat Neurosci. 2008 Apr;11(4):410-416.
- ⑩Ogasawara H, Doi T, Doya K, Kawato M. Nitric oxide regulates input specificity of long-term depression and context dependence of cerebellar learning. **PLoS Comput Biol.** 12;3(1) e1333 (2007)
- ⑪Samejima K and Doya K. Multiple representations of belief states and action values in cortico-basal ganglia loops. **Ann N Y Acad Sci.** 1104:213-228 (2007)

[学会発表] (計 86 件)

- ①Yamagata T, Nakayama Y, Tanji J, Hoshi E. Response properties of neurons in the premotor and prefrontal cortices to the appearance of visuospatial and instruction signals
(第 36 回国際生理学会、京都、2009 年 7 月

30 日)

- ②Tachibana K, Suzuki K, Mori E, Tanji J, and Mushiaki H. Involvement of caudate nucleus and posterior medial prefrontal cortex in behavioral rule identification. (第 37 回北米神経科学会、サンディエゴ、2007 年 11 月 3-7 日)
- ③坂本和弘、吉田 隼、虫明 元、合原一幸、丹治 順：サル前頭前野における錐体細胞・介在細胞のゴール表現の遷移。(第 30 回日本神経科学大会、横浜、2007 年 9 月 10 日)
- ④丹治 順：随意運動と大脳皮質。
(第 22 回日本大脳基底核研究会、旭川、2007 年 8 月 26 日)
- ⑤Suzuki K. New directions in presurgical evaluation: plasticity in language and memory. In Symposium “Neuropsychological and psychosocial aspects of epilepsy: New directions in pre- and post-surgical evaluation and management.
(第 27 回国際てんかん学会、シンガポール、2007 年 7 月 8-12 日)
- ⑥丹治 順：運動と行動発現における大脳前頭葉の役割。(第 42 回日本理学療法学会、新潟、2007 年 5 月 24 日)

[図書] (計 1 件)

- ① Tanji J, and Hoshi E. (2009)
Premotor areas: medial.
Encyclopedia of Neuroscience. pp. 925-933.
Elsevier.

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

丹治 順 (TANJI JUN)
玉川大学・脳科学研究所・教授
研究者番号：10001885

(2) 研究分担者

鈴木 匡子 (SUZUKI KYOKO)
山形大学・大学院医学研究科・教授
研究者番号：20271934

銅谷 賢治 (DOYA KENJI)

独立行政法人沖縄科学技術研究基盤整備機構・大学院大学先行研究プロジェクト・神経計算ユニット・代表研究者
研究者番号：80188846