

平成 22 年 5 月 25 日現在

研究種目：特定領域研究
 研究期間：2004～2009
 課題番号：16067101
 研究課題名（和文）脳機能の統合的研究
 研究課題名（英文）Integrative Brain Research

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）：

脳機能理解を全体的視点から統合的に進めるために、脳研究を多面的に推進するのみならず次元の異なる研究の連携を進め、統合的脳研究の育成と展開をはかる活動を総括班主導のもとに行った。支援班は、統合的脳研究を支援するために必要なバイオリソースの開発と供給、及び脳計測に関する新技術開発の支援を実現した。他方計画研究では統合的アプローチによる脳研究を先導的に遂行し、多分野集約的な公募研究とともに成果を挙げた。

研究成果の概要（英文）：For the purpose of enhancing the understanding of brain functions in its entirety, we conducted comprehensive group-oriented projects in three directions. First, extensive efforts were made to facilitate integrative research works by interdisciplinary collaborations of brain scientists in multiple research fields. Second, the development of innovative bio-resources and techniques were supported to initiate novel aspects of brain research. Third, four representative research groups undertook integrative research works successfully employing multi-disciplinary approach.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2004年度	3,500,000	0	3,500,000
2005年度	43,000,000	0	43,000,000
2006年度	43,400,000	0	43,400,000
2007年度	41,800,000	0	41,800,000
2008年度	41,300,000	0	41,300,000
2009年度	40,700,000	0	40,700,000
総計	213,700,000	0	213,700,000

研究分野：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) 統合的脳研究 | (2) 高次脳機能 | (3) 分子脳科学 | (4) 神経細胞 |
| (5) 神経回路 | (6) 脳病態 | (7) 研究提携 | (8) 脳研究支援 |

1. 研究開始当初の背景

- (1) 高次脳機能の解明は現代脳科学の目指

す最大の目標である。脳研究のなかで、脳の営む多様な機能を解明する研究は大部分が未開拓の領域であるが、最近になり精神現象

も含めた脳の認知機能が研究のターゲットとなるに至り、分子生物学から心理学や精神医学までを含む広範な研究者が世界各国から参入する研究のフロンティアとして注目されている。

(2) 脳機能を理解するためには、多次元的な研究が不可欠である。脳を知るためにはまず脳の構成要素の微細構築を分子レベルに至るまで知り、神経細胞やシナプスにおけるシグナル伝達メカニズムの詳細を知る必要がある。複雑な構造の発生・発達を知る必要もある。しかし分子生物学的研究のみで脳機能が解るものではなく、神経回路としての作用と脳全体のシステムにおける認知的働きを解明する必要がある。さらに脳の疾患における病態の解明は社会の強い要請であるのみならず、正常な脳機能の維持機構を知るためにも必要である。したがって多くの分野における脳研究を多面的に推進することが必要である事は論を待たない。

(3) 脳機能の理解においてさらに大切な事は、構造的にも時間的にも多次元において生成する反応と活動のメカニズムおよび機能的意味を、統一的に理解することである。そのためには第一に、脳の分子、脳細胞、神経回路、脳のシステムというレベルの異なった研究に携わる研究者が相互理解を進め、分野を超えた視点に基づいた、統合的な機能理解を目指す体制を確立することが肝要である。第二に次元の異なった研究分野の連携による学際的共同研究を進めることが必要である。第三に、統合的脳理解をめざし、学際的アプローチを駆使した次世代の脳研究を主体的に遂行する研究者を育成することが重要である。この特定領域研究によって、脳の階層的な機能発現、すなわち脳の分子、脳細胞、神経回路、脳のシステムのレベルを階層的に包含した機能発現のメカニズムの理解が格段に進展することが期待された。さらに、複数のレベルの研究を有機的に結びつけた、学際的アプローチによる研究が育成され、進展し、脳機能の統合的理解をもたらすことも企図された。統合的理解という視点を明確にした大型の研究グループの設置は世界でもユニークであり、脳研究支援の中核と位置付けられた。

(4) 脳機能理解の波及効果は広汎に及ぶ。高齢化社会の到来に伴う痴呆と神経難病の急増は大きな社会問題であるが、その治療には脳機能の理解が必須であり、それがあってこそゲノム創薬の技術が生かされる。教育問題の根本的な問題解決にも高次脳機能理解は不可欠である。他方、脳機能理解の進展は、医学・生物学のみならず、薬学、農学、理学、工学、教育学、心理学、哲学、情報科学などの諸分野の研究に相乗効果を及ぼすことは疑いない。

2. 研究の目的

(1) この領域は、「脳の機能を理解するために、多次元において行われる脳研究を推進すると共に、次元の異なる研究の連携を進め、統合的脳研究の展開をはかる」という観点から、研究企画・調整を行うと共に、統合的脳研究を育成し、研究実現のための支援を扱う組織を結成することを目的として設けられた。したがって総括班を組織し、その活動によって多分野の脳研究の推進と研究協力・研究提携の促進を主たる目的とした点が、本領域の大きな特徴であった。

(2) 他方、脳機能解明の目的に特化したバイオリソースの開発と供給、および脳機能解明のための新技術の試験的導入による研究の具体的支援を行う組織として支援班を設置した。具体的には遺伝子操作動物の開発や脳計測・解析技術開発を支援することによって、脳研究の新たな展開をサポートする事を第二の柱とした。

(3) 上記の他にこの領域には、公募研究及び少数の計画研究によって統合的研究を遂行すること自体を目的としていた。それらに於いては複数の脳研究分野における研究手法を有機的に結びつけた統合的研究を具体的に実現することが期待された。特に計画研究においては、従来の研究分野を超えた統合的アプローチによって、世界の最先端レベルでの研究成果を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

「統合脳」領域の特長は、広域的な脳科学の推進と統合的脳科学の醸成及び育成を目的とした総括班を有することであり、また脳科学の新たな展開を目指す研究を支援する組織である支援班を有することである。この中央組織をもって5領域の特定領域研究推進のヘッドクォーターとして機能させることが計画された。

(1) **総括班**を設置し、脳機能理解を全体的視点から統合的に進めるために、特定領域として設定されている「脳の高次機能学」、「神経回路機能」、「分子脳科学」及び「病態脳」の4領域全体を見通した研究企画・調整を行い、各領域の研究交流を進め、連携をはかるための活動を行うとともに、統合的脳研究育成を企図した活動を行った。

(2) **支援班**においては、統合的研究を支援するために、脳研究のためのバイオリソースの開発と供給を進めた。また脳計測に関する新技術を脳研究に適用するための支援も実施した。支援班による研究支援活動によって、個々の研究者による個別的な努力では不可能な脳研究リソースの開発が進み、新たな脳研

究手法の開発に関して、多大な成果が得られた事は特筆される。

(3) 統合的脳研究の育成活動も計画どおり進めた。特に**脳研究育成委員会**の活動は多岐に亘り、教育シンポジウムや技術講習会、国内巡回シンポジウムの開催を行うにとどまらず、若手研究者の研究室相互交流を進めた。

(4) 他方、**計画研究**においては、統合的な研究テーマで設定された以下の4課題の研究を実施したが、各課題とも順調に進捗し、多くの研究成果を得ることができた。計画研究は先駆的であるのみならず、異分野統合的である事をもって存在意義とした。

①生理学的、神経心理学的およ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

②統合的研究手法による大脳視覚野形成機構の解明

③統合的研究手法による眼球・上肢運動制御における大脳運動関連領野の機能解明

④行動の組織化にかかわる大脳皮質-大脳基底核関連の統合的研究

(5) **公募研究**に関しては、総括班が5領域全体との研究交流を図りながら研究推進を支援する方針の基に研究提案を公募し、多様な手法による多面的な脳研究を実施した。それらの研究を進めていく中で、異分野の研究者による研究交流を進め、研究会議とワークショップにおいては専門領域を異にする研究者の研究協力と研究提携を醸成する努力がなされた。班会議においては、単なる研究発表にとどまることなく、ポスター発表の場も含めて、異分野の研究手法を取り入れた統合的研究の推進という観点から検討を進め、研究の発展を支援した。

4. 研究成果

総括班においては、統合的脳研究推進の趣旨に基づいたワークショップ、招待講演、研究発表など、研究交流の場を設定した。特に、統合的脳研究を促進するために、領域横断的統合シンポジウムを企画し、研究提携及び共同研究を醸成する場とした。

研究者育成・支援委員会においては、統合的・学際的観点から脳研究者を育成するための方策として、若手研究者の研究室相互訪問による異分野研究手法の研修を実現した。他方、多数の技術講習会や研修プログラムを実施した。「統合脳」レクチャーコースを岡崎において開催し、分子レベルから神経回路・システムレベルに至る最新研究の紹介と解説を行った。また、沖縄国際 Computational Neuroscience Course、生理科学実験技術トレーニングコース及び生理学若手サマースクール等を後援し、それぞれ講師を派遣して講演を行った。さらに毎年、地域連携神経科学セミナーを開催し脳研究の多面的発展を

推進した。

支援班ではリソース委員会の議によって研究リソース提案を検討し15件を採択した。提案は分子・遺伝子新技術によるバイオリソースの開発支援および脳活動計測新技術開発支援に二分されるが、それぞれに関して委員会がフィージビリティを十分に検討し、新技術検討会の審議結果も踏まえて採択に至った。バイオリソースの開発に成功した例も多く、すでに研究班員に供給を開始した例も複数存在する。

データベース委員会は統合脳ホームページの充実を図り、領域研究者の交流の基盤を作成したほか、各研究の研究内容紹介に加えて研究手法と技術の公開を進め、研究提携の基礎資料を提供した。**対外委員会**は、脳研究の現状を国内において広く紹介するために、3回にわたり「脳の世界」シンポジウムを開催した。平成17年度は、大阪、名古屋、東京に会場を設定し、それぞれ一般市民を対象とする講演と座談会を開催した。「統合脳」活動の紹介記事は読売新聞等に掲載された。さらに、平成18年度からは読売新聞社との共催で「脳の世界展」を開催した。

次に、**計画研究**による研究業績のうち、特に顕著なものをまとめる。以下は業績の一部ではあるが、国際的に高い水準の研究であるばかりではなく、従来の研究分野を超えた、分野横断的な研究という特徴を有している。

(1) 統合的研究手法による大脳視覚野形成機構の解明

① 大脳視覚野の可塑性に必要な抑制性介在細胞を同定し、細胞レベルでの臨界期の解明を進めた。

② 臨界期終了に関連する遺伝子を探索し、NOMO 受容体に結合するミエリン要因を明らかにした。

③ 可塑性を抑える非蛋白コーディング RNA の同定を行い、臨界期の終了過程にかかわる epigenetic 制御の実体を明らかにした。

④ 大脳視覚野の可塑性の発現機構を明らかにした。胎生期に脳をつくる遺伝子 Otx2 ホメオタンパク質が視覚経験によって網膜から大脳へ運ばれ、PV細胞に蓄積されることにより、視覚野の臨界期を促すことがわかった。

(2) 統合的研究手法による眼球・上肢運動制御における大脳運動関連領野の機能解明

① 大脳皮質運動野の出力を伝える C3-C4 脊髄固有介在細胞による上肢運動細胞の制御機構を明らかにした。

② 一次視覚野除去後の「盲視」状態における急速眼球運動を解析し、視覚誘導性サッケードの制御における一次視覚野の機能を明示した。

③ 神経突起などの伸張に関連する遺伝子

Gap-43 の発現を解析し、損傷前に比べて、損傷後 M1, PMv, S1 の 2 - 3 層と M1 の 5 層の大型錐体細胞での発現の亢進が確認された。

④ 皮質脊髄路損傷後の機能回復過程において、PET による脳活動を解析し、反対側の側座核の活動が増加することを明らかにした。運動学習を motivation の中枢が促進するメカニズムとして提唱した。

(3) 行動の組織化にかかわる大脳皮質—大脳基底核連関の統合的研究

① サルの Parkinson モデルにおいて、大脳基底核の淡蒼球と黒質における mGluR の 1 α サブユニットが Down regulate されていることを発見した

② サルの大脳基底核および小脳が、大脳皮質一次運動野と閉回路を形成しており、体部位局在を有することを狂犬病ウイルス注入法で明らかにした。

③ カルシウム結合タンパクのひとつであるカルビンディンを黒質ドーパミンニューロンに強制発現させることにより、ドーパミン細胞の変性・脱落を防御し、Parkinson 病様の運動障害の発症を抑制することに成功した。

④ 大脳基底核の黒質ドーパミン細胞に、組み換え体ウイルスベクターを用いて、ドーパミン細胞死を抑制する機能分子である calbindin の遺伝子導入を行い、パーキンソン病の発症を防御することに成功した。

(4) 生理学的、神経心理学的およ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

① 前頭前野において、多段階における行動のゴール情報およびその途中経過における動作を表現する細胞活動を見出した。

② 多数の行動を企画する際に、行動の要素をカテゴリー化して情報を表現する細胞活動を前頭前野に見出した。

③ 前頭前野における細胞の発火活動による情報コーディングと複数細胞の同期的発火による情報制御の動的関係を、行動中の霊長類の脳活動に見出した。

④ 大脳内側の高次運動野において、秒単位の時間を生成し、行動の発現を導く役割をする細胞活動を発見した。他方、ヒトの内側前頭葉連合野に行動決定のルール発見に関与する部位を見出した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 252 件)

丹治 順 査読有

① Hashimoto M, Takahara D, Hirata Y, Inoue KI, Miyachi S, Nambu A, Tanji J, Takada M, Hoshi E. Motor and non-motor projections from the cerebellum to rostrocaudally

distinct sectors of the dorsal premotor cortex in macaques.

Eur J Neurosci. in press (2010)

② Yamagata 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)

③ Tachibana K, Suzuki K, Mori E, Miura N, Kawashima R, Horie K, Sato S, Tanji J, Mushiake H. Neural activity in the human brain signals logical rule identification.

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

④ Mita 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)

⑤ Nakajima 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)

⑥ Tanji J, and Hoshi E.

Role of the lateral prefrontal cortex in executive behavioral control.

Physiol. Rev. 88(1):37-57 (2008)

⑦ Hoshi E, Tanji J. Distinctions between dorsal and ventral premotor areas: anatomical connectivity and functional properties. *Curr Opin Neurobiol.* 17: 234-242 (2007)

⑧ Shima K, Isoda M, Mushiake H, Tanji J. Categorization of behavioural sequences in the prefrontal cortex. *Nature.* 445: 315-318 (2007)

⑨ Hoshi 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)

⑩ Shima K, Tanji J. Binary-coded monitoring of a behavioral sequence by cells in the pre-supplementary motor area. *J Neurosci.* 26: 2579-2582 (2006)

⑪ Mushiake 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)

⑫ Ochiai 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)

⑬Saito 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)

⑭Hoshi 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(Pt5): 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)

④Iizuka 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 aphasi. **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

①Morimura 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.** 2010 Jun;23(5):592-606.

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.

⑧Doya K. Modulators of decision making. **Nat Neurosci.** 2008 Apr;11(4):410-416.

⑨Schweighofer 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.

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 ganliga

loops. **Ann N Y Acad Sci.** 1104:213-228 (2007)

Hensch Takao 査読有

①Yazaki-Sugiyama Y, Kang S, Câteau H, Fukai T, Hensch TK. Bidirectional plasticity in fast-spiking GABA circuits by visual experience. **Nature.** 2009 12;462(7270):218-221.

②Sugiyama S, Di Nardo AA, Aizawa S, Matsuo I, Volovitch M, Prochiantz A, Hensch TK. Experience-dependent transfer of Otx2 homeoprotein into the visual cortex activates postnatal plasticity. **Cell.** 134(3):508-520 (2008)

③Katagiri H, Fagiolini M, Hensch TK. Optimization of somatic inhibition at critical period onset in mouse visual cortex. **Neuron.** 2007 Mar 15;53(6):805-12.

伊佐 正 査読有

①Isa T, Hall WC. Exploring the superior colliculus in vitro. **J Neurophysiol.** 2009 Nov;102(5):2581-93.

②Okada K, Toyama K, Inoue Y, Isa T, Kobayashi Y. Different pedunclopontine tegmental neurons signal predicted and actual task rewards. **J Neurosci.** 2009 Apr 15;29(15):4858-4870.

③Nishimura Y, Onoe H, Morichika Y, Perfiliev S, Tsukada H, Isa T. Time-dependent central compensatory mechanisms of finger dexterity after spinal cord injury. **Science.** 2007 Nov 16;318(5853):1150-1155.

高田 昌彦 査読有

①Toyoda H, Saito M, Takada M, Kaneko T, Kang Y. Protein kinase G dynamically modulates TASK1-mediated leak K⁺ currents in cholinergic neurons of the basal forebrain. **J Neurosci.** 2010 Apr 21;30(16):5677-5689.

②Hatanaka N, Tokuno H, Nambu A, Takada M. Transdural doppler ultrasonography monitors cerebral blood flow changes in relation to motor tasks. **Cereb Cortex.** 2009 19(4):820-831.

③Okamoto H, Isomura Y, Takada M, Fukai T. Temporal integration by stochastic recurrent network dynamics with bimodal neurons. **J Neurophysiol.** 97(6):3859-3867 (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 Mushiake 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)

④Suzuki 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)

⑤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 24-26 日)

[図書] (計 2 件)

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

②Sakatani T, & Isa T. Superior colliculus and saccade generation in mice. In “Eyes, Retina and Visual System of the Mouse” (eds Calupa Leo.M. & Williams R), MIT.Press (2008)

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

(3) 連携研究者

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

ヘンシュ貴雄 (HENSCH TAKAO)
理化学研究所・教授
研究者番号：60300878

伊佐 正 (ISA TADASHI)
生理学研究所・教授
研究者番号：20212805

高田 昌彦 (TAKADA MASAHIKO)
京都大学霊長類研究所・教授
研究者番号：00236233