

平成 22 年 6 月 1 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2005～2009

課題番号：17022037

研究課題名（和文）直感的思考の神経メカニズム

研究課題名（英文）Neural mechanisms of non-verbal thinking

研究代表者

坂上 雅道 (SAKAGAMI MASAMICHI)

玉川大学・脳科学研究所・教授

研究者番号：10225782

研究成果の概要（和文）：

意思決定の神経メカニズムを調べるために、推論課題遂行中のサル前頭前野と大脳基底核から単一ニューロン活動の記録を行った。大脳基底核ニューロンは実際に経験した事象の関係を学習することしかできないが、前頭前野ニューロンは2つの学習を組み合わせることによって、直接経験していない事象の関係を推論できることがわかった。また、fMRI 実験からヒトでもこのような判断に関わる2つの異なる神経回路が存在することがわかった。

研究成果の概要（英文）：

To understand neural mechanisms of decision making, we recorded neuronal activity from the prefrontal cortex and basal ganglia of monkeys while animals performed an inference task. While neurons in the basal ganglia couldn't infer more than what monkeys had directly experienced, the prefrontal neurons could infer the relation of events without experience through connecting experienced associations internally. Furthermore, we found such dual neural processes in the human brain by means of fMRI experiments.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	4,900,000	0	4,900,000
2006年度	16,600,000	0	16,600,000
2007年度	13,900,000	0	13,900,000
2008年度	14,700,000	0	14,700,000
2009年度	12,100,000	0	12,100,000
総計	62,200,000	0	62,200,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：神経科学・神経科学一般

キーワード：ニホンザル、前頭前野、大脳基底核、推論、単一ニューロン、尾状核、
カテゴリー、モデル

1. 研究開始当初の背景

推論能力を調べた心理学実験は過去に行われてきたが、その神経メカニズムを調べる研究は世界的に見てもほとんど皆無である。

ヒトをヒトたらしめている「思考」について、その脳メカニズムに関する研究はまだ始まったばかりであり、ほとんど未知の領域といっても過言ではない。fMRIの普及により、この領域に関するヒトを被験体とした脳機能

イメージング研究は急速な発展を遂げつつあるが、その手法的な限界により神経レベルでの理解にはほど遠い。我々は、サルに高度な問題解決能力を要求する課題を学習させ、その神経活動を調べる研究で実績をあげてきた。そのノウハウを活かし、イメージング研究を一步掘り下げた思考の神経メカニズムの研究の発展に貢献できると信じている。

2. 研究の目的

生体をとりにくく環境情報を適切に処理し、それに対して適応的な行動決定を行う過程を思考ととらえる。この過程には脳の様々な回路が様々な形で関与し、その総合的な結果として観察される行動を生み出す。この回路のうち、あるものは意識的で論理的な操作にかかわり、あるものは無意識的で自動的な処理に関わる。我々はサルとヒトを被験体とし、神経科学的手法を用いることにより、問題解決場面におけるこれらの異なる脳機能の役割を調べるとともに、ヒトで頂点に達する論理的推論機能の神経メカニズムについて、その基礎を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

動物の行動決定にかかわる神経メカニズムのなかに存在する統計的論理計算を実行する回路について、単一ニューロン活動の記録実験、可逆的脳局所破壊実験、マイクロダイアリシスといった手法(サル)やfMRIを使った脳機能イメージング手法(ヒト)を用いて調べる。また、意識上、意識下のさまざまな背景情報が、論理的推論を助け、問題解決に利用されることを理解するために、注意が払われない刺激や閾下刺激の処理が行動決定に及ぼす影響を行動レベル・神経レベルで調べる。さらに、同様の問題解決場面でのヒトとサルの脳機能の違いを明らかにするとともに、その発達の側面を理解するために乳幼児の行動実験・誘発脳波記録実験も行う。

4. 研究成果

意思決定の神経メカニズムを調べるために、推論課題遂行中のサル前頭前野と大脳基底核から単一ニューロン活動の記録を行った。大脳基底核ニューロンは実際に経験した事象の関係を学習することしかできないが、前頭前野ニューロンは2つの学習を組み合わせることによって、直接経験していない事象の関係を推論できることがわかった。また、fMRI 実験からヒトでもこのような判断に関わる2つの異なる神経回路が存在することがわかった。

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 21 件) 査読有

(1)Yamamoto M, Pan X, Nomoto K, Sakagami M. : Multiple Neural Circuits in Value-based Decision-making. Attention and Performance XXII. in press

(2)Kobayashi S, Schultz W, Sakagami M. : Operant Conditioning of Primate Prefrontal Neurons. Journal of Neurophysiology. 103: 1843-1855, 2010

(3)原 壱, 鈴木貴之, 坂上雅道, 横山輝雄, 信原幸弘.: 大学における教養教育を通じた脳神経科学リテラシーの向上～ポスト・ノーマル・サイエンスとしての脳神経科学とその科学リテラシー教育～. 『科学技術コミュニケーション』 7. 105-118, 2010

(4)坂上雅道, 山本愛実.: 意思決定の脳メカニズム－顕在的判断と潜在的判断－. 科学哲学. 42-2, 29-40, 2009

(5)坂上雅道: 意思決定に関わる2つの神経回路. 計測と制御, 48, 4-10 .2009

(6)Kawasaki M, Watanabe M, Okuda J, Sakagami M. Aihara K : Human posterior parietal cortex maintains color, shape and motion in visual short-term memory. Brain Res. 1213:91-97, 2008

(7)Pan X, Sawa K, Tsuda I, Tsukada M, Sakagami M. : Reward prediction based on stimulus categorization in primate lateral prefrontal cortex. Nat Neurosci.11: 703-712, 2008

(8)山本愛実, 奥田次郎, 鮫島和行, 坂上雅道.: 脳内報酬情報処理に及ぼす知覚的曖昧性の影響. 日本神経回路学会誌.15, 3-17, 2008

(9)Sakagami M., Pan X. : Functional role of the ventrolateral prefrontal cortex in decision making. Curr Opin Neurobiol. 17: 228-233, 2007

(10)Watanabe M, Sakagami M. : Integration of cognitive and motivational context information in the primate prefrontal cortex. Cereb Cortex.17 Suppl 1: i101-109, 2007

(11)Lee D, Rushworth MF, Walton ME, Watanabe M, Sakagami M. : Functional specialization of the primate frontal cortex

during decision making. J Neurosci.27: 8170-8173, 2007

(12)Sakagami M, Watanabe M.
: Integration of cognitive and motivational information in the primate lateral prefrontal cortex. Ann N Y Acad Sci.1104: 89-107, 2007

(13)Watanabe M, Hikosaka K, Sakagami M, Shirakawa S. : Reward expectancy-related prefrontal neuronal activities : are they neural substrates of "affective" working memory. Cortex. 43: 53-64, 2007

(14)Kobayashi S, Kawagoe R, Takikawa Y, Koizumi M, Sakagami M, Hikosaka O.
: Functional differences between macaque prefrontal cortex and caudate nucleus during eye movements with and without reward. Exp. Brain Res. 176: 341-355, 2007

(15)Kobayashi S, Nomoto K, Watanabe M, Hikosaka O, Schultz W, Sakagami M: Influences of rewarding and aversive outcomes on activity in macaque lateral prefrontal cortex. Neuron. 51: 861-870, 2006

(16)Sakagami M, Pan X, Uttl B.
: Behavioral inhibition and prefrontal cortex in decision-making. Neural Netw. 19: 1255-1265, 2006

(17)Sheremate S, Sakagami M: Increasing distracter strength improves accuracy. Percept Mot Skills. 102: 509-516, 2006

(18)Watanabe M , Hikosaka K, Sakagami M, Shirakawa S. : Functional significance of delay-period activity of primate prefrontal neurons in relation to spatial working memory and reward/omission-of-reward expectancy.: Exp. Brain Res. 166:263-276, 2005

(19)Okada H, Sakagami M, Yamakawa H.
: Modeling Stimulus Equivalence with Multi Layered Neural Networks, Lecture Note in Computer Science 3512: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 153-160, 2005

(20)坂上雅道 : 行動決定と 2 つの神経回路 ; 単一ニューロンレベルから神経ネットワーク レベルまで. 動物心理学研究, 55, 25-31, 2005

(21)坂上雅道 : 反応選択と前頭前野. 神経研究の進歩, 49, 502-511, 2005

[学会発表] (計 41 件)

(1)Pan X, Sakagami M. : Model-based and model-free learning by striatal neurons, Joint Tamagawa & Caltech Lecture course on DECISION MAKING. Tamagawa University, Tokyo, 2010.3.3

(2)Matsumoto M, Matsumoto K, Hayamizu N, Sakagami M. : Two separate decision systems affected by the value of subliminal and supraliminal stimulus in human brain, Joint Tamagawa & Caltech Lecturecourse on DECISION MAKING. Tamagawa University, Tokyo, 2010.3.3

(3)Yokoyama O, Noritake A, Nomoto K, Sakagami M. : Dynamic changes in reward preference represented by monkey lateral prefrontal neurons during a free choice task, Joint Tamagawa & Caltech Lecture course on DECISION MAKING. Tamagawa University, Tokyo, 2010.3.3

(4)Murai C, Tomonaga M, Sakagami M.
: Do monkeys recognize when others care about them? , Joint Tamagawa & Caltech Lecture course on DECISION MAKING. Tamagawa University, Tokyo, 2010.3.3

(5)Watanabe N, Haruno M, Sakagami M.
: Emotional facial expressions accelerate reinforcement learning, Joint Tamagawa & Caltech Lecture course on DECISION MAKING. Tamagawa University, Tokyo, 2010.3.3

(6)Yamamoto M, Matsuda T, Okuda J, Sakagami M. : Brain activity for monetary gain and loss prediction based on salient and ambiguous perception, Joint Tamagawa & Caltech Lecture course on DECISION MAKING. Tamagawa University, Tokyo, 2010.3.3

(7)Sakagami M : Signal Interaction between Prefrontal Cortex and Striatum in Reward Prediction, Batsheva Seminar on Reward and Decision Making in the Brain. Hebrew university, Jerusalem, 2010.2.17

(8)Sakagami M : Reward inference by monkey prefrontal neurons, JSPS-DFG Round Table on 'Cooperative Technology in future: Cognitive Technical Systems. JSPS, Tokyo, 2010.2.8

(9)Sakagami M, Pan X. : Reward Inference by Prefrontal and Striatal Neurons, Tougounou International Symposium :

New Perspectives on Neural Mechanisms of Cognition and Action.

Tamagawa University, Tokyo, 2009.11.13

(10)坂上雅道：脳科学で消費者の行動を考える～あなたは自分をどこまで知っていますか～, 東京都消費生活センター, 東京都, 2009.11.10

(11)Yamamoto M, Hayamizu N, Matsuda T, Okuda J, Sakagami M : Brain activity monetary gain and loss prediction based on salient and uncertain perception, Neuroscience 2009. Chicago, USA, 2009.10.18

(12)Sakagami M : Neural Basis for Decision-making, Tamagawa University-Hokkaido University Global COE Joint Symposium. Tamagawa University. Tokyo, 2009.10.24

(13)坂上雅道：意思決定と人間の自発性, シンポジウム：自発性の発現・物質プロセス研究会主催, 東京大学山上会館, 東京, 2009.10.12.

(14)Sakagami M, Pan X. : Reward inference by prefrontal neurons, Symposium: The role of prefrontal cortex in context-dependent adjustment of executive control. 第32回日本神経科学大会, 名古屋国際会議場, 愛知県, 2009.9.18.

(15)坂上雅道：脳科学教育研究に向けて-玉川大学の取り組み-第32回日本神経科学大会, サテライトシンポジウム：脳科学教育の現状と理想-バーチャル脳科学専攻設立を目指して-。名古屋国際会議場, 愛知県, 2009.9.16.

(16)坂上雅道：ギャンブルする脳・しない脳, 玉川大学グローバル COE シンポジウム：ギャンブル・経済・脳科学・人間はなぜリスクを伴う行動を選ぶのか, 日本科学未来館, 東京都, 2009.9.12.

(17)坂上雅道：意思決定の神経メカニズム, 実験社会科学サマースクール 2009, 大阪大学, 大阪府, 2009.8.29.

(18)坂上雅道：玉川大学 GCOE について, 第73回日本心理学会, シンポジウム：心に関する全日本ネットワークの構築, 立命館大学, 京都府, 2009.8.28.

(19)Sakagami M : Multiple brain circuits for decision-making, Perspective of Decision Neuroscience: beyond the Biological Approach of Brain Science.

IUPS 36th World Congress, 国立京都国際会館, 京都府, 2009.7.30.

(20)坂上雅道：神経科学と生命観・社会観, (シンポジウム:神経科学リテラシー), 東京大学駒場キャンパス, 東京都, 2009.5.23.

(21)Pan X, Sakagami M : Prefrontal neurons show reward predictive activity to groups of associated stimuli. 11th Tamagawa Dynamic Brain Forum, Izu, Shizuoka, 2009.3.3

(22)Sakagami M : Reward inference by monkey prefrontal and caudate neurons, 第6回心の未来フォーラムサテライトワークショップ"Gambling, Reward, Decision Making, and The Prefrontal Cortex". 京都大学, 京都府, 2009.3.1.

(23) Sakagami M : Multiple decisions in the brain, 第1回ニューロソーシャルサイエンスワークショップ, 大阪大学, 大阪府 2009.2.27.

(24)坂上雅道：意思決定における2つの神経回路, つくばブレインサイエンス協会 (TBSA) 定例会, 筑波大学, 茨城県, 2009. 1.27.

(25)坂上雅道：意思決定と前頭前野 (前頭葉の基礎と臨床), 千里バイオサイエンスセンター, 大阪, 2008.12.13.

(26)坂上雅道：意思決定に関わる2つの神経システム, 特定領域研究「統合脳」冬の公開シンポジウム, 学術総合センター, 東京, 2008. 12.12.

(27)坂上雅道：意思決定の脳メカニズム-顕在的判断と潜在的判断-, 日本科学哲学学会第40回大会シンポジウム「脳科学と社会」, 福岡大学, 福岡県, 2008.10.19.

(28) Sakagami M, Pan X. : Influences of stimulus discriminability and choice bias on dopamine activity, Workshop on open problems in the Neuroscience of decision making. OIST, Okinawa, 2008.10.16.

(29) 坂上雅道：消費者行動の分析における脳科学的手法の可能性, 内閣府主催「国際消費者政策シンポジウム：グローバル社会における消費者行政の未来」, 東京都, 2008.9.9.

(30) Sakagami M : Multiple neural circuits for reward prediction, International Symposium: Brain and Society. Soul, Korea, 2008.7.31.

(31) Sakagami M: Multiple Brain Processes for Reward Anticipation, International Symposium on Attention and Performance XXII. Vermont, USA, 2008.7.14.

(32) Sakagami M : Temporal evolution of reward prediction in dopamine neurons during decision-making, The Fourth Asia Pacific Meeting of the Economic Science Association in Singapore. Singapore, 2008. 2.23.

(33) Sakagami M, Pan X, Nomoto K, Yamamoto M. : Multiple Brain Circuits for Reward Prediction, International Symposium: Neural Mechanisms on Social Mind. Tamagawa University, Tokyo, 2007.12.6.

(34) 坂上雅道 : 脳神経科学の現場からみた近未来の社会と倫理, 第19回日本生命倫理学会ワークショップ「脳神経科学の倫理: ニューロエシックスの展開」. 大正大学, 東京都, 2007.11.10.

(35) Sakagami M: Reward expectancy and thought in primate brain, International Symposium on Neural Bases of Reward and Decision Making. Oeiras, Portugal, 2007.9.4.

(36) Sakagami M : Dopamine responses to complex reward-predicting stimuli. (International Symposium on Neurofinance), Zurich, Switzerland, 2007.7.6.

(37) Sakagami M : Reward predictive activity of dopamine neurons during random dot motion discrimination, Symposium on the Neurobiology of Decision Making. Caltech, USA, 2007.2.23.

(38) Sakagami M : How does brain create new information in unexperienced setting?, International Symposium on Reward and decision making in cortico-basal ganglia networks. UCLA Conference Center, USA, 2006.6.1.

(39) Sakagami M: Inference and Thinking: beyond simple reward prediction, European Diploma in Cognitive and Brain Sciences 3. Delmenhorst, Germany, 2006.3.17.

(40) Sakagami M : Reward prediction by neurons in primate prefrontal cortex, basal ganglia and superior colliculus,

European Diploma in Cognitive and Brain Sciences 2. Delmenhorst, Germany, 2006.3.14.

(41) Sakagami M : Response selection and neuronal activity in monkey prefrontal cortex: a system's viewpoint, European Diploma in Cognitive and Brain Sciences 1. Delmenhorst, Germany, 2006.3.13.

[図書] (計 3 件)

(1)中山剛, 坂上雅道:「脳科学と哲学の出会い—脳・生命・心」,玉川大学出版部,(2008)

(2)Balleine BW, Doya K, O'Doherty J, Sakagami M: Reward and Decision Making in Corticobasal Ganglia Networks (Annals of the New York Academy of Sciences), Wiley-Blackwell, (2007)

(3)坂上雅道, 澤幸輔, Xiaochuan Pan : 推論と前頭前野.「脳科学と哲学の出会い—脳・生命・心」, 玉川大学出版部,14-27, (2008)

[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
坂上 雅道 (SAKAGAMI MASAMICHI)
玉川大学・脳科学研究所・教授
研究者番号: 10225782

(2) 研究分担者
樋田 栄揮 (HIDA EIKI)
玉川大学・工学部・教授
研究者番号: 60142006

岡田 浩之 (OKADA HIROYUKI)
玉川大学・工学部・教授
研究者番号: 10349326
(H20→H21: 連携研究者)