

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 17 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2010～2014

課題番号：22220003

研究課題名(和文)社会脳を担う前頭葉ネットワークの解明 微小電極からfMRIまでの垂直的統合研究

研究課題名(英文)Unveiling social brain by analyzing prefrontal brain network: applying methodology from microelectrode to fMRI

研究代表者

芦阪 直行(Osaka, Naoyuki)

京都大学・文学研究科・名誉教授

研究者番号：20113136

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 165,700,000円

研究成果の概要(和文)：健全で豊かな社会性は協調的社会を生みだし、それを担うのは社会脳(social brain)である。自己が他者の集合である社会の中で共感性をもって育まれるならば、それを担う脳もまた社会的存在だといえる。両者を結ぶ絆としての社会的認知がどのように脳内に表現されているのかを明らかにするために、前頭葉機能の視点から、協調の神経基盤、その不調が生み出す社会適応障害、社会脳を制御する実行系などの解明とそのモデル化について検討した。社会性を育む脳の機構を、ヒトからサルまでを対象に、神経細胞から全脳レベルまで、微小電極法、機能的磁気共鳴画像法(fMRI)や機能的近赤外分光法(fNIRS)などを用いて解明した。

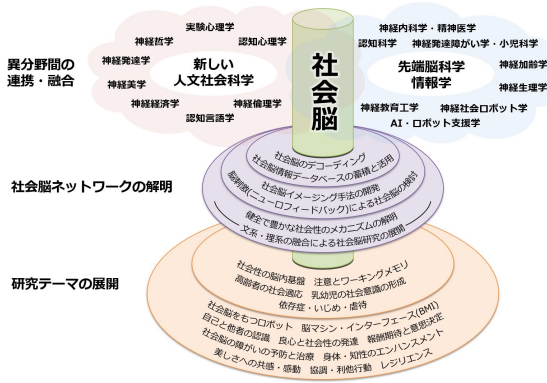
研究成果の概要(英文)：Social brain makes sound social mind based on cooperative social adjustment between the self and the others in our society. Social brain can be defined as a neuronal basis for binding self and others in a purpose-oriented behavior in the social context and therefore social mind has its related neuronal representation. We investigated how the sound mind being cultivated in the sound social brain, from monkey to human levels, in terms of various prefrontal brain's (PFC) executive functions. We aimed to study PFC, specifically, in terms of its neuronal control of social cooperation, relation to social adjustment disorder, interaction of working memory and social brain, and related modeling. To test the issues, we measured from single neuronal activity to whole brain activity under various tasks using functional magnetic resonance imaging (fMRI), functional near-infrared spectroscopy (fNIRS).

研究分野：認知心理学

キーワード：社会脳 前頭葉 ワーキングメモリ 社会適応障害 脳画像法 高齢者

1. 研究開始当初の背景

先端的な認知脳科学と情報学やAI、さらに先端的な人文社会科学が融合し、「人間とは何か」を問う新たな社会脳 (social brain) というヒューマンサイエンスが生まれつつある。高次元情報構造として、脳は個々の人々に固有の「社会」の脳内表現を与えている。他者あるいはその集合である社会があって、初めて自己や他者の価値が生まれ、相互認識が可能になるのであれば、社会生活を営む基盤としての脳は、本来われわれの健全な社会性を担う社会的存在であるはずである。このような、ヒトが相互に協調し合う社会的存在として認識され、その中で自己を位置づけることを可能にする脳の前頭葉を中心とした仕組みを社会脳と呼ぶ。社会脳は、共感や協調を通して豊かな社会性を育み、社会意識を生み出すとともに、さらには道徳、宗教や文化を生む脳内基盤ともなっている。例えば、集団で、あるいは孤立して育てられたサルを比較すると、前者では社会適応性が良好なのに対し、後者には適応障害が見られるという事実も社会の重要性を示唆している。社会脳は実験心理学を含む社会科学と理系の学問が協調しながら発展してゆく新領域でもある。下図には社会脳の研究が文系理系の異分野領域と連携・融合して進展することが重要であること、さらに社会脳ネットワークの解明によって社会貢献が可能となる分野や研究テーマの広がりが示されている。社会脳研究では「理系のクワで、文系の豊かな畑を耕す」ことがポイントであり、その先には神経美学、神経経済学、神経哲学、神経心理学、神経倫理学、神経政治学や神経社会ロボット学、さらにAIと人の知能の比較などの新たな学問の開花が想定される。社会脳研究を推進することで、社会性の脳内表現を明らかにすることができる。そして、健全で標準的な社会性からのズレを考えることで社会性障害などのメカニズムの一端を解明し、その予防対策を考えることも可能となる。



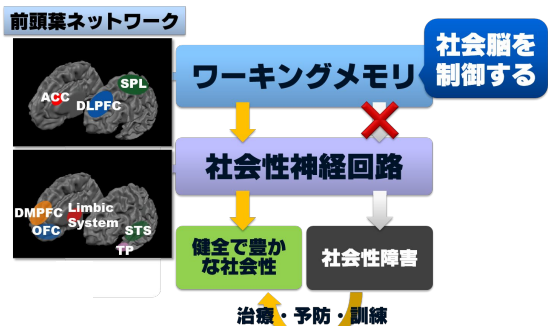
2. 研究の目的

前頭葉は人間性の本質を示す様々なレベルの社会性や社会適応性を生む働きをもつことがわかってきた。特に前頭前野 (PFC) は脳の進化の先端に位置し、新たな環境への適応や創造的知性の源泉であるといわれて

いる。その全貌の解明には、PFCの中核的調整メカニズムを担う、実行系ネットワーク (ワーキングメモリ (WM) ネットワーク) などの働きを通して検討することが重要である。本課題は社会脳の立場から、豊かな社会性を生み出す脳の仕組みを解明する。特に、前頭葉ネットワークが社会脳を制御する仕組みを中心に検討を行う。これによって、豊かな社会性を育む脳と心の機構を明らかにすることができる。この目標達成のため、社会的協調 (共感) を支える認知・神経基盤の解明、社会性障害の原因究明と適応をもたらす介入方法の探索、WMと社会脳の相互作用のメカニズムの解明や社会脳を制御するWMのモデル化などを検討課題とした。

3. 研究の方法

社会脳の働きを制御する実行系機能は、豊かな社会性の基盤となる神経回路。背外側前頭前野領域 (DLPFC)、前・後部帯状回 (ACC/PCC)、内側前頭前野 (MPFC)、眼窩前頭葉 (OFC)、辺縁系、島、扁桃核、側坐核 (NAcc)、上側頭溝 (STS) や側頭極 (TP) など を調整する働きをもっている。社会脳は実行系を介して感情や報酬期待とリンクさせながら認知や行動を束ね、目標志向的フレームの中で統合するため、アクティブな認知と行為を適応的に選択統合している。これは、知情意を含んだ高次元の心の働きを含むと考えられている。実行系は社会認知と適応的社会行動にかかわるネットワークを制御し、協働的な注意の制御を通して社会性とかかわっている。他者の心を想像するMPFCやSTS、知の制御処理に優れたDLPFC、知と情をインターフェースするACC、島や扁桃核、さらに情と意思 (意図) を外界認識や注意に結びつける上下頭頂小葉 (SPL、IPL)、報酬期待とかかわるNAccなどを広く実行系が制御していると想定し、この回路の制御のチューニングがうまく作動しないと社会性へのズレが生じ、社会性障害が現れると推定した (下図を参照)。図では、内外側の前頭葉ネットワークは、WMネットワークの実行系を介して社会性のネットワークを制御し、その制御の調整不全やズレが生み出すと想定している。



この仮説を検討するため、サルとヒトを主な対象として、神経細胞レベルから全脳レベルに至るまで、微小電極法、機能的磁気共鳴

画像法(fMRI)、機能的近赤外分光法(fNIRS)、経頭蓋磁気刺激法(TMS)、経頭蓋直流刺激法(tDCS)などを適宜用いた。fNIRS の測定では、ハイパースキャニング(HS)と呼ばれる最先端の測定法を工夫して、複数名による社会脳活動の同時測定を行い、2 名がダイナミックに協調行動を行う場合の神経活動の協調度を検討した。

4. 研究成果

(1) 主な成果

設定した4つの目標ごとに述べる。

社会協調(共感)を支える認知・神経基盤の解明

複数の幾何学的図形がランダム運動する場合は知覚脳が、協動的に動く場合はSTSやMPFCなどの社会脳が活動すること、さらにHS実験においては、2名の被験者が協調行動している時に下前頭葉皮質が2者の脳の時間的同期を調整している可能性が指摘された(文献1, 23)。美的共感やユーモアによる共感がOFC、NAccや扁桃体とかかわること、自己・他者参照課題はMPFCを活性化し、外罰内罰傾向がPFCに表現され(4, 8, 13, 15)、正直さや公正感とかかわる社会脳もやはりPFCとかかわることがわかった(17, 26)。経済的判断における得失評価もやはりPFCとかかわりが深いようである。このような協調(共感)がWMを含む前頭葉の多様な機能で担われていることが判明し、健全な社会性がこの領域のネットワークによって担われている可能性が示された。さらに、より広くこの領域が文化差や他者の心を想像する「心の理論」の能力ともかかわることが判明した(28)。ワーキングメモリの実行系については、SPL/IPLが注意の機能と密接にかかわることがわかり(29)、さらにデフォルトモードと社会脳のかかわりが階層性をもつモデルで描ける可能性が示唆された(14)。本課題の軸の一つである、垂直的視点から見た場合、サルについては2頭のサルが報酬をめぐるゲーム行動や二重課題処理を行う場合にPFCが関与することがわかった(10, 25)。さらに、サルのMPFCにデフォルト脳活動が認められたことから、サルにも人の内的思考過程、つまり他のサルの心を読む社会脳の芽生えが認められる可能性が指摘された(30)。また、社会性の重要な要素である競争の脳内メカニズムについても、2頭のサルがシューティングゲームでお互いにディスプレイ上で撃ち合う場合に、PFCに勝ち負けに対して応答するニューロンが見いだされ、これは社会性の報酬期待とかかわることが示された(25)。やはり、WM課題を用いたサルの実験でも課題に特異なメタ認知(自己の認知状態をモニタする社会性能力)が用いられている可能性も指摘された(19)。このようにサルにおいてもヒトと類似した社会脳の芽生えが認められたことはPFCの進化を考える上で貴重な知見である。

社会性障害の原因究明と適応をもたらす介入方法の探索

社会性適応障害には統合失調症、自閉症やうつなどがあるが、いずれも健全な社会性の作動状態にズレが生じた症候群と捉えることができ、社会脳の制御の微調整に問題があると推定される。このうち、統合失調症の基本症状ともいえるアレキシサイミア(失感情症)と自閉傾向をもつ患者では、脳の白質や灰白質の体積の減少がかかわり(9, 24)、それが情動的な自己への気づきの障害をもたらす可能性があることが指摘され(27)、さらなる病態の原因究明が必要とされる。高齢者の実行系機能の改善には、コンフリクト課題や視覚イメージ化による訓練が有効であること(21, 22)、fNIRS、TMSやtDCSを用いた訓練や直接刺激手法が社会脳一般の機能改善に有効であることが示された。また、それが心の理論や自閉傾向の病態改善ともかかわる可能性が示唆された(16, 27)。適応改善の手立てとしては、tDCSを後部頭頂領域に当てて実行系機能を高めたり(11)、TMSを前頭葉に与えて機能改善に役立てたりできる可能性が示唆された(6)。ズレの改善に向けてのニューロフィードバックによるリハビリも考えられる。コンフリクト課題の実施や4コママンガによるユーモア評定のBOLD信号の評価もその一助となる可能性がある(13, 21)。さらなる検討が必要である。

WMと社会脳の相互作用のメカニズムの解明

実行系の制御機構については、注意の焦点化作用が課題負荷によって変わることが示唆された(5)。これは、個人差の観点から、社会性をチューニングする社会脳の機能が当人にとって大きな負荷となる場合は制御が困難になることが推定され、このような患者には個人差への配慮が要請される。最近、判明した安静状態の脳内ネットワークの研究ではWMネットワークと社会脳ネットワーク(デフォルトモードネットワーク)の混在が報告されている。これらのデータから、WMと社会脳の相互作用のメカニズムの解明への手がかりが得られた。そこで、両者の相互作用をWM課題の準備期間と実行期間に分けてその移行状態をBOLDの変化率で検討したところ、明らかな相互作用があることがわかった(14)。準備期間には社会脳は自由に活動するが、WM課題開始時には実行機能が作動し始め、抑制傾向が強まるのである。実行系ネットワーク(WM)と社会脳の間には相互作用があることもわかった(2, 14, 18)。さらに、制御の及ぶ領域とWMの容量制約が密接にかかわること、つまり個人差が大きいこと(20)も判明した。

社会脳を制御するWMのモデル化

共感についての単独被験者および複数被験者の実験的検討や実行系ネットワークの調整機能についてもモデルの推定を行い(2, 14)、WMが大局的には社会性神経ネットワー

クをトップダウン的に制御していることが示唆された。一方、ボトムアップ的な情報も影響することが両者の相互作用研究から推測された。ネットワーク間の機能的コネクティビティをベースにしたモデルを、すでに提案したモデル(14)をベースに構築中である。

なお、平成24年にはそれまでの研究成果の概要を記した中間報告書(平成24年10月;全301ページ)を刊行した。なお、平成25年度に行われた研究進捗評価についての評価はAであった。

(2) 国内外における位置づけとインパクト

欧米では社会脳の研究が盛んになっているが、サルからヒトまでにわたり、多様な手法を用いた包括的研究プロジェクトはない。とくに実行系ネットワークなど前頭葉に的を絞った研究はなく、その意味で本課題は先導的な役割を果たし大きなインパクトを与えたと思われる。微小電極を用いたサルの実験では、PFCが人と同様に社会脳として一定の役割を果たしているが、高次な心の理論課題などの処理はヒトに固有の高次社会脳機能であることがわかった。そして、fNIRSを用いた2者のHSの実験は協調行動が2つの心を1つに融合させる時間的シンクロナイゼーションを基盤にしているという新たな成果が得られた。

(3) 今後の展望

fMRI、fNIRS、TMS、tDCSなどを用いた先端脳研究と心理学の社会科学の実験パラダイムの融合が新たな融合社会脳研究を拓くと思われる。とくに、HSの手法は近未来の社会脳研究に大きな発展の可能性を示していると思われる。

(4) 専門書(社会脳シリーズ全9巻の刊行)

本課題実施中に新曜社から社会脳シリーズ全9巻(2012-2015;全2568ページ)を刊行した(下図参照)。



5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計281件)

Osaka, N., Minamoto, T., Yaoi, K., Azuma, M., Shimada, M. Y., & Osaka, M. (2015) How two brains make one synchronized mind in the inferior frontal cortex: fNIRS-based hyperscanning during cooperative singing. *Frontiers in Psychology*, 6, 1811. 査読有 DOI: 10.3389/fpsyg.2015.01811

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

Ikeda, T., Matsuyoshi, D., Sawamoto, N., Fukuyama, H., & Osaka, N. (2015) Color harmony represented by activity in the medial orbitofrontal cortex and amygdala. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 382. 査読有

DOI: 10.3389/fnhum.2015.00382

Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. (2015) Neural correlates of the self-reference effect: evidence from evaluation and recognition processes. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 383. 査読有

DOI: 10.3389/fnhum.2015.00383

Minamoto, T., Shipstead, Z., Osaka, N., & Engle, R. (2015) Low cognitive load strengthens distractor interference while high load attenuates when cognitive load and distractor possess similar visual characteristics. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(5), 1659-1673. 査読有

DOI: 10.3758/s13414-015-0866-9

Koganemaru, S. 他10名(Fukuyama, H. 10番目, Mima, T. 11番目) (2015) Task-specific brain reorganization in motor recovery induced by a hybrid-rehabilitation combining training with brain stimulation after stroke. *Neuroscience Research*, 92, 29-38. 査読有

DOI: 10.1016/j.neures.2014.10.004

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

Minamoto, T., Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. (2014) Extrapunitive and intropunitive individuals activate different parts of the prefrontal cortex under an ego-blocking frustration. *PLoS ONE*, 9, e86036. 査読有

DOI: 10.1371/journal.pone.0086036

Sasamoto, A. 他12名(Fukuyama, H. 11番目, Takahashi, H. 12番目, Murai, T. 13番目) (2014) Global association between cortical thinning and white matter integrity reduction in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 40, 420-427. 査読有

DOI: 10.1093/schbul/sbt030

Watanabe, K., & Funahashi, S. (2014) Neural mechanisms of dual-task

interference and cognitive capacity limitation in prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 17, 601-611. 査読有
DOI: 10.1038/nn.3667

Minamoto, T. 他 7 名 (Osaka, N. 8 番目) (2014) The anodal tDCS over the left posterior parietal cortex enhances attention toward a focused word in a sentence. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 992. 査読有
DOI: 10.3389/fnhum.2014.00992.

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

Osaka, M., Minamoto, T., Yaoi, K., Osaka, N. (2013) Serial changes of humor comprehension for four-frame comic strips: An fMRI study. *Scientific Reports*, 4, 5828. 査読有

DOI: 10.1038/srep04338

Koshino, H., Minamoto, T., Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. (2013) Coactivation of the default mode network regions and working memory network regions during task preparation: An event-related fMRI study. *Scientific Reports*, 4, 5954. 査読有

DOI: 10.1038/srep05954

Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. (2013) Medial prefrontal cortex dissociation between self and others in a referential task: An fMRI study based on word traits. *Journal of Physiology (Paris)*, 107, 517-525. 査読有

DOI: 10.1016/j.jphysparis.2013.09.002

Koelkebeck, K. 他 13 名 (Fukuyama, H. 11 番目, Takahashi, H. 13 番目, Murai, T. 14 番目) (2013) Impact of gray matter reductions on theory of mind abilities in patients with schizophrenia. *Social Neuroscience*, 8, 631-639. 査読有

DOI: 10.1080/17470919.2013.837094

Cui, Q., Zhang, Q., & Takahashi, H. (2013) The neural mechanism of encountering misjudgment by the justice system. *PLoS One*, 8, e75434. 査読有

DOI: 10.1371/journal.pone.0075434

Yamada, M. 他 11 名 (Takahashi, H. 3 番目) (2013) Superiority illusion arises from resting-state brain network modulated by dopamine. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 4363-4367. 査読有

DOI: 10.1073/pnas.1221681110

Tanaka, A., & Funahashi, S. (2012) Macaque monkeys exhibit behavioral signs of metamemory in an oculomotor working memory task. *Behavioural Brain Research*,

233, 256-270. 査読有

DOI: 10.1016/j.bbr.2012.05.013

Minamoto, T., Osaka, M., Engle, R. W., & Osaka, N. (2012) 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

② Osaka, M., Yaoi, K., Otsuka, Y., Katsuhara, M., & Osaka, N. (2012) Practice on conflict tasks promotes executive function of working memory in the elderly. *Behavioral Brain Research*, 233, 90-98. 査読有

DOI: 10.1016/j.bbr.2012.04.044

② Osaka, M., Otsuka, Y., & Osaka, N. (2012) Verbal to visual code switching improves working memory in the elderly: An fMRI study. *Frontiers of Human Neuroscience*, 6, 1-7. 査読有

DOI: 10.3389/fnhum.2012.00024

③ Osaka, N., Ikeda, T., & Osaka, M. (2012) Effect of intentional bias on agency attribution of animated motion: An event-related fMRI study. *PLoS One*, 7, e49053. 査読有

DOI: 10.1371/journal.pone.0049053

④ Kubota, M., Miyata, J., Sasamoto, A., Kawada, R., Fujimoto, S., Tanaka, Y., Sawamoto, N., Fukuyama, H., Takahashi, H., & Murai, T. (2012) Alexithymia and reduced white matter integrity in schizophrenia: a diffusion tensor imaging study on impaired emotional self-awareness. *Schizophrenia Research*, 141, 137-143. 査読有

DOI: 10.1016/j.schres.2012.08.026

⑤ Hosokawa, T., & Watanabe, M. (2012) Prefrontal neurons represent winning and losing during competitive video shooting games between monkeys. *The Journal of Neuroscience*, 32, 7662-7671. 査読有

DOI: 10.1523/JNEUROSCI.6479-11.2012

⑥ Takahashi, H. 他 16 名 (Murai, T. 13 番目) (2012) Honesty mediates the relationship between serotonin and reaction to unfairness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 13, 4281-4284. 査読有

DOI: 10.1073/pnas.1118687109

⑦ Sasamoto, A. 他 11 名 (Fukuyama, H. 10 番目, Takahashi, H. 11 番目, Murai, T. 12 番目) (2011) Social impairment in schizophrenia revealed by Autism-Spectrum Quotient correlated with gray matter reduction. *Social Neuroscience*, 6, 548-558. 査読有

DOI: 10.1080/17470919.2011.575693

- ⑳Koelkebeck, K. 他 12 名(Fukuyama, H. 13 番目) (2011) Transcultural differences in brain activation patterns during theory of mind (ToM) task performance in Japanese and Caucasian participants. *Social Neuroscience*, 6, 615-626. 査読有
DOI: 10.1080/17470919.2011.620763
- ㉑Kihara, K., Ikeda, T., Matsuyoshi, D., Hirose, N., Mima, T., Fukuyama, H., & Osaka, N. (2011) Differential contributions of the intraparietal sulcus and the inferior parietal lobe to attentional blink: evidence from transcranial magnetic stimulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 247-256. 査読有
DOI: 10.1162/jocn.2010.21426
- ㉒Watanabe, M. (2011) Do monkeys think? Default brain activity in humans and nonhuman primates. *Behavioral Brain Research*, 221, 295-303. 査読有
DOI: 10.1016/j.bbr.2011.02.032

〔学会発表〕(計 331 件)

〔図書〕(計 32 件)

- 苧阪直行(編著) (2015) ロボットと共生する社会脳 神経社会ロボット学 (社会脳シリーズ第 9 巻), 新曜社, 424.
- 苧阪直行(編著) (2015) 成長し衰退する脳 神経発達学と神経加齢学 (社会脳シリーズ第 8 巻), 新曜社, 408.
- 苧阪直行(編著) (2014) 小説を楽しむ脳 神経文学という新たな領域 (社会脳シリーズ第 7 巻), 新曜社, 236.
- 苧阪直行(編著) (2014) 自己を知る脳・他者を理解する脳 神経認知心理学からみた心の理論の新展開 (社会脳シリーズ第 6 巻), 新曜社, 336.
- 苧阪直行(編著) (2014) 報酬を期待する脳 ニューロエコノミクスの新展開 (社会脳シリーズ第 5 巻), 新曜社, 200.
- 苧阪直行(編著) (2013) 美しさと共感を生む脳 神経美学からみた芸術 (社会脳シリーズ第 4 巻), 新曜社, 198.
- 苧阪直行(編著) (2013) 注意をコントロールする脳 神経注意学からみた情報の選択と統合 (社会脳シリーズ第 3 巻), 新曜社, 306.
- 苧阪直行(編著) (2012) 道徳の神経哲学 神経倫理から見た社会意識の形成 (社会脳シリーズ第 2 巻), 新曜社, 274.
- 苧阪直行(編著) (2012) 社会神経科学の展望 脳から社会をみる (社会脳シリーズ第 1 巻), 新曜社, 272.

〔その他〕

ホームページ(苧阪研究室)

<http://www.social-brain.bun.kyoto-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

苧阪 直行 (OSAKA, Naoyuki)
京都大学・文学研究科・名誉教授
研究者番号: 20113136

(2) 研究分担者

- 船橋 新太郎 (FUNAHASHI, Shintaro)
京都大学・こころの未来研究センター・教授
研究者番号: 00145830
- 蘆田 宏 (ASHIDA, Hiroshi)
京都大学・文学研究科・教授
研究者番号: 20293847
- 村井 俊哉 (MURAI, Toshiya)
京都大学・医学研究科・教授
研究者番号: 30335286
- 渡辺 正孝 (WATANABE, Masataka)
公益財団法人東京都医学総合研究所・認知症・高次脳機能研究分野・特任研究員
研究者番号: 50092383
- 苧阪 満里子 (OSAKA, Mariko)
大阪大学・人間科学研究科・教授
研究者番号: 70144300
- 福山 秀直 (FUKUYAMA, Hidenao)
京都大学・学際融合教育研究推進センター・特任教授
研究者番号: 90181297
- 西條 辰義 (SAIJO, Tatsuyoshi)
高知工科大学・経営学部・教授
研究者番号: 20205628
(異動のため平成 24 年度まで)
- ### (3) 連携研究者
- 美馬 達哉 (MIMA, Tatsuya)
立命館大学・先端総合学術研究科・教授
研究者番号: 20324618
- 高橋 英彦 (TAKAHASHI, Hidehiko)
京都大学・医学研究科・准教授
研究者番号: 60415429
- 十河 宏行 (SOGO, Hiroyuki)
愛媛大学・文学研究科・准教授
研究者番号: 90359795
- 内藤 智之 (NAITO, Tomoyuki)
大阪大学・医学系研究科・講師
研究者番号: 90403188
- 廣瀬 信之 (HIROSE, Nobuyuki)
九州大学・システム情報科学研究院・助教
研究者番号: 40467410
- 坪見 博之 (TSUBOMI, Hiroyuki)
富山大学・人文学部・准教授
研究者番号: 70447986

(4) 研究協力者

越野 英哉 (KOSHINO, Hideya)
California State University・教授