

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25291109

研究課題名(和文) 超高磁場fMRIを用いたヒト身体不安定性における「全身的協関」メカニズムの研究

研究課題名(英文) an fMRI study of the human whole body instability

## 研究代表者

菊池 吉晃 (KIKUCHI, Yoshiaki)

首都大学東京・人間健康科学研究科・教授

研究者番号：50134739

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：自己の身体を守るための身体バランス制御の神経機構は、ヒトの生存戦略において極めて重要であり、その神経メカニズムを解明することはきわめて重要な課題であるにもかかわらず、これまで国内外ともに身体不安定性の脳機能研究は全くなされてこなかった。本研究では、あらたな自己認知の研究手法を適用した結果、認知実験であるにもかかわらず、頭頂 島前庭皮質、傍小脳脚核、島皮質後部など、実際に身体が不安定な状態におかれる際に活動する脳部位の有意な活動を認めることに成功した。

研究成果の概要(英文)：Although the neural substrate underlying automatic detection of one's own body instability is an important consideration, there have ever been few functional neuroimaging studies due to the restrictions placed on participants' movements. Here, we used fMRI to investigate the neural substrate underlying whole body instability based on a self-recognition paradigm. Analyses revealed significant activity in the brain regions that should be activated during genuine unstable body (physical) conditions: the right parieto-insular vestibular cortex, inferior frontal junction, posterior insula and parabrachial nucleus. We argue that these right-lateralized cortical and brainstem regions mediate vestibular information processing for detection of vestibular anomalies, defensive motor responding in which the necessary motor responses are automatically prepared/simulated to protect one's body, and sympathetic activity as an alarm response during whole body instability.

研究分野：生理人類学

キーワード：脳 fMRI 身体 不安定 バランス

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトの二足による姿勢や動作の制御が、ヒト特有の進化に強い影響を与えたとされるが、同時に、身体重心位置の高化により、生命の危機につながる転倒の危険性をも高めることとなった。自己の身体を転倒から守るための身体バランス制御の神経機構は、ヒトの生存戦略において極めて重要であり、その神経メカニズムを解明することはきわめて重要な課題である。今日、機能的磁気共鳴画像法 (fMRI: functional magnetic resonance imaging) は、最も効果的な非侵襲的脳機能計測方法であることは疑いのないところであるが、被験者は不動かつ仰臥位を保たなければならないという身体拘束条件下での方法であることから、身体不安定性に関連する脳活動を直接計測することは原理的に不可能であるため、これまで、国内外ともに、身体不安定性の脳機能研究は全くなされてこなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、身体不安定性の神経基盤を明らかにする目的で、従来の直接的な実験にもとづく研究手法とは全く異なる「自己認知」(self-recognition)に基づくあらたな方法論を導入し、認知を通じた自己の身体不安定性に関連する脳活動の計測可能性について検討した。自己認知による身体不安定性の神経基盤解明の可能性は、ヒトは、同じ動作・状態・状況であっても、同条件に置かれた他者を認知する場合に比べて、より直接的にその状況に対する応答や対応を示すとともに、それらに関連する脳内領域が相対的に高い活動性を示す、という考え方に基づくものである。

### 3. 研究の方法

(1) 提示刺激として、自己または他者がバランスボード上で立位バランス保持を行う課題(以下、バランス課題)を実施し、その様子をデジタルビデオカメラで撮影した動画を実験用に編集して用いた。動画の撮影は、fMRI 撮像の約1ヶ月前に行った。本実験におけるバランス課題は、静的安定(Statically Stable: 以下 SS)、動的安定(Dynamically Stable: 以下 DS)、動的不安定(Dynamically Unstable: 以下 DU)の3種類の木製のバランスボード(以下、ボード)を用い、被験者全員について、バランス課題の実施と動画の撮影を行った。バランス課題については、被験者に対して、各条件について課題を口頭で説明し、各ボードの特徴に慣れるまでバランス練習をした後、撮影を行うという手順で実施した。ボード上での肢位については、被験者は、壁に向かって肩幅に足を開いた状態で立位バランスを維持し、上肢は自然肢位とした。目の高さに注視点を設け、動画撮影中はできる限りそれを注視させることとした。

また各条件において以下の点に留意した。

SSについては、ボード上にリラックスして立ち、動画撮影中バランス課題を行うように指示した。DSについては、被験者がボード上において安定して立位バランス維持が可能な範囲で、実験者が手動で振幅約10 cm、周期約 $0.27 \pm 0.03$  Hz程度で左右に動かした。被験者には、頭部、体幹をできるだけ動かさず、下肢でボードの動きに対応してバランス課題を行うように指示した。DUについては、安全性を考慮して、実験者によるデモンストレーションを提示した後、可能な範囲でボードを水平に保つよう指示した。動画撮影は各条件とも2~3分程度実施し、SS、DSについては、その間連続でボード上のバランス課題を実施した。DUについては、被験者のバランス能力によってボード上での立位バランス維持時間に差が生じたため、ボードの片端が接地した場合は、継続して再度ボードを水平に保つよう指示し、足を接地した場合や、著しくバランスを崩した場合は一度開始肢位に戻ってから再度バランス課題を遂行するよう指示した。動画をfMRI提示刺激として使用する際に、被験者は全員グレーの半袖シャツと黒の短パンを着用し、背景は白の壁として、動画内の物理的環境を統一した。ボードは壁から50 cmの位置に壁と平行に置いた。また、DUにおいては、転倒の危険性を考え、ボード中心から左右55 cmに緩衝用のマット(120 cm x 60 cm)を設置し、横に実験補助者を1人配置した。ビデオカメラは、ボード脚下端から各被験者の全身が映る位置に設置した。また今回の実験の目的は、身体バランス制御における神経機構の研究であるため、表情の変化による視覚情報が動画に含まれることを避ける目的で、背面から撮影を行った。

(2) 撮影した動画の編集については、動画編集ソフトを用いて行った。撮影された動画の中から、SS、DS、DUの条件毎に異なる動画となるよう4か所を切り出した。切り出した動画について、バランスボード及び身体全体が映るように編集した。DSに関しては、実験者がボードを動かしている部分が映らないよう留意した。DUに関しては、著しくバランスを崩し床に手や足を着く映像や、バランス課題を再試行するために準備している映像は削除し、映像に連続性が保たれるように編集した。また、各刺激において自他の認識を確実にするため、被験者自身の動画の右上に白丸印をつけた。

1つの刺激動画は、自己の各3条件(SS、DS、DU)によるタスク映像と他者(被験者と面識のない4人を選出)の各3条件によるタスク映像について4クリップずつ用い、合計24クリップとした。16秒のレスト映像の後、32秒間のタスク映像が始まり、8秒間のレスト映像をクリップ間に挿入した。レスト映像についてはレスト中の視点を固定する目的で黒色背景画面の中央に×印を提示した。映像

はアクリル製のスクリーンにプロジェクターで背後から投射され、MRI 装置内の被験者は合わせ鏡を通してそれを観た。目からスクリーンまでの距離は 228 cm で、提示された映像の大きさは 30.5 × 42.5 cm、自己目印（直径 5.5 cm の白丸）は画像右上端から 3 cm のところに映された。映像は被験者にランダムに提示された。撮像前に被験者に対して、実験の内容、流れ、所要時間、MRI 装置についての説明を行い、実験中は頭や身体を動かさないよう指示した。撮像中の注意点として、タスク映像中は他事を考えず画像に集中すること、被験者自身の動画には丸印がついていること、他者動画は被験者と面識のない人の動画であるので、「誰か」ということを考えずに見ることを、の 3 点を教示した。

(3) fMRI 撮像は 1.5 T の MR 装置 ( Signa Horizon LX, GE 社 ) を用い、Gradient Echo ( GRE 型 ) Echo Planar Imaging ( EPI 法 ) によって行った。撮像パラメータは、[TR] = 4000 msec, [TE] = 90.5 msec, flip angle = 80°, 128 matrix, field of view [FOV] = 24 × 24 cm<sup>2</sup>, スライス厚 7.0 mm, スライス枚数 20 枚で、撮像範囲は小脳から頭頂まで含むようにした。fMRI のデータ解析は、数値解析ソフトウェア MatLab を用いて行った。fMRI データは各被験者について 968 秒、242 枚からなり、初期磁場の不安定性を考慮し、最初の 2 枚を削除した 240 枚について解析を行った。fMRI データは前処理として、実験中に生じた頭部の動き補正を実施し、MNI ( Montreal Neurological Institute ) 標準脳に基づき標準化および FWHM ( Full Width of Half Maximum ) 8mm ( Gaussian kernel ) にて平滑化を実施した。さらに血流動態反応関数 ( HRF: Hemodynamic Response Function ) やハイパスフィルターを 128 秒の遮断時間で処理した。その後、一般線形モデルを用いて個人解析を行い、解析条件毎にコントラストを作成し、それらについて変量効果 ( random effects ) による集団解析 (  $p < 0.001$ , uncorrected ) を行った。またボクセルサイズはモンテカルロシミュレーションにおける 5%水準の多重比較検定結果によって決定される 10 以上とした。脳画像のコントラストは、課題の難易度に応じて自己特異的に活動する脳領域を検討するため、各バランス課題における自己 ( Self ) vs. 他者 ( Others ) の比較および他者 ( Others ) vs. 自己 ( Self ) の比較について解析を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 主観評価については、「身体不安定性」、「動的安定性」、「不安」については、有意に  $DU > DS > SS$  となった。また、「危険」、「焦り」については、 $DU > DS$ ,  $DU > SS$  となり  $DS$  と  $SS$  間で有意な差はなかった。一方、「身体安定性」、「静的安定性」については、有意に

$DU < DS < SS$  となった。また、「安心」、「安全」、「穏やか」では、 $DU < DS$ ,  $DU < SS$  となり  $DS$  と  $SS$  間で有意な差はなかった。さらに、自他間には有意差はなかった。

(2) 自他における  $DU$  と  $DS$  との比較については、自己における  $DU > DS$  では、右の背側運動前野、頭頂-島前庭皮質 (PIVC)/側頭・頭頂接合部、下頭頂皮質、紡錘状回、被殻、尾状核、左の縁上回前部と紡錘状回が有意な活動を示した (図 1 .Self)。一方、他者における  $DU > DS$  では、右の後頭側頭腹内側領域 (EBA) と左の上頭頂領域で有意な活動を示した (図 2 .Others)。

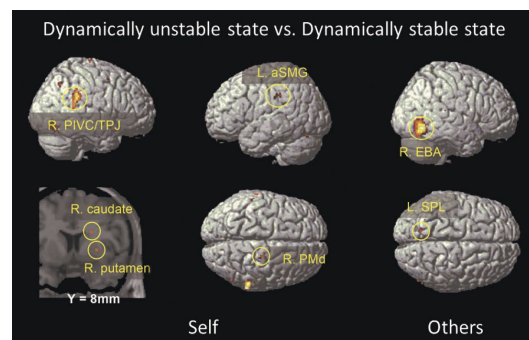


図 1 . 自他における  $DU > DS$  の脳活動 ( PIVC: parieto-insular vestibular cortex, TPJ: temporo-parietal junction, aSMG: anterior supramarginal gyrus, PMd: dorsal premotor area, EBA: extrastriate body area, SPL: superior parietal lobe )

(3) 自己における  $DU > DS$  のコントラストと他者における  $DU > DS$  のコントラストとの比較においては、右の吻外側前頭前野、下前頭接合部/腹側運動前野、島皮質後部、傍小脳脚核、左の舌状回、紡錘状回、海馬傍回が有意な活動を示した (図 2 )。さらに、下前頭接合部/腹側運動前野の活動は「穏やか」な感覚と有意な負の相関を示した。

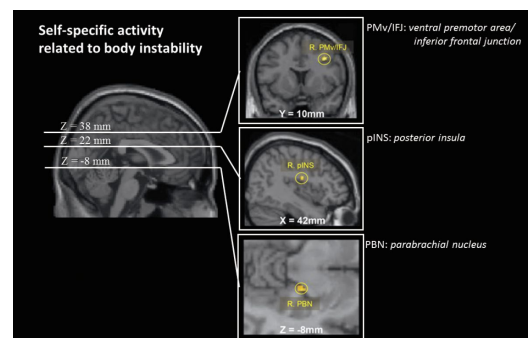


図 2 .  $DU > DS$  における自他比較 ( 身体不安定性に関する自己特異的活動 )

(4) 以上の結果から、自己認知に基づくあらたな手法によって、自己の身体不安定性の認知に伴い、傍小脳脚核、島皮質後部、頭頂-島前庭皮質 (PIVC)/側頭・頭頂接合部などの、実

際に自己の身体が不安定な状態におかれた際の脳活動が観測されることが判明した。特に、傍小脳脚核は、前庭神経核が直接入力する部位であり、同部位が自己認知条件下で、その活動が観測されたことはきわめて重要である。そして、島皮質後部には自律神経系の活動をはじめとした体性系の情報、すなわち「全身的協関」のメカニズムが脳に反映した活動と考えられる。また、傍小脳脚核、島皮質後部、頭頂-島前庭皮質(PIVC)/側頭・頭頂接合部の活動がすべて右側での活動であったことも、自律神経系の進化に対する有益な示唆を与えられるものと思われる。(図3)

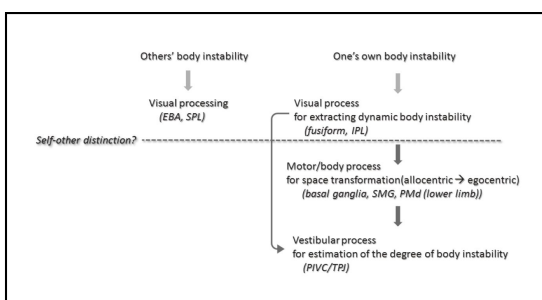


図3 . 身体不安定性の自他認知

## 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12件)

Sensui H, Nagamatsu T, Senoo A, Miyamoto R, Noriuchi M, Fujimoto T, Kikuchi Y: The effect of hip-hop dance training on neural response to emotional stimuli. *Bulletin of the Physical Fitness Research Institute*, 114, 20-29, 2016. (査読有)

菊池吉晃:「資本主義の教養学」ドーパミン(dopamine)脳と資本主義 - 人間にとっての「報酬」とは - , *生存科学*, 27-2; 147-165, 2016. (招待論文)

月本 洋, 松原 剛文, 菊池 吉晃, 妹尾 淳史: 交差検証法を用いたfMRIデータ解析法, *電子情報通信学会, 情報・システムソサイエティ和文論文誌, J100-D No.4*; 570-579, 2016. DOI: 10.14923/transinfj.2016JDP7105. (査読有)

Kohno S, Noriuchi M, Iguchi Y, Kikuchi Y, Hoshi Y: Emotional discrimination during viewing unpleasant pictures: Timing in human anterior ventrolateral prefrontal cortex and amygdala. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2015. (doi: 10.3389/fnhum. 2015.00051. (査読有))

Oba K, Noriuchi M, Atomi T, Moriguchi, Kikuchi Y: Memory and reward systems coproduce 'nostalgic'

experiences in the brain. *Social Cognitive and Social Neuroscience*, doi: 10.1093/scan/nsv073, 2015. (査読有)

Kikuchi Y: Does self-recognition of one's own fall recruit genuine bodily crisis-related brain activity? *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 4(4): 299-306, 2015. (Invited Review Article)

Kikuchi Y, Noriuchi M: The Neuroscience of Maternal Love, *Neuroscience Communications*, 2015; 1: e991. doi: 10.14800/nc.991. (Invited Review Article)

跡見友章, 則内まどか, 大場健太郎, 跡見順子, 菊池吉晃: 身体バランスの不安定性認知における自己特異的脳活動. *日本保健科学学会誌*, 18: 149 -160, 2015. (査読有)

Atomi T, Noriuchi M, Oba K, Atomi Y, Kikuchi Y: Self-recognition of one's own fall recruits the genuine bodily crisis-related brain activity. *PLoS ONE* 7(5): e37901.

doi:10.1371/journal.pone.0037901, 2014. (査読有)

Watanabe R, Higuchi T, Kikuchi Y: Imitation behavior is sensitive to visual perspective of the model: An fMRI study. *Experimental Brain Research*, DOI: 10.1007/s00221-013-3548-7, 161-171 2013. (査読有)

菊池吉晃: 人間性を支える情動の神経基盤 その適応的メカニズム . *日本生理人類学会誌* 18; 61-66, 2013 (招待論文)  
黒野昭彦, 月本洋, 岡本智幸, 菊池吉晃, 妹尾淳史: ノンパラメトリック線形回帰分析を用いた脳の賦活領域の検出. *電子情報通信学会論文誌D Vol.J96-D*, 11: 2839-2845, 2013. (査読有)

[学会発表](計20件)

跡見友章, 則内まどか, 大場健太郎, 跡見順子, 菊池吉晃: 身体バランスの危機的状況に応答する神経機構 - fMRIを用いた検討 - . 第50回日本理学療法学会大会, 東京国際フォーラム, 2015年6月5日-7日, (東京都・千代田区)

Atomi T, Noriuchi M, Oba K, Atomi Y, Kikuchi Y: Self-recognition of one's own whole-body imbalance evokes the crisis-related cortical and brainstem activity. The 38th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (第38回日本神経科学大会), 神戸国際会議場, 2015年7月28日~31日. (兵庫県・神戸市)

Atomi T, Noriuchi M, Oba K, Atomi Y, Kikuchi Y: Self-recognition of one's



own fall evoked the right dominant cortical and brainstem activity. International Society for Posture & Gait Research (ISPGR) World Congress 2015, Seville, Spain, June 28-July 2. Kikuchi Y, Atomi T, Oba K, Noriuchi M: Self-recognition of one's own fall recruits the genuine bodily crisis-related brain activity. The Organization for the Human Brain Mapping (OHBM) 2015, Honolulu, Hawaii, USA, June 14-18, 2015.

Oba K, Noriuchi M, Kikuchi Y: Neural substrates of nostalgia. Invited special session "Brain" The 12th International Congress of Physiological Anthropology (ICPA) 2015, Tokyo Bay Makuhari Hall, Chiba, Japan, October 27-30, 2015. (Invited) 中野 俊, 菊池吉晃: 非意識性空間知覚の神経基盤の再検討. 日本心理学会第79回大会, 名古屋国際会議場, 2015年9月22日~24日 (愛知県・名古屋市)

菊池吉晃: 「人間性」の神経基盤を探る - 人間理解のための脳科学をめざして -, 「文理融合数理モデリングに基づく新しい感性工学システムに関する研究, 明治大学先端数理科学インスティテュート現象数理学研究拠点「共同研究集会」, 明治大学中野キャンパス MIMS, 2015年1月22-23日 (東京都・中野区)

菊池吉晃: 自己の身体不安定性認知は身体不安定関連脳部位を活性化するか. 日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同, 計算科学シミュレーションと工学設計分科会, 心と脳など新しい領域検討小委員会 (第1回) における話題提供, 日本学術会議, 2015年4月8日 (東京都・港区)

菊池吉晃: ドーパミン脳と資本主義, 資本主義研究会, 国際文化会館, 2015年11月6日. (東京都・港区)

Watanabe R, H Takahiro, Kikuchi Y: The imitation model's action from 1st-person view provides the kinesthetic information of the model efficiently: an fMRI study. 7th International Congress Asian-South Pacific Association of Sport Psychology, National Olympics Memorial Youth Center, Tokyo, Aug 7-10, 2014.

菊池吉晃: 脳の機能・構造におけるバリエーション. 日本生理人類学会第70回大会シンポジウム「生理特性のバリエーションの構造」, 九州大学大橋キャンパス, 2014年6月22日 (福岡県・西区)

菊池吉晃: 人間性の神経基盤を探る 人間理解のための脳科学をめざして. 日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同, 計算科学シミュレーションと

工学設計分科会, 心と脳など新しい領域検討小委員会 (第2回) における話題提供, 日本学術会議, 2013年9月17日 (東京都・港区)

河野理, 則内まどか, 井口 義信, 菊池吉晃, 星 詳子: 腹外側前頭前野および扁桃体における不快情動弁別タイミング. 第15回日本ヒト脳機能マッピング学会大会. 東京大学伊藤国際学術研究センター, 2013年7月5日~6日 (東京都・文京区)

跡見友章, 則内まどか, 大場健太郎, 廣瀬昇, 田中和哉, 清水美穂, 跡見順子, 菊池吉晃: 身体バランスの不安定性に関する神経機構 - fMRIを用いた検討 -. 第20回日本未病システム学会学術総会, 学術総合センター (一橋大学一橋講堂), 2013年11月9日~10日 (東京都・国立市)

跡見友章, 則内まどか, 田中和哉, 長谷川克也, 清水美穂, 跡見順子, 菊池吉晃: 身体性を伴う自己認知に関する神経機構. 2014年度人工知能学会オーガナイズドセッション「知の身体性」, ひめぎんホール (愛媛県民文化会館) 2014/05/12~15. (愛媛県・松山市)

Watanabe R, Higuchi T, Kikuchi Y: The imitation model presented from the 1st-person view, but not from the 3rd-person view, provides kinesthetic information of observed action: an fMRI study. The 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (兵庫県・神戸市)

Noriuchi M, Kikuchi Y, Yoshiura T, Kamio Y: White matter structure and social impairments in children and adolescents with autism spectrum disorders. International Behavioral Neuroscience Society 22nd Meeting, Hotel Grand, Malahide, Ireland, June 25-30, 2013

Kohno S, Noriuchi M, Iguchi Y, Kikuchi Y, Hoshi Y: The timing of emotional discrimination in human amygdala and ventrolateral prefrontal cortex. The 19th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping. The Washington State Convention Center, Seattle, WA USA, June 16-20, 2013.

Oba K, Terasawa Y, Motomura Y, Moriguchi Y, Kikuchi Y, Mishima K: The neural substrates of the emotional autobiographical memory retrieval and its relation to adaptive coping. American Psychosomatic Society 71th Annual Scientific Meeting, Abstract 269, Miami, USA, March, 2013.

Oba K, Terasawa Y, Motomura Y,

Moriguchi Y, Kikuchi Y, Mishima K. An fMRI study of emotional autobiographical memory retrieval and its relation to adaptive coping. 19th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, The Washington State Convention Center, Seattle, WA USA, June 16-20, 2013.

〔図書〕(計 11 件)

Kikuchi Y, Noriuchi M: The Nostalgic Brain: Its Neural Basis and Positive Emotional Role in Resilience. In Emotional Engineering Volume 5 (Fukuda S, eds), 43-53, Springer International Publishing, 2017. Print ISBN 978-3-319-53194-6, Hardcover.

Kikuchi Y, Noriuchi M: The Nostalgic Brain: Its Neural Basis and Positive Emotional Role in Resilience. In Emotional Engineering Volume 5 (Fukuda S, eds), 43-53, Springer International Publishing, 2017. Online ISBN 978-3-319-53195-3, eBook.

Kikuchi Y, Noriuchi M: Neural Basis of Maternal Love as A Vital Human Emotion. In Emotional Engineering Volume 4 (Fukuda S, eds), Springer International Publishing, 189-198, 2016. Print ISBN 978-3-319-29432-2, Hardcover.

Kikuchi Y, Noriuchi M: Neural Basis of Maternal Love as A Vital Human Emotion. In Emotional Engineering Volume 4 (Fukuda S, eds), Springer International Publishing, 189-198, 2016. Online ISBN 978-3-319-29433-9, eBook.

菊池吉晃：『人間性』の神経基盤を探る 人間理解のための脳科学をめざして .135-143, 文理融合数理モデリングに基づく新しい感性工学システムに関する研究 (Lecture Note Series in Mathematical Sciences Based on Modeling and Analysis), 明治大学 (発行) 2015.

萩原一郎, 跡見順子, 菊池吉晃, 大富浩一, 内藤健 (編集): 文理融合数理モデリングに基づく新しい感性工学システムに関する研究 (Lecture Note Series in Mathematical Sciences Based on Modeling and Analysis), 明治大学 (発行), 2015.

菊池吉晃, 妹尾淳史, 安保雅博, 渡邊修, 米本恭三, 編著: SPM8 脳画像解析マニュアル fMRI, 拡散テンソルへの応用 . 医歯薬出版株式会社, (2 版) 2015.

菊池吉晃：脳内自己刺激行動, 428-429, 人間科学の百科事典 7. ヒトの営み, 生

理人類学会編, 丸善株式会社, 2015.

菊池吉晃：意識, 196-198, 人間科学の百科事典 4. 脳と心, 生理人類学会編, 丸善株式会社, 2015.

菊池吉晃：fMRI, 550-552, 人間科学の百科事典 10. ヒトを測る, 生理人類学会編, 丸善株式会社, 2015.

菊池吉晃：遠心性コピー, 199-200, 人間科学の百科事典 4. 脳と心, 生理人類学会編, 丸善株式会社, 2015.

〔その他〕

Kikuchi Y: ResearchGate ([https://www.researchgate.net/profile/Yoshiaki\\_Kikuchi](https://www.researchgate.net/profile/Yoshiaki_Kikuchi))

Kikuchi Y: The nostalgic brain gives you the power to live. Atlas of Science: another view on science (<http://atlasofscience.org>), 2015.

Kikuchi Y, Noriuchi M: "Wired to Prefer 'Cute, Sexy and Sweet'" by, as the invited article about Dan Dennette's talk entitled "The Surprising Reason We Find Baby Cute", Huffington Post TED Weekends (The Huffington Post, TED Weekends, 2013/TED は Technology Entertainment Design の略で, 価値のあるアイデアを世に広めることを目的とするアメリカの非営利団体, TED カンファレンスは NHK スーパープレゼンテーションとしてよく知られている.)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊池 吉晃 (KIKUCHI, Yoshiaki)  
首都大学東京・人間健康科学研究科・教授  
研究者番号：50134739

(2) 研究分担者

則内 まどか (NORIUCHI, Madoka)  
首都大学東京・人間健康科学研究科・客員  
研究員  
研究者番号：20571897

(2) 研究分担者

跡見 友章 (ATOMI, Tomoaki)  
帝京科学大学・医療科学部・講師  
研究者番号：80611285