SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

身体知覚の時空間的適応性の神経機序

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 静岡大学 公開日: 2018-11-15 キーワード (Ja): 身体, 時間, 空間, 知覚, 適応性, 最適化, 脳 キーワード (En): 作成者: 宮崎, 真 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/00025919

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成 ２９ 年　 ６ 月 ２３ 日現在

機関番号：１３８０１
研究種目：基盤研究(A)（一般）
研究期間：2013～2016
課題番号：２５２４２０５８

研究課題名（和文）身体知覚の時空間的適応性の神経機序

研究課題名（英文）Neural mechanisms of spatiotemporal flexibility of body perception

研究代表者
宮崎　真（MIYAZAKI, Makoto）

静岡大学・情報学部・教授

研究者番号：３０３９２２０２

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　29,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は，独自の心理物理学的発見に基づき，ヒトの身体知覚の時空的適応性の神経機序を探究した．機能的磁気共鳴画像法により，両手間の時間順序判断における確率論的最適化に関連する脳部位の候補を検出した．そして脳波によって関連脳部位候補の活動時間帯を推定し，経頭蓋磁気刺激による機能阻害実験を行った．これらの一連の脳機能計測の結果，事前の経験に応じて身体部位間の時間順序の判断精度を向上することに関与している脳部位が示された．心理物理学的研究では，知覚の時空間的相対性を表す Kappa効果が触覚判断課題と運動再生課題では正反対の作用として生じることを明らかにするなどの新たな知見を得た．

研究成果の概要（英文）：Based on psychophysical findings, in this study, we investigated the neural mechanisms of spatiotemporal flexibility of body perception in humans. Using functional magnetic resonance imaging, we detected brain regions that are possibly correlated with probabilistic optimization in somatosensory temporal-order judgment across the hands, and using electroencephalography, we estimated activation time ranges of potential neural correlates, and then applied disruptive transcranial magnetic stimulations over these correlates. Results from the brain function measurements revealed a brain region that is involved in improving judgment accuracy of temporal orders across the body on the basis of prior experiences. Furthermore, we found novel psychophysical phenomena, e.g., the Kappa effect, an illusion of spatiotemporal relativity, appearing in an opposing manner between the tactile-judgment and motor-reproduction tasks.

研究分野：身体教育学（脳高次機能学），認知神経科学，心理物理学

キーワード：身体　時間　空間　知覚　適応性　最適化　脳

1．研究開始当初の背景

我々は身を置く環境･文脈に応じて柔軟に身体行動を選択/生成する能力を有する．表出する身体運動の背景では身体知覚も適応的変化を起こし，我々の認識や行動を支えている．その身体知覚の適応機序の解明は身体教育学，スポーツ科学が取り組むべき重要課題の一つに挙げられる．

代表者らは，本研究に先立ち，身体知覚の時間的適応性（Miyazaki et al. 2006, *Nat Neurosci*），および空間的適応性（Miyazaki et al. 2010, *J Neurosci*）を表わす心理物理学的現象を報告してきた．

2．研究の目的

本研究は，代表者らが発見してきた心理物理学現象の例にみられる「身体知覚の時空間的適応性」について，

(1) 関連脳部位
(2) 関連脳部位の活動時間帯
(3) 関連脳部位の機能的因果性

を明らかにし，その神経機序を明らかにしていくことを目的とした．さらに，

(4) 心理物理学的知見の拡充

を進め，本研究推進のための基盤知見を更新すると同時に，身体知覚の時空間的適応性に関する新たな心理物理学的現象の発見を目指した．

3．研究の方法

上述の目的の達成のため，以下の測定を段階的且つ相補的に実施した．

(1) 機能的磁気共鳴画像（fMRI）
(2) 脳波（EEG）
(3) 経頭蓋磁気刺激（TMS）
(4) 心理物理学的測定

(1) により関連脳部位の検出，(2) により関連脳部位の活動時間帯の推定，(3) により関連脳部位の機能的因果性の検証を行った．また，(4) により(1)～(3) の脳機能測定の最中に行う課題を洗練するのと併せて，新たな心理物理学的知見を得ることを目指し，仮説や事前計画に囚われない探索的アプローチによる実験も推進した．

4．研究成果

※得られた結果のうち幾つかが未発表/未刊行のため，現時点では詳細は伏す．

(1) fMRI（関連脳部位の特定）

両手間の時間順序判断におけるベイズ推定（事前経験に従った確率論的最適化；(e.g., Miyazaki et al. 2006, *Nat Neurosci*）の関連脳部位の候補を特定した（Miyazaki et al. 2016, *Sci Rep*）．

この fMRI 測定の結果は，体性感覚の時間的な“順序”の認識に本来は運動制御を担う脳部位が関与していることを示唆するものでもあった．そのため，時間順序判断を利用した外傷中の運動技能リハビリの可能性など，本成果に基づく医用提言が新聞等で報道された（その他・新聞報道等①～⑥参照）．

(2) EEG（関連脳部位の活動時間帯の推定）

偏向した事前分布から刺激時間差（右手先/左手先）が選択される時間順序判断を遂行中の参加者の EEG を測定した．その結果，事前経験に従った時間順序判断の変化と一致した潜時変化を示す事象関連電位成分を検出した（Takeuchi, Sekiguchi, Matsuzaki & Miyazaki. 2013, *J Phys Fit Sport Med*）．さらに sLORETA による信号源推定を行なった結果，fMRI で検出された関連脳部位候補のうちの幾つかについて活動時間帯が特定された（竹内，関口，松崎，宮崎．2014，信学技法）．

(3) TMS（関連脳部位の機能的因果性の検証）

以上の fMRI および EEG による実験の結果から，関連脳部位候補および各脳部位の活動時間帯を絞り込み，TMS による機能阻害実験を行った．その実験の結果，TMS によって時間順序判断への事前経験の影響が増大する脳部位が認められた（Takeuchi, Sekiguchi & Miyazaki. 2014, *Int J Psychophysiol*）．さらにベイズ推定モデルを応用して，TMS 効果の理論値と実測値の関係を検証した．その結果，その脳部位の機能を阻害したことによって，事前経験と感覚情報の最適統合に不全が生じていたことが示された(Miyazaki, Takeuchi & Sekiguchi. 2014, Soc Neurosci)．すなわち，体性感覚の時間順序判断におけるベイズ推定に関与する脳部位の一つが同定された．

(4) 心理物理学的測定

本研究における主たる心理物理学的成果として以下の 3 つが挙げられる．

① Kappa 効果と呼ばれる知覚の時空間的相対性を表す錯覚現象が，触覚判断課題と運動再生課題とでは正反対の作用として観測されることを発見し，それがペースメーカーカウンターモデルで統一的に説明できることを示した（Kuroda & Miyazaki. 2016, *Sci Rep*）．
② Kappa 効果が周辺視では起こりづらくなることを発見し，それがベイズモデルの予見と一致することを示した(Kuroda, Grondin, Miyazaki et al. 2016, *Multisens Res*; 黒田，吉岡，宮崎．2017，心理学研究)．
③ 視覚パタンの乱雑さの知覚に残効が生じることを発見し，さらに方位選択性や輝度極性非選択性といった，その知覚残効が有する心理物理学的特性を明らかにした(Yamada, Kawabe & Miyazaki. 2013, *Sci Rep*)．

上記の心理物理学的成果①は，新たな身体知覚の時空間相互作用に関する知見を得たものであり，②はその作用機序がベイズモデルによって説明されうることを示したものである．③は，ベイズ推定による確率論的最適化を成すために不可欠な感覚情報の不確定性評価の仕組みを探るなかで発見されたものである．この研究成果により，“乱雑さ”の知覚にも色や動きの知覚と同様に陰性残効（順応）が生じることが世界で初めて明らかになり，Nature Japan のホームページでは注目の論文として紹介され，国内外のメディアでも報道された（その他・新聞報道等⑦～⑮参照）．

心理物理学的成果③から導き出された仮説を検証するための研究を推進した結果，その仮説どおり，視覚パタンの乱雑さ判断に関連する脳活動が外側後頭複合体に観測され(山田ら & 宮崎．2014，日本神経科学大会)，さらに体性感覚領野やベイズ推定に関与する脳部位も乱雑さ判断に関連していることが示唆された（Kadota et al. & Miyazaki. 2014，Soc Neurosci）．この結果に基づき，仮説と計画を更新し，最終年度前申請を経て，現在，本研究は「変動性判断の神経機序―変動ある環境を克服する脳の仕組みの探究―(基盤研究(A)・2016～2019 年度・16H01866)」として発展的に継続している．

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 16 件）

① 黒田剛士，吉岡大貴，宮崎真．タウ/カッパ効果の規定因となる運動速度の予測を巡る研究の動向と課題．心理学研究 88 (5)：印刷中，2017．[査読有]

② Saito Y, Uchida S, Yabe Y & Miyazaki M. The Effect of Gaze Manipulation on Preference Decisions: A Study of Football Shirt Evaluation. *International Journal of Sport and Health Science* 15: 1-5, 2017. [査読有] https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijshs/15/0/15_201528/_pdf

③ Kuroda T, Tomimatsu E, Grondin S & Miyazaki M. Perceived empty duration between sounds of different lengths: Possible relation with repetition and rhythmic grouping. *Attention, Perception, & Psychophysics* 78: 2678-2689, 2016. [査読有] DOI: 10.3758/s13414-016-1172-x

④ Kuroda T, Grondin S, Miyazaki M, Ogata K & Tobimatsu S. The kappa effect with only two visual markers. *Multisensory Research* 29(8): 703-725, 2016. [査読有] DOI: 10.1163/22134808-00002533

⑤ Miyazaki M, Kadota H, Matsuzaki KS, Takeuchi S, Sekiguchi H, Aoyama T & Kochiyama T. Dissociating the neural correlates of tactile temporal order and simultaneity judgements. *Scientific Reports* 6: 23323 (pp. 1-10), 2016. [査読有] DOI:10.1038/srep23323

⑥ Kuroda T & Miyazaki M. Perceptual versus motor spatiotemporal interactions in duration reproduction across two hands. *Scientific Reports* 6: 23365 (pp. 1-10), 2016. [査読有] DOI:10.1038/srep23365

⑦ Miyazaki M & Higuchi T. Tool-body assimilation in the brain. *Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 4(1): 31-41, 2015. [査読無・招待論文] https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpfsm/4/1/4_31/_pdf/

⑧ Yamada Y, Kawabe T & Miyazaki M. Awareness shaping or shaped by prediction and postdiction: Editorial. *Frontiers in Psychology* 6:166, 2015. [査読有] DOI: 10.3389/fpsyg.2015.00166

⑨ Matsuzaki KS, Kadota H, Aoyama T, Takeuchi S, Sekiguchi H, Kochiyama T & Miyazaki M. Distinction between neural correlates of audiovisual temporal order and simultaneity judgments. *International Journal of Psychophysiology* 94(2): 193, 2014 (Proceedings of the 17th World Congress of Psychophysiology, Hiroshima, Japan, September 23-27, 2014). [査読有] DOI:10.1016/j.ijpsycho.2014.08.801

⑩ Takeuchi S, Sekiguchi H & Miyazaki M. Effect of transcranial magnetic stimulation applied over the premotor cortices on Bayesian estimation in tactile temporal-order judgment. *International Journal of Psychophysiology* 94(2): 189-190, 2014 (Proceedings of the 17th World Congress of Psychophysiology, Hiroshima, Japan, September 23-27, 2014). [査読有] DOI:10.1016/j.ijpsycho.2014.08.790

⑪ 宮崎真，竹内成生，松崎梢，関口浩文．身体知覚の時空間的適応性.信学技報 NC2013-71(2014-01): 25-30, 2014. [査読無・招待論文] http://www.ieice.org/ken/paper/20140120lB9C/

⑫ Obata H, Sekiguchi H, Ohtsuki T & Nakazawa K. Posture-related modulation of cortical excitability in the

tibialis anterior muscle in humans. *Brain Research* 1577:29-35, 2014. [査読有] DOI: 10.1016/j.brainres.2014.06.027

⑬ Kadota H, Hirashima M & Nozaki D. Functional modulation of corticospinal excitability with adaptation of wrist movements to novel dynamical environments. *Journal of Neuroscience* 34: 12415-12424, 2014. [査読有] DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2565-13.2014.

⑭ Yamada Y, Kawabe T & Miyazaki M. Orientation processing underlies pattern randomness perception. *The Japanese Journal of Psychonomic Science* 32(1): 127-128, 2013 (基礎心理学研究 32(1), 日本基礎心理学会第 31 回大会 優秀発表賞原稿). [査読有] http://ci.nii.ac.jp/naid/110009685453

⑮ Yamada Y, Kawabe T & Miyazaki M. Pattern randomness aftereffect. *Scientific Reports* 3:2906, 2013. [査読有] DOI: 10.1038/srep02906

⑯ Takeuchi S, Sekiguchi H, Matsuzaki KS & Miyazaki M. Probabilistic optimization in the human perceptuo-motor system. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 2(3): 287-294, 2013. [査読無・招待論文] https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpfsm/2/3/2_287/_pdf

〔学会発表〕(計 23 件)

① 宮崎真. 身体知覚の時空間的適応性. 自動車技術会第 8 回エレクトロニクス部門委員会, トヨタ自動車株式会社 東京本社(東京都文京区), 2017 年 3 月 17 日. [招待講演]

② 宮崎真. 身体知覚の時空間的適応性―その心理物理学特性と神経基盤―. 自動車技術会第 5 回ドライバ評価手法検討部門委員会, 公益社団法人自動車技術会(東京都千代田区), 2017 年 3 月 13 日. [招待講演]

③ 吉岡大貴, 上田誠也, 黒田剛士, 宮崎真. 等間隔リズムの形成による知覚系の時間解像度の向上. 第 14 回情報学ワークショップ, 愛知県立大学 (愛知県長久手市), 2016 年 11 月 27 日.

④ Sekiguchi H, Takeuchi S, Miyazaki M & Yamanaka K. Changes associated with motor learning of TMS-evoked EEG responses. The 46th meeting of the Society for Neuroscience, San Diego, USA, November 12-16, 2016.

⑤ 黒田剛士, 吉岡大貴, 上田誠也, 宮崎真. リズムから見た Multiple Look Effect. 日本基礎心理学会 第 35 回大会, 東京女子大学(東京都杉並区), 2016 年 10 月 29-30 日.

⑥ Kuroda T. Grondin S & Miyazaki M. Dichotic continuity illusion for steady-state versus frequency-gliding sounds. Technical Session "Evaluation of steady state and unsteady sound" in the 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Inter-noise 2016), Hamburg, Germany, August 21-24, 2016.

⑦ Kuroda T, Tomimatsu E, Grondin S & Miyazaki M. Effects of repetition on the isochronous perception of sounds at different lengths. The 31st International Congress of Psychology (ICP2016), PACIFICO Yokohama (Yokohama, Kanagawa), Japan, July 24-29, 2016.

⑧ 宮崎真. 主観的時間の確率論的最適化. 日本認知科学会分科会「間合い―時空間インタラクション」第 5 回研究会, 東京工業大学 (神奈川県横浜市), 2016 年 7 月 9 日. [招待講演]

⑨ 宮崎真.ヒトの時間順序判断における確率論的最適化. 非線形科学と時間学の交流 (An Interdisciplinary Workshop between Nonlinear Science and the Study of Time), 山口大学 (山口県宇部市), 2016 年 3 月 25 日. [招待講演]

⑩ 宮崎真.「人間の身体知覚の柔軟性」―時間という観点を中心に―. 第 7 回人機官能コンソーシアム, 静岡大学 (静岡県浜松市), 2015 年 11 月 17 日. [招待講演]

⑪ 宮崎真. 体性感覚の時空間的適応性. 第 7 回多感覚研究会「触覚認知研究ワークショップ」, 東京女子大学 (東京都杉並区), 2015 年 11 月 7 日. [招待講演]

⑫ 黒田剛士, 宮崎真, Grondin S. 両耳分離聴における連続聴錯覚. 日本心理学会第 79 回大会, 名古屋国際会議場 (愛知県名古屋市), 2015 年 9 月 22-24 日.

⑬ Kuroda T, Miyazaki M & Grondin S. Dichotic continuity illusion revisited. The 31st Annual Meeting of the International Society for Psychophysics. Québec, Canada, August 17-23, 2015.

⑭ Kuroda T & Miyazaki M. Duration reproduction across two hands: Relation

with the kappa effect. The 31st Annual Meeting of the International Society for Psychophysics. Québec, Canada, August 17-23, 2015.

⑮ 宮崎真．身体知覚の時空間的適応性．CAPS シンポジウム「こころと身体の関係を捉え直す―学際的な身体科学研究の新展開」，関西学院大学（兵庫県西宮市），2015 年 2 月 21 日．[招待講演]

⑯ Miyazaki M, Takeuchi S & Sekiguchi H. Transcranial magnetic stimulation over the right dorsal premotor cortex increases dependence on prior information during tactile temporal order judgment. The 44th annual meeting of the Society for Neuroscience, Washington DC, USA, November 15-19, 2014.

⑰ Mizuno T & Aramaki Y. Cathodal transcranial direct current stimulation over the primary somatosensory cortex increases joint flexibility. The 44th annual meeting of the Society for Neuroscience, Washington DC, USA, November 15-19, 2014.

⑱ 宮崎真．脳における時間順序判断の確率論的最適化．第 8 回全脳アーキテクチャ勉強会，グラントウキョウサウスタワー 41F アカデミーホール（東京都千代田区），2014 年 11 月 10 日．

⑲ 関口浩文，竹内成生，宮崎真，山中健太郎．経頭蓋磁気刺激による誘発脳波の運動学習に伴う変化．第 69 回日本体力医学会大会，長崎大学（長崎県長崎市），2014 年 9 月 19-21 日．

⑳ 竹内成生，関口浩文，宮崎真．触覚刺激の時間順序判断のベイズ推定における運動前野の役割：経頭蓋磁気刺激による研究．第 37 回 日本神経科学大会，パシフィコ横浜（神奈川県横浜市），2014 年 9 月 11-13 日．

㉑ 宮崎真．身体知覚の時空間的適応性．電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会『ニューロコンピューティングの実装および人間科学のための解析・モデル化』，九州工業大学（福岡県北九州市），2014 年 1 月 20 日．[招待講演]

㉒ 宮崎真．ヒトの知覚-運動系におけるベイズ推定．YPS (Young Perceptionists' Seminar)・若手ジョイントセミナー ―視覚・知覚・認知科学のための計算論モデリング―，休暇村志賀島（福岡県福岡市），2014 年 9 月 5 日．[招待講演]

㉓ 竹内成生，関口浩文，河野豊，宮崎真．認知課題時の経頭蓋磁気刺激が脳波とパフォーマンスに与える影響．第 43 回日本臨床神経生理学会学術大会，ザ クラウンパレス新阪急高知（高知県高知市），2013 年 11 月 7-9 日．

〔図書〕（計 1 件）

① 羽倉信宏, 宮崎真．タイミングの感覚のトレーナビリティ ―運動に利用する時間，運動が変える時間―．斉藤秀之，加藤浩，金子文成（編）．感覚入力で挑む―感覚・運動機能回復のための理学療法アプローチ（pp. 204-214）．文光堂，2016.

〔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

①研究室 HP

http://lab.inf.shizuoka.ac.jp/miyazaki-makoto/

②researchmap

http://researchmap.jp/miyazakimakoto/

新聞報道等

＜論文⑤について＞

① 科学新聞（2016 年 4 月 22 日 4 面）「時間的な『順序』の判断を可能にする仕組み 体の動きを司る脳領域が関与 静岡大の研究グループが発見」

② 静岡新聞（2016 年 4 月 13 日 朝刊 30 面）「左脳が刺激順序判断か　自閉症診断の一助に　静大教授ら解明」

③ Yahoo ニュース（2016 年 4 月 13 日 配信）「左脳が刺激順序判断か　自閉症診断の一助に　静大教授ら解明」
http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20160413-00000006-at_s-l22

④ マイナビニュース（2016 年 4 月 11 日 配信）「"左と右、どちらを先に触られたか"を判断するのは身体運動の脳領域 - 静大」
http://news.mynavi.jp/news/2016/04/11/385/

⑤ 上毛新聞（2016 年 4 月 12 日 朝刊 22 面）「脳 4 領域で順序判断　リハビリ分野応用に期待　上武大、静岡大チーム論文」

⑥ NHK 高知放送局（2016 年 4 月 11 日 こうち

いちばん、ニュース 845 こうち放送)「両手の指先への刺激　“時間差の判断”は左脳の運動領域が関与」

＜論文⑮について＞

⑦ Nature Japan 注目の論文（2013 年 12 月）「パターンの乱雑さの残効」
http://www.natureasia.com/ja-jp/srep/abstracts/49489

⑧ 信濃毎日新聞（2013 年 10 月 23 日 夕刊 3 面）「脳に『乱雑さ』認識の仕組み　山口大が解明　人工知能に応用も」

⑨ デーリー東北新聞（2013 年 10 月 14 日 朝刊 7 面）「乱雑な状態認識　脳の仕組み解明　山口大　人工知能応用も」

⑩ 日本経済新聞　（2013 年 10 月 12 日 朝刊 38 面）「『整然』と『乱雑』どう区別？　山口大、脳の仕組み解明」

⑪ 東京新聞（2013 年 10 月 12 日 朝刊 2 面）「『整列』『乱雑』すぐに判別　脳の仕組み発見　山口大　人工知能応用に期待」

⑫ 山口新聞　（2013 年 10 月 12 日 朝刊 21 面）「乱雑さ見分ける脳の仕組み解明　山大の時間学研究所、世界初」

⑬ 徳島新聞（2013 年 10 月 12 日 夕刊 2 面）「『整然』と『乱雑』見分ける　脳の仕組み一部解明　山口大チーム　人工知能に応用期待」

⑭ 東奥日報　（2013 年 10 月 12 日 朝刊 23 面）「乱雑さの認識　仕組みを解明　人工知能に応用も　山口大チーム」

⑮ 新華社通信（2013 年 10 月 12 日配信）「日本学者:人脑内存在处理“不规则性”的机制」
http://japan.xinhuanet.com/jpnews/2013-10/12/c_132792414.html

セミナー・シンポジウムの開催

① 時間学セミナー in 慶應 『スポーツの認知神経科学―身体運動、知覚、そして時間―』. 慶應義塾大学日吉キャンパス 来往舎シンポジウムスペース（神奈川県横浜市), 2014 年 8 月 11 日.

② Symposium “The bidirectional influences between action and perception” in the 7th Asian-South Pacific Association of Sport Psychology (ASPASP) International Congress National Olympics Memorial Youth Center (Shibuya-ku, Tokyo), Japan, August 9, 2014.

６．研究組織

(1)研究代表者

宮崎　真（MIYAZAKI, Makoto）
静岡大学・情報学部・教授（2015 年 3 月まで山口大学・時間学研究所・教授）
研究者番号：30392202

(2)研究分担者

関口　浩文（SEKIGUCHI, Hirofumi）
上武大学・ビジネス情報学部・教授
研究者番号：20392201

竹内　成生（TAKEUCHI, Shigeki）
上武大学・ビジネス情報学部・准教授
研究者番号：10329162

荒牧　勇（ARAMAKI, You）
中京大学・スポーツ科学部・教授
研究者番号：40414023

野崎　大地（NOZAKI, Daichi）
東京大学・大学院教育学研究科・教授
研究者番号：70360683

小幡　博基（OBATA, Hiroki）
九州工業大学・教養教育院・准教授
研究者番号：70455377

中澤　公孝（NAKAZAWA, Kimitaka）
東京大学・大学院総合文化研究科・教授
研究者番号：90360677

(3)連携研究者

門田　宏（KADOTA, Hiroshi）
高知工科大学・情報学群・准教授
研究者番号：00415366

河内山　隆紀（KOCHIYAMA, Takanori）
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳情報通信総合研究所・研究員
研究者番号：90380146

(4)研究協力者

山田　祐樹（YAMADA, Yuki）
九州大学・基幹教育院・准教授（2013 年 9 月まで山口大学・時間学研究所・特命助教）
研究者番号：60637700

舟井(土手) 友美（FUNAI, D., Tomomi）
山口大学・時間学研究所・研究補佐員（2015 年 3 月まで）

黒田　剛士（KURODA, Tsuyoshi）
静岡大学・情報学部・特任助教
研究者番号：50725950

二橋　圭（NIHASHI, Kei）
静岡大学・情報学部・事務補佐員