

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H00874

研究課題名（和文）背景脳状態が運動記憶形成・想起・維持過程に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effect of background brain states on motor memory formation, retrieval and maintenance

研究代表者

野崎 大地（Nozaki, Daichi）

東京大学・大学院教育学研究科（教育学部）・教授

研究者番号：70360683

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,100,000円

研究成果の概要（和文）：身体運動の記憶は学習時の脳（感覚運動野）の状態に紐付けられて形成される。本研究はまず、非侵襲的な脳刺激（経頭蓋直流電気刺激）を用いて脳状態を操作することにより、学習した運動の再現度合いが想起時と学習時の脳状態の類似度に依存して決まることを明らかにした。この結果は、学習した運動のパフォーマンスが十分に発揮できないのは想起時に不可避的に存在する脳状態変動に起因するということも間接的に示唆している。我々は、学習時の運動課題や脳状態を多様にするこことで、想起時の脳状態が多少変動してもより安定した運動パフォーマンスが発揮できること、またより長く運動記憶が定着することを実験的、理論的に示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

練習した運動スキルが実際に本番で発揮できるかどうかは、スポーツ、楽器演奏のみならず様々な機器の操作などに従事する人にとって重要な問題である。本研究は運動学習時と学習後の運動実行時（想起時）の感覚運動野状態の類似度が、練習効果をどの程度発揮できるかを決定するということを、非侵襲的脳刺激によって脳状態を操作することにより明らかにした点、また運動課題や脳状態の多様性を増やすことで、忘却しにくいより強固な運動記憶を形成可能であることを実験的・理論的に示した点で、学術的のみならず実践的な観点からも意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The motor memory is created depending on the state of the somatosensory cortex during motor learning. By manipulating the brain state using a noninvasive brain stimulation (tDCS), this study has first demonstrated that the degree of learned motor performance is determined by the similarity in the brain states between during learning and retrieval. This result implies that one reason why the learned motor skill is not well performed is that the brain states during the memory retrieval are inevitably different from those during motor learning. We have experimentally and theoretically demonstrated that diversifying the brain states during motor learning enables to overcome this problem and helps to create motor memory that is more resistant to forgetting.

研究分野：身体教育科学

キーワード：運動記憶 運動学習 脳状態 非侵襲脳刺激 多様性練習

### 1. 研究開始当初の背景

我々の研究グループはこれまで、手を標的に伸ばす到達運動を対象として、運動記憶が反対側の腕運動の有無(Nozaki et al., Nat Neurosci 2006; Kadota et al., J Neurosci 2014)・運動方向(Yokoi et al., J Neurosci 2011, 2014)、離散的か周期的に行うか(Ikegami et al., J Neurosci 2010)、運動方向の計画(Hirashima & Nozaki, Curr Biol 2012)などに応じて形成される「文脈依存性」を持つことを報告してきた。さらに、この文脈依存性を生み出すのは運動学習時の感覚運動野の状態であることを示唆する結果を得ている(Nozaki et al., eLife 2016)。

この論文では、前方への到達運動中に、マニピュランダムと呼ばれる特殊な装置を用いて右もしくは左向きの外乱(力場)を印加する実験が行われた(図1)。右手の運動の制御に関わる左感覚運動野に陽極の経頭蓋直流電気刺激(tDCS)を与えたときに右向きの力場を、陰極のtDCSを与えたときには左向きの力場を課して到達運動を行うトレーニングを繰り返した。トレーニング後、力場は加えない状態で到達運動を行うとき、陽極もしくは陰極tDCSを与えると、このtDCSの極性に対応した運動記憶が自動的に蘇ることが観察された。すなわち、運動学習中の脳状態に対応した運動記憶が形成されること、また、その脳状態を再現することで対応する運動記憶が想起されることを示す。

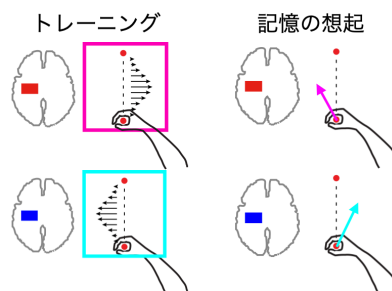


図1: 脳状態に依存して形成・想起される運動記憶。赤は陽極、青は陰極tDCSを示す。

### 2. 研究の目的

上記研究は「運動学習時に別々の脳状態に応じて異なる素子が動員され、別々の力場の記憶が形成された」、「想起する時に学習時の各脳状態を再現すれば、対応した素子が動員され、別々の運動記憶内容が表出する」ことを示唆している。運動記憶が脳状態に依存して形成・想起・維持されるというこの描像は、運動学習や運動記憶の理解を大きく進めるとともに、どのような運動学習や想起を行えば学習効果を十分発揮できるのか(できないのか)という方法論の提案など実践的な観点からも重要な意義を有していると思われる。このような背景から、本研究は「背景脳状態に応じた運動記憶素子の動員」という図式の妥当性を検証し、これに基づいた効率的な運動学習法を提案することを目的とした。

### 3. 研究の方法

研究目的達成のため、以下の点を主要な研究の目標として設定した。以下の研究項目では、基本的にはマニピュランダムによって生み出される力場に腕到達運動を適応させる運動学習実験を実施した。

- (1) 運動学習時・想起時の脳状態類似度が運動記憶に及ぼす影響: tDCSを用いて運動学習時と想起時の脳状態を同一にそろえたとき、あるいは異なる状態にしたとき、運動記憶の想起量、時間経過に伴う保持率がどのような影響を受けるのかを調べた。
- (2) 脳状態に依存した運動記憶の脳内表象: 我々が開発したfMRI内で使用可能な手首運動用マニピュランダムを用いて、tDCSによって作り出した脳状態に応じて形成される運動記憶の脳内表象をfMRI脳機能イメージングによって調べた。
- (3) 多様性練習が運動学習過程・想起に及ぼす影響: 標的位置をばらつかせて運動学習を行ったとき(多様性練習)、運動学習速度、運動記憶想起量・維持率がどのような影響を受けるかを検討した。
- (4) 脳状態変動が運動学習過程・想起に及ぼす影響: tDCSを用いて脳状態にバリエーションをつけて運動学習を行ったとき、運動学習速度、運動記憶想起量・維持率がどのような影響を受けるかを検討した。
- (5) 運動学習・想起モデルの構築: 運動記憶素子が学習時・想起時の背景脳状態に依存して動員されることを取り入れた数学モデルを構築し、上記実験結果が理論的に説明可能かどうかを検証した。
- (6) 動作失敗の予兆の検出: 十分に練習した運動スキルでも稀に失敗してしまうことがある。力場運動学習実験を用いて、このような失敗試行の前の脳状態や行動に予兆のようなものが存在するかどうかを検討した。

(7) 全身運動の運動記憶の文脈依存性：到達運動のような低自由度の運動だけでなく、歩行のような全身運動についても文脈依存性の記憶が形成・想起されるかどうか検証した。モーションキャプチャ (MoCap) システムを使ってトレッドミル歩行中の全身動作を計測し、自分のアバターを前方のスクリーンに呈示した。このアバターの動き（歩隔）に被験者が気づかない程度の変更を加えたときに被験者がどのように歩隔を適応的に変化させるか検討した。

#### 4. 研究成果

主な研究成果は以下のとおりである。

(1) 運動学習中の脳状態と想起中の脳状態が同一の場合に比べて、異なる脳状態の場合は、想起中の運動記憶量が小さくなることを実験的に明らかにした。

(2) 感覚運動野への陽極もしくは陰極 tDCS によって脳状態が変化することを、fMRI によって一次運動野の全ボクセルから記録された BOLD 信号に Representational similarity 解析を適用することにより明らかにした。

(3) 課題の多様性の影響：標的位置に中程度（±5 度）の変動をもたせてトレーニングを行うと運動記憶の定着度が増加すること、その一方で変動を増やしすぎると（±20 度）、学習量自体が却って低下することが明らかになった（図 2）。標的位置の多様性と運動記憶の定着度合いの関係を凸関数で近似することにより、±6-7 度程度のばらつきを持った標的位置の場合に記憶定着度が最大化されることを統計的に示すことができた。

(4) 脳状態の多様性の影響：tDCS の電極を 4 つ図 3 のように配置することによって tDCS のパターンを 4 種類作り出すことができる。トレーニング時の tDCS パターンを 1 から 4 に増やすことにより、運動記憶の定着度が増加することが明らかとなった（図 3）。

(5) 背景脳状態に応じて運動記憶素子が動員される数学モデルの構築：上記の運動学習実験、とくに標的多様性の効果の機序を明らかにするために、従来の運動学習数理モデル (Nozaki & Scott, Exp Brain Res 2009 など) に、背景脳状態に応じて運動記憶素子の動員率が確率的に定まる性質を導入した数理モデルを構築したところ、運動記憶の定着度を最適化する標的位置のばらつき度合いの存在を理論的に説明することができた。このモデルの結果に従えば、背景脳状態の多様性が増加によって運動記憶が多数の記憶素子に埋め込まれ、結果的に強固な記憶の形成に寄与していると考えられた。

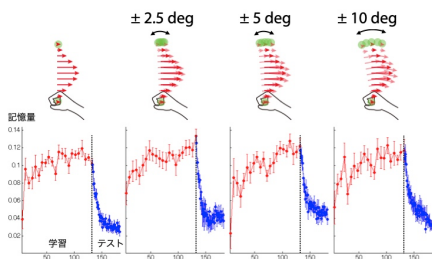


図 2：多様性練習が運動学習に及ぼす影響

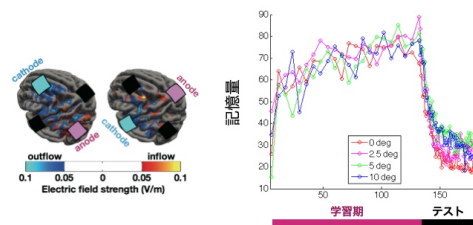


図 3：脳状態多様性練習が運動学習に及ぼす影響

(6) 背景脳状態が運動パフォーマンスに及ぼす影響：低い到達運動パフォーマンスが生じる試行の運動直前には、感覚運動野における alpha 帯、low beta 帯の脳波活動の増加が観察された。さらに、こうした脳波活動の増加は、そのさらに 1 試行前から生じていること、すなわち失敗試行のような低いパフォーマンスの試行の予兆が現れていることを明らかにした。

(7) 歩行運動の学習における文脈依存性：変換を加えたアバターの動きに応じて適応的に歩隔を変化させることが明らかになった。しかし、あくまでこのような学習効果は、アバター等の映像を呈示しないときには消失した。この研究は、幅の決まった歩行路を歩行するという文脈で運動記憶が形成されるが、歩行を行う環境がこの文脈から切り離されるとこの運動記憶が想起されないこと、つまり文脈依存性の存在を示している。

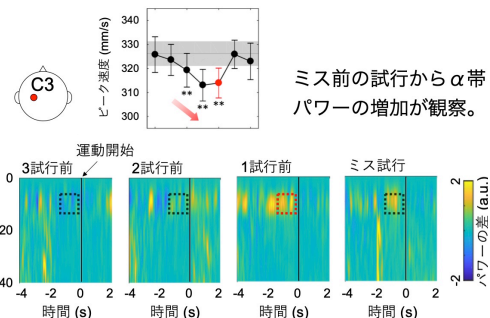


図 4：ミス試行に先立って観察される運動速度の低下と脳活動の変化

## (8) 研究の国内外における位置づけとインパクトおよび今後の展望

①文脈切り替えのメカニズム：運動記憶の文脈依存性については現在も精力的に研究が行われている。特に脳がどのようなメカニズムで文脈を切り替え別々の運動記憶を形成するのか、計算論的な枠組みからの解明が進められている (Heald et al., Nat Hum Behav 2018 等)。しかし脳神経系がどのようにこのような複雑な計算を行っているのか不明な点も多い。我々が提唱している脳状態依存の運動記憶という考え方は文脈の切り替えの複雑なメカニズムを必要としないという点で特徴がある。両者の考え方の関連、またどのように収束していくのかは重要な研究テーマである。

②(スポーツ)心理学との関連：脳状態や運動課題を多様にした方がより頑健な運動記憶が形成されるという結果は、スポーツ心理学においてよく知られている「多様性練習」の効果 (Schmidt, Psychol Rev 1975)、古典的心理学における学習時の文脈を増やした方が後の記憶テストの成績が高いという研究結果 (Smith & Glenberg, Memory & Cogn 1978) と整合性が取れたものである。本研究は、これらの古典的な効果を部分的に説明する神経科学的メカニズムを提案している点でインパクトを有している。多様な脳状態における学習がはたして宣言的記憶の強化にも寄与するのかわかると今後調べていく必要性がある。

## (9) 当初計画していなかった研究の展開

研究を進めていくうちに、運動記憶を形成・想起するときの背景脳状態という考え方は、当初の想定を超えて様々な現象に関連するものであることがわかってきた。

①ミスやスランプとの関連：想起時の脳状態がゆっくりと変化することにより、突然生じるように見える動作ミスや、長期間持続するスランプのような現象が説明できる可能性がある。動作ミスへの背景脳状態の影響については研究成果(6)で触れたとおりである。

②多自由度運動との関連：自由度の高い運動の場合、動作の成否に直接的に関与しない関節や筋の活動は自由に動いてよい。しかし、こうした一見、動作の成否に無関係な動きが背景脳状態の違いを作り出し、動作パフォーマンスやその学習過程に大きな影響を与えていることが考えられる。研究成果(7)で触れたような歩行運動のような多自由度身体運動を対象とした検討が今後必要である。

③多感覚情報統合との関連：身体運動を学習する際の誤差信号は視覚、固有感覚、皮膚感覚、場合によっては聴覚などの複数のモダリティで検出される。あるモダリティの誤差信号に対する学習を行う場合、他のモダリティの信号は誤差信号というだけに留まらず学習時の背景脳状態を変化させる要因としても作用する。我々は、こうした観点から視覚と固有感覚の統合の問題を検討した論文を出版した (Hayashi et al., J Neurosci 2020)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Hayashi T, Kato Y, Nozaki D	4. 巻 40
2. 論文標題 Divisively normalized integration of multisensory error information develops motor memories specific to vision and proprioception	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1560-1570
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1523/JNEUROSCI.1745-19.2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakazawa K, Obata H, Nozaki D, Uehara S, Cennik P	4. 巻 8
2. 論文標題 "Paralympic Brain". Compensation and reorganization of a damaged human brain with intensive physical training	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sports	6. 最初と最後の頁 46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/sports8040046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Fok KL, Lee JW, Unger J, Chan K, Nozaki D, Musselman KE, Masani K	4. 巻 123
2. 論文標題 Cosine tuning determines plantarflexors' activities during human upright standing and is affected by incomplete spinal cord injury	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 2343-2354
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1152/jn.00123.2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Takagi A, Hirashima M, Nozaki D, Burdet E	4. 巻 8
2. 論文標題 Individuals physically interacting in a group rapidly coordinate their movement by estimating the collective goal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 e41328
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7554/eLife.41328	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Takarada Y, Nozaki D	4. 巻 8
2. 論文標題 Motivational goal-priming with or without awareness produces faster and stronger force exertion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 10135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-28410-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takarada Yudai, Nozaki Daichi	4. 巻 103
2. 論文標題 Pupil dilations induced by barely conscious reward goal-priming	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Neuropsychologia	6. 最初と最後の頁 69 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuropsychologia.2017.07.020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計52件(うち招待講演 2件/うち国際学会 22件)

1. 発表者名 平島雅也
2. 発表標題 次世代健康・スポーツサービスの実現に向けた脳・身体科学的取り組み
3. 学会等名 第14回Motor Control研究会、Virtual (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 澤田悟, 門田宏
2. 発表標題 視点変換に伴うリーチング課題時の脳活動の相違に関するfMRI研究
3. 学会等名 ヒューマン情報処理研究会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kadota, H., Sawada, S.
2 . 発表標題 Effect of a viewpoint on long-term retention of motor memory.
3 . 学会等名 29th Neural Control of Movement
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Makino Y, Hayashi T, Nozaki D
2 . 発表標題 Redundant visual error information processing by motor adaptation system according to divisive normalization mechanism
3 . 学会等名 29th Neural Control of Movement ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Hagio S, Azat A, Nozaki D
2 . 発表標題 Sensorimotor adaptation to alteration of postural dynamics induced by a closed-loop perturbation system
3 . 学会等名 29th Neural Control of Movement ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takemi M, Ogasawara T, Siebner H, Nozaki D
2 . 発表標題 Variable brain states practice improves the retention of motor memory
3 . 学会等名 29th Neural Control of Movement ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Kobayashi T, Takemi M, Nozaki D
2. 発表標題 Looking for a sign of failure in actions: Reaching Errors triggered by slowing down of movement and specific brain activity in preceding trials
3. 学会等名 29th Neural Control of Movement (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hagio S, Azat A, Nozaki D
2. 発表標題 A new approach using electrical muscle stimulation to elucidate sensorimotor adaptation in human postural control system
3. 学会等名 International Society for Posture and Gait Research (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takemi T, Kosugi A, Sato Y, Kondo T, Okano H, Ushiba J, Siebner H, Nozaki D
2. 発表標題 Variation of Sensorimotor Cortex Activity during Motor Practice Facilitates the Skill Retention
3. 学会等名 2019 Organization of Human Brain Mapping Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makino Y, Hayashi T, Nozaki D
2. 発表標題 Divisively normalized processing of redundant visual error information by visuomotor adaptation system
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Saito R, Kodama M, Nozaki D, Takemi M
2. 発表標題 Successive failures caused by exploratory action in a reinforcement-based motor task
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hara H, Takemi M, Hagio S, Nozaki D
2. 発表標題 Encoding the control position relative to hand in motor memory for manipulating a tool
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makino Y, Hayashi T, Nozaki D
2. 発表標題 Divisively normalized neural processing of uncertain visual feedback by the visuomotor adaptation system
3. 学会等名 20th Workshop of Mechanism of Brain and Mind (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧野勇登、林拓志、野崎大地
2. 発表標題 運動学習系によるDivisive Normalization則に基づいた視覚情報の処理様式
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武見充晃, Mads J. Madsen, Janine Kesselheim, 田代祥一, Guilherme B. Saturnino, Axel Thielscher, Hartwig R. Siebner
2. 発表標題 Focal transcranial alternating current stimulation to the sensorimotor hand area at individual alpha and beta rhythm; effects on corticospinal excitability
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛山潤一、野崎大地
2. 発表標題 腕到達運動の視覚フィードバック応答が保たれた同名半盲患者の一例
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村井亮介、野崎大地
2. 発表標題 遺伝的アルゴリズムを用いた最適な身体動作の推定
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原基, 武見充晃, 萩生翔大, 野崎大地
2. 発表標題 ヒトの巧みな道具使用を可能にする操作点に依存した運動記憶形成
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋生翔大・Anvar Azat・野崎大地
2. 発表標題 筋電気刺激による閉ループ型摂動印加システムを用いてヒト立位姿勢制御機構の適応性を解明する
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林稔季, 野崎大地
2. 発表標題 両手で道具を操作する冗長な運動課題制御の最適化
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 門田宏
2. 発表標題 脳機能と運動行動の制御
3. 学会等名 第13回臨床精神科リハビリテーション研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayashi T, Nozaki D
2. 発表標題 Divisively normalized integration of visual and proprioceptive motor memories for motor adaptation
3. 学会等名 Neural Control of Movement 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sasaki A, Nozaki D
2. 発表標題 Short-term memory maintenance by motor memory retrieval
3. 学会等名 Neural Control of Movement 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takemi M, Ogasawara T, Nozaki D
2. 発表標題 Motor practice under variable cortical activities fosters the stability of motor memories
3. 学会等名 Neural Control of Movement 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kadota, H. and Sawada, S
2. 発表標題 Effect of the viewpoint on motor learning and brain activity
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ogasawara T, Takemi M, Nozaki D
2. 発表標題 Variety of target position in force-field reaching task affects retention of the motor skill
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hagio S, Nozaki D
2. 発表標題 Muscle-based perturbation using electrical stimulation revealed sensorimotor coordination in multiple muscles during motor adaptation
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Azat A, Hagio S, Nozaki D
2. 発表標題 Sensorimotor adaptation to alteration in postural dynamics induced by a novel electrical muscle stimulation system
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kobayashi T, Takemi M, Nozaki D
2. 発表標題 Looking for a sign of failures: Reaching error triggered by slowing down of movement in preceding trials
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takemi M, Nozaki D
2. 発表標題 Motor practice under transcranially induced variable brain states improves the retention of motor memories
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木彰一, 野崎大地
2. 発表標題 運動記憶の想起は時間経過に依存した忘却を食い止める
3. 学会等名 第12回 Motor Control研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武見充晃, Hartig R. Siebner, 野崎大地
2. 発表標題 運動記憶の安定性を高める多様な脳状態下での運動学習
3. 学会等名 第12回 Motor Control研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林稔季, 武見充晃, 野崎大地
2. 発表標題 熟達した運動スキル遂行時における動作ミスの予兆
3. 学会等名 第12回 Motor Control研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小笠原東洋, 武見充晃, 野崎大地
2. 発表標題 適度な標的位置多様性は運動到達運動記憶の強い定着を促進する
3. 学会等名 第12回 Motor Control研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋生翔大, 野崎大地
2. 発表標題 単一骨格筋ダイナミクスの変化に対する筋活動の修正パターンを明らかにする
3. 学会等名 第12回 Motor Control研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kobayashi T, Takemi M, Nozaki D
2. 発表標題 Looking for a Sign of Failure in Actions: Reaching errors Triggered by Slowing Down of Movement and Specific Brain Activity in Preceding Trials
3. 学会等名 Workshop of the Mechanism of Brain and Mind 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takemi M, Nozaki D
2. 発表標題 Variable brain states practice improves motor memory retention
3. 学会等名 Workshop of the Mechanism of Brain and Mind 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sasaki A, Nozaki D
2. 発表標題 Motor memory retrieval interrupts time-dependent motor memory decay
3. 学会等名 Workshop of the Mechanism of Brain and Mind 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武見充晃、野崎大地
2. 発表標題 背景脳状態に依存して想起・保持される運動記憶
3. 学会等名 第11回モーターコントロール研究
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小笠原東洋、武見充晃、野崎大地
2. 発表標題 標的位置の多様性が到達運動記憶の定着に及ぼす影響
3. 学会等名 第11回Motor Control研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 萩生翔大、神崎素樹、野崎大地
2. 発表標題 筋シナジーを基盤として進む腕到達運動の学習
3. 学会等名 第11回Motor Control研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村岳裕、日高一郎、野崎大地
2. 発表標題 粗大・巧緻運動を支える一次運動野の神経機能
3. 学会等名 第11回Motor Control研究会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 山本健太、池上剛、平島雅也
2. 発表標題 全身動作のリアルタイム視覚情報変換フィードバックシステム
3. 学会等名 第11回Motor Control研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mitsuaki Takemi, Daichi Nozaki
2. 発表標題 Artificially increasing brain state variability enhances motor memory consolidation
3. 学会等名 Winter Workshop on Mechanism of Brain and Mind 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 萩生翔大、神崎素樹、野崎大地
2. 発表標題 腕到達運動学習時における筋骨格系の運動制御則
3. 学会等名 日本体育学会第68回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shota Hagio, Motoki Kozaki, Daichi Nozaki
2. 発表標題 Spatiotemporal control of redundant musculoskeletal system is modularly regulated in motor adaptation
3. 学会等名 International Society of Biomechanics 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shota Hagio, Motoki Kozaki, Daichi Nozaki
2. 発表標題 Low-dimensional modification of musculoskeletal variables in motor adaptation
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yamamoto K, Ikegami T, Hirashima M.
2. 発表標題 Implicit manipulation of gait parameters by a visuomotor adaptation paradigm
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木彰一、野崎大地
2. 発表標題 Short-term maintenance of motor memories by movement execution
3. 学会等名 日本神経科学学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sawada S, Kadota H
2. 発表標題 The effect of viewpoint conversion on motor memory
3. 学会等名 International Workshop on Human-Engaged Computing, Kochi University of Technology
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山崎雛子、田中真理、風間美咲、平上慎之介、二橋元紀、門田宏、関口浩文
2. 発表標題 皮質脊髄路興奮性調節の左右差が小さいほど両手協調運動の学習速度が速い
3. 学会等名 第 72回日本体力医学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 関口浩文、二橋元紀、門田宏
2. 発表標題 皮質脊髄路入手出力特性のgainが高いほど運動学習は早い
3. 学会等名 第72回日本体力医学会大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 林拓志、野崎大地	4. 発行年 2020年
2. 出版社 市村出版	5. 総ページ数 216
3. 書名 運動学習の脳・神経科学 その基礎から臨床まで 「運動の制御と学習におけるオンライン修正とオフライン修正の役割」	

1. 著者名 平島雅也	4. 発行年 2017年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 198
3. 書名 日常と非日常からみる心と脳の科学：「無の境地でナイスプレイ」 身体運動の学習と制御 における意識的なプロセスと無意識的なプロセス	

1. 著者名 門田宏	4. 発行年 2017年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 198
3. 書名 日常と非日常からみる心と脳の科学：よく学び、よく休め	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	門田 宏  (Kadota Hiroshi)  (00415366)	高知工科大学・情報学群・准教授   (26402)	
研究分担者	平島 雅也  (Hirashima Masaya)  (20541949)	国立研究開発法人情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター脳情報通信融合研究室・主任研究員   (82636)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------