

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H02139

研究課題名(和文) 運動機能回復に関わるエラーモニタリングの神経機序解明

研究課題名(英文) An examination of neural mechanisms underlying error monitoring associated with recovery of motor function

研究代表者

正木 宏明(Masaki, Hiroaki)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号：80277798

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：運動学習であるリハビリにパフォーマンスモニタリング(PM)という視座を導入することを目的とした。運動学習を支える脳のエラー検出能力を、脳波の事象関連電位(エラー関連陰性電位：ERNと正反応関連陰性電位：CRN)で評価した結果、運動学習の速度はERNとCRNの振幅値から予測できることを明らかにした。ACL受傷者と受傷未経験者との比較では、前者でERN振幅が小さく、PMの低さが示唆された。fMRIと脳波の併用では、前帯状回と前島皮質との結合性を確認しながらPMを評価する重要性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運動学習過程をパフォーマンスモニタリング(PM)から評価できることを示した意義は大きい。また、PMの低い者は受傷リスクが高いことが示唆され、MPの事前評価によって受傷リスクを低減させる可能性を示した。大筋運動と切り離して認知課題でPMを評価する本研究の手法は、あらゆるスポーツ種目に適用可能であり、応用可能性が高いものである。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to integrate a new perspective of "performance monitoring" as a crucial mechanism of motor learning into rehabilitation science. The error detection capability that supports motor learning was evaluated by recording the error-related negativity (ERN) and the correct-related negativity (CRN) in a spatial Stroop task. It was revealed that both ERN and CRN predicted motor learning processes. Participants who had recovered from anterior cruciate ligament (ACL) injuries exhibited a smaller ERN amplitude than healthy participants, suggesting weaker performance monitoring. In addition, a simultaneous recording of fMRI and ERN showed the importance of evaluating performance monitoring in association with the functional connectivity between the anterior cingulate cortex and the anterior insulae. The paradigm adopted in this study can evaluate ERPs independent of dynamic movements and thus is applicable for any sporting subjects.

研究分野：認知神経科学

キーワード：リハビリテーション科学 パフォーマンスモニタリング エラー関連陰性電位 正反応関連陰性電位
運動学習 tDCS fMRI

1. 研究開始当初の背景

リハビリテーション（以下、リハビリと略記）は運動学習の過程であるため、運動学習の脳内機序を明らかにしてリハビリに応用することが重要視されている（道免, 2001）。これまでも伝統的な運動学習理論を取り入れた実践研究が行われてきた。しかしながら、運動学習の脳内機序に関する最新知見の導入は遅れていた。本研究ではその中でも、パフォーマンスモニタリング(performance monitoring)という新しい視座から運動学習過程を捉え、リハビリに応用可能な基礎的知見を得ることを目指した。パフォーマンスモニタリングの効用は適正動作の学習を促進することにある。これまでもリハビリ期間中に望ましくない神経可塑性が生じて、不良動作を獲得してしまう二次障害や再発要因が指摘されている (Liepert et al., 1995; Levy et al., 2001)。例えば、膝前十字靭帯(anterior cruciate ligament: ACL)損傷後の6ヶ月以上の長期リハビリでは、受傷者自身が不良動作に気づくことが重要である。そのため、気づきを支えるパフォーマンスモニタリングの視座をリハビリに導入することは有意義である。

パフォーマンスモニタリングは、自分自身の動作を監視し、エラーが生じれば、それを検出・修正して、エラーを繰り返さないようにする脳の学習機構であり、運動学習における役割は大きい(Masaki & Sommer, 2012)。リハビリ中の患者は訓練の反復で自身の運動知覚を向上させるようになる。こうした背景には動作に対するパフォーマンスモニタリングが大いに関与している。しかしながら、運動学習過程のパフォーマンスモニタリングについての研究は少なく、学習とエラー検出能力(error-detection capability)との関連は報告されていなかった。

研究代表者はこれまで、脳波の事象関連電位(event-related potential: ERP)のうち、エラー関連陰性電位(error-related negativity: ERN)と正反応関連陰性電位(correct(-response)-related negativity: CRN)を指標としてパフォーマンスモニタリング過程を検証してきた(図1)。ERNは選択反応課題遂行中のエラー反応によって惹起する陰性成分で、頭皮上の前頭-中心部に観察される。一方、CRNは正反応によって惹起する成分であり、機能面でERNとの類似性が報告されてきた。

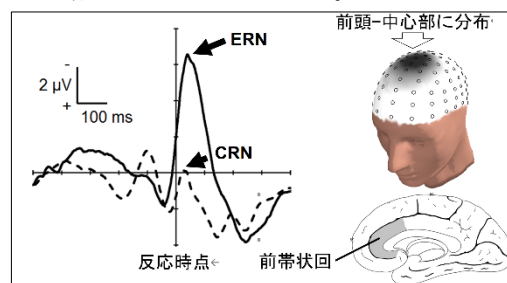


図1 ERNとCRN波形

2. 研究の目的

本研究ではリハビリ科学領域に新しい視座「パフォーマンスモニタリング」を導入することを目指し、エラー検出能力に関する基礎知見を得ることを目的とした。動作エラーの検出と修正は運動学習の本質である。パフォーマンスモニタリングの視座は、リハビリにおいて不良動作の獲得を回避し、最適動作だけを効果的に獲得させる恩恵をもたらすはずである。本研究では、夜間睡眠や経頭蓋直流刺激および交流刺激(transcranial direct current stimulation: tDCS, transcranial alternating current stimulation: tACS)等の適用によって学習速度を操作し、運動学習に伴って変化するエラー検出能力をERNおよびCRNによって捉えることを試みた。

本研究では複雑な連続動作を記憶する運動系列学習と、視知覚と運動との新しい関係性を獲得する適応学習の2つに着目した。運動系列学習には大脳基底核を構成する線条体(尾状核と被殻)が強く関与する一方で、適応学習では小脳の関与が大きい(Doyon et al., 2003)。ERNは前帯状回(anterior cingulate cortex: ACC、図1)由来の電位成分であるが、大脳基底核の影響を強く受けるため(Holroyd & Coles, 2002)、運動系列学習ではERN(およびCRN)が学習過程を顕著に反映するものと考えられた。脳波は時間分解能に優れるが、空間分解能は低い。そのためERN増大に対して線条体がどの程度関与したかはわからない。本研究では脳波の知見を強化するために、空間分解能が高い機能的MRI(functional magnetic resonance imaging: fMRI)を適用し、運動学習に伴う線条体の関与を調べることも試みた。

本研究の最大の特色は、運動学習に伴うエラー検出能力の向上を、運動学習課題とは切り離して評価するところにあった。脳波計測では筋電位等のアーチファクト混入を避ける必要性から、大きな動作課題は使用できない。しかしながら、手指反応による空間ストループ課題で評価したERN/CRNが運動学習過程と対応することを示せば、方法論上の問題は無縁になる。本研究の提唱するパラダイムは、いかなる大筋運動であっても学習課題に用いることができるため、リハビリ科学での応用が期待された。

3. 研究の方法

基本的プロトコル

研究期間内を通して、ERNとCRNは空間ストループ課題で測定した(図2左)。一方、運動学習課題については、運動系列課題および適応課題を用い(図2右)、その学習速度とERN、CRNの振幅値との対応を調べた。

空間ストループ課題（エラー検出能力測定）

モニタ上に注視点が提示された後、注視点の上下いずれかの位置に提示される上下いずれかを指す矢印刺激に対して、矢印の提示位置を無視し、矢印の方向にできるだけ早く正確に反応した（図2左）。反応は上下に配置されたボタン反応で行った。矢印の提示位置と矢印の方向が異なる不一致刺激提示時に、反応は遅延し、エラーが頻出する課題であった。刺激提示後600 ms以内に反応が生じなかった場合には、“too late”をエラーフィードバックとして500 ms間提示した。反応結果には金銭報酬・罰を随伴させて動機づけを操作した。

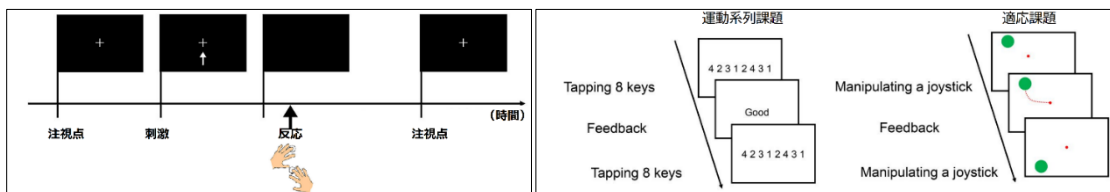


図2（左）空間ストループ課題。この例では不一致刺激が提示されている。矢印が注視点の下に提示されているものの、矢印の向きが上方のため、上のボタンで反応することが求められた。（右）運動系列課題と適応課題。

運動系列課題（運動学習測定）

課題は予め決められた順序通りにキーをできるだけ素早くかつ正確に指弾することであった（図2右）。試行毎に反応順序を数値でモニタ上に2000 ms間示した後、命令刺激が提示された。運動系列は4→2→3→1→2→4→3→1に固定され（1～4の数値はキーボードのV、B、N、Mにそれぞれ対応）、利き手で遂行した。反応毎に視覚フィードバックで成否を伝えた（提示時間1000 ms）。

適応課題（運動学習測定）

適応課題はジョイスティックを用いて、円形カーソル（直径3 mm、0.2°）をスタートポジションからターゲット円（直径16 mm、1.5°）まで、できるだけ素早くかつ正確に移動させることであった。円形カーソルはジョイスティック移動方向に対して左に30度回転して移動するようにプログラムされた。

基本的な実験方法は上記の通りであったが、次項「4. 研究成果」では、その他の実験で得た知見についても方法を含めて記載する。

4. 研究成果

(1) 事象関連電位による検証

実験 1-1: 運動学習とパフォーマンスモニタリングとの関係を明らかにするため、空間ストループ課題の正反応とエラー反応のそれぞれによって惹起するCRNとERNを記録し、運動系列課題と適応課題の学習速度との関係を調べた。

運動学習課題のパフォーマンスは、運動系列課題、適応課題共に、反復練習に伴って向上し、両課題とも向上速度は同程度であった（図3左）。運動系列課題の動作時間短縮は練習初期において顕著であり（Block 1-2: $t(35) = 11.13, p < .001$; Block 2-3: $t(35) = 4.80, p < .001$ ）。動作精度についても練習初期での向上が顕著であった（Block 1-2: $t(35) = 4.12, p < .001$ ）。適応課題の結果も同様であり、練習初期で動作時間は大きく短縮し（Block 1-2: $t(35) = 9.47, p < .001$ ）、正反応率の上昇も顕著だった（Block 1-2: $t(35) = 8.05, p < .001$ ）。

空間ストループ課題の反応時間およびエラー率には、不一致刺激のもたらす干渉効果が有意であった。一方、報酬・罰操作の効果は反応時間には認められなかったものの、エラー率には報酬・罰付加と刺激一致性との交互作用が有意であり（ $F(1, 35) = 10.47, p = .003$ ）、不一致刺激に対するエラー率は、報酬・罰有り条件のほうが無し条件よりも低かった（それぞれ16.9%、21.3%、 $p = .002$ ）。

空間ストループ課題遂行時のERNおよびCRNの振幅値は、FCz部位で反応後0~100 msの区間平均電位を測定した（基線には反応前500~400 msの区間平均電圧を用いた）。運動系列課題のパフォーマンス測定（Block 2からBlock 10にかけての動作の短縮時間）とERN、CRN振幅値との相関関係を調べた結果、有意な負の相関が認められた（ $r = -0.33 \sim -0.69$ ）。一方、適応課題では同様の負の相関は認められなかった（図3右）。

興味深いことに、ERNよりもCRN振幅値のほうが運動系列学習のパフォーマンス向上を明確に予測していた。従来の報告ではCRNもパフォーマンスモニタリング機能を反映することが示唆されている。運動学習過程を捉えるには、エラー試行よりも正解試行時のERPのほうが優れている可能性を示す結果となった。

実験 1-2: 運動学習中に提示するフィードバック信号のうち、誤反応結果を知らせる信号によってERNと同様の成分であるフィードバック陰性電位(feedback-related negativity: FRN)が惹起することから、実験1-1と同様の運動学習課題を用いて、FRNが運動学習を予測するかについて検証した。FRNは反応系処理と独立し、結果の知識(knowledge of results: KR)の処理に関わる認知系の電位成分であるが、ERN同様の振る舞いを示すか確認する必要がある。

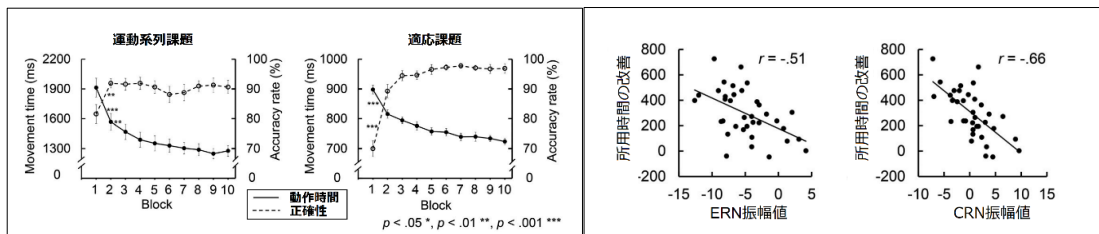


図3 (左) 運動学習課題の遂行成績は両課題とも同様な向上を示した。(右) 運動系列課題の学習は ERN/CRN 振幅値が大きい者ほど速かった (Matsuhashi et al., 2021, *Psychophysiology*)。

FRN を記録するために、参加者 (40 名) に時間評価課題を遂行してもらった。課題はビーブ音(1000 Hz)提示後の 1 秒間を評価し、ボタンを押して反応することであった。ボタン反応後 2500 ms には遂行結果を視覚的にフィードバックした (正解時には微笑み顔、失敗時には渋面の絵を提示した)。課題は正解率 50%になるようにプログラムされており、正解の次試行では正解許容範囲を 10 ms 短縮し、不正解の次試行では正解許容範囲を 10 ms 拡張するように制御されていた。課題は 60 試行×2 ブロック行った。

運動系列課題と適応課題共に、動作所要時間 (両課題とも $p < .001$) および正答率 (両課題とも $p < .001$) に練習効果を認めた。さらに、運動系列課題における学習初期段階のパフォーマンス向上量 (ブロック 1 とブロック 2 の差分) と FRN 振幅値との間に弱い負の相関が認められた ($r = -.33, p = .043$)。また、正解フィードバックによって惹起した陽性波について時間周波数分析を適用し、報酬陽性電位(reward positivity: RewP)を分離抽出した。RewP の振幅値 (フィードバック提示後 200–400 ms の区間平均電位) について相関分析を行った結果、学習初期段階のパフォーマンス向上量との間に弱い正の相関が認められた ($r = .35, p = .031$)。一方、こうした相関関係は適応課題ではみられなかった。

実験 1-1 の結果同様、FRN および RewP 振幅値が大きい者ほど系列動作課題のパフォーマンス向上量は大きかった。ただし、ERN と比較して相関関係は弱く、運動関連処理と直接関係のない FRN では運動系列学習の予測は精度が落ちることが示唆された。

実験 1-3: スポーツ中の受傷経験とパフォーマンスモニタリング機能との関係を調べるため、種々の競技における ACL 受傷者 (6 名) から、空間ストループ課題遂行時の ERN と CRN を記録した (正木・広瀬が担当)。ERN から CRN を減算して求めた差波形は、ACL 受傷者群のほうが受傷経験のない統制群 (6 名) よりも広範囲に渡って小さかった。差波形の振幅値 (反応後 50 ms–350 ms の区間平均電位) を両群で比較した結果、ACL 受傷群のほうが統制群よりも有意に小さかった ($p < .05$)。この結果は一意に解釈できないものの、受傷の背景にはパフォーマンスモニタリング機能の低さが関与している可能性が考えられた。

(2) tDCS の効果検証

実験 2-1: ピアノ演奏のようにクロスモーダルで複雑な手指系列動作の学習に対して tDCS が促進効果をもたらすかについて検証した。参加者 (ピアノ未経験者) を tDCS 群と偽刺激群に振り分け、課題曲 (バッハメヌエット長調) を 20 試行反復練習してもらった。陽極電極を頭皮上 C3、陰極電極を C4 位置に装着し、練習中に 1 mA で 10 分間刺激した。練習直後と 1 日後には、保持テストと転移テストを実施した。パフォーマンス (打鍵タイミング精度) について群(2)×練習試行(20)の 2 要因分散分析を行った結果、練習の主効果は認められたが、tDCS の効果はなかった。交互作用も有意でなかった。両テストともパフォーマンスに群間差はなく、tDCS の促進効果に関する従来の知見を再現できなかった。その原因として課題難度の設定不良が考えられた。

実験 2-2: tDCS で積極的に運動学習を促進させて ERN の動態を調べた。運動系列課題を用い、tDCS で陽性刺激を与える陽性群と偽刺激を行う統制群の 2 群を比較した (各 6 名)。両群とも 10 ブロック (各 25 試行) の課題遂行に伴い、遂行時間に短縮が認められたものの、tDCS の効果はなかった。運動系列課題の前後には空間ストループ課題で ERN を測定した。両群ともに ERN が明瞭に惹起したものの、tDCS に伴うパフォーマンスモニタリングの機能亢進は認められなかった。

(3) 睡眠操作による検証

実験 3-1: 睡眠操作実験では、動作スキル記憶固定の促進効果について検証した (小川が担当)。参加者 (24 名) は非利き手による 8 系列の運動系列課題を就床前と起床後に遂行した。課題遂行時に系列を間違えた場合には "Error" 文字を視覚的にフィードバックし、所用時間が遅い場合には "Too late" 文字をフィードバックした。また、運動スキルの記憶固定に関与する睡眠段階 2 のスピンドル出現量を調べた。さらに、課題遂行結果にジャスミン香を随伴させる操作を行うため、成功時随伴群、失敗時随伴群、統制群の 3 群を設定した。成功時随伴群では就

床前のスキル獲得期に、成功試行に対して香り刺激を提示した。失敗時随伴群では失敗時に香り刺激を提示した。統制群では香り刺激を提示しなかった。ただし、いずれの群も明け方の睡眠段階 2 (起床の 1 周期前の段階 2) の開始後 10 分時点で、ジャスミン香を約 10 分間提示した (30 秒提示+60 秒非提示を 6 回反復)。その結果、睡眠中のスピンドル密度は、成功時随伴群では香り刺激提示前 (10 分間) よりも提示中 (10 分間) に増加した。また同群では、Too late 表示によって惹起した FRN 振幅値が睡眠前よりも起床後に大きかった。失敗時随伴群では、香り刺激提示に伴うスピンドル密度 (香り刺激提示後-提示前の差分値) と Error 表示によって惹起した FRN 振幅値 (起床後-就床前の差分値) との間に強い正の相関が認められ ($r^2 = .92, p < .001$)、スピンドルが多かった者ほど翌朝の FRN 振幅は増大していた。

実験 3-2: 継続的な仮眠(nap)が運動学習に与える効果を検証するため、仮眠群 (連続 3 日間の仮眠) と覚醒群を比較した (西多が担当)。従来、1 回の仮眠が運動学習を促進することが報告されているが、連日の仮眠が運動の記憶固定に及ぼす影響については不明である。そこで、3 日間連続の仮眠の効果について検証した。健常大学生 20 名を仮眠群と覚醒群に振り分けた。実験は 3 日間連続で実施され、仮眠群は仮眠の前後に適応課題 (実験 1-1 参照) を遂行した。課題難度は外乱としての回転角度 (30 度、60 度、90 度) によって操作された。実験終了 1 週間後には保持テストを実施した。その結果、覚醒群と比較して仮眠群は、3 回の介入期間中に有意な記憶固定効果は示さなかったが、保持テストでは 30 度条件において動作時間の短縮が認められた。本実験の結果は、継続的な仮眠によって運動学習が促進されることを示唆している (Preprints で報告、doi: 10.20944/preprints202205.0075.v1)。

(4) fMRI による検証

実験 4-1: 前頭部において θ -tACS (6 Hz、1 mA の交流刺激) を適用し、前帯状皮質尾側部 (dACC) への影響を調べた (小野田が担当)。空間ストループ課題を θ -tACS による刺激前、刺激中、刺激後に遂行した (3 セッション)。 θ -tACS 刺激前後のセッションでは空間ストループ遂行中の脳活動を fMRI で測定した。実験では θ -tACS 群と偽刺激群を比較した。その結果、空間ストループ課題の反応時間と正反応率には θ -tACS の効果はなかった。一方、脳活動については、エラー反応に関連した脳活動が dACC と前島において確認された。しかしながら、dACC 活動に群間差はなく、 θ -tACS の効果を認めなかった。dACC を関心領域として機能的結合マップを算出したところ、dACC は前島と強い結合を示した。エラー反応時の dACC と前島の頑健な活動は、偽刺激群に比較して θ -tACS 群で有意に低下していた。運動学習を促進するには dACC 活動を上方制御するアプローチの必要性が示唆された (脳神経内科誌で報告)。

実験 4-2: 右手把持で強度発揮した際のパフォーマンスモニタリング機能について fMRI を適用して調べた。参加者は右手把握によって標的強度値を出力した後に、遂行結果の予測と確信度を回答し、視覚フィードバックを受けた。標的強度値は、実験前に行った自己ペースによる力量発揮セッションの平均値を使って参加者毎に設定した。運動反応と同時に成功か失敗か「わかる」場合がある。この参加者の主観的正反応に対する「気づき」に関する脳活動を探索的に調べた結果、左頭頂弁蓋部の関与が示唆された。前帯状回の賦活を予想した実験であったが、その他の領域でもパフォーマンスモニタリングが処理されている可能性を示唆する結果であった。

実験 4-3: ここでは事象関連電位との併用によって、フィードバックに対する予期過程について、行為と結果の随伴性と報酬・罰付加の観点から分析した。さらに刺激前陰性電位 (stimulus-preceding negativity: SPN) との対応も検討した。課題は二者択一のギャンプリング課題であり、選択肢に対して自己決定できる試行と、自己決定できずにコンピュータが選択肢を選ぶ試行で予期過程を比較した。フィードバック提示に先行して出現する SPN は、自己決定試行において右半球で顕著な増大を示し、行為の主体感を反映した結果であると解釈された。また、結果提示に対する予期増大の神経基盤を fMRI で調べた。その結果、SPN に及ぼす主体感の効果は右前島皮質に起因することが示された (*Psychophysiology* 誌で報告)。

総括

ACL 損傷アスリートからのデータ収集には困難が伴ったものの、本研究を通してパフォーマンスモニタリングの視座をリハビリ科学領域に導入する礎を築いたものと考えられる。特に運動系列学習にはパフォーマンスモニタリングが大いに関与しており、ERN や CRN の振る舞いからそのプロセスを捉え得ることを示した意義は大きい。大筋運動中の脳波計測は困難である理由から、ダイナミックな動作と分離して、認知課題でパフォーマンスモニタリングを評価する本研究のパラダイムは有効といえよう。また、fMRI と脳波計測の併用で前帯状回と前島皮質との結合性を確認しながら、パフォーマンスモニタリングを評価する重要性も示すことができた。一方、運動学習に及ぼす tDCS や tACS の刺激効果が確実に担保できる実験設定でパフォーマンスモニタリング機能を再検証することは今後の課題として残された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Maruo Yuya, Masaki Hiroaki	4. 巻 55
2. 論文標題 A possibility of error related processing contamination in the No go N2: The effect of partial error trials on response inhibition processing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1934 ~ 1946
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ejn.15658	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 Matsuhashi Takuto, Segalowitz Sidney J., Murphy Timothy I., Nagano Yuichiro, Hirao Takahiro, Masaki Hiroaki	4. 巻 58
2. 論文標題 Medial frontal negativities predict performance improvements during motor sequence but not motor adaptation learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 e13708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/psyp.13708	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 Hackley, S. A., Hirao, T., Onoda, K., Ogawa, K., & Masaki, H.	4. 巻 57
2. 論文標題 Anterior insula activity and the Effect of agency on the stimulus-preceding negativity (SPN)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 e13519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/psyp.13519. Epub 2020 Jan 22.	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 Hirao, T., Vogt, T., & Masaki, H.	4. 巻 52
2. 論文標題 Difference in interoception between long-distance runners and sprinters - An ERP study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medicine & Science in Sports & Exercise	6. 最初と最後の頁 1367-1375
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1249/MSS.0000000000002248	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 Bae, S., & Masaki, H.	4. 巻 13
2. 論文標題 Effects of acute aerobic exercise on cognitive flexibility required during task-switching paradigm	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2019.00260.	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 Kawagoe T, Onoda K, Yamaguchi S.	4. 巻 40
2. 論文標題 The neural correlates of "mind blanking": When the mind goes away	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Human Brain Mapping	6. 最初と最後の頁 4934-4940
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/hbm.24748. Epub 2019 Aug 7	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 Masaki Hiroaki, Hirao Takahiro, Maruo Yuya, Foti Dan, Hajcak Greg	4. 巻 9
2. 論文標題 Feedback-Related Electroencephalogram Oscillations of Athletes With High and Low Sports Anxiety	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 1420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2018.01420	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 Soga Keishi, Masaki Hiroaki, Gerber Markus, Ludyga Sebastian	4. 巻 2
2. 論文標題 Acute and Long-term Effects of Resistance Training on Executive Function	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cognitive Enhancement	6. 最初と最後の頁 200 ~ 207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41465-018-0079-y	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 Maruo Yuya, Murphy Timothy I., Masaki Hiroaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Long-Distance Runners and Sprinters Show Different Performance Monitoring ? An Event-Related Potential Study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 653
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2018.00653	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 Hirao Takahiro, Masaki Hiroaki	4. 巻 8
2. 論文標題 Modulation of Spatial Attentional Allocation by Computer-Based Cognitive Training during Lacrosse Shooting Performance	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 2271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2017.02271	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 正木宏明	4. 巻 68 (8)
2. 論文標題 悪い動きの癖をなおす心理学的支援 - ICCプログラムの試み - .	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 613-616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Hirao Takahiro, Murphy Timothy I., Masaki Hiroaki	4. 巻 54
2. 論文標題 Brain activities associated with learning of the Monty Hall Dilemma task	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 1359 ~ 1369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/psyp.12883	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 Maruo Yuya, Sommer Werner, Masaki Hiroaki	4. 巻 120
2. 論文標題 The effect of monetary punishment on error evaluation in a Go/No-go task	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 54 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijpsycho.2017.07.002	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 Soga Keishi, Kamijo Keita, Masaki Hiroaki	4. 巻 39
2. 論文標題 Aerobic Exercise During Encoding Impairs Hippocampus-Dependent Memory	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Sport and Exercise Psychology	6. 最初と最後の頁 249 ~ 260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1123/jsep.2016-0254	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 Hirao Takahiro, Masaki Hiroaki	4. 巻 8:2271
2. 論文標題 Modulation of Spatial Attentional Allocation by Computer-Based Cognitive Training during Lacrosse Shooting Performance	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2017.02271	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 Maruo Yuya, Murphy Timothy I., Masaki Hiroaki	4. 巻 9:653
2. 論文標題 Long-distance runners and sprinters show different performance monitoring - An event-related potential study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2018.00653	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 Takayoshi Hiroyuki, Onoda Keiichi, Yamaguchi Shuhei	4. 巻 12
2. 論文標題 Do Event-Related Evoked Potentials Reflect Apathy Tendency and Motivation?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2018.00011	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 Mitsuto Nagase Asako, Onoda Keiichi, Clifford Foo Jerome, Haji Tomoki, Akaishi Rei, Yamaguchi Shuhei, Sakai Katsuyuki, Morita Kenji	4. 巻 -
2. 論文標題 Neural Mechanisms for Adaptive Learned Avoidance of Mental Effort	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1995 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/JNEUROSCI.1995-17.2018	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 伊崎翼・浦光博・小川景子	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 受容経験による社会的排斥からの回復に対する個人特性の影響：サイバーボール課題を用いたERP研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 生理心理学と精神生理学	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 広瀬統一	4. 巻 68
2. 論文標題 スポーツパフォーマンスや外傷・障害発症につながる癖ー運動器の観点からー	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 225 ~ 229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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18件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Masaki, H., Matsuhashi, T., & Hirao, T.
2. 発表標題 Routine actions may reduce performance monitoring of athletes
3. 学会等名 the Society for Psychophysiological Research 59th Annual Meeting, Washington DC, USA (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshikawa, N., Hirao, T., & Masaki, H.
2. 発表標題 Quiet Eye duration evaluated by electrooculogram during archery performance
3. 学会等名 the Society for Psychophysiological Research 59th Annual Meeting, Washington DC, USA (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平尾貴大・小野田慶一・小川景子・Hackley, A. Steven・正木宏明
2. 発表標題 行為と結果の随伴性が報酬および罰予期に関する神経活動に与える影響
3. 学会等名 日本生理心理学会第37回大会(文教大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松橋拓努・平尾貴大・正木宏明
2. 発表標題 報酬陽性電位による系列運動学習の予測
3. 学会等名 日本生理心理学会第37回大会(文教大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki,H., Hirao, T., Matsubishi, T., & Murphy, T.
2. 発表標題 Go for it! Encouragement from your leader enhances error monitoring
3. 学会等名 the Society for Psychophysiological Research 58th Annual Meeting, Quebec, Canada (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maruo, Y., & Masaki, H.
2. 発表標題 Involvement of partial errors in response inhibition processing
3. 学会等名 the Society for Psychophysiological Research 58th Annual Meeting, Quebec, Canada (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirao, T., Vogt, T., & Masaki,H.
2. 発表標題 Different interoceptive ability between long-distance runners and sprinters
3. 学会等名 the Society for Psychophysiological Research 58th Annual Meeting, Quebec, Canada (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平尾貴大・丸尾祐矢・正木宏明
2. 発表標題 フィードバック関連電位に対する主成分分析の適用
3. 学会等名 第36回日本生理心理学会(福岡県立大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松橋拓努・正木宏明
2. 発表標題 P300による運動パフォーマンス向上の予測
3. 学会等名 第36回日本生理心理学会(福岡県立大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Soga, K., Vogt, T., & Masaki, H.
2. 発表標題 Effects of cognitive engagements after acute exercise on inhibitory control
3. 学会等名 25th Cognitive Neuroscience Society annual meeting, Boston, Massachusetts, USA, 2018/3 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaki, H., & Matsushashi, T.
2. 発表標題 Increased CNV amplitudes associated with force parameter modification predicts golf putting performance
3. 学会等名 Abstracts of the Society for Psychophysiological Research 57th Annual Meeting, Vienna, Austria, 2017/10 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Soga, K., Vogt, T., & Masaki, H.
2. 発表標題 Effects of acute exercise on memory retrieval of intentionally remembered and intentionally forgotten items
3. 学会等名 Abstracts of the Society for Psychophysiological Research 57th Annual Meeting, Vienna, Austria, 2017/10 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirao, T., Yoshikawa, N., Masaki, H., & Hayashi, N.
2. 発表標題 Brain activities and facial skin blood flow response during motor imagery of the volleyball serve
3. 学会等名 Abstracts of the Society for Psychophysiological Research 57th Annual Meeting, Vienna, Austria, 2017/10 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平尾貴大・正木宏明
2. 発表標題 モンティ・ホール・ジレンマ課題の学習に伴う神経活動変化 - 刺激前陰性電位に着目して -
3. 学会等名 第35回日本生理心理学会(江戸川大学) 2017年5月
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曾我啓史・Tobias Vogt・正木宏明
2. 発表標題 一過性運動が意図的な忘却に与える影響
3. 学会等名 第35回日本生理心理学会(江戸川大学) 2017年5月
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小川景子
2. 発表標題 夢と睡眠 - 夢の発生メカニズムの解明 -
3. 学会等名 日本睡眠環境学会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本周生・小川景子
2. 発表標題 新規の運動学習における効果的な運動イメージの導入タイミングと方法の検討
3. 学会等名 日本生理心理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 瀬戸奏音・小川景子
2. 発表標題 睡眠中の不快な夢の生成要因の検討
3. 学会等名 日本睡眠学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

正木宏明研究室ホームページ http://www.waseda.jp/sem-masaki/menu_5.html

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	広瀬 統一 (Hirose Norikazu) (00408634)	早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授 (32689)	

6. 研究組織（つづき）

	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	西多 昌規 (Nishida Masaki) (10424029)	早稲田大学・スポーツ科学学術院・准教授 (32689)	
研究分担者	小野田 慶一 (Onoda Keiichi) (60432712)	追手門学院大学・心理学部・教授 (34415)	
研究分担者	小川 景子 (Ogawa Keiko) (70546861)	広島大学・総合科学研究科・准教授 (15401)	

	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
連携研究者	平尾 貴大 (Hirao Takahiro) (70824572)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・量子医科学研究所 脳機能イメージング研究部・研究員 (82502)	

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			
米国	University of Missouri-Columbia	Florida State University		
ドイツ	German Sport University Cologne	Humboldt University		
カナダ	Brock University			
スイス	University of Basel			