

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：32675

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560131

研究課題名(和文) 教養教育への導入に向けた「巧みな動き」テストバッテリーおよび評価法の開発

研究課題名(英文) Development of the masterful movement test battery and evaluation method for introduction to liberal arts education.

研究代表者

林 容市 (HAYASHI, Yoichi)

法政大学・文学部・講師

研究者番号：40400668

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、個人の主観に基づいて身体をコントロールできる「巧みな動き」を評価可能なテスト・バッテリーの開発を目指して検討を行った。その結果、独立した指標として、筋収縮による把握の調整力のテスト、身体移動を伴う跳躍動作の調整力のテスト、さらには状況判断能力と上肢および手指の調整力を評価しうる複合ペグボードテストが提案された。今回の結果から、これらのテストを適切に使用することによって巧みな動きを評価できる可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：This research project examined the development of a test battery that assesses masterful movements based on individuals' perceived exertion of somatic senses. As a result, the following new three independent tests were developed to assess coordination ability. First was the grasp force grading test, which depends on muscular coordination. Second was the vertical jump test, which consists of being accompanied with transferal the overall body. Finally, the third was the multiple-pegboard test, which assesses decision-making ability and the dexterity of the upper extremity movements. The results of this study provide evidence of the possibility to assess masterful movements by using the aforementioned tests.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：身体感覚 サイバネティクス 身体活動量

1. 研究開始当初の背景

調整力や神経機能の低下が著しい壮年期から高齢期において、日常の生活における動作を適切に調整でき、自立した日常生活を営む基礎となる身体活動を確立するサイバネティクス系能力、すなわち「動作を巧みに行う」能力の測定・評価法が提案されてきている。しかし、広く一般化するには検討が不十分な状態にあり、信頼性・妥当性・簡便性を有した測定項目であっても、限定された部位の能力を測定する、または単一種目であり全身のサイバネティクス系能力を反映しない場合が多い。そのため、身体の各部位およびそれらの動作や発揮能力を統合して系統立てた測定項目の開発が求められている。また、これらの能力は、従来「体力」の一部とされながらも、実際の教育課程では測定されることは少なく、測定方法の一般化だけでなく、教材としての形態・形式や、導入方法についてもこれまでに議論されていない。

現在、様々な種目・組み合わせで体力測定が実施されているが、そのほとんどが最大努力を発揮した際の値を測定し、エネルギー系の体力レベルや体力要素それぞれの潜在的な能力・キャパシティを測定・把握するものである。しかしながら、身体を自由にコントロールできなければ、スポーツ実践や日常生活における目的行動を達成したりする事は困難になる。それゆえ、状況に応じた適切な筋力発揮による身体コントロールの良・不良、つまり「動きの巧みさ」の程度を高める事が最も重要な要素となる。身体を目的に合わせてコントロールし、巧みに、そして効率的に動作を行うためには、最大で適切な筋力を発揮するサイバネティクス系能力が強く影響する。本研究では、このようなサイバネティクス系能力の高低、すなわち「動きの巧みさ」を身体各部位、さらには全身的な動作を対象に測定し、評価することが可能なテスト・バッテリーの開発に向けて様々な指標の検討を試みた。これは、従来の「最大値」を持って評価されてきた「キャパシティ」としての体力の考え方から、「動き」という現実の身体活動の本質に即した形で、かつ単一ではなく総合的に測定・評価しようとする点が従来にない点にオリジナリティがある。

2. 研究の目的

本研究では、主観的な動作発揮と客観的な指標による評価との関係性を明確化し、生涯にわたり自立した生活を営む上で重要となる適切な身体コントロール、つまり主観に基づいて適切に目的を達成できる「巧みな動き」を評価できるテスト・バッテリーの開発を念頭に、特に身体動作の調整力に着目して種々の測定指標の検討を行った。

3. 研究の方法

(1) 筋収縮による把握の調整力に関する検討

把握のグレーディングの指標としての可能性と過去の運動経験との関係

日常生活に関連が深く、筋の収縮の大きさがその高低に反映される把握動作を対象に、発育発達における様々な段階における運動習慣や運動強度の違いが、青年期の把握の調整能力に及ぼす影響を明らかにすることを目的に探索的な検討を行った。また、把握の調整能力に対する発育・発達段階における身体活動の影響が明確になれば、身体の発育発達段階、さらには身体の発育が完成した後の運動習慣や身体活動の状況が調整力の高低に及ぼす影響を検討することで、身体の発達に合わせた運動習慣の在り方も検討可能となる。これを受け、始めに健康な大学生 438 名 (18.6 ± 0.7 歳, 164.3 ± 9.4 cm, 57.4 ± 11.0 kg) に、スモドレー式デジタル握力計 (グリップ-D: T.K.K.5401, 竹井機器工業社製) を用いて最大把握力の測定を行わせた。その後、最大把握力の 30%, 50%, 70% に該当する目標値を設定し、主観的努力感に基づいてそれぞれに合うように把握の調整力を発揮させた。また、質問紙を用いて、生後から小学校入学以前 (未就学期: 0 から 6 歳), 小学校 1 年生から 3 年生 (小学校低学年: 7 から 9 歳), 小学校 4 年生から 6 年生 (小学高学年: 10 から 12 歳), 中学校 (中学期: 13 から 15 歳), 高等学校 (高校期: 16 から 18 歳) および現在 (大学期: 19 歳以降) の各就学年代における運動量 (年数 × 主観的運動強度) を調査した。この目標値と実測値との差異の大小と、把握力発揮目標値、性別、試技側、最大把握力、質問紙を用いて調査した過去の就学年代における運動量との関係についてマルチレベルモデル分析を用いて検討した。

測定機器の開発

把握における調整力の測定精度を高める目的で、把握の調整力を測定する機器を改良し、平均年齢 18.3 ± 0.7 歳の 215 名の健康な大学生 (男子 129 名: 18.3 ± 0.8 歳, 女子 86 名: 18.1 ± 0.4 歳) を対象に新たな機器を用いた検討を行った。従来、機器を把握して加圧した値 (kg) のみを加算し把握力としていたが、この検討に際して、加圧に加えて減圧した状況も反映され、さらに把握を開始した時点から意図する目標値に達したと判断した時点までの時間 (0.1 秒単位) も測定できるように機器を改良した。この機器を用いて、上記と同様に最大把握力の 30%, 50%, 70% に該当する目標値を設定し、主観的努力感に基づいてそれぞれに合うように把握の調整力を発揮させた。

(2) 身体移動を伴う垂直跳びの調整力に関する検討

垂直跳びのグレーディングの指標としての可能性と過去の運動経験との関係

主動筋の筋活動のみで説明できるような

極めて微細で局所的な単関節運動においては、該当する主動筋の張力が運動のパフォーマンスを決定する要因となることが推察される。しかし、跳躍動作や走動作などの身体移動を伴うスポーツ場面での身体活動においては、主動筋だけでなく協働筋や拮抗筋の活動も大きく影響する多関節運動が重要となり、筋・腱と骨格による槌子の原理なども含めた協働の結果がパフォーマンスとして表出される。そのため、(1)のように筋収縮がそのままパフォーマンスに反映される項目ではなく、身体移動を伴う垂直跳びを用いて調整力の検討を行った。健康な大学生 120 名(18.8±0.9 歳, 男子 49 名:18.6±0.7 歳、女子 71 名:18.9±1.0 歳)を対象に開眼・閉眼状態での垂直跳びの調整力の測定を行い、各就学年代において実施した運動量(運動期間×強度)との関係について検討した。調整力は最大垂直跳躍高の 20%、40%、60%、80%に相当する跳躍目標値と、それらを目標とした主観的努力感に基づく跳躍高との差異で評価した。跳躍は、開眼状態と閉眼状態の二つの条件下において実施させた。ここで得られた目標値と跳躍高との差異を従属変数、跳躍目標値、開・閉眼、性別、最大垂直跳躍高および小学校低学年、高学年、中学校、高校、大学の各就学年代における運動量、被験者効果(変数効果)を独立変数とする共分散分析モデルを混合モデルの枠組みで分析した。

主導筋の単純な骨格筋収縮との関係
実際の筋収縮における調整力は、動作におけるパフォーマンスが求める相対的強度に依存することになるが、これらに対する各骨格筋の単独の筋収縮における調整力の優劣についてはこれまでに検討されていない。これらを受け、対象動作に関連する筋群の出力における調整力が、それらの筋群の協働の結果として表出されるパフォーマンスの調節に対して及ぼす影響、さらには両能力に対する過去のスポーツ・身体活動歴の影響について検討を行った。

特別な運動経験を有しない健康な大学生 7 名を対象に、「局所的な筋収縮の調整力」と「身体移動を伴う動作における調整力」の測定を行った。「局所的な筋収縮の調整力」は、等速性筋力測定器(BIODEX System4, BIODEX MEDICAL SYSTEMS 社製)を用いて膝関節伸展時の主動筋である大腿四頭筋の筋出力の調整力を測定した。最大等速性膝屈曲運動を 180 DEG/sec にて測定し、続いてこの最大値の 20, 40, 60, 80%を目標値とした主観的努力での膝伸展・屈曲運動をランダムに行わせた。「身体移動を伴う動作における調整力」としては垂直跳びを採用し、最大努力(100%)による最大跳躍高を基準に主観的に 20, 40, 60, 80%に相当すると主観的に判断する出力で垂直跳びをランダム順で行わせた。全ての測定時において、利き足の大腿四頭筋(内側

広筋・外側広筋)およびハムストリングス(半腱様筋・半膜様筋)の筋電図(electrical muscle graph: EMG)も測定した。さらに、上記(1)のと同様に各就学年代の運動の状況について質問紙を用いて調査した。

(3) 複合ペグボードテストによる状況判断能力と調整力に関する検討

近年、日常生活活動時に使用される頻度が高い上肢および手指部にフォーカスした運動調節系のテストが開発されており、その精度や妥当性の検討が進められている(Koen et al., 2001)。種々のオープンスキルの身体活動やスポーツ動作において共通している要素として、他者の動きや何らかの外的環境の変化などの様々な状況を判断し、その状況に対応した動作を素早く遂行する能力が挙げられ、選択反応課題を用いて測定が行われている。状況判断能力とその状況に応じた運動調節能力を複合して評価することによって、実際の競技場面で求められる技能を評価することが可能であると予想されるが、それに該当する評価法を提案しているものはごく僅かである(大田と木塚, 2014)。状況判断能力と運動調節能力とを複合した能力は特にオープンスキルのスポーツにおいて重要な要素の 1 つであるとも予想されるが、客観的に評価する指標が確立されていない。これらのことから、本研究では巧みな動きを求められる頻度が高いと考えられる上肢および手指部について、それらを用いた巧みな運動調節能力と状況判断能力の両者を踏まえた評価することを目的に、上肢および手指の運動調節能力状況と判断能力とを複合して評価することのできる「選択課題を含むペグボードテスト」を試作し、従来の課題との関係を調査することであった。

この検討では、健康な大学生 34 名(21.4±0.9 歳, 男子:21.5±0.8 歳, 女子:21.4±0.9 歳)を対象とし、全員に 3 種類のテストを行わせた。一つ目は「選択課題を含むペグボードテスト(選択ペグテスト)」であり、自作したボードを机上に水平になるように設置し、直径 4mm、長さ 20mm の金属製のペグの下端 5mm にボードに対応する色を塗付した。このペグは、テスト開始時には無作為な順序でボード中央のエリア(中央エリア)に挿し込んだ状態に設置した。対象者は一方の手のみを用いて中央エリアに差し込まれているペグを抜き取り、ペグ下端部の色と同色のエリアに挿し込む。ペグは 1 本ずつ移動させ、30 秒間で正しく移動できたペグの本数を評価した。試技中にペグを落とした場合、拾わずに試技を続けさせた。誤ったエリアおよび穴に挿してしまった場合でも修正せず、そのまま試技を継続させた。十分な説明と練習の後、利き腕から順に各腕 2 回ずつ試技を行わせ、2 試技の成績の平均を代表値として用いた。2 つめは、「選択課題を含まないペグボードテスト(ペグテスト)」であり、

選択ペグテストと同一のボードを用いて上肢の作業能力の測定を行わせた。対象者はピンの色に関わらず、規定の順にペグを移動させた。3 つめは「選択反応課題」であり、PCのモニターに呈示される8色の視覚刺激とそれらに対応する同色に色付けされたキーを用いた。本研究で用いた選択反応課題は Visual Studio 2012 (Microsoft 社) を用いて作成し、PC モニター上の開始ボタンをクリックすると3秒から10秒の範囲で8色の四角形がランダムに呈示され、その色と同色に色付けされたキーを押すまでの時間を計測した。

4. 研究成果

(1) 筋収縮による把握のグレーディング能力に関する検討

過去の運動経験との関係

最大把握力の30%を目標とした場合、目標値と実測値の絶対値の差異は男性の利き手で 6.7 ± 5.0 kg (非利き手: 7.5 ± 5.1 kg) であった。同様に、50%および70%を目標とした場合には、利き手でそれぞれ 6.9 ± 4.9 kg および 6.2 ± 4.2 kg、非利き手で 6.8 ± 4.7 および 5.1 ± 3.3 kg であった。同様に、女性の筋力発揮も30%を目標とした場合には、利き手で 5.5 ± 3.9 kg (非利き手: 6.3 ± 4.4 %), 50%では 5.6 ± 3.9 kg (非利き手: 5.3 ± 3.4 %), 70%では 4.6 ± 2.9 kg (非利き手: 3.7 ± 2.5 %) と、男性と同様に目標値が最大値に近いほど、目標値と実測値の差異が小さくなっていった。また、マルチレベルモデル分析の結果、把握力発揮目標値、最大把握力および小学校低学年における運動量に有意な主効果が認められた。把握力発揮目標値をみると、目標値30%と50%間には差異が認められないものの、目標値70%は目標値30%および50%よりも有意に小さな差異であった ($P < 0.001$)。また、各就学年代で運動習慣の有無をみると、小学校高学年において運動経験を有していた者が最も多く (68.9%), 次いで中学校期 (68.7%), 小学校低学年 (55.5%) の順となっていた。さらに、運動を実施していた期間については、中学校期が最も長く 1.9 ± 1.4 年であり、小学校高学年が 1.8 ± 1.3 年であったが、未就学期、小学校低学年、高等学校期における平均値は1.3年とほぼ同程度であった。これらにより、青年期における把握の調整力は目標とする発揮レベルが高いほどそして最大握力が大きいほど誤差が小さくなる事、さらには7~9歳の時期に実践していた運動のあり方によって、青年期における把握の調整力が強く影響を受ける可能性が示された。この結果は、現在の運動習慣と共に、把握の調整力が過去の運動習慣の影響を受ける可能性を示唆するものであり、把握の調整力の体力測定項目としての特殊性や有用性が示されたと共に、小学校時代の児童期における身体活動のあり方を再検討する必要性を示

唆するものである。

測定機器の開発

最大把握力の30%に相当する目標値に合わせて把握力を発揮した結果、目標値と実測値の差異は男子の利き手で 3.6 ± 6.1 kg (非利き手: 4.9 ± 6.1 kg) であり、(1) ので測定された 6.7 ± 5.0 kg (非利き手: 7.5 ± 5.1 kg) と比較して誤差が小さいという結果が得られた。これは、最大把握力の50%を目標とした場合の 1.3 ± 6.0 kg (非利き手: 3.1 ± 6.3 kg), 70%を目標の -0.7 ± 6.3 kg (非利き手: 1.8 ± 4.2 kg) でも同様に機器を改良した場合において目標値と実測値の絶対値の差が小さい値を示していた。このような把握の実測値の目標値に対する誤差が小さくなる傾向は、女子学生においても同様に認められ、一般に広く普及している把握の測定機器を用いるよりも、今回改良した把握の際の減圧にも対応しうる機器を用いた方がより厳密に調整力の測定が可能になることが示された。また、同時に測定した把握の差異の計測時間については、全対象者の利き手で30%を目的とした場合には 1.9 ± 2.3 秒 (非利き手: 1.4 ± 1.3 秒), 50%の場合には 1.8 ± 1.6 秒 (非利き手: 1.7 ± 1.8 秒), 70%の場合には 2.2 ± 2.3 秒 (非利き手: 1.8 ± 1.3 秒) であり、単に目標値ごとの数値には明確な差異は認められなかった。しかし、成績の優劣、さらには筋力や運動習慣などの関係を検討することにより、新たな知見が提供される可能性も示唆された。

(2) 身体移動を伴う垂直跳びのグレーディング能力に関する検討

過去の運動経験との関係

視覚条件である開眼・閉眼状態それぞれにおける主観的努力感に基づく跳躍の結果について、各目標値と実測値との差異を図1および2に示した。分散分析の結果、跳躍目標値 ($F[3, 357] = 33.38, P < 0.05$) と視覚条件 ($F[1, 119] = 9.49, P < 0.05$) の主効果および交互作用 ($F[3, 357] = 4.41, P < 0.05$) に有意性が認められた。その後、対応のあるt検定により跳躍目標値毎に分析した結果、跳躍目標値20%のみで有意な視覚条件の差が認められた ($P < 0.05$)。また、4つのモデルで共分散分析を行い、算出されたBICに基づいて各モデルの妥当性を検討した結果、跳躍目標値、開・閉眼、性別、最大垂直跳躍高を組み込んだモデルが採択された。そこで、このモデルにおいて各独立変数のF値を検討したところ、切片、跳躍目標値、視覚条件、および小学校低学年の運動量 (運動時間 \times 強度) のF値に有意性が認められた。この結果から、跳躍目標値、開・閉眼、性別、最大垂直跳躍高、中学校期の運動量のF値に有意性が認められた。基礎動作としての把握の調整力に対して小学校年代の運動歴が影響していたが、垂直跳びという身体移動が伴

う測定項目の調整に対しては、該当年齢が高い中学校期における運動の量・強度が青年期の影響する可能性が示された。

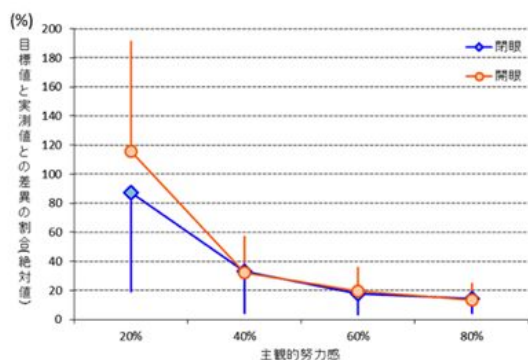


図 1 垂直跳びにおける各目標値と主観的努力に基づく実測値との差異の割合：絶対値

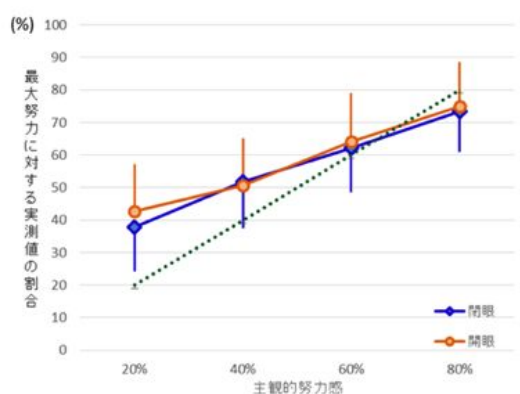


図 2 各目標値に対する主観的努力感に基づく実測値の一致度

主導筋の単純な骨格筋収縮との関係

垂直跳びの最大値に対する 20, 40, 60, 80% それぞれの目標値に対する実測値の差異 (%) と、角速度 180 DEG/sec での脚伸展時における最大トルク/体重, 平均パワー, 加速時間の各目標値に対する実測値の差異 (%), さらに就学年代ごとに算出した年間当たりの各運動量との関係を検討したところ、「加速時間」($r = 0.51, P < 0.05$) および「中学期における年間の運動量」($r = 0.40, P < 0.05$) との間のみ有意な相関係数を示した。他方、他の就学年代、特に測定を実施した時期に近い高校期や大学期（現在）の運動経験や運動習慣は、垂直跳びやバイオデックスによる筋力発揮の調整力とは有意な関係を示さなかった。また、最大トルク/体重, 加速時間, 平均パワー, 垂直跳びの跳躍高それぞれにおける 20% から 80% の各目標値に対する実測値の誤差について、二要因の分散分析を用いて分析した結果、測定指標間および各目標値間に有意な主効果が認められた。つまり、身体移動を伴うパフォーマンスである垂直跳びの跳躍高を調整する能力と、大腿部の局所的な骨格筋における筋力発揮に関する種々の調整力とは、発揮される強度によってその関係性が対応しなくなる事が示された。今回得

られた結果を総合的に判断すれば、主動筋の局所的な筋収縮における調整力の高低は、かならずしも身体移動を伴うようなパフォーマンスにおける調整力の成績の多くを説明するものではないことが示唆された。また、身体活動、特に身体移動を伴うようなパフォーマンスにおいては、身体の重量・質量を適切に移動させるために単なる骨格筋の収縮だけでなく、様々な体性間隔や固有感覚の協働が重要となるが、そのためには特に中学校年代においてある一定以上の時間・強度を踏まえた運動量の確保が重要となりうることになる。この研究の結果、身体移動を伴う垂直とびにおける跳躍高の調整に対し、動作時に収縮する主動筋群の調整力が跳躍高によって異なる関係性を有することが明らかになった。これにより、垂直跳びの調整力は単なる骨格筋収縮のグレーディング能力だけでなく、身体移動の程度を調節するための能力を含む指標となりうる事が示唆された。

(3) 複合ペグボードテストによる状況判断能力と調整力に関する検討

選択ペグテストの成績は、利き手で 15.5 ± 1.2 本 (13.0 - 18.0 本), 非利き手で 14.5 ± 1.2 本 (12.0 - 17.0 本) であった。ペグテストの成績は、利き手で 21.0 ± 1.7 本 (17.0 - 25.0 本), 非利き手で 18.9 ± 1.5 本 (14.5 - 22.0 本) であった。なお、全ての対象者において、選択ペグテストよりもペグテストの方が良い成績を記録した。選択反応課題の成績は 706.4 ± 91.7 msec (531.5 - 920.5 msec) であった。また、選択ペグテストの成績を従属変数、従来のペグテストの成績および選択反応時間を独立変数とする強制投入法による重回帰分析を用いて分析した結果、両試技側において有意な回帰式が得られたが、いずれの試技側においても決定係数は低い値を示した (利き手: $R^2 = 0.25, P = 0.01$, 非利き手: $R^2 = 0.35, P < 0.01$)。選択反応時間は、感覚刺激を受け取り中枢へ伝達する、感覚刺激を識別する、対応する反応動作を選択する、運動プログラムが構築され筋が活動する、という 4 つの時間に区分される (Welford, 1980) が、選択ペグテストにおける選択課題遂行時には、「選択反応課題」と比較し、の運動プログラムの構築に多くの時間を要していると推察され、運動プログラム構築に要する時間の個人差が成績に影響を及ぼしている可能性が考えられる。このことから、選択ペグテストの成績について、単純なペグ移動のスキルと選択反応時間だけでは十分に説明できないことが明らかとなり、両者を複合して測定することによって、様々な状況に応じて判断・行動が求められる場面において適切に身体活動を遂行するための新たな能力の評価が可能になると推察された。

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)

[学会発表](計 3 件)

宮本健史, 若田部舜, 林容市. 選択課題を複合した上肢の調整力テストの試作と選択反応時間との関係. 日本体育測定評価学会第 16 回大会, 2017 年 3 月 5 日, ホルトホール大分, 大分県大分市.

林容市, 齊藤康太, 宮本健史, 泉重樹. 局所的な骨格筋の巧緻性が全身動作の巧緻性に及ぼす影響および運動経験との関連. 第 64 回日本教育医学会大会. 2016 年 8 月 18 日, 三重大学, 三重県津市.

宮本健史, 林容市, 高橋信二, 速水達也. 青年期の垂直跳びにおける調整力と各就学年代の運動量との関係. 日本体育測定評価学会大 15 回大会. 2016 年 2 月 28 日, 二松学舎大学九段キャンパス, 東京都千代田区.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林 容市 (HAYASHI Yoichi)
法政大学・文学部・講師
研究者番号: 40400668

(2) 研究分担者

泉 重樹 (IZUMI Shigeki)
法政大学・スポーツ健康学部・教授
研究者番号: 10438955

高橋 信二 (TAKAHASHI Shinji)
東北学院大学・教養学部・准教授
研究者番号: 50375482

速水 達也 (HAYAMI Tatsuya)
信州大学・全学教育機構・准教授
研究者番号: 50551123

林 園子 (HAYASHI Sonoko)
法政大学・スポーツ健康学部・助教
研究者番号: 70633585