

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月3日現在

機関番号：32616
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22500588
 研究課題名（和文） 捕捉動作における認知・予測・運動制御スキルと動作失敗メカニズムの検討
 研究課題名（英文） Discussion of skills of recognition, anticipation and motor control and mechanisms of miss action in catching
 研究代表者
 竹市 勝（TAKEICHI MASARU）
 国土館大学・政経学部・教授
 研究者番号：30265962

研究成果の概要（和文）：

本研究は、仮想環境において運動物体の遮蔽後距離予測課題を用いて実施した。様々な条件における結果から、課題に対する注意が、過小評価に関与する可能性が示唆された。

速度比較課題から、遮蔽後の運動物体の距離予測課題における速度表象は、実速度とほぼ等しいことが明らかになった。単一条件課題と複数条件課題の比較では、複合条件のエラーが単一条件より大きかった。その結果から、注意の分散が過小評価に影響することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

This study carried out by using tasks of distance anticipation of moving object after occlusion in virtual environment. Results of in various conditions suggested the possibility that attention to the task concerned with the underestimation.

Velocity comparison task make it clear that representational velocity of distance anticipation tasks of occluded moving object approximately equal to the actual one. Comparison between simple and multiple tasks showed that an error of multiple was larger than simple. The result suggested that the attention distribution influenced underestimation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：捕捉動作、認知特性、予測特性、運動制御

1. 研究開始当初の背景

これまでの我々の研究では、認知→予測→運動制御の動作プロセスの中で、運動制御を除く認知から予測までの局面に着目し、その特性を検討してきた。運動物体の認知に関しては、表象的慣性 (representational

momentum)、フラッシュラグ (flash-lag) など、位置認知エラーに関する報告がある。我々の研究では、遮蔽後の運動物体の位置予測タスクにおいて、運動物体の位置を過小評価する現象を発見した (予測速度低下現象) [3]。この研究において、運動物体の認知位置や遮蔽物体の予測位置に関して、予測エラーや認

知エラーを生じることが報告されている。さらに、位置予測能力について、個人差の存在を示唆する結果も得られた[3]。このように、認知、予測局面においてエラーを生じることから、目的の動作を失敗する要因が、認知や予測の部分に存在する可能性が考えられる。

動作の最終プロセスである運動制御は、これまで研究から除いていたが、ここにもエラーの可能性が存在し、これまでの認知、予測特性の見知とあわせて考えると、各局面のパフォーマンスを個々に分離して検討すること、捕捉動作全体のパフォーマンスについて検討することで、エラーの影響や動作失敗のメカニズムが明らかになると考え、本研究の着想に至った。

一方、実験環境構築の技術面において、認知、予測という心理的情報処理過程を測定評価する実験課題は、運動の再現性、正確性、設定条件の変更など、現実環境では精度や利便性に限界がある。このような点において、仮想現実感(virtual reality:VR)技術を用いたシステムは、物体運動の正確な速度や軌道の再現、あらゆる実験環境を簡単に設定、変更ができ、実験者の意図する課題や環境を自由に構築することが可能である。本研究では、このようなVRシステムの優れた操作特性を活用し、詳細な認知予測実験を実施することにより、個々の局面パフォーマンスと全体の動作パフォーマンスとの関連について検討すること可能であると考え。例えば、局面パフォーマンスと捕捉動作の失敗要因について特定できれば、VRシステムを利用することにより、認知・予測・運動制御能力の部分に対して、現実環境では不可能なレベルの高度なタスク(例えば、160km/hの速球ピッチャーの投球を提示するなど)を設定し、訓練することも可能である。

このように、心理的情報処理過程の予測、認知、運動制御局面へのトレーニングにより、打球や捕球などの捕捉動作や、他の動作または運動パフォーマンスの向上が可能になれば、これまでになかった新たなトレーニング法の開発も可能であると考えたことから、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

一連の動作プロセスの構成要素である認知、予測、運動制御の各局面個々における能力について検討するために、本研究では下記の点を目的とする。

(1) 認知、予測、運動制御の各局面における能力について明らかにする。

(2) 第2に、難易度の異なる評価用捕捉動作を数種類選択し、認知、予測、運動制御の能力と捕捉動作パフォーマンスとの関係について明らかにする。

(3) 捕捉動作パフォーマンスに因果関係が

認められる要因に対しトレーニングを実施することにより、各局面へのトレーニングが捕捉動作パフォーマンスに与える影響について明らかにする。

これらのプロセスを経て、トレーニング開発に関する基礎的研究を行い、新たなトレーニング方法の開発、教育や医療分野への応用へと発展させたいと考えている。

3. 研究の方法

課題で使用する仮想環境を構築し、構築されたシステムによって、各種課題実験を行い、データを収集した。

(1) 仮想環境

コンピュータにより視覚刺激を生成・制御し、22インチCRTディスプレイ上に描画した。描画速度は100 frames/s、ディスプレイのリフレッシュレートは100 Hzとした。観察距離は、0.55mとし、頭部の位置がずれないように、固定装置に顎と額を接触させ固定した(図1)。

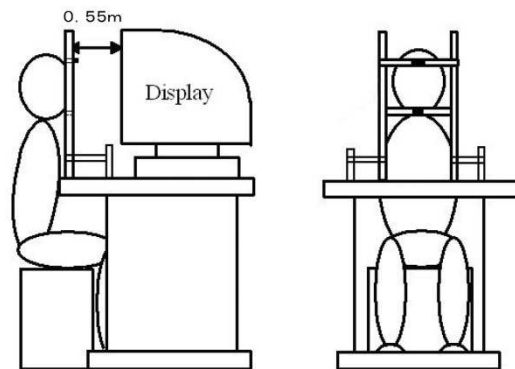


図1 実験セットアップ

(2) 課題用視覚刺激

視覚刺激は、図2のようにディスプレイ上に表示された仮想環境をベースとして各種条件において課題実験を行った。ディスプレイに描画した視覚刺激は、仮想環境において、左から右へ運動物体の水平方向等速直線運動を黒色の背景に再現した。運動物体は直径0.65 degの黄色ボール、運動速度は10 deg/sとした。運動物体のスタート位置は、画面中央から左へ19.4 degの位置とした。運動物体は画面中央から板により遮蔽され、再出現による移動距離の逆算を防止するために、再出現はさせなかった。板は画面中央から右へ配置し、横幅17.7 deg、縦幅6.45 degの水色とした。位置予測の合図としてのトリガ刺激は、板全体を水色から紫色へと変色させた。板には回答や指示の基準となる目盛りを、1.35deg毎に等間隔で18個表示した。

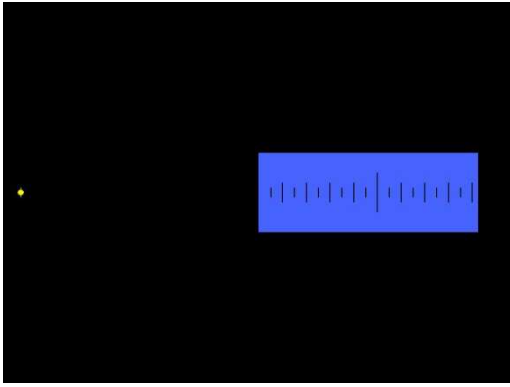


図2 実験課題用視覚刺激画面（統制条件課題）

(3) 各種の課題実験

① 速度表象の評価実験

遮蔽後の運動物体の速度表象を評価するために、図2の視覚刺激にストライプフロー条件を加え表示した（図3）。ストライプフローは、板の上下に配置し、板から0.48deg離れた縦幅0.65deg、横幅17.7degのエリアに表示した。ストライプは、板の横幅に合わせて配置し、横幅0.08degの黄色（運動物体と同色）と1.27degの黒色（背景と同色）の連続とした。ストライプは、運動物体のスタートから遮蔽時までは停止した状態で表示し、遮蔽後板の変色時刻まではストライプが左から右へ水平方向に等速で動かした。その速度は、2deg/sから18deg/sまで2deg/s毎に9種類を設定した。

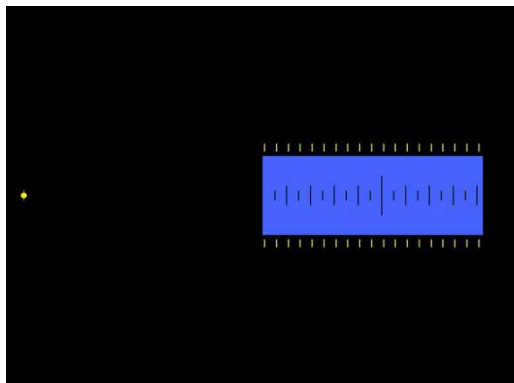


図3 統制条件にストライプを追加した視覚刺激

被験者は、男性3名（18～19歳）であった。いずれの被験者も視力は、矯正視力で0.7以上であった。被験者には、運動物体の移動速度とストライプの運動速度を比較させた。速度比較は、遮蔽後の移動距離の回答直後に、遮蔽後運動物体の移動速度と比較して、ストライプの運動速度が、「速い・同じ・遅い」

の3件法で回答させた条件（遮蔽条件）と遮蔽されない（板の上を移動するのが見える）条件で速度を比較し回答させた条件（下肢条件）で行った。それらの回答から2重上下法により、ストライプの運動速度を調整し、40試行を行った。遮蔽時間は、0.2sから1.0sまで0.2s毎に5種類をランダムに呈示した。ストライプの運動速度は、遮蔽後運動物体の移動速度と比較して明らかに遅く感じる2deg/sから呈示を開始する試技と、明らかに速く感じる18deg/sから呈示を開始する試技をランダムに繰り返した。それぞれの条件で転換点は、40試技の中で5回以上出現した。2回目から5回目までの8転換点の平均を速度表象とした。

② 注意分散の影響に関する実験

②-1 空間的注意追加条件

被験者は、男性（18～23歳）8名であった。運動物体への注意配分を、さらに減少させる前の基準となる条件として、遮蔽後移動距離見越課題を統制条件とした（図2）。運動物体の遮蔽開始時刻から板の変色によるトリガ刺激呈示時刻までの時間は、0.2secから1.0secまで0.2sec毎に5種類をランダムに呈示し、40試行を行った。

注意を分割させる空間として、図3のように運動物体を遮蔽する板の上下に、ストライプフローを配置した課題で実験を行った。そのストライプフロー（運動）速度と、遮蔽後の運動物体の速度の比較を統制条件の課題と同時に進めた。以下、空間的注意追加条件と表記する。速度比較を行うためには、ストライプフローへ注意を分割する必要がある、運動物体への注意が減少すると考えられる。

ストライプフローは、運動物体のスタートから、トリガ刺激呈示時刻まで表示した。ストライプフローは、運動物体の遮蔽開始時刻から、トリガ刺激呈示時刻まで、左から右へ等速で動かした。その速度は、2deg/sから18deg/sまで2deg/s毎に9種類を設定した。速度比較は、移動距離の回答直後に、遮蔽後の運動物体速度と比較して、ストライプフローの移動速度を、「速い・同じ・遅い」の3件法で回答させた。その回答から2重上下法により、ストライプフローの速度を調整し、40試行を行った。

②-2 記憶課題追加条件

前述のa)と同じ被験者を対象として実施した。統制条件に記憶課題を追加する条件を用いて実施した。以下記憶課題追加条件と表記する。追加する記憶課題は、2から5のいずれか一つの整数、および、その後のマウスのクリック動作とした。被験者は実験1と共通である。被験者には、統制条件のトリガ刺

激である板の変色直後に、その板の変色時に見越した位置から、事前に記憶した数字と同じ数の目盛り、物体が移動したと判断したときにマウスをクリックさせた。これを40試行行った。

③ 受動的注意分散に関する実験

統制条件として、運動物体の遮蔽開始時刻からトリガ刺激呈示時刻までの時間（以下遮蔽時間）に、遮蔽後運動物体が移動したと予測した距離を、板の目盛りを基準に口答にて回答する課題を行った（遮蔽後移動距離見越課題）。

統制条件課題においてストライプフローを呈示するがその動きを無視するように指示した条件（以下ストライプ呈示無視条件）とストライプフローの速度と遮蔽後運動物体の移動速度を比較させる課題を追加した条件（以下ストライプ呈示意識条件）について、図3のような仮想環境を用いて実験を行った。ストライプは、運動物体スタートから板の変色時刻まで呈示した。ストライプを、運動物体が板の左端を通過した時刻から板が変色するトリガ刺激呈示時刻まで、左から右へ水平方向に等速で動かした。その速度は、2deg/s から18deg/sまで2deg/s毎に9種類を設定した。

速度比較は、移動距離の回答直後に、遮蔽後運動物体の移動速度と比較して、ストライプの運動速度を、「速い・同じ・遅い」の3件法で回答させた。要領は前述の2-1と同様であった。それぞれの条件で転換点は、40試技の中で5回以上出現した。2回目から5回目までの8転換点の平均を主観的等価速度とした。

4. 研究成果

(1) 速度表象の評価実験

図4は、3名の被験者のうち1名（被験者C）における速度表象の評価結果を示したものである。表1は、3名の被験者の遮蔽条件と可視条件における予測速度と速度表象を示したものである。予測速度とは、遮蔽条件と可視条件の課題において回答した位置（距離）と位置を回答する時刻（時間）から計算した物体の速度である。被験者Aの速度表象は、可視条件で8.50deg/s、遮蔽条件で7.85deg/s、被験者Bの速度表象は、可視条件で9.95deg/s、遮蔽条件で9.00deg/s、被験者Cの速度表象は、可視条件で8.30deg/s、遮蔽条件で8.15deg/sであった。呈示した運動物体の実速度は10deg/sであることから、被験者3名ともに、可視条件では、予測速度および速度表象は、ほぼ実速度と等しい速度であった。しかし、遮蔽条件では、予測速度が著しく低下しているにもかかわらず、速度

表象はほぼ実速度に近い速度であった。

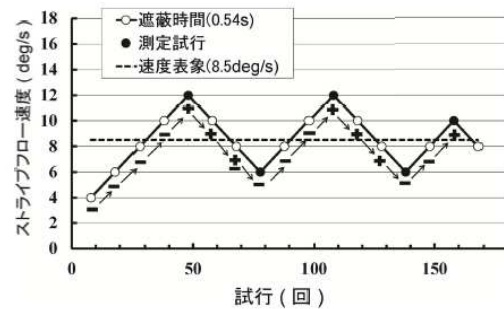


図4 被験者Cの速度表象の評価結果

表1 予測速度と速度表象

	可視条件		遮蔽条件	
	予測速度 deg/s	速度表象 deg/s	予測速度 deg/s	速度表象 deg/s
平均	8.42	8.32	7.84	8.33
被験者A	8.40	8.50	7.82	7.85
被験者B	9.57	9.95	7.73	9.00
被験者C	8.29	8.30	7.78	8.15

(2) 注意分散の影響に関する実験

① 空間的注意追加条件

被験者が予測し、回答した遮蔽開始時刻からトリガ刺激呈示時刻までの運動物体の移動距離（以下予測距離）は、大幅に過小評価されることが分かっている。その過小評価の主要な原因として、遮蔽開始時刻およびトリガ刺激呈示時刻における運動方向への物体の位置錯覚は否定されているが、呈示時間と予測距離の関係から運動方向への位置錯覚が見られ、僅かながら移動距離の過小評価に影響していると考えられる。そこで、この位置錯覚の影響を、以下の方法にて補正した。

被験者Aの見越距離の算出例を図5に示す。横軸に呈示時間、縦軸に予測距離をとり、被験者の40試行の、呈示時間に対する予測距離をプロットした。このプロットは、直線に最も近似されるために、回帰直線を求めた。この回帰直線の切片は、被験者の位置錯覚量の平均的な値と考えられる為に、各予測距離から切片を引いた距離の平均を、物体の移動距離を100%とした比率で表したものを見越距離として算出した。

前述の方法で算出した見越距離は、統制条件では $46.8 \pm 10.4\%$ （平均±標準偏差、以下同表記）、空間的注意追加条件では $35.6 \pm 9.4\%$ であった。t検定を行った結果、統制条件と比較して、空間的注意追加条件の方が、有意 ($p=0.026$) に小さい値を示した（図6）。

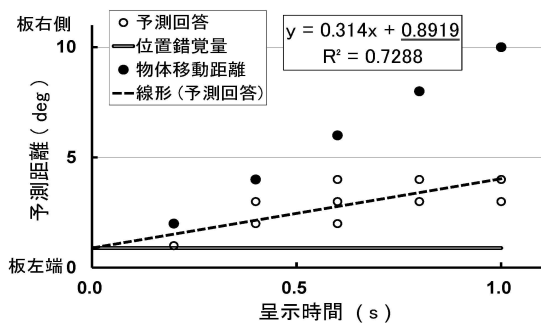


図5 被験者Aの見越距離の算出例

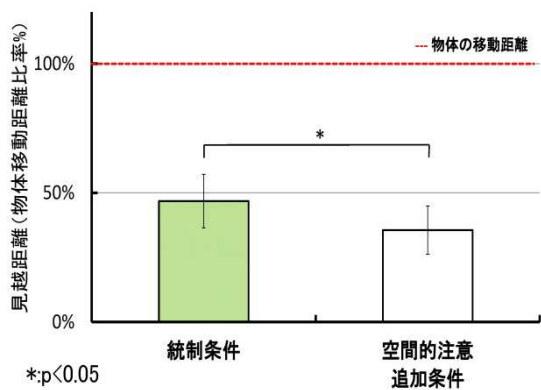


図6 見越し距離への空間的注意追加の影響

統制条件に加えて、ストライプフローを表示し、運動物体との速度比較を同時に行わせたところ、見越距離が有意に減少した。空間的注意の配分の増加により、その空間の情報処理能力が増加することが報告されている。そのことから、逆に空間的注意の配分が、運動物体からストライプフローへ移ることにより、運動物体への注意配分が減少し、移動距離の見越しの処理能力が低下したと考えられる。したがって、見越距離過小評価は、他の事象への注意の分割により、運動物体への注意配分の減少が原因で起こった可能性を示唆する。

次に、注意配分の減少により、見越距離過小評価が起こるメカニズムを考える。注意配分の低下により、その情報の処理能力が低下する考えは、注意資源の容量に限界がある注意資源配分モデルを前提としている。同様に処理資源の限界が特徴的である理論にワーキングメモリがある。ワーキングメモリでは、二重課題法を用い、記憶課題が、他の情報処理に影響を及ぼす事が示されている。

② 記憶課題追加条件

記憶課題追加条件の見越距離は、 $29.4 \pm 9.2\%$ であった。統制条件 ($46.8 \pm 10.4\%$) と t 検定を行った結果、統制条件と比較して、記憶課題追加条件の方が、有意 ($p=0.001$) に

小さい値を示した (図7)。

また、空間的注意追加条件と記憶課題追加条件の見越課題の統制条件を考慮した偏相関分析の結果、空間的注意追加条件と記憶課題追加条件は、有意な相関関係 ($r_{xy,z}=0.775$ 、 $p=0.041$) が認められた。

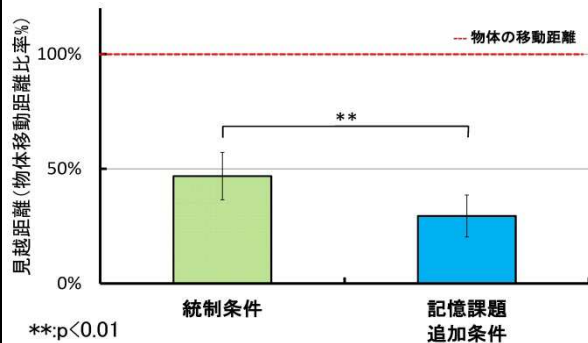


図7 見越距離への記憶課題追加の影響

統制条件に加えて、整数およびその後のマウスのクリック動作の記憶課題を同時に行わせたところ、見越距離が有意に減少した。また、統制条件の個人の影響を考慮した空間的注意追加条件と記憶課題追加条件の見越課題は有意な相関関係が認められた。これは、それぞれの追加条件の影響による個人差が、類似していることを意味しており、資源容量の配分の方略の個人差が反映されている可能性を示唆している。

これらは、ワーキングメモリの特徴である、記憶課題の追加による処理能力の低下と、資源容量の限界後の資源容量の配分の方略の違いによる個人差、それぞれに類似する結果といえる。したがって、遮蔽後物体の移動距離の見越しが過小評価されるメカニズムは、ワーキングメモリの資源容量の限界による、物体運動の見越しを処理する能力の低下である可能性が示唆された。

(3) 受動的注意分散に関する実験

図5で示した方法によって位置錯覚を補正することにより見越し距離を求めた。遮蔽後運動物体の見越距離は、統制条件と比較してストライプ呈示意識条件で、有意に減少した (図8)。この結果は、板の上下に表示したストライプの運動速度と遮蔽後運動物体の移動速度を比較させることにより、ストライプ呈示空間へ空間的注意が配分され、相対的に遮蔽後運動物体への注意配分が減少し、遮蔽後物体の見越距離が減少したと解釈できる。

さらに、統制条件と比較してストライプ呈示無視条件が、有意に減少した。ストライプ呈示無視条件では、ストライプ呈示空間を無視させることにより、ストライプ呈示空間への能動的な注意配分を抑制していることから、この結果は、ストライプ呈示空間へ受動

的に注意が配分され、遮蔽後運動物体への注意配分が減少し、遮蔽後物体の見越距離が減少する可能性を示唆している。変化が生じた空間に受動的に注意が引きつけられる現象は注意の捕捉として知られており、視覚詮索課題において標的以外の刺激に注意が逸脱することにより、標的に対する反応時間の遅延が生じる。したがって、無視している空間への受動的な注意配分が、遮蔽後運動物体への注意配分を減少させ、遮蔽後運動物体の移動距離の知覚量を減少させると解釈できる。

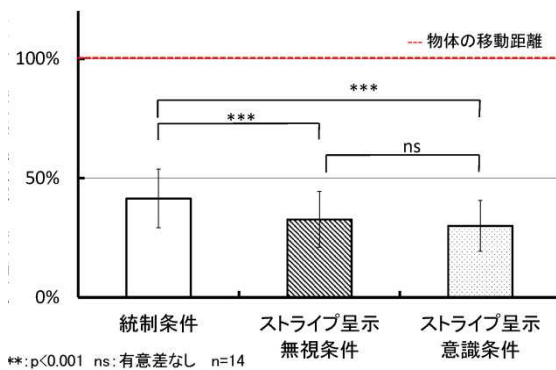


図8 見越距離と物体移動距離の比率

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1件)

①新井健之、藤田欣也、竹市勝、遮蔽後物体の移動距離の過小評価に注意配分の低減が影響する可能性、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、査読有、16巻1号、2011、65-72

[学会発表] (計7件)

①新井健之、藤田欣也、竹市勝、物体への注意配分に影響を受ける物体運動予測のトレーニングおよび戦術への応用提案、第19回スポーツビジョン研究集会、2012

②新井健之、藤田欣也、竹市勝、物体への注意配分の減少が物体の運動予測に与える影響-遮蔽後物体の移動距離の見越しに関して-、日本バーチャルリアリティ学会第20回VR心理学研究会(拡張認知インターフェース研究委員会共催)、2012

③新井健之、藤田欣也、竹市勝、遮蔽後物体の移動距離の見越しに対する無視している空間の影響、第17回日本バーチャルリアリティ学会大会、2012

④新井健之、藤田欣也、竹市勝、遮蔽後物体

の移動距離の見越しに対する注意配分の影響、第16回日本バーチャルリアリティ学会大会、2011

⑤新井健之、藤田欣也、竹市勝、遮蔽後物体への注意配分と移動距離の見越しとの関係、日本バーチャルリアリティ学会VR心理学研究委員会第18回研究会論文集、2011

⑥Takeyuki Arai, Kinya Fujita, Masaru Takeichi, Representational velocity of the subject after occlusion during position anticipation task, European Conference on Visual Perception 2010, Perception Vol.39 Supplement

⑦新井健之、藤田欣也、竹市勝、遮蔽後位置予測課題における速度表象の検討、第15回日本バーチャルリアリティ学会大会、2010

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹市 勝 (TAKEICHI MASARU)
国士舘大学・政経学部・教授
研究者番号：30265962

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

藤田 欣也 (FUJITA KINYA)
東京農工大学・大学院共生科学技術部
教授
研究者番号：30209051

新井 健之 (ARAI TAKEIYUKI)
高千穂大学・商学部・准教授
研究者番号：20397095