

## 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 14 日現在

機関番号：32637

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500589

研究課題名（和文） 運動物体の予測特性を活かした知覚トレーニングの開発

研究課題名（英文） Development of perception training which utilized the anticipation trait of the movement object.

研究代表者

新井 健之 (ARAI TAKEYUKI)

高千穂大学・商学部・教授

研究者番号：20397095

研究成果の概要（和文）：

物体の運動予測は、条件により錯覚量が増える可能性があり、トレーニングの精度を低下させている可能性が有る。そこで、我々は、物体の運動予測に影響を及ぼす条件を特定しその影響度を検討することにより、より精度の高い知覚トレーニングの開発を試みた。結果、追跡眼球運動とサッカドでは 1.37 倍、ボールに対する注意配分の増減では、2.65～0.63 倍と大幅な錯覚量の変化が認められた。これらは、トレーニングを行う上で無視できない影響であり、トレーニングの精度を著しく低下させている可能性が示唆された。本研究成果は、新しい知覚トレーニングの開発に応用が可能であると考えられるが、情報が不十分であり、今後調査を進める必要がある。

研究成果の概要（英文）：

Object movement prediction has a possibility that the amount of illusions will change with situations. It has a possibility of reducing the accuracy of training. Then, we tried specification of the conditions which have on object movement anticipation. And I considered the influence and tried development of higher-precision perception training. Result, The amount of illusions of saccade was 1.37 times smooth pursuit eye movement. The change in the attention distribution through which I pass on a ball changed the illusion 2.65 to 0.63 times. This is the influence which cannot be disregarded when training. A possibility that this was reducing the accuracy of training remarkably was suggested. This result of research is applicable to development of new perception training. However, information is insufficient and it is necessary to advance investigation hereafter.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
2012 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
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：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：知覚トレーニング・注意配分・打撃パフォーマンス・見越距離過小評価・運動予測・予測エラー・空間的注意・時間知覚

## 1. 研究開始当初の背景

テニスや野球など打具を使用する打撃においてボールを適正打点で捉えることは難易度が高く、現場の指導者も苦労している。指導現場では打具の間違った位置で打撃をしている学習者に対して打具の当てる場所を指示し、学習者が修正を試みてもなかなか上手くいかない指導ケースが良く見受けられる。打撃プロセスでは、ボールの動きを認知し（運動物体認知）、未来の軌道を予測し（予測モデル作成）、未来のボールと打具が適正打点でインパクトするように身体運動制御モデルをつくり（運動制御モデル作成）、その身体運動制御モデルを実行する必要がある（運動制御モデル実行）。先行研究では運動物体の位置予測に大幅な錯覚が報告[1]されていることから、上記の指導ケースは学習者がボールの軌道を勘違いしているのではと考えた。

しかし、ボールの軌道の勘違いつまり予測エラーが一定ならば運動制御モデル実行後の情報フィードバックから運動制御モデルを再構成させて適正打点で打てるようになるはずである。そこで、先行研究の運動物体の位置予測を別な観点で研究した結果、運動物体の時刻予測は錯覚しないこと[2]や、運動物体の位置予測は学習によって変化することが分かった[3,4,5]。それらの結果から、運動物体の予測は一定ではなく状況により変化することが分かった。

それでは、運動物体の予測はなぜ変化するのだろうか？その後、運動物体の予測が変化する理由を Eye Link II (SR Research 社製)にて視線移動を測定することにより推定した。その結果、注意の移動や分割が原因で運動物体認知が変化、それが運動物体の予測に反映されているのではという仮説を立てるに至った[6]。

- [1]竹市 勝,藤田 欣也,田中 秀幸: 仮想環境を利用した自由落下物体の位置予測特性の解析, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 9(3), 299-308, (2004).
- [2]新井健之,藤田欣也,竹市勝: 運動物体の遮蔽後位置予測と再出現時刻予測に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会第12回大会論文誌,466-469,(2007).
- [3]新井健之,藤田欣也,竹市勝: 運動物体の遮蔽後位置予測における学習可能性の検討, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告 VR 心理学研究会第10回研究会資料集,19-22,(2007).
- [4]新井健之,藤田欣也,竹市勝:遮蔽後運動物体の速度表象学習における特徴について, 日本バーチャルリアリティ学会第13回大

会論文集,39-42,(2008).

- [5]新井健之,藤田欣也,竹市勝:運動物体の遮蔽後位置予測における速度表象学習について, VISION Vol.21, No.1, 33-37, (2009a).
- [6]新井健之,藤田欣也,竹市勝:運動物体の遮蔽後位置予測における注意の影響, 日本バーチャルリアリティ学会第14回大会論文集,193pdf,1-4,(2009).

## 2. 研究の目的

先行研究から、ボールの予測エラーが状況により変化することにより、打撃パフォーマンスの向上を妨げているのではないかと、そして、その予測エラーの変化にはボールに対する注意が関係しているのでは？との仮説を立てている。そこで、本研究の目的は、打撃パフォーマンスの向上につなげるために、予測エラーを状況により変化させている要因の中から原因の特定を行うことである。そして、それら要因の影響度を明らかにし、予測エラーをコントロールする知覚トレーニングの開発・効果を検証することである。

## 3. 研究の方法

### (1) 共通方法

本研究では、打撃プロセスを以下の4段階に分けた。

- 1) 運動物体認知 (ボールの運動認知)
- 2) 予測モデル作成 (ボールの軌道予測)
- 3) 身体運動制御モデル作成
- 4) 身体運動制御モデル実行

本研究では、2)予測モデル作成の段階に起こる予測エラーが、状況により変化することが、打撃プロセスのトレーニング効率を低下させていると仮説を立てている。そこで、以下の方法により、擬似的に予測モデルの作成を被験者に行わせ、条件を統制した。

図1の様な仮想空間を、PC (Windows XP, OpenGL, Visual C++, 100 frames/s) により作成し、CRT モニター (17~22inch, 1024×768 pixel, 100Hz) に表示させた (図2)。被験者には、左から等速直線運動をしてくるボールが、画面中央にて板により遮蔽された後の、ボールの運動予測を行うように指示した。

被験者に行わせた遮蔽後ボールの運動予測には、大きく分けて3種類ある。一つ目は、遮蔽後の移動距離を予測させる課題で、一定時間のボールの移動距離を予測回答させる課題 (以下遮蔽後移動距離見越課題) である。二つ目は、遮蔽後の移動時間を予測させる課題で、予め移動距離を呈示し、その移動時間を予測回答させる課題 (以下遮蔽後移動時間見越課題) である。遮蔽後の移動時間を直後に呈示された時間と比較させ、主観的等価時間を測定した。三つ目は、遮蔽後のボール速

度（速度表象）を測定する課題（遮蔽後移動速度見越課題）である。図3の様に、遮蔽する板の上下に、ボールと同じ方向に移動するストライプ（以下ストライプフロー）を呈示した。予測した遮蔽後のボール速度とストライプフローの速度を比較させ、主観的等価速度を測定した。

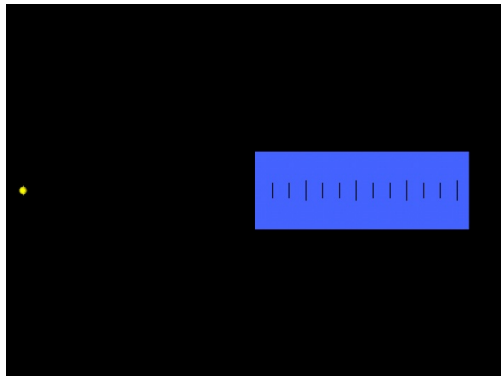


図1 実験仮想環境の初期画面例

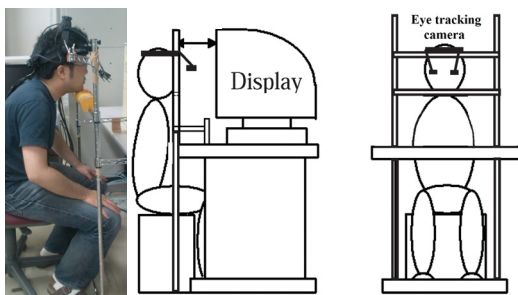


図2 仮想環境呈示実験セットアップ

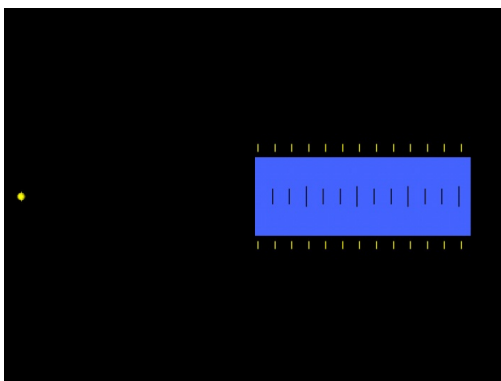


図3 遮蔽後移動速度見越課題の初期画面

## (2) ボールの運動予測エラー変化のメカニズム

予測エラーのコントロールトレーニング開発のために、条件によるボールの運動予測エラー変化のメカニズム解明を試みた。

ボールの運動は、速度、時間、距離の3要素で表現できる。遮蔽後移動距離見越課題で

被験者は移動距離をボールが隠れた後の、ボールの移動速度の表象と移動時間の積から算出し、計算した移動距離を移動時間前のボール位置に加算して逐次位置を更新しながら予測していると考えられる。

## 移動距離予測 = 移動速度 × 移動時間

つまり、移動距離予測エラーの可能性としては、

- ① 遮蔽後の移動速度の予測エラー
- ② 遮蔽後の移動時間の予測エラー
- ③ ①と②の情報の計算エラー

の3つが考えられる。そこで、遮蔽後移動時間見越課題にて遮蔽後の移動時間の予測量（主観的等価時間）を、遮蔽後移動速度見越課題により遮蔽後の移動速度の予測量（主観的等価速度）を確認した。また、それら2情報の積（計算上の認知移動距離）と、遮蔽後移動距離見越課題で回答した移動距離の予測量（予測回答移動距離）を比較検討した。

## (3) ボールの運動予測エラー変化の要因と影響度

さらに、予測エラーのコントロールトレーニング開発のために、条件によるボールの運動予測エラー変化の要因とその影響度の算出を試みた。

条件により錯覚量が増加する報告は少ないが、いくつか報告されている（例えば Honda1990, Runeson1974 など）。それら報告のほとんどが、追視方法による条件変化により錯覚量が増加している。そこで、追跡眼球運動による追視条件（Control 条件）と、ボールの隠れ始める位置への固視条件（回答時はサッカーで回答予定の目盛りへ移動後、移動距離を回答：固視条件）にて、遮蔽後移動距離見越課題を比較した。

また、我々の先行研究で、可能性が考えられる数種類のボールの運動予測エラーの要因の中で、ボールに対する注意配分の減少が予測エラーの主要因（原因）であるとの仮説を立てていることから、遮蔽後移動距離見越課題において、ボールに対する注意配分を操作し、予測した遮蔽後のボール移動距離を比較した。Control 条件は、既に移動距離の大幅な過小評価が起きている条件である。そのControl 条件から、ボールへの注意配分を増加させるために、ボールの運動予測終了のタイミングを知らせる板を無視するように指示した条件（注意配分増加条件）と、ボールへの注意配分を減少させるために、Control 条件の課題に、さらに、数字記憶課題を追加した条件（記憶課題追加条件）や速度比較課題を追加した条件（空間的注意追加条件）を設定した。

#### 4. 研究成果

##### (1) ボールの運動予測エラー変化のメカニズム

被験者 7 名（健康な成人男性 19~21 歳，裸眼または矯正視力 0.7 以上）による実験の結果，遮蔽後移動距離見越課題で回答した移動距離の予測量（予測回答移動距離）は  $43.9 \pm 13.5\%$  と先行研究同様の結果が得られた。しかし，遮蔽後移動時間見越課題により得られた遮蔽後の移動時間の予測量（主観的等価時間）は  $123.6 \pm 12.4\%$ ，遮蔽後移動速度見越課題により得られた遮蔽後の移動速度の予測量（主観的等価速度）は  $76.8 \pm 14.4\%$  であった。この値は，予測回答移動距離と有意な差 ( $p < 0.001$ ) が認められた (図 4)。

また，主観的等価時間と主観的等価速度の積（計算上の認知移動距離）と予測回答移動距離を比較検討した結果，予測回答移動距離は  $43.9 \pm 13.5\%$  と大幅な錯覚をしているが，計算上の認知移動距離は  $94.7 \pm 18.0\%$  と，有意な差 ( $p < 0.001$ ) が認められるのみならず，物体移動距離のほぼ正答を計算できる情報を得られている事が示唆された (図 5)。以上の結果は，移動距離予測エラーの可能性として，①遮蔽後の移動速度の予測エラーおよび，②遮蔽後の移動時間の予測エラーの可能性を否定し，③遮蔽後の移動速度と遮蔽後の移動時間からの移動距離の計算エラーの可能性を強く示唆している。

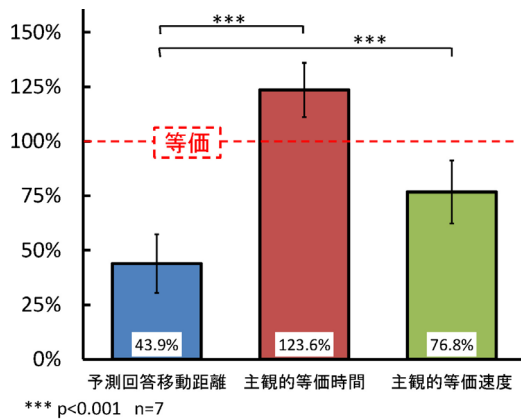


図4 ボールの遮蔽後運動予測実験結果

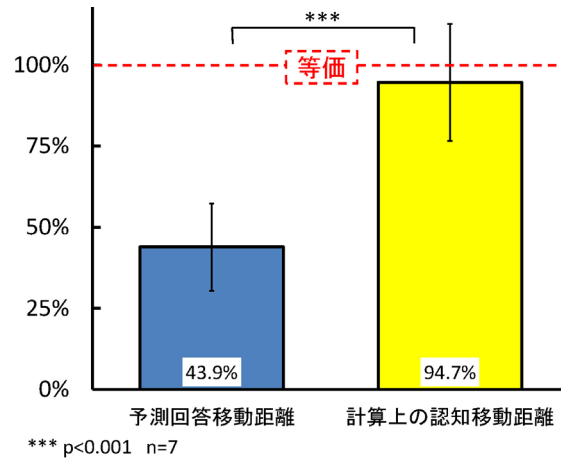


図5 予測と計算上の認知移動距離比較

##### (2) ボールの運動予測エラー変化の要因と影響度：表象的慣性の影響

図 6 は，予測回答移動距離の回答例である。回帰直線を求めると， $y = 2.52x + 2.74$  と遮蔽直後に，進行方向への一定の錯覚が見られる。これは，遮蔽による表象的慣性 (Representational momentum 以下 RM) による影響と考えられ，エラーの要因と影響度の解析の精度を低下させている。RM とは，Freyd (1984) により報告された現象で，視覚標的が消失するとき消失位置を視覚視標の運動方向へずれて判断する現象である (Freyd 1984)。また，視覚視標消失の物理位置と知覚位置のずれは，対象を追跡眼球運動で追視した場合に増加するという結果が示されている (Kerzel 2000, Kerzel 2001)。

そこで，ここからの研究成果は，その予測回答移動距離に起きている RM の影響を取り除いた移動距離の予測を見越距離として報告する。

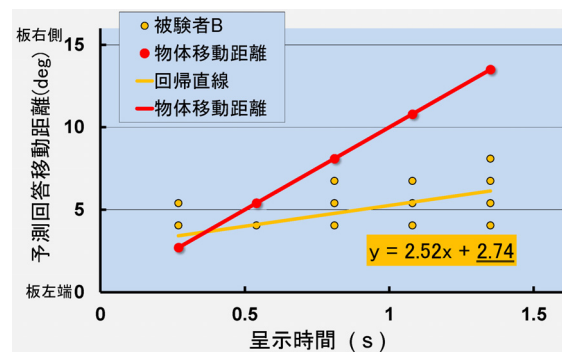


図6 遮蔽後移動速度見越課題の初期画面

(3) ボールの運動予測エラー変化の要因と影響度：追視方法による影響

遮蔽後移動距離見越課題における見越距離は、Control 条件（追跡眼球運動による追視条件）で  $27.5 \pm 8.2\%$ 、固視条件（ボールの隠れ始める位置を固視）で  $37.7 \pm 13.0\%$  と有意な差が認められた ( $p=0.016$ )。影響度としては、 $1.37 \pm 0.17$  倍の変化が認められた(図 7)。物体の移動距離からの錯覚と比較すると少量だが、パフォーマンス向上には無視できない錯覚量の変化であると考えられる。

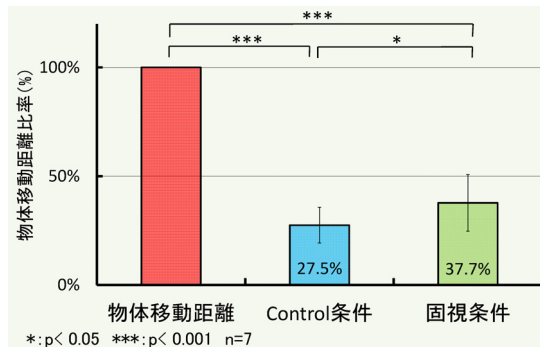


図7 遮蔽後移動距離見越課題結果:追視方法変化

(4) ボールの運動予測エラー変化の要因と影響度：ボールへの注意配分による影響

ボールに対する注意配分を操作し、予測した遮蔽後のボール移動距離を比較した。注意配分増加条件（ボールの運動予測終了のタイミングを知らせる板を無視するように指示した条件）は、口頭による回答が出来ないために、眼球運動計測装置（Eye Link II, SR Research）を用い、仮想環境呈示用 PC と同期して、左右それぞれの視線を測定した。

結果、Control 条件は、 $42.3 \pm 15.3\%$  と物体の移動距離と比較して、先行研究同様の大幅な錯覚が認められた ( $p < 0.001$ )。注意配分増加条件は、 $99.2 \pm 34.3\%$  と物体の移動距離と比較して、錯覚は認められなかった(図 8)。影響度としては、 $2.65 \pm 1.48$  倍の変化が認められた。非常に大きな影響度で有り、パフォーマンス向上には無視できない錯覚量の変化であると考えられる。

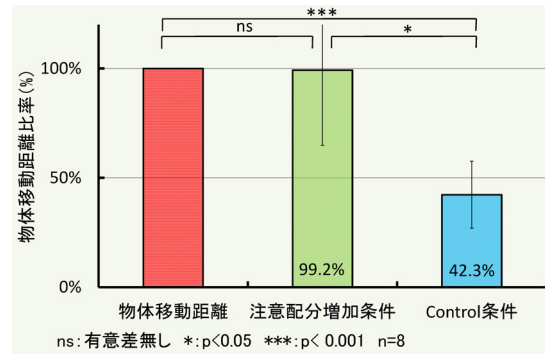


図8 注意配分増加実験結果

ボールへの注意配分減少実験の結果(図 9), Control 条件では、 $46.8 \pm 10.4\%$  と、物体の移動距離と比較して、先行研究同様の大幅な錯覚が認められた。記憶課題追加条件（数字記憶課題を追加した条件）では、 $29.4 \pm 9.2\%$  と、影響度として Control 条件の  $0.63 \pm 0.14$  倍の影響が認められた ( $p < 0.01$ )。また、速度比較課題を追加した空間的注意追加条件では、 $35.6 \pm 9.4\%$  と、影響度として Control 条件の  $0.77 \pm 0.17$  倍の影響が認められた ( $p < 0.05$ )。いずれも、物体の移動距離からの錯覚と比較すると少量だが、パフォーマンス向上には無視できない錯覚量の変化であると考えられる。

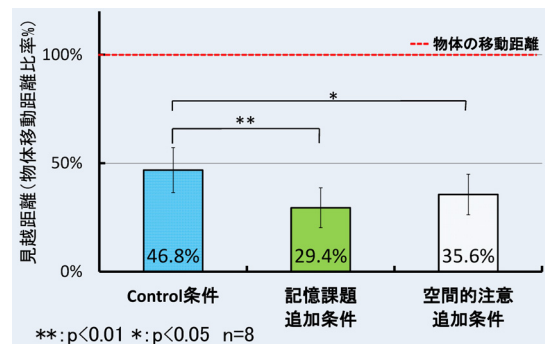


図9 注意配分減少実験結果

以上の結果から、ボールへの注意配分の増減による影響度は、Control 条件を基準とすると、 $2.65 \sim 0.63$  倍と広範囲にわたっている。従って、ボールに対する注意配分は、ボールの移動距離の予測に多大なる影響を及ぼし、トレーニングの効率を著しく妨げている可能性が高いと考察できる。

(5) 予測エラーをコントロールする知覚トレーニングの提案と今後の展開

今回の研究成果を基に、National Strength and Conditioning Association Japan Strength & Conditioning Conference およびスポーツビジョン研究会にて、ボールに対する注意配分がトレーニングと本番で異なる場合にはトレーニング効果が減少する可能性が有ること、また、意図的にボールへの注意配分を低下させることによる対戦相手のミス増加の可能性を発表した。

今回の研究により、ボールへの注意配分の増減や追視条件などにより、ボールの運動予測が大幅に変化する事が分かった。このことは、本番に向けたトレーニングをする上では無視できないほどの大きさである。しかし、具体的な練習方法を検証するには、条件と錯覚量との関係性に不明な点が多い。今後、更なる調査が必要である。

また、今回は、外部の運動物体の予測を対象としたが、今回の結果から、自己運動の予測においても同様の錯覚量の変化が認められる可能性が有り、トレーニングの精度向上には、無視できない可能性が有り、今後、調査を進める必要がある。

#### 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7件)

- ① 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、日本バーチャルリアリティ学会第15回大会論文集、査読有、2010、1-4
- ② 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、Vol.16, No.12, 2011、65-72
- 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注意配分の影響、日本バーチャルリアリティ学会第16回大会論文集、査読有、2011、1-4
- ④ 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、査読有、2011、1-4
- ⑤ 新井健之、動作トレーニングにおける注意操作の重要性について、National Strength and Conditioning Association Japan Strength & Conditioning Conference 2011 Program、査読無、2011、152
- ⑥ 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、電子情報通信学会技術研究報告：信学技報、査読有、112(112)、2012、59-64

- ⑦ 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、日本バーチャルリアリティ学会第17回大会論文集、査読有、2012、1-4

[学会発表] (計8件)

- ① T Arai、K Fujita、M Takeichi、Representational-velocity of the subject after occlusion during position anticipation task. The 33rd European Conference on Visual Perception 2010, 2010年8月26日、Swiss Federal Institute of Technology (Swiss)
- ② 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、日本バーチャルリアリティ学会第15回大会、2010年9月15日、金沢工業大学(石川県)
- 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注意配分の影響、日本バーチャルリアリティ学会第16回大会、2011年9月21日、はこだて未来大学(北海道)
- ④ 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、2011年11月6日、高知工科大学(高知県)
- ⑤ 新井健之、動作トレーニングにおける注意操作の重要性について、National Strength and Conditioning Association Japan Strength & Conditioning Conference 2011, 2011年12月11日、東京国際交流館(東京都)
- ⑥ 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 VR 心理学研究委員会第20回研究会、2012年07月01日、室蘭工業大学
- ⑦ 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、日本バーチャルリアリティ学会第17回大会、2012年09月12日、慶應義塾大学
- ⑧ 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年09月21日、東京ビックサイト

[図書] (計0件)

[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

6. 研究組織  
(1)研究代表者

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

(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・共生科学技術研究院  
先端情報科学部門・教授  
研究者番号：30209051

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