

令和 4 年 8 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17889

研究課題名（和文）短潜時の視覚運動情報処理の神経基盤とアスリートにおける発育発達

研究課題名（英文）Characteristics of superior visuomotor control function in ballgame athletes and its development

研究代表者

井尻 哲也 (Ijiri, Tetsuya)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：10784431

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、野球を代表とする球技スポーツにおける優れた視覚運動制御機能の特性を明らかにすることを目的とし、統制された実験室課題、実際のスポーツ環境でのパフォーマンス、その中間に位置する仮想現実空間（VR）での視覚課題の3段階において検討した。結果として球技経験者は、automatic pilotと言われる超短潜時の運動修正応答に適応が生じている可能性を示す結果を得た。また野球競技者を対象としてVRを活用した視覚実験を行い、VRタスク内での球種識別能力が向上することが示されたが、この能力の向上が実際の打撃能力に向上するかを示すことはできなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

野球の打撃に代表されるような、極めて短い時間で遂行される運動において、正確にかつ素早く視覚情報を処理する能力、また、それらを運動に活かす能力は、競技能力の向上に極めて重要であると考えられる。しかし、球技アスリートの視覚認知能力を評価・訓練するための知見は極めて少なく、またその視覚認知機能を下支える機序も明らかにされていない点が多い。VR技術を用いて球技アスリートの視覚認知機能を評価した本研究の結果は、今後球技アスリートの視覚認知機能を評価・訓練するための重要な知見となる可能性があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to investigate the characteristics of superior visuomotor control in ball game sports such as baseball. We examined three stages of visual tasks: a controlled laboratory task, performance in an actual sport environment, and a visual task in virtual reality (VR). The results showed that experienced ballgame players showed an adaptation to the short latency corrective motor response called "automatic pilot". In addition, a visual experiment using VR was conducted with baseball players, and it was shown that the ability to discriminate the pitch type in the VR task was improved, but it could not be shown whether this improvement in ability improved actual hitting ability.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：視覚運動制御 VR 野球

1. 研究開始当初の背景

運動には事前情報を用いた予測・運動開始・開始した運動の修正または抑制という異なる重要な側面がある。例えば野球の打者は、投球動作と投球の軌道情報を用いて、投球がいつどこに到達するか、または複数ある球種のうちのどの球種が投げられたかを予測する。打者はこれらの予測をもとにいつどのようなスイングを開始するかを決め、必要に応じて、すでに開始したスイング軌道を変化球などに対応して修正する、または開始しようとしたスイングをボール球等を見逃すために抑制するなどの対応を取る。投手の投げた投球は手を離れてから約 0.4 秒で打者の打撃地点まで到達し、また打撃動作そのものに 0.2 秒ほど要するため、野球の打者はこれらの判断を非常に短い時間のうちに行う必要がある、優れた球技アスリートの視覚能力の特性は上記のいずれかのプロセスに内在すると考えられる。

これまで野球などの球技アスリートの視覚運動制御機能は、視覚刺激に如何に早く運動を開始できるかという観点から、単純反応時間や選択反応時間といった運動開始に関する指標によって検討されてきた (Kida et al. 2005; Nakamoto and Mori 2008)。しかし実際の野球の打撃では、前述の通り投球の軌道や球種を推測し、運動を開始するかしないかを判断したり、運動の開始タイミングを制御したりする必要がある。また実験室で行う課題と実際の野球などにおける打撃では、奥行きの有無、距離の違い、全身を使った動作の有無など様々な違いがある。

本研究では、近年技術の進展の著しいバーチャルリアリティ技術 (VR) を用いて、実際のスポーツ環境に近い視覚情報を被験者に提示することで、アスリートの視覚情報処理能力の特性を評価、または訓練することを目指す (研究 1)。

また、運動の開始とその修正に関与する脳の情報処理過程は異なることが示唆されている。ある物体に向けて腕を伸ばす場合、外部環境に視覚情報が提示されてから、適切な運動を選択し開始するまで (選択反応時間) には約 300 ミリ秒を要する一方で、既に開始された運動を新たな視覚情報に応じて修正するまで (修正潜時) には、視覚情報の提示から 約 130-150 ミリ秒とはるかに短い時間で修正が行われる (Kadota and Gomi 2010)。後者の短潜時の修正応答は automatic pilot と呼ばれ、「身体が意識よりも先に勝手に反応した」と感じるような潜在的で不随意的な運動応答であることが報告されている (Prablanc and Martin 1992)。

野球の打者は、極めて短い時間のうちにスイング軌道の修正をする必要があるため、上述のような短潜時の修正応答をできるだけ早く、かつ課題に応じた適切な大きさと生成できることは打撃のパフォーマンスに大きな影響を及ぼす可能性がある。しかし、球技スポーツ等のアスリートにおいて、上述のような運動修正応答が特異的に発達しているかは明らかではない (研究 2)。

2. 研究の目的

本研究では、野球を代表とする球技スポーツにおけるアスリートの高度な視覚認知機能の特性を明らかにすることを目的とし、なかでも、VR 環境下での球種の識別の特徴 (研究 1) と、短潜時の運動修正応答の潜時および出力振幅の調整に、球技の熟練者特異的な運動特性が観察されるか否かを検討 (研究 2) する。

3. 研究の方法

【研究 1: VR 打撃システムにおける打者の挙動とその個人差の定量評価】

(1) 視覚刺激の作成

VR 打撃システムに使用する視覚刺激を作成するために、元プロ野球投手 (右投げ) の全力における投球動作を、慣性センサ式モーションキャプチャ (MVN, Xsens 社, NLD) を用いて 240Hz で計測した。また、投球軌道、投球初速度、および投球位置をドップラーレーダー式弾道測定器 (Trackman 社, TrackMan, Inc. USA) を用いて計測した。投球した球種は、直球 (fast)、カーブ (curve)、スライダー (slider) の 3 種類で、初速度はそれぞれ 132.3 ± 1.4 km/h, 106.3 ± 1.2 km/h, 113.7 ± 2.3 km/h であった。計測した投球動作と投球軌道をゲームエンジン Unity を用いて統合し、VR 用 HMD (VIVE, HTC 社, Taiwan) を用いて 90 Hz で呈示した。

(2) 被験者・実験条件

男子大学野球選手 8 名を被験者とした。実験条件は、投げられる球種とコース判定 (ストライク/ボール) が投球前に呈示される条件 (Known) と、呈示されない条件 (Unknown) と、全被験者が両条件の実験課題を、Known, Unknown 条件の順番で 3 日間実行した。両条件に共通して、被験者は全球種のストライクに対し、最も良い打球が打てると感じるタイミングでフルスイングすること、およびボール球に対してはスイングを行わないことを求められた。1 日の 1 条件において、各球種 12 球 (ストライク 8 球, ボール 4 球) ずつランダムな順で呈示され、2 条件で合わせて 72 球に対する打撃を行った。

(3) 解析

計測されたグリップエンドの位置からバットヘッドの位置を算出し、バットヘッドがホームベースの前端 (投手側) を通過した時刻を算出した。また、投げられた投球がホームベースの前端を通過した時刻を算出し、バットヘッドの通過時刻との差分値を恒常誤差 (Constant error: CE) として求めた。選球眼の指標として、ストライクを見逃した確率と、ボール球

をスイングした確率を算出した。

【研究 2：球技アスリートの腕到達運動における短潜時の修正応答の特徴】

(1) 被験者

10 人の男性被験者（平均年齢 24.0 歳，範囲 21～35 歳，球技選手 5 人，非選手 5 人，全員右利き）が実験に参加した。

(2) 実験課題

被験者は PC モニタの中央に表示された視標に右手人差し指を移動させた（図 1）。3 試行に 1 回の割合で、指の移動開始後 60ms で視標を左または右にジャンプさせた (TJ 試行)。タスクは 2 つの条件下で行われ、被験者は新しい視標位置へ指先を移動させる条件 (Pro-task) と、新しい視標位置と反対方向へ指先を移動させる (Anti-task) 条件で課題を行った。被験者は各条件で 90 回の試行を行った（合計 180 回）。

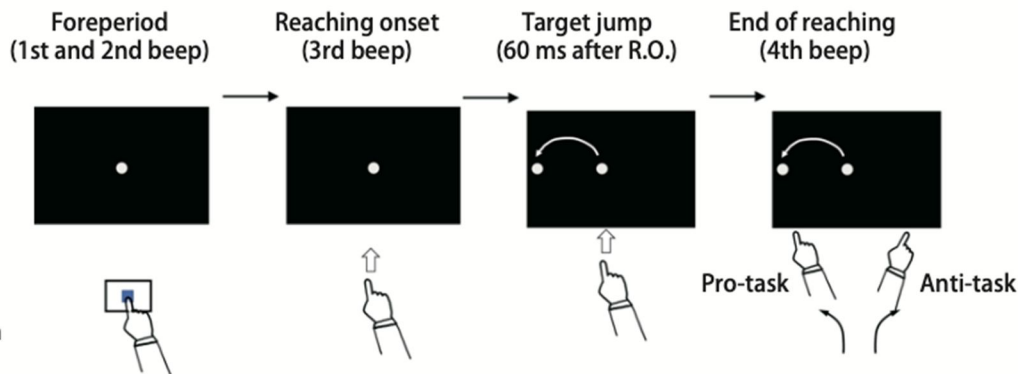


図 1. 腕到達運動の実験課題

(3) 計測と解析

人差し指の先端に反射マーカを取り付け、光学式モーションキャプチャシステム (oqus300, Qualisys) を用いて、マーカ位置を 500Hz で計測した。ターゲットが移動してから、人差し指の横方向の加速度が対照試行 (ターゲットジャンプなし) の加速度から乖離し始める時間を、動作修正潜時と定義した。Anti-task 時の無意識的な運動修正応答のゲインは、左右の TJ 試行の加速度ピーク振幅の差と定義した (図 2)。

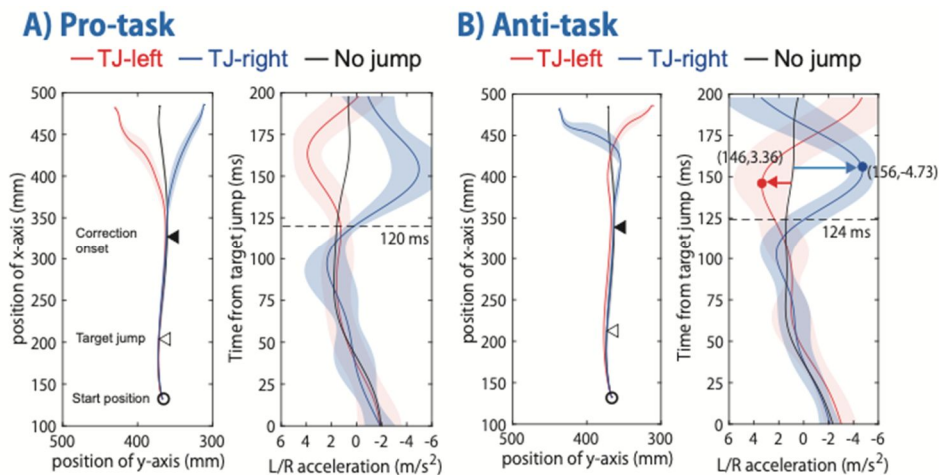


図 2. TJ 試行 (Pro-task と Anti-task) における腕運動の平均波形と左右方向の加速度波形

4. 研究成果
研究 1.

(1) タイミング誤差の個人特性

直球と変化球に対する CE の 3 日間の個人内平均値を図 3 に示した。その結果，Unknown 条件においては，直球の CE が大きく変化球の CE が 0 に近い被験者，直球の CE が 0 に近く変化球の CE が顕著に負の値を示す被験者，および間に位置する被験者が存在することが分かった。

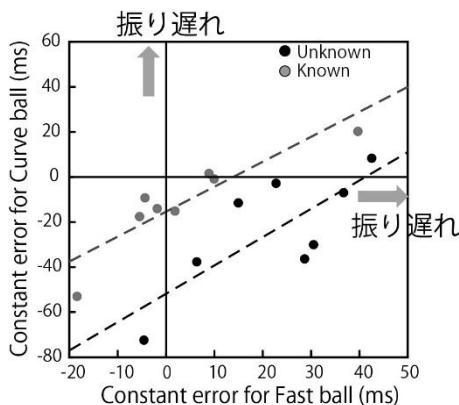


図 3. タイミング誤差の個人特性

(2) 3 日間での選球眼の変動

3 日間の実験介入による選球眼の変化を分析するために，直球と変化球それぞれのストライク見逃し率とボール球スイングスイング率について，一元配置分散分析を行った。その結果 3 日間の介入効果は，ストライク見逃し率の変化球において有意であり ($F(2, 23) = 6.81$, $p < 0.01$)，Tukey HSD を用いた多重比較によれば 1 日目と 3 日目，2 日目と 3 日目の間に有意差があり 3 日目においてストライクである変化球の見逃し率が低下したことが分かった(図 4)。

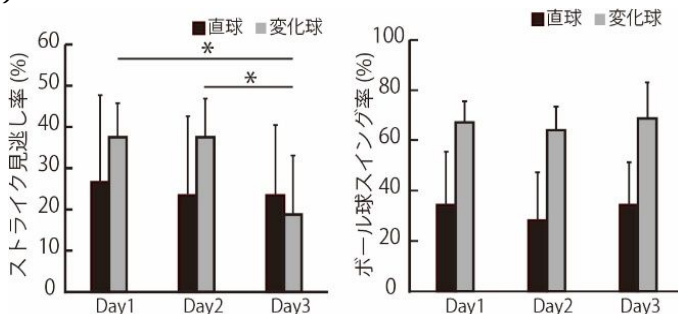


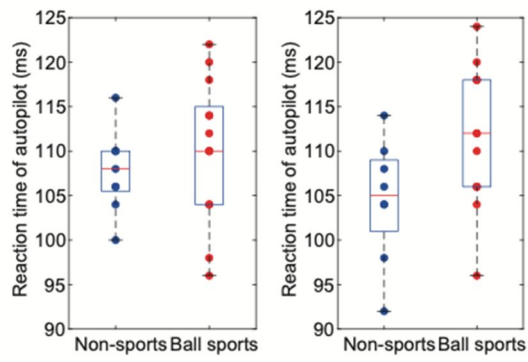
図 4. 3 日間での選球眼の変化

研究 2

(3) Anti-task における短潜時の Auto-pilot の振幅

球技経験者は非経験者に比べて，超短潜時の運動修正応答が出力振幅の個人差が大きいことが分かった。より具体的には，球技非経験者は超短潜時の運動修正応答の振幅のばらつきが個人間で小さく，球技経験者は修正応答が顕著に大きい被験者と小さい被験者がいることが観察された。この結果は，長期的な球技経験によって，潜在的な運動修正応答の振幅調節がより大きくなるという適応と，その応答が必要でない環境においては抑制をできるようにするという 2 方向の適応が生じている可能性を示すものであると解釈している。

(A)



(B)

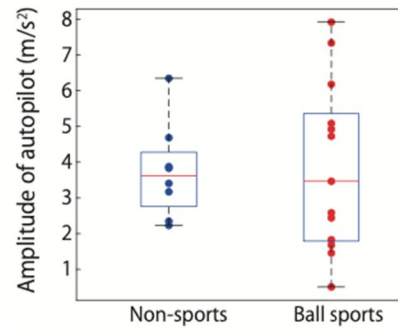


図 5. (A) Pro-task(左)と Anti-task (右) における腕運動の修正応答の潜時 .

(B) Anti-task に不随意に生じる Auto-pilot の応答振幅

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 井尻哲也	4. 巻 70
2. 論文標題 球技アスリートにおける視覚運動制御の特徴	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 789-793
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 Hashimoto Tsubasa, Takiyama Ken, Miki Takeshi, Kobayashi Hirofumi, Nasu Daiki, Ijiri Tetsuya, Kuwata Masumi, Kashino Makio, Nakazawa Kimitaka	4. 巻 30
2. 論文標題 Effort-dependent emergence of uniform and diverse muscle activity features in skilled pitching	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Annual Conference of the Japanese Neural Network Society	6. 最初と最後の頁 56-68
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 Endo Nozomi, Ito Takayuki, Mochida Takemi, Ijiri Tetsuya, Watanabe Katsumi, Nakazawa Kimitaka	4. 巻 239
2. 論文標題 Precise force controls enhance loudness discrimination of self-generated sound	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 1141 ~ 1149
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00221-020-05993-7	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 Ogawa Tetsuya, Kobayashi Hirofumi, Kuwata Masumi, Obata Hiroki, Shinya Masahiro, Ijiri Tetsuya, Miki Takeshi, Nakazawa Kimitaka	4. 巻
2. 論文標題 Cross-sectional comparison of the probabilistic structure in the distribution of pitching location among baseball pitchers of different ages	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sports Biomechanics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/14763141.2020.1822908	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1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tetsuya Ijiri, Hirofumi Kobayashi, Kimitaka Nakazawa
2. 発表標題 Increased gain in implicit online correction of a reaching movement in ball game athletes
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------