

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 24 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12649

研究課題名(和文) 熟練者の予測判断における展望的視知覚 - 表象的慣性 - の機能的役割

研究課題名(英文) The functional role of representational momentum in anticipatory visual perception in sports experts

研究代表者

今中 國泰 (Imanaka, Kuniyasu)

首都大学東京・人間健康科学研究科・客員教授

研究者番号：90100891

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：移動標的の捕捉や打撃を伴う競技熟練者は優れた予測判断能力を有している。その背景には、彼らが移動視標を見るとき、実は数十～百数十ミリ秒将来の状況が展望的に見えている(表象的慣性 Representational Momentum, RM)可能性がある。本研究では、移動視標に対する競技熟練者の予測判断と将来を見る機能RMの関連性を検討するため、テコンドー選手と一般学生を用い、キック動画の任意遮断によるハイ・ミドルキック予測判断課題、また動画の巻き戻し・先送り再生法によるRM課題を実施し、予測判断とRMの相関を検討した。その結果、予測判断 - RM相関には一貫した結果が得られず、今後の課題が残った。

研究成果の概要(英文)：Excellent anticipatory visual perception in sports experts is assumed that when viewing a moving object, they can see the tens/hundreds-millisecond future of the moving object, called the representational momentum, RM; and RM may underpin experts' excellent anticipation. We examined the relationship between anticipatory visual perception and RM in both Taekwondo experts and novices. For anticipation, participants were presented Taekwondo high- and middle-kick video clips which were occluded at a certain frame and judged the kick type; and the anticipation threshold was determined at the frame of 75% correct response rate with a constant stimuli method. Using a rewind-forward resume method, RM was determined at the 50% 'forward' response rate in a constant stimuli method. Results showed that anticipation threshold appeared significantly earlier in experts than in novices; RM was larger in novices than in experts; and correlations between them were equivocal for both experts and novices.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：予測判断 表象的慣性 熟練者 テコンドー

1. 研究開始当初の背景

移動標的の捕捉や打撃を伴うスポーツ競技熟練者は優れた予測判断能力を有している。その背景には、彼らが移動視標を見るとき、実は数十～百数十ミリ秒将来の状況が見えているという展望的な視覚機能を有しており、それが優れた予測能力を支えている可能性がある。

展望的視覚の典型例としては表象的慣性 representational momentum (RM, Freyd & Finke, 1984) や flush-lag effect (FLE, Nijhawan, 1994) が報告されている。これらは、環境からの視覚入力が脳内で忠実に再構成されるのではなく、数十～百数十ミリ秒将来の状況として脳内表象が再構成されることを意味する。

RM や FLE の予測的知覚には、低次・高次の情報処理過程が関与していると考えられており、低次知覚処理については刺激の速度、眼球運動、視野、参照点の有無、感覚モダリティ間の連関、環境 - 視標座標系などの関与が、高次処理過程では注意や手がかり、刺激の概念、観察者による刺激の制御・予測可能性、熟練などの関与が報告されている。このように、予測的知覚には低次・高次のさまざまな処理過程が関与していると思われる。

従来の考え方では、熟練者の卓越した予測は、見えた事実から未だ見えていない将来を認知的に予測することにより実現しているとされ、予測能力を高次認知過程としてとらえる傾向が強かった。他方、熟練者の卓越した予測能力に RM や FLE など「将来が見える」視覚機能が関与している可能性もある (Blattler et al., 2011; Gorman et al., 2011-13)。すなわち、スポーツ熟練者は移動する視覚刺激の将来が見えることにより早期に将来予測が可能となっているとも考えられる。Nakamoto et al. (2015) は、野球選手の優れた一致タイミング能力が彼らの大きな RM (より遠くの将来が見える) と高い関連があることを示した。したがって、スポーツ選手、特に球技など高速移動物体の捕捉・打撃等を伴うスポーツでは、彼らの優れた予測能力の背景に RM が関与している可能性がある。

本研究では、野球選手の予測能力と RM の高い関連性 (Nakamoto et al., 2015) が他のスポーツ競技にも一般化できるのか否かを検討するため、対人競技を取り上げ、テコンドー経験者と未経験者にキック動画を呈示し任意時点で視覚遮断し、そのキックがハイ・ミドルキックのどちらだったかを判断させた。またキック動画の巻き戻し・先送り再生法により RM を測定し、キックタイプの予測判断と RM の関連性を検討した。

2. 研究の目的

本研究では、テコンドー経験者と未経験者を対象に、テコンドーのキック動作の上下 (ハイ、ミドル) 予測判断閾値を同定すると

ともに、そのときの RM の大きさを測定し、予測判断と RM の関連性を検討した。

本研究の研究仮説 (図 1) は、(1) 経験者の予測判断閾値は未経験者より早期に起こる、(2) キック予測は、測定された予測判断フレームではなく、RM (予測的見え) が生じるフレームの視覚情報によりなされる、とした。

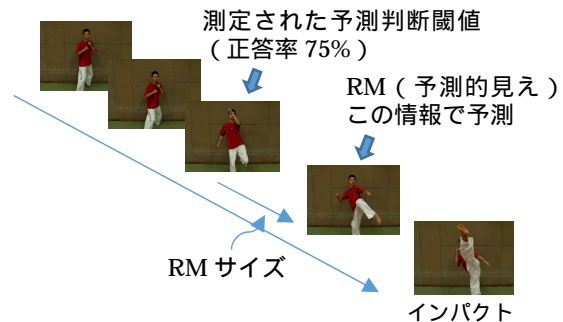


図 1 予測判断と RM に関する研究仮説
キック動作の予測は、測定された予測判断閾値の情報ではなく、RM (予測的見え) の情報に基づいている可能性がある。

3. 研究の方法

(1) 実験参加者: テコンドー経験者男子 5 名 (平均年齢 21.6、平均経験年数 2.9 年)、未経験者男子 5 名 (平均年齢 21.0、スポーツ経験なし) を用いた。

(2) 実験装置: 刺激呈示用液晶モニター (29 インチ、解像度 1920x1080、60Hz)、頭部固定用顎台、回答用テンキー (矢印キーによる反応)。刺激呈示・反応測定には Presentation (Neurobehavioral Systems) による自作の実験プログラムを作成し、パーソナルコンピュータ (Lenovo, ThinkStation E31) に搭載し、動画刺激の呈示及び反応測定を行った。

(3) 視覚刺激: テコンドー経験者男子 3 名 (実験参加者以外) をキック動作モデルとし、回し蹴り (ハイ・ミドルキック x 左右、計 4 種類) を各 5 試行実施し、距離 2m、高さ 1.7m に設置したデジタルカメラ (EXLIM EXF1、CASIO) により動画撮影した。60 フレーム/秒 (fps) の動画の各フレームを呈示刺激としてモニター上の中央に 60Hz で連続描画することとした。なお、14 か所の各遮断フレーム (後述) でモデル 3 名 x 4 種類すべてのキックを均等に呈示するため、各モデルの 4 種キック動作 5 試行のうち任意の 2 試行を重複使用し 4 種 7 試行の動画刺激 28 試行を用い、3 名のモデルで計 84 試行分の動画刺激を作成した。

(4) 予測判断課題

参加者は、暗室に設置した刺激呈示用モニターに向かい、観察距離 57 cm、顎台で顔を固定し、椅坐位にて実験課題を実施した。

動画刺激の呈示は、キック準備動作 (軽いジャンプの繰り返し) からインパクトまでとし、その間の任意のフレームで視覚的に遮断し、参加者にハイ・ミドルキックのいずれか

を予測判断させ、テンキーの上下矢印キーの2択強制選択により回答させた。

遮断フレーム位置は、インパクト時を0フレームとし、0フレームから遡ること39フレームまで、3フレーム間隔で14か所を設定し、ランダム順に呈示した。各遮断フレーム位置につき36試行(3名 x 4種類 x 3試行)、計504試行(36試行 x 14遮断フレーム)を、42試行ごとに小休止を挟んで実施した。

各遮断フレームにおける正答数を計測し、MATLABのPFML関数(Psychometric Function, Maximum Likelihood)を用いて心理物理曲線を求め、75%刺激域に相当するフレーム位置を正答・誤答判断の閾値(予測判断閾値)とした。

(5) RM 課題

予測判断課題と同一の動画刺激を呈示し、参加者ごとに同定した予測判断閾値フレームで遮断した後、250ms後に動画を遮断フレームとは異なるフレームから再スタート(再生)させ、参加者に巻き戻し(backward)か先送り(forward)かについて上下矢印キーの2択強制選択により回答させた。

RMには大きな個人差があることから、以下の2段階でRM測定を行った。1)階段法を用い、再生フレームに関する「巻き戻し・先送り」回答の転換点の数が20に達するまで実施し、転換点の平均値を暫定RM(遮断位置と同一フレームからの再生と判断したフレーム位置)とした。2)暫定RMの位置を中心に、2フレーム間隔で計7か所の再生フレーム位置を設定し、恒常法による「巻き戻し・先送り」判断課題を各再生フレームにつき36試行、計252試行実施した。3)各再生フレーム位置における「先送り」回答数から、MATLABのPFML関数(Psychometric Function, Maximum Likelihood)により心理物理曲線を求め、その50%刺激域を各参加者のRMサイズ(遮断フレームと同一フレームからの再生と判断したフレーム位置)とした。

4. 研究成果

(1) 予測判断課題の結果

経験者(図2a)、未経験者(図2b)の各遮断フレームにおけるハイ・ミドルキック予測判断の正答率から心理物理曲線を求め、その75%刺激域を予測判断閾値フレームとした。その結果、経験者の予測判断はインパクト前15.5フレーム(258ms)、未経験者は12.1フレーム(202ms)となり、経験者は未経験者より56ms早く予測判断を行っていたことがわかった($p = 0.06$)。

キック動作開始(キック足が離床した時点)からインパクトまで平均333ms(20フレーム)であったことから、経験者のキック予測判断閾値はキック開始後75ms(キック総時間の22.5%)、未経験者の予測判断閾値はキ

ック開始後131ms(キック総時間の39.3%)を示し、経験者の予測はキック動作開始後きわめて早期に行われることがわかった。

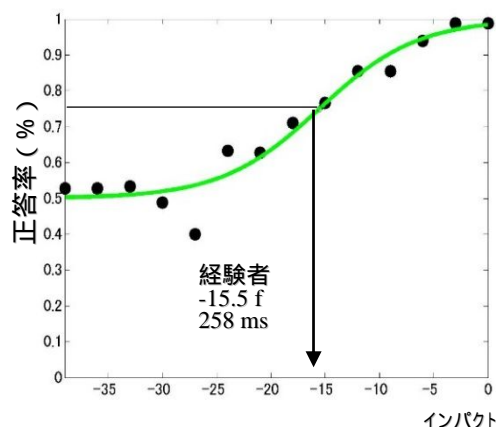


図2a 経験者の心理物理曲線と予測判断閾値(75%)

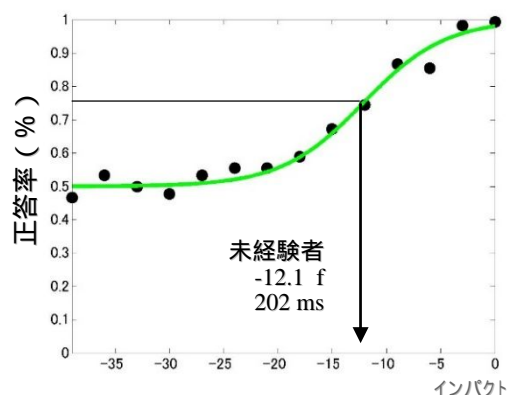


図2b 未経験者の心理物理曲線と予測判断閾値(75%)

(2) RM 課題の結果

各参加者の予測判断閾値フレームで動画を遮断した直後に任意フレームから再生し、そのときの再生フレーム位置判断(巻き戻しか、先送りか)の「先送り」回答率から心理物理曲線を求めた。図3a、3bは経験者、未経験者の結果である(横軸0は予測判断閾値フレーム位置)。

心理物理曲線の「先送り」回答率50%の刺激域を各参加者のRMとし、分散分析を実施した。その結果、経験者(RM = -0.43)、未経験者(RM = -2.95)間に有意差はなかった($F(1, 8) < 1.0$)。したがって、予測判断閾値(有意差あり)とRM(有意差なし)には顕著な関連性はないと思われる。

経験者・未経験者ともにRMが負の値を示したが、これは予測判断閾値フレームよりも過去の画像しか見えてなかったことを示しており、従来から一貫して報告されてきた正の値のRM(将来像が見えている)とは逆のRMとなった。負のRMが得られた理由は不明であるが、333msという短いキック総時間中の遮断・再生に関する巻き戻し・先送り判断という課題が比較的困難であった可能性

も考えられ、より容易と思われる異同判断課題による RM 実験を補足実験として実施することとした。

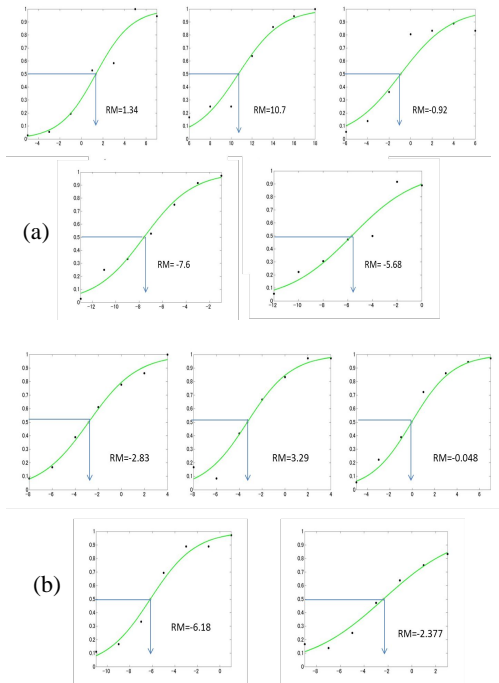


図3 (a)経験者、(b)未経験者の各再生フレームにおける「先送り」回答率の心理物理曲線

(3) RM 課題の補足実験

以上の実験の参加者 10 名に対し、回答方法を異同判断に変更した RM 課題による補足追加実験を実施した。異同判断課題では、これまでの実験と同様、予測判断閾値フレームでの遮断直後に任意フレームから再生し、その再生位置が遮断フレームと「同じ（連続再生）」か「異なる（不連続再生）」かの 2 択強制選択法により回答を求めた。回答結果の分析は、7 か所の再生フレーム位置ごとの「同じ（連続）」の回答率の重みづけ平均を求め各参加者の RM とした（図 4）。

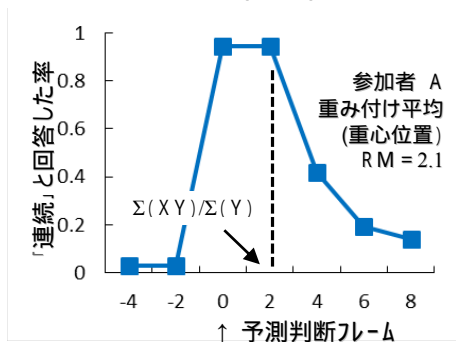


図4 「連続」回答率の典型例と重みづけ平均による RM の求め方

10 名の重みづけ平均 (RM) の分散分析の結果、経験者 (RM = 1.22) と未経験者 (RM = 2.18) の間に有意差は認められなかった ($F(1,8) = 2.91, p > 0.1$)。しかし、RM の値はいずれも正の値 (将来が見えている) とな

り、理由は不明であるが、「巻き戻し・先送り」と「異同」判断の違いにより RM の値が正負逆転することが示された。なぜ回答方法により RM の正負が逆転するのかについてはさらなる検討が必要である。

(4) 予測判断閾値と RM の関連性

予測判断閾値と異同判断による RM の関連性を検討するため、両者の散布図 (図 5) を描き相関を求めたところ、経験者では $r = -0.8$ 、未経験者では $r = -0.16$ という相関が得られ、経験者では予測判断が早いものほど RM が大きく、未経験者にはそのような関連性がないことが示された。しかし、経験者の 1 名の値を除外すると高い相関が得られなくなることから、さらに参加者数を増やしその再現性を検討することとした。

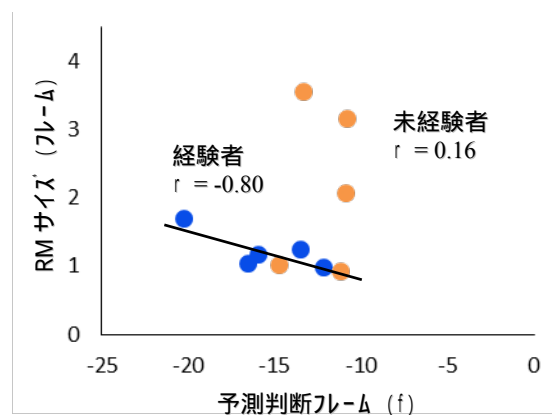


図5 予測判断閾値と RM の散布図と相関

(5) 再現性検証実験

予測判断課題及び RM 課題による実験結果の再現性検証のため、新たに経験者、未経験者各 10 名、計 20 名を用い、また動画の滑らかさ向上のため 120 Hz のキック動画を新たに作成し、再実験を実施した。なお、RM 課題については、正の RM が得られることがわかった異同判断による回答方法を用いた。

実験の結果、予測判断閾値 (図 6) については、経験者はインパクト前 30.8 (SD = 6.24) フレーム、257 ms、未経験者は 24.0 (SD = 4.35) フレーム、200 ms という結果となり、経験者が未経験者より有意に早く予測していた ($F(1,18) = 7.15, p < 0.02$)。これらは当初の実験結果 (経験者 258 ms、未経験者 202 ms) とほぼ同じ値となっており、当初の結果の再現性が確認された。

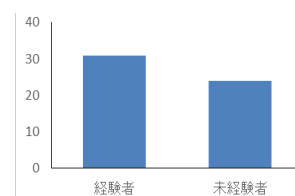


図6 経験者と未経験者の予測判断閾値正答率 75% のインパクト前フレーム位置

RM (図7)の結果は、経験者(0.64, SD = 0.81)より未経験者(2.04, SD = 1.41)が有意に大きなRMを示し($F(1,18) = 6.65, p < 0.02$)。経験者は動画遮断後の再生位置をほぼ正確に判断し、未経験者はより将来の位置として判断するという結果であった。この結果は当初の補足実験と類似傾向を示しており、その再現性がある程度は認められたといえる。

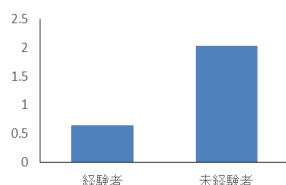


図7 経験者と未経験者の平均 RM
キック動画の遮断・再生位置の異同判断から求めた平均 RM フレーム位置

予測判断閾値と RM の相関(図8)については、経験者 $r = 0.147 (t = 0.42)$ 、未経験者 $r = -0.058 (t = 0.16)$ 、全参加者 $r = 0.300 (t = 0.89)$ を示し、いずれも有意な相関ではなかった。したがって、当初実験結果の経験者にみられた $r = -0.8$ という結果は再現できなかった。

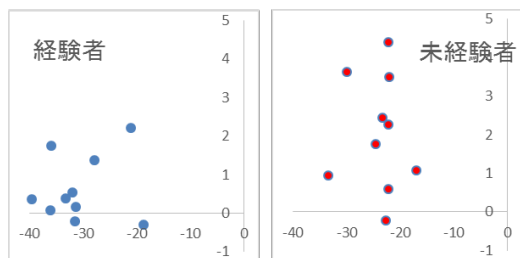


図8 予測判断閾値と RM の関連性
横軸=予測判断閾値、縦軸=RM サイズ

(6) まとめ

本研究では、野球選手にみられた予測能力と RM の高い関連性(Nakamoto et al., 2015)が他のスポーツ競技にも一般化できるか否かを検討するため、テコンドー経験者と未経験者を用い、キック動画によるハイ・ミドルキックの予測判断と RM の関連性を検討した。

その結果、キック予測については、経験者が未経験者より有意に早く予測判断することがわかり、経験者の優位性が認められた。

RM については未経験者が経験者より大きな RM を示し、より遠い将来のキック動画を見ていたと推察された。通常、テコンドー選手は対戦相手の顔・喉・胸などを固視しキック脚を視覚的に追従することがない。本実験でも経験者はキック脚を追従せず、逆に未経験者はキック脚を追従したことにより、未経験者に大きな RM が生じたものと考えられる。

予測判断と RM の関連性については有意な相関が認められず、当初実験で得られた $r = -0.8$ という結果は再現できなかった。したがって、テコンドーキック動画では予測判断と RM に明確な関連性はないものと思われる。

(7) 今後の展望

本研究では、テコンドー経験者のキック予測は、野球選手と同様、未経験者より有意に早いことがわかった。他方 RM については、野球選手とは異なり、経験者には RM はほとんどみられず、予測判断との関連性も認められなかった。Nakamoto et al. (2015) の野球選手の実験では一致タイミング課題が、本研究のテコンドー実験ではハイ・ミドルキック判断課題を用いており、時間的・空間的課題、視覚刺激の移動方向(左右・前後)、視覚的追従の有無などの違いがあり、それらが経験者・未経験者の RM サイズや予測判断との関連性に影響を及ぼした可能性が考えられる。したがって、熟練者の予測判断と RM についてはなお不明な点が残されており、今後さらなる検討が必要と思われる。

また、キック動画による RM 課題では、過去・将来(巻き戻し・先送り)判断では負の RM が、異同(連続・不連続)判断では正の RM が得られ、回答方法の違いで RM の正負が逆転するという結果が得られた。正の RM は視覚刺激の将来像が見えることを、負の RM は視覚刺激の過去しか見えないことを意味しており、正負の RM の行動科学的意義は大きく異なる。また負の RM は先行研究ではほとんど報告されていないことから、その再現性、原因、機能的意義等は不明である。

以上のように、テコンドーキック動画刺激における RM 特性、RM のスポーツ種目特性など、今後検討すべき課題が残された。

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)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

Imanaka, K., Banno, H., Ishihara, M., Shirai, N., & Nakamoto, H. (2016). Innate and acquired nature of representational momentum and anticipatory perception. Physical Education and Sports Science Skill Acquisition Symposium. The 9th Australasian Skill Acquisition & Research Group Meeting, Singapore, July 1-3.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今中 國泰 (IMANAKA, Kuniyasu)
首都大学東京・人間健康科学研究科・客員教授
研究者番号: 90100891

(2) 研究協力者

坂野 逸紀 (BANNO, Hayaki)
余川 裕紀 (YOKAWA, Yuki)