

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560344

研究課題名(和文) スポーツ競技における実力発揮のための神経行動経済学的アプローチ

研究課題名(英文) Neurobehavioral economic approach for motor skill performance

研究代表者

工藤 和俊 (Kudo, Kazutoshi)

東京大学・大学院情報学環・准教授

研究者番号：30302813

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)：エースとミスが隣り合わせになっている多くの運動課題は、狙うべき目標位置が予め決定しているものとは大きく異なり、どの位置を目標として選択するかという意思決定がパフォーマンスにとって重要な意味をもつ。そこで本研究では、このような状況を模した運動課題を新たに開発し、リスク下でのヒトの運動意思決定過程についてベイズ統計モデルを用いて検討した。その結果、ハイリスク・ハイリターン型の得点関数を有する課題においては目標設定のバイアスによって期待得点が低下し、学習の進行も遅れることが明らかになった。加えて、経頭蓋磁気刺激を用いた実験により、リスク志向性に対する背外側部前頭前皮質の関与が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Many exercise tasks in which ace and mistake are next to each other is very different from the target position to be aimed in advance, and the decision on which position to select as a target has an important meaning for performance. Therefore, in this research, we developed a new motor task that imitates such a situation and examined human's decision making process under risk using Bayesian statistical model. Result revealed that in tasks with a high risk-high return type gain function, the expected score decreases due to the decision making bias, and the progress of learning is also delayed. In addition, experiments using transcranial magnetic stimulation suggested involvement of the dorsolateral prefrontal cortex on risk orientation.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：意思決定 行動経済学

1. 研究開始当初の背景

スポーツ競技や音楽演奏を経験した者であれば誰も、実力発揮の難しさを実感している。この原因として「あがり」の問題が指摘されており、これまで試合やコンクールなど心理的ストレス下でのパフォーマンス変化や生理学的情動応答が明らかにされるとともに、リラクゼーションや自律訓練法などによるあがり対策法が開発されてきた。一方で、近年目覚ましく発展を遂げている行動経済学的研究から、試合時のパフォーマンス低下の一因として、成功確率の低いハイリスク・ハイリターン行動を選択してしまう可能性が指摘されている。さらに、実際の試合における大規模データの解析から、一流選手であってもリスクの高い行動の選択傾向があることが裏付けられている。

2. 研究の目的

多くのスポーツでは、エースとミスが隣り合わせであるという特徴をもつ。たとえばテニスのサーブでは一般に、ボールのバウンド地点がサービスエリア内の端に近づくことにより得点確率が増す。その一方で、サービスの狙い位置をサービスエリアの端に近づけると、フォルトになり得点できない確率が増大する。このような運動課題は、例えば弓道やアーチェリーのように、狙うべき目標位置が予め決定しているものとは大きく異なり、どの位置を目標として選択するかという意思決定がパフォーマンスにとって重要な意味をもつ。そこで本研究では、このような状況を模した運動課題を新たに開発し、リスク下でのヒトの運動意思決定過程についてベイズ統計モデルを用いて検討した。また、適切な意思決定のためには、自身の運動分散の認知が必要となることから、実際のスポーツにおけるパフォーマンス分散の認知について検討した。

3. 研究の方法

本研究においては、以下に示す7つの実験を実施した。

(1) タイミング課題を用いた利得関数形状とリスク感受性の関係

合図刺激提示後の反応時間に依存して得られる利得が変化するタイミング課題を新たに開発した。対称な利得関数条件では、光刺激後 2300ms でキー押し反応を行うと最高得点が得られ、そこからの時間誤差の絶対値に比例して得点が低下した。一方、非対称な利得関数条件では、反応時間が 2300 ms の参照時間に近づくほど利得が高くなるが、2300 ms を越えると0点(失敗)となった。これらの条件において実験参加者は、100 試行の総得点を最大化することを求められた。この課題においては、得られた個人の反応分散を基に、ベイズ決定理論を用いて、期待得点が最大となる最適な平均反応時間を推定することができる。

(2) ゴルフのパッティング課題を用いた利得関数形状とリスク感受性の関係

実験参加者は以下に示す2つの利得条件でゴルフパッティング課題を行った。この課題では、パットしたボールの停止位置が参照ラインに近づくほど高い利得が得られた。一方で、参照ラインを越えて停止すると0点となった。これらの条件において実験参加者は、100 試行の総得点を最大化することを求められた。

(3) 繰り返し学習によるリスク志向性の変化

実験参加者は、9日間にわたる計 2250 試行の学習実験を行い、リスク感受的な方略に対する学習効果を検討した。

(4) 反応分散フィードバックによるリスク志向性の変化

非対称な利得関数下でのパフォーマンス最適化が困難な理由の1つとして、記憶容量の限界により各試行の運動結果を基に自身の反応分散を正確に推定することが難しいため、という可能性が考えられる。そこで、反応分散に関する正確な知識を持つことにより、リスク感受的な方略が改善されるかを検討した。

(5) リスク志向性に関わる脳部位の検討

先行研究により、背外側部前頭前皮質がリスク感受的な運動意思決定に関与する可能性が示唆されていることから、1)右側背外側部前頭前皮質に陽極・左側に陰極刺激、2)右側に陰極・左側に陽極刺激、3)偽刺激の条件を設け、同一参加者に3つの刺激条件のもとで非対称利得関数のタイミング課題を実施させた。

(6) 時間変化する利得関数下での意思決定方略

参加者はディスプレイ上に表示される4つのターゲットの選択課題を行う。各ターゲットの得点は異なり、さらに時間経過とともに利得が漸減する。この際、期待利得を最大化するためには、選択時間の短縮に伴い反応時間を短縮させる必要がある。

(7) テニスにおけるボール落下点分散の認知バイアス

テニスのストロークによる的当て課題におけるばらつき推定を行った。参加者は、50球を打球する事前と事後に自身の打球が落下する位置の分散および共分散推定を行った。実際の打球分布と推定した打球分布の離心率(値が小さいほど分布が真円に近い指標)の違いから、分布認知のバイアス量を定量化した。

4. 研究成果

(1) 対称な利得関数では最適反応時間と実際の平均反応時間に有意な差が認められなかったのに対し、非対称な利得関数では実際の平均反応時間が最適反応時間よりも参照時間の近くに位置し失敗の確率が増大するリスク志向的な方略

が選択されることが明らかになった。

- (2) タイミング課題と同様の結果が、空間的課題であるゴルフパッティング課題においても認められた。
- (3) 9日間、2250 試行のタイミング課題練習を通して、反応時間分散とリスク選択方略は異なる時系列変化を示し、リスク選択方略は各試行の運動結果のフィードバック(参照時間からの誤差)のみでは変化しにくいことが明らかになった。
- (4) 反応分散をフィードバックする条件下においても、リスク志向性が維持され、到達点分布のフィードバックがあっても、リスク中立的な方略の獲得が難しいことが確認された。
- (5) 非対称利得関数をもつタイミング課題を遂行する際に右側の背外側部前頭前皮質の興奮性を増大させることでリスク志向的な方略が減少する傾向が確認された。一方、この部位の興奮性を低下させる条件および偽刺激条件ではリスク志向性の変化は認められなかった。これらの結果より右側と左側の背外側部前頭前皮質の興奮性水準のバランスが、運動課題遂行時のリスク感受性に関与する可能性が示唆された。
- (6) 得点関数が漸減する選択反応課題において、得点の低下速度が速い場合に探索時間が遅延することによって期待得点が低下する反応遅延バイアスが生じることが明らかになった。
- (7) テニスのストロークにおけるボール落下点分散の推定において、分散および共分散の過少に推定する過少バイアスが生じることが明らかになった。

これらの実験全体をとおして、リスク感受性や自身のパフォーマンス分散に関わるバイアスが、期待値を最大化する最適パフォーマンス発揮の一因になっているとともに、背外側部前頭前皮質がリスク感受性を変調しうる可能性が示唆された。

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4件)

1. Ota, K., Shinya, M., & Kudo, K. (2016) Sub-optimality in motor planning is retained throughout 9 days practice of 2250 trials. *Scientific Reports*, 6. (ア)doi: Artn 3718110.1038/Srep37181 (査読有)
2. 太田啓示, 森岡祐平, 進矢正宏, & 工藤和俊. (2016) リスク下におけるゴルフパッティング距離調整. *東京体育学研究*, 8, 1-8. (査読有)
3. Ota, K., Shinya, M., & Kudo, K. (2015) Motor planning under temporal uncertainty is suboptimal when the

gain function is asymmetric.

Frontiers in Computational Neuroscience. doi:

10.3389/fncom.2015.00088. (査読有)

4. 工藤和俊. (2015) 試合で力を発揮するための運動技術の学習における多様性の大切さ. *コーチング・クリニック*, 29(3), 10-13. (査読無)

[学会発表](計19件)

1. Yamamoto, H., Shinya, M., & Kudo, K. (2017.7.10-14) Isotropy bias remains regardless of experienced levels in amateur tennis players. The 14th World Congress of Sport Psychology (ISSP), Sevilla, Spain. (予定)
2. Onagawa, R., Shinya, M., & Kudo, K. (2017.7.10-14) Searching strategy in performing response selection task under time constraints. The 14th World Congress of Sport Psychology (ISSP), Sevilla, Spain. (予定)
3. Yamamoto, H., Shinya, M., Onagawa, R., & Kudo, K. (2017.7.5-8) The effect of isotropy bias for own motor variability on aiming point is limited. 22nd Annual Congress of the European College of Sports Science (ECSS), Essen, Germany. (予定)
4. 女川亮司, 進矢正宏, 太田啓示 & 工藤和俊 (2017.4.15) Underestimation of motor variability compared to equivalent extrinsic noise in two-choice decision task. 第17回東京大学生命科学シンポジウム, 東京大学本郷キャンパス, 東京都, 目黒区.
5. 工藤和俊 (2016.12.03-04) 投球コントロールにおける動作の再現性と協調性. 日本野球科学研究会第4回大会, 東京大学, 東京都, 目黒区. (招待講演)
6. 太田啓示, 進矢正宏, & 工藤和俊 (2016.11.04) 身体運動学習研究の新展開 Sub-optimality in motor decision making. 計測自動制御学会 ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016, オーガナイズドセッション, 大阪国際交流センター, 大阪府, 大阪市.
7. 工藤和俊 (2016.10.25) スポーツ・ダンス・音楽演奏のスキルを測る. フレキシブル医療 IT 研究会, 東京大学, 東京都, 文京区. (招待講演)
8. 太田啓示, 進矢正宏, & 工藤和俊 (2016.9.24) 運動の意思決定はばらつきを視覚化により変わるか? 第71回日本体力医学会大会, いわて県民情報交流センター, 岩手県, 盛岡市.
9. 女川亮司, 進矢正宏, & 工藤和俊 (2016.9.03) 期待利得の時間変化が意思決定方略に与える影響. 第10回モーターコントロール研究会, 慶應義塾大

- 学日吉キャンパス, 神奈川県, 横浜市.
10. 女川亮司, 進矢正宏, & 工藤和俊 (2016.8.26) 時間制約下での意思決定. 第 67 回大会日本体育学会, 大阪体育大学, 大阪府, 泉南市.
 11. 山本浩之, 進矢正宏, & 工藤和俊 (2016.8.26) テニスにおける打球落下位置の分散推定 - 過小バイアスおよび等方性バイアスの検討 -. 第 67 回大会日本体育学会, 大阪体育大学, 大阪府, 泉南市.
 12. Ota, K., Shinya, M., & Kudo, K. (2016.3.04) Difficulty in acquiring of optimal motor plan under risk. TGU Project The 2nd International Symposium Health Promotion. The Joy of Sports and Exercise, Waseda University, Nishi-tokyo-shi, Tokyo, Japan.
 13. Kudo, K., Shinya, M., So, T., Tsutsui, K., & Ota, K. (2016.3.03) Interpersonal competition: What variables can contribute to win a victory? International Symposium on Integrated Understanding for Emergent Property of Cooperation and Competition Dynamics, The University of Tokyo, Meguro-ku, Tokyo, Japan.
 14. 工藤和俊 (2015.11.21) 運動スキル熟達化のダイナミクス. 第 80 回形の科学シンポジウム「スポーツ・パフォーマンスに現れる形」, 東京電機大学鳩山キャンパス, 埼玉県, 比企郡鳩山町. [招待講演]
 15. 工藤和俊 (2015.11.15) 機能不全を再考する: 運動の初心者はどう動くか? 日本基礎理学療法学会第 20 回学術大会ミニシンポジウム「身体運動の(再)組織化」, 神奈川県立保健福祉大学, 神奈川県, 横須賀市. [招待講演]
 16. 工藤和俊 (2015.11.12) What differentiates unskilled, skilled, and highly skilled performances: Neurophysiological and dynamical principles governing spatiotemporal organization of human movements Global Science Conference 2015, Seoul National University, Seoul, Korea. [招待講演]
 17. Ota, K., Masugi, Y., Shinya, M., & Kudo, K. (2015.10.20) Risk-taking decision in motor task can be modulated by transcranial direct current stimulation over dorsolateral prefrontal cortex. Society of Neuroscience 45th Annual meeting, Chicago, USA.
 18. 太田啓示, 一寸木洋平, 進矢正宏, & 工藤和俊 (2015.6.25-27) リスク下の運動遂行における意思決定の非合理性と

それに対する前頭前野背外側部の関与. 第9回 Motor Control 研究会, 京都大学, 京都府, 京都市.

19. 太田啓示, 森岡祐平, 進矢正宏, & 工藤和俊 (2015.3.22) 個人内パフォーマンス変動がリスク選択方略に及ぼす影響: ゴルフパッティング課題を用いた検討. 東京体育学会, 日本体育大学, 東京都, 世田谷区.

〔図書〕(計1件)

1. 工藤和俊 (2013) 協応する身体. In 佐々木正人 (Ed.), 知の生態学的転回 第1巻: 身体 (pp. 115-131). 東京: 東京大学出版会.

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)

取得状況 (計0件)

〔その他〕

・アウトリーチ活動

1. 工藤和俊 (2015.10.04) 運動を支える感覚: 初心者からトップアスリートまで. 東京都柔道整復師会多摩ブロック学術講演会, 武蔵野スイングホール, 東京都, 武蔵野市. [招待講演]
2. 工藤和俊 (2014.7.12). 熟達化のダイナミクス. 第 22 回東京大学身体運動科学シンポジウム, 東京大学, 東京都, 目黒区.
3. 工藤和俊 (2014.2.04). アスリートの「こころ」とメンタルトレーニング. 江東区総合区民センター講座, 東京都, 江東区.

ホームページ等

<http://www.dexterity-lab.c.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

工藤 和俊 (KUDO Kazutoshi)
 東京大学・大学院情報学環・准教授
 研究者番号: 30302813

(2) 研究分担者

島 弘幸 (SHIMA Hiroyuki)
 山梨大学・総合研究部・准教授
 研究者番号: 40312392

小幡 博基 (OBATA Hiroki)
 九州工業大学・教養教育院・准教授
 研究者番号: 70455377