

Risk-sensitive decision making in motor tasks with an asymmetric gain function

その他のタイトル	非対称な利得関数を持つ運動課題におけるリスク感受的な意思決定
学位授与年月日	2017-03-23
URL	http://doi.org/10.15083/00075522

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 太田啓示

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、運動遂行時の誤差のためサービス失敗のリスクが増大する。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、自らの誤差分散を考慮した上で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。そこで本博士論文では、このような状況下でのヒトの運動意思決定特性について、意思決定におけるリスク感受性を定量化する統計モデルを用いて検討した。

博士論文は以下に示す5つの実験から構成されている。はじめに実験1では、光刺激提示後の反応時間によって得られる利得が変化するタイミング選択課題を用いて、利得関数の形状（対称/非対称）と意思決定方略の関係について検討した。このとき対称な利得関数条件では、光刺激提示後に参照時間となる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、反応時間が参照時間に近づくほど利得が高くなるが、参照時間を越えると0点（失敗）となった。これらの条件において実験参加者は、各試行の時間誤差および得点のフィードバックを与えられ100試行の総得点を最大化することを求められた。このとき、ベイズ決定理論を用いて、与えられた利得関数と個人の反応時間分散をもとに期待得点が最大となる最適反応時間を推定した。その結果、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。また、この傾向は、ゴルフパッティング課題を用いた実験2においても同様に確認されたことから、非対称な利得関数は時間的、空間的という課題の種類に関わらずリスク中立的な方略からのずれを生じさせることが明らかになった。

続く実験3では、繰り返し練習によりリスク中立的な方略が獲得されるのか検討した。参加者は、実験1で用いたタイミング課題を9日間、計2250試行実施した。実験の結果、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、リスク選択方略に関し

ては、1日目から9日目にかけて有意な相関が認められたことから、練習を継続しても練習初期の方略が保持されることが示された。本課題において最適方略を獲得するためには、各試行の反応時間から自身の反応分散を推定し、推定した反応分散をもとに、次の目標位置を更新する必要がある。本実験結果は、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、最適目標位置の学習が困難であることを示唆している。

そこで実験4では、自身の反応分散に関する情報を与えられることにより、リスク感受性が変化するか検討した。参加者は、到達点分布のフィードバックがある群とない群に分けられ、非対称な得点関数を伴う到達課題を行った。その際、フィードバックがある群には、各試行ブロック後に、そのブロック内の試行全ての到達点が提示された。実験の結果、フィードバックがない群では、リスク志向性が維持され、タイミング選択課題と同様の結果となった。一方で、フィードバック群においても、大半の参加者において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。この結果は、反応分散を正確に推定するための記憶容量の限界よりも、非対称な利得関数と反応分散を統合し、最適な狙い場所を算出するための計算容量の限界が、狙い場所の学習を妨げる要因となっていることを示唆している。

さらに実験5では、経頭蓋直流電気刺激を用いてリスク感受性に関わる脳部位について検討した。実験では、先行研究によって衝動的な行動を抑制することが報告されている右側の背外側部前頭前皮質に着目し、1) この部位の興奮性を増大させる条件、2) 低下させる条件、3) 偽刺激条件、を比較した。参加者は1日に2ブロックそれぞれの刺激前と刺激中に、実験1と同様のタイミング選択課題を実施した。その結果、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。

以上5つの実験を通して本論文は、非対称な利得関数を伴う課題の遂行において、ヒトはリスク感受性に関わるバイアスを有し、そのバイアスを変化させるには得点や誤差分散などのパフォーマンスに関するフィードバックでは不十分であることを示すと同時に、大脳皮質の前頭前野背側部の興奮水準を変化させることでリスク感受性を変化させることが可能であることを示した。本研究は、明示された目標に対していかに接近するかという従来の運動学習研究に対して、適切な運動目標をいかにして設定するかという新たな視点を導入し、後者の要因が熟達化の大きな制約となっていることを明らかにしたものであり、これらの知見はスポーツ・運動の学習や指導に関する応用研究につながるものとして高く評価することができることから、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。