



Title	進化・学習・規範 : 強化学習の計算論モデルによる検討 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	本間, 祥吾
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(人間科学)
Dissertation Number	甲第15987号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/92338
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shogo_Homma_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（人間科学）

氏名： 本 間 祥 吾

主査 教授 竹 澤 正 哲
審査委員 副査 准教授 瀧 本 彩 加
副査 准教授 小 川 健 二

学位論文題名

進化・学習・規範：強化学習の計算論モデルによる検討

当該研究領域における研究成果

生物の延長線上に人間を位置づけ、進化という原理に基づく統合的な科学を構想する諸領域は、あるひとつの視点を共有している。人間の心は進化を通して形作られ、社会や文化は、そうした人間の相互作用から創発する現象だという視点である。だが実際には、進化という共通原理に立脚しながらも、心の進化と社会の進化は、互いに独立した研究として扱われることが多く、両者を接合する試みは少ない。本論文は、学習をキーワードとして進化認知科学と進化社会科学の接合を試みた、野心的な研究の成果である。学習とは、多様な環境において生存に利する適応的な表現型を獲得するために、生物に備わった基層的なメカニズムである。近年は、学習というメカニズムが計算論モデルとして定式化されることにより、神経科学、認知科学、人工知能といった領域の協働が進み、学習についての理解が大きく進展した。本論文は、強化学習の計算論モデルを軸に据えることで、個体レベルと社会レベルの統合的な理解を試みたものである。具体的には、不確実下での意思決定と向社会性という2つの問題を、強化学習の計算論モデルによって検討した2つの研究群から構成されている。

本論文の成果は3つある。第1に、不確実下での意思決定場面における学習メカニズムの進化の論理を解明した点にある。心理学や経済学では、確率や利得の記述情報を参加者に提示した実験が行われ、様々な意思決定バイアスが明らかにされてきた。だが現実の世界では、ある行動を選択することの帰結は自明ではなく、実際にその行動を選択して経験しない限り、情報が得られない。こうした「経験に基づく意思決定」は、強化学習に担われているが、進化という観点から見ると、多様な意思決定場面において適応的な行動を学習できるようにチューニングされているはずである。学習心理学で有名なガルシア効果は、適応的な学習バイアスの例であるが、本論文では強化学習の計算論モデルにおけるパラメータが、進化的にチューニングされていると想定したシミュレーションを行った。その結果、多様な場面で期待値が高い選択肢を選択できるように進化した個体群は、その副産物としてプロスペクト理論として知られるバイアスを獲得することが見出されたのである。様々な意思決定バイアスを進化適応の副産物として理解する取り組みの中でも、特筆されるべきは、強化学習という生物にも共通した一般的なメカニズムから、こうしたバイアスが創発したことを見出した点にある。第2に、変動性とリスクという不確実下での意思決定における2つの重要な統計的構造が、学習に与える影響を解明した点にある。現生人類が進化適応してきた後期更新世の自然環境は、特異な変動性のパターンを持つことで知られており、人間が持つ高度な社会的学習能力は、そうした統計的構造への適応であるとの指摘が複数の理論モデルによって示されてきた。本論文は、個人の学習というレベルでは、リスクと変動性が同様の効果を持つことを明らかにし、進化史における人間の固有性に関する議論に再検討を迫るものである。第3に、計算論モデルという記述レベルを用いることによって、規範や制度という社会現象に対して、学習という個体レベルのメカニズムからのアプローチを試みた点である。2つの実験研究の結果によって、当初の仮説は支持されなかったものの、規範内面化という現象が学習というマイクロな心理プロセスによって支

えられているという発想は、認知科学を中心として注目されつつあり、本研究はその先駆的な試みとして高く評価できる。

学位授与に関する審査委員会の所見

本論文は、生物の適応を理解するために不可欠な進化と学習に着目したものであり、生物学から心理学、神経科学に至る膨大な知見を手際よく整理し、緻密な論理と文章構成によって、4つの研究の背景、解釈、展望を専門外の読者にも伝わるレベルでまとめ上げたものである。極めて完成度の高い論文である点において、審査委員の評価は一致した。審査委員会では、用語や概念の定義について議論となった他、本研究の研究対象となったのは基本的なモデルフリー学習であり、モデルベース学習や反実仮想に基づく因果学習など、より高次元学習アルゴリズムに対して、本研究のアプローチがどこまで一般化できるかといった点が指摘された。だが本論文が対象とする研究領域は広大で、領域によって異なる用語が利用されている上に、一般化可能性の問題は本研究の限界というよりも、今後新たに探求されるべき問いだと言える。また口頭試問においても、今後の展望について、申請者が的確に問題を認識していることが確認された。

以上の審査結果から、本審査委員会は全員一致で本学位申請論文が博士(人間科学)の学位を授与されるにふさわしいものであると判断した。