



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	累積的文化進化のメカニズム : 階層性、語順規則、技術に注目して [全文の要約]
Author(s)	中田, 星矢
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(人間科学)
Dissertation Number	甲第15528号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89423
Type	doctoral thesis
File Information	Seiya_Nakata_summary.pdf



学位論文内容の要約

博士の専攻分野の名称：博士（人間科学） 氏名： 中 田 星 矢

学位論文題名

累積的文化進化のメカニズム:階層性、語順規則、技術に注目して

ヒトを理解するためには、文化に注目する必要がある。ヒトは生物として生まれつき非常に優れた能力を持っているのではなく、脈々と受け継がれてきた文化のおかげで繁栄することができたのだ。文化学習能力の高さ、生存する上でも文化的な知識や技術に依存していること、ヒトの行動や信念の多様性を説明するためには環境への適応や遺伝子だけでは説明しきれないことなど様々な例から、ヒトが如何に文化的な動物であるのかがわかる。文化進化論は、生物進化と同様の理論や手法を用いることで、ヒト以外の動物の文化を含めた包括的な文化の研究を行ってきた。文化は社会的に伝達される情報（知識、規範、技術など）であるという側面に注目することで、実証的かつ定量的な方法で文化を研究することが可能になったのだ。そして、文化進化研究を通して、ヒトと他の動物の持つ文化の間に存在する差異が明らかになってきた。それは文化の累積性である。現在では、霊長類、鳥類、鯨類などの様々な動物が文化を持つことが認められているが、宇宙船を開発して地球を飛び出すほどの技術を持つような動物はヒト以外に現れそうにない。ヒトの文化は伝統として維持されるだけでなく、世代を超えて伝達されていく過程で生じた改良を蓄積し、やがて単独個人では発明できないほど高度な文化へと進化してきた。このような現象は累積的文化進化 (cumulative cultural evolution) と呼ばれている。

累積的文化進化はヒト以外の動物の文化にはほとんど見られず、人類の生態学的成功の鍵として注目されてきた。どのような要因によって、ヒトは累積的文化進化を可能にしているのかという問題は、人類学者、生物学者、心理学者など多くの研究者が取り組んでいる。特に、言語に見られるような体系的な構造の累積的文化進化と道具製作などの技術の累積的文化進化は、そのメカニズムを探るために多くの関連した研究が行われてきた。本論文では、階層性、語順規則、技術に注目し、それぞれの累積的文化進化に関して未解決な問題を研究した

第2章では、文化伝達の繰り返しが階層構造の累積的文化進化に与える影響を検討した。階層構造はヒト文化の至る所に見られる。例えば、ヒトの言語は階層構造によって、より複雑で多様な表現を可能としている。このような特徴はヒト以外の動物コミュニケーションシステムでは見られない。また、音楽や道具製作などのヒト文化にも言語同様の階層性が存在することが指摘されており、階層性を生み出せることは、複雑で多様な文化の創出に寄与していると考えられている。計算論的言語進化学者は、文化が世代から世代へと伝達されることで、構造が創発してきたと主張している。この主張は、主に人工言語を用いた繰り返し学習 (iterated learning) と呼ばれるパラダイムによる実験室実験と計算論モデルによって支持されてきた。さらに、先行研究では、Simon game という非言語的な刺激を記憶・再生する課題を用いても、文化伝達の繰り返しによって階層構造が創発することが示された。しかし、先行研究では適切な統制条件や分析方法が欠けていたため、文化伝達が個人の認知システム以上の寄与をもたらしているのかは定かではない。本研究では、先行研究の追試にあたる文化伝達実験（伝達条件）に加え、個人の学習のみで文化伝達を行わない統制条件（個人条件）を設けることで、文化伝達が階層構造の創発に寄与しているのかを検討した。実験の結果、伝達条件では階層構造やチャンクの繰り返しなどの構造化が世代とともに促進され、計算論的言語進化学者らの主張が支持された。一方、個人条件では構造化の程度が低かったにもかかわらず、伝達条件の参加者よりも正確に刺激系列を記憶できるようになっていた。加えて、個人条件では再生された刺激系列の多様性が高かった。本研究の一連の結果から、階層構造などの体系的な構造は、多様な人々の間での情報伝達というプロセスがあったからこそ創発する、個人の認知システムの効果を超えた特徴である可能性が示された。

第3章では、双方向的なコミュニケーションが語順規則の累積的文化進化に与える効果を検討した。ヒトが持つほとんどの言語は体系的な語順規則を持つことが知られている。例えば、主語-目的語-動詞の順序は個別言語ごとの文法規則によって決まっている。語順規則が共有されていることで、同じ言語話者同士で円滑にコミュニケーションを取ることができる。一方、他の動物のコミュニケーションシステムでは、語順規則はほとんど見られない。計算論的言語進化学者らは、文化伝達に加えて、お互いのシグナルの意図を理解する必要があるような双方向的なコミュニケーションが存在することによって、ヒト言語に見られる様々な構造的特徴の累積的文化進化が促進されることを示してきた。本研究では、語順規則もコミュニケーションと文化伝達によって創発するのかどうかを検討するために、実験室実験を行った。従来の繰り返し学習実験に加えて、参加者が二人ペアでコミュニケーション課題に取り組む条件（ペア条件）と文化伝達のみでコミュニケーションはない条件（ソロ条件）を比較した。本実験のために、架空の人工言語から、参加者が語順規則を推測する課題をデザインした。また、本課題では語彙は所与のものであり、語順規則が創発しなくてもコミュニケーション課題に取り組むことができた。実験の結果、コミュニケーションを行うペア条件では、世代が進むごとに語順規則が生じることが示された。創発した語順規則は、世代間でほとんど変化することがなく、非常に安定することが示された。一方、参加者がコミュニケーションを行わないソロ条件では、世代が進んでも語順規則が創発しなかった。また、参加者が用いる語順の分布は世代間で変化しやすく不安定であることが示された。一連の結果から、双方向的なコミュニケーションは語順規則の累積的文化進化に寄与していることが示唆された。

第4章では、教育による忠実な文化伝達が道具製作など技術の累積的文化進化に与える影響を検討した。高度な技術が他者を観察するのみで学習することは難しい。熟練者から丁寧な教育を受けられないと、行動な技術は次世代に正確に伝達できないことが知られている。優れた技術が発明されたとしても、他者に忠実に伝達することができなければ、世代を超えて技術を発展させつどころか、技術レベルが停滞したり劣化したりしてしまうこともある。技術の革新を積み重ね、世代を超えた発展を達成するためには、教育によって忠実な文化伝達を行う必要があるのだ。しかし、教育による忠実な文化伝達が累積的文化進化を促進するという仮説を検討した先行研究では、研究間で一致した結論が得られていない。本研究では、この問題を検討するためには、課題の難易度および教育による忠実な文化伝達と個人学習による革新のトレードオフを考慮する必要性を指摘し、これらの要素を含んだ計算論モデルを構築した。また、徐々に効率化していく技術を表現するために、強化学習エージェントがネットワーク上のゴールを探索する課題をデザインした。教育に費やす時間と個人学習に費やす時間のバランスをコントロールしたシミュレーションを実施した結果、費やす時間にかかわらず教育によって累積的文化進化が生じることが示された。ただし、教育に長い時間を費やすほど、累積的文化進化が促進された。つまり、長期的な教育は、革新の機会を犠牲にしても、累積的文化進化を促進することが示された。

第5章では、第4章の計算論モデルを修正することで、教育による忠実な文化伝達が複雑化していく技術の累積的文化進化に与える影響を検討した。第4章で用いた計算論モデルでは、累積的文化進化の結果として生じる効率的な技術は学習しやすいものであった。しかし、ヒト固有性が強調される現代の科学技術は、徐々に複雑さを増し、個人での学習が難しくなるものが多い。本研究では、ネットワーク上に複数のゴールが存在し、到達が難しいゴールほど高い報酬が得られるという変更を加えることで、徐々に複雑化していく技術を表現した。新たな課題を設定した上で、第4章と同様の計算論モデルを用いたコンピュータシミュレーションを行った。その結果、長期的な教育が技術の累積的文化進化に与える効果は、課題の相対的な難易度に依存することが示された、個人にとって課題が難しい状況では、忠実な文化伝達のために教育に長い時間を費やすほど累積的文化進化が促進されるという第4章と同じ結果が再現された。一方で、個人にとって課題が易しい状況では、教育よりも個人学習に長い時間を費やすことで、革新の機会を増やすほど累積的文化進化が促進されることが示された。本研究は教育と累積的文化進化の関係を研究する上で、課題の相対的な難易度が重要であることを強調している。従来の実験研究における結果の不一致は、課題の難易度という観点から説明できる可能性が示された。また、一連のシミュレーション結果は、人類史において、教育に時間を費やすことと複雑な文化の共進化が起こってきたことを示唆している。

本論文では、以上4つの研究を通して、ヒト固有と考えられている累積的文化進化のメカニズ

ムを検討した。累積的文化進化はヒトの生態学的な独自性を説明する鍵として注目されてきたが、未解明の問題も多い。本論文では、それぞれの問題を検討するために新たに実験やモデルをデザインすることで、新たな洞察を得られた。階層性、語順規則、技術の累積的文化進化に対して、多様な人々の間での情報共有、双方向的なコミュニケーション、長期的な教育という要因がそれぞれ重要であることが示された。これらは、ヒトの持つ顕著な社会性によるものかもしれない。集団を形成する動物はヒト以外にも多くいるが、自分が獲得した情報を他者と正確に共有するために積極的に働きかける動物は稀である。ヒトは積極的な情報共有という社会的なプロセスを大人数で、そして途方も無い世代をかけて積み重ねてきたことで、個人では到達できないほど高度な文化の累積的進化を達成してきたのかもしれない。