

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25285176

研究課題名(和文) 累積的文化進化を生み出す環境と心のアーキテクチャ

研究課題名(英文) Environmental structure and the cognitive architecture promoting cumulative cultural evolution

研究代表者

竹澤 正哲 (Takezawa, Masanori)

北海道大学・文学研究科・准教授

研究者番号：10583742

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：人間を他の動物から区別する最大の特徴 - それは文化の存在である。人間が持つ言語やシンボル、技術、数学や科学などの知識体系は、世代から世代へと伝達される中で漸進的に改良され、個人の力では生み出すことが不可能なレベルまで進化した。これが累積的文化進化(cumulative cultural evolution)と呼ばれる現象である。本研究は、文化の累積的進化において、情報が伝達される過程に着目した。そして文化が累積的に進化するためには、単なる模倣としての伝達ではなく情報に対する篩として機能していることが必要不可欠であることを実験室実験とコンピュータ・シミュレーションを用いて検証した。

研究成果の概要(英文)：Culture is the phenomenon that distinguish the human beings from the other animals. Systems of human knowledge, such as language, symbols, technology, mathematics and sciences, have gradually evolved through the transmissions from the previous to the next generations, and eventually reached high level which cannot be attained by a single individual in a generation. This is called the cumulative cultural evolution. In this study, I focused the role of transmission processes for culture to evolve cumulatively. Through a series of laboratory experiments and agent-based computer simulations, it was found that transmission processes cannot be the mere imitation of the previous generation but it needs to provide an effective selection pressure for culture to evolve cumulatively.

研究分野：社会心理学、適応的意思決定

キーワード：文化進化 技術の進化 エージェント・ベース・シミュレーション 文化伝達

1. 研究開始当初の背景

人間を他の動物から区別する最大の特徴—それは文化の存在である。人間が持つ言語やシンボル、技術、数学や科学などの知識体系は、世代から世代へと伝達される中で漸進的に改良され、個人の力では生み出すことが不可能なレベルまで進化した。これが累積的文化進化 (cumulative cultural evolution) と呼ばれる現象である。

生物学、特に進化という観点から文化が研究される際、その出発点となるのが伝達という概念である。進化とは、ゲノムという情報が遺伝子を通じて親から子へと遺伝的に伝達されるプロセスである。情報伝達という観点からみると、文化の最大の特徴は、様々な情報が遺伝子以外の経路、すなわち、社会的学習や模倣というメカニズムを通して、遺伝的につながりのない個体に対して世代から世代へと伝達される点にある。だが、社会的学習を通じて情報が世代間を超えて伝達されるという現象は、チンパンジーやアカゲザル、ラット、グッピーといった人間以外の多くの種でも見られる。だが、人間が持つ文化は、動物が持つ文化とは大きく異った特徴を持つ。それが文化の累積性である (Tomasello, 1999; Richerson & Boyd, 2005)。我々が持つ言語やシンボル、科学や技術は、単に世代から世代へと伝達されるだけではなく、その過程で漸進的に改良され、個人の能力では生み出すことができない高度なレベルへと進化する。こうして「なぜ人間においてのみ累積的文化進化が存在するのか」という問題が急速にクローズアップされるようになった。

2. 研究の目的

なぜ人間だけが文化を累積させることができるのか？この問いに対する一つの主要な回答が、模倣の忠実性である。たとえば他個体の身体動作を鏡に映すように忠実に模倣する能力は人間に特有の認知能力だとされている (Lewis & Laland, 2012)。ある世代において優れた技術や知識を産み出した個体が存在しても、次世代の個体がそれを忠実に模倣することができないならば、それを改良してさらに優れた技術を生み出すことは困難となるであろう。模倣の忠実性に基づく累積的文化進化の説明は理論的にも実証的にも一定の支持を得ている。

本研究の目的は、こうした模倣の忠実性に基づく従来の議論に対し、人間の参加者を対象とした実験室実験とコンピュータ・シミュレーションを組み合わせることにより、文化

の累積性が生み出されるための条件とその帰結を明らかにすることにある。

3. 研究の方法

まずここで本研究が依拠する1つの実験パラダイムを紹介したい。従来、累積的文化進化に関する研究は考古学的遺物や歴史データを対象とした統計分析、純粋に数学的なモデルを用いた理論研究などが主体であった。近年、実験室実験を用いて文化の累積的な進化を実験室内で再現する研究が数多く登場してきた。たとえばできるだけ遠くまで飛ぶ紙飛行機を作成する課題、スパゲッティと粘土を使ってできるだけ高い塔を作成する課題、ロープを結ぶ課題など、様々な技術に関連する課題を用い、より優れた(あるいは複雑な)技術が実験室内で進化する様子を再現するものである (Caldwell & Millen, 2008; Dean et al., 2012; Muthukrishna & Henrich, 2016)。これらの実験の鍵となるのは、実験室内で技術が他者へと伝達されていく点にある。まず最初に1~2人の参加者が課題をおこない、その課題をこなす過程と最終的に生み出された人工物を別の参加者が観察し、続いて同じ課題をおこなう。こうしてある世代において生み出された技術が、観察学習によって次世代へと伝達され、次の世代の人々は前世代より伝達された技術を礎として、さらに新たな技術を生み出していく。こうして実験室内において、何世代にも渡る技術の伝達過程を再現し、世代を経るにつれてより優れた/複雑な技術が進化していくことが見出されている。本研究ではまず、技術の累積的文化進化を実験室内に再現した実験パラダイムに依拠した一連の実験を実施する。

ここで本研究が着目するのは、多峰型適応度地形という概念である。ある一つの目的を達成するための技術は一つでなく複数存在していることだろう。累積的文化進化を多峰型適応度地形における探索問題として定式化することにより、技術や情報が個人から個人へと伝達されていくプロセスが文化の進化にもたらす本質的な帰結を検討していく。

また本研究では、多峰型適応度地形における探索問題という定式化を行うことにより、エージェント・ベース・シミュレーションを用いて文化の累積的進化が発生するための条件を理論的に検討していく。

4. 研究成果

本研究ではまず、累積的文化進化を実験室内に再現した Caldwell & Millen (2008)の研究に着目し、彼女らが用いたスパゲッティ塔課題(スパゲッティと粘土を用いて制限時間内に出来るだけ高い塔を作成する)を選択した。一見すると単純な課題に見えるが、事前知識を持たずにこの課題を行なっても、あまり高い塔を作ることはできない。だが塔の作成方法が人から人へと伝達されていく場合、世代(試行)が進むに連れて塔の高さは漸近的に

増加していくこと、すなわち塔を作成する技術が累積的に進化していくことが知られている。本研究においても、同様の現象が繰り返し再現された。だが本研究では、統制条件として同一ペアが繰り返し塔を作成し、技術が他者へと伝達されることなくペア内で蓄積されていく状況を設定して実験を行なったが、その統制条件においても同様に、試行が進むに連れて塔の高さは漸近的に増加していった。これは優れた技術の進化という現象自体は、情報の伝達というプロセスが介在せずとも生じうることを示している。

だがここで注目すべきは、両条件において進化した塔の構造に違いが見られた点である。各条件において作成された塔の構造を解析したところ、伝達条件において作成された塔は試行（世代）が進むに連れて構造が単純化していったのに対し、統制条件においては構造の単純化というパターンは見られなかった。同様の現象は追試実験においても観察された。

この現象の意味は、言語を例にとって考えると分かりやすいだろう。言語が意味の伝達という機能を果たすためには、一定の複雑さを伴う構造を保つ必要がある。だがたとえ意味の伝達という目標において効率的であるとしても、非常に複雑な構造を持つ言語というものが仮に存在し、そしてそのような言語は子供が有限時間内で学習することができないとしたならば、そうしたあまりにも複雑な言語は伝達の過程において淘汰され、やがて消失してしまうだろう。技術も言語と同様に模倣や教育を通じて伝達されていく情報の体系である。もし限られた時間内で習得するのが困難な技術が発生したとしても、そのような技術は次世代に伝達されえず、やがて消失するだろう。ここで多峰型適応度地形という概念に注目しよう。もし同じくらいの効率で目標（高い塔の作成）を達成できる技術が複数存在し得るならば、技術が伝達される状況ではより単純な技術が淘汰され進化していくだろう。本研究においてまず見出された重要な知見は、文化の伝達とは単なる模倣ではなく、機能と学習可能性という2つの相反する力が淘汰圧として作用する進化的なプロセスだという知見である。

文化進化を多峰型適応度地形として定式化すると、さらに新たな視座がもたらされる。多峰型適応度地形における探索課題において問題となるのが局所的最適解で立ち止まってしまい大域的最適解を見出すことが阻害されてしまう問題である。従来、文化が累積的に進化するためには前世代の獲得した知識や情報が忠実に伝達される必要があると議論されてきた。だが、前世代までに見出された優れた技術が局所的最適解であるならば、忠実な伝達は技術の進化を停滞させてしまう可能性がある。この推論を検証するために、一連のエージェント・ベース・シミュレーションを実施し、前世代から忠実に情報

が伝達されるほど、文化の累積的な進化が阻害され、むしろ（ある程度）不完全に情報が伝達される場合に、文化の累積的進化が生じる可能性が見出された。

いずれの知見も、文化進化のマイクロな基盤である伝達という過程を単なる模倣として捉えるべきではないこと、このマイクロな過程こそ、文化の累積的進化を理解する上で鍵となることを示したものである。以上が、本研究において見出された主要な知見である。

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 2 件)

1. Horita, Y., Takezawa, M., Kinjo, T., Nakawake, Y., & Masuda, N. (2016). Transient nature of cooperation by pay-it-forward reciprocity. *Scientific Reports*, 6, 19471. (査読あり)
2. Watanabe, T., Takezawa, M., Nakawake, Y., Kunimatsu, A., Yamasue, H., Nakamura, M., Miyashita, Y., & Masuda, N. (2014). Two distinct neural mechanisms underlying indirect reciprocity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111, 3990-3995 (査読有).

〔学会発表〕(計 21 件)

1. 中分遥・竹澤正哲 (2015). 多属性型選択課題における集団意思決定ルールの比較, 日本社会心理学会第 56 回大会, 2015/10/31, 東京女子大学 (東京都杉並区)
2. 須山巨基・竹澤正哲 (2015). 行為主体検知と超越的存在の認識: 想起法を用いた検討, 日本社会心理学会第 56 回大会, 2015/10/31, 東京女子大学 (東京都杉並区)
3. 中分遥・竹澤正哲 (2015). いつ多数決はベストメンバーより優れるのか? 集団成員の能力と判断間の相関を操作したコンピュータ・シミュレーションによる検討, 日本心理学会第 79 回大会, 2015/09/22/, 名古屋国際会議場, (愛知県名古屋市)
4. Takezawa, M., Watanabe, T., Nakawake, Y., Kunimatsu, S., Yamasue, H., Nakamura, M., Miyashita, Y., & Masuda, N. (2015). Neural Mechanisms Underlying Indirect Reciprocity: Empathy and Reward Calculation, The 16th International Conference on Social Dilemmas, 2015/06/23/, Chinese University of Hong Kong (Hong Kong)
5. Takezawa, M., Watanabe, T., Nakawake, Y.,

- Kunimatsu, S., Yamasue, H., Nakamura, M., Miyashita, Y., & Masuda, N. (2015). Neural Mechanisms Underlying Indirect Reciprocity: Emotion and Reward Calculation, The 27th Annual Meeting of Human Behaviour and Evolution Society, 2015/05/27/, University of Missouri (Columbia, USA)
6. 竹澤正哲 (2014). 2種類の間接互惠性の神経基盤: 共感と報酬計算, 日本心理学会第78回大会, 2014/09/10/, 同志社大学 (京都府京都市)
 7. 中分遥・竹澤正哲 (2014). 文化進化を理解する枠組みとしての多峰型適応度地形, 日本社会心理学会第55回大会, 2014/07/26/, 北海道大学 (北海道札幌市)
 8. 竹澤正哲・渡部喬光・中分遥・國松聡・山末英典・中村光宏・宮下保司・増田直紀 (2014). 間接互惠性の神経基盤: 共感と報酬計算, 日本社会心理学会第55回大会, 2014/07/26/, 北海道大学 (北海道札幌市)
 9. 須山巨基・竹澤正哲 (2014). 文化伝達による技術の淘汰: 実験的再検討, 日本社会心理学会第55回大会, 2014/07/26/, 北海道大学 (北海道札幌市)
 10. Takezawa, M., & Nakawake, Y. (2014). Transmission infidelity and cumulative cultural evolution (1): Theoretical demonstration, The Annual Conference of the European Human Behaviour and Evolution Association 2014, 2014/04/06/, University of Bristol, (Bristol, UK)
 11. Nakawake, Y., & Takezawa, M. (2014). Transmission infidelity and cumulative cultural evolution (2): Computer Simulations, The Annual Conference of the European Human Behaviour and Evolution Association 2014, 2014/04/06/, University of Bristol, (Bristol, UK)
 12. Suyama, M., & Takezawa, M. (2014). Two Cultural Selection Pressures Underlying Technological Evolution, The Annual Conference of the European Human Behaviour and Evolution Association 2014, 2014/04/06/, University of Bristol, (Bristol, UK)
 13. 堀田結孝・加村圭史朗・中分遥・竹澤正哲 (2013). 目の絵と向社会性との関係, 日本人間行動進化学会第6回大会, 2013/12/07/, 広島修道大学 (広島県広島市)
 14. 竹澤正哲・中分遥 (2013). 不完全な情報伝達による文化の累積的進化: (1)理論的背景, 日本人間行動進化学会第6回大会, 2013/12/07/, 広島修道大学 (広島県広島市)
 15. 中分遥・竹澤正哲 (2013). 不完全な情報伝達による文化の累積的進化: (2)コンピュータ・シミュレーション, 日本人間行動進化学会第6回大会, 2013/12/07/, 広島修道大学 (広島県広島市)
 16. 須山巨基・竹澤正哲 (2013). 制約と目標: 技術進化における2つの淘汰圧, 日本人間行動進化学会第6回大会, 2013/12/07/, 広島修道大学 (広島県広島市)
 17. 堀田結孝・竹澤正哲 (2013). 第三者罰の理由: 評判と行動変容, 日本社会心理学会第54回大会, 2013/11/02/, 沖縄国際大学 (沖縄県宜野湾市)
 18. 中分遥・竹澤正哲 (2013). 多数派が有能な独裁者より優れている真の理由, 日本社会心理学会第54回大会, 2013/11/02/, 沖縄国際大学 (沖縄県宜野湾市)
 19. 須山巨基・竹澤正哲 (2013). 文化進化における単純さへの淘汰圧: 実験的検討, 日本社会心理学会第54回大会, 2013/11/02/, 沖縄国際大学 (沖縄県宜野湾市)
 20. 竹澤正哲 (2013). 「助けあう社会」の解剖学: 個人差が生み出す社会のダイナミクス, 日本パーソナリティ心理学会第22回大会, 2013/10/12/, 江戸川大学 (千葉県流山市)
 21. 中分遥・竹澤正哲 (2013). ベストメンバーは多数派より優れるのか?: 過去の成績からベストメンバーを推測するとき, 日本心理学会第77回大会, 2013/09/19/, 札幌コンベンションセンター (北海道札幌市)
- 〔図書〕(計5件)
1. 竹澤正哲 (2016). 解説. A. メスーディ著 文化進化論: ダーウィン進化論は文化を説明できるか. (pp. 339-356) NTT出版
 2. 高橋伸幸・竹澤正哲 (2014). 協力と賞罰 安西祐一郎ら編著 コミュニケーションの科学 4巻: 社会の中の共存 (pp.121-144). 岩波書店
 3. 竹澤正哲 (2014). 意思決定のバイアス. 下山晴彦ら編著 誠信心理学辞典新版 (pp.856-857). 誠信書房
 4. 竹澤正哲 (2013). 認知バイアス. 上田恵介ら編著 行動生物学辞典 (p.411). 東京化学同人
 5. Keller, M., Gummerum, M., Canz, T., Gigerenzer, G., & Takezawa, M. (2013). The is and ought of sharing: The equality heuristic across the lifespan. In R. Hertwig, U. Hoffrage & the ABC research group (Eds.), *Simple heuristics in a social world* (pp. 171-195). New York: Oxford University Press.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

竹澤 正哲 (TAKEZAWA, Masanori)

北海道大学・大学院文学研究科・准教授

研究者番号：10583742