

令和 6 年 5 月 21 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H00963

研究課題名（和文）歌の世代間伝達における文化進化の種間比較

研究課題名（英文）Comparative study on the cultural transmission of song

研究代表者

田中 雅史（Tanaka, Masashi）

早稲田大学・文学大学院・准教授

研究者番号：20835128

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、人の文明発展にも貢献したと考えられる文化伝達のプロセスを理解するため、ヒトと、ヒトのように自発的に音声模倣学習を行う能力をもつキンカチョウという鳥を対象として、長期的に新奇な歌を伝達させる実験を行った。本研究では、文化伝達効率を高める社会的要因・音響特性・情動要因について有益な知見が得られ、また、新しい文化が世代を超えて定着した異なる文化へと近接する文化進化のプロセスを計測できた。特に新しい文化導入後の文化進化の方向性を予測できるようになったことは重要な知見であり、今後の長期文化伝達実験継続が文化と社会の複雑な関係の解明に向けて有用だと期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトの文化伝達は、世代を超えて複雑な技術や価値を成熟させることで、文明の発展に寄与してきたが、いかに社会的要因などが文化伝達に影響を与えるのか、その詳細なメカニズムについては不明な点が多い。本研究では、キンカチョウとヒトを対象とした長期文化伝達実験を開始し、新奇な文化を伝達していく際に生じる文化差や社会性の変化について研究室内でシミュレートできる方法論を確立することができた。今後、比較行動学・比較神経科学のアプローチから研究を継続することで、文化と社会性・嗜好が密接に関連しつつ進化していく複雑なプロセスの理解につながると期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to understand the process of cultural transmission, which is believed to have contributed to the development of human civilization. To achieve this aim, we conducted long-term song transmission experiments on humans and zebra finches, a bird species capable of spontaneous imitative learning similar to humans. The experiments focused on transmitting novel songs. The study yielded valuable insights into social factors, acoustic properties, and emotional factors that enhance the efficiency of cultural transmission. Additionally, we could simulate the process of cultural evolution in the lab, including the establishment of new cultures across generations and their convergence with different cultures. Notably, our approach allows us to predict the direction of cultural evolution after introduction of novel cultural traits, which would be useful to elucidate the intricate relationships between our culture and society.

研究分野：実験心理学

キーワード：キンカチョウ 模倣学習 文化伝達 歌 音楽

## 1. 研究開始当初の背景

本研究では、人類の文明発展にも寄与したと考えられる文化伝達のプロセスを理解するため、ヒトと、ヒトのように自発的に音声の模倣学習を行う能力をもつキンカチョウという鳥を対象として、長期的に新奇な歌を伝達させる実験を行ってきた。

ヒトの文化伝達は、世代を超えて複雑な技術や価値を成熟させることで、文明の発展に寄与してきた (Whiten, 2017 *Annu Rev Psychol*)。ヒトが文化伝達能力を獲得した背景として、これまで模倣学習、言語能力、高度な社会性などの共進化が提唱されている。近年、模倣能力は、自閉症スペクトラム障害などの神経疾患における言語障害やコミュニケーション障害の一因とも指摘されているが (Williams et al., 2004 *J Autism Dev Disord* 34, 285-299)、ヒトで特定の認知機能を支える詳細な神経メカニズムを調べることは困難であり、文化伝達を可能にするメカニズムはいまだ明らかになっていない。

文化伝達の研究の難しさとして、自発的に文化伝達を行う動物が極めて珍しいことが挙げられる。従来、動物の文化伝達研究が対象としてきた非ヒト霊長目は、自発的な文化伝達をほとんど行わず、音声を学習する能力も低い上に、倫理的制約から適用可能な実験も限られているという限界があった。また、非ヒト霊長目を対象とした文化伝達実験では、しばしば外的報酬に依存した運動学習が用いられ、伝達効率も低く、自発的に生じるヒトの文化伝達とは質的に異なるのではないかという限界も指摘されていた (Tanaka, 2022 *Waseda Rilias J*)。

これらの困難を解決するため、本研究は、スズメ亜目の鳥の一種であるキンカチョウが、ヒトと同様、自発的に音声の文化伝達を行う珍しい動物である (図 1) ことを利用し、自然な文化進化をシミュレートする実験パラダイムを新しく構築して、文化伝達をささえるメカニズムを探究してきた。オスのキンカチョウは、親の歌を正確に模倣し、その歌を子孫へ伝えることで、世代を超えた文化として歌を伝達する能力を持ち、ヒトの発話の動物モデルとして神経科学の分野では長く利用されている。 (Marler and Tamura, 1964 *Science* 146, 1483-1486; Fehér et al., 2009 *Nature* 459, 564-568)。特に昨今の神経科学の技術発展により、今、キンカチョウの文化伝達と関わる神経回路の解明が急速に進んでいる。たとえば、最近の申請者の研究によって、キンカチョウが歌の文化的な伝達を行う際には、中脳の水道周囲灰白質 (PAG: periaqueductal gray) という脳部位が、大脳皮質の感覚運動野 (HVC) ヘドーパミンを放出して、HVC の神経活動に可塑的な変化を引き起こすことで、その後の模倣学習を促進することが発見されている (Tanaka et al., 2018 *Nature*)。またキンカチョウは、幼少期に歌を聞かせるだけで容易に文化伝達を誘導できる上、安価で、成長も数十日程度と速いため、長期的な文化進化を調べるのに最適な動物である。

こうした背景のもと本研究では、ヒトとキンカチョウを用いた長期的な歌の伝達実験を実施し、両者が世代を超えて伝達する多様な文化的形質を探索した。本研究の長期的目標は、歌の長期伝達実験によって、ヒトとキンカチョウの文化伝達における共通点と相違点を明らかにし、両者に共通する文化伝達プロセスを理解することであった。

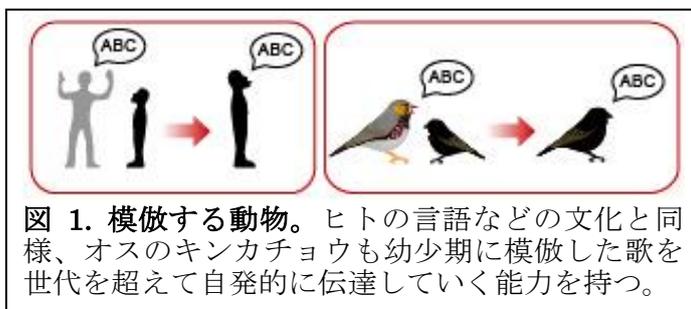


図 1. 模倣する動物。ヒトの言語などの文化と同様、オスのキンカチョウも幼少期に模倣した歌を世代を超えて自発的に伝達していく能力を持つ。

## 2. 研究の目的

本研究は、人の文明発展にも貢献したと考えられる文化伝達のプロセスを理解するため、ヒトと、ヒトのように自発的に音声模倣学習を行う能力をもつキンカチョウという鳥を対象として、長期的に新奇な歌を伝達させる実験を行うことを目的とした。キンカチョウは、模倣学習の誘導が容易である上、安価で様々な神経科学的手法を用いることができる。そこで本研究は、ヒトとキンカチョウにおいて長期間にわたって歌を伝達させる実験を行うことで世代間の文化伝達をシミュレートし、世代を超えて保存される文化的形質や、文化の進化プロセスと対応するメカニズムを明らかにすることを狙った。音声の文化伝達の種間比較という試みによって、本研究は、ヒトとキンカチョウの歌の伝達において多様な文化的形質が進化するプロセスを理解することを目的とした。

## 3. 研究の方法

本実験では、ヒトとキンカチョウそれぞれの歌唱に最適化した新奇性の高い単旋律を作成し、世代間伝達させる。まず、ヒトを用いた文化伝達実験では、日本語話者のパフォーマーによって歌われる無調単旋律を、あらかじめ録画されたパフォーマーの映像とともに呈示した。歌は、ラ

ランダムな音程の旋律を一定のリズムで構成した 2 秒程度の一息で歌唱可能な旋律で、男声と女声それぞれ歌いやすい音程で作成された。実験参加者（18 歳以上の日本語話者）は、あらかじめ音程とリズムの正確な歌唱能力を確かめられた上で、男性は男声、女性は女声の歌を、よく覚えるまで映像とともに視聴して練習し、パフォーマーの歌を正確に伝えられたと感じられるまで歌を録音した。

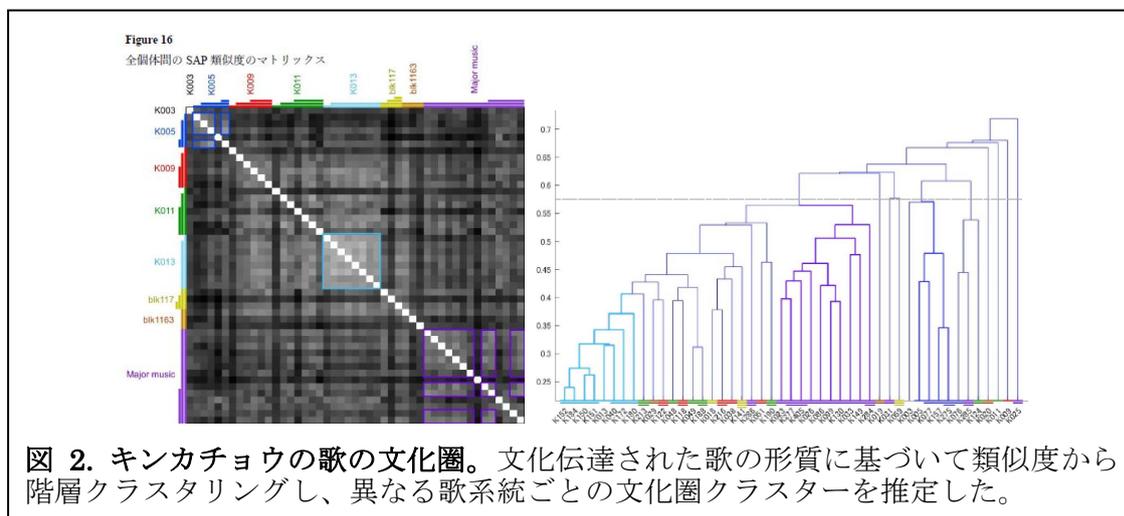
これと並行して、キンカチョウを用いた同様の文化伝達実験も行った。生まれてから 1 度も成鳥の歌を聞いたことのない 30 日齢程度の幼いオスのキンカチョウを用い、あらかじめ用意しておいたボタンを押すことで、自由にパフォーマーの映像と歌を視聴できるようにし、その後、歌が十分に成熟する 100 日齢の歌を録音して、文化伝達の成績を評価した。

#### 4. 研究成果

本研究の初年度は、当初の目的通りキンカチョウを対象に、パフォーマーとなる成鳥のオスのキンカチョウが歌っている映像を録画して、自由なキー押しによってリズムを変調した鳥の歌とともに視聴させることで文化伝達を引き起こした。このように成鳥のオスのキンカチョウがさえずる映像を教師モデルとして学習された歌を分析したところ、一部の発声の模倣は見られたものの、全体的な歌の伝達効率が、対面で行われるキンカチョウの文化伝達に比べて、概して低いことが明らかになった。一方、幼少期にヒトの給餌で育てられたキンカチョウは、キンカチョウの自然な歌からかけ離れた電子音であっても、そのリズムやピッチ、音色に一定の模倣学習が可能であることが明らかになった。そこで次年度からは、学習方式として、キー押しによる自発的な文化伝達に加え、トリよりも統制が容易なヒトとの社会的相互作用を加えた条件を追加し、また、伝達させる刺激としては、キンカチョウの歌を改変した音声に加え、より分析が容易な電子音を追加した。その結果、対面での学習では映像での学習に比べて文化伝達効率が高い傾向が認められ、特に、社会的に隔離された幼少期のキンカチョウを用いた実験においては、典型的なキンカチョウの歌の音響的特性から離れた音楽のような電子音でも学習可能であることが明らかになった。この電子音を伝える系統を加えて研究室内の長期文化伝達を行った結果、この電子音の世代間伝達では、少なくとも 3 世代後まではキンカチョウの歌からは区別される一定の文化圏を形成できるという知見が得られた。これは隔離されたキンカチョウによる異常な歌が 3 世代程度で顕著に典型的なキンカチョウの歌へ類似していくこととは対照的であり、刺激の音響特性が文化進化に影響を与える可能性を示唆する重要な知見であった。電子音による長期文化伝達で安定した文化圏が形成されていることは、文化圏形成に適した音響特性が存在する可能性を示唆する結果であった。

また、ヒトの文化伝達の実験については、日本語話者の声楽家の協力を得て、新奇な文化として、開始ピッチと終了ピッチをランダムに調整した無調の歌を用いることで、長期文化伝達実験を行った。この実験によって、教師モデルの映像情報の存在が、映像が無い条件よりも伝達効率が高くなる可能性が示唆され、また、エピソード記憶想起課題を利用して人工的に情動を惹起した条件では歌の伝達効率が高くなる傾向が認められた。これらの結果に加え、歌の伝達効率に刺激の音響特性が与える影響を検討したところ、人工的に変調したサイン音に比べて、人工的に声楽家の音声を変調した刺激では、歌に対する情動印象が文化伝達とともに低減する可能性が示唆され、またこれと並行して、世代間伝達が進むたびに自文化に引き込むような現象も認められた。

このように本研究では研究室内で長期文化伝達を行うことによって、ヒトとキンカチョウの文化進化では自文化への引き込みのみならず、文化圏形成によって文化差が生じるプロセスもシミュレートすることができた。本研究の成果は、今後、文化伝達のプロセスの理解や文化と社会との複雑な相互作用を調べるための方法論を確立できた点でも重要な意義を有すると考えられる。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Masashi Tanaka	4. 巻 10
2. 論文標題 A comparative perspective on animal cultures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 WASEDA RILAS JOURNAL	6. 最初と最後の頁 61-71
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Tamura, R., Nasukawa, D., Ujihara, Y., Tanaka, M., & Toda, K.
2. 発表標題 Effects of the oxytocin antagonist on ultrasonic vocalization and social interaction in mice
3. 学会等名 Japanese Society for Animal Psychology
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tamura, R., Ujihara, Y., Kong, L., Nasukawa, D., Hayashi, K., Tanaka, M., & Toda, K.
2. 発表標題 Effects of systemic administration of MK-801, a non-competitive NMDA receptor antagonist, on social and non-social behavior
3. 学会等名 Japanese Society for Animal Psychology
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tanaka, M., Matsumura, S., Nishi, N., & Osuka, Y.
2. 発表標題 Exploring the role of the nucleus accumbens in social reward processing in zebra finches
3. 学会等名 The 46th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tanaka, M., Woo, C., & Abe, K.
2. 発表標題 Unique rhythmic structure shared by music and birdsong but not by speech
3. 学会等名 ICMPC17-APSCOM7 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Fujii, T. & Tanaka, M.
2. 発表標題 Exploring the role of the amygdala in the social interaction and song learning of juvenile zebra finches
3. 学会等名 Japanese Society for Animal Psychology
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 田中雅史	4. 発行年 2021年
2. 出版社 アドスリー	5. 総ページ数 236
3. 書名 BRAIN SCIENCE REVIEW	

1. 著者名 Masashi Tanaka (Ed: Yoshimasa Seki)	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 231
3. 書名 Acoustic Communication in Animals	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 Comparative perspective on vocal development, social learning, and communication in humans, mice, and songbirds (part of the 46th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society)	開催年 2023年～2023年
---	--------------------

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------