

論文の内容の要旨

論文題目 Cultural Evolution in Structured Populations
(構造化された集団における文化進化)

氏名 田村光平

文化は、古典的には「非遺伝的手段を用いて伝達される情報」として定義され、ヒトの特異性として挙げられることも多い。集団中の遺伝的構成の時間変化を進化とよぶが、これになぞらえて、集団中の文化的構成の時間変化を文化進化とよぶ。文化進化の理論は1980年代に Cavalli-Sforza and Feldman (1981) と Boyd and Richerson(1985) によって定式化されて以来、現在まで人類学を中心に、文化の多様性とそれを生み出す認知バイアスの理解に大きく貢献してきた。情報伝達は構造によって規定される。構造には、空間的なもの、社会的なもの、文化的なものなどがある。このような構造による情報伝達の局所化は、生物の行動に大きな影響を与えると同時に、文化の多様化を促したり、大域的なパターンを生み出すこともある。特に地理的な構造の重要性は生態学・集団遺伝学で古くから認識されてきた。90年代末に始まった複雑ネットワークの研究により、次数の不均一性といった現実に存在する構造を一般的にモデル化・解析するための基盤が整えられた。生物学の分野でも、特に2000

年代にはいつてから空間ゲーム理論に応用され、生物の社会行動の理解に大きく貢献してきた。複雑ネットワークの理論をこれまで積み上げられてきた文化進化の理論に組み合わせることは、様々な文化現象への理解をもたらすと期待される。

様々な文化現象のなかでも、非適応的行動は重要な位置を占めている。進化生物学、特に行動生態学では、生物の行動を主として適応進化の産物であると考え、そのため、非適応的行動をこの観点と矛盾しない形で説明することは、進化生物学の大きな課題のひとつである。本論文では、特に、文化的に伝達される非適応的行動に注目する。ヒトには平均して適応的な文化を獲得できるような学習バイアスが備わっていると考えられるが、非適応的な文化を対象とすることで、そのバイアスの性質や、誤作動を起こす条件などが明らかになりやすいと考えられる。また、非適応的な文化の拡散にも、社会構造、文化構造などが大きく影響を与えていることがこれまで示唆されてきている。非適応的な文化の伝播を、構造をはじめとする外的な要因と、学習バイアスなどの内的な要因の両面から定量化することは、文化現象の理解に大きく貢献すると考えられる。

本論文では、構造が文化進化に及ぼす影響について、理論・実証の両面から研究を行った。

2次元格子上での社会学習の進化

学習は、「経験による行動の変化」と定義される。ヒトを含む多くの生物の学習能力は、試行錯誤等によって独力で行われる個体学習と、模倣等によって他者から情報を獲得する社会学習の2つに大まかに分けられる。文化には、これら2つの学習能力が高度に発達していることが不可欠である。近年、構造が個体学習と社会学習のどちらに有利に働くかについて活発な議論が行われている (Rendell et al., 2010; Kobayashi and Wakano, 2012)。先行研究で一致した結果が得られていない原因として、(1) 文化伝達様式 (誰から学ぶか) と (2) 空間構造の違い、の2つの要因が考えられる。本研究では、人類学の分野で伝統的に用いられてきた学習進化のモデル (Feldman モデル) に2次元格子構造を導入し、シミュレーションを行うことで、(a) 斜行伝達と (b) 垂直・水平伝達の2つの文化伝達様式が社会学習の進化に及ぼす影響を比較した。その結果、構造が社会学習の進化に有利に働きやすいのは、垂直・水平伝達の場合であることが示唆された。また、戦略のアップデートが同時的か、非同時的か

も、局所的な競争や文化伝達の速さに影響を与えることで、進化の帰結に影響を及ぼしうることがわかった。

社会ネットワーク上での学習の進化

上で述べたように、構造が社会学習の進化に有利に働くかどうかについて先行研究で一貫した結論が得られていない理由のひとつに、各研究で想定している空間構造の違いが挙げられる。そこで本研究では、まず、包括適応度理論を用いて任意のネットワーク構造における社会学習者の平衡頻度を近似的に求めた。続いて、複雑ネットワークの手法を用いて、ランダム正則グラフ、スケールフリーネットワーク、1次元格子、2次元格子上でシミュレーションを行い、それぞれのネットワーク上での社会学習者の平衡頻度を、完全混合集団のものと比較するとともに、近似式の妥当性を調べた。その結果、クラスターを作りやすいネットワークのほうが、構造が社会学習の進化に有利に働きやすいが、その効果は文化伝達様式に大きく依存することが明らかになった。また、クラスターを作りやすいネットワークでは、近似式の精度が低下することがわかった。

社会ネットワーク上での非適応的文化進化

構造が非適応的文化の伝播を促進する可能性があることが、理論的に指摘されてきた。しかし、そうした研究の多くは、集団が社会学習者で固定している場合を考えており、学習戦略の進化ダイナミクスを明示的には扱ってこなかった。そこで本研究では、個体学習者と社会学習者の間の進化ダイナミクスを扱える Feldman モデルを用い、ランダム正則グラフとスケールフリーネットワークを比較することで、次数分布の偏りが非適応的文化進化にどのような影響を及ぼすかをシミュレーションによって検証した。その結果、不均一なネットワークでは、社会学習者の頻度自体は、ランダム正則グラフとスケールフリーネットワークで同程度であるが、スケールフリーネットワークでは社会学習者のうち非適応的文化をもつ個体の割合が、ランダム正則グラフよりも高くなることが示された。また、学習戦略と戦略の平均次数の間に相関はみられなかった。革新的な個体や高度な技術を持つ個体がネットワーク上

の影響のある位置を占めている可能性は指摘されている。しかしながら、単純な進化ダイナミクスや静的なネットワークのもとでは、そのような傾向はみられないことが示唆された。