

論文内容の要旨

The evolution of conformist transmission in social learning when the environment fluctuates

(変動環境下での社会学習における同調伝達の進化)

中橋 渉

◆研究背景

人の大きな特徴の1つは文化を持つことである。そして文化が存在するのは、人が他者、特に年長者の行動を社会学習するためであり、これによって文化が世代を超えて維持される。社会学習の進化については多くの研究があり、どういう場合に社会学習者が個体学習者(他者の行動を学習するのではなく自ら適切な行動を模索する学習者)に比べて有利になり、進化するかが調べられている。それによると、個体学習のコストが相対的に大きい場合や環境変動があまり起こらない場合に社会学習が広まる。というのは、(個体学習のコストが大きい場合は個体学習が不利なので社会学習が広まるのは当然として)、環境変動があまり起こらない場合、前世代の行動が次世代の人にとっても正しいままである可能性が高いため、社会学習が個体学習に比べて有利になりやすいからである。

また、社会学習者は、任意の行動を無作為に選択して学習しようとするのではなく、多数派の行動を選択的に学習しようとする傾向にあり、これは同調伝達と呼ばれている。この同調伝達を考えることによって、新しい行動の頻度増加曲線が左すその長い形になりやすいこと、文化の多様性が維持されること、利他行動が保たれること、群淘汰が起こることなどが説明される。

では、なぜ同調伝達が人類集団において進化したのだろうか。同調伝達は社会学習において見られる心理メカニズムであるからして、同調伝達の進化を考える場合、社会学習の進化と同時に考える必要がある。そこで本研究では、Feldman et al.(1996)の社会学習の進化モデルを拡張し、どのような条件で同調伝達が進化するかを解析した。解析は混合戦略モデルと3対立遺伝子モデルの2種類の方法で行った。

◆モデル

環境が定期的に変化する(3対立遺伝子モデルでは環境が確率的に変動する場合も扱う)。そして一度変化すると同じ環境には二度と戻らない(Infinite state)。それぞれの環境に適合した正しい行動がそれぞれ1つあり、個体学習者は試行錯誤によってコスト(c)はかかるものの、必ずその行動を習得する。社会学習者は、試行錯誤のコストをかけず、前の世代の行動をまねする。環境に適合していない誤った行動をまねすると適応度が下がる。下がる度合い(s)は、環境に適合していない行動なら、どの行動をまねしても同じ。

混合戦略モデルでは、各個体は確率 L で個体学習し、確率 $1-L$ で社会学習する。そして社会学習する場合、ある強さで同調伝達する。ここで、同調伝達を表す式として、

$$P(x,D) = x + Dx(1-x)(2x-1), \quad P(x,a) = \frac{x^a}{x^a + (1-x)^a}, \quad P(x_j,a) = \frac{x_j^a}{x_1^a + x_2^a + x_3^a + \dots}$$

の3種類を用いる。ここで、 D もしくは a が同調伝達の強さを示すパラメータである。さらに、 $A = \ln a$ として、 D もしくは A が0のとき同調伝達がなく、正のとき同調伝達があるという形に変換する。

個体学習する確率と同調伝達の強さ($L&D$ もしくは $L&A$)の両パラメータは遺伝子によって決定され、この遺伝子は haploid&asexual で遺伝する。このとき、両パラメータがどのような値で ESS になるかを数値的に解析した。ここでいう ESS とは、その戦略遺伝子を持つ個体で集団が占められている場合、そこにいかなる種類の mutant も侵入できないような戦略のことである。また、ESS において同調伝達の強さ(D もしくは A)が正になる条件も解析した。

3対立遺伝子モデルでは、個体学習者(IL)、同調伝達しない普通社会学習者(SL)、同調伝達する社会学習者(CL)の3種類の個体を考える。IL,SL,CLのどの学習方法をとるかは遺伝子によって決定され、この遺伝子は haploid&asexual で遺伝する。また、CLの持つ同調伝達の強さは、 $A=0.693$ ($a=2$)と $A=\infty$ の2種類の場合を調べた。そしてこのモデルでは、IL,SL,CLの平衡頻度がどのような値になるかを数値シミュレーションした。また、様々な条件下で IL&SLの平衡集団に CLが侵入できるかどうかを調べた。更に、環境変動の周期が2世代の場合について詳細に解析した。

◇混合戦略モデルから得られた結果

1. 同調伝達の強さ、個体学習する確率は、個体学習のコストが高くなるほど、環境変動の周期が長くなるほど小さくなる傾向にある。
2. 誤った行動のコストが小さい場合、環境変動の周期がある程度短ければ、個体学習のコストの大きさにかかわらず、同調伝達の強さ(A)が正に進化する。

◇3 対立遺伝子モデルから得られた結果

1. 環境が確率的に変化する場合、混合戦略モデルと同様の結果になる。
2. 環境が定期的に変化する場合、大筋では混合戦略モデルと同様の結果になるが、混合戦略モデルでは見られなかった現象も生じる。特に CL の持つ同調伝達の強さが $A=\infty$ の場合、パラメータによっては CL が消失し、またこのとき CL が IL&SL の平衡集団に侵入できない。
3. 環境変動の周期が 2 世代の場合について解析した結果、 A の値が 0 に近い $A>0$ の CL が侵入できる条件は、混合戦略モデルで $A>0$ に進化する条件と同じになることが示唆された。つまり、誤った行動のコストが小さい場合、環境変動の周期がある程度短ければ、個体学習のコストの大きさにかかわらず、 A の値が 0 に近い $A>0$ の CL が侵入できる。

◆考察

両モデルの解析から、同調伝達が進化するのには、個体学習のコストが低い、あるいは環境変動の周期が短くて、個体学習者が多い場合であるとわかった。これは、個体学習者が多いと、個体学習者は正しい行動を習得すると仮定されているので、正しい行動が集団中で多数派を占めやすくなり、多数派をまねしやすい同調伝達が社会学習者にとって有利になるからであると考えられる。

誤った行動のコストが小さければ個体学習のコストの大きさにかかわらず同調伝達が進化するという結果は、当研究が初めて示したものであり、非常に興味深い。これは、誤った行動のコストが小さい場合、各行動の適応度の差が小さいため、各々の誤った行動がなかなか消失せず集団中に低頻度で維持されやすくなり、そのような低頻度の行動を学習しにくくなる同調伝達者が有利になるからだと考えられる。

これまでのほとんど全ての同調伝達の研究は、行動が 2 種類の場合を考えていた。そのため、正しい行動が多数派の場合、それをまねしやすい同調伝達者が有利になるという観点から同調伝達の進化が語られていた。例えば人が移住する場合、現地で長年培われてきたような多数派の風習に従うほうが有利になりやすいため、同調伝達が進化するという考え方である。しかし、今回の研究で行動が無数にある場合を考えたことで、同調伝達の進化に関して新たな可能性が示唆された。それは、少数派の行動をまねしにくいことで同調伝達者が有利になるのではないかという可能性である。この視点は今後の同調伝達ひいては文化伝達の研究において重要となるだろう。