

(4. 共同研究班活動報告)

4-4. 実験ゲームを用いた協力行動の検討

——囚人のジレンマゲームと公共財ゲーム——

水野 景子

我々が社会生活を営むうえで、相互協力は不可欠である。協力はありふれたものであるが、人がなぜ相互に協力するようになったのか、またどのようなメカニズムで人々が協力行動をするのかについて多く研究が多く行われている。本稿では、協力行動を検討するパラダイムとして多く用いられている囚人のジレンマゲームと公共財ゲームでの行動について、進化の観点からどのような説明がなされているかレビューした。

1. 囚人のジレンマゲーム

囚人のジレンマゲーム (Prisoner's Dilemma Game) は、2者間のゲームである。あるところに取り調べを受けている2人の囚人がいる。2人は共犯であると思われるが、黙秘を続けている。その2人に対し、見かねた検察官が、次のような司法取引を持ちかけた。「もしあなたが自首をして、もう一人が黙秘を続けていれば、あなたは懲役0年、もう一人は懲役10年の刑にしよう。反対にもう一人が自首し、あなたが黙秘を続けていればもう一人は懲役0年、あなたを懲役10年にしよう。どちらも黙秘した場合は証拠が不十分なためどちらも懲役2年ずつ、どちらも自首した場合は懲役5年だ。」

- (1) どちらか一方だけが自首した場合、自首すれば懲役0年、黙秘すれば懲役10年
- (2) どちらも黙秘した場合は、どちらも懲役2年
- (3) どちらも自首した場合は、どちらも懲役5年

このとき、一番互いにとって良いと考えられる選択肢は、(2)の、お互い黙秘(協力)をして懲役2年で済ませることである。しかし、黙秘した場合にもしもう一人が自身の刑を軽くしようと自首(非協力)をしていると、自身の刑は懲役10年になってしまう。もし自首をし、もう一人が黙秘をしていれば自身の刑は懲役0年である。さらに、自分が自首を選んだ場合だと、仮に相手も同様に自首をしていたとしても、10年よりは軽い5年の懲役で済む。つまり、もう一人の選択が自首か黙秘かに関わらず、常に自首をするほうが得なのである。互いにそのように考えた結果、どちらも自首をするだろう。このように、他プレイヤーの手を所与としたときに自身の手をそれ以上変えても利得を増やすことのできない手の組み合わせを、ナッシュ均衡という。

囚人のジレンマゲームでは常に非協力を選択することが得(ナッシュ均衡)になるため、協力することは「非合理的」であり、常に自身の利得が多くなるように行動する「合理的な経済

人」を仮定すると、相互協力が達成されることはあり得ない。

しかし、囚人のジレンマゲームでは、たとえそれが1回限りのものであったとしても、一見「非合理的」な行動である協利行動が見られる (Pruitt & Kimmel, 1977)。もし全員が常に自身の利得が多くなるように行動する「合理的な経済人」であったならば、このような結果にはならないだろう。現実場面でも協利することが望ましいという規範が共有され、協利行動がみられることから、人が協利する傾向を持っていると考えるのが自然である。

人がなぜ協利する傾向を持っているのかについては、進化ゲーム理論の考え方をもとにしたシミュレーションにより、協利することが生存にとって有利であったため協利する傾向が進化してきた、という説明が多くなされてきた。もし協利することが生存に有利であるならば、非協利的な傾向を持った個体と比べて協利的な傾向をもった個体が生き残りやすいと考えられる。協利的な傾向を持った個体が生き残りやすいということは、世代交代を何世代も繰り返すような長い時間が経った後、協利的な個体の数が多くなっている、ということになる。

進化ゲーム理論では、まずそれぞれの個体の戦略を仮定する。戦略とは、それぞれの個体がどのように振舞うかのパターンのことである。例えば、常に協利をする戦略、常に非協利をする、といった戦略がある。このように、毎回同じ手を出し続ける戦略を純戦略という。初手は協利、以降は協利と非協利を繰り返す、ランダムに協利と非協利をする、といった、手を変化させる戦略は、混合戦略と呼ばれる。

その後、戦略にもとづいて同じゲームを繰り返し行い、合計得点が多い戦略を採用する個体が増えるように世代交代を行う。例えば、ゲームを10回繰り返した後、仮に「ランダムに手を出す戦略」を採用する個体の合計得点が多ければ、そのような個体の数を増やす。その状態で再びゲームを10回繰り返し、その10回で合計得点の多かった戦略を採用する個体の数を増やす—ということを世代交代として何度も繰り返す。

世代交代を繰り返し、最終的に最も個体の数が多い戦略を「進化的に安定な戦略」と呼ぶ。進化的に安定な戦略 (Smith, 1974) とは、ある戦略 (A) を採用する集団のなかに、突然変異によって他の戦略 (B) を採用する個体が生まれたとしても、その個体が生き残れないような戦略 (A) のことである。先ほどの例でいうと、「ランダムに手を出す戦略」が進化的に安定な戦略であった場合、それ以外の戦略 (例えば、常に非協利をする戦略) を採用する個体が生まれたとしても、最も合計得点を伸ばすことのできる「ランダムに手を出す戦略」よりも合計得点を伸ばすことができず、生き残れないということになる。

このとき、常に協利をする無条件協利戦略は、進化的に安定な戦略になりえない。相手が一度でも非協利をする戦略を採用する個体だった場合、無条件協利者はその相手よりも得点を伸ばすことができず、結果その個体数を増やすことができないためである。

Axelrod (1981) は、進化による説明を囚人のジレンマにはじめて適用し、どのような協利の戦略が進化的に安定な戦略なのかを検討するためにコンピューターによる進化シミュレーションを行った。繰り返しのある囚人のジレンマゲームにおいて、最終的な獲得ポイントができるだけ大きくなるような戦略のコンピューター・プログラムを募集し、それらをトーナメント

形式で対戦させた。

その結果、囚人のジレンマゲームにおいては応報戦略 (Tit-for-tat) が進化的に安定な戦略であることが明らかになった。応報戦略では、初めのラウンドでは必ず協力を選択し、次のラウンドからは前のラウンドの相手と同じ手を選択する。例えば、相手が1ラウンド目に協力を選択していれば2ラウンド目で協力を選択し、相手が1ラウンド目で非協力を選択していれば、2ラウンド目では同じように非協力を選択する。もし繰り返しゲームの中で相手が手を変化させれば、自身も同じように手を変える。

このように、囚人のジレンマゲームにおいては、相手が協力した場合のみ協力する、という条件付き協力を採用する個体が一定数いるという条件で、協力する傾向が進化することが示された。これは、Trivers (1971) の、「繰り返しの相互作用のある2者間では、自分が協力することで相手の協力を引き出すことができる」という互恵的利他主義の考え方と一致する。たとえ相手も協力してくれるだろうという期待や信頼がなかったとしても、どちらか一方が応報戦略を採用する場合、相互協力が達成されるのである (Pruitt & Kimmel, 1977)。

2 公共財ゲーム

囚人のジレンマゲームを3人以上の相互作用に拡張したものが、公共財ゲーム (Public goods game) である。公共財ゲームでは、与えられた金額を「公共財」として「投資」する。全員が投資した金額の合計が何倍かされ、一人一人が投資した金額にかかわらず全員に分配される。例えば、与えられた100円のうち何円を投資するか決定し、投資金額の合計の1.6倍が分配されるという設定のゲームを4人で行う場合、一番全員が得られる金額が多くなるのは、全員が、投資できる最大金額である100円を公共財として投資した場合である。この場合、一人当たりの分配額は160円となり、一人当たり60円の得をすることになる。

囚人のジレンマゲームと同様、公共財ゲームでは与えられた100円を投資 (協力) せずそのまま自分のものにする (非協力) が常に得になるような利得構造が設定されている。例えば、上記のゲームで自分だけが最大の100円を投資し、他の3人のプレイヤーが全く投資をしなかった場合、分配額は25円となり、他のプレイヤーが125円を獲得しているのに対し、自分は $100 - 25 = 75$ 円の損をしてしまう。このように、投資した人は投資しなかった人よりも相対的に損をするのである。

上で述べたように、公共財ゲームでも囚人のジレンマゲームと同様、非協力を選ぶことが常に得 (ナッシュ均衡) であり、プレイヤー全員が「合理的経済人」であると仮定するならば、協力行動は見られないはずである。しかし、ラウンドを経るごとに協力数が減少する傾向にあるものの、公共財ゲームでも協力は見られる (Andreoni, 1988)。

囚人のジレンマゲームにおける相互協力は、応報戦略を採用する個体が一定数いるという条件のときに進化するが、その説明を公共財ゲームにおける協力に適用することは難しい。Joshi (1987) は、グループの人数が増えると協力の進化の条件が急激に厳しくなることを示

している。なぜなら、繰り返しのある囚人のジレンマゲームで相手の非協力の報復として非協力をすることは必ずその相手への報復となるが、3者以上のゲームでは相手の非協力の報復として非協力をしたとしても、そのメンバー以外も損をしてしまうため、特定のメンバーへの報復が成り立たないからである。

公共財ゲーム、すなわち3者以上での社会的ジレンマゲームでの協力がどのような条件のもとで進化するのかについては、現在も研究が進められている。

【参考文献】

- Andreoni, J. (1988). *Why free ride? : Strategies and learning in public goods experiments*. *Journal of public Economics*, 37(3), 291-304.
- Axelrod, R., & Hamilton, W. D. (1981). *The evolution of cooperation*. *science*, 211(4489), 1390-1396.
- Joshi, N. V. (1987). *Evolution of cooperation by reciprocation within structured demes*. *Journal of Genetics*, 66(1), 69-84.
- Pruitt, D. G., & Kimmel, M. J. (1977). *Twenty years of experimental gaming : Critique, synthesis, and suggestions for the future*. *Annual review of psychology*, 28(1), 363-392.
- Smith, J. M. (1974). *The theory of games and the evolution of animal conflicts*. *Journal of theoretical biology*, 47(1), 209-221.
- Trivers, R. L. (1971). *The evolution of reciprocal altruism*. *The Quarterly review of biology*, 46(1), 35-57.