

人とボットのハイブリッド・ネットワークによる協調行動の向上

Hybrid Systems of Humans and Bots Optimize Coordination in Experimental Social Networks

白土 寛和[†]
Hirokazu Shirado

[†]Yale University

Hirokazu.Shirado@yale.edu

Abstract

This study is to understand the role of individuals in facilitating group coordination in networks. To study this, I introduced artificial intelligence “bots” into social network experiments, allowing human subjects ($n=4,000$) to interact with them. The bots were programmed with varying levels of behavioral randomness and different geodesic locations. The results show that bots acting with small levels of random noise and placed in central locations within the networks significantly improve the collective performance of human groups. I also find that behavioral randomness in bots affects the gameplay of the humans and that the spillover effect can benefit global coordination.

Keywords — social network, collective action problem, artificial agent, online social experiment

1. はじめに

人々がある集団の中で協調行動を行う際、個人では最適な行動をとっているつもりでも、集団全体においてその行動が最適でないことがある。この部分最適と全体最適の相違は、様々な社会システムの中で生じる。例えば、マネジメントの分野では、この問題を「サイロ効果」と呼び、企業が機能不全に陥る大きな一因として研究されている[1]。

システム論において、この社会問題は、大局的な最適化問題と見なすことができ、既存理論によれば、「ノイズ」をシステムに加えることで、解決を促せると考えられる。そこで、本研究では、個人が起こすノイズ、すなわちランダムな振る舞いが集団全体に与える機能的な効果を社会実験により評価する。その際、実際の集団行動はネットワーク構造を伴い行われることを考慮し、ネットワークの位置によるノイズ効果の違いも調べる[2]。

実験方法としては、人工知能エージェントである「ボット」を、人と人がインタラクションする実験系に注入し、それにより、集団行動の能力がどのように変化するかを調べる。ボットの振る舞いは予め設計できるため、ある行動に対して人々が個人もしくは集団としてどのような反応をするかについて、医学的な対照実験を行い、その因果関係を特定することができる。

2. 方法

本研究では、4,000 人に及ぶ被験者をオンラインのマイクロタスクサービス、Amazon Mechanical Turk より集め、彼らを「グラフ彩色ゲーム」に参加させた。グラフ彩色ゲームは、あるネットワーク構造に埋め込まれたプレイヤー全員(本実験では20人ずつ)が、ネットワーク上の隣人と違い色を選ぶことを目的とし、その彩色に至ればゲーム終了となる。各被験者は、隣人と自分の色だけが確認できる。その中で、3色の選択肢の中から1色自分の色を選ぶが、ゲーム中いつでも変えることができる。被験者は、ゲームが早く終わるほど高い金銭的な報酬をもらえるため、できる限り早く集団全体が最適な配色になるよう、自分の色を選択し続ける。研究者は、ゲームの終了速度により、その集団の協調行動の能力を測ることができる[3]。

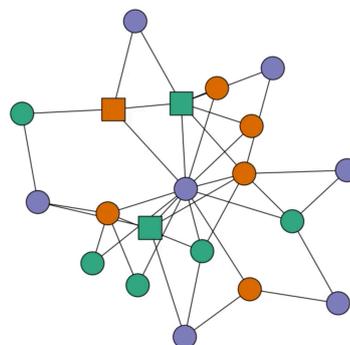


図1：グラフ彩色ゲームでの最適な彩色例。丸ノードが被験者（人）、四角ノードがボットを表す。

本研究は、グラフ彩色ゲームを行う20人のうち3人をボットに置き換え、ボットの振る舞いとそのネットワーク上の位置が、最適な彩色に至る過程にどのような影響を生じるか調べた(図1)。ボットの振る舞いとして、不合理な行動を行う割合を3段階変化させた。すなわち、それぞれ0%、10%、30%の割合でランダムに3色の中から1色選ばせ、それ以外の時は隣人の中で最も重ならない色を選ばせるようにした。また、それとは独立に、ボットのネットワーク上の配置も3段階、ランダム、中心部、周囲部と変化させた。実験全体として、人だけのセッションを30回、人とボットを組み合わせたセッションを3×3の9通りの条件でそれぞれ20回、合計210セッション行った。

3. 結果

実験の結果、ネットワークの中心にいるボットがランダムな振る舞いを10%の確率で行った際、その集団(人とボットのハイブリッド・システム)はもっとも早く最適な色の組み合わせを見出し、その速度は、人だけでゲームを行った場合に比べて有意に早いことがわかった($P = 0.015$; log-rank test)。具体的には、10%ランダムな振る舞いをするボットをネットワークの中心に入れることで、中央値で129.3秒早くグラフ彩色問題を解き、5分の制限時間内で解ける割合が、約20%向上した(図2)。このボットの効果は、被験者にボットの存在を知らせた場合でも、維持されることを補足実験により確認した。

グラフ彩色問題は、ネットワークの構造により、その難易度が変化する。そこで、そのネットワーク構造により解ける彩色の組み合わせの数(彩色多項式)を考慮した生存時間分析(いつどれくらいの割合で彩色問題が解けるか)を行った。その結果、ネットワーク自体が持つ最適な彩色の組み合わせ数が少ない場合、特にボットの効果が有効であることがわかった。すなわち、組織構造として協調行動が部分最適に陥りやすいほど、個人の一定レベルのランダムな行動が効果的になる。

さらにボットの振る舞いが各被験者に与える影響を分析した。その結果、ボットのランダムな振る舞いが増えるほど、ボットに近接した被験者はよりランダムな振る舞いを行うことがわかった。その逆に、ボットが局所的に常に正しい振る舞い(0%のノイズレベル)をすると、被験者もより局所的に正しい選択のみを行い、結果として、集団全体としては部分最適に陥りやすく

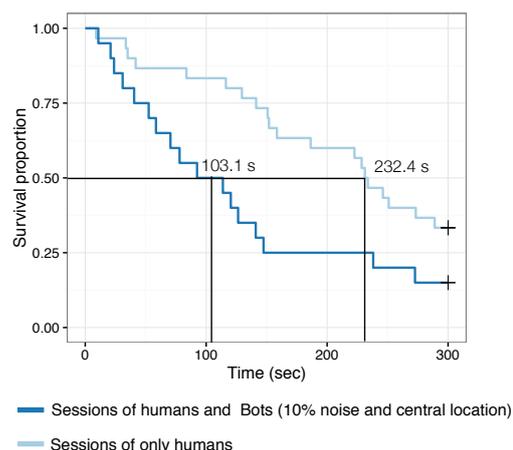


図2：時間毎の彩色問題の非解決率。曲線の傾きが大きいくほど、より早く問題が解けることを示す。

なる。10%ランダムに振る舞うボットがネットワークの中心にいるときのみ、被験者のランダムな振る舞いの度合いがネットワーク中心部で高く、周囲部で低くなる。その結果、その集団は、グラフ彩色問題を解きやすくなったと考えられる。

4. 結論および考察

本研究では、社会的ネットワークの中で、個人の振る舞いがどのように集団の協調行動を向上させることができるかを調べた。4,000人に及ぶ実験参加者を、ボットとともに社会的ネットワークに埋め込み、オンライン上で協調行動のゲームをさせた。その上で、ボットのランダムな振る舞いの度合いとそのネットワーク内の位置を操作した。その結果、ボットがある程度ランダムに振る舞うことで、集団の協調行動が全体最適に至ることがわかった。

また本研究は、人と機械のハイブリッドな社会システムにおける人工エージェントの役割について示唆的証拠を提供する。本実験結果は、人の集団的な利益を追求する上で、人の代用となる高度な知能を持ったエージェントではなく、人のグループ・ダイナミクスを補完する、媒介としての人工知能の可能性を示唆する。

参考文献

- [1] G. Tett, (2015) "The silo effect", Simon & Schuster.
- [2] H. Shirado and N. A. Christakis, (2017) "Locally noisy autonomous agents improve global human coordination in network experiments", Nature, Vol. 545, pp. 370-374.
- [3] M. Kearns, S. Suri, and N. Montfort (2006) "An experimental study of the coloring problem on human subject networks", Science, Vol. 313, pp. 824-827.