

# ゲーミフィケーションに基づく 間接互惠促進プラットフォーム GP-AIR の分析

## The analysis of GP-AIR

大門佳祐 鈴木麗壘 有田隆也  
Keisuke Daimon Reiji Suzuki Takaya Arita

名古屋大学大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Science, Nagoya University

Altruistic behavior can be explained from the viewpoint of indirect reciprocity based on reputation. We propose GP-AIR (Gamified Platform Accelerating Indirect Reciprocity), which encourages our innate motivation of doing altruistic behavior by quantifying the reputations of participants and making them shared among participants. GP-AIR generates two incentives: one is to do altruistic behavior and the other is to make others do altruistic behavior. In this study, we did simulation of two ways to share the reputations (rank method and point method) and “bet system” which gives participants the second incentive. We found out that the more eagerly participants try to raise their own reputation, the more altruistic acts they do, and that “bet system” can increase the frequency of altruistic acts.

### 1. はじめに

自らコストを払って他者に利益をもたらす利他行為は人間のみならず、他の生物においても確認されている。しかし、自然選択の枠組みでは一般に、利己的な個体が支配的になるため、このような条件でも協調が進化するメカニズムが提案されてきた [Nowak 06, Rand 13]。その中の 1 つに間接互惠があり、評判を用いた説明がされている [Nowak 05]。

基本的なメカニズムは図 1 に示すように、A が B に対して利他行為を行うと、それを見た C や、噂を伝え聞いた D の中で、A に対する評判が向上する。すると、A が利他行為を受ける可能性が上がり、利他行為を行ったときに失ったコスト以上の恩恵を他者からの利他行為によって受けることで、適応的になるというものである。Nowak らは、評判をイメージスコア (印象値) としてモデル化し、イメージスコアに基づく間接互惠関係が進化し得ることを示した [Nowak 98]。

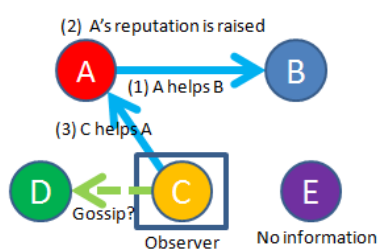


図 1: 間接互惠の概念

このような協力的行動の起源や進化に関する議論においては、「強い互惠性」に代表される協力関係の構築を促進するような心理的バイアスの存在が実証されてきている。そこで我々は、イメージスコアの明示化・共有化を行うこと、かつ、ゲーミフィケーションを重層的に用いて内発的動機付けを行うことで、イメージスコアに基づく間接互惠関係を強化し、対象となる社会的コンテキストにおける協力関係を促進するシステ

ムの概念的枠組み GP-AIR (Gamified Platform Accelerating Indirect Reciprocity) を構築中である [岩本 14]。

なお、ゲーミフィケーションとは、ゲームデザインの要素をゲーム以外の場面で用いることで、ユーザーエクスペリエンスの向上や、ユーザーの行動のデザインを目指すことと定義されている [Deterding 11, Deterding 13]。

本論文では、まだ提案されたばかりの GP-AIR に基づいて設計されたシステムの持つ特徴を把握し、今後に向けた指針を提示することを目的とする。特に、システム案を 2 つ用意し、その違いに着目することで、どちらが優れているかに言及する。ただし、被験者実験は制約が多いため、戦略の伝搬を遺伝的アルゴリズムで表現した、エージェントベースシミュレーションでデータを収集する。

### 2. GP-AIR の概要

提案する概念的枠組み GP-AIR は、図 2 に示すように階層的構造を取り、質の異なるゲーミフィケーションが階層毎に導入される。メカニクス 1 のみが存在する状態をレベル 1、そして、レベル 1 の GP-AIR にメカニクス 2 (レベル 2 のメカニクス) を追加した状態をレベル 1+2 と定義する。また、評判を明示化・共有化したものが図 2 におけるスコアで、スコアを上げる方法はレベル 1、レベル 2 で 1 つずつ存在する。

#### 2.1 レベル 1

レベル 1 は、対象とする行動 (協調行動) に直接リンクして、イメージスコアの明示化・共有化としてのポイントの増減を扱う、システムを中心となる階層である。ポイント (イメージスコアを明示化したもの) が高い人は、利他行為を受けやすいという傾向を、ポイントの明示化・共有化によって強化する。例として、ある参加者 A が他の参加者 B に対して利他行為を行い、B が A の行為を利他行為として認識したとする。すると、B は A に対し、匿名でポイントを A に渡す。この時、B の所持ポイント数に比例した数のポイントを渡すように設定する。すると、B の所持ポイントが大きいほど、A は貰えるポイント数が多いということになるため、ポイントが多い相手に利他行為をするという心理的傾向、ならびに、ポイントの多い個体は利他行為を受けやすいという傾向が強化されると言える。

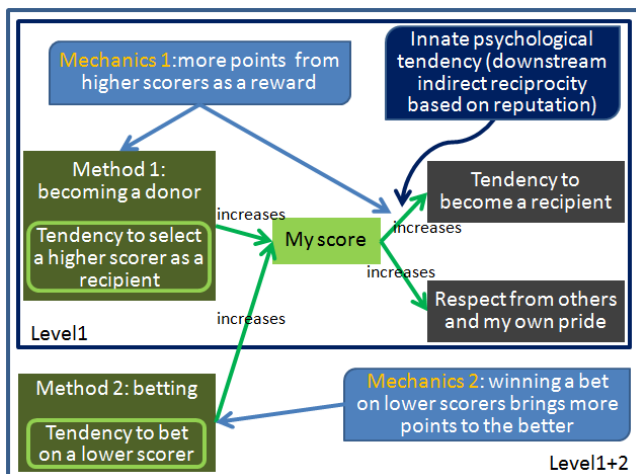


図 2: GP-AIR 概念図

また、利他行為を行ったことが明示化・共有化されたポイントによって他の参加者に知れ渡るため、他者からの尊敬を集めたいという心情や、純粋にポイントを高めたいという心情を満たすことも可能である。

以上より、レベル 1 のメカニクスが、よりポイントを手に入れたという気持ち呼び起こすものになると考えられる。一方、このレベルにおけるポイントを増やす方法は、他者に対して利他行為を行うことであるため、ポイントが欲しいという心情は、利他行為を行うインセンティブに転換される。よって、レベル 1 の GP-AIR の導入により、利他行為率の向上を目指すことができる。

なお、自分が利他行為を行ったと思ってポイントが貰えなかった時に、相手の立場になって、自分の行動について内省するきっかけを与える面も、GP-AIR は持っている。この効果により、ある社会的場面で利他行為を促す GP-AIR のシステムを経験すると、どのような行動が利他行為として見なされるのか理解し、他の社会的場面でも他者に喜ばれる行動をとることが期待できる。

## 2.2 レベル 2

レベル 2 では、レベル 1 で使用するポイントに直接、参加者がゲーム的に関わるメタ階層である。このレベルに導入するゲーミフィケーションには 3 つの重要な機能がある。(1) ゲームダイナミクスを用いることで、協調関係を促進するという生真面目な GP-AIR のシステムに、ゲームが持つ別々の魅力を与えること。(2) レベル 1 で扱うポイントの意味合いを薄めて、相互監視的な息苦しさを減らすこと。レベル 2 のメカニクスの存在により、高ポイント保持者が必ずしも利他行為を多く行う「良い人」とは断定できなくなる。(3) 他の参加者に利他行為を促したくなる気持ちをもたらずことである。

レベル 2 で利用できるゲーミフィケーションには様々な形式が考えられるが、本研究では賭け (BET) のメカニクスを用いる。このメカニクスでは、各参加者には、その順位、もしくは所持ポイントに応じて、オッズ (倍率) が設定されており、それを参照して、賭けるか否かを決めることになる。なお、順位が低い、もしくは所持ポイントの少ない参加者に対して、高いオッズが割り当てられる。

その後、賭けを行って一定期間経てから、清算を行う。清算時に、賭け相手のポイントが増えていれば、賭けの成功と見な

し、賭けたポイント × オッズだけ、賭け実行者のポイントが増加するが、そうでない場合は、賭けの失敗と考え、賭け実行者は賭けたポイントに応じてポイントを失う。

賭け実行者としては、賭け相手が利他行為を行って、ポイントを得る確率を高めると、賭けが成功する確率も高まるので、賭け相手が利他行為をすることを望み、実際に利他行為を促すと考えられる。一方で、下位、もしくは所持ポイントの少ない、つまり、利他行為をあまり行わない非協調的な参加者の方が高いオッズを割り当てられる。したがって、賭けのメカニクスによって、特に非協調的な参加者に対して利他行為を促す動きが生まれるだろうと考え、参加者間の利他行為率の格差を減少させることを狙っている。

## 3. モデル

本研究では、ポイントを明示化・共有化するためのリーダーボードの表示形式による影響と、賭けのメカニクスの有無による影響について調べるために、戦略の伝搬を遺伝的アルゴリズムで表現したエージェントベースモデルを次のように作成した。リーダーボードの表示形式としては、ランク方式とポイント方式の 2 方式を提案する。ランク方式では各々の所持ポイントをリーダーボードに表示せず (図 3 の Point の表示を消した状態に相当する)、イメージスコアを順位としてのみ明示化・共有化することで、利他行為するか否かの判断基準が順位のみ依存するようになる。一方、ポイント方式では順位は表示せずに所持ポイントを表示することで (図 3 の Rank の表示を消した状態に相当する)、所持ポイントに意識が向くと考えられたため、モデル化に際しては、最高点を 1、最低点を 0 とした相対ポイントを判断基準に用いるとした。方式によってリーダーボードから得られる情報が異なるので、それぞれの個体の挙動に違いが生まれることが期待される。

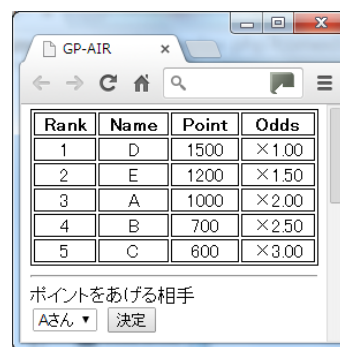


図 3: リーダーボード画面 (イメージ)

### 3.1 レベル 1

まず最初に、利他行為に関する行動戦略として、ランダムな閾値  $k$ ,  $h$  を持った個体を  $N$  体作成する。次に、利他行為フェーズ、ポイント譲渡フェーズの順に実行する。この 2 つのフェーズを 1 セットとし、10 セット繰り返す。そののちに、戦略伝搬フェーズに移る。最初の利他行為フェーズから戦略伝搬フェーズまでを 1 世代とし、 $T$  世代まで行って 1 試行とする。このモデルは、例えば、日常生活において常に利他行為が行われている中、火曜日と金曜日をポイントを渡す期間として設定し<sup>\*1</sup>、5 週間毎に戦略を変更するという状況を示してい

\*1 ポイントの受け渡しを行う期間をいつにするかは導入する環境に合わせて自由に変えられる。

る。以降で各フェーズの詳細を記述する。

### ● 利他行為フェーズ

利他行為を行う側 (A) と、利他行為を受ける側 (B) を 1 個体ずつランダムに選ぶ。そして、A が持つ閾値  $k_A$  の条件と  $h_A$  の条件の両方が満たされた時のみ、利他行為を行うとする。 $k_A$  の条件においては、 $k_A$  より B の順位<sup>\*2</sup> が高ければ、この条件を満たすとする。これは、より上位の相手に利他行為を行いたいという気持ちを示す。また、 $h_A$  より A の順位が低ければ、 $h_A$  の条件を満たすとする。この条件によって、自分 (A) の評判を  $h_A$  以上に維持したいという気持ちを表すことができる。

A が利他行為を行うと、A はコストとして利得を  $c$  失うが、B は利得を  $b$  手に入れることができる。A が利他行為を行わなかった場合は、互いの利得は増減しない。ここまですべて N 回 (個体数と同じ) 繰り返して、利他行為フェーズは終了する。

### ● ポイント譲渡フェーズ

このフェーズでは、必ず 1 人 1 回、所持ポイントの 10% を他者に渡す。譲渡相手には、直前の利他行為フェーズで利他行為を行ってくれた個体を選ぶことになる。利他行為を受けなかった個体は、ランダムに自分以外の個体を選び、ポイントを渡す。なお、図 3 のような、簡単にポイントを渡すことができる専用のサイトを用意し、運用することを想定している。

### ● 戦略伝搬フェーズ

ルーレット選択を用い、それぞれの適応度に比例した確率で、閾値の模倣を行う。ただし、世代終了時の所持ポイントであるスコアと、利他行為によって増減する利得を、スコア重み  $\alpha$  によって重み付けした上で足し合わせて適応度を求める (式 1)。スコア重みが小さい場合、利得が相対的に重要になる。この時は、利他行為を受けたい気持ちが強い状況を表している。一方、スコア重みが大きい場合は、スコアがより重視されるため、ポイントを集めたいという気持ちが強い状況を示すと考えられる。模倣する閾値が決まったのち、それぞれの閾値が  $p_m$  で突然変異し、一様乱数で新しい閾値が決まる。

$$(\text{適応度}) = \alpha \times (\text{スコア}) + (1 - \alpha) \times (\text{利得}) \quad (1)$$

なお、所持ポイントの最大値は 10,000、最小値は 0、初期値は 900 から 1,100 の一様乱数で、ポイント数の全体での合計が  $N \times 1,000$  (所持ポイントの平均が 1,000) になるように常に正規化する<sup>\*3</sup>。

## 3.2 レベル 1+2

レベル 2 のメカニクスの導入は、エージェントの戦略に閾値  $k_i$  を追加し、また、全体の流れに BET フェーズと清算フェーズを挿入することで表現する。まず BET フェーズを経た後に、利他行為フェーズとポイント譲渡フェーズを 2 セット行う。そして清算フェーズに移る。ここまですべて 5 回繰り返した後に、戦略伝搬フェーズに入る。これは、土日などの、参加者が集まらず利他行為が起こりにくい時を BET 期間と定め、参加者が賭けを実行するか否かを選択し、そして、金曜日のポイント譲渡が終了した直後に賭けの清算が行われるという状況をモデル化したものとなっている。レベル 1 と同様、以下に各フェーズの詳細を示す。

\*2 以降、ランク方式の場合について説明を行う。ポイント方式の場合は、順位を相対ポイント、上位を高相対ポイント、下位を低相対ポイントのように置き換える。

\*3 各個体の所持ポイントに  $\frac{N \times 1,000}{(\text{現在の所持ポイントの合計})}$  をかけることで正規化を行う。

### ● BET フェーズ

賭けを実行する側 (A) と、賭けの対象となる側 (B) を 1 個体ずつランダムに選ぶ。A は  $k_{iA}$  よりも、B の順位が低ければ賭けを実行する。閾値  $k_i$  は、オッズの大きい下位の個体に対して、より賭けを実行したい気持ちが強くなるということをもモデル化したものである。

A が賭けの実行を選択した場合は、その時の所持ポイントの 10% を賭けるとみなす。ただし、この時はポイントが実際に変動するわけではない。A は利他行為を促すコストとして  $c_{bet}$  を払うことで、B が持つ利他行為に関わる閾値  $k_B$  と  $h_B$  を  $p_{corp}$  % 協調的にする。賭けを実行しなかった場合は、全てのパラメータに変化は無い。ここまですべて  $N/2$  回 (個体数の半分) 繰り返して BET フェーズは終了を迎える。実際の GP-AIR に当てはめると、BET 期間になったら、ランダムに選ばれた  $N/2$  個体のみ図 4 の画面が表示され、実行するか否かを選ぶという状況に相当する。

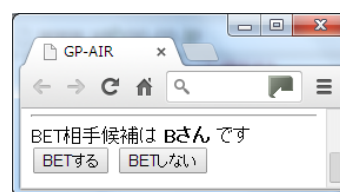


図 4: 賭け実行画面 (イメージ)

### ● 清算フェーズ

直前の BET フェーズで賭けを実行した個体のみが対象になる。賭けた相手 (B) の順位が上昇していた場合は賭けの成功とし、賭けたポイント  $\times$  オッズだけ手に入れることができる。しかし、賭けた相手 (B) の順位が低下していた場合は賭けの失敗とし、賭けたポイントを全て失う。清算が終わると、B の閾値  $k_B$  と  $h_B$  は元の値に戻り、賭けの効果が終わる。

## 4. 結果と考察

今回は、全ての試行において、 $N = 100$ ,  $T = 10,000$ ,  $c = 1$ ,  $b = 10$ ,  $p_m = 0.005$ ,  $c_{bet} = 0.1$ ,  $p_{corp} = 10$  を用いた。

### 4.1 レベル 1

まず、スコア重み  $\alpha$  を変化させた時に、集団全体での利他行為率がどのように変動するかを図 5 に示す。図 5 より、スコア重みが大きくなるほど、利他行為率が高まっていることが分かる。これは、利他行為を行うと、利得を失ってポイントを得るからである。つまり、スコア重みが小さい時は、利得を失わないように、利他行為を行いきにくい非協調的な個体が多くなるのに対し、スコア重みが大きい時は、ポイントを稼いでスコアを高めるために、利他行為を頻繁に行う、協調的な個体が多くなる。

ここで GP-AIR の導入によって何を目標しているかに立ち返ると、レベル 1 の目的は、利他行為率を高めることであった。以上の結果より、参加者のポイントが欲しいという気持ち (スコア重み) が高まれば高まるほど、利他行為が活発に行われることが分かる。目的を達成するためには、実際の導入時に、いかに参加者にポイントを魅力的に思わせていくかが肝要となる。

また、方式間の違いとして、スコア重みが小さい時は、ランク方式の方が利他行為率が高く、スコア重みが大きい時は、ポ

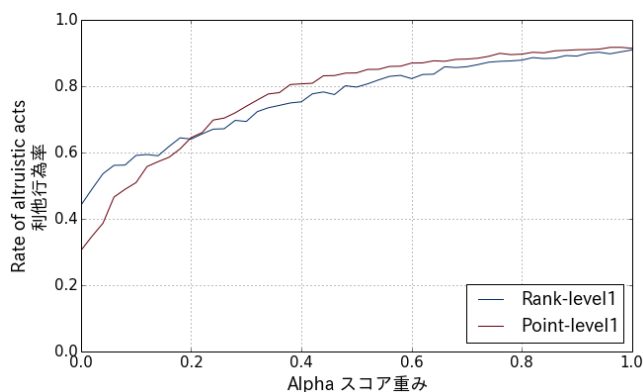


図 5: スコア重みと利他行為率の関係

イント方式の方が利他行為率が高いというのも特徴的である。方式間で差が生まれた要因は、リーダーボードから受ける印象の違いだと思われる。つまり、ランク方式では、所持ポイントが見られないために、どの順位間が大きく開いているのか、もしくは、殆ど差がないのかなどの情報が得られない一方、ポイント方式では、所持ポイントの情報が得られるので、差の大きさを考慮できるということだ。

#### 4.2 レベル 1+2

次に、レベル 1 の GP-AIR に賭けのメカニクスを導入した GP-AIR レベル 1+2 の結果について論ずる。協調性という指標を導入することで、ランク方式とポイント方式における利他行為を行う基準の違いを図示する。協調性とは閾値  $k$  と  $h$  を式 2 または式 3 を用いて求めた指標で、0 以上 1 以下の値をとり、大きいほど協調的であることを示す。

$$\text{ランク方式 : (協調性)} = \sqrt{\frac{k-1}{99} \times \frac{100-h}{99}} \quad (2)$$

$$\text{ポイント方式 : (協調性)} = \sqrt{h \times (1-k)} \quad (3)$$

図 6 では、ある協調性の値を持った個体が、どのくらいの割合で利他行為を行うかを示している。ただし、示している値は、 $\alpha$  が 0 以上 1 以下の時の平均値である。レベル 2 の導入によって、個体間の利他行為率の差の減少を狙っていたが、賭けのメカニクスが無い状態 (レベル 1) でも、ランク方式の方が、協調性が低い個体と高い個体間で利他行為率の違いが小さく、この点に関しては優れていることが分かる。賭けのメカニクスを導入すると、利他行為を促す効果により、全体的に利他行為率は上昇するものの、特にランク方式の協調性が低い個体での向上が著しいことが分かる。したがって、協調性の異なる個体間での利他行為の差が、ランク方式においてはより一層縮まっていることが読み取れるため、前述した狙いを満たすためには、ランク方式を選ぶべきだと考える。

## 5. おわりに

本研究では、間接互惠を促進する概念的枠組みである GP-AIR を提案し、2 つの方式 (ランク方式, ポイント方式) と、賭けの有無が GP-AIR の実装に与える影響を調べた。いずれの方式でも、ポイントを欲しいという参加者の気持ち (スコア重み) が強くなるほど、利他行為率の向上が認められる結果になり、なおかつ、どちらの方式の方が利他行為率が高くなるか

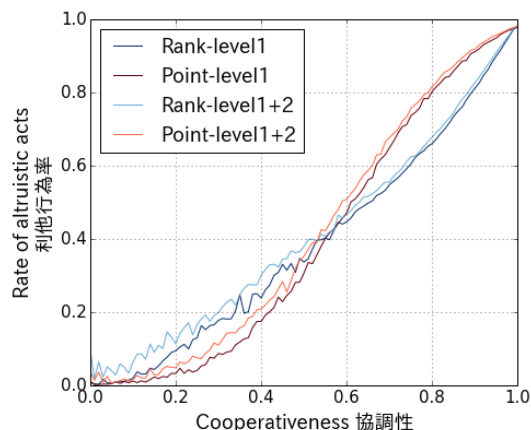


図 6: 協調性と利他行為率の関係

は、その気持ちの強さに依存していた。したがって、一方が他方より良いとは言えなかった。しかし、全員が平等に利他行為を行うようにしたいという観点からは、ランク方式の方が秀でていることが判明した。

将来的には、GP-AIR は人間を対象にしたシステムであるため、被験者実験を多く行うことが重要であると思われる。そして、本研究の正当性を示すことや、どのようにして参加者に動機付けを行うかを調べていくことが必要である。

## 参考文献

- [Deterding 11] Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K., and Dixon, D.: Gamification. Using Game-Design Elements in non-Gaming Contexts., *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems. ACM*, pp. 2425–2428 (2011)
- [Deterding 13] Deterding, S., Björk, S., Nacke, L., Dixon, D., and Lawley, E.: Designing Gamification: Creating Gameful and Playful Experiences., *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM*, pp. 3263–3266 (2013)
- [岩本 14] 岩本友太, 有田隆也: ゲーミフィケーションに基づく間接互惠促進プラットフォーム., 第 41 回知能システムシンポジウム資料 (2014)
- [Nowak 98] Nowak, M. A. and Sigmund, K.: Evolution of Indirect Reciprocity by Image Scoring., *Nature*, Vol. 393, pp. 573–577 (1998)
- [Nowak 05] Nowak, M. A. and Sigmund, K.: Evolution of Indirect Reciprocity., *Nature*, Vol. 437, pp. 1291–1298 (2005)
- [Nowak 06] Nowak, M. A.: Five Rules for the Evolution of Cooperation., *Science*, Vol. 314, pp. 1560–1563 (2006)
- [Rand 13] Rand, D. G. and Nowak, M. A.: Human Cooperation., *Trends in cognitive sciences*, Vol. 17, pp. 413–425 (2013)