

多数決の繰り返しで進行するボードゲームの プレイヤーの進化的生成

粕谷 貴志[†] 鈴木 麗壘[†] 有田 隆也[†]

名古屋大学大学院情報科学研究科[†]

1 はじめに

ボードゲームに関する研究は、囲碁や将棋、バックギャモンなどメジャーなゲームにとどまっている。一方、ドイツは毎年数百の新作が発表されるボードゲーム大国で、その内容も多岐に渡っており、人と人のあらゆるインタラクションをモデル化していると言ってもよい。本研究では、その中で、心の読み合いこそがボードゲームの重要な点であるとし、そのエッセンスを多数決によるゲームの進行という方法で強く表現した Rette Sich Wer Kann というボードゲームを取り扱う。

また、プレイヤーの生成手法として進化計算を用いることについては、バックギャモンへの応用などに留まっている[1]。本研究では、プレイヤーを進化計算を用いて生成することで、ゲームにおいてありうる戦略を探索することを目的とする。その上で、多数決による相手との心の読み合いについてモデル化し、知見を得ることを目指す。

2 「Rette Sich Wer Kann」のルール

Rette Sich Wer Kann (RSWK) は難破船の乗員の生存をテーマにした 3~6 人用ボードゲーム (本研究では 5 人の設定) である。各プレイヤーは 7 人の乗員を担当する。船はプレイヤー人数+1 だけあり、各船には乗員が乗る席が 6 つある。船は計 3 回進むとゴール位置に達し、その船の乗員は助かる。各プレイヤーの乗員をすべてランダムに乗せてゲームは開始し、投票による多数決に基づく、1) 浸水フェーズ、2) 追い出しフェーズ、3) 前進フェーズ、の繰り返しで進行する。1) では、全プレイヤーの多数決で決まった船を一席分浸水させる。空席がない時のみ 2) を実行し、該当船に乗員のいるプレイヤーに乗員数分の投票権を持たせた多数決で、盤外に追い出す乗員を決め、その座席を浸水させる。もし、4 座席分浸水すると、その船及び乗員は盤外に出されてしまう。3) では、全プレイヤーによる多数決で選ばれた船をひとつ進める。盤上の全ての船が、ゴールか盤外に出るとゲームは終了し、ゴールしたプレイヤーの数の多さを競う。なお、上記はオリジナルルールから、乗員の船間移動フェーズがある、特別扱いの船長がいる、初期配置はプレイヤーが設定する、船によって得

点が異なる、投票における切り札がある、という点を省略したものである。

3 戦略の表現と進化の手法

RSWK では盤上の情報が全てのプレイヤーに開示されている。そこで、エージェントが盤面の評価をするための盤面評価値を以下のように定義する。

各プレイヤーの乗員の価値を評価するため乗員が乗っている船の価値に注目する。沈没、及びゴールしていない船 b の価値 B_b を (1) 式で計算する。

$$B_b = A_d + L_l + C_c + R_r \quad (1)$$

ただし $d \in (1, 2, 3)$, $l \in (0, 1, 2, 3)$, $c \in (1, 2, 3, 4, 5)$, $r \in (1, 2, 3, 4, 5, 6)$ で A_d はゴールまでの絶対距離 d についての、 L_l は船の浸水数 l についての、 C_c は船に乗員を乗せているプレイヤーの人数 c についての、 R_r はゴールも沈没もしていない船のうち、距離の順位が r 番目についての、パラメータの値である。ここで R_r は船の相対位置を表現している。 C_1 , L_1 , 及び R_6 はパラメータの基準点として 0、沈没した船は $B_b = 0$ 、ゴールした船は $B_b = D$ (D はゴールに対応したパラメータ) とする。

その上で、プレイヤー p の有利度 V_p を計算する評価値を、船 b の価値 B_b 、及び船 b にプレイヤー p が乗せている乗員数 $n_{b,p}$ より (2) 式で計算する。さらに、プレイヤー p にとっての盤面評価値 E_p を (3) 式で計算する。

$$V_p = \sum_b B_b n_{b,p} \quad (2)$$

$$E_p = V_m - \sum_r \alpha_r V_r \quad \alpha_r = \frac{V_m^X}{\sum_r \alpha_r V_m^X} \quad (3)$$

(3) 式で、 V_m は自分 m の有利度を、 V_r は対戦相手 r の有利度を表し、パラメータ X は比例配分のパラメータを表す。この式は、 $X \rightarrow 0$ で相手全員の平均有利度を、 $X \rightarrow \infty$ で相手のうち最も高い有利度を自分の有利度と比較することを意味する。各プレイヤーは次のフェーズで起こりうる盤面について以上の定義で算出した盤面評価値 E_p を算出し、最も高い値の盤面へと遷移するよう投票する。このプレイヤーエージェントをレベル 0 とする。

これらのパラメータ値の集合を実数値遺伝的アルゴリズムで進化させた。変数間依存性があると考えられるため、世代交代モデルに JGG、交叉には REX^{star} を用いた[2]。集団個体数 100、親個体数 17、生成子個体数 170、REX^{star} のステップサイズを 2.0 とした。進化計算ではレベル 0 を 4 個体とランダ

Evolution of players for a board game based on majority voting
[†]Takashi Kasuya, [†]Reiji Suzuki and [†]Takaya Arita
Graduate School of Information Science, Nagoya University
([†])

ムに投票するプレイヤー1 個体の組合せで1 個体あたり 100 対戦させ、勝利数を適応度とした。尚、対戦が偏らないよう、各々が 20 対戦する毎にレベル 0 の組合せをランダムに入れ替えた。

さらに、相手の手を読むエージェント（レベル 1）を定義する。レベル 1 は、まず相手全員がレベル 0 である、と仮定する。その上で相手プレイヤーが出す手を全て計算することで、自分が投票しても死票にならない投票候補を探索する。その後、投票候補の中で、盤面評価値が最も高く遷移するよう投票する。レベル 1 は、相手が全てレベル 0 であるならば、ゲーム中常に有利な展開を導けると考えられる。

4 進化実験

まずは、進化経過におけるパラメータ群の性能向上について評価するために、10 世代毎にレベル 0 をランダムに投票するプレイヤー4 個体と 500 対戦させた。図 1 はその結果で、赤線が平均勝利数を示しており、進化して性能の良いパラメータ群を探索できたことを示している。

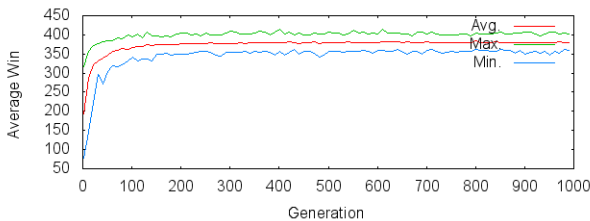


図 1: 10 世代毎のレベル 0 の性能評価結果

続いて、それぞれのパラメータの進化とレベル 0 で発生した戦略を調べた。図 2 は上より順にパラメータ A_d 及び D 、 L_1 、 C_5 、 R_1 、 X の平均値の世代推移を表している。同図より、まず、絶対位置に関する A_d 及び D において、ゴールした船が最も重みが大きく、一番遠い位置の船までの分散が大きくなるように進化しており、勝率に最も影響することがわかる。浸水に関しては、それが進むほど価値が下がる。一方、乗員を乗せているプレイヤーの人数が多い船ほど価値が上がった。ただし、5 人全員乗船時に関する C_5 は進化思考ごとに様々な値になった。これは、そのような船はプレイヤー全員に同様の価値があるためであろう。船の相対位置に関する R_1 については、前方の船が低く評価される傾向がみられた。これは、目立つことによって浸水対象になりやすくなるためと考えられる。比例配分に関する X は 10 以上と高い値に進化した。これは最も優勢なプレイヤーの挙動に重点を置くことを意味する。

1 個体のレベル 1 を進化後のレベル 0 と 10000 回対戦させたところ、レベル 1 の勝利数は平均約 1850 回となった。興味深いことに、これは出す手が読めているレベル 0 より弱いことを意味する。

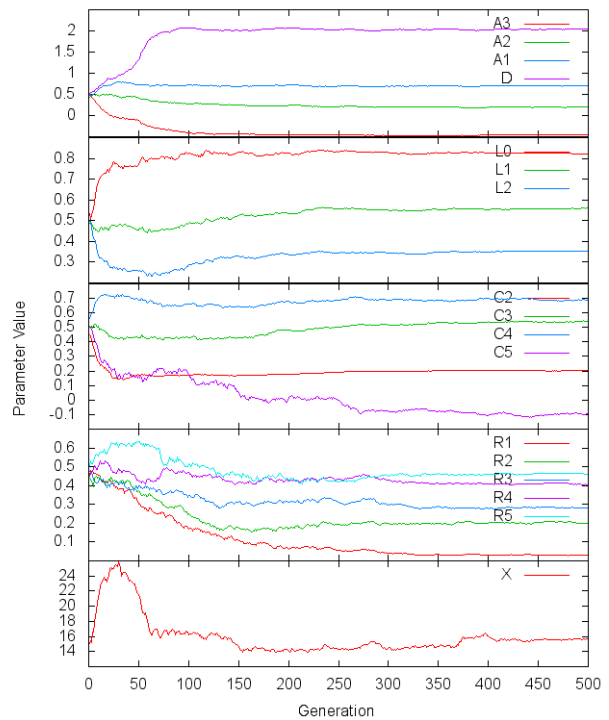


図 2: パラメータ群の平均値の世代推移

分析したところ、プレイヤー間に有利度の差があまりない序盤は、相手のトップを意識するように進化しているレベル 0 の投票先が分散するため、相手を読むレベル 1 が有利だが、後半において、レベル 1 の有利性が顕著になると、レベル 0 からの集中攻撃でレベル 1 は負けがちになる、というメカニズムが働いていることがわかった。

5 おわりに

本稿では、多数決で進行するゲーム RSWK を対象として、盤面評価関数に基づくプレイヤー（レベル 0）を実数値 GA によって進化させた。実験により、盤面評価関数中の重みが適切に進化して勝率が上がることを確認した。さらに、相手の手を読み、死票にならない投票先から選択するレベル 1 戦略を、進化したレベル 0 相手に対戦させたところ、多数決というゲームの特性に依存した興味深い結果が得られた。現在、レベルの動的な切り替えやレベルの進化について検討中である。

参考文献

- [1] Pollack, J., Blair, A. and Land, M., "Coevolution of A Backgammon Player", Proceedings of Artificial Life V, MIT Press, pp. 92-98 (1996).
- [2] 小林 重信, "実数値 GA のフロンティア", 人工知能学会誌, Vol. 24, No. 1, pp. 128-143 (2009).