

遺伝的アルゴリズムによる効率的な トレーディングカードゲームのバランス調整

Efficient Balancing Method to Trading Card Games using Genetic Algorithm

2041005 新井 陸来

Riku ARAI

指導教員 秋葉 知昭

In recent years, artificial intelligence technology has developed a lot, and it is no exception in the game field. The purpose of this study is efficient balance adjustment of trading card games by a genetic algorithm. Finding an efficient balance adjustment of trading card games by changing the number of matches used to calculate the winning percentage of a match and the type of crossover.

1. 緒言

近年、人工知能 (AI) の技術は大いに発展しており、ゲーム分野にも応用されている。特にトレーディングカードゲーム (Trading Card Game, TCG) では、カードの追加時にゲームバランスを維持することが課題であり、AI を活用したバランス調整の研究が注目されている。Fernando de Mesentier Silva らの研究 [1] では遺伝的アルゴリズムを用いて、デッキ同士の対戦の勝率が 50% になることと、カードのパラメータが当初定めたものからあまり変化しすぎないという目的を満たす解を得ることを試みた。本研究では、遺伝的アルゴリズムを用いて、簡略化されたゲーム環境にて、交叉や対戦数を変化させ効率的にバランス調整を行う。

2. 対象とするカードゲームについて

2.1 TCG について

TCG は、専用のカードを集めてデッキを作成し、主に 1 対 1 で戦うゲームである。その始まりは、現実世界のカードを用いた Magic: The Gathering [3] であり、現在では HearthStone [4] や Shadowverse [5] のようなコンピュータ上でプレイ可能な TCG も登場している。コンピュータ上の TCG ではカードパラメータの調整が容易である一方、プレイヤーが金銭や時間をかけて集めたカードに対する調整はユーザーの不満を招く可能性があるため、調整は少ない方が好ましい。

2.2 対象とする TCG について

本研究では主にコンピュータ上で対戦を行う TCG を対象とする。中でも MetaStone という HearthStone とほぼ同じルールである研究用のコピーゲームを用いる。MetaStone は AI プレイヤーとしてより強いものを作る研究や、カードのバランス調整を行う研究の支援をすることを目的として

作られた。また、AI プレイヤーと人で対戦できるだけでなく、AI プレイヤー同士で高速で対戦を行うこともできる。本研究ではこれを用いて、バランス調整の研究を行う。

2.3 基本的なルールについて

本研究では MetaStone を用いるため、元となる HearthStone の基本ルールを説明する。

HearthStone は、ヒーローと呼ばれるプレイヤーの分身どうしが戦うカードゲームである。プレイヤーはカードを駆使して相手ヒーローの体力を 0 にすることを目指す。手札のカードには、ミニオンや魔法カードがあり、マナコストを支払うことで使用可能である。ミニオンは場に配置し、攻撃力や体力を持ち、敵ミニオンやヒーローを攻撃できる。魔法カードは使い切りの特殊効果を持つ。マナはターンごとに増加・回復し、ゲーム進行とともに高コストのカードが使用可能になる。デッキは戦略に応じて構成され、速攻型や妨害型などのスタイルがある。また、ヒーロー固有の特技があるが、本研究では使用しない。行動の順序や選択肢が自由なため、多様な戦略が展開可能である。

3. 実験方法

3.1 先行研究

本研究の先行研究として、Fernand らの研究 [1] は、遺伝的アルゴリズムを用いてカードのマナコストや攻撃力などを最適化し、デッキ同士の勝率を 50% にすることを目指した。結果として勝率を均等化しつつ、カード変更量を抑える多目的最適化を達成した。

また、遠野の研究 [2] では、勝率だけでなく、ゲームの面白さに着目し、試合の長さやカードバランスなど 7 つの要素を考慮した最適化を行った。本研究では、遠野の研究を基に、交叉やデッキ同士

の勝率を算出する際の対戦数を変化させることで効率的なバランス調整方法を見つけること、また、調整すべきパラメータを見つけることを目的として実験を行う。

3.2 デッキの構成

カードは16種類あり、速攻型、妨害型、魔法型の3種類のデッキに分かれている。各デッキは15枚のカードで構成され、速攻型は低コスト中心、妨害型は高コスト中心、魔法型は魔法カード中心の戦略を持つ。現在、速攻型が妨害型に70%の勝率、妨害型と魔法型は互角、魔法型が速攻型に75%の勝率を持つ。これらのバランス調整は、全体の相互関係を考慮する必要があり、特定のデッキを調整すると他の勝率にも影響を与えるため複雑である。

3.3 評価関数について

本研究では、16種類のカードのマナコスト、攻撃力、体力からなる38次元のパラメータを変化させることで遺伝的アルゴリズムを行う。マナコストは元の値から ± 1 の範囲で調整し、0を許容する。攻撃力と体力も ± 1 の範囲で調整し、0にはしない。評価は、各デッキの勝率とカードの変更量から算出され、勝率が50%に近いほど高く評価される。

$$\text{勝率の評価値} = \sum_{m=1}^3 \{100 - 400(w_m - 0.5)^2\} \quad (1)$$

変更量は、カードの変更後の値が元の値からどれだけ離れたかに基づき算出される。

$$\text{変更量} = -5 \sum_{k=1}^{38} |x^{\text{org}} - x| \quad (2)$$

3.4 実験方法について

本研究でははじめに以下の手順をベースとした遺伝的アルゴリズムを用いて実験を行うことにした。また、個体数は10個体、世代数は20世代とする。遺伝子座はデッキ内の11種類のミニオンカードのマナコスト、攻撃力、体力と5種類の魔法カードのマナコストからなる38次元とする。

1. 初期個体の生成. 1個体はオリジナルパラメータ、残りの9個体はオリジナルパラメータからランダムに25%の確率で変化させる。
2. MetaStoneを用いて、3つのデッキをそれぞれ同じ回数ずつ複数回対戦させ、勝率と変更量から評価値を求める。
3. 10個の個体の評価値から平均値を求める。

4. 平均値よりも高い評価値の個体だけを次世代に残す (エリート戦略)。
5. 平均値よりも低い評価値の個体を削除し、残った個体から選ばれた2個体で交叉をし、突然変異を加えて10個から減ってしまった分の個体を補充する。
6. 2から5の手順を繰り返す。最終世代まで、最も高い評価値の個体を解とする。

4. 結果と考察

4.1 結果

一様交叉にて1個体のマッチングあたりの対戦数を100戦ずつの計300戦として実験(試行1)、1個体のマッチングあたりの対戦数を100戦ずつから1000戦ずつの計3000戦で実験(試行2)、二点交叉にて1個体のマッチングあたりの対戦数を100戦ずつから1000戦ずつの計3000戦で実験(試行3)を行い、試行3が最も高い評価値を得た。

4.2 考察

どの結果においても、最大評価値、平均評価値のどちらも遺伝的アルゴリズムプログラムを使用する前よりも改善させることができた。また、試行2と試行3の結果より速攻兵の攻撃力を上げ、盾兵のコストを下げる調整が効率的だと考えられる。

5. 結言

本研究では、遺伝的アルゴリズムを用いて、簡略化されたTCGのバランス調整を行った。対戦数を1000戦ずつ行うことで勝率のブレを減らし高い評価値を得られること、一様交叉が二点交叉より高い評価値を得られることが分かった。また、調整することで評価値が改善されるカードも特定した。交叉や突然変異率、対戦数を変化させることで更に効率的な調整方法を見つけること、デッキの種類を変えても同様にバランス調整を行えるのかといったことも今後の課題である。

文献

- [1] Fernando de Mesentier Silva : Evolving the Hearthstone Meta (2019)
- [2] 遠野秀駿 : トレーディングカードゲームにおける対戦中の面白さの予測を用いたゲームバランス自動調整 (2024)
- [3] Magic: The Gathering <https://mtg-jp.com/> (2025/01/28 時点)
- [4] HearthStone <https://hearthstone.blizzard.com/ja-jp> (2025/01/28 時点)
- [5] Shadowverse <https://shadowverse.jp/> (2025/01/28 時点)