

ニューラルネットワークと artificial bee colony algorithm を用いた
テトリスコントローラの開発
Development of the TETRIS controller using neural network and
artificial bee colony algorithm

竹内 広樹[†] 天野 祐樹[†] 荒川 正幹[†]
Hiroki Takeuchi Yuki Amano Masamoto Arakawa

1. はじめに

テトリスは、幅 10 ブロック、高さ 20 ブロックの盤面に 7 種類のテトリミノを隙間なく並べて消すビデオゲームである。人工知能分野の研究対象となっており、最適化手法の比較を目的とし、平均消去ライン数を最大化するテトリスコントローラの開発が行われている[1, 2]。これは最適化問題として定式化することが可能であり、様々な最適化手法が適用されている。最も高いスコアを示すテトリスコントローラは宮崎らにより報告された[3]。表 1 に示す 8 個の特徴量を入力値としたニューラルネットワーク(NN)を評価関数とし、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて最適化を行った。その結果、平均約 6,000 万ラインの性能を持つテトリスコントローラが構築された。

表 1 テトリスコントローラで用いられる特徴量

名称	説明
LandingHeight	直前においたピースの高さ
ErodedPieceCells	消えたラインの数× ピースの中で消えたブロックの数
RowTransitions	横方向にスキップしたとき、 セルの内容が変わる回数
ColTransitions	縦方向にスキップしたとき、 セルの内容が変わる回数
NumHoles	穴の数
CumulativeWells	井戸の高さの階和の和
HoleDepth	穴の上のブロック数
RowsWithHoles	穴のある行の数

2. 手法

2.1 Artificial bee colony algorithm (ABC)

ABC とは、ミツバチの群れによる採餌行動にヒントを得て考案された最適化アルゴリズムである。解候補を食物源に見立て、それをコロニー内のミツバチが繰り返し探索する。コロニーは雇用ハチ、見物ハチ、偵察ハチによって構成される。雇用ハチは、各自が担当する食物源の近傍を探索する。担当する食物源が枯渇した場合、その雇用ハチは偵察ハチとなる。見物ハチはランダムに選択した食物源の近傍を探索する。食物源の適合度が高いほど、高確率で見物ハチに選択される。

制御パラメータとして、雇用ハチの数、最大サイクル数、近傍の探索を断念するまでの試行回数が設定可能である。

[†] 宇部工業高等専門学校, Ube National College of Technology

ABC では、全ての食物源が初期化された後、探索サイクルが繰り返される。各探索サイクルでは、雇用ハチによる探索、見物ハチによる探索、偵察ハチによる探索が行われ、最終的に、最も適合度の高い解候補が出力される。雇用ハチおよび見物ハチによる近傍の探索は、次式にしたがって行われる。

$$v_{ij} = x_{ij} + \text{rand}[-1,1] \cdot (x_{ij} - x_{kj}) \quad (1)$$

ここで、 v_i は新たな解候補、 x_i は現在の解候補、 x_k はランダムに選択された解候補である。適合度 $f(v_i)$ を求め、 $f(v_i)$ が $f(x_i)$ より大きい場合、 x_i を v_i で更新する。

2.2 Gbest-guided artificial bee colony algorithm [4]

Gbest-guided artificial bee colony algorithm は、Zhu らによって提案された ABC の改良アルゴリズムである。これまで発見された中で最も高い適合度を持つ食物源の情報を、新しい解候補の生成に用いる。新たな解候補 v_i は次式によって計算される。

$$v_{ij} = x_{ij} + \text{rand}[-1,1] \cdot (x_{ij} - x_{kj}) + \text{rand}[0, C] \cdot (y_j - x_{ij}) \quad (2)$$

ここで y は、これまで発見した中で最も高い適合度を示す解候補である。C は任意の定数であり、本研究においては 2 とした。

2.3 テトリスコントローラ

テトリスコントローラは、盤面の評価値を基にピースの向きと位置を決定する。まず、現在落下中のピースについて、可能なすべての向きと位置で落下させた場合の盤面を生成する。そして、その中で最大の評価値を示す盤面を選択する。盤面の評価値は、表 1 に示した 8 個の特徴量を利用してニューラルネットワークによって計算される。ニューラルネットワークの重みは ABC によって最適化される。ABC における適合度は、テトリスを 100 回プレイしたときの平均消去ライン数とした。

テトリスのスコアは幾何分布にほぼ従うため、信頼性の高い結果を得るには多くの試行が必要である。したがって、現実的な計算時間で最適化を行うためには、計算時間の短縮が必要とされる。そこで、本研究では S ピース、Z ピースの出現確率を高く設定した。S, Z ピースは隙間なく積むことが難しく、これらの出現頻度が高い場合スコアが低くなる。以降、S ピースおよび Z ピースの出現確率を他のピースの n 倍とする設定を SZn と表記する。

3. 結果

3.1 コントローラの最適化

ABC を用いて評価関数の最適化を行った。ABC の設定を表 2 に示す。A, B, C 三通りの設定を用い、それぞれ 7 回、10 回、13 回の最適化計算を実施した。雇用ハチの数は、何れのグループにおいても 50 とした。

表 2 ABC のパラメータ

グループ	サイクル数	Limit*1	S,Z の割合
A	250	10	SZ3
B	1,000	50	SZ5
C	500	50	SZ3

*1 断念反復回数

表 3 に、得られたテトリスコントローラのうち適合度が高かった 5 個を示す。最も高い性能を示したのは、グループ A の 1 番目のコントローラであり、最大適合度は 2,641 であった。

表 3 ABC により得られたコントローラ

順位	グループ	番号	最大適合度
1	A	1	2,641
2	A	7	2,552
3	C	28	2,506
4	C	20	2,504
5	C	27	2,472

次に、これらのコントローラを用い、SZ2 に設定したテトリスを 100 ゲームずつ実行し、コントローラの性能を評価した。その結果を表 4 に示す。最も高い性能を示したのは、グループ C の 19 番のコントローラであり、スコアは 51,432 ラインであった。ABC において最も高い結果を示した 1 番のコントローラは 5 位であり、スコアは 45,102 ラインとなった。

B グループに属するテトリスコントローラの平均消去ライン数は、他のグループのテトリスコントローラと比べて著しく低いものであった。これは、グループ B の目的関数におけるテトリスの設定が SZ5 であったためである。したがって、以降はグループ B のテトリスコントローラを性能評価の対象から除外した。

表 4 SZ2 による性能評価

順位	グループ	番号	平均消去ライン数
1	C	19	51,432
2	C	21	47,040
3	C	28	46,265
4	A	7	45,697
5	A	1	45,102

表 3 および表 4 の結果より、ABC のスコアが最高であり、SZ2 における平均消去ライン数が良好であった 1 番のテトリスコントローラを最適と判断し、既往の研究結果との比較を行った。

3.2 既往の研究との比較

今回構築したテトリスコントローラと既存のコントローラを比較するため、SZ1 に設定した通常のテトリスを 1,000 ゲーム実行した。結果を図 1 に示す。宮崎ら[3]のコントローラの平均消去ライン数が約 6,022 万ラインであるのに対し、今回開発したテトリスコントローラは約 8,891 万ラインであった。試行回数がいずれも 1,000 回であるため、95%信頼区間は±6.3%である。よって、今回開発したコントローラの性能は、従来のコントローラよりも有意に高いといえる。

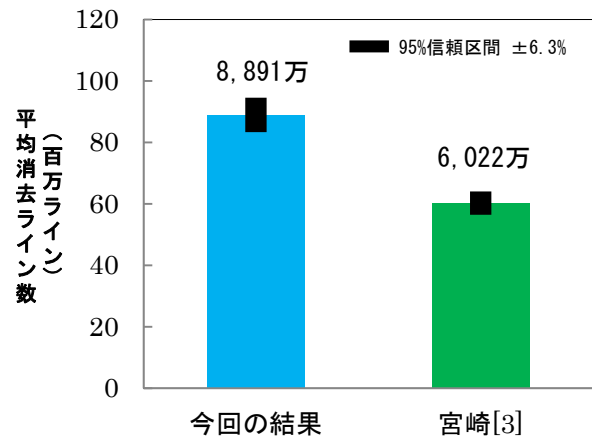


図 1 既往のコントローラとの比較

4. おわりに

本研究では、ABC を用いてテトリスコントローラの最適化を行った。結果、既往のコントローラより平均消去ライン数が有意に多いコントローラを開発することに成功した。今後、新たな特徴量の開発や、評価関数の提案により、さらに高い性能を示すテトリスコントローラの開発を目指す。

謝辞

本研究の一部は武波誠也氏によって実施された。ここに感謝の意を示す。

参考文献

- [1] C. Thiery, B. Scherrer, "Building controllers for Tetris", ICGA J. 32, 3-11 (2010).
- [2] A. Boumaza, "On the evolution of artificial Tetris players", The IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games, 387-393 (2009).
- [3] 宮崎 真奈実, 荒川 正幹, "ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムを用いたテトリスコントローラの開発", 情報処理学会第 74 回全国大会, 539-540 (2012).
- [4] G. Zhu, S. Kwong, "Gbest-guided artificial bee colony algorithm for numerical function optimization.", Applied Mathematics and Computation, 3166-3173 (2010).