

1. 序論

テトリスは、縦 20 行、横 10 列のフィールドに画面上部から落下してくる 4 つの正方形を組み合わせて作られたテトロミノと呼ばれるブロックを操作し配置していくゲームである。配置したブロックが横一列に揃えられるとその列のブロックが消えスコアを得る。ブロックの一部がフィールドの上限を超えた場合、ゲームが終了となる。

テトリスの最高得点を得る積み方を求める問題は NP 完全であり、最適なアルゴリズムを得ることはできないと考えられる 1)。一方、テトリスにおける強化学習は数多く行われているが、どの手法にも一長一短がありどれが最適かは一概には言えない。そこで本研究では、いくつかの強化学習アルゴリズムを用いてテトリス AI を作成し、得られたスコアを比較することで最適な強化学習アルゴリズムを見つけ出す。

2. 研究内容

本研究では python を用いて、テトリスの AI を開発し、得られたスコアから最適なアルゴリズムを見つけ出す。

テトリスは、現在落下中のブロック以外に、次に落下してくるブロックが表示される。そこで、今回検証する強化学習アルゴリズムは、Q-learning と Sarsa の TD 学習と呼ばれる現在より先の状態を使用する学習手法を用いる。また強化学習を行わずランダムにブロックを配置する場合も検証し、強化学習の有用性を確かめる。近年では DQN と呼ばれる、既存の手法である強化学習に、深層ニューラルネットワークを適用したゲーム AI の学習が成功を収めている 2) が、テトリスはブロック崩しなどの簡単なゲームと違い、学習の際状態数が膨大となるため、良い学習結果を得るのに時間がかかる問題がある。そこで、スケールダウンを利用した学習手法 3) を活用することで学習時間の短縮を図る。本研究では縦 5 行、横 5 列のスケールで学習を行う。

3. 結果・考察

本研究で作成したテトリス AI の性能を評価するためにゲーム終了までに消去したライン数、配置したブロック数、プログラムの実行時間、盤面の状態数の 4 つの指標を用いた。消去したライン数と配置したブロック数はテトリスのスコアに関わる指標であり、消去したライン数と配置したブロック数が多い方が高性能と言える。プログラム実行時間と盤面の状態数はテトリス AI を学習させる際の効率に関わる指標であり、プログラム実行時間が短く、盤面の状態数が少ない方が学習効率が高いと言える。テトリス AI を 2000 万回学習させた際の各指標の平均を表 1 に示す。表 1 より、Q-learning と Sarsa で消去したライン数や設置したブロック数にほとんど差は見られないが、Sarsa は Q-learning に比べ状態数が多く 1.3 倍ほど学習時間がかかっており、学習効率の悪さが示される。

4. 結論

本研究ではテトリス AI の作成を行い各強化学習アルゴリズムの特徴を得ることができ、学習効率の面で Q-learning の方が Sarsa よりも優れていることが示された。今後の課題は、より多くの強化学習アルゴリズムを実装し、DQN など深層強化学習も調査していきたい。

表 1 2000 万回学習した際の各指標の平均

	Q-learning	Sarsa	ランダム
消去したライン数	2.79	2.84	0.11
配置したブロック数	6.85	6.87	2.53
プログラムの実行時間(秒)	139826	186020	33536
盤面の状態数	859373	1056461	372582

5. 参考文献

- 1) Erik D. Demaine, Susan Hohenberger, David Liben-Nowell : Tetris is Hard, Even to Approximate, Computer Science Vol.2002, No.20 pp. 1-56, Cornell University Library (2002)
- 2) Volodymyr Mnih, Koray Kavukcuoglu, David Silver, Alex Graves, Ioannis Antonoglou, Daan Wierstra, Martin Riedmiller: Playing Atari with Deep Reinforcement Learning, In NIPS Deep Learning Workshop(2013)
- 3) 青木勢馬, 橋本剛: テトリスを題材にしたスケールダウンを利用した学習手法の開発, ゲームプログラミングワークショップ 2017 論文集, pp.99-103, ゲームプログラミングワークショップ(2017)
- 4) 田伏未来, 萩原将文: ファジィ推論ニューラルネットワークを用いたテトリスのスキル獲得のための自動学習, 日本ファジィ学会誌 Vol.11, No.6, pp.1089-1097, 日本ファジィ学会 (1999)
- 5) Simón Algorta and Özgür Şimşek : The Game of Tetris in Machine Learning, Computer Science, ArXiv (2019)
- 6) Matt Stevens and Sabeek Pradhan : Playing Tetris with Deep Reinforcement Learning, Computer Science (2016)
- 7) Hanyuan Liu and Lixin Liu : Learn to Playing Tetris with Deep Reinforcement Learning, IERG5350 Reinforcement Learning Course Project (2020)