

全消しできるさめがめパズルにおけるゲーム特性の基礎検討

三浦 元喜*

概要. 通常さめがめパズルは、横 20×縦 10 といった比較的大きめの盤面に、ランダムにブロックが置かれた状態からスタートする。高い得点を獲得することが主目的となるため、なるべく多くのブロックを一度に消すことが求められる。一方でランダムな状態からスタートするため、最終的にならずすべてのブロックを消すことができるとは限らない。我々は高得点獲得を主目的とするのではなく、すべてのブロックを消すことを主目的（ステージクリアの条件）としたさめがめパズル「全消しさめがめ」を提案する。全消しさめがめでは、かならずすべてのブロックを消すことが可能な盤面が用意される。本稿では、全消しさめがめゲームの特性の一つである難易度について基礎検討を行った。

1 はじめに

さめがめ (SameGame) は、1985 年に発表された「ChainShot!」を基にしたコンピュータパズルゲームである。通常は図 1 に示すように、横 20×縦 10 といった盤面に、ランダムにブロックが置かれた状態からスタートする。プレイヤーがブロックを選ぶと、隣接する同種類のブロックも同時に消える。ブロックが消えたあとのマス目には上部にあるブロックが落ちてくる (図 2)。縦一列のブロックを消すと、空いた列のところには右側のブロックが左に移動して収まる。

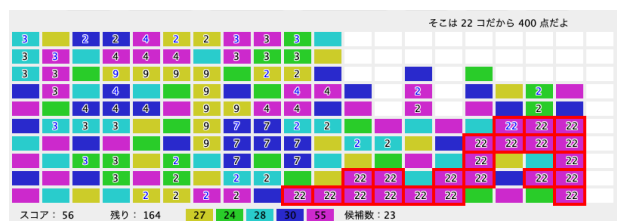


図 1. 通常さめがめパズル (ハイライトされたブロックを消す前のステージ)



図 2. ハイライトされたブロックを消した後のステージ

基本的なパズルゲームのルールがシンプルである

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 千葉工業大学

ため、さまざまなバリエーションや取り組みが提案されている。たとえば、ブロックを消す順番とスコアに応じて音楽が生成される [1] といった体験型展示も行われている。

1.1 さめがめのルールと得点の計算方法

通常さめがめパズルでは、高い得点を獲得することが主目的となる。得点は、一度の操作で消すブロックの数を n とすると、 $(n-2)^2$ で計算される。そのため、高い得点を得るためにはなるべく多くのブロックを一度に消すことが求められる。

通常さめがめパズルでは、すべてのブロックを消すとボーナス点が獲得でき、ランダムにブロックが配置された状態からゲームを継続することができる。しかし、一般的にはランダムにブロックが生成されるため、最終的にならずすべてのブロックを消すことができるとは限らない。

1.2 全消しできるさめがめパズルの提案

そこで我々は、さめがめのバリエーションの一つとして、かならず全消しできるパズルを提案する。また、その基礎特性として難易度について着目し議論する。ここでは 5×5 の盤面に、4 色のブロックを配置した場合のゲームについて考えていく。小さい盤面で検討する理由は、後述する解空間の探索にかかる時間が増大することと、実際に人間が解く上での難易度が高すぎないようにするためである。

2 解空間の探索

まず 5×5 の盤面に 4 色のブロックをランダムに配置したうえで、解空間を探索し、一つ以上の解 (全消し) が存在する盤面を抽出した。なお、色の置換によって同一となる盤面は重複となるため除いた。そのようにして求めた 3027 件の各盤面について、再度プレイヤーが取りうるすべての解答手順 (選択してブロックを消していく一連の解答手順) を列挙した

うえで、すべてのブロックを消すことができる解答手順の個数をカウントしながら、その手順におけるブロック選択回数（列挙木の深さ）を記録した。

図3に、全消しできる解答手順が含む手数数の平均の度数分布を示す。この「平均手数」は、一つの初期盤面に対して全消しできる複数の解答手順を列挙したときの、手数数の平均である。3027件の盤面における「平均手数」の平均は8.94(回)であった。

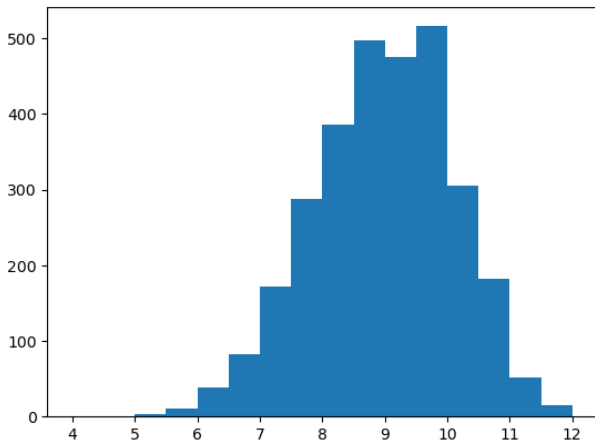


図 3. 全消しできる解答手順が含む手数数の平均の度数分布

つぎに、全消しできる解答手順の数を、すべての解答手順の数で割ったもの（すべての解空間のうち、正しく全消しできる解答手順をたどる確率）を、ここでは暫定的に難易度として定義する。ただし、確率が低いほど難易度は高い。難易度の度数分布（図4）を確認したところ、確率が低い（難易度が高い）問題のほうが多く生成されやすいことがわかった。

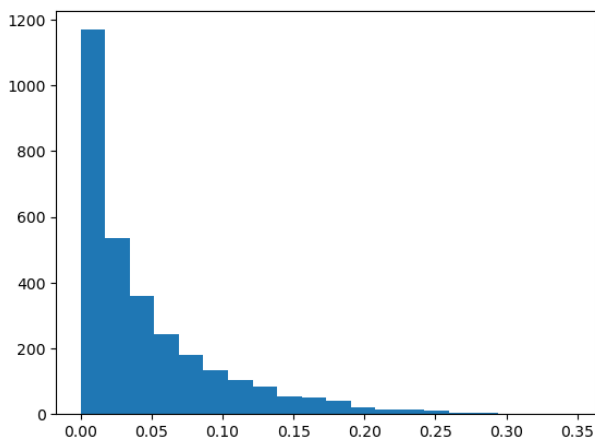


図 4. 難易度（全消しできる手の数 / とりうるすべての手数）の度数分布

3 人間が感じる難易度との関係

前述した難易度は機械的に解空間を探索して求めたものであり、実際に人間が感じる難易度とは異なる可能性がある。たとえば、人間は一回の手数である色のブロックをすべて消せると判断した場合、それを優先して消す可能性がある。このような行動が結果として全消し可能な手順から外れる場合、人間が解く際の難易度は高まると考えられる。ゲーム情報学分野では、パズルの難易度推定や、人間行動の認知科学研究が行われている [2]。我々も今後、機械的に求めた難易度に基づき、実際の難易度との差や、人間の認知プロセスや論理的思考力との関連について調査していく。その手段として、Webブラウザ上で動作する「全消しさがめパズル」（図5）を開発しており、今後プレイデータ等を収集していく予定である。



図 5. 全消しさがめパズルの画面。5×5 の領域に事前計算された 4 色のブロックが配置される。

<https://tm.istlab.info/zenkeshi.html>

参考文献

- [1] じーくどらむす. 渋谷 PARCO で自作ゲームを展示すると何が起こるのか. <https://note.com/geekdrums/n/nd0a6e2f685a6> (2023 年 10 月 28 日確認), July 2023.
- [2] 小谷 善行. ゲーム情報学: 2. ゲーム情報学におけるパズル研究. 情報処理, 53(2):107–111, Feb. 2012.