

1. 序論

EQUALINE はゲーム開発チーム「丸ダイス」が制作した計算パズルゲームであり, 3×3 中で, 数値と記号が配置された 3×3 の盤面から定められた値を一筆書きの要領で探し出す計算パズルである。「通った順番で計算される」というルールのもとでゲームを行う 1). 図 1 に EQUALINE のプレイ画面を示す.

EQUALINE は比較的新しいゲームであるため, このゲームに関する既知の結果はあまりない. 既知の結果としては一木が提案した与えられた盤面に対して, その解集合を表現する ZDD (Zero-suppressed Binary Decision Diagram) を効率的に構成する手法などがある 2).

EQUALINE の与えられた盤面に対し, 解を効率よく求めることができる手法は知られていない. EQUALINE は, 部分和问题 3) に帰着できるため NP 完全である. したがって解を得るには本質的には風潰しに全パターンを試さなければならないと考えられる. そこで本研究では, 積算記号に着目し解となり得ないパターンの枝刈りを行うことで, 効率の良い解発見アルゴリズムの構築を目指す.

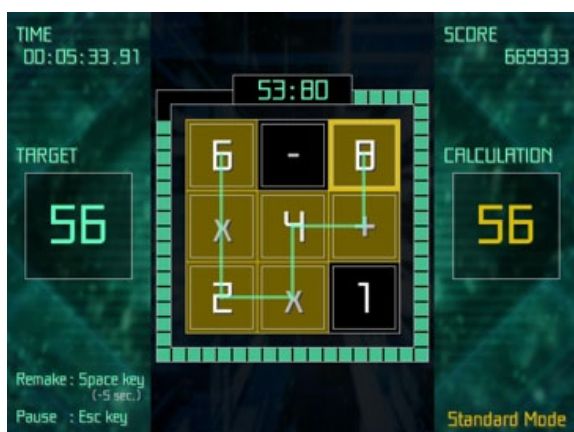


図 1 EQUALINE のプレイ画面 1)

2. 研究内容

本研究では, EQUALINE の出題盤面の作成およびその盤面の解を求めるプログラムを作成する. 本研究で作成したプログラムは, EQUALINE の盤面および求めた数値, 解答と試行回数と枝刈りを行えた回数を出力する. 本研究では積算記号に着目して解く順番に工夫をもたすことで, 少ない手数で解を得ようとするプログラムの作成を行い, 風潰しに探索を行うものとそれに枝刈りの概念を可能な範囲で適応させたものと比較する. 比較には, ルートを選択し, そのルートの計算結果と答え合わせをした回数を比較する.

3. 結果と考察

完全な風潰し探索 brute, そこから軽度の枝刈りの概念

などの改良を加えた探索 impbrute, 本研究で提案する解探索 mysolve の 3 つの探索法を用いて, 盤面サイズ 3×3 および 5×5 に対して各 100 回試行した結果を表 1 に示す.

3×3 では, 平均と中央値をみると mysolve が良い値を得られたが, 最悪値はそれほど変わらず, 標準偏差を見てもばらつきは一定程度あることがわかる. 一方, 5×5 では, mysolve は中央値は良い値を得たが, いくつかの試行で非常に効率の悪い探索をしており, 中央値以外の値は悪く, ばらつきも大きくなっている. 5×5 では, 3×3 と比較して別解が多く, ターゲット生成時のルートよりも短いルートが風潰しの探索で見つかりやすい. また, mysolve では, 積算記号で終わる探索を最優先して行なっているが, そういった解が存在しない時, 盤面全てを探索して次の探索をしているため, 最悪値が非常に大きくなっている.

表 1 解探索の結果

		平均	中央値	標準偏差	最悪値
3	brute	75.3	58	52.8	191
	impbrute	59.4	45	42.9	155
3	mysolve	30.0	15	35.4	150
5	brute	396.1	160.5	660.2	3947
	impbrute	387.8	139	852.7	7617
5	mysolve	2046	53	4499.5	21625

4. 結論

本研究では, EQUALINE の模倣プログラムおよび解探索を行うプログラムの作成を行なった. 3×3 においては, 多少の枝刈りを行なった風潰しの探索と比較しても良い結果を得られることができた.

今後の課題としては, この研究では, 自身の経験に基づいた解き方の一部を再現したものであるため, 機械学習などを用いてみればより良い成果が出せるかもしれない. また 3×3 の際には, 複数の解が存在しないなどといった, EQUALINE をより再現できた環境であれば, 違ったアルゴリズムを適用できるといった, 異なる結果が得られると考えられる.

参考文献

- 1) Puzzler K: EQUALINE, ゲーム開発チーム「丸ダイス」(2019) <https://marudice.com/equaline/>
- 2) 一木輝: ZDD による Equaline 解列挙, 情報処理学会第 85 回全国大会 ポスター発表 (2023)
- 3) Jeff Erickson Subset Sum (from Vertex Cover), NP-Hardness, Algorithms, Independently published, pp.402-403 (2019)