

## Trax における詰め問題ソルバーの開発と評価

藤本 巧<sup>†</sup>黒田 久泰<sup>‡</sup>愛媛大学工学部情報工学科<sup>†</sup> 愛媛大学大学院理工学研究科<sup>‡</sup>

### 1. はじめに

Trax は 1980 年にニュージーランドの David Smith によって考案された二人零和有限確定完全情報ゲームの一つであり、直線路と曲線路の 2 つの模様が裏表に描かれたタイルを用いて遊ぶゲームであり、置き方は図 1 の 6 種類がある [1][2]. Trax はゲーム終了条件を満たしやすいため、詰める (相手が受けなければ勝利する手) が発生しやすいゲームである. そこで、詰め問題に着目したソルバーを開発した.

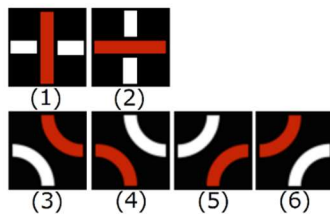


図 1. タイルの模様

### 2. Trax のルール

ゲーム開始時に各プレイヤーは赤か白を選び、白のプレイヤーからゲームを開始する. 手番プレイヤーは以下の制約に従ってタイルを 1 枚配置する.

- タイルを置くときは場にすでに置かれたタイルの上下左右につなげる.
- 接している 2 つのタイル間で、模様線の色が同じ色同士でつながっていること.

その後、連鎖ルール (後述) が適用される場合は追加でタイルを配置し、手番を終了する.

どちらかの色のループ (閉路) ができるか、あるいは、縦または横の長さが 8 以上となる上下または左右の端から端に伸びるビクトリーラインができる手番でゲームは終了し、それを満たした色のプレイヤーの勝利となる. 両プレイヤーの勝利条件が同一手番で満たされた場合、手番プレイヤーの勝利となる.

タイルを置けるスペースを  $8 \times 8$  に制限した  $8 \times 8$  Trax と、制限しない無限 Trax の 2 つのルールがあるが、本稿では無限 Trax を扱う.

### 2.1 連鎖ルール

プレイヤーが置いたタイルによって同色の 2 本の線に囲まれたマスができた場合、プレイヤーはそのマスを埋めなければならない. この際タイルの置き方は一意に決まる. 連鎖ルールによってタイルを置いた際、さらに連鎖ルールが適用される場合、適用される限り置き続けなければならない. ただし、連鎖ルールによって同色の線 3 本に囲まれた座標ができた場合、その手は無効となり、もう一度タイルを置き直さなければならない.

### 2.2 リーチ

詰めるのうち、1 手でゲーム終了条件を満たすものを本稿ではリーチと呼ぶ.

図 2 は (a) (b) とともにリーチであり、受けなければ 1 手で (c) (d) ができゲームが終了する. 図 2 から図 3 ができる過程を説明する. 図 2 (a) は赤のリーチである. ②に図 1 (2) を置くことで連鎖ルールにより①に (5) が③に (4) が置かれ、図 3 (c) のループができる. 図 2 (b) は白のリーチである. ④に (6) を置けば連鎖ルールによって⑤に (3) が置かれ、(d) となる. 先に⑤に (3) を置いた場合も同様である.

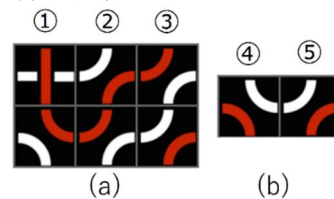


図 2. リーチの例

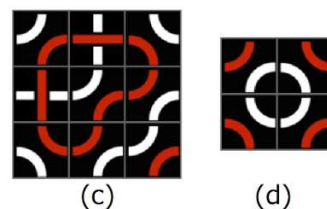


図 3. 図 2 から作られるループ

### 3. 提案手法

Trax では連鎖ルールによって 1 手で多くのタイルが配置されることがあるため、すべてのリーチを高速に判定することは難しい. しかし、図 2 のようにラインの両端が同一辺上にあり、両端の間隔が 2 または 3 マスである

場合、それは必ずリーチであるため、ラインをたどり、両端の関係を見ることでリーチの判定を行うことができる(判定法1)。また、1手先の着手可能手をすべて探索することですべてのリーチを判定することができる(判定法2)。判定法1はすべてのリーチを判定することはできないが、判定法2と比べて高速であるという特徴がある。そこで、2つの判定法を組み合わせることで速さと正確性を両立したリーチの判定手法を提案する。

ゲーム木探索では、最善であった着手は別の枝でも良い手となりやすいことに着目して優先的に探索を行うキラームーブという手法がある[3]。これをリーチ判定にも応用する。判定法1で判定できなかったリーチは別の枝でも判定できない可能性が高いと考えられる。そこで、浅い探索では両判定法で判定をし、深い探索では判定法1で判定できなかった置き方に対してのみ判定法2を適用する。両判定法で探索する深さをキラ探索の深さと呼ぶことにする。

#### 4. 評価実験

評価は提案法についてキラ探索の深さを変え、実際に問題を解かせることで行った。詰めTraxは公開されている問題が非常に少ないため、プログラムにより自作した問題を使用している。問題生成は、浅い深さで詰まないことを確認した手をランダムに差していき、1手進むごとに詰んでいるか否かを判定することで問題を作成している。また、問題に幅を持たせるため、初期盤面としてタイルが置かれていない盤面だけでなくランダムに手を進めた盤面を複数与えている。

##### 4.1 正確性評価

正確性評価は判定法2で解くことができ、判定法1で解くことのできない問題について、キラ探索の深さを変化させることによる正答数の変化を確認することで行った。使用した問題の最大詰め手数は7であり、問題数は60問となっている。また、最大詰め手数が7であるため、キラ探索の深さを7以上であればすべて解くことができる。そのため、キラ探索の深さは1, 3, 5, 7としている。キラ探索の深さを変えたときの正答数の結果を表1に示す。

表1. 正確性評価

キラ探索の深さ	1	3	5	7
正答数	24 (40%)	52 (87%)	59 (98%)	60 (100%)

##### 4.2 速度評価

速度評価には判定1で解くことのできる最大詰め手数11の問題300問を使用した。キラ探索の深さを1, 3, 5, 7と変化させ速度の計測を行った。1問の計測が10分を超えたものについてはそこで計測を打ち切っている。キラ探索の深さを変えて、探索に要した時間を判定法1で要した時間との比で表したものを図4に示す。

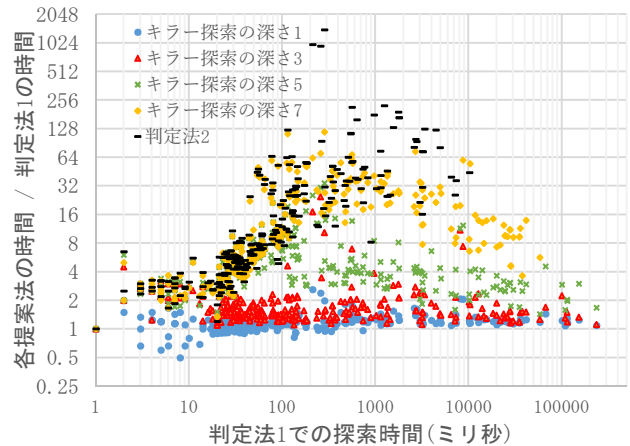


図4. 速度評価

#### 5. まとめ

キラ探索の深さを深くすることでより多くの問題を解くことができた。しかし、図3よりキラ探索を深くすると短い探索場合に速度の低下率が大きく上昇し、探索時間が増えるに従い速度の低下率は少なくなっていることが分かる。また、表1より詰め手数7以下の問題についてはキラ探索の深さを1から3にすることで解ける問題が大幅に増え、3から5にした場合にはあまり増えていないということが分かる。このことから、提案手法では、解く問題の詰め手数が分かっている場合は詰め手数によってキラ探索の深さを変えることで効率的に詰め問題を解くことができるといえる。

#### 参考文献

[1]Donald Bailey:Trax Strategy for Beginners, D.G.Bailey, 1997  
 [2]The Official TRAX Website :  
<http://www.traxgame.com/>  
 [3]小谷善行, 岸谷章宏, 柴原一友, 鈴木豪: ゲーム計算メカニズム 一将棋・囲碁・オセロ・チェスのプログラムはどう動く一, コロナ社, 2010