

TRAX ゲームの幅制限探索のための盤面評価手法の検討

西尾 和朗[†] 泉 知論[‡] 広江 友哉[†]立命館大学理工学研究科[†] 立命館大学理工学部[‡]

1章 概要

近年、人工知能の発展は目覚ましく、ゲーム AI についても研究開発が盛んに行われており、電子情報通信学会リコンフィギャラブル研究会を中心としてボードゲームを対戦する AI を FPGA に実装する設計コンテストが開催されている。2015 年からは TRAX と呼ばれるゲームが採用されている。TRAX は盤面の大きさが制限されていない為、全ての局面を探索するのは不可能である。しかし探索局面を単純に削減するだけではゲーム AI としての強さをあげることは出来ない。そこで本研究では探索する局面の幅を制限するプログラムと盤面評価の手法を検討し、それに対する性能の評価を行う。設計した AI に対し評価を行った結果、着手の速度は探索局面を制限しないものに対して最大約 9.58 倍高速化し、強さに関しては一定レベルの対戦 AI に勝利を得ることが出来た。本論文の構成は以下のとおりである。第 2 章で TRAX ゲームの概要を述べる。第 3 章で幅制限探索に際する盤面評価手法の実装の概要を述べる。第 4 章では実験で得られた結果に対する性能評価を述べる。第 5 章では本研究の結論を述べる。

2章 TRAX ゲーム

TRAX は二人零和完全情報ゲームであり、プレイヤーは交互にタイルを配置していき、最終的に自分の選択した色の線でループと呼ばれる閉路またはピクトリーラインと呼ばれる一定の長さの経路を作った側の勝利である。基本的なルールの詳細は公式ページに委ねる [1][2]。TRAX ゲームで勝利を得るための鍵として L スレットと呼ばれる形を作ることがあげられる。図 1(a)のような盤面で白が手番の時、点線の枠位置にタイルを配置すると連鎖ルールによって、(b)になる。するとループアタックと呼ばれる、次にループを作れる場所が 2 か所同時に発生す

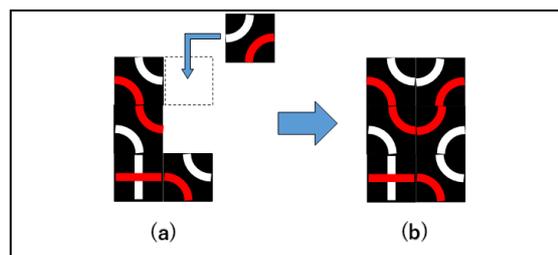


図 1 Lスレット

る為、赤のプレイヤーは片方を防いでももう片方を防ぐことが出来ず、白のプレイヤーが勝つことが決定する。この図 1 のように次の 1 手で 2 つのループアタックを形成できる状態であり、関係するタイルの配置が L の文字となっているものを特に L 字スレットと呼ぶ。L 字スレットは、評価関数や AI を強化する点で重要なものとなる。

3章 幅制限の為の評価手法

探索アルゴリズムとしてミニマックス法を実装した。しかし TRAX は先述した通り探索局面が実質無限であり探索する局面を制限する必要があるのでこのアルゴリズムだけでは不十分である。そこで今回、探索局面の幅を制限する為に評価関数を実装した。まず局面に対して可能な手に対して評価関数を利用して評価値を決定する。そして評価値が高い順にソートし、設定した数値まで局面の幅を制限する。制限によって残った局面に対してのみ、さらに次の手を探索する。これを指定した深さの数値になるまで繰り返し、最終的に次の手を決定する。今回の評価関数を実装するにあたって、主にパターンマッチングを使用して評価値を決定した。パターンマッチングとはデータ内に特定のパターンが出現するか探索する手法であり、他の TRAX AI 等でも使用されている有用な方法である [3][4]。今回、使用するものとして、図 2 のようにコーナーとループアタックと L 字スレットの 3 種類で色を含めた全部で 6 種類のパターンを各々配列のデータとして実装した。盤面に対してこれらのパターンの一致した数によって評価値を決定した。

Investigation of board evaluation method for width limit search of TRAX game

[†] Kazuaki Nishio, Yuya Hiroe, Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

[‡] Tomonori Izumi, Department of Science and Engineering, Ritsumeikan University

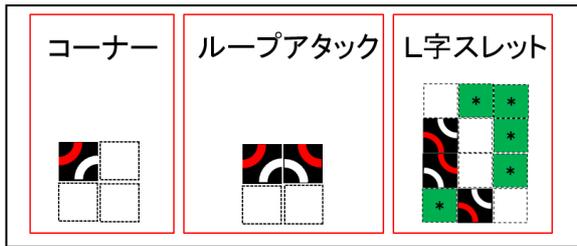


図 2 使用するパターン

4章 実験と評価

TRAXAI のプログラムを PC 上の cygwin 上で動作させ、AI の着手する速度計測及び強さの評価を行う。対戦する相手として TRAX 対戦ゲームソフトウェアである DOBYV を使用した。

(1)AI の着手速度評価

計測時間は、TRAXAI の関数を呼び出してから、TRAXAI が次の手を決定し手を返すまでの時間を計測する。着手速度の比較は、探索幅を 10 に制限した場合と制限なしの場合に対して深さ制限を 3 と 4 に設定した計 4 種類で行った。各 10 試合先手番で行い 2 手目から 10 手目までの着手する時間を計測した。出力時間の平均値をとり、その数値の小数点 4 以下を切り捨てた。対戦する DOBYV の AI レベルは 2 を採用した。

結果は表 1 に示した通り、深さ制限が 3 の場合、探索幅を制限しない方が、幅制限をした方より着手速度が速くなった。また深さ制限を 4 の場合、開始手数探索幅の制限がない方が速かったが、手数が進むにつれて探索の幅を制限した方が着手の速度が圧倒的に速くなった。

これは探索の幅を制限する毎に盤面評価を行う為、探索幅を 10 に制限しても、幅制限する為の評価関数の処理に使用する時間の方が長くなってしまった為と推測できる。これらの結果より、探索する深さがより深いほど今回の探索幅の制限をした手法の方が、着手速度において更なる高速化の効果が得られると推測できる。

表 1 着手速度評価

着手(1手/s)	深さ3,幅10	深さ3,幅制限なし	深さ4,幅制限10	深さ4,幅制限なし
1手目	0	0	0	0
2手目	0.087	0.036	0.699	0.279
3手目	0.125	0.055	0.952	0.707
4手目	0.188	0.092	1.327	1.663
5手目	0.259	0.155	1.865	3.986
6手目	0.317	0.196	2.556	6.393
7手目	0.374	0.267	3.336	12.148
8手目	0.523	0.358	4.496	25.107
9手目	0.704	0.509	5.164	38.329
10手目	1.043	0.686	5.88	56.336

(2)AI の強さ評価

TRAXAI の強さ比較は探索幅を 10 に制限した深さ制限を 3 と 4 の設定 2 種類で行う。DOBYV のレベルは開始時レベル 1 に設定し、そのレベルに対して勝ち数が得られなくなるまでレベルを上げて記録していく。対戦は各レベルに対し先手後手それぞれ 10 試合の計 20 試合行う。対戦における時間制限は無制限で行った。

表 2 AI の強さ評価

AIのLV	先後	深さ3,幅10	深さ4,幅10
		勝-負	勝-負
LV1	先手	6-4	7-3
	後手	8-2	6-4
LV2	先手	9-1	5-5
	後手	7-3	6-4
LV3	先手	3-7	1-9
	後手	2-8	5-5
LV4	先手	0-10	0-10
	後手	0-10	0-10

結果は表 2 に示した通り、DOBYAILV1 から 3 に対して LV に比例せず勝敗にばらつきが出て、LV4 以降は勝利を 1 つも上げることが出来ない結果となった。低い LV との対戦で勝率が安定しない原因として、盤面評価に利用したパターンが少ないことが主な原因であると考えられる。この結果から、探索幅制限の為の盤面評価の実装で一定の強さをもつものの、盤面評価に対しての評価関数の調整などの課題が存在する。

5章 結論

本研究では、TRAX ゲームにおいて局面を探索する幅を制限する為の盤面評価の実装を行った。最終的な性能として、探索幅を制限する為の機能を実装したことで結果的に着手速度が遅くなる場合が存在することや、AI としての単純な強さを安定させることが出来なかったが、一定の条件下のもと速度の高速化や盤面評価により一定の強さをもった AI を実装することが出来た。

参考文献

- [1]TRAX <http://www.tantrix.jp/trax/trax.htm>
- [2]Trax/FPGAJP, <http://lut.eee.u-ryukyu.ac.jp/traxjp/>.
- [3] 中野正隆, 山口佳樹, FPGA による TRAX ソルバの実装, FIT2016 情報科学技術フォーラム講演論文集, RC-001, 2016 年 9 月
- [4] 小松達也, 密山幸男, ”評価関数とパターンマッチングをゲーム木探索に適用した TRAX ソルバの実装”情報技法 RECONF2016-39 2015 年 9 月.