



アルゴリズムクイック リファレンス

Algorithms in a Nutshell

第 7 章：AI における経路探索 (7.1 – 7.5)

お気持ちスライド

@rian_tkb

2018/06/07

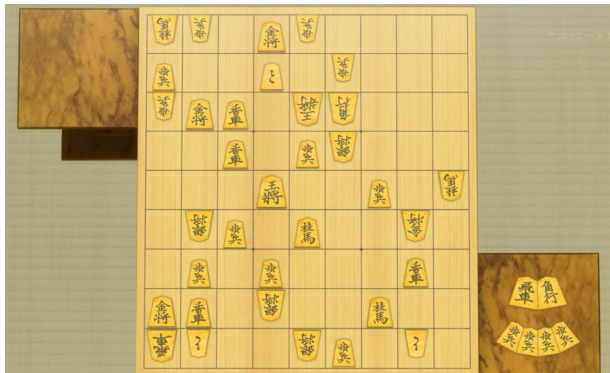
7 章：AI における経路探索

2

▶ この章の内容

▶ ゲーム木探索

- ▶ 今回の範囲では特に「**二人零和有限確定完全情報ゲーム**」における探索の話になります
 - ▶ <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%8C%E4%BA%BA%E9%9B%B6%E5%92%8C%E6%9C%89%E9%99%90%E7%A2%BA%E5%AE%9A%E5%AE%8C%E5%85%A8%E6%83%85%E5%A0%B1%E3%82%B2%E3%83%BC%E3%83%A0>
- ▶ おそらく本筋に関係ある話で言うことはあまりなさそうなので、おまけみたいな話がほとんどになります
- ▶ 自分もこの分野は全然詳しくないので



▶ 将棋は二人零和有限確定完全情報ゲームではない

ゲーム木探索

- ▶ 今回出てきた手法は以下の3つ

- ▶ **ミニマックス**

- ▶ ゲーム木探索ができる

- ▶ **ネグマックス**

- ▶ スコアの正負を入れ替えていくことにより常に Max を取ればよくなり, 気持ちバグりにくくなる
 - ▶ 性能はミニマックスと全く同じ

- ▶ **アルファベータ**

- ▶ ネグマックスに枝刈りを加えたもの

ゲーム木探索

4

▶ ゲーム木探索（ゲーム AI）において重要な点

▶ 局面の点数づけ

- ▶ 勝敗の確定するところまで探索ができれば良いが、現実的にはある深さで探索を打ち切って**その局面を評価**（点数づけ）しなければならない
 - ▶ 競プロでは一部を除いてこれもしないで済むことが多い

▶ 局面のハッシュ化

- ▶ 同一局面を何回も探索しないように、局面をハッシュ化して点数を保存することで計算回数を削減する
 - ▶ 実際のゲームでは局面の数が膨大になりすぎるので難しそう

例題

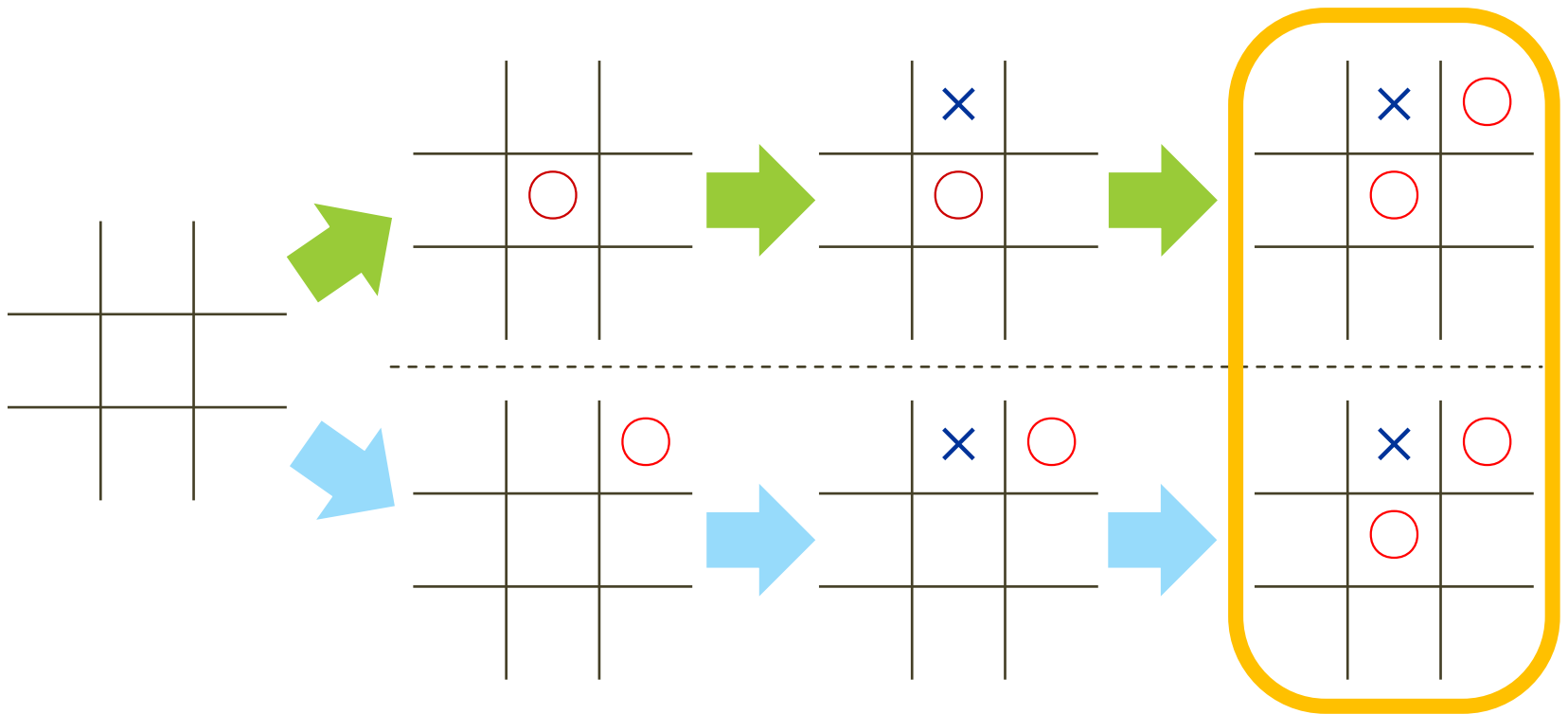
- ▶ 例題 : https://beta.atcoder.jp/contests/abc025/tasks/abc025_c
 - ▶ 得点のつけ方が少し異なる○×ゲーム
 - ▶ アルファベータまで実装しなくても,
ミニマックスまたはネグマックスを実装すれば通ります



例題

6

- ▶ ただ、この問題はアルファベータ法よりもさらに**高速化**できる
 - ▶ 道中が違って同じ局面になることがあり、そのような場合に**メモ化再帰**により計算回数が削減できる



計算回数比較

7

- ▶ 例題のサンプル入出力に対し、再帰関数が呼ばれた回数をカウント
 - ▶ この辺にコードがあります

▶ https://github.com/riantkb/algorithm_quick_reference/tree/master/codes/chap_07

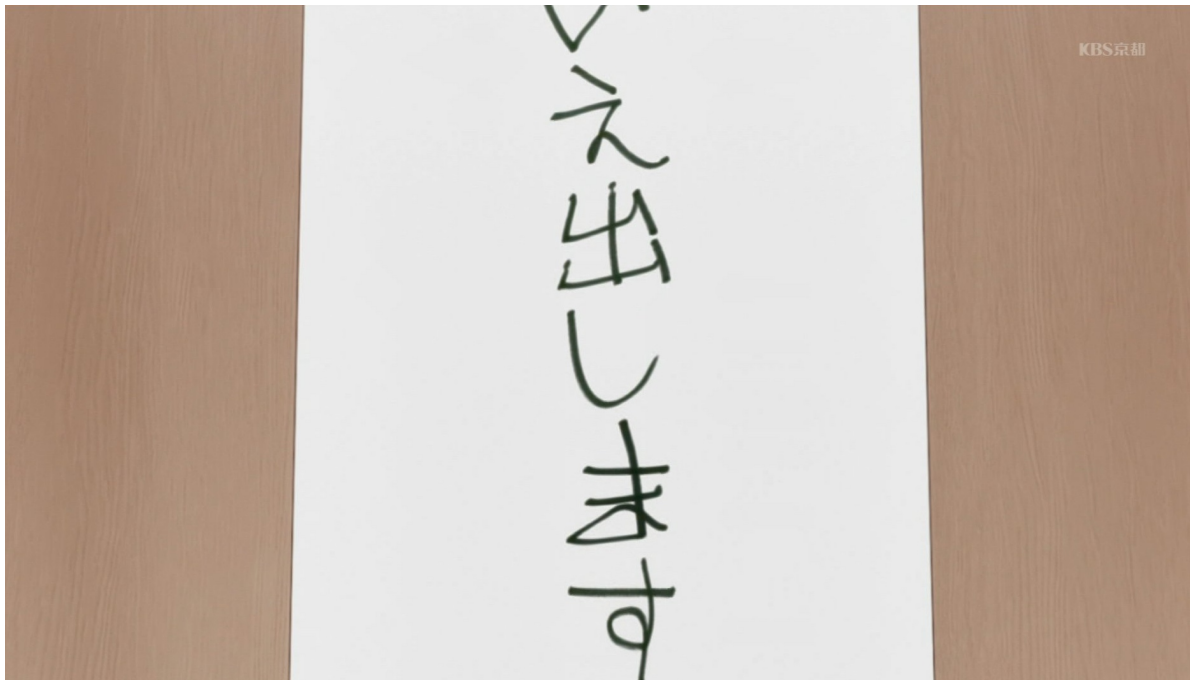
手法	サンプル 1	サンプル 2	提出時の 実行時間
ネグマックス	986,410	986,410	31 ms
アルファベータ	126,990	43,032	5 ms
ネグマックス + メモ化再帰	19,108	19,108	2 ms

$$986410 = \sum_{k=0}^9 {}_9P_k \quad 19108 = 1 + \sum_{k=1}^9 {}_9C_k {}_kC_{\lfloor \frac{k}{2} \rfloor} \lceil \frac{k}{2} \rceil$$

ゲーム木探索 + メモ化再帰

8

- ▶ 基本的に競プロではミニマックスするだけ，という問題は少なく，メモ化再帰をさせてくる問題が多いような気はします
 - ▶ これもそう https://beta.atcoder.jp/contests/tdpc/tasks/tdpc_game
 - ▶ これも https://beta.atcoder.jp/contests/code-thanks-festival-2014-b-open/tasks/code_thanks_festival_14_qualb_g



Nim

- ▶ じゃあこの問題はどう解く？
 - ▶ N 個の石の山があり, i 個目の石の山は A_i 個の石がある
 - ▶ 1 つの山を選択し, そこから 1 つ以上, 好きな個数の石を取る, ということを 2 人で交互に繰り返す
 - ▶ 最後の石を取った方が勝ち
- ▶ Nim と呼ばれる有名な問題です
- ▶ $N \leq 10^5, A_i \leq 10^9$ とかでも解けます

Nim

10

- ▶ このゲームは以下のような条件で先手・後手のどちらが必勝かが決まります
 - ▶ $A_1 \text{ xor } A_2 \text{ xor } \dots \text{ xor } A_N$ が 0 でない : 先手必勝
 - ▶ そうでない場合 : 後手必勝
- ▶ すごい！ よくわからん！



grundy 数

11

- ▶ Nim の勝敗条件が前述のようになるような背景にある **grundy 数**, というものについて話したり話さなかったりしたりしなかったりするかもしれないししないかもしれないです

