情報認識論
(第5回 ゲーム木探索 I)

九州大学大学院システム情報科学研究院
知能システム学部門
横尾 真
E-mail: yokoo@is.kyushu-u.ac.jp
http://lang.is.kyushu-u.ac.jp/~yokoo/

出席カードへの回答(4/21)

Q: Min-maxで，最小／最大以外の値は意味がない?
A: 意味がない，自分にとって都合の良い手がいくつあっても，悪いのが一つあればそれを選ばれてしまうので無意味
Q: Min-maxでなく，平均が最良とか，最大値が最も大きい戦略を選んだらどうなる?
A: 鞍点は，お互いの予測が一致するポイント. ゼロサムゲームで上記の戦略でお互いの予測が一致することはない
Q:以下のゲームだとどうなる?
A: 両方待つ，囚人のジレンマに近い
Q:支配戦略があるようにゲームを作るぐらいなら，選択肢を一つにしてしまえば?
A:選択肢を減らせない場合もある. 行列の値を変える／選択肢を増やす

		小さい豚	
		押す	待つ
大きい豚	押す	5 \ 1	-1 \ 4
	待つ	9 \ -1	0 \ 0

ゲーム木探索

- 行動の選択が一回だけではなく、交互に繰り返し生じる
- 前の番に相手の選んだ手は分かる

例題

- 二人で交代に，1から順に25までの数を言う.
- 言う数の個数は，1個，2個，3個のいずれか好きなのを選んでよい
- 最後に25を言った方が負け

必勝法

- 24を言って，相手に順番を回せば絶対勝ち
- 一方，20を言って，相手に順番を回せば，相手が何個を選んでも，次に24を言える --- 絶対勝ち
- 同様に，16を言って，相手に回せば次に20を言える --- 絶対勝ち
- 同様に，12, 8, 4を言って回せば勝ち
- 先手が何を言おうと，後手は4を言って回せる
- 結局，後手が必勝

このゲームの性質

- 二人で交代に順番が回ってくる
- 自分の前の相手の行動／手は完全に観測できる
- 偶然の入る余地がない
- 多くのゲームは同様な性質を持つ
  - チェス，将棋，オセロ，囲碁，五目並べ，etc.
- 上記の性質を満たさないもの
  - バックギャモン：さいころ
  - ポーカー ：相手の手は見えない
  - ブリッジ：プレイヤの協調

110

必勝法

- 二人，完全情報，決定的なゲームは，原理的には必勝法が存在する
  - 先手必勝／後手必勝／引き分け
- 先手／後手を決めた時点で勝負はついている (ゲームをするまでもない)!

111

必勝法 (続き)

- 簡単なゲームなら必勝法が分かる
  - ○×（三目並べ）　引き分け
  - 五目並べ　　先手必勝
  - 6x6 オセロ　　後手必勝
- 複雑なゲームでは分かっていない
  - 分かってしまえばゲームは終り?

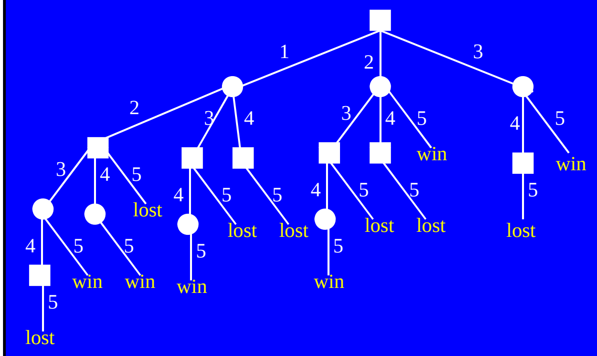
112

ゲームの木

- 状態／ノード：ゲームの可能な状態
- 状態の遷移／リンク：正しい手により遷移可能な状態間を結ぶ（一方向）．
- 先手をMAXプレイヤ，後手をMINプレイヤ，先手の順番（手番）に対応する状態をMAXノード，後手の手番の状態をMINノードと呼ぶ．
- 勝ち負けが決まったノードを端点と呼ぶ

113

例：5を言ったら負け



114

ノードのラベル付け（考え方）

- お互いに自分が勝つようにベストを尽くす
- win/lostのラベルは先手（MAXプレイヤ）の立場
- MAXプレイヤは，絶対勝てる手があればそれを選び，後手（MINプレイヤ）は，MAXプレイヤを絶対負かすことができる手があれば，それを選ぶ

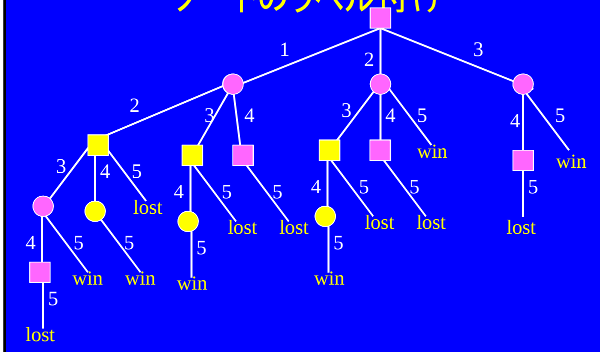
115

ノードのラベル付け

- 以下のように再帰的に定義
  - 端点に関して，そのままwin/lost
  - MAXノードに関しては，子ノードに少なくとも一つwinがあればwin，すべてlostならlost
  - MINノードに関して，子ノードに少なくとも一つlostがあればlost，すべてwinならwin
  - winを100，lostを-100とすると，上記の処理はMAXノードでは子ノードの最大値，MINノードでは最小値を取ることに対応

116

ノードのラベル付け



117

例題： ニム（コイン取り）

- コインが1個と6個の列
- 交互に，1個もしくは隣り合う2個を取る
- 最後に1個もしくは隣り合う2個を取った方が勝ち
- 先手必勝／必負?, 木を書いて確かめよう

118

状態／ノード

- 各列の個数の (小さい順に並べた) リストで表現：初期状態は (1, 6)
- 初期状態から遷移可能な状態：
  (6), (1, 5), (1, 4), (1, 1, 4), (1, 2, 3)...
- すべての木を展開するのは大変なので，とりあえず (1, 4) から木を展開してみよう

119

ゲーム木の展開

必勝法を見つけるためには

- 必ずしも木を完全に展開する必要はない
  - あるMAXノードに関して，子ノードに少なくとも一つのWINがあれば，そのMAXノードはWIN
    - 他の子ノードは展開しなくても良い
  - あるMINノードに関して，子ノードに少なくとも一つLOSTがあれば，そのMINノードはLOST
    - 他の子ノードは展開しなくて良い

120

ゲーム木のサイズ

• チェッカー	10の30乗	世界チャンピオン
• オセロ	10の60乗	世界チャンピオン
• チェス	10の120乗	世界チャンピオン
• 将棋	10の220乗	アマ5段
• 囲碁	10の360乗	アマ5級

~~チェッカーでも必勝法は まだ見つかっていない~~

2007年に引き分けであることが証明された

121

ゲーム木が大きすぎる場合

- 普通のゲームでは，端点まで木を展開するのは不可能
- 途中まで展開されたゲーム木で，どの手が良いかを選ぶ必要がある（一手，二手，三手先まで読む等）

122

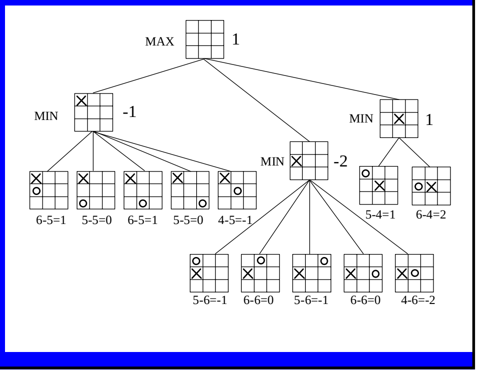
ゲーム木の評価 (MIN-MAX法)

- 途中の状態に関して，その良さを評価する関数を作る (静的評価関数)
- 評価関数は数値を返す（大きいほうが良い）
  - チェス／将棋：所有するコマの数／価値，配置等
  - オセロ:コマの数，位置 (4スミ，端)
- (ゲームが終了している訳ではない) 端点の評価値を，静的評価関数の値とする
- 他のノードの評価値を，必勝法を決める方法と同様にして決める (MAXノードは最大値，MINノードは最小値)
- ルートのMAXノードで，最大値を与える経路を選ぶ.

123

静的評価関数の例

- tic-tac-too (三目並べ) で，まだ自分が取れる可能性のある列の数 − 相手が取れる可能性のある列の数



124

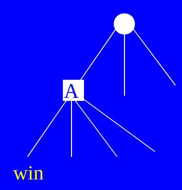
MIM-MAX探索の高速化

- 分岐をb, 深さをdとすると，O(b^d) のノードを展開する
- しかし，良く考えると，深さdまでのすべてのノードを展開する必要は必ずしもない

125

高速化 (I)

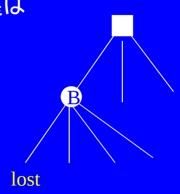
- ノードAに行ったらMAXプレイヤの勝ち
- MINプレイヤはAに行く手は選ばない
- Aの他の子ノードは展開する必要はない



126

高速化(II)

- Bに行くと，MINプレイヤの勝ち
- MAXプレイヤはBに行くパスは選ばない
- Bの他の子ノードは展開する必要がない



127

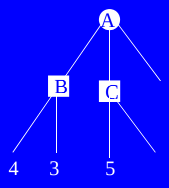
高速化手法の一般化 (アルファ･ベータ探索)

- 各ノードの評価値の下界値(それ未満には絶対ならない値)，上界値(それより大きくは絶対ならない値) を管理する
- 下界値をα値，上界値をβ値と呼ぶ
- 親がMAX, 子がMINの場合：
  - 子ノードの評価値が親の下界値以下となることが分かったら，その子ノードに関する探索は打ち切って良い
    - 親はMAX, この子ノードは選ばれない
- 親がMIN, 子がMAXの場合：
  - 子ノードの評価値が親の上界値以上になることが分かったら，子ノードに関する探索は打ち切って良い
  - 親はMIN, この子ノードは選ばれない

128

具体例 (βカット)

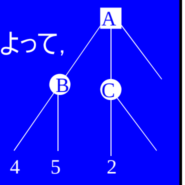
- Bの評価値が4であることが分かった時点で，MINノードAに関して，αβ(A)=(−∞, 4)
- Cの一つの子ノードの評価値が5，よって，αβ(C) = (5, 4)
- 5>4なので，Cに関する探索は打ち切ってよい



129

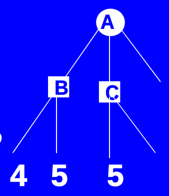
具体例（αカット）

- Bの評価値が4であることが分かった時点で，MAXノードAに関して，αβ(A)=(4,∞)
- Cの一つの子ノードの評価値が2，よって，αβ(C) = (4, 2)
- 2<4なので，Cに関する探索は打ち切ってよい



具体例（深いβカット）

- αβ(A)=(−∞, 3) であったとする
  - 3はAの祖先から得られた情報
- Bの最初の子供をチェックした時点でαβ(B)=(4, 3)
- ここでBに関する探索は打ち切られる



具体例（深いαカット）

- αβ(A)=(5, +∞) であったとする
  - 5はAの祖先から得られた情報
- Bの最初の子供をチェックした時点でαβ(B)=(5, 4)
- ここでBに関する探索は打ち切られる