123

ゲーム理論
(第5回 ゲーム木探索 II)

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

124

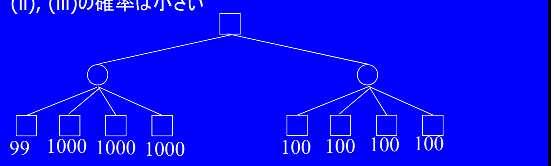
先読みの効果

- 基本的には，深く読めば読むほど強い
  - 終盤の方が静的評価関数の値が信用できる
  - そうでない場合は，先読みの効果は必ずしも自明ではない
  - 静的評価関数の値が，ノイズを含む値だとすると，MIN-MAX法で集計した値はノイズを増幅している可能性がある

125

評価関数がエラーを含む場合

- 先読み2で，MIN-MAXは右を選ぶ
- 本当に右が良いか?
- 静的評価関数の値が確率1/3で正しく，確率1/3で±10とする
- 本当に右が良いのは，(i) 左が過大評価の場合(1/3), (ii) 左が正しく，右で過大評価が一つもない場合，(iii)全部が過小評価の場合
- (ii), (iii)の確率は小さい



126

水平線効果

- 先読みの深さが一定だと，将来の損失が明らかな場合に，本質的でない先延ばしの手を選んでしまう可能性がある
  - ほぼ負けが決定の状態で，無意味な王手を繰り返す
  - 頭を砂に埋めるダチョウみたいなもの

127

(とりあえずの)まとめ

- 二人，完全情報，決定的ゲームはゲームの木で記述される
- 原理的には先手必勝／後手必勝／引き分け
  - ゲーム木を完全に展開すれば分かる
- 完全に展開できない場合は，静的評価関数を用いて，一定の先読みでMIN-MAX法を用いる

128

ゲームプログラムの歴史（1）

- ゲームをプレイするプログラムの作成は，人工知能のfruit fly (ショウジョウバエ) と呼ばれていた.
- 1950年 Shannon, Turingがコンピュータチェスの可能性を示す論文
- 1950年代 初めてチェスを指すプログラムが作成される
- 1950年代 Herbert Simonが10年で世界チャンピオンに勝つと予想

ゲームプログラムの歴史（2）

- 1960年代　哲学者のヒューバート・ドレイファスがチェスのプログラムは「永久に世界チャンピオン」に勝てないと予想
- 1960年代　Arthur Samuelのチェッカープログラム
  - 静的評価関数の学習（強化学習の一種）
  - 強い!

ゲームプログラムの歴史（3）

- 1980年代
  - チェス専用コンピュータ
  - スーパーコンピュータ
- Deep Thought　CMU
  1秒間に70万局面
  人間のベスト100に到達

Deep Blue

- IBMが1989年から開発を開始
- 1990年世界チャンピオンのカスパロフと対戦　2戦2敗
- 1996年再度カスパロフと対戦
  6戦　1勝3敗2分け
- 1997年　ニューヨーク
  6戦　2勝1敗3引き分け
- 1秒間に2億個の状態を評価
  - 3分で14手先読み
  スーパーコンピュータ
  ＋チェス専用の論理回路512台

将棋

- 難しさの要因
  - 持ち駒制度
    - 平均分岐数の大きさ
  - 勝負の長さ
  - 静的評価関数のむずかしさ
    - 小駒が多い

将棋（続き）

- 平均分岐数の多さから，α-β探索を使うことは困難で，従来は，あらかじめ有望な手を絞り込む手法が中心
- 最近の強いソフト（ボナンザ）は，絞込みをあまり行わないことが特徴
  - 評価関数の自動学習を頑張っている

将棋

- 将棋は先手必勝? (羽生名人が言っているらしい)
- もちろん本当はどうなのか分からないが，もっともらしい気がする
  - 統計的には先手の方が勝率が高いらしい
  - 多くのゲームで，必勝のパターンの方が，必敗のパターンよりずっと数が多い．一つの必敗のパターンから，数多くの必勝のパターンが生まれる．一方，必敗のパターンは，その子ノードがすべて必勝にならないといけない．

135

二人ゲーム以外への応用

- 一人での意思決定だが，偶然の要素がある場合：
  - 自然というもう一人のプレイヤがいると考える
  - 自然がどう行動しても（自分に取って最悪の手を打っても），自分が勝てるような手を選ぶようにする

136

偽金貨を見つける

- 12個の見た目は全く同じ金貨がある
- 一つだけ偽の金貨があり，本物よりわずかに重い
- 天秤秤を三回だけ使って，偽金貨を見つけられるか?

137

偽金貨を見つける（続き）

- 例えば，金貨を一つずつ選んで秤にのせた場合，起こりうる可能性は三通り
  - つりあう
  - 左が重い
  - 右が重い
- どれが起こるかは分からない（自然の選択）
- どれが起こっても大丈夫なように計画を作っておく

138

偽金貨を見つける　（答え）

- まず4つずつ比べる
- つりあわなかったら重かった方，つりあったら残りの4個の中に偽金貨がある
- うたがわしい4個から，2個ずつ比べる
- 重いほうの2個のどちらかが偽金貨
- 2個を比べて重いほうが偽金貨
- 他の解も多数存在

139

偽金貨を見つける（続き）

- 一つだけ偽金貨があることは分かっているが，それが本物より重いか軽いか分からない場合
  - うまく工夫するとやはり3回で十分
  - それが重いか軽いかも分かる
  - ヒント：最初は4つずつ比較
  - 二回目がポイント，うまくまぜる

140

偽金貨を見つける（続き）

- 1, 2, 3, ..., 11, 12の金貨がある
- (1, 2, 3, 4) と (5, 6, 7, 8)を比較
- If (1, 2, 3, 4) = (5, 6, 7, 8)：偽は9,..., 12の中
  - (1, 9) と (10, 11)を比較
  - If (1, 9) = (10, 11), 12が偽
    - (1)と(12)を比較，(1)<(12)なら重い, (1)>(12)なら軽い
  - If (1, 9) < (10, 11)
    - (10)と(11)を比較，(10)=(11)なら9が軽い，(10)<(11)なら11が重い，(10)>(11)なら10が重い
  - If (1, 9) > (10, 11)
    - (10)と(11)を比較，(10)=(11)なら9が重い，(10)<(11)なら10が軽い，(10)>(11)なら11が軽い

141

偽金貨を見つける (続き)

- If (1, 2, 3, 4) > (5, 6, 7, 8) : 9,…,12は本物
  - (1, 2, 5)と(3, 6, 12)を比較
  - If (1, 2, 5) = (3, 6, 12) --- 4, 7, 8のどれか
    - (7)と(8)を比較，(7)=(8)なら4が偽で重い，(7)<(8)なら7が軽い，(7)>(8)なら8が軽い
  - If (1, 2, 5) < (3, 6, 12) --- 5が軽いか3が重い
    - (3)と(12)を比較，(3)=(12)なら5が軽い，(3)>(12)なら3が重い
  - If (1, 2, 5) > (3, 6, 12) --- 1, 2が重いか6が軽い
    - (1)と(2)を比較，(1)=(2)なら6が軽い，(1)<(2)なら2が重い，(1)>(2)なら1が重い
- If (1, 2, 3, 4) < (5, 6, 7, 8) --- 省略

142

偽金貨を見つける (続き)

- コインの個数nに対して，3回で偽金貨を発見できる最大のnはいくつか?
  - 重いことが分かっている場合
  - 重いか軽いか分からない場合
  - 重いか軽いかも判定しないといけない場合
- nと最小の秤の使用回数との関係は?

143

偽金貨を見つける（一般化）

- コインの個数nに対して，3回で偽金貨を発見できる最大のnはいくつか?
  - 重いことが分かっている場合
    - 結果はn通り
    - 天秤秤を三回使うと，端点は27個
    - よってn=27まで解ける --- 実際にそのような手順があることを示せる
  - 重いか軽いかも判定しないといけない場合
    - 結果は2n通り
    - よってn=13まで解ける (2n<27) --- 間違い，これはn=14は解けないことを証明しているだけで，13に関しては本当に解ける方法を示さないとダメ

144

偽金貨を見つける（一般化）

- 重いか軽いかも判定しないといけない場合
  - 結果は2n通り
  - 最初にk個ずつ比べるとする
  - 左（右）が重い場合，残る可能性は2k通り
  - つりあう場合は2(13−2k)通り
  - これらすべてが9通り以下でないとダメだが，そのようなkは存在しない．

145

二人ゲームの拡張

- 三人以上でするゲームの場合は? 偶然の要素の入るゲームはどうする?
- 三人の場合，自分以外の二人が共謀すると仮定すれば二人ゲームと同じ，それでも自分に必勝法があれば必勝，しかし，必勝法がないから必ず負けるとも言えない（二人が共謀するとは限らない）．また，偶然もプレイヤの一人と思えば，どんな目が出ても勝てるような必勝法があれば，それを求めればよい（多分存在しない）．
- ポーカーではナッシュ均衡を求めるのが主流．相手もナッシュ均衡なら，平均的には引き分け．相手が逸脱すれば勝てる．

146

三人版：10を言った人が勝ち

プレイヤ1, 2, 3の順を仮定：

- プレイヤ2, 3が共謀する場合，
  - プレイヤ3が6を言って回せばプレイヤ2の勝ち
  - プレイヤ1がいくつを選んでも，プレイヤ2, 3が共謀すれば6を言って順番を回せる
  - よって，共謀すればプレイヤ2, 3が必勝
  - よってプレイヤ1の必勝法はない

147

三人版：10を言った人が勝ち

プレイヤ1, 2, 3の順を仮定：

- プレイヤ1, 2が共謀する場合，
  - プレイヤ2が6を言って回せば勝ち
  - プレイヤ1, 2が共謀すれば6を言ってプレイヤ3に順番を回せる
  - よって，共謀すればプレイヤ1, 2が必勝
  - よってプレイヤ3の必勝法はない

148

三人版：10を言った人が勝ち

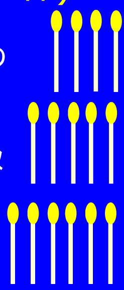
プレイヤ1, 2, 3の順を仮定：

- プレイヤ1, 3が共謀する場合，
  - プレイヤ1が3まで言えば，プレイヤ 2が選べるのは4から6，次にプレイヤ1が10を言える
  - よって，共謀すればプレイヤ1, 3が必勝
  - よってプレイヤ2の必勝法はない
- 誰にとっても（単独でプレイする場合の）必勝法は存在しない

149

ゲームの例: ニム (マッチ棒)

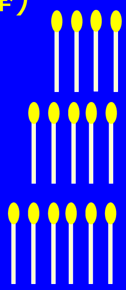
- マッチ棒で，4本，5本，6本の三つの山を作る
- 交互にマッチ棒を取っていく
- 一つの山を選んで，好きな数だけ取る（全部取っても良い）
- 自分の手で全部取ったほうが勝ち
- 前のコインバージョンと違って，山が分割されることはない
- このゲームは先手必勝 or 後手必勝?



150

演習: ニム (マッチ棒)

- 初期状態を (4 5 6) として，先手が (2 4 6) とした状態が，先手必勝が後手必勝かを，ゲーム木を展開してチェックせよ



151

ニムの性質 (I)

- 簡潔な必勝法の記述方法がある
- 各山の本数を二進数で表現
- すべての山に関して，上記のビット毎の排他的論理和を取る
- 値が0以外なら，その手番のプレイヤの必勝，そうでなければ相手が必勝

152

ニムの性質 (II)

必勝法の直観的な意味

- 最終的に0を相手に渡せば勝ち
- この排他的論理和は明らかに0
- 排他的論理和が0の場合，どのように取っても0にすることは不可能
  - 取る山の最大のビットは1から0に変化する
- よって，0を渡し続ける限り負けることはない
- 排他的論理和が0以外の場合，0以外の値の最大の桁を持つ山から適切に取ることにより，必ず0にできる
- 他のゲームにも同様なアイデアが利用可能（グランディ値）