

ゲーム理論 (第6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

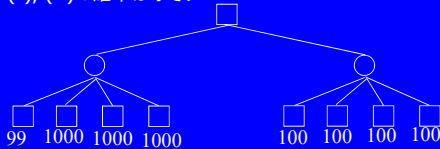
E-mail: yokoo@inf.kyushu-u.ac.jp
<http://agent.inf.kyushu-u.ac.jp/~yokoo/>

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

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



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でない場合に、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
 - ほぼ負けが決定的な状態で、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

(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

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(ポナンザ)は、絞り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。

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ーがいると考える
 - 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

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？



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

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

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

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10が重い, (10) > (11)なら11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

偽金貨を見つける (続き)

- If $(1, 2, 3, 4) > (5, 6, 7, 8) : 9, \dots, 12$ は本物
 - $(1, 2, 5)$ と $(3, 6, 12)$ を比較
 - If $(1, 2, 5) = (3, 6, 12) \rightarrow 4, 7, 8$ 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 $(1, 2, 5) < (3, 6, 12) \rightarrow 5$ 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 $(1, 2, 5) > (3, 6, 12) \rightarrow 1, 2$ 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1が重い, $(1)>(2)$ なら2が重い
- If $(1, 2, 3, 4) < (5, 6, 7, 8) \rightarrow$ 省略

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?

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

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.

二人ゲームの拡張

- 三人以上と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, 偶然もプレイヤーの一人と思えば, 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.

三人版: 10を言った人が勝ち

プレイヤー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

三人版: 10を言った人が勝ち

プレイヤー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

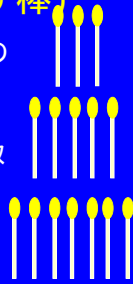
三人版: 10を言った人が勝ち

プレイヤー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

ゲームの例: ニム(マッチ棒)

- マッチ棒で, 3本, 5本, 7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?



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ーの必勝, そうでなければ相手が必勝

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)