

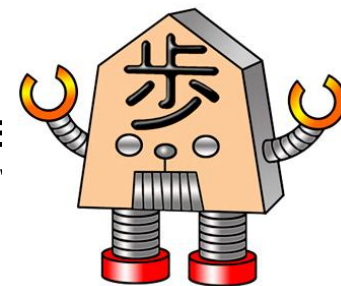
GENERAL GAME PLAYING AND MONTE CARLO TREE SEARCH

JST ERATO 湊離散構造処理系プロジェクト 研究員
竹内聖悟

自己紹介

2

- 氏名：竹内 聖悟
- 経歴：東京大学：学士(教養)、修士・博士(学術)
 - 駒場に10年半
- 研究：ゲームプログラミング/ゲーム情報学
 - 将棋・囲碁・チェスなどを対象
 - 性能評価、探索手法などの研究
- その他：GPS将棋開発メンバー（下っ端）
 - GPS将棋はあから2010 にも参加



ゲーム研究

3

- ゲームプログラミング
 - ▣ 完全解析 / 強いプログラム
- 認知科学
 - ▣ 強いプレイヤーはどう考えるか
- 脳科学
 - ▣ プロとアマで使う部位が違うのではないか
- 教育
 - ▣ どう教えたら強くなりやすいか

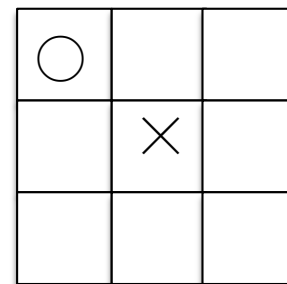
ゲームプログラミング

4

□ 人工知能のテストベッド

特徴

- ルールが明確
- ゴールも明確
 - ▣ 勝敗: わかりやすい
- 様々な難易度
 - ▣ 三目並べから19路の囲碁まで
- 面白い！



ゲームとコンピュータ

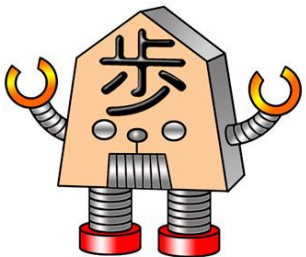
5

- 解析済み (勝ち, 負け, 引き分けが判)
 - チェッカー, シンペイ, 五目並べ, 三目並べ、オセロ(6x6), どうぶつしょうぎ
- 人間を凌駕
 - オセロ, バックギャモン
- 世界チャンピオン / 人間のトップレベル
 - チェス
- アマチュアレベル
 - 将棋, 囲碁, Arimaa

ゲーム木サイズ

6

ゲーム	ゲーム木サイズ	
チェッカー	10^{30}	解析済
オセロ	10^{60}	人間より上
チェス	10^{120}	人間のトップレベル
将棋	10^{220}	トップには及ばず
囲碁(19)	10^{360}	アマチュアレベル

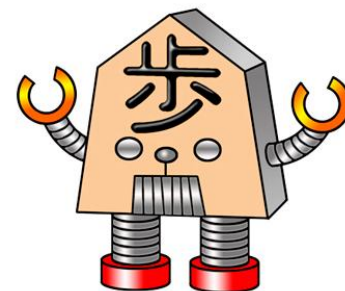


阿伽羅(あから) = 10^{224}

コンピュータ将棋の進歩

7

- あから2010が清水女流王将に勝利
 - 4つのプログラムの合議
- 来年にも米長日本将棋連盟会長とボンクラーズが対戦予定



将棋とチェス

8

- 羽生二冠、チェスで仏チャンピオンと引き分け
(2011年10月30日の朝日新聞から)
 - 羽生二冠や森内名人は日本でも有数のプレイヤー

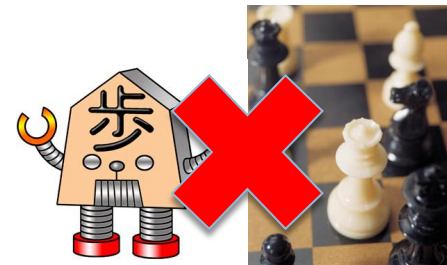


GGP and MCTS

ゲームと人工知能

9

- 将棋だけでなく、囲碁も実力を伸ばしてきている
- 人工知能の成果！
- でも一つのゲームに特化したAI が「知能」？
 - ▣ 羽生二冠はチェスも強い！
 - ▣ あからはチェスをプレイできない
- どんなゲームでもプレイできるAI を目指す
⇒ **General Game Playing**



General Game Playing

10

- AAAI 中に大会が開催 (2005-)
 - ▣ 1万ドルの優勝賞金
- どんなゲームをプレイするかは事前には不明
 - ▣ 1人ゲームから複数人ゲームまでが対象
- ゲームのルールは、Game Description Language により与えられる
 - ▣ ゲームのルールを正しく解釈しないといけない
 - ライブラリなどもある様子
- スコアや勝敗を競う

GDL の記述内容

11

- 人数
- 可能なアクション(手)とそれがゲームの世界(盤面)にどんな影響を与えるか
- ゲームのゴール、終了状態に応じたスコア

ゲームのバリエーションと定義

12

- 将棋: 二人零和有限確定完全情報ゲーム
- N人: プレイ人数
- 零和: ゲームのスコア (囚人のジレンマ)
- 有限: ゲームが無限に続くか (千日手)
- 確定/不確定 (サイコロ、トランプ)
- 完全情報/不完全情報 (トランプ、麻雀)



プレイヤー

13

- TCP/IP で通信
- ゲームの定義が与えられてから、初手をプレイするまでの間に一定の時間が与えられる
- その後の各手は決められた時間内にプレイしなくてはならない

- # サーバについては割愛

ゲームプレイヤ

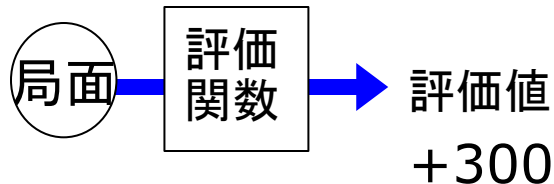
14

- 1人ゲーム (パズル)
 - A^* / IDA*
- 2人ゲーム
 - $\alpha\beta$ 探索 + 評価関数
- 多人数ゲーム
 - 探索(具体的には不明) + 評価関数
- # 読みきれぬなら評価関数は不要
 - 読み切れない \Rightarrow 深さ打ち切りの探索

評価関数

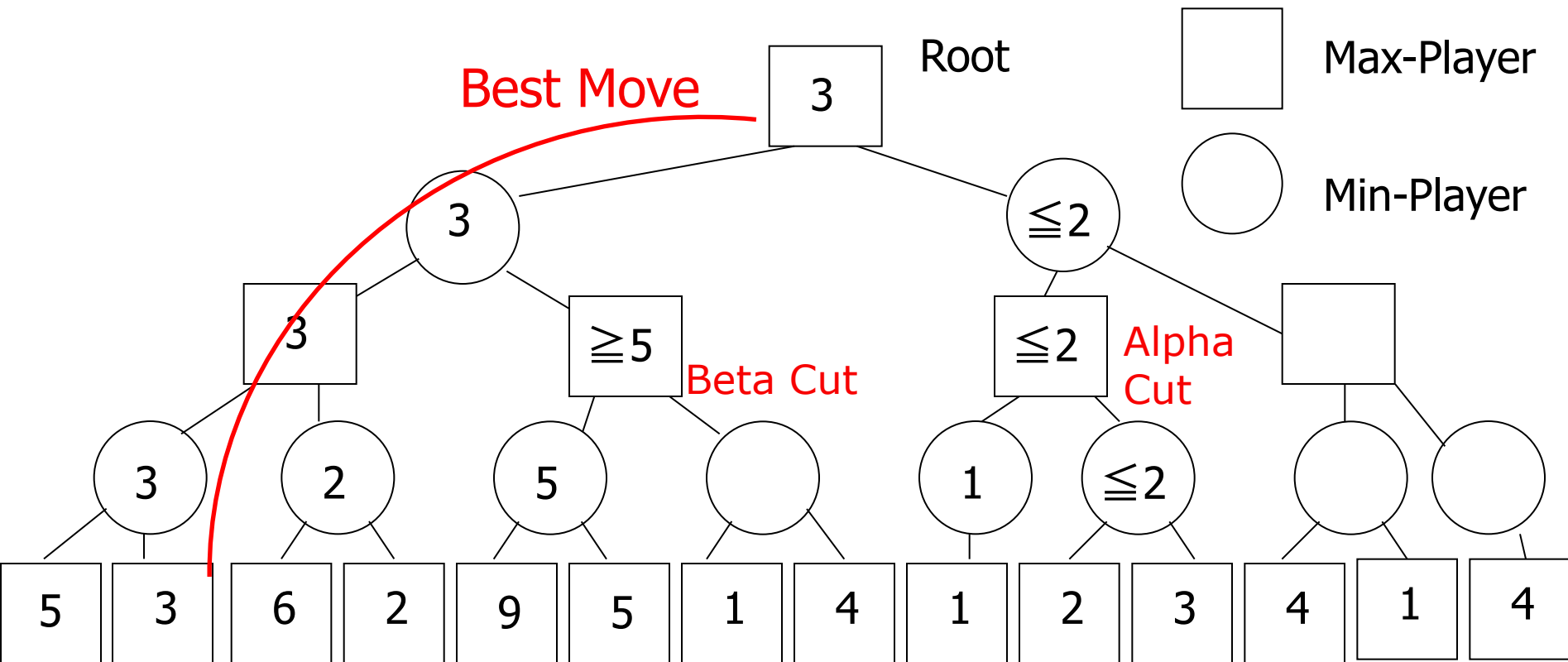
15

- 局面を入力として、形勢の良し悪しを数値化
 - 数値：評価値
- 評価項目(特徴)とその重みからなる
 - 人間がゲームの知識で特徴と重みを選択
 - 例) $5 * (\text{駒得}) + 10 * (\text{危険度}) + \dots$



GGP and MCTS

Alpha-Beta Search



互いに最善を選ぶという前提
Min は値が小さいのを選ぶ

問題点

17

- **評価関数**をどう作るか
 - 人間のゲームの知識は使えない
 - ルールから作る必要がある！

例:

将棋: 駒の価値, 王の安全/危険度合い, etc

オセロ: 石の配置パターン

- ゲームによって有効な評価項目が違う！
 - 自動生成する研究が行われていた

モンテカルロ木探索 (MCTS)

18

- 囲碁で成功した探索手法
 - ▣ モンテカルロ法 + ゲーム木探索
 - ▣ モンテカルロ法:
 - ゲームを終局までランダムにプレイ
- 特徴
 - ▣ 評価関数が不要
 - ▣ ゲームの知識が(ルール以外)不要
 - # 改良する時に使われているが

GGP + MCTS

19

- 2009年からの優勝プログラムはすべてMCTS
- (一応)パズルにも使える
- 多人数ゲームでも利用可能
- モンテカルロ法は不完全情報ゲームにおいて以前から使われている
- 相性が良い！

モンテカルロ法

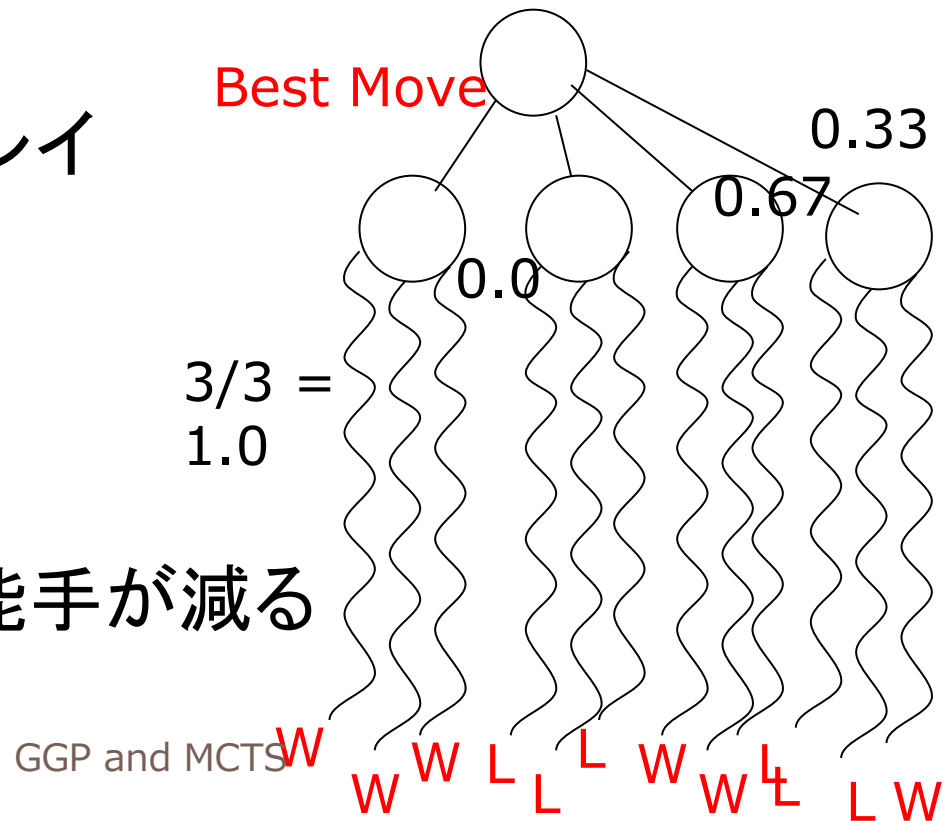
20

- 1999年に囲碁での利用が発案されたが、結果は振るわず

手法:

- 終局までランダムにプレイ
 - ▣ シミュレーションと呼ぶ
- 各手毎に複数回行い、勝率の高い手を選択

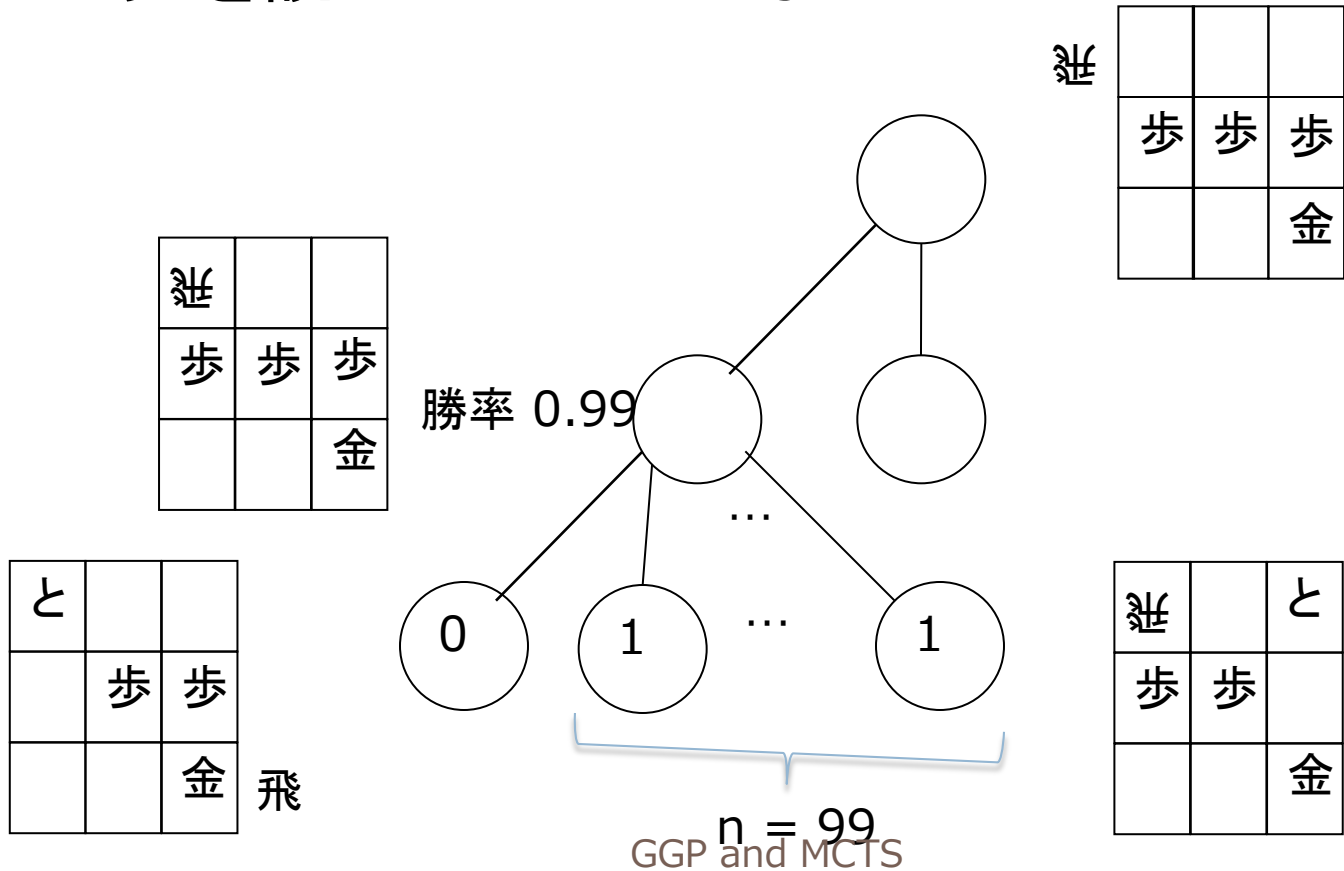
囲碁は終盤になると可能手が減る



MCの問題点

21

- 1手だけ良い/悪い手がある時に弱い
- 2手以上先を読むことはできない



MC+UCT アルゴリズム

22

1. 未展開ノードならMC シミュレーション
2. 展開済みならUCB値が最大となるノードを選ぶ

$$\text{手}i \text{ の勝率} \rightarrow \bar{X}_i + \sqrt{\frac{2 \log(T)}{T_i}} \leftarrow \begin{array}{l} \text{探索数} \\ \text{手}i \text{ の探索数} \end{array}$$

- 未展開ノードが見つかるか終局するまで1,2を続ける
- 3. 末端に達したら、勝敗を親ノードへ返していく
 - 親ノードの勝率を更新していく
- 最終的に最も探索回数が多い手を選ぶ

UCT とUCB

23

- 多腕バンディット問題
 - 複数のレバーがあるスロットマシン
 - 一定回数レバーがひける
 - 報酬を最大にしたい
 - どんな戦略を取るか？
- 一つの戦略がUpper Confidence Bound (UCB)
 - 木へと応用したのがUCT (UCB applied for Tree)

ざっくりとした説明

24

- 今までで報酬が一番のものを試し続ければ (Exploitation)、良い報酬が得られ続ける
- 他のものを試せば (Exploration)、今の一番より良いものがあるかもしれない



平均報酬 100
回数 50
(Exploitation
)



平均報酬 10
回数 1
(Exploration)



平均報酬 30
回数 10

MCTS の特徴 ($\alpha\beta$ との比較)

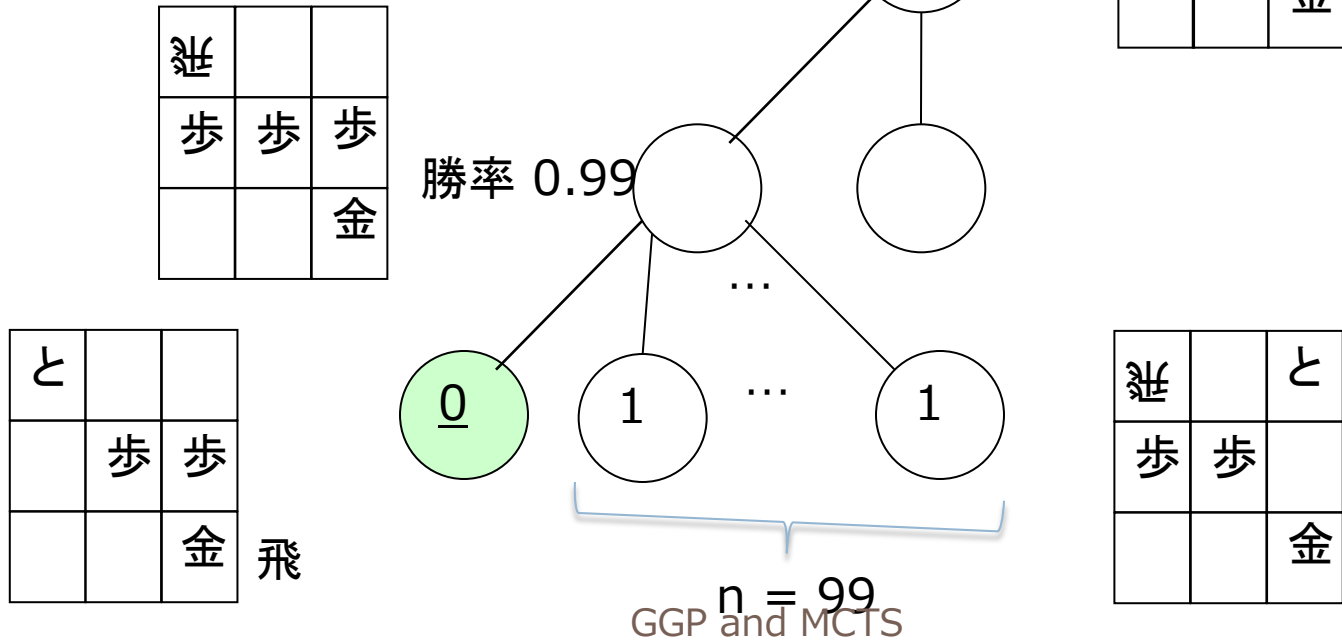
25

- 最善と思われる手を深く、他の手は浅く探索
 - 理想的な探索
 - $\alpha\beta$ そのままではどの手も一定の深さまで探索
- 探索を止めた時点で最善手が得られる
 - 単純なMin-Max / $\alpha\beta$ では、探索が終わるまで最善手はわからない

MC ではダメだったが+UCT なら？

26

- 左端のノードを選ぶようになる
 - 相手から見た勝率が高い
- 結果、全体的に勝率が下がる
- この手が選ばれなくなる



MCTS とGGP

27

- 2009年からの優勝プログラムはMCTS を利用
 - 参加チームは20チーム弱
 - GGP に関するワークショップ (GIGA) も併催
- (あらためて)MCTS の応用範囲の広さが示された

- MCTS について囲碁以外の研究
 - MCTS の研究は囲碁が中心

GGP における研究

28

□ メリット

- どんなゲームでも使える！とアピールできる
- 囲碁・チェス・将棋に比べれば競争相手が少ない

□ デメリット

- GGP で成功した手法が囲碁・将棋・チェスで成功するかと言うと…
 - 関連: ランダムプレイヤーより強くなった！という手法はだいたい強いプレイヤーでは使えない

まとめ

29

- General Game Player/Playing
 - ▣ より「人工知能」らしい研究
- Monte Carlo Tree Search
 - ▣ (単純には)ルールだけあればOK
 - ▣ ゲームのプレイ人数も関係ない
- GGP とMCTS の相性は良い
 - ▣ ゲームの知識が不要
 - ▣ GGP の大会ではMCTS プレイヤが優勝
- 特定ゲームに強いプログラムを作るのには…