

サイエンスカフェ in 静岡 第157話

ゲーム人工知能の進歩

2022年 9月29日
電気通信大学
保木邦仁

自己紹介

学生のころ

大学： 東北大学（宮城県仙台市）
所属学会： 日本化学会、分子科学研究会

もう誰も勝てない
ボナンザ完結編！



現在

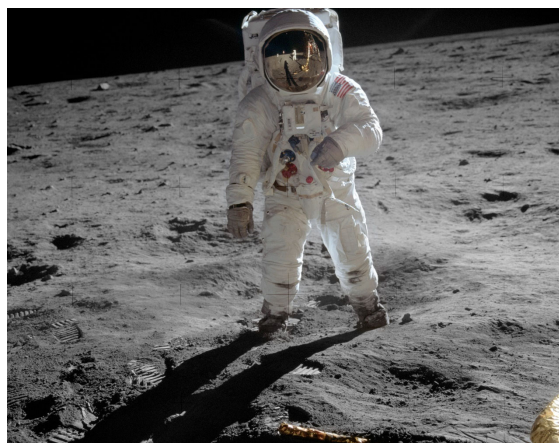
職業： 電気通信大学（東京都調布市）
専門： ゲーム人工知能
ヒューリスティック探索、機械学習
所属： 電気通信大学 情報・ネットワーク工学専攻
情報数理工学プログラム
所属学会： 情報処理学会、人工知能学会

本講義では

ゲーム人工知能の発展の経緯を振り返り、
科学技術に対する興味・関心を引き出す

少々難しい話題も含みます
どうぞお付き合いください

グランドチャレンジ



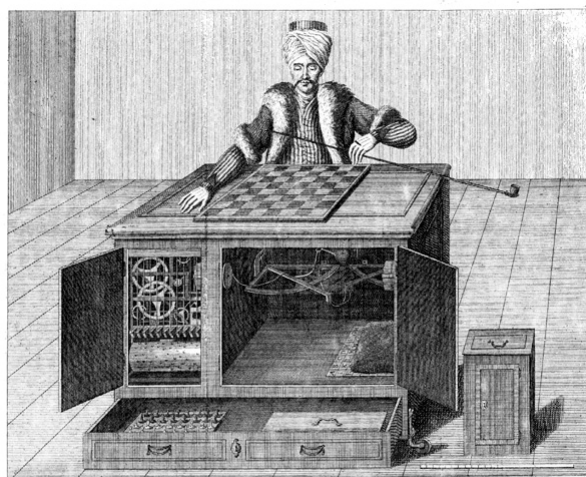
(アポロ11号、Wikipedia)

チェス



(チェス、Wikipedia)

トルコ人 (18世紀のチェスマシン)



W. de Kempelen del. Che a Mohel vocato "Dabulca". P.G. Patry, f.
Depictio huiusmodi artificiosissimi Spiritus quodammodo humani, Invenit Chess, ut quoniam le mouit: annis le jeu, pardecant.

(トルコ人、Wikipedia)

IBM ディープ・ブルー (1996 - 1997)

CMU のチェス AI 研究者が IBM リサーチへ
元世界チャンピオンに勝ち越し
同社の広告塔 (スーパーコンピュータなど)

二人ゼロ和完全情報ゲーム (2000年ごろ)

難易度

五目並べ (Allis, 1994)

チェッカー (Schaeffer *et al.*, 2007)

← ここまで解ける

- 後退解析
- 証明数探索

オセロ (Buro, 2002)

チェス (Campbell *et al.*, 2002)

- Alpha-beta 探索
- 精緻な評価関数

← ここまで人間に勝てる

将棋

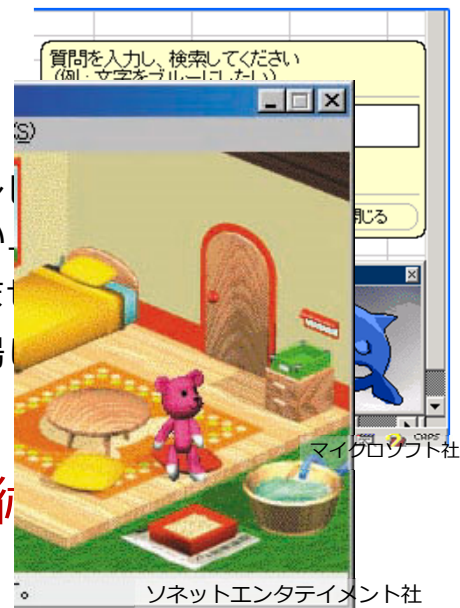
囲碁

将棋・囲碁の人工知能はいつ人間に勝てるのか

そのころの 人工知能 (AI)

- 「貼り付けた図がピョンと飛ぶのを何とかしたい」
- 「質問の意味が分かりません」
- ググググッと下から登場
システムがクラッシュ

AIは余計な技術

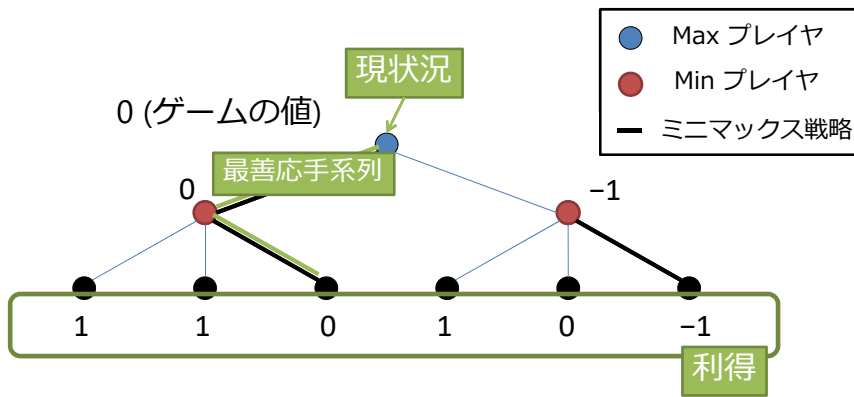


コンピュータ将棋の進歩

- 計算機の性能
- 探索アルゴリズム
- 大規模な機械学習

ゲーム木と探索

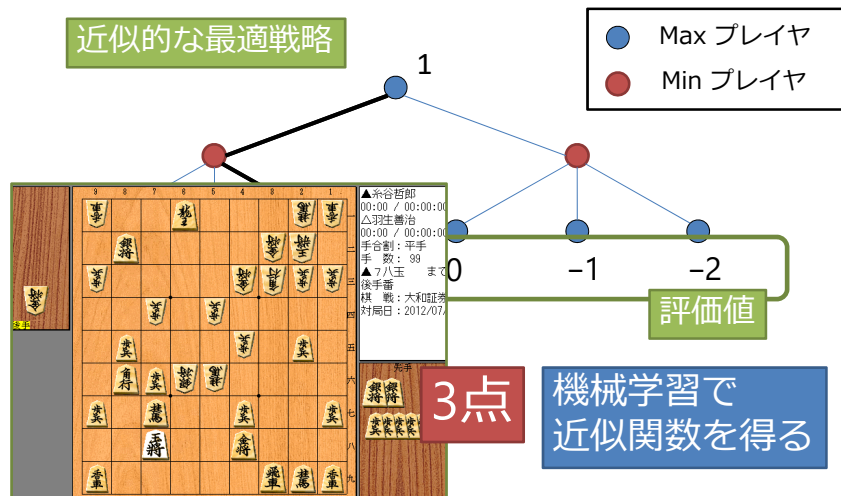
(終端●まで探索しきれる場合)



このようにして最適戦略が求まる

ゲーム木と探索 (続き)

(終端まで探索しきれない場合)



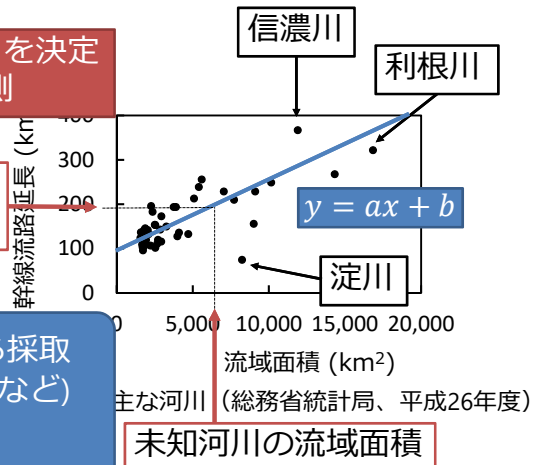
機械学習

既知のデータから a と b を決定
未知のデータを予測

未知河川の
流路延長

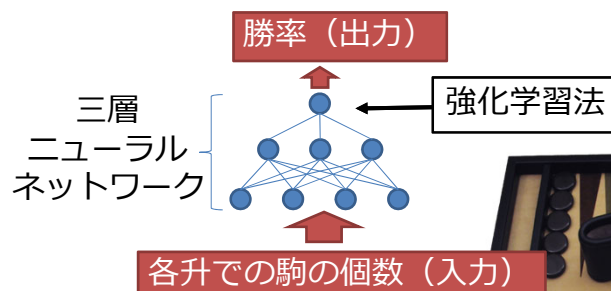
データはゲーム記録から採取

- ゲーム状況 (駒の配置など)
- 着手
- 勝敗



機械学習の成功例 (1)

バックギャモンの勝敗の予測

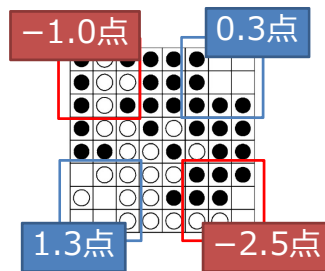


世界チャンピオンと同等レベルの強さを獲得
(Tesauro, 1995)

Backgammon, Wikipedia, 2018

機械学習の成功例（2）

回帰分析によりオセロの結果を予測



図：オセロ評価関数（合計-1.9点）



世界チャンピオンに勝った（Buro, 2002）

Reversi, Wikipedia, 2018

Bonanza の評価関数

玉を含む3駒全通りに対する値付け



2008年ソースコード公開
将棋 AI の性能が向上

将棋人工知能 対 人間

- 2007年 Bonanza 対渡辺明竜王
 - ✓ 人工知能: 評価関数の機械学習
 - ✓ 人間: トップレベルのプロ棋士
 - ✓ 人工知能敗北



日本将棋連盟、
棋士データベース、2021

将棋人工知能 対 人間

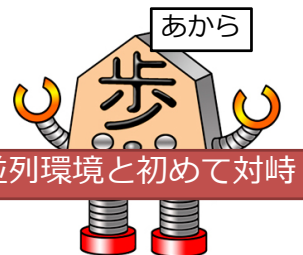
- 2007年 Bonanza 対渡辺明竜王
 - ✓ 人工知能: 評価関数の機械学習
 - ✓ 人間: トップレベルのプロ棋士
 - ✓ 人工知能敗北
- 2010年あから対清水市代女流王将
 - ✓ 人工知能: 約200台の計算機使用
 - ✓ 人間: 通算タイトル獲得数歴代1位
 - ✓ 人工知能勝利



日本将棋連盟、
棋士データベース、2021



日本将棋連盟、
女流棋士データベース、2021



ボンクラーズ対米長邦雄永世棋聖 (2012)

- 2011年コンピュータ将棋選手権で優勝
- Bonanza を参考にして作成

人間が対コンピュータ戦略をとる



人間プレイヤー側の第一手△6二玉の意味は？

異種格闘戦, 東京, 1976

レスリング (アントニオ猪木)
キックが得意

ボクシング (モハメド・アリ)
パンチが得意

図: アントニオ猪木は1ラウンド、ほとんど寝転がった

15ラウンド (最終ラウンド) まで決着つかず、引き分け

- 怪しげな駒の運びでインファイトを回避、防衛ラインを築く
- コンピュータは飛車を往復させて手待ちの繰り返し
- 人間側は引き分けにする権利を得ていたかのように見えたが、その後接近戦になった。

将棋人工知能 対人間

- 2007年 Bonanza 対渡辺明竜王
 - ✓ コンピュータ: 評価関数の機械学習
 - ✓ 人間側: トップレベルのプロ棋士
 - ✓ コンピュータ敗北



日本将棋連盟、
棋士データベース、2021

- 2010年 あから対清水市代女流王将
 - ✓ コンピュータ: 約200台の計算機使用
 - ✓ 人間側: 通算タイトル獲得数歴代1位
 - ✓ コンピュータ勝利



日本将棋連盟、
女流棋士データベース、2021

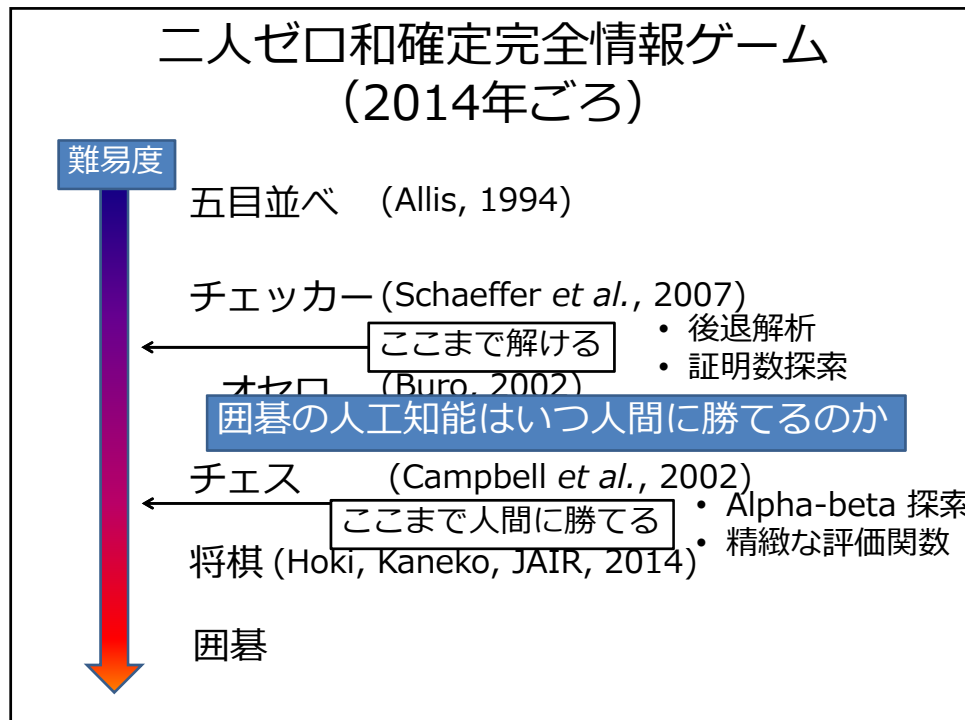
- 2012年 Bonkras 対米長永世棋聖
 - ✓ 人間側: 対コンピュータ戦略使用
 - ✓ コンピュータ勝利



日本将棋連盟、
棋士データベース、2021

以降、人間側が普通にやっては勝ちにくくなっていく

- 計算機の性能制限
- 同一計算機・プログラムの事前貸し出し



その頃の AI

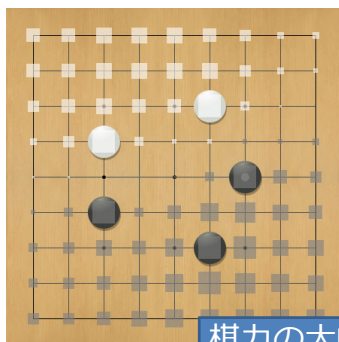
- 「ワード」と「貼り付けた図が
ピョンピョン飛ぶ」でグーグル検索
- 検索結果の一番上が「WORDで
図が思った位置に移動できない」
- 教えて！goo のベストアンサーに行き、
「アンカー表示」と「アンカーの段落固定」の
解説にたどり着く

相当いいところまで
技術が発達している

コンピュータ囲碁の進歩

- 計算機の性能
- 探索アルゴリズム
- 深層学習

①モンテカルロ法による地の認識 (1990年代)



着手可能な交点に等確率で着手
双方の石を打ち上げ切る
同じことを何度も繰り返す
平均を取る

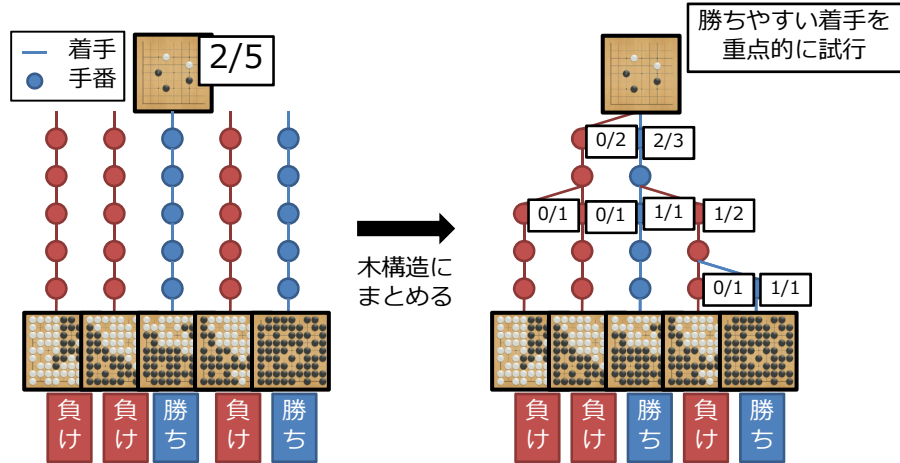
沢山の結果の平均を取ると、
それらしい結果が得られる

図：乱数を用
棋力の大幅な向上は容易ではなかったが、
実はこの方法には新たな展開があった
何度も試行する様子

モンテカルロ木探索

(Kocsis, 2006)

モンテカルロ法の性能が向上

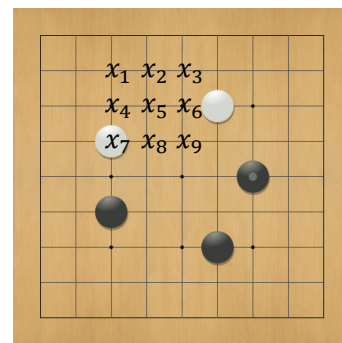
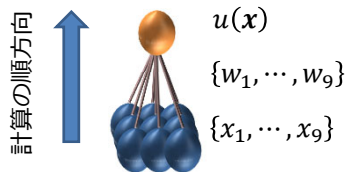


② 深層学習による手番の評価

線形重み和関数

$$u(x) = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + w_4x_4 + w_5x_5 + w_6x_6 + w_7x_7 + w_8x_8 + w_9x_9$$

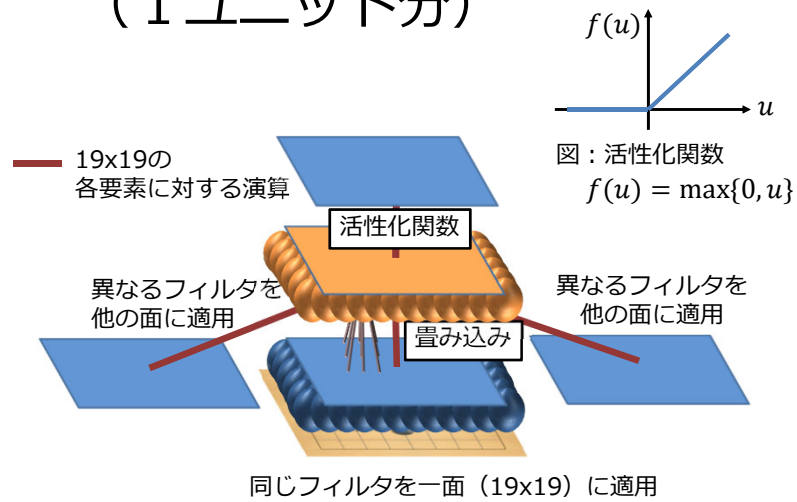
重み係数 w_i は
囲碁のデータから決定



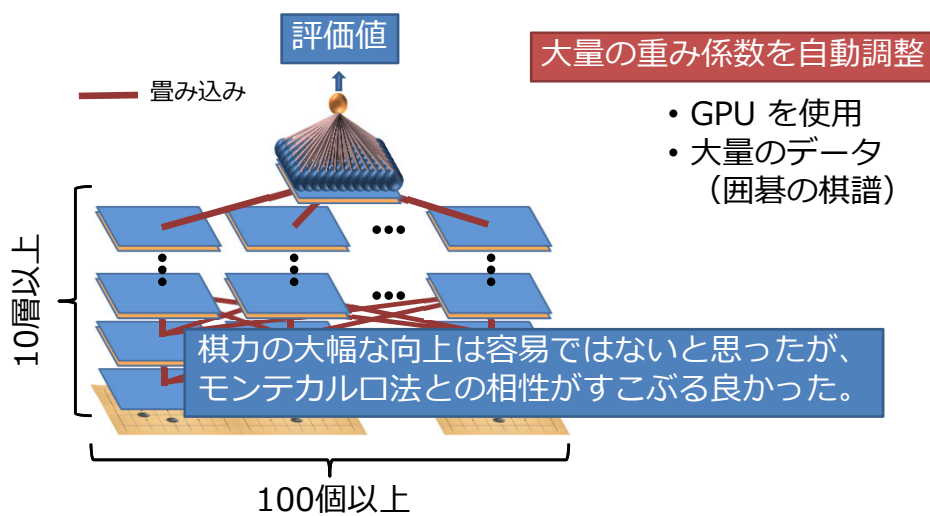
図：碁盤と特徴変数 x_i

図：フィルタ。画像処理（ぼかし、シャープ化）に応用例あり

囲碁の評価関数の一部 (1ユニット分)



畳み込みニューラルネットワーク ワークによる囲碁の手番評価



Google DeepMind アルファ碁 (2016)

- 囲碁 AI 研究者がディープマインド社に行った
- 2016年にイ・セドルに勝ち越した
- 同社の人工知能技術の高さを強く印象づけた

二人ゼロ和不確定完全情報ゲーム (2016年)

難易度



五目並べ (Allis, 1994)

チェッカー (Schaeffer *et al.*, 2007)

← ここまで解ける

- 後退解析
- 証明数探索

オセロ (Buro, 2002)

チェス (Campbell *et al.*, 2002)

- Alpha-beta 探索
- 精緻な評価関数

将棋 (Hoki, Kaneko, JAIR, 2014)

← ここまで人間に勝てる

- モンテカルロ法
- 深層学習

囲碁 (Silver *et al.*, Nature, 2016)

ゲーム人工知能の最近の状況

人間よりも強い人工知能を開発した著名な研究

- 囲碁・チェス・将棋 (Silver et al., 2018)
種類：二人ゼロ和完全情報ゲーム
手段：豊富な計算資源、深層学習、強化学習、ヒューリスティック探索
- 6人プレイ・ノーリミットのテキサスホールデム (Brown et al., 2019)
種類：六人ゼロ和不完全情報ゲーム
手段：ゲーム抽象化、二人ゼロ和ゲームのような混合戦略
ヒューリスティック探索
- StarCraft II (Vinyals et al., 2019)
種類：ビデオゲーム（非常に複雑なリアルタイムストラテジーゲーム）
手段：豊富な計算資源、豊富な人間の知識（プロのリプレイ）の利用
深層学習、強化学習、マルチエージェント学習

