

自然と数理8「情報と数理の世界」 第5回 人工知能とロボット2

名古屋市立大学
システム自然科学研究科
渡邊 裕司

渡邊担当分「人工知能とロボット」 のスケジュール(案)

日付	通算回	講義内容
10/17	第4回	人工知能の概要、基礎的研究
10/24	第5回	ゲーム情報学、生物に学んだ機械学習
10/31	第6回	データマイニング、スマートフォンのセキュリティ
11/7	第7回	サイボーグ、ロボット

今日のお話

- ◆ ゲーム情報学
- ◆ 生物に学んだ機械学習
 - ◆ ニューラルネットワーク
- ◆ 研究事例:ニューラルネットワークを用いたコンピュータ囲碁

AIの研究分野

- ◆ 基礎的研究
 - ◆ 知識表現、知識利用(探索・推論)、知識獲得(機械学習)
- ◆ 応用的研究
 - ◆ ゲーム、エキスパートシステム、画像・音声認識、言語処理、データマイニング、情報検索、ロボット

著作権に抵触する恐れがあるため削除

以下の人工知能学会の「人工知能のやさしい説明「What's AI」」を参照ください
<http://www.ai-gakkai.or.jp/jsai/whatsai/> から「人工知能研究」

図の出典:人工知能学会のサイト

ゲーム情報学

ゲーム情報学(Game Informatics)

- ◆ ゲームのプログラムは、AI研究の良い題材として黎明期から研究されている
- ◆ ゲームを題材として選ぶ理由
 - ◆ ルールが明確である
 - ◆ 勝敗という形で結果を評価しやすい
 - ◆ 簡単に解けるものから難しいものまで、難易度の異なるものがそろっている
 - ◆ ゲームという題材自体がおもしろく、興味を引きやすい
- ◆ ゲーム情報学は、1999年発足の日本の研究会の名称

ここで想定する「ゲーム」とは？

- ◆ チェス、将棋、囲碁、オセロ、五目並べ、三目並べ、チェッカー等
- ↓
- ◆ **二人零和有限確定完全情報ゲーム**
 - ◆ **二人**: 二人のプレーヤでゲームを行う
 - ◆ **零和**: 一方が勝ったら、もう一方が負ける
 - ◆ **有限**: 無限に続くことなく、いつかは必ず終わる
 - ◆ **確定**: サイコロのような偶然的な要素が入らない
 - ◆ **完全情報**: プレーヤに対して現在の局面についてのすべての情報が与えられている

2013/10/24

人工知能とロボット2

7

コンピュータチェスとコンピュータ将棋

- ◆ **コンピュータチェス**
 - ◆ 1950年前後からShannonらがチェスの研究開始
 - ◆ 1997年にDeep Blueが世界チャンピオンに勝利
- ◆ **コンピュータ将棋**
 - ◆ チェスなどと比べて開発は後発で1974年から
 - ◆ 1980年代にコンピュータ将棋のゲームが出回る
 - ◆ 1990年に将棋会館で第1回世界コンピュータ将棋選手権(2013年は第23回)
 - ◆ 現時点での棋力はプロレベル
 - ◆ 詰め将棋に限れば人間を凌駕する実力

2013/10/24

人工知能とロボット2

8

プロ棋士 vs. コンピュータ将棋

年月	プロ棋士	コンピュータ将棋	備考
2003年5月	× 勝又清和 5段	○ IS将棋	飛角落ち
2005年9月	○ 橋本崇載 5段	× TACOS	プロ辛勝
2005年10月	日本将棋連盟の許可なくコンピュータ将棋との公開対局を禁止		
2007年3月	○ 渡辺明 竜王	× Bonanza	
2008年5月	× 清水上 アマ名人	○ 激指	再戦も敗北
2010年10月	× 清水市代 女流王将	○ あから2010	情報処理学会主催
2012年1月	× 米長邦雄 元名人	○ ポンクラーズ	電王戦
2013年3-4月	× 1勝 △ 1分け	○ 3勝	第2回電王戦

2013/10/24

人工知能とロボット2

9

二人零和有限確定完全情報ゲーム

- ◆ **理論上は完全な先読みが可能**であり、双方のプレーヤが**最善手**を打てば、必ず**先手必勝**か**後手必勝**か引き分けかが決まる
 - ◆ 例えば五目並べは先手必勝、三目並べとチェッカーは引き分けになることが知られている
- ◆ 理論的には**Min-Max探索法**により最善手を求めることができる
- ◆ **実際には完全な先読みは困難**であるため、ゲームとして成立する

2013/10/24

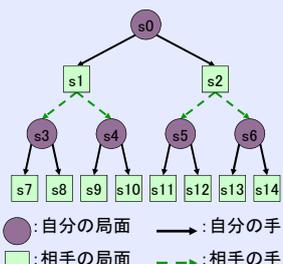
人工知能とロボット2

10

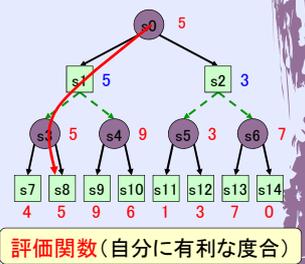
基本手法: ゲーム木探索

自分は最大(max)
相手は最小(min)

◆ ゲーム木



◆ Min-Max探索法



評価関数(自分に有利な度合)

将棋の場合は「駒の損得」「駒の働き」「王の安全度」などから決める

2013/10/24

人工知能とロボット2

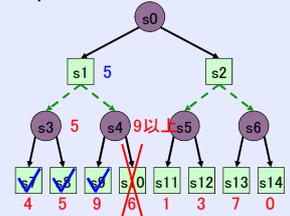
11

基本手法: 枝刈り(αβ法)

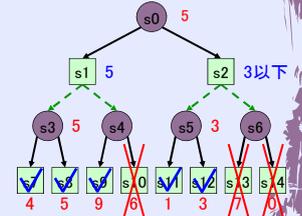
将棋の探索範囲は 10^{226} (1局面平均可能手数80、全局面平均手数115)

探索範囲の削減→枝刈り

◆ βカット



◆ αカット



2013/10/24

人工知能とロボット2

12

コンピュータ将棋の工夫点

- ◆ 激指 (2002, 2005, 2008, 2010年優勝)
 - ◆ 実現確率探索アルゴリズム
プロ棋士の棋譜から統計データを抽出して局面の実現のしやすさを計算し、探索の指標に利用
→ 実現しそうな局面を中心に探索
- ◆ Bonanza (2006, 2013年優勝、初出場初優勝)
 - ◆ 評価関数の自動生成
当時10,000以上(現在5000万)のパラメータを持つ評価関数を、人手ではなく自動チューニング
 - ◆ 従来と異なる発想と環境→指し方に惹かれるものあり?
 - ◆ 2009年に技術公開→多くの他のソフトも同技術を利用

2013/10/24

人工知能とロボット2

13

生物に学んだ機械学習

2013/10/24

人工知能とロボット2

14

AIの基礎的研究

- ◆ 問題の定式化、知識表現
問題や知識をいかに表現すれば機械で処理可能か?
- ◆ 推論、探索
表現された問題や知識から結論や解をいかに導くか?
- ◆ 知識獲得、学習
経験から将来使えそうな知識をいかに見つけるか?

2013/10/24

人工知能とロボット2

15

機械学習

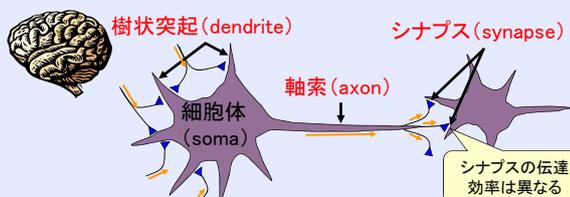
- ◆ 機械(コンピュータ)が自らの経験から将来使えそうな知識を発見・獲得すること
- ◆ 手法
 - ◆ 決定木学習
 - ◆ ニューラルネットワーク ← 生物に学んだ 脳・神経系
 - ◆ 進化論的計算手法 ← 遺伝・進化系
 - ◆ 人工免疫システム ← 免疫系
 - ◆ 強化学習
 - ◆ データマイニング 等

2013/10/24

人工知能とロボット2

16

神経細胞(ニューロン)



膜電位: 細胞外部の電位を0としたときの内部の電位

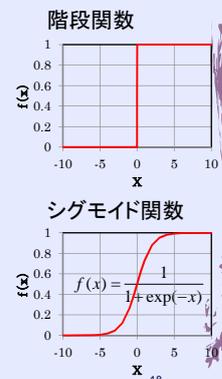
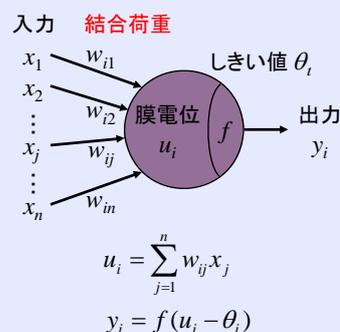
- 入力信号がないと静止膜電位(約-70mV)を維持
- 入力信号がしきい値を超えると発火(膜電位の急上昇) → 軸索に出力パルスが発生

2013/10/24

人工知能とロボット2

17

ニューロンモデル



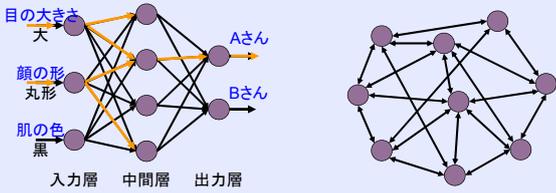
2013/10/24

人工知能とロボット2

18

ニューラルネットワーク

- ◆ 階層型ネットワーク
- ◆ 相互結合型ネットワーク



ニューラルネットワークの学習:
ニューロン間の結合荷重を変更→所望の出力を獲得

ニューラルネットワークの学習

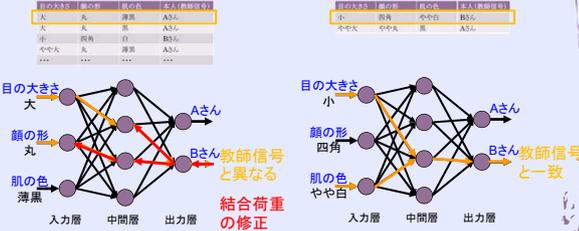
- ◆ 教師あり学習 (Supervised Learning)
 - ◆ ある入力データに対する望ましい出力値が「教師信号」として与えられた上での学習

目の大きさ	顔の形	肌の色	本人(教師信号)
大	丸	薄黒	Aさん
大	丸	黒	Aさん
小	四角	白	Bさん
やや大	丸	薄黒	Aさん
...
小	四角	やや白	Bさん
やや大	やや丸	黒	Aさん

学習とテスト

入出力データを「学習用データ」と「テスト用データ」に分割

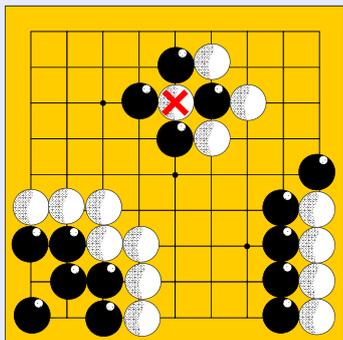
- ◆ 学習フェーズ
- ◆ テストフェーズ



ニューラルネットワークを用いたコンピュータ囲碁

当研究室での2008年度修論テーマ

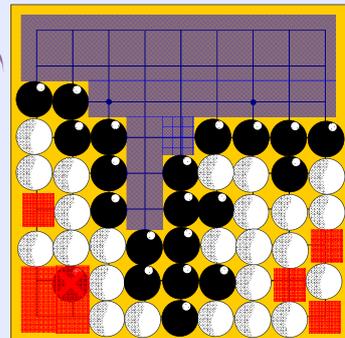
囲碁の基本



- 相手に囲まれた石は取られる
- 相手に取られるような所(眼)には打てない
⇨1手で取れるなら例外
- 相手が打ち込めない石を作ればよい
- 相手が打てない場所=地
- 地が多いほうが勝ち

囲碁の勝敗

終局図(1例)



スコア=地-取られた石
 黒地=29-1
 =28
 白地=5+3
 =8
 黒20目勝ち

コンピュータ囲碁の歴史

1962年	Remusによる初のコンピュータ囲碁の論文
1969年	Zobristによる初の対局囲碁プログラム(強さは38級)
1986年	コンピュータ囲碁の世界大会の初開催
1995年	日本棋院が囲碁プログラムに級位(5級)を認定
2000年	コンピュータによって4路盤の必勝法が解明
2003年	コンピュータによって5路盤の必勝法が解明
2006年	モンテカルロ碁という新手法が登場
2008年	モンテカルロ碁がプロ棋士と9路盤で3局対戦し、対戦成績は1勝2敗(強さはアマ2段)

2013/10/24

人工知能とロボット2

25

なぜ囲碁は難しいのか？

◆ 探索範囲が広い

- ◆ 1局面あたりの可能な手数が多く、終局までの手数も長い

◆ 評価関数の作成が難しい

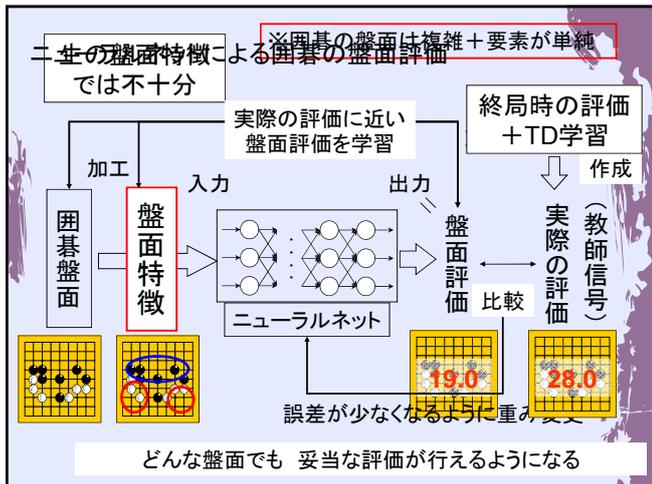
- ◆ チェスや将棋の駒と異なり、各石の価値は平等のため、明らかな評価基準がない
- ◆ 局所的な最善手が全局的な最善手になりにくい(捨石)

ゲーム	探索範囲
オセロ	10^{60}
チェス	10^{120}
将棋	10^{200}
囲碁	10^{300}

2013/10/24

人工知能とロボット2

26



現時点での結果

- ◆ 囲碁らしい良い形は学習できた
- ◆ 連特徴と群特徴を組み合わせた場合には、相手の石を取る手を学習できた
- ◆ 今後の課題として、より大きな盤面を使って実験を行う

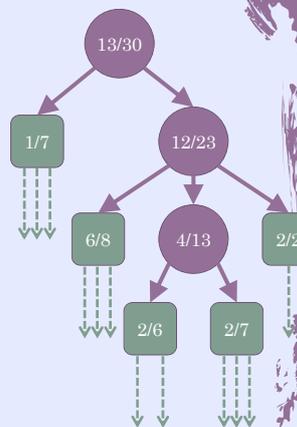
2013/10/24

人工知能とロボット2

28

モンテカルロ碁

- ◆ 「盤面評価」と「木探索」を同時に行う手法
- ◆ 「有望な部分」に対する探索と「まだ探索していない部分」に対する探索とのうまいバランス
- ◆ 代表的な囲碁ソフト: Crazy Stone, Mogo



2013/10/24

人工知能とロボット2

29

最後に… 配布資料の問の解答

- ◆ A: 二人零和有限確定完全情報ゲーム
- ◆ B: 二人
- ◆ C: 零和
- ◆ D: 有限
- ◆ E: 確定
- ◆ F: 完全情報
- ◆ G: Min-Max探索法
- ◆ H: 枝刈り
- ◆ I: ニューラルネットワーク
- ◆ J: 進化論的計算手法
- ◆ K: 樹状突起
- ◆ L: 発火
- ◆ M: 軸索
- ◆ N: 探索範囲が広い
- ◆ O: 評価関数の作成が難しい

2013/10/24

人工知能とロボット2

30