# 知能情報工学実験Ⅰ　＜アルゴリズムに関する実験と評価＞

担当：木谷　裕紀

**目的と概要**：情報理論の検証やシステムの最適化を行う際に，アルゴリズムを用いたシミュレーションを繰り返すことによって，予想の検証や，より精度の高い予想を行い，問題解決が試みられる場面は多い．本実験では，ゲーム木探索アルゴリズムを含むゲームプレイングのアルゴリズム実装を行い，その着手やアルゴリズムを再検討することを通して，探索手法や勝敗を判定するアルゴリズムに関する理解を深めることを目的とする．

## １．課題の概要

2025 年度の本実験では，ヒューリスティックなゲームの実装と検討として，探索アルゴリズムを用いたゲームの着手を決定するプログラムの検討，実装，評価及びそれを用いた考察を行う．

## ２．実験方法

本実験ではオンラインによる課題の解説 30 分程度を行った後，各自でプログラミングを行なう．最終提出では，自分で作成したプログラムを元に考察を行い，プログラム及び考察内容を最終提出物として提出を行う．

プログラミング言語については Python で実装をすることを念頭に課題の解説を,資料の配布を行うが，その他の言語を使用しても構わない．

## ３．二人零和有限確定完全情報ゲーム

本実験では，二人零和有限確定完全情報ゲームと呼ばれるゲーム群を扱う．まず二人零和有限確定完全情報ゲームとは次の性質を持つゲームを指す：

- 二人ゲーム（二人で行うゲームのこと）
- 零和ゲーム（片方のプレイヤの勝ちで終わるあるいは引き分けで終わるゲームであること）
- 有限ゲーム（ゲームが有限手数内に終わること）
- 確定ゲーム（サイコロなどの偶然要素を含まないゲームであること）
- 完全情報ゲーム（伏せられた情報がないこと）

二人零和有限確定完全情報ゲームに含まれるゲームとしては将棋，囲碁，チェスなどが挙げられる．また，二人零和有限確定完全情報ゲームはゲーム中の任意の場面において，お互いが最善を尽くした時（計算資源が十分あれば），『先手必勝（必ず先手が勝てる)』か『後手必勝（必ず後手が勝てる）』か『必ず引き分けに持ち込める（盤面のループによるゲームが終わらない場合も引き分けとする）』のいずれかに分類できることが知られている．これはお互いが最善を尽くすという仮定を置いているゲームにおいては（先手後手や盤面が固定されている場合），あるときは勝ち，ある時は負けるということは無いということを意味している．ここで注意したいのは，これらはゲームの性質として知られていることであり，実際の勝敗に関しては計算をしないとわからないという点である．例えば，前述の将棋や囲碁，チェスにおいても『先手必勝』か『後手必勝』か『必ず引き分けに持ち込める』のいずれかに分類できることは知られているが，そのうちどれに該当するかは知られていない．

## ４．ゲーム木探索アルゴリズム

ゲーム木とはゲームにおける各プレイヤの選択を場合分けの形で記述したものである．初期局面を根ノードとし，各局面に対応するノードでのプレイヤの選択によって生じる局面を子ノードの形で結んだ木構造をとる．勝敗が決まった局面ではそれ以上の選択が生じないため葉ノードとなる．葉ノードにはゲームの評価値を割り当てる．この評価値は先手視点のものと後手視点のものがあるが，ここでは先手視点とする．先手視点の場合，評価値は先手プレイヤが後手プレイヤから受け取る値（スコア），と思っておけばよい．つまり先手プレイヤは受け取る評価値をできるだけ大きくすることを目指し（max プレイヤとよぶ），後手プレイヤは支払う評価値をできるだけ小さくすることを目指す（min プレイヤとよぶ）ものとする．たとえば単

に勝敗のみを決めるゲームならば，先手が勝ちならば 1，負けなら −1 とすればよい（より一般的なスコアを割り当ててもよい）． 先手プレイヤは大きな値，後手プレイヤは小さな値を目指してプレイすることになるため，根からの深さ 0 では max，深さ 1 では min，以下偶数深さでは max，奇数深さでは min の演算がかかっているとみなし，葉ノードから根ノードに向かって計算するといずれのプレイヤが勝利するかがわかる（max ノード，min ノードとよぶ）． このような判定法をミニマックス法とよぶ．ミニマックス法はゲームの初期盤面が先手必勝，後手必勝，引き分けのいずれに分類されるかを計算することができる．しかし，ミニマックス法はゲーム木のすべてのノード（局面）をチェックする必要がある．ゲームの局面数は(多重)指数関数の形をとることが珍しくないため， 多くの場合とても実用に耐えるとはいえない．しかしながら比較的ゲームが小さい場合やゲームの最終盤においては有効である．

## ４．MINIMAX 法

Minimax 法の最も基本的な実装手順は以下となる．

1. ゲーム木を作成する．
2. ゲーム木の葉に評価をつける．
3. 根に向かってノードの評価の更新を行う．

詳しくは当日配布のスライドを参考にすること．

## ５．課題の内容

2025 年度の実験では，探索アルゴリズムとして，探索を行うサブルーチンを搭載して二つのゲームに対して，そのゲームが『必ず先手が勝てる』か『必ず後手が勝てる』か『必ず引き分けに持ち込める』のどちらに当てはまるかを実装，検討してもらいます．

下記の課題説明を下に，以下の課題に関してプログラミングを行い，プログラム及び考察内容を指定のフォーマットで提出してください．

**「共円ゲーム」のルール**(二人，3*3 盤面の場合)

- 3*3 の正方格子を場としておきます．
- 先手プレイヤから交互に一つずつ格子点に石を置いていきます．
- そのときに同一円周上に四点以上石があるような状態（共円）を作ってしまうと即座に負けとなってしまいます．
- 負けなかったプレイヤ，つまり，相手に共円を作らせたプレイヤの勝ちとなります．
- (実際のゲームでは相手が共円を作ったとしても，指摘がなければゲームは続きますが，今回は考慮しません)

詳しくは以下のサイトをはじめとして検索をするとサイトが多く出てきて参考になるかと思います．

https://manabitimes.jp/math/1034

https://www.youtube.com/watch?v=BENX1mGv4bE

### 3 to 15 ゲームのルール

次のゲームは「3 to 15」と呼ばれるゲームです．

- 最初に 1-9 までの 1 枚ずつのカードを 2 人の真ん中に（以降「場」とします）置きます．
- 先手と後手を決めて先手から場のカードを 1 枚ずつ取り自分のカードとします．
- 自分のカードのうち**いずれかちょうど 3 枚**で合計が 15 になれば勝ちです．
- 9 枚ともとり終えたとき(先手が 5 枚，後手は 4 枚)どちらも 15 を作れなければ引き分けです．

ゲーム進行例を以下に提示する．

---------

A (先手) :カード 4 を選択，先手の手札集合は{4}

B (後手) :カード 5 を選択，後手の手札集合は{5}

A (先手) :カード 6 を選択，先手の手札集合は{4, 6}

B (後手) :カード 8 を選択，後手の手札集合は{2, 5}

A (先手) :カード 2 を選択，先手の手札集合は{2, 4, 6}

B (後手):カード 9 を選択，後手の手札集合は{2, 5, 9}

A (先手):カード 2 を選択，先手の手札集合は{2, 4 ,6, 7}，この部分集合{2, 6, 7}の和は 15 なので，プレイヤ A の勝ち．

----------

課題 1．3*3 で行う「共円ゲーム」が『必ず先手が勝

てる』か『必ず後手が勝てる』のうち，どちらに当てはまるか実装を通して，検証してください．

課題 2．「3 to 15」は二人零和有限確定完全情報ゲームです．当日に指定するこのゲームの亜種に対し，探索アルゴリズムを実装し，『必ず先手が勝てる』か『必ず後手が勝てる』か『必ず引き分けに持ち込める』のうち，どれに当てはまるか検証してください．

発展

1．4*4 で行う「共円ゲーム」が『必ず先手が勝てる』か『必ず後手が勝てる』か『必ず引き分けに持ち込める』のうち，どれに当てはまるか実装を通して，検証してください．

2.非不偏ゲーム version の共円ゲームが「共円ゲーム」が『必ず先手が勝てる』か『必ず後手が勝てる』か『必ず引き分けに持ち込める』のうち，どれに当てはまるか実装を通して，検証してください．

**６．その他．質問，事前の準備など**

3 to 15 のルールを理解したうえで，可能であれば何回かプレイを行なっておくことが望ましい．また，各課題に関する質問やコメントは，課題の担当者に電子メールで行うこと．

- 木谷 裕紀 kiya@omu.ac.jp
- 電子メール送信の際には，学籍番号，氏名を必ず記すほか，メールの Subject に［自身の学籍番号］をつけること．