

## 第3講 問題解決(問題の表現)

- 問題解決とは
- 問題の表現
- 状態空間の表現
- 例題1: ハノイの塔
- 例題2: 8-パズル
- 例題3: ロボットの行動計画作成

### 問題解決とは (1)

- 対象とする問題に関する知識、データ、手続きなどを用いて、計算や推論をおこない、与えられた問題に対する解を見つけ出すこと
- 問題によっては、解を得るための方程式やアルゴリズムが確立していない場合がある

## 問題解決とは (2)

- 人間は過去の経験やその問題に関する知識を利用して、最良解ではないかもしれないが、それに近い解を得ることができる
- 人工知能での問題解決
  - 解を得るための手順がアルゴリズムとして確立されていない問題領域で、経験的知識(ヒューリスティック)を用いて妥当な解を発見すること

## 問題解決の手順

- 人間
  1. 問題(事実、関連)の整理
  2. 事実、関係間の関連付け
  3. 結論の説明(論証)
- 数学
  1. 問題の数式による記述
  2. 数式などの演算・操作
  3. 解答の検算・証明

## 問題解決の手順

- 人工知能
  1. 問題・知識の表現
  2. 推論・知識処理(解の探索)
  3. 結果の検証・説明

## 問題の表現 (1)

- 対象世界を、経験的知識が適用可能で、かつコンピュータで処理可能な形式で表現
- 対象世界を表現するさまざまな特徴や条件を変数や規則で表し、それらの間をグラフや表で表す

## 問題の表現 (2)

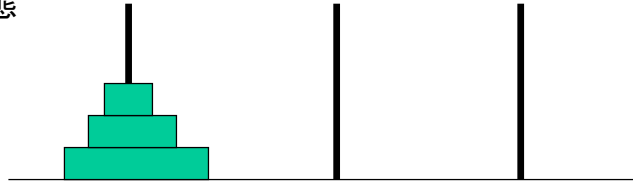
- 対象世界の状態の変化
  - 状態空間と呼ばれるグラフにて表現される
- 問題解決
  - 状態空間のなかで初期状態から解となる目標状態(ゴール)に至る経路を見つけること

## 例題1: ハノイの塔

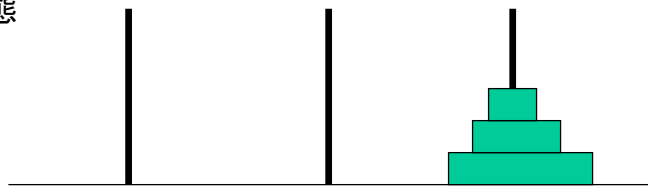
- 中央に穴が空いた大中小の円盤を、左端の1番杭から右端の3番杭に移動する問題
  - 条件
    - 一度に一枚の円盤しか移動させることはできない
    - 各円盤の上には自分より大きい円盤を乗せてはならない
- (状態、オペレータ、制約条件、初期状態、目標状態)として表現

## 例題1: ハノイの塔

初期状態



目標状態



## 例題1: ハノイの塔

- 状態 (state)
  - ある時点で、各杭に円盤が積み重ねられるパターン
  - 円盤を移動するたびに、各杭に円盤が重ねられる状態が変化する
  - 円盤の状態
    - 杭1([小 大]), 杭2([ ]), 杭3([中])
    - 杭1([大]), 杭2([小 中]), 杭3([ ])
    - 杭1([ ]), 杭2([小 大]), 杭3([中])
    - ...

## 例題1: ハノイの塔

- オペレータ(作用素: operator)
  - ある状態から他の状態へ移行するための対象のありさまや条件の表現
  - オペレータ
    - 移動(1,2), 移動(1,3), 移動(2,1), 移動(2,3),
    - 移動(3,1), 移動(3,2)
  - オペレータの適用により、盤面の状態は変化
  - オペレータの定義
    - 移動(1,2)の定義
      - 前提条件: 杭1(X)において、Xが空でないこと
      - 削除データ: 杭1(X), 杭2(Y)
      - 追加データ: 杭1(cdr(X)), 杭2(cons(car(X), Y))

## 例題1: ハノイの塔

- 制約条件
  - オペレータの前提条件のほかに、「以前の状態に戻ってはならない」
  - 「最短経路で目標状態に到達しなければならない」
- 状態空間
  - 初期状態からすべてのオペレータを適用して到達可能な状態とその経路の集合
- 初期状態
  - 杭1([小 中 大]), 杭2([]), 杭3([])

## 例題1: ハノイの塔

- 初期状態
  - 杭1([小 中 大])、杭2(□)、杭3(□)
- 目標状態
  - 杭1(□)、杭2(□)、杭3([小 中 大])
- 解
  - 初期状態から目標状態に至る経路
- 解の探索
  - 状態空間の中から経路(解)を効率よく見つけ出すこと

## 例題2: 8-パズル

- 3 × 3の盤上に1から8までのタイルをランダムに置いた盤面からスタートして、以下のオペレータを繰り返し適用して盤面を変更し、最終的に目標とする盤面とするパズル
  - 盤面
    - 9つの場所がある
  - タイル
    - 8枚
  - タイルを置いていない場所(空白)が1箇所存在する
  - 状態空間の中から経路(解)を効率よく見つけ出すこと

## 例題2:8-パズル

1	8	5
4	2	
7	3	6

## 例題2:8-パズル

初期状態

1	8	5
4	2	
7	3	6

目標状態

1	2	3
4	5	6
7	8	



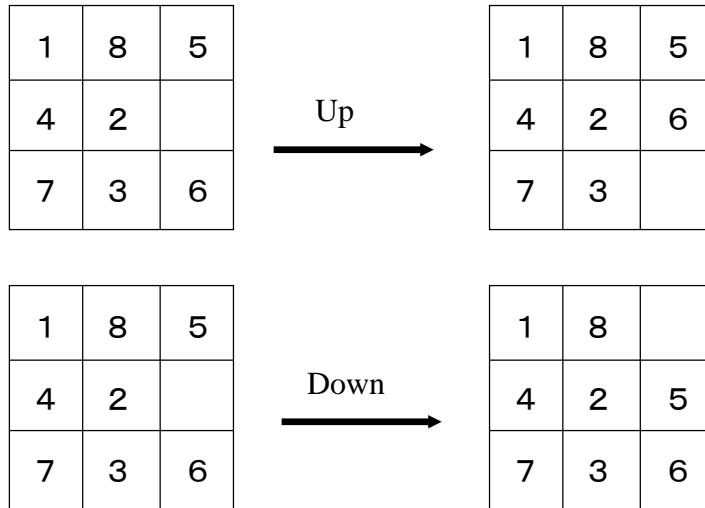
## 例題2: 8-パズル

- 状態(盤面の表現)
  - 左上の座標(1, 1)
  - 右下の座標(3, 3)
- 盤面の表現
  - 座標(X, Y)の値がRである  $\Rightarrow$  (X, Y, R)
  - つまり、「座標+値」で表現
- 初期状態
  - [(1,1,1), (2,1,8), (3,1,5), (1,2,4), (2,2,2), (3,2,空白), (1,3,7), (2,3,3), (3,3,6)]
- 目標状態
  - [(1,1,1), (2,1,2), (3,1,3), (1,2,4), (2,2,5), (3,2,6), (1,3,7), (2,3,8), (3,3,空白)]

## 例題2: 8-パズル

- オペレータ
  - Up: 空白の下のタイルを上に移動する
  - Down: 空白の上のタイルを下に移動する
  - Left: 空白の右のタイルを左に移動する
  - Right: 空白の左のタイルを右に移動する
- オペレータの定義例
  - Up
    - 前提条件
      - 空白が下端にないこと
    - 削除データ
      - (X, Y, 空白)と(X, Y+1, R)
    - 追加データ
      - (X, Y, R)と(X, Y+1, 空白)

## 例題2: 8-パズル



## 例題2: 8-パズル

- 状態空間
  - 初期状態からすべてのオペレータを適用して到達可能な状態とその経路の集合
  - 8-パズル
    - ノード
      - それぞれの盤面の状態
    - アーク
      - オペレータ適用による盤面の状態間の遷移

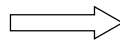
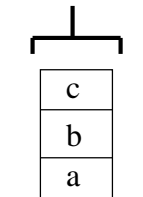
## 例題3:ロボットの行動計画作成

- ロボット
  - アームが1本あって、ブロックを持ち上げたり、降ろしたりする
  - 基本オペレーション
    - Pickup(X)
      - ブロックXをアームをつかんで持ち上げる
    - Unstack(X)
      - ブロックXがブロックYの上に乗っているとき、ブロックXをアームでつかんで持ち上げる
    - Putdown(X)
      - アームがブロックXをつかんでいるとき、ブロックXを床に降ろす
    - Stack(X, Y)
      - アームがブロックXをつかんでいるとき、XをブロックYの上に降ろす。

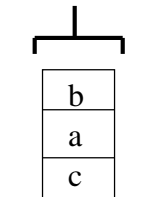
## 例題3:ロボットの行動計画作成

- ロボット

初期状態



目標(ゴール)状態



## 問題

- あなたの身の回りで、人工知能の技術が使われていそうなものを探してみよ。