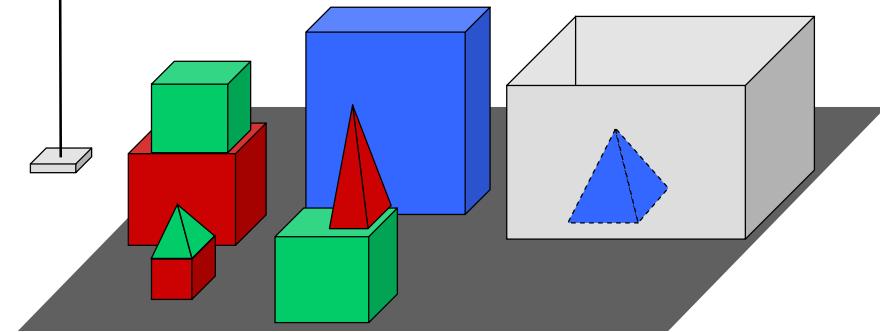


## 積木の世界 (“SHRDLU”, Terry Winograd, 1972)

Human: “Will you please stack up both of the red blocks and either a green cube or a pyramid?”  
 SHRDLU: “OK!”



1

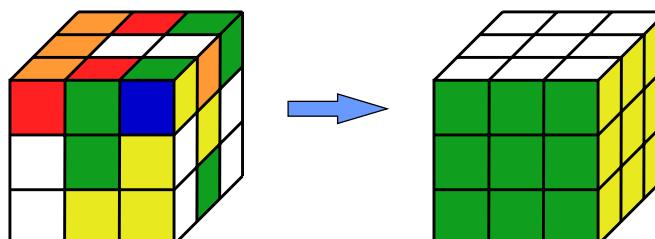
## 2007年度 計算知能論A 探索概論

2007年5月21日  
上田 和紀

早稲田大学理工学部CS学科

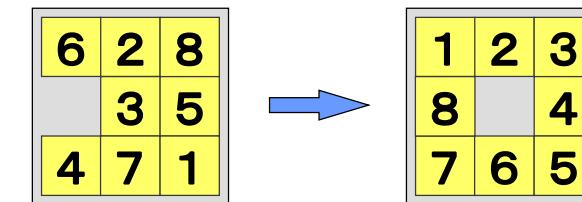
3

## Rubik's Cube



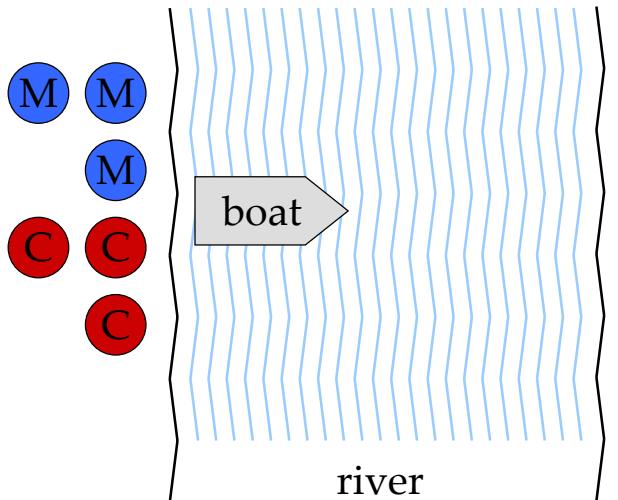
3

## 8パズル

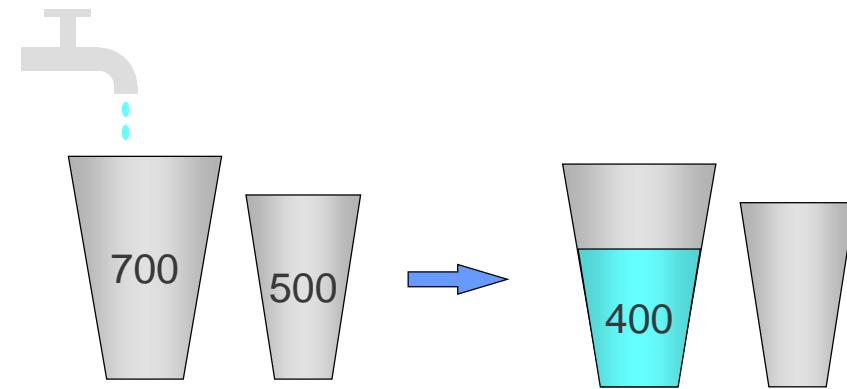


4

## Missionaries and Cannibals



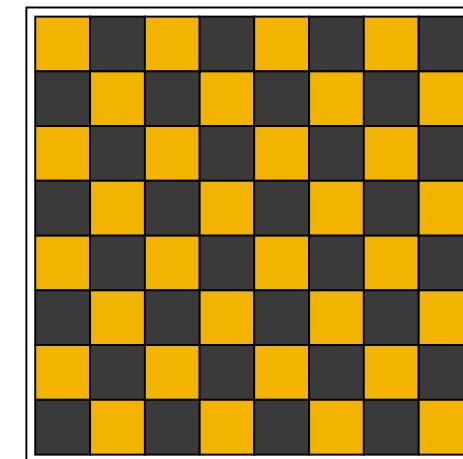
## 水差しの問題



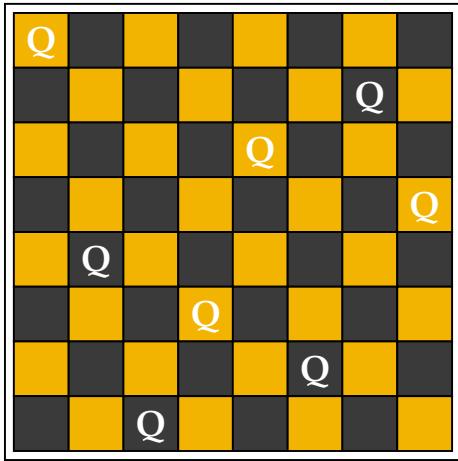
## 覆面算 (Cryptarithmetic)

$$\begin{array}{r}
 \text{SEND} \\
 + \text{MORE} \\
 \hline
 \text{MONEY}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \text{FORTY} \\
 + \text{TEN} \\
 \hline
 \text{SIXTY}
 \end{array}$$

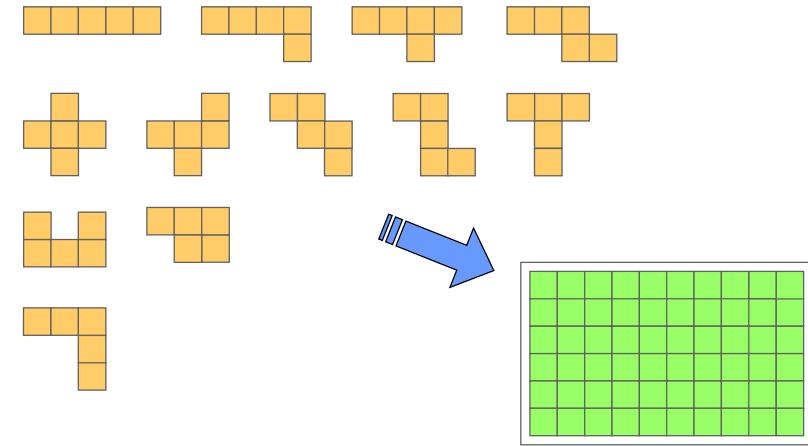
## Eight-Queens Problem



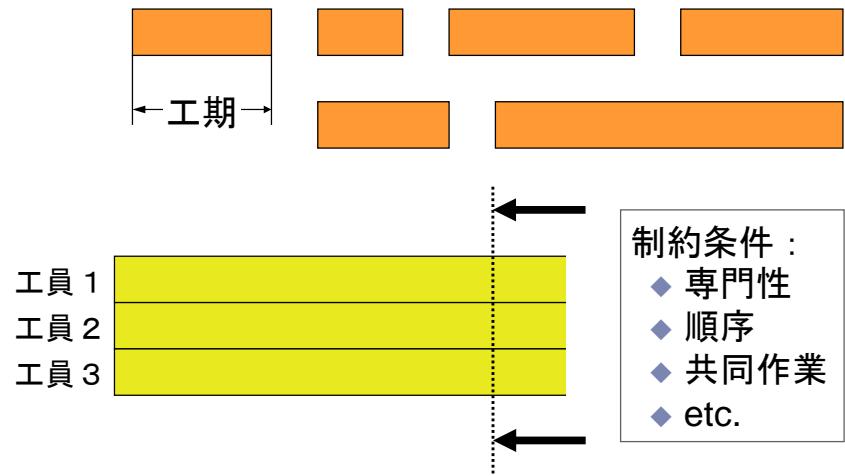
## Eight-Queens Problem



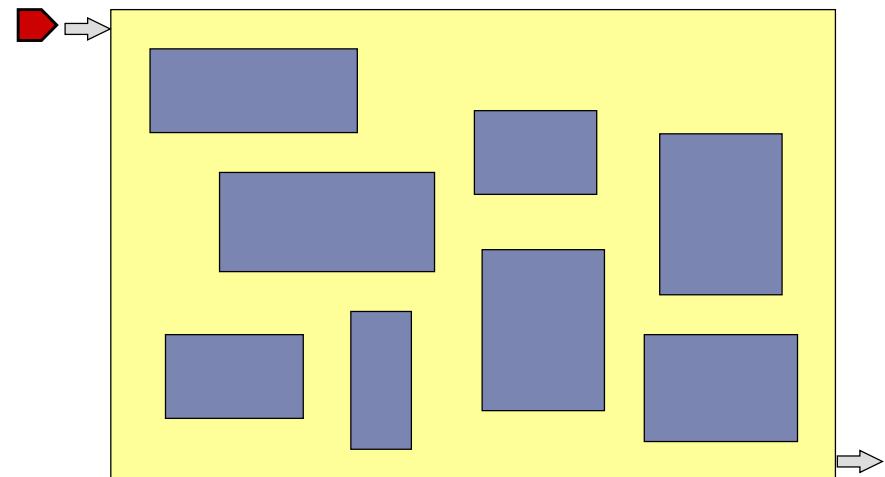
## Pentomino



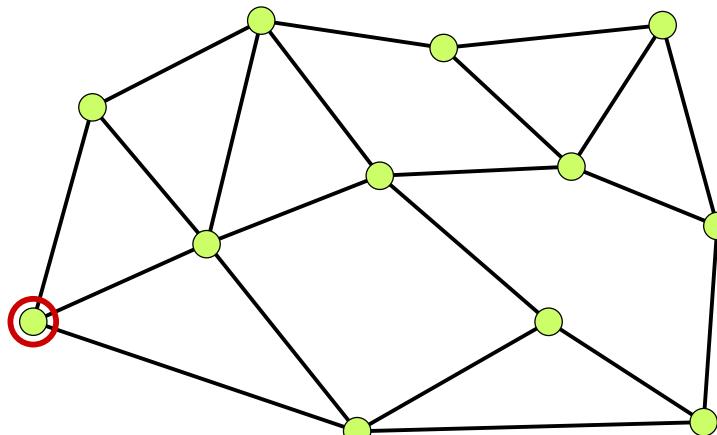
## 従業員スケジューリング



## ロボットの歩行経路



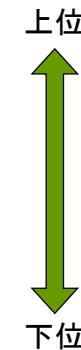
## 巡回セールスマン問題



- ◆ 応用：工作機械（ドリル等）の制御

## VLSI 設計

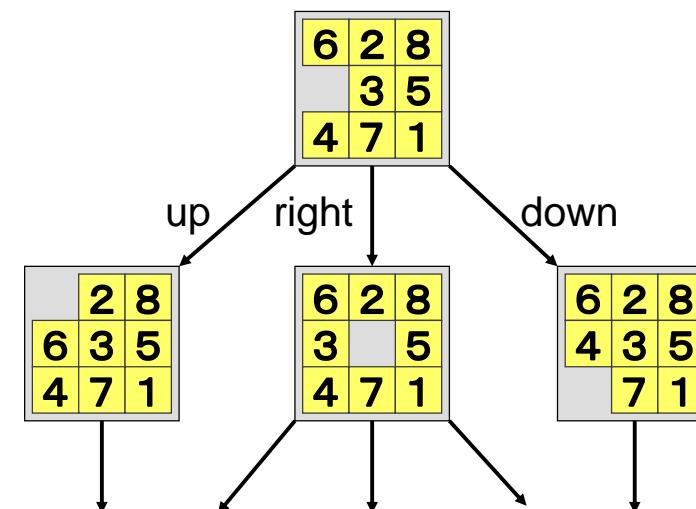
- ◆ アーキテクチャ設計
- ◆ 機能設計
- ◆ 論理設計
- ◆ 回路設計
- ◆ レイアウト設計
  - セルレイアウト
  - チャネルルーティング



## 探索問題

- ◆ 共通点
  - 問題空間 = 状態の集合 + 操作の集合
    - 探索グラフで書ける
  - 問題 = 問題空間
    - + 初期状態 + 目標状態(の集合)
    - 同じ状態の重複出現を許すことにすれば、初期状態を根とする探索木で書ける
- ◆ 相違点（バラエティ）
  - 手順発見型 vs. 制約充足型
  - 許容解の探索 vs. 最適解の探索

## 8パズルの探索木



## 覆面算の探索木

$$\begin{array}{r}
 \text{SEND} \\
 + \text{MORE} \\
 \hline
 \text{MONEY}
 \end{array}
 \quad \xrightarrow{\hspace{1cm}}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \text{SEND} \\
 + \text{1ORE} \\
 \hline
 \text{1ONEY}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \text{8END} \\
 + \text{1ORE} \\
 \hline
 \text{1ONEY}
 \end{array}$$
  

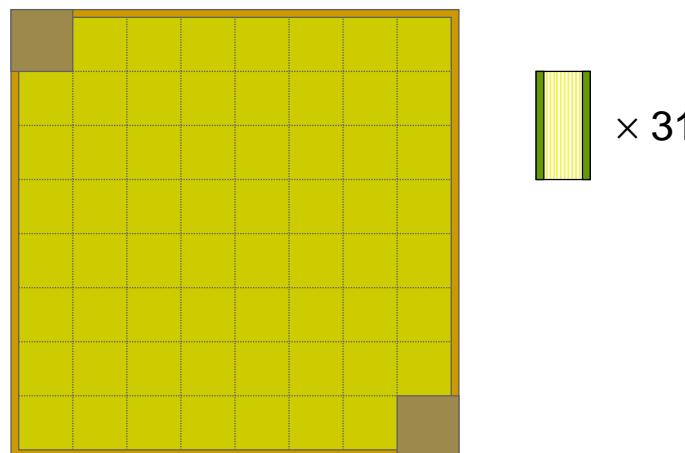
$$\begin{array}{r}
 \text{9END} \\
 + \text{1ORE} \\
 \hline
 \text{1ONEY}
 \end{array}
 \quad \xrightarrow{\hspace{1cm}}$$

## しかし、探索は最後の手段 . . .

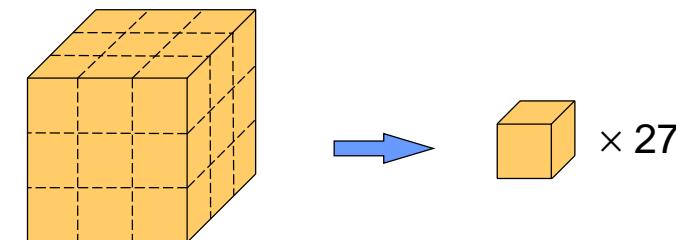
◆ 場合の数は指数関数的！

- 探索以外の方法で解けないか？
- 指数関数の底 (base) を小さくできないか？

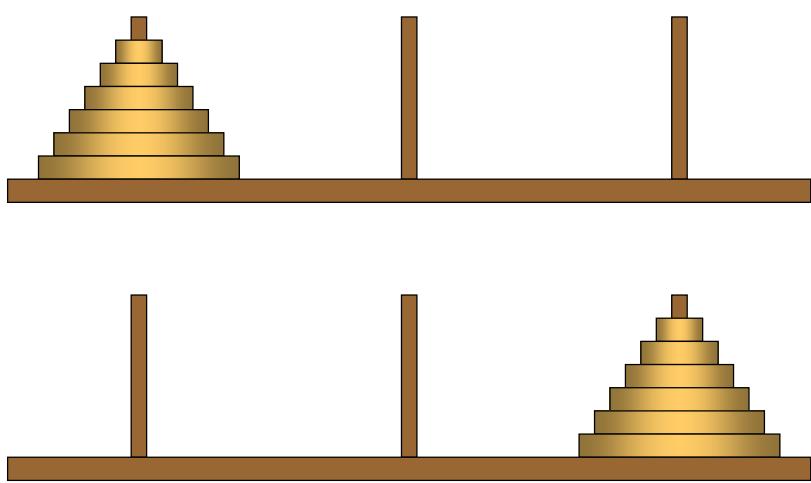
## 畳敷詰め問題



## 立方体切斷問題

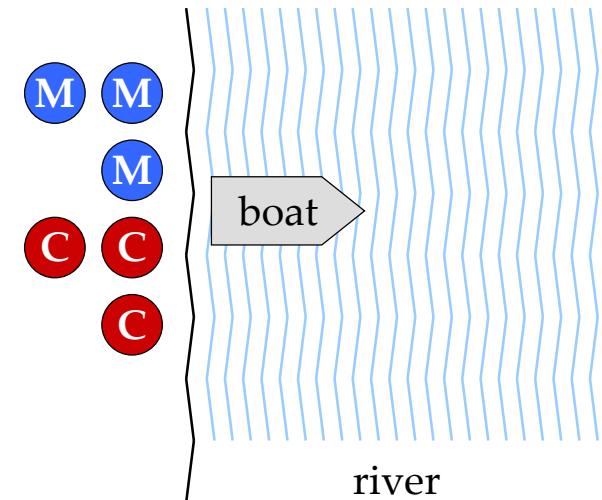


## ハノイの塔



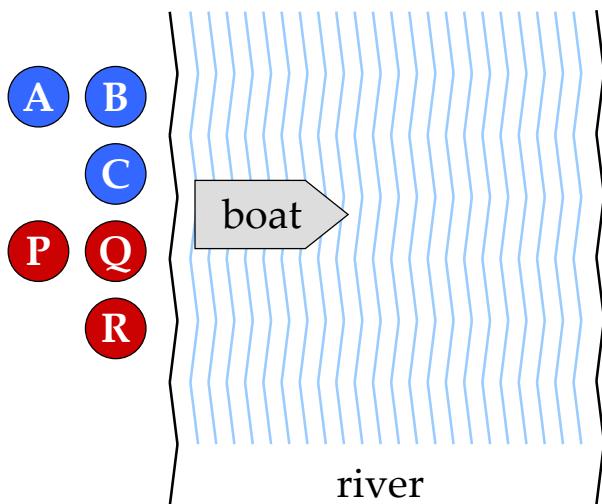
21

## Missionaries and Cannibals (1)



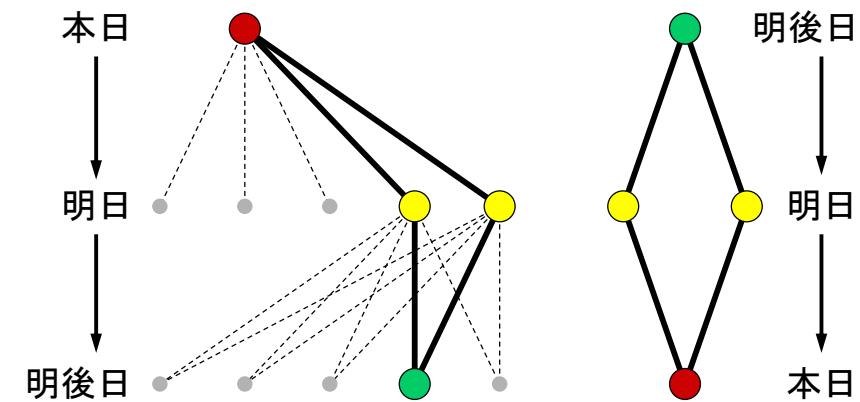
22

## Missionaries and Cannibals (2)



23

## 前向き推論と後向き推論



24