

# 人工知能入門

## -探索による人工知能-

---

### Lecture 8

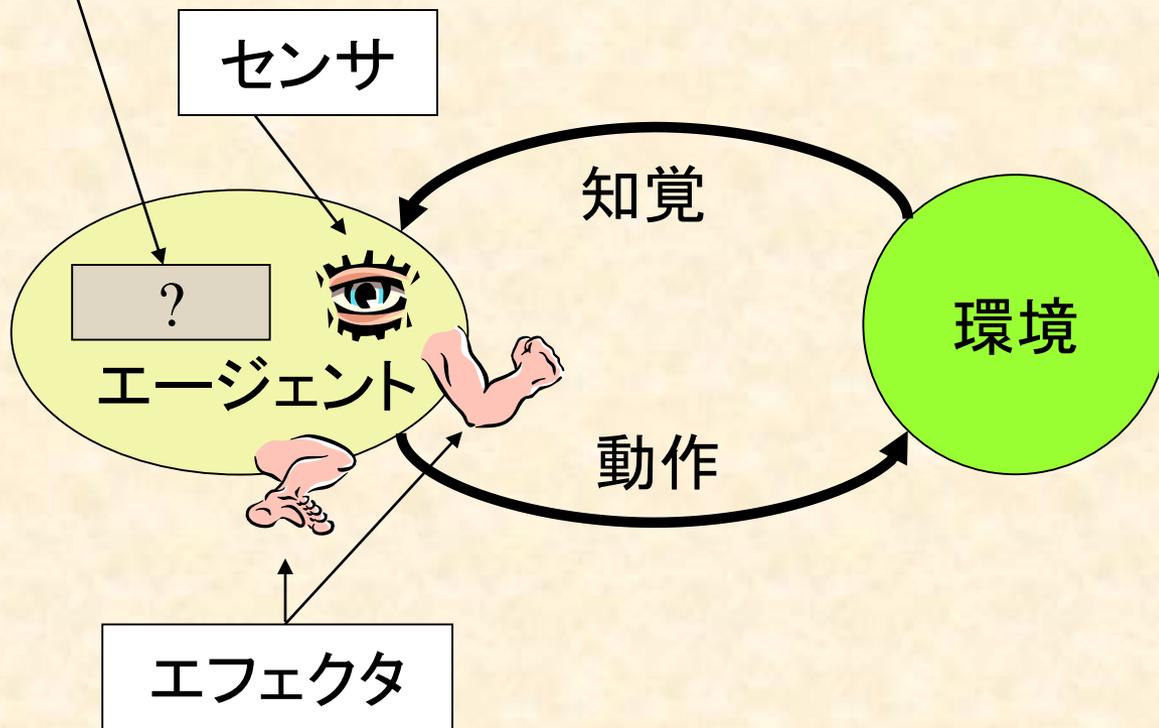
### 深さ制限探索と反復深化探索

<http://www2.teu.ac.jp/gamelab/LECTURES/ArtificialIntelligence/index.html>

---

# 合理的エージェント

この設計方法は？



# 一般的探索アルゴリズム

---

**function** General-Search(*problem*, *Queuing-Fn*)

**returns** a solution, or failure

*nodes* ← Make-Queue(Make-Node(Initial-State[*problem*]))

**loop do**

**if** Empty?(*nodes*) **then return** failure

*node* ← Remove-Front(*nodes*)

**if** Goal-Test[*problem*] applied to State(*node*) succeeds

**then return** *node*

*nodes* ← Queuing-Fn(*nodes*, Expand(*node*, Operators[*problem*]))

**end**

# 探索戦略

## 探索戦略の評価

---

### ✦ 探索戦略の評価

- ◆ 完全性
- ◆ 時間計算量
- ◆ 空間計算量
- ◆ 最適性

# 探索戦略

## 探索戦略の種類

---

### ✦ 情報のない探索 (盲目探索)

- ◆ 現在の状態からのゴールに至るステップの数や経路コストに関する情報を持たない
- ◆ ゴール状態と非ゴール状態との区別することだけ

### ✦ 情報のある探索 (ヒューリスティック探索)

- ◆ ゴールに近そうな状態を先に展開する等の情報を利用する探索戦略

# 盲目探索

---

- ✦ 幅優先探索
- ✦ 均一コスト探索
- ✦ 深さ優先探索
- ✦ 深さ制限探索
- ✦ 反復深化探索

# 盲目探索

## 深さ制限探索

---

### ✦ 深さ制限探索

- ◆ 経路の最大の深さに限界を課す
- ◆ 実現: アルゴリズムはこの深さ限界をパラメータとして受け取り、その限界を超えるノードは展開されない
- ◆ ルーマニアの例の場合: 最長の経路の長さは19

### ✦ 完全性はあるが、最適性はない

- ◆ ルーマニアの例: 最短経路を見つける保証はない
- ◆ 最大深さは小さすぎたら完全でもない

### ✦ 制限深さは $l$ とすると

- ◆ 時間計算量:  $O(b^l)$
- ◆ 空間計算量:  $O(bl)$

# 盲目探索

---

- ✦ 幅優先探索
- ✦ 均一コスト探索
- ✦ 深さ優先探索
- ✦ 深さ制限探索
- ✦ 反復深化探索

# 盲目探索

## 反復深化探索

### ✦ 良い制限をどう選ぶか？

- ◆ ルーマニアの例: 空間の直径は19ではなく、9である
- ◆ ほとんどの問題に対して、良い深さ制限は分からない

### ✦ 反復深化探索

- ◆ すべての可能な深さ限界を試す
- ◆ 幅優先探索と同じように、最適で完全である上、深さ優先探索の適度なメモリだけを必要とする

**function** Iterative-Deepening-Search(*problem*) **returns** a solution sequence

**inputs:** *problem*

**for** *depth*  $\leftarrow$  0 **to**  $\infty$  **do**

**if** Depth-Limited-Search(*problem*, *depth*) succeeds

**then return** its result

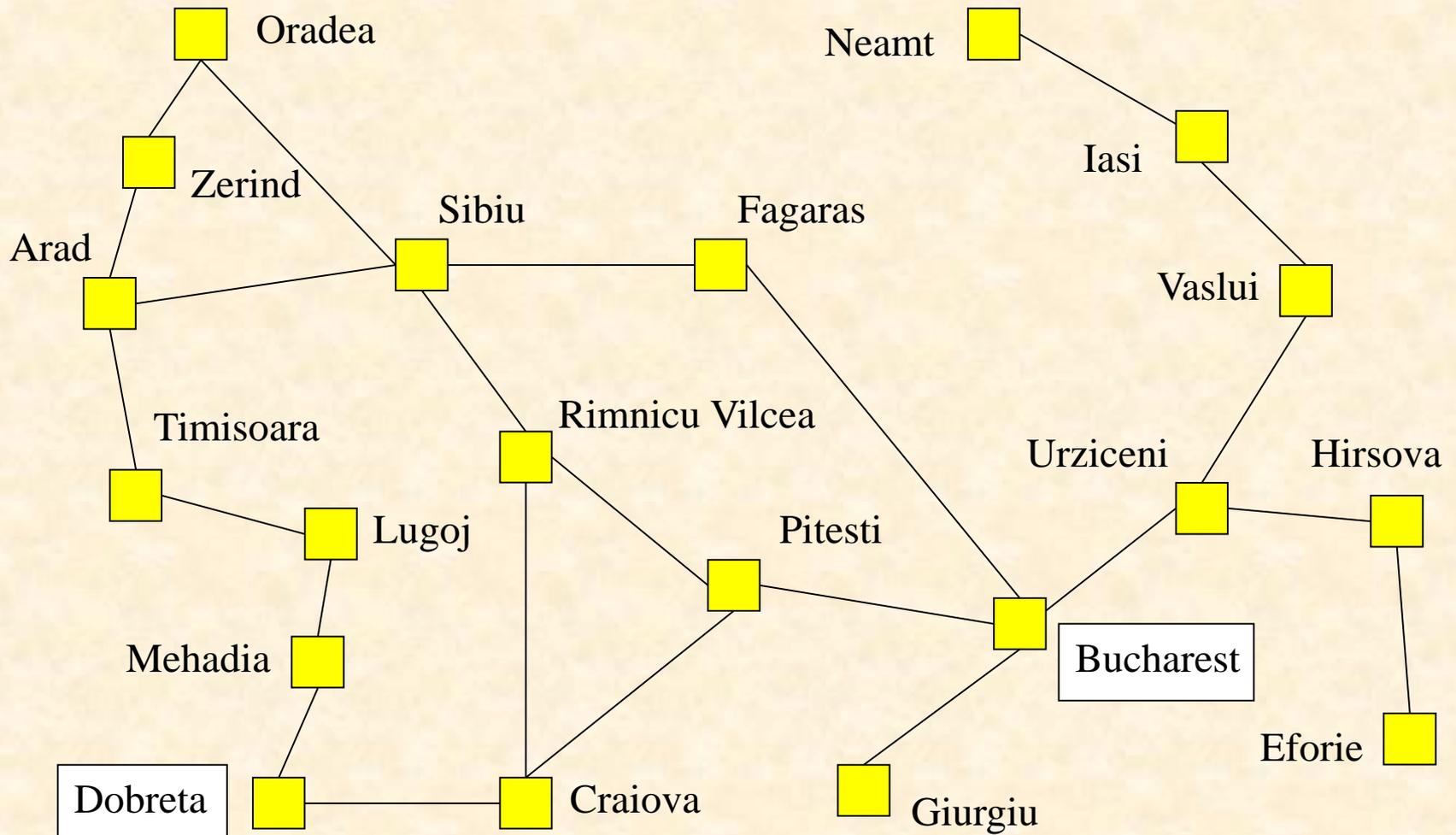
**end**

**return** failure



# 反復深化探索

## 演習問題8: DobretaからBucharestへ



# 盲目探索

## 反復深化探索

- 
- ✦ 反復深化探索は無駄であるように見える
    - ◆ 非常に多くの状態が複数回展開される
  - ✦ ほとんどの問題に対して、このオーバーヘッドは少ない
    - ◆ ほとんどすべてのノードは最下部レベルにある
  - ✦ 分枝度 $b$ と深さ $d$ の探索の場合
    - ◆ 深さ制限探索の展開の数
      - $1+b+b^2+b^3+\dots+b^{d-2}+b^{d-1}+b^d$
      - $b=10$ と $d=5$ の場合: 展開の数は111,111
    - ◆ 反復深化探索
      - $(d+1)1+(d)b+(d-1)b^2+\dots+3b^{d-2}+2b^{d-1}+1b^d$
      - $b=10$ と $d=5$ の場合: 展開の数は123,456
  - 11%しか差がない
  - ✦ 反復深化探索はいつ使うか？
    - ◆ 探索空間が大きく、解の深さが知られていないとき

# 盲目探索の比較

評価基準	幅優先	深さ優先	深さ制限	反復深化
時間	$b^d$	$b^m$	$b^l$	$b^d$
空間	$b^d$	$bm$	$bl$	$bd$
最適性	Yes	No	No	Yes
完全性	Yes	No	Yes, if $l \geq d$	Yes

$b$ は分枝度;  $d$ は解の深さ;  $m$ は探索木の最大の深さである;  
 $l$ は深さの限界である

# まとめ

---

## ✦ 深さ制限探索

- ◆ 経路の最大の深さを設定する
- ◆ 完全性はあるが、最適性はない
- ◆ 最大深さは小さすぎたら完全でもない

## ✦ 反復深化探索

- ◆ すべての可能な深さ限界を試す
- ◆ 幅優先探索と同じように、最適で完全である上、深さ優先探索の適度なメモリだけを必要とする
- ◆ 無駄が多いに見えるが、オーバヘッドは少ない
- ◆ 一番多く使われている盲目探索法

# ミニテストについて

---

★ 明日の朝は2回目のミニテストを行う

- ◆ 持ち込み可
- ◆ 遅刻しないように
- ◆ 内容: 盲目探索(第5回～第8回)