

# 人工知能—AI の基礎から知的探索へ：演習問題解答例

## 第 2 章 問題の定式化と探索

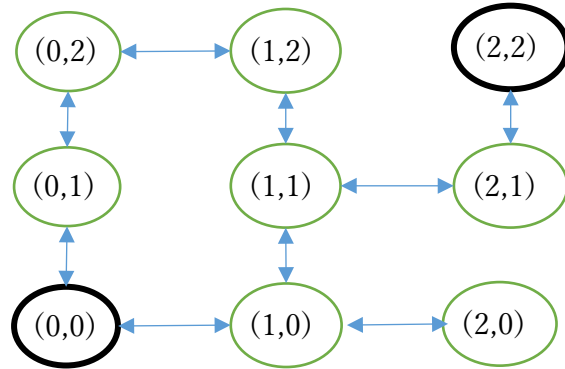


図 2.2 迷路問題のグラフ表現

演習問題 2.1 表 2.3 と同じように、幅優先探索を利用して図 2.2 の迷路問題を解け。キューの使い方について必要があれば、例えば参考文献[1]の第 1 巻を参照せよ。

解答：

ステップ	Open List	Closed List (追加分)
0	(0,0)	--
1	(0,1) $\leftarrow$ (0,0); (1,0) $\leftarrow$ (0,0)	(0,0)
2	(1,0) $\leftarrow$ (0,0); (0,2) $\leftarrow$ (0,1)	(0,1)
3	(0,2) $\leftarrow$ (0,1); (1,1) $\leftarrow$ (1,0); (2,0) $\leftarrow$ (1,0)	(1,0)
4	(1,1) $\leftarrow$ (1,0); (2,0) $\leftarrow$ (1,0); (1,2) $\leftarrow$ (0,2)	(0,2)
5	(2,0) $\leftarrow$ (1,0); (1,2) $\leftarrow$ (0,2); (2,1) $\leftarrow$ (1,1)	(1,1)
6	(1,2) $\leftarrow$ (0,2); (2,1) $\leftarrow$ (1,1)	(2,0)
7	(2,1) $\leftarrow$ (1,1)	(1,2)
8	(2,2) $\leftarrow$ (2,1)	(2,1)
9	(2,2)は目標であるため、終了。	

求めた経路：(2,2) $\leftarrow$ (2,1) $\leftarrow$ (1,1) $\leftarrow$ (1,0) $\leftarrow$ (0,0)

演習問題 2.2 ハノイの塔問題に対して、探索グラフのノード数を求めよ。また、問題の解の一つを与えよ。

解答：

可能な状態は、以下のようになるので、探索グラフのノード数が 27 である。

1. (000|000|123)
2. (000|001|023)
3. (001|000|023)
4. (000|002|013)
5. (002|000|013)
6. (000|003|012)
7. (003|000|012)
8. (000|012|003)
9. (001|002|003)
10. (002|001|003)
11. (012|000|003)
12. (000|013|002)
13. (001|003|002)
14. (003|001|002)
15. (013|000|002)
16. (000|023|001)
17. (002|003|001)
18. (003|002|001)
19. (023|000|001)
20. (000|123|000)
21. (001|023|000)
22. (002|013|000)
23. (003|012|000)
24. (012|003|000)
25. (013|002|000)
26. (023|001|000)
27. (123|000|000)

以下は一つの解である：

(123|000|000) → (023|001|000) → (003|001|002)  
→ (003|000|012) → (000|003|012) → (001|003|002)  
→ (001|023|000) → (000|123|000)

この問題からわかるように、円盤の数が大きくなると、状態数が非常に大きくなるので、探索グラフを直接に利用すると必ずしも効率的ではない。インターネットでより賢い解決方法を見つけてみてください。

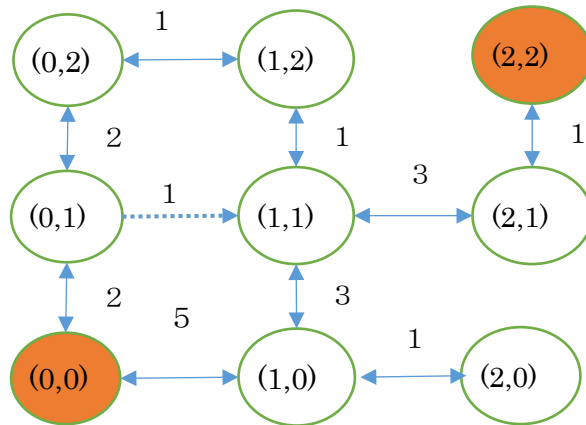


図 2.7 コストを考慮した迷路問題

演習問題 2.3 図 2.7 の探索グラフのノード(0,1)と(1,1)の間に、コストが1であるエッジを追加した場合、初期ノードから目標ノードまでの最短経路をアルゴリズム II で探索せよ。探索過程を表 2.5 と同じようにまとめよ。

解答

ステップ	Open List	Closed List (追加分)
0	{(0,0),0}	--
1	{(0,1)←(0,0),2}; {(1,0)←(0,0),5}	(0,0)
2	{(1,1)←(0,1),3}; {(0,2)←(0,1),4}; {(1,0)←(0,0),5}	(0,1)
3	{(0,2)←(0,1),4}; {(1,2)←(1,1),4}; {(1,0)←(0,0),5}; {(2,1)←(1,1),6}	(1,1)
4	{(1,2)←(1,1),4}; {(1,0)←(0,0),5}; {(2,1)←(1,1),6}	(0,2)
5	{(1,0)←(0,0),5}; {(2,1)←(1,1),6}	(1,2)
6	{(2,1)←(1,1),6}; {(2,0)←(1,0),6};	(1,0)
7	{(2,0)←(1,0),6}; {(2,2)←(2,1),7}	(2,1)
8	{(2,2)←(2,1),7}	(2,0)
9	(2,2)は目標ノードであるため、終了	

求めた経路 : (2,2)←(2,1)←(1,1)←(0,1)←(0,0)

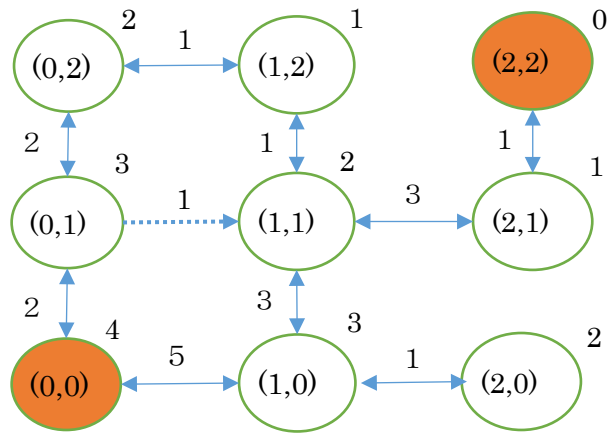


図 2.7' コストとヒューリスティックを共に考慮した迷路問題

演習問題 2.4 図 2.7 の探索グラフのノード(0,1)と(1,1)の間に、コストが 1 であるエッジを追加した場合、初期ノードから目標ノードまでの最短経路を A\*アルゴリズムで探索せよ。探索過程を表 2.9 と同じようにまとめよ。ただし、各ノードのヒューリスティック値は図 2.8 に示されている。

解答

図 2.7 と図 2.8 を合わせると、上の図 2.7' となる。各ノードの右上にある数字はそのノードのヒューリスティック値である。

ステップ	Open List	Closed List (追加分)
0	{(0,0),4}	--
1	{(0,1)←(0,0),5}; {(1,0)←(0,0),8}	{(0,0),4}
2	{(1,1)←(0,1),5}; {(0,2)←(0,1),6}; {(1,0)←(0,0),8}	{(0,1),5}
3	{(1,2)←(1,1),5}; {(0,2)←(0,1),6}; {(2,1)←(1,1),7}; {(1,0)←(0,0),8}	{(1,1),5}
4	{(0,2)←(0,1),6}; {(2,1)←(1,1),7}; {(1,0)←(0,0),8};	{(1,2),5}
5	{(2,1)←(1,1),7}; {(1,0)←(0,0),8};	{(0,2),6}
6	{(2,2)←(2,1),7}; {(1,0)←(0,0),8};	{(2,1),7}
7	(2,2)は目標ノードであるため、終了	

求めた解は以下のようなになる：

$(2,2) \leftarrow (2,1) \leftarrow (1,1) \leftarrow (0,1) \leftarrow (0,0)$

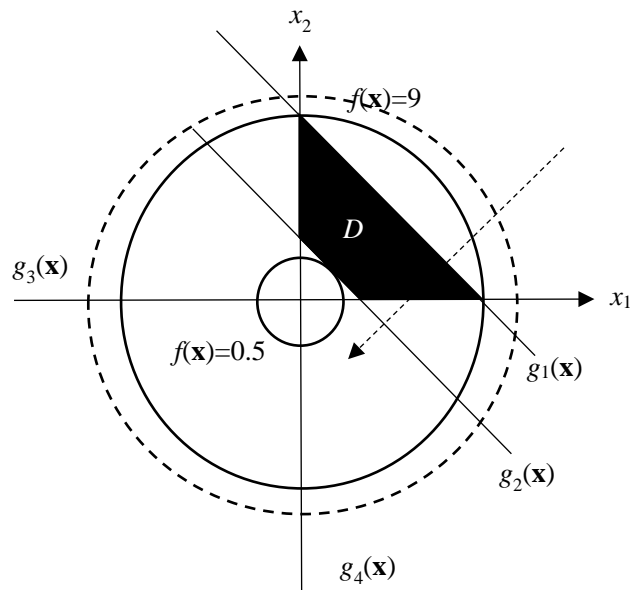


図 2.11' 問題 2.5 の図解

演習問題 2.5 例題 2.8 と同じ目的関数と制約条件を有する「最大化」問題を考える。図 2.11 を利用して、問題の最適解を求めよ。また、求めた最適解が大局的最適である理由を説明せよ。

解答

図 2.11 から、実行可能解集合  $D$  の中に属して、 $f(\mathbf{x})$  を最大にする点は直線  $g_1(\mathbf{x})$  と大きい円との交点である。すなわち、 $\mathbf{x}_1=(3,0)$  あるいは  $\mathbf{x}_2=(0,3)$  は最適解で、そのときの評価値は 9 である。また、 $f(\mathbf{x}) > 9$  にするためには、 $\mathbf{x}$  はより大きい円（破線で描かれる円）の上にならなければならない。しかし、そのとき  $\mathbf{x}$  が  $D$  に属さないため、 $f(\mathbf{x})=9$  よりも良い解は存在しない。