Teamsの科目チームの情報

授業構成と成績評価

- 1講時は講義，2講時は演習
- 講義資料の配布や、授業関係の連絡はすべてTeamsにて行う
- 講義資料は約1週間前に配布する（予習できるように）
- 演習課題は講義資料に含まれる
- 演習課題の提出：課題を完成した時点でTAを呼び、確認してもらう
- 演習課題の提出期限：その都度知らせる
- 「確認テスト」を第8回（最終回）の授業で実施する
  - 教室のパソコンのみ使用可
- 成績評価：演習50%, 確認テスト50%

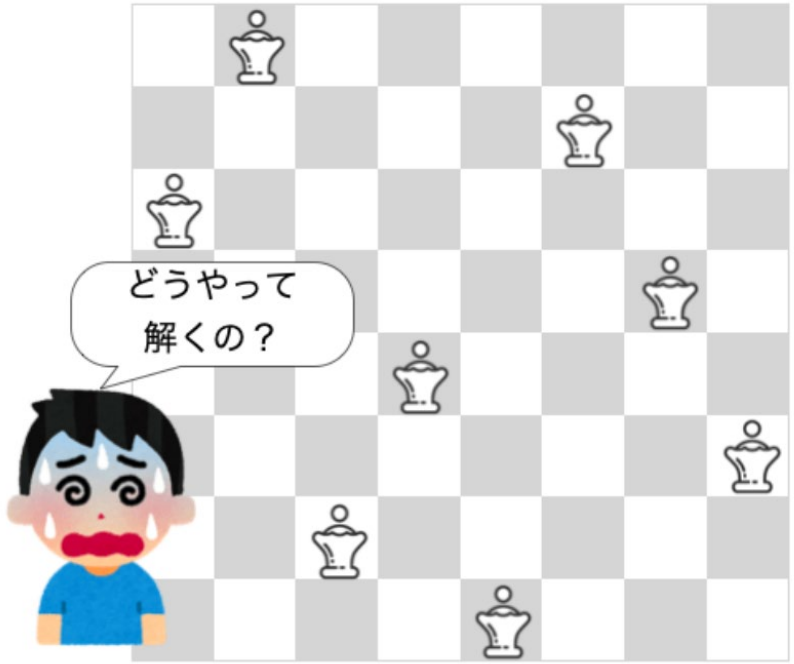
講義・演習

- 講義時は教室のパソコンをWindowsで立ち上げ、パソコン上に映っている教員のパワーポイントを見ながら受講する。教室のスクリーンにも映す予定
- 演習時は教室のパソコンをLinux(Ubuntu)で再起動して使用する。携帯PCもOK
  - 教室PCと携帯PC間のデータのやり取りはたとえばGoogle Driveを通じて行うことができる
- 演習時に質問等があれば挙手、TAさん・教員が直接対応
- 演習課題のチェックも挙手、TA・教員が直接対応

Nクイーン問題
（再帰アルゴリズム）

Nクイーン問題とは

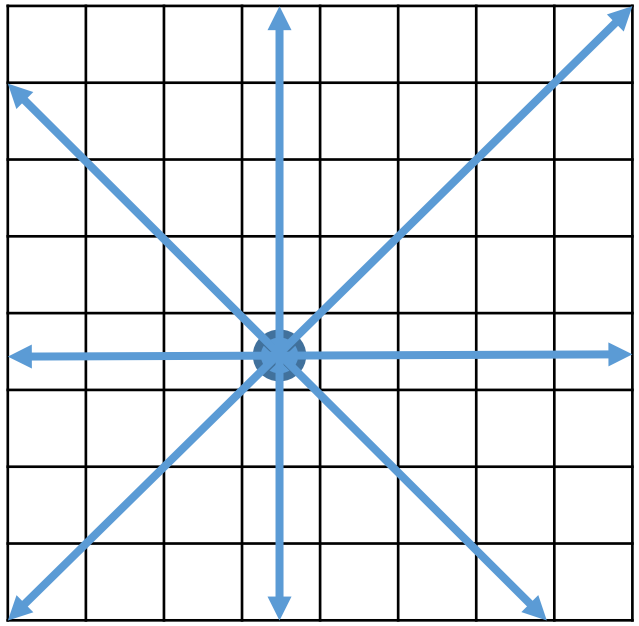
- N×Nのチェス盤上にクイーンをN個置き、どのクイーンも他のクイーンに1手で取られないような配置にせよ、というパズル
- N=8の場合は8クイーン問題（エイト・クイーン）



Nクイーン問題とは

- チェスのルールとして、クイーンは、図のように自分の場所から縦・横・斜めの方向に何マスでも動くことができる

- コマ互いに横・縦・斜め上に配置しないようにしないといけない



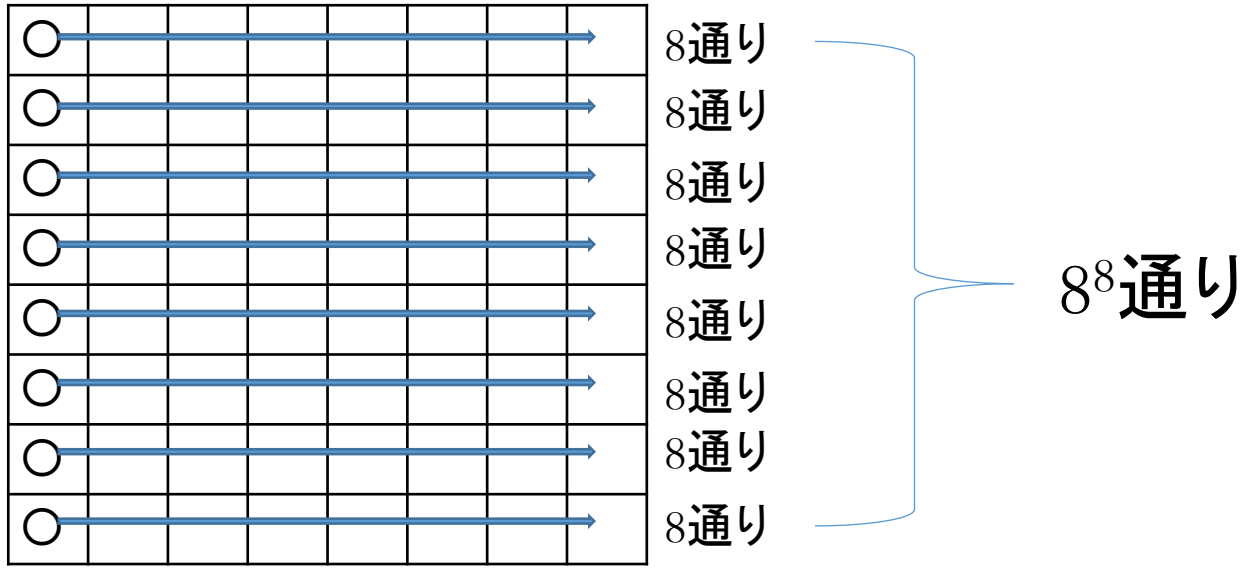
解き方

- N個のクイーンの置き方すべてを調べる場合
  - N=8の場合、C_{64}^{8}=4,426,165,368通りの置き方…44億通り以上

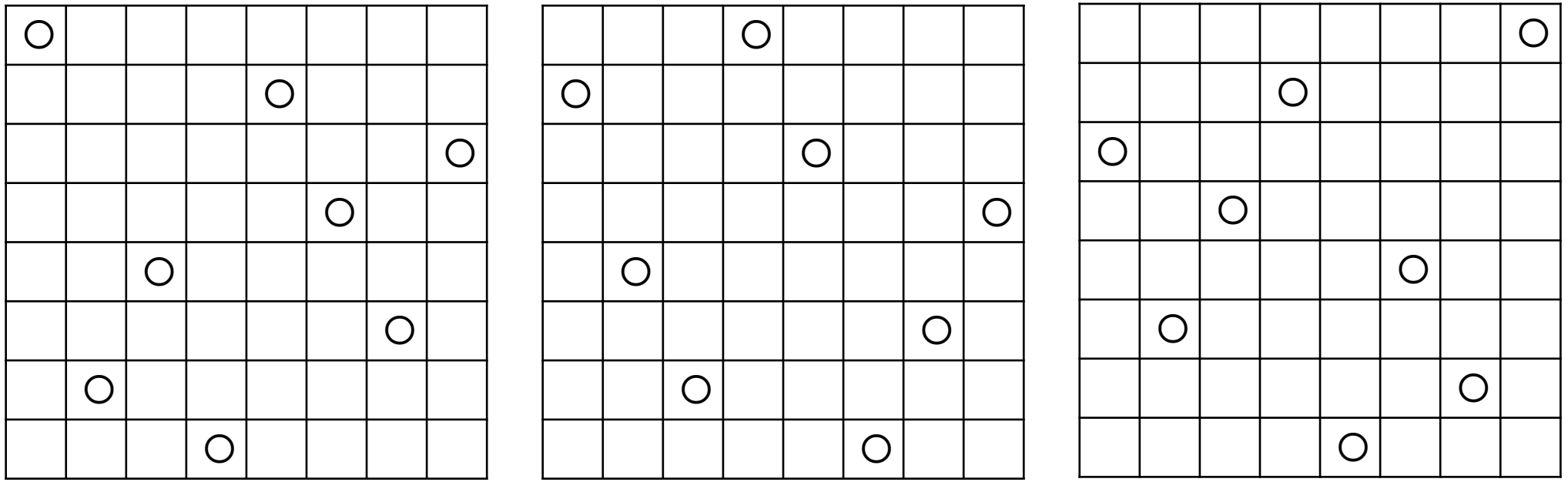
- 1行には1個のクイーンしか置けないことを利用して置き方を調べる場合
  - N=8の場合、8^8= 1,6777,216の置き方...1千6百万以上

- 方法1：すべての置き方を多重ループで作成・チェックする方法
- 方法2：深さ優先探索で作成・チェックする方法（再帰）
- 方法3：方法2へのちょっとした改良や、バックトラック法

8^8個の置き方（解候補）

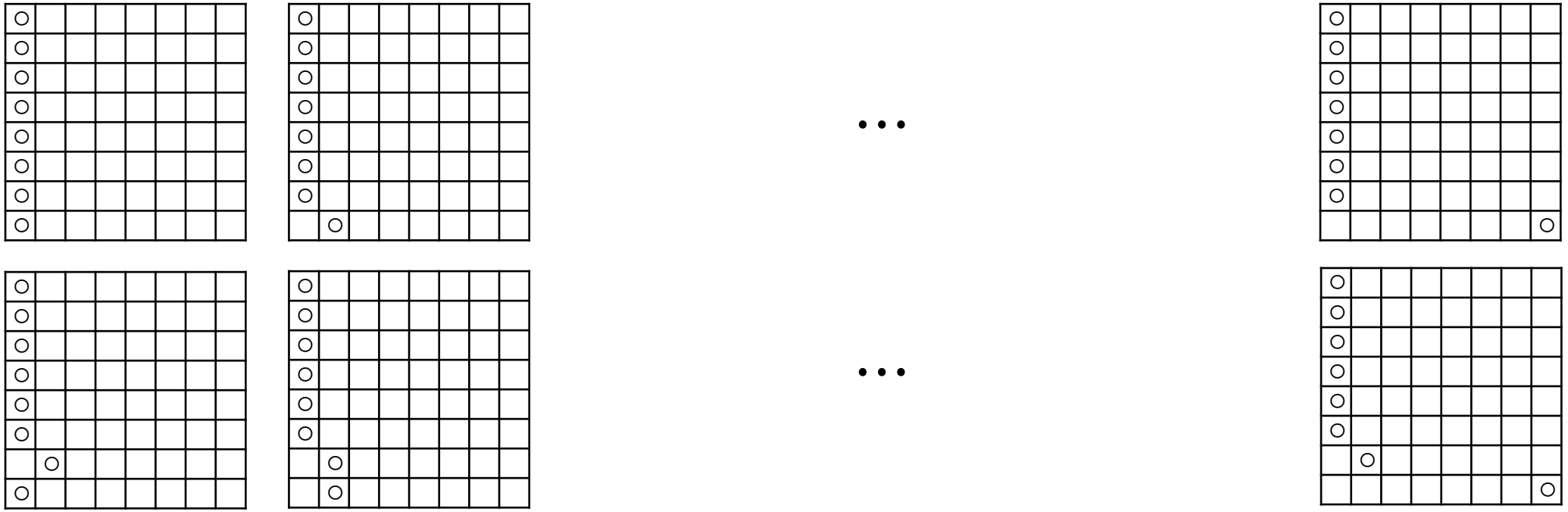


解（計92個）の例



多重ループの方法

- すべての場合（解候補：8^8）を8重のfor文で作成し、その一つ一つの置き方を調べる（解を求める）という方法



多重ループ方法の問題点

- Nが大きくなると、プログラムの構造が非常に複雑になる
- そもそもfor文を使う以上、Nが固定のプログラムしか書けない

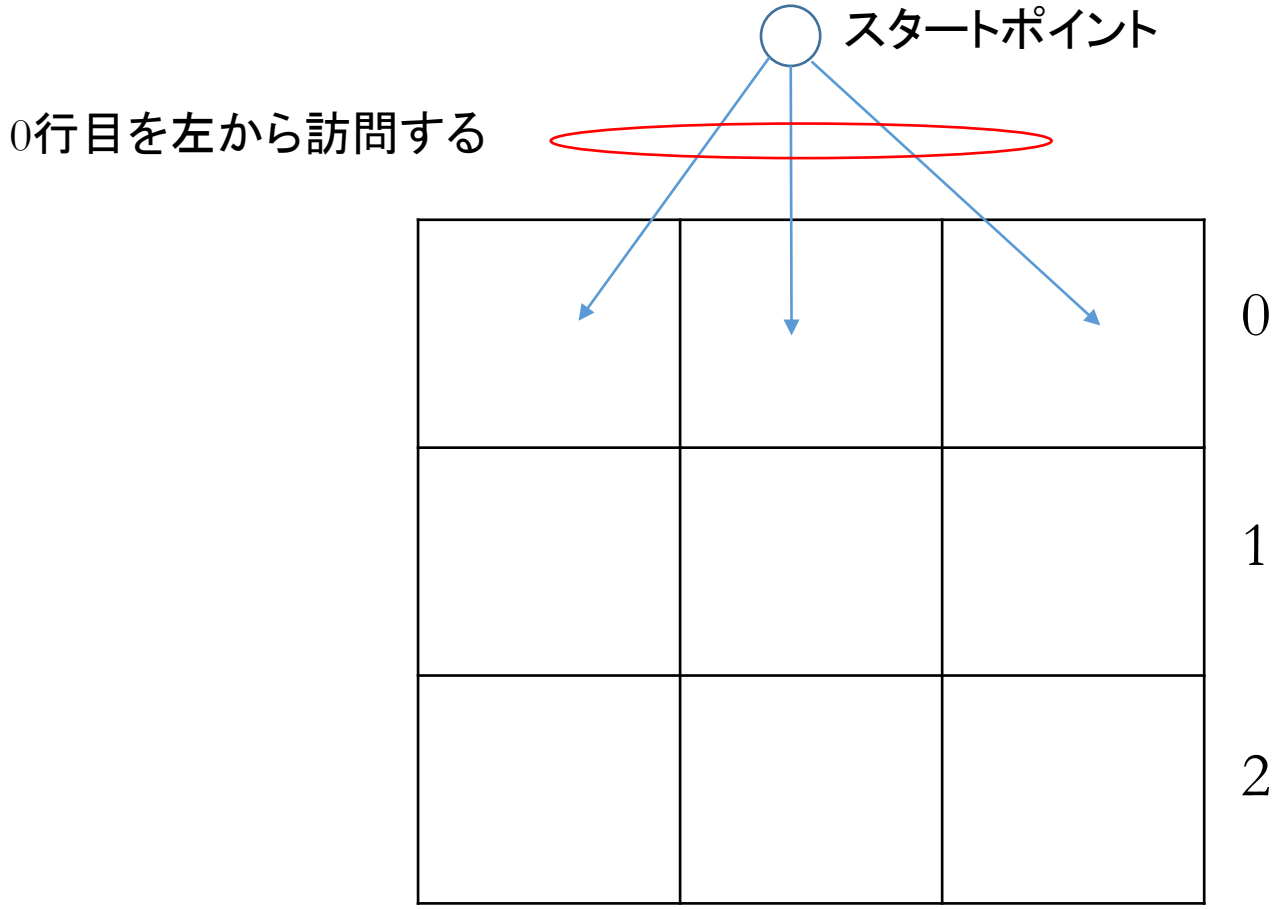
- 「深さ優先探索」というアアプローチ（再帰で実現）

再帰とは

- 3Qで習った、「クイックソートの手順」の中に「クイックソートの手順」を呼び出す、というような、自分自身を呼び出す処理を再帰処理という。
- プログラム的に書くと、以下のようなもの。

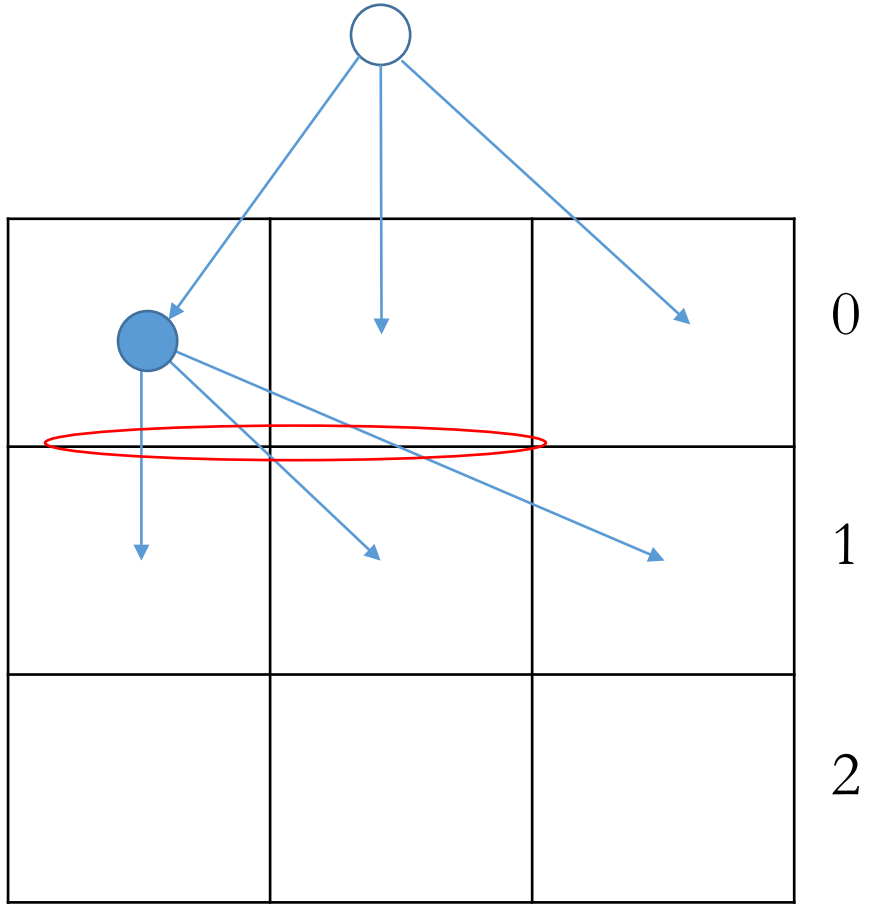
```
void proc(){
        ⋮
    proc();
        ⋮
}
```

Nクイーン問題の深さ優先探索



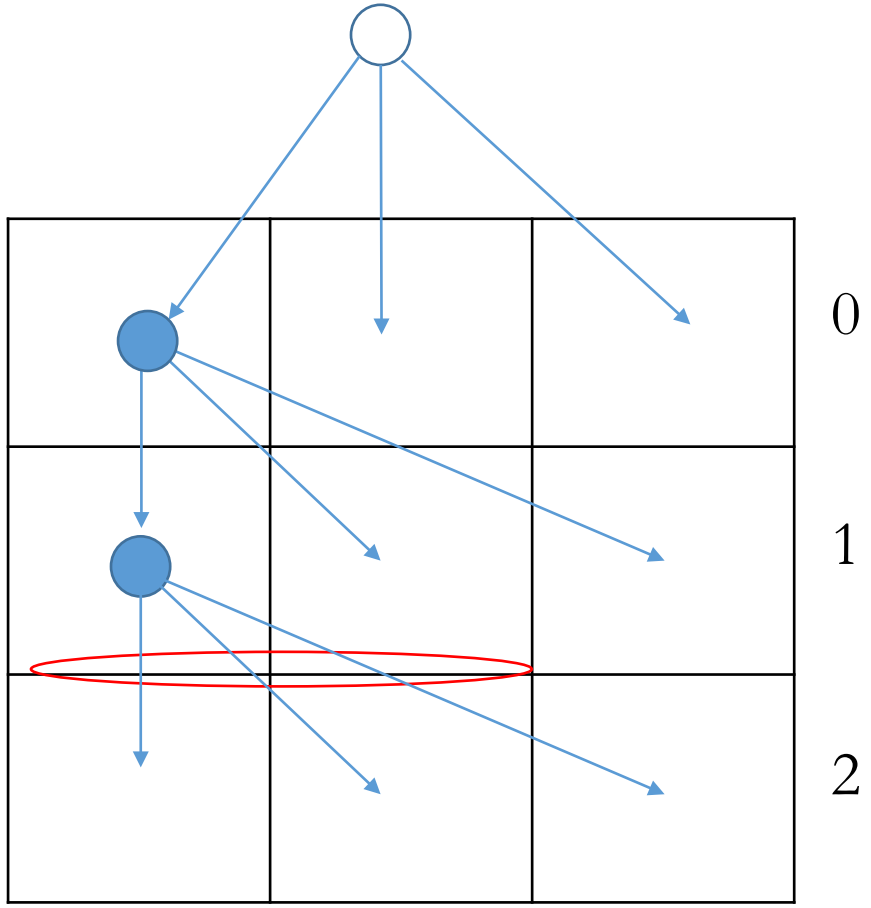
Nクイーン問題の深さ優先探索

0行目の一番左を訪問し、クイーンを置き、1行目を左から訪問する



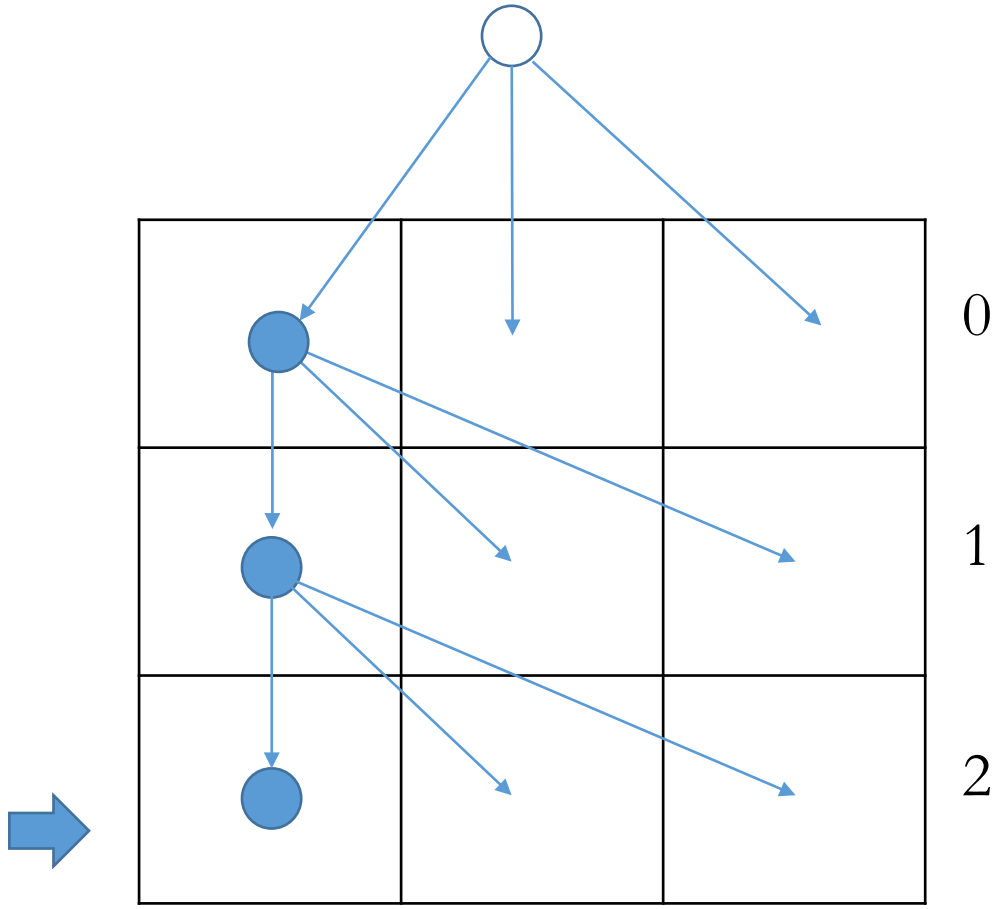
Nクイーン問題の深さ優先探索

1行目の一番左を訪問し、クイーンを置き、2行目を左から訪問



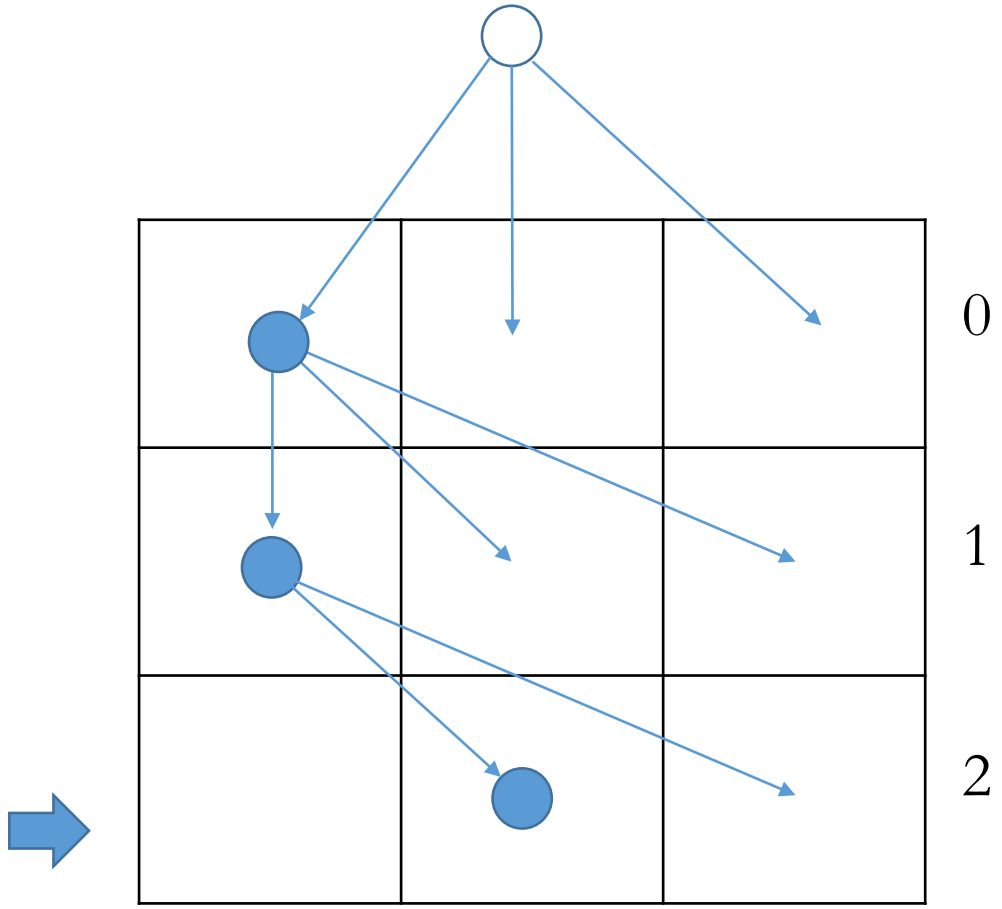
Nクイーン問題の深さ優先探索

2行目の一番左を訪問、クイーンを置き、（行き止まりなので）1つの解候補を得、同じ行のその次から訪問

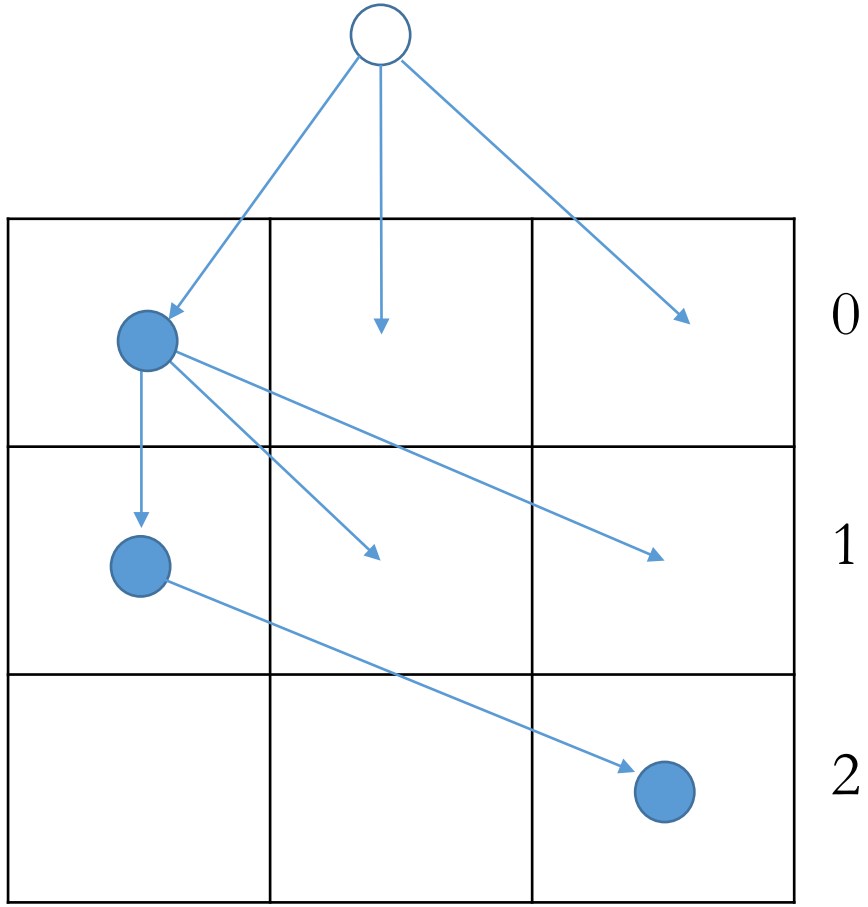


Nクイーン問題の深さ優先探索

中央を訪問しクイーンを置き、（行き止まりなので）1つの解候補を得、同じ行の最も右を訪問



Nクイーン問題の深さ優先探索

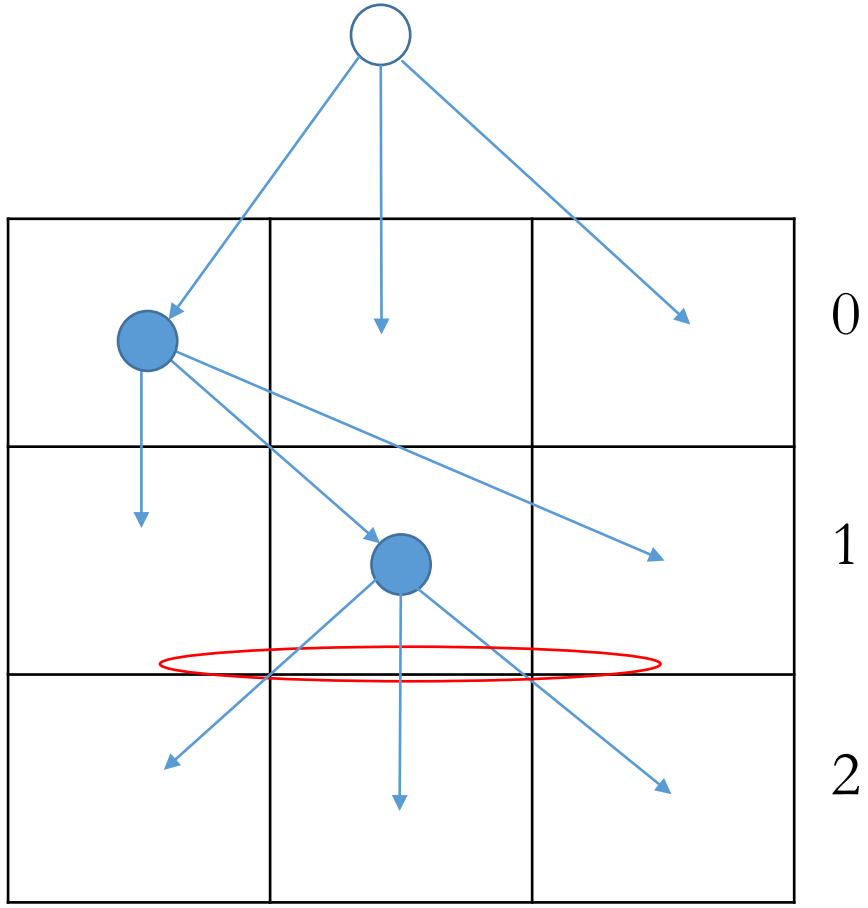


最も右を訪問しクイーンを置き、（行き止まりなので）1つの解候補を得る。この行が探索済みなので、1行目に戻って未探索の場所から訪問

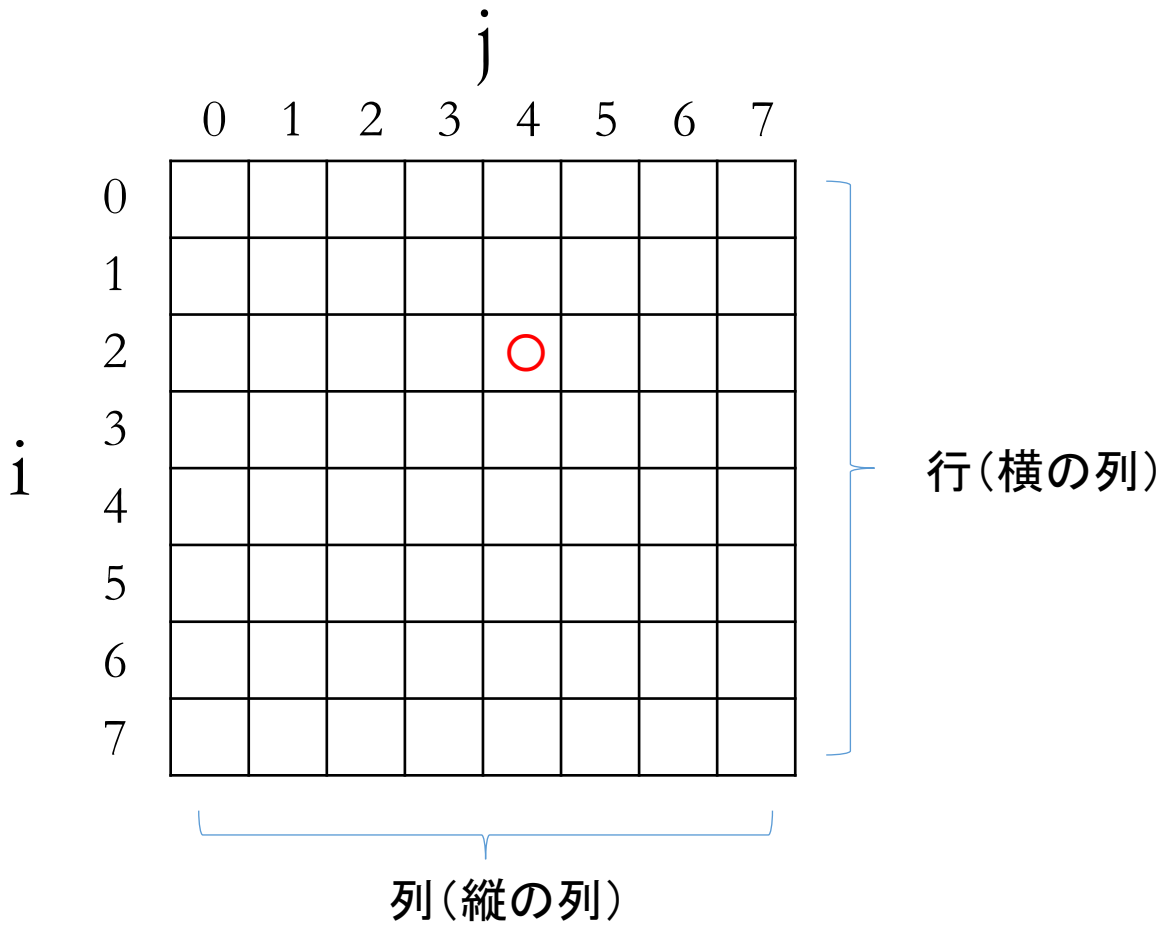
Nクイーン問題の深さ優先探索

1行目の中央を訪問しクイーンを置き、2行目を左から訪問。

このようにしていくと、0行目に戻る。ここからさらに探索していく。最終的にすべての場所が探索済みとなって、処理が終了



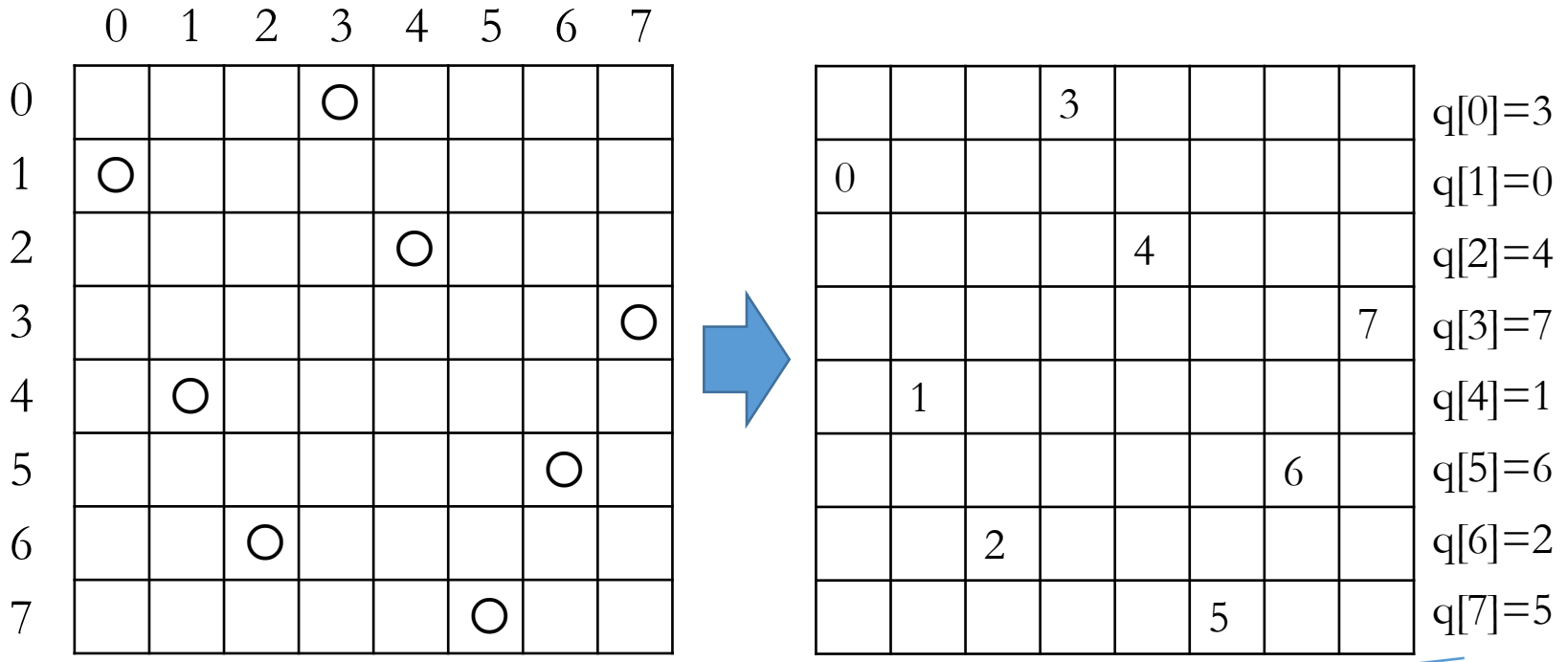
解の表現



1行にクイーン1個しかおけないので、
i行目の, クイーンの置かれた場所（列番号）を、q[i]で記憶すればよい。
左図の場合：q[2]=4
つまり、q[i]が分かれば、
(i, j)=(i, q[i])...i行目q[i]列目にクイーンが置かれていることがわかる
左図の場合i=2, j=q[2]=4

q[i]は1次元配列qのi番目の要素

解の表現

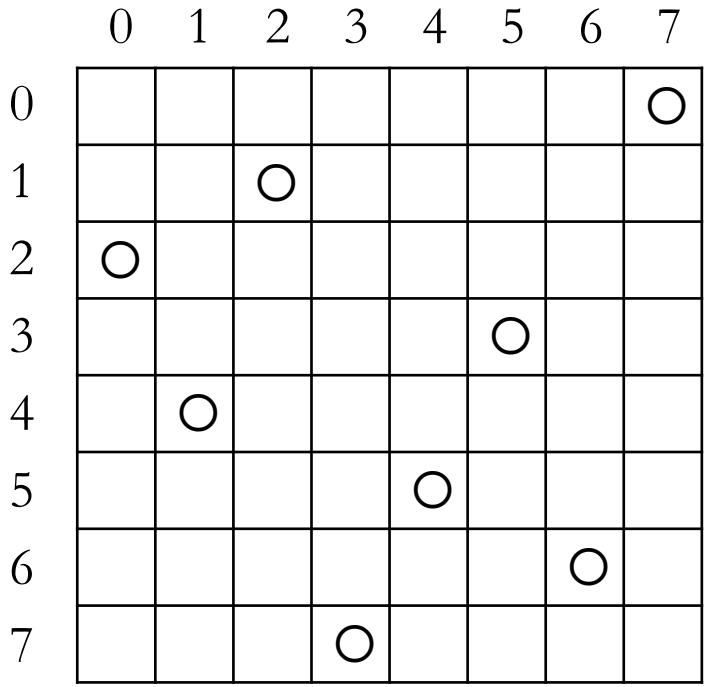


解

q: 3 0 4 7 1 6 2 5　　or　(0,3) (1,0) (2,4) (3,7) (4,1) (5,6) (6,2) (7,5)

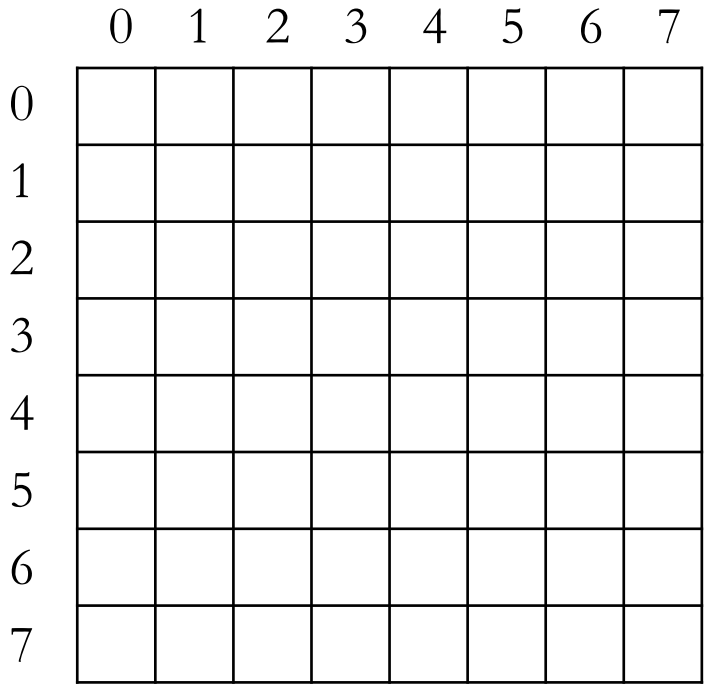
Question

- 解として、8クイーンが以下のように配置された場合、その解を表現する1次元配列qの中身を答えなさい。



Question

- q[5]=3だとして、クイーンはどこに置く？



結局、Nクイーン問題は

- 左の探索空間から解候補q(すべて)を深さ優先探索で見つけ、それらをチェックして解q(すべて)を求めること

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	2	3	4	5	6	7
1	0	1	2	3	4	5	6	7
2	0	1	2	3	4	5	6	7
3	0	1	2	3	4	5	6	7
4	0	1	2	3	4	5	6	7
5	0	1	2	3	4	5	6	7
6	0	1	2	3	4	5	6	7
7	0	1	2	3	4	5	6	7

探索空間

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0							
1		1						
2			2					
3			2					
4				3				
5					4			
6						5		
7						5		

解候補q
解 ×

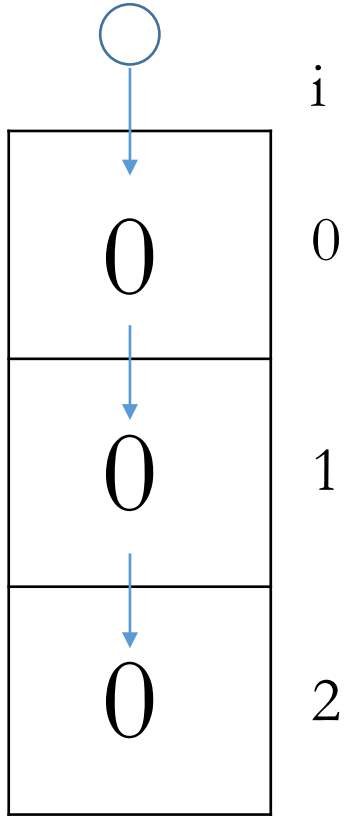
	0	1	2	3	4	5	6	7
0								7
1			2					
2	0							
3						5		
4		1						
5					4			
6							6	
7				3				

解候補q
解〇

盤面が縦1列のプログラム

- ここでは0列目を考える。つまり、
- N=3なら1次元配列qを、q[0]=0, q[1]=0, q[2]=0の順に再帰的にセットする
- そのため、
  - i=0とし、i行目を訪問し、q[i]=0をセット
  - 次の行(i=1)を訪問し、q[i]=0をセット
  - 次の行(i=2)を訪問し、q[i]=0をセット
  - 訪問すべき行がないので終了

  ということができればよい



盤面が縦1列のプログラム

- プログラムの基本形

```
void visit(int q[], int i) // iを訪問
{
    q[i]=0;
    visit(q, ?); // 次の行を訪問
}
int main(void)
{
    visit(q, 0);   // i=0を訪問
    return 0;
}
```

盤面が縦1列のプログラム

- プログラムの基本形

```
void visit(int q[], int i)
{
      q[i]=0;
      visit(q, ?);
}
int main(void)
{
      visit(q, 0);   // i=0を訪問
      return 0;
}
```

- しかしこれだと無限ループになってしまう！！
- N個置かれたら終わるように「終了チェック」を入れる必要がある

- iとNの関係をチェックすればよい

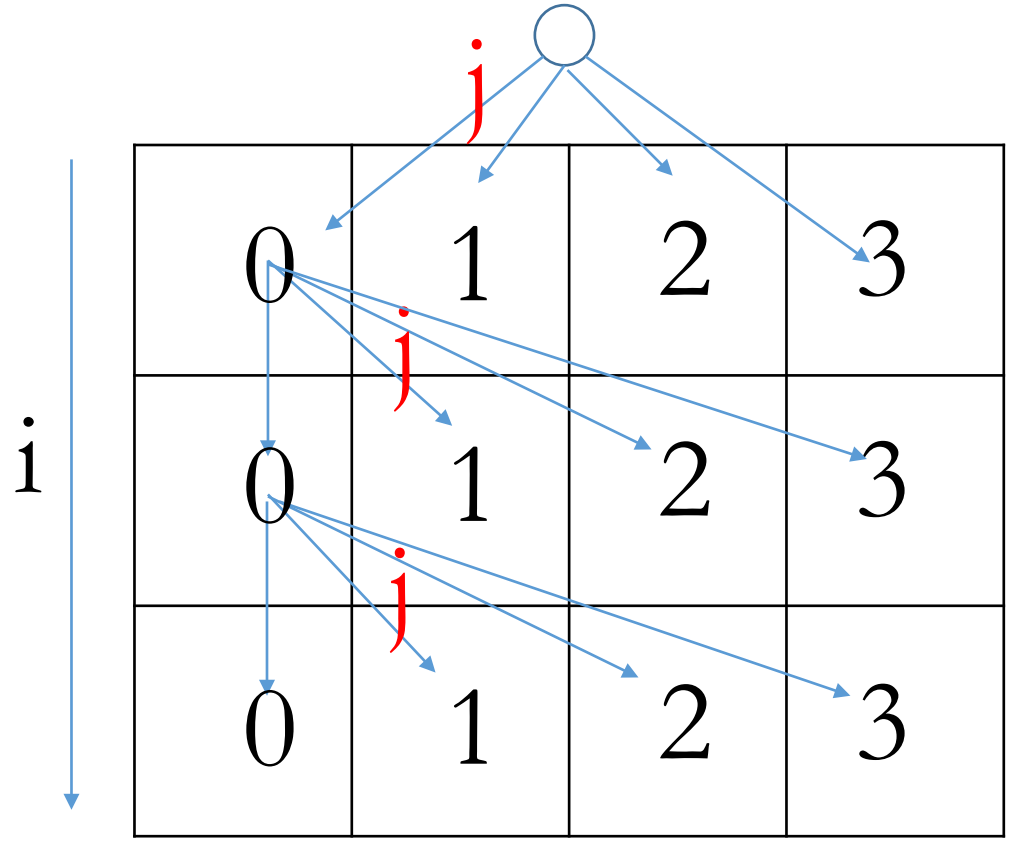
盤面が縦1列のプログラム

- プログラムの基本形

```
void visit(int q[], int i)
{
        i, Nの関係をチェック
        q[i]=0;
        visit(q, ?);
}
int main(void)
{
      visit(q, 0);   // i=0で呼び出す
      return 0;
}
```

盤面が縦P列のプログラム

- i行目の特定のマスからi+1行目を訪問するとき、i+1行目の複数（すべて）のマスへの訪問を考慮しなければならない。
- そのため、visit()関数の中に列のためのループ文を加える必要がある



盤面が縦P列のプログラム

- プログラムの基本形（赤い部分が縦1列と違うところ）

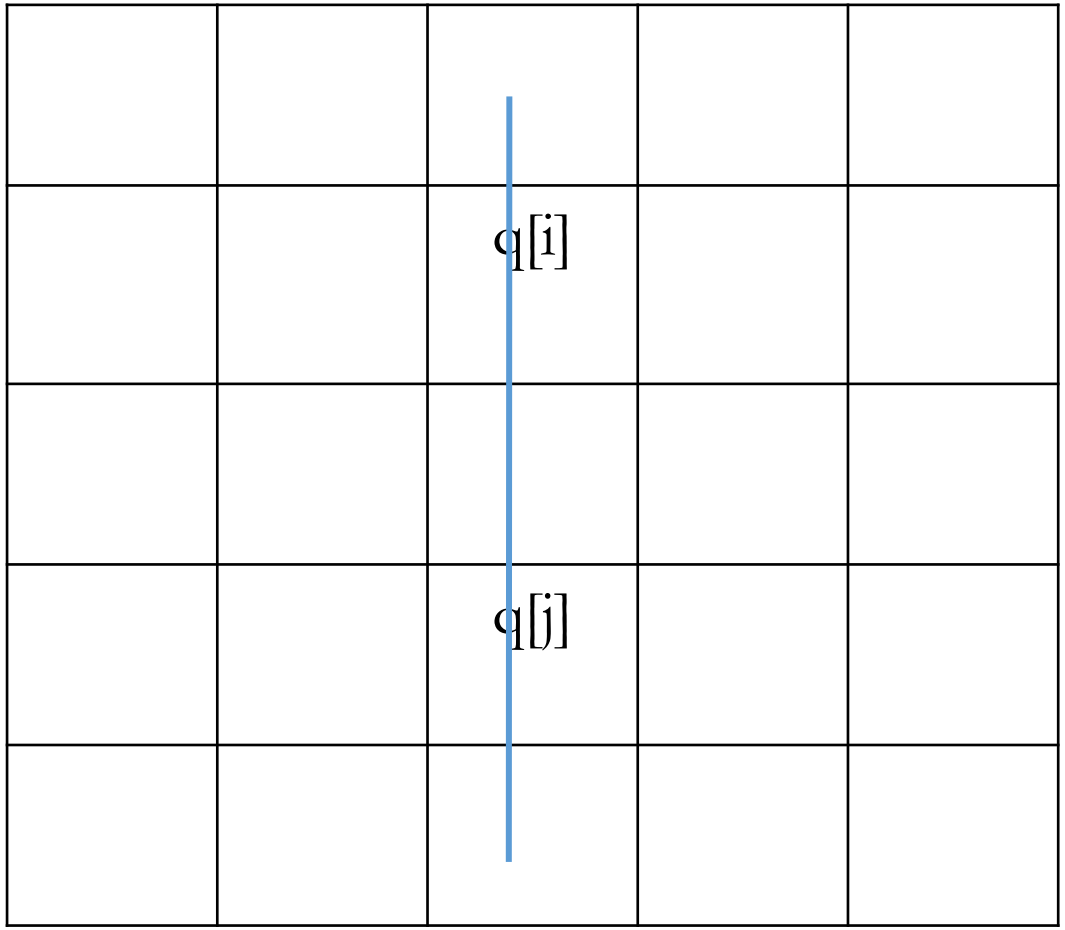
```
void visit(int q[], int i)
{
        i, Nの関係をチェック
        ループ{
          q[i]=?;
          visit(q, ?); }
}
int main(void)
{
      visit(q, 0);   // i=0で呼び出す
      return 0;
}
```

Nクイーン問題を解く

- 上記「縦P列の盤面にNクイーンを再帰的に置く」プログラムでP=Nにして、解候補qを求める
- 解候補ひとつひとつqについて、後述のNクイーン配置の条件をチェックする

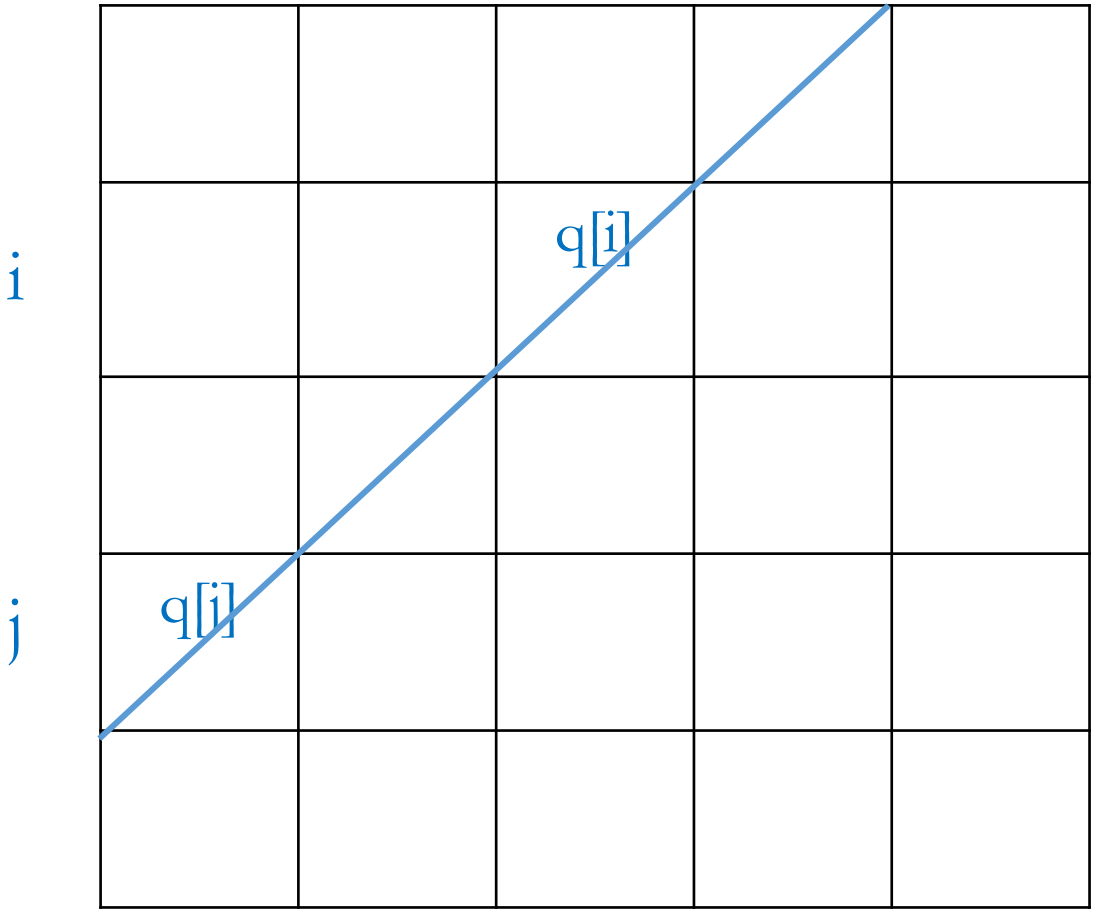
Nクイーン配置条件について

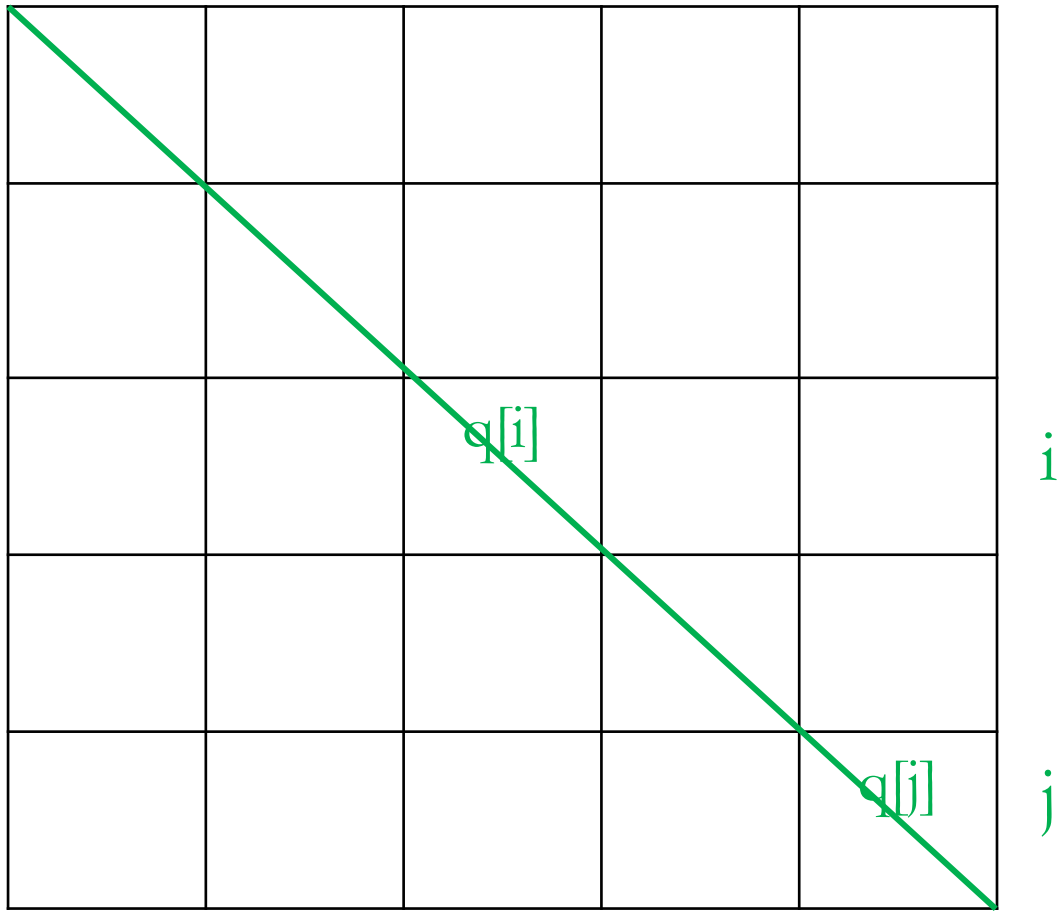
- 縦一直線上にあってはならない　i != jでq[i] != q[j]



Nクイーン配置条件について

- 斜め直線上にあってはならない　i != jで|q[i]-q[j]| != |i-j|





Nクイーン問題を解くプログラム（基本形）

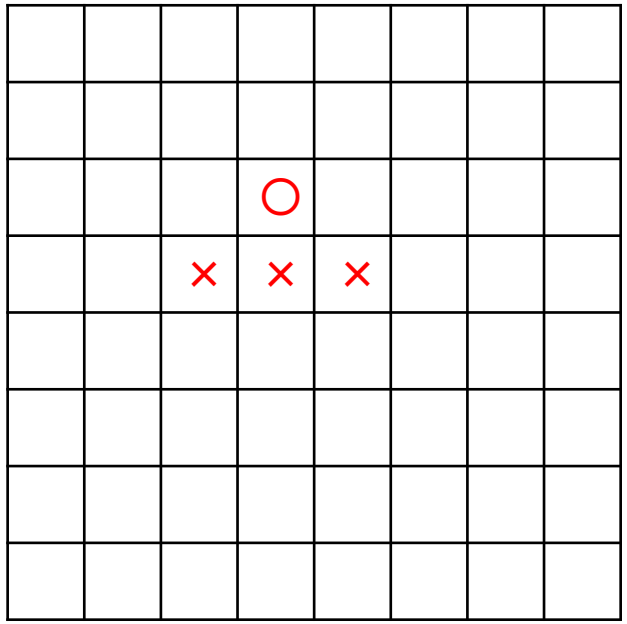
- void printq(int q[])の定義…配列qの中身を出力
- int check(int q[])の定義…Nクイーンの配置条件でチェックしqが解かどうかをチェック（解なら1を、解でないなら0を返す）

```
void visit(int q[], int i)
{
        if(?){// iとNの大小関係をチェック
            if(check(q)) printq(q); // 解を出力
            解の個数のカウントなど
            return;
        }
        for(int j=0; j<P; j++){
            q[i]=j;
            visit(q, ?);
        }
}
```

```
int main(void)
{
    int q[20];
     visit(q, 0);
    解の個数を出力
}
```

効率をよくしたい

- N=10以上となると、解く時間が長く感じるようになる
- 改良版
  - ある場所に駒置いたら、左斜め直下、直下、右斜め直下への探索を飛ばす
  - そのため、盤面の状態を表すboard[i][j]を設け、置いてよいかの判定に使う。つまり、(i, j)に駒を置いたらその左斜め直下、直下、右斜め直下のboard値を0から1に、次を探索し終わった後に、上記値を0に戻す
  - 8クイーンの場合、オリジナル版と改良版の解候補の数はそれぞれ16,777,216, 911,642となる
- バックトラック法：
  - ある場所に駒を置き、次のステップを見て、解がないとわかればこの駒置きを取り消す



第1回演習課題

- 注意：課題1,2については、課題2ができた時点で提出してください。

第1回演習課題

1. 講義資料の「盤面が縦1列のプログラム」の関連内容を参考に、1次元配列q[0],...,q[7]に値0を再帰的にセットするプログラム（ex01-1row.c）を作成しなさい。ただし、値0をセットする度にqの中身を出力する。以下実行例を示す。なおここでは、qの各要素が値-1で初期化されている。

   実行例:

   -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1

   0 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1

   0 0 -1 -1 -1 -1 -1 -1

   0 0 0 -1 -1 -1 -1 -1

   0 0 0 0 -1 -1 -1 -1

   0 0 0 0 0 -1 -1 -1

   0 0 0 0 0 0 -1 -1

   0 0 0 0 0 0 0 -1

   0 0 0 0 0 0 0 0

第1回演習課題

2. 講義資料の「盤面が縦P列のプログラム」の関連内容を参考に、N×Pの盤面上にN個のクイーンを配置する解の候補を求めるプログラム（ex01-NxP.c）を作成しなさい。ただし、個々のクイーンは2次元位置情報(i, q[i])で出力すること。なお、(i, q[i])はi行目, q[i]列目にクイーンを置く意味である。

   実行例

   NxPのN, Pを入力（20以下）: 3 2 ← クイーン3個、3x2の盤面

   (0,0) (1,0) (2,0)
   (0,0) (1,0) (2,1)
   (0,0) (1,1) (2,0)
   (0,0) (1,1) (2,1)
   (0,1) (1,0) (2,0)
   (0,1) (1,0) (2,1)
   (0,1) (1,1) (2,0)
   (0,1) (1,1) (2,1)
   CNT: 8

第1回演習課題

3. 講義資料の「Nクイーン問題を解くプログラム（基本形）」及びその関連内容を参考に、8クイーン問題の解を求めるプログラム（ex01-8queen.c）を作成しなさい。ただし、すべての解qと解候補の数と解の数を8queen.lisというファイルに保存すること

実行例

./a.out > 8queen.lis

tail 8queen.lis （ファイルの末尾のデータを画面上に表示させる）

6 2 0 5 7 4 1 3

6 2 7 1 4 0 5 3

6 3 1 4 7 0 2 5

6 3 1 7 5 0 2 4

6 4 2 0 5 7 1 3

7 1 3 0 6 4 2 5

7 1 4 2 0 6 3 5

7 2 0 5 1 4 6 3

7 3 0 2 5 1 6 4

CNT_ALL: 16777216, CNT: 92

第1回演習課題

4. （発展問題）講義資料の「Nクイーン問題を解くプログラム（基本形）」及びその関連内容を参考に、8クイーン問題の解を求める、バックトラック法ではない改良版プログラム（ex01-8queen-adv.c）を作成しなさい。ただし、すべての解qと解候補の数と解の数を8queen.lisというファイルに保存すること

実行例

./a.out > 8queen.lis

tail 8queen.lis （ファイルの末尾のデータを画面上に表示させる）

6 2 0 5 7 4 1 3

6 2 7 1 4 0 5 3

6 3 1 4 7 0 2 5

6 3 1 7 5 0 2 4

6 4 2 0 5 7 1 3

7 1 3 0 6 4 2 5

7 1 4 2 0 6 3 5

7 2 0 5 1 4 6 3

7 3 0 2 5 1 6 4

CNT_ALL: 911642, CNT: 92