

# LMNtal 演習問題 解答

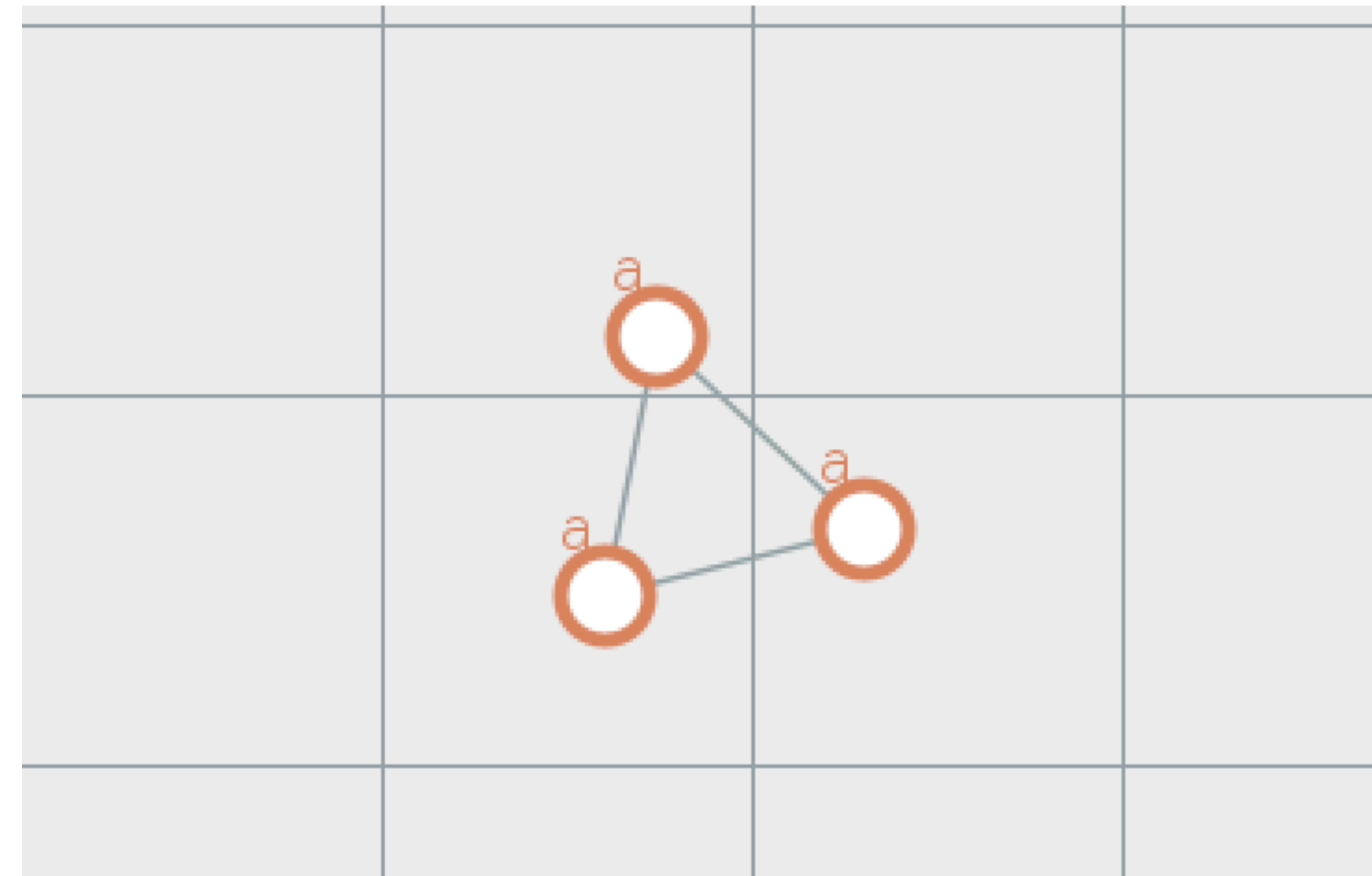
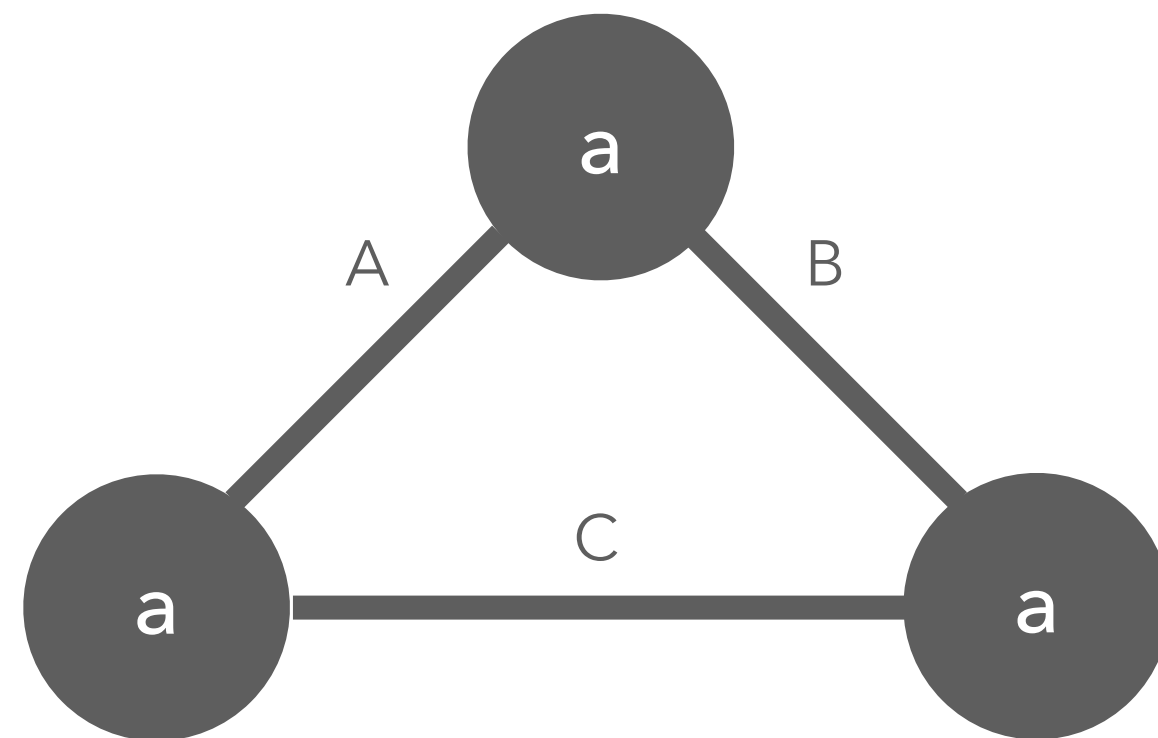
2022/04/18

早稲田大学大学院 基幹理工学研究科  
情報理工・情報通信専攻  
上田研究室 修士課程学生  
5121F099 鐘中

# UNYO, Graphene, 基本事項

## 問題1

$a(A,B)$ ,  $a(B,C)$ ,  $a(C,A)$ . は, UNYO, Graphene で見るとどのような図形を表す?

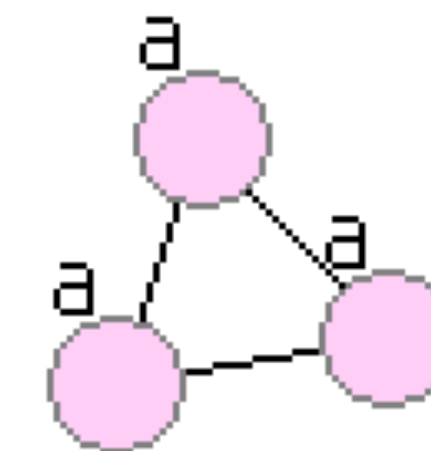
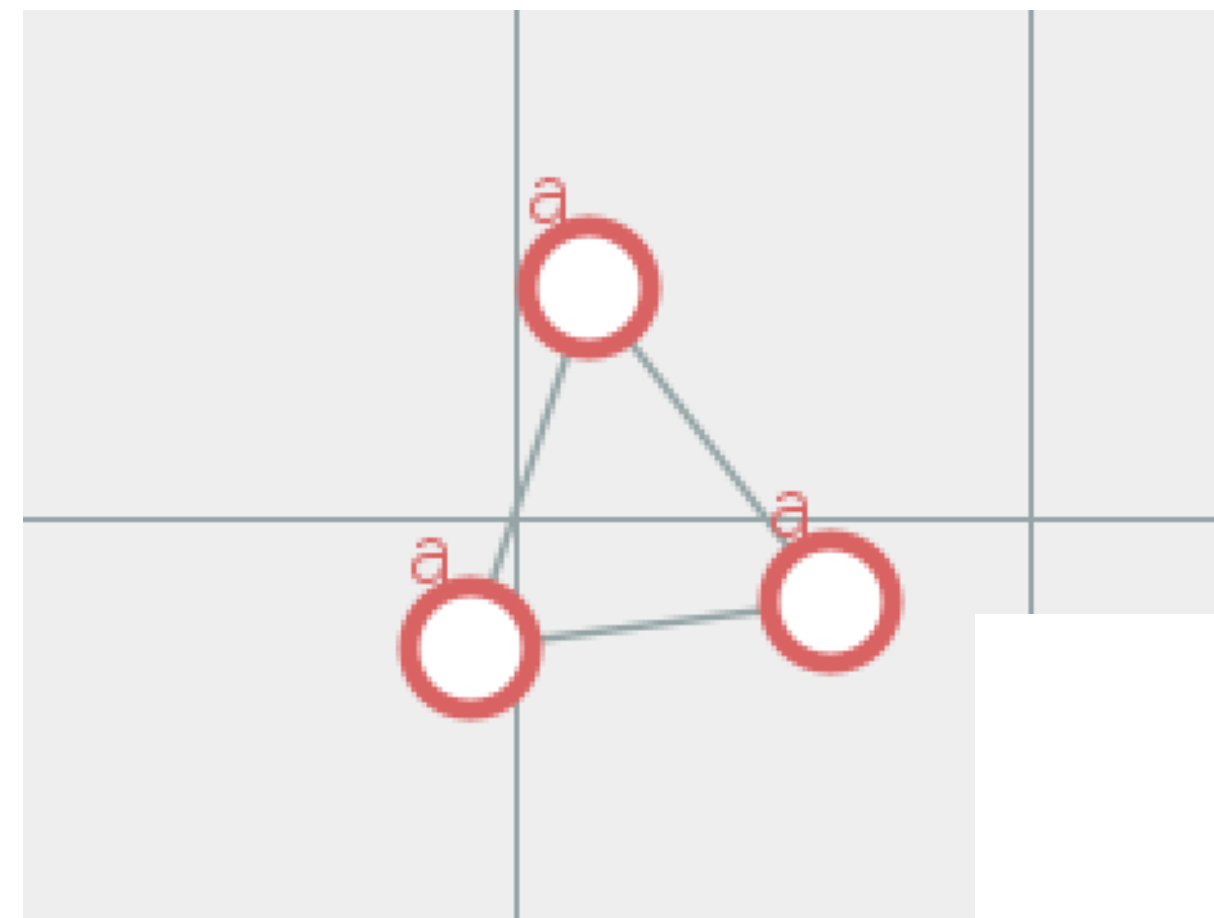


# UNYO, Graphene, 基本事項

## 問題2

問題1と同じ図形の書き方:

- $a(A, B)$ ,  $a(B, C)$ ,  $a(C, A)$ .
- $a(a(a(A)), A)$ .

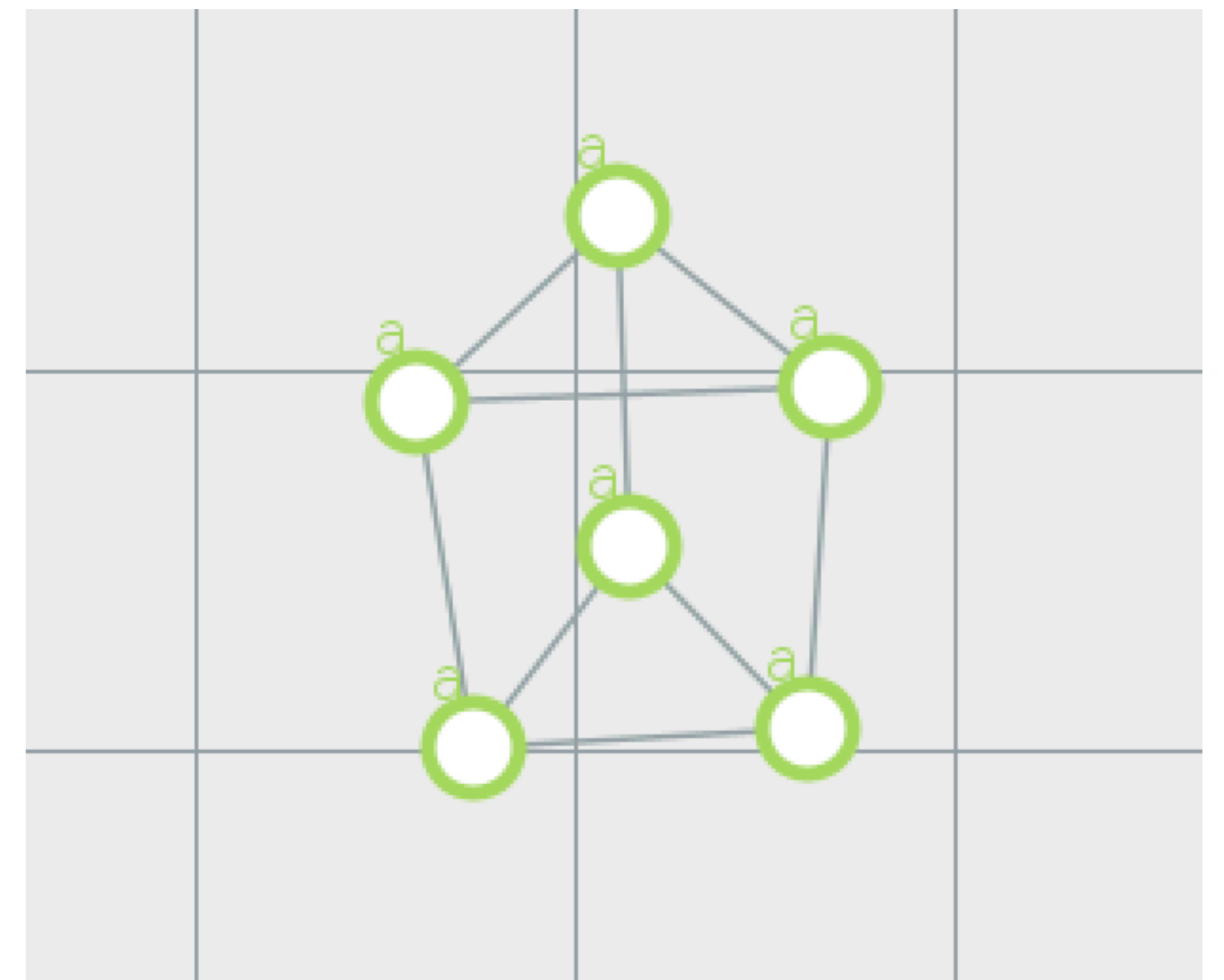


# UNYO, Graphene, 基本事項

## 問題3

正三角柱を書いてみよう:

$a(A, B, I)$ ,  $a(B, C, J)$ ,  $a(C, A, K)$ ,  $a(D, E, I)$ ,  $a(E, F, J)$ ,  $a(F, D, K)$ .



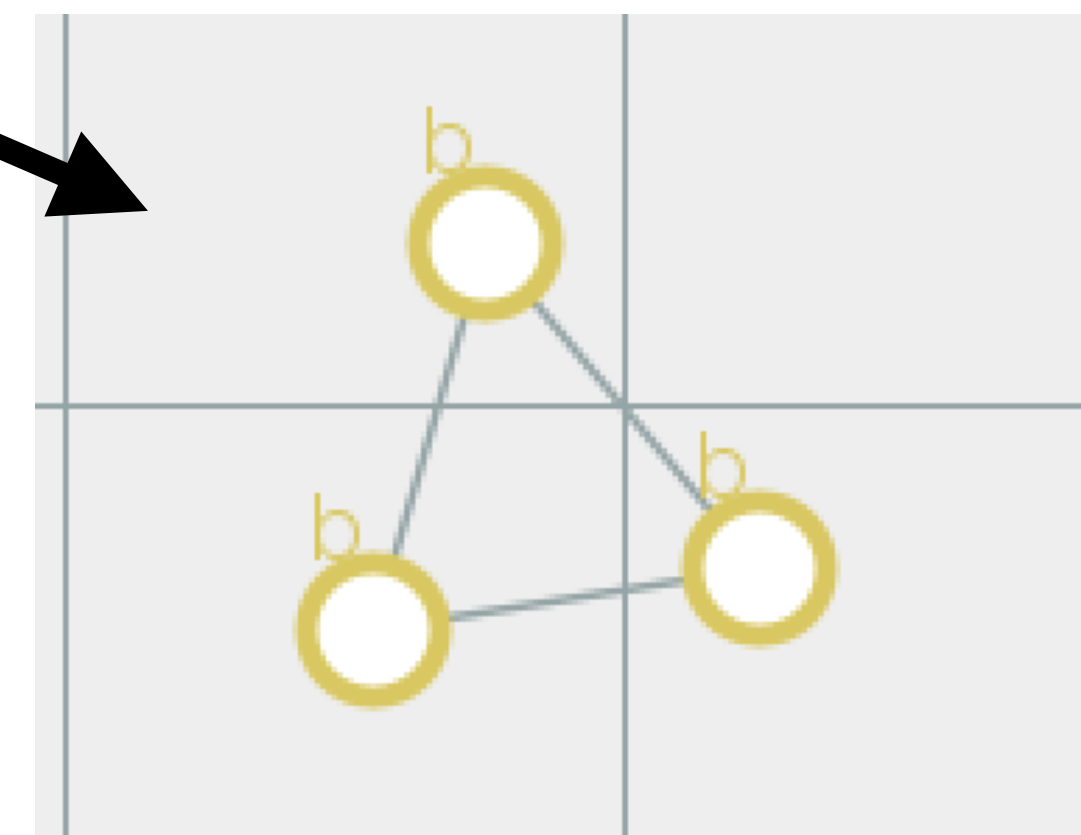
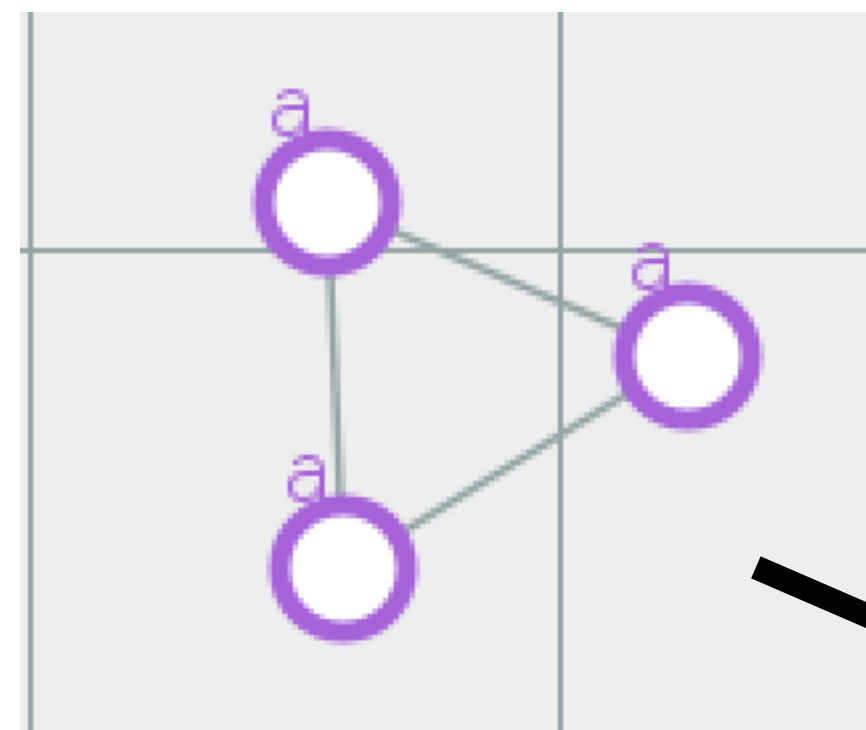
# UNYO, Graphene, 基本事項

## 問題4

頂点の名前を変えるルールを書いてみよう(名前の例:b):

$a(A, B), a(B, C), a(C, A).$

$a(M, N) \text{ :- } b(M, N).$



# 通常実行, 膜, 基本事項

## 問題1

100以下の素数をすべて求めるプログラムを書こう.

- 1は素数ではありません
- 2は素数です
- $\forall m, m \in [2, n), n > 2,$ 
  - $n \bmod m = 0, n$ は素数ではありません
  - $n \bmod m \neq 0, n$ は素数です

# 通常実行, 膜, 基本事項

## 問題1

プログラム:

```
n=integer.set(1,100).
```

```
n(1) :- .
```

```
n(2) :- prime(2).
```

```
n(N) :- M=N-1|check(N,M).
```

```
check(N,M) :- M=\=2,N mod M=\=0,|check(N,M-1).
```

```
check(N,M) :- N mod M==0|.
```

```
check(N,M) :- M==2,N mod M=\=0|prime(N).
```

# 通常実行, 膜, 基本事項

## 問題1

Output:

```
> slim --hl --use-builtin-rule first.il  
prime(2). prime(3). prime(5). prime(7).  
prime(11). prime(13). prime(17). prime(19).  
prime(23). prime(29). prime(31). prime(37).  
prime(41). prime(43). prime(47). prime(53).  
prime(59). prime(61). prime(67). prime(71).  
prime(73). prime(79). prime(83). prime(89).  
prime(97). @22. @56.
```



# 通常実行, 膜, 基本事項

## 問題2

$n(1), \dots, n(10000)$  の和を求める時間を計測しよう:

```
{  
{n=integer.set(1,10000)}.  
{ $\textcolor{red}{\$p[]}$ ,@p}/ :-  $\textcolor{red}{\$p[]}$ , '$callback'(gettime,s).  
n(A),n(B) :- C=A+B|n(C).  
}.  
{s(S), $\textcolor{red}{\$p[]}$ ,@p}/ :- unary(S)|s(S), '$callback'(gettime,e).  
s(S),e(E) :-  $\textcolor{red}{T=E-.\textcolor{red}{S}}$ |time(T).
```

# 通常実行, 膜, 基本事項

## 問題2

Output:

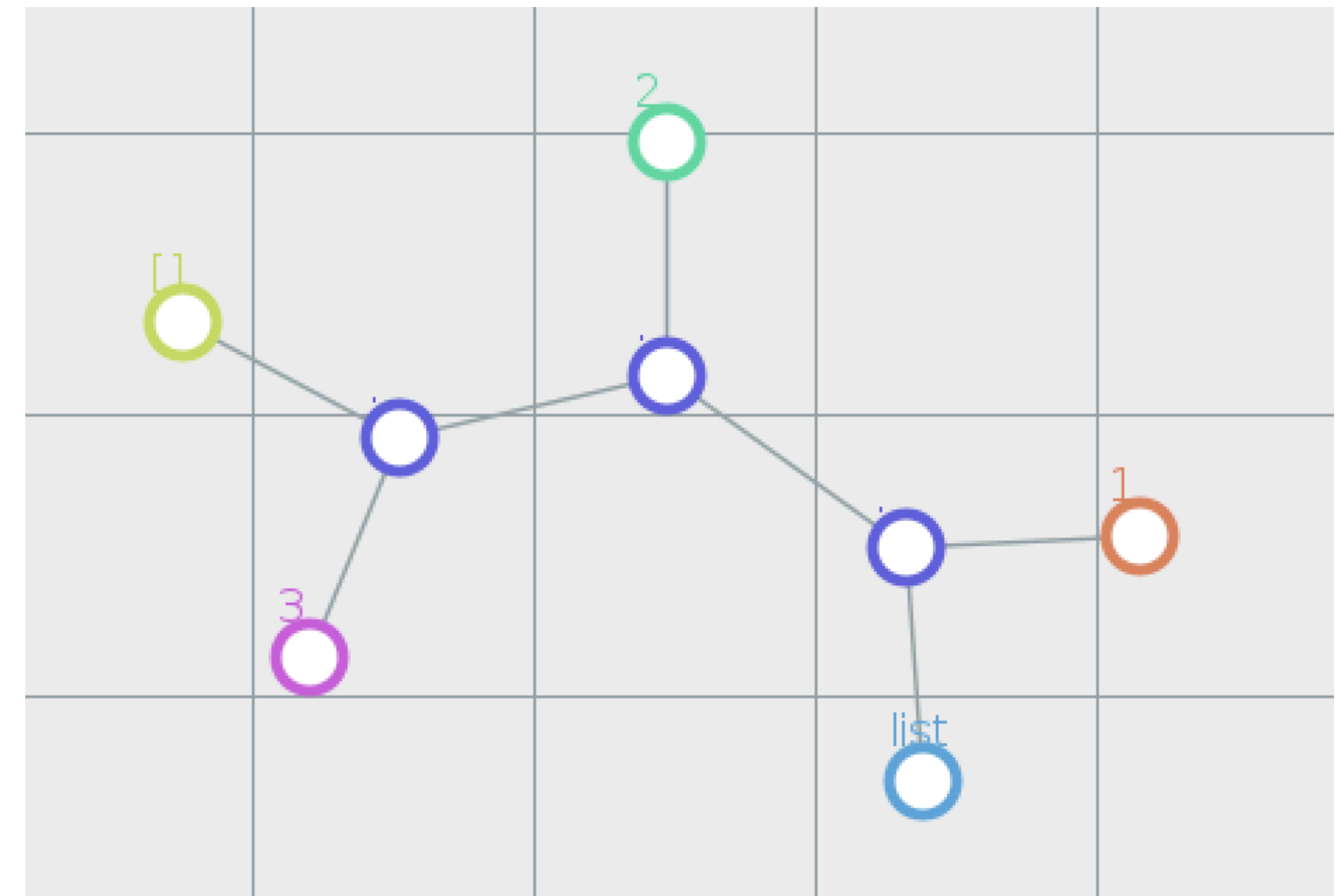
```
> slim --hl --use-builtin-rule first.il  
time(0.392643). @57.
```

# リスト記法

## 問題1

`list = [1, 2, 3]` をリストの略記法を使わずに書くとどうなりますか？

`list = '.'(1, '.'(2, '.'(3, []))).`



# リスト記法

## 問題2

二本のリストの結合(append)を行うプログラムを書いてください.

```
append([ ], L, N) :- L=N.
```

```
append([H|T], L, N0) :- N0=[H|N], append(T, L, N).
```

```
ans=append([1,2,3],[4,5,6]).
```

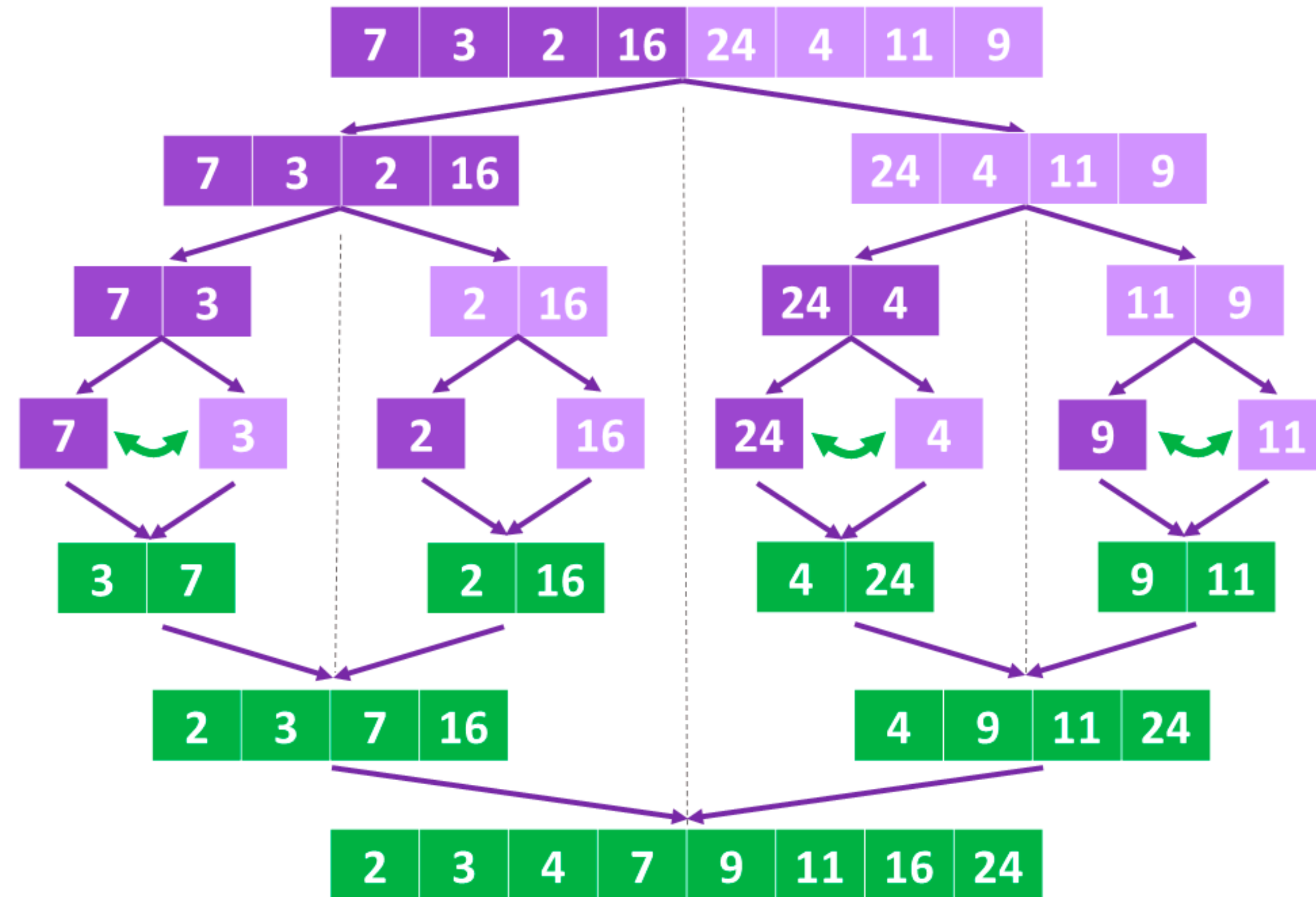
```
//or append([1,2,3],[4,5,6],ans).
```

# リスト記法

## 問題3

マージソート:

Merge Sort



Split sub-lists in two until you reach pair of values.

Sort/swap pair of values if needed.

Merge and sort sub-lists and repeat process till you merge to the full list.

# リスト記法

## 問題3

プログラム:

```
sort([9,3,6,1,4,5,2,7,1]).
```

```
sort([H1,H2|T]) :- merge=merge([H1],[H2]),sort(T).
```

```
sort([H|[]]) :- merge=merge([H],[]).
```

```
merge([A|X],[B|Y],Z0) :- A=<B|Z0=[A|Z],merge(X,[B|Y],Z).
```

```
merge([A|X],[B|Y],Z0) :- A>B|Z0=[B|Z],merge([A|X],Y,Z).
```

```
merge([],Y,Z) :- Y=Z.
```

```
merge(X,[],Z) :- X=Z.
```

```
merge(L1),merge(L2) :- merge=merge(L1,L2).
```

```
merge(L) :- ans(L).
```

# リスト記法

## 問題3

Output:

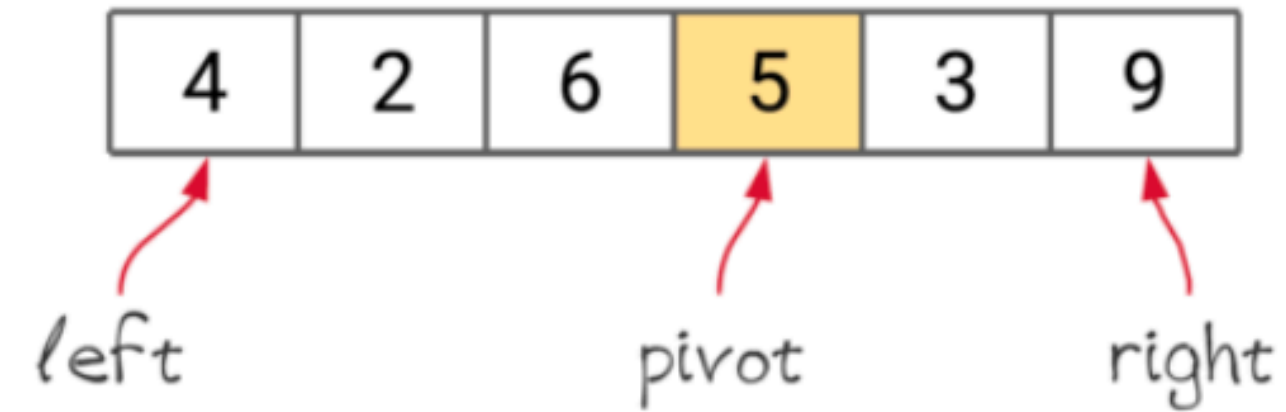
```
> slim --hl --use-builtin-rule first.il  
ans([1,1,2,3,4,5,6,7,9]). @56.
```

# リスト記法

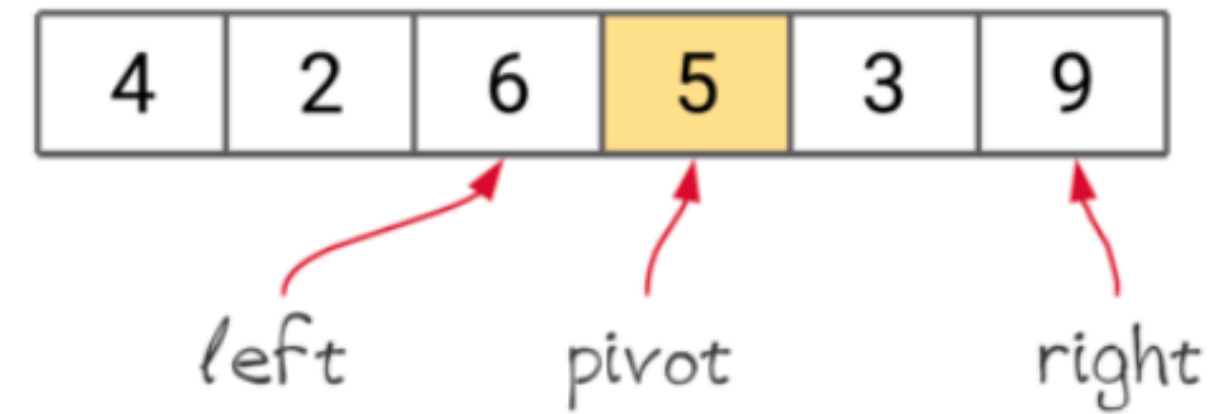
## 問題3

クイックソート:

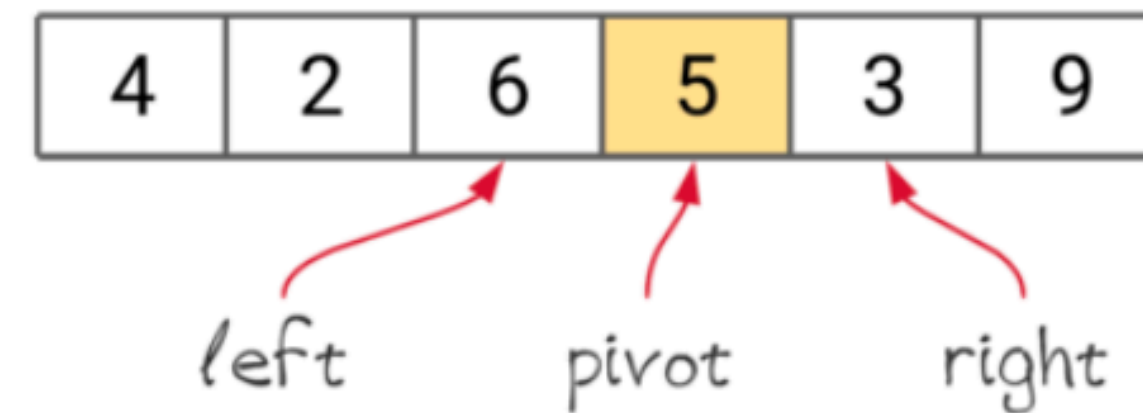
Step 1: Determine a pivot



Step 2: Shift the left pointer to find a value greater than the pivot



Step 3: Shift the right pointer to find a value less than the pivot



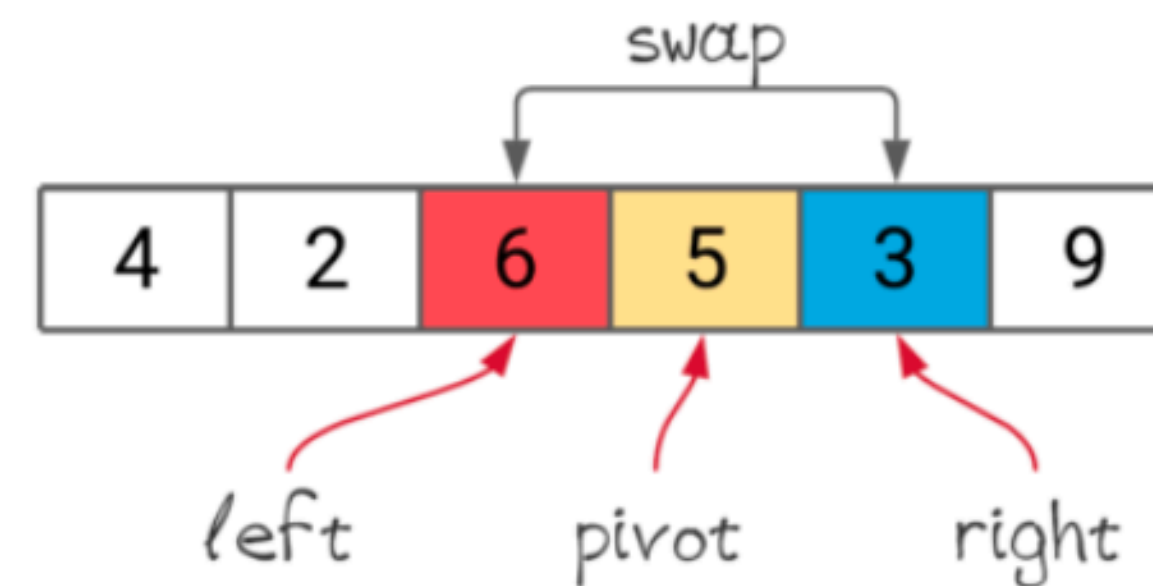


# リスト記法

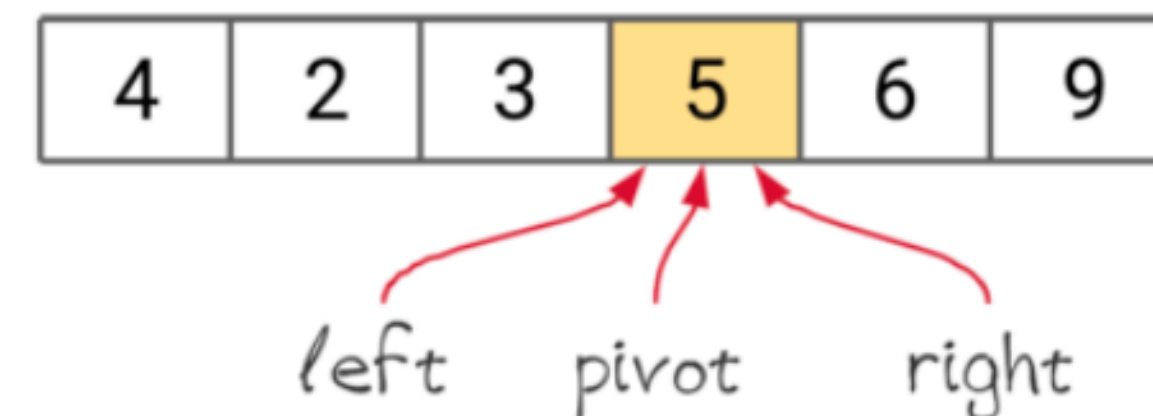
## 問題3

クイックソート:

Step 4: Swap values at the pointers



Step 5: Repeat the above steps until two pointers both meet or cross



# リスト記法

## 問題3

プログラム:

Prolog のプログラム:

```
qsort(Xs,Ys) :- qsort(Xs,Ys,[]).  
qsort([],Ys,Ys).  
qsort([X|Xs],Ys0,Ys3) :- part(X,Xs,S,L).  
qsort(S,Ys0,Ys1), Ys1=[X|Ys2], qsort(L,Ys2,Ys3).  
part(_,[],[],[]).  
part(A,[X|Xs],[X|S],L) :- A>=X, part(A,Xs,S,L).  
part(A,[X|Xs],S,[X|L]) :- A<X, part(A,Xs,S,L).
```

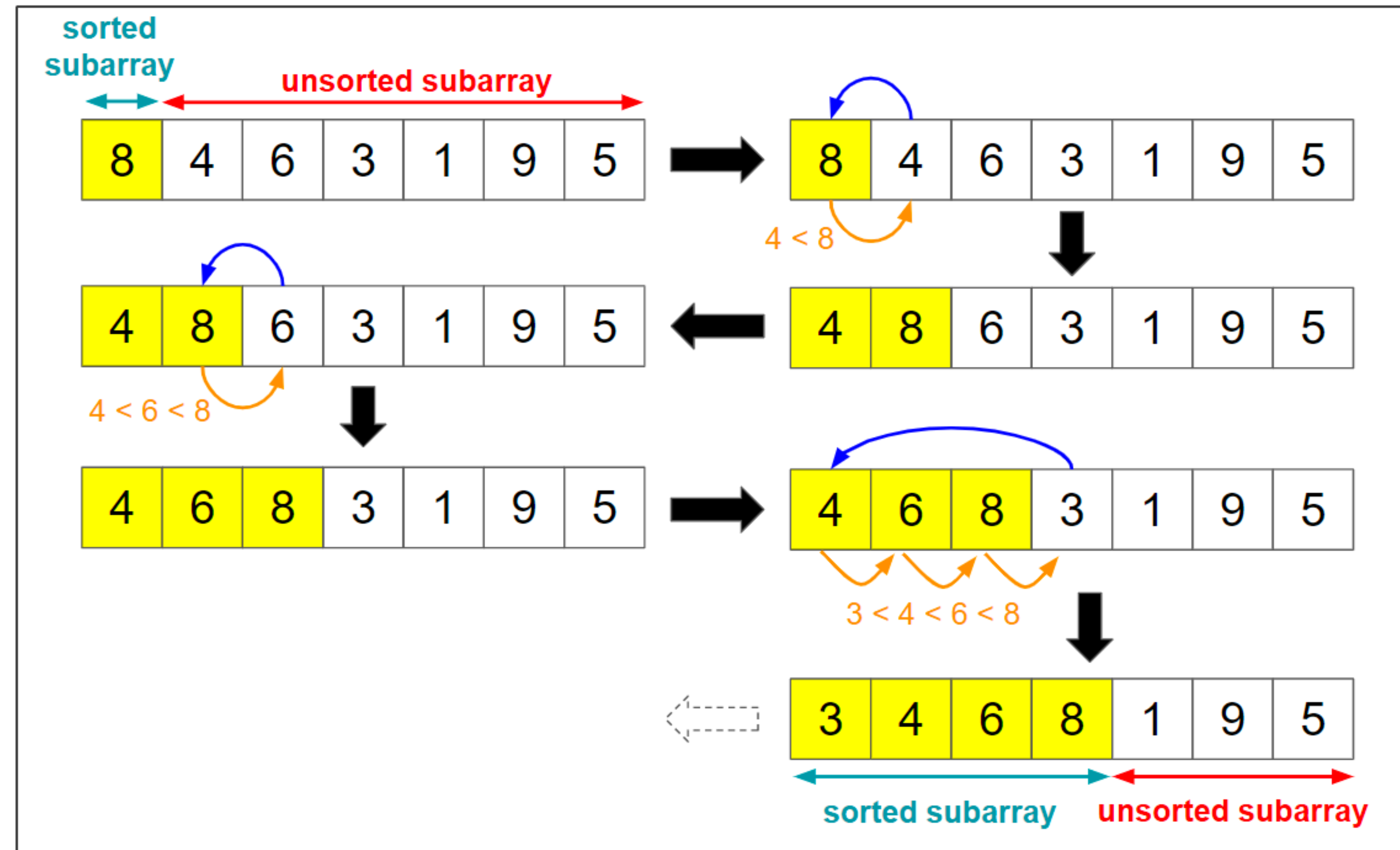
LMNtal のプログラム:

?

# リスト記法

## 問題3

挿入ソート:



# リスト記法

## 問題3

プログラム:

```
insert([H|T],E,Z0) :- E<H|Z0=[E,H|T].
```

```
insert([H|T],E,Z0) :- E>=H|Z0=[H|Z],insert(T,E,Z).
```

```
insert([],E,Z) :- [E]=Z.
```

```
sort([H|T]) :- sort(T,[H]).
```

```
sort([],L) :- ans(L).
```

```
sort([H|T],L) :- sort(T,insert(L,H)).
```

```
sort([9,3,6,1,4,5,2,7,1]).
```

# LTLモデル検査

## 問題1

ハノイの塔問題について:

LMNtalでモデリングして状態空間を出してみよう.

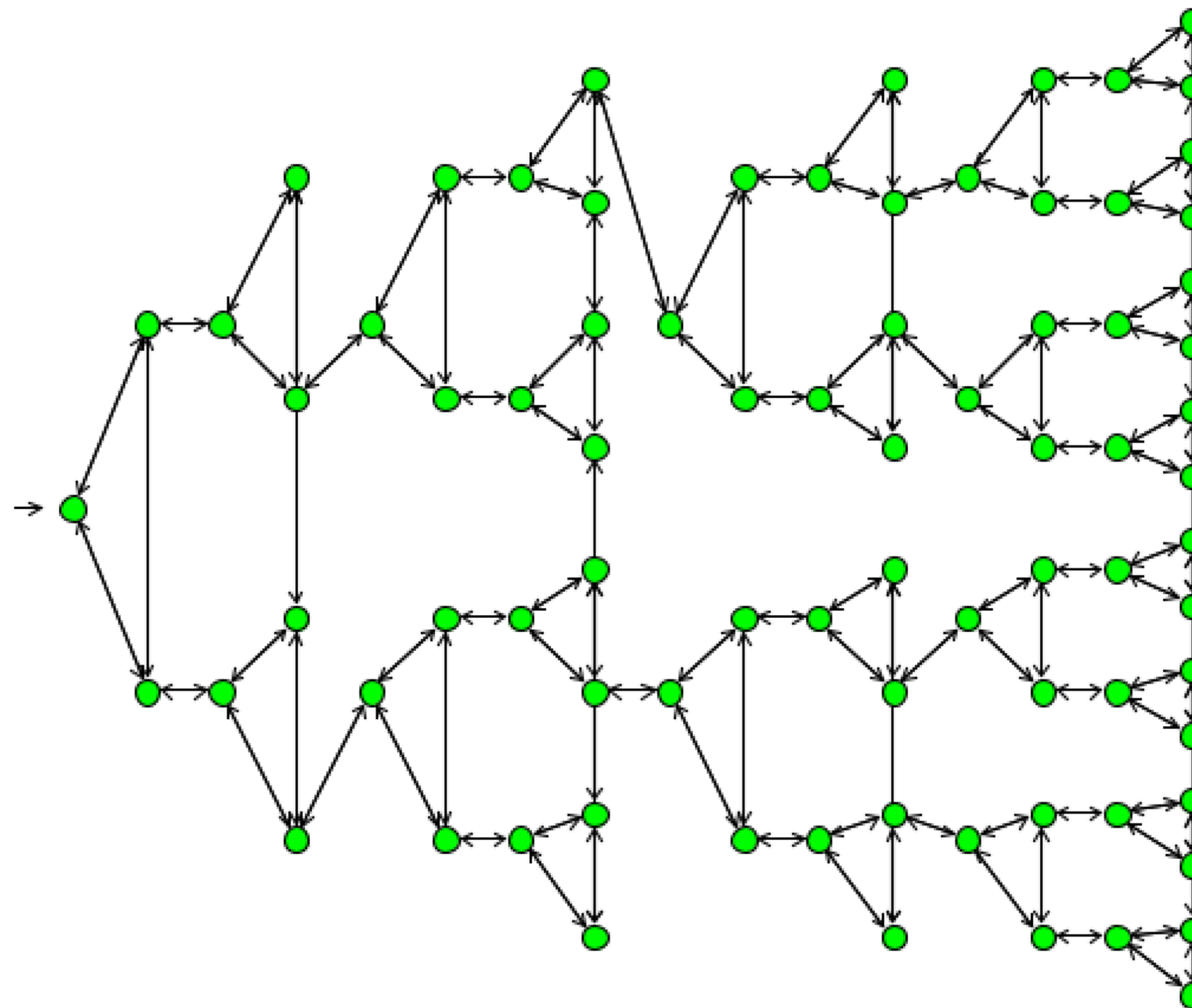
$\text{poles}(p([1, 2, 3, 4, 99]), p([99]), p([99])).$

$P1=p([H1|T1]), P2=p([H2|T2]) \quad :- \quad H1 < H2 | P1=p(T1), P2=p([H1, H2|T2]).$

# LTLモデル検査

## 問題1

状態空間:



# LTLモデル検査

## 問題1

ハノイの塔問題について:

LTLモデル検査を利用して、一番左から一番右へ移動させる遷移を探してみよう.

`poles(p([1,2,3,4,99]),p([99]),p([99])).`

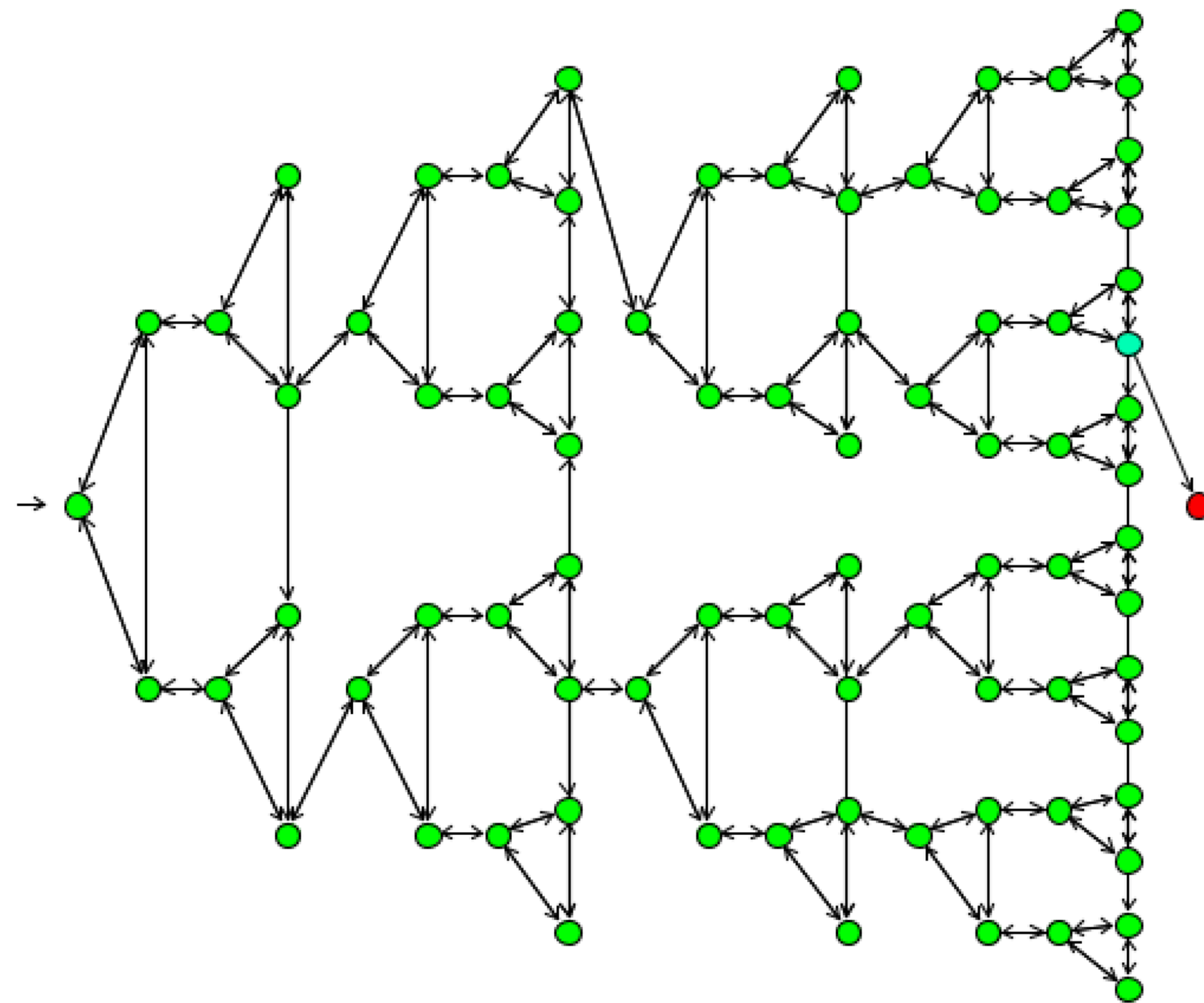
`P1=p([H1|T1]),P2=p([H2|T2]) :- H1<H2|P1=p(T1),P2=p([H1,H2|T2]).`

`poles(p([99]),p([99]),p([1,2,3,4,99])) :- yes.`

# LTLモデル検査

## 問題1

状態空間:





# LTLモデル検査

## 問題1

LTLモデル検査:

Propositional Symbols

```
p = poles(X,Y,p([1,2,3,4,99])) :-
```

Never Claims

LTL formula

! $\Diamond$ p

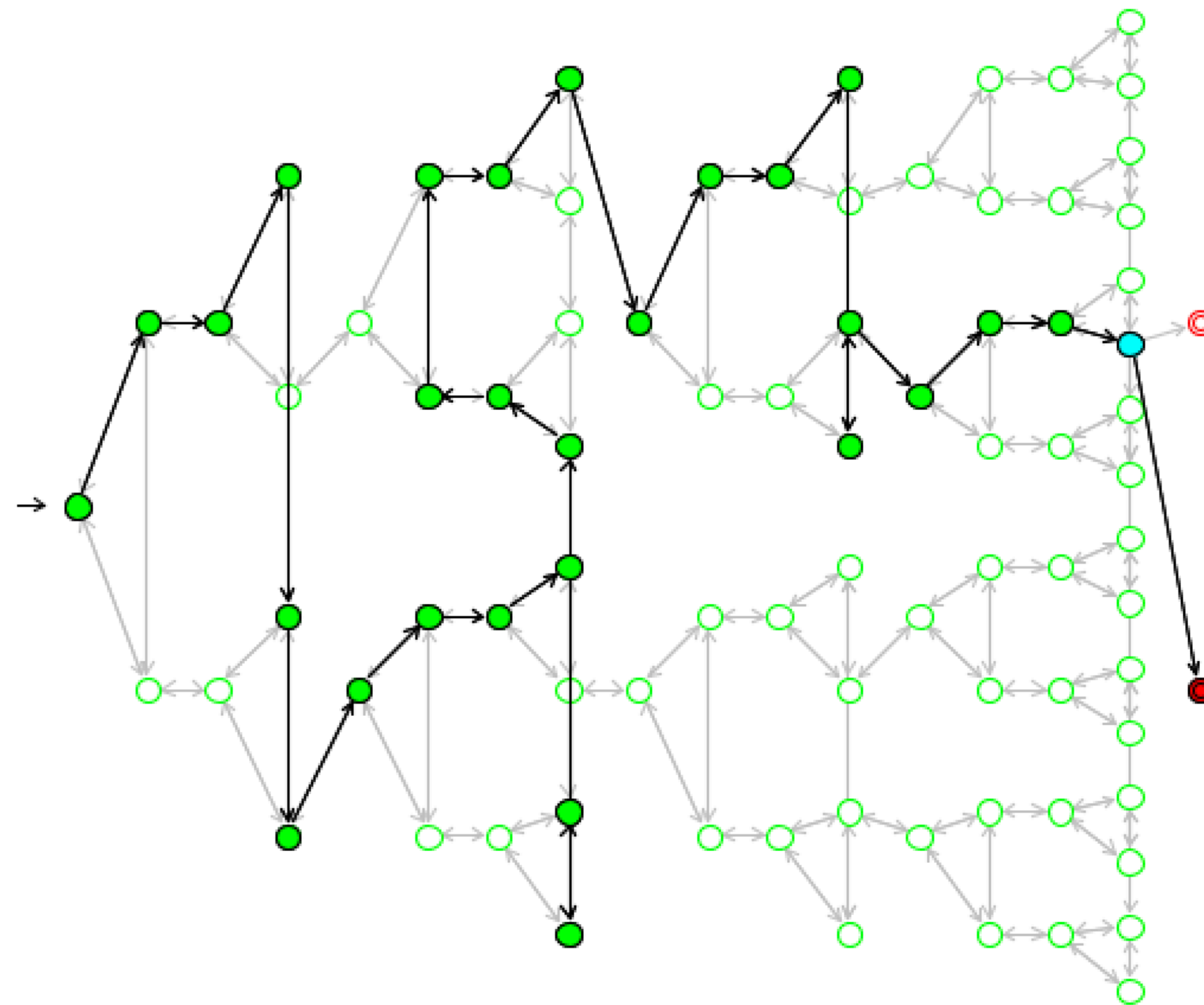
Translate

```
never { /* !( $\Diamond$ p) */
T0_init:
    if
    :: (1) -> goto T0_init
    :: (p) -> goto accept_all
    fi;
accept_all:
    skip
}
```

# LTLモデル検査

## 問題1

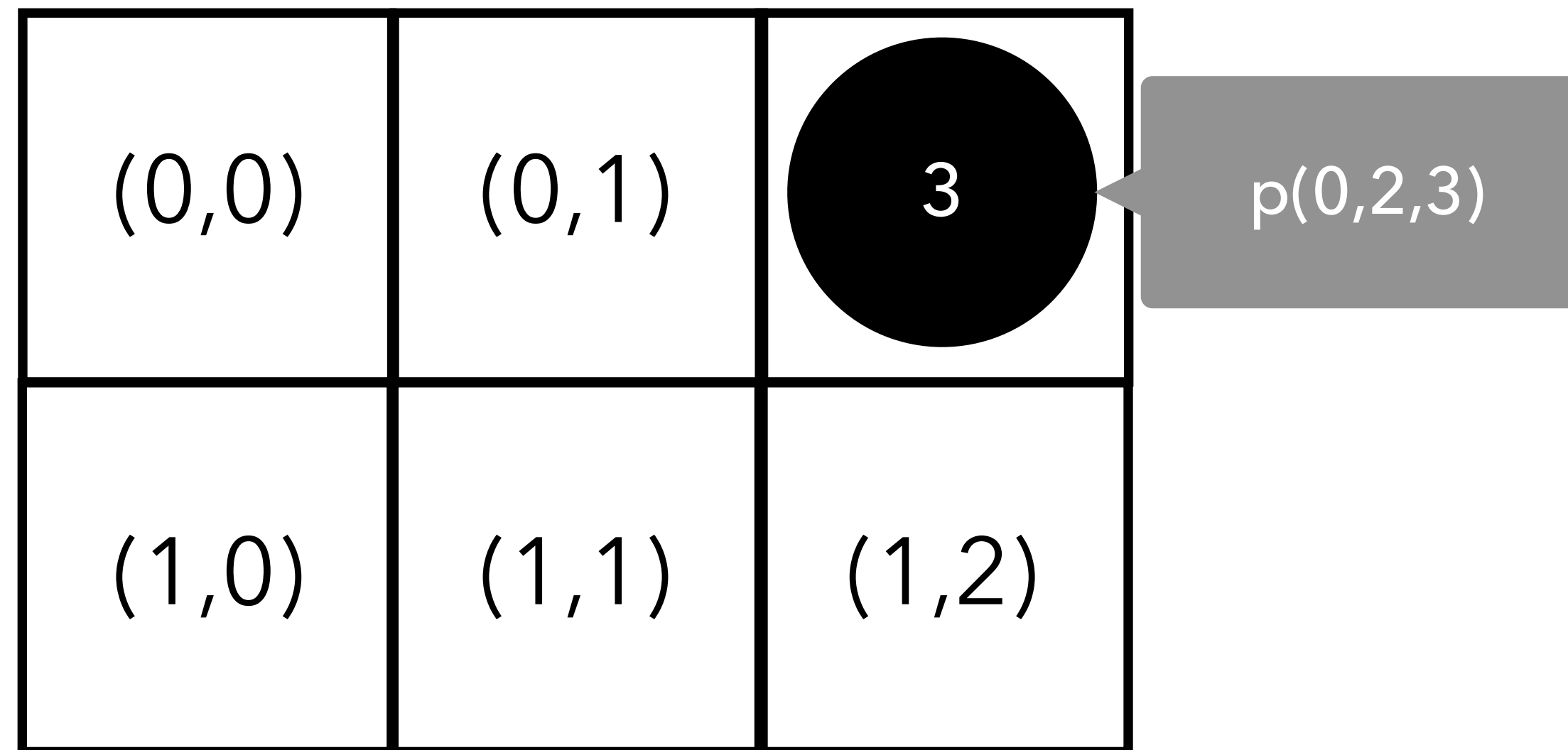
LTLモデル検査:



# LTLモデル検査

## 問題2

5パズル問題のモデリングをしてLTLモデル検査してみよう.



# LTLモデル検査

## 問題2

5パズル問題のモデリングをしてLTLモデル検査してみよう.

$\text{board}(\text{p}(0, 0, 0), \text{p}(0, 1, 5), \text{p}(0, 2, 4), \text{p}(1, 0, 3), \text{p}(1, 1, 2), \text{p}(1, 2, 1)).$

$\text{P1}=\text{p}(\text{X1}, \text{Y1}, \text{N}), \text{P2}=\text{p}(\text{X2}, \text{Y2}, 0) \quad :- \quad \text{X1} ::= \text{X2}, \text{Y1} ::= \text{Y2}-1 \mid \text{P1}=\text{p}(\text{X1}, \text{Y1}, 0), \text{P2}=\text{p}(\text{X2}, \text{Y2}, \text{N}).$

$\text{P1}=\text{p}(\text{X1}, \text{Y1}, \text{N}), \text{P2}=\text{p}(\text{X2}, \text{Y2}, 0) \quad :- \quad \text{X1} ::= \text{X2}, \text{Y1} ::= \text{Y2}+1 \mid \text{P1}=\text{p}(\text{X1}, \text{Y1}, 0), \text{P2}=\text{p}(\text{X2}, \text{Y2}, \text{N}).$

$\text{P1}=\text{p}(\text{X1}, \text{Y1}, \text{N}), \text{P2}=\text{p}(\text{X2}, \text{Y2}, 0) \quad :- \quad \text{X1} ::= \text{X2}-1, \text{Y1} ::= \text{Y2} \mid \text{P1}=\text{p}(\text{X1}, \text{Y1}, 0), \text{P2}=\text{p}(\text{X2}, \text{Y2}, \text{N}).$

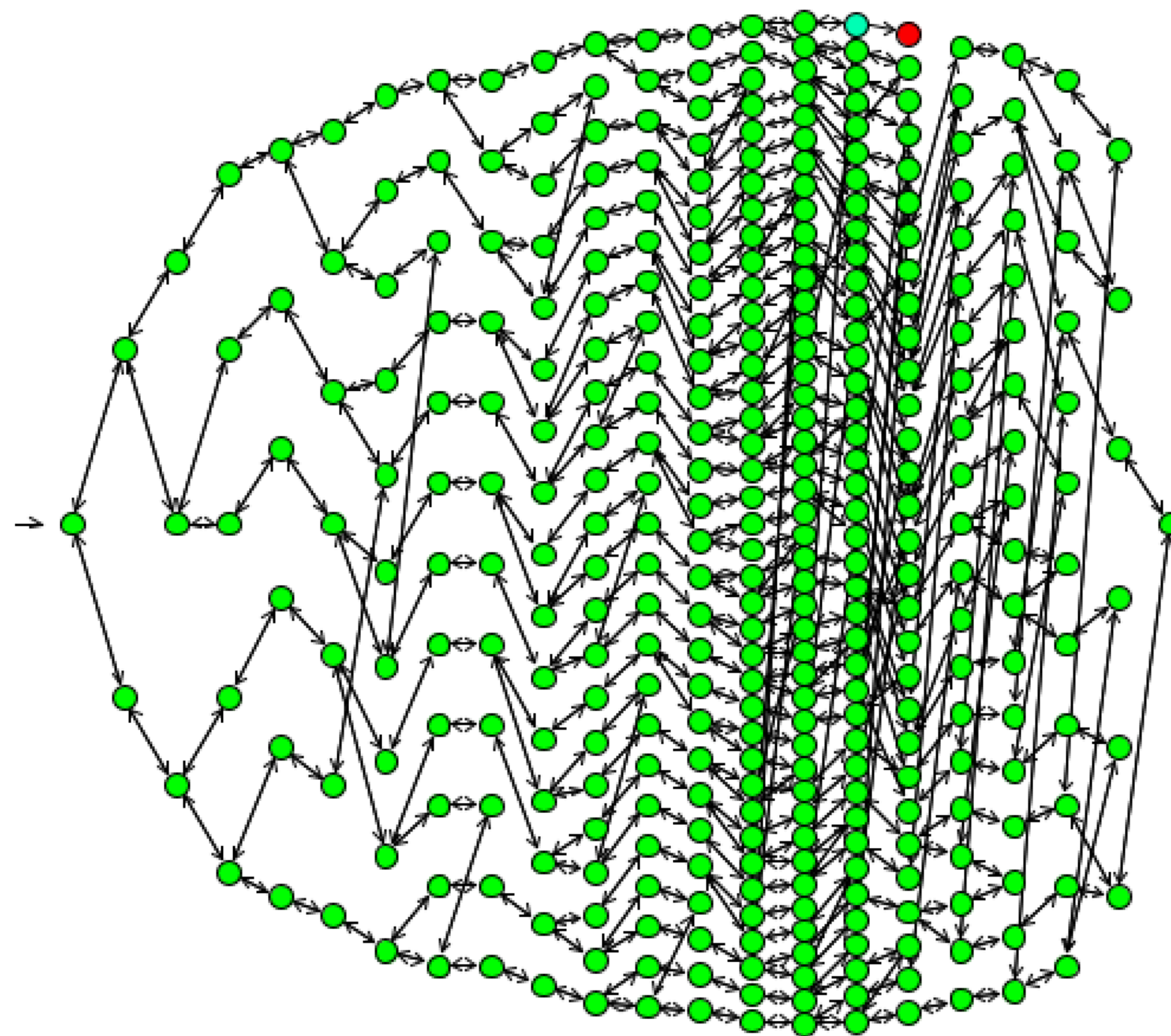
$\text{P1}=\text{p}(\text{X1}, \text{Y1}, \text{N}), \text{P2}=\text{p}(\text{X2}, \text{Y2}, 0) \quad :- \quad \text{X1} ::= \text{X2}+1, \text{Y1} ::= \text{Y2} \mid \text{P1}=\text{p}(\text{X1}, \text{Y1}, 0), \text{P2}=\text{p}(\text{X2}, \text{Y2}, \text{N}).$

$\text{board}(\text{p}(0, 0, 1), \text{p}(0, 1, 2), \text{p}(0, 2, 3), \text{p}(1, 0, 4), \text{p}(1, 1, 5), \text{p}(1, 2, 0)) \quad :- \quad \text{yes}.$

# LTLモデル検査

## 問題2

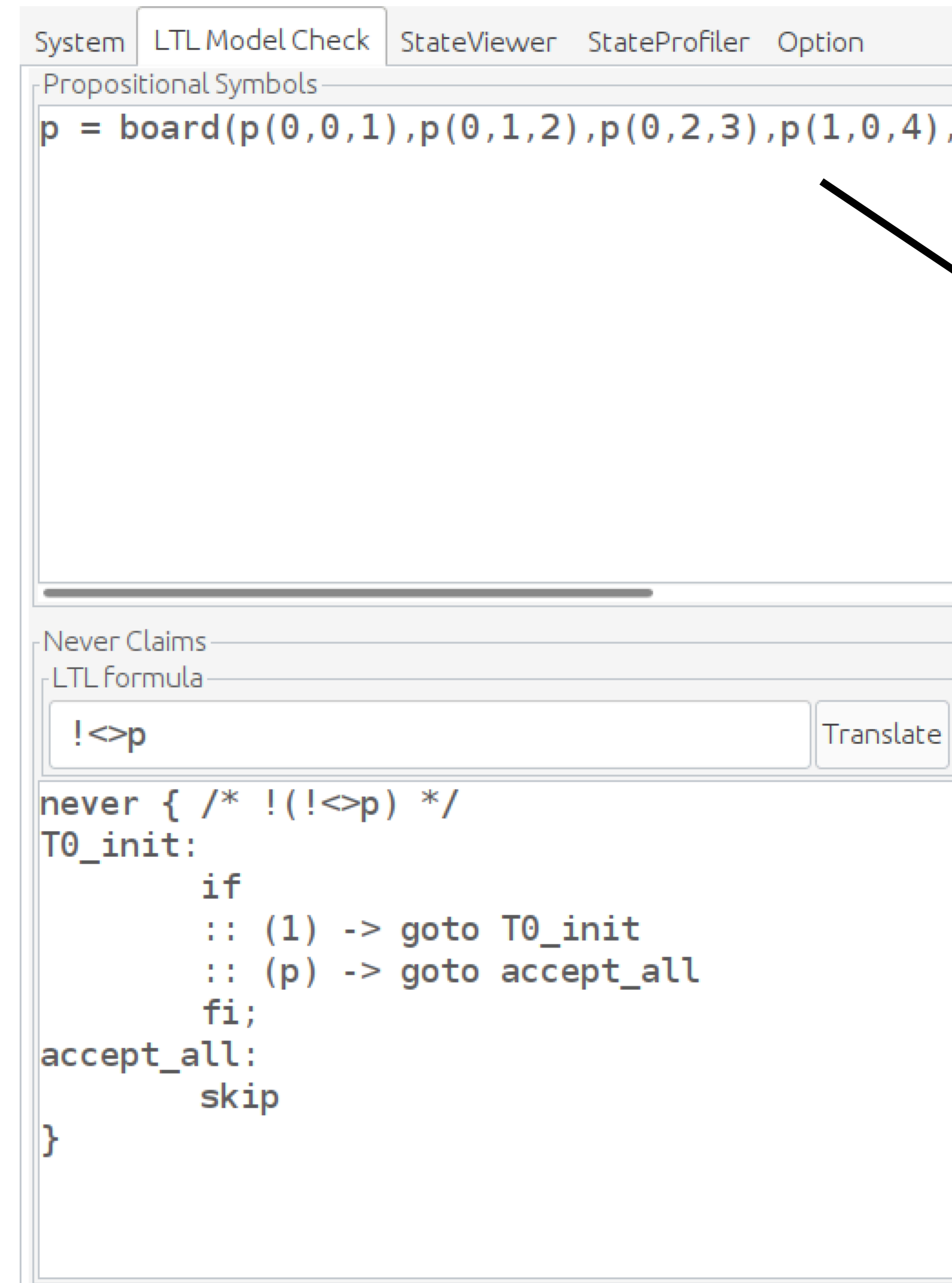
状態空間:



# LTLモデル検査

## 問題1

LTLモデル検査:



`p =  
board(p(0,0,1),p(0,1,2),p(0,2,3),p(1,0,4),  
p(1,1,5),p(1,2,0)) :-`



# LTLモデル検査

## 問題1

LTLモデル検査:

