

# インフォーマティクス1 第七回

# 授業内容

- ガイダンス  
 計算機の仕組み 1
- 計算機の仕組み 2
- プログラミング
- 組込みシステム・  
 ハイパフォーマンスコンピューティング
- ネットワーク
- データベース (Web)
- オートマトン・形式言語と総括

# オートマトンって？

## 順序機械 (E.F.Moore 1950年ごろ)

### エレベータの制御

- 入力信号

- 各階にあるホタンを押す    

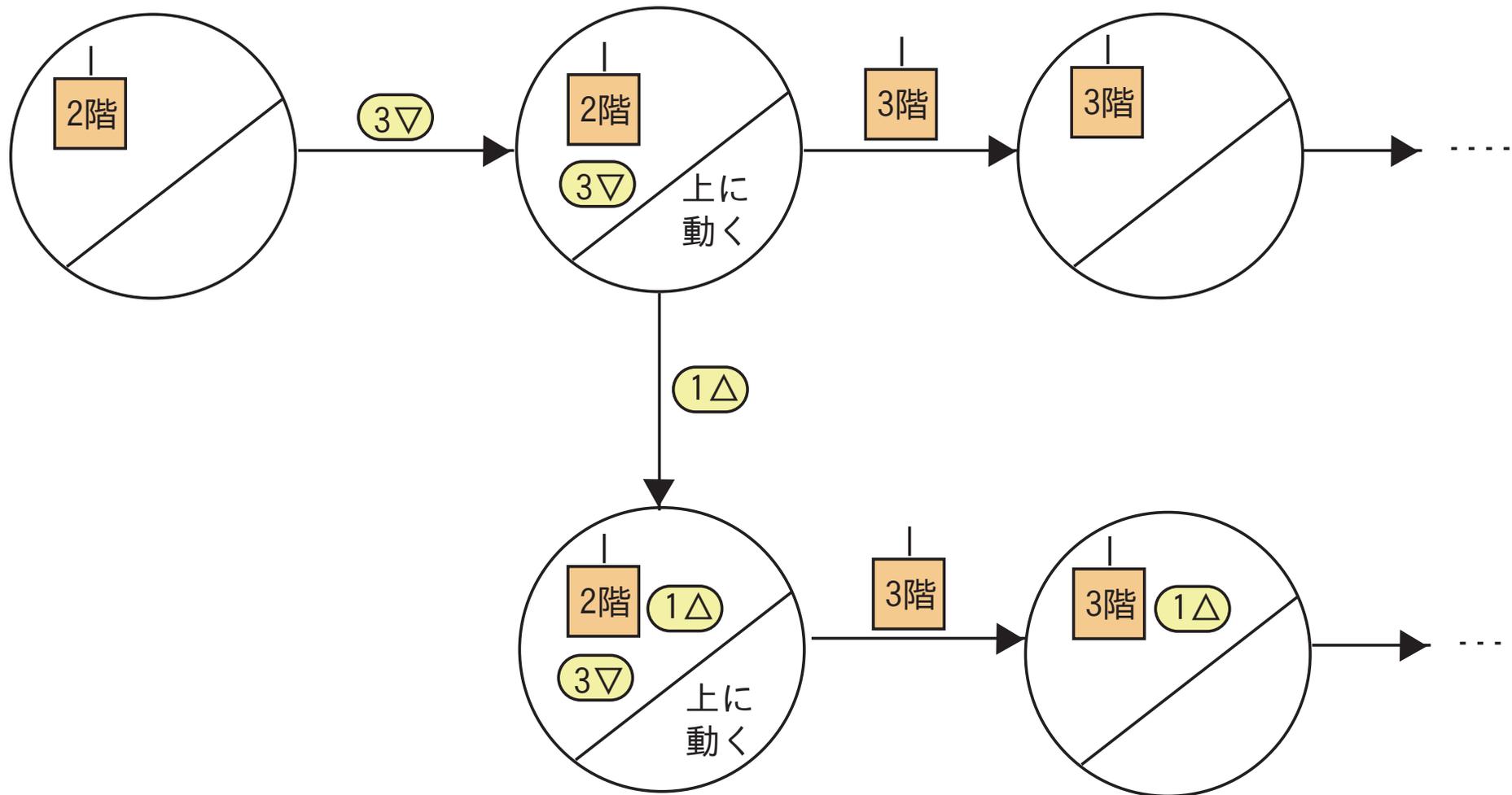
- エレベータ内の階ホタンを押す   

- エレベータの位置センサー   

- 出力信号

- エレベータを動かす (上へ、下へ)

- ドアの開け閉めなど。。。



エレベータ制御のムーア機械 (一部)

## オートマタ

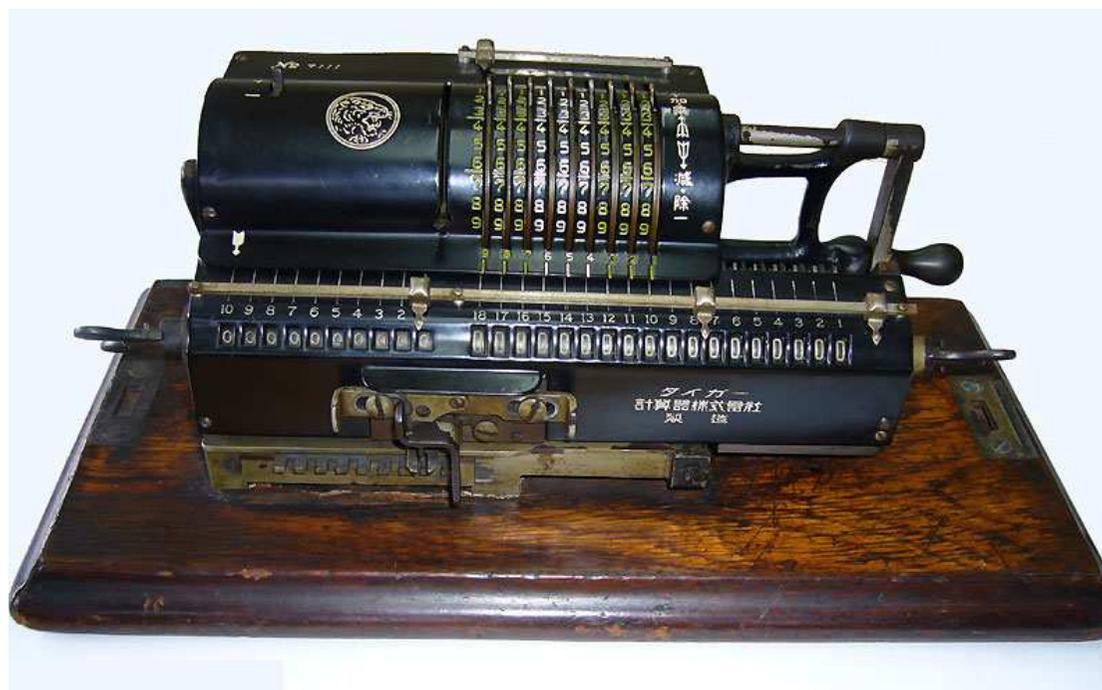
- 語源：ギリシャ語 **automatos** 自らの意思で動くもの
- **automaton**(単数形) / **automata** (複数形)
- 12世紀以降作られた「西洋からくり人形」

「ティンパノンを挽く貴婦人」 1784年  
(**David Roentgen**作)

マリー・アントワネットのために制作されたもの  
動画：[//youtu.be/75CxFwgs1sY](https://youtu.be/75CxFwgs1sY)

# 1900年代前半のコンピュータ

## 1923年タイガー計算機(虎印計算機)



1931年製 (株)タイガー HPより

発売当初は、家が一軒建てられる程の値段!!

- **1938年 リレー式計算機 (Z-1, ドイツ)**
- **1942年 真空管式乗算器 (IBM)**
- **1944年 リレー式計算機 (IBM Mark I)**
- **1946年 真空管式計算機 (IBM604、5,600台)**
- **1946年 ENIAC (ペンシルバニア大学)**
- **1947年 The Baby (マンチェスター大学)**

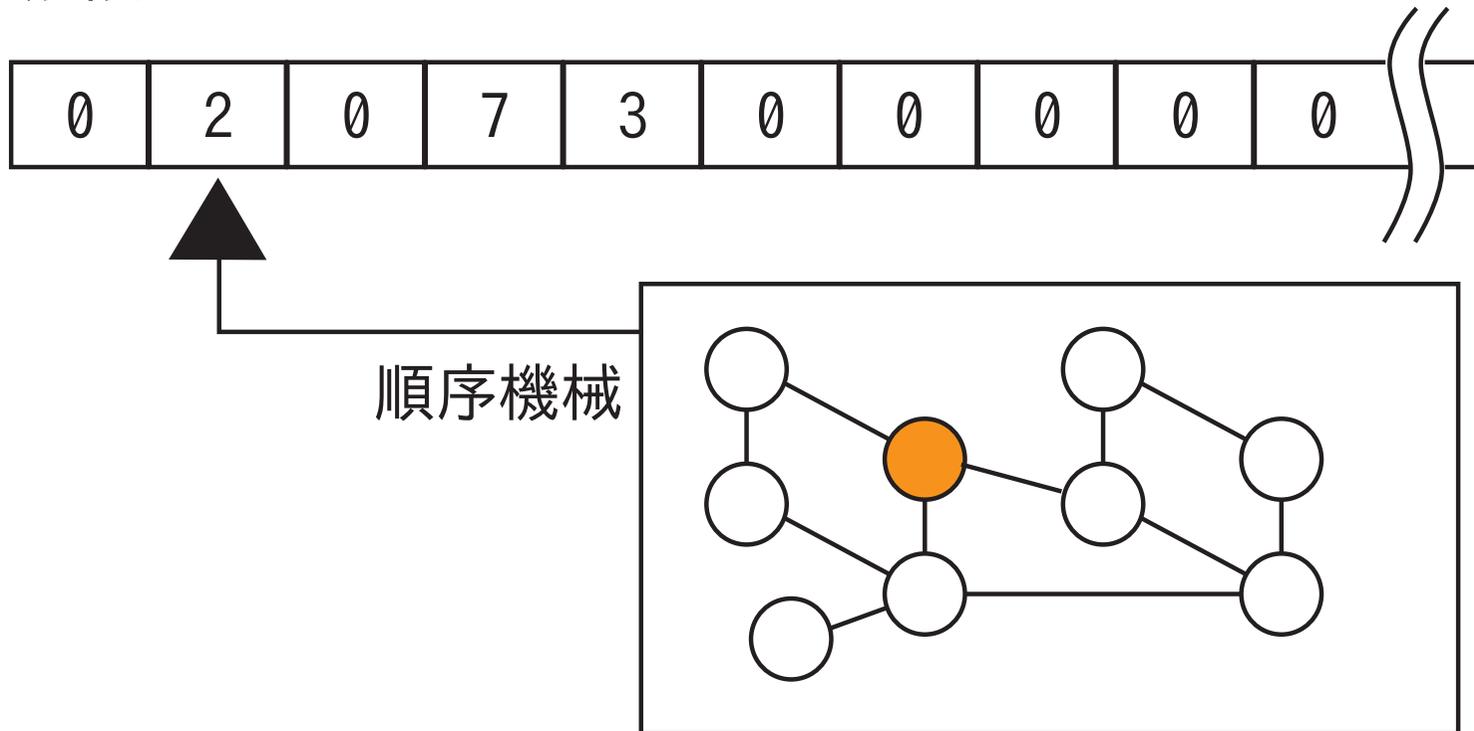
# 計算のモデル化

アラン・チューリング

- 計算可能性の研究 (1936年)  
— チューリング機械 —
- エニグマ暗号解読 極秘任務 (1938年 - 1945年)
- プログラム内蔵式コンピュータ (1946年)
- 後に Turing の功績を讃え、チューリング賞が創設される (ACM 1966年)  
現在賞金100万ドル (Google提供)

# チューリング機械 (1936年)

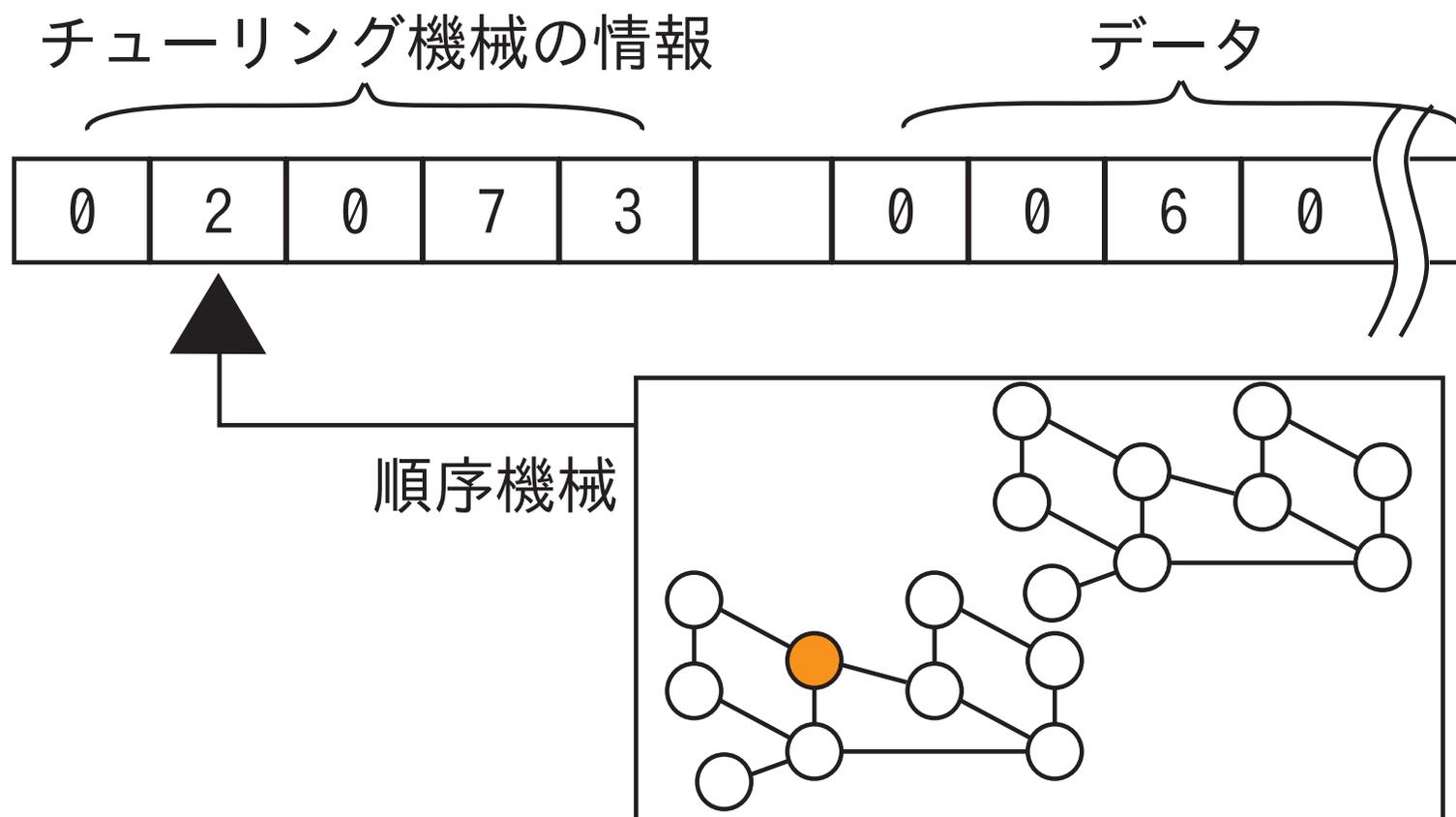
無限テープ



# コンピュータ発明以前のプログラム

## 万能チューリング機械 (1936年)

- テープ上に置いたチューリング機械の情報を読みながら、実行・シミュレーション



前置きはこのくらいにして  
「オートマトン・形式言語」の本題に入ろう

# 形式言語

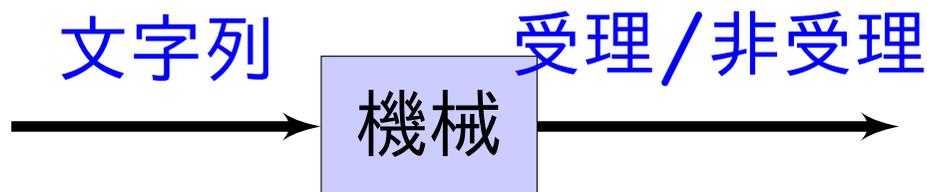
- **言語**とは：文字列の集合
- 言語の例：
  - 英単語の集合
  - Cプログラムの集合（C言語）
  - $n$ 個の0のあとに $n$ 個の1が並んだ列からなる集合  
 $\{\varepsilon, 01, 0011, 000111, \dots\}$
  - 0と1が同じ数だけ含まれている列の集合  
 $\{\varepsilon, 01, 10, 0011, 0101, 1001, \dots\}$
  - 素数を表す2進数の集合  
 $\{10, 11, 101, 111, 1011, \dots\}$
- **形式言語**：**数学モデル**に基づいて定義された言語

# 言語を定義する数学モデル

- 文法と認識機械のふた通り（上の方がクラスが広い）

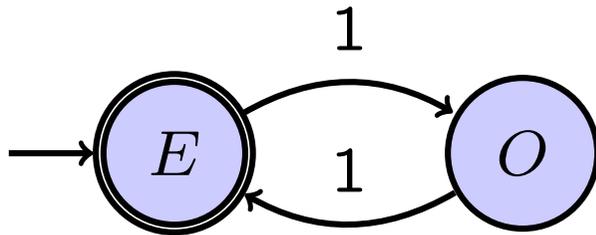
言語の名称	文法	認識機械
帰納的可算	(制限なし)	チューリング機械
┆	┆	┆
文脈自由	文脈自由	プッシュダウン・オートマトン
正規	正規	有限オートマトン
┆	┆	┆

- **文法**：規則により該当言語に属する文字列を生成  
規則の例： $S \rightarrow 11S \mid 0$   
生成の例： $S \Rightarrow 11S \Rightarrow 1111S \Rightarrow 11110$
- **認識機械**：文字列が該当言語に属するか？



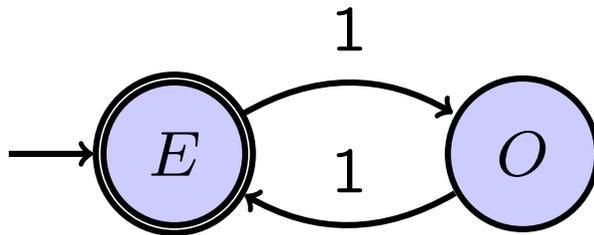
# 有限オートマトン

- 例題：有限オートマトン  $A_1$



- ○と◎を**状態**、特に◎を**最終状態**という
- **文字列の受理**の定義
  - 入り口の矢印から始め入力 of 文字列に従って動き、最後まで動いた時点で最終状態 (◎) にいるとき、受理する
  - 受理状態にいないければ受理しない
- $A_1$  は言語  $\{w \mid w \text{ は偶数個の } 1 \text{ からなる}\}$  を定義している (**認識する** という)

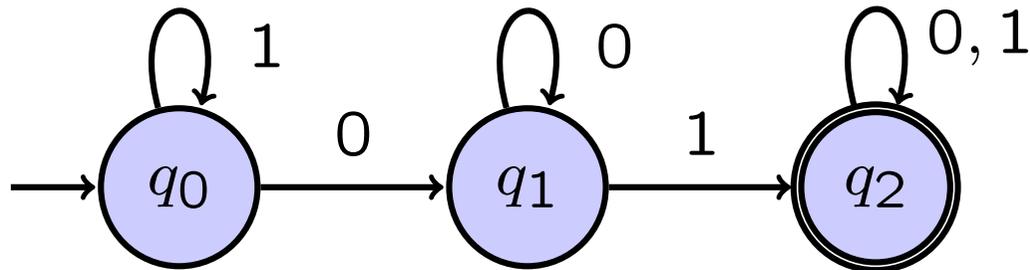
- 初期状態から各状態に到達する文字列は？



*E*: 偶数個の1からなる文字列

*O*: からなる文字列

- アルファベット  $\Sigma$  : 文字の集合
- $\Sigma^*$  :  $\Sigma$  の文字からなるすべての文字列の集合
- 言語  $\{w \in \{0, 1\}^* \mid w \text{ は } 01 \text{ を含む}\}$  を認識するオートマトン



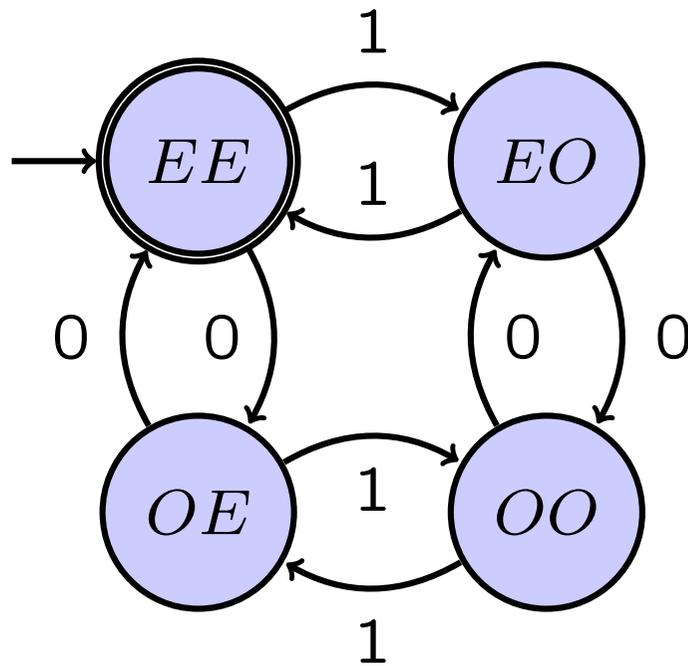
初期状態から各状態に到達する文字列は？

$q_0$ : 01 を含まず、かつ、0 で終わっていない文字列

$q_1$ :

$q_2$ :

- 言語  $\{w \in \{0, 1\} \mid w \text{ は } 0 \text{ と } 1 \text{ をそれぞれ偶数個含む}\}$  を定める有限オートマトン



初期状態から各状態に到達する文字列は？

$EE$ : 0が偶数個・1が偶数個

$EO$ : 0が偶数個・1が奇数個

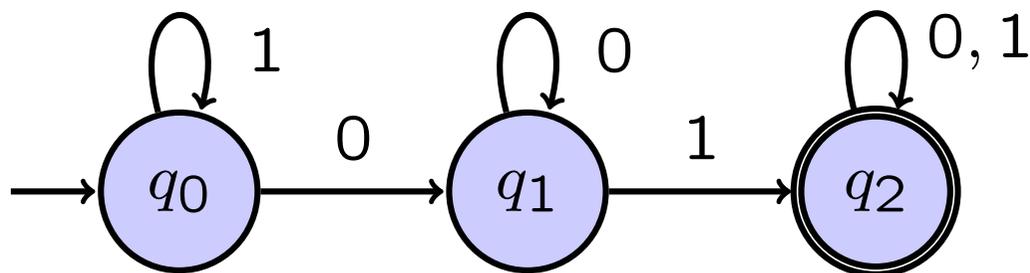
$OE$ : 0が  ・1が

$OO$ : 0が  ・1が

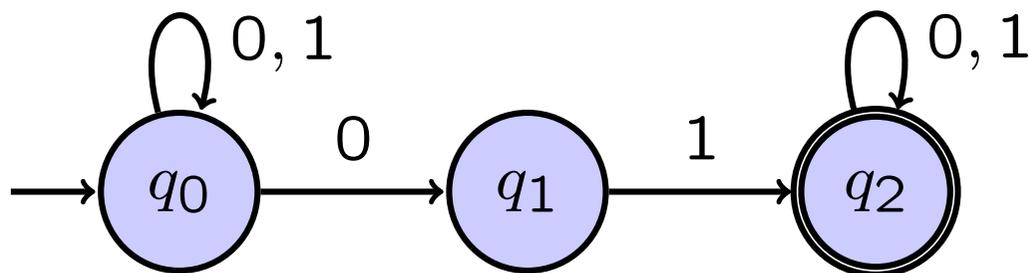
# 演習問題 1

## 決定性／非決定性

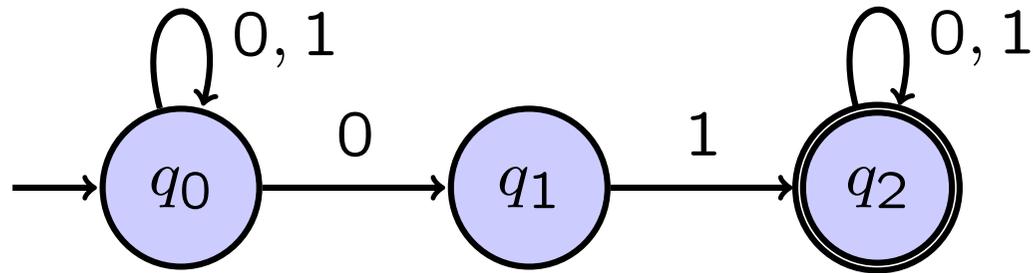
- 決定性有限オートマトン：行き先が一意に定まる



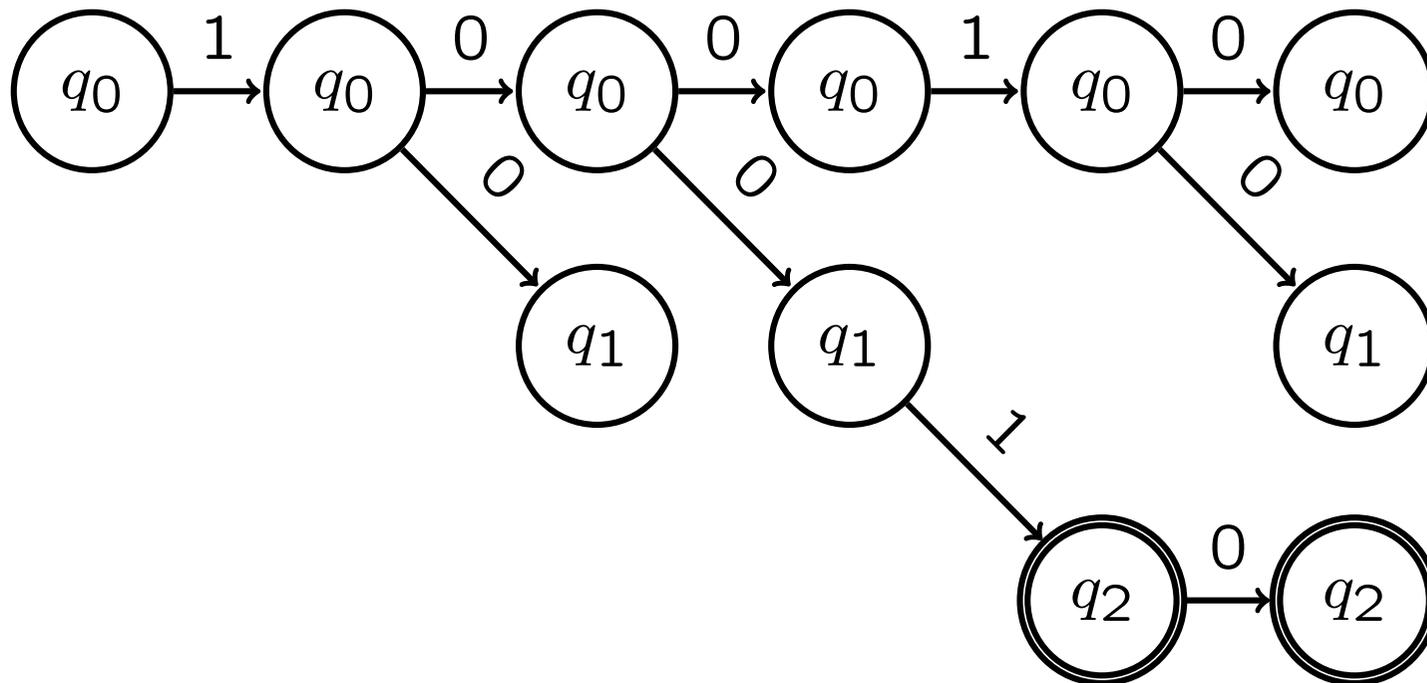
- 非決定性有限オートマトン：複数の行き先がある
  - うまく選べば◎に行けるととき受理する



# 非決定性オートマトン



- 10010を入力したときの（可能な）動作

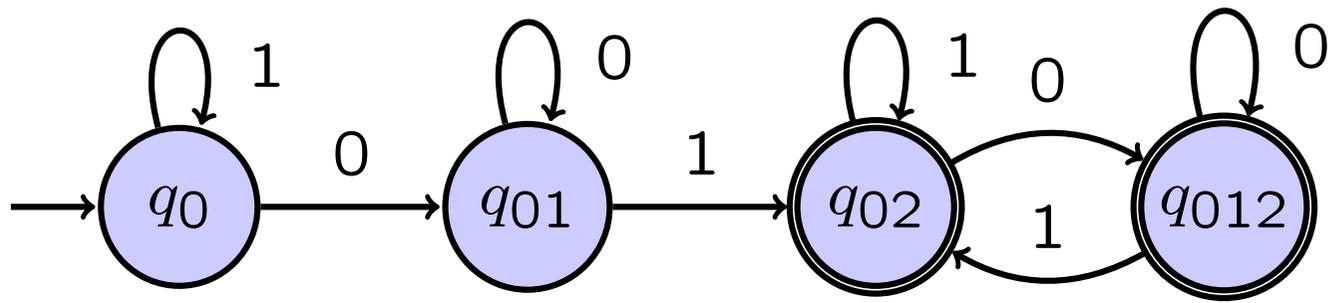
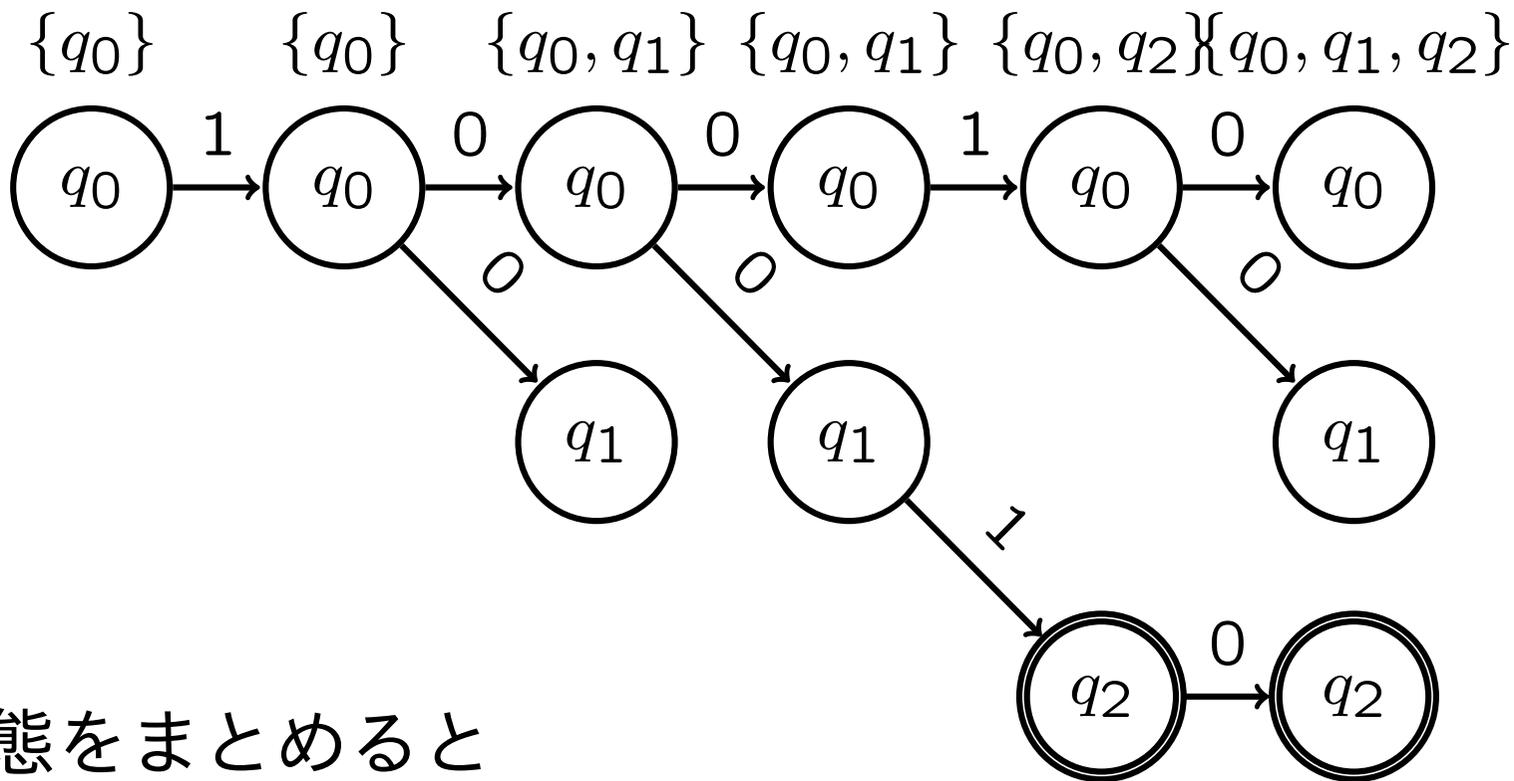


## 演習問題 2

## 非決定性有限オートマトンの能力

- 非決定的にしても能力は上がらない  
つまり、非決定性有限オートマトンで定義できる言語は、決定性有限オートマトンでも定義できる

- 証明法：決定性有限オートマトンでシミュレーション



# 演習問題 3

## アンケート