

# 計算の理論 I

## -動作を含むNFA

火曜3校時  
大月 美佳

平成16年5月25日 佐賀大学知能情報システム学科

## 今日の講義内容

- 動作を含むNFA  
教科書 2.5節 p.80  
正則表現とのつながり
- CLOSURE( -閉包)  
教科書2.5.3項 p.82  
今回の等価性の基礎
- ミニテスト

平成16年5月25日 佐賀大学知能情報システム学科

## -動作を含むNFA

- 動作を含むNFA  
= 空入力 による状態遷移が許されたNFA
- $W$ が -動作を含むNFAで受理  
= 初期状態から最終状態へ至る道が $w$   
ただし、 $w$ に明示的に は含まれない
- 定義式  $M(Q, \Sigma, q_0, F)$   
=  $Q \times (\Sigma \cup \{\epsilon\})$ から $Q$ のベキ集合への関数  
 $\delta(q, a)$   
= 状態 $q$ からラベル $a$ の遷移で移る先の状態の集合

平成16年5月25日 佐賀大学知能情報システム学科

## -動作を含むNFAの例

### 受理入力列の例

		0	1	2	
$q_0$	{ $q_0$ }	/	/	{ $q_1$ }	
$q_1$	/	{ $q_1$ }	/	{ $q_2$ }	
$q_2$	/	/	{ $q_2$ }	/	

1. 002 00 2  
2. 012 0 1 2  
3. 12 1 2  
4. 2 2

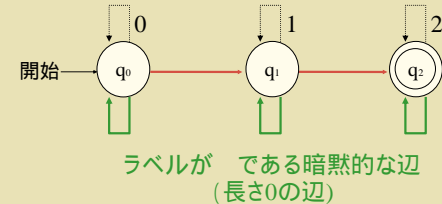
平成16年5月25日 佐賀大学知能情報システム学科

## -CLOSURE

- ある状態 $q$ から  $\epsilon$ -動作のみで移れる先の状態の集合  
文字列に対する遷移関数  $\hat{\delta}$ を定義するため
- CLOSUREの定義
  - CLOSURE( $q$ )  
= 遷移図からラベルが  $\epsilon$  でない有向辺を取り去った上で、 $q$ から到達可能な頂点の集合
  - CLOSURE( $P$ ) :  $P$ は状態の集合  
=  $\bigcup_{q \in P} \epsilon\text{-CLOSURE}(q)$

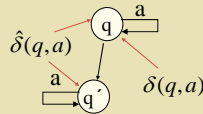
## -CLOSUREの例

- CLOSURE( $q_0$ ) =  $\{q_0, q_1, q_2\}$
- CLOSURE( $q_1$ ) =  $\{q_1, q_2\}$
- CLOSURE( $q_2$ ) =  $\{q_2\}$



## $\hat{\delta}$ の定義

- $\hat{\delta}(q, \epsilon) = \epsilon\text{-CLOSURE}(q)$
- $\hat{\delta}(q, wa) = \epsilon\text{-CLOSURE}(P)$   
ただし、 $w \in \Sigma^*, a \in \Sigma$ ,  
 $P = \{p \mid \text{ある } \hat{\delta}(q, w) \text{ の元 } r \text{ に対して } p \in \delta(r, a)\}$



$\hat{\delta}(q, a)$  は必ずしも  $\delta(q, a)$  と等しくない。

$\delta(q, a)$  から  $a$  をラベルに持つ道 ( を含む ) を通って到達できる状態の集合  
 $\hat{\delta}(q, a)$  から  $a$  の辺で直接到達できる状態の集合

## $\delta$ と $\hat{\delta}$ の拡張

- $\hat{\delta}(q, \epsilon) = \epsilon\text{-CLOSURE}(q)$
- $\hat{\delta}(q, wa) = \epsilon\text{-CLOSURE}(P)$   
ただし、 $w \in \Sigma^*, a \in \Sigma$ ,  
 $P = \{p \mid \text{ある } \hat{\delta}(q, w) \text{ の元 } r \text{ に対して } p \in \delta(r, a)\}$

さらに、状態の集合  $R (\subseteq Q)$  に対して

$$3) \delta(R, a) = \bigcup_{q \in R} \delta(q, a)$$

$$4) \hat{\delta}(R, w) = \bigcup_{q \in R} \hat{\delta}(q, w)$$

## -動作ありNFAの受理言語

### ◆ 定義

$M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ が受理する言語は  
 $\{w \mid \hat{\delta}(q_0, w) \text{は} F \text{の元を含む}\}$   
 であり $L(M)$ と書く。

## 受理の例

- 0:  $\hat{\delta}(q_0, 0) = \varepsilon - \text{CLOSURE}(\delta(\hat{\delta}(q_0, \varepsilon), 0))$   
 $= \varepsilon - \text{CLOSURE}(\delta(\{q_0, q_1, q_2\}, 0))$   
 $= \varepsilon - \text{CLOSURE}(\delta(q_0, 0) \cup \delta(q_1, 0) \cup \delta(q_2, 0))$   
 $= \varepsilon - \text{CLOSURE}(\{q_0\} \cup \cup /)$   
 $= \varepsilon - \text{CLOSURE}(\{q_0\}) = \{q_0, q_1, q_2\}$
- 01:  $\hat{\delta}(q_0, 01) = \varepsilon - \text{CLOSURE}(\delta(\hat{\delta}(q_0, 0), 1))$   
 $= \varepsilon - \text{CLOSURE}(\delta(\{q_0, q_1, q_2\}, 1))$   
 $= \varepsilon - \text{CLOSURE}(\delta(q_0, 1) \cup \delta(q_1, 1) \cup \delta(q_2, 1))$   
 $= \varepsilon - \text{CLOSURE}(\cup / \cup \{q_1\} \cup /)$   
 $= \varepsilon - \text{CLOSURE}(\{q_1\}) = \{q_1, q_2\}$

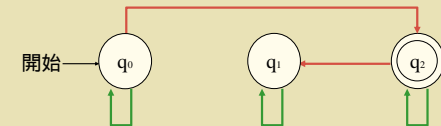
## -動作を含むNFA 例1

### ◆ -動作を含むNFA

$(\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \text{開始}, q_0, \{q_2\})$   
 は下表

	0	1	
$q_0$	$q_0, q_1$	-	$q_2$
$q_1$	$q_2$	$q_0, q_1$	-
$q_2$	$q_0, q_1$	-	$q_1$

## 例1 -CLOSURE



	0	1	
$q_0$	$q_0, q_1$	-	$q_2$
$q_1$	$q_2$	$q_0, q_1$	-
$q_2$	$q_0, q_1$	-	$q_1$

	-CLOSURE
$q_0$	$q_0, q_1, q_2$
$q_1$	$q_1$
$q_2$	$q_1, q_2$

## -動作を含むNFA 例2

- 動作を含むNFA

$(\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \text{開始}, q_0, \{q_2\})$

は下表

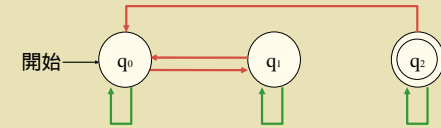
	0	1	
$q_0$	$q_0$	-	$q_1$
$q_1$	-	$q_0, q_2$	$q_0$
$q_2$	$q_1$	$q_2$	$q_0$

平成16年5月25日

佐賀大学知能情報システム学科

13

## 例2 -CLOSURE



	0	1	
$q_0$	$q_0$	-	$q_1$
$q_1$	-	$q_0, q_2$	$q_0$
$q_2$	$q_1$	$q_2$	$q_0$

	-CLOSURE
$q_0$	$q_0, q_1$
$q_1$	$q_0, q_1$
$q_2$	$q_0, q_1, q_2$

平成16年5月25日

佐賀大学知能情報システム学科

14

## ミニテストと次回内容

- ミニテスト

教科書・資料を見ても、友達と相談しても良い  
15分後に指名された人は板書

- ミニテストを提出すること

出したら帰ってよし

- 次回(6/1)内容

-動作を含むNFAと等価なNFA

平成16年5月25日

佐賀大学知能情報システム学科

15