

計算の理論 I

-動作を含むNFAと等価なDFA

月曜3校時
大月 美佳

平成16年6月1日 佐賀大学知能情報システム学科

今日の講義内容

1. -動作を含むNFA遷移関数と受理
復習・補足
2. -動作ありNFA -動作なしNFA
3. -動作なしNFA DFA
4. ミニテスト

平成16年6月1日 佐賀大学知能情報システム学科

$\hat{\delta}$ の定義

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

$\hat{\delta}(q, a)$ $\delta(q, a)$

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

qからaをラベルに持つ道(を含む)を通して到達できる状態の集合

qからaの辺で直接到達できる状態の集合

平成16年6月1日 佐賀大学知能情報システム学科

δ と $\hat{\delta}$ の拡張

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

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

平成16年6月1日 佐賀大学知能情報システム学科

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

-動作なしNFAと -動作ありNFAの等価性

-動作ありNFA: $M(Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ が
 -動作なしNFA: $M'(Q', \Sigma', \delta', q_0', F')$
 で模倣できる(帰納法)。

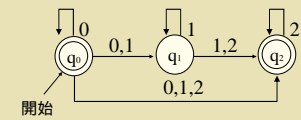
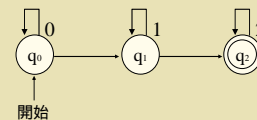
$$F' = \begin{cases} F \cup \{q_0\} & \varepsilon\text{-CLOSUREが}F\text{の元を含むとき} \\ F & \text{そうでないとき} \end{cases}$$

$$\delta'(q, a) = \hat{\delta}(q, a) \quad (q \in Q, a \in \Sigma)$$

-動作ありNFAを模倣する -動作なしNFAの例

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

	0	1	2
q_0	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_1, q_2\}$	$\{q_2\}$
q_1		$\{q_1, q_2\}$	$\{q_2\}$
q_2			$\{q_2\}$

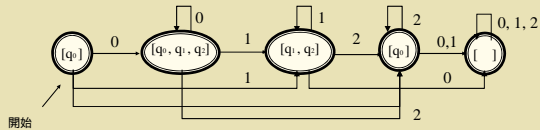


-遷移無しNFAからDFAへ

サブセット構成法

	0	1	2
* q ₀	{q ₀ , q ₁ , q ₂ }	{q ₁ , q ₂ }	{q ₂ }
q ₁		{q ₁ , q ₂ }	{q ₂ }
*q ₂			{q ₂ }

	0	1	2
* [q ₀]	{q ₀ , q ₁ , q ₂ }	{q ₁ , q ₂ }	{q ₂ }
*[q ₀ , q ₁ , q ₂]	{q ₀ , q ₁ , q ₂ }	{q ₁ , q ₂ }	{q ₂ }
*[q ₁ , q ₂]	[]	{q ₁ , q ₂ }	{q ₂ }
*[q ₂]	[]	[]	{q ₂ }
[]	[]	[]	[]



平成16年6月1日

佐賀大学知能情報システム学科

9

-動作を含むNFA 例1

◆ -動作を含むNFA

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

は下表

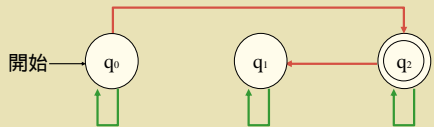
	0	1	
q ₀	q ₀ , q ₁	-	q ₂
q ₁	q ₂	q ₀ , q ₁	-
q ₂	q ₀ , q ₁	-	q ₁

平成16年6月1日

佐賀大学知能情報システム学科

10

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

q	ECLOSE(q)
q ₀	q ₀ , q ₁ , q ₂
q ₁	q ₁
q ₂	q ₁ , q ₂

平成16年6月1日

佐賀大学知能情報システム学科

11

例1 NFA

- $\hat{(q_0, 0)} = \text{ECLOSE}(\text{ECLOSE}(q_0, 0)) = \text{ECLOSE}(\{q_0, q_1, q_2\}, 0) = \text{ECLOSE}(\{q_0, q_1, q_2\}) = \{q_0, q_1, q_2\}$
- $\hat{(q_0, 1)} = \text{ECLOSE}(\text{ECLOSE}(q_0, 1)) = \text{ECLOSE}(\{q_0, q_1, q_2\}, 1) = \text{ECLOSE}(\{q_0, q_1, q_2\}) = \{q_0, q_1, q_2\}$
- $\hat{(q_1, 0)} = \text{ECLOSE}(\text{ECLOSE}(q_1, 0)) = \text{ECLOSE}(\{q_1\}, 0) = \text{ECLOSE}(\{q_2\}) = \{q_1, q_2\}$
- $\hat{(q_1, 1)} = \text{ECLOSE}(\text{ECLOSE}(q_1, 1)) = \text{ECLOSE}(\{q_1\}, 1) = \text{ECLOSE}(\{q_0, q_1\}) = \{q_0, q_1, q_2\}$
- $\hat{(q_2, 0)} = \text{ECLOSE}(\text{ECLOSE}(q_2, 0)) = \text{ECLOSE}(\{q_1, q_2\}, 0) = \text{ECLOSE}(\{q_0, q_1, q_2\}) = \{q_0, q_1, q_2\}$
- $\hat{(q_2, 1)} = \text{ECLOSE}(\text{ECLOSE}(q_2, 1)) = \text{ECLOSE}(\{q_1, q_2\}, 1) = \text{ECLOSE}(\{q_0, q_1, q_2\}) = \{q_0, q_1, q_2\}$

	0	1
* q ₀	{q ₀ , q ₁ , q ₂ }	{q ₀ , q ₁ , q ₂ }
q ₁	{q ₁ , q ₂ }	{q ₀ , q ₁ , q ₂ }
*q ₂	{q ₀ , q ₁ , q ₂ }	{q ₀ , q ₁ , q ₂ }

平成16年6月1日

佐賀大学知能情報システム学科

12

例1 NFA DFA

サブセット構成法

	0	1
* q_0	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$
q_1	$\{q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$
* q_2	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$

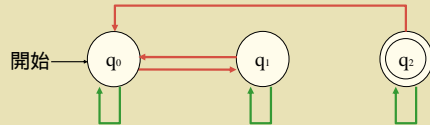
	0	1
* $[q_0]$	$[q_0, q_1, q_2]$	$[q_0, q_1, q_2]$
* $[q_0, q_1, q_2]$	$[q_0, q_1, q_2]$	$[q_0, q_1, q_2]$

-動作を含むNFA NFA 例2

- 動作を含むNFA
 $(\{q_0, q_1, q_2\}, \{0, 1\}, \delta, q_0, \{q_2\})$
 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

例2 -CLOSURE



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

q	ECLOSE
q_0	q_0, q_1
q_1	q_0, q_1
q_2	q_0, q_1, q_2

例2 NFA

- $\hat{q}_0 = \text{ECLOSE}(q_0, 0) = \text{ECLOSE}(q_0, 0) = \{q_0, q_1\}$
- $\hat{q}_0 = \text{ECLOSE}(q_0, 1) = \text{ECLOSE}(q_0, 1) = \{q_0, q_1\}$
- $\hat{q}_1 = \text{ECLOSE}(q_1, 0) = \text{ECLOSE}(q_1, 0) = \{q_0, q_1\}$
- $\hat{q}_1 = \text{ECLOSE}(q_1, 1) = \text{ECLOSE}(q_1, 1) = \{q_0, q_1, q_2\}$
- $\hat{q}_2 = \text{ECLOSE}(q_2, 0) = \text{ECLOSE}(q_2, 0) = \{q_0, q_1, q_2\}$
- $\hat{q}_2 = \text{ECLOSE}(q_2, 1) = \text{ECLOSE}(q_2, 1) = \{q_0, q_1, q_2\}$

	0	1
q_0		
q_1		
* q_2		

例2 NFA DFA

サブセット構成法

	0	1
q_0		
q_1		
$*q_2$		

	0	1
$[q_0]$		

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
出したら帰って良し
- ◆ 次回(6/8)内容
正則(正規)表現