

言語解析論

講師 竹内孔一

本日の内容

- 文脈自由文法
- pda (プッシュダウンスタックオートマトン)

BNF

- CFGの文法を記述する便利な表記
 - Backus Naur Form (バックス・ノーアフォーム)
 - 同じ非終端記号から派生する生成規則をまとめて書く
 - ものの定義を記述する

例) 「平成□□年」を受け付ける文脈自由文法をBNFで書く

S ::= Go Nen
Nen ::= Num Suf
Go ::= 平成
Num ::= 1 | 2 | 3 | ... | 21
Suf ::= 年



練習6

- BNFを利用して次の文を受理するCFGを記述せよ

「彼の姉は犯人は弟であることを知っていた」
ただし

P ::= は | の | を | で (助詞)
V ::= ある | 知っていた (動詞)
N ::= 彼 | 姉 | 犯人 | 弟 | こと (名詞)

を利用すること

文脈自由文法

- 正規文法との違い
 - $\{a^n b^n \mid n = 0, 1, 2, \dots\}$ という離れた関係が捉えられる
- 練習
 - 上記の表現を捉えられる簡単なCFGを記述せよ

解答 非終端記号に代入して繰り返すと

$V_N = \{\sigma\}$	$\sigma \Rightarrow aob$
$V_T = \{a, b\}$	$\Rightarrow a(aob)b$
$P = \{\sigma \rightarrow aob, \sigma \rightarrow ab\}$	$\Rightarrow a^2(aob)b^2$
$G = \langle V_N, V_T, P, \sigma \rangle$	$\Rightarrow a^n b^n$

捉えられる現象

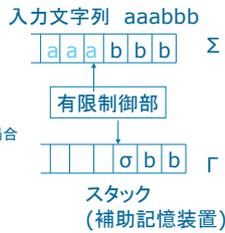
- CFGの特徴生かした言語
 - 例 "That ...that he is tall is false ... is false."
 - パターン (that)ⁱ he is tall (is false)ⁱ
 - 最初の i 回を覚えておいて次の i 回を繰り返す
 - 例 彼は 彼は 姉は犯人でない ことを知っている ことを知っている
 - パターンを記述してみよう

Push down automaton (PDA)

定義

- 状態集合 Q
- 入力文字集合 Σ
- スタックの文字集合 Γ
- 状態遷移集合 σ
- 初期状態 q_0
- 終了状態集合 F

$$P = \langle Q, \Sigma, \Gamma, \sigma, q_0, F \rangle$$



事例

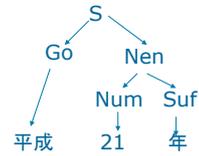
- $\{a^n b^n \mid n = 0, 1, 2, \dots\}$ を受理する場合
- 定性的な説明
 - なぜ離れた関係を捉えられるのか
 - > スタックに非終端を積みむから

$$P = \{ \sigma \rightarrow aob, \sigma \rightarrow ab \}$$

練習7

- 下記CFGと等価なPDAで「平成21年」を受理せよ

$S ::= \text{Go Nen}$
 $\text{Nen} ::= \text{Num Suf}$
 $\text{Go} ::= \text{平成}$
 $\text{Num} ::= 1 \mid 2 \mid 3 \mid \dots \mid 21$
 $\text{Suf} ::= \text{年}$



ヒント: スタックの先頭はSが初期値

定義

- 状態集合 Q
- 入力文字集合 Σ
- スタックの文字集合 Γ
- 状態遷移集合 σ
- 初期状態 q_0
- 終了状態集合 F

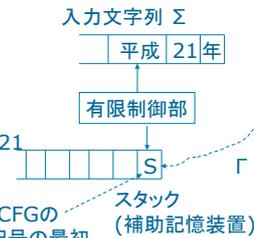
$$P = \langle Q, \Sigma, \Gamma, \sigma, q_0, F \rangle$$

初期状態 q_0 は最初の非終端S

終了: 最後の文字が読み終わったときにスタックも空

$S ::= \text{Go Nen}$
 $\text{Nen} ::= \text{Num Suf}$
 $\text{Go} ::= \text{平成}$
 $\text{Num} ::= 1 \mid 2 \mid 3 \mid \dots \mid 21$
 $\text{Suf} ::= \text{年}$

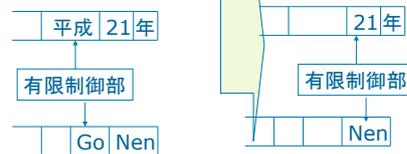
このSはCFGの非終端記号の最初



$S ::= \text{Go Nen}$
 $\text{Nen} ::= \text{Num Suf}$
 $\text{Go} ::= \text{平成}$
 $\text{Num} ::= 1 \mid 2 \mid 3 \mid \dots \mid 21$
 $\text{Suf} ::= \text{年}$

Step 1
平成を受け付ける前にSを展開してGoまで持っていく

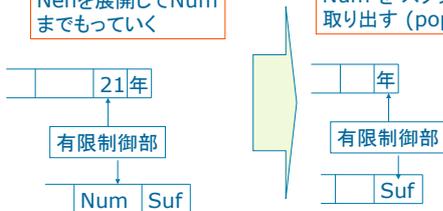
Step 2
平成を読み込んでGoをスタックから取り出す (pop)



$S ::= \text{Go Nen}$
 $\text{Nen} ::= \text{Num Suf}$
 $\text{Go} ::= \text{平成}$
 $\text{Num} ::= 1 \mid 2 \mid 3 \mid \dots \mid 21$
 $\text{Suf} ::= \text{年}$

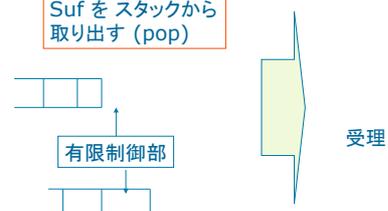
Step 3
21を受け付ける前にNenを展開してNumまでもっていく

Step 4
「21」を読み込んでNumをスタックから取り出す (pop)



$S ::= \text{Go Nen}$
 $\text{Nen} ::= \text{Num Suf}$
 $\text{Go} ::= \text{平成}$
 $\text{Num} ::= 1 \mid 2 \mid 3 \mid \dots \mid 21$
 $\text{Suf} ::= \text{年}$

Step 5
「年」を読み込んでSufをスタックから取り出す (pop)



pda の状態遷移関数とcfgの生成規則

$S ::= \text{Go Nen}$
 $\text{Nen} ::= \text{Num Suf}$
 $\text{Go} ::= \text{平成}$
 $\text{Num} ::= 1 \mid 2 \mid 3 \mid \dots \mid 21$
 $\text{Suf} ::= \text{年}$

状態遷移関数

$\delta(q, \varepsilon, S) = \{(q, \text{Go Nen})\}$
 $\delta(q, \varepsilon, \text{Nen}) = \{(q, \text{Num Suf})\}$
 $\delta(q, \text{平成}, \text{Go}) = \{(q, \varepsilon)\}$
 $\delta(q, 1, \text{Num}) = \{(q, \varepsilon)\}$
 \dots
 $\delta(q, \text{年}, \text{Suf}) = \{(q, \varepsilon)\}$

様相間のステップ

$(q, \text{平成21年}, \text{GoNen}) \Rightarrow (q', 21\text{年}, \text{Nen})$

状態遷移関数

状態遷移関数の説明

(例) 状態 q から q' または q'' に遷移

遷移後の状態 q' 遷移後の状態 q''

$\delta(q, b, C) = \{(q', ABA), (q'', BB)\}$

状態 テープ上の1文字 スタック上の1文字
 遷移後の状態 q' 遷移後の状態 q''
 遷移後のスタック上の文字

pda は非決定性なので、遷移先は複数あって良い

14

様相間のステップ

- ある状態から1ステップで次の状態に移った場合の記述

q から q' に1ステップで様相が変わった

$(q, \text{平成21年}, \text{GoNen}) \Rightarrow (q', 21\text{年}, \text{Nen})$

様相 状態遷移関数との違いに注意

テープ上の1文字(単語)「平成」とスタックの「Go」を取り除き、テープには「21年」が残り、スタック上には「Nen」のみが残っている状態となった。この変化が1ステップで起こったことを上記の式は示している。

$(q, y, S) \stackrel{*}{\Rightarrow} (q', \varepsilon, \varepsilon)$ 受理とは有限回遷移でテープ上の文字列もスタックも空になること

15

考えてみよう

下記の状態遷移はどんなことを表しているか説明せよ

$\delta(q, \varepsilon, S) = \{(q', NV)\}$

$\delta(q, b, A) = \{(q', AB), (q'', \varepsilon)\}$

16

練習

- 下記の生成規則に対応するpdaの状態遷移関数を記述せよ

$S ::= \text{Go Nen}$
 $\text{Nen} ::= \text{Num Suf}$
 $\text{Go} ::= \text{平成}$
 $\text{Num} ::= 1 \mid 2 \mid 3 \mid \dots \mid 21$
 $\text{Suf} ::= \text{年}$

17