

# 情報とコンピュータ

静岡大学工学部

安藤和敏

2005.01.24

# 10章

## 言語の翻訳

- コンピュータにPascalを理解させる
- 構文生成規則

今日の話の内容は、情報処理技術者試験  
[基本情報]の出題範囲であるBNF  
(Backus Naur Form) と密接に関連する。

# プログラムが実行されるまで

Pascalプログラム

Z := X + Y

コンパイル

アセンブリ言語の  
プログラム

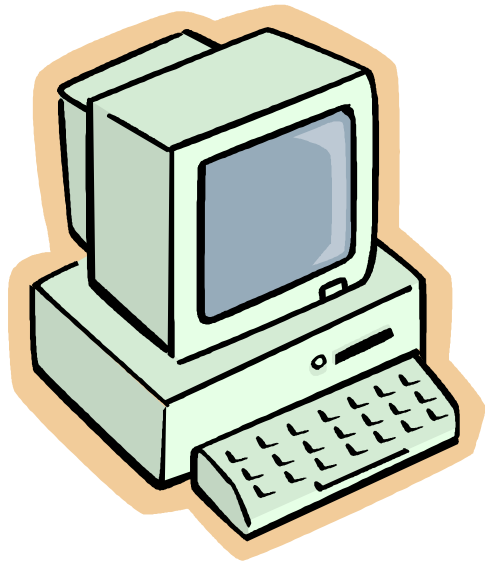
```
COPY AX, X  
ADD AX, Y  
COPY CN1, AX  
COPY AX, CN1  
COPY Z, AX
```

機械語プログラム

```
0010110100100  
0110101010001  
0011001000100  
1100100101101  
0110110100001
```

電気回路による実行

# コンピュータはPascalを理解できない



$Z := X + Y$

```
COPY AX, X  
ADD AX, Y  
COPY CN1, AX  
COPY AX, CN1  
COPY Z, AX
```



# Pascalからアセンブリ言語への翻訳

**Z := X + Y**



コンパイル

Pascal

||

翻訳

```
COPY AX, X  
ADD AX, Y  
COPY CN1, AX  
COPY AX, CN1  
COPY Z, AX
```

アセンブリ言語

# 英文法を思い出してみる

はじめに、英語の文が日本語の文にどのように翻訳されるかを考えてみよう。

以降の数ページで、英文法の復習をする。大体の雰囲気分かればよい。(私の専門は英語ではないので、多少の誤りを含んでいるかも知れない。)

# 英語の基本5文型

英語の文(平叙文)は,以下の5つの型のどれかにあてはまる(んだそうです).

E1: <文> → <主語> <述語>

E2: <文> → <主語> <述語> <補語>

E3: <文> → <主語> <述語> <目的語>

E4: <文> → <主語> <述語> <目的語> <補語>

E5: <文> → <主語> <述語> <目的語> <目的語>

# 主語

E6: <主語> → <名詞> (例: Ando)

E7:

<主語> → <冠詞> <形容詞> <名詞> (例: a crazy guy)

E8:

<主語> → <冠詞> <形容詞> <名詞> <形容詞節>

(例: the old woman who I met yesterday)



# 目的語(主語と同じ)

E9: <目的語> → <名詞>

E10:

<目的語> → <冠詞> <形容詞> <名詞>

E11:

<目的語> → <冠詞> <形容詞> <名詞> <形容詞節>

# 述語

E12: <述語> → <動詞> (例: sings)

E13: <述語> → <動詞> <副詞> (例: sings well)

E14: <述語> → <助動詞> <動詞> <副詞>

(例: can sing well)

# 冠詞

E15: <冠詞> → a (または, an) (不定冠詞)

E16: <冠詞> → the (定冠詞)

# 名詞, 動詞

E17: <名詞> → Ando, Japan, Shi zuoka, ...  
computer, i nformation, ...  
I (me), you, she (her), ...

(人称代名詞は格変化する場合もある)

E18: <動詞> → pl ay, speak, run, ...

(主語, 時制などによって変化)

# 形容詞，副詞

E19: <形容詞> → old, beautiful, easy, . . . .

E20: <副詞> → well, gently, carefully, . . .

# 文法的に正しい英文の作り方

E1 ~ E21 みたいなものは、英文の構文生成規則と呼ばれる。

文法的に正しい英文は、このような構文生成規則によって生成される文である。

もちろん文法的には正しくても意味的には変な文も生成できる。

例) Mr. Ando is a girl.

# 文法的に正しい英文の作り方

## 導出

## 規則

---

<文>	E3: <文> → <主語> <述語> <目的語>
<主語> <述語> <目的語>	E6: <主語> → <名詞>
<名詞> <述語> <目的語>	E12: <述語> → <動詞>
<名詞> <動詞> <目的語>	E9: <目的語> → <名詞>
<名詞> <動詞> <名詞>	E17: <名詞> → Ando
Ando <動詞> <名詞>	E18: <動詞> → plays
Ando plays <名詞>	E17: <名詞> → tennis
Ando plays tennis	

# 文法的に正しい英文の作り方

## 導出

## 規則

---

<文> <sub>1</sub>	E3: <文> <sub>1</sub> → <主語> <sub>2</sub> <述語> <sub>3</sub> <目的語> <sub>4</sub>
<主語> <sub>2</sub> <述語> <sub>3</sub> <目的語> <sub>4</sub>	E6: <主語> <sub>2</sub> → <名詞> <sub>5</sub>
<名詞> <sub>5</sub> <述語> <sub>3</sub> <目的語> <sub>4</sub>	E12: <述語> <sub>3</sub> → <動詞> <sub>6</sub>
<名詞> <sub>5</sub> <動詞> <sub>6</sub> <目的語> <sub>4</sub>	E9: <目的語> <sub>4</sub> → <名詞> <sub>7</sub>
<名詞> <sub>5</sub> <動詞> <sub>6</sub> <名詞> <sub>7</sub>	E17: <名詞> <sub>5</sub> → Ando
Ando <動詞> <sub>6</sub> <名詞> <sub>7</sub>	E18: <動詞> <sub>6</sub> → plays
Ando plays <名詞> <sub>7</sub>	E17: <名詞> <sub>7</sub> → tennis
Ando plays tennis	



# Pascalの構文生成規則

## Pascal の文法

Pascal の文法も英語と同じような構文生成規則によって定義される。

ただし、文法規則は英語よりもずっと簡単である。

- 命令文だけである。したがって、時制もない。
- 動詞や名詞の変化がない。

英語は文法が正しくなくてもある程度は、理解してもらえるが、文法が正しくないPascalは理解してもらえない。

# 変数名(手続き名)の生成規則

変数名, 手続き名(サブルーチン名), などは  
**識別子 (identifier)** と呼ばれる.

<識別子>  $\longrightarrow$  英字で始まる英字と数字の並び

R1:  $\langle i \rangle_j \longrightarrow$  英字で始まる英字と数字の並び

# 式 (expression) の生成規則 (R2)

1つの変数は, 式である.

$$\text{R2: } \langle e \rangle_i \longrightarrow \langle i \rangle_j$$

e は expression (式) の略.

# 文 (statement) の生成規則 代入文 (R3)

$$\text{R3: } \langle s \rangle_k \longrightarrow \langle i \rangle_j := \langle e \rangle_i$$

代入文は、左辺が識別子で、右辺が式でなければならない。

s は statement の略。

# 例題 ( $X := Y$ の導出)

導出

規則

$\langle S \rangle_1$

R3:  $\langle S \rangle_1 \rightarrow \langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$

$\langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$

R1:  $\langle i \rangle_2 \rightarrow X$

$X := \langle e \rangle_3$

R2:  $\langle e \rangle_3 \rightarrow \langle i \rangle_4$

$X := \langle i \rangle_4$

R1:  $\langle i \rangle_4 \rightarrow Y$

$X := Y$

# 式の生成規則 (R4,R5)

式 + 式は, 式である.

$$\text{R4: } \langle e \rangle_i \longrightarrow (\langle e \rangle_j + \langle e \rangle_k)$$

式 \* 式も, 式である.

$$\text{R5: } \langle e \rangle_i \longrightarrow (\langle e \rangle_j * \langle e \rangle_k)$$

# 例題 (Y := (XX + YY) の生成)

導出

規則

---

$\langle S \rangle_1$	R3: $\langle S \rangle_1 \rightarrow \langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$
$\langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$	R1: $\langle i \rangle_2 \rightarrow Y$
$Y := \langle e \rangle_3$	R4: $\langle e \rangle_3 \rightarrow (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$
$Y := (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_4 \rightarrow \langle i \rangle_6$
$Y := (\langle i \rangle_6 + \langle e \rangle_5)$	R1: $\langle i \rangle_6 \rightarrow XX$
$Y := (XX + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_5 \rightarrow \langle i \rangle_7$
$Y := (XX + \langle i \rangle_7)$	R1: $\langle i \rangle_7 \rightarrow YY$
$Y := (XX + YY)$	

# 例題 (SUM := ((X \* C) + SUM) の生成)

導出

規則

$\langle s \rangle_1$	R3: $\langle s \rangle_1 \rightarrow \langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$
$\langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3$	R1: $\langle i \rangle_2 \rightarrow \text{SUM}$
$\text{SUM} := \langle e \rangle_3$	R4: $\langle e \rangle_3 \rightarrow (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$
$\text{SUM} := (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$	R5: $\langle e \rangle_4 \rightarrow (\langle e \rangle_7 * \langle e \rangle_8)$
$\text{SUM} := ((\langle e \rangle_7 * \langle e \rangle_8) + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_7 \rightarrow \langle i \rangle_9$
$\text{SUM} := ((\langle i \rangle_9 * \langle e \rangle_8) + \langle e \rangle_5)$	R1: $\langle i \rangle_9 \rightarrow X$
$\text{SUM} := ((X * \langle e \rangle_8) + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_8 \rightarrow \langle i \rangle_{10}$
$\text{SUM} := ((X * \langle i \rangle_{10}) + \langle e \rangle_5)$	R1: $\langle i \rangle_{10} \rightarrow C$
$\text{SUM} := ((X * C) + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_5 \rightarrow \langle i \rangle_{11}$
$\text{SUM} := ((X * C) + \langle i \rangle_{11})$	R1: $\langle i \rangle_{11} \rightarrow \text{SUM}$
$\text{SUM} := ((X * C) + \text{SUM})$	



# 文の生成

$$\langle S \rangle_1 \rightarrow \langle i \rangle_2 := \langle e \rangle_3 \rightarrow Y := \langle e \rangle_3$$

$$\rightarrow Y := (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5) \rightarrow Y := (\langle i \rangle_6 + \langle e \rangle_5)$$

$$\rightarrow Y := (XX + \langle e \rangle_5) \rightarrow Y := (XX + \langle i \rangle_7)$$

$$\rightarrow Y := (XX + YY)$$

$Y := (XX + YY)$  が生成されたといつて、以下のように表す。

$$\langle S \rangle_1 \quad \xrightarrow{*} \quad Y := (XX + YY)$$

$\langle i \rangle_1$  または  $\langle s \rangle_1$  から始めて次の記号文字列を生成せよ

(a)  $YXY$

(b) JACK

(c)  $X := Y$

(d)  $X := (X * X)$

(e)  $YY Y := (Y * (X + X))$

(f)  $XX := ((X + XX) * Y)$

(g)  $X := ((Y * Y) + (X * X))$