

情報とコンピュータ

静岡大学工学部

安藤和敏

2005.01.31

10章

言語の翻訳

•意味論

先週やった構文生成規則を元に, Pascalプログラムがどのようにアセンブリ言語に翻訳されるかを見る.

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

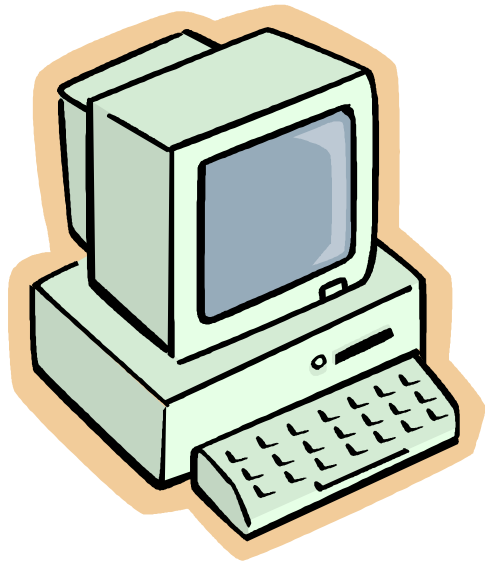
```
COPY AX, X  
ADD AX, Y  
COPY CN1, AX  
COPY AX, CN1  
COPY Z, AX
```

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



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

コンパイル

Pascal

||

翻訳

アセンブリ言語

文の解析

逆に, $X := (Y * X)$ のような文が与えられたときに, 構文生成規則を逆に適用することによって, 文の解析ができる.

$X := (Y * X)$ (R1の逆を使う.)

$\langle i \rangle_1 := (\langle i \rangle_2 * \langle i \rangle_1)$ (R2の逆を使う.)

$\langle i \rangle_1 := (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$ (R5の逆を使う.)

$\langle i \rangle_1 := \langle e \rangle_6$ (R1の逆を使う.)

$\langle S \rangle_7$

英文の構文解析の例題

I love you.

I love you

(E17の逆を使う.)

<名詞>₁ I love <名詞>₂

(E18の逆を使う.)

<名詞>₁ <動詞>₃ <名詞>₂

(E6の逆を使う.)

<主語>₄ <動詞>₃ <名詞>₂

(E9の逆を使う.)

<主語>₄ <動詞>₃ <目的語>₅

(E12の逆を使う.)

<主語>₁ <述語>₆ <目的語>₅

(E3の逆を使う.)

<文>₇

英文の構文解析の例題

I love you.

<文>₁

(E3)

<主語>₂ <述語>₃ <目的語>₄

(E12)

<主語>₂ <動詞>₅ <目的語>₄

(E9)

<主語>₂ <動詞>₅ <名詞>₆

(E6)

<名詞>₇ <動詞>₅ <名詞>₆

(E18)

<名詞>₇ I love <名詞>₆

(E17を2回)

I love you

意味論規則(1)

構文

E3: $\langle \text{文} \rangle_1 \longrightarrow \langle \text{主語} \rangle_2 \langle \text{述語} \rangle_3 \langle \text{目的語} \rangle_4$

意味

$M(\langle \text{主語} \rangle_2) \text{は } M(\langle \text{目的語} \rangle_4) \text{を } M(\langle \text{述語} \rangle_3)$

構文

E12: $\langle \text{述語} \rangle_3 \longrightarrow \langle \text{動詞} \rangle_5$

意味

$M(\langle \text{述語} \rangle_3) = M(\langle \text{動詞} \rangle_5)$

構文

E9: $\langle \text{目的語} \rangle_4 \longrightarrow \langle \text{名詞} \rangle_6$

意味

$M(\langle \text{目的語} \rangle_4) = M(\langle \text{名詞} \rangle_6)$

構文

E6: $\langle \text{主語} \rangle_2 \longrightarrow \langle \text{名詞} \rangle_7$

意味

$M(\langle \text{主語} \rangle_2) = M(\langle \text{名詞} \rangle_7)$

意味論規則(2)

構文 E18: <動詞>₅ → I love

意味 $M(\langle \text{動詞} \rangle_5) = \text{愛する}$

構文 E17: <名詞>₇ → I

意味 $M(\langle \text{名詞} \rangle_7) = \text{私}$

構文 E17: <名詞>₆ → you

意味 $M(\langle \text{名詞} \rangle_6) = \text{あなた}$

意味論規則の適用

M(<主語>₂)は M(<目的語>₄)を M(<述語>₃)

M(<述語>₃) = M(<動詞>₅)

M(<目的語>₄) = M(<名詞>₆)

M(<動詞>₅) = 愛する

M(<名詞>₇) = 私

M(<名詞>₆) = あなた

M(<主語>₂)は M(<目的語>₄)を M(<動詞>₅)

例題 ($X := Y$ の翻訳)

導出

構文生成規則

$\langle S \rangle_1$

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: $\langle i \rangle_4 \rightarrow Y$

$X := Y$

意味論規則 (1)

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

意味 $M(\langle i \rangle_2) = X$

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

意味 $M(\langle i \rangle_4) = Y$

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

意味 $M(\langle e \rangle_3) = M(\langle i \rangle_4)$
 $\text{code}(\langle e \rangle_3) = \text{空}$

意味論規則 (2)

構文

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

意味

$\text{code}(\langle s \rangle_1) = \text{code}(\langle e \rangle_3)$
COPY AX, M($\langle e \rangle_3$)
COPY M($\langle i \rangle_2$), AX

構文

R3: $\langle s \rangle_k \rightarrow \langle i \rangle_j := \langle e \rangle_i$

意味

$\text{code}(\langle s \rangle_k) = \text{code}(\langle e \rangle_i)$
COPY AX, M($\langle e \rangle_i$)
COPY M($\langle i \rangle_j$), AX

意味論規則の適用

$\text{code}(\langle s \rangle_1) = \text{code}(\langle e \rangle_3)$
COPY AX, M($\langle e \rangle_3$)
COPY M($\langle i \rangle_2$), AX

$M(\langle i \rangle_2) = X$

$M(\langle e \rangle_3) = M(\langle i \rangle_4)$
 $\text{code}(\langle e \rangle_3) = \text{空}$

$M(\langle i \rangle_4) = Y$

~~COPY AX, M($\langle i \rangle_4$)~~
~~COPY X, AX~~
COPY M($\langle e \rangle_3$)
COPY M($\langle i \rangle_2$), AX

意味論規則 (R1,R2,R3)

構文 R1: $\langle i \rangle_j \rightarrow abcde$

意味 $M(\langle i \rangle_j) = abcde$

構文 R2: $\langle e \rangle_i \rightarrow \langle i \rangle_j$

意味 $M(\langle e \rangle_i) = M(\langle i \rangle_j)$
 $code(\langle e \rangle_i) = \text{空}$

構文 R3: $\langle s \rangle_k \rightarrow \langle i \rangle_j := \langle e \rangle_i$

意味 $code(\langle s \rangle_k) = code(\langle e \rangle_i)$
COPY AX, M($\langle e \rangle_i$)
COPY M($\langle i \rangle_j$), AX

意味論規則 (R4)

構文

R4: $\langle e \rangle_i \rightarrow (\langle e \rangle_j + \langle e \rangle_k)$

意味

```
M( $\langle e \rangle_i$ ) = createname  
code( $\langle e \rangle_i$ ) = code( $\langle e \rangle_j$ )  
                  code( $\langle e \rangle_k$ )  
                  COPY AX, M( $\langle e \rangle_j$ )  
                  ADD  AX, M( $\langle e \rangle_k$ )  
                  COPY M( $\langle e \rangle_i$ ), AX
```

createname

createnameは変数名を新しく作り出す。

$$\begin{aligned} M(\langle e \rangle_7) &= \text{createname} \\ \dots \\ M(\langle e \rangle_9) &= \text{createname} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(\langle e \rangle_7) &= \text{CN1} \\ \dots \\ M(\langle e \rangle_9) &= \text{CN2} \end{aligned}$$

意味論規則 (R5)

構文

R5: $\langle e \rangle_i \rightarrow (\langle e \rangle_j * \langle e \rangle_k)$

意味

```
M( $\langle e \rangle_i$ ) = createname  
code( $\langle e \rangle_i$ ) = code( $\langle e \rangle_j$ )  
                  code( $\langle e \rangle_k$ )  
                  COPY AX, M( $\langle e \rangle_j$ )  
                  MUL  AX, M( $\langle e \rangle_k$ )  
                  COPY M( $\langle e \rangle_i$ ), AX
```

例題 ($Z := (X + Y)$ の翻訳)

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: $\langle i \rangle_2 \rightarrow Z$
$Z := \langle e \rangle_3$	R4: $\langle e \rangle_3 \rightarrow (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$
$Z := (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_4 \rightarrow \langle i \rangle_6$
$Z := (\langle i \rangle_6 + \langle e \rangle_5)$	R1: $\langle i \rangle_6 \rightarrow X$
$Z := (X + \langle e \rangle_5)$	R2: $\langle e \rangle_5 \rightarrow \langle i \rangle_7$
$Z := (X + \langle i \rangle_7)$	R1: $\langle i \rangle_7 \rightarrow Y$
$Z := (X + Y)$	

意味論規則の適用(1)

構文

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

意味

$\text{code}(\langle s \rangle_1) = \text{code}(\langle e \rangle_3)$ COPY AX, M($\langle e \rangle_3$) COPY M($\langle i \rangle_2$), AX

$\text{code}(\langle s \rangle_1)$

$\text{code}(\langle e \rangle_3)$
COPY AX, M($\langle e \rangle_3$)
COPY M($\langle i \rangle_2$), AX

意味論規則の適用(2)

構文 R1: $\langle i \rangle_2 \rightarrow Z$

意味 $M(\langle i \rangle_2) = Z$

code($\langle e \rangle_3$)
COPY AX, M($\langle e \rangle_3$)
COPY M($\langle i \rangle_2$), AX

code($\langle e \rangle_3$)
COPY AX, M($\langle e \rangle_3$)
COPY Z, AX

意味論規則の適用 (3)

構文

R4: $\langle e \rangle_3 \rightarrow (\langle e \rangle_4 + \langle e \rangle_5)$

意味

```
M( $\langle e \rangle_3$ ) = createname  
code( $\langle e \rangle_3$ ) = code( $\langle e \rangle_4$ )  
                  code( $\langle e \rangle_5$ )  
                  COPY AX, M( $\langle e \rangle_4$ )  
                  ADD  AX, M( $\langle e \rangle_5$ )  
                  COPY M( $\langle e \rangle_3$ ), AX
```

```
code( $\langle e \rangle_3$ )  
COPY AX, M( $\langle e \rangle_3$ )  
COPY Z, AX
```

```
code( $\langle e \rangle_4$ )  
code( $\langle e \rangle_5$ )  
COPY AX, M( $\langle e \rangle_4$ )  
ADD  AX, M( $\langle e \rangle_5$ )  
COPY CN1, AX  
COPY AX, CN1  
COPY Z, AX
```

意味論規則の適用 (4)

構文

R2: $\langle e \rangle_4 \rightarrow \langle i \rangle_6$

意味

$M(\langle e \rangle_4) = M(\langle i \rangle_6)$ $\text{code}(\langle e \rangle_4) = \text{空}$
--

$\text{code}(\langle e \rangle_4)$

$\text{code}(\langle e \rangle_5)$

COPY AX, M($\langle e \rangle_4$)

ADD AX, M($\langle e \rangle_5$)

COPY CN1, AX

COPY AX, CN1

COPY Z, AX

$\text{code}(\langle e \rangle_5)$

COPY AX, M($\langle i \rangle_6$)

ADD AX, M($\langle e \rangle_5$)

COPY CN1, AX

COPY AX, CN1

COPY Z, AX

意味論規則の適用 (5)

構文

R1: $\langle i \rangle_6 \rightarrow X$

意味

$M(\langle i \rangle_6) = X$

code($\langle e \rangle_5$)
COPY AX, M($\langle i \rangle_6$)
ADD AX, M($\langle e \rangle_5$)
COPY CN1, AX
COPY AX, CN1
COPY Z, AX

code($\langle e \rangle_5$)
COPY AX, X
ADD AX, M($\langle e \rangle_5$)
COPY CN1, AX
COPY AX, CN1
COPY Z, AX

意味論規則の適用 (6)

構文

R2: $\langle e \rangle_5 \rightarrow \langle i \rangle_7$

意味

$M(\langle e \rangle_5) = M(\langle i \rangle_7)$ $\text{code}(\langle e \rangle_5) = \text{空}$
--

code($\langle e \rangle_5$)

COPY AX, X

ADD AX, M($\langle e \rangle_5$)

COPY CN1, AX

COPY AX, CN1

COPY Z, AX

COPY AX, X

ADD AX, M($\langle i \rangle_7$)

COPY CN1, AX

COPY AX, CN1

COPY Z, AX

意味論規則の適用(7)

構文 R1: $\langle i \rangle_7 \rightarrow Y$

意味 $M(\langle i \rangle_7) = Y$

COPY AX, X

ADD AX, $M(\langle i \rangle_7)$

COPY CN1, AX

COPY AX, CN1

COPY Z, AX

COPY AX, X

ADD AX, Y

COPY CN1, AX

COPY AX, CN1

COPY Z, AX

宿題

テキスト p. 315 の練習問題 1 ~ 4 .