コンパイラ

第14回 コンパイラコンパイラ

http://www.info.kindai.ac.jp/compiler
E館3階E-331 内線5459
takasi-i@info.kindai.ac.jp

1

コンパイラ (compiler)

- コンパイラ
  - 原始プログラム(source program)を目的プログラム(object program)に変換(翻訳)するプログラム

2

コンパイラの特性

- 作成は規則的
  - 構文規則に従って規則的に作られる
- 作成作業が膨大 (特にLR構文解析)
  - LL構文解析 : 非終端記号ごとに解析が必要
  - LR構文解析 : 状態から解析表を作成

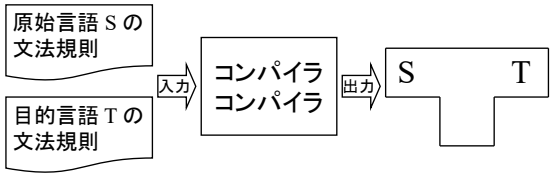
人間が作成するよりも
計算機に任せてはどうか？

⇒ コンパイラコンパイラを利用

3

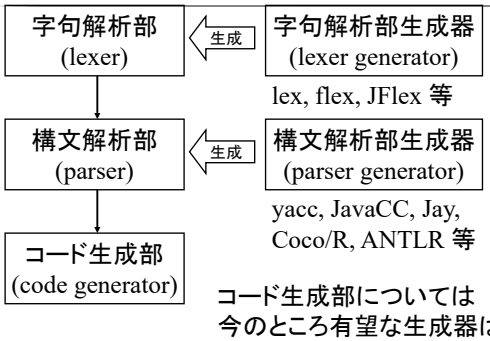
コンパイラコンパイラ

- コンパイラコンパイラ
  - コンパイラを自動生成するためのプログラム



4

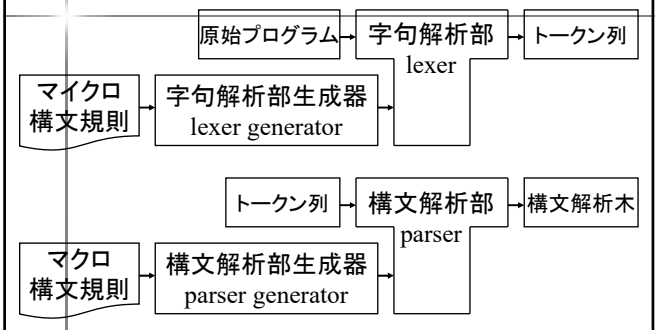
生成器 (generator)



コード生成部については
今のところ有望な生成器は無い

5

生成器



6

代表的なコンパイラコンパイラ

コンパイラコンパイラ	生成するプログラムの記述言語	解析法
lex + yacc	C言語	LALR(1)
flex + Bison	C言語	LALR(1)
JavaCC	Java	LL(*k*)
JFlex + Jay	Java	LALR(1)
JFlex + CUP	Java	LALR(1)
Coco/R	Java, C#	LL(*k*)
JS/CC	Java script	LALR(1)
ANTLR	C, C#, Java, ruby 等	LL(*)

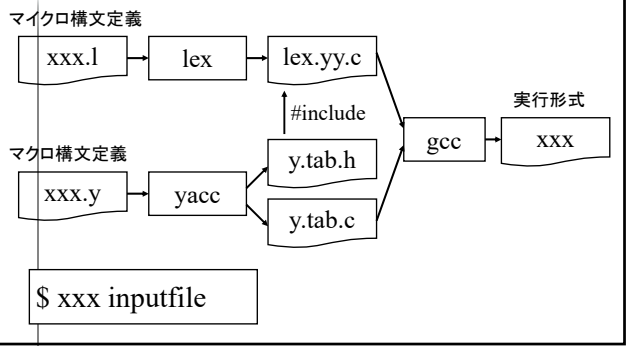
7

lex と yacc

- lex
  - 字句解析器(記述言語C)を生成
  - 後継 : flex
- yacc (yet another compiler compiler)
  - 構文解析器(記述言語C)を生成
  - LALR(1) 構文解析
  - 後継 : Bison, kmyacc 等
    - ※ lex と yacc は基本的にセットで使用する
    - ※ Linux, MacOS では基本ソフトとしてインストール済

8

lex と yacc



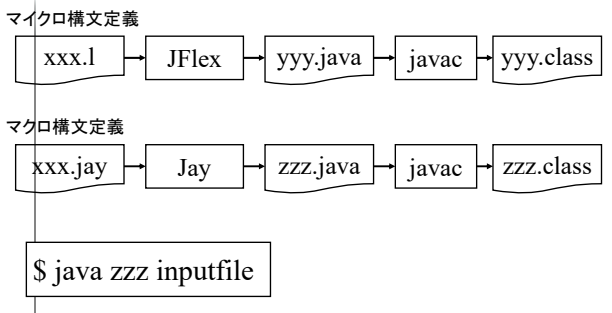
9

JFlex と Jay

- JFlex
  - Flex の Java 版
  - 字句解析器(記述言語Java)を生成
  - URL : http://www.jflex.de/
- Jay
  - yacc の Java 版
  - 構文解析器(記述言語Java)を生成
  - LALR(1) 構文解析
  - URL : http://www.cs.rit.edu/~ats/projects/lp/doc/jay/package-summary.html
    - ※ JFlex と Jay は基本的にセットで使用する

10

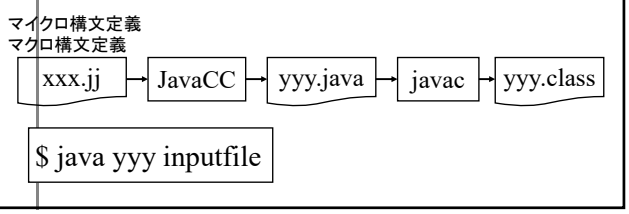
JFlex と Jay



11

JavaCC

- JavaCC
  - 字句・構文解析器(記述言語Java)を生成
  - LL(*k*) 構文解析
  - URL : https://javacc.github.io/javacc/



12

JavaCC で省略できる作業

- 字句解析系
  - マイクロ構文から有限オートマトンを求める
  - nextToken() メソッドの作成
- 構文解析系
  - マクロ構文が LL(1) 文法か否かの判定
  - マクロ構文から First 集合を求める
  - nextToken() メソッドの呼び出し
  - トークンの一致判定

13

JavaCC で省略できない作業

- 構文解析系
  - 左再帰性の除去
  - 左括り出し
- コード生成系
  - 全て
- 最適化系
  - 全て

14

JavaCC のインストール(Mac)

- MacPorts を使うのが簡単
  - Mac OSX のパッケージ管理ツール
    - インストール後は port コマンドで様々なパッケージをインストール可能
  - URL:http://www.macports.org/

15

MacPorts のインストール

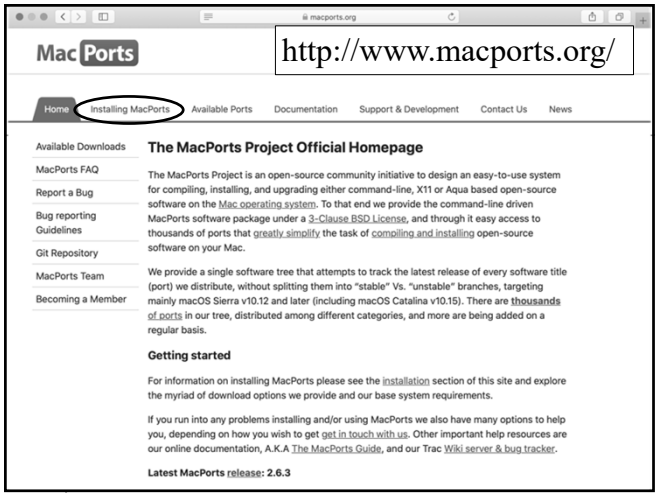
1. http://www.macports.org/ から pkg ファイルをダウンロード
2. pkg ファイルをクリックしてインストール
3. /opt/local/etc/macports/ に移動
4. エディタで sources.conf を編集

i. rsync: で始まる行をコメントアウト

ii. その下に以下の一行を加える
http://www.macports.org/files/ports.tar.gz [default]

(※) 3., 4. はプロキシ内からインストールする場合

16



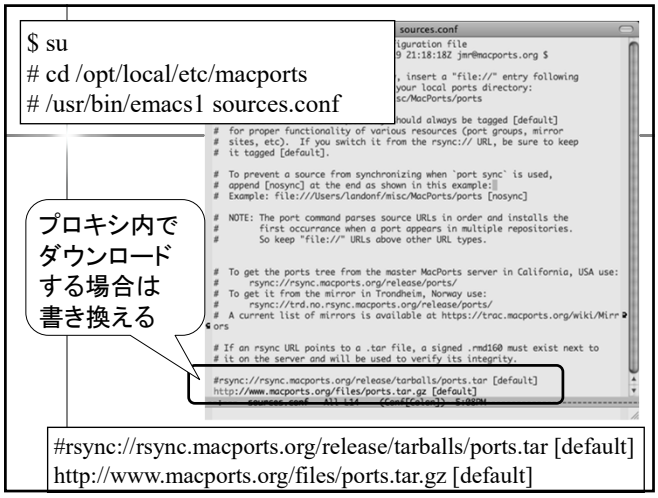
17

18

19

20

$ su
# cd /opt/local/etc/macports
# /usr/bin/emacs1 sources.conf



プロキシ内でダウンロードする場合は書き換える

#rsync://rsync.macports.org/release/tarballs/ports.tar [default]
http://www.macports.org/files/ports.tar.gz [default]

21

JavaCC のインストール

1. port sync コマンドでパッケージリスト取得
2. port install コマンドでインストール

```
$ su
# cd /opt/local/etc/macports
# /usr/bin/emacs1 sources.conf
# port -d sync
# port install javacc
# exit
$ javacc
```

22

port -d sync

port install javacc

23

JavaCC のインストールの確認

■ ls コマンドで javacc があるか確認

```
$ ls -l /opt/local/bin/javacc
-rwxr-xr-x 1 root admin 163 8 2 2013 /opt/local/bin/javacc
```

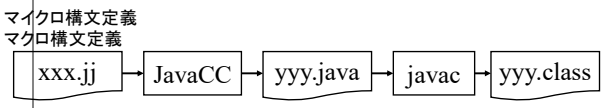
■ javacc コマンドで Usage メッセージを確認

```
$ javacc
Java Compiler Compiler Version 5.0 (Parser Generator)
Usage: javacc option-settings input file
                :
```

24

JavaCCの使い方

- JavaCCの使い方
  - jj ファイルにマイクロ構文定義, マクロ構文定義を記述する



25

26

サンプルプログラム

```
javacc/
  sample0.k, sample1.k, sampleLL2.k :
    k言語の例プログラム
  sample0.asm, sample1.asm, sampleLL2.asm :
    *.kのコンパイル後のアセンブラコード
  vsm : vsmインタプリタ
  sampleExp.txt : calc.jj用の数式例
  kc/ : 構文解析器生成用ファイル一式
     parser.jj, parserCode.jj, parserCodeLL2.jj : .jjファイル
     Parser.java, ParserCode.java, ParserCodeLL2.java :
       生成されたJavaプログラム
     Instruction.java, Operator.java, PseudoIseg.java,
     Type.java, Var.java, VatTable.java
  calc/ : 計算機生成用ファイル一式
    calc.jj : .jjファイル
    Cals.java : 生成されたJavaプログラム
```

27

jj ファイルのコンパイル

```
$ javacc jj ファイル名
$ javac 生成された Java ファイル名
$ java Java クラス名
```

```
$ cd ~/javacc/kc
$ javacc parse.jj
$ cd ..
$ javac kc/Parse.java
$ java kc.Parse sample0.k
```

28

jj ファイルのコンパイル例

sample0.k

```
main () {
        int i;
        i = inputint;
        if (i) outputint ( i*2 );
}
```

```
$ cd ~javacc/kc
$ javacc parserCode.jj
$ cd ..
$ javac kc/ParserCode.java
$ java kc.ParserCode sample0.k
```

OpCode.asm

```
PUSHI     0
INPUT
ASSGN
REMOVE
PUSH      0
BEQ       10
PUSH      0
PUSHI     2
MUL
OUTPUT
HALT
```

29

JavaCC により 生成される Java プログラム

生成されるプログラム	役割
Xxx.java	メインクラス(構文解析部)
XxxConstants.java	トークンID, 定数等を定義
XxxTokenManager.java	トークン管理(字句解析部)
ParseException.java	構文解析エラー時の処理
Token.java	トークン型を定義
TokenMgrError.java	字句解析エラー時の処理

30

jj ファイルの記述

- 構文解析クラス記述部
  - 生成する構文解析クラスのメソッドを定義
    (main メソッドを含む)
- マイクロ構文定義部
  - トークン, 空白を定義
- マクロ構文定義部
  - 各非終端記号の生成規則を定義

31

サンプル jj ファイル

- parser.jj, parserCode.jj
  - 以下のマクロ構文を定義

```
<Main>   ::= “main” “(” “)” “{” { <Decl> | <State> } “}” EOF
<Decl>   ::= “int” <NAME> { “,” <NAME> } “;”
<Name>   ::= NAME
<State>  ::= <If> | <Output> | <Assgn> | “{” { <State> } “}”
<If>     ::= “if” “(” <Exp> “)” <State>
<Output> ::= “outputint” “(” <Exp> “)” “;”
<Assgn>  ::= Name “=” <Exp> “;”
<Exp>    ::= <Term> { ( “+” | “-” ) <Term> }
<Term>   ::= <Factor> { ( “*” | “/” ) <Factor> }
<Factor> ::= NAME | INTEGER | “inputint”
```

32

構文解析クラス記述部

```
javacc_options                                  // オプション指定

PARSER_BEGIN ( <IDENTIFIER> )     // 生成するクラス
java_compilation_unit             // 生成するクラスに置くメソッド
PARSER_END ( <IDENTIFIER> )

( production )*                   // マイクロ構文, マクロ構文の定義
```

これを JavaCC でコンパイルすると
<IDENTEFIER>.java が生成される

33

parser.jj のクラス記述部

```
PARSER_BEGIN (Parser)
import java.util.*;
import java.io.*;
public class Parser{
   public static void main (String[] args) { // main メソッド
      try {
         Parser parser = new Parser (new FileReader (args[0]));
                                          // 構文解析器生成
         parser.Main();                   // 構文解析メソッド呼出
      } catch (Exception err_mes) {
         System.out.println (err_mes);    // エラー出力
      }
   }
}
PARSER_END (Parser)
```

生成されるファイルは
Parser.java

PARSER_BEGIN () から
PARSER_END () までが
そのまま生成ファイルに出力される

34

Parser.java の冒頭部

```
/* Generated By:JavaCC: Do not edit this line. Parser.java */
import java.util.*;
import java.io.*;
public class Parser {
   public static void main (String[] args) { // main メソッド
      try {
         Parser parser = new Parser (new FileReader (args[0]));
                                          // 構文解析器生成
         parser.State();                  // 構文解析メソッド呼出
      } catch (Exception err_mes) {
         System.out.println (err_mes);    // エラー出力
      }
   }
}
```

35

マイクロ構文の記述

空白の定義

```
SKIP : {
    <パターン>
}
```

```
SKIP : {
   <“ ” | “¥n” | “¥t” | “¥r” >
}
```

トークンの定義

```
TOKEN : {
    <トークン名:パターン>
}
```

```
TOKEN : {
    <ASSGN: “=” >
  | <ADD: “+”>
  | <SUB: “-”>
  | <MUL: “*”>
  | <DIV: “/”>
}
```

パターンは正規表現で記述

36

表記例

INTEGER ::= ‘0’ | Pdec {Dec}　　0 回以上の繰り返し

```
TOKEN : { <INTEGER: “0” | [“1”-“9”] ([“0”-“9”])*> }
```

0〜9 の数字

NAME ::= Alpha { Alpha | Dec }

```
TOKEN : { <NAME: [“a”-“z”][“A”-“Z”]
                 ([“a”-“z”][“A”-“Z”][“0”-“9”])*> }
```

LINECOMMENT ::= ‘/’‘/’ {任意の文字} (改行)

```
SKIP : { < “//” (~[“¥n”, “¥r”])* [“¥n”, “¥r”] > }
```

37

表記法	意味	注記
“abc”	文字列 abc	
α | β | γ	α または βまたは γ	αβγは文字列
[“a”]	a ([] は文字クラス)	[]内は文字のみ
[“a” , “b”, “c”]	a または b または c	, は [] 内のみ
~[“a”, “b”, “c”]	a, b, c 以外の文字	
~[]	任意の文字	
[“a” - “z”]	小文字	- は [] 内のみ
[“0” - “9”]	数字	- は [] 内のみ
(α)?	α が 0 回または1回	() は省略不可
(α)*	α が 0 回以上	() は省略不可
(α)+	α が 1 回以上	() は省略不可
(α) {n}	α が n 回	() は省略不可
(α) {m, n}	α が m 回以上 n 回以下	() は省略不可

38

トークンのマッチング

- 長さの異なる規則：長い方を優先 (最長一致)
- 同じ長さの規則：　先に書かれた方を優先

```
TOKEN : {
    <ASSGNADD: “+=”>
  | <ADD: “+”>
  | <INC: “++”>
  | <IF: “if”>
  | <WHILE: “while”>
  | <NAME:  ([“a”-“z”]|[“A”-“Z”])
            ([“0”-“9”]|[“a”-“z”]|[“A”-“Z”])*>
}
```

どの順番で書いても
++, += は + より優先

予約語は変数名より
先に定義

39

parser.jj のマイクロ構文の記述

```
SKIP : {
   < “ ” | “¥n” | “¥t” | “¥r” >
   < “//”(~[“¥n”,“¥r”])*[“¥n”,“¥r”] >
}
```

0 回以上の繰り返し

```
TOKEN : {
    <LPAREN: “(” > | <RPAREN: “)” >
  | <ASSGN: “=” >
  | <ADD: “+”> | <SUB: “-”> | <MUL: “*”> | <DIV: “/”>
  | <INTEGER: ([“0”-“9”])+>
  | <IF: “if” >
  | <NAME: ([“a”-“z”]|[“A”-“Z”])
           ([“0”-“9”]|[“a”-“z”]|[“A”-“Z”])*>
}
```

1 回以上の繰り返し

40

コメント

ラインコメント // ... (改行)

```
SKIP : {
    < “//” (~[“¥n”, “¥r”])* [“¥n”, “¥r”] >
}
```

改行以外　改行

ブロックコメント /* ... */

```
SKIP : {
    <“/*” (~[])* “*/” >
}
```

任意の1文字

最長一致なので
“*/” はここにマッチ

これで OK ?

41

コメント

```
SKIP : {
    <“/*” (~[])* “*/” >
}
```

任意の1文字

最長一致の原則に従うと…

```
main () {
  :
 /* コメント1 */
  :
 /* コメント2 */
  :
 /* コメント3 */
  :
}
```

ここまでマッチしてしまう

42

状態付トークン・スキップ

■ 状態付トークン・スキップ
– 特定の状態でのみ解析されるトークン・スキップ

状態付トークンの定義

```
<状態1> TOKEN : {
   <トークン名:パターン> : 状態2
}
```

状態1 でトークンを読めば状態2 へ移行

<状態1>を省略した場合は <DEFAULT>
状態2を省略した場合は状態はそのまま

43

状態付トークン・スキップ

```
<EN> TOKEN : {
 <HELLO: “hello”>
 <THANKYOU: “thankyou”>
 <BYE: “bye”>
}
<EN> SKIP : {
 <“jp”> : JP
}
```

状態 EN で “jp” を
読んだら状態 JP へ

```
<JP> TOKEN : {
 <OHAYOU: “おはよう”>
 <ARIGATOU: “ありがとう”>
 <SAYOUNARA: “さようなら”>
}
<JP> SKIP : {
 <“en”> : EN
}
```

状態 JP で “en” を
読んだら状態 EN へ

hello thankyou jp ありがとう さようなら en bye ⇒受理
hello jp おはよう thankyou en bye ⇒thankyou で不受理

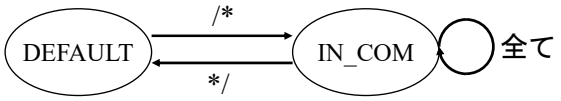
44

状態付スキップの表記例

BLOCKCOMMENT ::= ‘/’‘*’ {任意の文字} ‘*’ ‘/’

```
SKIP : { <“/*”> : IN_COM }
<IN_COM> SKIP : { <~[] >
                | <“*/”> : DEFAULT }
```

任意の1文字



45

ブロックコメント

状態付きSKIPを使用

```
SKIP : { <“/*”> : IN_COM }
<IN_COM> SKIP : { <~[] >
                | <“*/”> : DEFAULT }
```

状態付きSKIP無しでも一応可能

```
SKIP : { < “/*” (~[“*”])* (“*”)+
         ( ~[“/”,”*”] (~[“*”])* (“*”)+ )*
          “/” > }
```

46

マクロ構文の記述
(コード生成無し)

非終端記号 <A> に対するマクロ構文の定義
<A> ::= “token1” <B> “token2” <C> “token3”

```
void A() :
{}
{
   <token1> B() <token2> C() <token3>
}
```

マクロ構文に従いトークンを並べるだけ

47

表記例

<Stlist> ::= “{” { <St> } “}”

```
void Stlist() :
{}                    0 回以上の繰り返し
{
   <LBRACE> ( St() )* <RBRACE>
}
```

<Var> ::= NAME [“[” <Exp> “]”]

```
void Var() :
{}                0 回または 1 回
{
   <NAME> [ <LRRACKET> Exp() <RBLACKET> ]
}
```

48

表記法	意味	注記
<ID>	終端記号 <ID>	字句解析部で定義
“abc”	終端記号 “abc”	字句解析部で定義
name()	非終端記号	
α β	αβの連接	
[α]	α が 0 回または1回	字句解析と異なる
(α)?	α が 0 回または1回	() は省略不可
(α)*	α が 0 回以上	() は省略不可
(α)+	α が 1 回以上	() は省略不可
(α) {n}	α が n 回	() は省略不可
(α) {m, n}	α が m 回以上 n 回以下	() は省略不可

49

構文解析系の作成

<If> ::= “if” “(” <Exp> “)” <State>

自力で書くと

```
void If() {
  if (token == “if”) nextToken(); else SyntaxError();
  if (token == “(”) nextToken(); else SyntaxError();
  if (token ∈ First (<Exp>)) Exp(); else SyntaxError();
  if (token == “)”) nextToken(); else SyntaxError();
  if (token ∈ First (<State>)) State(); else SyntaxError();
}
```

トークンの一致判定, nextToken()呼出, エラー処理等が必要

50

構文解析系の作成

<If> ::= “if” “(” <Exp> “)” <State>

JavaCC では

```
void If() :
{}
{
  <IF> <LPAREN> Exp() <RPAREN> State()
}
```

構文規則を並べるだけでいい

終端記号は文字列を直接書いても OK

```
“if” “(” Exp() “)” State()
```

51

Parser.java の If()

構文エラーがあった場合は
上位メソッドに例外を投げる

```
final public void If() throws ParseException {
  jj_consume_token(IF);
  jj_consume_token(LPAREN);
  Exp();
  jj_consume_token(RPAREN);
  State();
}
```

```
if (token == IF)
  nextToken();
  else syntaxError();
```

52

構文解析系の作成

<State> ::= <If> | <While> | <Output> | <Assgn>

自力で書くと

```
void State() {
  if (token ∈ First (<If>)) If();
  else if (token ∈ First (<While>)) While();
  else if (token ∈ First (<Output>)) Output();
  else if (token ∈ First (<Assgn>)) Assgn();
  else syntaxError();
}
```

各非終端記号の First 集合を求めておく必要がある

53

構文解析系の作成

<State> ::= <If> | <While> | <Output> | <Assgn>

JavaCC では

```
void State() :
{}
{
  If() | While() | Output() | Assgn()
}
```

各非終端記号の First 集合を
javacc が自動的に求めてくれる

54

構文解析系の作成

<Exp> ::= <Term> { (“+” | “-”) <Term> }

自力で書くと

```
void Exp() {
  if (token ∈ First (<Term>)) Term(); else syntaxError();
  while (token == “+” || token == “-”) {
    nextToken;
    if (token ∈ First (<Term>)) Term(); else syntaxError();
}
```

55

構文解析系の作成

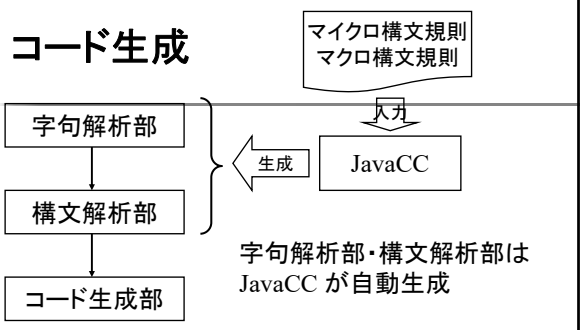
<Exp> ::= <Term> { (“+” | “-”) <Term> }

JavaCC では

```
void Exp() :
{}
{
  Term() ( ( “+” | “-” ) Term() )*
}
```

56

コード生成



字句解析部・構文解析部は JavaCC が自動生成

コード生成部は jj ファイルに手書きで埋め込む必要あり

57

parserCode.jj のクラス記述部

```
public class ParserCode {
  static VarTable varTable;     // 変数表
  static PseudoIseg iseg;       // 疑似ISEG
  public static void main (String[] args) {   // main メソッド
    try {
      ParserCode parser = new ParserCode (new FileReader (args[0]));
      parser.Main();                          // 構文解析メソッド呼出
    } catch (Exception err_mes) {
      System.out.println (err_mes);           // エラーメッセージ出力
    }
    if (args.length == 1) iseg.dump2file(); // アセンブラコード出力
    else iseg.dump2file (args[1]);
  }
}
```

58

マクロ構文の記述 (コード生成あり)

非終端記号 <A> に対するマクロ構文の定義

<A> ::= “token1” <B> “token2” <C> “token3”

```
void A() :
{ <A> に関する最初の処理を行う Java 命令 }
{
   <token1> {token1 を処理する Java 命令}
   B()      {<B> を処理する Java 命令}
   <token2> {token2 を処理する Java 命令}
   C()      {<C> を処理する Java 命令}
   <token3> {token3 を処理する Java 命令}
}
```

59

構文解析系(コード無し)の作成

<Factor> ::= NAME | INTEGER

```
void Factor() :
{}
{
   <NAME>
  | <INTEGER>
}
```

ここに生成するコードを埋め込む

60

構文解析系(コード有り)の作成

<Factor> ::= NAME | INTEGER

```
void Factor() :
{ /* ここにメソッドの開始時に行う処理を記述 */ }
{
    <NAME>  {
      /* ここに NAME を読んだ場合の処理を記述 */
    }
  | <INTEGER>  {
      /* ここに INTEGER を読んだ場合の処理を記述 */
    }
}
```

61

JavaCCのTokenクラス

Token		# トークン管理部
+ beginColumn	: int	# トークン先頭文字の列番号
+ beginLine	: int	# トークン先頭文字の行番号
+ endColumn	: int	# トークン末尾文字の列番号
+ endLine	: int	# トークン末尾文字の行番号
+ image	: String	# トークンの文字列表現
+ kind	: int	# トークンの種類
+ next	: Token	# 次のトークン
+ specialToken	: Token	# 次の特殊トークン
+ Token ()		# コンストラクタ
+ newToken (ofKind : int)	: static Token	# 新規トークン生成
+ toString ()	: String	# image を返す

62

トークンデータの取り出し

Token型変数 token を用いて
トークンデータを取り出す

token = <NAME>

読み込み中のトークンが<NAME>に
マッチした場合代入される

トークンの文字列表現は token.image で参照

63

トークンデータの取り出し

変数名の取り出し

```
token = <NAME> {
    String name = token.image;
}
```

token の文字列表現

整数値の取り出し

```
token = <INTEGER> {
    int value = Integer.parseInt (token.image);
}
```

文字列を整数値に変換

64

構文解析系(コードあり)の作成

```
void Factor() :
{ int val, addr; String name; }
{
   token = <NAME> {
      name = token.image;
      addr = varTable.getAddress (name);
      iseg.appendCode (Operator.PUSH, addr);
   }
  | token = <INTEGER> {
      val = Integer.parseInt (token.image);
      iseg.appendCode (Operator.PUSHI, val);
   }
}
```

読み込んだトークンは
Token 型変数 token に
代入可能

token の文字列表現

生成するプログラムに埋め込まれる

65

構文解析系(コードあり)の作成

<Exp> ::= <Term> { (“+” | “-”) <Term> }

```
void Exp() :
{ /* ここにメソッドの開始時に行う処理を記述 */
  Operator opcode ; // 演算子を記憶するための局所変数
}
{
  Term() (
     ( “+” { opcode = Oparator.ADD; }
     | “-”  { opcode = Operator.SUB; } )
    Term() { iseg.appendCode (opcode); }
  )*
}
```

66

<Assgn> ::= NAME “=” <Exp> “;”

```
void Assgn() :
{ String name; int addr; }
{
   token = <NAME> {
      name = token.image;
      addr = varTable.getAddress (name);
      iseg.appendCode (Operator.PUSHI, addr);
   }
   “=”
   Exp() { iseg.appendCode (Operator.ASSGN); }
   “;” { iseg.appendCode (Operator.REMOVE); }
}
```

67

<If> ::= “if” “(” <Exp> “)” <State>

```
void If() :
{  int beqAddr, stLastAddr; // ジャンプ先のアドレス }
{
   “if”                          iseg 上のBEQ の
                                 アドレスを記憶
   “(”
   Exp() { beqAddr = iseg.appendCode (Operator.BEQ);   }
   “)”
   State() {
      stLastAddr = iseg.getLastCodeAddress() ;
      iseg.replaceCode (beqAddr, stLastAddr+1);
   }
}
                                          アドレス付け変え
```

68

字句解析時のコード生成

字句解析時にもコードを埋め込み可能

TOKEN : { <トークン名: パターン> {コード} }

```
TOKEN_MGR_DECLS : { // 字句解析時用の変数宣言
   static int paren_ctr = 0;   // 括弧数カウント用
}
TOKEN : {
   <LPAREN: “(”> { ++paren_ctr; }
   <RPAREN: “)”> {--paren_ctr;
      if (paren_ctr < 0) syntaxError (“ ) が多過ぎです”); }
}
```

69

トークンの先読み

<F> ::= NAME “[” <Exp> “]” | NAME | INTEGER

```
void F() :
{}
{
   <NAME> “[” <Exp> “]”
   | <NAME>
   | <INTEGER>
}
```

NAME を読んだ場合
どちらか区別できない

1個のトークン先読みでは区別ができない
⇒ LL(1) 文法ではない

70

LOOKAHEAD オプション

- 先読みトークン数の指定
  - デフォルトでは 1 ⇒ LL(1) 解析

全体を LL(2) 解析する場合は

```
options {
   LOOKAHEAD = 2;
}
```

ただし先読み数を多くすると処理が遅くなる

71

LOOKAHEAD オプション

一部を LL(2) 解析する場合は

```
void F() :
{}
{
   LOOKAHEAD(2) (<NAME> “[” <Exp> “]” )
   | <NAME>
   | <INTEGER>
}
```

この部分のみ
2個を先読み

72

サンプル jj ファイル

- parserCodeLL2.jj
  - 以下のマクロ構文(LL2文法)を定義

```
<Main>   ::= “main” “(” “)” “{” { <Decl> | <State> } “}” EOF
<Decl>   ::= “int” <NAME> { “,” <NAME> } “;”
<Name>   ::= NAME “[” INTEGER “]” | NAME
<State>  ::= <If> | <While> | <Output> | <Assgn> | “{” { <State> } “}”
<If>     ::= “if” “(” <Exp> “)” <State>
<While>  ::= “while” “(” <Exp> “)” <State>
<Output> ::= “outputint” “(” <Exp> “)” “;”
<Assgn>  ::= Name [ “[” <Exp> “]” ] “=” <Exp> “;”
<Exp>    ::= <Term> { ( “+” | “-” ) <Term> }
<Term>   ::= <Factor> { ( “*” | “/” ) <Factor> }
<Factor> ::= NAME “[” <Exp> “]” | NAME | INTEGER | “inputint”
```

73

DEBUG_PARSER オプション

- true にすると構文解析のトレース出力

```
options {
   DEBUG_PARSER = true;
}
```

```
$ java kc.Parser sample0.k
Call: Main
   Consumed token: <“main” at line 1 column 1>
   Consumed token: <“(”at line 1 column 6>
   Consumed token: <“)” at line 1 column 7>
   Consumed token: <“{“ at line 1 column 9>
   Call: Decl
      Consumed token: <“int” at line 2 column 9>
```

解析中の非終端記号

74

JavaCC のオプション(一部)

オプション		デフォルト
LOOKAHEAD	先読みトークン数	1
STATIC	static メソッドを生成	true
UNICODE_INPUT	入力としてUnicode を扱う	false
IGNORE_CASE	大文字小文字を無視	false
OUTPUT_DIRECTORY	出力ディレクトリ	.
DEBUG_PARSER	構文解析をトレース出力	false
DEBUG_LOOKAHEAD	先読みをトレース出力	false
DEBUG_TOKEN_MANAGER	字句解析をトレース出力	false
BUILD_PARSER	構文解析部を生成	true
BUILD_TOKEN_MANAGER	字句解析部を生成	true
JDK_VERSION	JDK のバージョン	1.5

75

JavaCC の活用

- JavaCC はコンパイラ作成以外にも活用可能

例 : 電卓の作成

calc.jj : 以下の構文規則に従う式の値を計算

```
<List> ::= { <E> “=” }
<E> ::= <T> { ( “+” <T> ) | ( “-” <T> ) }
<T> ::= <F> { ( “*” <F> ) | ( “/” <F> ) | ( “%” <F> ) }
<F> ::= ( “(” <E> “)” ) | INTEGER
```

76

サンプル jj ファイル calc.jj

sampleExp.txt

```
11 + 22 + 33 + 44 =
55 - 66 + 77 - 88 =
4 * ( 7 / 4 ) / 2 =
```

```
$ javacc calc.jj
$ cd ..
$ javac calc/Calc.java
$ java calc.Calc sampleExp.txt
110
22
2
```

77

コンパイラコンパイラの入手先

lex, Flex	Linux, MacOS の基本ソフトとしてインストール済
yacc, Bison	Linux, MacOS の基本ソフトとしてインストール済
JavaCC	https://javacc.github.io/javacc/
JFlex	http://www.jflex.de/
Jay	http://www.cs.rit.edu/~ats/projects/lp/doc/jay/package-summary.html
CUP	http://www2.cs.tum.edu/projects/cup/
Coco/R	http://www.ssw.uni-linz.ac.at/Research/Projects/Coco/
JS/CC	http://jscc.phorward-software.com/
ANTLR	http://www.antlr.org/

78