数理情報演習
第9回

プログラミング言語と
その処理系

様々なプログラミング言語

いくつ知っていますか？

様々なプログラミング言語

ALGOL, AWK, BASIC, BCPL, C, C++, C#, COBOL, D, Delphi, Eiffel, Forth, Fortran, Haskell, Java, JavaScript, Lisp, ML, Ocaml, Pascal, Perl, PHP, PL/I, PostScript, Prolog, Python, R, Ruby, S, Scheme, sed, sh, smalltalk, SQL, Tcl, WhiteSpace, なでしこ,

… もちろん他にも沢山ある

参考：Computer Language History (http://www.levenez.com/lang/)

年代順に見てみる

- ～ 1969年
  Fortran (1955), ALGOL (1958), Lisp (1959), COBOL (1960), BASIC (1964), PL/I (1964), BCPL (1967), Forth (1968), sh(1969), Smalltalk (1969)
- ～ 1980年
  Prolog (1970), Pascal (1970), C (1971), ML (1973), Scheme (1975), AWK (1979),
- ～ 1990年
  PostScript (1982), C++ (1983), S (1984), Eiffel (1986), Perl (1987), SQL (1987), Haskell (1987), Tcl (1988)
- それ以降
  Python (1991), Ruby (1993), Java (1995), JavaScript (1995), PHP (1995), O'caml (1995), Delphi (1995), R (1997), D (1999), C# (2000), WhiteSpace (2003), なでしこ (2005)

参考：Computer Language History (http://www.levenez.com/lang/)

用途による分類

- 汎用言語
  - Fortran, BASIC, Pascal, C, C++, Java, Ruby
- 特定用途 (Domain Specific Languages)
  - COBOL (事務処理)
  - PostScript (画像処理)
  - SQL (データベース処理)
  - AWK, sed (テキスト処理)

Script言語

- 目的を早く達成することを目的
- 通常はコンパイルなどを必要としない

- Ruby, Perl, Python (比較的汎用)
- PHP, JavaScript (Webpage用)
- AWK, sed (テキスト処理用)

プログラムの記述による分類

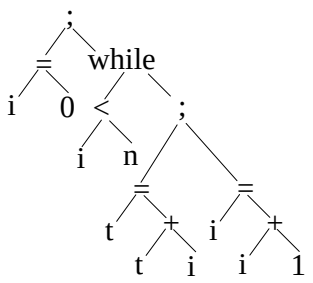
- 手続き型言語
  - 多くの言語はこれ
  - Fortran, BASIC, Pascal, C, C++, Java, Ruby
- 関数型言語
  - 関数を組み合せて記述
  - Haskell, ML
- 論理型言語
  - 論理を記述すれば答えが出る
  - Prolog

実行形式による分類

- 直接実行
  - Lisp, BASIC, sh, Scheme
- 構文木にして実行
  - Awk, Ruby, Perl, PHP
- 機械語にして実行
  - Fortran, C, C++
- 中間言語にして実行
  - Prolog, Java

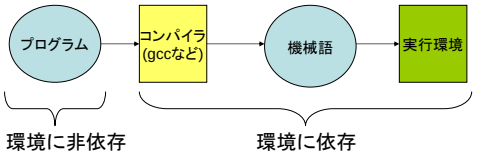
構文木

```
i = 0
while (i< n)
   t = t + i
   i = i + 1
end
```



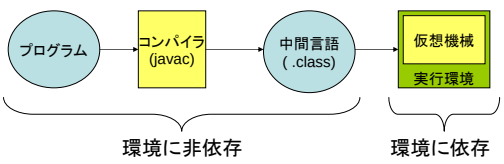
機械語による実行 (例: C言語)

- 機械語: プロセッサが解釈する数字列
- プログラムは環境非依存 (が目的だった)



中間言語による実行 (例:Java)

- 中間言語: 仮想機械 (Virtual Machine) が解釈する数字列
- 中間言語も環境非依存



Javaの利点

- Write Once, Run Anywhere
  - 環境 (プロセッサ, OS) が違っても動く
  - PC, PDA (Palmなど), 携帯電話
- C++よりもプログラミングが楽
  - ポインタ (多くの人がつまづく) を隠蔽
  - ガベージコレクション (GC)
- 充実したライブラリ
  - GUI, スレッド, ネットワーク, 他いろいろ

本日の課題

- バイトコード (中間言語) を見てみる
  - プロセッサの気分を味わってみる
- Javaのメモリ管理 (≒OSのメモリ管理) をちょっと知る
  - スタック (Stack)
  - ヒープ (Heap)

バイトコードを見るには

- バイトコード：命令が1byteにおさまるよう定義されている
  - 1byte = 8bit
  - 0 から 255
- バイトコードを見やすくする
  - javac XX.java
  - javap -c XX
    - ➔ みやすい形で表示

関数 sum の例

```
int sum( int n ) {
  int total = 0;
  for ( int i = 0; i < n; i++ ) {
    total += i;
  }
  return total;
}
```

javac

```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc  2, 1
16: goto  4
19: iload_1
20: ireturn
```

バイトコードの読み方

- 左側の数字：命令の位置
  - 連続でないのは, 直前の命令が1バイトでないため
  - goto 4 ➔ goto (1バイト) 4 (2バイト)
- 命令は空白を含まない文字列
  - iconst_0 で1命令
- 変数は出現順に番号がつく

```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc  2, 1
16: goto  4
19: iload_1
20: ireturn
```

変数は出現順に番号がつく

- ~~1から始まる (0は特殊用途)~~
- int sum(int n) {
  int total = 0;
  for (int i = 0; i < n; i++) {
  total += i;
  }
  return total;
  }

➔

0: n
1: total
2: i

仮想機械の動作

- 基本はスタックマシン

0	5 (n)
1	? (total)
2	? (i)
3	

変数テーブル

スタック

```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc  2, 1
16: goto  4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

- 基本はスタックマシン

0	5 (n)
1	? (total)
2	? (i)
3	

変数テーブル

0

スタック

0をpush ⇨

```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc    2, 1
16: goto    4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

- 基本はスタックマシン

0	5 (n)
1	0 (total)
2	? (i)
3	

変数テーブル

スタック

変数1にpop ⇨

```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc    2, 1
16: goto    4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

- 基本はスタックマシン

0	5 (n)
1	0 (total)
2	? (i)
3	

変数テーブル

0

スタック

0をpush ⇨

```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc    2, 1
16: goto    4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

- 基本はスタックマシン

0	5 (n)
1	0 (total)
2	0 (i)
3	

変数テーブル

スタック

変数2へpop ⇨

```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc    2, 1
16: goto    4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

- 基本はスタックマシン

0	5 (n)
1	0 (total)
2	0 (i)
3	

変数テーブル

0

スタック

変数2からpush ⇨

```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc    2, 1
16: goto    4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

- 基本はスタックマシン

0	5 (n)
1	0 (total)
2	0 (i)
3	

変数テーブル

5
0

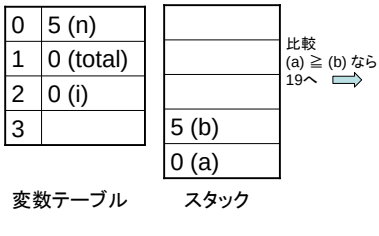
スタック

変数0からpush ⇨

```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc    2, 1
16: goto    4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

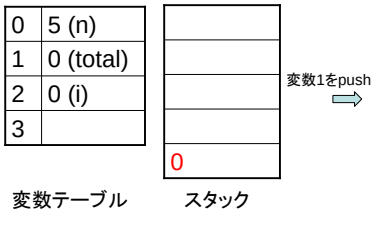
- 基本はスタックマシン




```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc 2, 1
16: goto 4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

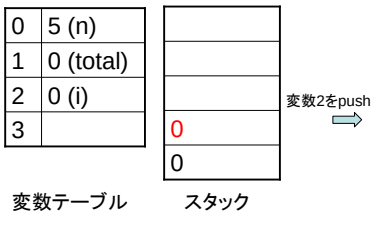
- 基本はスタックマシン




```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc 2, 1
16: goto 4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

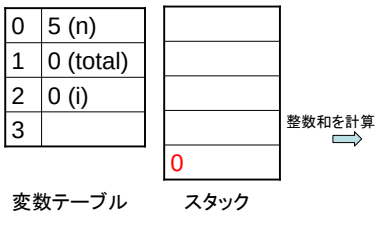
- 基本はスタックマシン




```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc 2, 1
16: goto 4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

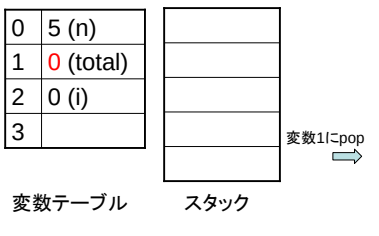
- 基本はスタックマシン




```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc 2, 1
16: goto 4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

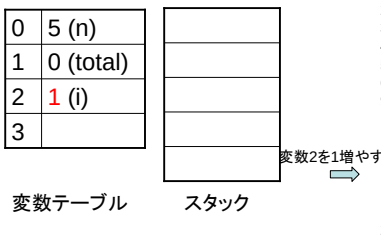
- 基本はスタックマシン




```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc 2, 1
16: goto 4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

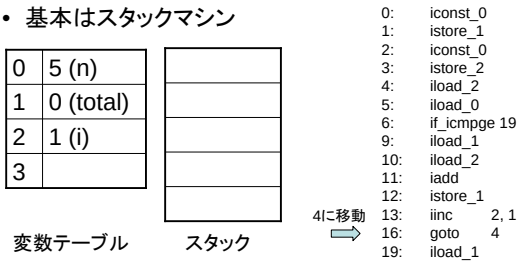
- 基本はスタックマシン




```
0:  iconst_0
1:  istore_1
2:  iconst_0
3:  istore_2
4:  iload_2
5:  iload_0
6:  if_icmpge 19
9:  iload_1
10: iload_2
11: iadd
12: istore_1
13: iinc 2, 1
16: goto 4
19: iload_1
20: ireturn
```

仮想機械の動作

- 基本はスタックマシン




```
0:   iconst_0
1:   istore_1
2:   iconst_0
3:   istore_2
4:   iload_2
5:   iload_0
6:   if_icmpge 19
9:   iload_1
10:  iload_2
11:  iadd
12:  istore_1
13:  iinc    2, 1
16:  goto    4
19:  iload_1
20:  ireturn
```

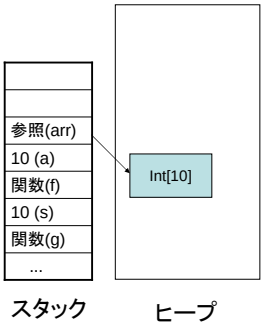
4に移動

Javaのメモリ管理

- スタックとヒープの2種類
  - スタック: スタック構造でうまく扱えるもの
    - 関数内のプリミティブ型変数 (int, doubleなど)
    - 関数の呼び出し
    - オブジェクトへの参照
  - ヒープ: スタックで扱わないもの
    - オブジェクトの実体 (newするもの全て)

スタックとヒープ

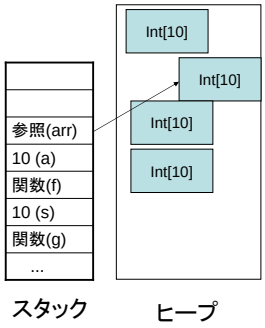
```
int f( int a ) {
   int[] arr = new int[a];
}
int g( ) {
   int s = 10;
   f(s);
}
```



ヒープ

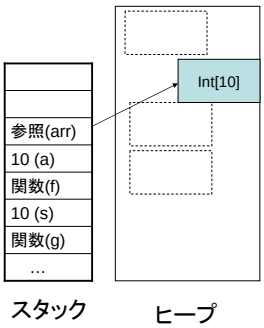
- 関数fをたくさん呼ぶ

```
int f( int a ) {
   int[] arr = new int[a];
}
int g( ) {
   int s = 10;
   f(s); f(s); f(s); f(s);
}
```



ごみ集め (Garbage Collection)

- ヒープの中の使ってない領域を回収
- Javaの場合, 基本的に自動で動く
- nullを代入すると次回, 回収してくれる
  - 例: arr = null;



連絡

- 採点について
  - 7月15日 提出分まで
- 挑戦課題など遅れて出しても, 出したことは評価します