第1章 「オートマトン」の授業の概要

この授業の目的

計算の数学的モデルであるオートマトンとチューリングマシンについて学ぶ。
以下のような応用がある。

- プログラミング言語の“　　”を形式的に定める。
    - 理論 … 「オートマトン」（この授業）
    - 実践 … 「コンパイラ」（後期）

> プログラミング言語の仕様は主に構文・文法 (syntax) に関する部分と意味 (semantics) に関する部分に分けられる。
>
> 構文 … プログラムのかたち・構造に関すること
>
> どのような文字列がプログラム（あるいは、文・式）であるのか、ないのか？
>
> 例えば、“`while { c++; }`” や “`1 + return n;`” は C のプログラム（の一部）ではない。
>
> 正規表現や BNF などで記述する。
>
> 意味 … プログラムの実行結果に関すること
>
> 例えば、“`int i, n = 0; for (i = 0; i < 10; i++) n += i;`” を実行したあと、 `n` は 45 になる。
>
> 表示的意味論・操作的意味論などの手法がある。詳しくは大学院の「プログラミング言語意味論」で扱う。

- コンピューターの理論的な限界を知る。

後期開講の「コンパイラ」と合わせて受講することを強く推奨する。

この授業を受講すべき理由

- オートマトンの直接の応用である　　・　　は、プログラミング言語処理系やデータマイニングだけではなく、広い範囲のアプリケーションプログラムで必要になる。

    > （何らかの文法を持つ）テキストの入力 → 構造を持つデータ → （処理） → 別形式の出力

    また、字句解析・構文解析は計算機科学の古典であり、叡智の結集である。コンパイラーやインタプリタ―などのプログラミング言語処理系は

大規模な記号処理プログラムの身近な例である。

> コンパイラーはソースプログラム（人間にとって理解しやすい形、C 言語なら 〜.c）をオブジェクトプログラム（CPU が直接理解できる形、Windows なら 〜.exe）に翻訳するプログラムである。
>
> 一方、インタプリターはソースプログラムを翻訳しながら実行する。

- 情報系の技術者にとってコンパイラーやインタプリターは日常使用する道具であり、ブラックボックスのままにしておくわけにいけない。例えば、エラーメッセージの意味を理解する必要がある。
- 字句解析に使用する正規表現や、構文解析に使用する文脈自由文法の限界を知る必要がある。さらにはコンピューターに解くことができない問題があることを認識する必要がある。

この授業で学ぶ項目

問題:「"12+34*56" のように式を表す文字列を受け取って、その値を計算するプログラム calc を作成せよ。」

例: `calc("12+34*56")` ⇒ 1916
`calc("x*(y+78)")` ⇒ ？（x と y に依存）

問題':「"12+34*56" のように式を表す文字列を受け取って、その値を計算する機械語を生成するプログラム compile を作成せよ。」

字句解析

まず、どうやって単語に切り分けるのか ??? というところから始まる。

- "12+34*56" ⇒ "12", "+", "34", "*", "56"
- "for(ans=0; ans<max; ans++) …"
  ⇓
  "for", "(", "ans", "=", "0", ";", "ans, "<", "max", ";", "ans, "++", ")", ...

ソースプログラム（や自然言語の文）を単語に切り分ける処理を＿＿＿＿＿＿という。

字句解析のキーワード

字句 (lexeme), トークン (token), ＿＿＿＿＿＿(regular expression), 有限オートマトン (finite automaton), ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿(lexer generator), lex, flex, （正規言語の）反復補題,

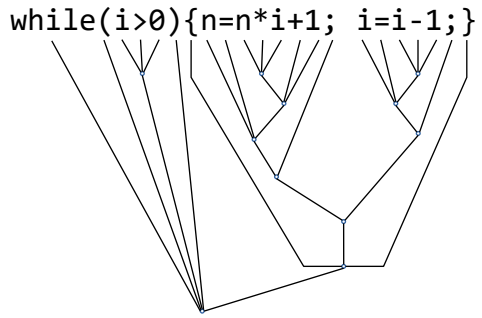
構文解析

- 切り分けた単語を、どうやってまとまった単位（例えば、文や式）にまとめて正しい順序で計算するのか？

- そもそも、式や文って何なのか？

プログラムの構造を木（　　）などの形に表現することを　　という。

- 12+34*56 ⇒ 　　
- while (i > 0) { n = n * i + 1; i = i - 1; } ⇒



構文解析のキーワード

> 文脈自由文法 (context-free grammar), バッカス・ナウア記法 (Backus-Naur Form, BNF), プッシュダウン・オートマトン (pushdown automaton), （文脈自由言語の）反復補題, 再帰下降構文解析 (recursice descent parsing), LR 構文解析 (LR parsing), 構文解析器生成系 (parser generator), yacc, bison,
>
> ※ 灰色の項目は主に「コンパイラ」で扱う。

チューリングマシン

計算可能とはどういうことか？

チューリングマシンのキーワード

> チューリングマシン (Turing machine), チャーチの提唱 (Church's thesis), 停止性問題 (halting problem),

---