コンパイラ理論

櫻井彰人

目的

- コンパイラの基礎（理論と実際）を、ツールを使って、小さいコンパイラを作りながら、学ぶ

講義内容

1. コンパイラの基礎
2. 言語理論から
3. 構文解析とYacc
4. 再帰下降型構文解析とLR構文解析
5. 演算子優先順位と結合性
6. 字句解析とlex
7. 意味解析と記号表
8. 制御文の翻訳
9. 関数呼び出しとメモリ管理
10. 流れ解析
11. 命令選択

参考書（理論より）

- 原田賢一, **コンパイラ構成法**, 共立出版, 1999
- 中田育男, **コンパイラ**, オーム社, 1995.
- A.V. Aho, R. Sethi, J. D. Ullman. “Compilers: Principles, Techniques and Tools", Addison-Wesley, 1985
- A. V. エイホ, R. セシィ, J. D. ウルマン. "**コンパイラ I, II** ー原理・技法・ツールー." サイエンス社, 1990.
- A.V. Aho, M.S. Lam, R. Sethi, J.D. Ullman. "Compilers: Principles, Techniques, & Tools," Addison-Wesley, 2006.

参考書（実際的）

- 石田綾, スモールコンパイラの製作で学ぶプログラムのしくみ, 技術評論社, 2004.
- 日向俊二, やさしいコンパイラの作り方入門, カットシステム, 2009.
- 前橋和弥, プログラミング言語を作る, 技術評論社, 2009.
- 青木峰郎, ふつうのコンパイラをつくろう, ソフトバンククリエイティブ, 2009.
- 原悠, Rubyで作る奇妙なプログラミング言語, 毎日コミュニケーションズ, 2008.
- Terence Parr, Language Implementation Patterns, Pragmatic Bookshelf, 2010.

採点

- レポート2回〜
- 内容・方法は未定

プログラムはどう処理されるか?

- 2つの代表的方法:
  - インタプリタ (より古い, 研究は少ない)
  - コンパイラ (より新しい, かなり広く研究されている)
- インタプリタはプログラムを「そのまま」実行する
  - 前処理はほんの少しか殆ど行わない
- コンパイラは徹底した前処理といえる
  - 非常に多くの場合、コンパイラ

高級 (high-level) 言語の誕生

- 1953年 IBM は 701 を作る
- プログラミングはすべて、アセンブラで
- 問題: ソフトウェアコストは、ハードウェアコスト以上
- John Backus: "Speedcoding"
  - インタプリタ
  - 手で書いたアセンブラより 10-20 倍遅い!

FORTRAN I

- 1954年 IBM は 704 を開発
- John Backus
  - アイデア: 高級コードをアセンブラに翻訳しよう!
  - 不可能だと考えた人は多い
- 1954年〜7年 FORTRAN I プロジェクト
- 1958年には, ソフトウェアの 50% 以上が FORTRAN で書かれる
- 開発期間の大幅短縮
  - (2 週間 ! 2 時間)

FORTRAN I

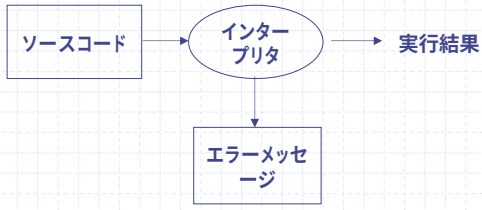
- 史上初のコンパイラ
  - 手で書いたものと殆どおなじくらい良いコード
  - 計算機科学に与えた影響はあまりに大きい
- 膨大な理論的研究を生み出すもととなった
- 現代のコンパイラはいずれも FORTRAN I の概要は持っている

コンパイラの目的

- 必要性は, 現代では, 自明. 高級言語 (C, Java, ...)
- コンパイルの過程は、大きく、2つに分かれる:ソースプログラムの解析とオブジェクトコードの生成

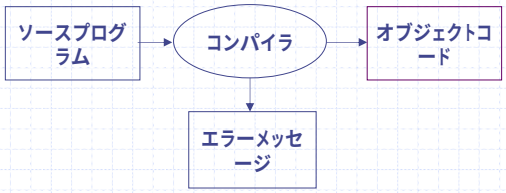
インタープリタ

ソースプログラムを解析して、即座に実行してしまう



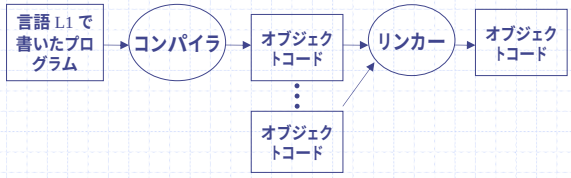
コンパイラ

- ソースプログラムを解析して、オブジェクトコードを生成する

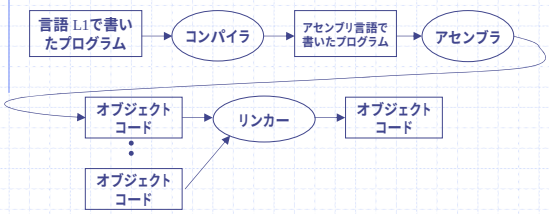


オブジェクトコード

- 絶対番地で書かれた機械語
- リロケータブルな機械語
- アセンブリ言語で書かれたプログラム
- 他のプログラム言語で書かれたプログラム

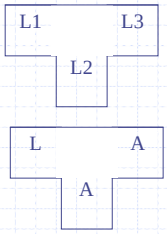


アセンブリ言語への翻訳



T図式

コンパイラ･トランスレータの機能の図式表現

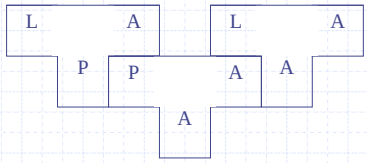


様々な技術

- 直接開発
- ブートストラップ
- クロスコンパイラ
- 仮想マシン
- Just-in-time コンパイラ

ブートストラップ

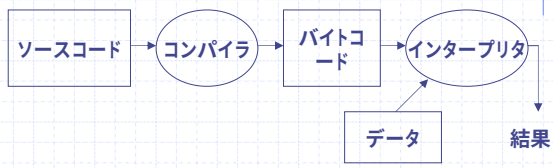
アセンブリ言語での実装を避けるには？



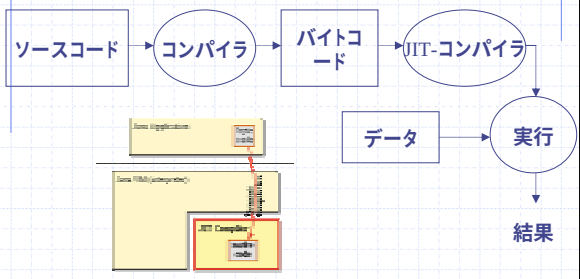
クロスコンパイラ、機種非依存コンパイラ

- あるプラットホーム上で走って、他のプラットホーム用のコードを生成するコンパイラ
- 機種非依存、可搬型コンパイラ

仮想マシン



Just-in-time コンパイラ

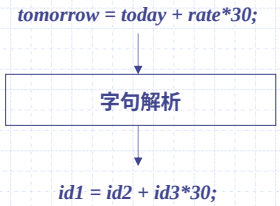


バイト･コードを実行時に動的に機械語に変換 (コンパイル) する
http://www.trl.ibm.com/projects/jit/jitanim.gif

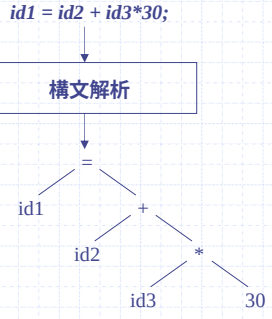
コンパイルのフェーズ

- コンパイルのフェーズ (おおまか) :
  - 字句解析 lexical analysis
  - 構文解析 syntax analysis
  - 意味解析 semantic analysis
  - 最適化 optimization
  - コード生成 code generation

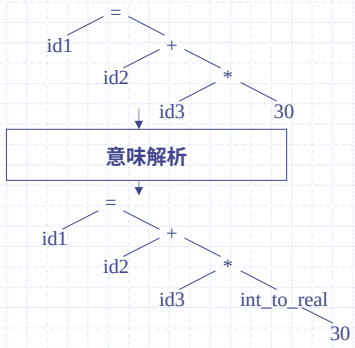
字句解析



構文解析



意味解析



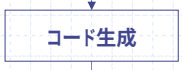
コード最適化

temp1 = int_to_real(30)
temp2 = id3*temp1
temp3 = id2 + temp2
id1 = temp3

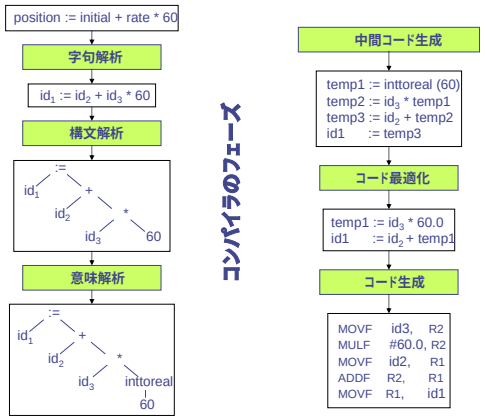
temp1 = id3* 30.0
id1 = id2 + temp1

コード生成

temp1 = id3* 60.0
id1 = id2 + temp1




```
loada     id3
loadbi    60.
mul
store     temp
loada     id2
loaddb    temp
add
store     id1
```



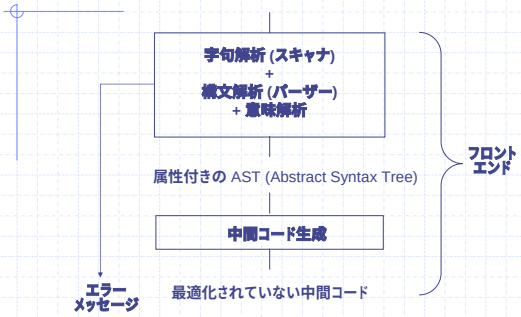
フロントエンドとバックエンド

- コンパイルのフェーズで、ソース言語の方に（ターゲット言語へと比べて）より近いフェーズをフロントエンド（*front-end*）と呼ぶ
- コンパイルのフェーズで、ターゲット言語の方に（ソース言語へと比べて）より近いフェーズをバックエンド（*back-end*）と呼ぶ

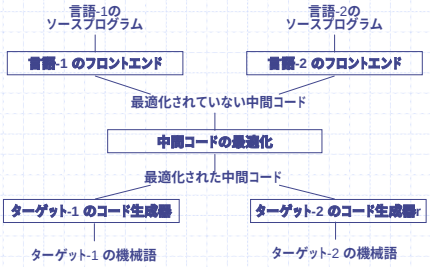
パス

- 一回のパスというのは、コンパイラの動作で（多くの場合ソース）コード全部を対象に処理すること

コンパイラフロントエンド



コンパイラのコンポーネント化



中間言語を用いることのよさ

1. **リターゲッティング** – 新規の機械用のコンパイラを作るとき、既存のフロントエンドに新規のコード生成器を作る.
2. **最適化** – コード最適化部分を再利用することにより、様々な言語や機械に対してコンパイラを作ることができる.

   注: “中間コード”, “中間言語”, and “中間表現” はいずれも区別なく用いられる.