

アルゴリズムの可視化に基づくコンパイラ教育支援システム

1-L-3

中西健一郎

梅田雅之

和田幸一

川口喜三男

名古屋工業大学 電気情報工学科

1. はじめに

コンパイラの教育はその内部動作が複雑多岐であるために、通常用いられる静的な教材だけで効果的な教育を行なうのはなかなか難しい。また通常用いられる教材では、例のサイズが小さく現実的な場合との隔たりが大きい。そこで現実規模のコンパイラの内部動作を動的・視覚的に説明する提示ツールを開発すれば、その理解の助けになると考えられる。また、さらに被教育者が自主的に学習することができる自習用ツールについても考慮する。

2. コンパイラ教育支援システム^[10]

“コンパイラ教育支援システム”はコンパイラ教育の現場で、その内部動作の理解を助けることを目的としている。コンパイラの内部動作は字句解析、構文解析、意味解析、コード生成に分けられるが、本プロジェクトはそれらについての教育支援ツールと高可読性コンパイラから構成されている。本システムでは主に以下のようなものが作成されている。

- ・字句解析系: 「正規表現と有限オートマトンとの相互変換」^{[8],[12]}, 「Pascal 字句解析系」^[11]
- ・構文解析系: 「LL(1) 構文解析系」^{[10],[6]}, 「SLR(1) 構文解析系」^{[4],[5]}
- ・意味解析系: 「下向き構文解析系における L 属性文法意味解析系」^[3], 「上向き構文解析系における LR 属性文法意味解析系」^{[9],[2]}, 「記号表の提示」
- ・コード生成
- ・高可読性コンパイラ: 「抽象データ型を用いたコンパイラの記述」^{[7],[11]}

本稿ではコンパイラの中心的な役割を果たす構文解析系ツールについて述べる。

3. 構文解析系教育支援ツールの設計

構文解析系の内部動作のなかで何を表示対象とし、どのような説明を行なうかを検討する。

このツールでは BNF 形式で記述したユーザ定義文法とソースファイルを入力とし、その与えられた文法に従って入力ソースを構文解析し、その様子を利用者に視覚的に提示することとする。解析動作の流

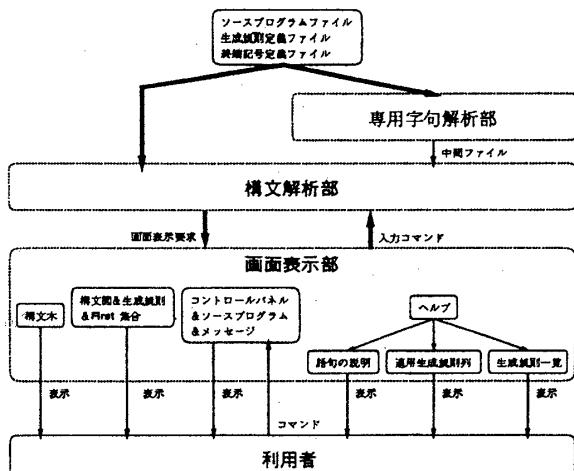


図 1 構文解析の様子

れを図 1 に示す。

構文解析の方法としてはトップダウン形式とボトムアップ形式が考えられるが、ここではそれぞれの例として「LL(1) 構文解析系」と「SLR(1) 構文解析系」の 2 種類を考える。

3.1. LL(1) 構文解析系教育支援ツールの設計

LL(1) 構文解析は、拡張文脈自由文法に沿って構文解析を進め、先読み字句と First 集合によって適用されるべき生成規則を決定して解析を進めていく。そのため LL(1) 構文解析系を学習する際に必要となる表示対象として次のようなものを考える。

- ・ソースプログラム: ユーザが入力したソースプログラムを表示し、現在どの部分を解析中なのか分かるように工夫する。
- ・適用された生成規則と、それを含む構文図: 構文解析系は与えられた文法に従って解析を行なう。構文規則は拡張 BNF で与えられており、これを図的に表示することで導出の様子を示す。
- ・構文解析木: 構文解析木は構文解析の結果得られた構文の階層構造を木の形で表したものである。
- ・First 集合、先読み字句: LL(1) 構文解析系では、これらに従って次の解析の方向が決定するため、確認できるようにしておく。
- ・適用された生成規則列: 適用された生成規則列を

A support system for teaching compiler design with algorithm animations

Kenichiro NAKANISHI, Masayuki Umeda, Koichi WADA, Kimio KAWAGUCHI

Nagoya Institute of Technology

見ることによって、今までの構文解析の経過を知る手がかりになる。

このツールを用いて自習することを考えた場合にはさらに次のようなものが必要と思われる。

- ・ LL(1) 構文解析系の基礎知識: LL(1) 構文解析系についての知識を持っていない者も対象とするため、構文解析の際に用いられる専門用語やツールの使い方などを閲覧できるようにする。

- ・ 解析の説明: 構文解析系の内部動作についての説明を表示し、利用者の理解を促す。

全般的には大きな対象を限られた画面に分かりやすく提示できるように、表示方法を工夫した。例えば表示対象が大きくなる場合はスクロールバーを設け、特に構文解析木は縮約表示を可能とした。また解析系は一方向の解析だけではなく、解析の後戻りや再解析、ソースの任意の位置からの解析などが可能なように工夫した。

3.2. SLR(1) 構文解析系教育支援ツールの設計

LR 構文解析系は構文解析表と駆動ルーチンの 2 つの部分から構成される。駆動ルーチンはすべての LR 構文解析に対して同一であり、構文解析表のみがそれぞれの構文解析系によって変化する。LR 構文解析系はその構文解析表を構成する方法によって正準 LR 法、LALR 法、SLR 法の 3 種類に分類される。ここでは SLR(1) 構文解析系を対象として考える。

SLR(1) 構文解析系を学習する際に必要となる表示対象として LL(1) 構文解析系で挙げたソースプログラム、生成規則、構文解析木、適用生成規則列、基礎知識、説明に加え以下のようなものを考える。

- ・ 解析に用いられるスタックの状態: LR 構文解析系ではある時点までの解析の結果を状態としてスタックに積んで保存しているので、これによって構文解析の軌跡を追うことができる。

- ・ 先読み字句、動作関数と行先関数: LR 構文解析系ではある時点でのスタックトップにある状態と先読み記号によって、動作関数と行先関数を参照して動作を決定するので、これによって解析の方向を知ることができる。

4. 構文解析系教育支援ツールの実現と改良

設計に基づいて LL(1) 構文解析提示ツール ‘llparse’ と SLR(1) 構文解析提示ツール ‘slrpars’ を UNIX ワークステーションの X-Window 上で実現した(図 2)。また以下の点に留意して改良を施した。

- ・ 構文解析部分と X-Window 上での画面表示部分を分離することにより拡張性の高いものとする。両者は別のプログラムとして実現し、構文解析部分だけでも実行可能である。画面表示部と連動させることにより、X-Window 上でのユーザインタフェイスを使用できるようになる。両者間のデータのやりとりはプロセス間通信を用いる。

- ・ 構文解析中にヘルプを呼びだし、専門用語などの意味を調べられるようにする。そのためハイパーテキスト方式のオンラインヘルプを別途開発した。

- ・ 構文解析中に内部で行なわれた動作についての説明を表示する。日本語の表示も可能なようにする。

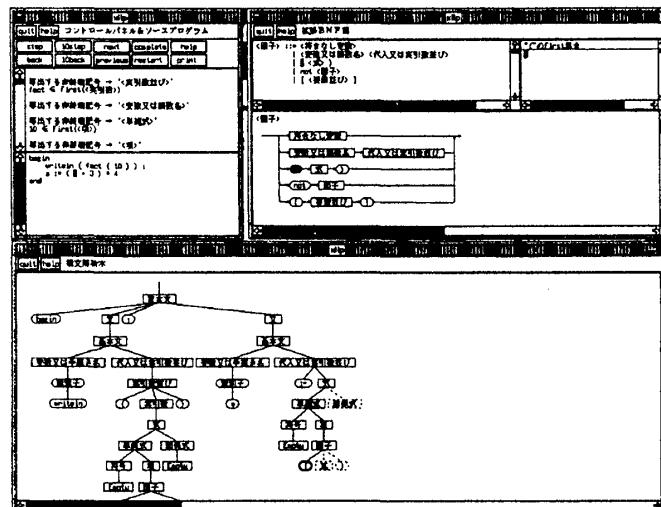


図 2 LL(1) 構文解析提示ツールの外観

謝辞

本研究の一部は平成 4 年度内藤科学技術振興財团研究助成金の援助により行なわれた。

参考文献

- [1] A.V. エイホ, R. セシイ, J.D. ウルマン: “コンパイラ I 原理・技法・ツール”, (1990), サイエンス社
- [2] 梅田雅之:“SLR(1) を基底文法とする LR 属性文法意味解析系自習用提示工具の設計と実現”, (1993), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文
- [3] 寒川英浩:“LL(1) を基底文法とする L 属性文法意味評価アルゴリズム提示工具の基本設計”, (1992), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文
- [4] 鈴木玲:“SLR(1) 構文解析系駆動ルーチン提示工具の設計と実現”, (1991), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文
- [5] 田中康司:“SLR(1) 構文解析解析表提示工具の設計と実現”, (1991), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文
- [6] 中西健一郎:“コンパイラ教育用構文解析提示工具の改良に関する研究”, (1993), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文
- [7] 永谷和敏:“翻訳系教育用 Pascal 翻訳系の作成”, (1990), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文
- [8] 古川博司:“コンパイラ教育用字句解析系の設計と実現”, (1991), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文
- [9] 笠浦忠朗:“SLR(1) を基底文法とする LR 属性文法意味評価アルゴリズム提示工具の基本設計”, (1992), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文
- [10] 目黒太一:“コンパイラ教育を支援するコンパイラの研究”, (1991), 名古屋工業大学 電気情報工学科 修士論文
- [11] 森田章:“C++ による高可読性コンパイラの作成”, (1991), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文
- [12] 森本健次:“有限オートマトンから正規表現への変換アルゴリズムの視覚化の設計と実現”, (1992), 名古屋工業大学 電気情報工学科 卒業論文