

ソースコード解析システムを用いた 3N-5 プログラム依存グラフ表示ツールの試作

高田 智規[†] 佐藤 慎一[†] 飯田 元[‡] 井上 克郎[†]
[†]大阪大学 [‡]奈良先端科学技術大学院大学

1 まえがき

プログラムスライシングは、デバッグ・テスト・保守・プログラム合成などに用いられる技術である。プログラムスライシングを行なう際にはプログラム内の文の依存関係を表す有向グラフを用いる。これをプログラム依存グラフ (Program Dependence Graph, PDG) という。

PDGを視覚化できれば、プログラム内の依存関係や構造の直観的な理解ができ、さらにスライスの計算を行ない、デバッグ等の作業に利用することができる。本研究ではPascalのサブセットで書かれたプログラムを読み込み、PDGを視覚化し出力するツールを試作した。

本ツールは、市販のソースコード解析システムREFINE[3]を用いて作成されており、これまで実際に見ることが困難であったプログラム依存グラフの視覚的表現を実現している。REFINEシステムの機能を活用することにより、プログラムの構文解析や図表の表示といった複雑な機能が容易に実現できた。

2 プログラム依存グラフとスライス

プログラムスライシング (Program Slicing) 技術とは、プログラム中のある文 s におけるある変数 v の値に影響を与える全ての文、もしくは、 s における変数 w の定義が影響を与える全ての文をプログラムから抽出する技術であり、その結果取り出された文の集合をプログラムスライス (Program Slice) あるいは単にスライス (Slice) と呼ぶ。スライスには、ソースコードを解析して得られる、全ての可能な入力に対するスライスである静的スライス (Static Slice) と、ある特定の入力のもとで実行した文を並べた実行系列を解析して得られる動的スライス (Dynamic Slice) がある。

プログラム依存グラフ (Program Dependence Graph, 以下 PDG) は、プログラム内の文の間の依存関係を表す有向グラフであり、スライスの計算に用いられる。本ツールで扱う PDG の節点は、プログラムに含まれる条件判定部分、代入文、入出力文、手続き呼び出し文、または解析に必要な特殊節点を表し、有向辺は2つの

節点の間の依存関係を表している。2つの節点の間の依存関係には、条件文や繰り返し文などの条件判定によるプログラムの制御の依存関係を表す制御依存 (Control Dependence) 関係と、変数の値の依存関係を表すデータ依存 (Data Dependence) 関係がある。

スライスは PDG の有向辺をたどることにより計算されるが、たどる向きによって Forward Slice (順方向)、Backward Slice (逆方向) の二種類が計算できる。

3 REFINE システム

本ツールは REFINE 言語により記述した。REFINE 言語は豊富なデータ型、集合や木構造に対する演算などを持ち [3]、入力言語の文法定義を行なうことにより得られる構文解析機能 [4]、図表・メニューの表示機能 [5] などソースコードの解析を行なう環境に適した機能を利用することができる。

4 ツールの機能

本ツールはPascalのサブセットで書かれたプログラムを入力として読み込み、PDGを画面上に表示する。入力プログラムは条件文 (if)、代入文、繰り返し文 (while)、入力文 (readln)、出力文 (writeln)、手続き呼出文、複合文 (begin-end) を持つ。

表示画面では、節点、変数名およびスライスの種類 (Forward/Backward) をマウス操作によって指定することにより、スライスの計算を行なうことができる。スライスの計算結果は、必要な節点と辺のみによって表されたPDGのサブグラフとして表示される。

5 実行例

本ツールを用いて求めたPDGの表示例を図1に示す。図中で菱形の頂点は特殊節点を、楕円形は各文それぞれを表し、実線で示された辺はデータ依存関係辺を、破線は制御依存関係辺をそれぞれ表す。データ依存関係辺には依存する変数名を表すラベルが、制御依存関係辺には制御の種類 (while, then など) を表すラベルがそれぞれ付けられている。

図1の反転表示されている節点 (文) について Backward Slice を計算した結果を図2に示す。このように、

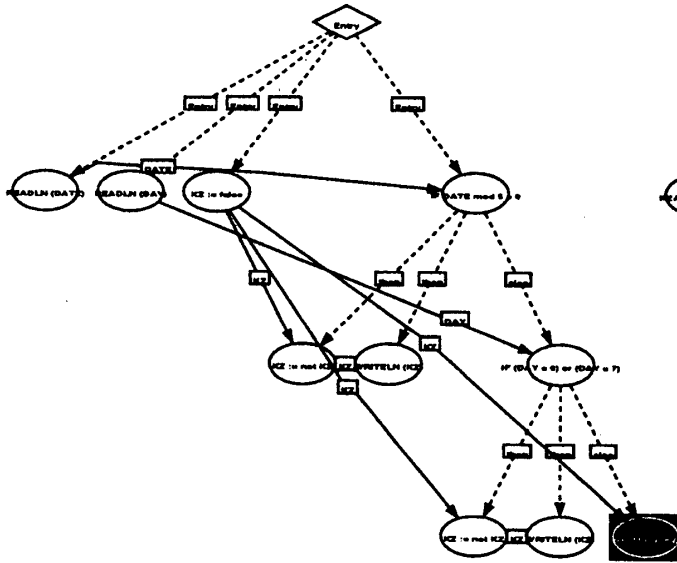


図 1: PDG

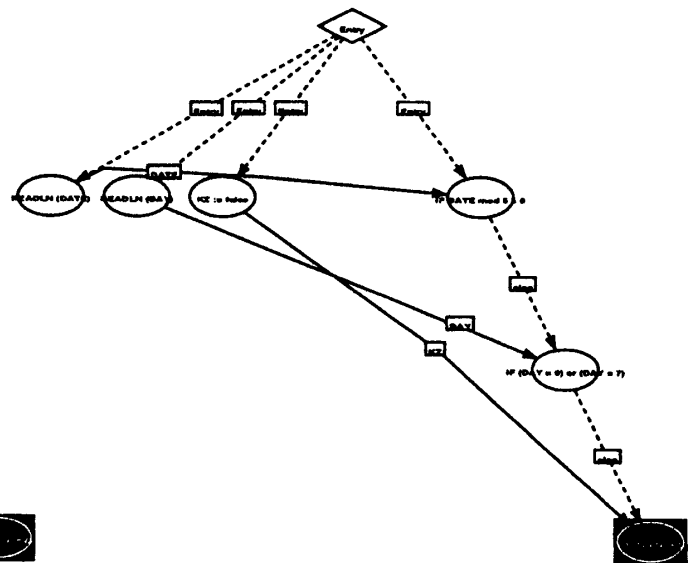


図 2: スライスの計算結果

依存関係のある文のみが抽出されており、スライス以外にもプログラムの理解や解析に役立つ情報が得られる。

6 ツールの特長

本ツールでは、PDG を視覚的に表現している。PDG は辺の種類によりデータ依存関係であるか制御依存関係であるかを、ラベルにより依存する変数などを表している。そこで、ある辺とそのラベルに注目することにより、スライスの計算を行なわなくても文と文の間の依存関係や制御関係についての情報を得ることができる。

また、複数の変数や文に注目する時にも、スライスを計算し直すなどの作業を行わずに依存関係や制御関係の解析・理解を行なうことができる。

これらは通常のスライシングツールでは得られない機能であり、プログラム全体の解析・理解の際に非常に役立つ。

7 あとがき

Pascal のサブセットで書かれたプログラムをプログラム依存グラフとして表示し、その上でスライスを計算し表示するツールを試作した。

本ツールでは、プログラム依存グラフを視覚的に表現するため、プログラム内の依存関係や構造が直観的に理解できる。またスライスを計算することにより必要な文のみに注目し、より理解しやすい形でグラフを見ることが出来る。これはプログラムの解析などに非常に役立つと考えられる。

ツールの構築環境として REFINE を用いたのは、REFINE が依存関係の解析や PDG の表示に適した機能を

持つからである。したがって、対象言語を C などに拡張することもポインタなどの処理について制限をおけば、文法定義部の変更など比較的少ない労力で実現できると考えられる。

参考文献

- [1] Horwitz, S. and Reps, T.: "The Use of Program Dependence Graphs in Software Engineering", Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering, pp.392-411(1992).
- [2] 下村 隆夫: "Program Slicing 技術とテスト, デバッグ, 保守への応用", 情報処理, Vol.33, No.9, pp.1078-1086(1992).
- [3] REFINE User's Guide (1990).
- [4] DIALECT User's Guide (1990).
- [5] INTERVISTA User's Guide (1991).
- [6] 植田 良一: "再帰を含むプログラムのスライスを求めるアルゴリズムの提案", 大阪大学大学院基礎工学研究科修士学位論文 (1994).
- [7] 佐藤 慎一, 小林 孝規, 飯田 元, 井上 克郎, 鳥居 宏次: "プログラムの依存関係解析に基づくデバッグ支援システムの試作", 信学技報, SS95-4, pp.23-30(1995).