5D−7　並列化支援システム「Parassist」の試作 −手続き間並列性解析方法−

黒澤 隆
日立東北ソフトウェア（株）

岩澤 京子
（株）日立製作所　中央研究所

1．はじめに

既存のFORTRANプログラムの並列化を支援するシステムParassist(Parallelization Assist System)[1]における並列化ツール[2]の目的の1つは「ユーザが指定したDOループの並列化の可否を判定し、並列化指示文をソースプログラムに挿入し、リコンパイルすることで並列実行するオブジェクトの生成を可能にする」ことである。並列化対象のループが手続き呼出しを含む場合には、呼出し先手続きデータフロー情報を並列化対象モジュールのデータフロー情報に融合し、並列化可否判定を行う。本稿ではデータフローが手続き間にまたがるループの並列化判定方式について報告する。

2．構成

図1に構成とデータの流れを示す。並列化判定は並列化ツール内の並列性解析部と並列化判定部で行われる。最初に、ユーザインタフェース部が指定したループを並列化対象ループとし、このループが存在する対象モジュールの手続き内解析情報を入力する。そして、対象モジュールから呼ばれるモジュールの手続き間解析情報を取り込み、手続き内解析情報と手続き間解析情報を融合する。この融合した情報を用いて、並列化対象ループについての並列性解析を行う。並列化判定部は解析結果をもとに対象ループの並列化判定を行い、判定結果をユーザインタフェース部、プログラム変換部に渡す。

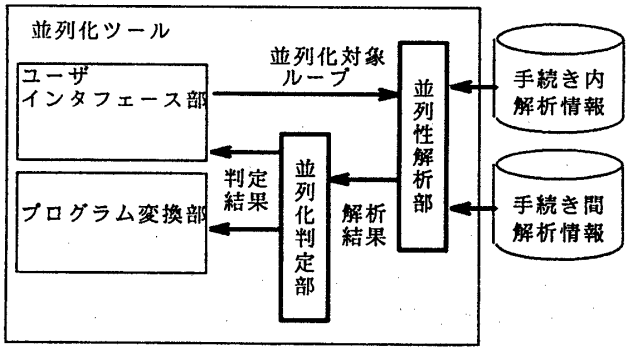

図1　構成とデータの流れ

3．並列性解析方式

本章では並列性解析方式の概要を述べる。

3．1　機能

並列性解析部、並列化判定部の機能を述べる。

（1）並列性解析を阻害する要因の検出

以下の文が呼出し先の手続きにある場合はデータフロー解析ができない。

・入出力文
・文字代入文
・戻り指定子付きRETURN文／STOP文

手続き間解析情報を入力する際、これらの文が検出された場合には、並列実行の阻害要因検出は行わない。

（2）並列実行を阻害する要因の検出

対象ループの繰り返しで生じる依存を検出する。この依存に並列化変換適用判定を行い、削除できない依存は並列実行阻害要因とする。

（3）判定結果の出力

並列性解析および並列実行を阻害する要因がある場合は並列化は不能と判定し、その要因を出力する。並列実行を阻害する要因が無い場合は対象ループを並列可能と判定し、並列化に必要な指示文を生成する情報を出力する。これらの出力は、並列化ツールのユーザインタフェース部、プログラム変換部で用いる。

3．2　ループサマリグラフ（LSG）

手続き間のデータフロー情報を取り込み並列化の判定を行うため、ループサマリグラフ(以下LSG)を用いる。LSGは並列化対象モジュール内の呼出し点を含むループの構造、分岐構造を抽出したフローグラフである。LSGはノードとパスで構成し、

Prototyping of Parallelization Assist System "Parassist"
- analysis method of interprocedural parallelization -

Takashi KUROSAWA,　HITACH TOHOKU SOFTWARE, Ltd.
Kyoko IWASAWA　HITACH, Ltd.

パスにはノード間の変数・配列の定義使用情報を付加する。LSGのノードには以下の種類がある。

（１）モジュール入口
（２）モジュール出口
（３）手続き呼出し点
（４）ループ
（５）分岐

ループノードにはループ情報、手続き呼出し点ノードには呼出し先モジュールのデータフロー解析情報が付加される。

図２にプログラム例、図３に図２のプログラムに対応するLSGを示す。

```
      SUBROUTINE SUB1(A,B,N)
      REAL A(N),B(N),C(N)
      DO 10 I=1,N
        CALL SUB2(C,I)
10      A(I)=B(I)+C(I)
      RETURN
      END
```

図２　　プログラム例

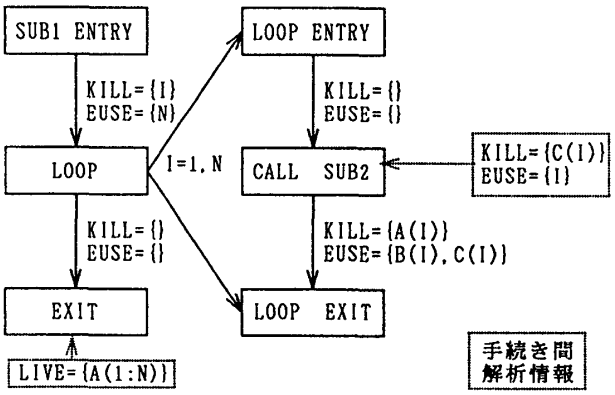

図３　　ループサマリグラフ

３．３　処理手順

並列性解析は以下の手順で行う。

（１）LSG作成

手続き内解析情報を入力し、LSGとパス情報を作成する。このときループ情報を設定する。

（２）手続き間解析情報取り込み

LSGの手続き呼出し点ノード、モジュール出口ノードに対応する手続き間解析情報を取り込む。手続き間解析情報には呼出し先モジュールの変数・配列の定義使用情報、並列化対象ループがあるモジュールのLIVE情報、呼出し先の並列性解析阻害要因情報がある。このとき、呼出し先モジュールの並列性解析阻害要因を検出する。

（３）並列実行阻害要因の検出

データフローが手続き内で閉じている変数・配列は手続き内解析情報の依存情報を用いて、また手続き間にデータフローがまたがる変数・配列はLSGを用いてループ運搬性の依存を検出し並列実行の阻害要因を検出する。LSGを用いる場合は対象ループを構成する各ノードとパスを集約し、ループの繰り返しで生じる定義と使用の重なりを並列実行阻害要因として検出する。図４に図３のLSGをDO 10のループで集約した結果を示す

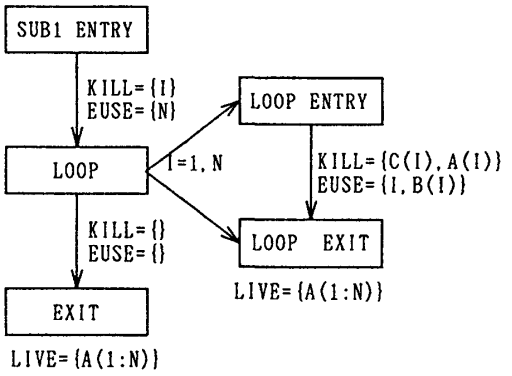

図４　　集約したループサマリグラフ

（４）並列化判定

並列化判定と出力の関係を表１に示す。

表１　　並列化判定と判定部出力

		並列化判定結果	判定部出力情報
並列性解析阻害要因あり		並列化不能	並列性解析の阻害要因情報
並列性解析阻害要因なし	並列実行阻害要因あり	並列化不能	並列実行の阻害要因情報
	並列実行阻害要因なし	並列化可能	並列化変換の適用情報

４．効果

手続き間の解析情報を取り込むことで、CALL文を含むループの並列化判定が可能となった。

参考文献

[1]菊池ほか 並列化支援システム「Parassist」の試作 −機能と構成− （本大会予稿）
[2]岩澤ほか 並列化支援システム「Parassist」の試作 −並列化支援方法− （本大会予稿）
[3]飯塚ほか 並列化支援システム「Parassist」の試作 −プログラム解析方法− （本大会予稿）
[4]R.TRIOLET,F.IRIGOIN,P.FEAUTRIER, "DIRECT PARALLELIZATION OF CALLS TATEMENTS", acm SIGPLAN NOTICES,Vol.21,No.7 JULY 1986