

Fortran最適化の強化

— 出力依存が要因となる強連結部の 解消によるベクトル化変換方式 —

5E-3

外山和良 1) 岩沢京子 2), 田中義一 2) 青山明夫 3)

1) 日立ソフトウェアエンジニアリング, 2) 日立中央研究所 3) 日立製作所 ソフトウェア工場

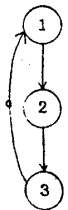
1. はじめに

ベクトル計算機の有効利用を図るためには、ソースプログラムの高いベクトル化率が望まれる。そのため自動ベクトル化処理においても、ベクトル化率を向上する種々の技術が開発されてきた [2],[3]。今回、ベクトル化を阻害していた出力依存を解消し、ベクトル化率を向上することができるプログラム変換方式を開発したので、その方式について報告する。

```
DO 10 I=1, N
```

```

A (I) = B (I) + C (I) ..... (1)
D (I) = A (I) * E (I) ..... (2)
A (I+1) = D (I) - E (I) ..... (3)
    
```



```
10 CONTINUE
```

```
END
```

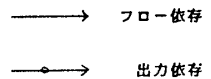


図 1 ソースプログラムとその依存グラフ

2. 出力依存によるベクトル化の阻害

自動ベクトル化のベクトル化可否の判定方法として従来より依存グラフを用いた方法が知られている [1]。図1にその例を示す。

図1の左側がソースプログラムで、右側がその依存グラフである。ソースプログラムの右端の番号は、グラフ上の node の番号と対応する。従来のベクトル化可能部判定方式では、3 から 1 への静的な出力依存があるために、1, 2, 3 は強連結部となりベクトル化不能としていた。しかし、静的な出力依存を要素から外すことにより強連結部とならずベクトル化可能となる。

3. 出力依存が要因となる強連結部の 解消によるベクトル化変換方式

3.1 自動ベクトル化変換処理の流れ

図2に、出力依存が要因となる強連結部の解消によるベクトル化変換の方式を示す。始めにデータフロー解析部で解析されたデータ依存情報をもとに依存グラフを作成する。次に、変数のリネーム及び配列化を行なう。以上の変換後、強連結部の存在範囲のチェックを行う。この強連結部の存在範囲チェック処理及び強連結部の検出処理において、静的な出力依存（後述）

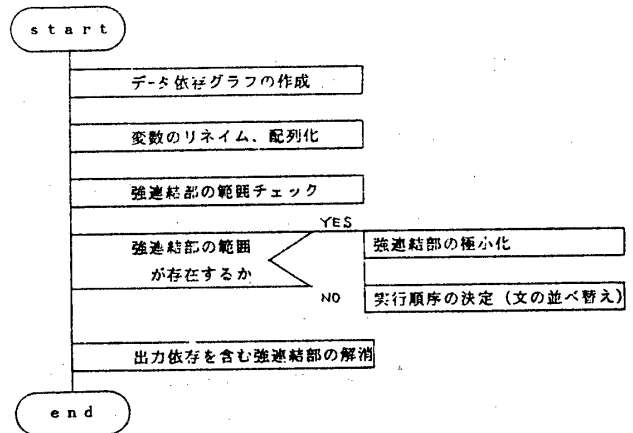


図 2 出力依存が要因となる強連結部の解消

によるベクトル化変換方式

Elimination of S.C.C with static output dependencies for vectorization.

Toyama K 1), Iwasawa K 2), Tanaka Y 2), Aoyama A 3)

1) Hitachi Software Engineering Co., Ltd. 2) Central Research Laboratory, Hitachi Ltd. 3) Software Works, Hitachi Ltd.

については出力依存がないものと仮想して判定する。範囲が存在するときには強連結部の極小化処理と実行順序の決定処理(文の並べ替え)を行なう。最後に静的な出力依存を結果的に解消するためのプログラム変換を施す。

3.2 静的な出力依存

強連結部検出処理において、その要素に含めなくてもよい出力依存とは、コンパイル時に依存の始点と終点とが確定する様な出力依存である。言い換えれば、図3に示す様にコンパイル時には始点と終点とが一方に決定できない依存は解消することができない。

3.3 出力依存解消処理

出力依存による強連結部の解消では、静的な出力依存のうちベクトル化不能要因となる実行順序に関して反対方向の出力依存を対象にして処理を行なう。図4に変換の例を示す。変換は、次のように行う。

- (a) 出力依存の終点となる文の定義変数の値を退避するためにテンポラリベクトルを導入する。
- (b) そのテンポラリベクトルへの値を退避する文(2)を作り出す。
- (c) 出力依存の始点となる文(4)の直後にテンポラリベクトルに退避した値を再びストアする文(5)を作り出す。

このように変換することにより出力依存による強連結部が結果的に解消され、従来の様にベクトル化不能部分と判定しスカラ演算器で実行していたのと比較して、ベクトル化可能部分が拡大される。

4. おわりに

以上、出力依存が要因となる強連結部をプログラム変換により解消するベクトル化変換方式について述べた。その結果実行速度が向上する。

5. 参考文献

[1] D.kuck et al : Proc of the 8th ACM Symposium pp207-218,1981
 [2] 田中 他 : 第32回全国大会講演論文集 (I) pp405-406,1986
 [2] 岩沢 他 : 第32回全国大会講演論文集 (I) pp407-408,1986

```

DO 10 I=1, N

    A ( L ( I ) ) = B ( I ) + C ( I )
    ↑           ↓
    A ( M ( I ) ) = D ( I ) + E ( I )

10 CONTINUE

END
    
```

図 3 静的な出力依存でない例

```

DO 10 I=1, N

    A ( I ) = B ( I ) + C ( I ) ..... (1)

    ¥ V ( I ) = A ( I ) ..... (2)

    D ( I ) = A ( I ) * E ( I ) ..... (3)

    A ( I + 1 ) = D ( I ) - E ( I ) ..... (4)

    A ( I ) = ¥ V ( I ) ..... (5)

10 CONTINUE

END
    
```

図 4 出力依存を含む強連結部の解消処理