

Fortran最適化の強化

5E-1

ループ内コード量を考慮した ループ展開

西田哲夫 (日立ソフトウェアエンジニアリング)
後藤志津雄 (日立製作所 中央研究所)
本間一朗 (日立製作所 ソフトウェア工場)

1. はじめに

一般にループの実行時間がそのプログラム全体の実行時間に占める割合は大きく、ループの実行時間を短縮させる種々の方法が開発されている。約数展開 [1]、インダクション条件展開 [2]、巡回インデックス展開 [3] が発表されているが、例えば図1のようにDOループ内のソース量が少ない場合、ループ制御変数の増分処理とループ終了判定に要する時間(ループ制御オーバーヘッド)が大きくなる。そこで図1のように、ループ内を展開し、ループ回数を相対的に減少させることが可能である。 [1]

本報告では、ループ内のコード量とループ回数に基づいた最適な展開回数の決定方法および展開方法の拡張について述べる。

```
DO 10 I=1, 100
    A(I)=B(I)
10 CONTINUE
```

図1 展開前のループ

2. 展開回数の決定方法

展開回数を多くすれば実行速度は向上するが、展開後のオブジェクト量は増加する。そのためループ内のコード量を評価し展開回数を決定する必要がある。

そこでループ制御オーバーヘッドがループ全体の実行時間の10%以下、という基準を設けた。つまり、

x : ループ制御オーバーヘッド
y : ループ内ソース実行時間
z : 展開回数
N : ループ回数

とすると、制御オーバーヘッドの割合は、

$$\frac{\frac{x * N}{z}}{y * N + \frac{x * N}{z}} \leq 0.1 \quad \text{となる}$$

本式から、展開回数 z は、

$$z \geq \frac{9 * x}{y} \quad \text{となる}$$

例えば、図1のループの場合、配列要素を決定するオブジェクトなどを考慮すると、x = 2, y = 5となるため、展開回数 ≥ 3.6 となり4回が妥当値となる

```
DO 10 I=1, 100, 4
    A(I) = B(I)
    A(I+1) = B(I+1)
    A(I+2) = B(I+2)
    A(I+3) = B(I+3)
10 CONTINUE
```

図2 展開後のループ(約数展開)

3. 展開方式の決定方法

ループの展開方法は、ループ回数Nの特性により異なり、以下の3種類がある。

(1) ループ構造解消展開

ループ回数が確定しており、2で求めた展開回数以下の時には、ループ構造を解消してしまいうことができる。図3に例を示す。

(2) 約数展開

ループ回数が確定しており、2で求めた展開回数を越える場合行う展開である。実際の展開回数は、2で求めた展開回数に近いループ回数の約数を選ぶ。例を図2に示す。

(3) ループ回数不定時の展開

ループ回数がコンパイル時に決定できないループの展開方法である。ループ回数を展開回数で割った余り回数だけループの外で実行する必要がある。そのためオブジェクトをループの直前に付加する。例を図4に示す。

4. 効果

我々は、上記ループ展開機能のFORTRANコンパイラへの実装をほぼ完了したところである。効果はプログラムの特性によるが、配列の代入や、内積のような単純な計算のみを含むループの実行速度は、この展開により、10% - 20%向上している。

また、オブジェクトサイズも、ループ内のコード量より展開回数を決定しているため、実用的な水準に達している。

5. おわりに

最適な展開回数を決定するループ展開方式を開発した。これにより、オブジェクトプログラムの増加を抑制しつつ実行時間の短縮を図ることができる。

参考文献

- [1] 「スーパーコンピュータ HITAC S-810 FORTRANコンパイラ」 日立評論 VOL. 65 NO. 8 (1983) pp551-555
- [2] 後藤 他: Fortran最適化の強化-インダクション条件に着目したループ内条件の削除方法 情報処理学会第32回全国大会 4F-1
- [3] 本間 他: Fortran最適化の強化-巡回インデックスの展開によるストレングスリダクションの適用 情報処理学会第32回全国大会 4F-2

```
DO 10 I=1, 4
  A (I) =B (I)
10 CONTINUE
```



```
I = 1
  A (I) =B (I)
  A (I+1) =B (I+1)
  A (I+2) =B (I+2)
  A (I+3) =B (I+3)
```

図3 ループ構造解消展開

```
DO 10 I=1, N
  A (I) =B (I)
10 CONTINUE
```



```
I = 1
t1 = MOD (N, 4)
t2 = t1
IF (t2.EQ. 0) GOTO 100
A (I) =B (I)
t2 = t2 - 1
IF (t2.EQ. 0) GOTO 100
A (I+1) =B (I+1)
t2 = t2 - 1
IF (t2.EQ. 0) GOTO 100
A (I+2) =B (I+2)
t3 = I + t1
DO 10 I = t3, N, 4
  A (I) =B (I)
  A (I+1) =B (I+1)
  A (I+2) =B (I+2)
  A (I+3) =B (I+3)
10 CONTINUE
```

図4 ループ回数不定時の展開