

問010040解説

◆解答

設問1 a カ b キ

設問2 c イ

設問3 d イ e ウ

◆解説

最適化に関する問題である。

最適化の方法

① 関数のインライン展開

インライン展開は、関数を呼び出す側に呼び出される関数のコードを展開し、関数への制御転送をしないようにする手法ある。これにより関数呼び出しに伴うオーバーヘッドを削減する。特に小さくて頻繁に呼ばれる関数では効果的であり、呼び出し側にそのコードを展開することで定数畳み込みなどのさらなる最適化を施せる可能性が生じる。問題点はバイナリコードが一般に肥大化する結果を招く点であり、参照の局所性を損なうほどだったり、リソースの限界を超えると性能がかえって悪化することになる。

② 共通部分式の削除

共通部分式除去は、同じ式の出現を探し出し、計算結果を格納する一つの変数に置き換える価値があるかどうかの解析を行うものである。

次のような式において

$$a = b * c + g; \quad d = b * c * d;$$

次のように変更する。

$$tmp = b * c; \quad a = tmp + g; \quad d = tmp * d;$$

③ 定数の畳み込み

定数畳み込みは、定数式をコンパイル時に単純化する技法である。定数式の項は一般に単純なリテラルであるが、値が変更されない変数も定数式の項と見なせるし、明示的に定数とされる変数もある。

計算式 $i = 320 * 200 * 32;$ を計算した結果の定数値2,048,000に、コンパイル時に中間表現上で置き換えてしまう。

④ 定数伝播

定数伝播は、定数で与えられている部分について、できるだけ計算を行ってしまっ、実行時に何度も同じ計算をしないですむようにすることである。たとえば、つぎの式文の並び

$$x = 3; \quad y = x * 5 + 2;$$

を、つぎの式文の並びに書き換える。

$$x = 3; \quad y = 17;$$

表2の最適化の方法②に相当する。

⑤ ループ内不変式の移動

ループ内で同じ計算している場合には、これをループの外で計算することによって、大幅に命令数を減らすことができる。

〔プログラム1〕

```

■ i: 0, i ≤ 1, 1
  |
  | • x[i] ← y[i] + m + n
  | • v[i] ← w[i] + m + n
  |
■
    
```

```

• t ← m + n
■ i: 0, i ≤ 1, 1
  |
  | • x[i] ← y[i] + t
  | • v[i] ← w[i] + t
  |
■
    
```

左のプログラムのループ内の計算 $m+n$ をループ外で計算する。

⑥ ループのアンローリング

ループのアンローリングは、単純な繰り返しの処理を展開（アンロール）することでループ処理の回数を減らし、プログラムの処理速度を上げることである。

〔プログラム1〕

```

■ i: 0, i ≤ 1, 1
  |
  | • x[i] ← y[i] + m + n
  | • v[i] ← w[i] + m + n
  |
■
    
```

```

• t ← m + n
• x[0] ← y[0] + t
• v[0] ← w[0] + t
• x[1] ← y[1] + t
• v[1] ← w[1] + t
• i ← 2
    
```

左のプログラムを右のように展開し、繰返しを無くしてしまう。

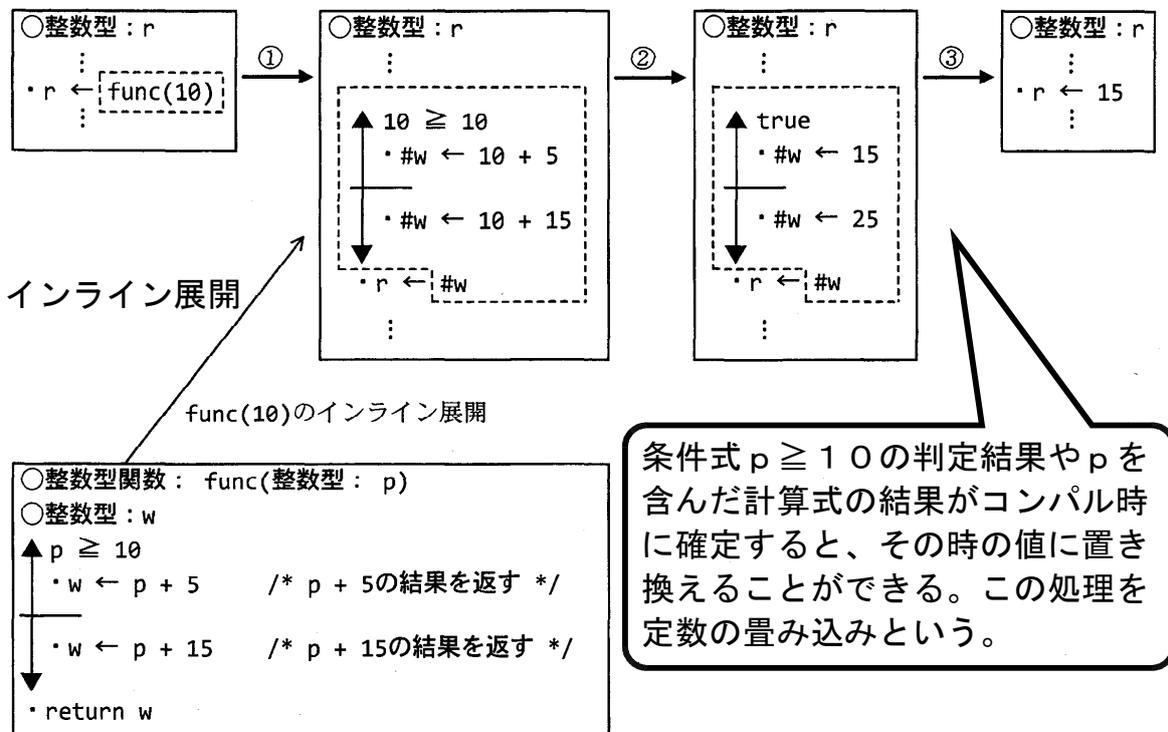


図1 関数のインライン展開の例

最適化と誤差の問題

[プログラム1]

```
■ i: 0, i ≤ 1, 1
  |
  | • x[i] ← y[i] + m + n
  | • v[i] ← w[i] + m + n
  ■
```

```
• t ← m + n
• x[0] ← y[0] + t
• v[0] ← w[0] + t
• x[1] ← y[1] + t
• v[1] ← w[1] + t
• i ← 2
```

最適化しない場合の演算は、左のプログラムで実行する。

$$\begin{aligned}x[0] \leftarrow y[0] + m + n &= 307000000.0 - 303000000.0 + 4.0 \\ &= 4000004.0\end{aligned}$$

最適化した場合の演算は、右のプログラムで実行する。

$$\begin{aligned}t \leftarrow m + n &= -303000000.0 + 4.0 = -303000000.0 \\ x[0] = y[0] + t &= 307000000.0 - 303000000.0 \\ &= 4000000.0\end{aligned}$$

$t \leftarrow m + n$ の演算で情報落ちが発生するためである。

$$\begin{aligned}-0.303000000 \times 10^9 &\doteq -0.303000000 \times 2^{30} \\ 4 &= 0.4 \times 10 = 0.101000 \times 2^6\end{aligned}$$

仮数部は23ビットであるから、演算のためにビット合わせを行うと、4の値は仮数部が外れて誤差を発生させることになる。この誤差は情報落ちである。

設問1

aは、プログラム1で示されている繰返し部分の $m+n$ の計算をループ外に移動させる内容であり、ループ内不変式の移動になる。求める答えはカとなる。

bは、プログラム1の繰返し部分をプログラムの中に展開してしまう場合であり、ループのアンローリングになる。求める答えはキとなる。

設問2

cは、 $\#w \leftarrow 10 + 5$ のような定数の計算を計算結果の $\#w \leftarrow 15$ という定数に置き換えてしまうことで、これを定数の畳み込みという。cの求める答えはイとなる。

設問3

最適化と浮動小数点数の演算における誤差に関する問題である。

最適化後の計算では、同じ式の出現を探し出して、計算結果を格納する一つの変数に置き換える共通部分式の削除方法を適用することによって、 $m+n$ の計算で情報落ちが発生し、誤差が生じる。dの求める答えはイ、eの求める答えはウとなる。