オブジェクトの構造的な複雑さに関する考察

3ＡＥ－3

阿萬裕久　高橋嗣典　矢鳴虎夫　永松正博　宮本和典

九州工業大学 工学部 電気工学科 情報工学教室

1. はじめに

オブジェクト指向によるプログラミングには，ソフトウェアの再利用性，拡張性，保守性などを高めることができるという利点がある．しかし，これらは設計されたオブジェクトの構造に依存することになり，この善し悪しを測るいろいろな評価尺度が研究されている [2] ~ [4].

本稿ではオブジェクトにおけるメンバ間の結合関係を有向グラフで表現し，互いの依存関係について解析を行う．そして，それをもとにしたオブジェクトの構造的な複雑度に関し考察を行う．

2. メンバ間の連結関係

例として，C++ 言語で書かれた図 1 のクラス Stack を考えてみよう．

```
class Stack {
   int  data[100];
   int  sp;  // スタックポインタ
 public:
        Stack ( void ) { sp = 0 ; }
   void Push ( int x ) {
        if ( sp < 100 ) data[sp++] = x;
   }
   int  Pop ( void ) {
        if ( sp > 0 ) return(data[--sp]);
        else return ( -1 );
   }
};
```

図 1: Stack クラスの宣言

ここでは，コンストラクタ (Stack) が スタックポインタ (sp) を初期化し，メソッド Push / Pop はそれぞれ sp を利用しつつ，データ領域 (data[ ]) とデータのやりとりを行なうことになる．そこで，Stack クラスから生成されるオブジェクトを図 2 のように表現する．

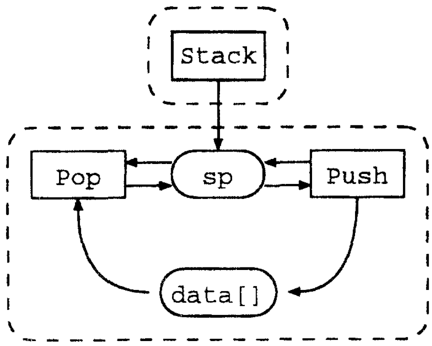

図 2: Stack の連結関係

これは有向グラフ $G = (V, E)$, (ただし，$V = \{$ Stack, Push, Pop, data[ ], sp $\}$, $E = \{$ (Push, sp), ... , (data[ ], Pop) $\}$) とみることもできる．また，図中の破線による区分けは強連結成分を表している．

3. オブジェクトの構造的複雑度

強連結の性質より，頂点対が同一の強連結成分に含まれるならばそれらは互いに到達可能であり，さもなくばたかだか片方向の連結しか存在しない．この場合，各頂点はオブジェクトのメンバに対応しているので， 2 つのメンバが同一の強連結成分に含まれるということは，動作時に互いに依存しあう可能性があるということを意味している．同様に，これらが異なる強連結成分に含まれるということは，動作時に一方が他方に依存することはあってもその逆はありえないことを意味している．

次に，その依存の度合について解析を行うため以下に示す “重み付き閉包” を定義する：

定義 1 (重み付き閉包)

ある強連結成分の隣接行列を A とする．このとき，次式によって得られる A_w^* を A の重み付き閉

A Study of Structural Complexity for Objects
H.Aman, T.Takahashi, T.Yanaru, M.Nagamatsu and K.Miyamoto
Department of Electric Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu Institute of Technology
1-1 Sensui, Tobata, Kitakyushu 804, Japan

包とする．

$$A_w^* = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^{k-1}} A^k, \quad (n \text{ は } A \text{ の次数}). \tag{1}$$

A_w^* の i 行 j 列成分の値は，隣接行列の第 i 行に対応するメンバから第 j 列に対応するメンバへの道の数に比例する．ただし，道の長さに反比例した係数を施しているので，長い道ほどその影響は小さい．

これをもとにメンバ間の依存度を次のように定義する：

定義 2 (メンバ間の依存度)

A_w^* の i 行 j 列成分を $a_w^*(i,j)$ とする．このとき，(隣接行列の第 k 行に対応するメンバをメンバ [k] として) メンバ [i] のメンバ [j] に対する依存度 $p(i,j)$ を

$$p(i,j) = \frac{a_w^*(j,i)}{n+1}, \tag{2}$$

とする．さらに，この依存度 $p(i,j)$ の平均値 $\overline{p}$

$$\overline{p} = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} p(i,j) = \sum_{i,j} \frac{a_w^*(i,j)}{n^2(n+1)} \tag{3}$$

を平均依存度と呼ぶことにする．

平均依存度 $\overline{p}$ は強連結成分内での頂点間の結び付きの強さに比例し，その値の範囲は $0 \leq \overline{p} \leq 1$ となる．それゆえ $\overline{p}$ は，対象としている強連結成分の複雑さを測る一つの尺度になることが推察される．

そこで，これを用いてオブジェクトの構造的複雑度を次のように定義する：

定義 3 (オブジェクトの構造的複雑度)

いま，オブジェクト Obj に関し前述のように作成された有向グラフを G とする．G の強連結成分を $S_1, S_2, \ldots, S_N$ とし，G の位数及びサイズをそれぞれ $|V(G)|$ 及び $|E(G)|$ とする．また，強連結成分 S_i 内の平均依存度を $\overline{p}_i$，S_i の位数を $|V(S_i)|$ とする．そこで，オブジェクト Obj の構造的複雑度 SC を

$$SC(\mathsf{Obj}) = \frac{\sum_{i=1}^{N} |V(S_i)|\, \overline{p}_i}{\sum_{i=1}^{N} |V(S_i)|} \cdot \frac{|E(G)|}{|V(G)|^2} \tag{4}$$

と定義する．

つまり，位数の大きい（頂点数の多い）強連結成分ほどその平均依存度 $\overline{p}$ が構造的複雑度 SC に反映されるよう考慮されている．また同時に，SC はグラフ内での辺の密度にも比例するようになっている．

4. まとめと今後の課題

本稿ではオブジェクトのメンバ間における連結関係を有向グラフによって表現し，それらの依存関係を定量化することを試み，それらをもとにしたオブジェクトの構造的複雑度について考えてみた．

今回はメンバ間の関係のみに注目しており，メンバ，特にメソッドそのものの構造は考慮に入っていない．メソッドの複雑さを測るのに，例えば Halstead の effort equation[5] などが考えられるが，これをそのまま利用できるのか，また，こういった尺度をどのように構造的複雑度 SC と融合させるべきかといった点に多くの問題が残っている．今後，他の評価尺度との比較を行いながらこういった問題点に対処していき，また同時に，ここでの理論がオブジェクト内だけでなくオブジェクト間の解析にも応用できるよう研究を進めていく方針である．

参考文献

[1] 阿萬 他："メンバ間における情報の流れに注目したオブジェクトの構造分析", オブジェクト指向計算ワークショップ WOOC'97, 1997.

[2] 藤崎, 荒野："オブジェクト間の動的な依存関係の定量化", 信学論 J77-D-I, 10, pp.720 - 728 (1994).

[3] 白田："オブジェクト指向設計のためのソフトウェア評価尺度の考察", 信学論 J79-D-I, 1, pp.9-17 (1996).

[4] 金 他："C++ プログラムに対する複雑さメトリクスの提案と大学環境での実験的評価", 信学論 J79-D-I, 10, pp.729-737(1996).

[5] Maurice H. Halstead : "Elements of Software Science", Elservier North-Holland, Inc.(1977).