

# アスペクト指向プログラム用トレーサのアスペクト指向実現

2000MT102 八木 晴信

指導教員 野呂 昌満

## 1 はじめに

ソフトウェア開発技術としてアスペクト指向技術 [1] が注目されている。アスペクト指向技術はソフトウェアに存在する異なるコンサーンをアスペクトとして矛盾なく記述する技術である。

アスペクト指向プログラミングは、プログラムの挙動が把握し辛い問題や、アスペクトの干渉 [3] と呼ばれる問題がある。アスペクト指向プログラミングは、プログラムをコンサーンごとに分離して記述する。アスペクトが実行する時点の理解が困難になるので、挙動が把握し辛くなる。アスペクトの干渉は、アスペクトの実行順序により期待した実行結果と異なることや、複数のアスペクト間で無限ループが生じる問題である。

本研究の目的は、アスペクト指向プログラム用トレーサ(以下、トレーサ)を実現し、アスペクト指向プログラミングの問題解決に有効であるかを考察することである。プログラムの挙動を把握するためには、トレーサを用いて実行過程を観察することが有効な手段であり、アスペクト指向プログラムにおいても有効であると考えられる。

トレーサを実現するさいに、アスペクト指向実現を考える。トレーサをアスペクト指向実現することで、トレーサ対象プログラムに散在するトレーサの記述をトレーサ対象プログラムから分離できる。トレーサを実現し、考察を行うことで、トレーサがアスペクト指向プログラミングの問題解決に有効であると確認した。本研究ではトレーサ対象プログラムとして、アスペクト指向プログラミング言語で広く認知されている AspectJ[1] を用いる。

## 2 アスペクト指向プログラム用トレーサ

アスペクト指向プログラミングの問題解決にトレーサが有効であることを確認するために、トレーサを実現する。実現するさいにアスペクト指向実現することを考える。

### 2.1 アスペクト指向プログラム用トレーサの設計

アスペクト指向プログラムの挙動の把握は、アスペクトの合流点とアドバイスを観察することで理解が容易になる。アスペクト指向プログラムの挙動を把握するために以下の機能を持つトレーサが必要であると考えられる。

- 合流点とアドバイスの表示
- アスペクトが記述されている場所の表示
- 合流点に指定したメソッドの引数の値の表示
- 実行したアスペクトの履歴の表示

### 2.2 アスペクト指向プログラム用トレーサのアスペクト指向設計

トレーサを実現するさいに、アスペクト指向実現することを考える。トレーサに関する記述はトレーサ対象プ

ログラムに散在する。トレーサをアスペクト指向実現することで、トレーサに関する記述をアスペクトとしてトレーサ対象プログラムと分離できる。トレーサに関する記述をトレーサアスペクトとする。トレーサはトレーサ対象プログラムにトレーサアスペクトを織り込んだプログラムを実行することで実行される。

トレーサアスペクトの合流点は、トレーサ対象プログラムにある合流点とアドバイスである。トレーサ対象プログラムにある合流点とアドバイスには、トレーサに必要な情報が記述されている。トレーサアスペクトのアドバイスではトレーサに必要な情報を取得し、表示を行う。

### 2.3 アスペクト指向プログラム用トレーサのアスペクト指向実現

本研究では、トレーサ実現時の労力削減を考え、自動生成系によりトレーサアスペクトの合流点とアドバイスの記述の作成を行う。自動生成系への入力は、トレーサ対象プログラムにある合流点とアドバイスの記述であり、出力はトレーサアスペクトの合流点とアドバイスの記述である。トレーサ対象プログラムにある合流点とアドバイスの記述は複数存在する。トレーサには、それらすべてに対応するトレーサアスペクトの合流点とアドバイスの記述が必要である。自動生成系によりトレーサアスペクトの合流点とアドバイスの記述の作成労力を削減でき、トレーサを容易に行うことができる。

図 1 にトレーサ手順を示す。

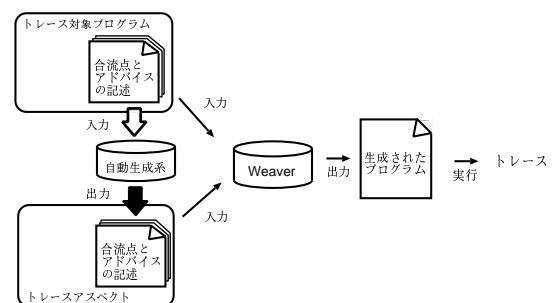


図 1 トレーサ手順

## 3 考察

アスペクト指向プログラミングの問題解決にトレーサが有効であるかを考察する。本節では、以下について考察する。

- アスペクト指向プログラム用トレーサの有効性
- アスペクトモデレータフレームワーク [2] への適応

### 3.1 アスペクト指向プログラム用トレーサの有効性

トレーサが以下にあげるアスペクト指向プログラミングの問題解決に有効であるかを考察する。アスペクト指向プログラミングの問題を以下に示す。2と3はアスペクトの干渉と呼ばれる問題である。

1. プログラムの挙動の把握が困難
2. 同一時点を合流点とするアスペクトが複数存在し、実行順序によって期待した実行結果と異なる場合がある
3. 複数のアスペクト間で無限ループが生じる可能性がある

トレーサの実行例を図 2 に示す。実行例のトレーサ対象プログラムはひとつの合流点に 2 つのアスペクトが存在し、合流点の実行前にそれぞれのアドバイスを実行するプログラムである。(a) はトレーサしない場合の実行例である。(b) はトレーサ実行時の実行例である。

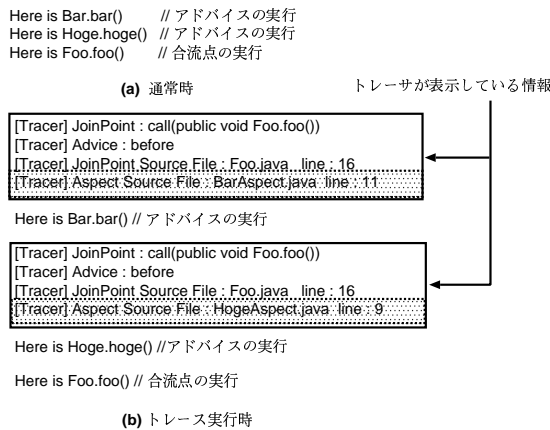


図 2 トレーサの実行例

アスペクト指向プログラムは合流点に実行が到達したときに、アドバイスが実行される。トレーサは、アドバイス実行前にアスペクトの合流点とアドバイスを表示することで、プログラムの挙動の理解を支援している。

アスペクトの実行順序は、トレーサが合流点とアスペクトを表示することで理解できる。図 2 では、網掛けになっている Aspect Source File を見比べることで実行順序が理解できる。アスペクトの実行順序の違いが障害になる場合がある。トレーサでは、実行順序による障害の発見は困難であるが、アスペクトの実行順序の理解を支援することで障害の発見の手助けになる。

トレーサの表示する情報が繰り返される場合、複数のアスペクト間でループしていると判断できる。ループには開発者の意図したループも存在するので、トレーサでの無限ループ発生の自動検出は困難であるが、無限ループの可能性を示唆することができる。

以上のことから、アスペクト指向プログラミングの問題解決にトレーサが有効であることが確認できた。

トレーサアスペクトによるアスペクトの干渉について複数のアスペクトが存在する場合、アスペクトの干渉が問題となるが、トレーサアスペクトが起こすアスペクトの干渉はないと考える。トレーサアスペクトは必ずトレーサ対象プログラムにあるアドバイスの実行前にアドバイスを実行する。実行順序によって実行結果が異なることはない。トレーサアスペクトのアドバイスはトレーサへのメッセージ送信だけである。トレーサがトレーサ

対象のプログラムにメッセージを送信することはないので、トレーサ対象プログラムとトレーサアスペクト間で無限ループに陥ることはない。

3.2 アスペクトモデレータフレームワークへの適応  
 アスペクトモデレータフレームワークを用いて記述したアスペクト指向プログラムに、本研究で実現したトレーサが有効であることを考察する。アスペクトモデレータフレームワークを用いて記述したアスペクト指向プログラムもアスペクトの干渉が起こる可能性がある。

アスペクトモデレータフレームワークを用いて記述したプログラムは、合流点とアドバイスは決まったクラスのメソッドになる。合流点とアドバイスをトレーサアスペクトの合流点とすることでトレーサできる。実現したトレーサがアスペクトモデレータフレームワークを用いて記述したプログラムに有効であると確認できた。

### 3.3 関連研究

アスペクト指向プログラミングの問題を解決する研究が行われている。プログラムスライス [3] では、障害が発見された場合に障害に影響のあるプログラムを抽出し、提示することで、デバッグを支援している。プログラムスライスを用いたデバッグでは、アスペクトの実行順序は理解できないので、アスペクトの干渉の問題を解決する手段としては有効ではない。モデル検査 [4] を用いて障害を発見できるが、モデル検査が対象としているプログラムはアスペクトが織り込まれたプログラムなので、障害の原因となるアスペクトの特定が困難である。

## 4 おわりに

本研究では、トレーサをアスペクト指向実現し、実現したトレーサがアスペクト指向プログラミングの問題解決に有効であることを確認した。

今後の課題は、他のアスペクト指向プログラミング言語のトレーサの実現と、既存のデバッグとの協調である。謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心に御指導下さいました野呂昌満教授、有益なアドバイスを頂いた張漢明助教、蜂巣吉成講師、大学院生の熊崎敦司先輩、藤原泰昌先輩、森貴彦先輩、後藤修平先輩に深く感謝致します。

### 参考文献

- [1] AspectJ <http://eclipse.org/aspectj/>
- [2] C. Constantinides, A. Bader, T. Elrad and M. Fayad: Designing an Aspect-Oriented Framework in an Object-Oriented Environment, ACM Computing Surveys Vol.32, No.1es, Article No.41 (2000).
- [3] 石尾隆, 楠本真二, 井上克郎: プログラムスライスを用いたアスペクト指向プログラムのデバッグ支援環境, オブジェクト指向最前線 2003, pp.129-136 (2003).
- [4] 鷓林尚靖, 玉井哲雄: アスペクト指向プログラミングへのモデル検査手法の適用, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.6, pp.1598-1609 (2002).