

修士学位論文

題目

Java プログラムの開発履歴におけるアクセス修飾子過剰性の分析

指導教員

井上 克郎

報告者

石居 達也

平成 25 年 2 月 5 日

大阪大学 大学院情報科学研究科
コンピュータサイエンス専攻

内容梗概

Java におけるソフトウェア開発において、フィールドやメソッドに対するアクセスがソースコード内の全ての場所から可能な状態にあると、フィールドおよびメソッドが開発者の想定していない使われ方をされる可能性がある。そのような状態は、放置しておくフィールドに不適切な値が設定されたり、適切な手順でのメソッド呼び出しが行われないことによる不具合の原因となってしまう。こういった問題を防ぐための手段として、Java ではフィールドおよびメソッドに対してアクセス修飾子を宣言することができる。しかし、現在のソフトウェア開発においては、プロジェクト規模の増大や要件の複雑化により、開発者が手作業で全てのフィールドおよびメソッドに関する適切なアクセス範囲を把握するのは困難である。その結果、既存ソフトウェア内には、実際の利用範囲よりも広い範囲からのアクセスを許可するアクセス修飾子が宣言されたフィールドおよびメソッドが多数存在していることが確認されている。

そこで本研究では、既存の 7 つの Java プロジェクトについて、ソフトウェアバージョンアップの際の過剰なアクセス修飾子に対する修正作業の実行頻度に関する分析を行った。

分析を行うに当たり、分析対象とするデータは既存のアクセス修飾子過剰性検出ツールを拡張して取得した。また、あるバージョンにおけるフィールドおよびメソッドについて、宣言されているアクセス修飾子と実際のアクセス範囲との組み合わせにより、3 状態への分類を行った。さらに、フィールドおよびメソッドの新旧 2 バージョン間における状態遷移を、その性質ごとに 6 つのグループへと分類した。

その結果、ほとんどのフィールドおよびメソッドに対して宣言された過剰なアクセス修飾子は、変更されることはなくそのまま放置される傾向が見られた。また、一部の種類の過剰なアクセス修飾子を持つフィールドおよびメソッドについては、7 つの Java プロジェクト全てにおいて修正が行われていることを確認した。

主な用語

アクセス修飾子

Java プログラム

開発履歴

目次

| | | |
|----------|------------------------------|-----------|
| 1 | はじめに | 5 |
| 2 | 背景 | 7 |
| 2.1 | アクセス修飾子 | 7 |
| 2.1.1 | アクセス修飾子の種類と性質 | 7 |
| 2.1.2 | 過剰なアクセス修飾子を設定した場合の問題例 | 7 |
| 2.2 | AE | 9 |
| 2.3 | ModiChecker | 10 |
| 3 | アクセス修飾子の過剰性分析 | 15 |
| 3.1 | 分析対象とした Java プロジェクト | 15 |
| 3.2 | アクセス修飾子の変遷の分類 | 16 |
| 3.2.1 | フィールドおよびメソッドの状態の分類 | 16 |
| 3.2.2 | バージョン間における状態遷移の分類 | 17 |
| 3.3 | 分析手順 | 19 |
| 3.4 | 分析環境 | 19 |
| 4 | 分析結果と考察 | 21 |
| 4.1 | 分析 1：フィールドに対するアクセス修飾子変遷分析 | 21 |
| 4.1.1 | グループごとに見られる傾向 | 21 |
| 4.1.2 | 考察 | 22 |
| 4.2 | 分析 1：メソッドに対するアクセス修飾子変遷分析 | 22 |
| 4.2.1 | グループごとに見られる傾向 | 22 |
| 4.2.2 | 考察 | 23 |
| 4.3 | 分析 2：フィールドに対する AE 修正状況の分析と考察 | 23 |
| 4.4 | 分析 2：メソッドに対する AE 修正状況の分析と考察 | 24 |
| 5 | 関連研究 | 30 |
| 6 | まとめと今後の課題 | 31 |
| | 謝辞 | 32 |
| | 参考文献 | 33 |

1 はじめに

ソフトウェア開発において、変数およびメソッドに対するアクセスがソースコード内の全ての場所から可能な状態にあると、変数およびメソッドが開発者の想定していない使われ方をされる可能性がある。そのような状態を放置しておく、変数へ想定している範囲外の不適切な値が設定されたり、プログラムを正常に実行する上で守るべきメソッド呼び出しの順序が前後したりなど、潜在的な不具合の原因となってしまう。現在広く用いられているオブジェクト指向プログラミング言語である Java において、この問題を解決する手段としては、フィールドおよびメソッドに対するアクセス修飾子の宣言が挙げられる。アクセス修飾子はフィールドおよびメソッドに対して個別に種類宣言することができ、その種類によって外部からのアクセスを許可する範囲を必要な分へ制限することができる。開発者は、ソフトウェアの設計等に基づく適切なアクセス修飾子をフィールドおよびメソッドに対して宣言することで、設計時に意図していない不適切なアクセスを未然に防止することができる。[2][3]

しかし、現在のソフトウェア開発においては、要件の複雑化などに伴い、複数人の開発者がチームを組んで設計、プログラミング、テストを実施することが多い。そのような場合においては、コストや期間の制限により、チームに属する開発者全員がソースコード上のフィールドおよびメソッドの利用状況についての情報を共有することが難しくなる。その結果、フィールドおよびメソッドに対して実際の利用範囲よりも広い範囲のアクセス修飾子を暫定的に宣言しておいたものが、そのまま適切なものへと修正されることなく残り続ける場合がある。

私の所属する研究グループでは、過去の研究 [1] においてアクセス修飾子過剰性検出ツール ModiChecker を開発している。また、宣言されているアクセス修飾子と適切なアクセス修飾子との組に基づいて AE と呼ばれる状態の定義を行っている。既存 Java プロジェクトに対し ModiChecker を実行した結果、Apache Ant[15] のバージョン 1.8.2、および jEdit[16] のバージョン 4.4.1 において、過剰なアクセス修飾子が宣言されたフィールドおよびメソッドが多数存在していることが確認された。一方、プログラムの開発履歴において、フィールドおよびメソッドに対して設定された過剰なアクセス修飾子がどのように遷移していくのかということについては、過去に分析が行われていない。

そこで本研究では、Java プログラムの開発履歴におけるアクセス修飾子過剰性について分析を行った。分析の目的は以下の 2 つである。

- バージョンアップの際に、過剰に設定されたアクセス修飾子の修正がどれ程の頻度で行われているのかを明確にする
- 宣言されているアクセス修飾子と適切なアクセス修飾子の組、修正頻度に差異がみら

れるかどうかを明確にする

分析対象としたのは既存の7つのJavaプロジェクトであり、これらの全バージョンに対してアクセス修飾子過剰性検出ツールModiChecker[1]を実行し、取得できたフィールドおよびメソッドに関するアクセス修飾子情報について考察を行った。また、分析を行うために、プロジェクトの各バージョンにおけるフィールドおよびメソッドについて、宣言されているアクセス修飾子と実際のアクセス範囲との組み合わせにより、適切、AE、No Accessという3つの状態に分類した。さらに、2つのバージョン間においてフィールドおよびメソッドの状態がどのように遷移するかについて、遷移の性質ごとに6つにグループ分けを行った。

これらの分類に基づき分析を行った結果、ほとんどのフィールドおよびメソッドに対して宣言された過剰なアクセス修飾子は、変更されることはなくそのまま放置される傾向が見られた。また、一部の種類の過剰なアクセス修飾子を持つフィールドおよびメソッドについては、7つのJavaプロジェクト全てにおいて修正が行われていることを確認した。

以降、2章では研究の背景としてアクセス修飾子、AEおよびModiCheckerについての説明を行う。3章では、本研究で行った分析の詳細について述べ、4章では分析結果の提示と結果に対する考察を行う。5章では関連研究について述べ、6章でまとめと今後の課題について述べる。

2 背景

本研究の背景として、Java のアクセス修飾子に関する説明と問題となる例の解説、アクセス修飾子の宣言状況から分類される AE の説明、および我々が過去に開発したアクセス修飾子過剰性検出ツール ModiChecker に関する説明を行う。

2.1 アクセス修飾子

本節では、アクセス修飾子の種類と性質、および過剰にアクセス修飾子を設定した場合に起こりうる問題の例について説明を行う。

2.1.1 アクセス修飾子の種類と性質

Java の言語仕様では、フィールドおよびメソッドに対して外部からのアクセス範囲を制限できる修飾子を宣言することができる。これをアクセス修飾子と呼ぶ。Java のアクセス修飾子には `public`、`protected`、`private` の 3 種類が存在し、何もアクセス修飾子を付けない場合 (default) を含めると、フィールドおよびメソッドに対するアクセス範囲について 4 種類の制限を科すことができる (表 1)[4]。

表 1: アクセス修飾子とアクセス可能な範囲の対応表

| アクセス修飾子 | 自クラス | 同一パッケージ | サブクラス | 他クラス |
|------------------------|------|---------|-------|------|
| <code>public</code> | ○ | ○ | ○ | ○ |
| <code>protected</code> | ○ | ○ | ○ | |
| default | ○ | ○ | | |
| <code>private</code> | ○ | | | |

`public` が宣言されたフィールドおよびメソッドには、全てのクラスからアクセスが可能である。`protected` が宣言されたフィールドおよびメソッドには、自クラス、同一パッケージ、サブクラスからのアクセスが可能である。default なフィールドおよびメソッドには、自クラス、同一パッケージからのアクセスが可能である。`private` が宣言されたフィールドおよびメソッドには、自クラスのみからのアクセスが可能である。

2.1.2 過剰なアクセス修飾子を設定した場合の問題例

アクセス修飾子として `protected` や default, `private` を設定することで、開発者はフィールドおよびメソッドに対するクラス外部からの想定外の干渉を防ぐことができる。これをカ

プセル化と呼び、オブジェクト指向プログラミングの主要な性質の1つとされている [5]。しかし、実際のソフトウェア開発においては、各フィールドおよびメソッドに対する最終的なアクセス範囲が不透明なままコーディングを開始する場合がある。そういった状況下においては、最終的なアクセス範囲よりも広い範囲からのアクセスを許可するアクセス修飾子が設定されることがあり、このことが不具合の原因となる可能性がある。

想定しているメソッドの用途に対して過剰なアクセス修飾子を設定した場合に起こりうる問題の例として、ソースコード 1 に示すクラス X の例を用いて説明する。

ソースコード 1: 過剰なアクセス修飾子を設定した場合の例-class X

```
1 public class X {
2     // フィールド y の初期値は null.
3     private String y = null;
4
5     // フィールド y に値を設定する.
6     // クラス外から呼ばれることを想定していない.
7     private void methodA() {
8         y = "hello";
9     }
10
11    // フィールド y の文字列長を返す.
12    // クラス外から呼ばれることを想定していない.
13    public int methodB() {
14        return y.length();
15    }
16
17    // 値の設定されたフィールド y の文字列長を返す.
18    // クラス外から呼ばれることを想定している.
19    public int methodC() {
20        this.methodA();
21        return this.methodB();
22    }
23 }
```

ソースコード 1 に示すクラス X は、3 行目にある String 型の変数 y の文字列長を取得することを目的としたクラスである。変数 y の文字列長を取得するには 13 行目の methodB を呼び出す必要があるが、変数 y には 3 行目で null が代入されているため、目的を達成するためには

1. 7 行目の methodA を呼び出し、変数 y に文字列”hello”を代入する。
2. methodB を呼び出し、length メソッドにより変数 y の文字列長を取得する。

という手順を踏む必要がある。この手順を正確に実行するために methodC が用意されており、開発者は methodC がクラス外から呼ばれることを想定してアクセス修飾子を public としている。しかし、この例において methodB は外部から直接アクセスされてはならないに

もかわらず、アクセス修飾子に `private` ではなく `public` が設定されてしまっている。これにより、`methodA` を呼び出す前に `methodB` を直接呼び出すことが可能となっている。こうした呼び出され方をした場合、変数 `y` が `null` の状態で `length` メソッドを呼び出すことになるため、例外 `NullPointerException` が発生する。

このように、フィールドおよびメソッドに対してアクセス修飾子が過度に広く設定されている場合、開発者の意図しない操作が行われることにより不具合や論理的なバグが発生する可能性がある。こういった状況は、開発途中において最終的なアクセス範囲が不透明な場合のほか、開発者間の設計情報共有が不十分である場合などにも起こりうる。しかし、過剰なアクセス修飾子の宣言は Java の構文上は認められているため、このような状況をコンパイラ等を用いて機械的に検出することは難しい。また、全てのアクセス修飾子が実際のアクセス範囲に基づいて設定されているかどうかを、レビューによって確認するには高いコストが必要である。

2.2 AE

本研究では、Java のソースコード群に宣言されたフィールドとメソッドに対し、宣言されているアクセス修飾子と実際に呼び出されている範囲との差異を表現するために **Accessibility Excessiveness**(以下 **AE**)[1] を用いる。

AE は表 2 のように分類される。表 2 において、行は宣言されているアクセス修飾子を、列は実際にアクセスされる範囲から導出される必要最小限のアクセス修飾子を表す。例えば、あるフィールドに対して宣言されているアクセス修飾子が `public` であるのに対し、実際にアクセスされる範囲が `private` 相当である場合、そのフィールドは表 2 の内の `pub-pri` の状態にあるとみなす。

`pub-pub`, `pro-pro`, `def-def`, `pri-pri` の 4 つの状態は、フィールドおよびメソッドに対して宣言されているアクセス修飾子と、実際にアクセスされる範囲が一致していることを意味する。一方、`pub-pro`, `pub-def`, `pub-pri`, `pro-def`, `pro-pri`, `def-pri` の 6 つの状態は、フィールドおよびメソッドに対して宣言されているアクセス修飾子に対し、実際にアクセスされる範囲が狭いことを意味する。

また、フィールドおよびメソッドの中には、宣言されてはいるが実際にはどこからのアクセスも存在しないものが存在する。本論文では、そういったどこからもアクセスされない状態 (**No Access**) についても考慮することとし、`pub-na`, `pro-na`, `def-na`, `pri-na` の 4 つの状態がこれに該当する。

本論文においては、`pub-pro`, `pub-def`, `pub-pri`, `pro-def`, `pro-pri`, `def-pri` の 6 つの状態について、フィールドおよびメソッドに対して開発者の想定しているアクセス範囲よりも広いアクセス修飾子が宣言されているものとみなし、これらを AE であると定義する。

なお、表2においてxと表示されている箇所に対応する記述は、通常はコンパイラによりエラーとして検出されるために、本論文では考慮しない。

表 2: AE の種類

| | public | protected | default | private | No Access |
|-----------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
| public | pub-pub | pub-pro | pub-def | pub-pri | pub-na |
| protected | x | pro-pro | pro-def | pro-pri | pro-na |
| default | x | x | def-def | def-pri | def-na |
| private | x | x | x | pri-pri | pri-na |

2.3 ModiChecker

プロジェクト中のフィールドおよびメソッドに対する適切なアクセス範囲の把握を支援するため、我々は過去の研究 [1] においてアクセス修飾子過剰性検出ツール ModiChecker を開発した。

ModiChecker は、ソースコード群に対して、アクセス修飾子の宣言とフィールドおよびメソッドの被参照状況を静的解析することにより、AE となっている可能性のあるアクセス修飾子を持つフィールドおよびメソッドを抽出する。ModiChecker は主に以下に示す2つの機能を持つ。

AE であるフィールドおよびメソッドの表示 AE であるフィールドおよびメソッドをリスト表示する。ツール下部のラジオボタンにチェックを入れることで、フィールド/メソッド表示を切り替える。その結果は図1のように表示される。図1の3列目 (Current Modifier) が解析時点で宣言されているアクセス修飾子を、4列目 (Recommended Modifier) が静的解析により判明した実際のアクセス範囲に基づく適切なアクセス修飾子を表す。なお、No Access であるフィールドおよびメソッドはツール上には表示されない。

CSV ファイルの出力 AE であるフィールドおよびメソッドのリストを CSV 形式のファイルで出力する (図2)。

ModiChecker の開発により、ツール利用者は過剰に広い範囲に設定されている可能性のあるフィールドおよびメソッドの一覧と、それらの実際のアクセス範囲に基づいた適切なアクセス修飾子に関する情報を容易に取得することが可能となった。

さらにその後の研究 [17] では、ModiChecker に対して以下の2点の機能拡張を行った。

AE 修正支援機能 ツール上でアクセス修飾子を変更したいフィールドおよびメソッドの行を選択し、ツール下部の「ChangeAccessModifier」ボタンを押下することで、ソースコード上のアクセス修飾子を Recommended Modifier に示されているアクセス修飾子へと変更する。

No Access であるフィールドおよびメソッドを出力に追加 解析結果として、No Access であるフィールドおよびメソッドを CSV 形式のファイルで出力する (図 3)。No Access の情報については、3 列目 (Access Modifier) が解析時点で宣言されているアクセス修飾子を表す。

この拡張により、ツール利用者は容易にフィールドおよびメソッドのアクセス修飾子を適切なものへと修正することが可能となり、また容易にどこからも参照されていないフィールドおよびメソッドに関する情報を取得することが可能となった。

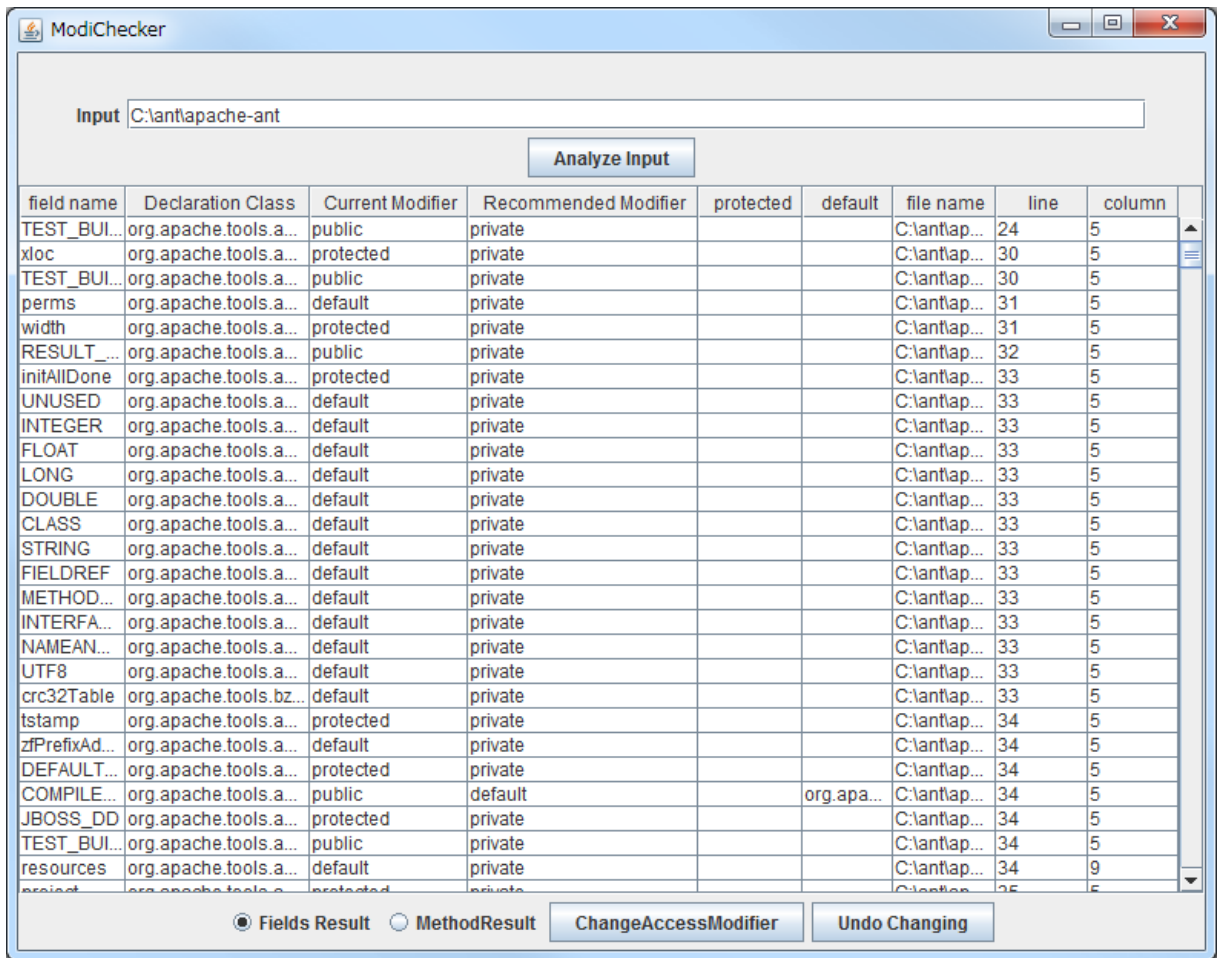


図 1: ModiChecker の解析結果表示画面

| field name | Declaration | Class | Current Modifier | Recommended Modifier | protected | default | file name | line | column |
|-------------|----------------------|-----------|------------------|----------------------|-----------|------------|------------|------|--------|
| TEST_BUIL | org.apache.tools.ant | public | private | | | | C:\ant\apa | 24 | 5 |
| debug | org.apache.tools.ant | public | private | | | | C:\ant\apa | 27 | 5 |
| saved | org.apache.tools.ant | public | default | | | org.apache | C:\ant\apa | 28 | 5 |
| xloc | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 30 | 5 |
| TEST_BUIL | org.apache.tools.ant | public | private | | | | C:\ant\apa | 30 | 5 |
| perms | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 31 | 5 |
| yloc | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 31 | 5 |
| width | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 31 | 5 |
| width | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 31 | 5 |
| mergedFile | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 31 | 5 |
| SPACER | org.apache.tools.ant | public | default | | | org.apache | C:\ant\apa | 31 | 5 |
| width | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 32 | 5 |
| height | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 32 | 5 |
| height | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 32 | 5 |
| COLOR_BL | org.apache.tools.ant | public | private | | | | C:\ant\apa | 32 | 5 |
| RESULT_FI | org.apache.tools.ant | public | private | | | | C:\ant\apa | 32 | 5 |
| EMPTY_ST | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 32 | 5 |
| parser | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 32 | 5 |
| start | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| height | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| arcwidth | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| initAllDone | org.apache.tools.ant | protected | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| UNUSED | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| INTEGER | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| FLOAT | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| LONG | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| DOUBLE | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| CLASS | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| STRING | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| FIELDREF | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| METHODR | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |
| INTERFAC | org.apache.tools.ant | default | private | | | | C:\ant\apa | 33 | 5 |

図 2: 出力される csv ファイル (AE)

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|----|-------------|---------------|-----------------|-----------|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| | field Name | OwnerClass | Access Modifier | from Line | to Line | | | | | | | |
| 2 | serialVersi | org.apache.to | private | 25 | 25 | | | | | | | |
| 3 | serialVersi | org.apache.to | private | 27 | 27 | | | | | | | |
| 4 | serialVersi | org.apache.to | private | 27 | 27 | | | | | | | |
| 5 | p4change | org.apache.to | protected | 28 | 28 | | | | | | | |
| 6 | RESULT_Fl | org.apache.to | public | 28 | 28 | | | | | | | |
| 7 | serialVersi | org.apache.to | private | 28 | 28 | | | | | | | |
| 8 | serialVersi | org.apache.to | private | 29 | 29 | | | | | | | |
| 9 | project | org.apache.to | private | 31 | 31 | | | | | | | |
| 10 | EXPANDED | org.apache.to | public | 31 | 32 | | | | | | | |
| 11 | serialVersi | org.apache.to | private | 32 | 32 | | | | | | | |
| 12 | serialVersi | org.apache.to | private | 33 | 33 | | | | | | | |
| 13 | task | org.apache.to | private | 36 | 36 | | | | | | | |
| 14 | DATA_TYP | org.apache.to | public | 36 | 36 | | | | | | | |
| 15 | bold | org.apache.to | private | 38 | 38 | | | | | | | |
| 16 | italic | org.apache.to | private | 39 | 39 | | | | | | | |
| 17 | isRecursive | org.apache.to | private | 42 | 42 | | | | | | | |
| 18 | destination | org.apache.to | private | 43 | 43 | | | | | | | |
| 19 | verbose | org.apache.to | private | 43 | 43 | | | | | | | |
| 20 | errors | org.apache.to | protected | 44 | 44 | | | | | | | |
| 21 | warnings | org.apache.to | protected | 45 | 45 | | | | | | | |
| 22 | serialVersi | org.apache.to | private | 45 | 45 | | | | | | | |
| 23 | DEFAULT_! | org.apache.to | protected | 45 | 45 | | | | | | | |
| 24 | file | org.apache.to | protected | 46 | 46 | | | | | | | |
| 25 | EXPRESSI | org.apache.to | public | 46 | 46 | | | | | | | |
| 26 | debug | org.apache.to | protected | 47 | 47 | | | | | | | |
| 27 | ERROR_NC | org.apache.to | public | 47 | 47 | | | | | | | |
| 28 | alphabet | org.apache.to | public | 52 | 52 | | | | | | | |
| 29 | ERROR_WF | org.apache.to | public | 52 | 53 | | | | | | | |
| 30 | FEATURE_! | org.apache.to | public | 56 | 57 | | | | | | | |
| 31 | DATA_TYP | org.apache.to | public | 61 | 61 | | | | | | | |
| 32 | creator | org.apache.to | private | 62 | 62 | | | | | | | |
| 33 | FILE_UTIL | org.apache.to | private | 64 | 64 | | | | | | | |

図 3: 出力される csv ファイル (No Access)

3 アクセス修飾子の過剰性分析

フィールドおよびメソッドに対して実際のアクセス範囲に即したアクセス修飾子を宣言することは、開発者の想定していないアクセスによる不具合を未然に防止することにつながる。すなわち、アクセス修飾子を適切に宣言することは、高品質なソフトウェアを構築するための重要な手段の一つであるといえる。しかし、現在のソフトウェア開発現場においては、要件の複雑化などに伴い、開発者が全てのフィールドおよびメソッドに関する適切なアクセス範囲を把握することは困難であるのが実情である。実際、Ant や jEdit の 1 バージョンにおいて、過剰なアクセス修飾子が宣言されたフィールドおよびメソッドが多数存在していることが確認されている [1]。

そこで、本研究では既存の Java プロジェクトを対象として、現在のソフトウェア開発においてアクセス修飾子の修正作業がどの程度行われているのかについての分析を行った。今回分析を行うに当たって、以下の 2 点について分析を行った。

分析 1 プロジェクト開発履歴におけるフィールドおよびメソッドに対するアクセス修飾子の遷移状況分析

分析 2 プロジェクト開発履歴における各 AE の修正状況分析

分析 1 は、全フィールドおよびメソッドに対し宣言されているアクセス修飾子の情報をプロジェクトの全バージョンにわたって追跡調査することで、AE であるアクセス修飾子がどの程度修正されているのかを明確にすることを目的として行った。分析 2 は、プロジェクトの各バージョンにおいて AE の種類ごとに修正状況を調査することで、修正されやすい AE というものが存在するかどうかを明確にすることを目的として行った。

以下に、今回の分析の詳細を述べる。

3.1 分析対象とした Java プロジェクト

今回の分析では、SourceForge.jp[6] からダウンロード可能な Java プロジェクトの中から比較的バージョン数が多く、開発期間が長いものを 7 つを分析対象とした。分析の対象としたプロジェクトの一覧を表 3 に示す。なお、表 3 中の開発期間については、分析対象のバージョンのリリース日を基に記述を行っている。

表 3: 分析対象としたプロジェクト一覧

| プロジェクト名 | バージョン番号 | バージョン数 | フィールド アクセス修飾子 変遷総数 | メソッド アクセス修飾子 変遷総数 | 開発期間 (年) |
|---------------|---------------|--------|--------------------------|-------------------------|-----------|
| Apache Ant | 1.1 ~ 1.8.4 | 23 | 80920 | 185156 | 2003~2012 |
| Areca Backup | 5.0 ~ 7.2.17 | 66 | 131170 | 258748 | 2007~2012 |
| ArgoUML | 0.10.1 ~ 0.34 | 19 | 85038 | 252130 | 2002~2011 |
| FreeMind | 0.0.2 ~ 0.9.0 | 16 | 8676 | 30048 | 2000~2011 |
| JDT Core | 2.0.1 ~ 3.7 | 16 | 134374 | 240726 | 2002~2012 |
| jEdit | 3.0 ~ 4.5.2 | 21 | 50626 | 99008 | 2000~2012 |
| Apache Struts | 1.0.2 ~ 2.3.7 | 34 | 104218 | 274271 | 2002~2012 |

3.2 アクセス修飾子の変遷の分類

分析を円滑に行うため、本研究では分析に先立ってプロジェクトの各バージョンにおけるフィールドおよびメソッドの状態と、それらのバージョン間における状態遷移について分類を行った。

3.2.1 フィールドおよびメソッドの状態の分類

本論文では、ソースコード上のフィールドおよびメソッドについて、宣言されているアクセス修飾子と実際のアクセス範囲との組み合わせにより以下の3状態に分類した(図4)。

適切 実際のアクセス範囲に即したアクセス修飾子が宣言されている状態。pub-pub, pro-pro, def-def, pri-priの4パターンが存在する(図4: 白色セル)。

AE 実際のアクセス範囲に比べて過剰なアクセス範囲が宣言されている状態。pub-pro, pub-def, pub-pri, pro-def, pro-pri, def-priの6パターンが存在する。(図4: 薄灰色セル)。

No Access フィールドおよびメソッドが宣言されてはいるが、プロジェクト内のどこからもアクセスがなされていない状態。pub-na, pro-na, def-na, pri-naの4パターンが存在する(図4: 濃灰色セル)。

| | public | protected | default | private | No Access |
|-----------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
| public | pub-pub | pub-pro | pub-def | pub-pri | pub-na |
| protected | x | pro-pro | pro-def | pro-pri | pro-na |
| default | x | x | def-def | def-pri | def-na |
| private | x | x | x | pri-pri | pri-na |

図 4: アクセス修飾子の組み合わせによる状態の分類

3.2.2 バージョン間における状態遷移の分類

前小節で定義した3状態は、プロジェクトがバージョンアップされる際に、リファクタリングなどの操作によって別の状態へと遷移したり、同じ状態の中の別のパターンへと遷移したりする。フィールドおよびメソッドの生成・削除や、2バージョン間で状態の変遷が生じなかった場合を考慮に含めると、フィールドおよびメソッドの2バージョン間における状態遷移には、表5に示す18種類が存在する。これら18種類の遷移は、その性質ごとに6つにグループ分けできる。なお、表5中の「なし」は、対象となるフィールドおよびメソッドがあるバージョンにおいては存在していないことを表す状態である。また、「なし」から「なし」への遷移については、状態遷移そのものが発生していないものとし、本論文においては考慮しない。

AE 修正 「適切」に向かって伸びる矢印 a,b,c の3つが該当する。アクセス修飾子の修正、あるいはアクセス範囲の調整により、フィールドおよびメソッドのアクセス修飾子が適切なものへと変化するような遷移を指す。なお、aについてはバージョン間でアクセス修飾子が修正されたもののみを対象とする。以降で解説する e と i についても同様とする。

AE 発生 「AE」に向かって伸びる矢印 d,e,f の3つが該当する。アクセス修飾子、あるいはアクセス範囲の変化により、フィールドおよびメソッドのアクセス修飾子が AE となるような遷移を指す。

アクセス消失 「No Access」に向かって伸びる矢印 g,h,i の3つが該当する。アクセス修飾子、あるいはアクセス範囲の変化により、フィールドおよびメソッドへのアクセスが消失するような遷移を指す。

フィールド/メソッド作成 「なし」から伸びる矢印j,k,lの3つが該当する。旧バージョンに存在しなかったフィールドおよびメソッドが、新バージョンにおいて新たに作成されるような遷移を指す。

フィールド/メソッド削除 「なし」に向かって伸びる矢印m,n,oの3つが該当する。旧バージョンに存在したフィールドおよびメソッドが、新バージョンにおいて削除されるような遷移を指す。

変化なし 「適切」,「AE」,「No Access」から自身へとループする矢印p,q,rの3つが該当する。2バージョン間でアクセス修飾子およびアクセス範囲の双方共に変化がないような遷移を指す。

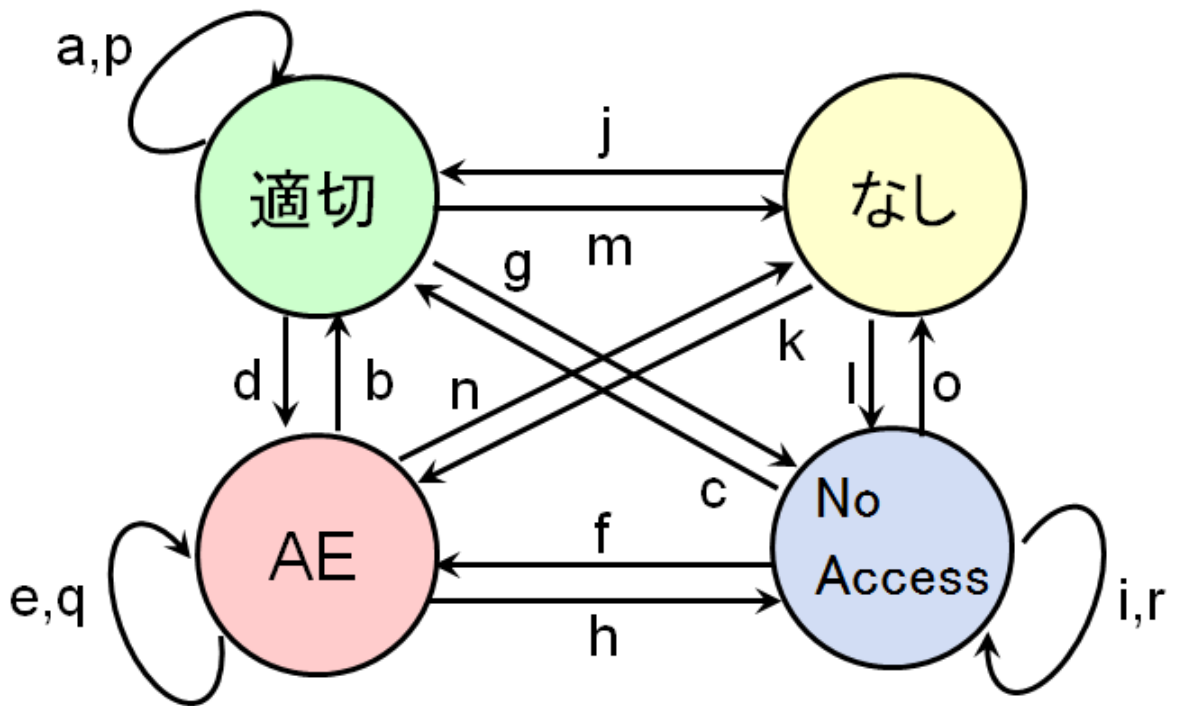


図 5: プロジェクト2バージョン間におけるアクセス修飾子の状態遷移図

3.3 分析手順

今回の分析は以下の手順で実施した。

なお、初期状態の ModiChecker は AE であるフィールドおよびメソッドのみを出力とするが、本研究においてはアクセス修飾子が適切であるフィールドおよびメソッドを考察対象に含めるため、事前準備として ModiChecker が適切なフィールドおよびメソッドも同時に出力するように改変を施している (図 6)。

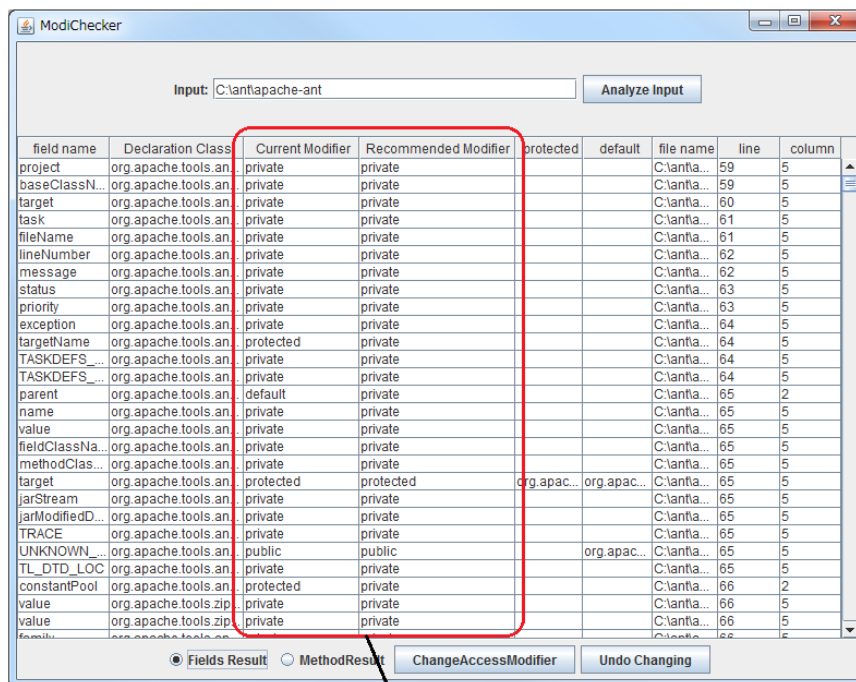
1. 分析対象のプロジェクトの各バージョンに対し ModiChecker を実行し、各バージョンごとの全フィールドおよびメソッドのアクセス修飾子宣言状況に関するデータの記載された csv ファイルを生成する
2. 全バージョン中の重複しないフィールドおよびメソッドの一覧を取得する。重複の判定には、フィールドの場合はフィールド名とパッケージ名、メソッドの場合はメソッド名、パッケージ名およびシグネチャの組を用いる
3. 2. で取得したフィールドおよびメソッドの各バージョンにおけるアクセス修飾子宣言情報を perl スクリプトにより一つの csv ファイルに統合する
4. 3. で取得したデータを基に各種分析を行う

3.4 分析環境

本研究における分析環境に関する情報は以下の通りである。

- OS : Microsoft Windows 7 Enterprise Service Pack 1 (64bit)
- CPU : Intel(R) Xeon(R) CPU E5507 @ 2.27GHz 2.26GHz (2 プロセッサ)
- RAM : 24.0GB
- Eclipse classic 3.7.2
- JDK 1.7.0_07
- perl v5.14.2

また、分析にかかる時間はソフトウェアの規模に比例し、一つのソフトウェアバージョンにつき最小で約 60 秒、最大で約 360 秒程度である。



Current Modifier = Recommended Modifier であるものも出力する

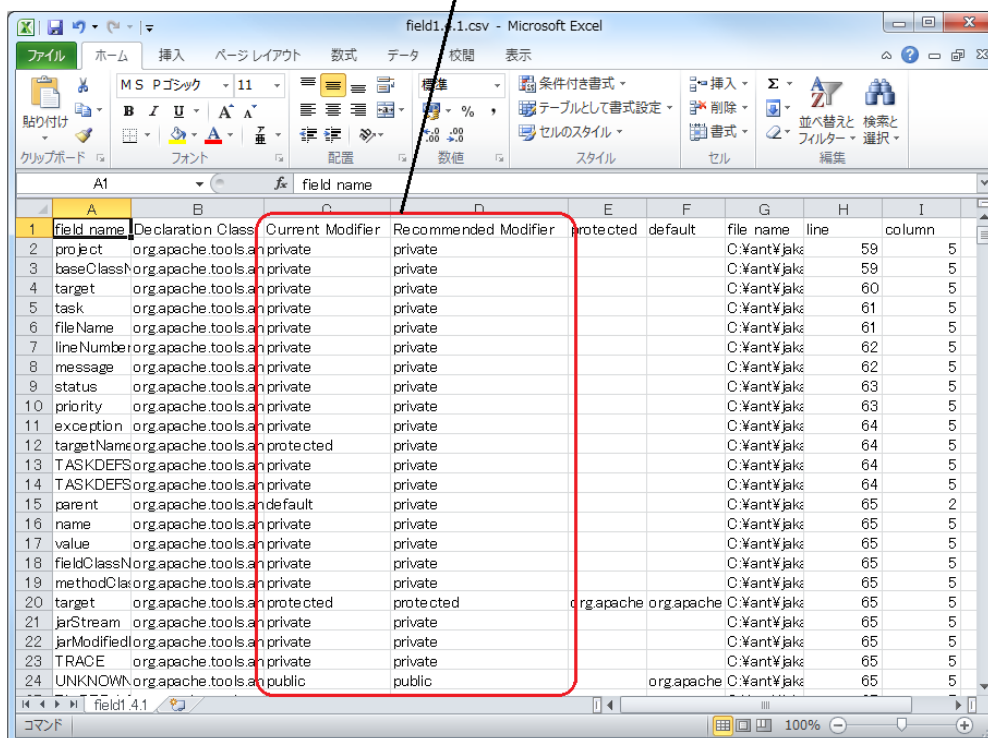


図 6: 改変後の ModiChecker の出力

4 分析結果と考察

各プロジェクトにおいて、分析1では、3.2節で定義を行ったアクセス修飾子の各種変遷がそれぞれどの程度発生したのかについて集計を行った。表4、表6は、各プロジェクトのバージョン間において、3.2節で述べた18種類の変遷がフィールドおよびメソッドそれぞれについてどれだけ行われたのかを示している。なお、表中の値は、プロジェクト中のリリース番号が隣接する全バージョン間におけるアクセス修飾子の変遷数を総和したものである。また、表5、表7は、各種変遷が変遷全体に占める割合について、フィールドおよびメソッドそれぞれの値を示している。7プロジェクトそれぞれの全バージョン間における状態遷移数をまとめた表については、付録として本論文の末尾に記載している。

分析2では、各AEがそれぞれどの程度修正されているのかについて集計を行った。表8、表9は、適切なアクセス修飾子への修正作業がフィールドおよびメソッドそれぞれについてどの程度行われたかの割合を示している。なお、表9と共通する事項として、表中の数字は(適切なアクセス修飾子へと修正された対象AE数 / 全バージョンに存在する対象AEの総計)で算出された値の小数第4位までを表示したものである。また、表中の「N/A」は全バージョン間において対象AEが一度も出現しなかったことを表す。

4.1 分析1：フィールドに対するアクセス修飾子変遷分析

本節では、フィールドのアクセス修飾子変遷についてグループごとに見られた傾向を述べ、それに対する考察を行う。

4.1.1 グループごとに見られる傾向

表4、表5を基に、フィールドのアクセス修飾子変遷について、6つのグループそれぞれに見られる傾向の分析を行う。

AE修正 全体に対する割合としては、全プロジェクトにおいて1%に満たない。グループ内でみると、bの「AE→適切」について、Arecaを除く6プロジェクトにおいてa,cに比べて約2.6~28倍の頻度で修正が行われていることがわかる。

AE発生、アクセス消失 全体に対する割合としては、2グループ共に全プロジェクトにおいて1%に満たない。グループ内でみると、f,iのNo Accessからの遷移は、他2状態からの遷移に比べて出現頻度が少ないことがわかる。

フィールド/メソッド作成 全体に対する割合としては、約2~33%を占める。グループ内でみると、全プロジェクトにおいて遷移先が適切(j)、AE(k)、No Access(l)の順に出現頻度が高い。

フィールド/メソッド削除 全体に対する割合としては、約1~12%を占める。グループ内では、全プロジェクトにおいて遷移前が適切(m), AE(n), No Access(o)の順に出現頻度が高い。

変化なし 全体に対する割合としては、6グループの中で最も大きい約53~97%を占める。全プロジェクトにおいて適切(p), AE(q), No Access(r)の順に出現頻度が高い。

4.1.2 考察

フィールドにおけるアクセス修飾子の変遷について、最も多く見られたのは「変化なし」に属するpの「変化なし(適切)」であった。また、「フィールド/メソッド作成」中でもjの「なし→適切」は比較的多い傾向が見られる。これらのことから、フィールドは最初から用途を明確にして作成されることが多く、一度適切なアクセス修飾子が宣言されると、その後長期にわたって利用される場合が多いといえる。一方、その他のグループの状態遷移について考察を行った場合、「AE修正」「AE発生」「アクセス消失」のようなアクセス範囲の変化に伴う状態遷移の数と比べると、「フィールド/メソッド削除」のようなフィールドそのものが消滅する場合の状態遷移の数が多くなる傾向にある。このことは、フィールドの利用方法が変更されるような場合には、アクセス修飾子の修正ではなくフィールドそのものが変更されることが多いことを示している。

4.2 分析1：メソッドに対するアクセス修飾子変遷分析

本節では、メソッドのアクセス修飾子変遷についてグループごとに見られた傾向を述べ、それに対する考察を行う。

4.2.1 グループごとに見られる傾向

表6, 表7を基に、メソッドのアクセス修飾子変遷について、6つのグループそれぞれに見られる傾向の分析を行う。

AE修正 全体に対する割合としては、全プロジェクトにおいて1%に満たない。グループ内でみると、cの「No Access→適切」が、bの「AE→適切」と同等もしくはやや高い頻度で出現していることが分かる。

AE発生, アクセス消失 全体に対する割合としては、2グループ共に全プロジェクトにおいて1%に満たない。グループ内でみると、d,gの適切からの遷移が他2状態からの遷移に比べてやや出現頻度が少ないことがわかる。

フィールド/メソッド作成 全体に対する割合としては、約 2~32%を占める。グループ内でみると、jEdit を除く 6 プロジェクトにおいて、遷移先が No Access(l), 適切 (j), AE(k) の順に出現頻度が高い。

フィールド/メソッド削除 全体に対する割合としては、約 1~16%を占める。グループ内では、jEdit を除く 6 プロジェクトにおいて遷移前が No Access(o), 適切 (m), AE(n) の順に出現頻度が高い。

変化なし 全体に対する割合としては、6 グループの中で最も大きい約 51~96%を占める。グループ内では、Areca と jEdit では適切 (p), No Access(r) の順である以外は、No Access(r), 適切 (p), AE(q) の順に出現頻度が高い。

4.2.2 考察

メソッドにおけるアクセス修飾子の変遷については、最も多いのが「変化なし」に属する r の「変化なし (No Access)」であり、次いで p の「変化なし (適切)」であった。「フィールド/メソッド作成」においても同様の傾向が見られ、jEdit で逆転が見られる以外では、o の「なし→No Access」が m の「なし→適切」を上回った。これらのことから、メソッドについては、作成時点から利用されているものよりも、作成時点では用途が定まっていないもののほうが多いことがわかる。また、その他のグループの状態遷移について考察を行った場合、フィールドと同様に「AE 修正」「AE 発生」「アクセス消失」に比べて「フィールド/メソッド削除」の遷移が多い傾向にある。このことは、メソッドについても利用法が変更されるような場合には、アクセス修飾子の修正ではなくメソッドそのものが変更されることが多いことを示している。

4.3 分析 2：フィールドに対する AE 修正状況の分析と考察

全体に共通していえることとしては、フィールドに対する AE の修正作業が行われる割合は最大でも 0.16%であり、ほとんどは修正がなされずに放置されているということが挙げられる。各 AE ごとの傾向を見ていくと、pub-def, pub-pri は全プロジェクトで、pro-def, pro-pri, def-pri は 1 プロジェクトを除く 6 プロジェクトで修正作業が行われていることがわかる。よって、これら 5 つの AE については、ModiChecker のようなアクセス修飾子過剰性検出ツールを用いてアクセス修飾子の修正を行うことにより、後に開発者が費やすことになるアクセス修飾子修正作業へのコストを軽減することが可能であると考えられる。

4.4 分析 2：メソッドに対する AE 修正状況の分析と考察

全体に共通していえることとしては、フィールドに関する傾向と同様に、AE であるメソッドに対するアクセス修飾子修正作業は、ほとんど行われることなく放置されているのが現状であるということが挙げられる。また、各 AE ごとの傾向としては、pub-def, pub-pri については全プロジェクトで、pub-pro, pro-pri については1プロジェクトを除く6プロジェクトで修正作業が行われる傾向にある。よって、これら4つの AE については、アクセス修飾子過剰性検出ツールを用いることにより、後に開発者が費やすことになるアクセス修飾子修正作業へのコストを軽減することが可能であると考えられる。

表 4: フィールドのバージョン間変遷総数

| | | Ant | Areca | ArgoUML | FreeMind | JDT Core | jEdit | Struts |
|---|----------------------|-------|-------|---------|----------|----------|-------|--------|
| a | 適切→適切 | 15 | 7 | 23 | 10 | 33 | 9 | 7 |
| b | AE →適切 | 130 | 16 | 358 | 27 | 397 | 74 | 292 |
| c | No Access →適切 | 20 | 14 | 43 | 6 | 96 | 23 | 14 |
| d | 適切→AE | 29 | 50 | 36 | 33 | 299 | 44 | 148 |
| e | AE →AE | 56 | 8 | 33 | 15 | 160 | 12 | 70 |
| f | No Access →AE | 1 | 9 | 19 | 1 | 20 | 11 | 7 |
| g | 適切→No Access | 24 | 22 | 160 | 18 | 79 | 33 | 53 |
| h | AE →No Access | 21 | 7 | 56 | 2 | 63 | 13 | 27 |
| i | No Access →No Access | 2 | 7 | 40 | 0 | 3 | 0 | 4 |
| j | なし→適切 | 5190 | 1905 | 5818 | 1960 | 5480 | 3117 | 5806 |
| k | なし→AE | 1144 | 720 | 1329 | 619 | 2401 | 901 | 2627 |
| l | なし→No Access | 168 | 89 | 1175 | 284 | 328 | 411 | 611 |
| m | 適切→なし | 1642 | 866 | 3447 | 632 | 1072 | 1764 | 2787 |
| n | AE →なし | 375 | 351 | 1869 | 243 | 1046 | 540 | 1191 |
| o | No Access →なし | 104 | 44 | 1155 | 177 | 127 | 296 | 232 |
| p | 変化なし (適切) | 57796 | 85917 | 49936 | 3110 | 87322 | 32232 | 52464 |
| q | 変化なし (AE) | 12361 | 35074 | 10428 | 1127 | 30527 | 8214 | 30227 |
| r | 変化なし (No Access) | 1842 | 6064 | 9113 | 412 | 4921 | 2932 | 7651 |

表 5: フィールドのバージョン間変遷割合 (%)

| | | Ant | Areca | ArgoUML | FreeMind | JDT Core | jEdit | Struts |
|---|----------------------|-------|-------|---------|----------|----------|-------|--------|
| a | 適切→適切 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.12 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |
| b | AE →適切 | 0.16 | 0.01 | 0.42 | 0.31 | 0.30 | 0.15 | 0.28 |
| c | No Access →適切 | 0.02 | 0.01 | 0.05 | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 0.01 |
| d | 適切→AE | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.38 | 0.22 | 0.09 | 0.14 |
| e | AE →AE | 0.07 | 0.01 | 0.04 | 0.17 | 0.12 | 0.02 | 0.07 |
| f | No Access →AE | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 |
| g | 適切→No Access | 0.03 | 0.02 | 0.19 | 0.21 | 0.06 | 0.07 | 0.05 |
| h | AE →No Access | 0.03 | 0.01 | 0.07 | 0.02 | 0.05 | 0.03 | 0.03 |
| i | No Access →No Access | 0.00 | 0.01 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| j | なし→適切 | 6.41 | 1.45 | 6.84 | 22.59 | 4.08 | 6.16 | 5.57 |
| k | なし→AE | 1.41 | 0.55 | 1.56 | 7.13 | 1.79 | 1.78 | 2.52 |
| l | なし→No Access | 0.21 | 0.07 | 1.38 | 3.27 | 0.24 | 0.81 | 0.59 |
| m | 適切→なし | 2.03 | 0.66 | 4.05 | 7.28 | 0.80 | 3.48 | 2.67 |
| n | AE →なし | 0.46 | 0.27 | 2.20 | 2.80 | 0.78 | 1.07 | 1.14 |
| o | No Access →なし | 0.13 | 0.03 | 1.36 | 2.04 | 0.09 | 0.58 | 0.22 |
| p | 変化なし (適切) | 71.42 | 65.50 | 58.72 | 35.85 | 64.98 | 63.67 | 50.34 |
| q | 変化なし (AE) | 15.28 | 26.74 | 12.26 | 12.99 | 22.72 | 16.22 | 29.00 |
| r | 変化なし (No Access) | 2.28 | 4.62 | 10.72 | 4.75 | 3.66 | 5.79 | 7.34 |

表 6: メソッドのバージョン間変遷総数

| | | Ant | Areca | ArgoUML | FreeMind | JDIT Core | jEdit | Struts |
|---|----------------------|-------|--------|---------|----------|-----------|-------|--------|
| a | 適切→適切 | 60 | 7 | 75 | 35 | 59 | 20 | 7 |
| b | AE →適切 | 191 | 66 | 314 | 79 | 527 | 154 | 180 |
| c | No Access →適切 | 243 | 169 | 645 | 109 | 574 | 127 | 239 |
| d | 適切→AE | 85 | 39 | 192 | 38 | 303 | 152 | 107 |
| e | AE →AE | 110 | 11 | 115 | 27 | 278 | 34 | 92 |
| f | No Access →AE | 140 | 14 | 64 | 13 | 77 | 34 | 356 |
| g | 適切→No Access | 132 | 135 | 633 | 102 | 307 | 191 | 129 |
| h | AE →No Access | 95 | 12 | 159 | 8 | 113 | 54 | 29 |
| i | No Access →No Access | 12 | 3 | 52 | 6 | 24 | 1 | 4 |
| j | なし→適切 | 4281 | 2849 | 9145 | 3709 | 5966 | 3810 | 5362 |
| k | なし→AE | 1992 | 723 | 2680 | 632 | 1875 | 1367 | 4158 |
| l | なし→No Access | 8230 | 2835 | 13815 | 5232 | 6534 | 3287 | 15728 |
| m | 適切→なし | 1002 | 1636 | 4743 | 1626 | 2502 | 2100 | 2006 |
| n | AE →なし | 522 | 502 | 2115 | 205 | 1100 | 854 | 2951 |
| o | No Access →なし | 1756 | 1831 | 8678 | 2921 | 3060 | 1834 | 8203 |
| p | 変化なし(適切) | 49001 | 114618 | 71709 | 6998 | 93471 | 38202 | 52563 |
| q | 変化なし(AE) | 23863 | 30743 | 22479 | 930 | 27019 | 13877 | 30366 |
| r | 変化なし(No Access) | 93441 | 102555 | 114517 | 7378 | 96937 | 32910 | 151791 |

表 7: メソッドのバージョン間変遷割合 (%)

| | | Ant | Areca | ArgoUML | FreeMind | JDT Core | jEdit | Struts |
|---|----------------------|-------|-------|---------|----------|----------|-------|--------|
| a | 適切→適切 | 0.03 | 0.00 | 0.03 | 0.12 | 0.02 | 0.02 | 0.00 |
| b | AE →適切 | 0.10 | 0.03 | 0.12 | 0.26 | 0.22 | 0.16 | 0.07 |
| c | No Access →適切 | 0.13 | 0.07 | 0.26 | 0.36 | 0.24 | 0.13 | 0.09 |
| d | 適切→AE | 0.05 | 0.02 | 0.08 | 0.13 | 0.13 | 0.15 | 0.04 |
| e | AE →AE | 0.06 | 0.00 | 0.05 | 0.09 | 0.12 | 0.03 | 0.03 |
| f | No Access →AE | 0.08 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.13 |
| g | 適切→No Access | 0.07 | 0.05 | 0.25 | 0.34 | 0.13 | 0.19 | 0.05 |
| h | AE →No Access | 0.05 | 0.00 | 0.06 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.01 |
| i | No Access →No Access | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| j | なし→適切 | 2.31 | 1.10 | 3.63 | 12.34 | 2.48 | 3.85 | 1.96 |
| k | なし→AE | 1.08 | 0.28 | 1.06 | 2.10 | 0.78 | 1.38 | 1.52 |
| l | なし→No Access | 4.44 | 1.10 | 5.48 | 17.41 | 2.71 | 3.32 | 5.73 |
| m | 適切→なし | 0.54 | 0.63 | 1.88 | 5.41 | 1.04 | 2.12 | 0.73 |
| n | AE →なし | 0.28 | 0.19 | 0.84 | 0.68 | 0.46 | 0.86 | 1.08 |
| o | No Access →なし | 0.95 | 0.71 | 3.44 | 9.72 | 1.27 | 1.85 | 2.99 |
| p | 変化なし(適切) | 26.46 | 44.30 | 28.44 | 23.29 | 38.83 | 38.58 | 19.16 |
| q | 変化なし(AE) | 12.89 | 11.88 | 8.92 | 3.10 | 11.22 | 14.02 | 11.07 |
| r | 変化なし(No Access) | 50.47 | 39.64 | 45.42 | 24.55 | 40.27 | 33.24 | 55.34 |

表 8: AE であるフィールドの修正状況 (%)

| | Ant | Areca | ArgoUML | FreeMind | JDT Core | jEdit | Struts |
|---------|--------|--------|---------|----------|----------|--------|--------|
| pub-pro | 0.0055 | 0.0000 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0150 | 0.0000 | 0.0038 |
| pub-def | 0.0038 | 0.0017 | 0.0195 | 0.1607 | 0.0076 | 0.0078 | 0.0036 |
| pub-pri | 0.0024 | 0.0005 | 0.0379 | 0.0073 | 0.0269 | 0.0070 | 0.0013 |
| pro-def | 0.0254 | 0.0023 | 0.0149 | 0.0000 | 0.0068 | 0.0326 | 0.0267 |
| pro-pri | 0.0112 | 0.0002 | 0.0177 | 0.0000 | 0.0085 | 0.0045 | 0.0118 |
| def-pri | 0.0157 | 0.0000 | 0.0365 | 0.0063 | 0.0060 | 0.0077 | 0.0021 |

表 9: AE であるメソッドの修正状況 (%)

| | Ant | Areca | ArgoUML | FreeMind | JDT Core | jEdit | Struts |
|---------|--------|--------|---------|----------|----------|--------|--------|
| pub-pro | 0.0141 | 0.0000 | 0.0119 | 0.0398 | 0.0074 | 0.0083 | 0.0077 |
| pub-def | 0.0091 | 0.0026 | 0.0132 | 0.0606 | 0.0279 | 0.0121 | 0.0056 |
| pub-pri | 0.0038 | 0.0028 | 0.0112 | 0.0169 | 0.0098 | 0.0111 | 0.0007 |
| pro-def | 0.0153 | 0.0000 | 0.0160 | 0.0000 | 0.0054 | 0.0000 | 0.0142 |
| pro-pri | 0.0046 | 0.0000 | 0.0113 | 0.1325 | 0.0038 | 0.0037 | 0.0100 |
| def-pri | 0.0000 | N/A | 0.0066 | 0.0000 | 0.0141 | 0.0015 | 0.0015 |

5 関連研究

アクセス修飾子の解析に関して、我々の研究以前にいくつかの研究がなされている。

Muller は Java のアクセス修飾子をチェックするためのバイトコード解析手法を提案している [7]。しかし、バイトコードに対する解析は、コンパイル時に追加されるフィールドやメソッドの影響で、本研究で行ったようなソースコードに対する解析とは必ずしも同じ結果にはならない。また、Muller の研究ではチェックしたアクセス修飾子に対する分析はなされていない。一方、本研究では既存の複数のソフトウェアに対して取得したデータを用いて、複数の側面からの分析を行った。Tal Cohen は複数のサンプルメソッドにおける各アクセス修飾子の数の分布を調査した [8]。また、Evans らは静的解析によるセキュリティ脆弱性の解析を研究した [9]。これらの研究で課題となっているアクセス修飾子の宣言に関しては Viega らによって議論されている [10]。Viega らは、`private` にすべきだがそのように宣言されていないメソッドやフィールドについて警告を出すツール `Jslint` を開発している。一方、本研究では、`private` だけでなく全ての過剰なアクセス修飾子を分析対象としている。アクセス修飾子の数を分析対象としている点については、小堀らの研究とも関連がある [11]。この過去の研究では、Java のソースコードの類似性を計算するための分析手段の一つとして、アクセス修飾子の宣言数が用いられている。

6 まとめと今後の課題

本研究では、Javaプログラムの開発履歴におけるアクセス修飾子過剰性について分析を行った。具体的には、既存の7つのJavaプロジェクトの全バージョンに対してModiCheckerを実行し、取得できたフィールドおよびメソッドに関するアクセス修飾子情報について考察を行った。分析を行うに当たり、プロジェクトの各バージョンにおけるフィールドおよびメソッドについて、宣言されているアクセス修飾子と実際のアクセス範囲との組み合わせにより、適切、AE、No Access という3つの状態に分類した。また、2つのバージョン間においてフィールドおよびメソッドの状態がどのように遷移するかについて、遷移の性質ごとに6つにグループ分けを行った。

これらの分類に基づき分析を行った結果、ほとんどのフィールドおよびメソッドに対して宣言された過剰なアクセス修飾子は、変更されることはなくそのまま放置される傾向が見られた。また、一部の種類の過剰なアクセス修飾子を持つフィールドおよびメソッドについては、7つのJavaプロジェクト全てにおいて修正が行われていることを確認した。

今後の課題としては、アクセス修飾子の修正がソフトウェアの品質向上にどの程度寄与するのかを調査することが挙げられる。また、今回行った分析ではバージョン間の状態遷移数およびAEの修正数に関する割合の大小についてしか調査を行っていないため、統計的に検定を行い、結果に有意差が存在するかどうかを調査するということが挙げられる。さらに、例えばあるフィールドのアクセス修飾子がpub-pro → pub0という遷移を行った場合、アクセス修飾子は変化していないにもかかわらずAEが解消されたことになる。こうした遷移の後に改めて別の適切な状態へと遷移するような例が多数発見されれば、pub-pro → pub0という遷移をしたフィールドは、適切となってもまだ修正の余地がある場合が多いということがいえることになる。このように、各遷移が行われた後の遷移状況を詳しく調べることで、アクセス修飾子の修正が推奨されるフィールドおよびメソッドに特徴的な遷移というものが存在するかどうかを調査することが挙げられる。

謝辞

本研究の全過程を通じて、常に適切な御指導と御助言を賜りました大阪大学大学院情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻井上克郎教授に心より深く感謝致します。

本研究の全過程を通じて、常に適切な御指導と御助言を賜りました大阪大学大学院情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻松下誠准教授に心より深く感謝致します。

本研究において、適切な御指導と御助言を賜りました大阪大学大学院情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻石尾隆助教に深く感謝致します。

本研究において、適切な御指導と御助言を賜りました大阪大学大学院情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻眞鍋雄貴特任助教に深く感謝致します。

本研究の全過程を通じて、常に適切な御指導と御助言を賜りました株式会社 NTT データ小堀一雄氏に心より深く感謝致します。

最後に、日頃から有益な御意見を頂きました大阪大学大学院情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻井上研究室の皆様に深く感謝致します。

参考文献

- [1] Dotri Quoc, Kazuo Kobori, Norihiro Yoshida, Yoshiki Higo, Katsuro Inoue, ModiChecker: Accessibility Excessiveness Analysis Tool for Java Program, 日本ソフトウェア科学会大会講演論文集 vol.28, pp.78-83, 2011, コンピュータ・ソフトウェア.
- [2] G. Booch, R.A. Maksimchuk, M.W. Engel, B.J. Young, J. Conallen and K.A. Houston, “Object-Oriented Analysis and Design with Applications”, Addison Wesley, 2007.
- [3] K. Arnold, J. Gosling, D. Holmes, “The Java Programming Language, 4th Edition”, Prentice Hall, 2005.
- [4] James Gosling, Bill Joy, Guy Steele, Gilad Bracha, Alex Buckley, The Java Language Specification, Java SE 7 Edition, <http://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se7/html/index.html>
- [5] K. Khor, Nathaniel L.Chavis, S.M.Lovett and D. C. White. “Welcome to IBM Smalltalk Tutorial”, 1995
- [6] SourceForge.jp, <http://sourceforge.jp/>
- [7] A. Müller, “Bytecode Analysis for Checking Java Access Modifiers”, Work in Progress and Poster Session, 8th Int. Conf. on Principles and Practice of Programming in Java (PPPJ 2010), Vienna, Austria, 2010.
- [8] Tal Cohen, “Self-Calibration of Metrics of Java Methods towards the Discovery of the Common Programming Practice”, The Senate of the Technion, Israel Institute of Technology, Kislev 5762, Haifa, 2001.
- [9] D. Evans, and D. Larochells, “Improving Security Using Extensible Lightweight Static Analysis”, IEEE software, vol.19, No.1, pp. 42-51,Jan/Feb 2002.
- [10] J. Viega, G. McGraw, T. Mutdosch and E. Felten, “Statically Scanning Java Code: Finding Security Vulnerabilities”, IEEE software, Vol.17 No.5 pp. 68-74, Sep/Oct 2000.
- [11] K. Kobori, T. Yamamoto, M. Matsushita, and K. Inoue, “Java Program Similarity Measurement Method Using Token Structure and Execution Control Structure”, Transactions of IEICE, Vol. J90-D No.4, pp. 1158-1160, 2007.

- [12] FindBugs, <http://findbugs.sourceforge.net>
- [13] JLint, <http://jlint.sourceforge.net/>
- [14] N. Rutar, C. Almazan, and J. Foster, “ A Comparison of Bug Finding Tools for Java ”, 15th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE 04), pp. 245-256, Saint-Malo, France, 2004.
- [15] Apache Ant, <http://ant.apache.org/>
- [16] jEdit, <http://www.jedit.org/>
- [17] 小堀一雄, 石居達也, 松下誠, 井上克郎, Java プログラムのアクセス修飾子過剰性分析ツール ModiChecker の機能拡張とその応用例, SEC Journal, (投稿中)

付録

A. 全7プロジェクト別バージョン間変遷表

A.1.1 Ant(フィールド)

| 記号 | 遷移 | 1.1~1.2 | 1.2~1.3 | 1.3~1.4 | 1.4~1.4.1 | 1.4.1~1.5 | 1.5~1.5.1 | 1.5.1~1.5.2 | 1.5.2~1.5.3 | 1.5.3.1~1.5.4 | 1.5.4~1.6.0 | 1.6.0~1.6.1 |
|----|-------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 10 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 1 | 0 | 4 | 1 | 53 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 26 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| d | 適切→AE | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 5 | 5 | 10 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 0 | 2 | 0 | 0 | 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| h | AE→NoAccess | 2 | 0 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 338 | 528 | 503 | 3 | 1009 | 3 | 32 | 6 | 0 | 904 | 102 |
| k | なし→AE | 89 | 227 | 206 | 0 | 212 | 0 | 3 | 0 | 1 | 150 | 22 |
| l | なし→NoAccess | 5 | 15 | 24 | 0 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 |
| m | 適切→なし | 75 | 63 | 197 | 0 | 137 | 1 | 6 | 0 | 0 | 226 | 61 |
| n | AE→なし | 11 | 9 | 62 | 1 | 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 2 |
| o | NoAccess→なし | 1 | 2 | 5 | 0 | 13 | 4 | 1 | 0 | 1 | 36 | 1 |
| p | 変化なし(適切) | 312 | 589 | 924 | 1434 | 1289 | 2352 | 2348 | 2383 | 2389 | 2162 | 3033 |
| q | 変化なし(AE) | 53 | 135 | 293 | 507 | 336 | 556 | 555 | 558 | 558 | 509 | 659 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 24 | 28 | 37 | 63 | 46 | 108 | 105 | 106 | 105 | 67 | 89 |

| 記号 | 遷移 | 1.6.1~1.6.2 | 1.6.2~1.6.3 | 1.6.3~1.6.4 | 1.6.4~1.6.5 | 1.6.5~1.7.0 | 1.7.0~1.7.1 | 1.7.1~1.8.0 | 1.8.0~1.8.1 | 1.8.1~1.8.2 | 1.8.2~1.8.3 | 1.8.3~1.8.4 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 1 | 20 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 8 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 92 | 112 | 0 | 1 | 777 | 205 | 442 | 41 | 51 | 18 | 23 |
| k | なし→AE | 12 | 14 | 0 | 0 | 140 | 19 | 38 | 1 | 9 | 1 | 0 |
| l | なし→NoAccess | 0 | 1 | 0 | 0 | 35 | 10 | 6 | 1 | 2 | 0 | 1 |
| m | 適切→なし | 10 | 36 | 0 | 0 | 524 | 28 | 229 | 12 | 21 | 11 | 5 |
| n | AE→なし | 0 | 0 | 0 | 0 | 103 | 3 | 54 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 1 | 5 | 0 | 13 | 0 | 0 |
| p | 変化なし(適切) | 3125 | 3181 | 3293 | 3293 | 2739 | 3521 | 3489 | 3939 | 3960 | 4000 | 4021 |
| q | 変化なし(AE) | 681 | 692 | 706 | 706 | 573 | 731 | 673 | 715 | 722 | 723 | 720 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 89 | 89 | 91 | 91 | 63 | 102 | 105 | 115 | 105 | 107 | 107 |

A.1.2 Ant(メソッド)

| 記号 | 1.1~1.2 | 1.2~1.3 | 1.3~1.4 | 1.4~1.4.1 | 1.4.1~1.5 | 1.5~1.5.1 | 1.5.1~1.5.2 | 1.5.2~1.5.3 | 1.5.3~1.5.4 | 1.5.4~1.6.0 | 1.6.0~1.6.1 |
|----|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 遷移 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 |
| b | 適切→適切 | 8 | 21 | 8 | 0 | 20 | 0 | 2 | 0 | 39 | 0 |
| c | AE→適切 | 10 | 12 | 9 | 1 | 25 | 0 | 23 | 1 | 43 | 7 |
| d | NoAccess→適切 | 5 | 3 | 4 | 1 | 2 | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 |
| e | 適切→AE | 1 | 2 | 8 | 0 | 20 | 1 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| f | AE→AE | 10 | 9 | 2 | 0 | 22 | 1 | 0 | 0 | 47 | 0 |
| g | NoAccess→AE | 4 | 1 | 4 | 2 | 14 | 2 | 8 | 0 | 13 | 0 |
| h | 適切→NoAccess | 6 | 2 | 4 | 0 | 15 | 0 | 2 | 0 | 8 | 0 |
| i | AE→NoAccess | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| j | NoAccess→NoAccess | 270 | 405 | 368 | 7 | 797 | 4 | 54 | 3 | 728 | 27 |
| k | なし→適切 | 218 | 279 | 323 | 1 | 331 | 0 | 19 | 1 | 339 | 21 |
| l | なし→AE | 598 | 831 | 798 | 3 | 1521 | 34 | 98 | 6 | 1456 | 63 |
| m | なし→NoAccess | 39 | 20 | 200 | 0 | 91 | 1 | 11 | 0 | 60 | 0 |
| n | 適切→なし | 34 | 33 | 85 | 1 | 72 | 1 | 11 | 1 | 73 | 0 |
| o | AE→なし | 128 | 88 | 340 | 1 | 177 | 4 | 22 | 1 | 69 | 8 |
| p | NoAccess→なし | 165 | 431 | 663 | 1045 | 944 | 1785 | 1765 | 1844 | 1750 | 2580 |
| q | 変化なし(適切) | 72 | 248 | 436 | 772 | 647 | 1020 | 1007 | 1030 | 900 | 1305 |
| r | 変化なし(AE) | 338 | 837 | 1319 | 2124 | 1904 | 3450 | 3438 | 3547 | 3392 | 4855 |
| | 変化なし(NoAccess) | | | | | | | | | | |

| 記号 | 1.6.1~1.6.2 | 1.6.2~1.6.3 | 1.6.3~1.6.4 | 1.6.4~1.6.5 | 1.6.5~1.7.0 | 1.7.0~1.7.1 | 1.7.1~1.8.0 | 1.8.0~1.8.1 | 1.8.1~1.8.2 | 1.8.2~1.8.3 | 1.8.3~1.8.4 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 遷移 | 0 | 3 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| b | 適切→適切 | 9 | 6 | 1 | 0 | 39 | 8 | 9 | 7 | 12 | 0 |
| c | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| d | NoAccess→適切 | 5 | 1 | 1 | 0 | 27 | 6 | 8 | 6 | 3 | 0 |
| e | 適切→AE | 0 | 2 | 0 | 0 | 37 | 2 | 10 | 3 | 2 | 0 |
| f | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | NoAccess→AE | 1 | 4 | 0 | 0 | 44 | 4 | 25 | 1 | 4 | 0 |
| h | 適切→NoAccess | 0 | 4 | 0 | 0 | 25 | 1 | 25 | 2 | 1 | 0 |
| i | AE→NoAccess | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| j | NoAccess→NoAccess | 80 | 122 | 1 | 2 | 690 | 130 | 475 | 29 | 60 | 14 |
| k | なし→適切 | 31 | 34 | 0 | 1 | 182 | 13 | 173 | 4 | 16 | 3 |
| l | なし→AE | 214 | 233 | 2 | 5 | 1431 | 110 | 629 | 33 | 118 | 45 |
| m | なし→NoAccess | 11 | 16 | 0 | 1 | 275 | 33 | 187 | 10 | 37 | 3 |
| n | 適切→なし | 0 | 0 | 0 | 0 | 103 | 3 | 54 | 4 | 0 | 0 |
| o | AE→なし | 13 | 34 | 0 | 0 | 365 | 54 | 360 | 51 | 35 | 4 |
| p | NoAccess→なし | 2597 | 2663 | 2797 | 2798 | 2429 | 3194 | 3115 | 3614 | 3604 | 3671 |
| q | 変化なし(適切) | 1317 | 1343 | 1390 | 1391 | 1174 | 1420 | 1313 | 1504 | 1507 | 1527 |
| r | 変化なし(AE) | 4901 | 5065 | 5308 | 5310 | 4878 | 6317 | 6034 | 6659 | 6653 | 6758 |
| | 変化なし(NoAccess) | | | | | | | | | | |

A.2.1 Areca(フィールド)

| 記号 | 遷移 | 5.0 | 5.0.1 | 5.0.2 | 5.0.2 | 5.1 | 5.1 | 5.2 | 5.2.1 | 5.2.1 | 5.3 | 5.3 | 5.3.1 | 5.3.2 | 5.3.2 | 5.3.3 | 5.3.3 | 5.3.4 | 5.3.4 | 5.3.5 | |
|----|-------------------|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 32 | 0 | 68 | 15 | 23 | 71 | 19 | 58 | 54 | 43 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| k | なし→AE | 18 | 0 | 17 | 5 | 12 | 26 | 22 | 6 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| l | なし→NoAccess | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| m | 適切→なし | 21 | 0 | 0 | 1 | 2 | 22 | 0 | 5 | 1 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| n | AE→なし | 5 | 0 | 19 | 1 | 3 | 7 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| p | 変化なし(適切) | 731 | 763 | 713 | 783 | 796 | 796 | 867 | 881 | 940 | 977 | 1020 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q | 変化なし(AE) | 303 | 325 | 301 | 318 | 321 | 324 | 348 | 368 | 374 | 375 | 378 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 66 | 71 | 70 | 77 | 77 | 77 | 79 | 80 | 81 | 83 | 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 記号 | 遷移 | 5.3.5 | 5.4 | 5.5 | 5.5.1 | 5.5.2 | 5.5.3 | 5.5.3 | 5.5.4 | 5.5.5 | 5.5.5 | 5.5.6 | 5.5.7 | 6.0 | 6.0 | 6.0.1 |
|----|-------------------|-------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 27 | 180 | 18 | 23 | 53 | 10 | 15 | 15 | 2 | 121 | 62 | 7 | 0 | 0 | |
| k | なし→AE | 10 | 36 | 7 | 26 | 22 | 0 | 5 | 5 | 0 | 19 | 34 | 5 | 0 | 0 | |
| l | なし→NoAccess | 0 | 3 | 1 | 0 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | |
| m | 適切→なし | 18 | 158 | 1 | 9 | 37 | 0 | 12 | 12 | 0 | 15 | 35 | 0 | 0 | 0 | |
| n | AE→なし | 5 | 33 | 0 | 5 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 14 | 0 | 0 | 0 | |
| o | NoAccess→なし | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| p | 変化なし(適切) | 1011 | 881 | 1060 | 1059 | 1055 | 1109 | 1107 | 1122 | 1109 | 1191 | 1264 | 0 | 0 | 0 | |
| q | 変化なし(AE) | 372 | 349 | 385 | 387 | 385 | 407 | 406 | 411 | 404 | 405 | 441 | 0 | 0 | 0 | |
| r | 変化なし(NoAccess) | 83 | 80 | 83 | 84 | 81 | 89 | 89 | 90 | 90 | 83 | 88 | 0 | 0 | 0 | |

| 記号 | 遷移 | 6.0.1~6.0.2 | 6.0.2~6.0.3 | 6.0.3~6.0.4 | 6.0.4~6.0.5 | 6.0.5~6.0.6 | 6.0.6~6.0.7 | 6.0.7~6.1 | 6.1~7.0.1 | 7.0.1~7.0.2 | 7.0.2~7.0.5 | 7.0.5~7.0.6 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| g | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 13 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 33 | 265 | 0 | 13 | 0 |
| k | なし→AE | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 38 | 91 | 0 | 6 | 0 |
| l | なし→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 7 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| m | 適切→なし | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 11 | 178 | 0 | 2 | 0 |
| n | AE→なし | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 59 | 0 | 0 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 13 | 0 | 0 | 0 |
| p | 変化なし(適切) | 1264 | 1277 | 1277 | 1243 | 1244 | 1243 | 1232 | 1080 | 1348 | 1346 | 1359 |
| q | 変化なし(AE) | 445 | 445 | 445 | 445 | 539 | 539 | 535 | 511 | 603 | 603 | 609 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 | 88 | 89 | 82 | 97 | 97 | 97 |

| 記号 | 遷移 | 7.0.6~7.0.7 | 7.0.7~7.0.8 | 7.0.8~7.0.9 | 7.0.9~7.1 | 7.1~7.1.1 | 7.1.1~7.1.2 | 7.1.2~7.1.3 | 7.1.3~7.1.4 | 7.1.4~7.1.5 | 7.1.5~7.1.6 | 7.1.6~7.1.7 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| f | AE→NoAccess | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| g | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 2 | 1 | 19 | 29 | 41 | 28 | 6 | 24 | 16 | 121 | 2 |
| k | なし→AE | 0 | 0 | 5 | 9 | 12 | 22 | 0 | 7 | 10 | 34 | 2 |
| l | なし→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| m | 適切→なし | 0 | 0 | 1 | 2 | 26 | 1 | 0 | 19 | 10 | 42 | 0 |
| n | AE→なし | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 16 | 0 | 5 | 4 | 38 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 5 | 4 | 0 |
| p | 変化なし(適切) | 1359 | 1361 | 1358 | 1378 | 1385 | 1425 | 1453 | 1440 | 1454 | 1416 | 1541 |
| q | 変化なし(AE) | 609 | 608 | 608 | 612 | 618 | 615 | 637 | 632 | 632 | 602 | 645 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 97 | 97 | 88 | 91 | 90 | 89 | 90 | 90 | 84 | 82 | 88 |

| 記号 | 7.1.7 | 7.1.8 | 7.1.9 | 7.1.10 | 7.1.10 | 7.2.1 | 7.2.2 | 7.2.3 | 7.2.4 | 7.2.5 | 7.2.6 | 7.2.7 |
|----|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| d | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| e | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| h | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | 14 | 0 | 0 | 0 | 124 | 16 | 59 | 0 | 49 | 4 | 23 | 1 |
| k | 9 | 0 | 0 | 0 | 94 | 7 | 2 | 0 | 10 | 0 | 1 | 0 |
| l | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| m | 4 | 0 | 0 | 0 | 46 | 3 | 29 | 0 | 24 | 0 | 21 | 0 |
| n | 6 | 0 | 0 | 0 | 63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| o | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| p | 1539 | 1553 | 1553 | 1553 | 1506 | 1628 | 1615 | 1674 | 1649 | 1698 | 1680 | 1704 |
| q | 641 | 650 | 650 | 650 | 586 | 680 | 687 | 689 | 689 | 698 | 698 | 699 |
| r | 89 | 89 | 89 | 89 | 88 | 113 | 113 | 117 | 114 | 115 | 115 | 115 |

| 記号 | 7.2.7 | 7.2.8 | 7.2.9 | 7.2.10 | 7.2.11 | 7.2.12 | 7.2.13 | 7.2.14 | 7.2.15 | 7.2.16 | 7.2.17 |
|----|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| d | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| e | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| h | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | 31 | 2 | 15 | 3 | 3 | 0 | 23 | 9 | 0 | 6 | 0 |
| k | 0 | 0 | 11 | 1 | 1 | 0 | 9 | 1 | 0 | 4 | 0 |
| l | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| m | 3 | 1 | 4 | 3 | 3 | 0 | 11 | 13 | 0 | 1 | 0 |
| n | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| o | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| p | 1702 | 1732 | 1730 | 1742 | 1745 | 1745 | 1734 | 1744 | 1753 | 1751 | 1757 |
| q | 698 | 705 | 704 | 713 | 714 | 714 | 707 | 709 | 710 | 709 | 713 |
| r | 114 | 114 | 114 | 115 | 115 | 115 | 115 | 116 | 116 | 116 | 117 |

A.2.2 Areca(メソッド)

| 記号 | 遷移 | 5.0~5.0.1 | 5.0.1~5.0.2 | 5.0.2~5.1 | 5.1~5.2 | 5.2~5.2.1 | 5.2.1~5.3 | 5.3~5.3.1 | 5.3.1~5.3.2 | 5.3.2~5.3.3 | 5.3.3~5.3.4 | 5.3.4~5.3.5 |
|----|-------------------|-----------|-------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 1 | 0 | 19 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 2 | 2 | 0 |
| d | 適切→AE | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| e | AE→AE | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| g | NoAccess→AE | 58 | 0 | 3 | 1 | 0 | 7 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| h | 適切→NoAccess | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| i | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| k | なし→適切 | 52 | 1 | 90 | 19 | 22 | 94 | 36 | 48 | 40 | 60 | 7 |
| l | なし→AE | 6 | 0 | 12 | 3 | 3 | 35 | 7 | 25 | 38 | 14 | 0 |
| m | なし→NoAccess | 47 | 0 | 90 | 11 | 1 | 150 | 38 | 84 | 84 | 80 | 0 |
| n | 適切→なし | 43 | 0 | 62 | 4 | 4 | 45 | 8 | 22 | 1 | 42 | 0 |
| o | AE→なし | 2 | 1 | 29 | 2 | 0 | 17 | 2 | 4 | 2 | 3 | 0 |
| p | NoAccess→なし | 17 | 0 | 85 | 5 | 0 | 113 | 11 | 3 | 2 | 49 | 0 |
| q | 変化なし(適切) | 1013 | 1067 | 1002 | 1108 | 1126 | 1093 | 1179 | 1193 | 1243 | 1239 | 1301 |
| r | 変化なし(AE) | 354 | 370 | 322 | 331 | 333 | 319 | 355 | 360 | 382 | 418 | 433 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 1025 | 1132 | 1045 | 1130 | 1144 | 1030 | 1175 | 1209 | 1287 | 1321 | 1405 |

| 記号 | 遷移 | 5.3.5~5.4 | 5.4~5.5 | 5.5~5.5.1 | 5.5.1~5.5.2 | 5.5.2~5.5.3 | 5.5.3~5.5.4 | 5.5.4~5.5.5 | 5.5.5~5.5.6 | 5.5.6~5.5.7 | 5.5.7~6.0 | 6.0~6.0.1 |
|----|-------------------|-----------|---------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| a | 適切→適切 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 12 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 1 | 7 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5 | 88 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| f | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| g | NoAccess→AE | 0 | 2 | 3 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 |
| h | 適切→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| k | なし→適切 | 71 | 279 | 21 | 34 | 38 | 0 | 12 | 3 | 100 | 177 | 7 |
| l | なし→AE | 19 | 106 | 15 | 22 | 10 | 4 | 7 | 0 | 38 | 22 | 2 |
| m | なし→NoAccess | 51 | 536 | 30 | 37 | 49 | 5 | 16 | 0 | 91 | 75 | 1 |
| n | 適切→なし | 65 | 262 | 7 | 17 | 34 | 0 | 2 | 0 | 7 | 72 | 3 |
| o | AE→なし | 13 | 101 | 5 | 6 | 30 | 0 | 4 | 0 | 10 | 14 | 2 |
| p | NoAccess→なし | 41 | 513 | 3 | 62 | 57 | 0 | 10 | 0 | 11 | 41 | 0 |
| q | 変化なし(適切) | 1242 | 1053 | 1330 | 1336 | 1336 | 1375 | 1373 | 1387 | 1381 | 1411 | 1685 |
| r | 変化なし(AE) | 418 | 335 | 433 | 440 | 434 | 447 | 446 | 453 | 442 | 453 | 478 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 1363 | 894 | 1428 | 1394 | 1373 | 1426 | 1420 | 1435 | 1419 | 1381 | 1458 |

| 記号 | 遷移 | 6.0.1~6.0.2 | 6.0.2~6.0.3 | 6.0.3~6.0.4 | 6.0.4~6.0.5 | 6.0.5~6.0.6 | 6.0.6~6.0.7 | 6.0.7~6.1 | 6.1~7.0.1 | 7.0.1~7.0.2 | 7.0.2~7.0.5 | 7.0.5~7.0.6 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| f | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| g | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 |
| h | 適切→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| i | AE→NoAccess | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| k | なし→適切 | 5 | 2 | 0 | 1 | 6 | 1 | 47 | 449 | 0 | 3 | 0 |
| l | なし→AE | 5 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 20 | 98 | 0 | 2 | 0 |
| m | なし→NoAccess | 1 | 0 | 0 | 3 | 3 | 1 | 81 | 386 | 0 | 0 | 0 |
| n | 適切→なし | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 38 | 315 | 0 | 0 | 0 |
| o | AE→なし | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 11 | 86 | 0 | 0 | 0 |
| p | NoAccess→なし | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 42 | 268 | 0 | 0 | 0 |
| q | 変化なし(適切) | 1690 | 1695 | 1697 | 1697 | 1693 | 1699 | 1661 | 1376 | 1839 | 1839 | 1842 |
| r | 変化なし(AE) | 478 | 483 | 483 | 483 | 483 | 487 | 473 | 399 | 504 | 504 | 506 |
| | 変化なし(NoAccess) | 1456 | 1458 | 1458 | 1458 | 1459 | 1459 | 1416 | 1220 | 1625 | 1625 | 1625 |

| 記号 | 遷移 | 7.0.6~7.0.7 | 7.0.7~7.0.8 | 7.0.8~7.0.9 | 7.0.9~7.1 | 7.1~7.1.1 | 7.1.1~7.1.2 | 7.1.2~7.1.3 | 7.1.3~7.1.4 | 7.1.4~7.1.5 | 7.1.5~7.1.6 | 7.1.6~7.1.7 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 6 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 6 | 1 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| f | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | NoAccess→AE | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| h | 適切→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | NoAccess→NoAccess | 2 | 2 | 19 | 34 | 39 | 39 | 3 | 119 | 28 | 210 | 3 |
| k | なし→適切 | 1 | 0 | 3 | 8 | 8 | 13 | 0 | 15 | 1 | 81 | 1 |
| l | なし→AE | 0 | 0 | 16 | 29 | 33 | 23 | 1 | 59 | 13 | 150 | 0 |
| m | なし→NoAccess | 1 | 1 | 7 | 3 | 12 | 7 | 0 | 117 | 8 | 101 | 0 |
| n | 適切→なし | 0 | 0 | 1 | 2 | 14 | 4 | 0 | 15 | 1 | 84 | 1 |
| o | AE→なし | 0 | 0 | 0 | 23 | 13 | 6 | 0 | 43 | 1 | 94 | 0 |
| p | NoAccess→なし | 1840 | 1841 | 1836 | 1857 | 1870 | 1903 | 1944 | 1831 | 1941 | 1860 | 2079 |
| q | 変化なし(適切) | 506 | 506 | 505 | 506 | 498 | 501 | 518 | 503 | 515 | 429 | 513 |
| r | 変化なし(AE) | 1625 | 1626 | 1620 | 1610 | 1627 | 1661 | 1684 | 1642 | 1699 | 1612 | 1769 |

| 記号 | 遷移 | 7.1.7 | 7.1.8 | 7.1.8~7.1.9 | 7.1.9 | 7.1.10 | 7.1.10~7.2 | 7.2~7.2.1 | 7.2.1~7.2.2 | 7.2.2~7.2.3 | 7.2.3~7.2.4 | 7.2.4~7.2.5 | 7.2.5~7.2.6 | 7.2.6~7.2.7 |
|----|-------------------|-------|-------|-------------|-------|--------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 |
| h | AE→NoAccess | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 5 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 6 | 1 | 47 | 449 | 0 | 3 | 0 |
| k | なし→AE | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 20 | 98 | 0 | 2 | 0 |
| l | なし→NoAccess | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 81 | 386 | 0 | 0 | 0 |
| m | 適切→なし | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 38 | 315 | 0 | 0 | 0 |
| n | AE→なし | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 11 | 86 | 0 | 0 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 42 | 268 | 0 | 0 | 0 |
| p | 変化なし(適切) | 1690 | 1695 | 1697 | 1697 | 1697 | 1697 | 1693 | 1699 | 1661 | 1376 | 1839 | 1839 | 1842 |
| q | 変化なし(AE) | 478 | 483 | 483 | 483 | 483 | 483 | 483 | 487 | 473 | 399 | 504 | 504 | 506 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 1456 | 1458 | 1458 | 1458 | 1458 | 1458 | 1459 | 1459 | 1416 | 1220 | 1625 | 1625 | 1625 |

| 記号 | 遷移 | 7.2.7 | 7.2.8 | 7.2.8~7.2.9 | 7.2.9 | 7.2.10 | 7.2.10~7.2.11 | 7.2.11~7.2.12 | 7.2.12~7.2.13 | 7.2.13~7.2.14 | 7.2.14~7.2.15 | 7.2.15~7.2.16 | 7.2.16~7.2.17 |
|----|-------------------|-------|-------|-------------|-------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 6 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 2 | 2 | 19 | 34 | 19 | 34 | 39 | 39 | 3 | 119 | 28 | 210 |
| k | なし→AE | 1 | 0 | 3 | 8 | 3 | 8 | 8 | 13 | 0 | 15 | 1 | 81 |
| l | なし→NoAccess | 0 | 0 | 16 | 29 | 16 | 29 | 33 | 23 | 1 | 59 | 13 | 150 |
| m | 適切→なし | 1 | 1 | 7 | 3 | 7 | 3 | 12 | 7 | 0 | 117 | 8 | 101 |
| n | AE→なし | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 14 | 4 | 0 | 15 | 1 | 84 |
| o | NoAccess→なし | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 23 | 13 | 6 | 0 | 43 | 1 | 94 |
| p | 変化なし(適切) | 1840 | 1841 | 1836 | 1857 | 1836 | 1857 | 1870 | 1903 | 1944 | 1831 | 1941 | 1860 |
| q | 変化なし(AE) | 506 | 506 | 505 | 506 | 505 | 506 | 498 | 501 | 518 | 503 | 515 | 429 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 1625 | 1626 | 1620 | 1610 | 1620 | 1610 | 1627 | 1661 | 1684 | 1642 | 1699 | 1612 |

A.3.1 ArgoUML(フィールド)

| 記号 | 遷移 | 0.10.1~0.12 | 0.12~0.14 | 0.14~0.16 | 0.16~0.18.1 | 0.18.1~0.20 | 0.20~0.22 | 0.22~0.24 | 0.24~0.26 | 0.26~0.26.2 | 0.26.2~0.28 | 0.28~0.28.1 |
|----|-------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 3 | 1 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 11 | 40 | 32 | 239 | 6 | 2 | 7 | 8 | 0 | 0 | 3 |
| c | NoAccess→適切 | 1 | 4 | 8 | 2 | 3 | 7 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 3 | 3 | 23 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 12 | 11 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 7 | 3 | 0 | 0 | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 28 | 33 | 51 | 1 | 6 | 3 | 6 | 15 | 0 | 0 | 6 |
| h | AE→NoAccess | 3 | 17 | 30 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 1 | 1 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 139 | 366 | 324 | 1449 | 808 | 254 | 224 | 1016 | 1 | 758 | 0 |
| k | なし→AE | 115 | 352 | 149 | 70 | 242 | 30 | 73 | 65 | 0 | 171 | 0 |
| l | なし→NoAccess | 21 | 87 | 114 | 90 | 161 | 272 | 28 | 51 | 0 | 227 | 0 |
| m | 適切→なし | 31 | 147 | 172 | 971 | 201 | 397 | 114 | 449 | 0 | 550 | 0 |
| n | AE→なし | 49 | 153 | 226 | 1174 | 10 | 105 | 7 | 11 | 0 | 115 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 9 | 67 | 58 | 475 | 65 | 69 | 17 | 83 | 0 | 127 | 0 |
| p | 変化なし(適切) | 1101 | 1071 | 1236 | 613 | 2109 | 2526 | 2666 | 2434 | 3467 | 2912 | 3673 |
| q | 変化なし(AE) | 1384 | 1280 | 1355 | 125 | 182 | 318 | 334 | 390 | 462 | 344 | 515 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 407 | 381 | 450 | 130 | 191 | 282 | 532 | 474 | 542 | 415 | 648 |

| 記号 | 遷移 | 0.28.1~0.30 | 0.30~0.30.1 | 0.30.1~0.30.2 | 0.30.2~0.32 | 0.32~0.32.1 | 0.32.1~0.32.2 | 0.32.2~0.34 |
|----|-------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 |
| d | 適切→AE | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 238 | 56 | 0 | 72 | 0 | 0 | 113 |
| k | なし→AE | 41 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 14 |
| l | なし→NoAccess | 93 | 7 | 1 | 11 | 0 | 0 | 12 |
| m | 適切→なし | 127 | 5 | 0 | 109 | 0 | 0 | 174 |
| n | AE→なし | 4 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 3 |
| o | NoAccess→なし | 27 | 11 | 2 | 32 | 0 | 0 | 113 |
| p | 変化なし(適切) | 3539 | 3783 | 3840 | 3729 | 3805 | 3805 | 3627 |
| q | 変化なし(AE) | 499 | 542 | 548 | 536 | 540 | 540 | 534 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 619 | 706 | 711 | 676 | 688 | 688 | 573 |

A.3.2 ArgoUML(メソッド)

| 記号 | 遷移 | 0.10.1~0.12 | 0.12~0.14 | 0.14~0.16 | 0.16~0.18.1 | 0.18.1~0.20 | 0.20~0.22 | 0.22~0.24 | 0.24~0.26 | 0.26~0.26.2 | 0.26.2~0.28 | 0.28~0.28.1 |
|----|-------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 8 | 2 | 0 | 5 | 4 | 8 | 26 | 7 | 1 | 6 | 0 |
| b | AE→適切 | 13 | 13 | 5 | 107 | 16 | 30 | 21 | 25 | 0 | 28 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 16 | 35 | 26 | 37 | 135 | 115 | 60 | 67 | 0 | 32 | 1 |
| d | 適切→AE | 3 | 16 | 7 | 15 | 26 | 13 | 11 | 22 | 0 | 15 | 0 |
| e | AE→AE | 3 | 18 | 8 | 3 | 9 | 8 | 14 | 7 | 0 | 6 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 2 | 18 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 11 | 0 | 10 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 15 | 53 | 67 | 23 | 38 | 68 | 70 | 118 | 0 | 72 | 0 |
| h | AE→NoAccess | 8 | 24 | 10 | 14 | 10 | 8 | 12 | 28 | 0 | 12 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 1 | 1 | 10 | 3 | 21 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| j | なし→適切 | 457 | 965 | 761 | 1770 | 1199 | 370 | 407 | 1678 | 3 | 700 | 3 |
| k | なし→AE | 237 | 206 | 197 | 434 | 584 | 106 | 107 | 380 | 0 | 182 | 2 |
| l | なし→NoAccess | 590 | 1228 | 854 | 1944 | 1974 | 582 | 564 | 3308 | 17 | 938 | 4 |
| m | 適切→なし | 166 | 284 | 299 | 1208 | 330 | 644 | 211 | 772 | 0 | 358 | 0 |
| n | AE→なし | 124 | 194 | 204 | 258 | 97 | 373 | 49 | 210 | 0 | 382 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 393 | 1015 | 899 | 1303 | 464 | 1189 | 360 | 1201 | 16 | 519 | 1 |
| p | 変化なし(適切) | 977 | 1116 | 1758 | 1299 | 2820 | 3441 | 3646 | 3241 | 5017 | 4570 | 5336 |
| q | 変化なし(AE) | 909 | 905 | 936 | 764 | 1092 | 1295 | 1328 | 1191 | 1611 | 1183 | 1396 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 3181 | 2726 | 3102 | 2690 | 4060 | 4783 | 5002 | 4386 | 7828 | 7280 | 8304 |

| 記号 | 遷移 | 0.28.1~0.30 | 0.30~0.30.1 | 0.30.1~0.30.2 | 0.30.2~0.32 | 0.32~0.32.1 | 0.32.1~0.32.2 | 0.32.2~0.34 |
|----|-------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 47 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| c | NoAccess→適切 | 37 | 15 | 0 | 21 | 0 | 0 | 48 |
| d | 適切→AE | 31 | 3 | 0 | 15 | 0 | 0 | 15 |
| e | AE→AE | 11 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 18 |
| f | NoAccess→AE | 10 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 43 | 3 | 1 | 14 | 0 | 0 | 48 |
| h | AE→NoAccess | 6 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 22 |
| i | NoAccess→NoAccess | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 380 | 65 | 0 | 165 | 0 | 0 | 222 |
| k | なし→AE | 117 | 30 | 0 | 50 | 0 | 0 | 48 |
| l | なし→NoAccess | 820 | 231 | 8 | 369 | 0 | 0 | 384 |
| m | 適切→なし | 160 | 20 | 0 | 127 | 0 | 0 | 164 |
| n | AE→なし | 52 | 1 | 0 | 69 | 0 | 0 | 102 |
| o | NoAccess→なし | 241 | 93 | 8 | 247 | 0 | 0 | 729 |
| p | 変化なし(適切) | 5099 | 5544 | 5626 | 5469 | 5659 | 5659 | 5432 |
| q | 変化なし(AE) | 1282 | 1447 | 1480 | 1398 | 1469 | 1469 | 1324 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 8018 | 8775 | 9007 | 8747 | 9135 | 9135 | 8358 |

A.4.1 FreeMind(フィールド)

| 記号 | 遷移 | 0.0.2~0.0.3 | 0.0.3~0.1.0 | 0.1.0~0.2.0 | 0.2.0~0.3.0 | 0.3.0~0.3.1 | 0.3.1~0.4 | 0.4~0.5 | 0.5~0.6 | 0.6~0.6.1 | 0.6.1~0.6.5 | 0.6.5~0.6.7 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------|---------|-----------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| h | 適切→NoAccess | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| k | なし→適切 | 16 | 65 | 18 | 44 | 0 | 35 | 30 | 47 | 3 | 23 | 22 |
| l | なし→AE | 6 | 5 | 9 | 30 | 0 | 16 | 14 | 9 | 0 | 13 | 3 |
| m | なし→NoAccess | 1 | 6 | 1 | 11 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 |
| n | 適切→なし | 14 | 47 | 7 | 3 | 0 | 7 | 6 | 26 | 1 | 7 | 0 |
| o | AE→なし | 5 | 2 | 8 | 1 | 0 | 9 | 2 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| p | NoAccess→なし | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q | 変化なし(適切) | 45 | 27 | 78 | 93 | 137 | 130 | 158 | 161 | 209 | 205 | 235 |
| r | 変化なし(AE) | 11 | 14 | 11 | 27 | 57 | 48 | 62 | 76 | 85 | 68 | 81 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 1 | 0 | 5 | 6 | 17 | 15 | 15 | 18 | 20 | 18 | 21 |

| 記号 | 遷移 | 0.6.7~0.7.1 | 0.7.1~0.8.0 | 0.8.0~0.8.1 | 0.8.1~0.9.0 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 2 | 4 | 0 | 2 |
| b | AE→適切 | 0 | 3 | 0 | 5 |
| c | NoAccess→適切 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 16 | 0 | 9 |
| e | AE→AE | 0 | 15 | 0 | 0 |
| f | AE→AE | 1 | 0 | 0 | 0 |
| g | NoAccess→NoAccess | 0 | 6 | 0 | 10 |
| h | 適切→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 1 |
| i | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 |
| k | なし→適切 | 51 | 594 | 0 | 1012 |
| l | なし→AE | 26 | 226 | 0 | 262 |
| m | なし→NoAccess | 2 | 180 | 0 | 72 |
| n | 適切→なし | 23 | 36 | 0 | 455 |
| o | AE→なし | 0 | 40 | 0 | 164 |
| p | NoAccess→なし | 4 | 2 | 0 | 165 |
| q | 変化なし(適切) | 232 | 224 | 826 | 350 |
| r | 変化なし(AE) | 84 | 53 | 310 | 140 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 18 | 17 | 203 | 38 |

A.4.2 FreeMind(メソッド)

| 記号 | 遷移 | 0.0.2~0.0.3 | 0.0.3~0.1.0 | 0.1.0~0.2.0 | 0.2.0~0.3.0 | 0.3.0~0.3.1 | 0.3.1~0.4 | 0.4~0.5 | 0.5~0.6 | 0.6~0.6.1 | 0.6.1~0.6.5 | 0.6.5~0.6.7 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------|---------|-----------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 9 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| b | AE→適切 | 17 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | 22 | 0 | 4 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 5 | 3 | 0 | 4 | 4 | 7 | 0 | 5 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 4 | 1 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 1 | 2 | 5 | 6 | 0 | 4 | 9 | 5 | 0 | 9 | 1 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 25 | 131 | 35 | 103 | 1 | 81 | 64 | 70 | 0 | 58 | 32 |
| k | なし→AE | 0 | 11 | 6 | 29 | 2 | 9 | 42 | 38 | 1 | 6 | 10 |
| l | なし→NoAccess | 17 | 101 | 24 | 109 | 3 | 56 | 68 | 76 | 6 | 71 | 23 |
| m | 適切→なし | 16 | 107 | 25 | 17 | 1 | 17 | 22 | 12 | 1 | 37 | 3 |
| n | AE→なし | 3 | 11 | 4 | 4 | 1 | 0 | 6 | 24 | 0 | 4 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 16 | 105 | 8 | 4 | 3 | 13 | 14 | 17 | 1 | 51 | 2 |
| p | 変化なし(適切) | 132 | 73 | 174 | 191 | 298 | 274 | 335 | 383 | 482 | 431 | 494 |
| q | 変化なし(AE) | 14 | 3 | 9 | 10 | 38 | 34 | 44 | 19 | 81 | 74 | 85 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 136 | 51 | 141 | 164 | 276 | 257 | 297 | 350 | 432 | 381 | 459 |

| 記号 | 遷移 | 0.6.7~0.7.1 | 0.7.1~0.8.0 | 0.8.0~0.8.1 | 0.8.1~0.9.0 |
|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 適切→適切 | 1 | 5 | 0 | 13 |
| b | AE→適切 | 5 | 17 | 0 | 7 |
| c | NoAccess→適切 | 8 | 28 | 0 | 45 |
| d | 適切→AE | 1 | 2 | 0 | 25 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 5 |
| f | NoAccess→AE | 2 | 0 | 0 | 3 |
| g | 適切→NoAccess | 1 | 14 | 0 | 45 |
| h | AE→NoAccess | 2 | 1 | 0 | 2 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 4 |
| j | なし→適切 | 111 | 1516 | 0 | 1482 |
| k | なし→AE | 40 | 176 | 0 | 262 |
| l | なし→NoAccess | 87 | 2732 | 0 | 1859 |
| m | 適切→なし | 50 | 102 | 0 | 1216 |
| n | AE→なし | 26 | 14 | 0 | 108 |
| o | NoAccess→なし | 57 | 114 | 0 | 2516 |
| p | 変化なし(適切) | 473 | 475 | 2041 | 742 |
| q | 変化なし(AE) | 63 | 74 | 252 | 130 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 416 | 364 | 3111 | 543 |

A.5.1 JDT_Core(ファイル)

| 記号 | 遷移 | 2.0.1~2.1 | 2.1~3.0 | 3.0~3.0.2 | 3.0.2~3.1 | 3.1~3.1.2 | 3.1.2~3.2 | 3.2~3.2.1.0 | 3.2.1.0~3.2.1.1 | 3.2.1.1~3.3 | 3.3~3.4.0 | 3.4.0~3.4.0.1 |
|----|-------------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------------|-------------|-----------|---------------|
| a | 適切→適切 | 3 | 2 | 0 | 6 | 1 | 4 | 0 | 0 | 6 | 4 | 0 |
| b | AE→適切 | 23 | 74 | 0 | 154 | 0 | 55 | 8 | 0 | 24 | 26 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 11 | 13 | 0 | 47 | 0 | 16 | 0 | 0 | 1 | 6 | 0 |
| d | 適切→AE | 24 | 26 | 0 | 32 | 0 | 114 | 0 | 0 | 25 | 6 | 0 |
| e | AE→AE | 21 | 21 | 0 | 28 | 0 | 38 | 1 | 0 | 20 | 17 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 2 | 0 | 0 | 8 | 0 | 5 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 7 | 8 | 0 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 2 | 3 |
| h | AE→NoAccess | 3 | 31 | 0 | 8 | 0 | 13 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 493 | 1379 | 0 | 1518 | 8 | 791 | 6 | 0 | 299 | 383 | 6 |
| k | なし→AE | 330 | 634 | 0 | 665 | 2 | 246 | 14 | 0 | 87 | 174 | 3 |
| l | なし→NoAccess | 31 | 135 | 0 | 67 | 0 | 39 | 1 | 0 | 14 | 17 | 1 |
| m | 適切→なし | 60 | 259 | 1 | 243 | 5 | 177 | 28 | 0 | 89 | 65 | 15 |
| n | AE→なし | 91 | 332 | 0 | 229 | 3 | 166 | 11 | 0 | 102 | 27 | 7 |
| o | NoAccess→なし | 25 | 36 | 0 | 15 | 0 | 11 | 1 | 0 | 20 | 3 | 1 |
| p | 変化なし(適切) | 2818 | 3053 | 4520 | 4202 | 5921 | 5635 | 6473 | 6487 | 6356 | 6609 | 7010 |
| q | 変化なし(AE) | 1237 | 1156 | 1837 | 1418 | 2148 | 1878 | 2261 | 2276 | 2127 | 2192 | 2383 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 143 | 138 | 312 | 242 | 354 | 322 | 373 | 374 | 350 | 368 | 386 |

| 記号 | 遷移 | 3.4.0.1~3.4.1 | 3.4.1~3.5 | 3.5~3.6 | 3.6~3.7 |
|----|-------------------|---------------|-----------|---------|---------|
| a | 適切→適切 | 0 | 2 | 1 | 4 |
| b | AE→適切 | 0 | 19 | 7 | 7 |
| c | NoAccess→適切 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 33 | 22 | 17 |
| e | AE→AE | 0 | 9 | 2 | 3 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 1 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 0 | 1 | 9 | 1 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 1 | 1 | 3 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 1 | 270 | 116 | 210 |
| k | なし→AE | 3 | 117 | 46 | 80 |
| l | なし→NoAccess | 0 | 11 | 4 | 8 |
| m | 適切→なし | 1 | 87 | 40 | 2 |
| n | AE→なし | 0 | 57 | 16 | 5 |
| o | NoAccess→なし | 0 | 5 | 6 | 4 |
| p | 変化なし(適切) | 7015 | 6895 | 7114 | 7214 |
| q | 変化なし(AE) | 2386 | 2303 | 2436 | 2489 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 388 | 383 | 389 | 399 |

A.5.2 JDT_Core(メソッド)

| 記号 | 遷移 | 2.0.1~2.1 | 2.1~3.0 | 3.0~3.0.2 | 3.0.2~3.1 | 3.1~3.1.2 | 3.1.2~3.2 | 3.2~3.2.1.0 | 3.2.1.0~3.2.1.1 | 3.2.1.1~3.3 | 3.3~3.4.0 | 3.4.0~3.4.0.1 |
|----|-------------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------------|-------------|-----------|---------------|
| a | 適切→適切 | 10 | 8 | 0 | 32 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 |
| b | AE→適切 | 41 | 66 | 0 | 69 | 0 | 136 | 5 | 0 | 18 | 162 | 1 |
| c | NoAccess→適切 | 60 | 83 | 2 | 177 | 1 | 83 | 2 | 0 | 58 | 42 | 4 |
| d | 適切→AE | 12 | 9 | 0 | 89 | 0 | 7 | 6 | 0 | 126 | 17 | 1 |
| e | AE→AE | 11 | 53 | 0 | 49 | 0 | 143 | 0 | 0 | 8 | 6 | 1 |
| f | NoAccess→AE | 8 | 9 | 0 | 36 | 0 | 11 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| g | 適切→NoAccess | 36 | 53 | 0 | 105 | 1 | 18 | 4 | 0 | 23 | 29 | 6 |
| h | AE→NoAccess | 10 | 7 | 0 | 65 | 0 | 9 | 1 | 0 | 5 | 8 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 4 | 2 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 474 | 1458 | 3 | 1492 | 32 | 854 | 30 | 0 | 472 | 503 | 7 |
| k | なし→AE | 198 | 626 | 0 | 376 | 15 | 248 | 13 | 0 | 123 | 107 | 3 |
| l | なし→NoAccess | 466 | 2386 | 3 | 1215 | 13 | 956 | 30 | 0 | 423 | 574 | 8 |
| m | 適切→なし | 233 | 777 | 6 | 451 | 33 | 300 | 45 | 0 | 226 | 175 | 35 |
| n | AE→なし | 104 | 349 | 0 | 193 | 15 | 133 | 15 | 0 | 124 | 52 | 4 |
| o | NoAccess→なし | 123 | 1240 | 3 | 526 | 13 | 289 | 45 | 0 | 209 | 424 | 21 |
| p | 変化なし(適切) | 3714 | 3452 | 5061 | 4389 | 6125 | 5829 | 6851 | 6888 | 6511 | 6837 | 7505 |
| q | 変化なし(AE) | 1384 | 1138 | 1835 | 1459 | 1994 | 1588 | 1976 | 1995 | 1840 | 1871 | 1995 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 4289 | 3471 | 5914 | 5173 | 6549 | 6180 | 7116 | 7151 | 6880 | 6867 | 7452 |

| 記号 | 遷移 | 3.4.0.1~3.4.1 | 3.4.1.1~3.5 | 3.5~3.6 | 3.6~3.7 |
|----|-------------------|---------------|-------------|---------|---------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 0 | 9 | 11 | 9 |
| c | NoAccess→適切 | 5 | 30 | 11 | 16 |
| d | 適切→AE | 0 | 29 | 6 | 1 |
| e | AE→AE | 0 | 6 | 0 | 1 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 1 | 3 | 6 |
| g | 適切→NoAccess | 1 | 19 | 6 | 6 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 4 | 4 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 11 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 5 | 331 | 130 | 175 |
| k | なし→AE | 1 | 78 | 39 | 48 |
| l | なし→NoAccess | 3 | 233 | 86 | 138 |
| m | 適切→なし | 1 | 105 | 68 | 47 |
| n | AE→なし | 1 | 32 | 64 | 14 |
| o | NoAccess→なし | 1 | 98 | 49 | 19 |
| p | 変化なし(適切) | 7515 | 7372 | 7662 | 7760 |
| q | 変化なし(AE) | 2000 | 1950 | 1985 | 2009 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 7460 | 7324 | 7528 | 7583 |

A.6.1 jEdit(フィールド)

| 記号 | 遷移 | 3.0 | 3.0.1 | 3.0.2 | 3.0.2 | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.2.1 | 3.2.1 | 3.2.2 | 3.2.2 | 4.0 | 4.0 | 4.0.2 | 4.0.2 | 4.0.3 | 4.0.3 | 4.1 | 4.2 | |
|----|-------------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 23 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 18 | 0 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 11 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 3 | 130 | 0 | 0 | 321 | 2 | 3 | 286 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 342 | 599 | 0 |
| k | なし→AE | 6 | 16 | 0 | 60 | 60 | 0 | 0 | 61 | 0 | 0 | 0 | 134 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 222 | 0 |
| l | なし→NoAccess | 1 | 6 | 0 | 30 | 30 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 148 | 0 |
| m | 適切→なし | 1 | 0 | 0 | 52 | 259 | 0 | 1 | 121 | 3 | 0 | 0 | 115 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 115 | 299 | 0 |
| n | AE→なし | 0 | 0 | 0 | 16 | 39 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 50 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 0 | 0 | 0 | 3 | 31 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 21 | 0 |
| p | 変化なし(適切) | 1017 | 1020 | 968 | 838 | 1164 | 1165 | 1040 | 1331 | 1331 | 1331 | 1331 | 1205 | 1229 | 1229 | 1229 | 1205 | 1229 | 1205 | 1229 | 339 |
| q | 変化なし(AE) | 271 | 277 | 257 | 229 | 293 | 293 | 269 | 335 | 335 | 335 | 287 | 287 | 339 | 339 | 339 | 287 | 339 | 287 | 339 | 98 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 92 | 90 | 62 | 62 | 96 | 96 | 86 | 107 | 107 | 107 | 97 | 97 | 98 | 98 | 98 | 97 | 98 | 97 | 98 | 0 |

| 記号 | 遷移 | 4.2 | 4.3 | 4.3 | 4.3.1 | 4.3.1 | 4.3.2 | 4.3.2 | 4.3.3 | 4.3.3 | 4.4.1 | 4.4.2 | 4.4.2 | 4.5.0 | 4.5.0 | 4.5.1 | 4.5.2 | | |
|----|-------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| a | 適切→適切 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| b | AE→適切 | 18 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| c | NoAccess→適切 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| d | 適切→AE | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| e | AE→AE | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| f | NoAccess→AE | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| g | 適切→NoAccess | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| h | AE→NoAccess | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| j | なし→適切 | 1275 | 0 | 3 | 0 | 81 | 2 | 64 | 5 | 1 | 2 | 2 | 64 | 5 | 1 | 2 | 64 | 5 | |
| k | なし→AE | 366 | 0 | 0 | 0 | 12 | 2 | 22 | 0 | 0 | 2 | 22 | 0 | 0 | 0 | 2 | 22 | 0 | |
| l | なし→NoAccess | 184 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| m | 適切→なし | 769 | 0 | 1 | 0 | 101 | 0 | 40 | 2 | 0 | 0 | 0 | 40 | 2 | 0 | 0 | 40 | 2 | |
| n | AE→なし | 333 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | |
| o | NoAccess→なし | 194 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | |
| p | 変化なし(適切) | 1070 | 2375 | 2374 | 2377 | 2270 | 2361 | 2320 | 2387 | 2390 | 2361 | 2361 | 2387 | 2390 | 2390 | 2387 | 2390 | 2387 | 2390 |
| q | 変化なし(AE) | 230 | 620 | 620 | 620 | 574 | 590 | 575 | 600 | 600 | 590 | 590 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 48 | 243 | 243 | 243 | 237 | 240 | 216 | 219 | 219 | 240 | 240 | 216 | 219 | 219 | 219 | 216 | 219 | 219 |

A.6.2 jEdit(メソッド)

| 記号 | 遷移 | 3.0 | 3.0.1 | 3.0.2 | 3.0.2 | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.2.1 | 3.2.1 | 3.2.2 | 3.2.2 | 4.0 | 4.0 | 4.0.2 | 4.0.2 | 4.0.3 | 4.0.3 | 4.1 | 4.1 | 4.2 |
|----|-------------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| a | 適切→適切 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 |
| b | AE→適切 | 0 | 0 | 0 | 4 | 27 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 15 | 15 |
| c | NoAccess→適切 | 2 | 0 | 0 | 9 | 14 | 0 | 14 | 0 | 0 | 1 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 21 | 21 |
| d | 適切→AE | 0 | 0 | 0 | 11 | 21 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 25 | 25 |
| e | AE→AE | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 12 |
| f | NoAccess→AE | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 10 | 10 |
| g | 適切→NoAccess | 2 | 0 | 0 | 18 | 17 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 35 | 35 |
| h | AE→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 8 | 8 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 6 | 1 | 88 | 88 | 584 | 0 | 584 | 0 | 0 | 1 | 340 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 255 | 594 | 594 |
| k | なし→AE | 0 | 0 | 0 | 18 | 177 | 1 | 177 | 1 | 0 | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 | 280 | 280 |
| l | なし→NoAccess | 19 | 0 | 88 | 88 | 288 | 1 | 288 | 1 | 1 | 1 | 347 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 281 | 532 | 532 |
| m | 適切→なし | 0 | 0 | 0 | 61 | 409 | 0 | 409 | 0 | 2 | 2 | 124 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79 | 351 | 351 |
| n | AE→なし | 0 | 0 | 0 | 20 | 140 | 0 | 140 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 90 | 90 |
| o | NoAccess→なし | 0 | 0 | 0 | 52 | 152 | 0 | 152 | 0 | 0 | 0 | 145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 128 | 231 | 231 |
| p | 変化なし(適切) | 1231 | 1239 | 1149 | 803 | 1429 | 1429 | 1427 | 1427 | 1427 | 1427 | 1258 | 1646 | 1646 | 1649 | 1549 | 1549 | 1549 | 1437 | 1437 | 1437 |
| q | 変化なし(AE) | 499 | 499 | 469 | 325 | 530 | 530 | 531 | 531 | 531 | 480 | 480 | 574 | 574 | 574 | 523 | 523 | 523 | 496 | 496 | 496 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 961 | 982 | 920 | 856 | 1171 | 1171 | 1171 | 1171 | 1171 | 998 | 998 | 1381 | 1381 | 1381 | 1230 | 1230 | 1230 | 1268 | 1268 | 1268 |

| 記号 | 遷移 | 4.2 | 4.3 | 4.3 | 4.3.1 | 4.3.1 | 4.3.2 | 4.3.2 | 4.3.3 | 4.3.3 | 4.4 | 4.4.1 | 4.4.2 | 4.4.2 | 4.5.0 | 4.5.0 | 4.5.1 | 4.5.1 | 4.5.2 | |
|----|-------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| a | 適切→適切 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | AE→適切 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 7 | 7 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c | NoAccess→適切 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| d | 適切→AE | 59 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| e | AE→AE | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| f | NoAccess→AE | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | 適切→NoAccess | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 17 | 0 | 0 | 13 | 13 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| h | AE→NoAccess | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | NoAccess→NoAccess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | なし→適切 | 1722 | 0 | 4 | 4 | 1 | 118 | 4 | 4 | 4 | 118 | 4 | 4 | 4 | 79 | 79 | 7 | 7 | 2 | 2 |
| k | なし→AE | 700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 12 | 0 | 0 | 27 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| l | なし→NoAccess | 1449 | 2 | 6 | 6 | 1 | 158 | 1 | 158 | 1 | 101 | 101 | 9 | 9 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| m | 適切→なし | 982 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 | 42 | 0 | 0 | 46 | 46 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| n | AE→なし | 459 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 103 | 103 | 0 | 0 | 12 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| o | NoAccess→なし | 864 | 0 | 2 | 2 | 0 | 97 | 0 | 97 | 0 | 162 | 162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| p | 変化なし(適切) | 979 | 2774 | 2773 | 2776 | 2708 | 2839 | 2839 | 2839 | 2839 | 2785 | 2785 | 2872 | 2872 | 2879 | 2879 | 2879 | 2879 | 2879 | 2879 |
| q | 変化なし(AE) | 300 | 1070 | 1070 | 1071 | 960 | 974 | 974 | 974 | 974 | 954 | 954 | 989 | 989 | 989 | 989 | 989 | 989 | 989 | 989 |
| r | 変化なし(NoAccess) | 947 | 2459 | 2459 | 2465 | 2363 | 2540 | 2540 | 2540 | 2373 | 2373 | 2488 | 2488 | 2488 | 2497 | 2497 | 2497 | 2497 | 2497 | 2497 |

A.7.1 Struts(フィールド)

| 記号 | 1.0.2~1.1 | 1.1~1.2.2 | 1.2.2~1.2.4 | 1.2.4~1.2.6 | 1.2.6~1.2.7 | 1.2.7~1.2.8 | 1.2.8~1.2.9 | 1.2.9~1.3.5 | 1.3.5~1.3.8 | 1.3.8~1.3.9 | 1.3.9~1.3.10 |
|----|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | 150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 81 | 0 | 0 | 0 |
| c | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| d | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| e | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| f | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| g | 12 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| h | 3 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | 462 | 97 | 1 | 12 | 8 | 2 | 24 | 1233 | 58 | 0 | 1 |
| k | 422 | 54 | 9 | 1 | 12 | 0 | 2 | 106 | 2 | 0 | 0 |
| l | 49 | 6 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| m | 170 | 42 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1 | 143 | 0 | 0 | 0 |
| n | 142 | 21 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 289 | 0 | 0 | 0 |
| o | 6 | 29 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 43 | 0 | 0 | 0 |
| p | 110 | 663 | 761 | 759 | 769 | 774 | 780 | 659 | 1976 | 2034 | 2034 |
| q | 135 | 522 | 588 | 585 | 589 | 593 | 586 | 224 | 336 | 338 | 338 |
| r | 9 | 43 | 69 | 67 | 69 | 70 | 70 | 25 | 71 | 71 | 71 |

| 記号 | 1.3.10~2.0 | 2.0.1~2.0.5 | 2.0.5~2.0.6 | 2.0.6~2.0.8 | 2.0.8~2.0.9 | 2.0.9~2.0.11 | 2.0.11~2.0.11.1 | 2.0.11.1~2.0.11.2 | 2.0.11.2~2.0.12 | 2.0.12~2.0.14 | 2.0.14~2.1.2 |
|----|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------|--------------|
| a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| b | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| c | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| d | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| e | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 |
| f | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| g | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| h | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | 860 | 147 | 7 | 25 | 0 | 30 | 0 | 1 | 0 | 0 | 433 |
| k | 745 | 190 | 12 | 7 | 14 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 383 |
| l | 219 | 36 | 0 | 4 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 |
| m | 2035 | 27 | 5 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 160 |
| n | 338 | 69 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 211 |
| o | 71 | 8 | 7 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 |
| p | 0 | 816 | 959 | 965 | 993 | 986 | 1016 | 1016 | 1017 | 1017 | 851 |
| q | 0 | 654 | 857 | 863 | 874 | 888 | 898 | 898 | 898 | 898 | 637 |
| r | 0 | 210 | 257 | 257 | 261 | 259 | 264 | 264 | 264 | 264 | 234 |

A.7.2 Struts(メソッド)

| 記号 | 1.0.2~1.1 | 1.1~1.2.2 | 1.2.2~1.2.4 | 1.2.4~1.2.6 | 1.2.6~1.2.7 | 1.2.7~1.2.8 | 1.2.8~1.2.9 | 1.2.9~1.3.5 | 1.3.5~1.3.8 | 1.3.8~1.3.9 | 1.3.9~1.3.10 |
|----|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| a | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b | 23 | 6 | 5 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 46 | 2 | 0 |
| c | 92 | 16 | 0 | 6 | 2 | 1 | 3 | 3 | 63 | 5 | 0 |
| d | 1 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 |
| e | 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 11 | 0 | 0 |
| f | 70 | 26 | 0 | 28 | 0 | 0 | 1 | 194 | 0 | 0 | 0 |
| g | 14 | 60 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| h | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | 581 | 100 | 2 | 44 | 10 | 6 | 4 | 401 | 20 | 1 | 1 |
| k | 332 | 84 | 8 | 5 | 17 | 1 | 0 | 1745 | 93 | 0 | 3 |
| l | 3721 | 205 | 32 | 402 | 33 | 4 | 41 | 1361 | 36 | 0 | 2 |
| m | 103 | 60 | 0 | 8 | 0 | 4 | 1 | 211 | 6 | 0 | 0 |
| n | 97 | 25 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 157 | 0 | 0 | 0 |
| o | 635 | 207 | 10 | 56 | 17 | 0 | 0 | 3218 | 0 | 0 | 0 |
| p | 96 | 659 | 782 | 780 | 828 | 837 | 844 | 618 | 1122 | 1149 | 1150 |
| q | 37 | 407 | 526 | 530 | 564 | 579 | 572 | 366 | 2322 | 2415 | 2415 |
| r | 675 | 4168 | 4430 | 4372 | 4756 | 4790 | 4790 | 1357 | 2728 | 2764 | 2764 |

| 記号 | 1.3.10~2.0.1 | 2.0.1~2.0.5 | 2.0.5~2.0.6 | 2.0.6~2.0.8 | 2.0.8~2.0.9 | 2.0.9~2.0.11 | 2.0.11~2.0.11 | 2.0.11~2.0.11 | 2.0.11~2.0.12 | 2.0.12~2.0.12 | 2.0.12~2.0.14 | 2.0.14~2.1.2 |
|----|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| b | 0 | 12 | 0 | 13 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| c | 0 | 5 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| d | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 19 |
| e | 0 | 14 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| f | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| g | 0 | 5 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8 |
| h | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| j | 856 | 134 | 9 | 20 | 7 | 12 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 378 |
| k | 435 | 73 | 6 | 10 | 2 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 236 |
| l | 2872 | 547 | 10 | 95 | 21 | 184 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1209 |
| m | 1151 | 39 | 17 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 177 |
| n | 2418 | 17 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 92 |
| o | 2766 | 120 | 117 | 7 | 2 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 396 |
| p | 0 | 808 | 942 | 948 | 988 | 985 | 998 | 999 | 997 | 1001 | 1001 | 795 |
| q | 0 | 391 | 484 | 474 | 487 | 481 | 505 | 505 | 505 | 505 | 505 | 392 |
| r | 0 | 2743 | 3179 | 3175 | 3271 | 3231 | 3416 | 3417 | 3417 | 3421 | 3421 | 3002 |

