

プログラミング・レポートに対する フィードバック情報・評価結果の返却システムの 構築と適用事例

Construction of Feedback Systems for Programming Reports and Their Applications

堀田英一
Eiichi Horita

情報基礎教育研究センターのメンバが担当するプログラミングの関連の科目においては、プログラミング課題の提出手段として、学内システムの一部であるレポート提出システム を利用するケースが多く、このシステムの利便性を評価している。一方、これらの課題を評価し、学生に評価結果やフィードバック情報を伝えるためには、今のところ、特別なシステムはなく、教育担当者の判断で種々の方法がとられている。本報告では、評価結果やフィードバック情報を学生に伝えるために構築した、プログラミング課題に対するフィードバック情報と評価結果を返却するための Web アプリケーションとその適用事例について述べる。

キーワード：プログラミング教育、Web アプリケーション、フィードバック

Members of ITEC (Information Technology and Education Center) often utilize the Report Uploading System of KIT (Kanazawa Institute of Technology) for receiving programming reports from students of programming-related classes; they appreciate its usefulness. On the other hand, there are no systems for sending back electrically, feedback information and evaluation results for such reports, to students. They adopt, according to their judgment, various methods for sending back such information. This paper describes Web applications constructed for sending back such information to students. Some of their application examples are also reported.

Keywords: Programming education, Web application, Feedback

1. はじめに

情報基礎教育研究センターのメンバが担当するプログラミングの関連の科目においては、プログラミング課題の提出手段として、学内システムの一部であるレポート提出システム を利用するケースが多く、このシステムの利便性を評価している。一方、これらの課題を評価し、学生に評価結果やフィードバック情報を伝えるためには、今のところ、特別なシステムはなく、教育担当者の判断で種々の方法がとられている。本報告では、評価結果やフィードバック情報を学生に伝えるために構築した、プログラミング課題に対するフィードバック情報・評価結果を返却するための Web アプリケーションとその適用事

例について述べる。

プログラミングの作成能力を養うには（プログラムの作成，実行・評価を含む）一定量のプログラミングの経験が不可欠である。本稿であつかう授業においても，従来，宿題やレポートなどにより，この経験を積むようにしてきたが，2つの問題があった。第1は，プログラムがデジタル・データで転写が容易であるため，自分で作成することなく，他人の作成したものを転写・修正して提出する場合があります。その検出も容易でないことである。第2は，提出物の評価のための教員側の負担が大きいことである。

第1の問題に対する取組みについては，文献¹⁾において報告した。本稿では，文献¹⁾で扱った事例と，及びその後実施した事例をもとに，第2の問題に焦点をあて，報告を行う。

プログラミング課題の評価においては，提出物であるプログラムに対して，以下の項目を評価する必要がある。なお，以下では，C言語やJavaのようなコンパイル型の言語を前提にして議論することとする。

- (1) 正しくコンパイルができるか否か。
- (2) コンパイルが正しくできた時には，指定した機能を実現しているか否か。例えば，無限ループやエラー状態に陥ることなく，入力と出力の対応が指定通りになっているか否か。

評価者の側でこのような処理を行うことを前提とした場合，提出は，プログラム・ファイルと入力情報や出力結果などの関連データを電子的に提出してもらうのが便利であり，そのためのシステムも標準的なものが用意されている。金沢工大では，学部の授業科目についてはレポート提出システムがあり，提出においてはこれを用いることができる。大学院の授業科目については，現状ではレポート提出システムが使用できないので，電子的提出システムを利用する場合は，評価者自身が構築する必要がある。Webアプリケーションにおいてはアップロードされた電子データを，予め定めた方式で保存することは標準的な処理であり，これを構築することは比較的容易である（第2章，第3章参照）。

一方，電子的に提出されたプログラム等を，上記(1)，(2)のように評価した結果を，提出者にフィードバック情報と共に返却するための標準的な仕組みは，現在のところ用意されておらず，担当者や状況に応じてさまざまな方法がとられている。上記(1)，(2)の手順で評価をおこなった場合，評価のための材料は，提出されたプログラム，それを評価者がコンパイルした結果，およびコンパイルできた場合の実行結果ということなる。これらは，電子データであり，このデータを含めて，それを参照しながら，評価結果を，提出元に返却することが望ましい。従って，電子データを特定の個人に向けて，他人は参照できないよう機密を保ちながら返却するシステムが望まれることになる。以下では，標準的なWebアプリケーションの技術により，このような電子データを返却するシステムを構築し，3つの科目において適用した事例について報告する。また，この過程で認識された，技術的要件や学内システムに望まれる追加機能についても考察する。

以下，本稿は，次のように構成される。第2章では，本稿で使用したシステムの構成について述べる。続いて第3章では，このシステムを3つの科目に適用した事例について述べる。第4章では，このようなシステムを構築・運用するための技術的要件と課題について考察をおこなう。

2. システム構成，適用方式

提出物に対するフィードバック情報や評価結果を，各学生に，機密を保った形で送付する基本的な手順は以下のようになる。

基本手順：

- (1) Web サーバの内のドキュメント空間を，対象となるユーザ毎に分類する。あるユーザに属するように分類されたドキュメント空間の一部を，当該のユーザのレルムと呼ぶ。各ユーザは，自分のレルムに属するドキュメントは，ユーザ認証の後，閲覧できるが，他のユーザのレルムに

属するドキュメントは閲覧できないように設定を行う。

- (2) ユーザ認証のためのパスワードを、システム管理者がランダムに決定し、各ユーザに機密を保ちながら通知する。
- (3) 各ユーザに対するフィードバック情報や評価結果は1つの電子文書として、当該のユーザのレルムに配置し、その文書の URL を、ユーザに通知する。

上記手順を実行する際、人手の作業量が大きくなるのは、ステップ(2)である。パスワードはユーザ毎に異なり、機密を保って各ユーザに通知しなければならない。金沢工大の学内システムでは、各学生に対して、その学生向けのメッセージを用意して、登録する必要がある。各ユーザに対して、その属人情報(例えば生年月日)をパスワードにするという簡易な方式を採用すれば、一斉通知で実現できるが、セキュリティ上および個人情報保護の観点から望ましくない。実は、第3章の3つの適用事例のうち、第1の事例ではこの簡易な方式を採用したのであるが、問題点を指摘され、第2および第3の事例では、上記ステップ(2)の方法を採用した。

一方、ステップ(1)はサーバの設定作業であり、適切に設定用のスクリプトを準備すれば、人手はそれほどかかずに実行することが可能である。またステップ(3)は、対象となる複数のユーザに対して一意に定まる URL の形式を、当該の複数ユーザに一斉に通知すればよい。金沢工大の学内システムでは、複数人の学生を指定して、一斉に通知が可能であるのでその機能を使用すればよい。

2. 1 学内レポート提出システムと組み合わせる場合

現状の学内レポート提出システムと、ここで構築した返却システムを組み合わせる場合のシステム構成は図1のようになる。

基本的に、返却文書を、各ユーザに割り当てたレルムに配置するのみで、当該のユーザのみがアクセスできる形で、Web サーバで配布可能な設定が可能になる。多数のユーザの各々に、複数の返却文書が必要となるので、配布用の HTML 文書等を用意することなく、単純にファイルを配置するのみで、フィードバック情報を返却できるようにすることが重要である。

本報告で採用したシステムでは、Web サーバとして Apache Tomcat を採用した。²⁾ このサーバでは、ドキュメント毎にアクセス権を管理するため、ユーザ、ロール、レルムという3つの項目を管理する。各ユーザには、何個かのロールを割り当てることが可能である。レルムとは、アクセス権の管理方式が指定されたドキュメントのグループ(典型的にはフォルダ)である。各レルムには、そこにアクセス可能なロールを割り付けることができる。従って、図1のように、各ユーザ U 毎に、その人のみがアクセス可能なレルム RE_U を設定するには、U に対応するロール RO_U を導入して、ユーザ U のみにロール RO_U を割り当て、 RE_U にアクセス可能なロールとして、 RO_U のみを設定すればよいことになる。この設定は、学期はじめに一度行えば十分である。

なお、このサーバはサーバ・サイドのプログラムとしてサーブレットと呼ばれる Java 言語のプログラムを組み込むことができ、スクリプトを解釈実行する方式のサーバと比較すると高速の処理が可能である。³⁾ 図1および図2のサーブレット・コンテナとは、サーブレット実行するための機構である。またユーザ認証には、通常のパASSWORD認証より、安全度が高いとされるダイジェスト認証を採用している。^{4),5)} この認証方式は、各ユーザがパスワードを用いる点ではパスワード認証と同じであるが、チャレンジ・レスポンス方式の適用により、ネットワーク上には、そのパスワード情報が流れない仕組みになっている。

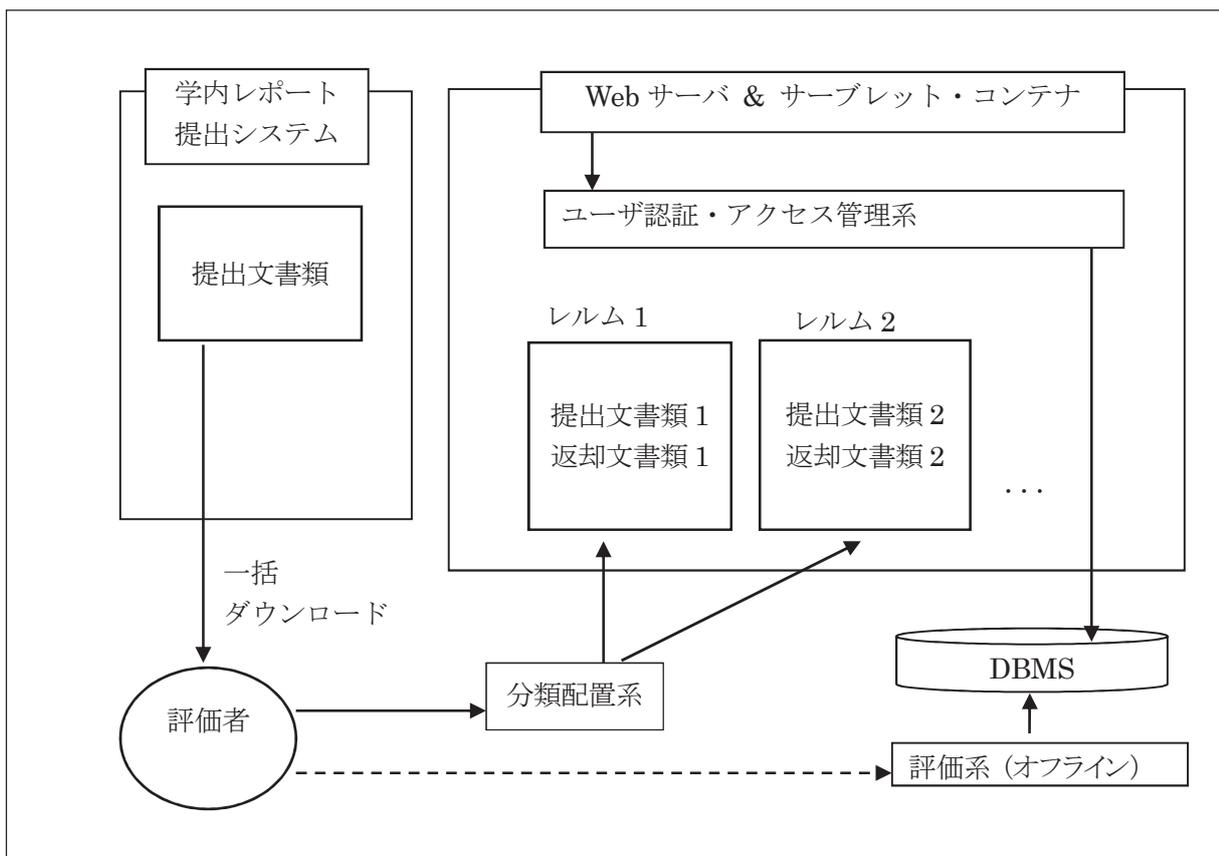


図1 フィードバック情報の返却システム, その1

2. 2. 独自の提出システムを用いる場合

独自のプログラム提出システムを用いて、返却システムを運用する場合のシステム構成は、図2のようになる。図1の構成と重なる部分が多いが、ファイル・アップロードを受け付ける機能が、サーバ・サイドのプログラム（サーブレット）として、追加されている。この処理は標準的なものであり、専用のライブラリも提供されているので、それを適切に適用すればよい。適用においては、ユーザ認証を適切に行うこと、および受け付けたファイルに受信時刻等の必要な付加情報を加えて、送信者に割り当てられたレルム内に保存することが重要である。

また、図2では、オプションな構成要素として、プログラム翻訳・実行系、セキュリティ・ポリシー、デジタル署名生成系を含めている。これらは第3.1節でのべる適用事例で用いたものである。これらは、場合により、有効に活用できるが、省略しても基本的なフィードバック・返却機能は実現できる。

3. 適用事例

本章では、平成25年度と26年度に実施した、3つの適用事例について報告する。

3. 1 平成25年度プログラミングIII

対象学生は、情報工学科の学部2年生63名であり、レポート数は一人あたり6回である。

一学期間、第2.2節で述べた方式で、レポートの受付評価結果の返却を行った。使用したシステムは、図2に示したものである。この図で網掛されているオプション部分も使用し、評価結果の返却においてはデジタル署名を添付した。

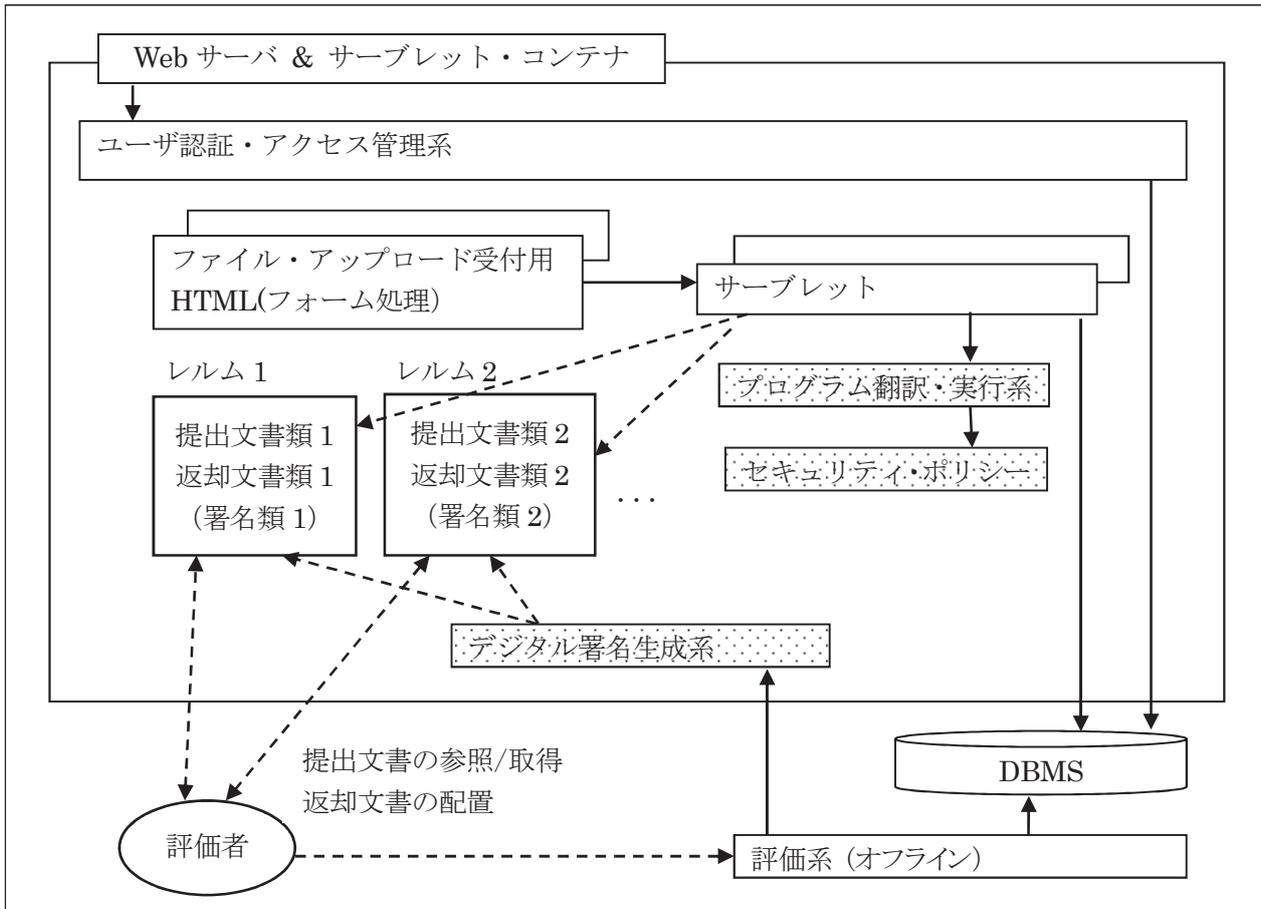


図2 フィードバック情報の返却システム, その2

図3に、返却したフィードバック情報・評価結果の例（一部省略）を示す。最後に /* と */ で囲まれコメントとして現れている部分が、評価者である筆者が追加した部分である。それ以外の部分は、学生がアップロードした内容である。フィードバック情報の部分はソースコードの行番号や記述を参照している。フィードバックなどの追加部分は最後にあるので、プログラム部分の行番号はずれることはない。関連する情報が、単一のファイルにまとめられているので、学生は容易に指摘された問題点等を確認することができる。なお、「Signature-File: sig130731_01.bin」とあるのは、図2の「デジタル署名生成系」で、コメント部分も含むファイル内容に全体に対して付したデジタル署名ファイルの名前である。学生は、これをダウンロードし署名検証をおこなうことにより、評価者が確かにこの内容で評価したことを確認し、以降、評価内容の保証として用いることができる。

学期の終了時に、レポートの返却方式についてアンケートを行った。回答者は、63人中の39人であり、本システムのようにオンラインの評価結果（評価・コメント付きのプログラム・コード）をダウンロードする方式がよいという人が20名(51%)に対して、従来通り紙に印刷して評価し返してほしいという人は19名(49%)であった。アンケートの自由記述欄に、学生が記述してくれた意見の中から、学生側からのとらえ方をよく示している2つを以下に転記する。評価結果を含むファイルをダウンロードする方式を選択子(1)とし、従来どおり紙に印刷し評価とコメントを付して返却する方式を選択子(2)として、どちらが望ましいかという質問に対する答えと意見である。

```

package prog3;
import java.io.*; import java.util.*;
public class ColVec extends Matrix{
    public ColVec(double[][] val) {
        super(as2DimAr(val));
    }
    public static double[][] as2DimAr(double[] val) {
        int n = val.length;
        double[][] rtn = new double[n][1];
        for(int i = 0; i < n; i++){
            rtn[i][0] = val[i];
        }
        return rtn;
    }
    public int length() {
        int[] dim() = this.dimension();
        return dim[0];
    }
    ...
    public static void main(String args[]) {
        double[][] dAr1 = {{1.0, 2.0}, {3.0, 4.0}};
        Matrix m1 = new Matrix(dAr1);
        ColVec cv2 = new ColVec(v2);
        if(cv1 == length()) {
            for(int i = 0; i < n; i++) {
                cv1 += val[i][1]
            }
        }
    }
    /*
    #####
    Date: 2013_07_31_16_03_57_538
    Checked-by: Eiichi Hoirta
    Score: XXX
    Signature-File: sig130731_01.bin
    Comments:
    16 行目
        int[] dim() = this.dimension();
    が文法エラー.
        int[] dim = this.dimension();
    でなければならない.

    main() は括弧が対応していない.
    #####
    */

```

図3 返却されたフィードバック情報・評価結果の例, その1

意見1. 「[選択](1)でいいと思います。エコだし。でも、今回の解答でオンラインで閲覧ができませんでした。URLを若干いじると見れましたが。ほかの人は見えていない人が多いのでそれが改善されればいいかと。」

意見2. 「[選択](2)でいいと思います。自習するために再度印刷している人が目立ちます。」

上記の意見1において「オンラインで閲覧ができませんでした」と述べているのは次の事情による。オンラインで編集したファイルやアップロードしたファイルに対して、所定の規則に従って名前を付け保存しているが、名前付けの規則を十分に案内していなかったため、閲覧の際のファイル名やURLがすぐに分からなかったということである。名前付けの規則を確実に案内する必要がある。意見2においては「再度印刷している人が目立ちます」と述べている。実は、紙に印刷して読むことを通してしっかり記憶にとどめることは、むしろ期待したことである。紙資源を節約することも重要ではあるが、ここで狙っているのはそのことではなく、評価者の手間を軽減することである。学生数を80、各プログラム・レポートを5ページとし、最終的には紙に印刷するとしたとき、選択子(1)を採用した場合は、各学生が5ページを印刷し内容を確認することになる。選択子(2)をとった場合、合計400ページを評価者が印刷した上で評価とコメントを付して返却することになる。評価者の手間は大きく異なる。

3. 2 平成26年度情報工学実験 I

対象学生は、情報工学科学部2年生81名であり、レポートの数は、1人あたり13回である。

この科目の担当者4名であり、レポートの提出には、学内のレポート提出システムを使用することをあらかじめ合意していた。一方、評価結果やフィードバック情報の返却方式については、各担当者にまかされており、著者は、図1に示すシステムを用いてフィードバック情報と評価結果の返却を行った。対象人数とレポート数が多く、時間の制限もあり、図4に示すような簡易な結果を返すのみとなった。

```
#####  
File: "eval.txt".  
By Horita.  
On (2014 Aug 27).  
#####  
01:5:logic error minor.  
02:0:no submission  
03:6:初期設定不良.  
04:6:題意にやや合わず.  
05:8  
06:8  
07:8  
08:1:compile NG.  
09:8  
10:8  
11:8  
12:8  
13:8  
=====  
sum:(+ 5 6 6 8 8 8 1 8 8 8 8 8) = 82
```

図4 返却されたフィードバック情報・評価結果の例、その2

3. 3 平成 26 年度 ネットワーク・セキュリティ統合特論

対象学生は情報工学科の大学院生 6 名であり、ネットワークやセキュリティ技術について、ある程度の基礎知識を仮定できるメンバである。平成 26 年度の第 1 週のレポートについて、評価を行った段階であり、レポートの数は 1 人あたり 1 回である。図 2 のシステムから、オプション部分を除いた簡易なシステムにより、レポートの提出、それに対する確認のための質問とフィードバック情報の返送、その応答というやり取りを、二日間で行うことができた。これくらいの人数であれば、電子メールを用いても、このようなやり取りは可能である。しかし、関連ファイルが自動的に分類されることにより、評価者の手間・負担は軽減されることを実感した。

なお、この科目「ネットワーク・セキュリティ統合特論」では、図に示すようなセキュリティ機能（ユーザ認証、デジタル署名等）を装備した Web アプリケーションを構築することを課題の 1 つとしている。この課題遂行のためにも、今回の試みは有効であると考えている。

4. おわりに—技術的な要件・課題

図 1 や図 2 で示したシステムの構成要素の大部分は、情報工学科の平成 25 年度まで開講していた 3 年生向けの 2 つの科目「分散オブジェクト指向システム」と「サイバーメディア・コミュニケーション」でカバーされているものであり、標準的な技術である。著者はこれらの科目を担当した経験があり、その経験も生かしてこれらシステムの構築と適用を行った。なお、図 2 でオプションとして挙げている項目はやや専門的であり、これらの科目では十分にカバーされていない。

一方、これらシステムの利用者である学生と評価者は、仕組みを理解して使用することが前提である。ここで採用している認証方式がどういう理由で、どの程度、安全であるのか、またデジタル署名は何のために付され、どういう状況で役に立つのかということ等を理解していることが重要である。仕組みを理解しないで使うことは、可能ではあるが、そのような情報システムの利用は、文献⁹⁾で指摘されているように、社会全体の危険度を増し、結局は、生きにくい状況につながるであろう。ここで述べたようなシステムを適用するに際しては、表面上の使用法だけではなく、その仕組みを、運用者が利用者に対して十分に説明することが重要であると考えられる。

Web サーバを定常的に運用するには固定的な IP アドレスの割り当てを受ける必要があり、さらにそのアドレスは非プライベートなアドレスであることが望ましい。筆者はこのようなアドレスの割り当てを受けている。しかし、IPv4 のアドレスの不足が問題になって久しく、固定的な IP アドレスを持つ Web 系のサーバを、多数の人が各々、運用していくに際しては、固定 IP アドレスの割り当てが問題になる可能性がある。IPv6 への移行も含めて、対処を考える必要があるかもしれない。

一方、マシンの性能は向上を続けており、図 1 や図 2 のようなシステムを 1 クラス 80 人程度の利用者に対して運用するに際して、問題は見られなかった。使用したマシンは、Windows7, 64-bit OS を搭載した個人用の PC である。

本稿で報告したシステムを構築・運用するに際して、最も人手を要するのは、第 2 章の基本手順の第 2 項として挙げたパスワードの配布処理である。学籍番号とパスワードの対応表からなるデータを基に、対象となる各学生に機密を保って配布してくれるシステムがあれば便利であろう。例えば、各学生に対して連絡事項を、個別に Web 入力するのではなく、上記の対応表を表現する表計算のデータなどをアップロードすることにより、バッチ型で各学生向けに通知してくれる機能があれば有用である。

参考文献

- 1) 堀田英一, 「転写禁止型のプログラム作成・実行・評価用 Web アプリによる初期プログラミング教育の実践事例」, 平成 25 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会, pp.8--9, 私立大学情報教育協会, 2013.
- 2) J. Brittain, 「Tomcat: the Definitive Guide, Second Edition」, O'Reilly Media, Inc., 2008.
- 3) 堀田英一, 宮田孝富, 「工学系大学における数値計算教育のための言語/ツールの検討」, KIT Progress, No.21, pp.191--203, 金沢工業大学, 2014.
- 4) 上野宣, 「HTTP の教科書」, 株式会社翔泳社, 2013.
- 5) J. Fraks, et al., 「HTTP Authentication: Basic and Digest Access Authentication」, RFC2617, IETF, 1999.
- 6) 徳田雄洋, 「デジタル社会はなぜ生きにくいのか」, 株式会社 岩波書店, 2009.

[受理 平成 26 年 10 月 3 日]



堀田 英一
教授 Ph.D.(計算機科学)
基礎教育部
基礎実技教育課程
情報基礎教育研究センター