

# Webアプリケーション開発・運用環境構築支援システムの 設計と実装

金丸 侑賢<sup>1</sup> 神屋 郁子<sup>2</sup> 下川 俊彦<sup>2</sup>

**概要:** アプリケーション開発においては、開発時に用いる開発環境と、完成後の運用時に用いる運用環境が異なることがあり、運用時に想定外の挙動を示すことが有る。本研究の目的は、開発時と運用時のソフトウェアをできるだけ揃えることで、開発環境で動作したアプリケーションが運用環境でも同じ挙動を示すことである。これを実現するため、仮想計算機技術を用いた。開発環境と運用環境の仮想マシンを、同じイメージファイルを元に作成する。本研究の目的を達成するため、Webアプリケーション開発・運用環境構築支援システム「DAISY」を開発した。本システムは、ソフトウェアの種類とそのバージョンが同一である開発環境と運用環境を容易に構築するシステムである。メニュー選択式でソフトウェア構成を決定し、イメージファイルを作成できる。作成したイメージファイルを元に運用環境となる仮想マシンと、開発環境となる仮想マシンを生成できる。

## Design and Implementatin of Web Application Development and Operation Environment Construction System

YUKEN KANEMARU<sup>1</sup> YUKO KAMIYA<sup>2</sup> TOSHIHIKO SHIMOKAWA<sup>2</sup>

### 1. はじめに

アプリケーション開発においては、「開発時に用いる環境(以降、開発環境と呼ぶ)」と、完成後の「運用時に用いる環境(以降、運用環境と呼ぶ)」が異なることは珍しくない。しかし、この場合、運用時に想定外の挙動を示すことが有り、あまり好ましい状況ではない。

本研究において、「環境」とはアプリケーション実行のためにインストールされた、OS、ミドルウェアなどのソフトウェアを示すものとする。また、ある「環境」上にインストールされているソフトウェアの種類とそのバージョンの組み合わせを「ソフトウェア構成」と名付けた。

### 2. 目的と実現手法

我々は、「開発環境と運用環境」をできるだけ揃えることで、開発環境で動作したアプリケーションが運用環境でも同じ挙動を示すことを目指す。本研究では、同一のソフトウェア構成である、開発環境と運用環境を容易に構築する

システムを開発する。これを実現するために仮想計算機技術を用いる。本システムでは、ソフトウェア構成をインストールしたイメージファイルを作成し、これを元に開発環境用の仮想マシンと運用環境用の仮想マシンを生成することで目的を実現する。

### 3. DAISY の設計

本研究で開発した「Webアプリケーション開発・運用環境構築支援システム」を DAISY(Development And operation environment conStruction sYstem) と名付けた。DAISY の設計について説明する。

#### 3.1 DAISY の概要

本システムは、同一のソフトウェア構成である開発環境と運用環境を容易に構築するシステムである。メニュー選択式でソフトウェア構成を決定し、イメージファイルを作成できる。イメージファイルとは、仮想マシンを生成する元となるデータファイルである。作成したイメージファイルを元に運用環境となる仮想マシンと、開発環境となる仮

<sup>1</sup> 九州産業大学大学院 情報科学研究科 情報科学専攻

<sup>2</sup> 九州産業大学 理工学部 情報科学科

想マシンを生成できる。同じイメージファイルを元に運用環境と開発環境の仮想マシンを生成することで、開発環境で動作したアプリケーションが運用環境でも同じ挙動を示すことを目標とする。

### 3.2 DAISY の構成

DAISY の全体像を図 1 に示す。DAISY は、イメージファイルの作成や登録、運用環境を生成するための Web アプリケーションである「DAISY Web」と、開発環境を生成するためのネイティブアプリケーションである「DAISY Tool」の 2 つから成る。DAISY の利用者は、イメージファイルを作成・登録する「環境作成・登録者」、運用環境を生成し提供する「運用環境提供者」、開発環境を生成し利用する「開発者」の 3 つに分類される。

環境作成・登録者は「DAISY Web」のメニュー選択式でソフトウェア構成を決定し、仮想マシンを生成するためのイメージファイルを作成し、登録する。また、作成したイメージファイルを元に、開発環境となる仮想マシンを生成するための開発環境構成ファイルを作成する。開発環境構成ファイルとは、開発環境となる仮想マシンの構成が定義されたファイルで、仮想マシンのベースとなるイメージファイルの指定や仮想マシンのサイズが記述されている。仮想マシンのサイズには、CPU コア数、メモリ容量、ディスク容量がある。

運用環境提供者は「DAISY Web」で登録されたイメージファイルを元に、運用環境を生成するためのサーバである運用環境生成用サーバの仮想化基盤上に、運用環境となる仮想マシンを生成する。

開発者は「DAISY Web」で登録されたイメージファイルや開発環境構成ファイル、「DAISY Tool」をダウンロードする。次に、「DAISY Tool」を使用して開発環境生成用計算機の仮想化基盤上に開発環境となる仮想マシンを生成する。

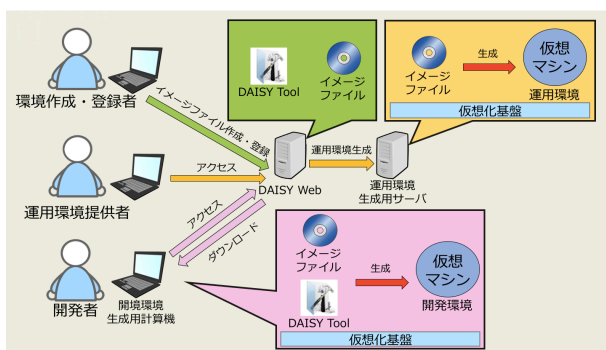


図 1 DAISY の全体像

### 3.3 機能一覧

本システムは以下の機能を有する。

- DAISY Web
  - イメージファイル管理機能
  - 運用環境生成機能
  - 運用環境管理機能
  - 開発環境構成ファイル管理機能
  - 開発環境構成ファイル、DAISY Tool 取得機能
  - 認証鍵管理機能
- DAISY Tool
  - 開発環境生成機能
  - 開発環境管理機能

### 3.4 DAISY Web の機能詳細

DAISY Web の各機能の詳細について述べる。

#### 3.4.1 イメージファイル管理機能

本機能は、以下の 6 つの機能を有する。1 つ目は、メニュー選択式でソフトウェア構成を決定し、決定したソフトウェア構成のイメージファイルを作成、登録する機能である。本研究では、Web アプリケーション開発用のソフトウェア構成を対象とする。したがってメニューからは OS、Web サーバ、データベース、プログラミング言語といった項目から、任意のソフトウェア構成を選択できる。2 つ目は、運用環境生成用サーバ上の仮想マシンを元にイメージファイルを作成、登録する機能である。3 つ目は、Web サイトで公開されている「DAISY」で使用することができるイメージファイルを登録する機能である。4 つ目は、登録されたイメージファイルの名前を変更する機能である。5 つ目は、登録されたイメージファイルを削除する機能である。6 つ目は、登録されたイメージファイルの一覧を表示する機能である。

#### 3.4.2 運用環境生成機能

本機能は、運用環境となる仮想マシンを運用環境生成用サーバの仮想化基盤上に生成する機能である。仮想マシンを生成する際には、仮想マシン名、仮想マシンのベースとなるイメージファイル、仮想マシンのサイズ、認証鍵を運用環境提供者が入力する。

#### 3.4.3 運用環境管理機能

本機能は、以下の 3 つの機能を有する。1 つ目は、運用環境生成用サーバ上に生成した仮想マシンを起動、停止、削除する機能である。2 つ目は、仮想マシンの名前とサイズを変更する機能である。3 つ目は、運用環境生成用サーバ上に生成した仮想マシンの一覧を表示する機能である。

#### 3.4.4 開発環境構成ファイル管理機能

本機能は以下の 4 つの機能を有する。1 つ目は、開発環境生成用計算機上に開発環境となる仮想マシンを生成するための構成ファイルを作成し、登録する機能である。作成する際には、開発環境構成ファイル名、仮想マシンのベ

スとなるイメージファイル、仮想マシンのサイズを入力する。2つ目は、登録された開発環境構成ファイルの名前、仮想マシンのベースとなるイメージファイル、仮想マシンのサイズを変更する機能である。3つ目は、登録された開発環境構成ファイルを削除する機能である。4つ目は、登録された開発環境構成ファイルの一覧を表示する機能である。

### 3.4.5 開発環境構成ファイル、DAISY Tool 取得機能

本機能は、登録された開発環境構成ファイルと「DAISY Tool」を取得する機能である。

### 3.4.6 認証鍵管理機能

本機能で生成する認証鍵は運用環境生成用サーバ上に起動した仮想マシンに SSH でログインするためのものである。本機能は以下の4つの機能を有する。1つ目は、運用環境生成用サーバ上に起動した仮想マシンに SSH でログインするための公開鍵と秘密鍵を作成する機能である。本システム上で公開鍵と秘密鍵を作成する際、セキュリティ対策として公開鍵を「DAISY Web」に登録し、秘密鍵を運用環境提供者が管理する。2つ目は、作成した秘密鍵を取得する機能である。秘密鍵を取得できるのは認証鍵を作成した直後のみである。3つ目は、登録した公開鍵を削除する機能である。4つ目は、登録した公開鍵の一覧を表示する機能である。

## 3.5 DAISY Tool の機能詳細

DAISY Tool の各機能の詳細について述べる。

### 3.5.1 開発環境生成機能

本機能は「DAISY Web」より取得した開発環境構成ファイルを元に、開発環境となる仮想マシンを開発環境生成用計算機の仮想化基盤上に生成する機能である。仮想マシンを生成する際にはワークスペースをファイル選択ダイアログより選択する。ワークスペースとは、仮想マシンにマウントする開発環境生成用計算機のディレクトリである。このディレクトリ上に開発するアプリケーションのプログラムを配置することを想定している。開発環境生成用計算機のディレクトリを仮想マシンにマウントすることにより、仮想マシンにアプリケーションを転送せず、すぐに実行が可能となる。

### 3.5.2 開発環境用仮想マシン管理機能

本機能は以下の4つの機能を有する。1つ目は、開発環境生成用計算機上に生成した仮想マシンを起動、停止、削除する機能である。2つ目は、生成した仮想マシンのサイズ、及びワークスペースを変更する機能である。

## 4. DAISY の実装

DAISY に実装に使用した環境、実装した機能について述べる。

### 4.1 実装環境

「DAISY Web」と「DAISY Tool」の実装環境を以下に示す。本実装では運用環境生成用サーバと「DAISY Web」で同じ計算機を使用した。

- DAISY Web
  - OS: Ubuntu 16.04
  - Web サーバ: Apache 2.2
  - 開発言語: PHP 7.0, JavaScript
  - データベース: MySQL 5.7
  - 仮想環境構築ツール: Vagrant 1.9.1
  - 仮想化ソフトウェア: VirtualBox 5.0.24
  - 構成管理: Ansible 2.2.0
- DAISY Tool
  - OS: Windows, OS X
  - 開発言語: Java 8
  - 仮想環境構築ツール: Vagrant 1.9.1
  - 仮想化ソフトウェア: VirtualBox 5.0.24

### 4.2 DAISY Web の実装機能

DAISY Web に実装した機能とその実装方法について述べる。

#### 4.2.1 イメージファイル管理機能

ソフトウェア構成を決定し、決定したソフトウェア構成のイメージファイルを作成するには vagrant up、vagrant halt、vagrant package、ansible-playbook を実行することで実現している。また、運用環境生成用サーバ上の仮想マシンを元にイメージファイルを作成するには vagrant package を実行することで実現している。作成したイメージファイルを登録や追加には vagrant box add、削除には vagrant remove box を実行することで実現している。本システムにおけるイメージファイルとは Vagrant で使用することできる box である。従って、イメージファイルとして Web サイトで公開されている Vagrant の box を追加することができる。登録したイメージファイルは名前を変更することができる。また、「DAISY Web」上にイメージファイルの名前、種別、サイズを一覧表示する。イメージファイルの一覧を表示した画面を図2に示す。

イメージ一覧

| イメージ名           | 種別       | イメージサイズ | Action   |
|-----------------|----------|---------|--|
| CentOS-6.6      | OSイメージ   | 797MB   | 選択してください   |
| CentOS-7.1      | 追加イメージ   | 695MB   | 選択してください   |
| CentOS-7.2      | 追加イメージ   | 621MB   | 選択してください   |
| CentOS-7.2      | 追加イメージ   | 621MB   | 選択してください<br>イメージ編集<br>イメージ削除<br>インスタンス作成<br>開発環境構成ファイル作成 |
| Ubuntu-14.04    | OSイメージ   | 623MB   |  |
| Webpro-2016-dev | スナップショット | 755MB   |  |

図2 イメージファイル一覧画面

#### 4.2.2 運用環境生成機能

運用環境生成者が運用環境となる仮想マシンを生成する際に、イメージファイルや仮想マシンのサイズを選択し、これらが記述された Vagrant の設定ファイルを作成する。次に、vagrant up を実行することで作成した設定ファイルを元に、運用環境生成用サーバの仮想化基盤上に仮想マシンを生成することで実現している。運用環境を生成する画面を図 3 に示す。

インスタンス名

イメージ  
CentOS-6.6

キーペア  
kane-key

サイズ  
メモリ容量: 256MB CPUコア数: 1CPU ディスク容量: 10 GB

備考欄

起動

図 3 運用環境生成画面

#### 4.2.3 運用環境管理機能

運用環境生成用サーバ上に生成した仮想マシンの起動には vagrant up、停止には vagrant halt、削除には vagrant destroy を実行することで実現している。また、生成した仮想マシンの停止時に、仮想マシンの名前とサイズを変更することができる。「DAISY Web」上に、運用環境生成用サーバ上の仮想マシンの名前、仮想マシンを生成する際に使用したイメージファイル名、使用した認証鍵、仮想マシンのサイズ、仮想マシンの状態を一覧表示する。運用環境生成用サーバ上の仮想マシンの一覧画面を図 4 に示す。

##### インスタンス一覧

| インスタンス名           | ポートフォワード             | キーペア     | メモリ   | CPU | ディスク | ステータス | Action   |
|-------------------|----------------------|----------|-------|-----|------|-------|--|
| PBL-2016          | HTTP: 8024 SSH: 2024 | kazu-key | 256MB | 1   | 8GB  | 稼働中   | 選択してください   |
| Ubuntu-14.04-LAMP | HTTP: 8001 SSH: 2001 | kane-key | 256MB | 1   | 8GB  | 停止中   | 選択してください<br>インスタンス稼働<br>インスタンス編集<br>インスタンス削除<br>イメージ作成 |
| Webpro-2016       | HTTP: 8025 SSH: 2025 | kane-key | 1GB   | 2   | 20GB | 稼働中   |  |

図 4 運用環境生成用サーバ上の仮想マシン一覧画面

#### 4.2.4 開発環境構成ファイル管理機能

本システムの開発環境構成ファイルとは開発環境用の Vagrant の設定ファイルである。仮想マシンを生成するためのイメージファイルとなる box の指定や、仮想マシンのサイズを Vagrant の設定ファイルに記述し、作成と登録を行う。登録した開発環境構成ファイルは開発環境構成ファイルの名前、仮想マシンのベースとなるイメージファイル、仮想マシンのサイズを変更することができる。また、「DAISY Web」上に登録された開発環境構成ファイルの名前、作成日、作成者名を一覧表示する。開発環境構成ファイルの一覧画面を図 5 に示す。

##### 開発環境構成ファイル一覧

| 開発環境構成ファイル名 | 作成日時       | 作成者名 | Download    | Action                                   |
|-------------|------------|------|-------------|--|
| Webpro-2016 | 2016-12-20 | 金丸尚賢 | Windows Mac | 選択してください<br>開発環境構成ファイル編集<br>開発環境構成ファイル削除 |
| test        | 2016-12-15 | 金丸尚賢 | Windows Mac |  |

図 5 開発環境構成ファイル一覧画面

#### 4.2.5 開発環境構成ファイル、DAISY Tool 取得機能

図 5 の開発環境構成ファイル一覧画面より、開発環境構成ファイルと「DAISY Tool」を取得することができる。

#### 4.2.6 認証鍵管理機能

運用環境となる仮想マシンへの SSH 接続は公開鍵認証方式を用いている。認証鍵の作成には ssh-keygen を実行することで実現している。本システムに登録された公開鍵は認証鍵の一覧画面より削除することができる。また、登録した公開鍵は「DAISY Web」上に公開鍵の名前、作成日を一覧表示する。認証鍵を生成し、秘密鍵を取得する画面を図 6 に示す。

##### キーペアをダウンロードしています

ダウンロードが始まらない場合は以下のリンクからダウンロードを行ってください

[キーペアkane-keyのダウンロード](#)

図 6 秘密鍵取得画面

#### 4.3 DAISY Tool の実装機能

DAISY Tool に実装した機能とその実装方法について述べる。

#### 4.3.1 開発環境生成機能

開発者が「DAISY Web」より取得した開発環境構成ファイルと「DAISY Tool」を使用し、vagrant up, vagrant box add を実行することで開発環境の生成を実現している。開発環境を生成する画面を図 7 に示す。





図 7 開発環境生成画面

#### 4.3.2 開発環境用仮想マシン管理機能

開発環境生成用計算機上の仮想マシンの起動は vagrant up、停止は vagrant halt、削除は vagrant destroy を実行することで実現している。開発環境生成用計算機上の仮想マシンの編集では、仮想マシンの停止時に、生成した開発環境のワークスペースとサイズを変更できる。ワークスペースの変更画面を図 8 に示す。

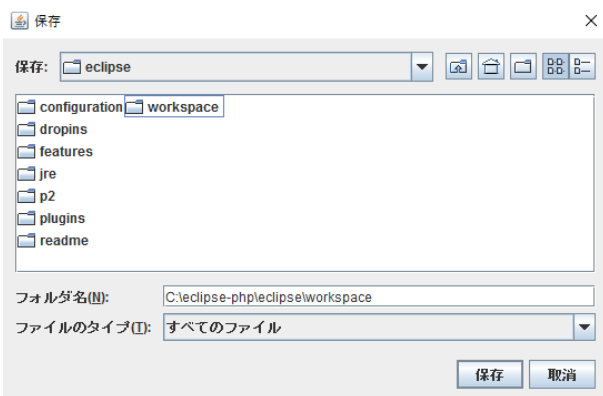


図 8 ワークスペース変更画面

## 5. 評価

本研究で開発した「DAISY」について、ユーザビリティの評価と動作検証を行った。

### 5.1 ユーザビリティの評価

ユーザビリティの評価について述べる。

#### 5.1.1 評価方法

本評価では「DAISY Web」と「DAISY Tool」を利用してアンケートにより評価した。評価の対象者は九州産業大学の学生、及び教員である。アンケートには評価項目ごとに段階評価がある。段階評価の項目は以下の 5 段階の選択肢があり、利用者は選択肢から 1 つを選択する。同時に、選択理由を自由記述形式で回答できる。選択肢に点数を設け、集計した結果の平均から評価した。点数が高いほど高評価である。

(5) とてもあてはまる

- (4) あてはまる
- (3) どちらでもない
- (2) あてはまらない
- (1) 全くあてはまらない

アンケートの評価項目は運用環境の構築と開発環境の提供を行った人と、開発環境を構築した人によって異なる。

- 運用環境の構築と開発環境の提供を行った人への評価項目

- (1) Web サーバ、データベース、プログラミング言語からそれぞれ好きな構成を選択し構築できましたか
- (2) 運用環境の構築は簡単でしたか
- (3) 開発環境を提供するまでの作業は簡単でしたか
- (4) 運用環境の構築や開発環境を提供をするまでの作業で画面上の表示項目は十分でしたか

- 開発環境の構築を行った人への評価項目

- (1) 容易に開発環境を構築することができましたか
- (2) DAISY Tool の表示項目は十分でしたか

### 5.1.2 運用環境の構築と開発環境の提供を行った人の評価結果

本学で運用環境を管理されている教員と、必要な各ソフトウェアを手動で計算機にインストールする方法で Web サーバを構築したことのある、下川研究室の学生 3 名を対象に評価をした。運用環境の構築から開発環境の提供までを行ってもらった評価結果を表 1 に示す。表中の平均点は 5.1.1 の評価方法に基づいて集計した平均の点数である。

表 1 運用環境の構築と開発環境の提供を行った人の評価結果

| 評価項目   | 平均点 |
|--|-----|
| 1. Web サーバ、データベース、プログラミング言語からそれぞれ好きな構成を選択し構築できましたか | 4.5 |
| 2. 運用環境の構築は簡単でしたか                                  | 3.5 |
| 3. 開発環境を提供するまでの作業は簡単でしたか                           | 3.7 |
| 4. 運用環境の構築から開発環境を提供をするまでの作業で画面上の表示項目は十分でしたか        | 3.5 |

### 5.1.3 運用環境の構築と開発環境の提供を行った人の評価の考察とまとめ

運用環境構築から開発環境の提供までを行った人に関するアンケートについて、評価項目 1 については平均点が 4.5 であった。このことから柔軟なソフトウェア構成の選択ができたと考える。

評価項目 2 については平均点が 3.5 であった。高い評価を選択した回答者からは「選択していただけたので、特に難しい操作がなかったから」という回答が得られた。また、低い評価を選択した回答者からは「インスタンスやイメージなどのわからない用語が多く、入力ウィザードのようなツールがほしい。」という回答が得られた。このことから、運用環境を簡単に構築することができたが、本システムに

おける用語を事前に説明するなどの対処が必要であると考えられる。

評価項目3については平均点が3.7であった。高い評価を選択した回答者からは「特に手間に感じる作業がなく簡単だった」という回答が得られた。また、低い評価を選択した回答者からは評価項目2と同じ回答が得られた。このことから、開発環境を簡単に提供することができたが、本システムにおける用語を事前に説明するなどの対処が必要であると考えられる。

評価項目4については平均点が3.5であった。高い評価を選択した回答者からは「項目が足りずに困るようなことがなかったから」という回答が得られた。低い評価を選択した回答者からは評価項目2と同じ回答が得られたため、本システムにおける用語を事前に説明するなどの対処が必要であることが考えられる。

評価全体として、柔軟なソフトウェア構成の選択ができ、容易に運用環境が構築できたと考える。また、開発環境を簡単に提供できたと考える。しかし、本システムにおける用語を事前に説明するなどの対処が必要であることが考えられる。

#### 5.1.4 開発環境の構築を行った人の評価結果

下川研究室の学生6名を対象に評価をした。開発環境の構築を行った人における評価結果を表2に示す。表中の平均点は5.1.1の評価方法に基づいて集計した平均の点数である。また、開発環境となる仮想マシンを生成できない学生が1人いたため、その学生は評価対象外とする。

表2 開発環境構築の評価結果

| 評価項目                       | 平均点 |
|----------------------------|-----|
| 1. 容易に開発環境を構築することができましたか   | 4.0 |
| 2. DAISY Tool の表示項目は十分でしたか | 4.0 |

#### 5.1.5 開発環境を構築した人の評価の考察とまとめ

開発環境を構築した人に関するアンケートについて、評価項目1については平均点が4.0であった。高い評価を選択した回答者から、以下の回答が得られた。

- 「VirtualBox 上にあまり時間がかからず、すぐに構築されたから。」
- 「なかなか環境が構築できなかったので手間取ってしまいましたが、環境構築のための作業自体は簡単だった。」

また、低い評価を選択した回答者から、以下の回答が得られた。

- 「導入から開発環境の構築までに時間がかかり、正常に動作していることが確認できなかった。」
  - 「最初に開発環境の構築をするのに、ダウンロードやインストールするものが多く時間がかかったため。」
- 開発環境となる仮想マシンの起動に時間が掛からない学

生と、時間が掛かる学生がいた。これはPCのメモリ容量やディスク容量によって、仮想マシンの起動時間に差が生じたと考える。また、開発環境となる仮想マシンを生成できない学生がいた。原因として、BIOSの設定で仮想化ハードウェア拡張を無効化していたことによって起こったものだった。

評価項目2については平均点が4.0であった。高い評価を選択した回答者からは、「表示項目として十分であった。」という回答が得られた。また、低い評価を選択した回答者からは「なかなか起動しないときにきちんと動作しているか停止しているのかわからないかったので、なにか注釈があったら嬉しいと思った。」という回答が得られた。開発者PCの仮想化基盤の環境によっては仮想マシンの起動に時間がかかる場合があるため、DAISY Toolで処理中のメッセージや進行度を表示する機能を追加する必要があると考える。

## 5.2 開発環境と運用環境におけるアプリケーションの動作検証

開発環境と運用環境におけるアプリケーションの動作検証について述べる。

### 5.2.1 検証方法

本システムを利用してソフトウェア構成がOS: Ubuntu 16.04、Webサーバ: Apache 2.2、開発言語: PHP 7.0、データベース: MySQL 5.1であるイメージファイルを作成し、これを元に運用環境を構築する。次に、下川研究室の学生4人に本システムを利用してもらい、同イメージファイルを用いて開発環境を自分のPCに構築する。ソフトウェア構成がOS: Windows 10、Webサーバ: Apache 2.2、開発言語: PHP 5.3、データベース: MySQL5.1であらかじめ作成されたWebアプリケーションを、開発環境で動作するように改良してもらおう。最後に、開発環境で改良したWebアプリケーションを運用環境にアップロードし、運用環境でも動作したか検証を行った。

### 5.2.2 検証結果と考察とまとめ

下川研究室の学生4人に、開発環境で改良したWebアプリケーションを運用環境にアップロードし、動作させたところ、開発環境と同じ挙動を示した。PHP 5とPHP 7ではバージョンが違うことによってセッションの警告が表示され、Webアプリケーションがうまく動作しない場合がある。今回の検証では、開発環境と運用環境でソフトウェア構成が同一であるため、改良したWebアプリケーションが開発環境と運用環境で同じ挙動を示したと考えられる。

## 6. おわりに

### 6.1 まとめ

アプリケーション開発においては、開発時に用いる開発環境と、完成後の運用時に用いる運用環境が異なることが

あり、運用時に想定外の挙動を示すことが有る。

我々は、「開発環境と運用環境」をできるだけ揃えることで、開発環境で動作したアプリケーションが運用環境でも同じ挙動を示すことを目指した。本研究では、仮想計算機技術を利用して、同一のソフトウェア構成である開発環境と運用環境を容易に構築するシステムを設計し、開発した。本システムでは、ソフトウェア構成をインストールしたイメージファイルを作成し、これを元に開発環境用の仮想マシンと運用環境用の仮想マシンを構築する。

評価として、「DAISY」のユーザビリティの評価と、開発環境と運用環境におけるアプリケーションの動作検証を行った。評価結果より、柔軟なソフトウェア構成の選択ができ、ソフトウェア構成が同一である運用環境と開発環境を容易に構築できた。以上の評価結果により、本研究の目的は達成できたとと言える。

## 6.2 今後の課題

DAISY Web においては、評価アンケートの自由記述欄より「ソフトウェアの種類が増えるとさらに良い」、「画面以上に用語説明が欲しい」といったコメントがあったため、選択できるソフトウェアの種類やバージョンの追加、用語説明をする入力ウィザードのようなツールを導入することである。

DAISY Tool においては、評価アンケートの自由記述欄より「開発環境の構築中に進行度が分かると良い」というコメントがあったため、仮想マシンを生成する際など処理中のメッセージや進行度を表示する機能を追加することである。