

## サーバ管理演習におけるヒント提示システムの開発 Development of Tips Suggestion System for Server Management Exercise

上 裕樹<sup>†</sup>      竹原 一駿<sup>†</sup>      最所 圭三<sup>†</sup>      喜田 弘司<sup>†</sup>  
Yuki Kami      Ichitoshi Takehara      Keizo Saisho      Koji Kida

### 1. はじめに

近年、AIやIoTの普及により、パブリッククラウドサービスの需要が増加しており[1]、その利用にあたり、サーバ管理技術は必要不可欠な技術の1つである。サーバ管理技術は、実際にサーバを操作し、自身でサーバを管理する経験を通して身につくものである。そのため、大学ではサーバ管理技術を学ぶための演習(サーバ管理演習)が行われている。サーバ管理演習では、受講者自身が用意した仮想マシンやクラウドコンピューティングサービスを利用し、演習課題を解いていく。演習課題を通して、受講者にソフトウェアのインストールや各種コマンドの実行、vimやEmacs等のエディタを用いたファイル編集を行わせる。演習後、受講者には自身が行った操作やその結果についてまとめたレポートを提出させる。そのレポートを元に、教授者は採点を行い、成績をつける。

その演習中、一部の受講者は教えられた内容を理解できず、演習課題に行き詰まることがある。そのような受講者に対処するために、教授者(教員やTA)は受講者にヒントを提供し、受講者の行き詰まりを解消させる。受講者はそのヒントを元に、解答に向けて演習を進められる。

本研究では、サーバ管理演習におけるヒント提示システムの開発している[2]。本稿では、教授者の負担を軽減するという課題を解決する。

### 2. 演習中の受講者への質問対応とその課題

教授者は、演習課題を作成する際、その解答に必要な操作や知識等の条件(チェックポイント)を、レポート等の採点基準として設定している。SSHの設定ファイルを編集し、パスワードを用いたSSHログインを禁止する演習を例として示す。この例では、教授者はチェックポイントとして、①SSHの設定ファイルを編集している、②設定ファイルの中でパスワードログインを禁止する設定を追加している、③sshdサービスを再起動している、という3点をチェックポイントとして設定する。

教授者は、受講者を支援する際、ヒアリングを通して受講者のチェックポイント通過状況を確認することで、受講者の学習状況を把握している。その後、受講者の学習状況に沿ったヒントを提供する。

しかし、教授者は受講者に支援をする度に以上の行動をする必要があり、それが教授者にとって大きな負担となる。実際、香川大学にて開講されているサーバ管理演習では、1クラス約40人の受講者に対して、教授者3人で支援を行っており、これが教授者にとって大きな負担となっている。

したがって、演習中の受講者への質問対応に関する教授者の負担軽減が課題となる。

<sup>†</sup>香川大学 Kagawa University 2217-20, Hayashi-cho, Takamatsu City, Kagawa Prefecture, Japan 761-0396

### 3. 学習状況に基づいたヒント提示システム

#### 3.1 コンセプト

演習中、教授者が行っている受講者への質問対応を自動化するシステムを提案する。

我々は、サーバ管理演習での教授者としての経験から、毎年、同じような学習状況の受講者からの質問が多く、教授者はその度に同じヒントを提示している。そのため、受講者がよく行きづまっている学習状況を把握し、その学習状況に合わせたヒントを提示することで教授者の質疑対応の負担を減らすことができる。

教授者は、受講者からよく来る質問に対し、その質問が来る際の受講者の状態と、その時受講者に与えるヒントを把握している。そのため、ルールとしてこれらをシステムに登録することで、学習状況に合わせたヒントを提示できる。以下では、このルールに必要な、受講者の状態監視手法と、提示するヒントの選択手法について述べる。

##### 3.1.1 受講者の状態監視手法

演習中の受講者の行動は、コマンドの実行やファイル編集、Web検索等、多岐にわたる。そのため、受講者の行動の内、何をチェックポイントの通過判定に用いるかは教授者によって変わる可能性がある。従って、システムは、チェックポイントの通過判定のために、受講者のあらゆる行動を監視する必要がある。そこで、我々は受講者の行動を監視するセンサーを教授者自身で開発し、そのセンサーを簡単にシステムに組み込むことができるアーキテクチャを実装することとした。

サーバ管理演習で、よく来る質問は「どのコマンドを実行すれば良いのか分からない」や「ファイルをどのように編集すれば良いのか分からない」等がある。そのため、システムは、受講者が実行したコマンドや、編集したファイルを監視する。そこで、それらを常時監視するセンサーを設置し、受講者の行動をリアルタイムに取得する。そのセンサーから得られたデータを基にシステムは受講者の状態を把握する。

##### 3.1.2 提示するヒントの選択手法

当システムでは、センサーが取得したデータから受講者のチェックポイント通過状況を確認することで、受講者の学習状況を把握する。センサーが取得するデータは、受講者が実行したコマンドの内容や、編集したASCIIファイルの中身等の文字列データである。したがって、チェックポイントを正規表現で表し、センサーデータとのマッチチェックを行うことでチェックポイントの通過状況を把握する。

受講者からヒントの要求があると、その受講者のチェックポイントの通過状況に沿ったヒントを提示する。

#### 3.2 利用イメージ

当システムを使用した演習の利用イメージを図1に示す。

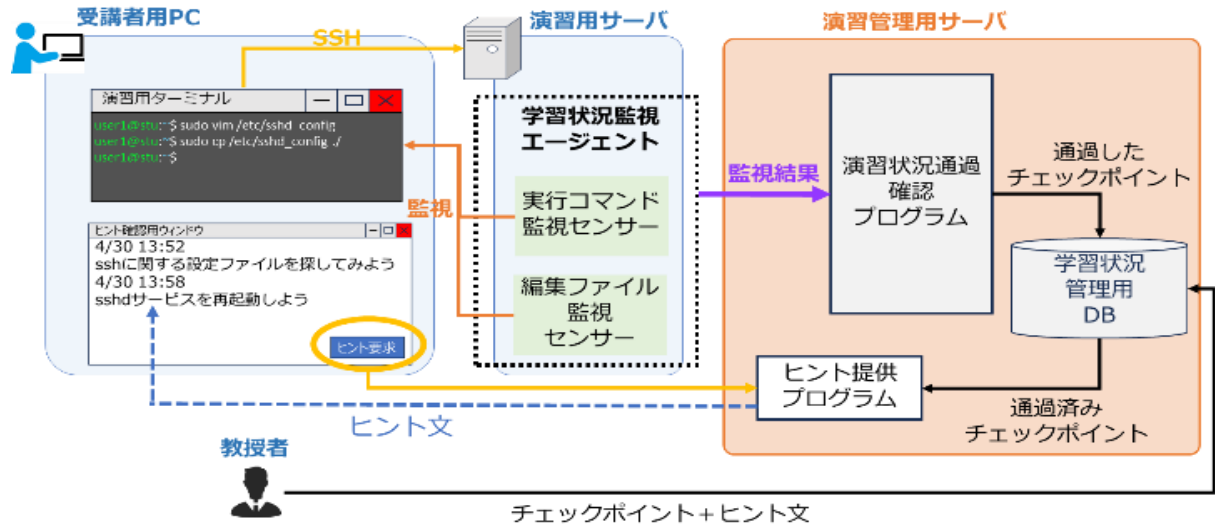


図 1 利用イメージ

当システムを用いたサーバ管理演習の環境では、学習状況監視エージェントを導入した演習用サーバ、学習状況確認プログラムとヒント提示プログラムが導入された演習管理用サーバを用いる。演習を開始すると、学習状況監視エージェントが、受講者によるコマンド実行やファイル編集等の演習用サーバに行った操作の内容を演習管理用サーバに送信する。その後、教授者がデータベースに登録したチェックポイントとヒント文を基に、チェックポイント通過確認プログラムが受講者の学習状況を記録する。ヒント提示プログラムは、受講者からヒントの要求があると、記録されている受講者の学習状況に基づき、受講者に必要なヒントを提示する。

また、学習状況監視エージェントの中には、受講者の行動を監視するためのセンサーが導入されている。教授者は、必要に応じて新しいセンサーを開発し、システムに組み込むことで、チェックポイントの通過判定に用いる受講者の行動の種類を増やすことができる。

### 3.2.1 事前準備

1. 教授者は、複数の演習課題を作成し、同時にレポートの採点基準として、チェックポイントを設定する。
2. 教授者は演習課題を解く手順を検討し、その手順に沿ってチェックポイントを登録する。その際、用いるセンサーを選択し、そのセンサーが取得した内容を基に通過を判定するための正規表現を登録する。
3. 学習状況の中から、受講者が行き詰まりやすくヒントが必要であるものを特定する。その状況の際、次のチェックポイントを通過するために必要なヒント文をシステムに登録する。

### 3.2.2 演習中

1. 受講者は、演習用サーバにて、演習課題に解答するための操作を行う。システムのセンサーが受講者の操作内容を取得し、演習管理用サーバに取得したデータを送信する。
2. 演習管理用サーバ内のチェックポイント通過確認プログラムにて、センサーから送られたデータを基にチェックポイントの通過判定を行う。

3. 受講者は行き詰まったと感じた際に、ヒントの提示をシステムに要求する。
4. システムは、チェックポイント通過状況に基づいて、次のチェックポイント通過に必要なヒント文を受講者に提示する。

## 3.3 システム構成

システム構成図を図 2 に示す。

当システムは、受講者が演習するための演習用サーバと、受講者の学習状況把握やヒントを受講者に提供する演習管理用サーバから成り、Pub/Sub (Publish/Subscribe) [3]を用いて通信する。

### 3.3.1 サーバ間の通信

前述した通り、演習用サーバと、演習管理用サーバは Pub/Sub を用いて通信している。図 3 に Pub/Sub 通信のイメージ図を示す。Pub/Sub は、メッセージを生成するプログラム (Publisher) と、それら进行处理するプログラム (Subscriber) を疎結合に連携する非同期通信の方式であり、従来の密結合の通信方式よりも柔軟性がある。そのため、教授者が新たな監視項目を追加する際に、通信方式の実装が容易になる。

学習状況監視エージェントにて監視用センサーが、監視内容をブローカーというメッセージの仲介者に、トピックという論理的なチャンネルを指定して送信する。チェックポイント通過確認プログラムでは判定用センサーを実行し、トピックに応じて監視内容を受信しチェックポイントの通過を判定する。このように、トピックを介して、センサー同士は個別に実装できる。また、トピックを分けることで別の項目として処理できるので、過去に実装した判定用センサーを流用することもできるため、監視項目の増加に対する実装の負荷を軽減できる。

### 3.3.2 センサーの実装

サーバ管理演習に向けて、受講者のサーバ内での操作を監視し、監視結果を演習管理用サーバに送るため、標準入出力エラー監視センサーと、編集ファイル監視センサーを実装した。

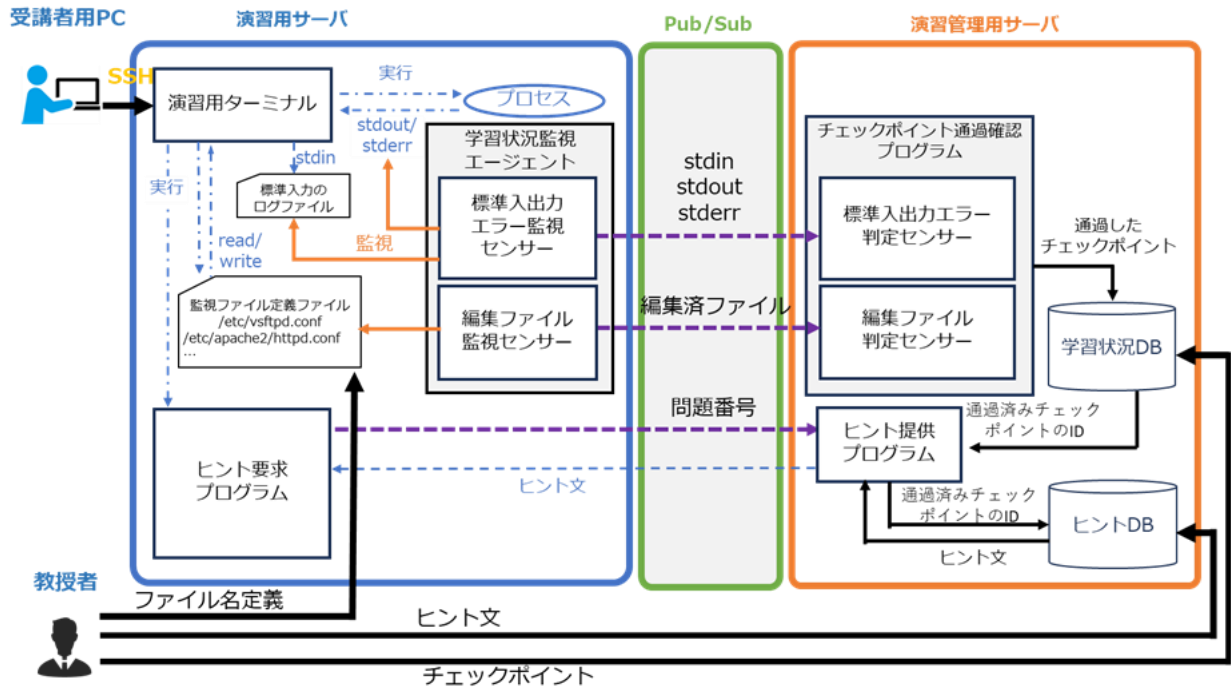


図 2 システム構成図

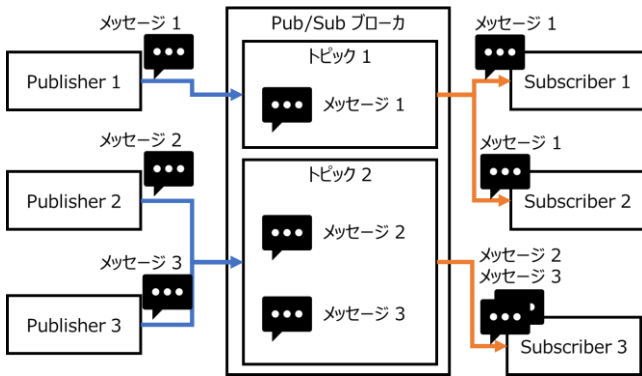


図 3 Pub/Sub イメージ図

```

a@a:~/Exp1-3$ gcc main.c rdata.o bubble.o wdata.o
a@a:~/Exp1-3$ ls
a.out bubble.c defs.h rdata.c wdata.c
bubble bubble.o main.c rdata.o wdata.o
a@a:~/Exp1-3$ vim insertion.c
a@a:~/Exp1-3$ vim selection.c
a@a:~/Exp1-3$ perl ~/student/hint.pl 2-1 s24g352
main.c の中で変な改行が入ってない?
a@a:~/Exp1-3$
    
```

図 4 ヒントが提示される様子

標準入出力エラー監視センサーによって、受講者のターミナル上でのコマンド実行や、コマンド実行による結果を取得することが可能となる。それにより、受講者のコマンド実行に関するチェックポイント通過判定を行うことが可能となる。

編集ファイル監視センサーは、受講者が演習用サーバ内で変更を加えたファイルを監視している。ファイルに編集

が加えると、そのファイル名と、ファイルの中身がブローカーに送られる。それにより、受講者がどのファイルにどのような編集をしたかについてのチェックポイント通過判定を行うことが可能となる。

### 3.4 演習中のシステムの動作

受講者が演習サーバに対して行った操作を学習状況監視エージェントがセンサーを用いて常時監視している。学習状況監視エージェントは、センサーから得た情報を受講者の学籍番号と、センサーの種類をトピックとして指定し、Pub/Sub ブローカーへ Publish する。チェックポイント通過確認プログラムは、学習状況監視エージェントが Publish した情報を Subscribe しており、センサーの種類と Publish されたメッセージを学習状況 DB と照らし合わせ、正規表現を用いてチェックポイントの通過判定を行う。チェックポイント通過判定の結果、通過したと判定したチェックポイントに応じて、学習状況 DB を更新する。

受講者は、自身が行き詰まったと感じた際、ヒント要求プログラムを実行する。実行されたヒント要求プログラムは、ブローカーに対して受講者がヒントを要求している旨を示すデータを Publish する。演習管理用サーバ内のヒント提供プログラムは、ヒント要求プログラムが Publish するデータを Subscribe しており、ヒントの要求を受けると、学習状況 DB からヒントを要求している受講者の学習状況を抽出し、その学習状況に合わせたヒント文をヒント DB から取り出し、受講者にそのヒント文を送信する。受講者は、ヒント文をターミナル上で確認することができ、そのヒント文に従って演習を進めることができる。実際にヒントが出力される様子を図 4 に示す。図 4 では、プログラムファイル main.c の中で、文法的に誤った改行が入っていることを指摘するヒント文が提示されている。

表1 グループ毎の質問回数

グループAの質問回数	グループBの質問回数
24	36

表2 チェックポイント通過無しでの質問回数

グループA	グループB
6	11

## 4. 評価実験

### 4.1 評価実験の方法

本学で開講されているサーバ管理演習にて、受講者の演習環境に当システムを導入して、評価実験を行った。この評価実験の目的は、システムの導入によって、演習中の教授者の負担を軽減できる事の証明である。

本授業では、約3時間の演習が行われた。評価実験当日の演習では、CUIでのエディタの使い方や、C言語で書かれたプログラムのコンパイル、makeファイルを用いたコンパイル、マクロを用いた条件付きコンパイル練習等を行った。

実験対象者は本学情報システムセキュリティコースの3,4年生合わせて44人である。また、授業支援の技術職員1名、過去に当該授業を受講した情報系の院生2名に教授者として評価実験に協力してもらった。

実験対象者を、当システムを使用して演習に取り組むグループ(Aグループ)とシステムを使用せず普段と変わらない状態で演習に取り組むグループ(Bグループ)の2グループに分けた。この際、グループごとに学力に差が出ないように、サーバ管理演習に関連する授業の成績が高い人と低い人の数が均等になるようにグループを分けた。

教授者には普段通り、行き詰まっている受講者に対する支援をしてもらった。ただし、支援を行った際には以下の4点をメモしてもらった。

1. 支援を行った時刻
2. 支援を行った受講者の学籍番号
3. 行き詰まっていた原因
4. 受講者に対する対応の内容
5. 支援を行った受講者が所属しているグループ

教授者に来た質問の数、グループBへの教授者からの支援の内、システムでも対応できた数をカウントした。

### 4.2 評価実験の結果と考察

教授者に来た質問回数に関する結果を表1に示す。システムを利用したグループAからの質問はグループBからの質問に比べ、2/3に減少していることが確認できた。教授者に来た質問が減ることは、教授者が支援しなくてはならない受講者が減ることにつながるため、当システムの導入によって、教授者の負担を減らすことができているといえる。また、グループBに対する教授者からの支援の内、システムでも対応できたものをカウントした結果、その数は8個であった。グループBからの質問回数が36回であることを考えると、グループBにもシステムを導入することで、グループBからの質問の数は7/9に減少していた。

以上より、当システムをサーバ管理演習に導入することで、受講者支援による教授者の負担を減らすことができると言える。

また、グループAとグループBの受講者からの質問の内、演習課題に取り掛かった時、一つもチェックポイントを通過できていない状態で教授者に質問をしてきた回数を表2に示す。表2より、チェックポイントの通過が無い状態で質問をしてくる受講者の数が減っていることが確認できた。実際、実験後に実施したアンケートでは、「取っ掛かりが無く、何をしたら良いのか分からない時のきっかけになった」という意見があった。従って、当システムは、演習課題への取っ掛かりがなく、サーバ操作をすることができない受講者の支援も可能であることが確認できた。

また、実験後のログから、当システムをあまり利用していない受講者が数人いることが確認できた。実験後アンケートより、彼らは、ヒントが無くても自力で解けるため、システムを使用する必要がなかった人、システムの使い方がよく分からなかった人の2種類に分類できた。1種類目の、ヒントが無くても自力で解ける人は、今回のシステムによって支援する対象者ではないため、システムとして問題はない。2種類目の、システムの使い方がよく分からなかった人にヒアリングを行った結果、「ヒント要求プログラムの実行方法が分からなかった」という意見をもらった。今回の評価実験では、ヒントをターミナルから確認する仕様上、ヒントの要求をコマンドライン上で行ってもらっていた。しかし、人によってはヒント要求のコマンド実行自体に詰まってしまい、ヒントを受け取れない場合があることが確認できた。

## 5. おわりに

本研究では、演習中の受講者支援に対する教授者の負担軽減を目指し、サーバ管理演習中の教授者を計算機で再現し、受講者の学習状況に応じたヒント提示を行うシステムを開発した。さらに、開発システムを実際に香川大学で開講されているサーバ管理演習に導入し、その評価を行った。その結果、システムを用いたグループから教授者に来る質問の数が大きく減少した。さらに、システムを用いなかったグループからの質問の内、システムがあれば対応できた質問がいくつかあった。以上より、システム導入による教授者の負担軽減を確認できた。

しかし、システムの使い方が分からず、ヒントを受け取れない受講者も少数存在していたため、コマンド実行によらないヒント提示システムを検討する。

### 参考文献

- [1] 総務省、令和5年版情報通信白書、第2部第8節、[https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r05/html/nd2\\_48200.html](https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r05/html/nd2_48200.html)、(2024/06/14閲覧)
- [2] 上裕樹、竹原一駿、喜田弘司、最所圭三、「サーバ管理演習におけるヒント提示システムの提案」、令和5年度電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会講演論文集、Vol.17, No.22, p.241 (2023)
- [3] Amazon Web Services、Pub/sub メッセージングとは何ですか?、<https://aws.amazon.com/jp/what-is/pub-sub-messaging>、2024/02/08.