

# Jupyter Notebook を活用した演習進捗状況リアルタイム把握ツール

横山 重俊<sup>1,5</sup> 浜元 信州<sup>1</sup> 桑田 喜隆<sup>2</sup> 長久 勝<sup>3</sup> 中川 晋吾<sup>4</sup> 政谷 好伸<sup>5</sup> 竹房 あつ子<sup>5</sup>  
合田 憲人<sup>5</sup>

**概要:** データサイエンスおよびそれを支える基礎科目(数学/数理科学/統計学/情報学など)を基盤的リテラシーと捉え、それらの教育普及に向けた全国的な取り組みが進んでいる。本研究は、各大学でデータサイエンス教育を全学展開する際の障壁となり得る課題のうち、受講生エンゲージメント向上に関連する課題に焦点をあて、その解決への取り組み策を紹介する。さらに、その提案に沿った講義・演習環境を実装し、その環境を使った教育実践したので、現状について報告する。具体的には、群馬大学における情報学分野の一講義である「クラウド入門」の中で、アクティブラーニングの取り組みの一環として、受講生の実験を埋め込んだノートブック教材を開発し、受講生主体で実験を実施している。その講義の中で、受講生エンゲージメント向上に繋がることを目論んで、各受講生の演習進捗状況リアルタイム把握ツール作成し、活用したので、その実践内容について事例を使って説明する。

**キーワード:** アクティブラーニング, 受講生実験, データサイエンス, Jupyter Notebook, クラウドコンピューティング

## Realtime Students' Experiments Progress Monitoring Tool in Jupyter Notebook Environments

SHIGETOSHI YOKOYAMA<sup>1,5</sup> NOBUKUNI HAMAMOTO<sup>1</sup> YOSHITAKA KUWATA<sup>2</sup> MASARU NAGAKU<sup>3</sup>  
SHINGO NAKAGAWA<sup>4</sup> YOSHINOBU MASATANI<sup>5</sup> ATSUKO TAKEFUSA<sup>5</sup> KENTO AIDA<sup>5</sup>

**Abstract:** Data science and basic subjects that support it (such as mathematics / mathematical sciences / statistics / informatics) are regarded as basic literacy, and nationwide efforts are underway to spread those educations. This research focuses on issues related to improving student engagement among the issues that can be a barrier when deploying data science education at all universities, and introduces measures to solve them. In addition, we have implemented a lecture / practice environment based on the proposal and practiced education using that environment. More specifically, Gunma University has developed notebook teaching materials in which students' experiments are embedded as part of active learning initiatives, such as during lectures such as "Introduction to the Cloud Computing" and students are conducting experiments mainly by students. In order to improve student engagement in the lecture, we created and utilized a real-time monitoring tool for the progress of each student's practice.

**Keywords:** Active Learning, Student Experiments, Data Science, Jupyter Notebook, Cloud Computing

---

<sup>1</sup> 群馬大学 Gunma University  
<sup>2</sup> 室蘭工業大学 Muroran Institute of Technology  
<sup>3</sup> ライフマティックス Lifematics  
<sup>4</sup> カラビナスシステムズ Carabiner Systems  
<sup>5</sup> 国立情報学研究所 National Institute of Informatics

## 1. はじめに

アクティブラーニングという言葉が使われる以前から、同様の趣旨で受講生の自主的な学修意欲を促す方法として、受講生実験の活用は様々に提案されている [1], [2]. 数学教育, 数理科学教育においてもその事例は数多く存在するけれど、筆者らが注目して来たのは実験数学 [3], [4] という方法である. 近年, この実験数学についての適用事例は広がりを見せている [5], [6], [7]. また, 「自律的学習者」を育てるための実践研究として「わからなさの共有」をキーワードとした実践例も報告されている [8].

本報告では, 講義や演習内で行う計算機実験 (以降, 実験) に注目し, 特に受講生が演習時に実施する実験の進捗状況やわからなさを把握する方法について述べる.

一方, データサイエンス分野を主なターゲットとして, ノートブックを研究や教育のためのメディアとして活用するオープンソースプロダクト Jupyter Notebook [9] の普及が国内外で進んでいる. さらに, Jupyter Notebook の教育利用に特化した拡張を行った CoursewareHub [10] と呼ばれる JupyterHub [11] をベースとした Jupyter Notebook 実行基盤の開発も国立情報学研究所クラウド基盤研究開発センターを中心に始まっている.

筆者らは, 各受講生が受講生実験を円滑に実施できる対話的メディアとして, この Jupyter Notebook および CoursewareHub に着目し, さらにそのメディアへの反応をリアルタイムに把握することでクリッカーに勝るアクティブラーニングツールとして活用できると考えた.

この様な動向のもと, 群馬大学, 室蘭工業大学と国立情報学研究所は共同で, 両大学での講義において CoursewareHub を講義・演習環境として適用する教育実践を行って来た [12], [13], [14].

本報告では, Jupyter Notebook を活用した受講生実験環境を提供し, それを利用して実験する受講生間で各自の進捗や各自の「わからなさの共有」することで, 受講生間の情報共有を促進し, 彼らの授業に対するエンゲージメントを向上させることを目論んだ教育実践について述べる.

具体的には群馬大学でプロジェクトベースラーニングなどのアクティブラーニング手法を活用した講義「クラウド入門」の中で受講生実験用教材を開発し, 受講生主体で実験を実施しているので, この講義で活用したリアルタイム実験状況把握ツールとその活用事例を中心に, その実践内容について報告する.

## 2. 背景

### 2.1 データサイエンス教育カリキュラム

「数理及びデータサイエンスに係る教育強化」の拠点校に設置されたセンターが結集した数理・データサイエンス

教育強化拠点コンソーシアムは, データサイエンス教育のための「カリキュラムサンプル」を公開している. 「カリキュラムサンプル」は, 拠点6大学で開講中の数理・データサイエンスに関わる科目のシラバスやその教材を, 協力校向けに提供する取り組みである. 「カリキュラムサンプル」として提供することになった科目は概ね学部低年次向けの科目であるが, データサイエンスの基礎科目として認識されている数学, 統計学, 情報学が含まれている.

### 2.2 アクティブラーニングの推進

アクティブラーニングの有効性が唱われ, その実践も広がっている. さらに, データサイエンス教育など基礎科目の全学展開への要求から大規模講義へのアクティブラーニング手法の適用も必要になって来ている [15].

一方, 多数の受講生のアクティブラーニング環境を少数, 場合によっては一人の講師で実現することが求められる現実がある. 筆者らがアクティブラーニングの手段として採用している受講生実験を活用する場合 [16] にも同様の要求がある.

### 2.3 各大学でカリキュラム実施する際の課題

データサイエンス教育を各大学で実施しようとした時に, 現状の大学の環境を考慮すると, 主に以下の四つの課題が存在すると考えている.

これらの課題は, データサイエンス教育を全学展開する際に様々な基礎的講義群を体系的に教育をする必要がある一方, その教育実施のために利用可能な人材, 費用, 授業時間枠などの制約が大きく, さらにはその制約の中で, 当然ではあるが, 教育の質の向上も同時に求められることから生じるものである.

#### 課題 1: 受講者エンゲージメント向上

- (1) 講義と演習の連携性
- (2) 演習環境の対話性
- (3) 受講生間の共有性

#### 課題 2: 講師側への支援機能充実

- (1) 教材開発・配布支援
- (2) 受講生進捗状況把握支援
- (3) 受講生回答回収・集約支援

#### 課題 3: 数学, 統計学, 情報学への広範囲適用

- (1) データサイエンス教育+数学教育への適用
- (2) 情報基盤教育・プログラミング教育などへの適用

#### 課題 4: 柔軟性の高く低コストな情報基盤の構築・運用

- (1) 講義・演習用情報基盤構築・運用スキルレベル低減
- (2) 講義・演習用情報基盤構築・運用コスト低減

課題 1 は, 大規模講義を全学展開するという要件から発生し, その環境でも一方通行に陥らない講義品質の確保する必要性を言っている.

課題 2 は, そのような品質を確保するために人的コスト

を増加させることは出来ないという制約のもと、講師に対する支援を情報基盤などで確保する必要性を言っている。

課題3は、そのような講義を体系的に全学共通の基礎的講義群として育んで行くために、情報基盤側と教材作成の指針（教育手法）の双方を組合わせて、統一感のある講義群とする必要性を言っている。

課題4は、各教育機関が、それぞれの事情に合わせた講義・演習環境の構築と運用のためのコストを、実施可能な範囲に止める仕掛けを作り上げる必要があることを言っている。

本報告では、課題1に焦点をあて、その解決に向けた取り組みの一つとして、Jupyter Notebookを活用した演習進捗状況リアルタイム把握ツールの開発とその実践利用について述べる。

### 3. 受講者エンゲージメント向上策

数学、統計学、情報学の講義に限らないことではあるが、講義対象となる知識範囲が広範なことに加えて、講義時間に制約があるため、どうしても概要的な説明が主体となってしまう。このため、単なる座学だけの講義では、特に全学を対象とした場合、受講側のエンゲージメントを確保するのが難しい。

この課題を克服しようと、アクティブラーニング手法を適用することを奨励されているが、実際の実践内容については各講師に委ねられている。我々は受講生実験を軸にアクティブラーニングを実践している。この受講生実験を中心に受講者エンゲージメント向上をどの様に目論見、実践してきたのか、課題1への対応策の三つの軸に沿って、(1) 講義と演習の連携性、(2) 演習環境の対話性、(3) 受講生間の共有性、の順に説明する。

#### 3.1 講義と演習の連携性

対面講義およびe-learning講義へのエンゲージメントやそれぞれの講義内容の理解の深度化のために、個人演習やグループ演習が効果的であると言われている。ただ、講義で得た知識を活用した演習実施の取り組みは、各自がそれぞれの力でハードルを越えて行くことが求められる。

本報告では、このハードルを下げ講義と演習の間の円滑な展開のために、講義と演習の間の架け橋となる媒体を用意する方針とした。今回、その媒体として想定したのは実験環境である。実験環境には、図1に示すような架け橋としての役割を期待しており、講義と演習の間にあるギャップを埋める役割を果たすように設計する。この実験環境を受講生毎に用意することで、他の受講生とは独立に、他への影響や他からの影響を気にすることなく、伸び伸びと実験することができることを目指す。

##### 3.1.1 実験の三段階

授業の流れの中での実験を、以下のように三段階の実験

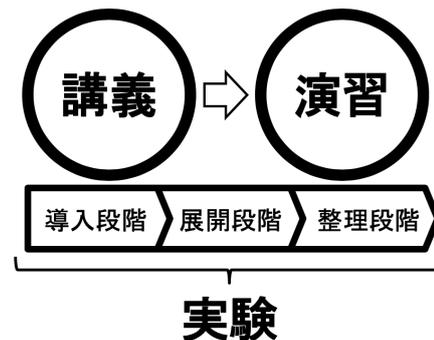


図1 講義と演習の架け橋としての実験

Fig. 1 Experiments as a bridge between lectures and exercises

として位置付ける。以下に実験の位置付けについて「何のために実験するのか（授業における実験のあり方）」[17]より一部引用する。

##### (1) 導入段階での実験

この段階では、講義の内容に則した演習実験を行うことで、受講生全体に共通の問題意識を持ってもらう。

##### (2) 展開段階での実験

この段階の中には次の3つの実験がある。  
実習の実験：講師の演習実験の追実験を含み、以降の実験が実施できるための訓練的な内容を持つ実験である。

発見的実験：漠然とした予想のもとに実験し、結果を整理し、考察する。

検証の実験：問題を把握し、それに対する予想し、それを検証するための実験を行う。

##### (3) 整理段階での実験

この段階の中には次の3つの実験がある。学習結果を整理するための実験、学習を定着させるための実験、発展的意欲をもたせる実験である。

これらのそれぞれの段階に沿った的確な実験を受講生に実行してもらうことを継続的に行うことで、受講者のエンゲージメントを向上できる可能性がある。

展開段階の実験あるいは整理段階の実験をさらに発展させることで、個人演習やグループ演習への導入とすることができると考えられるし、さらにはそれぞれの演習のアウトプットをノートブック形式で行うことで受講生間、あるいはグループ間の成果共有を促進することも狙える。

##### 3.1.2 実験実施の枠組み

実際の授業での実験実施の枠組みの例として、今回の教育実践で用いた実験の枠組みを図2に示す。導入段階での実験として、講義の中で講師が講義内容の説明後、実験内容に関係する講義スライドを挿入したノートブックを用いるなどして演習実験を行う。この際、その演習実験は模擬的な発見的実験（“発見的実験”）や模擬的な検証の実験（“検証の実験”）から構成されるようにする。

展開段階での実験では、二つのフェーズを設ける。最初

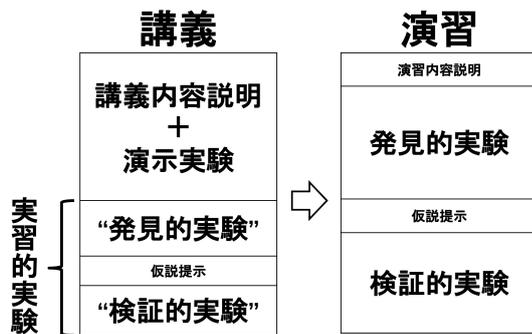


図 2 実験実施の枠組み  
Fig. 2 Experiments Phases

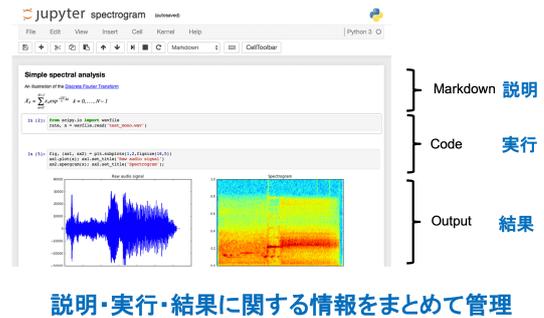


図 3 Jupyter Notebook の特徴  
Fig. 3 Jupyter Notebook Example

は講義に隣接した形での実習実験で、演示実験との差分を小さくし、その中には演示実験で行なった模擬的な発見的実験や検証的実験を含ませておく。

次のフェーズは演習に相当する部分で、受講生の方が主体的に発見的実験や検証的実験を行える設定とする。整理段階での実験は講義・演習後の課題に相当する部分での実施とする。次の講義までの間、あるいは進捗の早い受講生は他の受講生が演習に取り組んでいる時に実施することを想定している。

講義後に実施する課題の内容は、演習の内容をさらに派生・展開させたものを用いる。通常は次の講義の冒頭などに受講生間のわからなさの共有などを行いながら課題を前の授業の振り返り材料として扱うことになる。実際にはその授業の演示実験の一つとして扱うこともできる。

### 3.2 演習環境の対話性

#### 3.2.1 対話性の高いメディアとしてのノートブック利用

対話性が高く、メディアとして馴染み易いと期待できるノートブック形式を選択することで、演習環境の対話性を確保する。受講生自らが実験パラメータを変更するなど容易に行え、用意されたノートブック上で様々な実験ができる環境を、今回研究対象となる講義演習環境として用意する。具体的なノートブック形式としては最近活用が進んできている Jupyter Notebook を採用する。図 3 の Jupyter Notebook 例に示す様に説明と実行スクリプトと実行結果を一つのノートブック内でまとめて管理できる。例えば、この例の実行スクリプト部分をこのノートブック内でコピーし、その実行スクリプトから参照される実験パラメータを受講生も簡単に変更することで、派生実験を簡単に実行することができる。以上は、図 4 の左部分に示す対話性の獲得を言っている。

#### 3.2.2 実験進捗状況リアルタイム把握による対話性

各自の実験の実行状況をノートブックの実行状況として講師側でリアルタイムに把握することで、講師がその状況に合わせた受講生間の対話を持つことで両者の対話性を高めることを狙う [12], [13]。まずは、講師がその集約した

進捗情報をもとに講義や演習の速度を調整することができる。また、わからなさのパターンについても把握し、それに合わせた追加説明や追加実験の提案などが可能となる。図 4 の中央部分に示す対話性の獲得を言っている。さらには、リアルタイムな対話性にとどまらないで、次回以降の講義・演習内容に反映させたり別の機会の講義・演習へのフィードバック材料として活用して行ける。

### 3.3 受講生間の共有性

受講生間の共有として大切なことは「わからなさ」の共有であり、わからなさの中身の共有も大切であるけれど、一番大切な共有は「わからない」ことが自分だけではない、という事実の共有である。そのために図 5 に示すように講師が集約した各自の実験進捗状況や実験実施状況（「わからなさ」）を講師だけが把握するのではなく、教室全体で共有することができる仕組みを用意する。このことで「わからない」ことでの孤立を無くし、各自が積極的に実験に取り組める雰囲気づくりを狙う。図 4 の右部分に示す共有性の獲得を言っている。

今回の報告の中で教育実践例として紹介する「クラウド入門」は、アクティブラーニングの一つの形態としてプロ

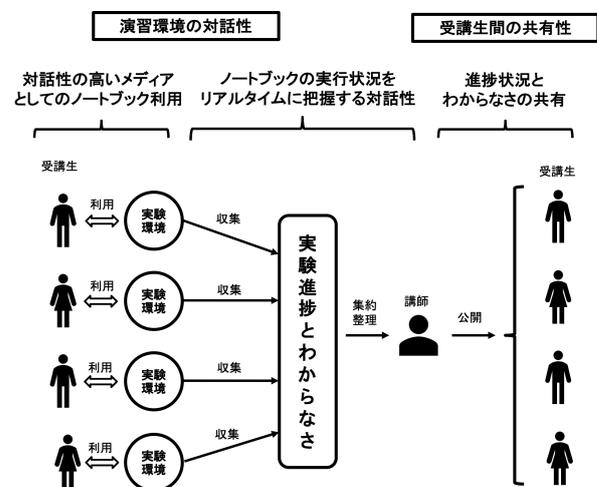


図 4 実験進捗とわからなさ共有の枠組み  
Fig. 4 Framework for syncing and sharing

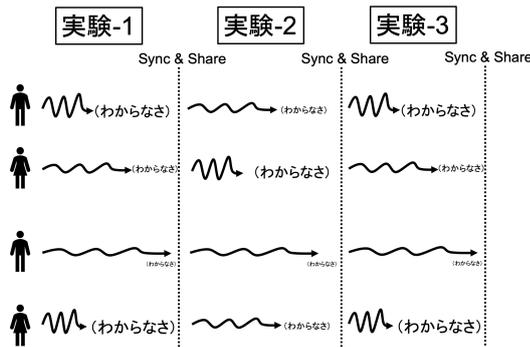


図 5 実験進行の枠組み (個人)

Fig. 5 Experiments Framework (Individual)

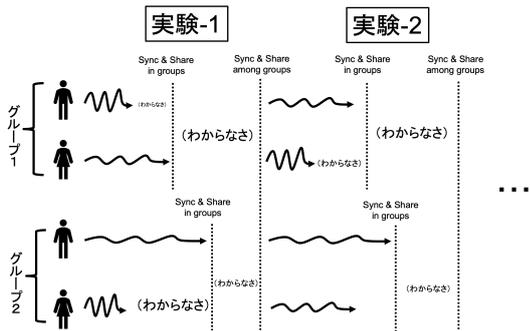


図 6 実験進行の枠組み (グループ)

Fig. 6 Experiments Framework (Group)

プロジェクトベースラーニング (PBL) を取り入れている。3人あるいは4人のグループを構成し、それぞれのグループで定めた目標に向かったプロジェクトを進める講義となっている。この講義の後半で実際のプロジェクトを進めるのであるけれど、その前半部分で、導入としてクラウドコンピューティング技術に関連する技術についての講義・演習を行うこととなる。

このような形態の講義の場合、ここまで述べて来た実験をグループメンバー間のコミュニケーションツールとしても用いることができる。このようなグループを意識した受講生間の共有性活用として、図6に示す展開が考えられる。

## 4. 教育実践例

群馬大学では、情報学分野の一講義である「クラウド入門」の中でアクティブラーニングの取り組みの一環として、受講生の実験を埋め込んだノートブック教材を開発し、受講生主体で実験を実施している。その講義の中で、受講生エンゲージメント向上に繋がることを目論んで、各受講生の演習進捗状況リアルタイム把握ツール作成し、活用したので、その実践内容について事例を使って説明する。

### 4.1 クラウド入門 (シラバス)

我々が利用する機会が増えて来ているクラウドサービスについて、その成り立ちやその動作原理について学ぶ。グ

ループでのクラウドサービスを使ったアプリケーションの構築と発表を通じて、クラウドサービスの利用方法を身につける。具体的には Linux, インターネット, Web サービス, クラウド, クラウドコンピューティングの今後, コンテナ技術を紹介し, コンテナ技術演習, コンテナ技術を利用したアプリケーション開発演習を実施した後, 発表会で各グループの成果を共有する。

[第1週 ガイダンス 演習環境設定/ 第2週 Linux/ 第3週 インターネット/ 第4週 Web サービス/ 第5週 クラウド/ 第6週 クラウドコンピューティングの今後/ 第7週 コンテナ技術/ 第8週 コンテナ技術演習/ 第9-14週 コンテナ技術を利用したアプリケーション開発演習/ 第15週 発表会]

クラウドコンピューティングまでの歴史を図7のようにとらえ, 各ステップの鍵となる技術について, 次の構成で前述の受講生実験を用いる講義・演習を構成した。前半の8週は各週前半講義・後半演習の授業であり, 後半7週はPBLとなり, グループ毎にテーマを設定してクラウドコンピューティングを用いて, 課題の解決に取り組みアプリケーションサービスを作り上げる構成となっている。

### 4.2 クラウド入門 (ノートブック教材例)

各技術項目毎に受講生実験を用意した。第5週 クラウドと第2週 Linux について紹介する。特に後者については, 3章で述べた実験実施の枠組みとの対応や Jupyter Notebook を活用した演習進捗状況リアルタイム把握ツールの活用例についても合わせて説明する。

#### 4.2.1 クラウド基盤利用実験 (第5週)

OpenStack クラウドを構築しておき, そのクラウドのダッシュボードの利用方法や実際に立ち上げた仮想マシンに ssh ログインして操作するなどの体験をしてもらう。これらの体験の後に, このクラウドをターゲットとしてクラウド API の利用実験を Notebook により図8に示すように実行する。このことでクラウド API を例に API を使ったサービス連携に触れる体験をする。

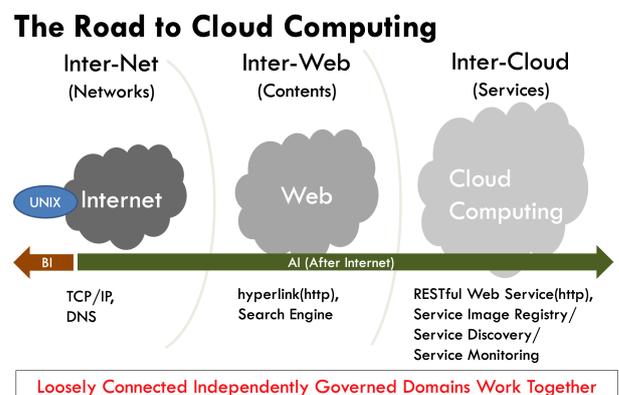


図 7 クラウドコンピューティングに至る道

Fig. 7 Road to Cloud Computing

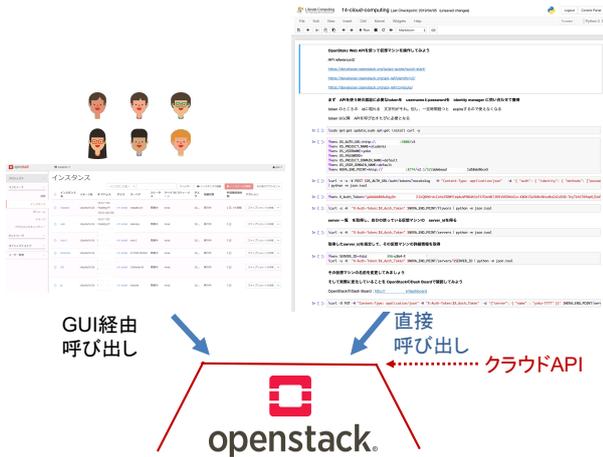


図 8 講義「クラウド入門」向け Notebook 例 (クラウド)  
Fig. 8 Notebook example for “Cloud Computing” (Cloud)

#### 4.2.2 UNIX pipe 活用実験 (第 2 週)

前述の歴史観に基づくクラウドコンピューティング技術理解の肝、サービス連携によるサービスの構築という哲学であり、その哲学を自分たちのプロジェクトを始めるまでに実体験 (実験) を通じて得てもらいたいと考えた。

その哲学の原型の一つが UNIX 哲学の「一つのことを行い、またそれをうまくやるプログラムを書け。協調して動くプログラムを書け。標準入出力 (テキスト・ストリーム) を扱うプログラムを書け。標準入出力は普遍的インターフェースなのだ。」と考え、第 2 週 Linux の中で講義部分で “UNIX: Making Computer Easier To Use – AT&T Archives file 1982, Bell Laboratories” という動画を流し、その哲学とそれを実践したスペルチェッカー構築デモについて共有した後、UNIX pipe について触れ、これを使った受講生実験を講義部分と演習部分で実施した。

講義出席確認をクラウドサービス etherpad を使っていること生かして、まず自分たちが毎週利用しているサービスを活用した UNIX pipe に関する演示実験として、この etherpad から情報を取って来て、その情報と講義履修者リストの比較を行うことを見せ、欠席者一覧を得るコマンドを動作させる演示実験と実習の実験を実施した。発見的要素は既存のコマンドを UNIX pipe で接続してだけで様々な機能を実現できることである。図 9 にその実験に使った Jupyter Notebook を示す。クラウドサービスとして etherpad を API 経由で利用した経験も講義後半の PBL への導入ともなっている。

次にこの実験の発展形になる発見的実験を複数用意して、そちらを受講生実験として実行してもらった。これらの実験のための Jupyter Notebook を図 10 に示す。各 Quiz 毎に自分が設定したコマンドを入力セルに回答として入力し、実行することで発見的実験を実施した。

この発見的実験について Jupyter Notebook を活用した



図 9 実習の実験 ノートブック教材例  
Fig. 9 Practical Experiment Notebook Example

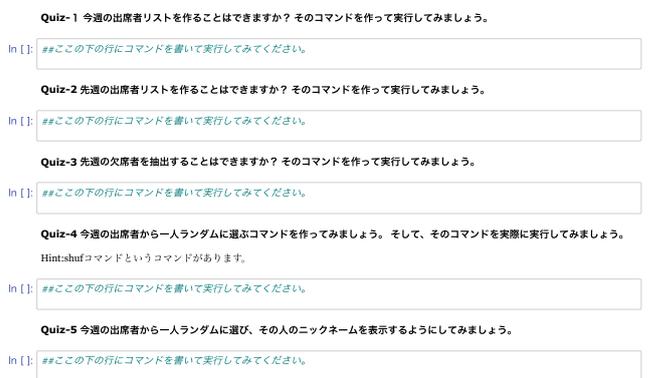


図 10 発見の実験と検証の実験 ノートブック教材例  
Fig. 10 Heuristic Experiment Notebook Example



図 11 CoursewareHub ログフォーマット  
Fig. 11 CoursewareHub Log Format

演習進捗状況リアルタイム把握ツールを適用して、受講生の実験進捗とわからなさの把握を行った。その際、活用した CoursewareHub の出力するログのフォーマットを図 11 に示す。基本的にセル毎に実行履歴が JSON 形式で保存される。セルの実行結果部分については、path で示される別ファイルに格納される。

リアルタイム状況把握のための可視化を行うために、受





図 13 リアルタイム把握ツールの活用例

Fig. 13 Jupyter Notebook Realtime Monitoring Tool

参考文献

[1] 鬼塚史朗: 理科教育における実験の意義, 物理教育 第 46 巻 第 5 号 (1998).

[2] 岩崎紀子: 棚橋源太郎の理科教授論における「実験」観 - 子どもの「自己活動」の具体化 としての「生徒実験」分析, 日本教育方法学会紀要「教育方法学研究」第 25 巻 (1999).

[3] 銀林 浩: 実験数学のすすめ: 課題に取り組む楽しい授業, 国土社 (1993).

[4] 山本芳彦: 実験数学入門, 岩波書店 (2000).

[5] 原田耕平: 世紀の科学教育における実験・観察・課題研究: 数学分野から, 日本科学教育学会年会論文集 19 巻, pp. 9-10 (1995).

[6] 清水克彦: 実験数学による創造性の育成についての検討: テクノロジーによる帰納・類比, そして推測の導入, 日本科学教育学会年会論文集 34 巻 (2010).

[7] 清水克彦, 目代充寿: Mathematica for Student を用いた実験数学の教材開発, 数理解析研究所講義録 第 1780 巻, pp. 213-220 (2012).

[8] 吉岡拓也: 「自律的学習者」を育てるための実践研究-「わからなさの共有」を通して-, 2019 年度 数学教育学会夏季研究会 (関西エリア) (2019).

[9] Jupyter: Jupyter Notebook, <http://jupyter.org/> (accessed on 01-07-2020).

[10] 国立情報学研究所: CoursewareHub, <https://github.com/NII-cloud-operation> (accessed on 01-07-2020).

[11] Jupyter: JupyterHub, <http://jupyter.org/hub> (accessed on 01-07-2020).

[12] 桑田喜隆, 石坂徹, 合田憲人, 政谷好伸, 長久勝, 横山重俊, 浜元信州: クラウドを利用した対話的なプログラミング教育環境とその評価手法の提案, 人工知能学会知識流通ネットワーク研究会第 23 回 (2019).

[13] 桑田喜隆, 石坂徹, 小川祐紀雄, 政谷好伸, 長久勝, 横山重俊, 浜元信州: Jupyter Notebook の実行履歴を活用したプログラミング演習の状況把握, 人工知能学会知識流通ネットワーク研究会第 24 回 (2019).

[14] 横山重俊, 浜元信州, 政谷好伸, 合田憲人: Jupyter Notebook を活用した情報教育実践, 情報処理学会 情報教育シンポジウム SSS2019, pp. 2-9 (2019).

[15] ジミー・ドイ: シミュレーションに基づく統計的推論とアクティブ・ラーニングの授業事例, 数学科におけるデータサイエンス (1), 日本数学 教育学会誌, 101(3), pp. 28-39 (2019).

[16] 横山重俊, 浜元信州, 政谷好伸: Jupyter Notebook を活用したアクティブラーニングへのトライアル - 暗号技術教育を例に -, 2019 年度 数学教育学会 夏季研究会 (関西エリア) (2019).

[17] にんじんハウス: 何のために実験するのか (授業における実験のあり方), <http://web.thn.jp/ninjinhouse/r-ippan.htm> (accessed on 01-07-2020).

[18] 石坂徹, 桑田喜隆, 合田憲人, 政谷好伸, 横山重俊, 浜元信州: Moodle と Jupyter Notebook の連携によるプログラミング教育環境の構築, 日本ムードル協会全国大会発表論文集 7, pp. 32-37 (2019).

[19] 川上祐子, 向後千春: ARCS 動機づけモデルに基づく Course Interest Survey 日本語版尺度の検討, 日本教育工学会研究報告集 JSET13-1, pp. 289-294 (2013).