

Jupyter Notebook を活用した情報教育実践

横山重俊^{†1,3} 浜元信州^{†1} 長久勝^{†2} 政谷好伸^{†3} 合田憲人^{†3}

概要：データ科学教育やプログラミング教育などで活用が始まっている Jupyter Notebook を群馬大学の情報関連講義群に適用した。講義演習基盤実装上の工夫と各講義で利用した Jupyter Notebook 教材作成事例について報告する。

また、昨年度末にこの基盤を自作のものから国立情報学研究所が開発している CoursewareHub に移行したので、この移行の際に必要なであった考慮点について紹介する。今後、この種の講義演習基盤の情報教育などへの活用について議論を進める材料として活用したいと考えている。

キーワード：対話的講義演習環境, Jupyter Notebook, CoursewareHub, クラウドコンピューティング

Information education practice using Jupyter Notebook

SHIGETOSHI YOKOYAMA^{†1,3} NOBUKUNI HAMAMOTO^{†1} MASARU
NAGAKU^{†2} YOSHINOBU MASATANI^{†3} KENTO AIDA^{†3}

Abstract: The application of Jupyter Notebook, which has started to be used in data science education and programming education, was applied to information related lectures at Gunma University. We report on the implementation of the lecture practice environment infrastructure at the time of this application and the creation case of Jupyter notebook teaching materials used in each lecture. In addition, since this platform was ported from the self-made one to CoursewareHub developed by the National Institute of Informatics at the end of the last fiscal year, the points required for this porting are introduced. We hope it will be useful information to promote the use of this kind of lecture and practice basis for information education in the future.

Keywords: Interactive Lecture Practice Environment, Jupyter Notebook, CoursewareHub, Cloud Computing

1. はじめに

情報教育およびデータサイエンスの全学展開が必然的な事項として認識され、これらの講義演習の大規模化にどのように対応して行くべきかについて、群馬大学を含め、各教育機関で検討が進められている。

また、群馬大学は「大学における数理・データサイエンス教育の全国展開」の協力校であり超スマート社会（Society 5.0）の基盤支援に向けて、情報数理及びデータ科学を中心とした情報学分野の教育を展開するとともに、これらの素養を持った人材の育成及び研究の推進を図ることを目的として、平成 29 年 12 月 1 日に教育研究組織「数理データ科学教育研究センター」を設置した。現在、「数理データ科学教育研究センター」が中心となり数理・データサイエンス教育の全学展開を図っている。具体的には、全学へのデータ科学教育への展開を e-learning 教材の開発やそれを実用的に実施するための基盤作りを行なっている。

一方、日本に限らずデータサイエンス教育およびプログラミング教育を主なターゲットとして、ノートブックを教育メディアとして活用するためのオープンソースプロダ

クト Jupyter Notebook などの講義演習環境の教育現場への浸透も始まっている。

2. 課題

情報講義をはじめ、どの講義も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などの実践がなされている[1]。

また、データ科学に関する知識を提供するカリキュラムを全学的に展開する要求も近年強くなってきている。基本的に現状の教員体制でデータ科学に関する講義を全学対応とするための現実的な方法として講義動画などを活用した反転授業を援用することが考えられる。この際、反転授業をスムーズに実施する方法を工夫する必要がある。さらにこれらの授業は対象受講者が大人数になることが多く、大規模講義の品質を確保するための仕組みを導入する必要もある。

さらに、カリキュラム作成上で新しく導入するデータサイエンス教育と既存の情報教育を統合することが現実的に

^{†1} 群馬大学
Gunma University

^{†2} ライフマティクス株式会社
Lifematics

^{†3} 国立情報学研究所
National Institute of Informatics

起こっていて、この統合を行うにあたって親和性を持たせた形で実現する必要がある。

3. アプローチ

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、それらの演習までの移行へは各自がそれぞれの力で大きなハードルを越えて行くことが求められる。本研究では、このハードルを下げ講義演習のスムーズな展開のために、講義と演習の間の架け橋となる媒体を用意する。今回、その媒体として想定したのは実験環境である。具体的には実験環境には、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。具体的には、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、伸び伸びと実験に興じることができることを目指す。具体的には、ギャップを小さくする目的で、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した。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 を採用した[2]。

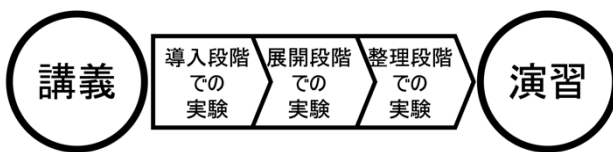


図1 講義と演習の架け橋としての実験

Jupyter Notebook は、国内外の大学で、データサイエンスやプログラミングの教材として広く使われている。例えば、Jupyter 関連プロダクトで主導的な役割を果たす Project Jupyter が英語圏におけるさまざまな取り組みをまとめた「A gallery of interesting Jupyter Notebooks」[3]や、国内の教材で公開されているものとして京都大学工学部の情報基礎演習[4]や京都大学農学部のゲノム生物学入門[5]がある。

この Jupyter Notebook 環境を活用することで前節に述べた課題について、それぞれ以下のようなアプローチで解決を目指すことが可能となる、という仮説を持って教育実践している。

3.1 情報教育講義への受講エンゲージメント向上

授業の流れの中での実験を以下のように三段階に位置付ける。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）[6]」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示実験を行うこと

で受講生全体に共通の問題意識を持ってもらう。

さらには次の展開段階での実験の模範となる必要もあり、講師が行う演示実験と同一の内容を同一のノートブックを用いて各受講生が追実験する体験を持つ時間を取ることも肝要である。

(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（訓練の実験）：講師の演示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。

発見の実験（探検の実験）：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

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。

3.2 大規模講義にも対応できる教材の作成

上記の各段階の実験の位置付けを意識し、講義内容毎に必要な教材をノートブック形式で作成する。この際、受講生の実験状況をできるだけリアルタイムに収集し、的確なフィードバックを継続的にレスポンスできるよう実験用 Jupyter Notebook への仕込みと同時に、リアルタイムのフィードバックが可能なバックエンド用の Jupyter Notebook などを用意する。

3.3 情報教育とデータサイエンス教育の親和性

元々 Jupyter Notebook 環境はデータサイエンス教育を主なターゲットして開発運用されているため、その環境を活用したノートブック教材はすでに多数開発が続けられている。今回の実験を講義と演習の架け橋とするという発想を明確に意識し、前述の各段階の実験内容を加味したものにカスタマイズさせることで、情報教育の講義とデータサイエンス教育の講義の講義演習環境およびその上で利用できるノートブックの考え方に共通性を持たせることができる。このことを通じて情報教育講義とデータサイエンス教育の親和性を達成することを目指す。

4. 関連研究

Jupyter Notebook の教育・研究への適用を行なっている事

例は数多く存在するが[7]，教育への大規模な適用例としては以下のものが代表的である。

(1) Data 8: The Foundations of Data Science [8]

UC Berkeley Data8: Foundation of Data Science コースは、推論的思考、計算的思考、そして実社会での関連性という3つの観点を組み合わせた取り組みである。現実の現象から発生するデータを考えて、その現象を理解するため、このコースでは、経済データ、文書コレクション、地理データ、ソーシャルネットワークなど、実際のデータセットを実際に分析しながら、コンピュータプログラミングと統計的推論における重要な概念とスキルを学ぶ。教科書と課題を含むコースのためのすべての材料は、Creative Commons ライセンスの下、無料でオンライン利用可能である。さらに受講生が自分の Jupyter Notebook を編集して実行するためのホステッド環境が提供されている。これは、コース用に特別に設計された Kubernetes ベースの JupyterHub の展開と、課題を受講生の環境にロードする課題サーバから構成される。

(2) Syzygy [9]

データサイエンス、計算研究、および教育リソースの重要性を認識して、PIMS(The Pacific Institute for the Mathematical Sciences) は Compute Canada および Cybera と協力して研究者と教育者をサポートするために JupyterHub プラットフォーム プロジェクト Syzygy を立ち上げた。Syzygy は、既存の大学・研究機関の認証情報を使用してクラウドでホストされている Jupyter リソースへのアクセスを提供し、計算およびデータサイエンスのスキルの開発を促進する。現在、カナダ国内16の機関(McMaster, Queen's, SFU, UAlberta, UBC, UCalgary, ULethbridge, UNewBrunswick, Ottawa, URegina, USask, UToronto, UVic, UWashington (US), UWaterloo, Yorku) でアクセス可能である。これらの機関では11,000人以上の人々向けに Syzygy は教育機関で広く使われている。

Data8, Syzygy を代表とする JupyterHub をそれらの基盤とするプロジェクトでは、Jupyter Notebook 環境をマルチユーザ化するという汎用的な機能を活用して、それに github などを課題提供用に利用するハイブリッドなシステム構成になっている。

本実践研究では、JupyterHub を教育現場のワークフローに沿ってカスタマイズ機能拡張することで講師や受講生の利用性を追求した国立情報学研究所が開発している CourseraHub[10, 11]を実践適用し、その実用性および利便性について評価した。

5. 実践1(独自実装: 2016-2018)

群馬大学で2016年度から2018年度まで実施した情報教育講義について、そこで用いた Jupyter Notebook を活用した講義演習基盤の特徴および各情報教育講義における教材

作りでの工夫点について以下に述べる。その前に具体的な対象となる情報教育講義の概要を説明する。

5.1 群馬大学で実施する情報講義例について

群馬大学内で筆者ら自身が関係する情報関連講義は以下の5講義である。それぞれの講義内容を簡単に説明する。

(1) 情報(学部)

コンピュータやインターネットの仕組みを理解するとともに、情報倫理についての考えを深めることをねらいとし、具体的には情報倫理、情報社会、コンピュータの仕組み、データ、インターネット、メールとウェブ、について紹介する。

(2) コンピュータネットワークとセキュリティ(学部)

コンピュータネットワークやセキュリティ技術がどのように動作するのかを具体例を使って学ぶ。具体的にはコンピュータネットワーク概要、オペレーティングシステム、ネットワーク機能、セキュリティ機能、インターネットの全体像、LANの基本技術、WANの基本技術、ルーティング、DNS、電子メール、Webサービス、暗号技術、セキュアネットワーク、Cloud Computing、コンピュータネットワークとセキュリティの今後、について紹介する。

(3) クラウド入門(学部)

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。

(4) 医学基礎実習(大学院)

研究、実験を進めるために必要な基本的知識、および実験技術の原理の一つとして情報の管理と倫理について紹介する。

(5) セキュリティ特論(大学院)

暗号の背景となる代数学、数論の基礎理論から、暗号の応用に至るこれらの技術を学ぶ。さらに事例研究と演習を通じてそれらを実践的に習得する。具体的には以下の項目を実施する。インターネットセキュリティ概説(インターネット上の脅威/インターネットセキュリティ実現に向けて)、暗号化技術(共有鍵暗号/公開鍵暗号/暗号解読)、認証技術(電子認証の種類/認証レベル)、認証機関(認証機関の役割/認証機関の構成と仕組み/認証機関のコンポーネント)、セキュア通信(暗号系プロトコル/VPN/セキュアHTTP/VLAN/Firewall)、事例研究と演習。

5.2 独自実装した講義演習基盤について

比較的大規模な物理マシンをホストマシンとして利用し、そのホストマシンの上に各受講生用の Jupyter Notebook

を用いた実験環境を **Docker** コンテナとして受講生数分起動する。初回の講義前に講師側で一括して受講生全員分のコンテナを起動しておく。図 2 にコンテナ m 番からコンテナ n 番までの $(n-m+1)$ 受講生数分のコンテナを立ち上げた様子を示す。各受講生むけのコンテナごとにポートマッピングする外部ポート番号を変化させることで受講生が異なるコンテナにアクセスできるようにする。例えば $10000+m$, $10000+m+1, \dots, 10000+n$ という外部ポート番号を使う設定などを利用する。各受講生がどのポート番号を使うのかについては初回講義の際などに **etherpad** などの情報共有ツール上で先着順に取り合うことで割り振っている。各自に割り当てられたポート番号を指定することで自らのコンテナにアクセスし、事前に教えられているパスワードを入力することで **Jupyter Notebook** を用いた実験環境へログインし、実験を実行できるようになる。

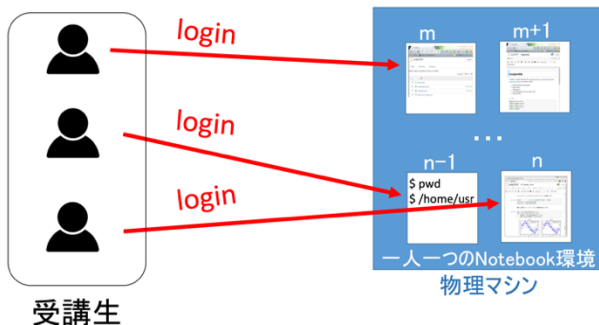


図2 講義演習基盤

また、図 3 に示すように各コンテナ内の `home` ディレクトリ配下の `work` ディレクトリをホストマシンの `/works` 配下の各コンテナに対応したディレクトリ `/works/m`, `/works/(m+1)`, ..., `/works/n` にボリュームマウントしておく。

このことでホストマシンにアクセスできる講師が受講生に容易に自らが開発した Jupyter Notebook などの教材を即時に配布することが可能となる。また、逆に受講生配布された Jupyter Notebook を編集した際に、その Jupyter Notebook およびそれと関連するファイルの変換をリアルタイムにモニタリングすることが可能となる。

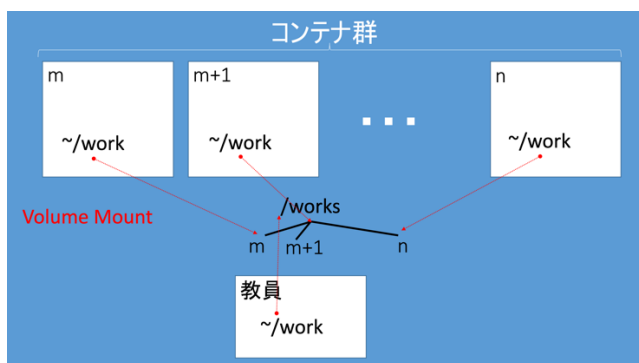


図 3 受講生の Jupyter Notebook 群を講師が制御する方法

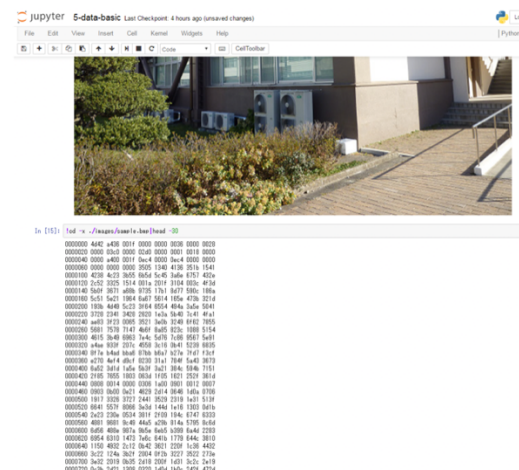
5.3 情報教育用 Jupyter Notebook 教材作成

群馬大学で実施している各講義について，Jupyter Notebook を活用した教材作りで実施した工夫点とともに具体的な Jupyter Notebook 例について以下に述べる．

(1) 情報

データに関する講義の中で画像データのコンピュータ内での表現形式について説明した後、各自実際に画像データのファイルの中身を覗き込む実験をしてもらう。図4に示すように、実験自体は実際のファイルを `od` コマンドで読み込む操作を体験となる。読み込んだ際に取得した16進数の値を特定のピクセルについてクイズの回答として入力してもらい理解の確認をする。また、画像データを取り替えて同様のコマンドを走らせて画像データ部分の値の変化を見てもらう。

また、担当しているクラスの受講生が全員医学部所属であるので医学部の受講生に対応した教材としてリアルな医療関連情報として遺伝研が提供している公開ゲノムデータベースにアクセスして、データ分析を行う Notebook を使った実験も取り入れた。



画像ファイル

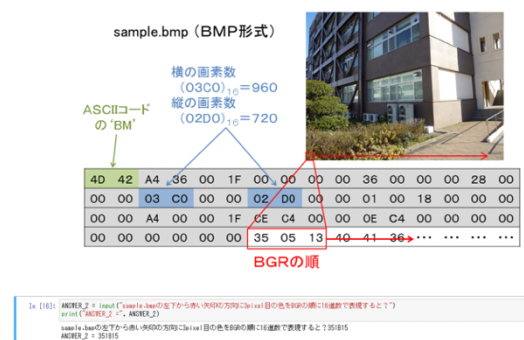


図4 講義「情報」向け Notebook 例(1)

<https://github.com/jxta/2019-lectures/blob/master/2019-lectures/notebooks/med/5-data-basic.ipynb>

また別の回の Web サービスに関する講義の後に図 5 に示すように、自らが Web サービスを立上げる実験を行う。この際、各受講生が自分の Web サービスに自分のブラウザからアクセスするなどするためにポート 80 もポートマッピング

ングにより外部ポートからアクセスできるように設定しておく。例えば、 $18000+m$, $18000+m+1$, ..., $18000+n$ という外部ポート番号を80にポートマップする設定にして利用する。具体的にはWebサーバのインストール、Webサーバの起動、Webページの編集、Webサーバのログデータの閲覧、JavaScriptを含むページの実行とJavaScriptの簡単な編集によるプログラム動作の変更を実験してもらう。

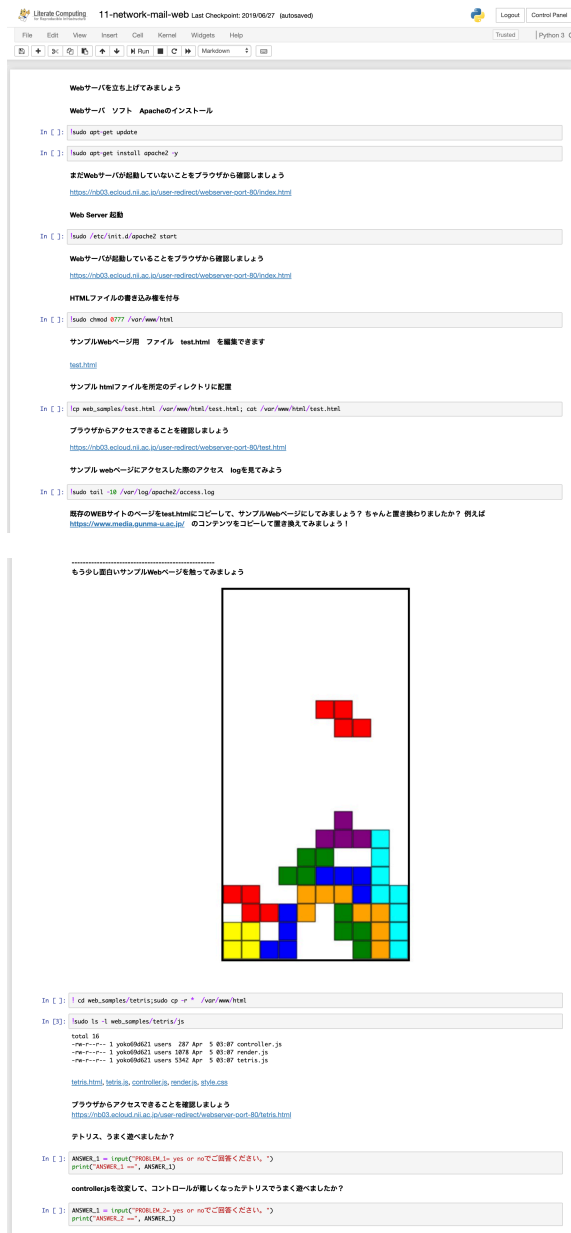


図5 講義「情報」向けNotebook例(2)

https://github.com/jxta/2019-lectures/blob/master/2019-lectures/notebooks/nw_sec/11-network-mail-web.ipynb

(2) コンピュータネットワークとセキュリティ

鍵交換プロトコルや公開鍵暗号方式についての仕組みを説明した後、それらについて数値計算をして実際に説明した通りの動作が起こる様子を再現する実験を体験してもらう。

図6に示すように、セキュリティ上実用的なサイズの数

値ではなく最初は小さな数値で模擬実験を行うことから始める。利用する数値を変更させて原理が変わりなく有効に機能することを派生実験により体験する。

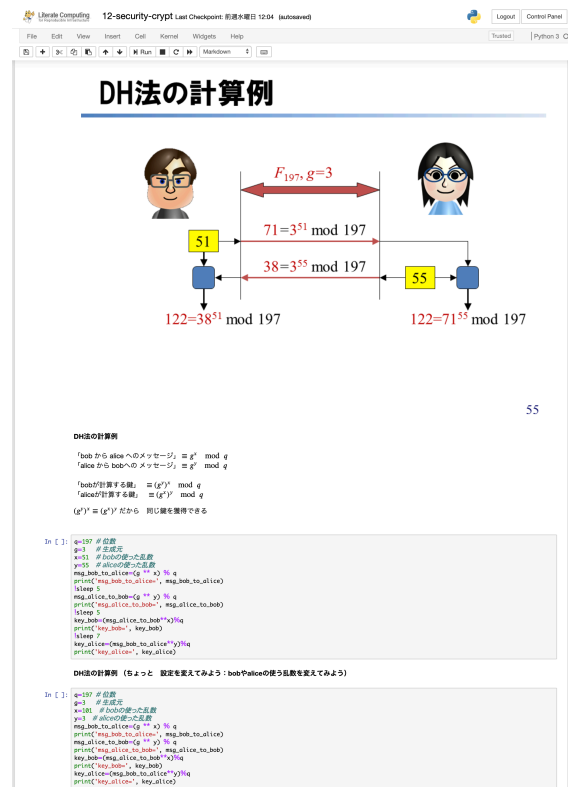


図6 「コンピュータネットワークとセキュリティ」向けNotebook例

https://github.com/jxta/2019-lectures/blob/master/2019-lectures/notebooks/nw_sec/12-security-crypt.ipynb

(3) クラウド入門

OpenStack プライベートクラウドを同一ホストマシン上に all-in-one で構築しておき、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プライベート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7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実験を体験する。

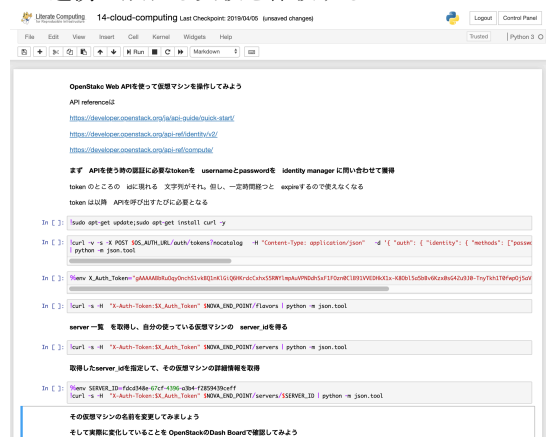


図7 講義「クラウド入門」向けNotebook例

<https://github.com/jxta/2019-lectures/blob/master/2019-lectures/notebooks/cloud/14-cloud-computing.ipynb>

(4) 医学基礎実習

機械学習に関する紹介のために文字認識に関する Notebook を実行する実験を体験してもらう。

(5) セキュリティ特論

暗号通貨に関する仕組みを講義した後、具体的な暗号通貨の例として bitcoin を紹介し、そのネットワークを分析するための Notebook を実行する実験を体験してもらう。

6. CoursewareHub の紹介

本章では次章で実践 2 として今年度から活用している CoursewareHub を使った教育実践について述べるため、まず CoursewareHub とは何かを紹介する。

6.1 CoursewareHub とは

規模がスケールするプラットフォームを提供することを目的としている JupyterHub に対して、国立情報学研究所では、講義・演習の準備から実施までに渡る煩雑な講師の作業負担を軽減することを目的として以下のような機能追加、拡張を実装した CoursewareHub を開発した[10, 11]。

Jupyter Notebook 環境は、個々人が研究環境として構築し利用するためのリソースは良く整備されている[12]。しかし、複数の受講生に対して演習環境として提供する場合、アカウントの管理や、実行環境の分離など、いくつかの機能が不足している。

これに対する答えとして、Project Jupyter は、JupyterHub[13]を開発した。JupyterHub には複数のアカウントを管理するとともに、アカウント毎に分離した実行環境を多数並列に提供するなど機能がある。しかし、JupyterHub は汎用的な Jupyter Notebook 環境提供基盤であるため、講義・演習のライフサイクル全体をカバーするには至っていない。

- 講義・演習内容に合わせた実行環境の作り込みを含む教材の準備
- 教材の配布・更新
- 課題の回収
- 学習活動の分析

などの機能が備わっていない。このため、実行環境の作り込みにエンジニアの支援が必要となったり、GitHub など外部のリポジトリを通じて教材を配布する必要があったり、教材の軽微な誤りを見つけて修正しても迅速に再配布する手段がなかったり、いくつかの場面で不便がある。

6.2 JupyterHub 上へ講師用コンテナを配備する機能

通常の JupyterHub には、受講生用 Jupyter Notebook 実行環境をコンテナとして演習時に多数配備する機能があるが、演習用の教材は講師が独自の環境で開発する必要がある。また、教材のテスト等は実際の演習環境である JupyterHub 上で行う必要がある。CoursewareHub ではひとつの JupyterHub の中に、講師用の開発環境と受講生用の演習環境を並立させている。演習時に受講生が Web ブラウザ経由

で受講できるだけでなく、講師も Web ブラウザ経由で Notebook 教材をサーバ/クラウド上で作成することができる。また、講師用開発環境のコンテナイメージから直接、受講生用の演習コンテナイメージを生成するため、開発環境と演習環境の差異がない。講師はコンテンツの作成に専念できる。

6.3 受講生のアカウントを管理する機能

利便性の高い「学認 mAP」[14]を活用した認証連携を可能としている。受講生は学認の SSO (Single Sign-On) を用いて認証され、CoursewareHub 上の講義・演習を履修することができる。CoursewareHub では学認 mAP を利用した際に送信されてくるグループ属性値を元に、講義・演習の利用を認可するようにしている。

6.4 講師のワークフローをサポートする機能

通常の JupyterHub を用いた演習では GitHub などのリポジトリに教材を配置し、各受講生が自ら JupyterHub 環境に取り込んで演習を実施する。いったん GitHub から git clone 実行し、ローカル環境経由で教材をアップロードするなどの受講生の作業が必要となる場合が多く、受講生には一定のリテラシが求められる。また、講師は予め教材を用意し事前にリポジトリ登録しておくことが求められる。さらに、演習で独自のアプリケーションを用いる場合は、そのアプリケーションを組み込みカスタマイズしたコンテナイメージを講師が予め作成し (Docker イメージのビルドノウハウが必要)、JupyterHub の運用担当者にイメージの登録を依頼する、あるいは、演習時間の一部を割いて各受講生にアプリケーションのダウンロードとインストールを実施させるなどの付加的な作業が必要にもなる。

CoursewareHub では、先に説明した講師用の開発環境コンテナから、講師が自ら作成した教材を、自ら各受講生のコンテナに配信する機能がある。演習の途中で教材を更新・追加配信することも容易に実施できる。

6.5 受講生の演習実施履歴を収集する機能

CoursewareHub では全受講生の履歴を一元的に収集することが可能である。収集した実施履歴を用いることで課題として配布した Jupyter Notebook に対して、各受講生がどこまで試行したかの経緯を観察することにより、受講生の進捗度合いを演習実施時に把握する、課題毎に要した時間を集計することにより課題の難易度を評価するなどの、分析が可能になると考えている。

7. 実践 2 (CoursewareHub 利用 : 2019-)

実践 1 の実施期間と並行して、国立情報学研究所では前節で紹介したように JupyterHub を教育現場のワークフローに合わせたカスタマイズや機能追加を行った CoursewareHub の開発が開始された[14]。このため独自開発の環境を使い続けることはやめて 2019 年度から CoursewareHub を活用することとした。具体的には実践 1

で利用していた Jupyter Notebook をはじめとする教材を CoursewareHub へ移植した後、2018 年度まで実施していた講義が実施可能であることを確認し、講義実施に入った。

7.1 CoursewareHub の利用設定

同時登録利用者が 200 名程度になるため、大凡の利用負荷を想定して 30 コア、100GB メモリの仮想マシン 2 台に負荷分散させる構成とした。また、認証系については学認 mAP と群馬大学 IDP により構成した。受講生および講師は事前にこの CoursewareHub に対応した学認 mAP 内のグループに登録することで、いつも使っている群馬大学全学認証 ID とパスワードで CoursewareHub にアクセスでき各自の環境にログインできる設定とした。

7.2 既存 Notebook 教材の CoursewareHub への移植

2018 年度まで利用していた Jupyter Notebook 教材をまず CoursewareHub へ移植する作業を進めた。移植後、例年行なっている Notebook 教材の改善とアップデートを行う手順とした。ここでは移植時に得られた主な知見について報告する。

当然コンテナイメージとして構成されたほぼ同様の Jupyter Notebook 実行環境を利用するため、ほとんどの Jupyter Notebook はそのまま手を入れずに移植できるという前提で移植作業を行った。ただ、移植対象が情報基盤に関する講義内容であり、それに沿った Jupyter Notebook 教材であるため、データ分析やプログラミング学習に比べてネットワーク構成の差や実行環境のオペレーティングシステムに依存した部分などについていくつかの変更を加える必要があった。

(1) Web サーバへのアクセス方法

既存環境ではポート 80 に対応する外部ポートを受講生毎に決め、それを各受講生向けコンテナ起動時にポートマッピングすることで Web サーバへのアクセスを実現していた。このポート情報も各受講生が使う Notebook 内で利用した。CoursewareHub ではこのポートマッピングが実装できないため Jupyter-server-proxy [15]を使った実装とした。

この変更に伴い Web ページを指定する URL を構成する文字列生成の仕方も変更した。

(2) /etc/services の設定差への対応

一部コマンド実行ができない不具合に対応するため必要な記述を追加した。

(3) Jupyter のバージョン差への対応

Mark down 記述に関する仕様変化に対応した Notebook 改変を実施した。

7.3 移植後の環境で講義実施

2019 年度前期講義として「情報」、「コンピュータネットワークとセキュリティ」を実施中であるので、この教育実践状況について報告する。「情報」については 2 クラス、「コンピュータネットワークとセキュリティ」については 1 ク

ラスを担当しており、それら全てで移植後の講義演習環境を毎時間活用している。各クラス 55 名程度受講している講義であり講義時間の前半 60 分程度を講義時間として、後半 30 分程度を実験時間としてその回の講義内容に対応した Jupyter Notebook を活用して実験を行う。

4 月から 5 月の 2 ヶ月間の実施に過ぎないが、この間得られた知見を以下に述べる。

(1) 認証関連

初回授業前に当該学認 mAP グループへの登録を促す招待メールを送付した。想定されたことではあるが、初回講義前であるので招待メールの内容だけではナビゲーションが十分でないこともあり、全員が初回講義前にグループ登録と自分の環境の立ち上げまで完了するという状態まで持って行けなかった。実際、未登録の受講生などをモニタリングしながら招待メールの再送や他のメールでのナビゲーションを実施したが全員を誘導することはできず、その人たちについては初回講義の際にサポートしながら登録と環境の立ち上げを実施することとなった。

(2) リソース制限

昨年度までは講義実施時などのピーク時以外は講義演習環境として確保しているマシンリソースを受講生に使ってもらって発展的な実験を行なってもらいたいという思いから、各コンテナに対するリソース制限をあえて設定していなかった。この間、特にそれでも問題なく講義運用および講義時間外の運用ができていた。

今年度についても同様な考えから CoursewareHub へ移行後も各コンテナへのリソース制限をかけないで講義を開始した。実際には一つの講義の初回講義の実験時間に 1 名の受講生が Jupyter Notebook の terminal 機能を用いて簡単なスクリプトを走らせ 1 台の仮想マシンのリソースを使い切る“実験”を実行したため、本人はもとより他の受講生および講師も CoursewareHub が利用不能な状態となり実験時間を中断する事故が発生した。

このため、現在は各コンテナ当たりに割り付けるリソースに制限設定がなされている。

(3) 既存 Jupyter Notebook を利用した講義

特に問題なく講義実施が来ている。

8. 評価

8.1 実践 1 (独自実装 : 2016-2018) について

受講生の実験実施は確実なものとして定着して来ている。少なくとも Jupyter Notebook の実授業での運用が可能であること。200 人程度の同時登録、60 人程度の同時利用においても 1 名の講師の稼働で運用できることは確認できた。ただし、これが当初の講義と演習の架け橋となって教育的効果につながっていることの確認まで評価が出来ないまま試行錯誤を繰り返して、実践 2 に移行した。

8.2 実践2 (CoursewareHub 利用: 2019-) について

実践1と同様の規模での運用が可能であることを確認できた。また、実践1で開発した Jupyter Notebook 教材の移植も大きな問題が無く実施できることを確認した。CoursewareHub を利用することで講師がその上で教材を作成し動作確認することや、必要に応じて利用するコンテナイメージの更改が簡便に行えることを確認した。また、確認用の受講生アカウントを利用することにより、教材の作成と受講生モードでの動作確認のワークフローがスムーズに実施できた。これらのワークフローを支えるためのツールも Jupyter Notebook で記述されていることは各教育実践現場の事情に合わせて、それらのツールをカスタマイズできる可能性を持っている。実際、実践2においても提供されている回答収集用 Notebook を改造し利用した。

但し、やはりユーザのグループ登録などの事前作業が実践1に比べて一部の受講生には負担になり個別の支援が必要であった。

なお、二つの実践ともに教育現場での各受講生の参加度は向上し、受講生間のコミュニケーションも増大していることは事実であるけれど、それらが教室全体に対する質問や提言などの形として現れる事例はまだ少ない。現状は講義時間が主体となる構成であるため、教室内の受講生がそういう状態に到達する前に講義時間が終了してしまっていることが阻害要因となっている可能性もある。このため、講義時間内の実験実施時間への配分や受講生への動機付けなどさらに教育実践における改善を進める必要がある。

9. 今後の取組み

9.1 実験を架け橋とする仕組み

これまでの Jupyter Notebook 開発や、それを使った教育実践の際に講義時間内に実施した実験内容や実験結果のクラス内での即時の共有をいくつか試行し、実感として、架け橋となるメディアとして Jupyter Notebook 教材を発展させるための一つの方向として有望であると感じている。今後は受講生や講師が実施する実験のリアルタイムでの共有とそれに対するフィードバック活動の充実していきたい。このため、全体の進捗状況の把握や実験内容や実験結果の即時の共有ができる仕組みを発展させる。大規模授業やリモート授業にも対応できることが必要であるので、それを考慮し発展させて行きたい。[16,17]

9.2 教育効果に関する評価

この種の Notebook 教材を利用した実験環境の利用を促進するためには本来の目的である教育効果についての一定の評価結果を提示する必要があると考えている[18]。

9.3 講義演習環境の基盤

この活動を支える CoursewareHub を中心とする講義演習環境の教育機関での利用導入へのハードルを下げるためには上述の活動に合わせて、その基盤自身へのアクセスを容

易化する必要がある。このため利用時にオンデマンドで CoursewareHub などクラウド内に簡単に構築し利用できる仕組みが必要である。この方向で実施可能であると考えているのは国立情報学研究所が開発する学認クラウドオンデマンド構築サービス[19]を活用した CoursewareHub である。

10. おわりに

CoursewareHub の開発・運用および教材移植への支援・貢献をいつも積極的に行なっていただくカラビナシステムズ 中川 晋吾, e-ambition 谷沢 智史さんに感謝いたします。

参考文献

- [1] 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會論文集 / 34 巻 (2010) .
- [2] "Project Jupyter": <https://jupyter.org/>, (参照 2019-07-03).
- [3] "A gallery of interesting Jupyter Notebooks": <https://github.com/jupyter/jupyter/wiki/A-gallery-of-interesting-Jupyter-Notebooks>, (参照 2019-02-26).
- [4] 「京都大学工学部 情報基礎演習」: <https://github.com/Johokiso-enshu/textbook>, (参照 2019-07-03).
- [5] 「ゲノム生物学入門」: <https://github.com/CropEvol/lecture>, (参照 2019-07-03).
- [6] 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-i-jikken-arikata.html>, (参照 2019-07-03).
- [7] A Gallery of JupyterHub Deployments: <https://jupyterhub.readthedocs.io/en/stable/gallery-jhub-deployments.html>, (参照 2019-07-03).
- [8] Data8: <http://data8.org>, (参照 2019-07-03).
- [9] Syzygy: <http://syzygy.ca>, (参照 2019-07-03).
- [10] 長久勝, 政谷好伸, 合田憲人. Notebook による講義・演習環境の開発. 第27回教育学習支援情報システム研究会 2019年3月22日 情報処理学会
- [11] "CoursewareHub": https://github.com/NII-cloud-operation/CoursewareHub-LC_platform, (参照 2019-07-03).
- [12] "Teaching and Learning with Jupyter": <https://jupyter4edu.github.io/jupyter-edu-book/index.html#acknowledgments>, (参照 2019-07-03).
- [13] "JupyterHub": <https://jupyter.org/hub>, (参照 2019-07-03).
- [14] 「2011年度 SINET & 学認説明会 学認最新 R&D 報告」: <https://www.sinet.ad.jp/wp-content/uploads/2018/11/4-gakunin-R-D.pdf>, (参照 2019-07-03).
- [15] Jupyter-server-proxy: <https://github.com/jupyterhub/jupyter-server-proxy>, (参照 2019-07-03).
- [16] 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回研究会, 2019-03-08.
- [17] 石坂徹, 桑田喜隆, 合田憲人, 政谷好伸, 横山重俊. Moodle と Jupyter Notebook の連携. MoodleMoot Japan 2019, 2019-03-01.
- [18] Vinitra Swamy, Pedagogy, Infrastructure, and Analytics for Data Science Education at Scale: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2018/EECS-2018-81.pdf>, (参照 2019-07-03).
- [19] 学認クラウドオンデマンド構築サービス: <https://cloud.gakunin.jp/ocs/>, (参照 2019-07-03).