

# 数理・プログラミング教育のための クラウド教育システム開発の取組報告

齋藤裕<sup>\*1</sup>, 劉雪峰<sup>\*1</sup>, 池浩一郎<sup>\*1</sup>, 田中一成<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>新潟大学, <sup>\*2</sup>早稲田大学

## A Report on Cloud Education System for Mathematical and Programming Education

Yutaka Saito<sup>\*1</sup>, Xuefeng Liu<sup>\*1</sup>, Koichiro Ike<sup>\*1</sup>, Kazuaki Tanaka<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>Niigata University, <sup>\*2</sup>Waseda University

本稿では、クラウド教育システム（Cloud Education System : <https://www.ces-alpha.org>）の開発と実際の授業での使用例について報告する。本システムは、非対面授業への対応と教育 DX といった環境変化の中で数理・プログラミング教育を担当する教員の負担軽減と教育の質の向上を目的とした学習支援プラットフォームである。はじめに、本システムで解決が見込まれる具体的課題と、それら課題を解決する本システムの仕様と機能を述べる。次に、本システムを新潟大学の正課授業で利用した事例を報告する。

キーワード: 事例報告, クラウド技術, 数式処理, 教育システム, オンラインプログラミング環境

### 1. はじめに

本稿では、非対面授業とデジタル化の観点から、数理・プログラミング授業における①教員の作業負担の増大, ②教育の質の確保の二つの課題に対し、著者らが開発したクラウド教育システム（Cloud Education System : <https://www.ces-alpha.org>, 以下 CES）による課題解決に向けた取り組みを報告する。

2020 年の COVID-19 の世界的流行によって、教育をはじめ社会活動の形態は大きく変化した。大学教育では、文部科学省の令和 3 年度授業方針の調査<sup>(1)</sup>によると 6 割強の大学が一部の授業を非対面で実施している。同調査によると、「実技・実習系の授業が多い学部では対面授業が多い」とする回答が多いという報告があり、非対面では実施できない授業をやむを得ず対面にする現場の様子もうかがえる。また、COVID-19 への対応に限らず、「デジタルを活用した大学・高専教育高度化プラン」「大学教育のデジタル化・イニシアティブ」といった教育 ICT や大学 DX に関連した取り組みも活発化している。

このように現場では非対面授業が実施されてはいるものの、非対面授業やデジタル化に沿った教育環境の整備は未だ探索的である。プログラミング実習系の非対面授業では、実行環境の違いもあり学生ごとに個別の対応を行う場面も多いが、オンライン会議システムを代替的に使用している場合、十分な対応は困難である。また数学系の授業では、数式入力・内部処理に対応した教育システムは少なく、既存のいわゆる選択式の出題システムで代替的に実施する、手書きのレポートをスキャンして提出させるといった手法がある。これら代替的な手法では、①手順が増え教員・学生双方の作業負担が増大する、②環境制約によって教育の質が相対的に低下することが課題となる。

2020 年からは、COVID-19 による環境変化と関連した非対面授業やデジタル化に対応する教育技術・システムの開発研究報告がみられる<sup>(2)(3)</sup>。これまで蓄積されてきた個々の取り組みや研究報告は興味深いものの、それら新しい教育環境を組織的に導入しようとする場合には有用性だけでなく利用サポート

体制や持続可能性も実務上無視できない課題である。

本稿の構成は次の通りである。2章では、CESの概要と特に課題解決に資する機能について説明する。3章では、各機能と課題解決とをつなぐ運用について、新潟大学の数学系の授業とプログラミング演習の授業でCESを利用した事例を述べる。4章では、本稿のまとめと、研究開発したシステムの利用拡大に向けて周知活動を行った際に顕在化した課題を共有する。

## 2. CESの概要

### 2.1 CESの機能と構成

本稿で取り上げるCESは、クラウド技術を活用した教育ツールとして2015年に新潟大学の劉研究室で開発され、2021年度現在まで継続的に授業利用と機能改善を続けている。

CESの機能は大きく分けて次の六つである：

- ①授業作成・参加登録；
- ②レポート提出・採点；
- ③アンケート集計；
- ④自動出題／自動採点；
- ⑤オンラインプログラミング；
- ⑥質問応答／TAサポート。

①～④は基幹となるLMS, CMS機能にあたる。次に、CESのシステム構成を図1に示す。

システムは全てクラウド上で運用されており、上記

機能のうち①～④および⑥はクラウドストレージサーバーで管理・動作し、⑤はGoogle Cloud Platform<sup>(4)</sup>（パブリッククラウドサービス）と契約し各ユーザーの利用の際に仮想計算機を立ち上げて利用する仕組みである。仮想計算機のユーザーデータと初期設定はクラウドストレージで管理しており、実行環境やファイルをクラウド上で管理している。ユーザーは一般的なWebブラウザからCESにアクセスし、ブラウザ操作によって各種機能およびオンラインプログラミング環境を利用できる。

### 2.2 CESの技術的要素とその特徴

CESの技術的要素は二つある。一つ目は、クラウド上の仮想計算機サーバーの管理システムを授業管理と連携させていることである。

二つ目は、Python<sup>(5)</sup>のSymPyライブラリ<sup>(6)</sup>を内部処理に用いていることである。これにより、入力した数式に対し同値性判定の処理を行うことが可能である。例えば、答えが「 $2(x+1)$ 」であるような問題に対して、「 $2x+2$ 」と入力しても正答と判定できる。教員は数学記号を用いた演習問題を柔軟に作成することができ、教授戦略を広げるとともに、自動採点によって作業負担の軽減を実現している。また、作題時にパラメータ変数を設定することで問題にランダムな変化を与えることができるため、学生間での解答共有といった不正

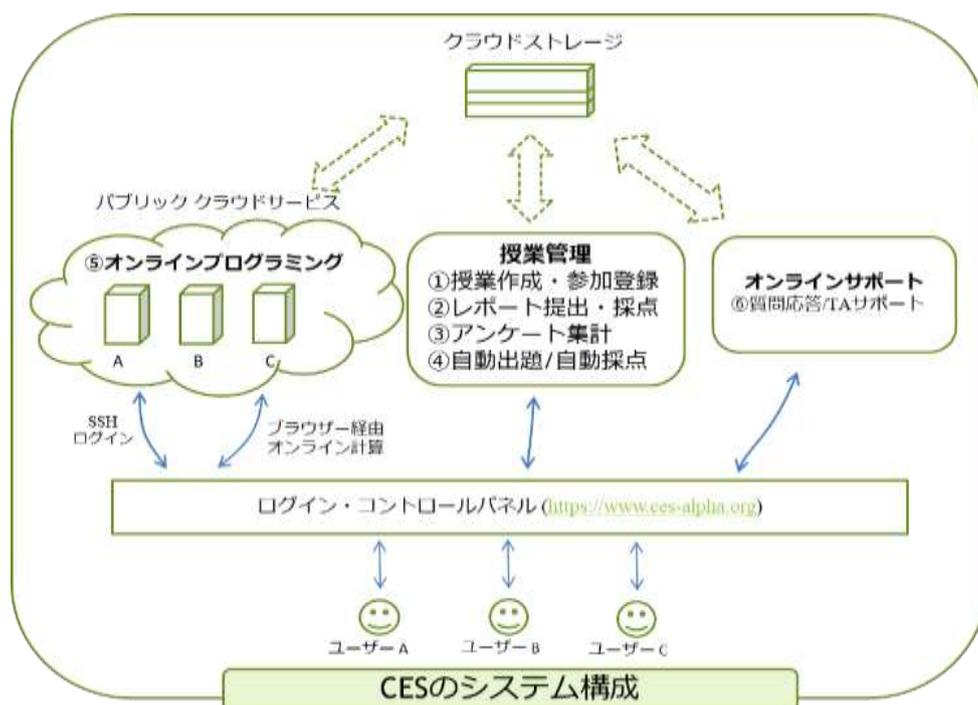


図1 CESの機能と構成概念図

の抑制と反復学習が可能である。本来 SymPy での入出力には多少のプログラミング知識を必要とするが、CES ではこれまでの学生の入力例から独自の入出力エンジンを開発し、入力ミスによる誤答(学習ノイズ)を軽減する仕組みを取り入れている(図2)。

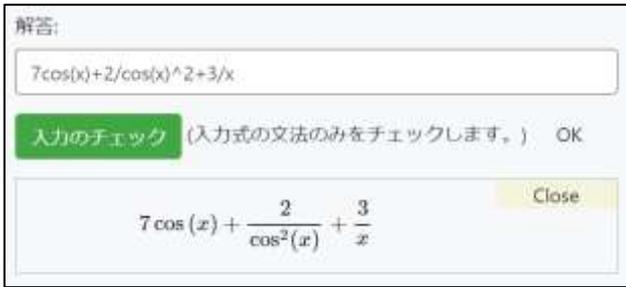


図2 解答画面の入力チェック機能

### 3. 授業での利用事例

#### 3.1 プログラミング演習授業での利用事例

本節では、新潟大学のプログラミングの演習科目である「計算機演習 A・B」において CES を利用した事例を報告する。同科目は Python 言語でプログラミングを学習する授業であり、2018 年度から大学所有の PC 端末で CES のオンラインプログラミング環境を利用した対面授業を実施している。2020 年度に非対面授業となった際には、個人所有の PC 端末の学外任意ネットワークからの利用を認めた。CES はクラウドを利用したオンラインプログラミング環境を提供しているため、システム環境・個別端末環境とも設定変更や導入が不要であり、非対面化の影響はほとんどなかった。

特に担当教員と TA から好評だったのは、質問応答/TA サポート機能である。この機能は、学生による質問および教員や TA による応答を授業中リアルタイムのチャット形式で行えるものであり(図3)、質問した学生の作業ファイルを教員や TA が直接閲覧・操作し、非対面では発見が難しいタイプミスや参照バグを即座に見つけることもできる。

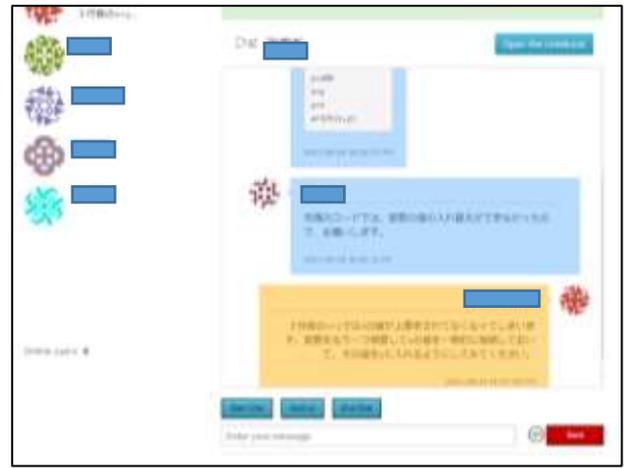


図3 質問応答画面

学生に対する授業評価アンケートでも 2019 年度と 2020 年度とで非対面化による影響は小さく、さらに CES の機能を評価する回答がみられた。担当教員および TA に対するヒアリングでも非対面化の影響はほとんどなく、教育支援ツールとして強力に機能した点が非常に好評であった。

運用コストも比較的安価に抑えられたことを補足する。CES は Google のクラウドサーバーを利用しており、請求額は従量制となっている。2020 年度の当該科目の請求額は、約 50 名が 16 回の授業で利用した 4 か月間で約 400USD (約 44000 円) であった。これは、CES が利用時だけ仮想サーバーを立ち上げる仕様であること、学部レベルの授業利用では計算リソースを大きく消費しないことが要因である。

#### 3.2 数学系授業での利用事例

本節では、新潟大学の数学系科目である「数学基礎 A1・A2」において CES を利用した事例を報告する。同科目は微積分に関する大学初年次向けの授業であり、2020 年度の非対面授業の実施で CES を利用した。

この科目では、反転授業<sup>9)</sup>における授業時間外の反復演習の実施を支援するツールとして、CES の自動出題/自動採点機能を利用した(図4)。教員は授業前に CES 上で演習課題を作成し、学生は授業までに演習課題に何度でも挑戦できる。教員は授業直前に演習課題の自動採点結果から各小問の正答率を確認し、授業では正答率の低い箇所、つまり学生の理解が不足している箇所を重点的にフォローすることができる。さらに、授業時間内に演習課題を再度出題し即座にその自動採

点結果を参照することも可能であるため、学生の理解度をリアルタイムで把握できる。

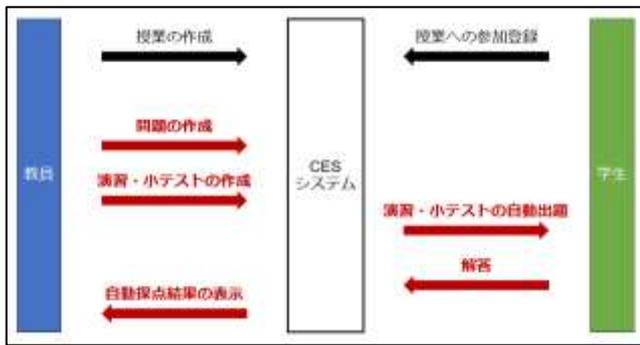


図 4 自動出題／自動採点機能の利用の流れ

CES を導入した反転授業の効果を、2019 年度と 2020 年度の授業評価アンケート結果の比較により紹介する（表 1）。まず、項目 1 は課題等学習サポートへの評価である。項目 1 に「そう思う」と回答した学生の比率は、2019 年度の 69.0%から 2020 年度の 88.9%に大きく増加した。項目 2 の授業内容のわかりやすさについて「そう思う」と回答した学生の比率も、2019 年度の 34.5%から 2020 年度の 61.1%に大きく増加している。これらは、反転授業により課題に取り組む機会が増加し、授業内容について検討する時間が十分に確保できたことが要因に挙げられる。また、課題の小問ごとの正答率が CES 内の機能により確認でき、学生の理解が不足している箇所を教員が授業前に把握できるため効率的な学習が展開できたことに、CES の利点がある。項目 3 は到達度合いについての評価であり、2019 年度の 44.8%に対し 2020 年度は 69.4%と増加がみられ、学習者の主観で知識が身に付いている様子がうかがえる。最後に、項目 4 は履修満足度についての評価であり、2019 年度の 62.1%に対し 2020 年度は 75.0%と増加がみられた。二つの年度のみ比較であることに留意は必要であるものの、いずれも CES を利用した反転授業が授業改善につながったことを示唆する変化がみられた。

加えて、授業担当教員へのヒアリングからは、「課題の採点確認が楽だった」「集計機能が入っていて楽だった」といった、負担が軽減されたことがうかがえるコメントがあった。

表 1 授業評価アンケート比較

	項目 1	項目 2	項目 3	項目 4
2019 年度	69.0%	34.5%	44.8%	62.1%
2020 年度	88.9%	61.1%	69.4%	75.0%

項目 1 「教員は課題を課すなど、学生自身が学習を進めるようにサポートしていましたか」  
 項目 2 「毎回の授業内容は整理されていて、理解しやすかったですか」  
 項目 3 「あなたは、シラバスに記載された授業の到達目標を達成することができた（達成することができる）と思いますか」  
 項目 4 「あなたはこの授業を履修して総合的に満足していますか」  
 各項目 4 段階評価のうち最も好意的な回答（そう思う／満足している）の比率

## 4. おわりに

### 4.1 まとめ

本稿では、非対面授業への対応等の環境変化の中で数理・プログラミング教育を担当する教員と学習者の①負担軽減と②教育の質の向上を目的としたクラウド教育システムについて説明し、実際の授業で利用した事例を報告した。利用事例を通じて、本システムが上述の課題の解決に資するものであることと、授業での意義ある実利用が可能であることを示した。

今後は、より定量的な評価に向けたデータの収集に向けて、継続的な運用と利用拡大に取り組んでいく。また、機能と扱いやすさの改善を進め、よりよい教育システムの開発を目指す。

### 4.2 開発から利用拡大に向けた課題

本節では、CES の利用拡大に向けて周知活動を行った際に顕在化したメタ的課題を共有する。新規性や独創性のある教育システム開発の研究は今日まで数多く存在するが、その利用拡大や公開は権利や研究の継続の観点から制約的であることが多い。しかし、プログラムコードや研究資源のオープンソース化の時流に乗って、最近では成果物を比較的オープンな状態で公開する例<sup>③</sup>もみられる。本研究では、CES がクラウドサービスの側面も持つことから、誰でも利用できる状態で Web 上に公開し利用拡大を図るとともに、利用者からのフィードバックを集めてさらなる機能改修に取り組んでいる。この利用拡大の取り組みにおいて、利用

希望者とのやり取りで得られた課題を二つ紹介する。

一つ目は、システムサービスの持続可能性である。実際の授業で新しいシステムを利用する場合は、長期的な利用を見据えた持続可能性を持つことが望ましい。しかし、研究の一環として開発されたシステムの運用にあたっては、研究とは直接に関係のないリソース、例えば環境アップデート対応、サーバーの維持管理費用等の確保が困難である。仮に当面のリソースを確保できたとしても、年度単位での長期的持続可能性を確定的に保証することは難しい。

二つ目は、サービスの利用規約・契約策定の困難性である。大学での正式な利用となると何らかの取り決めが必要である。しかし、2021年現在が個人情報保護法等の改正・施行の過渡期である<sup>(8)</sup>こともあり、利用規約・契約の策定と運用にはそれだけで高い専門性が必要である。一つ目の課題でも挙げた「研究とは直接に関係のない」事柄に該当し、リソースの確保が困難である。なお、現在 CES の利用にあたっては、パブリッククラウドサービスの提供元である Google Cloud Platform の規約に準ずる形で運用している。

非対面授業、教育 DX といった現実の課題に対応する本研究開発は、早急な実利用の拡大による課題解決が重要な目標である。上述のような利用拡大に向けた研究開発とは直接に関係のない課題に対し、「みちのくアカデミア発スタートアップ準備資金」の支援の上で、民間企業と連携しビジネスの観点から解決を目指している。

## 謝辞

このシステムの開発および一連の取り組みは、新潟大学 2015 年度授業改善プロジェクト、2021 年度学長教育助成制度、科学技術振興機構事業大学発新産業創出プログラム「みちのくアカデミア発スタートアップ準備資金」のご支援を頂いております。

## 参考文献

(1) 文部科学省: “令和 3 年度前期の大学等における授業の実施方針等について”, [https://www.mext.go.jp/content/20210702-mxt\\_kouhou01-000004520\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210702-mxt_kouhou01-000004520_2.pdf) (2021 年 8 月 4 日確認)

- (2) 米谷雄介, 後藤田中, 末廣紀史, 小野滋己, 國枝孝之, 八重樫理人, 林敏浩: “香川大学の学内情報基盤に基づくオンライン教育体制の構築と運用”, 教育システム情報学会誌, 第 37 巻, 第 4 号, pp.308-316 (2020)
- (3) 島崎俊介, 朝尾直己, 宮沢修, 阿部博文: “電気通信大学プログラミング教室におけるオンライン学習システムの開発と試行”, JSiSE Research Report, Vol.35, No. 1, pp.1-6 (2020)
- (4) Google Cloud Platform, <https://cloud.google.com/> (2021 年 8 月 24 日確認)
- (5) Python, <https://www.python.org/> (2021 年 8 月 24 日確認)
- (6) SymPy, <https://www.sympy.org/en/index.html> (2021 年 8 月 24 日確認)
- (7) 澁川幸加: “ブレンド型授業との比較・従来授業における予習との比較を通じた反転授業の特徴と定義の検討”, 日本教育工学会論文誌, 第 44 巻, 第 4 号, pp.561-574 (2021)
- (8) 個人情報保護委員会, <https://www.ppc.go.jp/personalinfo/minaoshi/> (2021 年 8 月 24 日確認)