

eラーニングプラットフォーム「WeBWorK」の概要および 北海道大学における WeBWorK の導入事例について

公立千歳科学技術大学理工学部

本多 俊一

1. はじめに

2019年2月から2020年2月にかけて、筆者は北海道大学の数理・データサイエンス教育研究センター（以下、北大MDSセンター）に在籍しており、eラーニングプラットフォーム「WeBWorK」の運営・保守業務に従事していた ([5])。その立場から「WeBWorK」の概要および北海道大学における WeBWorK の導入事例を紹介する。

2. eラーニングプラットフォーム WeBWorK の概要

WeBWorK とは、MAA (Mathematical Association of America) と NSF (National Science Foundation) の支援の下、数学者を中心に開発・保守されているオープンソースの数学 eラーニングプラットフォームである ([2], 図1)。WeBWorK はオープンソースであり、無料でダウンロードできる。独自のサーバをホストする場合、費用はかからない。授業毎に MAA が有料でホストするサーバを利用することも出来る ([3])。

学部初年次教育を中心に、有志によって作題された問題が OPL (Open Problem Library) として 37,000 問以上用意されている。OPL は下記の分野毎に分類されている：

Calculus(single variable), Calculus(multivariable), Algebra, Trigonometry, Differential equations, Linear algebra, Precalculus, Geometry, Probability, Statistics, Combinatorics, Graph theory, Statics, Dynamics, Mechanics of materials, Vibrations, Fluid mechanics, Electric circuits, Thermodynamics, Material and energy balances, Operations research, Set theory and logic, Financial mathematics, Complex analysis, Arithmetic, Number theory, Abstract algebra, Cryptography, Real analysis, Computer Science, WeBWorK

WeBWorK の問題は Perl 言語をベースに専用の PG 言語で書かれている。PG 言語の様子は WeBWorK Wiki ([4]) にまとめられており、教員がオリジナルの問題を作成することも出来る。

OPL に存在する多くの問題は係数などがランダム化されており、学生毎に異なる問題を出題できる。WeBWorK は学生の解答を即時に自動採点し、学生自身が習熟度を確認しながら課題に取り組める環境を提供する。教員はブラウザ上で各学生の取り組み状況や各問題セットの統計データをリアルタイムで確認でき、集計された成績データを CSV ファイルとしてダウンロードできる。

07 diagonalization en: Problem 1

Entered	Answer Preview	Result
(t^2-5t+6)	$t^2 - 5t + 6$	correct
2, 3	2; 3	correct
$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	correct
$\begin{bmatrix} 1 \\ 3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 3 \end{bmatrix}$	incorrect
$\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}$	correct

At least one of the answers above is NOT correct.

(1 point) Consider the following matrix.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -2 & 4 \end{bmatrix}$$

(1) Calculate the characteristic polynomial of the matrix A .
 $g_A(t) = \det(tE - A) = t^2 - 5t + 6$

(2) Calculate the eigenvalues of the matrix A , where $f_1 \leq f_2$ (No partial credit).
 $f_1 = 2$, $f_2 = 3$

(3) Find the eigenvectors of the matrix A .
 (i) The eigenvector with respect to the eigenvalue f_1
 $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$

図1 eラーニングプラットフォーム「WeBWorK」の操作画面

一部教員の協力の下、2019年度に実施したアンケートの結果を部分的に紹介する：

- WeBWorK に関して良かったと思う点について書いてください
 - ・勉強の習慣がついた、気軽に取り組めた、良い復習になった、計算力がついた など多数
 - ・正解不正解がすぐわかる、正解するまで解き直せる など多数
 - ・英語（数学用語）を知れた
 - ・★perfect★と出るのがうれしくてやりたくなる
- WeBWorK に関して改善した方が良くと思う点について書いてください
 - ・ヒントが欲しい、解答が欲しい、解説が欲しい など多数
 - ・英語（数学用語）の意味がわからない
 - ・ログインが面倒

上記アンケートにおける「改善した方が良くと思う点」への対応は次節「北海道大学における WeBWorK の導入事例」で紹介する。

3. 北海道大学における WeBWorK の導入事例

北海道大学における WeBWorK の導入・活用事例を紹介する。北海道大学において WeBWorK を導入した当初、数学教室内において小規模運営をしていた。2018 年以降、数理・データサイエンス教育の観点から、数学教育の重要性が全学的に再認識され、MDS センターの管理で大規模運営に移る。授業で利用するか否か、どのように利用するか、どの程度成績に反映するかは授業の担当教員に委ねられているが、年度毎の実ユーザ数が増加していることから、その有用性が認識されていると考える（表 2）。

表 2 WeBWorK 北海道大学サーバの実ユーザ数

科目名	2019 年度	2018 年度	2019 年度／2018 年度
線形代数学 I	1090	558	1.95
線形代数学 II	278	255	1.09
微分積分学 I	1020	624	1.63
微分積分学 II	820	598	1.37
入門線形代数学	102	87	1.17
入門微分積分学	206	102	2.02
合計	3516	2224	1.58

※2020 年度は遠隔授業支援の為、全学教育の全数学科目用の WeBWorK コースを作成している。実ユーザ数の集計は 2020 年 12 月現在ではまだ実施していない。

北大 MDS センターでは、WeBWorK に関する特色のある取り組みとして認証連携の実装とオリジナル問題・教材の開発を行った。

北海道大学に所属する教員と学生は、情報基盤センターが発行する ID (ELMS-ID) を所持している。学生は大学が発行する電子メールや moodle 等のプラットフォームで利用する。北大 MDS センターでは、認証連携の実装によりシームレスに WeBWorK を利用できる環境を構築した。

WeBWorK には OPL として 37,000 問以上の問題が用意されているが、いくつかの問題がある。日本と諸外国の標準的なカリキュラムには差があり、日本のカリキュラムに沿った問題が不足している。また、ランダム化により大きく難易度が変わってしまう問題も散見された。そこで教員、ポスドクおよび大学院生によって構成されるワーキンググループでオリジナル問題と付随する教材の開発を行った。学部初年次の線形代数学と微分積分学を中心に、600 問以上の問題を作成し、現在実際に授業で利

用している。内訳は次の通りである：

- ・線形代数学Ⅰ（136問）：

行列，連立一次方程式，基本変形，階数，行列式，逆行列

- ・線形代数学Ⅱ（81問）：

ベクトル空間，線形写像，線形独立，基底，固有値，固有ベクトル，対角化

- ・微分積分学Ⅰ（179問）：

数列と関数，1変数関数の微分法，多変数関数の微分法

- ・微分積分学Ⅱ（162問）：

1変数関数の積分法，多変数関数の積分法

これらのオリジナル問題は，ランダム化により大きく難易度が変わらないように工夫をしている。例えば，行列式の計算問題を作成する際に，行列の各成分をランダム化すると行列式の値はバラつきが大きくなる。これは，バラつきが小さい行列式を持つ対角行列をランダムに生成し，ランダムに基本変形を施すことで解決できる。

これらのオリジナル問題の作成に併せて，利用マニュアルや用語集なども作成し（[1]），解答・解説の整備を進めている。また，確率統計（統計検定3級レベル～）や微分方程式（～2階線形微分方程式）の問題の作成を進めている。オリジナル問題であれば，不具合等の対応を含めたメンテナンスが柔軟に行えるのもメリットの1つである。北海道大学で WeBWorK を導入した当初，問題文がマルチバイト文字非対応であったため，多くの問題は英語で作成した。しかし，現在は UTF-8 に対応しているため，上記オリジナル問題の日本語版も作成している。

上記のオリジナル問題は広く他大学での利用を想定しており，いくつかの北海道内の大学で試用実績がある（延べ実ユーザ数：819）。

4. おわりに

2020年度は新型コロナウイルス感染症の流行の伴い，各大学において様々な授業形態がとられたことは想像に難くない。このような状況下において，WeBWorK は大きな役割を果たしたと考える。一方，WeBWorK はあくまで“計算ドリル”であるため，取り組み状況によって数学の理解が保証されるものではない。定義の理解や運用を問うのであれば古典的なレポート形式が適切であると考えられる。

WeBWorK（一般に e ラーニングプラットフォーム）は単なる道具である。もちろん，システム・コンテンツ自身の質も重要だが，それをどう使うかが最も重要である。様々な選択肢が増える中で，授業と環境の設計を行うことが重要であると筆者は考える。

本記事に関する問い合わせは北大 MDS センター WeBWorK サポート ([ww.support\(at\)mdsc.hokudai.ac.jp](mailto:ww.support(at)mdsc.hokudai.ac.jp)) まで。試用希望などについても歓迎する。

5. 参考文献

- [1] Hokudai Mathematics WeBWorK (<https://webwork.sci.hokudai.ac.jp/>) , 2020.12.30 accessed.
- [2] MAA WeBWorK (<https://webwork.maa.org/>) , 2020.12.30 accessed.
- [3] MAA WeBWorK Fee Hosting Plan (https://webwork.maa.org/fee_based.html) , 2020.12.30 accessed.
- [4] WeBWorK Wiki (https://webwork.maa.org/wiki/WeBWorK_Main_Page) , 2020.12.30 accessed.
- [5] 北海道大学数理・データサイエンス教育研究センター (<https://www.mdsc.hokudai.ac.jp/mds/learning-management-system/>) , 2020.12.30 accessed.