

Cody Coursework におけるアクティブラーニングの実践と評価

TPactice and Evaluation of Active Learning in the Cody Coursework

竹澤 聡* 高島 昭彦* 長松 昌男* 中村 香恵子*

Satoshi Takezawa Akihiko Takashima Masao Nagamatsu Kaeko Nakamura

Abstract

中期事業計画採択による MATLAB の導入と学長裁量経費採択テーマである Cody Coursework におけるアクティブラーニングの実践について、制御工学Ⅰ、制御工学Ⅰ演習および制御工学Ⅱにおける導入初年度および2年目の実績を振り返り、アクティブラーニングによる学生の理解度アップと教育の質の保証に向けた教育実践の取り組みを紹介する。

1. はじめに

北海道科学大(北科大)では、平成27(2015)年度からカリキュラム点検を目的とする学科教育自己点検会議を実施している。ここでは各学科が中心となって、教育目的達成度調査結果、カリキュラムマップ、カリキュラムフローなどを用い、各授業の達成目標と学科のディプロマポリシーとの整合性を組織的に点検している。また、それぞれの学科においても教育効果の検証と教育目的を達成するためのカリキュラム改善を継続的に議論している。筆者が担当する新カリキュラムの授業科目である、制御工学Ⅰ、制御工学Ⅰ演習および制御工学Ⅱもその対象であって、CAP-DO サイクルを設定しながら改善を施している。そんな中、機械工学科では、本学の特色ある取組みの「中期事業計画」において、平成28年度から平成30年度まで(金額:2,285千円×3年間)「最新ソフトウェアの導入による授業環境の充実」が採択され目下進行中である。一方で、導入ソフトウェアを最大かつ有効活用するための実践的プログラミング教育の効果測定をテーマとした平成29年度学長裁量経費(教育改革推進費)が採択されたことでプログラミングのスキルではなく、背景にある原理や原則に基づく、『コンピューショナル・シンキング』『プログラミング的思考』の教育を広める教育手法についてさらに深く検討する機会を得た。本論文では、このソフトウェアを用いた導入初年度および2年目の実績を振り返り、アクティブラーニングによる学生の理解度アップと教育の質の保証に向けた取り組みを紹介する⁽¹⁾。

2. 包括的オンライン型ソフトウェア

理工系教育の革新を図るには、新たな教育手法の導入が不可欠である。北科大では平成28年度より包括契約 Basic、平成29年度には包括契約 Standard+25 により MATLAB を教職員と学生がフリーで使えるようになった。これを契機として、筆者が担当するの講義・実験では、包括的オンライン型ソフトウェアを積極的な利用を開始した。本ソフトウェアを活用し筆者らは、応用力の向上、ハードウェアとのリンクによる新たな実験体系の構築を狙いとして利用促進を進めている。ここでは、その教育的実践例のひとつとしてオンライン型ソフトウェアである Cody Coursework についての長所・短所および学生授業評価アンケートの結果に基づき考察する^(2,3)。

表1は、Cody Coursework と従来型授業との比較である。これを見ると、まずはスピード感が大きく異なっていることがわかる。これより、質の保証のための大きな制度要件となっている予習・復習の時間確保とその内容の充実を考えたときに、限られた時間の中に迅速かつ繰り返し解答可能な教材の提供は効果的と考える。つまり、学びのスタイルを大きく変容させるものと推察される。

3. アクティブラーニングの手順例

制御工学Ⅱの内容は、扱う範囲が現代制御工学であるため、ベクトルや行列、逆行列、転置行列への変換や線形性の性質を文字式を用いた方程式にて説明することが多い。よって、講義開始直後では、ベクトルや行列の基礎演算を学び、その後、具体的な現代制御理論へ展開する。最後は、レギュ

* 北海道科学大学工学部機械工学科

表 1 従来型授業との比較

	Cody Coursework による授業	従来型授業
参加方法	Invitational Letter の受け取り	講義に出席 して履修
解答方法	オンライン	バッチ処理
採点方法	自動採点	教員の手作 業
採点スピード	即時判定	時差が必要

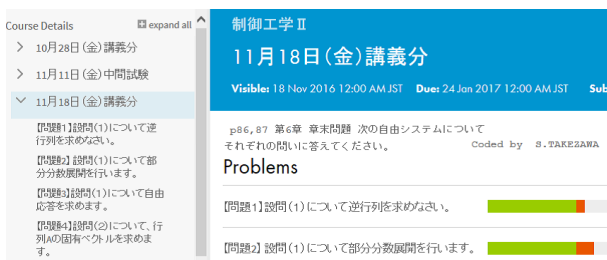


図 1 制御工学 II の授業設定

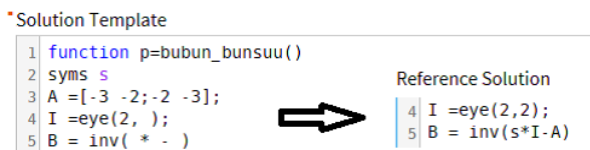


図 2 選択した課題に対する入力解答シーン

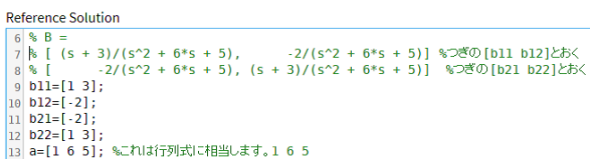


図 3 固有値行列の要素と係数の関係

レータ，オブザーバー，サーボ系設計について解説し，15週の講義を終了している。

図 1 は授業設定の様子を示したものである。閲覧する学生へは，Invitational Letter が送付され，同時に解答が実施可能となる。解答する日時のテーマを選択しクリックすると，コースに応じた課題が表示される。インジケータの色違いは，正解者（黄緑），不正解者（茶色色）および未回答（ねずみ色）の割合となっている。

図 2 は，状態方程式の自由応答を求める課題で

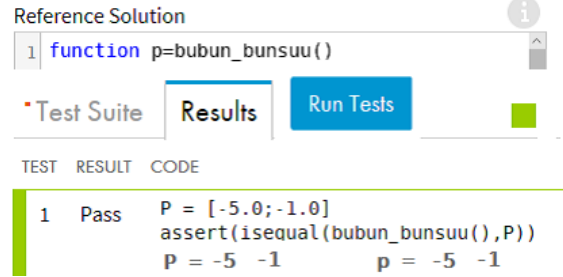


図 4 固有値の正誤判定結果

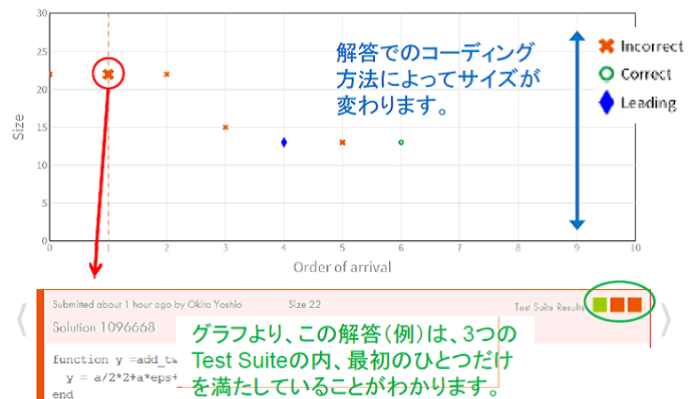


図 5 結果の自己評価

ある。ここでは例として式 (1) の微分方程式

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) \quad (1)$$

を満足する固有値 s を用いた 2 行 2 列の逆行列演算から得られる固有値行列を求めるものとする。固有値行列を B として定義すると，式 (2) で表される。

$$B = (sI - A)^{-1} \quad (2)$$

学生側 PC には，この正解を記入する window が Solution Template として表示され，そこに「自分が正しい」と考える文字，数式，もしくは値をタイピングする。一方，教員側は Reference Solution にあらかじめ模範となる解答記載しておく必要がある。

3.1 講義のポイント 1

数字の並びが非常に重要な意味をもつことを理解すれば，扱う方程式の見通しを立てることができる。例えば，図 3 において Reference Solution には，コードの行番号 7, 8 と比較するとわかるように，4 つ要素に分数式で現れる分子を b11, b12, b21, b22 と分母 a にて表示してある。ここでの [] 内の値は，分子および分母の係数が降べきの順で記載されることがわかるこれらの値は後に，逆ラプラス変換

で時間の関数として答えを導き出すときに大変重要となる。

3.2 講義のポイント 2

ここまで正しく理解されているかを評価する方法に比較関数を有効利用する手法がある。チェックするために固有値、ここでは $p = -5, -1$ (p となっているのは、固有値が特性方程式の極 pole とであるという意味) が正しく導かれているかを判定している。図 4 は、Run Tests による実行結果の可視化による採点である。Visible Test に採点のための比較関数 assert を記述して isequal 関数で、学生のコーディングによる戻り値 p を持つ関数 bubunbunsuu の結果と教師側があらかじめ用意した固有値 P の比較を取る。その結果が正しく導かれていれば Pass が表示され、誤っていれば Fail と表示される。図 5 は自分自身の解答に対する客観的な評価の表示である。○や×をクリックすると、自身がコーディングしたプログラミングの長さが全体としてどの位置に属し、さらに最適なコードを再作成する機会が提供される。履修生はもちろんのこと、教師も全ての参加者の結果をリアルタイムあるいはオフタイムで閲覧が可能となっているので、アクティブラーニングの成果の一つである事前学修と事後学修の様子を把握できる。

4. 試験における習熟度評価

試験結果に対して興味深い結果が見て取れる。図 6 は制御工学 II の中間試験のリアルタイムでの取組み状況であり、図 7 は期末試験で実際に出題した設問の例である。図 8 は授業評価アンケートの実施結果であり、3 年後期の選択科目のため在籍者数はわずか 11 名であること、ほぼ 2 名を除いては、なんらかの予習復習に時間を割く習慣が身についてきた様子が伺える。

5. 学生の声

図 9 について考察する。縦軸が Activation 件数、横軸は年月となっている。制御工学における Cody Coursework の使用開始が 2016 年秋の初めであることから、一気に利用件数が増えている。その後、利用率の微増が続いているが、その利用の背景には、機械工学科の場合、電気工学実習や卒業論文での利用が存在する。学生からの声としては、以下のようなものがある。「初めて制御理論を勉強したときに、伝達関数などの数式だけを見ても自分

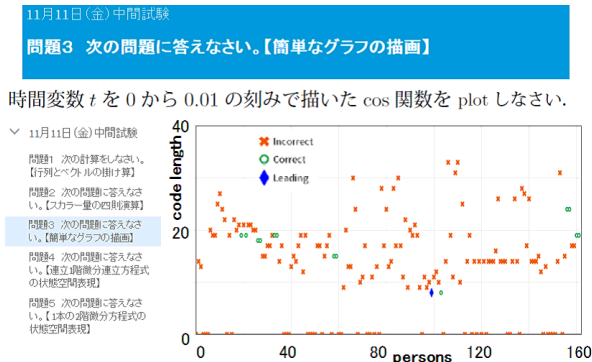


図 6 中間試験の折のリアルタイム解答状況

問題 3 $\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -5 & -3 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t)$, $y(t) = [1 \ 0] x(t)$ について、以下の各設問に答えなさい。
問 1) オブザーバーの極が $\{-5, -6\}$ となるように、オブザーバーゲインを求めなさい。
問 2) 状態フィードバック制御により閉ループシステムの極が $\{-3, -4\}$ となるように、状態フィードバックベクトルを求めなさい。
問題 4 例 13.3 における制御則の導出において、拡大システムに対する以下の式
$$u(t) = -[21 \ 4 \ -27] \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{pmatrix}$$
 の状態フィードバック制御則のパラメータが、 $f^* = [21 \ 4]$ 、 $g^* = 27$ となることを示せ。

図 7 選択式問題としての出題

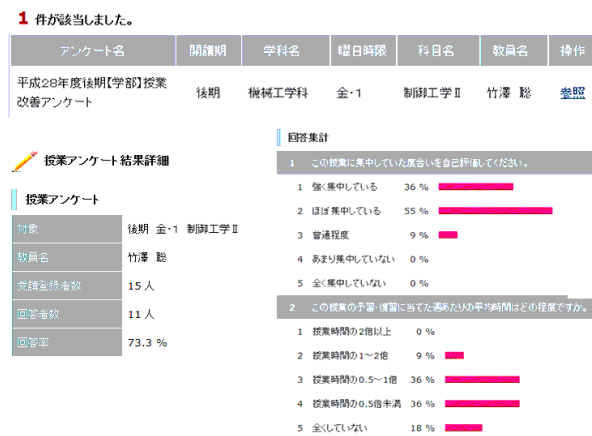


図 8 授業評価アンケートの分析

はイマイチ挙動がイメージがきなかった。しかし、課題などで MATLAB/Simulink を使って、実際にシステムの応答をなぞっていくにつれ、『ああ、これはこういうことだったのか』と、教科書に書いてあったものがずっと頭に入ってくる感じがした。」「MATLAB/Simulink で DC モーター回転数の制御モデルを作成し、実験およびシミュレーションを行ない、ゲインの調整や制御パラメータなどを決定した。」「ロボット掃除機に搭載された同時自己位置

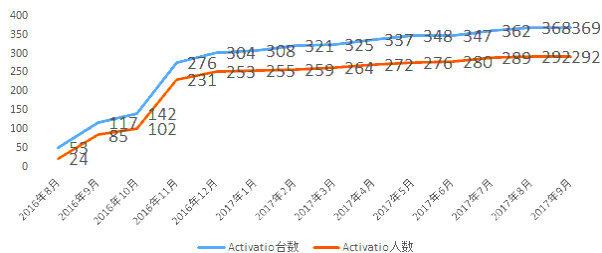


図9 アクティベーション数の推移

推定地図獲得法 (SLAM) においてロボットの外部構造を変えずに、ロボットの経路を変更していかないかという研究方針を設定した。これに対して形状を試行錯誤で変更していたのでは、その都度その都度実機でパラメータを調整していると大幅な時間を要してしまう。そこで、MATLAB/Simulinkを利用してシミュレーションの結果を利用し、実際に調整する回数を減らし開発速度を上げた。」

6. まとめ

Cody Coursework を用いたアクティブラーニングに対するおよそ1年間の運用結果は、授業内容(予習・復習や授業の理解度チェック等)を検討するうえで重要な情報を得られたものと判断される。しかし、この環境構築はいまだ発展の途上であり、この手法の是非については、授業評価アンケートを通じて授業内容のフィードバックを励行し、学科自己点検・カリキュラム点検会議を通して評価および教育効果測定に活用する契機としていきたい。

参考文献

- (1) 杉山剛士:実践アクティブ・ラーニング 脱・受け身の取り組み幅広く, 日本経済新聞, 教育, 平成28年3月14日号, 2016
- (2) 沖田芳雄:MathWorks アクティブラーニング環境のご紹介, MATLAB EXPO 2016 Japan, 2016
- (3) 松澤 昭:東工大の教育改革と MATLAB の活用, MATLAB EXPO 2016 Japan, 2016