

# 学生の自己内省を考慮した 講義課題処理過程のモデル化とその性能評価

鈴木 一輝<sup>†</sup>田中 秀明<sup>‡</sup>宇都宮 陽一<sup>‡</sup>奥田 隆史<sup>†</sup>愛知県立大学 情報科学部 情報科学科<sup>†</sup>愛知県立大学 大学院 情報科学研究科<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

自立した人格をもつ人間として、他者と協働しながら、新しい価値を創造するために、資質能力の育成が求められている。その枠組みの一つに「汎用スキル」がある[1, 2]。「汎用スキル」は教科や分野を横断する汎用的なスキル（コンピテンシー）のことであり、例えば、問題解決、論理的思考、意欲などが含まれる。この汎用スキルを身につけるためには、メタ認知（自己調整や内省、批判的思考等を可能にする）を含めた**学び方の学習**（何をどのように学習するか）が重要になる。

我々の研究グループは、大学生を対象に、自らの学習・学修行動を内省し改善させるきっかけ（**学び方の学習の支援**）として、待ち行列モデルの性能評価結果を利用することの有効性を示した[3, 4]。文献[3, 4]では、1人の学生の講義課題処理過程を、教員から学生に課される課題をジョブ、その課題をこなす学生がとる学修行動をサービスシステムとして捉えることにより、サーバー能力成長型 VCHS (Various Customers, Heterogeneous Servers) 待ち行列モデルとして表現した。提案モデルでは、学生が量的な経験に応じて成長する過程を、学生が課題に取り掛かるときの処理能力（課題処理能力）の変動として表現している[3]。また、学生が質的な経験に応じて成長していく過程を、学生が課題を振り分けるときの判断能力（課題振分判断能力）の変動として表現している。このモデルでは、学生が質的な経験に応じて成長していく過程を表現するために PID 制御の考え方を採用している[4]。文献[4]の提案モデルでは、学修方法が定まっている学生を前提としていたが、学修方法が定まっていない学生に対しては、当てはまらないモデルであった。

本稿では、学修方法が定まらないような初年次学生に対して当てはまるモデルに拡張するために、新たに強化学習（Q 学習）の考え方を、当該モデルの課題振り分けの部分に導入する。このとき、学生の学修行動が学生のこなす課題の特性量にどのような影響を与えるかをシミュレーションにより検証する。以下、第2節では、1人の学生の講義課題処理過程について述べる。第3節では、学生の講義課題処理過程の評価モデルとして、サーバー能力成長型 VCHS 待ち行列モデルについて述べる。第4節では、学生の学修行動が学生のこなす課題の特性量にどのような影響を与えるかをシミュレーションにより検証し、結果を考察する。最後に第5節で、まとめと今後の課題について述べる。

## 2 学生の講義課題処理過程

本稿では、1人の学生が複数の教員から課せられる課題をこなす過程を**学生の講義課題処理過程**として考える。学生の講義課題処理過程において、学生は複数の講義を受講する。それらの講義において、教員は学生に対して様々な種類の課題（Various Customers）を出題する。そして、学生は教員から課された課題をどのような順序で取り組むかを考え、課題をこなすための学修方法（Heterogeneous Servers）を選択し、課題に取り掛

かる。このような学生の講義課題処理過程について、教員から学生に課せられる課題をジョブ、その課題をこなす学生がとる学修行動をサービスシステムと捉えることにより、1人の学生の講義課題処理過程を**サーバー能力成長型 VCHS 待ち行列モデル**[3, 4]として表現する。

## 3 学生の講義課題処理過程の評価モデル

本稿で用いるサーバー能力成長型 VCHS 待ち行列モデルを図1に示す。このモデルは、サービスシステムにジョブが到着する「到着課題」とサービスシステムでジョブが処理を受ける「学生の学修行動」から成る。

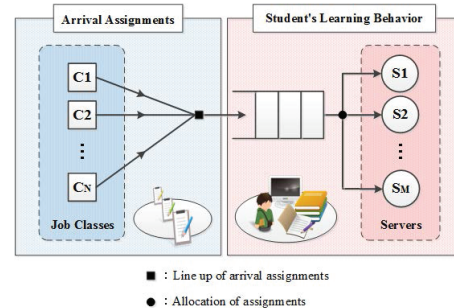


図1: サーバー能力成長型 VCHS 待ち行列モデル

### 到着課題

到着課題は、その課題の持つ属性からいくつかの出題形式に分類することができるものとする。学生が受講する各講義において、課題の出題形式には、到着間隔、締切、出題数の3つの属性があるものとする。このとき、各講義で教員から学生に課される課題には様々な種類があるため、ジョブクラス  $C_n (n = 1, 2, \dots, N)$  があるものとする。また、課題には様々な分量があるため各課題の処理に要する平均処理時間は異なるものとする。

### 学生の学修行動

学生の学修行動は、「課された課題への取り組み順序の選択」と「課題をこなすための学修方法の選択」の2つの選択から成るものとする。

課題への取り組み順序を待ち行列モデルにおけるサービス規律[5]に対応付ける。本稿では、8つのサービス規律(①~⑧)の場合を考える[3, 4]。

課題をこなすための学修方法には様々な種類があるため、サーバー  $S_m (m = 1, 2, \dots, M)$  があるものとする。サーバー  $S_m$  は課題ジョブクラス  $C_n$  を処理することができる。ここで、学生は、課題ジョブクラス  $C_n$  に応じて、学修方法のサーバー  $S_m$  を変えて、課題を振り分ける。課題ジョブクラス  $C_n$  によって、課題をこなすための最も効率の良い学修方法は異なる。そのため、サーバー  $S_m$  において、学生は課題ジョブクラス  $C_n$  に対応した平均課題処理率  $\mu_{mn}$  の指数分布に従って課題を処理するものとする。このとき、学生は課題をこなす過程で経験に応じて成長するものとする。本稿では、学生の能力成長として、学生が持つ(1)課題を振り分けるときの判断能力（課題振分判断能力）が変動すること、(2)課題に取り掛かるときの処理能力（課題処理能力）が変動すること、の2点について考える。

### 課題振分判断能力:

学生は、能率を向上させるための改善方法を課題をこなす過程で覚える。このことから、学生自身の**自己内省**

Modeling and Performance Evaluation of University Student's Learning and Self-reflection Behavior

<sup>†</sup>Kazuki SUZUKI, Takashi OKUDA

<sup>‡</sup>Hideaki TANAKA, Yoichi UTSUNOMIYA

<sup>†</sup>Department of Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

<sup>‡</sup>Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

[6]を考慮することで、学生が持つ課題振分判断能力の変動を考慮する。ここでいう自己内省とは、学生が学修行動における試行錯誤を通して内省し、結果に基づいて思考や行動を変化させ、次の課題に取り組む際に最良な学修方法を選択することである。

具体的には、強化学習(Q学習)の考え方[7]を導入する。Q学習の基本的な枠組みでは、あるエージェント(行動主体、本研究では学生)が環境の状態 $s_q$ に基づきある行動 $a_q$ を選択する。そして、行動 $a_q$ に基づいた環境の変化にともなう報酬がエージェントに与えられ、エージェントはより良い行動(行動価値関数) $Q(s_q, a_q)$ を学習していく。行動価値関数 $Q(s_q, a_q)$ の一般的な更新式は、

$$Q(s_{x+1}, a_{x+1}) \leftarrow Q(s_x, a_x) + \alpha_Q \left[ r_{x+1} + \gamma_Q \max_{a_{x+1}} Q(s_{x+1}, a_{x+1}) - Q(s_x, a_x) \right] \quad (1)$$

となる。ここで $s_x$ は学生が課題を $x$ [個]こなした時点での環境を、 $a_x$ は学生が課題を $x$ [個]こなした時点での行動を表す。また、 $\alpha_Q$ は学習率( $0 < \alpha_Q \leq 1$ )、 $\gamma_Q$ は割引率( $0 < \gamma_Q \leq 1$ )である。

本研究で利用するQ学習は次の5ステップからなる。**Step 1:** 全状態とその時に取り得る行動 $s_q, a_q$ の組に対して、初期の $Q(s_q, a_q)$ 値をランダムに決定する。**Step 2:** 状態を初期 $s_0$ にセットする。ここで $x = 0$ とする。**Step 3:** 状態 $s_x$ から $\epsilon$ -greedy法を用いて、行動 $a_x$ を選択し、更新式(1)に基づき、 $Q(s_q, a_q)$ を更新し、状態は $s_{x+1}$ に移行する。 $\epsilon$ -greedy法とは、一定の確率 $\epsilon$ で、ある環境 $s_q$ から取り得る行動のうち一つをランダムに選び、 $1 - \epsilon$ の確率である環境 $s_q$ から最大の $Q(s_q, a_q)$ 値をもつ行動 $a_q$ を選択する方法である。**Step 4:** Step 3を一定回数おこなったら、 $s_q$ を最初の状態 $s_0$ に戻す。**Step 5:** Step 3とStep 4を一定回数行ったら終了する。

**課題処理能力:**

サーバー $S_m$ の平均課題処理率は学生の成功経験の積み重ねから生じる自己効力感[8]を考慮するために学生がこなした完了課題数に応じて変動するものとする。このとき、学生がある時点でこなした完了課題数を $x$ [個]とし、 $x$ 個目の課題のジョブクラスを $C_k(k = 1, 2, \dots, N)$ とする。サーバー $S_m$ でジョブクラス $C_n$ をこなしたときの平均課題処理率は、

$$\mu_{mn}(x) = \mu_{mn}(x-1) + \omega_{mk} \Delta\mu_{mk}(x) \quad (2)$$

となる。ここで、 $\omega_{mk}$ はサーバー $S_m$ 全体の成長を表現するための重みとし、 $k = n$ のとき $\omega_{mk} = \alpha$ 、 $k \neq n$ のとき $\omega_{mk} = \beta$ とする。また、 $\Delta\mu_{mk}(x)$ は学生の学修行動による処理率の変動を表現するための関数である。本稿では、 $\Delta\mu_{mk}(x)$ の変動について次の(a)~(c)の場合を考える。課題処理時間 $t$ 、上限課題処理時間 $t_l$ としたとき、(a)  $t \leq t_l$ の場合正、(b)  $t_l < t$ の場合0、(c) 課題の締切によって課題が破棄された場合負の値をとる。

**4 数値例**

課題の出題形式として、表1を考慮する。課題の各出題形式にしたがう講義の受講数をそれぞれ、(A)  $\times 4$ 、(B)  $\times 4$ 、(C)  $\times 2$ とし、表2に示す時間割を想定する。このとき、各講義で課される課題の種類 $N = 3$ とする。学生がとる学修方法は、認知心理学の分野における学習

表1: 課題の出題形式

出題形式	到着間隔(h)	締切(h)	出題数
(A) 各週	168	168	15
(B) 中間	1176	336	2
(C) 期末	2520	504	1

表2: 大学1年生前期の時間割

時間	月	火	水	木	金
1			(C)	(C)	(B)
2	(A)	(B)			(A)
3	(B)	(A)			(A)
4		(B)			

スタイルの観点から、浅い、精緻、深い3つの次元で示すことができる[9]。したがって、学修方法の種類 $M = 3$

とする。ジョブクラス $C_n$ に対応した、サーバー $S_m$ の初期課題処理率 $\mu_{mn}(0)$ [課題数/時間]を $\mu_{11}(0) = 1/12$ 、 $\mu_{22}(0) = 1/24$ 、 $\mu_{33}(0) = 1/36$ 、 $\mu_{12}(0) = \mu_{13}(0) = \mu_{21}(0) = \mu_{23}(0) = \mu_{31}(0) = \mu_{32}(0) = 1/48$ とする。また、各種パラメータは $\alpha_Q = 0.1$ 、 $\gamma_Q = 0.9$ 、 $\alpha = 1.0$ 、 $\beta = 0.5$ 、 $d = 0.01$ 、 $t_l = 120$ とする。

このとき、学生の学修行動が学生のこなす課題の特性量にどのような影響を与えるのかをシミュレーションにより検証した結果を図2に示す。なお、結果はいずれも50回のシミュレーションの平均値である。

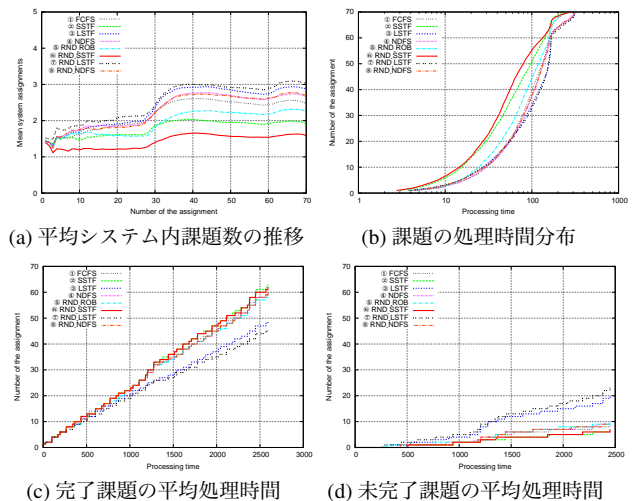


図2: 学生がこなす課題の特性量

以上の結果から、文献[3]における考慮前の結果(ランダムに課題を振り分ける、振り分け方法Y)に比べ、学生が抱え込む課題数は減少し、課題の処理時間も全体的に短くなることがわかる。したがって、学生は自身の学修行動に対する自己内省(学修の振り返り)をおこない、課題に合った学修方法で課題に取り組むと良いということを示唆している。

また、図2aと図2bより、最良の課題への取組み順序の選択は「⑥ RND\_SSTF」であるということがいえる。さらに、図2cと図2dでは、「③ LSTF」、「⑦ RND\_LSTF」と「その他の取組み順序」で二極分化傾向がみられる。これらのことから、学修方法が定まらないような初年次学生は、「課された課題への取組み順序の選択」に焦点を当て、学修行動の改善を図ることが効果的であるということを示唆している。

**5 おわりに**

本稿では、学生の自己内省を考慮した1人の学生の講義課題処理過程をモデル化し、学生の課題振分判断能力の変動が特性量にどのような影響を与えるのかをシミュレーションにより検証し、考察した。

今後の課題として、(1) Q学習の考え方に関するパラメータ決定方法の検証、(2) 各学生が実際におこなっている学修行動等をシミュレーション条件に反映し、個々の学生に対応したシミュレーションをおこなうことなどがあげられる。

**参考文献**

[1] 文部科学省中央教育審議会、『学士課程教育の構築に向けて(答申)』、[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1217067.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1217067.htm)、2016年12月閲覧。[2] 森、『21世紀の学びを創る』、北大路書房、2015。[3] 田中、宇都宮、奥田、『アカデミックスキル教育支援に向けたサーバー能力成長型VCHS待ち行列モデルの性能評価』、電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌)、Vol.135, No.12, pp.1-10, 2015。[4] 田中、宇都宮、奥田、『学生の成長を考慮した講義課題処理過程のモデル化とその性能評価』、電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌)、Vol.137, No.3, 2017(印刷中)。[5] 高橋、森村、『混雑と待ち』、朝倉書店、2009。[6] デイル・H・ジャンク、バリー・J・ジマーマン、『自己調整学習と動機づけ』、北大路書房、2009。[7] 三上、皆川、『強化学習』、森北出版、2000。[8] 佐伯、渡部、『「学び」の認知科学辞典』、大修館書店、2010。[9] 長野、『学習方略の心理学-賢い学習者の育て方-』、図書文化社、1997。