

サーバー能力成長型 VCHS 待ち行列モデルを用いた 講義課題処理過程の定量的評価 -大学生のアカデミックスキル教育のために-

田中 秀明[†]

宇都宮 陽一[‡]

奥田 隆史[†]

愛知県立大学 情報科学部 情報科学科[†]

愛知県立大学 大学院 情報科学研究科[‡]

1 はじめに

近年、大学での学び（学修）の質を高めることが学生に求められている [1][2]。しかし、高等学校までの受動的な学習スタイルでは、学びの質を高めていくことは難しい [3]。したがって学生は、大学入学後に学びに対する認識を改める必要がある。具体的には、学生は能動的かつ主体的な学修スタイルを基本とする「大学生として学ぶ（学修する）ための技術＝アカデミックスキル」を身につけることが必要となる。アカデミックスキルを身につけるためには、学生自身が大学生としての主体的な学修スタイルを身につけよう意識するのはもちろんのこと、教員側も、高校から大学へという移行期において、教員は知識や技能を効果的に伝える以前に、学生に対して、学生自身が自らの学習・学修行動を内省し改善させるようなきっかけを与えることが重要である。

我々の研究グループは、主体的な学修スタイルが求められる機会として、学生の講義課題処理過程に着目し、サーバー能力成長型待ち行列モデルの解析結果を利用して、アカデミックスキル教育における、学修時間確保・増加や学修継続の重要性を説明することの有効性を示した [4]。当該モデルでは、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をサーバーと捉えることにより、1人の学生の講義課題処理過程を待ち行列モデルを用いて表現した。

本稿では、このモデルを拡張したサーバー能力成長型 VCHS 待ち行列モデルを検討し、その性能評価結果を示す。以下、第2節で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、予め決められた様々な種類や分量のジョブが、異なる能力要素を有するサーバーをもつサービスシステムに到着する場合を想定した、サーバー能力成長型 VCHS 待ち行列モデルを提案する。第4節では、学生がとる複数の学修方法が学生のこなす課題の量と質に与える影響をシミュレーションにより検証する。最後に第5節でまとめる。

2 学生の講義課題処理過程

学生は選択科目を履修し、複数の講義を受講する。そのほとんどの講義において、教員は学生に対して課題を出題し、学生はその課題をこなす教員に提出する。教員は学生に対して予め決められた様々な種類や分量の課題（Various Customers）を出題する。そして、学生は課された課題に応じて、対応する学修方法（Heterogeneous Servers）を選択し、課題をこなす。ここで、学生は課題を途中放棄しないものとする。

本稿では、このような学生の講義課題処理過程について、サーバー能力成長型 VCHS（Various Customers, Heterogeneous Servers）待ち行列モデル [5][6] を用いて検討する。

Quantitative evaluation of VCHS queuing model with smarter servers for teaching academic study skills

[†]Hideaki TANAKA, Takashi OKUDA

[‡]Yoichi UTSUNOMIYA

[†]Department of Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

[‡]Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

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 待ち行列モデルの概念図を図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。

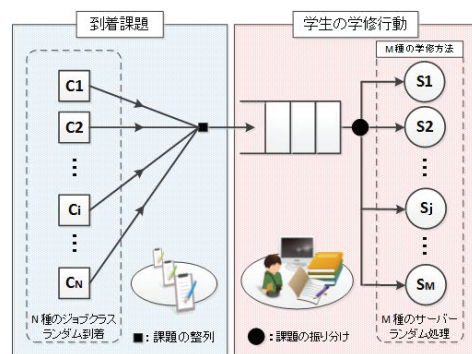


図1 サーバー能力成長型 VCHS 待ち行列モデル

到着課題

学生は独立した複数の講義を受講するため、学生に課される課題は平均到着率 λ のポアソン分布に従って到着するものとする。また、講義で課される各課題には様々な種類があるため N 種のジョブクラス C_i があるものとし、各課題には様々な分量があるため各課題の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、「到着課題の振り分け」と「学生がとる複数の学修方法」から成る。課題の種類や分量が異なるため、学生は M 種の学修方法 S_j （サービスシステム）を持つと考える。ここで、 M 種のサービスシステムのサーバー j において、学生は平均課題処理率 μ_j の指数分布に従って課題を処理するものとする。

到着課題の振り分け

学生は到着課題のジョブクラス C_i に応じて、処理することができる学修方法 S_j に課題を振り分けるものとする。

学生がとる複数の学修方法

学修方法とは、課題の処理方法のことである。待ち行列理論におけるサービスシステムは「サービス資源」と「サービス規律」の2つの構成要素から成る。

サービス資源：サービス施設は窓口が1つで、行列が無限長に形成できるとする。サーバー j の課題処理率は学生の熟練度 [7] を考慮するために変動すると考える。サーバー j の課題処理率は学生のこなした完了課題数に応じて変動するものとする。また、 M 種のサービスシステムのサーバー k を考える。このとき、サーバー j において、サーバー k 間には課題処理率の相互成長関係があるとする。一般的に、ある能力が向上すれば、他の関連する能力も向上する。このとき、サーバー j の課題処理率は、

$$\mu_j(m_j) = \mu_j(m_j - 1) + \sum_{k=1}^M \omega_{kj} \Delta \mu_{km_k} \quad (1)$$

とする。ただし、学生がある時点でこなしした完了課題数を m とする。ここで、 $\mu_j(0)$ はサーバー j の初期課題処理率、 m_j はサーバー j で処理された完了課題数であり、 $\sum_{j=0}^M m_j = m$ である。また、 ω_{kj} はサーバー k, j 間の相互成長を表現するための重みとし、 $\Delta\mu_{km_k}$ は課題処理率の変動を表現するための変数である。本稿では、 $m \geq 1$ のとき、 $\Delta\mu_{km_k}$ を課題処理時間 t に応じて変動するものとし、以下の式 (2) ~ (5) を考える。

$$\Delta\mu_{km_k} = \frac{K}{1 + p \exp(-rm_k)} \quad (2)$$

$$\Delta\mu_{km_k} = Kq^{-p \exp(-rm_k)} \quad (3)$$

$$\Delta\mu_{km_k} = 0 \quad (4)$$

$$\Delta\mu_{km_k} = -\mu_0 d \quad (5)$$

なお、 $\Delta\mu_{km_k}$ は、 $t \leq t_1$ の場合に式 (2) のロジスティック曲線または式 (3) のゴンベルツ曲線に従って増加し、 $t_1 < t \leq t_2$ の場合に式 (4) で停滞し、 $t > t_2$ の場合に式 (5) のように減衰率 d で減少する。

サービス規律 : 本稿では、4 つのサービス規律 : fcfs (first come, first served), rnd_rob (round robin), pre_res (preempt resume), rnd_pri (round robin with priority) の場合を考える。学期期間中 (シミュレーション期間中) はシステム内のサービス規律は固定とする。ただし、優先権を考慮するサービス規律では、学生は教員から課された各課題に対して、処理時間が短い課題ほど高優先となるように優先度を付与し、割り込みは考慮しない。なお、rnd_rob 時の処理対象切り替え時間は s とする。

4 数値例

総課題出題数 $T = 500$, 到着課題の種類 $N = 3$, 課題の平均到着率 $\lambda = 1/48$ [課題数/時間] とする。また、学生がとる学修方法は認知心理学の分野における学習スタイルの観点から、浅い, 精緻, 深いの3つの次元で示すことができる [8]。したがって、学修方法の種類 $M = 3$ とし、学生がとる複数の学修方法を3種のサーバーにより構成されるものとする。各サーバーをそれぞれ、 S_1 : 浅い学修方法, S_2 : 精緻学修方法, S_3 : 深い学修方法に対応付けて考える。このとき、ジョブクラスとサーバーの対応を図2に示す。課題のジョブクラス C_1 は全てのサーバー, C_2 はサーバー S_2 と S_3 , C_3 はサーバー S_3 のみで処理することができるものとする。各サーバーの初期課題処理率を $\mu_1(0) = 1/32$ [課題数/時間], $\mu_2(0) = 1/36$ [課題数/時間], $\mu_3(0) = 1/40$ [課題数/時間] とする。そして、 $s = 60$, $d = 0.01$, $t_1 = 48$, $t_2 = 84$, 成長曲線の各変数を $K = 20$, $p = 30$, $q = 1.5$, $r = 0.015$ とする。各サーバー間の相互成長率の重みを $\omega_{13} = \omega_{31} = 0.2$, $\omega_{21} = \omega_{23} = 0.5$, $\omega_{12} = \omega_{32} = 0.8$, $\omega_{11} = \omega_{22} = \omega_{33} = 1.0$ とする。

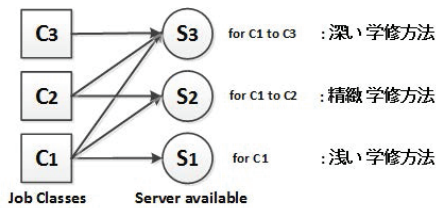


図2 ジョブクラスとサーバの対応

また、学生の学修行動における「到着課題の振り分け」について考える。各サーバーの課題処理率を考慮した場合、課題のジョブクラス C_i に応じて、処理することができる最も処理率の高いサーバーに課題を振り分けられることが「適切な場合」であると考えられる。反対に、 C_i に応じて処理することができるサーバーでも処理率の低いサーバーに課題を振り分けることは「不適切な場合」であると考えられる。

以下に、「①: 課題の振り分けが適切な場合」と「②: 初年次学生を想定した、課題の振り分けが不適切な場合」についての平均システム内課題数の推移と課題の処理時間分布を図3, 4と図5, 6に示す (ゴンベルツ曲線を適用) [9]。

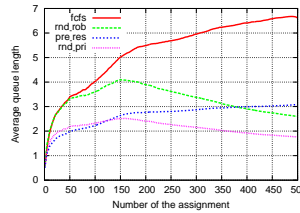


図3 ① 平均システム内課題数

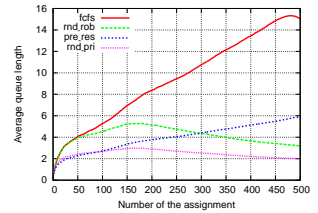


図4 ② 平均システム内課題数

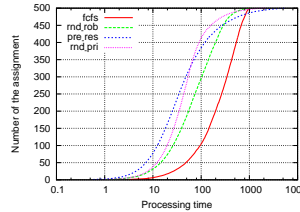


図5 ① 課題の処理時間分布

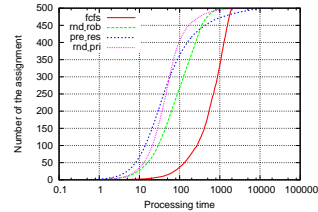


図6 ② 課題の処理時間分布

図3, 図4をみるとサービス規律を rnd_pri とした場合に、学生は課題を溜め込まずに処理できている。図3をみると、各サービス規律の中で最も差がある fcfs と rnd_pri では、こなしした課題数が 500 個の時点で平均システム内課題数に約 3.5 倍の違いがある。しかし、図5, 図6をみると pre_res と rnd_pri の場合には、処理に時間をかけすぎてしまう課題が多いことがわかる。図5をみると、各サービス規律の中で最も差がある fcfs と pre_res では、課題の処理時間に約 6 倍の違いがある。また、①の場合に溜め込む課題も課題の処理にかかる時間も減らせることがわかる。

5 まとめ

本稿では、1 人の学生の講義課題処理過程をモデル化した。シミュレーションによりサーバー能力成長型 VCHS 待ち行列モデルの学生の課題処理能力変動に伴う、平均システム内課題数の推移と課題の処理時間分布を確認した。本稿で得られた知見やグラフを本大学の学生 77 名に提示し、「大学における学び (学修)」に対する認識の調査をおこなった。その結果、学生自身の学習・学修行動について高校から大学への移行が {I: できていると思う (40%), II: できていないと思う (53%), III: 無回答 (7%)} という回答を得た。また、知見やグラフの提示によって説明されることで、学修の重要性を理解することが I: {できる (26%), できない (14%)}, II: {できる (39%), できない (14%)} という回答を得た。以上より、学生自身が自らの学習・学修行動を内省し改善させるようなきっかけを与えることができたと考えられる。

今後の課題としては、(i) 課題ごとの締切を考慮し、締切を過ぎた課題が破棄される場合を考える、(ii) 課された課題を細分化しそれをどう振り分けるかを考える、(iii) 学生同士が与える影響を考慮した複数の学生同士の協調行動を考慮することが挙げられる。

参考文献

[1] 「社会人基礎力」とは - 経済産業省, <http://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/>, 2014 年 12 月閲覧。[2] 文科省中央教育審議会, 『学士過程教育の構築に向けて (答申)』, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/tyoushin/1217067.htm, 2014 年 12 月閲覧。[3] 初年次教育学会 (編集), 『初年次教育の現状と未来』, 世界思想社, 2013。[4] 田中他, “サーバー能力成長型待ち行列モデルの性能評価-アカデミックスキル教育のために-”, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, M2-4, 2014。[5] 村上, 『わかりやすい情報交換工学』, 森北出版, 2009。[6] 清水他, “量的・質的 VCHS 問題のシミュレーション評価”, 信学技報, vol.110, IN2010-108, pp.63-68, 2010 年 12 月。[7] 日本公文教育研究会, “学習の成果は、こうして上がる”, <http://www.kumon.ne.jp/hint/advice/seika.html>, 2014 年 12 月閲覧。[8] 辰野, 『学習方略の心理的学習者の育て方』, 図書文化社, 1997。[9] Mesquite Software, 離散事象シミュレーションパッケージ Csim20, <http://www.mesquite.com>.