

英語学習支援のための学力推定に基づいた学習ペース 調整手法の実装と評価

佐々木 陸^{*1}, 鷹野 孝典^{*1}

^{*1} 神奈川工科大学 情報学部 情報工学科

A Method for Learning Pace Adjustment based on Academic Ability Estimation for English Learning Support

Riku Sasaki^{*1}, Kosuke Takano^{*1}

^{*1} Department of Information and Computer Sciences, Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology

This study presents a learning support system that estimates the user's academic ability and weak areas using item response theory, and sets number of questions suitable to the individual learning pace based on the estimated academic ability in weak areas. The feature of the proposed system is that the learning pace is adjusted by determining the ratio of new questions and review questions given in one learning period according to the estimated academic ability. In the experiment, we evaluate the feasibility of our pace adjustment function and the usability of the proposed system using the prototype that we are developing.

キーワード: 英語学習, 項目反応理論, 学習支援システム, e-Learning

1. はじめに

ICT (Information and Communication Technology) を活用した学習支援システムの導入において, 項目反応理論 (IRT : Item Response Theory) などを適用して学習者の学力を推定し, 推定学力に基づいた難易度の問題を出題する手法などが研究されている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾. 項目反応理論は, 英語学習の分野においては TOEIC や TOEFL の出題システムにも用いられている⁽⁴⁾. しかし, 学習支援システムにより出題された問題を解くことを中心とした個人学習では, 学生のモチベーションが続かず, 学習を中断してしまうことも多い. その要因としては, 利用者の学力以上の問題量が出題されてしまい, 心理的負荷がかかってしまうことが考えられる.

本研究では個人の学習ペースを考慮するために, 項

目反応理論を用いて利用者の学力と苦手分野を推定し, 苦手分野に対して推定学力に基づいた学習ペースで出題する学習支援システムを提案する. 提案システムの特徴は, 推定した学力によって, 1 学習期間で出題される新規問題と復習問題の割合を決めておくことで, 学習ペースを調整する点にある.

実験では, 実装したプロトタイプを用いて, 提案アルゴリズムの実現可能性, および実装システムのユーザビリティの評価を行う.

2. 関連研究

本節では, 項目反応理論を適用した研究, 個人の学習ペースやモチベーション維持に着目した研究について述べる.

学習者の習熟度を推定するため, 項目反応理論を導入した e-learning システムに関しての研究が行われて

いる。文献(1)では、数学の学習における e-learning システムに項目反応理論を組み込み、学習者の習熟度を正確に把握できることを確認した。また、e-learning システムに項目反応理論を組み込んだことで、レスポンスが速くなり、学習意欲の向上が観察された。文献(2)では、情報系の資格に関する講義において、項目反応理論を用いることでその資格内における苦手分野を特定し、その分野に対し学習を促すという手法を提案している。文献(3)では、項目反応理論を用いて学生の特徴を推定し、スコアに応じて出題方式を変更するシステムを提案している。出題方式は、多肢選択、穴埋め、記述式が存在し、スコアが極めて高い場合にはさらに高難度の問題を出題する。

適応学習を考慮した学習支援システムとして、文献(6)や(7)では、ビデオ配信型の e-learning におけるモチベーション維持を図るために、目の動きに注目し、目の動きによって、再生速度・音量の変更や、警告メッセージの表示など、利用者に外的要因を与えるという手法を提案している。文献(8)では、英語の授業において、15回の授業が終了するまでに課題を100%終わらせるという課題を出し、学生がどのようなペースで e-learning 学習を行うかの調査を行った。文献(9)では、項目反応理論を用いて出されるスコアによって、現在学習している単元よりも前の単元の学習が必要であるかを判断する手法を提案している。文献(10)では、項目反応理論とフェルダー・シルバーマン学習スタイルモデル (FSLM, Felder-Silverman Learning style Model)を用いて、学習開始時に利用者の学習スタイルを予測し、各々に合った学習スタイルを提供するための、適応学習のためのフレームワークを提案している。

学習者のモチベーションを維持するための手法も多く提案されている。文献(11)では、デジタル教材において、利用者がハイライトした部分の問題が作成され、その問題を解き学習していく。モチベーションを維持する手法として、学習状況の可視化、復習のタイミングを各利用者の学習する際の時間情報や位置情報を取得し、利用者ごとに学習パターンを調整する手法を提案している。文献(12)では、モチベーション維持を図るために、他の利用者の学習状況を閲覧できるように

するという手法を提案している。文献(13)では、複数の学習アプリケーションの学習記録を統合し、学習状況に応じてコインという分かりやすい指標で可視化できるようにしたシステムを提案している。APIで簡単に連携することができ、このシステムを利用したことで、学習意欲が向上したという結果が確認された。

3. 提案手法

3.1 学習ペース調整手法

本研究で提案する学習ペース調整手法では、1学習期間に出題する問題は新規問題と復習問題で構成され、出題数も一定に定められる。新規問題数の割合を推定学力に応じて配分することで、学習ペースを調整する。

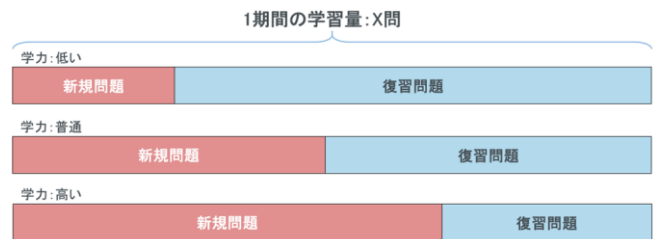


図 1 推定学力に基づいた新規問題・復習問題の配分

新規問題の調整は、 n 段階に分けた学力クラスを θ_n 、1学習期間の出題数を X 、各学力の新規問題の割合を $rate_n$ としたとき、以下の式で求める。

$$\text{学力クラス } \theta_n \text{ の新規問題数 } newp = X \times rate_n \quad (1)$$

$$\theta_n \text{ の復習問題数 } revp = X - (X \times rate_n) \quad (2)$$

新規問題と復習問題は、正解率を用いて次のように定義する。直近 p 回の解答に対して、 q 回以上正解している問題を復習問題とし、未出題もしくは正解数が p 回中 $p - q$ 回以下の問題を新規問題とする。また、復習問題の正解率が下がった場合には再度新規問題として扱われる。1学習期間における学習完了の基準は、出題される X 問のすべての問題に対して、新規問題の配分がなくなった時点とする。なお、1学習期間において推定学力は固定され、学習過程により学習者の学力が変化した場合は、次の学習期間において反映する。

3.2 学習クラスの設定

項目応答理論での推定学力 θ に対して、閾値を設けて n 段階の学力クラスを設定する。

$$L_n \leq \theta < L_{n+1} \quad (3)$$

例えば、学力クラスが $\theta_1 \sim \theta_4$ と 4 段階の場合、下記のように定めることができる。

学力クラス θ_1 : $L_1 = -3.0 \leq \theta < L_2 = 0.4$

学力クラス θ_2 : $L_2 = 0.4 \leq \theta < L_3 = 1.5$

学力クラス θ_3 : $L_3 = 1.5 \leq \theta < L_4 = 2.5$

学力クラス θ_4 : $L_4 = 2.5 \leq \theta < L_{max} = 3.1$

各学力クラスの閾値の求め方は、例えば、学力クラスを θ_n ごとに学力推定用問題の正解数を仮定しておき、 s 回の施行結果から得られる学力推定値の平均値 t を基準に算出することができる。

3.3 学習手順

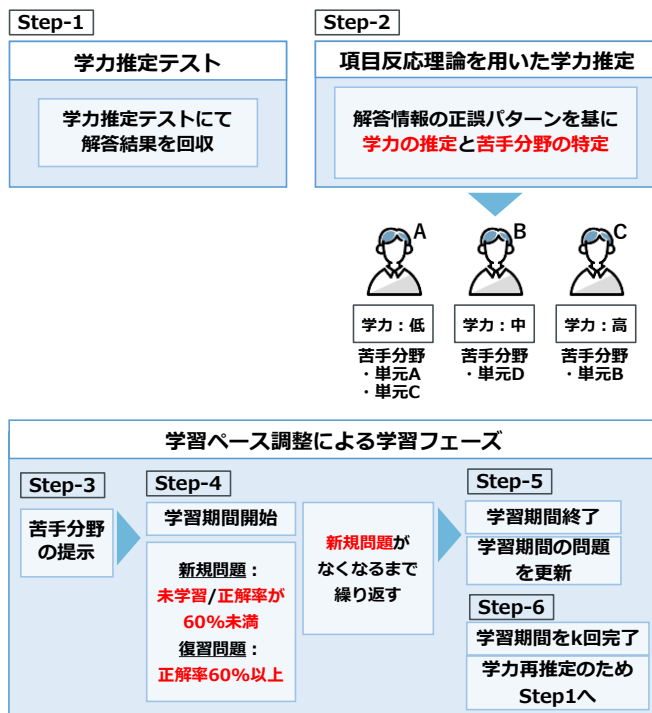


図 2 学習ペース調整手法を適用した学習手順

学習ペース調整手法を適用して、学習者は以下の学習手順で学習を進める (図 1)。Step-4 において学習ペースを調整することにより、学力クラスが低いうちは、英語学習の負担を軽くするため新規問題の割合を少なくし、学力が向上していくごとに新規問題の割合を増

やすことができる。これにより、自分に合った学習量で学習を続けることを可能とする。

Step-1: 学力推定テストを実施する。

Step-2: 正誤結果に基づき、項目反応理論を用いて学力の推定および苦手分野の抽出をする。

Step-3: 提示された苦手問題を提示する。

Step-4: 苦手分野に対し学習ペース調整手法を適用した学習を行う。(学習期間開始)

Step-5: 学習完了後、学習問題の更新を行う。(学習期間終了)

Step-6: 学習期間が k 回数経過後、再度学力推定テストを実施する。(Step-1 へ戻る。)

4. 実験

4.1 実験 1

提案手法により、学力ごとに学習ペースが適切に調整できているのかの確認を行う。

学習問題数は 30 問、1 学習期間の日数は 3 日、1 期間の学習量は 10 問、学力の分類は「低い」「普通」「高い」「非常に高い」の 4 分類とした。新規問題と復習問題の定義に関しては、未出題、または直近 5 回の解答履歴の内 3 回正解していない問題を新規問題、5 回の内 3 回以上正解している問題を復習問題とする。また、学力クラスのしきい値は項目反応理論のスケールで、学力クラス θ_1 は $-3.0 \sim 0.3$ 、 θ_2 は $0.4 \sim 1.4$ 、 θ_3 は $1.5 \sim 2.4$ 、 θ_4 は $2.5 \sim 3.0$ とした。

実験結果を図 3～図 6 に示す。学力クラスが一番低い状態で始めた場合と、一番高い状態で始まった場合を比べると、学力が高い人が 2 倍の速さで学習できるという結果になった。また、求めた学力ごとの新規問題と復習問題の合計出題数を比較すると、新規問題を 30 問学習する間に、学力が「低い」場合は復習問題を 44 問、学力が「普通」の場合は 26 問、学力が「高い」場合は 16 問、学力が「非常に高い」場合は 6 問という結果になった。以上のことより、学力が低い場合には復習問題が多く出題され、学習負担を抑えながら学習に取り組むことができると考える。また、出題問題の傾向を調べた結果、問題によっては、早い期間で

学習したにもかかわらず最後の期間まで復習問題として出題されない、といった結果が確認された。これらの原因としては、問題をランダムで選定しているという点と、実験期間が短く、正確な分布を確認できなかった。という点が挙げられる。ランダム出題に関しては、一定期間出題されなかった場合に強制的に復習問題として出題するなどの措置を取る必要がある。

以上の実験の結果より、特定の条件下ではあるが提案手法により学力ごとに学習ペースを調整した出題が可能であることが確認できた。

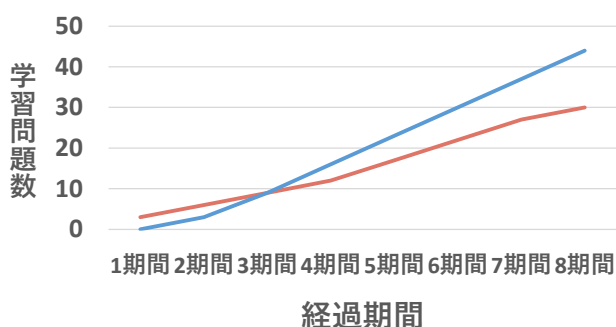


図 3 推定学力「低い」場合の学習経過

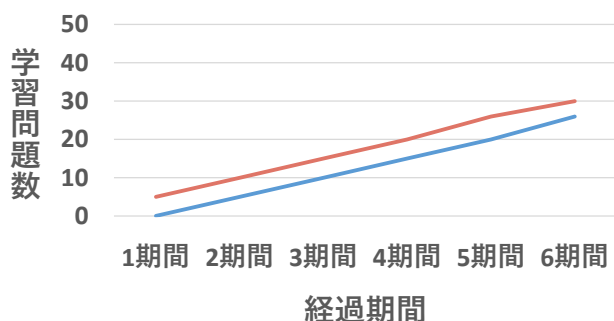


図 4 推定学力「普通」の場合の学習経過

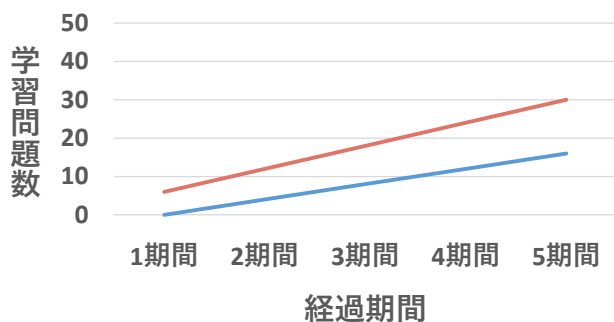


図 5 推定学力「高い」場合の学習経過

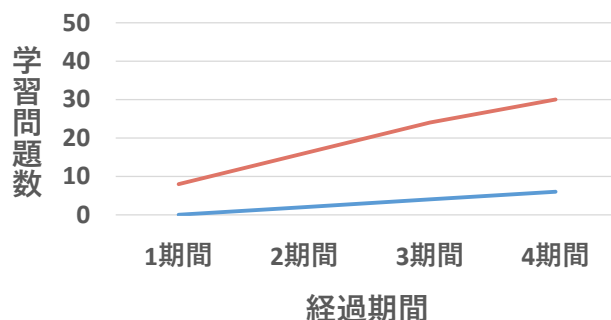


図 6 推定学力「非常に高い」場合の学習経過

4.2 実験 2

実装した学習支援システムを、被験者に実際に使用してもらい、推定学力や苦手分野が適切であったか、およびシステムのユーザビリティについて評価する。

問題は全て TOEIC の Part5 に出題される問題であり、6 分野で構成され、各分野 30 問の計 180 問となっている。被験者は大学生 8 名、大学院生 1 名の計 9 名、期間は学力の推定を行い苦手分野の学習を 3 期間完了するまでとする。1 期間は、3 日経過するか、その期間の新規問題を全て学習済みとすることで次の期間へ行くことができる。アンケートの内容を表 1、結果を図 7 に示す。

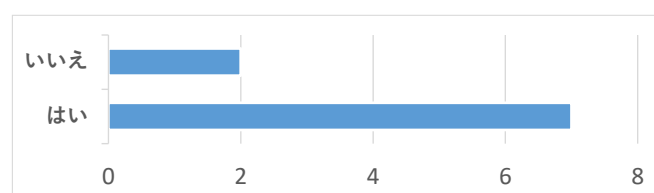
Q2 と Q3 は、項目反応理論により推定された学力が適切であったかを問う質問である。Q2 の推定された学力が適切だと感じたかという質問に対しては、9 人中 8 人が適切であったと感じている。また、Q3 の苦手分野の特定に関しても、9 人中 7 人が適切であったと感じている。これらの結果から、項目反応理論による学力の推定と学力のクラス分け、苦手分野の特定が十分に効果を発揮していることを確認した。しかし、9 人中 2 人が苦手分野の特定が適切ではないと感じており、苦手なのに得意と判定された。という意見を頂いた。これは推定用の問題が少なく、偶然正解してしまった際の学力の上昇幅が大きくなってしまったことが原因と考えられる。この問題を解決するためには、学力を推定する際の問題をさらに増やすことで、精度を上げられると考える。Q4 と Q5 は、提案手法が適切であったかを問う質問であり、Q6 と Q7 は、このシステ

ムへの学習継続性を問う質問である。Q4 の復習問題を入れることによって学習に取り組みやすくなったかという質問には、9人中7人が取り組みやすくなったと答えている。Q5 出題された新規問題の数に関して、適切であったと答えた人は9人中6人であった。これらの結果より、学習の際に新規問題と復習問題を組み合わせることにより、学習に取り組みやすくなるということが分かった。しかし、新規問題の数に関してはどちらとも言えない、適切だと感じなかった、と答えた人が3人おり、これは、学力クラスの閾値が適切ではなく、学力に合っていないクラスに識別された人が居たのではないかと考えられる。Q6 の本システムを利用して学習を無理なく続けて行けるかという質問には、9人中9人が続けていけると思ったと答えた。Q7 英語学習の際に、本システムを利用したいかという質問には、9人中7人が利用したいと答えた。また、Q1 で英語学習に対して苦手意識を持っていると答えた人が7名いたにもかかわらず、Q6 では9人中9人が学習を続けていけると思うと答えている。また、Q7 にも7人が使用していきたいと答えていることから、本システムが英語学習支援システムとして機能しており、継続して使用できると感じさせる機能を持ち合わせているということが分かった。Q8 と Q9 に関しては、本システムの使用感を問う質問である。Q8 本システムの使用感についての質問には、9人中8人が使いやすかったと答えた。Q9 本システムを楽しく使えたか、という質問には、9人中6人が楽しく、2人がやや楽しく使えたと回答している。これらの結果より、本システムのユーザインターフェースが使いやすく、楽しく学習できるとの評価を得た。また、ユーザインターフェースが良いのでモチベーションにもつながる。という意見もいただき、学習支援システムを製作する際のユーザインターフェースの重要性を確認することができた。

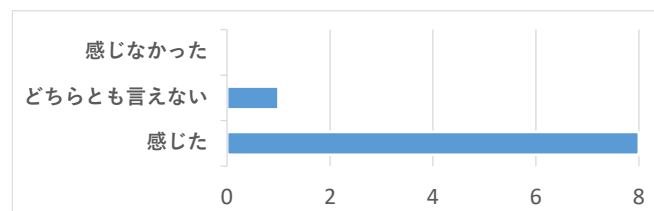
以上のアンケート結果から、実装したシステムのユーザビリティに関して、一定の評価を得ることができ、モチベーション維持を図るための一助になるのではないかと考えられる。

表 1 アンケート内容

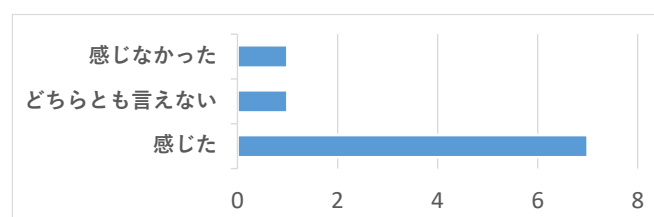
No.	アンケート質問内容
Q1	英語に苦手意識がある。
Q2	推定された学力は適切だと感じた。
Q3	提示された苦手分野は適切だと感じた。
Q4	復習問題を混ぜることで学習に取り組みやすくなったと感じた。
Q5	2 学習期間目以降に出題された復習問題の数は適切だと感じた。
Q6	本システムによって無理なく学習を続けていけると思う。
Q7	英語学習をする際に本システムを利用していきたいと思う。
Q8	本システムは使用しやすかった。
Q9	本システムを楽しく使えた。



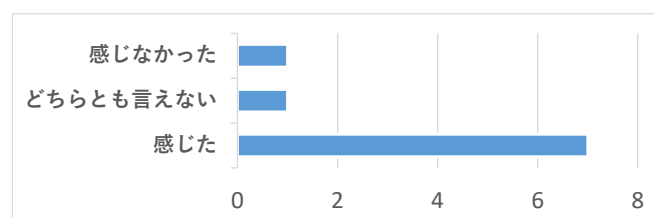
(a) Q1 の回答結果



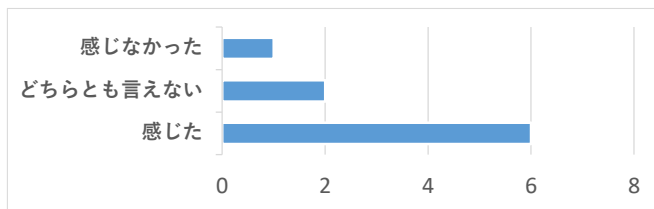
(b) Q2 の回答結果



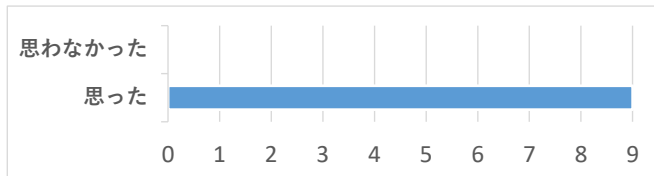
(c) Q3 の回答結果



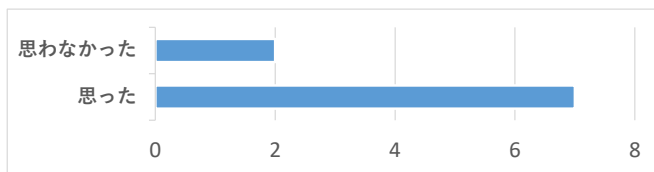
(d) Q4 の回答結果



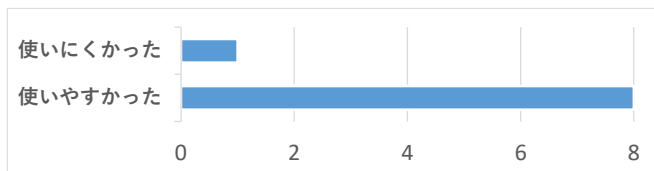
(e) Q5 の回答結果



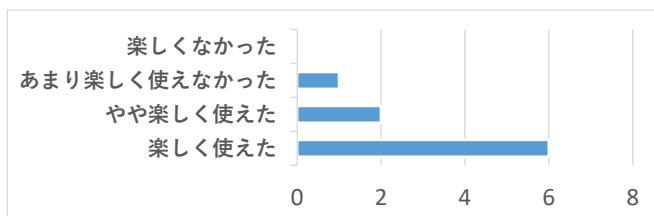
(f) Q6 の回答結果



(g) Q7 の回答結果



(h) Q8 の回答結果



(i) Q9 の回答結果

図 7 アンケート回答結果

5. まとめ

本研究では、学力ごとに学習負荷を調整することで、学習者のモチベーションの低下を防ぐことができるのではないかと考え、項目反応理論を用いて推定した学習者の学力に応じた学習ペースに基づく出題数を調整する学習ペース調整手法を提案した。さらに、項目反応理論による学力の推定機能と、学習ペース手法を組み込んだ学習支援システムの実装と評価を行った。提案手法の特徴は、1 学習期間で新規問題と復習問題の割合を調整し、学習者に適した学習ペースを提示する

点である。実験では、学力ごとに学習ペースが適切に調整できることを示すとともに、システムのユーザビリティについてアンケート結果から一定の評価を得ることができ、提案手法の学習支援システムとしての実現可能性を確認することができた。

今後の課題として、問題数と被験者をさらに集めた実証実験を行う予定である。出題する問題の項目パラメタを正確に求めることが可能になれば、学力推定の精度と共に学力クラスの閾値もさらに正確に求めることが可能になる。そのうえで、学力に合った困難度の問題を出題することで、より学習負荷をその学力に適したものにでき、学習者のモチベーション維持につなげることができると考えられる。

謝辞

神奈川工科大学英語科の河野智子講師、浅川友幸講師には、本研究を行うにあたり適切なご助言を賜りました。ここに深謝の意を表します。

参考文献

- (1) 月原由紀, 鈴木敬一, 廣瀬英雄: “項目反応理論による評価を加味した数学テストと e-learning システムへの実装の試み”, *Computer&Education*, 24 巻, pp.70-76 (2008)
- (2) 小玉成人, 北川翔太: “項目反応理論を用いた e-learning システムの構築”, 平成 21 年電気関係学会東北支部連合大会, p.215 (2009)
- (3) 牛島正規, 史一華, 徐海燕: “学習者適応型 e-Learning 演習システムの開発”, 平成 19 年度電気関係学会九州支部連合大会, p.374 (2007)
- (4) 島田拓司: “項目反応理論(IRT)を使用した言語テストの研究: 死角はないのか?”, *外国語教育: 理論と実践*, pp.29-42(2006/03/15)
- (5) 中島康博, 原幸範, 境優一, 小川原弘士, 金井政宏: “項目反応理論による習熟度別クラス分けの考察”, 久留米工業大学研究報告, 40 号, pp.98-102 (2018)
- (6) 中村亮太, 井上亮文, 市村哲, 岡田謙一, 松下温: “「Ghost-Tutor」: 個人の学習ペースを考慮した学習支援システム”, *情報処理学会論文誌*, 47 巻, pp.2099-2106 (2006)
- (7) 長嶋純平, 中村亮太, 井上亮文, 市村哲, 松下温: “個

- 人の学習ペースを配慮した効率的自主学習システム”，
情報処理学会第 67 回全国大会， pp.463-464 (2005)
- (8) 合田美子，山田政寛，松田岳士，加藤浩，齋藤裕，宮川
裕之：“e ラーニングにおける学習行動の分類”，日本教
育工学会第 29 回全国大会， pp.867－pp.868 (2013)
- (9) 延原哲也，小山嘉紀，三宅新二，庄司成臣，劉渤海，横
田一正：“学習者の理解度に対応した適応型 e ラーニン
グシステムの考察”，情報処理学会研究報告データベ
ースシステム， pp.601-606 (2004)
- (10) Rami Sami , Bennai Samir , Idrissi Mohammed
Khalidi: “Automatic Prediction of Learning Style
Based On Prior Knowledge Using IRT and FSLM”,
ACM Proceedings, No. SITA'20, pp.1-6 (2020)
- (11) 川島博陽，毛利考佑，金子敬一：“学習者の習熟度と学習
パターンを考慮したモチベーション維持システムの設
計と開発”，電子情報通信学会， pp.1－4 (2019/11/30)
- (12) 納富一宏，西村広光，示野浩士：“e ラーニングにおける
学習者のモチベーション維持を目的とした学習状況提
示機能の実装”，電子情報通信学会， pp.1－6(2009/10/02)
- (13) 上村航平，長沼一輝，鷹野孝典：“学習状況管理のための
e-Coin システムの導入に よる複数の英語学習アプリ
ケーションの統合”，JSiSE Research Report， pp.13－17
(2018)
- (14) 加藤健太郎，山田剛史，川端一光：“R による項目反応理
論”，オーム社 (2014)
- (15) 別府正彦：“「新テスト」の学力測定方法を知る IRT 入
門—基礎知識からテスト開発・分析までの話”，河合出版
(2015)