

変容的形成的評価をベースとした LAK システムのデザインの検討

太田 剛^{*1}, 森本 容介^{*2}, 加藤 浩^{*2}

^{*1} 放送大学修士課程, ^{*2} 放送大学,

Design of LAK System Based on Transformative Assessment

Go OTA^{*1}, Yosuke MORIMOTO^{*2}, Hiroshi KATO^{*2}

^{*1} Master's Program, The Open University of Japan, ^{*2} The Open University of Japan

創造的な課題や探索的問題解決学習などのように、目標が次第に明らかになったり、新たな学習により目標が変わったりするような活動に対して、従来の「目標達成型」ゴールではない、「発展的達成型」ゴールのアプローチが提案されていて、その実現のため、学習に埋め込まれた変容的形成的評価が必要とされている。本研究では、多数の学習履歴から探索的に学習モデルを構築し、学習者の学習の軌跡を細かく見る変容的形成的評価を具現化し、学習者にいくつか学習の方向性を認知的徒弟制に基づきモデリング又はコーチングとして示す LAK システムの実現方法についてデザインする。

キーワード: 教育支援システム, インストラクショナルデザイン, 問題解決学習, LAK

1. はじめに

キー・コンピテンシーや 21 世紀型スキルなどに対応し、未来を創り出していく資質・能力の育成を目指した次期学習指導要領等のポイントとして「問いを見いだして解決したり、自己の考えを形成し表したり、思いを基に構想、創造したりすることに向かう深い学び」が提言されている⁽¹⁾。では従来の教育観や学習モデルだけで、この「深い学び」が実現できるのか、という問いを筆者らは持っている。例えば、一般的な教授設計法では、教育目標ありきで、それを多段階に下位目標に細分化するというトップダウンのアプローチがとられているが、創造性や探索的問題解決などにおいて、そもそも行動として表現できる明確な目標が定義できるのであろうか。また仮に定義できたとしても、白水ら⁽²⁾は、従来の教育を「「ここまでできれば合格」という「目標達成型」ゴール」として、Scardamalia ら⁽³⁾の研究から「ゴールを設定すると、学習者が次のゴールを自分で見つける「学びの主体性」が損なわれ、(中略)「学び方を学ぶ」ことが難しい」ことを指摘して

いる。そして、「目標達成型」に対して、一定のゴールを設定するのではなく、ゴールに近づいたら次のゴールを探していくという「発展的達成型」ゴールを提案して、そのため評価自体も個々の学習者の時々の学習状態に対応し、学習に埋め込まれた「変容的形成的評価」が必要としている。この両者のイメージを図 1 に示す。

そして、三宅・益川⁽⁴⁾は「変容的形成的評価」による「発展的達成型」ゴールのアプローチを真正の学習モデルを構築することと考え、これらを実現するため、①学習プロセスを、その起きている現場で、今までより詳しく記録・分析する、②学習者のプロセスを複数の状況にわたってこれまでより長いスパンで追う、③学習者一人ひとりの学びの軌跡を多数蓄積し、そこから演繹的な理論(理想)の抽出と、個別の学習履歴の抽出の両方を可能にする、④こういったデータとその分析実践後、すばやく、関係者多数で共有吟味できるシステムをつくり、そこから次の授業を展開する、という教育実践/システムを提案した。このような多様な学習履歴を収集し、それを分析し利用することは、従来

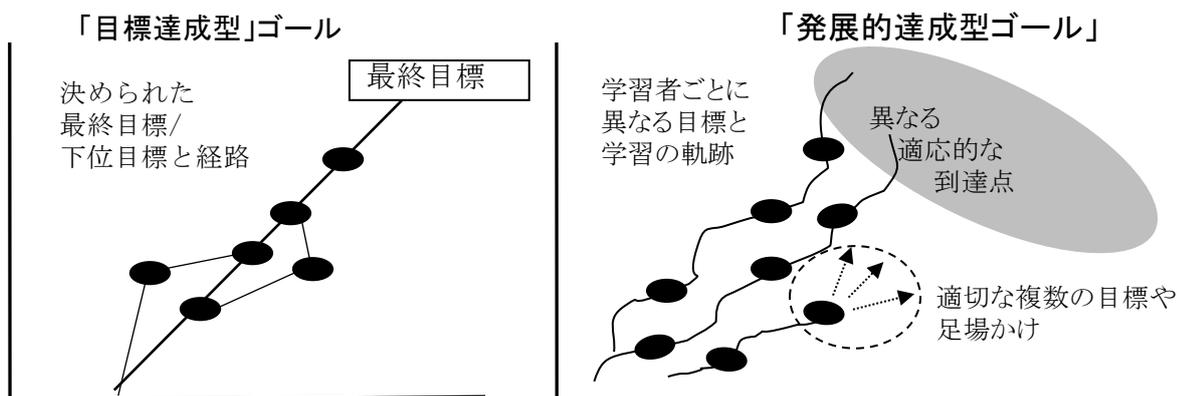


図1 「目標達成型」と「発展的達成型」の比較

の ICT では困難であったが、ビッグデータの活用などが本格化しつつあり、教育分野では Learning Analytics and Knowledge (以後 LAK と略す)として、学習履歴から学習モデルやプロセスを分析し、その結果から学習支援を行う研究や実践が急速に進んでいる。

筆者らは問題解決や創造性の育成を目指し、個別適応化する LAK システムの研究開発を行っているが、前述したように従来の「目標達成型」のアプローチは適さないと考え、「変容的形成的評価」による「発展的達成型」ゴールのアプローチをとるシステムを構築することとした。本稿では、関連する理論や研究と LAK の状況をレビューするとともに、真正の学習を目指すシステムのデザインの検討を行った。

2. 主体的・能動的な学習に関する理論的背景

「変容的形成的評価」や「発展的達成型」については、その提唱者である Scardamalia らは知識構築環境が必要であると、主にグループ学習や協働学習のコミュニティの知的活動に重点をおいている⁽³⁾。そして、三宅ら⁽⁵⁾は、その知識構築環境として、知識構成型ジグソー法の実践研究を行っている。

また、多くの教育場面で利用されているインストラクショナルデザインデザインは、主に ADDIE モデルが利用されているが、他に創造性や問題解決能力の育成に適したモデルの利用も検討されている。Schank の提案したゴールベースシナリオ(以後 GBS と略す)は、教材として文脈となるシナリオを提示し、そのシナリオを達成するための目標の中で学習者が能動的に

明示されていない知識やスキルを習得するものであり⁽⁶⁾、根本・鈴木⁽⁷⁾は GBS の活用を促進するためのチェックリストの開発を行った。また、エンゲストロームの探求的学習理論は、学習プロセスを「探求的学習のサイクル」として定式化し、現状のコンフリクトを解消する方向付けを行うことで学習を進める考えであり⁽⁸⁾、松田・松下⁽⁹⁾は、特に学習という生成的プロセスを継続して行える核となるようなエンゲストロームの胚細胞モデルの提示に注目し、認知的目標から方向付けを行う、従来の ADDIE とは異なる ID 手法の開発を試みている。理論的背景は異なるが、この両者の考えは、学習者に対して明確な獲得すべき能力や目標を提示することなく、学習者自身が主体的に学習できるシナリオや場面を提供する点と、ある目標が達成された場合、学習者自身で次の目標を作っていく点で、実際の教授方法には類似点があると考えられる。

また、学習者への介入に関して状況論に対応した考えとして、現実的な文脈の中で、必要な知識・スキルを学ぶ、ブラウンらの認知的徒弟制があり、その習得の段階を表1に示す⁽¹⁰⁾。松山・千石⁽¹¹⁾はソフトウェアのユーザーインターフェースのデザインの教育において、製品や制作過程の映像や Q&A ページをモデリングやコーチングの手段として利用する支援システムの開発を行った。また張・樫山⁽¹²⁾はソフトウェアの課題演習支援システムにおいて、学生の学習状態の申告をもとにしたコーチングの支援と、他の学生との成果物の比較を行う自己評価機能をリフレクションとして利用している。白沢・赤倉⁽¹³⁾は技能教育用の Web 教育システムにおいて、熟練者の作業をビデオ化し教材とし、自己確認テストをリフレクションに利用している。

表1 認知的徒弟制の習得段階

段階	内容
モデリング	熟練者が明確に作業を見せて、初心者はそれを概念化する。
コーチング	初心者が熟練者のフィードバックやヒントを受けながら実践する。
スキャフォールディング	初心者が独り立ちできるように、熟練者により部分的に支援する。
リフレクション	初心者が行った実践を内省する。
アーティキュレーション	初心者が知識や問題解決方法を明確に表現する。
エクスプロレーション	いろいろな場面において実践する。

3. LAK の関連先行システム・研究

三宅⁽¹⁴⁾は「私たちが持っている学習モデルは、大変貧弱なデータからその間をかなり恣意的に補完して作られたものである可能性が大きい。…その学習モデルは、大枠は一つの方向を示しているが、これが全てのケースに当てはまるような抽象度の高い原理や理論ではない…」と従来の学習モデルと、その作成方法を批判している。これに対して LAK は学習者自身の詳細を表すように収集された多様で大量の学習記録データを解釈することにより、学習の様子を評価し、将来のパフォーマンスを予測し、潜在的な問題を明らかにする。そして、その目的は、学習者毎のニーズと能力に対応した適切な学習機会を、教師や学校が提供できるようにすることである。これは学習履歴データをもとにして探索的・帰納的に個々の学習者に対応したきめ細かな学習モデルを構築すると考えられ、その研究分野から表2に示すような学習モデルを明らかにしつつある⁽¹⁵⁾。

本稿でのシステムのデザイン検討に関連した LAK の先行研究やシステムを以下に示す。まず、すべての学習情報の収集を目的とした「まなふりくん」などの e-ポートフォリオ⁽¹⁶⁾や、学習状態の視覚化を主な目的とした Open Learner Model⁽¹⁷⁾は、学習状態を正確に学習者にフィードバックすることにより、学習者のリフレクション、自己調整学習やメタ認知の習得を目指したものである。また、知識モデルや学習活動パターンについて、Lee ら⁽¹⁸⁾は、主にクラスター分析で、同一の物理の課題において高校生が異なる知識の獲得方

表2 LAK の研究対象

モデル	問い
知識モデル	生徒はどのような学習内容知っているか？（例えば、特定のスキルや概念や手続き型知識や高次の思考スキル）
行動モデル	生徒の行動のパターンは、学習の何を意味するか？学生は動機づけされているか？
経験モデル	生徒は、彼らの経験に満足しているか？
プロファイル	生徒たちを、どのようなグループに分類できるか？
ドメイン(教材)モデル	トピックをモジュールに分割して、そのモジュールを正しく系列化する正しいレベルとは何か？
コンポーネント分析、学習原理分析	どのようなコンポーネントが学習に有効か？ どのような学習原理がうまく働くか？ カリキュラム全体として有効か？
トレンド分析	時間の経過によって何か変わったか？ どうしてか？
適応化と個別化	どのような次のアクションを、生徒に提示することができるか？ 生徒のためにどのように、彼らの次の経験を変更することができるか？

法をすることを分類し、Kuzilek ら⁽¹⁹⁾は、オンラインコースにおいて、いろいろな学習活動のパターンをベイズ的アプローチの分析により、ドロップアウトする学習者の検出を行っている。協働学習に関しては、Joksimović ら⁽²⁰⁾のように、学習中に SNS の中で、学習者がどのような会話が行われているか、トピック分析で、その複数のテーマを抽出することも始められている。さらに OECD の Collaborative Problem Solving⁽²¹⁾のように、システムを使用して直接的に協働学習の能力を測定することも試みられている。教師の介在が入らない ITS(Intelligent Tutoring System) では、Writing PAL⁽²²⁾はレポート作成の初歩的な能力の獲得のための学習内容から始まり、学習者の作成した文書を自動判定して形成的評価結果としてフィードバックする機能を持つ。

4. 変容的形成的評価をベースとした LAK システムの要求定義

以上のような先行研究や関連システムを参考に、創造性や問題解決の育成に適した、変容的形成的評価をベースとした LAK システムの一般的なデザインを検討した。この新しいシステムの要求定義を以下に示す。

(1) 学習と評価の一体環境

学習者のすべての活動を記録するため、システムは学習ツールとして、その中だけで学習が進むことが望ましい。また変容的形成的評価を実現するため評価自身が学習の中に組み込まれる必要がある。

(2) 次の目標を見つける介入

学習者が主体的に学習できるよう、システムや教師の介入は、学習者自身が個々に適した次の目標を見つけるような環境を提示することが必要である。具体的な介入としては、モデリングやコーチング等の認知的徒弟制の手法が望ましいと考える。

(3) 探索的かつサイクリックなモデルの構成

知識モデル、行動モデル、ドメイン(教材)モデル、プロフィールやトレンドモデル等の複数の学習モデルを、システムが大量の学習履歴データから探索的に構成していき、新しいデータの発生・追加により再構成していく仕組みが必要である。

(4) 複数レベルでの個別適応化

従来の教育支援システムで行われている複数経路や学習時間での単純な個別適応化ではなく、知識モデル、行動モデル、ドメイン(教材)モデル、トレンドモデル等を個別適応化することにより、個々の学習者の能力、ニーズにあった学習を支援する。

(5) 質的な多様な評価

パフォーマンス評価を中心に、自己評価や相互評価などの質的評価結果を総合的に利用する。また多様で大量の成果物の自動評価機能により、教師などの負荷を軽減する仕組みが望ましい。

(6) 専門家や教師の検証環境

モデル構成や学習介入方法については、システムだけでなく、もともになる学習履歴を専門家や教師が判断して設定できる機能があり、例えば、個々の授業の後に簡単に判断・修正できる必要がある。

(7) 教師や学習者に対する視覚的情報提供

学習状態や学習介入の情報はグラフなどを含む視覚的情報として教師や学習者に提供できることが必要である。

5. プログラミング教育を想定した具体的なデザイン

筆者らは、初等教育用のプログラミング学習に対応した LAK システムを設計・開発している。成果物であるプログラム自体がデジタルデータであり、また学習環境として PC 又はタブレットを使用するため学習者自身で学習記録を残しやすいという点と、構築主義をもとにしたメイキング⁽²³⁾という、子どもが自由に多様なプログラムを作成する学習場面を想定している点は、変容的形成的評価をベースとした LAK システムの試作に向いていると考えられる。

具体的なシステムのデザインは図 2 に示すように、中核機能として、標準的な LAK システム⁽²⁴⁾と同様に、学習履歴分析エンジン、個別適応化エンジン、学習介入エンジンと教師用と生徒用のダッシュボードを持つ。以下にシステムで使用する情報と機能の概要を示す。

(1) Scratch プログラミング学習環境

対象とするプログラミング言語は、世界中の初等教育で利用されている、ブロックを組み合わせてプログラムが作成できる Scratch⁽²⁵⁾とした。なお、Scratch には Web 上にコミュニティがあり、お気に入りやフォーラムの機能がサポートされているが、開発元の MIT 以外のシステムから、これらの情報を取り出すインターフェースが未公開のため、本システムではフォーラム内の会話データなどが利用できない。そのため、生徒間の会話は学習履歴としては現在対象外と考えている。

(2) 共通知識・スキルカタログ

従来の教育支援システムの学習目標に対応するが、カタログ内では知識・スキルの明確な上下関係や学習順番などの構造は定義せず、これらの構造情報は知識獲得モデルとして外部に持つ。知識・スキルの具体的な内容として MIT が提案しているコンピュテーショナル・シンキングをもとにしたプログラミング評価フレームワーク⁽²⁶⁾を利用する。

(3) 共通教材

初等教育用のシステムであるため認知的徒弟制のモデリングやコーチングを支援する教材を整備する。先行システムを参考に、初期操作を説明するサンプルビデオ、プログラミングの基礎を習得するための比較的

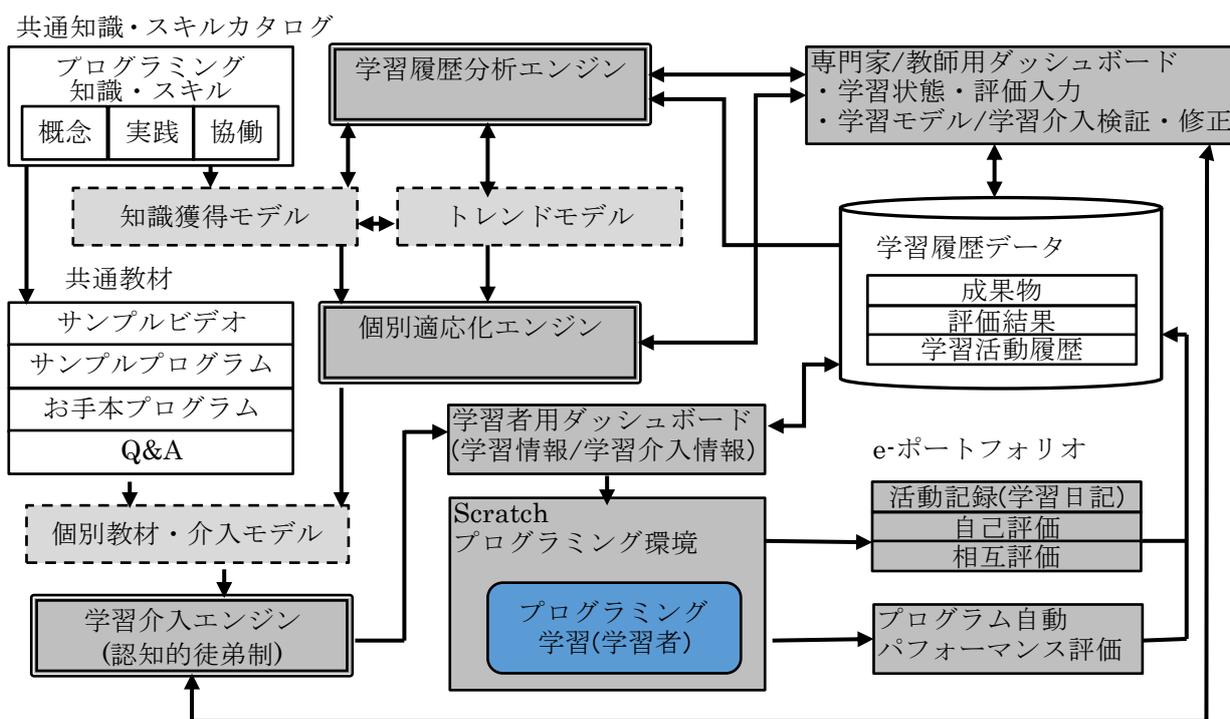


図 2 プログラミング教育用 LAK システムのデザイン(案)

小さなサンプルプログラム、学習の目標を示すための比較的大きなお手本プログラムと、実際の学習中に出てくる質問をもとにした Q&A を開発する。

(4) 学習履歴データと e-ポートフォリオ/プログラム自動パフォーマンス評価

学習履歴データは、生徒が作成した成果物であるプログラム自体と、教材の利用実績と生徒が入力する学習日記による学習活動記録と、教師・生徒自身・友達・システムがプログラムを評価した評価結果の 3 種類の情報から構成される。システムが支援するプログラム自動パフォーマンス評価は、生徒のプログラムが上記のプログラミング評価フレームワークの、どの知識・スキルを利用しているか測定するものである。

(5) 学習履歴分析エンジンと知識獲得モデル/トレンドモデル

トレンドモデルは、個々の生徒又は特定のグループがどのような学習活動パターンをとるかモデル化したものであり、今後の学習傾向を予想する情報となる。また、知識獲得モデルはトレンドモデルと対応し、特定の学習活動パターン毎に、その知識・スキルの獲得内容と獲得順序をモデル化するものである。学習履歴分析エンジンは学習履歴データを分析し、両モデルを

構築する機能を持つ。

(6) 個別適応化エンジンと個別教材・介入モデル

個別適応化エンジンは、生徒の学習活動パターンと知識・スキル獲得状況から、次に生徒が目標を見出すために適切な教材や介入方法の決定を行い、それを個別教材・介入モデルとして蓄積する。例えば Scratch をメイキング場面で使用する場合、ゲームを作る生徒や電子絵本を作る生徒がいるが、それぞれの生徒に対して、より高い目標に到達するためにお手本となるプログラムは異なってくる。

(7) 学習介入エンジン

個々の生徒の現在の学習状態から、その時点で最適な教材提示などの学習介入方法を個別教材・介入モデルをもとに決定する。具体的な介入内容については、ダッシュボードを通して生徒と教師に提供される。

(8) 専門家/教師用ダッシュボード

以下の 4 つの機能を持つ、システムと専門家/教師とのインターフェースである。a) 個々の生徒の学習行動パターンと現在の学習状態を表示する。b) システムが決定した個々の生徒に対する介入方法を表示する。c) 生徒の成果物や学習活動を評価し入力する。d) システムの分析した各種モデルや介入方法を表示し、そ

れを検討し必要であれば修正を行う。

(9) 学習者用ダッシュボード

以下の2つの機能を持つ、システムと生徒とのインターフェースである。a) 自分の学習状態を表示する。b) システムが決定した自分に対する介入情報を表示する。

6. 今後の作業

現在筆者らは、上記で説明した各種エンジンを除く、プログラミング教育用の共通知識・スキル構造、共通教材、プログラム自動パフォーマンス評価と主に学習状態を表示するダッシュボードを含むシステム開発を進めている⁽²⁷⁾。まず、このシステムを使い、実際のプログラミング学習場面での学習履歴の収集を行う予定である。その後、ベイズ的アプローチ又はマルコフ過程等の適切な学習履歴の分析方法を検討し、LAKシステムの中核となるエンジン部分を開発する予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26282058 の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 文部科学省: "次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめについて (報告)", http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/gaiyou/1377051.htm (2016年11月18日確認)
- (2) 白水始, 三宅なほみ, 益川浩如: "学習科学の新展開: 学びの科学を実践学へ", *Cognitive Studies*, 21(2), pp.254-267 (2014)
- (3) Scardamalia, M., Bransford, J., Kozma, R. et al.: "New assessments and environments for knowledge building." ,*Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, Springer, New York, pp.231-300 (2012)
- (4) 三宅なほみ, 益川弘如: "第6章 新たな学びと評価を現場から創り出す", *21世紀型スキル: 新たな学びと評価の新たなかたち*, 北大路書房, 東京, pp.207-223 (2014)
- (5) 三宅なほみ, 齊藤萌木, 飯窪真也 et.al.: "学習者中心型授業へのアプローチ: 知識構成型ジグソー法を軸に", *東京大学大学院教育学研究科紀要*, 51巻, 2012.3, pp.441-458 (2012)

- (6) Schank, R. C., Fano, A., Bell, B. et al.: "The Design of Goal-Based Scenarios", *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 3:4, pp.305-345 (1994)
- (7) 根本淳子, 鈴木克明: "ゴールベースシナリオ(GBS)理論の適応度チェックリストの開発", *日本教育工学会論文誌* 29(3), pp.309-318 (2005)
- (8) Engeström, Y.: "Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization", *Journal of Education and Work*, 14(1), pp.133-156 (2001)
- (9) 松田岳士, 松下佳代: "活動理論に基づく教育実践のデザインー「胚細胞モデル」を用いた新たなインストラクショナルデザインの試みー", *日本教育工学会論文誌*, 37(4), pp.521-528 (2014)
- (10) Collins, A.: "Cognitive apprenticeship", *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, Cambridge University Press, pp.47-60 (2006)
- (11) 松山聡志, 千石靖: "UX と UI のデザインスキル向上のための概念モデル学習システムの提案", *情報処理学会研究報告, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告*, 2014-HCI-160(21), pp.1-6 (2014)
- (12) 張龍明, 樫山淳雄: "ソフトウェア工学教育のための協調学習による課題演習支援システム", *情報処理学会第74回全国大会講演論文集*, 2012(1), pp.639-640 (2012)
- (13) 白沢勉, 赤倉貴子: "中小製造業における技能教育を支援する e-Learning System の開発とその評価", *日本教育工学会論文誌*, 29(4), pp.559-566 (2006)
- (14) 三宅なほみ: "学校と社会の連携 —IT の活用—", *教育心理学特論, 放送大学教育振興会*, 東京, pp.240-255 (2012)
- (15) U.S. Department of Education: "Enhancing Teaching and Learning Through Educational Data Mining and Learning Analytics: An Issue Brief", <https://tech.ed.gov/wp-content/uploads/2014/03/edmla-brief.pdf> (2016年11月18日確認)
- (16) 森本康彦: "eポートフォリオとしての教育ビッグデータとラーニングアナリティクス", *コンピュータ&エデュケーション*, Vol.38, pp.18-27 (2015)
- (17) Bull, S., Ginon, B., Boscolo, C. et al.: "Introduction of Learning Visualisations and Metacognitive Support in a Persuadable Open Learner Model", *Proceedings of the 6th International Learning Analytics and Knowledge (LAK16) Conference*, pp.30-39 (2016)
- (18) Lee, H., Gweon, G., Dorsey, C. et al.: "How does Bayesian knowledge tracing model emergence of knowledge about a mechanical system?", *Proceedings*

- of the 5th International Learning Analytics and Knowledge (LAK15) Conference, pp.171-175 (2015)
- (19) Kuzilek, J., Hlosta, M., Herrmannova, D. et al.: "OU Analyse: Analysing at-risk students at The Open University", <http://www.laceproject.eu/publications/analysing-at-risk-students-at-open-university.pdf> (2016年11月18日確認)
- (20) Joksimović, S., Kovanović, V., Jovanović, J. et al.: "What do cMOOC participants talk about in Social Media? A Topic Analysis of Discourse in a cMOOC", Proceedings of the 5th International Learning Analytics and Knowledge (LAK15) Conference, pp.156-165 (2015)
- (21) OECD: "PISA 2015 DRAFT COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING FRAMEWORK", <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%20.pdf> (2016年11月18日確認)
- (22) McNamara, D. S.: "W-Pal: An Intelligent Tutoring System that Provides Interactive Writing Strategy Training", <http://soletlab.com/projectsitewpal.html> (2016年11月18日確認)
- (23) Martinez, S. M, and Stager, G.: "Invent to learn : making, tinkering, and engineering in the classroom", Constructing Modern Knowledge Press (2013)
- (24) Siemens, G., Gasevic, D., Haythornthwaite, C. et al.: "Open Learning Analytics: an integrated & modularized platform", <http://classroom-aid.com/wp-content/uploads/2014/04/OpenLearningAnalytics.pdf> (2016年11月18日確認)
- (25) "Scratch", <https://scratch.mit.edu/> (2016年11月18日確認)
- (26) Brennan, K. and Resnick, M.: "New Frameworks for Studying and Assessing the Development of Computational Thinking", Annual Meeting of the American Educational Research Association (2012)
- (27) 太田剛, 森本容介, 加藤浩: "プログラム機能の自動分析機能とプログラム概念の自動評価機能を持つ Scratch 用プログラミング学習支援システムの開発", 情報教育シンポジウム(SSS2016), pp.106-113 (2016)