

特集 「研究会紹介」

先進的学習科学と工学研究会 (ALST)

Advanced Learning Sciences and Technologies

瀬田 和久
Kazuhisa Seta

大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科
Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University.
seta@mi.s.osakafu-u.ac.jp, <http://ks.kis.osakafu-u.ac.jp>

Keywords: learning science, learning technology.

1. はじめに

先進的学習科学と工学研究会 (Advanced Learning and Science and Technology: 以下, ALST 研, <http://sig-alst.jp/sig-alst/>, 主査:瀬田和久, 主幹事:林佑樹) は, 知的教育システム研究会を前身とし, 約 30 年にわたり第 1 種研究会として活動しています. 最も知的な活動である「学習」を対象として, その促進・支援のモデル化, システム化に関する研究課題に取り組んでいます. 研究会名の一部となっている学習科学は, 認知科学の成果をもとに学習プロセスを促進する仮説を立て, 実践によって理論の正しさや具体的促進法の有効性を立証しようとする研究分野です. 学習工学は, 情報工学・知識工学の成果をもとに学習プロセスを促進・支援するための技術道具をつくり出そうとする研究分野を指します [平嶋 10]. どちらも, 「学習」を既存の知見や技術・方法の単なる応用・適用対象と見るのではなく, 学習自体のもつ本質的な重要性を見いだそうとする思いが研究会名称に込められています. より良い学習, より良い思考を可能にする新しい学習の形態の提案, モデル化, そしてその支援・促進を可能にする日本発の独自の技術開発を追求しています.

最近では「学習科学と工学のフロンティア」と題した特集が, 松居辰則主査 (当時) が中心となり, 本学会誌および論文誌で組まれています [松居 15a, 松居 15b]. また, 全国大会のオーガナイズドセッション「プロセス中心のシステムデザインとラーニングアナリティクス」が, 過去 3 年にわたって企画され, 最近のビッグデータ活用技術の高度化の流れをくんだ新しい研究領域の開拓にも取り組み, ますます活発な活動を続けています.

研究会は年に 3 回のペースで開催しており, 3 月には恒例となっている合宿研究会を行っています. 通常の研究発表スタイルに加え, 夜の部では, ざっくばらんな討論を行うことが, 知的教育システム研究会の頃からの伝統になっています. また, 萌芽的なアイデアを洗練する機会としての WIPP (Work in Progress Poster) セッ

ションを毎回の研究会に採り入れています. このように, 良い伝統を引き継いでコミュニティとしての知の蓄積・継承を継続することと, 新しい取組みを積極的に行い変化し続けることを良しとする気風が本研究会の特質であるように感じています.

以下では, 紙数の許す範囲で, 本研究会で取り組まれている研究の一部をご紹介します.

2. テーマ

学習支援システムの開発において, 新しい学習形態の開発とその支援技術の開発は両輪で, この二者の間の合理性, 妥当性の根拠を学習モデルが与えます. 本研究会の特徴として, 何を学ばせようとするか, 何を支援しているかをモデルに基づいて原理的に理解しようとする点にあります. ですので, これらを分離して一面的に議論することは本質的に困難で, 実際, 以下で紹介するいずれの研究もこれらの要素を一体的に備えています. ただ, 今回の研究会紹介では技術的側面を重視して紹介する旨の依頼を受けていることと, 紙数も限られていることから, 新しい学習形態の開発とその支援技術開発の側面に焦点化し, 正確さを欠くところはあるとは思われますが, 相対的にどちらに特徴があるかの著者の判断に基づいて両側面を対比的にご理解いただこうと思います.

2.1 新しい学習形態の開発

§1 Kit-Build Method

知的学習支援システムは, 学習者の理解状態を表す学習者モデルを内部に保持し, これを参照して目的を達成する教授戦略を立案, 実行することで学習者個々への適応的な教授を可能とします. そこでは, 課題に対する学習者の取組みをもとに理解状態を推論する手法が採られ, つくられたモデルは学習者の目に触れることがないのが一般的でした. これに対し, GUI の進歩やタブレットメディアの普及に伴い, このモデルを学習者に開放し直接操作を許すオープンな学習者モデル (Open Learner Model) の概念が注目されています. これによ

り、自らの理解に関するシステムとの明示的合意に基づくインタラクションが可能となります [Bull 10, 瀬田 17].

平嶋らは Kit-Build 概念マップを考案し、これを可搬性が高いタブレットメディアに実装することで「つくることによる学習」を指向した新しい学習環境を学校教育のさまざまな場面に導入しています。教師が作成した概念マップをノードとリンクの集合に分解して Kit として学習者に提供し、学習者はこれを用いて対象世界の概念構造をつくり上げます。システムは、対象世界の概念に依存しないノードとリンクの概念に結び付いて動作するので汎用性が高く、多様な学習領域へ展開できる仕組みとなっています。Kit は規格化されることになるので表現の揺らぎが起きないことが特徴です。したがって、計算機がこれを診断してフィードバックすることができます。また、学習者個々が作成した概念マップを重ね合わせることで、今まさに教室で学んでいる多くの学習者が陥っている誤りの内容が、教師の手元の端末や教室のスクリーンに即座に可視化され、教師はその場で適応的な教示を与えることもできます [本多 18, Pailai 17]. これに加え、グループ学習で利用することにより焦点を絞った議論の活性化、アクティブラーニングを促す効用も確認されています [Wunnasri 18].

§ 2 作問学習

平嶋・林・倉山・山元らは単文統合型作問学習環境「モンサクン」の開発を行っています。問題を解くことで学ぶことが重視され一般的でもありますが、学習者自身が「問題を作る」学習環境を実現しています。「人の思考を情報に対する操作」と捉え、情報工学的に算数文章問題をモデル化しています。そして、10年以上にわたる小学校の授業内での実践的利用を通じて、その有効性を示してきています [赤尾 16, Supianto 17, 山元 17].

この成果は、人工知能技術の現場での実践の視点でも貢献が認められており、2017年度の現場イノベーション賞金賞が授与されています [人工知能 17].

§ 3 モデリング学習

堀口・東本・平嶋らは、動的システムを対象としたモデリング学習環境を開発しています。そして、定性的語彙を用いたモデル作成と定性シミュレーションを可能とする動的システムのモデリング環境 Evans を開発し [Horiguchi 12], 学習者の誤りに対する直接的支援である「構造説明 (モデルの誤り箇所を指摘)」と、間接的支援である「振舞い説明 (モデルの振舞いのおかしさを指摘)」という二つの支援機能が実現されています。そして、構造説明はモデルの完成を促進するものの、理解度向上に寄与するか否かはその使い方に依存することや、振舞い説明はモデルの熟考を促進し、モデルの完成が理解度向上につながるということの学びの理解につながる興味深い現象を明らかにしています。さらに、学習効果は一定期間経過後も強く維持されており、概念的

理解に貢献することもわかってきています [Horiguchi 19].

小島・森田・三輪らは、人間の認知機能の理解促進を目的とした、認知モデル作成環境 DoCoPro を開発しています。プロダクションシステムをシステム内部に備え、学習者は人が犯す誤り (例: 算数における桁下げ操作の誤り) の背後にある原因 (学習者の頭の中に形成されているバグモデル) を推定し、その振舞いを再現するプロダクション規則を規定します。学習者が規定した規則に基づく挙動が、ワーキングメモリの状態変化としてシステムにより示されるので、学習者はその結果をもとに、意図した振舞いを形成するプロダクションルールに修正していきます。認知科学の初心者にとってハードルが高い認知モデルの実装、シミュレーションが容易になることで、学習者自らが認知モデルの作成を通じ、認知機能の深い理解につなげていけることがわかっています [神崎 15, 三輪 12, 中池 11, 齋藤 15].

§ 4 高次認知スキル学習

崔・田中・松田・藤・池田らは、潜在的なメタ認知的学びを対象とした学習支援環境の開発を行っています。そこでは、信念対立解明アプローチの考え方に基いて開発された思知 (シチ) と呼ばれるシステム上で、唯一解が存在しない課題を用いて、自分の思考と対立する理路を外化させ、二つの思考の対立・認知的葛藤を解決する方策の検討課題を陽に与えています。そして、高度な専門知識を有する医療現場で、また対称的に専門知識を前提にできない大学初年次教育などで、10年余りにわたりメタ認知的思考の実践教育を行っています [Chen 14, 瀬田 13]. 林・瀬田らは、思知をもとにした Eye-Sizhi (アイ・シチ) と呼ぶ支援システムを開発し、外化した思考を吟味する視線行為 (低次行為) から、自分の思考の何に注目して、何を考えているか (例: 異なる思考の対立要因を吟味している) の高次の思考活動をオントロジーと、これに基づいて定義された解釈ルールに基づいて推定する機能を備えています [林 16, Hayashi 18].

2.2 技術開発

§ 1 オープンエンドな領域での学習支援技術

Jouault・瀬田・林らは、Webを活用した主体的学習の文脈で、概念マップの作成支援の仕組みを実現しています [Jouault 16a, Jouault 16b, Jouault 17]. 概念マップの構成要素を事前に用意しておくことができれば、システムからのフィードバックを実現しやすくなる一方で、学習者の興味を尊重するオープンエンドな学習文脈ではこの前提をおくことができません。この問題への対応として、LODを活用することによりノードとリンクの規格化および意味処理を可能とし、歴史学習であれば話題を限定しないオープンな学習場において、概念マップづくりを刺激する質問生成を2種のオントロジーに

基づいて実現しています。SOLS (Semantically-aware Open Learning Space) と呼ぶこのシステムが生成する問いの質は、人間がつくるものと遜色がないことや、理解を深める問いを与えながら学ばせることで、史実の背景的理解が促進されること、暗記的で退屈に感じる歴史学習に楽しさを感じる点が示唆されています。知識ベースとしての LOD の蓄積に伴い、質問の内容も豊かになっていくことが期待できる点で、特徴的なアプローチと思われます。

柏原・長谷川らは、Web 調べ学習における学習プロセスをモデル化し、そのモデルに沿った学習を促すシステム iLSB を開発しています。Web を活用した主体的学びでは、学習課題の習得に合理的な学習シナリオを展開する必要がありますが、学習者はしばしば不合理な学習シナリオを形成してしまいます。この問題に対して、LOD を活用して学習者の主体性を阻害することなく課題展開を診断し、より妥当なシナリオ作成を促す手法を開発しています。診断機能は Firefox のアドオンとして実装されており、これを用いることで学習者の課題展開の見直しが促され、妥当な学習シナリオ作成に有効に働くことが示唆されています [佐藤 19a, 佐藤 19b]。

§2 探究学習支援技術

岡本・松原らは、主として物理、化学を対象として力覚提示デバイスや AR 技術を活用した仮想実験環境を実現しています。AR 技術は専用端末ではなく、スマートフォンを装着することにより活用可能で、実験機器や試薬などが実世界に重畳され、学習者はそれら进行操作することで自身が立てた仮説の妥当性が確認できるようになっています。力覚提示デバイスを活用した学習環境では、身体性を伴った学びを仮想的に実現することで、没入感覚を生み出し、この結果、学習成果の定着が促されることがわかっています [松原 15, 岡本 13, 岡本 15]。

柏原らは、タブレットメディア上での概念マップづくりに擬似的な力覚を伴った学習環境を実現しています [柏原 15]。ここでは、自発的な思考を促す示唆が、能動的な学習活動を中断しないよう非言語的、感覚的に与えられます。例えば、指の動きに追従せずにノードが遅れて移動するといった動作に伴うことでそのノードが重いという擬似力覚が与えられたり、関連がない概念間にリンクを作成しようとした際に、つけようとするノードが遠ざかっていく動作を伴わせることで、学習者に知識の重要性や関係性に関して注意を向けさせるような認知的示唆が与えられます。そして、より複雑な概念マップの作成において、擬似力覚の呈示が重要な知識間の関係の知識定着に貢献することが明らかにされています [柏原 15]。

§3 動機付け・情動支援技術

堀口・東本・平嶋らは定性シミュレーション技術を活用した誤りの可視化技術 (EBS: Error Based Simulation) を開発し、素朴概念と呼ばれるような棄却

が難しい誤りの棄却や学習の動機付け支援技術の開発を行っています。学習者が立てた方程式に誤りが内在しても、それを直接指摘するのではなく、その立式に従った振舞いを可視化 (例: 斜面を滑る物体が現実にはあり得ない浮き上がる動きをシミュレート) することで、学習者の認知的葛藤を誘発し、誤り原因の追及を動機付ける支援を実現しています [篠原 16, 山田 16]。さらに、より主体的な探究活動を促す仕掛けとして、仮想実験環境におかれた学習者に測定器を与え、その設置と観察を主体的に行わせることで、物理的振舞いの原理の探究を促す支援環境の開発を行っています [植野 18]。

アイエドゥン・林・瀬田 [Ayedoun 17, Ayedoun 18a, Ayedoun 18b] らは、第2言語学習意欲を高めることを目的とした、会話エージェントの開発を行っています。そこでは、会話の行詰まりが生じた際に、エージェントがより平易な表現に言い換え直したり (Communication Strategies)、うまく会話ができた・できないときにはほめてあげたり、励ましたりするような情動に働きかける戦略 (Affective Backchannels) を組み入れることで、人の間で生じる情動伝染が、人と会話エージェントの間でも生じることを明らかにしています。この会話エージェントと英会話を行うことで、第2言語コミュニケーションへの不安が軽減するとともに、自信と意欲の向上が見られることがわかっています。

§4 言語・非言語コミュニケーション支援技術

杉本・林・瀬田らは、遠隔環境でなされる協調学習支援システム (以下、CSCL システム) の開発・運用・分析を支援する統合プラットフォームの開発を行っています。学習支援システムの開発者向けには、多人数マルチモーダルインタラクションに関する知見を学習支援ツールに組み入れ可能な言語・非言語アウェアな環境を提供するとともに、学習者には学習ツールを活用した言語・非言語アウェアな協調学習環境を、そして、分析者には協調学習コミュニケーションの分析環境を提供しており、CSCL システムライフサイクルを循環させる基盤を実現しています。多人数マルチモーダルインタラクション分析に活用可能な可視化機能を備え、データの解釈パターンを独自に定義可能とすることで、共同注視や相互注視といった高次元イベント情報を、データ整形作業を要することなく抽出できる仕組みを実現しています。このため、コミュニケーションの質的分析を目的とした多人数マルチモーダルインタラクション分析に必要な情報を容易に整えることができる環境が実現され、遠隔分散環境下でなされる学習コミュニケーションを対象としたラーニングアナリティクスの研究基盤となることも期待できます [杉本 18a, 杉本 18b]。

柏原らは、ロボットを活用した講義代行システムの開発を行っています。このシステムでは、e-Learning 講義において講師の代わりにロボットが適切な非言語動作を伴いながらプレゼンを実施します。講師が行う講義スラ

イドのスクリーンキャプチャやスライドの切替えタイミング、口頭説明の音声データを記録する一方で、プレゼン中のジェスチャや視線などの非言語動作をモーションデータとして取得します。そして、モーションデータからはジェスチャの内容を、スライドデータからはテキスト情報と赤線や太字などの修飾情報に重要箇所を推定します。オーディオデータからは、パラ言語とオーラルテキストデータを取得してオーラルでの重要箇所を推定します。これらのデータとプレゼン動作モデルに基づいて講師の伝達意図を推定し、適切な非言語動作を導きだしたうえで、講師の非言語動作を適切な動作へと再構成します。興味深い結果として、講師とロボットが行うプレゼン映像を学習者が視聴した結果、学習者の注意を維持、制御するためにロボットによって再構成された視線および指差しが効果的であることが示唆されています。また、ロボットが講師のプレゼンをそのまま再現するとき、再構成して講義する場合で、後者の方が理解度を促進することも示唆されています [石野 19, 柏原 19]。

§5 生体情報に基づく学習者の心的状態推定技術

田和辻・松居らは、学習者の知識・理解状態、心的状態の両側面を推定する機能を実装し、適切な自動メンタリングを実現するためのモデルと技術基盤の開発を行っています [堀口 10, Matsui 14]。教師と学習者のインタラクションにおいて教師の発話と学習者の生体情報、および学習者の心的状態との関係の形式化を試みてきています。一方で、機械学習アルゴリズムの学習支援を含めてさまざまな分野への応用可能性も示されてきていることから、Deep Neural Network : DNN を用いた学習者の心的状態の推定の可能性も探っています。その結果、76.17%の精度で生徒の生体情報から心的状態を推定することができ、人間教師の一致率である 24.11% を大きく超える結果は、DNN を用いた学習支援の応用可能性を示唆しています [松居 18, 松居 19]。

さらに、生体情報と心的状態の関係に関する知識記述に関する研究も行われています [松居 15c]。前述の生体情報を用いて学習者の心的状態を推定する研究においては、あらかじめ研究者が推定しようとする心的状態が明確にされており、どのような生体情報を用いるかということが課題になります。したがって、生体情報を学習者とその状況の理解に役立てるためには、生体情報と心的状態の関係を明らかにするとともに、学習支援システムを構築する際に参照可能なように記述しておく必要があります。生体情報と心的状態の関係を記述するにあたり松居らは、まず (1) 生体情報と心的状態がそれぞれどのような過程において生起しているかということをつえたうえで、(2) その過程の中で心的状態が概念的に分類されるかということを明確化する試みを行っています。

§6 神経科学の知見による教授戦略モデルに基づく学習支援エージェントの設計基盤技術

田和辻・松居らは、学習者に対して感情フィードバック

(e.g. 表情) を行う親和性の高いヒト型教育エージェント (HPA : Humanlike Pedagogical Agent) の設計を志向し、人間がヒト型エージェントの表情動作の様態 (e.g. 表情速度の非典型性) から受ける違和感などの否定的印象に対する実験的検討 [田和辻 19a], およびその印象形成メカニズムを説明する定性的な神経系の挙動モデル構築を行っています。特にモデル構築にあたっては、人が神経系の挙動推論と機能の説明をする際の知識を形式的に表現し、人間にとって可読な形で (定性的に) 神経系の挙動を推論することを視座においています [田和辻 19b]。

3. ま と め

本稿では、ALST 研究会で取り組まれている研究事例を紹介しました。ここで取り上げることができた事例は紙面の都合でごく一部に限られてしまいました。コンピュータシミュレーションに関する研究や、認知シミュレーション技術に基づいて人の認知機能を理解しようという試み、評価者のバイアスを加味できる評価方法、また、より基礎的・科学的な研究として人間の洞察、学習指向性を理解する認知科学的研究などなど、興味深い研究が精力的になされています。

教育・学習の単なる情報化の視点ではなく、学習という人の最も知的な活動を掘り下げて理解することにより新しい学習形態とそれを支える支援技術を高度化すること、そして、その実践によりこれまでわかっていなかった人の学びに関する新たな発見や理解を深めることができる魅力ある研究分野です。少しでも興味をもっていただけましたら、研究会にぜひ、足を運んでいただけたらと思います。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、歴代主査の先生方、平嶋 宗教授 (広島大学)、柏原昭博教授 (電気通信大学)、松居辰則教授 (早稲田大学)、松原行宏教授 (広島市立大学)、堀口知也教授 (神戸大学) より、貴重なコメントをいただきました。ここに記し感謝いたします。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [赤尾 16] 赤尾優希, 林 雄介, 平嶋 宗 : 作問課題作成演習の設計・開発とその評価—作問プロセスの自己説明活動として—, 人工知能学会論文誌, Vol. 31, No. 5, D-G33_1-10 (2016)
- [Ayedoun 17] Ayedoun, E., Hayashi, Y. and Seta, K.: Motivational strategies enhanced conversational agent to increase L2 Learners' WTC, 人工知能学会 第 80 回 先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-B507-03, pp.13-20 (2017)
- [Ayedoun 18a] Ayedoun, E., Hayashi, Y. and Seta, K.: Adding communicative and affective strategies to an embodied conversational agent to enhance second language learners' willingness to communicate, *Int. J. of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 29, No. 1, pp. 29-57, Springer (2019)

- [Ayedoun 18b] Ayedoun, E., Hayashi, Y. and Seta, K.: Learners' preferences of conversational strategies and L2 WTC outcomes in using a dialogue agent, 人工知能学会第 84 回先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-B802-01, pp.1-8 (2018)
- [Bull 10] Bull, S. and Kay, J.: Open Learner Models, Roger Nkambou, Jacqueline Bourdeau and Riichiro Mizoguchi (Eds), *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Vol. 308 (2010)
- [Chen 14] Chen, W., Cui, L., Tanaka, K., Nishiyama, H., Matsuda, N. and Ikeda, M.: Using ontology for representing role change design in nursing service thinking education, *Proc. 22nd Int. Conf. on Computers in Education*, pp. 744-749 (2014)
- [Jouault 16a] Jouault, C., Seta, K. and Hayashi, Y.: Can LOD based question generation support work in a learning environment for history learning?, 人工知能学会第 76 回先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-B503, pp. 37-41 (2016)
- [Jouault 16b] Jouault, C., Seta, K. and Hayashi, Y.: Content-dependent question generation using LOD for history learning in open learning space, *New Generation Computing*, Vol. 34, Issue 4, pp. 367-393, Springer-Verlag (also appears in 人工知能学会論文誌, 実践 Linked Open Data 特集論文, Vol. 31, No. 1, SP1-F) (2016)
- [Jouault 17] Jouault, C., Seta, K. and Hayashi, Y.: SOLS: An LOD based semantically enhanced open learning space supporting self-directed learning of history, *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol. E100-D, No. 10, pp. 2556-2566 (2017)
- [林 16] 林 佑樹, 瀬田和久, 池田 満: 視線行為とメタ認知的思考プロセスに関するオントロジー構築の試み, 人工知能学会第 77 回先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-B504-05, pp.23-28 (2016)
- [Hayashi 18] Hayashi, Y., Seta, K. and Ikeda, M.: Development of a support system for measurement and analysis of thinking processes based on a metacognitive interpretation framework: A case study of dissolution of belief conflict thinking processes, *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 13:21, Springer (2018)
- [平嶋 10] 平嶋 宗: 先進的学習科学と工学研究会 in 特集「研究会総覧」, 人工知能学会誌, Vol. 25, No. 4, pp. 544 (2010)
- [本多 18] 本多俊雄, 山中 彰, 前田啓輔, 林 雄介, 平嶋 宗: キットビルド概念マップを用いた授業内分析のためのマップアナライザの改良, 信学論 D, Vol. J101-D, No. 6, pp. 921-931 (2018)
- [堀口 12] 堀口祐樹, 小島一晃, 松居辰則: MRA を用いた学習者の Low-Level Interaction 特徴からの行き詰まりの推定手法, 第 58 回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会資料, A903, pp. 1-6 (2010)
- [Horiguchi 12] Horiguchi, T., Hirashima, T. and Forbus, K. D.: A model-building learning environment with explanatory feedback to erroneous models, *Proc. 11th Int. Conf. on Intelligent Tutoring Systems*, pp. 620-621 (2012)
- [Horiguchi 19] Horiguchi, T., Masuda, T., Tomoto, T. and Hirashima, T.: Comparison between behavioral and structural explanation in learning by model-building, *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, Vol. 14, Issue 6 (2019)
- [石野 19] 石野達也, 柏原昭博, 後藤充裕: プレゼンテーション動作を診断・再構成する講義代行ロボット, 人工知能学会全国大会 (第 33 回), 1P3-OS-21-04 (2019)
- [人工知能 17] 2017 年度現場イノベーション賞受賞, 人工知能学会誌, Vol. 30, No. 4 (2017)
- [柏原 15] 柏原昭博, 塩田 剛: 擬似力覚呈示による知識構築支援, 信学論, Vol. J98-D, No. 1, pp. 104-116 (2015)
- [柏原 19] 柏原昭博: エンゲージメントを引き出す学習支援ロボット, コンピュータ & エデュケーション (コンピュータ利用教育学会誌), Vol. 46, pp.30-37 (2019)
- [神崎 15] 神崎奈奈, 三輪和久, 寺井 仁, 小島一晃, 中池竜一, 森田純哉, 齋藤ひとみ: 認知モデル作成による認知情報処理の理解を促す大学授業の実践と評価, 人工知能学会論文誌, Vol. 30, No. 2, pp. 536-546 (2015)
- [松原 15] 松原行宏: 新しいデバイス技術を用いた学習支援の可能性に向けて, 信学技報, ET2015-46, Vol. 115, No. 285, pp. 17-20 (2015)
- [Matsui 14] Matsui, T., Horiguchi, Y., Kojima, K., et al.: A study on exploration of relationships between behaviors and mental states of learners for value co-creative education and learning environment, *Proc. HCI International (HCII 2014)*, LNCS, Vol. 8522, pp. 69-79 (2014)
- [松居 15a] 松居辰則: 論文特集「学習科学と工学のフロンティア—私の“学習”研究—」にあたって, 人工知能学会誌, Vol. 30, No. 3, p.389 (2015)
- [松居 15b] 松居辰則: 特集「学習科学と工学のフロンティア—私の“学習”研究—(後編)」にあたって, 人工知能学会誌, Vol. 30, No. 4, p.468 (2015)
- [松居 15c] 松居辰則: 感性情報学としての学習支援システム研究—学習者の心的状態の推定手法—, 人工知能学会誌, Vol. 30, No. 4, pp. 481-485 (2015)
- [松居 18] 松居辰則: マルチモーダルラーニングアナリティクス, 情報処理, Vol. 59, No. 9, pp. 810-814 (2018)
- [松居 19] 松居辰則: 生体情報を用いた学習者の心的状態推定と学習支援の試み, 教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 2, pp. 76-83 (2019)
- [三輪 12] 三輪和久, 寺井 仁, 森田純哉, 中池竜一, 齋藤ひとみ: モデルを作ることによる認知科学の授業実践, 人工知能学会論文誌, Vol. 27, No. 2, pp. 61-72 (2012)
- [中池 11] 中池竜一, 三輪和久, 森田純哉, 寺井 仁: 認知科学の入門的授業に供する Web-based プロダクションシステムの開発, 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 5, pp. 536-546 (2011)
- [岡本 13] 岡本 勝, 岩崎幸路, 松原行宏: 仮想環境における双腕型剛体操作インタフェースを用いた体験型力学学習支援システムの開発, 教育システム情報学会誌, Vol. 30, No. 1, pp. 164-173 (2013)
- [岡本 15] 岡本 勝, 隅田竜矢, 松原行宏: 拡張現実型マーカーを用いた無機化学学習支援システム, 信学論 D, Vol. J98-D, No. 1, pp. 83-93 (2015)
- [Pailai 17] Pailai, J., Wunnasri, W., Yoshida, K., Hayashi, Y. and Hirashima, T.: The practical use of Kit-Build concept map on formative assessment, *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12:20 (2017)
- [齋藤 15] 齋藤ひとみ, 三輪和久, 神崎奈奈, 寺井 仁, 小島一晃, 中池竜一, 森田純哉: 理論に基づく実験結果の解釈の支援: 認知科学の授業実践におけるモデル構築の効果に関する検討, 人工知能学会論文誌, Vol. 30, No. 3, pp. 547-558 (2015)
- [佐藤 19a] 佐藤禎紀, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡 亮: Web 調べ学習における課題展開の診断によるリフレクション支援, 第 85 回先進的学習科学と工学研究会, pp. 37-42 (2019)
- [佐藤 19b] 佐藤禎紀, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡 亮: 主体的な Web 調べ学習プロセスの診断に基づく支援手法, 人工知能学会全国大会 (第 33 回), 1P3-OS-21-03 (2019)
- [瀬田 13] 瀬田和久, 崔 亮, 池田 満, 松田憲幸, 岡本真彦: 思考外化と知識共創によるメタ認知スキル育成プログラム—大学初年次生を対象として—, 教育システム情報学会誌, Vol. 30, No. 1, pp. 77-91 (2013)
- [瀬田 17] 瀬田和久: オープンな学習者モデル, 人工知能学大事典新版, pp. 1102-1103, 共立出版 (2017)
- [篠原 16] 篠原智哉, 今井 功, 東本崇仁, 堀口知也, 山田敦士, 山元翔, 林 雄介, 平嶋 宗: 運動する物体にはたらく力を対象とした Error-based Simulation の中学校理科における実践利用, 信学論, Vol. J99-D, No. 4, pp. 439-451 (2016)
- [杉本 18a] 杉本 葵, 林 佑樹, 瀬田和久: CSCL システムの開発・運用・分析を支援する統合プラットフォーム, 人工知能学会 第 82 回先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-B509-06, pp. 27-34 (2018)
- [杉本 18b] 杉本 葵, 林 佑樹, 瀬田和久: 言語・非言語アウェアな CSCL システム開発プラットフォーム, 信学論 D, Vol. J101-D, No. 4, pp. 713-724 (2018)
- [Supianto 17] Supianto, A. A., Hayashi, Y. and Hirashima, T.: Model-based analysis of thinking in problem posing as sentence integration focused on violation of the constraints, *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12:12 (2017)
- [田和辻 19a] 田和辻可昌, 松居辰則: ヒト型エージェントの表情動作速度の非典型性が表情認知に与える影響に関する実験的検討, 教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 4 (2019) (In Press)
- [田和辻 19b] 田和辻可昌, 松居辰則: 細胞群間の神経情報伝播に

- おける表現プリミティブの検討, 人工知能学会第 85 回先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-B803-11, pp. 59-62 (2019)
- [植野 18] 植野 和, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋 宗: 観測器の操作を通して学習者の試行錯誤を促す力学学習支援システム, 人工知能学会先進的学習科学と工学研究会, Vol. 83, pp. 25-28 (2018)
- [Wunnasri 18] Wunnasri, W., Pailai, J., Hayashi, Y. and Hirashima, T.: Reciprocal kit-build concept map: an approach for encouraging pair discussion to share each other's understanding, *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol. E101-D, No. 9, pp. 2356-2367 (Sep. 2018)
- [山田 16] 山田敦士, 篠原智哉, 堀口知也, 林 雄介, 平嶋 宗: 多視点 Error-Based Simulation の設計・開発と実験的評価, 信学論, Vol. J99-D, No. 12, pp. 1158-1161 (2016)
- [山元 17] 山元 翔, 赤尾優希, 室津光貴, 前田一誠, 林 雄介, 平嶋 宗: 算数文章題の構造的理解を指向した作問学習支援システムの乗除算への拡張とその実践利用, 信学論, Vol. J100-D, No. 1, pp. 60-69 (2017)

2019 年 7 月 8 日 受理

著 者 紹 介



瀬田 和久 (正会員)

大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科教授。1998 年大阪大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。大阪大学産業科学研究所, 大阪府立大学総合科学部, 同大学院理学系研究科を経て現職。オントロジー工学, 知的学習支援システム, HCI の研究に従事。2015, 17 年人工知能学会先進的学習科学と工学研究会 研究会優秀賞, 2017 年教育システム情報学会研究会優秀賞, 2011, 15 年教育システム情報学会論文賞, 2017 年 ICCE Best Overall Paper Award など。電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本認知科学会, APSCE, ACM, IAIED 各会員。