

<div style="text-align: center;"> 論 文 要 旨 (課程博士) (和文) </div> <div style="text-align: right;">東京工芸大学</div>			
学籍番号	2285001	氏 名	相川 野々香
論文題目	情報構造の適応的な操作に基づく ILE (Interactive Learning Environment)の拡張		
<p>(2000字程度)</p> <p>近年, ICT による学習支援が盛んであり, 学習支援システムの一つに Interactive Learning Environment (ILE)がある. ILE は直接操作や可視化機能を伴う ICT を用いた学習環境である. 学習者の入力を情報構造に基づいて取り込み, その情報構造を変換モデルに基づいて別のメディアに写像することで, 学習者に写像された出力結果の観察を通じた発見的な学習を促す. 中でも学習者の誤りを契機とした学習支援に誤りの可視化がある. 誤りの可視化では学習者に問題を解かせ, その解答の情報構造を別のメディアへと写像する. この際, 学習者の解答に誤りが含まれていた際には, 誤りを含んだ情報構造はおかしい挙動として提示される. それを見た学習者は, おかしい挙動を修正するために解答の修正を行う. 一方で, この設計において複雑な問題を対象とした際に, 情報構造も複雑になってしまい学習者の理解が困難になってしまうという問題がある. 本研究ではこの問題を 3つの課題に整理し, それぞれに対して解決を試みることで ILE の拡張に取り組んだ.</p> <p>まず, 一つ目の課題として, ILE は実験を行うような体験的な学習活動を目指しているが, 複雑で難しい問題を対象とした時に実験のような学習活動を行うことは困難であることが挙げられる. ILE では学習者の予測に基づく入力に対して可視化によるフィードバックを行うことで, 学習者がフィードバックと自身の予測を照合し, 実験を行うように学習活動を進めることを指向している. しかし, 複雑な問題を対象とすると学習者が予測に基づいた入力を行うことが困難となる.</p> <p>二つ目の課題として, ILE では間接的な操作が必要な変数を観察することが困難であることが挙げられる. ILE では学習者が入力と出力を観察することでその間の関係性・変化の法則性を学習することを目指す. しかし, 学習者がある要素の入力と出力の関係性を観察しようとする場合, 出力に直接影響を与える変数が学習者には操作できない場合がある. その場合学習者はさらに変数の関係を考えて, 間接的に影響を与える操作可能な変数を操作しなければならない. そのためには現象への深い理解と多くの試行が必要であり, 学習者にとって困難になる.</p> <p>三つ目の課題として, ILE ではシミュレーションによる可視化が多く採用されているが, シミュレーションでは表現できない情報もあることである. シミュレーションでは入力に基づいて写像するが, 例えば力学の物体の運動シミュレーションにおいて, 物体に働く力の作用点や個々の力と運動との関係性はシミュレーションから読み取ることができない.</p>			

学籍番号	2285001	氏 名	相川 野々香
論文要旨（2000字）その2			
<p>本論文は全IV部で構成されている。I部では、上記の内容とそれに対するアプローチを1章で述べ、2章で本研究の位置付けを行い、3章で本論文の構成を述べた。II部では、まず一つ目と二つ目の課題に対して、因果推論理論をベースにした補助問題提示の枠組みの設計を行なった研究について述べた。具体的には、一つ目の課題に対して、複雑な問題を学習者に適応的に単純化することで予測可能な部分から学習させる手法を提案した。さらに二つ目の課題に対して、問題の単純化の際に学習者が直接操作できない変数について、一時的に直接操作可能にするよう因果推論理論に基づき設計した。これにより、学習者に予測に基づいた入力を促し、また間接操作変数を観察可能にして部分ごとに入力と出力の関係性を学習させる枠組みを実現した。4章で上記の枠組みについて述べ、5章では中学校における授業実践とその結果を述べた。さらに6章では、設計した枠組みについて、補助問題とその遷移関係についてシステムによる自動生成を行う枠組みを設計した研究について述べた。4章の枠組みでは補助問題は手動で設計していたが、実際に運用するにあたって教授者がたくさんの補助問題を設計するのは負荷が高く、システムによる自動生成が望まれる。よって、補助問題とその遷移関係を自動生成するための枠組みを実現した。III部では、三つ目の課題に対して、情報構造をシミュレーションではなく問題設定として写像してフィードバックを行う枠組みを設計した。具体的には、7章にて誤りの可視化において学習者の入力に基づいて「あなたの解答ではもとの問題ではなくこの問題を解いていることになる」という問題状況として可視化する枠組みを設計し、従来のシミュレーションと相補的な効果を得られることを述べた。IV部では、8章にて本論文の貢献や一般化について議論を述べ、9章で結論と今後の課題を述べた。</p> <p>このように本論文では、複雑な情報構造を持つ問題を扱っても学習効果を発揮できるよう情報構造に適応的な操作を加えるための設計を行い、ILEの拡張に取り組んだ。これらの取り組みによって、ILEの拡張として、情報構造を因果関係に基づいて自動で単純化する枠組みと、シミュレーションによらない可視化を行う枠組みを実現した。同時に、シミュレーションによらない可視化の枠組みにおいても情報構造を単純化する可能性を示した。</p> <p>(2084 文字)</p>			

論文要旨（課程博士） （ 欧 文 ）				東京工芸大学
学籍番号	2285001	氏 名	相川 野々香	
論文題目	情報構造の適応的な操作に基づく ILE (Interactive Learning Environment) の拡張 (Extension of the ILE (Interactive Learning Environment) based on adaptive manipulation of information structure)			
(300語程度) <p>The Interactive Learning Environment (ILE) is a learning support system that uses ICT with direct manipulation and visualization functions. The ILE takes in the learner's input based on the information structure and maps it to another medium based on a conversion model, thereby encouraging the learner to engage in discovery-based learning by observing the mapped output results. One of the ILEs is error visualization, which supports learning by using learners' mistakes as a trigger for learning. In error visualization, learners solve a problem, and their answers are mapped to another medium based on their information structure. If the learner's answers contain errors, the information structure with the error is presented as strange behavior. The learner observes this strange behavior and corrects the error in their own answer.</p> <p>On the other hand, when this design is used for complex problems, the information structure also becomes complex, making it difficult for learners to understand. In this study, we addressed this problem by taking three approaches and working to expand ILE based on information structure manipulation.</p> <p>First, we designed a framework for adaptive auxiliary problems presentation for learners based on causal inference theory. Second, we implemented a framework for automatically generating auxiliary problems and their transition relations. Third, we designed a framework for mapping information structure as a problem set rather than a simulation and providing feedback.</p> <p>Through these efforts, we have realized a framework for automatically simplifying information structure based on causal relationships as an extension of ILE, as well as a framework for visualization that does not rely on simulation. At the same time, we have also shown the possibility of simplifying information structure in a framework for visualization that does not rely on simulation.</p> <p>(284words)</p>				
指導教授 氏名				片上 大輔

