

# 論 文 の 要 旨

題目 「問題を作ることによる学習」を対象としたインタラクティブ支援環境の設計・開発  
(Design and Development of Interactive Environment for Learning by Problem-Posing)

氏名 山元 翔

近年、情報化社会の進展に伴って、学習を計算機により支援しようとする試みが盛んに行われるようになってきており、これらは eLearning, ICT 活用教育と呼ばれている。このような学習支援システムの設計・開発の試みは、大きく二つのアプローチに分けることができる。一つは、すでに現場で行われているような学習活動を、情報技術を用いることで充実させ、かつより低コストで実現・支援しようという試みであり、このようなアプローチは、Ad-hoc Frame Oriented アプローチと呼ばれる。もう一つは、学ぶ対象の情報構造を明らかにすることで、その情報構造を前提とした学習の形態を設計・開発しようとする試みであり、Information Structure Oriented アプローチと呼ばれる。前者のアプローチは従来の方法を、情報技術を用いて支援するという試みであるため、教育現場にとって受け入れやすく、また、情報技術を用いる場合とそうでない場合で比較をすることで、その検証も行いやすいといえる。しかしながら、このようなアプローチは従来の教え方や学び方に準拠してシステムを開発しているため、必ずしも情報技術の可能性を活かしているものとは言えなかった。これに対して、後者の Information Structure Oriented アプローチは、従来の教え方・学び方に必ずしも準拠するものではないため、教育現場への受け入れやすさ、そして評価のしやすさという点でデメリットがあるが、情報技術の持つ可能性を活かした新しい学習・教育支援を実現できる可能性を含んでいる。筆者は Information Structure Oriented アプローチに基づいてシステムの開発を行うことで、従来の教育現場では行えていなかった学習活動とその支援を実現することを目指している。

このアプローチでは、学習対象を情報構造として表現することで、学習対象をシステムが処理することができるようになってきている。元々の Information Structure Oriented アプローチでは、システムが学習対象を説明したり、学習者の回答などを、情報構造に基づいて分析・応答したりといったように、システムが情報構造を処理することが基本であった。これに対して、情報構造を、学習者により直接的に操作させようという試みも行われている。本論文における一連の研究は、Information Structure Oriented アプローチの中でも、作成した情報構造を学習者自身に組み立てさせることにより、学習者に、情報構造の意識化と習得を促進することを目指したものになっている。

情報構造を学習者に操作させることによる学習を実現している研究は、すでにいくつか存在している。しかし、それらの研究は、プログラミング言語や独自に定めた概念マップといった特別な記法を修得し、その言語を通して操作を行うことが前提となっていた。そのため、一般的な学校における教科学習のように、特定の学習目標が定められており、学習目標となっている対象を学ぶことに重きが置かれる場合には、利用が難しいものになっていた。そこで筆者の研究では、学ぶ対象をより直接的に構造化し、そしてその構造を部品化することで学習者が操作できるようなものにするすることで、学ぶ対象を作らせることによる学習を実現することを試みている。より具体的には、「問題」を対象として部品化を行い、この部品の変更・操作・組み立てとして問題を作らせる試みを行っている。

問題を作るという活動自体は、教育的に意義のある学習方法であることが古くから知られている。しかしながら、学習者にとっては問題を作るという演習の負担、教授者にとっては作成された様々な問題を診断するという負担から、有用的な演習であるとは言いがたいものであった。これについて本研究では、問題を情報構造として捉え、これを明らかにすることで、問題を作るという活動を情報構造の組み立てとし、学習者が組み立てた結果をシステムにより処理することで、診断とフィードバックの自動化を可能としている。このことから、問題を作るという活動の実用的な実施の可能性を示した研究になっている。

問題を作るという活動は、(a)用意されている部品を用いて問題を組み立てる活動と、(b)ある問題を変更する活動の二つに分けられる。これらをそれぞれ、(a)作問演習、(b)問題変更演習、と呼ぶ。本研究では、言語表現と数式表現を結びつけることが課題となる、物理力学、及び算数文章題を対象に、これら演習を対象としたインタラクティブな支援システムの設計・開発を行った。

以下に、本論文の各章の概要を示す。

第1章では、本研究の位置づけ、研究の意義、そして論文全体の概要について述べる。

第2章では、問題の定義と、それに基づいた「問題を作ることによる学習」の意義について述べる。問題とは、何らかの背景情報が存在するときに、そこから前提情報と結論情報を設定することにより表現される。そして問題解決とは、前提情報から結論情報を導き出すプロセスとして定義できる。ここから、「問題を作ることによる学習」がどのように定義できるか、また、どのような意義を持つ演習であるかについて整理を行う。

第3章では、初等力学を対象とした問題変更演習支援システム「ProNavi-II」について、演習の定義が妥当なものであるか、演習の効果から間接的に検証した。問題変更演習は、与えられた問題を解決し、それを変更する。そして変更要素と、変更前後の解法を比較し、変更要素の問題中の役割を理解する演習である。よって演習を定義するためには、物理力学における問題、そして問題解決を定義する必要がある。従ってまずは問題、および問題解決の定義について述べ、これに基づいて、問題変更演習がどのように定義されるかを説明する。この時、学習者が変更することのできる要素は多数存在するが、自由な変更を許してしまえば、学習者によっては適切に演習が行えない可能性がある。問題変更演習において、学習者が行う重要な活動は、問題の何を変更するか、そして変更結果をどのように吟味するかである。そこで本章では、問題のモデルと演習の意義に基づき、変更要素を最小限にし、また差分の吟味は、変更前にその結果を予測させる課題の設定によって行わせる手法を提案した。また、この分析に基づき開発した支援システムについても述べる。このシステムについて、大学生を対象として、実際に問題間の関係に解法という視点を踏まえて着目するようになるか、試験的評価を行ったので、この結果についても報告する。

第4章では、加減の二項演算を対象とした算数文章題の、問題を組み立てることによる演習の支援システム「モンサクン Touch」の小学校1年生を対象とした授業利用のための設計・開発について述べる。システムでは、問題の構造分析から、算数文章題の作問を、三つの単文の組み合わせにより行わせており、このプロセスを作問タスクとして定義している。これらに基づいて、システムは作成された問題の診断・フィードバックを行うことができる。実際に加減の二項演算における算数文章題を学習している小学校1年生がシステムを利用することを考えると、学習途中という点から、教師の指導が必要となる。そこで通常行われる算数の授業内にシステムを導入するため、作問学習支援システムの教室での利用可

能化，児童の演習結果の集計・閲覧の可能化，そして，単文統合型の作問による授業の実現を課題とした．教室で利用することは前提として，システム上で行われた演習を教師が把握できなければ，児童の指導を行うこと，授業を構築していくことは難しい．そこで学習者の演習の進捗，正誤数，また誤りを閲覧できるシステムを開発した．この時の誤りの分類は，作問タスクに基づいて行う．単文統合型の作問による授業は，現場教員がシステムを試用した際に提案したものであり，これについても述べる．開発したシステムについて，小学校1年生の算数の授業において実践的に利用したので，この結果についても報告する．ここではモデルの妥当性，システムの授業への導入における利用可能性について，学習効果の側面から検証を行った．

第5章ではモンサクン Touch の発展として，（1）特別支援学級での実践利用，および（2）乗算への拡張と実践利用，を行った．（1）については，特別支援学級の児童には，言語に遅れの見られる児童が多いという特徴を持つため，作問学習のような文章を作成する授業を実用的に行うことは不可能である．これについて，モンサクンは単文を組み合わせることにより作問を行うことが可能であり，また，情報構造の分析を行っているので，演習の意義自体は保ったまま，文章を一から作り出すという負荷を大幅に軽減している．よって言語に遅れの見られる特別支援学級の児童には有効であることが見込まれたので，実践的な利用を試みた．また，2年生を対象とした乗算の範囲においても，二項演算の範囲であるので，同様に単文統合型の作問が利用可能であると考えられる．また，乗算の範囲においては，「基準量×割合＝比較量」という関係が重要となる．そこでこの関係を表現する文章を新たな単文として定義し，その問題の構造と，診断について試験的に拡張を行い，算数の授業の一環として実践利用を行った．これらの実践の結果について，（1）では実際に児童が作問を行えるか，（2）では学習者に対して構造理解の傾向は見られるかといったことについて検証を行ったので，これらについても5章で報告する．

最後に，第6章では，これらの研究のまとめを行う．