



単文統合としての問題作りを対象とした
作問学習支援システム

(課題番号：17500642)

平成17年度～平成18年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）
研究成果報告書



平成19年3月

研究代表者 平嶋 宗
(広島大学大学院工学研究科教授)

目次

1. はしがき	1
2. 概要	2
3. 研究成果	6
単文統合による作問を対象とした学習支援システムの長期的利用 とその効果	7
作問学習支援システムの小学1年生での利用報告	17
単文統合としての作問を対象とした学習支援システムの設計・開発	23
算数の文章題を対象とした異種演習の複合的運用の試み	31
Interactive Learning Environment by Posing Arithmetical Word Problems as Sentence-Integration	36

1. はしがき

研究組織

研究代表者：平嶋 宗（広島大学大学院工学研究科教授）

研究経費

（金額単位： 円）

	直接経費	間接経費	合計
平成17年度	1,400,000	0	1,400,000
平成18年度	2,200,000	0	2,200,000
総計	3,600,000	0	3,600,000

研究発表

(1) 学術雑誌論文

横山 琢郎, 平嶋 宗, 岡本 真彦, 竹内 章, "単文統合としての作問を対象とした学習支援システムの設計・開発", 教育システム情報学会誌, Vol.23, No.4 (2006.10) .

横山 琢郎, 平嶋 宗, 岡本 真彦, 竹内 章, "作問学習支援システムの小学1年生での利用報告", 教育システム情報学会誌, Vol.24, No.1 (2007.1) .

工藤 照久, 平嶋 宗, 竹内 章, "算数の文章題を対象とした異種演習の複合的運用の試み", 教育システム情報学会誌, Vol.24, No.1 (2007.1) .

横山琢郎, 平嶋宗, 岡本真彦, 竹内章, "題名：単文統合による作問を対象とした学習支援システムの長期的利用とその効果", 日本教育工学会論文誌(採録) .

(2) 国際会議

Tsukasa Hirashima, Takuro Yokoyama, Masahiko Okamoto, Akira Takeuchi, "A Computer-Based Environment for Learning by Problem-Posing as Sentence-Integration", Proc. of ICCE2006, (2006.12) .

Tsukasa Hirashima, Takuro Yokoyama, Masahiko Okamoto, Akira Takeuchi, "Interactive Learning Environment by Posing Arithmetical Word Problems as Sentence-Integration", Workshop Proceedings of ICCE2006, (2006.12) .

2. 概要

平成17年度から2年間にわたり、文部科学省より科学研究費補助を頂き、「単文統合としての問題作りを対象とした作問学習支援システム」に関する研究を行う機会を得た。本報告は、その研究成果をまとめたものである。

報告者は、これまでに学習者の理解状態に応じて適応的に振舞う知的な学習支援環境（知的CAI）の実現を目指した研究に従事してきており、近年では、「問題作りからの学習」を対象とした研究に取り組んでいる。本研究で行った、「単文統合としての問題作りを対象とした作問学習支援システム」に関する研究は、それまでに研究してきた問題作りからの学習の支援環境を、学習効果を保ったまま、低学年でも行えるようにより単純化したものである。

2.1 本研究の目標

「問題を作ること」が「問題を解かせること」以上に問題に対する理解を深める効果があることは広く認識されている。しかしながら、学習者に問題を作らせた場合、単なる正誤判定でさえ、学習者の作った個々の問題に応じて個別に対応しなければならず、教師にかかる負担ゆえに教育現場でのこの学習方法の実施は容易ではなかった。報告者は、これまでに個々の学習者の理解状況に応じて適応的に振舞う学習支援システム（知的CAIシステム）に関する研究に従事してきており、これまでも幾つかの成果を上げている。これらの研究を通して得られた成果および明らかになった問題点を踏まえて、本研究では、(1) 与えられた単文を取捨選択し組み合わせることによって問題文を完成するといった単文統合としての作問を対象とした作問学習支援システムを設計・開発し、(2) 小学校低学年を対象とした試験的運用を行い、(3) 作問学習支援システム学習効果の評価、までを行った。

2.2 本研究の意義

報告者がこれまで行ってきた研究を通して、(a) 算数の文章題を対象とした作問学習支援システムの設計・開発、(b) 小学校の授業における試験的運用、(c) 学習効果の実証、さらに、(d) 協調的学習へ拡張、といった成果が得られると同時に、(I) 採用されている作問の形態が小学校低学年には難しすぎる、(II) 問題作りの過程がブラックボックスになったままになっている、といった問題点も明らかになってきた。算数の文章問題を習い始めるのが小学校低学年であり、その段階において作問学習を行わせることへの要望が高いにもかかわらず、現在のシステムでは対応できていないのが現状である。また、学習者の問題作りの過程についてのモデル化が未だなされていないため、うまく問題を作れない学

習者に対するきめ細かな支援が不可能であるとともに、何故問題作りが有効な学習方法であるかを説明できていなかった。これらの問題点を解決することは、作問学習に関する研究の成果を教育現場において広く受け入れていただく上で不可欠であるとともに、単なる有用なツールの提供に終わるのではなく、人の学びの解明へ貢献する上でも重要であると考えている。

本研究では、これらの問題点を解決する上で、与えられた単文を取捨選択し、適切な順序で組み合わせることによって問題文を完成するといった単文統合としての作問を実現した。この作問形態は、従来報告者が取り扱ってきた概念（単語）の組み合わせとしての作問と比較して、単文を作成する段階が省略されていることから、作問の作業が単純化されることになり、小学校低学年による利用が可能になる。また、ある状況設定からの数量関係の抽出が算数の文章題を解く主な意義とされていることから、その数量関係を作ることに相当する単文統合が作問においても本質的であると考えることができる。したがって、従来の作問形態と比較しても、作問学習の有効性を保持が可能となっている。さらに、作問の作業を単文の統合に絞り込むことにより、その過程における学習者の振る舞いの分析とモデル化、およびそのモデルに基づくよりきめ細かな支援の設計・開発が可能となった。

2. 3 研究アプローチ

本研究では、これまでに行ってきた「問題作りによる学習」を対象とした学習支援システムの研究より得られた成果と明らかとなった問題点を踏まえた上で、(1) 単文統合としての作問を対象とした作問学習支援システムを設計・開発し、(2) 小学校低学年を対象とした試験的運用を行い、(3) 作問学習支援システムの学習効果の評価、を行った。これらの成果の詳細については、3. の研究成果において詳述した。以下本節では研究アプローチについて概説する。

算数の文章題の作問は、学習者に自然言語で問題を記述させるのが最も自然なスタイルであるといえる。しかしながら、学習者が自由に書いた自然言語文を計算機によって解析することは極めて困難であり、このような作問形態を対象とした学習支援システムの実現は現時点では不可能といえる。そこで、報告者は、自然言語で問題を書かせる形態になるべく近く、かつ、計算機で取り扱いが可能になる作問の形態として、概念（単語）集合と単文テンプレートを与え、その単文テンプレートの空欄に概念を当てはめていくことで単文を作成し、さらに単文を組み合わせることで問題文を作成するといったテンプレートによる概念の組み合わせとしての作問形態を用いて、作問学習支援システムを実現してきた。さらに、このような作問形態でも、(I)学習者が作問を行えること、(II) 教師および学習者

が作問学習の一環として受け入れてくれること、(III)システムを用いた作問学習を行うことで、自然言語による作問能力、問題解決能力、問題分類能力が向上すること、を確認した。しかしながら、この作問形態で作問を行えるのは小学4年生が限度であり、小学校低学年には難しすぎることも明らかとなった。また、作問の作業が比較的複雑であるため、学習者がどのような過程を経て問題を完成させているのか、あるいは誤った問題を作ってしまったのか、といった作問過程のモデル化を行うことは困難であった。

本研究では、(a)小学校低学年でも行えるように単純化されており、かつ(b)作問としての学習効果を失わない作問形態として、「与えられた単文群から適当なものを取捨選択し、適切に組み合わせることによる作問」を考案し、この作問形態を対象とした作問学習支援システムを設計・開発した。この作問学習支援システムについて、(1)作問形態、とシステム構成、に分けてさらに説明する。

(1) 作問形態

図1に本システムにおいて採用する作問形態を図式化した。学習者はあらかじめ計算式を与えられており、その計算式で解決できる問題を作成することが課題となる。さらに、学習者は複数の空欄を持つ問題テンプレートと、その空欄に当てはまる候補となる単文群が提供される。事前に与えられる数式の種類、空欄の数、および単文の数と質は、システムによって学習者のレベルに応じて制御されることになる。学習者は、目標となっている計算式と、与えられている単文群を参照しながら、適切な単文を適切な空欄に挿入することで、問題を完成する。

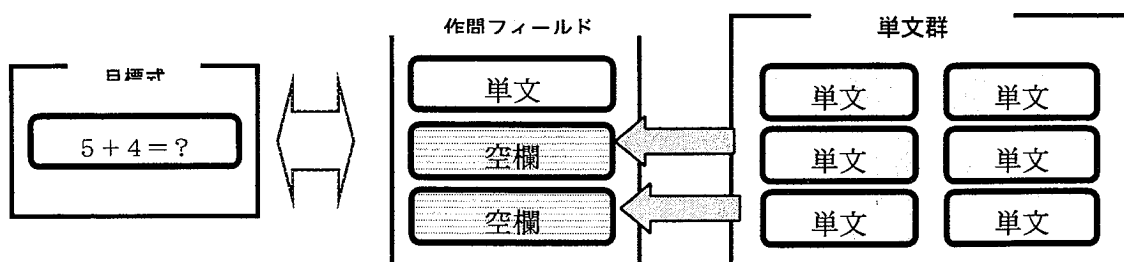


図1 単文統合としての作問

この作問形態を、算数の文章題の問題解決過程における問題理解段階のモデルとして広く受け入れられている「変換-統合モデル」(図2)に対応付けると、命題集合の中から適当なものを取捨選択し、適切に組み合わせるといった形の作業を行っていることになり、統合段階に焦点を当てた作業になっている。これに対して、報告者がこれまでに実現してきた概念の組み合わせとしての作問形態では、命題を学習者自身が作成する過程が含まれてい

たことになる。この過程は変換・統合モデルにおいては変換段階と位置づけることができ、問題解決における不可欠な過程であるといえるが、算数の学習としての意義は統合段階に比べて十分に小さいといえる。このような考察の上で、本研究では、本作問形態を採用している。

(2) システム構成

本作問学習支援システムの構成を図3に示した。本システムは、インタフェース部と制御部に分けられ、インタフェース部は、さらに、作問演習フェーズ、式選択フェーズ、学習者認証フェーズに分けられる。制御部は、問題診断モジュールと、フィードバック生成モジュール、作問モニタリングモジュールに分けられる。問題診断モジュールは、これまでの作問学習支援システムで実現してきた問題診断メカニズムを活用しており、単文の組み合わせから意味ネットワークを作成し、その意味ネットワークから計算式を導くことができる。この診断モジュールでは、学習者の誤りは、(A) 目標とは異なった計算式が導かれる、(B) 計算式が導かれない、場合に分けられ、さらに (B) は、(B1) 一文を置き換えることで目標の計算式が導かれる、(B2) 一文を置き換えるだけでは目標の計算式は導けない、に分けられる。フィードバック生成モジュールは、この診断結果に基づいて、正解の場合は次課題を提示し、誤りの場合は、誤りの種類に基づいて問題修正のアドバイスを行う。作問モニタリングモジュールは、作問過程のモデル化の基礎となる学習者の作問過程のデータを収集する。

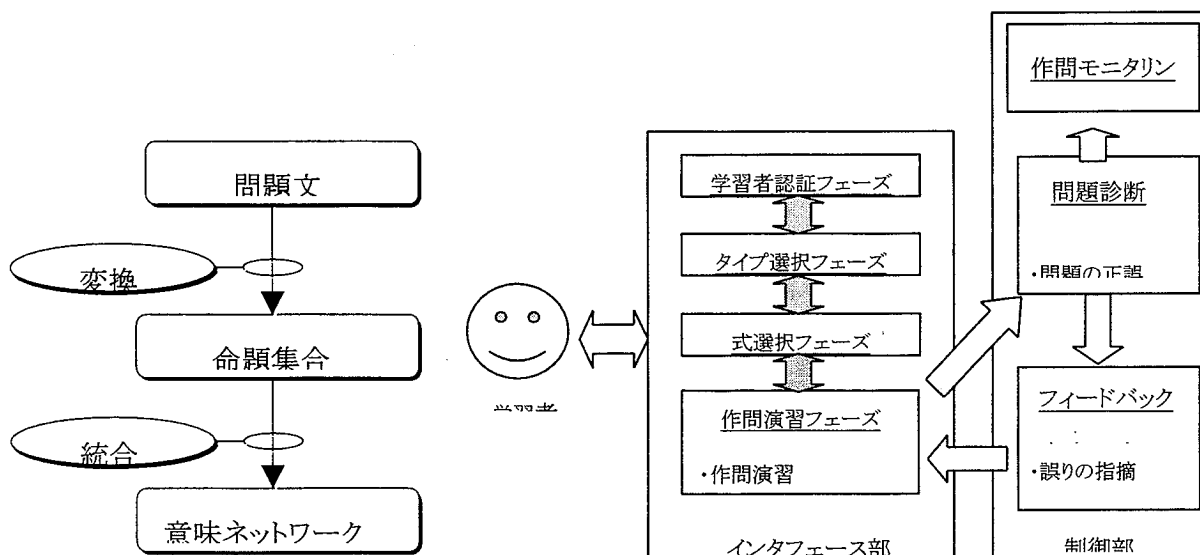


図2 変換-統合モデル

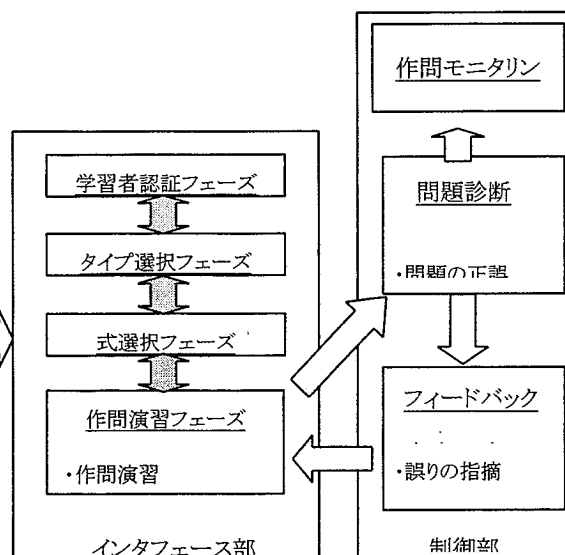


図3 システム構成