

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 元年 5 月 21 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K12954

研究課題名(和文) 特別支援学級を対象とした算数文章題の構造組み立て型学習の支援に関する研究

研究課題名(英文) Research of Learning by Building an Structure of Arithmetic Word Problem for Special Classroom

研究代表者

山元 翔 (YAMAMOTO, Sho)

近畿大学・工学部・講師

研究者番号：90735268

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では言語の理解に困難を抱える児童が、その言語能力を改善させることのできる学習支援システムの開発に取り組んでいる。一般的に、彼らは文章構造を理解することが困難であるがゆえに、文章を実際に記載して理解することは難しい。これに対して本研究では、学習者自身が文章を試行錯誤しながら組み立てることで、組み立てを通じた文章構造の理解を実現している。今回新たなドメインとして、乗算の算数文章題を対象とした実践利用とその分析から、読み書きに困難を抱える児童の新たな特徴分類の可能性を見出した。また、これをより詳細に分析するため、通常学級の児童を対象としたシステムのログの収集を実現している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、読み書きに困難を抱える学習者は、定量的にその困難さが評価されるため、教師がその結果を指導に生かすことは困難であった。また、読み書きに困難を抱える学習者にとって、文章を実際に記載することは不可能であり、文章を作成して学習することができないという問題もある。しかし本研究では、算数文章題を対象として、このような学習者も文章を組み立てながら学習できるシステムを開発している。また、具体的な文章の構造レベルで学習者の読み書きの困難さを分類できる新たな可能性も確認している。よって読み書きに困難を抱える学習者の困難さの解消のための新たな学習方法を提案できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we are working on the development of learning environment for improving reading disability. Generally, it is difficult for students with reading disability to comprehend text because they have little awareness of narrative or expository text structures. It is impossible for them to learn text structures by describing text. In this study, we have developed the learning environment for learning text structure that students with reading disability can learn a text structure by building text trial and error. Now, we performed a case study and its analysis. From this results, we found a new classification for students with reading disability. Moreover, we carried out a experimental use in order to collect a log data on usual class so that We analyze data in more detail using machine learning.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 特殊教育 人工知能 読み書き困難 算数文章題

1. 研究開始当初の背景

読み障害は、学習障害の学習者の多くが抱える困難さである。読み障害は様々な特徴があり、言葉がそもそも理解できない、失読症、特定の言語について理解ができないなどが挙げられる。このような障害を抱える学習者に共通するのは、言葉を認識、読み、理解するのが難しいと感じるということである。このような特徴のために、彼ら/彼女らは他の学習においても文章を読むということを必要とする限り、この障害が学習の妨げとなってしまう。このような事情から、この困難さに対する対策は重要な課題であると言える。例えば本研究で対象とする算数文章題は、日常生活にも深く関わる基本的な知識であるが、文章の理解が困難であれば、演習に取り組むこと自体が困難となってしまう。

一般的に読み障害は脳機能に関する学習障害とみなされ、何人かの研究者は疫学や神経学に基づいて、脳の働きという点からこの障害の原因を明らかにしようとしている。直接的な対策としては、コンピュータがテキストを読み上げるシステムを提供するというのが、有力な解決策として多く使われている。しかし、読み障害を抱える学習者の多くは書くことにも困難さを抱えるため、文章を読み書きすることでこの能力を改善、あるいは伸ばすことは困難である。また、読解に関しては、障害を持たない学習者は物語を読み、物語が典型的にどのように構成されているかの概念を発展させるのに対して、障害を持つ学習者は、物語や説明文の文章構造をほとんど認識できず、テキストを理解できないということも指摘されている。

一方、本研究では一から対象を作成するのではなく、試行錯誤しながら部品を組み立てることで、対象構造を学習できるシステムの設計・開発をしてきている。本研究では特に算数文章題を対象としており、1回の演算で計算できる加減算の範囲で、算数文章題を作成するのではなく、部品を与えて組み立てさせることで、読み障害の学習者が算数文章題における問題作成を通じた学習（作問学習）を実現できることを確認している。これについては認知負荷理論に基づき、演習における学習に関連する認知負荷や資源は保持したまま、文章の読解という、対象となる学習者にとって負荷となり、学習に関係のない負荷を低減できているため、実現したものである。

以上の背景から、本研究では、文章の構造を適切にモデル化し、この部品を学習者に提供、組み立てながら正しい文章構造を学習させることで、読み障害を抱える学習者の文章を読む能力を改善できるのではと考え、本研究に取り組んでいる。

2. 研究の目的

当初の研究目的としては、これまでに開発を進めている算数文章題を対象とした単文統合型の作問学習支援システムを特別支援学級において適用するために必要な、(1)児童の特徴に合わせたシステムの改良、(2)構造組み立て型学習支援システムの拡張、(3)実践運用と効果の確認を目的としていた。本システムは学習者用の作問学習のためのシステムと、教師用の学習データの収集・閲覧システムで構成されている。なお、これらのシステムは従来実施していた加減算のみではなく、乗除算を対象とした試みである。

(1)は学習者用システムのUIを特別支援用に改良することと、教師用システムにおいて、例えば「演習に集中できなくなり、適当かつ高速に回答を入力する」といった学習者の特性も踏まえた情報の収集・提示をできるようにすることが目的である。このために、乗除算用の従来システムを特別支援学級で試用し、分析用の演習ログの収集も行う。(2)は従来の加減算用システムを改良し、乗除算に適用するものである。(3)は(2)のシステムを検証するための実践利用となる。

3. 研究の方法

(1) 全体の計画

本研究では1回の演算で計算できる乗除算の算数文章題を、学習者の学習対象となる文章として扱っている。この文章構造を学習者自身が習得すること、また、教師が学習者の学習状況を把握できるシステムを実現することが目的となる。このためにまず初年度で学習者の特徴を分析するため、乗除算の算数文章題の学習支援システムの実践利用を行う。これについては研究協力をいただいている中学校の特別支援学級で、実際に言語の理解に困難さを抱えている生徒を対象に実施する。また、教師用システムについては、これまでの加減算を対象としたシステムの実践利用結果と、担当教諭との議論を通じて、この実践利用までに改良しておく。

次年度では、この試験的利用の結果を踏まえ、乗除算の構造を直接組み立てる学習支援システムの開発を行い、この結果を検証する。

(2) 利用システムの概説

本研究で取り扱うシステムについて、学習者の学習する基本モデルを踏まえて概説する。図1に乗除算用の作問学習支援システム「モンサクンTouch3」の学習者用、および教師用のインタフェースを提示する。本研究では対象となる算数文章題の構造を三文構成モデルにより定義しており、一つの文章は「数量」、「(数量を表す)概念」、「(存在か関係のいずれを表す数量かを示す)述語」によって成立している。そして数量の存在を表す文章2つと、それらの関係を表す文章1つが揃い、概念などの対応が取れた際、その算数文章題は成立するというモデルである。図1に示すシステムはそれぞれの文章（単文）が画面右部に与えられており、ここから

3文を取捨選択し、並び替えることで、算数文章題を作成できる。また、右に示す教師用システムでは、学習者用システムの正誤や誤りの種類を学習者ごと、クラスごとに確認できるものになっている。本研究の開始時点ではこれらのシステムが特別支援学級で実現可能であるという知見は得られていなかった。加減算では作問を実現したものの、一般的に乗除算は加減算よりもより高度な能力を必要とするとされているため、システムが利用可能かどうかは不明である。また、教師用システムは正誤や誤りの内訳を提示するものの、学習者の性質を踏まえた学習データの抽出や、教師が指導に生かすための示唆などは提示されていない。

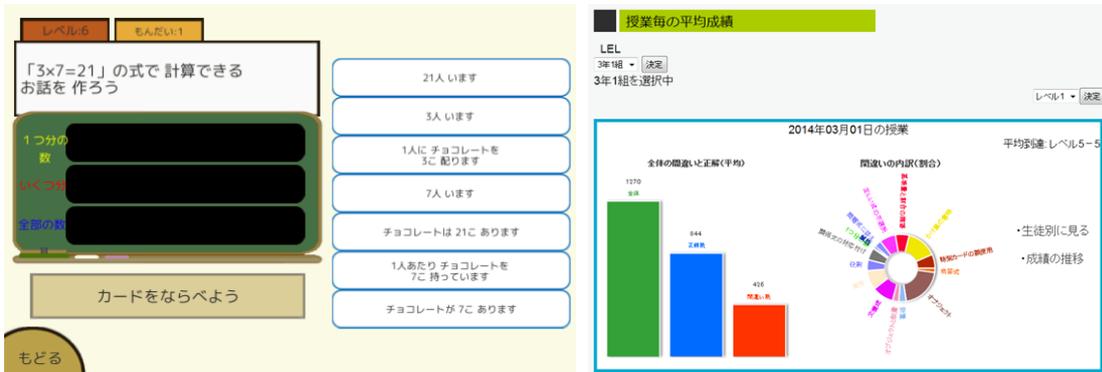


図1 モンサク Touch3 学習者用 (左) と教師用 (右) システム

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

一つの大きな成果としては、本研究で提案している、対象のモデル化とその部品化、および試行錯誤して部品を組み立てることによる構造の組み立てという活動が、言語の理解が困難な学習者に対して有用であるという検証ができた点である。これについては、これまで加減算で実現していた算数文章題の組み立て学習が、乗除算においても実現したという点が理由としてあげられる。また、この成果から、文章構造を理解できない学習者は、「単文の構造が理解できない学習者」、「単文は理解できるが、単文を三つ組み合わせた構造は理解できない学習者」、「三文の構造までは理解できるが、それ以上のさらに複雑な文章が理解できない学習者」に分けられることが確認できている。そして、二つ目の群に属する学習者は、本システムを用いて文章間の関係性を試行錯誤しながら学習することで三つ目の群に属することができる、すなわち、算数文章題の構造をより深く理解させられることが検証された。

また、この結果を特殊教育学会、および電子情報通信学会 教育工学研究会の特別支援教育のテーマで発表（会場は国立特別支援教育総合研究所）したところ、算数文章題の学習が促進されるという側面だけではなく、文章の理解が促進されるという側面もあること、そして文章理解の改善は非常に有用であることが示唆された。そこで本研究ではより詳細に文章理解の程度を検証するため、HMM による機械学習を用いて、学習者の学習ログの分類と分析を実施し、通常学級と特別支援学級の性質の比較を行うこととした。これについては現在、通常学級での小学校六年生 121 名を対象としたログの取得を行うことができた。

なお、教師用システムについては初年度の時点で改良を行うことができ、特別支援学級における学習者の特性の抽出（授業への集中度合いなど）や教師への指導推薦（こういった特徴の学習者にはこういった指導が良いという推薦）を行えるシステムを開発し、授業利用において有用であることが確認できた（図2）。



図2 改良後の教師用システム（個人名は黒塗り）

(2) 得られた成果の国内外における位置付けとインパクト

従来、読み障害を持つ学習者に対しては、神経学の観点から生体的に原因を突き止め改善させる研究や、読み上げシステムや協調学習により、読む機能を代替したり、協力して読んでい

くという方法が取られている。また、言語理解の困難さを測る尺度として WISC が開発されているが、こちらは定量化されたデータが主であり、現場教員にとっては利用しづらいという問題があった。これに対して本研究は、初歩的なレベルではあるものの、文章構造を組み立てさせることが、学習者の読み障害の改善に有用であること、またそもそも文章を作らせるという活動が成立することを示した点で、十分にインパクトがあると考えている。また、初期の段階の学習者の特徴をモデルベースで定性的に分別可能であるため、教師も読み障害を抱えた学習者への指導がしやすくなるという効果も得られている。

(3) 今後の展望

本研究を通じて、算数文章題をベースとして、読み障害を持つ学習者が能力を改善可能であることは検証できた。しかし能力を改善可能な学習者とそうではない学習者の詳細な分析ができていない。よって本研究で得られた通常学級、特別支援学級の演習ログデータを機械学習にかけることで、説明可能な学習者モデルを作成、学習者用システムに実装しているモデルの洗練や、教師用システムの機能拡張に利用していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 5 件）

① [Sho Yamamoto](#) and Tsukasa Hirashima, A Learning Environment Case Study: Posing One-step Multiplication and Division Word Problems to Learners with Reading Disabilities, Proc. of the 26th International Conference on Computers in Education, 2018.

② [山元 翔](#), [平嶋 宗](#), 特別支援学級を対象とした算数文章題の構造理解支援システムの利用効果, 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET) 特別支援教育・福祉支援/一般, 2018

③ [Sho Yamamoto](#) and Tsukasa Hirashima, A Case Study of Interactive Learning Environment for Building Structure of Arithmetic Word Problem in Language Delay, Proc. of the 25th International Conference on Computers in Education, 2017.

④ [Sho Yamamoto](#) and Tsukasa Hirashima, A Case Study of Learning Environment for Building Structures for Learners with Reading Disabilities Based on Cognitive Load Theory, Proc. of the 25th International Conference on Computers in Education, 2017.

⑤ 小川修史, [山元翔](#), 文章理解の困難さを伴う児童を対象とした ICT 利用による文章題構造組み立て演習とその効果, 日本特殊教育学会第 55 回大会, 2017.

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年：

国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：平嶋 宗

ローマ字氏名：HIRASHIMA, Tsukasa

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。