

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 18 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16259

研究課題名(和文) 特別支援学級を対象とした作問学習の支援に関する研究

研究課題名(英文) Study of Learning Environment for Problem-posing in Special Classroom

研究代表者

山元 翔 (YAMAMOTO, Sho)

近畿大学・工学部・助教

研究者番号：90735268

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：現在、特別支援学級の算数文章題の学習は、各生徒の特徴を考慮して緩やかに行われている。この一因として言語理解の困難さが挙げられ、作問学習のように、学習としては効果が高いが、文章を一から記述するような演習は実現が不可能であった。これに対して本研究では、単文の組み合わせとして作問学習を行える学習環境を開発している。このシステムを用いることで、単文が理解可能な生徒であれば、作問学習が実現可能ではないかと考えた。実践利用の結果、単文が理解できれば、作問学習だけではなく、構造を直接操作し学習するような演習も実現可能であることが確認できた。

研究成果の概要(英文)：Currently, the method for learning an arithmetic word problem in special classroom is easier than general classroom because teacher provides them an education that addresses their individual difference and needs. In this research, our target is language delay's student in special classroom who is difficult to read and write. They cannot exercise an effective learning method like problem-posing that is required to write a sentence from scratch. We have developed a learning environment for problem-posing and learning a problem structure by selecting and arranging several sentence cards. Therefore, we assume that language delay's student who is difficult to read and write are able to exercise and learn the structure of arithmetic word problem that can be solved by one-step addition or subtraction by using our learning environment. The result of experimental use shows that the students can exercise and learn the structure of arithmetic word problem if they can read the simple sentence.

研究分野：学習工学，マルチメディア

キーワード：特別支援学級 作問 マルチメディア利用 算数文章題 単文統合 教育

## 1. 研究開始当初の背景

特別支援学級では、通常学級と比べて学習到達目標が緩やかに設定されている。また、その学習活動の支援についても、日常生活を送るためのサポートが中心となっているため、十分に行うことが難しい。よって特別支援学級に在籍する生徒の学習の質がどうしても低くなってしまふことが問題である。

ここで、本研究で対象としている算数文章題の学習に着目する。先にも述べたように、特別な支援を必要とする生徒は、その困難さを配慮して、算数文章題の問題解決を丁寧に教えらる。この主たる要因として文章理解の困難さがあり、文章の読解が困難で、記述となると殆どできない場合が多い。よって教師は生徒に対して、長い文章を区切って一文ずつ丁寧に文章の意味を説明したり、図を用いることで文意を伝えたりしながら、解法について教授する。

また、算数文章題についてより理解を深める事のできる学習として作問が知られている。この演習において学習者は、与えられた制約を満たす問題を一から記述することで学習を行う。従って、言語の理解が困難な生徒にとっては実質的に実施の不可能な演習であるとされている。

そのため、言語の理解が困難な生徒に対する学習は、問題解決の方法を教授するに留まり、算数文章題の構造の学習を実現することは不可能であった。よって、その上位活動である算数文章題の構造を直接学習することもまた不可能であるといえる。一方で、現場教員はこのような生徒に対して、問題解決を丁寧に教えるだけでなく、作問学習のように算数文章題について理解を深める事のできる学習を実現したいというジレンマがある。

ここで、筆者らは算数文章題について、二項演算で解決可能な算数文章題の作問学習支援システムに関する研究をこれまで継続的に行っている。また、構造を直接操作し、組み立てを行うことで学習できるシステムも、加減を対象として開発している。これらのシステムはすでに数年に渡って小学校での実践利用も行い、学習効果があることを確認している。

先行研究における作問や構造の組み立ては、システムが提供する単文カードを取捨選択、組み合わせることで演習を行うものである。システムを用いた実践利用は通常学級でのみ行っているものではあるが、文章の読解や記述を省略しているものであるため、上記生徒に対しても有効であると考えた。

## 2. 研究の目的

本研究では、特別支援学級において言語の理解が困難な生徒を対象として、(a) 先行研究のシステムを適用することで、算数文章題の作問、及び構造の組み立て学習を実現することで、構造を学習するというより高度な学

習が実現可能であることを検証すること、(b) システムが適用可能な生徒の特徴について明らかにすること、を目指す。

この研究を通して、特別な支援を必要とする生徒の困難さを踏まえて丁寧な教授を施すのではなく、その困難さをシステムでカバーすることで、これらの生徒の実現できる学習の質を向上させることが目的となる。このような試みは国際的にも例がなく、先駆的な試みであると言える。

## 3. 研究の方法

## (1) 全体の計画

本研究では一回の演算で計算できる和差の算数文章題を対象として扱っている。最終的な目標はこの対象の構造を理解するための演習を、言語の理解が困難な生徒に対して実現することである。このために、まず初年度で生徒の特徴を分析し、その上で問題を組み立てる演習が実現可能であることを確認する。また、学習効果についても検証する。次年度では、この試験的利用の結果を踏まえ、構造の組み立て学習が実現可能であることを確認する。学習効果についても同様に検証する。これらの実践利用を通して、言語の理解が困難な生徒の特徴と、システムの適用範囲についても明らかにする。

## (2) 利用システムの概説

本研究で取り扱う利用システムについて、対象となる算数文章題の構造を説明し、この構造を踏まえて概説する。図1に初年度で利用する算数文章題の作問学習支援システム「モンサクンTouch1」での作問学習を示す。システムでは課題文と複数の単文カードが与えられ、学習者は単文カードの取捨選択と並び替えを行うことで、問題を作成することができる。システム上の演習はレベルごとに段階的に進んでいき、レベル1で順思考順演算、レベル2, 3で順思考逆演算、レベル4, 5で逆思考問題に取り組む。逆思考問題については通常学級でも困難とされる課題になっている。また、システムは学習者が問題を作成し、診断ボタンを押すことで、正誤判定、及び、誤りの場合にはその理由を学習者にフィードバックする。

次に図2に次年度で利用する算数文章題の構造組み立て学習支援システム「モンサクン・テープブロック」の演習の一例を示す。システムでは課題文と複数の単文カード、そして図3に示すテープブロックが与えられる。テープブロックでは、ブロックの上部に示す単文の数量が、下部に示すそれぞれの単文を足し合わせたものであることを可視化している。また、演算子により、各単文が他の単文とどのような演算関係により導かれるかも可視化することもできる。これにより、一回で計算できる加減の算数文章題の単文の大小関係と、そこにある一和二差関係を理解することができる。なお、モンサクン・テープブロックも同様に、正誤と、誤りの理由を

フィードバックすることができる。なお、こちらのシステムは10段階にレベルが分かれており、段階的に数量関係、問題文、一和二差関係の理解と関連付けを学習することができる。

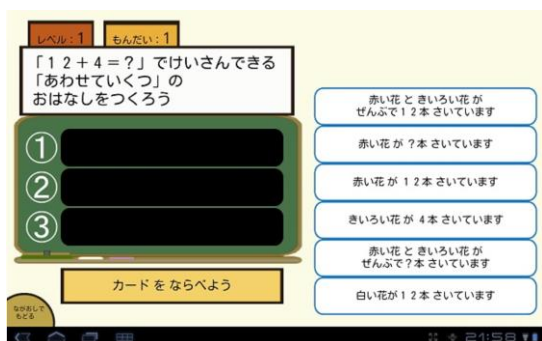


図1 モンサク Touch1 の作問例

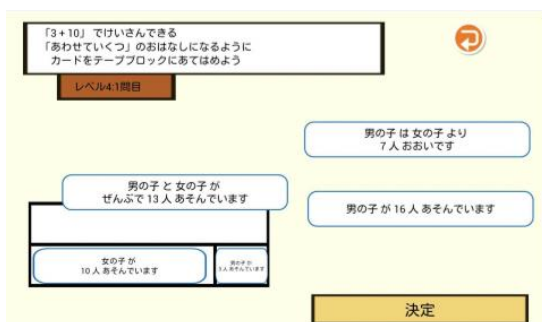


図2 モンサク・テープブロックの演習例

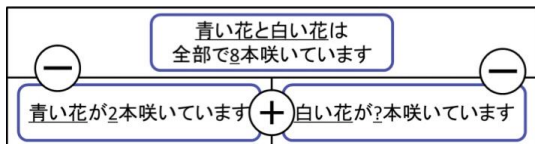


図3 テープブロック図

### (3) 従来作問との違いと対象生徒の特徴

先行研究で提案している作問と異なり、従来の作問は、学習者自身が問題を記述する必要がある。そして、言語の理解に困難を感じる生徒は、文章の記述や読解に大きな負荷を感じる、あるいは行うこと自体が難しいという問題がある。その為、作問学習を実現することは実質不可能となっている。

ここで、認知負荷理論に基づき、従来の作問と単文統合型の作問の認知負荷について分析し、認知負荷の観点から本提案演習の有用性を示す。認知負荷理論において、学習における負荷には次の3つがあるとされている。学習に関係がないが発生してしまう負荷 (Extraneous Load)、課題を遂行するために必要となる基本的な認知負荷 (Intrinsic Load)、そして学習のために用いられる認知資源 (Germane Load) である。

従来の作問活動では、学習者は一から問題を記述する必要があるため、どうしても文章の記述やオブジェクトの決定 (例えば、犬のお話にするか、りんごのお話にするか) とい

った Extraneous Load が発生する。これらの Extraneous Load は、言語の理解に困難のある生徒にとっては、活動を著しく困難にする負荷であることが、作問学習の実現が不可能である理由と考えられる。

一方、単文統合型の作問においては、これらの Extraneous Load は取り除かれ、Intrinsic Load の「与えられた単文の情報の取り込み」となっている。従って単文の読解が可能で生徒に対しては、作問学習が実現できるのではないかと仮定した。

なお、従来の作問においては「単文の作成」が Intrinsic Load となるため、単文の構成要素の理解も求められる学習活動となるが、目的である「算数文章題の構造の知識の利用」自体は、いずれの演習においても必要となり、本質的な部分ではないため、学習において必須のものとはしていない。

モンサク・テープブロックも同様に単文を利用しているため、一般に特別支援の生徒に対しては不可能とされている構造の直接教授を実現するものとなっているが、単文が理解でき、その組立を行えるのであれば、決して不可能な活動ではないと考えている。

### (4) 初年度の実験計画

モンサク Touch1 は対象とする算数文章題の構造を理解していなければ演習を進めることができない。よって構造の理解が促進されているかを検証することもできるため、構造理解が促進されたかを検証するためにも利用する。しかしながら、初年度は単文統合型の作問が実施可能であることはあくまで仮定であったため、従来演習である問題解決演習、過剰問題解決演習、そして従来作問も、学習効果を測るために実施した。情報過剰問題解決演習は、一般的な問題解決演習に、問題解決に必要な情報に加えたもので、情報の取捨選択が必要な分、問題解決演習より難易度の高い演習になっている。

対象は中学校の特別支援学級の生徒 16 名である。内訳としては、単文であれば理解できるがそれ以上の文章になると理解できない生徒 9 名、単文以上の文章が理解できる生徒 6 名、そして単文も理解困難な生徒 1 名である。

演習手順は、従来の課題を 1 時限(45 分)実施し、その後、別の 1 時限でモンサク Touch1 を実施した。この時のシステム利用では教師の支援は行っておらず、生徒の構造理解の把握のため行った。その後、モンサク Touch1 を用いて、3 時限学習を行った。最初の 1 時限は、教師が作問方法について教授してから、モンサク Touch1 による学習を行っている。なお、システムの演習状況は教師用システムで確認が可能であるため、行き詰った生徒に対して教師はサポートを行った。その後、事後テストとして、1 時限かけてモンサク Touch1 を利用し、別の 1 時限で従来の演習を行わせた。

この実践利用により、モンサク Touch1により作問演習が実現できるか、また、事前事後の従来演習、モンサク Touch1の演習の結果に基づき学習効果が得られるかを検証する。

#### (5) 次年度の実験計画

この年度では、モンサク Touch1を構造の理解度測定のために用い、モンサク・テープブロックによる構造学習が実現可能であるかを検証した。

対象は中学校の特別支援学級の生徒13名である。内訳としては、単文を読むことはできるが理解できていない生徒4名、単文が理解できる生徒4名、単文以上を理解している生徒5名である。

演習手順は、モンサク Touch1の事前利用を1時限(45分)、モンサク・テープブロックの利用を3時限、そしてモンサク Touch1の事後利用を1時限実施した。こちらも初年度同様、モンサク・テープブロックの1時限目では、テープブロックと演習方法についての説明を行った後、システムでの演習に移っている。

### 4. 研究成果

#### (1) 初年度の研究成果

初年度の結果について、従来演習の結果、モンサク Touch1による構造理解の程度の計測、モンサク Touch1による演習の結果、教員へのアンケート結果を述べる。

事前に特別支援学級の担当教員4名に確認したところ、単文以上の理解が可能な生徒6名についてはモンサク Touch1の利用により作問が実現できるとの想定であったが、他の10名については演習が困難であるという判断であった。また、学習効果については前者の生徒もまた困難であるという判断であった。

まず従来演習の結果について述べる。問題解決演習では16問中、平均7.6問の正解であったものの、2名の生徒は正答率が0点であった。また、情報過剰問題解決は、16問中4.64問の正答だが、5名の生徒が0点を記録していた。現場教員との議論から、文章読解の負荷が高く、演習が行えない、演習に集中できないことが原因であるとの評価であった。また、作問についても問題を作れたのは8名程度であり、作問数は平均して2.5問であった。よって従来演習は文章読解についての負荷が高すぎるため、学習を行うことは不可能であることが改めて確認できた。なお、事後でも負荷は変わらないため、多少のスコアの上昇は見られたものの、テストによる検証はほとんど不可能であった。

次にモンサク Touch1の演習による結果だが、いずれの生徒も45分間集中して演習を行っており、投げ出す様子は見られなかった。また、1分間の作問数もほとんど通常学級と変わらなかった。

また、学習効果についても、事前・事後の利用により、単文が理解できる生徒については、順思考のレベル(レベル1-3)において、誤りの有意な減少が確認できた。単文以上を理解できる生徒についても、順思考のレベルであれば誤りの減少は認められたが、被験者の少なさから有意差までは確認できていない。しかし演習の様子から、学習効果はあったであろうという手応えはあった。また、単文が読めない生徒についても、教師が単文を読むことで演習は可能であったが、学習効果は確認できなかった。次に正答問題数の増加を確認した。結果として、逆思考問題の作問課題について、有意な増加が見られ、全体を通した正答作問数についても増加が見られた。

このことから、言語の理解が困難な特別支援学級の生徒も、彼らの認知に対して過剰な負荷にならない部品を適切に与えることで、作問という従来不可能であり、問題解決より高度とされる演習が実現可能であることがわかった。

最後に教師のインタビューとアンケートから、モンサク Touch1が特別支援における作問の実現と、学習の質の向上に有用であるという意見が得られた。また、システムについても継続して利用したいという意見が得られた。

#### (2) 次年度の研究成果

モンサク・テープブロックの実践結果について、同様に述べる。こちらは、モンサク Touch1の結果と、モンサク・テープブロックの結果について述べる。

まずモンサク・テープブロックの結果としては、被験者全体で45分の集中が見られた。ただし単文の理解が困難な生徒群は平均してLv7までの到達であり、単文が理解できる生徒群と、単文以上の理解も可能な生徒群はLv10まで到達していた。正答率についても、単文の理解が困難な生徒群については、正答率は16%であり、単文を理解できる生徒群は45%、単文以上を理解できる生徒は71%であった。これらのことから、構造の学習については、単文が理解できる生徒、単文以上が理解できる生徒であれば演習が可能であり、学習効果も見られることが示唆された。

実際にモンサク Touch1の事前・事後利用の正答作問数を見てみると、順思考ではほぼ差が見られなかった。しかし、逆思考の正答作問数については、単文を理解している生徒群について、有意な増加が見られた。また、単文以上を理解している生徒群についても、増加は見られた。しかし単文を理解できない生徒についてはほぼ伸びが見られなかった。初年度の実験ではあくまで問題づくりの学習を行った上での正答作問数の増加であったが、次年度は構造を学習した上での正答作問数の増加であるため、より深いレベルでの学習が実現したと考えている。

なお、フィードバックについても、正誤判定は有効なフィードバックとして作用していたが、誤りの原因指摘については文章による表示であったため、読み飛ばす様子が演習にて多く見受けられた。従ってこの提示方法について改良を行うことで、より顕著な結果を得られると考える。

### (3) 結果考察

以上の実践利用を通して、言語の理解が困難な特別支援学級の生徒に対しても、対象の構造をモデル化した上で、生徒らに理解可能な単位の部品を与え、それを組み立てさせることで、従来不可能であるとされた構造の学習を実現できる可能性が示唆された。このことから、特別支援学級において、生徒の障害に合わせて緩やかに従来学習を行うのではなく、通常学級と同等以上の教育環境を提供できる可能性も示すことができた。

また、この仕組みを用いることで、今回学習効果を得られなかった、単文が理解できない生徒群についても、単文を部品化し、組み立てさせることで、段階的に構造の理解を行わせることができる可能性も示唆された。今後は加減算だけではなく、乗除算についても実践利用やシステムの開発し、また、言語の理解が困難な生徒に適したシステム UI の開発も行う予定である。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. Sho Yamamoto, Tsukasa Hirashima and Akio Ogihara: Experimental Use of Learning Environment by Posing Problem for Learning Disability, Proc. of ACIT2015, Springer International Publishing, pp.101-112, 12 - 16 July 16, 2015, Okayama, Japan, (査読有) .

[学会発表] (計 4 件)

1. Sho Yamamoto and Tsukasa Hirashima: A Case Study of Interactive Environment for Learning by Problem-posing Targeting Junior High School Students with Reading Disability, Proc. of ICCE 2016, pp. 454-462, 28 Nov - 2 Dec 2016, Mumbai, India.  
2. Sho Yamamoto and Tsukasa Hirashima: A Case Study of Interactive Environment for Learning by Problem-posing in Special Classroom at Junior High School, Proc. of ICCE 2016, pp. 282-287, 28 Nov - 2 Dec 2016, Mumbai, India.  
3. 山元翔, 平嶋宗: 中学校の特別支援学級を対象とした単文統合型作問学習支援システ

ムの実践事例, 第 41 回 教育システム情報学会 全国大会, 29-31 Aug 2016, 帝京大学宇都宮キャンパス (栃木県宇都宮市) .

4. 山元翔, 平嶋宗, 荻原昭夫: 特別支援におけるタブレットを用いた学習支援システムの実践利用, 第十四回情報科学技術フォーラム, 15 - 17 Sep 2015, pp.389-340, 愛媛大学城北キャンパス (愛媛県松山市) .

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

山元 翔 (YAMAMOTO, Sho)

近畿大学・工学部・助教

研究者番号: 90735268