

数量関係物語の構造分析に基づく算数文章題の解決と作成の違い

Difference between Problem Solving and Problem Posing of Arithmetic Word Problem Based on analysis of Numerical and Conceptual Structure

山元 翔^{*1}, 林 雄介^{*1}, 平嶋 宗^{*1}
 Sho YAMAMOTO^{*1}, Yusuke HAYASHI^{*1}, Tsukasa HIRASHIMA^{*1}
^{*1}広島大学大学院工学研究科
^{*1}Graduate School of Engineering, Hiroshima University
 Email: sho@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：本研究では情報構造指向アプローチにより，学習対象の構造を分析し，その結果考えられる学習活動を支援するシステム的设计・開発を行なっている．よって学習活動とは，学習対象の構造を理解することとして捉えられ，この時の理解には，与えられた完備情報から対象を抽象化することによる分析的理解と，与えられた部分情報から逐次的に対象を具象化することによる生成的理解の二種類が考えられる．本稿ではこれらの理解から問題解決と作成の違いを，具体的に算数の文章題に適用して考察する．

キーワード：情報構造指向，生成的理解，分析的理解，問題解決，問題作成

1. はじめに

知的学習支援の分野における一つのアプローチとして，情報構造指向 (information-structure oriented) というものが提案されている⁽¹⁾．このアプローチは，従来から行われている教育・学習活動からではなく，学習対象の持つ情報を分析した構造から発想できる学習方法をシステムとして実現するものである．この考え方に基づけば，学習とは学習対象の持つ構造を習得することであると捉え直すことができる．また学習対象の構造を明らかにすることで，その構造を学習するための既存の学習課題についても分析することが可能である．

これらの背景に基づき，筆者らは学習対象の情報構造を学習者が意識して扱うことで，その構造の獲得と定着を促進する学習支援システムの開発を行なっている⁽²⁾．本稿では情報構造的に捉えた問題解決と作問学習の違いと，算数を対象としたその実例について考察する．

2. 問題解決と問題作成

情報構造の存在を前提とすると，ある対象を理解しようとするとき，二種類の理解の仕方があると考えられる．一つは対象について与えられた情報全てを包括的に分析する理解であり，ここでは分析的理解と呼ぶ．そしてもう一つは，与えられた情報を段階的に解釈し，候補を生成して予測的に理解することで，生成的理解と呼ぶ．これを問題演習に対して適用してみる．

問題演習とは学習者が獲得した知識を問題に対して用いてみる活動であり，知識を単に覚えるだけではなく，習得，利用するために不可欠な活動である．問題演習として一般的には，問題解決演習が行われている．この演習において学習者は，条件として解決に必要な情報を全て与えられた上で，その問題を抽象化，すなわち解法を導出することを求められる．

従ってこのような演習は構造の分析的理解を行なっているといえる．

問題解決演習に対して，解法についてより深く意識するための演習として，問題作成演習 (作問) が提案されている⁽³⁾．この演習では，問題を作成するための条件の一部を与えられ，適用可能な問題の構造を用いて問題を具象化，すなわち生成することを求められる．従ってこのような演習は，作成が求められる問題の生成的理解を行なっているといえる．

3. 算数文章題における問題の解決と作成

3.1 数量関係物語とその分析的理解

ここでは算数の文章題のベースとなる数量関係物語として，二項の加減算で表されるものを対象に行った分析を概説する⁽⁴⁾．図1の上部に物語の例を示す．数量関係物語は，数量の存在を表す文 (存在文) 二つと，それらの関係を表す文 (関係文) 一つで構成される．物語は，合併，変化，比較の3つに分類され，変化は増加と減少，比較は超過と不足で区別できる．これらの物語の種類を特徴づけるのは関係文であり，他の二つの存在文で示される数により，物語の数量関係が構築される．存在文はカウントできる物事の存在を示すものだが，物語中での役割によって，図1下部で示すような種類があり，これらは物語の種類によって相対的に決定される．

ここで，分析的理解について，この数量関係物語を例に述べる．学習者は，物語全体を与えられ，それを数式として抽象化することを求められる．例えば，図1の上部に示す物語が与えられ，物語の種類が判別できると，その物語の持つ存在文，関係文を図1の下部に示す物語の役割に適用できる．その結果，物語の数量関係を導出し，数式として抽象化できる．よって問題解決演習では，解を得るために必要な情報がすべて与えられるので，典型的に分析的理解が可能であると言える．しかしながら問題解決

演習は、解を求めるために必要な、具体的な情報が全て与えられた上で、問題の抽象的構造と照合する活動であり、数量の大小関係、語句だけ、数値だけで答えを予測することもできてしまう⁽⁵⁾。

1. りんごが3こあります
2. りんごを5こもらいました
3. りんごが8こになりました

物語の種類		存在文1	存在文2	関係文
合併		部分存在文 (部分量1)	部分存在文 (部分量2)	合併関係文 (合併量)
変化	増加	変化前存在文 (変化前量)	変化後存在文 (変化後量)	増加関係文 (増加量)
	減少			減少関係文 (減少量)
比較	超過	優量存在文 (優勢量)	劣量存在文 (劣勢量)	超過比較文 (超過量)
	不足	劣量存在文 (劣勢量)	優量存在文 (優勢量)	不足比較文 (不足量)

図1 分析的理解の一例 (増加物語について)

3.2 数量関係の物語の生成的理解

生成的理解では、物語の情報を逐次的に解釈し、想定できる物語の候補として具象化していく。例えば図2に示すように物語を逐次的に解釈するとする。まず、1つ目の文から、この文が存在文であることは想定できるが、どの種類の物語の、どちらの種類の存在文かはわからない。よって、この時点では物語の種類は決まらない。しかし、2つ目の文を組み合わせると、2つ目の文は文面から増加関係文であると考えられ、物語を増加物語であると想定できる。そして、増加物語の構成から、最後の存在文は自ずと変化後存在文であると予測可能である。実際に、3つ目の文は数量関係から変化後存在文となり得るものであり、予測が正しいことがわかり、物語の解釈が確定する。問題作成演習では、例えば物語の一部や、物語を抽象化された数式といった情報を条件として与えられ、そこから自分で文を考え、想定できる物語を一つ一つ、提示された条件に合うか検証していくことが求められるため、生成的理解が求められるといえる。

以上の議論により、問題を解かせるよりは問題を作成することによる演習のほうが、問題解決に対して重要な役割を持つ数量関係物語の構造をより意識させるために有効であると言える。

1. りんごが3こあります
2. りんごを5こもらいました
3. りんごが8こになりました

1. りんごが3こあります
2. りんごを5こもらいました
3. りんごが8こになりました

1. りんごが3こあります
2. りんごを5こもらいました
3. りんごが8こになりました

物語の種類		存在文1	存在文2	関係文
合併		部分存在文 (部分量1)	部分存在文 (部分量2)	合併関係文 (合併量)
変化	増加	変化前存在文 (変化前量)	変化後存在文 (変化後量)	増加関係文 (増加量)
	減少			減少関係文 (減少量)
比較	超過	優量存在文 (優勢量)	劣量存在文 (劣勢量)	超過比較文 (超過量)
	不足	劣量存在文 (劣勢量)	優量存在文 (優勢量)	不足比較文 (不足量)

図2 生成的理解の一例 (増加物語について)

3.3 作問法の教授との対応

筆者らは、三つの単文を組み合わせることによる作問演習の支援システムを開発し、それを組み込んだ授業実践を行なってきている⁽⁶⁾。この授業において担当教員が自発的に考案したのは、(1)制約となる物語と演算を児童に提示、(2)単文を1つずつ児童に提示し、その単文が制約を満たす問題の生成に必要なものであるかどうかを考慮させるという教授である。この(2)は、逐次的に提示される文で構成できる物語を想定し検証することが求められ、生成的理解そのものといえる。このように教育現場でも生成的理解が重要であるとの認識もあり、このような考えの下で学習支援システムも構築することは一定の効果があると考えられる。

4. おわりに

本稿では情報構造指向の観点から理解を分析的理解と生成的理解に分け、問題解決と作成の差異について考察した。また現場教員の作問法の教授の例から、この考えが妥当なものである可能性を示した。

今後はこの理解プロセスに基づいた作問シミュレータの開発、単文統合型の作問におけるダミーカードの洗練を行なっていく予定である。

参考文献

- (1) Carbonell, J.R.: "Ai in CAI: an artificial intelligence approach to computer-assisted instruction", IEEE Transaction on Man-Machine Systems, Vol.11, No.4, pp.190-202 (1970).
- (2) 平嶋宗: "学習課題の内容分析とそれに基づく学習支援システムの設計・開発: 算数を事例として", 教育システム情報学会誌, Vol.30, No.1, pp.8-19 (2013)
- (3) Polya, G.: "How to Solve It", Princeton University Press (1945)
- (4) 林雄介, 山元翔, 平嶋宗: "物語構造と数量関係の対応付けによる文章題の構成の理解と作問学習支援", 2013年度人工知能学会全国大会, 3D3-3, (2013)
- (5) 平井安久: "加法・減法の逆思考問題についての一考察 ~テープ図からの演算決定の難しさ~", 岡山大学教師教育開発センター紀要 2, pp. 102-111, (2012)
- (6) Yamamoto, S., Kanbe, T., Yoshida, Y., Maeda, K., Hirashima, T.: "A Case Study of Learning by Problem-Posing in Introductory Phase of Arithmetic Word Problems", Proc. of ICCE2012, pp.25-32 (2012)