

問題の対象領域における論理構造を意識させる作問学習手法

原 一生^{*1}

仲林 清^{*1,*2}

^{*1} 千葉工業大学

^{*2} 熊本大学

Method of Learning-by-Problem-Posing with Instruction on the Logic Structure in the Problem Domain

Itsuki Hara^{*1}

Kiyoshi Nakabayashi^{*1,*2}

^{*1} Chiba Institute of Technology

^{*2} Kumamoto University

作問の過程において学習者に作問対象領域における因果関係に基づく論理的思考を行わせることを目的とする学習手法の検討を行った。そのような思考を行わせるために、問題の出題意図を考えさせることが有効であるという仮説を立てた。問題の出題意図を考えさせる指示を与えた実験群と指示を与えない統制群を比較した実験によって、本手法が意図通りに働いたという示唆が得られた。

キーワード: 作問学習, 論理的思考, 因果関係, 出題意図

1. はじめに

現代社会において論理的思考力が重要視されている。特に、論理的思考力における、問題の原因と結果を見極め、それらの因果関係を考える行為は、ものごとの説明や文書の作成などのあらゆる場面で必要とされる⁽¹⁾。この能力を向上させるには、問題の論理構造を捉える習慣が必要であるが、大学生が学生生活で問題解決を迫られる機会は少ない。

本研究では、論理的思考能力を向上させる学習手法として作問学習に着目する。作問学習は、近年、研究が盛んに行われており⁽²⁾、数学⁽³⁾、プログラミング⁽⁴⁻⁵⁾、などの教育で成果を挙げている。作問学習では、与えられた問題に解答する形式の一般的な学習とは逆の思考を行うことよって、問題の論理構造を考える効果が確認されている⁽²⁾。そこで、一般の作問学習がプログラミングなど作問対象領域の知識・能力の向上を目指しているのに対し、本研究では、作問を通じた論理的思考能力の育成を目的とした学習手法の研究を行う。

作問学習では、初学者には質の高い問題の作成が困難であるという問題が生じる⁽⁶⁾。学習者が例示された問題の表層的な表現のみを模倣すると、背景の論理構造を反映した質の高い問題を作成できない⁽⁷⁾。そこで本研究では、学習者に対して問題の出題意図を考えさせる、というアプローチをとる⁽⁸⁾。問題の出題意図を考えろ、という指示を出すことで、作問に必要な論理構造を自律的に意識させ、ひいては作問の質の向上を

図ることをねらいとする。

以下、第2章で学習手法の基本的な考え方、第3章で問題の質の評価基準について述べる。第4章で実験の流れ、第5章で実験結果を示し、最後に考察を行う。

2. 問題の論理構造を意識させるアプローチ

前章で述べたように、本研究では、作問を行わせる際に、例示した問題の出題意図を考えろ、という指示を与える。このような比較的簡単な指示を与えることで、学習者は問題の表層的な表現の模倣ではなく、出題者が問題を作成した目的を意識し、それによって問題の背景にある論理構造を自律的に考え、それが作問の質にも反映されるのではないかと考えられる。

このような仮説に立って、先に表の読み取り問題を題材とした実験⁽⁹⁾を行った。この実験では、出題意図を考えることで、学習者が作問する際に論理的思考力の必要性に気がついた、という結果が示唆された。しかし、表の読み取り問題では、作成された問題の質を評価することが困難で、論理的思考の有無が作問の質向上につながることまでは検証できなかった。

そこで、本論文では、次章に述べるように、ブルームのタキソノミー⁽⁹⁾を用いて、問題の質の評価基準を設定する。この基準の、応用、理解、知識の各レベルの問題例を提示し、それらの出題意図を考えろ、という指示を与えることで、学習者が論理構造を考え、さらには、問題の質が向上するか否かを検証する。

3. 作問の評価基準

本研究では、ブルームのタキソノミーを用いて、学習者の作問の評価基準を定義した⁹⁾。これを表 1 に示す。本研究では、学習者に問題の背景にある因果関係を論理的に考えさせることを目的としており、次章に述べる作問課題では、資料中の折れ線グラフとそれを説明する文章を題材とした。そこで、グラフと文章の因果関係を考えるレベルの問題を、ブルームのタキソノミーの応用レベルと位置づけ、学習者の作問の到達目標とする。また、それより下のレベルとして、折れ線グラフから読み取れることを問うレベルの問題を理解レベル、単語など問題を解く上での事実的知識を問うレベルの問題を知識レベルとする。分析レベルより上のレベルは本研究では扱わない。

4. 作問課題

本研究では、学習者の思考過程とその結果の作問の質に焦点を当てる。そのため、対象とする作問の領域は、学習者の前提知識を必要としないものとする。具体的には、学習者に対して、資料を提示し、そこから読み取ることのできるデータのみを使用して作問を行わせる。資料の題材には、高校入試レベルの社会科における高度経済成長期のできごとを扱う。

学習者に提示する資料は、図 1 に示した高度経済成長期における主要耐久消費財の普及の推移を表す折れ線グラフと、表 2 に示した高度経済成長期のできごとを示す文章で構成される。折れ線グラフの各線には色がついており、グラフの下部に示された耐久消費財の名称の横に示された線の色と対応している。折れ線グラフは単なる記号的な事実データに過ぎないものであ

るが、文章の一部をいずれかの線の変化の背景として捉えることで、これらの因果関係を問う問題が作成できるようになっている。

作問課題では、学習者に、図 1 と表 2 を資料として提示し、さらに、この資料を読み取ることで作成が可能な問題を作問例として提示する。これらの作問例は表 1 の評価基準の応用、理解、知識レベルのいずれかにあてはまる問題計 6 問から構成される。

表 1 作問の評価基準

レベル	説明
6) 評価	問題の価値や意味を判断できる。
5) 統合	問題を設計できる。
4) 分析	資料の矛盾の発見や正誤の判断ができる。
3) 応用	グラフと文章の因果関係を問う問題を作成できる。
2) 理解	グラフから読み取れる事を問う問題を作成できる。
1) 知識	事実的知識を問う問題を作成できる。

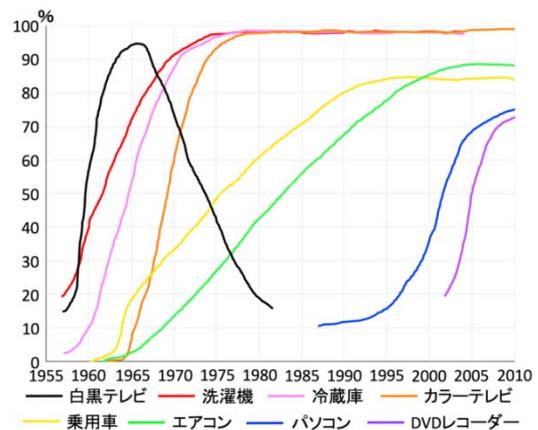


図 1 主要耐久消費財の普及の推移

表 2 高度経済成長期のできごと

(1)	1950 年代後半から 1970 年代前半にかけて電化製品が普及した。1960 年代前半に登場したテレビやエアコンは、1990 年代には普及率が 80% をこえるまでに至った。エアコンは 1990 年代の発売当初、室外機と室内機が一体化しており、一般家庭にとっては非常に大型であったため、それほど普及しなかった。1960 年以降に室外機と室内機が別々の型となり、暖房や除湿機能をもった製品が登場した。
(2)	高度経済成長期(1955~1973 年)の前半では三種の神器(白黒テレビ、洗濯機、冷蔵庫)が普及した。三種の神器が普及する以前の生活様式は、食品を腐らせないようにこまめに買い物をしたり、冬にたらいと洗濯板で洗濯をしたりするなど、ハイテク機器の普及した現在の生活からは想像もつかないものであった。
(3)	白黒テレビの登場により、日本の家庭の中心が神棚から白黒テレビのある居間へ変化した。また、カラーテレビの発売当初はカラーで放送される番組が極めて少なかったが、1964 年には東京オリンピックがカラーで放送された。
(4)	1960 年代中頃、レジャーという言葉が一般化し、仕事や家庭などを除く時間を各人の楽しみにあてるようになった。それに伴い、富士急ハイランドや長島スパーランドといった地方遊園地の建設ラッシュがはじまった。

作問を行わせる際、実験群には2章で説明したアプローチに従って、問題例の出題意図を考えろ、という指示を与える。これによって、学習者に6つの問題例の意味を考えさせ、論理構造のレベルの違いに気付かせるとともに、その中で一番質の高い応用レベルの問題を作成させることをねらう。一方、統制群には、実験群と同じ問題例を提示するが、出題意図を考えろ、という指示は行わず、単に例を参考に作問を行わせる。

5. 実験結果

5.1 実験概要

理工系の大学学部3, 4年生16名を対象に実験を行った。学習者を、作問前に作問の出題意図を考えさせる旨の指示を与える実験群8名と、指示を与えない統制群8名に分けた。作問数は学習者の任意とし、1時間以内を目安に作問を行わせた。実験後、作問中の思考過程を評価するためのアンケートを実施する。アンケートは5段階評価と記述式に分かれており、5段階評価では5に近いほどあてはまり、1に近いほどあてはまらないものとする。

5.2 学習者ごとの作問の質の評価結果

表1の評価基準に基づいて、学習者の作問の質を分類した結果を表3に示す。作成した問題数は、最小2問、最大6問で、ほとんどの学習者が4問から5問を作成した。グラフと文章の因果関係を問う応用レベルの平均作問数および作問者数は、実験群で1.25問、5名、統制群で0.25問、1名であった。統制群では、最もレベルの低い知識レベルの作問が平均3.38問と過半数となった。作問数についてマン・ホイットニーのU検定を行った結果、総作問数には有意差がなかったが、応用レベルでは $p < 0.1$ で有意傾向がみられた。

表3 レベルごとの作問数

作問数	実験群 (8名)			統制群 (8名)			有意差
	平均	最小	最大	平均	最小	最大	
3) 応用	1.25	0	3	0.25	0	2	+
2) 理解	1.50	0	3	1.25	1	2	n.s.
1) 知識	1.38	0	3	3.38	1	4	**
合計	4.13	2	6	4.88	4	5	n.s.

n.s. : 有意差なし, + : $p < 0.1$, ** : $p < 0.01$

5.3 作問内容

評価基準の各レベルに該当する問題の一例を示す。応用レベルの例として、実験群の学習者Gの作成した問題の一部を図2に示す。この問題では、資料中の折れ線グラフから白黒テレビに該当する黒い線を消した工夫が施されており、白黒テレビの普及率を表す線を解答者に書かせる問題となっている。白黒テレビの普及率の衰退の背景には、東京オリンピックのカラー放送に伴うカラーテレビの普及が関係している。そのため、これについて述べられた表2の文章との因果関係を考え、高度経済成長期の始まりからカラーテレビが普及し始めた時代までは95%の普及率まで上昇し、その後はカラーテレビの普及率に反比例して下降していく線を書き込むことがこの問題の正解となる。

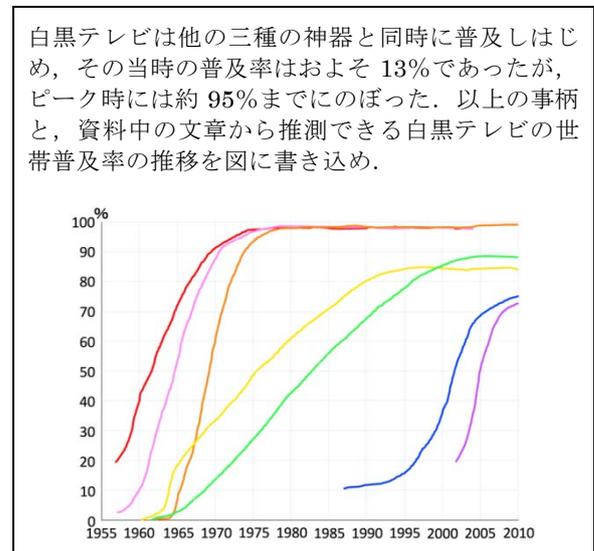


図2 応用レベルの作問の一例

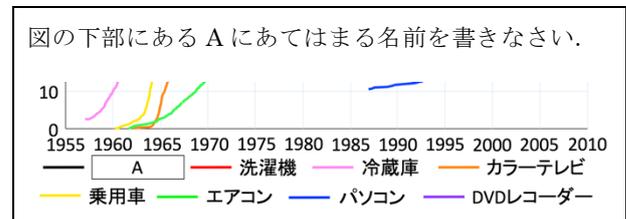


図3 理解レベルの作問の一例

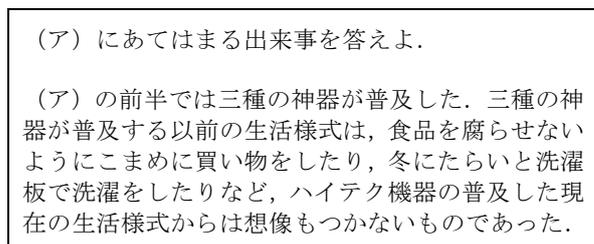


図4 知識レベルの作問の一例

応用レベルに満たなかった作問として、統制群の学習者 K の作成した問題の一部を図 3 と図 4 に示す。図 3 の問題は、折れ線グラフから読み取れることを問う理解レベルに該当する。この問題では、グラフ下部に示された各線に対応する耐久消費財の名称から、白黒テレビを空欄にした工夫が施されている。表 2 の記述から、白黒テレビは洗濯機、冷蔵庫とともに、高度経済成長期の三種の神器であることがわかる。そのため、戦後に普及率が急上昇している 3 つの折れ線の色と、グラフの下部に示された耐久消費財の色を対応させることで解答できる。

図 4 の問題は、問題を解く上での事実に知識を問う知識レベルに該当する。この問題は、資料の文章の一部を空欄にする工夫が施されている。空欄には高度経

済成長期という語句が入るが、この語句は折れ線グラフとは関係なく、単なる知識を問う問題となっている。

5.4 アンケート結果

実験後に、作問中の思考過程に焦点をあてたアンケートを実施した。設問 1 では、作問の際に出題意図を考えたかを 5 件法で回答させ、4 以上と解答した学習者にその意図を記述させた。設問 2 では、資料中の折れ線グラフと文章の因果関係を考えたかを 5 件法で回答させた。結果を表 4 に学習者ごとの回答結果に示す。U 検定の結果、設問 1 については $p < 0.05$ で有意差が、設問 2 については $p < 0.1$ で有意傾向がみられた。

表 4 で、因果関係を問う応用レベルの作問を行った学習者を下線で示す。応用レベルの問題を作成した学

表 4 アンケート結果

実験群			
学習者	設問 1	設問 2	意識した出題意図（設問 1 が 4 以上で記入するよう指示）
A	5	2	問題中に散らばっている情報をつなげるかどうかを基準とした。基準を達成できれば解ける構造であることを出題意図とした。
<u>B</u>	5	5	<u>消去法では答えられない問題</u> や、知識が矛盾なく身についているかどうかなど。
C	4	3	表をしっかりと読み取れているか、知識から状況を想像し考えられるか。
<u>D</u>	5	5	前提知識はしっかりと持っているか、 <u>その時代の背景や流れ</u> 、問題文やグラフの読み取りはできているか。
<u>E</u>	5	4	高度経済成長の要が需要の増大であるという点を趣旨とし、問 2 から問 5 でそれぞれの消費財の普及率の上昇の理由を考える問題を出題。問 6 でメインとなる高度経済成長の要を問う問題を出した。問 1 は、 <u>表と文の関連付け</u> ができるか。
F	4	3	段階を踏んで難易度を上げていく。その中で、知識問題、表の読み取り、前の問題に関連するものを作った。
<u>G</u>	5	5	知らなければ出来ない問題ではなく、 <u>考えなければできない問題</u> を作り、解答者の能力を見たかった。
<u>H</u>	5	5	<u>グラフと文章を対応させて考える</u> ことができる。
平均	4.75	4.00	
統制群			
学習者	設問 1	設問 2	意識した出題意図（設問 1 が 4 以上で記入するよう指示）
I	3	2	
<u>J</u>	4	4	白黒テレビの普及が下がった理由を述べさせる問題。見て書くだけでなく、 <u>なぜそうなったのかの背景を考えさせた</u> かった。
K	5	5	解答者の理解度を聞く意図、文から読み取れる問題を作る。
L	4	3	高度経済成長期に関係するワードを理解させるには、どのようなワードを答えさせ、どのような問題を作るかどうか。
M	4	2	最低限知っていなければならないことを答えさせる。
N	2	2	
O	4	3	空白部分を答えさせる問題。
P	4	1	この問題が解けることによって、この問題が理解できているということを踏まえて作問した。
平均	3.75	2.75	

習者全員が、設問 1 で 4 以上の回答を行っており、出題意図の記述から、資料中の折れ線グラフと文章の因果関係を考えさせる、もしくは、単なる知識や資料の読み取りでない問題を作成することを意図していることが確認できた。これらの記述を表中の下線で示す。一方、応用レベルに満たない問題を作成した学習者は、問題の事実的知識や折れ線グラフの読み取りの確認をねらいとして、資料の一部を空欄としたりするなど、問題の表層的な部分の工夫を施すことを意図として記述していることがわかる。応用レベルの作問を行った学習者数は、実験群で 5 名、統制群で 1 名であり、カイ二乗検定の結果、 $p < 0.05$ で人数比に有意差があった。設問 2 については、応用レベルの問題を作成した学習者全員が、因果関係を意識したとして 4 以上の回答を行っていた。

6. 考察

6.1 論理構造を意識した作問の質について

学習者の作問の質について考察を行う。5.2 節の評価結果から、学習者全 16 名のうち 6 名が、論理構造の因果関係を問う応用レベルの問題を作成していることが確認できた。また、5.4 節のアンケート結果から、この 6 名全員が、資料中の折れ線グラフと文章に因果関係があることを把握しており、問題の対象領域の因果関係を考えさせる問題、もしくは、単なる知識や資料の読み取りでない問題を作成するという出題意図を考えながら作問を行っていたことが確認できた。このことから、問題の対象領域に因果関係をもつ題材を対象として作問を行わせることで、問題の論理構造を意識させることができると考えられる。

応用レベルの問題を作成した 6 名のうち 5 名は、作問前に作問の出題意図を考えさせる旨の指示を行った実験群の学習者であった。また、指示を行っていない統制群の学習者のうち I と N の 2 名は、アンケートから明確な出題意図を持たずに作問を行っていて、作問の際、例題の表層的な状況のみ模倣していることが考えられる。このように、作問前に例題の出題意図を考えさせることで、学習者が作問の際に論理構造を意識し、それにもなつて質の高い問題を作成しやすくなることが示唆された。

6.2 作問中の思考過程について

学習者の作問中の思考過程について考察を行う。実験群の学習者の中でも 3 名は、アンケートの設問 2 の因果関係に関する質問に 3 以下の回答を行った。この 3 名は、設問 1 には、明確な出題意図を考えたとして 4 以上の回答を行っていた。しかし、それらの意図は、問題の事実的知識の定着やグラフの読み取り能力の確認をねらいとして、問題に表層的な工夫を施すというものであった。このことから、例題の出題意図を考えさせるだけでは、全員に問題の論理構造を意識させることはできなかったことがわかる。

また、問題の表層的な部分に工夫を施すことを出題意図とする傾向は、統制群の学習者にも多く見られた。作問学習における出題意図は、問題の背景となる論理構造を意識したものと、問題の表層的な部分に工夫を施すことの二種類に大別できることが示唆された。

7. まとめ

本研究では、対象領域に因果関係をもつ問題を対象として、学習者に質の高い問題を作成させることを目的とした作問学習手法について検討した。学習者に問題の論理構造を意識させるために、作問前に例題の出題意図を考えさせる指示を与えた。実験の結果、指示を行った学習者はそうでない学習者に比べて問題の論理構造を意識しやすいことが確認された。また、論理構造を意識した学習者は全員、本研究で定義した質の高い問題を作成したことが確認された。一方で、今回与えた指示では、必ずしも論理構造を意識させることにはならなかったため、指示の内容を検討することが今後の課題である。

参考文献

- (1) 楠見孝, 子安増生, 道田泰司: “批判的思考力を育む—学士力と社会人基礎力の基盤形成”, 有斐閣 (2011)
- (2) 小島一晃, 三輪和久, 松居辰則: “産出課題としての作問学習支援のための実験的検討”, 教育システム情報学会誌, Vol.27, No. 4, pp. 302-315 (2010)
- (3) 横山琢郎, 平嶋宗, 岡本真彦, 竹内章: “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, Vol.30, No.4, pp. 333-341 (2007)

- (4) 高木正則, 田中充, 勅使河原可海: “学生による問題作成およびその相互評価を可能とする協調学習型 WBT システム”, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1532-1545
- (5) 平井佑樹, 樋山淳雄, 井上智雄: “学習者による作問に基づく学習支援システムの分散非同期環境への適用とその効果”, 教育システム情報学会誌, Vol.27, No.1, pp.62-73 (2010)
- (6) Lyn D. English: “Children’s Problem Posing within Formal and Informal Contexts”, *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 29, No. 1 pp. 83-106 (1998)
- (7) Kazuaki Kojima and Kazuhisa Miwa: “A System that Facilitates Diverse Thinking in Problem Posing”, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 18, No. 3, pp. 209-236 (2008)
- (8) 原一生, 仲林清: “表の読み取り問題を対象とする出題意図を意識させた作問学習”, 教育システム情報学会研究報告, Vol. 31, No. 1, pp. 59-66 (2016)
- (9) 稲垣忠, 鈴木克明: ”授業設計マニュアル 教師のためのインストラクショナルデザイン”, 北大路書房 (2011)