

# 教授支援のための教師の専門的知識に基づく問題選択システム ：教師からの知識抽出方法

島田 英昭<sup>\*1</sup> 北島 宗雄<sup>\*2</sup> 奈良 雅子<sup>\*2</sup> 佐藤 滋<sup>\*2</sup>

## Knowledge extraction from teachers and its implementation in an e-learning system

Hideaki Shimada<sup>\*1</sup>, Muneo Kitajima<sup>\*2</sup>, Masako Nara<sup>\*2</sup> and Shigeru Sato<sup>\*2</sup>

**Abstract** – Children with developmental disorders cannot do homework effectively in the absence of teachers. They need assistance for organizing their self-learning. This paper challenges this issue by proposing an e-learning system with the following features. The system will be used to develop materials for self-learning by the teachers who may not have technical knowledge about the system. The system helps the teachers extract knowledge for managing self-learning in the form that is easily implemented in the system. In order to demonstrate the feasibility of the system, one of the authors, who is currently teaching students with autism, served as a user of the system and created a self-learning material. A simple algorithm to sequence the pieces of self-learning materials by considering the level of understanding of autism children is proposed.

**Keywords:** e-learning, CAI, knowledge management, homework, verbal learning

### 1. はじめに

#### 1.1 発達障害児の学習の問題

社会福祉に対する意識の高まりとともに、発達障害児に対する教育のニーズが高まっている。発達障害児とは、知的機能、認知機能、適応機能の障害を持つ児童を指す。具体的には、知的障害、自閉症、アスペルガー障害、ADHD、LDなどに分類される。

発達障害児の学習を支えるには、個別ニーズへの対応が必要である。このためには、発達障害児の学習の専門的知識が必要である。これは、特別支援教育に関わる教師などが持ち、主として学校教育の中で生かされる。障害の種類に応じて適切な対応が異なることはもちろん、同じ種類の障害であっても症状は多様である。さらに、個々の児童の学習の履歴は多様で、学習ニーズはその履歴によっても左右される。

一般的に発達障害児は、健常児と比較して、その機能的な制約から、同一の学習内容であってもより多くの時間が必要になる。その時間を確保するためには、学校以外の場での学習、具体的には家庭での学習が不可欠である。

#### 1.2 家庭学習の効率の問題

学校における授業では、学習のプロセスが教師によって制御される。問題解決による学習を例にとれば、学習のステージに合わせた適切な問題が教師により選択され、提示される。教授内容と子どもの特性を熟知した教師が

問題を選択するので、対象となる子どもにとって解決するには難しすぎたり、逆に簡単すぎたりということが起こりにくい。

その一方で、家庭学習では、学習のプロセスが子ども自身に任せられたり、あるいは両親をはじめとした、必ずしも教授内容に対する知識が十分ではない者が学習を制御したりする。そのため、学校教育に比べて、適切な問題が選択されるケースが減り、学習効率の低下が起こる。

#### 1.3 目的：教師の知識抽出方法の確立

本研究は、発達障害児の学習支援の一貫として、家庭学習における学習の効率化を目指し計画された。特に本研究では、教師の知識を利用した問題選択に関するe-learningシステム（あるいは、CAI; Computer-Aided Instruction）を作成することを目的とする。

効果的なシステムを作成する一つの方法は、各領域におけるエキスパートとしての教授知識を持つ教師の知識をシステムに実装することである。ここで問題となるのは、教師の知識を抽出する方法である。

一つの方法は、日常の教授場面において、教師を観察することである。しかし、これだけでは、システムの実装に必要な知識を抽出することは難しい。たとえば、ある教師がある子どもに応じて適切な問題を問題集から選択して提示したとする。そのとき、観察できるのは最終的に選択された問題だけである。その背景には、問題の属性や問題同士の関係性などの知識があるはずである。そのような知識こそシステムの実装に必要となる。しかし、そのような知識を日常の教授場面において観察することは難しい。

このような知識は内観によってある程度顕在化できるが、システムに実装できるような形式で抽出されるため

\*1: 信州大学 教育学部

\*2: 産業技術総合研究所

\*1: Shinshu University

\*2: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

には、教師がシステムの仕組みにある程度精通している必要がある。知識をシステムに実装するためには、if-thenルール形式や行列形式のように、計算可能な形式に変換しなければならない。教師がシステムに精通しているとは限らないので、内観による知識抽出は、適用できる教師の範囲を限定してしまうという問題が生じる。

また、インタビューによって知識を顕在化させる方法もある。システムに実装可能な知識を引き出すには、システムに精通したインタビュアーが必要となる。しかし、学習のニーズは多様で、常にインタビュアーを必要とする手続きでは、e-learningシステムに実装するためのコストが大きく、実用的ではない。

このように、当該の学習領域に対して知識が豊富な教師の知識を生かすことが難しい現状がある。そこで本研究は、上記の問題を解決できる、新たな知識抽出方法を提案する。

知識抽出の範囲は、問題集からの問題選択とする。ここに限定する理由は、家庭学習において典型的に行われることが、問題の解決による学習であるからである。

次節から、具体的な知識抽出方法を述べ、その方法を実際に運用することを通して評価する。

## 2. 知識抽出方法

### 2.1 要求条件

知識抽出方法を提案するにあたり、その方法に求められる要求条件を4点に整理し、提案する方法における対応を述べる。

- どのような問題集でも適用できること  
学習ニーズは多様であるので、できるだけ広い範囲の問題集に適用できなければならない。そこで、多くの問題集に共通していると思われる「大問」を単位として、大問ごとの問題の特徴や関係に関する知識を抽出するようにする。
- 教師が e-learning システムに精通していなくても済むこと  
各領域の教授のエキスパートである教師は、必ずしもシステム設計の専門家ではない。そこで、システムへの実装を意識しない形で、知識を抽出できるようにする。
- 教師が独力でできること  
インタビュアーを必要とするようなコストの大きい手続きは、多様な学習ニーズに柔軟に対応できない。そこで、教師が独力でできる方法を提案する。
- システムへの実装ができる形式の知識が抽出されること

抽出された知識はシステムへ実装がなされなければならない。そのためには、システムで計算可能な形式で知識を表現する必要がある。そこで、問題の属性と問題間の関係性が行列形式で表現されるようにする。

### 2.2 知識抽出方法

以下の手順で知識を抽出する。

#### 2.2.1 教師・教材の選定

知識抽出を行う教師と、対象となる教材を選定する。

#### 2.2.2 KJ法による分類

KJ法により大問の分類を行う。KJ法とは、大量にある情報の一つ一つをカードにして、カードあるいはカードのまとまり(カテゴリ)の属性、およびそれらの関係性をまとめ、情報の構造を可視化する手法である。ここでは、個々のカードに大問を印刷し、大問の属性や大問同士の関係性を抽出する。

本研究では、分類の基準として、問題レベル、表現形式、解答形式、学習テーマの4つの観点を設定する。この4つを設定した理由は、これらが大問の構造を示す重要な観点と考えられ、教師が理解しやすいために分類が行いやすいと考えられるからである。次の手順で問題の分類を行うが、それぞれの異なった観点から、手順を4回繰り返すことを基本とする。

まず、大問を任意のいくつかのカテゴリに分ける。問題形式であれば問題形式の似ていると思われるものの、学習テーマであればテーマが似ていると思われるようなものを、任意の数のカテゴリにする。カテゴリに分けるプロセスの中で、必要に応じてカテゴリ名を付与する。

次に、カテゴリを絞り込む。似ているカテゴリ同士を合併させていく。最終的に、5から15程度のカテゴリになるまで続け、最終的に残ったカテゴリの命名をする。たとえば、問題レベルでは「簡単」「普通」など、問題テーマでは「1次方程式」「2次関数」などとする。

最後に、個々の大問が、最終的なカテゴリの属性を持つかどうかを評価する。個々の大問は、カテゴリを決定するまでにはいずれかのカテゴリに分類されているが、最終的には複数のカテゴリの属性を持つこともあると考える。評価された値は、大問×属性の行列形式で、属性の有無を要素として整理される。つまり、個々の大問は、属性の有無を要素とするベクトル形式で表現される。

## 3. 方法の実際

本節では、前節に述べた知識抽出方法に則った知識抽出を実施した結果を具体的に述べる。

### 3.1 教師と教材の選定

本研究では、自閉症児の言語学習をテーマとした。知識抽出の対象となる教師を、自閉症児への教育を行う専門家(著者に含む)とした。教材として、自閉症児の言葉の学習(コロロ ET センター, 1998)<sup>[1]</sup>を選定した。なお、今回の分析では、この教材に含まれるすべての問題ではなく、その中で言語的な学習に適していると思われる262問を対象とした。大問のサンプルを図1~3に示す。

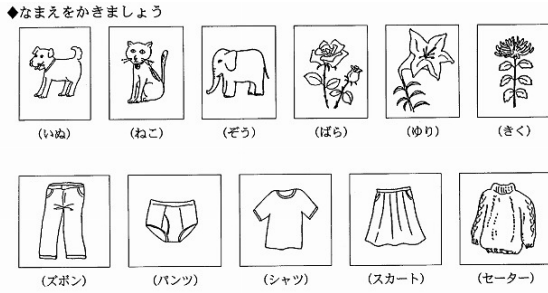


図1 大問の例(問題番号 1)  
Fig.1 A problem (No. 1).

◆Q「お母さんの体をゆびさして言いましょう」  
A「め みみ ち はな あご ひじ ひざ ほっぺ……など」

図2 大問の例(問題番号 7)  
Fig.2 A problem (No. 7).

◆基本型(1) いろとなまえをかきましよう

- あかのかさ (red umbrella)
- きいろのこつぷ (yellow hat)
- くろのいす (black chair)

◆基本型(4)

- みどりのかさ (green umbrella)
- みどりのこつぷ (green hat)
- あかのかさ (red umbrella)
- あかのこつぷ (red hat)

\*「～@～」はかかずに あかかさ でもよい

図3 大問の例(問題番号 152)  
Fig.3 A problem (No. 152).

### 3.2 KJ法による分類

#### 3.2.1 問題レベル

今回は、問題レベルについては、教材にあらかじめ付与されているものを参考に、第2段階、第3段階(ステージ1, 2, 3)、第4段階の5段階に分類した。図1～3に示す各大問の属性を表1に示す(以下同様)。

#### 3.2.2 問題形式

大問が262問と多いので、大問を眺める中から「口答指示」「文字のみによる指示」「絵を見て答える」などの8つのカテゴリを引き出した。その後、そのカテゴリを併せながら、「聴覚」「視覚」「聴覚/視覚」の3つのカテゴリに分類した。その後、各大問がどのカテゴリに属するかを判断し、行列形式でまとめた。

#### 3.2.3 解答形式

問題形式と同様に、はじめに「文字をなぞる」「カードを選ぶ」「表情で表現」などの35のカテゴリを引き出した。次に、それらを10のカテゴリに併せさせ、さらに最終的に「口頭」「筆記」「描画」「体の動き」の4カテ

ゴリーに分類できた。その後、各大問のカテゴリを同定し、行列形式でまとめた。

#### 3.2.4 学習テーマ

問題形式および解答形式と異なり、はじめのカテゴリを引き出しにくかった。そこで、前節で提案した手続きを一部変更し、次の手続きを用いた。

最初にランダムに80の大問をカード化し、分類して、「因果関係」「名詞」「たとえのことば」「気象」など、24のカテゴリを引き出した。次に、すべての大問をカード化し、先のカテゴリに振り分け、さらに併せさせ、最終的に「語の読み書き発音」「カテゴリと抽象的知識」「名詞」など、合計12のカテゴリを得た。その後、行列形式にまとめた。

### 4. 結果の応用

前節の結果から、対象となる教材に対して持つ教師の知識を、行列形式で得ることができた。その行列形式は、問題集に対して持つ教師の知識構造と言い換えることができる。この知識構造をe-learningシステムへ実装することで、家庭学習に生かすことができると考えられる。本研究では、行列形式の知識を活用する一例として、前節で得られた結果を利用して、問題選択のアルゴリズムの作成を試みた。その概要を以下に説明する。

#### 4.1 実装アルゴリズム

知識構造は、問題の属性として、問題レベル(5種)、問題形式(3種)、解答形式(4種)、学習テーマ(12種)を仮定した。この知識構造を利用して、家庭学習において大問を順番に解く状況を想定し、ある問題を解決した後に、次の3つの基準で適切な問題を選択できるようにした。

- (a) 問題レベルは第2段階と第3段階(ステージ1)から選ばれるようにする。つまり、学習の初期段階の子どもを想定し、簡単な問題だけに限定する。
- (b) 前回行った問題にできるだけ類似する問題を提示する。つまり、問題形式、解答形式、学習テーマが大きく異なる問題系列とする。問題解決そのものに関係ない問題自体の説明や理解の手間を省き、学習が効率的に行われるようにする。
- (c) 学習テーマとして名詞を想定する。

以上の条件を満たした問題を選択するために、大問ごとに適切性関数 $f_n(m)$ を定義した。ただし、 $n$ は問題番号、

表1 分類結果と問題の属性  
Table 1 Features of problems.

問題番号	問題レベル				問題形式			解答形式				学習テーマ														
	第2段階	第3段階	ステージ1	ステージ2	ステージ3	第4段階	聴覚	視覚	聴覚・視覚	口頭	筆記	描画	体の動き	語の読み書き発音	抽象的知識	名詞	季節と気象	空間	時間と因果関係	助詞・助動詞	用言	絵の作成	文の作成	文章の読解	会話理解	
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
152	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

$m$  は現在解決している問題の番号を表す。つまり、問題  $m$  を解決しているときに、次の問題としての適切さが、大問  $n$  に対して定義される。適切性関数は、次の 3 つの条件を持つようにした。

- (a) 大問  $n$  が問題レベルの第 2 段階または第 3 段階(ステージ 1)に属している場合に加点、それ以外の問題レベルに属している場合に減点した。
- (b) 大問  $m$  の属性と一致した属性を持つ場合に加点した。
- (c) 大問  $n$  が名詞である場合、加点した。

このアルゴリズムによって、問題  $m$  を解決した際に、問題  $n$  が次に提示する問題としてふさわしいかどうかを、先に挙げた 3 条件の観点から評価することができる。

#### 4.2 評価

上記のアルゴリズムを適用して、次に提示するべき問題を評価した。

まず、いちばん最初に大問 1(図 1)を解決したと仮定した。その次にふさわしい問題として大問 2 および大問 7(図 2)が挙げられた。これらの大問は、先に挙げた 3 つの条件に合致する。

ここで興味深いのは、今回分析した問題集では、大問 7 が大問 1 と別ページにあることである。教師は、問題集から適切な問題を、ページの順序に関係なく選択して提示することがあると考えられる。一方で、家庭学習では、学習順序が大問の印刷された順序に固定されてしまいがちである。しかし、アルゴリズムを適切に設定することで、ページをまたがった問題選択を自動的に行うことができる。結果として、効率的な学習が促されると考えられる。

また、さらに学習を進めたとして、以前の問題の 56 ページ先の問題(図 2 から図 3 の問題)が候補として挙げられた。教師が問題集から問題を選択すると言っても、これほど先の問題を候補として挙げ、提示することは難しい。自閉症児の教育現場に携わる教師から、現場における教師の問題選択の補助システムとしての利用も提案された。

以上は、抽出された教師の知識の利用方法の一例である。本研究では、シンプルな想定で、シンプルなアルゴリズムを仮定した。一方で、抽出された知識は行列形式になっているので、様々な問題選択のアルゴリズムが作成できる可能性がある。

#### 5. 今後の課題

知識抽出方法の提案と運用を通して、以下の 2 点の課題が明らかになった。

第一に、分類の作業に試行錯誤的な部分が未だに残されている点である。具体的に、次の 4 つがある。

- (a) 問題分類の観点を問題レベル、問題形式、解答形式、問題テーマの 4 つとしたが、妥当であるか。これらの観点は、筆者らが経験的に導き出したものであるが、妥当性についての今後の検討が必要である。

- (b) 個々の観点におけるカテゴリ数は 5~15 としたが、その数は妥当であるか。この数は、標準的な問題集の大問数、個々の問題の属性整理のコスト、KJ 法による分類のしやすさの観点から、筆者らが経験的に導き設定した。しかし、本研究の具体的な運用では、問題形式は 3 カテゴリとなるなど、必ずしも当初の想定通りには行かない部分もあった。

- (c) 問題集にあらかじめ想定されている大問の属性をどのように反映させるか。本研究の具体的な運用では、問題レベルの設定には、問題集にあらかじめ設定されているものを用いた。問題集には、このようなあらかじめ設定されている属性がある。この分類を生かすかどうか、教師の知識の抽出といかに融合させるかという問題は、今後の課題として残される。

- (d) 本研究の具体的な運用では、自閉症児の教育の専門家を中心として知識抽出を行ったが、心理学および工学の専門家も協働した。そのため、本研究の手続きを e-learning システムに全く未知の教師が独力で実行できるかどうかという点は、検討が必要である。

第二に、問題選択アルゴリズムの設定方法である。今回は、教材の専門的知識を持たない筆者がアルゴリズムを作成した。しかし、このアルゴリズムに当たる部分も、本来は教材の専門家である教師から知識を抽出して適用したい。そのための知識抽出の方法論とアルゴリズム化する方法の標準化が必要になる。

#### 6. おわりに

本研究は、発達障害児の学習支援の一貫として、家庭学習を効率的にするために、教師の問題選択の知識を実装した e-learning システムの作成を目指して、教師の知識の抽出を支援する方法を提案した。提案した方法は、実際に運用可能であり、またその結果を利用して問題選択システムが作成できる可能性を示した。

#### 謝辞

コロロ ET センターには、本研究に有益なコメントをいただき、また、教材の転載を快く了承していただきました。ここに感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] コロロ ET センター：自閉症児のことばの学習，コロロ ET センター出版事業部,(1998)

#### 注

図 1, 2, 3 については、コロロ ET センターより転載の許可を受けた。