

# 複数視点での階層構造構築学習とその支援システム

## A Support System for Learning by Class Structure Construction with Multi Viewpoints

東本崇仁\*<sup>1</sup>  
Takahito Tomoto

新井達也\*<sup>2</sup>  
Tatsuya Arai

赤倉貴子\*<sup>2</sup>  
Takako Akakura

\*<sup>1</sup> 東京工芸大学  
Tokyo Polytechnic University

\*<sup>2</sup> 東京理科大学  
Tokyo University of Science

In this research, we focused on class structure construction for literature search. In the process of literature search, novice learners cannot understand adequate common and different point for several literature because they don't have knowledge structure for the domain. To construct this structure, they are required to understand, classify and relate concepts by reading various literature. We developed a prototype system to support learning by class structure construction with multi viewpoints.

### 1. はじめに

研究室に配属されたばかりの学生に対して、研究領域の知識を獲得させるために、論文を調査させることは少なくない。この際に、単独の論文の概要を理解するだけでなく、複数の論文を読ませ、その関係性を理解させることは重要であると著者は考える。しかしながら、複数の論文において適切な関係性を把握することは初学者にとって容易ではない。実際に著者らが観察してきた事例として、「この論文らは『プログラミング教育』という例で共通しています」などといった、過度に抽象化された概念で関係性を見出す学生は少なからず存在する。そこで、本研究では、複数の文献を調査し、それらを適切に関連付けるためのプロセスについて検討するとともに、そのプロセスの一部である知識を階層的に構造化するためのスキルについての学習支援システム的设计について提案し、そのプロトタイプとその効果について紹介する。

### 2. 論文調査



図1. 論文調査の過程

図1に本論文で想定する論文調査の過程を示す。学習者はまず自身の読む論文を自身で選択、あるいは教授者に与えられることで入手する。その後、それぞれの論文を読み進めることで各論文について記載されている事柄を理解する。この時、学習者は論文内の概念の分節化と、それらの概念の関係性を構築する内的関係づけを行うこととなる。さらに、熟達者の場合は、自身の保持する既有的知識構造と結びつけて論文の位置づけなどを外的関係づけにより行うこととなる。また、知的な初学者の場合、自身の理解が不十分な内容に対しては、他の文献を調査することで自身の知識構造を構築し、熟達者と同様に外的関係づけを行うこととなる。一方、このような作業に不慣れが初学者の場合は、自身の保有する未熟な知識構造において論文を理解しようとする。複数の論文間関係性を整理するためには、このような論文内の知識だけではなく、それ以外の知識(自身が

連絡先:氏名, 所属, 住所, 電話番号, Fax 番号, 電子メールアドレスなど

既に保持する知識、あるいは外部の情報ソース)に基づいて概念を整理する必要がある。未熟な学習者が前述したような過度に抽象化された概念で関係性を整理するのは、自身の知識構造がその抽象レベルでしか構築されておらず、より適切な共通項や差分を見出すことができないためと筆者は考える。

たとえば、ある論文 A に「プログラミング」や「ポリモーフィズム」といった概念が登場し、ある論文 B に「プログラミング」や「カプセル化」といった概念が登場したとき、熟達者は既有的知識構造により、二つの論文はオブジェクト指向言語という点で共通しているが、ポリモーフィズムやカプセル化といった対象としている内容が違っていると整理することができる。また、自身の知識構造が不十分であっても、その他の文献を用いて探求活動を行うことで類似した整理を行うことができる。しかし、知識が未熟で、探求活動を行わない学習者は、「プログラミング」という点で共通しているとは整理することができない。

したがって、初学者が論文の調査を行い、知識構造を構築する際には、(1)いかにその他の文献の情報を探索し、(2)その情報を整理するか、が重要となる。本研究では、このうち(2)の情報を整理する活動について、階層構造を対象とした複数視点での整理と、その学習支援システムについて述べる。

### 3. 複数視点での情報の構造化

学習者がある情報ソースを探索し、情報を得た場合、それらの情報を適切に関連付け、構造を構築する必要がある。しかしながら、このような構造を構築する場合、各概念間がどのような関係性を持っているかを十分に理解する必要がある。たとえば、「C 言語」「Pascal」「ポリモーフィズム」「カプセル化」について調査した際、いずれも「プログラミング」に関係する概念であることがわかったとする。この際、図2のように「すべてプログラミングに関係する概念である」といった整理を行ってしまうと、適切な構造を構築することができない。



図2. 不適切な知識構造の例

これらの概念はいずれもプログラミングに関係した概念であることは間違いないが、「C 言語」や「Pascal」はプログラミング言語の種類、「ポリモーフィズム」や「カプセル化」はオブジェクト指向

プログラミング言語における概念である。したがって、これらを適切に整理した例の一つは図3のようになる。

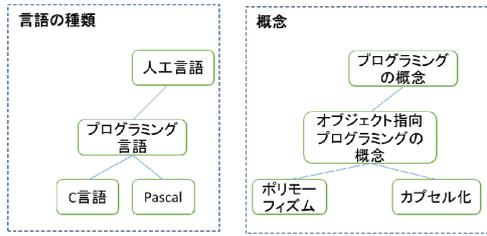


図3. 適切な分類基準で構造化した例

このように、情報を得て、それを整理する際は、その分類基準は何であるかを明確にしておく必要がある。本研究では、このような分類基準を「視点」と呼び、自分がいまでのような視点で整理するかを意識させることを「複数視点での構造化の構築」と呼ぶ。さらに、本研究では知識の構造化のうち、階層構造化に着目した。

#### 4. 複数視点での階層構造化の構築過程

著者らはこれまで単一視点での階層構造化の構築について研究を進めてきた[東本 2013]。これらの研究では、あるインスタンスとクラスノードおよびそれらが保持する概念を学習者に提示し、適切な階層構造化を構築させるといった活動を支援した。これらの研究により、学習者は階層構造化の構築における「継承」と「弁別」の概念について理解できることがわかった。しかし、これらの研究では、構築できる階層構造化の種類は1種類であり、また必要十分な概念のみを与えていたため、学習者は組み立て作業のみを要求された。しかし、本研究で提案するような複数視点での階層構造化を構築する際は、ある情報をどのような観点で整理するべきかについて学習者に考慮させる必要がある。そこで、複数視点で階層構造化の構築過程は次のようになる。

- (i) 文献などの情報ソースから分節化による概念の抽出
- (ii) 視点の考慮
- (iii) 視点に基づく概念の分類
- (iv) 視点に基づく概念の階層化

学習者は、まず文献などの情報ソースから、分節化を行い、その文献から概念を抽出する必要がある。次に、その文献から抽出した概念を、図4のように視点に基づいて整理する。このとき不要な概念は削除する。その後、これらの概念から階層構造化を先述の図3のように構築することとなる。

この階層構造化の構築は、初学者にとって容易ではない。階層構造化を適切に構築するためには、概念間の階層における上下関係を適切に把握するとともに、同じ階層(抽象度のレベル)の概念は、同列に扱うことができ、かつ、異なる特徴を有した弁別された概念である必要がある。そのため、このような階層構造化を構築する際には、(a)概念間の関係性の認識不足による概念の分類の誤り、(b)同様の理由により上下関係の間違い、(c)不適切な抽象度による階層の構築、などの誤りを想定する必要がある。

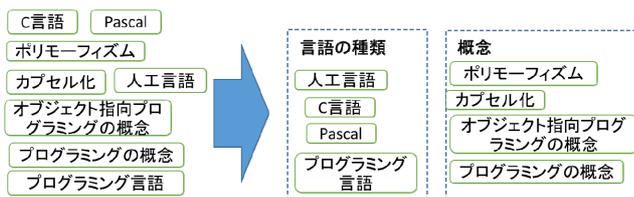


図4. 複数の情報の視点に基づいた分類

### 5. 複数視点での階層構造化構築学習支援システム

#### 5.1 システム設計

本研究で提案した複数視点での階層構造化の構築を学習者に要求し、学習者の解答が誤っている場合はフィードバックを与えるシステムについて設計する。

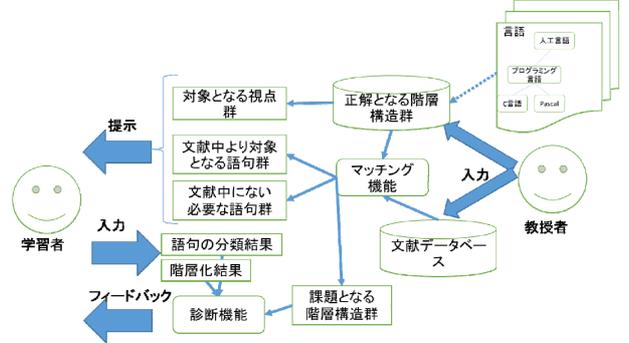


図5. 提案する学習支援システムの構成

本研究では、図5のようなシステム構成を提案する。まず、教授者あるいはシステム設計者は、学習の対象となる領域において正解として提示できる階層構造化を構築する。たとえば、プログラミングに関連した領域では図3のような構造化が構築できる。この際、各階層構造化に対しては視点名もメタデータとして記述しておく。このようにあらかじめ構築された複数視点での階層構造化群は、データベースとして格納される。

格納された階層構造化群における視点のメタデータは学習時に対象となる「視点」となる。学習対象とする視点については、学習の状況に応じて、教授者側があらかじめ固定するか、学習者側が選択できるようにするかを決定する。格納された階層構造化群において使用されている概念は、文献などの情報ソースから分節化により抽出される概念の候補となる(図7)。教授者があらかじめ指定した文献において登場する語句のうち、階層構造化群に登場する概念は分節化の対象となる。このとき、実際にどの概念を分節化の対象とするかは、システムによるマッチングまたは教授者側が指定する(状況に応じて、語句の加工も行う)。

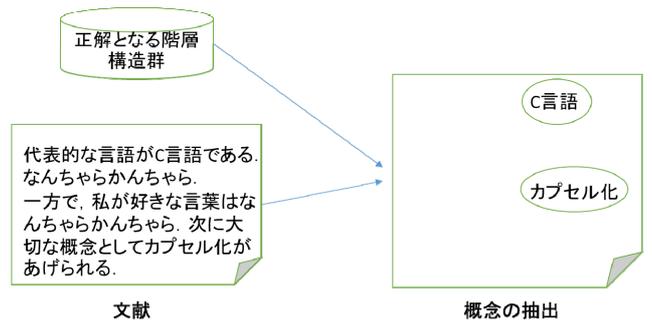


図7. 分節化の対象となる概念群

また、要求する階層構造化は、指定された文献内の語句により適応的に決定することとする(図8)。この決定は、用いられる語句で構築できる最小単位の階層構造化とする。たとえば、図6の例で、C言語とPascalという語句しか登場しない場合はプログラミング言語までの階層が対象となる。一方、これに付け加え、英語などの語句が登場した場合、人工言語や自然言語などを含めた階層の構築が要求される。

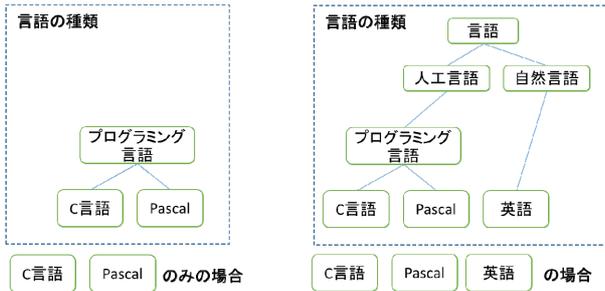


図 8. 語句に基づく階層構造の決定

さらに、文献などには階層構造を構築するために必要な情報はすべて登場しないことが一般的である。たとえば、C 言語などの語句が登場しても、プログラミング言語や人工言語などの語句が文献に登場するとは限らないため、階層構造を作る際に必要な語句はあらかじめ提示することとする(図 9)。

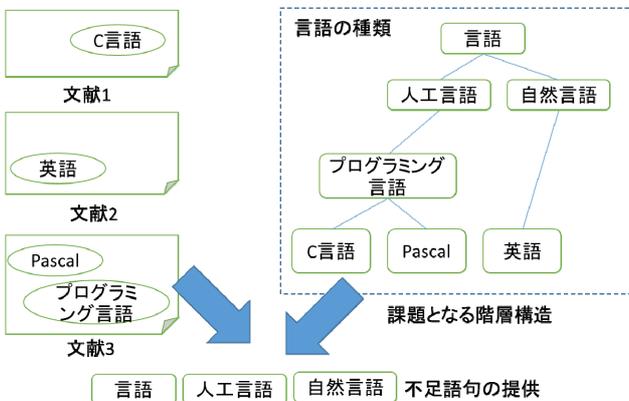


図 9. 不足語句の追加

学習者は、システムより情報を文章形式あるいは語句形式で提示される。その後、インタフェース上でシステムにより提示された視点のすべて、あるいは自身が選択した視点に対して、語句を選択し、概念を分類していく。概念のすべて、あるいは一部が分類できたら階層構造を構築する。階層構造を構築する段階で、前の段階にもどり、新たに語句を追加することも可能とする。概念の分類と階層化の作業を繰り返しながら、学習者は複数視点での階層構造の構築を行っていく。

学習者が、階層構造を構築する場合、システムからは次のフィードバックを与える必要がある。

学習者が語句を選択し、各視点に分類する場合、不適切な分類や、本来分類すべき概念を分類できていない誤りが発生する。この場合、システムは文献などにより与えられる語句により適応的に決定される階層構造で用いられている各概念とのマッチングにより、余剰不足を判断し、フィードバックを与える。

学習者が分類した概念から階層化を行う場合、不適切な概念間における関係づけが発生する。たとえば、C 言語と自然言語の間に関係を引く、C 言語と言語の間に関係を引くなどである。このような不適切な関係づけはさらに次の 2 つの場合に細分化できる。(1)上位・下位の関係性がない場合、(2)上位・下位の関係にはあるが、間により適切な抽象度の概念が存在する場合、である。(1)については、システムは二つの概念間には上位・下位の関係性がないことを診断し、フィードバックを与える。(2)は、過度な抽象化が行われている場合と換言できる。たとえば、C 言語と Pascal 言語の上位概念に直接「言語」という概念を

接続するような場合である。この場合、システムは階層構造を再帰的に上位にさかのぼり、二つの概念間には上位・下位の関係性が存在することを診断し、それに対応したフィードバックを与える。

## 5.2 プロトタイプシステム

本研究で提案する複数視点での階層構造構築学習のための支援システム[新井 2015]を図 10 に示す。

文献の分類において[青木ら 2000]は 5W1H の観点に基づいた文献の分類を提案している。本プロトタイプシステムでは、このうち視点をまずは「What (対象領域)」「Why (支援目的)」「How (学習の手法)」の 3 つに絞った学習を学習者に要求することとした。また、論文中に登場する語句は、教授者側であらかじめ取捨選択し、一覧形式で学習者に提示する。学習者は複数の論文に対して、複数の視点で関係性を整理し、階層構造を構築することが要求される。システムでは、不適切な分類に対するフィードバックと、階層化の誤りに対するフィードバックをメッセージ形式で与えた。図 11 は、過度な抽象化を行った学習者に対して、より具体的なレベルの抽象概念があることを伝えている例である。

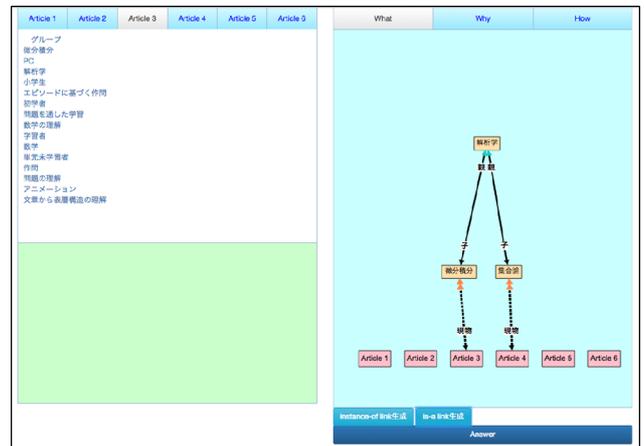


図 10. プロトタイプシステム

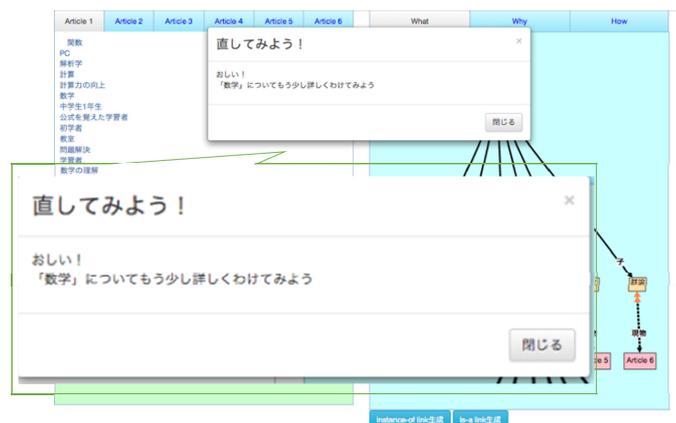


図 11. システムからのフィードバック

## 5.3 評価実験結果

理系の大学生 16 名を、システムを利用する実験群 8 名と、紙面上で正解の構造を見ながら学習する統制群 8 名に分けて評価実験を行った。学習の事前事後で、異なる領域における複数

視点での階層構造構築に対するテストを実施した。採点は正解のマップとのリンクの一致数を分子とし、正解の総リンク数と学習者の総リンク数をそれぞれ分母とした再現率と適合率およびそれらを用いた調和平均により評価した。その結果を表1に示す。結果として、実験群統制群ともに事前から事後にかけて成績の向上が見られ、実験群の方がスコアの伸びは大きかったが統計的に有意な差は得られなかった。

[新井 2015] 新井達也, 東本崇仁, 藤森進, 赤倉貴子: 観点に基づく階層構造構築のための学習支援システムの開発, 信学技報, Vol.115, No.319, pp.5-8, 2015.

表1. 事前事後テストの差(調和平均)

	実験群			統制群		
	事前	事後	差	事前	事後	差
What	0.49	0.88	0.39	0.84	0.93	0.09
Why	0.50	0.92	0.42	0.51	0.82	0.30
How	0.16	0.83	0.67	0.12	0.62	0.50

## 6. おわりに

本研究では、論文調査の過程について提案するとともに、その過程の一部である情報を複数視点で階層的に構造化する学習の支援システムの設計およびプロトタイプの開発、評価を行った。本システムにより一定の効果は得られた。

今後は、上記の成果を確認するための、より詳細な実験が必要となる。さらに、本研究では学習者が調査により、自身の知識構造を構築する過程については扱っていない。本研究では、教授者があらかじめ適切な階層構造を構築し、必要に応じて学習者が用いるであろう概念はすべて提示している。今後は、このような概念を学習者自身が自身で選択できる仕組みについて検討する必要がある。また、今回はプロトタイプシステムとして、視点を単純な3つに固定したが、今後は異なる視点における学習においてどのような効果が得られるかについての評価や、視点を学習者自身が選択する状況におけるシステムの利用について検討する必要がある。さらに、プロトタイプシステムでは、正解の構造をベースとしたフィードバックを実現したが、本来は、対象とする概念群により構築される階層構造の正否は異なる。たとえば、C 言語と Pascal 言語のみが概念として与えられた場合は、上位概念をプログラミング言語としても、人工言語としても、言語としても誤りではない。これが過度な抽象化の誤りになるのは、プログラミング言語に属さないが人工言語に属する概念が与えられた場合や、自然言語である英語などの概念が与えられた状況である。このように、階層構造は用いる概念群により適切性が変化するため、適応的に適切な階層構造を構築させる学習の提案とその支援システムの開発が望まれる。

謝 辞

本研究は科研費・基盤研究(C) (10508435)の助成による。

## 参考文献

[東本 2013] 東本 崇仁, 今井 功, 堀口 知也, 平嶋 宗: 誤りの可視化による階層構造の理解を指向したコンセプトマップ構築学習の支援環境, 教育システム情報学会誌, Vol.30, No.1, pp.42-53, 2013.