

階層的概念の獲得を志向した分類要件の可視化と操作可能化

Operationalization and Visualization of Hierarchical Structure of Concepts for Learning by Operating

浅海 良太郎*1

林 雄介*1

平嶋 宗*1

Ryotaro Asaumi

Yusuke Hayashi

Tsukasa Hirashima

*1 広島大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering Hiroshima University

A hierarchical structure is one of the most effective structures to organize concepts. Although this usefulness has been recognized, the hierarchical structure hasn't been taught directly or used as a teaching method. Also, there hasn't been enough research in its use and, even when it is present in research papers, its strong qualities are not explored. In this research, an environment will be developed to not only explore the construction of hierarchical structures but to also make good use of the good properties of the structure in organizing concepts.

1. はじめに

認知心理学の観点から関連した情報をまとめ整理することはより多くの情報を効率的に記録できるだけでなく、ある情報を思い出せばそれと関連のある他の情報も自然と思い出すことができるとされている。これを記憶の体制化という[馬場園 79]。

現在の小学校の学習内容は子供たちの発達段階に応じた学年や単元に割り当てており、関連する内容でも別々で学ぶような構成となっている[文部科学省 08]。関連性の高い知識の形成を行うには、先行単元での学習内容を後続単元での学習内容につけたり、後続単元の学習内容をもとに、先行単元を学びなおしたりする作業が求められるが、配当学年が4年にわたっていることもあり、学習内容は学年が上がるにつれて関連する概念の数が膨大になり有用な体制化を行うのは難しいため通常の授業計画の際にはあまり意識されていない。

情報を整理する際に用いられる体制化の一つに概念の階層構造を用いた整理があげられる。この概念の階層構造を用いた整理の有用性は認識されているが、実際の教育現場では直接教えられておらず、また学ぶための手段・機会に関する研究は十分にされているとは言えない。本研究では小学校理科を具体的な科目とし、階層的概念を学習対象とするために、概念階層、つまり概念の階層的整理と階層的概念の利用を促進するための学習支援環境の設計開発を試みる。

2. 階層構造の理解

概念の階層構造に関する学習は、(1)具体的な学習対象を概念の階層構造を用いて整理し体制化するといった、インスタンスとしての階層構造の学習と、(2)概念の階層構造の性質およびその構造の構築方法を学ぶといったクラスとしての階層構造の学習がある。本稿では、(1)を「階層構造としての理解」、(2)を「階層構造の理解」と呼ぶ。本章では、「階層構造の理解」を幾つかの先行研究[湯沢 90][皆川 12]に基づき、(2-1)階層関係の利用、と(2-2)階層関係の論理的操作に分け、それぞれについて説明する。

2.1 階層関係の利用

階層関係の利用についての学習方法やテスト形態がいくつか存在するが (1)上位カテゴリの注目度や凝縮性を強め、上位カテゴリのみでの分類を促進すること、(2)手掛かり再生課題により同時に分類する必要がないもの、(3)同一対象を異なるレベルに分類するのを回避するもの、などによって階層的概念の理解を容易にしたものとなっており、十分に階層関係の利用ができるようになっていない。そこで本研究では階層関係の利用を「同一対象を異なるレベルに同時に分類すること」とし、階層関係の理解の定義の一つとする。「同一対象を異なるレベルに同時に分類すること」とは例えば「ある対象が犬であり、動物である」と教えたとしても「犬でありかつ動物である」とはわからない。犬、動物それぞれの概念を十分に学習し「犬は動物である」といった階層関係の情報が与えられて初めて「犬でありかつ動物である」とわかるはずである。つまり、学習した内容を頼りにつなぎ合わせることといえる。

2.2 階層関係の論理的操作

階層的概念の理解において階層関係の論理的操作とは、上位カテゴリと下位カテゴリの概念の関係からカテゴリの階層関係を推論できることである。前述の例を用いるとすると、初めて犬を知ったときに犬という概念の特徴を動物の特徴と比較し、犬は動物の定義的特徴を含むから「犬は動物だ」と推論できることである。このような能力を獲得することで、動物のような上位概念と犬のような下位概念のそれぞれを学習しさえすれば、自発的な階層的概念の利用が促進されると考える。

しかし、例のように犬と動物のそれぞれの特徴のみから階層関係を推論することは難易度が高いように思える。実際に私たちが階層関係を推論する際には、分類対象の2つの概念だけでなく、既知の似た性質の概念と比較してより正確な推論をおこなう。そこで本研究では階層関係の利用で使用した階層構造を用い、階層構造内の同カテゴリの概念とも比較し階層構造に含める活動、つまり類比によって論理的操作を達成する。

2.3 概念階層

学習対象である概念階層について構造を分析すると、概念の具体例や事物の集合である概念の外延を概念の特徴や共通な性質である概念の内包を基準にクラス化や分類を行う。クラス化によってまとめられた上位概念と分類された下位概念の包含関係や上下関係に着目して、関係が方向と一致するように整理

連絡先: 浅海 良太郎, 広島大学大学院工学研究科 学習工学研究室, 東広島市鏡山一丁目4番1号, (082) 424-7505, asaumi@lel.hiroshima-u.ac.jp

するといった認知的活動を経て構築されたものである。学習内容を階層的に整理する際にはこのように複雑な認知処理を行う必要があり、学習者にとって難易度が高いものだと考える。そこで、概念階層を用いた認知処理を、具体的に学習者に示す必要があると考える。

2.4 概念階層に対する操作の具体化

概念階層に対する操作の具体化とは、階層的に整理する際の認知処理を、具体的物質の操作へ置き換えることである。教授者の認知処理を学習者へ視覚的に示すことができ、学習者は抽象的な内容であっても操作が可能になる。学習者の操作過程を観察することで、認知活動の観察も行えると考える。

これらを踏まえ本研究では、概念の外延と分類するための要件となる内包の両者の可視化を行い、それらを操作可能にした学習を通し、ガリペリンの知的行為の多段階形成説における対象的行為[駒林 1971]として位置づけ、階層的概念を操作可能にし、操作を通した学習[平嶋 15]の実現を目指す。

3. 提案手法

3.1 概念マップ

概念を表現する手法として一般的に用いられているものに概念マップがある。概念マップとは 2 つ以上の概念とそれらの関係から構成された意味構造を表した図的表現であり、学習者の知識の整理や外化に有用とされている。本研究での目的は通常概念マップ作成とは異なり、概念階層を学習の対象としており、階層的概念における概念の外延、内包の可視化と操作可能化であるので、通常概念マップ作成のように学習者に対して学習内容の分節化を求めない。学習者には概念の外延となるノードや概念同士の階層関係、つまり包含関係を表したリンク、概念の内包を与え、それらを組み立てて階層的概念の構築をおこなう。組み立てる際には、上位概念から下位概念へ概念の上下関係に意識して組み立てることが求められるため、左から右へ上位概念から下位概念となるようにルールに従って構築を行う。これらをキットビルド概念マップの枠組みに基づいて設計・開発する[Hirashima 15]。具体的なシステム設計については次章で述べる。

3.2 関連する試み

概念階層を概念マップの形式で学習者に組み立てさせ、それを診断してフィードバックを生成する試みは既に行われているが[東本 13]、この研究は、学習者の誤りの可視化[Horiguchi 14]に焦点を当てたものであった。本研究は、概念階層に対する、(1)利用、と(2)論理操作、の二つの構造的な操作を定義し、それらの操作自体を学習の対象としている点で異なっているといえる。

4. システム

本システムは階層的概念の理解を促進するために、様々な対象で学習を行えるようにシステム上で実装する。また学習者のレベルに合わせた学習活動が可能になるように、システムを作成した。

4.1 階層的枠組み

階層的概念の理解が浅い学習者には、概念の外延、関係リンクを用いて組み立てさせてすぐに階層的に整理できるものは少ないであろう。そこで、上記の他に、対象の階層的構

造の枠組みを与えることで、枠組みに外延と関係を対応させることで階層関係の利用を体験することが容易になる。階層的概念の理解が深まれば、枠組みがない状態であっても階層的に整理することが可能になるであろう。

4.2 キットの固定化

概念の内包に焦点を置いて学習したい際に、キットを固定化することで様々な学習活動が可能になる。内包にだけ注目させたい場合には、外延を固定し、内包の当てはめを行い、階層構造の分類の際にどの内包の差分があるのかを見ることが可能になる。また外延と内包の関係を固定することで、内包に基づいた階層的概念の構築といった学習方法も可能となる。

4.3 キットの追加

階層関係の論理的操作を体験するためには新たな概念を追加し、すでに組み立てた階層的概念の一部と内包の比較を行い、新たな概念が階層構造のどこに位置するのか、階層概念に組み込むことによって階層関係の論理的操作を可能にする。

これらの機能を組み合わせることによって様々な学習方法が可能となる。階層的概念の理解を促進するための活動として次の活動フローが考えられる。

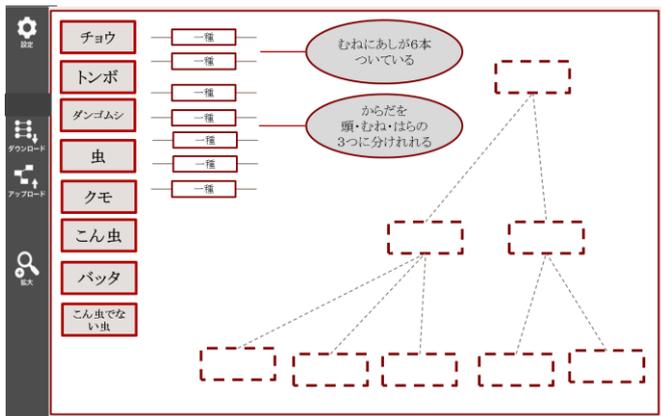
4.4 システムを用いた提案活動

まず、外延と内包、階層関係、包含関係を表したリンクを枠組みにあてはめる。図1のように枠組みを提供しているので、階層的概念の理解が浅い学習者でも取り組みやすくすることがかのである。上から下に上位概念から下位概念となるように外延で階層的整理を行う(図2)。すべてキットを表示し操作可能にしているので教授者による階層関係の利用を例として見せることができる。また誤った学習者に対してのフィードバックも、言語的フィードバックだけでなく、階層的に整理されたマップにおける内包と上位概念の性質を下位概念へ継承することを説明したり、内包的差分を説明したりすることで、より質の高いフィードバックを可能にすると考ええる。

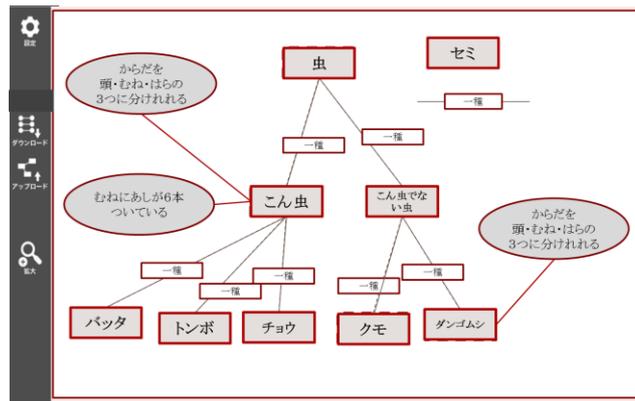
ここで外延とリンクでの階層化活動を行うが階層が構築できたからといって階層関係の利用ができたとは言えない。階層的に当てはめることができても、「犬は動物である」のような既知の内容に対しては、異なるカテゴリに分類しているというより、単に想起している可能性がある。図の例を用いると、ダンゴムシは昆虫に含まれないことを知っていた場合、内包を意識せずとも当てはめることが可能である。そこで次に外延を固定し、作成した階層的概念に内包を関連付ける(図3)。この活動を行うことで、外延だけでの構築では行われていなかった分類要件である内包に焦点を置いた学習が可能である。ダンゴムシ例に出すと、足が 6 本ではないことに注目することができる。また昆虫であるかどうかの分類要件としてむねに足が 6 本ついていること、からだをあたま、むね、はらに分けることができることの二つの内包が必要であることがいえる(図4)。

ここまでの活動で階層関係の利用を体験することが可能である。新たな外延を追加し、新たな外延の内包と階層的に整理された内包とを比べ階層的概念へ組み込む。この活動により内包に基づいた階層関係の類推を行い、階層関係の論理的操作を可能にする(図5)。新たにセミのノードが与えられたとき、セミの特徴と昆虫の特徴、あるいは虫の特徴と比較し、どこに配置するか類推する。

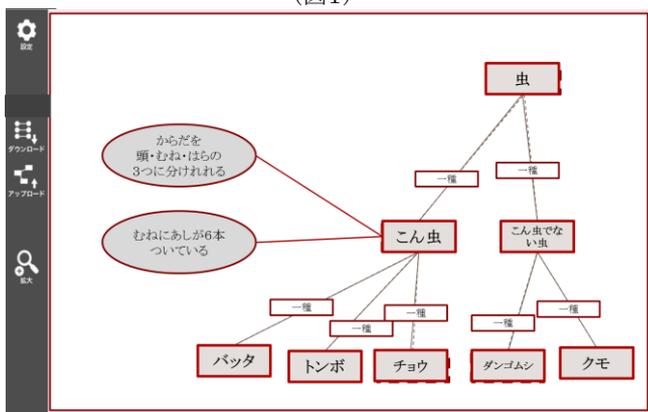
以上のような活動は可能になると考えられる。



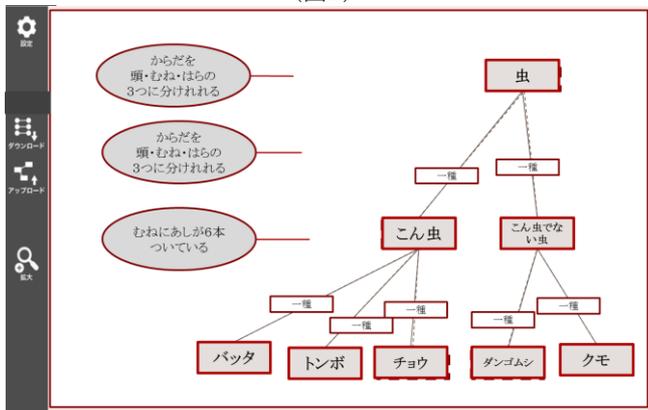
(図1)



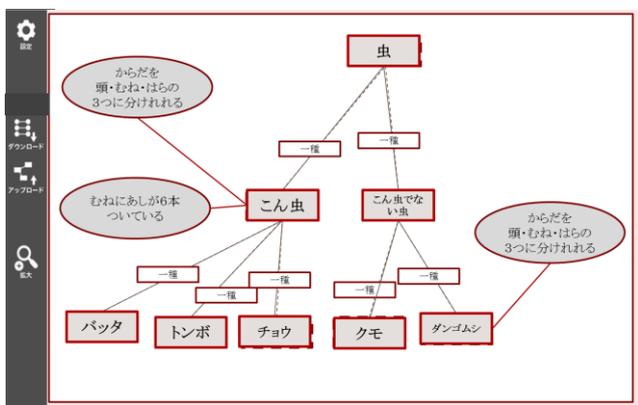
(図5)



(図2)



(図3)



(図4)

5. まとめ・今後の課題

本研究は、学習内容の体制化の1つとして広く使われている階層的概念の理解を思考し、問題点である概念の内包、外延の可視化を解決することにより、階層的概念の理解を容易にする提案を行った。また操作可能化とともにシステムによる学習支援環境の設計開発を行い、階層的概念理解のための学習方法の可能性を広げた。しかし様々な活動ができるように、環境を作ったのみで、提案した手法の有用性、授業における使い道など、より効果的な活動を見出すことが求められる。

今後の課題としては、本システムを用いた学習活動の効果の検証とともに、本システムを用いた有意義な学習活動のフローを設定し、こちらも検証する必要があると考えられる。

参考文献

- [馬場園 79] 馬場園陽一: 記憶におけるリハーサルと体制化に関する発達の研究, 教育心理学研究27(1), 日本教育心理学会, 1979.
- [平嶋 15] 「学習課題」中心の学習研究:情報構造としての学習課題の再定義と構造操作としての学習活動の設計
平嶋宗
人工知能: 人工知能学会誌 30(3), 277-280(2015).
- [Hirashima 15]
Framework of kit-build concept map for automatic diagnosis and its preliminary use, T Hirashima, K Yamasaki, H Fukuda, H Funao
Research and Practice in Technology Enhanced Learning 10(1), 1-21(2015).
- [Horiguchi 14]
Error-Based Simulation for Error-Awareness in Learning Mechanics: An Evaluation.
T Horiguchi, I Imai, T Toumoto, T Hirashima
Educational Technology & Society 17(3), 1-13
- [駒林 71] 駒林邦男: 知的行為の多段階形成理論, 研究覚書, 岩手大学教育学部研究年報(31)1-86, 1971
- [皆川 12] 皆川順: 概念群の階層化方略が知識獲得に及ぼす影響, 山陽学園短期大学紀要第43巻, 2012.
- [文部科学省 08] 文部科学省: 学習指導要領理科編, 文部科学省, 2008.
- [東本 13]
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(2013.1)

[湯沢 90] 湯沢正通: 階層的概念の理解の発達的变化, 教育心理学研究38(2), 日本教育心理学会, 1990. .