

## 階層構造の意味的理解のための誤りへのフィードバック環境の設計と評価

## Learning Support Environment by Error-based Simulation for Meaning of Class Structure

東本 崇仁<sup>\*1</sup>, 今井 功<sup>\*2</sup>, 堀口 知也<sup>\*3</sup>, 平嶋 宗<sup>\*4</sup>  
Takahito TOMOTO<sup>\*1</sup>, Isao IMAI<sup>\*2</sup>, Tomoya HORIGUCHI<sup>\*3</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> 東京理科大学工学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Engineering, Tokyo University of Science

<sup>\*2</sup> 元・千葉市立新宿中学校

<sup>\*2</sup> Shinjyuku Junior High School

<sup>\*3</sup> 神戸大学大学院海事科学研究科

<sup>\*3</sup> Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University

<sup>\*4</sup> 広島大学大学院工学研究科

<sup>\*4</sup> Department of Information Engineering, Hiroshima University

Email: tomoto@ms.kagu.tus.ac.jp

あらまし：階層構造の意味的理解のための誤りへのフィードバック環境を設計・実装し，中学生を対象とした利用を通じた実践を行った．結果として，学習環境で対象とした領域である学習課題だけでなく，領域外の転移課題においても効果があることが確認された．

キーワード：階層構造，意味的理解，理科学習，誤りの可視化，コンセプトマップ

## 1. はじめに

科学領域において，重要概念は階層構造を用いて整理される．たとえば，スズメという概念は鳥類というクラスに属し，鳥類や哺乳類というクラスはせきつい動物というより上位のクラスに属する．階層構造は，スズメやツバメ等というインスタンスから，羽や卵生という共通の属性を抽出し，共通の属性のみからなる抽象概念であるクラスを規定し，また複数のクラスから共通する属性のみからなるより上位のクラスを規定するという繰り返しにより構築される．階層構造を意味的に理解するとは，上記のような性質を理解し，その領域を整理できることであると筆者は考える．しかし，中学校などの現場においては，ほ乳類や鳥類というラベルや，各ラベルが持つ特徴を盲目的に覚えることが多い．

階層構造の理解には，コンセプトマップの活用が有益であるとされており<sup>(1)</sup>，理科教育においてコンセプトマップは広く活用されている<sup>(2)</sup>．しかし，Novakらはコンセプトマップ構築を通じた学習においては，修正活動が大切であると述べており<sup>(3)</sup>，ただコンセプトマップを構築するのではなく，修正のためのフィードバックが重要である．本研究では学習者が誤ったコンセプトマップを構築した場合に，誤ったコンセプトマップを元にしたおかしな振る舞いを描画することで，学習者自身に誤りに気付かせるといったフィードバック機能をもったシステムを開発する．さらに，開発された本システムを中学校現場で活用した結果について報告する．

## 2. コンセプトマップの構築作業

階層構造の意味的理解には，階層の上位・下位の

関係性を理解することが重要である．階層性を持つコンセプトマップの例を図1に示す．クラス名やインスタンス，属性をノードとし，その間にリンクを接続させる．コンセプトマップとは学習領域において重要とされる概念をノードとし，関係性のあるノード間をリンクで結んだグラフ表現である．本研究では，コンセプトマップの構築手法のうち，スケルトンコンセプトマップという手法を用いる．スケルトンコンセプトマップとは，学習者にあらかじめ必要なノードをすべて与え，さらにそのノード間で成立するリンクの一部を与え，学習者には残りのリンクを構築させる手法である．本研究では，あらかじめクラスに相当するノード間にはすでにリンクを設定し，残りのインスタンスと属性についてのみ学習者にリンクを考えさせる．この作業により，学習者は階層のどの部分に属性を付与することで，どのインスタンスに属性が継承されるかを検討することとなる．

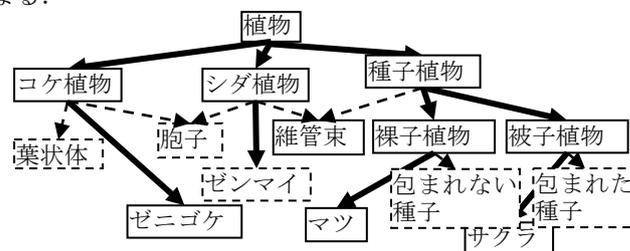


図1. 階層性のあるコンセプトマップ

## 3. システム

本学習支援システムでは，学習者の構築した属性がどのようにインスタンスに継承されたかを理解させるために，属性の付与と継承に着目したフィード

バックを学習者に与える。

図2はコンセプトマップ構築画面である。学習者は既に構築されたスケルトンコンセプトマップに対して、残りの属性とインスタンスにリンクを付与する。上位のノードに付与された属性は下位の属性にも継承されるため、不適切な階層に属性を付与し場合、最下位であるインスタンスに属性の余剰あるいは不足が発生する。

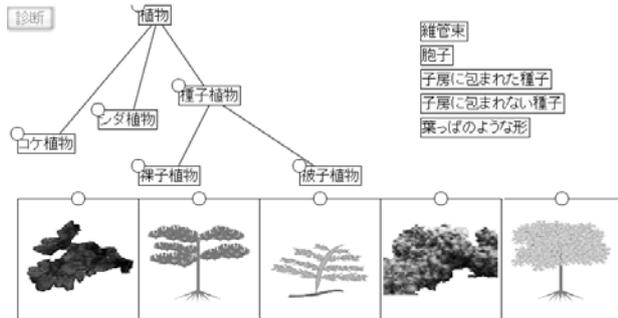


図2. コンセプトマップ構築画面

属性の余剰や不足が発生した場合、本システムでは余剰や不足に対応した誤りを可視化する。図3は誤りの可視化の例である。

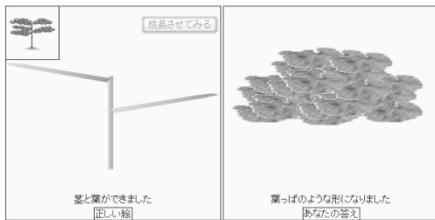


図3. 正解の画像(左)と不正解の画像(右)

今回紹介する事例では、生物領域を対象としている。本来、裸子植物やそのインスタンスであるマツには維管束という属性が存在する。それに対し、学習者がコケ植物の属性である葉状体(葉のような形状)を付与した場合、コケのように成長する画像(図3右)を描画する。

#### 4. 評価実験

本システムを用いて階層構造の意味的理解が促進されたかを評価するために、中学校現場で中学1年生29名、2年生31名に使用し、成績の変化を調べた。手順は以下のとおりである。

1. 事例を用いたコンセプトマップの説明(5分)
2. 事前テスト(10分)
3. システム利用(20分)
4. 事後テスト(10分)

事前テストと事後テストでは、システムで扱った植物領域の課題(学習課題)と、扱っていない動物領域の課題(転移課題)においてコンセプトマップを構築させた。なお、システム利用、事前・事後テストのいずれにおいても、コンセプトマップ構築に

関しての助言は与えていない。

表1が学習課題、転移課題についての正解数の推移である。さらに、課題(学習・転移)と時期(事前・事後)を要因とした分散分析を行った結果を表2に示す。

表1. システム利用前後のテストの比較

	学習課題(植物)		転移課題(動物)	
	事前	事後	事前	事後
1年生	4.9	7.2	4.8	6.0
2年生	2.4	7.2	1.6	7.5

表2. 時期、課題を要因とする分散分析

	時期要因	課題要因	交互作用
1年生	$0.83 \times 10^{-2} (<0.01)$	$0.37 (>0.1)$	$0.49 (>0.1)$
2年生	$0.85 \times 10^{-15} (<0.01)$	$0.63 (>0.1)$	$0.38 (>0.1)$

表1より、1年生、2年生のいずれにおいても事前から事後において成績が向上していた。また、表2より時期要因においては有意な差が得られたものの、交互作用および課題要因においては有意差が得られなかった。このことより、システム利用の前後で成績が向上しており、その結果は学習課題、転移課題の区別がないことが分かった。よって、本システムの利用を通して、学習者の階層性のあるコンセプトマップの構築能力が向上していることが明らかになり、階層構造の意味的理解が促進されていることが示唆された。

#### 5. おわりに

本研究では、学習者が階層構造のあるコンセプトマップを構築し、その属性の継承関係に誤りがあった場合はおかしい振る舞いを可視化するシステムを開発した。本システム上で学習者は試行錯誤を通し、属性の継承関係を学習することが期待される。評価実験より、システム利用の前後で階層性のあるコンセプトマップの構築能力が向上していることが明らかになり、階層構造の意味的理解が促進されたことが示唆された。

#### 謝辞

本研究は、平成23～24年度科学研究費補助金・若手研究(B)「コンセプトマップの個別診断及び誤りの可視化シミュレーション学習支援システムの開発」(課題番号23700987)による。

#### 参考文献

- (1) 森田裕介, 中山実, 清水康敬: "学習内容の提示におけるコンセプトマップの効果的な表現形式に関する一検討", 日本教育工学雑誌, vol. 23, no. 3, pp. 167-175, (1999)
- (2) 山口悦司, 稲垣成哲, 福井真由美, 舟生日出男: "コンセプトマップ: 理科教育における研究動向とその現代的意義", 理科教育学研究, vol. 43, no. 1, pp.29-51(2002)
- (3) J. D. Novak, and D. B. Gowin: "Learning How to Learn", Cambridge University Press(1984)