

キットビルド概念マップを用いた類比的学習の支援 Support of Learning by Analogical Reasoning with Kit-Build Concept Map

吉田 完^{*1} 前田 啓輔^{*1} 山中 彰^{*1} 志田 正訓^{*2} 林 雄介^{*1} 平嶋 宗^{*1}
Yoshida Kan Maeda Keisuke Yamanaka Akira Shida Masakuni Hayashi Yusuke Hirashima Tsukasa

^{*1} 広島大学大学院工学研究科
Graduate school of Engineering, Hiroshima University

^{*2} 広島大学附属小学校理科研究部
Science Research Department, Attached Elementary School of Hiroshima University

When we learn new things which are similar to what we already know, analogical reasoning enables us learn faster and deeper by associating the knowledge and reinforce our network of knowledge. However, it is difficult to realize the learning by analogical reasoning. In this study, we attempt to realize that by making use of the structure of the learning target. Expressing the structures of similar contents with concept map enables learners to recognize the overall similarity by seeing the structures, and the correspondence of each component in detail. As a method to realize such learning, we propose Kit-Build Concept Map, which provides learners a kit made by decomposing a concept map of a learning target. Also, we developed a function to support the activity of associating. We conducted an evaluation experiment to validate the learning activity, and positive result has gained.

1. はじめに

概念マップとは、複数の概念間の関係を図的に表したもので、知識や理解の外化、整理に有効とされている[Novak 2006, 山口 2002]。そのため、学習者の理解を表現可能にする上で大きな意義を持つとされている。しかし、一般的な概念マップでは、マップの構成要素をマップ作成者が自由に作成してよいため、作成されたマップを評価することが困難であった。キットビルド概念マップ(KBmap)はゴールとなるマップが設定できることを前提として、このゴールマップを分解した得られた部品をマップ作成者が組み立てることでマップを作成する枠組みであり、作成されたマップの自動診断が可能となっている。それにより、学習者は知識をわかりやすく整理し、教授者は学習者の理解状況を即座に確認することが出来る[Hirashima 2014]。

同システムでは教授者が授業内容の概念マップ(ゴールマップ)を作成し、それをノードとリンクに分解してキットを作成し、学習者達にそのキットを組み立ててマップを作成させることでマップの比較が容易に行えるようになっている。システムは学習者がよくわかっていない部分や誤解している部分を教授者に提示できる。これまでの研究で、このような学習者の理解状況の評価を基に授業を改善できることが実践授業を通して確認された。また、概念マップを用いて知識を整理する活動についても、それを用いない場合との比較実験が行われ、その効果は実証された。それに続いて本研究では同システムを用いた新たな学習支援を提案する。

本研究では情報構造の類似した二つの物事について比較する学習法を提案する。KBmapを用いることで、表面上は異なるが構造的には同一もしくは類似しているような物事を概念マップの形で構造的に表出して整理することができるため、それにより物事の構造を比較することでそれらの異同の認識を助ける。KBmapではそれらの知識のパーツをキットとして与え、関連付ける上での基盤として与えることが出来る。

構造的類比的学習では構造写像理論[Gentner 1983]に基づき、構造の類似した物事について類推を働かせて理解を助ける

学習を提案する。構造写像理論では構造が類似した物事についてそれらを比べること(類比)であらたな考えを得ること(類推)が出来るとしている。(類推と類比的の違いについては、広義には区別されないが、比較すること自体に注目する場合には類比、比較した結果新たな考えを得ることに注目する場合には類推とする。)しかし、物事の構造を意識したり、表出したりすることは簡単にできるのではないため、それを実現するための基盤が必要となる。ここで、KBmapは物事の構造を概念マップにより表現出来るようにしたものであるため、構造を意識した類比を行う支援に適したものであると考える。そこで、構造的類比を支援するための学習法、システムの追加機能を考案し、実際の授業で構造的類比による学習を志向してシステムを使ってもらいデータをとり、「KBmapを用いることで構造写像による学習が効果的に行えるか」の検証を行った。

2. キットビルド概念マップ

ここでは、キットビルド概念マップによる学習活動、それを実現するシステムの概要について述べる。

2.1 ゴールマップ・キット作成過程

教授者は、自身の教授活動の学習内容のまとめとして概念マップ構築し、ゴールマップを定義する。概念マップの整合性は教授者によって保障される。このゴールマップをノードとリンクの集合に分解しキットを生成する。例として月の形と太陽の教授内容を基にしたゴールマップとキットを図1、図2に示す。

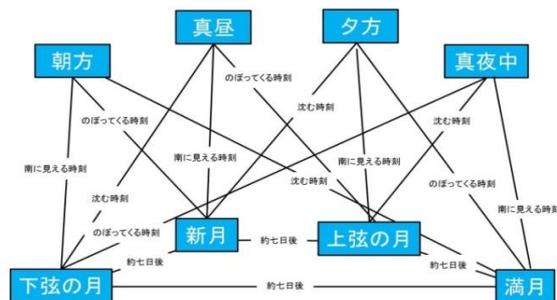


図1 教授内容を表したゴールマップ

連絡先: 吉田 完, 広島大学大学院工学研究科,
yoshidak@lel.hiroshima-u.ac.jp

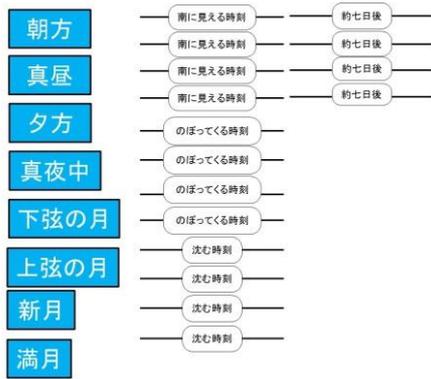


図2 “月の形と太陽”のキット

2.2 学習者マップ作成過程

KBmap エディタを用いて、学習者は提供されたノード・リンクを基に自身の理解状況をマップで表現する。これは教授者が分節化を行ったものを認識し、学習者が構造化する過程となっている。

2.3 マップ診断・フィードバック過程

教授者は KBmap アナライザにより学習者の理解状況を確認できる。教授者によって作られたゴールマップと学習者マップの構成部品が同一であるため、2つの概念マップの差分はリンクによる概念の関連付けの違いとして取り出すことができる(比較マップ)。この差分により教授内容と学習者の理解の差分を明確化させることができ、教授者と学習者のマップの一致度をマップスコアとすることで学習者の理解度の数値化を行える。また、クラス全体の学習者マップを重ね合わせることでクラス全体の理解状況を一つのマップに表現することができ(重畳マップ)、多くの学習者が関連付けた概念関係を明示的にフィードバックすることが可能となる。

3. 構造的類比

構造写像理論エラー! 参照元が見つかりません。に基づき、構造が類似している物事に対して類推を働かせて学習し、素早く、深く学習するとともに良く記憶を定着させることを目指す。

3.1 概要

学習者に学習対象の構造を把握させることにより、類比による学習を支援する。

新しく学ぶ対象が既に知っているものに似ている時、既知のものと比較することで素早く学んだり、より深く学ぶことができる。しかし、類推するためには、まず2つの事柄が似ていることを認識しなければならない。即ち大体同じ、ということがわからなければならず、物事を俯瞰して見る必要がある。ここで、概念マップは、「受精卵から子メダカは生まれる」といったような命題(一つ一つの内容)を集め、それらの関係を繋ぎ合わされて整理されたものになっており、それらの繋がり方(構造)を俯瞰するものになっている。

また、類似している事柄でも、表面上は類似しているようには見えないような事柄もあり、そのような場合にそれらの事柄の構造を把握することで比較できるように、比較するための観点を得られるように支援する。

以上の理由により、類比を支援するために情報構造を扱える概念マップを用いる。構造の類似した事柄の例として、小学校理科の内容で「魚の誕生」と「人の誕生」についてここでは取り

上げる。それらの内容を概念マップで表した物を図3に示した。このように類似している事柄について、まず大体似ていることを構造を与えることで認識させ、その後、個々の内容について概念マップを見ることで比較させることで、類比による学習を支援する。

3.2 類推とそのサブプロセス

類推というのは、直面する物事(ターゲット)について、既知の物事(ベース)と対応付けることで考えを得ることである。本研究で扱う内容を見ると、「人の誕生」と「魚の誕生」の単元どちらでも「受精卵」が出てくるが、「魚の誕生」ではオスの精子で受精卵ができたが、「人の誕生」でも男が精子を出すことで受精卵が出来る、というように共通する部分については素早く理解できる。一方、人の胎児はへその緒から養分を得るが、卵から生まれたばかりのメダカは腹の膨らみに養分を持っておりそれで育つ、というようにそれぞれで異なる部分については考えるための観点(この場合は養分)が得られ、観点を持った上で違いを認識することで深く学ぶことが出来る。

一般的に類推は以下の4つのサブプロセスに分割可能とされている。①ターゲットの表現、②ベースの検索・評価、③対応付け、④転写。

①のターゲットの表現では、直面する状況を心的に表現する。学習という場面においては、新しく学んでいることを自分なりに心のなかで表現するということになる。

②のベースの検索・評価では、記憶からベースを検索し、類推をする上での良さを評価する。学習という場面においては、既知の物事の中から新しく学ぶ物事と似ているものを探すことになる。

③の対応付けでは、ベースとターゲットのなかのそれぞれの要素を対応付ける。学習という場面においては、似ている2つの学習内容の中の1つ1つの内容がどう対応しているかを考えることになる。(卵子と卵、胎児と子メダカ等)

④の転写では、ベースで成り立つ事柄をターゲットへコピーする。学習という場面においては、「こちら(ベース)で成り立つものがあちら(ターゲット)でも成り立つのではないか?」と考えて既知の知識から新しく学んでいることについての考えを得ることになる。その時、ターゲット側では成り立たないことであった場合には、直接ベースから知識を得ることはできないが、両者で異なる部分について考える観点を獲得することが出来ており、それと共に考えることで両者の関連、違いをよく考える事ができる。

3.3 提案手法とシステム

ここで、提案する学習法と、それを実現するためのシステムについて述べる。

学習者はまずベースとなるマップを学習する。ここでの学習では、KBmap システムによるマップの作成を行い、その後教授者からのフィードバックを受け、ベースとなる知識を定着させる。

次に、ベースマップのノード、リンクそれぞれに対してターゲットとなるマップ(2つ目の内容のもの)のノード、リンクを並べて配置していき、マップを作成する。これにより、類似する構造を持った2つの事柄について、1つ1つの内容がどう対応しているのかを意識させることが出来る。

そのような活動を支援するため、KBmap エディタに構造写像モードの機能を追加した。その際のシステムの画面で、キットをDLした時点のものを図4に示している。この画面では、背景にベースマップが表示されており、この場合は「魚の誕生」についてのマップが表示されている。このベースマップのノードやリンクは動かすことが出来ないようになっており、図4の下部にあるタ

ーゲットマップ(この場合「人の誕生」のマップ)のキットのみを動かせるようになっていて、また、ベースマップはデフォルトで少し薄く表示されており、画面左側のツールバー下部のスライダーでベースマップの濃度を自由に調節出来るようになっていて、

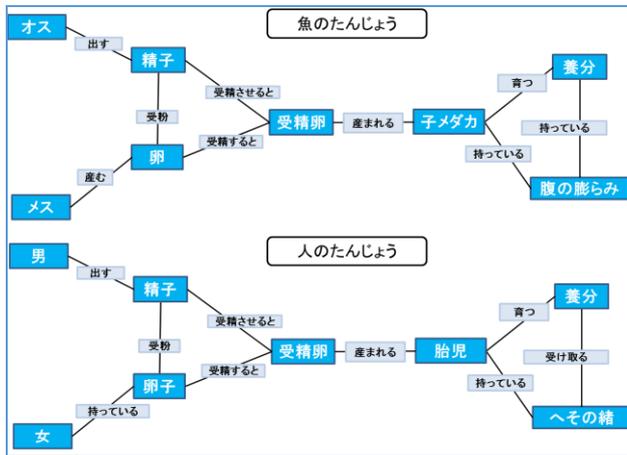


図3 構造の類似したマップ

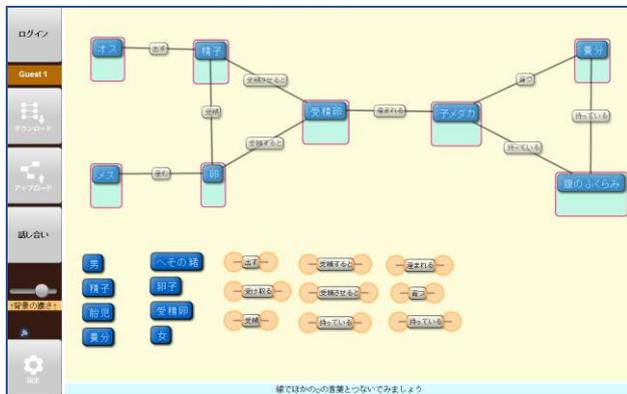


図4 構造画像モード. キット DL 時

4. KBmap を用いた構造的類比による学習とその支援機能の評価実験

前章で述べた構造的類比の学習について、実際に「KBmap」を用いることで構造画像による学習が効果的に行えるか、また「構造的類比支援機能が有効に働くか」を検証するために評価実験を行った。対象は小学校6年生 2クラスで、それぞれを実験群、統制群とした。実験群では本研究で新たに実装した構造的類比支援機能を利用した学習をするのに対し、統制群ではそれを用いず、従来通りの KBmap システムを利用して学習を行った。学習内容は「人の誕生」と「魚の誕生」についてであり、どちらの群でもこれらの内容を関連付けて考え、内容の対応を考えさせる事を目的として教授者には授業を行って頂いた。

この実験は「人の誕生」、「魚の誕生」についてのマップスコアや自由記述テスト、小テストを分析対象としているが、主には「人の誕生」のマップスコアについて分析するようにデザインされている。

4.1 実験の目的

本実験の目的はまず、目的 A「KBmap を用いることで構造的類比による学習が効果的に行えるかを確かめること」であり、主にはこれについての検証をする。次に目的 B「構造的類比支援機能の有効性を確認すること」である。前者については効果

量を測り、後者については以下の 2 つの理由により実験群のほうが知識が定着しやすいことを仮説とし、それを検証した。

- 「対応付け」という作業(タスク)を行うこと
- 概念マップ上で対応づけることで、個々の内容だけでなく、それらがどう関わり合っているか(構造)を見ながら知識を整理できること

4.2 実験の流れ

実験群、統制群で異なる活動をするのは 1 箇所のみであり、構造的類比支援機能を用いるか、従来の KBmap を用いるかというようになっている。

授業2時限(90分)の中で、プレテストからポストテストまでを行う。流れとしては、学習者はまずプレテストとして「人の誕生」のマップを作成する。次に「魚の誕生」についての授業を受け、その後「魚の誕生」のマップを作成する。そしてそのマップについて教授者はアナライザを利用して学習者のよくわかっていない箇所、誤解の多い箇所を把握し、それを基にした補足の解説(フィードバック)を学習者に行うことで「魚の誕生」についての理解を深めさせる。その後、学習者は「魚直後テスト」として再び「人の誕生」のマップを作成する。この時、2つのテストの間で「人の誕生」についての学習は行っていないことが要点である。

魚直後テストの後の活動が実験群、統制群で別れる部分であり、統制群は魚直後テストで作った「人の誕生」についてのマップについてのフィードバックを受け、「魚の誕生」の内容との対応も含めて解説を受け、「人の誕生」についての理解を深める。一方実験群は魚直後テストのマップについてのフィードバックは受けず、構造的類比支援機能を用いてマップを作成したり、解説を受けて「人の誕生」についての理解を深める。これらの活動の後、両群ともポストテストとして「人の誕生」のマップを作成して授業は終了となる。

以上の授業の2週間後に遅延テストとしての「人の誕生」マップ、また「魚の誕生」マップを作成してもらい、またマップ以外のテストとして自由記述のテストと一問一答形式の小テストを行ってもらった。

4.3 結果の分析と考察

本実験は目的 A についての仮説 A、目的 B についての仮説 B1 から B4 をたてて行ったものであり、それぞれの仮説について実験結果の分析と考察を述べてゆく。

図 5 に実験群、統制群それぞれでプレテストから遅延テストまで4回の「人の誕生」のマップのスコアの推移を示している。また、表 1 に「人の誕生」のマップスコアの平均、標準偏差と、魚直後とポストについては前のマップとの間の活動の効果量(Cohen's d)を示している。

(1) 仮説 A についての考察

「魚の誕生」を学習することで、「人の誕生」についても理解が進む」という仮説について検証する。図 5 に示される通り、プレのマップより「魚の誕生」について学習した直後のマップの方が有意にスコアが伸びている。また、プレと魚直後の間では「人の誕生」についての教授は行われていないことから、この仮説が正しいことが示唆された。

また表 2 にあるように、プレテストと魚直後テストの間での教授活動による効果量は統制群は 1.92、実験群は 3.11 となっており、直接「人の誕生」について教えていないにもかかわらず大きな効果を与えていることがわかる。

以上より、KBmap を用いて「魚の誕生」について学習することで「人の誕生」についても理解が進む事が確認できた。

(2) 仮説 B1 についての考察

「構造的類比の機能を使った学習の方がより学習内容が伝わる」という仮説について検証する。表 1 に示している通り、ポストテストの点数は実験群の方が有意に高くなっていることから、構造的類比の機能を使った学習の方がより学習内容が伝わったことが示唆された。

(3) 仮説 B2 についての考察

「実験群のほうがより知識が定着している」という仮説について検証する。表 1 や図 5 に示される通り、「人の誕生」マップの遅延テストでは実験群の方が有意にスコアが高くなっており、時間が経過しても実験群のほうが学習内容を良く覚えていることが確認できた。ただ、ポストテストから遅延テストにかけてのスコアの減少率、つまりどれだけ忘れてしまったかについては有意な差は見られなかった。

以上より、学習後時間が経っても実験群のほうが学習内容を良く覚えており構造的類比支援機能の効果は一時的なものではないことはわかったが、それによって学習内容がより強く定着して忘却し辛いものになるという事にはならなかった。

(4) 仮説 B3 についての考察

「実験群のほうがより良く関連付けて学習したため、遅延での「魚の誕生」マップについても実験群のほうがスコアが高い」という仮説について検証する。「魚の誕生」のマップは授業中と、遅延テストでの 2 回作成したが、授業中のものについてはその時点では群間で活動の差異が無かったため有意差がなかった ($p=0.252$)。その上で、遅延のものでは平均スコアは統制群は 77、実験群は 91 であり、実験群のマップスコアのほうが有意に高くなっている ($p=0.005$)。これは、これらのマップ作成の間で行った活動の差異、則ち構造的類比支援機能を用いるか用いないかによるものであり、それを用いた実験群のほうが「人の誕生」と「魚の誕生」をより良く関連付けて覚えたために「魚の誕生」の内容についてもより良く定着したものと考えられる。

(5) 仮説 B4 についての考察

「マップだけではなく、記述式のテストでも群間で差が出る」という仮説について検証する。記述式のテストは一問一答形式の小テストと自由記述のテストを行った。まず一問一答形式の小テストについてであるが、これは「人の誕生」と「魚の誕生」の内容についての問題を問題集から出題したものであったが、マップの内容、則ち今回の授業内容に関わる問題は 23 問中 4 問のみとなっていたため、今回の学習の定着度を測るものとしては不適切なものとなっていた。

自由記述のテストについては、9点満点中で平均点は実験群は 4.47、統制群は 3.33 であり、実験群のほうが有意に点数が高くなっている ($p=0.03$)。このことからマップスコアだけでなく、紙媒体のテストでも定着度合いの違いが確かめられた。以上のように、一問一答形式の小テストは残念ながら今回の検証に使えるものではなかったが、自由記述のテストでは実験群の方が有意に成績が良かったため、紙媒体のテストでも定着度合いの違いを確かめることが出来た。

4.4 実験のまとめ

本実験の目的はまず、KBmap を用いることで構造的類比による学習が効果的に行えるかを確かめること、次に構造的類比支援機能の有効性を確認することであったが、仮説 A の検証により KBmap を用いた構造を意識した学習により類推が起り、転移が起きた事が示唆された。また、仮説 B1 から B4 の検証により、構造的類比支援機能の有用性が示唆された。

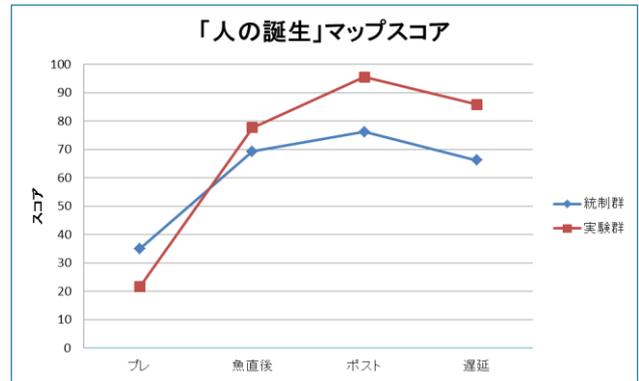


図 5 「人の誕生」のマップスコアの推移

表 1 「人の誕生」マップスコアの平均、標準偏差、効果量

		プレ	魚直後	ポスト	遅延
統制群	平均	34.97	69.31	76.18	66.21
	標準偏差	15.93	19.61	18.16	26.13
	効果量		1.92	0.36	
実験群	平均	21.71	77.68	95.47	85.86
	標準偏差	13.70	21.45	10.61	18.39
	効果量		3.11	1.05	

表 2 「人の誕生」マップスコアについての群間での平均点の差の検証

	プレ	魚直後	ポスト	遅延
P 値	0.000237	0.08143	3.35E-07	0.000528

5. まとめと今後の課題

本研究では KBmap を利用した構造的類比による学習法の提案、その支援機能の実装、それらの検証を行った。その結果、KBmap を用いることで情報構造を利用した類比的学習が有効に成されることが示唆された。

今後の課題としては、「人の誕生」と「魚の誕生」のような構造がかなり類似した内容だけでなく、部分的に構造が似ているような内容についても構造写像の学習が適用できるかについての検証が考えられる。また、構造が大体は一致しているが、概念マップ上でうまく構造が一致するように表せないような内容についてどう対応できるか考える余地がある。

参考文献

[Novak 2006] Novak, J.D., & Canas, A.J.: “The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them”, Technical Report IHMC CmapTools, (2006)

[山口 2002] 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, 43(1), pp.29-51(2002)

[Hirashima 2014] Tsukasa Hirashima, Kazuya Yamasaki, Hiroyuki Fukuda, Hideo Funaoi: “Framework of Kit-Build Concept Map for Automatic Diagnosis and Its Preliminary Use, Research and Practice in Technology Enhanced Learning”, APSCE, (2014)

[Gentner 1983] Gentner. Structure Mapping: A theoretical framework for analogy. Cognitive Science, 7, 155-170. (1983)