

# 広島大学学術情報リポジトリ

## Hiroshima University Institutional Repository

Title	部品からの構造再構成を通じた学習 : マルチモーダル統合と部品・構造・体験の共有化
Author(s)	平嶋, 宗
Citation	電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学 , 124 (324) : 37 - 43
Issue Date	2025-01-04
DOI	
Self DOI	
URL	<a href="https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00056129">https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00056129</a>
Right	Copyright ©2025 by IEICE
Relation	



# 部品からの構造再構成を通じた学習 —マルチモーダル統合と部品・構造・体験の共有化—

平嶋 宗<sup>†</sup>

<sup>†</sup>広島大学大学院先進理工系科学研究科 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1

E-mail: <sup>†</sup>tsukasa@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし 本稿では、教師が提供する部品を用いて学習者が学習内容の意味的構造を再構成する「部品からの構造再構成を通じた学習」について概説する。この学習法の特徴は、(1) マルチモーダル統合学習：学習者は視覚、聴覚、読み書き、体感 (VARK) といった複数の感覚モードを統合的に活用することで、学習内容への多角的な理解を深めることができることと、(2) 部品・構造・体験共有学習：教師や学習者同士が共通の部品と構造を用いるため、他者の活動の理解や自身の活動の説明が容易となり、協調的活動の促進が期待できることである。さらに、(3) 補助された発見学習 (構造発見・部品発見)：部品化によって失われた構造における部品の意味 (文脈) を探索的な組立を通して発見する必要がある、および (4) 持続的学習を支える高品質な部品と構造：前後の学習との接続を踏まえて部品と構造が用意されているといった特徴も合わせ持つ。

キーワード マルチモーダル統合, 部品共有, 構造共有, 体験共有, 組立学習,

## Learning Through Structural Recomposition from Components

### —Multimodal Integration and the Sharing of Components, Structures, and Experiences—

<sup>†</sup>Tsukasa HIRASHIMA<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University 1-4-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima, 739-8527 Japan

<sup>†</sup>E-mail: <sup>†</sup>tsukasa@lel.hiroshima-u.ac.jp

**Abstract** This paper outlines the "Learning Through Structural Recomposition from Components" in which learners recompose structures using components provided by the teacher. This learning method is characterized by the following features: (1) Multimodal Integrated Learning: Learners deepen their understanding of the learning target from multiple perspectives by integrating various sensory modes, such as visual, auditory, reading/writing, and kinesthetic (VARK); (2) Learning through Shared Components, Structures, and Experiences: The use of common components and structures by teachers and learners facilitates understanding of others' activities and explanations of one's own activities, thereby promoting collaborative activities. Systems can also participate as stakeholders in this sharing. Additionally, (3) Assisted Discovery Learning: Learners can actively explore and assemble the provided components, thereby discovering the roles and functions of the structures and components themselves, which promotes active learning. Lastly, (4) Sustainable Learning Supported by High-Quality Components and Structures: recomposing teacher-designed structures ensures high-quality outcomes, supporting sustainable learning.

**Keywords** Multimodal Integration, Component-, Structure-, and Experience-Sharing, Learning through recomposition

## 1. まえがき

物や事を要素と関係に分節化・構造化することで、その物や事の意味を共有可能な形で記述し、この記述に基づいて人同士や人とシステムの様々なインタラクションを設計・開発することを知識工学的アプローチと呼ぶ[1]. 学習工学は、この知識工学的アプローチを人の学習の支援に適用するものである[2].

学習内容は、知識工学が主に対象とする事象と比較した場合、すでにある程度分節化・構造化されており、少なくとも教師にとっては共有性のある記述がなされ

ているとあってよいであろう。したがって、教師の活動である教授の立場からは、学習内容に関して知識工学的な試みを行う必要性は乏しいかもしれない。しかしながら、学習の主体は学習者であり、その学習者にとって共有性のある意味的な記述になっているかを考えてみると、検討の余地があるといえる。つまり、「学習者にとっての」意味の共有可能性」を重視し、学習の文脈への適用性を高めるのが学習工学といえる。

筆者は学習者と教授者、そしてシステムの三者が共有可能な学習内容についての構造的・明示的記述を試

みるという観点からの学習工学の研究を行ってきた。筆者が初期に行った研究では、個々の学習内容の特性に応じた記述と、その特性を活用した教授・学習活動（学習者間や教授者・システムによる支援を含む）の設計・開発といった学習内容の個別性・特殊性に重きを置く方針をとっていたため、一般性のある教授・学習活動の提案はできていなかった。このこと踏まえた研究の一般化を指向して、学習内容に関する記述を学習者にとって直接的なアクセス・共有・操作可能なものにすることを目指すアプローチを提唱し、「オープン情報構造アプローチ」[3]と呼んでいる。本稿で説明する「部品からの構造再構成法」は、オープン情報構造アプローチにおける教授・学習法の一つと位置付けることができる。この方法では、「教授者が学習内容の記述・分解・部品化」を行い、「学習者がその部品を用いた再構成」を行う。この方法は、学習内容についての明示的・構造的記述が可能であれば、一般的に適用できる教授・学習法である。

「部品からの構造再構成法」による教授・学習活動は、(I)構造化、(II)部品化、(III)再構成、(IV)比較評価、(V)改善、の五つの段階を持った図1のようなサイクルをなす。まず、教授者等のエキスパートが学習内容について記述を行う((I)構造化)。次に、この構造を分解して部品化する((II)部品化)。構造は構成要素と構成要素間の関係(関係要素と呼ぶ)として分節化されるため、分解によって再構成のための部品群を生成できる。この部品群を学習者に提供し、構造の再構成を行わせる((III)再構成)。

構造は単なる部品の集合ではないため、部品を用いて元の構造、つまり学習内容の構造を構成するためには、個々の部品が構造においてどのような意味を持つかという、部品だけでは得られない情報が必要となる。この部品単体での意味と構造における意味の差を学習者自身で埋める必要があることが、部品からの再構成が学習に資する理由となる。この意味の差がいわゆる「文脈」であるといえる。なお、「部品を与えてしまえば、その再構成は簡単ではないか」との見解もあるが、これは文脈を把握している場合、つまり「学習がすでに終了している場合」においては再構成が容易であるとの指摘と解釈できる。学習途上にあり、また文脈を共有できていない学習者の観点を重視するのが本論である。

再構成の結果の構造は、元の構造と対応付けて比較することにより、部分構造単位での評価が可能となる((IV)比較評価)。また、比較する二つの構造はどちらも同じ要素で構成されているため、比較のシステム化・自動化が可能である。そして、この評価結果に基づいて、再構成された構造へのフィードバックとそれ

に基づく修正や再学習といった学習の改善が行われる((V)改善)。ここで、再構成は学習内容についての理解を深める学習活動であると共に、(IV)比較評価とその結果に基づく(IV)改善を含めた形成的評価・フィードバックの意味も持つ。また、比較評価と改善は、学習についての問題点の指摘と改善してだけでなく、構造化及び部品化の問題点の指摘と改善と捉えることができる。このため、図1に示したように、(I)構造化、(II)部品化という教授者の活動、(III)再構成という学習者の活動への改善を促すだけでなく、前段階で行われる教授や学習に対する改善を促すことにもなる。

以下本稿では、筆者が取り組んできたいくつかの研究事例について、部品からの構造再構成法の観点から紹介する。さらに、この学習法の妥当性を、従来の学習理論と照らし合わせて論じる。

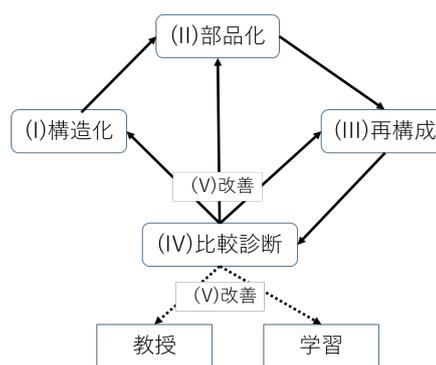


図1 部品からの構造再構成法の教授学習サイクル

## 2. 部品からの構造再構成法の利点

本章では、部品からの構造再構成法の持つ利点として、(1)マルチモーダル統合学習、(2)部品・構造・体験共有学習、(3)補助された発見学習(構造発見・部品発見)、および(4)持続的学習を支える高品質な部品と構造、について概説する。

### 2.1. マルチモーダル統合

VARK (Visual, Auditory, Reading/Writing, Kinesthetic) モデル[4]は、学習者が異なる感覚モダリティ(V=視覚、A=聴覚、R/W=読み書き、K=体感)を活用することで学びを深める理論である。それぞれのモダリティには、情報を理解し、記憶し、応用する際の特有の利点があり、これらを統合的に活用することで、学習の質が向上するとされている。本研究が提案する部品からの構造再構成法は、VARKの各モダリティに対応する学習活動を含んでおり、学習者が多角的に対象を理解することを可能にする。

構造再構成法では、学ぶべき構造は視覚化される。この視覚化によって、学習者の全体像の把握や関係性

の理解が促される。また、部品を実際に操作して構造を組み立てる活動は、試行錯誤を伴う体感的な学習を可能にし、深い理解や記憶の定着を促すと期待できる。また、必然的に部品やその関係性が言語化されるので、構造に関する聴覚的および読み書きとしての情報処理が他のモードと関係づけ可能となる。このように、部品からの構造再構成では、Visual と Kinesthetic が中心的な役割を果たし、言語化された Auditory と Reading/Writing がこれを補完することで、各モードが統合的に利用可能となっている。

## 2.2. 部品・構造・体験共有学習

同じ部品を用いて同じ構造の再構成を試みることで、学習者は他者の活動や結果への理解が容易となる。このことにより、部品や構造の共有だけでなく、活動・体験の共有も促進される。さらに、他者への作用、たとえば、「どの部品をどのように使ったか」を具体的にコメントすることが可能になる。これにより、内容に関する建設的な相互作用が促進されると期待できる。なお、同じ部品を用いて同じ構造の再構成を試みるといっても、個々の学習者の理解に基づく試行となることから、個々の学習者の理解が異なれば、異なる試行として現れる。これらの異なる現われが同じ部品の異なる利用として相互に比較可能であることが、部品の共有化の有用性であり、理解可能性を維持しながら多様な現れを体験できることは学習の能動性を促進すると期待できる。

## 2.3. 補助された発見学習(構造発見・部品発見)

提供された部品を受動的に受け入れて再構成する場合、その組み合わせの数は部品数が増えるに従って指数関数的に増加する(いわゆる「組み合わせ爆発」)。したがって、部品の網羅的な組み合わせは現実的な制約下では不可能であり、あるべき部品や構造を予測したうえでの再構成活動が必要となる。この予測を部品や構造の能動的な生成であり、発見の一種と捉えることができる。また、部品からの再構成においては、学習者自身の持つ理解では予測できない部品や構造についても再構成の対象とすることが求められる。これは、既知の構造の近傍に存在しながら学習者が自力では構造化できない範囲への学習の契機になっており、このような範囲が構造化できれば、その構造化に用いられた部品や構造は学習者にとっての発見であったとみなすことができる。

## 2.4. 持続的学習を支える高品質な部品と構造

意味的学習においては、ある内容を学ぶ際に、それ以前に学んだ内容との関係づけが重要な役割を果たす。したがって、以前に並んだ内容が適切に構造化されていることが望ましい。さらに、継続的学習においては、後続の学習内容は前提となる学習内容との接続を踏ま

えて用意されているべきである。したがって、適切な構造とは、個々の学習内容だけでなく、前後の学習内容との関係において定まってくるといえる。教授者が継続的学習を踏まえた適切な構造・部品を用意できることが部品からの再構成の利点の一つとなる

## 3. 部品からの構造再構成の事例

概念マップを学習内容の記述として、概念マップの構成要素を部品として再構成を行うキットビルド概念マップは、部品からの構造再構成の典型事例であり、すでに多くの利用実績がある[5,6,7]。順序図の再構成は、教科書等に掲載されている操作手順や事象の時系列・因果関係を前後関係として構造化・部品化し、その再構成を行う事例となる。この事例もすでに教育現場で実践が実施できている。その他の事例としては、三角ロジック組立演習[8]と単文統合型算数文章題作問演習[9]があり、それぞれ三段論法の構造的記述である形式的三角ロジック[10]、算数文章題の構造的記述である三文構成モデル[9]及び二重三角図[11]の再構成が演習化されている。本章では、キットビルド概念マップについて詳述したあと、順序図の再構成についても紹介する

### 3.1. キットビルド概念マップ

#### ・概念マップの再構成的利用

新しい知識を既存の知識と関連づけながら理解し、それを深く記憶に定着させる学習過程は有意味学習[12]と呼ばれている。この学習では、単なる暗記ではなく、知識の構造を整理し、その中の各要素や関係性を把握することが重要とされ、この把握により新しい状況や問題に柔軟に応用できる深い理解を得ることができるとされている。有意味学習を支援する具体的な方法として、概念マップが広く知られている[13]。概念マップは、知識をノード(概念)とリンク(関係)で視覚的に表現するツールであり、学習者が知識の全体像を把握しやすくなるだけでなく、自らの理解を整理し、振り返るのに役立つとされている。学習者が自分の理解を自由に記述するこのような概念マップの利用を、概念マップの内発的利用と呼ぶことにする。

これに対して、教師やエキスパートが作成した学習内容についての概念マップをノードとリンクに部品化し、学習者に部品から再構成させることを、概念マップの再構成的利用と呼ぶことにする。この概念マップの再構成的利用では、元となる概念マップが学習内容の構造的記述であり、それを分解して得られるノードとリンクからの概念マップの組立てが再構成となる。キットビルド概念マップは、この概念マップの再構成的利用の実装例である。

#### ・教授・学習活動サイクル

キットビルド概念マップの教授・学習活動サイクルを図2に示した。まず、学習内容の記述として概念マップが作成される((I)構造化)。図2では、四つのノードと四つのリンクで構成された概念マップが作成されている。この概念マップが分解され、ノードとリンクかなる部品群となる((II)部品化)。この構造化・部品化は、学習者との共有性を踏まえる必要があり、学習内容に対する適切な理解が行えていれば再構成できるようになっていなければならない。

学習者は提供された部品を用いて概念マップの再構成を行う((III)再構成)。生成されたマップは、元のマップとの比較として診断可能である。図2の比較評価((IV)比較評価)においては、比較の結果として過剰と判断されたリンク(実線)と、不足と判断されたリンク(破線)がそれぞれ表示されている。元のマップと再構成されたマップの差分もマップの形で取り出されるので、キットビルド概念マップでは、差分マップと呼んでいる。この差分マップは、再構成に対する形成的評価の結果であり、この結果に基づいて形成的フィードバックを学習者に与えることができる((V)改善)。また、この結果は教授者にとっても構造化や部品化の見直しの契機となる。さらに、概念マップを使う前段階で行われる教授や学習の再検討のためにも利用可能といえる。

・キットビルド概念マップの利点

(1)マルチモーダル統合学習：概念マップの組立てにおいては、VARKの各学習スタイルを統合的に活用することが求められる。たとえば、ノードやリンク、およびある程度再構成された部分的な概念マップを視覚的に観察し、操作しながら組み立てることが必要となる。そして、視覚と操作の対象となる部品は言語化された

表現を持っているため、読み書きとの統合が必要であり、さらに、それらについての教授者の説明や、学習者同士の話し合いなどで聴覚においても統合的に利用することになる。

(2)部品・構造・体験共有学習：キットビルド概念マップでは、部品と構造が、学習者、教授者、そしてシステムの三者で共有される。この共有は、議論やフィードバックをスムーズにし、誤解や知識の不足を効率的に補完するための有用と期待できる。

(3)補助された発見学習(構造発見・部品発見)：概念マップの再構成においては、存在するノードやリンク及びその組み合わせの予測が必要となる。予測に基づいて適当なノードやリンクを探すことにより、実時間内での概念マップの再構成が可能となる。このような予測は、ノードやリンク及び構造の生成にあたる。また、自身の理解では概念マップに組み込めないノードやリンクが部品として提供されいた場合、それらについての学習内容における意味を学ぶ必要が出てくる。これらを概念マップに組み込むことは、理解の拡張となる。これらの活動は、他者の用意したノードやリンクを自分の理解に照らし合わせて利用することから、ある程度試行錯誤的に行われるものであり、部品や構造の意味を新たに獲得していくことが期待できるので、構造発見、部品発見と見なすことができると考えている。

(4)持続的学習を支える高品質な部品と構造：意味的学習は、ある時点での学習は、それに先行する学習の結果がどのように構造化されているかに大きく依存している。継続的学習において概念マップを用いる場合、ある時点で作成する概念マップは、それに先行する学習に対する概念マップに依存することを意味する。これは、概念マップの質が個別の学習内容だけに依存するのではなく、前後の学習内容との関係において定められることを意味する。このような意味での概念マップの質を維持することは、学習者が自分で部品を生成する一般的な概念マップでは難しいといえる。部品からの再構成においては、教授者が元となる概念マップを用意することになり、継続的学習であれば、前後の内容を踏まえた概念マップを用意することができる。このことで、持続的学習を支える高品質な部品と構造、の獲得を支援することができることも、部品からの再構成法を概念マップに適用する意義である。

3.2. 順序図の再構成

・実践

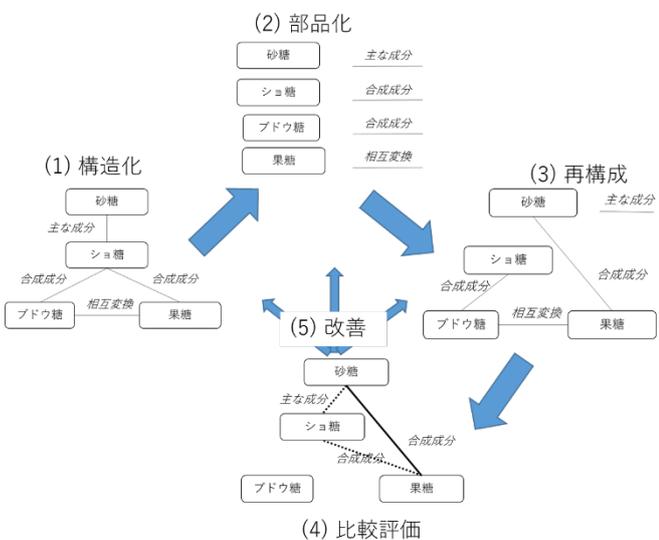


図2 キットビルド概念マップの教授学習サイクル

主に事に対する前後関係での分節化と構造化を行った記述が順序図である。手続きを扱う算数数学や時間的な状態変化や因果関係を対象とする理科だけでなく、事象の前後関係を扱う国語においてもこの順序図による記述は適用可能である。構造としては単純であるが、構成要素数の順列としての再構成可能性があるため、内容への理解を伴わない再構成は現実的には不可能といえる。

「合同な三角形の書き方」を対象とした授業実践では、まず図3のような三つの書き方についての説明を視聴した。そのあと、書き方を部品から再構成する場面を図4のように設定し、個々の児童が持つ学内LAN環境に接続された情報ツールを用いて、各児童に再構成を行ってもらった。実施した教員の感想としては、児童の授業への参加度が非常に高く、全ての児童が再構成に取り組みたとしている。また、児童同士の話し合いも自発的で活発かつ学習目的に沿った有効性の高いものであったとしている。また、能力が高い児童たちはスムーズに三つの書き方を再構成できただけでなく、他の方法の模索や比較など、より高度な課題に自発的に取り組んでいたとしている。当該教員がこの実践を教員研修会で報告したところ、約90名の教員からコメントが得られており、コメント内容からも関心の高さがうかがわれた。

当該教員を中心に、算数における「一つの辺の長さ

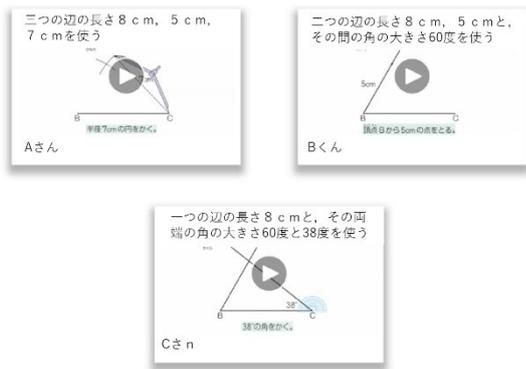


図3 三種類の合同三角形の書き方



図4 合同三角形の書き方の再構成

とその辺の両端の角の大きさを使った三角形の書き方(図5)」、「繰り上げのある足し算(図6)」、「円の半径や直径を使った長方形の縦や横の長さの求め方(図7)」

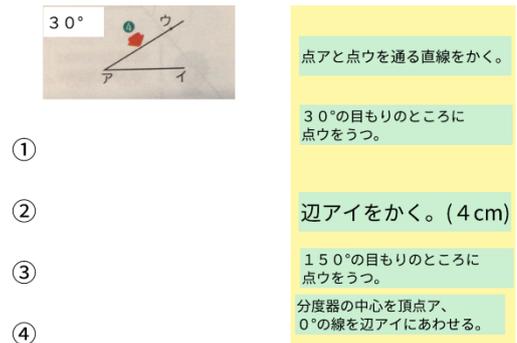


図5 一つの辺の長さとその辺の両端の角の大きさを使った三角形の書き方の再構成

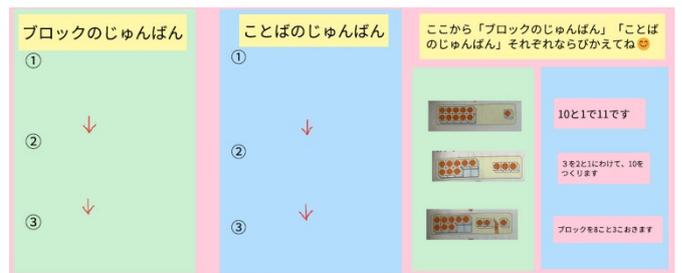


図6 繰り上がりのある足し算手続きの再構成

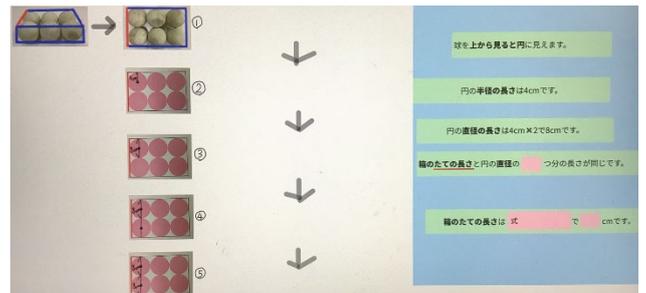


図7 円の半径や直径を使った長方形の縦や横の長さの求め方の再構成

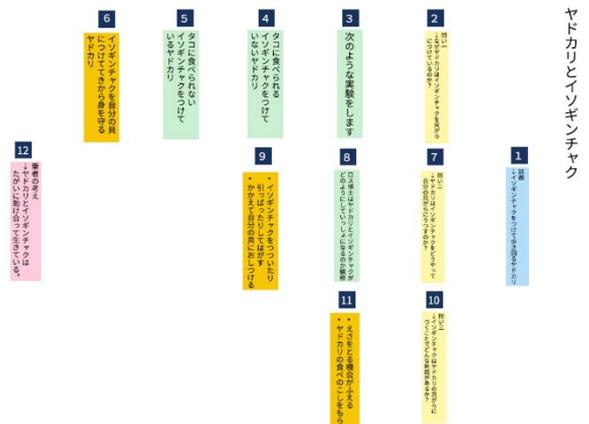


図8 文章構成の再構成

や、国語の「物語内での出来事の順番(図8)」などで実践が行われ、それらについても上記と同様の感想が得られている。教材に応じた構造的記述の作成が従来の教材準備とは異なるた、実施は容易とは言えないが、準備の手間以上の学習成果が得られていることと、教員にとっても教材研究になるとの感想も得ており、教授・学習法の一つとしての普及を目指している。

#### ・利点

(1)マルチモーダル統合学習としては、前後関係が順序構造としての視覚化され、部品からの再構成として身体的操作化されているといえる。さらに、概念的な構造として言語化されていることで、視覚化と操作化が聴覚と読み書きに連動することになる。このことから、順序図の事例においてもマルチモーダル統合学習としての利点を持つといえる。(2)部品・構造共有学習としては、同じ部品を持って同じ構造を再構成しようとしていることから、児童同士の対話が活性化されることが観測されている。また、教授者にとっても、児童が同じ部品を用いていることから、児童に対する指導を行いやすくなっている。(3)補助された発見学習(構造発見・部品発見)としては、児童が試行錯誤的に部品の利用や構造の再構成を行っている様子が観測されており、これは構造における部品の意味の発見や構造自体の発見になっているといえる。本来、教科書等書かれていることを適切に読みとれば単なる読解といえるが、少なくとも割合の児童が適切に読解できていない実態があり、読むだけでは読解が進まなかった児童が、再構成の過程で部品や構造に気づくことは、本学習法の重要な効果であるといえる。(4)持続的学習を支える高品質な部品と構造に関しては、単元を跨いだ授業に対して適用できていないため、現時点ではこの利点は十分に生かせていないといえる。なお、順序図の再構成に関しては現時点では探究的に実践している段階であり、定量的な評価は今度の課題である。

## 4. 従来の学習理論との関係

「部品からの構造再構成法」は、(a)部品を提供している、(b)教授者の作った構造を用いている、といった点で、従来の学習・教育理論との適当性に疑問が持たれることがある。しかしながら著者は、より詳細に検討すれば、従来の学習理論との間に大きな齟齬はないと考えている。具体的には、(1)構成主義、(2)動機づけ・エンゲージメント、(3)協調学習、(4)VARK(マルチモーダル統合)、(5)意味的学習(meaningful learning)、(6)メタ認知、(7)教材研究、(8)システムによる能動的支援、といった観点では、部品の提供は阻害要因にならないと考えている。以下本章では、これらの観点の中でも特に重要と思われる、(1)部品提供と構成主義と

の適合性、および(2)部品提供と動機づけ・エンゲージメント、について検討する。

### 4.1. 部品提供と構成主義

構成主義は、学習者が自身の経験や認知プロセスを通じて能動的に知識を構築する過程を重視する学習・教育理論である[14,15]。この視点からは、部品を学習者に提供する行為が、学習者の能動性を制約するのではないかという懸念が生じる可能性がある。本節では、部品提供が構成主義に適合しており、学習者の能動性を促進する可能性があることを論じる。

#### ・部品提供と能動的学習の両立

部品提供を受けた学習者は、それを単なる受動的に受け入れるのではなく、予測的に活用することが求められる。ここで予測的活用とは、学習者が提供された部品の役割や関連性を仮定し、それを基に構造を組み立てる活動を指す。この活動は学習者が自らの思考や仮説を形成する過程であり、能動的な知識構築を伴うといえる。例えば、概念マップの再構成においては、組み合わせの可能性が多すぎるため、全ての可能な組み合わせを試す受動的な方法での再構成は現実的な無理といえる。実際の再構成プロセスでは、あるべき部品や組み立てるべき構造を予測し、その予測に適合する部品を探すという活動を行っていることが報告されている[16]。つまり、学習者は部品や構造の生成を能動的に行っていることになり、この予測と確認のサイクルは能動的な知識構築プロセスとしての条件を備えているといえる。

#### ・部品提供とZPD(最近接発達領域)

用意された部品や構造が学習者自身では予測や生成が難しいものである場合、それは学習者が独自には到達し得ないが、補助等があれば到達しうる理解であり、かつ、その到達への支援が教師・他学習者・システムなどの環境から得られる可能性があるという意味で、ZPD[15]の枠組みに適合性がある。例えば、概念マップの再構成において、提供されたノードやリンクが学習者自身の理解の範囲外であった場合、そのノードやリンクに対する学習の機会を得たことになり、他学習者の振舞や構造化の結果、あるいは教師やシステムからのアドバイスなどを踏まえて、概念マップに接続することで、理解の範囲を拡大できたことになる。

#### ・部品生成と認知負荷の軽減

「学習者に部品を作らせた方が良いのではないか」という疑問に対しては、(1)認知負荷の軽減、および(2)部品の質保証、の観点から部品提供の有効性を主張できる。学習者が部品を生成するには、対象の全体像や文脈を把握する必要があり、初学者にとっては負担が大きい。適切に設計された部品を提供することで、部品生成の負荷が軽減され、構造の組み立てに集中でき

## 文 献

る。また、学習者自身が部品を作成する場合、それが適切である保証はなく、誤った理解や構造を構築するリスクがあるが、部品提供ではこのリスクを避けることができる。

### 4.2. 部品提供と動機づけ・エンゲージメント

部品提供は、学習者自身、他学習者、および教師が同じ部品を用いるという共通基盤を形成する。これにより、構造再構成活動も「共通の部品を構造化する」という意味でゴールが共有されるため、学習者は他者の活動と自分の活動を容易に比較できる。さらに、教師の説明も単なる受け入れではなく、比較の対象として位置づけることも可能となる。このような「比較可能性」と「共有可能性」は、学習者の動機づけやエンゲージメントを高めると期待できる。

他学習者との関係としては、他学習者の活動を観察することで、自分の活動を改善するヒントを得るといった(1)他者の活動からの刺激、を得やすくなる。また、他者との結果を比較することで、より良い成果を目指そうとする意欲が高まるといった(2)健全な競争意識の醸成が期待できる。

教師との関係としては、教師の説明や模範活動・解答も、同じ部品を基にしているため、学習者はそれを比較の対象として評価できる。このことは、教師の構造を「単に正しいもの」として受け入れるのではなく、「自分との違い」に着目することで、教師の活動を批判的に分析する態度を促進すると期待できる。さらに、教師の構造を参考にしながら自分の理解の正確さや独自性を客観的に評価できる可能性がある。

また、同じ部品を用いることで、学習者間や教師との間に「同じ課題に取り組んでいる」という共有体験が形成できる。この共有体験により、学習活動への共感が生まれるとといった(I)相互理解の向上、他者と成果を共有する中で、自分の努力の成果が認識されといった(II)達成感の強化、が期待できる。

## 5. まとめ

学習工学の基礎は、学習者、教授者、そしてシステムが共有できる学習内容の構造的な記述である。この記述に基づいて教授・学習を行うことで、学習内容や問題解決活動の透明化や共有体験化を図ることが可能となる。部品からの再構成法は、この記述を学習者に組立てさせる方法の提案となる。本稿では、部品提供、という形態に関する懸念への回答として、文脈が失われた部品群を用いて構造を再構成するためには、文脈の推定が必要であり、学習途上においては試行錯誤が行われることから、十分に学習に資する活動になることを論じた。今後は、この論を基盤として、客観的な証拠を積み上げていく予定である。

- [1] 溝口理一郎, 知の科学 オントロジー工学の理論と実践, オーム社, 2012.
- [2] 平嶋宗, "特集「学習支援環境のシステムティックなデザイン: 学習の工学を目指して」にあたって", 人工知能, 25(2), pp.237-239, 2010.
- [3] 平嶋宗, "ディープアクティブラーニングを指向した課題設計法としてのオープン情報構造アプローチ: 外在タスク・メタ問題・仮説検証的試行錯誤, 第32回人工知能学会全国大会論文集, 4H2OS9b01, 2018.
- [4] Fleming, N. D., Mills, C., "Not another inventory, rather a catalyst for reflection", To improve the academy, 11(1), 137-155, 1992.
- [5] T. Hirashima, K. Yamasaki, H. Fukuda, and H. Funaoi, "Framework of kit-build concept map for automatic diagnosis and its preliminary use", Research and Practice in Technology Enhanced Learning, vol. 10, pp. 1-21, 2015.
- [6] 平嶋宗, "キットビルド概念マップの理論と活用: 形成的評価・批判的思考・共同作業・FDの観点から", 教育システム情報学会中国支部第20回回研究会, pp.1-8, 2021.
- [7] T. Hirashima, "Formative Assessment and Meaningful Learning with Concept Mapping through Recomposition", INFORMATION AND TECHNOLOGY IN EDUCATION AND LEARNING, Vol. 4, No. 1, pp.1-14, 2024
- [8] 北村拓也, 長谷浩也, 前田一誠, 林雄介, 平嶋宗, "論理構造の組み立て演習環境の設計開発と実験的評価", 人工知能学会論文誌, 32(6), C-H14, 2018.
- [9] 平嶋宗, "作問学習に対する知的支援の試みと実践一組立としての作問および診断・フィードバック機能の実現", 科学教育研究, 43(2), pp.61-73(2018)
- [10] 平嶋宗, "言語的三角ロジックに対する演繹的三角ロジックの提案: 主題共通命題・自明論拠・許容命題を用いた妥当性検証可能化", 教育システム情報学会中国支部研究発表会講演論文集, 21, pp.23-30, 2022.
- [11] 平嶋宗, 林田雄樹, "算数文章題場面における演算関係の統合的スキーマ: 二重三角図とその授業実践", 電子情報通信学会技術研究報告, 教育工学, 124(81), pp.37-44, 2024.
- [12] D. P. Ausubel, "Educational psychology: A cognitive view", New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- [13] J.D. Novak, "Learning how to learn", New York: Cambridge University Press, 1984.
- [14] Piaget, J., The Construction of Reality in the Child. Basic Books, 1954.
- [15] Vygotsky, L. S., Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Harvard University Press, 1978.
- [16] Y. Yin, J. Vanides, J. and M.A. Ruiz-Primo, C.C. Ayala and R.J. Shavelson, "Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use", Journal of Research in Science Teaching, vol. 42, no.2, pp. 166-184, 2005.