

Kit-Build 式概念マップによる学習内容の構造的理解促進法

The method to promote structural understanding of learning contents by Kit-Build Method

福田 裕之^{*1}, 山崎 和也^{*1}, 平嶋 宗^{*1}, 舟生 日出男^{*1}
 Hiroyuki Fukuda^{*1}, Kazuya Yamasaki^{*1}, Tsukasa Hirashima^{*1}, Hideo Funaoi^{*1}

^{*1} 広島大学大学院工学研究科

^{*1} Graduate school of Engineering, Hiroshima University

In this paper, Kit-Build Concept Map is proposed as a promising framework to realize interactive concept map as a learning tool through externalization of knowledge or understandings. In this framework task to generate concept map is divided into two subtasks: the one is segmentation task where parts of a concept map are extracted and the other is structuring task where the extracted parts are composed. In Kit-Build Concept Map, then, all parts have been prepared beforehand and a learner is required to build a concept map by composing the provided parts. Because learners are provided the same parts in a building session of concept map, it is possible to diagnose their concept maps by comparing only the structure. In this research, we also discuss the conditions that Kit-Build method is adequately applied to. We have already designed and developed a system that supports learners to build concept map based on the considerations.

1. はじめに

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る命題の集まりによって意味構造を表した図的表現であり [Novak 2006], 知識や理解の外化・整理活動としての学習効果と共に、学習者の理解を共有・診断可能にする上で、大きな意義を持つとされている [山口 2002][Cimolino 2002][Gouli 2005]。本研究で目標とするインタラクティブ化とは、学習者が作った概念マップを自動的に診断し、フィードバックを返せるようなソフトウェアシステムを実現することである。Kit-Build とは、一般的には提供された部品(キット)を組み立てることで完成品を作成する(ビルド)ことを意味するが、ここでの Kit-Build 方式とは、概念マップ作成タスクを、(I)概念マップの構成要素を抽出する作業(分節化タスク)と、(II)それらの構成要素を組み立てる作業(構造化タスク)、の二つに分けた上で、教授者が用意した概念マップの構成要素(キット)を学習者に提供し、学習者にはそれらを組み立てる作業(ビルド)として概念マップを作らせることを指している。

この Kit-Build 方式では、学習者の組み立てた概念マップ(学習者マップ)の診断は、完成品として予め用意された概念マップ(ゴールマップ)との異同の抽出として行われることになる。学習者マップとゴールマップは構成要素が同じであるため、マップ間の異同は構成要素間の関係の異同として現われ、計算機による処理が容易となっている。このため、(i)個々の学習者マップをゴールマップと比較する、だけでなく、(ii)学習者マップ同士の比較、(iii)複数の学習者マップを重畳したマップ(重畳マップ)を作成することで学習者群としての理解を表すマップを作成・診断する、といったことも可能となる。この診断に基づくことで、(a) 個々の学習者や学習者群に対する指導や、(b)学習者の理解状態を考慮した協調学習のためのグループ編成、といった、概念マップを通じた学習者とのインタラクションが可能となる。また、学習効果の点でも、分節化タスクを省略していることは概念マップ作成の負荷を軽減しており、足場がけとして有効であると共に、概念間の関係に集中することになることから、構造化タスクにおいてはより高い効果が期待できる。

しかしながら、この Kit-Build 方式を用いるためには、「妥当なゴールマップの設定が可能である」という条件を満たす必要がある。この条件は、単にゴールを設定できるというだけでなく、分節化が適切であり、かつゴールマップと学習者マップの異同が学習者の理解を評価する上で有用であるという意味も含まれている。物事についての妥当な理解は非常に多様であることを考えると、この条件を完璧に満足することは不可能といえるので、実用に耐えるようにこの条件を満たす工夫を施すことが、本研究の目標となる。

まず、(1)適用場面を「意図を持って行われた情報伝達」に限る必要がある。たとえば、「授業を行った後、その内容についての理解を表明させる」などがこれにあたる。このように場面では、教授者が学習者に理解して欲しいことを設定することが可能であり、また、その設定したものに基づいて学習者を評価することが妥当であるといえる。さらに、本研究ではシステム上の工夫として、分節化の揺らぎを少なくするために、(2)提供される教材からの構成要素の切り出すものとしている。また、構造化の揺らぎに対応するため、(3)重畳マップに基づくゴールマップの調整、を行っている。さらにこれらの工夫は、一つの情報伝達活動に閉じるのではなく、(4)学習者の理解を反映した教材の再調整、につながるものである。この(2)から(4)は、教授者側とのインタラクションと捉えることができる。

以下本稿では、Kit-Build 方式の概要についてより詳細に述べた後、実装したシステムについて紹介する。なお本システムの運用・評価をすでに行っており、その結果を [山崎 2010]で報告している。

2. Kit-Build 式概念マップ作成

Kit-Build 式概念マップ作成は、図 1 に示したように、1)ゴールマップ作成過程、2)学習者マップ作成過程、3)マップ診断過程、4)フィードバック過程の 4 つの過程で行われる。以下、それぞれの過程について概説する。具体的な操作は、3 章でシステムの紹介と共に述べる。

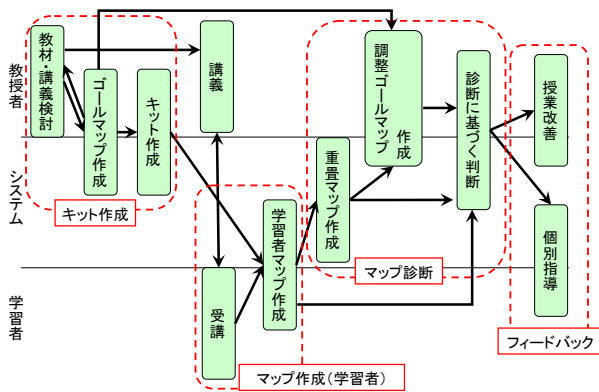


図 1: Kit-Build 方式による教授・学習活動のフロー

2.1 ゴールマップ作成過程

教授者は、情報伝達の目標となるゴールマップを作成する。このゴールマップを分解したものが、学習者に提供されるキットとなる。教授者がゴールマップを作成するということは、伝達する情報の分節化と構造化として正しいものを教授者が決定することであり、その妥当性を確認する仕組みが必要となる。本方式では、情報伝達に使うための明示的な電子教材が存在することを前提とし、ゴールマップの構成要素はその教材から取り出されるものとする。このため、ゴールマップを構成する全ての概念は教材中に存在するものであると同時に、それらが教材のどこに記述されていたかも確認できることを意味する。このことはさらに、単に電子教材があればよいのではなく、情報伝達の目的となるゴールマップとの関係を明示化可能な教材を用意することが求められることになり、教材の再検討を促すことが期待できる。ゴールマップの一例を図 2 に示した。このゴールマップを分割することでキットを作成する。この際、必ずしもノードやリンクといった最小の単位まで分割する必要はない。図 3 に図 2 のゴールマップから作成されたキットの一例を示した。

2.2 学習者マップ作成

Kit-Build 方式では、ゴールマップ作成過程で整備された教材を用いて、ゴールマップで表現された理解を目標とする講義などの情報伝達を学習者が受けることを前提とする。このような情報伝達の後、学習者は図 3 のようなキットを与えられ、これらを組み立てることによって自身の理解を表す概念マップ(学習者マップ)を作成する。

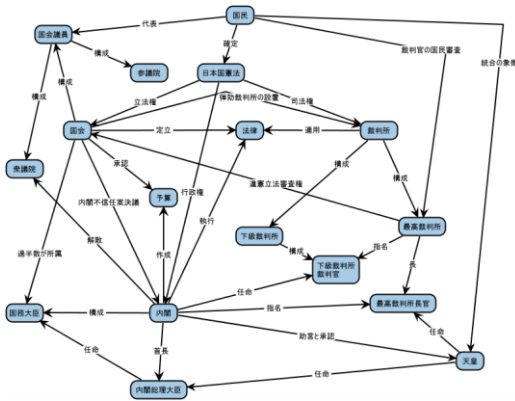


図 2: ゴールマップ

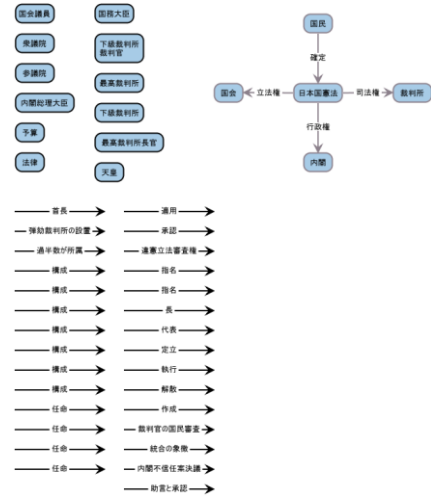


図 3: キット

2.3 マップ診断

同じキットを用いているため、学習者マップとゴールマップの差は関係付けの違いとなる。そのため、計算機によりその差分を抽出することができる。

しかし、ゴールマップは必ずしも、唯一の適切なマップとは言い切れないため、あらかじめ用意されたゴールマップで評価を行うのは妥当ではないこともあり得る。例えば、多くの学習者マップに含まれていて、ゴールマップに含まれていないリンクがあり、また必ずしもそれが誤りであるとは言い切れない。さらに、行った情報伝達を検討すると、そのリンクは十分妥当である、といった場合がありえる。このような場合には、そのリンクも正解として許容したほうがよい場合が存在する。ここで、学習者マップに含まれているがゴールマップに含まれていないリンクを過剰リンクと呼ぶ。また、学習者マップに含まれていないリンクを不足リンクと呼び、これらの許容を検討する必要がある。この作業は教授者によって行われることになるが、重畳マップとゴールマップを比較することでこの検討を行う。

重畳マップは、全学習者のマップを集約し、全体の様子を表示したものであり、その一例を図 4 に示した。重畳マップのそれぞれのリンクは重み付けされ、その重みは、そのリンクが存在するマップ数を、全マップ数で割った値としている。重畳マップはそれぞれのリンクをどれくらいの割合の学習者が引いたのかを示す。この重畳マップをゴールマップと比較することで、過剰リンクおよび不足リンクを見つけることができる。ここでは、閾値を設定し、ある値以上の重みを持つ過剰リンク、ある値以下の重みを持つ不足リンクについて、教授者に警告し、ゴールマップの調整を促す。この調整の結果、過剰許容リンクと不足許容リンクを設定する。これらの許容リンクは、過剰・不足を学習者の誤りとして判断しないリンクである。以降の評価においては、ここで作成された調整ゴールマップを基準に行う。

2.4 フィードバック

マップとその診断に基づくフィードバックを、教授者に対するものと、学習者に対するものに分けてそれぞれ説明する。

(1) 授業改善

重畳マップとゴールマップの差によって、情報伝達の目的が達成できない部分が可視化される。達成できない原因としては、(1)ゴールマップに問題がある場合と、(2)教材もしくは伝達方法

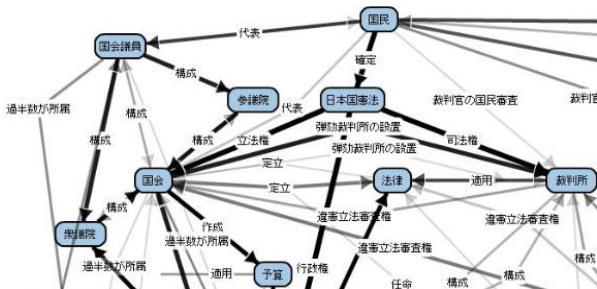


図 4: 重畳マップの一部

に問題がある場合、が考えられる。前者と判断された場合は、調整ゴールマップに対し更なる調整を行う必要がある。この調整ゴールマップは、次回と同様な情報伝達におけるゴールマップの設定において活用されることになる。後者と判断された場合には、教材、もしくは伝達方法の改善が必要となってくる。この場合、教材自体に不備がある場合だけでなく、学習者に合わなかった場合も含まれることとなる。この仕組みは、教材やその伝達法の問題の発見・認定と、その改善を明示化することにつながり、継続的な FD としての可能性を持っているといえる。

(2) 個別指導

学習者に対するフィードバックは、ゴールマップと学習者マップの差を示すことによって行う。ゴールマップにおける学習者マップの過剰リンクと不足リンクが指導の対象となる。その指導の方法のひとつとして、過剰リンクについては、関係するノードやリンクにおける教材部分の参照箇所、不足リンクについては、関係するノードとリンクについての参照箇所を提示し、学習者に再検討を行わせることが考えられる。

学習者マップのマップ全体の評価指標の一つとして、ゴールマップを基準とした再現率と適合率の調和平均として求めることができる F 値を用いている。再現率とは、ゴールマップ中に存在するリンクを、学習者がどの程度網羅することができているかを示している。適合率とは、学習者マップ中に存在するリンクのうち、ゴールマップに存在するリンクの割合を示す。学習者がリンクを多く引き過ぎたり、逆に引かな過ぎたりした場合、F 値は減少し、そのマップの評価は低下する。この指標は、特に注意や指導が必要な学習者の発見に用いることが可能である。

$$\text{再現率} = \frac{\text{正解リンク数}}{\text{許容でないゴールリンク数} + \text{学習者が引いた許容リンク数}}$$

$$\text{適合率} = \frac{\text{正解リンク数}}{\text{学習者リンク数}}$$

$$F\text{値} = \frac{2 \times \text{再現率} \times \text{適合率}}{\text{再現率} + \text{適合率}}$$

3. システムの概要

本研究では、以上の議論を踏まえて、「CmapSystem」を開発した。本システムは、概念マップ作成ツールである「CmapEditor」(図 5)と、評価ツールである「CmapAnalyzer」(図 6)の、2 つのクライアントシステム並びに、データベースサーバ「CmapDB」から構成される Web アプリケーションである。以下それぞれについて説明する。

3.1 CmapEditor

本ツールは Java で開発された。対応バージョンは 1.6 以上である。

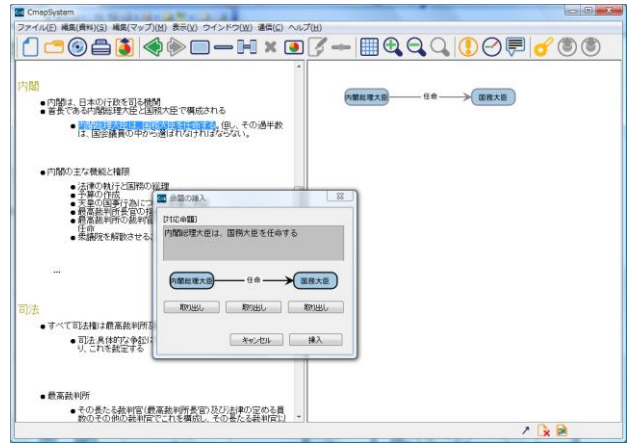


図 5: CmapEditor

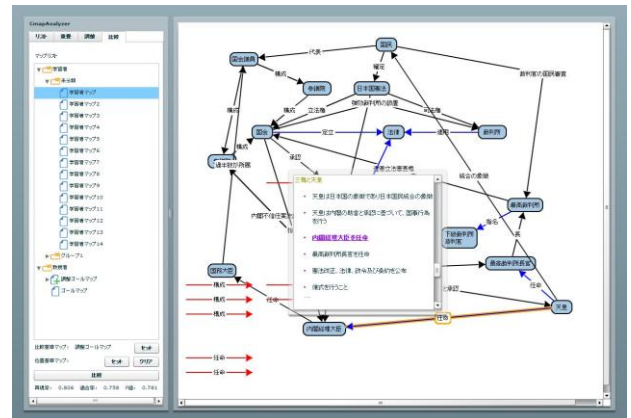


図 6: CmapAnalyzer

(1) ゴールマップ作成

概念マップを構成する意味の基本単位である命題に注目し、命題の取り出し操作を繰り返し行うことで作成する。図 5 では資料から「内閣総理大臣は国务大臣を任命する」という命題を文章から選択し、その後、その命題に対応するノード「内閣総理大臣」・「国务大臣」とリンク「任命」を取り出した。このとき、教材マッピングとして、キットと教材中の各命題との関連付けが行われる。この関連づけは、フィードバックに利用される。

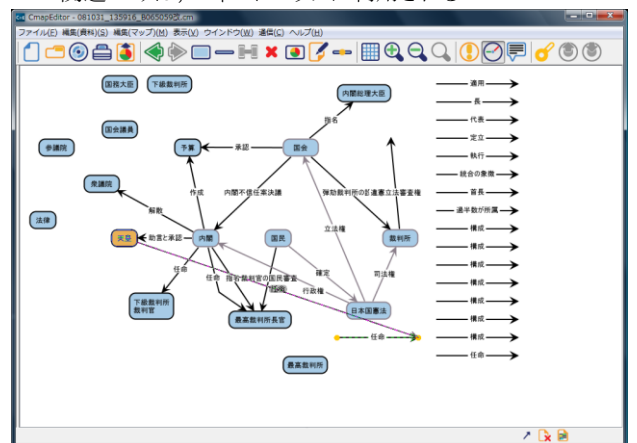


図 7: 学習者マップ

(2) キット作成

マップ分解機能により、ゴールマップからのキット抽出を支援する。

(3) 学習者マップ作成

図7に学習者マップの作成場面を示した。学習者は、自身の理解内容に基づいて、キット編集(ノードの移動、リンクの接続)機能によって与えられたキットを構造化し、マップを作成する。

3.2 CmapAnalyzer

本ツールは Flash で開発された。対応バージョンは Flash Player 10 以上である。

(1) 重畳マップ作成

重畳するマップをリストより選択し、作成する。
マップ中のリンクは重みが高いほど濃く太い線で表示される。

(2) 調整ゴールマップ作成

スライダにより、リンク表示の閾値を決定し、ゴールマップと重畳マップを比較する。過剰リンク及び、不足リンクについて警告を教授者に行い、調整を支援する。

(3) フィードバック

教授者に対し、重畳マップと調整ゴールマップ間の異同から誤解・欠落箇所を示し(図8)、授業改善を促す。また、個々の学習者に過剰・不足リンクを示し、個別指導を支援する。

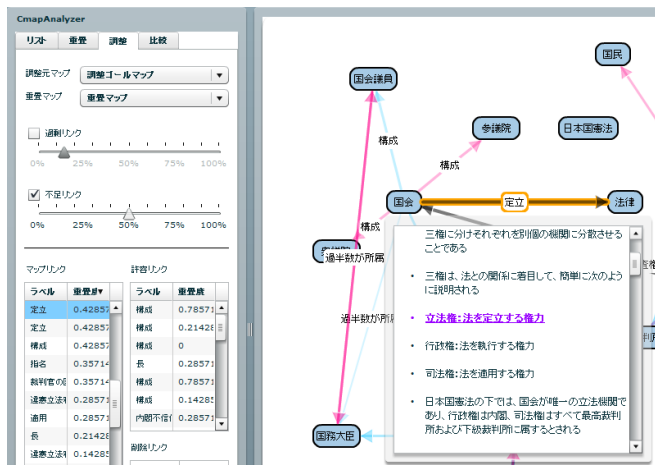


図8: 教材の再検討

3.3 CmapDB

本ツールは、Ruby on Rails 並びに、MySQL で開発された。対応バージョンはそれぞれ、Ruby 1.8.6, Rails 1.2.3, MySQL 5.1.30 以上である。

4. まとめ

概念マップを用いた学習支援システムは、すでにいくつか存在している。例えば、舟生らの開発した「あんどう君」は、学習者の概念マップ作成過程を再生するものであるが、これらのシステムの場合、ノードやリンクの描画を助けるだけで、その内容については学習者自身が記述することになっている(本研究では、Scratch-Build と呼んでいる)[稲垣 2001]。このようなマップの場合、自動診断は困難であり、マップの作成活動自体に焦点を当てたり、外在化されたマップを通じた学習者の自力での振り返りや学習者同士の相互診断、といったものに注目していたといえる。部品を提供して概念マップを組み立てさせるといった Kit-Build 方式と同様な試みは、これまでもいくつか行われている[竹谷 1997][鈴木 2001]が、この方式の定式化は不十分であり、適切に活用できるための条件についての考察や、本研究で

行われている重畳マップや調整マップの作成・利用といった工夫は行われていなかった。本研究の一つの意義は、概念マップに関して、「分節化」を教師に任せて、「構造化」のみを学習者に行わせていることを明確にした上で、その分離に伴う問題点を明らかにし、その問題点の解決策を提示している点である。また、分節化を省略し、構造化についてのみの学習活動を行わせるといった考え方は、学習支援における知識工学的アプローチにおいてしばしば採用されており、予め与えられた単文を取捨選択し適切に並べることによって問題を作らせるといった単文統合型の作問学習支援 [横山 2006]や、提供された Web ページ群を学習者が自分の理解を反映してリンクを付け替えることで再構造化することを可能にする試み [國近 2006]、を例としてあげることができる。本研究はこれらの発展形としても位置づけることができる。

本稿では、教授者と学習者による概念マップのインタラクティブな活用の実現を指向して、Kit-Build 方式の提案と、システム的设计・開発について述べた。Kit-Build 方式の概念マップを実現したシステムである CmapSystem はすでに複数回の運用実験を実施しており、その結果については[山崎 2010]において報告している。今後は、システムの整備と活用・評価と共に、Kit-Build 方式の理論的精緻化も行っていく。

参考文献

[Cimolino 2002] L.Cimolino, J.Kay: Verified Concept Mapping for Eliciting Conceptual Understanding, ICCE2002, 2002.
 [Gouli 2005] E.Gouli, A.Gogoulou: Evaluating learner's knowledge level on concept mapping tasks, ICALT2005, 2005.
 [稲垣 2001] 稲垣成哲, 舟生日出男, 山口悦司: 再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発と評価, 科学教育研究, 2001.
 [國近 2006] 國近 秀信, 松田 瑞生, 平嶋 宗, 竹内章: Web 教材の再構成を可能とした探求学習支援環境, 日本知能情報フレンジイ学会誌, 2006.
 [Novak 2006] Novak, J.D., & Canas, A.J.: The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them, Technical Report IHMC CmapTools, 2006.
 [鈴木 2001] 鈴木満, 猪俣敦夫, 村越広享, 東条敏, 落水浩一郎: コンセプトマップを用いた電子教材の評価手段の提案, ET2001-7, 2001.
 [竹谷 1997] 竹谷誠, 佐々木整: 学習者描画の認知マップによる理解度評価法, 信学会論文誌, 1997.
 [山口 2002] 山口悦司, 稲垣成哲, 福井真由美, 舟生日出男: 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, 2002.
 [山崎 2010] 山崎 和也, 福田 裕之, 平嶋 宗, 舟生日出男: Kit-Build 方式による概念マップを用いたインタラクションとその実験的評価, 人工知能学会全国大会, 2F1-2(2010).
 [横山 2006] 横山 琢郎, 平嶋 宗, 岡本 真彦, 竹内 章: 単文統合としての作問を対象とした学習支援システム的设计・開発, 教育システム情報学会誌, 2006.