

穴埋め問題に対する解答の構造的可視化

Structural visualization of user answer to a fill in the blank test

北村 拓也*¹ 山中 彰*¹ 前田 啓輔*¹ 林 雄介*¹ 平嶋 宗*¹

Takuya Kitamura Yamanaka Akira Maeda Keisuke Yusuke Hayashi Tsukasa Hirashima

*¹ 広島大学大学院工学研究科

Faculty of Engineering Hiroshima University

Graduate School of Engineering Hiroshima University

This paper describes a function that generates a series of fill-in-blank problems for a learning topic from a concept map that is built by a teacher as a summary of the learning topic. The concept map is composed of several propositions each of that is composed of two concepts and one link. A blank of the fill-in-blank problem is made by deleting label of the concept or link. Besides, we have developed a function that visualized the results of learners' answers for the problems. As an experimental use of this function, we had used the fill-in-blank problems in (1) science class of 5th grade in an elementary school, and (2) lectures of a university. As the results, the generated problems and the visualization are able to be used practically.

1. はじめに

小学校などで行われる一般的な授業において、理解の確認手段として穴埋め問題が広く用いられている。一般的な穴埋め問題は、授業中の重要な個所の集合から、いくつか抜き出して出題される。理解内容確認としての穴埋め問題を作る場合、教授者が重要な個所という集合を明示的に用意し、その中から何を問う、何を問わないかを選択して穴埋め問題を作る必要があるが、そのような穴埋め問題の作り方についての議論は乏しい。また、穴埋め問題を用いて何を問うているかについての整理の方法は定式化されていない。したがって穴埋め問題は生徒の理解状況を得点化することは出来るが、理解状況の構造的な把握は出来ていなかったといえる。

本研究では、教授者が「授業内容のまとめ」の構造を概念マップ[Novak 91]の形式で可視化した要点マップを作成し、その要点マップに基づいて、学習者にどの部分を問う、どの部分を問わないかを判断して、穴埋め問題を作ることの出来るシステムを作成した。また、先行研究で作られた概念マップ組み立て式課題を提供する、キットビルド概念マップシステム(以下、KB マップシステム)[Yamasaki 10, Hirashima11, Hirashima 15]を拡張し、教授者が要点マップの全てを問う必要性を感じた場合は、概念マップ組み立て式課題により、重要個所全てを問う課題を作成出来るように設計した。この KB マップシステムは、小学校等の実践授業において利用されており[山中 15]、マップ作成としての学習効果[Sugihara 12]や、形成的評価としての有用性[Yoshida 13]が確認されている。

それに加え、教授者が穴埋め問題を選択した場合、学習者の解答が授業内容の要点マップのどの個所を理解出来ていないかを把握するために、学習者の穴埋め問題の解答を概念マップの形で分析出来るようにした。

2. 研究背景

教授者が学習者に伝えたい内容が命題群として表現出来ると考え、理解の確認とは、学習者がそれらの命題群を持っていることを確認することである。穴埋め問題は、命題中の穴を埋めさせることで学習者にそれらの命題を再構成させ、学習者がそれらの命題を保持していることを確認しているといえる。また、穴埋め問題に回答するためにはほとんどの場合、学んだことをそのまま再現するリフレーズというよりも、言い換えるパラフレーズ

ズに相当することになり、意味的な処理を伴っているといえる。したがって、回答できた場合は相当する命題を保持している、と見なしてよいと考えられる。

本研究では、一つのトピックに関する命題集合は、構造をなしていると考え、ここでの構造とは、命題が孤立しているのではなく、それらが関連しているということを意味する。このように考え、個々の命題は、RDF の三つ組み表現[RDF Working Group 04]に準拠した記述である一文で記述できるものであるとすると、これらの命題集合は、概念と概念を関係で結び形でのネットワークの形式で表現できる。本稿では、これを要点マップと呼ぶ。

具体的には、「太陽は東の空から昇る」「太陽は西の空に沈む」という命題集合は、「太陽」を中心に命題間で関係があるので、構造をなしている。個々の命題を構成する三要素のうちいずれかを指定することで、その要素を空欄とした課題が穴埋め問題であり、三要素全てをバラバラにした課題が概念マップ組み立て式課題である。ここで、三要素は、二つの概念と概念間の関係で表現され、それぞれ、概念をノード、概念間の関係をリンクと呼ぶ。本研究で開発したシステムによって、理解度確認手段として、穴埋め問題と概念マップ組み立て式課題の2つの活動が行えるようになった。また、穴埋め問題の命題構造を可視化したものが概念マップであるという点に着目し、学習者の穴埋め問題の解答を概念マップの形式で分析する機能を開発した。

実際にこのシステムを、小学校の授業および大学の授業に関する予習映像の視聴による自習、大学講義での予習内容の確認を対象として、授業内容の理解の確認・補強を目的とした活動を実施した。この試みを通して、本システムが実践的に利用可能であることが確認出来たので報告する。

3. 授業の要点整理と課題化

穴埋め問題と KB マップの関係例を図1に示す。この例では、(A)4つの命題が定義されており、要点マップとして太陽の動きが整理されている(B1)。KB マップとしては、(C1)キットのように分解され、学習者に提供される。一方、この要点マップは、(B2)まとめ文のように自然言語で表現することもできる。そして、これを(C2)穴埋め問題のように各文においてマップ中のノードまたはリンクに対応する部分を空欄とし、それらの部分を空欄補充の部品として提供することによって、一般的な穴埋め問題を作成することができる。図1(C1)のキットを組み立てることと、図1(C2)の穴埋め問題において空欄にした部分の語彙を選択肢として提供することで、内容としては同じことを問う課題となる。

このように穴埋め問題を要点マップとしても表すことが出来る命題構造から生成することによって、同じ内容で形態を変えて

課題化することができる。また、この例の規模の命題構造であれば、それほど変わりはないが、規模が大きくなり命題数が増加すると、まとめ文および穴埋め問題では文および問題が多くなってしまい、紙媒体での実施は困難となる。そのため、より抽象度を上げてまとめの項目を少なくするか、一般的な理解確認のための穴埋め問題の提示では、一部を使ってサンプリング的に学習者の理解を測っているといえる。

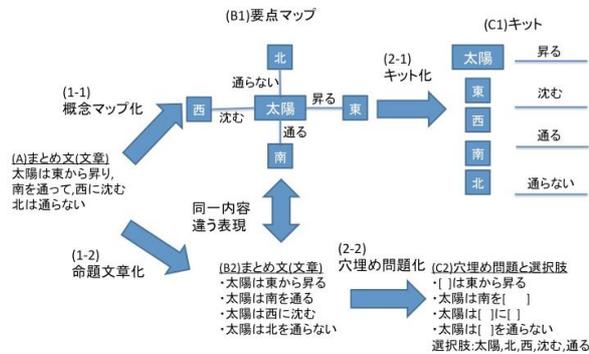


図1 穴埋め問題とKBマップの関係例

4. 穴埋め問題システム

システムの全体構成を図2に示す。このシステムは、KBマップシステムを拡張する形で設計、開発されている。KBマップシステムは、学習者が概念マップ組み立て式課題を解くために使用する、KBマップエディタと、教授者が生徒の解答データを分析、または概念マップ組み立て式課題を作成するために使用するKBマップアナライザ、またそれらのデータを管理するKBサーバで構成される。

穴埋め問題システムは、学習が穴埋め式問題課題を解くために使用する穴埋め問題エディタ、教授者が学習者の解答を分析するために使用する穴埋め問題アナライザ、教授者が穴埋め式問題課題・概念マップ組み立て式課題を作成するために使用する、穴埋め問題作成エディタ、それらのデータを管理する穴埋め問題サーバで構成される。

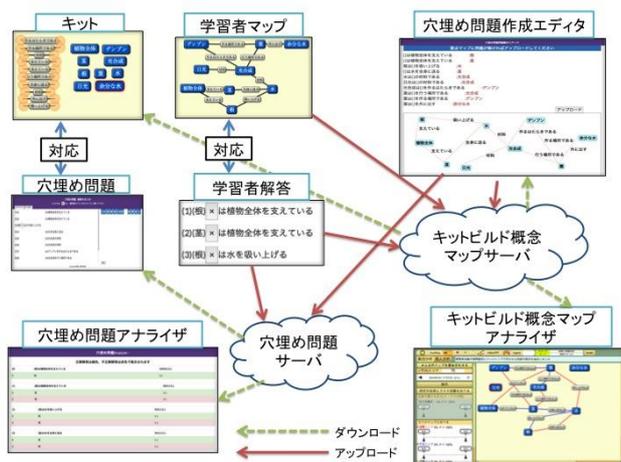


図2 システムの全体構成図

5. 課題の作成と利用の流れ

実際の授業において、教授者と学習者が本システムを使用する場合の手順の流れを示す。

5.1 教授者による課題作成

教授者は穴埋め問題作成エディタを用いて、課題の作成を行う。この際に、既に概念マップ組み立て式課題をKBマップシステムで作成しているかどうかで、処理が分岐する。

(1)既に概念マップ組み立て式課題を登録している場合

穴埋め問題作成エディタにおいてそのマップを選択することで、ノード・リンク情報から自動的に命題をシステムが提示する。

命題には予めノード、リンク位置を示す記号が埋め込まれている。マップ情報から自動生成された命題例を図3に示す。これはマップの「ノード・リンク・ノード」を一つの命題として整形し、間を固定された助詞(ノードはノードのリンクである)で補うことにより実現している。

教授者は必要があれば、その情報を修正し、穴埋めにするノード・リンクを選択することで、穴埋め問題を作成する(図4)。

この際に、自動生成された要点マップ図5を見ることで、教授者は何を問うて、何を問わないかを確認することが出来る。

(2)概念マップ組み立て式課題を登録していない場合

この場合は、穴埋め問題と概念マップ組み立て式課題を同時に作成し、登録を行う。教授者は穴埋め問題作成エディタ上で、自由に命題を入力、もしくは頻繁に使われる命題をまとめた、命題テンプレートを用いることで、授業の要点を命題形式で記述する。

次に、命題テンプレートを用いていない場合、ノード・リンクを決定する必要がある。ノード・リンク部分を選択し、教授者が決定するか、自動選択機能を用いて、命題のノード・リンクを自動決定する(図6)。これは形態素解析と係り受けを用いて判定を行う。係り受けによる、末尾と判定された句から、形態素解析により助詞を抜いた単語をリンクとし、それに掛かっている句から助詞を抜いた単語をそれぞれノードとする。全ての命題のノード・リンクを決定し、穴抜き箇所を選択すると、自動的に要点マップが生成される。要点マップのレイアウトは自動で決まり、7秒間システムが動的にレイアウトし、その後静的に教授者が配置を変更する。配置を決定すると、穴埋め式課題と概念マップ組み立て式課題が登録される。

要点マップ生成手順は、以下である。

- (i)全ノードをユニークなノードにする
- (ii)各々のノードをリンクと紐づける
- (iii)その構造を元に、力学モデルによるグラフ描画(力指向アルゴリズム)を用いて動的なレイアウトを行う(図7)。
- (iv)7秒後にレイアウト計算を止めて、教授者が静的なレイアウト操作を可能にする(図8)。

要点マップ名を入力し、決定すると、ノードの座標、リンクの座標などがKBマップサーバに登録され、穴埋め問題作成エディタで生成した要点マップがレイアウトも含めて登録される(図9)。この機能により、従来まで概念マップ形式でしか作れず、難易度が高かった(普段しない作業のため)要点マップ作成が、命題形式で入力するだけで作られるようになった。

また、同時に穴埋め問題サーバにその要点マップに紐づいた穴埋め問題が登録される。(1)の場合もだが、穴埋め問題を登録する際、同時にサーバに命題テーブルとして命題を登録している。命題を登録することで、穴埋め問題アナライザによる命題ベースの採点が可能となる。

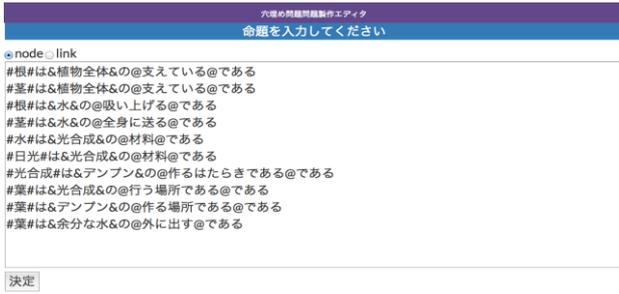


図3 マップ情報から自動生成された命題例

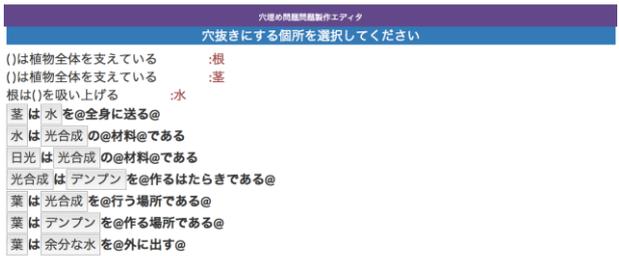


図4 穴抜き箇所を選択している図

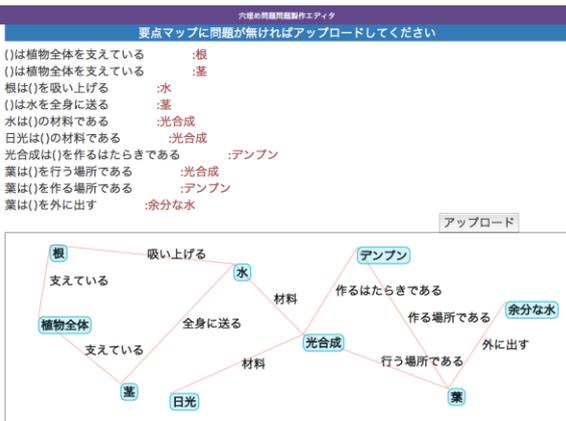


図5 自動生成された要点マップ



図6 ノード・リンク決定画面

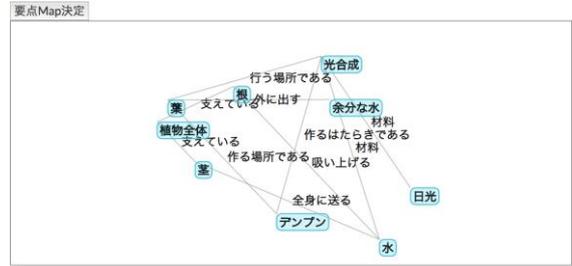


図7 自動生成・自動レイアウトされた要点マップ

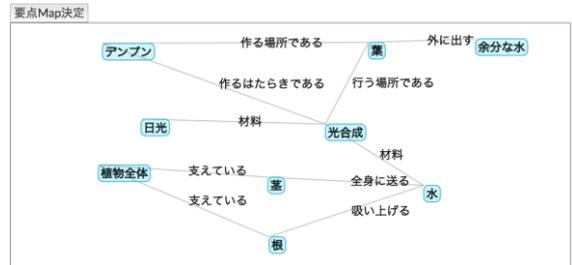


図8 静的にレイアウトした要点マップ

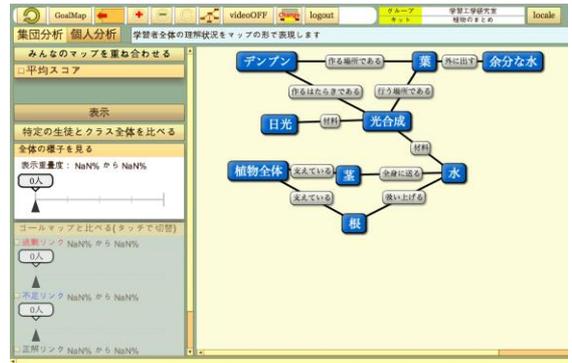


図9 穴埋め問題作成エディタから KB アナライザに登録された要点マップ

5.2 穴埋め問題エディタの利用

学習者は穴埋め問題エディタ(図10)を用いて、穴埋め問題に解答する。解答箇所を指定した部分が空欄になり、選択肢として用意されたノード・リンクをドラッグ&ドロップして解答する。学習者が解いた穴埋め問題の解答は、命題形式で KB マップサーバ・穴埋め問題サーバにアップロードされる。

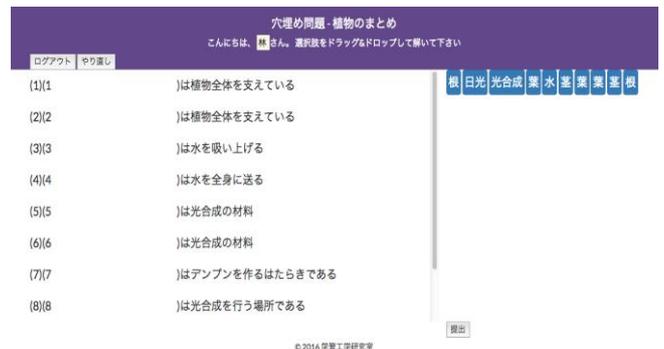


図10 穴埋め問題エディタ初期画面

5.3 教授者による分析

教授者は穴埋め問題アナライザ(図 11)を用いて各設問での解答,解答人数,正誤,正答率等を確認できる。また,KB マップアナライザ(図12)を用いて,各学習者の解答と教授者が作成した要点マップとの比較による正誤や学習者全員の解答をマップ形式で重ね合わせた重畳マップから,全体の傾向を確認することが出来る。これらはリアルタイムに行うことが出来,教授者はその情報を用いてフィードバックを返す。

また,穴埋め問題解答構造を可視化することにより,教授者には以下の利点があると考えられる。第一に,命題間の関係性が可視化されていることの利点として,個別に見るだけでは分からない,学習者における命題に対する理解が不足しているかが分かる。具体的には,以下の命題を出題した場合を考える。

{(1)根は植物全体を支えている, (2)茎は植物全体を支えている, (3)根は水を吸い上げている, (4)茎は水を全身に送る, (5)水は光合成の材料である, (6)日光は光合成の材料である, (7)光合成はデンプンを作る働きである, (8)葉は光合成を行う場所である, (9)葉はデンプンを作る場所である, (10)葉は余分な水を外に出す}

この時,学習者が{(5)水は光合成の材料である, (6)日光は光合成の材料である, (7)光合成はデンプンを作る働きである, (8)葉は光合成を行う場所である} という 4 問を間違えていた場合,通常の穴埋め問題では,その問題が間違えているという正誤と 10 問中 6 問正解で 60 点という得点化を行えるが,一見しただけで学習者の理解状況を把握することは難しい(図 11)。

穴埋め問題解答構造を可視化した場合,一見してこの生徒が「光合成」に関しての理解が不足していることが分かる(図 12)。

また,問題数が増えた場合も,1 つの図として学習者全体の理解状況の把握が出来るということも利点として挙げられる。

穴埋め問題Analyzer			
正解解答は緑色, 不正解解答は赤色で表示されます			
(0)	(根)は植物全体を支えている	100%2/2人	
0	根	2人	
(1)	(茎)は植物全体を支えている	50%1/2人	
0	茎	1人	
0	葉	1人	
(2)	(根)は水を吸い上げる	50%1/2人	
0	根	1人	
0	茎	1人	
(3)	(茎)は水を全身に送る	50%1/2人	
0	茎	1人	
0	根	1人	
(4)	(水)は光合成の材料	100%2/2人	
0	日光	1人	
1	水	1人	
(5)	(日光)は光合成の材料	100%2/2人	
0	水	1人	
1	日光	1人	

図 11 穴埋め問題アナライザで学習者解答データを分析

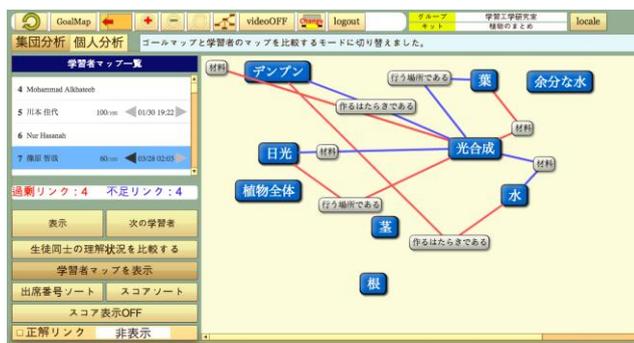


図 12 穴埋め問題の学習者解答データを KB マップアナライザで分析

6. 実践での利用

本システムを(I)A 大学附属小学校 5 年生の理科の 3 時限(1 単元), および(II)B 大学文学部での集中講義,(III)C 大学工学部で利用した。小学校での利用では, 2 クラスで同一内容の授業において穴埋め問題のみもしくは KB マップのみを用いて, それぞれの課題の成績と最終課題として両クラスに提供した。B 大学文学部での利用については, 1 クラスのみでの実施であり, 学習者に穴埋め問題, KB マップの順で両方の課題を実施した。C 大学工学部については, 103 名に事前に予習していた内容の確認として, 穴埋め問題システム, 穴埋め問題解答構造可視化機能を利用した。(I) (II) に関しては実装時期の関係で穴埋め問題解答構造可視化機能を利用していない。これらの実践により, 穴埋め問題システムが実践的に利用可能であることが分かった。

7. まとめ

本稿では, 一連の命題構造を記述することで, KB マップに対応する穴埋め問題が生成できる機能を実現した。さらに, 穴埋め問題の学習者解答データ構造を可視化する機能を実現した。

参考文献

- [Hirashima 11] T Hirashima, K Yamasaki, H Fukuda, H Funaoi: Kit-build concept map for automatic diagnosis, Proc. of Artificial automatic diagnosis, Proc. of Artificial Intelligence in Education 2011, 466-468, (2011).
- [Hirashima 15] Hirashima T, Yamasaki K, Fukuda H and Funaoi H: Framework of kit-build concept map for automatic diagnosis and its preliminary use, Research and Practice in Technology Enhanced Learning 2015, 10:17, (2015).
- [Novak 91] Novak, J.D., & Canas, A.J.: "The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them", Technical Report IHMC CmapTools, (2006).
- [RDF Working Group 04] [1] RDF Working Group:RDF Semantics, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-mt-20040210/>, (2004).
- [Sugihara 12] K Sugihara, T Osada, S Nakata, H Funaoi, T Hirashima: Experimental evaluation of kit-build concept map for science classes in an elementary school, Proc. ICCE2012, 17-24,(2012).
- [Yamasaki 10] K Yamasaki, H Fukuda, T Hirashima, H Funaoi : Kit-build concept map and its preliminary evaluation, Proc. of ICCE2010, 290-294,(2010).
- [山中 15] 山中彰, 前田啓輔, 林雄介, 平嶋宗, "形成的評価とフィードバックのリアルタイム化を指向したキットビルド概念マップの教師用アナライザの設計・開発", 日本教育工学会研究報告集, JSET15-5, pp.19-26,(2015).
- [Yoshida 13] K Yoshida, K Sugihara, Y Nino, M Shida, T Hirashima, Practical Use of Kit-Build Concept Map System for Formative Assessment of Learners' Comprehension in a Lecture, Proc. of ICCE2013, pp.906-915(2013).