

学習者の状況に応じたヒント提示による Kit-Build 方式概念マップ作成支援

An Adaptive Support for Learner Map Building in Kit-Build Concept Mapping

水田 曜平*¹ 平嶋 宗*¹ 舟生 日出男*¹
 Youhei Mizuta Tsukasa Hirashima Hideo Funaoi

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

In kit-build concept map, a learner makes a map by combining provided parts which are prepared by a teacher. In this research, we design and develop support function for a learner to build a concept map on the way. The support has been implemented as a hint to suggest the learner to notice the next step of the building. This support is able to realize by comparing learner map at the time with the goal map which is an important feature of the kit-build concept map. We also report results of a preliminary experiment this paper.

1. はじめに

学習者に知識の関連付けを行わせる学習方法の 1 つに、概念マップを作成させる方法がある。概念マップとは、2 つ以上の概念とそれらの関係からなる命題の集まりによって構成される図的表現であり[Novak 2006]、知識や理解の外化による整理を目的としている。学習者は自身の知識・理解から命題を抽出し、命題に含まれる概念をノード、概念間の関係をリンクとして表すことで概念マップを作成する。そのようにして作成された概念マップを診断することにより、学習者が知識の関連付けを正しく行っているかどうか調べることができる。

概念マップを利用した研究の 1 つとして、Kit-Build 方式[福田 2010][Yamasaki 2010]が提案されている。Kit-Build 方式では、初めに教授者が教材から学習者に伝達すべき大事な命題を抽出してゴールマップを作成する(図 1 左)。次にゴールマップをノードとリンクに分解することで、キットと呼ばれる部品を生成し、学習者に提供する(図 1 右)。学習者は提供されたキットを組み立てることで、自身の理解を表現する学習者マップを作成する。このようにして作成された学習者マップはゴールマップと同一の部品で構成されているため、それらの差分を取ることで、学習者の間違いを診断することができる。

教材の内容について学習者に学ばせるために Kit-Build 方式を利用することができる。通常概念マップ作成では、学習者によって、抽出した概念の粒度や表現等に差が生じるため、教材中に存在する教授者の伝えなかった重要な概念全てを学習者がマップに表現できるとは限らない。一方 Kit-Build 方式では、あらかじめ教授者の伝えなかった概念は全てキットとして用意されるため、学習者はそれを組み立てることで教材中の重要な概念とそれらの関係について漏れなく学ぶことができる。しかし、あらかじめ部品が与えられることは、学習者がマップを上手く作成できず行き詰まる状況を生み出す可能性がある。現状の Kit-Build 方式では学習者のマップ作成に対する支援は行われておらず、学習者の行き詰まりを解決する手立てはない。

そこで本研究では、学習者のマップ作成に対する支援を行うことで、学習者の行き詰まりの解消を目指す。そのために学習者の状況に応じたヒントを提示する機能の設計・開発を行った。

以下本稿では、第 2 章で学習者マップ作成支援法、第 3 章

でシステムの概要、第 4 章で評価実験について述べる。

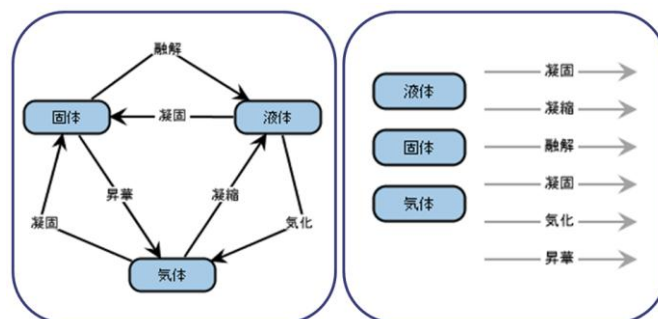


図 1 「物質の三態」のゴールマップ(左)とキット(右)

2. 学習者マップ作成支援法

本研究では、学習者のマップ作成支援法として、学習者の行き詰まりを解消するために、ヒントを提示する。

現状の Kit-Build 方式でも、学習者マップとゴールマップの比較を行うことで、学習者マップに存在する間違いが全て判明するため、それをヒントとして提示することができる。しかし、間違い部分を全て提示すると学習者はどこからつなげてよいかかわらず、あまり有効なヒントではないと考えられる。

そこで有効なヒントを提示するために、まず、ヒント対象や提示方法、提示するヒントの決定法について定義する。

2.1 ヒント対象

Kit-Build 方式において、間違いの診断はゴールマップと学習者マップのリンクの比較により行っている。そこで、ヒント対象を決定するために、学習者マップのリンクの分析を行った。その結果、学習者マップに現れる間違いを示すリンクは、少なくとも 1 つのノードに接続されているがゴールマップと比較すると正しくつながっていない誤接続リンクと、どのノードにもつながっていない未接続リンクの 2 種類に分類することができた。

これらの間違いを学習者がマップ作成中にどのように修正するかを考えると、未接続リンクは正しい場所につなぐ作業が必要となる。一方、誤接続リンクの修正には、マップ中から誤接続リンクであるものを探し出したのち、正しい場所につなぐ作業が必要である。このことから、誤接続リンクの方が修正するのは難しいと考えられるため、本研究ではまず未接続リンクを対象としてヒントを出すこととした。

2.2 ヒント提示方法

前節より、ヒント対象を未接続リンクとしたため、学習者にリンクについて考えさせることができるヒントを提示する必要がある。

そこで、ヒント対象となる未接続リンクが本来つながらるノード 2 個を提示することで、学習者が未接続リンクに着目して考えることができるようにした。

2.3 提示するヒントの決定法

学習者に提示できるヒントが複数ある場合、どのヒントを学習者に提示するかを決める必要がある。そのためにヒントに優先度を設定し、その優先度の高いものを学習者にヒントとして提示することとする。

本研究では、優先度を学習者のマップ作成履歴をもとに決定した。その理由として、マップ作成履歴から、学習者のマップ作成活動の意図をある程度推測できると考えたからである。以下、設定した優先度について、優先度の高い順に述べる。

(1) グループ作成

ゴールマップにおいて意味的にまとまりがある部分について、学習者は連続してマップ作成を行うことがある。これはマップ作成履歴における特徴的な履歴の 1 つである。学習者がこのように特徴的なマップ作成を行っている場合、その特徴に関係があるヒントを提示することは意義があると考えられる。そこで、学習者が意味的にまとまりのある部分を作成している場合、そのまとまりの中から学習者がまだつなげていない部分をヒントとして提示する。

図 2 に学習者のマップ作成の例とその場合に提示するヒントの例を示す。なお図中の丸囲み数字は、学習者の作成手順を順に示したものである。図 2 の左図は、「データ型」についてのまとまりの例である。この図において、学習者が丸囲みの数字で示した順にマップを作成しており、なおかつマップ中の楕円で囲まれた部分をまだつなげていないと仮定すると、この時ヒントとして提示されるのは、まとまりの中でまだつなげていない「数値型」と「実数型」の部分となる。

ただし、従来の Kit-Build 方式のマップでは、マップ中に意味的なまとまりがあるかどうかは、教授者や学習者はノードやリンクの意味などから判断できるが、システムでは判断できない。そこで、教授者がゴールマップ作成後、意味的にまとまりがある部分に関してグループ化設定を行うことで、システムが意味的なまとまりがあることを判断できるようにした。これに関しては、第 3 章にて詳しく述べる。

(2) 概念中心作成

特徴的な履歴の 1 つとして、学習者は特定のノードを中心にマップを作成していくことがある。この時、学習者は特定概念についての理解が深まっていると考えられる。このような状況において、中心となっている概念について関連するものを学ばせることは意義があると考えられる。そこで、このようなマップ作成を学習者が行っている場合、学習者には、中心となっているノードに関するヒントを提示することとする。

図 2 の中央図はノード「関数」を中心に学習者が作成している例であり、まだ「関数」につながるものがあるような場合、その部分をヒントとして学習者に提示する。

(3) 直近隣接

上記 2 つのような特徴的な作成手順がない場合、最新の履歴に関するヒントを優先して提示する。マップ作成履歴に現れる一番新しい直近の履歴というものは、学習者が現在まで考えて

いたことだと推測できる。学習者が現在考えていることに対するヒントを提示することは効果的であると考えられるため、直近の履歴に関係するヒントを提示することとした。

図 2 右図において、学習者の作成履歴には特徴的な作成手順が見られない例となっている。このとき学習者の直近の履歴は「引数」と「関数」の接続であるため、「引数」につながる場所をヒントとして学習者に提示する。

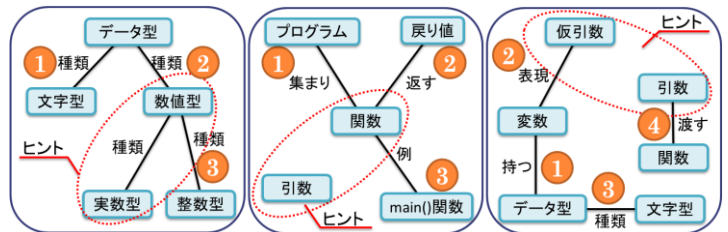


図 2 作成履歴の例とその場合のヒント提示例

3. システム概要

以上の議論を踏まえ、従来の Kit-Build 方式を実装したシステムの改良を行った。改良点を以下で述べる。

3.1 グループ化

教授者はまず従来の Kit-Build 方式の通りにゴールマップを作成する。その後、教授者はゴールマップの中から意味的なまとまりがあるから学習者にひとまとまりで考えて欲しいと思う部分に関してグループ化を行う。このため、グループ化は教授者によって異なる可能性がある。しかし、授業を担当する教授者の判断を反映していることから、妥当であると考えられる。

3.2 ヒント提示

従来通り、学習者は与えられたキットを組み立てることでマップ作成を行う。マップ作成中、学習者には行き詰まったと感じた際にヒントボタンを押してもらい、システムはその時点の学習者のマップ作成履歴から、優先度の高いヒントを提示する(図 3)。

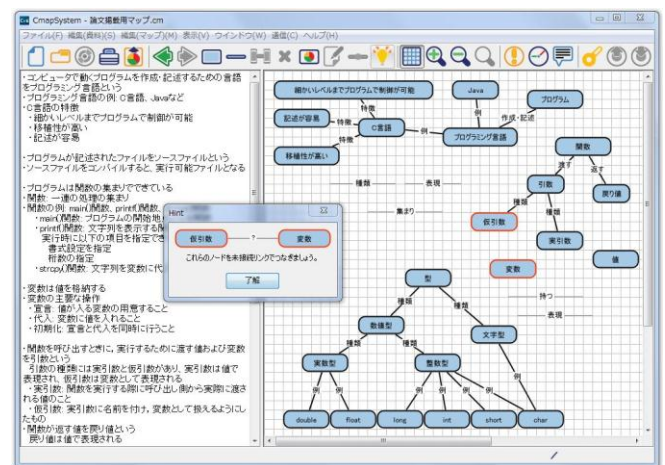


図 3 学習者へのヒント提示

4. 評価実験

本研究では、既存の Kit-Build システムにヒント提示機能の付加を行った。そこで付加したヒント提示機能自体が学習者にとって有用性の高い機能であるかどうかの検証を行った。

4.1 方法

被験者は大学生 32 名で、ランダムに 2 グループへと被験者数が均等になるように振り分けた。以降、グループ 1、グループ 2 と呼んで区別する。なお、実験中 1 台のマシンにトラブルが発生したため、有効被験者数はグループ 1 が 15 名、グループ 2 が 16 名の計 31 名となった。

実験は以下のような手順で行った。なお、使用した課題については次節にて説明する。また、以下で述べるマップ作成とは、課題の資料を読みながらキットを組み立てる作業のことを指す。

まず、システムの使用練習を行ってもらうために、グループ 1、グループ 2 ともに同じ教材を練習課題として与え、ヒント提示機能を使用せずにマップを作成させた。全員が練習課題終了後、ヒント機能無しでマップを作成させた。作成時間は 30 分とした。この時、グループ 1 には「課題 A: 生物の細胞」についての教材を課題として与え、グループ 2 には「課題 B: 植物のからだのつくり」についての教材を課題として与えた。作成時間終了後、質問紙の中のヒント無しで解いた課題に関する質問項目のみに回答させた。全員の回答終了後、ヒント機能有りでマップ作成させた。作成時間は先ほどと同じく 30 分とした。この時、グループ 1 には課題 B、グループ 2 には課題 A と先ほど解いていない方の課題を提示した。作成時間経過後、質問紙の残りに回答させた。

4.2 課題

評価実験において、3 つの課題を用意した。課題の内訳は、練習課題 1 つと本課題 2 つ(課題 A、課題 B)である。

練習課題は「水の循環」の資料(3 段落, 282 文字)とキット 27 個(ノード 11 個とリンク 16 本)から構成される。

課題 A は「生物の細胞」の資料(4 段落, 947 文字)からなる資料と、キット 63 個(ノード 24 個とリンク 39 本)から構成される。課題 B は「植物のからだのつくり」の資料(5 段落, 965 文字)からなる資料と、キット 58 個(ノード 27 個とリンク 31 本)から構成される。これら 2 つの課題については、ゴールマップに命題 8 個からなるグループを 1 つ設定している。

4.3 実験結果と考察

ヒント提示機能の有用性を検証するために、システムの使用結果と質問紙結果から分析を行った。

(1) 練習課題

練習課題の結果、ゴールマップと完全一致した被験者は 31 人中 22 人であった。また、誤接続リンクは 1 人当たり平均 0.581 本、未接続リンクは平均 0.097 本であった。このことから被験者は Kit-Build 方式におけるマップの作成の仕方やシステム使用の練習が十分にできたと考えられる。

(2) ヒント使用回数

システムの使用結果として、まずヒントの使用回数に着目した。その際、被験者がヒントボタンを押した後の履歴が、[1] 提示されたヒントの場所をすぐにつないだとき(図 4a)、[2] 提示されたヒントの場所につないでいたリンクを外してから提示場所をつないだとき(図 4b)、[3] 提示されたヒントの場所と同関係のものをつないでから提示場所をつないだとき(図 4c)、のいずれかに該当した場合、提示したヒントは有効なヒントであったとみなした。

図 4a において、ヒント提示場所を被験者がリンク A でつないだとき、[1]に該当する。図 4b において、被験者がリンク A を外してからリンク B をつないだとき、[2]に該当する。図 4c の状況において、先に「器官」と「葉」をつないでから、提示されたヒント

である「器官」と「根」をつないだとき、[3]に該当する。このとき、被験者はヒント部分である「器官」と「根」の関係を理解できたため、同じ関係性の「器官」と「葉」についても理解できたのではないかと推測できる。そのため、ヒント提示部分をつないだのが、同関係の部分をつないだ後だとしても、有効であるとした。

有効ヒントを踏まえて、ヒント使用回数についてまとめた結果を表 1 に示す。課題 A でのヒント使用 81 回、課題 B でのヒント使用 58 回の計 139 回のヒントが使用された。ヒント回数の総計を 1 人当たりで平均すると 4.48 回となった。このことから、実際にヒント機能は学習者に使用されていることが確認できた。また、ヒント回数 139 回のうち、有効ヒントとみなすことができたヒントは 110 回であり、有効ヒントの割合は 79%となった。

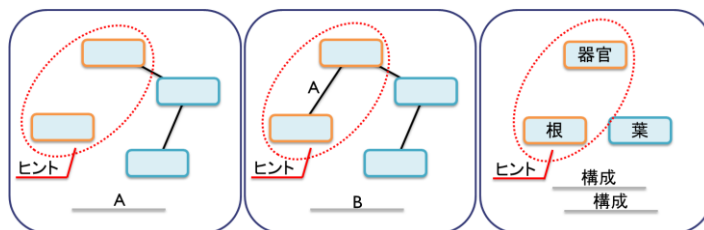


図 4 ヒント提示例(左:[a], 中央:[b], 右:[c])

表 1 ヒント使用回数

	ヒント回数		有効ヒント数		有効ヒント割合
	合計	平均	合計	平均	
課題 A	81	5.06	61	3.81	0.75
課題 B	58	3.87	49	3.27	0.85
総計	139	4.48	110	3.55	0.79

(3) ヒント有無による演習結果の差

ヒント機能が有効であったか検証するために、ヒント有無における演習結果の差について検定を行った。結果を表 2 に示す。

グループごとでヒント無しで行った課題とヒント有りで行った課題は異なり、そのままでは結果を比較できないため、データの正規化を行っている。それぞれの被験者の演習結果を、作成時間については秒数に変換した後、キット数で割ることで、誤接続リンクと未接続リンクについてはリンク数で割ることで正規化した。なお、表 2 の「ヒント無し」と「ヒント有り」の行は正規化後のデータの平均値を示している。この正規化したデータを用いて、検定を行った。作成時間に関してはデータに正規性が有ったため、対応のある t -検定を行ったところ、 $p = 0.074 < 0.10$ となり有意傾向が認められた。誤接続リンクと未接続リンクに関してはデータに正規性が無かったため、ウィルコクソン符号付順位和検定を行った。その結果、誤接続リンクは $p = 0.571 > 0.10$ となり、有意差も有意傾向も認められなかった。一方、未接続リンクは $p = 0.044 < 0.05$ となり、有意差が認められた。

このことからヒント無しよりヒント有りの方が作成時間は減少傾向にあるということが分かった。また、未接続リンクは減少しているといえる。誤接続リンクについては有意差が認められなかったが、本研究では誤接続リンクはヒント対象にしておらず、有意差が認められないのは当然だと考えられる。

表 2 ヒント有無による演習結果

	作成時間	誤接続リンク	未接続リンク
ヒント無し	25.01	0.1089	0.0199
ヒント有り	23.66	0.0823	0.0037
p	0.074	0.571	0.044

(4) 質問紙結果

被験者に行った質問紙の内容とその結果について表 3 から表 8 に示す。なお表 3 には、それぞれの質問の選択肢項目を示している。また表 4 は、課題 A を解いた後と課題 B を解いた後に同じ質問を行い、被験者のそれぞれの回答を合計したものを示している。以下で注目した部分について述べる。

表4の AB3 と AB4 を見ると肯定的回答が多く、用意したキットは教材の内容について十分に表せていたのではないかと考えられる。また AB7 より、与えられた部品を組み立てることで、教材の内容について学習することができたと大部分の被験者が考えたことが分かる。なお、二つの課題に関してアンケートの内容に大差はなかった。表 6 の D1~D4 を見ると肯定的回答が多く、被験者は提示したヒントについて十分考えることができていると思われる。表 8 の F1, F2 の結果から、被験者にとってヒントが提示された方がマップを作成しやすいということが分かる。

(5) 実験結果まとめ

被験者のヒント使用回数は平均 4.48 回であり、実際にヒント機能は使用されていた。質問紙の結果から、被験者は提示されたヒントについて十分考えることができている。それは提示したヒントの 79% が有効なヒントであったことからわかる。また、被験者からは、ヒント無しよりヒント有りの方がマップ作成しやすいという回答が得られ、システムの使用結果から、実際に、作成時間の減少(有意傾向)や未接続リンクの減少(有意差)が認められた。これらのことから、本研究において付加したヒント提示機能の有用性は高いのではないかと考えられる。

表 3 質問項目ごとの選択肢

	4	3	2	1
[*1]	そう思う	ややそう思う	あまりそう 思わない	そう思わない
[*2]	75%以上	50%以上	25%以上	25%未満
[*3]	何度もある	数回ある	一回しかない	全くない

表 4 課題についての質問結果合計

	4	3	2	1
AB1. 課題の内容について、およそ、どれくらい知って いましたか。[*2]	14	14	17	17
AB2. 教材の内容は理解しやすかったですか。[*1]	14	28	13	7
AB3. 与えられた部品は、教材の内容を表す上で十分 だと思えましたか。[*1]	18	35	6	3
AB4. 与えられた部品は、教材の内容から判断すると 適切だと思えましたか。[*1]	23	30	5	4
AB5. 時間内に、マップを完成させることができました か。[*1]	38	13	6	5
AB6. 自身の考えの通りに、マップを完成させることが できましたか。[*1]	19	17	19	7
AB7. 与えられた部品を組み立てる(マップを作成す る)ことで、教材の内容について学習することがで きましたか。[*1]	21	30	7	4

表 5 マップの作成に関して

	4	3	2	1
C1. 概念マップの作成を取り入れた学習を経験したこと はありますか。[*3]	1	5	5	20

表 6 ヒント全般について

	4	3	2	1
D1. 提示されたヒントを見ることで、次に、どのノードに ついて考えるべきかを理解できた。[*1]	16	10	4	1
D2. 提示されたヒントについて、十分考えたうえで、リンク でつなぐことができた。[*1]	15	8	5	3

D3. 何故そのヒントが提示されたのか、その理由を理解 する(考える)ことができた。[*1]	8	14	7	2
D4. 提示されたヒントは、マップの他の部分を作成する 際の参考になった。[*1]	11	14	5	1
D5. 提示されたヒントは、直前まで考えていた部分に関 係するものだった。[*1]	4	10	8	9
D6. 提示されたヒントは、その時の状況において最も優 先されるヒントだった。(他に優先されるべきヒントは 無かった。)[*1]	5	13	11	2

表 7 記憶への影響について

	4	3	2	1
E1. マップの内、提示されたヒントを参考にして作成した 部分は、他の部分よりも記憶に残りやすい。[*1]	5	12	10	4
E2. ヒントが提示されることで、提示されたヒントに関連し ない部分については逆に記憶が阻害される。[*1]	1	11	12	7

表 8 ヒントの有無に関して

	4	3	2	1
F1. ヒントが提示されない方が、マップを作成しやすい。 [*1]	3	3	13	12
F2. ヒントが提示された方が、マップを作成しやすい。 [*1]	16	11	3	1
F3. ヒントが提示されない方が、最後までマップを作成 しようという気になった。[*1]	7	7	9	8
F4. ヒントが提示された方が、最後までマップを作成し ようという気になった。[*1]	7	10	10	4
F5. ヒントを提示させるために、ヒントボタンを自分で押 すのは煩わしい。(ヒントが自動で提示される方が 良い。)[*1]	1	4	10	16
F6. マップを作成している最中に提示されたヒントは、マ ップの作成に役立った。[*2]	6	6	7	12

5. まとめ

学習者に知識の関連付けを行わせる学習方法の 1 つに概念マップを用いるものがあり、その概念マップを利用した研究として Kit-Build 方式がある。Kit-Build 方式では、教授者から与えられた部品を組み立てることにより、学習者は教材の内容についての学習を行うことができる。しかし、既存のシステムでは、学習者がマップ作成に行き詰った時、支援する機能はない。

本研究では、学習者のマップ作成を支援するために、学習者の状況に応じたヒントを提示する機能を既存のシステムに追加した。また評価実験もを行い、ヒント機能は学習者にとって有効な機能であるという結果を得ることができた。

しかし、今回行った実験はヒント機能自体が学習者の役に立つかどうか検証したものであり、提示したヒントが本当に優先されるべきものだったかどうかについての検証は行っていない。そのため、今後の課題として優先度の検証を行うことが挙げられる。その他にも、現在未接続リンクに限定しているヒント対象を誤接続リンクにも拡大することで、より幅広いヒント提示を行う必要がある。

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 2006-01(2006).
 [福田 2010] 福田裕之, 山崎和也, 平嶋宗, 舟生日出男: “Kit-Build 式概念マップによる学習内容の構造的理解促進法”, 人工知能学会全国大会(第 24 回) IE3-OS7-7(2010).
 [Yamasaki 2010] Kazuya YAMASAKI, Hiroyuki FUKUDA, Tsukasa HIRASHIMA, Hideo FUNAOI :Kit-Build Concept Map and Its Preliminary Evaluation, The 18th International Conference on Computers in Education, pp.290-294(2010).