

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

Framework of Interaction on the Kit-Build Method in Concept Map and Experimental Evaluation

山崎 和也^{*1}, 福田 裕之^{*1}, 平嶋 宗^{*1}, 舟生 日出男^{*1}
Kazuya Yamasaki^{*1}, Hiroyuki Fukuda^{*1}, Tsukasa Hirashima^{*1}, and 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 method is proposed as a promising method to interactivise concept map as a tool for externalization of knowledge or understandings. We have divided the task to generate concept map into two tasks: the one is segmentation task where parts (called "kit") of a concept map are extracted and the other is structuring task where the extracted parts are connected. Because learners use the same parts which are provided by a teacher in a building session of concept map, it is possible to diagnose their concept maps by comparing only the structure. We discuss the conditions that Kit-Build method is adequately applied to. We have already designed and developed a system where learners are able to build concept maps and interaction based on the map is realized. An experimental evaluation and analysis of Kit-Build method based on real data gathered through the experiment are also reported.

1. はじめに

本研究では、教授者が、学習者の描いた概念マップを診断し、その結果を用いて学習を支援する、概念マップのインタラクティブな活用を実現する。

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すことのできるソフトウェアシステムを実現することである。そこで本研究では、マップの作成過程を、リソースからマップの部品を取り出す分節化の過程と、それらを組み立てる構造化の過程に大別する Kit-Build 方式を提案する。

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) との差分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、マップ間の差分は構成要素間の関係の差分として現われ、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。

しかしながら、この Kit-Build 方式を用いるためには、「分節化と構造化の分離による問題」と「ゴールマップを設定することによる問題」という問題を考慮する必要がある。本稿では、Kit-Build 方式の概要と実装したシステムについて概説した後、Kit-Build 方式による概念マップを用いた教授者および学習者に対するフィードバックの評価実験について報告する。Kit-Build 方式とその実装の詳細については、[福田 2010]において報告している。

2. Kit-Build 方式

2.1 Kit-Build 方式の概要

本方式では、教授者が、学習者が理解すべき命題を教材から抽出し、概念をノードとして、概念間の関係をリンクとして整理する。次に、それらを組み立てることで学習すべき命題群の関係構造を表現した概念マップである「ゴールマップ」を予め作成する。そしてゴールマップからノードやリンクといったマップの部品を取り出し、「キット」を用意する。学習者にキットを提供し、それらを組み立てさせることで概念マップを作成させる。このとき、教材からキットを取り出す過程を「分節化」、キットを組み立てることによる概念マップ作成を「構造化」と呼ぶ。

学習者全員に同一のキットが提供されるため、学習者によって作成されたマップの比較・差分の抽出が容易となり、自動的なマップの評価や診断 (Agent-Assessment) が可能となる。また、重要な概念・知識の集合としてキットが提供されることで、分節化の能力が低い学習者に対する、マップ作成の足場がけにもなる。

2.2 Kit-Build 方式の問題とその対応策

(1) 分節化と構造化の分離による問題

本方式では、学習者は、教授者が分節化した部品を「認識」することにより、分節化の代わりとしている。このため、分節化に依拠した学習効果が望めない可能性がある。しかしながら、教授者の意図に沿った情報伝達を前提とし、その意図に沿った情報伝達がうまく行っているかどうかを学習者自らが確認するという状況設定においては、そこで取り扱うべき概念・命題は情報伝達の段階において明示的に与えられていることを前提としてもよく、学習者が自ら分節化する余地は少ないといつてよい。したがって、概念マップ一般に主張されている学習効果を得られることは期待できないが、本研究が対象とする範囲においては十分な学習効果を期待できると考えている。

(2) ゴールマップを設定することによる問題

本方式では、ゴールマップを設定しなければならず、学習者の自由な発想を描かせるような利用場面には不向きである。

そのため、本方式の利用場面を、ゴールマップの設定可能な場面に限定する。例えば、講義等で学習者に伝達した知識に対する、学習者の理解を測るような場面が挙げられる。また、ゴールマップの精確性を保証することも必要となる。この点については、後述するように、学習者の作成した概念マップ群の比較によって、ゴールマップを調整することで対処する。

2.3 支援システムの概要

本システムは、作成用の「CmapEditor」と評価用の「CmapAnalyzer」から構成される。それぞれを用いて行われる作業を概説する。

(1) CmapEditor(教師用・学習者用)

○ゴールマップ作成[教師用]:概念マップを構成すべき命題に注目し、繰り返し、命題を取り出すことで作成する。このとき、キットと教材中の各命題とが自動で関連付けられる。この関連づけは、フィードバックに利用される。

○キット作成[教師用]: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。

○マップ作成[学習者用]:学習者は、自身の理解に基づいて、与えられたキットを構造化し、マップを作成する。

(2) CmapAnalyzer(主に教師用)

○重畳マップ作成:リストから選択されたマップ群を重畳して作成する。マップ中のリンクは重みが高いほど濃く太い線に表示される。

○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教授者に警告し、調整を支援する。

○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差から誤解・欠落箇所を示し、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。

○修正マップ作成:学習者に対し、自身のマップと調整ゴールマップの差分を警告し、マップの修正活動を支援する。

3. 評価実験

3.1 目的

Kit-Build 方式による概念マップを用いたインタラクションが成立していることの検証を行う。ここでは、(0)システムが学習者に対して Kit を提供し、マップの作成を指示する、(1)学習者が Kit-Build 方式で概念マップを作成する、(2)システムがマップを診断し、それに基づいて教授者側がマップの調整を行い、(3)また、マップに基づくフィードバックを学習者側に返す、そして(4)そのフィードバックに基づいて学習者がマップを修正する、といったことができればインタラクションが成立したと考えている。(0)についてはすでにシステムとして実現しているため、(1)-(4)が本実験での評価の対象となる。なお、本システムの運用実験としては本章で報告するものの他に、12名の大学生を対象としたもの、および15名の教員を対象としたものを行っているが、それらの結果は本実験に包含されるものであるため、今回は省略する。

3.2 方法

被験者は、大学生26人である。実験は2日に分けて行われた。1日目は、被験者にマップを作成してもらい、ゴールマップと学習者マップの差分のフィードバックにより、全体教授および個別学習を行った。これは、前述の(1)-(3)のフェーズに対応する。2日目は被験者の作成したマップについて調整ゴールマッ

プを基準に修正するという活動を行った。これは、前述の(4)のフェーズに対応する。被験者には、「三権分立」の資料、キットおよびシステム操作の説明資料を適宜示した。

1日目の実験は次の手順で行われた。

まず、「三権分立」についての資料を提示し、10分で内容を大まかに理解してもらった。次に概念マップについて、システムによる概念マップの作成方法を10分で説明した。以上の準備の後、「三権分立」の概念マップを20分で作成させた。このとき、前述した「三権分立」の資料とキットを与えた。

各自のマップを作成した後、システム「CmapAnalyzer」を用いて、全体にゴールマップと重畳マップを提示し、その差分による指摘を7箇所行った。その際の指摘は、リンクの種類(過剰 or 不足)と該当するノード・リンク・ノードの組とそれに対応する教材箇所およびリンクの重畳度からなる。次に、個別のマップの差分評価を行った。ここではゴールマップ及び各自のマップ同士の差分を「CmapAnalyzer」の提示により各個人で評価した。また、全体教授および、個別学習についてのアンケートに回答させた。

2日目の実験は、1日目の実験から56日後に行われた。1日目の実験で作成したマップと調整ゴールマップの差分により作成された修正用マップと教材を「CmapAnalyzer」により提示し、警告されたリンクをつなぎかえることでマップの修正を行った。このとき、警告されたリンクは被験者の引いた過剰リンクおよび不足リンク、放置リンクである。被験者は該当リンクの教材対応を参考に修正活動を行う。被験者は、修正したマップを必要であれば繰り返し提出し、自身のマップを調整ゴールマップに近づけていく。この作業には20分を要した。その後、修正活動についてのアンケートを10分程度で回答させた。

3.3 インタラクションの検証結果と考察

Kit-Build 方式による概念マップを用いたインタラクションを整理すると、本実験において検証すべきものは前述したように(1)学習者マップ作成(2)マップ診断(3)フィードバック(全体・個別)(4)学習者マップ修正の4つのフェーズである。それぞれの活動における実験結果を報告する。

(1) 学習者マップ作成

被験者は、与えられたキットから学習者マップを作成する。今回の実験で用意したのは、「三権分立」の資料(1101文字、6段落)、マップの規模としてはノード16個、リンク33本である。

(2) マップ診断

作成したマップを用いて、重畳マップ及び調整ゴールマップを作成して検証した。教授者は、システムから提示される2つのマップの差分の結果からゴールマップの調整、教授すべき箇所の発見、教材修正箇所の発見を行う。2つのマップの差分分析結果は表1に示した。

2つのマップの差分において、ゴールマップに存在しないが重畳度が高いリンクが過剰リンク、存在するが重畳度が低いリンクが不足リンクである。過剰リンクのうち、リンクの接続が完全でないものが放置リンクである。その判定のための閾値は手動で決定する必要がある。過剰リンクについては、重畳度0.1以上では、それ未満の時よりも警告されるリンクが劇的に増えることから、閾値を0.1以上とした。不足リンクについては、0.7未満とした。過剰リンクは26本中8本、放置リンクは1本がシステムにより発見・警告された。不足リンクについては31本中2本が警告された。閾値を設定せず、すべての警告リンクに対し、分析を行ったところ、新たに許容等されるべきリンクは無かった。これより、今回設定された閾値は妥当なものであったといえる。

表 1 重量マップとゴールマップの差分分析結果

	総数	閾値 (重量度)	警告数	許容数	削除数	追加数	教授箇所	教材修正 箇所
放置リンク	4	0.1以上	1	0	0	0	1	0
過剰リンク	26	0.1以上	8	4	0	0	4	4
不足リンク	31	0.7未満	2	0	0	0	2	0
合計	61	-	11	4	0	0	7	4

● 差分によるゴールマップの調整

教材作成者が警告されたリンクについて、許容、追加、削除の必要性を検討した。まず、許容については、対応する教材中の記述の有無にかかわらずそのリンクで構成される命題の意味が正しく、追加する必要がないと判断したリンクを許容した。その結果、過剰リンクが 4 本許容された。追加と削除については、今回の実験では確認されなかったが、前回行った同様の実験では、リンクのつなぎ換えの必要な箇所が発見された。

● 差分による教授すべき箇所の発見

まず全体に教授すべき箇所について述べる。

(i)警告された過剰リンクのうち意味が正しくないリンク、(ii)警告された不足リンクのうち意味が正しく教授者が重要であると判断したリンク、および(iii)放置リンク、が教授すべき箇所となる。放置リンク 1 本、過剰リンク 4 本、不足リンク 2 本が、教授すべきであると判断された。

次に、個別に教授すべき箇所について述べる。個別に教授すべき箇所は調整ゴールマップとそれぞれの学習者マップの異同により判断される。このとき警告されたリンクは学習者の誤りであると判定されるリンクである。分析の結果、それぞれ1人の被験者に警告されたリンクは、最高で 9 本、最低で 0 本であった。また、今回被験者に警告されたリンクのうち、実際には正しいと判断できるリンクは 1 本も確認されなかった。このことから、すべてのリンクについて調べるのではなく、重量度による閾値を利用して、調整や変更に必要な部分を見つげられることが、事例的ではあるが確認できた。

● 差分による教材修正箇所の発見

(i)教材中には対応箇所が明示的に記述されていないが意味が正しいため必要であるリンク、(ii)学習者がリンクを張った理由が教材中の誤りに起因する可能性があるリンク、が教材修正箇所となる。

過剰リンクに関しては、4 本について修正すべきであると判断された。不足リンクに関しては、過剰リンクの場合と同様に、(a)教材中には明示的に記述されていないリンクのうち意味が正しいリンクが、要教材修正箇所と判断されるが、今回の実験では確認されなかった。放置リンクについても、(A)教授すべき箇所と同じリンク、については教材修正が必要であると判断されるが、確認されなかった。

以上の結果から、概念マップを用いたインタラクションによりゴールマップの調整、教材修正、教授すべき箇所がそれぞれ実際に確認され、Kit-Build インタラクションの有用性が示唆されたと言える。

(3) フィードバック(全体・個別)

ここでは、(2)のマップ診断の結果を用いて、全体教授及び個別学習の活動を行った。アンケート結果を中心に報告する。

● 質問 1

重量マップとゴールマップの差分から、特に、重量度が高い過剰リンク 4 本、放置リンク 1 本、不足リンクの中から重量度の低いものを 2 本指摘箇所として取り出した結果を表 2 に示す。各指摘について、表 3 に示した質問項目 1-1 に対しては、「はい」「いいえ」の 2 択で、他の質問項目に対しては、

「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」の 4 択で回答させた。

各指摘箇所について、質問項目 1-1 の回答に基づき、回答を正解群と不正解群の 2 群に分けて集計するとともに、両群の回答傾向の差を Mann-Whitney の U 検定で分析し、有意差及び有意傾向が確認された質問項目が存在する指摘箇所の結果を表 4 に示す。

表に示したように、質問項目 1-4 に関しては、指摘箇所 B、C についてのみ、有意傾向が認められた。また、質問項目 1-5 に関しては、指摘箇所 A、B、C について、両群の間に有意差が認められた。質問項目 6 については、指摘箇所 B、C についてそれぞれ有意差、有意傾向が認められた。

質問項目 1-2、1-3 に関しては、有意差もしくは有意傾向は認められなかった。他の指摘箇所(D,E,F,G)についても有意傾向は認められなかった。有意差、有意傾向が認められた箇所は、いずれも過剰及び放置リンクである。今回は、リンクの種類に関係なく指摘を行ったが、これらの結果はリンクの種類によってその箇所が正解しているかどうかで指摘の効果に差がある可能性を示唆している。

● 質問 2

質問 2 の項目と回答結果を表 5 に示す。表に示したように、質問 2 に対しては、肯定的な回答が否定的な回答を少し上回るという結果となった。リンクの種類ごとに見ると、不足リンクに比べ、過剰や放置リンクに対して否定的な意見の割合が多いことが分かる。質問 1 と同じように個別学習の際にもリンクの種類によって、その効果に差が現れる可能性が示唆されている。

● 質問 3

質問 3 では、キットを用いてマップを作成することについて有用性および難易度や負担などを被験者に問うた。詳細な結果については割愛する。全体的に見て質問 3 に関しては概ね肯定的な回答が得られたが、システムの操作性に関しては、否定的な回答が比較的多く見られた。これは、システムのインターフェース等、操作が難しかった可能性が考えられ、今後改善を行う必要があると考えられる。

表 2 指摘箇所の詳細

指摘箇所	ノード	リンク	ノード
A	裁判所	— 国民審査	— 国民
B	国会	— 内閣不信任案決議	— 内閣
C		— 任命	— (放置リンク)
D	国務大臣	— 任命	— 内閣
E	内閣	— 任命	— 天皇
F	最高裁判所	— 国民審査	— 国民
G	国会	— 過半数が所属	— 国務大臣

表 3 質問 1 の詳細

質問項目	
1-1	この箇所については、正解しましたか？
1-2	この箇所は、あなたにとって、意味が分かりやすかったですか？
1-3	この箇所は、あなたにとって、覚えやすかったですか？
1-4	この箇所は、教材の内容を理解する上で、重要な箇所だと思いますか？
1-5	この箇所は、教材の内容についての誤った理解や勘違いを修正する上で、重要な箇所だと思いますか？
1-6	この箇所は、教材の内容についての誤った理解や勘違いを修正する上で、役に立ったと思いますか？

表 4 質問 1 詳細分析(有意差を確認したもの)

指摘箇所	質問	群	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	同順位補正 P値 (上側確率)	
A 裁判所 — 国民審査 — 国民	1-2	正解	16	5	2	0	0.80	ns
		不正解	4	1	2	0		
	1-3	正解	11	5	6	1	0.88	ns
		不正解	2	1	3	1		
	1-4	正解	8	10	4	1	0.19	ns
		不正解	3	4	0	0		
	1-5	正解	6	15	1	1	0.02	*
		不正解	5	2	0	0		
	1-6	正解	13	8	1	1	0.52	ns
		不正解	4	2	1	0		
B 国会 — 内閣不信任案決議 — 内閣	1-2	正解	18	8	0	0	0.91	ns
		不正解	2	0	2	0		
	1-3	正解	14	9	2	1	0.94	ns
		不正解	1	1	1	1		
	1-4	正解	12	10	3	1	0.03	*
		不正解	4	0	0	0		
	1-5	正解	7	17	1	1	0.03	*
		不正解	3	1	0	0		
	1-6	正解	9	14	2	1	0.06	+
		不正解	3	1	0	0		
C 「任命」 — (放置リンク)	1-2	正解	9	6	6	5	0.75	ns
		不正解	0	1	2	0		
	1-3	正解	5	3	8	10	0.17	ns
		不正解	1	0	2	0		
	1-4	正解	0	6	9	11	0.01	*
		不正解	1	2	0	0		
	1-5	正解	3	5	10	8	0.04	*
		不正解	1	1	0	0		
	1-6	正解	1	5	11	9	0.02	*
		不正解	1	1	0	0		

注) * $p < .05$, + $p < .10$, ns $p \geq .10$

表 5 質問 2 の質問項目と回答結果

質問項目	リンクの種類	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
2-1 システムからの指摘は、教材の内容から判断すると、適切だと思いましたか？	不足	43	16	18	16
	過剰	26	9	15	33
	放置	4	0	4	4
	合計	73	25	37	53
	不足	37	20	20	12
2-2 システムからの指摘は、教材の内容を理解する上で、役立ちましたか？	過剰	22	15	18	28
	放置	3	1	4	4
	合計	62	36	42	44

(4) 学習者マップ修正

被験者は、調整ゴールマップを基準にして個々のマップについて修正を行った。修正活動の結果およびアンケート結果をそれぞれ表 6, 表 7 に示す。被験者の提出回数の平均は 1.58 回であり、最高回数は 5 回であった。最終的に 26 人中 19 人が修正活動を完了させ、実際に修正活動が行われていたことが分かる。アンケートの結果については、概ね肯定的な回答が得られたが、システムの操作性については比較的否定的な回答が多く見られた。

表 6 学習者マップ修正活動の結果

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	合計
変更人数	23	11	6	2	2	-
警告数	64	22	9	3	2	100
変更数	40	12	6	2	2	62
正解変更数	33	12	5	1	2	53

表 7 学習者マップ修正活動アンケート結果

質問項目	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
3-1 修正用のマップに示された修正箇所の提示は、教材の内容から判断すると、適切だと思いましたか？	14	9	1	2
3-2 教材を読むだけの場合と比較して、組み立てたマップを修正する場合の方が、教材についての理解は深まると思えますか？	16	7	3	0
3-3 マップを作成するのみの場合と比較して、組み立てたマップを修正する場合の方が、教材についての理解は深まると思えますか？	11	14	1	0
3-4 教材を読むだけの場合と比較して、組み立てたマップを修正する場合の方が、教材についての記憶に役立ったと思えますか？	11	12	2	1
3-5 マップを作成するのみの場合と比較して、組み立てたマップを修正する場合の方が、教材についての記憶に役立ったと思えますか？	9	13	4	0
3-6 「組み立てたマップを修正する」という方法は、分かりやすかったですか？	11	12	3	0
3-7 組み立てたマップを修正する操作は、難しかったですか？	2	5	13	6
3-8 組み立てたマップを修正する操作は、面倒でしたか？	3	10	10	3
3-9 組み立てたマップを修正することは、教材の内容を理解する上で、役立ったと思えますか？	10	15	1	0
3-10 組み立てたマップを修正する際、対応する教材の表示は役立ったと思えますか？	19	6	0	1

4. おわりに

本研究では、Kit-Build 方式の概念モデルとして、概念マップの自動診断の方法と、それに基づく学習活動を提案した。また、教授者と学習者の間で、コンセプトマップの Kit-Build 方式によるインタラクティブな活用の実現ならびにその実装と実験的評価を行った。今後は、システムの整備と活用・評価と共に、Kit-Build 方式の理論的精密化も行っていく。

参考文献

- [Cimolino 2002] L.Cimolino, J.Kay: Verified Concept Mapping for Eliciting Conceptual Understanding, Proc. of ICCE2002, pp.1561-1563(2002).
- [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な理解促進法, 人工知能学会全国大会, 1E3-OS7-7 (2010).
- [Gouli 2005] E.Gouli, A.Gogoulou: Evaluating learner's knowledge level on concept mapping tasks, Proc. of ICALT2005, pp.424-428(2005).
- [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).
- [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)