

# Kit-Build 概念マップのモデルの紙ベースでの利用と学習結果の分析

## A Case Study of Kit-Build Map Method by Using Paper and Analysis of Its Learning

山元翔\*1  
Sho Yamamoto

平嶋宗\*2  
Tsukasa Hirashima

\*1 近畿大学工学部情報学科  
Faculty of Engineering, Kindai University

\*2 広島大学大学院工学研究科  
Graduated School of Engineering, Hiroshima University

Concept mapping is a technique that can help learners to create visual representations of the structure of their understanding. Kit-Build method is an approach to define a utilization procedure by using a concept map and to realize automatic assessment of a concept map. Hence, we were able to perform a lecture by using Kit-Build method without a system. This study reports a lecture of kit-build method by using paper and its results. The function of analysis by kit-build method on paper and consideration of effect of systemization are reported.

### 1. はじめに

知識伝達を目的とした授業における有効な手法として、ノードとリンクで理解内容を表現する概念マップが用いられている[栢野 10][Schau 97]. この手法では、学習者は学習した内容からノードやリンクとなる概念を生成し、ノード同士をリンクでつなぎ合わせることで授業内容の理解を表現する。教師は作成された概念マップを確認することで、学習者の授業に対する理解を確認することができる。これは学習者が自身の理解を具体的に表現する手段となっている一方で、学習者にはマップを作成するための専門知識、教授者には作成されたマップを診断するための専門知識が必要となるため、容易に授業に取り入れることができないことが指摘されている[Lee 09].

一方、Kit-build 方式の概念マップ(以下、KB 概念マップ)というものが提案されている[Hirashima 15]. KB 概念マップでは、教授者が教授すべき内容をあらかじめ概念マップとして表現し(教授者マップ)、これをノードとリンクの組に分解する。この組(キットと呼ぶ)を学習者に提供し、授業内容に即した概念マップを組み立てさせる。したがって KB 概念マップにおいては、学習者に教師の意図した内容(教授者マップ)の再構成を行わせていることになるため、学習者の理解そのものの表明とは言えないものの、(1)教師の意図した内容を学習者が理解できているかどうかについて確認する手段となると共に、(2)学習者が教師の意図した授業内容を確認する手段ともなる。また、KB 概念マップ作成に用いられるキットが統一されるため、作成された概念マップの自動診断が可能となっている。自動診断を実現したシステムはすでに開発されており、小中高と様々な教育機関での利用を通して、その有効性が確認されている[林 14][野村 14].

ここで、KB 概念マップでは、行うべき作業がすべて明確な手続きとして定義されていることから(筆者らはこれをタスク化と呼んでいる)、従来の概念マップと異なり、概念マップの構築や診断に関する専門知識を必要としない。このことから、システムを用いずとも授業で利用可能であると考えた。通常の授業においてシステムを用いるためには様々な情報環境を整える必要があり、現状では簡単に行うことはできないことから、システムを用いずに KB 概念マップを実施できることを示すことは意義があると考え、実践を試みた。実際に情報系の授業2科目で実施したと

ころ、学生にも問題なく受け入れられ、学習効果も得られることが確認できた[山元 15]. 本稿ではこの追加実験を交えつつ、紙ベースでの KB 概念マップの演習の定義、診断可能な範囲、演習効果、そしてシステムを利用した場合の有効性について報告する。

### 2. 紙ベースの KB 概念マップの授業利用

#### 2.1 Kit-Build 方式の概念マップ

概念マップは人の思考を外化し、可視化することのできるツールとして知られている。概念マップは図 1 に示すように、ノードとなる概念と、それをつなぐリンクで構成されており、ノードとリンクを生成するといった記述スキルが必要だが、人の理解している概念をある程度正確に記述することができる。そのため、大学講義などで何らかの知識伝達を目的とする場合に、学習者の理解を確認するために利用しようという試みが多く見られる。演習手順としては、座学で何らかの対象について説明を行った後、学習者に教授内容についての概念マップを組み立てさせることが一般的である。この時、従来の概念マップでは、学習者は授業内容から適切な概念をノードとして分節化し、適切なリンクを生成、接続して、自身の理解した授業内容を概念マップとして構造化する必要がある。また、教師は作成された概念マップを授業で自身の教えたかったことを踏まえて比較・検討し、学習者に適切なフィードバックを返す。学習者は任意のノードやリンクを作成可能なため、教師はまず統一可能なリンクやノードを判断した上で、自身の教えたかった内容に一致するかどうかを考察することになる。この時、学習者と教授者は概念マップについて、その作成法や比較検討の専門的な知識が必要となるため、システム化は必須であるとされている[Lee 09].

一方 KB 概念マップでは、教師は予め教授したい内容を概念マップとして作成しておく。これを教授者マップと呼び、記述方法などは従来の概念マップと変わらないため、図1と同様の形で作成される。教授者マップは図2のようなノードとリンクの組に分解され、これはキットと呼ばれる。学習者は授業でキットを与えられ、授業で理解したことを、キットを組み立てることで表現する。また、教師は作成した教授者マップと学習者マップを比較し、その差分を比較・検討する。この時の差分は、ノード同士を繋ぐリンクが誤っている過剰リンクと、引くべきリンクが引かれていない不足リンクの2つのみである。その為、教授者マップと学

習者マップの単純な比較・重量だけで良いため、専門的な知識がなくてもマップの重量を行うことができる。

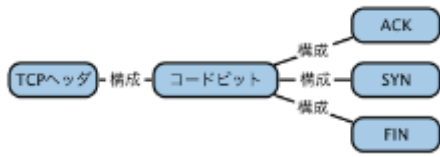


図1 教授者マップの例の一部



図2 図1の例のキット

## 2.2 紙ベースでの利用

従来の概念マップも KB 概念マップも、マップの作成、作成されたマップの診断のためのシステムが研究・開発されている。しかし授業における利用を考えると、情報基盤を整えたり、必要機器を揃えたりする必要があるため、導入は容易ではない。また、いずれにしても従来の概念マップでは、マップの作成のために、必要な単語の分節化と構造化を行う必要がある。診断においても共通する概念だけではなく、類似の概念の抽出などを行わなければならない。したがって、ある程度概念マップについて習熟していなければ演習を行うことは難しい。

一方、Kit-Build 方式の概念マップでは必要な概念はすでに用意されているため、構造化のみの活動で良い。また、診断においても作成されたマップを教授者マップと比較するだけである。クラス全体で比較すれば、クラス全体の誤りを抽出することも可能である。したがって十分にタスク化されていると言え、紙ベースでシステムを用いずとも利用可能だと考えた。今回の演習では B3 用紙を、マップを作成するスペースとして用意し、付箋に概念を記述させることでノードを表現、リンクは用紙に貼り付けた付箋を鉛筆でつなぎ、単語を添えることで実現した。

実際に大学の情報系の講義で実施したところ、学生は特に違和感を感じることなくマップを作成でき、教員もマップの重量を行い、学習者にフィードバックを返すことができた。また、学習者同士での議論も、ノードとなる概念を理解していないか、概念間の関係を理解していないかのどちらかでしかないの、その点を確認するよう指示することで、円滑な議論が行っていた。

## 2.3 認知負荷理論

学習者がある学習課題を処理する際、その学習がもたらす認知負荷について考察する理論として、認知負荷理論が提案されている。認知負荷理論では学習時の負荷を3つに分類している。1つ目は Intrinsic Load (課題内在性負荷) であり、課題の遂行に必要な負荷を示す。2つ目は Extraneous Load (課題外在性負荷) であり、学習に必要なが生じてしまう負荷を示す。3つ目は Germane Load (学習関連負荷) であり、学習に必要なスキーマの構築などに関与する認知負荷を示す。よって学習においては、Germane Load を増やしつつ、Extraneous Load を減少させることが重要となる[三輪 12][Sweller 98]。

表1に従来の概念マップと KB 概念マップの各認知負荷について記述する。今回は座学での知識伝達を対象としているため、教師の意図した内容を学習者が適切に理解することが目的となる。その為、Germane Load は従来の概念マップ、KB 概念マッ

プともに、学習対象を構造化することとなる。よって構造化を行うための Intrinsic Load は、ともにマップを作成することによる、構造化した内容の外化となる。これは、従来の概念マップであれば、学習者自身で生成するノードとリンクを認識し、それを適切につなぎ合わせることになる。表ではこれをマップの作成として記載している。一方、KB 概念マップでは用意されたキットを認識すること、それをつなぎ合わせ組み立てることになる。これらの活動を通して、学習者は伝達される知識の外化を行い、教授内容を構造的に理解する。なお、紙ベースの場合、従来のマップであれば紙にマップを記述する必要があり、KB 概念マップでも付箋への概念の書き写し(キットの記述)と、提示されるリンクを見ながら付箋同士をつなげることが求められる。

そして Extraneous Load はノードとリンクの用意、あるいはマップの配置の考察である。これはキットを用意しなければ概念マップが作成できないことから明らかである。しかし今回のように教授者が意図した内容を構造化する場合には、ノードやリンクを教授内容から抜き出すことは必ずしも必要ではない。これは理解すべき内容が決まっているため、それを学習者自身が取捨選択して抜き出す必要はなく、理解すべき内容を構造化することのみを活動として行えば良いためである。よって従来の概念マップにおいて、ノードやリンクの分節化は余分な負荷となる。また、学習者は自身の見やすい形にマップを配置しようとするため、紙ベースの場合、予め形を予想してからでない、修正の負荷が非常に高い。これもまた Extraneous Load として発生する認知負荷になっている。したがって KB 概念マップは従来の概念マップと比較して、教授内容の中にある多数の概念から、適切なノードやリンクを取捨選択し、適切につなぎ合わせる活動を、予め与えられた教授内容に関するノードとリンクの組み立てに置き換えている。これは対象の構造化という目的となる学習活動に対して必要な負荷だけを残した活動になっているといえる。

表1 授業内容の概念マップ作成にかかる認知負荷

	従来の概念マップ	KB 概念マップ
Extraneous Load	分節化によるノード・リンクの生成、マップ配置の考察	マップ配置の考察
Intrinsic Load	キットの記述、マップの作成	キットの記述、マップの組み立て
Germane Load	学習対象の構造化	学習対象の構造化

## 3. KB 概念マップの分析可能範囲

ここでは各概念マップを用いた場合にどのような診断が可能であるかを述べる。従来の概念マップであれば、教師はノードとリンクの概念の統一を行う必要がある。例えばある学習者が LAN 環境のことをそのまま「LAN 環境」と記載していても、別の学習者は同様の意味で「ネット環境」と記載するかもしれない。この場合、教師はこれを確認した上で同様のリンクとみなすか、あるいは単語の意味が広義であるため誤りとするかを判断する必要がある。また、自身の教えたい内容と一致しているか、重要な概念なのか、それとも予備知識として話した内容であるのかを判断し、フィードバックを返す必要がある。これにより密な診断を行うことができると考えることもできるが、知識伝達を目的とした場合、学習者にとっては目的とする学習とは関係のない負荷を増加させていることになる。また作業としても、上記の手続きをすべてのノードやリンクに対して行わなければならないため、手作業で行うことは現実的とは言い難い。

これに対して、KB 概念マップでは意図した内容を組み立てる上で必要な概念としてキットが与えられるため、上記のような概念の統一を行う必要はない。よって教授者は、所与のリンクやノードを比較・重畳するだけで、過剰リンクと不足リンクを抜き出すことができる。これらのリンクは教授者マップに記述されていないが接続されているリンクと、教授者マップに記述されているが接続されていないリンクを示すため、専門的な知識は必要ない。またフィードバックについても、不足リンクは一般的に接続すべきノードとリンクの組を理解していないからこそ記述されていないので、その部分について追加で教授を行えば良い。過剰リンクについては誤った理解をしているため、学習者が作成した三組がなぜ誤りかを説明した上で、正しい三組について説明すれば、基本的なフィードバックとしては十分となる。診断自体は単純な比較だけで済むため、分析の負荷も通常概念マップに比べて大幅に減少されている。

具体例として、図1, 2の場合、もし学習者が「TCP ヘッダ - 構成 - コードビット」という三組を作成できていなければ、このときの「構成」は不足リンクとなり、学習者は TCP ヘッダの構成要素にコードビットがあることを理解していない事がわかる。また、「TCP ヘッダ - 構成 - ACK」と記載されていれば、これは過剰リンクとなり、学習者は、ACK はコードビットであり、FIN のような異なった値を取ることが理解できていないということがわかる。このようにして教師は KB 概念マップの診断を行う。なお、例では4つのノードしか与えられていないが、後述する実践利用で作成したマップは平均して 30 程度のノードで構成されている。

## 4. 実践利用

### 4.1 手順

被験者は工学部情報系の学部2年生 63 名で、今回対象としたのはコンピュータネットワークの授業である。教授内容は基本的に OSI 参照モデルについて学習させている。授業は全 15 回ではあるが、最後の授業は1-14回までのマップを再度確認する授業となっているため、KB 概念マップの作成は全14回となる。

この授業の基本的な流れとしては、まず授業前の作業として、(1)教授内容についての教授者マップを作成し、キットに分解しておく。この時、筆者は教授者マップに基づいて授業資料を作成している。次に授業内では、前回授業で誤りがある場合には、(2)前回の内容について過剰・不足リンクに関するフィードバックを行う。(3)学習者は提示されたキットの概念を付箋に記載することで、ノードを作成する。(4)ノードに記載された単語に着目しながら、授業を聴講する。なお、この時点でも可能ならマップを組み立てることを許可している。(5)教師はリンクを含めたすべてのキットを提示するので、学習者は教授内容についての概念マップを組み立てる。この際、他者と議論を行うことも許可している。作成後は、(6)教師により教授者マップを用いた解説が行われる。学習者は教授者マップを確認し、自身のマップと比較することで、誤りについて学習する。また、学習者には赤ペンで過剰リンクと不足リンクを記入させている。なお、この授業中の教授とマップ作成(3-6 に該当)は、教授者マップのサイズが大きいいため、3回に分けて行っている。また時間配分としては、前回の授業のフィードバックに 10-15 分、知識伝達に 30 分、マップの作成に 30 分程度、教授者マップを用いた解説に 10 分程度を設けている。

授業後には穴埋めテストを行っており、これは教授者マップを文章に直した上で、ノード部分を穴埋めしている。例えば図1の場合、「TCP ヘッダはコードビットで構成されており、コードビットは更に( ① ), ( ② ), FIN で構成されている」という文章

を与えておき、選択肢として、ACK と SYN が与えられる。なお穴埋めの単語は 40 語あり、これらは全てまとめて選択肢として提示されるため、ランダムに正解することは困難な課題となっている。

本実践演習では、(a) 定義した演習で学習効果が見られたか、(b)定義した演習が学習者にとって違和感のあるものではなかったか、(c)実践で得られた分析結果の整理、の3つについて報告する。

### 4.2 実践結果

行った穴埋めテストの平均正答率は、86%(N=60)であり、十分な学習効果があったと考えられる。また、被験者も異なるので正確なデータとは言えないが、先行研究で実施した同様のテストでは、56%(N=71)の正答率であった。これは今回の授業が先行研究で得られたデータに基づいた教授者マップの洗練の上で実施されたことも一因であると考えられる。例えば、先行研究で許容されたリンク(教授者マップとは異なるが、意味としては誤りではないリンク)があれば、そちらの表現に書き換えている。この点は先行研究の授業であった指摘が、今回の実践演習ではなくなっていることから、改善されたのではないかと考えている。また、教員自身も教授内容について概念マップを作成することで、授業内容の整理や洗練が行えた。

また、フローテスト[Engeser 08]を用いて学習者の授業に関する没入度合いも確認した。結果として、フローは必修ではない学生が 4.56、必修の学生が 4.44 であり、引用の研究にある必修の授業の没入度合いである 4.60 と同程度であった。また、重要性の認知はそれぞれ 3.73 と 3.63 であり、引用の研究で調査されている必修の授業の 3.45 より高いため、活動の重要性について強く意識していた。これについてはキットの組立という形で作業が明確化されていたこと、教授者マップという形で学習対象が明確になっていたことが一因としてあげられる。

授業の様子についても、マップの組立方法は最初の授業で 10 分程度かけて説明し、その後最初の作成を練習として行っただけであったが、被験者は問題なくマップの作成を行っており、作成方法がわからないという質問もなかった。また、マップ組立時の議論についても活発に行われていた。これら2つの結果により、(a)、(b)については確認できたと考えられる。

次に(c)分析結果について述べる。KB 概念マップは紙で作成されているため、診断は手作業となる。この際、教授者マップをタブレット上に表示し、ペイントツールを用いてスタイラスペンで過剰リンクを書き込んでいくという方法を取った。今回であれば 63 名の学生のマップを手作業で重畳することにはなるが、おおよそ1-2時間程度ですべてのマップを重畳することができていた。

今回過剰リンクのみを書き出したのは、不足リンクについては学習者がそもそも理解できていない内容ということになるので、学習者に不足リンクを意識させた上で、教授者マップの解説を行えば十分フィードバックとして成立すると考えたためである。過剰リンクの誤りについては、過剰リンクを授業で用いるスライド上に示した上で、教授者マップでの記述と、許容可能かどうか、またその理由について授業の最初にフィードバックを行っている。このレベルでも、授業内で用いた資料と照らし合わせることで、授業資料の解説が不十分である場合、用いている用語が学習者自身にとって理解できない場合があり、授業資料の改善に有用であった。前者はノード、後者はリンクに用いた概念が誤りの場合に該当する。

また、授業を受けた学生1名にインタビューを行ったところ、通常口頭で知識伝達を行う場合の授業と比較して、「授業で

理解すべき内容が明確になった」,「(マップ作成時に)議論すべき内容が明確になった。マップの比較をして議論できるので,議論しやすかった」,「マップ作成後に教授者マップと比較することで,自身の誤りがわかり,授業の復習がしやすくなった」という意見が得られた。このことから,今回の演習は十分にタスク化されたものであり,学習者にとっても学習を行いやすいこと,また診断が可能であることがわかった。診断については,授業内で行われている議論や,学習者自身のマップの採点を確認しても,作業として行えていることが確認できている。

以上により,紙ベースでの KB 概念マップを用いた授業はタスク化されており,学習者にとってもマップの作成と診断が容易に行えるものであることが確認できた。また教師も特別な専門知識なしでも診断が行なえ,学習者へのフィードバックや授業改善が行えた。よってシステムを用いずに KB 概念マップを授業内で利用することは十分に可能であることが確認できた。

### 4.3 システム化の意義

授業を終えての,タスク化された学習活動のシステム化の意義について述べる。実践利用から,十分にタスク化された演習であれば,システムがなくとも同様の授業が行なえ,診断についても基本的なものは実施可能であることが確認できた。よって支援システムは2.3節で述べた,認知負荷の低減に寄与すると言える。例えば先行研究で実施されている支援システムを用いた KB 概念マップの授業では,学習者はシステム上で既にキットを与えられており,これを自由に配置・接続することでマップを作成する。また,診断についても,学習者が学習者マップをアップロードするだけで,教師用アナライザが自動でマップの重畳を行い,過剰リンクと不足リンク,及びその数を可視化する。また,マップスコアなどのより詳細な情報の提示や,任意の学習者の重畳結果について個別に確認することも可能となる。

よってシステム化を行うことで,学習者にとっては,Extraneous Loadにあるマップの配置について,紙ベースでないため書き直す手間がなく,ほとんど意識することなく自由な配置を行える。また,キットの記述という負荷もなくなっている。スペースについてもシステム上では多く確保することができるため,教授者マップを大きくすることで,Germane Loadを増加させることもできる。

また,教師にとっては診断時のマップの重畳という負荷がなくなるため,過剰・不足リンクの吟味だけを行えば良い。更に学習者ごとの重畳結果やマップスコアのような,紙ベースでは手間のかかりすぎるようなデータを出力することもできる。これらは即時に行われるので,紙ベースでは授業をまたいでいたフィードバックも,授業内に行うことが可能である。このことから,KB 概念マップのシステムによる支援は Extraneous Load の低減と Germane Load の増加に直接的に寄与させることができる。また,教師にとっても診断負荷の低減と,より詳細なデータの出力に寄与していると言える。

## 5. まとめと今後の課題

本稿では Kit-Build 概念マップのモデルの紙ベースでの利用と学習結果の分析から,紙ベースでの KB 概念マップの演習の定義と従来の概念マップを用いた授業との認知負荷からの比較,診断可能な範囲の考察,実践利用とその結果,そしてシステムを利用した場合の有効性について報告した。結果,演習をタスク化することにより知識のないものでも演習にスムーズに取り掛かれること,システムなしでも KB 概念マップを用いた授業は可能であることが確認できた。また,システムによる支援は学

習に関係のない認知不可を低減し,学習に関連する負荷を増加することに寄与することが確認できた。

今後はより詳細な授業手順の構築と,有効な教授者マップの作成法についての検証も行っていく予定である。

### 参考文献

- [栢野 10] 栢野彰秀, 森健一郎: イメージマップを知識獲得を促進するための学習支援ツールとして利用する試み-中学校理科「水溶液」単元を事例として. 北海道教育大学紀要. 教育科学編, 60(2), pp.109-124, 2010.
- [Schau 97] Schau, C., & Mattern, N.: Use of map techniques in teaching applied statistics courses. *The American Statistician*, 51(2), 171-175, 1997.
- [Lee 09] Lee, C. H., Lee, G. G., & Leu, Y.: Application of automatically constructed concept map of learning to conceptual diagnosis of e-learning. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1675-1684, 2009.
- [Hirashima 15] Hirashima, T., Yamasaki, K., Fukuda, H., & Funaoi, H.: Framework of kit-build concept map for automatic diagnosis and its preliminary use. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 10(1), 17, 2015.
- [林 14] 林雄介, 宇井美代子, 茅島路子, & 平嶋宗: 人文科学系講義における学習者の理解把握のための許容リンクを導入した Kit-Build 概念マップの試験的利用. *日本教育工学会論文誌*, 38, 149-152, 2014.
- [野村 14] 野村敏弘, 林雄介, 鈴木拓磨 & 平嶋宗: Kit-Build 概念マップを用いた協調活動による知識伝搬の分析—中学校社会科授業におけるグループワークを例として—. *人工知能学会全国大会論文集*, 28, 1-4, 2014.
- [山元 15] 山元翔, 平嶋宗, & 荻原昭夫: 大学講義における紙ベースでのキットビルド概念マップの実践活用 (学校の教育力向上に資する実践研究/一般). *日本教育工学会研究報告集*, 15(5), 33-40, 2015.
- [三輪 12] 三輪和久, 寺井仁, 松室美紀, & 前東晃礼: 学習支援の提供と保留のジレンマ解消問題. *教育心理学研究*, 62(2), 156-167, 2012.
- [Sweller 98] Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G.: Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251-296, 1998.
- [Engeser 08] Engeser, S., & Rheinberg, F.: Flow, performance and moderators of challenge-skill balance. *Motivation and Emotion*, 32(3), 158-172, 2008.