

協同学習のためのコンセプトマップ作成ツールの開発と評価 Development and evaluation of concept map as experimental task systems for collaborative learning

下條 志巖[†], 林 勇吾[†], 大本 義正[‡], 森田 純哉[‡]

Shigen Shimojo, Yugo Hayashi, Yoshimasa Ohmoto, Junya Morita

[†] 立命館大学, [‡] 静岡大学

Ritsumeikan University, Shizuoka University

cp0013kr@ed.ritsumei.ac.jp

概要

Interactive-Constructive-Active-Passive (ICAP) において最も深い学習プロセスである Interactive に学習者が従事することは困難であることが分かっている。本研究では、協同におけるコンセプトマップ作成活動に着目する。その際に、文脈・タイミングに応じた支援を行うには、コンセプトマップの状態を把握する必要がある。ここでは、CmapTools を用いた先行研究と同様に学習パフォーマンスが向上するという仮説の検証を行い、開発したコンセプトマップ作成ツールの有効性を検討した。その結果、学習パフォーマンスは促進されることが分かった。

キーワード: 協同学習 (collaborative learning), Computer-Supported Collaborative Learning, コンセプトマップ (concept map), ICAP

1. 背景

学習科学の分野では、さまざまな協同学習における理論を提唱している。その中の一つに、Interactive-Constructive-Active-Passive (ICAP) [1, 2] があり、ここでは、Interactive が学習パフォーマンスの促進に最も有用であると述べられている。Interactive とは、学習材料の内容を深め、お互いに貢献する学習プロセスのことである。ただし、Interactive まで学習プロセスを深めることは困難であることが明らかとなっている。その理由としては、学習プロセスを深めるのに時間を要すること [3] と十分に協同相手の意見を考慮できないことが挙げられる [4]。したがって、教師やファシリテータによる支援が協同学習において必要となる。ただし、多くのグループにそうした人を配置することは難しいため、コンピュータによる支援が検討されている。また、十分に相手の意見を考慮するためには、協同前の知識が相互補完的になることも重要であるといえる。

コンピュータによる支援に関する研究では、教師に

学習者の情報を提供し、教師を支援する試みと直接教師などの人に頼らない支援を提供する試みが行われている。我々の研究室では、その中でも人に頼らない支援に着目し、実験的検討を行ってきた。具体的には、これまで遠隔地学習を想定し、実験室場面において、コンセプトマップの作成活動を通して、概念に対する学習が促進されるのか実験的に検討してきた [5]。ただし、必ずしも理解が促進されなかったり、理解が低下したりする学習者もいることが分かった。そこで、[6] では、共通理解を促進させる協調的プロンプトと意見を出しあうことを促進させる論争的プロンプトを提示することによって学習パフォーマンスが促進されるのか検討した。その結果、学習パフォーマンスが促進されることが明らかとなったが、文脈・タイミングに応じたプロンプト提示は行われていなかった。ただし、文脈・タイミングに応じたプロンプト提示を行うには、コンセプトマップの状態を把握しなければならない。また、学習者の自由度が高すぎることによって理解度にばらつきが生じ、支援が困難になると考えられるため、コンセプトマップのノードとリンクを統制する必要がある。

以上のことを踏まえて、本研究では、今後の文脈・タイミングに応じた支援に向けて、独自にコンセプトマップを作成する。そのコンセプトマップ作成ツールを通して、[5] と同様に学習パフォーマンスが促進されるのか実証的に検討していく。また、そのコンセプトマップ作成ツールの有効性を検討するために、コンセプトマップの評価に関する変化も検討していく。特に、お互いに異なる（相互補完な）知識が与えられた場面に着目し、コンセプトマップの評価を捉え、文脈・タイミングの手がかりとなる情報を提供する。1.1 節では、協同におけるコンセプトマップ作成とその効果に関して述べ、1.2 節では、コンセプトマップ作成ツールを用いた研究をみていく。最後に、1.3 節において、これらを踏まえて、本研究の目的と仮説を述べる。

1.1 コンセプトマップとその効果

コンセプトマップ [7] は、Novak によって開発されたものである。このコンセプトマップには、ノードと呼ばれる概念、概念間の関係を表すリンクがある [8]。ICAP では、そのコンセプトマップを含めて、ノートテイキング、自己説明活動という 3 つの学習活動に焦点を当てている [2]。そこでは、協同学習プロセスを Interactive, Constructive, Active, Passive に分類し、それらのプロセスは、階層構造であることが述べられている。Passive はマップを読む活動、Active はマップをコピーする活動、Constructive は自分で構築したり、訂正したりする活動、Interactive は協同相手の意見に基づいて、マップを作成する活動である [2]。したがって、ICAP に基づいて考えると、協同でコンセプトマップを作成することが理解を深めるために、有用であるといえる。また、お互いの知識が相手に必要なものであれば、より Interactive になるといえる。そのため、学習環境としては、お互いの知識が相手に必要であり、その知識に基づき、協同でコンセプトマップを作成することが求められる。さらに、お互いの用いる言葉が異なれば、[4] において明らかにされたように十分に相手の意見を考慮できない。

以上より、協同でコンセプトマップを作成することは、相手の考えを取り入れることができるため、理解が深まるといえる。そうした学習プロセスに従事させるためには、コミュニケーション支援やお互いが貢献するための事前知識の提供を検討する必要がある。また、コンセプトマップのノードとリンクのリストを与え、そこから記入させることも有用であるといえる。Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL) では、協同におけるコンピュータによるコミュニケーション支援を検討している。次節では、その取り組みに関して述べる。

1.2 CSCL におけるコンセプトマップを用いた学習とその評価方法

これまで CSCL では、協同で知識を構築することが検討されてきた。たとえば、[9] では、Computer-Supported Intentional Learning Environment (CSILE) が検討されている。そこでは、自分の考えの外化と他者の知識の共有を行っている。そうした学習活動の有効性は知識構築に裏付けられている。また、[10] では、ReCoNote が検討されている。これは、CSILE と同様に自分の考えをノートとして外化

し、相手のノートを見ることが可能であった。そうした機能に加えて、ノートをリンクで繋げることも可能であった。つまり、自分の考えを外化し、相手の考えを十分吟味することができた。こうした学習活動の有効性は、建設的相互作用 [11] に基づいている。

こうした流れの中において、コンセプトマップを用いた検討がある。[12] では、他者のコンセプトマップを可視化させることによる効果を検討している。その結果、他者のコンセプトマップを可視化した状態において、協同でコンセプトマップを作成した方が、他者のコンセプトマップを可視化しない状態において、協同でコンセプトマップを作成した場合よりも他者の知識を獲得し、早く正確にコンセプトマップを作成することができることが示された。また、そうした環境下における異なる知識を持ったもの同士における協同学習の検討も行われている [13]。その研究では、異なる知識が提示された条件と同一の知識が提示された条件で比較している。その結果、相手のコンセプトマップと自分のコンセプトマップ間の視線移動はみられたが、学習パフォーマンスが低下することが分かった。相手の知識を取り入れることが重要であるが、負荷がかかってしまったと考えられる。[5] では、同一の知識を提供し、協同の事前事後における学習パフォーマンスを比較し検討している。その結果、学習パフォーマンスが促進されることが明らかとなった。

[6] では、こうした他者のコンセプトマップを可視化した環境において、ランダムにプロンプトを提示することの効果を検討した。その結果、ランダムにプロンプト提示にすることによって、学習パフォーマンスが促進されることが分かった。ただし、文脈・タイミングに応じた提示を行っていないため、コンセプトマップの作成状況を考慮せず、不自然な会話を生じさせてしまう場合もあった。また、これらの研究では、CmapTools というコンセプトマップ作成ツールを用いて検討を行っている。[5] ではこのツールを用いた学習パフォーマンスの協同の前後比較を行っている。本研究では、先行研究で検討されている学習パフォーマンスとともにコンセプトマップの評価を検討し、CmapTools と同様に自作したコンセプトマップの有効性があるのか実証的に検討する。コンセプトマップの評価方法としては、評価者が評価し、評価点をつける評価をはじめとした定量的な評価方法と教師と生徒のマップを比較する評価をはじめとした定性的な評価方法がある [14]。今後、コンセプトマップの状態に基づいた支援を検討するため、定量的な評価方法を用いて、検討する。

1.3 目的と仮説

本研究では、互いに異なる知識が提供された状態において、協同相手のコンセプトマップを可視化し、協同コンセプトマップを作成する場面に着目する。ここでは、コンセプトマップのノードとリンクのリストを予め設定し、記入する内容の制限を行ったコンセプトマップ作成ツールを開発した。そこで、その記入内容を制限したコンセプトマップが [5] と同様に、協同コンセプトマップの作成を通して、学習パフォーマンスが促進されるのか検討することを目的とする。また、コンセプトマップの評価を行うことによって、このツールの有用性を検討する。本研究の仮説は、以下の通りである。

- H1 [5] と同様に、協同でコンセプトマップを作成することを通して学習者の理解が深まるため、ポストテストの得点は、プレテストの得点よりも高くなる。
- H2 協同でコンセプトマップを作成することを通して学習者の理解が深まるため、協同のコンセプトマップの評価は、個別のコンセプトマップの評価よりも高くなる。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験参加者は、心理学を専攻する8名の大学生(男性5名、女性3名)であり、平均年齢は19.00歳(SD = 0.50)であった。また、学習環境は、遠隔地を想定しているため、お互いの顔がみえないようにした。事前に学習者に本研究において学習する概念に関して、質問したところ、事前知識は同程度であった。

2.2 実験材料

本研究では、実験材料として、原因帰属に関するテキストとコンセプトマップを用いた。コンセプトマップは、本課題において個人と協同の両方において実験参加者に作成してもらった。

2.2.1 学習テキスト

学習テキストは、さきほど記した通り、心理学の概念の一つである原因帰属に関するものである。本研究では、その中の成功と失敗の原因帰属に関する内容をテキスト化した。これは、外的・内的、安定・不安定、統制可能・統制不可能という3次元から構成され、あ

る事象の原因を推論するというものである。外的・内的とは原因が自分の中なのか外なのか、安定・不安定とは時間的に安定しているのかしていないのか、統制可能・統制不可能とは自分と他者によってコントロールできるのかできないのかということである。

実験課題は、実験手続きにおいて詳しく述べるが、実験者はマイケルピーター君が、新学期が不安な理由を推論すること [15] が求められ、その内容をコンセプトマップに記入した。

2.2.2 実験システム

コンセプトマップは、ノード、リンク、リンクラベルから構成され、求められる機能は、ノード、リンクの追加、削除、ノードとリンクラベルの変更と記入である。この機能を実現するために、C#を用いてコンセプトマップ作成システムを開発した。ノードとリンクへの記入方法としては、リストから入力できるようにした。また、本研究では、協同で作成するために、ソケット通信を用いて、互いのコンセプトマップ情報をやりとりし、同期させた。

2.3 実験手続き

本研究の手続きは、(1) 教示と説明、(2) プレテスト、(3) 本課題(コンセプトマップ作成) (4) ポストテストから構成された。(1)の説明では、コンセプトマップとその作成方法の説明を動画と口頭によって行った。(2)と(4)では、原因帰属に関して知っていることを自由に記述してもらった。また、(3)では、まず、個別にコンセプトマップを作成した後に、協同でコンセプトマップを作成した。個別に作成する段階では、コンセプトマップの作成方法に関する質問を受け付けた。

協同の際には、コンセプトマップを3つのウィンドウに分割して、相手と自分のコンセプトマップと協同のコンセプトマップを提示した。そのため、お互いの個別のコンセプトマップを参照でき、左側に協同で作成するウィンドウを設けた。図1の通りである。操作パネルでは、ノードの追加、削除、リンクの追加、削除に関するボタンを設け、情報パネルにおいてノードとリンクのリストと現在選択しているノードもしくはリンクを表示した。本課題における実験参加者の目的は、マイケルピーター君がなぜ新学期が不安なのか推論し、それをコンセプトマップ上に描くことであった。つまり、新学期が不安な原因として努力などがあり、

その原因が内的・外的，安定・不安定，統制可能・統制不可能なのか考えることが求められた。

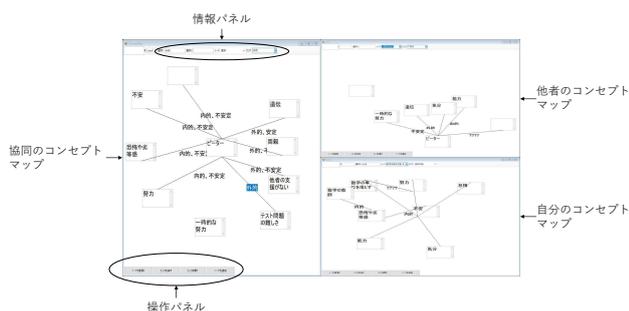


図1 本課題（協同）における画面のスクリーンショット。

2.4 従属変数

本研究では，プレ・ポストテスト，個人と協同のコンセプトマップの得点を従属変数として，採用した。それらの得点は，成功と失敗の原因帰属の理解度を評価するコーディグスキーマを作成し，0点から5点で評価した。このコーディグスキーマは，理解度のレベルを反映している。回答に含まれる学習テキストの要素の数をもとに，たとえば全部含まれている場合は5点とし，要素が含まれていない場合は0点とした。具体的には，0点は，誤り回答なし，5点は帰属理論，成功と失敗の原因帰属の3つの次元の説明，具体的な説明を含む回答であった。詳しくは，[6]を参照されたい。また，0点は，誤り回答なし，5点は，原因，成功と失敗の原因帰属の3つの次元，3つの次元同士の関連性であった。

3. 結果

3.1 学習パフォーマンス

ここでは，協同のコンセプトマップ作成を通して学習者の理解が深まるため，ポストテストの得点は，プレテストの得点よりも高くなるのかどうか（H1）検討する。そこで，協同前後のテストの点数を比較するために，t検定を行った。図2は，プレテストとポストテストの得点を比較したものである。その結果，ポストテストの方がプレテストよりも得点が高いことが分かった ($t(7) = -2.55, p < .05$)。以上より，H1は支持された。

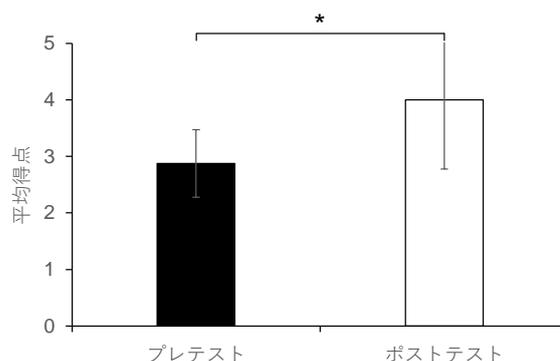


図2 プレテストとポストテストにおける平均得点の比較。*は $p < .05$ ，エラーバーは標準偏差を示す。

3.2 コンセプトマップの評価

ここでは，協同のコンセプトマップ作成を通して学習者の理解が深まるため，協同のコンセプトマップの評価は，個別のコンセプトマップの評価よりも高くなるのか（H2）検討する。そこで，個別と協同のコンセプトマップの評価を比較するためにt検定を行った。図3は，個別と協同のコンセプトマップの評価を比較したものである。その結果，協同のコンセプトマップが有意に個別のコンセプトマップよりも評価が高いことが明らかとなった ($t(7) = -4.28, p < .01$)。以上より，H2は支持された。

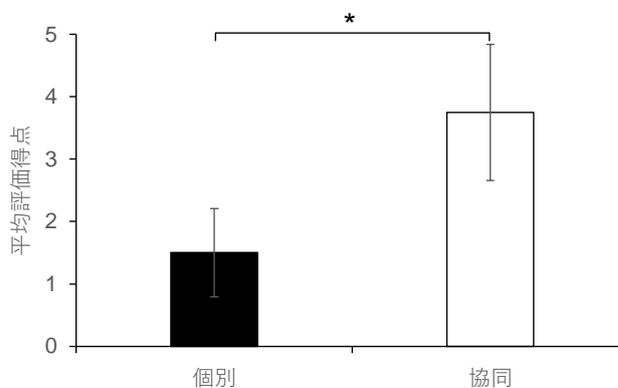


図3 個別と協同のコンセプトマップにおける平均評価得点の比較。*は $p < .01$ ，エラーバーは標準偏差を示す。

4. 考察

本研究では，異なる知識を与えられた学習者による，他者のコンセプトマップを可視化した状態における協同を通して，学習パフォーマンスとコンセプトマップの評価が促進されるのか検討した。その結果，協同におけるコンセプトマップ作成活動を通して，プレテス

トに比べてポストテストの得点が高く、個別のコンセプトマップに比べて協同のコンセプトマップに関する評価得点が高くなったため、理解が促進されていることを示唆した。これらは、協同におけるコンセプトマップが学習を促進させるという ICAP フレームワーク [2] における一部の仮説と一致する。また、[5] において明らかとなった協同コンセプトマップの効果と同様の効果を示し、コンセプトマップの評価も向上することが分かった。そのため、このコンセプトマップ作成ツールの有用性が示唆された。

協同によってコンセプトマップの評価が影響を受けているため、協同学習中の学習活動を捉える指標として有用であると考えられる。つまり、コンセプトマップを用いることによって、明確に学習活動を捉えることができると考えられる。たとえば、協同学習の支援においては、コンセプトマップに学習テキストの重要な要素がない場合、その要素を話し合うことを促すプロンプトを提示することができる。また、[12] では、個別と協同コンセプトマップにおける評価の比較を行っていない。そのため、協同学習における変化、つまり実験条件間での差を見ることができ、実験参加者内における変化を捉えることができていない。したがって、今回の結果は、そうした点を明らかにしたという点で有用であったと考えられる。

今回の検討では、協同活動中のコンセプトマップの変化までは、検討していなかった。そのため、今後は、コンセプトマップのログデータを用いて、成功したコンセプトマップと失敗したコンセプトマップのプロセスを検討する。また、協同相手の知識をどの程度取得で来ていたのかに関する詳細な分析を行っていないため、コンセプトマップにおける定性的な分析も行う必要がある。さらに、コンセプトマップ中におけるファシリテーションの検討も行う。

5. まとめ

協同学習の有効性は確かめられてきたが、その一方でコミュニケーションに関する困難さがあることも明らかとなっている。たとえば、ICAP では、最も深い学習プロセスである Interactive に学習者が従事することは困難であることが分かっている。つまり、協同で学習する際に、教師やファシリテータによる支援が必要となる。ただし、人には時間的制約や人的制約があるため、コンピュータによる支援を検討することが求められる。本研究では、協同でコンセプトマップを作成する活動に着目し、文脈・タイミングに応じた支援に向け、独自のコンセプトマップ作成ツールを開

発し、その有効性を検討する。ここでは、CmapTools を用いた先行研究と同様に協同前後の学習パフォーマンスが向上し、個別よりも協同のコンセプトマップの方が、評価が高くなるという仮説を立て、検証を行った。学習環境は、先行研究に則り、相手のコンセプトマップを可視化した状態であった。その結果、学習パフォーマンスは促進され、コンセプトマップの評価も高くなることが分かった。したがって、今回開発したコンセプトマップ作成ツールの有効性が示唆された。今後、その促進された要因を会話分析やコンセプトマップの詳細な分析を通して、検討する。

文献

- [1] Chi, M. T. H., (2009) "Active-Constructive-Interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities", *Topics in Cognitive Science*, Vol. 1, No. 1, pp. 73-105.
- [2] Chi, M. T. H., Wylie, R., (2014) "The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes", *Educational Psychologist*, Vol. 49, No. 4, pp. 219-243.
- [3] Wiggins, B. L., Eddy, S.L., Grunspan, D. Z., Crowe, A. J., (2017) "The ICAP active learning framework predicts the learning gains observed in intensely active classroom experiences", *AERA Open*, Vol. 3, No. 2, pp. 1-14.
- [4] Tan, E., (2018) "Effects of two differently sequenced classroom scripts on common ground in collaborative inquiry learning", *Instructional Science*, Vol. 46, No.6, pp. 893-919.
- [5] Shimojo, S., Hayashi, Y., (2019) How shared concept mapping facilitates explanation activities in collaborative learning: An experimental investigation into learning performance in the context of different perspectives, *Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education*, pp. 172-177.
- [6] 下條 志蔵・林 勇吾, (in press) "協同学習におけるコンセプトマップを用いた説明活動のファシリテーション 協調的プロセスと論争的プロセスに着目した検討", *認知科学*.
- [7] Novak, J. D., Gowin, D. B., Bob, G. D., (1984) "Learning how to learn", Cambridge University press.
- [8] Novak, J. D., (1990) "Concept mapping: A useful tool for science education", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 27, No. 10, pp. 937-949.
- [9] Scardamalia, M., Bereiter, C., (1994) "Computer support for knowledge-building communities", *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 3, No. 3, pp.265-283.
- [10] 益川 弘如, (1999) "協調学習支援システム「ReCoNote」が持つ相互リンク機能の効果" *日本教育工学雑誌*, Vol. 23, No. 2, pp. 89-98.
- [11] Miyake, N., (1986) "Constructive interaction and the iterative process of understanding", *Cognitive Science*, Vol. 10, No. 2, pp. 151-177.
- [12] Engelmann, T., Hesse, F. W., (2010) "How digital concept maps about the collaborators' knowledge and information influence computer-supported collaborative problem solving", *International Journal*

- of Computer-Supported Collaborative Learning, Vol. 5, No. 3, pp. 299-319.
- [13] Molinari, G., Sangin, M., Nüssli, M. A., Dillenbourg, P., (2008) “Effects of knowledge interdependence with the partner on visual and action transactivity in collaborative concept mapping”, Proceedings of the 8th international conference on International conference for the learning sciences, pp. 91-98.
- [14] Keppens, J., Hay, D., (2008) “Concept map assessment for teaching computer programming”, Computer Science Education, Vol. 18, No. 1, pp. 31-42.
- [15] Weinberger, A., Fischer, F., (2006) “A framework to analyze argumentative knowledge construction in computer-supported collaborative learning”, Computers and Education, Vol. 46, No. 1, pp. 71-95.