

協同学習時の知識利用におけるワーキングメモリと共感性：ACT-Rを用いた実験室実験とコンピュータシミュレーションによる検討

Working Memory and Empathy on Knowledge Use during Collaboration: Investigation by Laboratory and Simulation using ACT-R

下條 志巖, 林 勇吾
Shigen Shimojo, Yugo Hayashi

立命館大学
Ritsumeikan University
cp0013kr@ed.ritsumei.ac.jp

概要

本研究では、ワーキングメモリと共感性がそれぞれ協同学習におけるテキストの知識利用と関連するのかが検討する。方法としては、実験室実験とコンピュータシミュレーションを用いる。シミュレーションにおけるモデルには、認知アーキテクチャの一つである ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational) を使用する。実験室実験の結果、ワーキングメモリとは関連があることが分かったが、共感性とは関連がないことが分かった。シミュレーションでは、同様の結果であったが、共感性に関しては極端な値をとると知識利用がうまくいかないことが分かった。

キーワード: 協同学習 (collaborative learning), コンセプトマップ, ワーキングメモリ (working memory), ACT-R

1. はじめに

協同学習では、他者の意見に基づいて自分の意見を外化するといった説明活動を相互に行うことで深い学びへとつながることが分かっている[1]。しかし、協同では、他者視点の取得が難しいことが示されている[2]。そうした流れを受けて、[3]は参加者がコンセプトマップを利用することで他者知識を獲得し学習パフォーマンスが向上することを明らかにした。[3]の参加者は、ノードとリンクからなるコンセプトマップを個別に作成し、それを参照しながら協同でコンセプトマップを作成した。本研究における学習パフォーマンスとは、テキストにある知識を利用し、リンクに記入できていたのかを指す。そのため、協同でコンセプトマップを作る試みによって、テキストの知識を利用することが促進されるならば、他者知識の獲得がテキストの知識利用を促進したと考えられる。しかしながら、協同学習において、他者知識の獲得がテキストの知識利用になぜ影響するのかは明らかではない。そこで、本研究では、協同学習における認知プロセスとテキストの知識利用の関連性を検討する。

1.1. 協同学習における知識利用に関わる要因

協同学習における認知プロセスでは、ワーキングメモリと共感性がそれぞれ関与していると考えられる。その理由としては、獲得した他者の知識とテキストの知識を利用する際に、知識を検索、想起、保持しなければならないことが挙げられる。ワーキングメモリ容量が多くなるにつれ、他者の知識を利用することができると、テキストの知識も利用できると予測される。

また、冒頭でも述べたように、協同において獲得した他者知識を利用し、その知識に基づいた議論が重要であることが明らかさにされている[1,4]。しかしながら、共感性(他者の知識の利用度合)の高低によって発話の傾向が異なり、共感が低い場合にはそもそも相手の意見に基づいた議論を行わないことが分かっている[5]。したがって、共感が高くなるにつれ、自分の意見を外化する際に他者知識の利用を行うと考えられる。

以上より、本研究では、ワーキングメモリと共感性の両者はそれぞれ他者知識の獲得によるテキストの知識利用と関連するのかが検討する。そのために、実験室実験とコンピュータシミュレーションを実施する。その際、認知アーキテクチャである ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational) を使用する。ACT-R を用いた理由としては、パラメータ操作によって個人差のモデル化も容易であり、人間の思考と行動を再現することができる点にある。

1.2. 目的と仮説

本研究の目的は、協同でコンセプトマップを作成する際に、ワーキングメモリと共感性という個人特性が

テキストの知識利用に与える影響を検討することである。本研究における実験的検討の仮説として、2つがあげられる。まず、(H1) ワーキングメモリとテキストの知識利用との間には相関関係があると予想される。また、(H2) 共感性とテキストの知識利用の間には相関関係があると考えられる。コンピュータシミュレーションではACT-Rによってコンセプトマップを作成するモデルを作成し、ワーキングメモリの高低と他者の知識の利用頻度によってテキストの知識利用が変化するかシミュレーションする。ワーキングメモリと共感性が協同学習と関連しているならば、実験的検討のH1およびH2と同様の結果が得られると予測される。

2. 方法

2.1. 実験参加者

実験参加者は、心理学を専攻する20名の大学生(男性6名、女性14名)であり、平均年齢は19.00歳($SD = 0.89$)であった。実験参加者は、ペアに割り当てられ、協同でコンセプトマップを作成した。

2.2. 実験材料

実験材料として、成功と失敗の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、C#によって作成し、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。

2.3. 実験手続き

実験の手続きに関しては、実験参加者は、まずコンセプトマップの作成方法を学び、2-back課題を実施し、対人反応性指標[6]における質問項目に回答した。次に、成功と失敗に関する学習テキストを参照し、ある学生が、新学期が不安な理由を語っているエピソードを参照した。学習テキストには、主に内的・外的、安定・不安定、統制可能・統制不可能という原因の分類には3つの次元があることが記述されていた。その後、この3つの次元に基づいて、新学期が不安な理由である原因を推論し、コンセプトマップに個別に描き、協同で相手のコンセプトマップを参照しながら(画面を3分割; 右側に個別のマップ2つ、左側に協同のマップ1つ)、協同のコンセプトマップを作成した。図1は、協同時におけるスクリーンショットである。コンセプトマップ

は、ノードとリンクから構成され、ノードにはエピソードの知識が含まれ、リンクには学習テキストの知識が含まれなければならない。本研究では、学習テキストの知識利用のみに焦点を当てているため、ノードではなくリンクに着目した。

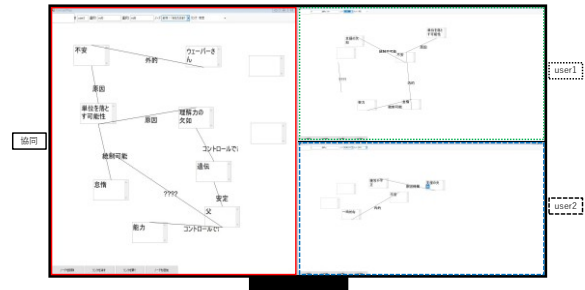


図1 協同学習時における画面のキャプチャ。

2.4. 従属変数

分析に関して用いたデータに関して説明する。まず、ワーキングメモリは、2-back課題の正解率を採用し、共感性は対人反応性指標を採用した。また、テキストの知識利用には、コンセプトマップのリンクの部分に該当する3つの次元が協同コンセプトマップに含まれる数を用いた(以降、テキスト知識のリンク数とする)。

3. 結果

まず、H1に関して検証するために、2-back課題の正解率とテキスト知識のリンク数に関して相関分析を行った。図2は、2-back課題の正答率とリンク数の散布図である。その結果、中程度の正の相関関係が認められた($r = .46, p < .05$)。

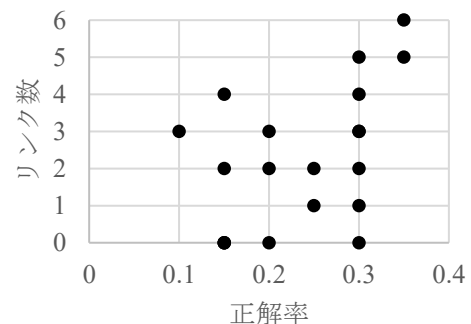


図2 2-back課題の正答率とリンク数の関係。

次に、H2に関して検証するために、対人反応性度合とテキスト知識のリンク数についても同様に相関分析を行った。図3は、対人反応性尺度得点とリンク数の散布図である。その結果、相関関係は認められなかった($r = .07, p = .77$)。また、下位項目の視点取得だけに

着目し、検討した。図4は、視点取得得点とリンク数の散布図である。その結果、同様に相関関係は認められなかった ($r = .26, p = .28$)。以上より、H1は支持されたが、H2は支持されなかった。

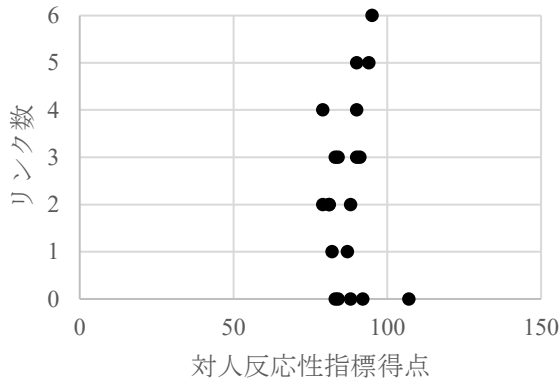


図3 対人反応性尺度得点とリンク数の関係。

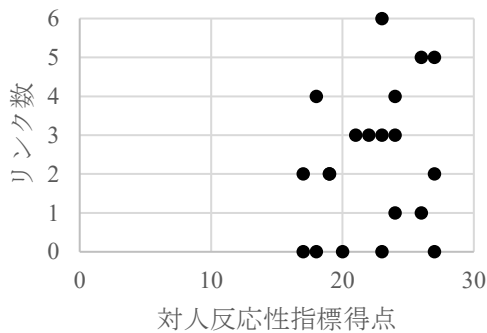


図4 視点取得とリンク数の関係。

4. ACT-R によるコンピュータシミュレーション

ACT-R アーキテクチャ[7]を用いて、知識の利用のモデルを作成し、異なる知識に基づいた学習時における知識の使用に関するプロセスを検討した。具体的なモデルの流れは、自分と相手のコンセプトマップを確認し、宣言的知識に記録し、相手と自分の知識が異なるのか、同一なのか判定し、異なった場合は自分の知識もしくは相手の知識に基づいて学習テキスト(3つの次元)を検索し、同一であれば(正しければ)記入、もしくは記入しない。このプロダクションが共感に関わる。図5はモデルのフローを示したものである。冒頭でも述べた通り、共感によって自分の知識だけではなく、相手の知識も利用することが明らかになっているためである。

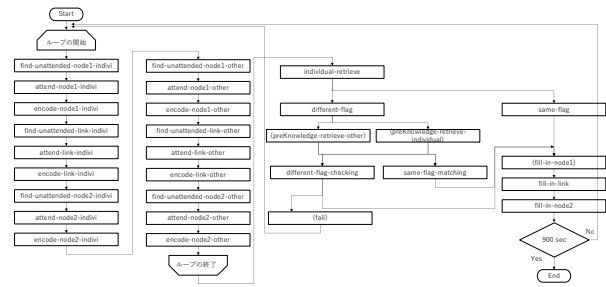


図5 ACT-R に実装されたコンセプトマップ作成モデルのフロー。

4.1. パラメータ操作

このシミュレーションの目的は、ワーキングメモリ、共感とテキストの知識利用の関係をみることにある。[8]では ACT-R におけるワーキングメモリの操作パラメータとして以下の知識 i における活性値 (A_i) 式の W を採用し、そのパラメータを 0.7, 1, 1.3 の 3 つで操作している。 B_i はチャンクのベースレベルで、 W_{kj} は、重みづけであり、 S_{ji} は関連の強さを表す指標である。 ϵ はノイズである。式(2)は、そのノイズ値の式である。

$$A_i = B_i + \sum_k \sum_j W_{kj} S_{ji} + \epsilon \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2}{3} S^2 \quad (2)$$

モデルを用いたテキストの知識検索と利用に与えるワーキングメモリの影響をシミュレーションするために、パラメータを 3 つの値で操作した。

次に、共感に関しては、上記のモデルの手続きにおいて述べた通り、他者の知識の利用をする度合で操作した。具体的には、個人の知識に基づく記憶検索を行うプロダクションのユーティリティ値を 10 とし、他者の知識に基づく記憶検索を行うプロダクションのユーティリティを 8, 9, 10, 11, 12 で操作した。以下にプロダクションの選択率の式を示す。 U_i は予測されたユーティリティであり、 $U_i(n)$ は n 回目のユーティリティ値を表す。 α は学習率、 n 回目の適用でプロダクションの受け取る報酬である。

$$Probability(i) = \frac{e^{i/\sqrt{2S}}}{\sum_i e^{U_i/\sqrt{2S}}} \quad (3)$$

$$U_i(n) = U_i(n-1) + \alpha [R_i(n) - U_i(n-1)] \quad (4)$$

モデルを用いたテキストの知識検索と利用に与える共感(他者の知識に基づく記憶検索)の影響をシミュレーションするために、パラメータを 5 つの値で操作した。

4.2. シミュレーション結果

テキスト知識のリンク数は0.7の場合0.5, 1.0の場合1, 1.3の場合1.5となり, 実験結果と同様にワーキングメモリによってテキスト知識のリンク数が影響を受けることが示された。

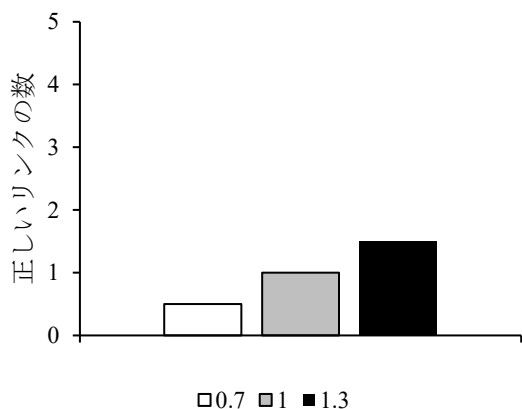


図6 Wのパラメータ値の違いによるリンク数の比較。

その結果, テキスト知識のリンク数は8の場合4, 9の場合4, 10の場合3, 11の場合5, 12の場合3となった。実験結果と同様に他者の知識に基づく回数を増やすことの効果はみられなかった。ただし, 11の場合, つまり相手の知識を少し多く用いて記憶検索することによって最も正しい知識利用ができることが分かった。

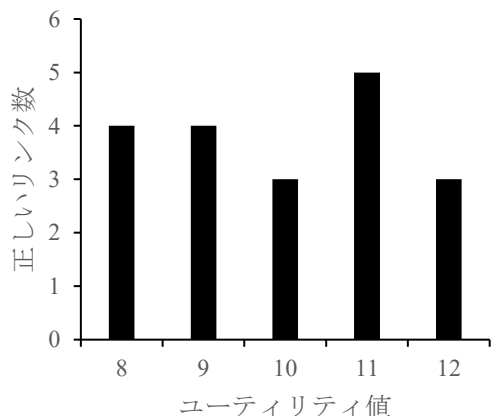


図7 ユーティリティ値の違いによるリンク数の比較。

5. 考察

本研究における実験室実験では, ワーキングメモリとコンセプトマップのテキスト知識のリンク数に正の相関が認められ, 共感性とテキスト知識のリンク数には認められなかった。また, コンセプトマップを作成す

るモデルを用いて, ワーキングメモリの影響をシミュレーションした結果, 実際の結果と一致した。また, 共感の影響をシミュレーションした結果, 実際の結果と同様に共感が高くなればなるほど, 知識の再生が高くなるという結果にはならなかった。ただし, 相手の知識と自分の知識を均等に用いて検索すると良くなく, 相手の知識に基づいてより検索することの効果を示された。実験結果とシミュレーションの結果は, コンセプトマップにおける協同学習において, テキストの知識の利用においてワーキングメモリと共感性によって影響を与えることが分かった。ワーキングメモリが影響を与えた理由としては, 相手の知識を保持と正しい知識の検索において保持できる記憶量が少なければ正しい知識を検索できる確率が下がるためと考えられる。また, 共感に関しては, 相手の知識を取得することは大事だが, 同程度だとどちらの知識を優先すべきなのかという競争が生じたり, 相手の知識に頼りすぎると相手の成績に依存したりするため, 適度に相手の知識に基づいて自分の意見を再構築することが必要だと考えられる。

文献

- [1] Chi, M. T., Wylie, R., (2014). "The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes", *Educational psychologist*, Vol. 49, No. 4, pp. 219-243.
- [2] 林勇吾・三輪和久・森田純哉, (2007). 異なる視点に基づく協同問題解決に関する実験的検討 *認知科学*, Vol. 14, No. 4, pp. 604-619.
- [3] 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.
- [4] Shirouzu, H., Miyake, N., Masukawa, H., (2002). "Cognitively active externalization for situated reflection", *Cognitive Science*, Vol. 26, No. 4, pp. 469-501.
- [5] 長田在代・川上綾子, (2008). グループ学習の話し合いにおける認知的共感性の影響 *日本教育工学会論文誌*, Vol. 32, pp. 141-144.
- [6] 日道俊之・小山内秀和・後藤崇志・藤田弥世・河村悠太・野村理朗, (2017). 日本語版対人反応性指標の作成 *心理学研究*, Vol. 88, No. 1, pp. 61-71.
- [7] Anderson, J. R., (2013). "Human symbol manipulation within an integrated cognitive architecture", In *Cognitive science* (pp. 313-341). Routledge.
- [8] 松室美紀・三輪和久・原田悦子・須藤智・富田瑛智・牧口実・繆嘉傑, (2018). 自動車運転中の車載機器操作に加齢が与える影響: 時間知覚と活性化拡散に着目したシミュレーションによる検討 *認知科学*, Vol. 25, No. 3, pp. 279-292.