

オセロ課題を用いたアシスタンスジレンマの実験的検討

Experimental Investigation of Assistance Dilemma with Othello Game.

水野陽介¹ 三輪和久² 寺井仁²

Yousuke Mizuno¹, Kazuhisa Miwa², and Hitoshi Terai²

¹名古屋大学情報文化学部

¹School of Informatics and Sciences, Nagoya University

²名古屋大学大学院情報科学研究科

²Graduate School of Information Science, Nagoya University

Abstract: In the current study, we investigated the assistance dilemma issue, which suggests that a high level of support do not necessarily help learners obtain higher learning effects even though higher problem-solving in the learning phase is performed. We tested this issue with Reversi game as an experimental task, and developed a learning environment in which participants were given the best moves as help information. Experimental results revealed that a very high level of support decreased the time for deciding moves and increased the performance scores in the learning phase, but brought about negative impacts on learning effects measured in the post-test after the learning phase.

1.序論

私達は新しいことを学習する際に支援を受けることがある。一般に、学習を行うときに、手厚く支援を受けることは学習効果を高めるために有効な手段である。しかしながら、学習者が支援に頼りすぎ、対象に対して深く考えることなく、課題をこなしてしまうことがある。このような場合は、学習中の課題を素早く解くことができるものの、学習効果が高まらず、支援が逆効果となってしまう。一方で、支援を行わない場合や不十分な支援しか提供されない場合には、課題を解くための手がかりを見つけないに苦勞し、課題を解くためのモチベーションが維持できず、学習効果を高めることはできない。このように、学習支援は十分すぎても、不十分でもその効果は少なく、適切なレベルの支援が効果的に学習につながると考えられる。

近年では、コンピュータを用いて高度な支援を提供することができる学習支援システムが数多く開発されている。そのような状況において Koedinger & Aleven は大きな学習効果を獲得するにはどのように支援のバランスを取ればよいかという問題を提起し、「アシスタンスジレンマ」という概念を用いて説明

している[1][2]。アシスタンスジレンマとは、学習効果を最大化するための支援バランスに関わる問題である。三輪らは、この問題に関連して、過度な支援は学習効果を減衰させるという「学習効果減衰仮説」を検討している[3][4]。

アシスタンスジレンマに関して検討を行っている研究は過去にいくつか存在する。高木は、この問題に関して、ハノイの塔課題を題材として検討を行っている[5]。そこでは、ハノイの塔と呼ばれるパズル課題の正解に至るまでの途中状態をヒントとして提示し、何ステップ先の途中状態を提示するかで支援レベルを調整した。その結果、低いレベルの支援を受け学習を進めた群ほど、後に行われたポストテストにおいて良い成績を示した。

また、Miwa らは自然演繹課題を用いて検討を行った[6]。自然演繹課題を解く参加者に推論規則とその規則の適用についての戦略をヒントとして提示できるシステムを用いて実験を行い、推論規則と戦略の支援を提供された状況に比べ、そのような支援を行わない状況において学習効果は高かった。

両研究ともアシスタンスジレンマの所在を例示し、過剰支援における学習効果減衰仮説を支持した。

本研究では、オセロ課題を題材としてとりあげ、アシスタンスジレンマに関するより詳細な検討を行う。ハノイの塔や自然演繹が問題解決課題であったのに対して、オセロ課題は対戦相手と勝敗を競うゲーム課題である。また、ハノイの塔と比較して、問

*連絡先:名古屋大学情報科学研究科

〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

E-mail: y.mizuno@cog.human.nagoya-u.ac.jp

題空間が圧倒的に広い。さらに、自然演繹課題と比して、オセロ課題は支援レベルの操作と課題の難易度調整が容易であり、さまざまな支援レベルと難易度で実験を行うことができる。

本研究では、支援を提供する学習フェーズの前後に、支援を提供しないプレテスト・ポストテストを行い、支援の程度の差異による学習フェーズ中の学習プロセスへの影響と、学習フェーズ語の学習後の効果を測定した。実験1は短期的な学習を行った。実験2では1日3回の学習を2週間にかけて行うといった実験1に比して長期にわたる学習を行った。

2.実験システム

本研究では、支援レベルを操作することができるオセロ対戦環境を開発した。本研究における「支援」とは、参加者が石を置く際に、「最善手」の情報を提供することを意味する。支援レベルの調整は最善手の場所と同様に赤く表示する候補手の数を操作することで行った。例えば「3手候補支援」レベルでは、コンピュータによる最善手に加え、無作為に選ばれた場所2箇所合計3箇所を赤く表示する(図1参照)。

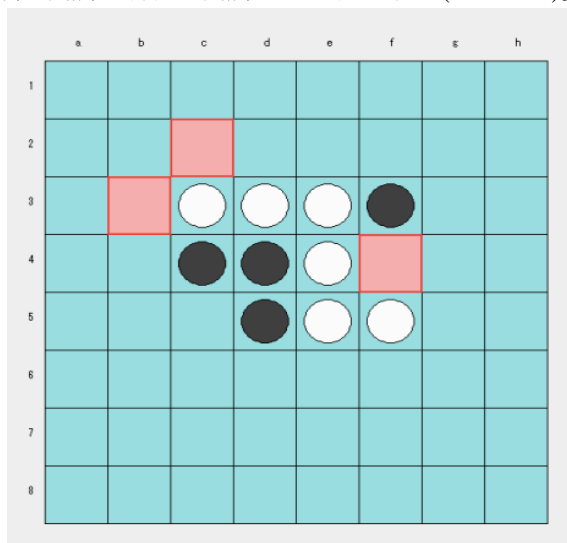


図13 手候補支援レベルの画面例

最善手の計算、および参加者の対戦相手となるコンピュータエージェントの打つ手の計算には、オープンソースとして提供される「Edax」を用いた。最善手の計算及び対戦相手の強さは、Edaxが盤面予測をする際の深さで調整を行った。今回の実験では、深さ5までの先読みに基づき最善手を計算し、一方、対戦相手の手は、深さ1の先読みを行うことで決定された。

実験参加者は先手で黒石を打つこととした。参加者は画面に表示される盤面上をダブルクリックすることで石を置くことができる。支援がある場合でも、

候補手を無視していずれの場所にも石を置くことができる。

実験では1ゲーム当たりの持ち時間を10分とし、持ち時間を消費すると画面が点滅し参加者に早く石を置くことを促すプロンプトが表示される。10分の持ち時間を使い切った後は1手当たり10秒の持ち時間となる。

3.実験1

3.1 目的

実験1では、短期的な学習における、学習支援における支援の程度と学習効果の関係について明らかにする。

3.2 方法

大学生71名が実験に参加した。参加者には実験室にてそれぞれ1台ずつのコンピュータを割り当てた。参加者はプレテスト、ポストテストでは、支援なしのオセロ課題に取り組んだ。学習フェーズではそれぞれの群ごとに支援レベルが調整され、オセロ課題に12回取り組んだ。

実験条件については、学習フェーズにおける支援レベルに関して、以下3条件を設けた。それぞれ、23名、24名、24名の実験参加者が割り当てられた。

- 支援なし条件群：支援情報の提供を行わない。
- 最善手条件群：最善手の情報を提供する。
- 3手候補条件群：最善手を含む候補手3箇所の情報を提供する。

実験では、最初に実験システムの操作方法と課題の概要について説明を行った。支援なし条件群には「操作方法はプレテストと同じである」こと、最善手条件群には「学習フェーズにおいてはコンピュータが計算する最善の手を赤く示している」こと、3手候補条件群には「学習フェーズにおいてはコンピュータが計算する最善の手を含む3箇所を赤く示している」ことを口頭、およびコンピュータ画面上にて説明した。

プレテストでは全員が支援なし条件でオセロ課題に1回に取り組んだ。

学習フェーズではそれぞれの群に応じた支援を提供するオセロ課題を12回行った。途中、6回目の課題の終了後に5分間の休憩を設定した。学習フェーズが終了し、ポストテストへ移行する前には2分間の小休止を設定した。

ポストテストではプレテスト同様に全員が支援なし条件でオセロ課題に1回取り組んだ。

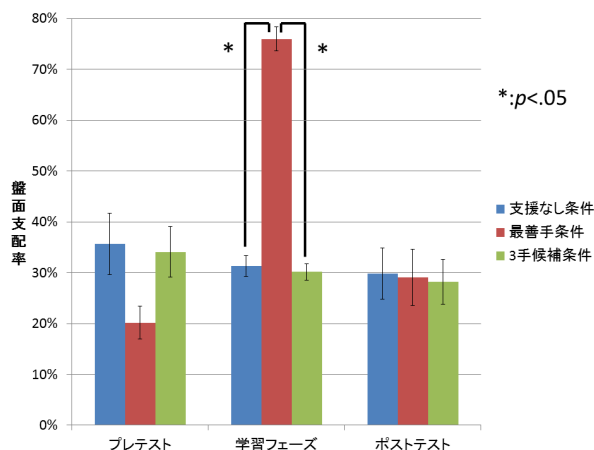


図2 盤面支配率の推移

3.3 分析指標

本実験の結果を分析は、以下の2つの指標に基づき行われた。

●盤面支配率

ゲーム終了時の盤面上に置かれた石の数に対して参加者の石である黒石の数の割合を示す。盤面支配率は以下の式で計算される。

盤面支配率=黒石の数÷(白石の数+黒石の数)

●1手当たりの平均時間

対戦相手が石をおいてから参加者が自分の石を置くまでの時間の平均を示す。パスがあったターンは平均時間の計算からは除外した。1手当たりの平均時間は、石を置く場所を決定するための思考時間を表していると考えられる。

3.4 仮説

学習効果衰退仮説に基づき、以下の実験結果が予想される。最善手条件群における学習は、与えられた最善手に従って十分な吟味を行わずに石を置くために、学習フェーズ時の1手あたりの平均時間は最も短くなる。支援情報に基づき対戦することで、成績としての盤面支配率は大きくなる。一方、ポストテストにおける成績は低くなる。

3.5 結果

3.5.1 盤面支配率について

図2に、学習フェーズ、およびポストテストにおける盤面支配率を示す。盤面支配率を従属変数とし、段階と支援レベルを独立変数とする2要因分散分析を行った。なお、学習フェーズの盤面支配率は12回の対戦を通してのオセロ課題の平均を用いた。

その結果、支援レベルの主効果が有意であり($F(2,68)=4.73, p<.05$)、段階の主効果が有意であった

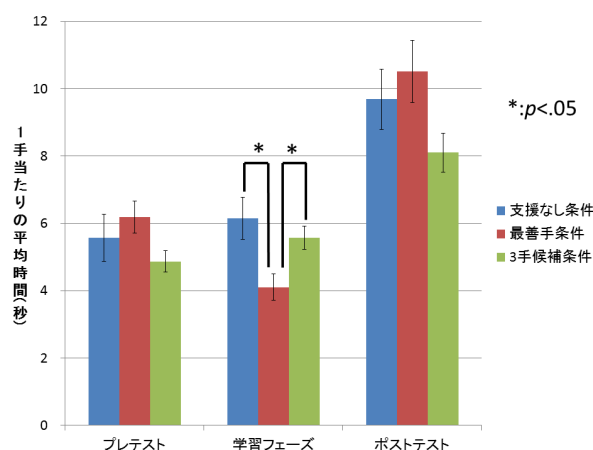


図3 1手当たりの平均時間の推移

($F(2,4)=17.73, p<.01$)。また、段階と支援レベルの交互作用が有意であった($F(4,136)=21.72, p<.01$)。修正 Bonferroni の方法で下位検定を行うと、プレテストと学習フェーズにおいて単純主効果が有意であった(プレテスト： $F(2,68)=3.13, p=0.05$ 、学習フェーズ： $F(2,68)=166.07, p<.01$)。ただし、ポストテストにおいて単純主効果が有意ではなかった($F(2,68)=.027, n.s$)。有意を示した水準における一対比較の結果、プレテストにおける各支援レベルの間には有意な差は見られず、学習フェーズにおいては、最善手条件が最も盤面支配率が高かった。

3.5.2 1手当たりの平均時間について

図3に各実験群の1手当たりの平均時間について2要因の分散分析を行った(図3)。学習フェーズでの対戦、およびポストテストにおける盤面支配率を示す。盤面支配率を従属変数とし、段階と支援レベルを独立変数とする2要因分散分析を行った。なお、学習フェーズの盤面支配率は12回の対戦を通してのオセロ課題の平均を用いた。その結果、支援レベルの主効果は有意ではなく($F(2,68)=1.1, n.s$)、段階の主効果が有意であった($F(2,4)=71.40, p<.01$)。また、段階と支援レベルの間の交互作用が有意となった($F(4,136)=5.1, p<.01$)。修正 Bonferroni の方法で下位検定を行うと、学習フェーズにおいて単純主効果が有意となった($F(2,68)=5.13, p<.01$)。プレテストとポストテストにおいて単純主効果は有意ではなかった(プレテスト： $F(2,68)=1.65, ns$ 、ポストテスト： $F(2,68)=2.3, n.s$)。有意を示した水準における一対比較の結果、学習フェーズにおいて最善手条件群が最も1手当たりの平均時間が短かった。

3.6 考察

最も手厚い支援が行われた最善手条件群が学習フェーズにおいて最も高い盤面支配率を記録した。し

かしながら学習フェーズにおいて支援なし条件群と3手候補条件群との間に有意な差は見られなかった。

また、最善手条件群が学習フェーズにおいて1手当たりの平均時間は最も短かった。しかしながら支援なし条件群と3手候補条件群との間に有意な差は見られなかった。このことから、学習フェーズの対戦成績に関わる仮説は支持された。

3つの実験条件間において、ポストテストの結果に、有意な差は見られなかった。学習効果についての仮説は支持されなかった。

実験 2

4.1 目的

実験1では12回のゲームを通して学習が行われたが、成績が向上する効果は見られなかった。そこで、実験2では2週間にわたって、毎日3回のゲームを行わせ、学習過程と学習効率を検討した。

4.2 方法

大学生27名が実験に参加し、ポストテストまでの全過程に参加した21名のデータを分析した。プレテスト・ポストテストでは、支援なしのオセロ課題に3回取り組んだ。2週間にわたる学習フェーズにおいては、参加者は各自のコンピュータを用いて、自宅で学習に取り組んだ。

実験1では3手候補条件と支援なし条件において違いは見られなかったため、実験2の学習フェーズにおける支援レベルに関しては、以下の2条件を設けた。プレテストの盤面支配率が両条件において同一になるように、参加者を配置した。支援なし条件群には9名、最善手条件群には12名の参加者が割り当てられた。

- 支援なし条件群：支援情報の提供を行わない。
- 最善手条件群：最善手の情報を提供する。

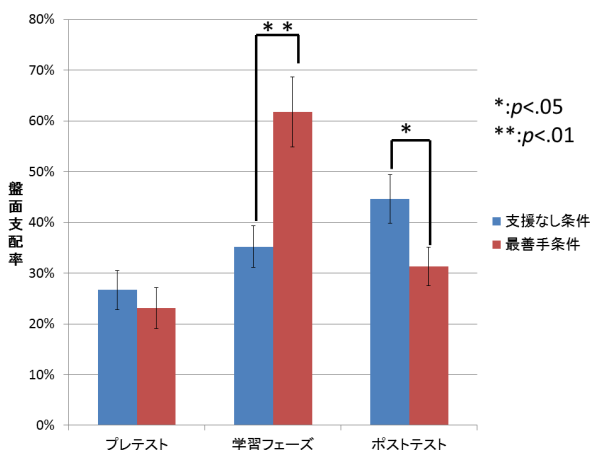


図4 盤面支配率の推移

実験では、プレテスト実施前に参加者には実験システムの操作方法と課題の概要について説明を行った。終了後、プレテストの結果は即座に結果を分析し、プレテスト3回の平均盤面支配率が同程度になるよう参加者を二つの実験群に割り振った。

学習フェーズの2週間の期間、インターネット等でオセロのコツを検索・調査することも禁止した。

2週間の学習後、プレテストと同様の形式でポストテストを実施した。

4.3 分析指標

実験1と同様に、学習過程、盤面支配率の2つの指標を用いた分析を行った。各段階において、複数回のオセロゲームが実施されているので、その平均を用いた。

4.4 仮説

実験1同様に最善手条件群における学習では、1手あたりの平均時間は短くなり、成績としての盤面支配率は大きくなる。一方、ポストテストにおける成績は低くなる。

4.5 結果

計画では学習フェーズにおいて52回のゲームが実施されることになるが、実際には参加者の体調不良や課題の実施を忘れていた等の理由で学習が行われない日もあった。平均して38.8回の学習が行われた。

4.5.1 盤面支配率について

図4に、学習フェーズでの対戦、およびポストテストにおける盤面支配率を示す。盤面支配率を従属変数とし、段階と支援レベルを独立変数とする2要因分散分析を行った。その結果、支援レベルの主効果は有意ではなく($F(1,19)=0.834, n.s.$)、段階の主効果が有意であった($F(2,2)=10.19, p<.01$)。また、段階と支

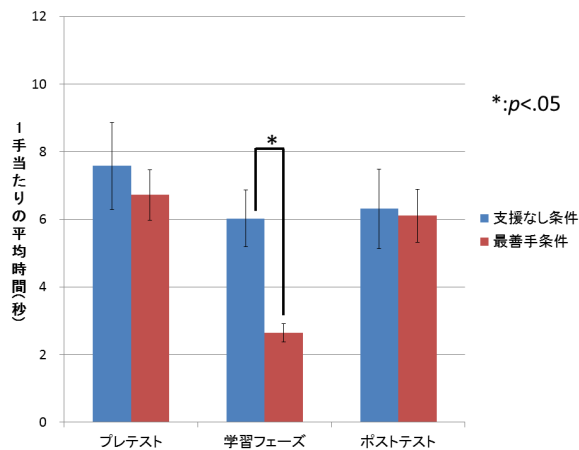


図5 1手当たりの平均時間の推移

援レベルの交互作用が有意であった($F(2,38)=7.86, p<.01$)。修正 Bonferroni の方法で下位検定を行ったところ、学習フェーズとポストテストにおいて単純主効果が有意であった。(学習フェーズ : $F(1,19)=9.11, p<.01$ 、ポストテスト : $F(1,19)=4.81, p<.05$)。プレテストにてにおいて単純主効果は有意ではなかった($F(1,19)=0.39, n.s.$)。

4.5.2 1 手当たりの平均時間について

図 5 に、学習フェーズでの対戦、およびポストテストにおける 1 手あたりの平均時間を示す。盤面支配率を従属変数とし、段階と支援レベルを独立変数とする 2 要因分散分析を行った。その結果、支援レベルの主効果は有意ではなく($F(1,19)=2.23, n.s.$)、段階に主効果が有意であった($F(2,2)=11.05, p<.01$)。また、段階と支援レベルの間の交互作用が有意であった($F(2,38)=3.76, p<.05$)。

修正 Bonferroni の方法で下位検定を行ったところ、学習フェーズにおいて単純主効果が有意であった。($F(1,19)=18.51, p<.01$)。プレテストとポストテストにおいては有意ではなかった(プレテスト : $F(1,19)=0.38, n.s.$ 、ポストテスト : $F(1,19)=0.23, n.s.$)。

4.6 考察

最も手厚い支援が行われた最善手条件群が学習フェーズにおいて高い盤面支配率を記録し、1 手あたりの平均時間は短かった。このことから、学習フェーズの対戦成績に関わる仮説は支持された。

ポストテストにおいては、支援なし条件が高い盤面支配率を記録した。このことから、学習効果についての仮説は支持された。

5.総合考察・結論

実験 2 では、学習効果減衰仮説が支持され、これまで他の研究題材でも示されてきたアシスタンスジレンマがオセロ課題でも確認された。ただし、最適な支援レベルについては検討できなかった。

先行研究では、支援の内容が正解に直結するという性質があったため、支援の効果が現れやすかった。しかし、オセロに関しては勝つ戦略はいくつもあるため、最善手を提供するという支援の内容が適切であったかについて検討すべき問題である。また、実験 1 では学習の効果が見られず、実験 2 において学習の効果が見られた理由としては、学習の回数が実験 2 の方が多かったことが考えられる。それゆえ学習支援においては、支援の内容や学習の期間についても十分に考慮されるべきであると示唆される。

今後の課題として考えられる展望としては、オセロ課題に取り組む時、参加者は盤面を見ながら次の手を考える。そのため、思考する際の視線測定に基

づく検討は有効であると思われる。

謝辞

本研究の一部は公益財団法人中山隼雄科学技術文化財団の助成による。

参考文献

[1]Koedinger, K. R., & Alevan, V.: Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors, Educational Psychology Review, Vol. 19, No. 3, pp. 239-264, (2007)

[2]Koedinger, K. R., Pavlik, P., McLaren, B., & Alevan, V.: Is it better to give than to receive? the assistance dilemma as a fundamental unsolved problems in the cognitive science of learning and instruction. In Proceedings of the 30th annual conference of the cognitive science society, pp. 2155-2160, (2008)

[3]Miwa, K., Kojima, A, & Terai, H.: Stoic Behavior Hypothesis in Hint Seeking and Development of Reversi Learning Environment as Work Bench for Investigation, Proceedings of International Conference on Educational Technologies 2014 (ICEduTech 2014), pp. 241-244, (2014)

[4]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, Vol. 62, No. 2, pp. 156-167, (2014)

[5]高木英輔. サブゴール提示方法が学習に与える効果 ハノイの塔課題を用いた実験的検討, 2010 年度名古屋大学情報文化学部卒業論文, (2011)

[6]Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai, Nana Kanzaki, Ryuichi Nakaike: An Intelligent Tutoring System with Variable Levels of Instructional Support for Instructing Natural Deduction, 人工知能学会論文誌, Vol. 29, No. 1, pp. 148-156, (2014)