

「T パズルは洞察問題ではない」の実験的証明

The Empirical Evidence that the T-puzzle isn't the insight problem

高岸 悟
Satoru Takagishi

放送大学大学院
The Open University of Japan, Master Course
takagishi.satoru@gmail.com

Abstract

The T-puzzle is one of the most popular materials of the insight problem. I tried to show the empirical evidence that the T-puzzle isn't the insight problem. But my experiments on this issue haven't been so successful as to endorse the hypotheses.

Keywords — T-puzzle, geometric puzzle, insight problem solving, problem solving

1. はじめに

放送大学『教育心理学特論』の中の「ミシン目研究」, 「折り紙問題」, 「2本の紐問題」に触発され, 図形パズルの傑作「Tパズル」で修士論文を決意するも, すでに1997年から行われ, 今では複雑な装置(連続フラッシュ, 眼球運動, モニター画面でのパズル)や多数の被験者(観察学習, 社会的効果, 感情や気分)というように進化していた。しかし, 日本認知科学会第32回大会の横山拓「洞察問題解決におけるメタ学習」では, 新しい仮説(「洞察問題解決の熟達」)や新しい分析(「手数と時間経過」「悪手率」「ゴールを見ながらのピース回転比率」)が研究には大事なことを再確認させてくれた。

2. 洞察問題

認知科学辞典では, 「洞察問題解決とは, ひらめき, 洞察をとまなうような創造的問題解決の一種を指す。心理学実験においては, 2本の紐問題, 9点問題などのゲシュタルト心理学者が考案した問題がよく用いられる。これらの問題解決の特徴としては, (a)生産的思考: 過去の類似問題の応用によっては解けない, (b)理解容易性: 解が簡単でいわれてしまえば, すぐに理解可能である, (c)インパス: 同じ間違いを何度もくり返す, (d)非連続性: 解への接近度の自己評定が非常に低い段階から一挙に到達する, などが挙げられる。ウォラス(Wallas)によれば, 洞察問題の過程は, (a)心的準備段階(初期の理解とその後のインパスの段階), (b)あたため(当該の問題解決とは異なる活動を行う段階), (c)ひらめき(解を得る段階), (d)解の検証の4つの段

階からなるとされる。」(鈴木宏昭)

「創造性とは, 新奇で独自かつ生産的な発想を考え出すこと, またはその能力。創造性についてはさまざまな研究が行われているが, その本体について明確な結論は得られていない。しかしいくつかの注目すべき特徴は見られる。たとえば数学上の発明・発見の過程は典型であり, 比較的型にはまった位相を追って進行する。イギリスの心理学者Graham Wallas(1858-1932)はこれを, (1)準備, (2)孵化, (3)啓示, (4)検証, の4段階に分けた。」(藤永保, ジャポニカ)

つまり, 洞察問題解決研究と創造性研究は, 思考過程が同じであり, さらに, 「洞察問題解決は, 認知発達と類似している(開・鈴木1998).」, 「洞察問題解決は, チャンス(未来に重要な事象が発生することを未然に示唆する事象)発見と似ている(三輪・寺井2003).」, 「洞察問題解決は, 「モノ探し」に似ている(寺井・三輪2004).」, 「そして, このゆらぎこそが, 次の段階の思考へと私たちを導いてくれるのである。発達においても洞察においても, ゆらぎの多い人たちは次のレベルの思考への変化が行われる一方, 一貫したやり方しか使わない人たちは一つの場所にとどまり, その先へ進むことはない。多様な認知ソースが文脈と相互作用し, 揺らぐ中で志向が生まれ, 発展するのである。

ここにあらわれた人間の思考の姿と同じものが生物の進化にもあると言ったら飛躍しすぎだろうか。」(鈴木宏昭「教養としての認知科学」2016 東京大学出版会 P.237), とあるように, 洞察問題解決研究は, 創造性研究から認知発達, チャンス発見, (記憶中の)モノ探し, そして生物進化過程へと広がりを見せている。

3. Tパズル

Tパズルは, 1997年(Suzuki, H. & Hiraki, K.)以来, 今日まで, 洞察問題解決の論文の中で最も多く用いられている題材である。図形パズルの中では, ピースの少なさと難易度において最高のパズルである。

Tパズルとは、下の4ピースをならべかえて、Tの形をつくるパズルである。

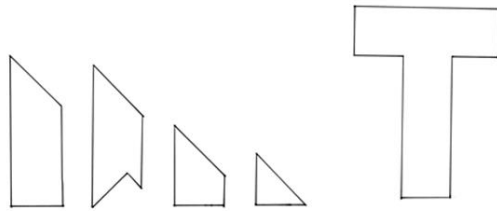


図1 Tパズル

開・鈴木(1998)によれば、「洞察問題において重要なのは、洞察の前後において、表象の存在論レベルでの変化が生じているか否かである。(略) 洞察前、5角形は縦棒あるいは横棒の一部として意味づけられている。一方、(略) 洞察後、5角形は縦棒かつ横棒であるという意味付けがなされている。」

4. Tパズルの先行研究

4.1 制約緩和理論

1998年、開・鈴木によって提唱された洞察問題解決の理論で、3つの制約(対象、関係、ゴール)とその緩和を用いての説明であり、洞察問題解決の論文において最も引用数が多い。

4.2 無意識の関与

4.2.1 2015 小田切・鈴木 連続フラッシュ抑制による潜在過程で上書きされず、閾下呈示時間の長さは潜在処理の促進には関係がない。

4.2.2 2013 鈴木・福田 連続フラッシュ抑制による閾下ブライミング実験群は、統制群と比べて、解決平均時間は大きな差があった。

4.2.3 2006 西村・鈴木 サブリミナルカットを挿入した実験群は、統制群と比べて、解決平均時間は大きな差があった。

4.3 観察学習

4.3.1 2015 堀江・清河 他者観察時の構え(いいところ、または、悪いところを探して観察)においては有意差なし。

4.3.2 2011 小寺・清河 他者観察時の自分か他人かでは、自分は抑制で他人と偽自分は効果あり。

4.3.3 2007 清河・植田 他者観察の交替(20秒ご

と)は、言語的・非言語的なやりとりがなくとも、制約の緩和を促進し、結果として、洞察問題解決も促進した。

4.4 社会的な影響

2013 有賀 同形型紙の上に置く。3群に分け「他の人は5分で解いているパズルです」と「20分」「統制群」。平均値の差はなし、10分から20分の間の完成者数と未完成者数では有意差があった。

4.5 過去試行の影響

2006 阿部・中川 同形型紙を見ながらの試行、同じ思考を繰り返すと被験者に報知、結果として一試行にかかる時間は増加したが解決までの試行数は有意に減少した。

5. 仮説

二十数年前、筆者のTパズル初挑戦は数時間かけるもギブアップであった。しかし、単純で難解な図形パズルは受験算数との共通性から、教材として10セット購入し、小3の子ども9人にやらせた。すると、その中の1人が数分で完成させてしまった。その子は、のちに、開成、桜蔭、女子学院に合格した子どもではなく、途中で中学受験を断念した子であった。その後二十数年、何百人かにTパズルをさせたが、インパスにおちいらずに解けたのは、その子を含めわずか2名であった。

同じ間違いを繰り返すことなく、ふつうに取り組む彼らにとって、Tパズルは洞察問題ではない。つまり、彼らのように洞察問題を、洞察問題ではない問題に変えることが問題解決につながるのではないだろうか。

提案として、創造的問題のいくつかの解法をインパスに陥る前に切り変えることができれば、洞察問題を洞察問題ではない単なる問題として解けるはずである。解法の例を以下に示す。

- (1) 算数・数学を使ったら
- (2) ゆっくり記録したら
- (3) 立場を変えたら
- (4) 問題を回転させたら
- (5) 友達と一緒にやったら

つぎに、切り替えのタイミングだが、実験者としての経験から、イライラや困った顔、乱雑な手つき、やる気をなくした独り言などの顔や動作の感情表現をソマティックマーカーとしたい。

ただし、今回の検証は(1)～(3)までを独立させて実施する。

6. 検証

6.1 算数・数学を使ったら

図形パズル 図形パズルは、一般的に算数・数学の組み合わせで解くことはできない。

TパズルのT 「T」は、例外的に算数・数学の組み合わせで解くことができた。

図形パズルに共通した解き方は、まず、特定のピースの正しい場所（図形の周辺部や特徴的な形などの比較的やさしく部分正解できる場所）探しから始まる。つぎに、そのピースと適合するピースを順に加えていけばよいのだが、ときとして、適合可能性のあるピースが複数ある場合には（難問ではよくあるが）、候補の中から仮に選び、行きづまったら先ほどの仮のところに戻り、他の候補のピースに置き換えて進める。これを繰り返すことによって完成にたどり着く。

たとえば、ジグソーパズルでは、中心から最も遠い周辺部である四隅がいつも特定のピースの正しい場所になる。

Tパズルの場合、図形の周辺部は、Tの横棒の左右と縦棒の下の3か所である。一方、この3か所に適合可能なピースは、大きい四角形と小さい四角形と三角形の3つしかない。つまり、Tの3つの周辺部と3つのピースの組み合わせで決まる。そして、その3つのピースを置いたときにできる中央の空白部分と4つ目のピースである変形5角形が一致したのが正解となる。

Tの3つの周辺部と3つのピースの組み合わせは、 $3!=6$ （通り）、ピースには裏表があるので、 $2\times2\times2=8$ （通り）、全部で、 $6\times8=48$ （通り）。

ところが、大きい四角形を横棒にすると、変形5角形は縦棒となりへコミ部分が中央にできるので、未完成となることがわかれば、大きい四角形は縦棒に決まる。また、Tは左右対称なので、その大きい四角形は裏返す必要がないから、小さい四角形と三角形が横棒の左右になる。よって、 $2\times2\times2=8$ （通り）。

Tの周辺部といえば、A,B,Cの青丸部分であるが、この部分にあてはまる可能性は、1,3,4の赤丸の部分である。そして、1,3,4を置いてできる空白部分が2なら、正解となる。

①A,B,Cに1,3,4がくるとき、裏表を考えて $\cdots6\times2\times2\times2=48$ （通り）。

②ところが、1がAまたはBにくると、必ず中央にすきまができる。

③よって、1はC、またTは左右対称なので1の裏表は考えなくてよいから $\cdots2\times2\times2=8$ （通り）しかない。

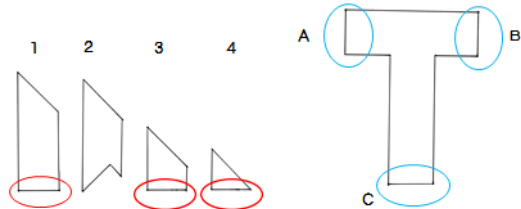


図2 Tの周辺部に対応する3つのピース

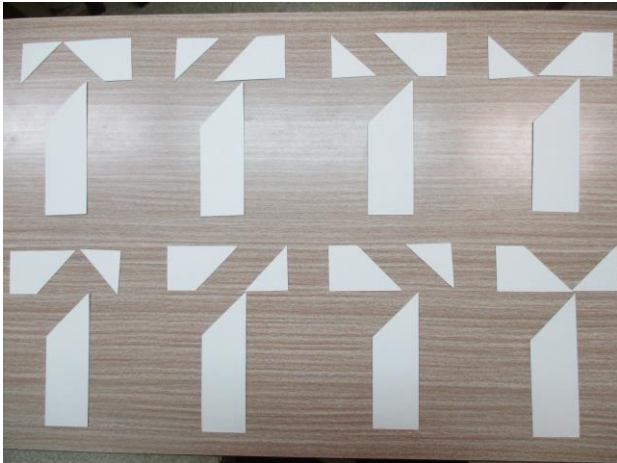


図3 Tの周辺ピースの組み合わせ

6.2 ゆっくり記録したら

被験者 12歳から60歳までの男女12名

装置 ビデオ装置、以下の記録用紙

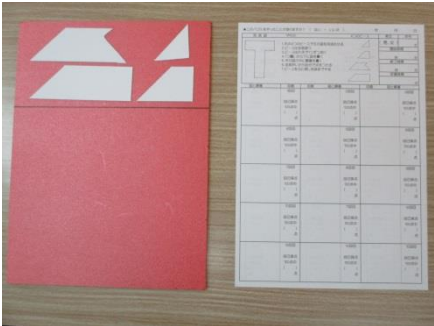


図4 パズル台と記録用紙

- 手続き**
- ・4つのピースで「T」を完成させる。
 - ・ピースは片手で1つずつおいていく。

- ・1つ置いたらその図を描く。
 - ・その図の中に順番を書く（1 から 4 まで）。
 - ・ピースを4つ置いたらその回は終わり。
 - ・自分で点数をつける（100点満点中）。
 - ・ピースを元の位置にもどして次の回へ。
- 完成なら時間を記入し終了。

結果

- (1)12名の被験者のうち、経験者2名は除いた。
- (2)自力完成率は、10%（10名中1名が自力完成）であった。
- (3)被験者10名とも同じ図を描くことはなかった。
- (4)対象の制約の逸脱の割合（逸脱数/試行回数）は、自力完成率83.3%（5/6）が一番高く、次は20%（3/15）と完成・未完成でその差は大きい。

考察

- (1)先行研究の対照実験での自力完成率が10%程度であることから、ゆっくり記録することは被験者の自力完成に影響をあたえていない。
- (2)図を描くことは効果があった。同じ形を何度もくり返すのが、洞察問題の特徴として挙げられているが、同じ図はなかった。

6.3 立場を逆にしたら

6.3.1 実験1

被験者 20歳から74歳までの男女6名
装置 T字の用紙とはさみ、以下の記録用紙

★図形パズルをやったことがありますか？（はい/いいえ）

男女	年齢	開始時刻	途中時刻	終了時刻	時間
（男・女）	才	時	分	時	分
はじめに、実験1の説明（図形パズルの説明から）					
実験1：図形パズルをつくる実験（条件①）直線 で図形を4つに分けたパズルを作ります。（条件②）できるだけ難しいパズルにしてください。では、図形に定規とエンピツを使って、2本の線を記入してください。書き終えたら、回収します。					
つぎに、実験2の説明（この図形パズルはある人が 直線で4つに分けたものです。）					
実験2：図形パズルを解く実験（準備）この用紙右側、台紙を左側におき、4つのピースを台紙の上方セットします。					
（手順①）スタート時刻を記入します。（手順②）ピースを1つ手にとって台紙の下におきます。（手順③）その図をこの用紙に書きます。					
（手順④）書いたその図の中に順番を記入します。（手順⑤）ピースを4つ置いたらストップ時刻を記入します。					
（手順⑥）図形が完成したら、次の問題を配布しますので、知らせてください。失敗だった時は、その原因と思われる順番を記入し、どう改善するか考えてください。その結果、次は成功しそうかどうか、記入したあとで、次の図のスタート時刻を書いてください。					
1.スタート時刻（ : ）		2.スタート時刻（ : ）		3.スタート時刻（ : ）	
1.ストップ時刻（ : ）		2.ストップ時刻（ : ）		3.ストップ時刻（ : ）	
★失敗の原因はどの順番？（ ）		★失敗の原因はどの順番？（ ）		★失敗の原因はどの順番？（ ）	
★次は成功しそうか？（ ）		★次は成功しそうか？（ ）		★次は成功しそうか？（ ）	

図5 パズル作成後の記録用紙

手続き はじめ被験者に、できるだけ難しい図形パズル（直線で4分割）をつくるように指示。作成後Tパズルをやってもらう。

結果

- (1)自力完成率は、66.7%（6名中4名が自力完成）であった。
- (2)実験の途中で、被験者のパズルの完成を疑う発言は一度もなかった。
- (3)未完成に終わった2名は、ともに一度も対象の制約から逃れることがなかった。

考察

- (1)立場を逆にすることは、パズルの完成に影響を及ぼしている、といえる。
- (2)被験者自らTを分割しているの、パズルの完成を疑う発言がなかったと考えられる。

6.3.2 実験2

被験者 23歳から68歳までの男女10名
装置 Tパズルと以下の見本・記録用紙

Tパズル作成者は、左下の「T」の形をどのように切って、4ピースを作ったのでしょうか。

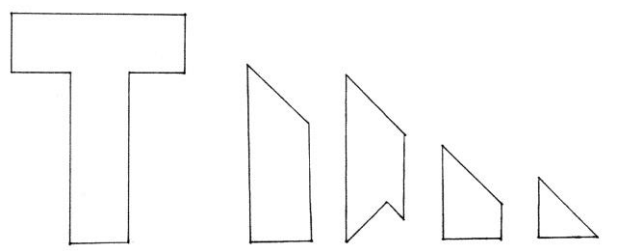


図6 反転実験の見本

No.() (男・女) ()歳 スタート時刻(:)〜ストップ時刻(:)

直線で4つに分けてください。

分けた4つのピースを横長で、上から下へ、小さい順に糖付けしてください。

★男女・年齢は1回だけでけっこうです。

図7 反転実験記録用紙

手続き Tパズルの試行 5 分後, パズルを回収. 問題作成見本を見ながら, Tを4分割して問題の4ピースを作るよう指示.

結果

- (1) 5 分以内に自力完成の 1 名を除き, 自力完成率は, 66.7% (9 名中 6 名が自力完成) であった.
- (2) 自力完成できなかった 3 名のうち 1 名は, 常に, こういう昔から苦手なんだ, と言い続けていた.
- (3) 自力完成できなかったもう 1 名は, Tを分割せずに, 自分で図を書いてTパズルを続けた.
- (4) 自力完成できなかった残りの 1 名は, 時計ばかり見ていて途中からやる気がみられなかった.

考察

- (1) 立場を逆にすることは, パズルの完成に影響を及ぼしている, といえる.
- (2) 自力完成できなかった 3 名のうち 2 名は, やる気をなくす前に別のやり方をしていれば, 結果はまた違っていただろう.

7. 今後の課題

- (1) 創造的な問題の一般解法, たとえば「交換と逆転, 直列と並列の入れ替え, 四則, 鏡像, 拡大, 縮小」(畑村洋太郎 2003) のような解法を誰もがわかりやすいように整理する.
- (2) その解法をインパスに陥る前にチェンジするタイミングとして, ソマティックマーカーの使い方を一般化する.
- (3) 小学生, 中学生, 高校生にも創造性開発に使えるようにしたい.

謝辞

本研究におきましては, 放送大学大学院の三宅先生, 白水先生, そしてゼミのみなさまには, たくさんの助言とたくさんの励ましの言葉をいただきました.

実験に際しましては, 東京大学の奥野誠先生とウニゼミのみなさま, 放送大学文京学習センターの科学サークルのみなさま, 放送大学千葉学習センターの囲碁サークルのみなさま, そして実験に参加された 28 名の方々にご協力をいただきました. ここに記して感謝の意を表します.

参考文献

- [1] 開一夫・鈴木宏昭, (1998) “表象変化の動的緩和理論: 洞察メカニズムの解明に向けて”, 認知科学, 5(2) 69-79.
- [2] 鈴木宏昭, (2003) “ゴール制約による洞察の創発”, 日本認知科学会第 19 回大会論文集, 52-53.
- [3] 鈴木宏昭, (2003) “認知の創発的性質: 生成性, 冗長性, 局所相互作用, 解放性”, 人工知能学会誌, 18, 376-384.
- [4] 鈴木宏昭・宮崎美智子・開一夫, (2003) “制約論から見た洞察問題解決における個人差”, 心理学研究, 74, 336-345.
- [5] 鈴木宏昭, (2004) “創造的問題解決における多様性と評価”, 人工知能学会論文誌, 19, 145-153.
- [6] 西村友・鈴木宏昭, (2004) “洞察問題解決の制約緩和における潜在的情報処理”, 日本認知科学会第 21 回大会論文集, 42-43.
- [7] 鈴木宏昭・上原達朗, (2004) “協同洞察問題解決における共有経験の効果”, 日本心理学会第 68 回総会発表予稿集, 640.
- [8] 鈴木宏昭・若生彩古, (2005) “洞察問題解決における観察と制約緩和”, 日本心理学会第 69 回大会発表論文集, 913.
- [9] 鈴木宏昭, (2006) “創造的問題解決における潜在学習”, 日本心理学会第 70 回大会発表論文集, 913.
- [10] 鈴木宏昭・福田玄明・熊沢修, (2011) “関下プライミングを用いた洞察問題解決における潜在システムの分析”, 日本認知科学会第 28 回大会論文集, 84-88.
- [11] 鈴木宏昭・福田玄明・熊沢修, (2012) “解の関下呈示が洞察問題解決に与える影響: 連続フラッシュ抑制を用いた検討”, 日本認知科学会第 28 回大会論文集, 84-88.
- [12] 鈴木宏昭・福田玄明, (2013) “部分解の継時的な関下呈示が洞察問題解決に与える影響”, 日本心理学会第 77 回大会発表論文集.
- [13] 鈴木宏昭・福田玄明, (2013) “洞察問題解決の無意識的性質: 連続フラッシュ抑制による関下プライミングを用いた検討”, 認知科学, 20, 353-367.
- [14] 鈴木宏昭, (2015) “創発主義と洞察問題解決の認知科学”, リクルート・マネジメント・ソリューションズ, 38, 36-37.
- [15] 小田切史士・鈴木宏昭, (2015) “洞察問題解決における潜在情報の性質: 連続呈示された関下情報は統合できるのか”, 日本認知科学会第 32 回大会論文集, 901-907.
- [16] 横山拓・鈴木宏昭, (2015) “洞察問題解決におけるメタ学習”, 日本認知科学会第 32 回大会論文集, 891-900.
- [17] 鈴木宏昭, (2001) 『思考と相互作用』(認知科学の新展開 2 「コミュニケーションと思考」), 岩波書店, 第 6 章.
- [18] 鈴木宏昭, (2007) 「創造的問題解決」(放送大学テキスト

- 「認知過程研究」' 07), 放送大学, 第9章.
- [19] 鈴木宏昭, (2016) “教養としての認知科学”, 東京大学出版会.
- [20] 三輪和久・寺井仁, (1997) “洞察問題解決の性質: 認知心理学から見たチャンス”, 人工知能学会論文誌, 12, 1a.
- [21] 寺井仁・三輪和久, (2004) “洞察研究に基づく「モノ探し」のプロセスの分析”, 認知科学, 11(3), 262-269.
- [22] 寺井仁・三輪和久・古賀一男, (2005) “仮説空間とデータ空間の探索から見た洞察問題解決”, 認知科学, 12(2), 74-88.
- [23] 田村昌彦・三輪和久, (2013) “眼球運動が洞察問題解決における固着形成・解消に与える影響の検討”, 心理学研究, 84(2), 103-111.
- [24] 清河幸子・伊澤太郎・植田一博, (2007) “洞察問題解決に他者観察の交替が及ぼす影響の検討”, 教育心理学研究, 55, 255-265.
- [25] 小寺礼香・清河幸子・他, (2011) “協同洞察問題解決における観察の効果とその意味: 観察対象の動作主体に対する認識が洞察問題解決に及ぼす影響”, 認知科学, 18(1), 114-126.
- [26] 阿部慶賀・中川正宣, (2006) “洞察的問題解決過程における過去試行からの回避傾向が解決過程に及ぼす影響” 認知科学, 13(2), 187-204.
- [27] 阿部慶賀・北村英哉, (2013) “特集—高次認知過程における意識的, 無意識的処理—編集にあたって”, 認知科学, 20(3), 287-292.
- [28] 駒崎久明・楠見孝, (2002) “洞察問題解決における表象変化と制約緩和: マッチ棒代数課題の反復試行による検討”, 認知科学, 9(2), 274-284.
- [29] 織田涼・服部雅史, (2014) “洞察問題解決における手がかりの利用に気分が及ぼす影響”, 日本認知科学会第31回大会, 840-846.
- [30] 有賀敦紀, (2013) “社会的比較に基づく洞察の促進・抑制”, 心理学研究, 83(6), 576-581.
- [31] 中野良樹, (2012) “数理パズル「タングラム」の洞察的問題解決におけるトップダウン処理とボトムアップ処理の統合”, 秋田大学教育文化学部研究紀要, 教育科学部門, 67, 33-41.
- [32] 中野良樹, (2014) “数理パズル「タングラム」の洞察的問題解決における解決を予測する要因の探索”, 秋田大学教育文化学部研究紀要, 教育科学部門, 69, 121-131.
- [33] 笹金龍也, (2012) “数学的問題解決の「ひらめく」状態に推移する過程におけるメタ認知の働きをとらえるための素地的研究”, 上越数学研究, 27, 133-142.
- [34] 笹金龍也, (2013) “数学的問題解決の「ひらめき」に係わるメタ認知の働きに関する一考察”, 上越数学研究, 28, 29-38.
- [35] 佐藤浩一・大川愛, (2014) “他者との協同と思考の言語化が洞察問題解決に及ぼす影響”, 教育心理学会 56 回総会.
- [36] 三宅なほみ, (2005) “学習プロセスそのものの学習: メタ認知研究から学習科学へ”, 日本認知科学会, 冬のシンポジウム予稿集.
- [37] 白水始, (2004) “協調学習における理解深化過程の分析—発話を対象とした分析方法の提案—”, 博士論文.
- [38] 三宅芳雄, (2012) “教育心理学特論”, 放送大学教育振興会.
- [39] 畑村洋太郎, (2003) “創造学のすすめ”, 講談社