

ボトムアップおよびトップダウン処理が 判断表明後のグラフ理解に与える影響についての実験的検討 An Experimental Investigation on Influences of Bottom-up and Top-down processes on Graph comprehension after Decision

福岡 未紗[†], 三輪 和久[†]
Misa Fukuoka, Kazuhisa Miwa

[†]名古屋大学
Nagoya University
fukuoka@cog.human.nagoya-u.ac.jp

概要

A previous study examined decision-making processes together with graph comprehension and in particular the influence of bottom-up and top-down processing on them. Using a slightly altered procedure, this study examined bottom-up and top-down processing relative to graph comprehension where a decision is made first, followed by graph comprehension. We compared the results of these studies. The pattern of results observed in the previous study was not observed in this study, suggesting that the influence of impression on graph comprehension was mitigated to justify the declared decision in advance. Attitude was observed to have an influence in the decision in both the previous and current studies, showing that it strongly influences decision making regardless of the degree to which the graph is comprehended.

キーワード: ボトムアップ処理 (bottom-up processing), トップダウン処理 (top-down processing), グラフ理解 (graph comprehension), 正当化 (justification)

1. はじめに

人が様々な外的情報に接し、判断を下す際、情報をより批判的に理解し、判断することがしばしば求められる。それは、批判的思考能力 [1] や、メディア・リテラシー [2][3][4] など、情報の理解における論理的な能力が、様々な分野で研究されていることから考えられ、それに基づいた論理的な意思決定は重要である。

また、情報の理解を容易にするために、グラフのような視覚的な表象が日常的に用いられる。ニュースや新聞などのメディアだけでなく、個人が自身の考えをまとめたり、他人に伝えたりする際にも、視覚的な表象は利用される。本研究では、視覚的な表象の中でもグラフについて取り上げる。

グラフの理解に影響を及ぼす要因として、グラフ表現のようなボトムアップ的要因と、先行知識のようなトップダウン的要因が挙げられる。たとえば、グラフ表現は、認知的エラーを減らし、情報を理解しやすくする一方で [5][6]、読み手の正確な読み取りを妨げる場合もある [7]。

また、先行知識は、見た目の同じグラフに対しての評価を異ならせることが示された [8]。

先行研究 [9] では、外的情報として棒グラフを用い、外的情報の理解と判断のプロセスに対するグラフの見た目の差に基づくボトムアップ処理の影響と性質の異なるトップダウン処理の影響を検討した。まず、グラフ理解に関する2つの研究に基づき、実験的枠組みを作成した (図1)。具体的には、グラフ理解が、先行知識からのトップダウン処理と視覚的特徴からのボトムアップ処理の統合によって行われるとされたグラフ理解のCIモデル (Construction-Integration Model [10]) と、グラフ理解の詳細なプロセスを提唱した CaMeRa (Computational Model of Multiple Representations [11]) を統合した。CaMeRa では、グラフ理解のプロセスを、記号的情報を「抽出」するフェーズと、抽出した情報と宣言的知識を結びつけ「解釈」するフェーズに分けた。それに基づき、先行研究では、「抽出」された記号的情報により形成された内的グラフの差をどの程度受け入れるかという「差の受容」のフェーズと「解釈」のフェーズに分けた。加えて、現実場面でグラフ理解を行う際にしばしば求められる「判断」のフェーズを、グラフ理解のプロセスの後に付け加えた。また、グラフ理解のCIモデルに基づき、グラフ理解のプロセスに対し、「印象」や「態度」のような要因からのトップダウン処理

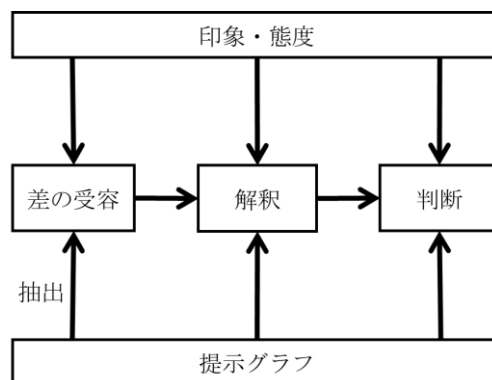


図1 グラフ理解と判断のボトムアップおよびトップダウン処理のモデル [9]

と「提示グラフ」からのボトムアップ処理の影響を仮定した。

トップダウン処理を駆動する要因として、「印象」と「態度」の2つの要因を取り上げた。「印象」は、関連する不十分な情報に基づいて一時的に形成され [12]、「態度」は、社会的対象に向けられ、社会規範意識に基づいて比較的時間をかけて形成される [13]。これらの要因は、形成時間が異なることから、性質が異なると考えられた。

先行研究 [9] では、グラフ理解に基づいて判断する思考プロセスに焦点を置き、ボトムアップおよびトップダウン処理の影響を検討した。一方で、人は、常に、グラフに記された情報を理解してから判断を下すわけではない。むしろ、好ましい結論としての判断を既に持っており、それを正当化するために、グラフの内容を理解しようとする場合がある。その場合、グラフ理解において、歪んだ情報の探索や評価を行う傾向が見られることが予想される(確証バイアス [14])。

本研究では、先行研究の実験の枠組みを基に、判断を正当化するためのグラフ理解に関して新たに2つの実験を実施した。具体的には、先行研究と同一の課題を用い、手続きのみを変更した(図2)。

本研究の目的は2点上げられる。1点目は、判断を正当化するためのグラフ理解のプロセスに対するボトムアップおよびトップダウン処理の影響を、共分散構造分析を用いて検討することである。2点目は、判断を正当化するためのグラフ理解のプロセスを検討した本研究の結果と、グラフ理解を行った後に判断を下すプロセスを検討した先行研究の結果を対比して言及することである。

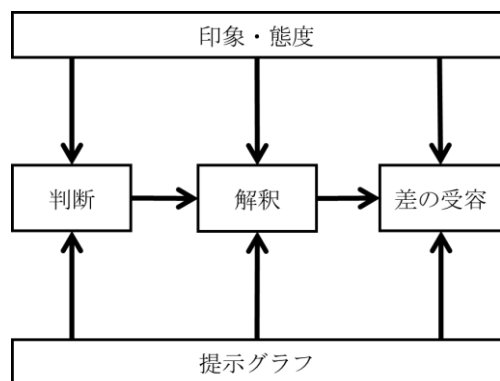


図2 判断を正当化するグラフ理解のボトムアップおよびトップダウン処理のモデル

2. 実験1

実験1では、トップダウン処理としての印象を操作した実験を実施した。

2.1. 方法

実験参加者 大学生85名(男性43名,女性41名,不明1名; $M_{age} = 18.44, SD_{age} = 0.64$)を対象に、集団で実施した。
課題 実験1では、先行研究における印象を測定した実験と同様の課題を用いた。先行研究と異なる点は、手続きのみだった。

実験1では、架空の成分「プロテン」、もしくは「ルビゾン」の効果を検討する実験状況を設定した。具体的には、ラットを用いた「回し車課題」の実験を行い、持続力を高めることが期待される成分の効果を検討したというものだった。各グラフは、成分を投与されたラット群とされなかったラット群のそれぞれで、ラットが回し車を回した2万事例のうち、3分以上回転を持続できた事例数を示したものと提示した(図3)。

参加者には、3つのグラフのうちの1つを提示した。グラフは、それぞれ見た目の差は異なるが、内容は全て同一で、縦軸のスケールを調整することによって、2群間の見たい目を操作した。具体的には、成分投与群が1190事例(全体の5.95%)、成分非投与群が1110事例(全体の5.55%)で、両群間の差異は80事例(全体の0.4%)だった。

手続き 初めに、架空の成分「プロテン」、もしくは「ルビゾン」に対する印象を実験的に操作するため、「アドバイザーとして担当している製薬会社」についての約500文字の文章を提示した。成分名を「プロテン」とした文章は、「居心地の良い職場である」や「努力しただけ評価される」など優良企業の特徴が含まれ、架空の成分に対してポジティブな印象を形成することが期待された。一方、成分名を「ルビゾン」とした文章は、「居心地の悪い職場である」や「努力が正当に評価されない」などブラック企業の特徴が含まれ、架空の成分に対してネガティブな印象を形成することが期待された。参加者には、どちらか一方の文章を提示した。次に、プロテンもしくはルビゾンに対してどのような印象を抱いているか、アンケートを実施した。具体的には、「プロテン(ルビゾン)は安全だ」や「プロテン(ルビゾン)は非科学的だ(反転項目)」など、10項目の問いに対して5段階評定をさせた。この平均値を「印象」の得点とし、高得点ほど「プロテン(ルビゾン)にポジティブな印象」を持っているとした。

その後、図3のグラフのうちの1つを提示し、「ある製薬会社のアドバイザーとして、提示されたグラフに基づいた、強壮剤の開発についての意見を求められた」と教示した。グラフ提示後、「強壮剤にプロテン(ルビゾン)を含めるべきである」という問いに対して、参加者に、「全くそう思わない(1)」から「非常にそう思う(5)」の5段階評定をさせた。この数値を「判断」の得点とした。次に、「プロテン(ルビゾン)は持続力を上げる効果がある」という

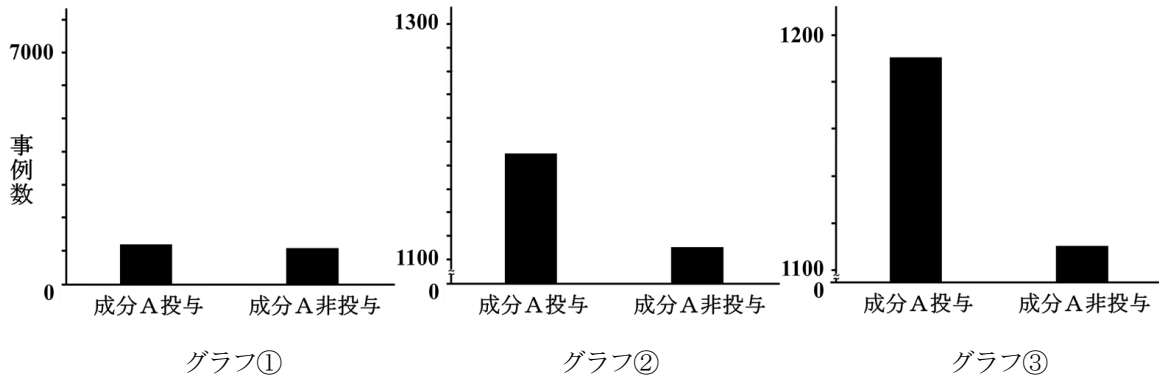


図3 実験で使用した提示グラフ

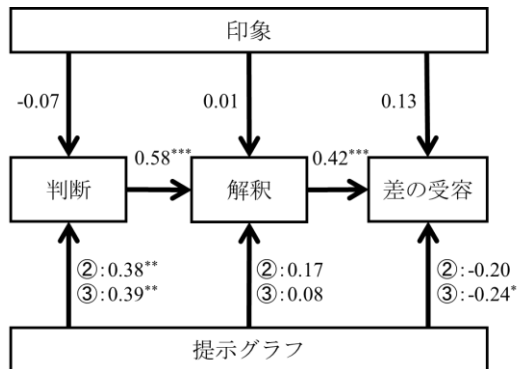
問いに対して、参加者に同様の5段階評定をさせた。この数値を「解釈」の得点とした。最後に、「グラフの両条件間に差がある」という問いに対して、参加者に同様の5段階評定をさせた。この数値を「差の受容」の得点とした。実験時間は約40分だった。

2.2. 結果

提示したグラフの見た目の差による効果を検討するため、3つの提示グラフをダミー変数に変換し、「提示グラフ」とした。

初めに、印象の実験的操作を確認するため、異なる印象形成を期待した2種類の文章条件の間で印象得点を比較した。結果、成分名「プロテン」の文章を提示した条件 ($n = 39; M = 3.17, SD = 0.49$) と成分名「ルビゾン」の文章を提示した条件 ($n = 46; M = 2.62, SD = 0.57$) の参加者間で、有意な差が見られた ($t(83) = 4.71, p < .001$)。

提示グラフからのボトムアップ処理と印象からのトップダウン処理が、判断を正当化するためのグラフ理解のプロセスに対して、それぞれどのように影響するかを検討するため、図2に基づいた共分散構造分析を行った。モデルの適合度は、 $\chi^2(1) = 0.21 (p = 0.64)$, $CFI = 1.00$, $RMSEA = 0.00$ だった。結果を図4に示す。各パスの変数



***: $p < .001$ **: $p < .01$ *: $p < .05$

図4 実験1のパス解析の結果。提示グラフからのパスはグラフ①との有意な差を意味する

は、標準化推定値を意味する。

まず、「判断」を従属変数とした場合、「印象」からの影響は見られなかったが、「提示グラフ」からの影響は見られた。次に、「解釈」を従属変数とした場合、「印象」と「提示グラフ」からの影響は見られなかったが、「判断」からの影響は見られた。最後に、「差の受容」を従属変数とした場合、「印象」からの影響は見られなかったが、「解釈」と「提示グラフ」からの影響は見られた。

図4に示されるように、「提示グラフ」は「差の受容」に予期しない影響を示した。具体的には、見た目の差が大きなグラフを提示された参加者ほど、差が小さいと評価した。これらの参加者は、表明した判断と解釈を正当化するために、見た目の差が小さなグラフでも過大評価した可能性が考えられる。ただし、この結果は、本研究の実験操作において期待された効果とは異なったものであり、この点の詳細な検討は今後の課題とする。

3. 実験2

実験2では、トップダウン処理として、当該の事象に対してあらかじめ持っている一定の態度を測定した。

3.1. 方法

実験参加者 大学生78名 (男性40名, 女性37名, 不明1名; $M_{age} = 18.41, SD_{age} = 0.63$) を対象に、集団で実施した。
課題 実験2では、先行研究における態度を測定した実験と同様の課題を用いた。実験1と同じく、先行研究と異なる点は、手続きのみだった。

実験2では、架空の都市A市において、市民の健康調査を行ったという架空の調査状況を設定した。各グラフは、家族に喫煙者がいる群といない群のそれぞれにおいて調査対象とした2万人の中で、呼吸器系疾患の罹患者数を示したものとして提示した。

実験1と同様の3つのグラフを用い、そのうちの1つ

を参加者に提示した(図3)。具体的な値も同様であり、家族に喫煙者がいる群の方が、いない群よりも罹患率が多くなるよう設定された。

手続き 初めに、実験を行う1週間前に、喫煙に対してどのような態度を抱いているかのアンケートを実施した。参加者には、「喫煙は迷惑行為である」や「喫煙は個人の自由である(反転項目)」など、10項目の問いに対して5段階評定をさせた。この平均値を「態度」の得点とし、高得点ほど「喫煙を嫌悪する態度」を持っているとした。

アンケートを行った1週間後に本実験を行った。3つのグラフのうちの1つを提示し、「ある会社のアドバイザーとして、提示されたグラフに基づいた、社員の喫煙に関する意見を求められた」と教示した。グラフ提示後、判断項目として、「社員の会社内外における喫煙を、全面的に禁止すべきである」、解釈項目として、「喫煙は周囲の呼吸器系疾患のリスクを高める」、差の受容項目として、「グラフの両条件間に差がある」という問いに対して、実験1と同様、それぞれ順番に5段階で評価させた。

実験時間は約30分だった。

3.2. 結果

提示したグラフの見た目の差による効果を検討するため、3つの提示グラフをダミー変数に変換し、「提示グラフ」とした。

提示グラフからのボトムアップ処理と態度からのトップダウン処理が、判断を正当化するためのグラフ理解のプロセスに対して、それぞれどのように影響するかを検討するため、図2に基づいた共分散構造分析を行った。モデルの適合度は、 $\chi^2(1) = 0.21$ ($p = 0.65$)、CFI = 1.00、RMSEA = 0.00 だった。結果を図5に示す。それぞれのパスの変数は、標準化推定値を意味する。

まず、「判断」を従属変数とした場合、「提示グラフ」からの影響は見られなかったが、「態度」からの影響は見ら

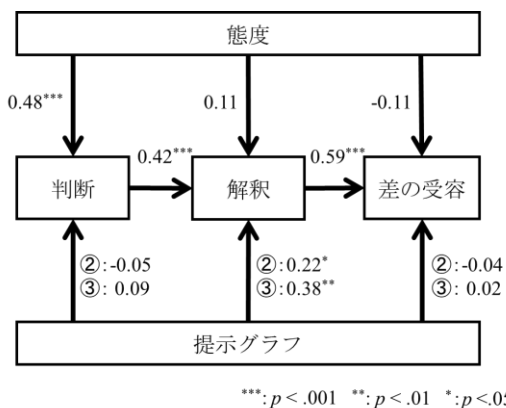


図5 実験2のパス解析の結果。提示グラフからのパスはグラフ①との有意な差を意味する

れた。次に、「解釈」を従属変数とした場合、「態度」からの影響は見られなかったが、「判断」と「提示グラフ」からの影響は見られた。最後に、「差の受容」を従属変数とした場合、「態度」と「提示グラフ」からの影響は見られなかったが、「解釈」からの影響は見られた。

4. 考察

本研究の目的は、判断を正当化するためのグラフ理解のプロセスに対する提示グラフからのボトムアップ処理および印象や態度に基づくトップダウン処理の影響をそれぞれ検討し、グラフ理解に基づき判断を下すプロセスを検討した先行研究と比較することだった。本研究では、先行研究と同一の課題を用い、手続きのみを変更した2つの実験を実施した。結果は4点にまとめられる。

1点目に、グラフ理解と判断に関わる系列処理について、先行研究と本研究のどちらにおいても、ほとんどの先行するフェーズは後続するフェーズに影響した。例外として、先行研究における態度に基づくトップダウン処理が介入する場合のみ、解釈から判断に対する影響が見られなかった。これは、グラフ理解後に判断を下すプロセスにおいて、態度に基づくトップダウン処理が介入する場合には、判断は、グラフ理解ではなく、態度に基づいて独自に行われることを示唆する。

2点目に、一時的に形成される印象を用いた実験1では、印象からのトップダウン処理は、判断を正当化するグラフ理解のプロセスに影響しなかった(図4)。これは、グラフ理解後に判断を下すプロセスを検討した先行研究と異なり、先行研究では、印象はプロセスの全てのフェーズに影響していた。可能性として、先行研究では、グラフを理解した後に判断を下すプロセスだったため、印象など様々な要因を考慮してグラフ理解や判断が行われた一方、本研究では、判断を先に表明し、自身の立場を確立した後にグラフ理解を行うプロセスだったため、参加者は、最初に表明した判断の評価と後続の解釈および差の受容の評価に一貫性を持たせることを優先し、印象を考慮しなかったことが考えられる。

本研究の結果は、確証バイアスによって解釈することができる。つまり、成分に対するポジティブな印象を持ち、「強壮剤に成分を入れるべきだ」という判断を表明した参加者の場合、後続の解釈および差の受容のフェーズにおいて、印象を考慮して判断と一貫した評価を行った一方、成分に対するネガティブな印象を持ったにも関わらず、「強壮剤に成分を入れるべきだ」という判断を表明した参加者の場合、後続の解釈および差の受容のフ

フェーズにおいて、判断と一貫した評価を行うために、印象を無視した評定を行った可能性がある。

3点目に、比較的時間をかけて形成された態度を用いた実験2では、態度からのトップダウン処理は「判断」にのみ影響を示した(図5)。この結果は、先行研究と一致していた。これは、グラフ理解のフェーズと判断のフェーズにおけるトップダウン処理の介入の仕方が異なることを示唆する。つまり、判断を下す前後のどちらでグラフにエンコードされた情報の読み取りと解釈を行うかに関わらず、態度は判断に強く影響し、グラフの見た目など他の要因からの影響を排除する可能性が示された。多くの先行研究において、態度が、意思決定や商品選択のような行動と強固に関連することが知られており[15][16]、本結果は、これらの知見と整合的なものだった。

4点目に、印象の影響を検討した実験1において、提示グラフからのボトムアップ処理は「判断」にのみ影響した(図4)。この結果は、先行研究と一致していた。

様々な研究において、批判的思考のような情報を理解する能力が、グラフの正確な読み取りに関連することが明らかになっている[7][17]。しかし、田中・楠見[18]は、批判的思考能力が高かったとしても、目的や文脈によっては、能力が発揮されない場合もあることを示唆した。具体的には、参加者は、「物事を楽しむ」目的の場合には、「正しい判断をする」目的の場合より、批判的思考を発揮しようと考えないことを示した。つまり、グラフ理解のフェーズでは、参加者は提示されたグラフを正確に読み取ることを目的としたが、判断のフェーズでは、「強壮剤に成分を入れるべきか」を決定することが目的となるため、グラフの正確な読み取りにリソースが割かれなかった可能性が考えられる。

最後に、態度の影響を検討した実験2において、提示グラフからのボトムアップ処理は、「解釈」にのみ影響した(図5)。この結果は、先行研究と異なり、先行研究では、提示グラフは、グラフ理解後に判断を下すプロセスの全てのフェーズに影響しなかった。本研究における印象の影響を検討した実験において、グラフ理解のフェーズよりも、先行する判断のフェーズにおいてグラフの見た目の影響が強く現れることが確認されている。一方で、実験2においては、判断のフェーズに対して態度によるトップダウン処理の影響が強く現れたために、ボトムアップ処理の影響は、後続の解釈のフェーズに遅延して現れた可能性がある。

参考文献

- [1] Ennis, R. H., (1987) "A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities", In J. B. Baron and R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice*, pp. 9-25, W. H. Freeman and company.
- [2] Aufderheide, P., (1993) "Media Literacy. A Report of the National Leadership Conference on Media Literacy", DC: Aspen Institute.
- [3] Livingstone, S., (2004) "Media literacy and the challenge of new information and communication technologies", *Communication Review*, Vol. 1, No. 7, pp. 3-14.
- [4] Potter, W. J., (2010) "The state of media literacy", *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, Vol. 54, pp. 675-696.
- [5] Ancker, J. S., Senathirajah, Y., Kukafka, R., & Starren, J. B., (2006) "Design features of graphs for communicating health risks: A systematic review", *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol. 13, No. 6, pp. 608-618.
- [6] Lipkus, I. M., & Hollands, J. G., (1999) "The visual communication of risk", *Journal of National Cancer Institute Monographs*, Vol. 25, pp. 149-163.
- [7] Woller-Carter, M. M., Okan, Y., Cokely, E. T., & Garcia-Retamero, R., (2012) "Communicating and distorting risks with graphs: An eye-tracking study", *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 56th Annual Meeting*, pp. 1723-1727.
- [8] Freedman, E. G., & Smith, L. D., (1996) "The role of data and theory in covariation assessment: Implications for the theory-ladenness of observation", *Journal of Mind and Behavior*, Vol. 17, No. 4, pp. 321-343.
- [9] 福岡未紗・三輪和久・前東晃礼, (2017) "グラフ理解と判断におけるボトムアップおよびトップダウン処理の影響", 2017年度認知科学会大34回大会, pp.289-293.
- [10] Freedman E. G., & Shah P., (2002) "Toward a model of knowledge-based graph comprehension", *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 18-30.
- [11] Tabachneck-Schijf, H. J. M., Leonardo, A. M., & Simon, H. A., (1997) "CaMeRa: A computational model of multiple representations", *Cognitive Science*, Vol. 21, No. 3, pp. 305-350.
- [12] Wang, Z., & Nelson, M. R., (2014) "Tablet as human: How intensity and stability of the user-tablet relationship influences users' impression formation of tablet computers", *Computers in Human Behavior*, Vol. 37, pp. 81-93.
- [13] Greenwald, A. G., & Banaji, M. R., (1995) "Implicit social cognition: Attitudes, self-esteem, and stereotypes", *Psychological Review*, Vol. 102, No. 1, pp. 4-27.
- [14] Kardash, C. M., & Scholes, R. J., (1996) "Effects of preexisting beliefs, epistemological beliefs, and need for cognition on interpretation of controversial issues", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 88, pp. 260-271.
- [15] Breckler, S. J., (1984) "Empirical validation of affect, behavior, and cognition as distinct components of attitude", *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 47, pp. 1191-1205.
- [16] Fazio, R. H., & Williams, C. J., (1986) "Attitude accessibility as a moderator of the attitude-perception and attitude-behavior relations: An investigation of the 1984 presidential election", *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 51, pp. 505-514.
- [17] Garcia-Retamero, R., & Cokely, E. T., (2013) "Communicating health risks with visual aids", *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 22, pp. 392-399.
- [18] 田中優子・楠見 孝, (2007) "批判的思考の使用判断に及ぼす目標と文脈の効果", *教育心理学研究*, Vol. 55, pp. 514-525.