

グラフの強調効果が差の解釈に与える影響

The effects of exaggerated graphs on readers' interpretation of quantitative differences

犬塚美輪[†] 田中優子[‡]
Miwa Inuzuka, Yuko Tanaka

[†]東京学芸大学, [‡]名古屋工業大学
Tokyo Gakugei University, Nagoya Institute of Technology
minuzuka@u-gakugei.ac.jp, tanaka.yuko@nitec.ac.jp

Abstract

本研究では、差を強調する要素を加えられたグラフの提示が量的な差の解釈に与える影響に注目し、批判的思考スキルと態度との交互作用が見られるかを検討した。参加者 225 名 (20 代~60 代) に表・非強調グラフ・強調グラフのいずれかを附置した広告文章を提示し、示された差についての解釈を、質問項目を用いて測定した。結果からは、強調グラフ提示群の参加者が、表提示群よりも、差をより大きいものと捉えることが示された。重回帰分析では、視覚化の有無と CRT 得点、教育レベルの効果が有意であった。結果をもとに、グラフ表現と個人差が数量の理解に与える影響について論じた。

Keywords — グラフ, 視覚化, 効果の強調, 批判的思考スキル

1. はじめに

本研究では、数量の差を表す表現に注目し、数量を視覚的に表現するグラフについて、その効果の強調が読み手の理解に与える影響を検討する。グラフは一般によく用いられる視覚的表現であり、棒や線、カーブなどの表現を用いることで数量間の関係を視覚的に示すものである。差の表現には棒グラフが用いられることが多く、差に注目させるという表現意図に沿ったものであると言える[1]。そこで本研究では、グラフの中でも特に棒グラフを用いて検討を進めることとする。

グラフを用いて数量的情報を示すことは、一般に読み手の理解を助けることが期待されている。Cards & Nackinlay (1999) は、文章を読むよりも、グラフを用いることでより単純な知覚的操作によって情報を処理することができることを示している。視覚化により、知覚的な処理がシンプルになり、読み手の認知的負荷を軽減する。ただし、グラフを処理する際の認知的負荷を小さくするようなグラフの作り方をすることも重要だと指摘されている。たとえば、比較するグループ数が絞られていることや、グラフを見やすくする工夫 (線や色など) があることが読み手の認知的負荷を軽減するのに必要である[2]。

これらの研究からは、グラフが視覚的に数量を表す際に、以下の 2 つの条件が満たされることが、理解促進のために必要だと考えられる。第一に、グラフが焦点となっている数量関係を明示することが条件となる。第二に、グラフが認知的負荷を軽減するよう工夫されていることが必要である。

1-1 グラフとその解釈

グラフによる数量情報の提示は、情報を素早くまた容易に処理することを助けるが、それは必ずしも数量関係の適切な把握が促進されること意味するわけではない。教授学習領域では、グラフ表現が学習を促進するポジティブな影響を示す研究が多い[3][4][5]が、学習者がグラフに示された量的表現を適切に把握できないことがあることも指摘されている[6][7]。

教授学習の文脈を離れ、日常生活の中でのグラフの利用に目を向けてみよう。グラフ表現は広く用いられており、近年、日常的な場面で人々がグラフをどのように理解しているかという観点からの研究も増加している[8][9]。

一方、不適切な強調効果を加えたグラフに関する実証的知見についてはまだ十分に明らかでない。数量情報への焦点化や認知負荷軽減を超えて、グラフを不適切なデザインにすることで (不当に) 意図する方向への理解や印象形成を狙う場合があり、そうしたミスリーディングなグラフの使用を警告する書籍も多い[10]。Rumsy (2019) や Tuft (1999) は、バイアスのあるラベル付けや省略したグラフ (truncated graphs)、スケールの不表示や、数値の非均一化、複雑化 (3D 効果の使用など) といったテクニックを用いることで、ミスリーディングなグラフが作られることを指摘している[11][12]。ただし、これらの指摘は図を作成・解釈するための Tips として提示されることが多く、実際にそうしたテクニックがどの程度、どのような読み手に影響するかを明

らかにする研究は見られない。

そこで本研究では、「差を大きく見せる」という点においてよく知られたミスリーディングなグラフを作成するテクニックとして、差を強調する効果(矢印記号の挿入、数値の非均一化)の使用の効果を検討することを第一の目的とする。

1-2 批判的思考のスキルと態度の個人差

情報の理解についてはボトムアップのプロセスとトップダウンのプロセスが交互作用しながら働くと考えられる。Kriz & Hegarty (2007) [13]は、アニメーションの理解について、外部のディスプレイの知覚的な特徴が符号化されていくボトムアップのプロセスと、長期記憶の知識に基づいたトップダウンのプロセスによって、理解表象が構築されることを示した。このモデルは、よりシンプルな表象であるグラフにも適用される[14]。強調グラフで用いられるような知覚的注意を惹く特徴は、知覚的な特徴としてボトムアップのプロセスに関わる。しかし、ボトムアップのプロセスのみで理解表象が決定されるわけではなく、内容知識やグラフの読み方についての知識、ワーキングメモリなどの様々なトップダウンのプロセスもグラフの解釈に関わっている[14]。

本研究では、トップダウンの処理プロセスとして批判的思考に着目する。批判的思考は、「何を信じ何をすべきかについて筋の通った判断をする」[15]ことと定義できる。批判的思考は直感に従って拙速に判断するのではなく、基準に則って筋道を立てて熟考することが要求される。したがって、批判的思考のスキルを有する場合には、グラフに加えられた差を強調する不適切な要素にもとづいた直感的な判断をくみず、実際にどの程度の差があるのかを熟考するようなトップダウンのプロセスが働くことが期待できる。

第一に注目するのは、批判的思考の認知的な側面を表す批判的思考スキルである。批判的思考スキルを測定するテストのうち、本研究では、Watson Glaser 批判的思考テストの日本語版(以下WGテスト)[16][17]とCognitive Reflection Test(以下CRT)[18]を用いる。WGテストは批判的思考のスキルを測定するものとして広く用いられており、その妥当性が示されている。また、他の批判的思考に注目する研究と関連付ける上でも本テストが適切だと考えられる。ただし、テストの内容は選言的推論に近いものとなっており、言語的な要素が強い。そのため、本研究で注目する数量的関連について理解や印象を検討するには適していない可能性も考え

られた。一方、CRTは直接批判的思考のスキルを測定することを目的に開発されたものではない。しかしながら、数量的情報の熟慮に関する課題との関連が指摘されているため、これを用いることとした。

第二に、批判的思考の情動的な側面である批判的思考態度に注目する。推論のパフォーマンスと批判的思考態度には有意な相関があることが示されており[19]、例えば、批判的思考をより重視する態度の持ち主はヒューリスティックに基づいた判断をしにくく、自身のバイアスに影響されにくいことも示されている[20]。

平山・楠見(2004)は、批判的思考態度を測定する質問紙を開発し、批判的思考態度が「論理的思考への自覚」「証拠の重視」「客観性」「探究心」の4つの因子によって説明できることを示した。本研究では、これらの批判的思考の情動的側面も測定し、その影響を検討することとした[21]。

本研究では、批判的思考に加えて、教育レベルと語彙数を変数として用いる。グラフ理解に関わる要因として、知識の量やグラフの読み方が関連する可能性があり、それらが教育レベルによって向上することが想定できるためである。高等教育への参加や、さまざまにアカデミックな知識を身につける過程で、グラフの表面的特徴に左右されないよう直接的・間接的なトレーニングを受けている可能性があるだろう。また、高等教育への参加や知識が多いことが批判的思考のスキル・態度と関連している可能性も考えられる。そこで本研究では、最終学歴と語彙数を尋ねることで、教育レベルと知識の多さの指標とし、グラフの理解への影響を検討する。

1-3 本研究の目的

本研究では、日常生活において用いられるグラフを取り上げ、ミスリーディングな解釈につながるような強調効果が、提示された数量の差の解釈に与える影響を検討する。具体的には、異なる数量表現として、数値の方、棒グラフ、差を強調する効果を加えた強調グラフの3種類を比較し、以下の2つの仮説を検討する。

仮説1: 視覚化と強調の要素を加えた強調グラフを提示されると、実際には小さな2群の差をより大きいものとして解釈する。

仮説2: 批判的思考スキルと態度の個人差が、数量表現の違いによる影響と交互作用する。批判的思考スキルや態度が高い場合には、数量表現による影響を受けにくくなる。

2. 方法

2-1 対象者

参加者募集のプラットフォームとしてクラウドワークスを利用した。225名が調査に参加し、参加の報酬として400円を受け取った。

2-2 材料

(1) 広告とカバーストーリー

3種類のカバーストーリー(表1)を作成し、それぞれのストーリーでは商品やサービスの良さが説明された。

(2) 数量表現

3種類の異なる数量表現を作成した。いずれも同じ数量(例:体重(kg))を表現した(図1)。まず、数量を視覚化・強調しない表現として、表を作成した(図1-A)。次に、強調効果を持たない視覚化表現として非強調グラフ(図1-B)を作成した。非強調グラフでは、数値情報が視覚的に棒グラフで表現されているものの、差を強調するような特別な要素は加えられなかった。最後に、強調効果をもたせた視覚化表現として強調グラフ(図1-C)を作成した。強調グラフでは、差を示す矢印が加えられたほか、実際よりも差が大きくなるように、Y軸の数値間隔が非均一にされていた。

(3) 解釈質問項目

参加者がどのように数量表現が附置された広告を解釈したかを検討するため、6つの質問項目を設けた。4項目は製品やサービスの効果について(例:〇〇は効果的だと思う)、2項目は数量の差について直接的に尋ねた(例:〇〇ありとなしの差は明確だ)。回答は5件法で求めた(1:全くそう思わない,5:とてもそう思う)。したがって、解釈質問への回答の値が高いほど、差を大きく認識していることを表す指標となった。

(4) 批判的思考スキルテスト

WGテストとCRTを実施した(表2)実施時間が長くなりすぎるため、WGテスト日本語版[17]から3問(結核の死亡率、新聞編集者、中学校の教材)を選んで用いた。問題の選択においては、題材に作成年の古さによりわかりにくいところがないか、模範解答に納得が行くかという2点を大学生5名に議論してもらったうえで、推論タイプのバリエーションを網羅することを重視して決定した。WGテストへの回答は「真」「たぶん真」「材料不足」「たぶん偽」「偽」の5つから1つを回答者に選択してもらい、正答を1点とした。

CRT[18]はオリジナルの問題3問を翻訳して用いた。回答は自由記述形式とし、正答を1点とした。

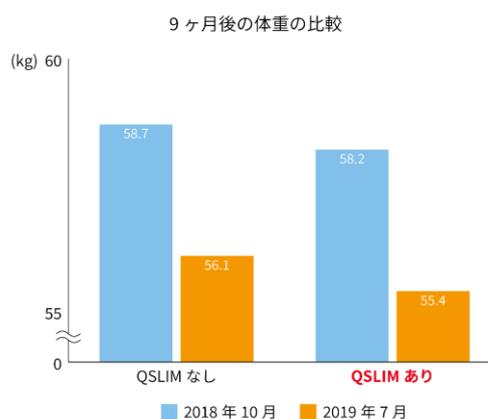
表1 実験で用いた広告のカバーストーリー

ダイエット サプリ (6文,300文字)	新しいダイエットサプリ QSLIM10 が開発された。実験の結果、サプリを用いた群の方が体重が減少した。
学習アプリ (5文,301文字)	子供の自学をサポートするアプリを開発した。アプリを使用した群の方が学習時間が伸びた。
フォローアップ メール (6文,299文字)	フォローアップメールを送るようになることで、送らない店より再来店する客数が多くなった。

(A) 表

	2018年10月	2019年7月
QSLIM300あり	58.2	55.4
QSLIM300なし	58.7	56.1

(B) 非強調グラフ



(C) 強調グラフ

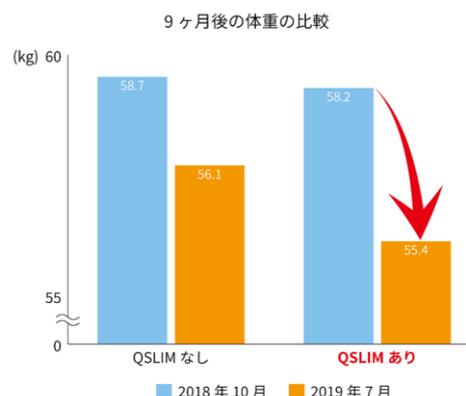


図1 実験で用いた数量表現の例

表2 批判的思考スキルテスト問題例

<p>WG</p> <p>題材文 (結核の死亡率)</p> <p>昔に比べて結核の死亡率は著しく減ったが、結核にかかる率は現在でもかなり高い。(中略) A 国の黒人は白人と比較してずっと結核にかかる率が高い。(中略) つまり、A 国では、平均より収入の多い階層の人は、平均より収入の少ない階層の人より結核にかかりにくいといえよう。</p> <p>問題文</p> <p>A 国では、収入が多ければ多いほど、結核にかかる率が低い。</p>
<p>CRT</p> <p>ガムとアメを合わせて 110 円で買いました。ガムはアメより 100 円値段が高いです。アメはいくらでしょう。</p>

(5) 批判的思考態度

平山・楠見 (2004) が開発した批判的思考態度尺度をもとに、各尺度から 3 項目を抽出して用いた[21]。下位尺度は「論理的思考への自覚 (例: 正確に物事を考えることに自信がある)」、「証拠の重視 (例: 結論を下す場合には、確たる証拠の有無にこだわる)」、「客観性 (例: いつも偏りのない判断をしようとする)」、「探究心 (例: 自分とは違う考え方の人に興味をもつ)」の 4 つであった。

(6) 語彙チェックリスト

NTT コミュニケーションズ科学基礎研究所が公開している「語彙数推定テスト (平成版)」[22]に用いられている単語を用いた。親近性の高い単語から順に一覧にし、知っている語にチェックを入れる形式として実施した。

2-3 手順

参加者は調査サイトにアクセスし、質問項目と課題に回答した。はじめに提示されるページで実験条件が示され、同意する場合に次のページに進むよう指示した。参加者は、年齢と教育レベル (最終学歴) を答えた後、語彙チェックリストに回答した。その後、3 つの実験条件のいずれかにランダムに割り付けられ、数量表現が布置された広告を読み、評価項目に回答した。最後に批判的思考態度尺度に回答し、批判的思考テスト (WG, CRT) の課題に答えた。実験は全て参加者の自由なペースで進められ、課題実施にかかった時間は平均で約 15

分 (1-48 分) であった。

3. 結果

3-1 得点化

回答所要時間が 10 分以下だった参加者と 5 つ以上の質問項目に無回答であった参加者合計 6 名をデータから除外した。

批判的思考スキルについては、WG および CRT それぞれの正答数をカウントしテスト得点とした。

また、批判的思考態度尺度については下位尺度ごとに平均点を算出して尺度得点として以降の分析に用いた。クロンバックの α 係数を用いて信頼性を検討したところ、「論理的思考への自覚」と「探究心」については十分な一貫性があると判断できたが (それぞれ $\alpha = .80, .76$)、「客観性」と「証拠の重視」の信頼性は高くなかった (それぞれ $\alpha = .63, .58$)。

解釈項目についての回答は、6 項目の平均値を用いた。カバーストーリーごとにクロンバックの α 係数を算出したところ、 $\alpha = .93$ 以上で高い一貫性を示した。カバーストーリー間でも相関が高く ($r = .45, .58, .63$)、カバーストーリーごとの平均値の一貫性も高い ($\alpha = .79$) と判断できたため、カバーストーリーごとの尺度得点の合計を解釈得点として用いることとした。解釈得点が高いほど、数量の差を大きく解釈していることを示す得点となった。

3-2 数量表現のタイプと解釈得点

3 つの数量表現間で解釈得点に差が見られるか、一要因分散分析によって検討した (図 2)。結果は有意で ($F(2,206) = 5.62, p = .004, \text{partial } \eta = .05$)、多重比較 (Holm) の結果からは、強調グラフ ($M = 10.38, SE = 0.26$) と表条件 ($M = 9.19, SE = 0.25$) の間に有意な差があることが示された ($t(206) = 3.36, \text{調整済 } p = .003, d = .54$)。非強調グラフ ($M = 9.95, SE = 0.27$) と強調グラフ・表の差は有意ではなかった (それぞれ、 $t(206) = 1.15, d = .20$; $t(206) = 2.06, d = .35$)。

3-3 変数間の相関

解釈得点と批判的思考テスト得点、批判的思考態度下位尺度得点、および教育レベルと語彙数の相関係数を表 3 に示す。視覚化の有無と強調の有無をそれぞれダミー変数とした。強調グラフは視覚化と強調が 1、非強調グラフは視覚化 1、強調 0、表はいずれのダミー変数も 0 とした。教育レベルについても、高等教育の有 1 無

0としたダミー変数を用いた。

実験条件に関わる2つのダミー変数(視覚化・強調)が解釈得点と有意な正の相関を示した。視覚化がされるほど、また強調されるほど、差を大きく認識する傾向があると言える。CRT得点も解釈得点と有意な相関を示した。CRT得点と解釈得点は負の相関を示しており、CRT得点が高いほど、数量の差を小さいものと解釈する傾向が示された。

一方、WGは解釈得点と有意な相関を示さず、CRTとの相関も有意ではあるが小さかった。批判的思考態度尺度得点も、解釈得点とはほとんど相関せず、批判的思考態度によって差を大きく(小さく)小さく解釈するという傾向は見られなかった。

教育レベルと語彙数に着目すると、高等教育を受けた参加者は解釈得点が低くなることが示されたが、語彙数は解釈得点と相関しないことが示された。両変数ともにCRT得点と有意な相関を示したが、WGとの相関は語彙数のみで有意になり、またその値も小さかった。

3-4 視覚化と強調が解釈に及ぼす影響

視覚化と強調の影響を検討するため、表3に示した各変数を予測変数とし、解釈得点を従属変数とする重回帰分析(ステップワイズ)を実施した。変数間の交互作用は想定しなかった。その結果、有意なモデルが得られ($R^2 = .18$)、CRT得点と視覚化のダミー変数、教育レベルが予測変数として残った(表4)。CRT得点が高さと高等教育の経験があることが、実験で提示された数量の差を小さく解釈することを予測する一方、視覚化

が差を大きく解釈することを予測することが示された。

4. 考察

本研究では、日常的な場面で用いられるシンプルなグラフの理解について、非本質的な強調要素を加えることの影響を検討した。こうしたグラフは、読み手の理解をミスリードしやすいことは指摘されているが、実証的にその影響を示す試みとして意義があると言える。

本研究の仮説として、第一に強調要素を加えたグラフが差を強調しないグラフや表より差を大きく認識させると考えた。2つのグラフと表を比較した結果から、差を強調する効果をもたせたグラフが、表で数値を示すのと比較して、差を実際により大きく認識させる効果があることが示された。しかし、強調要素を加えたグラフと強調要素を加えないグラフの差は明確には見られず、重回帰分析の結果からは、数量を視覚化することが差を大きく認識することにつながることを示された。

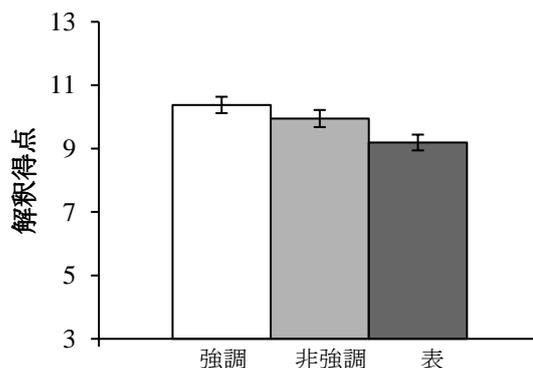


図2. 各条件の解釈得点平均値
エラーバーは標準誤差を表す

表3 変数間の相関

	解釈得点	ダミー1	ダミー2	WG	CRT	論理的	探究心	客観性	証拠	教育レベル
D1	.24 **	1.00								
D2	.10 **	.53 **	1.00							
WG	-.13	-.14 *	-.112	1.00						
CRT	-.36 **	-.08	-.10	.25 **	1.00					
論理	-.02	-.06	-.02	-.04	.09	1.00				
探求	.02	-.03	-.10	-.045	-.01	.24 **	1.00			
客観	.07	.03	-.05	-.07	.02	.30 **	.44 **	1.00		
証拠	-.06	-.06	.03	-.10	.11	.26 **	.03	.18 **	1.00	
教育	-.20 **	-.02	.03	.03	.16 *	.11 †	.04	.05	-.07	1.00
語彙	-.02	.07	.07	.14 *	.21 **	.11	-.02	.14 *	.14* *	.09

** $p < .01$, * $p < .05$

表4 重回帰分析の結果

Step	モデルに入 った変数	R ² 増分	標準回帰 係数 (β)	95%CI
1	CRT 得点	.12	-.32**	-.45, -.19
2	視覚化ダミー	.04	.20**	.07, .33
3	教育レベル	.02	-.15*	-.28, -.02

** $p < .01$, * $p < .05$

強調グラフと非強調グラフの差が有意ではなかったことについては、強調グラフの特徴と非強調グラフの特徴が関連していると考えられる。強調グラフについて第一に考えられるのは、本研究で用いた強調要素が弱かった可能性である。矢印や数値軸の非均一化によって並べてみれば差が大きく見せられていることは明白であるが、この程度であれば、強調効果は視覚化すること自体の効果を超えては見られないと考えられるかもしれない。

第二に、強調効果を持たせようとしたことが明白であったために、それを読み手が考慮して差の大きさ自体を割り引いて考えるような判断がなされた可能性が考えられるだろう。本研究では、強調グラフ自体の特徴を読み手がどのように把握しているかという点についての直接的な検討は行わなかった。今後の研究において、グラフ自体をどのように評価するかということに焦点を当てた検討が必要だと考えられる。

次に、非強調グラフの特徴から検討すると、本研究で用いた非強調グラフが、Y軸が省略されたグラフ(truncated graph)になっており、これ自体が差を強調する効果を持っていたことが指摘できる。そのため、本研究では、強調の程度の強弱は検討できたものの、正確に数量を表現したグラフとの比較になっていないと指摘できる。グラフに付加される強調効果をより体系的に操作することで、グラフがどの程度ミスリーディングになりうるかを示すことができるだろう。

本研究では、第二の仮説として、批判的試行スキルや態度がトップダウンのプロセスとして働くことで、強調要素の影響が減じられると考えた。重回帰分析の結果からは、Cognitive Reflection Testの得点の偏回帰係数が有意になり、数量的情報について熟考するスキルが高いほど、差を小さく捉える傾向になることが示された。一方、グラフの強調表現の有無との交互作用は見られず、仮説を支持する結果は得られなかった。この点

についても、グラフの強調表現を体系的に操作した上で再検討する必要があるだろう。また、こうしたより慎重な判断がくだされた背景として、「広告」という文脈を考慮する必要もあるかもしれない。異なる文脈において差の判断や批判的思考の個人差が影響するかという点については、本研究の結果から推測することは難しい。今後の研究ではさらに多角的な検討が必要である。

最後に、本研究では、グラフについての知識や領域知識、ワーキングメモリなどの個人差は検討に入れなかった。先行研究からはこうした個人差がグラフの特徴と交互作用することが示されている[8][9][14]。本研究では、サプリメントなどの「広告」が題材になっており、一般に内容知識に大きな差があると想定しにくいと考えた。ただし、教育レベルの効果が見られたことから、知識の影響をより積極的に想定する必要があるだろう。特に、数量表現を読み取る経験がグラフに関する知識や態度に反映されていると考えられる。トップダウンのプロセスに関連する要素についてもさらに検討を進めることが今後の課題である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 19K03253 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Shah, P., Mayer, R.E., & Hegarty, M. (1999). Graphs as Aids to Knowledge Construction: Signaling Techniques for Guiding the Process of Graph Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 91, 690-702.
- [2] Lohse, G.L. (1997). The role of working memory on graphical information processing. *Behavior & Information Technology*, 16, 297-308.
- [3] Mayer, R. E. (1993a). Comprehension of graphics in texts: An overview. *Learning & Instruction*, 3, 239-245.
- [4] Mayer, R. E. (1994). Visual aids to knowledge construction: Building mental representations from pictures and words. In W. Schnotz & R. W. Kulhavy (Eds.), *Comprehension of graphics: Advances in psychology* (Vol. 108, pp. 125-138). Amsterdam: North-Holland/Elsevier Science.
- [5] Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- [6] Mayer, R. E. (1993b). Illustrations that instruct. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 5, pp. 253-284). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [7] Mayer, R. E., Sims, V., & Tajika, H. (1995). A comparison of how textbooks teach mathematical problem solving in Japan and the United States. *American Educational Research Journal*, 32, 443-460.
- [8] Peebles, D., & Cheng, P. C. H. (2003). Modeling the effect of task and graphical representation on response latency in a graph reading task. *Human Factors*, 45, 28-45.
- [9] Shah, P. & Freedman, E. G. (2011). Bar and line graph

- comprehension: An interaction of top-down and bottom-up processes. *Topics in Cognitive Science*, 3, 560-578.
- [10] Huff, D. (1991). *How to Lie with Statistics*. Penguin.
- [11] Rumsy, D. J. (2019). *Statistics Essentials*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- [12] Tufte, E. R. (1997). *Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative*. Graphics Press, Cheshire, CT.
- [13] Kriz, S., & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human Computer Studies*, 65, 911-930.
- [14] Shah, P., Freedman, E. G., & Vekiri, I. (2005). The Comprehension of Quantitative Information in Graphical Displays. In P. Shah (Ed.) & A. Miyake, *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (p. 426-476). Cambridge University Press.
- [15] Ennis, R. H. (1996). *Critical thinking*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- [16] Watson, G., & Glaser, E. M. (1964) *Manual of Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal*. Harcourt Brace & World, New York.
- [17] 久原恵子・井上尚美・波多野諠余夫 (1983) 批判的思考力とその測定. *読書科学*, 27, 131-142.
- [18] Frederick, S. (2005). Cognitive reflection and decision making. *Journal of Economic Perspectives*, 19, 25-42.
- [19] Stanovich, K. E., & West, R. F. (1997). Reasoning independently of prior belief and individual differences in actively open-minded thinking. *Journal of Educational Psychology*, 89, 342-357.
- [20] West, R. F., Toplak, M. E., & Stanovich, K. E. (2008). Heuristics and biases as measures of critical thinking: Associations with cognitive ability and thinking dispositions. *Journal of Educational Psychology*, 100, 930-941.
- [21] 平山るみ・楠見孝 (2004) 批判的思考態度が結論導出プロセスに及ぼす影響：証拠評価と結論生成課題を用いての検討. *教育心理学研究*, 52, 186-198.
- [22] NTT コミュニケーションズ科学基礎研究所「語彙数推定テスト」 http://www.kecl.ntt.co.jp/icl/lirg/resources/goitokusei/vocabulary_test_heisei/php/goi-test.php