

グラフの読解と作成に関する  
実験的検討

神 崎 奈 奈



# 概要

近年改訂された学習指導要領においては、小・中・高校生の思考力、判断力の育成に加え、表現力の育成にも重点が置かれている。学習者が自ら確かめ、考えたことを伝達したり、説明したりする場合、情報をいかに表現するかが重要になり、その際、図的表現が広く利用されている。

情報を伝達するために使用される図的表現の中でも、グラフは、量的な関係を直感的に表すことが可能な表現として、広く用いられている。情報伝達時において、グラフは説明の文脈に即して、伝達者が作成するものである。同時にグラフは、被伝達者にとっては、被伝達者が置かれた特定の文脈における読解の対象物である。しかしどちらの立場にしても、情報伝達という文脈の中でグラフを扱った認知的研究はみられない。本論文では、情報伝達におけるグラフに関する認知研究の第一歩として、身近なグラフ表現の一つである線グラフの認知過程に関して、読解と作成の両面から実験的検討を行った。研究1（第2章）では、グラフの読解におけるボトムアップ処理とトップダウン処理について検討した。研究2（第3章）では、説明時に作成されるグラフと説明の一貫性について検討した。

第1章の「序論」では、本論文に関連するグラフの理解と作成に関する先行研究について概観した。はじめに、グラフの理解の認知モデルである“グラフ理解のCIモデル”について示した。グラフ理解のCIモデルは、ボトムアップ処理とトップダウン処理が統合されて、グラフが理解されるというモデルである。本論文では、ボトムアップ処理としてグラフ表現を、トップダウン処理として“グラフを理解する視点”を取り上げる。このため、グラフ表現に関

連した研究とグラフを理解する視点に関連した研究について解説した。

さらに、グラフの作成に関しては、グラフ作成に関する教育と現状という観点から論じた。

第2章の「研究1:表現と理解の視点がグラフの読解に及ぼす効果に関する実験的検討」では、グラフの理解におけるボトムアップ処理とトップダウン処理の相互作用を明らかにするために、3種類の実験を実施した。実験1では、線グラフ上での変数配置の違いがグラフの読み取りに与える影響（表現効果）を、‘主効果’と‘単純主効果’の読み取りの観点から検討した。その結果、‘単純主効果’の読み取りにおいて、表現効果が確認された。

続く実験2Aにおいて、表現効果によるボトムアップ処理からの読み取りにトップダウン処理がどのように影響するかを検討した。先行研究では、トップダウン処理のボトムアップ処理への妨害が報告されていたが、先行研究で取り上げられたトップダウン処理は、特定のデータの傾向を予測させるものであり、ボトムアップ処理と対立するものであった。ボトムアップ処理と対立しないトップダウン処理の効果を検討するため、本研究では、特定のデータの傾向を予測させない、グラフを理解する視点をトップダウン処理として取り上げた。その結果、トップダウン処理がグラフの読み取りに影響を持つことが確認されたが、先行研究とは異なり、トップダウン処理がボトムアップ処理へ妨害的に働くということは確認されなかった。さらに、実験2Bにおいて、実験参加者自らが作成したグラフを用いて、実験2Aと同様の検討を行ったが、結果は実験2Aと同様の傾向であり、作成することによる読み取りの変化は確認されなかった。

第3章の「研究2:説明とグラフ表現の一貫性に関する実験的検討」では、説明時のグラフ作成に関する研究として、グラフ使用の熟達者と初心者が、それぞれ、説明に合わせてグラフを使い分けているのかという点について、4種類の実験を行った。実験1A, 1B, 2では、実験参加者は、与えられたデータを説明し、その説明の際に使用するグラフの作成を行った。生成された説

明における特定の変数の扱いが，作成されたグラフ上の変数の配置と一貫しているか，という観点から分析を行った。実験 1A では，日常的にグラフを作成している研究者を日常的グラフ作成者と定義して，上記の実験を行った。実験 1B では，理系大学院生を準熟達者として，実験を行った。実験 1A, 1B の結果から，日常的グラフ作成者とそれに準じる理系大学院生は説明と一貫したグラフを作成することが確認された。一方，実験 2 では，文系学部学生を初心者として，実験を行った。その結果，文系学部学生においては，説明に関連したグラフの作成は確認されなかった。

実験 2 を踏まえ，実験 3 では，文系学部学生であっても，与えられたグラフの候補から選択させるという状況であれば，説明と関連したグラフの使い分けが促進されるのかという点を検討するために，実験 1A, 1B, 2 において課したグラフの作成の代わりに，提示されたグラフの候補からの選択を課す実験を実施した。その結果，候補からグラフを選択するのであれば，グラフを作成する場合よりも，説明に関連したグラフの使い分けが促進されることが示された。

最後に第 4 章「結論」において本論文の総括を行い，今後の研究の展開について展望を示した。



# 目次

第1章	序論	1
1.1	はじめに	1
1.2	背景	2
1.2.1	グラフの理解に関する研究	2
1.2.2	グラフ作成に関する研究	7
1.3	本論文の位置づけと目的	9
1.3.1	グラフ理解研究における本論文の意義と目的	9
1.3.2	グラフ作成研究における本論文の意義と目的	10
1.4	本論文の構成	10
第2章	研究1:表現と理解の視点がグラフの読解に及ぼす効果に関する実験的検討	13
2.1	はじめに	13
2.2	目的	14
2.3	実験1:グラフの表現が読解に及ぼす効果に関する実験	15
2.3.1	方法	15
2.3.2	結果	20
2.3.3	考察	23
2.4	実験2A:特定の観点下におけるグラフの読解に関する実験	26
2.4.1	方法	27
2.4.2	結果と考察	29

---

2.5	実験 2B: 特定の観点下における自作グラフの読解に関する実験	31
2.5.1	方法	31
2.5.2	結果	33
2.6	総合考察	35
第 3 章	研究 2: 説明とグラフ表現の一貫性に関する実験的検討	39
3.1	はじめに	39
3.1.1	説明とグラフ表現の一貫性	39
3.1.2	日常的グラフ作成者と一般的な大学生	43
3.1.3	グラフの選択	44
3.2	目的	44
3.3	実験 1A: 日常的グラフ作成者が作成したグラフと説明との一貫性に関する実験	44
3.3.1	方法	45
3.3.2	結果	49
3.4	実験 1B: 理系大学院生が作成したグラフと説明との一貫性に関する実験	51
3.4.1	方法	51
3.4.2	結果	52
3.5	実験 2: 文系学部学生が作成したグラフと説明との一貫性に関する実験	53
3.5.1	方法	53
3.5.2	結果	53
3.6	実験 3: 文系学部学生が選択したグラフと説明との一貫性に関する実験	55
3.6.1	方法	55
3.6.2	結果	56
3.7	考察	57



---

第4章	結論	61
4.1	本論文の総括	61
4.1.1	第1章 序論	61
4.1.2	第2章 研究1:表現と理解の視点がグラフの読解に及ぼす効果に関する実験的検討	62
4.1.3	第3章 研究2:説明とグラフ表現の一貫性に関する実験的検討	66
4.2	今後の展開	68
4.2.1	グラフの読解におけるボトムアップ処理とトップダウン処理	69
4.2.2	説明を目的としたグラフの作成	69
	引用文献	73
	付録A 研究1で使用した実験用紙	79
	付録B 研究2で使用した実験用紙	83
	付録C 研究2において生成された説明の分類手続き	91



# 目次

1.1	グラフ理解の CI モデル (adapted from Freedman & Shah, 2002)	3
1.2	自動車事故数と飲酒運転者の数と車間距離の関係を示したグラフ (adapted from Shah & Hoeffner, 2002)	6
2.1	実験 1 で使用したデータセット A のグラフの例	16
2.2	実験 1 で使用したデータセット B のグラフの例	17
2.3	実験 1 で使用したデータセット C のグラフの例	17
2.4	実験 1 で使用したデータセット D のグラフの例	18
2.5	実験 1 のデータセット A における ‘主効果’ 記述の分類別の記述者の割合	21
2.6	実験 1 のデータセット B における ‘主効果’ 記述の分類別の記述者の割合	22
2.7	実験 1 のデータセット C における ‘主効果’ 記述の分類別の記述者の割合	22
2.8	実験 1 のデータセット D における ‘主効果’ 記述の分類別の記述者の割合	23
2.9	実験 1 のデータセット A における ‘単純主効果’ 記述の分類別の記述者の割合	24
2.10	実験 1 のデータセット B における ‘単純主効果’ 記述の分類別の記述者の割合	24

2.11 実験 1 のデータセット C における ‘単純主効果’ 記述の分類別の 記述者の割合 . . . . .	25
2.12 実験 1 のデータセット D における ‘単純主効果’ 記述の分類別 の記述者の割合 . . . . .	25
2.13 実験 2A における ‘単純主効果’ 記述の分類別の記述者の割合 . . .	30
2.14 実験 2B で実験参加者に与えられたデータの一部 . . . . .	32
2.15 実験 2B で使用したグラフフォーマット . . . . .	33
2.16 実験 2B における ‘単純主効果’ 記述の分類別の記述者の割合 . . .	35
3.1 Table 1 を線グラフ化した例 . . . . .	41
3.2 実験 1A, 1B, 2 で使用したグラフフォーマット . . . . .	47
3.3 説明文の例と妥当なグラフ (調整不可変数が温度の場合) . . . . .	49
3.4 実験 1A において作成されたグラフの割合 . . . . .	50
3.5 実験 1B において作成されたグラフの割合 . . . . .	52
3.6 実験 2 において作成されたグラフの割合 . . . . .	54
3.7 実験 3 において選択されたグラフの割合 . . . . .	56
A.1 研究 1 の実験 1 で使用した実験シートの例 . . . . .	80
A.2 研究 1 の実験 2A で使用した実験シートの例 . . . . .	81
A.3 研究 1 の実験 2B で使用した実験シートの例 . . . . .	82
B.1 研究 2 の実験 1A, 1B, 2 で使用した実験シート (1) . . . . .	84
B.2 研究 2 の実験 1A, 1B, 2 で使用した実験シート (2) . . . . .	85
B.3 研究 2 の実験 1A, 1B, 2 で使用した実験シート (3) . . . . .	86
B.4 研究 2 の実験 1A, 1B, 2 で使用した実験シート (4) . . . . .	87
B.5 研究 2 の実験 3 で使用した実験シート (1) . . . . .	88
B.6 研究 2 の実験 3 で使用した実験シート (2) . . . . .	89

# 表目次

2.1 実験 2B における条件別，作成したグラフの種類別の人数 . . . . .	34
2.2 実験 1 の結果の概要 . . . . .	37
3.1 二つの独立変数 A, B と一つの従属変数 C からなるデータの例 .	40



# 第1章

## 序論

### 1.1 はじめに

近年改訂された学習指導要領(文部科学省, 2008a, 2008b, 2009)においては, 小・中・高校生の思考力, 判断力の育成に加え, 表現力の育成にも重点が置かれている。学習者が自ら確かめ, 考えたことを伝達したり, 説明したりする場合, 情報をいかに表現するかが重要になり, その際, 図的表現が広く利用されている。

情報の理解における図の活用の有効性は古くから確かめられている。もっとも初期の取り組みである Larkin & Simon (1987) では, 問題解決中に図を用いることの有効性を示し, 文章のみで問題解決を行うときよりも, 図を利用することで情報処理過程を節約することができ, 問題解決の効率化が図れるとしている。Norman (1991) は, 図表などの視覚刺激の表現の違いによって, 課題の難易度が変わることを例に挙げ, 課題に合わせた表現の重要性を指摘している。あわせて彼は, 図などの外的表象が認知的人工物として, 問題解決を促進させるためには, その表現と現実世界の認知的な一貫性を持つ対応関係が重要であると述べている。

情報を伝達するために使用される図的表現の中でも, グラフは, 量的な関係を直感的に表すことが可能な表現として, 広く用いられている。情報伝達時において, グラフは説明の文脈に即して, 伝達者が作成するものである。

同時にグラフは、被伝達者にとっては、被伝達者が置かれた特定の文脈における読解の対象物である。本章では、以下にグラフの読解と作成に関連する先行研究を概観し、本研究の位置づけと目的について述べる。

## 1.2 背景

### 1.2.1 グラフの理解に関する研究

#### グラフ理解におけるボトムアップ処理とトップダウン処理

人間の認知システムにおける情報処理は、ボトムアップ処理とトップダウン処理の高度な相互作用により実現されている (Neisser, 1976)。数多くの実験研究が、知覚、記憶、問題解決といった多様な領域において、この特性を確認してきた。単語や数字の知覚における文脈依存性など、視覚刺激の意味的解釈におけるトップダウン処理の影響の強さは広く知られている。他方、ミュラーリヤー錯視、エビングハウス錯視などの多くの錯視現象は、視覚刺激の空間的な解釈におけるボトムアップ処理の強い影響を示している。

文章の理解においても、Kintsch (1988) が、文章と談話の理解の認知モデルである構築-統合 (Construction-Integration: CI) モデルを提案し、彼は、文章の理解が先行知識などからの影響を受けるトップダウン処理と知覚された文章からのテキストベースの形成というボトムアップ処理との統合でなされると述べている。

Freedman & Shah (2002) はグラフ理解の認知モデルとして、この Kintsch の CI モデルを改変した“グラフ理解の CI モデル (図 1.1)”を提案している。このモデルでは、グラフの理解は視覚的な刺激からのボトムアップ処理と先行知識などからのトップダウン処理の統合 (integration) によって成り立つとされている。具体的には、まず視覚的特徴の処理 (ボトムアップ処理) が起こり、その解釈を先行知識 (トップダウン処理) が導く、と説明している。彼らはこの過程について、グラフ理解にボトムアップ処理とトップダウン処理の



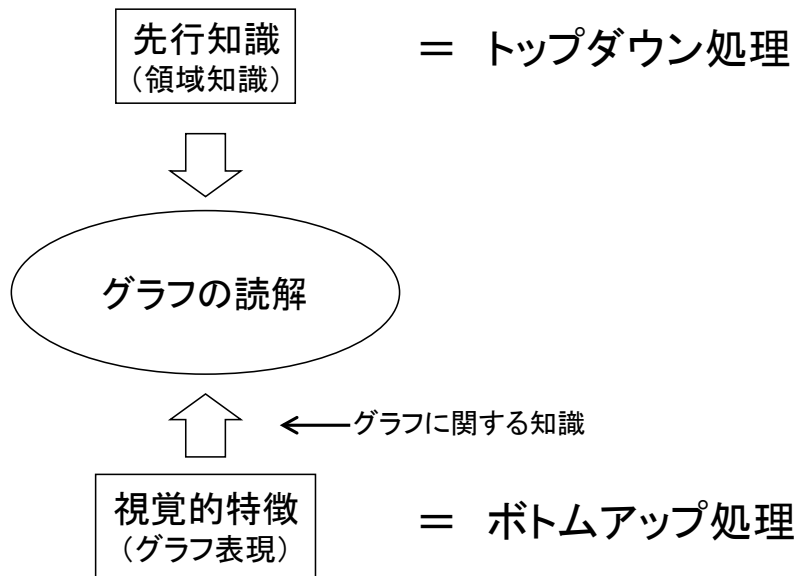


図 1.1 グラフ理解の CI モデル (adapted from Freedman & Shah, 2002)

双方がともに影響を持つという意味において、両処理の相互作用によってグラフ理解がなされると述べている。グラフの理解におけるボトムアップ処理とトップダウン処理に関する実験的な研究はこれまでもいくつか行われてきたが、その影響はそれぞれ個別に検討されていた。しかし、両者は独立に存在するものではなく、グラフ理解に相互作用的に影響を与えられられる。グラフ理解におけるボトムアップ処理とトップダウン処理に関する研究をレビューした Shah, Freedman, & Vekiri (2005) においては、ボトムアップ処理に関わるグラフの表現や、トップダウン処理に関わる先行知識や課題の要求 (task demands)、グラフリテラシーなどのそれぞれの機能については議論されているが、それらの相互作用についての詳しい議論は行われておらず、トップダウン処理がボトムアップ処理に与える影響についての研究の必要性が論じられている。

Schraw, Wade, & Kardash (1993) は文章学習におけるボトムアップ処理とトップダウン処理の相互作用に関する実験的な検討を行っており、文章的な表現の違いをボトムアップ処理の操作要因、課題が要請する視点の違いをトップダウン処理の操作要因としてそれらが同時に操作された場合の効果を

検討している。

### グラフの理解における表現の効果

グラフの理解において、同じデータセットから作成されたグラフであっても表現が異なると、顕在化する情報の種類や、情報を読み取る速度が異なることが先行研究によって確かめられてきた。これは、グラフ理解におけるボトムアップ処理の効果であると考えられる。

棒グラフと線グラフの読み取りの違いを検討した研究では、棒グラフの読み取りにおいては、AよりもBの方が多い、というような離散的な比較が行われやすく、線グラフの読み取りにおいては、データの変化の評価が行われやすいことが確認されている (Zacks & Tversky, 1999; Shah, Mayer, & Hegarty, 1999)。また、Peebles & Cheng (2003) は、グラフの形態の違いにより、特定の情報の読み取りにかかる時間が異なることを示している。

線グラフを用いた実験では、Carpenter & Shah (1998) と Shah & Carpenter (1995) が2つの独立変数と1つの従属変数からなるデータセットから作成された線グラフの読み取りを検討し、横軸に配置された独立変数と縦軸の従属変数の関係 (x-y 関係) は詳しく読み取られるが、凡例に配置された独立変数と縦軸の従属変数の関係 (z-y 関係) は詳しく読み取られないことを示している。これは、線グラフを作成するとき2つの独立変数のどちらを横軸に配置するか、または凡例に配置するかによって、顕在化する情報が変わってしまうことを意味している。以上のようなグラフ表現の効果を本論文では、ボトムアップ処理に影響を与える要因として取り上げ、表現効果と呼ぶ。なお、グラフの読み取りに対する表現効果は多岐にわたると考えられるが、本論文で表現効果という場合には、変数配置に関わる表現に限定した効果を指す。

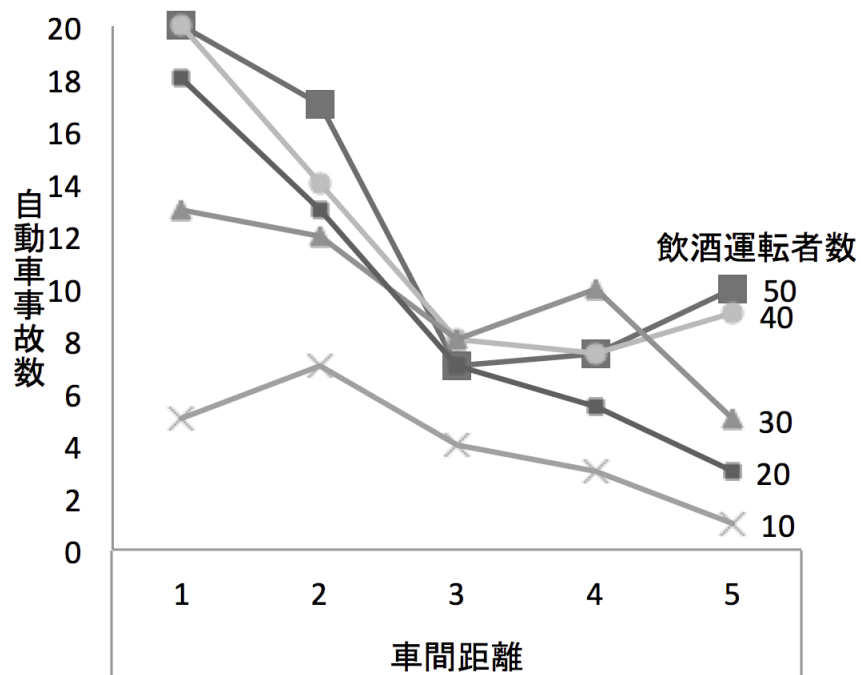
さらに、表現効果は、データの性質、具体的には独立変数の主効果や交互作用の有無によって大きな影響を受けると考えられるが、その観点を検討した実験は見られず、主効果と交互作用の有無の観点から、実験刺激としての

グラフパターンを組織的に構成し，その読み取りにおいても，主効果と単純主効果の観点から分類を行い，表現効果を検討することが求められる。

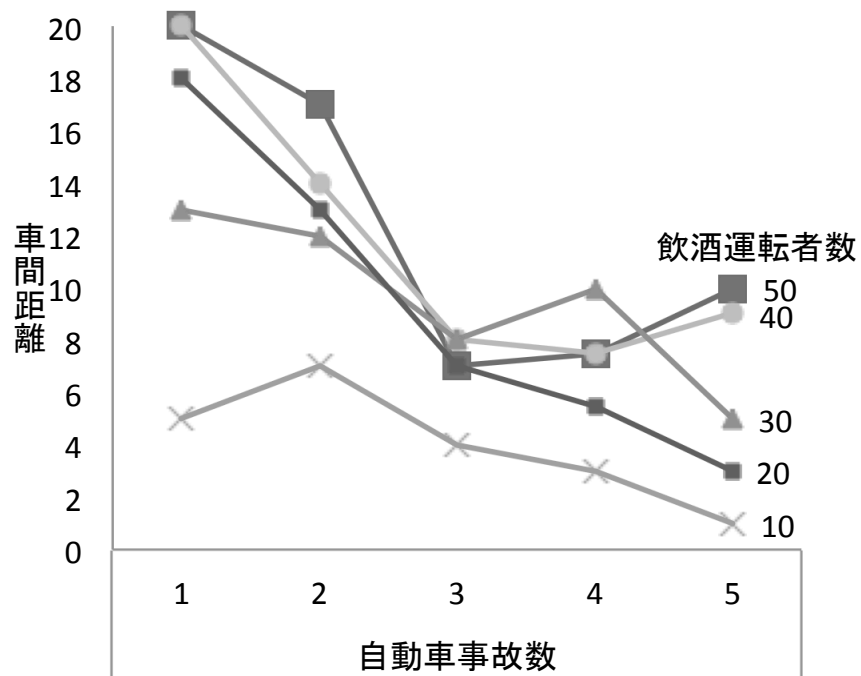
### グラフの理解における視点の効果

他方，グラフ理解におけるトップダウン処理の影響を調べた実験研究は，参加者の“知識”の影響を検討するものがほとんどであった。先述の“グラフ理解のCIモデル”(Freedman & Shah, 2002)ではグラフの理解に関わる知識の代表的なものとして，領域知識 (domain knowledge)，グラフに関するスキル (graphical literacy skills)，説明スキル (explanatory skills) をあげている。Shah & Hoeffner (2002) で紹介されている自動車事故数と飲酒運転者の数，車間距離の関係を示したグラフ (図 1.2) を用いた実験や，Freedman & Smith (1996) の散布図における相関の評価に関する先行研究では，それぞれのデータの傾向に関する予想や信念を“内容に関する先行知識”として，それらがグラフの読解に与える影響が検討されている。これらの場合，実際のデータとは異なる，先行知識から予想されるデータ傾向を反映した読解が起こることが示唆されている。しかし，トップダウン処理における重要な観点としては，知識の影響以外にも，情報を読み取る視点の影響が考えられる。ここで，読み取りの視点を持つとは，複数の要因の中からある特定の要因の効果に着目してデータを読み取るというようなことがそれにあたる。

知識に基づくトップダウン処理では，現実社会におけるデータ傾向についての知識を持っていることから，読み取られる情報に関する予想が生じるが，他方，特定の文脈の下でのグラフの読み取りでは，データの読み取りの観点は与えられるものの，データの傾向に関する予想が生じることはない点が，両者の重要な差異である。この“情報を読み取る視点”は，Shah et al. (2005) において“課題の要求”として紹介されているものと同様の働きをされると考えられるが，その中で紹介されている Goettl, Wickens, & Kramer (1991) や Jones, Wickens, & Deutsch (1990) では，課題の要求 (トップダウン処理) によっ



(a)



(b)

図 1.2 自動車事故数と飲酒運転者の数と車間距離の関係を示したグラフ (adapted from Shah & Hoeffner, 2002)

て適切なグラフ表現（ボトムアップ処理）が異なることは示唆されているが、トップダウン処理がボトムアップ処理に与える影響については論じられていない。本論文では、グラフの表現とそれを読み取る視点をそれぞれ組織的に操作し、実験を行うことによって、グラフ理解のCIモデルにおけるトップダウンとボトムアップの両処理の相互作用を明らかにすることを試みる。

### 1.2.2 グラフ作成に関する研究

グラフのデザインに関して、心理学的な知見に基づく原則をまとめたKosslyn (2006) は、情報を効果的に伝えるためには、人間の認知システムを考慮した表現が重要であると論じており、伝達したい情報と一貫した表現のグラフデザインが望まれる。しかし、国内において、情報表現のためのグラフ作成に関する教育はあまり進んでおらず、以下にその現状について述べる。

#### グラフの作成に関する教育

初等中等教育における統計グラフの指導は、小学校の低学年の絵グラフの指導に始まり、棒グラフ、折れ線グラフ、帯グラフ、円グラフ、ヒストグラム、高等学校での箱ひげ図、散布図といったように配列されており、その目的は、統計的な探求プロセスにおける分析のための方法として位置づけられてきた(青山, 2011b)。他方、近年改訂された学習指導要領(文部科学省, 2008a, 2008b, 2009)においては、思考力、判断力の育成に加え、表現力の育成にも重点が置かれており、「表現手段としてのグラフ」が重視されつつある。しかし、現在の初等中等教育においては、表現手段としてのグラフの活用に関する積極的な指導はなされていない(青山, 2011a)。

高等教育において、グラフ表現を扱う一般的な科目としては、教養科目としての情報教育があげられる。しかし、多くの教科書において、グラフの表現に関連する当該の章は、表計算ソフトウェアにおけるグラフ描画のマニュアルとなっており、あらかじめ定められた表現のグラフを作成させるものが

ほとんどであり、表現したい情報と描画されたグラフ表現の一貫性について触れているものは見あたらず、大多数はプレゼンテーション・ソフトウェアの使用法のマニュアルとなっている。

一方で、ソフトウェアの使用法だけではない、情報の表現の原則に踏み込んだ内容を扱う取り組みも一部で報告されている。情報と表現の意味について詳しく解説した教科書(川合, 2006)や、大学生を対象として、視覚的表現のデザイン原則をまとめたもの(奥村, 1980)などがある。実践報告としては、相互評価を行って、分かりやすいプレゼンテーションを作成するように設計された実践(藤原・大西・加藤, 2008)などがあり、高等教育における情報教育においても、理解されやすい表現の重要性が認識されつつある。

#### 学生のグラフの作成に関する研究

大学生のグラフ作成スキルの現状に関する数少ない研究としては、文系学部学生のグラフ選択スキルに関する研究があり、海老澤・菅野(2001)は、文系学部学生に対して情報基礎教育を行った経験から、データの種類によるグラフの選択方法を説明した後でも、グラフの使い分けがほとんど行われなことを報告している。

文系短大生に対して調査研究を行った垣花(2002)によれば、様々な表形式のデータに対して最適なグラフの種類を選択する状況において、線グラフや棒グラフ、円グラフの選択はほぼ正しくなされるが、表のデータを操作したり、データが持つ意味やデータから予測できることを考えながらグラフ表現を選択しなければならない場合のグラフ表現の選択が困難であることが確認されている。表計算ソフト等の普及により、さまざまなグラフ表現の候補から選択し、グラフを簡便に作成できるようになった反面、不適切なグラフや、読み手に誤解を与えるグラフを作成する危険性が指摘されている(竹内, 2011)。

## 1.3 本論文の位置づけと目的

グラフ理解研究とグラフ作成研究のそれぞれにおいて、本論文の意義と目的を述べる。

### 1.3.1 グラフ理解研究における本論文の意義と目的

これまで述べた通り、線グラフの理解において、グラフ上の変数の配置（ボトムアップ処理）とグラフから情報を読み取る視点（トップダウン処理）の双方が、グラフの理解に影響を与えると考えられる。

ボトムアップ処理からの読み取りは、データの性質、具体的には独立変数の主効果や交互作用の有無によって大きな影響を受けると考えられるが、その観点を検討した実験は見られない。そこで本研究では、分散分析の主効果と交互作用の有無の観点から、実験刺激としてのグラフパターンを網羅的に構成し、そのグラフ表現から読み取られる情報を、主効果と単純主効果の読み取り成績の観点から検討を行う。

次に、ボトムアップ処理とトップダウン処理との相互作用については、ボトムアップ処理からの読解とトップダウン処理からの解釈が対立する場合、トップダウン処理からの解釈がボトムアップ処理からの読解を妨害することが確認されている。しかし、ボトムアップ処理からの読解とトップダウン処理からの解釈が対立しない場合における両処理の相互作用についての検討は行われていない。そこで本論文では、ボトムアップ処理からの読解とトップダウン処理からの解釈が対立しない場合における両処理の相互作用を明らかにすることを試みる。

以上のことから、本論文においてグラフ理解の認知過程に対して掲げる目的は以下の2点である。目的1は、線グラフのボトムアップ処理の効果を主効果と単純主効果の読み取りの観点から整理することである。目的2は、ボトムアップ処理からの読解にトップダウン処理が与える影響について、ボト

ムアップ処理を変数の配置効果，トップダウン処理を情報を読み取る視点の効果として検討することである。

### 1.3.2 グラフ作成研究における本論文の意義と目的

グラフの読解に関する研究に比べて，グラフ作成に関する研究は少なく，棒グラフや線グラフなどの選択，すなわちグラフの種類に関する研究(海老澤・菅野, 2001; 垣花, 2002)や，グラフや図を描くことの学習に対する効果に関する研究(Hall, Bailey, & Tillman, 1997; Stern, Aprea, & Ebner, 2003)がほとんどである。特に，伝達のためのグラフデザインに関する実証的な研究は，これまでほとんどなされていない。説明のためにグラフを描画する場合，規範的には説明とグラフの表現が一貫していることが求められると考えられるが，実際にそのようなグラフが描画されるかどうかに関する実証的なデータは報告されていない。そこで本論文では，説明時のグラフ作成に関する研究として，日常的にグラフを作成している研究者を熟達者，文系学部学生を初心者として，それぞれがグラフを説明に合わせて使い分けているのかという点について実験的な検討を行う。Carpenter & Shah (1998)やShah & Carpenter (1995)のように，グラフの読解に関する研究では，グラフ上での変数配置に関する実験的検討が数多く行われている。グラフの作成に関しても，同様の観点に着目した実証的研究が行われることには大きな意義があると考えられ，本論文では，グラフ上の変数の配置と説明中の変数の表現の一貫性の観点から検討を行う。

## 1.4 本論文の構成

本論文では，心理学実験的手法を用いて，説明時における線グラフの理解と作成について検討を行う。本論文は4章から構成される。

第2章「研究1:表現と理解の視点がグラフの読解にぼす効果に関する実験的検討」では，線グラフ上の変数の配置の観点から，表現によって読み取り



やすい情報と読み取りにくい情報があることを確認し、その点を踏まえた上で、表現によって読み取りにくい情報が、グラフを理解する視点やグラフを作成する活動によって、読み取りやすくなるのかという点を検討する。

第3章「研究2：説明とグラフ表現の一貫性に関する実験的検討」では、研究者と大学生が、自らが生成した説明によってグラフの使い分けを行っているかという点に関して、生成された説明中の特定の変数の表現と、作成されたグラフにおける変数の配置の一貫性という観点から検討を行う。

最後に、第4章「結論」において本論文の総括を行い、さらに、今後の研究の展開についての展望を述べる。



## 第2章

# 研究1：表現と理解の視点がグラフの読解に及ぼす効果に関する実験的検討

### 2.1 はじめに

本章では、トップダウン処理からのグラフ読解が、ボトムアップ処理からのグラフ読解に与える影響に関する実験的な検討を行う。第1章で述べた通り、先行研究 (Carpenter & Shah, 1998; Shah & Carpenter, 1995) によって、線グラフを作成するときに、2つの独立変数のどちらを横軸に配置するか、または凡例に配置するかによって、顕在化する情報が変わってしまうことが確かめられている。本研究では、この変数の配置という表現の違いがグラフ読解に与える効果を表現効果と呼び、グラフ読解にボトムアップ処理として影響を与える要因として取り上げる。その際、実験刺激の構成方法において、先行研究に対する改善を試みる。先行研究においては、グラフ上での2つの独立変数の配置がグラフ間で入れ替えられたものが実験刺激として用いられてきたが、そこでは変数の配置を入れ替えることによって、線グラフの角度や位置等の視覚的な形状も同時に変化しており、グラフの読み取りに対する変数の配置の効果と形状の変化の効果が混交している可能性があった。そのため本研究では、横軸の要因と凡例の要因の配置を入れ替えても形状が変化し

ないグラフのセットを用いて、表現効果の検討を行う。

トップダウン処理に影響を与える要因としては、グラフから情報を読み取る視点の効果を検討する。先行研究(Carpenter & Shah, 1998; Shah & Carpenter, 1995)においては、トップダウン処理の効果としてボトムアップ処理への妨害が確認されていたが、そこで取り上げられたトップダウン処理は、特定のデータ傾向を予測させるものであり、トップダウン処理から予測されるデータ傾向は、実際にグラフに表現された情報とは異なるものであった。一方、本研究でトップダウン処理として取り上げる読み取りの視点は、先行研究のそれとは異なり、ボトムアップ処理と対立するものではない。従って、トップダウン処理がボトムアップ処理に妨害的に働くことはないと考えられる。

## 2.2 目的

本研究で掲げる目的は以下の2つである。目的1は、表現効果によるボトムアップ処理の効果を分散分析の結果の主効果と単純主効果の読み取りの観点から整理することである。加えて、以下の目的2を検討する前提として、ボトムアップ処理の効果を確認することである。目的2は、トップダウン処理がボトムアップ処理に与える影響について、ボトムアップ処理を表現効果、トップダウン処理を情報を読み取る視点の効果として、目的1で確認されたボトムアップ処理に対するトップダウン処理の影響を検討することである。

目的2においては、以下の2つの対立仮説が考えられる。与えられた情報を読み取る視点(トップダウン処理)が、グラフ表現(ボトムアップ処理)が読み取りを促進する情報とは異なる情報の読み取りを要請する場合は、視点が要請する情報とグラフ表現が読み取りを促進する情報は対立しないため、ボトムアップ処理が自動的に起動し、グラフ表現が読み取りを促進する情報は視点が与えられないときと同程度読み取られると予想される。本研究ではこれを、非妨害仮説と呼ぶ。一方で、視点によって特定の情報の読み取りを要請されることから、その特定の情報の読み取りに注意がより多く割り当て

られることも予測される。この場合、グラフ表現が読み取りを促進する情報に対する注意の割り当てが減少し、情報を読み取る視点が与えられないときよりも、グラフ表現が読み取りを促進する情報の読み取りは減少する可能性が考えられる。本研究ではこれを、妨害仮説と呼ぶ。

本研究では、トップダウン処理として、データの傾向を予測させる先行知識ではなく、読み取りの視点を取り上げる。本研究におけるトップダウン処理は、先行研究のそれとは異なり、ボトムアップ処理と対立するものではない。従って、トップダウン処理がボトムアップ処理に妨害的に働くことはないと考えられ、その場合には仮説 1 が支持されると思われる。

## 2.3 実験 1：グラフの表現が読解に及ぼす効果に関する実験

実験 1 の目的は、グラフの横軸と凡例の配置を入れ替えても形状が変化しないグラフのセットを用いて、主効果と単純主効果の読み取りを検討することである。

### 2.3.1 方法

#### 実験参加者

実験参加者は統計の専門的な教育を受けていない文系学部にも所属する大学生 82 名であった。

#### 刺激

実験 1 で使用した刺激は、2 つの独立変数と 1 つの従属変数からなるデータから作成された線グラフであった。図 2.1-2.4 に実験 1 で使用したグラフの例を示す。実験には、4 種類のデータセット (A, B, C, D) を用い、そのデータに基づいて作成した線グラフを“オリジナルグラフ”と呼ぶ。さらに、オリジナルグラフの横軸の要因と凡例の要因を入れ替えて作成したグラフを“入れ

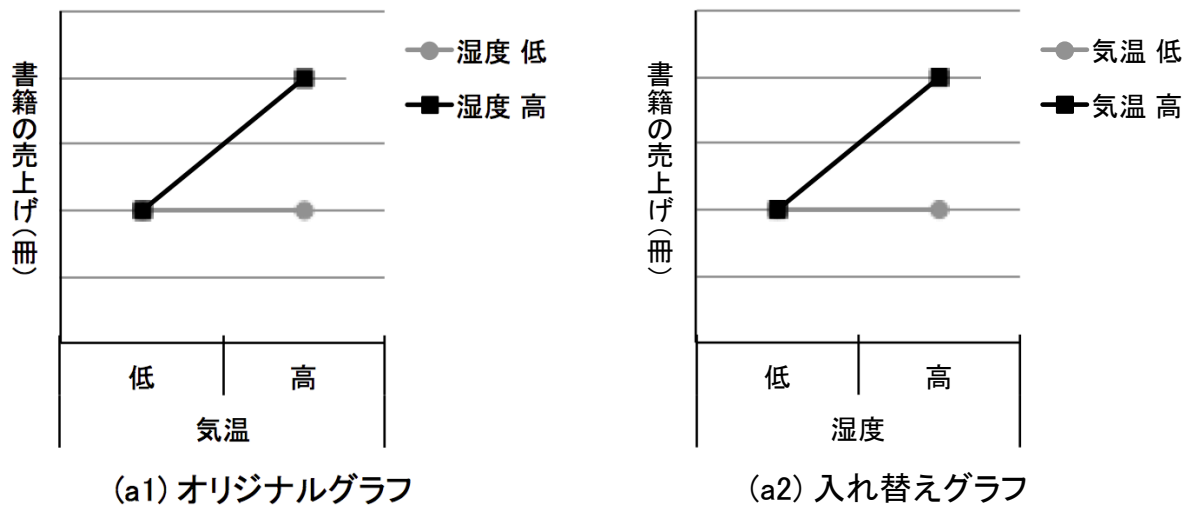


図 2.1 実験 1 で使用したデータセット A のグラフの例

替えグラフ”と呼ぶ。

データセット A は 2 要因の交互作用と主効果があるもの、データセット B は交互作用はあるが主効果はないもの、データセット C は交互作用がなく 2 要因の主効果があるものである。これらのデータセットは、前述したように、先行研究において考慮されていなかった線グラフのラインの視覚的特徴を統制するために、オリジナルグラフと入れ替えグラフにおいて、その図的形狀が同一になるように操作したものであった。

データセット A では、2 要因の交互作用と主効果が共に存在するデータセットを用いたが、線グラフの 2 本のラインの傾きが同傾向ではないため、それぞれの要因の主効果は理解しにくい。そのため、主効果の強度の違いによる表現効果の変化を検討するために、データセット A に対して、相対的に主効果の見えが顕著であり、交互作用もあるデータセット D を構成した。ただし、上記の制約を満たすことにより、データセット D においては、横軸と凡例の変数の配置を入れ替えてもグラフの形状が変化しないという視覚的特徴の統制を行うことはできなかった。

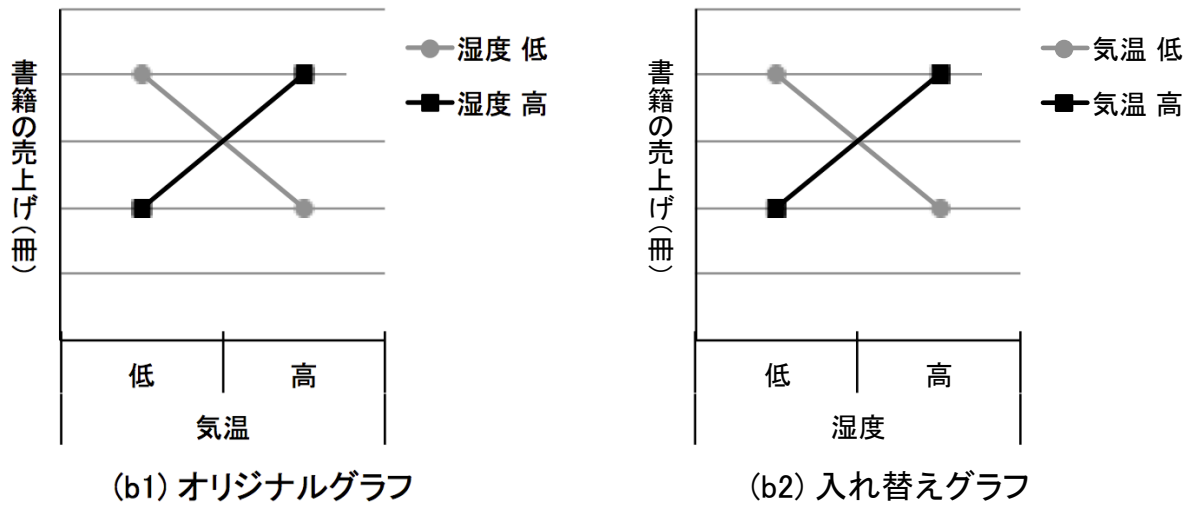


図 2.2 実験 1 で使用したデータセット B のグラフの例

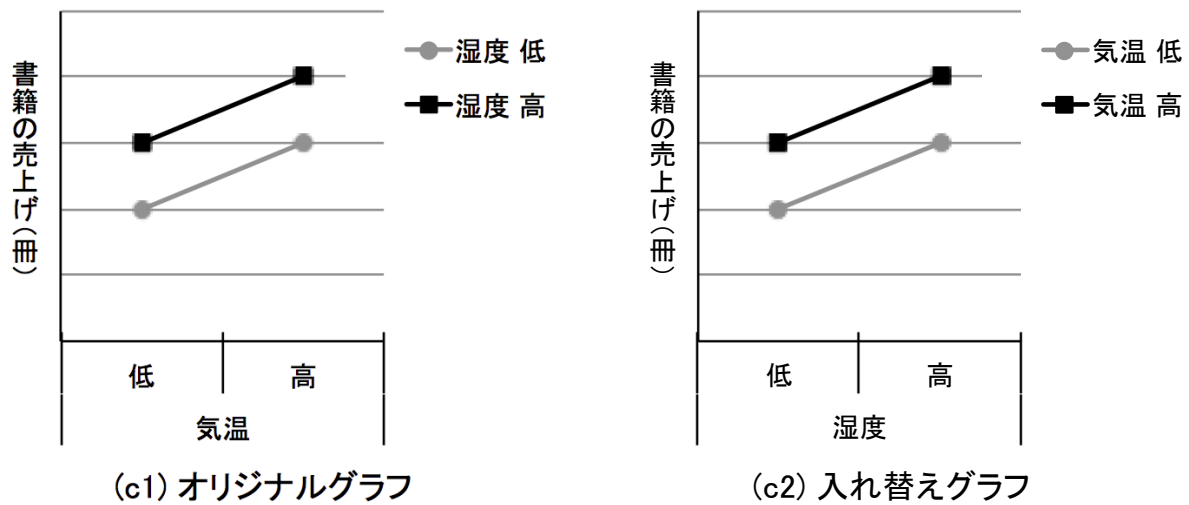


図 2.3 実験 1 で使用したデータセット C のグラフの例

実験参加者の知識によって読み取りが影響されないように、データのラベルで使用した名称として、独立変数と従属変数の間の関連性が推測されにくいと思われる組み合わせの2種類のラベルセット(A, B)を使用した。ラベルセットAは独立変数を気温(高・低)と湿度(高・低)、従属変数を書籍の売上

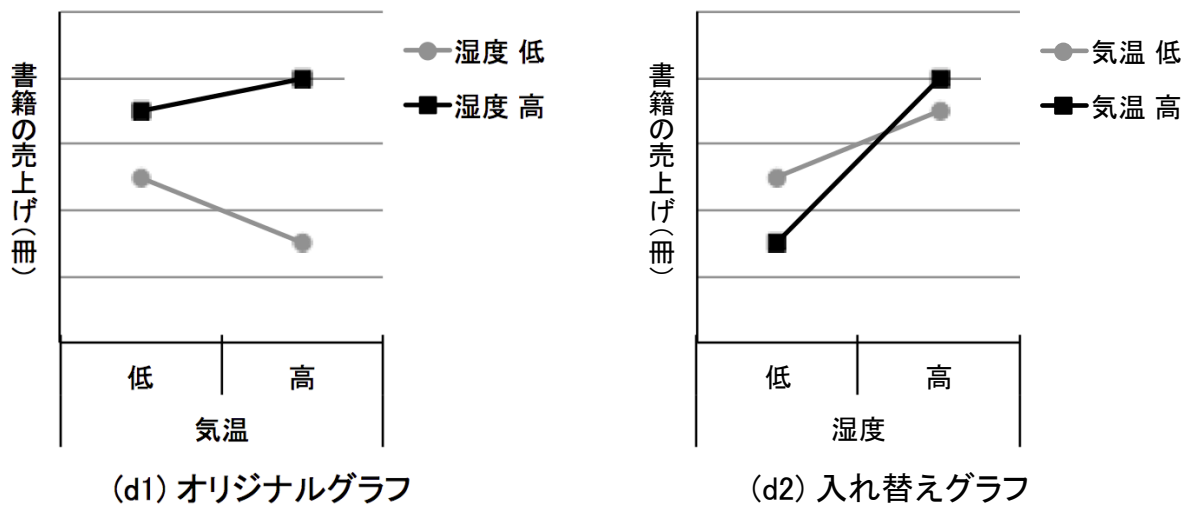


図 2.4 実験 1 で使用したデータセット D のグラフの例

げ冊数とし，ラベルセット B は独立変数を身長（高・低）と体重（軽・重），従属変数を睡眠時間とした。ラベルセット A と B を用いた線グラフを作成し，オリジナルグラフとした。オリジナルグラフの横軸に配置された変数と凡例に配置された変数を入れ替えて入れ替えグラフを作成した。

以上の手続きによって作成されたグラフは，オリジナルグラフが 8 種類，入れ替えグラフが 8 種類の計 16 種類であった。

使用した実験用紙は A4 紙で，上部にグラフの読み取りを指示する教示があり，その下に 16 種類のグラフのうちの 1 つのグラフが印刷され，下半分が空白の回答領域になっていた（付録 A.1 参照）。

### 手続き

実験は授業の一環として集団で行われた。参加者は実験者の指示に従って，自由記述でグラフの読み取りを行った。制限時間は 7 分であった。実験用紙に書かれた教示文の例を以下に示す。

“下記のグラフは，ある書店における気温と湿度の高低による書籍の売上



げ冊数の変化を表したものである。このグラフを元に、気温と湿度が書籍の売上げにどのような影響を与えているかについて述べなさい。”

実験参加者は、合計 2 種類のグラフについて読み取りを行った。具体的には、1 種類のオリジナルグラフと、それとは異なるデータセットによる 1 種類の入れ替えグラフについて、それぞれの説明とグラフが書かれた 2 枚の用紙に、グラフの読み取りを記述することが求められた。参加者の半数はオリジナルグラフの読み取りを初めに行い、次に入れ替えグラフの読み取りを行った。残りの半数は入れ替えグラフの読み取りを先に行い、次にオリジナルグラフの読み取りを行った。データのラベルについては最初に与えられたグラフと、その次に与えられたグラフのラベルセットが重複しないようにした。

### コーディング

実験参加者の回答の中でグラフから読み取られた主効果と単純主効果に関する記述を以下のカテゴリに分類した。なお、本実験に置ける分析結果との混乱を避けるため、以下では、実験刺激としてのグラフから読み取られた主効果と単純主効果をシングル引用符付きで表記する。

1. 主効果に関する記述‘主効果’についての記述は以下の 2 つに分類された。1 つ目は、(a) 横軸に配置された要因の‘主効果’についての記述（以下、‘横軸主効果’記述）で、ラベルセット A で横軸に“気温”が配置されたグラフに対する‘横軸主効果’記述の例は“(湿度の変化に関わらず) 気温が高くなるにつれて売上げが多くなる”というものである。2 つ目は、(b) 凡例に配置された要因の‘主効果’についての記述（以下、‘凡例主効果’記述）で、ラベルセット A で横軸に“気温”が配置されたグラフに対する‘凡例主効果’記述の例は“(気温の変化に関わらず) 湿度が高くなるにつれて売上げが多くなる”というものである。

2. 単純主効果に関する記述‘単純主効果’についての記述は以下の2つに分類された。1つ目は、(a) 横軸に配置された要因の‘単純主効果’についての記述（以下，‘横軸単純主効果’記述）で，ラベルセット A で横軸に“気温”が配置されたグラフに対する‘横軸単純主効果’記述の例は“湿度が高い時は気温が高くなるにつれて売上げが多くなり，湿度が低い時は気温が変化しても売上げは変わらない”というものである。2つ目は，(b) 凡例に配置された要因の‘単純主効果’についての記述（以下，‘凡例単純主効果’記述）で，ラベルセット A で横軸に“気温”が配置されたグラフに対する‘凡例単純主効果’記述の例は“気温が高い時は湿度が高くなるにつれて売上げが多くなり，気温が低い時は湿度が変化しても売上げは変わらない”というものである。

### 2.3.2 結果

全実験参加者の記述は先述のコーディングの基準に基づいて著者と，著者以外の評定者1名によって評定され，両評定者の評定の一致率は95.4% ( $K=.90$ )であった。評定が一致しなかった項目に関しては，合議にて分類を行った。データセットごとにオリジナルグラフ，入れ替えグラフそれぞれにおいて‘横軸主効果’記述，‘凡例主効果’記述，および‘横軸単純主効果’記述，‘凡例単純主効果’記述を行った実験参加者をカウントし，実験参加者全体に占める割合を算出した。各データセットのオリジナルグラフ，入れ替えグラフの‘主効果’，‘単純主効果’のそれぞれについて，横軸効果記述と凡例効果記述の割合の差を検討するために Fisher の直接確率検定（片側）を実施した。以下にその結果を示す。

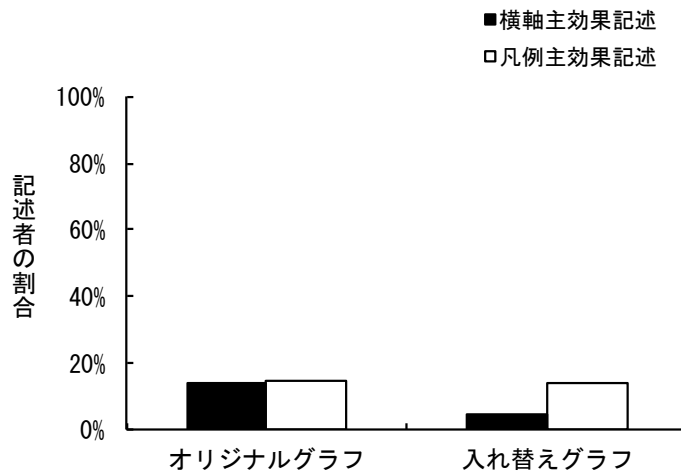


図 2.5 実験 1 のデータセット A における‘主効果’記述の分類別の記述者の割合

#### 主効果についての読み取り

図 2.5–2.8 にそれぞれのデータセットにおいて各‘主効果’記述を行った参加者の割合を示した。データセット A のオリジナルグラフと入れ替えグラフ、データセット B のオリジナルグラフ、データセット C の入れ替えグラフにおいては‘横軸主効果’記述と‘凡例主効果’記述の割合の差は有意ではなかった。データセット D のオリジナルグラフにおいては‘横軸主効果’記述の割合が有意に高く ( $p < .001$ )、入れ替えグラフにおいては‘凡例主効果’記述の割合が有意に高かった ( $p < .001$ )。データセット B の入れ替えグラフにおいては、‘主効果’の読み取りが見られなかったため、またデータセット C の入れ替えグラフにおいては、全実験参加者が両‘主効果’の記述を行ったため、検定は行えなかった。

#### 単純主効果についての読み取り

図 2.9–2.12 にそれぞれのデータセットにおいて各‘単純主効果’記述を行った参加者の割合を示した。データセット A においては、オリジナルグラフと

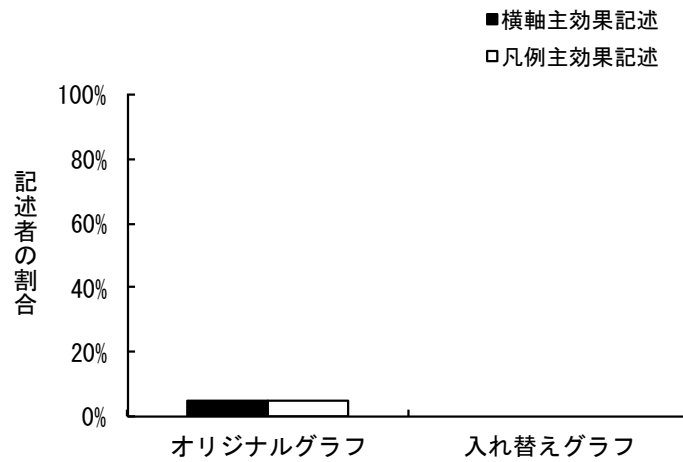


図 2.6 実験 1 のデータセット B における ‘主効果’ 記述の分類別の記述者の割合

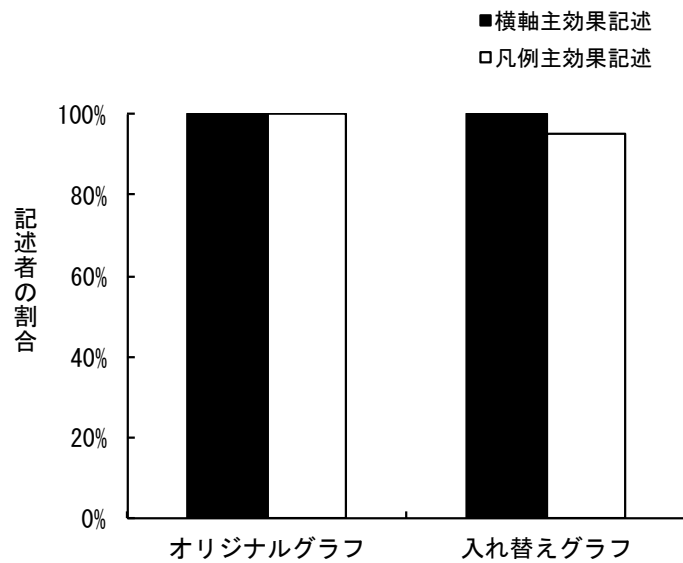


図 2.7 実験 1 のデータセット C における ‘主効果’ 記述の分類別の記述者の割合

入れ替えグラフのいずれにおいても ‘横軸単純主効果’ 記述の割合の方が有意に高かった (オリジナルグラフ:  $p = .031$ ; 入れ替えグラフ:  $p = .005$ )。データセット B においては、オリジナルグラフにおいては ‘横軸単純主効果’ 記述の割合が有意に高く、入れ替えグラフにおいても ‘横軸単純主効果’ 記述の割合が高い傾向がみられた (オリジナルグラフ:  $p = .003$ ; 入れ替えグラフ:

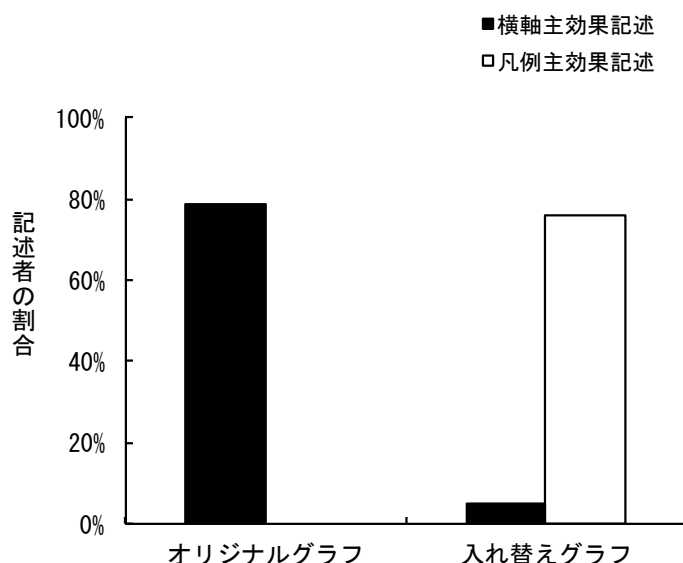


図 2.8 実験 1 のデータセット D における‘主効果’記述の分類別の記述者の割合

$p = .053$ )。データセット D においては、入れ替えグラフにおいては‘横軸単純主効果’記述の割合が有意に高く、オリジナルグラフにおいても‘横軸単純主効果’記述の割合が高い傾向がみられた(オリジナルグラフ： $p = .052$ ；入れ替えグラフ： $p < .001$ )。なお、データセット C においては、オリジナルグラフ、入れ替えグラフともに両‘単純主効果’の記述がわずかにみられたのみであった。

### 2.3.3 考察

‘主効果’の読み取りにおいては、2 要因の‘主効果’が同程度であるデータセット A, C においては、オリジナルグラフ、入れ替えグラフ共に、‘横軸主効果’と‘凡例主効果’の読み取りは同程度であった。データセット D においては、オリジナルグラフにおいては‘横軸主効果’が多く読み取られ、入れ替えグラフにおいては、‘凡例主効果’が多く読み取られていた。このことは、横軸の要因と凡例の要因の入れ替えに依存せず、同じ情報が多く読み取られていたことを意味する。以上から、‘主効果’の読み取りに関しては、グ

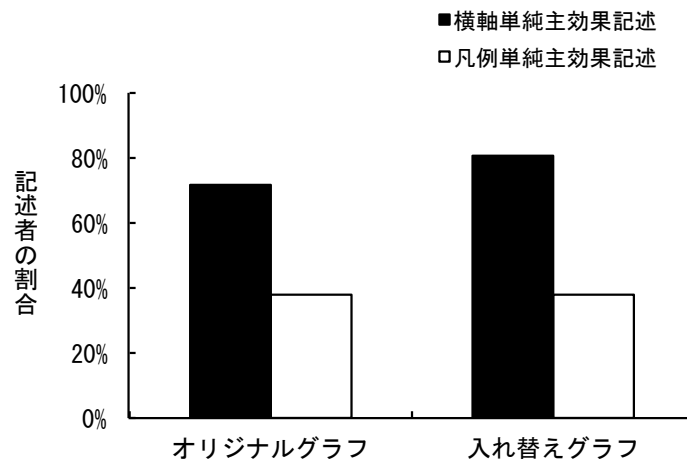


図 2.9 実験 1 のデータセット A における‘単純主効果’記述の分類別の記述者の割合

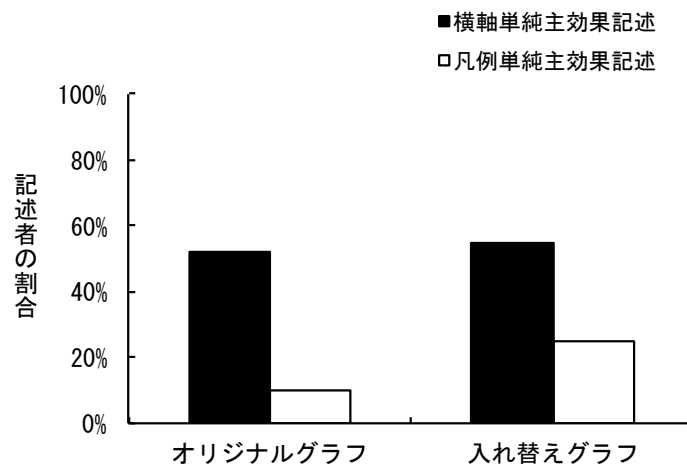


図 2.10 実験 1 のデータセット B における‘単純主効果’記述の分類別の記述者の割合

ラフ表現の違いによる表現効果は確認されなかった。

一方、‘単純主効果’の読み取りに関しては、交互作用のあるデータセット A, B, D において、オリジナルグラフ、入れ替えグラフともに、一貫して‘横軸単純主効果’が‘凡例単純主効果’よりも多く読み取られていた。これらのことは、横軸と凡例の要因を入れ替えると顕在化する情報が変わるということを意味しており、‘単純主効果’の読み取りにおいては、表現効果が確認された。

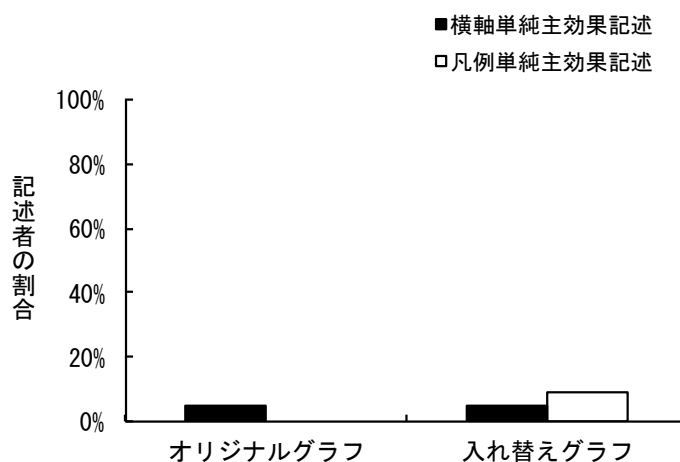


図 2.11 実験 1 のデータセット C における ‘単純主効果’ 記述の分類別の記述者の割合

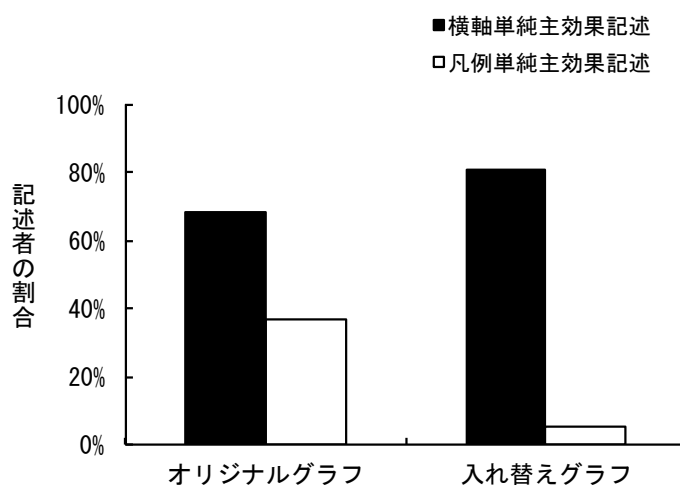


図 2.12 実験 1 のデータセット D における ‘単純主効果’ 記述の分類別の記述者の割合

上記のことから、グラフの横軸と凡例を入れ替えても、常に横軸の要因の“単純主効果”が読み取られることが確認された。トップダウン処理がボトムアップ処理に与える影響を検討するために、以降の実験において、横軸の要因の‘単純主効果’を、ボトムアップ処理である表現効果によって顕在化する情報として検討を行う。

なお、データセット B において、オリジナルグラフ、入れ替えグラフ共に、

‘主効果’の読み取りがほとんど見られなかった点に関しては、データセットBは交互作用のみが認められる、‘主効果’がないデータセットであることを反映していると考えられる。また、データセットCにおいて、オリジナルグラフ、入れ替えグラフ共に、‘単純主効果’の読み取りがほとんど見られなかった点に関しては、データセットCは交互作用がないデータセットであることを反映していると考えられる。

## 2.4 実験2A：特定の観点下におけるグラフの読解に関する実験

グラフの読み取りは特定の観点の下で行われることも多い。この場合、ボトムアップ処理である表現効果によるグラフの理解は、トップダウン処理である読み取りの観点から影響を受けると考えられる。実験2Aでは、他者から与えられたグラフの理解における両処理の相互作用の検討を行う。

実験参加者は特定の視点が与えられた状況において、グラフの読み取りを行った。使用したグラフは実験1で使用したデータセットAのグラフと同型のグラフで、データのラベルは2つの独立変数が輸入量（多・少）と輸出量（多・少）、従属変数が純利益であった。

特定の視点を参加者に設定するために、(a) 輸入量を調整して純利益を増やすという“輸入量調整視点”，もしくは(b) 輸出量を調整して純利益を増やすという“輸出量調整視点”が参加者に提示された。輸入量を調整するという視点は“輸出量が〇〇の時は輸入量を〇〇すればよい”という解釈を参加者に促すと考えられ、これは輸入量の‘単純主効果’の読み取りを要請する視点となっている。反対に輸出量を調整するという視点は輸出量の‘単純主効果’の読み取りを要請すると考えられる。実験2Aでは、表現効果によって顕在化する情報と視点によって読み取りが要請される情報が一致している条件と一致していない条件、統制条件として読み取りの視点が与えられない条件を設定して表現効果に与える視点の影響を検討する。



表現効果によって顕在化する情報と視点によって読み取りが要請される情報が一致しない条件とは、すなわち、ボトムアップ処理からの読み取りとトップダウン処理が要請する読み取りが異なる条件である。この条件において、ボトムアップ処理からの情報の読み取りに対するトップダウン処理の影響に関して2.2節で導入した2つの対立仮説からそれぞれに、以下の結果の予測が導かれる。非妨害仮説から導かれる予測は、視点が読み取りを要請する凡例の‘単純主効果’の読み取りは、横軸の要因の‘単純主効果’の読み取りとは対立しないため、統制条件における読み取りと同程度となるというものである。一方、妨害仮説から導かれる予測は、凡例の‘単純主効果’の読み取りに注意が向けられるため、横軸の要因の‘単純主効果’の読み取りは、統制条件よりも減少するというものである。

### 2.4.1 方法

#### 実験参加者

実験参加者は統計の専門的な教育は受けていない文系学部に所属する大学生59名であった。実験計画は1要因3水準の被験者間計画で、実験条件として、与えられた視点が読み取りを要請する情報と表現効果によって顕在化する情報が一致している“一致条件”，それらの情報が一致していない“不一致条件”，視点が与えられない“統制条件”の3条件が設けられた。実験参加者は3条件のうちいずれかにランダムで振り分けられ、一致条件には19名、不一致条件には22名、統制条件には18名が配置された。

#### 課題と刺激

参加者の実験課題はグラフの読み取りであった。使用されたグラフは実験1で使用されたデータセットAのグラフと同型のグラフで、データのラベルは2つの独立変数が輸入量（多・少）と輸出量（多・少），従属変数が純利益であった。

各実験条件には実験用紙に書かれた教示によって読み取りの視点が与えられた。データのラベルの影響を相殺するために、各条件の実験参加者のうち半数には入力量調整視点の教示文が与えられ、残りの半数には輸出量調整視点の教示文が与えられた。入力量調整視点の教示文は以下のとおりである。

“下記のグラフは、ある会社の入力量と輸出量と純利益の関係を示したものである。この会社は輸出先との契約によって、輸出量を自由に決めることができない。輸出量は時期によって多くなったり少なくなったりと変動する。一方、入力量は調整することが可能である。あなたは、輸出量の変化に合わせて入力量をどのように調整すれば純利益を向上させることができるかについて説明しなければならない。”

輸出量調整視点の教示文は“輸出先”が“輸入元”に、“輸出量”が“入力量”に、“入力量”が“輸出量”に置き換わったものである。一致条件のうち、入力量調整視点を与えられた実験参加者には横軸に入力量が配置された横軸入力量グラフが提示され、輸出量調整視点を与えられた実験参加者には横軸に輸出量が配置された横軸輸出量グラフが提示された。反対に、不一致条件のうち、入力量調整視点を与えられた実験参加者には横軸輸出量グラフが提示され、輸出量調整視点を与えられた実験参加者には横軸入力量グラフが提示された。統制条件には視点教示は与えられず、“下記のグラフはある会社の入力量と輸出量と純利益の関係を示したものである”という教示とともにグラフが提示された。

全実験参加者は“このグラフをもとに、入力量と輸出量が純利益にどのような影響を与えているかについて述べなさい。”という教示に従い、自由記述でグラフの読み取りを行った。

## 手続き

実験は授業の一環として集団で行われた。実験参加者には条件ごとに異なる教示が書かれた実験用紙（付録 A.2 参照）が配布され、7分間課題に取り組

んだ。

### コーディング

実験 1 と同様に，‘横軸単純主効果’記述，‘凡例単純主効果’記述の分類が行われた。なお，実験 2A の目的に基づいて，‘主効果’記述の分類は行われなかった。

### 2.4.2 結果と考察

読み取り時間を超過した参加者 1 名を除外して以下の分析を行った。全実験参加者の記述は先述のコーディングの基準に基づいて著者と，著者以外の評定者 1 名によって評定され，両者の一致率は 91.4 % ( $K = .82$ ) であった。評定が一致しなかった項目に関しては，合議にて分類を行った。

‘横軸単純主効果’記述と‘凡例単純主効果’記述を行った実験参加者をカウントし，各条件の参加者全体に占める割合をそれぞれ算出した。図 2.13 にその結果を示した。視点が与えられていない統制条件における‘単純主効果’記述の割合の差を検討するために Fisher の直接確率検定（片側）を実施したところ，‘横軸単純主効果’記述の割合は‘凡例単純主効果’記述よりも高い傾向がみられ ( $p = .082$ )，実験 1 と一貫した結果となった。

実験 2A の目的に基づき，一致条件，および不一致条件ごとに，統制条件との比較を行った。まず，一致条件に対して，標準得点 ( $z$ ) による検定によって，2（条件：一致条件，統制条件）× 2（記述カテゴリ：‘横軸単純主効果’記述，‘凡例単純主効果’記述）の“2 要因の比率の差に関する交互作用の検定(岡, 1990)”を行ったところ，交互作用は有意ではなかった ( $z = 1.62, p > .10$ )。次に，不一致条件に対して同様の検定を行ったところ，交互作用は有意であった ( $z = 2.09, p < .05$ )。下位検定として，記述カテゴリごとに Fisher の直接確率検定（片側）を行ったところ，‘凡例単純主効果’記述の割合において，統制条件よりも不一致条件の方が高い傾向が確認された ( $p = .054$ )。‘横

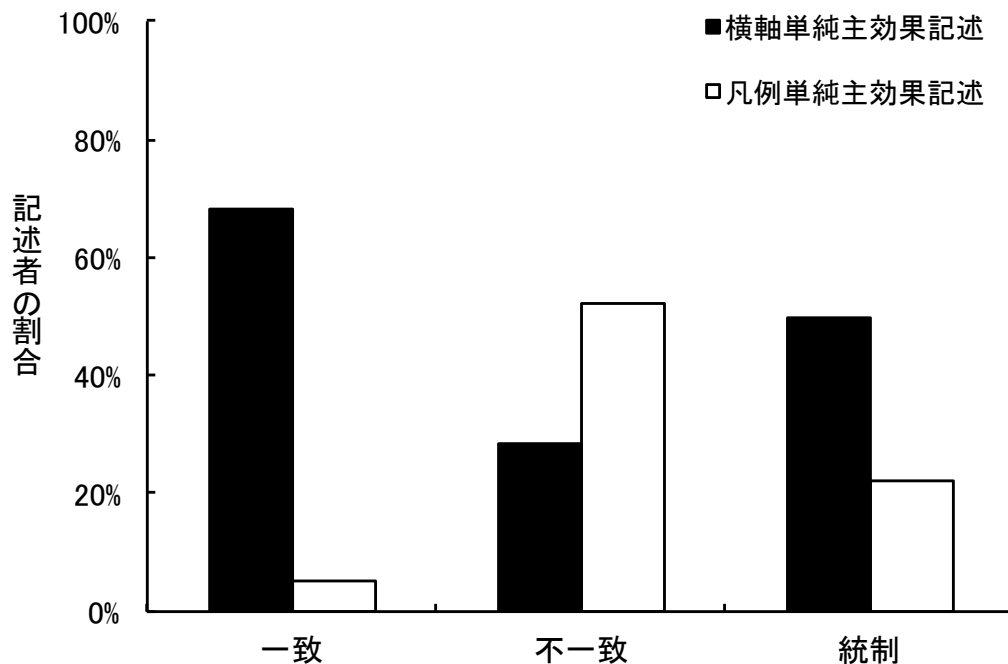


図 2.13 実験 2A における‘単純主効果’記述の分類別の記述者の割合

軸単純主効果’記述の割合においては、有意差は見られなかった ( $p = .149$ )。

注目すべき第1の結果は、‘凡例単純主効果’記述の割合に関して、統制条件よりも不一致条件の方が大きい傾向が確認されたことである。このことは、表現効果によって顕在化しない情報に関しても、読み取りが要請されると、その情報の読み取りが促進されることを示唆する。第2の結果は、‘横軸単純主効果’記述の割合においては、不一致条件と統制条件の間に、有意差は見られなかったことである。このことは、視点の操作によって読み取りが要請されない場合でも、表現効果により顕在化する情報の読み取りが減少しなかったことを示している。これらの実験結果は、間接的に非妨害仮説を支持する内容となった。

## 2.5 実験 2B：特定の観点下における自作グラフの読解に関する実験

実験 2A では、与えられたグラフの読解にトップダウン処理とボトムアップ処理とが異なる影響を及ぼすことを検討した。他方、グラフは、自らがデータから作成することも多い。実験 2B では、実験参加者自らが作成したグラフを用いて、実験 2A と同様の実験を行う。グラフの作成においては、自らデータのセットを確認し、与えられた視点を念頭に置きながらグラフを作成することとなり、この過程によって、グラフ読解が影響を受けることも予測されるため、与えられたグラフの読解とは異なり、トップダウン処理がボトムアップ処理の読解を抑制する結果となることも予想される。

### 2.5.1 方法

#### 実験参加者

実験参加者は統計の専門的な教育を受けていない文系学部に所属する大学生 85 名であった。実験参加者は (a) “輸入量調整” 条件, (b) “輸出量調整” 条件, (c) 統制条件の 3 条件のうちいずれかにランダムに振り分けられ、輸入量調整条件と統制条件には 28 名ずつ、輸出量調整条件には 29 名が配置された。

#### 課題と刺激

実験参加者はパーソナルコンピュータを用いて簡単なデータの処理を行い、その結果を紙上のグラフに描画した。まず、輸入量(多・少)と輸出量(多・少)と純利益からなる表形式のデータ(図 2.14 参照)を与えられ、表計算ソフト Excel を用いて条件ごとの純利益の平均値を算出した。その後、グラフを記入する実験用紙が与えられた。実験用紙(付録 A.3 参照)の上部には、以下

輸入量	輸出量	純利益(万円)
多	少	330
少	少	320
少	多	480
多	少	270
少	多	320
多	少	550
多	多	690
少	多	320

図 2.14 実験 2B で実験参加者に与えられたデータの一部

の教示が示されていた。“今 Excel で処理したデータはある会社の輸入量と輸出量と純利益の関係を示したものである。”

輸入量調整条件と輸出量調整条件の実験用紙には、上記の教示文に続けてそれぞれ、実験 2A で使用した輸入量調整文脈と輸出量調整文脈の教示文が書かれていた。統制条件には、文脈は提示されなかった。実験用紙の下部には、縦軸に従属変数として“純利益(万円)”が印刷されたグラフのフォーマット(図 2.15 参照)が示された。実験参加者はそのフォーマットにグラフを描画し、横軸と凡例は書き込むことを求められた。

すなわち参加者の課題は、グラフを正しく作成し、実験 2A で使用したグラフと同一のグラフを完成することであった。

### 手続き

実験は授業の一環として集団で行われた。実験参加者には条件ごとに異なる教示が書かれた実験用紙が配布され、7 分間課題に取り組んだ。

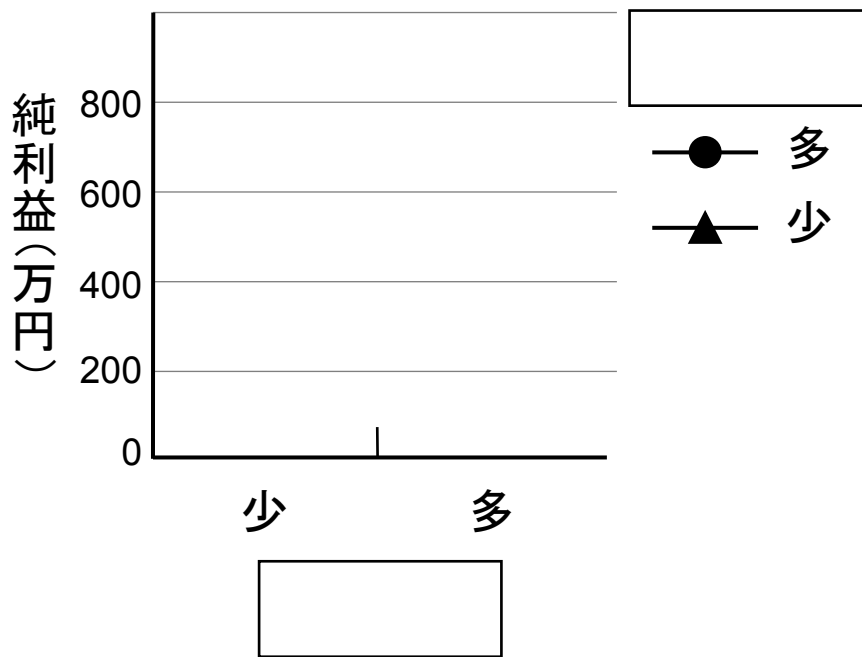


図 2.15 実験 2B で使用したグラフフォーマット

### 作成されたグラフの分類

作成されたグラフは横軸に“輸入量”，凡例に“輸出量”が配置されたグラフを横軸輸入量グラフ，横軸に“輸出量”，凡例に“輸入量”が配置されたグラフを横軸輸出量グラフとして分類した。

### 2.5.2 結果

誤ったポイントにプロットしていたり，平均値ではなく個々のデータをプロットしている等の誤ったグラフを作成した9名のデータを除外して，作成されたグラフを分類した。条件ごとに特定のグラフを作成した参加者数を表 2.1 に示した。輸入量調整条件において横軸輸入量グラフを作成した参加者は，与えられた視点が読み取りを要請する情報と表現効果によって顕在化する情報が一致しているグラフの読み取りを行ったことになり，実験 2A の一致条件の参加者に相当する。一方，同条件において横軸輸出量グラフを作

表 2.1 実験 2B における条件別，作成したグラフの種類別の人数

	入力量調整条件	出力量調整条件	統制条件
横軸入力量グラフ	13	12	14
横軸出力量グラフ	13	14	10

成した参加者は，両者が一致していないグラフの読み取りを行ったことになり，不一致条件の参加者に相当する。出力量調整条件においては逆に，横軸入力量グラフを作成した参加者は，一致条件に相当し，横軸出力量グラフを作成した参加者は，不一致条件に相当する。

以上のことから，表 2.1 において，入力量調整条件の横軸入力量グラフ作成者と出力量調整条件の横軸出力量グラフ作成者を一致グラフ作成群，入力量調整条件の横軸出力量グラフ作成者と出力量調整条件の横軸入力量グラフ作成者を不一致グラフ作成群として，以下の分析を行った。なお，一致グラフ作成群は 27 名，不一致グラフ作成群は 25 名であった。

実験参加者のグラフの読み取りの記述は，作成されたグラフに基づいて著者と，著者以外の評定者 1 名によって評定され，両評定者の一致率は 97.4% ( $K = .95$ ) であった。評定が一致しなかった項目に関しては，合議にて分類を行った。

‘横軸単純主効果’記述と‘凡例単純主効果’記述を行った実験参加者をカウントし，各群の参加者全体に占める割合をそれぞれ算出した。図 2.16 にその結果を示した。視点が与えられていない統制条件における‘単純主効果’記述の割合の差を検討するために Fisher の直接確率検定（片側）を実施したところ，‘横軸単純主効果’記述の割合は‘凡例単純主効果’記述よりも有意に高く ( $p = .003$ )，実験 1 と一貫した結果となった。

実験 2B の目的に基づき，一致グラフ作成群，および不一致グラフ作成群ごとに，統制条件との比較を行った。まず，一致条件に対して，標準得点 ( $z$ ) による検定によって，2（群：一致グラフ作成群，統制条件）× 2（記述カテ



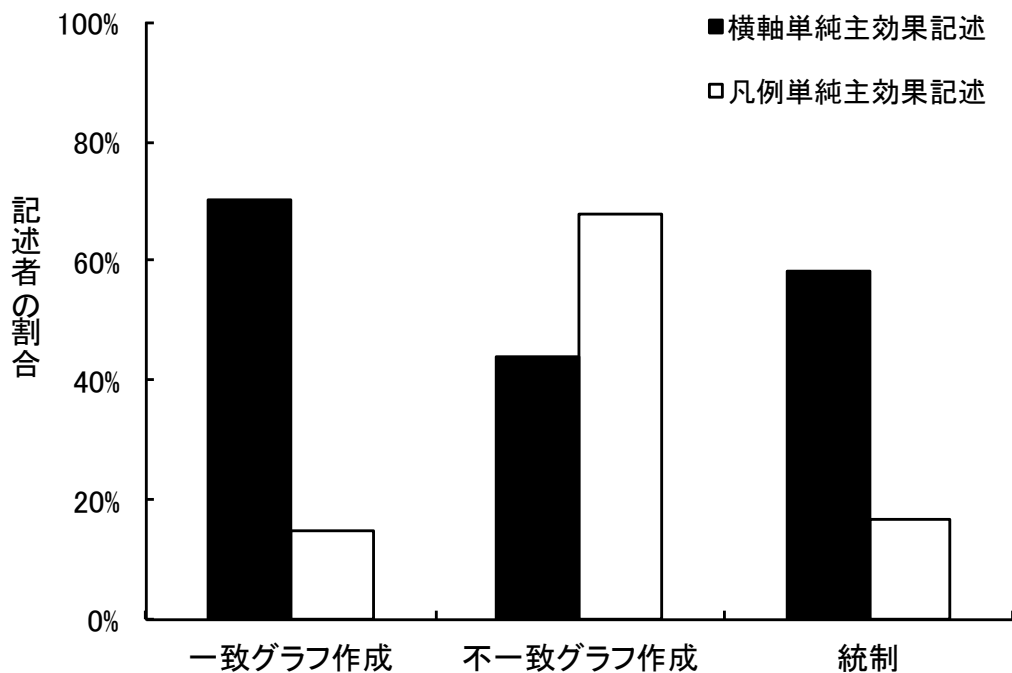


図 2.16 実験 2B における‘単純主効果’記述の分類別の記述者の割合

ゴリ：‘横軸単純主効果’記述，‘凡例単純主効果’記述）の“2 要因の比率の差に関する交互作用の検定(岡, 1990)”を行ったところ，交互作用は有意ではなかった ( $z = 0.71, n.s.$ )。次に不一致条件に対して，同様の検定を行ったところ，交互作用は有意であった ( $z = 3.03, p < .01$ )。下位検定として，記述カテゴリごとに Fisher の直接確率検定 (片側) を行ったところ，‘凡例単純主効果’記述の割合において，統制条件よりも不一致グラフ作成群の方が有意に高かった ( $p < .001$ )。‘横軸単純主効果’記述の割合においては，有意差は見られなかった ( $p = .237$ )。実験 2B においても，実験 2A と同様の結果が確認され，作成したグラフの読解に関しても，非妨害仮説を支持する結果となった。

## 2.6 総合考察

本研究の実験 1 では，線グラフを構成する変数の表示位置が，‘主効果’と‘単純主効果’の読み取り成績に与える影響 (表現効果) を検討した。実験 1

の各データセットの特徴と結果の概要を表2.2に示した。表2.2は、‘主効果’の読み取りに関しては表現効果は確認されなかったが、‘単純主効果’の読み取りに関しては表現効果が確認されたことを明確に示している。

表現効果に関する先行研究(Carpenter & Shah, 1998; Shah & Carpenter, 1995)では、グラフの横軸に配置された独立変数(x)と縦軸の従属変数(y)の関係(x-y関係)が、凡例に配置された独立変数(z)と縦軸の従属変数(y)の関係(z-y関係)よりも詳しく読み取られるという結果がみられ、このことは視覚的なまとまり、すなわちチャンクの影響によるものであるという解釈がなされていた。本研究の‘単純主効果’の読み取りは、線グラフの1本のラインというチャンクと対応する形で行われる。本研究においては、グラフの横軸と凡例の配置が入れ替わることによってチャンクの構成が変化し、表現効果が観察されたものと考えられる。この結果は先行研究の結果と一致する。

‘主効果’の読み取りに関しては、複数のライン(本実験では2本のライン)を統合すること、すなわちチャンクを統合する処理が必要になると考えられる。従って、横軸と凡例の配置が入れ替わることによって画一的にチャンクの構成が変化するということはないため、表現効果が観察されなかったものと考えられる。

グラフ理解のCIモデル(Freedman & Shah, 2002)において、グラフの理解は、実際のデータの処理であるボトムアップ処理と、先行知識などからの処理であるトップダウン処理の両者によって構成されるとされている。本研究の実験2Aの不一致条件と実験2Bの不一致グラフ作成群において、表現効果によって顕在化される‘横軸単純主効果’記述の割合が、視点が与えられなかった統制条件よりも有意に小さいということは確認されなかった。このことから、本研究においては、ボトムアップ処理からの読解に対するトップダウン処理からの妨害的介入は、起こらなかったと考えられる。このことは、2.2節に掲げた非妨害仮説を支持するものとなり、ボトムアップ処理からの読解とトップダウン処理からのそれと対立しない場合においては、ボトムアップ処

表 2.2 実験 1 の結果の概要

	実験刺激の特徴				実験の結果	
	‘主効果’有無		‘単純主効果’有無		‘主効果’の読み取り	‘単純主効果’の読み取り
	横軸	凡例	横軸	凡例		
データセット A						
オリジナルグラフ	○	○	○	○	横軸主≒凡例主	横軸単>凡例単
入れ替えグラフ	○	○	○	○	横軸主≒凡例主	横軸単>凡例単
データセット B						
オリジナルグラフ	×	×	○	○	—	横軸単>凡例単
入れ替えグラフ	×	×	○	○	—	横軸単>凡例単
データセット C						
オリジナルグラフ	◎	◎	×	×	横軸主=凡例主	—
入れ替えグラフ	◎	◎	×	×	横軸主≒凡例主	—
データセット D						
オリジナルグラフ	◎	○	○	○	横軸主>凡例主	横軸単>凡例単
入れ替えグラフ	○	◎	○	○	横軸主<凡例主	横軸単>凡例単

理からの読解に対するトップダウン処理の妨害的介入は起こらなかったことを意味している。

また、実験2Aと2Bにおいて同様の結果が見られたことに関しては、グラフの作成過程は、読解の過程を変化させない可能性を示唆しているが、この点に関しては更なる検討が必要である。

本研究では、線グラフの理解におけるボトムアップ処理からの読解にトップダウン処理が与える影響について、ボトムアップ処理をグラフの表現の違いの観点から、トップダウン処理をそのグラフを理解する視点の観点から検討した。実験1では先行研究に比して、より多様でかつ統制された実験状況において、ボトムアップ処理の諸特性を確認した。実験2A、2Bでは、実験1で確認されたボトムアップ処理に対して、トップダウン処理が介入するのかを検討した。その結果、トップダウン処理がグラフの読解に影響をもつことが確認されたが、トップダウン処理がボトムアップ処理へ妨害的に働くということは観察されなかった。

## 第3章

# 研究2：説明とグラフ表現の一貫性に関する実験的検討

### 3.1 はじめに

本章では、説明のためのグラフ作成に際して、日常的にグラフを作成している研究者、および初心者としての文系学部学生が、グラフを説明に合わせて使い分けているのかという点について実験的な検討を行う。

#### 3.1.1 説明とグラフ表現の一貫性

海老澤・菅野（2001）は、文系学部学生に対して情報基礎教育を行った経験から、文系学部学生はグラフを作成する際に、データの種類による適切なグラフの種類を説明しても、グラフの種類の使い分けをほとんど行わないことを報告している。文系短大生に対して調査研究を行った垣花（2002）によれば、様々な表形式のデータに対して、それぞれに最適なグラフの種類を選択する状況において、線グラフや棒グラフ、円グラフの選択はほぼ正しくなされるが、表のデータを操作したり、データが持つ意味やデータから予測できることを考えながらグラフを選択しなければならない場合のグラフ選択は困難であることが確認されている。

グラフの表現には、このようなグラフの種類の選択も重要であるが、グラ

表 3.1 二つの独立変数 A, B と一つの従属変数 C からなるデータの例

## 「変数 A と変数 B の違いによる変数 C の値」

		変数 B		
		10	30	50
変数 A	10	20	50	80
	30	50	50	50
	50	80	50	20

フ上で関連する変数をどの軸に配置するかという問題も重要である。多くの研究において、この観点からも、グラフからの情報の読み取りに関する表現の効果が確認されているからである。

ここで、2つの独立変数 A, B と1つの従属変数 C からなるデータ（表 3.1）を線グラフにする場合を考えてみよう。この場合、独立変数 A を横軸に配置し、独立変数 B を凡例に配置したグラフ（図 3.1(a)）と、その逆の割り当てを行うグラフの二通りのグラフ（図 3.1(b)）が考えられる。これらのグラフは、Larkin & Simon (1987) の定義に基づけば、情報論的には等価であるが、計算論的には異なるグラフである。すなわち、二つのグラフは同一のデータセットから構成されるという意味において同じ内容を表しているが、チャンク化される情報が変わるため、読み取られやすい情報に差異が生まれることが予測される。このことから、表 3.1 のデータを説明する場合、説明とグラフの一貫性という観点から、説明の仕方によって、グラフの使い分けがなされることが期待される。

ここで、従属変数 C の数量をコントロールするために、独立変数 A の変化に合わせて、独立変数 B を調整する方法を説明する状況を考えてみよう。この状況は、独立変数 A の状態に基づく説明を要請していると考えられることから、独立変数 A の表象の仕方に関して、説明の仕方は大きく以下の二つに分けられる。一つは変数 A を離散的な値として説明するものである。具体的には、“変数 A が〇〇の時は～”，といったように、変数 A の水準ごとに場合

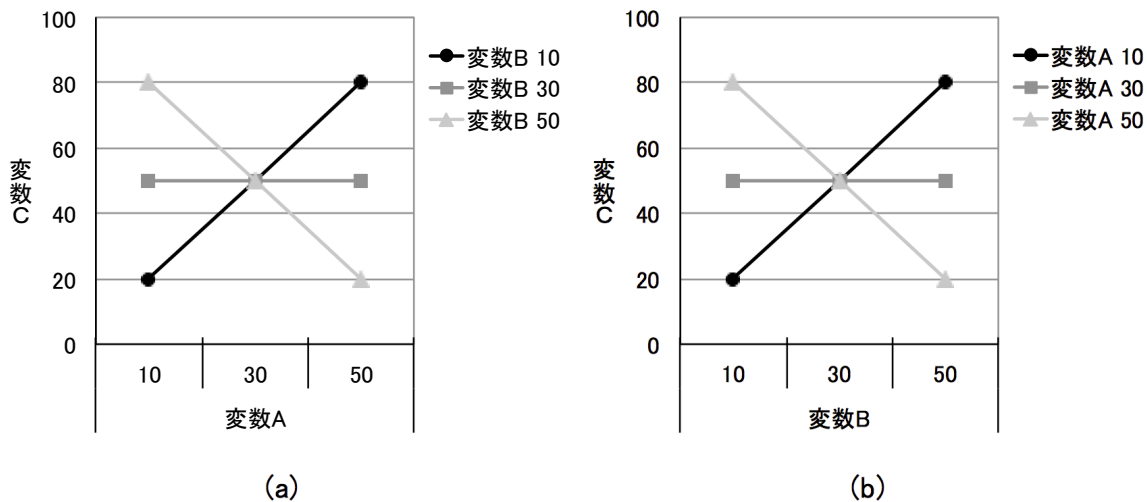


図 3.1 Table 1 を線グラフ化した例

分けを行う形で説明を行う場合がこれにあたる。

もう一つの説明の仕方は、変数 A を連続的な値として説明するものである。具体的には、変数 A のある値を基準として、その値がその基準よりも大きいのか小さいかという観点からの説明や、“A の値が大きくなるにしたがって～”等の変数 A の連続的な変化の観点からの説明がこれにあたる。

二つの独立変数を線グラフに表現する場合、図 3.1 のように、一方の変数を横軸に、他方の変数を凡例に配置することが一般的である。この場合、横軸に配置された変数が線で結ばれて表現されるため、規範的には、横軸は連続的な変数として、凡例は離散的な変数として解釈されると考えられる。

心理学的な知見に基づくグラフデザインの原則をまとめた Kosslyn (2006, p. 48) も、“(線グラフの) 線の連続的な上昇と下降は、間隔尺度の連続的な性質と心理学的に一致する。… 時間や温度、金額などが間隔尺度として測定される”と述べている。また、日本心理学会の執筆・投稿の手引き(日本心理学会, 2006)においては、“折線グラフは、連続的に変化する独立変数(横軸)に対応する従属変数(縦軸)の変化を示すなどの場合に利用されるのが原則である(pp. 29-30)”, と明記されている。その他、プレゼンテーションのマ

マニュアルにおけるグラフの使用に関する記述などでは、典型的な線グラフの使用法に関して、横軸に時間の変数を配置し、時系列を追った従属変数の変化をみるといった記述が散見され、これらも、横軸に配置された変数の連続性を示すものであると考えられる。一方で、第2章で示したように、線グラフにおいては線ごとに視覚的チャンクが作られるため、1本1本の線ごとの説明が多くなることが確認されている（他に、Carpenter & Shah, 1998; Shah & Carpenter, 1995）。これは、凡例に配置される変数が離散的に認識される傾向があることを支持する結果である。

以上をまとめると、ある独立変数を連続値として説明する場合には、その変数を横軸に、逆にその変数を離散値として説明する場合には、その変数を凡例に配置するという仮説が導出される。

もしこの仮説が正しいとするならば、図3.1のようなグラフの生成において、以下が予測される。従属変数Cの数量をコントロールするために、独立変数Aの変化に合わせて、独立変数Bを調整する方法を説明する状況では、

1. 独立変数Aを連続値として説明を行った参加者は、グラフの横軸にその独立変数Aを配置する、すなわち図3.1(a)の変数配置のグラフが描画されると予想される。
2. 独立変数Aを離散値として説明を行った参加者は、グラフの凡例にその独立変数Aを配置する、すなわち図3.1(b)の変数配置のグラフが描画されると予想される。

グラフの読解に関する研究に比べて、グラフ作成に関する研究は少なく、棒グラフや線グラフなどの選択、すなわちグラフの種類に関する研究（海老澤・菅野, 2001; 垣花, 2002）や、グラフや図を描くことの学習に対する効果に関する研究（Hall et al., 1997; Stern et al., 2003）がほとんどである。特に、伝達のためのグラフデザインに関する実証的な研究は、これまでほとんどなされていない。説明のためにグラフを描画する場合、上述のように、規範的



には説明とグラフの表現が一貫していることが求められると考えられるが、実際にそのようなグラフが描画されるかどうかに関する実証的なデータは報告されていない。Carpenter & Shah (1998) や Shah & Carpenter (1995) のように、グラフの読解に関する研究では、グラフ上での変数配置に関する実験的検討が数多く行われており、グラフの作成に関しても、同様の観点に着目した実証的研究が行われることには大きな意義がある。

### 3.1.2 日常的グラフ作成者と一般的な大学生

本研究では、研究発表や論文の執筆等で日常的にグラフを作成している研究者など専門家を、日常的グラフ作成者と呼ぶ。では、日常的グラフ作成者は、このような観点から、説明の仕方によってグラフを使い分けているのだろうか。日常的グラフ作成者は、研究生活の中で、グラフを使用して発表することも多く、また、他の研究者の発表や論文を見るにあたって、グラフを頻繁に目にするため、グラフを説明に一貫させて使い分けている可能性がある。このことを明らかにすることが本研究の第一の目的である。本研究では、与えられたデータについてグラフを用いて説明することが求められる状況を設定し、生成された説明中の特定の変数の扱いと作成されたグラフ内での変数の配置が、連続値と離散値という観点から一貫しているかについて検討を行うことによって、この点を確認する。なお、日常的グラフ作成者に準ずる参加者として、理系大学院生を対象とした実験を行う。

研究2の第二の目的は、一般的な大学生に対しても同様の実験を行い、日常的にグラフを作成していない大学生のグラフ作成に関する検討を行うことである。本研究における一般的な大学生とは、数学や統計に関して専門的な授業を受けていない文系学部学生を指す。垣花(2002)において、大学生は棒グラフ、線グラフといったグラフの種類を使い分けに関しては、適切に選択できることが示された。しかし、本実験では、連続、離散といったより高度な認知的表象概念に基づくグラフの使い分けを要請しており、文系学部学生は

これらの観点を意識したグラフの利用に困難を覚えることが予測される。

### 3.1.3 グラフの選択

一方で、情報表現を支援するメディア環境の状況を考えると、近年、表計算ソフト等の普及により、グラフの種類を選択し、軸を設定するだけで、簡単に様々なグラフを作成することが可能となった。これらのソフト上では、クリック1つで横軸と凡例の変数の入れ替えが可能であり、この場合には、グラフ作成者はグラフを作成するというよりも、グラフを選択する状況に置かれていると考えられる。では、文系学部学生であっても、グラフの候補を提示すれば、説明と一貫したグラフを選ぶことができるのであろうか。この点を明らかにすることが、研究2の第三の目的である。

## 3.2 目的

上記より、研究2で掲げる目的は以下の3つである。目的1は、日常的グラフ作成者とそれに準じる大学院生が、グラフを説明に一貫させて使い分けているかを検討することである。目的2は、日常的にグラフを作成していない文系学部学生のグラフ作成に関する検討を行うことである。目的3は、文系学部学生であっても、グラフの候補を提示すれば、説明と一貫したグラフを選ぶことができるかを検討することである。説明と一貫したグラフが作成、もしくは選択されるのであれば、3.1.1で示した傾向が確認されることが考えられる。

### 3.3 実験1A：日常的グラフ作成者が作成したグラフと説明との一貫性に関する実験

実験1Aの目的は、グラフを日常的に作成しているグラフ作成者は、説明と一貫する表現のグラフを作成するのかという点を検討することである。実験では、具体的な状況を想定しながら説明が行えるように、「温度」もしくは

「湿度」を調整して、「茸の発育量」を制御するという状況を設定した。二つの独立変数は「温度」と「湿度」であり、これらは連続値としても離散値としても扱うことができる。従属変数は「茸の発育量」である。実験で使用した表は、表 3.1 の“変数 A”を“湿度 (%)”に、“変数 B”を“温度 (°C)”，タイトルの“変数 A と変数 B の違いによる変数 C の値”を“湿度と温度の違いによる新種茸の発育量”に置き換え、表の右肩に“(g/日)”と加えたものであった。このデータから線グラフを作成すると、図 3.1 と同型のグラフとなる。なお、表 3.1 のデータは、図 3.1 から分かるように、変数の配置を入れ替えてもグラフの形状は変わらないような構造となっている。本実験では、グラフの形状によって、説明のしやすさが変わらないようにするために、このような形で実験刺激を統制した。

また、本研究では特定の説明の状況を設定するために、(a) 温度が調整できない状況で、湿度を調整して茸の発育量を増やすためにはどうしたらよいかを説明する状況、および (b) 湿度が調整できない状況で、温度を調整して茸の発育量を増やすためにはどうしたらよいかを説明する状況を設定した。教示文中の変数名の効果を相殺するため、参加者を半数ずつ、それぞれの状況に割り当てた。

### 3.3.1 方法

#### 実験参加者

本実験ではグラフを使用した研究発表や論文執筆を日常的に行っている研究者を日常的グラフ作成者として設定した。そのため、心理学の実験的研究を行っている、大学教員、および博士後期課程在学以上の学歴を持つ研究者 22 名を実験参加者とした。22 名中 17 名は博士の学位取得者であった。残りの 5 名に関しても、1 編以上の査読付き雑誌掲載論文を公刊している者であった。

### 手続き

実験は個別、もしくは小集団で実施された。実験参加者には、先述した「湿度と温度の違いによる茸の発育量」についての表が以下の教示とともに呈示された。

“先日、とても珍しい新種の茸（新種茸・しんしゅだけ）が発見されました。その茸の発育量に影響を及ぼすものを調べたところ、湿度と温度が影響していることがわかりました。湿度と温度の違いによる新種茸の発育量が表で示してあります。”

半数の実験参加者には、続けて以下の教示が示され、温度調整ができない状況が設定された。

“あなたは新種茸の種菌の販売者です。販売相手の発育環境では、温度を自分で調整することができません。温度は高くなったり低くなったりと変動します。一方、湿度は調整することが可能です。あなたは、温度の変化に合わせて湿度をどのように調整すれば発育量を向上させることができるかについて説明しなければなりません。その際に、線グラフを使用して説明をすることができます。”

教示文中の変数名の効果を相殺するため、半数の実験参加者には、“温度”を“湿度”に、“湿度”を“温度”に置き換えた教示文が示され、湿度調整ができない状況が設定された。

実験参加者には、まずグラフのフォーマット（図3.2参照）が印刷された用紙が配布され、説明を考えながら、その説明を行うためのグラフの描画が求められた。グラフフォーマットの縦軸には“新種茸の発育量”が固定されており、横軸と凡例は実験参加者が任意で書き込めるようになっていた。制限時間は5分であった。

続いて、説明を記入する用紙が配布され、グラフの描画中に考えていた説明のシナリオを記述することが求められた。時間は10分であった。

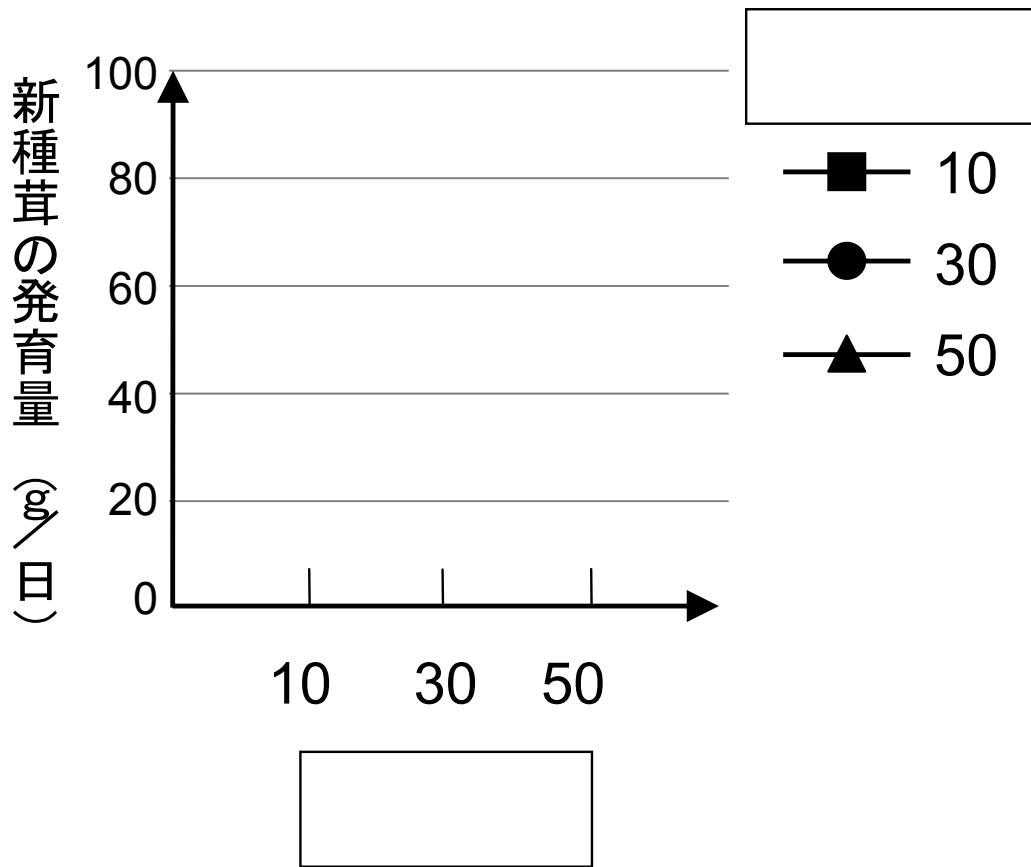


図 3.2 実験 1A, 1B, 2 で使用したグラフフォーマット

その後、はじめに描画したグラフは回収され、はじめと同様のグラフフォーマット用紙が再度配布され、説明に適したグラフを描画するよう教示された。必要な場合には、先に記述した説明が行いやすいグラフに書き直してもかまわないことが教示された。制限時間は5分であった。分析には、この段階で描画されたグラフが用いられた。最後に、用いられたデータは架空のものであるという、デブリーフィングが行われた。

はじめの描画に関しては、与えられたデータに基づき説明やグラフを考える状況では、グラフを描きながら説明を考えたり、説明を考えながらグラフを描くという双方向的な過程が自然であると考えられるため、最初に説明を考えながらのグラフ作成を行わせた。一方で、本研究の興味は、説明に基づくグラフの作成であることから、説明の確定後、その説明に基づくグラフを作

成させるという手続きをとり、そこで作成されたグラフを分析対象とした。

実験で使用した用紙は付録 B.1–B.4 に示した。

#### 作成されたグラフの分類

作成されたグラフは、調整できない変数の配置に基づいて、以下の2種類に分類された。

1. 調整不可横軸グラフ：横軸に調整不可の変数が配置されたグラフ。
2. 調整不可凡例グラフ：凡例に調整不可の変数が配置されたグラフ。

#### 説明の分類

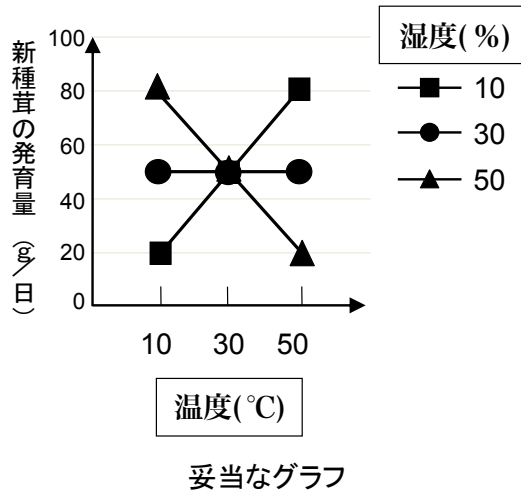
本実験では、課題が、一方の調整不可能な変数の変動に対して、他方の変数を操作することが求められることから、説明は、前者の変数の値の状態に基づいて構成される。そこで、本実験では、この調整不可の変数の記述に基づいて、説明の分類を行った。記述された説明は、調整不可の変数が連続値として記述されているか、離散値として記述されているかに基づいて、以下のカテゴリに分類された。

1. 連続値説明調整不可の変数が連続値として記述されている説明。温度が調整不可の状況における具体例は、「温度が 30 °C 以上の時は～」、「温度が上がるにつれて～」というものである。
2. 離散値説明‘調整不可の変数が離散値として記述されている説明。温度が調整不可の状況における具体例は、「温度が 10 °C の時は～」というものである。

各説明の例とその説明と一貫した表現のグラフに関しては、図 3.3 に示した。

## ・連続値説明

説明例「温度が 30°C 以上の場合は、湿度を 10% に保って下さい。逆に、温度が 30°C の未満の場合は、湿度を 50% にして下さい。」



## ・離散値説明

説明例「温度が 10°C の時は、湿度をより高く設定して下さい。逆に、温度が 50°C の時は、湿度をより低く設定して下さい。」

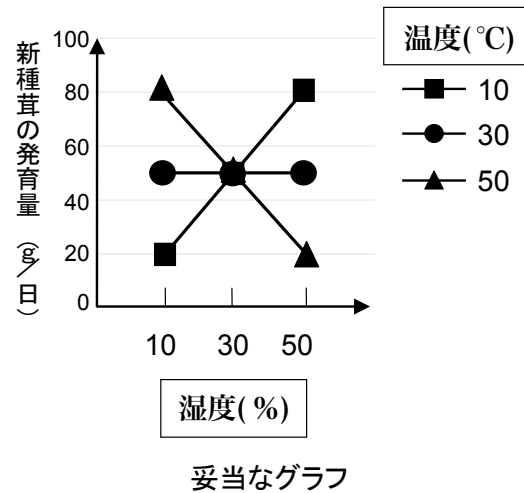


図 3.3 説明文の例と妥当なグラフ（調整不可変数が温度の場合）

なお、説明中に両者の記述があった場合は、まとめや結論の部分における記述に基づいて分類を行った。これらの説明は、すべて記述の後半に述べられていた。まとめや結論部分に基づいて分類を行った理由は、本実験ではデータを説明するためのシナリオを記述するように教示しており、この場合、最終的なまとめに基づいて説明を行うと考えられるからである。生成された説明の分類は、説明のコーディング基準に基づいて著者が行った。なお、ここでのコーディングは、文の語彙の形式的分類に基づいて行われたことから、第二評定者による評価は設定していない。分類の具体的な手続きに関しては、付録 C に示した。

### 3.3.2 結果

連続値説明に分類された説明を生成した参加者を「連続値説明群」、離散値説明に分類された説明を生成した参加者を「離散値説明群」とした。その結果、連続値説明群は 10 名、離散値説明群は 12 名となった。教示文中の変数名

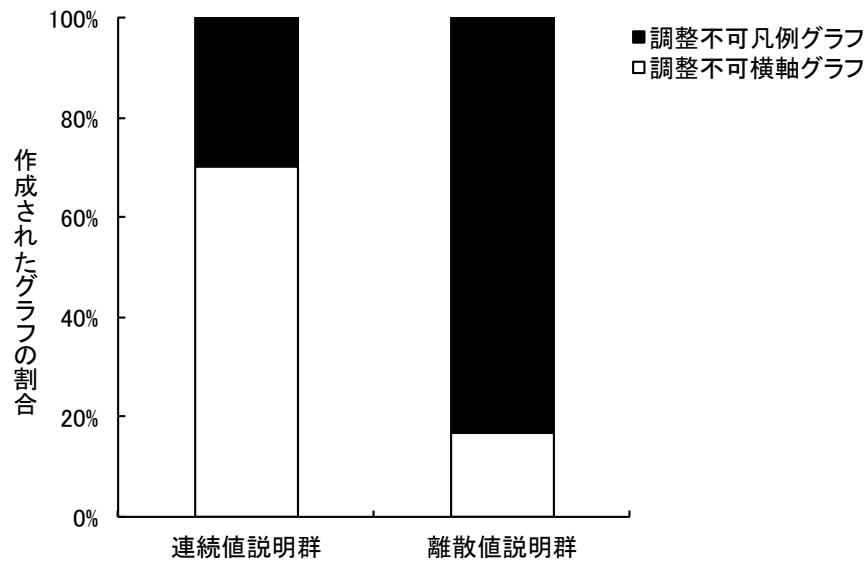


図 3.4 実験 1A において作成されたグラフの割合

の効果を相殺するために、温度調整が不可能な群と湿度調整が不可能な群が設定されたが、両群間において、作成されたグラフの種類に割合に差がないことを確認するために、各群の横軸グラフの作成割合を用いて、逆正弦変換による  $\chi^2$  値を用いた 2 (群: 温度調整不可能, 湿度調整不可能)  $\times$  2 (説明タイプ: 連続説明, 離散説明) の分散分析 (岡, 1990) を実施したところ、有意な差は確認されなかった ( $\chi^2(1) = 0.85, n.s.$ )。よって、以下の分析では、両群を合わせて分析を行った。

図 3.4 は、各実験参加者群が作成した調整不可横軸グラフと調整不可凡例グラフの割合を示したものである。

生成された説明によって作成されるグラフが変わるのかを検討するために、2 (説明群)  $\times$  2 (グラフタイプ) の  $\chi^2$  検定を行ったところ、偏りが有意であった ( $\chi^2(1) = 6.42, p < .05$ )。残差分析を行ったところ、連続値説明群における調整不可横軸グラフ、および離散値説明群における調整不可凡例グラフが有意に多く (残差 = 2.53,  $p < .05$ )、連続値説明群における調整不可凡例グラフ、および離散値説明群における調整不可横軸グラフが有意に少ないこ



とが確認された。

以上の結果は、調整不可変数を連続値として説明する場合には、同変数を離散値として説明する場合に比べて、同変数が横軸に配置される傾向があること、逆に調整不可変数を離散値として説明する場合には、同変数を連続値として説明する場合に比べて、同変数が凡例に配置される傾向があることが確認されたことを示しており、日常的グラフ作成者は、説明と一貫したグラフの作成を行っていることを支持するものである。

### 3.4 実験 1B：理系大学院生が作成したグラフと説明との一貫性に関する実験

実験 1A において、日常的グラフ作成者は説明と関連したグラフを作成することが確認された。それでは、一般の大学生に比べて、グラフを使用した説明の経験が多いと考えられる理系大学院生においてもそのような傾向が確認されるであろうか。実験 1B では、理系大学院生を対象に、実験 1A と同様の実験を行った。

#### 3.4.1 方法

以下では、実験 1A と同一の手続きに関する記述は省略する。

##### 実験参加者

実験参加者は理系大学院修士課程に在籍する大学院生 45 名であった。実験参加者は、温度調整ができない状況に 21 名が、逆に湿度調整ができない状況に 24 名が無作為に、割り当てられた。

##### 手続き

実験 1A と同様の手続きで実施された。

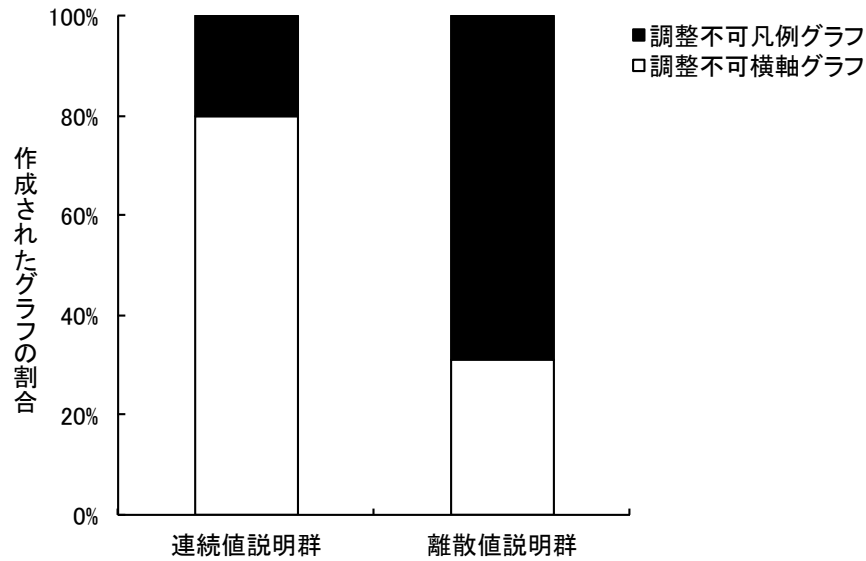


図 3.5 実験 1B において作成されたグラフの割合

### 3.4.2 結果

線グラフを正しく描画できなかった3名と、教示で求めた説明を記述しなかった3名を除外して以下の分析を行った。説明の分類を行ったところ、連続値説明群は10名、離散値説明群は29名となった。温度調整が不可能な群と湿度調整が不可能な群の群間において、作成されたグラフの種類に割合に差がないことを確認するために実験1Aと同様の検定を行ったところ、有意な差は確認されなかった ( $\chi^2(1) = 2.10, n.s.$ )。よって、以下の分析では、両群を合わせて分析を行った。

図 3.5 は、各実験参加者群が作成した調整不可横軸グラフと調整不可凡例グラフの割合を示したものである。

生成された説明によって作成されるグラフが変わるのかを検討するために実験1Aと同様の検定を行ったところ、偏りが有意であった ( $\chi^2(1) = 7.25, p < .01$ )。残差分析を行ったところ、連続値説明群における調整不可横軸グラフ、および離散値説明群における調整不可凡例グラフが多く (残差 = 2.69,

$p < .01$ ), 連続値説明群における調整不可凡例グラフ, および離散値説明群における調整不可横軸グラフが少ないことが確認された。

以上の結果は, 日常的グラフ作成者と同様に, 理系大学院生は, 説明と関連づけられたグラフを作成することを示している。

### 3.5 実験 2：文系学部学生が作成したグラフと説明との一貫性に関する実験

実験 1A, 1B において, 日常的グラフ作成者と理系大学院生は説明と一貫したグラフを作成することが確認された。実験 2 では, グラフを使って説明を行うという経験をほとんど有していない文系学部学生を対象として, 同様の検討を行う。

#### 3.5.1 方法

以下では, 実験 1A と同一の手続きに関する記述は省略する。

##### 実験参加者

実験参加者は統計の専門的な教育を受けていない文系学部に所属する大学生 44 名であった。実験参加者は, 無作為に, 温度調整ができない状況, 逆に湿度調整ができない状況に, それぞれ 22 名ずつが割り当てられた。

##### 手続き

実験 1A と同様の手続きで実施された。

#### 3.5.2 結果

連続値説明群は 17 名, 離散値説明群は 27 名となった。温度調整が不可能な群と湿度調整が不可能な群の群間において, 作成されたグラフの種類割合

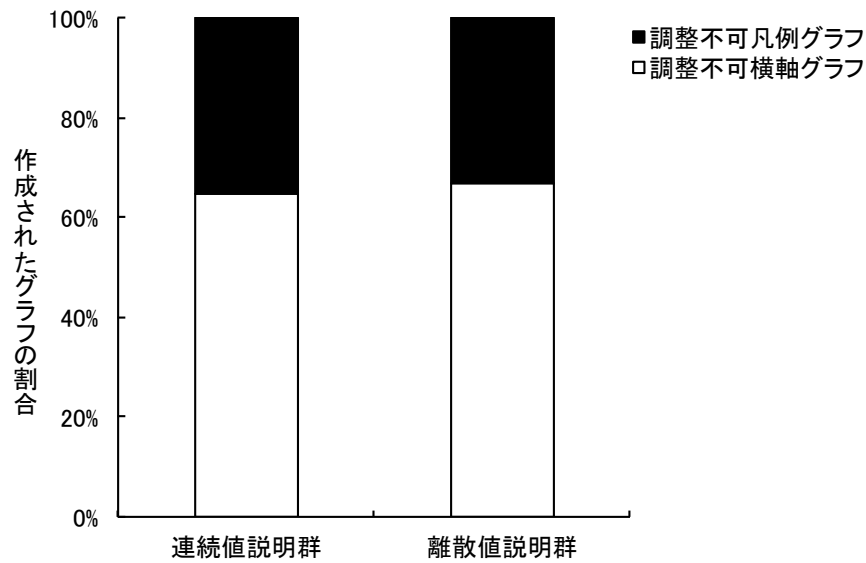


図 3.6 実験 2 において作成されたグラフの割合

に差がないことを確認するために、各群の横軸グラフの作成割合を用いて、実験 1A と同様の検定を実施したところ、有意な差は確認されなかった ( $\chi^2(1) = 0.11, n.s.$ )。よって、以下の分析では、両群を合わせて分析を行った。

図 3.6 は、各実験参加者群が作成した調整不可横軸グラフと調整不可凡例グラフの割合を示したものである。

生成された説明によって作成されるグラフが変わるのかを検討するために、実験 1A と同様の検定を行ったところ、偏りは有意ではなかった ( $\chi^2(1) = 0.02, n.s.$ )。

以上の結果は、文系学部学生においては、日常的グラフ作成者とは異なり、説明で記述された変数表現に関連したグラフの使い分けが確認されなかったことを示している。

## 3.6 実験 3：文系学部学生が選択したグラフと説明との一貫性に関する実験

実験 1A, 1B において、日常的グラフ作成者と理系大学院生は説明と一貫した表現のグラフを作成することが確認されたが、実験 2 において、文系学部学生においては、説明と関連したグラフの使い分けはみられなかった。それでは、与えられたグラフから選択するという状況であれば、文系学部学生であっても、説明と一貫したグラフを選択することが可能であろうか。そこで以下では、文系学部学生に、あらかじめ 2 つのグラフを提示し、そのいずれかを選択させるという状況での実験を行った。

### 3.6.1 方法

以下では、実験 2 と同一の手続きに関する記述は省略する。

#### 実験参加者

実験参加者は統計の専門的な教育は受けていない文系学部に所属する大学生 57 名であった。実験参加者は、無作為に、湿度調整ができない状況に 29 名が、逆に湿度調整ができない状況に 28 名が割り当てられた。

#### 手続き

実験は授業の一環として集団で実施された。実験参加者はグラフの作成は行わなかった。実験参加者には、実験 2 で使用した表と同一の表が与えられ、状況に基づいた説明の生成を求める教示が与えられた。その際に、表から作成される 2 つのタイプのグラフが呈示され、自分が生成した説明が行いやすいグラフを選択するように求められた。

実験で使用した用紙は付録 B.5, B.6 に示した。

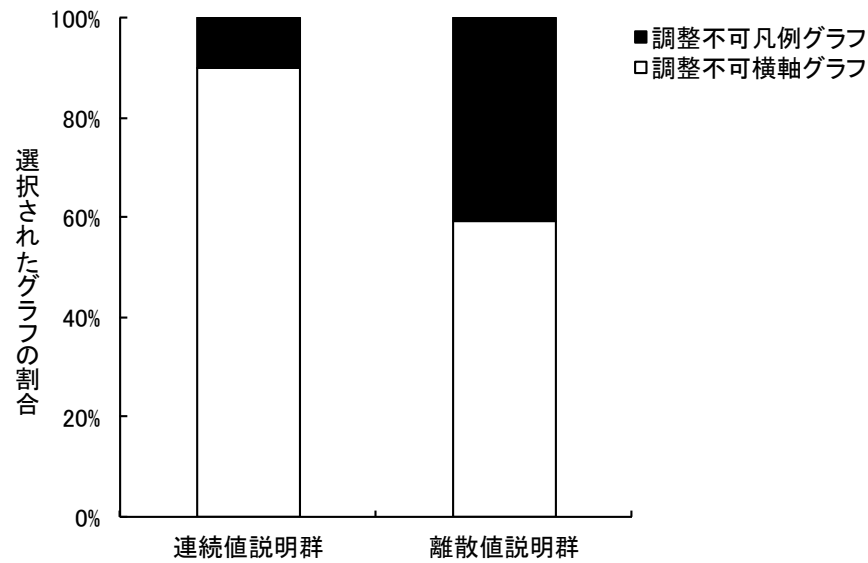


図 3.7 実験 3 において選択されたグラフの割合

### 3.6.2 結果

教示で求めた内容を記述しなかった 4 名と、グラフの選択を行わなかった 1 名を除外して以下の分析を行った。説明の分類を行ったところ、連続値説明群は 20 名、離散値説明群は 32 名となった。温度調整が不可能な群と湿度調整が不可能な群の群間において、選択されたグラフの種類の割合に差がないことを確認するために、各群の横軸グラフの選択割合を用いて、実験 1A と同様の検定を実施したところ、有意な差は確認されなかった ( $\chi^2(1) = 1.03$ ,  $n.s.$ )。よって、以下の分析では、両群を合わせて分析を行った。

図 3.7 は、各実験参加者群が作成した調整不可横軸グラフと調整不可凡例グラフの割合を示したものである。

生成された説明によって選択されるグラフが変わるのかを検討するために、実験 1A と同様の検定を行ったところ、偏りが有意であった ( $\chi^2(1) = 5.62$ ,  $p < .05$ )。残差分析を行ったところ、連続値説明群における調整不可横軸グラフ、および離散値説明群における調整不可凡例グラフが多く (残差 = 1.96,

$p < .05$ ), 連続値説明群における調整不可凡例グラフ, および離散値説明群における調整不可横軸グラフが少ないことが確認された。

以上の結果は, 文系学部学生でも, グラフの候補を提示され, 選択するという状況であれば, グラフを作成する場合に比べて, 説明と一貫したグラフの選択が促進されることを示すものである。ただし, 実験3では, 実験1Aの日常的グラフ作成者の結果に比べて, 全体的に調整不可変数を横軸に配置する参加者が多く見られた。この点に関しては, 以下の考察で検討する。

### 3.7 考察

本研究では, 与えられたデータについて, 自らが生成した説明に関連づけてグラフを作成する状況を設定し, 熟達者としての日常的グラフ作成者と初心者としての文系学部学生が, 説明で記述された変数の表現と一貫した表現のグラフを作成するのかを実験的に検討した。実験1Aの結果から, 日常的グラフ作成者のグラフ作成においては, 説明に関連づけられたグラフの使い分けが確認された。一方で, 実験2から, 文系学部学生のグラフ作成においては, 説明に関連づけられたグラフの使い分けは確認されなかった。

ここで, 3.1.1節で導出した仮説に戻り, 作成されたグラフの割合を連続値説明群, 離散値説明群に分けて分析することにより, 実験結果を検討してみよう。まず, 日常的グラフ作成者について検討する(図3.4参照)。離散値説明群において, 作成されたグラフの偏りを直接確率検定で検定したところ, 調整不可横軸グラフよりも調整不可凡例グラフが有意に多いことが確認された( $p = .019$ , 片側)。これは, 説明の中で離散値として扱われた変数が, グラフにおいても離散的に表現されていたことを意味しており, 説明で記述された変数とグラフ表現の一貫性を確認するものである。一方, 連続値説明群においては, 調整不可凡例グラフよりも, 説明と一貫する調整不可横軸グラフのほうが多かったものの, 偏りは有意ではなかった( $p = .172$ , 片側)。連続説明を行った10名中, 3名は予測に反して, 連続値として記述された変数を

凡例に配置していた。ただし、この3名中2名は、線の「傾き」による説明を行っていた。すなわち、湿度調整ができない状況において、“湿度が30%より低い場合、線グラフの傾きが正になるため、温度に対して発育量が比例する”といった内容であった。線の傾きは、グラフ上で連続的に表象されることから、これらの参加者は、連続値として記述された変数を、線の傾きに関連する凡例に配置したものと考えられる。以上を総合すると、日常的グラフ作成者は、連続値説明と離散値説明の両方において、自分が生成した説明で記述された変数表現に合ったグラフを作成していることが示唆される。

同様に、説明によって作成されるグラフの偏りが確認された理系大学院生について検討したところ、日常的グラフ作成者と同様に、離散値説明群、および連続値説明群の両方において、期待されるグラフの生成数の方が多いことが確認された（それぞれ、 $p = .031$ , 片側； $p = .055$ , 片側）。以上の結果より、理系大学院生は、連続値説明と離散値説明の両方において、自分が生成した説明で記述された変数表現に合ったグラフを作成していることが確認された。理系大学院生は、学部の卒業研究やセミナー、研究会での発表等により、グラフを使用した説明の経験が一定以上あると考えられる。このようなグラフを使用した説明の経験に基づき、説明と一貫したグラフの生成を学習したものと考えられる。

一方で、文系学部学生のグラフ作成に関しては、実験2の結果より、説明に関連づけられたグラフの使い分けは確認されなかった。この結果は、文系学部学生はグラフの作成時に、グラフと説明の照合をほとんど行わなかったことを示唆する。

その一方で、実験3のグラフの選択においては、文系学部学生でも説明で記述された変数表現を考慮してグラフを選択する傾向が、少なくともグラフを作成する場合に比べて高くなることが確認された。

ただし、実験3の連続値説明群におけるグラフ割合の直接確率検定では、仮説通り調整不可変数が横軸に配置されたグラフが有意に多く選択されてい



たが ( $p = .001$ , 片側), 離散値説明群で選択されたグラフの割合は, 調整不可凡例グラフよりも調整不可横軸グラフの方が多く, 仮説とは逆の割合となっていた (図 3.7 参照)。以上は, 文系学部学生に関しては, 連続値説明群に関しては説明と一貫したグラフを選択するが, 離散値説明群に関しては, その傾向を確認できなかったことを示している。言い方を変えれば, 文系学部学生は, 全体として説明に関わりなく調整不可変数が横軸に配置されたグラフを多く選択するという傾向が見られたことを意味する。この傾向は, 実験 2 においても確認された (図 3.6 参照)。この点に関して, 説明に関わらず, 作成されたグラフに偏りがあるかを検討するために, 各実験のデータにおいて, グラフタイプの度数について直接確率検定を行ったところ, 日常的グラフ作成者 (実験 1A) と理系大学院生 (実験 1B) の作成グラフにおいては, 有意な偏りは確認されなかったが (実験 1A:  $p = .262$ ; 実験 1B:  $p = .261$ , いずれも片側), 文系学部学生の作成グラフ (実験 2) と選択グラフ (実験 3) においては, 調整不可能な変数を配置する傾向が確認された (実験 2:  $p = .024$ ; 実験 3:  $p = .002$ , いずれも片側)。このことは, 文系学部学生が, 本課題で設定された「特定の変数の変化に合わせて」という説明の状況では, 自分自身の説明を考慮することなく, 対応すべき調整不可能な変数を横軸に配置する傾向があることを示している。本実験では, 教示文中で, 「対応すべき調整不可能な変数」に関して, 「(調整不可能な変数) の変化に合わせて (もう一方の変数) を調整する」という表現がなされており, これは調整不可能な変数の連続性を暗示している。説明に際しては, 自らの説明に合わせてグラフの表現を選択すべきであるが, 文系学部学生は, 自らの説明を考慮することなく, この教示文中の表現に誘導されて, グラフの表現を選択していたと考えられる。

本研究では, 生成された説明中の特定の変数表現と, 作成されたグラフにおける変数の配置との一貫性という観点から, 日常的グラフ作成者と文系学部学生のグラフ作成に関する実験的検討を行った。実験 1A, 1B の結果から, 日常的グラフ作成者とそれに準じる理系大学院生は, 自らが生成した説明の

内容と一貫したグラフを作成することが確認された。一方、実験2の結果から、文系学部学生は説明の内容を考慮したグラフの使い分けを行っていないことが確認された。一方で、実験3の結果から、文系学部学生に対しては、グラフの候補を提示することによって、自らグラフを作成する状況に比べて、説明を考慮したグラフの使い分けが促進されることが示唆された。しかし、生成された説明に関わらず、文系学部学生が作成、選択するグラフには偏りがみられた。

## 第4章

# 結論

### 4.1 本論文の総括

本論文の目的および各章において検討した内容を総括する。

本論文では、情報伝達におけるグラフの読解と作成に関する認知研究として、以下の3点を目的として実験的検討を行った。グラフの読解に関して、研究1において、線グラフ上の変数の配置の違いがグラフの読解に与える影響について検討すること（目的1）と、ボトムアップ処理からの読解に対するトップダウン処理からの妨害的介入の有無を検討すること（目的2）を目的に実験的検討を行った。次にグラフの作成に関して、研究2において、説明を目的としたグラフ作成に関する研究として、グラフ作成の熟達者としての研究者、および初心者としての文系学部学生が、説明に合わせたグラフを作成しているのかという点を明らかにすること（目的3）を目的に実験的検討を行った。

#### 4.1.1 第1章 序論

第1章では、本論文に関連するグラフの理解と作成に関する先行研究について概観した。はじめに、グラフの理解の認知モデルである“グラフ理解のCIモデル”について示した。グラフ理解のCIモデルは、ボトムアップ処理とトップダウン処理が統合されて、グラフの理解が構成されるというモデルで

ある。続けて、本論文で扱ったボトムアップ処理であるグラフ表現に関連した研究と、本論文で扱ったトップダウン処理であるグラフを理解する視点に関連した研究について解説した。

グラフの作成に関しては、グラフ作成に関わる教育の現状という観点から論じた。

#### 4.1.2 第2章 研究1：表現と理解の視点がグラフの読解に及ぼす効果に関する実験的検討

第2章では、目的1を明らかにするために実験1（グラフの表現が読解に及ぼす効果に関する実験）を行った。続けて目的2を検討するために、実験2A（特定の観点下におけるグラフの読解に関する実験）と実験2B（特定の観点下における自作グラフの読解に関する実験）を行った。本論文では、ボトムアップ処理の操作要因として、線グラフ上での変数の配置の違いを取り上げた。トップダウン処理の操作要因としては、グラフを理解する視点を取り上げた。

実験1では、線グラフ上での変数配置の違いがグラフの読解成績に与える影響を、‘主効果’と‘単純主効果’の読み取りの観点から検討した。その結果、‘単純主効果’の読み取りにおいて、変数の配置の効果が確認された。

続く実験2Aにおいて、グラフ上の変数の配置をボトムアップ処理の操作要因、グラフを理解する視点をトップダウン処理の操作要因として、ボトムアップ処理からの読み取りにトップダウン処理がどのように影響するかを検討した。その結果、トップダウン処理がグラフの読み取りに影響を持つことが確認されたが、先行研究とは異なり、トップダウン処理がボトムアップ処理へ妨害的に働くということは確認されなかった。さらに、実験2Bにおいて、自らが作成したグラフに関して、実験2Aと同様の検討を行ったが、結果は実験2Aと同様の傾向であった。

### 線グラフ上での変数の配置の違いがグラフの読解に与える影響の検討

研究1の実験1では、線グラフ上での変数の配置の違いがグラフの読み取りに与える影響について検討を行った。具体的には、2要因のデータの線グラフを実験刺激として、グラフの横軸と凡例の変数配置を入れ替えることによって、読み取られる情報に変化するかを検討した。その結果、横軸に配置された要因の単純主効果の読み取りが凡例に配置された要因の単純主効果よりも多く読み取られるということが確認された。これは、同じデータから作成されたグラフでも、変数の配置を入れ替えるだけで、読み取られる情報に変化することを意味しており、変数の配置の効果が確認されたといえる。

変数の配置の効果を確認した先行研究(Shah & Carpenter, 1995)において用いられていた刺激では、変数の配置を入れ替えるとグラフのラインパターンが変わってしまうグラフが用いられており、グラフ上での要因配置の効果とグラフのラインパターンの変化の効果が混交していた可能性があった。本研究ではこの点に関して、グラフのラインパターンを統制した刺激を用いた実験を行った。

また、変数の配置の効果は、データの性質、具体的には独立変数の主効果や交互作用の有無によって大きな影響を受けると考えられるが、その観点を検討した実験は見られない。本研究では、主効果、交互作用の有無の観点から、実験刺激としてのグラフパターンを組織的に構成し、その読み取りにおいても、主効果と単純主効果の観点から分類を行い、変数の配置の効果を検討した。

実験1の結果から、‘単純主効果’の読み取りでは変数の配置の効果が確認されたが、‘主効果’の読み取りにおいては変数の配置の効果は確認されなかった。これは、2.6節で論じたとおり、変数の配置の効果に関する先行研究(Carpenter & Shah, 1998; Shah & Carpenter, 1995)で議論されていた、ラインの視覚的なチャンクの影響を確認するものであり、本研究によって、より信頼

性の高い状況で、変数の配置の効果の確認がなされた。

#### グラフの読解におけるボトムアップ処理とトップダウン処理の相互作用の検討

研究1の第2の目的は、グラフの読解において、上記で確認したボトムアップ処理である変数の配置の効果とトップダウン処理である読み取りの視点の効果の相互作用を検討することであった。

グラフの読解におけるボトムアップ処理とトップダウン処理の相互作用を検討した先行研究において、Freedman & Smith (1996)では、先行知識による予測をトップダウン処理、散布図からの読み取りをボトムアップ処理として、先行知識のみからの評価と、散布図のみからの評価、先行知識と散布図の両者からの評価の比較が行われている。その結果、先行知識と散布図の両者からの評価は、先行知識のみからの評価と散布図のみからの評価の中間にきており、このことは、トップダウン処理がボトムアップ処理に介入する可能性を示唆している。一方、Shah & Hoeffner (2002)では、先行知識から予想されるデータの傾向とグラフの持つ情報に対立する場合、グラフの読み取りがうまくいかないという結果が示されている。これらの先行研究において検討されたトップダウン処理の多くは、特定のデータの傾向を予想させるものであった。これらの場合、トップダウン処理からの解釈がボトムアップ処理からの解釈に介入する傾向が見られている。

しかし、トップダウン処理としては、グラフを理解する視点という特定のデータの傾向を予想させないものも考えられる。本研究では、データの傾向を予想させないトップダウン処理として、特定の情報の読み取りのみを要請する視点によるグラフの読み取りへの影響を検討した。その結果、ボトムアップ処理によって顕在化されない情報であっても、その情報の読み取りを要請する視点が与えられるとその読み取りが促進されるというトップダウン処理の影響が見られた。本研究で用いた視点は、先行研究とは異なり、特定のデータの傾向を予想させるものではなかったが、ここでもトップダウン処

理の効果が確認されたことは新たな知見である。

一方で本研究においては先行研究とは異なり、トップダウン処理によるボトムアップ処理からの読解への妨害的介入は確認されなかった。本研究の結果は、ボトムアップ処理とトップダウン処理が対立しない場合は、両者からの読解が並存することを示している。

多義図形の解釈におけるトップダウン処理の効果を検討した Toppino (2003) において、一方の見方を保持するように教示された群では、保持の教示をされない群よりも、教示された見方が継続されることが確認されており、意図の効果、すなわちトップダウン処理が優勢であることが確認されている。一方で、保持の教示をされていても、もう一方の見え方も一定の割合で起こっており、これは本研究の結果と同様に、トップダウン処理からの解釈とは別に、ボトムアップ処理からの解釈も並存していることを意味していると考えられる。多義図形は、本研究で扱った線グラフのように、特定の図的表現によって一方の解釈が要請されるというよりも、一旦一方の解釈が優先されると他方の解釈が抑制されるという特徴を有するもので、その意味で本研究とは異なる現象を扱うものであるが、解釈におけるトップダウン処理とボトムアップ処理の並存という点は、両者において共通して確認された興味深い現象である。

文章学習におけるボトムアップ処理とトップダウン処理の相互作用に関しては、Schraw et al. (1993) において実験的な検討が行われており、そこでは文章的な表現の違いをボトムアップ処理の操作要因、課題が要請する視点の違いをトップダウン処理の操作要因として、それらが同時に操作された場合における学習成績への影響が検討されており、そこで扱われているトップダウン処理は本研究と共通するものである。Schraw et al. (1993) におけるトップダウン処理とボトムアップ処理と同様の影響が本研究のグラフ読解においても確認され、トップダウン処理とボトムアップ処理が文章理解に与える影響とグラフ読解に与える影響の共通性を示唆する結果となった。

### 4.1.3 第3章 研究2：説明とグラフ表現の一貫性に関する実験的検討

#### 説明時のグラフ作成における熟達者と初心者

研究2の目的は、説明時のグラフ作成に関する研究として、日常的にグラフを作成している研究者を熟達者として、および文系学部学生を初心者として、それぞれがグラフを説明に合わせて使い分けているのかという点について実験的な検討を行うことであった。

実験1A（日常的グラフ作成者が作成したグラフと説明との一貫性に関する実験）、1B（理系大学院生が作成したグラフと説明との一貫性に関する実験）の結果から、日常的にグラフを作成している研究者と理系大学院生は、説明と一貫したグラフを作成することが確認された。これは、グラフの作成経験が説明と一貫したグラフの作成を促進することを示唆するものである。

一方で、文系学部学生のグラフ作成に関しては、実験2（文系学部学生が作成したグラフと説明との一貫性に関する実験）の結果より、説明に関連づけられたグラフの使い分けは確認されなかった。この結果は、文系学部学生はグラフの作成時に、グラフと説明の照合をほとんど行わなかったことを示唆する。その原因として、作成自体の認知負荷が大きくなり、グラフと説明の照合に認知的資源が割り当てられなかった可能性、もしくは、作成したグラフ以外の候補が思い浮かばずに、説明とグラフの照合が行われなかった可能性が考えられる。この可能性を検討するために、続く実験3（文系学部学生が選択したグラフと説明との一貫性に関する実験）において、文系学部学生に対してグラフの候補を提示して選択させる実験を行った。

実験3のグラフの選択においては、文系学部学生でも説明で記述された変数表現を考慮してグラフを選択する傾向が、少なくともグラフを作成する場合に比べて高くなることが確認された。Norman (1992, 佐伯他訳 1993, p. 273) が“他人が理解でき読みやすいと感じる文章を書くときの問題は、人がわかりやすく使いやすくとわかるデザインをする際と同じ”であると述べている



ように、効果的な情報伝達のためのグラフ作成の過程は、分かりやすい文章を生成するときの過程と共通する部分が多いと考えられる。Hayes & Flower (1980)の文章生成のモデルでは、文章生成は、プランニング、翻訳(文章化)、推敲の過程からなるとされている。グラフ作成も同様に、何を伝えるためにどのような表現にするかという「プランニング」、実際にグラフを描画する「翻訳」、そして自分が伝えたいことが効果的に伝わるグラフになっているかを考える「推敲」の過程から構成されると考えられる。文章作成における熟達化の研究では、初心者はプランニングをあまり行わないことや、どのように表現するかに関して考えないこと (Carey, Flower, Hayes, Schriver, & Haas, 1989), 説明する状況や目的に関して深く掘り下げない (Flower & Hayes, 1980) といったプランニング上での問題点が指摘されている。実験3のグラフ候補から説明に適したグラフを選択をする状況では、グラフ作成に関わるプランニングと翻訳の課題は課されず、グラフの推敲、すなわち伝えたいことと目の前のグラフの照らし合わせを行うことが課せられていた。これらにより、作成する状況に比べて、説明を考慮したグラフの選択する傾向が高くなった可能性が考えられる。

ただし、実験2と実験3において、文系学部学生は、全体として説明に関わりなく、調整不可能な変数が横軸に配置されたグラフを多く作成(選択)するという傾向が見られた。本実験では、教示文中で、「対応すべき調整不可能な変数」に関して、「(調整不可能な変数)の変化に合わせて(もう一方の変数)を調整する」という表現がなされており、これは調整不可能な変数の連続性を暗示している。説明に際しては、自らの説明に合わせてグラフの表現を選択すべきであるが、文系学部学生は、自らの説明を考慮することなく、この教示文中の表現に誘導されて、グラフの表現を選択していたと考えられる。

他方、これらの結果は、文系学部学生は、線グラフの横軸が連続的な変数に対応するという概念を持っている可能性を示すものである。Pinker (1990)

は、各人が持っているグラフに関する知識をグラフ・スキーマと名付け、このグラフ・スキーマを使用してグラフの読み取りを行っているとしており、本研究の結果は、文系学部学生は、横軸が連続的という線グラフのスキーマを持っていることを示唆している。

### 教育的示唆

本研究から得られる教育的な示唆を記す。表計算ソフトの普及により、クリック一つでさまざまなグラフを簡便に作成できるようになったが、本研究の結果は、文系学部学生はそのような形のグラフ描画支援だけでは、自分自身が伝えたい内容に応じたグラフの使い分けをすることは困難であることを示唆している。文系学部学生が伝えたい内容に合ったグラフを選択できるようになるためには、グラフの使用法に関する知識の教示だけではなく、ゲシュタルト心理学などの人の認知的特性についての知見に配慮したグラフ表現(海保, 1992; Kosslyn, 2006)に関する学習が重要である。実験2, 実験3の結果から、文系学部学生が一定のグラフ・スキーマを持っていることが示唆されたが、問題は、情報伝達の場面でそのスキーマを適切に使用していないことにあると考えられる。具体的には、自らが伝達したい情報とグラフ表現の一貫性の吟味にそのスキーマを適用させる訓練が必要である。その際に、何もない状態からグラフを作成させるのではなく、グラフの候補を提示して、伝達したい内容とそれぞれの表現を吟味させることから始めることが有効であると考えられる。

## 4.2 今後の展開

最後に、本研究で得られた知見に基づき、今後の研究の展開について以下に示す。

### 4.2.1 グラフの読解におけるボトムアップ処理とトップダウン処理

本論文の成果の一つとして、線グラフからの‘単純主効果’の読み取りにおいて、ボトムアップ処理である変数の配置の効果を確認した。ただし本論文では、変数の配置の効果に関して、これらの現象が存在することを確認したのみであり、その背後にある心理メカニズムの検討には、モデルベースのアプローチなどによる、より詳細な検討が必要である。

### 4.2.2 説明を目的としたグラフの作成

本研究では、研究者をグラフ作成の熟達者として、文系学部学生を初心者として検討をしてきたが、両者の間には、グラフに関する固有の経験・スキル以外にも様々な属性の相違があり、それらが本研究の結果に影響している可能性も考えられる。とりわけ留意すべきは、説明に一貫したグラフの作成においては、説明とグラフが一貫しているかという内省が必要となると考えられ、これは、グラフ固有のスキルというよりも、より一般的なメタ認知スキルが影響すると考えられる。本研究の目的は、説明の文脈の中でのグラフ作成に関する研究の第一歩として、熟達者としての研究者と初心者としての文系学部学生が、それぞれ自らの説明と関連してどのようなグラフを作成するのかという点を検討することにあった。本実験のパラダイムでは、両者の間で観察された差異が、何に起因するのかという点を検討することはできず、本研究の限界を示すものであり、引き続き異なる観点からの検討が期待される。具体的な検討方法として、グラフ作成中のプロトコル発話分析等のプロセス分析等が考えられる。

次に、本研究では、グラフに表現される図的表象と、説明で記述された変数の表現との一貫性という観点から、説明とグラフ表現の規範的一貫性を定義し、分析を行った。上記の点における一貫性が、どの程度実際に説明を聞いた側の了解性(わかりやすさ)を向上させるかという点は、慎重な検討が必要

である。問題解決を促進する認知的人工物として図表が有効に機能するためには、表現と現実世界の認知的な対応関係が重要であるとした議論 (Norman, 1991) や、ゲシュタルト心理学などの人間の認知特性についての知見に配慮した表現の重要性についての議論 (海保, 1992; Kosslyn, 2006) から、説明内容とグラフ表現の規範的一貫性は、グラフの了解性にとって、重要な意味を持つものであると考えられる。この点に関する実証的な検討は、今後の最も重要な課題の一つである。

さらに、本研究では、上記の観点から、記述された説明とグラフ表現の一貫性を検討しており、実験参加者の現象の理解や、説明の意図が、グラフ作成にいかなる影響を与えていたのかに関しては議論できない。意図や理解は、グラフ描画に対する重要な観点であり、この点の検討は、今後の重要な課題である。

最後に、文章生成に関する研究では、文章読解の認知モデルとは異なる文章生成のモデル (Bereiter & Scardamalia, 1987; Hayes & Flower, 1980; Hayes, 1996, 他) が提案されている。グラフの作成においても、グラフ理解とは異なるモデルが必要であり、文章理解のモデルからグラフ理解のモデルが導かれたように、文章生成のモデルに基づいて、グラフ作成のモデルについて検討する必要があると考えられる。

# 謝辞

本研究を行うにあたり，ご指導，ご教授賜りました名古屋大学大学院情報科学研究科認知情報論講座の三輪和久教授に心から感謝致します。

また，本論文執筆にあたり有益なご助言を頂きました名古屋大学大学院情報科学研究科認知情報論講座の齋藤洋典教授，川合伸幸准教授，光松秀倫助教に深く感謝致します。

本研究の分析，論文執筆にあたり，有益なご助言を頂きました名古屋大学大学院情報科学研究科認知情報論講座の寺井仁特任准教授に深く感謝致します。

本研究を進めるにあたり講座ゼミで数々のご助言をいただきました認知情報論講座の皆様心から感謝いたします。

また本研究を進めるにあたり支えて下さり，率直な意見を聞かせて下さった三輪研究室の皆様心から感謝致します。

また，ご多忙の中，快く実験に参加して下さいました研究者の皆様心から感謝いたします。

最後に，これまで精神的に支えて下さった家族と友人達心から感謝いたします。



## 引用文献

- 青山和裕 (2011a). 統計グラフの指導に関する一考察—表現手段としてのグラフの活用に注目して—. 『イプシロン』, **53**, 39–46.
- 青山和裕 (2011b). 表現力育成に向けた統計教育の展開について. 『日本科学教育学会年会論文集』, **35**, 93–94.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1987). *The psychology of written composition*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Carey, L. J., Flower, L., Hayes, J. R., Schriver, K. A., & Haas, C. (1989). Differences in writers' initial task representations. テクニカル・レポート, ERIC Document Reproduction Service No. ED310403.
- Carpenter, P. A. & Shah, P. (1998). A model of the perceptual and conceptual processes in graph comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, **4**, 75–100.
- 海老澤成亨・菅野宏 (2001). 表計算ソフト利用教育から見た文系学生の数理知識についての一考察. 『目白大学人間社会学部紀要』, **1**, 1–9.
- Flower, L. & Hayes, J. (1980). The Cognition of Discovery: Defining a Rhetorical Problem. *College Composition and Communication*, **31**, 21–32.
- Freedman, E. G. & Shah, P. (2002). Toward a model of knowledge-based graph comprehension. In M. Hegarty, B. Meyer, & N. H. Narayanan (Eds.), *Diagrammatic representation and inference*, 18–30. Berlin: Springer-Verlag.
- 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*, **17**, 321–343.
- 藤原康宏・大西仁・加藤浩 (2008). 継続的な学習者間評価を導入した情報教育の実践. 『情報処理学会論文誌』, **49**, 3428–3438.
- Goettl, B. P., Wickens, C. D., & Kramer, A. F. (1991). Integrated displays and the perception of graphical data. *Ergonomics*, **34**, 1047–1063.
- Hall, V. C., Bailey, J., & Tillman, C. (1997). Student-Generated Illustrations Be Worth Ten Thousand Words?. *Journal of Educational Psychology*, **89**, 677–681.
- Hayes, J. (1996). A new framework for understanding cognition and affect in writing. In C. M. Levy & S. Ransdell (Eds.), *The science of writing*, 1–27. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hayes, J. & Flower, L. (1980). Identifying the organization of writing processes. In L. Gregg & E. Steinberg (Eds.), *Cognitive processes in writing*, 3–30. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jones, P. M., Wickens, C. D., & Deutsch, S. J. (1990). The display of multivariate information: An experimental study of an information integration task. *Human Performance*, **3**, 1–17.
- 海保博之 (1992). 『一目でわかる表現の心理技法—文書・図表・イラスト』. 共立出版.
- 垣花京子 (2002). 短大・文科系学生のための統計教育(1) —表計算ソフトの利用とグラフの選択—. 『東京家政学院筑波女子大学紀要』, **6**, 95–102.
- 川合慧 (2006). 『情報』. 東京大学出版会.
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension : A construction integration model. *Psychological Review*, **95**, 163–182.
- Kosslyn, S. M. (2006). *Graph design for the eye and mind*. Oxford University Press.
- Larkin, J. H. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, **11**, 65–99.



- 文部科学省 (2008a). 小学校学習指導要領.
- 文部科学省 (2008b). 中学校学習指導要領.
- 文部科学省 (2009). 高等学校学習指導要領.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality: principles and implications of cognitive psychology*. San Francisco: W.H. Freeman.
- (ナイサー U. 古崎敬・村瀬旻 (訳) (1978) 『認知の構図—人間は現実をどのようにとらえるか』, サイエンス社).
- 日本心理学会 (2006). 2005 年版執筆・投稿の手引き.  
< [http://www.psych.or.jp/publication/inst/tebiki2005\\_fixed.pdf](http://www.psych.or.jp/publication/inst/tebiki2005_fixed.pdf) >.
- Norman, D. (1991). Cognitive artifacts. In J. M. Carroll (Ed.), *Designing interaction: Psychology at the human-computer interface*, 17–38. Cambridge: Cambridge University Press.
- Norman, D. (1992). *Turn signals are the facial expressions of automobiles*. Cambridge: Perseus Books.
- (ノーマン D. 佐伯胖 (監訳) (1993) 『テクノロジー・ウォッチング—ハイテク社会をフィールドワークする』, 新曜社).
- 岡直樹 (1990). 質的データの検定法. 森敏昭・吉田寿夫 (編), 『心理学のためのデータ解析テクニカルブック』, 176–216. 北大路書房.
- 奥村和則 (1980). プレゼンテーションのデザイン. 遠藤潤一・奥村和則・寺田勝三・内藤美千絵・茂登山清文 (編), 『情報デザインベシクス: DTP・プレゼン・ウェブを始める人のために』, 176–216. ユニテ.
- 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.
- Pinker, S. (1990). A theory of graph comprehension. In R. Freedle (Ed.), *Artificial intelligence and the future of testing*, 73–126. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum

- Associates.
- Schraw, G., Wade, S. E., & Kardash, C. A. M. (1993). Interactive effects of text-based and task-based importance on learning from text. *Journal of Educational Psychology*, **85**, 652–661.
- Shah, P. & Carpenter, P. A. (1995). Conceptual limitations in comprehending line graphs. *Journal of Experimental Psychology: General*, **124**, 43–61.
- Shah, P., Freedman, E. G., & Vekiri, I. (2005). The Comprehension of quantitative information in graphical displays. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The cambridge handbook of visual spatial thinking*, 426–476. New York: Cambridge University Press.
- Shah, P. & Hoeffner, J. (2002). Review of graph comprehension research: Implications for instruction. *Educational Psychology Review*, **14**, 47–69.
- 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.
- Stern, E., Aprea, C., & Ebner, H. G. (2003). Improving cross-content transfer in text processing by means of active graphical representation. *Learning and Instruction*, **13**, 191–203.
- 竹内光悦 (2011). 誤読グラフを踏まえた統計グラフ教育の展開. 『日本計算機統計学会大会論文集』, **26**, 131–132.
- Toppino, T. (2003). Reversible-figure perception: Mechanisms of intentional control. *Perception & Psychophysics*, **65**, 1285–1295.
- Zacks, J. & Tversky, B. (1999). Reversible-figure perception: Mechanisms of intentional control. *Attention, Perception, & Psychophysics*, **27**, 1073–1079.

# 関連論文

## 学術誌掲載論文

1. 神崎奈奈・三輪和久 (2013) 説明とグラフ表現の一貫性に関する実験的検討. 『教育心理学研究』, **61(2)**, 121-132.
2. 神崎奈奈・三輪和久 (2012) グラフの読解に表現と理解の視点が及ぼす効果に関する実験的検討. 『心理学研究』, **83**, 163-173.

## 国際会議

1. Kanzaki, N., & Miwa, K. (2012). An experimental investigation of consistency of explanation and graph representation. *Proceedings of 34rd Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci 2012)*, 557-562.
2. Kanzaki, N., & Miwa, K. (2011). Experimental investigation of effects of representations and contexts on comprehension and generation of line graphs. *Proceedings of 33rd Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci 2011)*, 2196-2201.

## 国内学会・その他

1. 神崎奈奈・三輪和久 (2010) 図的表現からの情報の読み取りに表現と文脈が及ぼす影響の実験的検討. 『日本認知科学会第27回大会発表論文集』, 160-167.

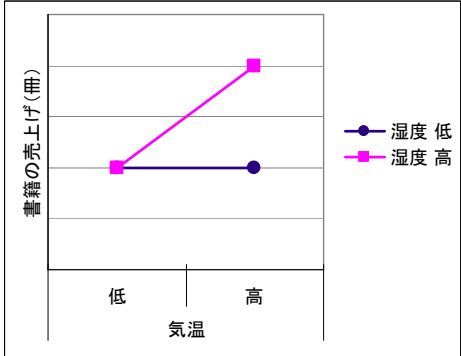
2. 神崎奈奈・三輪和久 (2009, 11) 表象の違いが生成されたグラフの理解に及ぼす影響の実験的検討. 『人工知能学会第57回先進的学習科学と工学研究会資料』, SIG-ALST-A902-1, 1-8.

## 付録 A

### 研究 1 で使用した実験用紙

学籍番号	氏名	性別 男・女
------	----	-----------

問. 下記のグラフは, ある書店における気温と湿度の高・低による書籍の売上げ冊数の変化を表したものである. このグラフを元に, 気温・湿度が書籍の売上げにどのような影響を与えているかについて述べなさい.



気温	湿度 低 (冊)	湿度 高 (冊)
低	一定	一定
高	一定	増加

図. 気温と湿度による書籍売上げの変化

a1-1

図 A.1 研究 1 の実験 1 で使用した実験シートの例

学籍番号

氏名

性別

男・女

下記のグラフはある会社の輸入量と輸出量と純利益の関係を示したものである。この会社は輸出先との契約によって、**輸出量を自由に決めることができない**。輸出量は時期によって多くなったり少なくなったりと変動する。一方、**輸入量は調整することが可能である**。あなたは、輸出量の変化に合わせて輸入量をどのように調整すれば純利益を向上させることができるかについて説明しなければならない。

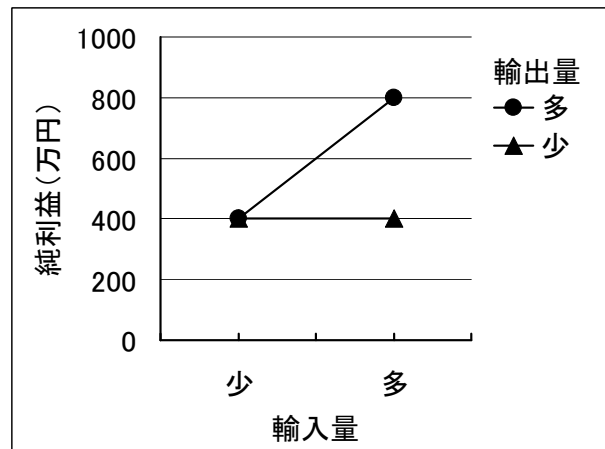


図. 輸入量と輸出量による純利益の変化

問：このグラフをもとに、輸入量と輸出量が純利益にどのような影響を与えているかについて述べなさい。

a1

図 A.2 研究 1 の実験 2A で使用した実験シートの例

レポート 1

学籍番号  氏名  性別

男・女

今 Excel で処理したデータはある会社の輸入量と輸出量と純利益の関係を示したものである。この会社は輸出先との契約によって、**輸出量を自由に決めることができない**。輸出量は時期によって多くなったり少なくなったりと変動する。一方、**輸入量は調整することが可能である**。あなたは、輸出量の変化に合わせて輸入量をどのように調整すれば純利益を向上させることができるかについて説明しなければならない。以下の 2 つの問いに答えなさい。

1. Excel で処理したデータをもとに、線グラフを作成しなさい。空欄の  には、「輸入量」もしくは「輸出量」のいずれかを記入しなさい。

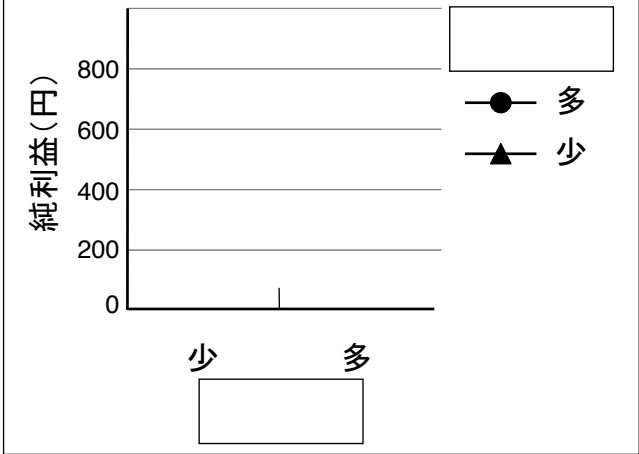


図. 輸入量と輸出量による純利益の変化

2. このグラフをもとに、輸入量と輸出量が純利益にどのような影響を与えているかについて述べなさい。

※ 終わった人は手をあげて、TA から次の課題の URL をもらって下さい。

a

図 A.3 研究 1 の実験 2B で使用した実験シートの例



## 付録 B

### 研究 2 で使用した実験用紙

1

デスク番号

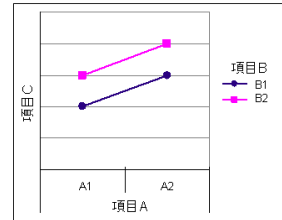
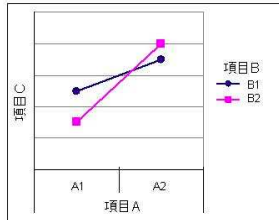
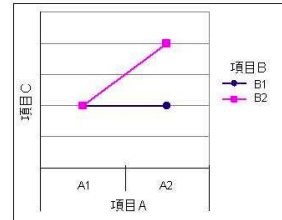
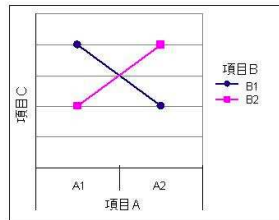
氏名

先日、とても珍しい新種の茸（新種茸・しんしゅだけ）が発見されました。その茸の発育量に影響を及ぼすものを調べたところ、湿度と温度が影響していることがわかりました。次ページに、湿度と温度の違いによる新種茸の発育量が表で示してあります。

あなたは新種茸の種菌の販売者です。販売相手の発育環境では、温度を自分で調整することができません。温度は高くなったり低くなったりと変動します。一方、湿度は調整することが可能です。あなたは、温度の変化に合わせて湿度をどのように調整すれば発育量を向上させることができるかについて説明しなければなりません。その際に、線グラフを使用して説明をすることができます。

次ページの表から、グラフフォーマットに上記の説明をするのに適した線グラフを作成して下さい。

## 線グラフの例



a-

図 B.1 研究 2 の実験 1A, 1B, 2 で使用した実験シート (1)

2

デスク番号

このシートの隣にシート **1** を置いてください。

表 湿度と温度の違いによる新種茸の発育量

(g/1日)

		温度 (°C)		
		10	30	50
湿度 (%)	10	20	50	80
	30	50	50	50
	50	80	50	20

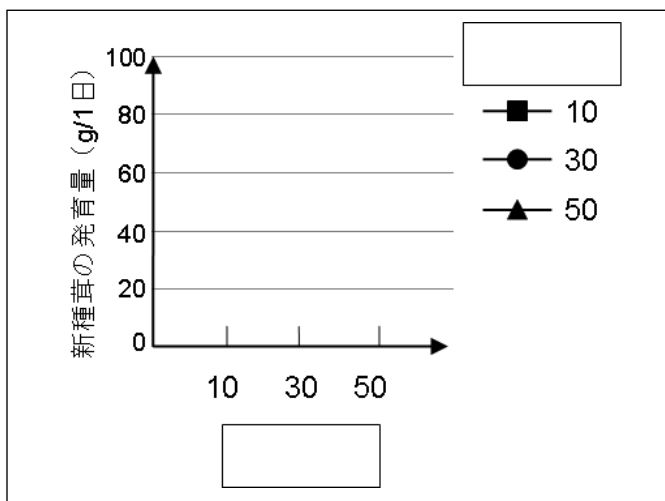
空欄の  には、「温度 (°C)」もしくは「湿度 (%)」のいずれかを記入して下さい。

図. 湿度と温度による新種茸の発育量の変化

a-

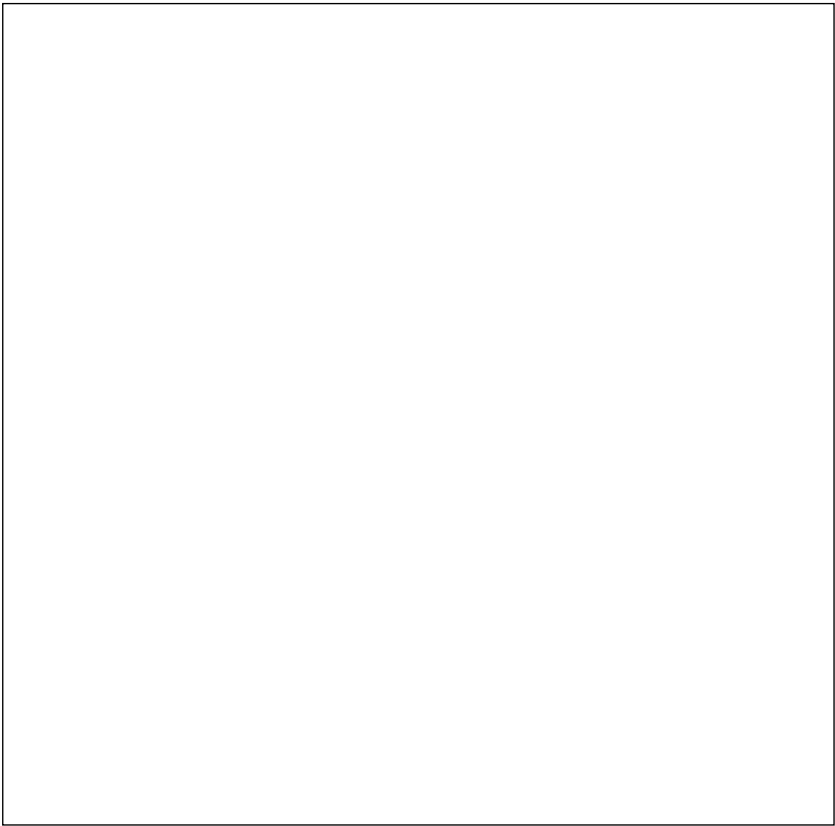
図 B.2 研究 2 の実験 1A, 1B, 2 で使用した実験シート (2)

3	デスク番号
---	-------

このシートの隣にシート **2** を置いてください。

あなたは新種茸の種菌の販売者です。販売相手の発育環境では、温度を自分で調整することができません。温度は高くなったり低くなったりと変動します。一方、湿度は調整することが可能です。あなたは、温度の変化に合わせて湿度をどのように調整すれば発育量を向上させることができるかについて説明しなければなりません。その際に、線グラフを使用して説明をすることができます。

シート **2** に作成したグラフを見ながら、下記の空欄に、説明するための原稿を記入してください。



a-

図 B.3 研究 2 の実験 1A, 1B, 2 で使用した実験シート (3)

4

デスク番号

このシートの隣にシート **3** を置いてください。

もう一度、先ほどと同じ表から線グラフを作成してください。その際に、シート **3** に書いた説明がしやすいグラフにしてください。先ほど作成したグラフと全く同じグラフでも、新しく作り直したグラフでもかまいません。

表 湿度と温度の違いによる新種茸の発育量

(g/1日)

		温度 (°C)		
		10	30	50
湿度 (%)	10	20	50	80
	30	50	50	50
	50	80	50	20

空欄の  には、「温度 (°C)」もしくは「湿度 (%)」のいずれかを記入しなさい。

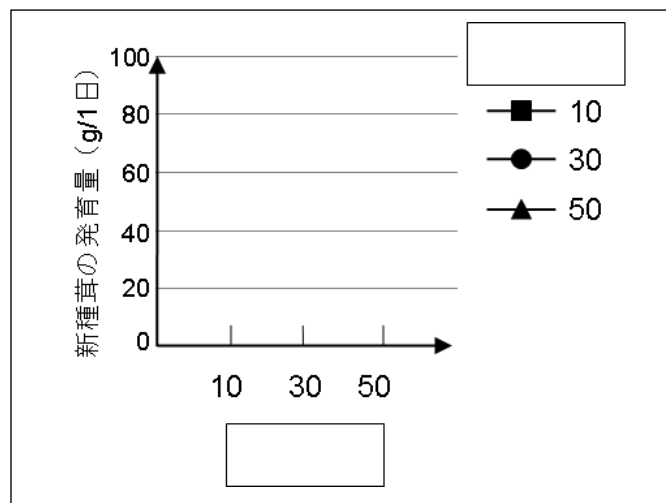


図. 湿度と温度による新種茸の発育量の変化

a-

図 B.4 研究 2 の実験 1A, 1B, 2 で使用した実験シート (4)

1

学籍番号

氏名

先日、とても珍しい新種の茸（新種茸・しんしゅだけ）が発見されました。その茸の発育量に影響を及ぼすものを調べたところ、湿度と温度が影響していることがわかりました。下記の表は、湿度と温度の違いによる新種茸の発育量を示しています。また、グラフ A、B はいずれも下記の表を線グラフで表したもので、グラフ A は横軸に湿度、凡例に温度が配置され、グラフ B は横軸に温度、凡例に湿度が配置されています。

あなたは新種茸の種菌の販売者です。販売相手の発育環境では、温度を自分で調整することができません。温度は高くなったり低くなったりと変動します。一方、湿度は調整することが可能です。あなたは、温度の変化に合わせて湿度をどのように調整すれば発育量を向上させることができるかについて説明しなければなりません。その際に、グラフ A または B のいずれかの線グラフを使用して説明をすることができます。

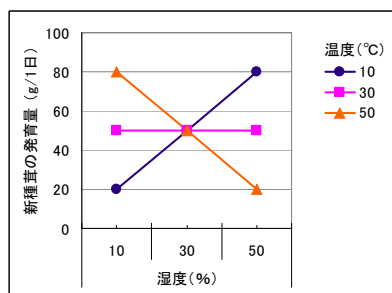
次ページに説明を記述し、記述した説明に適したグラフを選択してアルファベットに〇をつけて下さい。

表 湿度と温度の違いによる新種茸の発育量

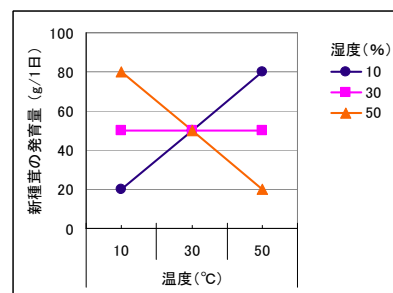
(g/1日)

		温度 (°C)		
		10	30	50
湿度 (%)	10	20	50	80
	30	50	50	50
	50	80	50	20

A.



B.



a-

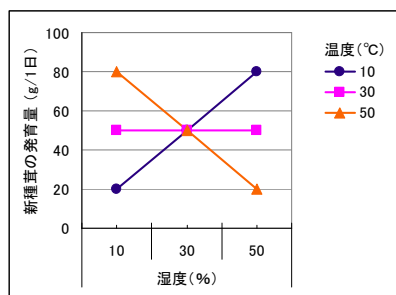
図 B.5 研究 2 の実験 3 で使用した実験シート (1)

2

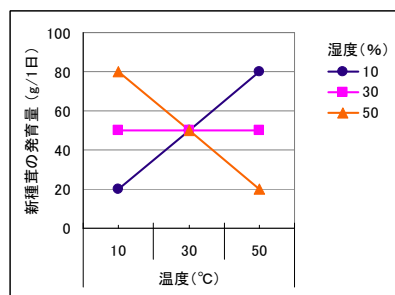
- 隣にシート 1 を置いてください。
- 下記の空欄に，説明するための原稿を記入してください。

- 上に記述した説明に適したグラフを選択し，アルファベットに○をつけて下さい。

A.



B.



a-

図 B.6 研究 2 の実験 3 で使用した実験シート (2)





## 付録 C

# 研究 2 において生成された説明の分類手続き

1. [調整不可変数] が含まれた文を抜き出す。
2. 各文の中で [調整不可変数] が連続的に表現されているか、離散的に表現されているかに基づいてコーディングを行う。
  - (a) [調整不可変数] について連続的な範囲を表している場合や連続的な変化を表している場合は連続値説明記述としてコーディングする。温度が調整不可変数の状況における具体例は、「温度が 30℃ 以下のときは～」、「温度が 10℃～30℃ の場合は～」、「温度が低くなるにつれて～」、「温度が低ければ低いほど～」など。
  - (b) [調整不可変数] について「～ときは」、「～場合は」などのある状態について個別的な記述を行っている場合は離散値説明記述としてコーディングする。温度が調整不可変数の状況における具体例は、「温度が 10℃ のときは～」、「温度が 10℃ になった場合は～」、「温度が低いときは」、「温度が低い場合は～」など。
3. 説明の分類
  - (a) [調整不可変数] に関する記述が連続値説明記述のみの場合は連続値説明に、離散値説明記述のみの場合は離散値説明群に分類する。
  - (b) 両者の記述がある場合は、「つまり、～」などのまとめや結論の部分

---

における記述に基づいて分類を行う。