

Bars and lines: A study of graphic communication

Zacks, J. and Tversky, B.

MEMORY & COGNITION, VOL. 27(6), 1073-1079 (1999)

◆ はじめに

- グラフはデータの推論や伝達のために使用される
- グラフはさまざまな描き方があるが、通常共通に使われるパターンがある
 - ◇ 棒グラフは離散的なデータの比較に使用される
 - 領域の大きさの比較ができる
 - ◇ 線グラフはデータの傾向を示すのに使用される
 - 情報を取り出しやすい
- これらパターンを我々は”*bar-line message correspondence*”と呼ぶ
(※和訳中では「グラフタイプの効果」と呼ぶ)
- 本研究ではグラフタイプの効果を知覚と認知能力の側面、内容との関連、グラフの生成者の側面から検討する

◆ Cognitive Naturalness

- グラフは認知的に自然な方法で意味を引き出しやすいように、発明され、改良されてきた (Tversky, 1995)
- 様々な種類の情報を伝えるためのグラフィックディスプレイを選択する際に、大人は傾向を伝えるために線グラフを使用し、個々の詳細なデータを伝えるために棒グラフを選択する傾向がある (Levy, Zacks, Tversky, & Schiano, 1996)
- ゲシュタルト原則は線グラフがcategoricalなデータを表し、線グラフが順序や間隔データを表すのに適していることをサポートする
- Carswell and Wickens (1990) は2点を結んだ線グラフは、構成可能な (*configural*) 側面として解釈されることを示している

◆ Information-Processing : Models of Graphical Perception

- グラフの理解のPinker's (1990) model
 - ◇ ゲシュタルト原則と先行経験に制約された視覚的な記述を構成
 - ◇ 視覚的な記述から、概念的な命題を構成
 - ◇ 概念的な命題を操作して高次の推論処理を行う
- ゲシュタルト原則から
 - ◇ 個別に示されているほうが、絶対値を認識しやすい⇒棒グラフ
 - ◇ 線でつながれているほうが傾向を認識しやすい⇒線グラフ
- いくつかの先行研究で支持 (Simcox, 1984; Zacks, Levy, Tversky, & Schiano, 1996)
- Simkin and Hastie (1987)
 - ◇ 棒グラフと円グラフの比較

- ◇ 個々の比較：棒グラフ>円グラフ
- ◇ 割合の比較：棒グラフ<円グラフ

◆ **Origins of the Bar-Line Message Correspondence**

- 以上から、棒グラフで示された離散的データや、線グラフで示された関係性のデータは解釈しやすいと考えられる
- 以下の実験でそれらを確認、実験3では、表すべき命題からどのようなグラフが生成されるかを検討した。

◆ **EXPERIMENT 1**

- **Experiment 1**について
 - ◇ 実験1で実験参加者は、シンプルな、記号のみの棒グラフもしくは線グラフを見て内容の記述を求められた。
 - 記号のみにすることによってグラフの内容をなくし、知覚的な配列のみが解釈に使用される
 - ◇ 予想：棒グラフが呈示されると離散的な比較について記述され、線グラフでは傾向について記述する
- **Methods**
 - ◇ *Participants*
 - スタンフォード大学の学部生69名
 - ◇ *Stimuli*
 - 2つのデータポイントから作成された線グラフと棒グラフ(Figure 1)
 - 2つのデータポイントは異なる値
 - 実験参加者によってランダムな値
 - 横軸：X, 縦軸：Y, 左のポイント：A, 右のポイント：B
 - ◇ *Procedure*
 - アンケートの一部として実施
 - 紙の半分に、8.5×11 inchの棒グラフか線グラフのいずれか一つを呈示される
 - 「グラフから何が読み取れるか（1文で）記述してください」
 - “Please describe in a sentence what is shown in the graph above.”
 - ◇ *Results*
 - coding
 - 3名の評定者が独立して分類
 - 分類カテゴリ
 - ◇ *discrete comparison*

- 離散的な（個々の）記述
- more/less, more/fewer, higher/lower, larger/smaller, stronger/weaker
 - “A is a larger Y quantity than B.”
 - “Y is greater in a than B.”
 - “B is bought more often than A.”
- ◇ *trend assessment*
 - 傾向（連続的な変化）についての記述
 - function, relationship, correlation, varies
 - “As X increases, Y decreases.”
 - “A line, drawn on the XY plane, descending from A to B along the X axis.”
 - “As x increases in value y increases.”
- 59/69名分が全員一致
- 一致しなかったものは多い判定を採用
- 結果はTable 1 ($\chi^2(1) = 47.9, p < .001$)
- 回答の内容はさまざま
 - 物理的特性：大きい／小さい，多い／少ない
 - 仮の文脈
- discrete description と trend description の内容は論理的には同じだが，概念的には全く違う
- 文脈がない（content-free）グラフでは，棒線グラフからの伝達に強く一致した
 - 棒グラフではデータの離散的な比較を記述
 - 線グラフでは傾向を記述

Table 1. Frequency of Data Characterization Responses as a Function of Graph Type

Domain	Bar	Line
Discrete comparison	28	0
Trend assessment	5	36

◆ EXPERIMENT 2

- Experiment 2について
 - ◇ 実験1では，グラフタイプが解釈に与える影響を検討した
 - ◇ 解釈はグラフの内容，特に変数の性質にも影響を受けると考えられる
 - 解釈がグラフの内容に強く影響されるなら，実験1の結果は，実験室的な特異な状況での結果に過ぎない

- グラフタイプの効果が現実の（内容を伴った）グラフの解釈においても観察されるなら，それらを説明するグラフ知覚の理論が必要である
- ◇ 実験2では，従属変数は連続値（高さ），独立変数は *categorical* な概念（性差）もしくは *continuous* な概念（年齢）を使用
- ◇ 予想
 - 線グラフにおいて，独立変数に性差が使用されたときにどのようなか
 - グラフタイプの効果が大きければ，傾向の記述が多くなるが…

➤ Methods

◇ *Participants*

- スタンフォード大学の学部生106名

◇ *Stimuli*

- 2つのデータポイントから作成された線グラフと棒グラフ(Figure 2)
 - 従属変数：*height*（身長）
 - 独立変数
 - ◇ *discrete version*：*female / male*
 - ◇ *continuous version*：*10-year-olds / 12-year-olds*.

◇ *Procedure*

- 実験1と同様
- 教示の修正
- 「グラフから読み取れる関係性を（1文で）記述してください」
 - “Please describe in a sentence the relationship shown in this graph.”

◇ *Results and discussion*

- coding
 - Experiment 1 と同様の分類
 - 1名の評定者（Experiment 1 で一致率が高かったため）
- 結果は Table 2
 - グラフタイプの効果あり（ $X^2(1) = 21.5, p < .001$ ）
 - 変数の性質の効果あり（ $X^2(1) = 14.3, p < .001$ ）
- 記述の例
 - *discrete description*
 - ◇ “Male’s height is higher than that of female’s.”
 - ◇ “The average male is taller than the average female.”
 - ◇ “Twelve yr olds are taller than 10 yr olds.”
 - *trend description*
 - ◇ “The graph shows a positive correlation between a child’s increases in

- age and height between the ages of 10 and 12.”
- ◇ “Height increases with age. (from about 46 inches at 10 to 55 inches at 12).”
 - ◇ “The more male a person is, the taller he/she is.”
←グラフタイプの効果を受けすぎ
 - 効果の強さの比較
 - ◇ グラフタイプの効果のほうが内容の効果よりも大きかった(オッズ比 : 15 for graph type, 7.0 for domain)

Table 2. Frequency of Data Characterization Responses as a Function of Graph Type (Bar Graph or Line Graph) and Conceptual Domain (Discrete or Continuous)

Domain	<u>Discrete Domain (Gender)</u>		<u>Continuous Domain (Age)</u>	
	Bar	Line	Bar	Line
Discrete comparison	28	22	28	9
Trend assessment	0	3	2	14

◆ EXPERIMENT 3

- Experiment 3について
 - ◇ 実験 1, 2 では, グラフタイプが解釈に与える影響が確認された
⇒ ではグラフの作成者はこの効果に sensitive なのか?
 - ◇ 実験 3 ではこの点を検討する
- Methods
 - ◇ *Participants*
 - スタンフォード大学の学部生99名
 - ◇ *Stimuli and Procedure*
 - 実験参加者は下記の4つの教示のうちいずれかを示され, グラフを書くことを要求された
 - discrete comparison descriptions 条件
 - ◇ Discrete Domain (Gender)条件: “Height for males is greater than for females.”
 - ◇ Continuous Domain (Age)条件: “Height for 12-year-olds is greater than for 10-year-olds.”
 - trend assessment descriptions 条件
 - ◇ Discrete Domain (Gender)条件: “Height increases from females to males.”
 - ◇ Continuous Domain (Age)条件: “Height increases from 10-year-olds

to 12-year-olds.”

☆ *Results and discussion*

- 全体として
 - 線グラフ：57, 棒グラフ：32, (散布図：6)
 - ⇒ 線グラフと棒グラフのみ分析対象
- 結果は Table 3
 - discrete comparison description 条件では棒グラフが多く, Trend assessment description条件では線グラフが多かった ($X^2(1) = 15.3, p < .001$)
 - Discrete Domain (Gender)条件では棒グラフが多く, Continuous Domain (Age)条件では線グラフが多かった ($X^2(1) = 9.83, p = .002$)
- これらの結果は, グラフの生成者はグラフタイプが読解者に与える影響にsensitive であることを示している.
- 実験2と同様に, description typeの効果(odds ratio = 6.6)のほうが, conceptual domainの効果(odds ratio = 3.8)よりも強かった.

Table 3. Frequency of Graph Type Drawn as a Function of Description Type (Discrete Comparison or Trend Assessment) and Conceptual Domain (Discrete or Continuous)

Graph Type	<u>Discrete Domain (Gender)</u>		<u>Continuous Domain (Age)</u>	
	Discrete	Trend	Discrete	Trend
	Comparison	Assessment	Comparison	Assessment
Bar	14	7	11	0
Line	6	13	14	24

◆ EXCLUDING EXPLICIT INSTRUCTION OF THE CORRESPONDENCE

- 本研究では,解釈においても生成においてもグラフタイプの効果が見られた.
 - ☆ 棒グラフ—離散的比較/線グラフ—データの傾向
- グラフ製作のマニュアル(Kosslyn, 1993), APAのマニュアル(American Psychological Association, 1994)
 - ☆ グラフのデータの種類ではなく,表現したいものによって,グラフを選択すべし
- グラフタイプの影響は,教育の影響か?
 - ☆ 本実験の参加者は,特に統計の授業を受けた人たちではなかった
 - ☆ アンケートでは,自覚的に使用していたわけではなかった

◆ GENERAL DISCUSSION

- 実験1ではグラフタイプの効果を確認した
- 実験2,3では,グラフタイプの効果と記述(内容)のタイプの効果の大きさを比較した
- なぜ, グラフタイプの効果が現れるのか
 - ◇ 知覚-認知のバイアスの影響は小さい(Zacks, et al., 1996; Tversky et al., 1991)
 - ◇ コミュニティの中でグラフ生成者と解釈者がコミュニケーションをとって理解していくプロセスを経験しているので, グラフタイプのスキーマができています?
 - ◇ 認知科学者は, 知覚と認知のプロセスのみでグラフの解釈を理解しようとしてきたが, コミュニケーションの側面も検討していかなければならない

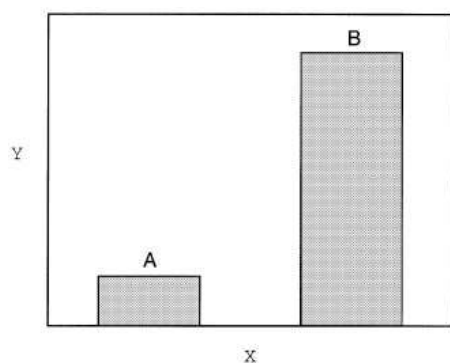


Figure 1. Examples of the bar and line graph stimuli used in Experiment 1.

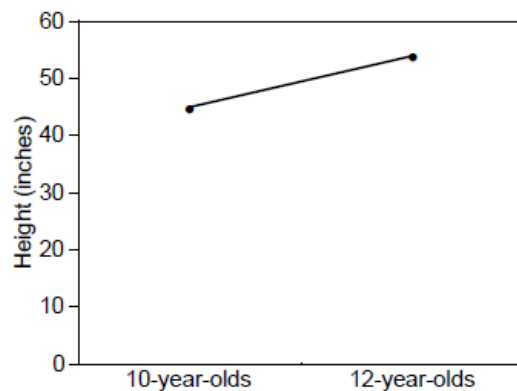
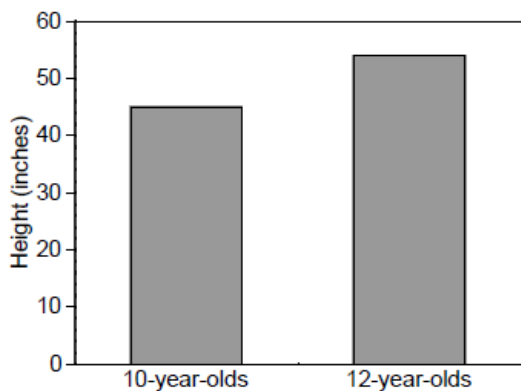
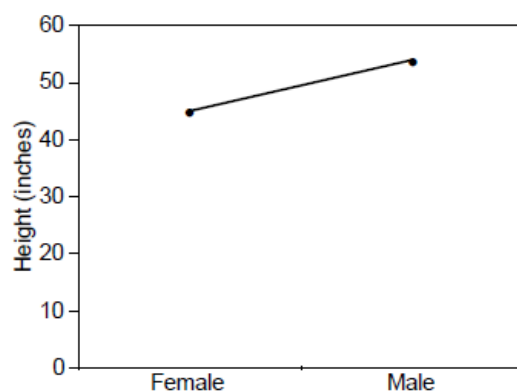
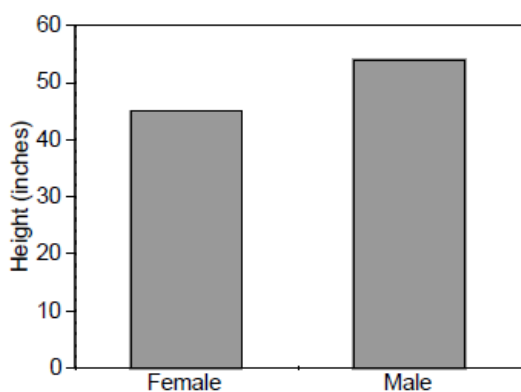
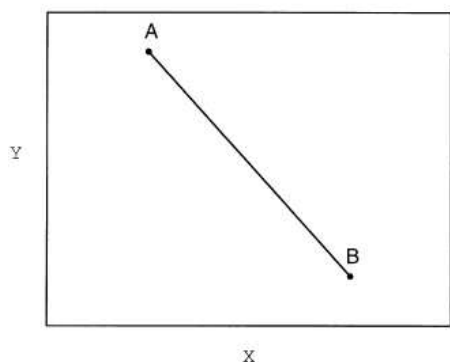


Figure 2. Examples of the bar and line graph stimuli and the continuous and categorical conceptual domains used in Experiment 2.