

# ミスリーディングなグラフの作成防止を 目的とした学習ツール

新井 太一<sup>1,a)</sup> 三末和男<sup>2,b)</sup>

**概要**：Web ページや新聞、テレビ等のメディアには、グラフやチャートなどと呼ばれる、データを視覚的に表現した図が多く存在する。しかしその中には閲覧者に誤解を与えるものや、何を伝えたいグラフなのか不明確なもの（ミスリーディングなグラフ）も含まれている。そのようなグラフは、グラフの作成者が適切なグラフ設計の方法を理解していない場合に作成されてしまう。本研究では、可視化表現に関する知識不足によってミスリーディングなグラフが作成されることの防止を目的とし、適切なグラフ設計方法の学習を支援する可視化ツールの開発を行った。学習者は、グラフ設計に関する知識の獲得から、実際にグラフを設計する段階までをツール上で行うことができる。またそのツールには、グラフの設計が適切かどうかを評価するために、誤解や混乱を招く設計を検知し利用者へ警告をする仕組みを実装した。

## 1. はじめに

情報可視化とは、データを視覚的に表現することである。情報を可視化することで、データの持つ特性を分かりやすく表現することや、生のデータからは知り得ない知見を得ることが可能となる。情報可視化の際に用いられる表現の一例としては棒グラフや円グラフなどが挙げられる。

情報を視覚的に表現することはデータの理解を助ける強力な手段である。しかしその強力さゆえに、誤った方法で設計された視覚的表現は、それを閲覧した者に誤解や混乱を与える可能性がある。本論文ではそのような「閲覧者に誤解や混乱を与える視覚的表現」を「ミスリーディングなグラフ」と呼ぶ。ミスリーディングなグラフの一例を図 1 に示す。

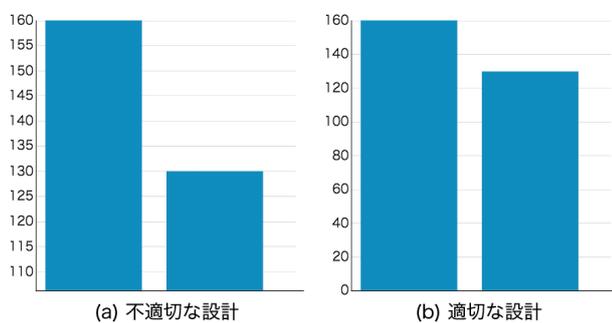


図 1 設計の異なる 2 つの棒グラフ

図 1 は、同様のデータを縦軸の値が 0 から始まる棒グラフ (b) と、そうでない棒グラフ (a) で表し比較をした図である。縦軸の値を 0 から始めないグラフ設計は、データの

印象を歪める不適切な設計とされており、実際に (a) は、右の棒が左の棒の半分以下であるような、本来のデータ間の差異 (b) とは異なる印象を与えてしまう。そのため (a) はミスリーディングな棒グラフと言える。

本研究の目的はミスリーディングなグラフの作成を防止することである。ミスリーディングなグラフが作成される原因の 1 つには、グラフ設計者がグラフを適切に設計する方法を理解していない、すなわち可視化表現に関する知識不足があると考えられる。そこで、本研究の目的を達成するためのアプローチを、グラフ設計者へ適切なグラフ設計のための方法を学習させることとした。グラフ設計者へ適切にグラフを設計する方法を理解させることで、ミスリーディングなグラフの（将来的な）作成防止が期待できる。

本研究では次のことを行なった。まず既存の教材構築法に基づいてグラフ設計の学習ストーリーを構築し、そして、そのストーリーを複数のステップに分けて学習することのできる可視化ツールを開発した。さらにそのツールへ、誤解や混乱を与える表現を検知して学習者へ警告をする機能の実装を行った。

## 2. 関連研究

### 2.1 ミスリーディングなグラフ

ミスリーディングなグラフの例やその問題点、改善案などを示した論文は数多く存在する。ここでは少し範囲を狭め、本研究のツールを構築する際に参考にした論文・書籍について述べる。

Few は、円グラフを用いた可視化が、多くの状況において推奨されるものではないと述べている[1]。この主張には「円グラフはデータの大小関係を扇型の角度で表したグラフであるが、人間は角度の判断が得意ではない」といった背景がある。Tufte は、並べられた複数の円グラフは、1 つの円内部の比較と、複数の円同士の比較それぞれを閲覧

1 筑波大学情報学群情報科学類  
College of Information Science, School of Informatics, University of Tsukuba  
2 筑波大学システム情報系  
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba  
a) arai@vislab.cs.tsukuba.ac.jp  
b) misue@cs.tsukuba.ac.jp

者に必要とさせるため、混乱をもたらす表現であると主張している[2, 178 ページ].

ドナ・M・ウォンの書籍『ウォールストリートジャーナル式 図解表現のルール』[3]では、棒グラフや円グラフ、折れ線グラフなどに関して、データを正しく表現する図表のつくり方を解説している。またこの書籍はミスリーディングなグラフについても取り上げており、それらのグラフを、データを効果的にかつ正しく表せるように修正する方法などもルール化し提案している。

## 2.2 ミスリーディングなグラフの対策

Schelkle らは、ビジネス情報の可視化にミスリーディングなグラフが多く、そのようなグラフが意思決定者に誤った判断をさせてしまうという背景を受け、適切な設計の可視化表現を促すユーザーアシスタンスシステム(UAS)のプロトタイプを考案した[4]。この UAS は、可視化の設計者が誤った設計でデータの可視化を行った際に、その設計を検知し自動的に修正することで、適切な可視化を支援する。検知の際は何故その設計が問題であるかの説明とシステムに修正をさせるかどうかの選択権を設計者へ提示する。この研究では、棒グラフについてのみ取り扱っている。

Raschke らの行った調査[5]では、グラフデザインの原則を 30 分間トレーニングすることで、被験者が可視化表現から導く意思決定の質が向上する結果が実験から得られたと述べている。その他に、意思決定の際、可視化表現が誤った印象を生み出す危険性を警告する場合の実験も行っているが、これはグラフデザインの原則のトレーニングとは異なり、可視化表現から意思決定を行うタスクを事前に経験している被験者にのみ効果がある。

先行研究に、渡邊の「閲覧者の関心に対応できる視覚的情報の提示手法に関する研究」[6]がある。この研究では可視化表現を、その閲覧者自身に主導権を持たせて、閲覧者の求める新たな表現に再構築可能なツールキットの開発を行っている。その背景には、多くの可視化表現が情報提示者側の意図に基づいて作成されたものであり、必ずしもその閲覧者が知りたい情報と合致しないという問題がある。論文では、作成したツールキットに誤解や混乱を与える可視化表現を改善する効果があると述べており、これは閲覧者が可視化表現構築の主導権を持つことで、情報提示者側が自らに都合の良い構築をした表現の、作為が含まれた箇所を解消できると考えたためである。しかしこれには、提示された可視化表現に誤った設計箇所があると閲覧者が見抜く必要があり、それが出来なければそもそも表現の再構築を行わない可能性がある。データが部分的に表示されている場合に、全データを表示するよう閲覧者に促す仕組みは実装されているが、ミスリーディングなグラフの回避を達成するには不十分である。

以後、この先行研究で開発されたツールを「先行ツール」と呼ぶ。

## 3. 課題

### 3.1 ミスリーディングなグラフの作成原因

グラフが不適切に設計される原因には主に次の 2 つが考えられる。

#### 作為によるもの

グラフの作成者は、プレゼンテーションの際などに聴衆を説得したいがために、自らに都合の良いようにグラフを設計する場合がある。例えば、データを実際以上に良く(あるいは悪く)見せたいといった意図に基づいて図 1 (a) のようなグラフを作成する場合や、都合の悪い要素や期間を除外して表示してしまう場合など、グラフの閲覧者にデータの持つ本来の性質とは異なった印象を与えてしまう設計が多い。このように情報提示者が何らかの作為を持ってグラフを設計することは、ミスリーディングなグラフを生む原因となりうる。

#### 知識不足によるもの

前述のような作為の有無に関わらず、グラフの作成者はグラフを適切に設計できるとは限らない。これは、グラフ設計に関する知識不足のためであると考えられる。

ここで言及する「知識」には、グラフに割り当てるべき色はどんなものが適切か、またグラフに整然とした印象を持たせるにはどんなレイアウトが適しているかなど、見やすい図を作るためのテクニックも含まれており、これらの欠如も、ミスリーディングなグラフの作成に繋がると考える。

### 3.2 本研究で取り組む課題

ミスリーディングなグラフの作成を防止するという目的を達成するためのアプローチは、上で挙げた 2 つの原因によって異なるものになると考えられる。現在、一般的に用いられている可視化ツールでは、ミスリーディングなグラフの作成が容易である。そのことを考えると、作為的につくられるミスリーディングなグラフに対しては作成防止というアプローチをとるよりも、例えばグラフを適切なものに自動修正するような仕組みを考案する方が効果的であると思われる。一方、知識不足によるミスリーディングなグラフの作成は、グラフの設計者に適切なグラフ設計の方法を理解させることで、防止ができると考えられる。

本研究では、ミスリーディングなグラフが作成される原因のうち「知識不足によるもの」の防止に狙いを絞り、そのアプローチを、適切なグラフ設計の原則をその設計者へ学習させることとした。

ここで、どのように学習を行うかが問題となる。学習の効果が得られたかどうかを確認したい項目は、学習者が「閲覧者に誤解や混乱を与える設計を行わないか」、「伝えたいことにマッチした表現を選択できるか」、「誤った設計がされたグラフの問題点を見抜けるか」の 3 つである。前 2 つの項目を確認するためには、学習者自らが可視化表現を作

成する場が必要になるため、データ可視化ツールとしても成立するような学習ツールの開発が、本研究で取り組む課題となる。

## 4. 学習ツールの設計

学習ツールを開発するにあたって検討すべき項目は以下のように分けられる。

- ・ どのような過程で学習をさせるか(4.1)
- ・ 学習させるグラフ設計の原則(4.2)
- ・ 可視化ツールとしてどう機能させるか(4.3)

本章では、上記の各項目に対してどのような設計を行ったかを、要件末尾に示した番号の節で述べる。以下、設計したツールの利用者を学習者と呼ぶ。

### 4.1 学習過程

学習者へどのような過程で学習をさせるか、すなわち学習ステップの考案はガニエの9教授事象[7, 211 ページ]に基づいて行った。

ガニエの9教授事象とは、人が物事を学ぶプロセスに基づいた教授方略(学習者に対しどのような手順でどのように働きかけるか等の計画)の一つである。つまり人間が新しい知識や技術を体得する認知的な過程に沿って教授活動、すなわち学習者への働きかけを行うことで、学習を効果的に行うことができるようになることを示したものである。表1にその概要を示す。

表1 ガニエの9教授事象

- |                |
|----------------|
| 1. 学習者の注意を獲得する |
| 2. 授業の目標を知らせる  |
| 3. 前提条件を思い出させる |
| 4. 新しい事項を提示する  |
| 5. 学習の指針を与える   |
| 6. 練習の機会をつくる   |
| 7. フィードバックを与える |
| 8. 学習の成果を評価する  |
| 9. 保持と転移を高める   |

この教授方略に沿って設計した学習ステップについては「6. ツール利用の流れ」にて詳しく述べる。

### 4.2 グラフの設計原則

この節では、教授活動「4.新しい事項を提示する」の段階で学習者へ示す、グラフ設計の原則について述べる。

学習者には、適切なグラフを設計するための原則を、グラフ全般に関する原則、棒グラフに関する原則、円グラフに関する原則に分けて提示する。加えて学習者には、ここで示す原則はあくまでも一部で、本ツールで示す原則を全て満しても必ずしも適切なグラフが作成できるわけではないことを注意させる。

### 4.2.1 グラフ全般に関する原則

以下、グラフ全般に関する適切な設計のための原則を列挙する。

- ・ 背景色と同化しない色を割り当てる

背景色と近い色をグラフに割り当てると、閲覧者に見辛い印象を与えてしまう。例えば背景色が白色である場合、薄めの黄色などをグラフに割り当てるのは避けるべきである。

- ・ キャプションをつける

キャプション、つまりグラフに添える説明文や補足情報を付加することで、グラフが何を伝えたいかを明確にできる。なるべくキャプションを添えるようにすると良い。

- ・ 文字が重ならないようにする

キャプションやグラフ軸のラベルの重なりは文字の視認性を落とす原因となるため、避けるべきである。

- ・ 伝えたいこととその表現をマッチさせる

棒グラフや円グラフ等の可視化表現にはそれぞれ、表現でできることに得手不得手がある。伝えたいことによりマッチした表現を選択することが、良いグラフを作成するために必要となる。

### 4.2.2 棒グラフに関する原則

- ・ 基準線を描く

目盛りの基準線を設けることでデータの大小関係が読み取りやすくなる。

- ・ ゼロの基準線を必ず描く

図1の例の通り、軸がゼロから始まらないことで、縦棒の差の印象が変わる。ゼロの基準線は必ず描くべきである。

- ・ 時間の流れは左から右

横軸の属性が年や月など時間を表すものである場合、その時間は軸の左から右へ進むよう設計するべきである。これはグラフにおける時間の流れの認知が一般的に左から右へ進むよう行われるため、これに反する設計を行うと、例えば実際には年々減少しているデータを、逆に年々増加しているような印象を与えてしまう。

- ・ 作為的にデータの除外を行わない

都合の悪いデータを取り除かず、なるべく全データを表示するべきである。描画スペースの関係で省略を行う場合やデータに欠落がある場合にはキャプションでその事を明記すると良い。

### 4.2.3 円グラフに関する原則

- ・ セグメントを設けすぎない

セグメントとは円を分割する一つの扇型のことである。このセグメントが多すぎると、セグメント同士の比較が難しくなる。データが多くセグメントが5つより多くなる場合には棒グラフなど他の視覚的表現を用いると良い。

- ・ 大きなセグメントを円の上側に表示する

セグメントが大きい、すなわち全体に占める割合が大きいということは、その分重要なデータという事である。そのようなデータを円の上側に配置することで読みやすい円グ

ラフが設計できる。

・なるべく円グラフを並べないようにする

Tufteの主張[2, 178 ページ]の通り、複数に並べられた円グラフは閲覧者に混乱を招く。例えば棒グラフや折れ線グラフといった、より見やすい視覚的表現を使うべきである。

### 4.3 可視化ツールの機能

現在、一般的に用いられているデータ可視化ツールには Microsoft Excel<sup>3</sup>などがある。学習者は普段、そのような一般的なツールを使ってグラフ設計を行なっていると想定し、本研究のツールで利用可能な表現は、棒グラフや円グラフといった単純なものに絞る。

一般的な可視化ツールには実装されていない機能で、本研究のツールが必要とするものは「不適切な設計箇所を検知し、そのどこが問題かを警告する」機能である。これは学習者が原則に反して誤った表現を行なった際のフィードバックとして必要となる機能である(図 6)。警告後、自動的に修正を行うシステム[4]とは異なり、本研究のツールではその修正は学習者自身に行なってもらふ。これは本ツールが学習を目的としたツールであり、修正をツールが自動で行なってしまうと、その効果が薄れるものと危惧したためである。また、2.2 節で述べたように、Raschkeらは実験を通して、事前にグラフデザインの原則を学習した実験参加者は、ミスリーディングなグラフから導く意思決定の質が向上するという結果を示している[5]。その知見から、適切なグラフ設計の原則を学ぶことは、学習者へグラフの不適切な設計防止を促す効果があるだけでなく、ミスリーディングなグラフを閲覧した際、そのグラフのどこに問題点があるのかを見抜く力を与える効果も期待できる。

不適切な設計の検知は、図 2 に示す JavaScript コード内のオブジェクトを基に行う。学習者が 4.2 で列挙した原則に反する設計を行った場合、対応するプロパティの真偽値を true に変える。例えば、学習者が縦軸を省略することでゼロの基準線が描かれなくなった場合には、プロパティ名“zero”の値が true となる。別の関数でいずれかのプロパティに true 値があるかどうかの判定を行い、true 値が存在する場合には学習者へ警告をする。

## 5. 学習ツールの開発

### 5.1 使用言語と利用環境

ツールの開発には JavaScript を使用した。その理由は、先行ツールに同言語が使用されており、本研究のツールはその先行ツールを基盤とし拡張を行ったためである。また、本ツールはブラウザ上で利用する Web アプリケーションであり、本論文の中ではツールについて述べる上で Google Chrome を利用している。

```
//不適切設計(誤解を与えるもの)
let evalJunkArr = {
  "zero": false, //ゼロの基準線の有無
  "time": false, //時間の流れが左から右かどうか
  "exclude": false, //データの除外があるか
  "match": false, //伝えたいこととその表現がマッチしているか
};

//不適切設計(混乱を与えるもの)
let evalJunkArr2 = {
  "axis": false, //基準線の有無
  "color": false, //適切な色の割り当て
  "overlap": false, //文字の重なり
  "pies": false, //円グラフを並べない
  "segnum": false, //セグメント数は適切か
  "segorder": false, //大きなセグメントは円の上側に表示されているか
  "caption": true, //キャプションの有無(ツールの初期状態ではキャプションが無いので最初から true)
};
```

図 2 検知項目をプロパティとしたオブジェクト

データの可視化は JavaScript ライブラリである D<sup>3</sup>[8]を使用して行う。D<sup>3</sup>は入力データを HTML や SVG 等のドキュメント要素に結びつけることで可視化を行い、作成したグラフへのアニメーションの付与やインタラクティブな操作を可能とするライブラリである。また、現在扱うことのできるデータはローカルに存在する JSON 形式のものに限られている。ツール中の言葉遣いやグラフの説明は、学習者を大学生以上の情報可視化の非専門家であると想定して行う。

### 5.2 ツールの画面

図 3 は開発したツールの全体画面である。ツールの各部(A~G)についての説明を以下に示す。

- A: アイコン A をクリックすることで学習ステップのタイトルが一覧で示された画面(図 4)が図 3 の D を覆うように表示される。各タイトルをクリックすると、タイトルに対応したポップアップが図 4 のように表示され、ポップアップ内の図と文章で学習を行う。図 4 は「05. 棒グラフ作成の原則」をクリックした後の画面である。また、学習が終了したステップはタイトルが灰色で表示される。
- B: グラフ作成に使用するデータをここで選択する。
- C: 描画するグラフの種類をここで選択する。現在選択できる表現は棒グラフと円グラフの 2 種である。

3 <https://products.office.com/ja-jp/excel>

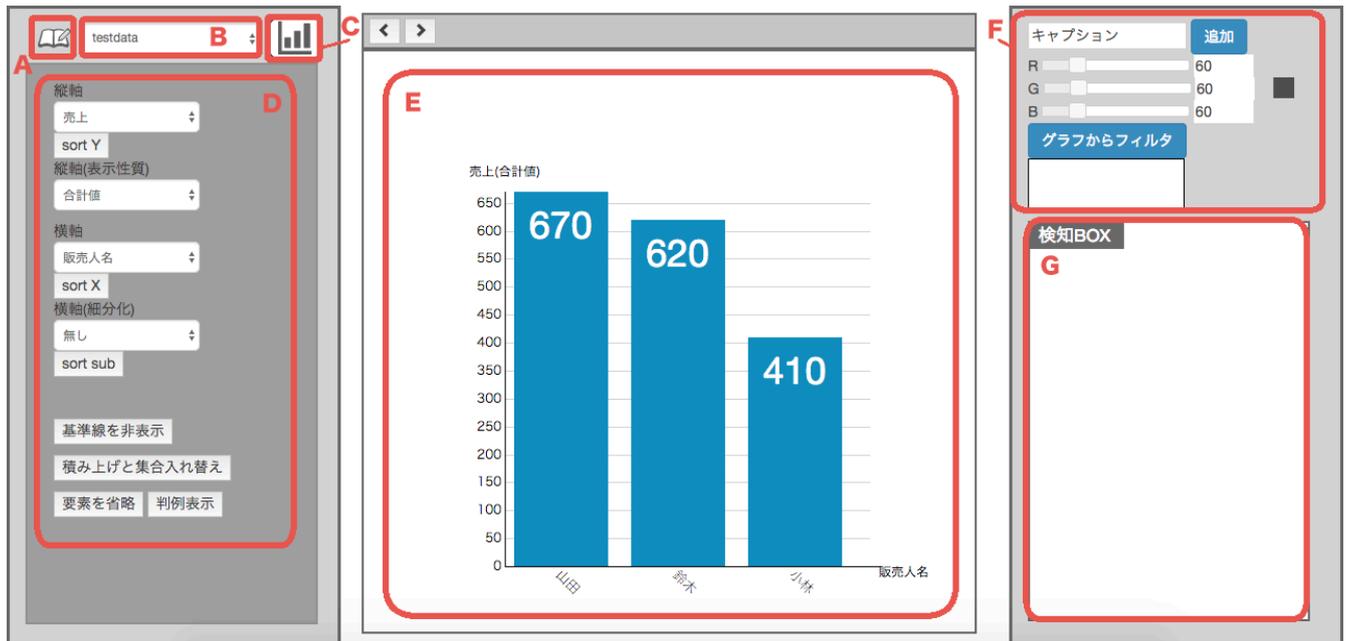


図 3 ツールの全体画面

- D: 描画するグラフの各種設定を行うコントロールパネルである。C で選択したグラフの種類によってパネルの内容は変更される。図 3 は棒グラフが選択された場合の内容であり、値や属性の設定やソートを行うボタン等が表示されている。
- E: ここにグラフが描画される。グラフの設計が不適切な場合、描画枠が赤色になる (図 6)。
- F: D と同じくグラフの各種設定を行うコントロールパネルである。レイアウトを考慮し D に含めなかったものをここに配置した。データや軸のフィルタリング、キャプションの追加やグラフの色の変更をここから行う。
- G: E に描画したグラフに不適切な設計があれば、それを検知し、G に警告文を表示する。図 6 はその検知の様子である。閲覧者に誤解を与えるグラフ設計は赤色の警告文で、混乱を与えるグラフ設計は橙色の警告文で、学習者に知らせる。また警告文をクリックすることで、対応するポップアップが図 5 のように表示され、設計のどこに問題があるのか分かるようになっている。

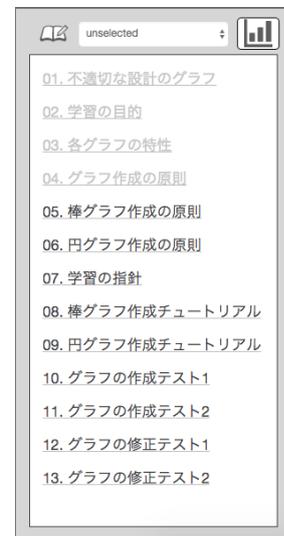


図 4 学習ステップ一覧

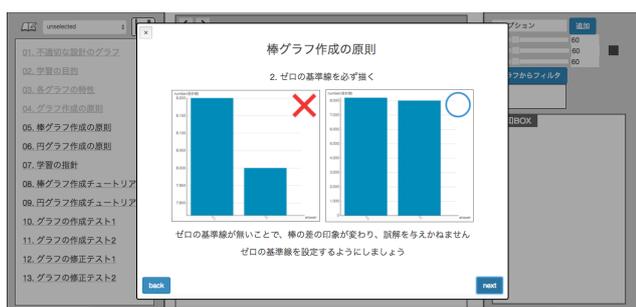


図 5 学習画面



図 6 不適切な設計の検知

## 6. ツール利用の流れ

開発ツールは図 4 に示した学習ステップに沿って利用されると想定している。本章では、表 1 に示した 9 つの教授事象と、その教授事象に対応した学習ステップについて順に説明することで、ツール利用の流れを示す。

また現在、ツールの公開は行っておらず、筆者の PC ローカルに保存された html ファイルを開くことでツールの利用を開始する。

### 1. 学習者の注意を獲得する

図 4 のステップ 01 にあたる。学習者へミスリーディングなグラフを提示し、その問題点がどこにあるかを問いかける(図 7)。これにより学習者の注意を獲得し、不適切設計グラフがデータの認知にどのように影響を及ぼすかという問題意識を理解させる。

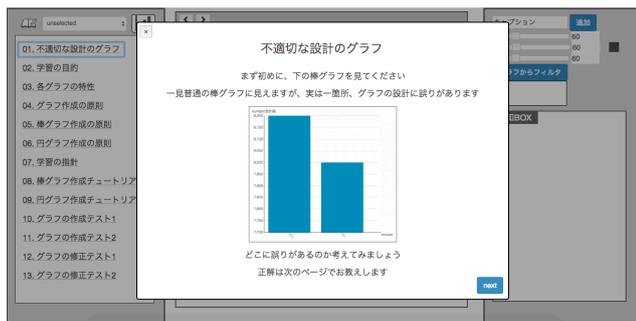


図 7 ステップ 01 のポップアップ

### 2. 授業の目標を知らせる

図 4 のステップ 02 にあたる。データを適切に表現するためのグラフ作成の原則を学ぶことでステップ 01 にて示したような不適切設計グラフを自身で作成しない、またそのようなグラフを閲覧した際に意思決定の質を保つことが目的であると知らせる。

### 3. 前提条件を思い出させる

図 4 のステップ 03 にあたる。ここでの前提条件とは、データを可視化することの意義や各可視化手法(棒グラフや円グラフなど)の特性等を意味する。それらの前提条件は基本的な事柄であるため学習者にとって既知の情報である可能性が高いが、以後の教授を効果的にするための確認の意味合いも兼ねて提示する。

### 4. 新しい事項を提示する

図 4 のステップ 04~06 にあたる。「新しい事項」とは 4.2 で述べた、グラフを適切に設計するための原則にあたり、それらを学習者へ提示する。図 5 はその一例である。

### 5. 学習の指針を与える

図 4 のステップ 07 にあたる。どのようなことが出来るようになれば、「2. 授業の目的を知らせる」で示した目標が達成されたと言えるかを学習者に確認させる。具体的には、学習ステップ 10~13 で適切なグラフの作成と不適切設計グラフの修正が可能となれば学習の目標が達成されると

知らせる。

### 6. 練習の機会をつくる

図 4 のステップ 08~09 にあたる。08 では棒グラフ、09 では円グラフの設計を通して、ツールの使い方を理解するためのチュートリアルを行う。データを選択する段階からそのデータをグラフにするまで、どのボタンを押せばよいかをツールから誘導し、各ボタンに対応する機能を理解させる(図 8)。



図 8 チュートリアルにおける誘導

ここではツールを使用し可視化を行う方法だけではなく、誤った可視化表現を検知し、それを警告する流れも模擬的に行う。

### 7. フィードバックを与える

「グラフの不適切な設計部分の検知と警告」がここでのフィードバックにあたる。検知と警告は、4.2 で述べたグラフの設計原則に反した設計を学習者が行なった際、逐次行われる。図 6 はその一例である。

図 6 を例に説明をすると、描画された棒グラフにはゼロの基準線が存在しておらず、各縦棒間の差の印象を歪めている。またこの棒グラフには、例えば「A 社の社員別売り上げ(8月)」といったようなキャプションが付加されておらず、示したいことが不明確である。以上 2 つの不適切な設計をツールが検知し、検知 BOX に警告文を表示している。

学習者は、一度学んだことでも確実に実行できるとは限らない。その場合に、このようなフィードバックを与えることが必要である。

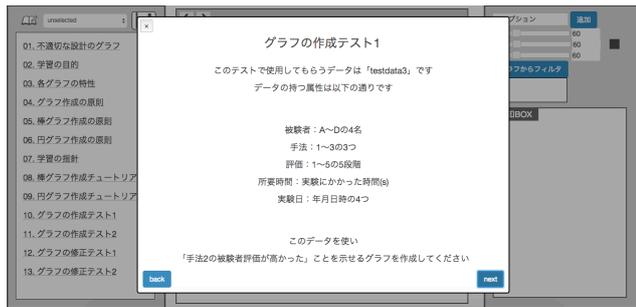
### 8. 学習の成果を評価する

図 4 のステップ 10~13 にあたる。学習の成果、つまりグラフを適切に設計するための原則を理解できたかどうかを評価するためのテストを行う。テストは 2 つの種類があり、1 つは提示された条件に沿ったグラフを作成できるかどうかのテスト、もう 1 つはミスリーディングなグラフが提示され、それを修正するテストである。前者のテストは、グラフの不適切な設計防止を目標とした学習の効果を確認するため、後者は各種メディア等でミスリーディングなグラフを閲覧した際、それを基に歪んだ意思決定を行ってしまう危険性が減少したかを確認するために設けた。以下、各テストについて、筆者らが想定するケースで説明をする。

#### グラフの作成テスト

学習ステップ 10 と 11 がグラフの作成テストである。こ

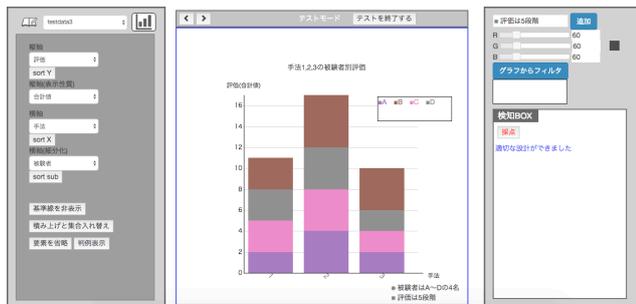
ここではステップ10を例にテストの流れを説明する(図9)。



(a) まず、作成するグラフについて、使うデータやグラフで示す事柄などの条件を学習者へ伝える。



(b) 学習者は(a)で示された条件に沿うようにグラフを設計していく。検知BOX内にある採点ボタンを押すと、ここでは円グラフより適した表現があると警告される。



(c) 警告を受け、学習者は棒グラフに表現を切り替える。採点ボタンを押し、適切な設計ができたことが分かったのでテストは終了となる。

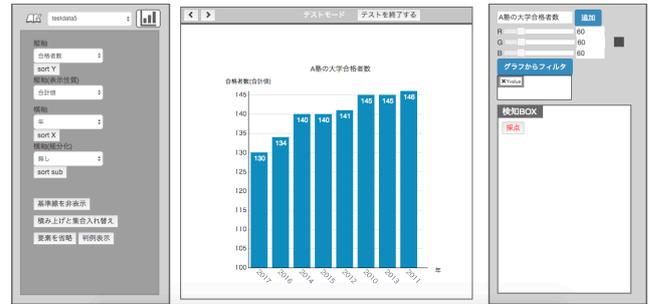
図9 学習ステップ10の流れ

### グラフの修正テスト

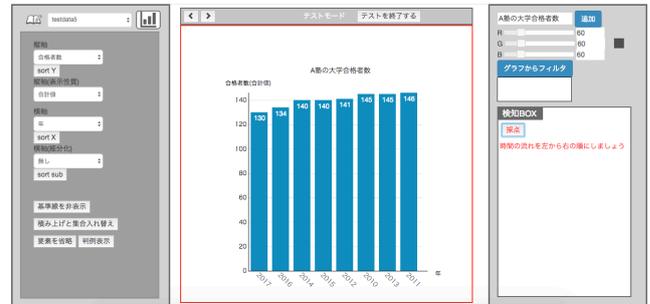
学習ステップ12と13がグラフの修正テストである。修正テストの流れを、ステップ12を例に図10で説明する。

### 9. 保持と転移を高める

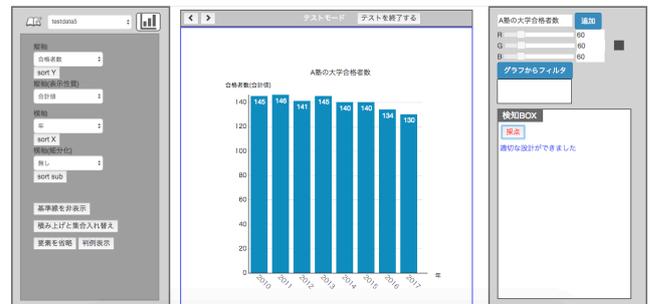
保持とは、この学習で得た知識や技術を継続して持つこと。転移とは、学習効果を発揮する場所が他に移る、つまり、実際の可視化ツール等を扱う場合にも本研究のツールで学んだ事柄を意識して実行することができるかを意味する。この「保持と転移を高める」という教授には、例えば、時間を空けて再度確認のテストを行うことなどが挙げられるが、本研究のツールでは現在、サポートを行っていない。



(a) ミスリーディングなグラフを、学習者へ提示する。提示するグラフについての情報は、テスト開始前のポップアップで説明する。



(b) 学習者は提示されたグラフの縦軸が0から始まっていないことに気づき、修正をした。その後、採点ボタンを押すと、修正に漏れがあることを警告される。



(c) 学習者は残っていた不適切な設計を修正、採点ボタンを押すと、適切な設計ができたことが分かったのでテストは終了となる。

図10 学習ステップ12の流れ

## 7. ツールの考察

現在の学習ステップでは、学習者がツールを使ってグラフを作成するまでに7つのステップを踏む必要があり、グラフ作成までの学習は文字と図のみによるものである。その段階がやや長く続くため、学習者の意欲が削がれてしまう可能性が危惧される。また、適切なグラフ設計の原則を説明する文章や図が学習者に理解できるものか、ツールに実装した赤色のバブルが学習者をこちらの想定通りに誘導できるかなどは今のところ分かっていない。それらを確認するために、ツールの評価実験等を行なうことで、ツールの使用感や理解し辛かった点の聴取をする必要がある。

本研究で開発した学習ツールを利用することで、学習者

が実際にデータ可視化を行う際、ミスリーディングなグラフを作成する可能性を減らすことができたか、あるいは学習者がミスリーディングなグラフを各種メディアで閲覧した際、そこから導く意思決定の質を向上させることができたか、その検証はこれからの課題である。

## 8. おわりに

### 8.1 まとめ

本研究では知識不足によるミスリーディングなグラフの作成防止を目的とし、適切なグラフ設計の原則を学習可能な可視化ツールの開発を行った。開発したツールで行う学習の過程を、問題意識と知識の獲得から始まり、ツールの使用法の学習を経て、獲得した知識の効果をグラフに関するテストで確認できるよう複数のステップに分けて構成した。また、関連研究から適切なグラフを設計するための原則についてまとめ、その原則に反した設計がツールで行われた場合に、その設計をグラフの閲覧者に誤解や混乱を与える設計として検知し、学習者へ警告する機能を実装した。

### 8.2 今後の展望

今後研究を発展させる際に、その展望や取り組むべき課題は大きく4つに分けられる。その1つは開発したツールのさらなる充実である。現在、学習可能な視覚的表現は棒グラフと円グラフの2種類であり、適切なグラフ設計のための原則も代表的なものを抜粋して提示している。扱える視覚的表現とその学習内容を拡張することでツールをより良いものと考えられる。2つ目の課題は、学習ツールの効果を測ることができる実験の考案と実行である。学習者が実際の可視化ツールにグラフ設計の場を移した際に、学習の効果が発揮されるかどうか検証をすることで、開発した学習ツールの有用性を示すことができる。

3つ目は、本ツールが利用される機会を作ることである。現在ツールの公開は行っておらず、実際に利用はされていない。例えば、論文の作成を控えた学生や、ビジネス情報の可視化を行う会社員らにツールを利用してもらうことで、ミスリーディングなグラフが作成される可能性を減らすことが期待できる。

4つ目の展望として、作為によって作られたミスリーディングなグラフへの対応がある。その目的を達成するために、web ページや電子データの論文等に掲載されている静止画像を自動解析しグラフ部分を抽出することで、そのグラフが適切に設計されたものかどうかを判定し、設計が不適切である場合には自動で修正を行うツールを開発がアプローチとして挙げられる。

## 参考文献

- [1] Stephen Few, Save the Pies for Dessert, Perceptual Edge Visual Business Intelligence Newsletter, 2007.
- [2] Edward Tufte, The Visual Display of Quantitative Information, Graphics Press, 1983.
- [3] ドナ・M・ウォン, ウォールストリート・ジャーナル式 図解表現のルール, かんき出版, 2011.
- [4] Michael Schelkle, An assistance system for business information visualization, Designing the Digital Transformation: DESRIST 2017 Research in Progress Proceedings of the 12th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, pp. 46-54, 2017.
- [5] R. L. Raschke and P. J. Steinbart, Mitigating the Effects of Misleading Graphs on Decisions by Educating Users about the Principles of Graph Design, Journal of Information Systems 22, pp. 23-52, 2008.
- [6] 渡邊玲, 閲覧者の関心に対応できる視覚的情報の提示手法に関する研究, 筑波大学大学院博士課程システム情報工学研究科修士論文, 2017.
- [7] 日本教育工学会, 教育工学事典, 実教出版, 2000.
- [8] Michael Bostock, Vadim Ogievetsky, and Jeffrey Heer, D3 data-driven documents, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 17, No. 12, pp. 2301-2309, 2011.