

## 表とパラレルコーディネートを組み合わせた 視覚的分析ツールの評価

結 城 崇<sup>†1</sup> 三 末 和 男<sup>†1</sup> 田 中 二 郎<sup>†1</sup>

表とパラレルコーディネートを組み合わせた表現方法を開発した。個々のデータの閲覧に適した表と、多次元データの概観把握に適したパラレルコーディネートを組み合わせることで、データの詳細と概観を自由に行き来しながら分析を行える。本表現方法を備えた視覚的分析ツールと表とパラレルコーディネートをを用いたビューを並べた分析ツールとの比較評価を行った。実験結果から表とパラレルコーディネートの組み合わせによる視覚的分析への効果を明らかにした。

### An evaluation of a visual analysis tool combined table and parallel coordinate

TAKASHI YUKI,<sup>†1</sup> KAZUO MISUE<sup>†1</sup> and JIRO TANAKA<sup>†1</sup>

We designed a representation combining tables and parallel coordinates, and developed a visual data analysis tool comprising this representation and operations for data analysis. Table representation is suitable for reading data in details. On the other hand, parallel coordinate is useful for understanding the overview of multidimensional data. Combining both representation techniques, it is possible to analyze data switching detail and overview during an exploratory data analysis. We experiment on a tool has our representation and a comparison tool having table view and parallel coordinate view. The result indicates the effect of combining table and parallel coordinate for data analysis.

### 1. はじめに

データから有益な情報を効果的に取得するための手段として、視覚的分析ツールが用いられており、その開発が盛んに行われている。視覚的分析では、視覚的に表現された図に対してインタラクションを行い、分析を進めていく。その分析過程において、データの概観と詳細を行き来する場面が多く存在する。データの概観とは、データの全体的な傾向を指し、データ分布や相関から得られる。データの詳細とは、元データ中の文字列のことを指し、データの最小単位である。しかし、従来の視覚的分析ツールでは、複数のビューによって概観と詳細を提示するため、ビューを見比べる場面が多くなる。ビューを見比べる際に片方のビューから目を離さなければならず、図に対するイメージが失われてしまうことが考えられる。

本研究では、この問題を解決するために、図に対するイメージを保ちながら継続的に分析を行える視覚的分析ツールの開発を目指している。我々は、これを実現するために、1つのビュー上で概観と詳細の行き来を可能にする、表とパラレルコーディネートを組み合わせた視覚的分析ツールを開発した<sup>1)</sup>。本論文では、本ツールの視覚的分析への有用性の評価について述べる。分析に用いるビュー数による影響を測定するために、本ツールと、表とパラレルコーディネートをそれぞれ別のビューとして備える比較ツールとの比較実験を行った。ツールの備えるビュー数による分析の影響を明らかにし、本ツール(1つのビュー)の分析への有用性を示す。

第2章では、表とパラレルコーディネートを組み合わせた視覚的分析ツールについて示す。第3章では、本ツールを評価するための実験のデザインについて示す。第4章では、本ツールと、複数のビューを備える比較ツールに対して行った実験の詳細とその結果について示す。第5章では、実験結果に対する考察について示す。第6章では、研究のまとめについて示す。

### 2. 先行研究

我々の開発した表とパラレルコーディネートを組み合わせた視覚的分析ツールについて示す。本ツールでは、1つのビュー上で概観と詳細を自由に行き来しながら分析を行える。本ツールは多次元データの表現手法と、データ分析のための操作を備えている。まず、「表」と「パラレルコーディネート」それぞれの表現手法について示す。

<sup>†1</sup> 筑波大学 大学院システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻  
Department of Computer Science, Graduate school of Systems and Information Engineering,  
University of Tsukuba

## 2.1 表現手法

### 2.1.1 表

表は、縦横の直線で区切られた領域(セル)にデータを並べることで、データ同士の関係性を表現する手法である。視覚的分析ツールでは、多次元データを属性とレコードに基づいた形式で表現する。データの要素をセルとして表現し、縦横方向に隣接するようにセルを配置し、同レコードのセルは横方向に、同属性のセルは縦方向に位置を揃えてデータを表現する。データの要素を表すセルが隣接しかつ位置が揃っており、個々のデータを閲覧しやすい特徴を持つ。

### 2.1.2 パラレルコーディネート

パラレルコーディネート<sup>2)</sup>は、多次元データの各次元を表す座標軸(以降、軸と呼ぶ)を平行に並べて表現する手法である。パラレルコーディネートは、多次元データを以下の手順で描く。まず、縦に伸びる軸上に各次元の持つデータに対応する点を配置し、軸を横方向に平行かつ等間隔に並べる。さらに、同じレコードである点同士を線で繋ぎ、1レコードを1本の線として表現する。このように表現することで、各次元のデータ分布を一覧でき、隣り合う軸間の線から2つの次元の相関を把握できる。

### 2.1.3 表とパラレルコーディネートを組み合わせた表現手法

データ要素を「表」と同様に「セル(矩形+テキスト)」として表現する。任意のセルについてレコードへの所属関係を提示するために、同じレコードに属するセル同士は線で繋ぐ(図1)。これは、「パラレルコーディネート」のデータ要素を繋ぐ線に倣った形式であり、一本の線がレコードに相当し、線を辿ることでレコードを把握できる。本表現手法では、セルの配置方法を変更することにより、「表」と「パラレルコーディネート」を切り替えられる。ある属性について、セルを隣り合うように配置すると「表」となり、属性内の値に対応づけた位置にセルを配置すると「パラレルコーディネート」となる。また、セルを繋ぐ線はセルの縦幅と同じ高さにし、さらに透明度を持たせる。線が重なった場合に色が濃くなり、データ分布が密な部分を把握できる。

## 2.2 分析のための操作

### 2.2.1 配置変更操作

選択中のセルに対して、「表」及び「パラレルコーディネート」の配置に変更する操作である。データ分布を把握したい時には「パラレルコーディネート」を用い、詳細な情報を知りたい時には「表」を用いる。「表」では、セル同士が縦方向に隣接するようにする配置され、セル同士が重ならないように、一定の順番に沿って並ぶ。「パラレルコーディネート」では、

時刻	購入者	購入した物	カテゴリ	価格
2009/06/07 21:22	A	コココーラ	清涼飲料水	100
2009/05/29 21:36	B	BLEND COFFEE 微糖	コーヒー	50
2009/05/29 11:52	A	辛さが旨いキムチ焼きそば	インスタント食品	100
2009/05/29 10:02	C	伊右衛門	茶	100
2009/05/29 9:14	C	BLEND COFFEE 微糖	コーヒー	50
2009/05/28 15:55	B	しっとりチョコ	菓子類	100
2009/05/28 14:00	C	爽健美茶	茶	100
2009/05/28 13:36	D	BOSS レインボーマウンテン	コーヒー	80
2009/05/28 12:12	E	BOSS レインボーマウンテン	コーヒー	80
2009/05/28 11:45	F	茶織	茶	200
2009/05/28 10:22	F	伊右衛門	茶	100

図1 表とパラレルコーディネートを組み合わせた表現。

セルのある属性のデータ分布を表すようにする(図2左)。

### 2.2.2 シフト操作

着目したデータについて、位置によって関連するデータを閲覧する操作である。着目しているセルをマウス操作によって移動させると、関連するセルも同様に位置がずれ、所属する属性に対応する軸から関連するセルだけが抜き出される。関連するセルが元の軸から抜き出されるように移動し、元々の軸との位置関係から関係するセルを把握できる。図2では、赤色のセルに対してフィルタリングを行い、そのセルと関連するセルが軸から左に離れた位置にずれている。

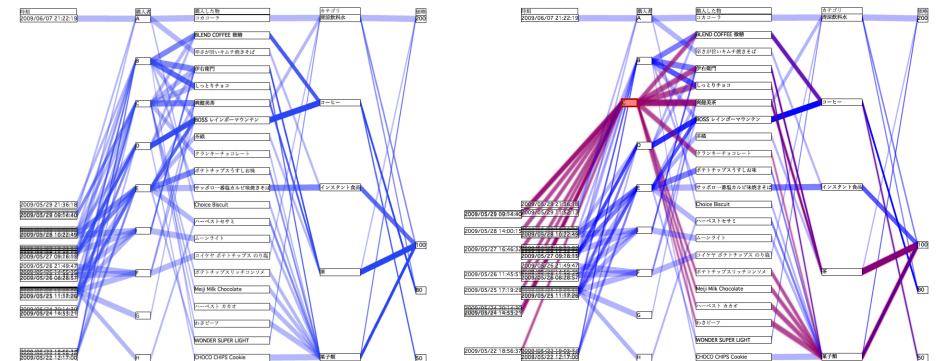


図2 シフト操作の適応例。(左) 適応前、(右) 適応後。

### 2.2.3 インスタントビュー操作

関連するデータを閲覧するために、任意の部分の表現形式を変換する操作である。シフトキーを押しながらセルにマウスホバーすることで、選択したセルと関連するセルを、現在用いているものと異なる表現に遷移させる。「パラレルコーディネート」で表現されている部分では「表」に遷移し、「表」で表現されている部分では「パラレルコーディネート」に遷移する、これにより、データ分布から得られたデータの特徴について、詳しく調べることができる。図3では、左図のパラレルコーディネート形式の軸から、赤色のセルにインスタントビュー操作を行い、右図において操作を行ったセルと同じデータを持つセルを表形式で提示している。

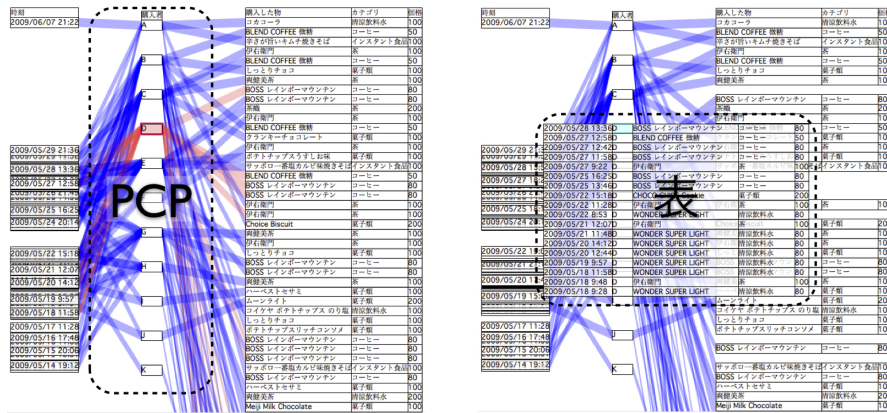


図3 インスタントビュー操作の適応例。(左) 適応前、(右) 適応後。

## 3. 実験のデザイン

本ツールの評価を行うに当たり、ビュー数による分析への影響に関する仮説を立てた。そして、この仮説を検証するために、2つのビューを備える比較ツールとの比較実験を行う。実験で用いるタスクは、分析の複雑さと分析方法によって設計した、

### 3.1 ビュー数による分析への効果についての仮説

(1) 1つのビューを用いた分析では、複数のビューを用いた分析と比べて、情報を正確に読み取れる。

複数のビューでの分析では、データの詳細と概観を見比べる際に、対応関係を誤って認識してしまうことが考えられ、情報を正確に読み取れない可能性がある。1つのビューでの分析では、データの詳細と概観が滑らかに遷移するため、変化前後の対応関係を読み取りやすく、情報をより正確に読み取れると考えられる。

(2) 単純な分析場面では、複数のビューを用いた分析の方がタスクを素早く達成でき、複雑な分析タスクでは、1つのビューを用いた分析の方がタスクを素早く達成できる。1つのビューでの分析では、表現形式の変換にアニメーションを用いており、表現形式の変換に時間がかかる。複数のビューでの分析では、既に図が提示されており、ビュー間の対応関係を把握するだけである。そのため、単純なタスクにおいては、複数のビューでの分析の方がタスクを素早く達成できると考えられる。また、複雑な分析タスクでは、図に対するイメージを保ちながら分析を進められることから、1つのビューでの分析の方がタスクを素早く達成できると考えられる。

(3) 1つのビューでの分析では、疲労を感じにくい。複数のビューでの分析では、ビューを頻繁に見比べる必要があり、見比べる活動によって疲労を感じやすいと考えられる。1つのビューでの分析では、表現形式が滑らかに遷移するため、変換前後の対応関係を把握しやすく、疲労を感じにくいと考えられる。

#### 3.1.1 比較ツール

表とパラレルコーディネートの組み合わせによる効果を測定するために、表とパラレルコーディネートをそれぞれ別のビューとして備えるツールを用意した(図4)。比較ツールは、左側に表、右側にパラレルコーディネートのビューを備えている。ビュー間のデータの対応関係の把握を支援するために、Linking and Brushing<sup>3)</sup>を実装している。Linking<sup>4)</sup>とは、複数のビューでハイライトの状態を同期させ、異なるビューにある視覚的表現の対応関係の把握を支援する手法である。比較ツールでは、ハイライト及び選択状態を2つのビューでリンクさせ、データ要素に対する色付けを同期させる。片方のビューで操作を行うと、もう一方のビューでも対応するデータに対し統一した色付けを行う。Brushing<sup>5)</sup>とは、任意のデータ範囲を選択することでビュー内に選択部分のデータだけを提示し、着目したデータをハイライトする手法である。比較ツールでは、パラレルコーディネート上でデータ選択を行うと、表でも選択したデータのみが提示される。これは、パラレルコーディネートを用いてデータの概観を提示し、表を用いて詳細情報を提示する従来ツールと同様の形式である。また、パラレルコーディネートの各軸の配置方法については、本ツールと同等の配置方法を

用いることができる。

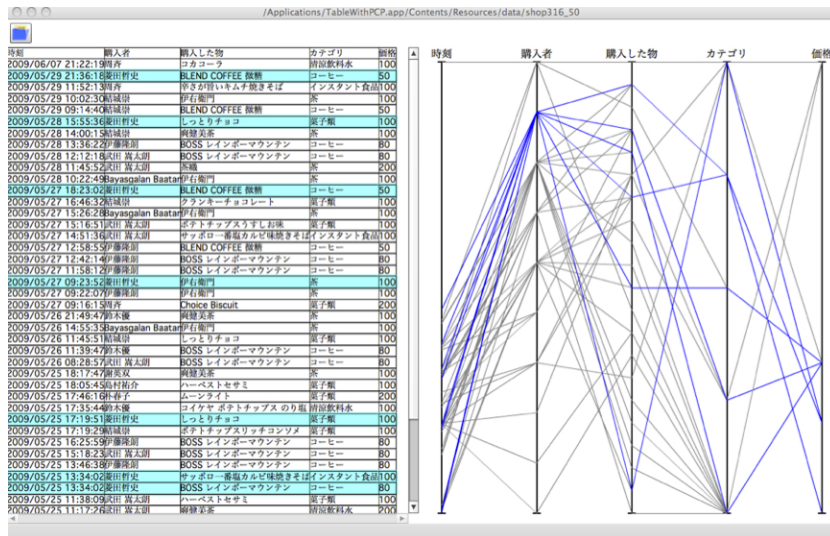


図4 比較ツールの外観。

### 3.2 実験タスク

実験タスクは、全22個を用意した(表1)。全タスクについて明確な答えが存在するように設計した。それぞれのツールを用いて、タスクを11個ずつ行ってもらい、被験者を2つのグループに分け、片方のグループには本ツールを用いて#1-#11のタスク、比較ツールを用いて#12-#22のタスクを行ってもらった。もう一方のグループには、用いるツールの順番を入れ替えてタスクを行ってもらった。さらに、実験タスクを「分析する属性数」と「分析タスクの種類」について設計を行った。

#### 3.2.1 分析する属性数

分析する属性数とは、タスクを達成するために、配置変更操作を行うことが必要な属性の数である。例えば、ある購入履歴データを考えた時に、「商品の価格」の分布を読み解くだけでよい場合には、分析する属性数は1となる。分析する属性数を増やすことで分析の複雑さが増し、タスク達成により時間がかかる。分析タスクの複雑さを調整するために、1-3の属性数について各3個のタスクを用意した。

#### 3.2.2 分析タスクの種類

データ分析の基礎的なタスクとして、データを「特定」するタスクとデータ同士を「比較」するタスクがある。特定とは、データ中から分布やラベルを通して一つのデータを発見するタスクである。比較とは、複数のデータについてのデータ分布を比較するタスクである。「特定」は、さらに「テキスト」と「分布」のタスクの種類に分類した。「テキスト」とは、特定のデータを視覚的に表現されたラベルから発見するタスクである。比較ツールにおいて、表とパラレルコーディネートのデータの対応関係の把握が必要になることの多いタスクである。表でラベルを確認し、ラベルと対応するパラレルコーディネート上の線を探すという分析の流れが多くなる。「分布」とは、特定のデータをセルや点の分布から発見するタスクである。パラレルコーディネートから読み取った分布に対応するラベルを表から探す必要がある。「テキスト」と「分布」では、ビューを見比べる回数が異なると考えられる。

## 4. 実験

3章で示した環境で、実験を行った。被験者は、コンピュータサイエンスを学ぶ大学生及び大学院生6名である。被験者には、タスクを行う前にツールの使用方法を説明し、実際のタスクに似せた練習用のタスクを行ってもらい、ツールに慣れてもらった。実験に用いたデータは、著者の所属する研究室で運用している購買システムの購買履歴データである。各タスク終了時と全タスク終了時に、ツールに対する印象について回答してもらった。各タスク終了時には、使用したツールでの「タスクの行いやすさ」を5段階で回答してもらった。全タスク終了時には、以下の質問に対して、(1) そう思わない-(5) そう思うの5段階で回答してもらった。

- すぐにツールに慣れることができた。
- 直感的に分析を行えた。
- データ分析を行いやすい。
- 分析による疲労を感じにくい。
- データ分析の機会にこのツールを使いたい。

## 4.1 結果

### 4.1.1 正答率

各タスクごとの正答率を図5に示す。正答率は、各タスクを行った被験者の内、正答した被験者の割合である。#22を除いた全タスクについて、本ツールの方が正答率が高いも

表 1 実験タスクの一覧

タスク番号	質問	属性数	分析タスク
#1	最も高い価格は何円ですか?	1	特定 (分布)
#2	清涼飲料水は商品カテゴリの中で何番目によく売れていますか?	1	特定 (テキスト)
#3	6 番目によく売れた商品は何ですか?	1	特定 (分布)
#4	200 円の商品の中で最もよく売れた商品は何ですか?	2	特定 (テキスト)
#5	3 番目によく売れた商品カテゴリの中で、最もよく売れた商品は何ですか?	2	特定 (分布)
#6	ハーベストカカオを最もよく買った購入者は誰ですか?	2	特定 (テキスト)
#7	最も安い価格の商品の中で最もよく売れた商品を、最もよく買った購入者は誰ですか?	3	特定 (分布)
#8	伊石衛門だけを買った購入者の中で購入数が少ない購入者が商品を最もよく買った「日」はいつですか?	3	特定 (テキスト)
#9	最もよく売れた商品カテゴリの中で最も良く売れた商品を最もよく買った購入者は誰ですか?	3	特定 (分布)
#10	購入者 C と D はどちらが定期的に商品を購入していますか?	2	比較
#11	茶と清涼飲料水ではどちらが定期的に商品を購入していますか?	2	比較
#12	BOSS レインボーマウンテンは商品の中で何番目に売り上げが多いですか?	1	特定 (テキスト)
#13	最も古い売り上げ時刻はいつですか?	1	特定 (分布)
#14	H さんは購入者の中で商品の購入数が何番目に少ないですか?	1	特定 (テキスト)
#15	2 番目によく売れた商品を最もよく買っている購入者は誰ですか?	2	特定 (分布)
#16	E さんの購入履歴の中で最も多い商品カテゴリは何ですか?	2	特定 (テキスト)
#17	2 番目によく売れた商品カテゴリの履歴の中で最もよく売れた商品は何ですか?	2	特定 (分布)
#18	200 円の商品を最もよく買った購入者が最もよく買う商品は何ですか?	3	特定 (テキスト)
#19	2 番目によく売れた商品の属する商品カテゴリを最もよく買った購入者は誰ですか?	3	特定 (分布)
#20	コーヒーの中でよく売れた商品が最もよく売れた日はいつですか?	3	特定 (テキスト)
#21	購入者 E と F はどちらが定期的に商品を購入していますか?	2	比較
#22	200 円の商品と 80 円の商品はどちらが定期的に売れているか?	2	比較

しくは同等の結果となった。比較ツールでは、正答率が0.3程度のタスクがいくつか見られる。本ツールでは、全タスクにおいて正答率が0.5以上である。比較ツールで正答率が低くなっている要因は、表とパラレルコーディネートの対応関係を把握する時に、ビュー間でデータの対応関係を誤まって認識してしまったためだと考えられる。また、比較ツールでの実験中にタスクを達成できないと判断した被験者も見られた。

次元数と分析タスクごとの正答率(図6)を調べてみた。分析タスクがテキストの時に、次

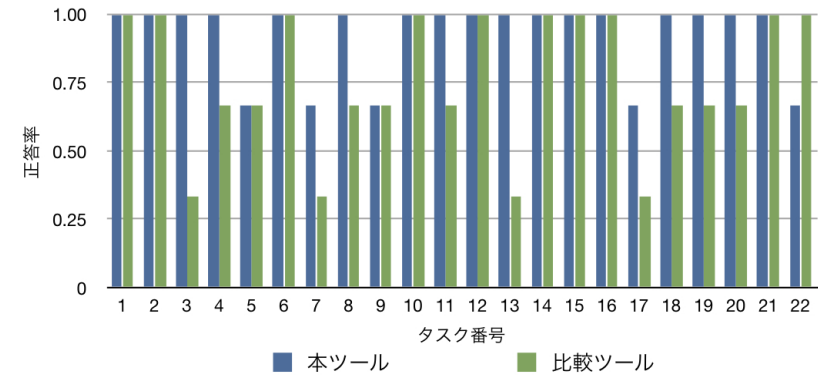


図 5 タスクの正答率。

元数の増加に伴って本ツールと比較ツールの正答率の差が大きくなっていることが分かる。複雑な分析場面ではビューを見比べ、異なる表現間のデータの対応関係を把握する場面が増える。比較ツールで正答率が低かった原因として、表現を見比べる際のラベルの対応関係の誤認識が考えられる。このことから、本ツールでは視覚的表現に対するラベル付けが効果的であったと考えられる。

分析タスクが分布の時には、比較ツールの正答率が低い結果となった。この原因として、比較ツールではパラレルコーディネートと表の対応関係を正確に把握できなかったことが考えられる。分布を読み解くタスクでは、始めにデータ分布を把握し、それから該当する部分について詳細を閲覧するため、必ず表現を見比べる必要がある。さらに、この結果は、本表現がパラレルコーディネートよりもデータ分布を把握しやすいことを示唆している。これは、セル間の線に太さと透明度を持たせ、データが密集した部分を把握できたためだと考えている。

分析タスクが比較の時には、両ツールでほぼ同じ正答率である。比較ツールでは、色によってデータ分布の比較を行い、本ツールでは、シフト操作を用いることで位置関係からデータ分布を比較を行っていた。今回の実験では、色と位置関係による情報提示について差が見られなかった。しかし、これは今回のタスクで扱ったデータ分布が見比べやすく、線の色だけで比較が行えてしまったためだと考えている。

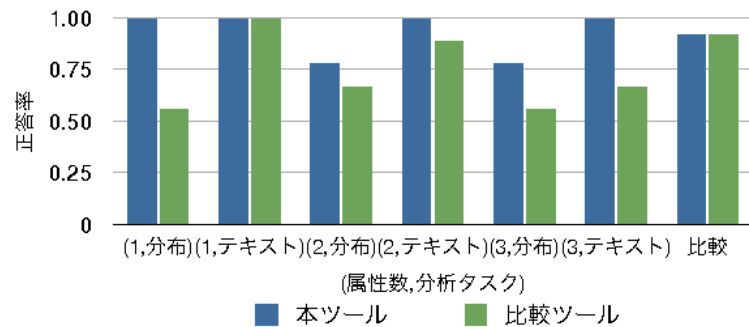


図6 属性数, 分析タスクごとの正答率.

#### 4.1.2 タスク達成時間

各タスクの達成時間を図7に示す. 本ツールでは, 実験を進めるに従ってタスク達成時間が短くなっている. タスクを行うことで, 本ツールでの分析方法を学習し, 速度向上に繋がったと考えられる. 評価ツールでは, タスクを追うごとに達成時間が長くなっているタスク (#18,#19)が見られる.

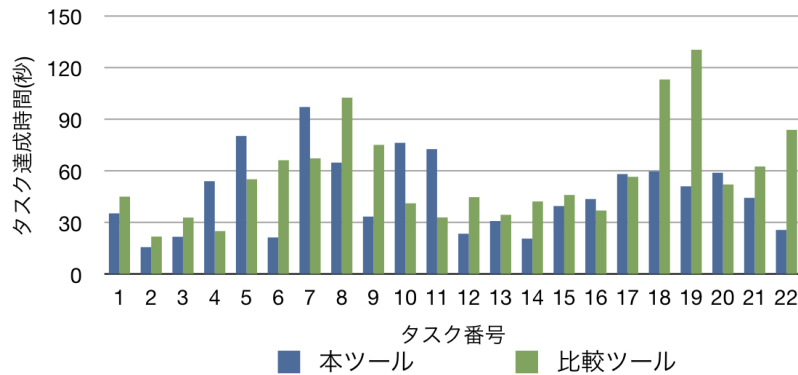


図7 タスク達成時間.

分析する属性数と分析タスクごとのタスク達成時間を図8に示す. 属性数2かつ分析タスクが分布の時以外は, 本ツールの方がタスク達成時間が短かった. 特に属性数が大きい時に, タスク達成時間の差が大きくなっている. これは, 複雑な分析場面では詳細と概観の切り替えが多くなり, 表現間の対応関係の把握に時間がかかったためだと考えられる. 属性数2かつ分析タスクが分布の時に達成時間が逆転した原因として, 本ツールでは分布を表すためにアニメーションを用いているため, 配置の変更にかかる時間がかかってしまったためだと考えている.

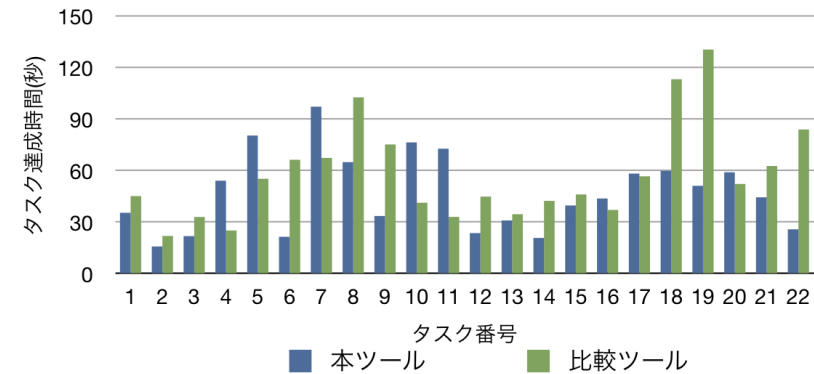


図8 属性数, 分析タスクごとのタスク達成時間.

多次元データ分析のボトルネックとなる活動を特定するために, タスク達成時間とタスク中の操作数及び交差数との相関を求めた. ここでの操作とは, 両ツールで共通する操作のことを指し, 軸の並び順の変更がこれに当たる. 交差とは, 比較ツールにおいて操作対象が表と平行ルコーディネートで切り替わることを指す. 操作数及び交差数とタスク達成時間との相関係数を求めた結果を表2に示す. 操作数について本ツールの方が比較ツールよりも相関が高い. このことから, 本ツールでは, 分析に費やす時間が操作により強く依存することが分かった. また, 視覚的分析では, インタクションによって図を変化させながら分析を行うため, より多くの操作を行うことでデータをより深くかつ多角的に分析できる. そのため, 分析時間と操作数がより密に関係していることは望ましいことである. さらに, 本ツールのインスタントビュー機能の実行回数よりも比較ツールの交差数の方がタスク達

成時間との相関が強かった。比較ツールの交差及び本ツールのインスタントビュー機能は、表とパラレルコーディネートを切り替えることに当たる。本ツールでは分析時間の多くを詳細と概観の表現の切り替えに費やしており、比較ツールでは図を見比べることに時間を費やしていたことが考えられる。これは、表現が滑らかに切り替わることにより、ビューの見比べによる分析の複雑さを軽減したためだと考えている。

表 2 タスク達成時間との相関

	本ツール	比較ツール
操作数 (共通部分)	0.42	0.33
インスタントビュー機能	0.56	該当なし
交差数	該当なし	0.67
操作数+交差数	該当なし	0.67
次元数	0.42	0.60

#### 4.1.3 各タスクでのツールの印象

各タスク終了後に行ったタスクの行いやすさについてのアンケートの回答を示す(図9)。1が「タスクを行いにくかった」の最も悪い評価、5が「タスクを行いやすかった」の最も良い評価を表す。本ツールと比較ツールの回答に対してt検定を行った。5%の水準で有意差が見られたものは、グラフ間に二股の矢印を付けている。次元数が3の時に、本ツールで有意に高い評価が得られた。この結果から、本ツールがより複雑な分析場面で好まれたことが分かった。次元数3のタスクでは、複数の次元について分析する必要があり、本ツールでは表とパラレルコーディネートが滑らかに切り替わり、図に対するイメージや知見を保持しつつ継続的に分析を行えたためだと考えている。

#### 4.1.4 ツールへの印象

タスク後に行った各ツールへの印象についてのアンケートの回答結果を示す。回答結果は1が最も悪く、5が最も良い評価である。被験者はA-Fのアルファベットで表している。図10にて、項目ごとの回答結果の平均を示す。「直感性」、「分析のしやすさ」、「次も使いたい」という項目については、4を上回る結果が得られた。各ツールに対する回答結果の差の有無を判断するために、項目ごとにt検定を行った。5%の水準で有意差が見られた項目には、図10中に二股の矢印がついている。直感性、分析のしやすさ、疲労しにくさについて有意差が見られた。直感性に有意差が見られたことから、データへのイメージとツールが提供する図が似ていることが考えられる。イメージに近い図が提供されることで、より早

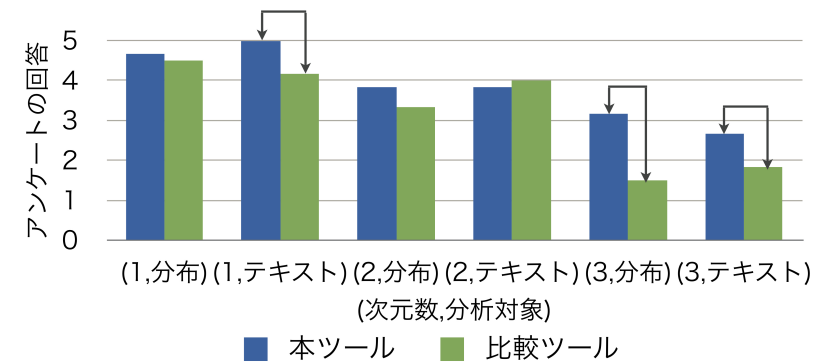


図9 各タスク終了時に行ったアンケートの回答。

くかつ深くデータを分析することができる。この要因として、本手法ではデータ要素が常に統一して表現されており、図の変化前後の対応関係を把握しやすいためだと考えている。分析しやすさに有意差が見られたことから、データ分析に必要な操作が適切に用意できていたと考えられる。データの特長や分布の把握の操作を実行でき、得たい情報が適切に表現されていたと考えられる。疲労しにくさに有意差が見られたことから、本ツールでは疲労を感じにくく、複雑なデータの分析を行いやすいと考えられる。この要因は、異なる表現の図を見比べることによって疲労を感じているためだと考えられる。評価用ツールでは、タスク中にパラレルコーディネートと表を見比べることが多く、分析中に表現の異なる図の切り替えが頻繁に行われていた。本ツールでは、アニメーションとドラッグ操作によって滑らかに図が切り替わっていく。学習コストに有意差が見られなかった要因として、既存の表現(表とパラレルコーディネート)を提示するツールと学習コストにあまり差がないと言える。「次も使いたい」について有意差が見られなかった原因は、ツールの具体的な利用シーンを思い浮かべられなかったためだと考えている。

## 5. 考 察

実験結果から、仮説に関して以下のことが示された。仮説1について、タスク正答率から全タスクにおいて本ツールでのタスク正答率の方が高かったことが示され、仮説(1つのビューを用いた分析の方が情報を正確に読み取れる)の成立が確認できた。この結果は、複

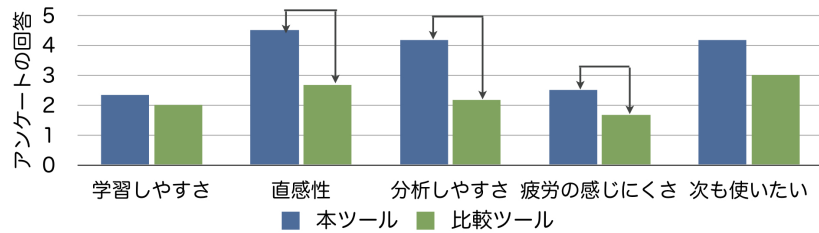


図 10 全タスク終了時に行ったアンケートの回答。

数のビューを用いた分析でビューを見比べる際に、対応関係を誤って認識してしまうためだと考えられる。仮説 2 について、タスク達成時間から、属性数が 2 かつ分析タスクが分布の時以外は、本ツールの方がタスクを素早く達成できたことが示され、1 つのビューを用いた分析の方が素早く分析を行えることが確認できた。仮説 3 について、実験後のアンケートの回答から本ツールでは疲労を感じにくいことが示され、1 つのビューを用いた分析が疲労を感じにくくさせることを確認できた。

実験結果から示された本ツールの利点を以下にまとめる。

- 情報をより正確に読み取れる。
- 多くの分析場面において、すばやく分析を行える。
- あまり疲労を感じさせない。

タスクの正答率が高かったことから、情報を正確に読み取ることができたと言える。この要因として、データ要素に同一の表現を用いることで、変化前後のデータの対応関係を正確に把握できたためだと考えられる。タスク達成時間から、本ツールではすばやく分析を行えることが分かった。アニメーションによる時間経過に関わらず、タスクの達成時間が短かった。しかし、アニメーションによる分析への効果を示す研究もあり、比較ツールの軸の並び替え時にアニメーションを用いたことによる影響の可能性があり、更なる評価が必要である。タスク後のアンケートへの回答結果から、本ツールでは疲労を感じにくいことが示された。疲労を感じにくいことの原因として、異なる表現を見比べることにより疲労を感じやすく、表現が滑らかに変化することが疲労感の軽減に繋がったためと考えられる。次元数が多い(複雑な分析)の時に、良い主観評価が得られたことから、複雑な分析に向いていると考えられる。

## 6. まとめ

表とパラレルコーディネートを組み合わせた視覚的な分析ツールの評価を行った。本ツールを評価するために、ビュー数による分析への影響について仮説を立てた。仮説を検証するために、表とパラレルコーディネートをそれぞれ別のビューとして備える比較ツールとの比較実験を行った。実験結果から、本ツール(1つのビューでの分析)ではより効果的に分析を行えることを明らかにした。

## 参考文献

- 1) 結城崇, 三末和男, 田中二郎. "表とパラレルコーディネートを組み合わせた視覚的な分析ツール," 情報処理学会研究報告(140回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会), 2010年10月, 2010-HCI-140, pp.1-8.
- 2) Inselberg Alfred, Dimsdale Bernard, "Parallel coordinates: a tool for visualizing multi-dimensional geometry." Proceedings of the 1st conference on Visualization, pp.361-378, 1990.
- 3) Daniel A. Keim, "Information visualization and visual data mining." IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 8, No. 1, pp.1-8, .2002.
- 4) S. Eick, G. Wills, "High interaction graphics." European Journal of Operational Research, Vol. 81, No. 3, pp.445-459, 2000.
- 5) Allen Martin, Matthew Ward, "High dimensional brushing for interactive exploration of multivariate data." In Proceedings of the 6th conference on Visualization, pp.271-278, 1995.