

複数タブレットを用いた共同分析作業のための視覚的表現 および操作の検討

白井 智子^{1,a)} 萬成 亮太^{2,b)} 三末 和男^{3,c)} 田中 二郎^{3,d)}

概要：本研究では、視覚的表現を共有することで複数人によるデータ分析作業を支援するシステムを開発している。視覚的表現はデータ分析作業を効率化でき、さらに複数人で協調することで、一人で分析する以上の効率や効果が得られる可能性がある。しかしながら、共有する視覚的表現やそれらに対する操作を適切に設計しなければならない。そこで、実際の共同作業を通して、視覚的表現や操作のレビューを行うことにした。本報告では、複数タブレットを用いて時刻付き大規模データの視覚的表現を可視化できるプロトタイプの開発、および複数人で実際に分析作業を試行することで得られた視覚的表現の共有のしかたや操作に関する改善策について述べる。

キーワード：共同作業、複数タブレット、可視化

Examination of Visualization and Operation for Group Analysis Work Using Multi-Tablets

Abstract: In this study, we are developing a system that helps the analysis of data by a group of people that share a visual representation. Visual representation offers efficiency in analyzing data. Furthermore, in cooperative work with several people, efficiency and effectiveness can be improved, since more than one person is performing the analysis. However, the visual representation to be shared and the operations must be properly designed. Therefore, we reviewed visual presentation and the operations through actual group work. In this report, we developed our prototype that can visualize large-scale temporal data by using multiple tablets. Furthermore, we gained experience on how to share the visual representation and the operations by actual analytical work with a group of people.

Keywords: group work, multi-tablets, visualization

1. はじめに

データ分析をする場合、視覚的表現は分析作業を効率化できる。視覚的表現を用いた分析は、1画面を一人の人が操作、分析する場合が多い。視覚的表現を用いて、共同作業に特化したインタフェースの研究もあるが、既存の研究の多くは、GUIの操作に焦点をあわせている。

本研究は、視覚的表現を共有させることで複数人による

データ分析作業を支援することを目指す。視覚的表現を用いて複数人で協調作業することで、一人で分析する以上の効率や効果が得られる可能性がある。複数人で協調作業できるシステムが有れば、より有効である。しかし、より有効なシステムを開発するには、共有する視覚的表現やそれらに対する操作を適切に設計しなければならない。そこで、共同分析を支援するための視覚的表現とそれらに対する操作を検討するため、プロトタイプを開発した。さらに、そのプロトタイプを利用した実際の共同作業を通して、視覚的表現や操作のレビューを行うことにした。本報告では、複数タブレットを用いて時刻付き大規模データの視覚的表現を可視化し、操作することができるプロトタイプの開発を、そして、複数人で実際に分析作業を試行することで得

¹ 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

² 筑波大学情報学群情報科学類

³ 筑波大学システム情報系

a) shiroi@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

b) mannari@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

c) misue@cs.tsukuba.ac.jp

d) jiro@cs.tsukuba.ac.jp

られた視覚的表現の共有のしかたや操作に関する改善策について述べる。

2. 関連研究

2.1 視覚的表現を用いた共同作業に焦点を合わせた研究

視覚的表現を用いて共同作業を支援するシステムが多くある。Morris らは、テーブルトップを使用し、複数人で Web 検索を行うシステムを開発した [1]。このシステムでは、1つのテーブルトップのスペースを自由に使いながら、色付きのタグのような GUI、自分が検索した Web ページの URL やブログ記事、画像をスナップショットのように並べたり、重ねたりすることができる。これらの研究は、GUI の操作に焦点があてられているが、本研究では視覚的表現とそれに対応する操作を検討する。

Spindler らは、テーブルトップを使った共同分析システムを提案した [2]。このシステムは、テーブルトップに映し出されている表現に、Tangible Magic Lenses という薄い板のようなレンズをかざす。レンズをかざすと、レンズがどの高さにあるかに応じて、レンズに表示される情報が変化する。Block らは、テーブルトップで、視覚的表現を使いながら共同作業ができるシステムを開発した [3]。このシステムでは、自然界の木のような表現が使用され、生命の進化を視覚的に表現する。本研究は、共同作業に視覚的表現を用いるが、複数のタブレットを使用して複数の目で見ながら分析作業が進められるシステムを目指す。

2.2 画面連携に焦点を合わせた研究

複数の画面を連携して大きな 1つの画面を作るシステムが多く開発されてきた [4]。Hinckley らは、ペンで操作するモバイル端末の画面をペンでなぞるような操作で複数の端末をつなげるシステムを開発した [5]。このシステムでは、画面を連携した後に、端末に保存されている画像ファイルをペンで選択して、別の端末にコピー&ペーストできる。Ohta は、センサでディスプレイの位置を検知し、画面を連携するシステムを開発した [6]。このシステムは、画面が横に並べられるのをセンサで感知すると、隣り合う画面がつながり、横長のディスプレイにすることができる。Nam らは、複数のディスプレイを連携して大画面にすることができるシステムを開発した [7]。このシステムでは、連携してできた大画面を 1画面として、1つのアプリケーション、または複数のアプリケーションを表示することを可能にした。田中らは、スマートフォンの画面を連携する操作を提案した [8]。この研究では、Pin-ch という指で 2つのスマートフォンをつまむような動作で、隣り合うスマートフォンの画面を連携することができ、表示領域を広げることができる。森口らは、並べたタブレットを指でなぞるような操作で画面を連携するシステムを開発した [9]。このシステムでは、一度画面を連携すると、つなげられたタ

ブレット上で複数のアイコンを自由に行き来させることができる。これらの研究は、複数画面の連携操作あるいは連携による画面領域の拡大に焦点を合わせているが、本研究は、そのような連携を前提とする。そうして得られた環境において、複数人が複数のタブレットで分析作業を行うための視覚的表現や操作について検討する。

3. 視覚的表現を用いた共同作業

3.1 視覚的表現を用いた共同作業の有用性

一人の作業であっても、分析作業に視覚的表現を用いることで、より多くの知見を効率的に得やすくなる。視覚的表現は、図形や色などを用いることで、文字列のみの表現からではわかりにくい情報の発見や把握を容易にするからである [10]。さらに、視覚的表現を利用した分析作業を複数人で行うと、多くの目を同時に利用できるため、一人による分析に比べて、効率的に、そしてより深い知見が得られることが期待できる。特に、大規模データから多くの知見を得るために、多くの目で見ることが必要と考えられ、複数人での作業はさらに有効と考えられる。ここで、データの詳細を表示する、意味合いが近い事象と一緒に表示するといった、視覚的表現に対応した操作が加えられると、さらに多くの知見が得られる。

3.2 視覚的表現を用いた共同作業を行う利点

視覚的表現を用いて共同作業を行う場合、3つの利点が考えられる。

利点 1 視覚的表現を観察する目が複数 (組) ある

利点 2 複数人が同時に考えることができる

利点 3 インタラクティブなツールを操作する手が複数 (組) ある

利点 1 により、一人で観察した場合に比べ、複数人で観察を行った方が様々な視点で観察することができる。また、複数のビューに同時に着目することも可能である。視覚的表現として、同じデータを異なるビューで表示する、マルチプルビューがある。これは、一人での作業でも使われるが、複数のビューが存在するので、1つのビューを観察する以上に視線移動が増える。しかし、視線移動が増えると、一度発見した事象を見失ったり、ビュー間の関連性を見失ったりすることがある。そのような場合でも、複数人が同時に見ることで、重要な要素を見落とす可能性が低くなると考えられる。

利点 2 により、複数人で作業を行うことで、分析する対象について、複数人が同時に考えることができる。複数人で作業を行った場合、発見した事象から、事象について知っている知識や疑問点を述べるといった会話をすることができる。同じ視覚的表現に対しても様々な着想や発想を得ることができ、違う視覚的表現に対して並行して検討することもできる。複数人で同時に考えることができるので、

フォームな環境で動作させるため、このシステムはブラウザ上で動き、ネットワークを通じてデータの処理や画面の同期をする。このプロトタイプでは、ビューに表示する視覚的な表現手法として、ChronoView[12]を使用した。この視覚的な表現は、大規模な時刻情報付きデータが持つイベント、すなわち、時刻の集合を二次元平面上の位置を用いて表現する視覚的な表現手法である。ChronoViewは、アナログ時計の文字盤のような円で周期を表し、この円の中の位置でイベントを表現する。対象となるイベントは、人間の行動や事件である。例えば、商品の購入やWebページへのアクセスは、対象となるイベントである。イベントをその種類によってまとめることで、それぞれが時刻の集合を持つことになる。たとえば、商品の購入を例にとると、商品種毎に商品が売れた時刻の集合が得られる。ChronoViewでは種類によってまとめたものを、ひとつの「イベント」と呼んでいる。ChronoViewでは、ひとつのイベントを円上の適当な位置にプロットする。この表現により、幅広い時間帯に発生するイベントは円の中心より、特定の時間帯のみに依存して発生するイベントは円の縁よりに配置される。ChronoViewでは、1つのイベントを小さい円で表し、イベントの発生頻度を円の面積で表す。ChronoViewの一例を図1で、実際にChronoViewの表現をタブレットで表示した様子を図2で示す。

4.2.1 データ処理と画面の同期

データ管理とデータ処理、複数タブレットの画面や操作の同期は、サーバで行う。言語は、JavaScriptを使っており、データの高速処理、管理のしやすさのため、node.js^{*1}を使っている。

ChronoViewは、位置を使ってイベントを表現するため、イベントの座標を計算し、座標をサーバに保存しておく。この座標は、順次クライアント側のビューに送信される。これは、限られたタブレット端末のCPU資源を軽快なユーザーインタラクションのために割くためである。

サーバが常に値を持っているので、ビューに操作が加えられて変更があった場合、現在接続中のクライアント側の全てのビューの値が変わる。

4.2.2 ビューの描画と操作

タブレットには、ChronoViewとChronoViewを操作するためのGUIが表示される。図3は、タブレットに表示されるツールの画面例である。

画面左側にChronoViewが表示される。ここでは、時刻情報付きデータに含まれるイベントが位置で表現される。円周は、周期を表しており、プロトタイプでは、1時間周期、1日周期、1週間周期、1ヶ月周期の4種類に切り替えられる。イベントは、発生時間を集計し、周期に合わせた

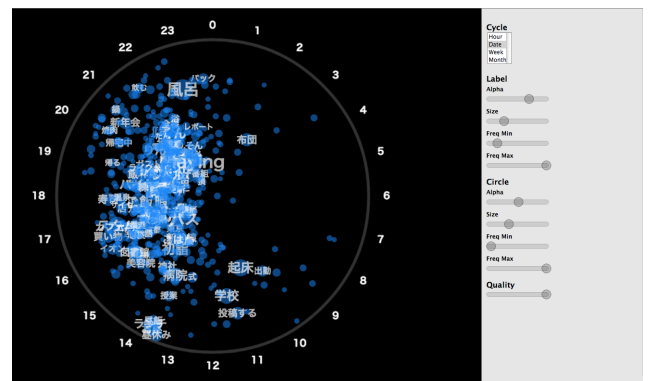


図3 プロトタイプの画面例
Fig. 3 An example view of prototype.

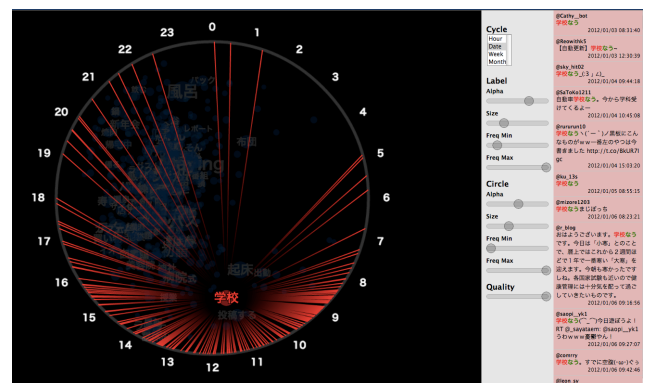


図4 1つの円をタッチしたときの放射線の表示。
Fig. 4 Showing radial lines when user touches a circle.

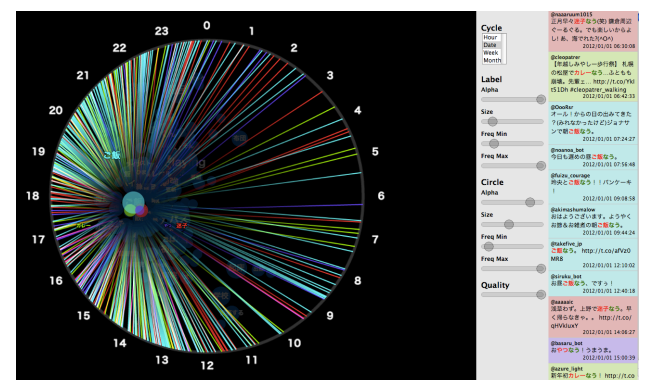


図5 複数の円をタッチしたときの放射線の表示。
Fig. 5 Showing radial lines when user touches some circles.

重心に配置される。このビューで気になったイベントを1つタッチすると、図4のように放射状の線が引かれ、イベントが実際にいつ発生したのかが表示される。イベントが重なっていた場合、近くに配置されているイベントも同時にタッチされたことになり、図5のように、イベントを色で塗り分け、それぞれのイベントが実際にいつ発生したのかを表示される。

画面中央には、画面を切り替えるためのリストや、イベントの発生頻度の最大値、最小値、イベントを表す円のアルファ値を調整するためのスライダを用意している。大規

^{*1} <http://nodejs.org/>

模データを表示した場合、イベント数が増えると円の重なりが増えて見えづらくなってしまいうイベントもあるため、各パラメータを調整して複雑さを軽減することで、より効果的に分析をすることが可能になる。

画面右は、データの詳細を表示する。ここでは、ChronoView で気になったイベントをタッチした場合、そのデータの詳細が表示される。

5. 試用

開発したプロトタイプで、実際に複数人での分析作業を試行した。この試行では、大規模な時刻情報付きデータを使用し、分析を行った。

5.1 概要

この試用に参加した人は、大学院所属の女性1人、学部所属の男性2人、女性1人の計4人である。参加者全員が、情報可視化の研究に携わっており、視覚的な表現を用いた分析の経験者である。参加者は、全員面識があり、同じ研究室に所属するメンバである。利用端末は、参加者が各自持っているタブレットを使用した。参加者3人は、REGZA tablet AT700を使用し、参加者1人はiPad2を使用した。試行を始める前に、5分ほどツールの使い方を説明し、データ期間が異なる2つのデータを使用して試行した。1つ目の試行後、データを切り替える時に、5分ほどの休憩をし、2つ目の試行に入った。最後に、自由記述形式のアンケートを記入してもらった。参加者全員は同室で対面になるように席に着き、作業を行った。

5.2 利用データ

試用では、マイクロブログの一種である Twitter のツイートデータを使用する。このデータは、「起床なう」、「忘年会なう」のように「なう」というキーワードを含むツイートである。「なう」を含むツイートは、人間が今何をしているのかを表したツイートである。ツイートデータは、Twitter の StreamingAPI^{*2}を利用して収集した。このデータは、ユーザ名、日時、時刻、ツイート文を持つ。「なう」を含むツイートを MeCab^{*3}を利用して形態素解析し、「なう」の直前にある人間の行動にあてはまる名詞、動詞、形容詞を抽出した。今回は、抽出した単語列を対象のイベントとした。ツイートデータの一例を表1に示す。

今回の試用では、2012年1月1日から1月31日までの99,923ツイートのデータセット (dataset #1) と、2011年10月1日から10月31日までの91,327ツイートのデータセット (dataset #2) を扱う。このデータを利用して、どのようなイベントが起こっているかを分析してもらう。

5.3 タスク

この試用では、参加者に2つのデータから気になるイベントを探してもらった。まず、今回扱うツイートデータについて説明し、2つのデータを分析してもらうようお願いした。その後、各自が持参したタブレットで実際にプロトタイプを表示してもらい、視覚的表現の見方と操作方法を説明した。プロトタイプの操作方法の説明後、すぐに dataset #1 の分析をしてもらった。dataset #1 を30分間分析した後、5分の休憩後に、dataset #2 を30分間分析してもらった。気になるイベントが見つかったら、口頭でそのイベント名を述べてもらった。タスク中、どのような会話がされていたかを音声録音した。

5.4 観察

1回目の試行では、dataset #1 を観察してもらった。この試行では、1時間周期のビュー、1日周期のビュー、1週間周期のビュー、1ヶ月周期のビューで役割分担をして分析を行った。

初めは、各自のタブレットで全体を俯瞰してもらった。1時間周期で観察していた参加者は、ほとんどのイベントが中央付近に偏っているのに対し、「会議」というイベントがやや飛び抜けているのを発見した。そのイベントが気になり、イベントがタッチされると、他の参加者のビューにも選択された状態が反映された。1時間周期のビューで実際にいつ発生したのかを見てみると、0分付近に放射状の線が偏っており、その他はかなりスパースに線が引かれていた。この結果について、参加者が意見をかわし、このような結果になっているのは、会議は切りのよい時間からスタートされることが多いからではないか、と推測した。ここで、1日周期を観察していた参加者が、真夜中にも線が集中している様子を発見した。この結果から、現在大学のサークルに参加していた参加者からも、サークルのミーティングで真夜中に自宅などでやることがある、という発言があった。実際に参加者全員で詳細ビューを見ていたところ、大学のサークルのミーティングを開いているという内容がいくつか発見できた。

次に、1ヶ月周期のビューを担当した参加者にお正月にあたる1日から10日あたりで気になるイベントを見つけてもらった(図6)。ここで、「初詣」というイベントが一番大きな円に表示されているのを発見し、そのイベントをタッチした。1ヶ月周期で観察したところ、1日から10日までに線が集中していたが、29日にも線が引かれているのを発見した。さらに、1日周期で観察していた人が、「初詣」がビューの左下の方に配置されており、引かれた放射線も12時から17時に線が集中しているのを発見した。この結果から、参加者3人は午前中よりも午後に集中することを予想していたようだが、参加者のもう1人が、参拝者が減って落ち着いて来た午後に初詣に行くという発言があり、参

^{*2} <https://dev.twitter.com/docs/streaming-api>

^{*3} <http://mecab.sourceforge.net/>

表 1 ツイートデータの例
Table 1 An example of tweet data.

ユーザ名	日時	ツイート	イベント
white_luc	2011/12/18 19:30:20	忘年会なう	忘年会
yamahakusyon	2011/12/18 20:33:09	帰宅なう	帰宅
adajmdap	2011/12/18 20:35:12	新宿なう	新宿
⋮	⋮	⋮	⋮

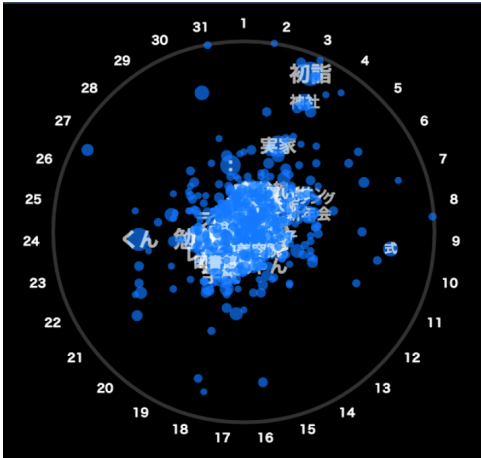


図 6 1 月のデータを 1 ヶ月周期で表示したビュー。

Fig. 6 Showing periodicity of one month using dataset of January.

加者全員が納得した。この結果について、詳細ビューでツイートを見ると、参加者と同様の考えで、参拝者が減った時間を狙ったというツイートが複数見つかった。

1 回目の試行の最後に、参加者全員がツールの操作に慣れてくると、互いに GUI を操作しながら、ビューの見やすさを調整したり、どのようなイベントがあるのかを調べたりする様子が見られた。アルファ値の調整や、イベントの発生頻度の最大値、最小値を操作することで、イベントの発生頻度が低いものや、発生頻度が極端に多いものにどんなものがあるのかを俯瞰していた。

5 分間の休憩後、2 回目の試行で、dataset #2 の観察をした。この試行では、周期ごとの役割分担はせず、自由に観察してもらった。

初めに、1 週間周期のビューを見ていた参加者 2 人が土曜日の位置に偏っている「祭」というイベントを発見した。このイベントをタッチすると、金、土、日曜日に放射状の線が集中していることがわかった。参加者の会話で、10 月のこの時期は学園祭が多いのではないかと、という予測を立て、実際に詳細ビューでツイートを調査した。実際に見たツイートに、学園祭に関するツイートも多かったが、体育祭や映画祭、フォロワー増加祭など、他にも様々な祭があることがわかった。

次に、1 日周期のビューを観察していた参加者が 10 時から 12 時の円周近くに「投稿する」というイベントがやや

大きく表示されているのを発見した。気になったのでイベントをタッチしたところ、10 時から 12 時に線が非常に集中し、13 時から 15 時と 19 時から 3 時にかけてはまばらに線が引かれていた。ある参加者はこの結果より、ブログサイトで 10 時から 12 時くらいに twitter への自動投稿するものがあるはずだ、という発言をした。実際に参加者全員で詳細ビューにてツイートを見たところ、某ブログサイトからの自動投稿のようなツイートがたくさんあるのが見つかった。しかし、この自動投稿が人によって送信されたのか、コンピュータによって送信されたのかまでは、見分けることができなかった。

1 日周期のビューを観察していた別の参加者が、16 時と 17 時の間の円周付近に「カフェ」、「スタバ」というイベントが配置されているのを発見した。これらのイベントは近くに配置されていたので、その両方をタッチして実際の発生時刻を表示すると、どちらも 14 時から 19 時まで特に線が集中しているのが発見された。この結果を見た参加者の 3 人は、おやつ時の時間帯よりも夕方から夜にかけて多くツイートされていることに驚いていた。さらに、1 週間周期のビューで観察していた人から、これらのイベントは、水曜日から週末にかけてつぶやかれる回数が多いという結果を発見した。これらの結果から、カフェに行くのはおやつがてら、ということよりも、仕事の合間や帰宅途中でよることが多いから、今回のような結果になったのではないかと推測された。

2 つ目の試行から、観察を初めてからイベントを見つけ、詳細に調べるまで、タブレットに表示したビューをお互いに見せ合う行動が多く見られた。互いに見せ合うことで、それぞれのビューにどのように表示されるのかを比較する、また、注目したイベント、または複数のイベントを選択した時に、選択したイベント周辺のイベントがどのようになっているのかを共有していた。

5.5 アンケート結果

タスク終了後、自由記述形式のアンケートをとった。アンケートの結果、

- 各自が異なるビューを分析し、探し合うことで分析がはかどった。
- 各自のタブレットで、会話をしながら分析を進めるこ

とで、新たな知見が得やすかった。

- 一度に複数のイベントを選択したときに、そのイベントのいずれかのみを調べられるような検索機能が欲しい。

というコメントが得られた。参加者全員から一番目のコメントと同様のコメントが得られた。

5.6 考察

1回目の試行、2回目の試行共に、参加者全員が会話をしながら、どのようなイベントがあるのかを分析していた。また、気になったイベントを発見し、イベントの円をタッチして実際に発生した時刻を共有し、各自のビューで見えている結果を共有していた。これらの会話や観察の共有に刺激を受けたことで、新たな知見が得られ、イベントについて推測することや、実際のツイートからイベントの詳細を把握することができた。試用後に取ったアンケートの結果からも、各自のタブレットで会話を進めながら分析を進めることで、新たな知見が得やすかったというコメントをもらった。この結果から、利点2を活かすことができたと考えられる。今回は、対面かつ面識がある人たちで試用を行ったので、会話がしやすく、新たな知見が得やすかったとも考えられる。しかし、面識がない人同士で分析作業を行った場合、なかなか会話が進まないということも考えられる。そのため、会話をしなくても各自の知識や気付きを共有できるようにすると、利点2をより活かしやすくなると考えられる。また、今回の試用では、1つのデータを全員で共有して分析していたが、各自が知識だけでなく独自のデータを追加して利用できると、より効率的に分析ができると考えられる。

2回目の試行では、各自が見るビューの役割分担はせず、各自の好きなようにビューを切り替えながら分析を行った。この試行で、同じ1日周期のビューを観察していた参加者2人は、異なるイベントを発見することができた。また、作業中に選択したイベントの周辺にどのようなイベントがあるのかをお互いに見せ合い、指で示しながら議論する様子が見られた。これらの結果から、利点1と利点2を活かすことができたと考えられる。

1回目の試行では、各自がビューの役割分担をし、各周期ごとに分析した。複数のビュー、複数のフォーカスにより、各自の様々な観点から分析が進められた。試用後のアンケートからも、各自が異なる周期のビューで異なるイベントを発見でき、周期別に特徴的なイベントを探し合うことで、分析がはかどったというコメントをもらった。この結果から、利点1を活かすことができたと考えられる。1回目の試行の最後に、各自がそれぞれGUIを操作し、ビューの見やすさ調整する、どのようなイベントがあるのかを調べる様子が見られた。アルファ値の調整やイベントの発生頻度の最大値、最小値の調整をすると、各自のビューに反

映されるため、参加者全員で協力しながら操作していた。この結果から、利点3を活かすことができたと考えられる。

2回目の試行から、タブレットに表示したビューをお互いに見せ合う行動が多く見られた。同じ周期のビューを見せ合う場合と、異なる周期のビューを見せ合う場合があった。特に、同じ周期のビューを見せ合う場合、注目したイベントの周辺にどのようなイベントがあるか指で示していたことが多かった。これは、今回のプロトタイプでは、1つのイベント、または複数イベントを選択できるようにしたが、選択された状態が独立して示されるのみであったことが原因と考えられる。そのため、一度選択したイベントを独立して表示する以外に、どのような順でイベントに注目したのかを指でなぞった軌跡を表示することで、より効果的に分析できる可能性がある。気になるイベントを探し始める時にお互いのビューを見せ合う場合もあった。各自がどのようなイベント、またはイベントが集中している部分でどこに注目しているのかを共有していた。この様子から、各自がビューのどのあたりに注目しているのかをそれとなく表示すると、より効果的に作業ができると考えられる。例えば、タブレットで相手のビューをのぞくような動作をすると、注目している部分に参加者名のタグがついたり、うっすらと強調表示されたりすることである。この操作は、利点1をさらに活かすことができると考えられる。各自がビューのどのあたりに注目しているかがわかれば、他の人が調べていない部分を分析することができるからである。

先に述べた試用により、以下のようなツールの改善策が得られた。

改善策1 各自の着目点を共有するために、各自がビューのどのあたりに注目しているかをそれとなく表示する機能を追加する (利点1の活用)

改善策2 面識がない人同士でも知識や気付きを共有しやすいように、視覚的表現へアノテーションを加える機能や、アノテーションのキーワードをタグクラウドで表示する機能を追加する (利点2の活用)

改善策3 各自の独自のデータを利用できるように、柔軟なデータ追加機能を用意する (利点2の活用)

改善策4 選択箇所を単独で(ハイライト)表示するだけでなく、選択の履歴を軌跡のような形で表示する (利点2の活用)

6. まとめ

本報告では、複数タブレットを用いた共同分析を支援するため、視覚的表現とそれに対応する操作を考え、プロトタイプを開発した。複数タブレットを用いた共同分析についての利点を考え、システムに必要なと考えられる視覚的表現や機能を検討した。検討した視覚的表現、操作を基に開発したプロトタイプの試用を行った。試用を行った結果、

考えられる利点の効果が得られたと同時に、新たな課題も見つかった。

今後の課題は、試用より得られた結果から検討した表現や機能を組み込み、今回使用した以外の視覚的表現にも対応することである。そして、より多くの視覚的表現に対応し、複数タブレットで視覚的表現を用いた共同分析作業を可能にする可視化プラットフォームを開発する。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 23300022 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Meredith Ringel Morris, Jarrod Lombardo and Daniel Wigdor, “WeSearch: Supporting Collaborative Search and Sensemaking on a Tabletop Display”, *CSCW ’10 Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work*, pp. 401–410 (2010).
- [2] Martin Spindler, Marcel Martsch and Raimund Dachsel, “Going Beyond the Surface: Studying Multi-Layer Interaction Above the Tabletop”, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI ’12)*, pp. 1277–1286 (2012).
- [3] Florian Block, Michael S. Horn, Brenda Caldwell Phillips, Judy Diamond, E. Margaret Evans and Chia Shen, “The DeepTree Exhibit: Visualizing the Tree of Life to Facilitate Informal Learning”, *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis 2012)*, pp. 2789–2798
- [4] Tao Ni, Greg S. Schmidt, Oliver G. Staadt, Mark A. Livingston, Robert Ball and Richard May, “A Survey of Large High-Resolution Display Technologies, Techniques, and Applications”, *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Conference (VR ’06)*, pp. 223–236 (2006).
- [5] Ken Hinckley, Gonzalo Ramos, Francois Guimbretiere, Patrick Baudisch and Marc Smith, “Stitching: Pen Gestures that Span Multiple Displays”, *AVI ’04 Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, pp. 23–31 (2004).
- [6] Takashi Ohta, “Dynamically Reconfigurable Multi-Display Environment for CG Contents”, *ACE ’08 Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp. 416–416 (2008).
- [7] Sungwon Nam, Sachin Deshpande, Venkatram Vishwanath, Byungil Jeong, Luc Renambot and Jason Leigh, “Multi-Application Inter-Tile Synchronization on Ultra-High-Resolution Display Walls”, *MMSys ’10 Proceedings of the first annual ACM SIGMM conference on Multimedia systems*, pp. 145–156 (2010).
- [8] 田中 潤, 太田 高志, “スマートフォンを利用した複数画面の連携表示と動的なレイアウト変更によるアプリケーション”, *インタラクシオン 2012*, pp. 1013–1018 (2012).
- [9] 森口 友也, 桑野 元樹, 高田 秀志, “タブレット端末を利用したダイナミックグループコラボレーション環境の構築”, *インタラクシオン 2012*, pp. 831–836 (2012).
- [10] J. Bertin, *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*, Univ. of Wisconsin Press (1983).
- [11] B. Shneiderman, “The eyes have it: A task by data-type taxonomy for information visualizations”, *In Proceedings of the Symposium on Visual Languages*, pp. 336–343 (1996).
- [12] Satoko Shiroy, Kazuo Misue and Jiro Tanaka, “ChronoView: Visualization Technique for Many Temporal Data”, *16th International Conference Information Visualization (IV2012, July 11-13, 2012, Montpellier, France)*, pp. 112–117 (2012).