

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00264

研究課題名(和文)大規模イベントデータの俯瞰のための可視化手法の研究

研究課題名(英文)Study on visualization method for overviews of large-scale event data

研究代表者

三末 和男 (Kazuo, Misue)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：50375424

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：イベントの集合を2次元平面上の位置で表現する手法ChronoViewは、大規模イベントデータの可視化手法としての有効性が認められる一方で、読み取れる情報に関して課題も抱えていた。その課題に対して、(1) 周期への依存度の低い表現形式への拡張として、ChronoViewの2.5次元表現を開発した。(2) 表現空間の局所的な集中を回避するために、魚眼表現を生成する非線形写像による座標変換を試みた。(3) ChronoViewの表現上のあいまいさを低減するためにグリフを併用した表現および疑似MDSとの統合を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の対象であるイベントデータとは、イベントの時間的側面に着目したデータであり、時系列データの一つである。商品が売れた時刻の列、Webページへのアクセス時刻の列、患者への投薬時刻の列など、様々なイベントデータが存在する。イベントの数と種類にも着目するとその規模はしばしば膨大になる。そのため空間効率の高い可視化手法がいくつか提案されていたものの、類似性や特異データの発見支援という点では課題が残っていた。ChronoViewの表現力を増強することで、そのような大規模イベントデータを可視化するための手法が拡大した。

研究成果の概要(英文)：ChronoView, which represents a set of events as a position on a two-dimensional plane, is effective as a visualization method for large-scale event data, but it also had limitations about readable information. To address this issue, (1) 2.5-dimensional version of ChronoView has been developed; it is an extension to the representation form that has low dependency on the cycle of data. (2) Coordinate transformations by a non-linear mapping have been tried to generate fisheye representations and then to avoid the local concentration of marks in the representation space. (3) Introducing of glyphs as marks and combination with pseudo-MDS have been tried to reduce the expression ambiguity of ChronoView.

研究分野：情報可視化

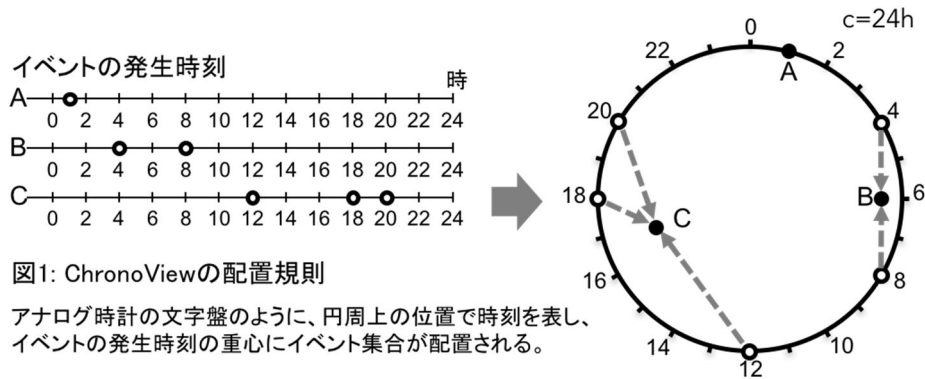
キーワード：情報可視化 データ可視化 時刻データ 2.5次元 3次元 次元圧縮 グリフ

## 1. 研究開始当初の背景

本研究課題で対象とするイベントデータとは、イベントの時間的側面に着目したデータであり、時系列データの一種である。ある商品が売れた時刻の列、ある Web ページへのアクセス時刻の列、ある患者への投薬時刻の列などが、イベントデータの例である。

商店が扱う商品の種類、サイトが管理する Web ページの数、病院に入院している患者の数などはイベントの種類数と言うことができるが、その数が数千、数万に達することも少なくない。そのようなデータを扱うために、空間効率の改善を目指した時系列データの可視化手法がすでにいろいろと開発されている。表示面積を節約するために、面グラフを重ねる[7]、線分の色で値を表す[15]、などの工夫が提案されている。ただし、これらの手法は空間効率の改善に一定の効果があるものの、類似性や特異データの発見支援という点で課題が残されている。

報告者も様々な可視化手法の開発に取り組んでおり、イベントデータの可視化に関して、ソフトウェアの開発過程や大規模組織における業務プロセスを対象とした可視化手法を開発した[8]。ここでは、大量の時系列データを同時に見せるために、折れ線グラフの重ね合わせを工夫するとともに、木の可視化手法である Treemap に時系列を表現するチャートを組み込むことで、組織階層を効率的に可視化することを特徴としている。さらに、空間効率と特徴発見の両方においてより効果的な手法を模索し、イベントの集合(すなわち時刻の列)を2次元平面上の位置で表現する手法を考案した(図1参照)[14]。「ChronoView」と名付けたこの手法は、他の手法に比べて空間効率が非常に良い。さらに、発生時刻パターンが類似したイベント集合が近くに配置されるため、類似性や特異データの発見にも効果がある。これまで入院患者データ、商品購買データ、マイクロブログなどいくつかのデータに適用して表現手法としての妥当性も確認した[9, 10, 11, 12]。



## 2. 研究の目的

本研究課題の目的はイベントデータの時間的特徴の理解支援である。イベントの集合(すなわち時刻の列)を2次元平面上の位置で表現する ChronoView は、多次元データの可視化手法である RadViz[4]に共通性があることから、次元圧縮の一種としてとらえることができる。大規模データへの有効性が認められる一方で、読み取れる情報に関して課題が見つかった。本研究は、そのような課題に取り組むことで大規模イベントデータを対象とした可視化手法の高性能化を追求する。

## 3. 研究の方法

本研究課題では、以下の三つのアプローチにより ChronoView が抱える問題に対応するとともに、可視化手法としての高性能化を追求した。

- (1) 周期への依存度の低い表現形式への拡張: ChronoView の配置規則は指定された表現周期に基づいて2次元平面上の位置を決定する。表現周期に依存して読み取れる情報が大きく変化するため、適切な表現周期の探索が課題となる。探索を容易にするために、2次元上の円によって表現される ChronoView に第3の次元を導入することにした。具体的には、2.5次元表現を採用し、2次元+周期軸データの可視化手法を設計した。
- (2) 表現空間の局所的な集中の回避: ChronoView ではデータによっては、多くのイベント集合が表現平面の中心部に集中し、解像度が不足することがある。このような問題に対して、表現平面を円座標で表現し、動径座標と角度座標それぞれに関する二つの写像によって座標変換することを考えた。

- (3) 分布を把握できる表現の付加：ChronoView は円標系において時刻の平均と分散を表現したものと捉えることができる。ただし、データの分布を把握するためには必ずしも表現力が十分ではない。そのため、分布をイメージしやすい視覚的表現を設計し付加することが課題である。そのような課題に対して、グリフの試作と ChronoView による配置と多次元尺度構成法（MDS）による配置の統合を試みた。

#### 4. 研究成果

- (1) ChronoView を 2.5 次元表現に拡張した（図 2）。表現平面に直交する第 3 の軸で表現周期を表すこととし、複数の表現周期による ChronoView を同時に表現できるようにした。さらに、表現周期の探索を支援するために、二つの表現平面をつなぐリンクなどの視覚的表現を導入した。そのように設計した視覚的表現を視覚的ツールとして実装するとともに、周期性に関するスペクトルの表示機能も組み込んだ。また、実際のイベントデータを対象に分析作業を試行した[5, 6]。さらに、時間の持つ周期性と線型性をどちらも表現できることを目指し、3 次元空間内のコイル状の時間軸に対してイベントを球やシリンダの列で表現する手法を開発した（図 3）。その際、2 次元への投影方法などを工夫するとともに、表現手法としての有効性を評価した。

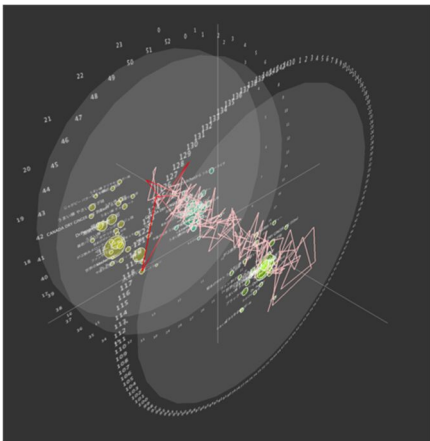


図 2: ChronoView の 2.5D 拡張

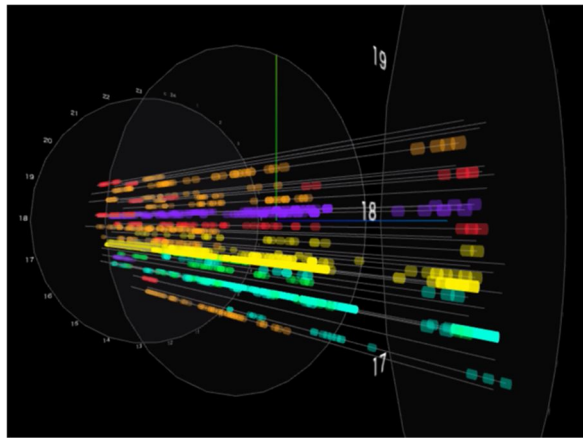


図 3: コイル状の時間軸をとったビュー

- (2) ChronoView の表現平面を円座標で表現し、動径座標と角度座標それぞれに関する二つの写像によって座標変換することを考えた。一般的な写像として  $f(r) = 1 - (1 - r)^a$  を考え、対象データに合ったパラメータ  $a$  を探索する手法を検討した。対象データに合うということは、写像により局所的な集中を避けることができるということから、まず視覚的混雑度の評価関数を用意し、その評価関数を最適化するような探索を試みた（図 4 および 5）。素朴な手法を試作したが、その手法は、(1)局所集中の改善が一般形の表現力に限定される、(2)パラメータの効率的な探索が容易でない、という難しさを抱えていることが分った。そのため

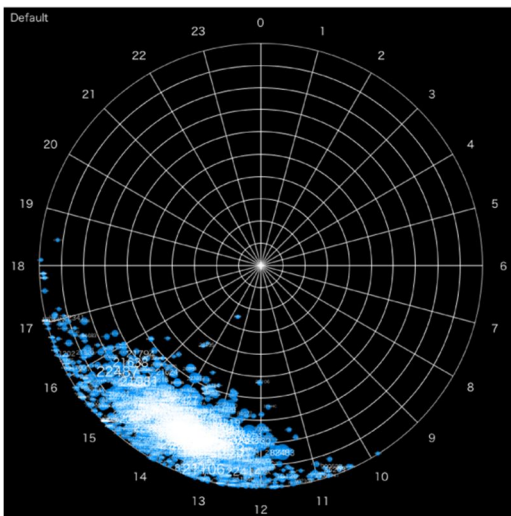


図 4: データが密集した様子

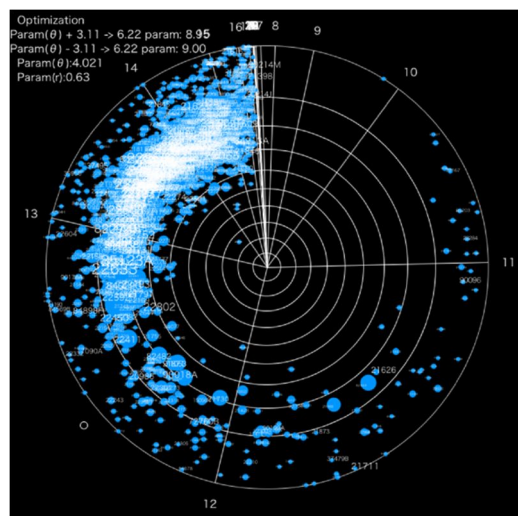


図 5: 局所集中を避けた様子

研究の方針を変えて、データの分布を見ながら表現空間を直接歪ませる手法を検討することにした。ChronoView が基本とする円座標系から一旦離れ、直交座標系における散布図を対象に、表現平面の空間効率を高める方式を試作した。具体的には、魚眼表現を生成する非線形写像を用いる方式を検討した。プログラムの試作を通して、空間効率を高める効果が期待できることは分ったが、空間効率を高めつつも座標系にもとづく視覚的表現に矛盾が生じないようなパラメータの求め方に課題があることが分った。

- (3) ChronoView の抱える表現上のあいまいさを低減することを目指して、ChronoView のマークをグリフに置き換えることを試みた。その際に適切なグリフを調べるために、Star グリフと我々が設計した Ring グリフとで、時間的特徴の読み取り易さを調べる評価実験を実施した。実験により、グリフ無に比べて、グリフ有が時間的特徴を正確に読み取れることが示された。また、Star グリフと Ring グリフは異なる特長を備えており、時間帯の読み取りは Ring グリフが優位である一方、単位時間単位での頻度比較の正確さにおいては Star グリフが優位であることが明らかになった[3]。うまく設計されたグリフはそれだけでも時刻データの分布を表現できるため、むしろ、イベント群間の特徴を表現することが課題であると考へた。そこでグリフの配置手法として ChronoView と MDS を統合することを試みた。まず 2 次元平面上での統合に挑戦し、平面を歪ませて統合する手法を考案した[1]。しかしながら、2 次元平面上での統合は平面を歪ませる必要があり、ChronoView の特徴と MDS の特徴を十分に活かせていなかった。そのため、次の試みとして 3 次元空間上での統合を検討した。2 次元 ChronoView による  $xy$  座標を決め、イベント群間の類似性が 3 次元空間内のユークリッド距離に反映されるように  $z$  座標を決める。MDS では 3 次元空間を自由に利用できないため、通常の MDS とは異なる手法を検討し、古典的なグラフィアウト手法である Kamada-Kawai 方式を参考に、擬似的に MDS を試みた[2]。そして、イベント群間の非類似性が、表現空間上のユークリッド距離にいかにか忠実に再現されているかどうかを評価するために数値実験を実施した。実験により、3 次元 ChronoView の忠実度は 2 次元 ChronoView よりも高く、さらに 3 次元 MDS よりも劣るものの、2 次元 MDS には劣らないことが示された[13]。

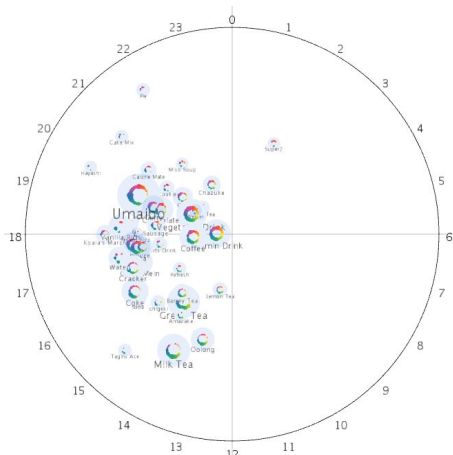


図 6: Ring グリフによる表示

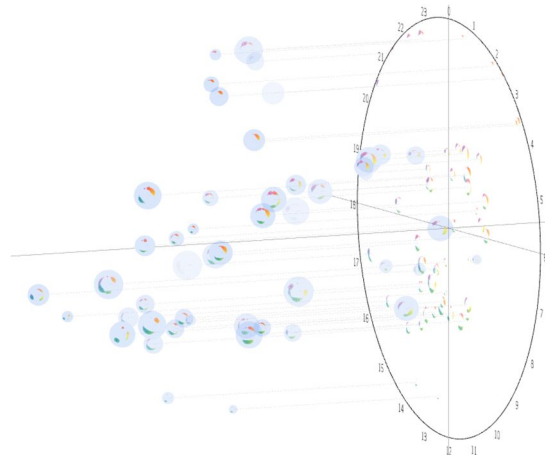


図 7: 擬似 MDS と統合した 3 次元 ChronoView

#### < 引用文献 >

- [1] 安齋康宏, 三末和男, ChronoView と MDS の統合による時刻データの可視化手法の開発, 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2018-HCI-178(22), pp. 1-8, 2018.
- [2] Y. Anzai and K. Misue, Integration of ChronoView and pseudo MDS for Visualization of Temporal Data, Proceedings of 22nd International Conference Information Visualisation (iV2018, 11-13, July 2018, Salerno, Italy), pp. 26-32, 2018.
- [3] Y. Anzai and K. Misue, Evaluation of Effectiveness of Glyphs to Enhance ChronoView, Proceedings of 23rd International Conference Information Visualisation (iV2019, 3-5, July 2019, Paris, France), pp. 157-162, 2019.
- [4] K. Daniels et al., Properties of Normalized Radial Visualizations, Information Visualization, Vol. 11, No. 4, pp. 273-300, 2012.
- [5] 石井貴大, 三末和男, データの周期的特性の探索を目的とした ChronoView の 2.5D 拡張, 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2018-HCI-177(9), pp. 1-8, 2018.
- [6] T. Ishii and K. Misue, 2.5D Extension of ChronoView for Exploring Periodic Features of Temporal Data, Proceedings of 22nd International Conference Information Visualisation

- (iV2018, 11-13, July 2018, Salerno, Italy), pp. 19-25, 2018.
- [7] W. Javed et al., Graphical Perception of Multiple Time Series, *IEEE TVCG*, Vol. 16, No. 6, pp. 927–934, 2010.
  - [8] K. Misue and S. Yazaki, Panoramic View for Visual Analysis of Large-scale Activity Data, *Lecture Notes in Business Information Processing*, Vol. 132, pp. 756-767, Springer, 2013.
  - [9] K. Misue, Y. Kanai, and Hideaki Takagi, Visualizing the Overview of Temporal Patterns of Patients' Activities, In *Proceedings of 2013 Workshop on Visual Analytics in Healthcare (VAHC2013)*, pp. 11-14, 2013.
  - [10] K. Misue, ChronoView: A Space-Efficient Method for Visualizing Temporal Patterns, In *Proceedings of 11th International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization (CGiV 2014)*, pp.1-4, 2014. (Keynote Lecture)
  - [11] 三末 和男, 時刻情報付きソーシャルデータの可視化, *可視化情報*, Vol. 35, No. 141, pp. 56-62, 2016.
  - [12] K. Misue, ChronoView: A Method to Overview Many Temporal Patterns, *IEEE VIS Workshop on Temporal & Sequential Event Analysis*, 4 pages, 2016.
  - [13] K. Misue and Y. Anzai, Evaluation of Representation Fidelity to Similarity in ChronoView, *Proceedings of 23rd International Conference in Information Visualization (IV19@AUS, 17-19, July 2019, Adelaide, Australia)*, pp. 24-29, 2019.
  - [14] S. Shiroy, K. Misue, and J. Tanaka, ChronoView: Visualization Technique for Many Temporal Data, In *Proceedings of the 16th International Conference on Information Visualisation (iV2012)*, pp.112-117, IEEE, 2012.
  - [15] H. Suematsu et al., A Heatmap-Based Time-Varying Multi-Variate Data Visualization Unifying Numeric and Categorical Variables, *iV2014*, pp. 84-87, 2014.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yasuhiro Anzai, Kazuo Misue
2. 発表標題 Evaluation of Effectiveness of Glyphs to Enhance ChronoView
3. 学会等名 23rd International Conference Information Visualisation (iV2019, 3-5, July 2019, Paris, France) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuo Misue, Yasuhiro Anzai
2. 発表標題 Evaluation of Representation Fidelity to Similarity in ChronoView
3. 学会等名 23rd International Conference in Information Visualization (IV19@AUS, 17-19, July 2019, Adelaide, Australia) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Ishii, Kazuo Misue
2. 発表標題 2.5D Extension of ChronoView for Exploring Periodic Features of Temporal Data
3. 学会等名 22th International Conference Information Visualisation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuhiro Anzai, Kazuo Misue
2. 発表標題 Integration of ChronoView and pseudo MDS for Visualization of Temporal Data
3. 学会等名 22th International Conference on Information Visualisation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安齋康宏, 三末和男
2. 発表標題 イベントデータ可視化のためのグリフ配置手法の開発
3. 学会等名 情報処理学会インタラクション2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井貴大, 三末和男
2. 発表標題 データの周期的特性の探索を目的としたChronoViewの2.5D拡張
3. 学会等名 情報処理学会第177回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考