

# データの周期的特性の探索を目的とした ChronoView の 2.5D 拡張

石井 貴大<sup>1,a)</sup> 三末 和男<sup>2,b)</sup>

**概要:** 時刻付きデータを表現するための手法の 1 つとして、「ChronoView」という手法がある。ChronoView はあらかじめ指定した周期に基づいてイベント群を配置する手法であるため、データに含まれる特徴的な周期を探すような分析作業には向いていない。本研究では、2.5D 表現を用いて ChronoView を拡張することで、様々な周期に関して効率的に分析が行える視覚表現および可視化ツールの開発を行った。視覚表現は、3次元空間に複数の ChronoView を描画し、周期の違いによるイベント群の配置位置の違いを強調することで、イベントの周期性を適切に表現する ChronoView の周期の探索を可能にする。また、ツールはイベントの発生回数分布を元に算出したスペクトルやヒストグラムなどの情報を提示することで、探索の補助をする機能も備えている。開発したツールの有効性を示すため、実際のデータを用いたイベントの周期性探索に関するユースケースを考案した。

## 1. はじめに

時刻付きデータとは、時刻とそれに付随する属性からなるデータのことである。時刻付きデータは、その時刻情報を元にイベントの発生頻度や周期性といった傾向を分析することで、サービスの向上や、防犯対策などに活用することができる。データを効率的に分析するための手段として、データを可視化することが挙げられる。時刻付きデータを表現するために様々な可視化手法が考案されてきたが、それらの多くは、同時に多くのイベントを表現することが難しいという問題を抱えていた。この問題を解決するために考案された可視化手法として、ChronoView がある [1]。

ChronoView は、アナログ時計の文字盤を模した表現平面上にイベント群を表す点を配置する手法であり、多くのイベントのおおまかな周期的特性を表現することができる。ChronoView では、表現上の周期とイベントの発生周期が近い場合、イベント群が文字盤の円周付近に配置される。そのため、イベント群が円周付近に配置されるような表現上の周期を見つけることで、分析者はイベントの周期的特性を把握することができる。逆に、イベントの周期的特性が把握できる図を得るには、イベント群の周期

にあった表現周期で ChronoView を描く必要がある。ただし、ChronoView では、1つの図が1つの表現周期しか表せないため、様々な周期の特徴を調べるには都合が悪い。効率的に周期的特性の分析を行えるためには、複数の表現周期での図を一度に表示できるように ChronoView を拡張すべきである。

本研究では、ChronoView の周期への依存を解消し、時刻付きデータの周期性の探索が効率的に行えるような可視化ツールを開発することを目的とする。目的達成のために、2.5D 表現により ChronoView をシリンダ状の表現へと拡張することで、ChronoView を様々な周期に対応できる表現にする。2.5D 表現は、3次元空間内に平面状の図を層をなすように並べる表現である。2.5D 表現を使用することで、一度に複数の表現周期を表すことができ、周期の違いによるイベントの配置位置の違いが把握できる。さらに、本研究では効率的な分析を支援するために、可視化ツールに 2.5D 表現の ChronoView の他に探索の補助となるような情報を提示する機能を追加した。

## 2. 関連研究

### 2.1 時刻付きデータの周期性、規則性に関する研究

視覚的に時刻付きデータの周期性を表す方法として、螺旋状の曲線を用いる手法がある。Carils らは、螺旋の曲線を描画し、その線上にデータを示す点をプロットする手法を考案した [2]。この手法では、データに周期性がある場合、点が同一の方向に並ぶため、視覚的に周期性の有無を把握できる。Gautier らは、時空間データの周期性を分析

<sup>1</sup> 筑波大学情報学群情報科学類  
College of Information Science, School of Informatics, University of Tsukuba

<sup>2</sup> 筑波大学システム情報系  
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

a) ishii@vislab.cs.tsukuba.ac.jp

b) misue@cs.tsukuba.ac.jp

するためのツールを開発し、そのツールにおいてコイル状の可視化表現を採用している [3]。この表現では、コイルの1周に割り当てる周期を、ツールの使用者が任意に変更することができる。これらの研究では、視覚的に時刻付きデータの周期性を把握することができるが、データを表現できる場所が曲線の上に限られている。ChronoView[1]は、イベントをイベント群として集約することで、同時に多くのイベントを表現することができる。表現上の周期に基づいてイベント群を配置するため、イベントの大きな周期性を表現できる。

数学的な分析を行うことで、時刻付きデータの傾向を分析する研究も行われている。Huynhらは、サイバー攻撃の周期性を分析する可視化ツールを開発した [4]。このツールは、時間帯ごとのアクセス回数の分布を作成し、分布に対してフーリエ変換することでスペクトルを求め、そのスペクトルから周期性を推測している。Chenらは、中国のSNSであるWeiboの投稿を元に、移動のパターンを視覚的に分析するツールの開発を行なった [5]。彼らは、投稿に付いている時刻や位置の情報から、2地点間の移動にかかる時間の分布を作成し、分布に対して混合ガウスモデルを用いた分析を行うことで、車や電車といった移動手段の分類をしている。これらの研究では、新たな可視化表現の開発は特に行われていないものの、数学的な分析に基づいて周期性を評価することで、より正確な判断ができる。

## 2.2 2.5D 表現を用いた研究

本研究では「平面の図を同一方向に平行に配置する表現、または、そのように平面を配置する機能がある表現」のことを2.5D表現として扱っている。

2.5D表現は、動的なグラフの時間変化の様子を表すためによく使用される。Itohは、Twitterにおけるユーザーのフォロー・フォロワー関係をグラフで表現し、ユーザー間のやりとりの時間変化を2.5D表現を用いて可視化した [6]。その表現は、時間軸に沿ってTimeSliceと呼ばれる平面を複数描画することで、グラフの時間変化を把握可能にする。Federicoらは、動的ネットワークの視覚的な分析手法に関する研究を行ったが、ネットワークの配置方法の1つとして2.5D表現を用いている [7]。彼らは、注目するノードの追跡や、変化の大きいノードのハイライトを表現上で行うことで、分析の支援をしている。

構造の異なるグラフや、異なる表現同士の繋がりを表すために2.5D表現を使用した研究も存在する。Brandesらは、会話や文章におけるトピックの遷移について、2.5D表現を用いた可視化を行った [8]。この研究では、文章中の単語の関係性を表したネットワークを半透明なレイヤーに描画し、複数枚のレイヤーを重ねることで会話や文章を2.5D表現で可視化することができる。Collinsらは、形式の異なる表現におけるノード同士の繋がりを可視化する研究を

表 1: 購買履歴データの一部

購入時刻	商品名	商品 id	...
2014/08/02 23:26:00	スナック チーズ味	16	...
2014/08/02 23:52:00	いちごチョコ	20	...
⋮	⋮	⋮	⋮

行った [9]。彼らの可視化表現は、1つの表現を1枚の平面に描画していくが、平面の配置方法の1つに2.5D表現を取り入れている。

## 3. ChronoView

### 3.1 対象データ

ChronoViewが対象とする時刻付きデータは、イベントが発生した時刻と、そのイベントに関する1つ以上の属性値からなるデータである。時刻付きデータの具体例として、購買履歴データを表1に示す。表1の場合、購入時刻がイベントの発生時刻、購入者や商品idなどの属性が付随する情報となる。また、ChronoViewはデータの1つの属性に着目し、その属性値ごとにイベントの集合を作り描画領域に配置する。本研究では、着目する属性値のことをキーワード、属性値でまとめられたイベントの集合をイベント群と呼ぶことにする。

すべてのイベントの集合を  $E$  とする。イベント  $e \in E$  に関して、発生時刻を  $t(e)$ 、キーワードを  $k(e)$  で表す。ある属性値  $k_1$  をもつイベント群を  $E_{k_1}$  のように表すことにする。イベント集合  $E_{k_1}$  は式 (1) のように表される。

$$E_{k_1} = \{e \in E \mid k(e) = k_1\} \quad (1)$$

### 3.2 ChronoView の配置方法

ChronoViewでは円周に特定の表現周期を割り当て、その周期に基づいてイベントを配置する。基準となる時刻  $t_0$  をアナログ時計の12時の位置に配置し、その点を基準として時刻  $t$  を時計回りに配置する。円の半径を  $r$ 、表現周期を  $c$  としたときのイベント  $e$  の位置  $f_0(c, e)$  は次の式によって表される。

$$f_0(c, e) = (r \cos \theta, r \sin \theta) \quad (2)$$

$$\theta = \frac{\pi}{2} - 2\pi \frac{t(e) - t_0}{c} \quad (3)$$

キーワード  $k$  を持つイベント群  $E_k$  が  $n$  個のイベントを含んでいるとき、 $E_k$  を  $e_i$  の重心に配置する。この  $E_k$  の位置  $f(c, E_k)$  は式 (4) によって表される。

$$f(c, E_k) = \frac{1}{|E_k|} \sum_{e \in E_k} f_0(c, e) \quad (4)$$

具体的な配置例を示すために、図1のようにイベントが発生したとする。このとき、イベント群A,B,Cはそれぞれ図2のように配置される。Aというイベントは1時にのみ

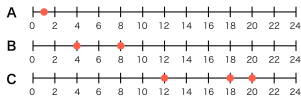


図 1: イベントの発生例

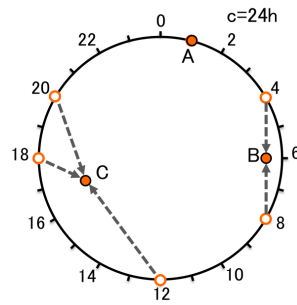


図 2: 具体的な配置例

発生しているため、円周上にそのままイベント群 A が配置される。B というイベントは 4 時と 8 時に発生しているので、2 点の重心にイベント群 B が配置される。C というイベントは 12 時、18 時、20 時に発生しているので、3 点の重心にイベント群 C が配置される。イベントの発生回数が 4 回以上の場合も、同様の配置を行っていく。

イベントの発生時刻に偏りがあるときは重心が円周付近に寄る。逆に、イベントの発生時刻が分散している場合には重心は中心付近に寄る。この配置位置の違いをみることにより、イベントの大まかな発生傾向を読み取ることができる。

### 3.3 ChronoView の性質

ChronoView はイベント群の位置によりイベントの周期性を表現できるが、イベントの発生回数や発生期間と ChronoView 上での位置に関して以下のような性質がある。

- イベントの周期と、ChronoView の表現周期が等しいまたは近い場合、イベント群は円周付近に配置される。
- イベントの発生回数が少ない場合、周期性がなくともイベント群が円周付近に配置されてしまうことがある。
- イベントが短い期間に多く発生していた場合、周期性がなくともイベント群が円周付近に配置されてしまうことがある。
- イベントに周期性がある場合、その周期の約数となる表現周期でもイベント群が円周付近に配置されることがある。

つまり、イベントが周期的である場合はイベント群が ChronoView の円周付近に配置されるが、イベント群が ChronoView の円周付近に配置されている場合でも、必ずしもイベントが周期的に発生しているとは限らない。

### 3.4 時刻付きデータの分析における課題

ChronoView は大量の時刻付きデータを表現し、その周期性を表現することができる。しかし、様々な周期については、同時に対応することが難しい。

前述した ChronoView の性質により、ChronoView を用いて周期的特性を分析する場合、イベントが円周付近に配置されている周期を探すことになる。周期が予測できる場

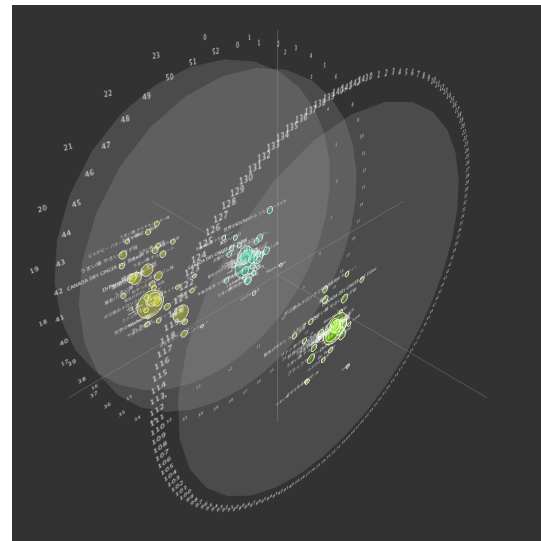


図 3: ChronoView の 2.5D 表現

合や、分析したい周期の数が少ない場合には比較的容易に分析が行える。しかし、予測をせずに分析をする場合や、長い期間の様々な周期を分析する場合には問題が生じる。具体的には、表現周期の選択肢の増加により、特徴の見落としや適切な周期の特定に時間がかかることが挙げられる。これは、数値的な評価により周期の見当をつけることができれば解決できると思われる。また、ChronoView は指定された表現周期に基づいてイベント群を配置する。そのため、ChronoView を用いて周期的特性を分析する場合には、様々な表現周期で ChronoView の図を作成し、その中からイベントの周期に適したものを探さることになる。探索的に分析を行う場合、複数の図を比較することで探索を行うと考えられる。しかし、1 章でも述べたが ChronoView は 1 つの図で表現できるのは 1 つの周期のみであるため、探索的な分析には向いていない。

## 4. ChronoView の 2.5D 拡張

### 4.1 拡張における要件

ChronoView の性質や課題を踏まえ、本研究では以下の要件を満たすような可視化表現およびそれを生かしたツールを開発していく。

- 周期の異なる ChronoView の図を複数同時に描画することができる
- 周期の違いによるイベント群の位置の違いや変化の大きさを容易に比較することができる
- 適切な周期の特定をするための判断基準となる情報がある
- ChronoView の性質による誤読を防ぐための情報がある

### 4.2 2.5D 表現への拡張

本研究では、ChronoView に 2.5D 表現を用いることで、

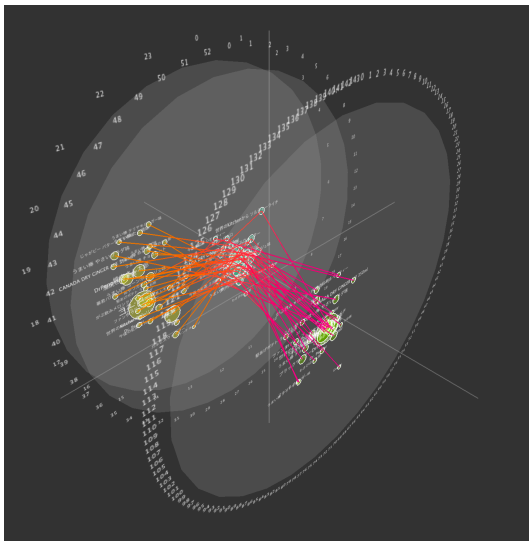


図 4: 接続線の例

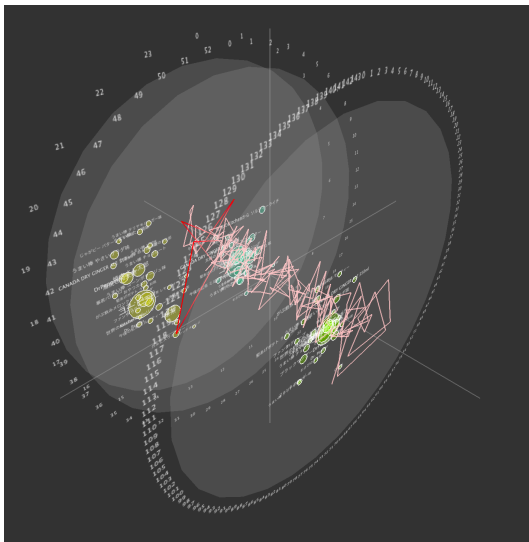


図 5: 軌跡線の例

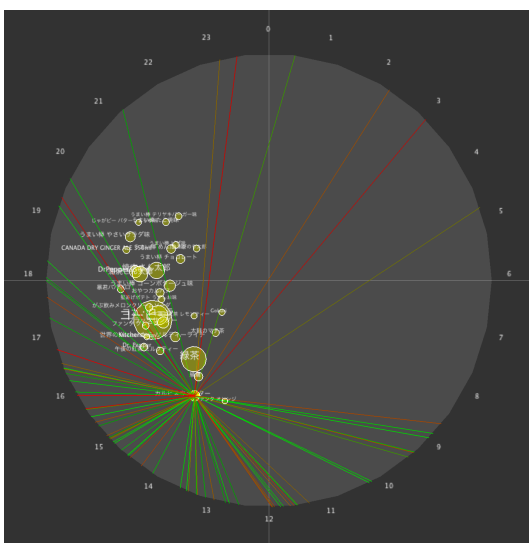


図 6: 発生時刻を示す線の例

様々な周期に対応することができ、より周期性の分析が容易にできるような表現へと拡張した。

2.5D 表現は 3 次元空間に 2 次元平面の図を並べる形式の表現である。2.5D 表現では、 $x$  軸と  $y$  軸を用いる表現に、 $z$  軸を追加する。本研究では周期の異なる複数の ChronoView の図を描画するために、 $z$  軸に周期を割り当てることで 2.5D 表現を作成する。具体的には、 $z = c$  となる  $xy$  平面上に表現周期  $c$  の ChronoView を描画する。この  $c$  の値を複数指定できるようにすることで、3 次元空間に異なる周期の ChronoView の図を同時に表示していく。図 3 は、3 枚の ChronoView の図を同時に表示した場合の例である。周期ごとにイベント群を示す点の色を変えることで、どのノードがどの周期の ChronoView のものであるか確認できるようにする。

### 4.3 追加表現

イベント群の位置の違いの強調や、ChronoView の補助をするために、追加の表現を考案した。

#### 4.3.1 同一のイベント群を示す接続線

ChronoView は、同じイベント群でも表現周期によって配置される位置が大きく変わってしまう。そこで、表現周期の異なる ChronoView の図の間で同一のイベント群を繋ぐリンクを描画することにより、配置位置の違いをより把握しやすくする。この線を接続線と呼ぶことにする。図 3 に、接続線を追加したものを図 4 に示す。図 4 のようにすることで、同一のイベント群であることを示すと同時に、周期による配置位置の違いも強調される。

#### 4.3.2 着目したイベント群の軌跡線

あるイベント群に着目してその周期性をより細かく分析するための機能として、軌跡の描画を考案した。着目したイベント群の、全ての周期での位置をリンクで繋ぐことでイベント群の軌跡を描画する。この線を軌跡線と呼ぶことにする。図 3 において、イベント群 A に着目した時の軌跡線を図 5 に示す。図 5 では、軌跡線を薄いピンク色の線で描画している。また、イベント群の変位が大きい区間のみ赤色の線で描画することで、イベント群の周期と一致している可能性のある周期が見えやすいようにする。

#### 4.3.3 イベントの発生時刻を示す線の描画

あるイベント群に着目したとき、そのイベント群に含まれるイベントの発生時刻を示す線を描画する。この線により、イベントの発生時刻を確認できる。しかし、ChronoView は描画するデータに含まれる時刻が 1 つの円周上に集約されるため、周期的には同じ時間帯に発生するイベントであっても本来の発生時刻では大きな差があることもある。より詳細に分析するためにも、これらの区別ができることが望ましい。そこで、この線に時刻に応じた色を割り当てることで区別が行えるようにした。選択されたイベント群に含まれるイベントのうち、発生時刻が早いものほど緑に、

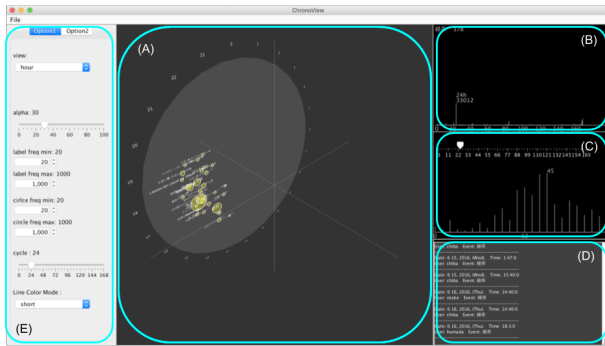


図 7: ツールの全体画面

遅いものほど赤になるように、時刻を示す線に着色する。図 6 は、発生時刻を示す線の例である。図 6 の 12 時～17 時付近を見ると、線が密集している箇所があるため、イベントが周期的に近い時間帯で多く発生していることが分かる。このとき、線の色相にばらつきがあることから、本来の発生時刻では差があることが確認できる。

## 5. ツールの開発

2.5D に拡張した ChronoView を実装し、ツールに組み込んだ。

### 5.1 ツールの概要

開発したツールの全体画面を図 7 に示す。(A) が ChronoView を描画する ChronoView パネルである。補助情報は (B),(C),(D) に描画され、それぞれスペクトル、ヒストグラム、イベントの詳細情報を表示する。(E) はオプションパネルであり、表現周期の変更やモードの変更などを行うための GUI を配置している。ChronoView パネルでは 2.5D 表現に拡張した ChronoView を描画する。開発したツールでは、主にこの画面を見ることにより分析を行っていく。この画面では、オプションパネルで設定した周期の ChronoView を、図 3 のように表示する。図 3 において、黄色の点が配置されている図がメインの ChronoView であり、他の 2 枚の図が追加の ChronoView である。このメインの ChronoView に配置されているイベント群をクリックすることで、4.3 節で述べた発生時刻を示す線や、スペクトルなどの補助情報が描画されるようになっている。また、画面上をマウスでドラッグすることで見る角度の変更ができるため、表現を正面からみることで擬似的に 2 次元で表示することも可能である。図 3 は通常状態の様子であるが、オプションパネルでモードを切り替えることで、4.2 節で述べた接続線や軌跡線を描画することができる。開発ツールでは All, Single, Locus の 3 種のモードを用意した。All モードでは、画面上に描画されているすべてのイベント群について接続線を描画する。Single モードでは、選択したイベント群のみについて接続線を描画する。Locus モードでは、選択したイベントの軌跡線を描画する。

### 5.2 補助情報

より効率的に分析が行えるように、ChronoView 単体では不足している情報を提示する機能を追加した。

#### 5.2.1 スペクトルによる周期性の強さの表示

周期性を見つけるための手がかりや見落としの対策として、時間帯ごとの発生回数の分布をフーリエ変換することで求めたスペクトルを表示する。スペクトルの強さと ChronoView での配置位置の関係を分析したところ、スペクトルが強い周期ほどノードが円周付近に配置される傾向があった。例として、購買データにおいて「DrPepper」というキーワードに着目し、求めたスペクトルを図 9 に示す。図 9 では 63 時間のスペクトルが最も強く、それ以外の周期ではスペクトルが小さくなっている。スペクトルとノードの位置の関係をみるために、スペクトルが最も強い 63 時間、スペクトルが小さい 180 時間で描画した ChronoView をそれぞれ図 10, 11 に示す。これらの図では、スペクトルが強い 63 時間ではノードが比較的円周の近くに配置され、スペクトルの小さい 180 時間ではノードが円の中心付近に配置されていることが確認できる。他のキーワードでも同様の傾向があったため、周期性を分析する際の手がかりとして利用できると考えた。しかし、スペクトルの強さはイベントの回数や発生した期間によって左右される。また、スペクトルが強い場合でも、イベントの発生分布に広がりがあることがある。そのため、イベント群のスペクトルはあくまでも判断の目安であり、ChronoView での配置位置も確認する必要がある。

#### 5.2.2 その他の補助情報

その他の補助情報として、イベント群に含まれるイベントのヒストグラムと詳細情報を表示する。ヒストグラムは周期性を考慮して周期の長さを変えることができるようにし、ChronoView でのノードの位置や、スペクトルの強さと照らし合わせて発生回数の分布をみる事ができる。詳細情報では、イベントごとに発生時刻やキーワード、その他の属性値をリストとして表示する。

### 5.3 使用した言語、ライブラリ

ツールの実装には Java を使用しており、GUI の作成には Java の Swing を使用した。ライブラリには、3D での描画に C 言語、C++ で使える OpenGL の機能を Java で使用できるようにする Java OpenGL (JOGL) を使用している。また、スペクトルの計算には Java から R を呼び出すライブラリである rJava を使用し、R で計算を行なっている。

## 6. ユースケース

ユースケースとして、開発したツールを用いて実際にデータの周期性を探索した様子を紹介する。

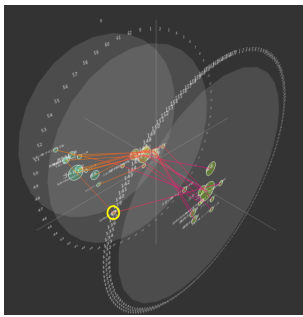


図 8: 63 日で大きく動くイベント群を発見した様子

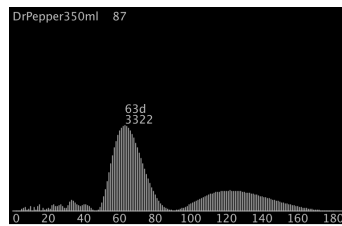


図 9: 「DrPepper」のスペクトル

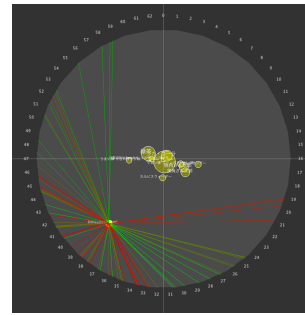


図 10: 63 日での発生分布

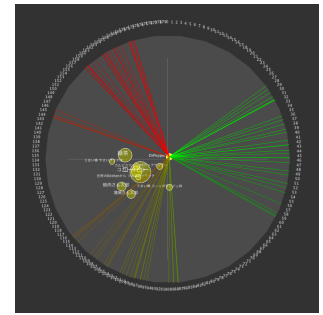


図 11: 180 日での発生分布

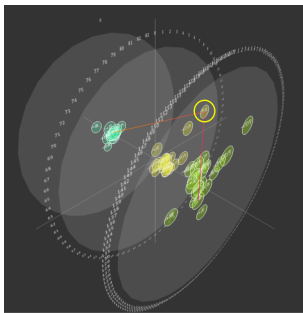


図 12: 84 時間で大きく動くイベント群を発見した様子

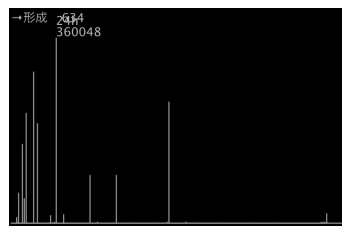


図 13: 168 時間での発生分布「形成」のスペクトル

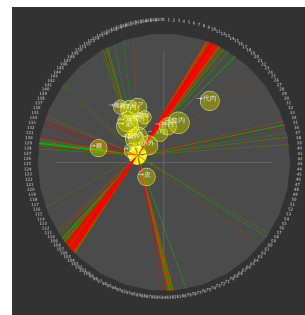


図 14: 168 時間での発生分布

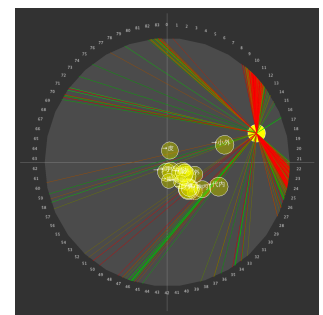


図 15: 84 時間での発生分布

## 6.1 購買データの分析例

1 件目のユースケースとして、表 1 に示した購買データを用いて分析を行った。ツールには、データの購入時刻をイベントの発生時刻、商品名を着目する属性として与えた。購買データには全体的に 24 時間周期でイベントが発生する傾向があることがわかっているが、このユースケースでは 24 時間以外の周期で発生しているイベントを見つけることを目標とした。

まず、すべてのイベント群の中から特徴的なイベント群を見つけることにした。イベントの発生回数が少ないと偶然生じた偏りである可能性があるため、50 回以上発生するイベントに絞って探索を行った。フィルタリングにより発生回数が 50~1000 回のイベントのみ表示し、追加の ChronoView の周期を 1 時間と 168 時間に設定した。All モードで接続線を表示し、メインの ChronoView の周期を 1 時間から順に表示していき、接続線が大きく動く周期を探索した。探索したところ、表現周期が 63 日のとき図 8 のように円周付近にイベント群「DrPepper」を発見した。また、スペクトルと発生分布を確認したところ、それぞれ図 9、図 10 のようになっていた。スペクトルによると、63 日で強い周期性があることが分かる。図 10 のように発生分布に重なりがあったため、周期を伸ばして発生期間の特定を試みたところ、表現周期が 180 日のとき図 11 のような分布になった。この分布を見ると、イベントが多く発生する期間と、発生していない期間が何度か繰り返されていることが分かる。この期間の長さを調べると、どちらも約

30 日、つまり約 1 ヶ月であった。元のデータを見たところ、購入時刻が約 1 ヶ月開いた区間が 2 箇所あった。以上のことから、この商品には在庫があり多く購入される期間と、在庫がなくなり購入されなくなる期間が 1 ヶ月おきに繰り返すという周期性があったことが分かった。

## 6.2 入院データの分析例

2 件目のユースケースとして、患者が入院した時刻を記録した入院データを用いた分析を行った。このデータは、Misue らによる論文 [19] のために用意された加工済みデータである。このデータは患者が入院した時刻と、入院した診療科の名称、入院した病棟番号から構成されている。データ上では診療科は略称となっている。入院データでも購買データと同様に、24 時間以外に特徴的な傾向を示す周期を探索していく。ツールにデータを読み込み、追加の ChronoView の周期を 1 時間と 168 時間に設定し、All モードで接続線を用いて分析を開始した。メインの ChronoView が 84 時間のとき、円周付近に配置されているイベント群「形成」を発見した。84 時間は周期性が現れやすい 168 時間（7 日間）の約数の周期であったため、ChronoView の性質によって円周付近に配置された可能性があった。そこで、「形成」のスペクトルおよび表現周期 168 時間での発生時刻の分布を見たところ、それぞれ図 13、図 14 のようになっていた。図 14 を見ると、168 時間の ChronoView では、「形成」は中心付近に配置されており周期性がないことが分かる。しかし、9~12 時間、105~

表 2: 形成外科の診療曜日あたりの医師数

	9:00~12:00	13:00~17:00
月	4人	0人
火	2人	0人
水	3人	0人
木	4人	0人
金	1人	0人

108 時間に集中してイベントが発生していることが確認できた。このデータでは開始日が木曜日であったため、木曜日と月曜日に多く発生していることになる。図 13 のスペクトルを見ると、24 時間とその約数と思われる時間で周期性が強いことが見て取れる。また、80 時間付近に強い周期性があることが確認できた。先ほど「形成」が円周付近に配置されていた 84 時間での発生分布を見たところ、図 15 のようになっていた。図 15 を見ると、168 時間で配置したときにイベントが集中していた 2 つの時間帯が、84 時間では近い位置に配置されていることが確認できる。2 つの時間帯には、実際は 96 時間ほどの差があるが、84 時間周期の ChronoView 上では差が 12 時間となるため、2 つの時間帯が近くなりイベント群が円周付近に配置されたと考えられる。また、本来の分布においてイベントが多く発生する間隔は 3 日または 4 日であり、その中間である 3.5 日 = 84 時間が周期性として現れたと考えられる。

このデータの提供元である病院の診療日を調査したところ、形成外科の診察曜日あたりの医師数は表 2 のようになっていた。データの期間は 2010 年 4 月から 2012 年 3 月であるため何らかの変更はあると思われるが、可視化により推測された傾向と同様の曜日、時間帯に医師が多く在籍していることが確認できた。

### 6.3 議論

開発したツールを用いて購買データに含まれるイベントの周期性らしき発生傾向を発見することができた。購買データでは、完全に周期的に発生するというような傾向は発見できなかったが、月ごとの発生頻度の違いといった傾向を発見できた。入院データでは、ツールを使用した探索により医師数とイベントの発生回数の関連性を推測することができた。以上のようにツールを用いて周期的特性の探索が行えたため、開発したツールは有効であると思われる。しかし、時系列を集約することによって、厳密に周期的に発生していなくても周期的に表現されてしまうとう ChronoView の曖昧性がある。また、月ごとの日数の違いは考慮していないため、より厳密に周期性の探索を行うためには改善が必要である。

2.5D 表現を取り入れた ChronoView による探索については、既存表現に比べ効率的に探索を行うことができたと思われる。特に、複数の ChronoView を表示したときの機

能である接続線を用いた探索が有効であった。円周付近に配置されるイベント群があった場合、対応する接続線が線の束から外れた位置に描画されるため、探索のきっかけとなる周期を容易に発見できた。また、特定のイベント群に着目した際、周期的である可能性のある周期の特定にスペクトルが有効であった。イベントの回数によるスケールの違いには対応できていないためまだ完全ではないものの、イベント群と円の中心間の距離と、スペクトルの強さがほぼ対応していたため、ChronoView を評価する一つの方法として使用できると思われる。軌跡線は 1 つのイベント群に着目する時に、表示できるすべての周期での配置の違いが一目で分かるため有効であった。しかし、線の重なり方によっては奥行きが把握が難しいことや、配置位置の変化の仕方によっては周期的でも強調されないことがあるため、改善の余地があると思われる。

## 7. まとめ

本研究では、ChronoView を様々な周期に対応できる表現へと拡張することで、ChronoView の周期への依存を解決し、時刻付きデータの周期性の探索が行えるような可視化ツールの開発を行った。ChronoView を拡張する手段として、時系列データの表現によく使用される 2.5D 表現を用いた。

分析手段として実用性を高めるためには、視覚表現に加えデータに対しクラスタリングなどの処理を併用する必要があると考えられる。また、2.5D 表現の代わりに、アニメーションや Small Multipile など他の方法での拡張も試みるべきである。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP17K00264 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- [1] Shiroy,S., Misue, K., and Tanaka, J.: ChronoView: Visualization Technique for Many Temporal Data, *In Proceedings of 16th International Conference on Information Visualisation (iV2012, July 10-13, 2012, Montpellier, France)*, pp. 112-117 (2012).
- [2] Carlis, J.V. and Konstan, J.A.: Interactive Visualization of Serial Periodic Data, *In Proceedings of the 11th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 29-38 (1998).
- [3] Gautier, J., Davoine, P.-A., and Cuntly, C.: Helical time representation to visualize return-periods of spatiotemporal events, *19th AGILE International Conference on Geographic Information Science* (2016).
- [4] Huynh, N.A., Ng, W.K., Ulmer, A. et al.: Uncovering Periodic Network Signals of Cyber Attacks, *2016 IEEE Symposium on Visualization for Cyber Security(VizSec)* (2016).
- [5] Chen, S., Yuan, X., Wang, Z et al.: Interactive Visual Discovering of Movement Patterns from Sparsely Sampled Geo-tagged Social Media Data, *2016 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol.

- 22, Issue 1, pp. 270-279 (2016).
- [6] Itoh, M.: 3D Techniques for Visualizing User Activities on Microblogs, *In Proceedings of the IET International Conference on Frontier Computing - Theory, Technologies and Applications*, pp. 384-389 (2010).
  - [7] Federico, P., Aigner, W., Miksch, S. et al.: A Visual Analytics Approach to Dynamic Social Networks, *In Proceedings of the 11th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies*, Article No. 47 (2011).
  - [8] Brandes, U. and Corma, S.R.: Visual Unrolling of Network Evolution and the Analysis of Dynamic Discourse, *In Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization(InfoVis'02)*, pp. 145-151 (2002).
  - [9] Collins, C. and Carpendale, S.: VisLink: Revealing Relationships Amongst Visualizations, *2007 IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics*, Vol.13, Issue 6 (2007).
  - [10] Wei, Y. and Du, X.: Two-layer Network Visualization for Comprehensive Analysis, *2017 IEEE Second International Conference on Data Science in Cyberspace*, pp. 363-367 (2017).
  - [11] Klemm, P., Lawonn, K., Glaßer, S. et al.: 3D Regression Heat Map Analysis of Population Study Data, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol.22, Issue 1, pp. 81-90 (2016).
  - [12] Fanea, E., Carpendale, S. and Isenberg, T.: An Interactive 3D Integration of Parallel Coordinates and Star Glyphs, *2005 IEEE Symposium on Information Visualization*, pp. 149-156 (2005).
  - [13] Dwyer, T. and Eades, P.: Visualising a Fund Manager Flow Graph with Columns and Worms, *In Proceedings of the Sixth International Conference on Information Visualisation*, pp. 147-152 (2002).
  - [14] Matthews, G. and Roze, M.: Worm Plots, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 17, Issue 6, pp. 17-20 (1997).
  - [15] Greevy, O., Lanza, M., and Wyseier, C.: Visualizing Live Software Systems in 3D, *In Proceeding of the 2006 ACM symposium on Software visualization*, pp. 47-56 (2006).
  - [16] Schnorr, L.M., Huard, G., and Navaux, P.O.A.: Triva: Interactive 3D visualization for performance analysis of parallel applications, *Future Generation Computer Systems*, Vol. 26, Issue 3, pp. 348-358 (2010).
  - [17] Schneider, T., Tymchuk, Y., Salgado, R, et al.: Cuboid-Matrix: Exploring Dynamic Structural Connections in Software Components using Space-Time Cube, *2016 IEEE Working Conference on Software Visualization(VISSOFT)*, pp. 116-125 (2016).
  - [18] 武田 修平 : 時刻付きデータの探索的分析を支援する視覚的開発ツールの開発, 修士論文, 筑波大学院システム情報高額研究家 (2016).
  - [19] Misue, K., Kanai, Y., and Takagi, H.: Visualizing the Overview of Temporal Patterns of Patients' Activities, *2013 Workshop on Visual Analytics in Healthcare(VAHC2013, Nov. 16, 2013, Washington, D.C. , USA)*, pp. 11-14 (2013).