

VRを使用した位置情報付きツイートの時空間可視化

岡田 佳也[†] 吉田 光男^{††} 伊藤 貴之[†] TobiasCzauderna^{†††} KingsleyStephens^{†††}

[†] お茶の水女子大学人間文化創成科学研究科理学専攻 〒112-8610 東京都文京区大塚2丁目1番1号

^{††} 豊橋技術科学大学 〒441-8580 愛知県豊橋市 天伯町雲雀ヶ丘1番1号

^{†††} Monash University Scenic Blvd, Clayton VIC 3800, Australia

E-mail: [†]{g1320508, itot}@is.ocha.ac.jp, ^{††}yoshida@cs.tut.ac.jp,

^{†††}{tobias.czauderna, kingsley.stephens}@monash.edu

あらまし ソーシャルメディア分析は人々の行動を理解するために非常に有用である。ソーシャルメディアデータは時空間情報をはじめとする複合的な情報を持ち、特徴を適切かつ素早く理解するのは難しい。そこで本研究では、Virtual Reality (VR) を用いて可視化することでこれを解決する。VR はデータ探索のための対話的で直感的なインタフェースの開発を可能にし、ユーザは欲しい情報に容易にアクセスできるようになる。我々は位置情報付きツイートデータに対し、平面マップと時間軸からなる3次元空間において、各座標値のツイート数を集計しキューブとして可視化した。この時、ユーザがデータ全体の傾向を把握できるように特徴的なキューブのみを強調して表示する。さらに、詳細なツイート情報を表示するためのユーザインタフェースを開発した。

キーワード 時系列可視化, VR, ソーシャルメディア, ツイートデータ, 没入可視化

1. はじめに

ソーシャルメディア分析は人々の行動について重要な知見をもたらす。Twitter や Facebook などのソーシャルネットワークサービスから収集したデータはいつ、どこで、なぜイベントが発生し人々が集まったのかを示す有用なデータとなる。ソーシャルメディア分析としてはテキストマイニングやネットワーク分析を使った多くの手法が考案されているが、これらの手法で多様な要因が絡んだ複雑な人間行動データを理解することは容易ではない。そこで我々はユーザ自身が対話的な操作をし、欲しい情報を自分で探索できる可視化ツールが有用なのではないかと考えている。そのため、我々はこの可視化に Virtual Reality (VR) を用い、没入可視化手法 (Immersive Visualization) を適用する。近年 VR はゲームなどのエンターテインメント分野だけでなく可視化にも応用されており、空間データを直感的に、またユーザ操作によって詳細に観察するためのツールとして有用である。

本報告では Twitter の API により収集したツイートデータを3次元時系列可視化と対話的ユーザインタフェース (UI) を用いて表現する手法を提案する。本手法ではまず、ツイートデータを可視化するための3次元時系列空間を構築する。具体的には、可視化対象となる所定の地域のマップを xz 平面上に再現し、時刻を y 軸 (マップに対して垂直となる方向) にとることで3次元空間を定義する。続いて本手法では、マップを適当な大きさの格子に分割した区画ごと、かつ一定時間帯 (本実装では1日) ごとにツイート数を集計する。このツイート数から色と透明度を設定してキューブとして表示することで、ツイートの多い重要な部分のみを強調表示する。ユーザはこのマップに没入しデータの概観を観察すると同時に、このマップの複製である小さいマップで各時間帯におけるツイート数の詳細な時間

変化を見ることができる。さらに我々は、VR デバイスである HTC Vive [1] を用い、直感的で多様な操作ができるよう実装した。

本報告では東京ディズニーランド (TDL) 周辺の位置情報付きツイートデータを可視化した事例を紹介する。この可視化によって、普段めったに TDL に来場しない人でも、TDL 内の混雑や注目すべきイベントがいつ、どこで、なぜ発生したのかを知ることができ、あたかも TDL 内にいるように感じることができるであろう。

2. 関連研究

一般的に時系列データ可視化は、折れ線型、ヒートマップ型、3次元型、連携型の4つに大別される [2]。本章ではこの中でも時間情報と空間情報を一画面で両立して可視化できる3次元可視化、そして可視化手法として VR を使った研究を紹介する。

2.1 時空間データの可視化

3次元時空間可視化の代表的な方法として Space-Time Cube という手法がある。特に平面地図と地図に対し垂直に時間軸をとる時空間パスや Geo Time が人の移動の可視化によく用いられる。深田ら [3] は観光歩行行動の GPS ログデータを GIS を用いて可視化し、観光行動の移動軌跡、歩行ルートや滞留位置と時間帯を抽出する手法を考案し、時空間パスによる表現と比較している。このような軌跡を描く以外の時空間可視化手法の例として Cuboid Matrix [4] がある。これは行動データではなく、動的なネットワークデータを平面上に頂点群、他の1軸を時間軸とした3次元空間上に配置している。この手法では時空間情報の概観を見ることができ、各頂点の特徴が理解しやすいが、データの密集部分の読み取りが難しく、2次元への分解表示が欠かせない。

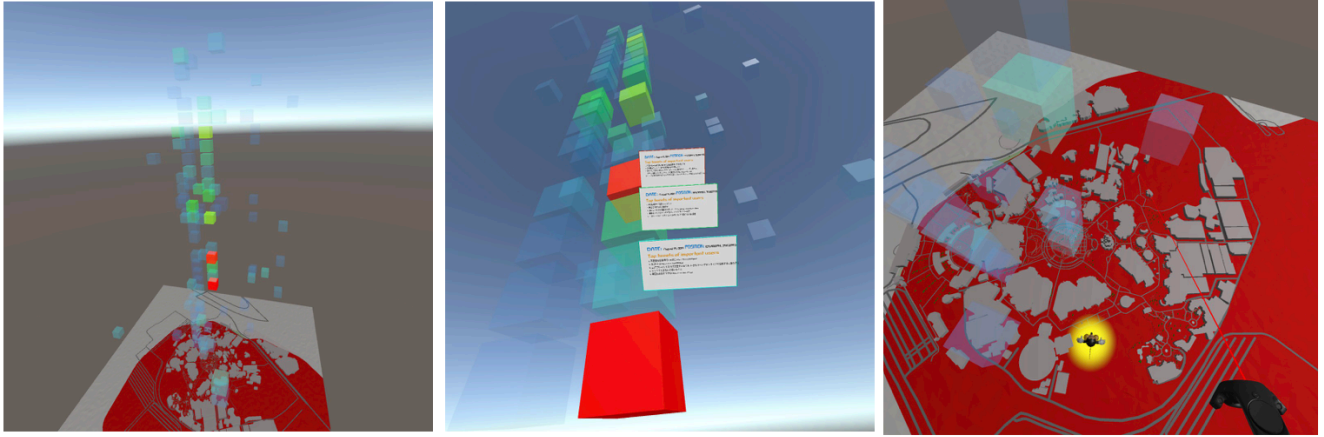


図1 WorldView. 左から全体図、キューブを選択した際に表示されるパネル群、ユーザの位置を示すミッキーマウス。

2.2 VR を用いたツイートデータ可視化の利点

Guttentag [5] は VR の観光事業やマーケティング分野への応用の可能性について議論している。ある視点からの俯瞰だけでなく、VR による制限のない無数の視点からの環境の観察は、旅行の計画者にとって有用であるとしており、結果として観光客は写実的に表示された情報にもとづいて適切な意思決定を行い、より現実的な期待を抱くことができると主張している。さらにこのような VR の体験的性質は、観光客に豊富なデータを提供するための最適なツールであり、観光事業の促進や販売の革命を起こす可能性があるとも述べられている。

Immersive analytics [6] は、実世界のデータの分析のサポートを目的として近年推進されている新しいフレームワークである。大型タッチパネル、Oculus Rift [7] や Cave2 [8] などの仮想現実環境、Kinect のようなトラッキングデバイスといったマルチセンサインタフェースを用い、ユーザがデータに没入する経験を作り出すことで、複雑で大きなデータに対し専門家や分析者がより自然にアクセスできるようになる。Cordeil の ImAxes [9] は Immersive analytics の典型的な一例である。ImAxes ではユーザが自由に可視化画面を作ることができる。HTC Vive を使い、VR 空間上で軸を組み合わせると任意の項目を軸とする scatterplot が作成され、複数の scatterplot を合わせると PCP リンクが現れる。このようにユーザ自身がデータを見て、直感的に操作することで新しい可視化画面を作成し情報を探索できる。

Moran ら [10] はツイートデータを VR 空間で可視化しており、VR 空間上のオブジェクトの要素をツイートの特徴と対応づけている。この研究は特定の時間と場所のツイートの特徴に注目している我々の手法とは異なり、各ツイートの特徴に注目している。また彼らの手法ではツイート数の時間変化を同時に見ることはできない。

以上を踏まえ、ユーザ自身がデータを操作し体験することができることから、我々は VR 空間上でツイート数の時間変化を可視化することを選択した。体験的性質が最も魅力となる例として、本研究では東京ディズニーランド周辺のツイートを可視

化することにした。また VR による無制限の視点操作は、3次元上でのデータの重なり合いが発生する部分の可読性の問題も解決すると考えている。

3. 提案手法

本章では提案手法におけるデータの構造と処理手順について説明する。提案手法による可視化画面は以下の2つで構成されている。

WorldView: 一定期間（本報告の適用事例では1ヶ月）のデータの概要を示す3次元時空間可視化。

MiniMap: 各時間帯（本実装では1日）ごとの時間変化を示しかつ操作にも使用される小さいマップ。

3.1 ツイートデータ

Twitter API で得られるツイートは JSON 形式で保存される。本研究では2014年8月の一ヶ月分の東京ディズニーランド周辺の位置情報付きツイート約16,000件を用いている。ツイートオブジェクトはツイート本文、位置情報（緯度経度）、ハッシュタグ、ユーザ名、タイムスタンプなどが含まれている。

3.2 VR 環境

開発には Unity3D [11] ゲームエンジンを用いた。Unity Assets には VR デバイスに対し、SDK などを含む豊富なサポートがあり、複雑なアプリケーションの開発が比較的容易であるためである。ヘッドセット、コントローラには HTC Vive Virtual Reality Headset を用いた。

3.3 WorldView

図1はユーザが没入する空間に表示されるマップである。ユーザは HTC Vive のトラックパッド操作によってマップ周辺を飛びまわり、データを概観することができる。飛び回る際にユーザ自身の位置を見失うのを防ぐため、ユーザ直下のマップ上にアイコンを配置している。ユーザはマップを見下ろすといつでも自身の位置を把握でき、もしくは見ているキューブがマップのどの位置に対応するのか確認できる。このマップの再現には utymap [12] を使い、Open Street Map (OSM) からマップデータを読み込んで表示している。またその他 VR 特有の直感的な操作を実装し、データの理解を容易にしている。WorldView に

JSON形式で保存されている
ツイートオブジェクト

ユーザ名	
位置情報	
タイムスタンプ	
ツイート本文	
ハッシュタグ	
...	

1. 時間帯・場所毎にツイート数を集計
2. 色設定
3. 透明度設定

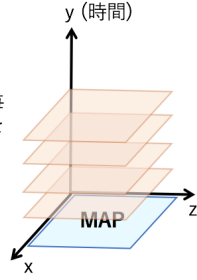


図 2 World View における可視化オブジェクトの生成手順.

における各オブジェクト, 操作方法について以下に説明していく.

3.4 キューブ

本手法ではツイートの回数を時空間データとしてキューブによって表現する. ツイートデータはツイートオブジェクトとして JSON 形式のファイルに記述されている. キューブの作成手順は図 2 の通りである. 以下の節で各手順について説明する. ただし, 計算式においては日付を i , キューブ番号を j , 各キューブのツイート数を n_{ij} , 算出結果を v_{ij} とする.

3.4.1 集 計

マップを格子状に分割し, 各格子に対して一定期間 (本実装では 1 日) ごとのツイート数を集計する. 続いて以下の式により, 特定の格子と期間に含まれるツイート数を範囲 $[0,1]$ に正規化する.

$$v_{ij} = \frac{n_{ij} - n_{min}}{n_{max} - n_{min}} \quad (1)$$

3.4.2 色 付 け

次に, 3.4.1 節で求めた各ブロックの数値の変化を表現する色を自動的に設定する. Borland [13] はデータの種類とカラーマップの対応付けについて述べている. 今回は最も一般的に用いられている, 色相のみ変化するレインボーカラーマップを用いた (図 3). HSV 色空間の色相 h は以下のような計算で生成する.

$$h_{ij} = \frac{160}{240}(1.0 - v_{ij}) \quad (2)$$

3.4.3 透明度設定

続いて, 透明度を算出する伝達関数を設定する. 3 次元空間における可視化では, 視点によって物体間の画面上での重なり合いが発生する. この重なり合いによるデータの可読性の低下を防ぐため, 数値の突出した重要な部分の透明度を低くし, その他の重要でない部分の透明度を高くする. したがって重要な部分だけが強調されるようになる. 透明度 t はキューブの数値 v に対する指数関数である. 式は以下の通りであり, グラフは図 3 に示す.

$$t_{ij} = v_{ij}^a \quad (3)$$

3.5 パネル

パネル (図 4) はユーザがポインターによりキューブを選択すると現れ, 選択したキューブに含まれるツイートの詳細を表示する. パネルに表示される内容には, 日付, 座標値, 代表的なツイートのテキストを含む. ここで代表ツイートには, 重要ユーザによって呟かれた重要語句を含むツイートを選ぶ. 重要

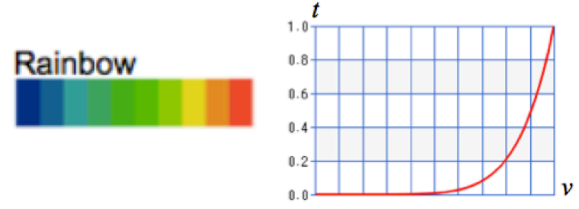


図 3 カラーマップと透明度設定のための伝達関数.

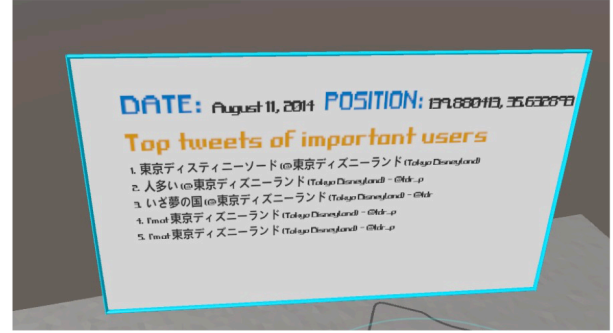


図 4 パネル: キューブに含まれる代表ツイートの日付, 座標値, テキストを表示する.

ユーザの選出条件として, 現時点では以下の 2 点を採用している.

- フォロワーが多いこと.
- アクティビティが高いこと. 本実装では, アカウント作成日からツイート時までのツイート数を, 作成日からツイート時までの日数で割った数値が大きいこととする.

ツイートからの重要語句の抽出には tf-idf 法を用いる.

ユーザはこのパネルを眺めることで, このキューブに対応する位置・時間帯になぜ人が集まったのか, もしくはツイートされるような重要イベントが発生したのかを知ることができる.

3.6 WorldView における操作方法

本節では WorldView におけるコントローラ操作に対応した操作方法を説明する.

左コントローラのトラックパッド. ユーザの視線方向に対し前後左右に移動する. マップ上やキューブの外周を飛び回る際に使用する.

右コントローラのトリガーボタン. ポインターを発する. キューブやパネルの選択に使用する. キューブはポインターを当てられるとハイライトされる.

右コントローラのグリップボタン. パネルを掴む.

右コントローラのスナップ. パネルの削除. 上方に速度をつけてスナップする.

3.7 MiniMap

MiniMap (図 5) は “WorldView” の小さいサイズの複製であり, 左コントローラに付与されている. 左コントローラの裏表を反転させることで表示される. この MiniMap でも概観を観察することは可能だが, WorldView と異なり, 各時間帯 (本実装では 1 日) の中で時間変化を表示する. MiniMap の各キューブはさらに短い時間帯 (本実装では 1 時間) ごとの集

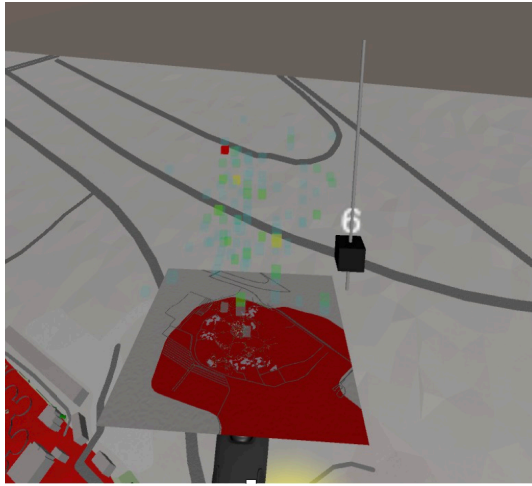


図5 MiniMap: 1日の中でのツイート数の時間変化を示す。

計を示している。ユーザは MiniMap についてのスライダーを動かすことにより、スライダーで指定した日付のツイート数の分布を詳細に観察できる。スライダーの操作には、右コントローラのトリガーボタンとグリップボタンを同時に押す。さらに MiniMap において右コントローラのトリガーボタンでキューブを選択してからボタンを離すと、このキューブに対応する WorldView のキューブの前にワープすることができる。この操作により、自分から離れた位置のキューブに含まれるツイートを詳しく読みたい時に、移動する手間を省くことができる。

4. 実行例

本章では TDL の園内でのツイートデータを対象とした実行例を示す。この事例では、2014 年 8 月のツイートの中から、TDL の園内を囲む矩形領域内部に相当する緯度・経度を記録したツイート約 16,000 件を使用した。なお我々の実装では、TDL を意識して WorldView のアイコンにミッキーマウスのイラスト画像を採用した。また WorldView での操作によってパネルを削除する際には、TDL の花火のような演出を付与した。

まず WorldView で全体像(図 6 左上)を眺めると、1ヶ月のうち中旬あたりに濃い色のキューブが集まっていることがわかる。今回は 8 月のデータを適用しており、12 日から 15 日付近のお盆休みに TDL が混んでいたため、ツイート数も多かったと考えられる。実際にそれらのキューブの位置に視点移動する(図 6 右上)と、マップの中心、シンデレラ城前でツイートする人が多かったことがわかる。

次に、実際にこのキューブにどのようなツイートが含まれているかを観察する。図 6 左下はツイートを表示しているが、この中にはディズニーと関係のないツイートがいくつか選ばれてしまっている。一方図 6 右下は、キューブの透明度から、ツイート数は多くないがディズニーに関わるツイートが表示されている。内容も、「I'm at 東京ディズニーランド」など、「ディズニーにきた」というアピールのツイートする人の多くはシンデレラ城前でツイートするだろうという予測のつく内容となっている。ここから、ツイートが多くなればなるほど雑多な情報も

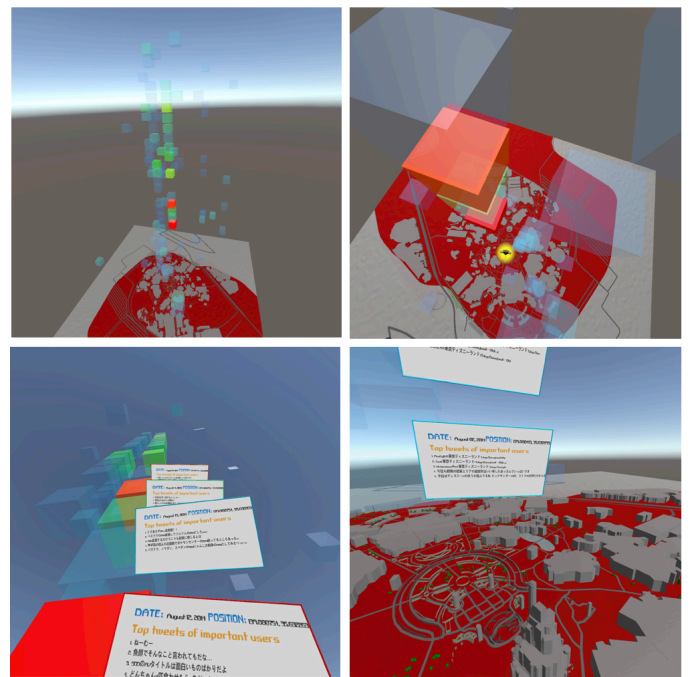


図6 実行例。左上はお盆頃にツイート数が多いことを示している。右上はキューブの位置から見下ろした図で、ユーザがシンデレラ城前にいることを示す。左下と右下はパネルによって具体的なツイートを表示している。

増えてしまい、重要なツイートを抽出することがより重要になると考えられる。この点においては改善の余地があり、今後の大きな課題である。

5. まとめ

本報告では、“WorldView”と“MiniMap”から構成される VR 空間での時空間可視化手法を提案した。本手法では 3 次元時空間における各座標区画ごとにツイート数を集計して、色、透明度を適用したキューブで集計結果を表現し、ツイートデータの集計結果を概観できるようにした。それと同時に本手法では、キューブに含まれるツイートの詳細を表示する UI を組み合わせた。これによりユーザは一定期間の人々の行動の特徴を把握でき、重要な時間と区画の観察ができる。更に、ユーザは注目すべきキューブと対応した特定の時間帯と場所の詳細情報を得ることができるようになった。また左コントローラに付与した MiniMap により、各時間帯におけるツイート数の時間変化を詳細に観察できるようになった。

しかし依然としていくつか今後の課題がある。まず、より意味のあるツイートを抽出するため、重要ツイートの抽出方法を考える必要がある。tf-idf のみならず多様な手法を試して重要ツイートの抽出を実験したい。また本手法を用いることで、ユーザが本当に対象地域(例えば TDL)に没入しているように感じるか、また VR に慣れていないユーザが本手法の操作を習得するのにどのくらいの時間がかかるか、といった現実感と操作性に関する評価実験を実施する必要がある。そして評価実験の結果を、より効果的な可視化画面と UI の開発に役立てたい。さらに、現時点で実装されている機能や操作の他に、新た

な機能を追加開発する予定である。例として、対象地域の常連訪問者（例えば TDL に行き慣れている人）はどのように行動するのかを知るため個人のツイートを追えるようにする機能や、パネルの整列などの案を検討中である。

6. 謝 辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金の助成に関するものです。

文 献

- [1] “HTC Vive.”, <https://www.vive.com/jp/>.
- [2] 伊藤, 視覚協創学 (5): マッピング技術～特に時系列データ可視化技術の体系化に向けて～. 第 17 回計算工学講演会論文集, Vol. 17, 2012.
- [3] 深田, 奥野, 大津, 橋本, “観光歩行行動データに対する GIS を用いた 3 次元可視化手法の提案”, 観光と情報, Vol. 8, No. 1, pp. 51-66, 2013.
- [4] T. Schneider, Y. Tymchuk, R. Salgado and others, “Cuboid-Matrix: Exploring Dynamic Structural Connections in Software Components using Space-Time Cube”, IEEE Working Conference on Software Visualization (VISSOFT), 2016.
- [5] D. A. Guttentag, “Virtual reality: Applications and implications for tourism”, Tourism Management, vol. 31, no. 5, pp. 637–651, 2010.
- [6] T. Chandler, M. Cordeil, T. Czauderna and others, “Immersive analytics”, IEEE Big Data Visual Analytics (BDVA), pp. 1–8, 2015.
- [7] “Oculus rift.” <https://www.oculus.com/>.
- [8] A. Febretti, A. Nishimoto, T. Thigpen, J. Talandis, L. Long, J. D. Pirtle, T. Peterka, A. Verlo, M. Brown, D. Plepys, and others, “CAVE2: a hybrid reality environment for immersive simulation and information analysis,” in Proceedings IS&T / SPIE Electronic Imaging, vol. 8649. SPIE, pp. 864 903.1–12, 2013.
- [9] M. Cordeil, A. Cunningham, T. Dwyer, B. H. Thomas and K. Marriott, “ImAxes: Immersive Axes as Embodied Affordances for Interactive Multivariate Data Visualisation”, Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, ACM, pp. 71–83, 2017.
- [10] A. Moran, V. Gadepally, M. Hubbell and J. Kepner, “Improving Big Data visual analytics with interactive virtual reality”, IEEE High Performance Extreme Computing Conference (HPEC), pp. 1–6, 2015.
- [11] “Unity3d.” <http://unity3d.com/>.
- [12] “utymap”, <https://github.com/reinterpretcat/utymap>.
- [13] D. Borland and R. M. Taylor II, “Rainbow Color Map (Still) Considered Harmful”, IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 27, no. 2, pp. 14–17, 2007.