

社会ネットワークの可視化における ヘッドマウントディスプレイの活用

Visualization of Social Networks Using a Head-Mounted Display

池田 晴貴

Haruki Ikeda

法政大学情報科学部コンピュータ科学科

E-mail: Haruki.ikeda.3m@stu.hosei.ac.jp

Abstract

A social network abstracts human activities and relationships between people. It is represented by a graph with people as vertices and with their relationships as edges. Research on the 3D visualization of social networks usually employs an overlooking view to ease the understanding of the whole structure of a social network. However, it is often difficult to give the easy understanding of its partial structures. Also, 3D visualization using an ordinary computer display complicates interaction and degrades intuitive operation. A head-mounted display (HMD) can move and rotate the viewpoint by using a head tracking system. It also enables easy interaction with 3D visualization by using an HMD linked virtual controller with sensors. To enable the easy understanding of partial structures of a graph, this paper introduces the first-person view from a node. An HMD matches with the first-person view because it eases the move of the view. Also, this paper presents intuitive interactive operations using HMD controllers. Finally, the paper presents a user study that was conducted to evaluate the proposal. The results show that the first-person view was not better for local structure than the overlooking view.

1. はじめに

社会ネットワークは人の活動や人同士の関係を抽象化したものであり、人や物を頂点、それらの間の関係を辺とするグラフで表現される。社会ネットワークの可視化の研究は主に俯瞰的な視点が採用されることが多く、全体的な構造の理解が容易にできるようになっている。それに対して、頂点の周囲などの局所的な構造が理解しにくい問題がある。また、3次元可視化を通常のディスプレイで行う場合、インタラクションが複雑化し、直感的な操作が難しくなる問題がある。

通常のディスプレイと異なり、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) にはヘッドトラッキングシステムが搭載されており、頭を動かすことで視点の回転が可能である。近年の HMD には専用のコントローラがついており、現実のコントローラの動きと仮想空間内のコントローラの

動きがセンサーによってリンクしており、直感的な操作が可能になっている。

本研究では、HMDを用いて、社会ネットワークのノード、つまりネットワークを構成している人からの一人称視点を導入することで、ネットワークの局所的な構造の理解に役立つグラフの可視化手法を提案する。一人称視点のグラフはその人物から見た人間関係を整理したものであり、その人物周辺のネットワークをより詳細に理解することができるようになることを意図している。さらに、HMDは視点を自由に動かすことができ、一人称視点のグラフに適している。また、HMD付属のコントローラを用いて、一人称視点で使いやすい3次元のインタラクションを提案する。これらがネットワークの局所構造の理解に役立つのかを評価するために実験タスクを用意し、被験者実験を行った。評価にはタスクの完了時間と正答率、実験後に行ったアンケートを用いた。実験の結果、一人称視点が俯瞰視点よりも局所構造の理解に適しているとは言えないことがわかった。

2. 関連研究

Hyun ら [1]は、没入的なグラフ可視化のレイアウト、レンダリング、インタラクションの手法を提案した。レイアウトは球の表面にグラフを配置し、球の中心に視点を置くことで実現している。球面上の配置は2次元のグラフィックレイアウトに対して地図の投影法の逆の計算をすることで行っている。エッジの計算は段階的に行っている。まず、球の表面でのエッジバンドリングを計算し、続いてエッジの奥行きスプラインを計算することで球の外側にエッジを描画している。インタラクションでは HMD 環境下でのカーソル制御法を検討しており、マウスでの制御法を提案している。

Poupyrev ら [2]は VR 環境下でのオブジェクト選択、操作技術として、仮想の腕が伸びるようなインタラクションを提案している。ユーザが手を伸ばしていくと、ある距離を越えたところから仮想空間の手が非線形的に伸びていくように設計されている。これにより、自分の手が届かない遠くのオブジェクトに対しても、自分の手を実際に使って操作することが可能となる。

3. 提案手法

本研究では、HMDを用いて社会ネットワークを一人称視点、つまり社会ネットワークを構成している頂点から

眺められるグラフの可視化手法を提案する。また、HMDを用いたインタラクションを提案する。

3.1. 一人称視点の社会ネットワーク

一人称視点と HMD を用いた没入的なグラフ可視化 (図 1) は、視点の人物の局所的な構造の理解に役立つと考えている。例えば、視点のノードについての隣接関係やそのノードが属しているグループについてなどである。一方で、1つの視点から眺めたグラフだけでは、そのネットワークの局所構造の理解は不十分である。そこで、局所構造をより理解しやすくするために、視点のノードからその隣接ノードへ瞬時に視点を切り替えられるインタラクションを導入する。また、一人称視点のグラフであることは、俯瞰視点と異なり、ネットワークの内部から眺めることになり、ノードやエッジの重なりが多くなることが想定される。そこで、視点の近くのノードに対してアルファチャンネルを操作できるようにし、重なった奥のノードを視認しやすくする。

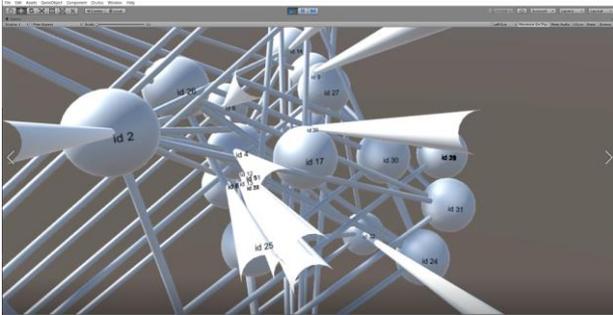


図 1 一人称視点のグラフ

3.2. HMD を用いたインタラクション

本研究で使用するコントローラである Oculus Touch は両手に1つずつコントローラを持つことができ、センサーによって現実の自分の手の位置と傾きが仮想空間内の手とリンクしている。コントローラにはボタンがついており、右手に A, B, 左手に X, Y があり、両手にはそれぞれ中指トリガーと人差し指トリガーがある。また、左右にそれぞれスティックがついている。このコントローラを使って、一人称視点の3次元ネットワーク可視化で役立つインタラクションを用意する。

3.2.1. ノードの移動

ノードの移動はポインティングによって行う。実行中は右手からレイが常に出ており、これを用いてノードを選択できる。レイを選択したいノードに合わせて人差し指トリガーを押すことで選択できる。右手を動かすことで自在にレイを動かすことができ、ノード選択中はコントローラとノードの距離を一定に保ったまま、レイの方向にノードが移動する。また、ノード選択中は右手コントローラの表面に現在選択中のノードのラベルが表示される。これにより、遠くにあるノードのラベルも瞬時に確認することができる。

自分の近くにあるノードは直接手で掴んで移動させることもできる。自分の手をノードの近くまで移動させ、

中指トリガーを押し続けている間ノードを持つことができ、離すとその位置でノードを離す。

3.2.2. 視点の移動

最初の視点のノード以外のノードからの視点でもグラフの様子を眺めることができるようにするために、視点の移動を導入する。ノードをレイで選択中に X ボタンを押すことで現在の視点のノードから選択中のノードまで滑らかに視点が移動する。移動前後で向いている方向は変わらない。また、現在の視点がどのノードなのかは左手コントローラの表面に表示される (図 2)。また、俯瞰視点では一人称視点のようにノード間を移動する必要がないので、縦横無尽に視点を動かすことができるインタラクションを導入している。これは左手のスティックを操作することで視点を動かすことができる。

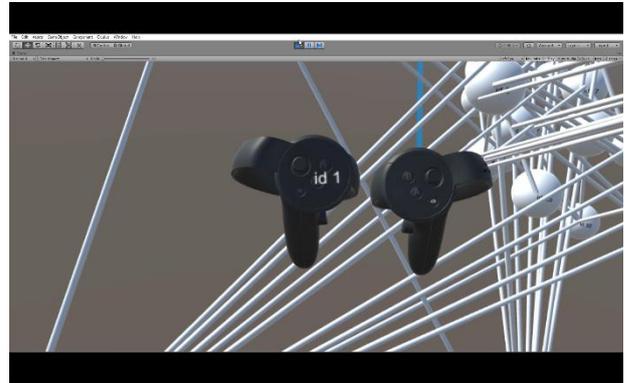


図 2 実行中のコントローラの様子 (左手には現在の視点がラベル表示されており、右手はノードを選択するとそのノードのラベルが表示される)

3.2.3. アルファチャンネルの操作

エッジやノードの重なりによって見えにくくなっているノードを見えるようにするためにアルファチャンネルの操作を可能にする。ノード選択中に A ボタンを押し、手首を左右に傾げることで対象のノードとそのノードから出ているエッジのアルファチャンネルを変更できる。右に倒すと透明になり、左に倒すと不透明になっていく。また、ノードを選択していない状態で A ボタンを押し、手首を左右に傾げると、視点を中心とした一定範囲内にあるオブジェクトのアルファチャンネルを変更できる。この範囲はノードを選択していない状態で右手のアナログスティックを前後に倒すことで変更できる。

4. 実装

本研究の実装には Unity を用いた。VR 機器は Oculus Rift を使用しており、コントローラは Oculus Touch を使用している。グラフの作成には多次元尺度構成法 [3]を用いた。視点の初期位置は ID が一番若いノードである。

5. 実験

提案手法を評価するために被験者実験を行った。具体的な目的は、一人称視点と俯瞰視点と比較してどのようなタスクのときに有用なのかを調べることである。被験

者には 1 つのデータセットのグラフで一人称視点と俯瞰視点の 4 つのタスクをそれぞれ行ってもらい、実験の評価にはタスクの完了時間と正答率、実験後のアンケート結果を用いた。

5.1. タスク

実験では、全体的な構造に焦点を当てた 2 つのタスク (T1, T2) と、局所的な構造に焦点を当てた 2 つのタスク (T3, T4) を設定した。具体的なタスクの内容は以下の通りである。

T1: 与えた 3 つのノードの中から次数の高いノードを順番に答える。

T2: 与えた 2 つのノードの間の経路を 1 つ答える。

T3: 与えた 1 つのノードを含む最も大きい完全グラフを探し、構成しているノードを答える。

T4: 与えた 1 つのノードについて、直接エッジはないが隣接ノードからエッジがあるノードを答える。

タスク中は、与えられたノードをピンク色にハイライトして表示した。また、被験者には一人称視点でタスクをするときは必ず与えられたノードに視点移動してタスクを行うようにしてもらった。俯瞰視点については特に制約を設けなかった。

5.2. データセット

訓練用のデータセットと本番用のデータセットの 2 つを用意した。訓練用 [4]には 34 個のノードと 78 本のエッジで構成されているグラフを使用した。本番用 [5]には 77 個のノードと 254 本のエッジで構成されているグラフを使用した。訓練用のデータセットは実験の説明とタスクの練習時に使用し、本番用のデータセットは本番のタスクで使用し、計測を行った。

5.3. 実験手順

実験参加者の半数は、まず一人称視点でタスクを 4 つ行ってもらい、そのあとに俯瞰視点でタスクを 4 つ行ってもらった。残り半数はその逆の順番で行った。一人称視点も俯瞰視点も本番のタスクを実施する前にインタラクションの説明とタスクの直前にタスクの説明を行い、練習をしてもらった。ここでタスクを理解し、操作に慣れてから本番タスクを行った。

時間はプログラム内のタイマーを使って計測した。タイマーの開始はプログラム起動後、被験者のディスプレイの見え方を確認してからスタートした。タスクの答えは全て口頭で回答してもらい、口頭での回答が終わった時点でタイマーを終了した。

全ての実験が終わった後、アンケートを回答してもらった。このアンケートでは一人称と俯瞰のそれぞれの視点でのタスクの難しさとインタラクションの有用性、一人称視点について感じたことを回答してもらった。

5.4. 実験結果

結果として、ほとんどのタスクにおいて一人称視点と俯瞰視点より優れていることはなかった。

5.4.1. 完了時間

各タスクの平均時間と分散を表 1 に示す。すべてのタスクにおいて平均のタスク完了時間は俯瞰視点のほうがよかった。特に T1 と T3 では 20 秒以上の差があった。対応のある t 検定を用いたが、T1 も T3 も有意差はなかった (T1 は $p < 0.13$, T3 は $p < 0.41$)。T2, T4 においても対応のある t 検定を行ったが、有意差はなかった (T2 は $p < 0.77$, T4 は $p < 0.34$)。よって、すべてのタスクにおいて一人称視点と完了時間に影響することがないことがわかった。

表 1 タスクの完了時間 (s) の平均と分散

		T1	T2	T3	T4
一人称 視点	平均	108.37	80.33	193.34	129.08
	分散	4019.48	1494.47	5713.25	1096.98
俯瞰 視点	平均	78.57	75.46	170.52	118.52
	分散	1167.63	1941.07	2051.30	1879.62

5.4.2. 正答率

各タスクの正答率の平均と分散を表 2 に示す。T1 と T3 で俯瞰視点より正答率が高かった。対応のある t 検定を用いたところ、T1 も T3 も有意差はなかった (T1 は $p < 0.34$, T3 は $p < 0.59$)。T4 は俯瞰視点のほうが、正答率が高かったが、対応のある t 検定を行ったところ、同様に有意差はなかった ($p < 0.59$)。よって、すべてのタスクにおいて一人称視点と正答率に影響することがないことがわかった。

表 2 タスクの正答率の平均と分散

		T1	T2	T3	T4
一人称 視点	平均	1.000	1.000	0.800	0.800
	分散	0.000	0.000	0.178	0.178
俯瞰 視点	平均	0.900	1.000	0.700	0.900
	分散	0.100	0.000	0.233	0.100

5.4.3. 実験後アンケート

アンケートでは各視点でのタスクの簡単さについてとインタラクションが役立ったかを 7 段階のリッカート尺度を用いて回答してもらった。タスクの簡単さについての結果を表 3 に示す。平均を見るとすべてのタスクにおいて俯瞰視点のほうが簡単だった。対応のある t 検定を行ったところ、T3 で有意差が見られた ($p < 0.04$)。よって、T3 では一人称視点によってタスクが難しくなっていることがわかった。そのほかのタスクでは有意差はなかった (T1 は $p < 0.66$, T2 は $p < 0.09$, T4 は $p < 0.66$)。

インタラクションの有用性についての結果を表 4 に示す。手を掴んでのノード移動に関する項目のみ一人称視点のほうが良い結果だった。この項目に関して t 検定を行ったところ、有意差はなかった ($p < 0.40$)。ほかの項目に関して t 検定を行ったが、有意差はなかった (レイによるノード移動は $p < 1$, 透明度の変更は $p < 0.34$, 視点の移動は $p < 0.88$)。

表3 タスクの簡単さについてのアンケート結果

		T1	T2	T3	T4
一人称 視点	平均	5.5	5.7	4.1	5.6
	分散	2.50	1.34	0.99	0.71
俯瞰 視点	平均	5.7	6.2	5.1	5.8
	分散	2.46	0.62	1.43	2.40

表4 インタラクションについてのアンケート結果

		レイによる ノードの移動	手で掴んでの ノードの移動	透明度の変更	視点移動
一人称 視点	平均	6.7	4.0	3.4	5.6
	分散	0.23	6.22	3.82	1.38
俯瞰 視点	平均	6.7	3.6	3.5	5.7
	分散	0.23	5.82	4.28	3.34

一人称視点について感じたことを自由記述してもらった。内容を以下に示す。

- エッジの数がかなり数えにくかった。
- どことつながっているかは比較的わかりやすかった。
- 視点の後ろにあるノードは振り向かないと辺を視認できないので見づらかった。
- ノードの位置によって視界が変わるのが新しかった。
- ノードの隣接ノードはみつけやすいが思った方向を向けなかった。
- 経路をみつけれるときにその経路を実際にたどることができたので見つけやすかった。
- 視点が固定されているので、視点からノードまでの最短経路の長さで色の濃淡をつけるなどすると分かりやすいと感じた。
- 視点の移動の際、視野の方向が変わらないので、ある程度自由に動ける場所でない振り向きが難しかった。
- T3は一人称のほうがうまくいった。
- 首を大きく動かす必要があったので大変だった。
- 経路をみつけやすかった。
- エッジが重なりすぎて分かりづらいことがあった。

6. 議論

実験の結果、一人称視点によってグラフの構造が分かりやすくなることはなかった。さらに、局所構造を意識したT3では一人称視点のほうが難しくなっていた。このような結果になった原因として、グラフの複雑さがあげられる。今回グラフの計算に用いた多次元尺度構成法ではグラフの中心にノードがたくさん密集している。参加者を見てみると、一人称視点のときの固定された視点から特定のノードをピンポイントに選択できている人は少なかった。その点、俯瞰視点のときは様々な角度からアプローチしており、スムーズに選択できていることが多かった。ノードの密集を緩和できるインタラクションやグラフの計算を一人称向けにすることで解決できるのではないかと考えられる。また、T2の経路探索に関しては、

平均の完了時間は俯瞰視点に及ばなかったが、アンケートで一人称視点のほうがやりやすかったという記述が複数人からあり、ノード間をたどるようなタスクでは一人称視点がある程度役立つのではないかと考えられる。

インタラクションに関しては、透明度の変更のインタラクションはほとんど使われることがなかった。指定範囲で透明度を変更できるインタラクションだったが、視覚的にどの範囲が対象なのかがわからないため、非常に使いにくいインタラクションになってしまった。ノード選択中の透明度変更をうまく使っている参加者には高い評価が得られたが、よりわかりやすいインタラクションにすることが今後の課題として挙げられる。手で掴んでのノード移動については、有意差はなかったものの、一人称視点で平均スコアが高かった。これは一人称のほうが、隣接ノードが比較的近くにある関係で高いスコアになっていたと考えられる。特にT3のときにこれを使っている参加者が多くいたことから、局所構造を整理するときには少なからず役に立っていたと考えられる。

7. おわりに

HMDを用いた社会ネットワークの可視化手法を提案した。本研究ではネットワークの構成員であるノードからの一人称視点を導入し、一人称視点で直感的に操作できるインタラクションを実現した。

被験者実験からは一人称視点やインタラクションの有用性を示せなかったが、グラフの計算法やインタラクションの改善により解決できると考える。また、アンケートの結果から一部のタスクでは有効に使える可能性があることがわかり、一人称視点で役立つ場面を考えていく必要があることが示唆された。

文 献

- [1] O. Hyun, C. Muelder, K. Lee and K.-L. Ma, "A Study of Layout, Rendering, and Interaction Methods for Immersive Graph Visualization," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 22, no. 7, pp. 1802-1815, 2016.
- [2] I. Poupyrev, M. Billinghurst, S. Weghorst and T. Ichikawa, "The Go-Go Interaction Technique: Non-linear Mapping for Direct Manipulation in VR," *Proceedings of the 9th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 79-80, 1996.
- [3] J. B. Kruskal and B. J. Seery, "Designing network diagrams," *Proceedings of the First General Conference on Social Graphics*, pp. 22-50, 1980.
- [4] W. Zachary, "An Information Flow Model for Conflict and Fission in Small Groups," *Journal of Anthropological Research*, vol. 33, no. 4, pp. 452-473, 1977.
- [5] D. Knuth, *The Stanford GraphBase: A Platform for Combinatorial Computing*, MA, USA: Addison-Wesley Professional, 1993.