

動的ネットワークの可視化ツールの構築

鈴木 祐太^{†1} 古川園 智樹^{†2}
青山 希^{†3} 井庭 崇^{†4}

本論文では、ネットワークの構造と変化をわかりやすく可視化するツールを提案する。このツールでは、従来の描画ツールでは難しかった動的ネットワークの可視化を実現する。シミュレーションによって構築された動的なネットワークをリアルタイムに描画するだけでなく、シミュレーション結果の出力についても、動的な変化を捉えやすくするための機能を提供する。本論文では、適用例として、ネットワーク構造が変化する「成長するネットワークモデル」と、ネットワーク上で情報が伝播する「情報伝播モデル」を紹介する。

A Tool for Visualizing Dynamic Networks

YUTA SUZUKI,^{†1} TOMOKI FURUKAWAZONO,^{†2} NOZOMU AOYAMA^{†3}
and TAKASHI IBA^{†4}

In this paper, we propose a tool for visualizing the structure and dynamics of networks. The tool helps us to understand the dynamics of network structure, which is generated as the result of simulation. In this paper, we show two example, “evolving network model”, where the network structure is changed, and “traveller model”, where the information is propagated on the network.

1. はじめに

近年、ネットワーク理論における研究成果を受けて、社会シミュレーションの分野でもスケールフリー・ネットワーク等を用いた分析が行われるようになってきた。たしかに、現在普及しているネットワーク分析ツールを用いれば、ネットワークを描画し、指標を算出することはできる。しかし、これらのツールは一時点のネットワークを可視化するツールであるため、ネットワークの動的な変化を捉えることは困難である。これに対し、本論文で提案する可視化ツールは、シミュレーションによって構築された動的なネットワークをリアルタイムに描画し、ネットワークの動的な変化についての直感的な理解を支援する。さらに、シミュレーション結果の出力についても、ネットワークの動的な変化を捉えるための機能を提供する。提案するツールは、

PlatBox Simulator のビューアとして動作するため、マルチエージェントシミュレーションの可視化ツールとして用いることができる。

2. 動的なネットワークとその可視化

動的なネットワークといったとき、大きく二つの場合に分けることができるだろう。まず第一に、ネットワーク構造が変化する場合である。ノード間のリンクは決して永続的に結ばれているものではなく、時間の経過やノード間の相互作用の結果として変化する。このような動的な変化を理解するためには、ネットワークの構造がどのように変化しているのかを把握することが必要となる。

動的なネットワークの第二のケースは、ネットワーク上で、動的な変化が起こるという場合である。例えば、ノードがお互いに情報のやりとりをすると、全体としては情報の広がりが変化していく。このような動的な変化を理解するためには、ネットワーク上のどこでどのようなコミュニケーションが行われたのかを把握する必要がある。

本論文では、本論文で提案する可視化ツールが、動的なネットワークのどちらの場合にも対応した機能を持ち、シミュレーション分析に有効であることを示す。

^{†1} 慶應義塾大学 環境情報学部
Faculty of Environmental Information, Keio University
^{†2} 慶應義塾大学 政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio Univ.
^{†3} 慶應義塾大学 SFC 研究所
Keio Research Institute at SFC, Keio University
^{†4} 慶應義塾大学 総合政策学部
Faculty of Policy Management, Keio University

3. ネットワーク可視化ツールの提案

3.1 Network Viewer の主な特長

動的なネットワークを可視化できるツール「Network Viewer」を提案する¹⁾。Network Viewer は、シミュレーション・プラットフォーム「PlatBox Simulator」*のプラグインとして開発したネットワーク描画ツールである。描画には、Java グラフィックツールキットである「prefuse」**を利用してしている。

Network Viewer の機能の主な特長として、第一に、シミュレーションにおけるネットワークの変化を描画できるという点が挙げられる。「PlatBox 基礎モデル」(以下、基礎モデル)***に基づくモデルをリアルタイムで描画し、ネットワークの変化を可視化することができる。ネットワークの要素が生成したり消滅したりする場合にも、ノード (モデルにおける Agent) がその都度適切な位置に再配置されていくので、ネットワーク全体の動的な変化を理解しやすい。

Network Viewer の第二の特長は、ネットワーク上のコミュニケーションが描画できるという点である。基礎モデルでは、エージェントが扱う情報は「Information」としてモデル化されるが、指定した Information を持つ Agent は、特定の色で塗りつぶされて表示される。ネットワーク全体のなかで、Information を表す色の広がりを観察することで、どこにどのくらいの Information が伝播しているかを把握することができる。

Network Viewer の第三の特長は、連続画像出力機能である。シミュレーションにおけるネットワークの変化を理解するためには、時系列でどのような変化が起きたのかを把握することが重要となる。Network Viewer では、実行時に動画として見ることもできるが、指定した時間ステップ毎に自動的に画像ファイルに出力することも可能になっている。画像ファイルとして出力されていれば、ネットワークの変化を一覧することができるので、シミュレーション結果の理解を強力に支援することが期待できる。

3.2 ノードの配置レイアウト

ネットワークの可視化の際には、規模や複雑度、構造の特徴などを考慮して、適したレイアウトで可視化する必要がある。また、同一モデルでも、異なるレイア

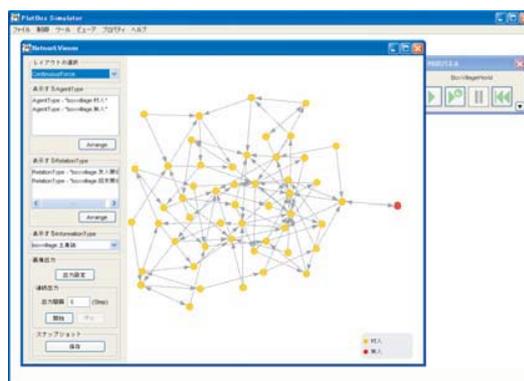


図 1 Network Viewer 実行画面

ウトで見ることで、違う角度からの分析が可能となる。Network Viewer では、ノードの配置の方法を、「Force Layout」、「Continuous Force Layout」、「Radial Tree Layout」、「Circle Layout」の 4 種類から選択できる。

「Force Layout」では、各ノード (Agent) 間には反発し合う力が働いており、リンク (Relation) を持っているノード同士は引き合う力を持っている。従って、リンクを持つもの同士がより近くに集まり、持たないものは遠くに離れて配置される。

「Continuous Force Layout」では、モデルに変化がない状態でも各ノード (Agent) の位置を計算しつづける。ノードをドラッグすることで、そのノードとリンク (Relation) を持つ他のノードも引っ張ることができる。

「Radial Tree Layout」では、焦点を当てた一つのノード (Agent) を中心に、放射状にノードを並べて表示する。中心のノードと直接リンク (Relation) が繋がっているノードが一番内側に、さらにそのノードに繋がっているノードはその一回り外側に、というように階層ごとに表示される。焦点の当たっているノードは、マウスクリックによって切り替えることができる。

「Circle Layout」では、ノード (Agent) を一つの円の周上に、等間隔に配置する。

3.3 ノードの表示設定

ネットワークの描画に際しては、ノードの番号やリンクの矢印の表示についての設定ができる。ノードの表示を、「通し番号つき」のノードの表示に切り替えることができるが、そうすることで、どのノード (Agent) の状況がどのように変化したのかを追跡することができる。「矢印の表示・非表示」では、リンク (Relation) の向きを表す矢印の表示・非表示を切り替えることができる。

* PlatBox Project が提供するシミュレーション・プラットフォーム。シミュレーション作成支援ツール「Component Builder」によって作成されたモデルのシミュレーションを実行できる。詳しくは、<http://www.platbox.org/> 参照。

** 詳しくは、<http://prefuse.org/> 参照。

*** PlatBox Project が提供するモデルの枠組み。

また、Agent や Relation, Information は、どの種類のもを表現するかを選択できる。Agent と Relation については、複数の種類の選択が可能である。Agent の種類ごとに、自動的に固有の色が割り当てられて描画される。指定した Information をもつ Agent は、違う色でノードが塗りつぶされる。

3.4 画像出力

シミュレーションによって表示されたネットワークの様子を、簡単に画像として保存することができる。あらかじめ「キーとなる名前」と「基底ディレクトリ」を指定しておく、画像を出力する際には、自動的にフォルダが生成され、その中に JPEG 形式の画像ファイルが保存される。また、そのフォルダには、シミュレーション世界の設定ファイルも保存される。画像出力には、「連続画像出力」と「スナップショット」の二種類がある。

「連続画像出力」では、ネットワークの画像を出力したいステップ間隔を指定して「開始」ボタンを押しておく、シミュレーションの実行時に自動的に、指定したステップ毎に画像が出力される。いろいろな初期条件のもとでシミュレーションを連続実行し、それらの結果を比較検討したい場合などに便利である。

「スナップショット」では、今画面に表示されている状態のネットワークを、好きなタイミングで画像出力ができる。出力のたびに保存場所を指定する煩わしさを軽減させるため、画像ファイルは指定した基底ディレクトリ上のフォルダ内に自動保存されるようになっている。

4. 個別モデルへの適用例

ここでは、動的なネットワークへの適用例として、「成長するネットワークモデル」(ネットワーク構造の変化の例)と「旅人モデル」(ネットワーク上での変化)のそれぞれを取り上げる。

4.1 成長するネットワークモデル

成長するネットワークとは、時間の経過と共にノードが追加され、既存のノードとの間にリンクを結んでいくことで、ネットワークの構造そのものが変化していくモデルである。ここでは、優先的選択方式によってネットワークを成長させていくことで、スケールフリー・ネットワーク²⁾が形成される過程をシミュレートする³⁾。優先的選択方式とは、新しく追加されるノードが、リンク数の多いノードに優先的にリンクをはる方式である。

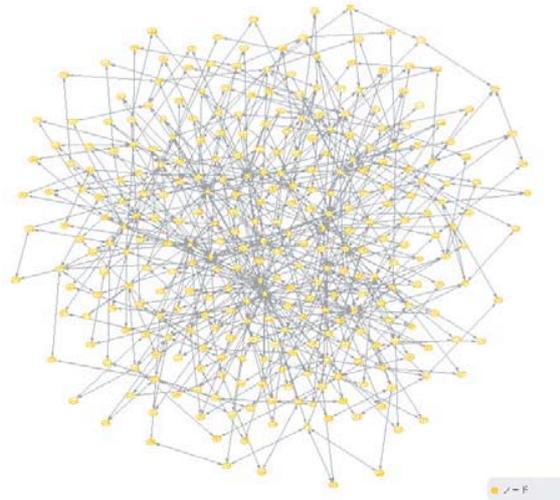


図 2 成長するネットワークモデル (ノード数=307, step=300) の描画結果 (Force Layout)

このモデルでは、ネットワークが広がっていく過程で、どのノードがハブとなるのかを観察するため、番号付ノード表示にする。図 2 を見ると、リンクの集中度から中心部にハブと思われるノードが確認できる。そこで、レイアウトを「Radial Tree」に変えて、順にノードに焦点を当てていくことにする。焦点の当たっているノードがリンクを持っている場合、リンク先のノードは中心に一番近い場所に放射状に表示される。こうして、一つずつノードに焦点を当てながら、詳細にネットワークを観察することができる。

小さい番号のノードに焦点を当てていると、それらの中に図 3 で示すようなハブが見つかり、逆に図 4 の例のように数の大きいノードほどリンク数が少ないことが確認できた。これは、優先的選択方式によるネットワークの成長の結果であり、番号が小さい(つまり古い)ノードほどリンクを持っているため、よりリンクを張られる可能性が高く、番号が大きい(つまり新しい)ノードほどリンクを持っていないので、新たにリンクを張られる可能性が低くなるのである。

4.2 旅人モデル

旅人モデルとは、PlatBox Project のチュートリアル演習用に作成された情報伝播モデルである⁴⁾。このモデルのシナリオは、次のようなものである。ある日、BoxVillage に立ち寄った旅人が、旧友である村人と再会し、旧友に自分が旅の中で見聞きした土産話を話す。それを聞いた村人は、自分の友人にその土産話を伝え、やがて村全体にその情報が広がっていくという

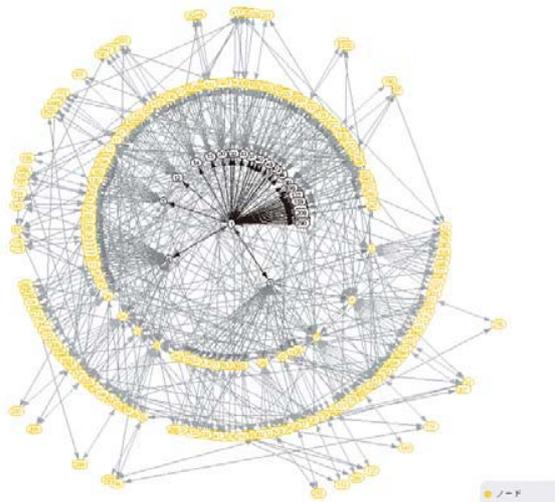


図 3 成長するネットワークモデル (ノード数=307, step=300) の描画結果 (Radial Tree Layout, 番号 1 のノード中心)

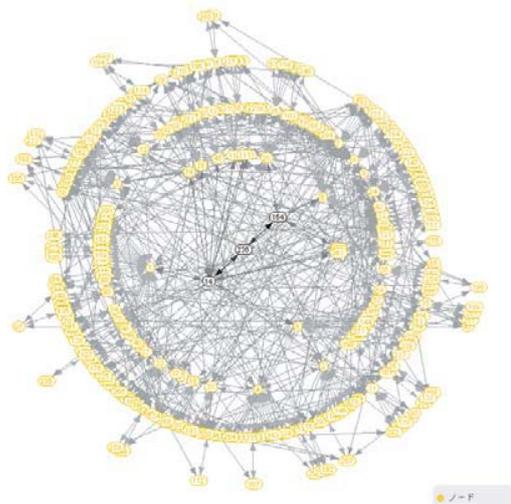


図 4 成長するネットワークモデル (ノード数=307, step=300) の描画結果 (Radial Tree Layout, 番号 236 のノード中心)

モデルである。ここでは、初期設定として、「旅人」を 1 人、「村人」を 30 人登場させることにする (図 5)。そのシミュレーション結果が図 6 である。土産話を持つ村人の色が変わり、Information を持っている Agent と持っていない Agent が判別できる。

5. おわりに

本論文では、動的なネットワークを可視化するためのツールの提案を行い、既存のモデルに適用した。その結果、ネットワークを用いたシミュレーションに対

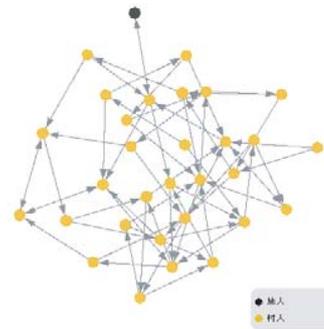


図 5 旅人モデル (旅人 1 人, 村人 30 人, step=0) の描画結果 (Force Layout)

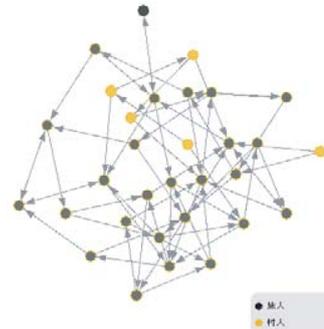


図 6 旅人モデル (旅人 1 人, 村人 30 人, step=6) の描画結果 (Force Layout)

して有効であることがわかった。これらの成果が、今後ネットワーク研究、シミュレーションによる研究の一助になることを期待したい。

参考文献

- 1) 鈴木祐太: 動的ネットワークを可視化するツールの構築, 慶應義塾大学環境情報学部卒業制作論文 (2005).
- 2) Barabási, A.-L.: *LINKED: The New Science of Networks*, Perseus Book Group, Perseus Book Group (2002). アルバート=ラズロ・バラバシ, 『新ネットワーク思考: 世界のしくみを読み解く』, 青木薫 (訳), NHK 出版, 2002.
- 3) 古川園智樹, 石元龍太郎, 小林慶太, 笠井賢紀, 赤松正教, 井庭崇: 「社会ネットワークの形成過程シミュレーション: マルチエージェント・モデルによる表現と拡張」, 情報処理学会 知能と複雑系研究会 (SIG-ICS) & 人工知能学会知識ベースシステム研究会 (SIG-KBS) 合同研究会 (2004).
- 4) PlatBox Project: *Designers' Guide to Social Simulations*, No.4 モデル作成チュートリアルガイド, PlatBox Project (2005).