

階層構造図を空間効率良くレイアウトする手法を開発

組織構造やコンピュータネットワークなどの階層構造を可視化する際、同レベルのノード群が水平に配置されて全体形状が極端に横長になることを避けるレイアウト手法を開発しました。この手法では、蛇行した線上にノード群を配置し、描画領域のアスペクト比に応じた階層構造図を描くことができます。

組織構造やコンピュータネットワークなどに見られる階層構造は、数学的には、節点（ノード）間の関係を辺（エッジ）でつないだ「根付き木」として抽象化でき、これを図として可視化することで、階層構造の把握が容易になります。しかしながら、従来の可視化手法では、図の全体形状が極端に横長になる場合があり、描画領域のアスペクト比によっては、図が大幅に縮小されるとともに、描画領域の多くの部分が無駄な余白になるという問題があります。

本研究では、このような問題に対して、階層構造における上下関係を視覚的にも上下に配置する「一方向」という条件は維持しつつも、同レベルのノード群を水平線上に配置するという条件を緩めたレイアウト手法を開発しました。この手法は、水平線ではなく、蛇行した（時には垂直な）線上に同レベルのノード群を配置するもので、「一方向局所蛇行レイアウト」と名付けました。大規模組織のコンピュータネットワークのように、スイッチと多くの端末から構成されるネットワークを従来の階層レイアウトで可視化すると、極度に横長の図になりますが、一方向局所蛇行レイアウトを用いると、描画領域のアスペクト比に応じて、効率良くおさまるネットワーク図を描くことができます。

研究代表者

筑波大学システム情報系

三末 和男 教授

研究の背景

組織構造やコンピュータネットワークなどに見られる階層構造は、数学的には、節点（ノード）間の関係を辺（エッジ）でつないだ「根付き木^{注1)}」として抽象化できます。階層構造の把握には、根付き木の可視化が有効です。根付き木の表現手法にはさまざまなものがありますが、広く使用されているものの一つが連結図です。連結図で用いられる階層レイアウトは、ネットワークの階層構造における上下関係をそのまま図として配置することで、階層構造を視覚的に把握することを可能にします。しかしながら、同レベルの階層にあるノード群を水平に配置するため、例えば、大規模組織のコンピュータネットワークのように、スイッチと多くの端末から構成されるネットワークなどでは、ネットワークの全体形状が極端に横長になる場合があります。描画領域のアスペクト比によっては、図が縮小されるために、領域の多くの部分が余白になってしまうという問題があります。

根付き木を表す連結図のレイアウト手法は、従来、階層構造の読み取りやすさを追求して、レイアウトの美的基準を充実させる方向に進んできました。美的基準としては、①同じレベルのノードは同一直線上に配置し、それぞれの直線は並行に配置する、②2分木の場合には、左の子は親の左側に、右の子は親の右側に配置する、③親ノードは子ノードの左右中央の上部に配置する、などが設定されています。しかし、これらを追求すると、先に述べたような、描画領域に大きな余白が生じるという問題が発生する傾向にあることから、描画の際の空間効率を重視し、美的基準を緩和する手法も検討されています。

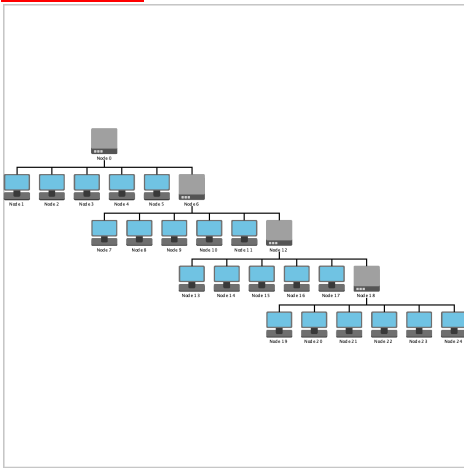
研究内容と成果

本研究では、レイアウトの美的基準を、これまで提案されてきた手法よりもさらに緩和することで、描画領域により適合したレイアウトを行うことを検討しました。その結果、階層構造における上下関係を視覚的にも上下に配置する、という一方向的な条件は維持しつつも、同レベルのノード群を水平線上に配置するという条件を緩めたレイアウト手法を開発しました。このレイアウト手法は、水平線ではなく、蛇行した（時には垂直な）線上に同レベルの階層ノードを配置するもので、「一方向局所蛇行レイアウト（monotone local folding layout）」と名付けました。この一方向局所蛇行レイアウトにより、描画領域のアスペクト比に応じて、効率良くおさまるネットワーク図を描くことができるようになりました（図1、2、3）。

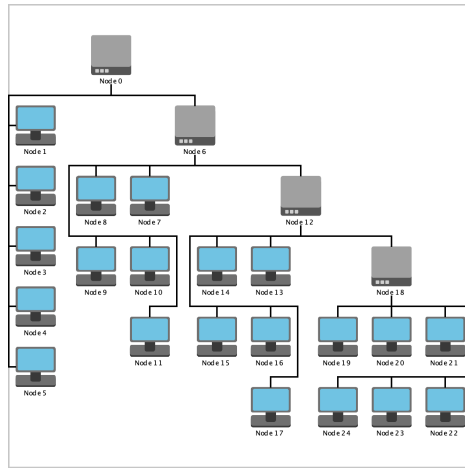
今後の展開

本研究で開発した一方向局所蛇行レイアウトは、レスポンシブデザイン（閲覧する画面のサイズによってWebページの表示を調整する）との親和性が高く、表示領域に合わせて根付き木をレイアウトすることができます。ただし、可視化の目的によっては、美的基準を緩和したことにより、構造の把握が難しくなるなど、認知的には悪い影響が発生するかもしれません。今後、そのような影響の調査や対策の検討を進める予定です。

参考図

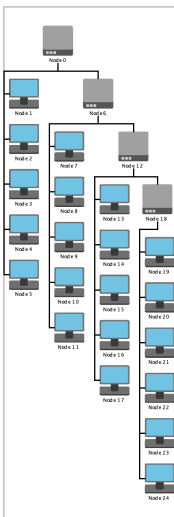


600x600; fh=0; TNA/DA=0.10012

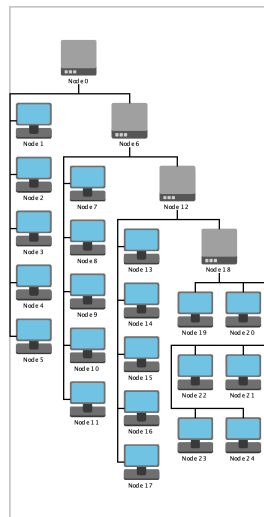


600x600; fh=1; TNA/DA=0.23629

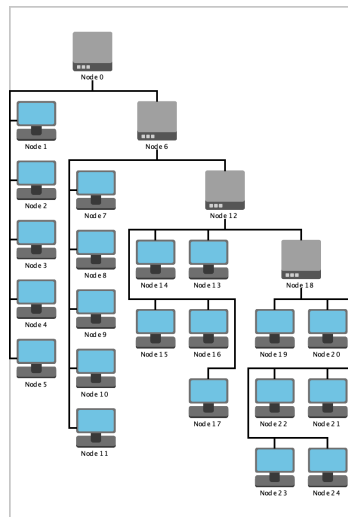
図1 (左) 従来の階層レイアウトによる根付き木の描画例と、(右) 同じ根付き木を一方向局所蛇行レイアウトにより描いたもの。どちらも描画領域のアスペクト比は 1:1。左図では、描画領域に収めるために、右図よりもネットワーク図が縮小されている。



200x600; fh=1; TNA/DA=0.32439



300x600; fh=1; TNA/DA=0.30422



400x600; fh=1; TNA/DA=0.27737

図2 図1と同じ根付き木を異なるアスペクト比の描画領域で描いた例。左から 1:3、1:2、2:3。

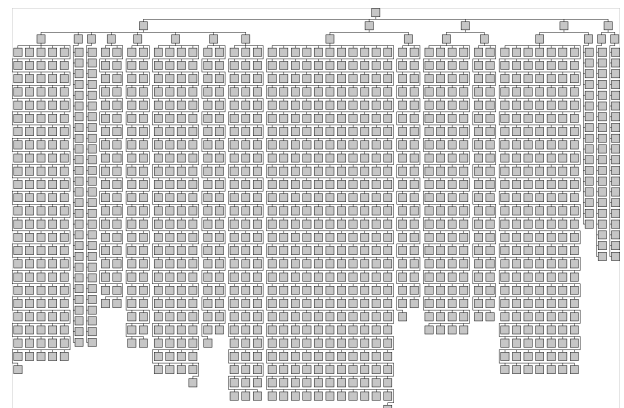
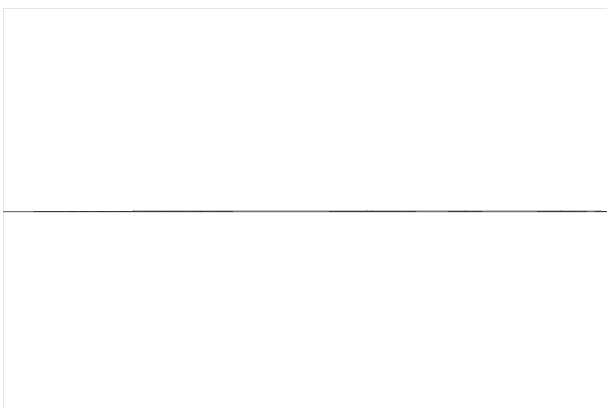


図3 (左) 従来の階層レイアウトによる教育用の計算機ネットワーク (ノード数 1213) の描画例。横方向に長いため、縮小されて水平線のように見える。(右) 同じネットワークを一方向局所蛇行レイアウトにより同じ描画領域に描いたもの。

用語解説

注1) 根付き木 (rooted tree)

ネットワークは、数学的には「グラフ」と呼ばれる、ノード (節点) の集合とそれをつなぐエッジ (辺) の集合で構成される構造で表される。(ここで言う「グラフ」は棒グラフや折れ線グラフとは異なる概念である)。根付き木はグラフの一種で、階層構造の抽象的な表現に利用される。

研究資金

本研究は、筑波大学の教育研究基盤校費で実施されました。

掲載論文

【題 名】 Area-adaptive Drawing of Rooted Trees

(根付き木の描画領域に適合した描画)

【著者名】 Kazuo Misue

【会議名】 IEEE 17th Pacific Visualization Conference (PacificVis 2024)

【発表日】 2024 年 4 月 25 日

問い合わせ先

【研究に関すること】

三末 和男 (みすえ かずお)

筑波大学システム情報系情報工学域 教授

URL: <https://www.cs.tsukuba.ac.jp/~misue/index-j.html>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp