

# 螺旋階段：属性情報を用いた階層構造データの3次元一括可視化

## Spiral Steps : Whole 3D Visualization of Hierarchical data with Attribute Information

桑原 明栄子† 相良直哉† 牧野 光則†  
Meeko KUWAHARA Naoya SAGARA† Mitsunori MAKINO

### 1. まえがき

年々増加するデジタルデータの理解と把握を深める手段として、コンピュータグラフィックス(CG)を利用した情報可視化技術は、「大規模なデータの全体像を一望する」、「対話的操作により、注目データを拡大・縮小表示」を実現できるため、期待が大きい。デジタルデータの中でも階層構造データは Information Technology(IT)分野で広く利用されている。この種のデータを容易に取り扱うために、様々な可視化手法が提案されている[1]。例えば、先ずデータの上位階層を、続いてユーザの任意の選択操作に基づき、徐々に下位階層を表示する手法は代表的である。しかし、この手法では、一度に表示される情報が限定されるので、データの全体像の一望を目的とする場合には不相当である。一方、大規模階層データを下位階層に至るまで一面で表示する代表的な手法に、帯グラフを階層に合わせて入れ子構造にした「Tree Map」がある[2]。また、円形に配置する代表的な手法に、階層構造を円錐の形状を利用して配置する手法[3]と、データ要素をアイコン化して放射線状に並べる手法[4]がある。

しかし、個々のデータのよりの確な理解のためには、各データが保有する階層構造以外の属性情報の表示、ならびに、ユーザが任意に指定する情報に基づいてデータの順位を入れ替えた表示が求められる。この場合、属性情報をできる限り一目で表示できること、順位を入れ替えの際に、データ要素または集合を表す形状が不変であることが望ましい。それに対し、従来の一括可視化手法では、属性情報の表示が困難である場合や、順序の入れ替えに伴って、データ配置が大幅に変更され、かえって理解が困難となる場合などがある。

著者らはこれまでにデータを円領域内アイコン化・配置する手法・スタイル「円形都市」を提案している[5]。「円形都市」では、属性をもつ「ある程度」の大規模な階層構造データを主対象とし、その情報を管理するユーザの利用を想定する。ここで、ある程度の大規模な階層構造データとは、企業や団体の管理数が数万という情報ではなく、例えば、大学の研究室のサーバや、個人のWebサイトなどの数千～数百単位の情報を指す。この手法は属性の表現、ならびに、属性を利用した順序の入れ替えに対し、ユーザの理解を妨げずに表現できる。また、構造だけでなく、同時に表現可能な属性量が多い。一方で、平面上に全データを一面展開するため、閲覧方向によっては提示情報の視認性が十分ではない。

そこで本稿では、「円形都市」を拡張し、データを螺旋状に配置する。さらに、アイコンサイズを統一することで、各アイコン、枠の遮蔽を軽減する。以上により、視認性を向上させ、仮想3次元空間のより有効な利用とユーザのより容易な理解をはかる。

### 2. 提案手法

提案手法では、属性を持つ要素(ファイル)で構成されている階層構造データを対象とする。各ファイルはアイコン化し、円形に配置する。属性情報の種類に応じて、アイコンの形状や色を変化させる。同1階層(ディレクトリ)はアイコンの集合を枠で表す。特に階層構造の枠を円形、第2階層を扇形とする。(図1)。すなわち、データの階層構造を枠の入れ子で表現する。

同一階層に属するディレクトリ、ファイル集合に対し、構造ならびに属性を基準に順位を決定する。この順位に基づき、ディレクトリの配置順ならびに色を決定する。特に、第2階層を表す属性については配置の高さを螺旋状に変化させる。なお、同一ディレクトリに属するアイコンを当該ディレクトリの外枠に沿って互い違いに配置する。

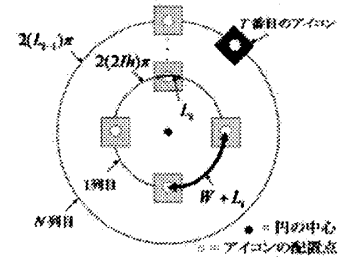
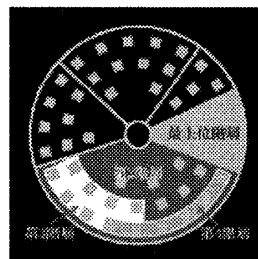


図1 ディレクトリ配置 真上視点 図2 アイコンの配置間隔

#### 2.1 データ配置

提案手法では、複数作成・配置する同心円周上にアイコンを配置する(図2)。ここで、ファイルを表すアイコン配置領域は一辺の長さを  $lh$  とする。

##### 配置手順

- 1 対象データの可視化に必要な情報を取得する。
- 2 全てのアイコンの配置に必要な最小の円周の列数  $N$  を以下の手順に従って暫定的に決定する。
  - 2.1 アイコンで表される全ファイル数を  $T$  とする。
  - 2.2 中心位置から内側から  $i$  番目の円周を  $n_i$  とする。
  - 2.3 アイコンの配置間隔  $I$  を以下で求める(図2)。
    - 2.3.1 円周  $n_i$  においてアイコンの配置に必要な円周の長さ  $L_i$  を一番内側から順に角度から求める。(中心位置から一番内側の円周の半径を  $2lh$  とし、2番目以降円周の半径を  $L_{i-1}$  とする。)
    - 2.3.2 データの階層の深さからディレクトリを表現する線を考慮し、その太さの合計を  $W$  とする。
    - 2.3.3 アイコンの配置間隔を  $I = W + L_i$  とする。

†中央大学大学院理工学研究科 情報工学専攻

- 2.4 このとき、円周  $n_i$  に配置可能なアイコン数  $t$  は  $t = \text{floor}(n_i / I)$  で求められる。
- 2.5 全アイコンをできるだけ小さな円内に配置するために以下の式(1)を満たす最小の  $N$  を求める。

$$T \leq \sum_{i=1}^N I \quad (1)$$

- 3 全ファイル数  $T$  に対する、データの最上位階層にあるディレクトリの各ファイルが含むファイル数の比率を計算し、第2階層にある各ディレクトリが占める扇型の区画の角度を暫定的に決定する。但し、各ディレクトリにはサブディレクトリに属さないファイル群が存在する。そのため、ファイル群を、必要に応じて1つのディレクトリとして扱う。
- 4 階層構造データの第2階層にあるディレクトリで最もファイル数が少ないディレクトリについて、2で暫定的に求めた円周の列数  $N$  の同心円周に扇型の角度が最小で表示できるように、アイコンを配置する。
- 5 残りのディレクトリと各ファイルを3で求めた比率に基づき配置する。ファイルが比率によって求めた区画に入りきらない場合は、列数を増やす。(4で配置した最もファイル数が少ないディレクトリの配置配分により、比率にずれが生じた場合は、ずれた比率を残りのディレクトリの比率に等分して反映させる。)
- 6 順位によって表示したい情報を1で取得した中から選択し、その情報に基づき、データをソートする。
- 7 6のソートにより、第2階層の各ディレクトリの位置を以下で決定する。
- 7.1 各ディレクトリの順位を  $r$ 、アイコンの配置に必要な高さを  $h$  とし、ディレクトリの配置位置の高さを  $rh$  とする。
- 7.2 円周の中心を軸とし、画面に向かって右回りにディレクトリを螺旋状に配置する。
- 8 6のソートにより、各アイコンは、7で決定した第2階層のディレクトリの区切られた区画の左外側から順に並び、次の列は右から、その次の列は左側からと、一列ごとに並び順を逆にし、互い違いに配置し、描画する。
- 9 各ディレクトリの枠を描画し、半径( $rh$ )、高さ(第2階層のディレクトリの総数  $\times (h + 1)$ )の円柱を円の中心に描画し、軸とする。

## 2.2 表示形式

データの持つ階層構造、属性情報とその順位を識別できるように可視化するため、各アイコンを並び、形状、色、色のグラデーション、表示の付加で区別し、各ディレクトリを区画、並び、位置、形状で区別する。画面表示特性を考慮して、並びを属性情報から得られる順位、形状を種類、色を種類、グラデーションをファイルの数値を示す属性、ディレクトリ階層の深さ、表示の付加を全てのデータに起こりうる事象に割り当てた。形状、色は共に種類を表すが、色は形状よりも種類を多く直感的に伝えるため、多様な属性を割り当てる。以上より、階層構造、各ディレクトリ、各ファイルがもつ属性情報の表示を以下の通り行う。

- ディレクトリ：階層の深さにより、形状を変化させ、ディレクトリ毎に線で囲む。ディレクトリの状態に

より、囲んでいる線の色を変化させる。属性情報によるソート結果から、第2階層のディレクトリの並びと位置を、それ以降の階層のディレクトリの並びを変更する。また、ディレクトリを表示している区画内でファイルを表すアイコン以外の部分をクリックすると、ディレクトリの詳細情報をアイコンが表示されない領域に表示する。

- ファイル：ファイル毎にアイコンで表示する。アイコンの形状と色を属性情報により変化させる。また、ファイルの属性、または、環境・状況等の属性以外の情報を可視化するために、必要に応じてアイコンの上方に球を表示させる。さらに、各ファイルを表すアイコンをクリックすることによりアイコンが表示されない領域にファイルの詳細情報を表示する。
- 順位：順位の高い最上位階層にあるディレクトリの円周の外側に降順の向きに矢印を表示する。

## 2.3 特徴

提案手法は、最上位階層を螺旋状に表示するため、3次元空間中の任意視点からデータを閲覧でき、視点変更しても違和感がない。また、全体の表示を円形、最上位階層を扇形、子階層を階層ごとに線で区切る形式とするため、最上位階層の順位の変更(ソートする属性情報の変更、順位そのものの変化)の際、配置の再構築ならびに表示形式変更が不要であり、ユーザの理解を妨げない。さらに、各データを表す際にアイコンの形状・色に加えてアイコン上に物体(球)を付加できる。このため、同時に表現可能な情報量が多く、情報把握に有効である。

一方、円の中心付近にはアイコンを原理上配置できない。また、長方形画面に対して螺旋表示することから、画面内にアイコンが表示されない領域が必ず存在する。そのため、対象データ数が増加した場合にアイコンが小さくなりやすい。しかし、表示されない領域にデータの詳細を表示することで、領域を有効活用する。

## 3. シミュレーション

表1 Webデータ

全ファイル数	100
/	9
/img	12
/service1	計 24
/service1/	8
/service1/img	16
/cgi	計 15
/cgi/	8
/cgi/img	4
/cgi/log	3
/service2	計 40
/service2/	1
/service2/service_s1	9
/service2/service_s1/img	16
/service2/service_s1/comp	7
/service2/service_s1/program	7

提案手法を表1に示すデータに適用した。表1のデータは実際のWebデータを参考に作成したもののだが、紙面で

提案手法の有効性を確認するために、階層数、データ数を提案手法の主たる対象に比べて少なくしている。なお、種対象程度のデータに対しても実験済みである。

シミュレーションは OS : Windows XP, CPU : Intel Pentium4 3.20GHz, メモリ : 1GB, GPU : ATI RADEON X300 のマシンで実行した。可視化にあたっては OpenGL を利用し、他に特別な動作環境は不要である。また、ウィンドウの表示サイズならびに視点移動(真上から真横まで)はマウスで変更可能とした。可視化に必要な情報は既に取得済みと仮定し、リアルタイムには情報を取得していない。今回、ファイル名、アクセス数をソート情報として指定可能とした。

以下に表示設定を示す。設定は、テキスト形式による各設定ファイルの修正で、容易に変更できる。

#### 表示設定.

- 共通設定
  - 背景 : RGB 0.0.0
  - 詳細情報 : Window:右下に表示
- ディレクトリ
  - 階層 : 深さによる色の変化:RGB 255.255.255 から 102.102.102 のグラデーション
  - アクセス制限 : 枠線の種類の変更(破線)
  - ディレクトリ選択 : クリックにより領域の色の変更:RGB 255.255.255
- ファイル
  - 拡張子 : 色:(html/htm:RGB 102.153.255, shtml:RGB 153.102.255, txt/doc:RGB 0.0.255, gif:RGB 252.167.190, jpg:RGB 255.51.51, zip/lzh/tar:RGB 51.204.0, cgi:RGB 255.204.0, exe:RGB 255.102.0, others:RGB 51.51.51)
  - アクセス数 : 色のグラデーション(最大アクセスは拡張子の設定色, 少なくなるにつれて徐々に薄く変更)
  - 不正アクセス : アイコンの上方に必要に応じて表示(球:RGB 255.255.255)
  - アクセス元 : 形状の変更(ac.jp:三角錐, co.jp:球, other:立方体)
  - ファイル選択 : クリックによりアイコンの色の変更:RGB 255.255.255

図3-10に結果を示す。図3-5はデータをファイル名順、図6-8はアクセス数順で表示し、それぞれ視点を変更した画像である。図3-5と図6-8では、データの位置を変更しているが、全体形状は不変のため、再処理が必要なく、データ位置変更による違和感はない。次に、表1のデータを複写してファイル数を200にしたものをファイル名順で表示した結果を図9に示す。図9は図3-8に比べて倍のディレクトリ数だが、問題なく螺旋状に表示している。図10左図はディレクトリ、右図はファイルの詳細情報の表示結果である。情報を取得したいファイルのアイコンまたはディレクトリをクリックすることにより、情報が画面左下に表示され、クリックされたアイコン・ディレクトリは白色で表示される。各図のアイコンの上方にある白球は、不正アクセスとみなされる属性がある場合に表示している。以上より、各図とも所望の表示形式に沿って表示されていることが確認できる。

表2 処理時間

全ファイル数	時間[ms]
100	16
200	32
300	43
400	50
500	58
1000	122

次に、100個から1000個のファイル(表1のデータを必要回数コピー)に対して、それぞれ10回処理時間を計測した平均値を表2に示す。提案手法内部では表示順位ならびに配置決定用のソーティングを含むが、主要処理は各ファイルに対する配置(表示)である。このため、円周列数、データ数と処理時間は概ね比例すると考えられ、表2からもそれが裏付けられる。

表3 アンケート評価

アンケート項目	平均値
ファイルの種類	4.5
ファイルサイズ	4.5
ファイル状態	4.8
データ構造 : ファイル / 構造	4.6 / 4.8
本手法によるソートによる情報取得	4.8
処理時間	5

提案手法の評価のため、情報可視化に興味のある25名を対象にしたアンケート項目と結果を表3に示す(対象データ : 5種類, 総ファイル数 : 100-1000個, 階層数 : 3階層-6階層)。アンケートの評価は最高点を「5」とした。評価結果は概ね良好であった。良好な評価として、「どの視点においてもある程度属性による順位がわかり、属性情報、データ構造も把握できるのはよい」、「属性情報によるソートのスタイルとして有効だと思う。」などのコメントを得られた。また、「ファイル種類が多いと、どの色が何を示しているかわからなくなる可能性がある。」という指摘を頂いた。ファイルの種類に関しては、色とファイルの種類の対応表などの同時表示で解決できると考えられる。

以上から、提案手法は本稿の目指した所望の要件を実現できていることを確認した。

#### 4. 結論

本稿では、大規模階層構造データが持つ識別情報を利用してデータの表示順序・表示形式を変更し、螺旋状に一面表示する手法を提案した。本稿では、ほぼリアルタイムでユーザが指定した順位によって対象データを表示できる。また、色や形の変化で、階層構造以外の多くの識別情報をも一面表示し、ユーザの理解・認識、情報の取り扱いの向上の一助となるものと考えられる。

一面表示に重要な要素である表示の効率性や、識別情報による表示変化をより一層認識できる表示方法の検討・改良、立体視環境への実装が今後の課題である。

謝辞

本研究の一部は中央大学 21 世紀 COE プログラム「電子社会の信頼性向上と情報セキュリティ」、中央大学工学研究所共同研究ならびに中央大学特定課題研究の補助を受けた。

参考文献

- [1] Edward R. Tufte, "Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative", Graphics Pr, 1997
- [2] Johnson B., et al., "Tree-Maps: A Space Filling Approach to the Visualization of Hierarchical Information Space", IEEE Visualization '91, pp. 275-282, 1991.
- [3] Chuah M., "Dynamic Aggregation with Circular Visual Designs", IEEE Information Visualization '98, pp. 35-43, 1998.
- [4] Lamping J., Rao R., Pirolli P., "The Hyperbolic Browser: A Focus+context Technique for Visualizing Large Hierarchies", Journal of Visual Languages and Computing, 7, 1, pp. 33-55, 1996.
- [5] Kuwahara M., Makino M., "Circler City: A Whole Visualization of Large Scale Hierarchical Data with Subsidiary Information", Prof. of NICOGRAPH International 2005, pp.25-30, 2005.

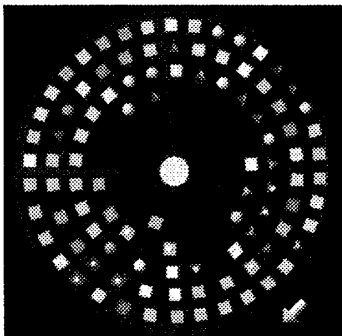


図 3 ファイル名：真上視点

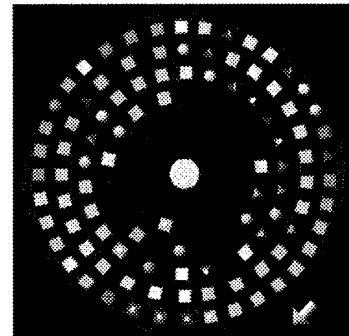


図 6 アクセス数：真上視点

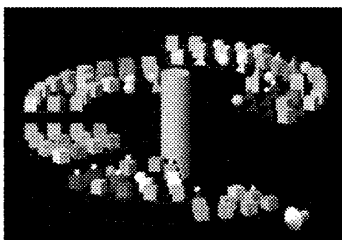


図 4 ファイル名：斜め視点

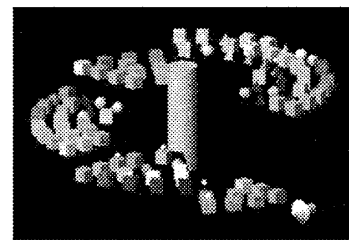


図 7 アクセス数：斜め視点



図 5 ファイル名：真横視点



図 8 アクセス数：真横視点

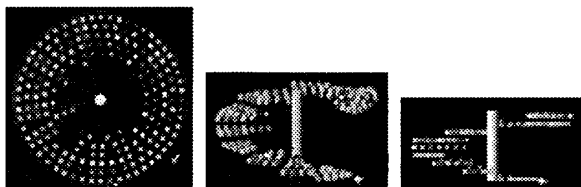


図 9 ファイル名：ファイル数 200

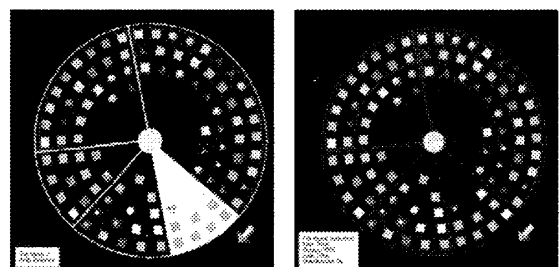


図 10 詳細情報表示