

ファイル階層構造を例とした データ可視化方法の考察

関 由美子 廣瀬 正
日立製作所システム開発研究所
関西システムラボラトリ

近年、計算機上で高度なグラフィック機能が充実し、インタフェースもこれを積極的に活用してユーザの視覚へ強く訴えかけるものへ変わりつつある。

人間が物を考えたり、識別するときの手がかりである「どこの」「どんな」「いつ」といった5W1Hの情報を3次元空間で視覚化してデータを表現するインタフェースIVI (Information Visual Interface)によって、個々のデータに対する直感的把握が容易になると同時に、階層化されたデータ群全体の構成についても直感的に把握することが可能となる。適用例として、UNIXシステム上のファイルの視覚化表現について報告する。

Analysis of method for data visualization of hierarchy structure of files

Yumiko Seki Tadashi Hirose
Kansai Systems Laboratory,
Systems Development Laboratories, Hitachi Ltd.
E-mail:yumiko@sdl.hitachi.co.jp

Recent progress of the hardware and software support for the computer graphics facility enables us to improve the human interface much more friendly. One of the most promising improvement of the interfaces is the usage of the visual interface.

In this article, we propose the concept of visualization interface called "IVI(Information Visual Interface)". Using IVI, we can visualize the key information such as "When", "Who", "Where", "What", "Why", "How" in 3-dimensional space. Using IVI environment, we can intuitively grasp the structure of the data and its sets. Development of the prototype system of the visualization for file system on a UNIX workstation is also described in this article.

1.はじめに

近年、計算機データベースの大規模化、複雑化はますます進んでおり、大量のデータをいかに効率よく表示、検索、活用するかといった課題はますます重要になってきている。インタフェースの面からみたまるとき、「効率のよさ」には、多くの情報を一度に可視化して、直感的に把握させ、かつ、人間の思考にあわせて無理、無駄がなくそれらの情報を識別して活用できるという意味が考えられる。

一般に、人間が物を考えたり、識別するときの重要な手がかりとして5W1H、すなわち、「何が」「誰が」「いつ」「どんな」「どこで」「なぜ」といった情報がある。人間の記憶の中の多くの事象から、ある事象を特定識別する実験によれば¹⁾、情報を同時に多く与えるほど事象を特定しやすいが、それぞれの情報が持つ効果にはばらつきがあり、もっとも効果が高い情報は「何が」すなわち「内容」で、次に「どこで」「誰が」と続く。「いつ」という情報も非常に有効であるが、これに限っては特定の日付というよりも、むしろある期間でまとまった時間の流れの中の一地点という捉え方をしていることが多い。すなわち「1983年の7月16日」ではなくて「10年くらい前の夏休み前の日」という捉え方である。

計算機上でこのことを考えると、大量多種のデータが混在するとき、個々のデータを特徴付ける上でもっとも効果的なのは、データの内容そのものを見せることであり、例えば画像データであればその画像イメージを表示することである。しかし従来のように2次元平面上に画像イメージをタイル状に並べる方法²⁾では、データの数が多くなってくるとすべてを一度に表示することはできず、また、データを一次的に並べただけではユーザがデータを整理して把握することができないという問題があった。そこでユーザが整理した因果関係「なぜ」に基づいてデータの階層化が行われ、従来はこの階層ごとにデータが表示されている。

しかしこれは、既に整理され分類された階層に

従ってファイルを管理するという前提に立って表示を行っている。実際には、この分類は必ずしも完全ではなく、また、別々に分類された階層から複数のファイルを比較して管理することも多い。特に、データの数が増えるに従って階層構造が複雑になってくると、このような階層ごとに表示する方法では階層構造の全体像を把握できず、ユーザにとって非常に利用しにくいデータ構造となる。またユーザは必ずしも階層を手がかりの出発点にしてファイル管理を行うわけではない。つまりデータを直観的に把握して効率よく利用するためには、データ内容とデータ全体の階層構造が同時に可視化されていることが必要なのである。

階層化されたデータをユーザにわかりやすく表示するための方法として、アイコンによるツリー表示³⁾や、仮想オフィス²⁾などがある。たとえば仮想オフィスは擬似作業空間である3次元空間に机やパーティションといった日常業務の概念を導入し、ここにデータを配置することで擬似的に「どこで」の特徴付けも同時に行って、ユーザにデータを探させやすくしている。このような表示は初心者にとって親しみやすくはあるが、しかしかえってこのために、ユーザは画面から隠されたデータを探すために机の引き出しを開いて見たり、パーティションを動かして見なければならず、全体的に「どこに」「誰が作った」「どのような」データが「どれくらい」入っているかを把握しておくことはユーザの責任に任されている。むしろ本来全てのデータの存在そのものが見えているべきであり、机やパーティションといった中間介在物をおかずに、直接データの内容やその他の特徴とともに、全体の階層構造とデータの配置のぐあいを見られるように3次元空間で可視化することで、データの「何が」「どんな」「誰が」と「どこで」が同時に表現できる方法が実現できる。

また、データの種類に関わらず、人間がデータを管理する上で常に手がかりとなるのは「いつ」の情報である。いつごろ作成したか、どれくらいの期間に渡って利用されているのか、同じ時期に作られたデータはどれとどれであるか、という情

報を可視化することは非常に有益である。ただし、前述したように時間は一連の相対的な流れとして表現した方がよく、特定の日時ごとに表示するのではない。

以上のような点を考慮して、5W1Hの情報を全て同時に可視化し、ユーザにファイル管理のための手がかりを多く与えることを目指したインタフェースをIVI（インフォメーションビジュアルインタフェース）と名付け、これに基づいて階層構造を有するデータの3次元表示による可視化方法を検討している。

ここでは、多くのデータを有し、また比較的複雑な階層構造を持つ例として、UNIXシステムのファイルを取りあげ3次元可視化表現を行った。

2. ファイルの階層構造の可視化

2.1 ファイル管理のための可視化

よいインタフェースとはすなわちユーザの心理的、生理的負担を軽減するものである。これを実現するためにさまざまな要因が考えられるが、そのひとつに、心理的、生理的作業の軽減、短縮があげられる。特に、大規模なデータの管理・検索のためのインタフェースで重要なことは、スピードの速さと容易さであり、これは心理的、生理的作業の軽減、短縮によって実現される。

階層化されたファイルシステムにおける階層間の移動を伴う作業過程の従来の例を考えてみる。

- (1) 現在の階層を認識する。
 - (2) 目標とするファイルを認識する。
 - (3) 目標とするファイルの所属する階層を認識する。
 - (4) 目標とする階層へ至る経路を認識する。
 - (5) 目標とする階層へ至る経路を通して移動を行なう。
 - (6) 目標とするファイルを確認する。
 - (7) 目標とするファイルの操作を行なう。
- 上記のうち(5)および(7)はコマンド入力やマウスなどによる操作である。

この作業課程をできる限り短縮して、

- (2) 目標とするファイルを認識する。

=直感的把握

- (7) 目標とするファイルに対する操作を行なう。

=直接的操作

で完結させ、階層移動に伴う(1)、(3)～

(6)の作業を省くインタフェースが望ましい。さらに(7)についても、ファイルを表示するメタファに対する人間の動作が、そのままファイルにコマンド操作を行なうのと同等の結果をもたらすことが望ましい。従来のメニュー選択やコマンド操作を省略することで、思考が中断されるのを防ぎ、ユーザのわずらわしさを軽減することができる。

ここでは上記(2)の直感的把握をもたらすインタフェースについて検討を行った。

直感的な把握をもたらすインタフェースとは、すなわち効果的に視覚に訴えるインタフェースである。文字情報は細部の明確化に役立つが、全体像を一度に把握するためにはグラフィック表現が有効である。これは「百聞は一見にしかず」、「WYSIWYG」といった言葉でよく表現されることである。上記の例で言えば、(1)の現在の階層と、(3)の目標とする階層とその階層における(6)目標とするファイル、および(1)から(3)へ至る途中経路が同時に可視化されていれば、(4)の途中経路を認識する作業に要する負担が軽減できる。

いいかえれば、次の3つをそれぞれ可視化することで、より直感的な把握をもたらすインタフェースの表現方法を提供できる。

可視化対象：

- (A) ファイルの特徴
- (B) 階層（ディレクトリ）の特徴
- (C) 階層構造（ファイル、ディレクトリの関係）

2.2 ファイルの特徴の可視化

ファイルを識別するための手がかりとなる特徴には

- (1)名称、(2)内容、(3)大きさ、(4)属性（種類）、(5)作成日

といったものがあげられる。

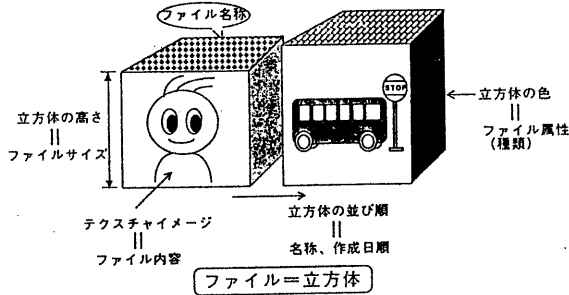


図 1 IVIによるファイルの可視化
IVI:Information Visual Interface

3次元表現することの利点の一つは、自由に視点を変えられてさまざまな角度から表示物体を眺めることができるということである。ここでは、視点を変えることで(2)(3)(4)のそれぞれの側面からファイル全体を眺められるように、図1のような立方体を考えた。図1において

(2)ファイルの内容=立方体の一側面にテキストチャーマッピングを用いてイメージで表現

(3)ファイルの大きさ=立方体の高さ

(4)ファイルの属性=立方体の側面の色で表されている。

また(1)ファイル名称と(5)ファイル作成日の順序は立方体(ファイル)の表示並び順で表し、名称についてはテキスト表示も行う。

このようにファイルを表示することで、斜め上の視点から見たときにはファイルの備える特徴をすべて一度に眺めることができ、また、ある側面に対する視点で見たときにはその面が表す特徴にだけ着目してファイル同士を比較することができる。

2.3 ディレクトリの特徴の可視化

ディレクトリにおけるおもな特徴には

- (1)名称、(2)所属しているファイルの数、(3)所属しているファイルの容量
といったものがあげられる。

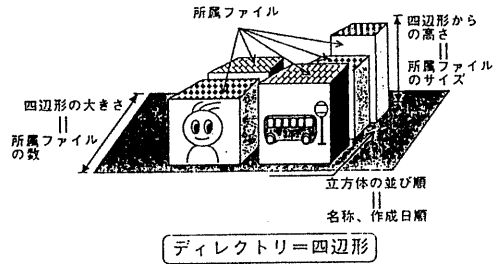


図 2 IVIによるディレクトリの可視化
IVI:Information Visual Interface

つまり、ディレクトリはあるファイル集合の集まりを明示的にしたものである。このようなディレクトリの特徴をよくあらわすのは、ある広がりを持つ領域と捉えられる。そこで図2のように、ディレクトリを四辺形として表現し、この四辺形上に所属ファイルを表す立方体をすべて配置する。こうすることによって

- (2)所属しているファイルの数の多さ=四辺形の大きさ
- (3)所属しているファイルの容量の多さ=四辺形を床面としたときに林立する立方体の高さとして表現でき、ユーザはディレクトリ同士を相対的に比較することができる。

2.4 ディレクトリの相互関係の可視化

また、ディレクトリ間の関係を表示位置によって明かにするために、前述したファイルおよびディレクトリを図3のように表示した。図3では、

(1)上位ディレクトリを3次元空間の上方に、下位ディレクトリを下方にそれぞれ配置し、

(2)ディレクトリの親子関係は直線で可視化し、

(3)同じ深さのディレクトリ同士は、3次元空間内の同じ高さになるように表示した。

このように同一表示空間内に多階層のディレクトリとファイルを一度に表示することで、所属する階層の深さには関係なく各ファイルを直接同時に見ることができる。

・大域的関連情報の可視化

現在可視化されているファイル以外のシステム関連情報についても何らかの形で可視化しておけば、ユーザのシステム全体に対する理解を深めるのに役立つ。一例として、現在可視化されている全ファイルの占めるディスク容量の大きさと、同一レベル以下の可視化されていないファイルが占めるディスク容量の大きさを床面の長方形の長さで表わした。最上位階層があるユーザのホームディレクトリであれば、床面の赤い長方形はこのユーザが持つファイルの総ディスク容量を示し、これと隣あって表示されるグレーの長方形はそれぞれ他のユーザの持つファイルの総ディスク容量を示している。長方形の並びは階層の名称順である。

このような情報の可視化によって、現在画面上に表示されている全ファイルが占めるディスク容量の割合が把握できると同時に、画面で表示されていないファイル群についてもそれらが占めるディスク容量の大きさをうかがい知ることができる。

4. 実験環境

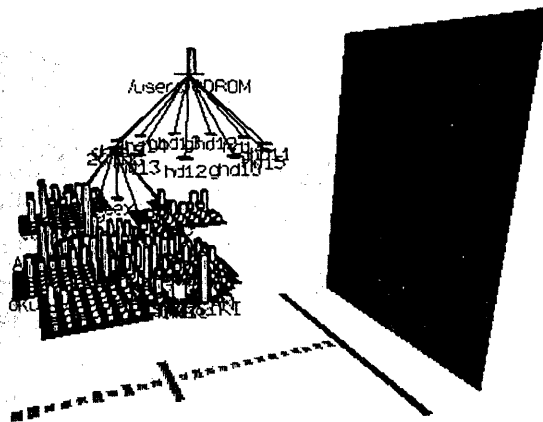
表示に使用したマシンはHewlett-Packard社のHP9000S400 Turbo-VRXで、同マシン上のUNIXファイルシステムを可視化した。描画はXwindow環境で、同マシン上のグラフィックライブラリ

Starbaseを用いた。視点変更操作は3次元マウス（バード）を用いて行っている。

5. 効果と検討

提案したファイル可視化方法ではファイル数が多くなると四辺形の面積が大きくなり、ファイルの容量が大きくなるほど立方体の高さが高く表示されるので、各ディレクトリの占めるファイル容量が視覚的に把握できる。

この特性を利用して、図6ではシステム全体のディスク資源の活用の偏りを視覚化した。図6において最上位階層はマシン（HP9000）におけるシステムハードディスクを示しており、下位の子ディレクトリとして、NFSによってこのマシンにマウントされている他のマシン（2050G）のハードディスクとその増設用ディスク（ディレクトリ名称：hd10～hd15、ghd10～ghd15）が可視化されている。図6では左側に表示されている2050Gのハードディスクが集中して使用されており、2050Gの増設用ディスクhd10～hd15、ghd10～ghd15はまだディスク容量に空きがあることが視覚的に把握できる。これはコマンド操作でディスク使用量を調べるよりも、より直接的にユーザに訴えかけるインタフェースである。



HITACHI Ltd. SDL, Kansai Systems Laboratory

図6 ディスク資源の活用状況の可視化への適用

次に表示形態についての検討を行った。

図5のように、個人ユーザがUNIXシステムを使用する状況を可視化した場合、ファイルの階層はせいぜい5階層程度であり、階層の深さよりも、同一階層内でのディレクトリの数が増える傾向があった。したがって、このような場合に階層の上下方向に広く表示のためのスペースをとることは効率が悪く、同一階層の広さ方向に表示スペースを割くような表示形態にする方がよい。

また、ディレクトリを表わす四辺形、ディレクトリの親子関係を表わす直線、ファイルを表わす立方体、床面、壁、のそれぞれの描画物体について独立して描画の有無を変化させ、それぞれの物体がユーザに与える認知的影響について検討した。この結果、

(1) 直線を用いて表現するような3次元ツリー表示形態は、ディレクトリ相互の関係を視覚的に明確化するのに有効であり、特にUNIXシステムに慣れたユーザには受け入れやすかった。しかし、複雑なディレクトリ間のリンクなどがある場合にはかえって分かりにくくなることが予想される。本研究の表示方法のように途中のディレクトリバスを意識する必要のないインタフェースにおいては必ずしも直線を使ったツリー構造で表示する必要はない。

(2) 床面と壁の持つ広がりや色の濃淡は、どちらもユーザに画面全体の3次元効果、遠近感を与えるのに役立った。単に大きさを変えた立方体を空間内に配置するだけでは全体的な遠近感をユーザに印象付けることは難しかった。

6. むすび

本文では、階層構造を持つデータとして、UNIXファイルの3次元空間での可視化方法を検討した。ファイル、ディレクトリ、ディレクトリ関係をそれぞれ3次元物体で表現し、それぞれが持つ特徴を各物体の特徴量として表現することで、個別のファイルとともに複雑な階層構造全体についても視覚的、直観的に把握できるような表現方法を目指している。

参考文献

- [1] Christopher D.B.Burt, "Retrieval Characteristics of Autobiographical Memories: Event and Date Information", Applied Cognitive Psychology, vol.6, pp.389-404, 1992
- [2] 勝山 恒男 他, 「MONSTERのヒューマンインタフェース」, 情報処理学会, ヒューマンインタフェース研究会, HI40-3, 1992
- [3] George G.Robertson, Jock D.Mackinlay, Stuart K.Card, "CONE TREES: ANIMATED 3D VISUALIZATIONS OF HIERARCHICAL INFORMATION", CHI'91, pp.189-194