切り取り操作による柔軟な情報選択ができる WWW 視覚化

塩澤 秀和，相馬 隆宏，野田 純也，松下 温
慶応義塾大学理工学部
E-mail: shiozawa@myo.inst.keio.ac.jp

本論文では，WWW 空間の 3 次元視覚化手法である納豆ビューの改良について述べる．新しい納豆ビューでは，ノードをその情報から求められる属性値によって，平面上に配置し，顔」を張り付けることができる（意味空間とチャーノフの顔）．利用する属性値は，ユーザが自由に選択できる．ユーザがあるノードを持ち上げるとそこからリンクされているノードがつられて持ち上がり，複雑な情報ネットワークを解きほぐして眺めることができる（持ち上げ操作）．さらに，これらの操作によって空間的に分離された領域は，マウス操作によって独立したビューとして切り出すことができる．この子ビューは親ビューの上に重なって表示され，ローカルな回転軸で回転させることができるので，大局的な関連を失いやすい全体の回転の頻度を減少させられる（切り取り操作とピカソビュー）．

WWW Visualization Supporting Flexible Information Selection with the Cutting Operation

Hidekazu Shiozawa, Takahiro Soma, Jun-ya Noda, Yutaka Matsushita
Faculty of Science and Technology, Keio University
E-mail: shiozawa@myo.inst.keio.ac.jp

This paper describes the new Natto View, a 3D interactive visualizing system for WWW. In this way, Node attributes are utilized to place them and to draw human faces on them (semantic space and Chernoff faces). Just like the fisheye lens model, user can lift arbitrary node up to look the view in detail (lift-up operation). Then the nodes to which it links are lifted up together, and thus complex networks are disentangled. When node is separated by these operations, user can select and cut off a region by using a mouse. The cutted subview can be rotated around the local axis. This lessens the number of rotating the whole view that user can easily lose the global context (cutting operation and Picasso view).

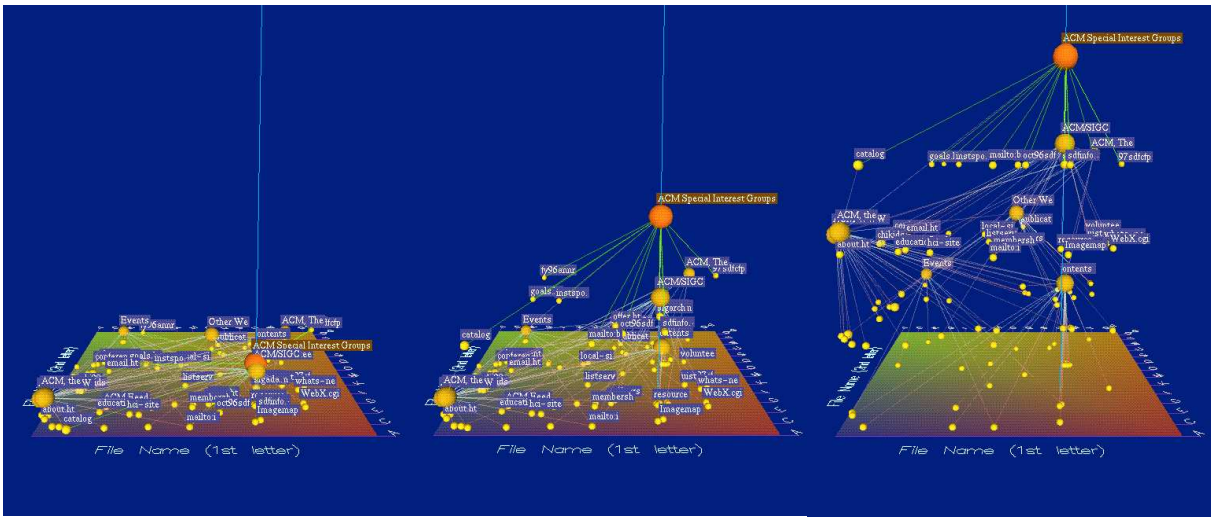

図 1: 持ち上げ操作

1 はじめに – 納豆ビュー

1.1 WWW の視覚化

WWW のような情報空間では，関連する情報同士が相互にリンクによって結合し，一種のグラフ構造を構成している．このような大規模なグラフ構造の情報空間の理解を支援するために，一般的なグラフ構造をユーザに分かりやすく図示することが研究され，ある程度の有効性も実験によって確かめられている [6]．ハイパテキストの分野では，これはオーバービューダイアグラムと呼ばれている．ドキュメントをノード，ハイパリンクを辺として表示した図をユーザに提示することによって，ドキュメントの関連性を視覚化する．

納豆ビュー [3] は，我々が，WWW の構造を 3 次元空間に視覚化するために開発したシステムである．我々は，本論文で提案するインタフェース技術を納豆ビュー上に実装したので，まず，納豆ビューについては，少し詳しく説明し，そこで明らかになった問題点を述べたい．

1.2 納豆ビューで解決しようとした問題

我々は，納豆ビューで以下のような 3 次元視覚化の問題点を解決しようとした．

ユーザの注目の支援． 従来の多くの 3 次元ビューが，注目を支援するために，ホワイドボードや地図上の建物などのメタファとその遠近法によるビューを採用している．しかし，遠近法では，人間の目に自然なビューを提示しなければならないという制限があるので，大きな魚眼レンズ効果を得られない．

対話的な操作の不足． 特に 3 次元的なグラフ構造の視覚化では，ユーザは表示された情報空間の中で移動したり拡大表示させるだけで，データそのものを動かしたり変化させて，その関連性を解析するといった，十分に対話的な操作ができなかった．

宇宙遊泳的ビュー． 従来のグラフ構造表示では，ノードが宇宙空間の星のように分散配置され，ユーザはその中を自由に移動したり，ビューを回転させることができる．しかし，これでは，ユーザは 3 次元空間のなかで，不用意に動きまわり，文字通り方向感覚を失ってしまう．

情報位置の一貫性と連続性． グラフィカル魚眼レンズビューやその他の空間的視覚化手法を，単純に WWW のような巨大な情報空間に適応した場合，ユーザはいくつか新しいノードにアクセスするたびに，配置の最適化計算の結果を待たなければならないことになる．さらに，配置計算のたびにノード位置が大きく移動する可能性がある．

1.3 持ち上げ操作

納豆ビューでは，個々の HTML ページであるノードとそれを結ぶリンクが，それぞれ 3 次元空間内の球と線分で表示され，情報空間における注目操作を実現するために，特ち上げ操作」を提供する．ユーザはリンクの複雑に入り組んだ情報空間から，絡

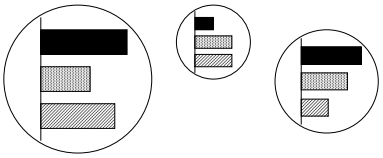

図 2: ノードに棒グラフを表示した場合

み合った糸を解きほぐすように，注目するノードを引っ張りあげ，その周囲の関係を詳しく眺めることが可能である (図 1)．つまり，そのノードがユーザにとって興味深いものであればあるほど，それを高い位置に置くようにする．持ち上げたノードとのリンク関係によって，その周囲のノードの高さも自動的に調整される．

この持ち上げ操作は，3 次元空間において，魚眼レンズビューの拡大操作ような効果をもたらす．ユーザは持ち上げ操作をすることによって，関連する情報を空間的にも近接した位置に引き上げることができる．さらに，遠近法では，注目したいオブジェクトに近付くと表示域が狭くなるという欠点があるが，持ち上げ操作は，何段階行なってもビューの違和感がなく，操作に適切な制限があるのでユーザの方向感覚も保持される．

2 納豆ビューの問題点

以下は，納豆ビューで生じた新たな問題点である．

ノード配置と表示情報量. 納豆ビューでは，ノードの配置がその URL に基づいていた．しかし，これでは配置から得られる情報が少ないので，実際の検索等にほとんど役に立たない．また，ノードの多様な情報を表示するために，図 2のようにノード自身の中に棒グラフのような形で，情報を提示する方法や，FSN [4] のように立体的な棒グラフを立てるシステムも既に存在する．しかし，これらの方法では，違う大きさのノードや，距離の離れたノード同士では，属性同士を比較することが難しい．

回転操作によるビューの変化. 現在の情報視覚化における回転操作は，ユーザのビューに対する方向感覚とコンテキストを失わせる傾向が大きく，宇宙遊泳的ナビゲーションの 1 つの原因になっている．ユーザが回転操作をする理由は，多くの場合，他の情報の裏側にまわってしまった一部分の情報を，別の方向から眺めたいと思うからである．しかし，そ

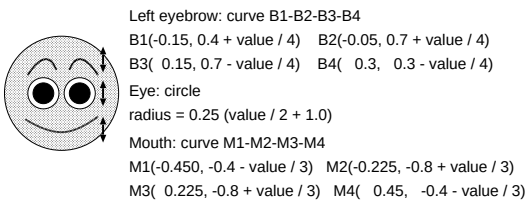

図 3: チャーノフの顔

の場合にビュー全体を回転させてしまっては，全体の外観が大きく変化し，その一部分と全体との関連がつかみにくくなる．また，回転操作の後に，また全体を見渡すために視点をもとの位置と方向に戻すことも容易ではない．

ドキュメントへのアクセス手段. 納豆ビューは，グラフ構造を用いた情報構造のの視覚化という点では，優れた方法であったが，WWW 空間のブラウジングツールとしては，十分に使いやすいとは言えなかった．その大きな原因に，ユーザに見える情報（ノードとリンク）から，本来のハイパーテキスト文書を呼び出すためのインタフェースが十分でなかったということがある．情報空間の視覚化では，抽象化された空間をいかに見やすく視覚化するか，に加えて，その元となった情報源にいかに簡単にアクセスできるか，が重要である．

3 新しいインタフェースの提案

3.1 意味空間とチャーノフの顔

新しい納豆ビューでは，$z-$座標以外の次元に，HTML 文書であるノードの属性を表すという意味が与えられる．ノードの $xy-$座標と大きさには，ドキュメントから抽出できるいくつかの属性の中から，ユーザの選択したものが割り当てられる．

また，ノードにある多くの属性の情報量を表示するために「チャーノフの顔」[1] を利用する．チャーノフの顔とは，グラフのプロット点を人間の顔型にし，まゆげのの角度や目の大きさなど，顔のそれぞれの部分に数値的なパラメータを割り当てる表示方法である．人間は顔の表情に対する特別な判断能力を持っているので，これは人間の判断スピードを落さずに多次元データを表示する手法として使われている [5]．また，チャーノフの顔を用いれば，拡大率の異なるノードに関する属性同士を，ひとめで比較することができる．

これらによって，納豆ビューは Wexelblat [7] が提案した意味空間を実現したと考えられる．意味空間とは，情報の特性から視覚的な次元への写像を行なうことによって，情報をその特性によって視覚的に配置し，画面上での操作が，情報の選択，フィルタリングなどの意味を持つようする提案である．

納豆ビューで，ノードの配置や顔の変形に用いることのできる属性値は，タイトル，ファイル名，ファイルサイズ，ノードに出入りするリンク数の合計，ノードから出るリンク数，画像ファイルの数，最終更新時間，日本語文字の含有率である．これは，0 から 1 までの数値に正規化される．

意味空間によって，それぞれの方向とその方向に関する操作には，統一的な　意味付け」が与えられるので，ユーザの方向感覚を支援することになる．また，ユーザがどちらの方向を向いているのか簡単に分かるような目印として，座標軸のパラメータを示すための　怀面」が効果を発揮する．

3.2　　切り取り操作」と一括ブラウジング

新しい納豆ビューでは，図 4に示すようにマウスの中ボタンをドラッグすることによって，ビューの中から矩形状の領域を選択することができる．選択された矩形領域は独立したビューとして機能するようになる．この切り取り操作によって意味空間の中からユーザの目的の属性を持つノードの集合を得ることができる．例えば，自分が持ち上げたノードとそれについて来たノードを一括して選択したり，座標軸に更新時間を割り当てている場合に，ある一定期間の間に更新されたノードをまとめて選択することができる．

こうして選択したノード集合は図 5に示すリストとして表示される．ユーザはウィンドウを通して，リストされたノードを順々に WWW ブラウザによってブラウジングしたり，それぞれのノードから出ているリンクをスキャンして納豆ビューに反映させることができる．

従来の情報視覚化やオーバービューダイアグラムでは，情報を視覚化する点に重点が置かれ，視覚化する前の元のデータにアクセスする手段が十分ではなかった．我々は，意味空間を切り取るというユーザに分かりやすい操作によって，柔軟な選択性を実現し，選択したノードのドキュメントへ簡単にアクセスする手段を提供した．

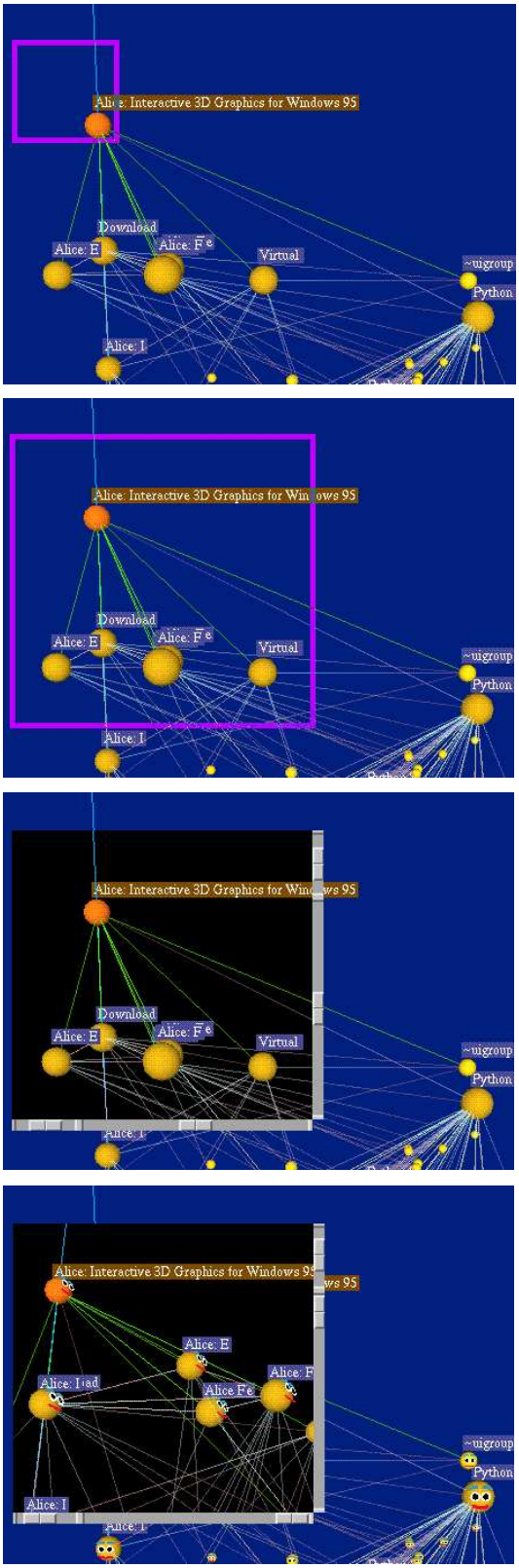

図 4: ピカソビュー

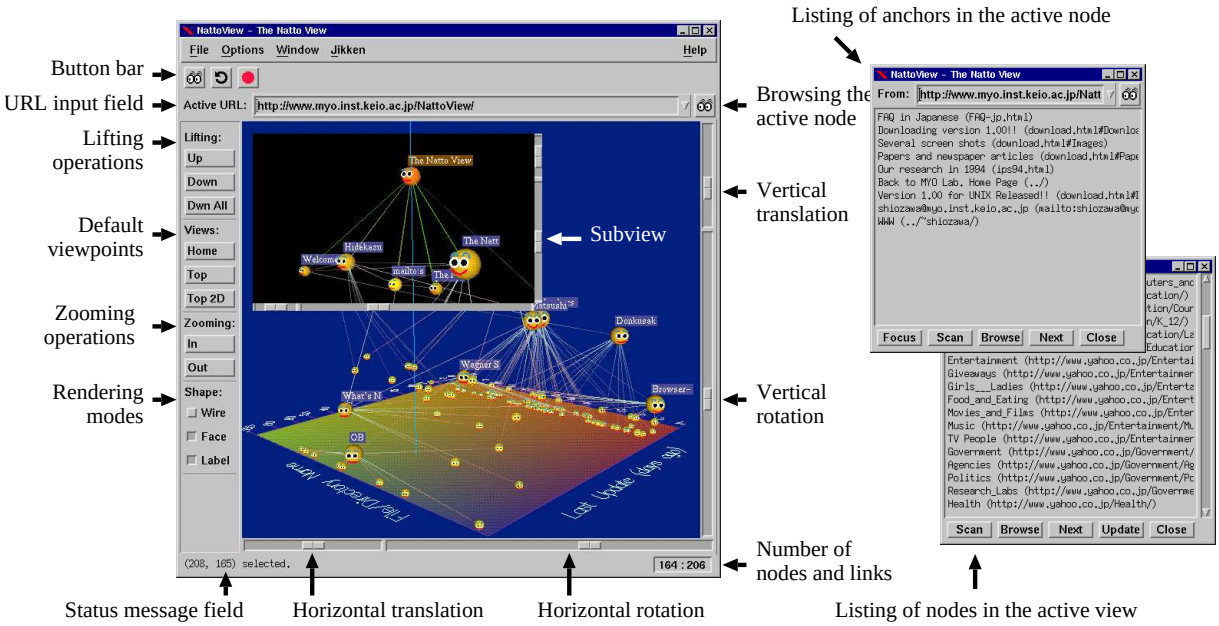

図 5: システムの全景

3.3 局所的回転操作 ：ピカソビュー」

我々は，回転操作の問題点を解決するために，上で述べた切り取られたビューをその親ビューとは独立に回転させる，という新しいインタフェース技術を提案する．切り取られたビューには親ビューと同じように回転操作のためのスライダーが付く．図4は，この局所的回転操作 (我々はこれを，ピカソビューと呼んでいる) を示したものである．

この局所的回転操作によって，従来の全体的な回転操作では不可能であった以下のようなことが実現できる．

- ちょっとしたノードの重なりならば，その近傍を選択して回転させることによって，全体のコンテキストを失わずに背後のノードを見ることができる．
- 回転する子ビューは，親ビューの中の対応する位置に貼り付けられているので，ユーザは子ビューの全体に対する位置関係を，程度認識しながら操作を続けることができる．
- 回転の後に視点を元の位置に戻すという操作がいらない．不要になったら，選択によってできた子ビューを閉じれば良い．
- 回転時には必要な領域だけをレンダリングするので，全体的な回転よりも速く，マシンへの負荷も軽い．

回転の中心としては，選択領域にもしアクティブなノードがあればその位置が用いられる．なければ，選択領域の中で最も上，つまり関心度を高く設定されている，ノードが選ばれる．これに関しては選択領域のノードの重心を利用する方法も試したが，ユーザは回転の中心が 見え」ないと操作感覚がつかみにくいということが分かったので，ノードを選択するようにした．

3.4 その他の機能

納豆ビューは，UNIX (Sun Solaris, SGI IRIX, Linux 等) 上の X-Window System を利用したソフトウェアとして実装されている．実装言語には C++ を用いており，GUI フレームワークには Motif，3D グラフィクスを実現するためのライブラリとしては，Open GL (または，Mesa)，WWW にアクセスするために W3 コンソーシアムの WWW Reference Library を利用している．

納豆ビューを実行すると，コマンドライン引数で指定した URL にある Web ページにアクセスし，そのページとその 1 つリンク先のページをノードとしてビューに表示する．そして，ユーザがまだ選択したことのないノードを選択するたびに，そのページを HTTP によって取得し，HTML をパーズしてその 1 つリンク先のノードを表示する．このように

ユーザがビュー上のノードを選択するたびに，その先のノードが次々と表示されていく．

納豆ビューでは，従来の一般的なシステムとの比較のために，正射影表示とばねモデルによるノードのレイアウトができる．真横や真上から見た正射影表示機能を用いれば，2 次元表示のビューを実現でき，レイアウト最適化の代表的な手法であるばねモデルを実装することによって，意味空間による配置との得失を比較できる．

4 考察

4.1 持ち上げ操作と意味空間

我々は，切り取り操作によるノードの空間的な選択と，ピカソビューを実現することによって，持ち上げ操作が極めて有効なインタフェースであると再認識した．重要な点は，持ち上げ操作は情報を空間的に分離するということである．複数のオブジェクトを選択する最も自然なインタフェースは，その複数のオブジェクトを 「囲む」ということである．

しかし，従来のような拡大を主とした操作では，確かに注目する複数のオブジェクトに対する注意を引くことはできるが，それらの注目するオブジェクトを一括して 「囲む」ように選択することは困難である．

それに対して，納豆ビューでは注目するノードを上に引き上げることによって，それに関連するノードをその他のノードから分離することができる．また，意味空間の利用によって，自分の検索したい属性を持ったノードを空間の中で分離することができる．この空間的な分離のおかげで，切り取り操作という，オブジェクトを 「囲む」ような自然な選択が実現できた．

ただ，意味空間やチャーノフの顔のために納豆ビューで用意している属性値は，HTTP のコンテント・ヘッダから入手できるような，非常に外面的な属性ばかりなので，検索のためには不十分である．今後，キーワードによる検索や文書構造の認識など，情報検索や自然言語処理などの分野の技術を用いて，そのような技術から求められる属性値をマッピングに利用することが課題である．

4.2 切り取り操作とピカソビュー

納豆ビューの機能の中で，切り取り操作と局所的回転操作 (ピカソビュー) は，いろいろな情報視覚化や 3 次元表示を用いた対話的システムに応用できるものである．ピカソビューによって，ユーザが全体的な回転をする必要性が減少する．ある枝の下のサブツリーを子ビューとして回転させれば，Cone Tree [2] のようなインタフェースも実現できる．

また，2 次元スクリーン上に表示される仮想現実システムこの技術を用いると，画面上のオブジェクトの横や背後がどうなっているのか見ることができる．後ろ姿の人物のオブジェクトを選択して，前から見ることができる．従来から，画面上の任意領域を拡大したり，選択されたオブジェクトを透明にして背後を見られるようにする操作はあったが，横を見たり背後を見られるような統一されたインタフェースはほとんどなかった．

ピカソビューの難点としては，局所ビューの中で大きな回転をすると意味空間における位置が分かりずらくなるということがある．また，ノードに全く模様が付いていない状態だと，回転角が分かりにくい．特に前者のこれといった解決方法は現在のところなく，このため，納豆ビューの場合には，60 度以上の大きな回転はできないようになっている．意味空間とピカソビューの共存は今後の課題である．

参考文献

[1] H. Chernoff. The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. *Journal of the American Statistical Association*, 68:361–368, June 1973.

[2] G. G. Robertson, S. K. Card, and J. D. Mackinlay. Cone Trees: Animated 3-D visualization of hierarchical information. In *Proc.ACM CHI'91*, Apr. 1991.

[3] 塩澤, 西山, 相馬, 松下. 情報の関連性と多人数アクセスに着目した www 空間の視覚 化. 情処研報 96-GW-18, pp. 61–66, 1996.

[4] Silcion Graphics, Inc. FSN: File system navigator. ftp://ftp.sgi.com/sgi/fsn/fsn.tar.Z, 1992.

[5] E. R. Tufte. *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press, 1983.

[6] C. Ware and G. Franck. Evaluating stereo and motion cues for visualizing information nets in three dimensions. *ACM Trans. Gr.*, 15(2):121–140, 1996.

[7] A. Wexelblat. Giving meaning to place: Semantic spaces. In *Cyberspace: first steps*, chapter 9. MIT Press, 1991.