情報視覚化

増井俊之
ソニーコンピュータサイエンス研究所
masui@csl.sony.co.jp

サイエンティフィックビジュアリゼーションと情報視覚化 [6]

- サイエンティフィックビジュアリゼーション
  - 専門家が使用
  - 科学的現象の解明
  - 物理的データ / 測定結果 / シミュレーション結果
- 情報視覚化 (Information Visualization)
  - あらゆる人が使用
  - 検索 / 関連の発見
  - 関係など抽象的データ
    - プログラム, Web, ファイル構造, ...

視覚化の分類 (Cont'd)

- サイエンティフィックビジュアリゼーション
  - データが具体的
  - 視覚化手法が固定的
- データビジュアリゼーション
  - データが具体的
  - 視覚化手法が任意
- 情報視覚化
  - データが抽象的
  - 視覚化手法が任意

情報視覚化の特徴

- 抽象的情報
- 視覚化手法が任意 (c.f. 地形 / 物質の流れ /etc.)
- インタラクションが重要

用途

- 情報検索 [3]
- データ解析
- プログラムデバッグ

必要な技法

- 必要なもののみ表示する技法
- 全体と詳細を同時に見る方法
- 抽象的データの画面へのマッピング法
- 自動レイアウト手法
- 操作しやすいインタフェース

表示技法

- 自動配置
- 3 次元視覚化
- ズーミング (線型 / 非線型)
- 色の濃淡 / 透明度
- アニメーション

インタラクション技法

- 直接操作
- 動的検索
- 連続的 / 可逆的操作
- 検索手法

昔の流行?

- 2 次元レイアウト
- プリティプリンタ
- プログラムビジュアリゼーション
- アルゴリズムアニメーション
- ツールキット

最近のトレンド

- Web 上での実現
- 動画像
- ベンチャー
  - Perspecta (http://www.perspecta.com/)
  - InXight (http://www.inxight.com/)
  - IVEE (http://www.ivee.com/)
- いろいろな分野への応用 (データマイニング / セキュリティ / ネットワーク ...)

各種システム

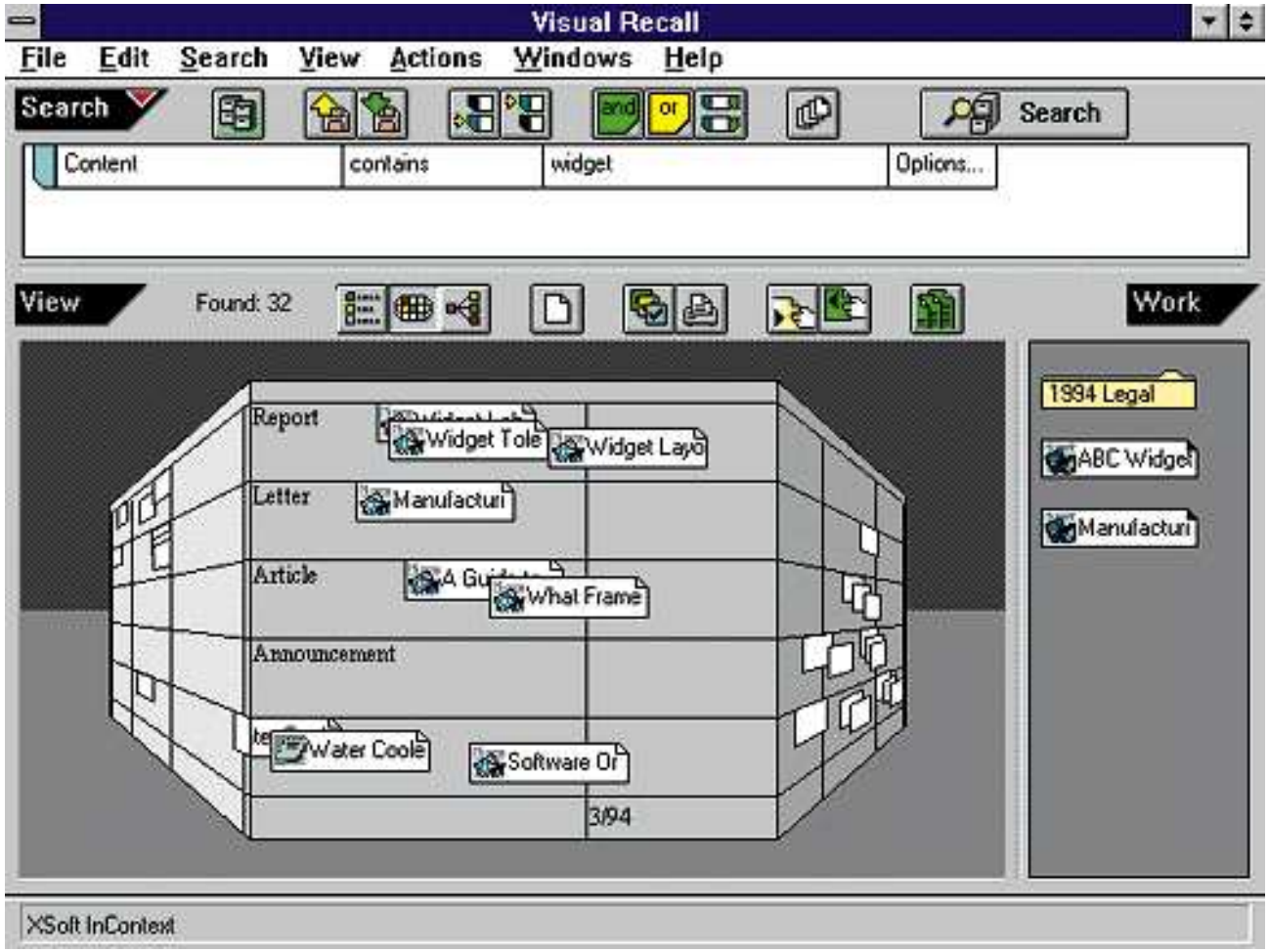
- Information Visualizer (Xerox PARC)
- 3 次元視覚化
- 線型ズーミング
- 非線型ズーミング
- フラクタル視覚化
- 情報検索
- HCIL/University of Maryland
- Graph Layout
- プログラム視覚化
- データマイニング
- メディアアート系

Information Visualizer

- Xerox PARC の先駆的研究
- PerspectiveWall
- ConeTree
- HyperbolicTree
- TableLens
- WebBook

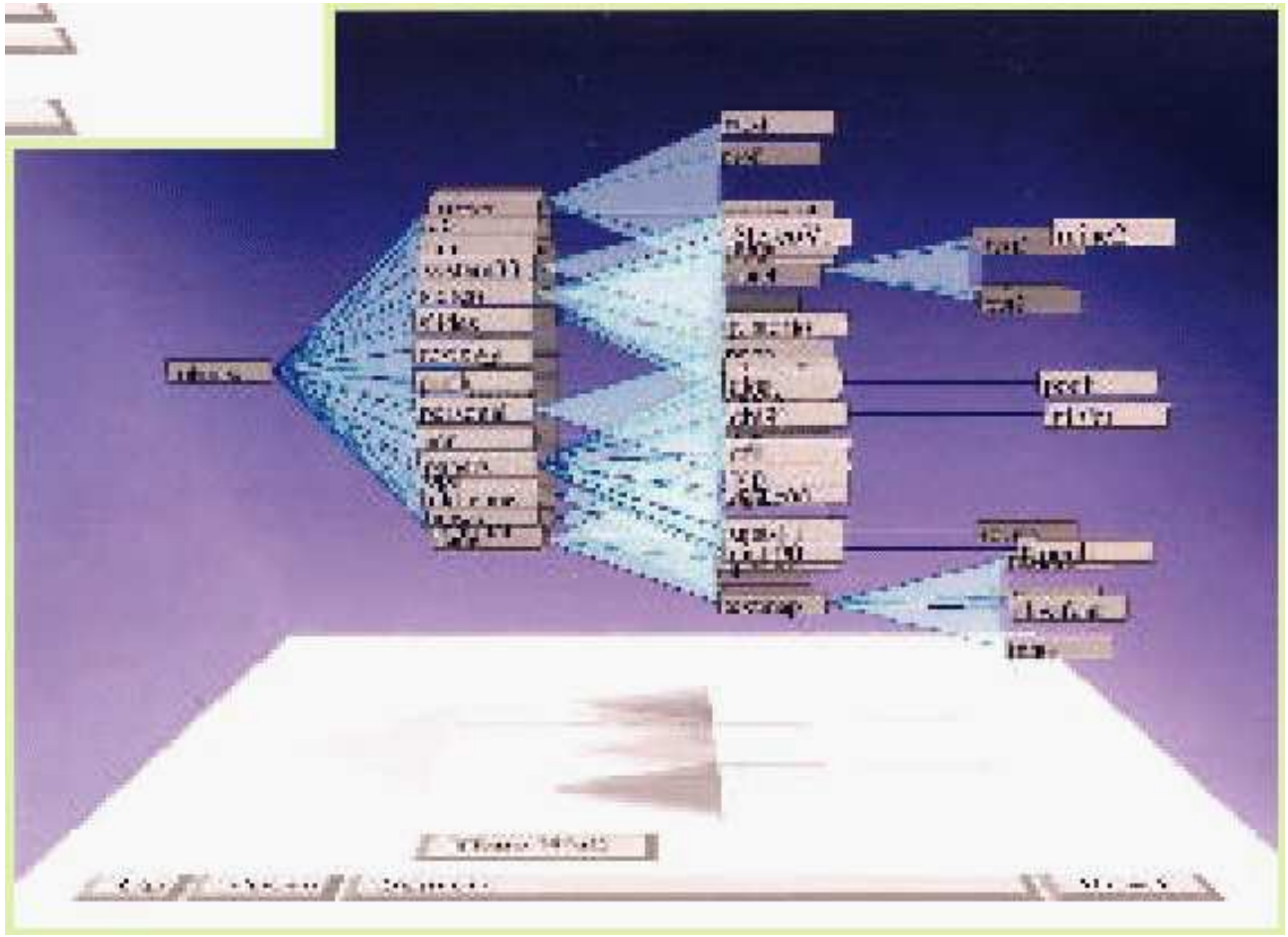
PerspectiveWall[4]

- 長いリストを曲がった壁に貼りつける
- 視点から遠いものは自然に小さく / 近いものは大きく表示される



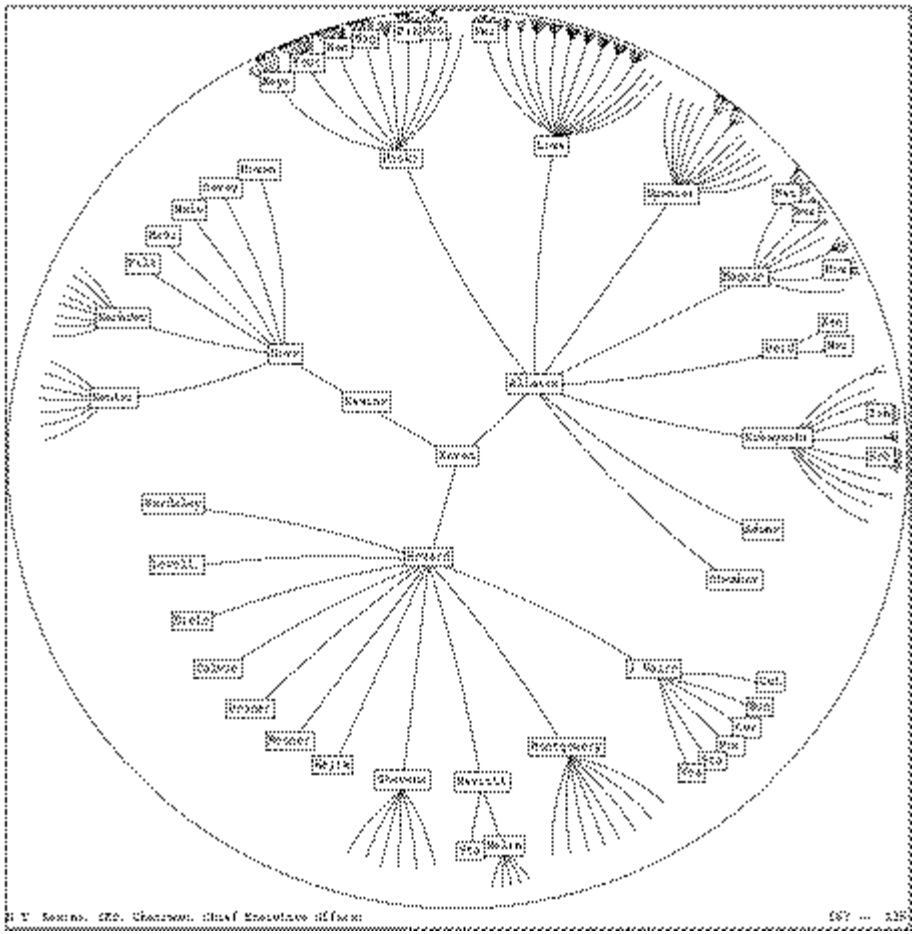
ConeTree[4]

- 階層をもつ大きな木を円錐状に３次元表現
- 裏側を見たいときは円錐が回転しこちら側に移動



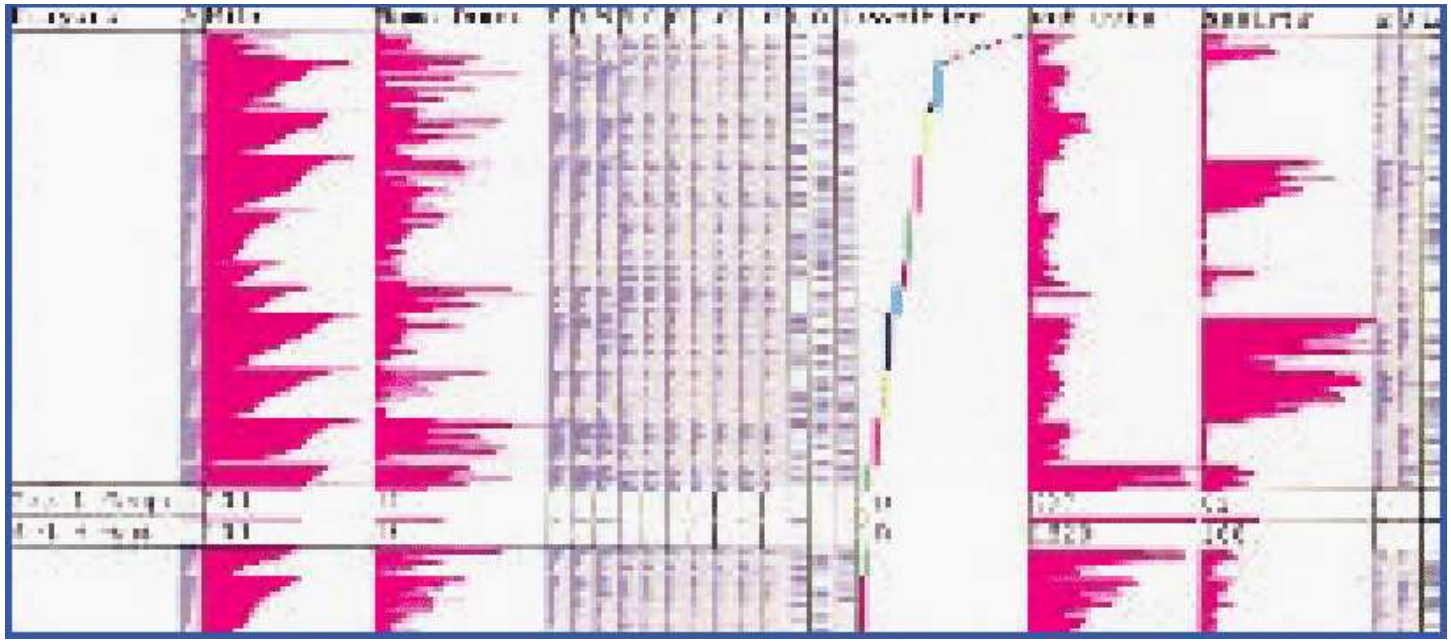
HyperbolicTree[14]

- “Hyperbolic Space”(非ユークリッド空間) に情報を配置
- 遠くのものほど小さく見え、沢山表示可能



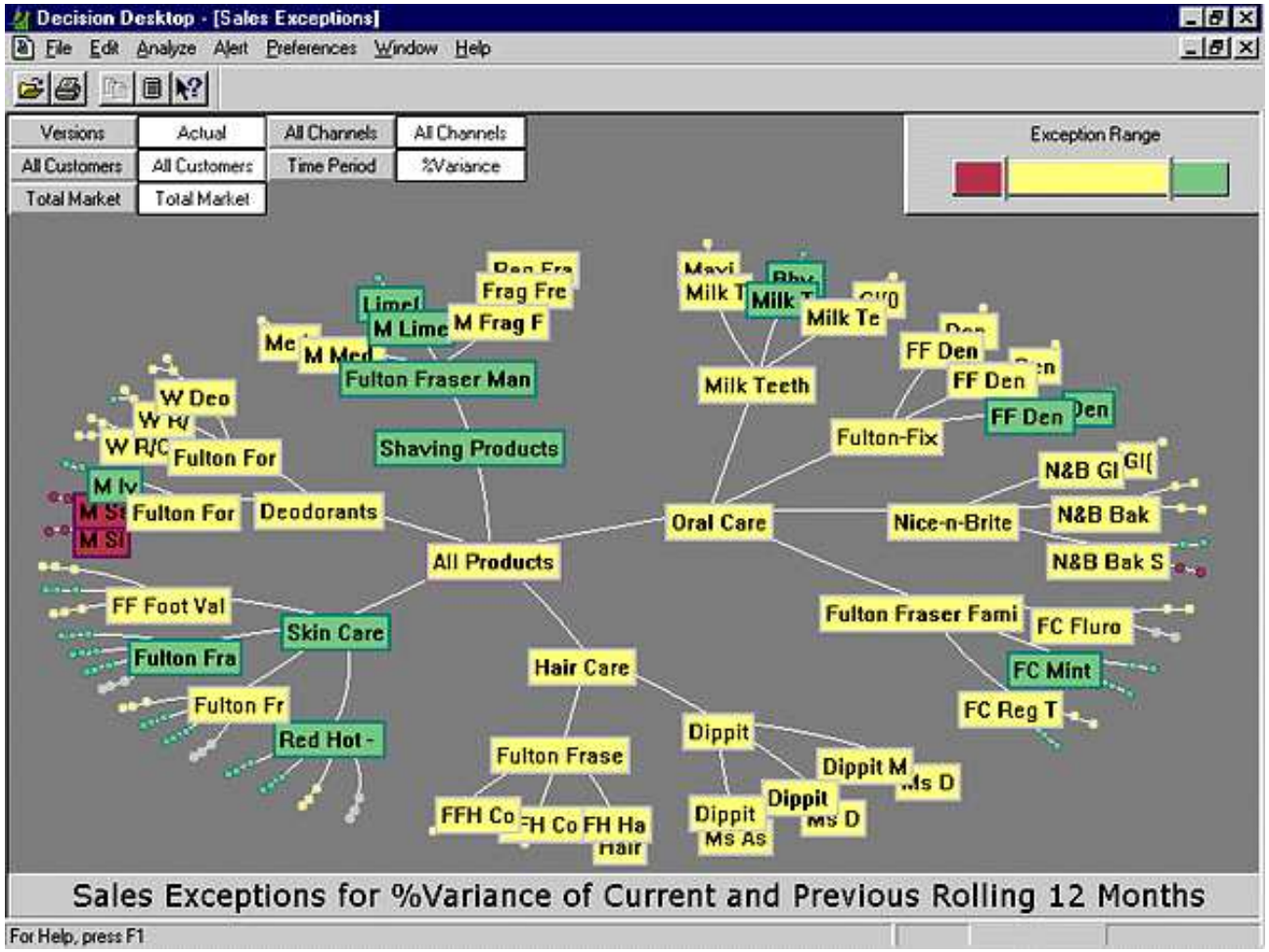
TableLens[20]

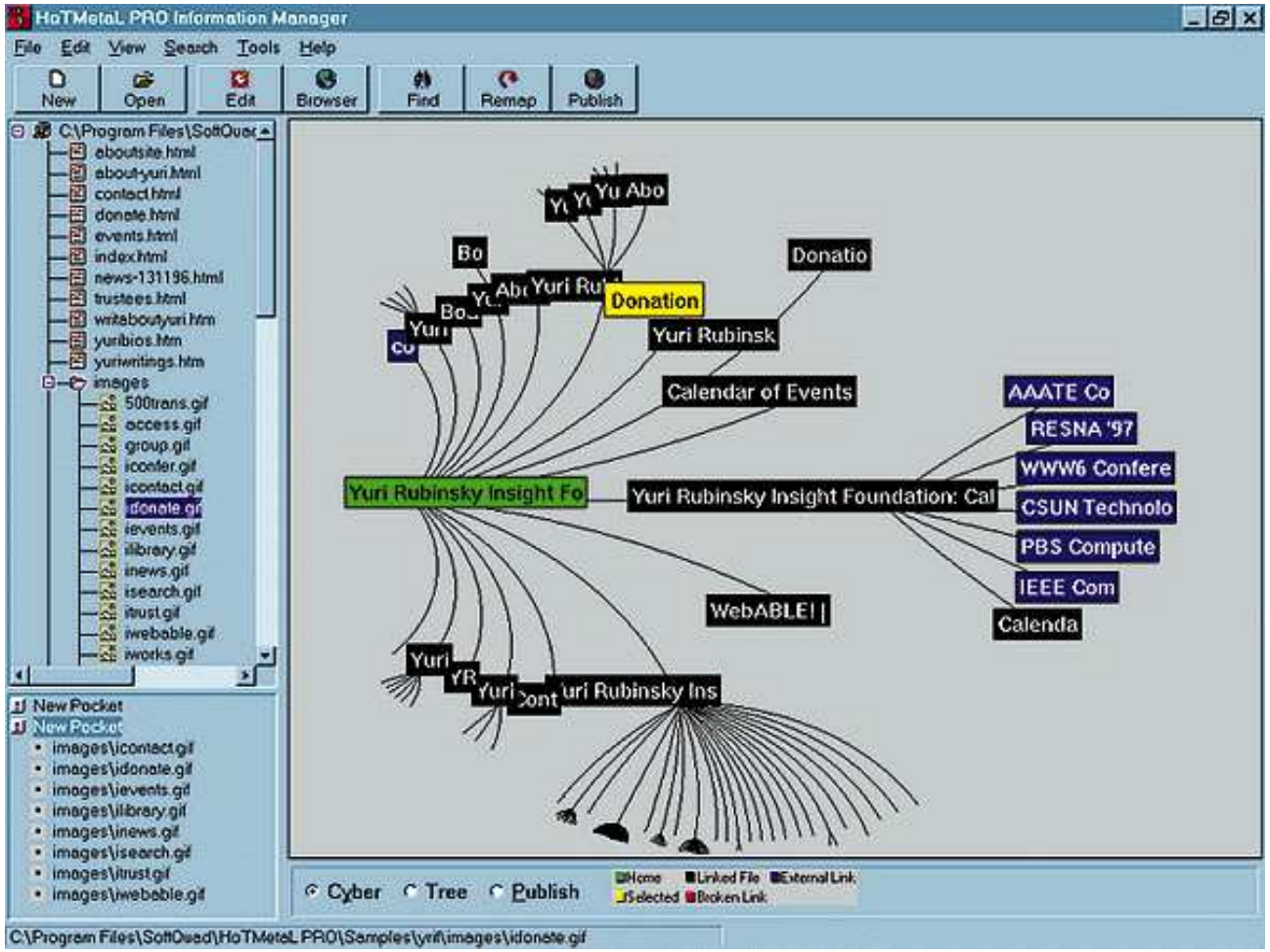
- 巨大な表を小さな画面で操作
- 必要な行 / 列のみ表示



Information Visualizer の商品化 [19]

- InXight (http://www.inxight.com/) というベンチャーで Windows 版を販売



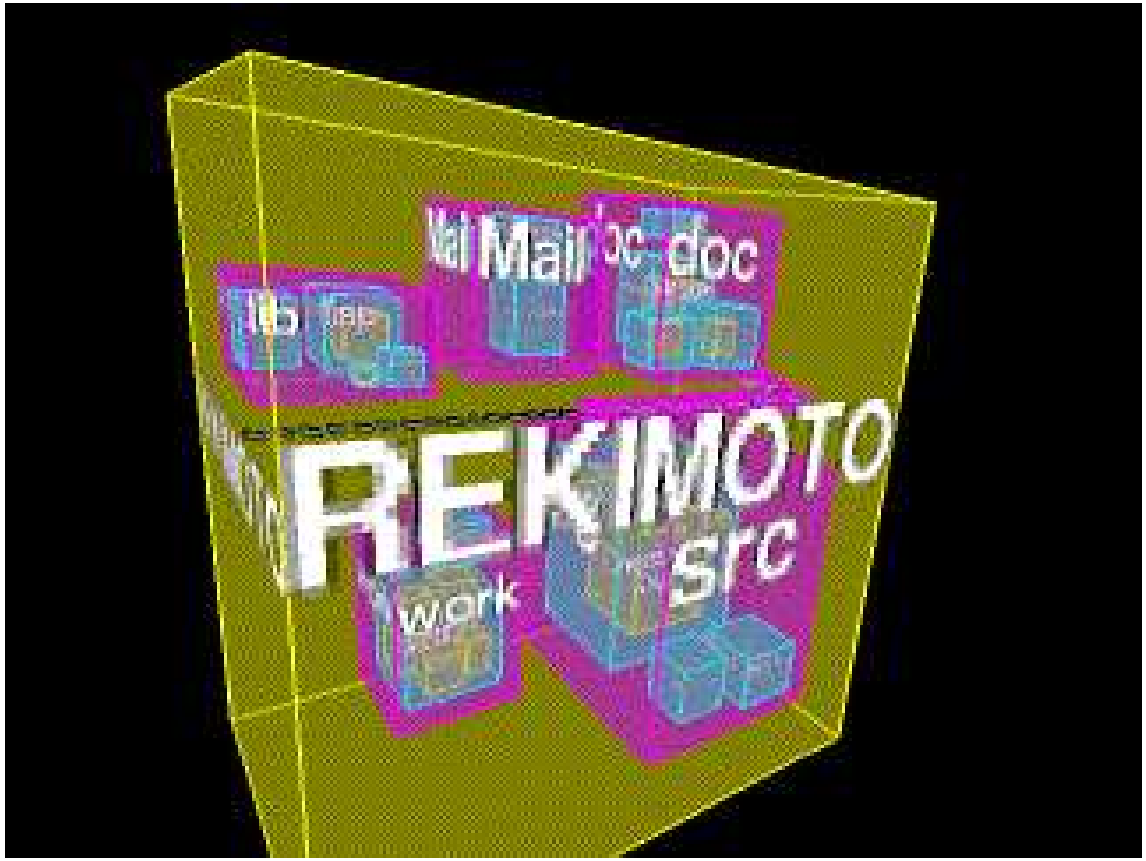

HoTMetaL PRO Information Manager
File Edit View Search Tools Help
New Open Edit Browser Find Remap Publish
aboutsite.html
about-yuri.html
contact.html
donate.html
events.html
index.html
news-131196.html
trustees.html
writeboutyuri.htm
yuribios.htm
yuriwritings.htm
images
500trans.gif
access.gif
group.gif
iconfer.gif
icontact.gif
idonate.gif
ievents.gif
ilibrary.gif
inews.gif
isearch.gif
itrust.gif
iwebable.gif
iworks.gif
New Pocket
New Pocket
images\icontact.gif
images\idonate.gif
images\ievents.gif
images\ilibrary.gif
images\inews.gif
images\isearch.gif
images\itrust.gif
images\iwebable.gif
Yu Abo
Donatio
Donation
Yuri Rubinsk
Calendar of Events
AAATE Co
RESNA '97
WWW6 Confere
CSUN Technolo
PBS Compute
IEEE Com
Calenda
Yuri Rubinsky Insight Fo
Yuri Rubinsky Insight Foundation: Cal
WebABLE!
Cyber Tree Publish
Home Linked File External Link
Selected Broken Link
C:\Program Files\SoftQuad\HoTMetaL PRO\Samples\yri\images\idonate.gif

比較的単純な 3 次元視覚化

- InformationCube
- VisuaLinda
- SCCS 視覚化

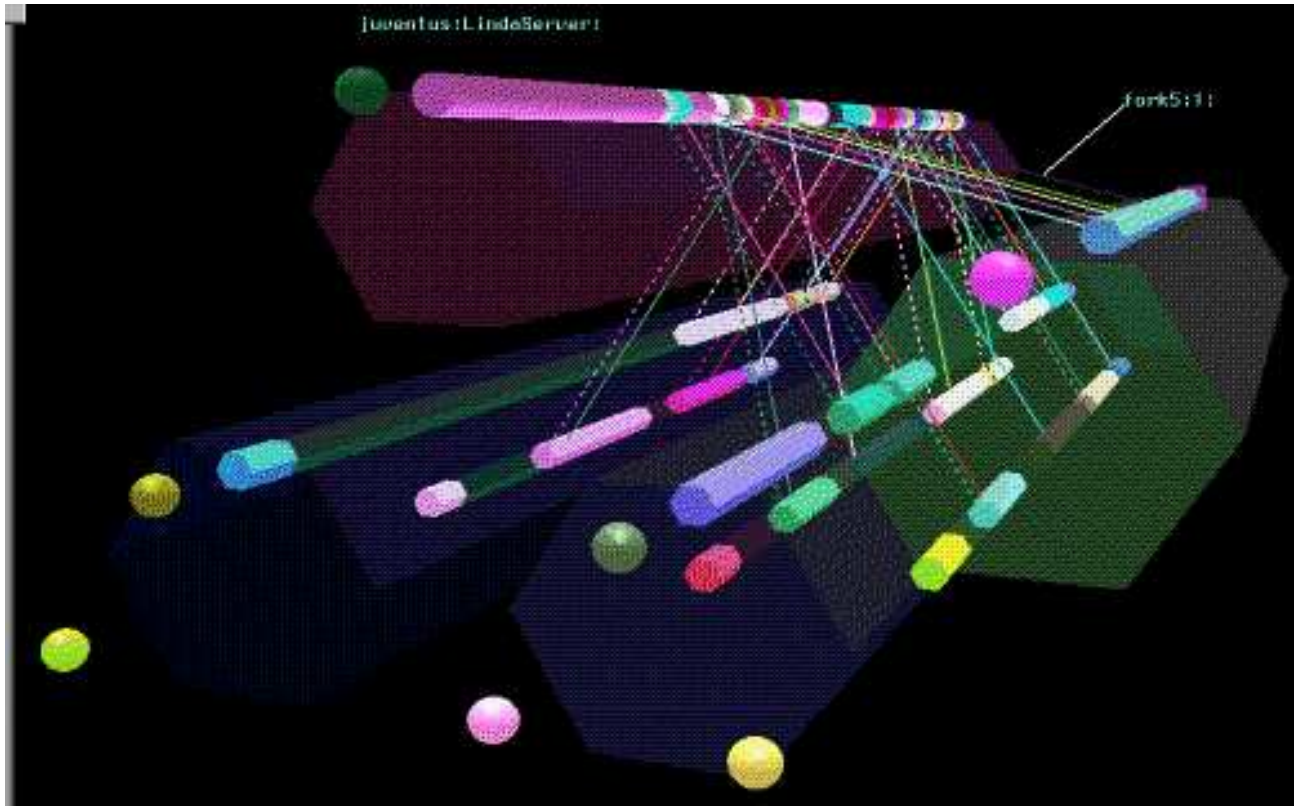
InformationCube[28]

- 階層構造を透明な立方体の入れ子で表現



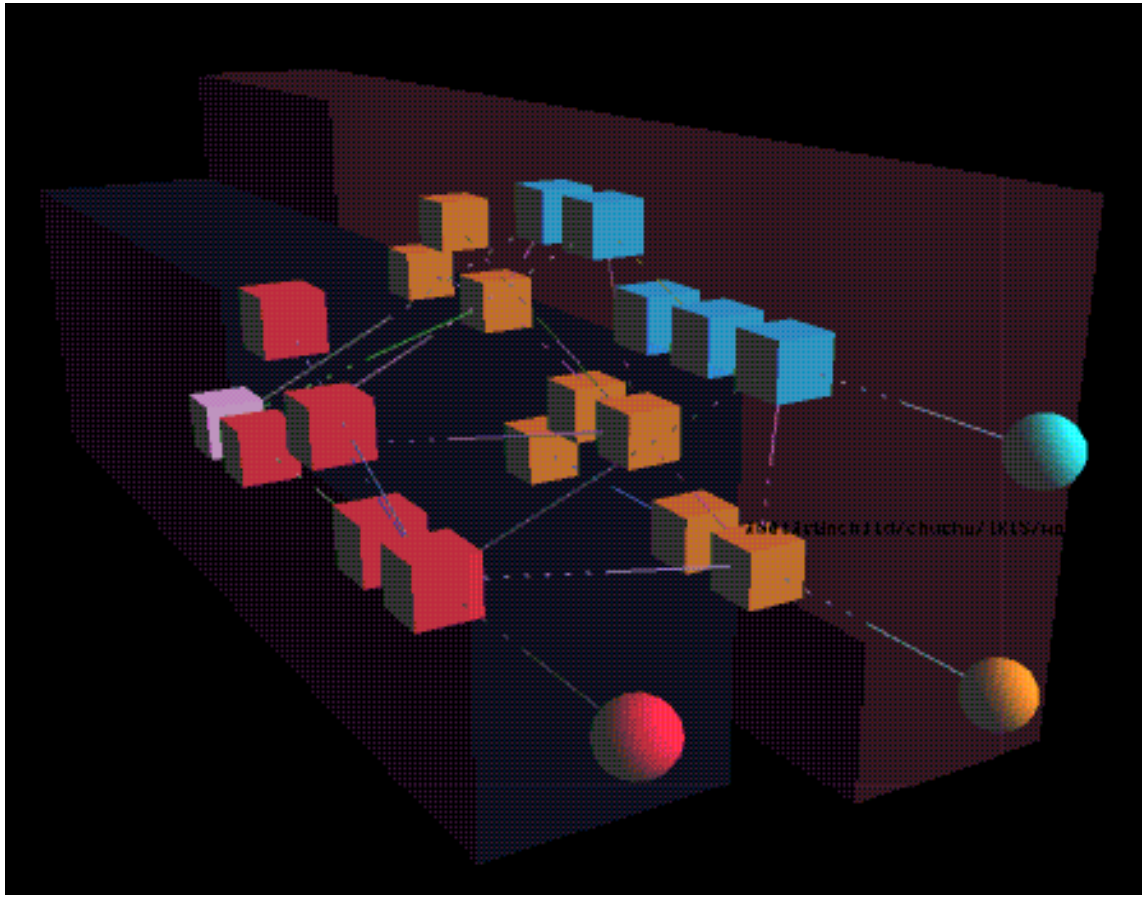
VisuaLinda[30]

- 並列言語の制御 / データ移動を 3 次元視覚化
- http://www.vogue.is.uec.ac.jp/jresearch.html



SCCS 履歴視覚化

- プログラムのバージョン情報を 3 次元視覚化
- モジュール間の関係 / 時間関係が一目瞭然
- http://www.vogue.is.uec.ac.jp/jresearch.html

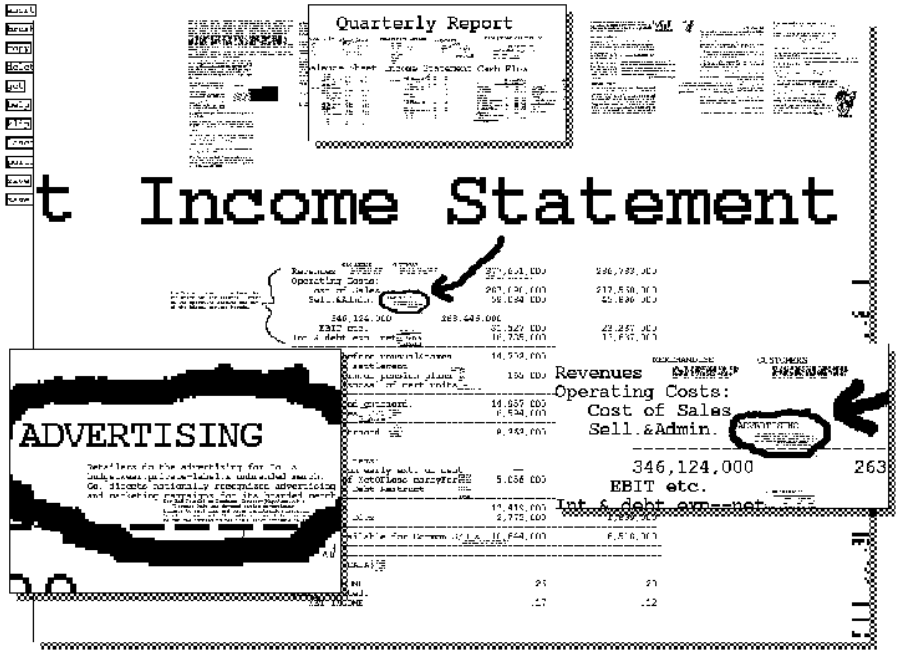


線型ズーミング

- 単純に画面を拡大 / 縮小
- 拡大率により表示を変化させる (Contextual Zooming)
- Pad
- Pad++
- WING

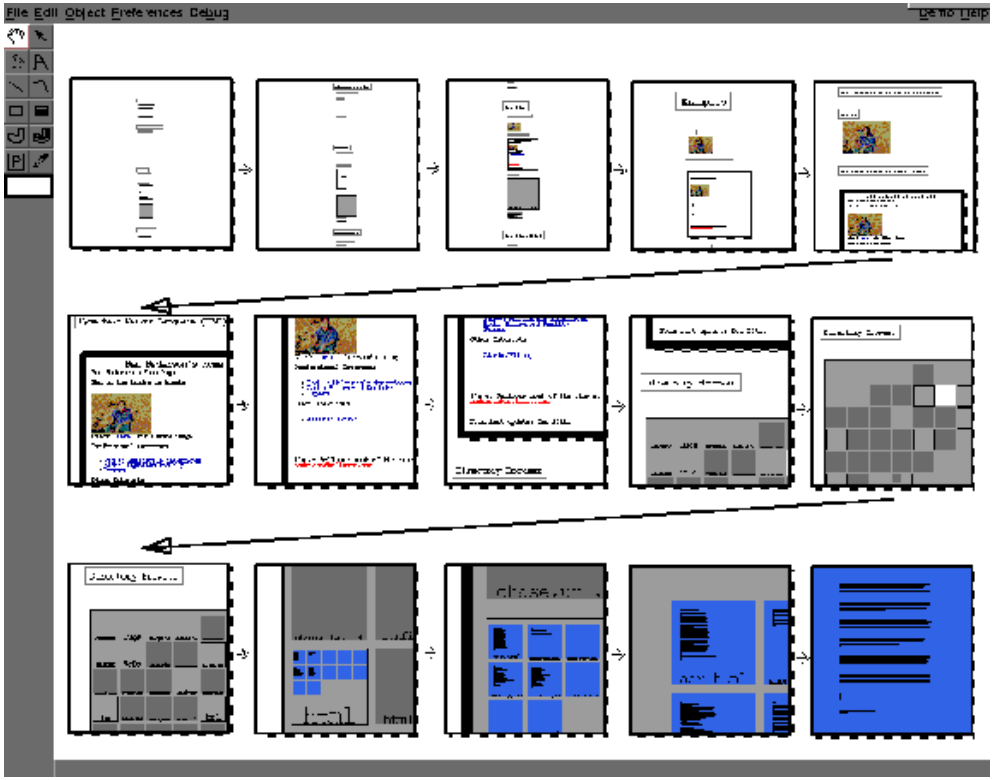
Pad[18]

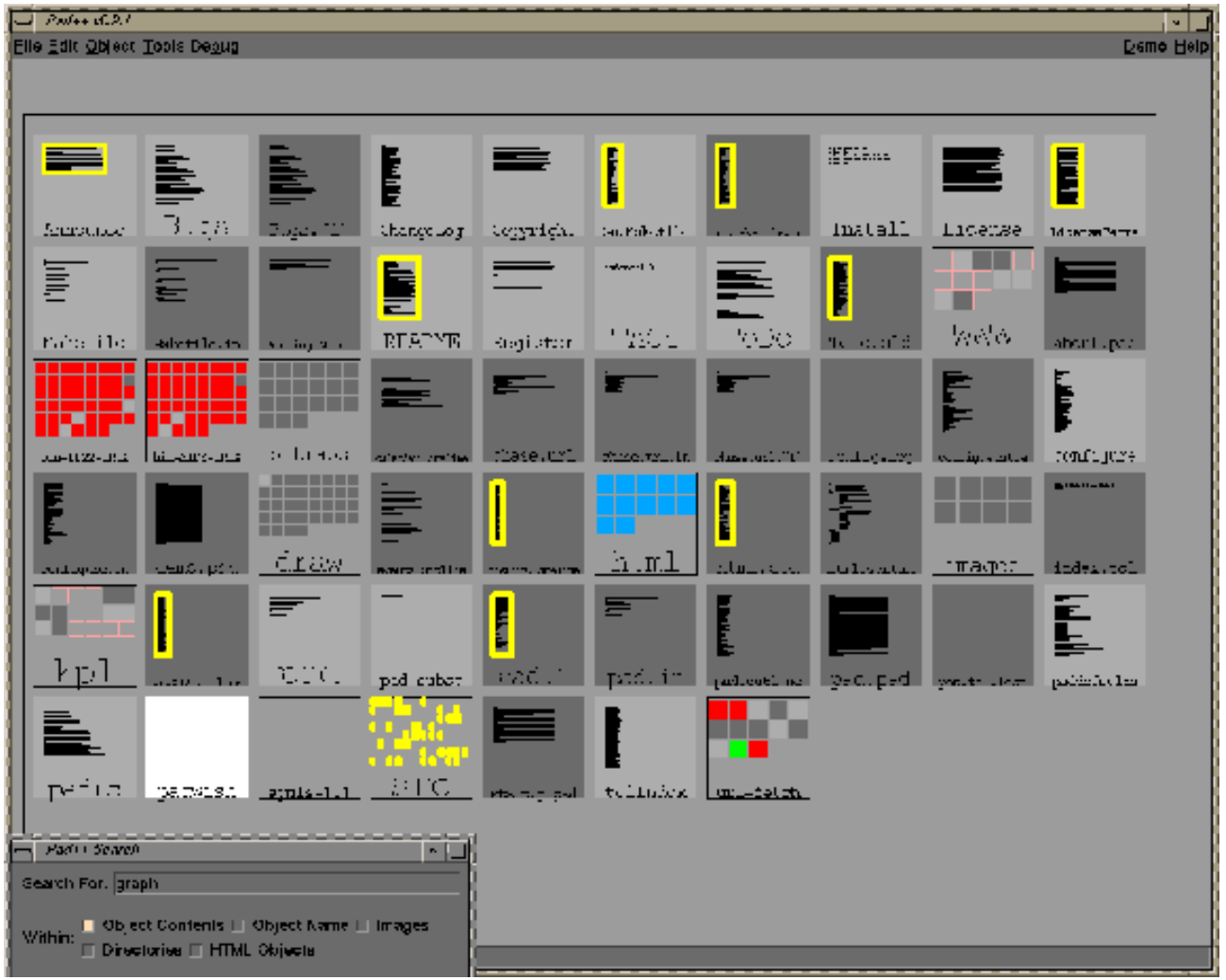
- ズーミングインタフェースの先駆
- 平面を無限に連続的に拡大 / 縮小して文書等を表現
- 巨大な階層をなめらかにブラウジング可能
- 部分切り取りも可能
- http://found.nyu.edu/fox/siggraph93/



Pad++[2]

- Pad の拡張
- 検索 / フィルタ機能
- ツールキット化
- http://www.cs.unm.edu/pad++




File Edit Object Tools Debug
Demo Help
Search For: graph
Within: Object Contents Object Name Images
Directories HTML Objects

WING[25][16]

- ズーミングを利用した連続的 / 可逆的インタフェース
- 1 次元 /2 次元 /3 次元ズーミング
- 各種の属性からの直感的情報検索

非線型ズーミング

- 大規模データの一部だけ拡大表示
- 全体中での位置を認識しながら部分の詳細を調べられるようにする (Focus + Context)
- 近年研究が盛ん
- 非線型ズーミングのページ http://www.cs.indiana.edu/hyplan/tkeahey/tkeahey/research/nlm/nlm.html (Keahey)
- Generalized Fisheye View
- Fisheye View Graph
- Keahey のシステム
- H3

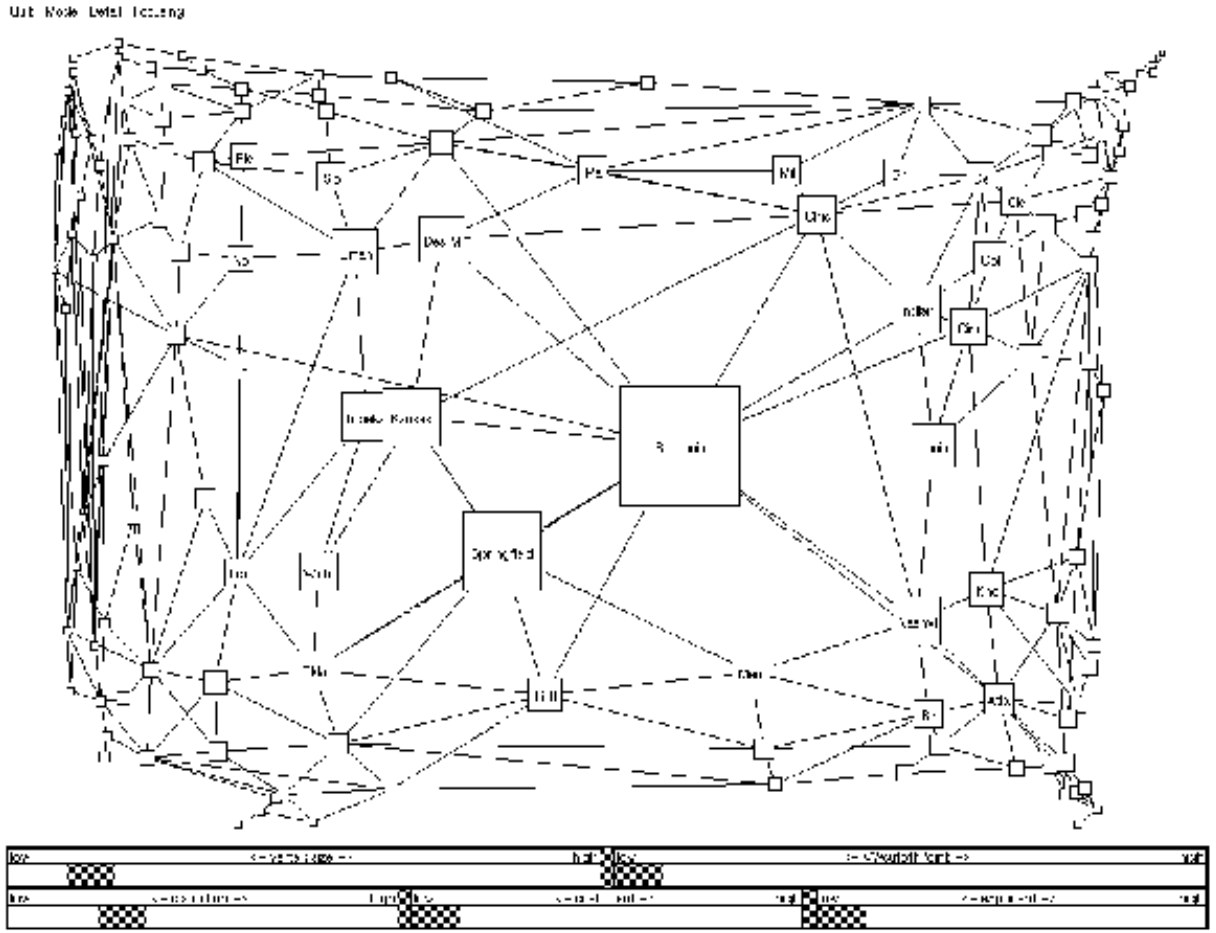
Generalized Fisheye View[5]

- 階層構造のある大量のデータを効果的に視覚化する手法
- 視点の付近はすべて表示を行ない、視点から遠いものは重要なもののみ表示する
- 「重要さ関数」選択により各種の視覚化が可能

  Degree of Interest = A Priori Interest - Distance

FisheyeViewGraph[22]

- グラフの構造を変えずに一部分を拡大



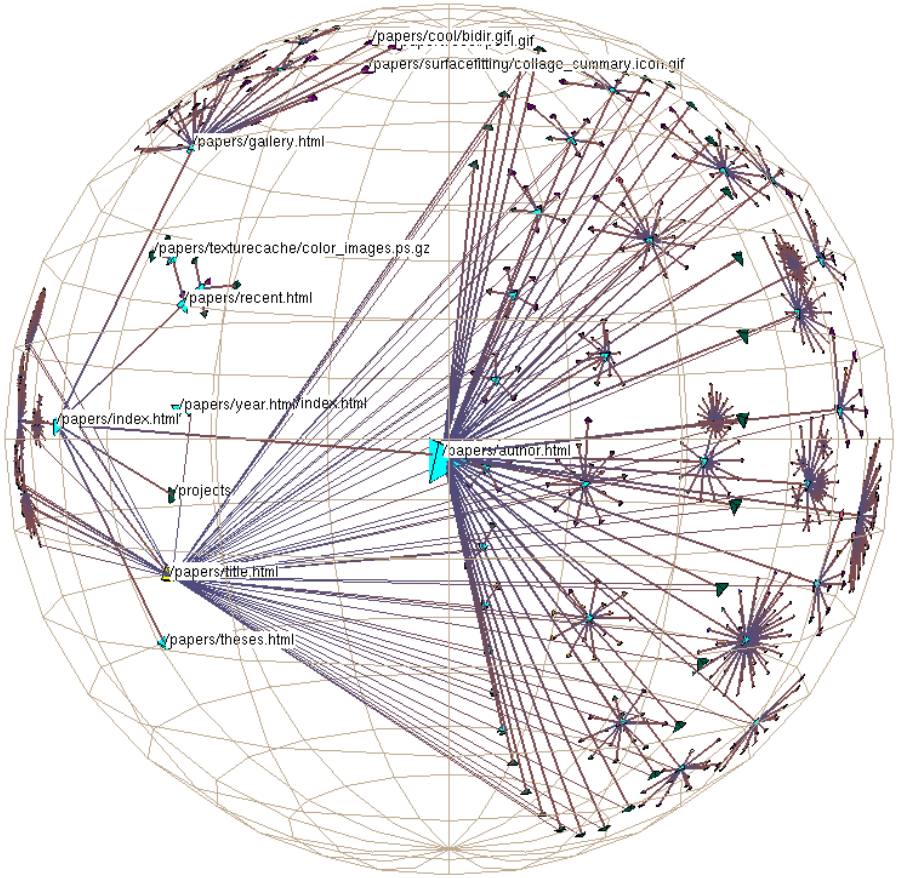
Keahey のシステム [11]

- 構造を変えずに連続的に注目点を拡大

ビデオ (Keahey のシステム)

H3[17]

- Hyperbolic 球面に情報をマップ
- 3 次元視覚化と Hyperbolic 手法の組みあわせ

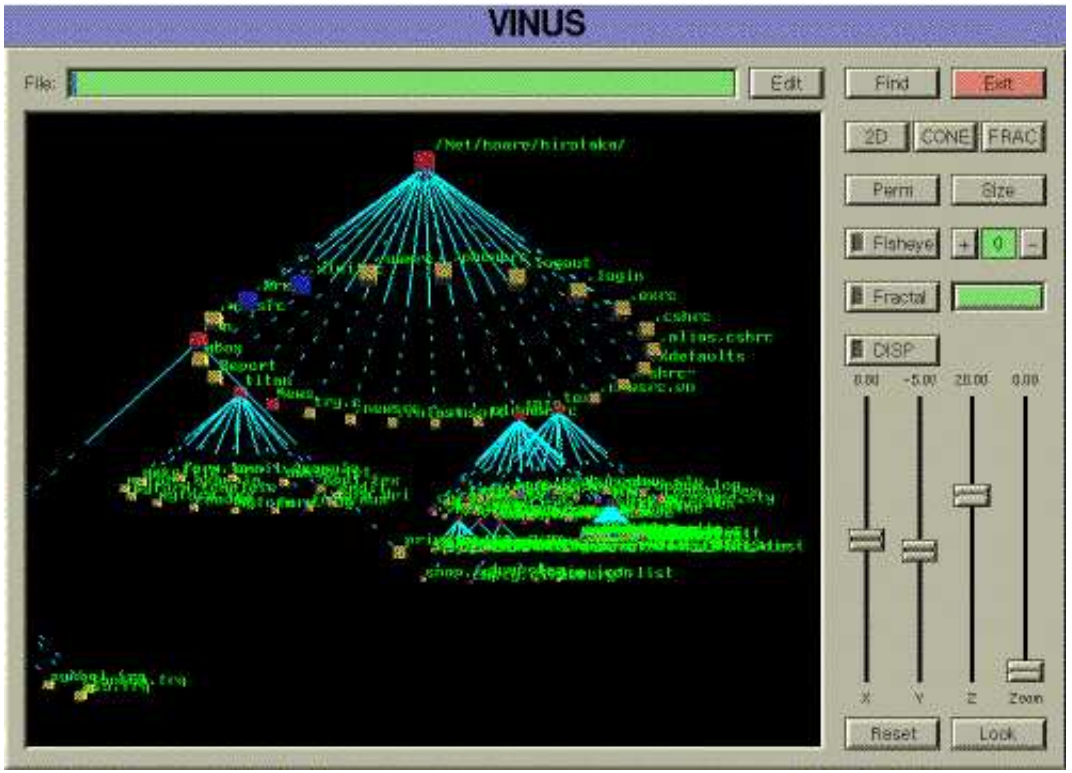


フラクタル視覚化

- Generalized Fisheye View の改良
- 重要度と視点からの距離に加えて枝の分岐数も考慮
  - 枝わかれが少ないときは遠くの枝まで見える、 etc.
- 階層構造の多くは自己相似的 →フラクタル的重要度の付加により常に表示量をほぼ一定に制御することが可能
- FractalViewTree

FractalView による階層構造表現 [12]

- 大きな階層構造の表示部分を細かく制御
- 枝の数 / 枝の長さの制御
- http://www.vogue.is.uec.ac.jp/ koike/papers/tois95/tois95.html

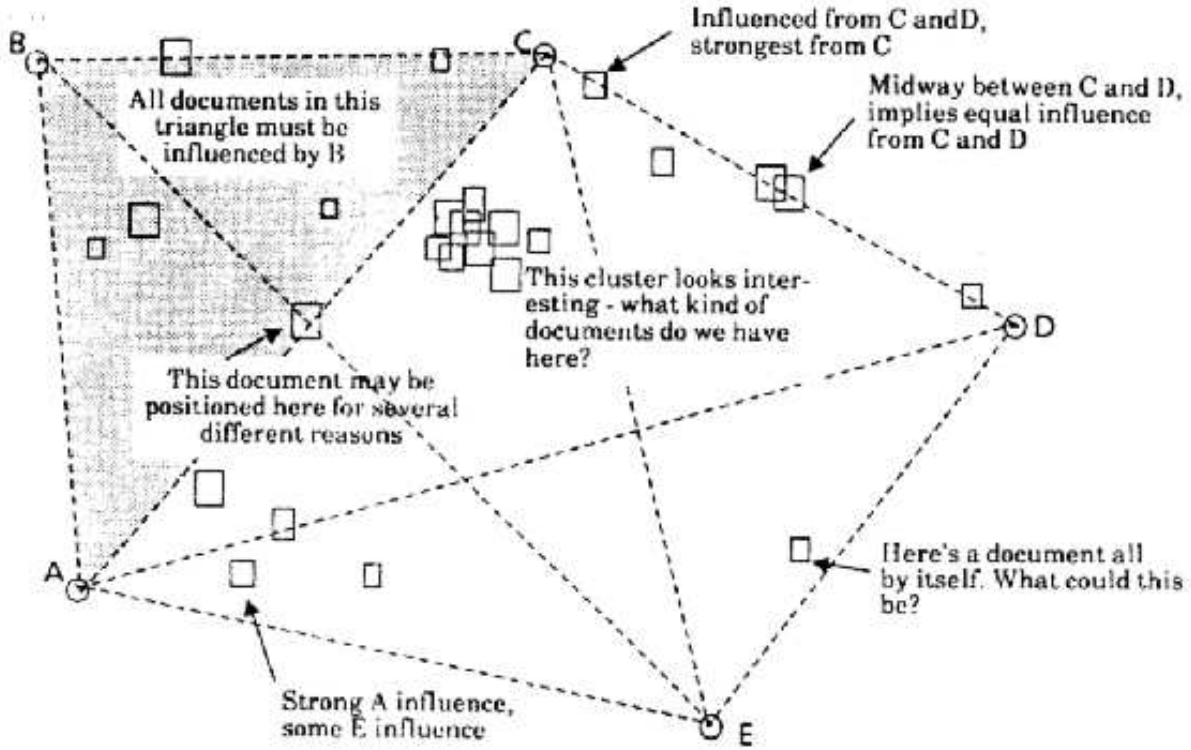


情報検索系システム

- VIVE
- InfoCrystal
- TileBar
- Cat-a-Cone
- 納豆ビュー
- ピテカン辞書
- LensBar
- 自己組織化マップ
- 見えログ

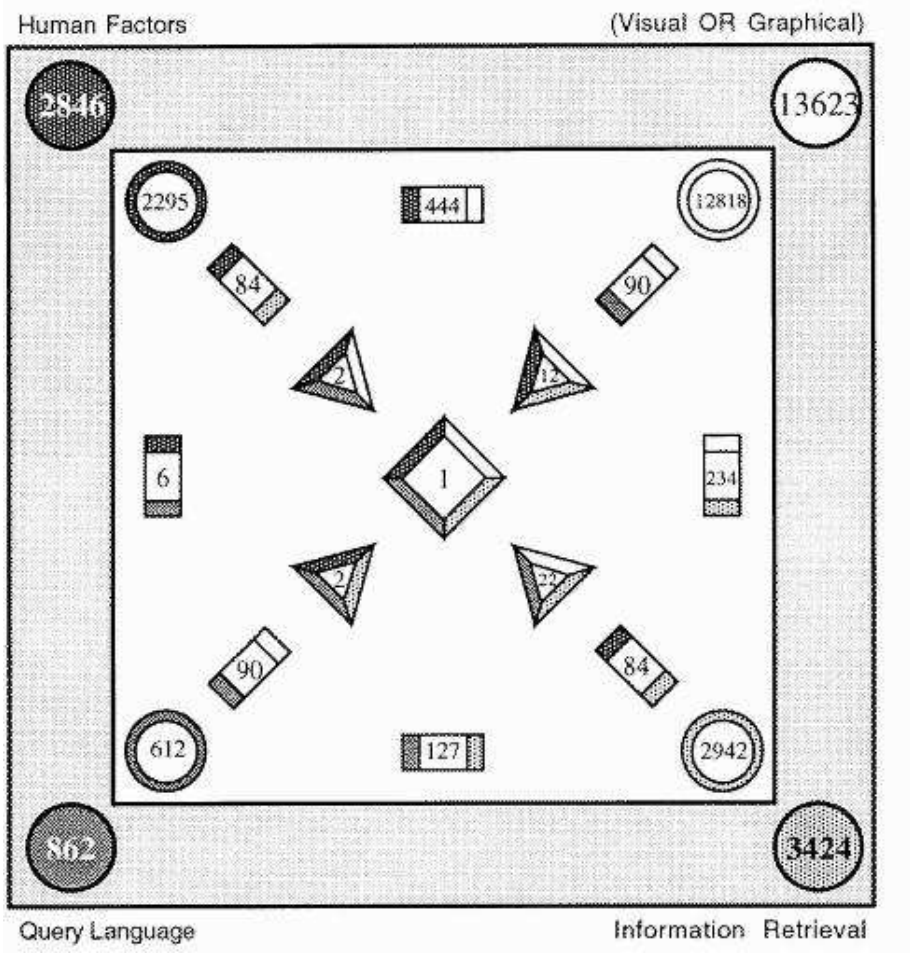
VIVE[13]

- 検索キーワードを 2 次元空間上に配置
- キーワードで検索された文書をその間に配置
- キーワードを動かしてみることにより曖昧性を除く



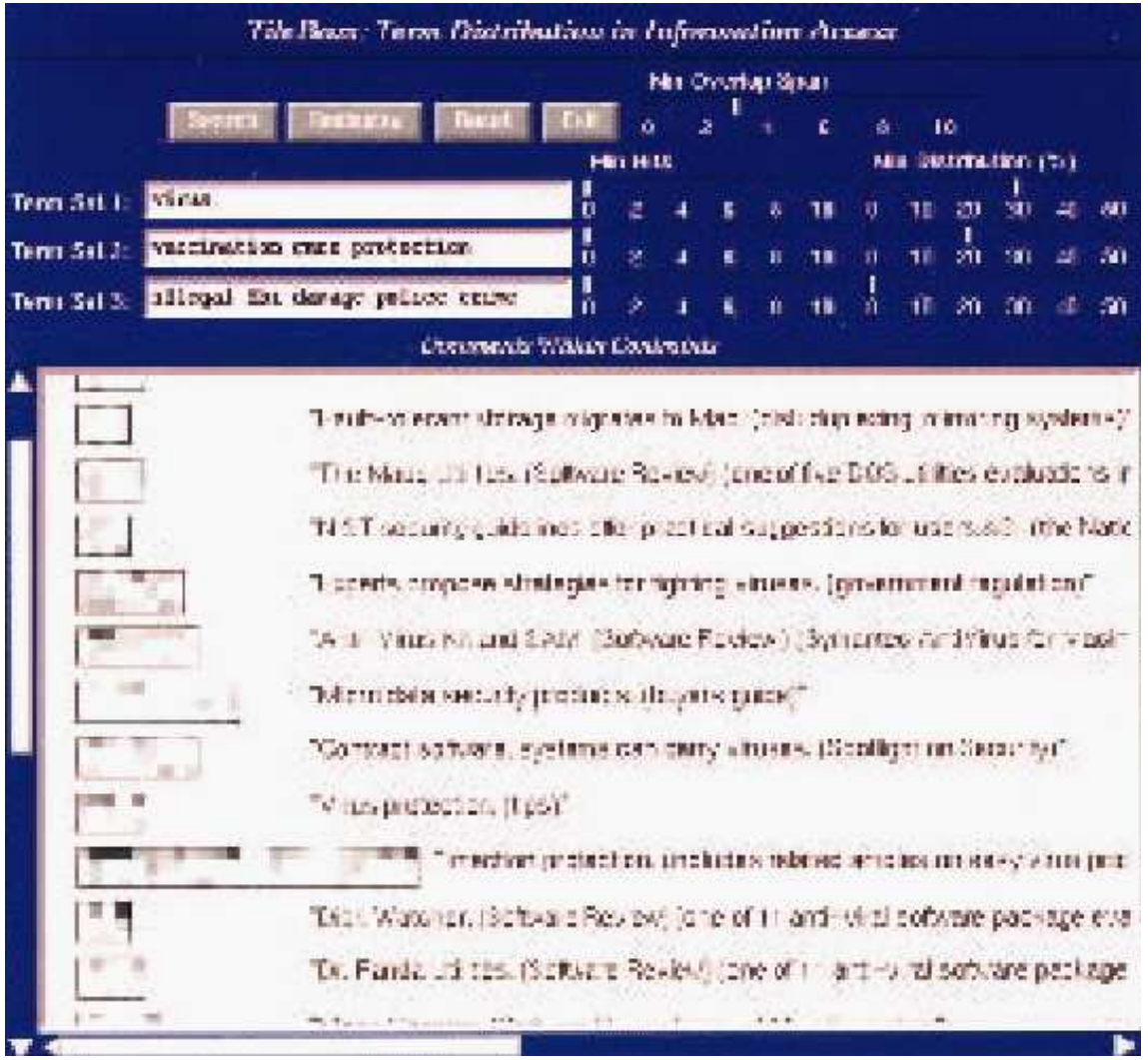
InfoCrystal[23]

- 複雑化しやすいベン図をわかりやすく表現



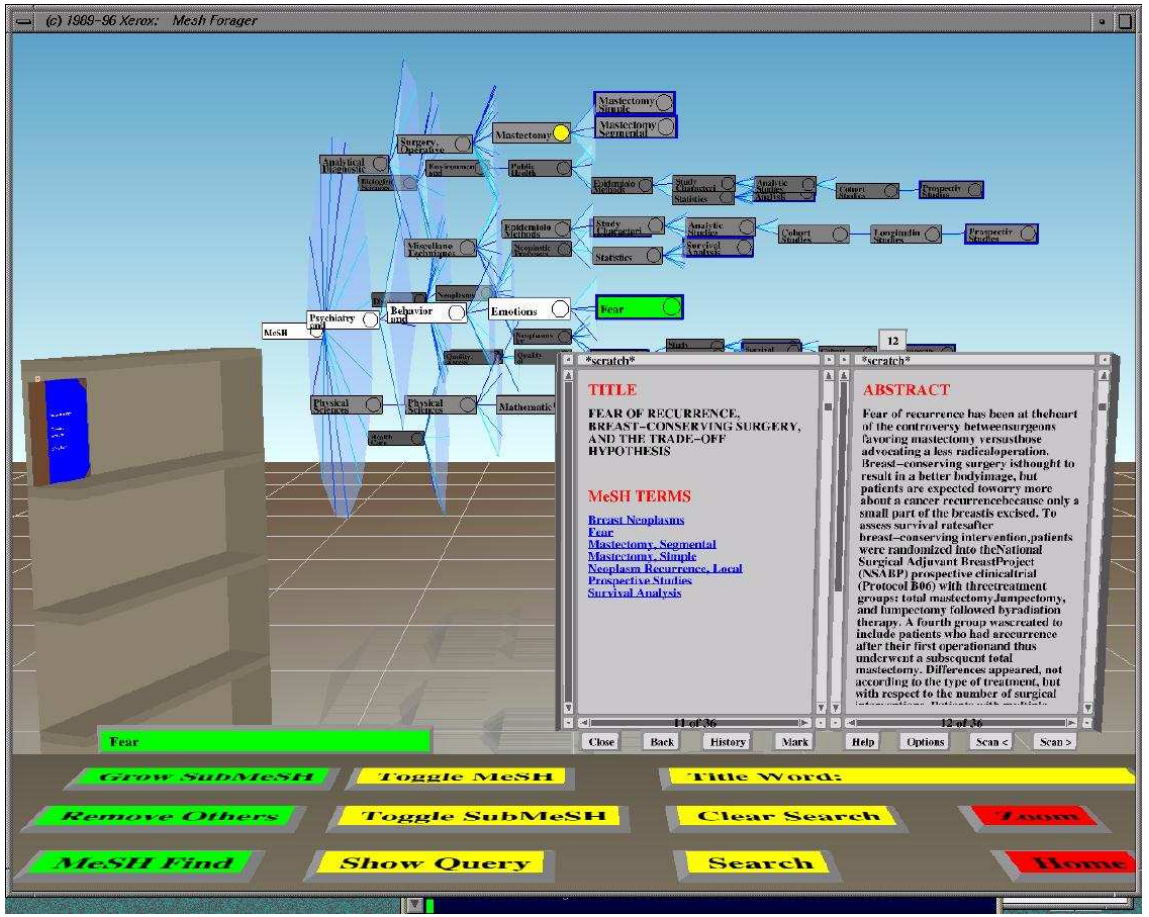
TileBar[7]

- キーワードの文書内分布をタイル状に表示



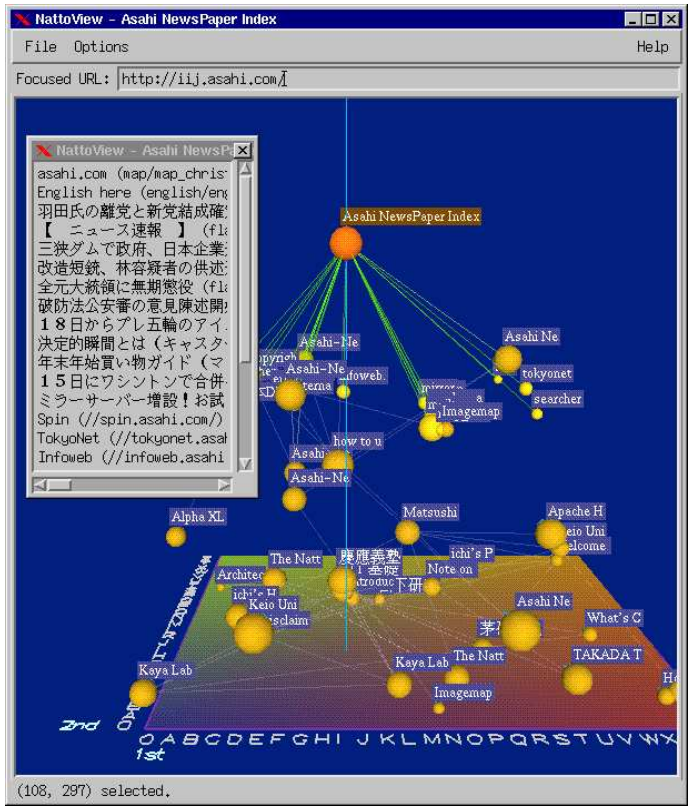
Cat-a-Cone[8]

- 文書検索結果を WebBook で表現
- 文書のカテゴリ階層を ConeTree で表現



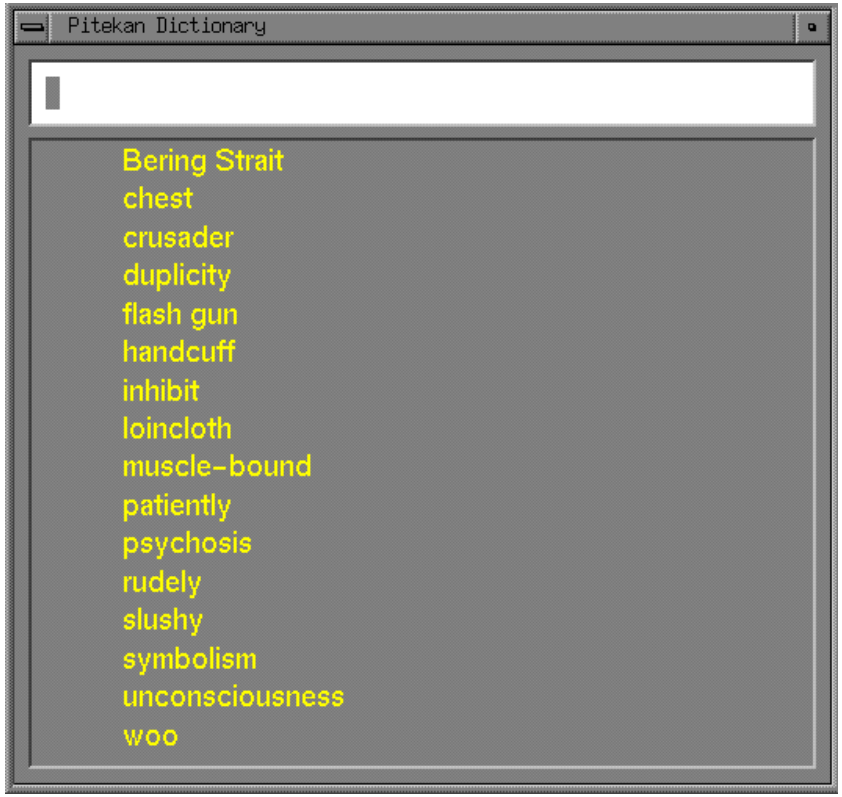
納豆ビュー [塩沢]

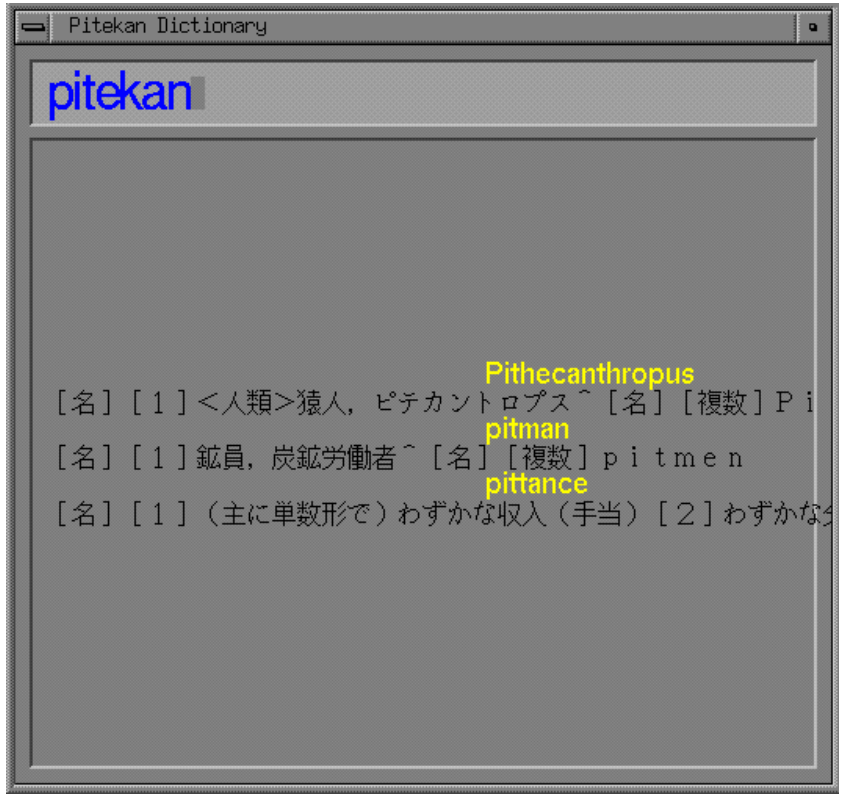
- ２次元レイアウトされた図の中の興味のある点を持ち上げると、納豆のように関連点がついてくる
- 図が複雑になって収拾がつかなくなるのを回避
- http://www.myo.inst.keio.ac.jp/groups/IPS/



ピテカン辞書 [26]

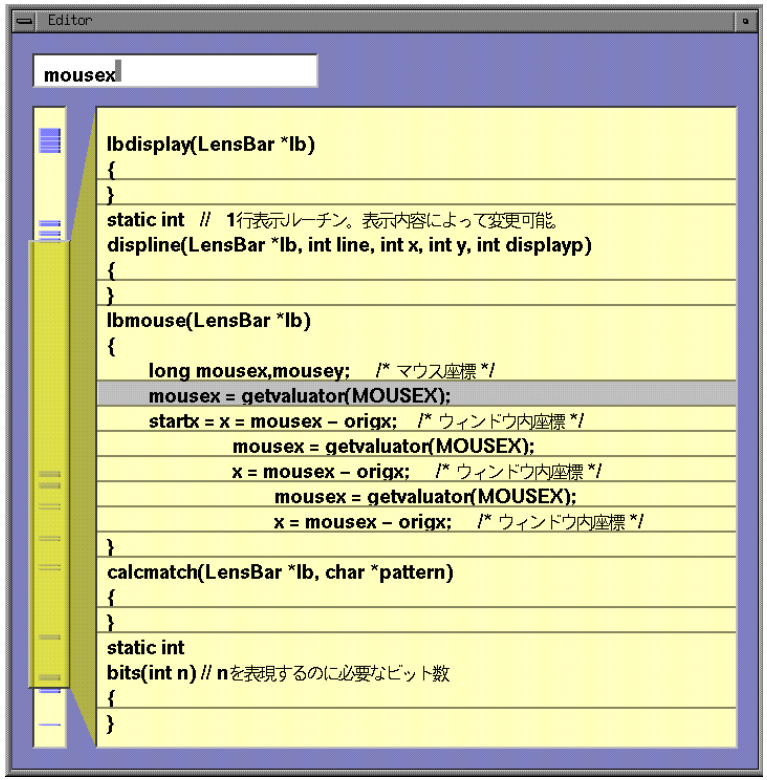
- 動的曖昧検索 + 1 次元ズーミング





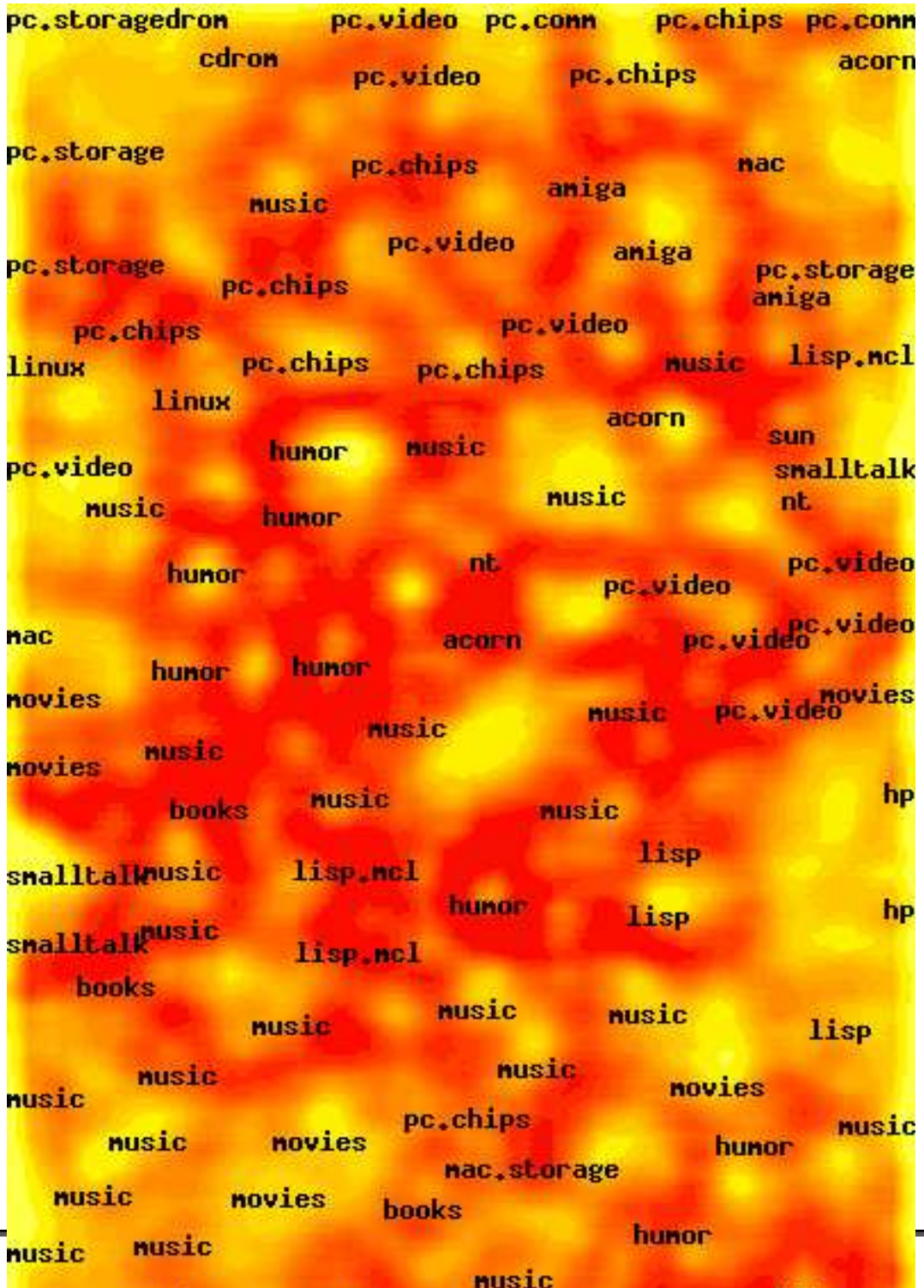
LensBar[15]

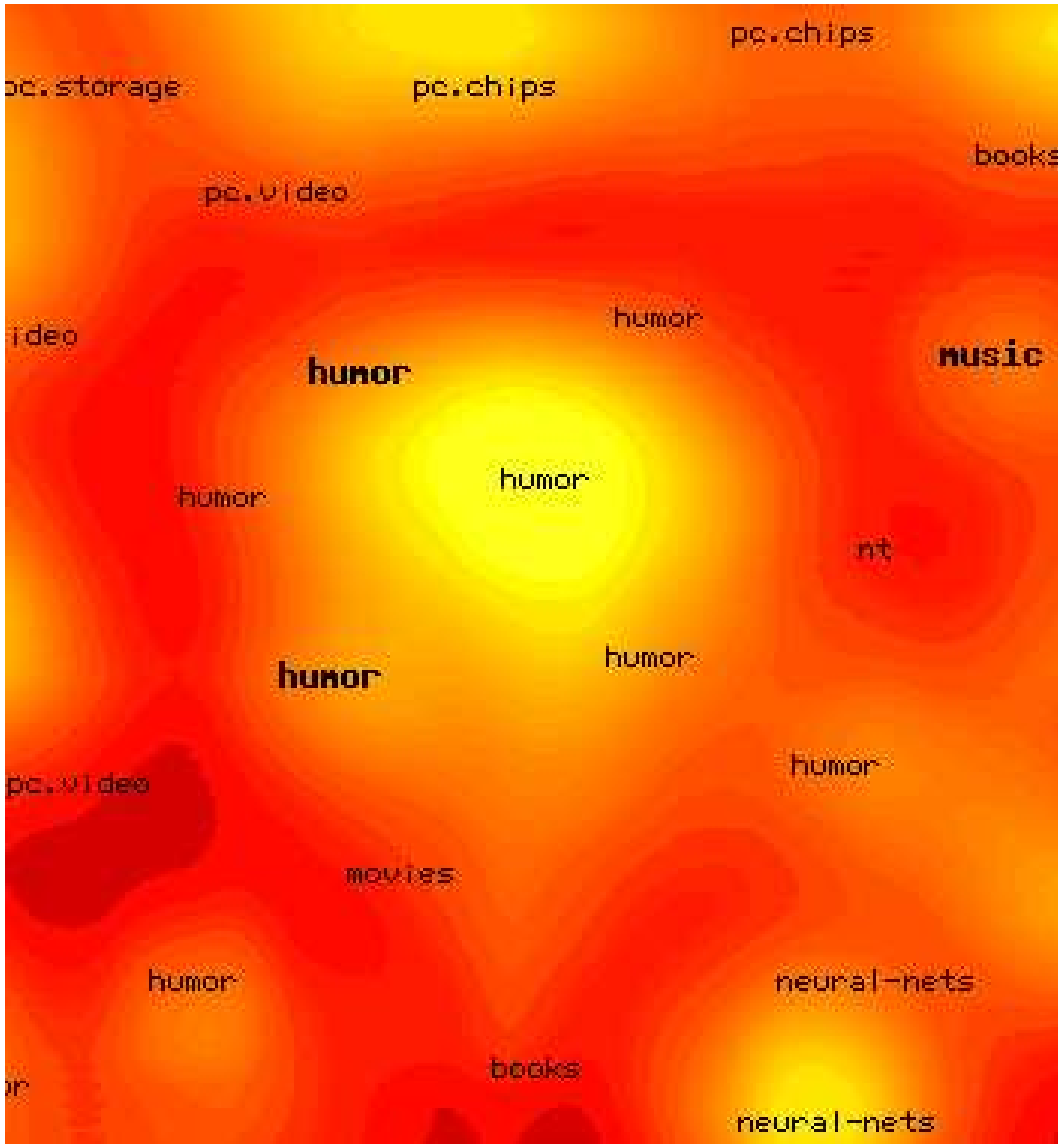
- ズーミングによる拡張スクロールバー
- 自動曖昧検索との融合
- 検索マッチ結果をスライダバックグラウンドに視覚化



自己組織化マップ [10]

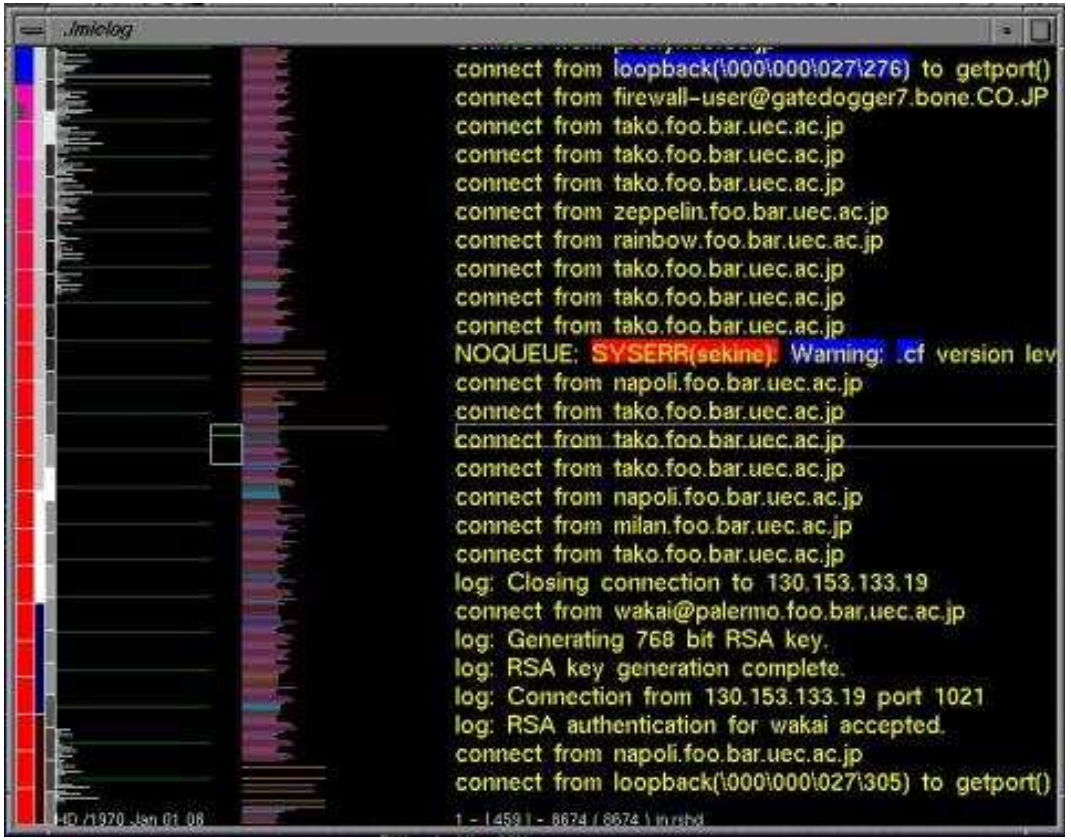
- 多次元データを 2 次元平面にマッピング
- 類似データを自動的に近くに配置


pc.storagedron
pc.video
pc.conn
pc.chips
pc.conn
cdrom
acorn
pc.video
pc.chips
pc.storage
pc.chips
mac
music
aniga
pc.video
aniga
pc.storage
pc.storage
pc.chips
aniga
pc.chips
pc.video
linux
pc.chips
pc.chips
music
lisp.mcl
linux
acorn
sun
humor
music
pc.video
smalltalk
music
music
nt
humor
humor
nt
pc.video
pc.video
mac
acorn
pc.video
pc.video
humor
humor
movies
movies
music
music
pc.video
music
movies
books
music
music
hp
lisp
smalltalk
music
lisp.mcl
humor
lisp
hp
smalltalk
music
lisp.mcl
books
music
music
music
lisp
music
music
movies
music
pc.chips
music
music
movies
humor
mac.storage
music
movies
books
humor
music
music
music


pc.chips
pc.storage
pc.chips
books
pc.video
humor
ideo
music
humor
humor
humor
nt
humor
humor
pc.video
humor
movies
humor
neural-nets
books
neural-nets

見えログ [29]

- ログ情報から特徴情報を抽出
- 単語や句の出現頻度から情報抽出

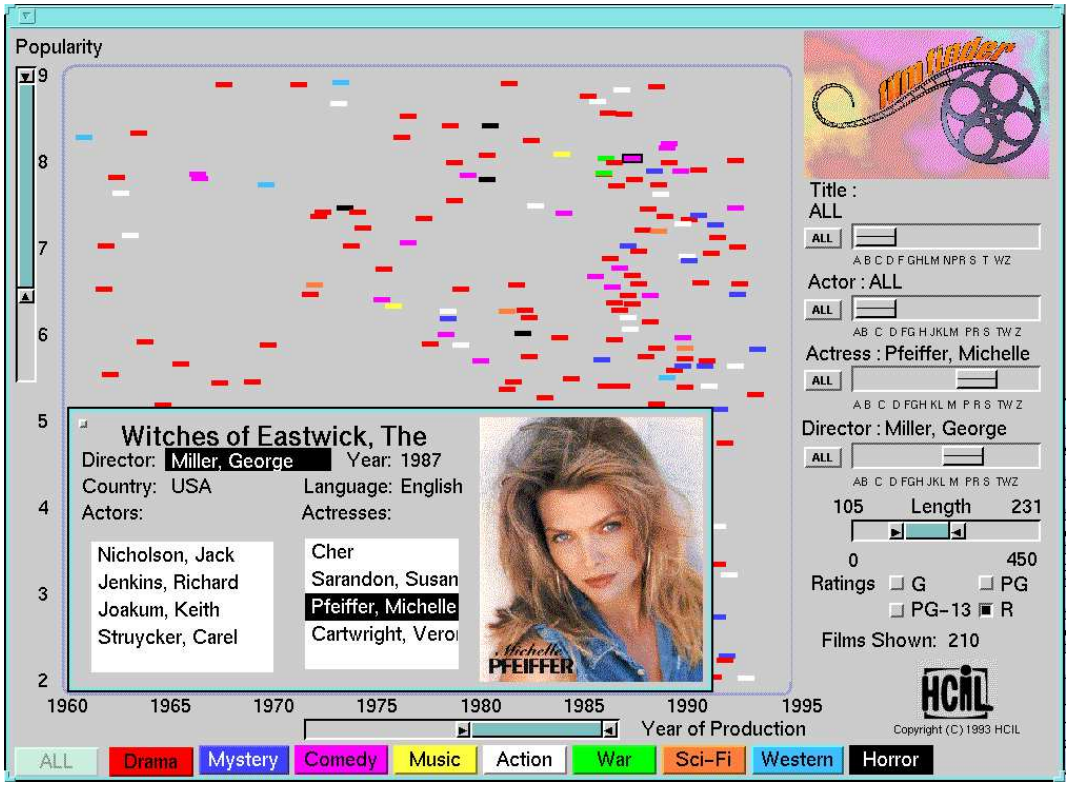


メリーランド大学の視覚化システム

- Ben Shneiderman (http://www.cs.umd.edu/users/ben/) の率いる Human-Computer Interaction Laboratory (http://www.cs.umd.edu/projects/hcil/) での研究
  - FilmFinder
  - TreeMap
  - LifeLines
  - Spotfire
- Dynamic Query(動的検索) を重視
- 3 次元 / ズーミングは興味が無い?

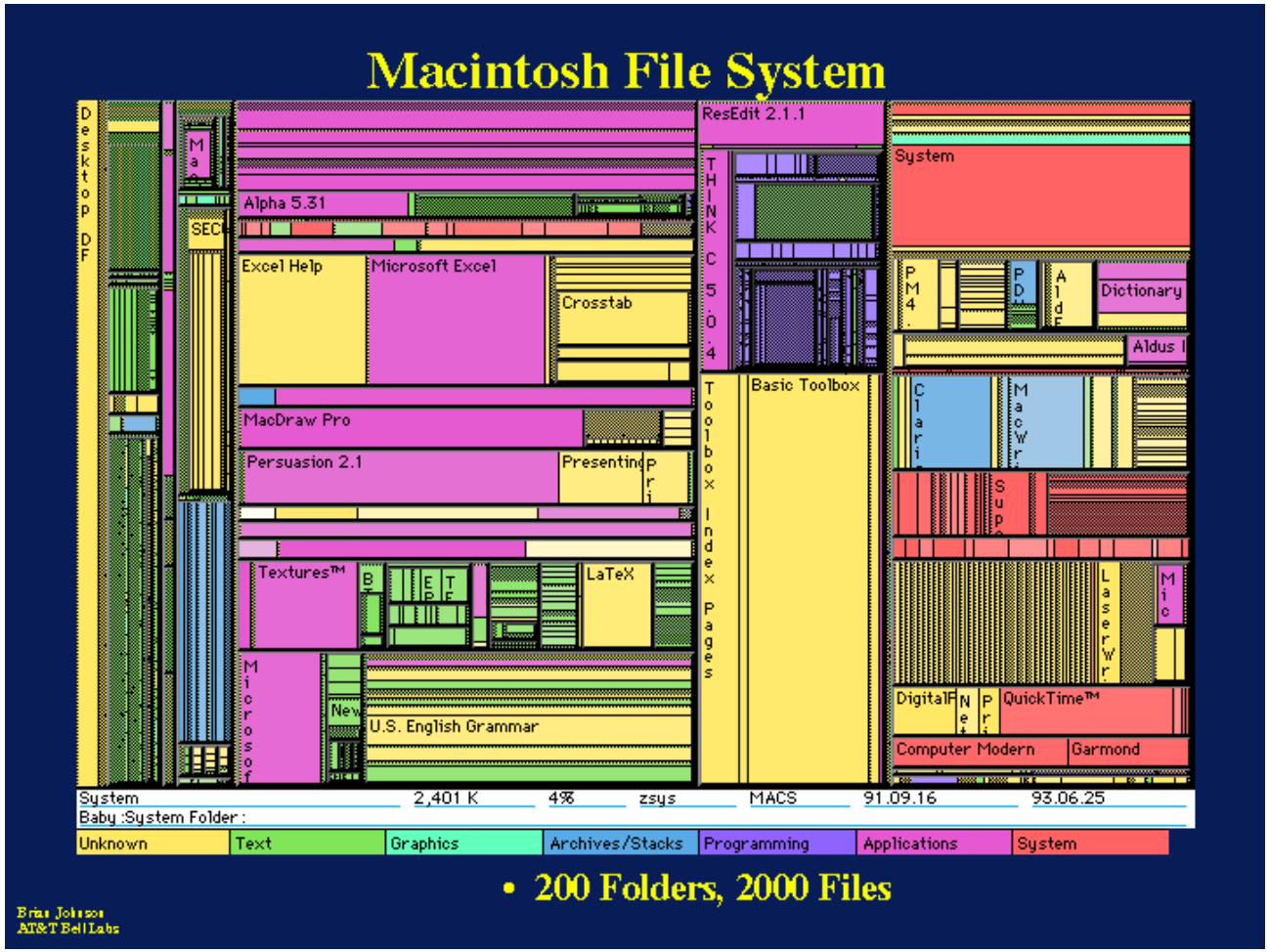
FilmFinder[1]

- 映画データの様々な属性を視覚化
- 動的検索によるリアルタイムフィルタリング
- AlphaSlider(微調整可能なスライダ) で検索条件を微調整



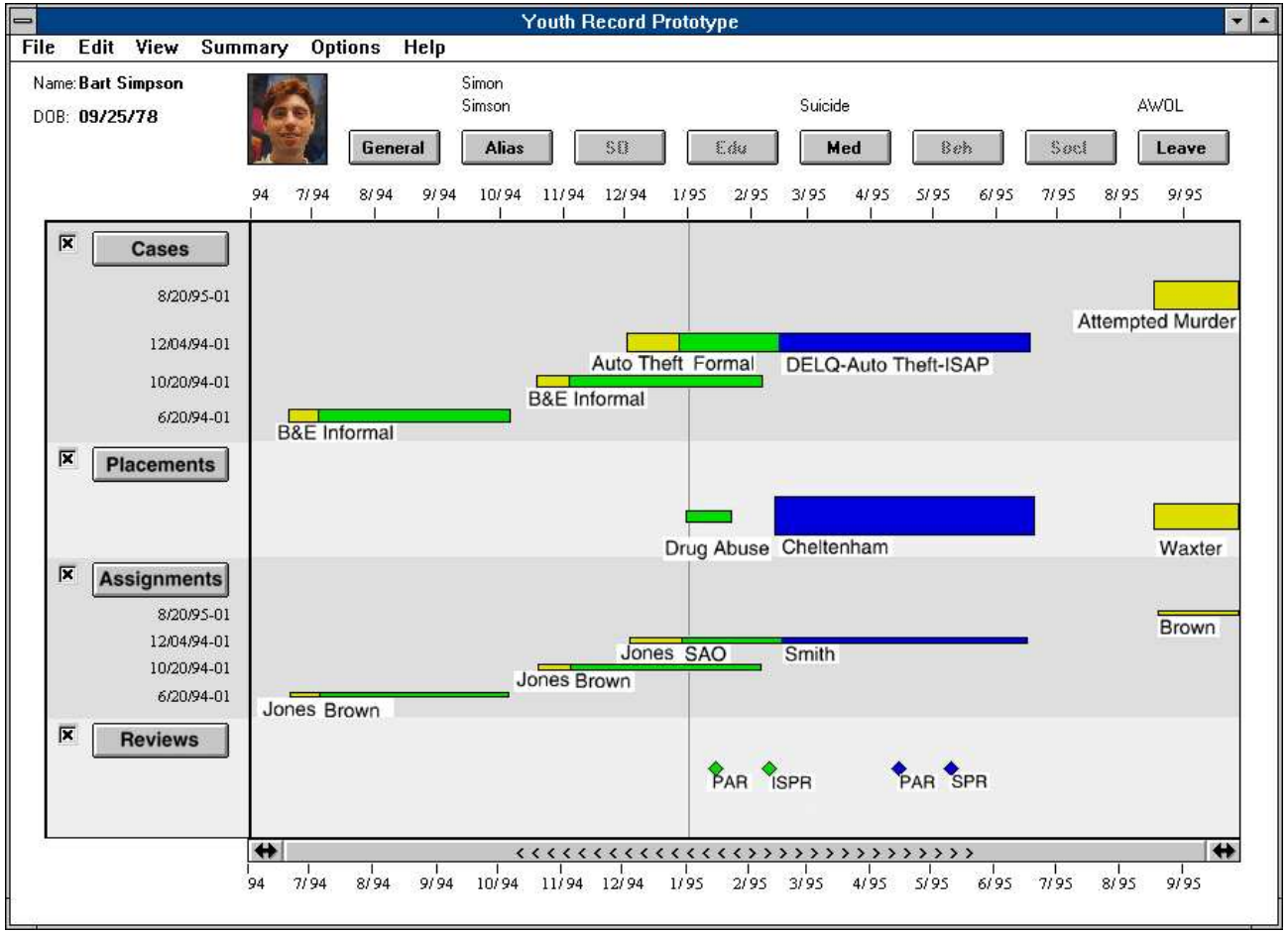
TreeMap[9]

- 階層構造を 2 次元平面にマッピング
- 縦分割 / 横分割を繰り返す



LifeLines

- 少年非行履歴の視覚化



Spotfire

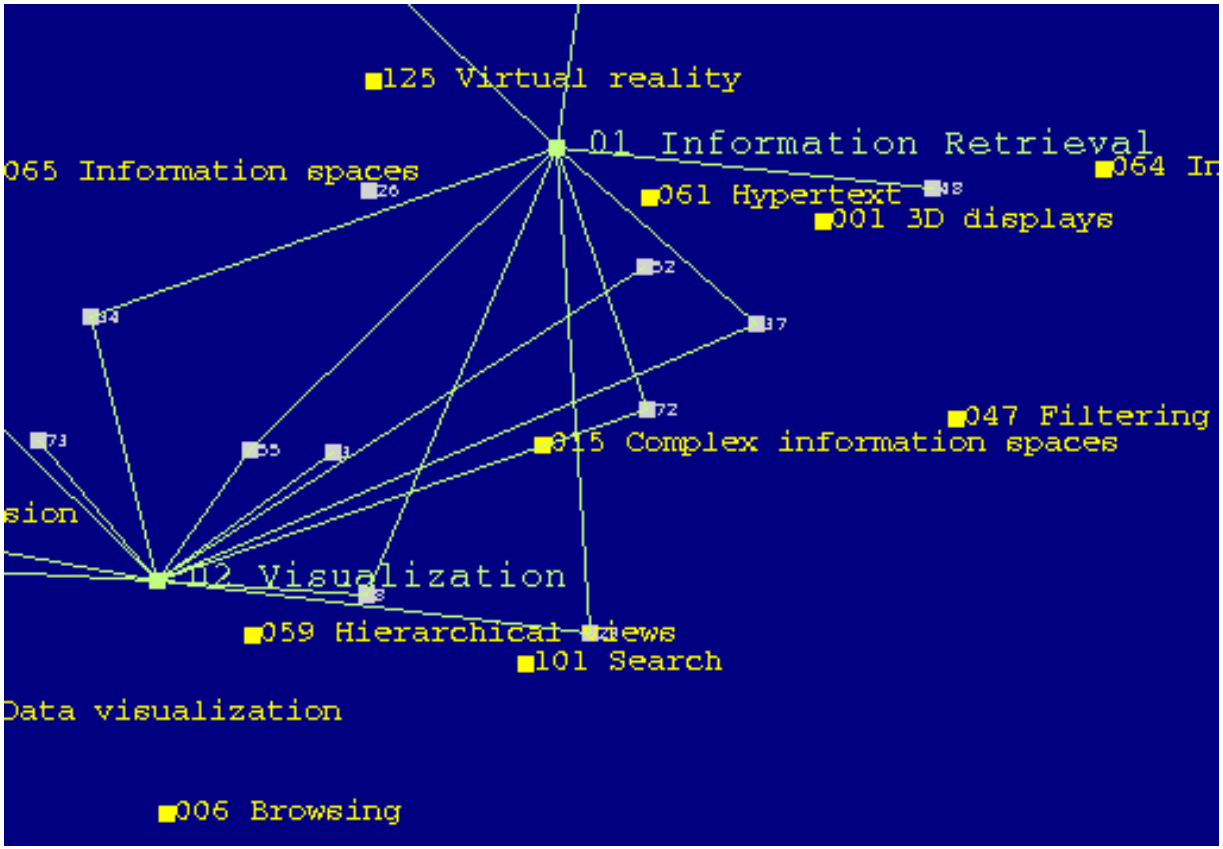
- IVEEhttp://www.ivee.com/による商品化
- AlphaSlider, Rengeslider などの部品
- 動的検索ツール / 視覚化ツール

Graph Layout 系

- グラフなどの自動配置研究
- DocSpace
- Galaxy of News

DocSpace[27]

- 文書とキーワードの近さを「ばね」の長さで表現
- ばねの強さで自動配置
- http://www-tate.iis.u-tokyo.ac.jp/research/docspace-j.html



Galaxy of News[21]

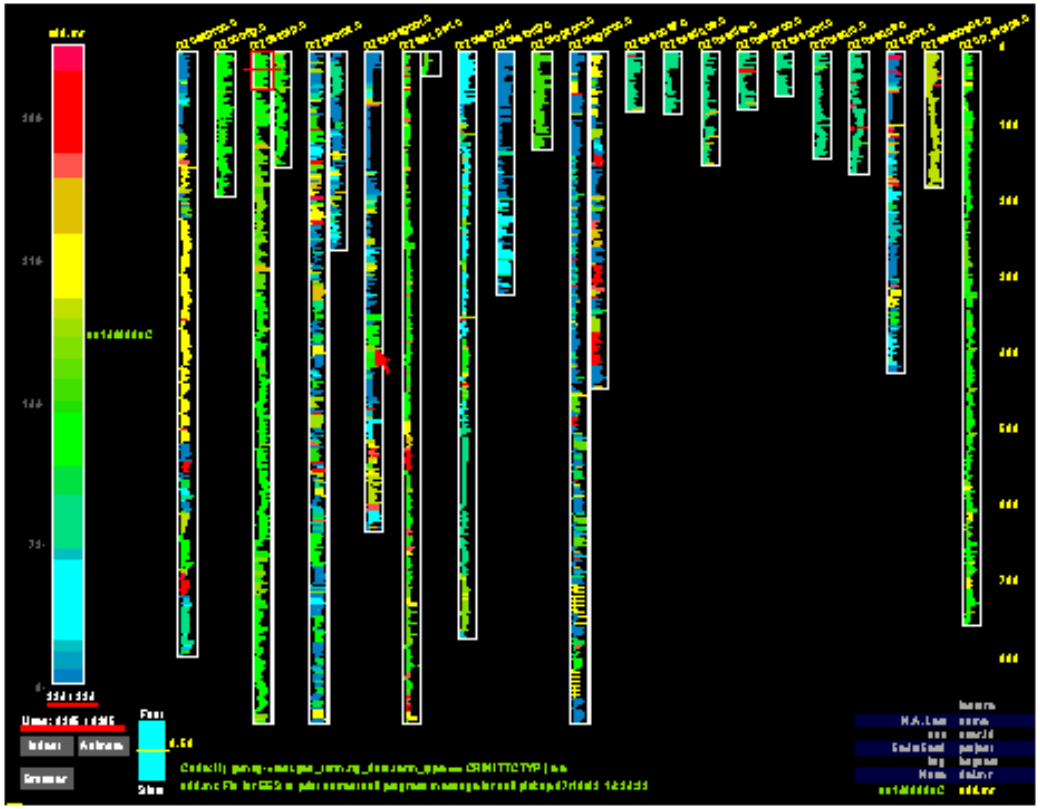
- 関連に応じてカテゴリを配置 / 視覚化
- カテゴリ階層をズーミング / 透明度 / アニメーションで表現
- Perspecta (http://www.perspecta.com/) で商品化

プログラム視覚化

- 静的 / 動的
- アルゴリズムアニメーション、デバッグ支援など古い研究
- SeeSoft

SeeSoft[24]

- ソースコードの視覚化
- http://www.bell-labs.com/org/11359/projects/seesoft.html



データマイニング

- 大量のデータの中から意味のある性質を発見
- 視覚化による発見

メディアアート系視覚化

- デザインと計算機科学の融合
- アート / デザイン = インタフェース?
- 視覚化, GUI = 画面とインタラクションのデザイン
- 計算機科学者の作るものよりも格好良い
- 動きを効果的に利用したものが多い
- Sensorium の西村佳哲の「Breathing Earth」
- 国際メディア研究財団の古堅真彦の Motion Bookmark
- CMU の石崎豪の「踊る文字列」
- メディアラボのジョン前田
- IAMAS の岩井俊雄
- Art+Com

Breathing Earth

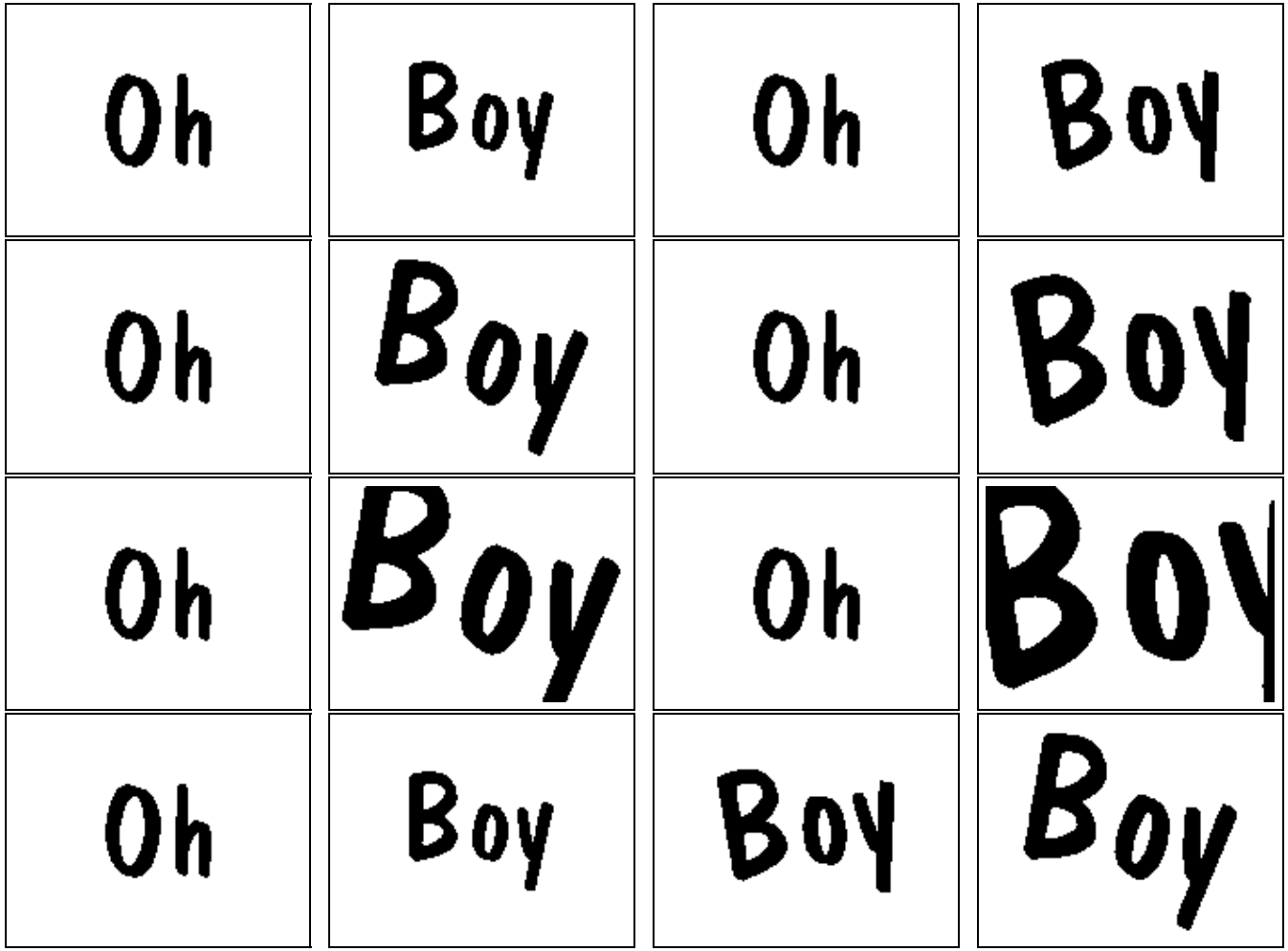
- 地球上の地震の視覚化
- リアルタイムに地震情報を Web から取得
- http://www.sensorium.org/breathingearth/unsw/index-j.html

Motion Bookmark

- ブックマークの視覚化
- ダイナミックな動き
- http://furu.imrf.or.jp/MotionBookmark/index-j.html

Kinetic Typography

- 文字が踊る
- http://www.cmu.edu:8001/cfa/design/kdg/kt.html

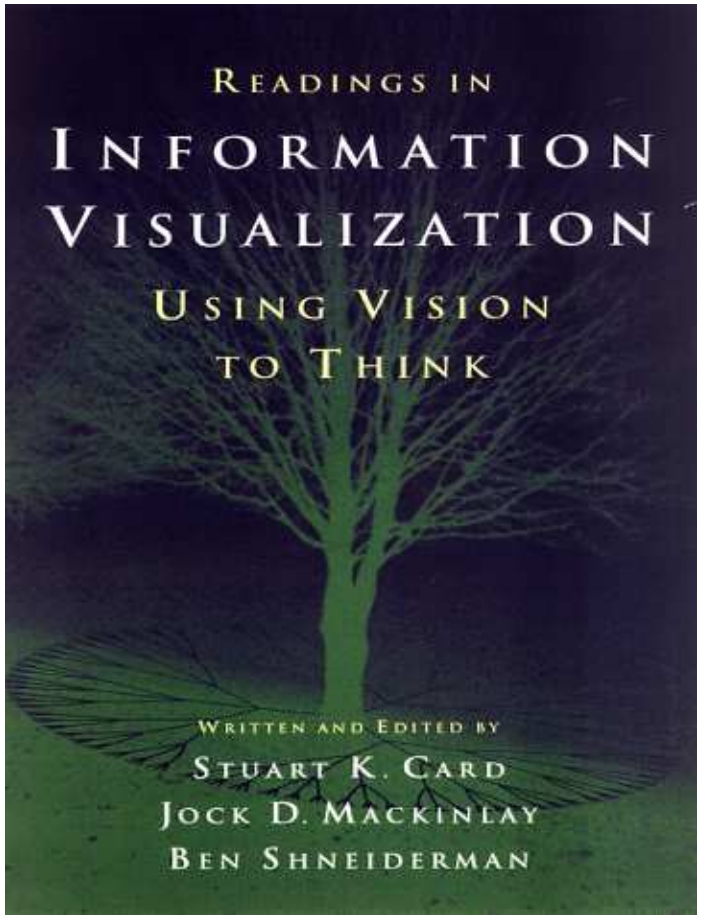


情報視覚化の将来

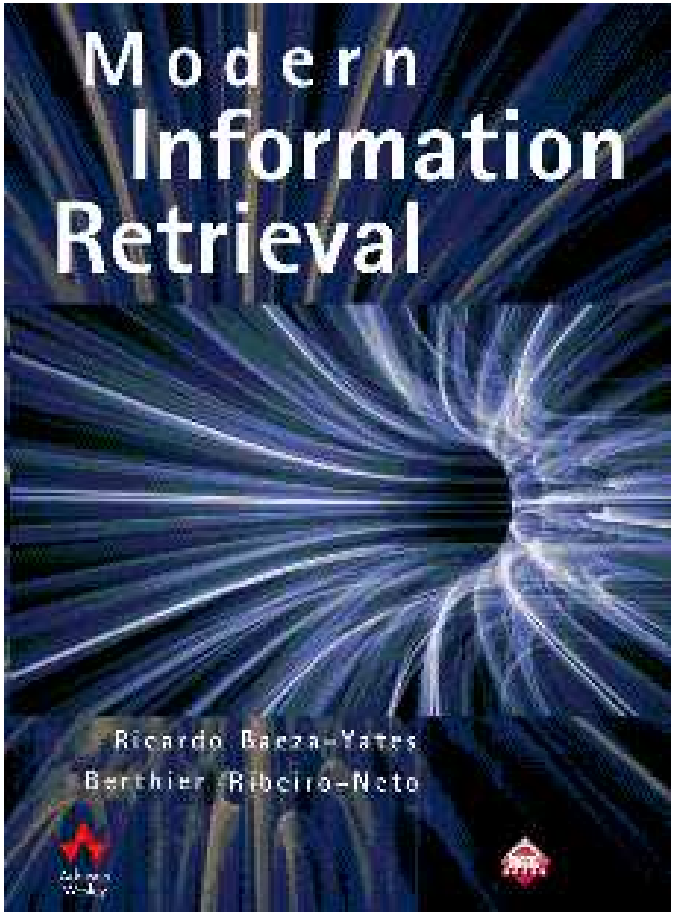
- 見栄え重視
  - CG
  - アニメーション
- 小画面 / 大画面対応
- 実世界化
  - 音
  - 手触り
  - 実物化

書籍

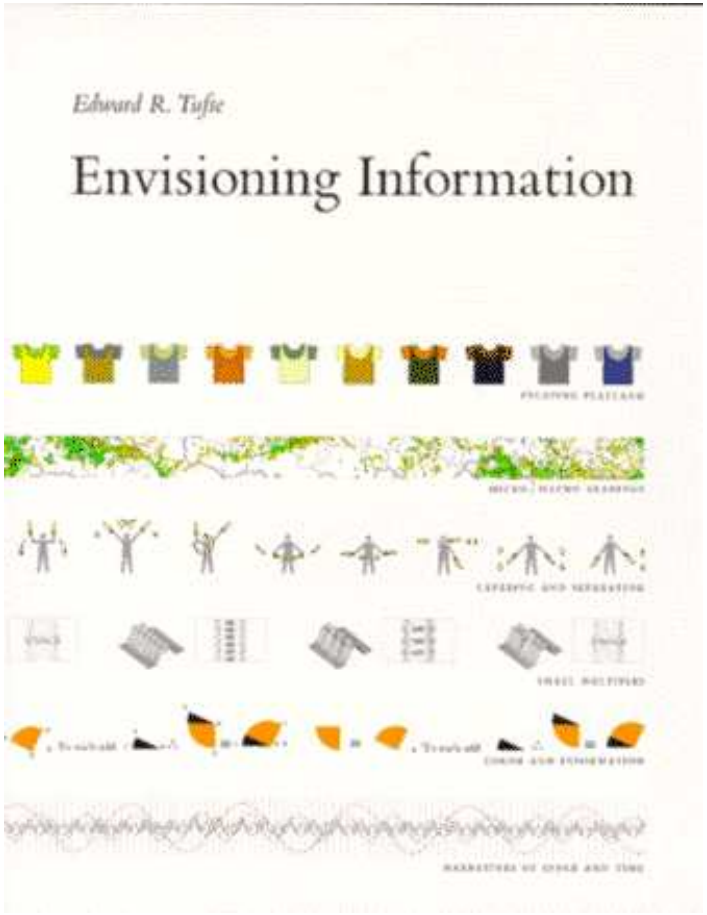
- Readings in Information Visualization: Using Vision to Think Edited by Stuart K. Card, Jock Mackinlay, and Ben Shneiderman



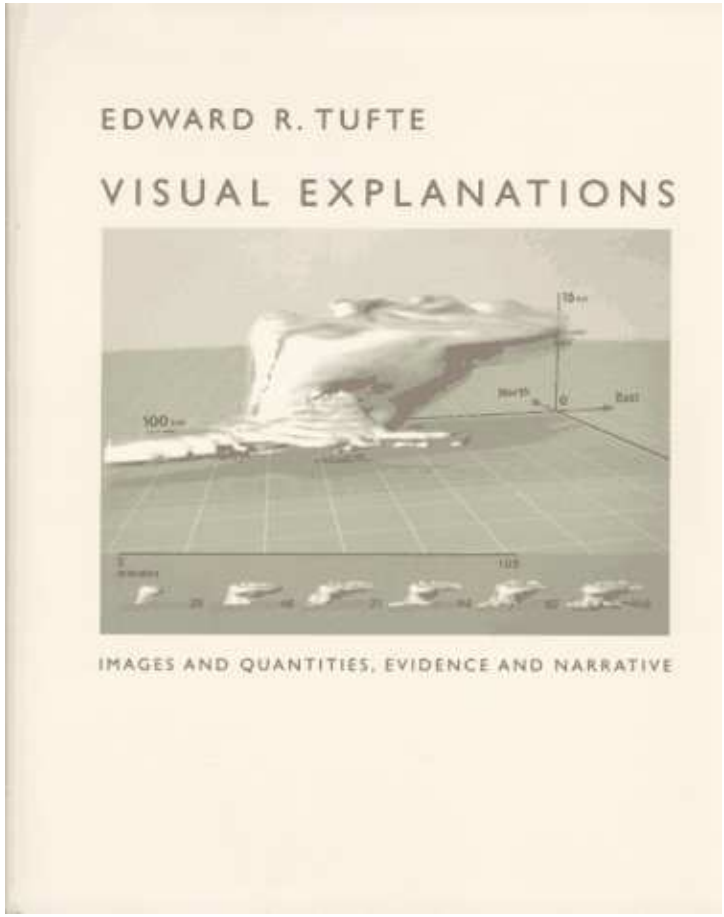
- Modern Information Retrieval



- Envisioning Information by Edward R. Tufte



- Visual Explanations : Images and Quantities, Evidence and Narrative by Edward R. Tufte



情報源

- 情報視覚化サーベイ (http://www.vogue.is.uec.ac.jp/ koike/papers/ bit/bit.html) (小池)
- 非線型ズーミングのページ (http://www.cs.indiana.edu/hyplan/tkeahey/ tkeahey/research/nlm/nlm.html) (Keahey)
- 検索における視覚化のサーベイ [3] (Card)
- 情報視覚化文献ページ (http://www.csl.sony.co.jp/person/masui/bib/ Visualization.html) (増井)

学会 / コンファレンス

- IEEE Visualization ’98, Symposium on Information Visualization ’98
- IEEE Computer Graphics and Application
- ACM SIGCHI, CHI Conference, UIST Conference
- ACM SIGGRAPH, SIGGRAPH Conference
- ACM SIGIR, SIGIR Conference
- Graph Drawing Conference

参考文献

- ほとんどのものは論文の著者のページまたは ACM のデジタル図書館, IEEE のデジタル図書館で入手可能

1. Christopher Ahlberg and Ben Shneiderman. Visual information seeking: Tight coupling of dynamic query filters with starfield displays. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'94)*, pp. 313–317. Addison-Wesley, April 1994.
2. Benjamin B. Bederson and James D. Hollan. Pad++: A zooming graphical interface for exploring alternate interface physics. In *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'94)*, pp. 17–26. ACM Press, November 1994.
3. S. K. Card. Visualizing retrieved information: A survey. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 16, No. 2, pp. 63–67, 1996.
4. Stuart K. Card, George G. Robertson, and Jock D. Mackinlay. The Information Visualizer, an information workspace. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'91)*, pp. 181–188. Addison-Wesley, April 1991.
5. George. W. Furnas. Generalized fisheye views. In *Proceedings of the CHI'86 Conference on Human Factors in Computing Systems and Graphic Interfaces*, pp. 16–23, Boston, May 1986. Addison-Wesley.
6. Nahum Gershon and Stephen G. Eick. Guest editors' introduction: Information visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 17, No. 4, pp. 29–31, July/August 1997.
7. Marti A. Hearst. Tilebars: Visualization of term distribution information in full text information acces. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'95)*, pp. 59–66. Addison-Wesley, May 1995.
8. Marti A. Hearst and Chandu Karadi. Cat-a-cone: an interactive interface for specifying searches and viewing retrieval results using a large category hierarchy. In *Preceeding of the 20th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 246–255, July 1997.
9. Brian Johnson and Ben Shneiderman. Treemaps: A space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures. In *Proceedings of the 2nd International IEEE Visualization Conference*, pp. 284–291, San Diego, October 1991.
10. S. Kaski, T. Honkela, K. Lagus, and T. Kohonen. Websom - self-organizing maps of document collections. *Neurocomputing*, Vol. 21, pp. 101–117, 1998.
11. T. Alan Keahey. The generalized detail-in-context problem. In *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis'98)*, pp. 44–51, October 1998.
12. Hideki Koike and Hirotaka Yoshihara. Fractal approaches for visualizing huge hierarchies. In *Proceedings of 1993 IEEE Symposium on Visual Languages (VL'93)*, pp. 55–60. IEEE Computer Society, IEEE Computer Society Press, 1993.
13. Robert R. Korfhage. To see or not to see = is that the query? In *Proceedings of the Forteenth Annual International ACM/SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 134–141. ACM, ACM Press, October 1991.

14. John Lamping, Ramana Rao, and Peter Pirolli. A focus+context technique based on hyperbolic geometry for visualizing large hierarchies. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'95)*. Addison-Wesley, May 1995.

15. Toshiyuki Masui. LensBar - visualization for browsing and filtering large lists of data. In *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis'98)*, pp. 113–120, October 1998.

16. Toshiyuki Masui, Mitsuru Minakuchi, George R. Borden IV, and Kouichi Kashiwagi. Multiple-view approach for smooth information retrieval. In *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'95)*, pp. 199–206. ACM Press, November 1995.

17. Tamara Munzner. H3: Laying out large directed graphs in 3d hyperbolic space. In *Proceedings of the 1997 IEEE Symposium on Information Visualization*, pp. 2–10, October 1997.

18. Ken Perlin and David Fox. Pad: An alternative approach to the computer interface. In *ACM SIGGRAPH'93 Conference Proceedings*, pp. 57–64, August 1993.

19. Ramana Rao. From research to real world with Z-GUI. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 17, No. 4, pp. 71–73, July 1997.

20. Ramana Rao and Stuart K. Card. The Table Lens: Merging graphical and symbolic representations in an interactive focus + context visualization for tabular information. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'94)*, pp. 318–322. Addison-Wesley, April 1994.

21. E. Rennison. Galaxy of news: An approach to visualizing and understanding expansive news landscapees. In *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'94)*, pp. 3–12. ACM Press, November 1994.

22. Manojit Sarkar and Marc H. Brown. Graphical fisheye views. *Communications of the ACM*, Vol. 37, No. 12, pp. 73–83, December 1994.

23. A. Spoerri. Visual tools for information retrieval. In *Proceedings of 1993 IEEE Symposium on Visual Languages (VL'93)*, pp. 160–168. IEEE Computer Society, IEEE Computer Society Press, 1993.

24. J. L. Steffen, S. G. Eick, and E. E. Sumner Jr. Seesoft - a tool for visualizing line-oriented software statistics. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 18, No. 11, pp. 957–968, 1992.

25. 水口充, 増井俊之, ボーデンジョージ, 柏木宏一. なめらかなユーザインタフェースによる地図情報検索システム. 田中二郎 (編) , インタラクティブシステムとソフトウェア III: 日本ソフトウェア科学会 WISS'95, pp. 231–240. 近代科学社, 1995.

26. 増井俊之, 水口充, George Borden, 柏木宏一. なめらかなユーザインタフェース. 第 37 回冬のプログラミングシンポジウム予稿集, pp. 13–23. 情報処理学会, January 1996.

27. 舘村純一. Docspace: 文献空間のインタラクティブ視覚化. 田中二郎 (編) , インタラクティブシステムとソフトウェア IV: 日本ソフトウェア科学会 WISS'96, pp. 11–20. 近代科学社, December 1996.

28. 暦本純一. Informationcube: 半透明表示を用いた 3 次元情報視覚化技法. 竹内彰一 (編) , インタラクティブシステムとソフトウェア I: 日本ソフトウェア科学会 WISS'93, pp. 1–8. 近代科学社, 1994.

29. 高田哲司. 見えログ: 情報視覚化を用いた ログ情報調査支援システム. インターネットコンファレンス'99, p. 146. 日本ソフトウェア科学会, December 1999.

30. 高田哲司, 小池英樹. Visualinda: 並列言語 linda のプログラムの実行状態の次元視覚化. 竹内彰一 (編) , インタラクティブシステムとソフトウェア II: 日本ソフトウェア科学会 WISS'94, pp. 215–223. 近代科学社, 1994.