

Information Visualization and its Evaluation using Importance and User Visibility

菊田, 裕次
シャープ株式会社

井上, 創造
九州大学大学院システム情報科学研究府情報工学専攻

岩井原, 瑞穂
九州大学大学院システム情報科学研究府情報工学専攻

<http://hdl.handle.net/2324/7347>

出版情報 : 電子情報通信学会技術研究報告. DE, データ工学. 100 (31), pp.41-48, 2000-05-02. The
Institute of Electronics, Information and Communication Engineers

バージョン :

権利関係 :



重要度と誘目性を考慮した大量情報の提示手法及び表示達成度を用いた評価について

菊田 裕次 井上 創造 岩井原 瑞穂

九州大学 大学院システム情報科学研究科 情報工学専攻

〒 816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1

E-mail : {kiku,sozo,iwaihara}@c.csce.kyushu-u.ac.jp

近年の計算機の処理能力の進歩により、計算機が大量の情報を処理することが可能になってきた。それに伴い、利用者が大量の情報を扱わなければならないような機会が増加しつつある。

利用者が大量の情報を扱うことを可能にするためには、情報フィルタリングと情報視覚化の手法を効果的に組み合わせて用いることが重要である。つまり、情報フィルタリングにより重要度がつけられた情報を、重要度を反映しながら視覚化することが要求される。本稿では、種々の情報視覚化の手法に対し、個々の視覚化対象の重要度を反映しているかを評価する手法を提案する。我々は、個々の視覚化対象の重要度をどの程度反映しているかを示す尺度として、表示達成度を提案し、これにより情報視覚化の手法が重要度をどの程度反映しているかを評価することが可能になった。

キーワード 情報視覚化, 情報フィルタリング, 誘目性

Information Visualization and its Evaluation using Importance and User Visibility

Yuji KIKUTA Sozo INOUE Mizuho IWAIHARA

Department of Computer Science and Communication Engineering, Kyushu University

6-1 Kasuga-koen, Kasuga, 816-8580 Japan

E-mail : {kiku,sozo,iwaihara}@c.csce.kyushu-u.ac.jp

With the advance of computer technology, it is getting more frequent for users to treat mass information more and more frequently.

In order to treat mass information, it is important for the users to incorporate information filtering and information visualization technique effectively. That is, the visualization method which effectively visualizes the importances, which are obtained by an information filtering system, is required. In this paper, we propose a method for evaluating information visualization methods in the point of the method reflecting the importance of each object. We introduce a concept of visualization achievement value, which is a degree of a visualization method reflecting the importance level of each object.

keywords information visualization, information filtering, user visibility

1 はじめに

近年の計算機の処理能力の進歩により、計算機が大量の情報を処理することが可能になってきた。それに伴い、利用者が大量の情報を扱わなければならないような機会が増加しつつある。

このような背景から、人間が大量の情報を容易に扱うための研究として、情報フィルタリング [26] や情報視覚化の手法が研究されている。

情報フィルタリングは、大量の情報の中から利用者が必要とする情報を、システムが自動的に、または必要に応じて利用者との対話を用いて取捨選択する技術である。情報フィルタリングによって取捨選択された情報には、重要度という数値でシステムが優先順位をつけることが一般に可能である。

情報視覚化の手法は、情報を抽象化したり親しみやすい図を用いることで、人間が情報を容易に理解するための情報の表示の手法である。これまでに多くの情報視覚化の手法が提案されているが、それらは、次のような観点から分類することができる。

1. 視覚化の対象となる情報が持つ構造やふるまい
2. 視覚化の対象となる情報の表示の仕方
3. 利用者の着目点と、情報全体を同時に表示する能力

利用者が大量の情報を扱うことを可能にするためには、情報フィルタリングと情報視覚化の手法を効果的に組み合わせ用いることが重要である。つまり、情報フィルタリングにより重要度がつけられた情報を、重要度を反映しながら視覚化することが要求される。しかし情報視覚化の手法は、上記 1-3 のように多様な観点に基づいて設計されるため、重要度のみの観点から一意に情報視覚化の手法を決定することは難しい。種々の情報視覚化の手法に対して、重要度をどの程度反映するかを評価する手法を構築することが、利用者が情報フィルタリングと情報視覚化の手法を効果的に用いることにつながると考えられる。

本研究では、種々の情報視覚化の手法に対し、個々の視覚化対象の重用度を反映しているかを評価する手法を検討する。我々は、個々の視覚化対象の重要度をどの程度反映しているかを示す尺度として、表示達成度を提案した。表示達成度は、表示されたオブジェクトの形状や着色、複数のオブジェクトの近寄り方による誘目性、つまり人間の認知しやすさが異なるという、認知心理学における結果を応用したものである [25]。のように、表示されたオブジェクトの持つ心理的効果を考慮した尺度を用いることで、情報視覚化の手法が重要度をどの程度反映しているかを評価することが可能になる。

本稿では、表示達成度を定式化し、表示達成度に基づいた WWW 検索結果表示システム SERV(Search Engine Result Viewer) を試作した結果を示す。

以下では、まず 2 節で情報フィルタリングと情報視覚化の手法を述べ、3 節で表示達成度に基づいた情報視覚化の手法の評価手法を議論する。また、4 節で試作したプロトタイプシステムについて述べ、6 で結論を述べる。

2 情報フィルタリングと情報視覚化の手法

この節では、情報フィルタリングと情報視覚化の手法を紹介し、その問題点を述べる。

2.1 情報フィルタリング

情報フィルタリングは、大量の情報の中から利用者が必要とする情報を、システムが自動的に、または必要に応じて利用者との対話を用いて取捨選択する技術である [24]。情報フィルタリングの概要は次のとおりである。

- 利用者は必要に応じて、要求する情報に間する趣向をプロフィールとして事前に記述しておく。
- システムは、利用者に対話的にキーワードなどを含む検索式を入力してもらうことにより、プロフィールと検索式に適合するデータを利用者に提供する、あるいは、
- 情報に更新があった際にシステムが自動的に利用者のプロフィールに適合する情報を提供する。

情報フィルタリングの際には、取捨選択された情報にシステムが重要度という数値で優先順位をつけることが一般に可能である。

しかし、情報はそれ自身で何らかの構造を持っている場合が多いため、情報を視覚化する際に単純に重要度の順に並べて表示するわけにはいかないことが問題である。身近な例では、Yahoo[27]をはじめとするディレクトリサービス型の WWW 検索エンジンでは、キーワード検索の結果得られる重要度の列と、ディレクトリの構造を同時に視覚化できない。そのため、得られた検索結果の全体の中での位置が分かりにくい。また、XML などにより構造化された文書が今後普及することが予想されるため、情報の構造と重要度を同時に表現できるような手法が一層必要になると考えられる。

2.2 情報視覚化の手法

情報視覚化の手法は、情報を抽象化したり親しみやすい図を用いることで、人間が情報を容易に理解するための情報の表示手法である。これまでに提案された手法は、次のような観点から分類できる。

視覚化の対象となる情報が持つ構造やふるまい: 歴史的にはプログラムの視覚化として、プログラムビジュアライゼーション [12] としてプログラムの静的な構造や動的なふるまいを視覚化する

研究がなされてきた。また CASE(Computer Aided Software Design)の分野では、オブジェクト志向に基づくモデルを UML(Unified Modeling Language) で表現したり、バージョンの履歴を視覚化する手法が用いられている。また、一般のグラフ構造に対して枝の交わりをできるだけ少なくする手法の研究も VLSI の配線の分野などで行われてきた [13]。

視覚化の対象となる情報の表示の仕方：3次元や、それ以上の多次元空間を視覚化する手法 [1][11][2][14][16][17][3] では、2次元図では表現力や利用者の認知に限界のあるような情報を視覚化することを試みている。また、BALSA[4] や Tango[5], Pavane[6], Cone Tree[15] は、アニメーションを用いて利用者の認知に要する負荷を低減する視覚化手法である。また、Star[7] や Rooms[8] では、机上や部屋といった現実の世界を模倣したモデルに沿って情報を視覚化することで、利用者に直感的に理解しやすいユーザインタフェースを実現している。

着目点と全体を同時に表示する能力：視覚化の対象となる情報が画面に納まらないとき、利用者の着目点の付近は詳細に表示しながら、全体の構造も同時に表示することが要求されることがある。伝統的な画面スクロールによる視覚化手法は、スクロールにより情報の部分は表示することができるが、利用者にとっては全体の構造を見失いやすいという問題点がある。この問題点のため、Generalized Fisheye Views[9] や FractalViews[10], 3次元視覚化手法においては Perspective Wall[11], FSN[2] といった手法が提案されている。

このように、情報視覚化の手法は多様な観点で分類することができる。情報の視覚化を実現するには、上記の観点から目的にあった視覚化手法を選択するべきである。

ここで問題となるのは、視覚化の対象となる情報に対し、システムが何らかの優先順位を与える必要がある場合に、その優先順位に従って利用者が情報を認知するかを評価するための尺度が存在しないことである。現時点では、視覚化の対象となる情報に着目点や重要度として優先度が与えられていても、その手法がはたして他の手法に対してどの程度優先順位を反映しているかを比較することはできない。情報フィルタリングの結果のように優先度の順序を持つ情報を視覚化するには、種々の情報視覚化の手法が情報の優先順位を反映しているかどうかを評価することが必要となる。

3 情報視覚化手法の評価方法

利用者が大量の情報を扱うことを可能にするためには、情報フィルタリングと情報視覚化の手法を効

果的に組み合わせて用いることが重要である。つまり、

1. 情報フィルタリングにより必要な情報およびその重要度を得、
2. 重要度を適切に反映する情報視覚化の手法を選択することにより情報を視覚化する

ことがこれからの情報システムに要求される。

この節では、情報に対して重要度の順位が与えられていることを仮定し、その情報に対し種々の情報視覚化の手法が重要度をどの程度反映しているかを評価する尺度として、表示達成度を導入する。

本手法の特色は、誘目性、つまり人間の対象物に対する認知しやすさを定式化し、表示達成度の中で用いていることである。これにより、人間の対象物の認識に対する心理的な特性を情報視覚化の手法の評価に反映することが可能となる。

3.1 定義

視覚化の対象となる情報の最小単位をオブジェクトと呼ぶ。あるオブジェクト o が利用者にとってどのくらい重要であるかを示すものを重要度 ($ip(o)$) と呼ぶ。例えば、WWW 検索エンジンによって検索し、出力された Web ページは、指定したキーワードが数多く含まれているか、見出しで用いられているかによって重要度が変化する。ここでは、各オブジェクトの重要度があらかじめ何らかの方法で決められていることを仮定する。

表示システム上で利用者が得られる表示空間を表示視野と呼び、 v で表す。

3.2 誘目性

ある表示されたオブジェクトの人目の惹きやすさ、注目の集めやすさは、誘目性と呼ばれる [18]。誘目性は、応用心理学、とくに色彩心理学において使用されている言葉である。誘目性の良否を決定する主要な要因は対象と背景の明度差である [19]。情報視覚化の手法の際には、重要度の高い表示オブジェクトの誘目性を高めることによって、利用者の目を惹くことが可能である。

あるオブジェクトの誘目性の強弱を表す尺度を表示効果値と呼ぶ。以下では、誘目性を左右する要素を述べ、表示効果値を定式化する。

3.2.1 色相による誘目性

文献 [20] では、九つの純色について誘目性の尺度の作成を試みている。それによれば、赤、黄、黄赤は誘目性が高く、紫、青、青紫で低かったと報告されている。

背景を地、図形を図と呼び、地色、図色の違いによる誘目性の変化を報告しているのが [22] である。この実験は、地色・図色をそれぞれ描いたカードを遠方より被験者に見せ、色を認識できた距離を表して

いる．これを，可視度と呼び，色を認識できる尺度としている．これによれば，地色が黒，図色が黄である場合の可視度が最も高く，地色が黄且つ図色が黒の場合，地色が黒且つ図色が白の場合が続く（表1）．

地色 \ 図色	赤	橙	黄	緑	青	紫	白	灰	黒
赤	-	40	46	25	26	28	41	30	33
橙	39	-	38	34	41	39	36	37	42
黄	43	40	-	45	45	43	14	41	50
緑	25	35	42	-	34	32	46	29	37
青	33	43	43	35	-	29	47	29	32
紫	30	44	49	36	32	-	49	35	27
白	39	42	22	40	44	42	-	39	46
灰	30	40	44	27	30	33	44	-	37
黒	35	43	51	34	28	26	50	37	-

表 1: 配色の可視度

色相による可視度

色	可視度	H(°)	S(%)	B(%)
黒	0	0	0	0
紫	26	270	100	50
青	28	240	100	50
緑	34	120	100	50
赤	35	0	100	50
灰	37	0	0	50
橙	43	30	100	50
白	50	0	0	100
黄	51	60	100	50

表 2: 地色を黒にした場合の各色における可視度とそれを表す数値

筆者は，この表1から，地色を黒にした場合の可視度を算出する式を導いた．HSB(色相，彩度，明度)と呼ばれる色の調合方法を用いて先の9色を表現した(表2)．

これらのうち，白，灰と地色の黒を除いた6色の可視度には，一定の法則が見られた．すなわち，HSBによる色表現において，オブジェクト o の色の H 成分 $H(o)$ (度) を取り出し，オブジェクト o の色相による誘目性成分 $Hd(o)$ を求めると，

$$Hd(o) = \begin{cases} -H/20 + 40 & (H \leq 90) \\ H * 5/4 + 35 & (H \geq 90) \end{cases} \quad (1)$$

となる．ここで用いた式による値を表2の値と比較すると，図1となる．ほぼ等しい値が求められたことがわかる．これを用いることにより，色相による誘目性を数値化することが可能となった．

明度とリーブマン効果

視野に明暗の急激な勾配があればそこに輪郭が発生し，オブジェクトが認知されることとなる．異なった色の境界にも輪郭は知覚されるが，輪郭の発生は多くを明暗の差に依存し，色(色調)が異なって

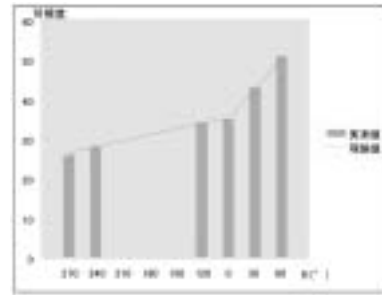


図 1: 地色を黒にした場合の可視度

も明るさ(明度)が近似していると輪郭は明瞭さを失いがちである．これはリーブマン効果として知られている[18]．自然界における動物の体表のカムフラージュや人工的な迷彩色は，明暗を等しく見せて視認を逃れる実際的な例である．

これを利用し，オブジェクトの色と地色との明度の差により誘目性を操作することができるはずである．オブジェクト o の明度を $Bd(o)$ で表す．

彩度及び明度による表示効果値

黒，灰，白についても，H，S成分を0とし，B(明度)成分を変化させた場合を独立に考えるとよい．この実験で用いられた灰がどの程度の灰であったかは不明であるが，B成分に従って可視度が単調増加することはわかる．この黒，灰，白は，色相に関わらず，彩度を0に近づけた場合に現れる．ここでは簡単化のため，彩度 Sd は0もしくは100のいずれかしかとらないとし， Sd が0であれば明度 Bd によって誘目性が変化し，100であれば色相 Hd によって誘目性が変化するものとする．このとき，色彩による表示効果値 cd を前述の可視度を使って求めると，

$$pe_c(o) = \begin{cases} Bd(o) & (Sd = 0(\%)) \\ Hd(o) & (Sd = 100(\%)) \end{cases} \quad (2)$$

となる．

3.2.2 大きさ・形による誘目性

一般に，大きな図は誘目性が高く，逆に小さな図形は誘目性が低い．しかし，面積が同じであっても，鈍角の多い図形は小さく見え，鋭角を含む図形は大きく見える[18]．このように，形によって見かけの誘目性が変化することがわかる．

面積 m を持つあるオブジェクト o について，面積による表示効果値 $pe_s(o)$ とは，

$$pe_s(o) = \frac{m}{ar(v)} \quad (3)$$

である．ただし $ar(v)$ は表示視野の面積である．つまり，面積による表示効果値は，オブジェクトの表示視野に対する表示面積の割合である．

3.2.3 装飾による誘目性

以上で述べた他にも、誘目性を高める方法はある。例えば、アニメーションや点滅のような動きがあればそれに目を奪われ、影付きや枠などの装飾があったならば輪郭がはっきりし、目に飛び込みやすい。また、周囲との差異によっても図が際立ち、単純な美しさによっても目を惹かれる。このような装飾を行うことにより、誘目性を高めることができる。

あるオブジェクト o の装飾による表示効果値を $pe_d(o)$ で表す。

3.3 表示達成度

表示達成度は、情報視覚化の手法において、オブジェクトの重要度をどの程度利用者の誘目性に反映しているかを表す。つまり、重要度が高いオブジェクトほど強い誘目性を持つような情報視覚化の手法の表示達成度が高い。以下では、前述の事項をふまえた上で、人間の誘目性に関する心理学的な特性を考慮した表示達成度を定式化する。

表示達成度には、表示オブジェクトの表示効果値の標準偏差を用いる。標準偏差は表示効果値によって値のとり範囲が変わるが、表示効果値の平均で割ることにより、値を正規化する。

n 個の表示オブジェクト $o_k (1 \leq k \leq n)$ の表示達成度 pal を次のように定式化する。

$$pal = \frac{\sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n (ip(o_i) \cdot pe(o_i))^2 - \{\sum_{i=1}^n (ip(o_i) \cdot pe(o_i))\}^2}{n(n-1)}}}{pe_x} \quad (4)$$

ただし、

$$pe(o_i) = pe_c(o_i) \cdot pe_s(o_i) \cdot pe_x(o_i) \cdots \quad (5)$$

である。つまり pe は、色彩や大きさなどの、表示オブジェクトの各要素による表示効果値の積である。

3.4 評価

上記を踏まえて、実際に表示オブジェクトを表示した際の誘目性について評価を行う。

3.4.1 着目点がない状態

図 2 に、着目点がない状態を表す図を挙げる。ある画面上に、32 個の表示オブジェクトを置いた。このような状態で利用者に情報が与えられたとき、利用者はどこに着目してよいか判断できない。

表示オブジェクトに一切のばらつきがないことから標準偏差は 0、つまりこのときの表示達成度は 0 となる。

3.4.2 着目点がある状態

極端な場合として、ある一つの表示オブジェクトのみが高い重要度を持って表示されていることを考

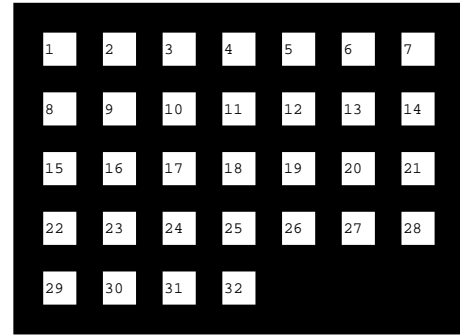


図 2: 着目点がない状態。

える (図 3)。まず、表示効果としては面積のみ異なる場合を示す。このとき、前述の式によって表示達成度を計算すると、4.04 という値が得られた。

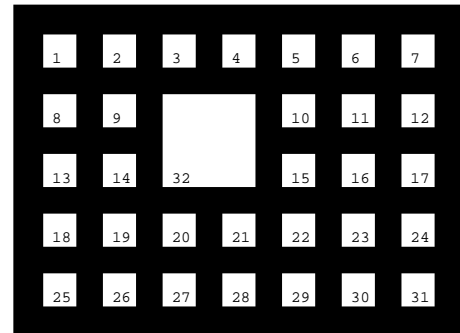


図 3: 面積による表示効果が与えられた場合。

着目すべき重要な表示オブジェクト以外の表示オブジェクトをより小さくしたものが図 4 である。先の例よりも重要な表示オブジェクトの強調が極端になった。このとき、表示達成度は 5.14 という値が得られた。

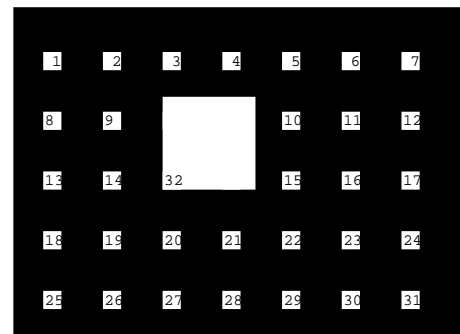


図 4: 面積による表示効果が与えられた場合。

図 3 の例に加えて、色彩による表示オブジェクトの強調を施したのが図 5 である。ここでは、明度のみ変化させた。このとき、表示達成度は 5.44 という値が得られた。表示面積だけでなく、表示効果を組み合わせることによって重要な表示オブジェクトはより強調され、その結果として利用者は着目すべき表示オブジェクトを判別することがさらに容易に

なったことがわかる。

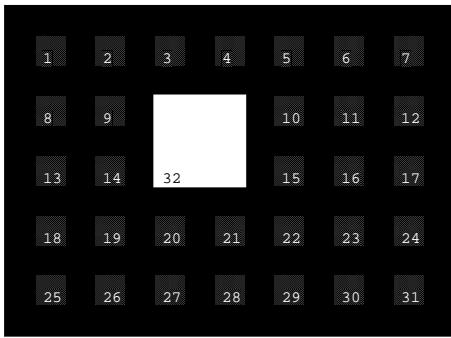


図 5: 面積に色彩による表示効果が与えられた場合。

そのまま図 4 のように表示面積に大きな差異を加えたのが図 6 である。表示達成度は 5.60 が得られた。表示効果を組み合わせることによって、より高い表示効果を得られることがわかる。

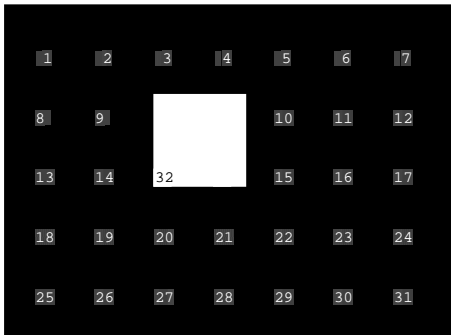


図 6: さらに面積による表示効果を強くした場合。

4 プロトタイプシステム

本章では、前章までで述べたことをもとに、実際に大量情報を表示するシステムのプロトタイプについて述べる。視覚化を行う対象として、WWW 検索エンジンの検索結果を利用することを考える。現在インターネット上には大量の情報が存在するが、WWW 検索エンジンはキーワードに該当したページを重要度の高い順に並べるといった程度の視覚化しか行わない。WWW 検索エンジンの出力結果を視覚化することにより、利用者が重要度の高い結果を効果的に把握することができる。

4.1 開発環境

本節では、SERV システムを構築するにあたり、前提とした条件を述べる。

実装に際して、グラフィカルなオブジェクトの表示の容易さ、プラットフォームの非依存性、システムの遠隔地からのアクセスの容易さを考慮し、Java 言語を選択した。また、クライアントは Java 仮想マシン (Java Virtual Machine, JVM) の普及率が最も高い Web ブラウザ上で動作するように、Java Applet として開発することにした。

4.1.1 システムモデル

本システムでは、前述のように、サンプルデータベースの構築の手間と重要度決定機構の開発の手間を考慮して、データベースとして WWW 検索エンジンを利用することとしている。また、Java Applet はそのセキュリティ上の制約により、Applet をダウンロードしたホストとの通信しか許可されていない。WWW 検索エンジンの結果を利用するためには、クライアントは WWW 検索エンジンとの通信が必要となる。これを実現するためには、WWW 検索エンジンと同一ホストから Java Applet をダウンロード可能にする必要があるが、WWW 検索エンジンは我々の管理下にならないため Java Applet を配信する http サーバと同一ホスト上にクライアントと WWW 検索エンジンの通信を仲介するサーバを配置した。

このように、SERV システムでは、クライアント-サーバ-WWW 検索エンジンの三層構造から成る。これは一般的に見られるデータベースシステムのクライアント-サーバ-データベースの三層構造において、データベースを WWW 検索エンジンに置き換えたものである。

本システムで利用する WWW 検索エンジンには、“infoseek japan”[28] を採用した。

4.2 関連のある Web ページ

Web 検索エンジンの結果出力において問題となる、

- 同ページが重複して出力される
- 同一サイト内ページ (同一の作者によるページと考えるとよい) が多く表示される

といった問題を回避するために、検索結果を画面上に表示する際、Web ページ間の関連性を導入し、その関連性によって Web ページの画面上の位置を決定した。

利用者は通常、検索結果から Web ページを選択した場合、その Web ページからブラウジングを行うことによって別のページへ移動して目的とする Web ページを探そうとする。このとき、ブラウジングを行って閲覧した Web ページと検索結果から得られた Web ページが同一であった場合、同じページを二度見てしまうことになる。そこで、同サイト内の Web ページをまとめておくことで、こういった二度手間を省くことができ、また、その数によって、キーワードにより深い関連のある Web サイトであることがわかる。

WWW 検索エンジンに対し、あるキーワード A に適合する Web ページには、次のようなものがある。

1. A に関する組織の Web ページ
2. A に関するユーザの Web ページ

3. Aに関するニュース記事

しかし、検索結果からシステムが得ることのできる情報は通常、次のようなものに限られている。

- Web ページの URL
- タイトル
- サイズ
- 一部の内容、もしくは説明・紹介記事
- 検索キーワードによるスコア

これらから、以下の条件で関連する Web ページを決定した。

- URL が同一 = 全く同ページ
- filename & size & title が等しい = ミラーに違いない
- filename & size が等しい = ミラーの可能性あり
- filename が等しい & size がおよそ等しい = ミラーの疑いあり
- ドメインが等しい & ディレクトリが等しい = 同一サイトの同一ディレクトリ内
- ドメインが等しい & トップディレクトリが等しい = 同一サイト
- ドメインが等しい = 同一組織
- TLD を除いたドメインが等しい = 国際組織

これによって、関連の近い、もしくは同一の Web ページを集合させることができ、上記の問題点を改善することができる。と考える。

4.3 実行画面

本節では、実際に SERV システムを利用した例を示す。

図 7 に SERV システムで「九州大学」をキーワードに検索した結果を表示したものである。色と面積によってスコアを表現している。スコアの高い表示オブジェクトは誘目性が高く、容易に識別できることがわかる。

4.4 群

図 7 において、全体の面積を小さくしてみることにする (図 8)。こうしてみるとよくわかるが、関連性をもとに Web ページ間の画面上での距離を決定した結果、画面左側に群を形成している部分が現れた。小さな 4 つの群と、それを内包する一つの大きな円状の群も判別することができる。

その群を一つ取り出してみたのが図 9 である。詳しい情報を表示させてみると、これらの群が <http://www.eic.or.jp/>、つまり環境庁による環境情報サイト内のページであることがわかる。このサイト内に必要な情報があるとわかっているならこの群から目的の Web ページを探せばよく、このサイト内のページを必要としなければ、先のように全ての表示オブジェクトを表示させた状態でこの群を消去すればよい。こうして、従来一つ一つの Web ページを確認して行った Web ページ選択手法をある関連を持つ Web ページの群単位で操作できるようになった。

このように、個々の表示オブジェクトの誘目性のみならず、複数の表示オブジェクトの分布によって現れる誘目性を考慮しなければならないことがわかった。これを群による誘目性と呼び、次章において検証する。

5 群による誘目性

本章では、前章で述べたシステムによって出現した群による誘目性の取り扱いについて述べる。

5.1 群による誘目性

人間が無数の点が分布している画像を知覚する際、その中で密度分布や明るさの局所的減少の要素による境界を知覚することができる [23]。例えば、空を飛ぶ雁の群を見たときには、人間は個々の雁を認識するのではなく、その編隊の形として三角形を見いだす。また、図 10 のように点の密度が異なる図では、中央左下に四角形を認識することができる。

このように、人間は点のあつまりを一つのオブジェクトと認識することがある。1 つの集合として認識できるオブジェクトのあつまりを、群と呼ぶ。情報視覚化の手法を検討する際には、個々のオブジェクトの誘目性と同時に、群による誘目性を考慮する必要がある。

先の図でもそうであるが、目を細めてみるとその違いがよくわかる。この目を細めるという行為は、個をばやけさせ、大局的に画像を見ようとする試みである。ここでは、全体の画像の中で一つの図が見えるだけである。

群が認められるならば、利用者の着目点はこの群へ誘導される。従って、何らかの誘目性が生じていると考えるのは当然である。ここで、群の誘目性を考慮し、表示達成度として評価する。群は、一つの大きな

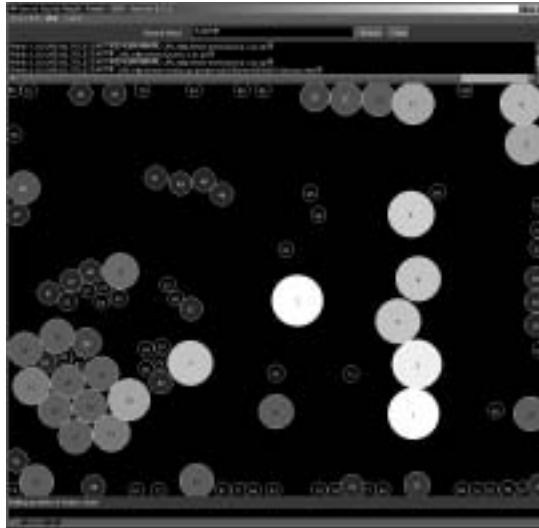


図 7: SERV 実行画面「九州大学」という検索キーワードで検索した結果を表示。

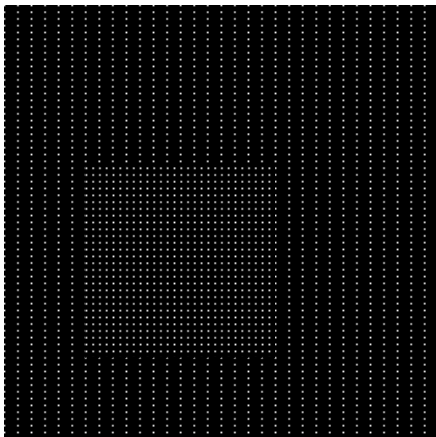


図 10: 黒い背景に描かれた白い点。点の密度分布によって形状を認識できる。

きな形を持つ図として捉えられる。この群によって形成される図は、(群としての面積と) 同じ面積をもつ単一の図と比べても、誘目性は単一の図の方が強い。これは群の内部に背景が見えるために相対的に色が背景に近づいていることが原因であると考えられる。

これらを考慮して、以下のように表示効果値を算出できると予測する。

- 群は一つの図と捉える。
- 群全体の重要度は、群を形成する表示オブジェクトの重要度の平均とする。
- 群の表示効果値は、群を形成する表示オブジェクトの表示効果値の和と密度の積とする。

しかし、どこを群と捉えるかを判別すること、およびそれと同様にどの範囲で群の密度を求めるかを

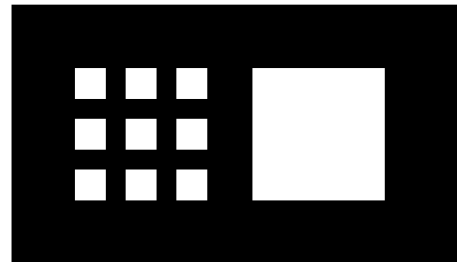


図 11: 群によって形成される図と同じ面積を持つ単一の図。単一の図の方が誘目性が高い。

決定することは現段階では課題として残されており、表示効果値の正当性とともに関心していかねばならない点である。

6 おわりに

本論文では、情報視覚化・情報フィルタリングについての概要及び既存の研究を述べ、重要度と誘目性を考慮した大量情報の視覚化についての方法論及び表示達成度を用いた評価方法と WWW 検索エンジンの結果出力を表示する SERV システムについて述べた。

今後の課題としては、以下のものがある。

現在は表示位置による誘目性は考慮していないため、これを考慮に入れたうえで表示達成度を求める方法を確立する必要がある。

また、重要度の差に応じた表示効果の変化度合いをどのようにとるかを考慮していかねばならない。つまり、重要度の差に比例して表示効果を付加するのか、もしくは指数関数的に変化させるべきなのか、さらに、それらを状況に応じて変化させる必要があるのかといったことを考慮すべきである。

そして、SERV システムについては、WWW 検

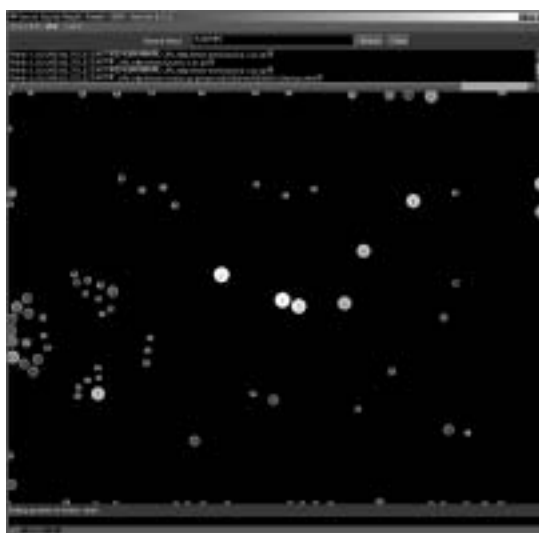


図 8: SERV 実行画面 . 群を判別しやすいように , 全体の面積を縮小 .



図 9: SERV 実行画面 . 群の一つを抜きだして表示 .

素エンジンの結果の提示だけではなく、汎用のデータベースビューワとしての実装を行い、より一般的な大量情報提示システムとして構築したい。

さらに、群による誘目性について検討を行う。

参考文献

- [1] K. M. Fairchild, S. E. Poltrock, and G. W. Furnas. SemNet: Three-dimensional graphic representation of large knowledge bases. In R. Guindon, editor, *Cognitive Science And Its Applications For Human-Computer Interaction*, pp. 201–233. Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- [2] Silicon Graphics, Inc. FSN: File System Navigator, 1992. online manual.
- [3] S. Feiner and C. Beshers. Worlds within worlds metaphors for exploring n-dimensional virtual worlds. In *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'90)*, pp. 76–83. ACM Press, 1990.
- [4] M. H. Brown, “Algorithm Animation”, MIT Press, Cambridge, MA, 1988.
- [5] J. T. Stasko, “TANGO: A framework and system for algorithm animation”, *Computer*, Vol. 23, No. 9, pp. 27–39, September 1990.
- [6] K. C. Cox and G.-C. Roman, “Visualizing concurrent computations”, In *Proceedings of 1991 IEEE Workshop on Visual Languages*, pp. 18–24. IEEE CS Press, 1991.
- [7] Seybold, J. “Xerox’s ‘Star’”, *The Seybold Report*, Vol.10, No.16, Seybold Publications, April 1981
- [8] S. K. Card and D. A. Henderson, Jr., “A multiple, virtual workspace interface to support user task switching”, *CHI + GI 1987*, ACM, 1987
- [9] G. W. Furnas. Generalized fisheye views. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'86)*, pp. 16–23. ACM Press, 1986.
- [10] B. B. Mandelbrot. *The Fractal Geometry of Nature*. W.H.Freeman and Company, New York, 1982.
- [11] J. D. Mackinlay, G. G. Robertson, and S. K. Card. The perspective wall: detail and context smoothly integrated. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'91)*, pp. 173–179. ACM Press, 1991.
- [12] B. A. Myers, “Visual programming, programming by example and program visualization: A taxonomy”, In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'86)*, pp. 59–66. ACM Press, 1986
- [13] G. Di Battista, P. Eades, R. Tamassia, and I. G. Tollis. “Algorithms for drawing graphs: an annotated bibliography”, 1994.
- [14] H. Koike. “The role of another spatial dimension in software visualization”, *ACM Trans. on Information Systems*, Vol. 11, No. 3, pp. 266–286, July 1993.
- [15] G. G. Robertson, J. D. Mackinlay and S. K. Card, “Cone Trees : Animated 3D visualization of hierarchical information”, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'91)*, pp. 189–194, ACM Press, 1991
- [16] 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3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: 日本ソフトウェア学会 WISS'94*, pp. 215–223. 近代科学社, 1994.
- [17] 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(日本ソフトウェア学会 WISS'93)*, pp. 1–8. 近代科学社, 1993.
- [18] 松田 隆夫, “視知覚”, 培風館, 1995
- [19] 色 彩 豆 知 識, <http://www.daicolor.co.jp/koho/mamechishiki.html>
- [20] 神作 博, “色彩の誘目性に関する実験的研究(8)” *日本心理学会第36回大会発表論文集*, 88–89, 1972.
- [21] 松田裕之, “色と誘目性の関係”, *千葉工業大学工学部情報工学科 1997年度卒業論文*, 1997
- [22] 塚田 敢, “色彩の美学”, 紀伊國屋書店出版部, 1974
- [23] デッド・マー著, 乾 敏郎, 安藤 広志 訳, “ビジョン—視覚の計算理論と脳内表現—”, 産業図書, 1987

- [24] 森田 昌宏, “情報フィルタリング技術の現状と展望”, 電子情報通信学会技術報告 (人工知能と知識処理), Vol.93 , No.153 , July , 1993.
- [25] 菊田 裕次, 岩井原 瑞穂, “協調作業支援における表示要求を考慮したオブジェクト表示の最適化”, 情報処理学会研究報告, 99 – DBS – 119, pp. 249-254, 1999
- [26] 森田 昌宏, 速水 治夫, “情報フィルタリングシステム-情報洪水への処方箋-”, 情報処理, Vol. 37, No. 8, pp. 751-758(1996).
- [27] “Yahoo! JAPAN”, <http://www.yahoo.co.jp/>
- [28] “infoseek”, <http://www.infoseek.co.jp/>