

Auto View Selection を実現する一手法

中川真智子[†] 高田雅美[†] 城和貴[†]

近年科学技術及び可視化技術の発達に伴い、多様な三次元可視化表示が行えるようになった。膨大で複雑なデータの可視化が可能になったことで、有益な知見を得るための視点の選択は重要となってくる。しかし、視点選択の定義は目的や対象によって異なってくるため、規格化された選択基準は存在しない。本稿では既存のモデルを改良し、複数の要素を組み合わせる事で視点の自動選択を行う。

A Method for Automatic Viewpoint Selection

MACHIKO NAKAGAWA[†] TAKATA MASAMI[†]
KAZUKI JOE[†]

Recently, three dimensional objects are widely used for visualization with various methods, as improvement of scientific techniques and visualization techniques. Since enormous and complicated data can be visualized, it is important to select a good viewpoint to get useful knowledge from the visualization results. However, there is no definition for viewpoint selection, because good viewpoints are selected by the purpose and/or the target. In this paper, we improve an existing viewpoint selection model with plural properties.

1. はじめに*

情報可視化とは、情報の視覚化を行うことにより、与えられた情報の理解を容易にするための技術である。結果の提示を主としてきた可視化の従来の目的は、実験や観測・シミュレーションや計測などから得られた大量の情報を効果的に示したり、それによって新たな情報の発見を行ったりといったものである。しかし、近年において、ハードウェア技術の発展に伴い、アニメーションや、ボリュームレンダリング・レイトレーシングといった三次元可視化手法など多様な表現方法が可能となってきた。また、可視化結果をただ提示するだけでなく、可視化結果に対して対話性を持たせるためにインタラクション機能を備えた可視化手法も多く用いられるようになり、可視化手法の幅が広がっている。これにより、多次元データをより適切に示せるようになり、可視化結果から得られる情報が格段に増大している。

三次元可視化結果を表示する際、すべての情報を正確に描画するためには三次元表示システムが必要となってくる。しかし、三次元表示システムは高価で設置が難しいため大抵の場合、一般に普及している二次元のディスプレイに可視化結果が表示される。そのため、三次元可視化結果を二次元情報に変換する際多くの情報が失われてしまう。この失われる情報量は視点位置によって大きく変化し、取捨される情報の重要度は可視化の目的によって変化する。したがって、可視化対象から必要な情報を得るためには、目的に応じた視点位置の選択が重要となってくる。しかしながら、複雑なオブジェクトや大規模なデータの可視化を行う場合、一見して有効な視点が発見つかない上に一回のレンダリングに時間がかかるため、視点位置を決定することは非常に困難である。そのため、効果的な可視化を行うには、可視化データの専門的な知識だけではなく、可視化に関する専門的な知識も必要となってくる。

そこで、可視化に関する専門的な知識が無くても視点選択を行うために、過去幅広い分野において様々な方法が提案されてきて

いる [1-4]。しかし、それらは目的に特化した視点選択手法が主だった。そこで我々は既存の手法を改良し、複数の要素を用いて評価を行うことにより汎用性の高い視点選択手法の提案を行う。

以下二章にて様々な分野において研究されてきた視点の評価に関する先行研究について説明し、三章では本稿で定義した View Potential について述べる。四章で実装した実験とその結果を示し考察を行い、五章で本稿のまとめについて述べる。

2. Viewpoint Entropy

可視化を行う上での最良のビューの定義は様々な提案が行われてきているが、現在のところ明確な定義はない。なぜなら、良いビューとは知りたい情報がより多く含まれた視点であると言えるが、必要な情報が可視化対象や目的によって変化していくためである。取得すべき情報が変わってくると、最適なビューも変化する。そのため、可視化の際に視点位置の自動設定を行うには、利用者は目的に応じた選択方法をその都度設定する必要がある。

この章では、本稿で我々が改良を提案する既存の手法の紹介を行う。

Vázquez[5]らは、シャノンの情報エントロピーを用いて、Viewpoint entropy の式を提案し、視点から得られる情報量の多さで視点位置の評価を行っている。彼らは、全ての面が可視領域に属し、面の垂線と視線との角度が最も小さいものが良いビューである、と定義した。以下 Viewpoint Entropy について詳しく説明する。

情報エントロピーとは、情報源 X を観測したときに得られる情報源 X の期待値のことで、事象 $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ のいずれかが発生し、各々の発生する確率を $P(i)$ ($i=1, 2, 3, \dots, n$) とした場合、以下の式で表すことができる。

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i$$

この H を確率変数 x のエントロピーという。対数の底は 2 を用い、

*[†] 奈良女子大学大学院人減文化研究科
Nara Women's University

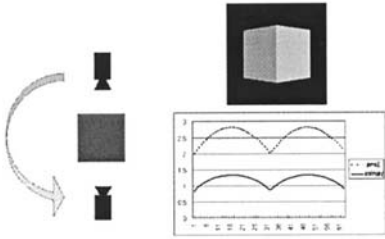


図1. 立方体を用いた Viewpoint Entropy の追試実験

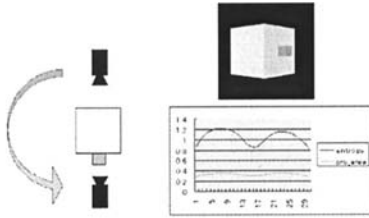


図2.立方体を組み合わせたオブジェクトを用いた Viewpoint Entropy の追試実験

単位はシャノンであらわされる。そして、 $P_1=P_2 \cdots =P_n=1/n$ の時最大のエントロピーとなる。Viewpoint Entropy はビューから見えるシーンにおける面の領域の相対的な割合を確率分布として次のように定義した。

$$I(S, p) = - \sum_{i=1}^{N_f} \frac{A_i}{A_0} \log \frac{A_i}{A_0}$$

N_f はシーンにおける面の数、 A_i は面 $i \{i=1,2 \cdots N_f\}$ の投影面積で、 A_0 は $\sum_{i=1}^{N_f} A_i$ で表される面の投影面積の和となり、ビューの可視面積であるとも言い換えられる。 A_0 は A_i から可視化オブジェクトの投影面積が除かれた背景部分の面積で、閉じた空間における可視化の場合や背景が描写されない場合は $A_0 = 0$ となる。 A_i/A_0 の値は、面 i と視線との角度を θ と定めた場合、 $\cos \theta$ に比例し、 θ が 90 度となる時最大値を示す。また、 A_i/A_0 は視点と面 i との距離の二乗に反比例する。よって、面と視線の角度、面と視点との距離が小さくなればなるほど A_i/A_0 は大きくなる。あるビューから全ての面 i が可視で、 A_i/A_0 が等しくなると、そのビューは最大のエントロピー $\log(N_f + 1)$ を示す。閉じた空間の場合は面の数が一つ減るため、最大値は $\log N_f$ である。しかし、三次元オブジェクト

の可視化において、ある一点からすべての面が可視となる状態は稀であるため、可視面が最も多く、各面の垂線とビューの角度が最も小さいビューが最大の Viewpoint Entropy を示す。また可視化対象に対して背景の割合が広いと、表示されるオブジェクトが小さくなるため、 A_0 は可能な限り 0 に近づくよう、最大の Viewpoint Entropy を示した位置から視点の焦点に対して視点を近づける。このビューを最良の視点と選択する。

図1は、立方体のオブジェクトを用いて Viewpoint Entropy の追試実験を行ったものである。

このグラフは、立方体のオブジェクトに対して図のようにカメラを動かし、視点から見えるオブジェクトの投影面積、エントロピーの値の変化を示したものである。投影面積が最大値を示すとき、エントロピーも最大となり、投影面積が最小値を示すとき、エントロピーもまた最小の値を示している。このように、可視面の数が常に一定の場合投影面積に比例してエントロピーの値も変化していることがわかる。

また、図2は立方体を組み合わせたオブジェクトを図1と同様に実験したものである。このようなオブジェクトの場合、投影面積は図1と殆ど変化がないが、可視面の数が増えたことによりエントロピーに差がみられることがわかる。

しかし、この手法では色彩や光による情報が無いため、最適なビューを得ることが出来ない場合がある。例えば、光源の位置によっては、オブジェクトの認識がしにくいビューが選択される。

そこで本稿では、Viewpoint Entropy を改良し、可視面の数や可視面の投影面積による情報だけでなく、光や色の情報といった複数の要素を加え、それらを自由に組み合わせることによって最良のビューを選択する Viewpoint Potential を提案する。

3. View Potential

人間は、オブジェクトの視覚的な把握を行う時、多様な要素からオブジェクトの認識に繋げている。この章では、Viewpoint Entropy である可視面と可視面積の要素に加えて、表1のような要素を用い、各要素の組み合わせがどのような目的の認識に有効であるか、それぞれ実験を行う。

View Potential は表1のプロパティを組み合わせた式

$$V = \sum_{i=0}^n \{W_{i,0} * a_{i,0} + W_{i,1} * a_{i,1} + W_{i,2} * a_{i,2}\} * W_{i,3} * a_{i,3}$$

で表される。 $a_{i,0} - a_{i,3}$ は A0-A3 の要素の情報量を示し、 $W_0 \dots W_3$ は各要素の係数で可視化の目的や対象によって値が変化する。 $i\{0 \dots n\}$ はシーンに配置されたオブジェクトを示している。A0 から A3 のプロパティを用いることによりそれぞれのオブジェクトの評価を行い、A4 や A5 を加えることでより可視化結果への理解を促すビューが算出される。

まず、A1 の輝度について説明する。色を数値的に表し、区別するための方法である表色系(COS= color-order system)の一つに、輝度と色差に分けて表現する方法である YIQ 方式がある[6]。人間は輝度の変化には敏感だが、色の変化は輝度ほど敏感に認識することが出来ない。例を上げると、暗い場面やごく小さい物は、形の認識が出来ても色の判別をすることが出来ないのである。このように人間がオブジェクトを認識する上で輝度値は重要な役割を占

表1. Viewpoint Property

A0	viewpoint entropy
A1	luminance
A2	chrominance
A3	weight of objects
A4	view set
A5	focus movement

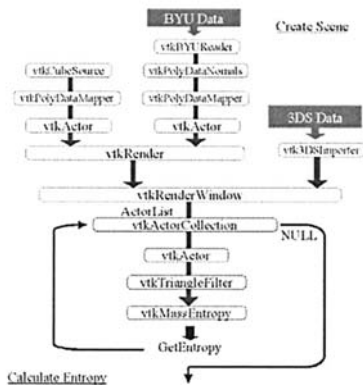


図3. View Potential の可視化パイプライン

めている。

A2の色差は、先ほど述べた輝度の変化ほど人間にとって敏感に感じることが出来ない。また、色の成分によって、感じ取れる変化の差も変わってくる。つまり、カラーマッピングを行った際、カラーパレットの設定によって、可視化結果の受け取り方が異なってくる可能性がある。そこで、色差の要素をビューの評価に用いることは、データの色差と知覚的色差の差異を無くす際に有効な要素として考えられる。

A3のオブジェクトの重みを付加することによって、シーンに設置されたオブジェクトの情報の優先度を設定する。一つのシーンに複数のオブジェクトが存在する時、特定のオブジェクトに焦点をあてたることにより必要な情報をピンポイントで得ることが出来る。また必要のないオブジェクトを除いたビューを選択することが可能となり、これは計算量の軽減とともに、不要な情報の削除にも繋がる。

本稿では、このような要素を View Potential のプロパティとして挙げ、単体もしくは複数の要素に対する評価を行う。

4. 実験

今回実装にあたって使用したのは、Visualization Toolkit(VTK)という Kitware 社提供のオープンソースの C++可視化ライブラリである。本稿では、視点選択のためのライブラリを拡張することにより、VTK を用いて簡単に最適なビューの算出を行った。

図3は Viewpoint Potential の可視化パイプラインである。この可視化パイプラインは、Create Scene で評価を行いたいシーンを作成し、Calculate Entropy でシーンの情報量を算出している。情報量の計算を行うにあたり、vtkMassEntropy という独自の関数を作成した。この関数は三角形のセルで構成されたポリゴンに対して計算を行うことが可能であり、そのために、計算を行いたいシーンを全て三角形のセルで作成する必要がある。そこで、CreateScene で設置されたポリゴンオブジェクトに対して、vtkTriangleFilter をかけることにより、ポリゴンのセルの規格化を行っている。

4.1 輝度による評価

A1:輝度による評価の実験は以下のように行った。一般に光源が

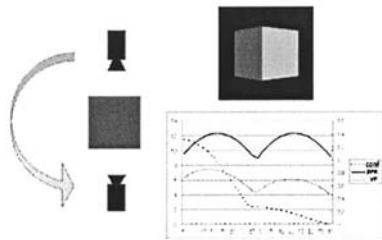


図4. ViewpointEntropy に輝度を加えた評価

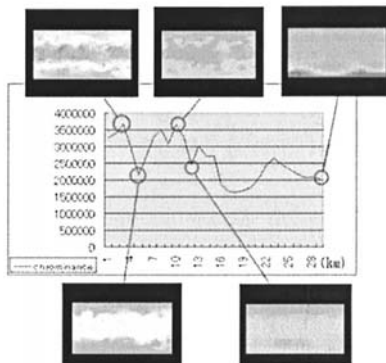


図5. カラー分布の色差の値を表したグラフ

視点の位置に存在する時順光と呼ばれ、映像を撮る上で基本的な光源位置であるとされる。オブジェクトに対して射光の位置に光源を配置すると、順行に比べシーンに立体感が生まれてくる。さらに光源の位置をずらし、完全に逆光の位置に光源が配置されると、背景とオブジェクトとの距離感を強調することが出来るが、オブジェクト自身にあたる光が少なくなることにより暗く表示される。そのため、オブジェクトの細部を観察することが困難となる。このように、光源の位置により全体の輝度が変化し、輝度によって見え方が異なってくる。

そこで、ビューのコントラストを用いて輝度の評価を行った。あるビューにおける輝度のヒストグラムを求め、その分散の値を用いることによってコントラスト比が大きい視点を良い視点と定義する。Viewpoint Entropyに輝度の評価を加えることにより、ビューに奥行きが加わり、オブジェクト間の位置関係が捉えやすくなる。図1で示したViewpoint Entropyの実験に、輝度による評価を加えたところ、結果が図4のようになった。

このように、輝度の分散の値は光源と正面である面を大きく見せるビューに良い評価が与えられやすい。輝度による評価を加えると、Viewpoint Entropy のみで算出されたビューより、明るい面を多く見せた視点を示している。Viewpoint Entropy のみの結果を比べた場合、シンメトリーな映像より、少しずれた方向からの視点の方が奥行きを感じさせやすくなっているといえる。

4.2 色差による評価

多次元データの可視化を行う際、一つの次元の値を色で示す場合が度々存在する。本稿では、色の変化の頻度を数値化するため、

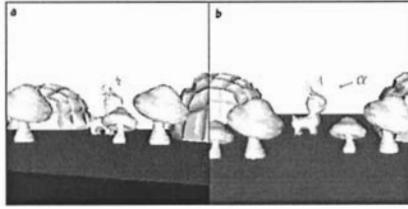


図6. オブジェクトの重要度の設定

対象シーンのRGBそれぞれの画像に対するエッジを検出し評価を行うことにした。すなわち、各画素とその周囲の色の変化を求め、色の変化頻度が多ければ多いほど細密なビューであると定義する。

図5は、色の変化による色差の値をグラフで表示している。実験に用いたのはECMWF(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)から提供されている1997年1月1日の地球の気温情報である。この気温情報でカラーマッピングを行い、縦を緯度・横を経度とした直交座標系の気温分布で高度ごとの温度変化を可視化したものである。高い気温は赤く、低い気温は青く変化するように設定している。図5を見ると、一見色の変化が大きい時、大きな値を示している。しかし、視覚的に見て(a)に比べて色の変化が大きいようには見えない。これは水色から緑への色の変化が人間にとって捕らえにくいためである。同じデータに対しカラーテーブルの色相を変更すると、図5のようにデータが大きく変化していることがわかる。

このように、人間の目では気づきにくいデータ上の色の変化を色差のプロパティを用いることにより発見することが出来る。

4.3 重要度の設定

図6のように複数のオブジェクトが存在する時、特定のオブジェクトに対して他のオブジェクトより多くの情報を得たい場合、オブジェクトの重要度の設定は有効である。図6のように全体像を捉える場合は図6aの方が有効であるが、オブジェクト α を観測したい場合に重みをつけることによって、図6bのような図を表示することが出来る。またこの方法の利点として、背景や地面などのオブジェクトの重みをゼロとすることによって、必要の無いものと認識させることができるため、計算量を軽減し、かつ不必要な情報を除くことが可能になる。

例えば図6のような複数のオブジェクトで構成されたシーンにおいて、オブジェクト α を中心としたビューが欲しい場合、 α の重要度を周囲のオブジェクトに対し高く設定し、背景や地面は不必要なオブジェクトとして重要度をゼロにする。その結果図6bのようなビューが得られた。

4.4 考察と今後の課題

このように、複数の要素を組み合わせることによって、得たい情報量を含有した視点を算出することができる。

本稿で様々なオブジェクトの視点評価を行ったが、可視化対象によって各要素の情報量が変化し、最適な各要素間の割合も変化する。そこで、各要素の評価の割合を簡単に設定できるGUIの開発も視点選択に有効な手段と考えられる。

また今後、より多くのビューに対応できるよう、ViewPotential

に新たに加える要素の有効性を検証したい。

例えば、写真や絵といった“良い映像”を提供したい場合は、算出されたビューに焦点の変更を行うことが有効な手段となる。中心となるオブジェクトを中央から少しずらした位置に焦点を配置することによって動きや奥行きが出てくる。

また、複雑なオブジェクト群や大規模な可視化データの場合、いくつかの有効なViewを用いることが有効となる。この方法は、Viewpoint Entropy、輝度や色差など複数の観点からいくつかの異なった特徴を持つビューセットを提供することで、いくつかの特徴的な情報を持つ複数の方向からビューの提示を行う。これにより、単一のビューに比べて情報量が増え、複雑なオブジェクト群の理解が促進される。例えば、オブジェクト群の全体像を表示した後に、詳細Viewに切り替えることは、オブジェクトの全体像や位置関係をはっきりさせ、可視化結果を容易に理解することができると考えられる。

5. まとめ

本稿で我々はデータの可視化支援の手法として、可視化されたオブジェクトのベストショットを自動的に示せるよう、ViewPotentialを提案し視点位置の数値的評価を行う一手法を提案した。その試みとして、既存手法のViewpoint Entropyを改良し、輝度値や色差などの要素を加えた評価を行った。それにより、オブジェクトの位置関係がよりはっきりと認識できるビューが得られ、色情報によるビューの評価も行えるようになった。

今後の改善点として以下の事項が挙げられる。輝度による評価はビュー全体のコントラストを用いているため、全体像・位置関係が重視されるが、オブジェクト自体の細部が認識されにくくなる場合がある。この問題は、輝度と色差を組み合わせることで解決できると考え、今後の課題としている。

また、色の評価をデータの色差だけでなく知覚的色差も取り入れることにより、テクスチャマッピングされたオブジェクトに対応した、視覚的なビュー評価も行っていきたい。

参考文献

- 1) KAMADA T, KAWAI S, A Simple Method for Computing General Position in Displaying Three-dimensional Objects, *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 41 (1988).
- 2) D.R. Roberts and A.D. Marshall, Viewpoint selection for complete surface coverage of three dimensional objects, *Proceedings of the British machine vision conference* (1998).
- 3) P. Barral, G. Dorme, and D. Plemenos, “Scene understanding techniques using a virtual camera”, *Int'l Conf. EUROGRAPHICS'2000, Interlagen (Switzerland)*, Aug. 20-25, (2000).
- 4) Dorme G Study and implementation of 3D scenes comprehension techniques. PhD thesis, Université de Limoges, 2001 [in French].
- 5) Pere-Pau Vázquez, Miquel Feixas, Mateu Sbert and Wolfgang Heidrich. *Viewpoint Selection Using Viewpoint Entropy*. T.Ertl, B. Girod, G.Greiner, H. Niemann, H.-P. Seidel (Eds.) *Vision, Modeling, and Visualization 2001*, pages 273-280.
- 6) カラー画像工学, 監修 映像情報メディア学会出版社, オーム社