

奈良女子大学大学院修士論文

三次元可視化における
汎用的な視点の自動選択手法

学籍番号 I05-006

中川 真智子

人間文化研究科 情報科学専攻 博士前期課程

指導教官：城 和貴

2007年1月

概要

近年，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を用いた多様な表現方法が可能となっている．また，結果をただ可視化するのではなく，対話性を持たせることにより，結果から得られる情報を簡単によりかつ多彩に可視化することが可能となり，可視化の活用方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する．しかし，可視化手法の発展に対し，可視化結果を表示するシステムは主に二次元のものが用いられており，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．失われる情報量を軽減し，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．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判別がつかず一回のレンダリングに時間がかかるため，視点位置を探し出し，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なく，可視化に関する専門的な知識も必要となってくる．

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，有益な視点を自動的に示す方法が，過去幅広い分野において提案されている．しかし，有効な視点は目的や対象によって変化するため，未だ画一化された有効な視点の定義が存在せず，既存の手法も一定の目的に特化したものが主である．そのため，本修士論文ではまず，良い視点の定義として，必要な情報を可視に不要な情報を不可視とする視点を，良い視点と定める．そして複数のプロパティを用いて視点位置の数値的評価を行うことにより，既存の手法を改良し，より汎用性の高い有益な視点選択を行なえるよう実験を行う．この視点選択手法を View Potential と名づけ，提案と実装を行った後，評価に用いる各プロパティ，可視面積，可視面の数，輝度，色差，オブジェクトの重みの視点選択における有効性について検証を行う．

目次

第1章	はじめに.....	1
第2章	関連研究.....	3
第3章	View Potential.....	8
第4章	View Potential の実装と評価.....	10
	4.1 輝度による評価.....	11
	4.2 色差による評価.....	12
	4.3 重要度の設定.....	14
	4.4 View Set.....	14
	4.5 視点の自動走査.....	15
	4.6 View Potential の計算時間.....	17
第5章	まとめ.....	18
	謝辞.....	20
	参考文献.....	21
	研究発表.....	22

目次

1	立方体を用いた Viewpoint Entropy の追試実験	5
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	5
3	光源の異なる同じオブジェクトの比較	6
4	View Potential 可視化パイプライン	10
5	立方体の Viewpoint Entropy+輝度を用いた評価	11
6	気温カラーマッピングによる色相の変化による印象の違い	13
7	オブジェクトの重要度	14
8	View Set	15
9	ビューの推移方向	15
10	視点の自動走査	16

表目次

1	View Potential Property.....	8
2	1 つのビューの View Potential 計算時間.....	17

第1章 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。近年、ハードウェア技術の発展に伴い、アニメーションや、ポリウムレンダリング・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た。また、結果をただ可視化するのではなく、対話性を持たせることにより、結果から得られる情報を簡単によりかつ多彩に可視化することが可能となり、可視化の活用方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た。

情報量の増大に対して次の問題が挙げられる。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多くの場合、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や、取捨される情報の重要度は可視化の目的に応じて変化する。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判別つかない上に一回のレンダリングに時間がかかるため、視点位置を探し出し、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なく、可視化に関する専門的な知識も必要となってくる。

可視化に関する専門的な知識が無くても視点選択を行なえるよう、有益な視点を自動的に示す手法は、過去幅広い分野において様々な方法で提案されている。本修士論文で我々は、視点位置に一定の評価基準を与えることにより、視点を数値的に評価し、最良のビューを選択する手法の改良を提案する。

以下 2 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，3 章では本修士論文で定義した View Potential について述べる．4 章で View Potential の実装とその評価について述べた後，5 章でまとめについて述べる．

第 2 章 関連研究

視点選択を行うためには、良いビューの定義が必要となる。可視化されたオブジェクトに対する最良のビューの定義は、過去様々な分野で提案が行われているが、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、利用者が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、用途に応じて異なった方法で提案されてきたビューの選択手法について述べる。

Kamada と Kawai[1], Roberts と Marshall[2]は、正投影図における良い視点とはカメラ位置から不可視である面が一番少ない視点であると定めている。しかし、この計測方法は限られた視点で評価を行っているに過ぎず、細部を見る場合には適していない。また、見えない面が等しいとき、視点の評価をすることができないという欠点がある。

Barral[3]や Dorme[4]は、Kawai らの手法を取り入れ、透視投影にも対応するように改良している。また、一つの視点からでは補えない情報を、カメラの自動探査によって視点を移動させていくことにより補完を行う。カメラの焦点を定め、カメラ位置から複数のベクトルを示し、各視点から見てもっとも良いビューが得られたベクトルを次のカメラ位置と定めることで、カメラの経路は決定付けられる。ビューの評価は可視面の数と可視面積によって行い、更に、可視面がこれまでの探査で既に可視であったかの判定も加えている。しかし、この手法では、穴を含んだオブジェクトの場合、問題を引き起こすケースが存在すると Vázquez[5]は指摘している。

Vázquez 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、単位はシャノンであらわされる。また、 $P_1=P_2=\dots=P_n=1/n$ 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する。

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

N_f はシーンにおける面の数、 A_i は面 $I \{i=1,2,\dots,N_f\}$ の投影面積を表し、 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ある。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、 A_0 の値は 0 となる。 A_i は面の投影面積と背景部分の和で、 $A_i \{i=0,1,2,\dots,N_f\}$ で表され、ビューの可視面積であるとも言い換えられる。 A_i/A_0 の値は、面 i と視線との角度を θ_i と定めた場合、 $\sin \theta_i$ に比例し、 θ_i 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 が等しくなるとき、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 に近づくと、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, 図2は実際に Viewpoint Entropy の性質を確かめるために, 立方体のオブジェクトを用いて行った追試実験の結果である.

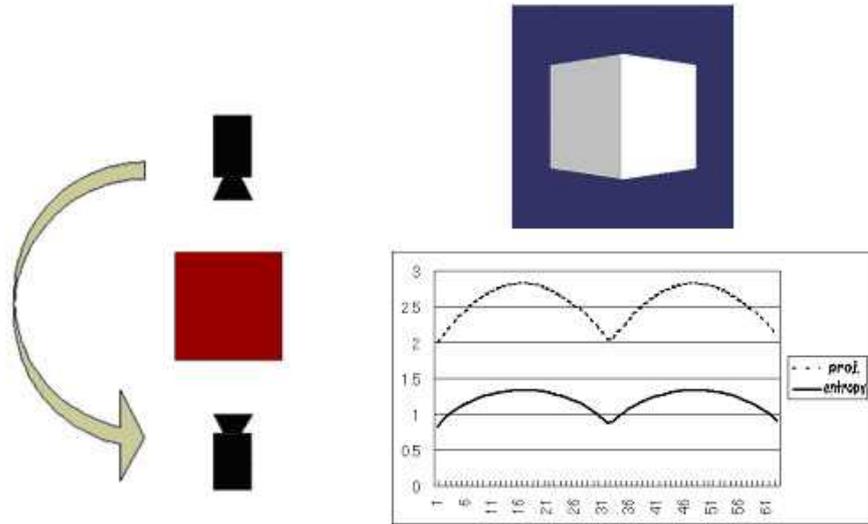


図1. 立方体を用いた Viewpoint Entropy の追試実験

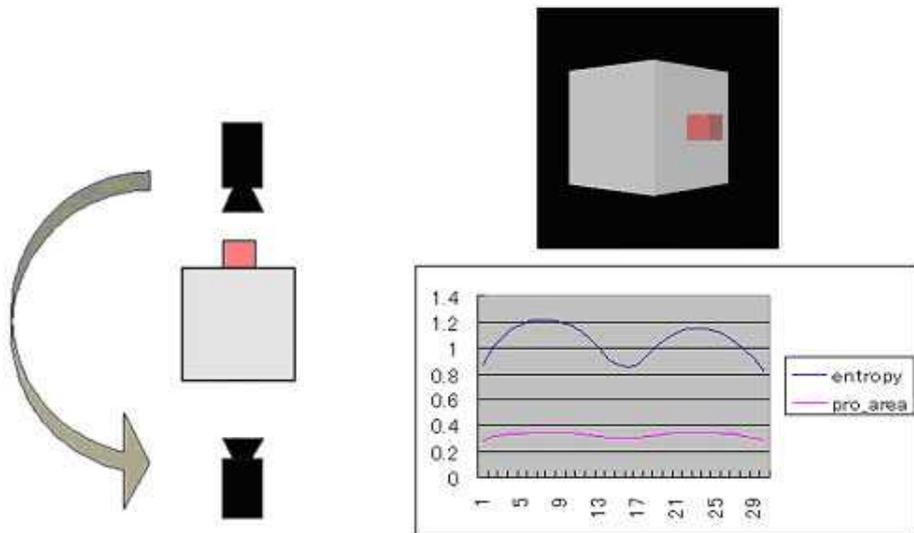


図2. 立方体を組み合わせたオブジェクトを用いた Viewpoint Entropy の追試実験

図1は、可視面積が変化に対する Viewpoint Entropy の値の変化を調べる。立方体のオブジェクトに対して図1のようにカメラを動かすことによって、可視面の数が常に一定で可視面積が変化していくビューが得られる。グラフは各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。破線が投影面積、実践が Viewpoint Entropy の値を示している。このグラフから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、Viewpoint Entropy の値は投影面積に比例して変化することがわかる。

同様に、図2のように可視面の数の変化に対する Viewpoint Entropy の実験を行う。図2は図1と同じ立方体に小さな立方体を組み合わせたオブジェクトに対して実験を行ったものである。図1と同様に視点位置を動かすと、投影面積は図1と殆ど変化がないが、小さな立方体が見える位置では可視面の数が増加する。グラフは図1と同様に Viewpoint Entropy と可視面積を示しており、可視面が増加することによりエントロピーが増加していることが確認できる。

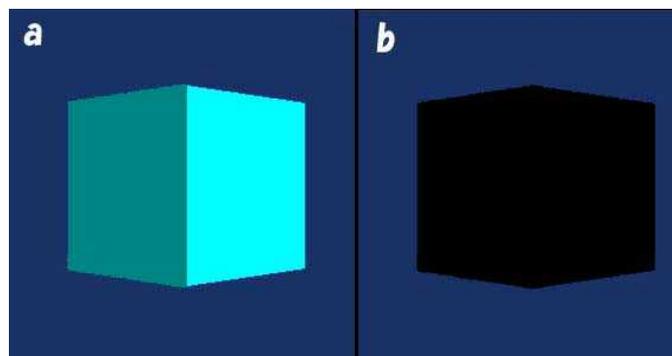


図3. 光源の異なる同じオブジェクトの比較

しかし、この手法では次のような場合問題が起きる。図3は、オブジェクトの光源を定め、視点位置の各エントロピーを求めたものである。この二つビューは、可視面の数・投影面積が共に等しく、同量のエントロピーの値が算出される。しかし、左のビューは、オブジェクトに照射される光量が足りないため、オブジェクトの認識がしにくくなっており、右のビューのほうが良いビューであることは明らかである。これ

は、Viewpoint Entropy は主に可視化オブジェクト全体の形状把握に適しており、色彩による情報や光による情報が無いためである。

そこで本修士論文では、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。

第3章 View Potential

表 1. View Potential Property

A0	Viewpoint Entropy
A1	luminance
A2	chrominance
A3	weight of objects
A4	view set

View Potential について提案を行う前に、良い視点の定義を定義する。本修士論文では、良い視点とは必要な情報を提示し、不必要な情報は不可視となる視点と定め、良いビューの算出を行う。

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、多方面からビューの評価を行なえるよう、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

$$V = \sum_{i=0}^n (a_{0,i} * W_0) * a_3 + W_1 * a_1 + W_2 * a_2$$

で表される。 $a_{0,i}$, a_1 - a_3 は A0-A3 の要素の情報量を示し、 W_0 ... W_2 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。 $i\{0..n\}$ 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 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。

表 1 の要素について詳しく述べる。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 1 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、色の变化は輝度ほど敏感に認識することが出来ない。例えば、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ことが挙げられる。

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めている。
RGB から YIQ への変換式は以下のようになっている

$$Y = 0.2990 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B$$

$$I = 0.5959 * R - 0.2750 * G + 0.3210 * B$$

$$Q = 0.2065 * R - 0.4969 * G - 0.2904 * B$$

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、知覚できる色の变化も変わり、変化が認識しやすい色相と認識が難しい色相が存在する。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のオブジェクトに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合を設定する。1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、計算量の軽減とともに、不要な情報の削除が可能となる。

本修士論文では、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。

A4の View Set はいくつかの特徴的なビューを選択することにより、単一のビューからでは補えない情報を得ることが出来る。

第4章 View potential の実装と評価

今回実装にあたって、Visualization Toolkit(VTK)というKitware社提供のオープンソースのC++可視化ライブラリを用いる。本修士論文では、VTKを用いて簡単に最適なビューの算出を行うために、視点選択のためのライブラリを作成し、VTK機能を拡張する。

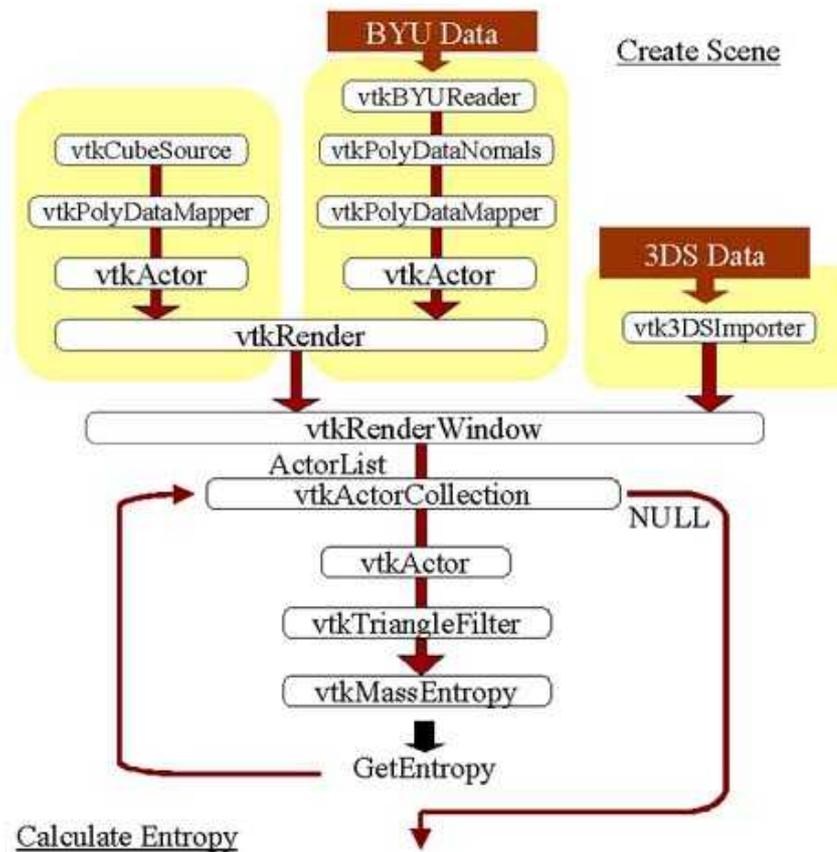


図4. View Potential 可視化パイプライン

図4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する．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

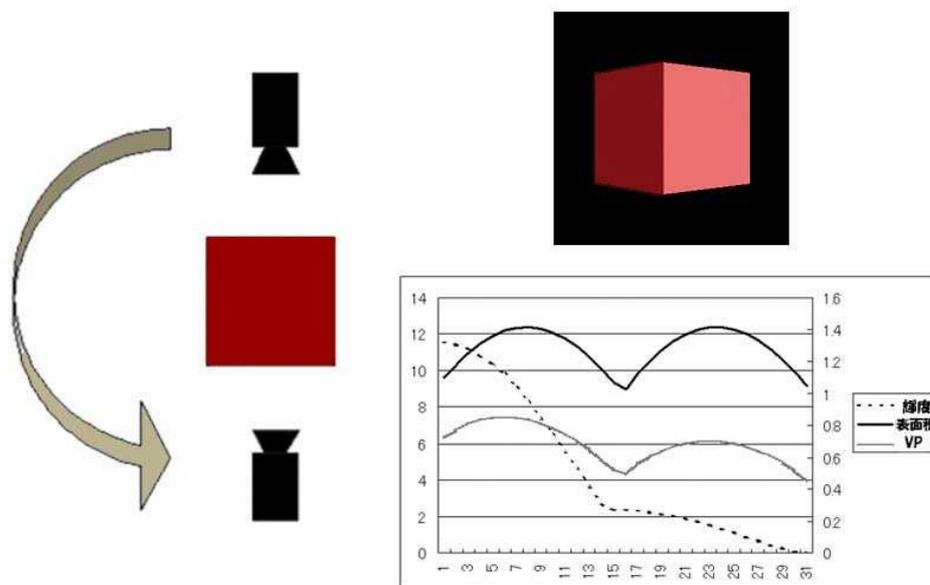


図5．立方体の Viewpoint Entropy+輝度を用いた評価

A1:輝度による評価の実験は以下のように行う．一般に光源が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ている．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う。輝度は全体的に低いと暗い画像、高いと色飛びが起こった画像が表示されるように、輝度のヒストグラムがどこか一部分に偏っているとコントラストの低い画像となる。対して、輝度の値が全体的に分布する時、コントラストが高い画像が得られる。そこで、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な視点を良い視点と定義し、評価を行う。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結果が図 5 の図である。

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ことが度々存在する。本修士論文では、色の変化の頻度を数値化するため、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。これにより、視覚的な色差では計れないデータ上の色の変化が求められる。

図 6 は、気温変化による色差が特徴的な値を示した高度を切り取ったものである。実験に用いたのは ECMWF(European Center 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

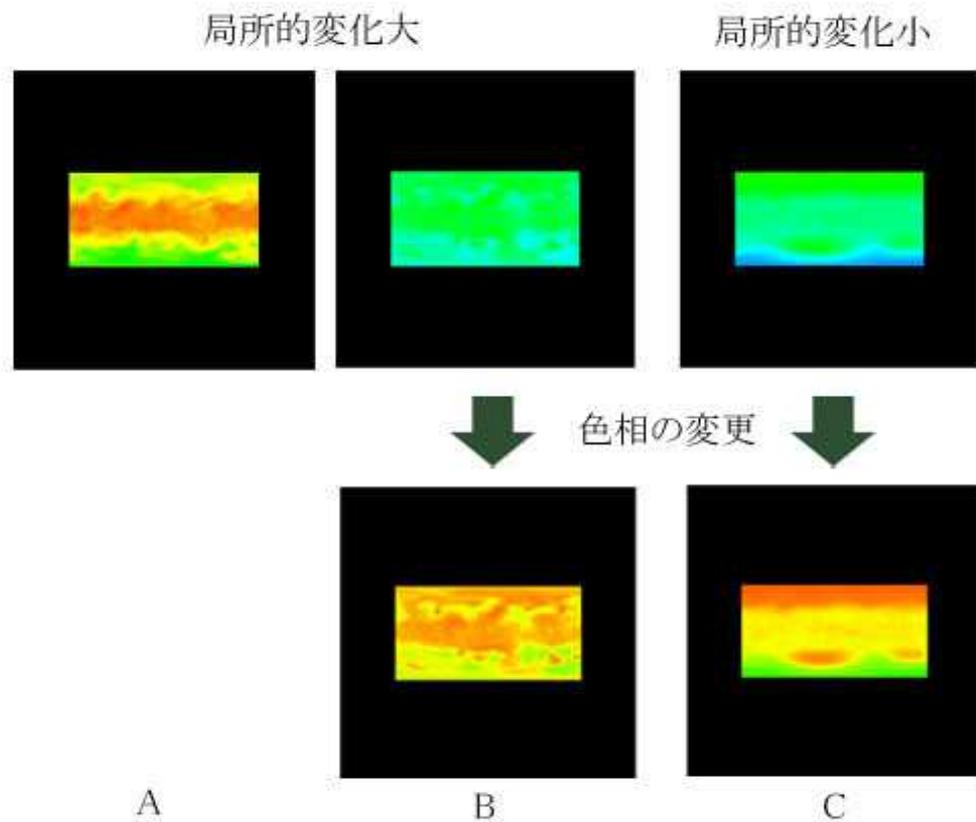


図6．気温カラーマッピングによる色相の変化による印象の違い

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6を見ると，一見色の変化が大きい時，大きな温度変化を示している．しかし，視覚的に見てBは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いためである．同じデータに対し図6の下段のようにカラーテーブルの色相を変更すると，先ほど視覚的に確認することが出来なかった色の変化が確認でき，Bの図はCに比べ，局所的に大きく数値が変動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

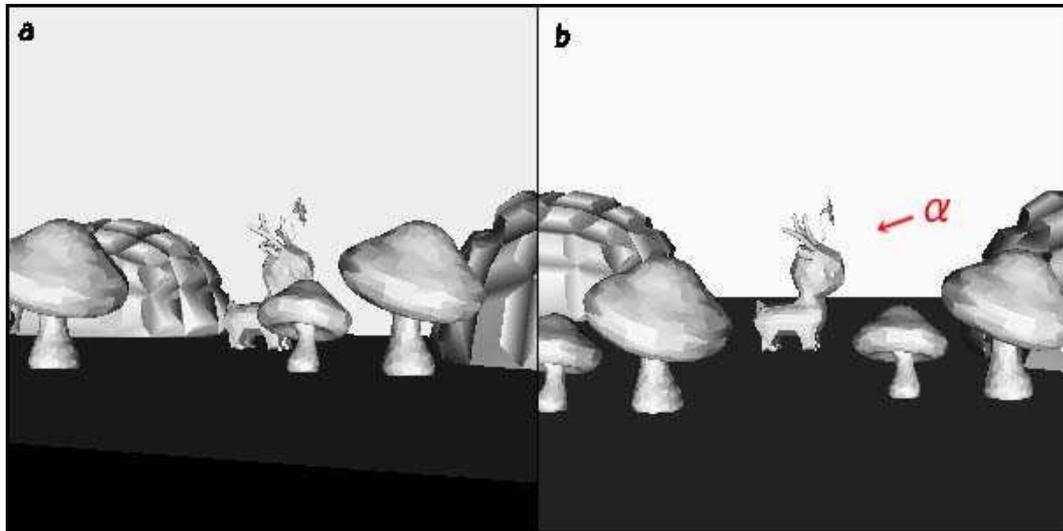


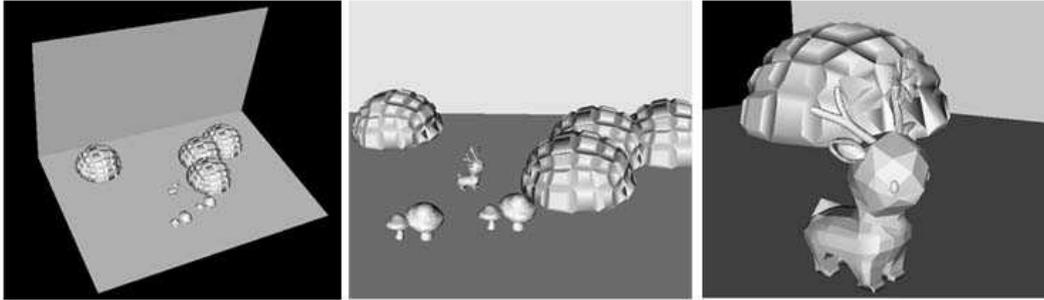
図7.オブジェクトの重要度

図7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と考えられる。そこで、シーンに対して円を描くようにカメラを動かし実験を行う。図7aは重み付けを行っていない場合に算出されたビューで、図7bは真中の鹿のオブジェクトに対して重み付けを行った場合に算出されたビューである。オブジェクトを観測したい場合に重みをつけることによって、図7b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7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、オブジェクトを中心としたビューが欲しい場合、そ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。

4.4 View Set

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



図．8 View Set

点からいくつかの異なる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角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ると共に、オブジェクトの詳細情報も得られ、可視化結果を容易に理解することができると思われる。(図8)

4.5 視点の自動走査

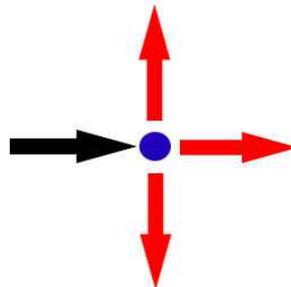


図9．ビューの推移方向

第4章の1節から4節にかけて、視点位置はシーンを包むように球状のメッシュを張り、その交差点を視点位置として定め、焦点に対して常に一定の距離を保った全ての視点位置、または一定の高さにある円周上の視点位置から評価を行っている。しかし、メッシュ上の全ての視点を計算すると計算時間がかかる上に無駄も多いため、評価する視点位置の削減を試みる。カメラをより評価の高い視点に移動させることにより、視点位置の自動走査を行う移動は現在の視点位置に対して図9のように焦点からの距

離が等しい3方向に対して計算を行い，3つのうちでより高い評価を出した視点位置を次のビューと設定することにより，より高い評価を算出するビューを探索していく．一定の間ビューがそれまでに算出されたビューの評価値を超えなくなる，もしくは1つの地点に収束すると走査を終了させる．図10はビューの推移を表している．図10のオブジェクトの場合，どの視点から始めて試みても，最終的に横方向から見たビューに収束する．

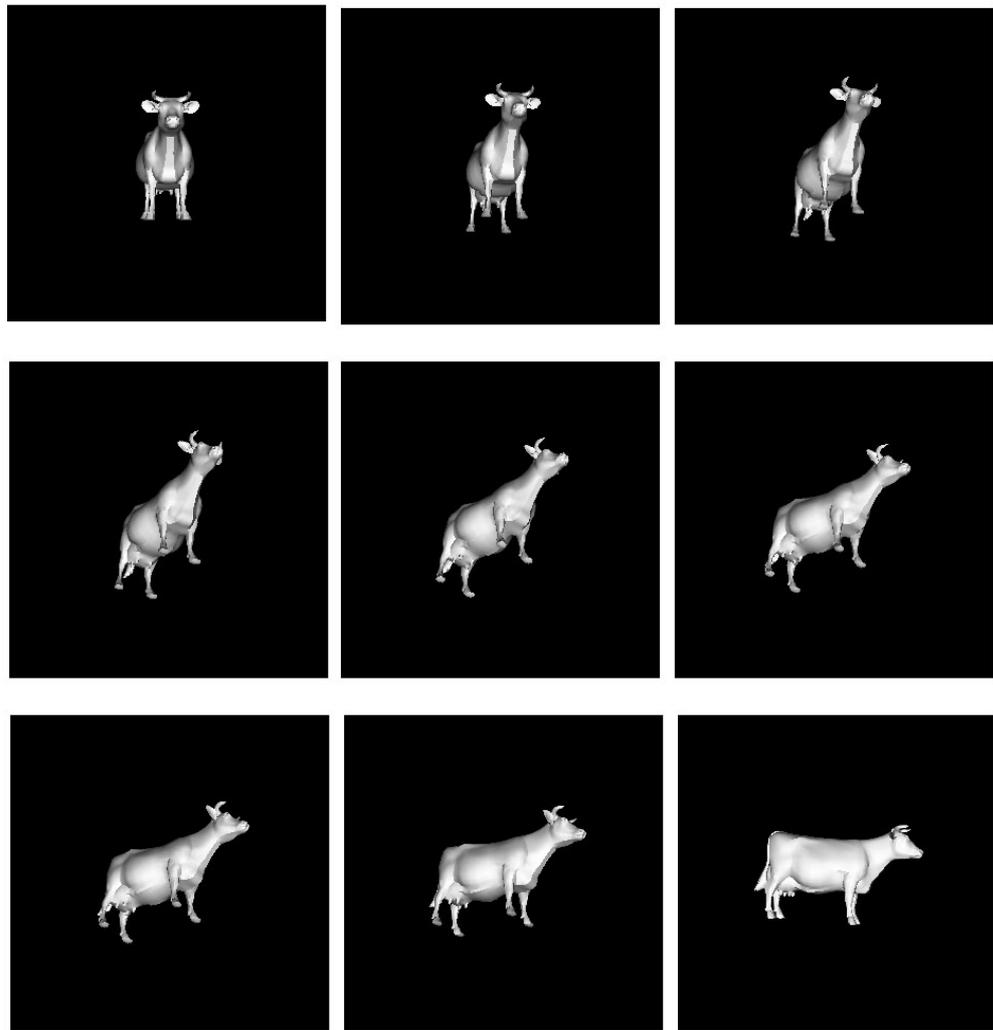


図10．視点の自動走査

4.6 View Potential の計算時間

第4章にて、様々なオブジェクトのビューの評価を行ってきたが、オブジェクトのビューの算出する上で、ビューの評価を行う計算時間は重要である。今回実験にはCPU2.66GHz、メインメモリ512MBのマシンで計算を行い、各オブジェクトのある一点におけるビューの評価時間の平均は表2のように示される。表2からビューの計算時間はセルの数に比例し、セルの数が多くなるにつれ、つまりはオブジェクトが複雑になればなるほど計算時間がかかることがわかる。

表2.一つのビューの View Potential 計算時間

	図1	図2	図7	図10
オブジェクトのセル数	12	24	6788	5804
一つのビューの計測時間 (単位：秒 30回平均)	0.536322581	1.086301587	376.8850645	243.1763871
計測時間 / セル数	0.0446935	0.045263	0.055522	0.041898

第5章 まとめ

本修士論文では、可視化に関する専門的な知識が無くても、容易に可視化を行うために、可視化支援の手法の一つとして視点の自動選択の研究を行った。視点の自動選択の試みとして、Viewpoint Entropy を改良し、複数の要素からビューの数値的評価を行うことで汎用性を高めた View Potential の提案を行った。視点選択に用いた要素は Viewpoint Entropy の評価要素であった可視面の数と可視面積に加え、輝度、色差、オブジェクトの重みを用いた。その有効性を評価するために、それぞれ実験を行った。実験の結果、次の4つのことが確認できた。1つ目は、可視面の数と可視面積によって、オブジェクトが最も大きく細かな部分が見えるビューを得たことである。2つ目として、輝度によって、ビューと光源の位置を考慮したコントラストの最も良い、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を得られた。3つ目として、色差を用いることによって、視覚的には判別のつかないデータ上の色差の数値化を行うことができた。4つ目は、オブジェクトの重みを取り入れることにより、容易に必要なオブジェクトの見やすいビューを得ることができたことである。

このように、複数の要素を組み合わせることで、単一の要素からでは得られない様々な特徴を持つビューが得られることが確認できた。しかし、現在の View Potential の定義では補えない情報も多く存在し、View Potential の改良の余地がある。

今回の評価要素の一つに輝度の値を用いているが、ビュー全体のコントラストで評価を行っているため、オブジェクトの細部が見難くなる場合がある。そのため、ビューの細部を評価するのに適した色差評価と組み合わせることにより回避できるのではないかと考えられる。また色差については、現在評価はデータ上の表色系のみで評価を行っているが、視覚的色差の評価も行う必要がある。それにより、テクスチャマッピングなど、視覚的評価の必要なオブジェクトにも対応できると考えられる。

また、今後の改善点として以下の事柄が挙げられる。まずは計算時間の短縮が上げられる。

現在一つのシーンのベストビューを算出するのに計算時間がかかり、リアルタイムな視点選択をすることが出来ない。現在 VTK ライブラリを用いて拡張することにより計算を行っているが、計算部分を DirectX や OpenGL を用いることによって、より迅速な計算が出来ないかと考えている。また CPU で計算を行っているところを、近年 GPU に提供された汎用的なシェードパイプを用いることにより、GPU で計算させることも考えている。評価を行なう視点の数が最小となるように、カメラの移動方法も課題の一つである。

現在、可視化対象によって各要素の重要度が変化し、各要素にかかる最適な係数の割合も変化する。そのため、より良い視点選択を行うためには適切な係数を探し出す必要がある。この係数の設定は現在可視化対象や目的に応じて設定しているが、各要素の評価の割合を簡単に設定できる GUI をライブラリと共に提供すると、より容易に、様々な可視化対象や目的に対して良いビューを提供できることが期待される。

謝辞

本研究を行うにあたり多大なるご指導とご協力を頂き、また、折に触れ、研究発表の場を与えていただきました城和貴教授に謹んで感謝します。様々な興味深い研究テーマを提示していただき、大変充実した研究生生活を送ることができました。また、就職活動の際には、就職の方向性を迷っていたところ、的確なアドバイスを下さり有難う御座いました。副指導教官としてご助言いただきました高田雅美先生には、研究面だけでなく学生生活においても大変お世話になり、心よりお礼申し上げます。

最後に、城研究室の皆様、友人そして家族には、研究だけでなく多方面から支えていただき、寝食を共にするなど笑いの耐えない充実した研究生生活を送ることができました。心より感謝いたします。

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

研究発表

国際会議(査読あり)

- ・ 「Automatic Viewpoint Selection for a Visualization I/F in a PSE」 2nd IEEE International Conference on e-Science 2006 and Grid Computing , Session on Innovative and Collaborative Problem Solving Environment in Distributed Resources , 27340103.pdf , (2006)

国内発表会

- ・ 「PV-WAVE による極成層圏における大気情報の 3 次元可視化 - 対話的なビジュアルデータマイニングに向けての試み」 , 可視化情報学会第 33 回可視化情報シンポジウム, A111 , (2004)
- ・ 「サイエンティフィック・ビジュアライゼーションの装飾効果」 , 動画処理研究会シミュレーション結果の高品位ビジュアライゼーション(2005)
- ・ 「Auto View Selection を実現する一手法」 , 情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会 , MPS62BIO7-13 , (2006)