

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330142

研究課題名(和文) 科学技術データにおける多変量データのための融合可視化環境の構築

研究課題名(英文) Integrated-visualization environment for multi-variate analysis in scientific field

研究代表者

竹島 由里子 (TAKESHIMA, Yuriko)

東京工科大学・メディア学部・准教授

研究者番号：20313398

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、科学技術分野で生成される多変量データにおける変数間の相関を把握しながら、物理空間内の振る舞いを理解できるようにするための、情報可視化と科学技術データ可視化を連携した融合可視化環境を構築した。科学技術データ可視化においては、対象データの特徴に基づき可視化パラメータ値を自動的に設定する機能を組み入れた。また、視覚に加えて力覚も利用することにより、より直感的な解析が可能となった。さらに、可視化履歴の一括管理機能を導入した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we proposed a new integrated-visualization environment which combined with information visualization and scientific visualization to understand the behavior of the target dataset in physical space while grasping the correlation between variables in multivariate data in scientific field. In the scientific visualization, we embedded a function to automatically set the visualization parameter values based on the characteristics of the target data. Moreover, by using haptic sense in addition to visual sense, more intuitive analysis became possible. In addition, we introduced a provenance management function of visualization processes.

研究分野：可視化

キーワード：可視化 多変量データ解析 可視化環境

1. 研究開始当初の背景

科学技術分野において、複雑な現象を解明するためには、複数要素の因果関係を調べることが必要不可欠である。そのため、数値計算や実験などによって、さまざまな分野で多変量データが生成されている。一般に、数値データの解析には可視化が広く用いられてきているが、1つの画像から認知できる視覚情報には限界がある。例えば、複数の物理値を同時に表現するためには、それぞれの物理値に異なる色や幾何形状を割り当てる必要がある。そのため、等値面やボリュームレンダリングといった従来法の科学技術データ可視化技法だけでは同時に呈示できる情報は、高々数種類に留まる。一方、多変量データを可視化する方法として情報可視化とよばれる、物理空間に依存しない可視化手法が提案されてきた。情報可視化では、多次元多変量のデータを2次元または3次元空間内に縮約して表示する。近年では、国内外を通じてさまざまな情報可視化技法が提案されているが、株式変動やクレジットカード履歴など、科学技術データと異なり、主に物理空間に依存しないデータを対象としている。そのため、航空機的设计変数の相関や、自然環境における大気の状態変化など、個々の変数の相関だけでなく、物理空間における振る舞いが重要となる場合においては、さらなる解析処理が必要となってくる。そのため、効率的かつ効果的に多変量データを解析するためには、変数間の相関を把握しながら、物理空間内での振る舞いも把握できるような可視化環境の早急な開発が必要不可欠である。しかし、科学技術データ可視化と情報可視化に関する可視化技法はそれぞれ独立に開発されてきている経緯があり、それらを連携させ両方の視点からの可視化を可能にしている環境は開発されていない。

2. 研究の目的

本研究では、科学技術データのための多変量データの解析環境として、可視化処理一括管理機構を保持しながら、従来の科学技術データ可視化と情報可視化を連携した融合可視化環境を構築する。代表的な科学技術データ可視化技法である等値面やボリュームレンダリングにおける適切な可視化パラメータ値を設定する方法や、区間型ボリュームとよばれる、特定の区間をもつ領域を抽出する可視化技法などと情報可視化技法を連携することにより、情報可視化画面で選択したデータの物理空間での振る舞いを並置する科学技術データ可視化画面で表示する。また、一連の可視化処理の履歴を管理し、その結果を保持することができる可視化処理一括管理機構を組み込む。これにより、物理空間の数値の分布状況と同時に変数空間でのデータの解析を行うことが可能になる。また、自動的に可視化パラメータ値を設定する機能を持

たせることにより、ユーザの負荷を軽減することも可能になると考えられる。さらに、可視化処理の履歴を保存しておくことにより、同様の処理を行う場合の教師データとして使用することや、初心者学習用のe-ラーニングデータとして利用することも考えられる。

3. 研究の方法

物理的な空間情報をもつ多変量データを扱うために、科学技術データの可視化技法と情報可視化の可視化技法が連携している環境を作成する必要がある。そのためには、それぞれの可視化技法を充実させる必要がある。

まず、科学技術データの可視化技法に関しては、代表的な可視化技法である等値面化、ボリュームレンダリング、矢印表示、流線表示機能を用意する。ここで、適切な可視化パラメータ値を設定するための支援機能をそれぞれの可視化技法に対して導入する。スカラ場の可視化技法の可視化パラメータ値設定には、微分位相構造を利用する。微分位相構造は、物理値の値ごとの分布状況の変化を捉えることが可能である。例えば、複数枚の等値面を同時に描画する場合に、大きさが異なる同様の形状のものを描画するよりも、構造が異なる面を描画したほうが、得られる可視化結果がもつ情報量が大きくなる。そこで、等値面の位相が変化する物理値を推奨閾値として提示する。ボリュームレンダリングにおいては、位相構造が変化する物理値を強調するように不透明度を設定する。図1に、3次元データにおける微分位相構造を示す。ベクトル場の可視化技法に関しては、矢印や流線の密度を調整するために、対象データのサイズに応じて、サンプリング間隔を自動的に調整する機能を加える。また、複数の変数を同時に表すために、視覚だけでなく力覚を利用した多感覚呈示機能を導入することにより、より複雑なデータを直感的に把握できる環境を構築する。なお、力覚装置には汎用デバイスであるGeomagic Touchを用い、ペン形状のスタイラスに抵抗を返すことにより、スカラ値を表現する。

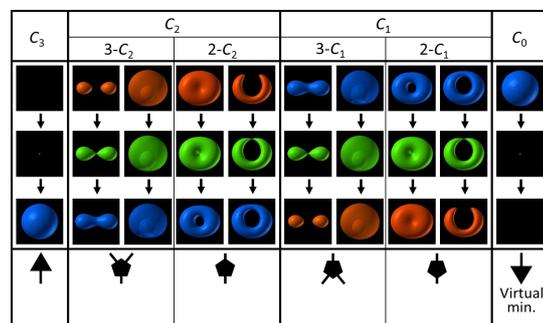


図1. 3次元データにおける等値面変化

次に、情報可視化技法に関しては、散布図マトリックス、平行座標法、自己組織化マッ

プを組み込む。これらは、多変量データを可視化する基本的な可視化技法である。

最後に、科学技術データ可視化技法と情報可視化技法の連携を行う。例えば、散布図マトリックスにおいては、各散布図の1点が1つの多変量データを表す。平行座標法では1つの折れ線、自己組織化マップであれば、1つの最小領域がそれにあたる。そのため、情報可視化画面で選択した多変量データを、科学技術データ可視化画面で3次元表示する。

一連の可視化処理に関しては、対象データ、可視化技法、生成された可視化結果とともに、可視化パラメタ値などを保存しておく。

4. 研究成果

科学技術データの可視化環境として、スカラー場の可視化技法である等値面化およびポリウムレンダリング、ベクトル場の可視化技法である矢印表示、流線表示の実装を行った。

等値面化およびポリウムレンダリングにおいては、対象データがもつ微分位相構造を事前に解析し、それらに基づいて可視化パラメタ値を自動的に設定する機能を加えた。図2に式(1)で表される解析的データの微分位相解析結果を示す。この例では、微分位相構造が変化している閾値は241, 247, 255である。なお、本データは値を0~255に正規化している。

$$f(x, y, z) = 4c^2((x-R)^2 + (z-R)^2) - ((x-R)^2 + y^2 + (z-R)^2 + c^2 - d^2)^2 + 4c^2((x+R)^2 + (z+R)^2) - ((x+R)^2 + y^2 + (z+R)^2 + c^2 - d^2)^2$$

$c = 0.6, d = 0.5, R = 0.2$

・・・式(1)

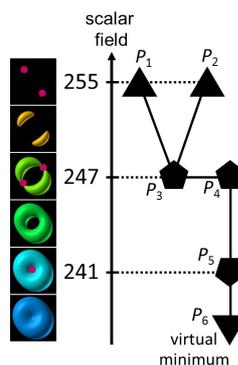


図2. 式(1)のデータの微分位相構造

等値面化では抽出した微分位相構造に基づいて、推奨閾値を決定する。このデータでは、等値面が変化する物理値（臨界フィールド値）である241, 247, 255, または、それらの中間値（代表フィールド値）である121,

244, 251, もしくは、これらの組み合わせを推奨閾値とする。ポリウムレンダリングにおいては、推奨閾値を強調するために、推奨閾値で不透明度が高くなるようなハット関数を定義する。本研究では、同じ位相をもつ領域の体積に応じて、不透明度を決定する方法を提案した。これにより、ハット関数の高さや幅を自動的に設定することができ、初期画像として適切な可視化結果を得ることが可能になった。図3に、歯のデータに対し、本パラメタ値設定法を用いてポリウムレンダリングした結果を示す。図から、歯の内部の構造がわかりやすく可視化されていることがわかる。従来法である、ユーザによる試行錯誤的な方法では、強調すべき値を見つげたり、適切な不透明度を設計したりすることは容易ではない。

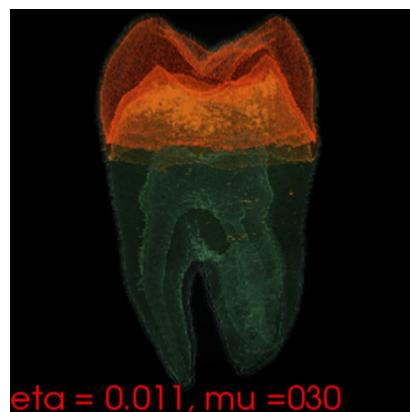
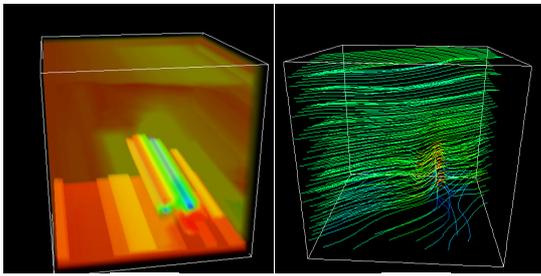


図3. 歯データのポリウムレンダリング結果

ベクトル場の可視化技法においては、データのサイズに応じて矢印や流線を描画する間隔を調整する。また、ベクトル場に関しては、力覚装置を利用することにより、他のスカラー場の情報と同時に、流れの方向や強さを直感的に知ることが可能になる。図4は、航空機後方に生じる乱気流データの多感覚呈示結果である。図4(a)は、圧力場のポリウムレンダリング結果、図4(b)は、力覚装置が通過する流線を表示した結果である。この例では、スタイラスの動きをわかりやすくするため、流線を表示しているが、通常解析画面ではこちらは表示しない。また、単一時刻の場合は、スタイラスは流線に沿って移動するが、時系列データの場合は、流跡線に従って力覚装置が移動する。今回の実験から、力覚は、視覚に比べて人間の知覚精度が低いいため、値の絶対値よりも、相対的な値の大きさの関係や、ベクトルの向きなどを把握することに向いていることが確認された。今後は、どの物理量を色や不透明度、形状にマッピングして可視化し、どの物理量を力覚にマッピングして直感的に呈示するべきなのかについて、より詳細な検討を行っていきたい。



(a) (b)

図 4. 後方乱気流データの多感覚呈示：
(a) ボリュームレンダリングによる可視化結果，(b) スタイルスが移動する流線の表示結果

情報可視化技法の表示は，散布図マトリクス，平行座標法，自己組織化マップを実現した．これらの技法では，変数の数が増えた場合には，変数同士をまとめることにより次元を下げる次元縮約などの手法を取り入れる必要があるが，今回は研究の対象外とした．今後の研究課題として，検討する必要がある．

科学技術データ可視化と情報可視化の連携により，科学技術データにおける多変量データの解析を効率的に行える環境が構築できた．今後は，実際の具体的な事例を適用することにより，可視化環境の改善などを行っていく予定である．また，可視化履歴の一括管理機能を構築することにより，どのような手順でデータを解析したのかという情報を一元管理する機能を導入した．今回は実現していないが，これらのデータを大量に蓄積・分析することにより，今後，可視化処理手順のガイドラインを作成し，e-ラーニング環境としての利用も可能になると考えられる．

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計4件)

鶴見沙織、加納 徹、竹島由里子、科学技術データ可視化のためのカラーマップエディタ作成、第79回情報処理学会全国大会、1X-9、2017年3月16日、名古屋大学東山キャンパス(愛知県名古屋市)

Yuriko Takashima, Issei Fujishiro, Multisensory Realization Using Topology-Accentuated Visualization, The 5th IEEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing, 2017年3月2日、ベトナム・ダナン

Yuriko Takeshima, Shigeo Takahashi, Issei Fujishiro, Parameter-Setting for Topology-Accentuated Transfer Functions for Volume Raycasting,

Topology-Based Methods in Visualization 2017, 2017年2月27日、慶應義塾大学三田キャンパス(東京都港区)

Yuriko Takeshima, Issei Fujishiro, Goal-oriented Application Design Guidance for Flow Visualization, SIGGRAPH ASIA 2015 Visualization in High Performance Computing, 2015年11月2日、神戸国際会議場(兵庫県神戸市中央区)

6. 研究組織

(1)研究代表者

竹島 由里子 (TAKESHIMA, Yuriko)

東京工科大学・メディア学部・准教授

研究者番号：20313398