

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号： 14301

研究種目： 挑戦的萌芽研究

研究期間： 2011~2012

課題番号： 23650049

研究課題名（和文） ポリュームレンダリング効能の評価方法論

研究課題名（英文） Methodology for Evaluating Visualization Effectiveness

研究代表者

小山田 耕二 (KOYAMADA KOJI)

京都大学・高等教育研究開発推進機構・教授

研究者番号： 00305294

研究成果の概要（和文）：

本研究では、ボリュームレンダリング向け評価手法の要素技術として、脳機能計測とアンケート調査を使った評価手法の開発し、データ値を色値に変換する際のカラー・グレイスケールの利用がデータ理解に及ぼす影響や複数画像を提示した際の脳賦活領域の存在についての確認に適用しその有用性を確認した。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we developed a methodology for evaluating an image generated by a volume rendering by using a measurement device of a brain function and a question survey. The developed methodology has been applied to confirm the influence caused by the employment of color or greyscale and an existence of a brain activation region during watching multiple images.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：可視化

1. 研究開始当初の背景

可視化研究においては、その効能について、これまで人間の特性という曖昧な表現でしか説明してこなかった。このため、可視化の効能を評価するための客観的方法論を提示することが期待されていた。最近、情報爆発時代における不可欠な技術として可視化技術の開発や先進的利用が注目されるようになってきた。また、隠蔽するよりも開示することのメリットを強調する観点で、テレビ番組においても可視化という言葉を目にするようになってきた。可視化は人類共通の言語であり、意識に直接働きかけるという効能をもっていると推測される。可視化元年からほぼ 20 年経って IEEE から出版された VRC (Visualization Research Challenges

Report) レポートでは、現在は、可視化技術の整備から可視化の意義：よい可視化とは何か？の探求に焦点が移ってきていると強調している。よい可視化とは、遠藤功著の「見える化」¹⁾でも述べられているように、行動誘引になるかどうか、すなわち人々のやる気を起こすきっかけや未知の現象を理解する手がかりになるかどうかで判断されるであろう。その効能については、可視化が「気付き」を引き起こし、その結果として理解や他者との対話を促進し、次なる行動の動機付けになるという仮説の検証作業を通じて、明らかにされていくものと期待されている。

可視化の効能を測定するために fMRI などの脳機能計測装置を使って賦活領域の特定が行われている。「気付き」と深い関連があ

るとされる「アハ体験」と脳の賦活領域との関連は脳科学研究成果として公表されているのでそこから得られる知見を活用する。この「アハ体験」は、人間の脳の不思議な能力を表すキーワードとして、最近脳科学で注目されている。提示された画像で「アハ体験」があったのかどうかについてはアンケートなどによる主観評価を行い、脳機能計測装置を使って特定された賦活領域との間の関連性について調査を行う。

可視化の効能を高めるには、意思とは関係なく「見える」状態にしておく必要があるとされ、視野いっぱい提示する環境が望まれる。高解像度画像を提示する環境としては、タイルド表示装置の利用が進んでいる。人間の網膜には1億個レベルの視細胞があるものの、商用の表示装置はせいぜい数百万画素程度の解像度であり、より視力にかなう解像度を実現するには比較的lowコストで高解像度の実現が可能なタイルド表示装置の活用が望まれる。タイルド表示装置とは、商用の液晶モニタをタイル上に配列させ、安価で高解像度を実現するための表示機構である。タイルド表示装置では、それぞれのモニタに表示するためのPCが必要となる。現在、京都大学学術情報メディアセンターで設置されたアジア最大級のタイルド表示装置では、液晶モニタを40台使って、ほぼ5000万画素の画像を表示できる。

fMRIなどの脳機能計測装置を使う場合には、提示できるボリュームレンダリング画像の解像度に限界がある。このため、タイルド表示装置を用いた実験では主観評価を主としたものを考える。可視化の効能が高いとされる画像を提示された利用者にとどのような行動が誘引されたのかを追跡調査できる点で意義深い研究であると考えられる。これは、可視化の効能の大きな仮説は、可視化は人間の知性を増幅するという人間回帰の仮説であり、これを検証するための枠組みを構築することの強い動機となっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ボリュームレンダリングの効能を評価するための方法論を開発し、その有用性の検証を行うことである。ボリュームレンダリングを含む可視化の効能については、可視化の意義に関心を持つ多くの研究者の興味をとらえ始めているものの、その評価方法については十分な検討がなされてこなかった。本研究では、可視化技術としてボリュームレンダリングを取り上げ、アンケート調査・脳機能計測による効能評価法の開発を行い、複数のボリュームレンダリング画像間の違いに関して、その気付きを促進させる可視化環境の枠組みについて検討を行った。

ボリュームレンダリングは、3次元空間で

定義された数値データ（ボリュームデータ）向けの可視化手法であり、対象とするボリュームデータを半透明の雲のように表現することによってデータの内部構造を含めた全体的な特徴をうまく表現する可視化手法である。さまざまな分野でその有用性が認められている。医療の現場では患者に症状を説明するために断層像からの立体構成されたボリュームデータからのボリュームレンダリングを日常的に実施している。また構造物の設計において強度等性能評価を行うために計算される数値シミュレーションが生成する膨大な数値データを理解するうえでボリュームレンダリングは必要不可欠なものとなっている。創薬の分野においても分子動力学シミュレーションが計算する電子密度関数データに対してボリュームレンダリングを行う分子間の反応容易性を検討している。

ボリュームレンダリングでは、視点と視線ベクトルを決めて、輝度値方程式を計算することによって、画像平面上における画素において、輝度値を計算する。実際に、ボリュームデータをグラフィックスディスプレイ上に表示するためには、視点と画素を結ぶすべての視線に対して、輝度値方程式を計算する必要がある。すなわち、視線上に設定されたサンプリング点ごとに評価された発光量（色成分）および不透明度を使って輝度値を計算する。一般に、ボリュームレンダリングでは、入力となるボリュームデータの数値データは、スカラーデータとして表現されている。そのため、輝度値を計算するためには、伝達関数を利用して、スカラーデータを色成分と不透明度に変換する。この変換において任意性が発生し、与えられたボリュームデータから無限ともいえるパターン画像が生成されることとなる。医療などの分野ではある程度決まった伝達関数が用意されているものの未経験の症例については試行錯誤で伝達関数を調整することとなる。伝達関数をうまく設定しないと意味のない可視化画像を作り出してしまう危険性をもつ。

ボリュームレンダリング画像を見た利用者の「気付き」のレベルを測定することによりその画像の有用性について評価する方法論を提案する。「気付き」をどのように評価するかについて主観的評価と客観的票評価の二つを導入する。前者では、画像を提示された利用者に対してアンケート調査を行い、ある条件で生成されたボリュームレンダリング画像により「気付き」を得たかどうかを問う。後者については脳機能計測装置を利用して脳内部の「気付き」に関係するとされ領域が賦活しているかどうかを調べる。実験に使うボリュームデータとしては日常的によく利用される構造物の断層像から構成されたボリュームデータなどを利用し、気付きを

測定しやすいように工夫する。伝達関数などボリュームレンダリング画像生成で利用するパラメータが人間の「気付き」にどの程度役立つかが明らかになると利用目的に適った伝達関数作成のガイドラインが作成できる。現在は、数値データの増加に伴って青・緑・橙・赤というように色に変化する伝達関数が多く用いられているが、果たしてこれでよいのかについての指針も得られる。また「気付き」により賦活される脳の領域間の連鎖を明確化することにより「気付き」を得た利用者が理解を促進し、次なる行動につなげていく脳内メカニズムも明らかにできるものと期待する。

3. 研究の方法

ボリュームレンダリングでは、データ値を色値に変換してから画像化するために、この変換がデータ理解に及ぼす影響を評価する必要がある。このため、単純なデータ分布をさまざまな変換を通して画像化したものを被験者に提示し、どの変換方法がデータ分布の正確な理解に資するのかわかると確認することとした。この目的を達成するために Excel の円グラフを使って、色の豊富な表現とグレースケールの表現による効能の違いについて実験を行った。

① 方法 1

この調査では、Excel で描出されるデフォルトのカラフルな塗り分けの図 1 左端の円グラフをもとに、表 1 に示す方法で作成し図 1 右 5 種類のグレースケールの円グラフを Web 上に表示して「最も見やすい（または分かりやすい）」と思うものを選択させた。

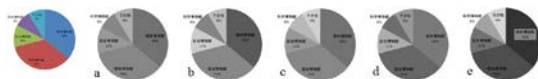


図1 円グラフ事例

回答の収集にグーグルフォームを活用し、回答期間は授業日から 3 週間とした。被験者が回答する際の使用 OS やブラウザ、モニターのカラー調整などに条件を設けておらず、各自の Web 環境のもとに回答させている。

② 方法 2

均質な集団として、方法 1 とは異なる大学の 2 年生女子 24 名を選び、2012 年 5 月 1 日に行った授業の最後に受講生の理解を得て調査を実施した。講義では方法 1 と同様の色覚の実態と色覚バリアフリーなプレゼンテーション法の解説を含む講義を行った。

被験者には図 2 の 4 組の円グラフを紙に印刷して見せ、「最も見やすいと思うもの」を回答票に記入させた。口頭で「最も分かりやすいと思うものを選んでよい」と補足している。

方法 2 に用いた円グラフはすべて Excel で作成し、方法 1 より相対的に少ない手順で描画している。

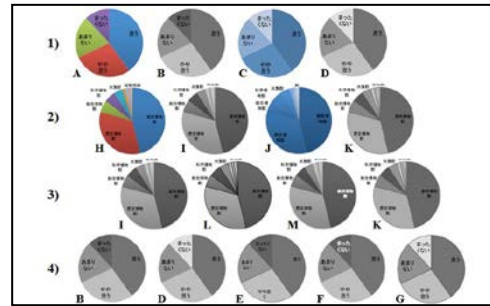


図2 方法2に用いた4組の円グラフ組合せ

各円グラフのパイの塗り分けに関する作成手順は表 3 のとおりである。表 4 はその結果である。

4. 研究成果

回答の収集にグーグルフォームを活用し、回答期間は授業日から 3 週間とした。被験者が回答する際の使用 OS やブラウザ、モニターのカラー調整などに条件を設けておらず、各自の Web 環境のもとに回答させている。表 2 は結果である。

前述の調査の結果について母割合の信頼区間を求めたところ、境界線のないグレースケールの円グラフについて、b および e が 95% 有意で見やすいと支持された。また、方法 2 の結果について、1) の組み合わせで 95% 有意でカラフルな円グラフが支持されたが、2) ではそのようなことはなく、グレースケールのみで比較した 3) と 4) では 99% 有意で L と G が支持された。この結果、グレースケールを用いた線形変換において、データ分布の誤解を引き起こすことが少ないことが示された。

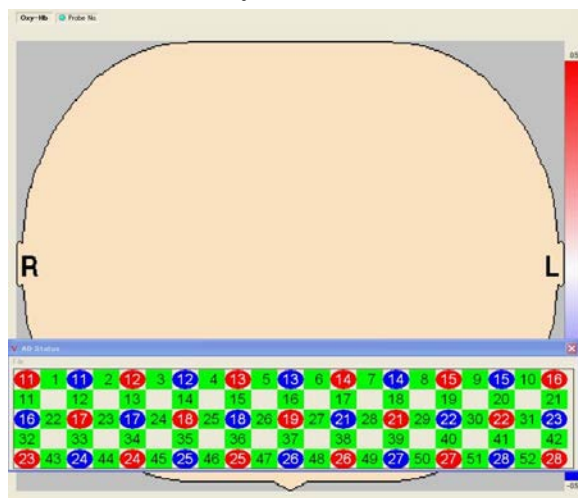


図3 センサーの位置とその番号
また、脳機能計測による可視化効能法開発

に関する基礎的実験を行った。脳機能計測法としては MRI が広く用いられているが、実験時には被験者が閉所に仰臥する必要があり、心理的圧迫が少なからず存在する。このため、今回は、通常の研究者が執務する状態に近い姿勢で計測を行うことのできる光トポグラフィー (NIRS) を使った脳機能計測を実施した。光トポグラフィーは、レスト状態に対するタスク状態の血流におけるヘモグロビン濃度の変化量を計測するものであり、今回採用したタスク状態は、秒間背景画像提示、30 秒間計測対象画像を提示することとし、また、レスト状態は、タスク状態の前後で、10 秒間、20 秒間それぞれ、白背景画像を提示することとした。

図 3 は NIRS において頭部に装着したセンサーの位置と番号を示すもので全部で 52 か所の波形データを取得した。

図 3 はある画像を提示した際に取得した波形データを重畳したものであり、図 4 はそれらを平均化したものである。

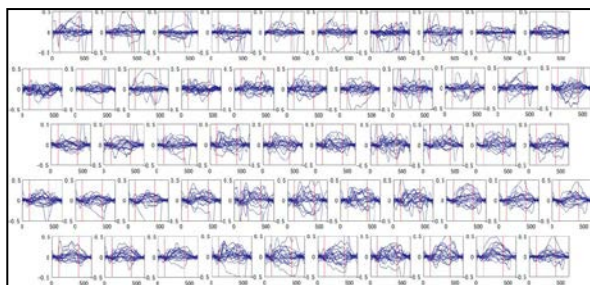


図 4 52 点での波形データ (重畳分)

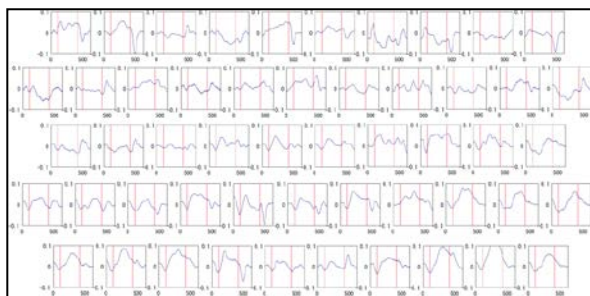


図 5 52 点での波形データ (平均化分)

この結果、ある対象画像については、レストとタスク状態の間に有意差を認めた。この基礎実験をもとに、今後は、二枚のボリュームレンダリング画像に関して、並置・重畳の二つの方法で提示し、その効能の差について明らかにしていく予定である。

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 3 件)

- ① Koji KOYAMADA, “An Effectiveness Verification Method for Visualizing a Disaster Simulation”, DS’ 11, 2011.9.17, Kobe
- ② 持元江津子、坂本尚久、小山田耕二, “グレースケールの有用性：簡便な作成方法による色覚以上に配慮したグラフの見易さに関する変化の検証方法について”, 可視化情報学会全国講演会, 2012.10.4, 姫路
- ③ 持元江津子、坂本尚久、小山田耕二, “色覚バリアフリーな円グラフの見易さについて：Excel で描画できるグレースケール・デザイン活用の可能性”, 芸術科学会 NICOGRAPH 2012 Autumn, 京都大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小山田 耕二 (KOYAMADA KOJI)

京都大学・国際高等教育院(旧高等教育研究開発推進機構)・教授

研究者番号：00305294

(2) 研究分担者

土佐 尚子 (TOSA NAOKO)

京都大学・情報環境機構・教授

研究者番号：40521117

(3) 連携研究者 なし