

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730080

研究課題名(和文) 操作履歴情報の利用によるVR可視化の効率化

研究課題名(英文) Effective VR Visualization using Selectable Operation List

## 研究代表者

川原 慎太郎 (KAWAHARA, Shintaro)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球情報基盤センター・技術研究員

研究者番号：60415982

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：VR可視化の効率化を目的として、VR可視化ソフトウェアVFIVEで記録した操作履歴中から、特定の有用な操作群を抽出するための手法を検討した。また、操作履歴の表示および選択のための携帯端末用ユーザインタフェースに対して、検討した手法を実現する為の機能の実装を行った。VR可視化の効率化の一環として、VFIVEを安価なヘッドマウントディスプレイ型VR装置上でも動作するようにし、デスクサイドVR可視化環境を構築した。

研究成果の概要(英文)：In order to high efficiency visualization using the virtual reality (VR) technology, a method for reapplying arbitrary operations selectively from the operations that were applied by VFIVE, a visualization software for CAVE-type VR system, is examined. The method implemented to the web application for hand held devices. As part of the high efficiency of VR visualization, VFIVE is ported to an inexpensive head-mounted display type VR device.

研究分野：データ可視化

キーワード：VR可視化 操作履歴 携帯端末 ユーザインタフェース HMD

### 1. 研究開始当初の背景

CAVE 型バーチャルリアリティ (VR) 装置を用いた三次元データ可視化は、データ内に含まれる種々の現象の三次元構造を直感的かつ容易に理解可能であることから、データ解析のための有効な手段の一つとして知られている。このような装置に対応した可視化ソフトウェアとして、装置内でのユーザのインタラクティブなコントローラ操作により可視化手法を即時適用可能なものは特に有用であるが、それらの操作により描画された可視化結果に特徴のある構造を持つ現象を発見したとしても、既存のソフトウェアにおいて、描画結果に対応する可視化操作を特定・再適用する機能を有する物は皆無である。ベクトル場の解析に用いられる流線表示を例にとると、流線追跡の開始点を無作為かつ大量に指定した場合において、描画された流線群中に特徴的な三次元構造を有するものを発見したとしても、該当する流線がどの開始点に起因するものであるかを知ることは極めて困難であった。

この問題を解決するためのアプローチとして、ユーザが行った可視化操作の全履歴中から必要な操作のみを選択的に抽出・再適用することで、VR 可視化を用いたデータ解析を高効率化できると考え、CAVE 型 VR 装置用可視化ソフトウェア VFIVE を拡張し、そこで適用した可視化操作の履歴中から、任意の可視化操作のみの選択的な再適用を可能とするための携帯端末用 Web アプリケーションを開発した。これを用いることにより、特定の可視化操作の選択的な再適用が可能となった。しかし、これはあくまでもトライアンドエラー的な選択を可能とただけに過ぎず、膨大な操作履歴中に点在する重要な可視化操作群の効率的な抽出という点において課題を残した。

### 2. 研究の目的

本研究では、可視化ソフトウェアの操作履歴中から特定の有用な操作群を抽出するための条件付けや、それらの提示や選択を行うためのユーザインタフェースの改良に関する研究・開発を実施する。これらを通じて VR 可視化の高効率化を目指す。

### 3. 研究の方法

(1) VR 可視化ソフトウェア VFIVE で記録した操作履歴中から、ユーザが再適用する可能性が高い操作群を抽出するための手法を検討するとともに、操作履歴の表示および選択のための携帯端末用ユーザインタフェースに対して、検討した手法を実現する為の機能の実装を行う。

(2) VFIVE を安価なヘッドマウントディスプレイ型 VR 装置上でも動作するようにし、デスクサイド VR 可視化環境を構築する。

### 4. 研究成果

(1) これまでに実施した研究において、操作履歴をテキストファイル (以下履歴ファイル) として記録する機能については VFIVE に実装済みである。履歴ファイル中での各可視化操作は、可視化手法、可視化対象となるデータの種別、可視化パラメータの三要素から構成されるが、本研究では新たな要素として、直前の可視化操作適用時から起算した経過時間を加えた。

Web アプリケーションは VFIVE により逐次更新される履歴ファイルを Web サーバ経由で取得し、可視化操作の種別毎に分類されたツリーリストとして、ユーザの持つ携帯端末上にグラフィカルに提示する。CAVE 型 VR 装置内での Web アプリケーションの操作の様子を図 1 に、携帯端末上での Web アプリケーションの表示の様子を図 2 に示す。提示されたツリーリスト上から任意の可視化操作をユーザが選択することにより、その操作に対応付けられた操作のみが VFIVE 上で即座に再適用される (図 3)。

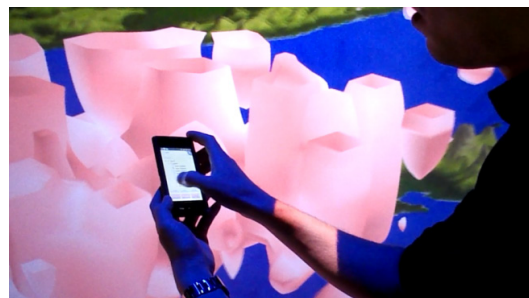


図 1 CAVE 型 VR 装置内での Web アプリケーションの操作の様子。Web アプリケーションを用いて特定の可視化操作を選択的に再適用する。Web アプリケーションの実行には無線接続した Android 端末を用いている。

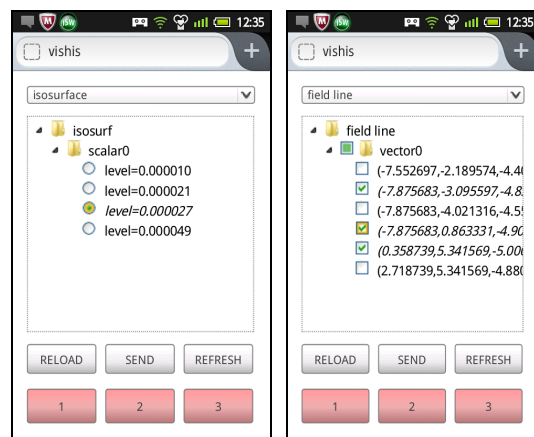


図 2 携帯端末上での Web アプリケーションの表示の様子。等値面の閾値選択 (左) ではラジオボタンによる排他的選択を、流線の開始点の選択 (右) ではチェックボックスによる複数同時選択を行うことができる。

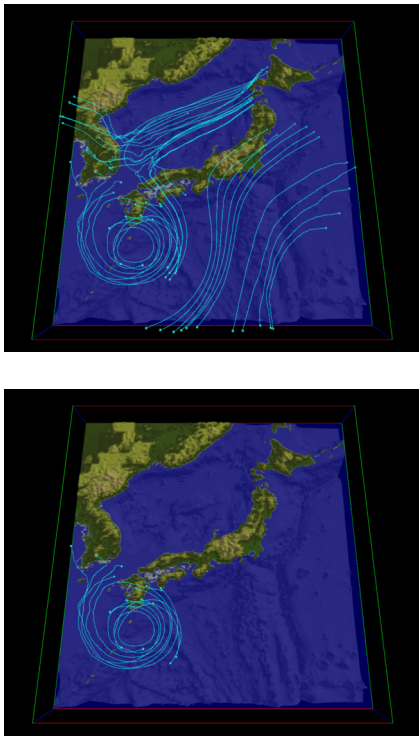


図 3 Web アプリケーションを用いた特定の可視化操作の再適用結果。描画した全ての流線（上）と、可視化操作の選択的再適用により描画した流線群（下）。渦構造を持つ流線のみが選択的に再描画されていることがわかる。

本システムにおいて、携帯端末上に一度に提示可能な情報量には限界があるため、履歴中に含まれる操作数が膨大になった場合には、その中から必要な操作を見つけ出すことが困難となる。そこで、操作履歴を区切る概念（セパレータ）を導入することにより、端末上に提示される情報量を制限した。これは、特徴的な構造または現象を示す描画結果が得られたと操作者自身が判断した場合に、可視化操作の一つとして「セパレータを挿入する」という操作を操作者自身に行わせるものである。ユーザが再適用したい可視化操作は、挿入されたセパレータの直前の操作群に含まれる可能性が高い。それらの操作群のみを携帯端末上に表示することにより提示される情報量を制限した。その概念図を図 4 に示す。また、セパレータ挿入時に可視化結果を併せて保存・参照できるようにすることにより、目的の操作が含まれているかどうかのプレビューができるようにした（図 5）。

一方、本機能は操作者の自発的な行動（コントローラからのセパレータ挿入操作）に依存するものであるため、操作自体を忘れることは容易に想像できる。そこで、履歴ファイル中に記録した可視化操作間の時間間隔が閾値を超えた場合は、有効な描画結果が得られたために長時間の観察行動を促したものとみなし、「セパレータを挿入する」操作と同義とした。これら両者を併用することによ

り、携帯端末上に提示される情報量（可視化操作数）を制限する仕組みを Web アプリケーションに導入した。その概念図を図 6 に示す。

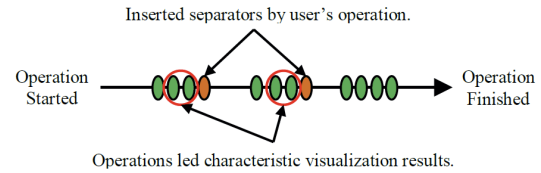


図 4 操作者の自発的行動に基づく可視化操作の抽出手法の概念図。横軸は時間、緑の楕円は可視化操作が行われたことを示す。オレンジ色の楕円は操作者により挿入されたセパレータを示す。挿入されたセパレータの直前に有用な操作が含まれる（赤丸部）と仮定し、Web アプリケーションでの表示対象とした。

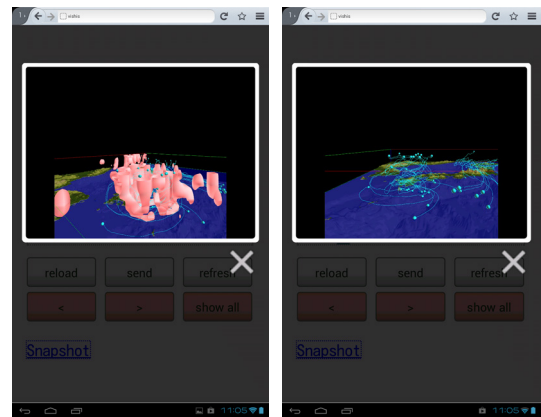


図 5 携帯端末上での Web アプリケーションの表示の様子。セパレータが挿入時に保存した描画結果を確認することができる。

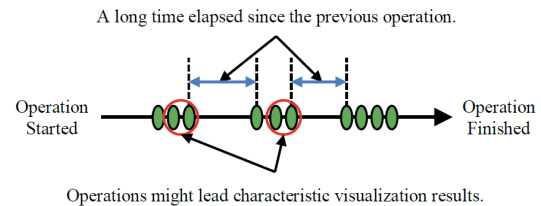


図 6 可視化操作間の時間間隔に基づく可視化操作の抽出手法の概念図。横軸は時間、緑の楕円は可視化操作が行われたことを示す。操作間の時間間隔が閾値を超えた場合（点線間の両矢印）、その直前に有用な操作が含まれる（赤丸部）と仮定し、Web アプリケーションでの表示対象とした。

地球シミュレータを用いたシミュレーション結果を可視化対象とし、被験者実験を実施した。被験者として、可視化操作中に特徴のある構造を持つ描画結果が得られた場合における観察行動を期待し、シミュレーションの内容を熟知した研究者一名を用いた。実験に際し、「セパレータを挿入する」機能については被験者に説明し、積極的な利用を促

したが、可視化操作間の時間間隔を用いた機能についての説明は行わなかった。

実験の結果を図7に示す。この結果、操作者自身が自発的に挿入したセパレータの他、操作間の時間間隔が設定した閾値を超えたためWebアプリケーションにより四つのセパレータが自動挿入されたことが確認された。また、Webアプリケーションを用いた可視化機能の再適用を行わせたところ、被験者からは「目的の可視化操作を効率的に再適用することができた」という評価を得た。

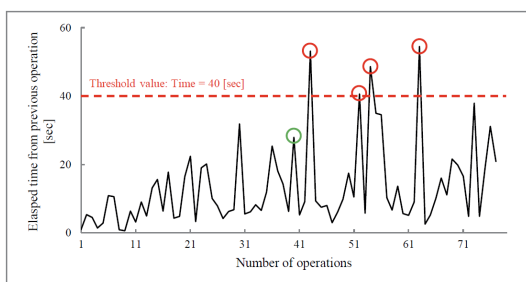


図7 被験者実験の結果。横軸は適用した可視化操作の識別番号、縦軸は操作間の経過時刻を示している。緑丸は「セパレータを挿入する」という操作が行われた箇所。赤丸は閾値(40秒)を超えたためWebアプリケーションが自動挿入したセパレータを示す。

(2) VR技術を用いたデータ可視化の高効率化の一環として、ヘッドマウントディスプレイ型VR装置であるOculus Rift(図8)上で動作するよう、VFIVEの移植を行った。



図8 使用したヘッドマウントディスプレイ(Oculus Rift DK2)。外部映像の取得用に、ステレオカメラ(OVRVision)を機器前面に装着した。

Oculus Riftのヘッドトラッキング機能と、別途用意したワイヤレスコントローラによる入力操作を組み合わせることにより、大型かつ高額なCAVE型VR装置を持たずとも、研究者はデスクに居ながらにしてVR可視化を行うことが可能となった(図9)。また、ヘッドマウントディスプレイ装着時に外界の視覚的情報が遮断される問題を解決するために、Oculus Rift前面に取り付けたステレオカメラで取得した実空間映像に対して、コン

ピュータグラフィックスによる可視化結果のオーバーレイ表示機能を新たに追加した(図10)。これにより、装置を装着していない他者との間でコミュニケーションを取りながら効率的に可視化作業を進めることを可能とした。

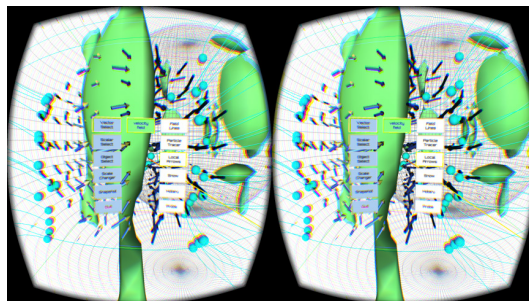


図9 vFiveの実行画面のスクリーンキャプチャ。画面中央に可視化機能選択のためのメニューが表示されている。サイドバイサイドで両眼用画像が描画されており、Oculus Riftを用いることで、立体映像として装着者に提示される。

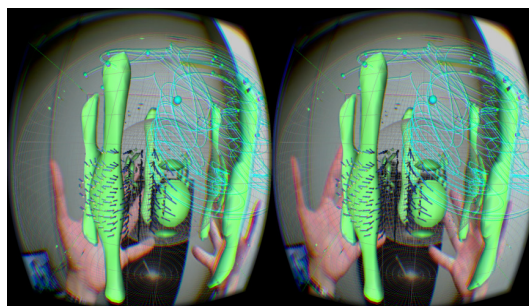


図10 vFiveの実行画面のスクリーンキャプチャ。コンピュータグラフィックスによる可視化結果を、ステレオカメラで取得した実空間映像にオーバーレイ表示している。

## 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)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① Shintaro Kawahara, Akira Kageyama, Data Visualization by Video See-Through Head Mounted Display, Plasma Fusion Research, 査読有, Vol. 10, 2015, DOI:10.1585/pfr.10.1201087
- ② Fumiaki Araki, Shintaro Kawahara, Daisuke Matsuoka, Yumi Yamashita, Studies of Large-Scale Data Visualization and Visual Data Mining, Annual Report of the Earth Simulator Center, 査読無, April 2013 - March 2014, 2014, pp. 169-172, <http://www.jamstec.go.jp/ceist/j/publ>

〔学会発表〕（計 7 件）

- ① 川原 慎太郎、陰山 聡、Oculus Rift を用いたデータ可視化の試み、第 71 回 CG・可視化研究会（CAVE 研究会）、2016 年 1 月 14 日、統計数理研究所（東京都立川市）
- ② 川原 慎太郎、陰山 聡、ビデオシースルー HMD によるデータ可視化、バーチャルリアリティ技術などを用いた可視化表現法の研究会、2016 年 1 月 13 日、自然科学研究機構 核融合科学研究所（岐阜県土岐市）
- ③ Shintaro Kawahara、Akira Kageyama、Porting of visualization software to Oculus Rift、The 34th JSST Annual Conference / International Conference on Simulation Technology (JSST2015)、2015 年 10 月 13 日、富山国際会議場（富山県富山市）
- ④ 韓 玉、川原 慎太郎、陰山 聡、VR 可視化ソフト VFIVE の Oculus Rift への移植、可視化情報学会全国講演会 2015、2015 年 10 月 11 日、京都工芸繊維大学（京都府京都市）
- ⑤ 川原 慎太郎、荒木 文明、操作間の時間間隔に基づく VR 可視化操作の抽出手法、第 19 回計算工学講演会、2014 年 6 月 13 日、広島国際会議場（広島県広島市）
- ⑥ 川原 慎太郎、操作間の時間間隔に基づく可視化操作の抽出手法、バーチャルリアリティなどによる可視化表現法に関する研究会、2014 年 1 月 22 日、自然科学研究機構 核融合科学研究所（岐阜県土岐市）
- ⑦ Shintaro Kawahara、Fumiaki Araki、Effective VR Visualization Focused on Time Interval between Visualization Operations、The 32nd JSST Annual Conference / International Conference on Simulation Technology (JSST2013)、2013 年 9 月 12 日、明治大学（東京都千代田区）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川原 慎太郎 (KAWAHARA, Shintaro)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球情報基盤センター・技術研究員

研究者番号：60415982