

平成30年6月18日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2017

課題番号：26700010

研究課題名(和文)地球流体シミュレーションのための多変量データ可視化手法の開発とその応用

研究課題名(英文)Development of multivariate data visualization and its application for geofluid simulation

研究代表者

松岡 大祐 (MATSUOKA, Daisuke)

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：80543230

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、情報量が膨大である大気や海洋、地震・津波等の大規模シミュレーション結果に対し、データ全体の俯瞰的な理解や、有益な情報のみを抽出するための可視化手法の開発を行った。特に、多次元・多変量データの効果的な可視化表現手法や、解析者による視覚的な分析をインタラクティブに取り込んだ特徴抽出手法を開発し、海流や海洋渦、モード水、積雲、ソリトン波等、複数の物理量に起因する現象や構造を明らかにするための可視化を行った。

研究成果の概要(英文)：In the present work, we developed data visualization method which enables comprehensive understanding and extraction of useful information for geo-fluid simulation results. In particular, we succeeded in visualizing physical phenomena and structures, such as ocean currents, ocean eddies, mode water, cumulus and soliton wave, by using our proposed multivariate feature representation and multivariate feature extraction.

研究分野：可視化情報学

キーワード：可視化 海洋 気象

1. 研究開始当初の背景

スーパーコンピュータの性能向上により、気象や海洋、固体地球など、地球科学分野の大規模シミュレーション結果は、データサイズだけでなく情報量も膨大なものとなっている。そのため、データ中に含まれる有益な情報を解析者が理解するのは、従来と比べて困難となっている。

このような背景のもと、大規模シミュレーション結果から効果的に科学的な知見へと結びつけるためには、従来の可視化手法に加えて、データ全体を俯瞰的に理解や、有益な情報のみを効果的に抽出するための可視化手法が必要不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、特に多変量または時系列データの効果的な可視化表現手法や、人間による判断をインタラクティブに取り入れた多変量または時系列データからの特徴抽出手法を開発することを目的とした。これによって、これまでは表現することが容易ではなかった、複数の物理量に起因する現象または構造を明らかにするための可視化を行う。

これらを実現するため、本研究では多変量・時系列データの可視化表現手法の開発、多変量・時系列データからの特徴抽出手法の開発、両技術を用いた実際の現象への適用(事例研究)の3つの目的を設定した。

3. 研究の方法

(1)複数のスカラー量またはベクトル量を同時に表現可能な多変量データの可視化表現手法を開発する。

(2)多変量の散布図マトリックスをベースとした、多変量データからの特徴抽出手法を開発する。

(3)両手法を用いた事例研究として、雲解像モデル NICAM、海洋大循環モデル OFES および津波モデル JAGURS による多変量データへの適用を行い、実際の現象に対して適用する。

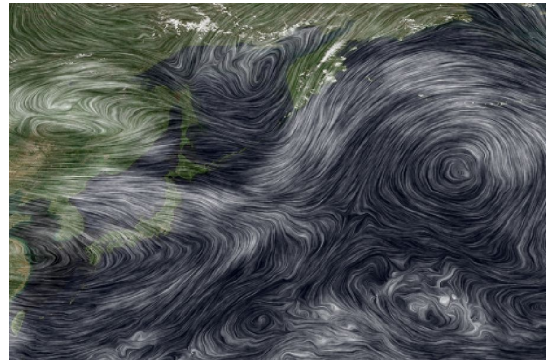
4. 研究成果

(1)多変量 LIC 法

スカラー量およびベクトル量を同時に可視化する新しい手法として、確率的に発生するノイズを用いた LIC 法を開発した。通常の LIC 法は、ベクトル場に沿ってランダムノイズを線積分し、各ピクセルに畳み込む可視化手法である。開発手法では、スカラー量の値によってノイズの発生確率を調整することで、スカラー量とベクトル量を同時に可視化した。

図1は、外向き長波放射量によってノイズを生成し、LIC法によって大気下層の流れ場を可視化した結果である。雲の分布および流れの様子が同時に表現されていることが分かる。雲がある領域は LIC 法特有のスジのようなベクトル場の表現が密に、雲が少ない領域においては疎になっている。

図1 外向き長波放射量および大気下層の流



れの可視化結果

(2)散布図ベース多変量カラーマップ

物理量間の関係性を直感的に理解するには、散布図を用いた表現が有効である。本研究では、複数物理量による散布図マトリックスを生成し、任意の2成分の組み合わせとなる散布図上で、HSV色空間を構成する色相、明度および再度をそれぞれ選択し、多変量カラーマップを作成する可視化手法を開発した。

図2(上)では、流速-水温の散布図上において、各温度帯における流れの速い領域に対して高い彩度を与えることで海流を抽出している。同時に、水温-塩分の散布図上において、特徴の異なる点群に色相を設定することで、抽出された海流を分類している。図2(下)では、二つのカラーマップを同時に用いることで、抽出された海流を特徴毎に色分けして表現することに成功している。通常の1次元カラーマップでは色と物理量の値が一对一で対応しているが、提案手法では、可視化結果を見ることで、それぞれの海流の流速、水温および塩分のおおよその値を理解することが可能となる。

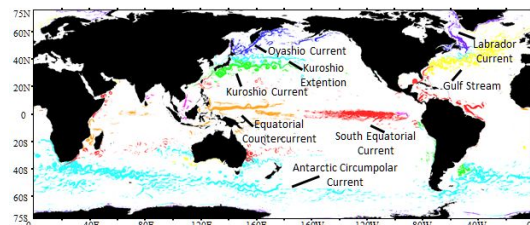
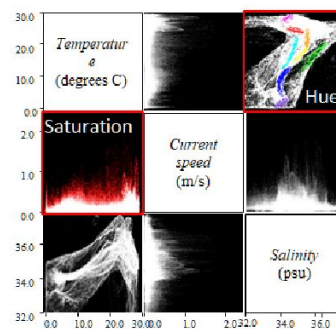


図2 (上)流速、水温、塩分の散布図マトリックス上でのカラーマップ生成、(下)海流の抽出および分類結果

(3) 海洋渦のイベント可視化

高解像度の海洋モデルでは、シミュレーション結果中に膨大な量の海洋渦が現れ、通常の可視化手法を用いてそれらの特徴を全て理解するのは容易ではない。本研究では、まず、海面高度および流速、Okubo-Weiss parameter を組み合わせた新たな海洋渦の抽出手法を開発した。次に、抽出された渦の時間変化を追跡し、渦の生成、消失、渦同士の分離、併合、海流への併合、切離といったイベントを抽出し、イベントの種類毎に強調して表示する可視化手法を開発した。

図3に、開発手法の適用例を示す。図中において、赤色の領域は海面の隆起した暖水渦を表し、青色の領域は海面の沈降した冷水渦を表す。また、渦の外側に存在する緑色の領域は、流れの速いストリーム領域を表す。黄色の領域は海流である。渦を、渦領域とストリーム領域の組み合わせで表現している。図では、2001年1月22日において日本の東北地方の沖に見られる二つの暖水渦（赤で表示）が、1月27日から29日にかけて一つに併合されている。このような併合イベント中の渦を強調して（明度を高く）表現することで、膨大な情報量の可視化結果（特にアニメーション）において注視領域を適切に可視化することに成功している。

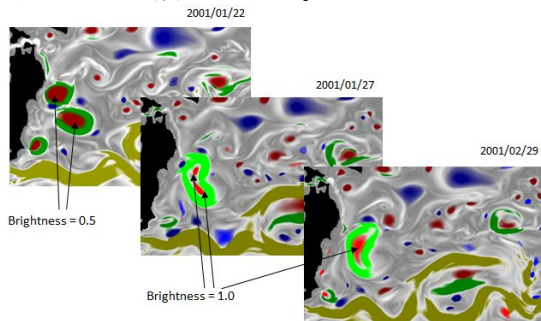


図3 暖水渦の併合イベントの可視化結果

(4) 雲型の分類と可視化

雲解像モデルによる大気のシミュレーションは、現実のものに近い雲塊を再現する。生成される雲塊は膨大な量であり、通常のグレースケールの可視化手法では、それらの特徴の違いを理解するのは容易ではない。本研究では、雲塊の3次元構造を抽出し、10種雲形を簡易化した6種類の雲形（積乱雲、積雲、低-中層雲、低層雲、中層雲、高層雲）への分類手法を開発した。抽出された雲塊の雲底および雲頂高度に基づいて分類が行われる。また、積乱雲とその他の雲が重なる場合、速度の鉛直成分を用いて両者を分離する。

図4に、開発手法を用いた可視化結果の一例を示す。図では、シミュレーションによって再現された熱帯低気圧が、雲形毎に異なる色で可視化されている。熱帯低気圧の中心付近に上昇流を伴う積乱雲が存在し、その周辺に低-中層雲が渦を巻くように存在するのが分かる。また、その周辺では低層雲や中層雲、高層雲も見ることができる。

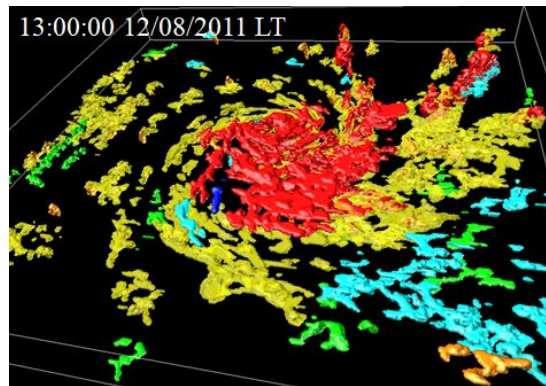


図4 雲形分類を用いた熱帯低気圧の可視化結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 7 件)

Daisuke Matsuoka, Extraction, classification and visualization of 3-dimensional clouds simulated by cloud-resolving atmospheric model, International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing, 8, 1750051, doi: 10.1142/S1793962317500519, 2017, 査読あり

Daisuke Matsuoka, Fumiaki Araki, Yumi Inoue, Hideharu Sasaki, A New Approach to Ocean Eddy Detection, Tracking and Event Visualization -Application to the Northwest Pacific Ocean-, Procedia Computer Science, 80, 1601-1611, doi: 10.1016/j.procs.2016.05.491, 2016, 査読あり

Daisuke Matsuoka, Fumiaki Araki and Yumi Yamashita, Multiple Scatter Plots-based Multi-Dimensional Transfer Function and its Application to Ocean Data Visualization, Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering, 2, 292-308, doi: 10.15748/jasse.2.292, 2015, 査読あり

〔学会発表〕(計 17 件)

Daisuke Matsuoka, Classification and Visualization of simulated Clouds using Machine Learning, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017

Daisuke Matsuoka and Kazuyoshi Oouchi, Classification and Visualization of 3D Cloud Simulated by Cloud-Resolving Atmospheric General Circulation Model, 2016 International Simulation Multi-Conference (AsiaSim/SCS AutumnSim 2016), 2016

松岡 大祐, 荒木 文明, 井上 由美, 海洋大循環モデルで再現された海洋渦の

抽出, 追跡および可視化, 第 29 回数値
流体力学シンポジウム, 2015

Daisuke Matsuoka and Kazuyoshi Oouchi,
Extraction, classification and
visualization of cloud simulated by
atmospheric general circulation model,
JSST 2015 International Conference on
Simulation Technology, 2015

Daisuke Matsuoka, Fumiaki Araki and
Yumi Yamashita, Scientific
visualization and visual analytics
for High-Resolution OGCM, 日本海洋学
会 2015 年度秋季大会, 2015

松岡 大祐, 荒木 文明, 山下 由美, 散
布図ベース多次元伝達関数と海洋デー
タ可視化への応用, 第 28 回数値流体力
学シンポジウム, 2014

Daisuke Matsuoka, Fumiaki Araki and
Yumi Yamashita, Multiple Scatter
Plots based Multi-Dimensional
Transfer Function for Visualizing
Ocean Simulation Data, The 14th
International Conference on Systems
Simulation, 2014

松岡 大祐, 荒木 文明, 山下 由美, 海
洋データ可視化のための散布図カラー
マップとその応用, 日本海洋学会 2014
年秋季大会, 2014

Daisuke Matsuoka, Scientific
Visualization and Visual Analytics
for Ocean Science, The 16th
International Symposium on Flow
Visualization, 2014

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松岡 大祐 (MATSUOKA, Daisuke)

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: 8 0 5 4 3 2 3 0