A 2 1 2

特異点グラフを用いた 3 次元数値データの類似度評価手法

南 智規[○], 酒井 晃二, 小山田 耕二 (京都大学)A Similarity Evaluation Method for Volume Data Sets
by Using Critical Point Graph

Tomoki MINAMI, Koji SAKAI and Koji KOYAMADA

ABSTRACT

According to increase frequency in use of computer simulation, a methodology that classifies a large amount of computational results in a database and searches a certain data set has been needed. To classify and search a result of simulation, it is necessary to evaluate the similarity between a certain data and a reference. A similarity estimation method which employs "Critical Point Graph (CPG)" as an index of data is effective in evaluating. However, this method proposed in past time can not allow to transformation of the data such as rotation and scaling. In this paper, we propose a similarity estimation method which allows to affine transformation with using CPG method about two and three dimensional scalar data sets (volume data sets). In our method, we normalized data sets by principal component analysis. And we estimated a similarity between two volume data sets. From the result, one can safely state that this method allow to affine transformation.

Keywords: Critical Point Graph, Similarity, Volume Data Sets, Database

1. 緒 論

数値シミュレーション等の利用頻度が増すにつれ、それらの結果を効果的に利用するための分類・検索を行う仕組みが必要とされる。検索・分類を行うためにはデータ間の類似度を評価する必要がある。小田切ら¹⁾はデータの特徴を単純な図形で表現した“特異点グラフ (CPG : Critical Point Graph)”を自動生成させインデクスとして検索・分類に利用する手法を提案しているが、データのアフィン変換に対応していないため、あきらかに類似していると推測されるデータ間でも類似度が低く見積もられるという問題点がある。

そこで本報では、インデクスとして特異点グラフを用い、データの拡大・縮小、回転に対応した 3 次元数値データ (Volume Data Sets) の類似度評価手法を提案する。

2. 特異点グラフを用いた提案手法

本章では、特異点グラフ作成手法、データ変形に対応させるためのデータ正規化手法、および 2 つの特異点グラフから類似度を評価する手法について説明する。

2.1 特異点グラフ (CPG)

CPG は、データから計算される特異点と特異点から描かれる流線とで構成される。CPG は与えられたデータのトポロジーを表現する手段として研究されてきた²⁾。

流線はその点でのベクトルの方向 (スカラーデータではベクトル勾配) に沿って描かれる。流線の開始点を定義上、特異点自身にとることができないため、特異点と同一セル内の近傍点を開始点と設定した。

2.2 提案アルゴリズム

本報の目的は、データ間の類似度を評価する際、データの拡大・縮小、回転変形に対し影響を受けないようにすることである。図の描画もしくは理解を簡単にするために、2 次元数値データを対象としたアルゴリズムを示す。提案手法のデータ処理フローを Figure 1 に示す。

Figure 1. Proposal Algorithm Flow

特異点グラフの生成に関する計算ステップについてはすでに 1) において提案されている。ここでは、データの拡大・縮小、回転に対応するためのデータ正規化と類似

度評価に関して述べる。

(a) データ正規化

本計算ステップでは、データの拡大・縮小、回転変形に対応するため、データを正規化する。

(i) データの平行移動

2つのデータ間の類似度を評価するため、データの存在する空間座標系が異なると座標を基にした比較ができない。そのため入力するデータを平行移動させることにより座標系を統一する。入力データから算出された特異点群の重心座標を求め、座標系の原点に設定するための平行移動操作を入力データの座標に対して加える。

(ii) 回転の正規化

データの回転に対応するため、回転角度の正規化を行う。(i)において求められた全ての特異点の重心を回転中心とし、主成分分析を用いて特異点集合の第一主成分方向を算出する。得られた方向を座標の水平成分方向に一致するように、入力データ全体の座標に回転操作を加える。3次元数値データの類似度評価を行う場合には、回転軸が3つ存在する。それぞれの回転軸に対し、主成分分析により正規化を行う必要がある。

(iii) データサイズの正規化

データの拡大・縮小に対応するために、データの大きさを正規化する。(ii)で求められた特異点重心と各特異点との距離を計算し、最も遠距離にある特異点までの距離を1に正規化するように入力データ全体の座標に拡大・縮小操作を加える。

(b) 類似度評価

本手法は、2つのCPGの流線が通過するセルを比較することにより類似度を評価している。前述のデータ正規化処理によって、特異点座標の絶対値が1以下になる。そこで全体座標系の各軸-1から1の範囲を定数個に分割し、領域を複数個生成する。その後、CPGの流線座標情報より流線が通過する領域を比較することにより類似度を評価する。Figure 2に2次元データでの比較例を示す。

Figure 2. An Example of Comparison

類似度 S は次のように定義される。

$$S = \frac{ab}{a + b + ab}$$

比較に用いるデータをデータ A、データ B とする。ここで a はデータ A の流線のみ通過するセルの個数、 b はデータ B の流線のみ通過するセルの個数、 ab は両方のデータが通過するセルの個数である。

3. 類似度評価実験

Figure 3 に本提案手法を用いて作成した CPG の例を示す。Figure 3 に示すデータは $25 \times 25 \times 32$ の float 型のスカラデータである。

Figure 3. Sample of volume data used

複数個の3次元数値データを用いて、データ間の類似度を評価した結果、異なるデータ間の類似度は全てが0.5以下の値を示した。本報の目的である、拡大・縮小、回転変形が加えられたデータに対応していることを確認するために、一つのデータに任意の拡大・縮小、回転操作を加えたデータと元データ間での類似度評価を行った結果、変形パラメータの数値によらず、すべて0.96以上の値を示した。

4. まとめ

主成分分析を用い、データの正規化をおこなうことで、入力データの拡大・縮小、回転変形に影響を受けない3次元数値データの類似度評価手法を提案した。評価実験を行った結果、異なるデータ間では類似度は低く見積もられたが、データの拡大・縮小、回転変形が加えられたデータと元データ間の類似度は高く見積もられた。このことにより、本提案手法はデータの拡大・縮小、回転変形に強い類似度評価手法であることが確認できた。

今後は、類似度評価指標の検討、Contour trees³⁾など他の類似度評価手法との比較により本手法の有効性を示す。

参考文献

- 1) 小田切貞憲ら：特異点グラフの類似度評価手法とその応用，第32回可視化情報シンポジウム，(2004)。
- 2) Sakai, K. et al.: Classifying Scalar Field by using Critical Point Graph, the 10th International Symposium on Flow Visualization, (1999), F326.
- 3) M. van Kreveld, et al.: Contour trees and small seed sets for isosurface traversal, Proceedings of the 13th Annual Symposium on Computational Geometry, pp.212-220, 1997.