

Title	数値流体力学における λ_2 法を用いた渦の可視化手法の提案
Author(s)	埴田, 翔
Citation	
Issue Date	2010-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/8930
Rights	
Description	Supervisor: 松澤 照男, 情報科学研究科, 修士

数値流体力学における λ_2 法を用いた渦の可視化手法の提案

埴田 翔 (0810049)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2010 年 2 月 09 日

キーワード: CFD, Visualization, Extraction of vortex regions, Vortex regions, λ_2 criterion.

計算機性能の向上によって、近年、大規模な数値流体力学 (Computational Fluid Dynamics) 解析が行われている。その結果、計算結果のデータサイズも非常に大規模になっている。大規模な数値流体力学計算の例として、海洋流や気象などのシミュレーションがあげられる。

大規模な流れの現象を観察する際に、重要となるのが渦が含まれる領域である渦領域である。また、流れの現象においても、渦は流れにおける重要な特徴である。

大規模な計算結果を可視化する場合、現在用いられているような一般的な可視化手法では、可視化のための表示オブジェクトが増加するために情報量が多くなり過ぎて、ユーザーが流れの現象を観察しづらい状態となってしまう。また、非常に大規模な計算結果になると、計算結果をそのまま可視化することが難しくなっている。

非常に大規模な計算結果の可視化を行なう場合、一般的には格子点を間引くことでデータサイズを小さくして可視化を行う方法が使用されることがある。この時データサイズを小さくするために、格子点を均一の間隔で間引きを行った場合に、間引きの割合が大きいと、流れにおいて重要な特徴を持った格子点まで間引かれてしまいう可能性がある。

数値流体力学における流れの可視化手法においては、Vector や Streamline, LIC (Line Integral Convolution) 法が広く用いられてきた。これら可視化手法は、ベクトル表示では流れにおける渦の強さや方向、流速線では流れの様相を見る事ができる。また、LIC 法では渦の中心を視覚的に表現することができる。

流れの強さや方向、渦の中心などといった流れの詳細を見るにはこれらの方法は、非常に有効である。しかし、渦領域を捉えようとした場合、これらの方法では経験を背景に視覚的な判断基準に頼ることになり、正確な渦領域を把握することは困難である。したがって、何らかの渦の境界の抽出手法を用いて渦の境界を明かにする必要があると考える。

一般的に渦を評価するために広く用いられている手法に、渦度の大きさを評価する Vorticity Magnitude がある。渦の強さを評価するには良い手法である。しかし、この手法を渦の抽出に用いる場合には、渦を判定するために、一定以上の渦度の値を持った領域を渦

領域とするといったような閾値を設定する必要がある。また、渦の抽出手法には、他にもいくつかの方法があるが、渦を判定するために、人為的に閾値などの条件を設定しなければならない方法もある。渦のなるべく定性的に捉える為には、閾値など人為的な条件を設定する必要がない方法が望ましいと考える。他の渦領域の定義としては、Chong et al.(1990)により提案された Δ -criterion や Hunt et al.(1988) により提案された Q -criterion などがある。しかし、Jeong et al. によると、 Q -criterion は強い外部応力による渦の場合、渦の検出が不正確になる可能性があることが指摘されており、 Δ -criterion に関しても渦が、正確に抽出出来ない場合があることが示されている。渦領域を的確に抽出できる手法を用いる必要がある。

また、時系列における非圧縮性粘性流れにおいて渦領域などの変化を観察しようとした場合、アニメーションまたは複数の静止画で表現する方法がある。アニメーションによる可視化は、渦領域の変化を視覚的に捉え、直感的に変化を理解できるが、定量的な渦領域境界の比較を行う場合には不都合である。また、複数の静止画で表現する方法でも、視覚的に渦領域の変化を捉えることができるが定量的でなく、多くの時系列データある場合は多くの比較を行なわなければならない。

また、大規模や複雑な形状における数値流体力学計算の計算結果をわかりやすく可視化できるような可視化手法が望まれている。

したがって、本研究では、時系列における渦領域の変化を明示的に表現することができる可視化手法を提案 / 開発した。

流れにおける重要な特徴である渦領域の抽出には、Jeong et.al によって開発された λ_2 法を渦領域の抽出手法として選択した。この手法は閾値などを設定しなくても一意的に渦領域の抽出することができる。さらに、時系列における渦領域の状態の変化を渦領域の生成、渦領域の消滅、渦領域の継続、非渦領域と定義することで、時系列における渦領域の変化を明示的に表現した。

Cavity Flow 及び Karman 渦列を対象に、提案手法を適用し可視化した結果について検討を行なった。また、時系列データの差分の間隔を変化させた場合の提案手法を適用した場合の可視化結果について検討を行ない、その結果を考察した。さらに、提案手法と一般的な可視化手法である Vector や LIC 法などと重畳し表示することにより、時系列における渦領域の変化と渦領域の内部の流れの詳細を表現する重畳可視化について検討を行なった。