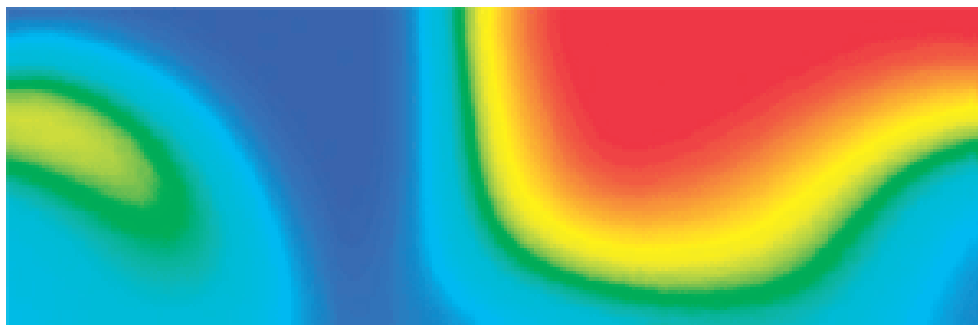


## マイクロチャンネルのカオスを探る

Patrick Bennett (アメリカ ニューヨーク州Manhasset, Manhasset High School),  
Chris Wiggins (アメリカ ニューヨーク州ニューヨーク, コロンビア大学), Marc Horner (Fluent Inc.)



CFD 計算による化学種コンター図は実験結果とよく一致している。<sup>1</sup>

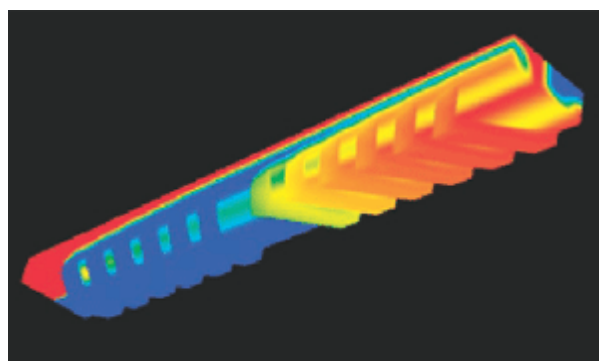
マイクロチャンネルは、DNA のような流体の輸送、混合、流体プロセスに使用できます。大きな実験室に比べてスペースは 1000 分の 1、精度は 100 万倍でハンドヘルド機器を製作できます。マイクロチャンネルはサイズが小さいため(約 200 ミクロン)、レイノルズ数が常に小さくゼロに近づくことも多く、ストークス流れにより混合が不十分になることもあります。

現在、カオス的な流れにより混合状態を改善する<sup>1</sup>ための有望な選択肢として急速に関心を集めているのが、マイクロチャンネルのベースに非対称の V 字形溝を配列して流れの横断成分を強化した形状です。このタイプの CFD モデルが数多く GAMBIT で生成され、FLUENT で解析されています。周期境界条件と圧力推進流れについて定常状態の速度場を計算し、さらに、ユーザー定義スカラー(UDS)によって一連の化学種移流計算を実施し、2 種類の異なる流体の輸送と混合のシミュレーションを行いました。このスカラーのコンター図は、実験結果とよく一致していました。<sup>1</sup>

UDS の結果にもとづき、完全な混合状態を 0、完全な分離状態を 0.5 とする標準導出関数によって混

合の程度を計算し、その値を下流の長さに対してプロットしたり、他の形状との比較のために「パーセント混合」関数に変換したりしました。

こうした研究における CFD の強みは、柔軟な可視化ができることにあります。従来の実験ベースの手法では、共焦点顕微鏡の使用が一般的でしたが、これは利用が難しく、事実上平面的な調査に限られていました。FLUENT は 3 次元連続体イメージを生成し、流れの横断成分の成長、逆向きの渦生成、ミキサー内の「ditch mixing」プロセス(溝内部の混合)の効果などが表示できます。FLUENT によって、システム内の 3 次元カオス流れのパターンについて、一層のロバスト性を備えた調査が可能になりました。



混合装置の境界上の化学種コンター図。  
「ditch mixing」すなわち溝内部の混合を示す。

注目された形状パラメータの1つは溝の深さでした。最適化の過程でさまざまな溝の深さを分析あるいは比較しましたが、溝が深くなると圧力低下が減少し、混合効果が向上することが示されました。そこから、溝の体積増加が流路と溝の壁の非すべり条件に対する「バッファー」として働き、結果として、流れの横断成分が強化され、混合に必要な延伸と折りたたみの動きが促進されるという結論が引き出されました。

**Reference:**

1 Stroock A.D., Dertinger S.K.W., Ajdari A., Mezic I., Stone H.A., and Whitesides G.M., "Chaotic Mixer for Microchannels." Science Magazine, 295, January 2002.

**Editor's Note:**

Pat Bennettは、本研究を2002年11月のAmerican Physical Society, Division of Fluid Dynamics Meetingで発表しました。また、2002年のIntel Science Talent SearchおよびSiemens Westinghouseの2つのコンペティションに応募して、両方で予備選考に残りました。彼は FLUENT歴3年のユーザーで、2003年9月にスタンフォード大学に入学予定です。