

## 拡散混合の抑制を目的とする噴流の数値シミュレーション

### Numerical study on suppression of mixing and diffusion of jets

Yasumasa Ito\*, Taichi Sugiura\*, Yusuke Hayashi\*, Koji Iwano\*  
, Takahiro Katagiri\*\*

\*Graduate School of Engineering, Nagoya University

\*\*Information Technology Center, Nagoya University

噴流は様々な流体機器内で見られる現象であり、その制御は重要である。内燃機関やエアコンといった多くの機器では噴流の拡散・反応の促進が求められるため、噴流出口形状の工夫などのパッシブな手法からプラズマアクチュエータを用いたアクティブな手法など様々な促進手法が開発されてきた。その一方でスポットクーラーやエアカーテンなどでは、噴流の拡散の抑制が求められる。しかしながら噴流の混合拡散手法についてはその促進に関する研究が主であり、抑制についてはこれまであまり研究されてこなかった。そこで本研究では、特に工業機器に数多く見られる矩形噴流における拡散混合現象の基礎的理解とともにその制御（特に抑制）手法の開発と最適化を目的とした数値シミュレーション研究を行う。

2021年度は（1）矩形噴流に対するシミュレーションプログラムの構築と基礎特性の取得および（2）混合拡散制御最適化に向けた流体シミュレーション—強化学習プログラムの構築を行った。（2）についてはワークステーションによる動作確認に留まりスーパーコンピュータを利用しなかったことから本報告では割愛するが、PythonによりQ学習による深層強化学習プログラムを構築できた。

噴流シミュレーションの計算領域の大きさは主流方向に0.6mまたは0.9m、鉛直およびスパン方向に0.8または1.2mとした。噴流の出口形状は0.01m×0.01mの正方形または0.005m×0.02mの長方形とした。また計算格子はメッシュサイズが主流方向に0.002m、鉛直およびスパン方向に0.001mmの直交格子とした。初期流速と正方形一辺の長さに基づく噴流レイノルズ数を50000としてOpenFOAMによる流体シミュレーションを行った。アルゴリズムはLESであり、乱流モデルにはDynamic  $k$ -equationモデルを用い、時間刻み0.002秒で約3秒間分を行った。計算はCloudシステムにおいて最大16コア（1280並列）で行った。

図2および図3に、それぞれ正方形および長方形の場合における瞬間速度場のカラーコンターマップを示す。正方形噴流の場合(図2)の場合には、噴流形状が出口形状と大きく異なり十字型の分布を示している。これは出口の角部からの縦渦の生成によるスイッチング現象と呼ばれる。またその影響は下流までしばらく残ることがわかる。一方長方形噴流(図3)の場合には、明確なスイッチング現象は見られないが、出口短軸側に噴流が振動するような挙動を示す。そのため下流における噴流拡散も、出口長軸側ではなく短軸側により大きく広がる。

上記のスイッチング現象や振動現象は矩形噴流の特徴的な動きであるが、噴流出口形状やレイノルズ数に大きく依存する。またいずれの現象も混合拡散の促進に寄与すると考え

られるため、これらの現象を抑制できれば矩形噴流の拡散混合を抑制することができると考えられる。この結果を踏まえて、2022年度は基礎データの取得と共に、初期流速分布や付加乱れが噴流の挙動に及ぼす影響および噴流拡散混合抑制技術の最適化を目指す。

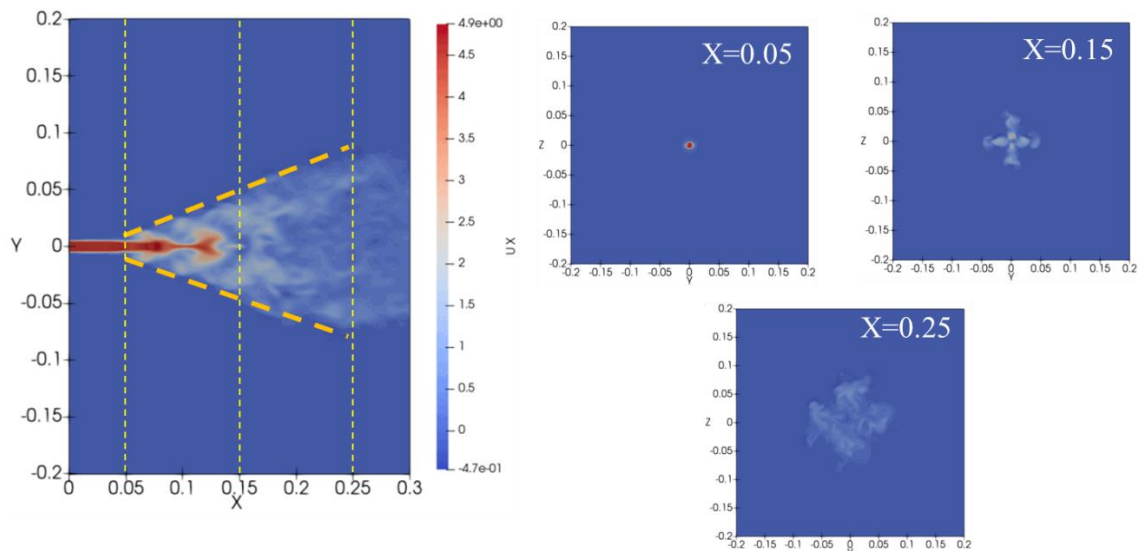


図 1. 正方形噴流の場合における瞬間速度分布のカラーコンターマップ (左 : x-y 断面図, 右 : y-z 断面図).

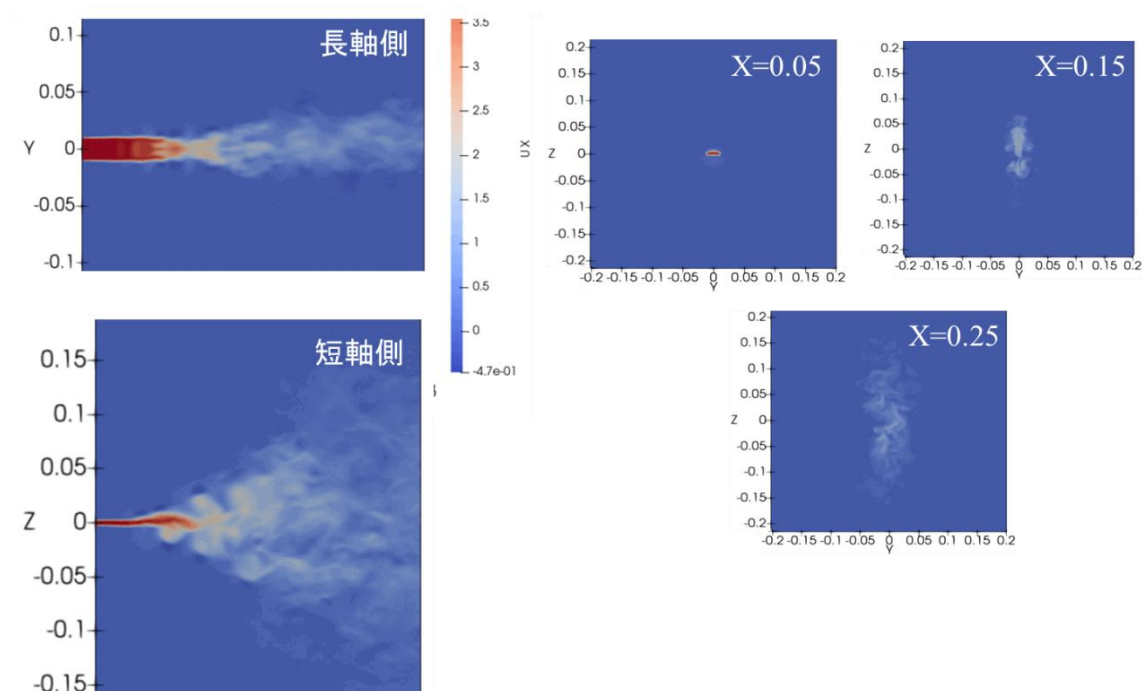


図 2. 矩形噴流の場合における瞬間速度分布のカラーコンターマップ (左 : x-y 断面図, 右 : y-z 断面図).