

マルチフィジックス・分子流動シミュレーションによる 高分子添加剤の挙動解析

～さらなる自動車の低燃費化とその先へ～

シミュレーション学研究科 シミュレーション学専攻

教授 わしづひとし うすいそうま かわでたいき
鷲津仁志、M2 臼井颯馬、◎川手大樹

キーワード

潤滑油、燃費向上、シミュレーション、トライボロジー

研究概要

自動車分野において燃費を向上する方法としてエンジンオイルの低粘度化が貢献している。低粘度化したエンジンオイルには、油膜を確保するために温度変化に伴う潤滑油の粘度変化を抑制する必要がある。そこで、基油に粘度指数向上剤と呼ばれる高分子を微量に添加する手法が採用されている。高温では高分子鎖が伸びて広がることで流動抵抗を増加させて粘度を向上し、低温では収斂することで粘度への影響を小さくする。そのシミュレーションにあたり、高分子をシミュレートする散逸粒子動力学やブラウン動力学では、計算コストや精度の観点から、基油の流動と高分子鎖の挙動を再現するには困難を極める。マルチスケールを扱う本研究では、基油の流動を格子ボルツマン法で、高分子の分子運動をブラウン動力学で計算し両者をカップリングした計算手法を提案する。上述の手法を用いて、バルク溶液中並びに移動壁間のせん断流れにおける高分子の挙動と基油の流動場を調査する。図1は高分子を伸び切り状態でバルク溶液の上方に設置したせん断流れのシミュレーション結果である。時間発展に伴い、流速の速い領域のBrown粒子に引きずられて回転し、流れに押されて高分子が絡み合い集合していく様子が確認できる。

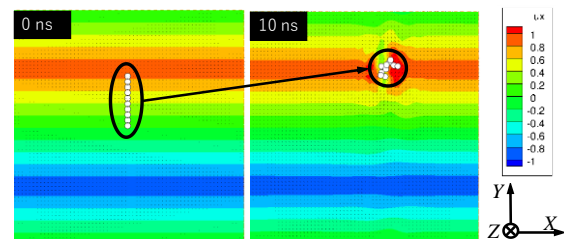


図1 x軸方向の流速分布と高分子セグメント

アピールポイント

本手法は従来手法に比べ、流動のある流体と高分子の解析を大きな解析空間に対して現実的な計算コストで解析可能である事が最大の利点である。従来、nmオーダーの解析空間が限界であったが、本手法では、エンジンのピストン-シリンダ間などの、 μm オーダーの空間においても解析可能である。加えて、境界条件を工夫する事で、せん断流れや複雑な形状の扱い等、様々なシミュレーションが可能である事も利点である。分子シミュレーションと連続体シミュレーションはこれまで別々に行われていたが、本手法はマイクロとマクロの“ミッシングリンク”を埋める計算手法であるともいえる。

今後は、複雑な粘度指数向上剤にも対応できるよう、高分子セグメントの数や形状を変更し、適当な解析条件や有効な事象範囲について知見を深める予定である。潤滑油の開発現場に適用するべく、最終的にはその他の添加剤やグリースの挙動解析や最適構造探索にも適用していく。

