

N35b 回転流体における分子粘性のモンテカルロ計算

小山 亜希子、藤原 秀和、松田 卓也

我々は、降着円盤の角運動量輸送の理論に用いられる分子粘性の公式について検討し、回転気体における粘性係数をモンテカルロ直接シミュレーションを用いて求め、解析的理論値と比較を行なった。

降着円盤の標準モデルでは、降着円盤は乱流状態にあると仮定し、乱流粘性により角運動量が内から外に向けて輸送されると考えられている。ここではケプラー回転をする降着円盤が流体力学的に不安定で乱流状態にあるとする。乱流粘性がどのような公式に従うかは分かっていないため、通常の議論では分子粘性の公式をそのまま用いる。

しかし通常用いられる粘性公式は、非回転ガスに対するものであり、回転の効果は考慮されていない。剛体回転している気体では、粘性は非等方的になることが知られている。また粘性係数の大きさは、分子の平均自由行程により異なる。平均自由行程が系の典型的なサイズ(降着円盤の厚み程度)であるとき、粘性係数は非常に小さくなり、非等方性の影響も大きくなると考えられる。回転流体がケプラー回転のような微分回転を行っている場合は、基本となる気体の速度分布関数がマクスウェル分布ではなくなる。よって解析的扱いはきわめて困難になるため、我々は数値計算を行い、気体の分子粘性係数を非回転気体、剛体回転気体、ケプラー回転気体の場合にわけて、分子の運動を解いた。その際、我々はモンテカルロ直接シミュレーションの手法を用いた。モンテカルロ直接法の特徴として、分子動力学と異なり、衝突の詳細を計算しないことがあげられる。なお本研究では、衝突過程に最大衝突数法を用いた。

結果、流体の極限では解析解に近い値が得られたものの、流体が希薄になるにつれ、解は一致しないことがわかった。これは内部で粘性発熱が起こるため、発熱などを考慮しない解析解との間にずれが生じるためと考えられる。また、解析解では非弾性衝突を考えているが、我々の数値計算では粒子は弾性衝突すると考えているので、これらの効果が大きく寄与していると思われる。