

参照速度を導入した回転平衡にあるガス円盤の数値解法

Reference velocity method: a new scheme to solve a centrifugally supported disk

花輪 知幸^{1*}, 菊池 大輔¹, 大友 雄造¹

Tomoyuki Hanawa^{1*}, Daisuke Kikuchi¹, Yuzo Ohtomo¹

¹千葉大学

¹Chiba University

若い星の周囲には、しばしばガスやダストの円盤が見られる。このような円盤では回転による遠心力と重力がほぼ釣り合っていて、圧力や磁気力はこれに比べて弱い。しかし、圧力や磁気力などの弱い力が系の進化を司るので、従来の数値計算法でこのような系を取り扱うのは困難である。これは差分により求められた遠心力の誤差が、本来考慮すべき圧力に比べて大きいためである。この困難を解消するため、私たちは参照速度を導入する方法を開発した。

新たに開発した数値解法では、速度を参照速度と名付ける既知の成分とそれからの残差の2成分に分離する。残差が満たすべき運動方程式を求めると、参照速度の空間変化による向心力が現れる。この向心力が重力と打ち消し合うよう設定すると、見かけの重力が弱い運動方程式が得られる。この運動方程式を数値的に解くと、従来の方法より格段に滑らかに精度の高い解が得られる。

残差が満たすべき流体力学方程式には、参照速度による向心力のほかに、参照速度が空間変化するために現れるコリオリ力に似た力や、参照速度による移流が現れる。参照速度による移流は、セル境界で参照速度を解析的に評価して与える。このために通常であれば不可避な、セル中心の値からの補間がなくなり、打ち切り誤差がなくなる。このため誤差が大幅に抑えられる。その意味でこの手法は、磁場を双極成分とその他に分け、磁場の微分により求められる電流の計算精度を高める羽田の方法と類似性が高い。

講演では応用例として、惑星が周回する原始惑星系円盤を3次元流体力学シミュレーションした結果を示す。このシミュレーションでは円運動する惑星を仮定し、惑星軌道半径の5倍四方の広さで、軌道半径の30%の計算領域を取り扱った。解像度は軌道半径の0.5%として、惑星の質量が主星の1.4%である場合を示す。

また他の応用として、連星系へのガス降着や渦巻き銀河なども紹介する。

キーワード: 原始惑星系円盤, 数値流体力学

Keywords: protoplanetary disk, numerical hydrodynamics