

K04b Long-term integration error of KS-regularized orbital motion

荒木田英禎 (総研大)、福島登志夫 (国立天文台)

KS 変換によって運動方程式を正則化すると、離心率の大きい天体などの大接近時の軌道計算誤差の累積を押えることが出来る。しかし、軌道離心率が小さい場合や軌道の長期間積分にはあまり用いられていない。天体の運動方程式を数値積分する場合、伝統的な数値計算法では位置の誤差成長が t^2 に比例する。しかし Symplectic 法や対称線形多段法を用いると位置の誤差成長が t となり、主に長期間積分に用いられて来た。

我々は、摂動を受けた調和振動子の数値解において、位置の誤差成長が時間 t に比例することを見つけた。我々は摂動として、無摂動 (調和振動子)、固有振動数シフト、強制振動、減衰振動を採用し、数値積分法として Runge-Kutta 法、Adams-Bashforth 法、Störmer 法、Symplectic 法、対称線形多段法を用いた。そして、この性質は摂動の種類、数値積分法によらない事を確かめた。

摂動を受けた 2 体問題の運動方程式は KS 変換によって正則化されると摂動を受けた調和振動子の形に表される。我々は変換された運動方程式の位置の誤差成長が積分に用いられる KS 空間における仮想時間 s に比例することを確認した。摂動として、無摂動 (2 体問題)、相対論的效果、地球の J_2 による効果、Air drag、太陽輻射圧、および円制限 3 体問題、一般 3 体問題を考えた。この性質も、また摂動の種類、数値積分法によらない。ただし、数値積分から求められる実時間 t は s^2 に比例した誤差成長が表れる。それゆえ制限 3 体問題の場合、積分された実時間を用いて計算される摂動天体の誤差成長に s^2 に比例する誤差が表れる。また、一般 3 体問題の場合、もし系の一つの天体の仮想時間を系全体の仮想時間として選ぶと、摂動天体の位置の誤差成長が s^2 に比例する。

それゆえ、KS 変換された運動方程式は小惑星、彗星、小天体、人工衛星、月などの制限 1 体問題の長期間かつ高精度計算に有効である (相対論的效果や地球の J_2 の効果、また Air drag、太陽輻射圧などの Non-potential な摂動があってもよい)。