

**L02a 多様体補正による効率的な軌道シミュレーション II: KS 正則化軌道**

福島登志夫 (国立天文台 天文情報公開センター)

多様体補正 Manifold Correction とは「通常の運動方程式に加えてエネルギー積分など準保存量の時間発展方程式も同時に数値積分し、積分ステップ毎に両者間の解析的關係式が厳密に満たされるように適切な座標変換を施す」という新しい数値積分法である。定義から明らかなように、この方法は対象となる問題や採用する数値積分法などに全く依存しない。その意味で一種のメタ数値積分法と呼ぶべきものである。これまで、通常の3次元実空間上での摂動ケプラー運動に対して、準保存量として二体問題の全エネルギー、角運動量ベクトル、ラプラス積分 (= 離心ベクトル) などを採用し、補正法としてスケール変換、座標回転、シア変換などを駆使することにより、計算時間などコスト増加を最小に抑えつつ、軌道運動の数値積分誤差を劇的に減少させる (具体的には、位置誤差の増加率をゼロもしくは時間の1次より小さくする) ことに成功した (Fukushima 2003a,b,c,2004a,b,c,d,e,2005a)。周期彗星など大離心率の場合は、このままでは位置速度の積分自体の誤差が増大するため、例え多様体補正を施しても効果が今ひとつである。そこで、離心率が大きいときの定番である KS 正則化 (Fukushima (2005d, AJ, 129, 2496) Appendix を参照) を施した後で多様体補正を行うことにした。正則化後の4次元仮想空間上では、摂動ケプラー運動は (時間に依存する) 単一周波数を共有する4次元摂動調和振動子で記述される。調和振動子では、スケール変換はケプラー運動のときより簡単になるため好都合である。いくつかの試みの後、各成分ごとのスケール変換 (4次元スケール変換) と仮想空間中での3次元座標回転を組み合わせることにより、任意の離心率に対して非正則化軌道と同様に軌道運動の数値積分誤差を劇的に減少できることを確認した (Fukushima 2005b,c,d)。この方法は、摂動力や数値積分法のいかに拠らず効果を発揮するため、非常に広範な問題に対して有効である。