No. ________

国立天文台 天文シミュレーションプロジェクト 成果報告書 (平成18年度)

提出期限：平成19年4月6日(金)17:00必着

応募カテゴリ（いずれかを選択）　C
システム（いずれかを選択）　VPP

プロジェクトID:iha42c

研究代表者（現在のユーザID：　arakdahd）

氏名	荒木田	英禎
所属機関名	早稲田大学	教育学部
連絡先住所	〒169-8050 東京都 新宿区 西早稲田 1-6-1	
電話番号	03-3208-8442	
E–mail	arakida@edu.waseda.ac.jp	
職または学年	助手	
研究代表者が学生の場合には指導教官の氏名		

研究課題名

(和文)	Picard-Chebyshev法の天体の長期間軌道数値積分への応用と そのベクトル化・並列化
(英文)	Application of Picard-Chebyshev method to long-term orbital integration and its vectorization/parallelization

研究分担者

氏名	所属機関名	E–mail	ユーザID

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクト（同様の過去のプロジェクトも含む）での成果

- **Arakida, H.**, Ito, T., and Fukushima, T. "*Application of Picard-Chebyshev method to orbital dynamics*", EAST-ASIA NUMERICAL ASTROPHYSICS MEETING (EANAM), Novermver 1-3 2006, Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon, Korea
- **荒木田英禎**，伊藤孝士，福島登志夫，"*Picard-Chebyshev* 法の軌道力学への応用とそのベクトル化・並列化 *2*"，日本天文学会 2006 年秋季年会，九州国際大学，2006 年 9 月 19 日〜21 日

(2) これまでのプロジェクトの今年度中の成果

成果の概要

Picard-Chebyshev 法は数値積分法の 1 つであるが，天体力学で広く用いられている Runge-Kutta 法，線形多段法，外挿法等が，初期値からある刻み幅 h で数値テーブルを順々に求めて行く方法とは異なり，系の大局的な近似解が分かっている場合に，その大局解 (例えば Kepler 軌道) から出発し，摂動論的に Picard 反復法を用いて近似的に解を求める．Picard 反復法の右辺は加速度の積分計算に対応するが，この積分は一般に解析的に実行できないため，この積分部分を解析的に積分可能な関数で展開する事を考え，この展開に Chebyshev 多項式を用いるので Picard-Chebyshev 法と呼ばれ，最終的な解も Chebyshev 多項式を用いた時間の関数として与えられるため，数値的摂動論とでもいうべきアプローチである．

この方法は Fuskushima (1997a,b) によって簡単な摂動調和振動子問題へ適用し精度検証された例しかなかったが，我々は天体の軌道計算への応用，さらにはそのベクトル・並列計算機への応用による計算の高速化を試みている．そのため，まず，もっとも基本的な Kepler 問題の取り扱いから検証を始め，続いて多体問題への応用として最も基本的な 3 体問題を扱い，誤差成長，計算時間等について考察してきた．解くべき運動方程式は通常の直交座標による表現を用いている．その結果，通常の数値積分法では天体の位置の誤差成長には時間に比例する単調増加傾向が見られるのに対し，この方法では Kepler 問題，3 体問題といった，扱う問題によらず，そのような永年的変化が見られない事を確認した．勿論，エネルギー等の保存量にも永年的な誤差の累積は現れない．

これは，準周期関数である Chebyshev 多項式を使って解を表現しているため，ある次数で解の展開を打ち切ったとしても，残差もまた準周期関数で表現できるからである (Chebyshev 多項式の定義域は $-1 \leq T_i \leq 1$ である)．この方法のもっとも計算コストのかかのは Picard 反復の求積部分であるがこの部分は大きな配列となるため，ベクトル・並列計算機を用いる事でさらなる高速化が可能である．実際に国立天文台 VPP 5000 を用いた検証でベクトル化率，ベクトル加速率が非常に高い事を確認している．

現在，解くべき運動方程式をガウス型の惑星運動方程式に置き換えた計算コードを開発しており，こちらを用いることで計算の収束が改善する (少ない反復回数で収束する) のではないかと期待している．

これまでの研究については，日本天文学会年会，韓国で開催された東アジア数値天文会議で発表し，現在論文化に向け準備している．

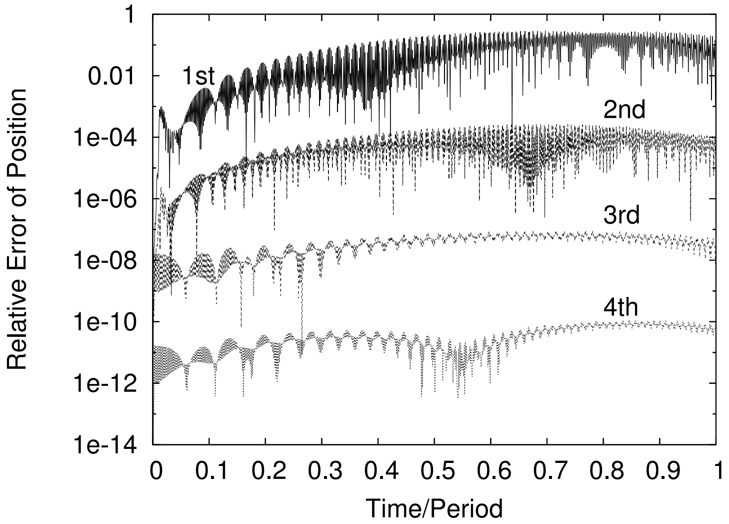

図 1: 3 体問題を解いた際の Picard-Chebyshev 法での位置の誤差成長．