

秋田県立大学「人類の持続可能な発展に資する科学技術」  
「苗」研究のエントリーシート

研究テーマ	物理系を長時間において追跡するための数値シミュレーション技法		
研究代表者	小澤 一文	役職	教授
フリガナ	オザワ カズフミ	学位	工学博士
学科等	電子情システム学科	Eメール	<a href="mailto:ozawa@akita-pu.ac.jp">ozawa@akita-pu.ac.jp</a>
主な共同研究者(学内)	なし		
主な共同研究者(学外)	なし		

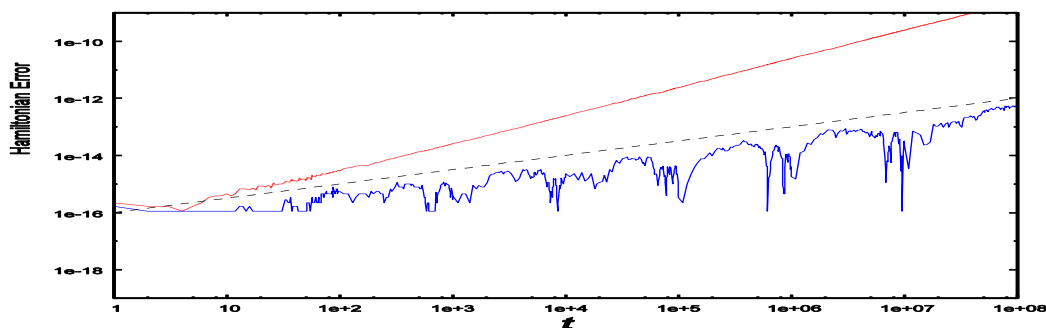
研究の内容

これまで人類は、計算機シミュレーションによって、理論や実験だけに頼っていた時代では予想もつかないような多くの現象を発見し、その原因を解明してきた。また、計算機のハードウェア、ソフトウェアの発展はとどまるところを知らず、最近では、マルチコア CPU や グラフィックプロセッサ (GPU) を数多く並べた超並列計算機も開発されるようになり、数値シミュレーションに頻繁に日常的に使われるようになってきた。この飛躍的な高速化、大容量化に伴い、一昔前なら不可能であった長時間における物理系のシミュレーションが、数日～数ヶ月という現実的な時間で可能になった。例えば、天体力学では銀河系全体の振る舞いを数億年に渡って追跡し、ブラックホール形成の謎に迫るような研究も報告されている。またタンパク質の構造を解明し、生命現象の謎に迫るような研究も行われ成果を挙げている。

長時間の数値シミュレーションで問題になってくるのが計算誤差の累積である。数値シミュレーションの誤差は離散化誤差と丸め誤差の2種類ある。離散化の誤差は「良いアルゴリズム」を選ぶことで解決できる。一方、丸め誤差の方は、長い演算桁数を選ぶことで解決できる。1990年代に倍精度演算がハードウェアに組み込まれるようになり、倍精度演算が日常的に使われるようになったため、丸め誤差の累積が問題視されることはほとんどなくなってきた。しかし、上述のような大規模長時間の数値シミュレーションにおいては、データ量および計算量が莫大なため、これまで無視してきた丸め誤差の累積の問題が顕在化するようになってきた。

本研究の対象は物理系、特に保存系の長時間積分である。この場合、系の保存量を保存することが理論上保証されているシンプレクティック解法を用いるが、通常の実装方法では保存量の保存を長時間にわたって維持することは不可能であることが明らかになった。丸め誤差の累積は時間  $t$  に比例して増大することが発見された。現在、これを改善する実装法を研究中で、時間  $t$  の  $1/2$  乗に比例する程度に増大 (Brouwer の法則) を抑えるプログラミング手法を開発中であり、二体問題では成功をおさめた。この手法を多体問題に拡張し、並列計算機への実装を試みることを計画中である。

二体問題を  $t=10^8$  まで積分し、全エネルギーの誤差を図に示したのが下図である。赤い線が標準的な手法で青い線がBrouwer の法則を達成した手法である。



#### 研究の独自性・アピール点

部分的に3倍精度演算を用いることによって、また特殊目的の専用ハードウェアに頼らず、通常の実装法の約2倍程度の計算時間で Brouwer の法則を達成することに成功した。

#### 期待される成果・波及効果

本研究ではエネルギーを保存するいわゆる保存系を主に扱う。保存系は多く存在するので応用範囲は広いが、ここで開発した長時間における計算誤差を抑制する技法は非保存系の数値シミュレーションにも応用可能である。

#### 関連する主な業績

1. 小澤一文, 長時間数値積分において保存量を保存するプログラミングテクニック, 「第12回常微分方程式の数値解法とその周辺」報告集, 2012年3月
2. 小澤一文, 長時間積分における誤差とその抑制法, 情報処理学会第134回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 2012年6月

惑星軌道の長時間追跡, エネルギー保存