

重力的に不安定な原始惑星系円盤における惑星軌道の変化

報告書番号：R20JCWU00

利用分野：連携大学院

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2020/14527/

● 責任者

タスカーエリザベス, 宇宙科学研究所太陽系科学研究系

● 問い合わせ先

Elizabeth Tasker: elizabeth.tasker@jaxa.jp(elizabeth.tasker@jaxa.jp)

● メンバ

Tasker Elizabeth, Nguyen Ngan Kim

● 事業概要

惑星形成の理論の中で長い間未解決である問題は、若い恒星の周りのガス円盤の中で出来た惑星の軌道がどう変化するかということである。このプロジェクトは、円盤内にできるスパイラルウェーブなどの構造がこの惑星移動にどのような影響を及ぼすかを調べるものである。恒星の周りの円盤ガス中の惑星の動きをモデリングすることにより、惑星の軌道が円盤ガスの中の構造に依存すること、そして異なる円盤が異なる惑星の周期を生じることを示したい。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

このプロジェクトには、数百個のコアを用いた3次元流体力学計算が必要であり、通常のデスクトップコンピュータでは到底できないことである。使用しているコード(ChaNGa)はMPIで並列化されたスーパーコンピュータ用に設計されている。円盤の構造(冷却効率や質量などに依存する)が惑星の移動に与える影響を調べるためには、様々な異なるシミュレーションをすることが必要となる。

● 今年度の成果

昨年度の成果は、原始惑星系円盤のガス効果による形成したばかりの惑星の移動プロセスは、惑星を取り巻く円盤環境の安定性に依存することがわかったということである。不安定な円盤ではガスが円盤に構造を形成し惑星にさらなるトルクを加えることが見いだされた。ただし、その結果として生じる惑星移動速度は計算解像度に依存することに注意すべきである(図1)。合理的な時間内に結論を得ることを狙い、100万粒子を使うケースで十分な解像度を得られるかどうかを、惑星のかかるトルクを計測することで検証した(図2)。各時間ステップごとのトルクは大きく時間変動するが、惑星近傍のヒル半径外側での時間平均値は安定しており、時間とともに解析的に見積もられる値に収束した(図中の黒線)。つまり、トルクの絶対値は解像度依存を示すが、円盤ガスが惑星移動のもたらす効果について、

円盤の状況の違いによって結果が異なる様相を相対的に評価することは可能であることがわかった。
この成果により, Nguyen Ngan は学位を取得した.

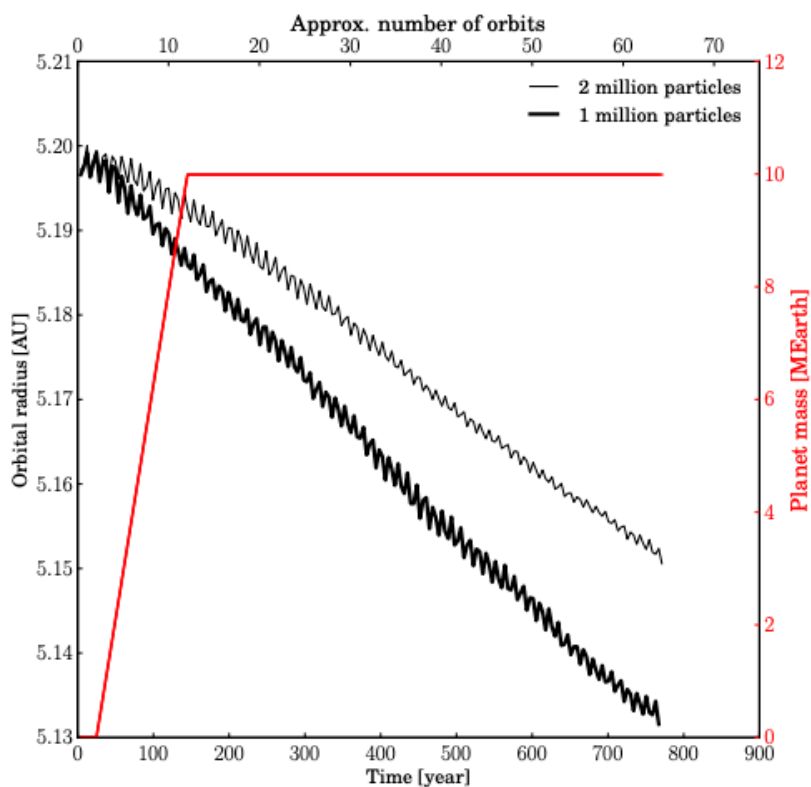


FIGURE 4.13: The orbital evolution of a $10 M_{\oplus}$ planet in $0.005 M_{\odot}$ disk resolved by two resolutions: 1 million (thick lower line) and 2 million (thin upper line) particles. The red line indicates the growth in mass of the planet.

図 1: 惑星移動速度の解像度依存性.

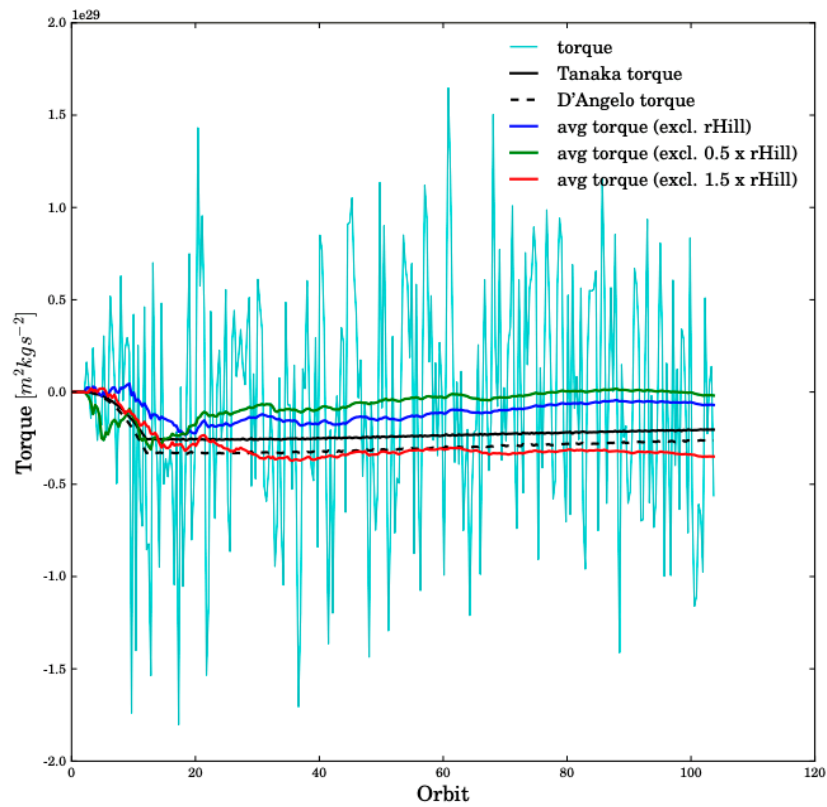


図 2: 軽い原始惑星系円盤中にある, 10 地球質量の惑星が受けるトルクの時間変化. トルク値の時間平均値はある値に収束するので, それらを異なる状況にある計算例間で相対比較することで研究を進めることができた.

● 成果の公表

なし

● JSS 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	OPENMP
プロセス並列数	144 - 264
1 ケースあたりの経過時間	50 時間

● JSS2 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.06

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合※2 (%)
SORA-MA	0.00	0.00
SORA-PP	104,770.97	0.82
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	7.95	0.01
/data	79.47	0.00
/ltmp	1,627.60	0.14

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.00

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	0.00	0.00
TOKI-RURI	0.00	0.00
TOKI-TRURI	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	14.31	0.01
/data	143.05	0.00
/ssd	143.05	0.07

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合