

巨大分子雲によって引き起こされる銀河円盤内の太陽系移動

Migration of the Solar system in the Galactic disc induced by giant molecular clouds

藤本裕輔

会津大学(元カーネギー研究所)

1. 研究目的

巨大分子雲による重力散乱が引き起こす太陽系移動を明らかにすることが本研究の目的である。46 億年間の太陽系の軌跡については、銀河系円盤における金属量勾配の観測や宇宙論的銀河形成シミュレーションなどによって、銀河中心部から外側に向かって移動してきたことが指摘されてきた。しかし、太陽系移動を引き起こす物理的要因は未だに厳密に特定されておらず、本研究でまさに取り組み問題である。この太陽系移動問題では星々の重力多体問題を解く N 体銀河モデルが広く用いられてきており、多くの先行研究では衛星銀河の衝突や、銀河中心部の棒状構造、その周囲の渦状腕などによる角運動量供給が注目されてきた。しかし、巨大分子雲による重力散乱についてはほとんど調べられていない。なぜなら、銀河円盤内の巨大分子雲の分布と運動を正しく記述するためには、銀河の星間ガス流体力学シミュレーションが必要であるためである。巨大分子雲による重力散乱シナリオを検討した先行研究においても、巨大分子雲は星と同様の N 体粒子として簡易的に扱われている (Aumer et al. 2016, MNRAS 459, 3326)。つまり、太陽系移動を銀河の星間ガス流体力学計算で調査することが本研究の特色である。

2. 研究成果の内容

銀河系円盤の星間ガス流体力学シミュレーションを行なった。適合格子細分化法 (AMR: Adaptive Mesh Refinement) を使用した。初期条件となる銀河モデル、つまり銀河円盤の星々とダークマターの分布は、軸対称な外場ポテンシャルを用いた滑らかな分布を仮定した。広く使用される N 体銀河モデル (Live disc) をあえて使わない。こうすることで、星々の重力相互作用による銀河スパイラル構造 (渦状腕) の形成を防ぎ、トレーサー粒子 (太陽系) の角運動量に影響を与える物理的要因は巨大分子雲による重力散乱のみという理想的状況を作り出した。上記の初期条件に加え、各格子に対し、ガス冷却、ガス自己重力、星形成とフィードバックなど、星間ガス進化に必要な物理モデルを実装した。こうすることで、巨大分子雲の形成、進化、破壊を自己一貫的 (セルフコンシステント) に扱うことができる。

銀河系での分子雲は小さいもので 10pc 程度であることを踏まえ、最高分解能は 8 pc で行なった (ちなみにシミュレーション Box の一辺は 128 kpc, 銀河円盤の半径は約

20 kpc)。シミュレーション時間に関しては 2 Gyr まで行なった。太陽系が 46 億年前 (4.6 Gyr) に誕生したことを踏まえると半分の時間ではあるが、分子雲による重力散乱の影響を捉えるには十分な時間であると判断した。

巨大分子雲の重力散乱による太陽系移動を定量的に調べるため、初期条件において太陽系を模したトレーサー粒子を銀河円盤内各所に配置し、そのトレーサー粒子の角運動量変化や、それに伴う銀河半径方向の移動距離を計測した。その結果、1 Gyr あたりに銀河動径方向 1–2 kpc の移動が可能であることを明らかにした (図 1)。これは銀河円盤の金属量勾配から示唆される移動距離 3–4 kpc よりも小さいが、それでも分子雲による重力散乱の影響が無視できないほど大きいことを示している。現在、この結果について投稿論文を執筆中である。

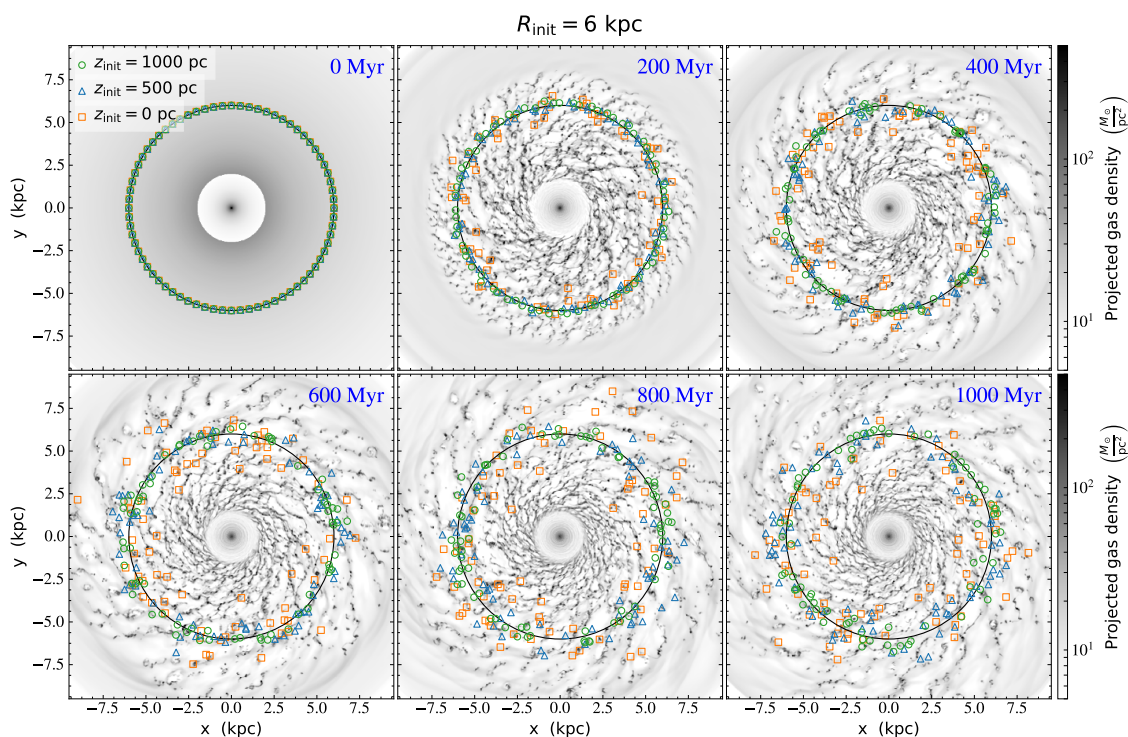


図 1: 銀河ガス円盤内の時間変化と、太陽系を模したトレーサー粒子の位置の変化。トレーサー粒子は初期条件において銀河半径 6 kpc に配置している。1 Gyr の間に 1 kpc 以上移動していることがわかる。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

任期付かつ海外在住の若手ポスドクによって、計算機環境、特にスパコンの使用時間確保は重大な課題である。本学際共同利用のような、海外の研究機関所属でも利用可能な計算機資源は、若手研究者に安定的な計算資源を提供し、所属が変わった際においても円滑な研究継続と次の職に繋げるための研究実績の積み上げに大きく貢献している。この場を借りて感謝申し上げます。

4. 今後の展望

外場ポテンシャルを用いて、渦状腕や棒状構造の影響も調査する予定である。

5. 成果発表

(1) 学術論文

(2) 学会発表

- ① 「銀河円盤流体シミュレーションで探る太陽系移動」、新学術領域「星・惑星形成」2021 年度大研究会、2022 年 3 月
- ② 「銀河系円盤内における太陽系 46 億年間の変遷」、新学術領域「星惑星形成」A01 班 研究会、2022 年 2 月、招待講演
- ③ 「The 4.6 Gyr migration history of the Solar system within the Milky Way Galaxy, using hydrodynamic and N-body galaxy simulations」、令和 3 年度国立天文台 CfCA ユーザーズミーティング、2022 年 1 月、招待講演

(3) その他

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
Cygnus			
Oakforest-PACS	○	170,000	0
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			