

宇宙論的シミュレーションデータベース
Illustris-TNG を用いた銀河周辺物質の速度と元
素分布構造の解明

埼玉大学理学部物理学科
宇宙物理実験研究室

20RP021 西濱大将

2024/02/xx

概要

目次

第 1 章	はじめに	2
1.1	IllustrisTNG	3
1.2	ビリアル半径	3
1.3	outflow に関して	3
第 2 章	手法	4
2.1	IllustrisTNG のデータの取り扱い	4
2.2	face-on と edge-on の導出	4
2.3	ビリアル半径の計算	4
2.4	outflow の計算	4
第 3 章	議論	5
第 4 章	まとめ	6
	謝辞	7
	参考文献	9

第 1 章

はじめに

宇宙背景放射を観測した最新の人工衛星 Planck のデータを解析すると、宇宙のエネルギー密度は、通常物質 (バリオン) が $4.93 \pm 0.04\%$ (68% CL)、ダークマターが $26.43 \pm 0.04\%$ (68% CL)、ダークエネルギーが $68.64 \pm 0.04\%$ (68% CL) であることがわかっている ([Aghanim et al. 2020](#))。このことから宇宙の大局的構造進化は、ダークエネルギーとダークマターが担っていると言われている。しかし、バリオンは元素の元となり、天体形成、超新星爆発やブラックホールなど、宇宙のさまざまな事象を引き起こす主役であり、宇宙の構造形成と進化を理解する上で我々が現在のところ直接観測できるのはバリオンだけである。

低赤方偏移宇宙における観測されたバリオンの量は不正確である。銀河や大規模構造の形成、星の形成からの電離放射線、金属、そしてアウトフローによるフィードバックによって複雑化しているからである ([Shull et al. 2012](#))。そのため、このバリオンの大半が未発見である。この問題は「ミッシングバリオン問題」と呼ばれている。またこの問題は理論上の問題ではなく、観測的な問題である可能性が高いとされている。

銀河サーベイによってバリオンの約 10% が銀河、銀河群、銀河団などの天体に存在することがわかり、特に過去 15 年間で、銀河間物質 (Inter Galactic Medium, IGM)、銀河ハロー、銀河周辺物質 (Circum Galactic Medium, CGM)^{*1}にかなりの量のガスが存在することがわかった。残りの 80%–90% のうち約半数は、IGM や中高温銀河間物質 (Warm-Hot Intergalactic Medium, WHIM) に存在すると言われている ([Shull et al. 2012](#); [Danforth & Shull 2008](#))。WHIM の密度は低く、 $10^5 - 10^7$ K と発光を検出する

^{*1} 銀河周辺物質 (Circum Galactic Medium, CGM) には銀河から吹き出された物質のことを指す場合や、ピリアル半径内の物質のことを指す場合など文脈によって複数の意味を持つ。

のは非常に困難であり、それゆえ未発見のバリオンの有力な候補である。また WHIM は 10 万 K から 1,000 万 K と非常に高いため、その中の物質は高度にイオン化されており、遠紫外線または低エネルギー X 線を放出する。

1.1 IllustrisTNG

1.2 ビリアル半径

1.3 outflow に関して

第 2 章

手法

2.1 IllustrisTNG のデータの取り扱い

2.2 face-on と edge-on の導出

2.3 ビリアル半径の計算

2.4 outflow の計算

第 3 章

議論

第 4 章

まとめ

謝辭

参考文献

- Ade, P. a. R., Aghanim, N., Alves, M. I. R., et al. 2014, *Astronomy & Astrophysics*, 571, A1, doi: [10.1051/0004-6361/201321529](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201321529)
- Ade, P. a. R., Aghanim, N., Arnaud, M., et al. 2016, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A14, doi: [10.1051/0004-6361/201525814](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201525814)
- Aghanim, N., Akrami, Y., Ashdown, M., et al. 2020, *Astronomy & Astrophysics*, 641, A6, doi: [10.1051/0004-6361/201833910](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833910)
- Danforth, C. W., & Shull, J. M. 2008, *The Astrophysical Journal*, 679, 194, doi: [10.1086/587127](https://doi.org/10.1086/587127)
- Gupta, A., Mathur, S., Kingsbury, J., Das, S., & Krongold, Y. 2023, *Nature Astronomy*, doi: [10.1038/s41550-023-01963-5](https://doi.org/10.1038/s41550-023-01963-5)
- Komatsu, E., Smith, K. M., Dunkley, J., et al. 2011, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 192, 18, doi: [10.1088/0067-0049/192/2/18](https://doi.org/10.1088/0067-0049/192/2/18)
- Nelson, D., Springel, V., Pillepich, A., et al. 2021, *The IllustrisTNG Simulations: Public Data Release*, arXiv, doi: [10.48550/arXiv.1812.05609](https://doi.org/10.48550/arXiv.1812.05609). <http://arxiv.org/abs/1812.05609>
- Pillepich, A., Nelson, D., Truong, N., et al. 2021a, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 508, 4667, doi: [10.1093/mnras/stab2779](https://doi.org/10.1093/mnras/stab2779)
- . 2021b, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 508, 4667, doi: [10.1093/mnras/stab2779](https://doi.org/10.1093/mnras/stab2779)
- Planck Collaboration, Aghanim, N., Akrami, Y., et al. 2021, *A&A*, 652, C4, doi: [10.1051/0004-6361/201833910e](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833910e)
- Sato, K., Yamasaki, N. Y., Ishida, M., et al. 2022, *Journal of Low Temperature Physics*, 209, 971, doi: [10.1007/s10909-022-02910-w](https://doi.org/10.1007/s10909-022-02910-w)
- Schumann, M. 2014, *Brazilian Journal of Physics*, 44, 483, doi: [10.1007/](https://doi.org/10.1007/)

[s13538-014-0222-x](#)

Shull, J. M. 2003, 281, 1, doi: [10.1007/978-94-010-0115-1_1](#)

Shull, J. M., Smith, B. D., & Danforth, C. W. 2012, The Astrophysical Journal, 759, 23, doi: [10.1088/0004-637X/759/1/23](#)

Simionescu, A., Ettori, S., Werner, N., et al. 2021, Experimental Astronomy, 51, 1043, doi: [10.1007/s10686-021-09720-0](#)

Springel, V., White, S. D. M., Tormen, G., & Kauffmann, G. 2001, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 328, 726, doi: [10.1046/j.1365-8711.2001.04912.x](#)

Tristram, M., Banday, A. J., Douspis, M., et al. 2023, Astronomy & Astrophysics, doi: [10.1051/0004-6361/202348015](#)

Walker, S., Nagai, D., Simionescu, A., et al. 2019, Bulletin of the AAS, 51