

CALETで明かされる宇宙線加速 伝播

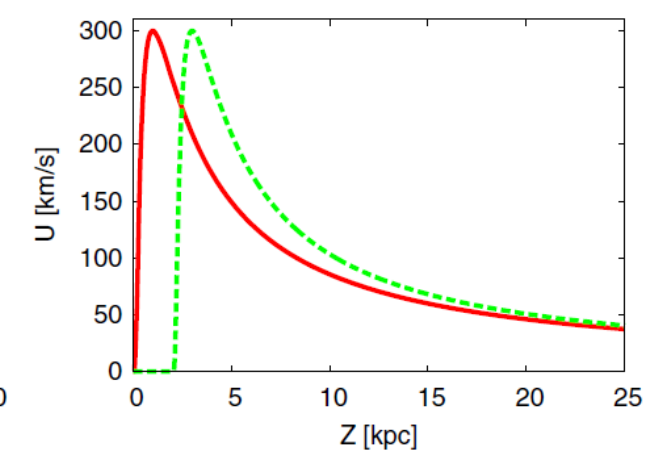
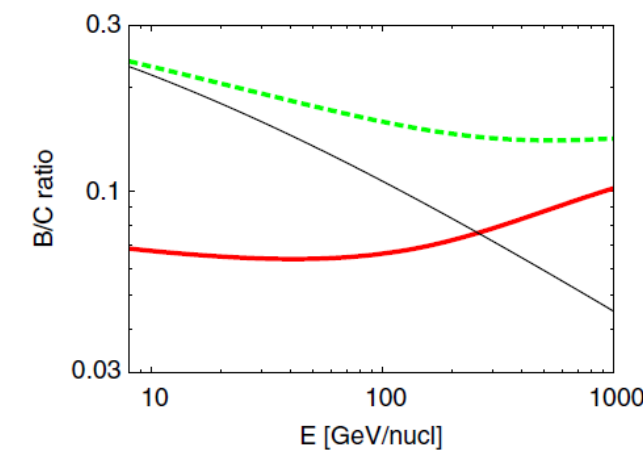
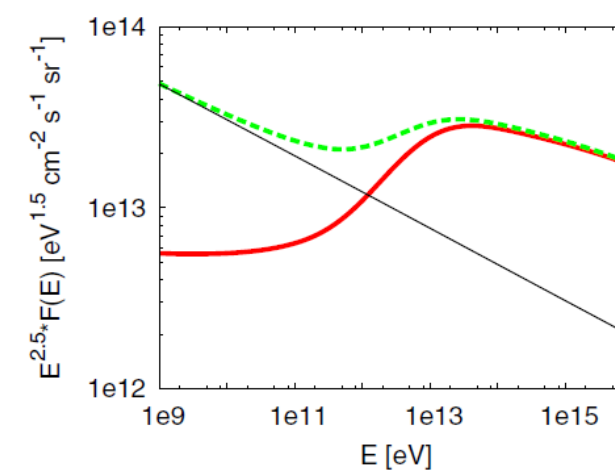
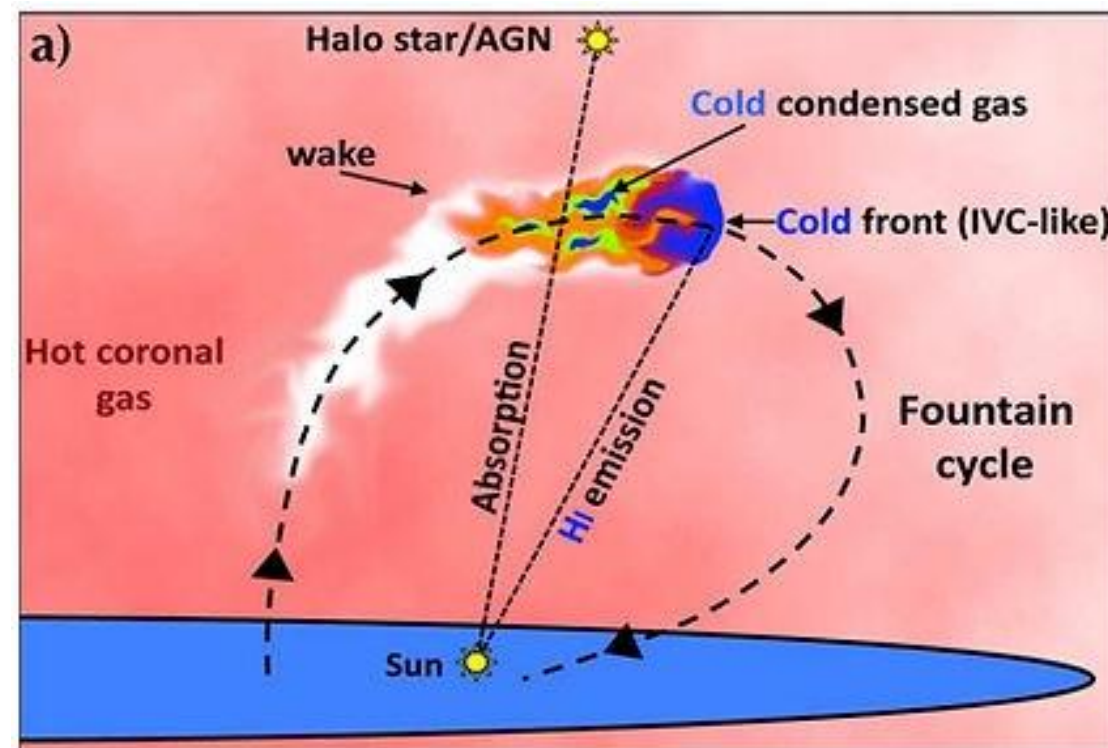
浅野勝晃

(東京大学宇宙線研究所)

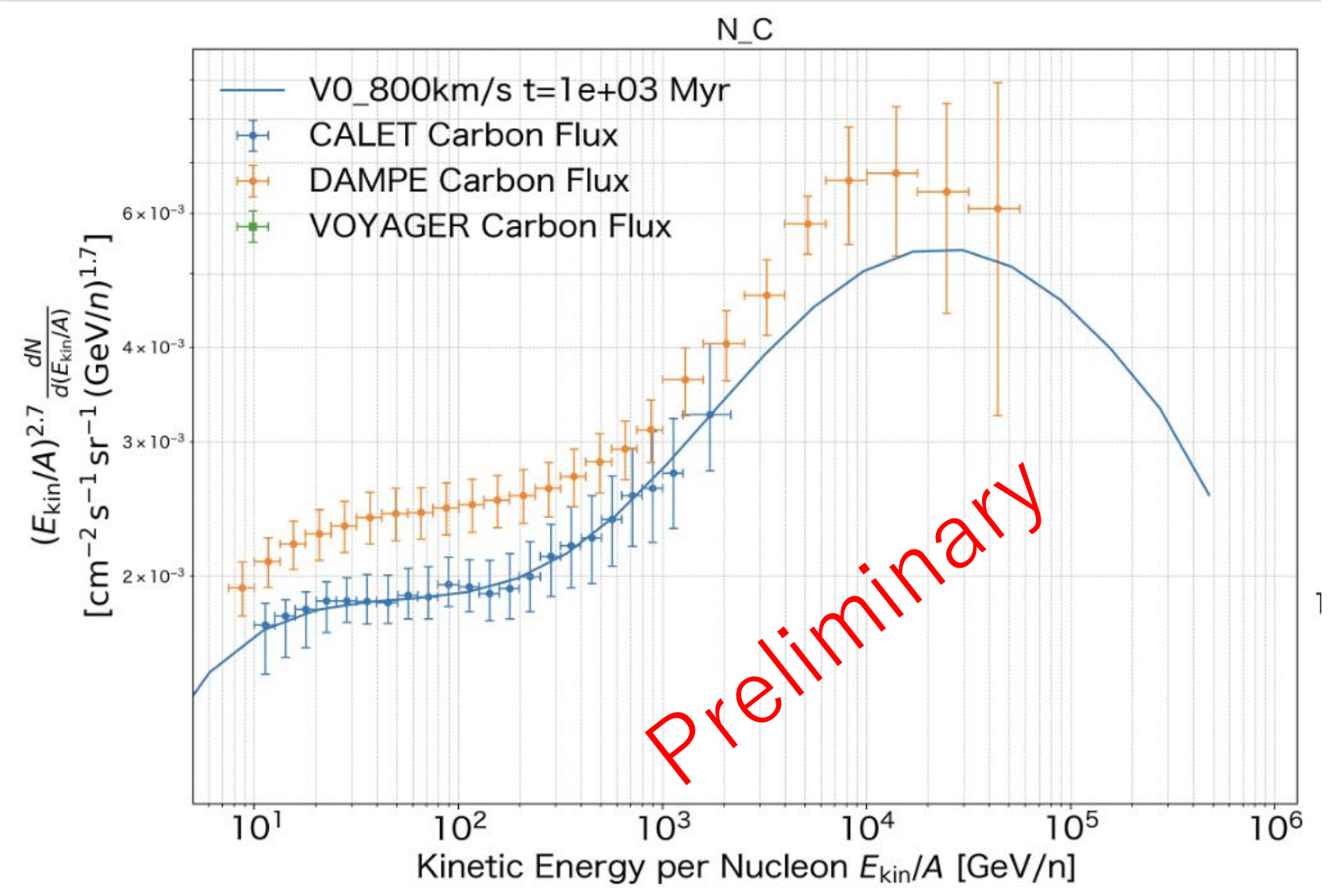
銀河風：宇宙線と銀河進化の結節点



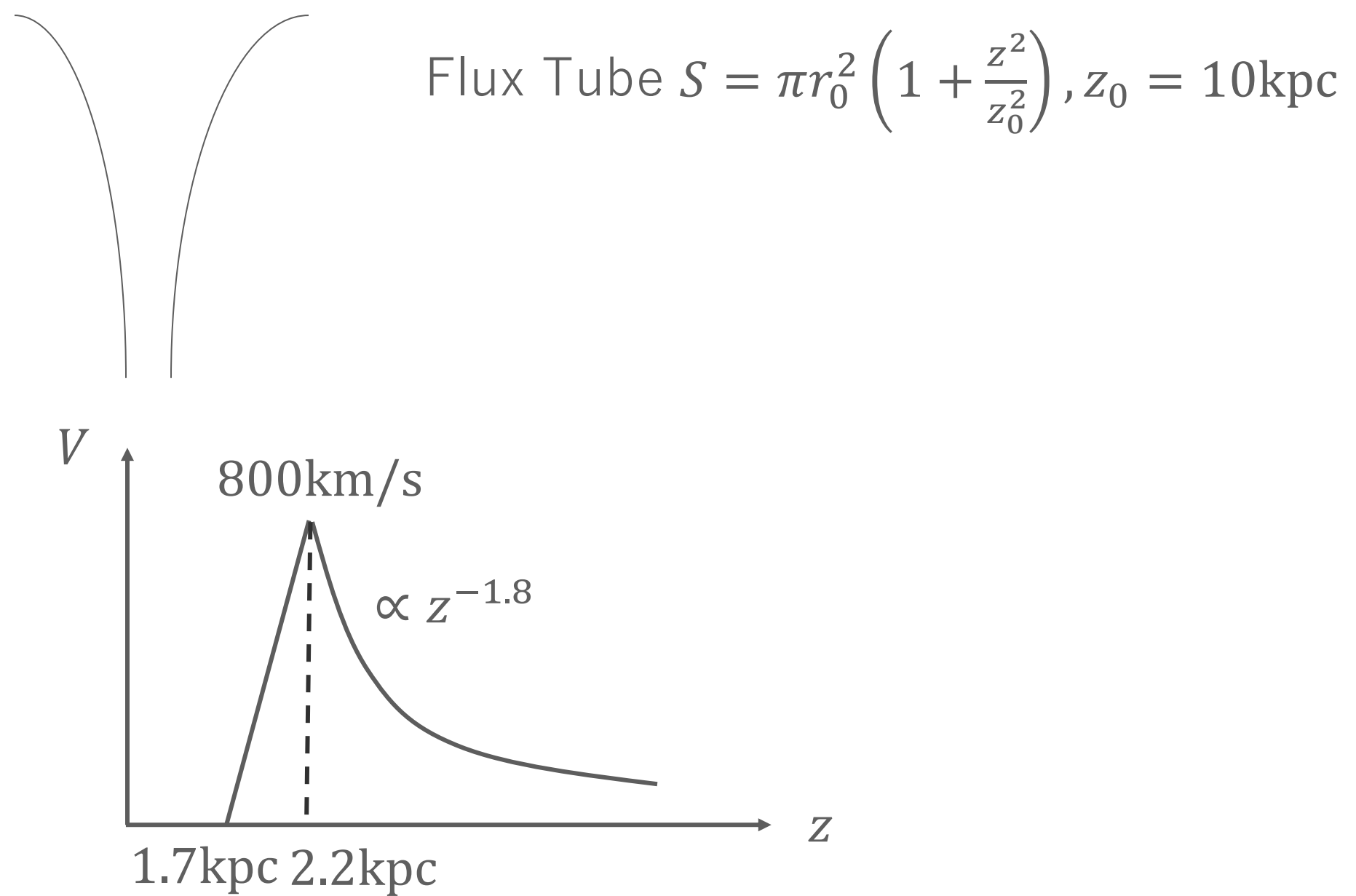
- 過去に星で作られた多くの金属は銀河風によって排出されている
- 銀河風と新しいガスの降着がバランス
- 宇宙線による圧力・加熱が銀河風駆動及び高温ガスの形成に本質的 (eROSITA bubble Shimoda & Inutsuka 22).
- 宇宙線も銀河風も共に超新星を起源とする
- 一部のガスは冷えて再降着



銀河風による宇宙線スペクトルの説明



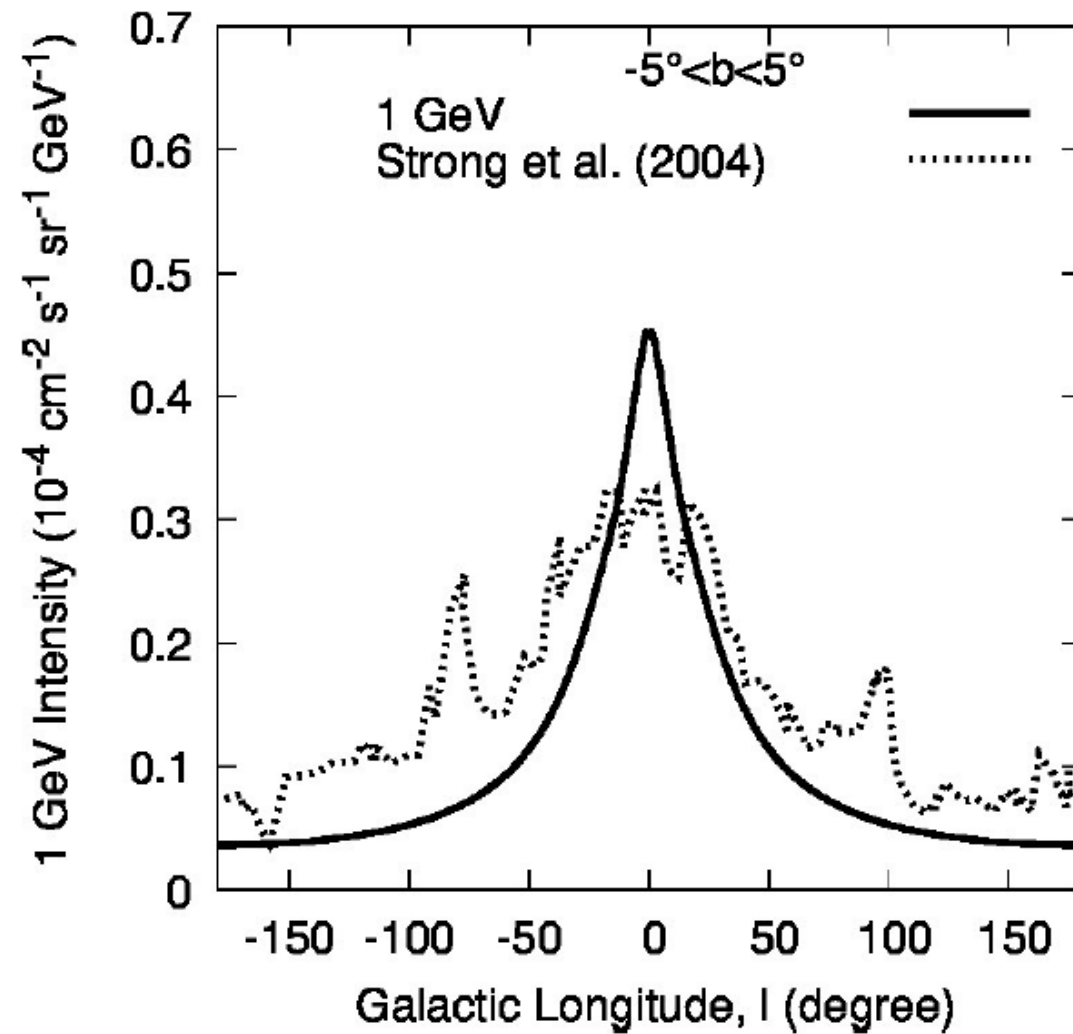
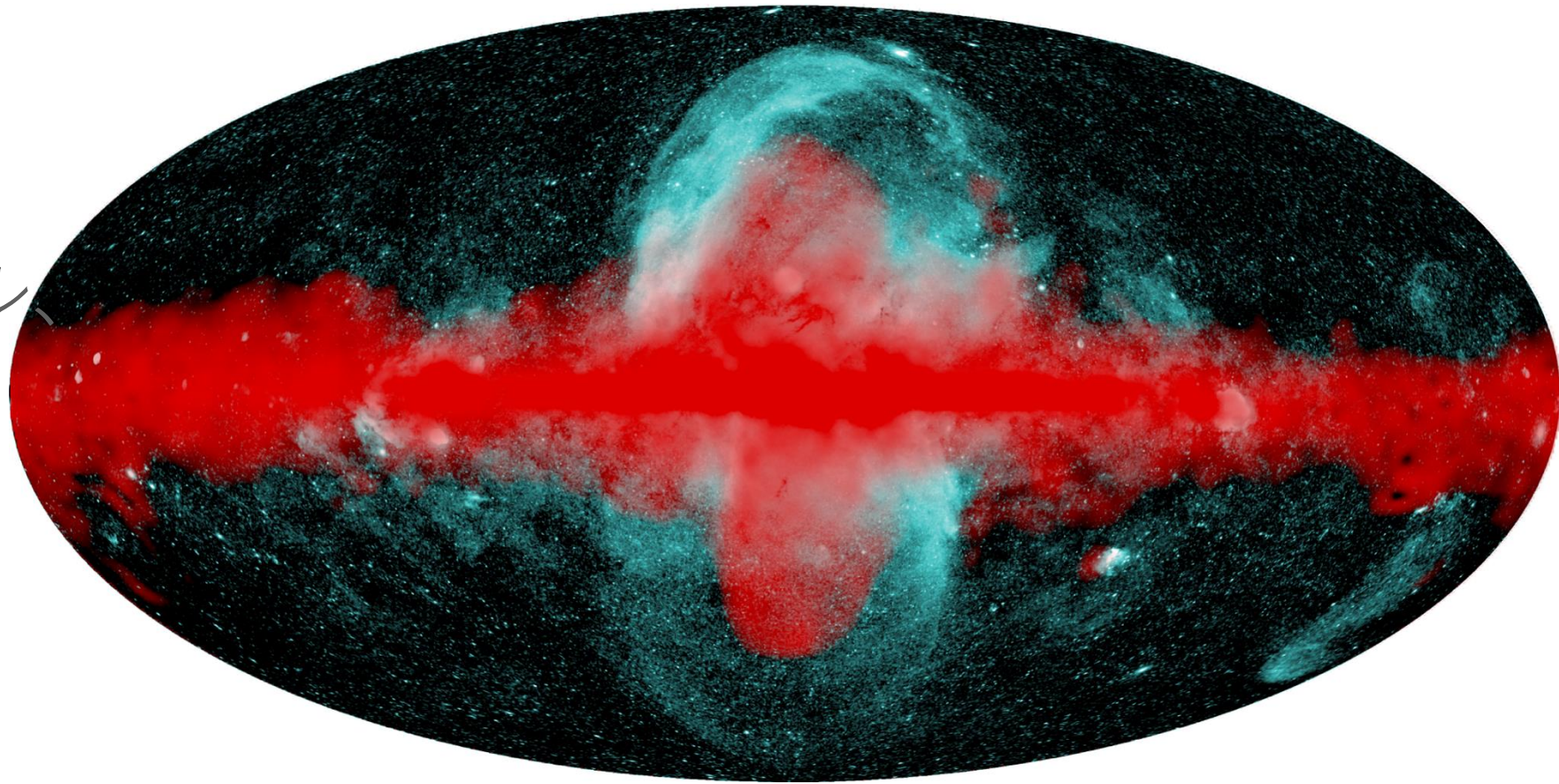
$$D = 1.4 \times 10^{28} \left(\frac{R}{\text{GV}} \right)^{1/3} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$$



宇宙線は銀河風の構造を探るツールになりうる
→銀河進化、星形成史

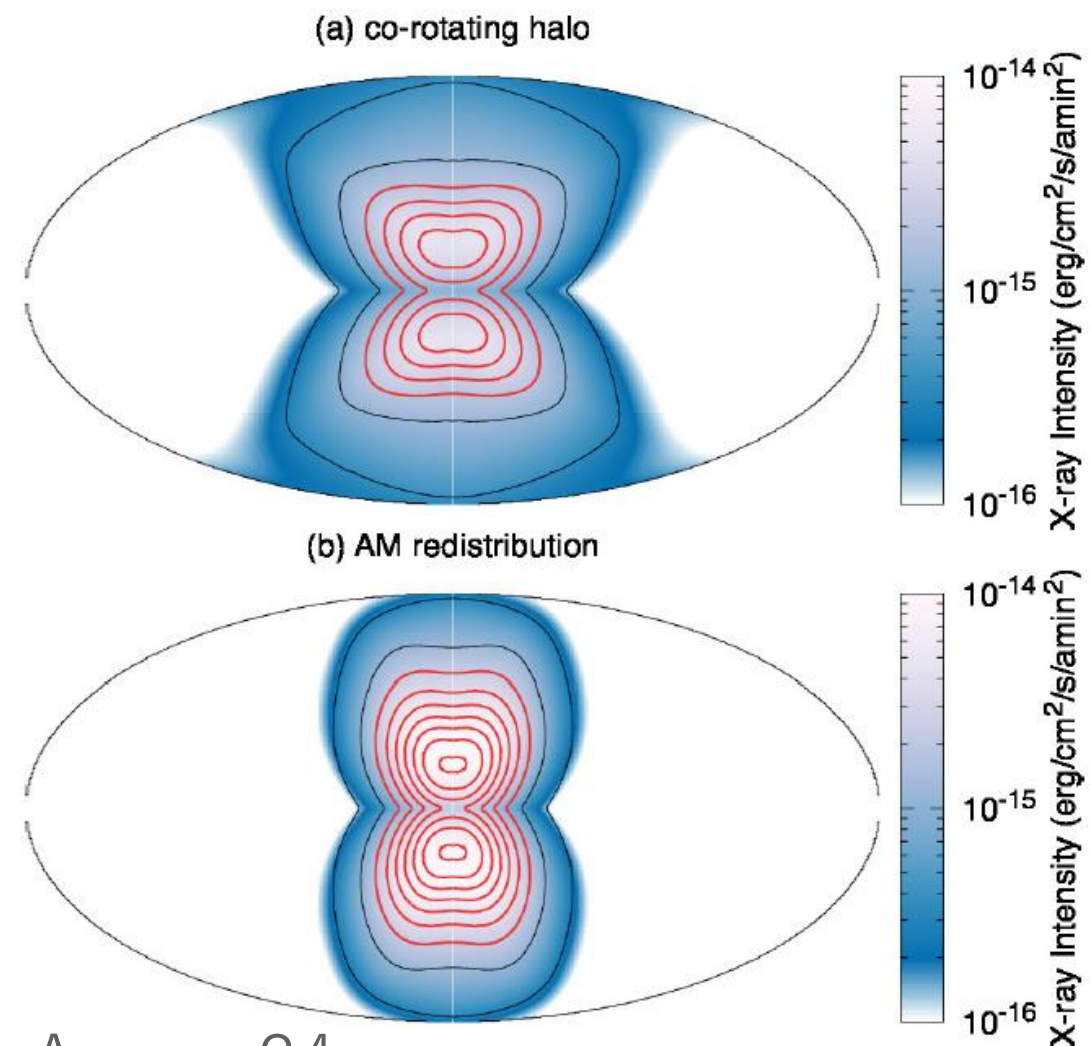
Fermi Bubble

宇宙線による銀河風はフェルミバブル、
eRositaバブルと整合的



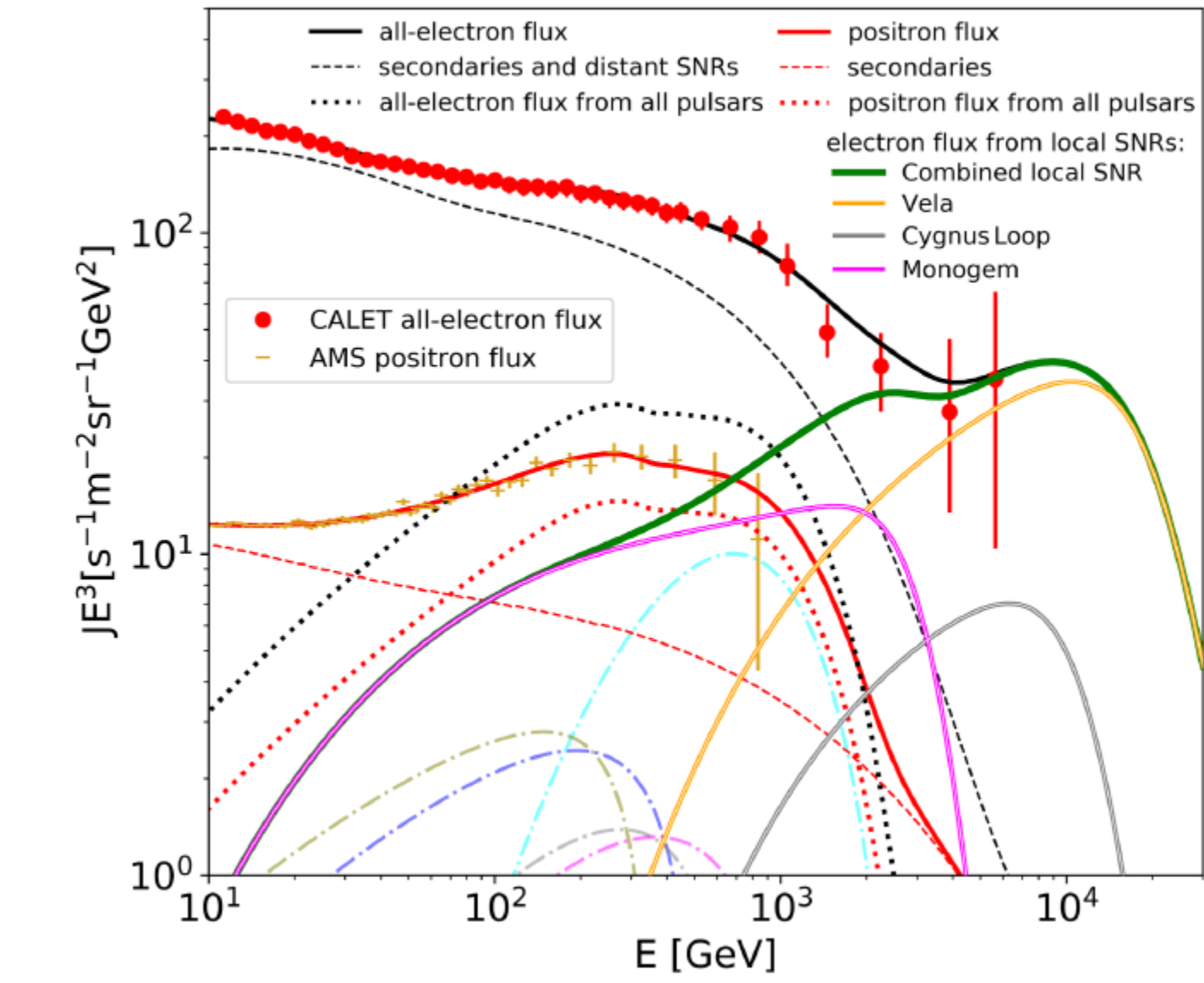
Surface brightness of 1GeV photons
at the disk.

CR amount is consistent.

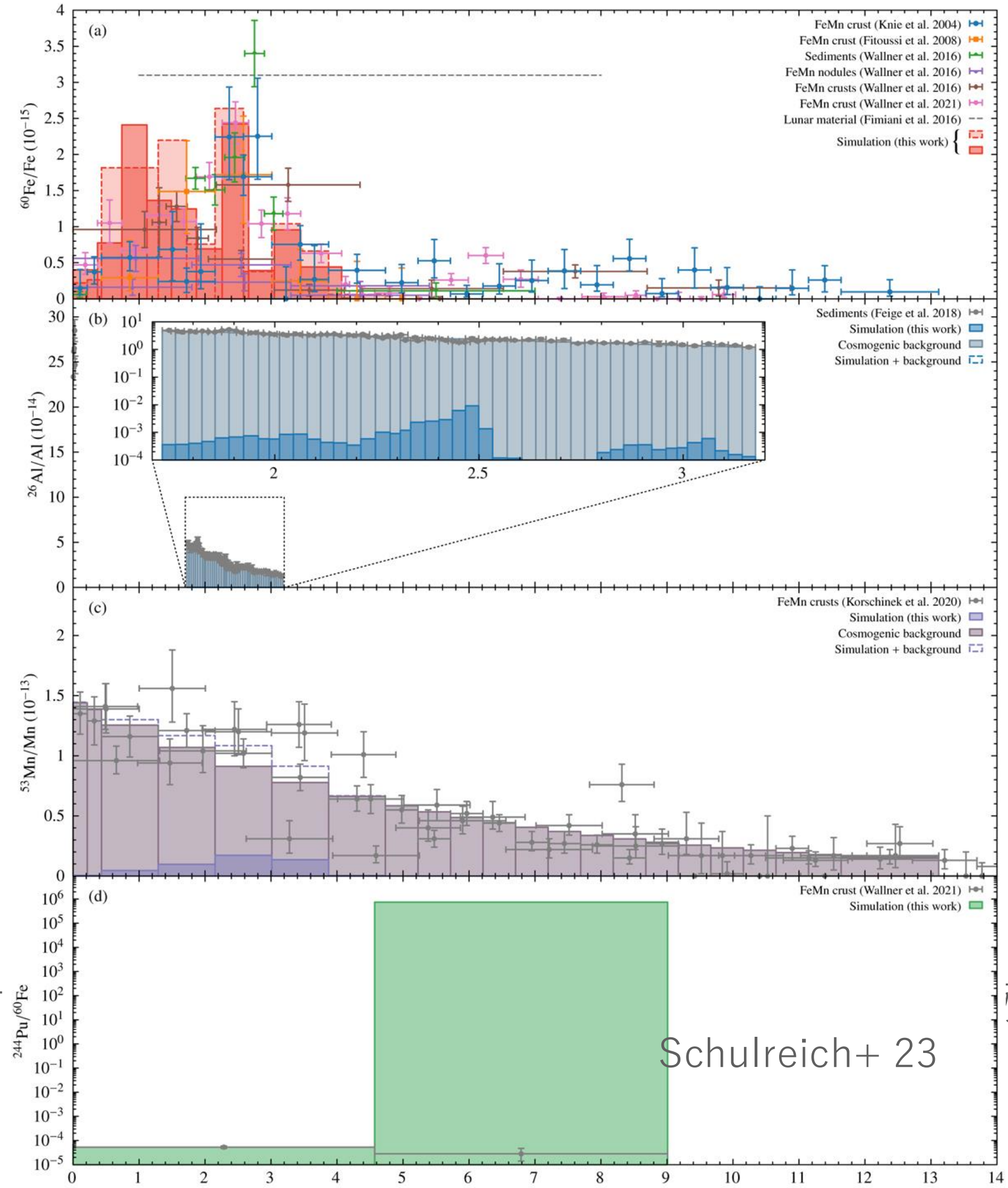


Contour: gamma-ray

異なる可能性：近傍宇宙線源

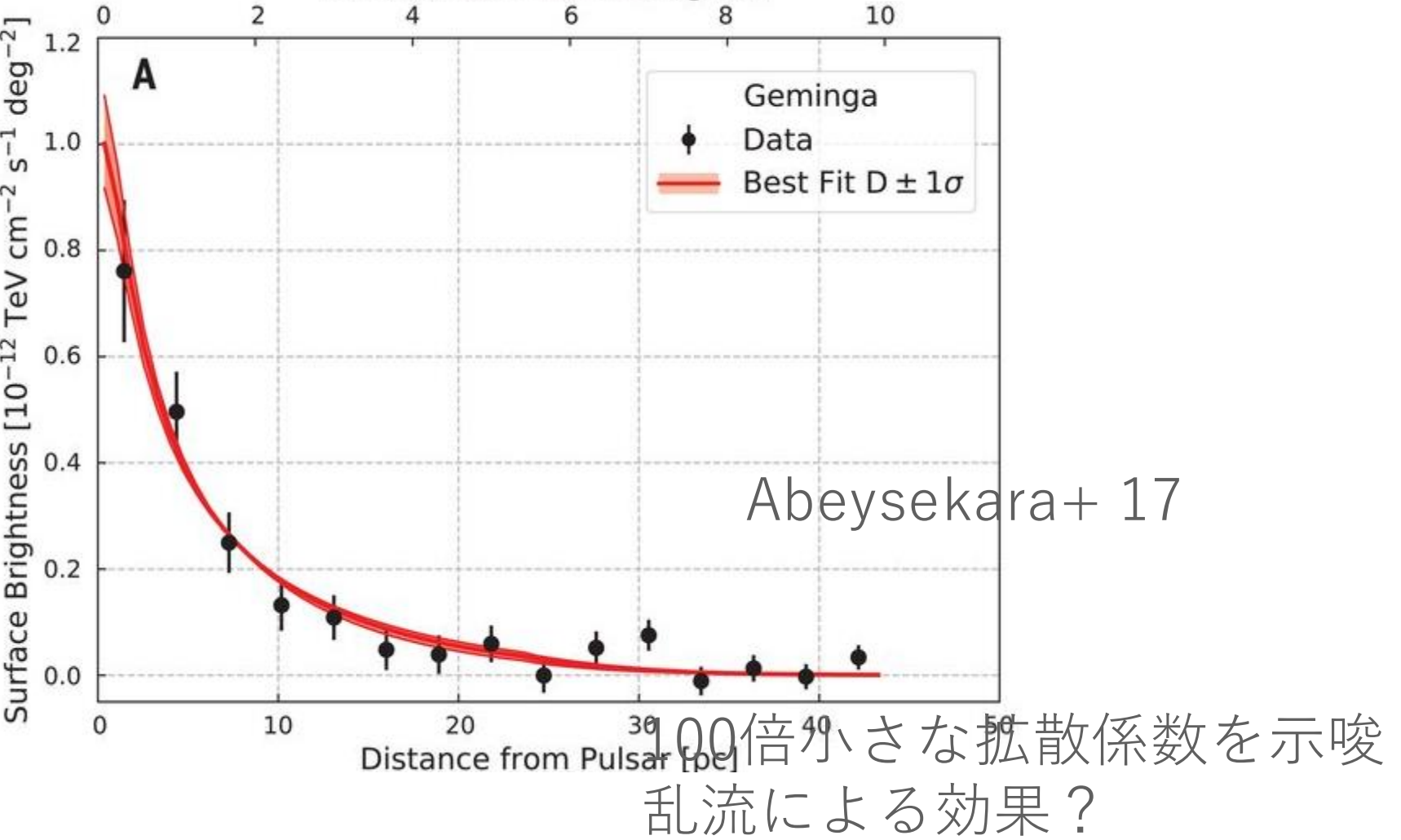
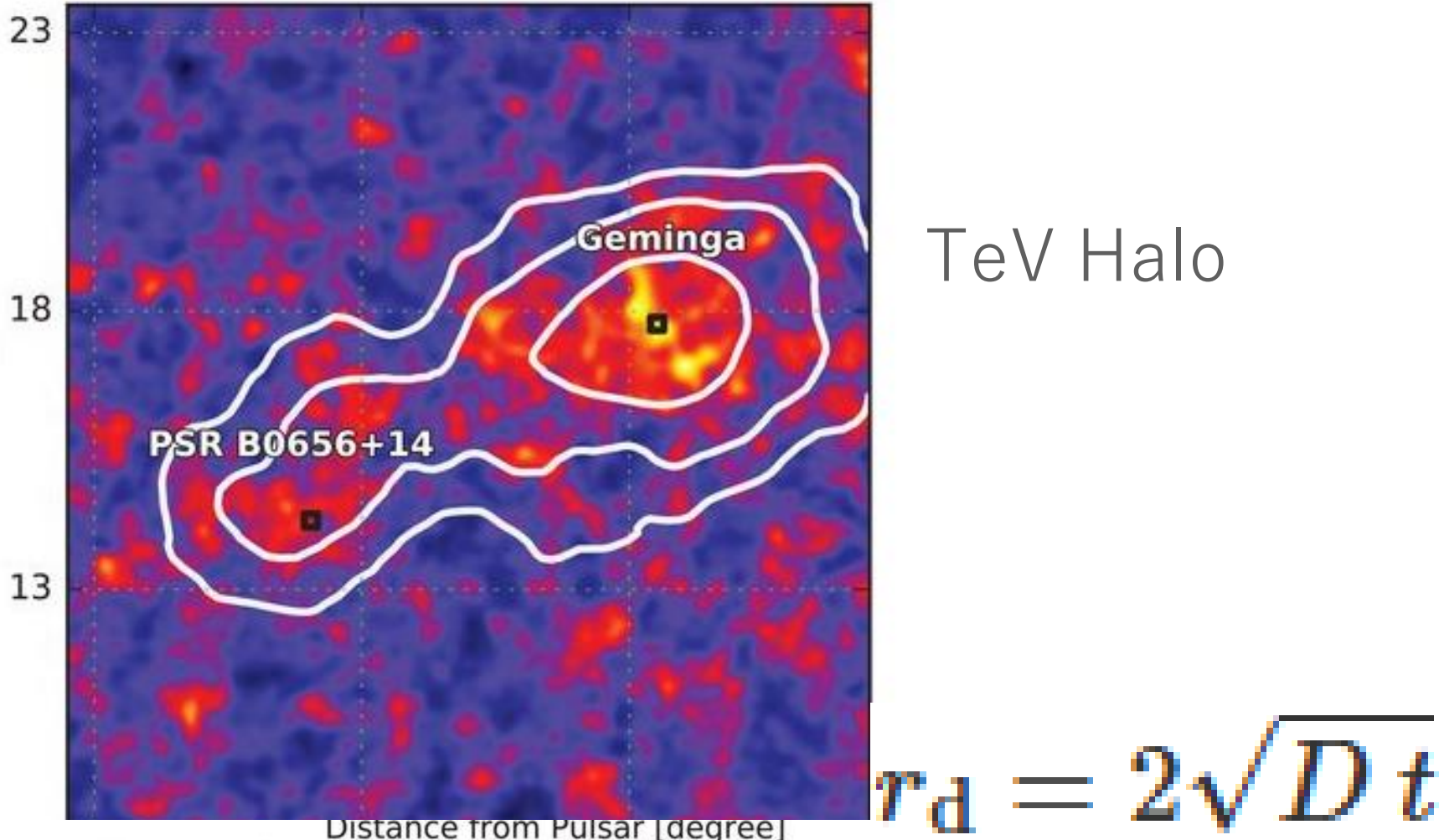
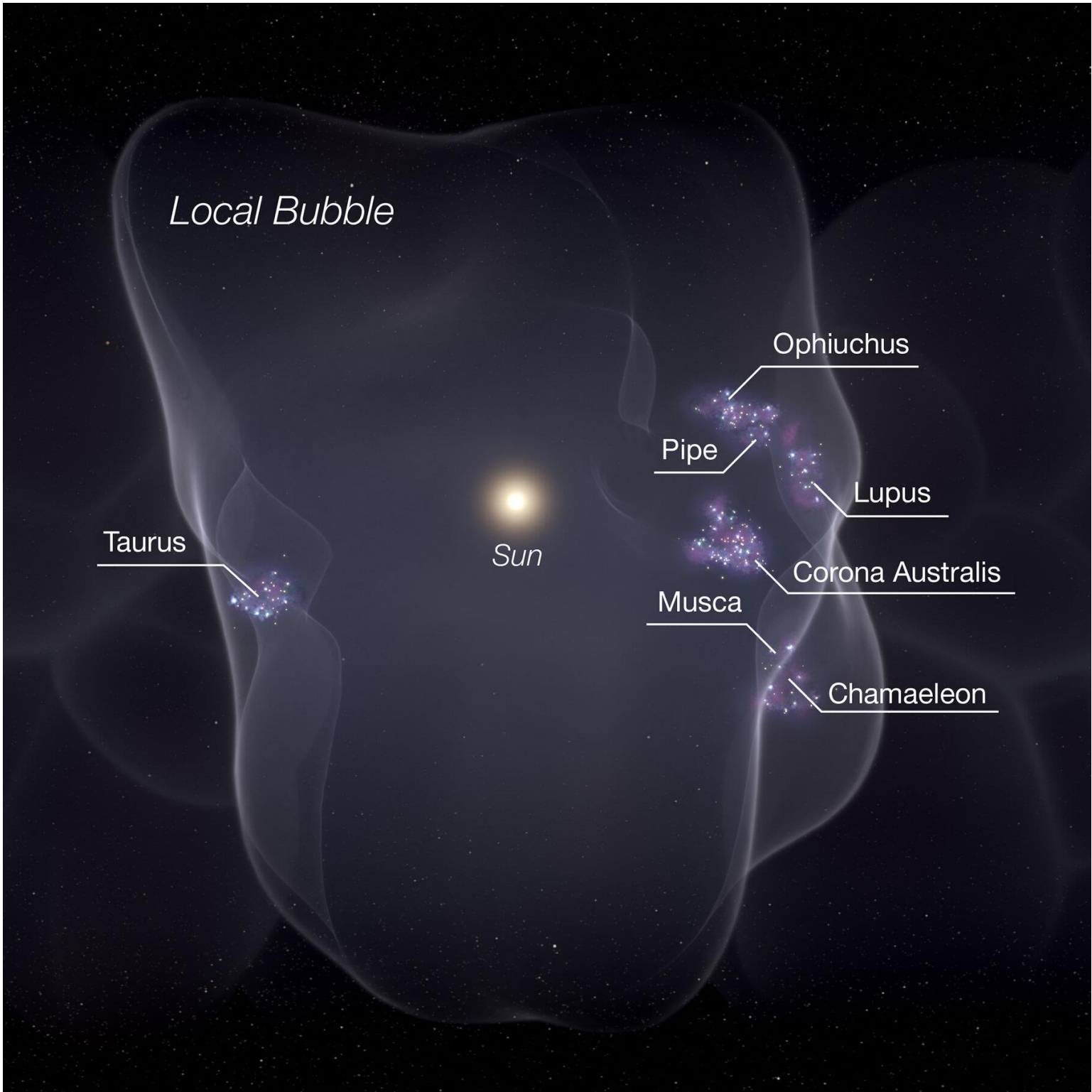


電子 + 陽電子宇宙線に対するVela SNRの寄与
(300 p c 10kyr)
CALET 23
(DAMPEでも同様の兆候があるらしい)



浅

Local Bubble: 拡散係数の抑制



CR + 流体シミュレーション

10^{50} ergの宇宙線をISMに放出

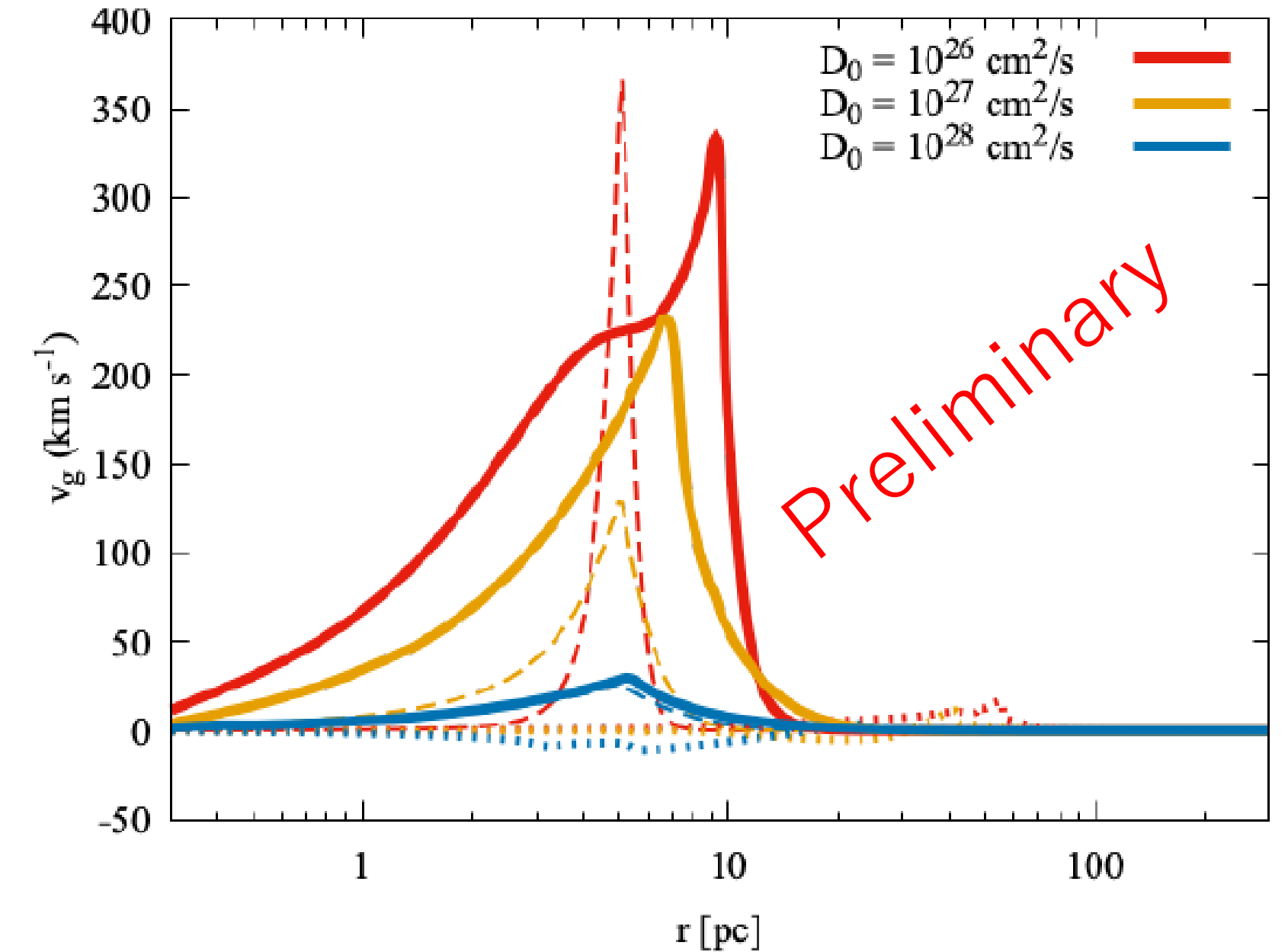
$$\frac{\partial \rho_g}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \rho_g v_g) = 0, \quad (1)$$

$$\rho_g \left[\frac{\partial v_g}{\partial t} + v_g \frac{\partial v_g}{\partial r} \right] = - \frac{\partial}{\partial r} (P_g + P_{\text{cr}}), \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{2} \rho_g v_g^2 + \varepsilon_g \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \left(\frac{1}{2} \rho_g v_g^2 + P_g + \varepsilon_g \right) v_g \right] \\ &= n_g (\Gamma_g - n_g \Lambda) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \mathcal{K} \frac{\partial T_g}{\partial r} \right) \end{aligned}$$

$$-v_g \frac{\partial P_{\text{cr}}}{\partial r} + \int \epsilon \frac{\partial}{\partial p} \left[f \left(\frac{dp}{dt} \right)_C \right] dp + \left| \mathcal{V}_A \frac{\partial \varepsilon_{\text{cr}}}{\partial r} \right|, \quad (3)$$

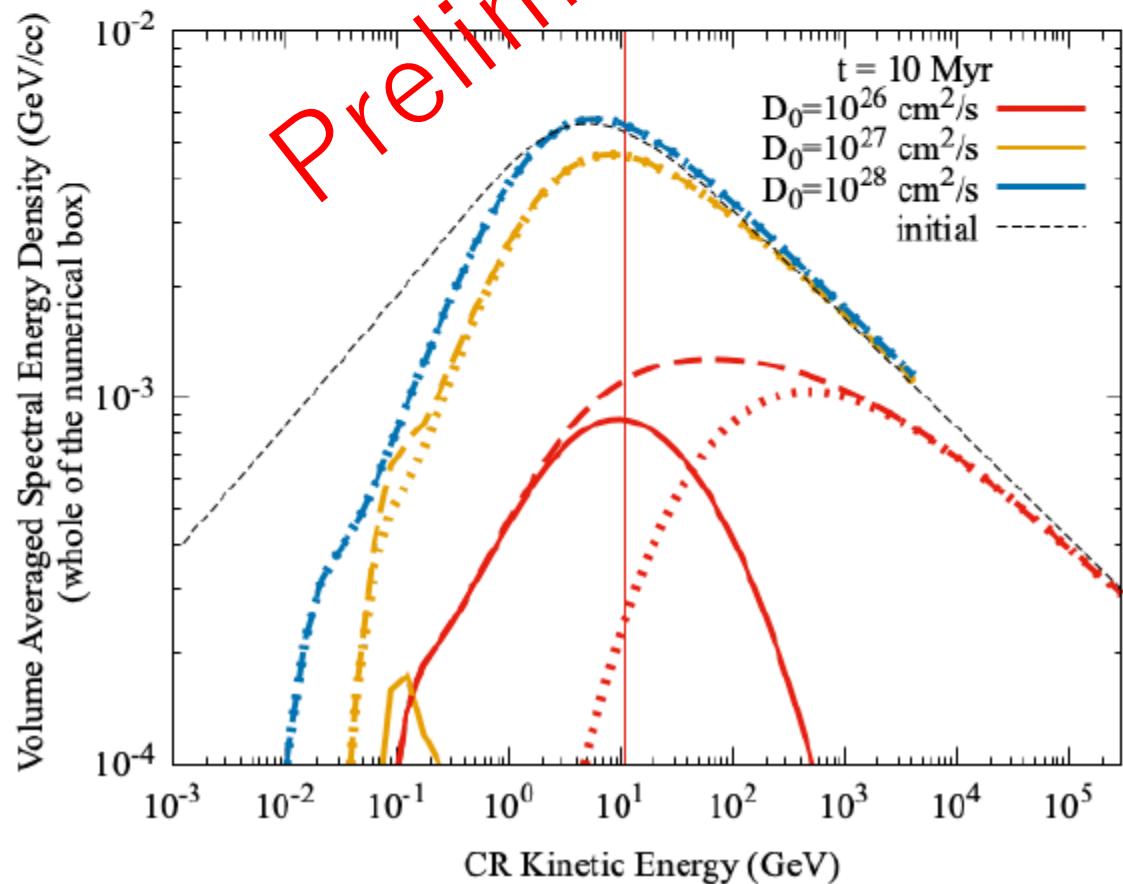
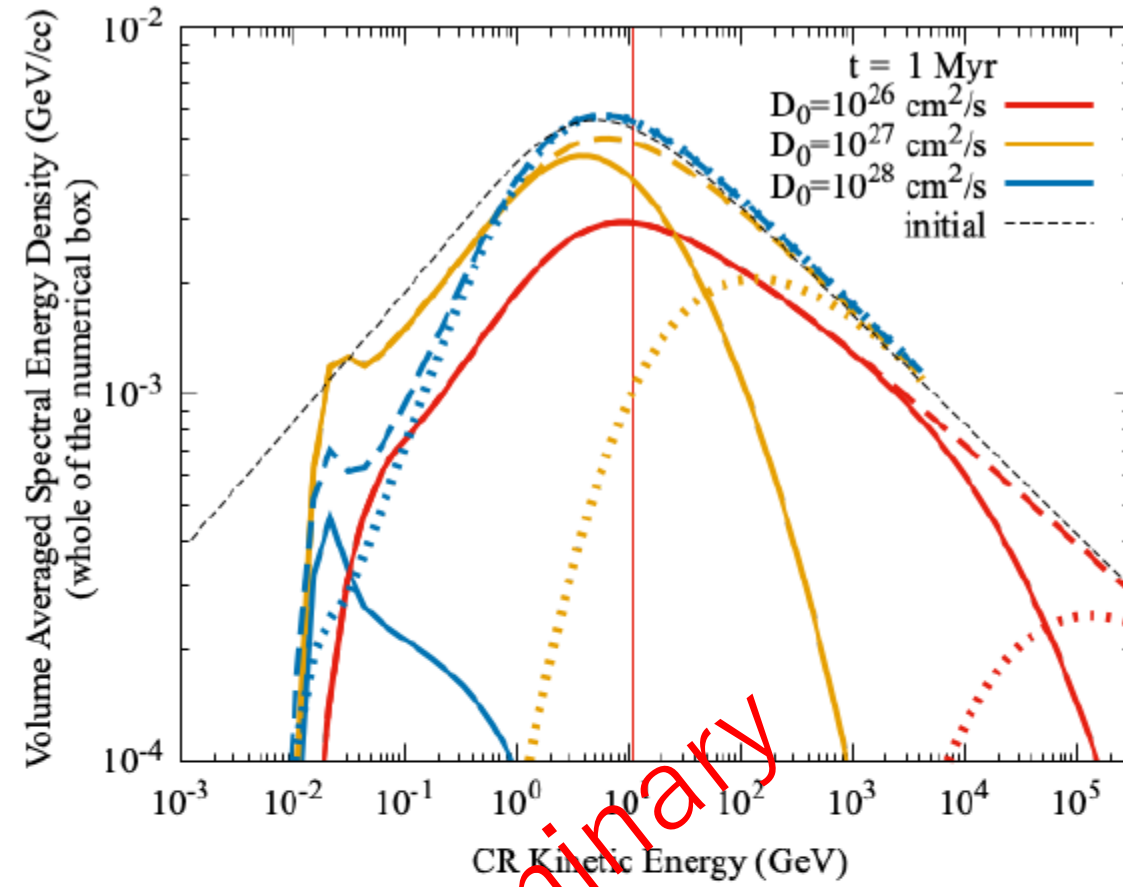
$$\begin{aligned} & \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 v_g f - r^2 \mathcal{D} \frac{\partial f}{\partial r} \right) \\ &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{r^2 v_g}{3} \right) \frac{\partial (pf)}{\partial p} - \frac{\partial}{\partial p} \left[f \left(\frac{dp}{dt} \right)_C \right] - \left| \mathcal{V}_A \frac{\partial f}{\partial r} \right|, \quad (4) \end{aligned}$$



小さな拡散係数 = 強くCRと流体がcouple
外側にガスを押し出す
Windの起源にも

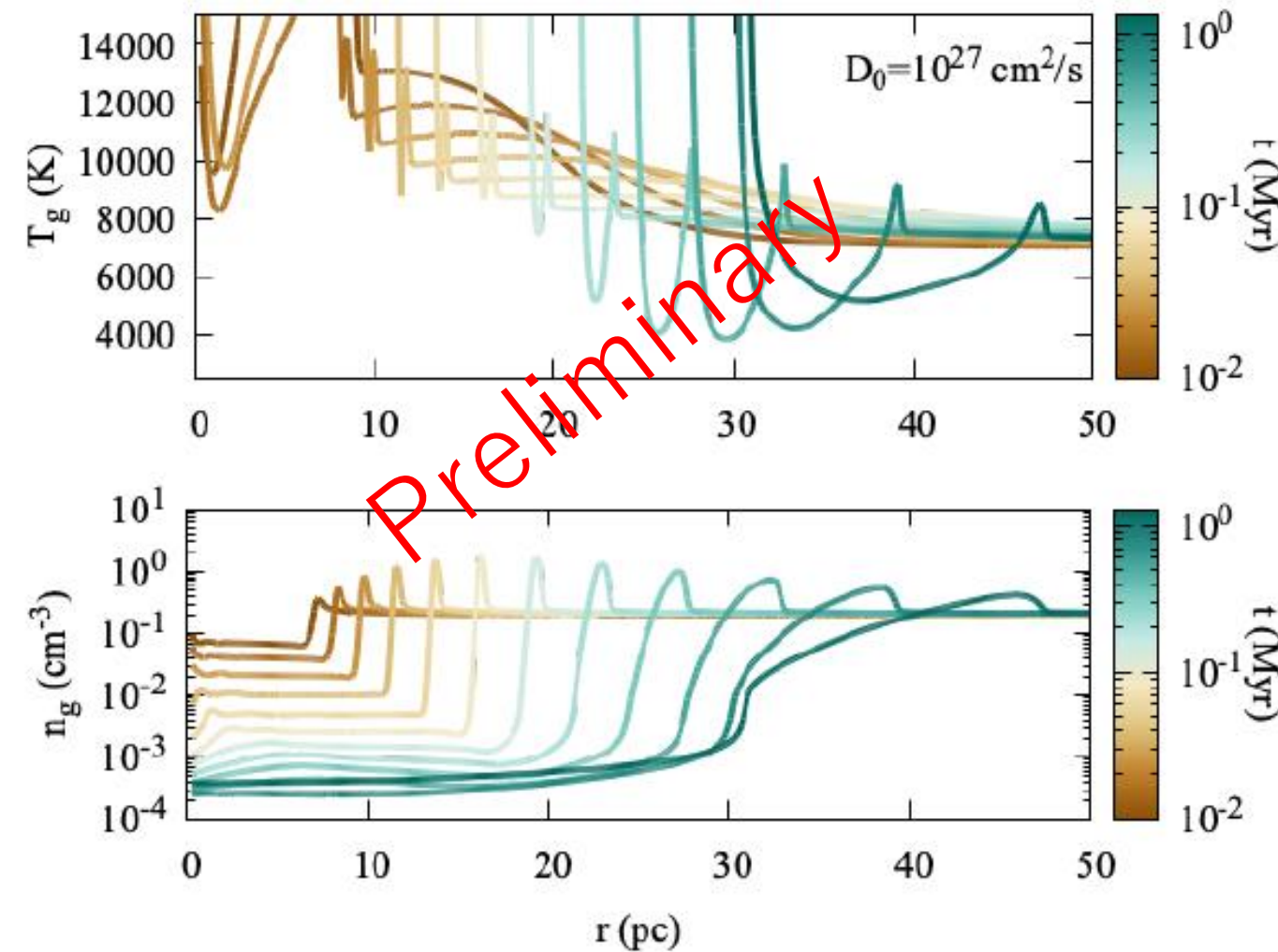
Shimoda+ in prep.

宇宙線スペクトル

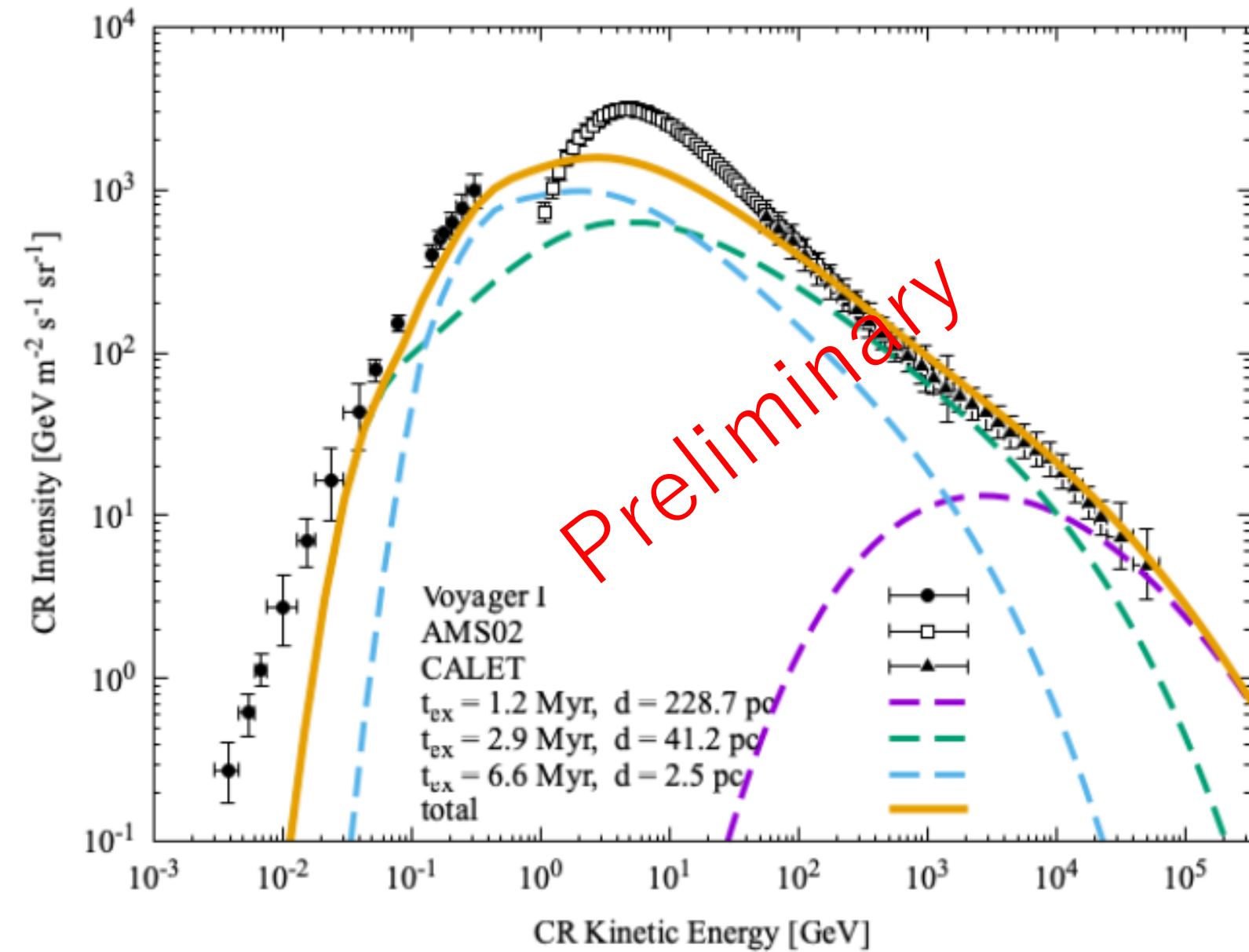


実線：残存粒子

拡散係数が小さいと、
流体にエネルギーを与え、spectrumのhardeningが起きる。



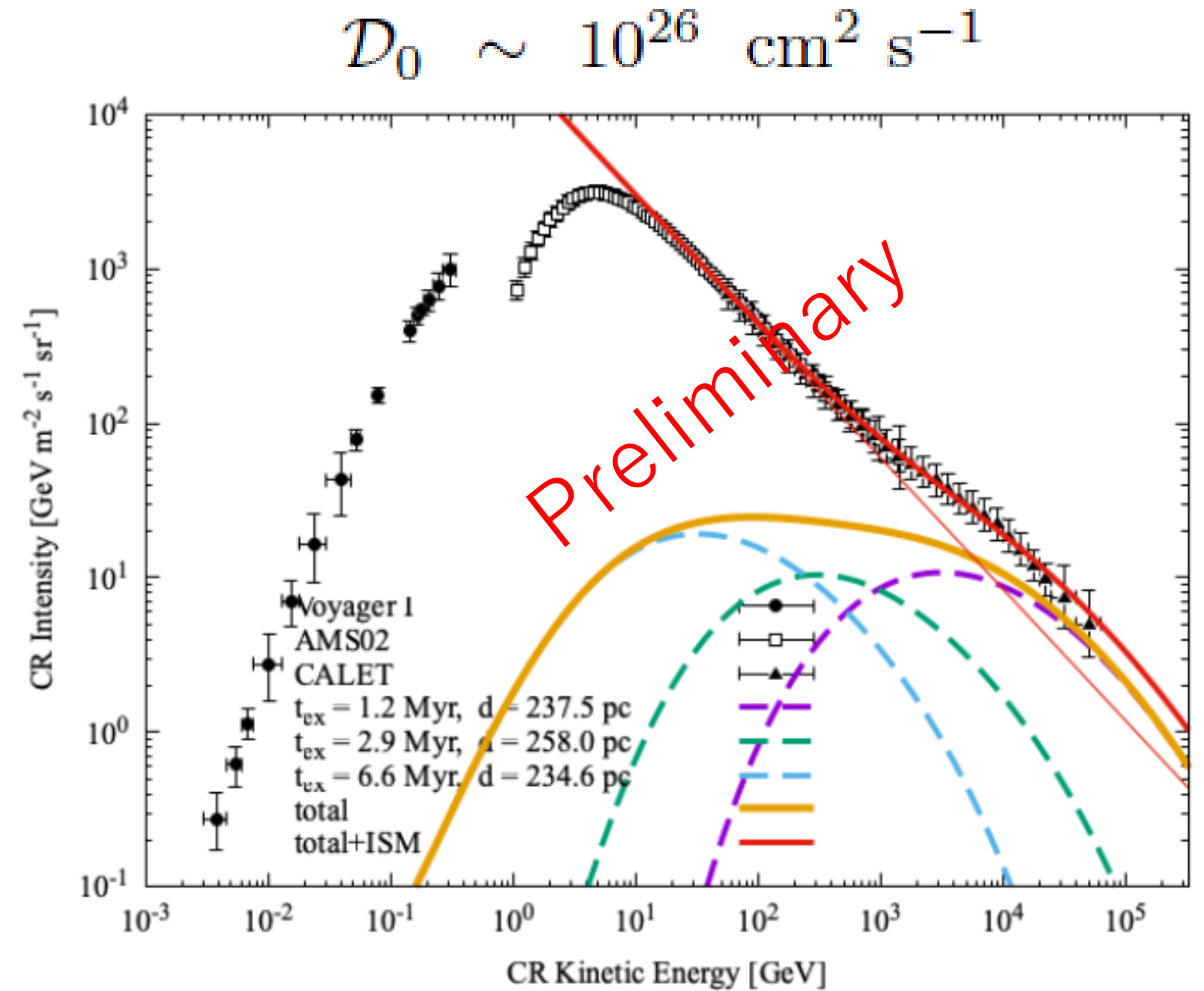
Local bubbleの数発のSNの寄与



3発のSN

Local CRのほぼすべてを説明。やりすぎ？

抑制された拡散係数が外から来る宇宙線をブロック？
(要)



Hardening部分だけに寄与する例
(CRと流体相互作用によるHardeningが重要)

Summary

1. 普遍的に見られる500GVにおけるHardening
2. 拡散係数のエネルギー依存性の変化 (Ad hoc?)
3. 銀河風の影響 (宇宙線と銀河の共進化)
4. Local bubbleに閉じ込められた宇宙線成分