

TeV dark matter in the disk

F. Nozzoli

Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Via della Ricerca Scientifica 1, I-00133 Rome, Italy

橋本 隆

Introduction

- DAMAが暗黒物質由来の季節変動を観測
- 加えて他の実験(CoGeNT, CDMS- II , EDELWEISS- II , CRESST)がバックグラウンドで説明しきれないイベントの超過があることを報告
 - 特にCoGeNTは15ヶ月で季節変動の観測を発表した
- DAMA, CoGeNTの結果からisothermal halo modelでSI相互作用がドミナントだと仮定した場合暗黒物質の質量は5-15GeV, 散乱断面積は 10^{-4} pbのオーダーになる
- この論文ではisothermal halo modelを拡張(rotating dark matter halo)し、再解析を行ったというもの
 - するとTeV DMを考えることができる
 - PAMELAやFermi LATで測定されたpositron/electron比の超過と関係があるかもしれない

仮定とか

- 暗黒物質の速度分布はマクスウェル分布に従うものとして

$$f(\vec{v}, \vec{v}_e) = \frac{1}{(\pi v_0^2)^{3/2}} e^{-(\vec{v} + \vec{v}_e)^2 / v_0^2}. \quad (1)$$

$\vec{v}_e = \vec{v}_\oplus(t) + \vec{v}_\odot - \vec{v}_{DM} = \vec{v}_\oplus(t) + \vec{v}_\odot^{LSR} + \vec{v}_{LSR} - \vec{v}_{DM}$; 暗黒物質フラックスに対する地球の速度
← 太陽系での地球の速度

$\vec{v}_\odot^{LSR} = \vec{v}_\odot - \vec{v}_{LSR} = (10.0, 5.25, 7.17)$ km/s : Local Standard of Rest(LSR)に対する太陽の速度

$$\vec{v}_{LSR} \simeq (0, 220 \pm 30, 0) \text{ km/s}$$

- a rotating dark matter halo ($\vec{v}_{DM} \neq 0$) とすると

$$\vec{v}_{LSR} - \vec{v}_{DM} \simeq (0, v_{lag}, 0),$$

- isothermal modelでは $v_{lag} = v_0 = 220$ km/sとするが、本解析では v_{lag}, v_0 は変数としておく
- 変数が増えるのを避けるために弾性散乱でSI反応の場合だけを考える

- $(v_0, v_{lag}, M_W, \xi_0 \sigma_p)$ のパラメータ空間で話します

where M_W is the particle mass, σ_p is the proton cross section and $\xi_0 = \frac{\rho_{DM}}{0.3 \text{ GeV/cm}^3}$ is the density of the considered dark matter component⁴ in units of 0.3 GeV/cm^3 .

Parameter estimation

$$-2\ln L(v_0, v_{\text{lag}}, M_W, \xi_0 \sigma_p) + 2\ln L_{\text{max}} = \Delta \quad (2)$$

global likelihood function

7.78で90% C.L.
13.28で99% C.L.

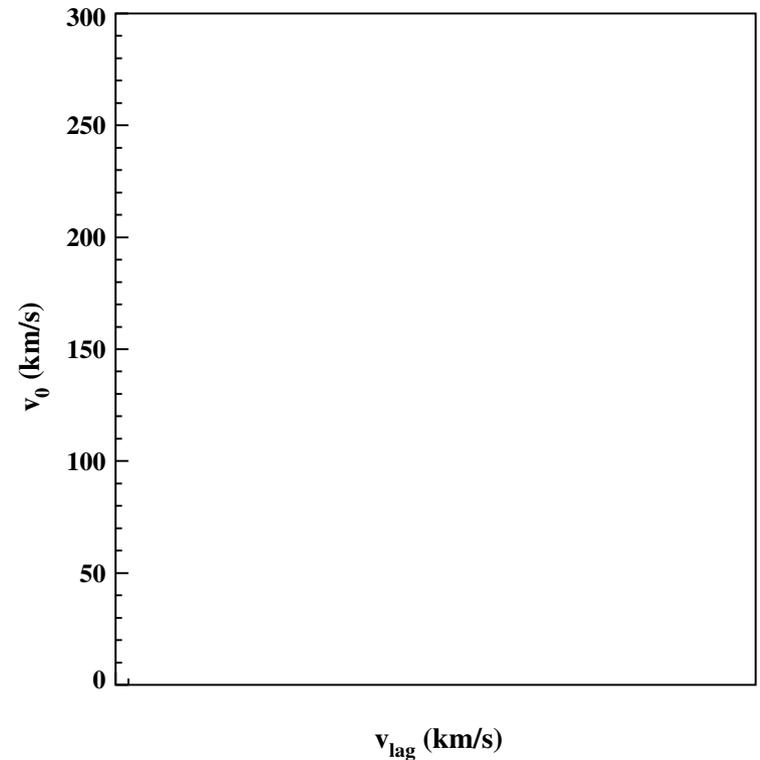
Fig.1は90%から99%の信頼区間で v_0 vs v_{lag} にプロジェクションしたもの

- DAMA/NaI+DAMA/LIBRA data(Fig.1 横線部分)
- DAMA/NaI+DAMA/LIBRAにCoGeNT, CDMS- II, CRESSTをコンバインしたデータ(Fig.1 ハッチ部分)

のケースをそれぞれ考えた結果

青部分はDAMA/NaI+DAMA/LIBRA dataで isothermal halo modelを考えている

- DAMA/NaI+DAMA/LIBRA dataは速度分布が小さく(low v_0)、銀河内を暗黒物質がcorotatingしている
- 他のデータをコンバインするとより顕著になる



- (v_0, v_{lag}, M_w) で見てみる
- v_0, v_{lag} を小さいところでは M_w が大きい
 - v_0, v_{lag} が小さくて同じスペクトルを得るには暗黒物質がずっと重い必要がある
- 暗黒物質は TeV スケールである可能性が考えられる

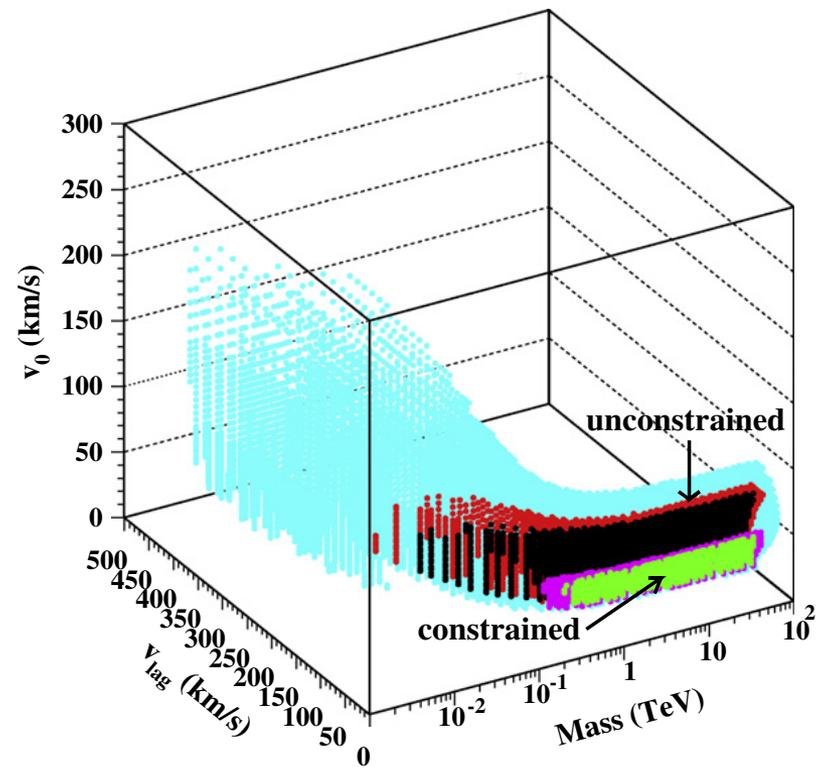


Fig. 2. Allowed configurations in the volume (v_0, v_{lag}, M_w) . The confidence levels and the cases of unconstrained/constrained DAMA data adopt the same palette code used for Fig. 1. The configurations of very heavy dark matter particles are favored.

様々なパラメータで比較

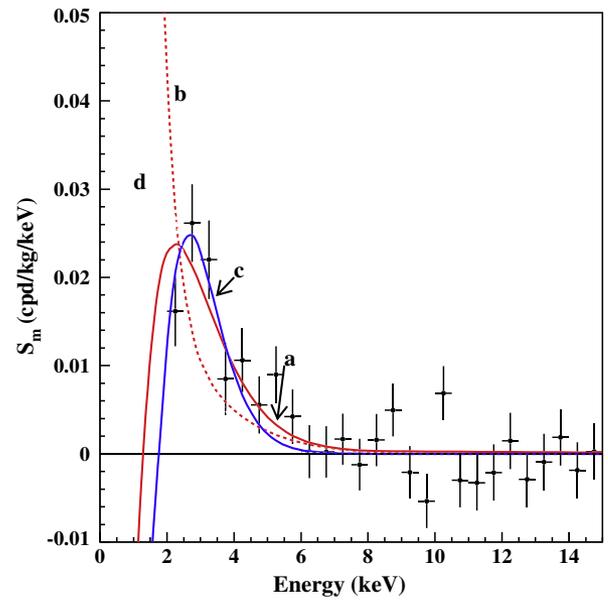
Table 1

Models adopted in Figs. 3–5.

Model	v_0 (km/s)	v_{lag} (km/s)	M_W	$\xi_0 \sigma_p$ (pb)
(a)	220	220	60 GeV	1.3×10^{-5}
(b)	220	220	10 GeV	9.3×10^{-5}
(c)	10	95	90 TeV	5.8×10^{-4}
(d)	20	75	90 TeV	4.6×10^{-4}

- 152.5dはnon-rotating halo modelで予想される最大値
- 146dはco-rotating fluxでの最大値
- DAMAの結果は 146 ± 7 dなのでどちらにも合う
- b,dのような極値的なモデルは測定値から大きくずれる

- 上図は変動部分のエネルギースペクトル
- 下図は変動しない部分のエネルギースペクトル
 - バックグラウンドと暗黒物質の信号が合わさっている
- co-rotating modelの場合、 S_m/S_0 の比が大きいので効率的にバックグラウンドの存在を認めることができる



Allowed regions fixed the halo : an example

- v_0, v_{lag} を固定して考える
- fig.6はisothermal halo model($v_0=v_{lag}=220\text{km/s}$)として 2σ の信頼度で書いた
- 比較としてfig.7.1にcolotating halo($v_0=20\text{km/s}, v_{lag}=75\text{km/s}$)
 - 数TeV以上の重い暗黒物質存在の可能性がある
- 例えば、 $v_0=20\text{km/s}, v_{lag}=75\text{km/s}, M_w=20\text{TeV}, \zeta_0\sigma_p=10^{-4}\text{pb}$ の場合
 - CoGeNTで0.4-0.9keV部分で暗黒物質弾性散乱の信号は0.5%
 - CDMS- II で13 recoil
 - CaWO₄(CRESST-like)で60 recoil

まとめ

- DAMA, CoGeNTの季節変動のデータ、CDMS- II, EDELWEISS- II, CRESSTのバックグラウンドで説明しきれないデータを用いてrotating haloの場合を考えて再解析した
- co-rotating cold fluxの場合、暗黒物質はとても重いことが予想される
- 今回得たhigh-mass/low-velocityの結果はPAMELAやFermi LATで測定されたpositron/electron比の超過と関係があるかもしれない
- 結果として2つのモデルが考えられる
 - single-component models: local halo co-rotation velocityは100km/sのオーダー
 - multi-component models: non-rotating haloではクロスセクションの小さい粒子がドミナント。TeV mass DMは次にドミナントでdisk内でco-rotatingしている

