

ダークマター探索実験の現状と展望: 趣旨説明

神戸大学 理学研究科
竹内 康雄



ダークマター探索実験・理論の現状を俯瞰し、
今後の 検出実験について議論する

- 宇宙線による間接探索 東大宇宙線研 手嶋政廣
- ニュートリノによる間接探索 名大STE研 伊藤好孝
- 直接探索の現状 宇宙線研神岡 森山茂栄
- 直接探索の将来計画 神戸大理 身内賢太郎
- ダークマターアクシオンの探索 福井大工 小川泉
- 加速器実験からの制限 東大カブリIPMU 松本重貴

宇宙の組成

■ 2013年3月にプランク衛星の観測データが公開され、各種の宇宙論パラメータが更新された。

■ 宇宙定数を含む冷たい暗黒物質 (Λ CDM) フィットが良く合う。

■ 宇宙年齢138億年

■ ハッブル定数: 67 ± 1 (km/s / Mpc)

■ 4.9%: 通常物質(バリオン)

■ 68.3%: ダークエネルギー

■ 26.8%: **ダークマター**

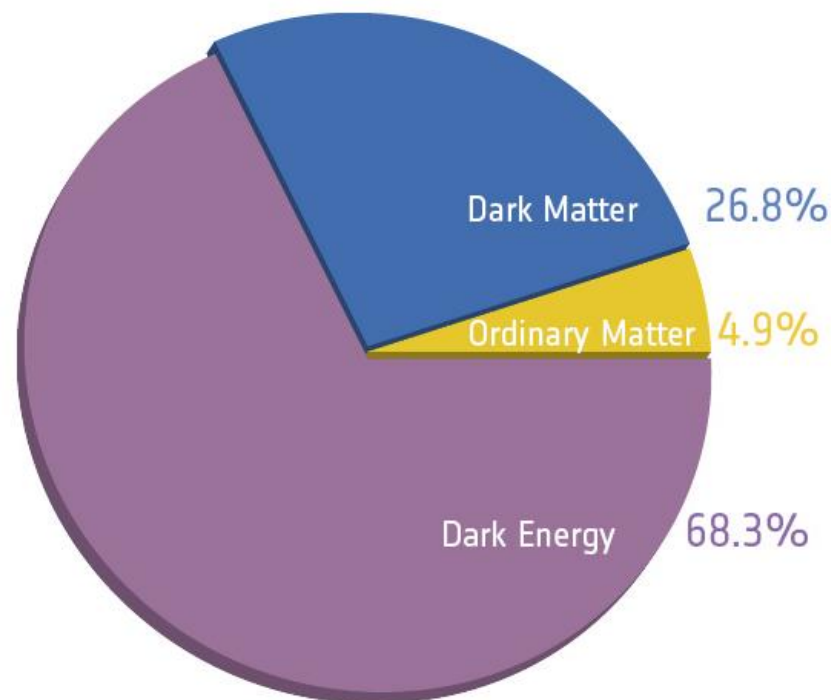
■ 重力相互作用による**間接証拠**多数

■ Weakly Interacting Massive Particle (WIMP) 型の**未発見の素粒子か?**

■ 超対称性理論のニュートラリーノ(χ)がWIMP型有力候補の1つ。

■ アクシオン、余剰次元理論のカルツァ・クライン粒子、等の可能性もある

宇宙のエネルギー組成



<http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=51557>

間接証拠1: 渦巻銀河の回転曲線

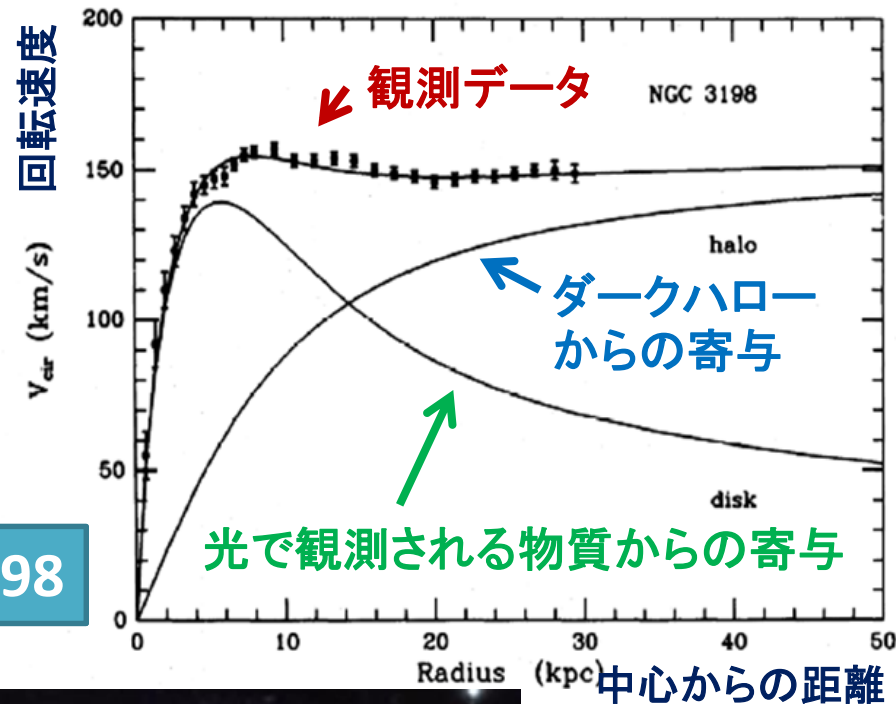
<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/~sofue/h-rot.htm>
<http://bustard.phys.nd.edu/Phys171/lectures/dm.html>
<http://physicstogo.com/items/detail.cfm?ID=7786>

- 光る星のみによる銀河を仮定すると、Radiusの大きいところでは、**回転速度VはRadiusの-1/2乗で減少するはず。**
- **実際には減少していない。**
- **光では観測できない(=ダーク)物質(=マター)が銀河に付随して存在するはず。(ダークハロー)**

- 銀河系の回転速度から、WIMP型ダークマターの場合のlocal halo densityは、 **$\sim 0.3 \text{ GeV/cm}^3$** と見積もられている。

■ Phys. Rep. 267 (1996) 195

DISTRIBUTION OF DARK MATTER IN NGC 3198



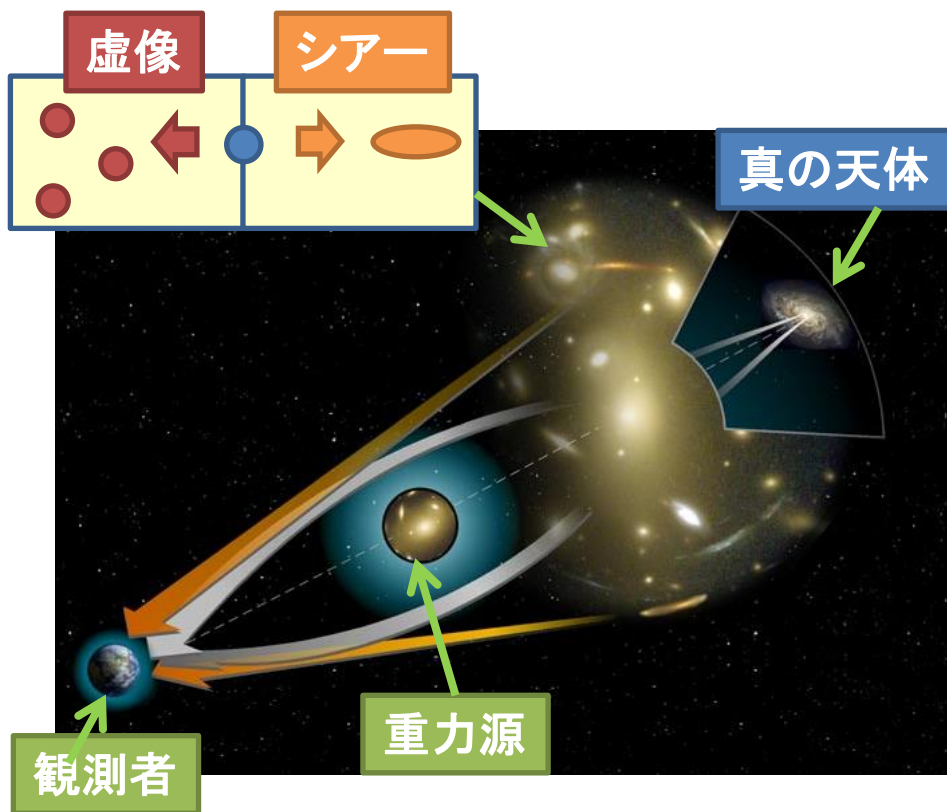
NGC 3198



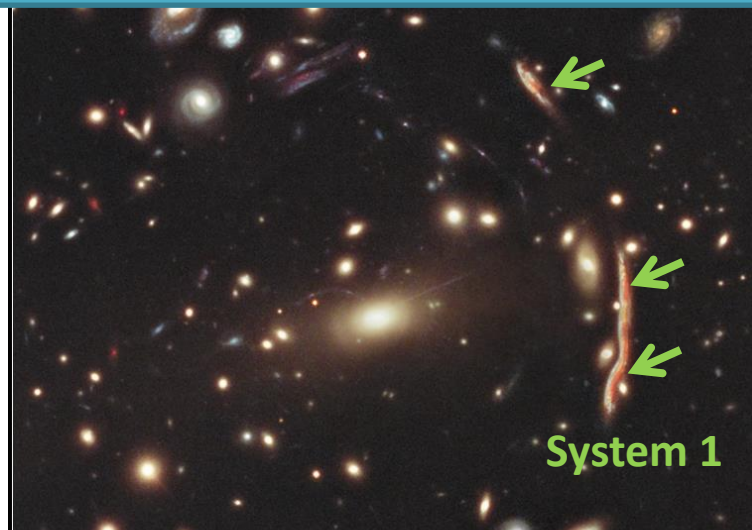
(写真とプロットの横軸のスケールはおおよその目安)

間接証拠2: 重力レンズ

- 遠方の天体からの光が、中間に存在する重力源からの万有引力で曲げられ、虚像やシアーとして観測される。
- 重力源の3次元分布を計算可能。
- (光学観測による)天体と重力源は1対1対応でなかった



ハッブル宇宙望遠鏡での観測例:
銀河団周辺に分布するダークマター
(~50 lensed images, for 13 systems)



Galaxy Cluster MACS J1206.2-0847
Hubble Space Telescope • WFC3/IR ACS/WFC

NASA, ESA, M. Postman (STScI), and the CLASH Team

STScI-PRC11-25a

ApJ 749 (2012) 97

http://hubblesite.org/newscenter/archive/release_s/exotic/gravitational-lens/2011/25/results/100/

http://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_lens

ダークマターの探索実験

- ダークマターの存在は確実だが、正体は不明。
- 多様な実験手法で解明を目指す。

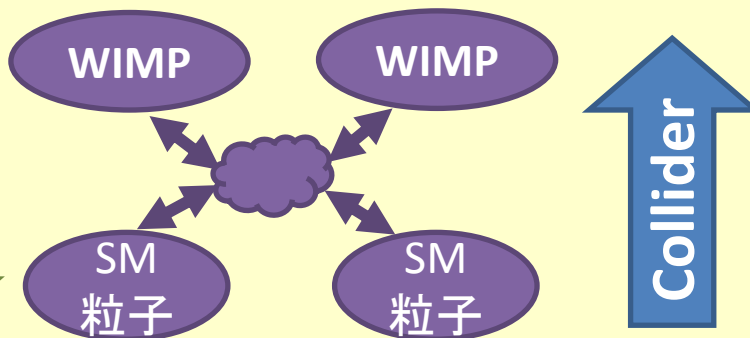
本シンポジウムでの講演概要

6. 加速器実験からの制限 (松本)

1. 宇宙線による
間接探索
(手嶋)

2. ニュートリノ
による間接探
索(伊藤)

Indirect



Collider

3. 直接探索の現状
(森山)

4. 直接探索の将来
計画(身内)

Direct

5. ダークマター
アクシオンの探
索(小川)

本シンポジウムでの講演概要

■ 加速器実験

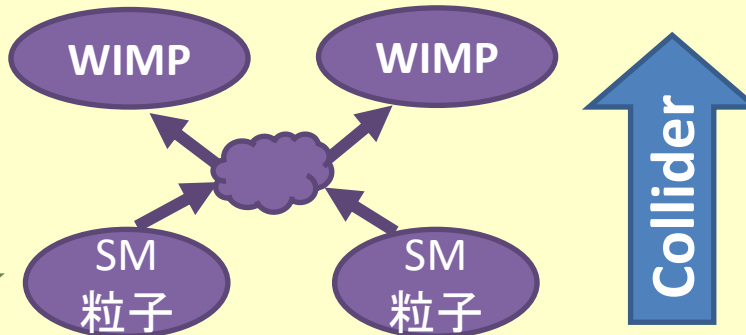
- 通常物質から新粒子(=ダークマター?)を生成する
- エネルギーフロンティアのコライダーで新粒子の探索を行う
- LHCでの超対称性粒子の探索、等

6. 加速器実験からの制限 (松本)

1. 宇宙線による
間接探索
(手嶋)

2. ニュートリノ
による間接探
索(伊藤)

Indirect



3. 直接探索の現状
(森山)

4. 直接探索の将来
計画(身内)

5. ダークマター
アクシオンの探
索(小川)

本シンポジウムでの講演概要

■ 間接測定

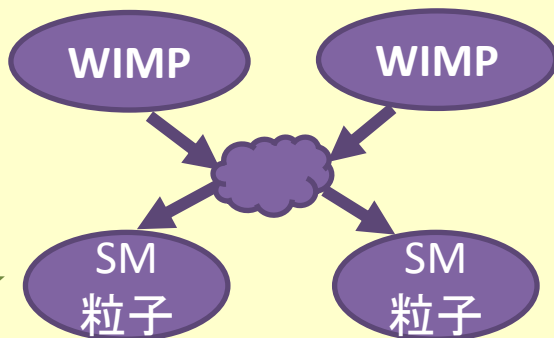
- 宇宙に存在するWIMP型ダークマターが対消滅するはず。その際に生成されたガンマ線、陽電子、ニュートリノ等を捕える。
- $e^+/e^-/\gamma$ 線: Pamera, ATIC, Fermi, AMS02, CTA, ...
- ニュートリノ: Super-Kamiokande, IceCube, ...

6. 加速器実験からの制限 (松本)

1. 宇宙線による間接探索 (手嶋)

2. ニュートリノによる間接探索 (伊藤)

Indirect



Direct

3. 直接探索の現状 (森山)

4. 直接探索の将来計画 (身内)

5. ダークマターアクシオンの探索 (小川)

本シンポジウムでの講演概要

■ 直接測定

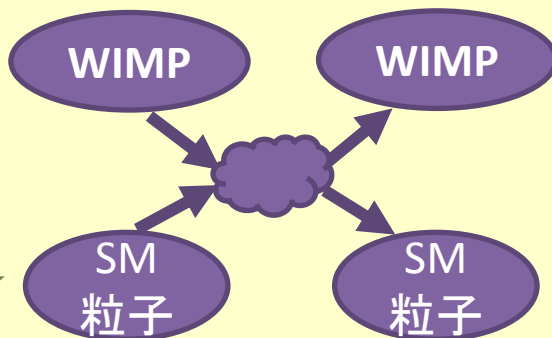
- 飛来するダークマターが実験室内で通常物質を散乱するはず。その反応を、光、熱、電荷などに変換して捕える。
- DAMA/LIBRA, CDMS, XENON, XMASS, LUX, DEAP, DarkSide, NEWAGE, PICO-LON, エマルジョン, ANKOK, ...

6. 加速器実験からの制限 (松本)

1. 宇宙線による間接探索 (手嶋)

2. ニュートリノによる間接探索 (伊藤)

Indirect



Collider

5. ダークマター
アクシオンの探
索 (小川)

Direct

3. 直接探索の現状
(森山)

4. 直接探索の将来
計画 (身内)

本シンポジウムでの講演概要

■ アクシオン探索

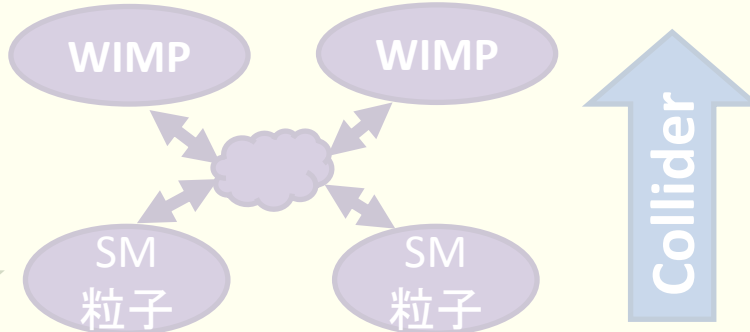
- ダークマター候補の可能性が残っている。
- ダークマター(ハロー)アクシオン探索実験のレビュー
- CARRACK, ...

6. 加速器実験からの制限 (松本)

1. 宇宙線による
間接探索
(手嶋)

2. ニュートリノ
による間接探
索(伊藤)

Indirect



Collider

3. 直接探索の現状
(森山)

4. 直接探索の将来
計画(身内)

5. ダークマター
アクシオンの探
索(小川)

本シンポジウムでの講演概要

■ 理論的視点からのレビュー

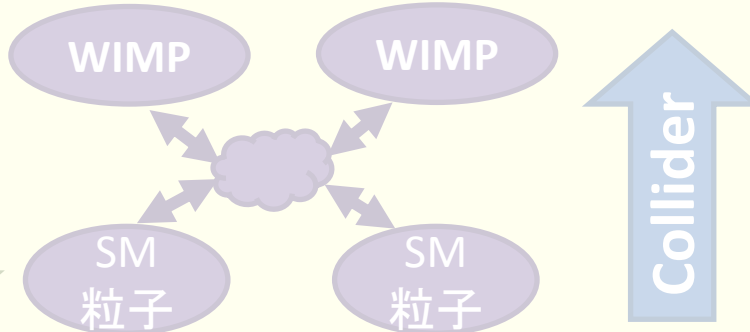
- 直接観測からのWIMP暗黒物質の分類
- 加速器からの制限と将来の見積もり
- 間接測定への示唆

6. 加速器実験からの制限 (松本)

1. 宇宙線による間接探索 (手嶋)

2. ニュートリノによる間接探索 (伊藤)

Indirect



3. 直接探索の現状 (森山)

4. 直接探索の将来計画 (身内)

5. ダークマター
アクシオンの探
索 (小川)

本シンポジウムでの講演概要

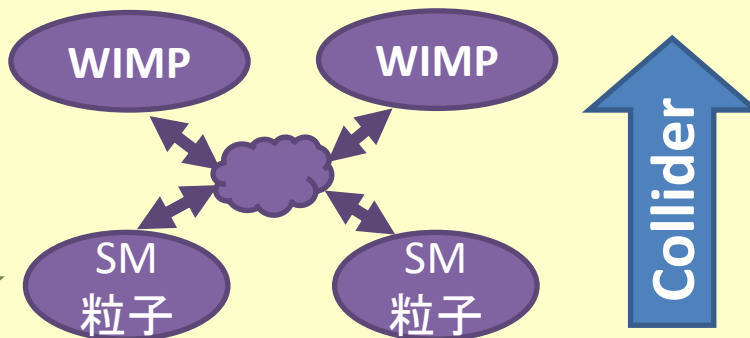
ダークマター探索実験・理論の現状を俯瞰し、
今後の検出実験について議論する

6. 加速器実験からの制限 (松本)

1. 宇宙線による
間接探索
(手嶋)

2. ニュートリノ
による間接探
索(伊藤)

Indirect



Collider

3. 直接探索の現状
(森山)

4. 直接探索の将来
計画(身内)

Direct

5. ダークマター
アクシオンの探
索(小川)