宇宙赤外線背景放射観測の現状

津村耕司 東北大学学際科学フロンティア研究所

目次

■ 1.イントロダクション 赤外線背景放射(EBL or CIB)とは? TeV γ線との関連 ■ 2.「あかり」による観測 前景光との分離 3.CIBERによる観測 最近の成果(特にEBLゆらぎとIHL) ■ 4.考察 • EBLエクセスの起源は?(PopIII? IHL?)



遠方宇宙を探る2つのアプローチ

 暗い点源を大望遠鏡で点源検出
 z~10の銀河をHSTで観測!? Bouwens et al. (2011)
 さわめて明るい特異な天体に限られる 初代天体(Papulation III at z>10)の点源検出 はSPICAやTMTをもってしても困難 AB等級で34等 @Kバンド, 300Msolar

■ 背景放射として観測!

- 点源として分解されない天体からの光を含むはず
- 様々な光の放射・吸収の全ての歴史を反映

宇宙赤外線背景放射 Extragalactic Background Light(EBL) Cosmic Infrared Background(CIB)とも ■ 大気による吸収やOH輝線などのため、地上からの観測は 非常に難しい → スペースからの観測が必要 \blacksquare SKY = ZL + ISL + DGL + EBL ■ ZL(Zodiacal Light):黄道光 ■ ISL(Integrated Star Light):銀河系内の星の積算 DGL(Diffuse Galactic Light):銀河系内ダストによる拡散光 ■ 前景光差し引きの結果残ったEBLは一様成分 ■ ILG(Integrated Light of Galaxies):系外銀河の積算 ■ EBLエクセス?

■ 黄道光(ZL)の差し引きが困難

今までのEBLのスペクトル観測

- COBE/DIRBE、IRTSな どによるEBL観測
 - 互いにコンシステントな観 測結果
 - 1.5µm付近にピーク?
- 銀河の積算では説明できない強度(EBLエクセス)
 z~10に大規模なPopIIIの星形成?
- 最大の敵は黄道光
 空の明るさの8-9割@NEP

黄道光観測の精度がカギ



TeVγ線blazer観測からの制限 EBLが銀河系外起源なら、TeVγ線とEBL光子が反応し、 TeVγ線はEBLによって銀河間吸収を受ける $\gamma(NIR) + \gamma(TeV) \rightarrow e^- + e^+$ $E(NIR) + E(TeV) > 2m_ec^2$ dN $\propto E^{-\Gamma}$ \overline{dE} ■ 吸収前のスペクトルをべき乗と仮定し、 Γが観測や理論と一致するか(Γ>1.5)を調べる





EBL観測のキーワード

 EBLの絶対スペクトル
 EBLの強度は銀河の足し合わせで説明可能か?
 いかに前景光(主に黄道光)を 差し引くか?



EBLの空間的ゆらぎ ゆらぎ観測では最大の前景光 である黄道光の影響を受けにくい 大規模構造形成のタネ? CMBゆらぎと大規模構造の間 をつなぐ観測

Spitzer EBLゆらぎ Kashlinsky et al. (2005)



Infrared Background Light from First Stars Spitzer Space Telescope • IRAC NASA / JPLCaltech / A. Kashlinsky (GSFC) ssc2005-22

2.「あかり」によるEBLの成分分離

Tsumura et al. 2013, PASJ 65, 119:黄道光(ZL)、データリダクション PASJ 65, 120:銀河光(DGL) PASJ 65, 121:背景放射(EBL)

ウェブリリース

http://www.ir.isas.jaxa.jp/ASTRO-F/Outreach/results/ PR131227/pr131227.html

赤外線天文衛星「あかり」(ASTRO-F)

- 日本初の赤外線天文衛星
 - 2006年2月22日打上げ
 - M-V-8号機@内之浦
 - 2011年11月24日停波
- 有効径68.5cmの冷却望遠鏡
 - 液体ヘリウム + 冷凍機 (Phase-1,2)
 - 液体ヘリウム枯渇後(2007年8月)は冷凍機のみ (Phase-3)
- メインミッション:全天サーベイ
 ポインティング観測も可能
- 2種類の観測装置
 - Far-Infrared Spectrometer (FIS)
 - InfraRed Camera (IRC)
- 太陽同期極軌道
 - 太陽・地球からの熱入力を最小化
 - North Ecliptic Pole (NEP)を定期的に観測











得られたスペクトルと観測天域の分布

広い空にわたる空のスペクトル データを取得 SKY = ZL + DGL + EBL

空間相関を利用して前景光分離 黄道光 (ZL) → 黄緯依存性 銀河光(DGL) → 銀緯依存性 背景光(EBL) → 一様分布

拡散光分光カタログの公開

http://www.ir.isas.jaxa.jp/AKARI/Archive/ Catalogues/IRC_diffuse_spec/

天域	データ数
①「あかり」北黄極(NEP)領域	80
② Spitzer dark 領域	38
③ 銀緯5度以上の領域(①と②を除く)	56
④ 銀河面(-5度<銀緯<5度)領域	35
⑤ 銀緯-5度以下の領域	69





波長 (マイクロメートル)

波長 [マイクロメートル]











EBL spectrum



3. ロケット観測実験CIBER

CIBER 4th flight (2013/Jun./5th) @Wallops Flight Facility, US 写真:新井俊明(ISAS/JAXA)



Cosmic Infrared Background ExpeRiment (CIBER)

日米韓共同研究チーム(約10名) NASAのロケットプログラム

4度の打上げ・観測に成功! 第1回実験 2009年2月 第2回実験 2010年7月 第3回実験 2012年3月 第4回実験 2013年6月

http://www.ir.isas.jaxa.jp/~matsuura/darkage/index_da.html We Are Rocket boys

ロケット実験の概要(第1-3回目の場合)





Wide-Field Imagers 1.0/1.6 um でのCIBゆらぎ観測





Narrow Band Spectrometer (NBS) フラウンホーファー線観測による黄道光の絶対値測定

Low Resolution Spectrometer (LRS) 0.7-2.2 umでのCIB分光観測









CIBER equipments CIBER全体図 → ロケットの外壁がクライ オスタットを兼ね、内部 を液体窒素で冷却



Pop-up baffle 🕹

Focal Plane Assembly





CIBER Launcher



Flight → Recovery





Wavelength [µm]

CIBERゆらぎ解析



点源マスク 領域間差分による フラットフィールドエラー除去 スムージング など



ゆらぎのパワースペクトル





Infrared Background Light from First Stars Spitzer Space Telescope • IAAC



初代星モデル

 最初は初代星モデルが 提唱された
 1.5umピークをz~10の Lyman-gで説明

ただしEBLエクセスを説 明できるレベルの初代 星形成は非現実的というのが現在の理解



Inoue et al. (2013)

Intrahalo Light (IHL) モデル



 CIBゆらぎを説明 する新たなモデル ■銀河衝突時には ぎ取られ、ハロー に存在する星から の光(IHL)の積 算(z<6) CIBエクセスを説 明できるか?





最近のM101での測定だとIHL=0とコンシステント
 ただし銀河ごとのばらつきは大きそう

 モデル内で仮定され た各銀河でのIHLの 割合



EBLエクセスを説明できるか?



■ IHL~10 nW/m²/sr レベル (by Cooray) EBLエクセスはま だ残るが、黄道光 に押し付けられる レベルか? 黄道光の一様成 分の存在を示唆す る結果も(川良ら) IHLの場合でも、 TeVとの問題は 尚残る



- 赤外線背景放射(EBL)のスペクトル・ゆらぎ観測
 CIBERでは黄道光とは異なるスペクトル形状のEBL エクセスを検出
 - Spitzer-「あかり」-CIBERで高いレベルのEBLゆら ぎを観測
- Intrahalo Light (IHL)モデル
 EBLゆらぎをうまく説明できるモデル
 - EBLエクセスの全ては説明できないが、部分的には 説明できる
 - 黄道光の一様成分との組み合わせでEBLセクセスを説明 できるか?他の未知な光源があるのか?
 - IHLモデルだとTeVガンマ線との矛盾は尚残る??