

「あかり」による近赤外線面輝度分光カタログの公開



津村耕司¹ 松浦周二¹ 松本敏雄^{2,1} Pyo Jeonghyun³ 左近樹⁴ 田中昌宏⁵ 和田武彦¹

¹宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 ²台湾中央研究院天文及天文物理研究所 ³韓国天文宇宙科学研究所
⁴東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 ⁵筑波大学 計算科学研究センター

tsumura@ir.isas.jaxa.jp



概要

赤外線天文学「あかり」搭載近赤外線カメラInfraRed Camera(IRC)の分光データを用いて面輝度分光カタログを作成し公開した。赤外線面輝度の分光カタログは過去にほとんど例がなく、この規模の面輝度分光カタログは世界初である。このカタログは「あかり」のコールドミッション(液体ヘリウム枯渇前)中に撮られた地球光を含まない全278点の面輝度スペクトルデータを含み、データ点は黄道座標・銀河座標によらず全天に広く分布している。波長範囲は1.8-5.3 μm ($\lambda/\Delta\lambda \sim 20$)である。バンドで19等より明るい点源は除外されており、暗い銀河系内の星からの寄与は無視できるレベルに低減されている。

また、本カタログを用いて赤外線面輝度を、黄道光(ZL)、銀河系内拡散光(DGL)、銀河系外背景光(EBL)の3成分に分離する事に成功し、さらに各成分ごとの解析から新たな知見が得られた。黄道光の熱放射成分の解析から、黄緯によらない高温(300K)成分を検出した。これは近地球にサブミクロンサイズの惑星間塵が分布している事を示唆する。遠赤外線放射マップとの相関から、近赤外線波長域でのDGLの分離に初めて成功した。得られたスペクトルには3.3 μm の芳香族炭化水素(PAH)バンドが見られ、PAH分子が銀河系内に広く分布している事が確認された。以上の解析から得られた背景光(ZL, DGL)を観測値から差し引く事で得られたEBLは空間的に一様に分布し、既知の銀河の足し合わせでは説明できない超過成分を持つ事が確認された。この超過成分の起源として、初期宇宙における大規模星形成等が考えられている。

I: 用いたデータセットとデータリダクション

Tsumura et al. 2013a, PASJ 65, 119

1. 「あかり」近・中間赤外線カメラIRCでの面輝度分光

- 赤外線天文学「あかり」の近・中間赤外線カメラ InfraRed Camera (IRC) の、近赤外線(NIR)チャンネルのデータを利用
- 1.8-5.3 μm の波長域での低分散分光機能($\lambda/\Delta\lambda \sim 20$)
 - スリット部分での面輝度分光が可能
 - コールドシャッターを持つため、高輝度の観測直後が可能
 - コールドシャッターが使えないSpitzerでは不可能
 - Masked Regionを用いて観測中のモニターが観測可能
 - 独自の暗電流推定方法を開発、パイプラインに採用

Tsumura & Wada 2011, PASJ 63, 755

近赤外線面輝度絶対分光ができる唯一の観測装置

2. 面輝度分光カタログの作成と公開

- 「あかり」によるアーカイブデータを以下の条件で収集
- 液体ヘリウム枯渇前のデータ (Phase-1, 2)
 - 地球遮光が無い季節 (2006年9月~2007年5月)
 - IRCでのNIR低分散分光のデータを含むもの
 - Neスリットが汚染されているデータは除外

全天に広く分布した278点のデータを抽出

天域	データ点数
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

独自の解析ツールで各点の面輝度スペクトルを導出し、バンドで19等より明るい点源を除去
→ 銀河系内の星による面輝度への寄与は無視できるレベル

完成した近赤外線面輝度分光カタログを公開

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

III: 銀河光の分離と芳香族炭化水素(PAH)

Tsumura et al. 2013b, PASJ 65, 120

1. 銀河光中の3.3 μm PAHバンド

- 銀河光(DGL) = 銀河系内のダストからの放射
→ ダスト量は遠赤外線放射から推定可能
→ 銀河ダスト内のPAHが放射が特徴的(図2②)

銀河光中のPAH放射とダストとの強い相関を、一般の星雲空間において確認

2. 銀河光スペクトルの分離

- 遠赤外線放射との相関から銀河光成分を分離(図6)
 $\text{SKY} = \text{ZL} + \text{DGL} + \text{EBL}$
 $\text{SKY} - \text{ZL} = a(\lambda) * I_{100\mu\text{m}} + \text{EBL}$
相関から得られた傾き $a(\lambda)$ が銀河光のスペクトルとなる(図7)

銀河光の分離に世界で初めて成功!

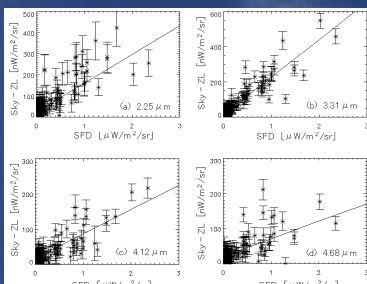


図6: 各波長での、黄道光を差し引いた空の輝度(SKY-ZL)と遠赤外線面輝度(SFD)との相関。この傾きを各波長ごとに求める事で、銀河光のスペクトルが抽出できる。

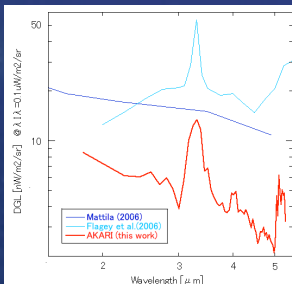


図7: 本手法により求めた銀河光スペクトル(DGL)。銀河光スペクトルを銀河系から直接求めたのは今回が初めてで、過去のモデルからの推定よりも小さな値を得た。

II: 黄道光スペクトルとサブミクロンサイズの惑星間塵

Tsumura et al. 2013a, PASJ 65, 119

1. 高温成分とサブミクロンサイズの惑星間塵

- 今回の「あかり」による黄道光スペクトル(1.8-5.3 μm)に含まれる成分
- 惑星間塵による太陽光の散乱成分(<3.5 μm)
 - 惑星間塵の熱放射成分(>3.5 μm)

- 過去の熱放射成分の観測(IRAS, ISO, DIRBE)から分かっていた事
- 過去の観測は主に黄緯がピークとなる10 μm 帯での観測結果
 - 熱放射成分の色温度は、低黄緯より高黄緯の方が高温
 - 10 μm 帯で得られた色温度は240K(低黄緯)から280K(高黄緯)

「あかり」の黄道光スペクトルの>4 μm での色温度を各黄緯で解析

- 従来の10 μm 帯での色温度より、4-5 μm では高温の300Kの色温度
- サブミクロンサイズの惑星間塵の存在
- 過去にIRTSで見つかった高温成分(Ootsubo et al.1998)を高い精度で確認
- ・ その高温成分は、黄緯によらず一定の温度(図3)
- そのサブミクロンサイズの惑星間塵が近地球にローカルに分布

「はやぶさ」微粒子上のマイクロレーターの原因粒子としての小さな惑星間塵

2. 黄道光スペクトルのモデル化

- 現在、最もよく使われているCOBE/DIRBEによる黄道光モデル(Kelsall et al. 1998)を黄道光スペクトルに拡張
- 黄道光のスペクトル形状は、低黄緯/高黄緯の差分から推定
 - 色温度が黄緯によらず一定なため
 - 散乱成分と熱放射成分は分離してスペクトル形状を求める
 - ・ 黄道光の絶対値はDIRBEモデルの値を利用
 - 散乱成分は2.2 μm のモデル値に合わせる
 - 熱放射成分は4.9 μm のモデル値に合わせる

$$\text{ZL}_{\text{spec}} = \text{DIRBE}_{2.2\mu\text{m}} * \text{ZL}_{\text{scat}} + \text{DIRBE}_{4.9\mu\text{m}} * \text{ZL}_{\text{thermal}}$$

任意の天域・任意の時刻での黄道光スペクトル(1.8-5.3 μm)が、この手法により推定可能となった!

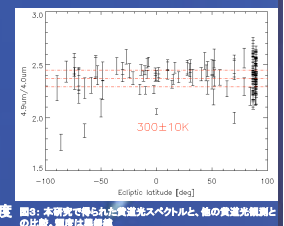


図3: 本研究で得られた黄道光スペクトルと、他の黄道光観測との比較。黄緯は黄緯角。

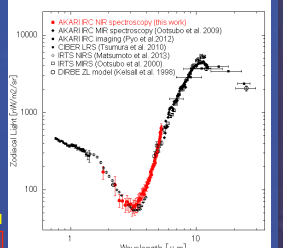


図4: 本研究で得られた黄道光スペクトルと、他の黄道光観測との比較。黄緯は黄緯角・高黄緯領域での黄道光観測にそなえている。

IV: 宇宙赤外線背景放射スペクトル

Tsumura et al. 2013c, PASJ 65, 121

1. 前景光の差し引き

- 先述の黄道光(II)と銀河光(III)の推定法を用いて、観測された空の輝度から前景光を差し引き、最大の前景光である黄道光との相関を利用(図8)

$$\text{SKY} = \text{ZL} + \text{DGL} + \text{EBL}$$

$$\text{SKY} - \text{DGL} = b(\lambda) * \text{ZL}_{\text{spec}} + \text{EBL}$$

黄道光の推定値(ZL_{spec})は2節を参照

- 観測値との相関は5%
 $b(\lambda) \sim 1 \pm 5\%$

黄道光座標や銀河座標に依存しない
→ 一般的な背景放射成分を抽出!

2. 宇宙赤外線背景放射スペクトル

本研究により得られた赤外線背景放射スペクトル(図9)

- 近赤外線波長域でのEBLスペクトルの抽出は、COBE/DIRBEとIRTSに次ぐ年々3割目
- 過去の観測より点源起因の系統誤差を低減
- ・ 過去のIRTSやDIRBEの結果と良い一致
- ・ 既知の銀河の複算では説明できない超過成分
- 大規模な初代天体形成?
- 銀河周辺のintra-haloからの放射?
- 他、未知の光量の存在??

暗黒時代に観測的に探る力年!

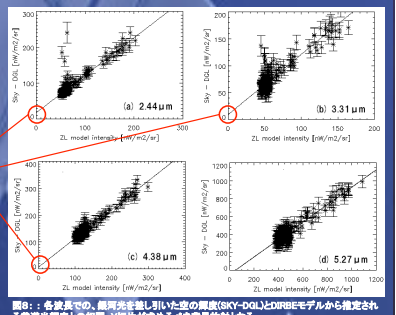


図8: 各波長での、銀河光を差し引いた空の輝度(SKY-DGL)とDIRBEモデルから推定される黄道光輝度との相関。Y切片が求めるべき背景放射となる。

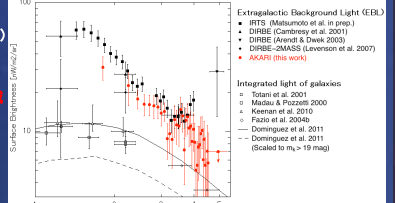


図9: 本手法により求めた背景放射スペクトル(EBL)。過去のIRTSやDIRBEの結果と良い一致を得た。既知の銀河の足し合わせからの超過が確認された。

本研究成果は「あかり」の代表的な成果としてWebリリース

<http://www.ir.isas.jaxa.jp/AKARI/Outreach/results/PR131227/pr131227.html>

