

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 17 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26800112

研究課題名(和文) 宇宙赤外線背景放射の多角的データ解析に基づく宇宙初期での星形成史の解明

研究課題名(英文) Study of the star formation history in the early universe based on the cosmic infrared background radiations

研究代表者

津村 耕司 (TSUMURA, Kohji)

東北大学・学際科学フロンティア研究所・助教

研究者番号：60579960

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、多様な観測データに基づき、赤外線背景放射(CIB)の解析を進めて行くことである。そのなかで基盤となるロケット実験CIBERのデータ解析に関しては、最終的なCIB超過のスペクトルを得た論文をはじめ、それに至るための銀河光スペクトルや星スペクトルについて論文化することができた。加えて、ハッブル宇宙望遠鏡、NASAの人工衛星COBE/DIRBE、赤外線宇宙望遠鏡IRTSなどのデータを用いた解析結果も論文化することができ、本研究計画の目的である、多様な観測データを用いて多角的にCIBの起源に迫る研究を推進することができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this project is to analyze the data obtained by many kinds of telescopes to obtain the Cosmic Infrared Background (CIB). In this project, we analyzed the data obtained by the sounding rocket project CIBER, and we successfully obtained the spectrum of the CIB excess based on our preceding results of the Diffuse Galactic Light spectrum and stellar spectra by CIBER. In addition, we published the result by using the Hubble Space Telescope, NASA's astronomical satellite COBE/DIRBE, and the Japanese space infrared space telescope IRTS. In conclusion, we accomplish the goal of this project by obtaining the results of CIB spectra from many kinds of instruments.

研究分野：赤外線天文学

キーワード：赤外線背景放射 宇宙望遠鏡 遠方銀河 星形成

1. 研究開始当初の背景

宇宙赤外線背景放射 (Cosmic Infrared Background, CIB) とは、赤外線での空の輝度のうち、黄道光や銀河系内の輝度など既知の前景成分を取り除いても尚残る成分のことである。今までの人工衛星による観測から、銀河の積算では説明できない CIB の超過成分が $1\mu\text{m}$ 帯で確認され、それと赤方偏移 $z\sim 10$ における第一世代天体の大規模星形成との関連が示唆されていた。もしこの関連が正しいとするなら、宇宙の暗黒時代の観測的研究を切り拓く重大な発見であるが、CIB 自身より 10 倍ほど明るい前景の黄道光の差し引きの困難さ等のため、CIB の観測には不定性がつきまとう。このように CIB の絶対値はどれほどで、その原因は何かという問題は決着が付いておらず、この問題を解決する事は宇宙進化を理解するうえで急務となっている。

2. 研究の目的

CIB の起源と性質、特にそれと初期宇宙での大規模星形成との関連を明らかにするため、今まで独自の観測計画の中で、人工衛星 (IRTS、あかり、Spitzer、Hubble)、観測ロケット (CIBER)、地上大型望遠鏡 (すばる) を用いてデータを集積してきている。これらのデータは CIB のスペクトルおよび空間的ゆらぎを含み、異なる観測装置による相補的なデータセットとなっている点が大きな特徴である。本研究計画では、これらを有効に組み合わせながら解析を進める事で、CIB の起源を明らかにする事を通して、初期宇宙における星形成史の観測的研究を切り拓く事を目指す。

3. 研究の方法

過去 4 回におよぶロケット実験 CIBER で取得したデータに加え、IRTS や「あかり」などの人工衛星によって取得したデータなどを保有している。平成 25 年度までは、CIBER の打ち上げ観測の実施等、主にデータ取得に重きをおいて研究活動を進めてきた。本研究計画では、それらのデータからいよいよ科学成果を創出する段階に入った。具体的には、CIBER で得られた観測データを中心に、IRTS や「あかり」、NASA の観測衛星であるハッブル宇宙望遠鏡や COBE/DIRBE などのデータも併せて解析することで、ロケット観測と人工衛星の弱点を補い、多波長で CIB のデータ解析を行う。

4. 研究成果

本研究計画の最大の成果は、ロケット実験 CIBER の観測データから CIB スペクトル (図 1, Matsuura, Tsumura et al. 2017) と空間的ゆらぎ (Zemcov, Tsumura et al. 2014) を世界で初めて導出できたことである。それに至る過程において、CIB 前景となる銀河光のスペクトル (Arai, Tsumura et al. 2015) や星のスペク

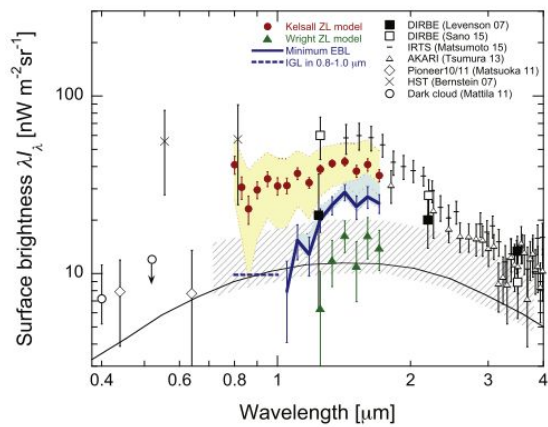


図 1 CIBER による宇宙赤外線背景放射 (CIB) のスペクトル (赤および青)。銀河積算 (黒実線) からの超過が観測された。(Matsuura, Tsumura et al. 2017)

トル (Kim, Tsumura et al. 2017) の導出など、CIBER のデータを総合的に解析を進めることで、複数の連続的な科学成果を導出することができた。

加えて、日本の宇宙赤外線望遠鏡 IRTS による CIB 再解析の結果 (Matsumoto, Tsumura et al. 2015)、NASA の宇宙望遠鏡 COBE/DIRBE の結果 (Sano, Tsumura et al. 2016)、ハッブル宇宙望遠鏡の結果 (Kawara, Tsumura et al. 2017) など多角的に CIB のデータ解析を進めるといふ本研究計画の目的を達成できたと思う。

5. 主な発表論文等

- [雑誌論文(全て査読あり)] (計 12 件)
1. Tsumura Kohji et al. (5人中1番目)
“Diffuse Background Spectrum at Near-Infrared by AKARI”
Publication of the Korean Astronomical Society, 32, 321 (2017)
DOI: 10.5303/PKAS.2017.32.1.321
 2. Takahiro Iwata, Kohji Tsumura et al. (26人中21番目)
“NIRS3: The Near Infrared Spectrometer on Hayabusa2”
Space Science Reviews, in press (2017)
DOI: 10.1007/s11214-017-0341-0
 3. Matsuura Shuji, Tsumura Kohji et al. (15人中13番目)
“New Spectral Evidence of an Unaccounted Component of the Near-infrared Extragalactic Background Light from the CIBER”
The Astrophysical Journal 839, 7 (2017)
DOI: 10.3847/1538-4357/aa6843

4. Min Gyu Kim, Kohji Tsumura et al.
(20人中18番目)
“Low Resolution Near-Infrared Stellar Spectra Observed by the Cosmic Infrared Background Experiment (CIBER)”
The Astronomical Journal, 153, 84 (2017)
DOI: 10.3847/1538-3881/153/2/84
 5. K.Kawara, K.Tsumura et al.
(8人中6番目)
“Ultraviolet to optical diffuse sky emission as seen by the Hubble Space Telescope Faint Object Spectrograph”
Publications of the Astronomical Society of Japan 69, 31 (2017)
DOI: 10.1093/pasj/psx003
 6. Sano K., Tsumura K. et al.
(6人中3番目)
“First Detection of Galactic Latitude Dependence of Near-infrared Diffuse Galactic Light from DIRBE Reanalysis”
The Astrophysical Journal Letters, 821, L11 (2016).
DOI: 10.3847/2041-8205/821/1/L11
 7. Matsumoto T., Tsumura K. et al.
(4人中4番目)
“Reanalysis of the Near-infrared Extragalactic Background Light Based on the IRTS Observations”
The Astrophysical Journal 807, 57 (2015)
DOI: 10.1088/0004-637X/807/1/57
 8. Arai T., Tsumura K. et al.
(17人中16番目)
“Measurements of the Mean Diffuse Galactic Light Spectrum in the 0.95-1.65 μm Band from CIBER”
The Astrophysical Journal 806, 69 (2015)
DOI: 10.1088/0004-637X/806/1/69
 9. 津村耕司 ら (7人中1番目)
「あかり」アーカイブデータを用いた近赤外線面輝度スペクトルの成分分離
宇宙科学情報解析論文誌 4, 135 (2014)
 10. K.Tsumura et al. (15人中1番目)
“Near-Infrared Brightness of the Galilean Satellites Eclipsed in Jovian Shadow: A New Technique to Investigate Jovian Upper Atmosphere”
The Astrophysical Journal 789, 122 (2014)
DOI: 10.1088/0004-637X/789/2/122
 11. Michael Zemcov, Kohji Tsumura et al.
(16人中15番目)
“On the Origin of Near-Infrared Extragalactic Background Light Anisotropy”
Science 346 732-735 (2014)
DOI: 10.1126/science.1258168
 12. Hori Takafumi, Tsumura Kohji et al.
(10人中8番目)
“Suzaku observation of the black hole binary 4U 1630-47 in the very high state”
The Astrophysical Journal 790, 20 (2014)
DOI: 10.1088/0004-637X/790/1/20
- [学会発表](計 27 件)
* 発表者は全て津村耕司(研究代表者))
1. “Verification of the anecdote about Edwin Hubble and the Nobel Prize”
the Sixth Symposium on History of Astronomy
Tokyo, 17-18/March/2017
 2. 「ガリレオ衛星食を用いた木星上層大気
の分光研究及び系外惑星観測への応用」
日本天文学会 2017 年春季年会
福岡、2017 年 3 月 15-18 日
 3. 「2030 年代にやってみたいこと」
学術会議シンポジウム「天文学・宇宙物
理学のさらなる地平を探る」
東京、2017 年 3 月 11-12 日
招待講演
 4. 科学技術人材育成コンソーシアム連携シ
ンポジウム「学の生態系：生存戦略とし
ての再構築」
仙台、2017 年 1 月 23 日
パネルディスカッション
 5. 「ガンマ線バースト観測衛星 HiZ-GUNDAM
を用いた太陽系科学の検討」
第 16 回 CPS 月惑星探査研究会「太陽系
探査を目指した、観測装置に関するワー
クショップ」
神戸、2016 年 10 月 11-12 日
 6. 「持ち運び可能な Mitaka の立体上映シ
ステムの構築」
第 30 回天文教育研究会
仙台、2016 年 8 月 21-23 日
 7. 「2015 年度「もしも君が社の都で天文学
者になったら」(もし天 2015)の報告」
2016 年天文教育普及研究会 東北支部研
究会
仙台、2016 年 4 月 16 日

8. 「宇宙研の観測ロケットへの希望～宇宙赤外線背景放射ロケット実験の紹介～」
第16回宇宙科学シンポジウム
相模原、2016年1月6-7日
9. 「宇宙研の観測ロケットへの希望～宇宙赤外線背景放射ロケット実験の紹介～」
大気球シンポジウム
相模原、2015年11月5-6日
10. 「ソーラー電力セイル探査機搭載 EXZITによる黄道光の立体構造観測」
日本惑星科学会 2015年秋季講演会
東京、2015年10月14-16日
11. 「検討報告書編集委員会報告：太陽系班」
2015年度光赤天連シンポジウム
東京、2015年9月14-16日
12. 「系外惑星系命名キャンペーンに関する宇宙少年団における取り組み」
第29回天文教育普及研究会
札幌、2015年8月19-21日
13. 「ソーラー電力セイル探査機搭載 EXZITによる黄道光の立体構造観測」
第48回月・惑星シンポジウム
相模原、2015年7月29-31日
14. 「観測ロケットで宇宙の明るさを測る」
東北大学附置研究所若手アンサンブルワークショップ
仙台、2015年7月23日
優秀ポスター賞受賞
15. “Near Infrared Background Spectrum Obtained by AKARI”
The Near-IR Background II: From Reionization to the Present Epoch
Garching, Germany, 1-3/June/2015
16. 「ロケット実験 CIBER による宇宙赤外線背景放射の観測」
初代星・初代銀河研究会 2015
仙台、2015年1月19-21日
17. “Near-Infrared Brightness of the Galilean Satellites Eclipsed in Jovian Shadow”
2014年度すばるユーザーズミーティング
東京、2015年1月13-15日
18. 「SPICAにむけた極低温モーターの開発」
第4回可視赤外線観測装置技術ワークショップ
東京、2014年12月3-4日
19. 「系外惑星系命名キャンペーンに関する教育活動の実施報告」
2014年天文教育普及研究会 東北支部研究会
山形、2014年10月18-19日
20. 「赤外線天文衛星「あかり」による近赤外線背景放射スペクトル」
宇宙近赤外背景放射の観測と理論
相模原、2014年10月7-8日
21. 「宇宙近赤外線放射観測の現状」
特別推進研究研究会・宇宙線研究所共同利用研究会「高エネルギーガンマ線でみる極限宇宙2014」
千葉、2014年10月2-3日
招待講演
22. 「ガリレオ衛星食を用いた木星大気探査：系外惑星大気のトランジット観測への応用可能性」
日本天文学会 2014年秋期年会
山形、2014年9月11-13日
23. “Near-infrared Detections of Surprisingly Bright Ganymede and Callisto in the Jovian Shadow”
Asia Oceania Geosciences Society 2014
Sapporo, 28/July-1/August/2014
24. “Low-Resolution Spectrum of the Extragalactic Background Light”
THE UNIVERSE IN THE LIGHT OF AKARI and Synergy with future Large Space Telescopes
Oxford, UK, 9-11/July/2014
25. 「赤外線天文衛星「あかり」による近赤外線面輝度スペクトルの成分分離」
「背景放射で拓く宇宙創成の物理」シンポジウム 2014
和光、2014年6月2-3日
26. 「ガリレオ衛星食掩蔽を用いた宇宙赤外線背景放射の観測」
背景放射で拓く宇宙創成の物理」シンポジウム 2014
和光、2014年6月2-3日
27. “Near-infrared detections of surprisingly bright Ganymede and Callisto in the Jovian shadow”
Japan Geoscience Union Meeting 2014
Yokohama, 28/April - 2/May/2014

〔図書〕(計 1 件)

1. 津村耕司 『宇宙はなぜ「暗い」のか？
オルバースのパラドックスと宇宙の姿』
ベレ出版、単行本、191 ページ、
ISBN-13:978-4860645014 (2017)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.fris.tohoku.ac.jp/fris/organization/creative/tsumuraKohji.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

津村 耕司 (TSUMURA, Kohji)
東北大学・学際科学フロンティア研究所・助教

研究者番号：60579960

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

松本 敏雄 (MATSUMOTO, Toshio)

松浦 周二 (MATSUURA, Shuji)