

20aSA-5

21cm線のバイスペクトルで探る再電離期の情報

熊大自然 吉浦伸太郎,名大理 島袋隼士,熊大自然 高橋慶太郎,名大理 市來淨與
Probing EoR by 21cm line bispectrum
Univ.Kumamoto. Shintaro Yoshiura ,Univ.Nagoya. Hayato Shimabukuro
Univ.Kumamoto. Keitaro Takahashi ,Univ.Nagoya. Kiyotomo Ichiki

インフレーションにより始まった宇宙は、ビッグバンによる元素合成を経て、高温高密度の火の玉宇宙であった。その宇宙で、粒子はすべてプラズマの状態だった。宇宙膨張にともなって陽子と電子から中性水素が形成され、プラズマ状態だった宇宙は一面が中性水素で満たされた事になった。この時代を暗黒時代という。中性水素の持つ揺らぎは、重力による成長の末に天体を形成した。この時代を宇宙の夜明けという($z=15\text{--}30$)。この時生成された初期天体はX-rayやUVを放射し、星の周りの中性水素を電離していく。この時代を宇宙再電離という($z=6\text{--}10$)。やがて、水素のほとんどは電離され、再電離が完了する。 $z=30$ から $z=6$ 付近の時代を調べる手段として、中性水素の超微細構造由来の21cm線がある。水素の状態分布から定義されるスピニン温度とCMB温度の差から定義される輝度温度というものを観測する。輝度温度には、宇宙の中性水素率や密度、スピニン温度など宇宙再電離の重要な情報を詰まっている。観測した輝度温度を統計量であるpower spectrumに変換し、再電離の情報を取り出す。

21cm power spectrumは輝度温度の二点相関のフーリエ変換である。再電離を理解するためにはpower spectrumへの寄与を見なければならない。そこで、再電離期の準解析的シミュレーションである21CMFASTを用いて、輝度温度や中性率、密度、スピニン温度についてのマップ、さらに各成分についてのpower spectrumをつくり、成分ごとの揺らぎの寄与を見た。これによると、 $z=20\text{--}30$ では、大スケール($k<0.1\text{Mpc}^{-1}$)では密度とスピニン温度の揺らぎが優勢である。ただし、小スケール($k>1.0\text{Mpc}^{-1}$)では密度揺らぎのみが優勢である。 $z=10$ ではどのスケールでも中性度の揺らぎが優勢である事が分かった。

さらに、再電離期は完全に非ガウシアン的時代であるから、さらに高次の揺らぎの寄与を見るために、三点相関をフーリエ変換した21cm bispectrumを調べた。

20aSA-10

Extended entropic-force models:
a thermodynamic scenario

金沢大 理工研究域

小松 信義

Extended entropic-force models: a thermodynamic scenario
College of Science and Engineering, Kanazawa Univ., N. Komatsu

超新星の観測データなどから、現在の宇宙は加速膨張していることが強く示唆されている。この加速膨張を説明するため、 Λ CDMモデルに代表される標準宇宙論モデル以外にも、様々なモデルが提案されている。その中のひとつのカテゴリとして、熱力学的なシナリオがある。例えば、CCDM(Creation of Cold Dark Matter)モデル¹⁾では、散逸的なエントロピー生成を伴う粒子生成を仮定することで、加速度方程式に駆動項として定数項が付加される。一方、Eassonらのentropic-force modelでは、宇宙の事象の地平(ホログラフィック・スクリーン)上のエントロピーを仮定して、このエントロピーによって加速膨張を説明する²⁾。実は、このentropic-force modelに、Tsallis-Cirto³⁾の一般化エントロピーを適用すると Hubble パラメータ H に比例する H 項⁴⁾が、さらに、高次のエントロピーを仮定すると定数項⁵⁾が、エントロピー項として導出される。標準的なentropic-force modelでは、これらのエントロピー項は、時間変化する宇宙項 $\Lambda(t)$ と同等に扱われる場合が多い。しかし、CCDMモデルなどで想定されている散逸過程の影響が、エントロピー項に含まれる可能性も否定できない。従って、このような散逸過程の影響を検討するため、散逸に基づくエントロピー項を付加したモデルを考案し、拡張したentropic-force modelとして新たに定式化した。本研究では、エントロピー項が定数項である場合に注目して、本モデルの加速膨張との整合性を確認した後、密度ゆらぎ成長を解析し、散逸に基づくエントロピー項が構造形成に与える影響を検討した。

- [1] J.F. Jesus, et al., Phys. Rev. D 84, 063511 (2011).
- [2] D. A. Easson, P. H. Frampton, G. F. Smoot, Phys. Lett. B 696, 273 (2011).
- [3] C. Tsallis, L.J.L. Cirto, Eur. Phys. J. C 73, 2487 (2013).
- [4] N. Komatsu, S. Kimura, Phys. Rev. D 88, 083534 (2013).
- [5] N. Komatsu, S. Kimura, Phys. Rev. D 89, 123501 (2014).

20aSA-6

NACRE2 を組み込んだビッグバン元素合成

九大^A、久工大^B、熊大^C 一政達太郎^A、中村理央^B、橋本正章^A、荒井賢三^C
Big-bang nucleosynthesis with NACRE2 compilation
Kumamoto university, Kurume Institute of Technology, Kyusyu university Ryotaro Ichimasa, Riou Nakamura, Masa-aki Hashimoto, Kenzo Arai

ビッグバン元素合成(BBN)は、軽元素($^4\text{He}, \text{D}, ^7\text{Li}$)の観測値を説明でき、ビッグバンモデルの成功の1つである。標準的なBBNは、バリオン-光子数密度比 η のみをパラメータとしている。一方で、元素の生成量を求める上で、 ^4He や ^7Li は、中性子の寿命や原子核反応率に対する依存性も大きく、原子核関連の物理量の測定結果を考慮することも、BBNにとって重要となる。

近年、NACRE¹をアップデートしたNACRE2の原子核反応率が公開された²。本研究では、NACRE2の発表した原子核反応率と新しい中性子の寿命 880.1 ± 1.1 s³を採用し、元素合成計算を行った。その結果、Izotov らの報告した ^4He の観測結果⁴と Planck の観測結果から得られたバリオン密度を同時に説明できる η の値が存在しなかった。その結果、BBNの非標準モデルの必要性が示唆される。

非標準BBNモデルの一例として、ニュートリノ縮退を考慮した元素合成計算を行った。電子ニュートリノの化学ボテンシャル $\xi_e \neq 0$ の場合、初期宇宙における陽子-中性子比が変化し、軽元素の組成に直接的な影響を与える。また、宇宙のエネルギー密度は増加し宇宙膨張が加速されることになる。この影響により、中性子が β 崩壊するタイムスケールが減少する。この結果、 ^4He と D の観測と理論から η を決めることができるようなパラメータとして $-3.4 \times 10^{-2} < \xi_e < -1.8 \times 10^{-2}, 6.17 < \eta_{10} < 6.38$ を得ることができた。

¹ Angulo et al., Nucl. Phys. A, volume 656, pp.3-183 (1999)

² Y. Xu et al. Nuclear Physics A, volume 918, pp. 61-169 (2013)

³ J. Beringer et al., Phys. Rev. D 86, 010001 (2012)

⁴ Y. I. Izotov, G. Stasińska, and N. G. Guseva, Astron. Astrophys. 558, A57 (2013).

20aSB-1

大型低温重力波望遠鏡(KAGRA)プロジェクトの現状

国立天文台、東大宇宙線研^A、高木文研^B、東大物理^C、東大新領域^D、東大工^E、阪市大理^F、京大理^G、奄高大レーザー研^I、東大地磁研^J、法政大工^K、総研大^L、産総研計測標準^M、情報通信研^N、阪大環^O、京大基研^P、九大基幹^Q、お茶大理^R、日大綜合学^S、新潟大工^T、長岡技大^V、白大生産工^W、弘前大理工^X、東北大理^Y、立教大理^Z、広島大理工^A、琉球大理工^B、早稲大理工^C、早大教育^D、帝京大理工^E、宮山大理工^F、富山大情セ^G、横浜市立大^H、福井大^I、愛知工科大^J、JASSO^K、IMS^L、IPMU^M、防衛大^N、MPQ-AEIP^O、Caltech^P、UWA^Q、LSU^R、北京師大天文^S、Moscow U^T、LATMOS/CNRS^U、中國科技大学^V、清華大情報^W、台灣計畫^X、Univ. Maryland^Y、Univ. Columbia^Z、Univ. West Scotland^A、Univ. Salerno^B、Rome University^C、上海師大宇宙^D、台灣清華大物理^E、高麗大物理^F、仁濟大物理^G、ソウル物理天文^H、明知大物理^I、韓國 KAERI 磁子光学^J、漢陽大物理^K、蔚山大物理^L、韓國 KISTI 情報^M、韓國 NIIMS^N、慶北大天文大氣^O、群山大物理^P、韓國 KIAS^Q、Sogang University^R、中國科学院^S、PSU^T、MSU^U、NSERC-TVM^V、NIKHEF^W、UWM^X、麻生洋一^A、梶原隆^B、黒田和明^C、大橋正健^D、川村静^E、三代木伸二^F、内山隆^G、宮川治^H、齋藤芳男^I、大石宗祐^J、山元一弘^K、Alexander Kalaidovski^L、Rajul Kumar^M、大堀新一^N、石塚秀喜^O、瀧瀬栄一^P、上泉眞裕^Q、柳原裕介^R、間口貴仁^S、藤澤タクミ^T、中野雅之^U、小野謙次^V、仁石志賀^W、西村翼^X、渡辺智宏^Y、山中祐治^Z、宮本昂拓^A、田中宏樹^B、藤本真児^C、Raffaele Flaminio^D、高橋聰太郎^E、上田慎俊^F、阿久津智宏^G、辰巳大輔^H、中村康^I、Fabian Arce^J、石崎秀晴^K、鳥取泰男^L、田中伸幸^M、山本明^N、鈴木敏一^O、木村誠宏^P、舟郡隆行^Q、井岡邦仁^R、久米達也^S、小池重明^T、横山順一^U、伊東洋介^V、枝和成^W、坪井公夫^X、安東正樹^Y、平松成範^Z、鷹山健^A、岡本伸之^B、道村唯太^C、丘田正八香^D、柴田和憲^E、牛場崇文^F、渡部恭平^G、三尾典克^H、大前宜昭^I、鈴木健一郎^J、古谷健之^K、鈴谷健夫^L、河合誠之^M、宮原健太郎^N、須佐友紀^O、上田慎一郎^P、加藤卓平^Q、桑田修香^R、神田辰^S、鷲山和大^T、横谷貴之^U、山本弘治^V、河合誠之^W、宮原健太郎^X、渡辺一貴^Z、浅野光^A、鷲野光^B、鷲谷和人^C、有馬哲^D、宮本昇伸^E、中尾亮一^F、中村卓史^G、田中貴典^H、瀬戸川直樹^I、西澤萬志^J、柄田一^K、米田仁紀^L、中川賢一^M、武者義^N、新谷昌人^O、高森昭和^P、佐藤修一^Q、林翔平^R、奥高弘^S、高利之^T、尾崎洋一^U、寺田豊一^V、長野真人^W、田中秀行^X、上野昂^Y、成川達也^Z、佐野貴道^A、森曾理^B、Lucia Biotti^C、佐々木節^D、柴田大^E、中野亮之^F、開口透一郎^G、佐々木紀觀^H、斎藤那菜^I、新富孝^J、大原謙一^K、金山雅人^L、若松寿司^M、佐藤孝^N、大河正志^O、七井謙平^P、齊藤高大^Q、飯島省吾^R、志村和成^S、高橋弘毅^T、姫本寛由^U、浅田洋樹^V、二間灘徹^W、高橋文宜^X、原田知広^Y、小野康史^Z、寺田豊也^A、西條尊之^B、森脇嘉紀^C、小林かおり^D、樺本勝成^E、大幡謙^F、下尾哉^G、柿崎亮^H、小野行徳^I、堤匡介^J、廣瀬茂樹^K、沖野浩二^L、Micheletto Ruggero^M、固武慶^N、江口智士^O、中谷一郎^P、柴田昇帆^Q、鹿野貴^R、上原知幸^S、川端史子^T、Yanbei Chen^U、河邊隆^V、新井宏二^W、Hsiaoming Mao^X、和泉究^Y、M.E. Tobar^Z、D. Blair^A、Ju Li^B、Chumong Zhao^C、Linqiang Wen^D、Warren Johnson^E、苦山晋子^F、Zeng-Hong Zhu^G、V. Miliukov^H、Lucio Baggi^I、Yang Zhang^J、Junwei Cao^K、Sheau-Shi Pan^L、Sheng-Jui Chen^M、招田寿司^N、Szabolcs Marka^O、Zsuzsanna Marka^P、Stuart Reid^Q、Innocenzo Pinto^R、Vincenzo Galbi^S、Vincenzo Pierro^T、Giuseppe Castaldi^U、Riccardo DeSalvo^V、Rocco Croce^W、Maria Principe^X、Vincenzo Matta^Z、Fabio Postiglione^A、Maurizio Longo^B、Paolo Adesso^C、Adele Fusco^D、Ettore Majorana^E、Xiang-hua Zhai^F、Ping Xi^G、Wei-Tou Ni^H、Hsien-Hao Mei^I、Tai Hyun Yoon^J、Hyung Won Lee^K、Kyoung Yu Kim^L、Jeongho Kim^M、Hyung Mok Lee^N、Chunglee Kim^O、Jae Wan Kim^P、Yong Ho Cha^Q、Hyun Kyu Lee^R、Chang-Jiwa Lee^S、Gungwon Kang^T、John J. Oh^U、Sam Hoon Oh^V、Myeong-Gu Park^W、Song Pyo Kim^X、Maurice H.P.M. van Putten^Y、Cho Kyuman^Z、Jun Xu^A、Lihue Zheng^B、Jingya Wang^C、Liangzhi He^D、八木 純^E、Archana Pai^F、我妻一博^G、久遠浩太郎^H。

KAGRAは現在神岡銀山の地下に建設中の第二世代干涉計型重力波検出器である。2014年3月末に一辺が3kmのL字型のトンネル掘削が完了し、この秋から本格的な機器のインストールが開始されるところである。

本講演では、KAGRA計画の概要と現状、今後の課題などについて報告する。