

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 市来浄与
 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。宇宙膨張とともに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る事になった。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=15-30)。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=6-10)。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、スピン温度など宇宙再電離の重要な情報が詰まっている。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への揺らぎの寄与を見なければならぬ。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=20-30では、大スケール(k<0.1Mpc⁻¹)では密度とスピン温度の揺らぎが優勢である。ただし、小スケール(k>1.0Mpc⁻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な時代であるから、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 理工研究棟

小松 信哉

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、ΛCDM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ーとして、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 model²⁾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、このエントロピー力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 Λ(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 一改遼太郎^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 (⁴He, D, ⁷Li) 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ポテンシャル ε_e ≠ 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 × 10⁻² < ε_e < -1.8 × 10⁻², 6.17 < η₁₀ < 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

大型低歪重力波望遠鏡 (KAGRA) プロジェクトの現状

国立天文台, 東大宇宙線研^A, 高工ネ研^B, 東大理物^C, 東大新領域^D, 東工大^E, 東工大^F, 阪市大^G, 京大^H
 電通大レーザー研^I, 東大地震研^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^O, 京大基研^P
 九大基幹^Q, おお大^R, 日大総合科学^S, 新潟大^T, 新潟大工^U, 帝京大^V, 日大生産工^W, 弘前大理工^X, 東北大理^Y
 立教大理^Z, 広島大理^{aa}, 琉球大理^{ab}, 早大先進理工^{ac}, 早大教育^{ad}, 帝京大理工^{ae}, 京山大理^{af}, 富山大工^{ag}, 富山大機^{ah}
 横浜国立大^{ai}, 福岡大^{aj}, 愛知工科大^{ak}, JASSO^{al}, IMS^{am}, IPMU^{an}, 防衛大^{ao}, MPQ/AEP, Caltech^{ap}, UWA^{aq}, LSU^{ar}
 北京師範大天文^{as}, Moscow U^{at}, IATMOS/CNRS^{au}, 中国科大^{av}, 清華大情報^{aw}, 台湾計量研^{ax}, Univ. Maryland^{ay}
 Univ. Columbia^{az}, Univ. West Scotland^{ba}, Univ. Salerno^{bb}, Rome University^{bc}, 上海師範大宇宙^{bd}
 台湾清華大物理^{be}, 高麗大物理^{bf}, 仁済大自然^{bg}, ソウル大物理天文^{bh}, 明知大物理^{bi}, 韓国 KAERI 量子光学^{bj}
 高麗大物理^{bk}, プラン大物理^{bl}, 韓国 KISTI 情報^{bm}, 韓国 NIMS^{bn}, 慶北大天文大気^{bo}, 蔚山大物理^{bp}, 韓国 KIAS^{bq}
 Soqang University^{br}, 中国科学院 SIC^{bs}, PSU^{bt}, MSU^{bu}, IISER-TVM^{bv}, NIKHEF^{bw}, UWM^{bx}
 麻生洋一^{by}, 梶田隆章^{bz}, 黒田和明^{ca}, 大橋正徳^{cb}, 川村静児^{cc}, 三代木伸二^{cd}, 内山隆夫^{ce}, 宮川治^{cf}, 齋藤芳男^{cg}
 大石奈緒子^{ch}, 山元一弘^{ci}, Alexander Khalaidovski^{cj}, Rahul Kumar^{ck}, 大嶋新一^{cl}, 石塚秀貴^{cm}, 瀧澤隆一^{cn}, 上原寛裕^{co}
 柳裕介^{cp}, 関口貴合^{cq}, 陳タン^{cr}, 中野雅之^{cs}, 小野謙次^{ct}, 小仁所志菜^{cu}, 西村翼^{cv}, 渡辺真^{cw}, 山中祐治^{cx}, 宮本頼拓^{cy}
 田中安徳^{cz}, 藤本真克^{da}, Raffaele Flaminio, 高橋慶太郎, 上田晴俊, 阿久津智志, 辰巳大輔, 中村康二
 Fabian Pena Arrellano, 石崎秀樹, 島屋泰明, 田中伸幸, 山本明^{db}, 鈴木敏一^{dc}, 木村耀宏^{dd}, 都丸隆行^{de}, 井岡邦仁^{df}
 久米達哉^{dg}, 小池重明^{dh}, 横山順一^{di}, 伊藤洋介^{dj}, 枝和成^{dk}, 野野公夫^{dl}, 安東正樹^{dm}, 平松成範^{dn}, 鷗山涉^{do}, 岡田健志^{dp}
 松本伸之^{dq}, 道村唯太^{dr}, 正田亜八香^{ds}, 柴田和憲^{dt}, 牛嶋崇文^{du}, 渡部恭平^{dv}, 三尾典亮^{dw}, 大前宣昭^{dx}, 鈴木健一郎^{dy}
 古台資之^{dz}, 細谷暁夫^{ea}, 河合誠之^{eb}, 宗宮健太郎^{ec}, 須田友紀^{ed}, 土田賢一^{ee}, 加藤孝平^{ef}, 桑田綾香^{eg}, 神田展行^{eh}
 岡山和夫^{ei}, 横澤孝章^{ej}, 山本浩弘^{ek}, 瀧原浩貴^{el}, 田中幸一^{em}, 浅野光洋^{en}, 奥谷仁人^{eo}, 有馬司^{ep}, 宮本晃伸^{eq}
 中尾隆一^{er}, 中村卓史^{es}, 田中貴彦^{et}, 藤戸直樹^{eu}, 西澤茂志^{ev}, 橋本敏一^{ew}, 米田仁紀^{ex}, 中川賢一^{ey}, 武者清^{ez}, 新谷昌人^{fa}
 高森昭光^{fb}, 佐藤修一^{fc}, 林輝平^{fd}, 奥宮弘基^{fe}, 高辻利之^{ff}, 尾藤浩一^{fg}, 寺田聡一^{fh}, 長野重夫^{fi}, 田越秀行^{fj}, 上野昭^{fk}
 成川達也^{fl}, 佐野保道^{fm}, 高倉理^{fn}, Luca Baiotti^{fo}, 佐々木節^{fp}, 柴田大^{fq}, 榑家寛史^{fr}, 中野寛之^{fs}, 関口雄一郎^{ft}
 佐倉紀親^{fu}, 斎藤那美^{fv}, 新富孝和^{fw}, 大原謙一^{fx}, 全山雅人^{fy}, 若松明司^{fz}, 佐藤孝^{ga}, 大河正志^{gb}, 土井康平^{gc}, 齊藤高大^{gd}
 飯島智浩^{ge}, 志賀和成^{gf}, 高橋弘毅^{gg}, 姫本宣明^{gh}, 浅田秀樹^{gi}, Chunglee Kim^{gj}, Jae Wan Kim^{gk}, Sheau-Shi Fan^{gl}
 飯島史史^{gm}, 山田登一^{gn}, 西條統之^{go}, 大森隆夫^{gp}, 松島房和^{gq}, 森脇善紀^{gr}, 小林おこり^{gs}, 榑本勝成^{gt}, 大石誠^{gu}, ノ下陽成^{gv}
 柿崎亮^{gw}, 小野行徳^{gx}, 堀江寛^{gy}, 早川陽介^{gz}, 廣林茂樹^{ha}, 神野浩二^{hb}, Micheleto Ruggero^{hc}, 岡武慶^{hd}, 江口智士^{he}
 中谷一郎^{hf}, 坂田崇樹^{hg}, 鹿野尊^{hh}, 春山富義^{hi}, 上原知幸^{hj}, 田藤史子^{hk}, Yanbei Chen^{hl}, 河邊啓太^{hm}, 新井宏二^{hn}
 Haixing Miao^{ho}, 和泉亮^{hp}, M.E.Tobar^{hq}, D. Blair^{hr}, Ju Li^{hs}, Chumong Zhao^{ht}, Linqing Wen^{hu}, Warren Johnson^{hv}
 曹圭以子^{hw}, Zong-Hong Zhu^{hx}, V. Miluykov^{hy}, Lucio Baggio^{hz}, Yang Zhang^{ia}, Junwei Cao^{ib}, Sheau-Shi Fan^{ic}
 Sheng-Jui Chen^{id}, 沼田健司^{ie}, Szabolcs Marka^{if}, Zsuzsanna Marka^{ig}, Stuart Reid^{ih}, Innocenzo Pintoⁱⁱ
 Vincenzo Galdi^{ij}, Vincenzo Pietro^{ik}, Giuseppe Casali^{il}, Riccardo DeSalvo^{im}, Rocco P. Crociⁱⁿ, Maria Principe^{io}
 Vincenzo Matta^{ip}, Fabio Pistignello^{iq}, Maurizio Longo^{ir}, Paolo Address^{is}, Adele Fusco^{it}, Ettore Majorana^{iu}
 Xiang-hua Zhai^{iv}, Ping Xi^{iw}, Wei-Tou Ni^{ix}, Hsue-Hao Mei^{iy}, Tai Hyun Yoon^{iz}, Hyung Won Lee^{ja}
 Kyoung Yee Kim^{jb}, Jeongho Kim^{jc}, Hyung Mok Lee^{jd}, Chunglee Kim^{je}, Jae Wan Kim^{jf}, Yong-Ho Cha^{kg}
 Hyun Kyu Lee^{kh}, Chang-Hwan Lee^{ki}, Gungwon Kang^{kj}, John J. Oh^{kl}, Sang Hoon Oh^{km}, Myeong-Gu Park^{kn}
 Sng Pyo Kim^{ko}, Maurice H.P.M. van Putten^{kp}, Cho Kyuman^{kq}, Jun Xu^{kr}, Libe Zheng^{ks}, Jingya Wang^{kt}
 壺山和己^{ku}, 八木 裕^{kv}, Archana Pa^{kw}, 我妻一博^{kx}, 久遠遼太郎^{ky}

KAGRA は現在神岡鉱山の地下に建設中の第二世代干渉計型重力波検出器である。2014年3月末に一边が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。