

初期宇宙の解明と新たな素粒子像



● 研究代表者

日笠 健一 物理学専攻・教授
Ken-ichi Hikasa

● メールアドレス…hikasa@tuhep.phys.tohoku.ac.jp

● 専門分野…素粒子理論

● 主な研究課題…・ヒッグスセクター、超対称性など高エネルギー素粒子現象の理論研究

● 研究目的

インフレーション宇宙、ビッグバン初期宇宙の解明に向けた宇宙・素粒子物理学の融合研究を進める。最近の観測で明らかになってきた宇宙の質量組成を説明するための素粒子モデルの構築を行う。特に超対称性やブレーンワールド理論に基づいたモデル構築と実験における検証可能性を追求する。暗黒エネルギーの謎にせまるための、素粒子物理学、重力理論、宇宙論的観点からの総合研究や、こうした研究から生じた仮説の実験的検証可能性の研究を進める。

● 研究内容

宇宙論において重要な問題は、「宇宙が何からできているか」すなわち宇宙の組成と、「宇宙の構造の起源がどのように作られたか」という問題である。宇宙の組成や、宇宙の構造の種になる密度揺らぎは、宇宙の初期に起源を求めるのが自然な考え方である。そこでは、非常に高い温度／エネルギー状態が実現していて、したがって、高いエネルギースケールの物理、すなわち素粒子の基本的法則が重要になってくる。

宇宙の質量組成は、4%のバリオン物質、23%の暗黒物質、そして73%の暗黒エネルギーからなっていることが分かってきた。このいずれの存在を説明するにも、素粒子の標準理論では不十分で、それを超えるより基本的な理論が必要となる。宇宙のバリオン数生成には、バリオン数やレプトン数の破れを伴う相互作用が必要であり、素粒子物理学では非常に高いエネルギースケールの物理がそうしたものを与えると考えている。

宇宙の暗黒物質の正体もまだ分かっていない。これも標準理論に含まれている粒子では説明できず、新たな物理が必要とされる。標準理論を超える物理と期待される超対称理論やブレーンワールド理論は、こうした暗黒物質の候補を理論構造の中に含む可能性があり、より精力的な研究が必要である。

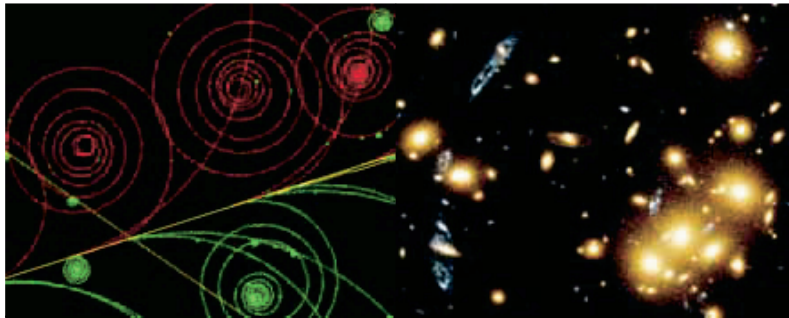
暗黒エネルギーはさらに謎である。いままでは、quintessenceなどのアイデアが出されているが、この問題の解決には、何か革命的なアイデアが必要に思われる。

宇宙の構造の種になる揺らぎの性質は、最近の宇宙背景放射の揺らぎの精密測定により、スケール不変で断熱的なものであることが、明らかになってきている。これらの観測事実はインフレーションパラダイムを強く支持するものである。

一方、素粒子の標準理論を超える物理として、もっとも有力なものは超対称理論である。超対称性は、素粒子標準理論に内在するエネルギースケールの自然さの問題を解決するばかりでなく、インフレーションモデルや、弦理論などの重力の量子化においても本質的な役割を果たすと考えられている。

本融合研究では、超対称理論やブレーンワールド理論における初期宇宙の進化史を研究することにより、「宇宙の質量組成」、「宇宙の密度揺らぎの起源」を説明する素粒子理論、宇宙論、重力理論からの融合的研究を行う。さらに、素粒子実験の立場から、それらのシナリオのBファクトリーや、将来のリニアコライダーなどの実験による実験検証可能性について基礎的な研究を行う。

研究分担者 山口 昌弘 (物理学専攻・教授) 諸井 健夫 (物理学専攻・助教授)
二間瀬敏史 (天文学専攻・教授) 千葉 柁司 (天文学専攻・教授)
山本 均 (物理学専攻・教授) 服部 誠 (天文学専攻・助教授)
研究協力者 清水 康弘 (物理学専攻・COE研究員)



素粒子物理

超対称性
ブレーンワールド
大統一理論
CP の破れ
ニュートリノ質量

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

宇宙論

暗黒物質
バリオン数生成
暗黒エネルギー
密度揺らぎ
インフレーション

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

本融合研究では素粒子の標準模型を超える物理が初期宇宙の進化史にどのような影響を与えるかを総括的に研究することによって、新たな素粒子像を構築することを目指す。

● 代表的な発表論文

- 1) Production and dilution of gravitinos by modulus decay, K. Kohri, M. Yamaguchi and J. Yokoyama, Phys. Rev. D (2004) in press.
- 2) Cosmic density perturbations from late decaying scalar condensations, T. Moroi and T. Takahashi, Phys. Rev. D **66**, 063501 (2002).
- 3) Soft-breaking correction to hard supersymmetric relations: QCD correction to squark decay, K. Hikasa and Y. Nakamura, Z. Phys. C **70**, 139 (1995).
- 4) Probing the weak boson sector in $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$, K. Hagiwara, R. D. Peccei, D. Zeppenfeld, and K. Hikasa, Nucl. Phys. B **282**, 253 (1987).
- 5) Light scalar top quark at e^+e^- colliders, K. Hikasa and M. Kobayashi, Phys. Rev. D **36**, 724 (1987).