

宇宙創成物理学概論 第3回 レポート

C3SM2016 木村佑斗

2023年6月6日

初期宇宙物理の現状と課題 初期宇宙に関連して、いまだに解決されていない問題がある。

まずはバリオンの非対称性である。宇宙初期には物質と反物質が同じ数だけ存在していたはずだが、現在の宇宙では完全に物質優位となっている。つまり、宇宙初期に我々が知らない「バリオン数生成」という物理過程があったはずだ。しかし現状それはどんな物理過程なのかわかっていない。また、「平坦性問題」や「地平線問題」と呼ばれるものがある。これらはいずれもインフレーション理論によって解決される。しかし、インフレーションはまだ理論の段階であり、これから更なる観測を通して確実なものであると言えるようになるのか、インフレーション理論よりもっと適切なモデルが求められるようになるのかはわかっていない。しかし現時点では観測結果はインフレーションを強く支持する結果となっている。このインフレーションを引き起こすもの(粒子・場)をインフラトンという。インフラトンの候補となる粒子や場は数多く存在する。いずれも候補の域を出ない状況である。また、ダークマターやダークエネルギーの存在は確実なものとなっているが、それらの物理的正体は明らかになっていない。ダークマターは散乱断面積が極めて小さいので、実験的に観測するのは極めて困難である。世界最高レベルのエネルギーを出力できる LHC などの加速器実験で観測されないかと期待もされている [1]。より身近な例として、軽元素の存在比の問題がある。これは理論(ビッグバン元素合成)で予測される ${}^7\text{Li}$ の量が、観測量の 3~4 倍多いという問題である。水素やヘリウムの推定量は観測と非常によく一致しているのに、なぜリチウムはズレるのか、長年未解決のままである [2]。

今後発展できる分野 私の専門分野はハドロン物理学(実験)である。正直、初期宇宙のエネルギーレベルの現象を現在の加速器実験で検証することはほとんど不可能だ。可能性があるとすれば、陽子崩壊の観測くらいだ。私がこれから参加するであろう実験は、K 中間子が原子核の中で作る束縛状態の研究だ。K 中間子束縛原子核の密度は通常の原子核の密度に比べて 5 倍ほど大きい [3]。この高密度状態を詳しく調べることで、例えば中性子星内部の状態方程式のパラメータに制限を与えることができる。

私が期待していることはレーザープラズマ加速器の開発である。これが実現されれば、初期宇宙、すなわち GUT スケールのエネルギー (10^{16}GeV) には届かなくても、現在の最高レベルの 10TeV は超えられるはずである。そうすれば、加速器実験でダークマターが顔を出す確率が高まるし、標準理論をわかりやすく破る現象が次々と見つかるかもしれない。

参考文献

- [1] 「ダークマターと恐竜絶滅」 Lisa Randall 著
- [2] 「ビッグバンで生成されるリチウム量の矛盾、解決へ一歩前進」 <https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2021/7456/>
- [3] T.Yamazaki, Y.Akaishi / Physics Letters B 535 (2002) 70-76