

素粒子論・初期宇宙論研究室

諸井健夫教授

1 研究の背景

この研究室は、素粒子・初期宇宙に関する理論的研究を行うことを目的に、今年立ち上げられた極めて若い研究室です。

素粒子物理学の標準理論は、現在知られている高エネルギー加速器実験の結果をほとんど正しく説明することができます。しかしこれは、我々が究極の理論を手に入れたということの意味するわけではありません。むしろ、多くの素粒子物理学研究者は、もう少し加速器のエネルギーを上げることができれば、きっと標準理論に含まれない未知の粒子を発見できると考えています。これは根拠の無い期待ではなく、むしろ標準理論に内在する「不自然さ」を解消するためにどうしても必要なことなのです。

また、近年の精密宇宙観測は、宇宙初期にインフレーション時期があったということを強く示唆しています。この結果、やはり精密宇宙観測からその存在が確定的となった宇宙暗黒物質や宇宙のバリオン非対称性をインフレーション後に生成する機構が必要となります。しかし現在の素粒子標準模型の枠内では、これらに対するうまい説明は知られていません。宇宙進化のシナリオをうまく構築できないということもまた、素粒子標準模型が不完全であることの証左と言えます。

2 最近の研究テーマ

「不自然さ」の問題を素粒子標準理論を拡張することで解決しようとする場合、質量が 100GeV から 1TeV 程度（陽子質量の 100 から 1000 倍程度）の新粒子が存在する可能性が極めて高くなります。このような質量の新粒子は、今年本格的に実験が開始されるヨーロッパの陽子型加速器（LHC）で発見することができます。本研究室では、LHC 実験において素粒子標準理論を超えた素粒子模型のシグナルをいかに発見するか、さらには新しい素粒子模型の詳細な性質をどのように調べるかについて、実験サイドの研究者との議論も交えながら研究を進める予定です。

標準理論の「不自然さ」を解決し得る新たな素粒子模型の候補として、特に興味深いのは「超対称模型」と呼ばれる模型です。超対称模型にはボソン（スピンの整数の粒子）とフェルミオン（スピンの半奇数の粒子）がペアとなって現れるため、この模型は超対称粒子と呼ばれる新しい粒子の存在を予言します。超対称性を持つ理論の構造を理解すると共に、超対称粒子が自然界でどのような役割を果たしているのかを明らかにすることは、本研究室で扱う大きなテーマの一つです。

また、素粒子標準模型を拡張することで現れる新粒子は、宇宙の発展にも様々な影響を与えます。一例として、多くの模型には宇宙暗黒物質となり得る粒子が含まれており、特に最も軽い超対称粒子は宇宙暗黒物質の有力な候補とされています。標準理論を拡張することで宇宙進化のシナリオがどのような影響を受けるかについても、研究を行うこととなります。

さらに、超対称模型を考える場合、超対称粒子の質量の起源（即ち、超対称性の破れの起源）を理解することはとても重要です。これについては過去にいくつかの可能性が指摘されていますが、未だ満足のできる理論はできていません。しかし超対称模型を構築するためには超対称性の破れの起源は避けて通れない問題であり、理解を深めたいと考えています。

3 今後の展開

今後の数年間はヨーロッパの陽子型加速器（LHC）が様々な成果を出す時期となります。また、宇宙物理学の方面においては、XMASS 等の宇宙暗黒物質直接探査実験や PLANCK 衛星による宇宙背景放射揺らぎの超精密観測など、これまで以上の精度の情報が得られると期待されています。それらを基に、素粒子標準模型を超える素粒子模型を構築し、その枠内でどのように素粒子標準模型の「不自然さ」が解決されるのかを理解し、さらには矛盾の無い宇宙進化のシナリオを構築する、これらが今後の研究の重要な目標となるでしょう。