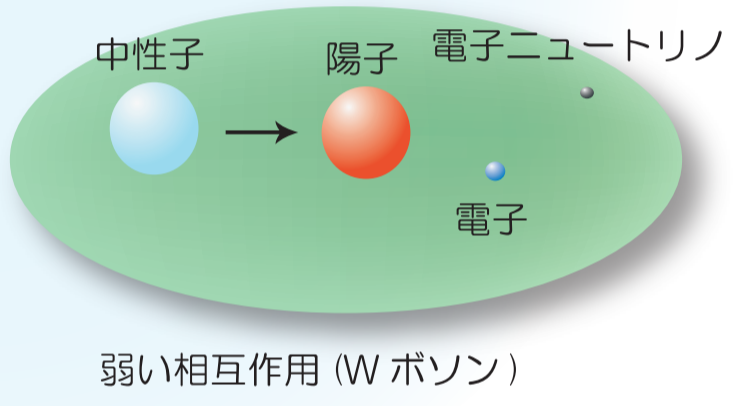


素粒子論研究室の研究テーマ

超対称性模型
ボゾン・フェルミオン間に対称性

超弦理論
一般相対論と量子力学を無矛盾に含む

等々...



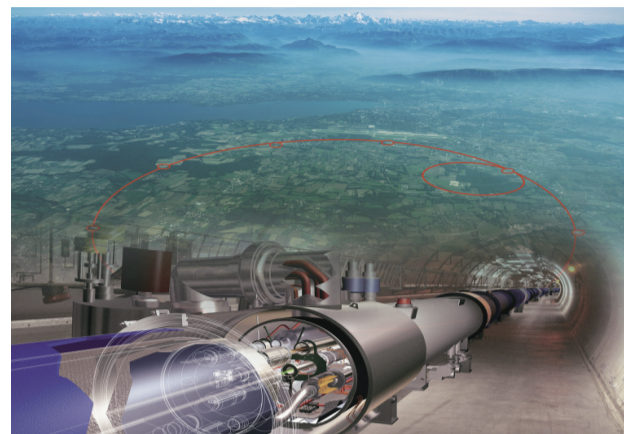
素粒子論のあらまし

素粒子物理学は、物質の最小単位とそれを支配する規則を解明することを目的とします。現在までの理解では自然界は電磁気力を弱い相互作用が統一された電弱統一理論と強い相互作用の理論である量子色力学(QCD)からなる標準模型によって記述されることが分かっており、実験によって100ギガ電子ボルト程度のエネルギースケールまでこの模型の正当性が検証されています。

ただ、この標準模型には万物を統一的に記述する基本理論とは思えない問題点がいくつかあります。例えば、まずゲージ階層性問題と呼ばれる問題があります。標準模型にはヒッグス粒子と呼ばれる粒子が含まれますが、この質量パラメータは2次発散を含んでいるため、その値はエネルギーのカットオフスケールであるプランク質量程度になってしまいそうに見えます。しかし実際は繰りこみによって電弱理論のスケールにまで落ちているはずで、この間実に32桁に渡る量子補正の相殺が起きていることとなります。これは非常に不自然なことで、エネルギースケールが大きくなった領域で標準模型を超える物理が存在することを強く示唆していると考えられます。また標準模型のもう一つの大きな問題として重力相互作用が全く含まれていないことも挙げられます。自然界の4つの相互作用のうち重力を除く3つはいずれもゲージ理論としての記述が可能でしたが、重力に限っては繰りこみが不可能であるため既存の場の理論の枠内での記述が不可能であるため、標準模型の単純な拡張で重力を記述することは不可能です。

当研究室では、これらの問題に答えを出すべく、ゲージ階層性問題を解決すると期待されている超対称性模型の研究や、重力相互作用を自然に含み力と物質を統一的に記述出来る理論の候補である超弦理論の研究等を精力的に行なっています。

当研究室では、
特に以下の様な研究を活発に行っています。



「写真提供 CERN アトラス実験グループ」

超対称性模型の研究

超対称性模型とは、ボーズ粒子とフェルミ粒子を入れ替える変換に対して対称である模型で、ゲージ階層性問題を解決するだけでなく、宇宙の物質の大半を占めると考えられている暗黒物質の候補となる物質を含んでいることや、標準模型に含まれる3つのゲージ相互作用が線りこみ群によって統一されるなど、標準模型を超えた物理の候補として考えています。当研究室では、主に超対称性モデルにおける超対称性の破れの機構、およびそれに伴う超対称粒子のスペクトルの研究を行なっています。

近年欧州CERNで陽子-陽子加速器(LHC)が遂に稼働を開始しました。最高衝突エネルギーが14テラ電子ボルトに達する実験が可能であり、ヒッグス粒子や超対称粒子の発見に対する期待が世界的に高まっています。

超弦理論の現象論

標準模型は超弦理論の低エネルギー有効理論で記述されると考えられています。超弦理論は10次元という高い次元を要求するので、余分な6次元をコンパクト化する必要があります。そのとき、コンパクト空間の幾何学の性質などによって4次元で導出されるゲージ群、フェルミオンの世代数、階層構造といった標準模型のパラメーターの起源や、高エネルギーの物理を超弦理論の立場から予言することができます。

超弦理論の非摂動的定式化

超弦理論はゲージ場・重力場・物質場、それら全てを自然に含む理論であることが知られており、統一模型の最有力候補として長年研究がなされてきました。しかしながら超弦理論を非摂動的に定式化することには未だ成功していません。我々の世界がなぜ4次元なのか？標準模型のゲージ群はなぜ $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ なのか？クォーク・レプトンの世代数はなぜ3か？こういった疑問に超弦理論の立場から答えを出すためには非摂動効果を含めた弦理論の完全な定式化が必要不可欠です。

超弦理論を非摂動的に定式化する方法としては主なものとして“弦の場の理論”と“行列模型”が提案されていますが、本研究室では現在主に行列模型に関する研究に取り組んでいます。