

これまでの研究成果のまとめ

(I) 超対称性理論 (以下で Ref.[1] 等は研究業績リストの文献番号に対応します。)

(I-1) 超対称格子理論の定式化と No-Go 定理の発見

超対称性の理解のためには非摂動論的解析が不可欠であり、その有力な手段として格子理論がある (Ref.[1,13,18])。私はこの超対称格子理論の分野で3つの重要な貢献をしました。1つ目はこの分野の初期にいち早く超対称性の一部を格子上に実現することに成功 (Ref.[84])、2つ目は超対称代数全体を格子上に実現することは不可能であることの証明 (Ref.[40])、3つ目は格子上での超対称性実現の鍵となりうる巡回ライブニッツ則の発見 (Ref.[28]) です。

(I-2) 超対称性の破れの新しいメカニズムの発見

超対称性は我々の宇宙で実現されているならば、超対称性は自発的に破れていなければなりません。私達は Ref.[57,60] で、余剰次元の存在は新しいタイプの超対称性の自発的破れを引き起こすことを示しました。この発見により、超対称標準模型を高次元に拡張することによって、超対称性の破れの問題を解決できる可能性が示唆されました。

(II) 高次元理論

(II-1) 高次元理論固有な性質の発見

私達によって初めて明らかになった高次元理論の性質は、i) 超対称性およびゲージ対称性の破れの新しい機構の発見 (Ref.[25,31,43,49,51,54-56,59])、ii) 並進/回転対称性の破れにともなう非自明な真空配位の発見 (Ref.[29,52,53,56,59,60])、iii) 高次元ゲージ/重力理論の背後に隠れていた量子力学的超対称性の発見 (Ref.[32,40,41,45])、iv) 余剰次元におけるカイラルフェルミオン生成の新しい機構の発見 (Ref.[24,30,31,38,44,47,50])、などがあります。これらの性質は、標準模型を越える高次元模型の構築の際に重要な鍵になると期待されています。

(II-2) 標準模型を越える現象論的高次元模型の構築

階層性問題解決の機構として世界的に注目された Randall-Sundrum 模型は、2枚のブレーンをもつアインシュタイン方程式の解に対応します。私達はこれを任意枚数のブレーン解に拡張することに成功しました (Ref.[59])。そこで上記 (II-1) の研究成果と合わせて、標準模型において謎であった、世代起源、質量階層性、世代混合、ニュートリノ質量などのクォーク・レプトンのフレーバー構造すべてを余剰次元の観点から統一的に説明できる、初めての現象論的高次元模型の構築に成功しました (Ref.[2-4,8-11,15,21-27,29-33,39,41,42,44-57,60,61])。

(III) 量子重力理論

(III-1) 量子重力理論の非摂動論的定式化

重力を量子化しようとするると発散の困難のため、数学的に意味のある量子重力理論の定式化にこれまで誰も成功していません。私達は量子重力理論の非摂動論的表示の1つである Wheeler-DeWitt 方程式と heat kernel 法をもちいて、発散を含まない形でこの方程式を定式化することに成功しました (Ref.[63,65])。私達の理論形式は、最近 Hořava によって再発見され、リフシツ相転移点上の新しい量子重力理論として注目されています (Ref.[37])。

(IV) 超弦理論

(IV-1) オービフォールド上の弦理論の定式化

現象論的に有望な超弦模型として、余剰次元をオービフォールドにコンパクト化した模型は多くの研究者によって調べられています。その中で非可換群に基づいたオービフォールドは、私達によって初めて解析されました。また、反対称背景場を導入することによって、新しいクラスの弦理論が存在することを明らかにしました。これらの研究は、新しい現象論的超弦模型の可能性へ繋がると期待出来ます。(Ref.[64,66-71,73-78])