

学位論文の審査結果の要旨

標準模型を超えた理論の有力候補は重力を除く 3 つの力（強い力、弱い力、電磁気力）の統一を目指す大統一理論（GUT）である。現在までに様々な GUT の模型が構築されているが、「ゲージ階層性の問題」「陽子崩壊の問題」「世代の起源の問題」などを抱え未完成のままである。ゲージ階層性の問題は「超対称性」を導入することにより量子補正に関する部分は解決されるが、「ヒッグス粒子に関する樹木レベルでの微調整の問題」が依然として未解決のまま残る。ここで、超対称性とはボース粒子とフェルミ粒子の入れ替えに関する対称性である。陽子崩壊の問題やヒッグス粒子に関する樹木レベルでの微調整の問題を解決する理論としてオービフォールド¹ (Orbifold) の一種である S^1/Z_2 を余剰次元として含む 5 次元時空上の GUT が 2000 年に提案された。ここで、オービフォールド¹ とは多様体を離散群で割ることにより得られた空間の総称である。オービフォールド¹ を余剰次元として含む高次元時空上で定義された GUT は Orbifold GUT とよばれ、様々な利点を有し盛んに研究されている。よって、Orbifold GUT に基づいて世代の起源とそれに関係した物理（クォークとレプトンの質量生成の機構、質量階層性やフレーバー混合の起源）を探究するのは興味深い。

後藤君はオービフォールド¹ を余剰次元として含む高次元時空上で定義されたゲージ場の理論（余剰次元模型）に基づいて、素粒子の標準模型を超えた物理を探究した。探究において、次のような謎をヒントにした。(a) なぜ、3 つの力が存在するのか？ (b) なぜ、3 世代の物質粒子（クォーク、レプトン）が存在するのか？ (c) 物質粒子の質量階層性やフレーバー混合の起源は何か？

後藤君の得た成果は次の通りである。

- (1) 2 次元オービフォールド¹ T^2/Z_M を余剰次元として含む 6 次元 $SU(N)$ ゲージ理論に基づいて「3 つの力の統一」と「3 つの世代の統一」を同時に実現する模型を多数導出した。ミラー粒子が全く含まれないという著しい特徴を持つ模型の存在が明らかになった。
- (2) 物質粒子の世代数は標準模型のゲージ群とは無関係なウィルソンライン位相の値には独立で、この特徴は余剰次元に関する量子力学的な超対称性に起因することが示された。
- (3) 6 次元 $SU(9)$ ゲージ理論から導出される 3 世代模型の現実性を判定するために、物質粒子の質量生成機構を探究し有意なフレーバー混合が起こるという条件により模型を限定した。さらに、超対称性を有する模型において特有な和則を導き検証可能性を議論した。

これらの成果は 3 編の審査付発表論文としてすでに出版されている。さらに、国内外での学会発表等も多数行っている。様々な要素を総合して、学位論文審査に値すると判断した。

公表主要論文名

- [Yuhei Goto](#), Yoshiharu Kawamura, Takashi Miura, “Orbifold family unification on six dimensions”, *Physical Review D* 88, 055016 (15 pages) (2013), DOI:10.1103/PhysRevD.88.055016.

- Yuhei Goto, Yoshiharu Kawamura, Takashi Miura, “Family number, Wilson line phases and hidden supersymmetry” , International Journal of Modern Physics A 29, No.26, 1450150 (19 pages) (2014), DOI:10.1142/S0217751X14501504.
- Yuhei Goto, Yoshiharu Kawamura, “Predictions of SU(9) orbifold family unification” , Physics Letters B 752, pp.252-257 (2016), DOI:10.1016/j.physletb.2015.11.034.