高エネルギー加速器研究機構大型シミュレーション研究 実施報告書

1. 研究組織

研究責任者　菊川芳夫　東京大学　総合文化研究科　准教授

共同研究者　滑川　裕介 筑波大学　計算科学研究センター　研究員

　　　　　　 甲田　昌也 名古屋大学大学院理学研究科　D3

安田　淳一郎　名古屋大学高等教育研究センター　研究員

1. 当該年度の実施報告の詳細

　第4世代のクォーク・レプトンの存在は，LEP, Tevatron 等による標準模型の精密な実験的検証とは未だ矛盾しておらず，現象論的に興味深い可能性である。特に，第4世代のクォーク・レプトンが非常に重く，ユニタリティーによる(摂動的)制限をこえるような場合には，このクォーク・レプトンとヒッグス粒子は強く相互作用することが想定され，クォーク・レプトンの真空凝縮が電弱ゲージ対称性の破れのオーダーパラメータの役割をなすと考えられます。このような状況を低エネルギー有効理論で記述するためには，複数のSU(2) 2重項 スカラー場を導入する必要が生じ，そのため，電弱相転移は，Coleman-Weinberg 機構によって一次相転移を示す可能性がある。本研究においては， SU(2) 2重項ヒッグス場と第4世代のクォークが強く湯川相互作用する線形シグマ模型を有効理論として考察し，その適用範囲において，有限温度有効ポテンシャルの数値的な解析をおこない，電弱バリオン数生成に必要な強い1次相転移が起こりうるかどうか，検証を行った。この結果、ヒッグススカラー場の複合粒子条件を課さない場合には，260GeVを超える質量をもつ第４世代クォークが存在しても，Electroweak Baryogenesis に必要な程度の強い1次相転移が起こりうることを示した。しかし、複合粒子条件を課す場合には，1次相転移は弱くなる傾向にあることが明らかになった。

この研究の成果は，"The strongly coupled fourth family and a first-order electroweak phase transition (I) quark sector " (arXiv:0901.1962) として発表し，既に Progress of Theoretical Physics 誌に掲載が決まってる。

　平成20年度は、シミュレーション研究にむけた準備的な研究として、上記の有限温度場の量子論に基づく解析を行なった。この研究の結果を受けて、今後、格子理論を用いた非摂動的な解析を進める計画である。