

研究計画

氏名： 鵜 沢 報 仁

超弦理論や超重力理論等の素粒子の統一理論は我々の宇宙が高次元であることを示唆している。そして近年、高次元超重力理論からどのようにして4次元インフレーションモデルを導くことが出来るのかということに大きな注目が集まっている。私はこれまでに行った研究成果に基づいて、超弦理論の宇宙論解を構築するというを目的に、以下に関する研究を行いたいと考えている。

(1) 10次元ヘテロ型弦理論におけるド・ジッター解及び内部空間の安定化機構の構築

10次元ヘテロ型超弦理論は素粒子論の標準模型と密接な関わりを持つゲージ対称性を生み出す点で古くから注目を集めていたが、内部空間の安定化問題に重要な要素となる flux を含んだときのコンパクト化の解はあまり知られていなかった。

昨年、Beckerらが10次元ヘテロ型超弦理論においてアノマリーが消える flux コンパクト化の解を発見した (arXiv:hep-th/0604137)。このモデルの特徴は背景に Kalb-Ramond 3-form が存在するときにアノマリーが消えるだけではなく、内部空間をコンパクト化すると4次元 Minkowski 時空で $N=1$ の超対称性理論が得られ、更に弦理論の双対性を用いると KKLТ モデル (arXiv:hep-th/0301240) から Beckerらのモデルを導くことが出来るという点である。しかし Beckerらの論文では、背景場が重力を含めた場の方程式の解であるかどうかの考察が無かった。そこで、Beckerらのモデルを参考に10次元ヘテロ型弦理論の高次元 Einstein 方程式の宇宙論解（時間依存解）を求め、高次元時空のダイナミクスについて明らかにする。特に4次元がド・ジッター時空となる解を追求する。上記で求めた時間依存解が4次元ド・ジッター時空を導かない場合、10次元ヘテロ型超重力理論に存在する α' の高次補正項を加え4次元ド・ジッター時空を含む解の構築を行う。

次に内部空間の進化について調べる。上記で得た高次元 Einstein 方程式の解が内部空間の不安定性を示す場合、安定化させるために NS 5-brane のインスタントン補正を考える。そして、その効果を取り入れたときの高次元 Einstein 方程式の解を追求し、内部空間の安定化が可能かどうかを明らかにする。

(2) 超対称性の破れに関する解析

超弦理論や超重力理論を初期宇宙論に適用する際、超対称性の破れがどのように実現されるのかということが問題となる。超重力理論で議論されている殆どのモデルは静的

時空を背景としており、超対称性の破れの動力学については専ら 4 次元有効理論で解析が行われてきた。本研究では上記の研究計画(1)で得た時間依存解を用いて高次元理論の立場から超対称性の破れについて解析を行い、その破れの時間発展を明らかにする。

(3) 4 次元有効理論の構築、11 次元超重力理論や 10 次元 II 型弦理論との関連性

素粒子論や宇宙論では、高次元理論を用いて 4 次元の物理を議論する際、高次元時空を直接用いるよりは 4 次元有効理論を導出した後に種々の解析を行う場合が多い。そこで、研究計画欄(1)で得た 10 次元ヘテロ型超重力理論の解と矛盾しない 4 次元有効理論を作る。背景時空の場は高次元の場の方程式を満たすという条件の下で 4 次元有効理論を求める。この際、有効理論で得られた場の方程式の解と高次元理論で得られた場の方程式の解と矛盾がないかどうかチェックする。矛盾がある場合はその原因を明らかにする。

10 次元ヘテロ型超重力理論は弦理論の双対性を用いると 11 次元超重力理論や 10 次元 II 型超弦理論と関連付けられる。そこで、研究計画欄(1)の解は双対性によりどのような 11 次元超重力理論や 10 次元 II 型超重力理論の解を導くのか明らかにする。更にそこで得た 11 次元、10 次元超重力理論の解は各々の理論の Einstein 方程式の解となっているのかどうかチェックする。解とならない場合は少なくとも時間依存解について双対性が成り立たないということであるから、その物理的な理由について明らかにする。

(4) 高次元超重力理論を起源とする宇宙の暗黒エネルギー

近年、宇宙論の様々な観測結果から我々の宇宙は加速膨張をしているということが示唆されている。これらの観測結果を説明するには暗黒物質や素粒子の標準模型からでは不可能である。宇宙を加速膨張させている物質は総称的に暗黒エネルギーと呼ばれており、その正体や起源を明らかにすることは宇宙論において極めて重要な問題である。

高次元理論から得られる 4 次元有効理論において、モジュライのエネルギーは 4 次元フリードマン方程式に真空エネルギーとして現れるので、4 次元の暗黒エネルギーの起源となる可能性がある。本研究ではこの観点からモジュライと 4 次元宇宙定数との関連性について研究する。研究計画欄(1)で得られた高次元超重力理論の解が内部空間の安定化を実現させるものであるならば、モジュライエネルギーは定数であると期待される。従って 4 次元宇宙には時間的に一定となる暗黒エネルギーの候補を導くことが出来る。モジュライが暗黒エネルギーの現実的な候補となり得るならば、この研究により宇宙論の観測から超弦理論の理論的整合性を確かめることが可能になる。

これら 4 つの研究を進める上で、各々のテーマについて重要な成果を挙げると共に、周辺分野との相互交流がより一層深まるような示唆を具体的に与えることが本研究の最終目標である。