全ての物質及び力は素粒子と呼ばれる物体から構成されている。複数ある素粒子を一つの理論で説明することは素粒子物理学における大きな目標のひとつであり、このような理論は統一理論と呼ばれる。

従来、素粒子は小さな点であると考えられ、その点が集まって原子や分子、ひいては世の中の物質を構成すると考えられてきた。しかしながら、統一理論の候補である超弦理論では、それまで考えられてきた素粒子が振動している弦であるとしているため、弦に関する理論のみ考えれば、様々な素粒子が統一的に記述できる。

超弦理論は統一理論の候補であるが、欠点として、この理論には複数の種類があり、どの種類が現実的かがはっきりしないことが挙げられる。この欠点を解決する理論としてM理論があり、超弦理論はM理論に特定の条件を課すことで得られる。この理論では、D0ブレーンと呼ばれる0次元時空間の物体と深く関係しているため、本論文では統一理論の解明を一つの目的として、D0ブレーンを研究対象とする。

D0ブレーン上には物質に働く力を説明する理論（以下、ゲージ理論）が存在する。この理論によって電磁気力等の世の中のあらゆる力が説明される。一方で、D0ブレーンは質量をもつ物体なので一般相対性理論に基づき、D0ブレーンの外側に重力が生じる。したがって0次元時空間上のゲージ理論と、より次元の高い重力理論に何らかの関係があることが予想される。これをAdS/CFT対応(anti-de Sitter/conformal field theory correspondence)と呼ぶ。ある物理が、時空間の次元が異なる二つ以上の理論で記述される事をホログラフィック双対性があると言うが、AdS/CFT 対応はまさにこの例である。

電磁気学においてプラスとマイナスが引き合うように、ゲージ理論では素粒子にもプラスとマイナスに似た概念があり、プラスの素粒子とマイナスの素粒子は引き合う。物体は基本的にはエネルギーが低い状態になるように力を受けて移動するため、素粒子間の距離が短いほどエネルギーが低いと言える。しかしながら、ゲージ理論では特定の条件下でこのエネルギーが発散し、計算不可能になってしまう。AdS/CFT 対応の特徴は、このようなゲージ理論上の計算不可能な物理量が、高次元の重力理論上では計算できる場合があることである。本論文においてはこの例として、素粒子間のエネルギーを重力理論において経路積分という特殊な積分を実行することで計算する。

これまでにも上記の方法でエネルギーを計算する研究はあったが、重力理論には、ミクロの世界の理論である量子力学に基づいた補正がなかった。素粒子というミクロの物質を扱うため、本来であればこの補正を考慮すべきであるが、強力な仮定をすることによりこの補正が極端に小さくなるように計算していたためである。本論文ではこの仮定を緩め、重力理論に量子補正を導入したうえで、経路積分を実行し、エネルギーの計算を行った。

結果として量子補正が大きくなるとポテンシャルエネルギーも大きくなることがわかった。