BPS multi-walls in five-dimensional supergravity

東京工業大学　衛藤 稔、藤田 茂夫、永沼 雅史、坂井 典佑
E-mail: meto@th.phys.titech.ac.jp, fujita@th.phys.titech.ac.jp,
naganuma@th.phys.titech.ac.jp, nsakai@th.phys.titech.ac.jp.

近年、盛んに研究されているブレーンワールド・シナリオを場の理論で直接取り扱う一つの手法としてドメインウォールがある。ドメインウォールは素粒子理論に限らず物理の様々な分野で登場する重要な研究テーマであるが、特に超対称性と相性が良く、超対称性を持つ場の理論の中で近年良く研究されて来た。

ブレーンワールド・シナリオは重力理論の一つとして考えられた理論である。したがって場の理論としてブレーンワールド・シナリオを扱う上では、重力を考慮にいれた超対称性理論である超重力理論においてドメインウォールを考えることが必要不可欠である。この超重力理論におけるドメインウォールもこれまでに良く研究されて来たが、重力理論では良くあることだが、厳密解を得ることが非常に難しい。これまでに 5 次元時空上の $\mathcal{N}=1$ 超重力理論 (8 supercharges) においてドメインウォールの厳密解が知られている例としては [1] がある。これは 1 つの hyper multiplet からなるシングルウォール解である。

今回の我々の仕事は、5 次元時空上の $\mathcal{N}=1$ 超重力理論 (8 supercharges) において、多重ドメインウォール解を構成し、その厳密解を得たというものである。ここでモデルの詳細に触れることは出来ないが、我々の模型はグラビトンを含む Weyl multiplet と、それとカップルする n 個の hyper multiplet がなす非線型シグマ模型である。この非線型シグマ模型のターゲット空間の次元は $4n$ であるが、ドメインウォールを考える上では、その中の特別な n 次元に限定して十分であることが分かった。この n 次元空間は丁度 n シンプレックスをなし、更にその n シンプレックスの $n+1$ この頂点が超対称性を保つ真空であることが分かった。そして、ドメインウォールはその n シンプレックス上の一本の曲線として表される。

$n=1$ の場合は頂点が 2 つであるから 2 つのドメインが存在し、それをむすぶドメインウォールは一枚である。この解に対するモジュライはウォールの位置と内部 $U(1)$ 対称性から来るものを合わせて 2 つである。$n=2$ の場合は頂点が 3 つになる。したがって 3 つのドメインが存在し、それを繋ぐドメインウォールは 2 枚になる。この場合モジュライは $n=1$ の場合に比べて 2 つ増え合わせて 4 つになる。内 2 つはウォールの重心座標と相対座標であり、残りは内部 $U(1)^2$ 対称性から来るものである。ウォールの相対距離は 2 シンプレックス上の解曲線と中間の真空との距離に一対一対応している。これは、解曲線が中間の真空から離れれば離れる程そのドメインが見えなくなって行くために、2 枚のウォールが段々近づき最終的には 1 枚になってしまうという状況を視覚的に理解する上でも非常に便利である。一般の n については、頂点の数が $n+1$ 個になるので、ドメインの数も $n+1$ 個である。したがって、これを繋ぐドメインウォールは n 枚となる。モジュライの数はウォールの位置に相当するものが n 個と、内部 $U(1)^n$ 対称性から来るものを合わせて $2n$ 個となる。

我々は、ドメインウォール解を構成するにあたって $ds^2 = \mathrm{e}^{2U(y)}\eta_{\mu\nu}dx^\mu dx^\nu + dy^2$ というワープド・メトリックを用いたが、このワープ因子 $U(y)$ に対する次の情報を得た。ドメインウォールのコンフィグレーションに沿って時空を見たとき、ワープ因子は n 枚のウォールの内どこか一ヶ所で、高々一つだけ極値を持ち、もしもそれが存在するならばそれは最大値である。

この講演の内容の詳細は、最近の論文 [2] にまとめられている。

[参考文献]

1. M.Arai, S.Fujita, M.Naganuma, N.Sakai. Phys.Lett.B556:192-202,2003
2. M.Eto, S.Fujita, M.Naganuma, N.Sakai. hep-th/0306198