

第一回仁科アジア賞
S.Minwalla 氏授賞理由

1990年代後半に超弦理論で発見された AdS/CFT 対応は 5 次元の反ドジッター空間上の重力理論（閉じた弦理論）と、その境界に存在する 4 次元の $\mathcal{N}=4$ 超対称ゲージ理論（開いた弦理論）の間に双対性があることを主張する．AdS/CFT 対応で互いに双対の関係にある重力理論とゲージ理論の間には、種々の物理量、スペクトルや分配関数などに厳密な対応関係が存在し、このため AdS/CFT 対応はゲージ / 重力対応とも呼ばれている．この対応関係は数多くの例を通じてその正しさが実証されており現在超弦理論のもっとも重要な指導原理のひとつとなっている．

Minwalla 氏らはゲージ / 重力対応を更に一歩進めて流体 / 重力対応を提案した．まず重力理論側にブラックホールが存在する場合を考えるとホーキング輻射のため系が有限温度を持つが、有限温度のゲージ理論は流体的な振る舞いをする事が知られている．このため重力と流体の運動に対応関係が存在すると期待される．この事実を数学的に定式化したのが Minwalla 氏とその協力者達の仕事である．

すなわち重力側では 5 次元反ドジッター時空中で流体を含む重力場の方程式を調べ、アインシュタイン方程式の解を逐次近似で構成することを考える．一方流体側では反ドジッター空間の境界の平坦な 4 次元時空中で流体力学を考え、ナビエストークス方程式を derivative 展開を用いて逐次近似で解くことを考える．するとこのふたつの方程式系が数学的に全く同一のものとなっていることが分かる．アインシュタイン方程式とナビエストークス方程式はいずれも古い歴史を持つ古典物理学の最も基本的な方程式であるが、この両者のあいだに深い対応関係がある事を初めて明らかにしたことは重要な業績である．

一般に重力理論は複雑でその内容を直感的に理解することが難しいとされている．例えばアインシュタイン方程式の解が知られていてもそれが摂動に対して安定かどうかという問題を調べるのは一般に難しい．ところが流体 / 重力対応を用いると重力側の不安定性を流体力学で良く知られる対流発生 の不安定性などの問題に焼き直す事が出来、直感に訴える事が可能になる．こうしたことから重力 / 流体対応は今後さまざまな応用範囲を持ち重力理論の深い理解に役立つ重要な貢献となると考えられる．第一回仁科アジア賞に相応しい業績である．

参考論文

”Nonlinear Fluid Dynamics from Gravity”

S.Bhattacharyya, V.E.Hubney, S.Minwalla and M.Rangamani, JHEP **0802**, 045 (2008).