

## 論文題目要旨

学位申請者: 姉川 尊徳

論文題目: Research on hyperfast growth in de Sitter complexity  
(ド・ジッター時空における複雑性の超高速増加についての研究)

### 論文要旨:

量子重力理論において, AdS/CFT は中心的な役割を果たし続けている. これによれば, Anti-de Sitter 時空 (AdS 時空) と呼ばれるタイプの時空上の理論と共形場理論 (CFT) と呼ばれるタイプに属する次元の一つ低い場の理論が等価である. つまり, 重力を含む理論 (重力理論) と, 次元が一つ低い重力を含まない理論 (場の理論) が等価であることが予想される. この正当性を調べるために, 両者の理論においてさまざまな物理量が調べられており, 具体的に相関関数などの一致が見られる. その中で本研究に重要な量として複雑性が挙げられる. これは場の理論側では, 状態を構成する大変さとして定義され, 文字通り状態の複雑さを表す. 重力理論側でこれと双対な量としてはいくつか提案されているものがあり, 余次元 1 のある領域の体積であったり, ある時空領域の on-shell 作用であったりする. それぞれの仮説を CV, CA と呼ぶが, どれを採用しても基本的な振る舞いは同じである. AdS 時空のブラックホールの場合の計算では, Einstein Rosen Bridge の性質を反映し, 複雑性は線形に増加する. これは量子力学系の複雑性のもつ一般的な性質と対応している.

また, AdS/CFT に類するものは以前から提唱されており, ホログラフィック原理と呼ばれている. これはブラックホールのエントロピーの性質から一般的に提唱された仮説で, AdS 時空に限らずとも任意の時空上の理論には何かしら対応する場の理論があるだろう, という主張である. この原理においては, AdS/CFT はあくまでその一例となっている. そこで, AdS 時空とある意味で対になる de Sitter 時空 (dS 時空) に対して対応する場の理論が何か模索する試みが数多くなされてきたが, はっきりとした答えは得られていない. dS 時空は, 我々の膨張宇宙の良いモデルとして知られているので, dS 時空に対してのホログラフィック原理の理解を深めることは, 我々の宇宙に対する理解をさらに深めると言う意味でも重要である. そのような状況の中で, Susskind により 2 次元の dS 時空に対応する量子力学系の具体的な仮説が提案された.

この dS 時空のホログラフィック原理の発展を受け, 本研究では, dS 時空の複雑性の超高速増加という性質についていくつかの考察を行った. dS 時空では時空が膨張するという性質を反映し, 複雑性がある時刻で極めて大きくなる超高速増加という性質を示す. Jackiw-Teitelboim (JT) 重力理論における 2 次元の dS 時空に注目し, 複雑さが高次元と同様の超高速増加を見せて振る舞うためには dilaton の寄与が重要であることを指摘した. これは, 2 次元 JT 重力においては, CV が良い仮説ではないことと対応している. また, 量子力学系の側に摂動を加えた場合の複雑性の応答についても調べた. これは dS 時空側では shockwave に対する応答を調べることに相当する. その結果として, dS 時空の複雑性の超高速増加が摂動によって遅延するという具体的な発見をした. これは, 一般的な量子力学系における複雑性から安直に導かれる直感とは反した, dS 時空特有の性質である.