

博士課程在学中の研究とこれから

総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究専攻

森 崇人

私の研究は、高エネルギー理論物理学、物性理論、量子情報理論の境界領域である。在学中は正直なところ興味本位でこれら様々な分野から量子もつれと呼ばれるミクロ特有の相関を調べていたため、博士論文の研究を一つの大きなストーリーにまとめるのは中々難しいところではあった。そこで、私の研究の原点に立ち戻る必要があった。このような振り返りは研究中にはあまりしないので、何を行ってきて、何を目指していたのか、そしてどこまで進んだのか再確認するには非常に有用であった。このエッセイでは、私が何を目指して博士課程の間研究をしたか、そして在学中に感じたことを書き連ねたいと思う。

私の研究の目標は量子重力理論の解明である。量子重力というのは非常に微視的（量子的）な領域での（強い）重力の効果を調べる分野で、その理論的枠組みを明らかにすることがゴールである。これを明らかにすることにより、宇宙の誕生やブラックホール等に存在する時空の特異点（=これまでの理論が破綻する領域）を説明する理論構築につながると考えられている。このように重力が強く、その量子効果が無視できない領域では、我々が今持っている物理的理解・数学的手法が及ばないため、何か間接的な理解の仕方が必要となる。そこで、ホログラフィー原理という対応を用いて、量子重力を、重力を含まない多自由度の量子系（例えば電子など）から理解する試みが近年なされている。私の研究ではその立場から、量子系の量子もつれなどの情報を調べることで、量子重力を理解しようとした。解析手法には、場の理論 [高エネルギー理論物理]、テンソルネットワーク [物性理論]、一般相対性理論 [重力理論] などの様々な分野の手法を援用した。このように、分野を俯瞰しながら、ゆくゆくは情報理論の立場から量子重力を理解したいと考えている。

また、このような宇宙の誕生や時空の構成単位に迫る研究は、理論物理の興味のみならず、哲学的にも意味があるものだと思っている。古来より、人類は自身や宇宙の起源、存在に疑問を投げかけてきた。私の進めている研究は、これらの問いに対して、一つの答えを与えるものだと思っている。これまでの研究からの私の理解は以下のようなものである。私たちが見ている世界、実存とは、実際のところ情報の集合体である。また、私たちが認識できるような世界というのは微視的情報が粗視化されたような解像度の低い世界（この構造を階層性と呼ぶ）で、理論的には次元低い世界の情報の束として表現できる。従って、我々の世界や我々が行う観測という行為は、次元低いハードディスクのような記憶媒体、つまり情報源から、ホログラムのように情報を読み出す再生装置のようなものだと思う。では、ある意味、私たちの上位存在である記憶媒体のことを我々は知り得るのだろうか。これは近年の量子コンピュータの発展とも無関係ではない。量子コンピュータは古典コンピュータより速いかもしれないと言われているが、果たして演算される入力と出力自体は量子性を認識できるのだろうか。我々が処理される情報のようなものであるなら、このような具体化はあながち間違いではないかもしれない。このように、理論物理は哲学とも深く結びついていて、自分とは何者が問いかけられる良い手法だと思う。

さて、私が続けてきた学際的な研究は、近年急速に進んでいる。特に理論物理と情報理論の親和性は高く、これまでにない速度とレベルで研究交流がなされている。例えば、量子重力と量子情報や、物性理論と量子情報、非平衡熱力学と情報幾何学などがある。しかし、その一方で、どちらにも精通して分野を俯瞰しながら、新しい研究分野を創成することができるような成果は未だ少ないように思える。もちろん一つの分野を極めて、そこからじわじわ境界領域を攻めていく方法は間違いではないし、むしろ強みがあった方がよい（自分は疎かにしがちなので、この文章を書きながら自分にも言い聞かせている）。しかし、様々な分野を平等に攻めたからこそ、より根幹をなす普遍的な問題に気づけるのではないだろうか。そのような問題意識があり、私は量子重力・量子情報・物性理論・高エネルギー理論物理学の幅広い分野で研究を推し進めてきた。特に私の主な分野である量子重力分野に顕著だが、曖昧で弱い根拠の上に様々な論を組み立てるものがある。これ自体はインスピレーションの源泉にもなりうるし、実際多くの研究がなされた結果、後々元のアイデアがより厳密に示されたりするので、良い側面はある。しかし、実際は驚くほど地に足をつけて議論できていないこともある。例えば、ある分野の研究対象 A と別の分野の研究対象 B の間に類似性がある。「 $A=B$ 」とすれば A か B のいずれかを調べることで両分野の進展につながる。しかし、「 $A=B$ 」というのは仮定であり、それは検証されるべき前提条件である。残念ながらその緻密な検証作業が疎かになっている側面は否めない。これは近年の競争原理の高まりによる論文至上主義（流行りの分野で、たくさん論文を書けば良い）の弊害だろうか。私もその煽りを受けざるを得ないのだが、それでも地に足をつけながらバイアスを排除して真実を見落とさないように注意深く、じっくり研究していきたいと思っている。

これからは京都大学、そしてカナダのペリメータ理論物理学研究所で研究員として研究を続けていくことになるが、より一層様々な分野の人々と協力しながら真理の探究をしていきたい。