

U11a 初期宇宙揺動と量子測定

森川 雅博 (お茶の水大学)

量子論は、宇宙を整合的に記述する極めて優良な理論である。しかし宇宙初期において量子揺動から密度揺らぎが生成する極限的状況においては、量子論の原理的な問題が表面化する。測定者がいないのに物理量が確定する、という正当な量子論にない設定で、密度揺らぎは現在議論されている。この問題の本質は実験室でも形を変えて存在し、測定装置は量子論で記述されるにもかかわらず、測定のための公理が別途用意されている。

この講演では、a) まず、量子論の測定過程を因果的な時間発展として記述することから出発する。これには、自発的対称性の破れと単一量子状態への遷移ダイナミクスを基にした有効作用の方法を導入する。次に、b) これに基づいて、宇宙の密度揺らぎ生成を議論する。インフレーション期にスクイーズした量子場が、再加熱期に真空エネルギーが崩壊する相転移に伴って、揺らぎを記述する秩序変数を生成していく。結果として、スペクトルは初期のスクイーズ状態のものだが、振幅が場の相互作用分かなり小さくなる。これと観測との整合性も議論する。c) この初期宇宙の計算の整合性を確認するために、同じ計算方法を EPR 測定・ベルの不等式の破れ、量子ゼノー測定などに応用し、地上の量子論の実験と比較検討する。

結局、初期宇宙の量子揺らぎの古典統計化は、実験室での EPR 測定過程と本質的に同じであることがわかる。このことから特に、場がスクイーズするだけでは古典量が得られないこと、宇宙の量子論は多世界解釈とは無縁であること、が帰結される。