

Inflationary scenarios with primordial magnetic fields and gravitational waves

上田, 和茂

<https://hdl.handle.net/2324/6787405>

出版情報 : Kyushu University, 2022, 博士 (理学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏名	上田 和茂					
論文名	Inflationary scenarios with primordial magnetic fields and gravitational waves (原始磁場と原始重力波が共存するインフレーション理論)					
論文調査委員	主査	九州大学	職名	准教授	氏名	菅野 優美
	副査	九州大学	職名	教授	氏名	山本 一博
	副査	九州大学	職名	教授	氏名	鈴木 博
	副査	九州大学	職名	准教授	氏名	津村 浩二

論文審査の結果の要旨

本研究者上田和茂氏は、原始磁場と原始重力波が共存するインフレーション理論の研究を行なった。宇宙初期に急激な膨張があったとするインフレーション理論は、宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎや銀河分布を宇宙初期の量子揺らぎから説明することに成功し、その予言は現在の精密観測によって裏付けられている。しかし、肝心の宇宙初期の揺らぎが量子起源であることの証明は未だなされていない。

そこで本研究者は、インフレーション中に量子揺らぎから直接生成される原始重力波に着目した。原始重力波の量子性を観測することは、インフレーション理論の証明につながるだけでなく、原始重力波の量子性が見つかれば、未だに存在が確認されていない重力子の発見にもつながり、量子重力理論研究への波及効果も期待できるようになる。

インフレーションを経た重力子は、環境による影響が存在しない限り、今日までスクイーズ状態を維持すると考えられている。従って、スクイーズ状態にある原始重力波を証明できれば、原始重力波の量子性を証明することができる。しかし、インフレーション中に重力子が物質場と相互作用した場合は、スクイーズ状態を維持できなくなる可能性がある。従って、環境の影響を考慮することは、原始重力波の量子性を捉える上で重要な課題である。最も重要な環境の候補として、インフレーション中に生成される宇宙磁場が考えられる。実際ガンマ線の観測では、そのような原始磁場の存在なしでは説明できないデータが得られている。インフレーション中に原始磁場が存在した場合、重力子から光子への転換、およびその逆転換を引き起こす可能性がある。

本研究者は、原始磁場によって引き起こされる、重力子・光子転換による原始重力波への影響を考察した。特に、重力子のスクイーズ状態がどのように変化するかを、磁場が宇宙膨張によって急速に減衰する場合と、ゆっくりと減衰する場合について調査した。磁場がインフレーション期に急速に減衰するモデルでは、重力子のスクイーズ状態への重力子・光子転換による影響は限定的であることを明らかにした。これは、インフレーションによって原始磁場が急激に減衰することで、重力子・光子転換による光子・重力子ペアが減少し、最終的に重力子のみスクイーズ状態になるためである。一方、インフレーション中に磁場がゆっくり減衰するモデルでは、重力子はスクイーズ状態を維持できない可能性がある。つまり、原始磁場がインフレーションにより急速に減衰する場合は、重力子のみが強くスクイーズされるのに対して、磁場がゆっくり減衰する場合は光子も同様に強くスクイーズされ、この場合の重力子の量子状態への影響は非自明であった。そこで、インフレ

インフレーション中にゆっくりと減衰する原始磁場の存在下で重力子の転換プロセスを研究し、重力子が今日までスクイーズされた状態を維持できるかどうかを調べた。その結果として、原始磁場が重力子・光子間の最大量子もつれ状態を生成し、重力子の量子状態はスクイーズ(純粹)状態ではなく、重力子と光子の混合状態となることが明らかになった。

これらの結果は、将来の原始重力波の観測結果を解釈し、重力波の量子性を示すときに重要な示唆を与えると考えられる。

以上の結果、本研究者の研究によって、インフレーションを経た重力子は、原始磁場による影響が存在しても、今日までスクイーズ状態を維持することが明らかになった。よって、本研究者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。