

# 表面プラズモンが作り出す量子もつれの宇宙・幾何学

NTT 物性科学基礎研究所 佐々木 健一

小さな固体の中にも、広大な宇宙に通じる豊かな物理が潜んでいる、という考えは魅力的である。宇宙を記述する数学が幾何学であり、その宇宙のほとんどがプラズマで満たされていることを思い出すと、固体中の電子集団運動（プラズモン）を幾何学の視点から探究することは自然な発想に思われる。

クーロン相互作用する電子系の集団運動の理論は、Bohm-Pines の collective description から、分数量子ホール状態に関する Girvin-MacDonald-Platzman の非可換代数の発見を経て、Haldane の geometrical description[1]へ発展してきた。一方で、近年のトリオン発光測定[2]では、分数量子ホール状態にパルス電圧を印加した際に、パルスとは直接結びつかない発光の揺らぎ成分が観測されている。この揺らぎを、電子間クーロン相互作用が作り出す Haldane の幾何学的“計量（メトリック）”の動的ゆらぎとして解釈できないだろうか？というのが本研究[3]の出発点である。

本講演では、二次元電子系を取り囲む空間に局在する電磁場（図参照）に着目し、その中に現れる“境界”のゲージ自由度（残留ゲージ）を明示的に抽出する。これにより、表面プラズモンの励起を、近接場の単一光子と二次元電子系の量子もつれ状態、として記述できることを説明する。さらに、この境界の残留ゲージ自由度が、Haldane の面積保存変換[1]や、重力理論における“境界”の取り扱い[4]などと、どのように響き合うのかを、宇宙・幾何学というキーワードとともに議論したい。

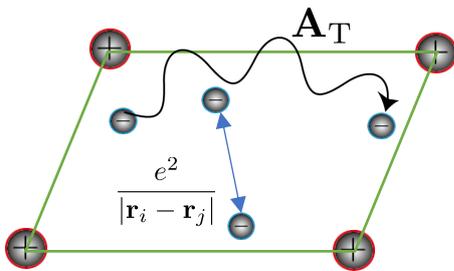


図:ゲージ場は縦波と横波に分解できる。従来の理論が縦波成分(クーロン相互作用)を中心に構成されているのに対して、我々は二次元電子系の近傍に局在する磁場(エバネッセント横波 $A_T$ )に着目する。この光量子と二次元電子系が量子もつれ状態をつくり、それが表面プラズモン量子となる。

- [1] F.D.M. Haldane, PRL 107, 116801 (2011). [2] Q. France *et al.*, PRL 135, 066203 (2025).  
[3] K. Sasaki, arXiv:2506.18280. [4] G.W. Gibbons and S.W. Hawking, PRD 15, 2752 (1977).