

曲がった空間における Rigged QED の理論的研究

○ 宮本 英宜, 福田 将大, 市川 和秀, 立花 明知

京大院工

miyamoto.hidenori.42x@st.kyoto-u.ac.jp

一般相対性理論に基づく曲がった空間において、量子力学的特性に光子の影響を量子場として取り入れ、原子核の運動を考慮した Rigged QED(Quantum ElectroDynamics) 理論 [1] を柱に、重力が電子ダイナミクスに与える効果について議論する。

電子と原子核の量子ダイナミクスや光子場を統一的に扱える Rigged QED 理論のシミュレーションに関する研究 [2] では特殊相対論が適用できる平坦な空間を想定していた。先行研究を拡張する立場をとる本研究では、局所ローレンツ系と一般座標系をつなぐ四脚場 e_a^μ を用いて一般座標系における電子場 (Dirac 場) を取り扱う。重力の存在しない平坦な空間における Dirac 方程式は次のように表される。

$$(i\hbar\gamma^\mu D_\mu - mc)\psi = 0 \quad (1)$$

一方で重力が存在する曲がった空間において、電子を記述し、スピンの性質を考慮できる Dirac 方程式は

$$(i\hbar\gamma^a e_a^\mu (D_\mu + \Gamma_\mu) - mc)\psi = 0 \quad (2)$$

と書ける。ここで、曲がった空間でのディラック方程式に現れる $\gamma^a e_a^\mu \Gamma_\mu$ の項が曲がった空間の効果で、 Γ_μ はスピン接続から作られる量である。 ψ は電子場を、 D_μ はゲージ共変微分を表す。この Dirac 方程式から電子の生成消滅演算子に関する時間発展の式を得ることによって、曲がった空間における局所的な物理量についての計算が可能となる。

発表では Schwarzschild 計量を採用して得られた生成消滅演算子の時間発展の式から Born-Oppenheimer 近似の下で、電子電荷密度の時間発展がどのように計算されるかを述べる。具体的には、水素原子について重力源からの距離を変えてシミュレーションを行い、電子と光子のダイナミクスに与える重力の効果について議論する予定である。特に、電子陽電子振動 [2] が赤方偏移することを示す。

参考文献

[1] A. Tachibana , J. Math. Chem. **50**, 669-688 (2012).

[2] K. Ichikawa , M. Fukuda , A. Tachibana , Int. J. Quant. Chem **113**, 190(2013).