

# Virtual Compton Scattering and Generalized Parton Distribution in gravity dual

東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻 素粒子研究室 数物連携宇宙研究機構 (IPMU)  
西尾 亮一

E-mail: ryoichi.nishio@ipmu.jp

弦理論は 40 年ほど前ハドロン散乱現象の理論として提唱された。しかし平坦な  $3+1$  次元上の弦理論はハドロン物理を説明することはできなかった。現在では QCD がハドロン物理の基礎理論であることが知られている。だが、高次元の歪んだ時空上の弦理論はハドロン物理の理論となりえる。これこそが AdS/CFT が示唆する可能性である。

以上の立場に基づいて、弦理論を用いてハドロン物理を解明しようとする研究は数多く存在する。既存の研究の多くはハドロンのスペクトルなどの静的性質の解明に焦点を当てている。これに対し、我々の研究はハドロンの高エネルギー散乱現象の解明に焦点を当てる。

QCD は漸近的自由であるが、これはハドロンの高エネルギー散乱現象がゲージ結合定数の摂動論で理解できることを意味してはいない。むしろ多くの物理量は非摂動的である。基礎的な物理量である全段面積や elastic process, diffractive process の断面積などは非摂動的である。またパートン分布関数（あるいは一般化されたパートン分布関数）はハドロンの内部構造と散乱現象を結びつける重要かつ便利な量であるが、これも非摂動的である。我々は、これらの高エネルギー散乱現象の物理に関係する非摂動物理（の定性的性質）は、高次元の歪んだ時空上の弦理論によって理解しようと考えている。

我々の行ったことは、 $AdS_5 \times W$  背景場中の type-IIB 弦理論における、4 つの massless closed string の sphere amplitude の分析と評価である。（ $W$  は何らかの 5 次元コンパクト空間。高エネルギー散乱においては  $W$  の性質は重要ではない。）4 つの外線の波動関数を適切に設定することで、対応するゲージ理論においては deeply virtual photon (大きな spacelike momentum を持っている仮想光子) と on-shell hadron との散乱現象に相当するプロセスになるようにした。

ゲージ理論側では、このようなプロセスは Operator Product Expansion (OPE) を用いることで理論的整理することができる。最も大きな寄与を与えるのが Twist-2 operators であり、これが一般化されたパートン分布として定式化される。しかし散乱振幅と一般化されたパートン分布の評価には、非摂動的情報が必要となるため、通常のゲージ理論側の解析では困難である。

我々は上記 sphere amplitude を弦理論側で具体的に評価するとともに、これを分析しゲージ理論側の OPE としての解釈を与えた。弦理論側の解析においても、最も大きな寄与を与えるのは Twist-2 operators (= 一般化されたパートン分布) の寄与であることを見出し、これを特定した。弦理論側では散乱振幅と一般化されたパートン分布関数を具体的に決定することができた。

弦理論側で導いた散乱振幅と一般化されたパートン分布関数の力学変数依存性 ( $x, t, q^2$ ) は QCD の理論的予言あるいは実験結果とよく合致していることを見出した。特に、非摂動的情報が必要となる物理量の一つに、 $t$ -slope parameter がある。我々は  $t$ -slope parameter の  $x, q^2$  依存性を導いたが、これは HERA の実験結果をよく説明できる。