

重力場の摂動論： 再定式化とその応用に向けて

中村康二 (総研大研究生)

現在私は、高次ゲージ不変摂動論の定式化の作業を手掛けており、この講演は、その定式化とその応用への第一歩となる研究の報告である。

通常日常的スケールでは、GPS を使った精密な位置測定を除いてニュートンの重力理論で十分であるが、その拡張理論である一般相対性理論の効果は、中性子星やブラックホールなどの強重力場において有効である。最近の観測技術は、ブラックホール候補天体の周辺の重力場の観測に迫りつつある。一般相対性理論の効果ที่สำคัญである領域までの観測にはまだまだ到達していないものの、近い将来その領域に到達することはほぼ間違いない。

一方、一般相対性理論が予言する重力波は、間接的な証拠から既にその存在は確立されている。最近では、この重力波を直接観測しようという大型プロジェクトが世界で相次いで稼働を始めている。これらの世界の大きな動きの最終的な目的は、単なる重力波の直接検証に留らない。本当の目的は、この重力波直接観測がなされた後に、この重力波を新しい目として天文学に応用することにある。

さて、現在のところ、まだまだ重力波の信号はノイズに埋もれており、重力波観測を行うためには、あらかじめその波形の正確な予想を必要とする。一般相対性理論の高次摂動の系統的な議論は未だに完成されているわけではないが、正確な波形予想のためには、一般相対性理論の高次摂動は有用であるという報告がいくつかなされている。

ところで、一般相対性理論は“一般共変性”をもとにした理論である。この一般共変性とは、「座標系はそもそも人間の都合で用意したもので、自然界には存在しない。自然法則は座標系とは切り離されて存在する。」といものである。この理論の背景にある一般共変性により、一般相対性理論の摂動論には、“ゲージの自由度”と呼ばれる見掛けの自由度が必ず入り込む。この事情は、高次の摂動でも同様である。昨年、私は、このゲージの自由度の系統的な排除の仕方の一般的な手順を開発した。ここでの議論は、一般共変性をもとにした議論でしかなく、一般共変性が要請されている全ての理論の摂動論に応用可能である。