

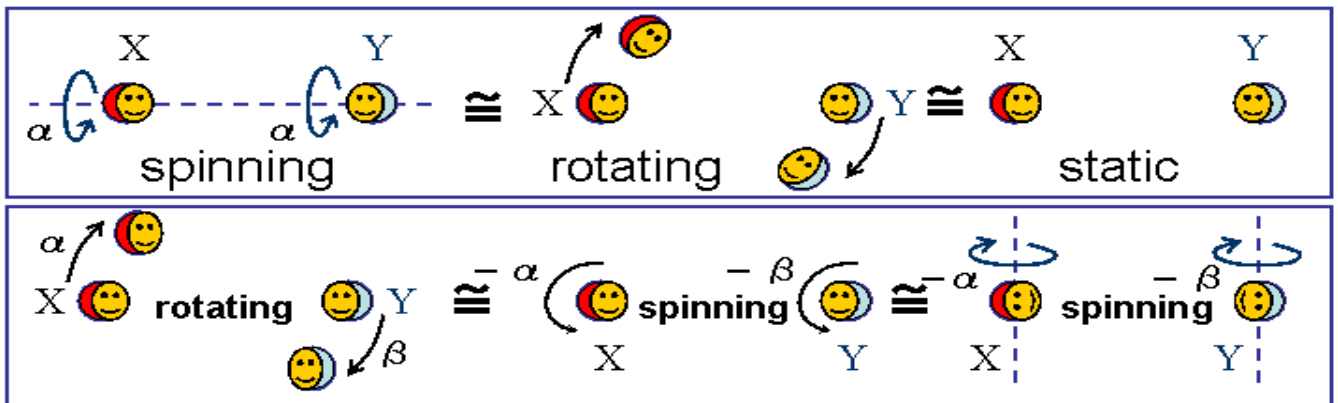
# 博士論文の要旨

## 標準理論の必然性

ヒッグス粒子を仮定しない電弱統一および量子重力理論の導出

東京大学理学系研究科 西川 美幸

**超対称性は**、1980年代から流行し、多額の科学研究費が投資された理論ですが現在知られている素粒子が倍加することを予言し、まったく実験と合いません。フェルミオンとボソンの入れ替えとして定義される超対称変換は、下図のように **回転座標系を慣性系と誤解したことによる「天動説」とみなせます** [4章]。この同一視は両者のスピンを $\hbar/2$ の整数倍ずつ変えるからです。



また、4章で、2体問題に付随するポアンカレ群に、一方の座標系の局所的ローレンツ変換に帰着されえない唯2つのスカラー自由度が内在することを示しました。従来のベリーの論文と異なり、断熱変化を仮定しない位相の起源です。

真性特異点などでは $n$ 回微分した後の冪が $n$ 下がらないから、微分演算子の次元というのは作用する対象が明示されない限り意味を持ちません。特異点にも極、任意の実数冪、log型、位数が無限大のものなど種々あり、それらを組み合わせ、更に複雑なものも作れます。固有関数にこれらの特異点を許容することにより、可能なポテンシャルの形(冪や符号)を分類しました。変数変換すれば長距離極限も扱えて、次元にもより約10通りあります [2章]。

で導いた複素1次元のスカラー位相を2回微分して得られるテンソルは、のように非可積分な多価関数を含めると非対称成分を持ちます。波動関数の位相を非可積分にするだけで電磁場を取り入れることができるのはディラックの業績ですが、位相の自由度がふたつあるため  $U(1)$  ゲージ対称性からエルミート部分は重力場、反エルミート部分は電磁場とみなせます [5章]。

スピン1、2の質量0場を各々光子、重力子と同定し、このふたつだけが遠距離力を生むことを示したワインバーグの結果を で使いました。では標準理論の残りの弱・強相互作用はどうやって導かれるのでしょうか？

の結果から

**定理** 遠距離で支配的な逆2乗力を感じる質量0ボソンは、逆2乗力を生めない。

つまり遠距離力同士は共存できず、どちらかが変化することがわかります。私は遠距離で支配的な逆2乗力を感じる質量0ボソン解のうち、漸近的に距離に比例するポテンシャルを強い相互作用と同定してみました。これはガウス型の固有関数を作ります。

他方、ヒッグス機構（文字通り真空エネルギー一定数のずれ）で短距離化する解もあります。これを弱い相互作用と同定すると自由場ラグランジアンの有界性から

**定理** 遠距離で支配的な湯川型の短距離力を感じるボソンあるいはフェルミオンは、長距離力の電荷を併せ持つか、さもなければ質量0でなければならない。

つまり電弱統一の必然性がわかります [ 3章 ]。

するとニュートリノは弱超電荷のみを持つので本来質量0で、電磁質量と類似の摂動効果によってのみ小さな質量を持ちえると推定されます [ 7章 ]。同様に有界性から、グルーオンは単独の自由場としては存在できず、クォークのような距離につれて減少する場と共存してのみ観測されると推定されます。これは懸案の「カラー閉じ込め」問題の解決案です。結局、各ゲージボソン解は のようにテイラー展開の一般化で表され、オーダーの違う複数の無限級数をひとつの展開に含むので、これらを基底とする非可換な代数が必要なのでしょう。

標準理論に重力子は現れないため、 で「逆2乗力」とは電磁気力のことで、標準理論に重力場を入れてもアノマリーはなく矛盾しないことが知られています。ゆえに、標準理論で重力場は他の力から副次的に導かれると考えるのが魅力的です。実際、ディラック方程式のスピン軌道相互作用に湯川型ポテンシャルを代入すると、ニュートンのポテンシャルが生じます [ 7章 ]。

ワインバーグの方法では、平坦時空で重力を扱えるためブラックホール解はありません。そもそも、古典論における電子の落ち込み問題を解決し原子の安定性を説明したのが量子論でした [ 6章 ]。以後は私見に過ぎず、まだ真偽が不明で議論を要する提案ですが、自然な解釈だと思います。