



## ヒッグス粒子の存在確率 99.99995% ?

谷村省吾

2012年7月4日にヨーロッパの CERN 研究所を中心とする国際共同研究チームが「質量 125 GeV 付近のヒッグス粒子らしき新粒子を発見した」と発表しました。報道では「ヒッグス粒子の存在確率は 99.99995%」などと伝えられました。現代の素粒子論の標準模型は「すべての素粒子はもともと質量がなかったが、真空の相転移によって質量を獲得した」というシナリオを描いています。真空の相転移の痕跡として、ヒッグス粒子の存在が理論的に予測されます。CERN ではこのヒッグス粒子を創り出そうとしています。

それにしても、なぜ「ヒッグス粒子らしき新粒子が存在する確率が 99.99995%」という歯切れの悪い言い方をするのでしょいか。最大の理由は、ヒッグス粒子は安定的に存在せず、強制的に作り出すしかなく、できたとしても一瞬で壊れて他の粒子になってしまうことです。ゆえに、ヒッグス粒子を確かめるには、間接的な証拠を集めるしかありません。

第2の理由として、実験で新粒子が発見されたとしても、理論家の予想したとおりのヒッグス粒子と同定するのは難しいという点があります。「ヒッグス粒子があれば現象 A や B が起きる」という予測を頼りに現象 A や B を探すわけですが、それらの現象はヒッグス粒子の存在の必要条件であって、十分条件ではありません。

第3に、素粒子は量子力学に支配されていて、何事も確率的にしか予測できません。となると、有力な証拠をつかむためには「ヒッグス粒子があるとすれば大きな確率で起こることが予測され、なければ小さな確率でしか起こらないはずの、現象 C」を選んで、現象 C がどの程度起こるか確かめようということになります。実際には実験を繰り返して「現象 A が起きた、C が起きた、…」といったデータ系列 D を記録します。

このようなデータから判定を下すためには統計学の帰無仮説検定を使います。帰無仮説検定は背理法に似ています。背理法は「H という命題から矛盾を導いて、H の否定を証明する」という論法です。帰無仮説検定は「実験データ D が得られたとき、H という仮説の下でデータ D のとおりの事象が起こる確率を計算し、この確率が(1

万分の1とか)あまりに小さいようであれば、仮説 H を疑い、仮説 H を棄てる」という論法です。

真は確率 1、偽は確率 0 で正しい命題と考えるなら、背理法は「H から D を得る確率は 0 なのに、現実には D が起きた」ときだけ「H は偽」と判定します。帰無仮説検定は「H から D が生ずる確率の理論値は 1 万分の 1 以下なのに、現実には D が起きた」ときに仮説 H を棄却します。こう言えば、帰無仮説検定は背理法を緩めたものだということがわかるでしょう。「こんなに小さな確率の出来事が偶然起きたとは考えにくい」と判断する目安として、いま「1 万分の 1」という数値を挙げましたが、こういった基準値を有意水準と言います。

「ヒッグス粒子の存在確率 99.99995%」という文言を正確に言い換えると「新粒子は何ら存在しないと仮定して(これが帰無仮説 H)、CERN の実験結果 D が得られる確率を計算してみると、0.00005%」となります。こんな奇跡的偶然が起きるとは考えにくいですが、実験結果そのものは事実なので、「新粒子はない(ヒッグス粒子もない)」という仮説の方が疑わしい、と推論します。

なお、現象 C が 1 回起きたからといって「たつたいまヒッグス粒子ができた」とは言えないことに注意して下さい。ヒッグス粒子がなくても、現象 C は少しは起きるのです。言えることは「ヒッグス粒子が存在すると現象 C が起こりやすいことが説明できる」だけです。このようなものを「存在」と言うとは、物理学もずいぶん深淵なところに来たものだと思います。また、統計的方法ゆえに、データを蓄積するために実験を長期間繰り返す必要があります。ヒッグス粒子の「発見の瞬間」というものはありません。

数学的推論の一形態として統計的推論・推定というアイデアを明確に打ち出したのはフィッシャーという人です。量子論・経済学・防災といった分野では、統計的推論はますます重要になっていきそうです。

【追記】最新の論文(arXiv 1207.7214, 1207.7235)では「ヒッグス粒子がないと仮定してこの実験結果が得られる確率」は  $1.7 \times 10^{-9}$  になっています。

(たにむら しょうご/名古屋大学)