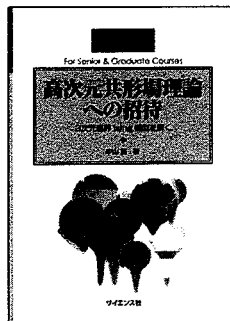


## 高次元共形場理論への招待

3次元臨界 Ising 模型を解く

中山優著, B5判, 176頁, 本体 2200円, サイエンス社



今回紹介する中山優さんの新著は、解析的な厳密解が未だ知られていないことで有名な「3次元 Ising 模型」の臨界指数が「共形ブートストラップ」という手法を用いて人類史上最高精度で計算されたという研究の最前線を、高次元の共形場理論の基礎から体系的に解説しています。この題材を扱ったおそらく世界初の入門書で、題名の「招待」という言葉からも推察できるようにできるだけ予備知識を仮定しないで懇切丁寧に書かれています。私自身このトピックが話題になっているのを何度か耳にしたことがあり、以前より興味を持ってはいましたが、これまで実際にセミナーや講義を聞いたりする機会には恵まれませんでした。この内容がこれほどまとまった形で日本語で読めるということは、私のような初学者にとって幸運というよりはありません。

さっそく通読してみても驚いたのは、著者の人柄が滲み出てくるような独特の書き口です。あたかも黒板を前に一対一で直に講義を受けているかのような錯覚を抱くほどです。中山優さんとはこれまで何度もお会いしたことがあります。論文やセミナーに登場する一つ一つの主張や通説に対して、その何が仮定で、どこまで確実に正しく、それはどのように導かれているのかといったことを、自らの言葉で理解できるまでとことん突き詰める真面目さと厳しさを兼ね備えた方であるという印象を受けました。このスタイルに裏打ちされた確固たる独自の物理観を持っておられ、それがこの本にも随所に見受けられます(サイエンス社のウェブサイト上で「まえがき」の pdf を読むことができますので、是非試しにご覧になって下さい。「ハミルトニアンは死んだ」にいきなり圧倒されるはずです)。著者自身によるもののみならず他の様々な研究グループによる比較的新しい研究成果も多数登場しますが、それらの主張の価値や背後にあるロジック、逆にまだ議論の余地がある点などが、まるで論文の査読者のような視点でフェアに解説されています。

さて本書の構成ですが、まず第1章はまえがきに引き続き筆者の哲学とこの本の全体像が述べられている

ので必読です。2章から11章くらいまでは、共形対称性や共形場理論、および相関関数の性質について細かく章立てで解説があります。この準備をもとに12章以降から本題に入り、14, 15章でついに共形ブートストラップを用いて3次元 Ising 模型の臨界指数に拘束条件をかける話題になります。著者の意図に少し反するかもしれませんが、私のお勧めはまえがきと1章を読んだら2章から11章まではキーワードを拾いつつパラパラと流し読みするにとどめ、一度いきなり本題の12章以降に挑戦してみる読み方です。すると「プライマリー/ディセダント演算子」、「状態・演算子対応」など共形場理論に馴染みのない読者にとっておさらいすべきキーワードがいくつも出てきますので、該当する章まで戻ってこれらを一つずつ勉強します。そうするとさらに必要な知識が判明して前に戻る、と繰り返しながら読み進めていけば、本書前半の基礎事項の解説で挫折することなく中心的話題(の少なくとも表層的な部分)を理解することができるでしょう。

臨界現象のユニバーサルリティといえば、学部や大学院の講義で、気体・液体相転移や磁性体の相転移などの個々の状況に即した具体的な模型を考え、それを何らかの近似で取り扱ったとき、実は異なる状況の臨界点と同じ臨界指数を持つことが分かる、という順番で習ったのを記憶しています。しかし本書で解説されているブートストラップの手法は発想が逆で、臨界点においてスケール不変性だけでなく共形不変性をも仮定したときに、個別の模型の詳細に頼らずとも一体何が言えるのかを突き詰めていきます。具体的には4点相関関数に演算子積展開を用いて2点相関関数に落とす際、演算子積展開を適用する組み合わせに結果が依らないことから無限次元の拘束条件を導きます。これを如何に数値的に解析できる形に落とし込むかに様々な工夫があるのですが、その詳細はぜひこの本を手にとって読んでみてください。

渡辺 悠樹 (東京大学大学院工学系研究科)