

乱流の記述と理解

——統計的表現の吟味

東大 宇航研 佐藤 浩

1 はしがき

最近、典型的な乱流と思われる乱流境界層の中で秩序運動が見出されたことはいろいろな形の波紋を及ぼした。その一つは乱流研究がさらに厄介な問題を背負いこんだという当惑であり、二つ目はどのようにすればその秩序運動を記述できるのかという方法論の困惑であり、三つ目は本当に乱流を理解するためには何がわかればいいのかという古くて新しい疑問のむし返しである。ここでは主として三番目の問題について述べる。

2 必然と偶然

乱流の最も重要な性格はそれが偶然的なことである。したがって層流のような必然的過程と明確に区別されていた。勿論乱流といえどもいろいろな束縛条件のもとにあるが、偶然過程ということ種々の単純化が可能であった。しかし今や

乱流は必然と偶然とのからみ合いとして把握されることが必要となった。このような関係はほかにも数多くの例がある。大気乱流は高低気圧、台風、一定の形の雲などのパターンを含む乱流であり、また生物の自己保存と変異も必然と偶然とのからみ合いの例である。

このような事態に対する基本的な態度が三つある。一つは必然派と呼ばれるもので、世の中で偶然のように見えるものは実はすべて必然の所産であってその必然性を明らかにすることが即ち科学の進歩に他ならないとする。オニは逆の極端で、世の中のすべては偶然で必然は偶然の極限概念にすぎないとする。オ三の立場は必然と偶然は混在しているとする中間的なものである。この考え方は実際的ではあるがすっきりとした結論が期待できない。

3 乱流の記述と理解

乱流が偶然的であるということから乱流は統計的に記述されるべきであることには殆んど疑いがなかった。しかし確率分布やいろいろな次数のモーメントなどが与えられたとしてもそれで乱流が“理解”できるのかということは別の話である。執拗に“モデル”が追究されるのはその表われである。“乱流はいろいろな大きさの渦のあつまりである”といった表現は非常に理解されやすい。そしてこのたびの秩序運動の

発見は決して統計値によるものではなく、数多くの瞬間値しかも乱流場全体の画像資料によるものであるという事実は統計値が得られれば乱流が理解できるという考え方をますます影の茫いものにしてしまった。このことは実験結果の表示方法のみならず理論的にも統計量以外の何かを扱うべきことを暗示している。

4 提案

反省として従来の統計量の優先を改めることが必要であろう。統計量はほとんどが“点”における情報であってその限りでは重要性を持つが、場については満足な情報を与えない。2点、3点あるいはそれ以上の点における相関のような量も理解にはほとんど役に立たない。これに反して流れの可視化技術にもとづく画像情報は場の表現に適している。しかしこれは多くの場合、定量性を欠いておりまたその解釈において主観の入る余地が大きい。そこで乱流の理解のために統計情報と画像情報を融合させることが希まれる。それはただ両方をならべて眺めるということではなく、必然と偶然の両過程をどのように考えるのかという最も基本的なところから始められるべきである。

一方、技術的な点としては画像情報の定量的・客観的処理を発展させる必要がある。これは最近急激な進歩を遂げつつ

ある画像処理技術の応用によって達成されるであろう。また統計情報の面からは多点の資料を相関よりもさらに巧妙に処理することが要望される。このように性格を異にする二つの情報の組み合わせによってのみ我々は乱流の理解に近付くことができるであろう。