

論文内容の要旨

論文題目 ; 粉体系の動力学と不安定性に関する実験的研究

Experimental Study of Dynamics and Instabilities in Granular Systems

名前 ; 辰己 創一

粉体は、人間が日常扱うもののうちで水に次いで常に接するもの、というように言われる。しかし、その身近さに比して、私達が粉体について理解している事はさほど多くは無い。本博士論文は、そうした粉体の性質のうち、動的な側面に光を当て、新たな知見を模索したものである。

粉体の動的な側面、と一括りにはしてみたが、指し示す対象は余りにも広い。わずかな動きのみが存在するような粉体系と、激しく動き回っている粉体系では、その性質は定性的に大きく食い違う。だがしかし、その一方で、そうした粉体たちをどのように定式化すべきか、といった研究も実は数少ないのも事実である。本博士論文は、粉体自身の持つ大きさと、巨視的な物理量の競合の検証(第2章)、激しく動き回る粉体の統計性と、外部から印加されるエネルギーに立脚した分類(第3章)、高密度に充填された粉体系の不安定性と、遅い緩和現象、の3つの柱からなる。

それぞれ、概説すると、第2章において、本論文では、粉体の特質である個別性に着目した。それぞれの粉体はそれ自身、明確に定義された大きさを持ち、それが故に巨視的な物理に影響を及ぼす。こうした物理描像は容易に想像がつく事ではあるが、それが如何様に発揮されるかについては、必ずしも自明ではない。本論文においては、摩擦現象に良く見られる、Stick-Slip という周期運動に着目し、さらに”粉体上の転がり”とい

う問題について考察することで、粉体の大きさと摩擦という巨視的な物理量が直接的に関わっていることを見出すことが出来た。具体的には、それは **Stick-Slip** の周期-非周期転移という形で現れ、**Stick-Slip** の持つ典型的な長さや粉体の大きさが競合を起こすときに、非周期転移を起こす、という形で直接的に関わっている様子を明確に出来ている。

次に第 3 章においては、高速で運動する粉体気体-粉体ガス-の動力学について理想系を構築して調べる、という研究を行った。こうした粉体ガス系は外部励起のあるなしで、定常粉体ガス、冷却粉体ガスの 2 つに大別されるが、前者については、その統計性と外部励起の相関について不明であったこと、後者については理想的な実験が存在しなかったことが大きな課題として残っていた。本博士論文ではそれらの課題に対して、前者については、熱化指数、として定義した新たな物理量を導入し、それを通じて統一的に系の統計性を理解することに成功している。一方、後者については、今まで理想化を妨げてきた重力を、放物飛行による微小重力実験を通じて取り除き、理想的な実験を遂行することに成功した。こうして得られた結果は全体を通じて、系における励起を如何に正しく取り扱うのが非常に重要であることを示しており、粉体気体の統計則を今後議論するに当たって非常に重要な結果となっている。

最後に、第 4 章においては、高密度充填系の動力学について調べた。こうした高密度充填系の粉体の動力学はガラス転移への類似性から盛んに研究されるようになってきているが、実際に測定している量は、粉体系にのみ適用可能な量にとどまっている。その理由はそもそも重要な物理量として提案されているのが、相関関数のような、小さい量であったり、局所的な構造を見る事で初めて明確になるようなものである点にあった。そうした事情から、他の物理系でも適用可能な、新しい立場からの解析手法の確立が要とされていた。

そうした目的を達成するために、そもそも系の局所性が肝要な物理系であることが示唆されているので、直接的に系の局所性に着目するような手法を導入し、それを通じて系の性質を探ることを行った。すると、やはり高充填の条件下において、遅い緩和現象が観察できることが示され、この現象の普遍性を強く示すことになった。また、導入した物理量についても系の動的な非一様性をある程度浮き彫りに出来る事がわかり、こうした高密度に充填された系の理解に重要な知見を与えることが出来たと考えている。

最後に、全体を通して、粉体という分野として明確に確立したとは言い難い系において、その動力学を横断的に研究することが出来、その知見が"粉体系"について、より高いレベルの精密化を達成する重要な手助けを与えることが出来たのではないかと考えている。