

磁性と電子に関する思索、そしてその顕現のために

日用的な用途としてわたし達の身の周りに最も多くある永久磁石のひとつがフェリ磁性体によるフェライト磁石と呼ばれる黒い磁石である。その磁石に温度変化を与え、電子を攪乱し、磁力の変化を作る。物質を構成する分子はさまざま原子の結合により出来ており、原子の結合には、それぞれの原子を構成する原子核と電子という関係において、電子が非常に重要な役割を担っている。原子核は中性子と陽子に分けられ、更にそれらは 20 世紀以降に素粒子と呼ばれる分割不可能な数種の基本的な粒子によって構成されていることが発見された。電子もそれ以上分割不可能な基本的な粒子のひとつである。そして電子の性質によって膨大な数の原子どうしや分子どうしの結合は維持され、わたし達が慣習的に知覚可能な物質を構成している。また電子の大規模な移動を電気として現代のわたし達は日常的に利用している。つまり、わたし達の身体感覚において最も身近な素粒子が電子と言える。

一方で、電子は質量を持つが大きさという概念が適応できるかどうか、また内部構造を持つかどうかは、未だに分かっていない。素粒子の中では最も身近な存在であり電気として 200 年以上も実用的に用いてきた電子についてさえ、人類は無知なのである。例えば、金属がどうして電気を通すのか、この説明において今日の人類の概念の変化をみてとることができる。身近で分かりやすいイメージに置き換えて説明するために、今日でも自由電子という言葉を用いて、まるで原子核にとらわれない自由な電子という球形の物体がいくつも存在し、それらが玉突き運動するイメージで説明されることが多くある。じっさいには金属中の電子はどのような状態なのか判明しておらず、最近では個々の電子が金属結晶全体に雲のように広がっている電子ガスというイメージで自由電子は説明される。このイメージはほとんど慣習的な知覚の様式には適応しないが、わたし達の知覚の様式の方が、自然現象に対して不適合なのであろう。

そのような電子が移動すると、つまり電気が流れると、その動きの周囲に磁力が生じる。電磁力であり、これが磁力の正体と言われる。確かにコイルなどの電磁石は大きな磁力を持つが、永久磁石はどうだろうか？この物体はどこか電源に接続されている訳でもなく、通常言われる「通電している」状態では決してない。更に言及するならば、わたし達の身近にあるフェライト磁石は、むしろほとんど電気を通すことがないセラミックである。ではこの磁力はどこから発生しているのかを考える時、物体の中に閉じ込められている電子の運動をイメージすることになる。原子核の周りをぐるぐる回る球形の電子というかなり古い原子モデルをイメージするならば、ある軌道を旋回運動する電子が周囲に発生させているのが磁力であるというイメージが可能である。じっさいに旋回運動をして磁力を発生させているのではなく、原子核をガスのように取り巻き、回転運動に似た性質である力学、つまり軌道角運動量と呼ばれる力を発生させている。確かに軌道角運動量は磁力の発生源のひとつとして看做されているが、複数存在する電子は軌道内でより安定しようとするため、この磁気モーメントを相殺するように電子は配置される。そのため残留磁力は非常に小さい。

もうひとつ別の古典的なイメージを持つことができる。それは球形の電子が地球のように自転しているようなイメージの運動量である。じっさいには大きさも分からないガスのような電子の自転とはイメージに苦慮するものである。それが本来どのようなものなのか未解明ではあるが、素粒子が取り得る状態

の特徴として考えられており、スピンと呼ばれている。また、このとき生じる力をスピン角運動量と呼ぶ。このスピン角運動量は原子内部において複数の電子間で相殺するように配置されるが、一部は相殺されず外部に対して磁力を発する。この電子自身の磁気モーメントが、原子、そして分子、さらに結晶といった莫大な数の構造体になった時、その配列によっては非常に大きな偏りとなり、永久磁石と呼ばれるものになる。軌道角運動量にしる、スピン角運動量にしる、永久磁石の磁力は、つまるところ電子の磁気モーメントの現れと言える訳である。他の一般的な物質のスピン角運動量は、熱攪乱により常温でもそれぞれバラバラな方向を向いている。そのため永久磁石のような磁力を有しない。身近なフェライト磁石に代表されるフェリ磁性体と呼ばれるものは、ある程度の温度まで電子のスピンは互いにまったく反対の向きの 2 方向に偏向しており、さらに統計的に一方がもう一方より大きく偏向しているために力が相殺されずに磁力を有する。ある意味で不安定な物性と言える。

このような永久磁石に常温以上の熱を与えることで、その分子構造を激しく揺さぶり、電子のスピンを不均一にすることが出来る。バラバラの向きになったスピンは磁石全体においては磁力を減じることになる。減磁と呼ばれるこの現象はある程度の温度以下であるならば、元の温度に戻った時に可逆性を有し磁力を戻す。つまり再度電子のスピンが揃い始めるのである。ある温度以上の高温に晒された場合には元の温度に戻った時にもスピンの向きがバラバラの状態になったままとなり、磁力が戻ることがない。その温度は、磁石の物性によって異なるが、キュリー温度と呼ばれている。

フェライト磁石をキュリー温度に達する前まで熱を与え、減磁の過渡的な変化を生じさせ、電子という素粒子の未解明の構造であるスピンの向きの変化を顕在化することによって、わたし達の想像力を働かせることができるような装置を考える。それはわたし達の慣習的な知覚の形式に対応した因果関係による説明の外側に横たわる世界からの現れを直接観測するものとなる。決定論的因果関係の世界観に依然縛られるわたし達にとっては、その外側にある実際の自然界からの問いかけになるのかもしれない。

#### Disturbance of Magnetic Moment : Switching Apparatus

フェライト磁石がハロゲンにより熱せられ、スピンの向きが乱れ、その結果減磁し、磁力のバランスが崩れ、電氣的接点が離れ、加熱が止み、自然冷却し、再びスピンの向きが揃い始め、磁力が復活し、接点が接続され、加熱が始まる。この繰り返される動作は、非決定的なタイミングで接続と断続を繰り返す自然現象の切り替え装置である。

#### Disturbance of Magnetic Moment : Displacement Apparatus

フェライト磁石がハロゲンにより熱せられ、スピンの向きが乱れ、その結果減磁し、重力への反発が減り、高さが低くなり、弦の境界条件が変化し、振動系全体へ影響し、モノコードの振動が変化する。60 分で 5mm 程度の高低差しか生じないこの装置では、その微小な変位を 1 本の弦の境界条件の変化にすることで、振動系全体に影響を与え、振動の変化として顕在化させる。