

力学的波動と光波

弾性体

物体が外力を受け、その大きさや形が変化している状態から、外力を取り除いたとき、もとの大きさや形に戻る性質を弾性、戻らない性質を塑性といい、弾性をもつ物体を弾性体、塑性をもつ物体を塑性体という。

弾性体が歪むと、もとの状態に戻ろうとする力（「応力」という）が生じる。

応力には接触面に垂直な「垂直応力」（圧力・張力）と接触面に沿った「ずれの応力」があり、その大きさは歪みの程度（変位）に比例する。

応力 $=k \times$ 歪みの大きさ（比例定数 k を弾性率という）

ばねについてのフックの法則 $F = kx$ は応力の典型的例であるといえる。

弾性体の微視的観察から力学的波動，そして光波へ

弾性体が外力を受け歪んでいるとき、その外力と応力が釣り合っている。

このときの弾性体の応力を、微視的視点から、

つまり弾性体を構成している粒子のレベルから考察すると、

応力とは、変位した個々の粒子がもとの位置に戻ろうとする力のことであり、

ある粒子が外力を受け変位すると、外力とその粒子の応力が釣り合う。

また、この粒子の変位は隣接する粒子に対する外力の原因となり、

その外力を受けた粒子は釣り合いの応力をもつまで変位する。

すると、さらに隣の粒子が・・・。

こうして、外力と応力の釣り合いの関係が隣り合う粒子間に広がっていき、

弾性体表面で粒子の応力と外力が釣り合うことになる。

これは、小球をばねでつないで、それに外力を加えたときの釣り合いと同じであり、

弾性体は、ばねで互いにつながり合った粒子の集まりと見なすことができる。

このとき、ある粒子が変位すると、その隣の静止していた粒子も変位することになるが、

隣の粒子は、静止し続けようとする慣性のため、変位の開始がやや遅れる。

こうして、粒子の変位が時間差をもって連続的に伝わっていく。

その結果、弾性体内部のある粒子が単振動を開始すれば、

その粒子により近い粒子から順に単振動を開始することになる。

このように、空間の1点で生じた振動が次々と伝わっていく現象を波動（波）という。

波は現象なのだ。また、この現象を起こしている粒子をまとめて媒質といい、媒質の振動による波動を力学的波動という。

尚、媒質を構成する個々の粒子に対しては「媒質の1点」という表現が使われる。

力学的波動は、空間を構成する粒子の集まりが起こす出来事、

つまり粒子の集団行動を扱うものである。

我々のまわりでは様々な弾性体が様々な波動を引き起こしている。

例えば地面で感じる揺れや弦の振動は固体の弾性体による波動であり、水の波は液体の弾性体による波動であり、音は気体の弾性体による波動である。高校物理では弦の振動（横波）と空気の振動（縦波）を例に力学的波動について学ぶ。光も、力学的波動と同様、波動性をもつことから、媒質の存在が仮定された。力学的波動の媒質には、固体・液体・気体の3つがあるが、光波という現象は固体・液体・気体の振動によるものではないし、それどころか、ほとんど真空とみなせる宇宙空間でも起こるから、光波の媒質は全宇宙空間を満たしている何かであろうということになり、この仮定上の媒質はエーテルと名づけられ、光はエーテルがつくり出す弾性波であると考えられた。光波は横波であり、それが伝わる速度は極めて大きい。これを力学的波動で説明すると、力学的横波は、ずれの応力が原因の波であり、それが伝わる速度は媒質のずれの応力が鋼鉄のように大きいほど、すなわち硬い媒質であるほど大きい。（液体や気体は、ずれの応力がないので横波は存在しない）。したがって、光波を力学的横波であると仮定すると、媒質のエーテルは極めて硬いものでなければならない。ならば、そんな媒質の中を運動する物体は大きな抵抗を受けることになる。しかし、我々は光の中を自由に動き回れる。さらに、光、すなわちエーテルがつくる波動は横波だけであり、縦波は存在しない。つまり縦波の速度が0ということになる。光波は速度が極めて大きい横波であることから、媒質（エーテル）のずれをもとに戻そうとする性質は極めて大きい。一方、縦波の速さは、弾性体の体積をもとに戻そうとする性質とずれをもとに戻そうとする性質が大きいほど大きい。したがって、光波の縦波の速さが0であることは、体積をもとに戻そうとする性質が負であることを意味する。すなわち、エーテルを圧縮するとエーテルはもとに戻ろうとするどころか、ますますその体積を減らそうとすることになる。エーテルが波をつくるとエーテルは収縮していくことになる。そのため光波を力学的な立場から説明しようと仮定された媒質（エーテル）の力学的構造を説明するのはほとんど不可能となった。やがて光波は媒質の振動ではなく電場と磁場が振動し、その振動が伝わっていく現象であることが明らかになった。この波動を力学的波動に対し電磁的波動（電磁波）という。光は電磁波である。