

1

エネルギーとは何だろ(う?)?

アリストテレスの「エネルゲイア」

人類は「火」のエネルギーを使い、農耕文明を築き上げてきました。そして、第二第三の火としての「電気」・「原子力」のエネルギーを手に入れ、近代から現代への工業文明を発展させてきました。新しいエネルギーが新しい文明を築き上げてきたのです。

近年、エネルギー問題は経済・人口問題のみならず、地球環境問題とも関連して幅広い議論がなされてきており、「エネルギーの枯渇・節約」が話題となっています。一方で、理科の授業では、「エネルギーは不変である」と教わりましたが、一般に使われている「エネルギー」と物理の「エネルギー」とは異なるのでしょうか？ エネルギーの言葉の語源は、古代ギリシャ哲学に遡ります。万学の祖としてのアリストテレスはプラトンの超自然的なイデア説(「個物は絶対的なイデアが場(コーラ)の部分として映し出される」)を批判し、万物は形相(エイドス)と質料(ヒュレ)を有しており、運動の変化は可能態(デユナミス)・形相の内在した質料

(と現実態(エネルゲイア)・形相の発現した状態)で説明できるとしました。この「エネルゲイア」は、仕事を意味する *ergon* に接頭語の *en* が付いて「仕事をしている状態」を示しています。

物理学では、用語「仕事」は「物質にたくわえられた仕事をする能力」と定義されます。「力の大きさ」と「力の向きに動いた距離」の掛け算(「仕事」として表されます。この仕事量は蒸気機関を発明したワットにより定義され、英国の医師で物理学者のヤングが仕事をする能力の概念としてはじめて「エネルギー」という言葉を使いました。

エネルギー保存則は物理学の最も重要な大法則のひとつですが、今日一般に使われている「エネルギーを消耗した」などの意味は、精神的な意味での「物事を行う気力」、また、物理的な意味での「エネルギーを生み出すことのできる燃料資源」のことを指しています。

エネルギーの語源 アリストテレスの「エネルゲイア」



ラファエロの絵「アテネの学堂」(1509-1511年)



プラトンとアリストテレス

天上のイデアを指すプラトンと地上の万物を示すアリストテレス(絵の中央部分から)

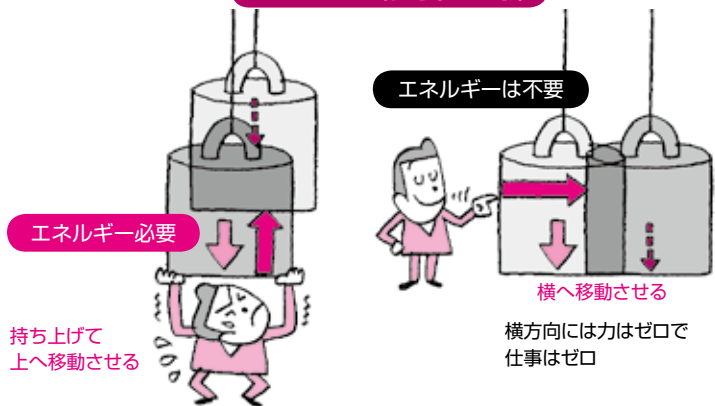
「エネルギー」の命名者 ヤング

トマス・ヤング(1773年-1829年)
英国の物理学者

力による作用(仕事)の概念として「エネルギー」という語を初めて用いた。光の干渉実験、弾性体研究、知覚の3色説などで有名。



エネルギー(仕事)の定義



横方向には力はゼロで仕事はゼロ

力と力の方向に動いた距離との掛け算がエネルギー(仕事)

要点BOX

- エネルギーは「物質にたくわえられた仕事をする能力」で、力とその向きに動いた距離の積
- 語源はアリストテレスの現実態(エネルゲイア)

3

宇宙のエネルギーは大規模

ニュートンの重力

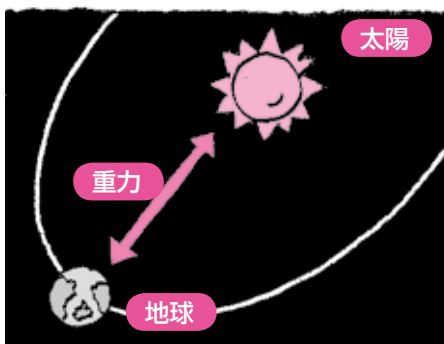
旧約聖書によれば、イブが禁断のりんごの実を食べたために人間はエデンの楽園を追われますが、今からおよそ3500年前にそのりんごがきっかけとなってアイザック・ニュートンは万有引力を発見したと言いつたに聞かれています。生家にあたりりんごの木(品種はケントの花)は接ぎ木によって増やされ、日本をはじめ世界の各地でみることが出来ます。

自然科学の芽生えのこの逸話の信憑性はともかくとして、力が2つの物体の質量の各々の積に比例し、距離の2乗に反比例するとの「万有引力の法則」の発見により、天体の運動をはじめ、さまざまな物体の運動を記述することができるようになりました。しかし、当時は、どのようにして力が作用するのか、定かではありませんでした。遠隔的に瞬時に力が伝わるのか、空間に渦が伝わり近接的作用(デカルト説)によって力が及ぼされるかの論争がなされてきました。現代物理学では、力は瞬時に伝わるのではなく、場

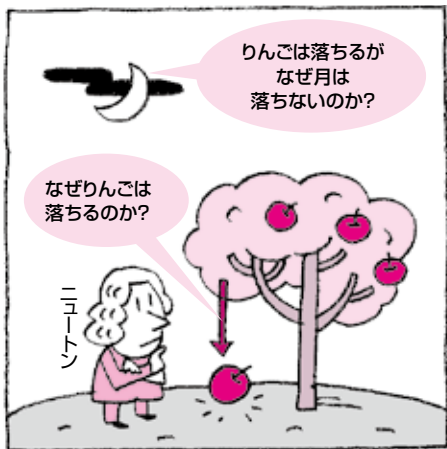
(重力の場合には四次元空間の重力場)のひずみや、ゲージ粒子(交換粒子)の交換により、力が及ぼされると考えられています。万有引力は電磁力と同様に無限大まで影響が及びます。これは重力の交換粒子(重力子)が電磁力の光子と同じく、質量がゼロだからです。重力のエネルギー利用としては、地球と月の引力を利用した潮汐発電があります。水力発電も重力の位置エネルギーを運動エネルギーに変えてタービンを回す意味からは重力のエネルギー利用と言えますが、海水の蒸発と降雨としての水の循環の観点からは、太陽熱エネルギーの利用と考えることができ、これは究極的には太陽の核融合反応としての「強い力」のエネルギー利用と言えます。

地球を含めた太陽系の惑星は、万有引力の法則に従って微妙な力のバランスにより回転していますが、万有引力定数が現在の値よりも少しずれていたならば、現在の地球や人類が存在しなかったかも知れません。

ニュートンの万有引力とりんごの木



万有引力として知られる力。作用をおよぼす距離は無限大。主に宇宙空間。交換粒子は重力子(グラビトン)



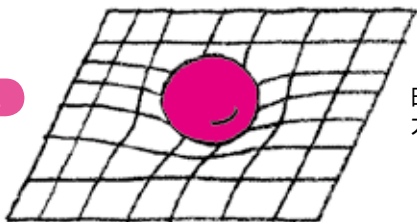
どちらが正しい?

力は瞬時に作用する
ニュートン説(遠隔作用)

力は渦により空間を伝わる
デカルト説(近接作用)

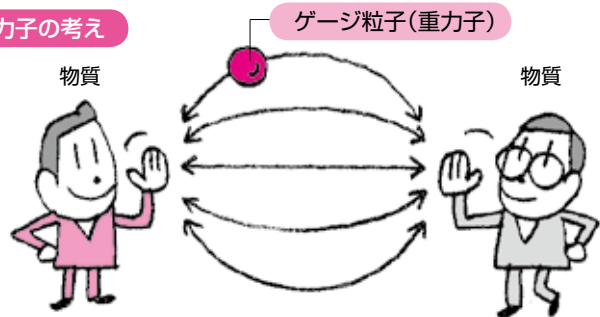
重力の起源とポテンシャル

重力場の考え



時空の場がひずむことで、力が伝わります

重力子の考え



ゲージ粒子を交換することで力が伝わります

要点BOX

- ニュートンが発見した万有引力は、重力場のひずみや重力子(グラビトン)の交換により伝わる
- 重力のエネルギーは潮汐発電として利用