



# 森羅万象の物理学

## ～物質，生命，素粒子～

日本物理学会

### 森羅万象の物理学

あらゆるモノが物理学の研究対象です。意外かもしれませんが、化学で勉強する物質，生物で勉強する生命，高校では馴染みの薄い素粒子は物理学の最先端研究でとてもポピュラーな研究対象です。

物質はシンプルなものから複雑なものでまで多種多様です。**物性物理学**では、既存の様々な物質の性質を物理学を使って解明する一方で、未知の新物質を創成したり、持続可能社会の実現に貢献する新材料を探索したりします。

生命の本質を物理学で解明することは大きな挑戦です。**生物物理学**では、生命活動のメカニズムを物理学に立脚して解明する一方で、「生命とは何か」という問いに挑み続けています。

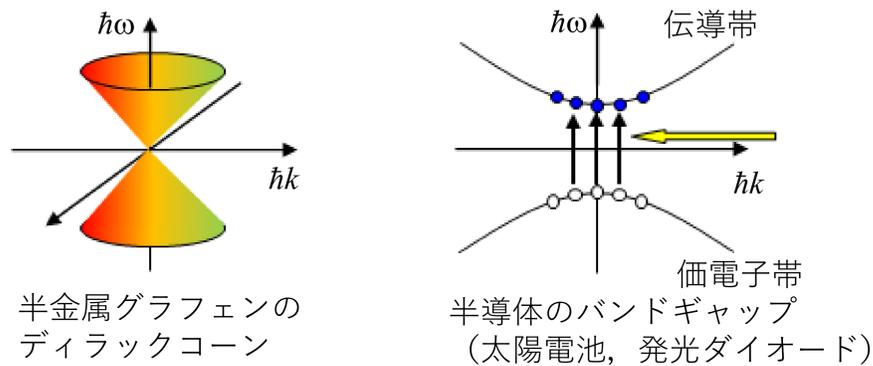
あらゆる物質・生命は素粒子から構成されています。**素粒子物理学**では、目に見えない素粒子を工夫を凝らして観測し、自然現象の根本にある素粒子が従う法則を調べます。素粒子と宇宙の起源を解明することは物理学の究極の課題です。

### 物質の物理学

私たちの身近な物質でも、まだまだ分からないことがたくさんあり、研究することが山積みです。多彩な物質の研究は面白いだけでなく、持続可能社会の実現に貢献する新しい材料の開発にもつながります。

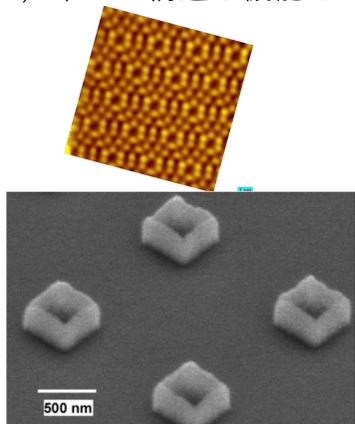
鉛筆の芯      グラファイト      →      グラフェン、ディラック半金属  
 陶器，ガラス      様々な酸化物      →      金属絶縁体転移、高温超伝導  
 半導体      シリコン、窒化ガリウム      →      演算素子、発光素子  
 磁石      遷移金属、希土類金属      →      発電機、モーター

**量子力学**によれば、物質中の電子は波として振る舞います。物質中の電子波の**波数** $k$ （波長の逆数で $\hbar k$ が電子の運動量に対応）と**振動数** $\omega$ （ $\hbar\omega$ が電子のエネルギーに対応）の関係が、物質の電氣的・光学的・磁氣的性質を決定します。



**物質の表面**は、内部（バルク）と全く異なる性質を示します。“God made the bulk; the surface was invented by the devil.” by Wolfgang Pauli

表面での現象を見るためには、0.1ナノメートルという微小なサイズの原子1個からの測定が必要で、専用の装置を用いて実験を行っています。電気伝導、摩擦、触媒反応などあらゆる性質に関係がある表面を理解して操作することで、未知の構造や機能を生み出すことができます。

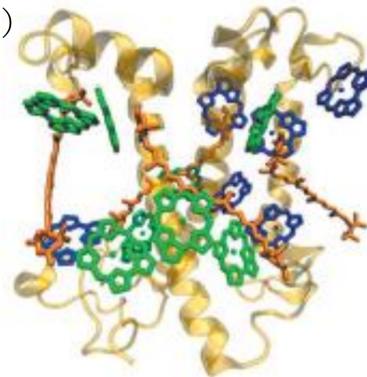


### 生命の物理学

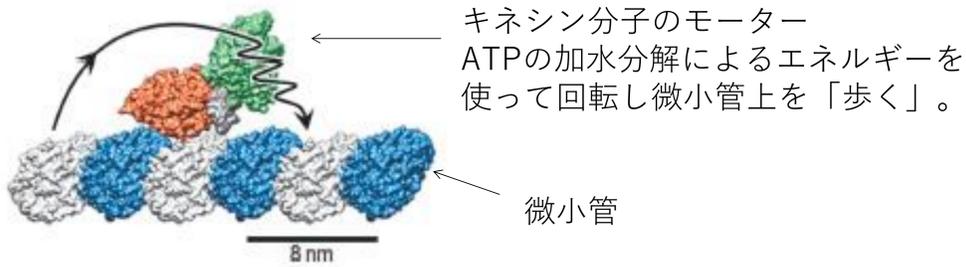
生命活動のエネルギー源である光合成のメカニズムには未知の部分が多く残されています。光子がタンパク質中の電子を励起することで、**光エネルギー**が**電氣的エネルギー**になり、この励起された電子が活性中心で化学反応を誘起して**化学的エネルギー**へと変換されます。（日本物理学会「物理学70の不思議」66番）

光合成の活性中心にはマンガンなどの金属元素があり、酸化還元反応を制御しています。

化学的エネルギーは「エネルギー通貨」のATP（アデノシン三リン酸）の形で蓄えられます。



細胞内の生命活動を行うためには化学的エネルギーを**運動エネルギー**に変換する必要があります。細胞内ではタンパク質の分子モーターがATPの加水分解反応によって微小管上を運動して、物質の運搬などを行います。（日本物理学会「物理学70の不思議」67番、図は早大の高野研提供）



### 素粒子の物理学

#### さまざまな素粒子

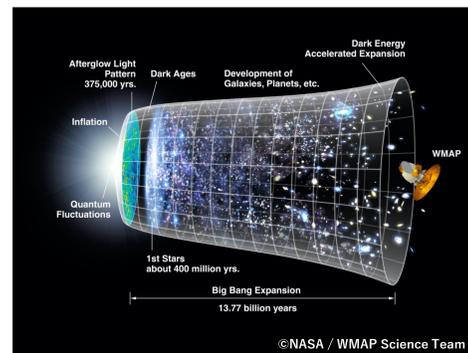
素粒子には、あらゆる物質をつくる**フェルミオン**の仲間と、力を伝えあったり質量と関係したりする**ボソン**の仲間があります。また、それらと電気や磁気などの性質が反対の**反粒子**があり、他にもいろいろな素粒子の存在が理論的に予想・仮定されています。

	フェルミオン			ボソン	
	第1世代	第2世代	第3世代	ゲージボソン	スカラーボソン
クォーク	アップ (u)	チャーム (c)	トップ (t)	グルーオン (g)	ヒッグス (H)
	ダウン (d)	ストレンジ (s)	ボトム (b)	フォトン (γ)	
レプトン	電子 (e)	ミューオン (μ)	タウ (τ)	Zボソン (Z)	
	ニュートリノ (ν)	ニュートリノ (ν)	ニュートリノ (ν)	Wボソン (W)	

#### 素粒子と宇宙

原子よりもずっと小さな素粒子の世界を調べるには、非常に**高エネルギー**の現象を考える必要があります。それらは**初期宇宙**の高温・高密度状態での現象に通じ、素粒子論は**宇宙論**と密接に結びつきます。

ミクロ=短波長 → 高エネルギー      重粒子の生成消滅 → 高エネルギー  
 $E \sim hc/\lambda$        $E \sim mc^2$



#### 素粒子の研究

**量子論**と**相対論**、**対称性**などに基づく**場の理論**や**弦理論**、大型の**加速器**、**検出器**、**観測器**等による実験、それらを検証・補完する計算、**シミュレーション**などにより、究極の自然法則の解明を目指しています。

