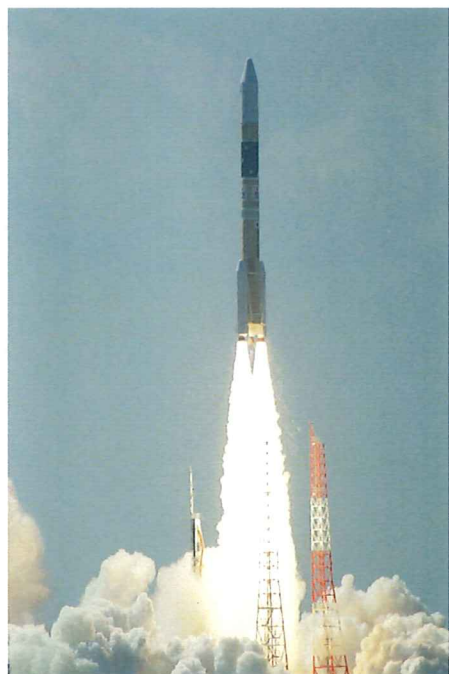
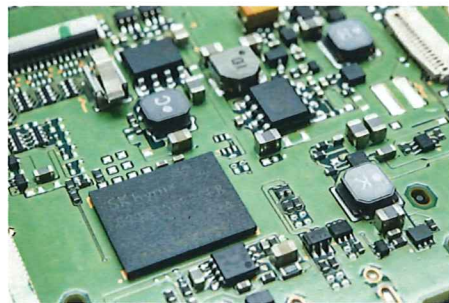


# 終章 物理学が拓く世界



## 物理学と科学技術

物理学は自然界の法則を見つけ出し、さまざまな自然現象を説明してきた。私たちは、その法則を応用することで、生活を豊かにすることができる。1・2章で学んだ「力と運動の法則」、「運動とエネルギー」を含む『力学』は、安全なビルや家を設計したり、機械や自動車、船舶、ロケットなどを動かしたりする原理となっている。2章で学んだ「熱とエネルギー」は『熱力学』ともよばれ、自動車のエンジン、冷蔵庫やエアコンなどの動作に深く関わっている。3・4章で学んだ「波」や「電気」を含む『電磁気学』は、テレビなどの放送やスマートフォンなどの通信技術を進化させてきた。さらに、20世紀以降に発展した現代物理学は、原子や分子などのふるまいを明らかにするとともに、半導体技術をはじめとするエレクトロニクスを支えている。これらのどれかが一つが欠けても、現在の科学技術は成り立たない。

科学技術には、物理学のみならず、あらゆる分野の知識が総合的に関わっているが、ここでは物理学が身のまわりの科学技術に貢献した具体的な例を紹介する。これまで学んだ内容がさまざまな技術の基礎となっていることを確認しよう。

## 科学技術とは何か

科学技術の特徴の一つは、技術の開発に必要な要素を、科学の知識に基づいて、数値や数式を使って表現することである。これにより、私たちはいつでも同じように技術を使えるようになり、豊かな社会の実現に繋がった。

いま、私たちの社会は、資源・エネルギー問題、食料・水問題、地球温暖化や環境問題など、地球規模の課題に直面している。これらの課題の解決にも、科学技術による貢献が欠かせない。



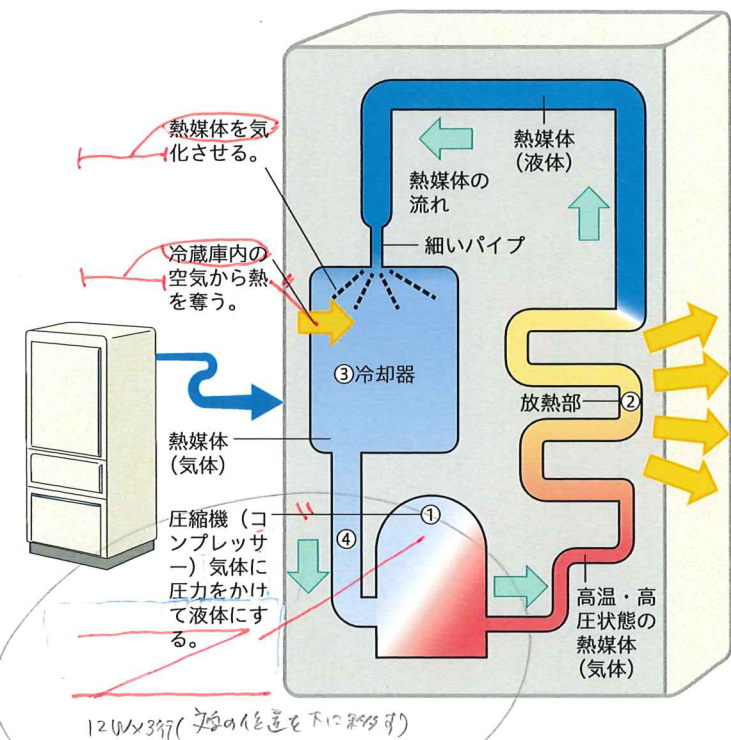
## 冷蔵庫とヒートポンプ

下の図は冷蔵庫の仕組みを模式的に表したものである。冷蔵庫の内部では、熱を移動させるための流体（熱媒体）が循環している。熱媒体は、冷却器内で液体から気体に変化し、その蒸発熱によって冷却器を冷やす。このとき、熱を奪われた冷却器に接する空気が冷えて、冷気となる。この冷気が食品を冷やすのである。

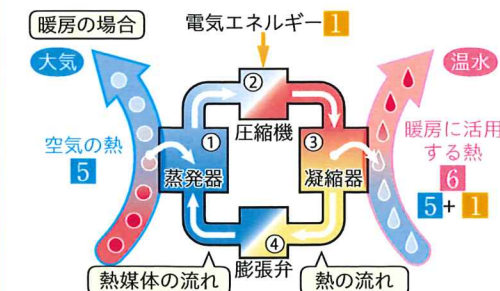
冷蔵庫内では、熱媒体が液体→気体→液体……という状態変化をくり返し、冷蔵庫内の熱が外気に排出される。このような装置をヒートポンプとよぶ。エアコンの仕組みも、基本的には同じである。

### 冷蔵庫が冷える仕組み

- ①気体の熱媒体は圧縮機で圧縮されて圧力が高くなり、温度が上がる。
- ②熱媒体は冷蔵庫の放熱部で冷やされ、気体から液体に状態変化する。このとき、熱が外気へ排出される。
- ③冷却器の中に霧状に吹き出された熱媒体は、液体から気体に状態変化する。このとき、蒸発熱で冷却器が冷やされ、それに接した空気も冷やされる。
- ④気体となった熱媒体は、再び圧縮機に導かれ、圧縮される。



### ヒートポンプの仕組み(暖房の場合)



外部の熱を室内に移動させるためには、次のような熱媒体の状態変化が必要である。

- ① 蒸発 (外部から熱を奪い、蒸発する)
- ② 圧縮 (圧縮されることで温度が高くなる)
- ③ 凝縮 (外部に熱を排出し、凝縮する)
- ④ 膨張 (膨張することで温度が低くなる)

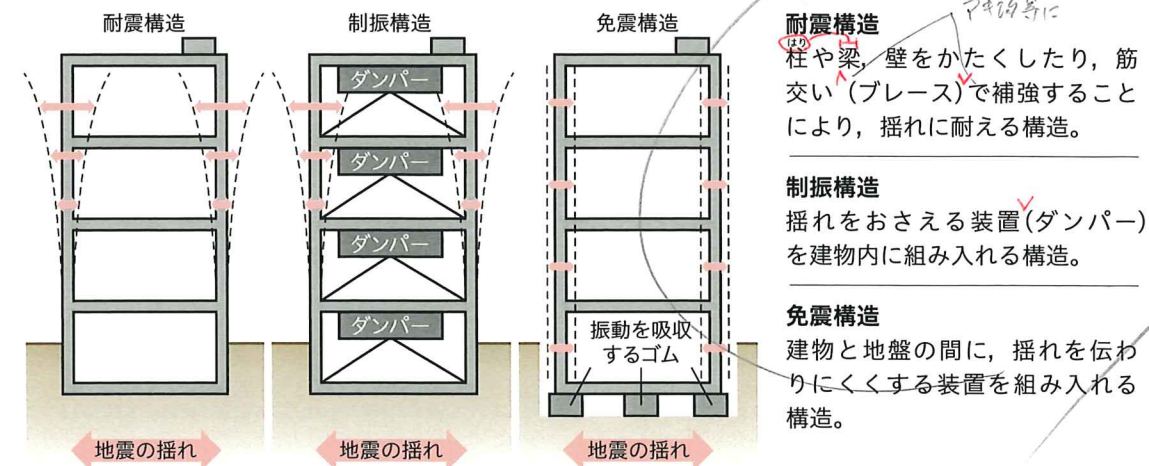
ヒートポンプには、沸点の低い物質(二酸化炭素など)が熱媒体として使われている。

# 地震に強い建築

地震の多い日本では、大きな地震でも建物が倒壊しないような耐震技術が発展してきた。

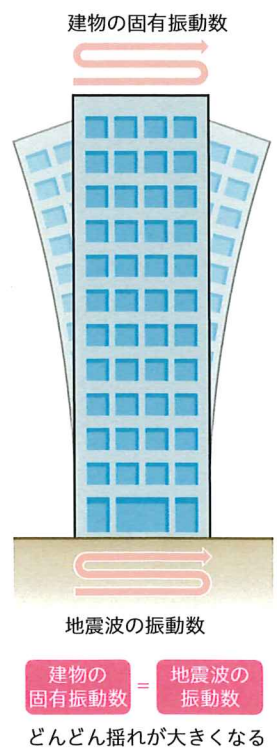
## 耐震構造・制振構造・免震構造

地震で地面が揺れたとき、建物は横向きの力を受ける。この力から建物を守るため、力を受けても壊れない強い構造(耐震構造)と、揺れを吸収するやわらかな構造(制振構造・免震構造)の二つが開発され、応用されている。



## 共振

建物の固有振動数と地震波の振動数が一致すると共振が起こり、小さな地震でも建物が大きく揺れてしまう。建物の固有振動数は建物の高さや構造によって決まるため、共振に注意して設計する必要がある。なお、通常地震の振動数は1~10Hz程度で、戸建て住宅や10階程度の低いビルの固有振動数に近い。



### 地震発生の仕組み

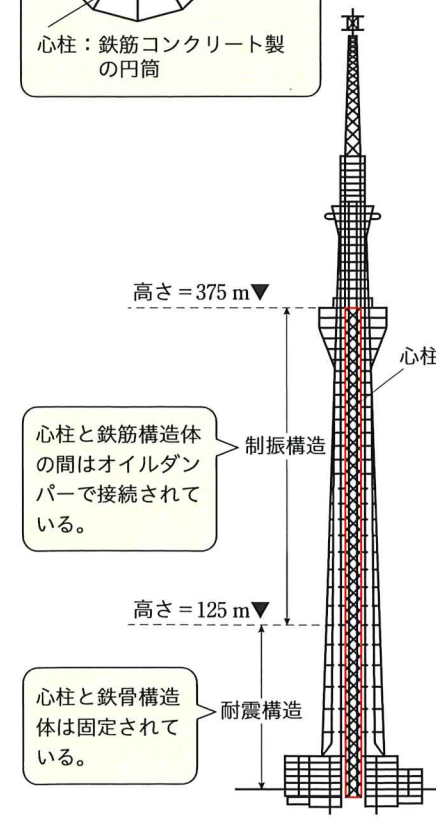
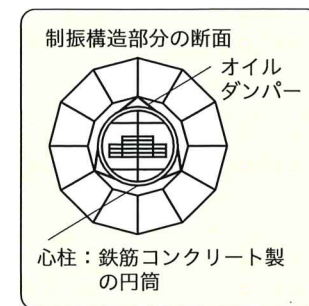
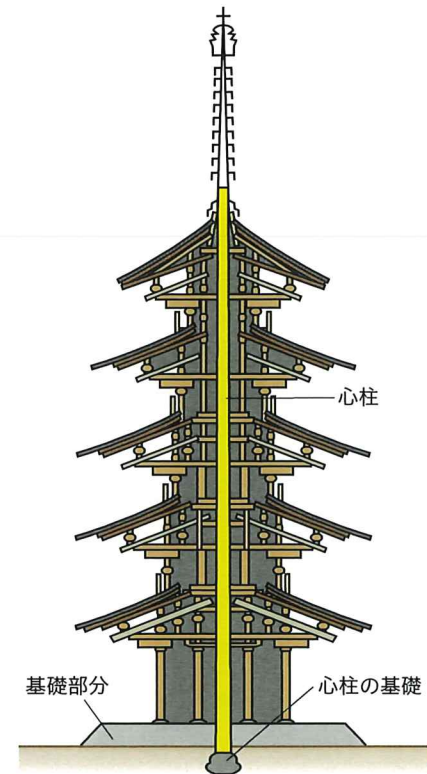
地球の表面は十数枚のプレート(岩盤の板)で覆われている。プレートの運動により、プレートどうしの境界やプレート内部では「ひずみ」がたまる。プレートがこれに耐えきれなくなると、弱い部分が破壊されて地震が発生する。なお、この他にも火山活動が原因となって地震が発生する場合もある。

プレート内の地震  
プレート境界の地震

## 五重塔と東京スカイツリー

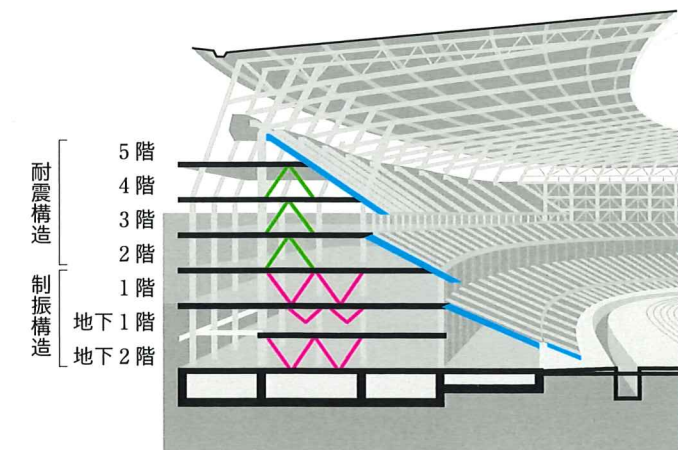
国宝・重要文化財に指定されている22基の五重塔は、優れた耐震性があり、これまでに地震で倒壊した記録はない。全体がどのような仕組みで揺れを和らげているのか、はっきりとはわかっていないが、中心の柱(心柱)が耐震構造として大きな役割を果たしていると考えられている。

五重塔の10倍以上の高さがある東京スカイツリーには、より複雑な耐震技術が用いられている。地上0m~125mでは、心柱と塔を構成する鉄骨が鋼材により固定された耐震構造となっている。また、地上125m~375mでは、心柱と鉄骨が油を利用して振動を和らげる装置(オイルダンパー)を介して接続された、制振構造となっている。



## 国立競技場

2019年11月に完成した新しい国立競技場でも、東京スカイツリーと同様に複雑な耐震技術が用いられている。2階より上の上層階は、斜め梁と鉄骨ブレースによる耐震構造、地下2階~1階はオイルダンパーを用いた制振構造になっている。



# 電車の技術開発



4章では、電気と磁気を応用したモーターを学んだ。電車が動くとき、車輪を回しているのはモーターである。かつて、電車の速度を制限するためには限られた複数の抵抗を切り替え、モーターの回転速度を変える必要があった。そのため、低速で走る際に抵抗でのエネルギー損失が大きくなってしまいう課題があった。しかし、最近の電車は、半導体を用いてモーターの回転数を制御できる装置(インバータ)を搭載することで、エネルギー損失を最小限におさえる工夫がされている。

## リニアモーター

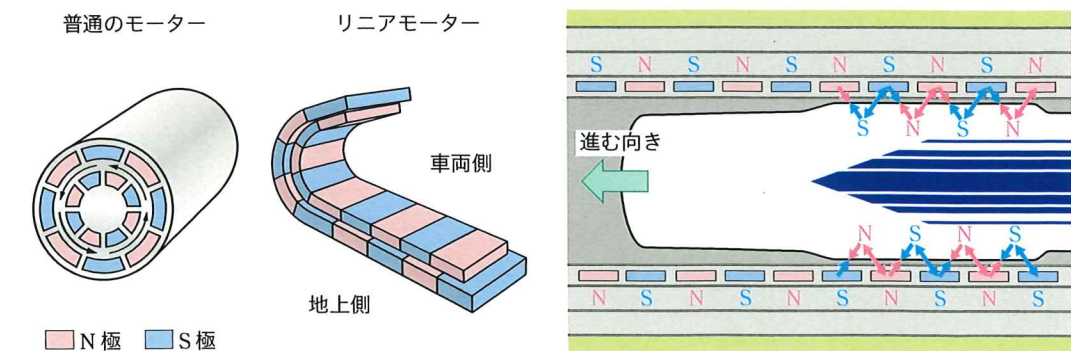
通常のモーターは、回転機構から回転させる力を得る。同様の原理で、直線的な機構から直進させる力を得るのがリニアモーターである。電車に用いる場合、通常のモーターのかわりに磁石を搭載するため、従来よりも車両を小さくつくる事ができる。車両が小さくなると地下鉄では、トンネルを小さくすることができる。その結果として建設費を削減できるため、1990年に大阪市ではじめて導入されて以来、各地で採用が進んでいる。



絶対零度付近で電気抵抗がなくなる物質(超伝導物質)をコイルの導線に用いると、極めて強力な磁石(超伝導磁石)をつくる事ができる。現在開発が進んでいるリニア中央新幹線は、車両に超伝導磁石を搭載することで時速500kmでの実用化を目指している。

### リニア中央新幹線の動く原理

車両に搭載された「超伝導磁石」と壁に固定された「電磁石」の引力と反発力を利用して、前に進む力を得ている。



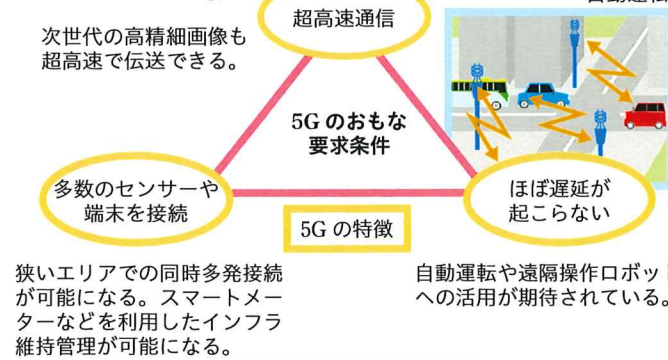
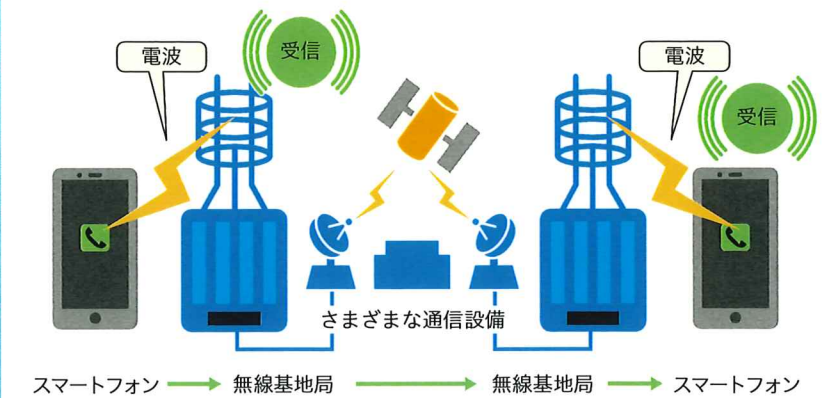
# スマートフォン

電磁波は、4章で学んだようにラジオやテレビなどの放送に使われるほか、スマートフォンなどの携帯情報端末で無線通信にも用いられる。スマートフォンは近くにある基地局と電波で繋がり、基地局どうしはさまざまな通信設備を経由して繋がっている。スマートフォンには半導体を用いた電子回路が入っており、情報を処理して画面に表示するほか、高性能のカメラも搭載されている。



## スマートフォンが通信できる仕組み

スマートフォンは大量の情報を高速の無線通信で送るために、ラジオやテレビに比べて周波数の高い(波長の短い)電磁波を通信に用いている。



## … これからの無線通信 …

今後は携帯端末の増加に加え、防災や防犯、行政サービス、環境や農業、自動運転など、社会のあらゆる物事でセンサーを活用したデータ収集が行われ、無線通信を介して送られたデータが活用されるようになる。

これまでにない膨大な通信量に対応するため、高速かつ大容量の新たな通信システムが求められている。

終章

3/17

## 見えないものを見る

人間の目は、物体が反射した光を感知し、その刺激を信号に変えて脳に伝えている。私たちの目に見えるのは赤色～紫色までの可視光のみであるが、電磁波や音を利用すると、目には見えないものまで可視化することができる。

### X線撮影

X線は、可視光線が通らない物質を透過することができる。X線が物体を透過するときには一部が吸収されるが、その吸収率は物体を構成する物質やその厚さによって異なる。写真フィルムはX線で感光するので、これを利用すると、X線の吸収率の違いが像として表れる。

X線を利用した撮影により、骨折の診断、胃がんや肺結核の早期発見をはじめ、さまざまな病気やけがの検査をすることができる。

#### X線で撮影できる仕組み

フィルムにはX線を吸収しやすい物質ほど白く、吸収しにくい物質ほど黒く映る。骨はX線を吸収しやすいため、白色に写って見える。

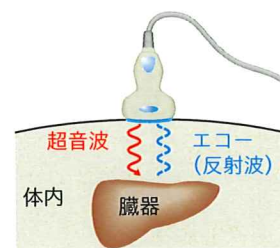


### 超音波検査

超音波を対象物に当て、反射した音を画像化して検査する方法は、超音波検査とよばれている。超音波はやわらかい臓器の画像化に優れており、放射線による被曝もないため、人体への負担がほとんどない。人間の耳に聞こえる最も高い音は20kHz程度だが、超音波検査ではその100倍以上の高周波音を使うため不快な音が聞こえることもない。



#### 超音波検査の仕組み

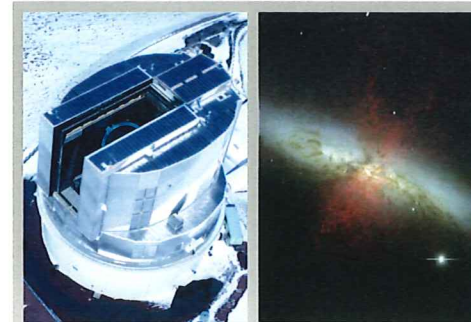


超音波を体内に発すると、体内の組織で一部が反射する。超音波検査ではこれを利用し、反射波が戻ってくるのにかかる時間から距離を求め、反射の強さ組織の境界を判断し、画像化している。

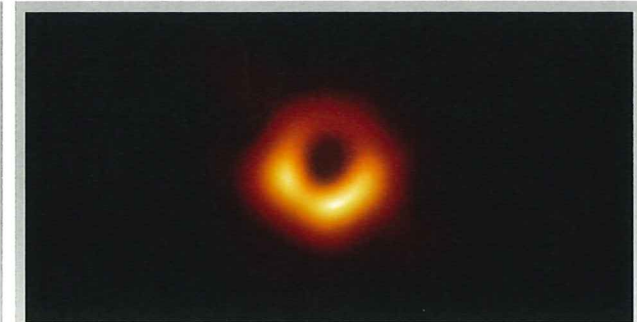
近年では、血液などに超音波を当て、反射波の振動数から物体の速度を求め、速度の違いを色で画像化する技術もある(カラードプラ法)。これを利用すると、心臓などの臓器における血液の流れを詳細に把握することができる。

### 天体望遠鏡

宇宙に関する情報の多くは、天体から届く光(電磁波)を分析することによって得られる。短いものから長いものまで、ほとんどの波長の電磁波が天体観測に活用されている。



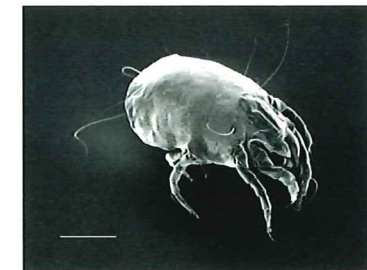
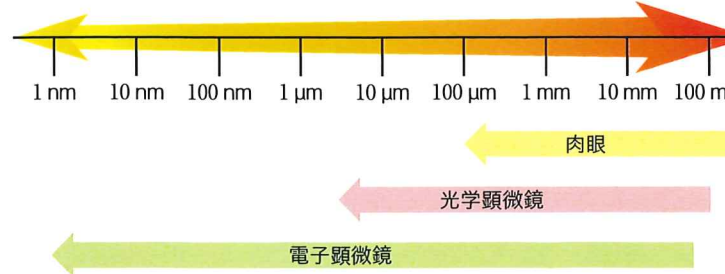
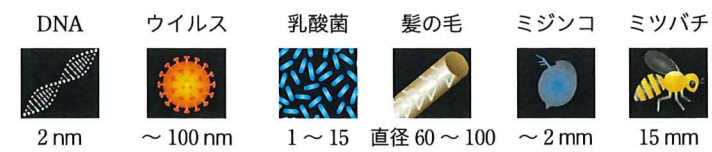
すばる望遠鏡は、可視光と一部の赤外線を観測する。右上図は不規則銀河 M82 の可視光画像である。星からの光に加えて、中心部から噴き出す水素ガスからは(赤色の光)が見える。



地球上の8つの電波望遠鏡を結合させた国際協力プロジェクト「イベント・ホライズン・テレスコープ」で撮影された、銀河 M87 中心の巨大ブラックホールシャドウ(2019年)。巨大ブラックホールが「影」のように暗く写っており、その存在を画像で直接証明することにはじめて成功した。

### 電子顕微鏡

電子顕微鏡は、光学顕微鏡で使う光(可視光線)のかわりに、電子の流れである電子線を用いる。電子線の波長は可視光よりもはるかに短く、光学顕微鏡では見ることのできない小さな対象物を、はっきりと見分けることができる。



終章