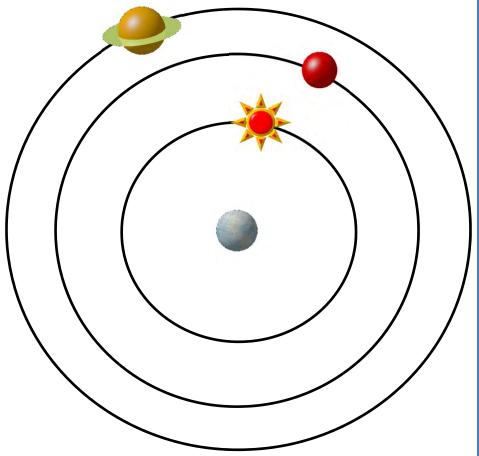


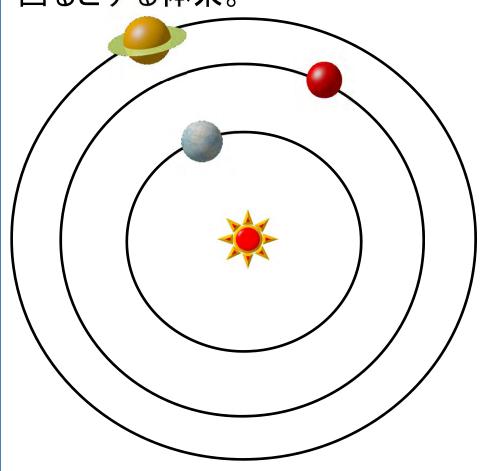
天動説 Ptolemaic system

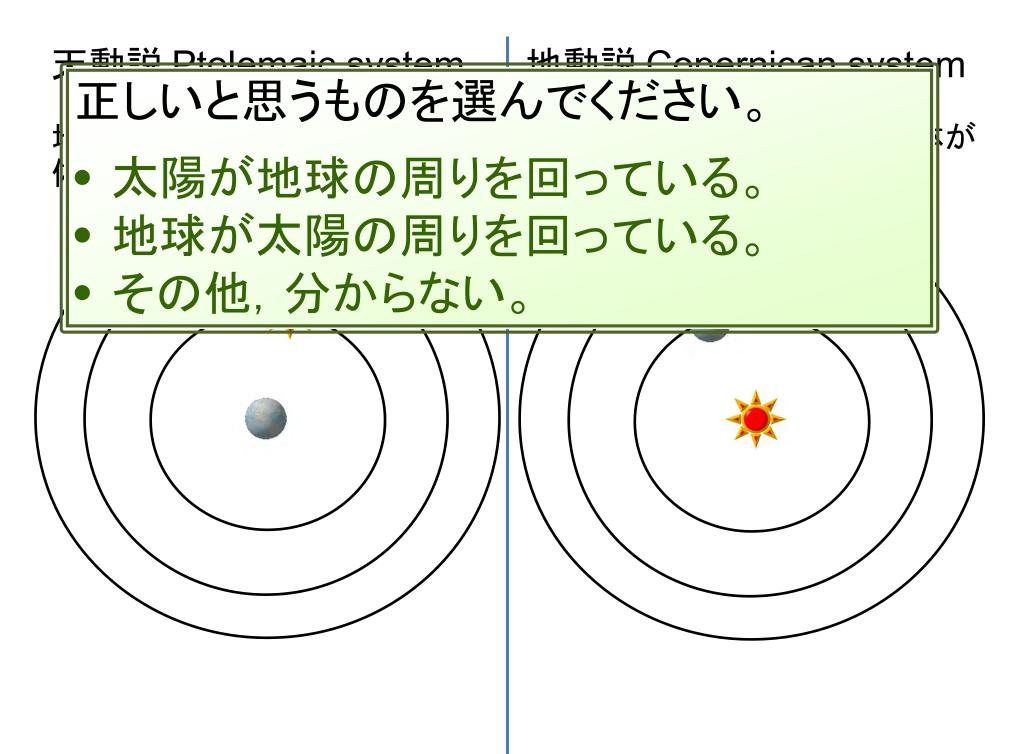
地球の周りを天体が回るとする 体系。



地動説 Copernican system

太陽の周りを、地球を含む天体が回るとする体系。





B.C.5世紀ごろ 「旧約聖書」の編纂・ユダヤ教の成立。神が7日間で世界を創造。

B.C.4世紀

アリストテレスの自然哲学。(後にプトレマイオスによる改良) 四元素説,物体の運動に関する体系。 惑星は水晶のように透明な天球の中で動く。

1世紀 ローマ帝国でキリスト教の誕生。

392年 キリスト教が国教化。 ローマ・カトリック教会、アリストテレス哲学を教義に合うものとして採用。

1543年

コペルニクス「天球の回転について」。地動説を発表。

1632年

ガリレオ・ガリレイ「天文対話」。地動説を補強。 翌年 ローマ教皇庁による裁判。著書を禁書、禁固刑。

1687年 ニュートン「プリンキピア」。古典力学。

1851年 フーコーの振り子の実験。

1992年 ローマ教皇ヨハネ・パウロ2世「天文対話」の公認とガリレイの名誉回復

1632年

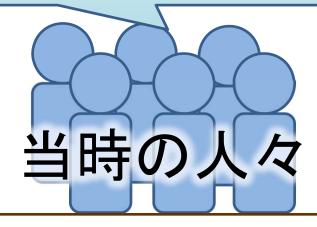
ガリレオ・ガリレイ「天文対話」 地動説

翌年ローマ教皇庁による裁判

著書を禁書、禁固刑

大地が動いているなんてことがあるわけない。

教会の偉い人が動かないと 言っているんだから、動か ないに決まっている。

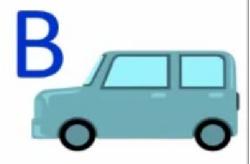


「偉い人が言ったから」ではなく、実験・観察をもとに論理的に考えて真理を導くべきだ。

ガリレイ

2台の車があります。 <u>どちらが動いているように見えるか、答えてください。</u>





車のイラスト:「画像提供イラストポップ clipart by illpop.com」 http://illpop.com/

どう見えましたか?

- Aが動き、Bが静止していた。
- ・Aが静止、Bが動いていた。
- その他, 分からない。

もう一度...



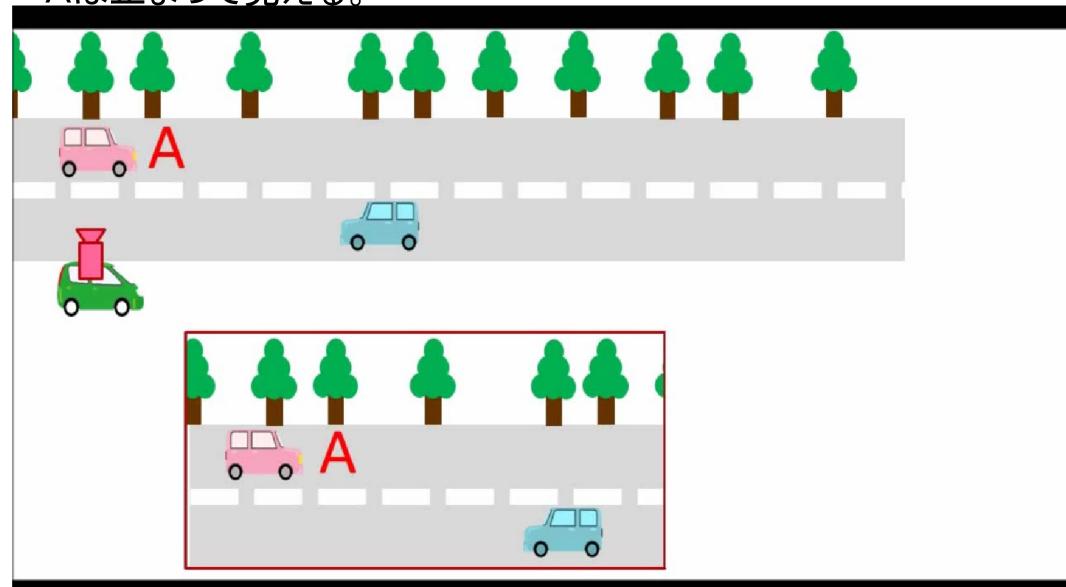


どう見えましたか?

- Aが動き、Bが静止していた。
- ・Aが静止、Bが動いていた。
- その他, 分からない。

Aと同じ速度で動く車に積んだカメラから見ると、

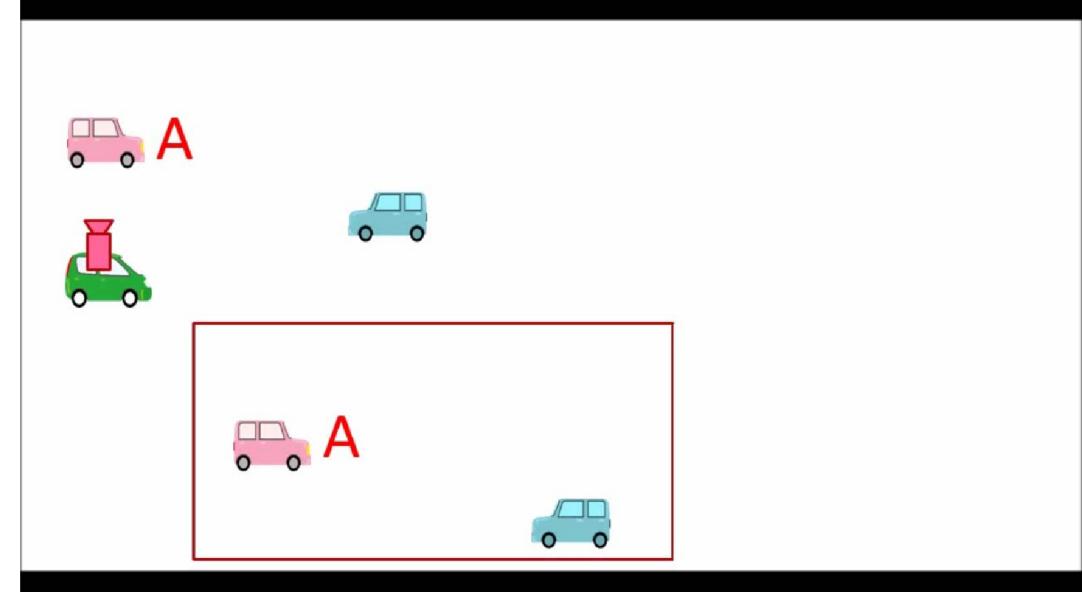
Aは止まって見える。



車のイラスト:「画像提供イラストポップ clipart by illpop.com」 http://illpop.com/

Aと同じ速度で動く車に積んだカメラから見ると、

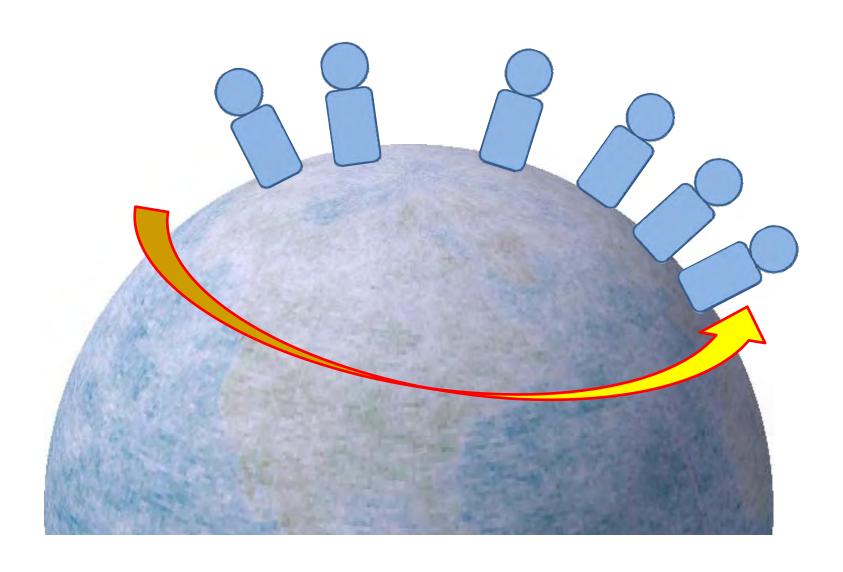
Aは止まって見える。



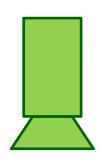
車のイラスト:「画像提供イラストポップ clipart by illpop.com」http://illpop.com/

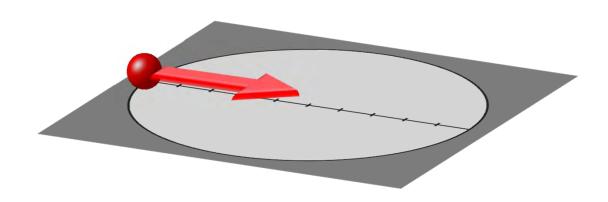
地球という大きな乗り物に乗って一緒に動いている私たちは、 地球の動きを感じることはできない。

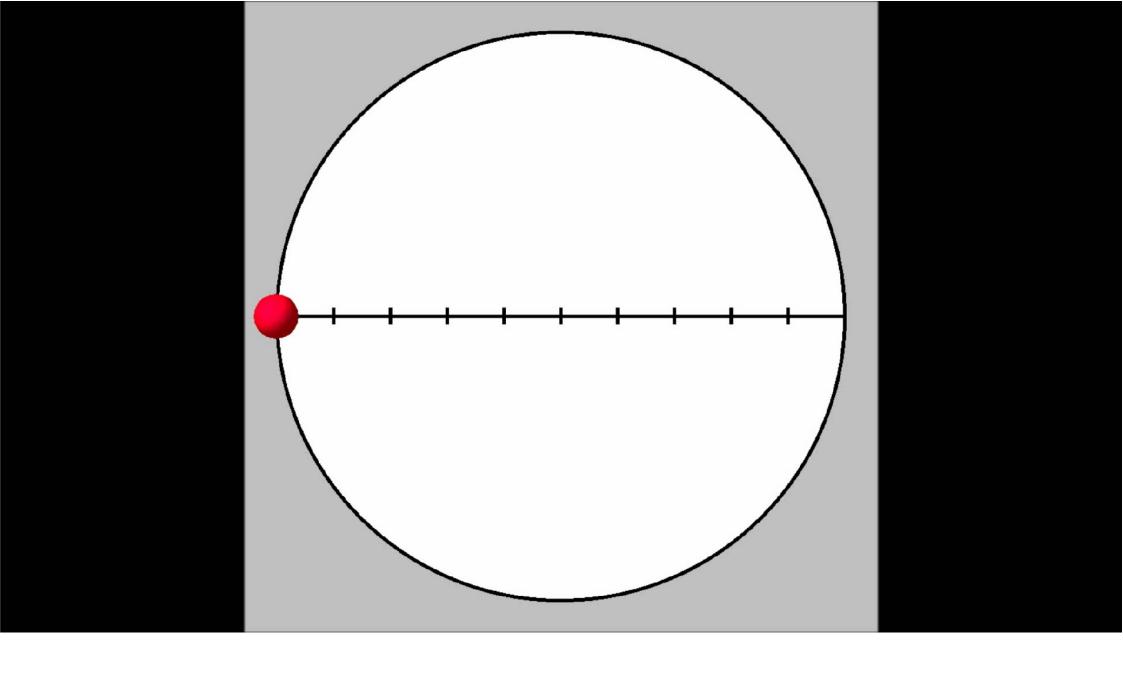
→ 何をもって「地球が動いている」とするのか?



板の上でボールを転がし、 上からカメラで撮影します。 どんな軌跡を描くでしょうか?





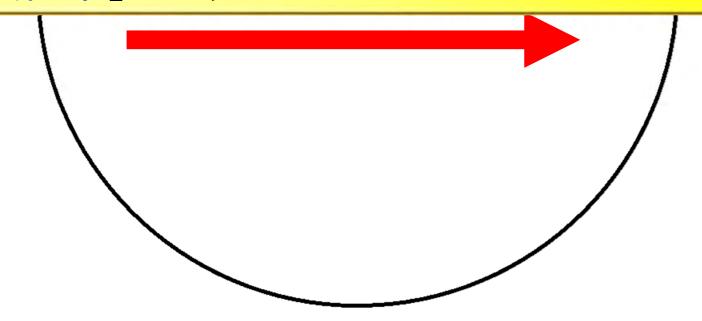


「静止した」カメラで見た場合

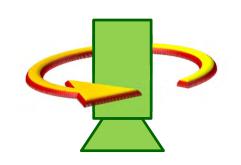
外から力が加わらない限り、 物体は同じ速さで同じ方向に運動し続ける。

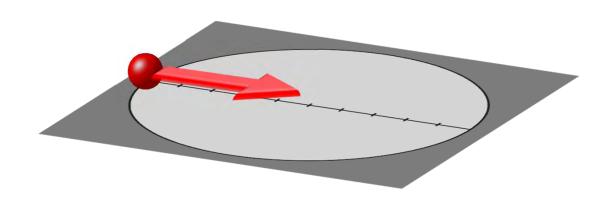
⇒「慣性の法則」

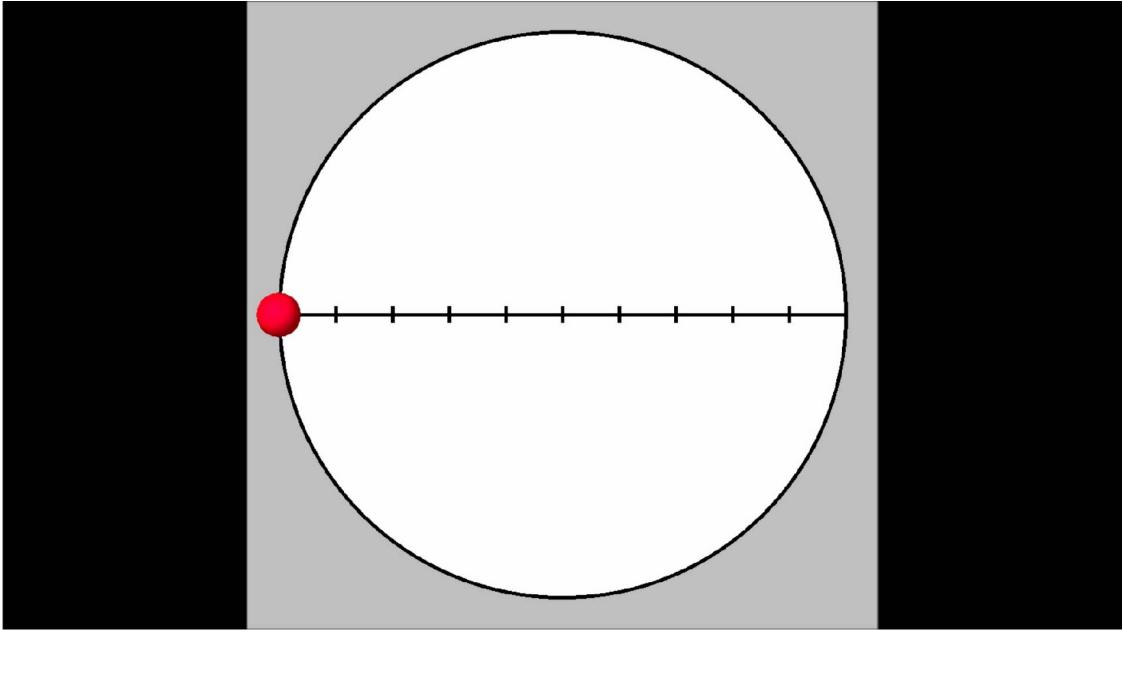
慣性の法則が成立するようなカメラのことを 「慣性系」という



今度はカメラを自転させながら 撮影します。 どんな軌跡を描くでしょうか?



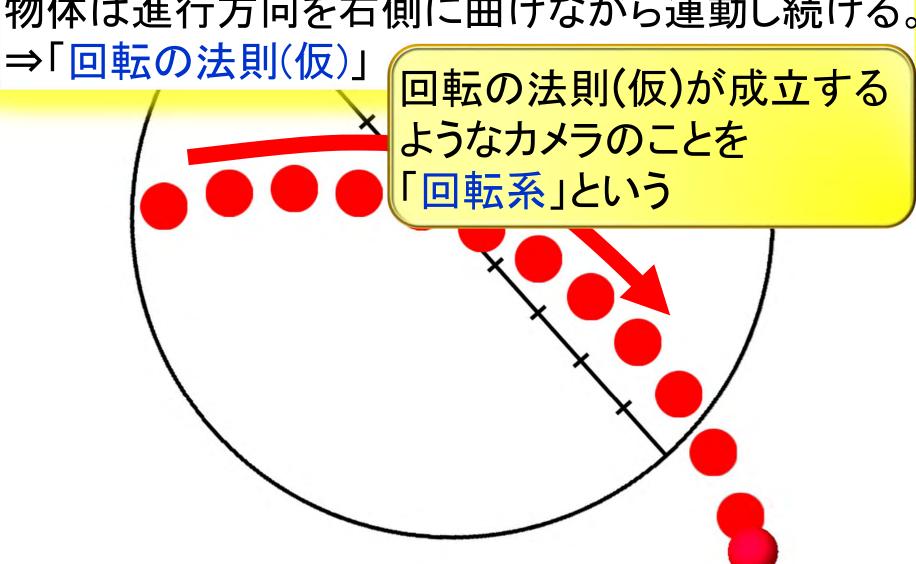




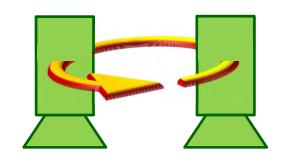
「自転する」カメラで見た場合

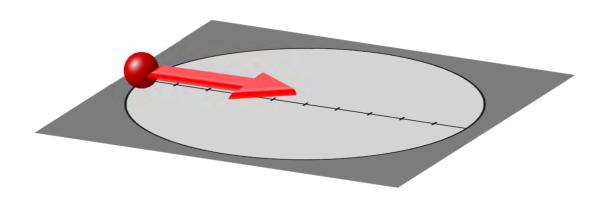
外から力が加わらない限り、

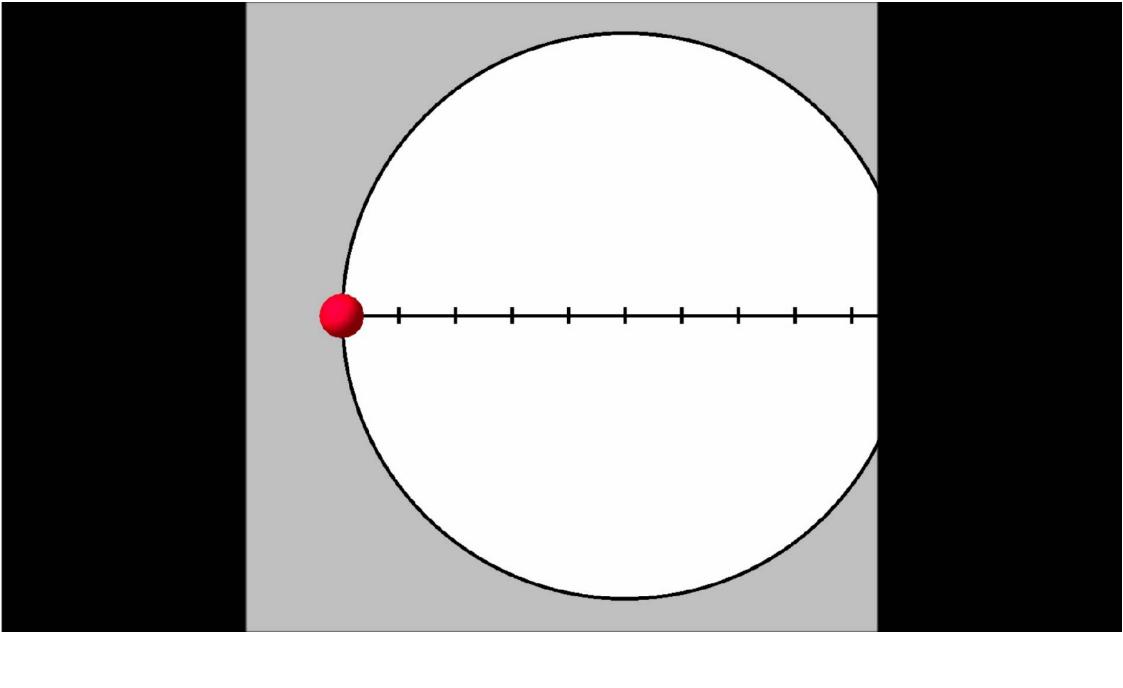
物体は進行方向を右側に曲げながら運動し続ける。



今度はカメラを公転させながら 撮影します。 どんな軌跡を描くでしょうか?

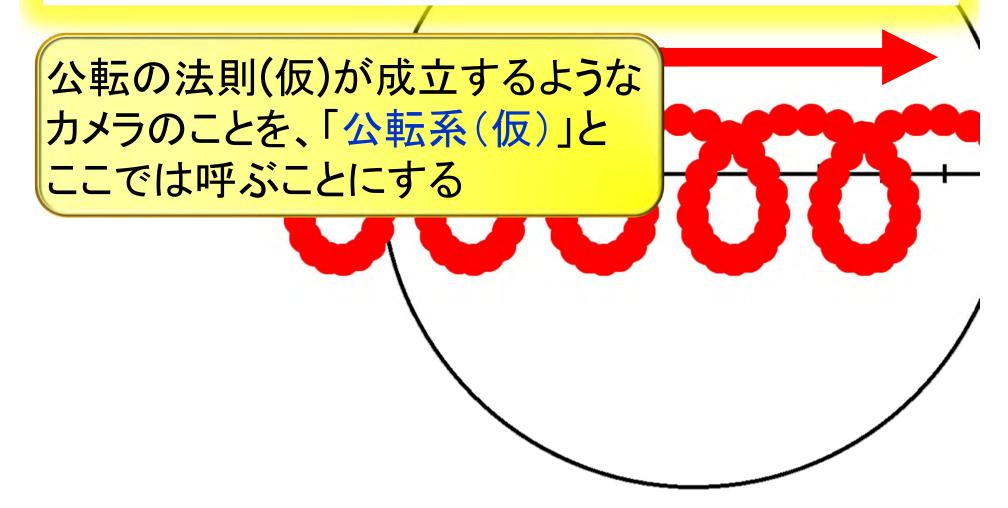






「公転する」カメラで見た場合

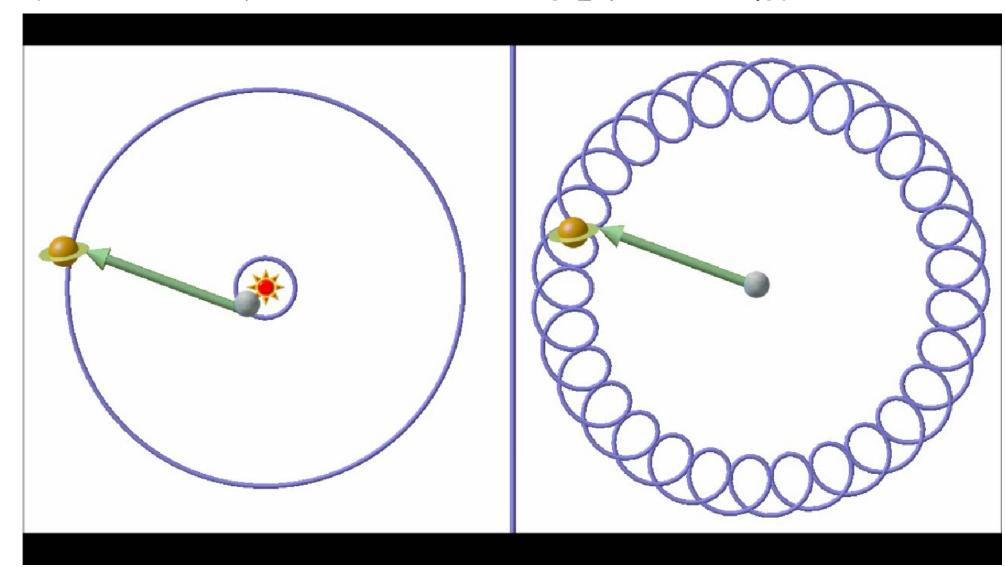
外から力が加わらない限り、 物体は円を描きつつ一方向に運動し続ける。 ⇒「公転の法則(仮)」



地球から見た外惑星(火星・木星・土星・・・)の運動

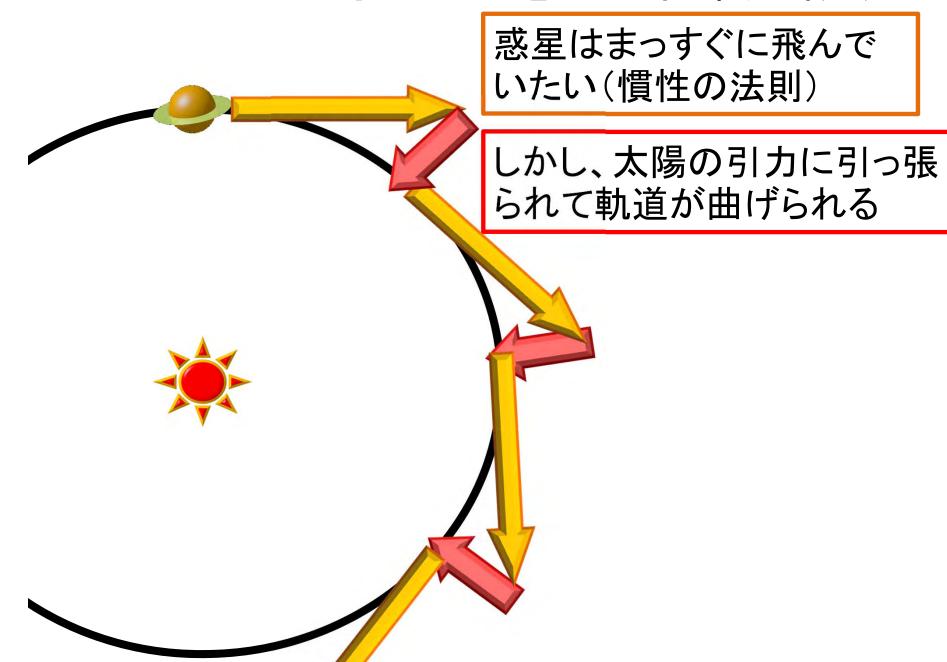
太陽を中心にした場合

地球を中心にした場合



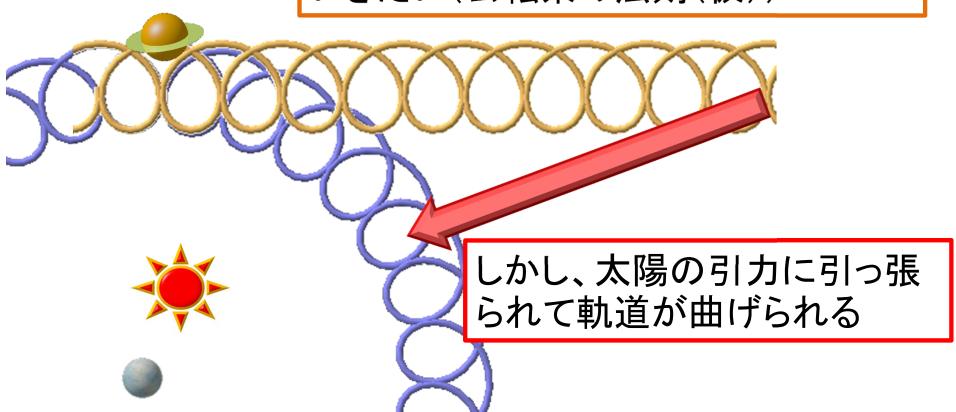
縮尺はあまり正確ではありません。

ニュートン力学による惑星の回転の説明



惑星の回転の説明(公転系(仮)の場合)

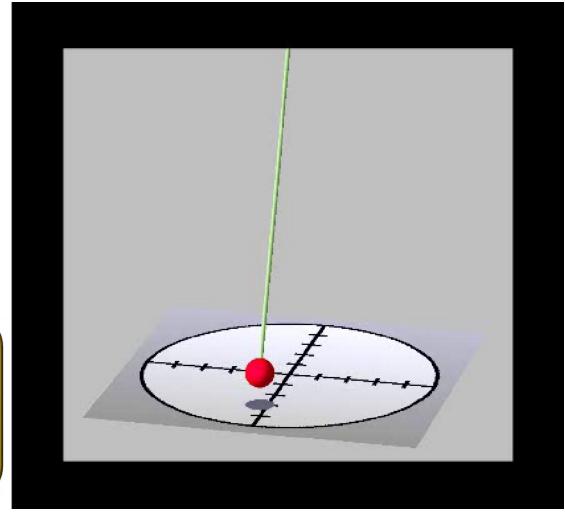
惑星は円を描きながら一方向に飛んでいきたい(公転系の法則(仮))



どのようなカメラを選んでも、適切な物理法則を 用いれば現象を説明することができる。 フーコーの振り子の実験 (1851年) 大きな振り子を作成して実 験したところ、振動方向が ずれていくのが確認された。

地球に固定されたカメラが「回転系」であることの 実験的証明

これを「地球が回っている」ことの証明と言っていいものか...



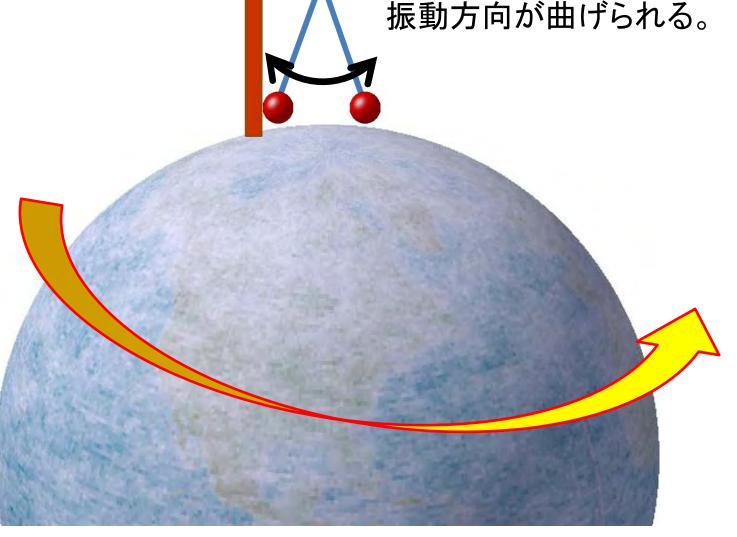
慣性系のカメラで見た場合の説明

振り子は同じ面で振動しているが下の地球が回転している。

回転系のカメラの場合

地球は動いていないが、

回転の法則(仮)によって振り子の振動方向が曲げられる。



地球は動いているのか?

- 太陽に固定されたカメラで見れば、動いている。
- 地球に固定されたカメラで見れば、止まっている。

どのカメラが「正しい」ということはない。 そのカメラにあった適切な物理法則を導入すれば、現象を 理解することができる。

しかし、物理法則が「簡単」か「ややこしい」かの違いは存在 太陽に固定されたカメラのほうが慣性系に近いので、 物理法則がシンプルである。

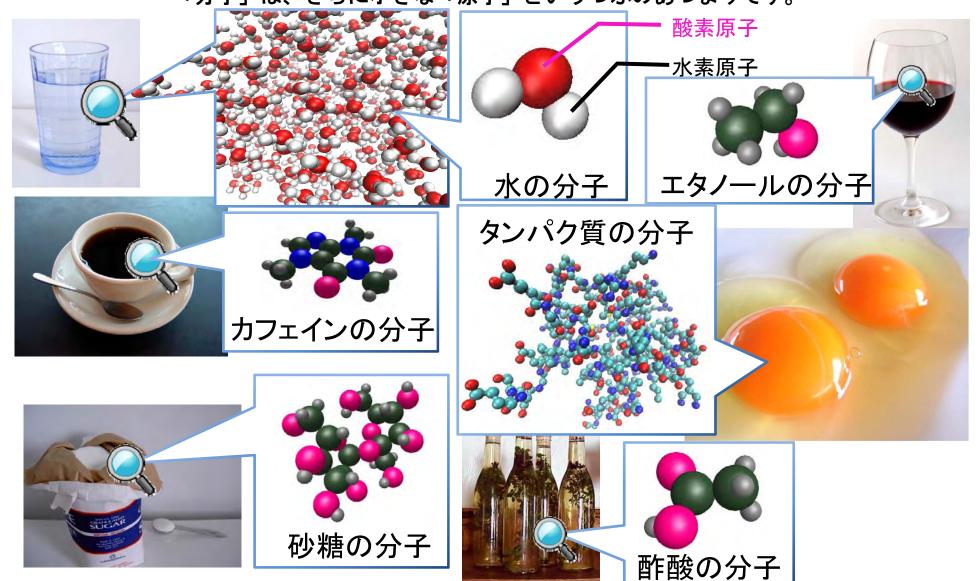
座標系(「カメラ」)の選択

地球科学(気象現象・海流など地球と共に動く現象を扱う)など、地球に固定された座標系が用いられることも多い。 それでも、回転の法則(仮)を導入することで、正しく現象を記述できる。

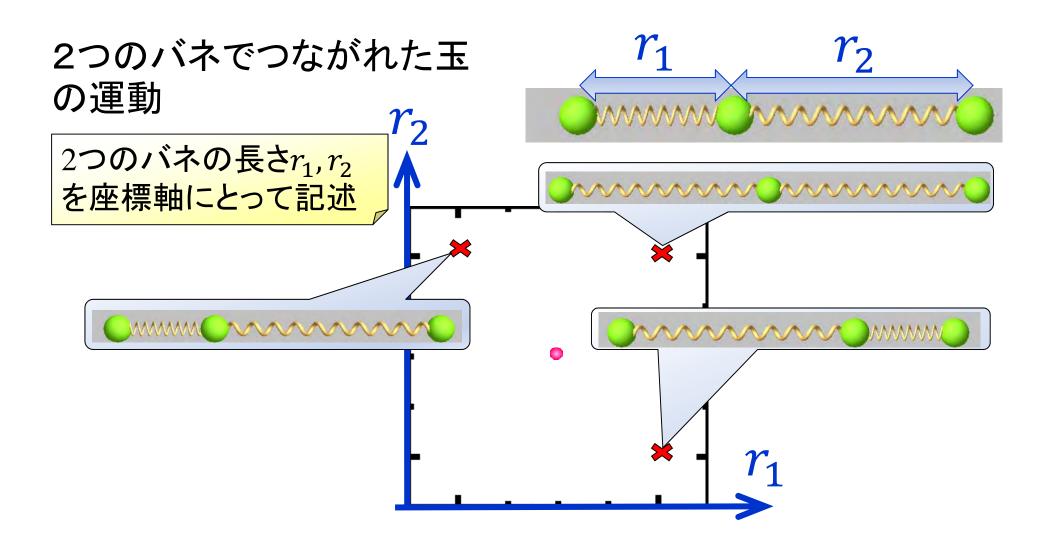
対象とする現象に適した座標系を導入することが、現象を理解する上で重要である。

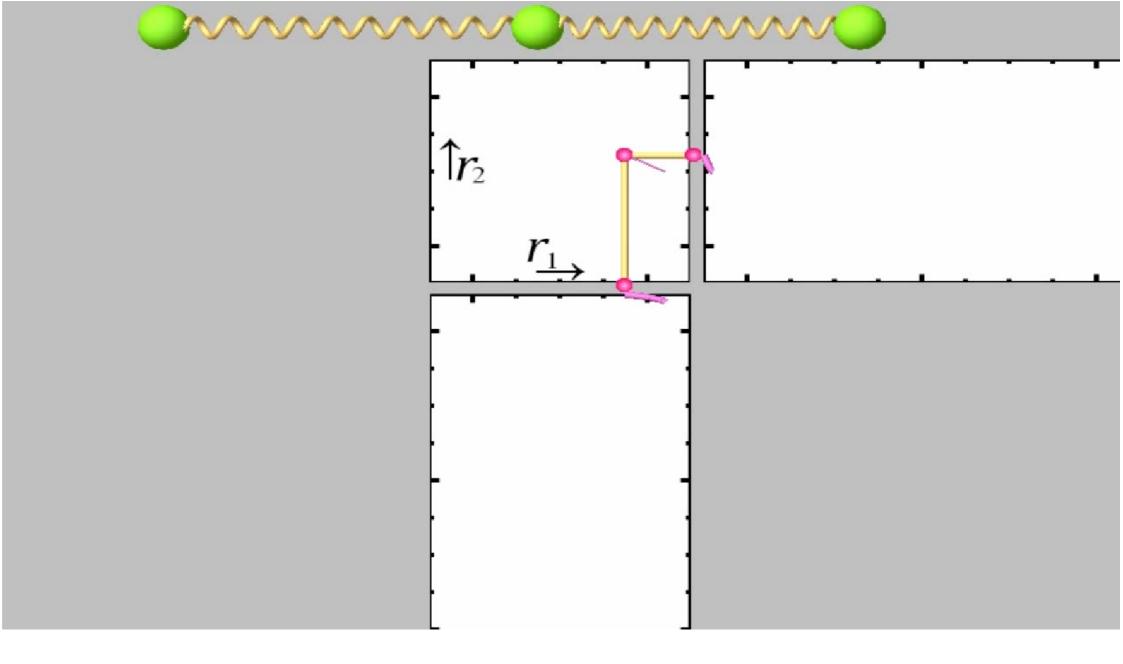
分子(ぶんし)とは

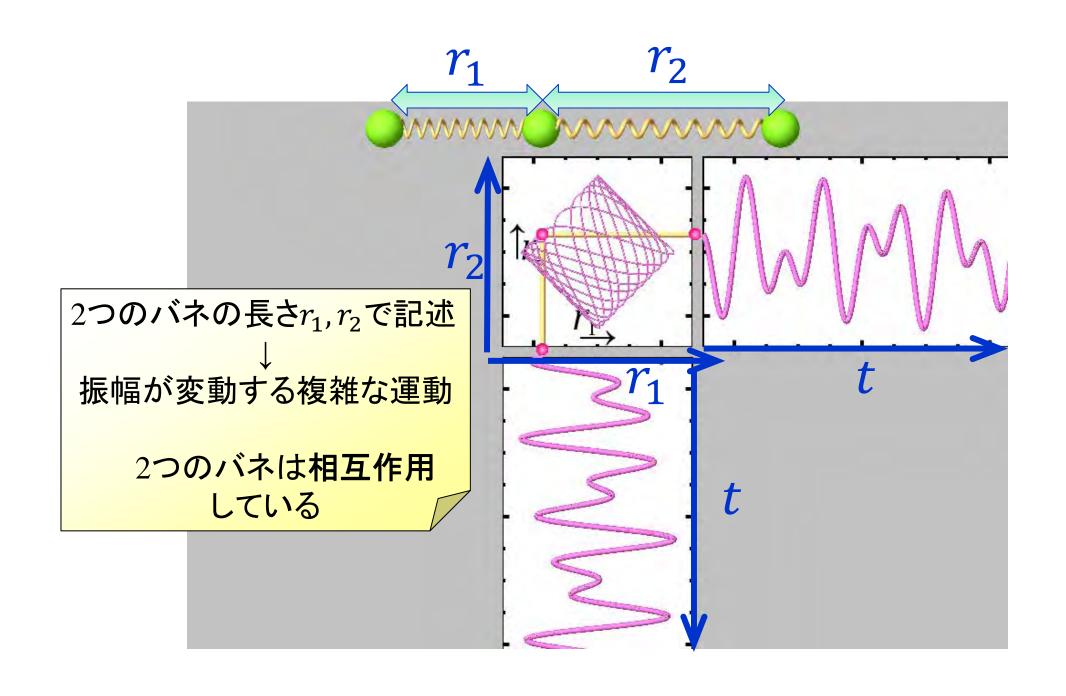
わたしたちの世界は「分子」という目に見えない小さなつぶつぶでできています。 「分子」は、さらに小さな「原子」というつぶのあつまりです。



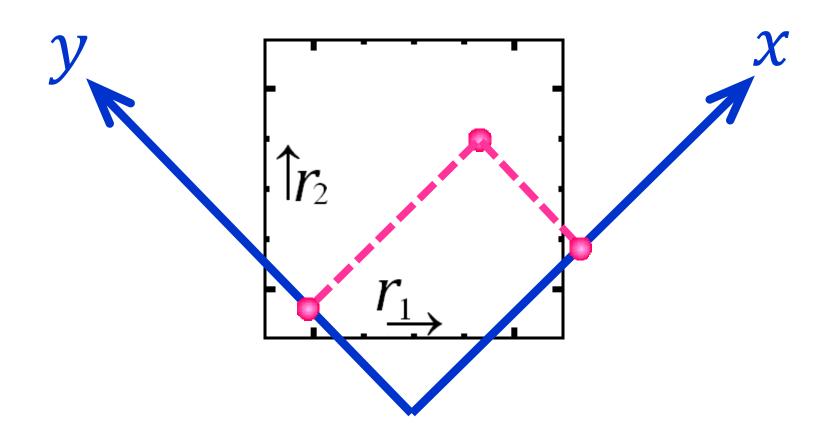
分子の動きを記述するために 適切な座標系とは?

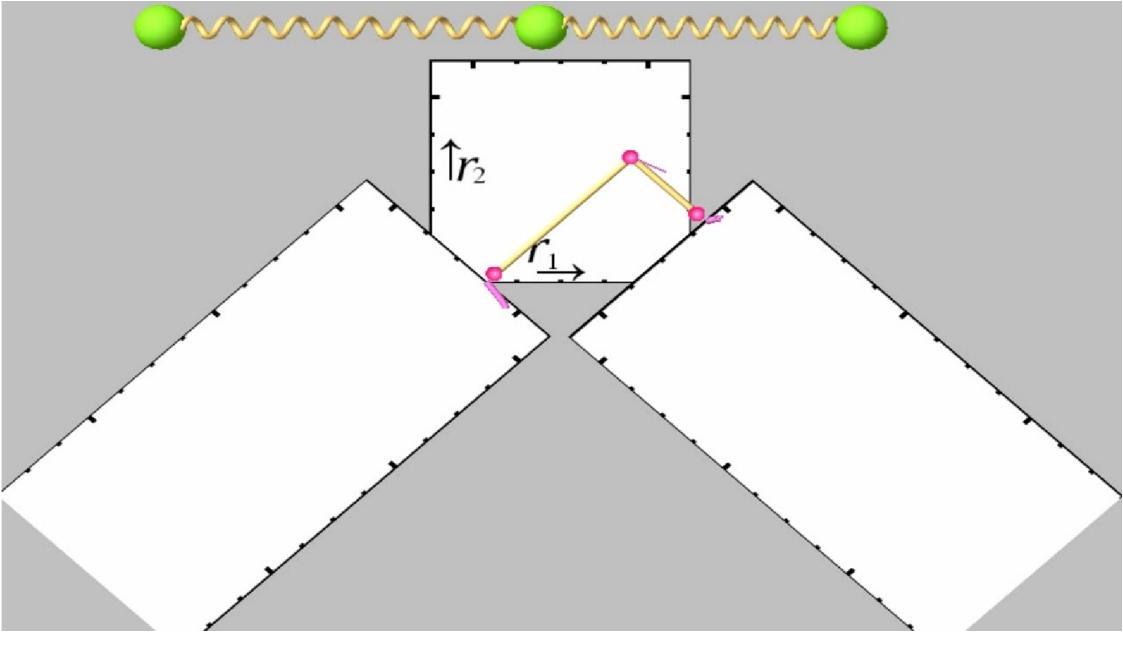




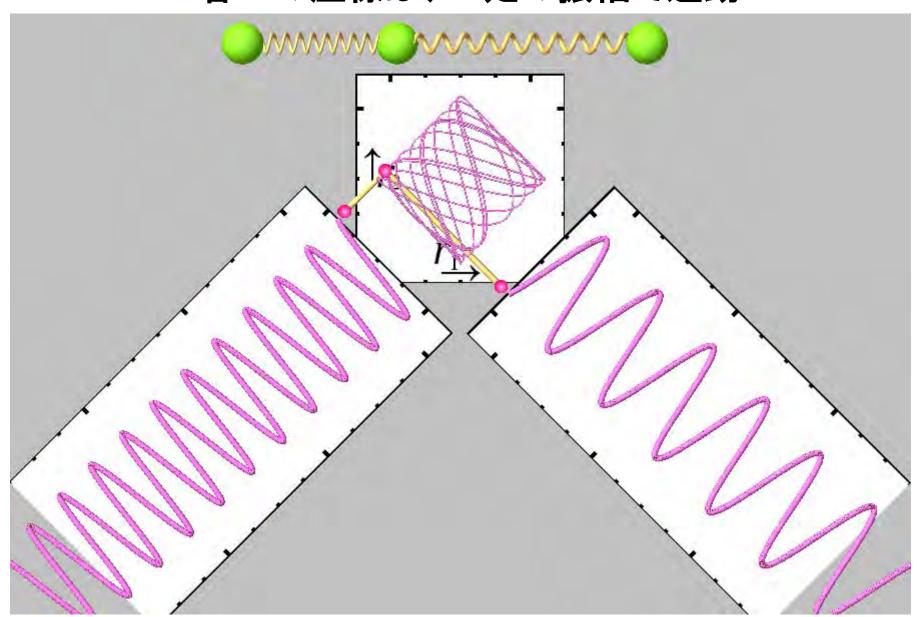


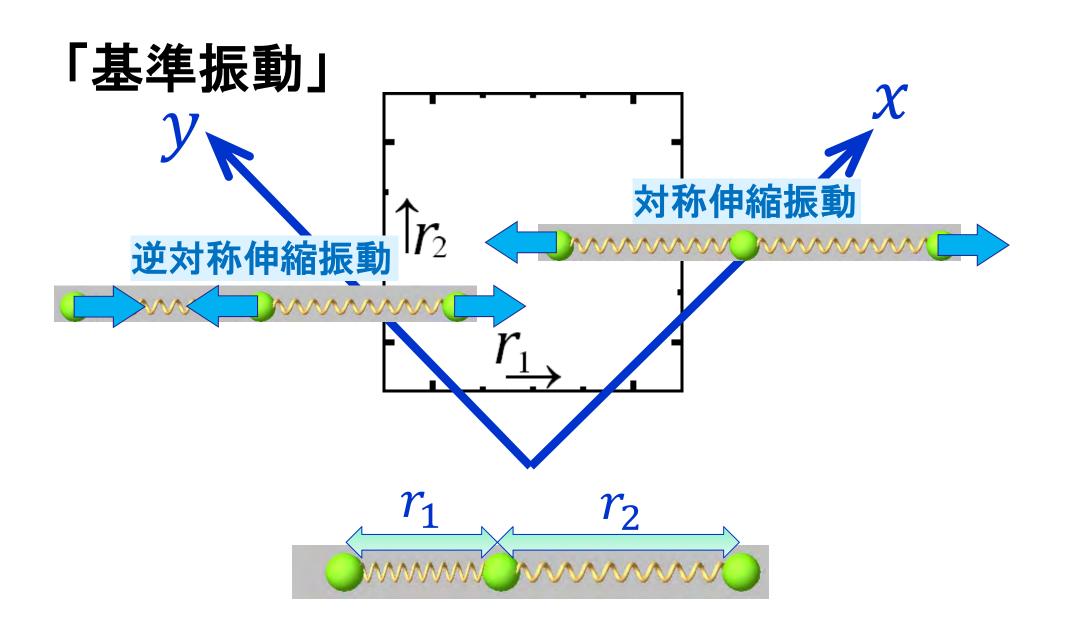
同じ運動を、ななめ向きの座標軸で記述



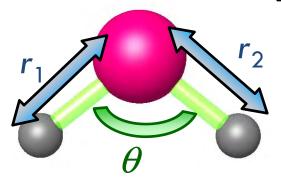


同じ運動を、ななめ向きの座標軸で記述 各々の座標は、一定の振幅で運動





水分子の基準振動

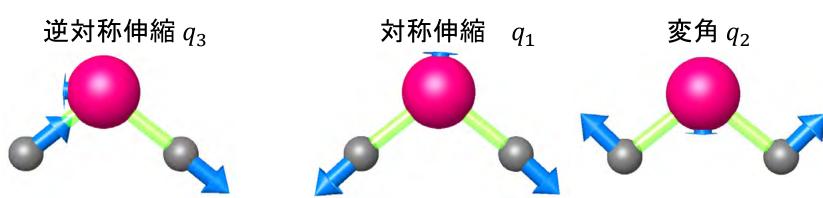


 $(\Delta r_1, \Delta r_2, \Delta \theta)$

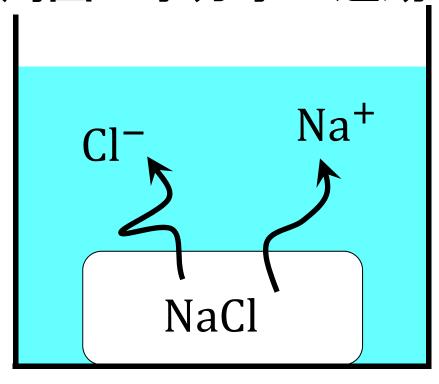
r₁, r₂, θは、互いに相互作用している.



線形変換 q_1 の運動は、 q_2,q_3 とは独立!



水溶液中のイオンの拡散運動における、周囲の水分子の運動モード

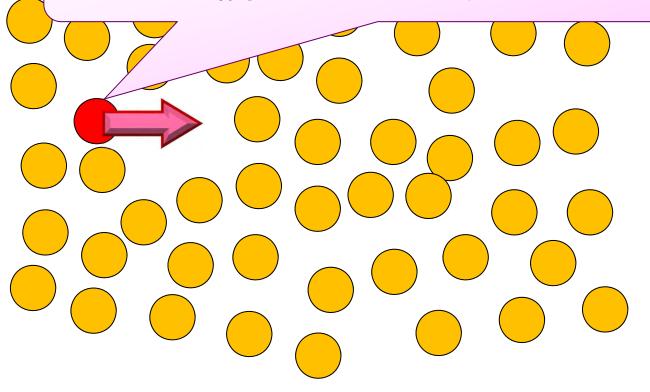


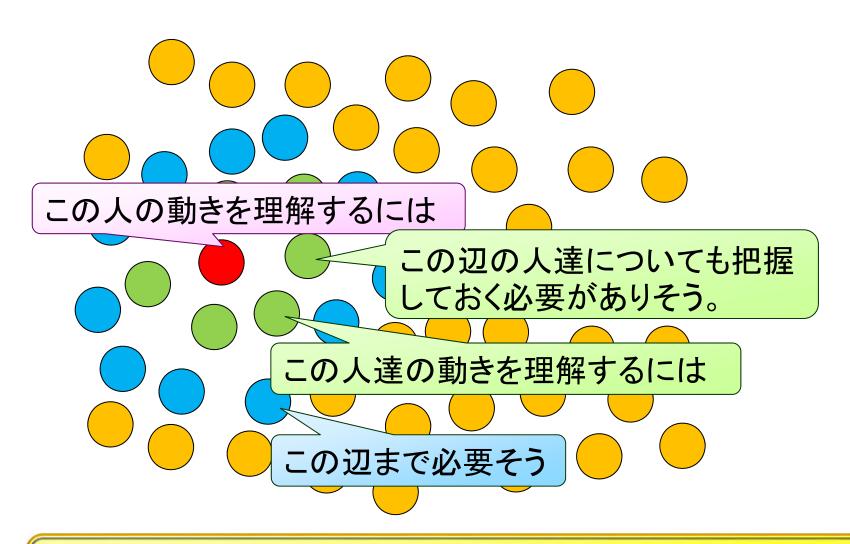
食塩(NaCl)を水に溶かすと、 Na⁺イオンとCl⁻イオンに分 かれて拡散する。

Na⁺イオンの水中での動き かたについて、調べてみた。

人ごみの中を、自分の友達が歩いているとする。

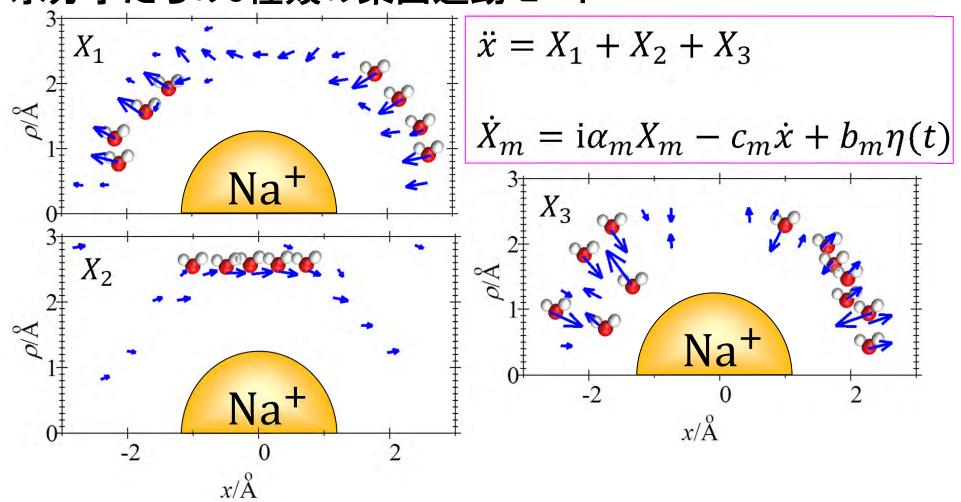
いま興味があるのはこの人だけで、その他大勢の動きについては大雑把に(近似的に)記述できれば良いとする。





というように考えていくと際限がないので、 もっと効率の良い記述法(座標のとりかた)はないか?

Na⁺イオンの運動に影響を与えているのは、 水分子たちの3種類の集団運動モード



水分子とNa+イオンの絵は補助的に入れたものであり、縮尺は正確ではない。

まとめ

- ◆分子系では、原子の位置座標を軸とする抽象的な空間の中で座標軸を取りかえることにより、分子の運動を見通しよく理解できる。
- ◆この座標軸は、複数の原子が協奏的に動く「集団運動」の モードを表している。
- ◆今後、より複雑な分子系(生体高分子,化学反応,など) にこの解析を応用していきたい。