

## 1210：不確定性原理の意味

(これはよく覚えましょう．不確定性関係(原理)は化学現象理解の原点ともいえます)  
キーポイント：ド・ブローイ；波と波束，波の干渉；波束は多くの波長の波が合わさってできる；波の運動量；不確定性関係の意味

不確定性原理は粒子(物質)の波動性(物質であっても波の性質を持つこと)に由来します．

[物質の波動性]

電子の波動性は1923年ド・ブローイ(de Broglie, L. V. (1892-1987, フランス))によって理論的に発見され，1927年デビソン(Davisson, C. J. (1881-1958 アメリカ))電子回折という現象で確認されました．現在は，どのような物質でも波動性があると認識されていますが，物質の質量が大きくなるほど波長が短くなり，波動性は観測されなくなります．

[波束]

一般に，波は一定の波長をもっていて減衰も増加もせず無限に広がります．粒子は位置を伴いますので，通常の波の概念は適用できません．それでは，粒子が波の性質を持つとするとどのような波になるか？という疑問が起こります．粒子が運動しているなら，粒子の波はその付近に存在すると考えるのが自然です．つまり空間のある範囲にだけ存在する波です．

このような波を**波束 (wave packet)**といいます．波には+と-の位相があり，同じ位相の波が重なれば増強され，異なる位相の波が重なれば相殺される性質(波の干渉という)があります．実は，波束はいろいろな波長の波の重なり合いでできるのです．

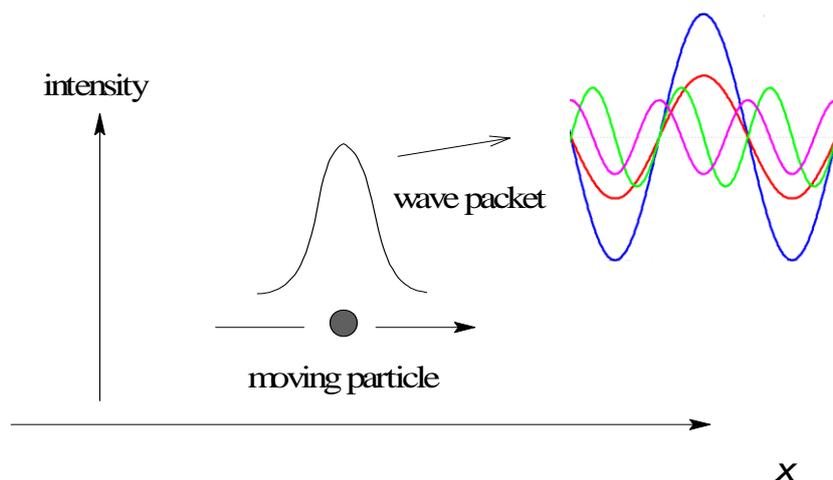


図1. 運動する粒子の近くに波束がある(縦軸は波の強度)．波束は複数の波長の波が重なったもの．

[波束は複数の波がかさねあわさったもの]

粒子がどこにあるか全く分からない場合、その粒子の波は一つの波長で表すことができます。粒子の位置がより明確になるほど粒子の波は幅の狭い波束の形をとります。波束は単一波長の波ではなく、複数の波長の波が重なったものです。波束の幅が狭まるほど、より多くの波長の波が含まれることとなります。

[不確定性関係の意味]

粒子の波束の波長を観測すると、多くの種類の波のうちの一つが現れるのです。 ある場合は短い波長のまたある場合は長い波長の波が観測されるということです（観測される波長は測定によって異なる（確定した値ではない）。

波長 $\lambda$ の波は  $h/\lambda$ の運動量を持ちます（長い波長は小さな運動量，短い波長は大きな運動量となります）。よって，波束にはさまざまな運動量を持つ波が含まれる（運動量の値が確定せず曖昧である）こととなります。つまり， $\Delta x \rightarrow 0$  のとき， $\Delta p \rightarrow \infty$ ，およびその逆が成立するのです。これが不確定性原理の意味です。