

第1回 ブラウン運動 ～分子の存在と熱運動～

第__班__H__番 名前_____ 授業日：__月__日

〔文章1〕 1827年、イギリスの植物学者ロバート・ブラウンは、花粉の観察中に不思議な現象を発見した。花粉から飛び出した非常に小さい粒が不規則な運動をしている。花粉以外の小さい粒（岩石やインクその他）も同じように不規則な運動をしている。翌年、彼はこの内容の論文を出したが、さらに研究を進め1829年には総括として「有機物、無機物に関わらず、1 μm 程度の固体の微粒子を液体に浮かべた時、ひとつひとつの微粒子が互いに無関係にそして不規則に動く」という内容の論文を出した。この運動がブラウン運動と呼ばれるものである。

※1 μm （マイクロメートル）＝100万分の1メートル

〔文章2〕 水とか空気に浮かんだ微粒子は激しくブラウン運動をする。その原因は何だろう。19世紀末頃までに見出された、手がかりとなりそうな事実を以下に挙げる。

- ① ブラウン運動が起こるためには、粒子の小さいことが重要である。粒子が小さいほどブラウン運動は著しい。
- ② その微粒子がどんな物質からできていても、ブラウン運動は同じように起こる。
- ③ 微粒子を浮かべる液体もその微粒子と反応しない限り、何であっても良い。気体でも良い。ただし、粘性の高い液体はだめである。
- ④ ブラウン運動は、大体が震え動くような運動だが、不規則きわまるもので、動く方向をはじめとして運動はめまぐるしく変わる。ごく接近して浮かんだ2つの微粒子でも歩調は全く揃っていない。
- ⑤ 微粒子が1個だけ浮かんでいる場合でも、ブラウン運動は起こる。
- ⑥ 時間がいくら経過しても、運動は弱まっていかない。
- ⑦ 強い光を当てたり、電気を通したりしても、ブラウン運動に変化は起こらない。
- ⑧ 微粒子を浮かべた液体の温度を上げると、ブラウン運動は、一層著しくなる。

〔文章3〕 1905年、アインシュタインは、当時すでに知られていた分子運動論と結びつけて、この現象を説明した。粒子の周りの媒質である水や空気の分子運動によって、ブラウン運動が起こると考えたのである。

水などの媒質分子は激しく熱運動をしており、微粒子に衝突すると衝撃を与える。分子が与える衝撃の大きさや方向は、衝突の仕方によって異なり、粒子が大きければ動かないが、粒子が小さければ、各方向からの衝撃は一様でないので、その合力の方向に動き、次の瞬間に別の方向に動くことになる。

ブラウン運動を研究し、アインシュタインの説明について実験で検証したのは、フランスの物理学者ペランである。このことは、科学者たちに原子・分子の存在を認知させただけでなく、以後の量子力学、統計力学の誕生と発展の契機となったという意義をもつ。

〔文章4〕 ブラウン運動に関するアインシュタインの論文を出発点として、絶え間ない変動と不安定にさらされる世界（非平衡状態）を扱う物理学が生まれた。無数の分子が存在する世界には、1個1個の分子の運動からは予測がつかない偶然性や規則性があり、異なった法則に支配されている。これは、通信やコンピュータの技術に用いられる一方、カオス理論や構造形成の理論へと発展している。不安定性は、「ゆらぎ」を拡大するため、同じ条件でも多様性が生じる原因となっている。

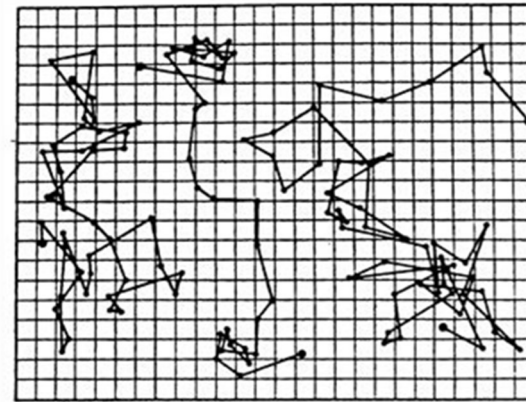


図1 ペランが観察したブラウン運動の軌跡
(1目盛りは3 μm であり、観測した点は30秒ごとの粒子の位置を表している。)

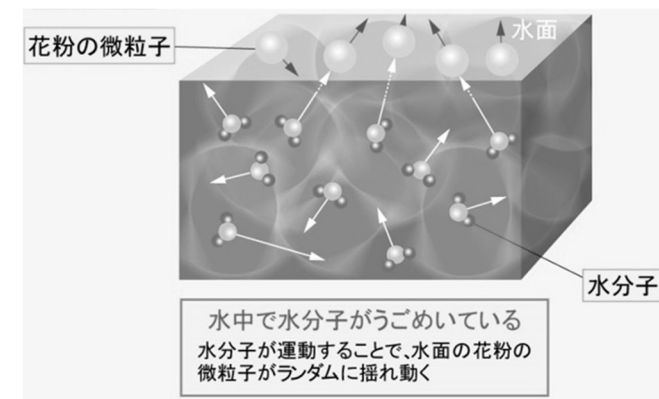


図2 ブラウン運動の模式図

〔参考文献〕

- [1] 江沢 洋 「だれが原子をみたか」 岩波現代文庫 岩波書店
- [2] 栃木県総合教育センター理科《物理領域》思考力・表現力を高める授業を目指して[熱力学]
www.tochigi-edu.ed.jp/center/cyosa/cyosakenkyu/kyokasido_h21/butsuri
- [3] ブラウン運動を光学顕微鏡で見る www.aichi-c.ed.jp/contents/rika/koutou/kagaku/.../brownianmotion.html
- [4] 01 ブラウン運動の観察
http://www.gifu-net.ed.jp/ssd/sien/gakuryokusougou_suisin/koutokugakkou/koutokuH23/04rikaH23/01-1kaisetu.pdf
- [5] ブラウン運動の簡単な観察法-京都教育大学 natsci.kyokyo-u.ac.jp/~rigaku/forum/soukanngou/taro9-brownpg.pdf
- [6] 京都大学全学共通科目. 『統計物理学』講義ノート. 富田博之
https://ocw.kyoto-u.ac.jp/ja/frp7an/introduction-to-statistical-physics/pdf/statis_1_01.pdf
- [7] ブラウン運動 佐野 雅己 http://www.um.u-tokyo.ac.jp/publish_db/2006jiku_design/sano.html
- [8] 理科ネットワーク <https://www.rikanet.jst.go.jp/>