

あずきの葉の不規則運動のスペクトル

茨城大学 工学部 安久正紘

石田健二

理学部 横井洋太

あずき(種子は大納言)を恒温($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$), および白色蛍光灯による恒明条件(約1200ルクス)下で成育し、第1節の成長および第1葉の展開が完了した個体について、主として第1葉の葉枕部で生ずる自励開閉運動を観測記録した。恒明、恒温条件下では、通常、小豆の葉は約27時間の固有周期を持つ自励振動を継続する。波形の時間変化の1例を図1に示す。この自励振動波形の周波数スペクトルを図2に示す。横軸は周波数で単位は $1/\text{hr}$ である。27時間の固有周期に対応して主ピークが表れている。3次、5次等の奇数次高調波にも副ピークが表れる。固有周期より低い周波数帯(1日以上の周期に対応)では、スペクトル密度は小さくなっている。24時間周期の外部入力光がある場合は葉の運動はこれに同期し、図3に示すような1日周期の運動をくり返す。

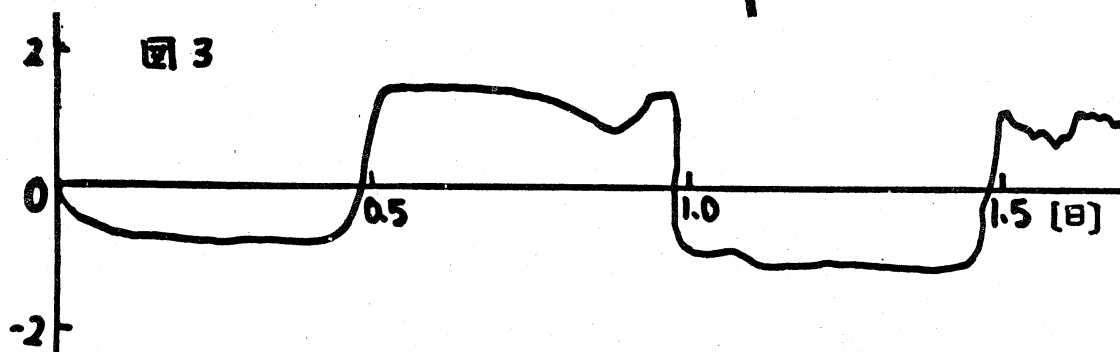
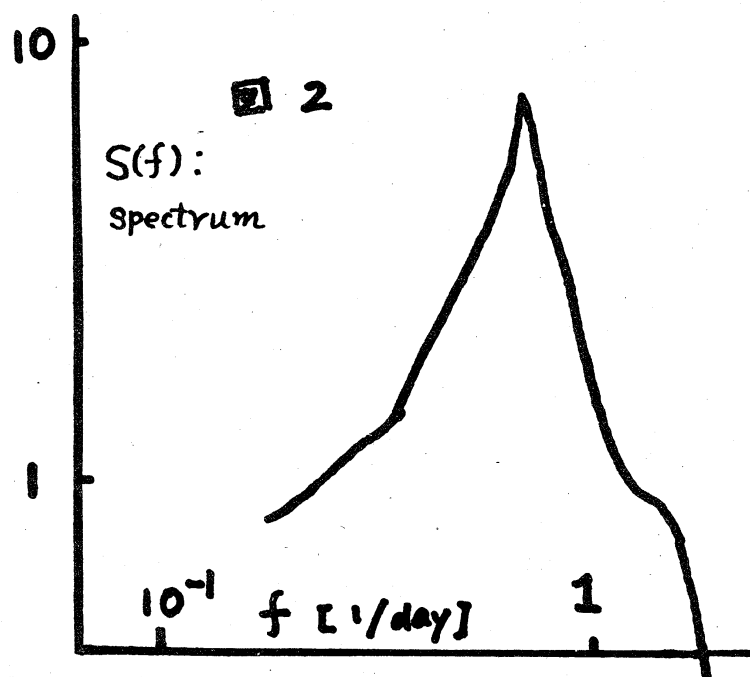
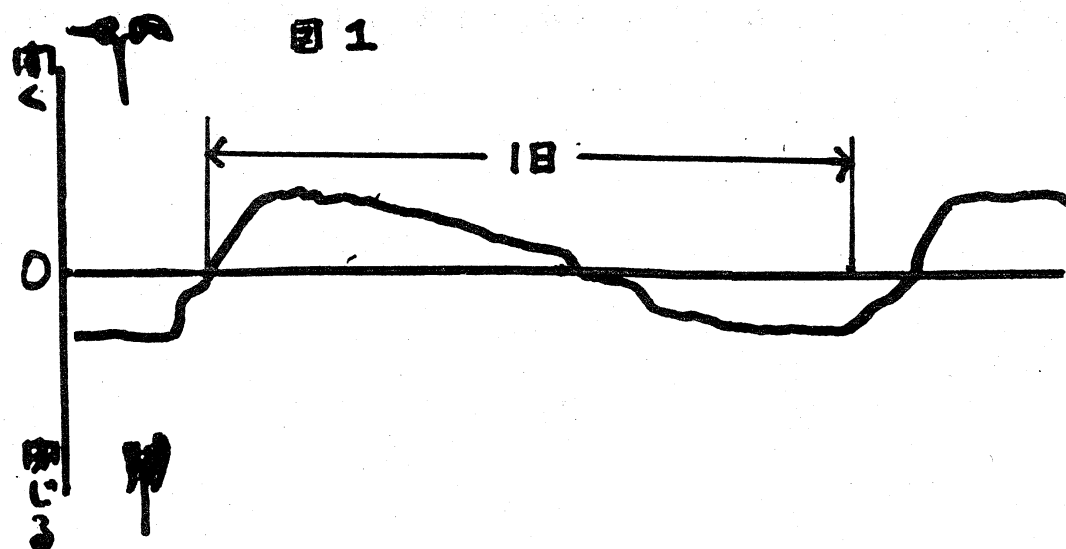
恒明、恒温条件下でのあずきの葉の運動は多くの場合、自励振動をくり返すが、時としてこの運動の周期がくずれ、以後、不規則運動が継続する場合があることが見いだされた。(図4) この不規則運動がいかなる生物学的条件のもと

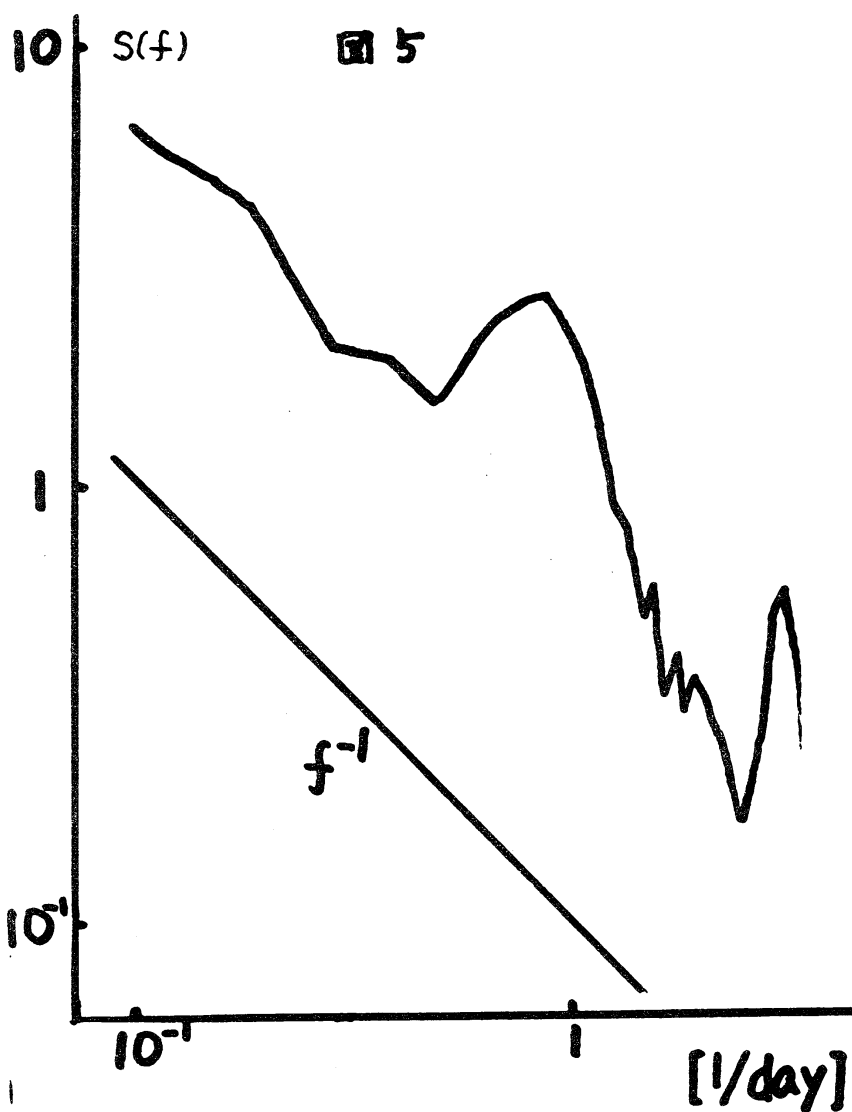
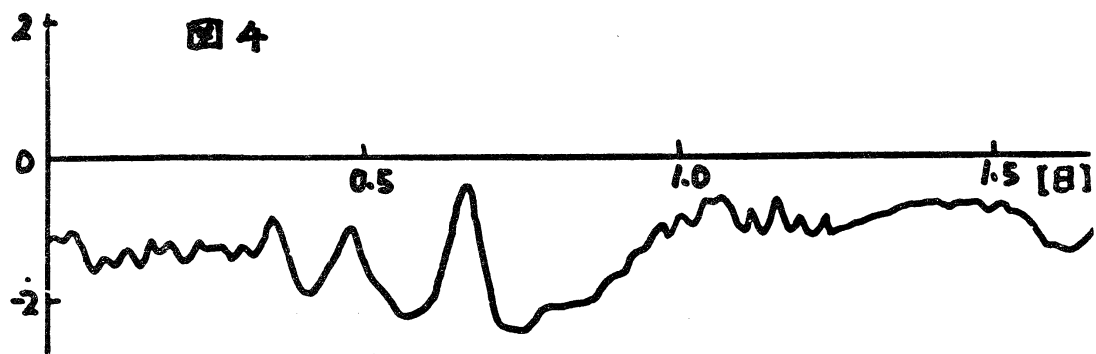
で発生するかははっきりしないが、1年以上経過した古い種子から発芽した固体にはこの不規則運動を示すものがあった。不規則運動の周波数スペクトルは図5に示されている。特に固有周波数 ($1/27 [1/\text{day}]$) より低い周波数帯では、スペクトル密度は周波数 f の逆数に比例して増加する " $1/f$ スペクトル" になっている。この " $1/f$ スペクトル" は広範囲のゆらぎ現象、例えば固体中を流れる直流電流、宇宙線のカウント数、気温の変動、細胞膜の電位の変動、等々に見い出されている。この " $1/f$ スペクトル" の現象論的モデルとして次のものが考えられる。変数の組 x_j ($j=1, 2, \dots, n$) の各々が、初期値 x_{ij}^0 緩和周波数 γ_j で単純緩和をするとし、その重ね合わせ $x(t)$ を考えよう。すなわち $x(t) \equiv \sum_{i,j} x_{ij}^0 \exp(-\gamma_j t)$ 。

この時、 $x(t)$ のスペクトルは、 x_{ij}^0 , γ_j は独立の確率変数とする時、 $\omega \rightarrow 0$ の極限で $1/f$ 型になることが次のように示される。

$$\begin{aligned} \langle |x(\omega)|^2 \rangle &= \left\langle \sum_{i,j} |x_{ij}^0|^2 \frac{1}{\omega^2 + \gamma_j^2} \right\rangle \\ &= \sum_j \frac{K(\gamma_j)}{\omega^2 + \gamma_j^2} = \int_0^{\gamma_m} d\gamma P(\gamma) \frac{K(\gamma)}{\omega^2 + \gamma^2} \\ &\xrightarrow{\omega \rightarrow 0} K(0) P(0) \frac{\pi}{2} \frac{1}{\omega} \end{aligned}$$

ここで $K(\gamma) \equiv \sum_i |x_{ij}^0|^2$ であり、 γ の分布関数 $P(\gamma)$ は、 $\gamma=0$ で有限値 $P(0)$ を取るものと仮定している。





edited by T. Musha

*) Proc. of the Symp. on 1/f Fluctuations, 1977 Tokyo Jap.