

揺らぎ

荘銀総合研究所 顧問（山形大学名誉教授）

成澤郁夫

日本の夏には欠かせない風物として風鈴があった。もちろん今でもまだあるのだが、エアコンがこれだけ行き渡ってしまうと、かつてほど街中で聞くことができなくなってしまった。風鈴は江戸風鈴といわれるガラス細工ものが有名であるが、毎年7月中旬川崎大師で開催される風鈴市には、日本各地から郷土色豊かな風鈴が数多く集まってくる。日本の風鈴はその名のとおり風の奏でる鈴の音色である。これを慎ましやかなソロ演奏であるとすれば、外国では長さの異なる金属や竹の筒あるいは大小の板をつづって輪にしたウィンドチャイムがある。これは合奏のようにいろいろな音階の音を賑やかに鳴らす。ただ、風鈴にしてもウィンドチャイムにしても、まったくでたらめでもなく、かといって規則的でもないリズムで音を奏でることが心に触れる。

万物は揺らぐ

男の決心が揺らぐというのはあまりいいことではないが、女ごころの微妙な揺らぎというのは、夏目漱石の小説「三四郎」でもそうであるが、物語りを面白くさせる種にもなっている。揺れているということは時々刻々その状態が平均や中心から変化することである。地震も地面の揺れであるが、この場合にはひとつの波として揺れの大きさや持続時間のようなものが重要になる。しかし、一般的な揺れの場合には個々の波の高さや波

形を詳しく調べてもあまり意味がなく、どの程度の大きさの波がどれぐらいの間隔で押し寄せてくるのかというような統計的な性質の方がむしろ大事である。地震の場合でも長期的な予想をするには過去の大地震の頻度に注目するし、地震が終息したのかどうかを判定するには余震回数の変化を調べる。揺れや揺らぎというと風鈴や地震などの他にも、ロウソクの炎やかげろうなどをよく思い浮かべるが、花粉の粒子に水の分子が衝突することでふらふら揺れる有名なブラウン運動を思い出して見ればよくわかるように、現代物理学では、絶対零度でなければ気体、液体、固体を構成するすべての原子や分子は程度の差はあっても常に熱運動で揺れていることがよく知られている。古代ギリシャの哲学者ヘラクレイトスは物事の変化を「万物は流転する」といったが、「万物は揺らぐ」というべきだったかも知れない。

自然界の揺らぎ

揺らぎの統計的な性質には、揺らぎの大きさが時間変化につれてどう現れてくるのかということに注目する方法がある。揺らぎの動的な性質というが、自然界との関係では特にこの動的な性質に着目すると不思議なことがたくさんある。揺らぎの動的な性質を見る方法としては、揺らぎをいろいろな周波数をもったサイン波とコサイン波成分に分解し、対象となる揺れにはどのような周波数

成分がどれくらいの強さで入っているかを調べる。これをパワースペクトル密度というが、揺らぎの成分分析表ともいえるものである。このような方法で自然界に存在するいろいろな揺らぎを分析して見ると、1) まったくランダムなパターン、2) 極めて厳密に一定の変化様式に従うパターン、3) ランダムでも単調でもない中間のパターンに分類できることがわかった。周波数と強さの関係をみると、1) のパターンは周波数に関係なく白色揺らぎといわれるものであり、2) のパターンは周波数の平方と逆比例し、3) のパターンは周波数と逆比例することも突き止められた。周波数を f とすると、3) の揺らぎは $1/f$ 揺らぎとして知られており、しかも理由は不明であるが自然界にもっとも普遍的に存在する揺らぎであることが、この方面の研究の第一人者である東京工大名誉教授の武者利光氏によって指摘されている。

生体と生命のリズム

強く規則的に打っているはずの人間の脈拍も実は微妙に揺らいでおり、しかも $1/f$ の揺らぎとなっていることが知られている。脳波でさえも気分のよいときのアルファ波は $1/f$ 揺らぎをしており、いろいろ感がつのとこの $1/f$ の揺らぎが崩れてくるという報告もある。このように生体のリズムが $1/f$ の揺らぎのリズムで構成されているならば、「自然のリズムと生体のリズムが合



$1/f$ で揺らぐ杉木目

致したときに人間は快感を覚える」という武者氏の主張もうなずける。実際、心が癒されるような風鈴の音、小川のせせらぎ、寄せては返す波の音、小鳥のさえずりなどは $1/f$ のリズムをもっているといわれている。電車の中で居眠りをする人が多いのは日本人が働きすぎているからともいわれるが、実はそうではないようである。2本のレールの水準にどうしても少しずつ違いがあって、これが結果的に $1/f$ の周期で電車を揺れさせることが眠りを誘っているらしい。心地よい音楽や絵画もやはりこの $1/f$ 周期をもっているらしい。和風建築では自然の木目が大事にされるが、見た目に心地よい木目というのはやはり $1/f$ の揺らぎをもっている。もっとも木目というのは気温の変動が木の成長速度に反映したものであるから、最近の温暖化による異常気象を別にすれば安定した地球では気候変動そのものが $1/f$ 揺らぎをしていたことになる。風鈴も波の音も地球が大きく $1/f$ の揺らぎで動いていることを示している。地球の自転軸や磁極も同じように $1/f$ で揺らいでいるという説もある。こうなると $1/f$ の揺らぎは生命の誕生以来、生物が刻み込んできた記憶ということになるのかもしれない。やはり、万物は揺らいでいる。しかも、 $1/f$ 揺らぎでということの方が適切なのかもしれない。