

循環器系におけるカオスとその生物学的意味

津田一郎、九州工業大学情報工学部

田原孝、国立肥前療養所

岩永浩明、(株) コンピューターコンビニエンス

精神疾患患者のリハビリテーションに関する研究のプロセスにおいて、我々は健常者および精神疾患患者の手の指先から記録した毛細血管の脈波の変動がカオスであることを発見した。また、毛細血管と同時測定された心臓のパルス変動もカオスであることがわかったが、両系におけるアトラクターのトポロジーは全く異なるものであることが明らかになった。さらに、これらの系においてカオスの被験者の心身状態による依存性が研究された。毛細血管カオスは心身状態への依存性が高いが、心臓カオスは特別な心疾患がないかぎり心身状態への依存性はほとんどないことが明らかになった。両系は従来、自律神経系としてひとまとめにされていたが、我々の結果は自律神経系にサブグループが存在することを示している。以下、簡単に説明を加える。

1 方法

フォトダイオードから出力された980nmの波長の赤外線組織での反射波の強度が測定され、フォトトランジスターで一万倍に増幅され、A/D変換器を通してワークステーションにとりこまれた。サンプリングは200Hz, 12bit resolutionで行われた。心臓に関しては、市販の心電計が利用された。

2 結果

1、脈波と心拍動の一次元データを力学系への「埋め込み」を行いアトラクターの位相図を得た。4次元までの埋め込みが行われた。位相空間での軌道のねじれ、折り畳み、などが観測された。トポロジー的には少なくとも4次元以上のカオスであることが分かった。

2、4次元位相空間上で、リアプノフ数を計算した。二つの正のリアプノフ数

が得られた。

3、毛細血管の集合体も、心臓もともに健康な状態であるときにカオス的振舞いをする。

4、心臓から手の指先へむかっていくつかの場所で脈波が記録された。心臓、肩の前方、上腕内側部、肘内側部、手首内側部、ではすべて同一のトポロジーをもつアトラクターが観測され、指先にいたって全く異なるトポロジーが得られた。予備先では毛細血管の集合体の活動が見えているのに対して、他は一つの動脈の活動であること、神経支配に違いがあるであろうことなどが、これらトポロジーの違いを生み出していると考えられる。

5、心身状態への依存性の違いは、脊髄神経支配の違いによると考えられる。循環器系はホルモン分泌のあり方に影響を受けるが、ホルモン作用はまた脳の働きにも非常に密接に関係している。従って、循環器系のこれらの結果を脳神経系と無関係であるとして考えるわけにはいかない。

6、非常におおざっぱに言えば、心身が健康である（少なくとも、本人が調子がよいと自覚している）状態で生成されるカオスはアトラクターの構造が複雑であり、健康状態がきわめて崩れたときに生成されるカオスはアトラクターの構造が単純になり、次元が低くなり、周期振動に近い振動状態になる。このことは、ホメオスタシスという概念が実際は成立しないか、拡張されなければならないか、いずれかである。我々は、カオス（高自由度カオスであれ、低自由度カオスであれ）の出現は、生体の機能を高い状態に保つために必要な機構を提供しているのではないかと考えている。カオスはそれ自身の文法をもったダイナミックキャパシティーの高い状態であるから、カオスの出現によって、生体は常に変化する環境に‘知的に’、柔軟に対応できるのではないかと考えているのである。このような状態をホメオカオティックな状態、あるいはホメオダイナミックな状態とよんだらどうであろうか？