

情報生物学・複雑系の研究

21世紀は情報と生物の時代と言われており、生命現象の理解は多くの分野で最先端の研究課題となっています。従来、生物学は実験による解析が主でしたが、観測技術の発展により定量的なデータが得られるにつれ、生命現象を司るメカニズムの理解が進んで来ました。それに伴い、情報科学や物理学などの理論的枠組みによって非線形現象を解析する「システム生物学」や「バイオインフォマティクス」が急速に発展しています。当研究室では情報科学や物理学などの手法を用い、理論的に生物を理解することを目指しています。また、生体システムは高度に最適化されているため、その理解を通じて最適な工学システム的设计への応用も行っています。研究内容の一例を下記に記します。詳細は <http://sites.google.com/site/yoshihikohasegawa/>

【研究テーマ】

生体メカニズムの原理を最適化原理から探る 生物には、物理学にあるような統一的な理論がありません。しかし、現存する生物は例外なく「進化」という過程を経ているため、全ての生物システムは環境に対して高度に最適化されています。生物システムには多くの疑問が存在しますが、その問いに対する答えを最適化の観点から導き出すことが出来るのではないかと、というのが研究テーマの一つです。具体的には、体内時計と呼ばれる生体振動子の最適設計原理を明らかにしました。バクテリアから人に至るまで、ほとんどの生物には24時間周期の体内時計が備わっています。「時計」であるため、正確に時間を刻む必要があると同時に、外界の時間に同期する能力も必要です。しかし、これらはトレードオフな条件のため、最適に二つを満たすことは容易ではありません。制約付き数値最適化によって、現存の全ての体内時計が最適解に近いことを世界で初めて明らかにしました。

振動現象の解析 生体の振動現象は全て「リミットサイクル振動子」と呼ばれる振動メカニズムによって説明されます。これは、バネに重りを付けた場合の振動子である「調和振動子」とは定性的に異なる振る舞いを示します。リミットサイクル振動子のメカニズムは、電気回路における発振回路と本質的には同じであるため、同じ解析手法を適用することが出来ます。それによって、生物の振動子における振る舞いを定性的に理解することが出来ます。

ノイズ下でありながらも正確な生体システム 生物システムは電気回路などの工学システムと多くの類似性を持ちます。しかし、通常の電気回路のような工学的なシステムと、生物システムの最も大きな違いは、生体システムには多くのノイズが付き物だということです。このようなノイズは細胞の小ささから由来するため、物理的に避けることが出来ません。ノイズのある不確実な系は、決定的な系とは本質的に振る舞いが異

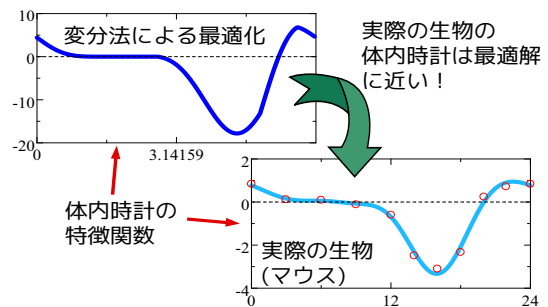


図2 最適化によって得られた最適な体内時計とマウスの体内時計の特徴量比較

なります。生物は進化の過程でノイズに対するロバスト性や、ノイズを積極的に利用する機構を獲得しています。ノイズ環境下における生物システムの振る舞いを理論的に解析しています。

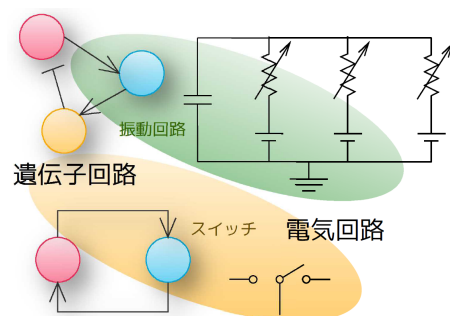


図1 電気回路と遺伝子回路の類似点

研究室について 当研究室では生物を対象として扱いますが、あくまで理論的に考えるため、生物に関する知識を含め、解析手法の主である確率過程や力学系の理論は On-the-Job Training で学んでいきます。先進的な研究テーマと一緒に研究して行きましょう！