

## 厳密制御不能な超複雑システムを生体は如何に制御しているか？

—生命動システムを理解する新しい概念—

柳田敏雄

大阪大学大学院生命機能研究科

我々は分子1個を"見"て"操作"し、そして"ナノ計測"する1分子イメージング技術を開発し、細胞の運動や情報伝達などを担っている分子機械の働きを詳細に調べた。そして、生物分子機械はノイズを遮断せずそれを有効に使って巧妙に働いていることが解った。さらに、このノイズを利用するメカニズムは分子からヒト脳に至まで階層を超えて共通に働いていることも解ってきた。ノイズを使うことによって生物は、ふらふらとゆらぎで試行錯誤しながら自らとるべき状態、または気持ちのよい状態（アトラクター）を探索することでシステムを省エネでロバストに制御しているらしい。これは、ノイズを遮断し厳密にかつ正確に制御する人工機械とは対比的である。講演では、複雑でダイナミックな細胞や脳など生命システムが、ノイズ（ゆらぎ）を使ってどのようなしくみで桁違いの省エネでロバストに制御されているかを議論する。

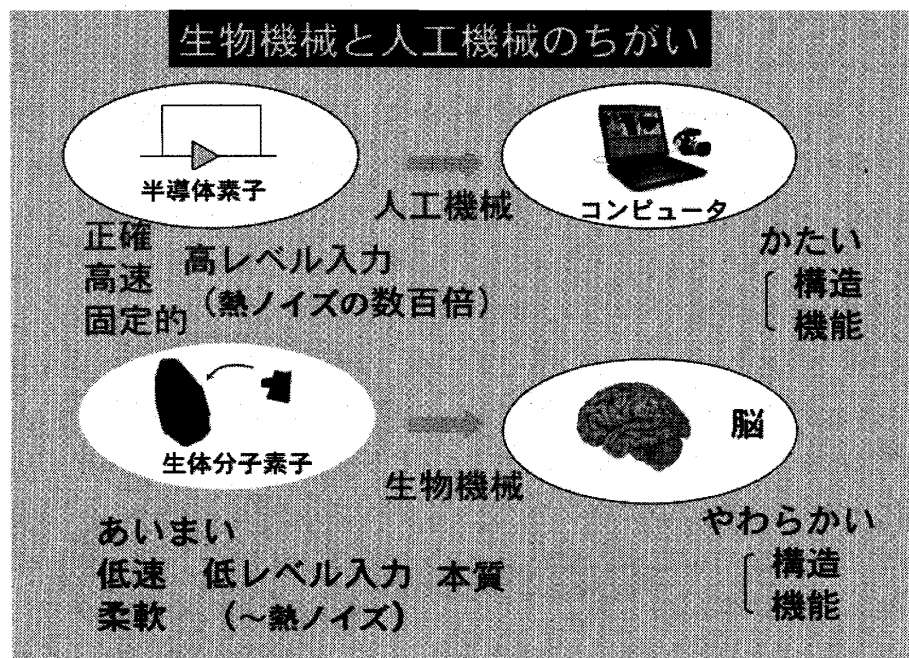


図1 生物と人工機械のちがい

生物をつくっている分子機械は、熱ノイズ程度の小さなエネルギーで大きな発熱もなく非常に高い効率で働くことができる。人工機械が、大きなエネルギーを使って働くのと対照的である。

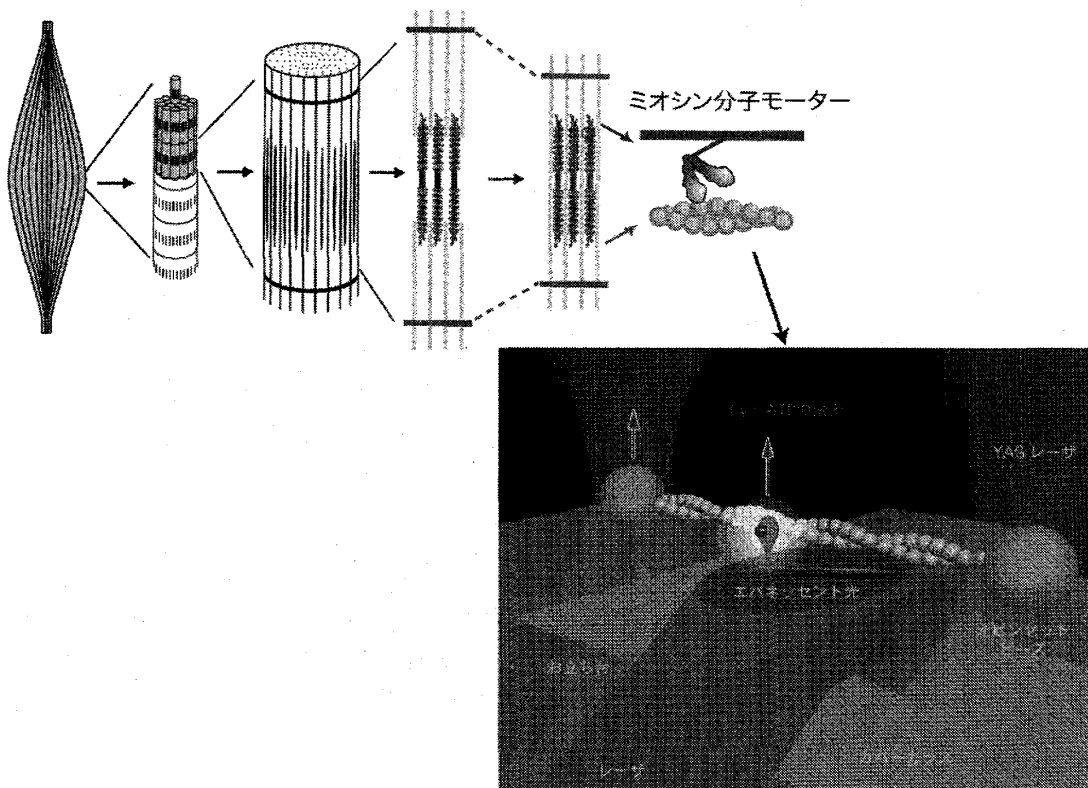


図 2 1 分子イメージングと光ピンセットナノ操作を使ったミオシン分子モーターの計測  
ミオシン 1 分子の運動と ATP 分解反応を実時間で同時計測している。



図 3 ヒト脳が思考中に消費するエネルギーは 1 ワット  
以前にテェスの世界チャンピオンカスパロフとスーパーコンピュータブルージーンが対戦しコンピュータが最終的に勝利した。しかし、コンピュータはヒト脳の 5 万倍のエネルギーを消費した。

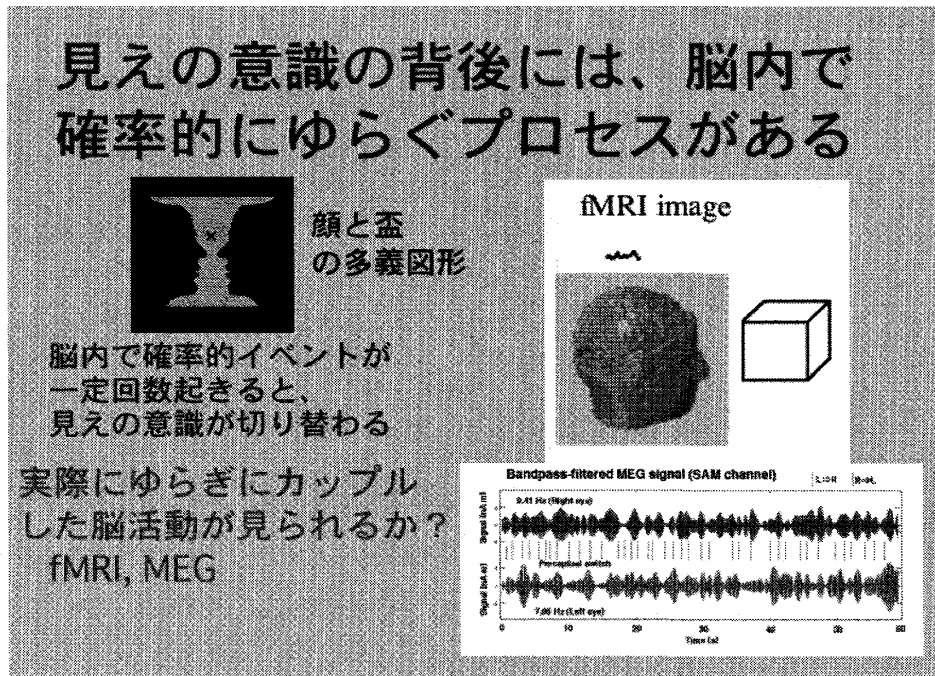


図4 ヒト脳による多義図形の柔軟な認知 (NICT 村田ら)

複数に解釈できる図を脳はゆらぎを介して認知する。それに関連すると思われる脳活動のゆらぎがMEGでみられた。