

【基盤研究(S)】

理工系(工学II)



研究課題名 生体に学ぶゆらぎエレクトロニクス

東京大学・大学院工学系研究科・教授 田畑 ひとし
田畑 仁

研究分野：酸化物エレクトロニクス、バイオエレクトロニクス

キーワード：スピングラス、リラクサー、ゆらぎ、確率共鳴

【研究の背景・目的】

一般にコンピュータの特徴は、熱雑音に対して高エネルギーを用いて誤作動率を極めて低く抑さえ、決定論的作動を高速に行う点にある。しかし、その高速な処理は膨大な消費電力を伴う。また、その動作を規定するアルゴリズムはソフトウェアとしてハードウェアから切り離され、システムは環境変動に対し脆弱である。一方、生体情報処理の特徴は、熱ゆらぎ(生体ゆらぎ)を利用することによって、処理速度が低速であるが、熱雑音と同レベルの低エネルギーで確率的に動作する点にある。しかしながら、こうしたあいまいで確率的にゆらぐ素子がシステム化されると、脳に見られるような生体特有の柔軟な情報処理が生み出される。例えば、脳を構成する神経細胞一つ一つは雑音を包含している素子であるにもかかわらず、それらが集まると信頼性が高い情報処理が可能なシステムを構築している。またアルゴリズムを自発的に形成することができ、そのシステムは環境変動に対し頑強(ロバスト)なものになる。

そこで本研究では阪大在職中よりゆらぎPJに関連して進めてきた研究を発展させ、生体における「ゆらぎの利用」を「情報処理」へ活用することにより、脳機能に代表される生体機能を備えた、従来には無い新しい情報処理システムを構築し、生体に学んだ超低消費電力デバイスを創製する事を目的とする。

【研究の方法】

生体ゆらぎを模倣するため、まず室温スピングラス材料の開発を進める。先行研究で開発した、室温クラスターガラス材料：スピネル型フェライト材料を活用して、その“スピングラス”を利用することで、生体ゆらぎの模倣を試みる。具体的な材料として Fe_3O_4 に Mg^{2+} , Al^{3+} , Ru^{3+} , $\text{Ti}^{3+/4+}$ 等を置換した化合物を検討する。

次に、代表的な双極子ガラス(リラクサー)物質の $\text{Pb}(\text{Mg}^{2+}, \text{Nb}^{5+})\text{O}_3$ 等に注目する。これはMgとNbのイオン半径、価数の違いから、 $\langle 111 \rangle$ 方向に1:2の比で秩序配列しているリラクサー系誘電体と知られている。人工格子法により、この秩序配列の割合を人為的に0~100%まで制御する秩序—無秩序人工格子のアプローチにより、双極子ゆらぎの人為制御を目指す。従来の人工格子研究は全て「自然界に存在しない秩序構造を人為的に導入する」という、秩序構造の構築にベクトルが向けられていた。しかし、本研究が目指すものは、従来とは異なる逆転の発想である「無秩序性の人工制御」である。

さらにスピングラス材料に於ける、“スピングラス”を活用した情報処理素子の研究開発を目指す。シナプス情報処理の原理式が、スピングラス状態と同値の物理的数式(ハミルトニアン)で示されることを利用して、スピングラス材料により脳機能模倣型の情報処理素子の開発を目指す。

具体的には、磁性素子として磁気記憶装置利用が期待されている磁気抵抗素子をモデルとして、磁性(100nm)/絶縁体(1~2nm)/スピングラス材料のスピントネル接合素子においてトンネル接合の障壁を閾値として、スピントネル電流を検出することにより、脳型低消費電力デバイスを実現させる。スピングラスを認知・判断機能素子としてスピインジェクション層に使用する事で、最適解と照合(認知・判断)するフィルター機能を検証する。

【期待される成果と意義】

“生体に学ぶ”ことで、これまで“悪者”であった“ばらつき、ゆらぎ”を積極的に活用した新しいデバイス(情報処理素子、メモリ素子)の実現を目指すものである。生体が生来備え、巧妙に活用している“情報のゆらぎ：確率共鳴現象による情報処理原理”を利用するという、従来とは、全く逆の発想(アプローチ)により、新しい情報処理システムの学理を構築し、超低消費電力デバイス(確率共鳴デバイス)を創製する。これまでは“厄介者”であった“熱ゆらぎ/環境からのエネルギーを生かす”逆転の発想による超低消費電力デバイスの実現が期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Science, 280(1998)1064
- Appl.Phys.Lett. 78 (2001) 512 & 76 (2000) 1179
- Phys.Rev.E, 79 (2009) 021902
- Appl.Phys.Express. 1 (2008) 088002.

【研究期間と研究経費】

平成24年度—28年度
123,400千円

【ホームページ等】

<http://www.bioxide.t.u-tokyo.ac.jp/index.html>
tabata@bioeng.t.u-tokyo.ac.jp