

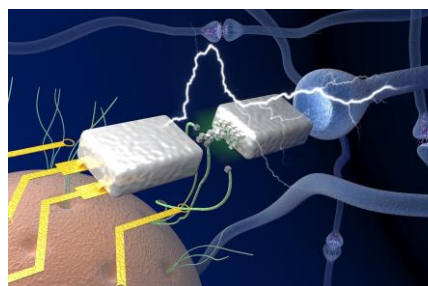
【ナノテクノロジー・材料分野】

仮訳

効率的な生体的学習で人間の脳を模倣するエレクトロニクス (米国)

2020年4月20日

アメリカ合衆国マサチューセッツ州アマースト  
ほんの10年前まで、ニューロモーフィック・コン  
ピューティングの新たなフロンティアの開拓を試  
みた科学者たちは、メモリスタと呼ばれる微細な  
ツールを使用した、実際の脳のシナプスのように  
機能・作動するデバイスを、待ち望んでいた。



ジオバクター属微生物(橙色)由来のタン  
パク質ナノワイヤ(緑)は、脳のニューロン  
成分(青色接合)を模倣して、生体の電圧  
で作動するメモリスタデバイス(銀)を促進  
する。

写真提供: UMass Amherst/Yao lab

しかし、この度、マサチューセッツ大学アマースト  
校の研究チームが、タンパク質ナノワイヤの理解を  
深める研究の過程で、生体の導電性フィラメントを  
使用した「メモリー・トランジスタ」デバイス、ニ  
ューロモーフィック・メモリスタの作製方法を発見  
した。脳と同様、非常に低電力で効率的に作動し、  
ニューロン間で信号を伝達する。詳細は、「[Nature Communications](#)」誌に掲載されてい  
る。

ニューロモーフィック・コンピューティングの最大の課題の一つで、実現不可能だと考え  
られていたのは、従来の多くのコンピューターが1V超で作動するのに対し、脳の活動電  
位と呼ばれるニューロン間の信号は、約80mVを何倍も下回ることにある、と論文筆頭著  
者で電気・コンピューター工学博士号取得予定のTianda Fu氏は言う。初期の実験から10  
年が経過した今日では、メモリスタ電圧は従来のコンピューターと同様の範囲内だが、そ  
れを下回ることはあり得ないと思われていた。

Fu氏は、微生物学者で共著者のDerek Lovley氏が同校で開発した、ジオバクター属微生  
物由来のタンパク質ナノワイヤを利用して、メモリスタが脳に匹敵する電圧レベルで作動  
する実験を行ったと報告した。これらの試験は、電気・コンピューター工学の研究者で共  
著者のJun Yao氏の実験室で実施した。

「脳に匹敵する電圧レベルでデバイスが作動するのは、これが初めてです。脳内の生体的なカウンターパートと同等レベルに電力効率の良いデバイスを作製できると期待した人はおそらくいなかったでしょうが、今では超低電力コンピューティングの可能性を裏付ける実際の証拠があります。これは概念のブレイクスルーであり、生体レベルの電圧で作動するエレクトロニクスの研究の展開が期待されます。」 と、Yao氏は言う。

ジオバクター属微生物の導電性タンパク質ナノワイヤは、製造に毒性の化学物質や高エネルギープロセスを要する高価なシリコンナノワイヤを超える多くの利点を提供する、と Lovley氏は言う。また、タンパク質ナノワイヤは、バイオ医療アプリケーションで重要となる、水や体液中での安定性も有する。本研究では、バクテリアからナノワイヤを切り離し、導電性タンパク質のみが使用されるようにした、と同氏は言う。

Fu氏とYao氏は、精製したナノワイヤの性能を試し、異なる電圧レベルでどのようなことが可能なのか等を調査したという。両氏は、メモリスタ内の微細な金属の糸を通じた正負電荷パルスのオン・オフ切り替えによる電気スイッチの試験を実施した。

タンパク質ナノワイヤは、金属イオンの反応性と電子移動特性を変える金属還元を促進することから、試験には金属の糸を利用した。Lovley氏によると、人間が呼吸を通じて酸素を得ると同様に、天然の微生物ナノワイヤは呼吸により金属を化学的に還元して、エネルギーを得るので、タンパク質ナノワイヤのこのような働きは驚くものではないとのことだ。

電荷パルスのオン・オフが、金属フィラメントで変化を起こし、人間の毛髪の直径の1/100の微細なデバイスで、新たな分岐と結合が発生する、とYao氏は言う。これは、実際の脳での学習と同様の効果、つまり新しい結合を生み出す。「ナノワイヤ・メモリスタ・シナプスの導電性や可塑性を調整することで、脳型コンピューティング用の生体的なコンポーネントの模倣が可能です。従来のコンピューターと比較すると、このデバイスはソフトウェアベースではない学習能力を有しています。」 と、同氏は言う。

「最初の試験では、ナノワイヤの性能は満足のいくものではなかったものの、研究を続けるには十分でした。」 と、Fu氏は言う。Fu氏は2年間かけて改善を重ね、同氏とYao氏はある運命的日、コンピューター画面に表示された電圧測定値を見て釘付けになった。

「この素晴らしい性能を目撃した日のことは覚えています。電流・電圧掃引の測定中、コンピューター画面で観察していました。数値は下降し続け、私たちは互いに、やった、うまくいったぞ、と言いました。とても驚き、本当に励みになりました。」

Fu氏、Yao氏、Lovley氏をはじめとする研究者らは、この発見をさらに発展させ、メカニズムの研究や、メモリストにおけるタンパク質ナノワイヤの「化学、生態、電子的な働きを徹底的に解明する」と、Fu氏は言う。また、心拍のモニタリングデバイスなどのアプリケーションも考えられるという。「このデバイスが生体システムで実際のニューロンとの情報伝達を実現する可能性が期待できます。」と、Yao氏は言う。

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、マサチューセッツ大学アマースト校の以下の記事を翻訳したものである。

“Researchers Unveil Electronics that Mimic the Human Brain in Efficient, Biological Learning”

<https://www.umass.edu/newsoffice/article/researchers-unveil-electronics-mimic-human>

(Reprinted with permission of the University of Massachusetts Amherst.)