

M20221231_02_UNSW

UNSW 学際的研究チーム、[未来の](#)生体工学に光

UNSW（ニューサウスウェールズ大学）の学際的研究チームは、神経インパルスを変えて光に変える方法を見出した。これは、一段と拡張性のある神経インプラントに道を開く。

UNSW シドニーのバイオメディカル、電子エンジニアは、電気ではなく、光を使って神経活動を計測する新方法を開発した。これは、神経駆動義肢や脳-マシンインタフェースなどの医療技術の完全なるリイメージングにつながる。

UNSW 電気工学、通信、François Ladouceur 教授によると、学際的チームは、パンデミックのわずか前に理論的に証明したことをラボで実証したばかりである。液晶と集積オプティクス技術、'optrodes'(オプトロード)を使って構築したセンサが、生きた動物の身体で神経インパルスを記録できる。

このオプトロードは、神経インパルスの検出に電気を使う従来の電極と同じように機能するだけでなく、「競合技術では対処できない非常に厄介な問題にも対処する」と同教授は説明している。

「まず、数千の電極を非常に小さな領域で数千の神経に接続できるように従来の電極を使うインタフェースサイズを縮小することは極めて難しい。

数千の電極を縮小して、生体組織に非常に密接に接続する際の問題の一つは、その個々の抵抗が増加すること。これは、SNR 劣化となるので、信号の読み取りが問題になる。'インピーダンスミスマッチ'である」。

「もう1つの問題はクロストークだ。これらの電極を縮小して互いに近づけると、近接しているために相互に影響し始める」

「われわれの実際の利点は、光ドメインでは、この接続を極めて密にできること。電気ドメインの場合のような妥協は不要である」と Ladouceur 教授は言う。

Neural Engineering 誌に掲載された研究で、UNSW チームは、オプトロードが生きた動物の神経線維を伝播しながら神経インパルスを正確に計測できることを示した。

Scientia 教授、Nigel Lovell によると、チームは、オプトロードを麻酔をかけた動物の座骨神経に接続。次に、神経を小電流で刺激すると、オプトロードで神経信号が記録された。チームは、従来の電極とバイオ増幅器を使って同じことをした。

「われわれは、神経反応が基本的に同じあることを実証した。光学系には、まだノイズが多いが、これが最新技術であることを考慮にいれると、驚くほどのことではない。それへの対処は可能だ。しかし最終的には、電気または光計測で同じ特性を確認できる」。

義肢の新たな夜明け

これまでチームは、比較的弱いマイクロボルトで計測される神経インパルスが、オプトロード技術で記録できることを示すことができた。次のステップは、神経とオプトロードを拡張して神経や興奮性組織の複雑なネットワークを取り扱えるようにすること。

Ladouceur 教授によると、プロジェクトの当初、人がある程度巧妙に手を動かすのに必要な神経接続の数を同僚に聞かれた。

「モノを取り上げ、摩擦を判断し、それつかむために適切な圧力を加え、正確に A から B へ動かす、速くも遅くもできる。これらの全ては、われわれは考えもしないで実行している。答は、それほど明確ではない。われわれは、大量の文献を調べなければならないかった。しかし、それは 5000～10000 接続であると考えられる」。

言い換えると、脳と手の間には、大脳皮質から降りてきて、最終的に 5000～10000 の神経に分かれる神経束がある。それらが、手の繊細な操作を制御する。

数千の光接続をもつチップが脳につながると、あるいは神経束が分かれる前に手のどこかにつながると、義手は、生体的な手と全く同じ能力を持ち、機能できることになる。

いずれにしろ、それは夢である。Ladouceur 教授によると、それが現実になるまでには、さらに数 10 年の研究がありそうだ。これには、オプトロードを双方向にする開発が含まれる。それが、脳と身体の間信号を受信して解釈するだけでなく、脳に戻る神経インパルスの形でのフィードバックを受ける。

長期のゲーム:脳-機械インタフェース

神経義肢は、オプトロード技術が再定義できる唯一の分野ではない。人間は、技術や機械を人間の体に組み込み、修復あるいは強化することを以前から空想していた。

これらの中には現実になっているものもある。Cochlear インプラント、ペースメーカー、心臓除細動器など、スマートウォッチや連続的に生体フィードバックを返す他のトラッキングデバイスは言うまでもない。

バイオメディカルエンジニアリング(生体医学工学)と神経科学におけるより意欲的な目標の一つは、ブレイン・マシーン・インタフェース(BMI)である。これは脳を身体の残りの部分だけでなく、潜在的に世界と接続することを狙っている。

「神経インタフェースの領域は、信じられないほどエキサイティングな分野であり、次の 10 年で精力的な研究と開発のテーマになる」(Lovell 教授)

当座、これは事実というよりフィクションだが、これを真面目に捉えているバイオテック企業が多い。企業家 Elon Musk(イーロン・マスク)は、Neuralink の共同創始者の一人。これは、麻痺した人々を助ける可能性がある脳-コンピュータインタフェースを作り、AIをわれわれの脳活動に組み込むことを目的としている。

Neuralink アプローチは、そのデバイスで従来のワイヤ電極を使用する。したがって、脳とインプラントされたデバイス間の接続、数 100 万とは言わないが、数千をホストするデバイスを開発するには、多くの課題の中でも、インピーダンスミスマッチとクロストークを克服しなければならない。

Ladouceur 教授によると、Neuralink やその競合が、これらの障害の除去に成功するかどうかは時間の問題である。しかし、インプラントできると、神経活動をとらえる生体デバイスは、現在、100 程度の電極に制限されているので、まだ道のりは長い。

「それが不可能だと言っているのではなく、標準的な電極に固執するなら、実際、それは問題になる」(Ladouceur 教授)。

「光ドメインでは、これらの問題は存在しない。われわれのデバイスでは、神経活動があっても、その存在は、それに光を当てることで検出、定量化でき

る液晶の方向性に影響する。つまり、ワイヤ電極がするように生体組織から電流を抽出しない。また、バイオセンシングも遙かに効率的である」

研究チームが、オプトロード法が生体内で機能することを示したので、オプトロード技術が双方向性を示す研究を、間もなく発表する。

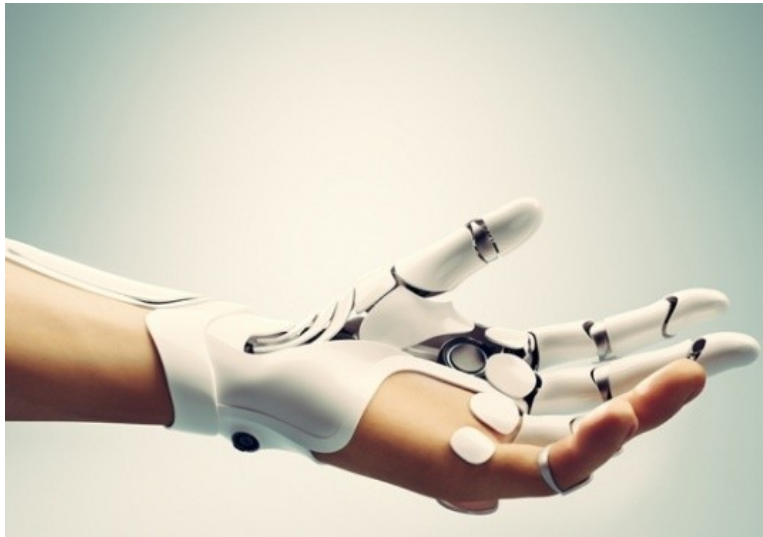


図 オプトロードは、置き換えた四肢と同じように機能する、未来の義肢となる可能性がある。(Image: Shutterstock)