

FBI
Science View

●理化学研究所 脳科学総合研究センター

脳数理研究チーム

基礎科学特別研究員 大泉 匡史

ネットワーク内部の情報の統合を定量化

意識が生み出されるには、脳内の神経細胞同士が密に情報をやりとりすること、つまり情報の統合が必要だと考えられている。意識の統合情報理論には、統合情報

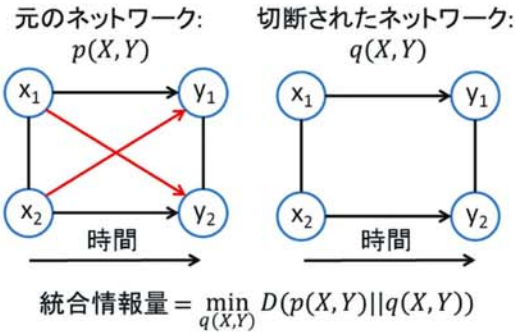


図 ネットワークの要素間の因果的な影響を定量化するための統一的な枠組み

左：元のネットワークのダイナミクスは、過去と未来の状態を合わせた確率分布 $p(X, Y)$ で表される。因果的な影響、例えば要素1の過去 (X_1) から要素2の未来 (Y_2) への影響は、図中の X_1 と Y_2 を結ぶ斜めの線で表される。
右：因果的な影響が切断されたネットワークでは、確率分布は $q(X, Y)$ で表される。統合情報量で測りたいのは、 X_1 から Y_2 へ、および X_2 から Y_1 への因果的な影響の大きさと因果的な影響の大きさの2つである (赤い矢印)。
下：統合情報量は、 $p(X, Y)$ と $q(X, Y)$ との距離 $D(p(X, Y) || q(X, Y))$ の最小値として定義される。

量 (脳内で統合される情報の量) が意識レベルに対応するという仮説がある。もしこれが正しければ、植物状態や麻酔下にある患者など意識状態の判別が困難な状況でも、脳活動から統合情報量を計測すれば客観的に意識レベルを測ることができる可能性がある。しかし、これまでに提案されたネットワーク内の統合情報量の指標には数学的な問題点があった。

そこで、理研を中心とした国際共同研究チームは、情報統合の定量化を目標に情報幾何学という手法を用いて、情報統合量の新しい指標を見いだした。ネットワークの要素 (脳であれば神経細胞) 間の因果関係の影響を階層的に定量化する「数学的な枠組み」を提案し、情報統合量を一意的に導出した。ここで、因果関係の影響とは、過去の状態が未来の状態に与える影響のことを指す。さらに、同じ枠組みから移動エントロピーなど既存の指標も導出でき、ネットワーク全体の相互情報量 > 統合情報量 > 移動エントロピーという大小関係が成立することも分かり、従来の数学的問題を解消できた。

本手法は、神経ネットワークの解析に用いることにより意識レベルの定量化につながる可能性があるほか、ソーシャルネットワークなどより一般的なネットワークの解析にも適用することができる。

■プロフィール

おおいずみ・まさふみ 2010年東京大学大学院新領域創成科学研究科博士課程修了。博士(科学)。日本学術振興会特別研究員 (SPD) を経て、14年から現職。意識の統合情報理論を基に、意識を科学的に解明することを目指している。

■コメント=統合情報量を脳活動のデータから計算し、意識レベルの定量化を目指していきたい。



●理化学研究所 Kim表面界面科学研究室

協力研究員 今田 裕

分子間エネルギー移動の単分子レベル計測に成功

一般にエネルギーは、高いエネルギーのものからより低いエネルギーのものへ移動する。分子間のエネルギー移動は、光合成反応、太陽電池・光触媒などエネルギー変換デバイスの動作に不可欠な物理現象である。これまで光学顕微鏡では空間分

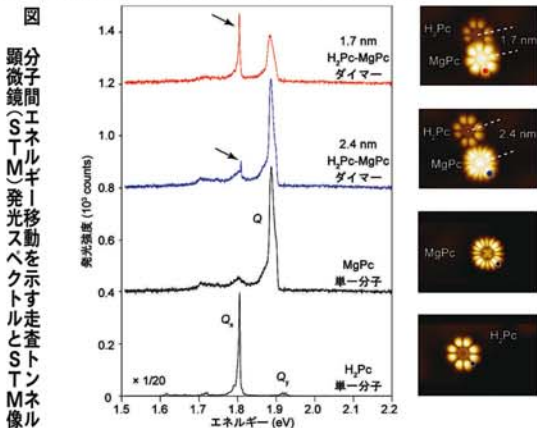
解能が数百nmと不十分なため、1 nmスケールで起こるエネルギー移動の詳細は未解明だった。

そこで理研の研究チームは、走査トンネル顕微鏡 (STM) 発光分光装置を開発した。STMは先の尖った探針が試料表面をなぞるように動き、表面状態を観察する顕微鏡である。探針と試料間に流れるトンネル電流値を探針と試料間の距離に変換させて画像化する。まず、分子間距離が1.7nmの H_2Pc 分子— $MgPc$ 分子二量体の分子間エネルギー移動を調べた。トンネル電流で $MgPc$ を局所的に励起させSTM発光スペクトルを測定したところ、 $MgPc$ の発光 (1.89eV) に加えて、 H_2Pc の発光ピークが観測された。これは、 $MgPc$ から H_2Pc へエネルギー移動が起きたことを示す。また、発光強度は分子間距離が短いほど大きいこと、 H_2Pc の分子内のH原子の配向を制御することで、 H_2Pc がエネルギー移動効率の高低を切り替える単分子バルブデバイスとして動作することを発見した。今後、本手法の発展により、多種多様なエネルギーダイナミクスが分子レベルで解明され励起状態の分子レベル制御が可能になると期待できる。

■プロフィール

いまだ・ひろし 2010年東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了。博士(理学)。同年から現職。走査トンネル顕微鏡をベースとした発光測定装置・新分光手法の開発に基づいて、エネルギー変換のナノサイエンスを推進している。

■コメント=自分で作り上げた実験装置で新しい現象を発見して、高効率エネルギー変換デバイスを生み出したい。



二量体では、局所励起された $MgPc$ (1.89eV) の発光スペクトルに加えて、 H_2Pc (1.81eV) の発光スペクトルも得られた (矢印)。これは、 $MgPc$ から H_2Pc へエネルギー移動が起こったことを示している。

理研の科学講演会 秋田・長崎・高知で開催

理化学研究所は、毎年開催している科学講演会を、先月の東京開催に続いて、1月に秋田、2月に長崎と高知でも開催する。高校生・大学生・一般が対象で参加無料。定員は各250人、当日受付可・事前参加登録者優先。

◇秋田 1月22日(日) 午後1時30分～4時10分 (1時開場)
会場 秋田県児童会館みらいあ子ども劇場けやきシアター
(秋田市山王中島町1-2)
詳細・参加登録 <http://www.riken.jp/pr/events/events/20170122/>

◇長崎 2月5日(日) 午後2時～4時20分 (1時開場)
会場 NBCビデオホール (長崎県長崎市上町1-35 NBC別館)
詳細・参加登録 <http://www.riken.jp/pr/events/events/20170205/>
◇高知 2月25日(土) 午後2時～4時20分 (1時開場)
会場 高知城ホール (高知県高知市丸ノ内2-1-10)
詳細・参加登録 <http://www.riken.jp/pr/events/events/20170225/>

◇問合せ 理化学研究所 広報室
☎048・467・9954/E-mail event-koho@riken.jp