

Forschungszentrum Jülich の研究者によると、脳の詳細なネットワークモデルを生成する際、現在の神経イメージング技術では神経線維の交差が大きな課題になる。研究チームは、散乱光を使って、マイクロメートル分解能で、神経線維の交差角のような脳のサブ構造を解読できることを確認した。その研究のために、チームは、顕微鏡計測とスーパーコンピュータによるシミュレーションを組み合わせた。

脳の機能構造を理解するために、神経線維の非常に複雑な 3 次元経路を研究する必要がある。繊維経路の正確な再構成には、顕微レベルで繊維アーキテクチャの細部を知ることが極めて重要である。特に繊維が交差する領域。

3D 繊維アーキテクチャを明らかにするための最強方法の一つは、3D Polarized Light Imaging (3D-PLI) である。これは、Forschungszentrum Jülich で開発された神経イメージング技術。繊維の方向は、偏向光を照射することで再構成され、髪の毛の細さの脳部分をとおり、結果としての強度変化を計測する。例えば、3D-PLI は、European Human Brain Project で利用され、先例のない詳細さで脳の 3D 繊維構造を調べた。しかし、その技術は、たとえ脳組織が、様々な方向の神経繊維で構成されていても、各画像ピクセルに 1 本の繊維方向しか生み出さない。したがって、交差繊維の領域は、繊維がセクション面外を示すと、誤解される。

Miriam Menzel と Forschungszentrum Jülich のチームは、光散乱が脳組織について貴重な構造情報を明らかにし、交差する神経繊維、繊維の交差角までの判定にも利用でき、脳における複雑な繊維構成の再構築を強化することを明らかにした。様々な脳セクションを透過型顕微鏡で計測する以外に研究者は、Jülich のスーパーコンピュータで生物物理学モデリングとシミュレーションを利用して実験観察を説明し、新しいイメージング法を開発した。開発されたシミュレーションフレームワークと成果は、他の顕微鏡技術や繊維組織サンプルで簡単に一般化できる。これは、神経科学を超える応用を可能にする。

研究チームは、脳部分を透過した光強度が、神経細胞を照射する光の角度に強く依存することを確認した。しかし光は繊維間の交差角にはほとんど依存しない。この発見により、研究者は、既存の 3D-PLI 画像における神経線維交差を特定でき、計測を繰り返すことなく大きなデータセットにおける神経繊維方向の誤りを補正できる。また、それは従来の透過型顕微画像に貴重な 3D 情報を付加する。

シミュレーション研究では、研究チームは、散乱光の分布が組織下部構造についての情報を含んでいることを示した。さらなる顕微鏡研究で、研究チームは、散乱計測は神経繊維の交差角のような顕微レベルで神経繊維構成の細部を明らかにする大きな潜在性を実証した。この技術により、脳の神経線維交差のもと正確な再構成が可能になり、人の脳の構成組織原理を洞察し、理解を深めることになる。

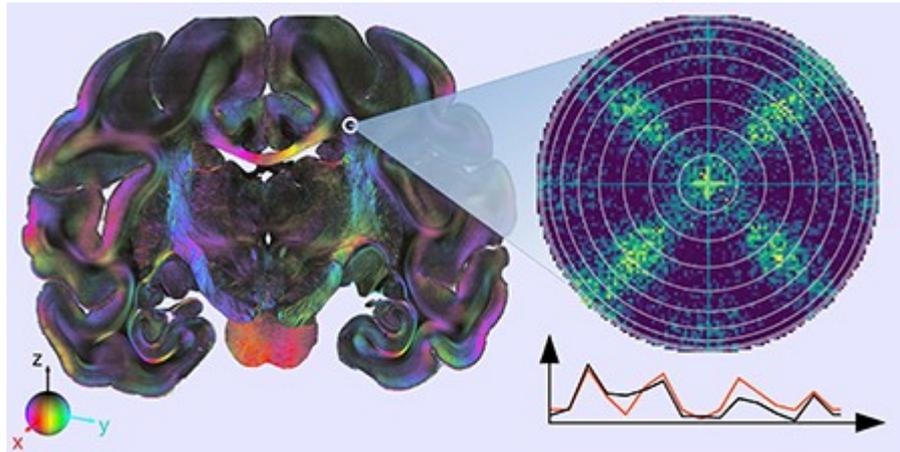


図 1 脳セクション(左)の 3D-PLI 計測は、顕微鏡分解能で、神経繊維の 3D 経路を明らかにする。交差繊維など、脳のある領域では、繊維の方向は正確に決まらない。シミュレーションは、光の散乱(右)を使って、交差繊維の領域を特定でき、繊維交差角を確認できることを示唆している。これは実験的研究(下)で確認された仮定である。