

大脳皮質上の脳波進行波が脳の情報統合に役立つことを発見

研究成果のポイント

- ・ヒトの全脳神経回路データ（※1）を用いて脳全体の脳波のシミュレーションを行った。
- ・脳波進行波は、大域脳機能回路（※2）のまとまりを作り、また、大域及び局所スケールの脳の活動度に応じて脳部位間を順序づけすることを明らかにした。
- ・この進行波の性質は脳の情報統合に役立つもので、新しい信号解析や理論の構築の基盤となる。

研究成果の概要

公立はこだて未来大学の佐藤直行教授は、ヒト全脳神経回路データ（※1）を用いた脳波活動のシミュレーションを行い、大域脳機能回路（※2）のまとまりを作り、また、大域及び局所スケールの脳の活動度に応じて脳部位間を順序づけするのに役立つことを発見しました。

（背景）

脳は情報を分散的に処理しています。そのため、知覚や記憶などの認知処理を行うとき、関連する脳部位間で脳波（神経細胞の集団電位）が同期することが情報の統合にとって重要と考えられています。ところが、近年の研究では、脳波は大脳皮質の表面で進行波パターンを示すことが報告されています。このような脳波進行波は脳全体の情報統合に関わる可能性があります。脳全体の脳波を同時に記録することは難しく、その機能的な役割は明らかではありませんでした。一方、近年は、ヒト全脳神経回路データを用いた神経活動のシミュレーション研究が盛んに行われています。本研究では、このようなシミュレーションを用いて、脳波進行波の機能的役割を調べました。

（研究手法）

本研究では、ヒト全脳神経回路データ（※1）に基づいて脳を468ケの脳局所部位からなる全脳神経回路モデルを構築し、脳全体の脳波活動のシミュレーションを行いました（図中；全脳神経回路シミュレーション）。モデルのパラメータは過去の実験やモデル研究に基づき、生理学的に妥当な値を用いました。シミュレーションは0.5秒ごとに各脳部位の活動の強さをランダムに変更し、全体で100秒間行いました。大脳の脳溝（脳のしわ）を引き延ばした平面上での脳波進行波の速さ・方向を求めました（図中；脳波進行波のシミュレーション）。このとき、全体としてどのような進行波パターンが得られやすいか、大域及び局所スケールでの脳の活動度と進行波との関係はどうなっているかを調べました。また、神経線維の伝搬遅延によって、進行波がどのように一方向的な情報伝搬に役立つかを調べました。

（研究成果）

シミュレーションで得られた脳波進行波は伝搬速度などの点で、実際に観測される脳波に類似していました。このとき、進行波はある一定のパターンを示しやすく、これが大域的脳機能回路（※2）の構造とよく対応することがわかりました（図中；成果1）。これは脳波進行波が大域機能回路の同期活動のまとまりを作るのに役立つことを示唆します。また、各脳部位の活動と進行波の方向の関係を

調べると、脳部位全体が活動の高い部位から低い部位への進行波を作ることがわかりました（図中；成果2）。これは、活動の強い脳部位の情報だけを効果的に脳全体に伝えるために重要なパターンで、全脳の情報統合の理解に有用と考えられました。さらに、より詳細に進行波パターンを調べると、およそ5cm以下のスケールでは、活動が高い部位から低い部位への放射波が生じていることがわかりました（図中；成果3）。この大きさは大域脳機能回路の大きさと類似するため、各機能回路内の情報の統合に役立つと考えられました。

以上の結果をまとめると、脳波進行波は大脳皮質全体及び局所（<5cm）スケールでの階層的な時空間構造を持ち、それぞれのスケールの脳波進行波がともに部位間の情報統合に役立つことを示します。このような脳波進行波の時空間構造、および情報統合への寄与の可能性は、これまでに報告のない新しい発見です。

（今後の展望）

分散的に情報を処理する脳において、どのように全体の情報が統合されるかは明らかではありませんが、本研究はその仕組みのひとつの可能性を提案するものです。これは新しいデータ解析や理論構築の基盤となるものです。脳波進行波の階層構造を調べることで、より動的な脳の情報統合プロセスを解明できる可能性があり重要です。

論文発表の概要

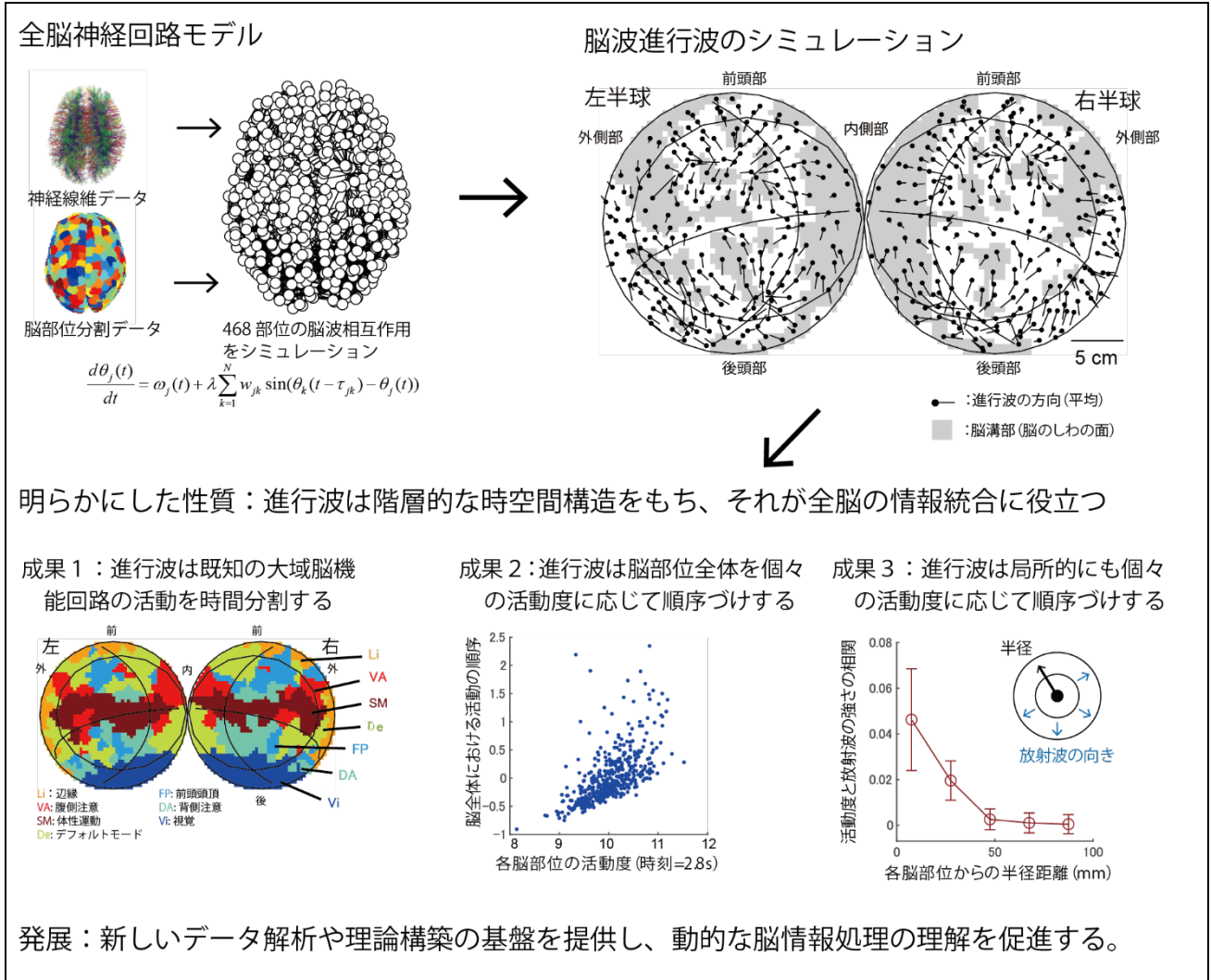
研究論文名：Cortical traveling waves reflect state-dependent hierarchical sequencing of local regions in the human connectome network

著者：氏名（所属）佐藤 直行（公立はこだて未来大学 システム情報科学部）,

公表雑誌：Scientific Reports, vol. 12, 334 (2022). <https://www.nature.com/articles/s41598-021-04169-9>

公表日：日本時間（現地時間）2022.1.10

画像



【用語の解説】

※1 ヒトの全脳神経回路データ：ヒトの脳部位間をつなぐ脳全体の神経線維の構造データは拡散核磁気共鳴画像法によって計測できる。近年は科学研究用としてデータが世界中で公開されている。

※2 大域脳機能回路：さまざまな認知課題において、いくつかの脳部位は常に連動して働くことが知られており、大域脳機能回路 (large-scale functional brain networks) と呼ばれる。例えば、「デフォルトモード回路」は認知課題がないときに活動が高まる機能回路として知られている。

お問い合わせ先

所属・職・氏名：公立はこだて未来大学 教授 佐藤直行

掲載する連絡先 (☒ TEL ☒ FAX ☒ E-mail ☒ 研究室ホームページ)

TEL : 0138-34-6235 FAX : 0138-34-6301 E-mail : satonao@fun.ac.jp

ホームページ : <http://www.fun.ac.jp/~satonao/index-j.html>