

本研究は、安静状態の脳活動の低周波数領域（ $\sim 0.1\text{Hz}$ ）での同期パターン、すなわち機能的結合に基づいて定義された領域（**micro-module**）が、特定の認知機能に關与する領域と空間的にどのような関係にあるのかを明らかにするため、ヒト被験者の安静状態の脳活動および認知課題遂行中の脳活動を高解像度の機能的磁気共鳴画像法（**fMRI**）を用いて測定し、課題遂行中の脳活動領域と安静状態の機能的結合に基づく **micro-module** の関係の解明を試みたものであり、下記の結果を得ている。

1. 安静状態の被験者の脳を、3TのMRIを用いてグラディエントエコー法により撮像した。解析ソフト **CARET** を用いて機能画像を脳溝に沿って展開し、二次元空間上で機能画像の解析を行った。右半球の下前頭皮質の後部領域において、機能的結合のパターンが急激に変化する領域（**boundary**）を検出し、**probabilistic boundary map** を生成した。その結果、全脳との機能的結合を用いた場合と、対側領域、すなわち左半球の下前頭皮質の後部領域との機能的結合を用いた場合とで、同様の **boundary** のパターンが描出されることが明らかになった。この結果から、対側領域には **boundary** を検出するのに十分な情報が含まれていることが明らかになった。
2. 機能的結合に基づいて定義された **micro-module** の大きさを推定するために、自己相関関数を用いた解析を行った。機能的結合のパターンの変化が緩やかな領域ほど高い値を持つ **probabilistic center map** を生成し、各被験者の **map** について二次元の自己相関関数を計算することで、**micro-module** の空間的な周期性を定量化した。各被験者につき得られた自己相関関数について、中心からの距離ごとに相関値の平均を計算した。各被験者の相関値を平均したところ、12 mm の距離に相関値の極大値が見られた。この結果は、機能的結合に基づいて定義された **micro-module** の大きさがおよそ 12 mm 程度であることを示唆する。
3. 機能的結合に基づいて定義された **micro-module** が、実際の機能単位とどのような関係にあるのかを調べるために、被験者が課題を遂行している時の脳の活動を **fMRI** で測定した。課題は **Go/nogo** 課題と Wisconsin カード分類課題の2つを用い、前者により反応抑制機能に關与する脳領域を、後者によりフィードバック機能に關与する脳領域をそれぞれ検出した。**boundary** と脳活動の位置関係を調べたところ、脳の活動は **boundary** を避けて生じる傾向にあり、さらにその傾向は **probability** の高い **boundary** ほど強いということが分かった。この結果は、機能的結合に基づいて定義された **micro-module** は、実際の脳の機能を反映したものであることを示唆している。

4. 反応抑制機能に關与する脳活動とフィードバック機能に關与する脳活動の距離を計算すると平均 14 mm 程度で、これは上記 2. において計算された **micro-module** の大きさ (12 mm) とほぼ同じであった。さらに 2 つの脳活動のピーク間の信号値を調べたところ、2 つのピーク間の半分以上の部分において信号値は 0 付近であることが分かった。この結果は、脳活動の広がりには平均して **micro-module** よりも小さい傾向にあるということを示唆している。

5. 脳活動の空間的な広がりとは機能的結合との関係を調べるために、機能的結合のパターンの変化を定量化した **eta² map** を計算し、脳活動の形状と **eta² map** の形状を比較したところ、両者の形状が有意に似ていることが明らかになった。この結果は、脳活動の空間的な広がりには脳の機能的結合を反映したものとなっているということを示唆している。

以上、本論文は安静状態の機能的結合に基づく **micro-module** と特定の認知機能に關与する脳領域の比較によって、実際の脳機能に關連した **micro-module** が 12 mm 程度の大きさを持って存在していることを明らかにした。本研究はこれまで十分に明らかにされていなかった、機能的結合を用いた全脳の神経ネットワーク網の解明に重要な貢献をなすと考えられ、学位の授与に値するものと考えられる。