

岡山大学記者クラブ 御中

令和4年9月29日

岡山大学

謎に満ちたヒト脳の解明に挑む！
ヒト脳の多階層な機能を計測できる革新的な脳イメージング技術
～7テスラ超高磁場レイヤーfMRI～

◆発表のポイント

- ・ ヒトの脳は「内なる宇宙」と言われるほど謎に満ちており、ミクロな神経細胞から全脳にわたる多階層な脳機能の解明が求められています。
- ・ 超高磁場（7テスラ以上）磁気共鳴画像（MRI）システムを用いたレイヤーfMRI技術を開発し、ヒト大脳皮質レイヤーレベルの脳活動の計測に成功しました。
- ・ この技術は、現状の枠組みを突破したミクロな神経細胞とマクロな全脳をつなぐ皮質レイヤーの機能の理解を推進でき、ヒトの脳機能の全容解明に貢献できると期待されています。

脳は、ヒトがヒトらしく生きるための根幹をなす「こころ」の基盤であると共に、身体全体を統合的に制御する機能を持っており、ヒトの脳機能の解明は現代科学最大のフロンティアです。現状の脳科学研究は、侵襲を伴う動物研究によるミクロレベルの脳の理解と、ヒトの非侵襲的脳イメージング研究によるマクロレベルの大局的な脳の理解に二極化されています。このように、ヒトと動物の根本的な種間差と脳計測モダリティの違いが障壁となり、それぞれの領域で専門化・細分化して進められてきました。この二極化は、脳がどのような情報処理によりヒトの高次な機能を生み出しているかの本質的な理解を阻害しています。学術研究院ヘルスシステム統合科学学域の楊家家研究准教授のグループは、2019年5月にヒトの大脳皮質層（レイヤー）の活動を計測できる7テスラ超高磁場機能的磁気共鳴画像（fMRI）技術の開発に成功しました。2022年1月に、同グループは、ヒトの触覚を司る第一次体性感覚野における予測誤差の処理に伴うレイヤー脳活動の計測に成功したなど多数の世界初の知見を見出しました。今後、この技術の普及により、現在脳科学分野のミクロとマクロの間のギャップを埋めることができ、ヒトの脳機能の全容解明に貢献できると期待されています。

■発表内容

<導入>

ヒトの脳は、約1000億個もの膨大な数の神経細胞が多段階の階層構造をもつ複雑な生体情報処理システムです。物質である神経細胞が可塑的なシナプス結合を介して神経連絡を形成し、さらに脳表面にある皮質層（レイヤー）間の特徴的な神経連絡の繰り返しによってより複雑な神経回路が構築され、高度な情報処理を可能にしています。また、その神経回路の破綻は、認知症などの神経疾患を引き起こし、日常生活に支障をきたしています。従って、脳の各階層における神経回路の動

PRESS RELEASE

作原理の理解、それに基づいた神経疾患の病因解明および治療法の開発は極めて重要な課題となっています。

<背景>

ヒト大脳表面は厚さ 2~4mm 程度の灰白質で覆われており、特徴的な形態と役割を持つ神経細胞が 6 層のレイヤー構造を成しています。厚さ数ミリほどの大脳皮質レイヤーは、外界環境の知覚・認知・判断などの様々な高次脳機能の中核となっています。しかし、従来の技術ではヒト生体脳のレイヤーレベルの脳活動を計測できず、神経細胞や皮質レイヤーの機能について侵襲を伴う動物研究の知見に



図1 7T-MRIシステムの写真

頼っている状況です。2000 年代初頭にヒト用 7 テスラ (T) 超高磁場磁気共鳴画像 (MRI) システムが誕生 (図 1) したことにより、従来困難であった百マイクロン単位での大脳皮質レイヤーの活動を計測できる撮像法の開発に希望を与えました。それから約 20 年を過ぎた今でも、大脳皮質レイヤーの機能的な活動を計測できる撮像法は未だ確立されておらず、欧米中心の研究グループが開発に取り込んでいるのが現状です。学術研究院ヘルスシステム統合科学学域の楊研究准教授は、日本で初めて 7T-MRI を用いたレイヤー fMRI 撮像法の開発に成功し、世界で初めてヒトの体性感覚野のレイヤー活動計測に成功しました。

<研究内容、業績>

MRI は、強い磁場の中でヒト体内にある水素原子 (プロトン) の共鳴現象を利用して、内臓や筋肉などのプロトン密度の違いを画像化して、あらゆる病気の臨床診断に用いられています。1990 年ごろに、脳神経活動に伴う血中酸素の濃度変化を MRI によって計測できることが証明されたのちに、この手法を functional MRI と名付けてヒトの脳機能理解に大いに貢献しています。一方で、一般的に用いられる fMRI 信号 (血中酸素濃度依存信号) は脳表面を走行する静脈の影響を受けるため、レイヤーレベルの脳活動信号を同定できないという大きな課題に直面しています。楊研究准教授は、脳局所の毛細血管の血液量変化に敏感な VASO 信号を用いたレイヤー撮像法の開発に成功し、従来の fMRI 信号に内在する課題を克服しました。そして、この超高磁場 MRI を用いた fMRI 技術を「レイヤー fMRI」と名付けて、ヒトの触覚認知の背後にある脳神経基盤の解明を目指した研究

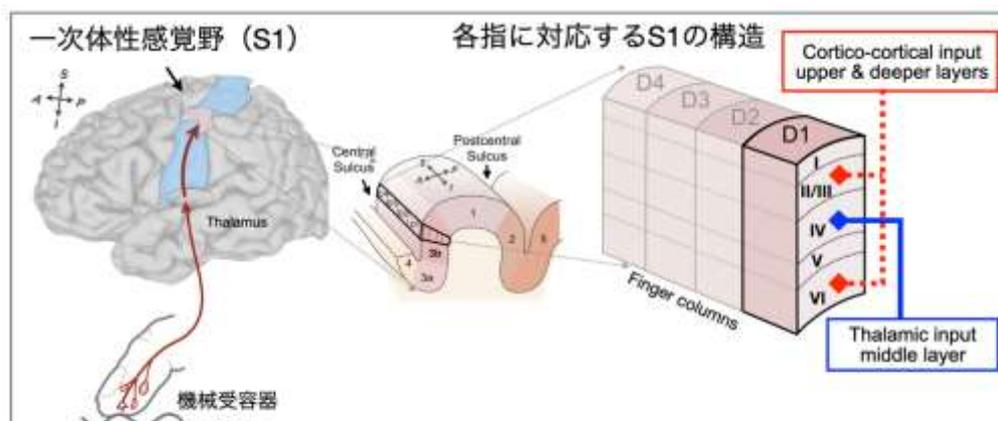


図2 ヒトの触覚情報処理の流れと一次体性感覚野のレイヤー構造

研究に応用しました。触覚情報は、皮膚内部にある受容器群によって検出され、脊髄や視床などを介して大脳皮質の一次体性感覚野 (S1) の中間レイヤーに到着した後、レイヤー間と脳領域間の

PRESS RELEASE

情報伝達を行い、ミクロからマクロに至る脳の各階層で分析・処理されると考えられます（図2）。しかし、触覚情報のレイヤーレベルの処理機序の細部については未だ不明な点が多くあります。そのため、楊研究准教授

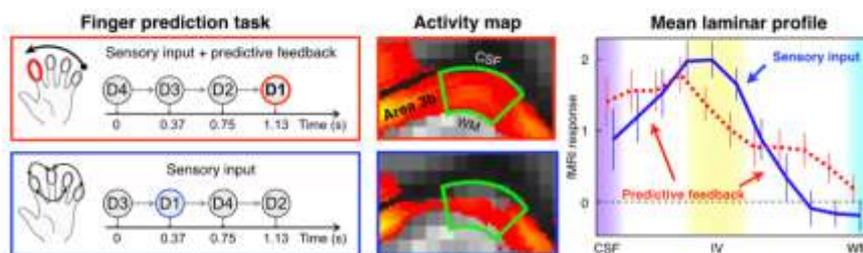


図3 ヒトのS1のレイヤー活動

らはヒトの予測する脳の性質に着目して、指先に刺激されるタイミングを予測する課題を設計して、ヒトのS1における予測および予測誤差のレイヤー脳機能を検討しました。その結果、触覚信号がヒトS1の中間層に入力し、予測フィードバック信号がS1の表層と深層に入力することを世界で初めて明らかにしました（図3）。さらに、その後続研究により予測誤差の処理がS1の深層の活動と深く関係していることがわかりました。2020年に、楊研究准教授は、JST 創発的研究支援事業に採択され、ヒト脳レイヤーイメージング研究分野の開拓に努めております。

<展望>

この技術普及により、ヒト脳機能の神経基盤の全容解明を促進すると期待されます。ミクロとマクロの両面からヒトの脳機能を理解することで、DALYs（疾患による生命と生活への損失指標）が医学疾患中、最大である神経疾患の理解と早期診断・治療法の開発につながると期待されます。

<略歴>

楊 家家 1981年生まれ。香川大学大学院工学研究科博士後期課程修了 博士（工学）
専門分野 認知脳科学、ヒト脳機能イメージング、脳神経変性疾患の早期発見
経歴 米国国立衛生研究所、2011年より岡山大学に勤務、現在に至る

<お問い合わせ>

岡山大学 学術研究院ヘルスシステム統合科学学域
研究准教授 楊 家家
(電話番号) 086-251-8053
(FAX) 086-251-8266