

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 ハイパースキャン fMRI を用いた言語コミュニケーション
 における共有の神経基盤の基礎的研究
 (Basic research on the neural mechanisms of sharing through
 verbal communication using hyperscan functional MRI)

氏 名 吉岡 歩

論 文 内 容 の 要 旨

我々は社会的相互作用を通して他者と互いに影響し合いながら生きている。ヒトの社会性の特徴として、視線やジェスチャーといった信号を他者と交換することで、その信号から読み取れる意図や欲求を他者と共有できる点が挙げられる。特にヒトは、情報の伝達手段として言語を扱うことで、他の種に比べ複雑な情報を交換することができる。ヒトは生まれながらにして、他者とのかかわりの中で心的状態を共有するように動機づけられていると考えられており、これが社会的相互作用を根本から支えている。これまで他者との心的状態の共有は、二者が同じものに注意を向ける「共同注意」を中心に研究が進められてきた。共同注意は言語の獲得や心の理論の前駆であると言われており、ヒトの社会的能力を基礎づけるものである。そして我々は、共同注意を通して他者と一つの目標に向かって行為をともにする共同行為や円滑なコミュニケーションを成立させている。これまでの研究により、他者との共有場面では、他者の行動を予測し、自己と他者の予測を統合することが重要であり、こうした共有の神経基盤としてミラーニューロンシステムやメンタライジングネットワークが関与することがわかっている。

これまでの脳機能イメージング研究では、社会的相互作用のない状況で提示された刺激をもとに参加者の反応を観察する実験によってヒトの社会性に関わる神経基盤が検討されてきた。ところで近年、社会的相互作用に関する心理学的・神経科学的研究において、単に他者を観察する場面と他者と相互作用する場面では社会的認知が根本的に異なるという主張をする研究者や、社会的に相互作用する二者は互いに直接的に影響を及ぼし合うことから、二者の「間」に存在する他者の心的状態に関する知識の表象を観察することの重要性を説く研究者が増えてきた。そして二者の脳活動を同時に計測することができるハイパースキャン法を用いて、相互作用する二者の脳活動の同期が検討されるようになった。機能的磁気共鳴画像法(fMRI)を用いたハイパースキャン研究では、これまで課題関連脳活動と背景脳活動という2つの脳活動のゆらぎの二者間の同期が検討されてきた。一方脳のモデル研究において

て近年注目されている予測符号化理論では、脳内の高次の階層では内部モデルによって過去の経験に基づいて常に入力される信号を予測し、感覚信号が実際に入力されると予測と実際の入力信号との比較によって誤差が計算され、低次の階層から高次の階層へと予測誤差がフィードバックされる、と考えられている。さらに、相互作用する二者の脳活動とこの予測符号化理論の考えを組み合わせ、背景脳活動の同期は二者で共有された内部モデルを表象し、課題関連の脳活動の同期は低次の階層からの予測誤差を最小化するためのフィードバックを表象している可能性が示唆されているが、実証的な研究はこれまでなされていない。

こうしたことを踏まえ、本博士論文では、ヒト特有の社会的相互作用の手段である言語的コミュニケーションによる共有の神経基盤の解明をテーマとして、2つの研究を実施した。両研究においてもハイパースキャン fMRI を用いることで、リアルタイムで二者の相互作用が必要な課題を遂行する際の脳活動を計測した。

研究1では、社会的相互作用の基礎となる共同注意に関する二者の神経基盤を検討した。これまでの共同注意研究では、視線を介した空間的な注意の共有に焦点を当ててその神経基盤が検討されてきた。しかし、共同注意は視線以外のモダリティによっても遂行可能であり、空間的位置では指定することができない対象次元に対して注意を共有する際には、言語を介したお互いの注意の操作が必要となる。そこで本研究では、言語を介することによってのみ共有可能な物体の特徴への共同注意を課題として採用した。言葉を介した共同注意では、視線を介した共同注意と異なり、対象物の特徴への注意の焦点は目に見えないため、注意対象自体を表象しなければならず、より他者の心的状態の推測が必要となる。実験では、個人の脳活動として表象される共同注意関連領域、および共同注意を介して二者間の相互作用の影響がどのように二者の脳活動同期として観察されるかを検討した。脳活動の同期は、共同注意課題によって惹起された課題に関連する脳活動（課題関連の β 時系列データ）の同期と、課題に関連する脳活動をモデルによって取り除いた状態を反映する背景脳活動（残差時系列データ）の同期の2つを検討した。

実験の結果、右半球の側頭頭頂接合部（temporoparietal junction: TPJ）、前部島（anterior insula cortex: AIC）ー下前頭回（inferior frontal gyrus: IFG）、背内側前頭前野（dorsomedial prefrontal cortex: dmPFC）を含むメンタライジングネットワークにて、共同注意課題中の背景脳活動の二者間同期が確認された。また、右半球の後部上側頭溝（posterior superior tempotal sulcus: pSTS）とAIC-IFGにおいて課題関連の β 時系列データの二者間同期が確認された。ここで見られたメンタライジングネットワークの背景脳活動の二者間同期は「三項関係の一部として、私たちはそれを見ている」という心的状態を表象していると考えられ、これは予測符号化理論における高次のフォワードモデルを反映していることを示唆するものである。一方課題に関連する脳活動で二者間同期が確認された右pSTSとAIC-IFGは課題による感覚入力を反映していると考えられ、これは高次のフォワードモデルからトップダウンでpSTSとAIC-IFGに予測信号が送られていると解釈可能である。さらに、背景脳活動と課題関連脳活動の両方で脳活動の同期が確認された右半球のAIC-IFGは、高次のフォワードモデルと低次の皮質階層からのフィードバックをつなぐノードとなっている可能性を示している。

研究2では、共同注意を通して個人の主観的な評価を二者で共有する際の神経基盤を検討した。共同注意は一般に、外部の物体や出来事に他者と注意を向ける能力

として理解されている。しかし、言語を用いれば、我々は外部の物体だけでなく自分や他者の心的状態の中身にも共同注意することができる。こうした個人の内に隠された情報への共同注意は、言葉によって互いの態度を交換することで成立するといわれており、誤信念の理解や他者の信念を推測する能力の先駆であると考えられている。研究1の共同注意実験では、相手と共同注意が成立した状態が続くことで、他者と心的状態が常に共有されている状態が作り出されていた。一方、内的な情報の共有では、その内容が他者と異なるという状況が多く発生しうる。そこで研究2では、他者と心的状態の差異が表れやすい主観的な情報を共有することで、他者との共有の結果、二者間で心的状態が異なったときに脳内でどのような処理が行われるかについて焦点を当てて実験を行った。実験では、共同注意した対象に関する特徴を判断するか、好みや親密度といった主観的な評価を判断した後に、二者でそれらを共有する課題を行った。課題中の脳活動を同時に計測し、個人の課題関連脳活動と二者間の脳活動の同期について検討した。

その結果、共同注意した対象への主観的な評価を判断する際、およびそれを他者と共有する際には、メンタライジングネットワークが活動することが確認された。また、評価を共有した結果他者との一致不一致がどのように個人の脳内で処理されるかに関しては、共有した評価が主観的か客観的にかかわらず他者と不一致だった場合の脳活動が両側の上側頭回と角回に、さらに主観的な評価に特異的な他者との不一致関連の脳活動が左 IFG に、それぞれ認められた。これにより、主観的な評価を共有し、他者と一致しなかった場合には、左 IFG が自他の不一致を表象していることが明らかになった。一方、二者の脳活動の同期に関しては、両側の上側頭回において課題に関連する脳活動の二者間同期が、右 pSTS において背景脳活動の二者間同期が、それぞれ確認された。本研究では、課題の中に発言の内容が他者と一致する試行と不一致の試行が混在していたため、会話によって情報を交換する中で相互作用している相手に特異的な情報を抽出することに関与し、受け取った情報を処理する過程が上側頭回の課題関連の脳活動の同期として表象されているのではないかと考えられた。一方背景脳活動の二者間同期が認められた pSTS は、言語的に相互作用しているという社会的文脈をモニターする内部モデルの共有が同期に反映されたと解釈した。

以上、本博士論文では、2つの研究により、ヒトの社会的相互作用においてみられる2つのタイプの他者と心的状態の共有の神経基盤について検討した。一つは、自分の外部にある参照点に対して互いに注意を向けることによって知覚的な対象を共有するプロセスに関わる神経基盤であり、もう一つは、互いに注意を向けた対象への態度や評価といった主観的な情報を共有するプロセスに関わる神経基盤である。こうした心的状態の共有は、ヒトの社会性に特有の言語を用いたコミュニケーションの根幹を成すものである。本論文は、この2つの共有プロセスにどのような脳領域がどのようなかたちで関与し、どのような役割を果たしているかについて新たな知見を提供するものであり、2つの研究によって、ヒト特異的なコミュニケーション手段である言語を通じた他者と相互作用において、二者の心的状態の共有が共有する内容によって異なる脳部位の二者間の脳活動の同期によって表象されることが示された。