

第105回日本精神神経学会総会



社会性に関与する脳機能メカニズム：脳機能イメージング研究からの検討

佐々 祐子（東北大学加齢医学研究所認知機能発達寄附研究部門）

近年、functional magnetic resonance imaging (fMRI：機能的磁気共鳴画像)を中心とした脳機能イメージング研究では、人間の複雑で多様な社会的情報処理メカニズムを解明するための研究が盛んに行われている。しかし、それぞれの認知プロセスがどのように関連して社会的情報処理を行っているのか、まだ十分な知見が得られていないのが現状である。

我々は、適切な発話を前提とした他者とのコミュニケーションに関する神経基盤について検討した。健常成人被験者を対象に、日常のコミュニケーション場面に近い状況で他者の発話理解、また他者へ話しかけるなどの課題を行わせ、その時の脳活動を fMRI を用いて測定した。その結果、他者とのコミュニケーション時に、他者の心的状態を理解する能力、つまり「心の理論」に関与すると言われる領域が関与していることが明らかとなった。また、これらの領域において、コミュニケーションの相手の意図・感情を理解する脳領域と状況と発話内容を評価するのに関与する脳領域に分離できる可能性を指摘した。このような視点から、社会的・対人的相互作用やコミュニケーションに特異的に障害を持つ自閉症の人たちの様々な症状を考えると、単に、他者の意図を理解する能力「心の理論」の障害というよりも、他者の感情推測が困難なのか、あるいは状況から発話内容を評価するのが困難なのかという、より具体的な症状が見えてくると思われる。

1. はじめに

近年の社会的認知メカニズムを解明するための脳機能イメージング研究の多くは、顔・表情認知や他者の感情や行動理解、また自伝的記憶や自己弁別などの社会的認知プロセスの研究を中心としており、個々の側面の神経基盤については徐々に解明されつつある。一方、私たちの普段の生活の中で何気なく行っている対人コミュニケーションは、そのような様々な認知プロセスが多様に関わり実行されると考えられる。このような対人コミュニケーションに関する脳機能イメージング研究はまだ始まったばかりである。私たちの日常の複雑な状況の理解や、他者の心の共感・推論、それを基にした判断・行動といった、人間ならではの高次な心の働きは脳のどの領域の、どのような機能が関与しているのだろうか。

本論では、他者との言葉によるコミュニケーション

ンについて、その神経基盤を考察していきたい。最初に社会的認知のプロセスについて、特に、その中で重要な能力の一つと言われている「心の理論」を中心に述べる。次に、我々が行った健常成人被験者を対象とした fMRI を用いた3つの研究を紹介し、心の理論と言葉を用いたコミュニケーションの関係について検討したい。最後に、このような健常群を対象とした研究データから、自閉症研究にどのようなことが応用できるのか検討したい。

2. 対人コミュニケーションと「心の理論」

社会性とは、自分と他者また社会との関係について推測、理解し、適応的に行動することである。そのプロセスには、社会的シグナルの知覚、そのシグナルの理解・評価、そしてその社会的シグナルに対する適切な反応（行動）が考えられる。そ

の中心に位置付けられるのが対人コミュニケーションにおける社会的シグナルの交換である。つまり、円滑なコミュニケーションを成立させるためには、相手が発した言葉の情報だけでなく表情や動作あるいはその場の状況など言語によらない非言語情報など様々な社会的シグナルから必要な情報を取り出し理解すると同時に、適切に応えること（行動）が必要である。このような複雑な認知プロセスを含む他者とのコミュニケーションを私たちが普段何気なく行うことができるのは、「心の理論 (Theory of mind)』⁵⁾の働きと関係があると言われている。「心の理論」とは、狭義には他者の行動などから、他者が自分とは異なる考えを持っていることを理解する能力のことを指すが、広義には他者の心の中を推察する能力であり、自分や他者の行動を予測、説明するために必要な心の働きについての知識、そしてそれらを理解する能力のことを指す。

対人コミュニケーションと「心の理論」の関係については、社会性や対人コミュニケーションの障害と考えられている自閉症スペクトラム障害の人たちの研究からも示唆されている。自閉症スペクトラム障害が起こる原因の一つとして、「心の理論」の発達障害があるとする仮説から、自閉症スペクトラム障害の対人関係における問題が説明されている^{1,3)}。特に、知的障害や言葉の障害を伴わない自閉症スペクトラム障害の人たちは、他者との会話において十分な言語能力を備えながらも、慣用句などの字義通りではない表現や比喩的な表現の理解に問題が生じることが多く、また自分の心的状態を適切に表現することに困難を示すことが報告されている^{4,8)}。一方で、自閉症スペクトラム障害の様々な症状に対して統一的に「心の理論」の発達障害という説明を与えるのは困難な面もあるが、社会性や対人コミュニケーションのある側面において、「心の理論」の発達がとても大きく関係していると言える。

3. 社会的認知に関与する神経基盤

近年の脳機能イメージング研究では、人間の複

雑で多様な社会的認知に関する脳機能メカニズムを明らかにするために、主に健常成人を対象として、例えば、顔の写真から視線の方向や表情を理解させたり、音声刺激から情動判断を行わせたり、さらには漫画や物語を用いて、他者の目的、意図を理解するいわゆる心の理論課題など、さまざまな刺激、課題を用いた研究が行われている。そのような先行研究の結果や、また症例研究の報告から、社会的認知に主に関与している特別な領域の存在が指摘されている。その領域は社会脳 (social brain) と呼ばれ²⁾、社会的認知に必要ないくつかの機能モジュールが想定されている。その中でも特に、内側前頭前皮質、後部帯状回、側頭極、頭頂-側頭接合部領域の4つの領域は、他者の行動の目的、意図について考える課題の時に共通して活動が認められることから、他者の意図を理解する「心の理論」の神経基盤である可能性が示唆されている。しかしながら私たちの様々な社会的行動を、これらの領域のどのような機能がどのような役割を持って可能にしているのか、これらについての理解は今後の様々な視点からの課題、刺激また手法を用いた詳細な研究が待たれる。

4. 他者との言葉によるコミュニケーションと「心の理論」の関係：fMRIを用いた研究

他者とコミュニケーションをしている時に「心の理論」関連領域がどのように関与しているのかを調べるために、我々は健常成人を対象としたfMRI実験を行った。実験では、日常によくある場面を写した写真や動画を用いることで限られた実験環境ではなくより日常のコミュニケーション環境に近づけ、皮肉理解や人に話しかけるなどの課題を用いその時の脳活動を調べた。先にも述べたように、他者とのコミュニケーションにおいて「心の理論」が注目されてきたが、社会的情報がコミュニケーションの重要な手がかりになることからコミュニケーションの状況の適切な理解も重要であると考えた。そこで、他者とのコミュニケーションに関わる神経基盤について、「心の理論」と「状況の適切な理解」に着目して検討する

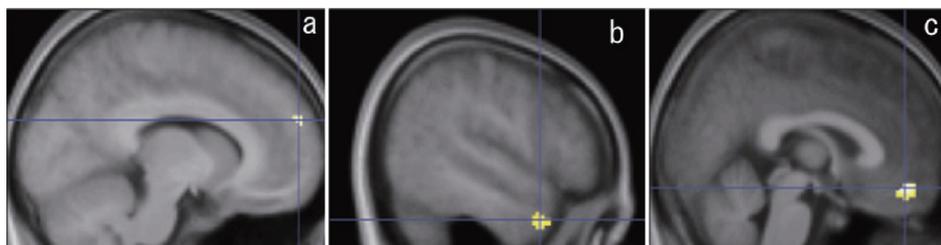


図1 皮肉の理解に関わる脳活動領域（文献10より図を改変）

- a：状況判断をしている時に有意に活動した領域（内側前頭前野）
- b：皮肉表現を用いた場面を見ている時に有意に活動した領域（右の側頭極）
- c：状況判断課題をしている時のみ皮肉表現に対して強い活動が認められた領域（内側眼窩前頭）

こととした。

最初に他者の発話の裏の意味を理解する，特に皮肉を理解する時の神経基盤について検討したい。皮肉は，字面上の表現とは反対の意味が含まれており，皮肉の理解には発話されたその言葉を取り巻く状況の理解がカギとなる⁷⁾。成人健常被験者を対象に，明示的に状況を文で提示し，登場人物のコメントに関して皮肉かどうかを判断させた脳機能イメージングの先行研究から，皮肉検出には，「心の理論」と言語処理に関わる神経基盤の関与が指摘されている⁹⁾。しかし，私たちの日常におけるコミュニケーションの場面では，複雑な場面全体の中から必要な状況を取り出し，その状況と発話の意味内容との関係を理解しなければならない。そこで我々は，登場人物のセリフを吹き出しとして付け，そのコミュニケーションの場面を文字ではなく写真で提示した。そして，そのセリフとその状況から得られる背景情報とを統合して，セリフの意味内容を理解するプロセスを検討した¹⁰⁾。登場人物のセリフは皮肉，慣用句，文字通り（裏の意味がない）の表現を使用し，日常の会話場面にありそうな場面（例えば，数十円しか入っていない友人のお財布を見て，「金持ち！」と言う）を設定した。被験者にはそれらの写真を見せ，セリフの意味内容と場面があっているかどうかを判断する（状況判断）課題と，セリフが場面を文字通りに表現しているかどうかを判断する（字面判断）課題を行ってもらった。それぞれの

課題を行っている時の脳活動を調べた結果，内側前頭前野は，字面判断をしている時よりも状況判断をしている時に有意な活動が認められ（図1 a），右の側頭極は，課題に関係なく皮肉表現を用いた場面を見ている時に有意な活動が認められた（図1 b）。さらに，内側眼窩前頭皮質は，状況判断課題をしている時のみ皮肉表現に対して強い活動が認められた（図1 c）。これらの結果から，状況から発話の意味を理解する時の「心の理論」関連領域の機能役割が見えてきた。内側前頭前野は，背景的状况と言語表現の関係を評価するのに関与していると考えられる。また，右の側頭極は会話者の表情など背景的状况から推測される情報を手がかりに皮肉の無意識的な処理に関与しているのに対して，内側眼窩前頭皮質は状況から意識的に皮肉を検出するのに関与している可能性が考えられる。

次に，他者に話しかける時の関与する神経基盤を検討したい。我々は，コミュニケーションの状況を含め他者からの社会的情報を知覚，理解し，他者へ適切な情報を発信するプロセスについて検討する実験を行った⁶⁾。これまでの脳機能イメージング研究では社会的情報を知覚，理解に関する研究は多いが，社会的情報を発信する送り手の認知プロセスに関する研究はほとんど見られない。そこでまず，fMRIの中で日常的な動作場面，ある人が道具を用いてある動作をしている（例えば，ギターを弾いている）動画を被験者に見せその動

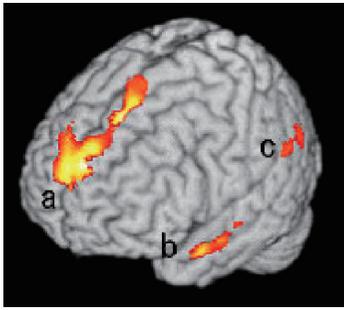


図2 動作者の動作を描写している時よりも、動作者に話しかけている時に有意に強く活動する領域
 a: 内側前頭前野, b: 上側頭溝前部,
 c: 側頭-頭頂接合部
 (文献6より図を改変)

画を見て実際に動作をしている人に話しかけてもらう(話しかけ)課題と、単に動作をしている人の動作を描写してもらう(叙述)課題を行ってもらった。すなわち、叙述課題の時は動作者の気持ちや目的を理解しなくてもその人の動作を描写することができるのに対して、話しかけ課題の時は動作者の意図や感情またその場の状況を理解しその場にあった適切な話しかけが必要になる。それぞれの課題を行っている時の脳活動を比較した結果、内側前頭前野、左の上側頭溝前部、側頭-頭頂接合部で叙述課題をしている時よりも話しかけ課題をしている時に強い活動が認められた(図2)。つまり、他者に話しかける時の神経基盤は、「心の理論」に関する領域と重なっていることが明らかになった。これらの結果から、「心の理論」関連領域が、社会的情報の知覚、理解だけでなく、社会的情報を発信するプロセスにも重要な役割を担っていることが示唆される。

さらに、我々は話しかける時に想定される認知プロセスを、他者の気持ちを理解し(社会的情報の知覚、理解)、状況から適切な発話内容を考える(社会的情報の評価、行動の選択)、そして発話をする(行動)、という大きく3つのプロセスを想定し他者に話しかける時の機能モジュールを検討した。次の実験(未発表データ)では、その中で

も、「他者の気持ち理解」と「発話内容産出」に着目し、その2つの機能モジュールに関する脳活動を調べた。まず被験者には、日常よくあるようなコミュニケーション場面を設定するためにコミュニケーションの相手となる登場人物のセリフが付いた写真を提示し(例えば、CDのカバーを見て驚いた表情をして「ぎょえっ、これ歌ってんの男だったの…」と言っている)、登場人物の気持ちを推測してもらう(気持ち推測)課題と、登場人物に対して自分だったらなんと話しかけるかを考える(発話内容選択)課題を行ってもらった。その結果、両側の上側頭溝、右の側頭極が、気持ち推測課題の時に強い活動が認められた(図3-1)。一方、発話内容選択課題の時には、内側前頭前皮質、右の上側頭溝(側頭極を含む)、左の側頭極、左の側頭-頭頂接合部に強い活動が認められた(図3-2)。以上のことから、他者に話しかける際の認知プロセスを相手の気持ち推測、発話内容産出に分類してみると、「心の理論」に関連する領域の中で他者の気持ちの推測は特に両側の上側頭溝、右の側頭極に、発話内容産出には両側の上側頭溝領域も含め、内側前頭前野、右の側頭-頭頂接合部に機能分化している可能性が考えられる。

以上の3つのfMRIの実験結果から、「心の理論」を司る領域が、他者とのコミュニケーションにおいて発話理解、発話産出ともに重要な働きを持っている可能性が明らかとなった。また、それらの領域の中でもコミュニケーションの相手の気持ちを推測する側頭極を含む上側頭溝領域と、コミュニケーションの状況を理解して発話の意味を理解したり適切な発話内容を考えるといった状況と発話内容の関係の評価には主に内側前頭前皮質に機能分化している可能性が示唆された。このような機能分化に関しては今後十分な検討が必要であるが、社会性の障害、コミュニケーションの障害と言われる自閉症の人たちの様々な症状を理解する際の1つの視点になる可能性も考えられる。他者との関係を築いたり、コミュニケーションが困難であるのは、「心の理論の障害」という行動

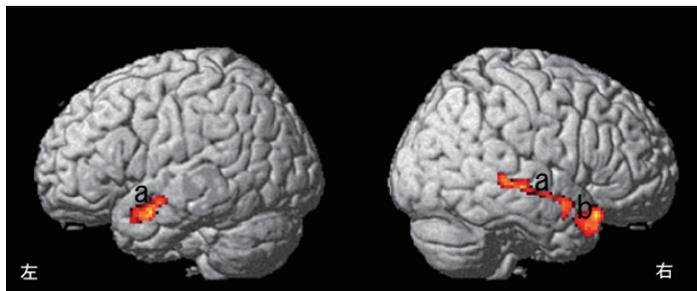


図3-1 コミュニケーションの相手の気持ちを推測する時に関与する領域
a：上側頭溝，b：側頭極

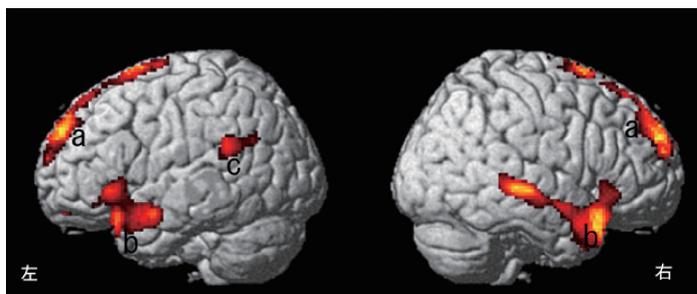


図3-2 コミュニケーションの相手への発話内容産出に関与する領域
a：内側前頭前野，b：側頭極，c：側頭-頭頂接合部

的側面からの説明だけではなく、他者の気持ちを推測する脳領域に障害があるのか、あるいは発話内容と状況の関係を評価する脳領域に障害があるのかなど、脳のどの領域に障害があるのかによって症状も異なるかもしれない。

5. おわりに

私たちの日常の中の複雑な状況の理解や、他者の心の共感・推論、それを基にした判断・行動といった高次な社会的認知活動に関する脳内メカニズムの解明により、私たちの心の働きを知ることができるだけでなく、自閉症に関わる脳内メカニズムが理解され、自閉症の様々な症状の説明につながる事が期待される。高次な社会的認知活動と脳との関係を理解するためには、健常群を対象とした研究だけでなく、自閉症群と健常群の対照研

究など、今後の更なる研究が必要になると考えている。

文 献

- 1) Baron-Cohen, S., Leslie, A.M., Frith, U.: Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, 21; 37-46, 1985
- 2) Brothers, L.: The social brain: a project for integrating primate behavior and neurophysiology in a new domain. *Concepts Neurosci*, 1; 27-51, 1990
- 3) Frith, U.: Social communication and its disorder in autism and Asperger syndrome. *J Psychopharmacol*, 10; 48-53, 1996
- 4) Happé, F.G.: Communicative competence and theory of mind in autism: a test of relevance theory. *Cognition*, 48; 101-119, 1993
- 5) Premack, D., Woodruff, G.: Does the chimpan-

zee have a theory of mind? *Behav Brain Sci*, 4; 515-526, 1978

6) Sassa, Y., Sugiura, M., Jeong, H., et al.: Cortical mechanism of communicative speech production. *Neuroimage*, 37; 985-992, 2007

7) Shamay-Tsoory, S.G., Tomer, R., Aharon-Peretz, J.: The neuroanatomical basis of understanding sarcasm and its relationship to social cognition. *Neuropsychology*, 19; 288-300, 2005

8) Tager-Flusberg, H.: "Once upon a ribbit": Stories narrated by autistic children. *British Journal of*

Developmental Psychology, 13; 45-59, 1995

9) Uchiyama, H., Seki, A., Kageyama, H., et al.: Neural substrates of sarcasm: a functional magnetic-resonance imaging study. *Brain Res*, 1124; 100-110, 2006

10) Wakusawa, K., Sugiura, M., Sassa, Y., et al.: Comprehension of implicit meanings in social situations involving irony: a functional MRI study. *Neuroimage*, 37; 1417-1426, 2007
