

情動的な対人コミュニケーションの 神経メカニズム

佐藤 弥*

1. はじめに

ヒトは日常において頻繁に、他者と情動のやりとりをしている。例えば我々は、他者のわずかに眉をひそめる動きを見て、不快な気持ちを敏感に読み取ることができる。あるいは、相手の笑顔を見ることで、つられてうれしい気持ちになったり、意図することなく笑顔を返したりしている。こうした情動的なコミュニケーションは、対人関係の形成および維持の基礎的要素として、我々の社会生活において大きな役割を果たしている。

情動的な対人コミュニケーションについては、心理学の分野において、行動的・情報処理的アプローチによりその心理過程の検討が進められてきた。近年の神経科学研究は、そうした心理過程が特定の脳領域の活動によって実現されることを明らかにしつつある。

本稿では、関係する研究報告を紹介し、情動的な対人コミュニケーションに関わる神経メカニズムについて論じる。誌面の都合もあり、顔を見る、表情から情動を読み取り感じる、表情に共鳴する、という3つの心理過程についてのみ取り上げる。最初に要旨を整理すると以下ようになる。顔の特定の情報（個人情報や動的变化など）の処理に

は、視覚野の顔関連領域が関与している。特定の情動表情についての認識や情動的応答には、辺縁系の特定の領域が関与している。他者の表情に対する共鳴的応答には、下前頭回弁蓋部が関与している。こうした複数の脳領域から形成される神経ネットワークによって、情動的な対人コミュニケーションが実現される。なお、図3に取り上げる脳領域のおおまかな位置を示したので、適宜参照されたい。

2. 顔を見る—視覚野の顔関連領域のはたらき

顔を見ることは、対人コミュニケーションにおける最も基本的な要素の1つと言える。心理学研究から、顔の視覚処理は物体の視覚処理と異なる特殊なものであることが示されている。第1に、物体の場合はパーツに基づいた認識が優位であるのに対し、顔の視覚処理ではパーツの集まりとしてではない全体的な処理が優位であることが示されている。例えば、ほとんどの物体では正立で呈示することと倒立で呈示することで認識に違いがないのに対し、顔は逆さにすることで認識が著しく困難になることが報告されている²³⁾。こうした倒立による成績低下は、顔のパーツについて符号化する場合には見られないことから、顔処理ではパーツに分解できない全体的な処理がなされており、これが倒立により障害されると解釈されている⁷⁾。第2に、物体の場合とは異なり、顔からは多様な情報が伝達されることが挙げられる。

* 京都大学大学院文学研究科
[〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町]
Wataru Sato : Graduate School of Letters, Kyoto University,
Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 Japan.

Bruce と Young²⁾ は心理学研究を概観し、顔から受ける情報として、個人情報・表情・性別・発話時の口の動きなどがあることを指摘している。

こうした心理学研究に合致して、機能的脳画像研究から、他の物体と比べて顔の処理に特殊化した視覚関連領域が存在することが示されている。例えば Kanwisher らの機能的磁気共鳴画像 (functional Magnetic Resonance Imaging : fMRI) 研究¹⁰⁾では、顔や他のいろいろな物体を見ているときの脳活動が検討された。その結果、他の物体と比べて顔に対して、紡錘状回と上側頭溝が高く活動することが報告された。

さらに、紡錘状回と上側頭溝とでは、顔の中の異なる情報を処理することが示されている。

紡錘状回は、顔の知覚や個人情報の同定に関与していることが示されている。例えば、Kanwisher らの fMRI 研究¹¹⁾では、顔の陰影を描いた白黒線画図形が正立あるいは倒立で呈示された。線画図形は、倒立で呈示された際には顔であることがわからなかった。紡錘状回は、図形が倒立で呈示された場合に比べて、正立で呈示され顔として認識された場合に高く活動した。George らの fMRI 研究⁹⁾では、既知あるいは未知の人物の顔写真が、ポジあるいはネガ画像として呈示された。ネガ画像にした場合、顔であることは分かったが、個人の同定は阻害された。その結果、右紡錘状回において、他の条件より既知人物をポジ画像として呈示した場合、すなわち個人同定が可能な条件に高い活動が示された。

一方、上側頭溝は、顔の動的变化や視線方向の処理に関わっていることが示されている。例えば、Puce らの fMRI 研究¹⁵⁾では、目や口の動きを見ているときの脳活動が検討された。これらの刺激を見ているとき、チェックパターンの動きなどを見ている場合に比べて、上側頭溝が高く活動することが示された。Hoffman と Haxby の fMRI 研究⁹⁾では、それたあるいはまっすぐな視線方向の顔写真を呈示し、視線に注目するあるいは個人情報に注目する課題を求めた。その結果、個人情報に注目した場合には紡錘状回が高く活動したが、

視線方向に注目した場合には上側頭溝が高く活動した。

これらの知見をまとめると、ヒトは顔について物体とは違った様式で様々な情報の視覚処理をしており、このような処理の神経基盤として紡錘状回および上側頭溝が関与しているようである。

3. 表情から情動を読み取る・感じる — 辺縁系のはたらき

情動的な対人コミュニケーションでは、表情が大きな役割を果たす。心理学研究から、表情が意図せずして他者に内的状態を伝達することが示されている³⁾。表情から他者の情動状態を認識することで、意図的に対人行動を調整することが可能となる。また、表情を見ることは観察者にも情動喚起をもたらす¹⁹⁾、これにより集団としての行動調整が動機づけられる¹²⁾。

脳損傷患者を対象とした神経心理学的研究から、恐怖を中心とした不快情動の表情の認識が、扁桃体の損傷によって障害されることが示されている。例えば、Broks ら¹⁾は、両側扁桃体損傷患者を対象として、いくつかの情動の表情のラベリング課題を検討した。その結果、健常者と比べて患者において恐怖表情の認識が低成績であることが示された。

機能的脳画像研究から、扁桃体が恐怖などの不快表情に対して高く活動し、その活動が不快情動の喚起に関わることが示されている。例えば、Whalen らの fMRI 研究²¹⁾では、恐怖・怒り・中性の表情を見ているときの脳活動を計測した。中性表情の場合に比べて、恐怖や怒りの表情を見ているとき、扁桃体が高く活動することが示された。Sato らの fMRI 研究²⁰⁾では、怒りあるいは中性表情が、こっち向きあるいはあっち向きという2つの顔向き条件で呈示された (図1)。また、脳活動計測後に、刺激を見ているときの主観的不快情動の強さを評定させ扁桃体活動との関係が調べられた。その結果、扁桃体において、こっち向きの怒り表情に対してあっち向きの怒り表情よりも

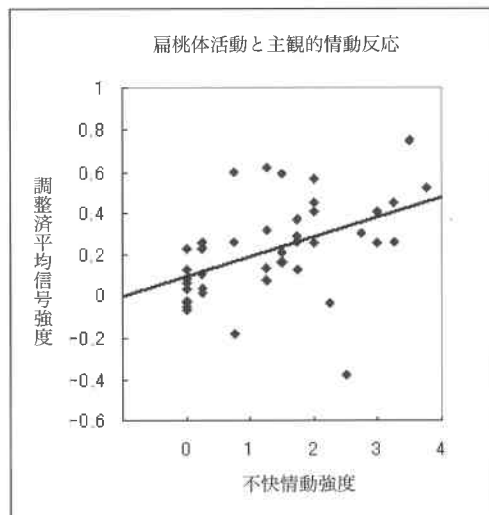
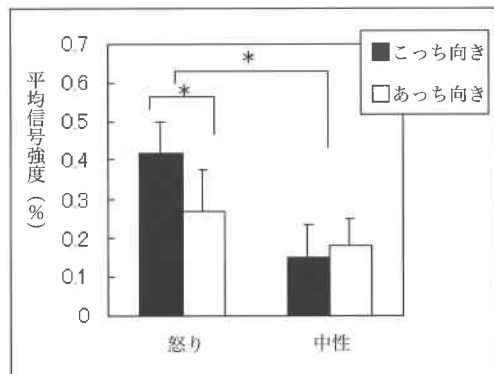
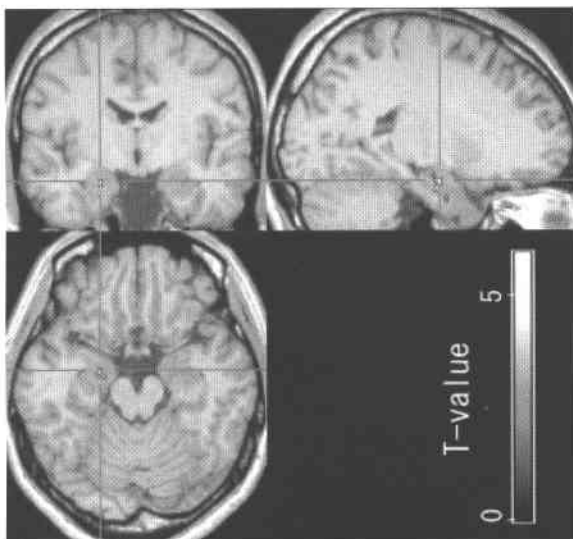
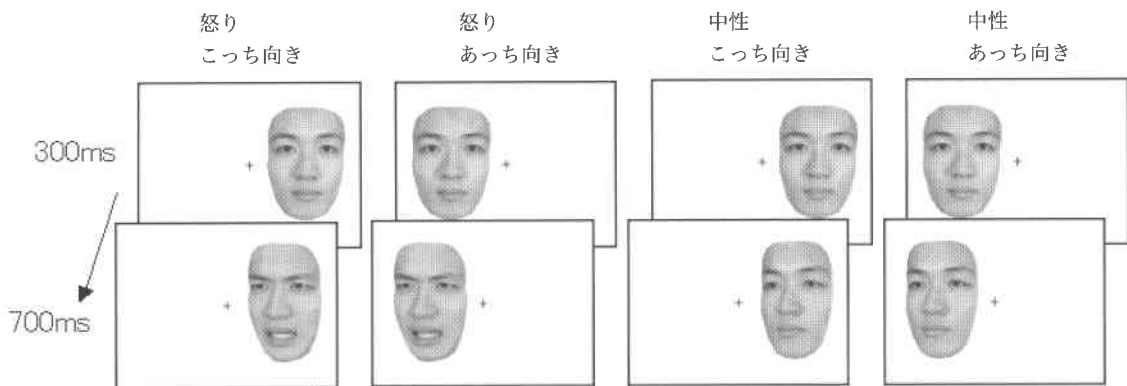


図1 SatoらのfMRI研究²⁰⁾の説明

上段：刺激呈列例。表情（怒り・中性）×顔向き（こっち向き・あっち向き）の4条件

中段左：表情と顔向きの交互作用が示された左扁桃体の領域

中段右：左扁桃体の活動パターン

下段：左扁桃体の活動と主観的情動反応との正の関係

高い活動が示され、さらにその扁桃体活動が主観的不快情動の強さと正の関係にあることが示された。

こうした知見から、恐怖や怒りといった情動の表情についての情動認識および情動的応答においては、扁桃体が重要な役割を果たしていると考えられる。

一方、嫌悪の表情については、神経心理学的研究から、大脳基底核と島の損傷によって特異的な認識障害が起こることが示されている。例えば、Calder らの研究⁹⁾では、大脳基底核と島に損傷がある患者を対象として、いくつかの情動表情のラベリング課題を検討した。その結果、健常者と比べて患者において嫌悪表情の認識が低成績であることが示された。患者では、嫌悪情動の経験が健常者より低いことも示された。

機能的脳画像研究から、嫌悪の表情に対して大脳基底核や島が高く活動し、その活動が嫌悪情動の喚起に関わることが示されている。例えば、Phillips らの fMRI 研究¹⁴⁾では、恐怖・嫌悪・中性の表情を見ているときの脳活動を計測した。中性表情の場合に比べて、恐怖の表情を見ているときには扁桃体が高く活動し、嫌悪の表情を見ているときには大脳基底核および島が高く活動することが示された。Wicker らの fMRI 研究²²⁾では、嫌悪の表情の動画刺激を見ているとき、および嫌悪情動を喚起する嗅覚刺激を嗅いでいるときの脳活動が計測された。その結果、嫌悪の表情を見ているときに島において高い活動が示され、さらにこの領域が嗅覚から嫌悪情動を感じているときにも活動することが示された。

こうした知見から、嫌悪の表情についての情動認識および情動的応答においては、大脳基底核および島が重要な役割を果たしていると考えられる。

まとめると、扁桃体や大脳基底核といった辺縁系の特定の領域が、他者の特定の情動表情についての認識や情動的応答に関与していることが示される。

4. 表情に共鳴する 一下前頭回弁蓋部のはたらき

心理学研究から、ヒトは他者の表情につられて、共鳴的に表情表出することが示されている。例えば、他者の笑顔を見ているとき、特にそれが静止画としてではなく動的変化として呈示された場合、観察者は同じように笑顔を示すことが示されている¹⁸⁾。表情に対して共鳴的に表情応答を返すことで、双方向の対人コミュニケーションが成り立つ。こうした共鳴的応答は、お互いの親近感の形成や社会行動の調整などに役立つことが示されている¹⁹⁾。

こうした心理過程に関係する神経科学的知見として、サルを対象とした単一細胞記録研究から、腹側運動前野において、他者の顔や手の動きを観察したときに活動するとともに、自分が同じ動きを実行するときに活動するニューロン群があることが示されている¹⁶⁾。こうした特性から、これらのニューロンは「ミラーニューロン」と命名されている。

ヒトを対象とした機能的脳画像研究から、ヒトでの表情を通じた共鳴的応答において、解剖学的にサルの腹側運動前野に対応する下前頭回弁蓋部が関与することが示されている。例えば、Sato らの fMRI 研究¹⁷⁾では、恐怖あるいは幸福の動的表情を呈示し、静止画表情あるいはモザイク動画という2種の統制刺激と比較した(図2)。その結果、右半球の下前頭回弁蓋部において、恐怖の場合にも幸福の場合にも、動的表情に対してどちらの統制刺激よりも高い活動が示された。Dapretto らの fMRI 研究⁶⁾では、表情写真を見ているときに同じ表情を表出するよう求められた。表情を模倣することによって、下前頭回弁蓋部が活動することが示された。

これらの知見から、他者の表情への共鳴的応答には、下前頭回弁蓋部に存在する行為の観察と実行を対応づけるミラーニューロン機構が関与していることが示される。

動的表情

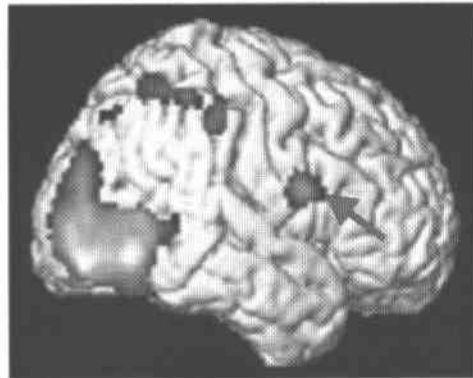
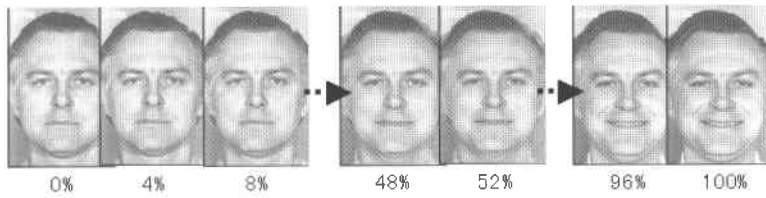


図2 Sato らの fMRI 研究¹⁷⁾の説明

上段：実験における動画表情の例

下段：静止画恐怖表情と比較した場合の動的恐怖表情に対する下前頭回弁蓋部の活動 (矢印の位置)

5. おわりに

本稿では、顔を見る、表情から情動を読み取り感じる、表情に共鳴する、という情動的な対人コミュニケーションに関わる神経機構について論じた。取り上げた脳領域とその心理学的機能をまとめたものが、図3である。視覚野において顔の視覚情報処理に関わる領域として、紡錘状回は顔の知覚や個人情報処理に関与し、上側頭溝は顔の動きや視線方向の処理に関わっている。辺縁系には特定の情動の表情に対する情動認知および情動喚起に関わる領域があり、扁桃体は恐怖を中心とした不快情動に関わり、大脳基底核および島は嫌悪情動の処理に関わっている。下前頭回弁蓋部は、他者の表情を見たときに活動し、自身の表情表出でも活動する。こうした複数の脳領域から形成さ

れる神経ネットワークの活動によって、情動的な対人コミュニケーションが実現される。

本稿では、誌面の都合から、情動的な対人コミュニケーションの中の限られた心理過程のみを取り上げた。情動的な対人コミュニケーションにおいては、この他様々な心的処理が遂行され、それらにはここで取り上げた部位および取り上げなかった部位が関与している。よりくわしい心理学および神経科学研究については、Cacioppo ら⁴⁾などを参考にされたい。

本稿では、健常者を対象とした機能的脳画像研究を中心に取り上げた。これらの知見は、アスペルガー障害をはじめとする広汎性発達障害における情動的な対人コミュニケーションの障害の神経基盤を考える上でも、重要な意味を持つであろう。近年、アスペルガー障害をもつ被験者を対象としていくつかの機能的脳画像研究が実施され、本稿

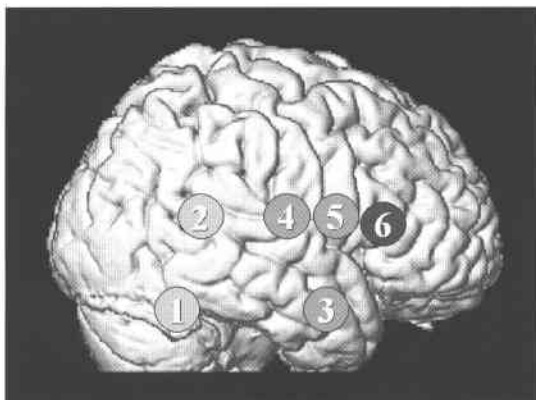


図3 情動的な対人コミュニケーションに関わる神経機構のまとめ

- 1・2：紡錘状回・上側頭溝
顔の視覚情報処理に関わる。
- 3・4・5：扁桃体・大脳基底核・島
表情についての情動認知および情動喚起に関わる。
- 6：下前頭回弁蓋部
表情への共鳴的応答に関わる。

で取り上げた部位において健常者と異なる活動パターンが報告されている。例えば、表情写真を見ながら表情表出をするときの脳活動を検討した上述の Dapretto ら⁶⁾では、健常群とともにアスペルガー患者群の検討も行われ、アスペルガー群においては下前頭回弁蓋部の活動が起こらなかったことを報告している。今後、定型発達者における研究が進むとともに、その知見を踏まえて、アスペルガー障害の中心の特徴である対人相互的反応性の困難と関連する神経メカニズムの解明が進むであろう。

文 献

- 1) Broks, P., Young, A.W., Maratos, E.J. et al.: Face processing impairments after encephalitis: amygdala damage and recognition of fear. *Neuropsychologia*, 36 ; 59-70, 1998.
- 2) Bruce, V., Young, A.W. : Understanding face recognition. *Br. J. Psychol.*, 77 ; 305-327, 1986.
- 3) Buck, R. : *The Communication of Emotion*. Guilford Press, New York, 1984.
- 4) Cacioppo, J.T. et al. : *Foundations in Social Neuroscience*. MIT Press, Cambridge, 2002.

- 5) Calder, A.J., Keane, J., Manes, F. et al. : Impaired recognition and experience of disgust following brain injury. *Nat. Neurosci.*, 3 ; 1077-1078, 2000.
- 6) Dapretto, M., Davies, M.S., Pfeifer, J.H. et al. : Understanding emotions in others : Mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nat. Neurosci.*, 9 ; 1-3, 2005.
- 7) Farah, M.J., Tanaka, J.W., Drain, H.M.: What causes the face inversion effect? *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 21 ; 628-634, 1995.
- 8) George, N., Dolan, R.J., Fink, G.R. et al. : Contrast polarity and face recognition in the human fusiform gyrus. *Nat. Neurosci.*, 2 ; 574-580, 1999.
- 9) Hoffman, E.A., Haxby, J.V. : Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nat. Neurosci.*, 3 ; 80-84, 2000.
- 10) Kanwisher, N., McDermott, J., Chun, M.M. : The fusiform face area : a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J. Neurosci.*, 17 ; 4302-4311, 1997.
- 11) Kanwisher, N., Tong, F., Nakayama, K. : The effect of face inversion on the human fusiform face area. *Cognition*, 68 ; B1-11, 1998.
- 12) Keltner, D., Gross, J.J. : Functional accounts of emotions. *Cognition and Emotion*, 13 ; 467-480, 1999.
- 13) Levenson, R.W., Ruef, A.M. : Physiological aspects of emotional knowledge and rapport. In : (ed.), Ickes, W. *Empathic accuracy*. Guilford Press, New York, 1997.
- 14) Phillips, M.L., Young, A.W., Scott, S.K. et al. : Neural responses to facial and vocal expressions of fear and disgust. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 265 ; 1809-1817, 1998.
- 15) Puce, A., Allison, T., Bentin, S. et al. : Temporal cortex activation in humans viewing eye and mouth movements. *J. Neurosci.*, 18 ; 2188-2199, 1998.
- 16) Rizzolatti, G., Fogassi, L., Gallese, V. : Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews Neuroscience*, 2 ; 661-670, 2001.
- 17) Sato, W., Kochiyama, T., Yoshikawa, S. et

- al.: Enhanced neural activity in response to dynamic facial expressions of emotion: an fMRI study. *Cognitive Brain Research*, 20 ; 81-91, 2004.
- 18) Sato, W., Yoshikawa, S. : Spontaneous facial mimicry in response to dynamic facial expressions. *Cognition*, in press.
- 19) Sato, W., Yoshikawa, S. : Emotional elicitation in response to dynamic facial expressions. *Proceedings of the Fourth International Conference on Development and Learning*, 170-174, 2005.
- 20) Sato, W., Yoshikawa, S., Kochiyama, T. et al. : The amygdala processes the emotional significance of facial expressions : An fMRI investigation using the interaction between expression and face direction. *Neuroimage*, 22 ; 1006-1013, 2004.
- 21) Whalen, P.J., Shin, L.M., McInerney, S.C. et al. : A functional MRI study of human amygdala responses to facial expressions of fear versus anger. *Emotion*, 1 ; 70-83, 2001.
- 22) Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J. et al. : Both of us disgusted in My insula : the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, 40 ; 655-664, 2003.
- 23) Yin, R.K. : Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81 ; 141-145, 1969.