

非言語コミュニケーションの 脳内機能メカニズム

「協調と制御」領域 中村 克樹

要旨

私たちヒトには、言語を直接介さないコミュニケーションの方法がある。視線を手がかりとして、注意や意図が伝達できるし、表情や声の抑揚を手がかりとして情動が伝達できる。こうした言語を直接介さない非言語コミュニケーションがコミュニケーションの起源であるという考えに基づき、非言語コミュニケーションの生物学的メカニズムを解明するために、脳研究や発達・比較心理学研究をおこない、進化的考察を統合してコミュニケーションの理解をめざした。脳研究からは、非言語コミュニケーションには右大脳半球が優位に働くことが示された。本研究でおこなった脳機能画像研究の結果とこれまでの神経心理学的研究結果を比較検討して、右大脳半球の下前頭皮質と上側頭溝皮質が特に重要な役割を果たしているという結論を導いた。また、左大脳半球の下前頭皮質と上側頭溝皮質を含む領域は、言語を司る領域（ブローカ野とウェルニッケ野）に相当することから、コミュニケーションの機能に関する大脳半球の左右差が存在すると解釈した。さらに、乳児の表出する表情に左右差が存在することから、このような脳機能の左右差が生後すぐにみられることが解った。

1. 研究のねらい

ヒトには他の動物にはない高度に発達したコミュニケーション機能がある。このコミュニケーション機能を有することで、私たちヒトは他の動物に見られない高度で複雑な社会や文明を創造できた。ヒトにおけるコミュニケーションとして、まず頭に浮かぶのは「言語」である。私たちは、言語を操ることで、さまざまな概念や思想を時間や空間を超えて伝え、記録することができる。しかしながら私たちには、言語を直接介さないコミュニケーションの手段もある。例えば、相手の表情やジェスチャーや声の抑揚といった情報から、相手の感情を知ることができる。相手の視線を見ることから相手の注意の向きが解り、動作を理解することから相手の意図を知ることができる。こうした言語を直接介さないコミュニケーション（非言語コミュニケーションと呼ぶ）には、次のような特徴がある。（1）ヒトだけではなく動物にも見られる、（2）生まれて間もない乳児にも見られる、（3）国境や文化を超えて共通のものがある。こうしたことから、非言語コミュニケーションは、言語を含めたコミュニケーションの起源であると考えられる。

では、言語と異なり、このような非言語コミュニケーションはどのような役割を持っているのであろうか。社会生活を営むように進化し、複雑な社会を構成するようになった動物は、自らの命を守るために相手との不必要な争いを未然に防ぐ能力を獲得する必要が生じた。自らの意図や情動を相手に伝え、また相手の意図や情動を知ることにより、こうした目的を達成して来た。そのことは、ヒトにいたっても変わっていない。非言語コミュニケーションは、「相互理解を深める」「不必要な争いや衝突を未然に防ぐ」「より良い社会関係を築く」といった個人対個人の関係において、もっとも重要な役割を果たしている。一方で、言語は、膨大な情報を、時空間を超えて伝達・記録することを可能とし、その結果として文化や文明を生み出した。これに対し、非言語コミュニケーションは、より良い個人関係を築き上げる役割を果たしている。例えば、近年発達した通信手段である電子メールなどでは、非言語コミュニケーションの要素がない。気持ちや感情を込めて相手に伝えつつも、それがうまく伝わらずに誤解を生じることがしばしばあるのはこのためである。こうした、非言語コミュニケーションがうまくとれなくなることが、現代社会で非常に増加している「ひきこもる」子供や「きれる」子供、さらには凶悪犯罪や虐めにもつながると考えられる。

本研究では、非言語コミュニケーションのメカニズムを理解することが、言語を含めたコミュニケーションを理解するために重要であると考え、特に情動の伝達機能に着目して研究をおこなった。「下前頭葉はコミュニケーションの中枢であり、辺縁系は情動的なやり取りに関与している」、「左下前頭葉が言語の中枢であり、右下前頭葉が非言語コミュニケーションの中枢である」という二つの仮説を持ち、それを検証することを試みた。

2. 研究方法と成果

2-1. 健常成人における非言語コミュニケーションに関わる脳領域の同定

2-1-1. fMRI 実験

情動の伝達の手段として、表情・身振り（ジェスチャー）・声の抑揚という三つの手段がある。コミュニケーションとして重要なのは、これらの手がかりをもとに相手の常道を読み取ることである。実験では、これら3種類の情報を手がかりとして相手の情動を読み取る時に脳のどの領域の活動が上昇するのかを機能的MRI（fMRI）を用いて測定した。

具体的な課題としては、次のようなものである。（1）表情評価課題：被験者の眼前のスクリーンに、2秒間のビデオクリップを2秒間の無刺激期間をはさんで次々に提示した。刺激は、人の胸より上の画像で、無表情からある表情へと変化する動画を用いた。表情としては、微笑、笑顔、しかめ面などを用いた。被験者には、各々の表情をもとに相手の情動を読み取る作業、つまり笑顔ならポジティブな情動、しかめ面ならネガティブな情動というような判断をおこなってもらった。表情のみを手がかりとしてもらうた

め、音声は提示しなかった。対照課題として、ビデオに映された無表情の人が男性であるか女性であるかを判断してもらう性弁別課題をおこなってもらった。(2) ジェスチャー評価課題: 刺激の時間や提示方法は表情評価課題と同じであるが、ビデオの内容は、人の全身像であるジェスチャーをおこなっている動画を用いた。ジェスチャーには、ガッツポーズ、頭を抱えてしゃがみ込むなどを用いた。被験者には、各々のジェスチャーをもとに相手の情動を読み取る作業、つまりガッツポーズならポジティブな情動、頭を抱えてしゃがみ込めばネガティブな情動という判断をおこなってもらった。ジェスチャーのみを手がかりとしてもらうため、音声は提示しなかった。対照課題として、ビデオに映された人が男性であるか女性であるかを判断してもらう性弁別課題をおこなってもらった。(3) 声の抑揚評価課題: 刺激として、無意味語（例えば、「らみ」「ぼせ」など広辞苑の見出し語にないひらがな2～3語からなる単語）を、怒ったように、楽しそうに、悲しそうに感情を込めて読んでもらった音声を用いた。2秒の刺激を2秒の無刺激期間をはさんで次々に提示した。被験者には、各々の抑揚をもとに相手の情動を読み取る作業をおこなってもらった。声の抑揚のみを手がかりとしてもらうため、映像は提示しなかった。対照課題として、抑揚のない声の主が男性であるか女性であるかを判断してもらう性弁別課題をおこなってもらった。

結果は図1に示した通りである。表情評価課題では、右大脳半球の下前頭皮質と上側頭溝皮質に強い活動が見られた。また、両側の中側頭皮質後方領域（視覚的な運動情報の処理に関与すると考えられている領域）にも活動が認められた。ジェスチャー評価課題では、より広範の領域に活動上昇が見られた。右大脳半球の前頭皮質が外側部から下部まで広く活動し、両側の中側頭皮質を中心に大きな活動領域が認められた。さらに、右大脳半球の上側頭皮質と左大脳半球の下前頭皮質にも活動が認められた。声の抑揚評価課題では、右大脳半球の下前頭皮質と上側頭溝皮質、そして左大脳半球の後頭皮質に活動領域が認められた。

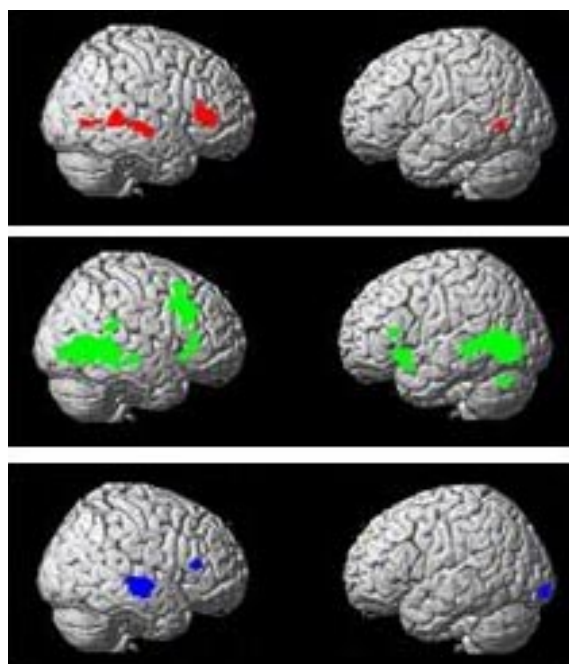


図1 情動評価課題における賦活領域
表情評価課題（上、赤の領域）、ジェスチャー評価課題（中、緑の領域）、声の抑揚評価課題（下、青の領域）時における賦活領域を示す。対応する性弁別課題との比較で、有意な活動上昇を認めた領域。

各々の課題で特有の活動パターンが認められたが、情動伝達の非言語コミュニケーションに関与する領域は、すべての課題に関わっていると考え、三つの課題で共通して活動が認められた脳領域の有無を検討した。その結果、図2に示した2ヶ所が、三つの課題で共通して活動していたことが解った。

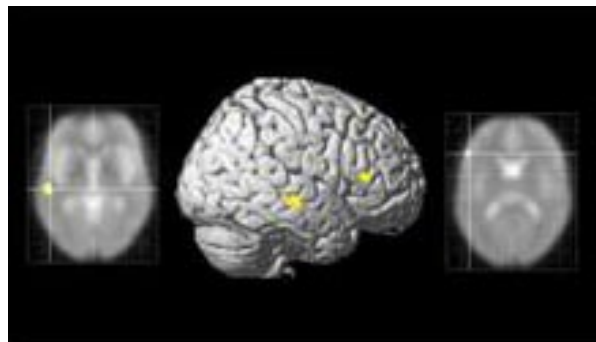


図2 3つの情動評価課題で共通して活動上昇が認められた脳領域
右大脳半球の下前頭皮質と上側頭溝皮質に活動が見られる

2-1-2. 神経心理学的結果との比較

神経心理学的に、言語における失語のような症状が、非言語コミュニケーションに関しても報告されている。声の抑揚がなくなり、その理解も困難になる。また、自発的なジェスチャーも乏しくなり、その理解も困難になる。こうした非言語コミュニケーションの障害は、まとめて「プロソディー障害」と呼ばれている。プロソディー障害は、右大脳半球の損傷で起こることが知られているが、患者ごとにその損傷部位もさまざま、また現れる症状もさまざまであるため、責任領域は解っていなかった。

しかし、今回の fMRI 実験により得られた活動領域を患者の脳損傷部位に重ね合わせてみると、興味深い結果が得られた (図3)。

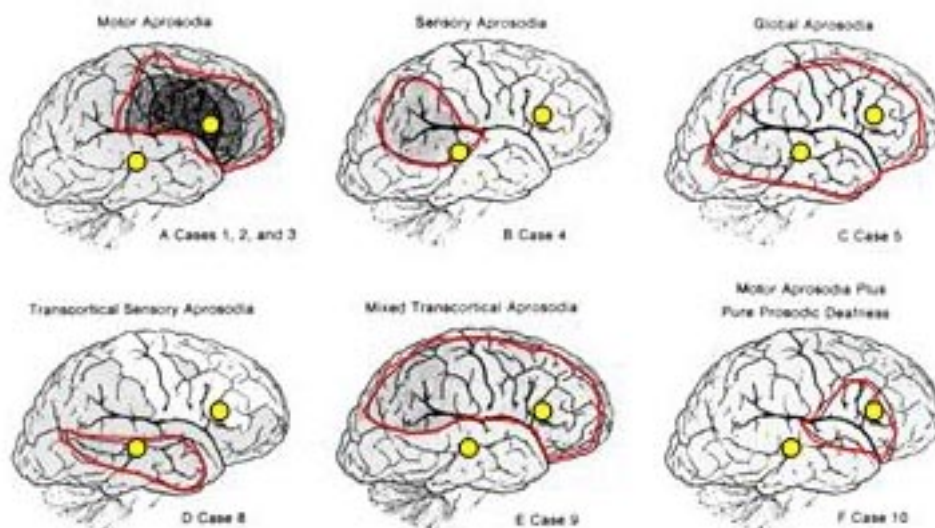


図3 1981年に Ross がまとめたプロソディー障害を示した患者の脳損傷部位と情動評価課題で活動が認められた領域 (2つの黄点) の重ね合わせ図。

図3に示されているように、すべての患者の損傷部位は、情動評価課題で活動が認められた2ヶ所（右大脳半球の下前頭皮質と上側頭溝皮質）のいずれか一方は必ず含まれていることが明らかになった。このことは、右大脳半球の下前頭皮質と上側頭溝皮質が非言語コミュニケーションに重要な脳領域であることを示す。

2-1-3. ERP を用いた表情評価の脳内処理の検討

情動評価に関与する脳領域がどのようなタイミングでどのような機能的な結合を持って働いているのかを検討した。fMRIやPETは、空間解像度に優れているので、関連する脳領域の同定に適している。しかし、上記の問いに答えるためには、時間分解能にすぐれたERPやMEGを用いる必要がある。本研究では、多チャンネルEEG装置を用いて検討した。

具体的な課題は次のようなものである。まず、画面の中央に注視点を提示し、その後無表情の写真を提示した。一定時間の後ある表情の写真に変えた。その後、再び注視点を提示し、表情をもとに情動を評価してもらった。

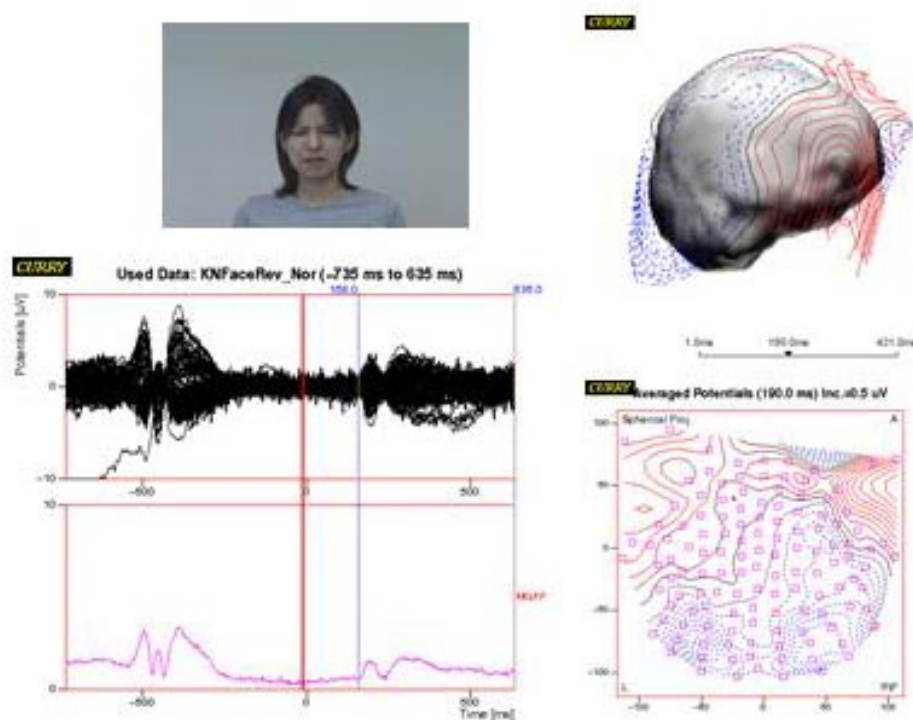


図4 表情評価課題中のERP

左上：表情刺激の例。左下：表情評価課題時の128チャンネルから記録したERP。横軸は時間。0の時点（赤線）で無表情から表情のある写真が変わる。表情刺激提示後およそ160ミリ秒から応答が認められた。右上と右下：表情刺激提示後190ミリ秒（ピーク）でのポテンシャルマップ。右大脳半球の前頭部に特異的なパターンが認められる。

図4に示したように、表情刺激提示後190ミリ秒あたりに応答のピークが認められた。このピークは、顔写真刺激を上下逆さまに提示することによってなくなった。おそらく、表情の認識・評価が困難になり、神経応答のタイミングがずれてしまい、加算することによって消えてしまったと考えられる。この190ミリ秒のピークのポテンシャルマップを見ると、右大脳半球の前頭部に特異的なパターンが認められた（右図）。おそらく、刺激を受けてから190ミリ秒ほどで情動情報が前頭葉に伝わり処理されることを示している。

この結果はfMRI実験や神経心理学研究の結果を支持するものである。

2-2. 情動伝達機能の右大脳半球優位性の発達

健常成人で見られた情動伝達機能に関する脳の左右差（右大脳半球優位性）が、生まれながらのものであるのか、それとも経験を通じて獲得されていくものであるのかを検討するために、乳児の表情表出に的を絞り、その左右差を検討した。顔面筋でも特に下半分（つまり、口のまわりの領域）の筋肉は対側支配が強いことが知られている。つまり、左の顔面筋は右大脳半球の支配を強く受け、右の顔面筋は左大脳半球の支配を強く受けている。表情表出に関して、その左右差が認められれば、脳機能の左右差を反映していると考えられる。

実際におこなった研究は次のようなものである。まず、乳幼児の情動表出を含むさまざまな反応をできるだけ正面から撮影し、コンピュータに取り込んだ。乳幼児ごとにその表情の静止画からキメラ画像（右半分の顔だけからなる合成画像と左半分の顔だけからなる合成画像）を作成し（図5）、実際に自らの子供を育てた経験のある女性にその表情の強さを評定してもらった。二通りの評価方法を用いた。一つ目は、左顔のキメラ画像と右顔のキメラ画像を左右に配列し、どちらの表情が強いと感じるかを評価してもらった。二つ目の方法は、キメラ画像を一枚ずつ提示し、1～5の五段階でその表情の強さを評定してもらった。



図5 乳児のキメラ画像の例

どちらの乳児の泣き顔も左顔の方が強く表出されている。特に口のあけ方に顕著な差が見られる。

表情は大きく「泣き顔」と「笑顔」に分類した。いずれの方法でも、泣き顔では左顔の表情の表出が有意に強いという結果となった。これに対して、笑顔では有意な差が見られなかった。この違いは、泣き顔と笑顔の役割の差を考えると説明できる。乳幼児は、生まれた直後から自らの不快感を泣いて訴えることができる。空腹感であったり、オムツが濡れた不快感であったり、ときには痛みであったり、その理由はさまざまであるが、泣いて不快感を訴え、その原因が取り除かれるまで泣く。一旦、その原因が取り除かれると泣き止むことから、まさにコミュニケーションの手段として機能している。一方笑顔の場合は話が異なる。一般に新生児微笑といわれる表情は、決して社会的な意味を持つものではない。一瞬、笑ったように顔が動き、その後何一つ状況の変化が起こらなくても、その顔の動きはおさまる。うっかりしていると見逃すことが多い。つまり、おそらくは筋肉の痙攣が原因で起こるものであり、情動を伝達するというコミュニケーションの役割を果たしていない。もちろん、周りの人間の愛情を引き出すという役割は否定できないが、泣き顔とは大きく異なるものである。

これらのことを考えると、乳児の段階でも情動を伝達する機能は、右大脳半球が優位に司っていると考えられ、コミュニケーションにおける大脳半球の左右差は生まれたときにはすでに存在することを示している。

2-3. 情動伝達機能のニューロンレベルでの解析

脳機能画像研究の結果から示された二つの領域の役割を、ニューロンレベルで解析することを試みた。これまでに上側頭溝皮質からニューロン活動を記録し、情動情報を含む刺激に対する応答性を検討した。

実験では以下の刺激を用いた。(1)サル固有の情動表出時のビデオ刺激、(2)聴覚の要素を除いた視覚のみの刺激、(3)視覚の要素を除いた音声のみの刺激を用いた。刺激の種類としては、3頭のサルからグラント、グリーン、スクリームという3種類の情動表出を用意した。この9種類に加えて、ヒトの刺激2種類、物(ベルとカメラ)の刺激2種類の計13種類を1セットとした。ニューロン活動の応答性のテストでは、どの刺激により強く応答するのかという点をまず検討し、その後、ある刺激に対する応答は視覚要素の影響に基づくのか、聴覚要素の影響に基づくのか、両方の要素が必要なのかを検討した。

上側頭溝皮質には、特定の情動表出にのみ強く応答するニューロンが存在し、その中には視覚と聴覚の両方が合わさったときにのみ応答するニューロンも見られた。一例を図6に示す。このニューロンは、オリジナルの刺激セットで調べると、あるサルのスクリームで強く応答した。同じ個体の他の情動表出や他個体の同じ情動表出では、顕著な応答がみられなかった(図6上)。聴覚要素を除いて刺激を提示すると、どの刺激に対しても顕著な応答を示さなくなった(図6中)。また、視覚要素を除いても同様に応答がなくなった(図6下)。再びオリジナル刺激でテストすると応答が確認できた。

(図には示していない)。

これらの結果を考慮すると、このニューロンの応答には、視覚の要素と聴覚の要素が両方必要であることが解る。この意味で、視覚と聴覚の情報を統合していると考えられる応答である。コミュニケーションのための情動情報としては、視覚や聴覚という感覚種をこえた情報が必要であるため、異種感覚の統合過程が必要であるが、この上側頭溝皮質ニューロンはこの統合過程を反映した応答を示した可能性がある。さらなる確認が必要であるが、脳機能画像研究から得られた上側頭溝皮質が視覚刺激(表情やジェスチャー)にも聴覚刺激(声の抑揚)にも応答したこととからも、この領域が異種感覚情報を統合していることが示唆される。

図3に示した神経心理学的研究結果等から、上側頭溝皮質が損傷されるとより感覚よりの障害があらわれ、下前頭皮質が損傷されるとより運動よりの障害があらわれると予測される。今後は、前頭皮質のニューロン活動もあわせて解析し、どの領域のニューロンがどのような情報処理を担い、各々の領域がどのような機能をもっているのかや領野間の機能的結合を明らかにしていく予定である。

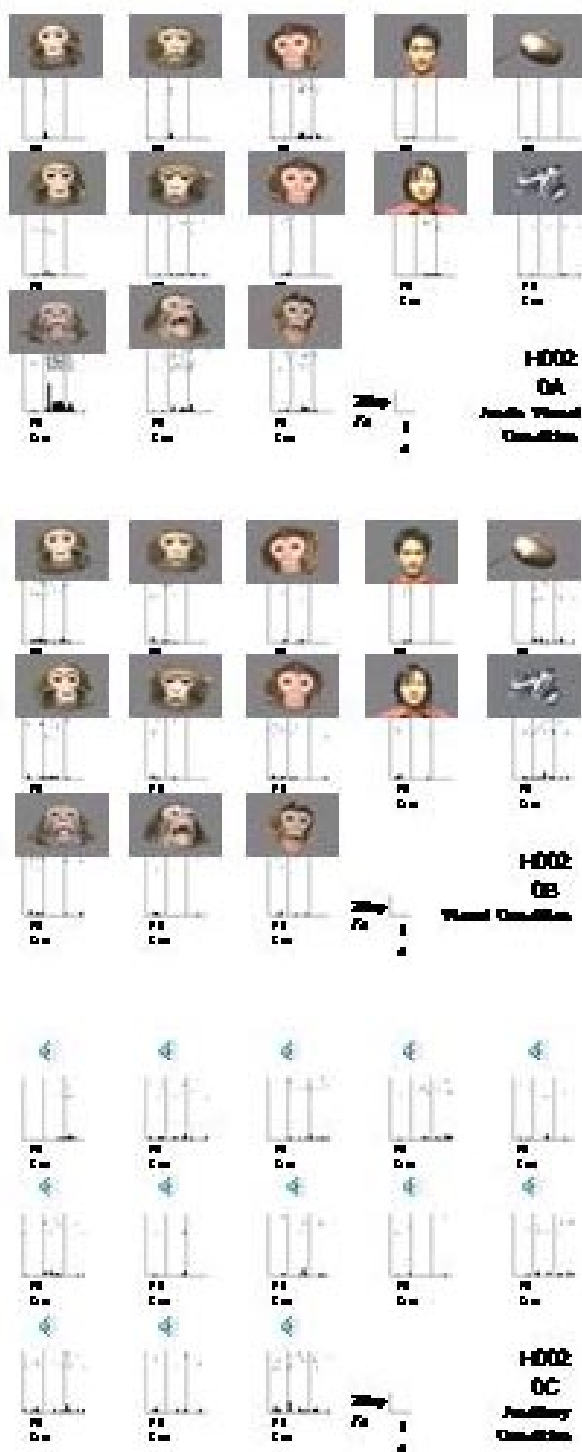


図6 情動刺激に対する上側頭溝ニューロン応答
ビデオ刺激に対する応答例(上)。左下のサル
のスクリーンに対して強く応答している。視
覚のみ(中)、聴覚のみ(下)の刺激に対する
応答がなくなっている。

3. 今後の展望

動作をおもな信号として用いている非言語コミュニケーションを実現するための神経システムと、言語を実現するために用いている神経システムとが、似ている事実の意味を考えると、次のような仮説が立てられる。元来、言語を持たない時代には、動作を中心とした非言語コミュニケーションが使われていた。言語を有する以前のヒトは、サルと同様に昼行性で視覚情報を非常に多く使用していた。また、顔面筋や手指を支配する筋肉が非常に発達し、複雑な動作が可能となったため、動作を介したコミュニケーションを非常に発達させることができた。下前頭葉皮質と上側頭溝皮質はどちらも、動作を理解し、自らの動作を表出するための脳のシステムである。言語という道具を獲得するときにヒトは、相手とコミュニケーションをとるために発達させたこのシステムを利用したと考えられる。つまり、非言語コミュニケーションを司る脳のシステムが言語を司る脳のシステムと似ているのではなく、「(元々)非言語コミュニケーションを司る脳のシステムを利用し、言語機能にうまく用いた」と解釈できる。

言語と非言語コミュニケーション機能の関係を上記のように考えると、言語を含めたコミュニケーション機能の獲得に関して、これまでに発表されてきたいくつかの研究結果の意味を改めて解釈する必要が出て来る。つまりコミュニケーション機能を獲得するには、「身体性」(あるいは動作等)の役割が重要であるということである。例えば、乳幼児は、言語機能を獲得する以前に、表情やジェスチャーを用いて、コミュニケーションをとることを学習する。コミュニケーション機能は、まず動作を介して獲得されると考えられる。こうした非言語コミュニケーション機能に焦点を当てて研究することで、コミュニケーションの初期発達が理解できると考える。言語機能に関しても、これまで考えられてこなかった「身体性」の重要性が示されてきている。乳児は手足をうまく使うことによって、発話に必要な発声法を学習していることが解った。また、言語機能のみの発達が遅れることで注目されているウィリアムズ症候群の子供の認知能力を調べると、動作の理解に問題があることが解った。こうした結果はすべて、動作が言語機能の、さらに広い意味でのコミュニケーション機能の獲得過程に深く関与していることを示すものである。

これまで行って来た非言語コミュニケーションの脳内メカニズムの研究をさらに発展させ、言語も含めたコミュニケーション機能の発達・獲得過程における「身体性」の役割に焦点を当て研究することで、これまでにないコミュニケーション機能の獲得過程を浮き彫りにできると考えている。

4. 発表リスト

(1) 総説

中村克樹、中村徳子 非言語コミュニケーションと右半球 *Clinical Neuroscience* 19: 411-414, 2001.

中村克樹 相手の情報を読み取る —脳機能画像研究からの考察— *神経心理学* 19: 162-171, 2003.

(2) 論文

Sato N, Nakamura K. Visual response properties of neurons in the parahippocampal cortex of monkeys. *Journal of Neurophysiology*, 90: 876-886, 2003.

(3) 出版物

中村徳子、明和政子、松沢哲郎 母子における対象物の好みにおよぼす刺激強調の効果。チンパンジーの認知と行動の発達、京大出版、pp. 254-257、2003.

中村徳子 赤ちゃんの発達 —チンパンジーとヒトの母親となつて—。昭和堂、印刷中。

(4) 口頭発表

国際学会

Nakamura K, Nakamura N, Taira M. Functional magnetic resonance imaging during assessment of gestures of emotion. 8th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain (HBM2002), Sendai, June 2-6, 2002.

Nakamura K, Nakamura N, Taira M. Asymmetric activation in the human brain for verbal and nonverbal facial information processing. 3rd FAONS Congress, Seoul, September 28- October 1, 2002.

Nakamura K, Nakamura N, Taira M. The same right frontal region is involved in assessment of gestural and facial emotion. 32th Annual Meeting of Society for Neuroscience, Orlando, November 2-7, 2002.

国内学会他

中村克樹 相手の情動を読み取る。日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム部会 夏季セミナー、湯布院、2002年7月25-26日。

中村克樹 相手の情動を読み取る —脳機能画像研究からの考察—。第26回日本神経心理学会大会、東京、2002年9月12-13日。

中村克樹 相手の情動を読み取る脳の働き。日本学術会議科学教育研究連絡委員会お

よび獣医学研究連絡委員会主催シンポジウム、東京、2002年10月29日.

中村徳子、竹本篤史、中村克樹 連続する視覚刺激の時間順序弁別 第14回日本発達心理学会、神戸、2003年3月26-28日.

中村克樹 相手の情報を読み取る —脳機能画像研究からの考察—. 東北大学21世紀COEプログラム 第1回「言語・脳・認知」国際学術フォーラム、仙台、2003年5月25日.

中村徳子、中村克樹 チンパンジー乳児とヒト乳児における表情表出の左右差. 第19回日本霊長類学会、仙台、2003年6月27-29日.