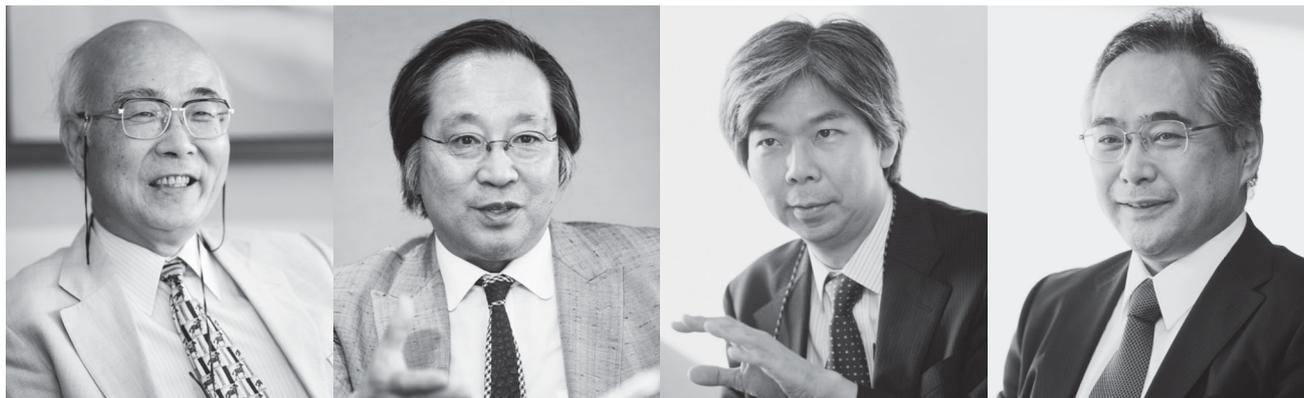


特別座談会

Leborgne 報告から 150 年 — 人間の本质をみつめた Broca (前編)

岩田 誠¹⁾(司会) × 河村 満²⁾ × 酒井邦嘉³⁾ × 西谷信之⁴⁾

(五十音順)



岩田 誠氏

河村 満氏

酒井邦嘉氏

西谷信之氏

1861年、外科医 Pierre Paul Broca は、ユニークな言語障害をきたして入院していた Leborgne という名の患者を診察、剖検し、責任病変が「第3前頭回」として同定した。この発見がもとになり、「言語に関する半球優位」と「運動失語の責任病変」というその後の神経心理学を貫く2つのテーゼが投げかけられることになる。それから150年、Broca 野にまつわる研究をされている4氏にお集まりいただき、Broca による発見の現代的意味や、奇しくも没後100年を迎える Jackson の説にも触れながら、人間にとって言語とは何かお話しいただいた。

プレリュード

—「Broca 野と失行、新たな発見」

河村 座談会の本編に先立って、Broca 野に関して新しいことに関心を持っていますので簡単にプレゼンテーションいたします。

まず、Broca 野は、もちろん言語野として重要な領域ですが、運動に関してもいろいろな研究がなされています。いくつかご紹介します。

1つ目は、「Broca 野は行為の観察、

実行、認知に関与する」ということが「Broca's area in language, action and music」¹⁾という論文に書かれています。この論文は、症例検討で、Broca 野損傷例にジェスチュア、パントマイムの認知障害があって、行為の順序理解に障害があるという報告です。Language, action, music には、syntactic (統語的)に共通点があるというようなことも書かれています。

2つ目は、「Pantomime of tool use depends on integrity of left inferior frontal cortex」²⁾という論文で、道具

syntactic (統語的)

Syntax (統語論)は、言語学における文法を扱う領域である。言語をはじめとするシステムに対して、統語的・意味的・音声的な解析が可能である。Syntactic (統語的)とは、それらのうち、文などがどのように成り立っているかの構造についての見方を指す。

- 1) 東京女子医科大学
- 2) 昭和大学医学部内科学講座神経内科学部門
- 3) 東京大学大学院総合文化研究科
- 4) 医療法人藤田神経内科クリニック、京都大学医学研究科高次脳機能総合研究センター

使用の pantomime 障害に関連する病巣はどこかという、症例の病巣の重ね合わせ研究です。左の inferior frontal gyrus, すなわち Broca 野周辺が、道具使用、動作の pantomime 障害に関係しているというものです。

1 つ目の論文は行為の認知に関わるものでしたが、Broca 野損傷例では行為そのものの障害も起こるということを示している論文です。

3 つ目は、2011 年の『Clinical Neurophysiology』誌の論文³⁾で、ジェスチャー表出を障害するのは、どの脳領域への刺激なのかについて検討したものです。Theta burst stimulation という刺激方法を用いて、頭頂葉の Brodmann 40 野(縁上回)と、下前頭回の 44 野を中心にみています。左頭頂葉の障害でジェスチャー表出の障害が起こるという Liepmann (Hugo Karl Liepmann) 以来の失行研究があるからです。ところが、左の頭頂葉ではなくて、むしろ前頭葉のほうを刺激したときに、pantomime・模倣の実行が障害されるという結果になっています。

4 つ目は、「Motor hand representation, cortical area 44」⁴⁾という論文で、これは産業医科大学の魚住武則先生が、辻 貞俊先生のご指導のうでされたものですが、Brodmann の 44 野に対する経頭蓋磁気刺激法のもたらす影響についての研究です。

コントロール例に対して一次運動野と Brodmann 44 野を刺激して出現する渦巻き描画の障害の程度を比較すると、44 野では一次運動野より下手になり、また、両手にタッピングの障害が起きます。被験者から、思うように動かないとか、動作が遅くなるとか、どう動かしてよいかわからないなどの訴えもあったそうです。

Brodmann 44 野への刺激によって motor evoked potential (MEP) が誘発されています。それも、なんと 6 野を刺激しても MEP は出現しないのに、その前方の 44 野を刺激したときに右の短母指外転筋から MEP が、ちゃんと記録されています。

以上のように、Brodmann 44 野が手の随意運動に関連するという報告はいくつかあるわけです。

また、本日ご出席の西谷先生のご論文「Broca's Region: From Action to Language」⁵⁾では、Broca 野は言語だけではなく perceptual sequencing, 行為理解、模倣などに関して中心的な役割を果たすとされており、Broca 野は「オーケストレータ (orchestrator)」であると、しゃれた命名をなされています。

そして、私たちのケース「観念運動性失行を呈した Broca 野病変例」です。ちょうどこの座談会が企画された頃に老年の女性が来院しました。2011 年 5 月頃、言葉

が出にくいことに気づいたそうです。家族からの訴えでわかったのですが、テレビのリモコンが使えない症状もあるそうです。その後、入院いたしました。

神経学的には意識は清明で、運動麻痺はなく、Broca 失語があります。言語理解は保たれていて、物品呼称も可能でした。観念運動性失行が見事にありました。

MRI 画像では左側の 45, 44, 6 野に病巣がみられます。脳腫瘍の手術をして、症状が少しよくなりました。

このような症例が、実は 4 人いて、例えばいまの患者と非常によく似た脳梗塞で、やはり 45 野の後ろのほうと 44 野、それから 6 野の下の方が障害されています。

この 4 人の方たちの失行症状をビデオに撮って分析したところ、みなさん同じように口頭命令による動作の障害と、模倣と道具使用の pantomime の障害がある、いわゆる観念運動性失行の症状を呈していて、共通病変は Brodmann の 44 野です。

Broca 野はこれまで言語野として考えられてきましたが、Leborgne 報告から 150 年目にして、新たな側面がみえてきた、というお話をさせていただきました。

Broca の情熱

岩田 河村先生ありがとうございます。さて、皆様ご存知のように、1861 年 4 月に Broca (Pierre Paul Broca) が Leborgne の剖検を行いまして、8 月に解剖学会で発表しています。それからちょうど 150 年経ったということで、改めてここで Broca の発見の意義について考えたいと思います。

それと、これは僕も気づかなかったんですけど、Jackson (John Hughlings Jackson) が亡くなってからちょうど 100 年なんだそうです。Jackson は失語症に関して 1 つの大きな貢献をした人ですが、Broca より 10 歳ぐらい若く、Broca とほぼ同年の人という Charcot (Jean-Martin Charcot) ですね。面白いことに、Broca, Charcot, Jackson と、失語症に大きく貢献した人たちはほとんど同年代なんですね。

本日は、150 年を迎えました Leborgne 報告についてまず取り上げて、その後、Broca 野をめぐる、言語の機能局在に関する研究で、いろいろなことをみつけてこられたお三方の先生に、ご自分の研究のお話をさせていただいて、その後は Jackson のことにも触れながら雑談的にいろいろお話しできたらいいかなと考えています。

僕も、萬年 甫先生の Broca の本(「神経学の源流 3. ブロカ」東京大学出版会)⁶⁾の編集をお手伝いしたときに細かいことをいろいろと読みましたが、Broca 自身

の人生にとっては、言語野の発見というのは、実はそれほど大きなものではないんですね。彼は、あくまでも外科医として大成しようとした人で、特に外科解剖学を一生懸命やりました。失語症関係の業績として残っているのは、脳の研究はこのLeborgne 以来のいくつかの論文がほとんどで、むしろ解剖学および外科学、そして人類学への貢献のほうが大きいわけです。

逆から考えてみると、Broca というのは、そういう非常に広い視野の中で言語および言語の領域について考えていたともいえるわけで、そういう意味で、ちょっと独特の人だったんだろうと、僕自身は、そういう印象を持っています。

まず、河村先生から、Broca に対する思いについて少しお話しいただけますか。

河村 今回 Broca の 1861 年の論文を読みなおして、当然のことながら、まずすごくよい論文だなと思いました。Broca 以前に似たようなことをいつている人はいるのですが、なぜ Broca が重視されるのかということ、この説に対する思いというか、発見に対する情熱が非常に大きくて、それが多くの人に感動を与えているのだと感じました。

その後、8 例を経験して 1963 年に別の論文にまとめているんですが、そこでは Broca 野発見の意義の重要性がもっと強く、自信を持って書かれていて、一連の研究の中の最初の論文として極めて情熱的な、文学作品のような作品であると感じました。

局在論の嚆矢

岩田 酒井先生も、Broca 野に関連したところをいろいろ研究してらっしゃいますが、Broca という人、あるいは彼の発見についての、先生の思いというのはいかがですか。

酒井 やはり、脳科学の歴史で初めて

「機能局在」の概念を非常にはっきり打ち出しているということですね。それから、当時は Gall (Franz Joseph Gall) の骨相学の議論もあつたにもかかわらず、はっきり「骨相学のようにではない局在を目指すべきだ」と Broca が書いています。私も、脳科学を始めた最初から機能局在という概念が最も大切だと教育を受けました。それを最初に人間の言語の局在論という形で明確に主張したのは Broca であるし、そういう意味で「神経科学の父」と呼ぶのにふさわしい人ですね。

まだまだ混沌としていた時代に 100 年先、200 年先を見据えて「脳機能は局在している」とはっきりいえた。それは Broca ならではの慧眼で、そういう先見の明がある人だったと思います。いま、局在論は確固たるものとして確立しているかといわれると、まだ混沌としています。「そもそも脳というのはシステムだ」とか、「ネットワークであつて局在ではない」と強硬に主張する人は常にいて、議論が噛み合いません。

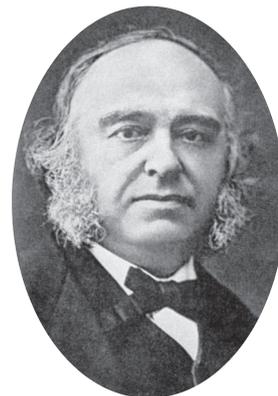
もしかすると Broca は、現在の脳科学では実現さえされていないようなさらに先をみていた可能性もある。そういう印象を、Broca の書いているものや仕事から非常に強く受けます。

むしろ局在論をはっきりさせるためには、動物実験をしたほうが白黒つくと思うかもしれませんが、人間の脳で推論したということが、Broca のもう 1 つ大事な点だと思います。その後、20 世紀になってから動物の脳の破壊実験が行われましたが、脳は、全体量が減るほどパフォーマンスが落ちるのだという、例えば Lashley (Karl Spencer Lashley) の「全体論」が復活してきて、動物実験でも白黒つかなかったわけです。Broca が人間の脳で起きる「失語」という現象で初めて局在論を打ち立てたというのは、非常に重要なことです。動物実験の中でいろいろと脳に手を加えて観察するのではなくて、

Liepmann

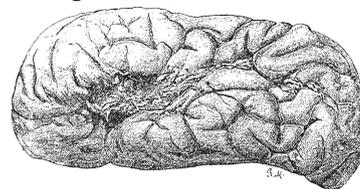
1863 年に生まれた、ドイツの精神科医。Wernicke の下で研鑽を積み、1900～1920 年にかけて、失行に関する数編の論文を執筆。失行概念を提唱し、確立した。失行を大きく運動性失行と観念性失行に分け、運動性失行をさらに肢節運動失行と観念運動性失行とに分けた。彼の考え方は現在も失行症候解釈の基礎として最重視されている。

Broca



1824 年に生まれ、フランスで医学教育を受けた後に、臨床の外科医および解剖学の研究者として活動を開始した。その後は人類学と脳研究に没頭し、大脳皮質運動性言語中枢が Broca 野の名前で呼ばれるのみならず、多彩な業績を残している。

Leborgne (報告)



Broca が 1861 年に行った記念的症例報告。「タン、タン」という再帰性発話のみを認めた症例 Leborgne の剖検所見を、「左前頭葉上部の第 2 および第 3 前頭回の慢性進行性軟化による 21 年間にわたる失語症」という論文にまとめた。上図は Leborgne の脳の左半球 (標本写真のデッサン)。

骨相学

「脳はそれぞれ別個に精神機能を司る多くの分離した器官から構成され、それぞれの機能の発達を司る器官の直上の頭蓋骨の隆起や凹みに反映される」とする説。秀でた才能を持つヒトや動物の頭蓋骨を計測し、頭蓋の特徴からその下にある脳を類推するための骨相学地図をつくり、脳機能局在論の下地となった。当時の欧米で一時爆発的に流行したが、実証的根拠に乏しく、すぐに否定された。

現に人間の脳で起こっている言語の中に、目にみえないが脳の中の一番重要な動作原理を予想し、脳科学が目指さなければいけない本質的な問題を提起したんですね。

だから、いつでも Broca に帰って、「Broca は何を問いかけているのか」と考えます。

岩田 いま、酒井先生がおっしゃったことは大事で、Broca が火つけ役になって局在論が歴史的に展開されていったと考えるとすごく面白いですね。

模倣動作と Broca 野

岩田 西谷先生のお仕事は、言語そのものよりは動作、それも模倣動作を MEG (magnetoencephalography) で調べていらっしたんですね。模倣に関係している領域をみつけていったら、それがどうも Broca 領域に一致しているのではないかという。それをみられたときに、どんなことを感じられましたか。まずはそれをお聞きしたい。

西谷 いま、岩田先生がおっしゃったように、私は Broca 野を対象として研究してきたわけではまったくなくて、偶然にそこにフォーカスが当たってしまった。Broca 野というと、言語機能とその障害、失語症が一般に想起されるのですが、言語機能以外の恐らくその根底に存在していると考えられる機能を、ヒトで初めて明らかに出来たという点で、私たちの研究は意義があるのではないかと思っています。もともとは、感覚運動連関に関する脳機能を非侵襲的に明らかにしようという仕事をしていたんです。頭頂部、それから運動前野、運動野の大きなサーキットを明らかにしていたのです。ところが、1990 年代後半に行っていた、他人の動作の観察、自ら同様の動作を行う場合、さらに他人の動作の模倣による研究で、Brodmann の 44 野が活動することがわかりました。この想定外の結果に共同研究者であった Hari (Hari Ritta) 教授も、当初は半信半疑でした。もっと上の運動前野が活動するのではないかと。私自身も、当初はやはり驚愕しました。「なぜ、ここに？」という。

後になってほぼ同時にサルによる研究がイタリアのグループでされていたことがわかりました。それで、彼らとも直接ディスカッションしましたが、彼らはサルとヒトの脳機能における相同性とその部位に関心があり、明らかにしようとしていました。彼らのサルによる研究結果から、自分の結果は妥当なものであろうという印象を持ちました。ただ、得られた結果をどう意義づけ考察するかというのが、非常に難しいことでした。

臨床家として機能局在を考えていくことは非常に重要

なことであって、自分自身の仕事を通して Broca の先駆的な発見とか、研究を振り返ってみますと、酒井先生もおっしゃられましたが、類い稀な先見の明があったというふうに思わざるを得ません。

ただ、私の見出した結果とはあまりにも異なっており、かなり戸惑いを覚えたのは事実です。しかし、Broca が見出した仕事、確立していった仕事のうえに立脚して、いろいろな考察ができているのだと思いますので、かなり影響を受けているのも事実です。

現象の観察から人間の本質に迫る

岩田 今日、酒井先生と西谷先生の 2 人に並んでいただいたのには、私なりの思いがあるんです。西谷先生のお仕事は根源にいくとサルにつながっちゃうんですよ。サルでも似たようなことが行われている。だけど、酒井先生のお考えは、言葉というのは人間に非常に特異なものであるというのが前提で、先生のお仕事はその上にあるわけです。

その対比的なところで、酒井先生には改めてご自分のお仕事と、いまの西谷先生がみつけられたような Broca 野のもっと普遍的な、動物にも援用できるかもしれないという点を、どのようにお考えになっているかをお聞きしたいのですが。

酒井 基本的に生物学者や脳科学者は、生物を 1 つのものとしてみられますよね。でも、物理学者はそうではなくて、ある 1 つのシステムだけに成り立つような固有の法則を発見しても、何らそれが一般性を失っているとはみなさないわけです。例えば、半導体と超伝導体ではまったく電気を伝えるメカニズムが異なるわけで、1 つのものともみなす必要はありません。

私は物理から科学の世界に入ったので、明らかに人間と人間以外の動物は違うのに、なぜ人間でみられるものは動物でもみられるはずだと、暗黙の了解のように生物学者や脳科学者が考えるのか不思議に感じています。

人類の起源がどうであれ、いま地球上に、動物と人間の間本来いたはずの化石人類は存在しないので、連続的な研究は不可能です。だから、動物でやれることを最大限やれば人間に近づくなどという議論はおかしく、そもそも人間と人間以外の動物では何が違うのか、ということを経験で明らかにしなければ、決して人間の科学的理解などできないだろうと思っています。

ある部分を取り出せば、当然人間が動物的にみえるところもあるでしょう。けれども、やはり人間しか持っていない機能を、脳科学で説明していかななくてはならない

のだと考えます。そういう意味で、Brocaが人間に固有にみられる言語に着目して、失語という現象から機能局在に迫ったというのは、非常に大きな意義があるんですね。

どの時代でも、例えば脳機能イメージングなどの方法がないときであっても、適切な現象さえあれば、優れた科学者は本質的なものをみつけられるわけです。人間だけが持つ言語や創造的な能力は、学問や芸術、そして文化や社会の中にさまざまな形で発揮されています。

おそらく、こうした人間だけが持つ精神機能が脳に宿っているに違いないということは、脳科学の黎明期から予想されていたでしょう。脳のことがわからなくとも、ギリシア時代の哲学者や言語学者は、既に人間の精神に対する理論化を始めました。そこに脳科学が因果関係を知るための手がかりを与え、さらにその仮説を実験によって証明するというのが、いまの脳神経科学の仕事です。ですから、Brocaが、そういう理論的な予言に対して、失語症という明らかに目にみえる現象を結びつけたということが偉大なのだと思います。

脳は3つに分かれる？

岩田 酒井先生のお仕事を僕が素晴らしいと思うのは、いまおっしゃったみたいに、人間に固有のものは何だろうかと考えるところから言語をみてらっしゃるところなんです。そうすると、酒井先生のお仕事は、主として44野よりも前のほうなんですよ？

酒井 Brodmannの44野と45野の両方にまたがって言語に選択的な活動がみられることもあり、45野だけのこともあります。しかし、46野にみられることはほとんどなく、今のところ第2言語習得の初期だけです。

岩田 44野と45野というのは、僕は

やっぱり場所的にみて、あそこは確実に離れちゃってると思うんです。シルヴィウス裂の上行枝という溝があって、あそこは全然線維連絡がないし。僕は、Broca領域という言葉はあまり好きじゃなくて、44野と45野というのは、かなり由来が違うんだらうと思っています。

Brocaの時代には「〇〇野」という考えはまったくなかったわけです。むしろ彼自身は、脳葉よりは脳回に意味があるんじゃないかという程度の話だから。われわれがいま、「〇〇野」といつているBrodmannの領野みたいな形で論じているのは、時代が違うからしょうがないんだけど、Broca領域と名づけてなぜ44野と45野を一緒に論ずるようになったのかというのが、不思議でしょうがないんですけどね。

あれだけ離れていて、確実に溝で分かち合ってるものですから、水平断していくと、44野と45野は、コロッと剥がれちゃう。

酒井 それは、脳溝がかなり深いからであって、脳溝の底部が本当に境目になっているかということ、ドイツのグループの研究では44野と45野の境界には一致しないということなんです。

岩田 境界になってはいないです。それは確かにそうですが、ものすごく離れているということは確かで、それこそ極端なことをいえば頭頂葉と側頭葉ぐらいの差があってもおかしくはないような形なんですよ。

実際に、動物の脳をみていくと、45野にあたるようなところは、けっこういろいろな動物にあつてね。でも44野というのは、他の動物ではほとんどわからないんですね。そういう意味で、少し僕は、Broca領域というものの自体に、ちょっと疑問を持ちながらいつも考えているんです。河村先生、どうですか。

河村 前頭弁蓋という意味では44野と45野と両方入れたほうが理解しやす

Brodmannの44野と45野

ドイツの解剖学者Brodmannによって、大脳は皮質各細胞層の構造や性質(細胞構築)により全52の領域に分けられ、1909年に発表された。44野は下前頭回弁蓋部、45野は下前頭回三角部を指し、いわゆるBroca野とはその両方を合わせたものと考えられることが多い。44野と45野の解剖学的、機能的差異が最近問題になっている。ちなみに、Wernicke野は22野である。

Loss of Speech

Jacksonの失語に関する最初の論文。彼が故郷のヨークからロンドンに出てきて神経疾患患者の診療に従事して3年目の1864年に29歳の若さでまとめたもの。「London Hospitalの内科および外科スタッフによる臨床講義と報告 第1巻」という紀要に収録されており、正式には「発話の喪失(Loss of Speech)：それに関連した心臓弁膜症と右側の片麻痺—嗅覚障害—舞踏病での発話障害—てんかんの動脈支配域」という長い題名が付いている。この論文には34例の失語症例の病歴と考察が書かれている。

後年、Jacksonは徐々にBrocaに対して批判的になり、彼独特の失語理論を生み出していったことは有名だが、この論文では随所にBrocaが引用され、彼に対する敬意にあふれている。

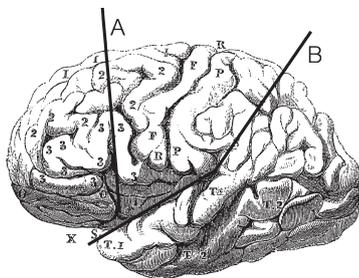


Fig. 1 3つに分かれる脳

「Loss of Speech」収載図。わかりやすくするために、Brodmann 44野と45野の間に補助線Aを、シルヴィウス裂に沿って補助線Bを入れた。線Aより前方の部分、線Aと線Bに挟まれた部分、線Bより後方の部分の3つに分かれると岩田氏は語る。

いですね。前頭弁蓋、頭頂弁蓋、側頭弁蓋に分けると。側頭弁蓋にWernicke野があるわけですけど、そういう意味で44野と45野というのは、一緒にされやすいんじゃないかと思います。

ただ、細胞構築学的には44野と45野というのはかなり違って、44野というのは錐体細胞がたくさんあって、むしろ6野とか、4野といった運動野と近い構造にあるということは事実で、45野はだいぶ違うということのようです。僕は、顕微鏡はみられないのでわかりませんが、そういう意見があります。

岩田 僕は、粗っぽい考え方をしている、脳って丸まった格好をしてるんだけど、本来脳を理解するには、これを伸ばしちゃったほうがわかりやすいですよ。側頭極を反時計回りに回して、シルヴィウス裂をグルッと広げちゃった形にすると3つの領域に分かれます。3つというのはどういうことかという、45野までのところが1つの塊で、44野以降ずっと頭頂弁蓋までつながってるんです。その間を切る溝というのはほとんどないんです。浅い溝はたくさんあるけれど。その後、シルヴィウス裂で仕切られた側頭葉があります。だから、外側の部分は3つに分かれるというふうに、僕は粗っぽく考えるんです。そうすると、その3つの切れ目のうちの最初の切れ目が44野と45野の間になるというのを、ずっとイメージとして持ってるのです。

実際にウマとか、バクとかの脳をみてみますと、のっぺりして丸くなってるんですね。側頭葉が下向きになっていて、どっちかというL字型みたいになっちゃって、「3つに分ける説」に近いような脳の格好をしてるんです。それで前からずっと44野と45野は違うんじゃないか、違うんじゃないかという話が続いてきてるんですけど、あまり誰も認めてくれない(笑)。

河村 Jacksonが、Brocaについて書

いた「Loss of Speech」という論文があって、この中に、いま岩田先生がおっしゃったような脳の図(Fig. 1)があります。確かに3つに分かれてますね。

岩田 シルヴィウス裂を広げるとそういうふうになるんですよ。当然3つに分かれるんだから。

僕は、解剖の教室にいたので、学生たちの脳の解剖実習に2年間付き合っていて、いっぱい肉眼解剖をやっているから、実感としてそういうふうに思ったんです。シルヴィウス裂を広げると、44野というのはローランド弁蓋、そして頭頂弁蓋とひと続きにくっついていて、45野より前方とは、完全に離れてしまいます。

河村 中心溝が、シルヴィウス裂まで届かないんですね。

岩田 うん。届いてない。よく間違った画で、中心溝をシルヴィウス裂に入れてある画があるんだけど、あれは完全に間違いです。逆に中心溝というのは、内側面には入ってるでしょ。そういうのは単純なことなんだけど、脳をみることは、大事だと思います。

文法中枢としてのBroca野

岩田 酒井先生のお仕事はものすごく重要なので、改めて少しお話しいただけますか。

酒井 文法に注目して、脳の活動をみるという仕事を10年ほどやっています。最近、河村先生や金野竜太先生と一緒にいった実験では、絵と文を同時に提示して、正しく対応しているか否かを答えさせる課題を使用しました。例えばFig. 2のような絵をみせて、文のほうは「○が□を押してる」という能動文に加え、「□が○に押される」という受動文や「□を○が押してる」というかき混ぜ文を出します。「□が○を押してる」という対応しない文も現れますので、絵と文の対応の正否を6秒以内に答えるという課題です。その課

題の中で、文の意味はまったく同じでも、受動文にただけで Broca 野の一部分だけが、非常に強く活動するということがわかりました。この部位は、別の実験でわれわれが「文法中枢」と名づけていた場所と一致しました。Broca 野は発話の中枢というより、文法の中核と考えたほうがよいということです。この文法中枢は、44/45 野にある領域に加えて、もう少し背側の 6 野にもう 1 カ所ありまして (Fig. 3 で■印を付けた部分)、その 2 つが非常に強く活動します。しかも、その活動はどちらも常に左優位なんですね。右脳にはほとんど活動がありません。

ところが、臨床的には文法中枢の付近に損傷があっても文法障害(失文法)は起きないようにみえる点が、ずっとパラドクスのままでした。最近、東京女子医科大学の村垣善浩先生のチームとの共同研究で、2つの文法中枢の領域付近にグリオーマがある症例を集中的に調べました。先ほどと同じ課題を試したところ、非常にはっきりした文法障害が起こることがわかりました⁸⁾。しかもこれは発話障害ではなく、言語理解の障害なのです。こうして、文法中枢の機能と文法障害の因果関係が初めて実証できました。

それから、2カ所ある文法中枢は、文法障害のパターンがそれぞれ違います。44/45 野のほうは、受動文とかき混ぜ文の両方に対して、能動文よりも誤答率が高くなりました。一方、6 野のほうでは、かき混ぜ文に対して、能動文と受動文の両方よりも誤答率が高くなりました。

文法中枢の損傷によって文法障害が起きることはわかりましたが、不思議なことにその患者たちは従来の検査では失語症と診断されていないのです。日常会話にもあまり支障をきたしていないようなので、その点が新たなパラドクスでもあります。

ただ、受動文がうまく理解できない

からといって、本人がそれを自覚できていなかったり、家族も気づかなかつたりすることは十分あり得ます。本人は、受身文がいいにくかったら能動文でいえばいいわけですし、日常会話には文脈があるので、指さしたり、単語をいっただけでも、だいたい意思は通じてしまいます。たとえ文法が正しく理解できないと困窮するような状況が起きたとしても、本人も会話の相手もうまく聞き取れなかったらと思うでしょう。ですから、医師や言語聴覚士が受動文やかき混ぜ文を試してみない限り、文法障害があるかどうかはわからないと思うのです。

つまり、本人の病識がないだけで、なぜか人の話がよく呑み込めないとか、自分で話したつもりだけれどもうまく伝わらなかったということ、たぶん経験しているに違いありません。このように、確かに文法機能を司る中枢があるということになりますと、その領域の機能が人間に固有の能力に密接に関係するという可能性が考えられます。

言葉・音楽・踊り ——人間らしさを司る文法中枢

酒井 そこで次の問題として、文法中枢が障害されると、そのほかの知的機能にどのように影響を及ぼすか明らかにする必要があります。私は、文法障害が起きたから障害が言語だけに起こると主張しているわけではなくて、言語と同様に文法的な構造を必要とするもの、例えば冒頭に河村先生が話された音楽に関連する能力や、一部の行為機能などにも、おそらく障害が起こり得ると考えています。

特に音楽は、1次元的に音が続いていくだけではなくて、その中に明らかに構造がありますね。モチーフとなるフレーズもあれば、ソナタ形式のような大域的な構造もあります。音楽には、おそらく人間の発話と非常に近い要素



Fig. 2 絵と文のマッチング課題
上から能動文、受動文、かき混ぜ文。
文法障害では、いずれの文型でも誤答率が高くなるが、文型間に差も認められる⁸⁾。

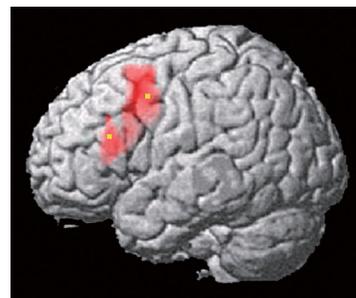


Fig. 3 文法中枢の位置
44/45 野 (Broca 野) の一部と、その背側の 6 野の一部にある。

が豊富にあるわけです。そのように考えると、音楽を聴いたり、数学の問題を解いたりするときには、きっと文法中枢を駆使しているのに違いないと思っています。

岩田 例えば盆踊りでも何でもいいんだけど、踊りというのは、執拗にピッタリ真似しようとするのでしょうか？ 動物はそういうことはしませんね。僕、基本的に動物には、踊りはないと思うんですよ。パターン化された行動様式はありますよ。例えば求愛行動とか。だけど、あれが人間の踊りとまったく違うのは、新しいものが何も出てこないんですよ。その種はその種で、行動のパターンが決まっちゃってるでしょ。だけど、人間はそこそ佐渡おけさの踊りと、阿波踊りとは全然違って、そういうものを表現に使っています。すごく人間らしいことですよ。

なぜこんなことをいったかという、言葉と踊りと音楽というのは、非常に関係が深いものじゃないかと思うんですよ。これは、切り離しては、なかなか考えにくい。

酒井 さきほどお話したように、踊りや音楽にも構造があるということなんですよ。目にはみえないけれど。

岩田 そうそう。僕たちが育っていく間に、言葉と音楽——歌とか楽器——と踊りとは、いつもつながっているわけで、その辺りは河村先生の一番得意なところだと思うんですが、どうですか。そういう意味で Broca のやったことをみていくと、また違う意味が出てくるんじゃないですか。

河村 最初に述べたように、僕は、44 野はおそらく行為に関係していると思っています。踊りということもぜひ今後の研究対象にしたいですね。いま考えているのはプロフェッショナルの指揮者なんです。身振りのプロの中に、たぶん指揮者が入ると思います。たまたま、僕はアマチュアのオーケストラに在席しているので指揮者はたくさん知っていて、あの人たちのサインというのは大変多彩です。非常に大きく手を振る人もいます。ほんのちょっとした指の動きや視線の指示に僕らが反応することも、ちょっと練習するとできるようになります。きっとアクティベーション・スタディには向いているんじゃないかと思うんです。酒井先生、一緒にやりませんか。

酒井 ああ、いいですね。ぜひお願いいたします。

河村 指揮者に、ある曲を振るイメージをさせると、たぶん 44 野が活動すると僕は思っています。文法中枢との関連もわかるとおもしろいですね。

岩田 僕も、いま踊りに興味を持っていますが、あまり踊りに関する脳の研究は多くない。だいたい、神経心理学会で、「ここが壊れたら盆踊りができなくなりました」

という症例報告はないでしょう？ 麻痺があってできなくなるのではなくて、手足はちゃんと動くのに、この人はどうしても新しい踊りが覚えられなくなりましたというのは、Amusia じゃなくて、何ていうんだろう、踊りの場合は（笑）。そういうのはあって当然だと思うし、冒頭の河村先生の症例なんて、踊りをやらせてみたらどうですか？

僕はアートというものは、行動として1つに収束するんじゃないかと思ってるんですよ。だから、踊りと言語と音楽が収束してきたら、それに何とかうまいこと絵画も収束できないかと思うんですよ。そういう何か基本的な神経回路みたいなものがみつかり、面白いんじゃないかな。それは、たぶん人間にとってかなり本質的なもので、あまり動物にはそういうようなアートフルな表現って、ないんじゃないでしょうか？

こういうことをやらないと、例えば象が絵を描いたとか、犬が歌を歌ったとか、そういう話になってしまいます。Broca のいろいろな仕事をみていると、人間がなぜ人間らしいのかということが、彼の脳裏にあったはずなんですよ。

酒井 本当にそう思います。

岩田 Broca の脳裏には、酒井先生が考えているように、人間の人間らしさというのは何なのかということがたぶんあって、それだからこそ「言語」というのにピンときたんじゃないかな。Broca が人類学会をつくったというのも、そういう意味があったんじゃないかと思えます。

酒井 人類学と脳科学の両方への並々な興味。まさに Broca しかいないという感じです。

岩田 そういうことで考えると、Broca はかなり広い視野でものをみて、ものを考えていて、僕らはその一部分のところをいまだに引きずって、いろんなことを考えているのかなと思うんですよ。酒井先生のお仕事も、たぶん Broca が知ったら、「ああ、やっぱりそうか」というと思うのです（笑）。

Broca 野とミラーニューロン

西谷 コミュニケーションのことにフォーカスを当てますと、言語的なコミュニケーションと非言語的なコミュニケーションの両方が成り立たないと、十分なコミュニケーションというのは成り立たないわけですね。そういう意味で、非言語的な情報処理というのも重要であって、しかし、それが言語獲得につながったかということ、これは大きな飛躍であって、両方の追究が今後、必要だと思

うんですね。44野での非言語的働きと45野を主体にした言語的な働きについてですね。

河村 僕がミスリーディングしたのかもしれないですが、西谷先生はノンバーバルコミュニケーションとバーバルコミュニケーションの両方に関与しているのがBroca野だとおっしゃっていたわけではないんですか。

上側頭溝 (superior temporal sulcus) はもちろん眼差しだとか、表情だとかに関係しているはずだし、頭頂葉は身振りと関係するのは前提ですが。

西谷 手の動作のみならず口唇を用いた私たちのこれまでのスタディでは、上側頭溝も、下頭頂葉 (inferior parietal lobule) も、ミラーニューロンの素質・素因というのは示していないんですね。44野ではじめて観察、模倣と実行の活動の違いが出てくるんです。また、口唇や手の形による meaningful な刺激と meaningless の刺激を用いた研究で、44野と45野では全然活動の度合いが異なることが明らかになったのです。

河村 45野が言語で、44野が行為だと。

西谷 Meaningful な刺激を提供した場合は、45野のほうがより賦活されます。観察、模倣、実行のいずれでも45野が、44野より大きく賦活されます。44野は、確かにその3つの課題の中で活動の有意差は認めますが、meaningful と meaningless の間ではいずれの課題においても活動に有意差を認めないんですね。

すなわち、44野は、言語的素因の有無に関係なく、コミュニケーションの根底に存在する非言語的情報処理を担っており、一方45野は、言語的な条件で、より賦活される。44野と45野の細胞構築が異なることから、構造が異なれば担う機能も異なると考えるのが、自然ではないかと思うのです。すなわち、Broca野の中でも、44野を首座とするミラーニューロンと45野が

担う機能は区別する必要があると考えます。

岩田 ミラーニューロンというのは、いろいろな考え方があって、一部の私たちは、ミラーニューロンを模倣に直接結びつけていて、それが、赤ちゃんが言葉を覚えていくときに必要なメカニズムだといっていますでしょうか？それで、新生児の模倣とかをやっている人がいるだけけれども、そういうものについては、先生はどういうふうに考えておられますか。

西谷 確かに言語習得をしていない、生後2~3カ月の赤ちゃんというのは模倣から始まると思うんですね。周囲の刺激に対して、自動的な、生得的な能力で、何らかの形で理解を行っている。言語化はもちろんできませんが、その積み重ねでもって再現する、いわゆる模倣ができるというふうに思っています。しかし、模倣と言語獲得の関係は、明らかになっていない。

岩田 ただ、面白いのは、模倣って消えるのでしょうか？いつの間にかやらなくなるんですよ。

西谷 ええ、やらなくなりますね。

岩田 明らかに言語は模倣よりずっと遅れて出てくるので、その断絶が僕は面白いと思うんだけど、酒井先生は、赤ちゃんの模倣運動が言語と関係があるかどうかという点についてはどうですか。先生は、たぶん反対されると思うんだけど(笑)。

酒井 いや、模倣が最初になれば始まらないということは間違いなんでしょう。踊りも音楽も、我流で勝手にやっていることに対して、誰もオリジナリティがあるとはいいませんね。基本の型を完璧に模倣したうえで、それをさらに超えるところに人間らしさや個性が発揮されると考えています。

ですから、模倣だけですべて説明しようとするのには無理があるでしょう。人間の場合、模倣を基礎にして創造というものがなされていくんだと思

Brocaが人類学会をつくった

1859年、パリ人類学会を創設したことを指す。

Brocaの多彩な才能は解剖学、病理学、外科学、人類学、神経学などにわたり、生涯500余の論文をまとめた。医学部の解剖助手としてセーヌ右岸の教会跡地から発掘された人骨や頭蓋の発掘調査を行った結果を1850年に論文にまとめ発表したのがBrocaの人類学に関する最初の論文である。

また、クロマニヨン (Cro-Magnon) 洞窟から発見された5体の人骨を最初に調査し、その頭蓋が当時知られていた先史時代のいずれの種族とも異なる結論を下したのもBrocaであった。後に化石現生人類と呼ばれるクロマニヨンの発見である。

1858年、兎の交雑の研究から種の永続性に対して疑問を投げかけたことが、当時支配的であった反進化思想と相いれず議長により演説を中断され生物学会誌にも載せられなかったことから、自由な学会を創設することを決意し、1859年人類学会を創設した。その学会では民族学の他に、頭蓋、脳、そのほか多くの生物学的対象を扱うことになっていた。

偶然にも、同年ロンドンでDarwinの「種の起源」が出版された。Darwinの考えに対するBrocaの見解表明は1870年の「進化論について」と題して人類学会誌に掲載された。

Brocaの業績は、『Paul Broca人類学研究論文集』として5巻本にまとめられている。第5巻は脳に関する論文について彼の死後にまとめられたものである。

います。そして、そのうちの1つの典型として言語の獲得があるわけです。ただし学習は動物でもできるので、なぜ人間だけが、そこから先のステップにいけるのかが問題です。単なる学習じゃないですよ。

西谷 次のプラス α がなければ……。

酒井 そうそう。そういう意味では特別なプログラムが脳になれば、言語にはならないでしょうね。

岩田 そういうものの1つが、先生のみつけられた文法中枢ということですね。

Jackson 没後 100 年

岩田 ここまで Broca の話をしてきたんですけども、Jackson も没後 100 年ということなので、この辺りで Jackson の話をしたいと思います。Jackson の書いた本はわかりにくいですよ。わかりにくいんだけど、Jackson は著書の一番最初に書いているように *intellectual language* と *emotional language* をはっきり分けていて、僕らがいま失語症と呼んでいる症例の中でも、例えば息子だったかに呼びかけて、「〇〇(息子の名前)、お前の名前が出てこないんだけど」といって名前を呼んじった話なんか、ところどころ出てきます。

Intellectual/emotional という形で言語の機能を分けるような考え方は、僕がいた頃のパリでは、Alajouanine (Théophile Alajouanine) 先生という方がそういう考え方をしていて、Alajouanine のお弟子さんたちが、それを言語における Jacksonism と呼んでいたんですね。

で、その *intellectual/emotional* というのがいったい何なのかって、僕はいまだにわからなくて、それは入力自体の問題なのか、出力の問題なのか、あるいは完全に言語というのはパラレルなシステムが2つあるのか。Jackson の本には詳しく書かれていないし、僕には、全然見当がつかないんですよ。それで、是非これは、今日お集まりの先生方に教えてもらおうと思って来たのですが。

酒井 別に入力と出力を分けているわけではなくて、Jackson が提案したように、*propositional language* が失語の対象になる、ということはいったいあったのでしょうか。これが *intellectual language* に対応するんですね。「知的に」、すなわち自分の意思を論理的に再構成して話すときに、その言語を *propositional*、つまり「命題的」と呼んだわけです。この障害が失語症として現れる。

一方 *emotional language* のほうは、模倣だけでできるような言語です。例えば人の名前とか、挨拶とか、怒ったときに出る言葉とか、イディオムとか。どれも1つの

フレーズとして模倣して、あとはそのまま自動的に再生するだけなので、「オウム返し」と同じですよ。これは失語症患者でも問題なくできるわけです。

岩田 酒井先生に一番聞きたいところだけれども、要するに Jackson が *emotional language* という形で括ったようなものは、言語なんですか。言語じゃないんですか。

酒井 それは、言語とは呼ばないでしょうね。

岩田 呼ばないですね。先生ならね。それを僕は聞きたかった。先生ならば言語とは呼ばないようなもの。まさに酒井先生が言語として扱ってらっしゃるのは、Jackson が *intellectual* あるいは *propositional language* と呼んだものですね。

酒井 そうですね。ええ。

岩田 そうすると逆に、*emotional language* というのは、いったい何なのか。これがヒトに特異的なものなのか、あるいは動物も持っている特性の一部に過ぎないのか。

河村 不思議なのは、Broca 失語でよく知られていることなんですけど、例えば再帰性発話があつてちゃんと喋れなくても、歌のお上手な方は歌えるんですね。

酒井 自動化されているんですね。

河村 自動化されてるんです。だけど、それも言語といわないですか。

酒井 ええ。歌の歌詞やメロディーを言語としてとらえるときには、確かに構造があるんだけど、丸ごと覚えてしまったら、もはや言語ではありませんね。「オウム返し」と同じですから。

岩田 僕は幼稚園時代にたくさん英語の歌を聞いて覚えてるんです。ところが、意味はわからないでしょう？ だから、いまでも覚えていて歌えるけど、まったく意味のない語音の羅列として覚えているんです。例えば、「♪ Row, row, row, your boat」は「♪ ローローローヤボー、ヘップリバツタストリー」。「ヘップリバツタ」が何だか全然わからないけど、そういうふう聞こえてるんですよ。あるいは、『オールドブラックジョー』なんていうのは、「♪ ターナーラデ、フェマハボジャゲデ」って覚えているんです。

それはまったく言語ではなくて、音としてくつついて覚えてるんですね。だから、そういうものは確かに、僕も言語だとは思ってないです。言語としての役割は全然ない。ただ、失語症の人が歌が出てくるときには、みんなそうなのかどうか。

河村 でも、Leborgne ではないですが、再帰性発話の非常に強い人たち、つまり発話として「その人はね」としかいえない人がいるとしますでしょ。その方にいろんな質問をして、例えば「これ、何ですか？」「いま、何が

したい？」と聞くと、「その人はね」といういい方を、うまく操作して返事の内容や「イエス」「ノー」を表現しているような気がします。

岩田 そういうものを全部、言語じゃないと退けちゃうと、メロディック・イントネーション・セラピー (melodic intonation therapy : MIT) なんかでやっている方法論というのは、言語じゃないものを教えているということになっちゃうんですね。それは、ちょっと気の毒な気が……(笑)。感情論だけ。

MITっていうのは失語症の言語のトレーニングとして、「♪ I am hungry」とかって節をつけて教えるわけです。それは、リズムとイントネーションというか、メロディをつけてやると、お腹が空いたときに「♪ I am hungry」といえるようになるというのが、MITの1つで、言語として有用性を持たせるようにしようと考えている人たちがいる以上、その能力を「言語ではない」と退けてしまうのも、ちょっと気の毒だなあという気もしませんか。

酒井 言語以外の方法でも、それをきっかけにして患者自身の言語化を促進できれば、トレーニングに役立つことでしょう。「失語症に役立つならその方法は言語的だ」というのは論理的ではありませんね。

例えば、オウムや九官鳥が、人間の言葉を巧みに覚えることを思い出してください。しかも完璧に再現できますよね。通りかかった人に対して、九官鳥がうまいタイミングで「オハヨー、ゲンキソウダネー」といえば、誰でもびっくりするでしょう。でも、それは明らかに、言語とまったく関係ないわけですから。

鳥とか他の動物も、そういう非常に複雑な音声や動作を丸ごと覚えて再生する能力を持っていますね。それは記憶と**連合学習**の能力さえあれば、確実に実現できる。犬やニホンザル、そし

てイルカもその高い能力を持っています。

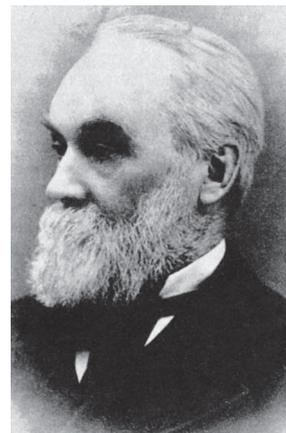
岩田 音声信号を丸ごと覚えて、それをコミュニケーションに役立てることができる能力を、僕らは持っていて、そのうえにかつ intellectual language というか、本当の意味での文をつくる能力も持っているという、言語って一体何なんだろう。それがやっぱり Jackson のすごいところだと思うんですよ。Broca は、そこまで考えてないですよ。「言語って何だろうか」というのは、Broca も書いてはいるんだけど、あまりたいしたことは書いていないんですよ。

ただ、Jackson は書いていることが難しすぎて、本当に彼がどこまで結論として持っていたのかはわからないんだけど、いつも考えていたことは事実ですよ。彼は、どちらかというところまで考える。反対に Broca は、あくまでも解剖学者ですから、あまりそういう機能的なことに対する分析は得意じゃなかったみたいですね。読んでいて、そんな感じがします。

右脳と左脳

西谷 左半球、右半球の機能分化ということがありますね。Intellectual language と emotional language も、やはり機能分化のうえに成り立っているものであると思うんですね。左側の44野を中心に破壊があった場合に、右側のほうの相同領域での賦活を促すことが、リハビリテーションの1つでもあるだろうし、例えばいま、認知症の患者をたくさんみて脳機能を評価しているのですが、直接、原発性進行性失語があるわけではないのですが、例えば「独居老人」の方をみていると、いわゆる emotional language に通ずるような部分が欠落していくわけです。

Jackson



1835年出生、1911年没のイギリスの神経学者。てんかんや、失語、失認の研究を行った。局所の痙攣が一定の順序で全身に広がる様式は、彼の名を冠して「ジャクソンてんかん」と呼ばれる。神経系の生涯発達および神経学的症候について、「進化と解体」の説を展開した。

intellectual language と emotional language

Jackson は、言語をより随意的な intellectual language (知的言語) と、より自動的な emotional language (感情言語) に分類した。知的言語は感情言語から進化・発展し、失語は知的言語から感情言語への退行であると考えた⁹⁾。

連合学習

異なる刺激同士や刺激と反応に、連想関係などのつながりをつくることによって、学習が起こる仕組みのこと。この場合の「学習」とは、経験に基づいた比較的永続的な行動変容のことである。

岩田 それは、すごく大事ですね。

西谷 それを脳機能で評価すると、右半球の活動が極端に落ちてるんですね。

岩田 そうですか。それは面白いな。それは僕も知らなかった。確かに先生がおっしゃるように、独居老人というか、独居じゃなくて夫婦で暮らしていても、emotional languageというのは減ってくるんですよ(大笑)。年取ってくると、1日中ほとんど intellectual language だけで喋ってる。「emotional language なんて、もう忘れちゃったわ」ということが多いんじゃないかと思えますね。

酒井 1970年代の終わりに、Elliott RossとMarek-Marsel Mesulamが報告していますが、Broca野の右の相同部位に損傷があると、声に感情の起伏がなくなって、抑揚が平板化するそうです¹⁰⁾。これは感情自体の障害ではないので、面白いですよ。

岩田 あの報告の症例は小学校の先生で、右のBroca相同野に脳梗塞が起こって、学校の先生を辞めることになった。つまり、彼女が叱っても、生徒たちが全然静かにならないというので、仕事にならなくて辞めざるを得なかった。面白いねえ。だから、そういう意味ではemotionalというのはよくわかるんだけど。

酒井 たぶん、左のBroca野で話しているときに、右のほうがその手綱を握って、ブレーキをかけたり、ドライブしたり、そういう感じじゃないですかね。

西谷 何かやってるんですね。

酒井 そう、左右ともお互いに。

岩田 それは、僕にとってはもうちょっと問題は複雑で、例えば「キャッツ、ドロボウ！」というのと、emotional languageといわれているものとは違うんじゃないかと思うんですよ。つまり、先生が子どもたちに「静かに！」とか、「お黙り！」とかやるのと、「火事だー！」とか、「助けてえ！」とかいうときの発話とは、かなり内容的に違うと思う。「助けてえ！」とかいうときには「キャッツ」が出て、それは叫びに近いんじゃないのか。

酒井 それはたぶん言語ではないですよ(笑)。

岩田 叫びというのは、確かにemotionalではあるけれども、Jacksonがいつているemotional languageというのは決して叫びではなくて、もっともと言語に近いものでしょう。そうすると、叫びというのはいったい何なんだろう。

酒井 生理的な反応ですね。動物だって、「ギャツ」というわけだから。

岩田 その動物の叫びと、人間のemotional languageといわれているものの中には、何かつながりがありますか。

西谷 考古学的に言語のない太古の昔にコミュニケーションを凶るときには、表情とか、叫び声とかを用いていたと推定されていますね。「アアアアア、アアアアア」というような感じ。それをみたり、聞いたりして、理解をして、ある程度伝えていたわけですね。

したがって、動物の叫びとemotional languageの間に関連する部分があるのではないかと思いますし、やはり左側だけの問題ではなくて、右側の賦活もあったのであろうと思えますね。

岩田 右側優位なんだそうですよ、動物の叫びは。例えばマカクよりもっと下等なホエザルとかは、叫び声がとても特徴的で、叫び声を使って個体識別をやっているという話があるでしょう？ あれは、どうやって調べたのかわからないけど、右なんじゃないかといっている人の話を聞いたことがあります。

——後編(2011年12月号)へ続く

文 献

- 1) Fadiga L, Craighero L, D'Ausilio A: Broca's area in language, action, and music. *Ann N Y Acad Sci* **1169**: 448-458, 2009
- 2) Goldenberg G, Hermsdörfer J, Glindemann R, Rorden C, Karnath HO: Pantomime of tool use depends on integrity of left inferior frontal cortex. *Cereb Cortex* **12**: 2769-2776, 2007
- 3) Bohlhalter S, Vanbellingen T, Bertschi M, Wurtz P, Cazzoli D, et al: Müri R: Interference with gesture production by theta burst stimulation over left inferior frontal cortex. *Clin Neurophysiol* **122**: 1197-1202, 2011
- 4) Uozumi T, Tamagawa A, Hashimoto T, Tsuji S: Motor hand representation in cortical area 44. *Neurology* **62**: 757-761, 2004
- 5) Nishitani N, Schürmann M, Amunts K, Hari R: Broca's region: from action to language. *Physiology (Bethesda)* **20**: 60-69, 2005
- 6) Revision de la question de l'aphasie: L'aphasie de 1861 à 1866. *Essai de critique historique sur la genèse de doctrine de Broca. Semaine Médicale* **26**: 565-571, 1906
- 7) 万年 甫, 岩田 誠訳編: 神経学の源流3 プロカ. 東京大学出版会, 東京, 1992
- 8) Kinno R, Muragaki Y, Hori T, Maruyama T, Kawamura M, et al: Agrammatic comprehension caused by a glioma in the left frontal cortex. *Brain Lang* **110**: 71-80, 2009
- 9) 秋元波留夫訳編: ジャクソン 神経系の進化と解体. 第一版, 創造出版, 東京, 2000, pp91-93
- 10) Ross ED, Mesulam MM: Dominant language functions of the right hemisphere? Prosody and emotional gesturing. *Arch Neurol* **36**: 144-148, 1979