

言葉と感情の起源

——動物から人間へ——

岡ノ谷 一夫

はじめに

・自己紹介

こんにちは、岡ノ谷と申します。講演の機会を頂きまして、大変ありがたく嬉しく思っております。自己紹介ですが、私はいろんな動物を使って言語や感情の起源について考えています。趣味もありますが、ビデオに入っていますのでまず見てください。これはもう一五年前ですが、東京MXテレビで僕が主演の四五分の番組を作ってくれたものです。主題曲まで僕が自分で弾いている。見ていただいた楽器はリュートといまして、一五、一六世紀のヨーロッパ

パの楽器で、琵琶と親戚で、アラビアのウードというものがヨーロッパに行つてリュートになり、日本に来て琵琶になる……という話をしはじめると大変なので、この辺にしておきます。

先ほど伊東先生とご飯を食べている時に、起源論というのは面白いなあという話が出てきました。何もないところから物ができて、物から星ができて、星から命ができて、そして言葉と心ができると。せっかく人間として生まれたのだから、こういうところを生きているうちに勉強していきななと思っていました。ですが、どうも僕は数学ができないものですから、他のとこ

ろはいろんな人に譲って、自分はこのへん（言葉と心）をやつていこうかというふう
に考えています。自分に心があるように、
他人そして動物にも心があるのだろうか、
脳はどうやって心を作るのだろうか、なん
で自分は自分なのだろうか、こういう疑問
に答えるために、まず言葉を、なんで人間
だけが言葉を持っているのかを知る必要が
あると思いました。

・やっていること

長い間、言葉の起源を中心にやっていた
のですが、二〇〇八年から科学技術振興機
構から研究費を頂きまして、感情について
の研究を始めています。

言葉については、人間以外の動物のコミュニケーション信号とその進化、神経機構などから、人間言語の起源のシナリオを作る。これはあくまでシナリオしかできないわけです。というのは、人間の言葉がどうやってできたのかって絶対に分かりようがないので、最も納得のいく説明を作り上げる努力をしていくしかないと考えます。

感情については、人間の持つ感情は人間以外の動物が持つ情動を言語によりカテゴリー化したものだという仮説を持っていて、これを動物実験と人間の脳機能測定から検討する。つまり、動物だって情動、気持ちがあるわけですが、その情動というのは、われわれの喜怒哀楽みたいにはつきりしたものではありません、漠然とした空間のなかを動いているようなものだ。われわれは言語があるからその空間を区切っているような感情にラベル付けをしているのではないかというふうに考えています。

・経歴

先ほどのビデオの自己紹介を聞いていますと明るい話ばかりで、実は私は挫折自慢をしたらきりがありません。駒場（東京

大学）で教えていますと、みんな挫折をしたことがないので、つい挫折自慢をするということもあります。例えば、まず大学受験の時に千葉大学、埼玉大学に不合格になって、しかも駿台予備校にまで不合格になって、代々木ゼミナールに行きました。

一年一生懸命勉強したのですが、代々木ゼミナールで東大コースを受けたら不合格になったので国立文系コースに行った。東京大学文Ⅲに不合格になりました。東京大学文Ⅲを受けた理由というのは、実は伊東先生の本——確か講談社現代新書だったかと思うんですけども——を高校の時に読みました。私はそのころ文学にも非常に興味があるし、生物学にも興味があつて、一体何をしたのかなと思っていたんです。そうすると、科学哲学という分野がこの世にあるということ伊東先生の本で知りまして、今日はその先生に講演に呼んでいただいて、本当に嬉しいと思っています。ありがとうございます。

ですが不合格だったんです。科学哲学を本当にやろうと思つて東大の文Ⅲを受けたのですが不合格だった。どうしたものかな

と思つて、生物にも文学にも興味があつて、動物が好きだったものですから、慶応大学の心理学教室に行くと動物心理学が勉強できるという情報をえてそこに行きました。代々木ゼミナールの資料室にどの大学にどういふ先生がいるかという資料があるんです。それを見てみたら、マックス・プランク研究所にいたコンラート・ローレンツさんという一九七三年にノーベル医学・生理学賞を動物行動学で取った方がいて、その方のところに留学していたという先生が慶応にいたので、慶応に行つたんです。

渡辺茂という先生なのですけれども、渡辺茂先生に「ローレンツのところはどうでした？」と聞いたら、「ああいい所だよ」「先生留学してたんじゃありませんか？」「平日訪ねて行つただけ」と言われて。それでもローレンツの薫陶を受けた先生に教えを受けまして、良かったと思つています。それから、慶応大学の大学院も受けたのですが不合格になりました、そのころは、今もそうかな、生意気だったもので、俺の才能を分らん日本になんかいてやるものかと思ひ、アメリカに行こうと思ひまして、

アメリカの大学をいくつか受けたんです。いろいろな大学で不合格になり、メリーランド大学の心理学研究科というところに進学しました。メリーランド大学に行くというのを親に言ったら、「なんだ、そのメリーゴランドは」と言われまして、有名なじゃない学校へ行くとなかなか大変だなと思ったのですが、この大学で学位を取りました。有名な大学ではありませんが実は心理学は充実していました。日本で心理学というとドイツから来ているので、哲学の一部で文系なのですが、アメリカで心理学というと完全に神経科学の一部なんです。神経科学のプログラムで神経科学の一部としての心理学を学びました。そこでもう生物学者になっちゃおうと思ひまして、博士を取ってから上智大学生命科学研究所という、青木清先生がやっていたらっしゃる所にお世話になり、その後いろいろなポストを経て千葉大学に決まったんです。さっきの紹介を聞くと、なんかもうすごく順調な人生みたいなのですが、全然順調ではないのですが、楽しくやってまいりました。私は文系と言われたり理系と言われた

り、理系の中では文系と言われ、文系の中では理系と言われるという、いつもどっちつかずの所にいたわけです。メリーランド大学心理学研究科は理系、上智大学生命科学研究所は理系、その後、農林水産省に行きまして、農林水産省で鳥を追い払う研究というのをやっていました。鳴き声を使って鳥を追い払うという研究をやっていたんです。その時は筑波にいたので、その後、慶応大学にちょっとだけ戻り、そして千葉大学の文学部で文系ですね。その後、理研（理化学研究所）に行って、今度は理系だということで、千葉大にいたところはよく学会に行くと、「文系なのによくこういうことをやりますね」と言われました。ところが理研に行きますと、「文系の人はやっぱり考えることが変だね」とか言われまして、どちらにしても、いろいろと面白い立場にいたことができて、今いるところは東京大学の総合文化研究科で、理系と文系の本当に間でして、ようやく自分が落ち着けるところにきたなど。ただ落ち着いちゃうとあまり面白くないですね。少し批判されるぐらいの方が面白いなと思っ

ています。

・「言葉と感情の起源」仮説

さて本題に入ります。ダーウインの『人間の進化と性淘汰』なんですけれども、先ほど麗澤大学の創立者の廣池先生の記念館を見せていただいて、廣池先生が書かれたもののなかに“struggle for survival”（生存のための競争）という言葉が出てきて、案内いただいた竹内先生に聞いてみますと、『種の起源』も読んでいるし、『人間の進化と性淘汰』もちゃんと読んでいるみたいで、書庫の中にきつとあるんだらうなと思つて、ぜひ入つて探してみたくまりました。

・ダーウイン『人間の進化と性淘汰』

ダーウインの『人間の進化と性淘汰』の中に、こういう表現があります。「音楽的な発声で感情を表現するところから単語が生じた」と。これは実は明日こちらにいらっしゃるという長谷川眞理子先生の訳文です。「音楽的な発声で感情を表現するところから単語が生じた」とは一体どういうことかというところ、言葉というのは感情から生じたのではないかということです。ダー

ウインの時代にしてはものすごい洞察なのですが、ものすごく漠然とした言い方です。この漠然とした言い方をなんとか生物学で説明していこうと思っっています。「音楽的な発声」というのは歌うことだろうと、単語によって感情を表現するようになったのだらうと、こういうふうと考えてダーウインが言ったことを噛み砕いていこうと思います。

・モートン「動機構造規則」

ダーウインはもちろん、みんな知っているダーウインなのですが、実はモートンというほとんど忘れられてしまったけれども、とてもいいことを言った人がいます。この人はたぶんまだご在命だと思えます。アメリカの動物学者なのですが、「動機構造規則」「動機」というのは motivation、構造は structure、だから Motivation-Structural Rules といまして、この分野の中でさえ忘れられている可哀想な論文なのですけれども、とてもいいことが書かれています。「動物の鳴き声にはその時の動機づけ状態が反映される」と。怖い時というのは高い声、細い声が出る。威張る時は低い

声、太い声が出る。緊張した時は震える声が出る。魚はよく分かりませんが、陸上の脊椎動物であれば基本的にみんなこういう声を出すわけです。だから鳥が怖がっているとか、われわれではない他の動物が怖がっているのか嬉しいのか、声を聞けばだいたい分かるわけです。声というのは、結局われわれの呼吸系の上に乗っかっているわけです。われわれは息を吸ったり吐いたりする。吐く時に振動を作り出して声を作っているわけです。呼吸というのは自律神経系で制御されているので感情の状態が非常に強く反映されます。だから怖い時は高い声、威張る時は太い声、緊張した時は震える声で、どんな動物でもだいたいこういう規則が成り立っているということを彼は言いました。

・仮説：言葉と感情の起源

そこで、私はこういう仮説を作りました。言葉と感情の起源は「さまざまな情動のもとにさまざまな発声が生じた」と。まず、いろいろな情動、つまり嬉しいとか——こうやって言葉にしてしまうと既にカテゴリ化されてしまうので良くないのです

けれども、言葉にするしかないのです——快である時、不快である時、穏やかである時、そういった時にさまざまな発声が生じます。その情動状態が発声に反映されます。

ですが、そのうち発声がなくなり、いくつかの音を並べて、歌を歌うという行動が起きます。歌を歌うという行動は何故起きたかというところ、発声の中には情動状態だけではなくて、その個体の資質まで反映される。簡単に言うと、例えば、鯨がうーんと長い歌を歌っていたとすると、その鯨は肺活量が大きいわけです。ということは、その鯨は健康であるということ、メスの鯨はうーんと長い歌を歌っているやつがそばにいと、このオスは素敵だということ、交尾を許すというわけです。蟬でもそうでしょう。蟬もやっぱり空気を押し出して鳴いています。同じ蟬がミンミンとずっと鳴いているということは、その蟬がすごく立派な筋肉を持っているということなんです。だから、発声がつながって歌となって求愛に使われるようになるということは、多くの動物で起きています。

歌が求愛に使われるようになって、求愛

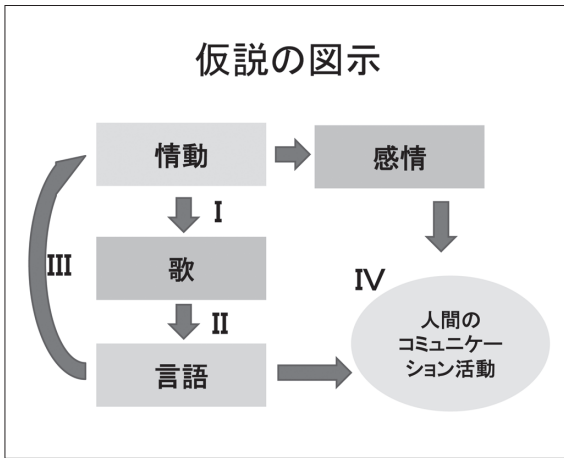


図1

に大変便利だということになると、今度は求愛だけではない他の社会的な文脈でも使われるようになるのではないか。そうすると、歌の一部が切り出されて、その際の情動状態と結び付くことで単語のようなものができた。ここで、歌から単語というものができます。単語というものができてしまうと、単語でもって逆に情動状態を切り分ける、カテゴリ化することが起こる。

て、それで人間の感情になったという道のりを考えています。

・情動と言語の三段階

情動と言語の進化の仮説として、次の三つの段階を考えています。まず「情動から歌へ」。共感に関わることで、情動によって声が出てくる、声がいろいろと変わってくる。情動変調による発声が精密になってくると、これを並べること、自分の資質をアピールする歌ができる。求愛の歌ができるということです。次に「歌から言葉へ」。これは音の流れを切り分け・まとめる能力が生まれ、歌の一部が具体的な状況を示すようになったということです。そうすると情動状態がむしろ言語によってカテゴリ化されてしまい、感情として精緻化していった（「情動＋言葉＝感情」。こういう三つの流れです（図1）。

「情動から歌へ」では、情動の進化について、情動の発達について話します。「歌から言葉へ」では、発声の可塑性、音列の分節化、状況の分節化について話します。「情動＋言葉＝感情」というのはこの通りです。最後に「コミュニケーションの未

来」ということでまとめたいと思います。

第一部：情動から歌へ

・情動と感情の違い

情動と感情の違いですが、情動というのは感情の生物学的な言い方だと思ってくれば結構なのですが、ちゃんと違いを言いますと、動物は何かいいものがあれば近づき、嫌なものがあれば逃げるということをやります。動物のこうした行動を効率良くまとめあげるのが情動です。つまり何かに近づくという時に何をしなければならぬいかというと、注意を向けるということと体を動かすということと、それからいろんな所の筋肉を調整するといったことをしなければいけない。何かから逃げるということも一緒です。こういった体の独立したいくつかのシステムをまとめあげるためには、動物の心の中に何か強く引張り込むものがある、いろんなものをまとめ上げたほうがいいだろうということで、接近または回避に関わる体の生理学的な状態を、接近・回避に役に立つようにまとめあげ

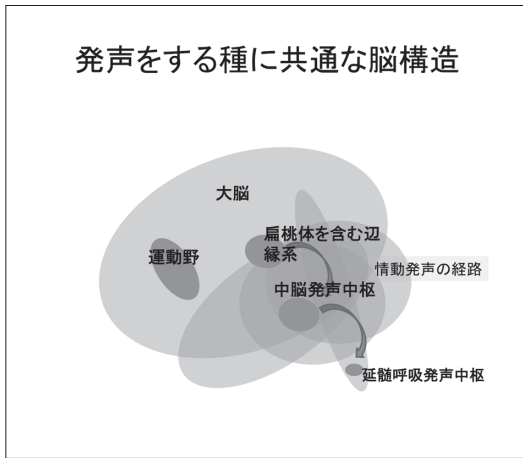


図2

る。そういう機能で生じたのが情動ではないかというふうに考えます。だから動物たちが怖いと思っているか、嬉しいと思っっているか、そういったことはここでは問いません。怖いか嬉しいか知らないけれど、近づいていく、遠ざかっていく。その時の生理状態は、われわれが怖い時、われわれが嬉しい時に似ているのではないかという前提です。

つまり、動物が持つ情動を言語やシンボ

ルによりカテゴリ化したものが感情である。動物は自分の心の状態にラベル付けをしません。しかし、われわれは言葉を持ってしまったので、自分はどういう状態だから自分は嬉しいに違いない、悲しいに違いないというラベル付けをしてしまうことで、その状態をより一層際立てるといふことをします。

情動は即時的ですが、感情は文脈的です。情動は意識されると、これは感情になります。私は四七歳の時に結婚したので、まだちっちゃい子どもがいるんですね。五歳の子とも二歳の子ともがいます。二歳の子ともはようやく情動を言語でカテゴリ化するようになってきたのですが、その前は面白かったですね。本当に情動だけで生きていますから、泣いているところからからわーとかやるとすぐに笑うんですよ。それをやめるとエーン、エーンって泣くんですよ。切り替わりが激しいですね。でも私たちは面白いと思うと尾を引く、後を引くわけです。だから、泣いている人に面白いものを見せて、それを止めるとすぐに泣くかという、そんなことはな

くて、泣き笑いするわけです。ちっちゃい子どもというか動物は即時的で、すぐに変わります。でもわれわれは言葉で自分の情動にラベル付けをしてしまうので、文脈的になります。

一・情動の進化

・発声する種に共通の脳構造

これから若干、脳の場所の名前が出てきます。いくつかは大事な名前なので覚えるといいと思います。扁桃体というのは大事な所なので、ぜひ覚えてください。扁桃というのはアーモンドのことで、動物の脳の中にあるアーモンド上の構造です。声を出すということは、要するに吐く息を使って声帯を動かす。そして口などを動かして調整するということです。だから呼吸と発声の中核というのは非常に近くにあるんです。延髄の呼吸発声中枢で音を出すのですが、この音を出すプログラムそれ自体は中脳の発声中枢に入っています。さらにこの中脳の発声中枢は扁桃体を含む辺縁系によって変調を受け、調整されます(図2)。中脳の発声中枢にあるプログラムがその

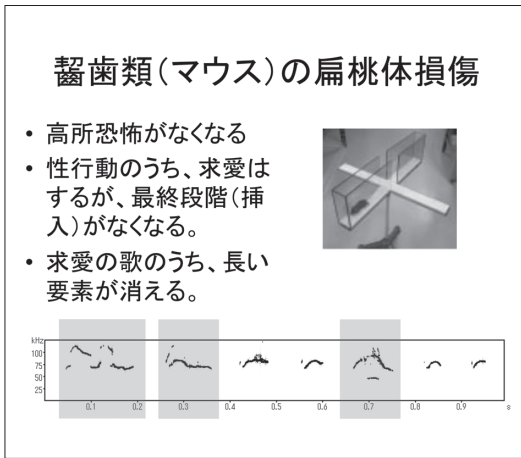


図3

まま出てくるだけであれば、猫はただニャーンと鳴くし、犬はワンワンといけれども、扁桃体を含む辺縁系によって、これが変調されることにより、ウエーンと鳴いたり、フニャーンと鳴いたりといろんな鳴き方ができる。けれども犬が犬である以上、絶対に基本的にはオノマトペで書く「ワンワン」だし、猫が猫である以上、基本的には「ニャーンニャーン」ですよ。いろいろなバリエーションがあるわけです。

が、犬にいくら「おすわり」と言っても、犬が「おすわり」と言った試しは歴史上まだ一回もないので、たぶん言えないのだと思います。

・情動の座…扁桃体

大脳基底核というところとその先端に扁桃体というところがあります。この辺が情動の座です。さらに大脳皮質の前方の内側、前頭前野の内側部ということも、情動の制御に大事な所です。扁桃体というのが情動の座であることの証拠に、マウスの扁桃体を損傷するという外科手術をしますと、そのマウスは高所恐怖がなくなります。高所恐怖ってどうやって測るかというと、こういうものがあります(図3)。これは、実験機材業者に聞いたら二〇万というんです。くだらないですよ。なので、うちの学生に二万円渡して、東急ハンズでアクリル板を買って作れと言ったら作りました。一方は壁があり、もう一方は壁がないわけです。普通のマウスは壁があるとところしかウロウロしません。けれども、扁桃体を損傷すると壁がないところにも動いてしまいます。要するに壁がなくて

も怖いということを感じなくなってしまう。それだけではなくて、マウスは扁桃体を損傷すると性行動が変わります。求愛はするのだけれど最終段階がなくなりません。つまり、交尾、挿入しなくなります。

それから求愛の歌のうち、長い要素が消えます。マウスが歌を歌うなんて聞いたことがないと思いますが、マウスは歌を歌うんです。だいたい六〇キロヘルツくらいの高い音で歌うので、われわれに聞こえないんです。われわれは一五キロヘルツくらいまでしか聞こえません。マウスは六〇キロヘルツくらいまで聞こえます。

マウスが歌を歌うということは二〇〇四年まで分かりませんでした。誰も知りませんでした。何故かということ、聞こえないからですね。たまたま、超音波マイクで音を録っていた人がいて、求愛する時に歌を歌います。全部で一秒くらいのとても速い歌なのですが、人間は聞いても分からない。だいたい一〇倍くらいに引き伸ばして聞いてみると、例えば「キュンキュンキュン、キュンキュンキュン、キュンキュン」みたいに聞こえると思います。こうい

う求愛の歌をさっきの一秒で歌うんですが、扁桃体を損傷すると求愛の歌のうち長い歌要素が消えて、短い要素だけになってしまつて「キunksンキunksンキunksン」という単純な歌になってしまつてという変化が起きます。

鳥で同じように扁桃体損傷をすると恐怖心がなくなります。鳥というものは用心深いものですから、飼っている鳥でも、餌箱の中に異物があると、例えば餌箱の中にアンパンマンの人形とか置いておくと、警戒して一日餌を食べに行かないのです。ところが扁桃体損傷をしてしまうと、何か変なものが入っていてもすぐ餌を食べに行ってしまう。鳥ですと、何故かマウスとは反対に、性行動発現の閾値が下がる。どういふことかと言うと、鳥はじっくりと求愛します。マウスもじっくりと求愛するのですけれども、マウスの場合はただ「キunksンキunksンキunksン」と単純な歌を歌つて結局は交尾しないということになってしまつたわけです。しかし鳥の場合には、歌わずにいきなり交尾するということになってしまつて、これはこれで嫌われるわけです。

手順を踏まずに交尾しようとするという変化が起こります。そして、鳥もマウスも、歌が単純になる場合があります。

・情動の座：内側前頭野

今度は内側前頭野の話します。目玉を取つて指を突つ込むと内側前頭野に触れると思います。やらない方がいいと思います。僕は副鼻腔炎の手術をしたのですが、内視鏡でこの辺の骨をがりがり削る。下手なお医者によらせると頭蓋骨を削つて脳をガリガリしちやつてそれで死んじゃつた人がいないわけではないと言つていました。鼻の手術をする時はちゃんとしたお医者さんにかかつてください。

さて、内側前頭野ですが、ハダカデバネズミという動物を使った実験をしました。ハダカデバネズミは東アフリカのケニアの地下に長いトンネルを掘つて棲んでいる動物です。真社会性といひまして、子どもを産むメスが一匹だけいて、あとのメスは子どもを産みません。それからそのメスと交尾するオスが二、三匹いて、あとのオスは交尾しません。全部で二〇〇匹ぐらいでコロニーを作っているのですが、子ども

を産むのはその女王だけです。だから、ハチみたいな社会を持っています。そういう社会を持つて地下で暮らしています。地下にトンネルを掘つていて、たとえネズミとはいへ、においてコミュニケーションできません。においてコミュニケーションしてなかなか消えないからです。そこで音でコミュニケーションすることになります。ネズミは普通、さっきのマウスのように超音波で鳴くのですが、このネズミは聞こえる音で鳴きます。トンネルの中の音響特性で、超音波だと跳ね返つてしまつて遠くに飛ばない。だから聞こえる音で鳴きます。

トンネルの中で二匹が鉢合わせした時間にお互いで鳴き合つて、そして結局大きい方が小さい方の上を通ります。女王ネズミがいて、働きネズミと兵隊ネズミがいるのですが、女王ネズミが一番偉くて、次が兵隊ネズミ、その次が働きネズミです。女王様は誰に会つても大してあいさつしません。ですが、働きネズミは誰に会つてもすぐぐあいさつします。そして、兵隊ネズミが面白くて、兵隊ネズミは女王様に会うとあい

さつをいっばいするのですが、働きネズミに会うとあまりあいさつしません。嫌な感じですよ。ところが、内側前頭前野のこの辺りを損傷してしまいますと、この社会性が壊れてしまって、偉い人（個体）にあまりあいさつしなくなります。あいさつする総量が大体平均化されてしまいます。なので、実験はすぐにやめないと कोरोニーの中でいじめられてしまうのですけれども、内側前頭前野の損傷であいさつ行動がなくなるといことは、誰が偉い・偉くないという内的なランク付け——多分これも情動に依存するのですが——が壊れてしまうと考えられます。

・情動の座…基底核

大脳基底核というものも情動の座だと考えられています。まずこの映像を見てください。これは鳥のジュウシマツです。ジュウシマツの頭に電極が付いています。この電極の先が脳の中に入っていて、大脳基底核の神経細胞の活動を記録しています。神経細胞の活動電位が出るたびに信号変換をしてパチパチという音が出るように設定されています。活動電位が出続けているとジジ

ジジという音が出るのですけれども、歌を歌う時にこの活動電位の出方が変わり、歌うのにあわせてザザザザというふうに変わっていますよね。

この歌を歌っている時と同じ神経細胞が、餌をもらう時にも活動するということが分かりました。ボタンをつくと餌が出る装置がありまして、歌を歌っている時とボタンをついて餌をもらっている時に同じ神経細胞の活動を記録し、どちらも活動電位が増えていることが分かりました。ここで面白いのは、歌を歌う時にも餌をもらう時に活動した神経細胞が活動するということは、歌を歌うということが彼らにとって嬉しいことなのではないかということが分かるわけです。

更にこの大脳基底核というところは、鳥の脳の中でミラーニューロンを受け取るところです。ミラーニューロンというのは何かと言うと、これは立木先生が書いていらっしゃるんですけども、イタリアの研究者们たちがサルの実験をしていて、サルが物をつかむ時に活動する神経細胞を見つけておいた。同じ神経細胞をそのまま記録してお

くとサルが自分で物をつかまなくても実験者が何か物をつかんでサルに見せるだけで、その神経細胞が活動するというわけですよ。だから、皆さんのミラーニューロン、例えば「津軽海峡冬景色」を自分で歌う時に活動するミラーニューロンがあるとすれば、誰かがそれを歌っている時にも活動する。カラオケに行って「今日は歌うまいな、俺」とか思っていると、誰か一緒に歌っていたりしているというようなことがあるわけですが……。これはミラーニューロンについて、俗な言い方をしてしまいました。

鳥の場合には、なかなか巧妙な実験で、アメリカにいるヌマウタスズメというスズメは一〇種類くらいの異なる歌を歌うんです。ある歌Aを歌っている時にだけ活動する神経細胞というのをまず探しておきます。探しておいて、今度はその鳥にいろんな歌を聞かせて、どの歌の時に活動するか調べる。そうすると、ある歌Aを歌っている時に活動する神経細胞は、やはりAが聞こえた時にだけ活動するということが分かり、これはミラーニューロンだということ

になったわけです。そのミラーニューロンは、大脳基底核の中まで軸索を投射しています。大脳基底核は体全体の動きをつかさどります。だから、大脳基底核に損傷が起るとパーキンソン病になってしまうわけです。大脳基底核にミラーニューロンから投射があるということは、彼らは音を聞くと、それに対応する運動をついしてしまうということです。

そこで次のようなビデオ（リズムを取るオウムの映像）ができるわけです。これはメトロノームが一〇六bpmで、だんだん速くなりますがちゃんと付いていきます。ちよつと速くなったでしょう。これでちゃんとリズム取れる人がどのくらいいるかというと、皆さんの中でも半分くらいしかないです。ちよつと遅れるんですよ。速くなると片脚だけじゃなくて両脚でやる。このビデオは *Current Biology* という立派な雑誌に載った論文の付録です。立派な雑誌というのをインパクトファクターで判断してはいけないと思うのですが。今言うインパクトファクターというと一ぐらいある立派な雑誌です。これは何をやったのか

と言うと、果たして動物はダンスするのかという素朴な疑問で、二〇〇九年に出版されました。四年前ですね。YouTubeという動画が見られるサイトがありますね。そこで「アニマルダンス」と入れると、たくさん出てくる。今だと三〇〇〇件くらい出てきますが、二〇〇九年時点では三〇〇〇件くらいだったようです。その一件一件を全部詳しく調べて、本当にダンスしているかどうかを調べました。どう調べるかというと、その音のビート、音圧が最大になるところを取ってきて、その音圧が最大になるところと動きの変曲点が一致するかどうかを調べると、一致すると言える。これが世界で最もダンスがうまい動物です。スノーボールという名前のキバタンというオウムの一種です。

三〇〇〇件くらい調べた中のほとんどが犬と猫の動画で、「うちのミーちゃんはこのようにダンスが上手です」「うちのポチはこんなにダンスが上手です」という動画がものすごくあるわけですが、犬や猫は全く話にならない。犬や猫は確かに音楽が聞こえると体を動かしますけれども、厳密にそ

の音の最大値と動きの変曲点に対応するかというと、全然そういうことはなくて、音が鳴ると何か動いているという、それだけです。リズムを取っていると見えるのは、鳥なんです。あと、実は象がリズムを取っている。竹内先生は象のことはよく知っていますか？ インドにいらしたからといって象を知っているかわかりませんが、私たちはインドに行った時に象さんに乗りましたけれど、象さんですから、アダージョだったか何かで、アレグロになると間に合わないです。

ここまでのまとめです。扁桃体は対物・対人恐怖を司り、歌の構造を変えます。大脳基底核は報酬の評価で、歌を歌っている時にも餌をもらっている時にも嬉しいということがここで表現されます。内側前頭前野は社会性による行動調整が行われます。歌と発声の情動表現は扁桃体の損傷で変化しました。歌を歌うのは快で、音楽に同調するのも恐らく快なのでしょうということが、こういった研究からわかります。

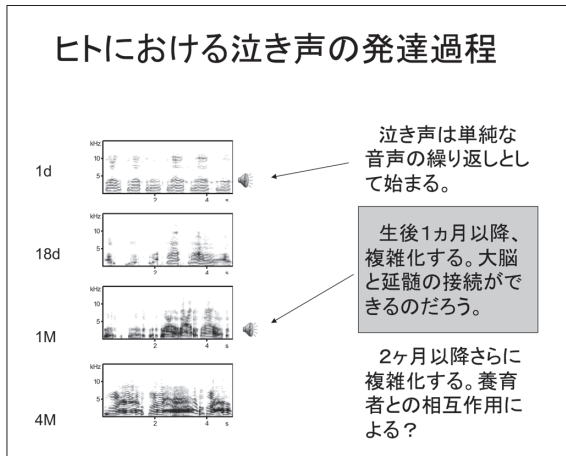


図4

二. 情動の発達

次に情動の発達の話をいたします。実はそこにいらつしやる野中さんという方は、私の助手をもう一〇年も務めてくださっていて、私の助手になる前は麗澤大学の学生だった人です。この野中さんが中心になって、赤ちゃんの泣き声の研究をしています。これは泣き声をソナグラムというものにしておりまして、横軸が時間、縦軸が音

の高さです。これがだいたい五秒ぐらいです（図4）。これは生まれて一日目の泣き声です。生まれて一日目の皆さんのお子さんの泣き声を覚えているでしょうか。

「オギャー、オギャー、オギャー、オギャー」とかなり単純な泣き声です。みんな客観的に見ませんので、自分の子どもができて、かなり単純な泣き声だと思っ人はいない。「まあ、可愛い」となっちゃうわけです。でも他人から見ればかなり単純な泣き声です。

ところが一カ月ぐらになりますと「オヒンオヒン」というふうに非常に耳障りでうるさいものになります。このように、泣き声は単純な音声の繰り返しとして始まるのですが、一カ月ぐらいで非常にうるんな泣き声を出すようになるんです。何が起きているかというと、大脳と延髄の接続ができてくるのだらうとわれわれは考えていますが、小さい子どもの脳機能イメージングがまだなかなかできませんので、これはまだ仮説止まりです。

二カ月以降さらに複雑化します。これは養育者との相互作用によるのではないかと

いうことです。野中さんと考えたのが行動文脈と泣き声の相互切り分け仮説というもので、生まれたばかりの赤ちゃんは、「オギャーオギャーオギャーオギャー」と単純に泣いているので、お母さんは何かよく分からないけど世話するしかないわけですね。ところが、生まれて一カ月もたつといろんな泣き方をするので、お母さんはそれに応じて何をしてほしいのかを考えるようになります。お母さんが何をしてほしいのかを考えて、そういうことをしてあげると、子どもの方はこうしてほしいと思った時の泣き声と、お母さんがしてくれた行動とが一致すると、その泣き方を更にするようになるということ、最初は適当に泣いていたものが、だんだん文脈で分かれてくるのではないかと仮説です。これについては、一部は証明できているのですが、まだ全部は証明できていません。泣き声というのはいくつ複雑な信号で、信号処理の技術が非常に必要で、われわれはフランスにいるJean-Julien Aucouturierという人と一緒に泣き声の分析の研究を続けております。

ごく最近出た『生物の科学 遺伝』という雑誌の中に、われわれの感情研究のいろいろな話題が載っています。われわれと一緒に感情研究をやっている京都大学の明和政子という先生のところを取ったデータなんですけれども、赤ちゃんの頭にかぶせる光トポグラフィ装置というものを作りまして、近赤外線を頭皮上にあてて、それが反射してくる割合を取って、脳血流の様子を調べました。もし血流量が多ければ近赤外線は吸収され、血流量が少なければ反射されるので、これで脳活動が間接的に分かります。これを使って触覚刺激、聴覚刺激、視覚刺激を、生まれたばかりの赤ちゃんに与え、どの時に一番脳が活動するかと調べると、触覚なんです。触覚で最も広い脳領域が活動します。視覚と聴覚ではそんなに生まれません。新生児の脳の活動はまず触覚に強く出るといことが、これではつきりと出ました。ただ、これを論文にするとかくさんの人が「じゃあカンガルーケア」といのは素敵なんです。とか言いに来て、多分素敵なんですけれども、まだカンガルーケアが素晴らしいということは証明

できていないので、触覚に強く出るといことだけです。

それからこちらは野中さんたちがやった研究ですが、赤ちゃんにいろんな種類の泣き声を聞かせます。その時の脳活動を調べたのですが、自分の声と、自分の声を逆再生したものと、自分の声の包絡線といつて音の大きさの変動だけを与えたものと、それから他人の声とを聞かせると、生後一カ月では自分の声を一番よく聞いていることが分かります。ただ泣いているだけではなくて、泣きながら自分の声もちゃんと聞いているということ。生後四カ月くらいまでこの傾向が続きまして、それ以降、自分の声に対して他人の声に対しても同程度の脳活動となる。自己本位だったものが解消されるという時期になります。

まとめますと、生後すぐは触覚による脳活動が最も大きい。視聴覚の発達はその後です。生後一カ月から四カ月にかけて、自分の泣き声に対する脳活動が他の音に比べて非常に強い。この時期、自分の泣き声で感情を表現する練習をしているかのようであり。母親と乳児の相互カテゴリー化で

泣き声に意味が付いてくるということ。す。

第二部…歌から言葉へ

これで、情動のところの最初の部分が終わりまして、「歌から言葉へ」という話をします。われわれ人間だけが言葉を持っていること、これは疑問の余地がないのですけれども、われわれ人間の言葉がどこから来たのかと考えると、神様が与えてくれたと言ってしまうのはそれで終わってしまうのですが、多分そうではなくて、われわれ人間以外の、以前の動物が持っていたいろんな機能がうまく重なり合って、うまく積み重なって、うまく統合されて、言葉ができたのではないかと考えるわけです。

どういう機能かという、いろんな声を出せるということ、それから音の流れを切り分けて聞くことができるということ、それから状況を切り分けることができるということ、こういったことが言語の獲得の準備となったのではないかと。これは少しずつ詳しく説明していきますので、現時点で

一・発声柔軟性から発声学習へ

・発声学習とは何か

まず、発声学習とは何かを説明します。さつき犬は有史以来「おすわり」と言ったことはないと言いましたが、犬にいくら「おすわり」と言っても犬はおすわりをしますけれども、「おすわり」と言うことは絶対ない。言うとなれば、それは飼い主の愛情の賜物であって、多分誰にも「おすわり」とは聞こえていないわけで、飼い主にしか聞こえていないわけです。一方で九官鳥に「おすわり」と言ってもおすわりはしないわけです。脚の構造上おすわりはしにくいですね。しかし九官鳥は「おすわり」と言い返すことができます。言われたことを言い返すというか、言われたことを学んで言えるかどうかということが発声学習として、言われたことをやるかどうかが発声学習ではありません。何か言っても何かしろということであれば、これは音声の条件付けに過ぎませんから、犬もできますし、振動と電気ショックの関係を学ぶことならミズだってできます。しかし何か言われたことをそのまま言い返すということをして

る動物は非常に少ないです。

・発声学習をすることが明らか動物

どういふ動物が発声学習ができるかというと、クジラ目、イルカも含んだクジラ目は八一種類いますが、ほとんどすべて発声学習する。クジラですと歌を歌う。ザトウクジラの歌は特に有名です。ハワイの歌と小笠原の歌は違います。ちゃんと方言があります。方言があるということは、これは歌が伝承される文化であって学習を必要とするという証拠です。イルカは歌を歌いません。けれどもイルカはお母さんのメエメエという声がありますけど、あの声をイルカはお母さんから学んでいて、イルカの声进行分析すればこの家族から来たイルカなのかということが分かります。

それから鳥は全部で一万種類いるのですが、そのうち約半分、ハチドリ、スズメ、オウムに属する鳥たちは、みんな発声学習します。九官鳥というのはスズメ目ですが発声学習することはよく知られているし、ヨウムというオウムは非常に巧妙に英語をしゃべることができるということが知られています。ハチドリも実は、みんな知らな

いけれども、歌を学びます。これはお父さんから歌を学ぶんですね。こういうった鳥たちは一万種類のうち半分、比較的小柄な鳥たちです。大型の鳥たちは歌を学びません。カモとかアヒルとかは歌を学びませんが、小型の鳥たちは歌を学びます。

このように、クジラは八一種類いてほとんど、鳥は一万種類いて五〇〇種類が発声学習をします。でも、霊長類は二二〇種類いて一種しか発声学習しない。これは不思議です。チンパンジーがいくら人間に近いかいっても、チンパンジーが「おかえりなさい」とか言ったのは聞いたことがないですよ。チンパンジーが「おあずけ」とか「こんにちは」とか言わないですよ。チンパンジーって人間に近いですねってみんな言うんだから、あいさつの一つくらいしてみろと思うのですが、しないわけですよ。霊長類の中で、人間しか発声学習をしない。

・発声「学習」をする種に特有な脳構造

発声を学習できるのはなぜかというのを考えると、少なくともクジラと鳥の一部と人間に関してはこういうことが起きていま

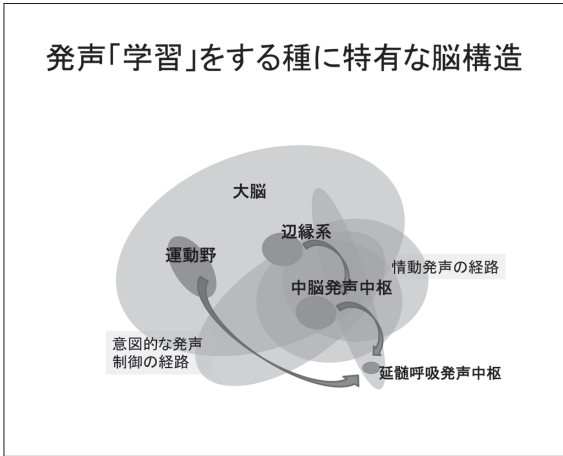


図6

す(図6)。鳴くためには延髄呼吸発声中枢が中脳発声中枢のプログラムを受けて鳴くということを言いました。それが辺縁系によって変調を受けて情動発声がフギヤーとなったりオギヤーとなったりすることを言いました。でも鳥たちと人間とクジラたちには、この情動発声の経路だけでなく、大脳皮質運動野から延髄の呼吸発声中枢まで、間を飛ばしていきなりつながる

経路があり、これを「直接連絡路」ということにします。この直接連絡路が十分条件か必要条件か分かっていないのですが、少なくとも発声学習する動物について解剖して調べてみると、これがあるということは言えます。これがあつただけで発声学習できるのかどうかは分かりませんが、とにかくこれが大事なのです。人間にはあるけれども、チンパンジーになると無いのです。クジラにはあるのですが、犬や猫には無い。小鳥にはこれがあるのですが、ニワトリにはこれが無いのです。ということで、発声学習する種に共通の脳構造があるということが分かりました。

・直接連絡路を持つのはなぜか

では、直接連絡路がなぜあるのかというと、呼吸のことを考えなければいけない。声を出すというのは面白い行動ですけれども、声を出すというのをやっているだけではないんですね。呼吸の制御をしている。呼吸は忘れると死んでしまうわけですから、呼吸は忘れていてもするようにになっています。つまり、自律神経系と言って自動的に動く神経系が呼吸を制御していま

す。けれども音を出す時だけ、中脳発声中枢と辺縁系が特別なプログラムを送って、呼吸の上に乗って、息を吐く時に声を出すようになっていきます。それが基本なのですが、さらに一部の動物では、大脳皮質運動野が間をすっ飛ばしていきなり延髄呼吸発声中枢を制御する。これはなぜかと言うと、自律神経系に任せていたのでは間に合わないくらい突発的な事態に対応するという時に、この直接連絡路が必要になるのではないか。クジラは哺乳類ですね。魚じゃないので、水に潜る時には息ができません。息を吐くことしかできません。なので、水に潜ると決めたならば深呼吸をして潜っていくわけで、水の中では吐くだけで、絶対吸わないわけです。それをやるためには自律神経系に任せておいたのでは間に合わないで、この経路が発達進化したのではないかと思われまます。鳥の場合も事情は似ていて、空を飛ぶ時、これも一時的に大変な酸素を必要としますので深呼吸するでしょう。飛んでいる時は風が吹いて来たら呼吸をやりにくいので止めなければいけないといった事情があるでしょう。とい

うわけで、鳥とクジラがこの直接連絡路を持つていて、意図的な呼吸の制御のためにこれが進化し、これを利用して発声学習をしているという理屈は通りやすいと思います。

そうすると人間の説明が困る。人間は空を飛ばないし、水に潜りますが常に潜っているわけではない。なんで人間にこれがあるのかということを考えていた結果、出てきたのが「産声仮説」というものです。人間の赤ん坊ほどよく泣くものはいないなあと。起きている時、寝ている時も泣いていますが、本当によく泣きます。なんでこんなに泣くのかというと、泣いても大丈夫だから泣いているのではないか。人間以外の霊長類は野生の生活をしていまずから、泣くと食われてしまう。泣くとここに餌があるよと言っているのと一緒。だから泣かないのではないかと考えました。

そうすると、なんで泣くのかと言うと、人間は集団で生活をするようになり、集団でお互いを守るようになったことよって、泣くことの危険性が減っていったのではないかということです。泣くことの危険

性が減ると、泣き声で親を制御することが適応的になったのではないかということですよ。

この説を補強するもう一個の事実がありまして、これは長谷川眞理子先生と話している時に指摘されたのですが、だって他のサルはみんな毛が生えているじゃないかということですよ。人間は胸の辺りに少し毛が生えている人もいますが、特に女性の場合、ほとんど毛は生えていません。ですが、サルだったら、みんなここに毛が生えていて、赤ん坊がつかむことができるんです。赤ん坊を抱っこをするというのは人間だけなんです。なんで抱っこするかというと、子どもが自発的につかまれないから抱っこするわけです。そうすると、親の都合で床に置かれてしまう。子どもとしては親を惹きつけるために泣かなければならない。なおかつ泣いても捕食者が来ないという安全性があるということで、泣くということが流行ってきたのではないかということですよ。

毛がなくなっちゃったということが一つの事実として、子どもが親にしがみつけない。

い。だから子どもが床に置かれる。それで泣く。けれども泣いても安全になった。そうすると泣き声で親を制御することが適応的になった。だから人間の赤ん坊は泣くのではないかと。泣くことによって、幼いうちから直接連絡路が刺激されて発達していくのではないかということを考えました。

二・音列の切り分けから文法へ

・ジュウシマツの歌文法

次に「音列の切り分けから文法へ」という話です。これはジュウシマツのさえずりの一例で、二・四秒の録音を縦が周波数、横が時間でグラフに表現したものです(図7)。このジュウシマツの場合は、いろんな音要素がありますが、よく見てみると同じ形をしたものが何回か出てきます。そこで、同じ形をしたものに同じアルファベットのふつてみますと、AとBが出てきて、C、D、Eが出てきて、その次にF、Gが出てくるという、こういうことが分かりました。つまり歌を記号にしていくと何らかの規則性が出てくるということが分かり、この規則性を抽出するために一五年ぐらい

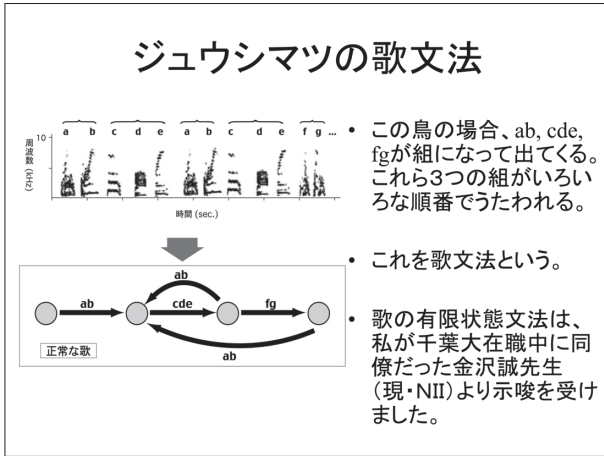


図7

苦勞して、いろんな統計的な手法を応用して、結局、「可変長Nグラムモデル」というものがあるのですが、それを使って、まずいくつかの長さで区切ったらいいのかというのを決めます。そうすると、このA、Bというのがかたまりになっていて、C、D、Eというのがかたまりになっていて、F、Gというのがかたまりになっていて

いうことが分かり、このかたまり間の関係性を調べるためにアングニンという人の *Kreversible automaton* というモデルを適用します。そうすると、この歌から図のような規則が抽出されます。この歌の場合は音要素の並びが、A、B、次にC、D、Eとなり、その次にA、BになるかまたはF、Gとなり、その後、A、Bとなるような歌になる。

この発見は千葉大の文学部にいたおかげなのです。私がこれを見てみると、隣の部屋にいたスタンフォードから帰ってきたばかりの理論言語学者である金沢誠先生が「ちょっと貸してください。あっ、これは有限状態文法じゃないですか」と。彼が暇そうにしていて、これ面白そうですねと言って、これが出てきたわけです。こういうわけで有限状態文法——「歌文法」ということになり、ジュウシマツには歌文法がある。歌文法は、家族の中ではみんなある程度似ています。違う家族になると違います。ジュウシマツが歌の文法をどうやって学ぶかということ、大きい鳥かごを作ります、その中にオス一〇羽、メス一〇羽を

入れて勝手に交配させて、勝手に雛を作るということをしました。小鳥屋さんみたいな状態になります。そこで生まれてきた雛たちが誰から歌を学んでいるのかというのを調べます。そうすると生まれてきた雛Aはお父さんから随分とたくさん学んで、学んでいることは確かなのですが、それだけではなくて、他の周りにいたオスから、このオスからはこの部分を、あのオスからはこの部分を学び、自分の中に取り込んでいます。お父さんから最も学ぶのですが、お父さんから学ぶだけじゃなくて、他のオスからも色んなところを学ぶ結果、そしてこれらを確率的に組み合わせる結果、そのまま歌文法ができるということが分かりました。

この歌文法が脳でどう制御されているかを知るために、脳の損傷実験をやりました。鳥は前頭前野が進化の事情があつて後ろの方にあります。この前頭前野の部分と、そして大脳基底核が大事だろうというあたりを付けて、これらを損傷するという実験をしました。

まず前頭前野ですが、この部分を損傷す

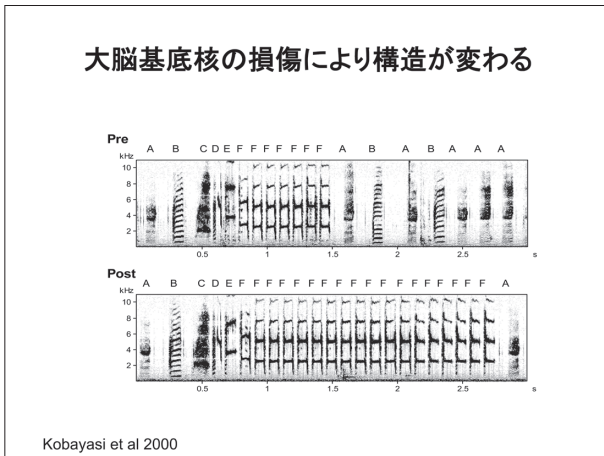


図8

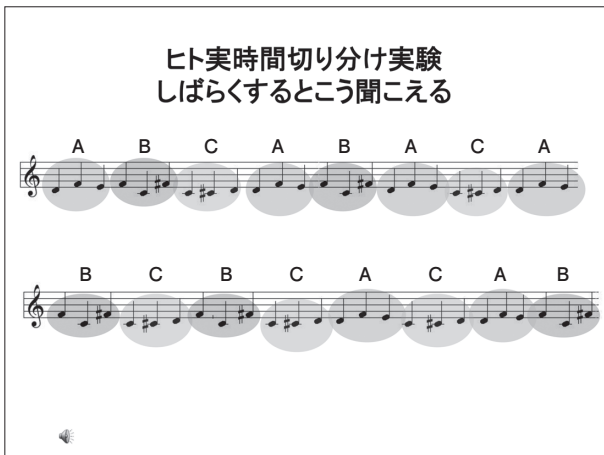


図9

ると、複雑な歌を歌っていた鳥の歌が非常に単純になってしまふということが起きました。だから、この前頭前野という部分が、学んだ歌の組み合わせをいろいろと作り出しているのではないかとということが分かります。

次に大脳基底核ですが、大脳基底核を損傷すると、「キユキユキユキユキユティ

ティティティ」と歌っていた鳥が「キユキユキユキユキユティティティティティティティ……」というふうにならなくなってしまうということが分かります。これは鳥で起きたパーキンソン病ということができます。パーキンソン病というのは行動から他の行動に切り替えることができなくなる。この鳥の場合も大脳基底核を損

傷されたことで、このFという音要素が止まらなくなってしまうということが起りました(図8)。

・ヒト実時間切り分け実験

さて、これで大脳基底核と前頭前野が鳥では歌文法に関わるということが分かったわけですが、次に人間で実験をします。皆さんにこれからある音楽(図9)を聞いてもらって何拍子が当ててもらいます。何拍子という場合は必ずしもリズムではありません。いくつの音が組みになっているかということ。いくつの音が組みになっているか。この音楽ができていくかということ。野中さんは、この音楽をもう四〇〇回くらい聞いていると思うんですけども。もう僕もこれ全部自分で歌えますけどね。

では何拍子か。二か、三か、四か、五で聞きますので、どれかに必ず一回手を挙げてください……。伊東先生、すごいですね。三拍子です。先日、芸大の音楽専攻の学生たちにこれをやっただけですけど、ほとんど四拍子と言いました。

レ・ファ・ミと来ていますね。このレ・

ファ・ミというかたまりがここにもあり、ここにもあります。ファ・ド・ファ#のかたまりがここにもあり、ここにもある。ド・ド#・レのかたまりがここにもあり、ここにもある。というので、三つずつ区切っていくとちょうどよくかたまりに分かれます。だからこれは三拍子と言っている。これを聞いている時に脳波をとるといい。これをやりました。何拍子かも聞かずに「今からとてもつまらない音楽を聞かせます。何も考えずにただ聞いてみてください。但し寝ないでください。」と、そういうつらい実験をして、頭に脳波電極をつけてこれを聞いてもらおうわけです。そうすると三つの組の一番目の音にだけ大きな電位が出て、二番目、三番目はあまり出ません。これは何故か。

この電位はN四〇〇という名前が付いている電位で、予想をしなかったことが起きた時に出るんです。だから、ずっと聞いていると、レの次はファで、ファの次はミというの予想ができるようになります。ですが、ミの次はファが来るか、またレが来るか、ドが来るかは分かりません。二番

目、三番目はしばらく聞いていれば予想ができますが、一番目は予想できない。だからこういう電位が出るのではないか。これを「統計的な分節化」と言います。

われわれは音楽を聴いている時に、予想できない所を切れ目として捉えている。言葉を学ぶ時も予想できない所を切れ目として捉えているんですね。「私はリングゴが好きです」というのと、「私はバナナが好きです」というのを聞けば、「リング」と「バナナ」というのを切り出すことができますよね。そういうふうには、われわれは単語を切り出しているのではないかと。

機能的MRIというもので、人間にさっきの音楽を聴いてもらって、どこが活動したのかと調べると、聴覚野は当然活動するのですけれども、言語を話す時に大事なブローカ野と、それから大脳基底核です。ね。ブローカ野は前頭前野ですので、やはり鳥と同じように前頭前野と大脳基底核がこのようなパターン認識をするのに使われるということが分かりました。

・新生児も切り分けしている
大事なのは赤ちゃんがどうしているか

すね。赤ちゃんも、音の流れを予測しながら予測できない所で切り取っていくということをやれば、単語を学べるのではないかと。もし大人だけではなくて、赤ちゃんでもこの能力があれば、赤ちゃんは自然に大人がしゃべっている中から単語を抽出してきて、それを意味と結び付けることができるのではないかと考えて、工藤さんという方と野中さんに大変な苦勞をしてもらって、千葉の産院と帯広の産院で合わせて四〇人近くのお母さんに面接をして「お宅のお子さんで脳波を取らせてください」ということをお願いして、お子さんの頭に脳波電極を付けて、さっきのような音楽を聞かせました。

その結果、生後三日以内の赤ん坊でも最初の音に対しては強い脳波が出るけれど、二番目、三番目はそうでもないという、大人と同じ結果が出ました。生後七二時間以内で、すでに新生児は音の流れを統計的に処理して単語を切り出す能力を持っているということなんです。

・記号切り分けの神経機構…
皮質―基底核ループ

記号列を切り分けるための神経機構として、前頭前野と大脳基底核が、鳥でも、人間でも大事で、赤ちゃんでもきつと大事であるうと思われれます。前頭前野は大脳基底核という所に軸索を送っていますし、大脳基底核からも前頭前野に軸索を伸ばしていますので、これはループ構造というものを作っているわけです。

三、状況切り分けから意味へ

音の流れを切り分けるのはどこかという話をしたわけですが、音の流れが切り分けられただけでは駄目で、状況の切り分けができて、その状況の切り分けした結果と音の流れの切り分けした結果と結び付くことで単語が始まるということなので、状況を切り分けるというのはどういうことかというのを調べようと思いました。

・状況を切り分けるのはどこか…

分節器としての海馬・扁桃体

状況を切り分けるということで、すでにいろんな研究がなされています。ラットを使った新奇空間の探索実験では、ラットを知らない所に連れて行きます。そうすると

ラットですので、いろんな所へヒクヒクと嗅いで回って探索するのですが、その時に海馬という記憶をつかさどる部分の神経細胞の活動記録を録るために電極を入れておくと、電極の位置によって、その空間においてこの角に来た時だけ活動する神経細胞や、反対の角に来た時だけ活動する神経細胞や、真ん中にいる時に活動する神経細胞があることが分かります。これは空間を切り取っているということで、神経細胞が自分の受け持ちの空間を持っているということになります。大きっぱに言うと、新奇空間の探索により、海馬に場所ニューロンができて空間が切り分けられているわけです。

同じように扁桃体に電極を入れて、そのラットに悲しい思いをさせたり、嬉しい思いをさせたりすると、やはり扁桃体の異なる部分が活動する。だから情動空間を扁桃体が切り分けているということもできます。海馬と扁桃体が一般的な切り分け装置として、状況の切り分けをしていると考えても間違いではないだろうと考えました。これは新しい考え方で、つまり、海馬というものは空間にだけ特異的に切り分けを

するとうふうにずっとみんな考えていたのですが、僕たちはコミュニケーション全般に海馬が切り分けをするのではないかとということを考えました。そこで、非常に社会性が高いデグーというネズミを使って、海馬を損傷した場合行動がどうなるか実験をしてみました。そうするとデグーは社会性が強いので、毛繕いをされると必ず毛繕いをして返すのですけれども、海馬を損傷しますと、毛繕いをしてでも攻撃して返すという、いわゆる「空気が読めない」というような状況になります。これは空間知覚ではなく、コミュニケーションの文脈、毛繕いという親和的な文脈を、攻撃的な文脈に読み間違ってしまうことです。だから海馬がコミュニケーションにも関わっているということが分かりました。

・文脈切り分けのための神経機構…

前頭前野―海馬ループ

海馬と扁桃体はどちらもやはり前頭前野につながっています。そして、前頭前野から海馬、扁桃体にまたつながりがありますので、文脈切り分けのための神経機構として、「前頭前野―海馬ループ」があるので

はないかということを考えました。なかなか難しくなってきたて申し訳ありませんが、この辺のことは黄色い本（岡ノ谷一夫『つながり』の進化生物学）を読むと分かります。

四 相互切り分け仮説

・テナガザルのオスの歌

「相互切り分け仮説」に戻していきま
す。これはオスのテナガザルの歌で
「ワツ・ワツ・ワツ・オー・オー・ワツ・
オー・オー・ワツ」というふうに歌ってい
ます。これは西舞鶴高校の井上陽一という
地学の先生が、ある日突然私にメールをよ
こして「私は趣味でテナガザルの歌を録音
しています。ですがどうして分析してい
のか分からない。先生は動物の音声を分析
しているそうなので一度相談させてくださ
い」ということを言ってきた。渡りに船
だったのは、私はちょうどマークさんと
相互分節化仮説を考えていたところで、相
互分節化仮説を当てはめるのにとつてもい
い動物だなと思ったわけです。

そこでその井上さんのデータをよく見て

みると、私の所にいた大学院生の吉田重人
という天才が、これをずっと見ていると結
局1と0の信号ではないかと。「1110
01001」ですよ。1と0の信号なの
で、いろんな長さでビットパターンにして
3ビットで取ると、「111」、「110」、
「100」、「001」、「010」ですよ
ね。3ビットというのは「000」から
「111」まで八パターンありますから、
その八パターンのそれぞれが歌の中で何回
出てくるかをグラフにしたら見えるのでは
ないかというので、グラフにしたら見えた
わけですね。

警戒の歌という文脈、警戒している文脈
で歌われた歌は「111」。だから「ワ・
ワ・ワ」が多いです。呼び掛けの歌の場合
はいろんな組み合わせがほぼ均等に出てく
るんです。威嚇の場合には「000」だか
ら「ワ・ワ・ワ」と「オ・オ・オ」が同じ
ぐらいあるんです。というように、歌の組
み合わせ、この「ワ」と「オ」の組み合わせ
が、彼らが歌を歌う状況に対応している
ということが分かりました。

さて、こういうことが分かって、こうい

う話をいろんなところで始めていたら、
ある日、「これを聞いてみる、これが何だ
か分かるか」という人が来まして、こうい
う歌です。「アオアアアアアアア、オー
アオアアア」という感じで聞こえてき
て、「これは新種のテナガザルですか」と
言ったら、「いや違う。これはビグミーの
歌だ」と。そこでそのCDを私も買って、

これは面白いと思って、そうしたらなんと
「狩りに行く歌」というのがちゃんとあつ
て、彼らはもちろん言葉をしゃべるのです
けれども、彼らが昔から歌っていた歌もそ
のまま歌っているんですね。いろんな状況
でいろんな歌を歌っています。歌には言葉
がありません。言葉のない歌を歌ってい
るんです。だから、テナガザルとピグミーの
ことを考えると、やっぱりこういうことが
われわれの祖先において起きていてもおか
しくない。ある状況の歌と、他の状況の歌
の共通部分と、状況それ自体の共通部分の
対応関係を学んで、次の世代が単語を学ん
でいく。親の世代は歌だったものが、子ど
もの世代になると徐々に具体的な単語に落
ちていくのではないかということを考えま

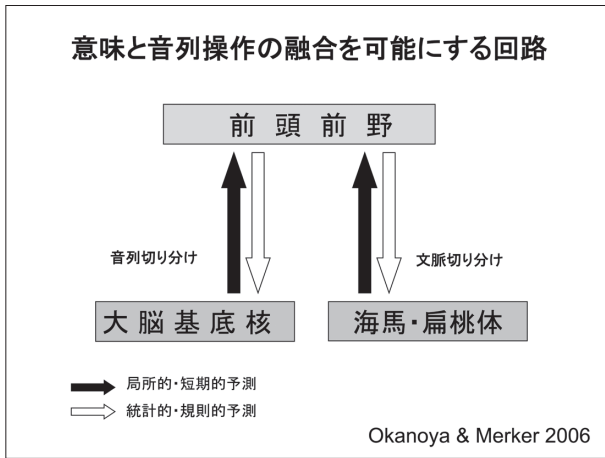


図10



図11

した。

そこで、今まで調べたことで前頭前野と大脳基底核が音列の切り分けをしていて、前頭前野と海馬、扁桃核が文脈の切り分けをしていて、これが同時に動いていけば、この相互分節化が成り立つのではないかということを言いました(図10)。これを言い出して一〇年ぐらい経ちますが、いろいろ

ろな人がこのアイデアを面白がってください。さっておりまして、ロボットに最低限、何を埋め込めばこれができるようになるかといったことを研究している人もいます。

第三部：情動＋言葉⇨感情

最後の「情動＋言葉⇨感情」ですが、つ

一・感情の機構

・人間の感情：カテゴリ説

まり動物が持っている情動を人間しか持っていない言葉で切り分けることで、感情ができたのではないかという話です。

人間の感情はどうやって知覚されるのかということ、いくつかの説があります。カテゴリ説といまして、このおじさんは

情動研究の分野で世界的に有名なおじさんで、このおじさんの顔で書かれた論文が多分一〇〇〇本ぐらいあるのではないかと思うんです(図11)。『生物の科学 遺伝』の特集号でも、このおじさんを使わせていただきました。このおじさんは自分の顔の肖像権放棄をしていて、誰が使ってもいいことになっています。ただ、このおじさんが今どうしているか誰も知りません。このおじさんはいかにも、悲しみ、怒り、驚き、恐れ、嫌悪、喜びと、非常に上手にそういう顔を作っています。これが世界の標準の顔です。

このように人間の感情はカテゴリで現れる。カテゴリがどう作られるかというと、

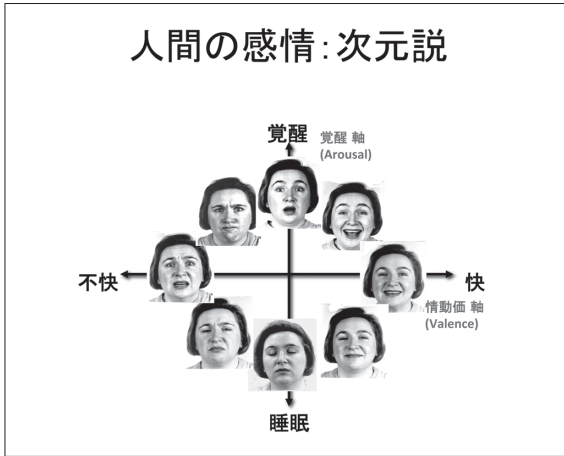


図12

たぶん脳の異なる領域が活動することで、このように異なる表情をするということが一つの説で「カテゴリ説」といいます。これもダーウィンに遡りまして、ダーウィンは『人及び動物の表情について』という本を書いていて、人が怒る時にどういう顔を書きますかと、世界中のいろんな人の所に手紙を書いて集めてみたということが書かれています。そうしたら、普遍的な表情があ

るということが分かったわけですね。これはダーウィンが基になるカテゴリ説で、これが脳科学と結び付こうとしていて、悲しみの時にはどこがどう活動するかといった研究が起こっているわけです。

・人間の感情…次元説

もう一つ「次元説」というのがあります。これは感情というのは、カテゴリ化されているのではなくて、実際には連続的であるという説です(図12)。このおぼさんも有名なおぼさんなのですが、このおぼさんは著作権を放棄してないので、このおぼさんの写真を使う時はお金を二〇ドルぐらい取られるんですが、いいおぼさんなので。図の右半分を下から見ると、幸せそうな顔をしていて、非常に喜んできて、そして喜び過ぎると、びっくりしちゃう。左半分を見ると、眠い顔が少し不快になるところいう軽蔑の顔になり、それが悲しみの顔になり、そして怒りの顔になり、そしてびっくりしちゃうということで、なだらかに変わっていくということです。実際に感情のカテゴリがあるのではなくて、睡眠・覚醒というパラメータと快・不快というパ

ラメータがあって、おそらく睡眠・覚醒と快・不快に対応する脳活動はあるだろうけれども、これらの脳活動の組み合わせでいろんな感情が表現されるのではないかというのが「次元説」です。

・カテゴリか次元か

そこで私たちは先ほどの写真を使って、恐れがだんだん喜びに変化していく、連続的に変化する顔を作りました(図13)。この顔を実験参加者に見せて、もし脳のある部分の活動がだんだん上がっていくのであれば、これは次元的な知覚をしていると。ですが、脳のある部分の活動がある所で急激に高くなるのであれば、これはカテゴリ的であるということが言えます。

上の段は快・不快軸について、一番端は幸せ〇%、恐れ一〇〇%です。反対側の端は幸せ一〇〇%、恐れ〇%です。下の段は睡眠・覚醒軸に同様の処理を施したものです。連続変化させたいろんな顔をでたらめな順番で出して、喜びですか、悲しみですかと聞いて、徐々に変化していくのか、いきなり変化するかということ調べてあげます。もしカテゴリ説が正しいのであれば

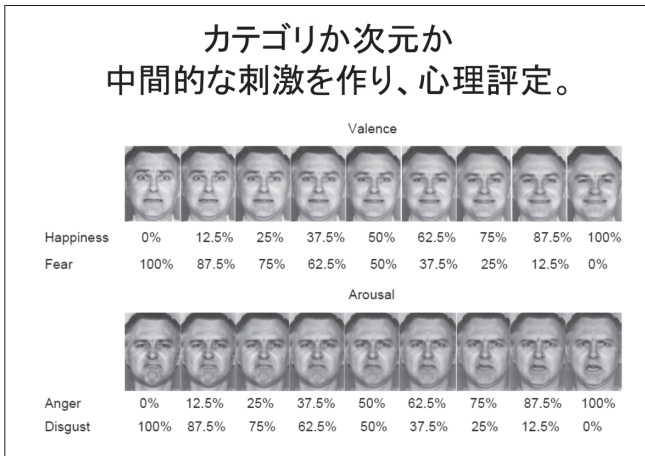


図13

ば、この次元上で連続体を作ったにもかかわらず、カテゴリ的に評価をされて、喜び、恐れ、怒り、嫌悪などと判断されるだろうと。もし次元説が正しければ、これらの連続体は連続的に実際に評価され、中間刺激は中間的なものとして評価されるだろうと。

結果は、カテゴリ説が妥当です。心理実験をしますと、人間はカテゴリ化します。連続的に変化している顔の表情もどこかで切って、こっちが喜び、こっちが不快というように分ける。そういう傾向があります。これが言語によるのではないかということを考えています。

同じ顔写真刺激を用いて脳活動を調べました。情動に関わるといういくつかの部位に関して、連続的な刺激が連続的な活動を引き起こすのか、非連続的な活動を起こすのかを調べます。そうすると、〈睡眠―覚醒〉軸に関しては、三つの領域（紡錘上回、島、扁桃体）でみんな連続的に変化しています。（快―不快）軸に関しては、この三つの領域では紡錘上回という所だけ、強い喜びと強い悲しみの所だけ強く反応し、その後は曖昧な反応です。島と扁桃体はそれぞれ、だんだんと連続的に変化する活動を示します。

紡錘上回、扁桃体、島、内側前頭前野など、感情に関わると言われている所をすべて計りました。そうしますと、紡錘上回だけカテゴリ的な応答をするのですけれど

も、他はみんな連続的な応答をするということが分かりました。紡錘上回というのは、実はこれは情動と関わるといわれている所ではありません。これは顔の認識と関わるといわれているものです。顔の認識については、曖昧な顔よりはっきりした顔の方がいいということが、これで分かります。ですが、脳の中を見ても、感情のカテゴリというのはありませんでした。脳活動はほぼ連続的なのです。では、なんでわれわれは感情のカテゴリを感じるのかというと、言語が情動を区切ってカテゴリ化するのではないかということ考えたわけです。

・言語が情動を区切りカテゴリ化

だとすれば言語活動を止めてしまえば感情というカテゴリは消え去り、連続的な情動となるのではないか。われわれが言葉を使えないのであれば、連続的に変化する表情はそのまま連続的に感じられるのであって、ここからこっちが喜び、ここからこっちが悲しみというようにはならないだろうと考えました。最近はずごい装置がありまして、経頭蓋磁気刺激装置という、頭の上から磁気刺激を当てて、脳の中にランダム

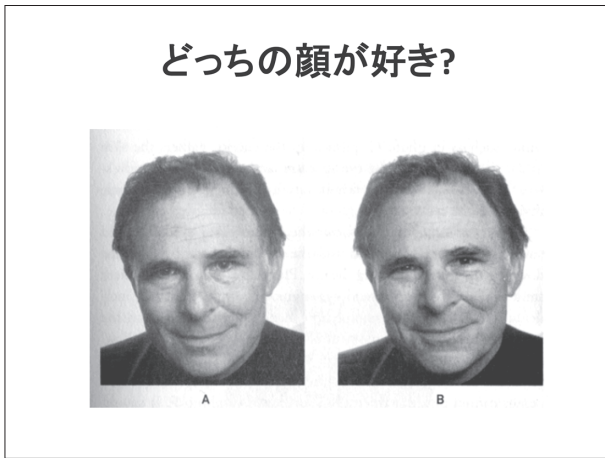


図14

電流を流してしまつて脳の機能を一時止めるという装置があります。これは驚いたことに医療機器でもなんでもなくて、僕らでも買ってしまうものですから、買ってきて自分の頭に当てて、面白いですけど、危険なことではないです。

ホームクルスというのを聞いたことがありますか。「体性感覚野」というところに

人間の体の各部位が表されていて、そこを刺激するとその部位が動くということをし、学校で習うわけですけども、実際には脳を刺激するわけにはいかないのでできない。でも、この経頭蓋磁気刺激装置を使えば、いろんな部分を刺激して、その度にこんなことになったり、あんなことになったりして、確かに頭の中には脳があることを実感できるので、伊東先生も見学いらしたら是非。だとすれば、言語活動を止めたいまえば感情というカテゴリーは消え去り、連続的な情動となるのではないかということを考えて、実際にこういうことをやってみて実験しています。大きな声では言えませんが、確かにそのとおりのようですね。刺激を見せてしばらくしてから聞くということをする、カテゴリー化がどんどん進みます。すぐに聞けば連続的な評価をするのですが、時間を置くとカテゴリー化が強くなってきます。ということは、カテゴリー化はやはり時間がかかる言語処理なのだろうと思われまます。

第四部…コミュニケーションの未来

最後に「コミュニケーションの未来」という話をします。これは急遽、私が皆さんに聞いてもらいたいと思つて加えた発表資料です。今、言語と情動、感情の進化の話をしました。まず、情動がありそれから歌が生じ、そして言語が生じ、そして言語が情動をカテゴリー化することによって、われわれの細かい感情に至つたという話なのですが、われわれの言語が進化してきたというのはかなり奇跡的なことなんです。

・信号の正直さ

このスライドのどちらの顔が好きでしょうか(図14)。AとBで同じ人ですが、AさんとBさんどちらが好きですか。はい、Bさんが多いですね。Aさんと言つた人もよくよしないでください。圧倒的にBさんがいい感じなんです。何故かという、Bは本当のスマイル、真の微笑で、Aは作り笑い、偽りの微笑です。偽りの微笑というのは表情筋の制御が不自然で、デシヤンヌという筋肉の生理学者の名前を取つて「非デシヤンヌ型微笑」と言いま

す。真の微笑というのは目の周りの筋肉が収縮して、目の間の筋肉が弛緩している自然な微笑です。目の周りの筋肉を収縮させると目の間の筋肉も収縮しがちだから、これは難しいんです。よく目が笑っていないというのは、これができていないんです。

Bがデシャンヌ型微笑で、Aが非デシャンヌ型微笑で不自然な微笑。Aは営業スマイルで、Bが本当のスマイルということです。昔、パンアメリカンという航空会社で「パンナムスマイル」と言われていたものがあります。これは要するに目は笑ってないですよ。大頬骨筋とって、ほっぺたの周りの筋肉だけで笑っているんですね。ちゃんと自然に笑う時はほっぺたの周りだけではなくて、目の筋肉も動くのですが、営業スマイルする時はこういうふうにやるわけです。

ところが、われわれはこれをやったからといって、失礼ねとは言わないわけです。要するに社交辞令としてちゃんとニコニコしているのは許容できるわけです。でもわれわれはスチュワーデスさんがこうやってニコニコしてくれたから、俺のこと好きな

んじゃないかとは思わないわけです。思うとまずいわけです。思う人は時々いるわけですが、だから、このパンナムスマイルが示すものが自然に分からない場合には、ちよつと誤解することがあるかもしれません。

表情筋には制御可能な表情筋と制御不能な表情筋があります。制御可能なものは脳の片側で制御していて、大頬骨筋などはその代表です。制御不能なものというのは両側で均等に制御していて、バランスが崩れると不自然になってしまふんです。目の周りの筋肉（眼輪筋）と目の間の筋肉（皺眉筋）というのは制御不能なんです。役者さんがうまい表情するというのは、あれは制御しているというよりも感情を思い浮かべている。天才子役といわれる芦田愛菜に「どうやたらお芝居でそんなに泣けるの」とテレビ番組の司会者が聞いたら、「ママが死んじゃったらどうしようと思って、それで泣ける」って言っていたんですね。役者というのはそういうものなんです。ところがこの前、ビートたけしさんとお話して「役者というのはつまり、筋肉でやっ

ているのではなくて、感情でやっているんですね」と言ったら、「いや、俺、別に泣けるよ」とか、「いや、別に仕事だから」とか言っていました。だから、すごい人はいるのですけれども、普通の役者はそうではないんですよ。ということで、表情筋というのは制御不能部分については絶対に制御できない。そして制御できないがゆえに信頼できるわけです。

・信号の信頼性

表情や声は、意図的に怒ったり、怒ったふりをしたり、笑ったふりをしたりすることはできるのですが、相手には本気かどうかはすぐ伝わるわけです。だから、逆に言えば、意図的に制御できる筋肉の動き、口の周りの筋肉なんかは信号としては信頼されません。

生物学的にはコミュニケーションで使われる信号は正直な信号です。そうでないと信号でなくなってしまうって誰も信じなくなるからですね。どういふものが正直な信号かというと、信号の受け手がその信号の送り手の何らかの性質を推測できるものが正直な信号です。何らかの性質というのは、

例えば、健康さや豊かさや知性や感情などの何らかの性質です。信号の信頼性というのは、信号が信頼できないのであれば、受け手はその信号から何も情報を得られないので、いずれ信号ではなくなってしまうわけです。だから、進化を経て残っている信号というのは信頼できる信号なんです。オオカミなどいないのに「オオカミが来た！」と騒ぐ少年は、いずれ信頼されなくなる。こういう少年の言葉は信頼されなくなるということですよ。

それで、オスの装飾というのは、クジャクの羽にせよ、鳥の歌にせよ、カニのハサミにせよ、これはみんな正直な信号です。具合が悪いクジャクは綺麗な羽を生やせない。クジャクの羽は、特に病気になるとうすぐ寄生虫がたかってボロボロになります。だから、綺麗な羽を生やしているということとは、それだけでも健康な個体であるということを示します。歌もそうで、体にダメージがいっぱいいいたら、かゆくて歌っている場合ではないんです。だから、歌えるというのはかなりいい感じなんです。カニのハサミもそうです。こんなデカイハサミを

はやしていて邪魔なのに生きていくということは、この人は健康だ、栄養状態がいいということを示している。だからこれは正直な信号なんです。サッカー選手にしても、重りをつけても、重りをつけない人と同じぐらい上手にサッカーをやっていたら、重りをつけている方が実力があるに違いないと誰もが思う。駅伝で俵を背負って、みんなごぼう抜きにしていたら、これはすごいとなるでしょう。これは本当に俵であることが大事で、中にヘリウムガスが入っていたりしたらすごくない。これらは生存と関連しないわけですが、生存と関連しない形質は、その個体に余裕がなければ維持できない。そのような形質は、その個体の適応度を示して、異性が結婚する相手を決める際の手掛かりになるわけです。

・言語は正直な信号か？

では、言語は正直な信号かということが問題で、結論から言えば、言語は正直な信号ではないわけです。発話行為の一部は正直な信号です。例えば、言葉が多いというのはそれだけ教養があるということ、教養があるということは才能があるということ

と、更には家が裕福で本を読む余裕があったということ。それから流暢性、ペラペラとしゃべるといことは、これは一般的に知性が高いことに関わるでしょう。しかも、口というか、顔の周りの筋肉をかなり自由に動かせるということになります。左右の筋肉が均等に発達していないと流暢にしゃべれません。なので、流暢性というのは体が健康である一つの証です。それから表現力があるということも、想像力の強さ、知性の高さを物語ります。

このように発話行為の一部は正直な信号なのですが、発話内容になってしまふと正直ではなくなります。これはチョムスキーが言った有名な例で、「色のない緑が猛烈に眠る」というのは、意味をなさないのですよね。普通は意味をなさないので、こういうことだって詩だと思えば分かるわけです。だから、言葉では何でも言えるんです。言語全般は正直な信号とは言えません。言語行為、発話行為は正直な信号だけれど、発話内容は正直な信号ではない。いくらでも嘘をつけるわけです。発話する途端に、現実には虚偽になる。つまり、

言語に落とすということは現実を何らかの形でカテゴリ化することでして、結局、嘘が入るわけです。いろんな調査があります。人間は一日に二〇回ぐらいは普通に嘘をついている。これは嘘をつこうと思っについているのではなくて、話の都合上そういうことにしてもいいかという感じで嘘をつくというのは、一日二〇回ぐらいはあるのではないかと語っている人もいますし、二回ぐらいいと言う人もいますし、二〇〇回ぐらいいと言う人もいますが、多分二〇回ぐらいいでしょう。

・言語はそれ自体では進化しえない

言語は正直な信号ではないので、進化できず、淘汰されてしまったはずです。なのに、何故われわれがまだ言語を使っているかと言うと、発話行為は常に対面場面、相手がいる場面で使われてきた。したがって、言語表出は常に情動表出を伴う。情動表出が正直な信号として発話行為を保証していたわけです。言葉は常に表情・声の感じも含めて情動表出とセットで出されていたから、情動表出は信頼できる。だから、言葉は情動表出に基づいて、まず真偽を確

定して、この人は本当のことを言っているから信じていい、この人のことは話半分に聞いておこうとかいうことをやっていたわけです。だから言語は進化できたわけです。言語それ自体は知識の集積、累積、堆積、伝達に非常に役に立つのだけでも、正直な信号ではないので生物学的に淘汰されるはず。でも、情動信号と情動情報と必ず対で出てきたので進化できたというわけです。

・言語と情動の乖離

動物のコミュニケーションというものは言語も何もないですから正直な信号なんです。ところがわれわれは言語を持つことによつて、言語と言語以外の情報、言語情報と情動情報に分かれてしまった。特に現代では、言語情報のテキストの部分だけが電子文として伝わるようになり、この電子文の真偽を保証する情動情報は伝わらないのですよね。テレビ電話って技術的にはもうあるのだけでも、結局みんな使わないわけです。それは表情が今の画像技術で伝達されても正直な信号かどうか分からないからです。今、情動情報は文章や会話内容に

ストレートに表現されず、むしろ言語情報と情動情報には食い違いがある場合も多い。現代の多くの問題は対面コミュニケーションが減って、電子コミュニケーションが増えたことで、言語情報のみが氾濫して情動情報が伝えられないことにあるのではないかと私は考えています。そこでここをなんとかしようというのがERATOプロジェクトなのですが、あと三カ月ぐらいで終わってしまうのでどうしようかなと思っ

*

長々とお話ししてきましたが、主に言語関係の研究は、理化学研究所BSI生物言語研究チームとJSTのERATO情動情報プロジェクトとでやりました。情動関係はERATO情動情報プロジェクトでやりました。野中さんは両方に入っているので大変だなと思います。言葉については、『言葉はなぜ生まれたのか』（文藝春秋、二〇一〇）という本がありまして、これはわれながらよくできた本です。それから、『言葉の誕生を科学する』（河出文庫、二〇一三）は小説家の小川洋子さんと対談した

結果が本になったもので、一月七日に文庫化されて出ますので、ぜひ買ってください。買うと印税が半分、小川さんに行きません。『つながり』の進化生物学』（朝日出版社、二〇一三）、これが最も新しい本で、今日お話したことの多くのところはこの本に書いてあります。われながらこれもよい本です。どうもありがとうございました。