

CONTENTS

健康科学研究所・大学院健康科学研究科共催シンポジウム
健康を支え育む脳研究と科学的手法の進歩

●主催者あいさつ.....2

畿央大学健康科学研究所 所長 森 友彦

●特別講演

様々な神経イメージング手法を用いた
人間の脳機能の研究.....2

自然科学研究機構 生理学研究所 教授 柿木 隆介氏

●話題提供

秋茄子の脳科学—おいしさを超える高次脳情報処理.....12

農業・食品産業技術総合研究機構

主任研究員 檀 一平太氏

両手運動の脳内表現.....18

情報通信研究機構 未来ICT研究センター

研究員 荒牧 勇氏

脳イメージング手法を用いた
神経リハビリテーション効果の検証.....22

畿央大学大学院健康科学研究科 教授 森岡 周氏

●まとめ.....27

畿央大学大学院健康科学研究科 教授 山本 隆氏



ごあいさつ

畿央大学健康科学研究所 所長 森 友彦

昨年4月、畿央大学では看護医療学科を開設し新しい教員を迎えました。これに伴って健康科学研究所としても、これまでの内容に加えて看護学分野を持つことになりました。看護学の中でも「看護教育」「臨床看護」「地域看護」の内容について取り組もうとしています。またこの4月には、平成19年度開設の畿央大学大学院健康科学研究科修士課程に続いて博士後期課程がスタートいたしました。博士後期課程は健康生命科学および健康支援科学の2分野で構成されることから、これらの分野に関連し

た研究の推進を図り大学院と研究所の連携を進めます。

畿央大学では、毎年、学内の共同研究を募集しています。昨年度は10件の応募がありましたが、そのうちの2件は研究所のプロジェクト研究として取り組むことになりました。一つは、畿央大学ブランド提案に向けての基盤構築と応用開発に関する共同研究—全世代型健やか志向への食関連グッズの創出—、もう一つは、高齢者・障害者に配慮した生活用品・環境の開発研究です。いずれも学科を超えたコラボレーションで、畿央大学ならではの研究成果をあげようと奮闘しています。さらに、その成果が畿央大学ブランドとして世に出ることが期待されています。

平成19年4月に健康科学研究所が開設されて以来、企業から受託研究のお問い合わせ

せや奨学寄付金のお申し込みなどを頂戴しています。また、学内外での個々の教育研究活動と研究所の事業・活動が順調に進むなかで、その相乗作用が現れる兆しも見え始めています。本年は、この流れを加速するためにも、本学から外へ向けての情報発信の充実に努めるとともに、外部から本学へのアクセス・アプローチの一層の進展を図りたいと考えています。詳しくは本号の末尾に記載の「企業会員募集のご案内」をご参照ください。本研究所を開所して以来、取り組んできた活動は未だ一つひとつの「点」の段階ではありますが、三年目を迎えるにあたり、点と点が結ばれ「線」となり、さらに「面」となって広がっていくことをめざしております。引き続き、研究所の活動へのご支援を賜りますよう、どうぞよろしくお願い致します。

主催者あいさつ



畿央大学健康科学研究所
所長

森 友彦

2007年10月、研究所開所記念シンポジウムを開催し、「健やかに生きるために～脳とこころの科学からの新たな挑戦～」をテーマに取り上げました。特別講演として理化学研究所の伊藤正男先生に「脳科学の目指すところ」を講演していただき、話題提供として本学の金子章道教授の「光と脳と健康」、森友彦教授の「食品のテクスチャーに期待される健康機能の課題」、山本隆客員教授の「おいしく味わうことは健康の源」を話していただきました。引き続き2008年度もこの「脳と健康」のテーマを継続して取り上げてシリーズにするという方向で、シンポジウムを企画いたしました。また、本学大学院健康科学研究科との連携を密に

する観点から、研究所と大学院の共催のかたちで開催することになりました。テーマとしては「健康を支え育む脳研究と科学的手法の進歩」を掲げ、特別講演として生理学研究所の柿木隆介教授に「様々な神経イメージング手法を用いた人間の脳機能の研究」をご講演いただき、話題提供として食品総合研究所の檀一平太主任研究員の「秋茄子の脳科学—おいしさを越える高次脳情報処理」、未来ICT研究センターの荒牧勇研究員の「両手運動の脳内表現」、本学の森岡周教授の「脳イメージング手法を用いた神経リハビリテーション効果の検証」をお話いたします。健康は、心身が健やかな状態にあることはもとより、社会的にも良好な状態であり、さらにスピリッツの面でも健全であること、と定義されています。したがって、健康はトータルにとらえ

るべきものであると言えます。その中で、私達の行動や感覚や感情といった心身の健やかな状態を対象にすることが本学における健康科学の教育研究の特徴であり、また責務であるとも言えます。この心身の健やかさは脳のはたらきによって支配されていることが一般にも広く知られるようになってきたことから、脳の状態や脳機能についての科学的な理解への関心が大変高くなっています。

本シンポジウムでは、このような状況を踏まえ、「脳のはたらき」について「どのような方法、測定方法、解析方法で、何が分かるか」に焦点を当て前述のようなプログラムを構成しました。

健康への関心の高まりは、一般の人々の日常生活の中でのことに止まらず、専門的な教育研究の場においても健康科学関連の学部・大学院で学びたいという学生・院生が多くなっています。本研究所に期待される役割、課せられた課題を果たすべく、シンポジウムの開催による健康科学の進歩の状況や最新の知識の紹介をはじめ、産官学民の交流・連携・提携など諸活動に精一杯取り組んでまいります。

さん出てきました。脳の血流の変化を調べる方法が生まれたのです。これは脳の活動している場所は血流が増加するという原理に基づいています。一番使われているのは機能的MRI (fMRI) という方法で、最近、日本でも随分研究が進んでいます。他に近赤外線スペクトロコピー (NIRS) という機械もあります。もうひとつは脳神経細胞の電気活動そのものを記録しようというものです。それを応用して非常に性能が向上した脳磁図という機械もあります。こういったものを利用して研究を進めています。

一番はじめに、これまでずっと使われてきた「脳波」を使ったウソ発見器の話をしようと思います。従来のウソ発見器というのは、脈拍とか発汗などのような脳以外の部位の変化を調べるものでしたが、私たちは当然脳で考えてウソをつくわけですので、何とか脳の反応を直接調べることはできないだろうか、ということです。脳には必ず記憶が残っています。この方法は、私どもが1991年に世界法医学雑誌に初めてこういうこともできるということを報告したのですが、その後、90年代の終わりにアメリカのグループが随分発表しました。その時に彼らがbrain fingerprinting、直訳しますと脳指紋という言葉を使って、これがすっかり有名になってしまいました。なかなかこういう言葉の使い方とかは、アメリカにはかないません。今、一般的には脳指紋とか、brain fingerprintingといわれています。たとえば凶器とか犯行現場とか共犯者とか、こういう犯人しか知りえない情報を提示して脳波を記録してみようというわけです。犯人ならばこれはわかるけれども、一般の方にはわからないという原理です。

例えば4つの写真、これを全部隠しておきまして、被験者にどれか1つを選んでいただきます。選んだ写真がこれだとすると、この写真は被験者しか知らないわけです。そこで脳波をとってみると、知っている人の顔に対しては特別な反応が出るのですが、他の顔に対しては出ないので、この人が選んだのはこれだとわかる訳です。以前にテレビで紹介されましたので、お見せします。(テレビ放送)

これは3年か4年前なのですが、最



近また時々この内容でのテレビ出演のお声がかかっています。この前「ジキルとハイド」という爆笑問題の番組でもやってみましたけれども、なかなか使い勝手がおもしろいのです。手品の種明かしをしますと、脳波にP300という反応が出てくるのです。これは刺激、今回は人間の顔でしたが、それを見て300ミリ秒、つまり0.3秒後にPositive (陽性)の反応が出現します。だからP300と呼ばれているのですが、これは見たことのある写真を見るとその人の脳内の記憶回路が自動的に働くのです。本人が否定しようとしても自動的に働いてしまって出現するということです。これは記憶を探ったのですが、他にどんな使い方があるかという好みがあるということですね、逆にいうとトラウマというか、自分が嫌いなものに対しても出現します。

以前にテレビ局の人が来てどんな番組にしようかと一緒に考えていたのですが、そのテレビマンが若い時に、ある女優がすごくわがままでいじめられた。その人を当ててくれというわけです。4人の写真が出てきて、名前は言えませんが、その中で誰が一番いじめたかというのを当てようというので、きれいに結果が出ました。だからいろいろな使い方があります。ただし、問題点があります。この研究は1991年に発表して、警視庁とかでいろいろやっていたのですが、無実の被疑者というのがけっこうむづかしい。その人たちは被害者の顔や犯行に関係するものを知って

いる可能性があるのです。真犯人というのは検査に非協力的ですよ。けれども、無実の被疑者というのは一生懸命検査に協力するのでP300が出現して無実の罪を作る可能性がある、というのでちょっと及び腰になったのです。もうひとつは、検査を拒否する権利がある。検査を拒否したりすると余計に心証を悪くするのですが——。それから、この検査は客観証拠であるということ。日本はとにかく客観証拠は絶対ダメで、DNAとか指紋などの直接証拠でないとダメだということがある。そのため、今のところ頓挫しています。ただしアメリカではまったく発想を逆にしまして、犯人を捕まえるためではなくて無実の人を救おうという使い方を始めたのです。つまり、犯人ならば当然このP300が出るだろう。無実ならば出ないだろうと、そういう使い方ですね。アメリカでは既にこれで無実を勝ち取った人がいます。

脳の可塑性

さて、次は人間の脳の可塑性です。さっきのウソ発見器、ああいうことばかりをやっていると、学者としての見識を疑われるので、今度は研究の話しましょう。

20年ほど前は人間の脳は一度障害を受けると回復しないと考えられていたのです。人間の脳は青年期を過ぎると次第に老化していきただけと考えられていた。つまり筋肉などとは異なって、た

●特別講演

様々な神経イメージング手法を用いた人間の脳機能の研究

自然科学研究機構 生理学研究所 教授

柿木 隆介氏

はじめに

今、脳研究には大きな2つの流れがあります。ミクロレベルの研究、つまり遺伝子、分子、細胞レベルの研究と、もう一つは生きた人間を対象としてのマクロレベルの研究です。生理学研究所はすべての分野を網羅して、脳研究では日本の中心的存在の1つで

あろうと思いますが、今日はこのマクロレベルの研究をお話します。

いろいろ考えたのですが、あまり専門的な話もどうかと思いますので、はじめに人間の心の中を見ようということで、脳指紋、つまり、脳波を使ってのウソ発見器の話をご紹介します。次に脳の可塑性、変化を見るということ、いろいろな研究のご紹介、それから脳内の情報伝達をみるということで、

最近非常に高い興味を持たれています。「顔を認知するというメカニズム」、最後に脳が痛みを感じる、痛みを抑制する、あるいは痒みの話。そういった話をとりまぜてお話ししたいと思います。

人間の脳を知る方法

人間の脳を知る方法は、15年前は脳波しかなかったのですが、その後たく

とえ訓練しても形態的には変化しないと考えられていたのですけれども、最近是人間の脳もけっこう変化することが証明されてきました。生理学研究所の定藤教授がもう10数年前にやった仕事なのですが、「見る脳と触れる脳のメカニズム」ということです。神経活動が上昇するとエネルギー、特に酸素と栄養が必要なので血流や糖の代謝が上昇するという原理にもとづいています。

定藤教授がやった研究は点字についてです。視覚が障害されている方は点字を読むわけです。そこで疑問点としては視覚障害者の視覚野はいったい何をしているのだろうか。点字を読んでというか触っている時に脳のどこが活動しているだろうかという発想だったわけです。これは13歳になる前に失明した人たちが点字を読んでいる時の脳活動です。感覚運動野は、触って指を動かす時に活動する領域なので当然なのですが、驚くべきことに、同時に視覚野が非常に大きな活動をしていることがわかったのです。つまり目の見えない人が触って、イメージして、つまり点字をパターン認識する時に、視覚野を猛烈に動かしているのです。僕たちにとっては、視覚野は目に何か刺激が来ないと動かないわけですが、実は頭の中でイメージするだけでも視覚野に関係する細胞が猛烈に働くということなのです。健康者では感覚運動野のところだけが活動します。視覚野は活動し

ません。つまり可塑性といいますか、目が見えなくなった後にこういった視覚野の変化が見られるようになったということで、人間の脳は我々の想像以上に柔軟に変化して現実に対応しているということがわかり始めたわけです。

次は、他の例です。プロの音楽家、特にピアニストとか弦楽奏者の脳の動きはどうなっているのだろう。これは昔からみなさん興味があったのです。ようやく最近これを測る機械ができてわかるようになってきました。ただピアニストは全部の指を使うのでなかなか研究が難しいのですけれども、一番いい例というのは弦楽奏者、バイオリンとかチェロを弾いている人なのです。例えば右利きの弦楽奏者というのは一般人に比べて左手の指を頻りにしかも微妙に動かしています。この中に、バイオリンを小さい時から練習してきた人いますか？ そういう人は猛烈に使うわけです、左の指を。普通の右利きの人はそんな使い方はしないので、これをずっと長い間練習してきたら、左の指を動かす脳はどうなっているだろうかという研究だったのです。これは脳磁図という機械ではかっています。1991年に日本で初めて生理学研究所に大型の脳知計が導入されて、その時に私も教授として呼ばれた次第です。それからずっと生理学研究所は日本の脳磁図研究のパイオニアとしてやってきています。この脳磁図を使った研究です。結果を申し上げますと、こちらが弦楽奏者、

ずっとやってきた人です。これがコントロール、まったくやっていない人です。横軸は練習を始めた年、年齢です。例えばこの人は3歳、4歳から始めています。縦軸は左の小指に関する脳の活動です。具体的にいいますと左の小指に電気刺激を与えて反応を見る。これが大きければ大きいほど、それに関連する脳細胞がたくさんあって、しかも活動が大きいということがわかるのです。一目瞭然、何もやっていない人に比べてこの弦楽奏者の群というのは反応がすごく大きいことがわかります。もう一つおもしろかったのは、バイオリンの練習を始めた年齢が早ければ早いほど、ちょうど見事な相関関係ができるのです。もちろん18歳とかそのくらいで始めた人でも何もやっていない人よりも反応は大きいのですが、若い時に始めた人ほど反応は大きい。結局、幼児教育といえますか、小さい時からやるというのは重要だということがわかったわけです。

日本で開発された鈴木メソッドという、4歳5歳くらいから猛烈にバイオリンを弾かせる方法があるのですけれども、それをやっている子どもたちと全然やっていない子どもたちを対象として、4歳から6歳まで2年間追いかけて、ずっと脳磁図を記録していったのですが、始める前はみんな、雑音もバイオリンの音に対しても脳の活動、それは、今度は聴覚野なのですが、全然変わらないのですが、2年後になりますと、鈴木メソッドでバイオリンを猛烈にトレーニングした子はバイオリンの音に対して非常に鋭敏になって反応が変わります。やっていない子は4歳も6歳もあまり変わりませんし、ノイズに対してもバイオリンの音に対してもほとんど変化がないのです。ですから、わずか2年間ではありますが、そういう時期に非常にハードな音楽の練習をやると聴覚野が明らかに音楽に対して敏感になるということを証明しました。ところで、バイオリン奏者の左の指刺激に対する脳反応が、テレビで紹介されましたのでお見せします。(ビデオ放映)

実際にやったら、一般人よりもバイオリンを4歳から始めた方の脳反応はすごく大きかったわけです。ところで、退職後にチェロを習うという人がけっこう

いるのですが、それで可塑性が出るかどうかわからないのですが、確かにこういう特殊な音楽家の方々というのは明らかに脳の変化が起こっています。後は野球選手とかそういう選手も対象にした研究をしたいのですが、一番やりたいのはある部分は使うが、別のある部分は全然使わないという人。一番いいのはサッカー選手かなと思っているのですが、これは両足を使いますのでなかなか難しい。一般人でも毎日歩きますので、けっこう両足を使っているのです。他にも極端な例があればまたトライしてみたいなと思っています。

3番目。これはちょっと医学的な話です。生まれつきの障害をもった患者さんに脳の変化は起こりうるのかということです。生れつき指が分離していない患者さんなのですが、その後、指の切り離し手術をすることになりました。その前後で脳磁図を記録してみよう。ということかといえますと、脳磁図というのは数ミリメートル単位で場所を決めることができます。この図は健康な人です。それぞれ親指、人差し指、中指など、本当に小さい、だいたい1cmぐらいの距離なのですが、どの場所が親指を刺激したら活動する、人差し指ならここということになります。なかなか優れたものの機械です。ご覧になっておわかりになるように、各指に対する反応部位が明確に分かれています。ところが、生れつき指が分離していない方を手術して分けたらどうなるかということですが、この方も非常にひどい合指症なのですが、手術前は全く区別がつかえません。ところが、手術をした後はどうなるかという、明確に分かれます。つまりおそらく、これまでどの指に対しても活動していた細胞が、明らかに手術の後は、親指刺激に対する細胞、人差し指に反応する細胞、と明確に機能が分かれるわけです。これはどのくらいの時に起こってくるかというと、手術後3日後には、すでに術前に比べて明らかに分かれています。つまり手術をしてわずか2、3日後にはもう脳の機能分離が始まっているのです。実際、本人たちは、どの指が刺激されたかを目をつぶっていてもわかるわけですので、それは当たり前だろうということではあるのですが、こ

うことは今までまったく証明することはできなかったのです。こういうことがわかるようになってきました。ですから今リハビリテーション医学にこういった研究がどんどん応用されています。使えなくなったあるいは麻痺した手や足がだんだん回復していく時にどうなるだろうか。生れつきかなり麻痺していたのが何らかの手術等でうまく使えようようになった。その時、脳はどう変わるか。非常に興味のあるところで、アメリカなんかではこういったイメージング装置を使ったリハビリテーションの研究が猛烈に進んできています。

顔の認知

さて、今度はちょっと話題を変えましょう。顔の認知です。顔の認知というのは言語認知と並んで人間の社会生活にとって非常に重要であると考えられているのですが、なかなか研究は進みませんでした。ところが最近、不登校とか、引きこもりとか自閉、対人恐怖症、社会恐怖の患者さんたちでは顔の認知機構に異常が生じているのではないかということが提唱されています。実際そういう例がずいぶん報告されるようになってきました。例えば、後でもお話ししますが、自閉症の子どもたちについて、教育現場の人がよく言うのは、顔を合わせようとしな、目を合わせようとしな、相手の目を見てくれないということです。どうもそれは顔の認知機構に異常があるのではなからうかという説なのです。第1次視覚野、ここにとにかく全ての視覚情報が入ります。紡錘状回というところは側頭葉の下部にあります。ここが顔の認知の中核でして、ここがやられますと相貌失認といひまして、顔だけがわからないという非常に不思議な状況になります。他はわかるのです。声を聞いたらわかるのだけれども顔だけがわからない。MT/V5野と上側頭溝と呼ばれているところが動きを認知します。当然顔は静止しているわけではありません。僕も今しゃべっていますから、目も動くし口も動きます。それから顔も動きます。そして最終的に表情とかそういった感情をとまうようなことは一番前の方の扁桃体とい

うところで処理していきます。こういった話をちょっと簡単にしようと思いま

す。これは1998年頃、10年以上前にやった研究でアメリカのエール大学との共同研究でした。当時アメリカはfMRIがどんどんさかんになってきた頃です。ただしfMRIは時間的な、例えばさっきのP300の300ミリ秒後とか言っていますが、そういった情報はまったく測れません。我々は脳磁図、日本はその頃、今でもそうですが、脳磁図の研究が一番進んでいますので、お前のところで脳磁図を使ってやってくれということでした。同じ画像でやろうということで、アメリカ人の顔でやっています。特に、この時一番興味があったのが、目でしたので、目を開けた顔、閉じた顔、目だけの顔。これは記録された波形です。fMRIと違って脳波とか脳磁図の波形というのはミミズがのたくっているようで解りにくいのですが、簡単にご紹介しましょう。こっちが脳波でこっちが脳磁図です。上から開眼した顔、閉眼した顔、目だけ、このへんがコントロールです。この1Mというのは、一番はじめに出てくるマグネティックフィールドなので1Mという言葉を使ったのですけれども、だいたい0.1秒後ぐらいに出てきます。これはどんなものでも出てきます。これは第1次視覚野の反応です。ところが2番目に出てくる2Mという反応は、顔と目だけに反応が出てきます。つまりこれが顔に特異的な反応だということがわかります。ですからここを解析すると、どの場所がどのくらいの時間で活動しているかがわかるわけです。時間の話をしなすと、開眼した顔と閉眼した顔。これは僕らの予想とちがって、あまり大きな変化はありませんでした。これは目だけなのですが、よく見ますと、顔だけの方が目だけよりも20ミリ秒、0.02秒くらいですけれども、早く反応が出ます。ですから、やっぱり僕たちは顔であるかどうかを先に情報処理していて、顔の中の部分に関しては少し遅れるということがわかります。ところがおもしろかったのは、目だけの画像であるのに、目だけの方が顔全体より反応が大きいのです。ですから、いかに目というのが僕たちにとって重要か、目だけの方が顔全体を見るよりも反応が



大きいということは非常に驚くべき結果でした。さて、ここが紡錘状回です。おもしろかったのは右半球優位でした。実際、相貌失認の患者さんで、顔だけがわからない方はどこがやられているかというと、その方々の半分ぐらいは右と左の紡錘状回がやられています。残りの半分は右だけです。ですから、臨床的にもたぶん右の紡錘状回というのが顔の認知に重要だろうと考えられていたのですが、確かに健常の方でもやっぱりそうということがわかってきました。これからもう少しお話しますが、顔認知に関してはほとんど右半球優位です。

では、そういった相貌失認、顔だけがわからない患者さんのfMRIはどうだろうかという報告です。3人の方の相貌失認。これがコントロールといいますが、健常の方です。健常人でははっきりと反応が見られますが、相貌失認の人は顔を見ても全然反応が出ません。

それでは自閉症ではどうか。自閉症の子は目を合わそうとしない、相手の顔を見ようとしないう傾向があるのだということ为先ほどちょっと申しました。顔を見たときの脳反応、こちらが健常の方、こちらが自閉症のお子さんたちです。この方々ではまったく紡錘状回の活動が見られなかったか、非常に小さいかでした。自閉症の方は、いろんなタイプの方がおられますので、一概には言えないのですが、どうも自閉症の子どもたちというのは顔認知に何か問題があるのではなからうかというのは、今だんだん強い説として支持されるようになってきました。

視線の認知

今度は他者の目の動き、いわゆる視線を見る時にはどうかという研究についてご紹介します。社会生活上、相手の視線を認知することは非常に大きな、重要なこととして、もちろん相手の顔を見て相手は何を考えているかを判断するとか、以心伝心ということがありますが、その中でも視線の役割というのは非常に大きいわけです。さっき自閉症のお話をしましたけれども、自閉症の研究をする時に、心の理論、Theory of mindという有名な理論があるのですが、その中でも視線を認知

できるかどうかというのは非常に大きな要素の1つとなっています。つまり自閉症の子というのは相手の顔の表情が読めないのです。目が動いたり、視線が動いたりすることで相手の気持ちを推しはかるということが非常に難しいのです。方向の異なる目の動きを見る時の脳活動というのを脳磁図でやってみました。この後実際のビデオが出てくるのですが、これにアウェイと書いてありますが、アウェイというのはこっちをじっと見ている顔が目をそらす方。バックというのはそらした目が自分をぐっと見つめる方です。アウェイとバックで私たちの脳はどう違う反応を示すのかという検査です。これは脳磁図ですけれども、ここに大きな反応が出ています。パッと目が動いたという瞬間を捉えた時、だいたいこれも0.2秒以内、0.17秒とかそのくらいで反応が出ます。アウェイとバックでは右半球も左半球も明瞭に場所が違ひまして、目が戻ってくる方が前の方にあります。反応の大きさも違ひまして、バックつまり自分を睨みつける時の方がアウェイ、自分から目をそらす時よりも有意に反応が大きいのです。つまり自分をぐっと相手が睨みつける方が、たくさんの細胞が活動するということがわかったのです。目が合う、即ちそれまで目がそらされていた他者の視線が自分に急に向かってきた時には、攻撃の可能性もありますし、あるいは仲良くなりましょうという社会的コミュニケーションかもしれませんが、その状況で大きな反応が出るということがわかってきました。今、社会脳という研究テーマが盛んに言われるようになってきたのですが、まさにこういう相手の視線というのは非常に大きな要素として、研究のテーマとしてあがってきています。

今度はちょっと変わった話です。顔の輪郭や顔の部分の存在が目の動きに認知を与える。ちょっとわかりにくいので、後で実際のものをお示ししますが、単なる2つの点が動きます。これは物理的には単純な2つの点が平行移動するだけなのですが、その周りに模式図なのですが、丸い輪郭を書く。あるいは顔の部分、つまり横棒が1本ありますと唇に見えます。そういったものを入れた時と入れていない時ではどうかと

ということなのです。ここに顔の輪郭と唇があります。これは顔に見えます。けど点だけでは顔に見えません。しかし、視覚的に動く物理量はすべての条件で一緒なのです。つまり物理的には同じ物を見ている時に、顔と思った時と顔と思えない時。あるいは目と思う時と、目と思えない時で僕たちの脳の反応はどう違うかというのを調べてみたかったのです。脳反応を見てみると、明らかに点だけよりも、顔の輪郭とか唇がある方が倍以上大きくなるのです。その中間が輪郭だけあるとか唇だけあるという状況です。やはり輪郭の影響が一番大きいです。

物理的な動きの量は同じであるにもかかわらず、僕たちがこれは顔だと思えば、それを目だと意識するだけでそれが非常に重要だということになります。他の例をあげますと、例えば人面魚とか心霊写真でなんか木が顔に見えとか何とか、そういう話がありますけれども、検査してみますとまったく顔とは思ってない時には紡錘状回の活動は見られないのですが、ある一瞬から心霊写真でも何でも、これは顔であると思いはじめると、ずっとそれが顔に見えるわけです。そうすると紡錘状回のニューロンが猛烈に活動してきます。僕たちが1回何かを、車のフロントでもそうですが、なんでもかんでも顔だと1回思ってしまうとずっと顔に見えますよね。それはやはり顔ニューロンがそれを覚えて活動を続けるからなのです。顔の認知というのは他に比べて非常に特殊ものだということがわかります。

表情の認知

さて表情認知の話をちょっとします。表情認知に関連するのは扁桃体だとさっき申しました。これは、怒った顔を見た時、それから恐怖の顔を見た時、幸せそうな顔を見た時、悲しそうな顔を見た時の扁桃体の活動を示しています。よく見ますと、相手が悲しそうであったり、相手が怒っていたり、恐怖を感じたりするとけっこう活動が大きくて、相手が幸せそうだと活動が非常に小さいことがわかります。ですから同じ表情認知でも相手の表情によって違う。「他人の

不幸は蜜の味」と言いますが、もちろん他の人が幸せそうだと私もうれしいという人はもちろんいるのですが、脳血流量を見ますと人が幸せそうなのはどうでもいいというか、相手が悲しそうだったり怒っていたりするとものごく活動するのですが、人が幸せそうなのを見てもあまり活動しないというのはあるわけです。本当に「他人の不幸は蜜の味」というのは正しいのかもしれませんがね。

それから社会恐怖症。これは対人恐怖症も広場恐怖症も全部合わせた概念ですが、この患者さんに人間の顔を見せようという、ちょっと一種の拷問みたいな検査です。この時の扁桃体の活動がどうなるかという、活動が増えているのです。やはり怖いのです。それが一番の原因であろうということです。これまで御本人がどのくらい怖い、そういったことを言葉で言ってもらうしかなかったのですが、ひとつひとつ証拠として、実際はこうなのだよ、あるいは、あなたはそう言うけれども実際はそうでもないよということ、ひとつひとつ証明できるようになってきました。

サブリミナル

さて、顔の最後の話になります。簡単に終わらしましょう。サブリミナルの話します。サブリミナルというのは、映画などの中に非常に短い時間、他の画像を混ぜるものです。そうすると見ている人には全然わからない。わからないのだけれども、その情報は、どんなに短い時間の情報でも脳の中に入って情報処理するのです。視覚認知とはすごいですね。そうすると、昔実験があって、映画の中でキャビアの写真がはさまるというサブリミナルの画像を作ったら、休憩時間になんか辛く感じるのですね、休憩時間のコーラの売れ行きが非常に伸びたという結果があります。他にもたくさんあります。以前はテレビなんかでもこういうサブリミナルを利用して、つまり本人が意識しない間に商品の情報を流すということをしていたのですが、今はそういうことをしてはいけないということで法的に禁じられています。法的に禁じられていますが研究の場合はやってもかまわないので、それをやっ

てみようと思ったのです。なぜ顔かといえますと、一度会っただけでも、あるいはパーティなどでチラッと顔を合わせただけでも名前なんかは覚えていないのですが、顔だけ覚えているということがしばしばあるのです。顔の認知とか記憶には特別な機構があるのではなからうかということなのです。いっどこで会ったのかさえ覚えていないけれども、不思議にその人の顔を見ると以前に会ったことがあると感じる。あるいは確信する場合もあります。これが一種の無意識のうちに覚えていることではないだろうかということをやってみたのです。

いろいろな実験をやったのですが、一般的な話をしましょう。急須がぐるぐる回っている映像です。その間にこういう画像を混ぜるのです。これは顔で、文字で、単なる点で、これが星です。よく質問されるのですが、顔はなぜ手描きなのですかと言われるのですが、これは顔を普通のカラー写真でしますと、他に比べて明るさも、輝度とか彩度とか明度とか全然違ひますので、当然見られやすくなりますので、条件を整えるためにこのように手描きにしています。3種類の時間を提示しています。間に挟む時間です。16ミリ秒、つまり0.016秒これは本当にサブスレショールド、閾値以下ですね。これがいわゆるサブリミナルです。まったく挿入されたということ意識できません。わずか16ミリ秒増えた32ミリ秒の時は、ちょうど中間で、何かははさまれたなというのはわかるのですが、それが何であるのかはわからない。さらに16ミリ秒増えた時、48ミリ秒の時、これは明らかにわかります。明確に何がはさまれたのかわかります。人間の視覚処理能力というのはものすごいというのは、たった10何ミリ秒、0.0何秒違うだけでもこれだけの違いが出るということなのです。これでそれぞれ実験をやってみたのです。どういう反応か。4つの写真と3種類の長さでどう反応が違うかというのをやってみた。これをお見せします。こういう画像を使ってそれぞれに対する脳の反応を調べたわけです。脳磁図もやっていますが、これは脳波です。これが閾値以下、全然意識していない時でサブリミナルの状態です。黒線が顔を見た時です。青

が文字を見た時で、赤が単なる点を見た時です。はっきり何かがあったかということがわかった状態で顔に対する反応が一番大きい。次が文字、次が無意味な点。これは想像できたのです。というか普通の実験でできますから、こういう報告はたくさんあったのですが。何かはさまったけれども何かはわからないという状態と、まったく意識できない、無意識の状態でも、実は顔に対する反応が一番大きくて、この後が文字でその後が単なる点です。特に顔に対する反応が非常に大きいということがわかりました。実際には僕たちは見えていない。見ているのですが見えていないという、変な言い方ですけども。視覚情報は全部入るのですが、まったく意識していない、そういう状況であっても顔に対する反応が有意に他のよりも大きいということがわかりました。明らかに顔に対しては非常に強い印象として記憶されているのだということを示しているのではないかと考えています。

サブリミナルは結構色々な研究ができます。さっきの急須をぐるぐる回すのは単純な方法でした。もうちょっと洒落た方法でやろうということでこういう刺激をつくってみました。僕がつくったわけではないのですが、若い人はやっぱりこういうことをやりたがる人があるのですね。黄色のバックに赤と緑で同じ絵を描きます。顔とチューリップです。これをすごい勢いでぱっぱっぱっぱと速く交換するのです。1秒間に何10回とやるわけです。そうすると、全部黄色に混ぜてしまひまして、見えなくなるだろうという仮定のもとに実際にやってみたのですがどうしても輪のところが黒く見えるのです。薄いのですが、やはり色の問題です。メッシュをかけた黒を入れたり、いろいろやりまして完全に消すことができるようになりました。これを今やってみます。みなさん見えるでしょうか。正解を言いますと、ほとんどの方が60Hzから80Hzぐらが見えるか見えないかの境目です。よく見える人は80Hzでも見える。あまり目が良くない人は60Hzで見えなくなる。100Hzになりますと、まったく全員が見えなくなります。そういうことがありますので、まず見える方をお見せしようと思います。これ、6Hzで動かしていま

す。見えませんか。見えます、顔が？これ見えない方は、後で僕のところに来ていただいたらいい被験者になりそうです。たぶん見えるだろうと思います。100Hzだとどうなるかということですが、これ見える人いますか？ いないですよ、やっぱり。これが見える人もぜひ被験者をお願いしたいと思います。これは100Hzだと見えなくなるのです。だけれども情報は全部入っています。実際にこれを使って実験をすると、こういう状況でもすべての情報は入っているの、見えていない時と見えている時とまったく反応が違うのです。僕たちはこういうようにまったく頭の中で意識できなくても視覚情報として、特に顔は他の花などと比べて非常に大きな影響を及ぼすということがわかりました。結局100Hzでやっても顔の画像は脳に到達しています。視覚情報としても画像処理されています。あらゆる情報処理はされていますけれども意識にのぼらない。だけど脳の中で明らかな変化が起こっているということなのです。サブリミナルはいろいろな楽しみがありまして面白い研究対象です。

赤ちゃんの顔の認知

顔の研究でもう1つ面白い話がありました。赤ちゃんがどのようにして顔を認知しているのかという話です。赤ちゃんを対象とする研究は本当に難しく、当然ながら赤ちゃんはしゃべれませんので、心理実験しかできなかった。心理実験というのは非常に単純でして、何秒間物を見ているか。つまり好きなものとか新しいものはずっと見ているけれども、見飽きたものとか嫌なものはすぐ目をそらす、それだけだったのです。赤ちゃんの研究は。ようやくそこに僕たちの新しい武器が使えるようになってきました。先ほどちょっとご紹介しました、NIRS、near-infrared spectroscopy、近赤外線分光法というのですけれども。これのいいところは、MRIとか脳磁図とかは、非験者は全く動いてはいけないのですけれども、赤ちゃんはそういうことができない。ところが、NIRS検査では、けっこう動ける。その後、檀先生がNIRSの話を書いぶん詳しくしてくださると思うのですが、こ

の動けるというよいところがある。ただし性能というか分解能などはfMRIよりはるかに落ちるので、慎重に使い方を考えなければいけないのですが。これを日立と共同で赤ちゃんでも使えるように改良しました。一緒にやったのは中央大学の文学部の心理学で山口真美先生という女性の方なのですが、最近、教授になられました。心理学の人がこういうブルーボックスをたくさん書いているのですが、「赤ちゃんが顔を読む」これを僕も読みました。そこで、ちょっとこの人と一緒にやったらおもしろいのではなからうかということで、話を持ちかけて、うちの機械を中央大学へ持っていきまして、むこうはずっと赤ちゃんをやっていますので、むこうのテクニックと知識とで、いわゆる共同研究をやったのです。

これの1つのきっかけになったのがこの研究でした。生後6ヵ月から10ヵ月の子どもの顔認知に種特異性があるかどうかという話なのですが。ようするに僕たちは大人になると人間の顔は結構見極めはつきます。ですから、今僕は40分くらいしゃべっていますけれども、だいたいどの方がどこにいるかだいたいわかります。目をつぶっている間に、みなさんがパパッと動かされても、あの女性はさっきはあっちにいたけれどもこっちに来られたと、だいたい分かります。ところがこれがサル山だとしまして、これだけの数のサルと一緒にわっと動くとぜんぜんわかりません。それは当たり前のような気がしますが、実は当たり前ではなくて、いかに僕たちが人間の顔を見極めているか、認知しているかということなのです。ところが赤ちゃんの間は特に6ヵ月ぐらいの時にはサルの顔を見せても人間の顔を見せても見極めの能力はほとんど一緒なのです。ところが10ヵ月ぐらいになると突然人間の顔の見極めだけが猛烈によくなってサルの顔は見極めが悪くなるのです。このように成長するにつれて、能力の幅が狭まることを認知限定現象といえます。

これは今までも言語については言わ



れていたのです。つまり僕たちはずっと小さい時から日本語ばかり聞いて育つから、日本語の発音とか見極めがいいのです。ある程度一生懸命中学生から英語を聞き始めて勉強しても、結局ジャパニーズイングリッシュになるとするのは、これが一番大きいのです。ところがそれは言語に関してはわかっていたのですが、顔でもやはりこういうことが起きるのだということを知って証明したという研究でした。おもしろいですね。確かに言われてみればその通りなのです。僕たち人間は、人間の顔だけはやたらに、エキスパタイズというか異常に熟練していますよね。おもしろいのはよくアジア人の顔は西洋人に比べてわかりにくい、区別がつかないとよく言われるのです。アジア人というのは凹凸が少なくてのべっとしているからだと言われていたのですが、本当はそうではないのです。あれは小さい時から西洋系の人たちの顔ばかり見ている、アジア系、モンゴロイドの顔は見ないからなのです。だから僕たちは逆に、アジア人の顔は見極めがつくわけです。ところが逆に我々は西洋人の顔の見極めは意外に難しいのです。それはいかに小さい時から見慣れているかということなのです。例えば犬のトップリーダーというのですか、品評会などに出ず、あれをやっている人、ずっと若い時から犬ばかり見ている人は犬の見極めがものすごくいいのです。わかるのです。ちょっと特殊な処理をして形を変えて顔だけが見せるようなことをしても

非常に見極めがいい。熟練度という、どれだけ見たか、どれだけ聞いたかということが一番大きいのだということが最近わかってきました。

その後、檀先生がしゃべられますけれども、大人用のNIRSのプロブというのは、こんなに巨大なパーマの機械みたいなのですが、ものすごく重たくて締めつけて痛いのです。痛いのですが、なぜ締めつけなければいけないかというと、大人は頭蓋骨が分厚くなりますし、骨と脳の間がちょっと広がってきますので、できるだけ近くにないと鋭敏にとれない。赤ちゃんの場合は非常にいいのは骨が薄いのです。骨と脳の間も、当然頭が小さいから狭いものですから距離が短いので、そんなにぎゅうぎゅう締めなくてもいい。しかもこのように軽くしています。これによって全然赤ちゃんが嫌がらずに記録できるようになりました。これは世界で初めての赤ちゃんの顔認知、たぶんこの機械を使って初めてのデータになりましたね。顔を見ているですね。全然嫌がっていませんね。こういうことでようやく今、赤ちゃん学というか、乳児の研究が猛烈に、ここ数年間進んできました。長所は先ほどから何度も言っています。脳磁図とかMRIのように拘束されません。非常に軽い測定器であることは今申し上げたとおりです。覚醒状態でも嫌がらない。脳の血流量も計測可能であるという長所があります。以前も赤ちゃんのNIRSというのはあったのですが、大人用を使っていたので、当然重たくて嫌なので泣くのです。ですからほとんど睡眠状態でやっていたのですけれども、それでは何のこともよくわからない。ようやく覚醒状態でできるようになりました。これはもう2年近くになりますか、非常に反響を呼びまして、朝日新聞、毎日新聞、他に読売新聞なんかでも紹介していただきました。僕は朝起きたらまずヤフーのニュースを見るのですけれども、そこにトップニュースに赤ちゃんがどうのこうのと書いてあるので何ごとかと思ったら、僕らの研究の紹介だったので、非常にびっくりしました。僕もヤフーのトップニュースに載るのは一生のうち最初で最後だと思っていたのですが、実はもう1回、その後、ウソ発見器の紹介が出たので、びっくりした記

憶があります。

顔の認知の発達

一番初めの研究を紹介します。これは人間の顔なのですけれども、これは野菜や、ひっくり返した逆さ顔や、いろいろなものを見せて、その反応がどう違うかということをやったのですが、やはり右半球優位でしたが、右の半球の顔認知に関係するところが顔を見た時だけ猛烈に血流が上がる。野菜なんかを見た時にはあまり上がらないということがわかりました。もうちょっと詳しい、ちょっと変わったことをやろうというのが、もうすぐ論文になり発表される予定ですが、それは異なる向きの顔を見ている時、つまり横顔というのを幾つぐらいからわかるかということなのです。正面顔と横顔を心理試験の結果、何秒間見ているかという話なのですが、7ヵ月になると異なる向き、つまり横顔などでも顔は識別可能になってくる。それ以下ではできないわけです。7ヵ月を過ぎると正面顔でも横顔でもわかるのだという心理学的な報告がありましたので、では5ヵ月の赤ちゃんとも8ヵ月の赤ちゃんを対象としてやってみようとしたわけです。これは横顔を見ているところでは5ヵ月と8ヵ月の赤ちゃんを対象としています。まず野菜が10秒間ずっと出ていまして、その後、正面顔とか横顔とかが出てくるわけです。その時の脳血流量を調べます。こちらが5ヵ月の時の脳血流量です。上が正面顔。下が横顔です。こちら8ヵ月、同じことなのです。5ヵ月の時にはここだけが優位。つまり正面顔を見た時の右半球、これは以前にやった研究のとおりで、右半球の正面顔を見た時には血流が有意に上がっていた。しかし横顔を見ても血流はあがらなかったのです。つまり、それを顔だとあまり認識していないということが言えるわけです。では8ヵ月ではどうかといいますが、正面顔でも横顔でも右の側頭部で血流が上がっている。ちょっとびっくりしたのはむしろ、横顔の方が脳血流の動化が大きかったぐらいだったのです。やはり確かに8ヵ月になると横顔でもわかるのだということが世界で初めて確認できました。

こういった研究でだんだん顔の認知の発達ができるようになってきました。今やっているのはお母さん顔です。母親顔と他の人の顔を見た時にどう違うか。父親顔の認知については結果が怖いのでやっていないのですが、問題は父親顔を知っているかどうか、特に日本のお父さんは20代後半から30代はじめのパパの時期というのは赤ちゃんが起きている時に家にいないことが多いので、今のところ親父顔はやっていないのです。母親顔については他の人の顔とはやはり明らかに違いがありますね。今そういった研究をやっています。

それからこれまでは赤ちゃんの研究だったのですけれども、もうちょっと大きい、いわゆる学童を対象とした研究もやっています。4歳から15歳ぐらいの顔認知の発達はどうだろうか、いくつぐらいから大人並みに顔がわかるようになるだろうかということで、随分頑張ったスタディを行いました。対象は全部で150名で、各学年平均15名です。これを3年間、毎年夏休みに機械を学校に持って行って検査しました。子どもの顔認知をやりたかったのですけれども、当然age(年齢) マッチのコントロールがいるので、それもひとつの目的だったのです。とにかく顔認知ほどのくらい発達していくかということなのです。研究というのは本当に根性と時間と労力がかかります。これが6歳、10歳、14歳、大人の結果です。これは10数名やっている分の全部を平均したものですから波形がきれいになっていますけれども。緑がアップライトつまり正立顔、普通の顔です。赤がインバーテッド、倒立顔です。青が目を見た時です。大人では目に対する反応は大きいのです。顔よりも。ただし反応時間は遅い。緑は倒立顔です。倒立顔というのはちょうど中間になるのです。正立顔よりも反応は大きくて、目と同じように反応は遅いけれども、目だけを見た時の半分になります。なぜこのようになるかといういろいろな仮説があります。一番考えられているのは、ひっくり返した顔というのは顔全体を見るという要素と、プラスアルファ顔を部分(パーツ)として見ている。逆さにひっくり返った顔を見ますと、一瞬顔全体の理解が遅くなるのですが、パーツとして見ている部分もけっこう

あるのです。ただし目だけと比べるとパーツだけではないので、その中間的なものになるということです。ちょっと不思議なのは正立顔を見る時よりも、この赤線で示した倒立、逆さ顔を見ている時の方の反応が大きいというのは意外ですが、これは血流もそうで、そうすると、僕たちは相手の顔を見る時、顔全体を判断するのとパーツを見て判断するのとを両方並行してやっているのだということがわかってきました。つまり逆さ顔の場合は両方やっているから反応も大きい、ただし時間はちょっとかかるということです。これは大人の結果です。

さて6歳はどうかというこの赤と緑を比べてみるとわかりますが、6歳では正立顔と倒立顔、つまり赤と緑の差がありません。倒立顔効果というのですが、そういうものはまだ発達していません。ただし目に対する反応はすごく大きい。これはやはり大事ですよ。赤ちゃん、子どもにとっても相手の目というのはすごく重要だと。これは6歳、幼稚園くらいから発達しているということです。8歳から12歳、ちょうど小学生の中学年から高学年になってくる時がちょうど境目でして、この6歳ぐらいの反応と大人の反応があって両方混ざり合います。だからダブルピークというのですが、2つ頂点が見えます。ちょうど小学生の高学年の時には、僕たちはあまりその頃は覚えていないし、覚えていても普通に顔はわかっていたよという記憶しかないのですが。実はその頃は顔の認知についてはまだまだ発達はしてなくて、大人になりかけというか顔を見て判断はしているのですが、判断する時間も遅いし十分にまだ発達していないということがわかります。14歳、中学生ぐらいになるとほぼ大人並みになってきますが、まだ成熟していません。18歳ぐらいになってようやく大人並みになります。

顔の認知についての研究は全然なくてわからなかったので、小さい時から顔は見慣れているのもう小学生ぐらいになったら十分にわかっているだろうと思っていたのですが、そうではなくて、中学校ぐらいまでは少なくともまだ発達過程といえますが、相手の顔の認

知がよくできていないということがわかりました。

そういうことで顔の認知はいろいろなおもしろい要素があって、最近ようやく注目されてきました。私たちは10何年やってきたのですが、今は世界的にも毎年2000枚、3000枚の論文発表、あるいは学会発表が行われてきて、年々増加の一途を辿っています。将来大きな研究の主流になるのではないかと思います。

痛みについて

次に、痛みの話です。ちょっと心が痛む話です。すべての感覚の中で痛覚の研究が一番遅れていまして、最大の理由は動物実験ができなかったからです。動物が嫌がっているのか、不快なのか、痛いのかが分からないのです。あるいはかなり低いレベルの動物は本当に僕たちが感じる痛みというのを同じように感じているかどうかなのです。例えば魚なんか活き造りにして、骨だけにしても結構動いている。もう20年ぐらい前ですが、矢ガモ、鳥のカモです。あれに矢が突きささっている。かわいそうだから取ってやろうと、みんなで大騒動して。今でもそういうことがよくありますが。矢ガモは平気で飛んでいるわけです。矢が刺さっている状態で。人間がこのようにグサッと槍が刺さっていて歩けるわけではない。もう痛くて全然動けない。鳥は動いている。僕は、鳥は痛くないのではないかと今でも思っています。少なくとも魚とか。たとえばトカゲは自分の尻尾を切って逃げますけれども。僕たちが考えているような痛みというのはああいうレベルの動物にはないのではないかと思っています。証明のしようがないのですけれども。

痛み認知に関連する脳の活動がようやく最近わかってきました。20年ぐらい前、あるいはもっと前、僕が学生の時には痛みというのは視床までで十分で大脳皮質はいらないと言われる解剖の先生もおられた。何でそういうことを言われるかということ、もちろん動物実験が難しいということもありますが、実際に第1次感覚野などで痛み刺激に対するニューロンはものすごく少ないのです。いくらがんばっても見つからないこと

もあるぐらいに。それでそういう説もあったのですが。まさかそんなことはないだろうと思っていた。ようやく最近わかってきました。重要なのは、もちろん第1次体性感覚野、第2次体性感覚野もそうなのですが、痛みをすごく感じるのは島Insulaという部分。それから帯状回、視床はもちろんです。こういったところは痛みの認知に非常に重要だということがわかってきました。いろいろな痛み、冷たいとか熱いとかいろいろな情報がきますと、だいたいこのへんが活動します。ただし、第1次体性感覚野は、触覚刺激などに比べると、痛覚刺激に対してはものすごく反応が小さいのです。小さくて非常にシンプルです。動物実験でもようやく最近、侵害性の刺激に対する第1次体性感覚野のニューロンが発見されたのですけれども、ものすごく少ないです。おそらく痛みに対して、第1次体性感覚野は場所の同定くらいしかやっていないのではないか。その後の複雑な痛みのことは第2次体性感覚野とか島とか帯状回とか、こういうところが主にやっているのだろうというのが、今ようやくわかってきました。痛覚の話を細かくやっているときがないので、今日はちょっと時間の問題もありまして、心理的要因の話に絞って話をしようと思います。

三国志、レッドクリフという映画。赤壁の戦いなんかが出てくる三国志なのですが、ここに関羽という非常に人気のある豪傑が出てきます。戦場でけがをします。これを手術する。中国はえらい国で、2世紀3世紀の時代でもこんな手術などをしているのです。当然麻酔がないから痛いのです。痛いのですが関羽は暮をやっています。暮に意識を集中することでこの痛みをこらえているという図なのです。有名な三国志の話です。これはいかに関羽という人は豪傑かという話なのですが、僕たちのように痛みを研究している人間にとってはそうではなくて、意識を他のところに集中すると痛みは弱くなる、あるいは消えるのだという非常におもしろい証拠になるのです。こんな話をしていますら、福岡市に住んでおられるヨガマスターがおられて、よくインドのヨガの人が針をいろいろなところに刺していますが、40年近くヨガのトレーニング

をしていると、瞑想状態に入ると痛みをまったく感じないとご本人はおっしゃるわけです。瞑想状態で本当に痛くないのかどうか、きちんと科学的に証明してくれないかとテレビ局から頼まれてまして。この頃、テレビ出演は極力断っていたのですが、これは僕自身も興味があったのでやってみたのです。(ビデオ放映)

目の前で針を刺されるのを見るとちょっと気持ち悪くなりましたが。もうちょっと科学的な話をします。これはfMRIなのですが、左側が瞑想していない普通の状態です。そのときに痛みを与えると、ここの視床、第2次体性感覚野、島に活動がみられます。これは両側反応です。帯状回も活動します。これは健常の人とまったく同じなのです。ところが瞑想している時は、この右側が瞑想している時なのですが、どうなるかというと視床だとか、第2次体性感覚野とか島とか帯状回の活動が全然見られないのです。そのかわりどかが上がっているかというと、前頭葉とか頭頂葉とか、今までありえないようなところの血流が上がるのです。一番興味があったのは、中脳の被蓋部です。これは痛みを研究されている方はご存じだと思いますが、痛みには下行性抑制系というものがあまして、痛みを抑えようというシステムがあるのです。普通はあまりそのようなものは活動しないのですが。その一大中継地点というか、一大センターが中脳被蓋部なのです。そこの血流が猛烈に上がっているのです。もちろん御本人は下行性抑制系など全然知らない。何がなんだか全然わからないのですが、おそらく瞑想状態になられた時は、下行性抑制系が猛烈に働くおかげで痛くないのだろうと今考えています。それ以外に理由をつけようがないのです。普通こんなところはfMRIではめったに活動しないところなので、おそらく真実であろうと思います。

もうひとつ痛みの話で、今、僕は「心の痛み」というのを、すいぶん勉強しています。痛みというのは心理的要因が非常に大きいと思います。例えば注射される時に、いかにも注射が下手そうな研修医が来てまごまごされると、注射される前から痛そうな予感がして痛

いです、実際に。ベテランの看護師さんがやるとあまり痛くない。あるいは仲間はずれにされると、例えば多人数でキャッチボールをやるコンピュータゲームをつくって、ある時は自分にまったくボールが来なくなるという、非常に心の痛み、寂しいというか、若い人でいうとシカトされる状況にするとどうなるかという、本当の痛み刺激で活動する場所が活動します。そういう研究が最近だんだん増えてきました。去年発表したのですが、群馬大学の麻酔科と一緒にやりました。実際には痛み刺激は与えていないで、ただ痛そうな画像を見せるのです。「痛い」と自分の心の中で感じてくれと頼みます。実際痛そうな画像が出てくるので、いわゆる心が痛いと感じる。その時に脳はどうなっているのかという研究なのです。

平和な写真を見ても全然心は痛みません。痛みは、こういう写真です。これは痛いと感じてくれと言われなくても、痛いなあと思うのですが。ただしこれは快、不快かもしれないので、一応恐怖の写真というのもアメリカのサイトを見るとこんなのがいっぱい出てきます。これもコントロールとして恐怖の写真を使ってみました。そうすると、一番上がコントロールと痛みの画像を見せた時の血流の差なのですが、この島、帯状回と島、つまり本当の痛みを与えた時とほとんど同じところが活動する。ただし本当に痛みは与えていませんので、第1次体性感覚野とか第2次体性感覚野というところは活動しないのです。つまりこういったところは実際に痛みを与えられなくても、活動する。こういったところが活動すると心が痛いと感じるのです。僕は痛みニューロンとか痛み脳という概念を提唱しようかと思っています。ですけど、本当の痛みを与えられた時と恐怖の時はどうかというやはりだいたい違うのです。扁桃体のあたりがすいぶん活動してくるのです。同じ嫌なものを見ても痛みとは明らかに違うということがわかってきました。

こういったことで実際に痛みは与えられなくても僕たちは心が痛む時がある。これはアメリカの9・11のテロの時の悲惨な状況を見た時に、ケガをしていなくても周りを見ていたアメリカの女性達が「painful, painful」と言ってい

たのです。それを見た時は何気なく聞き逃していたのですけれども、よく考えてみると、これは万国共通で心が痛むときはpainfulと言う。僕たちもやはり心が痛いと言う。

次のビデオクリップは心の痛みのことを話すのですが、実は僕自身これを見ると心が痛むのです。司会のアナウンサーが、この放送の1年ぐらい後で自殺されるのですが、その時に心の痛みの話が出て、「私だって心がすごく痛むんです。本当ですよ」と力説されるシーンがあります、そういうタイプには全然見えなかった。それが1年後に本当に自殺されたのでした。(ビデオ放映)

痒みについて

それでは最後に痒みの話を。なぜかという痛みの話をすると絶対に痒みはどうですかという質問が出るので、最近痒みの研究も始めました。今まで痒みの研究は全然されていなかった。されていない最大の理由は痒みだけを誘発する刺激方法がなかったのです。京都大学の先生が予備実験的なことをやった。それを僕らが作り直したというか改良して、本当に痒み刺激を作るようになりました。ちょっと特殊な電極を使うのですが。それで、痒み刺激に対する反応を脳波で見ていると、これが痒み刺激を発したところなのですが、反応するまでの時間が長いのです。1秒くらいかかる。すごく遅い。赤線は手首を刺激したときでして、白線は前腕を刺激したときです。当然こちらの方が短い、手首の方は距離が長いから長くなるのです。時間差と刺激した場所の距離を測ると伝導速度がわかります。そうするとだいたい1m/秒くらいなのです。1m/秒というC線維、無髄のC線維を上がってくることがわかります。被験者は痛みも何も感じなくて、じわっと痒いといえます。これはもうすでに論文になっているのですけれども、痒みだけを選択的に刺激できるようになったので、これから痒みの研究がもう少し進んでくるのではないかと考えています。

fMRIとかやりますと、似たようなところが活動します。帯状回とか。ただ同じ

ではないのです、痛みとは。ただ痒みの認知だけに特別な場所は見つかっていないですけれども、痛みとはちょっと違うのです。昔は痛みが軽いのが痒みだろうという話もあったのですが、これは明らかに違います。上がっていく線維も、痛みの線維とは少し異なっていました。

やはり痛みと痒みは似ているけれども違うのだろうと今言われてきています。今痒みの研究はようやくまな板の上が上がってきたというか、ようやく可能になってきました。

痒みの話はなかなか話すのは難しいのですけれども、一般の方にもわかり

やすく教えてくれるのがテレビです。(テレビ放映)

一番最後にお笑いになってしまいました。これが終わります。長時間どうもありがとうございました。

●話題提供

秋茄子の脳科学—おいしさを超える高次脳情報処理

農業・食品産業技術総合研究機構 主任研究員

檀 一平太氏

少し砕けた内容で、「秋茄子の脳科学」というお話をさせていただきます。

と言っても秋茄子を食べている時の脳活動を調べているということではありません。我々は脳科学などにいろいろな研究で触れているのですけれども、必ずしも柿木先生がなされた研究のようにわりと日常に近いような文脈で語ることで研究があるわけではありません。柿木先生のご研究でも、それは柿木先生のご研究の一部であって、すべてではないわけです。しかし我々は研究をしている上で、脳科学で得られた知見というのをどうやって日常生活に当てはめていくことができるか。

柿木先生は生理研の脳科学の中枢にいらっしゃるわけですが、わたくしは食品総合研究所というところでどちらかという脳科学の辺境に位置しているわけです。そういった辺境の人間として脳科学の知見を解釈していきますと、その解釈には時にはスペキュレーション、憶測も含まれたりするのですが、そういったことをしていかなけれ

ばならないということで、今回この講演を論じさせていただきます。

さて今日のテーマは秋茄子です。秋茄子といえば「嫁に食わすな」という言葉が浮かんでくると思いますが、この意味はいろいろな解釈があります。解釈のひとつは、秋茄子はおいしい、だから嫁なんかに食べさせるのはもったいないという、姑の嫁いびり、そういった意味です。しかしもうひとつの解釈がありまして、秋茄子はおいしくて、しかし食べ過ぎると体を冷やしてしまう。いわゆる嫁への労わりであるという解釈もあります。どちらもあり得るのですけれども、明確にどういう実態があるかはよくわからないのですが、たぶんこれからわかることは、秋茄子というのはおいしいのではないかと、これは間違いないというわけです。しかし、本当に秋茄子というのはおいしいかどうか、これはまた疑問があったりするわけです。その秋茄子のおいしさについて脳科学的に考察していこう

と考えています。

そもそも、秋茄子、秋茄子といいますが、秋茄子とは何か。秋に採れる茄子でしょうか。実際には広義ではそうなのですが、狭い意味ではちょっと違います。春に種をまいてからそのまま茄子を作り続けてしまうと、9月ぐらいで全然採れなくなってしまいます。わたくし自分で茄子を作っているのですが、半分ぐらいは盆を過ぎる頃に剪定をします。そこからまた枝が生えてきて晩秋になるとこういう小さい茄子が採れてくる。これが本来の秋茄子だと思います。その秋茄子の特徴なのですが、まず小ぶりでえぐみが強くて、これはポリフェノールという物質がいっぱい含まれていて、抗酸化作用があったりなんかして、体にもいいかもしれませんが、そして味が強くて食感はちょっと硬いのですが、脳科学的な意味から特徴を考えていくと、必ずしも秋茄子というのは生物学的にはおいしいものではない。しかし我々はおいしいと思っているわけです。もう一つ、

そういう理由で、秋茄子というのはほとんど流通はしていません。その辺りのスーパーで買えるのは秋に採れる茄子です。でも我々は、秋茄子はおいしいと知っているわけです。これはどうしたことなのかを考えていきたいと思えます。

果たして秋茄子はおいしいかということなのですが、我々の味覚というのは基本の五味があります。それぞれには意味があります。例えば先ほどのお話にもあった痛みを変えるということは生体にとって非常に不利になりますから、そういった感覚をコントロールすることは難しいのですが、それと同じように甘味にはエネルギー補給という重要な役割があります。塩味はミネラル、酸味というのはこの食べ物腐っていないか、あるいは有機酸がとれるかどうか。旨味はたんぱく質のシグナルでもあります。しかし、苦味というのは毒のシグナルなのです。秋茄子というのは苦味が強いわけです。我々は雑食性のサル的一种なのですが、その雑食性のサルにとっては秋茄子は苦いな、これは食べない方がいいのではないかと。そういうように感じるのが普通のサルの掟です。しかし、我々はそういうように考えないわけです。この能力を支えるのは一体どうしたことかということ、つまりボトムアップな味覚の処理、感覚入力をそのまま受け止めるといった味覚処理のルールです。

脳における味覚の情報処理ということなのですが、口の方から舌あるいは



口蓋、咽頭で入ってきた味覚に関する味情報というのは延髄というところを通りまして、先ほど感覚の中核としていろいろ出てきました、視床を通りまして。その後大脳に抜けるのですけれども、一番最初に大脳でこの味を感じる場所は一次味覚野と一概に呼んだりするのですが、最近になるまでそれがどこにあるのかよくわからないという状況が続いておりました。脳科学のツールで最も有力なものは実は戦争です。1940年くらい、戦争で銃撃をされて脳に損傷がおこった人が、どういう行動を示すか、そういう損傷研究がこのころすすんでいたのですけれども、それによると中心溝の下部、このへんですね。ブロードマン43野というところなのですが、このへんが味覚野と呼ばれていました。わたくし、若いと思っているのですが、私がさらに若いころの教科書にはこんなことが書いてありました。しかしもう少しすすんで、島、トウですねその電気刺激を行うことによってどうもその辺りが味覚野ではないかという研究がなされてきて、もう少し決定的なのが1989年あたり、これは小川さんという方がマカクザル—ニホンザルみたいなサルですが、その電気生理研究で前頭弁蓋部、この辺です。このあたりトウ、島にかけてが味覚野ではないかということがわかってきました。その後、ちょっと猿真似研究と我々呼んでいるのですが、サルでわかったことを大体PETとかfMRIというツールを用いてヒトで追試するというのが脳科学では結構よくあるパターンです。それによるとやはりこちら辺ではないかというようなことがわかってきました。ただ、こういった研究を真に受けたりすると問題があったりするのですけれども…。

先ほど柿木先生の研究でいろいろMEG(脳磁図)ができました。MEGは何でいいか、あるいは脳波は何でいいかということと時間分解力が非常に優れているのです。ここで扱っているのは一次味覚野です。一次というからには情報

が一番最初に到達するわけです。それなのにPETの時間分解能は数10秒です。fMRIは数秒の時間分解能。これで何がわかるだろうということで、この一次味覚野の探求に一番重要なツールはやはりMEGだったりするわけです。これは産総研の小早川さんという方が積極的に我々と共同研究をしていました、そこで明らかにしているのですけれども、MEGは時間分解能が非常に高いです。でもその時間分解能にあった刺激提示装置がなければなりません。視覚の場合、例えばコンピュータスクリーンで提示することは可能なのですが、味の溶液を高速で流すのはなかなか難しいです。高速で流すかわりにどうするかというと、食紅を入れておいてそれをレーザーで検出するというようなそういう刺激装置を小早川さんは開発いたしました。これによって初期にはだいたいMEGによって味覚系のシグナルが取れることがわかってきて、最終的に一次味覚野はここではないかということがわかってきました。

それはどこかということ、頭頂弁蓋部から島への移行部ということ。さっきとあまりかわらないではないかと考えたりするのですが、実は脳というのは左脳と右脳という分け方に慣れているかもしれませんが、中心溝という溝がもうひとつの重要な分け方になります。中心溝の前側は基本的には出力です。そして後側というのは感覚的な入力の方です。インプットかアウトプットかというその大きな違いがあります。その観点からすると、ヒトの一次味覚野がこの中心溝の後ろ側、感覚よりにあるというのは整合性のとれている内容かなと思います。しかしいろいろ難しい話がありまして、先ほどさんざん島が柿木先生のお話でも出てきましたように、ここは複数の感覚が入力する領域であって、味覚専用という意味で味覚野と呼べるかどうかというのはまだ論争になっています。なかなかホットな分野です。

さて味覚の整理が、一次味覚野でなされた後どうなるかということですが、その後の情報は二次味覚野、これは前頭眼窩野—眼窩というのは眼の奥です。

そこにある領域に情報が到達いたします。ここは何かというと、嗅覚とか触覚情報、これらと味覚が統合されるところです。我々がいわゆる味、例えばミカンの味と感じているのは実は嗅覚的情報や何かも含んでいます。それをひと言でいうと、英語ではフレーバー、日本語では我々は食味と呼んでいます。その食味の中核である。もうひとつは情報系です。例えば扁桃体、先ほど恐怖を感じる時に活動した領域なのですが、そういったところと神経連絡が非常に密接な領域であって、そういった情報と味覚情報が統合されておいしさが生まれる場所ではないかと考えられています。それを一番よく示すのが、感覚特異的な満腹感、これはサルの研究で行われました。実はこの満腹感の研究、生理的なシグナルの研究ではこちらの山本隆先生が非常にお詳しいのでまた伺っていただきたいと思えます。それで、詳細は省きますが、これはちょっとわかりにくいので、ヒトで見ます。サルでやったことを大体ヒトに対してPETで再現した研究なのですが、何をしたかという満腹感によって嗜好性が変化する様子をPETで観察をいたしました。これはスモールという方がおこなったのですが、チョコレートを食べますと、最初はおいしいと感じるのですが、これをどんどん食べ続けていくと最後は嫌になってきます。ますくなってくるわけです。このとき何が脳で起こっているかというと、このときの過程をスモールがPETで計ったところ、一番最初は前頭眼窩野の内側部に活動が見られたのですが、チョコレートを食べ続けるとその活動が外側部に移ってくるということがわかってきました。やはりこの辺はヒトでもそうではないかということがわかってきているわけです。

その味やおいしさを感じるまでの脳のしくみがわかってきましたけれども、果たして逆に脳を計れば味やおいしさがわかるかというそう単純にはいきません。脳機能イメージング、なかなか便利な方法ではありますが、魔法の方法ではありません。どういう問題があるかという、逆研究、リバースインフェランスという問題があります。

普通の脳研究ではどういうことをするかというと、ある課題を与えます。例えば、おいしいというように人が思っているときの脳活動を計測するとします。そうすると、例えばある人が、こういったところが活動していたとします。次の人ではこういった領域が活動していて、次の人はこう、次の人はこう、全体的にまとめるとこの辺が活動しているというような結果が出てきたとします。これを領域Aとします。では逆に、もし領域Aが活動していればこの人はおいしいと感じているかというと、単純にはそうは考えることはできません。せいぜいこの人はおいしいと感じている可能性が高いということはわかります。というのは脳の働きが1対1で結びついているところ、例えばそういった領域はどこかという、運動野というところがあります。わたくし今ここで手を動かしています。そのときに、こちらの左側の運動野が確実に活動していることがわかっています。わたくしは今しゃべっているわけで、しゃべっているときは、たいいてい人は左の言語野が活動していたりするのですけれども、中には両側、右側も活動している人もいたりもします。ですから可能性くらいの研究しかできなかったのです。もう1つ回帰の問題というのがあります。これはある被験者さんがおいしいと活動している点で脳のAという領域が優位であったすると、そのときになぜおいしいというときの脳活動かわかるのかということ、おいしいかどうかを聞くのです。その聞いた結果を脳活動に回帰させているわけです。そうすると何が起こるかという、脳をはかるよりもおいしいかどうか直接聞いた方がいいじゃないか。こっちの方が確実ですよね。脳活動はあくまでも傍証を与えるだけであるというわけです。なかなか計測というのは難しい。

さて話は戻ってきました。ボトムアップの脳処理の観点から考えますと、本来の秋茄子は消費者に受け入れられるかという、そうではないかもしれません。味の強い茄子というのは通常は好まれません。しかし秋の茄子は秋茄子だという思い込みが、我々にはあ

ります。でも例えば今売っている茄子はスーパーで買っているものはおそらくハウス栽培で晩秋でも夏の環境を提供して作っている茄子だったりするわけです。そうするとえぐみが少なく、みずみずしくてふわふわの食感がおいしい秋茄子だということ、我々はどのように感じているかというと「わーい癖のない秋茄子だ、おいしい」ということを考えていたりするわけです。果たして我々現代人はこのように墮落した雑食性のサルになっていいのかということ。しかし、我々は雑食性のサルではなくて、超雑食性のサルだと考えています。それはどういうことかということ、自然淘汰の競争の中で我々は生きていますが、その中でニッチを獲得するために他の動物が食べないものを我々は積極的に食べています。さらには他のサルが食べないものも食べているわけです。そうすると我々はこんな世界で生きています。「このほろ苦さがたまらんぞ」と。これが本当に秋茄子の好きな人の感覚だと考えています。こういった能力を支える脳活動とは一体何かということなのですが、これはボトムアップの脳処理ではなく、トップダウンが味覚のモジュレーション、脳処理です。簡単な言葉でいうと超真剣な味見。これを人間ができるというのがすごいことだと思います。

このしくみが最近の脳研究でわかってきました。それはどこかということ、このように情報が二次味覚野に来たあと、どうも前頭前野あたりがかかわっているのではないかということです。これはロールズという人、オックスフォード大学の御所なのですが、この人たちが脳科学の有名な方は実験結果をいっぱい貯めているわけですからそれを再解析しましょうと、メタアナリシスということをやって、そこでどこが活動しているかというのを見たりするのですが、その結果前頭前野が一次味覚野、二次味覚野に加えて活動しているのではないかという結果がわかってきました。最近fMRIによる味覚のイメージングが進んできました。fMRIというのは金属がご法度とか、なかなか味覚の研究をするのに適した環境とは言い難いのですが、最近はこの



ような被磁性体の味覚刺激提示装置を持ち込みまして、味覚の研究に涙ぐましい努力をしているわけです。細かいことは言いませんが、脳機能イメージングのゴールドスタンダードではあるということ間違いないで、けっこう最近研究が進んできています。

その中でわが国でもいい研究ができていまして、味の想像をしているときにどこで脳活動が起こっているかを調べた研究なのですが、実は一次味覚野というところがどうも味を想像するだけで活動しているということがわかってきました。2004年ぐらいの段階でこれを見ると、ああすごいなと思ったりするのですが、でも実はよくよく考えてみると味の想像はなかなか難しいです。そうすると味に対して注意を向けている要素もかなりあるのではないかなと思っていたら、最近そういった研究が実際に出てきました。味の無い領域に注意を向けていると、定時の味覚野がやはり活動してくるというような研究が出てまいりました。刺激としては何の味もない、溶液を流しているわけです。そこで味を感じなさいという教示を与えるのです。教示を与えるだけでそのときの脳活動、これはどこかということ、やはり一次味覚野と思われる領域に脳活動が出てくるということが、去年あたりにわかってまいりました。これもトップダウンの脳制御なのですが、その他、苦味の研究なども出てきて、これは細かいことは言

いませんけれども、おなじ濃度の苦味溶液を与えるわけです。ひとつの溶液にはとても苦いというラベルが書いてあります。もう1つには苦いとしか書いてありません。そのときにとても苦いと書いてあれば、同じ濃度の溶液であっても、より不快に感じるわけです。その時の脳活動を測ってみると実はこの差なのですが、とても苦いと書いてある方が一次味覚野の活動が上がっていることがわかってまいりました。

一次味覚野だけではなく二次味覚野の活動のモジュレーションというのも最近出てきています。これはうま味の溶液です。グルタミン酸とイノシン酸。要は味の素なのですが、これを混ぜた溶液を—これに豊かなおいしい風味と書いてありますが—それと野菜のゆで汁と書いたラベルを出して、どのように脳活動が変わるかというのをみた研究なのです。これは二次味覚野のところで脳活動が変わっていた。しかし一次味覚野のあたりはあまり変化はなかった。2倍の濃度の溶液を出したときには、一次味覚野は反応が変わっていったという研究が出てまいりました。

そういった研究からスキームを考えると、こうです。味に対する刺激があったら一次味覚野そして二次味覚野で処理されて食味とかおいしさが生まれてくるのですが、そこに他の感覚からの情報が加わってくる。しかしもうひとつ

の経路は味に対する情報を我々は持っています。そこが前頭前野で処理されて注意をこちらに向けることによって味に対する何かが変わる。果たして何か変わるのか。こういったことをやるのは脳機能イメージングだけではわからないわけです。そのときには候補として考えられるのは、味の強さや好みや、そして馴染みといった要因なのですが、それを心理学的に我々は調べてみました。

味覚判断における現行情報の影響です。211種類の基本味混合液を根性で作りまして、そのうち10種類を選択しました。そうすると、なんかこれ食べたような感じの味というのがたまに出てくるのです。それにラベルを記したわけ。1つには数字ラベルを記したわけ。もう1つは例えばレモンとかコーヒーとかスープとかキャラメルとかそういったラベルを示しました。そしてその溶液の好みがどのくらいか、馴染みがどのくらいか、そして各甘味、塩味、酸味、苦味、旨味のレーティングはどのくらいになっているかというのを調べたわけです。その結果なかなかおもしろいのですが、実は強度に関してはラベルがある、あるいは数字であることに関して差はないのですけれども、好み、馴染みの評定というのはラベルがあることによって実は上がるということがわかってまいりました。そうするとこのような情報によって好みとか馴染みとか、そういったものが影響してしまうのではないかとということがわかってまいりました。

これを秋茄子に当てはめていくと、超雑食性における秋茄子の情報処理の1つの特徴が見えてまいります。これは何かというと微妙な味に注意を向けていて、味覚系の秋茄子シグナル、この場合苦味とか渋みとかそういったものですが、それを感知します。それを記憶された情報とおそらく参照させるわけです。これは例えば秋茄子ラベル。それによって秋茄子に対する好ましさの評定が上がってくる。これが我々の脳で起こっていることではないかと考えております。しかし進化的になぜこのような妙な味を好むかということなのですが、可食範囲を広げるというのが超雑食性のサルの宿命です。そう

いった方向で進化的なバランスがかかわっているのではないかということなのです。

もう1つの可能性というものがあります。それをあらわすのが最近マクラーという人が—最近でもないですね、古くなってきましたね。ブランドの影響ですね—これはペプシかコーラかどっちが好きかということを答えさせるペプシチャレンジを脳科学で、脳機能イメージングでやってみたのですが、ペプシかコーラ、何もラベルがないとどっちが好きか、好みに差はないわけです。しかし、ここでペプシかコーラ。ペプシかコーラのラベルあり。そのように書いてあってもペプシラベルで好みには変化はないわけです。ところがラベルなしのコーク、ラベルありのコーク。これを比べますと、ラベルがある方が好まれるという結果が出ています。この人たちにもう1回ラベルなしのペプシかコークをどちらか比べてもらおうと、実はそんなにコークが好きではないということがわかってまいりました。この過程を脳機能イメージングするわけです。これらからわかったことは、コークの画像を出してコークを飲ませるわけですが、そうではない画像を見せてコークを飲ませたときと比べますと、脳の中で左右の海馬、記憶をつかさどる所、そしてこれは前頭前野、こちらの活動が出てきました。要するに前頭前野が記憶に情報を参照させているということが起こっているわけです。ペプシではどうかというと、まったく脳活動は起こっていなかったというなかなか恐るべき結果が出ています。

これを秋茄子に当てはめると、秋茄子の情報処理過程Bというのが考えられるわけです。これは何かというと秋茄子というアイコンを認識するわけです。シンボルとして秋茄子を認識するわけです。そうすると記憶された秋茄子への情報を参照するわけです。これは秋茄子のラベルに関して、そしてそれによって秋茄子への評価が向上するということです。これはどういうことかということ、秋茄子を与えられて、何だかわからないけどおいしいなと。そのときに「嫁に食わすな」と言うし、

何も意味はわからないのですが、そういうような諺があって秋茄子の信頼性が上がったりするわけです。要するに我々は情報を食べているわけです。

これが悪いかということ、そんなことはありません。進化的にはとても整合性があるわけです。なぜかということ、すべての人間が冒険者ならば人類は滅びます。みんながフグ食っていると怖いわけです。冒険者はフグを食べる。冒険者がフグを食べて、これは食えるぞということになったら、よし我々も続くぞと言ってみんな今フグを食べているわけです。我々は冒険者のフォロワーだったりするわけです。しかしみんなのフォロワーであっても冒険者も必要だ。なかなか世の中うまくできているなと思います。秋茄子というのは情報なのですが、記憶されているか。その計測は可能かということなのですが、そういうものに挑戦しています。例えば秋茄子の周辺にえぐみとか歯ごたえとか小ぶりだなあとか、嫁に食わすなとかビールに合うなとか、煮物だなとか、秋の味覚、いわし雲、とか何とかいろいろな連想が浮かんでくるのですけれども、現状でこれを脳機能イメージングではかるのは難しいのです。けれども、概念の結びつきが脳処理の速度として反応時間にあらわれてくる可能性があります。この可能性を調べようということなのです。その時に意味プライミングという方法を使いました。これは何かというと女性的な食品、例えばケーキとかプリンとか、そういったものというのは何となく女性的ですよね。カツ丼とか牛丼とか、何となく男性的です。それは脳の中で女性の名前なんかと結びついているかもしれないし、女性的な食品は男性の名前の結びつきが低いだらうと実験をしてみたわけです。

それは何かということ、例えばあきこさんという名前が出てきます。このときこの人は男か女かというように質問すると、女と答えます。普通のりおさんは男です。その前に実はプライミング刺激、カツ丼というのを示すわけです。そうすると何が起こるかということ、のりおさんは男ですかという時はけっこう早く答えますが、カツ丼の後に女性名が示された時はちょっと遅くなる

のです。これは本当に実際に起こっておりまして、男性名が一致する時、不一致する時、男性名で、こっちがカツ丼が出た時、こっちがプリンが出た時なのですが、これがだいたい50ミリ秒ぐらい反応時間の差にあらわれることがわかってまいりました。ジェンダーステレオタイプというものが存在して、ある特定の食品というのは脳の中で女性と結びついていたり、そのようなことが最近計れるようになってきました。

もう1つこれ、重要なのですが、秋茄子がまずいのだったらおいしくするという選択があるのではないか。生食で秋茄子を食べたらまずいわけです。調理するとうまくなってくるわけです。これはいったいどういう能力かということ、まだわかっていかなかったりするのですが、生でまずいのだったら料理するのだという方法なのです。我々は単なるサルではなくて料理するサル、Homo Cocuturarisでもあったりするのですが、それを支える脳活動というのはいったい何なのだろうかということなのです。端的には味覚の情報というものを脳の中で処理する能力だと考えています。それを行うためには脳内で味覚の情報というものを符号化、エンコーディング、記録、そういうことをしないとイケないわけです。その過程には実は前頭前野が関わるということが視覚や聴覚や体性感覚の研究でわかってまいりました。しかし嗅覚とか味覚では研究例は全然なかったのです。我々は調べてみたわけです。その時に使うのがfNIRSです。fMRIというのはかなり実験課題に制約があるので、光トポグラフィ（ファンクショナルNIRS＝fNIRS）、これは日常的な環境で実験を行うことができます。しかしこの方法は非常に問題があります。方法の詳細は後で森岡先生がお話してくださいと思いますが、脳機能マッピングというのは脳が機能分化しているという前提に基づいて機能と構造を結びつける学問です。

しかし、実際にはfNIRSというのは、頭の上から脳を測るわけです。そうすると脳のどこを測っているのかわからないという問題がありました。我々はその問題を解決するために、まずは料理

をする前に包丁を研ぐところから始めたわけです。fNIRSを使うときにMRI画像が手に入らない。ではどうするかという人の脳を借りてきて、その中でMRI画像があると仮定してシミュレーションする方法。これバーチャルレジストレーション法というのですけれども、それを確立いたしました、細かいことは全部省きますけれども、光トポグラフィだけでも脳のどこを測っているか、これを標準の座標計というものが存在しまして、そこに計測点を位置づけることを行いました。そうすると解剖学的にどこかということがわかるようになってまいりました。

その結果、味に関する脳活動を計ったりするようになったわけですが、行った実験というのは味覚刺激、基本味からなる混合液、甘味、塩味、酸味、旨味からなる混合溶液。これが微妙なバランスで変化する溶液です。簡単にいうとポカリスウェットとアクエリアスを鼻をつまんだ状態で飲んでみて、その味の差を区別するという感じの実験です。言葉で表現しにくい非常に複雑な味なのですが、日常範囲で味わえるような普通の味です。行った実験では遅延見本見合わせ課題。まずサンプルXを飲んでもらいます。その後サンプルYというものと比べてもらいます。比べますから一生懸命そのサンプルXを味わいます。味わって覚えるわけです。このときの脳活動と単に味を味わっているときの脳活動の差を比べてもらうわけです。このくらいの差があったりするわけですが、それがどんな感じかというのはまず、こちらで見ていただきます。これはアニメーションなのですけれども、まず安静時でこちらへんで味を覚えてもらうところなのですが、そうしますと右脳のこちらに活動が見られてまいります。こ

れは左脳の下前頭回の前あたりにも活動が見られてきます。要するに左右の両側の右脳優位な活動です。これをこういったような解析結果と並べますと、やはり下前頭回から中前頭回まで右側の領域と左前頭前野の前側です。このあたりが活動していることがわかってまいりました。

これはどういうことかということ、視覚とか聴覚とか触覚とか一次の感覚というのは脳のいろいろなところで情報が処理されているのです。味覚もそうですね。しかし、記録とかそういうことになってくると共通の前頭前野が働いてきているというわけです。そうすると感覚情報が違っても意外と汎用器を使っているのではないかということがわかってまいりました。

それはどういうことかと進化的に考えますと、古代人の味覚処理はというと、例えば視覚によって可食かどうか判断して、最後にこっそり味見をして食べられるかどうかいろいろ判断していくわけです。しかし、現代人にとって味覚の情報処理というのは例えば料理の味見、これはどういうものかとか、今日のおかずはどのように作るうかというかなり高度な情報処理をしているわけです。しかし、我々がこんなことを始めるようになったのはせいぜい縄文から後、そのくらいのレベルなのです。

進化的には脳というのは長い歴史を持っています。そうすると我々の脳というのは実はこういったような高度な食味のプランニングとか情報処理ですね、こういったものにはまだ対応していない。そうすると汎用性のある認知情報処理系に情報を変換して、そこでいろいろこねくり回すということが必

要になってくるのではないかと考えています。

その時に1つ問題となることがあるのです。味の記録媒体というものはありません。というのは我々はいろいろな味を食べることが今できるわけですが、一見味の文化というのは繁栄しているように見えます。しかし、記録媒体がないということは非常に脆弱な文化です。文字のない言語は滅びやすいです。そういったように記録媒体がない文化というのは滅びやすいというわけです。そうすると我々は不断的の努力によって味の文化というものを維持することが可能なわけです。その時に一番重要なものは何かというと、味というものは結局情報として、書いた情報などのようにレシピとして人から人に伝えることはできないわけです。あくまでもボトムアップに味を体験することが必須なわけです。

我々は今、スーパーで秋茄子を手に入れることができます。秋茄子を食べられるわけです。秋茄子をもっているわけです。しかし、僕に言わせるとこれは本当の秋茄子ではない。うちで盆の時に剪定してしばらく食べないなと思って、一生懸命育てたえぐみのある秋茄子、これがたぶん本当の味なのです。こういったものが文化として残っているうちにわたくしの脳から誰かの脳にその文化を伝えていかなければならない。これが味に対する食文化を伝える唯一の方法だと思います。

すなわち我々は秋茄子を本当に食べているのか、それとも秋茄子という情報を食べているのか、それが問題だと、問題提起をして終わりたいと思います。以上です。

ありがとうございました。

●話題提供

両手運動の脳内表現

情報通信研究機構 未来ICT研究センター 研究員

荒牧 勇氏

ご紹介ありがとうございました。情報通信研究機構の荒牧と申します。けいはんなのATR脳情報研究所というところで研究をしています。研究内容は両手運動の脳内制御で、主にfMRIを使って両手の運動を脳がどうやって制御しているのかということ調べています。

まず、なぜ私が両手運動に興味をもったのかということをお話させていただきますと、私は大学院の途中で国立身体障害者リハビリテーションセンターというところの流動研究員になったのですが、そこのボスが鏡文字を書ける人だったのです。鏡文字というのは、これはレオナルド・ダ・ヴィンチですね。彼の作品の中には普通では読めない文字が書いてある。その文字というのは鏡に写せば反転して見えるという不思議な文字です。この文字を書ける人が極たまにいます。特に生れつき左利きで右利きに変えた人

というのは極たまにこの能力を持っている。そういう人が私のボスだったわけです。見せてもらいまして、「おお、すごい！」と驚かして。お前も書いてみると言われたけれども、書けない。ちなみに鏡文字というのは右手で普段文字を書いている人が左手で書くのです。左手でさらさらと書いてパッと裏返して透かして見たら、あら不思議。右手で書いたのとほとんど同じ筆跡に見えるという文字なのです。私が書こうとしても、例えばひらがなの「あ」を書こうとしても、ミミズが這ったような文字になってしまう。これは難しいなと思っていたのですが、ある時両手を同時に動かしてみようと思ったのです。すると書けた。これはやってみたらみなさん誰でも書けるのですが、例えば右で「あ」という文字を書くとその鏡像となるように左手を動かすというイメージをしてみてください。すると、ものすごく簡単に左手で鏡文

字が書ける。このことに私は喜びまして、それ以来ずっと両手運動の研究をしているということです。

本題に入りますと、こういう両手運動を脳はどうやって制御しているのか。まずこの研究分野ではよく知られている両手運動の行動学的な特徴というのがあります。左側はさきほど紹介した両手運動で鏡文字を書くような鏡像運動というモードです。これは同じ筋肉を同時に動かすモードです。両手の人差し指をこういうように同時に動かす。これはかなり安定なモードです。もう一つ安定なモードがありまして、右側は同じ筋肉を交互に動かすモードです。アンチフェイズモードといいます。パラレルな動作なので平衡運動とか、正確に言うと違うのですが鏡像運動と違うことを強調するために非鏡像運動などと言ったりします。

2、30年前になりますが、山西先生、ATRの川人先生、鈴木良治先生のグループがバイオロジカルサイバネティクスという雑誌に2つの安定モードがある、ということを発表したのです。その後、これは有名なKelsoの研究なのですが、まず平衡運動からスタートする。動きをどんどん速くしていくと鏡像運動に突然変わるという現象があります。例えば、こういうように速くなってくるとどうしようもなく…。パターンが突然変異してしまうことを両手運動の相転移現象といったります。両手協調運動の脳内基盤を調べる研究というのは基本的にこの安定性の差をベースにしています。ひとことごとく、難しい平衡運動の脳活動から簡単な鏡像運動脳活動を引くと。その時に出てくる脳活動というのが両

手協調運動の神経基盤だと解釈されてきたわけです。

例えばfMRIの中で非鏡像パターンの運動をやる。もう一方で鏡像運動のパターンをやる。それらの引き算をする。そういう研究がたくさんあるのですけれども、どんな研究においてもこういう脳活動がいつも見られます。それが上の方の真ん中の補足運動野という脳部位とこの絵は左右反転しているのですが、右側にある運動前野という脳部位。この部位が、非鏡像運動時で鏡像運動時よりも強く活動することが見られます。これが両手協調運動の脳活動だといわれてきたのです。けれども、脳活動の直接比較というのは実は、比較的相対的な問題なのでこのままではこの差として出ている脳活動が、鏡像運動が簡単だから差が出ているのか、それとも非鏡像運動が難しいから差が出ているのかわからない。だからこの非鏡像運動と鏡像運動の直接の比較だけでこれが両手協調運動の重要な脳部位だというのはちょっと早いわけです。

もうちょっとわかりやすく説明しますと、これがある脳部位の活動の大きさとして、ピンクが非鏡像運動、青が鏡像運動だとすると、たとえば脳活動に差があった時に、非鏡像運動のコストが大きいから差があるのか、鏡像運動のコストが小さいから差があるのかわからないわけです。そこで私は何をしたかということ、左右の片手運動の和との比較というのを考えました。そもそも両手運動というのは見た目だけで言えば、片手運動の和、足し算と同じです。だから両手運動以外に、左手運動と右手運動をやったときの脳活動をそれぞれ計測して、それらを足す。その足し算と両手運動の脳活動を比較して、例えばこのようになった場合は、両手の足し算と非鏡像運動の脳活動が一緒なので、この場合鏡像運動においてコストが下がっている、と言えるわけです。こういう発想をしますと、例えば非鏡像運動と鏡像運動の間に差があるという領域では

1. 非鏡像運動も鏡像運動も両手のそれぞれの片手運動の和よりも活動が高くなる領域
2. 非鏡像運動だけコストが大きくな



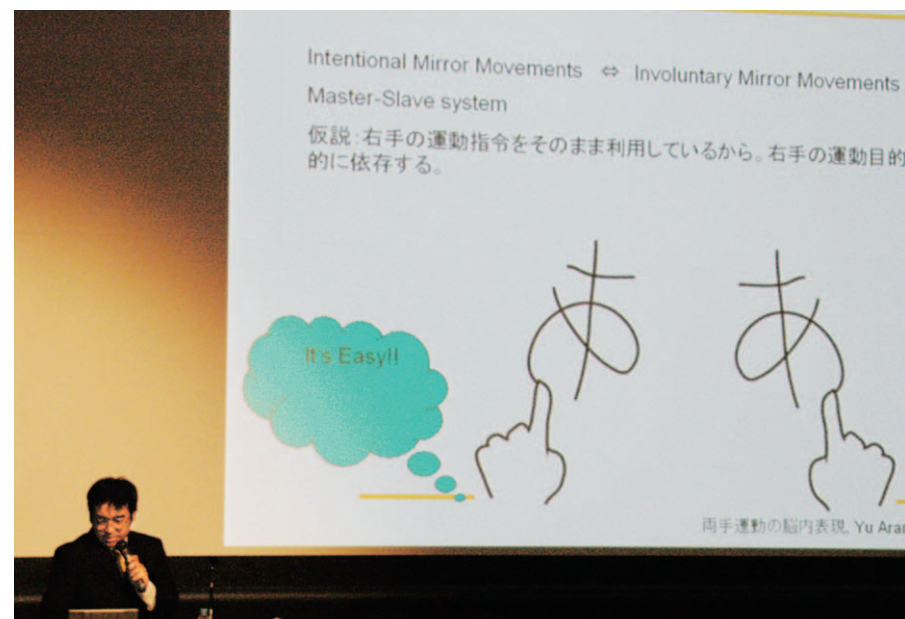
- るという領域
 3. 非鏡像運動ではコストは大きいだけでなく、鏡像運動ではコストが小さいという領域
 4. 鏡像運動でコストが小さくなるという領域
 5. 両手運動なら必ず片手運動の和よりも小さくなるという領域
- というように、5つのどれかのパターンに当てはまるはずで、それを確かめた上で脳部位と機能を評価しようという研究をしました。

実験はfMRIを使いました。3Hzの音がメトロノームでポップポップポツポツとなっているなかでそれに合わせて人差し指と中指を交互にタッピングするというタスクです。それを両手非鏡像パターン、これは右が人差し指でその時は左手は中指を動かすパターンです。それと両手鏡像パターン、これは同じ指同士を同時に動かすパターン。それと右手だけの運動、と左手だけの運動という条件の脳活動を計測しました。被験者は全員右利きです。

まずは従来の研究のように、非鏡像運動と鏡像運動でどこに差があるかというのを見たわけです。そうすると従来の研究と同じような結果が得られました。特に重要なのは補足運動野、この真ん中のところ、右の運動前野。とりあえず過去の研究と同じような結果は確認できました。次にこの非鏡像

運動と鏡像運動で差が出る脳部位の中で左右の片手運動の和と両手運動の脳活動を比較します。そうするとどういう結果になったかということ、さっきの5個のパターンがありましたが、その中で2と4のパターンに分かれました。つまり非鏡像運動においてコストが大きくなるという領域と、鏡像運動の時にコストが小さくなるという領域が見つかりました。こっちは図は非鏡像運動というのが片手の和よりも活動が大きな領域です。非鏡像運動でコストが大きく上がっている。片手同士を足すよりもコストが上がっている。そういう領域は右の運動前野背側です。一方で、鏡像運動がすごく簡単になっているという部位はどこかということ、補足運動野でした。つまり非鏡像運動と鏡像運動の直接比較をしただけではいつもペアになって報告されてきたところなのだけれども、片手運動の脳活動の和と比べてみた時にはその意味は実は違っていた、ということが言いたいことです。

まず右運動前野背側において非鏡像運動で片手の和よりも活動が大きいのはなぜでしょう、というのを考えたのですが、このグラフをみると一番左側が片手の和です。灰色は左手を動かした時の脳活動の量で、濃いグレーが右手を動かした時の脳活動の量と考えてください。これが非鏡像運動の脳活動量で、これが鏡像運動の脳活動量です。





これをみるとこの部位は、右手を片手だけで動かした時には活動しない、ということがわかります。つまりこれは左手を制御する時に活動する領域なのです。だからこの結果は、左手の制御に関係する右運動前野が、両手を非鏡像で動かした時には活動がうんと高くなるということを実はあらわしているのです。

両手非鏡像運動時に非利き手の制御というのは実はすごく重要です。難しいのです。たとえばこのSemjenたちの研究では円を描く、両手で同じ向きに円をぐるぐる描くということをしています。そうすると決まって右利きの人の場合は左手が乱れるという結果になります。この報告とあわせて考えると、非鏡像運動で、片手運動の場合よりも大きいという活動が見られた右運動前野背側の活動というのは非鏡像運動での左手の運動の乱れというのを防止しているのかもしれないと考えました。たぶんここは両手協調運動の遂行にとっても重要な脳部位であるといえると思います。実際に両手運動中の右運動前野背側というのをTMSで干渉したというMeyer-Lindenbergさんの研究があります。TMSというのは頭にコイルをあてて磁気で神経細胞の活動を一時的に刺激、干渉するというテクニックです。被験者はまず非鏡像運動をやっているわけです、だから最初は右手と左手の位相が180度になっている。その時に脳のいろいろな領域をパチンとTMSで刺激するわけです。そうすると領域によっては、刺激した後に、

非鏡像運動が鏡像運動になってしまう。右のグラフは、TMSで刺激した時に鏡像運動に変わってしまう回数をあらわしているのですが、右の運動前野の背側を打ったときだけのものごく非鏡像運動から鏡像運動へひっくりかえる確率が高いのです。こういう結果を考えても右運動前野背側の活動というのは非鏡像運動の継続に重要なのだらうと考えられるわけです。

一方で補足運動野が片手運動の場合よりも小さくなったという理由についてなのですが、これはなぜかと考えますと、基本的に一次運動野の細胞というのは反対側を支配している。すなわち左の一次運動野というのは右手の運動を支配していて、右の1次運動野は左手の運動を支配しているわけです。だけれども、中には両手を一緒に支配しているというニューロンもあるわけです。これはバイマニュアルニューロンというのですが、たとえばこれがCentral sulcusという中心溝だとすると、これはおサルさんの研究で丹治先生の研究室の相沢先生が発表された研究ですけれども、このあたりの一部のニューロンには電気刺激すると、両側の同名筋を興奮させるニューロンがあります。このバイマニュアルニューロンというのをうまく利用しますと、補足運動野の命令もそのバイマニュアルニューロン1つに対してボンと1個命令すればいいだけですから、補足運動野の活動は楽になるのではないかと考えています。

今の研究をまとめますと、両手非鏡

像運動の運動継続にかかわる右運動前野背側の活動というのは左右の片手運動時の脳活動よりも大きかった。たぶんこれというのは、非鏡像運動から鏡像運動へのパターン遷移というのを抑制しているのだらうと思います。一方で、両手鏡像運動の運動継続に関わる補足運動野の活動は左右の片手運動時の脳活動の和よりも少なくてすむ。たぶんこの理由というのは1次運動野のバイマニュアルニューロンというのを利用して両手で制御することによって負荷が軽減しているのだらうと。つまり言いたいことは、脳活動からみると両手同時操作というのは左右片手操作の単純な和ではないわけです。鏡像運動というのは左右のそれぞれの片手運動を足すよりもうんと効率がいいというか、楽なわけです。

次にご紹介するのは、片麻痺リハビリテーションとしての両手訓練に関連する研究です。両手訓練は、卒中で片麻痺が起こった場合に、患側と健側を同時に動かす。そのことによって患側の動作を回復しようというトレーニングです。いくつか最近では論文が出ていますが、効果があるという論文だったり、効果がないという論文だったりいろいろあります。このトレーニングを考える時に、まず考えなければいけないことは、両手トレーニングによって患側の片手運動を回復できるかどうかということだと思います。患側と健側を同時に動かして患側が動いたとして、その後に患側だけで片手運動ができるようになるかということを考えなければいけないわけです。ようするに一見動作が回復したようにみえても鏡像運動しかできないのでは意味がないという話です。この問題を考える時に最近の神経科学でいい研究が出ています。参考にさせていただけたらいいなと思っています。

これは東京大学の野崎先生がやった行動実験の研究なのですが、両腕のトレーニングで学習した内容が片腕の運動制御に転用できるかどうかというのを調べた実験です。基本的にやることは装置に腕を固定してまっすぐ腕を伸ばすわけです。そのときに機械によってまっすぐに伸びないように外乱を与

える。外力を加えて人がまっすぐに伸ばそうとすると、曲がるように細工するわけです。最初は思ったようにまっすぐ動かせませんが、それを何回も繰り返すとやがてまっすぐに腕が伸びるようになるわけです。そういう実験パラダイムを使って、彼が何をやったかという…。まず片一方だけに外乱をかけて両腕を同時に動かすわけです。両腕を同時に動かすのだけれども、片一方だけに外乱をかける。すると外乱がかかったほうの腕は、はじめのうちはまっすぐ伸ばせないけれども、何度も繰り返すと外乱がかかった状態でまっすぐ伸ばせるようになる。そうして学習させた後に今度は外乱がかかっている片腕だけを伸ばす。そうするとちゃんと学習したはずなのにまたちょっと曲がってしまうという驚きの結果がでたそうです。すなわち両腕同時という文脈で覚えた片方の腕の学習効果が片腕だけの運動では少し消えてしまう、という報告をされました。その結果からこれは見にくいというか、勘違いされやすい図なのですが、ある片方の腕の運動を学習する神経システムにおいて片腕単独運動時の領域と両腕同時運動時の領域が分かれていると彼は考えたわけです。例えば右腕の運動を学習する神経基盤だとすると、片腕を動かした時の右腕の運動学習に関わる神経基盤と、両腕を動かした時の右腕の運動学習に関わる神経基盤があると考えられるわけです。そしてそれらは一部分が共通しているというモデルを考えたわけです。そのあとにいくつかのエlegantな実験をしてこのモデルの正当性を保証しているのですが、この研究から言えるのは両腕同時で獲得した右腕の動作というのは片腕単独運動での右腕制御に応用できるわけではないということです。

これは運動学習という窓を通してある片方の腕の運動学習を、片腕だけで動かす、両腕を動かすという文脈での違いというのをみた研究ですけれども、私もfMRIを使って片手運動時の左手制御、左手を片手で動かすときと両手を動かすときの左手の制御が同じかどうかを調べてみました。タスクは最初

の研究と同じでして、人差し指と中指の交互のタッピングです。これを左片手運動という条件と、両手鏡像運動、つまり両手の同じ指同士を同時に動かすという条件でやります。その時の脳活動の引き算をすると、こんな感じになります。これは左手を片手で動かしたときの方が両手を鏡像で動かしたときの脳活動よりも活動が高い、逆に言うと両手を鏡像で動かしたときに左片手運動よりも活動が低くてすむ分野はどこかという引き算の結果です。重要なのは右の一次運動野です。右一次運動野というのは本来反対側の左手の制御をしている脳部位です。そこの活動が両手を鏡像で動かすときは低くてすむという結果が得られました。もちろんタッピングのばらつきというのも同時にはかかっていまして、左を片手だけで動かすときと、左を両手同時に動かすときの左手のタッピングのばらつきは一緒。つまり片手で動かそうが両手で動かそうが、左手の動作そのものは同じだということを確認した上で脳活動を比較しています。もう一度言いますと、左手の運動自体は同じでも本来左手を制御するはずの右一次運動野活動は両手を同時に動かす時は左手だけで動かすときよりも少なくてすんでいる、という結果です。これはタッピングだけではなく、他のタスクでも確かめてみました。圧力センサーを親指と人差し指でぎゅっと握るというタスクなのですが、そのタスクをやったときでも左手で最大発揮力の30%の力を出すという条件と、両手を同時に最大発揮力の30%の力を出すという条件を比較した場合に、両手同時に30%の力を出したときの方が、左手だけで30%の力を出した時よりも、右の一次運動野の活動が小さくてすむわけです。これも左手の運動自体は同じでも本来左手を制御するはずの認知運動の活動は両手時の方が低くてすむということを示しています。

ここで考えることは、結局両手条件でも片手条件でも左手で30%の力を出さなければいけないわけです。それなのに本来左手を支配する右一次運動野の活動というのは低い。それをどこで

補てんしているのでしょうかということだと思います。不足分をどこで補てんしているか。その時に考えられるのは先ほども見せました、両側を支配しているニューロンの存在です。反対側と同側の両方を支配しているニューロンが存在すれば、この損失を補てんできることが考えられます。これはモデルで考えたのですけれども、今見てほしいのはこの中の左手のモデルです。左手で30%の力を出す時に、ここを一次運動野と考えると右一次運動野からこれくらいの○の大きさが脊髄に入力されることが必要だと考えます。当然両手鏡像運動でもこの○と同じぐらいの大きさの脊髄への入力が必要になるわけです。それをどうやって補てんしているかということ、私の実験結果で示しているのは、右の一次運動野の活動は落ちる。即ちここからの入力小さくなる。その分をどこで補てんしているのかと考えると、やはり両手のバイマニュアルニューロンというのが存在していて、左一次運動野から同側の脊髄にも少しだけ入力がされるのではないかと考えます。その結果、この小さな○と中くらいの○の入力の組み合わせというのが大きなおと同じぐらいになることによって左手の運動が発現されるのではないかと考えています。

まとめますと、最近両手トレーニングが卒中リハのトレーニングにさかんに取り入れられてきていると思うのですが、特に左手の操作に関しては片手運動時と両手運動時の制御機構は一次運動野レベルで異なるということが最近の研究から示されています。だから左手を同じように動かすといっても、片手の時と両手の時ではちょっと具合が違っていると、そういうことを理解した上で、両手運動の特徴を踏まえて効果的なりハビリテーショントレーニングを開発して欲しいなと思います。以上で終わりです。最後に、今日ご紹介させていただいた研究の共同研究者は生理学研究所の定藤規弘先生と東京大学教育学研究科の野崎大地先生とATRの大須理英子先生です。

どうもありがとうございました。

●話題提供

脳イメージング手法を用いた神経リハビリテーション効果の検証

畿央大学大学院健康科学研究科 教授

森岡 周氏

私はヒトの運動制御に関する研究や脳損傷後の運動機能障害や高次脳機能障害を認知神経科学の視点からどのようにリハビリテーション介入するかについて、基礎と臨床の両方から研究している者です。今日は今から30分程度かけまして、リハビリテーションの分野から脳機能イメージング研究をどのように応用して行くかについて、先行研究を用いてあるいは我々の研究室で取り組んでいる研究を交えて話題提供して行きたいと考えています。

さっそくですが、今日与えられたテーマは神経リハビリテーションです。これは聞きなれない言葉とされますが、ニューロサイエンスとリハビリテーションを掛け合わせたニューロリハビリテーションという造語を日本語訳したものです。21世紀の言葉です。

30年ほど前は、損傷脳後の神経可塑

性に関する研究としては、動物実験手法を用いたものがほとんどでしたが、最近では、ヒトの脳を可視化できる脳機能イメージング研究の開発、普及に伴い、ヒトを対象にした研究成果が増えてきました。神経リハビリテーションとは、この研究成果と連携しながら、リハビリテーションの効果を検証しようとする試み、あるいは効果検証された介入を用いるといったことを意味しています。その実際のリハビリテーションの手段としては理学療法、作業療法、言語聴覚療法となります。

それら各種治療法は、神経機能回復に基づき、実際の日常生活における運動機能回復や、それに基づく行為の学習を目的とし、脳損傷後の対象者の生活の質を向上させていくという視点に基づいた概念をもちます。以前は、ヒトの脳が可視化できなかったために、

各種治療法によって対象者の脳がどのように変化しているのかが不明であり、損傷後の可塑的变化がリハビリテーションの効果に基づくものかは不明でした。しかしながら、SPECT、PET、fMRI、MEG、fNIRSなどの脳機能イメージング装置の開発、普及によって、実際の脳損傷者の脳で検証することが可能にな

りました。また、理学療法などで実践されている運動課題が適切に脳を賦活させているのかについても調べることが可能になり、効果をもたらす運動課題とは何かについても検討することが可能になりました。

さて、まずは脳損傷後に脳がどのように機能回復するかについて述べます。脳損傷後の神経機能の回復は局所性変化と脳神経系の再組織化に分けられます。局所性変化とは脳浮腫、ペナンプラ、ディアスキシスの改善のことです。一方、脳神経系の再組織化は神経伝達物質の変化、潜在ニューロンの顕在化や代償性経路の開発、シナプス可塑性に基づく神経ネットワークの再編成のことです。先に述べた局所性変化よりも脳神経系の再組織化の方がリハビリテーションの影響をより受けると考えられており、その再組織化は数週間から、場合によっては数年間に渡って継続すると考えられています。この神経ネットワークの再組織化には対象者がおかれている環境、あるいはリハビリテーションを担当するセラピストの技量や知識などにも大きく反映される可能性があります。

一言に運動といってもそれに関わる脳領域は多岐にわたります。図1のカラーリングされた領域が運動に直接関わる場所ですが、行為とか日常生活全般について考えてみると、視覚野は関係していないのかといえそうでもないですし、側頭葉における記憶は関係していないのかというそうではないわけで、脳全体における神経ネットワークを用いながら運動を組織化していることが考えられています。いずれにしても、運動に関係する領域をどのようにして効果的に賦活させ、その賦

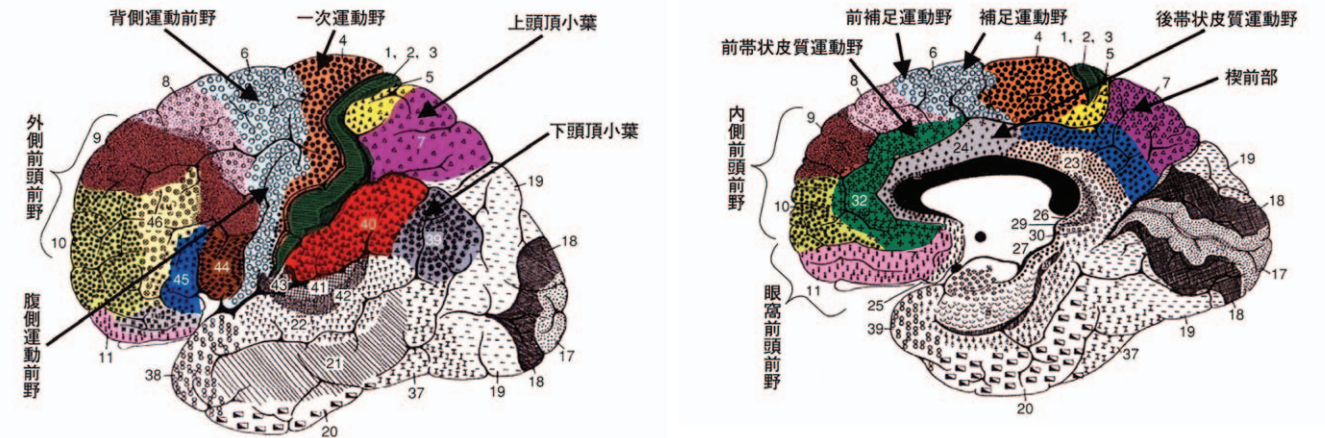


図1 ブロードマンの脳領域。カラーリングされた領域が運動実行時に特に関わる領域

活に基づいて運動機能を回復させるかという視点が、我々リハビリテーション領域に携わる者に求められる課題となるわけです。

図2は脳損傷者の手指の対立運動が回復してきたときの脳活動を示したものです。上図は健常者の左手指運動時の脳活動ですが、その際、反対側である右側の感覚運動野が活動しています。一方、下図は脳梗塞後に麻痺側の手指機能が回復し、その手指運動時の活動を示したものです。この画像をみると両側に活動しているのがわかります。また、後方の頭頂葉が活動していることも確認できます。この後、手の把握運動が可能になった脳梗塞患者のfMRI画像や中大脳動脈梗塞といった広範囲に

損傷した脳画像においても、運動機能回復に伴い、損傷脳に可塑的变化がみられることが明らかにされました。このように現在では、脳損傷後において、機能再編成が起こることが周知になっています。その特徴的な脳活動としては両側に賦活が認められるということです。

一方、図3は縦断的な研究の一つですが、脳損傷後10日では両側半球に活動が認められていますが、時間経過とともに両側にみられていた活動が健常者と同じ側、すなわち身体運動の反対側に移行することが認められています。図の赤色の活動部位が脳損傷者の方で、青はコントロールですが、場所こそ違っても発症後4ヵ月では健

常者と同じような活動に収束されることが明らかになり、機能回復モデルとして注目されています。これらの成果は、非常に重要なものでして、学習初期には広範囲に脳が賦活するが、学習が進行するにつれて活動領域が収束され、活動しなくなった領域は、新たな、そして高度な学習ストラテジーに用いられるのではないかと学習モデルとして注目されています。他の研究においても脳損傷後の身体機能回復に伴い、運動関連領域、前頭前野、基底核、視床、小脳などの活動が徐々に減少するといった報告もあるように、脳活動はダイナミックに変化していくことがわかります。一方、その減少した領域は初期の学習時には必要な場所とも言

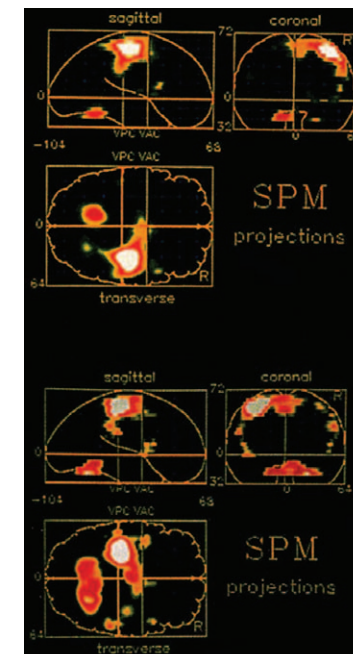


図2 脳梗塞後、完全回復した麻痺側手指の対立運動時のPET画像
Weiller C, et al. Individual patterns of functional reorganization in the human cerebral cortex after capsular infarction. Ann Neurol 33:181-189, 1993より改変。
上図は健常者の左手指対立運動時、右の一次運動野、一次感覚野、左の小脳に賦活がみられる。下図は脳損傷後に回復した右手指対立運動時、両側の一次運動野、一次感覚野、頭頂連合野、小脳に賦活がみられる。

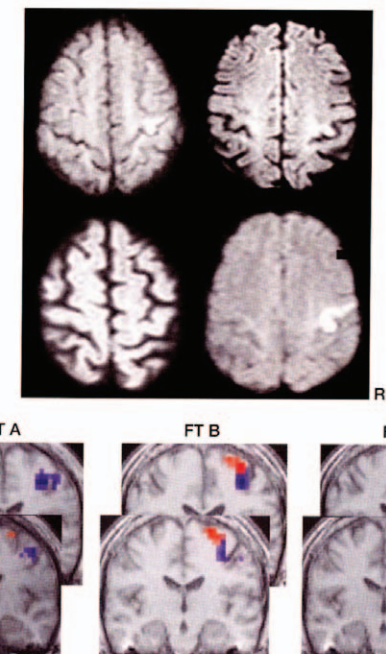


図3 一次運動野内に限局的な梗塞像をもつ4例(上)の麻痺側の手指タッピング(FT)時の脳賦活部位(下)
Jaillard A, et al. Vicarious function within the human primary motor cortex? A longitudinal fMRI stroke study. Brain 128: 1122-1138, 2005より引用
FTA: 発症後10日, FTB: 発症後4ヵ月, FTC: 発症後2年。赤が患者、青が対照の左手指タッピング時の有意な活動。患者ではFTAで両側性の活動がみられるが、FTB、FTCで対側性の活動が中心になり背側運動前野および一次運動野の背側部分が活動している。

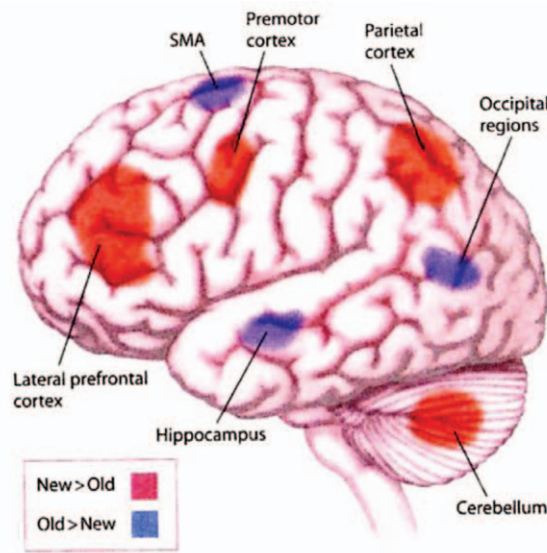


図4 運動学習にかかわる脳領域
Gazzaniga MS, et al: Development and plasticity. Cognitive neuroscience: The biology of the mind, 2nd ed. W.W.Norton & Company, New York, 2002より引用
New: 運動学習初期, Old: 運動学習後期, Lateral prefrontal cortex: 前頭前野背外側部, Premotor cortex: 運動前野, SMA: 補足運動野, Parietal cortex: 頭頂連合野, Occipital regions: 後頭連合野(角回, 縁上回), Hippocampus: 海馬, Cerebellum: 小脳

え、運動を習得する上で重要な領域と考えることもできます。これらの研究をまとめると、非交差性、つまり同側の半球が動く、あるいは活動中心の変位により、遮蔽回路の開発や神経ネットワークの再編成がみられることが考えられます。リハビリテーションという環境の提示によって、神経ネットワークをどのように再編成していくか、そして、運動に関与する領域をいかに効率的に賦活させるかが、今後の神経リハビリテーションの課題になると考えられます。

最近では脳損傷後の歩行機能回復における脳の活動動態も明らかになってきました。例えば、歩行機能の改善にともなって感覚運動野が両側に活動することが明らかになったり、一次感覚野や一次運動野に梗塞像があると、隣接する運動前野がそれを機能代行することが明らかになったり、また、歩行機能回復の進行に伴い、大脳皮質の活動が徐々に減少し、本来、歩行をコントロールしている大脳よりも下位の中枢神経系(中脳や小脳)にその動きが移行するといった神経科学的仮説も提示されています。このように、上肢の機能回復のみならず下肢運動である歩行機能の回復においても脳活動がダイナミックに変化することが明らかになってきました。

ただし、一つ問題になっているのは半球間競合の問題です。麻痺側の運動

は損傷半球の不均衡な半球間抑制に強く影響されます。両側性の活動が巧緻的な運動機能や言語機能回復には適していないのではないかと指摘した研究成果もあります。例えば、最近では慢性期で重度な運動障害を有する症例の非損傷半球の一次運動野の興奮性を低下させることで、麻痺側の運動機能が有意に向上することが明らかにされています。このあたりは今後の研究成果が待たれるところです。

いずれにしても、脳損傷後に可塑的に、そして活動部位がダイナミックに変化するということがわかり、その神経機能回復と運動機能回復には密接なかわりがあることが示唆されています。とりたてて、運動機能回復時の脳

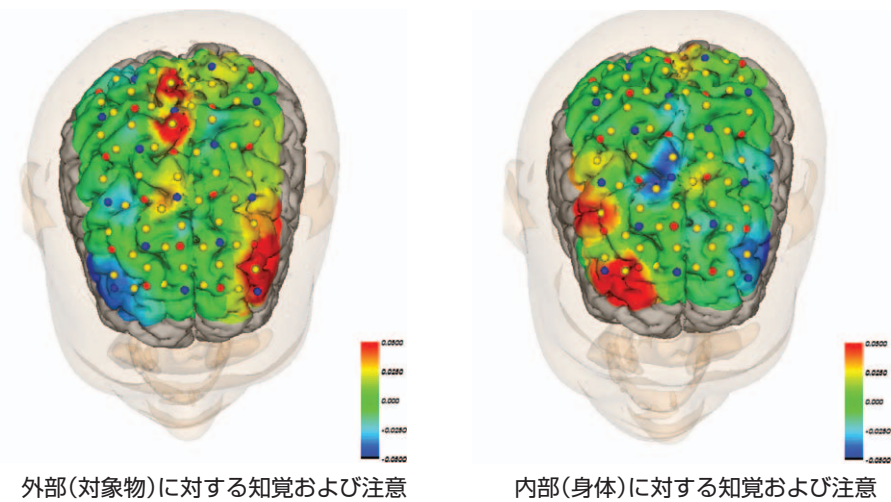


図5 知覚課題時における注意の相違による脳活動の違い

活動は、健常者が複雑な運動を学習する際に働く領域と類似しています。例えば、図4は健常者が運動学習する際に働く脳領域ですが、前頭前野背外側部、運動前野、補足運動野、頭頂葉、後頭連合野、小脳、海馬などです。このように運動学習に関わる領域は多岐にわたっており、これらの領域が神経ネットワークを再編成することがリハビリテーションの効果の鍵になると考えられます。

運動学習は脳のグローバルな協調機構によって生まれます。中でも、小脳、大脳基底核、そして大脳皮質が連携しあうことで学習が創発することがロボット神経科学や計算神経科学の手法で確認されています。したがって、それらが機能局所的に独立しているわけではなく、関係しあひながら学習を生み出していることが考えられます。小脳においては、予測と感覚結果の誤差を教えるという誤差調整機構を作動させます。このように小脳は誤差を大脳に教えるということから、小脳を利用した学習モデルは教師あり学習と呼ばれています。つまり感覚情報の差異をとらえるといった大変意図のある運動学習機構です。一方、大脳基底核を中心に強化学習が行われていることも確認されています。報酬に基づき中脳ドーパミン細胞が活性化されることによって、ある関心を持つ運動が強化されていくというモデルです。最近では、外部からの報酬といった動機づけではなく、自分が期待する身体感覚を得ることによって、内部的に報酬信号が増強

することが明らかにされています。もう一つが、大脳皮質における運動学習モデルです。大脳皮質では過去の経験、すなわち記憶を使って学習していきます。自らの経験に基づいて、事象を整理する神経メカニズムです。このような自己学習モデルから教師なし学習とも呼ばれています。問題を自らで解決していくモデルとして教師なし学習は注目されており、難解な言葉を用いると自己組織化とも呼ばれています。

通常、一次運動野から運動指令が出ることによって、運動が発現されるわけですが、そのような遠心性の出力情報のコピーが二次的な運動関連領域である運動前野、補足運動野、小脳に送られることが明らかになっています。このコピー情報と身体運動に伴う求心性感覚情報が比較照合されることによって、脳内部で作られる予測制御機構を修正することで運動学習が生まれることが示唆されています。この繰り返しによって、その経験が身体図式として頭頂葉に格納されるといった神経科学的仮説も報告されています。我々の研究グループでは、この比較照合モデルに基づき知覚運動学習課題を考案し、その課題の効果に基づき、立位姿勢バランスの安定化が促進されることを高齢者や脳損傷者を対象に無作為化比較試験を用いて明らかにしてきました。この知覚運動学習課題の最中の脳活動においては、前頭前野や運動前野の賦活を脳機能イメージング研究で明らかにしています。したがって、運動学習に関わる領域を知覚運動学習課題

によって効果的に賦活させることが、運動や姿勢バランスの制御に大きく関与することが考えられます。

一方、我々の研究室では、そうした知覚において、外部情報である環境を知覚する場合と、その外部と接触する身体を知覚する場合において、左右半球の活動に側性化があるのではないかと神経科学的仮説をもとに脳機能イメージング手法を用いて検証しています。図5は対象物の長さを知覚する場合と対象物に接触した手指の伸張を知覚する場合の脳活動の違いを示したものです。物理的には同じ手指の運動をしているにも関わらず、対象物の空間的な距離、すなわち外部を知覚しようと注意を向けた場合には、主に左半球が動くのに対して、対象物に接触する手指の伸張、すなわち内部を知覚しようと注意を向けた場合は主に右半球が動くというものです。

これは、脳研究で最も難しい問題として取り上げられている人間の意識の問題に触れるために、このその根拠を明確化できませんが、子どもの脳の発達で右半球から起こり、自己の身体を知覚することで運動を発達させることも報告されていることから、運動学習において自己の身体知覚を再獲得させることが、まずは先決ではないかというリハビリテーションの根幹にかかわる問題を現在考えているところです。また、古くから右半球損傷においては自己の身体が認識できないといった身体失認を呈することが明らかにされ、一方、左半球損傷では外界における対象

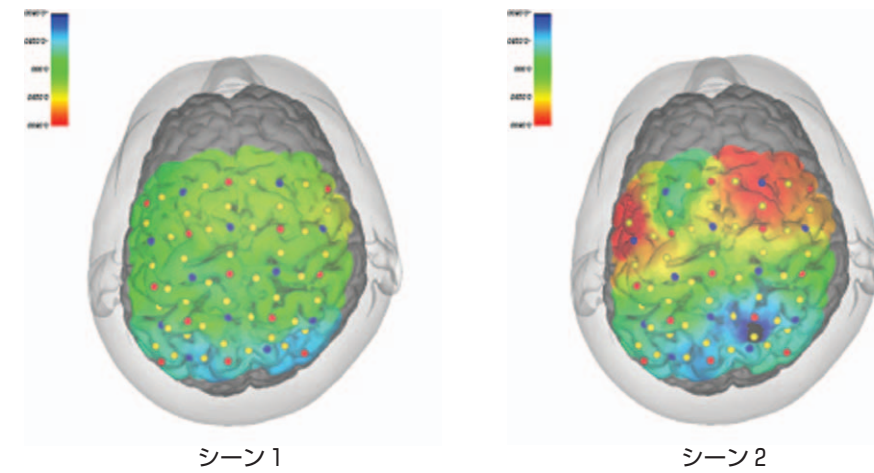


図6 言語指示の違いによる運動イメージ時の脳活動の相違
シーン1 歩くイメージ シーン2 踵が砂浜に接触しながら歩くイメージ

物を操作できない失行症という高次脳機能障害が明らかにされているように、そうした半球の機能的特性の問題を、今回の研究結果はクリアしていくための一つの仮説となりうるのではないかと注目しています。これらが明らかになることで、右半球損傷と左半球損傷に対するリハビリテーションをさらに細分化して用いることが必要でないかと考えており、これらの治療仮説を研究グループのメンバーが検証しているところです。

さらに、我々のグループで現在すすめている研究としては、運動イメージに関する内容です。臨床研究では、脳損傷後に運動イメージ想起治療を取り入れることで、運動機能回復に効果がみられた報告が多数あります。1980年を境に運動イメージに関する研究が増えました。その先駆的なものが、スウェーデンのカロリンスカ研究所のローランドらによるものです。彼らは運動イメージ時の脳活動と実際の運動実行時の脳活動が類似していることを明らかにしました。現在では、そのほとんどの研究で特に高次運動野と呼ばれる領域の活動が認められていることから、運動イメージは運動のリハーサルを脳内でシミュレーションしているのではないかと考えられています。この心的プロセスが運動機能回復に関与しているという神経科学的仮説の検証作業が現在もなお続いています。

しかしながら、脳損傷者の運動イメージが健常者とは違うという報告もあり、イメージを鮮明化させる手段の検討を行う必要が同時にあります。図6ではシーン1が単に歩いているのをイメージしてくださいと言語指示したときの脳活動ですが、運動関連領域の活動は見られません。一方、シーン2は砂浜に踵が接触することを意識しながら歩くイメージを対象者に要求した場合、運動関連領域の活動の増加が認められています。このように現在、我々の研究室では運動イメージをより鮮明化させる言語指示に関する研究をしています。こうした運動イメージが先に述べました運動指令のコピー情報を顕在化させる手段となり、その効果が臨床における片麻痺治療に用いることができるかという視点で、さらなる研究

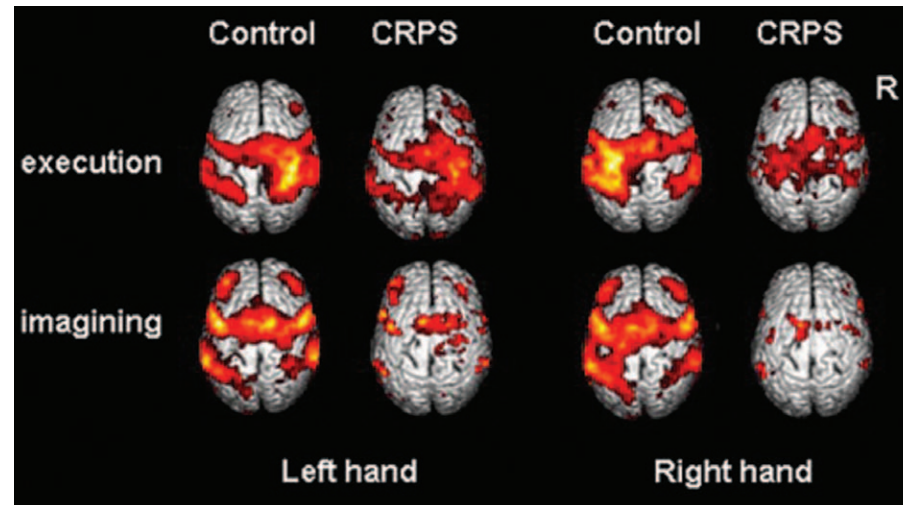


図7 CRPS type I の運動実行時と運動イメージ時の脳内活動の違い
Gieteling EW, et al. Cerebral activation during motor imagery in complex regional pain syndrome type 1 with dystonia. Pain 134:302-309, 2008より引用
Control: 対照者, CRPS: Complex Regional Pain Syndromeの症例, execution: 運動実行, imaging: 運動イメージ, Left hand: 左手運動, Right hand: 右手運動

を進めているところです。

さて最近では慢性痛を有した者の脳活動についても研究が進行しています。図7は学術雑誌Painに最近掲載された報告です。反射性交感神経性ジストロフィーであるComplex Regional Pain Syndrome、略称CRPSのタイプIの患者と健常者の脳活動の違いを示したのですが、健常者では右手、左手ともに運動を実行しているときの活動と、その運動をイメージしているときの活動は類似しています。一方、慢性痛を有したCRPS患者では、運動実行時にはそれ相応の活動みられますが、運動イメージ時の活動はほとんどみられません。現在ではこのような不整合な神経活動が痛みをつくりだしているのではないかと仮説も提唱されています。運動イメージ時に脳活動がみられないことは、期待される運動感覚を生成できない可能性があります。現在では、運動イメージ課題を臨床導入することで痛みの緩和がみられたといういくつかの研究報告があります。

その運動イメージ介入の一つが、メンタルローテーション課題といわれるもので、実際にパソコンの画面上に手が出現し、その手が右手であるか左手であるかということを瞬時に回答させるというものです。おおよそいくつかの研究で正答率が90%以上ですが、運動学的にありえない角度の画像を観察した際には、判断するまでの時間が多

くかかることから、メンタルローテーションの際には、自己の身体におきかえて判断している可能性が高いといわれています。したがって、自己の身体に基づく一人称的な運動イメージが生成されている可能性が示唆されています。最近、他学との共同研究にて運動器の損傷により痛みが出現した整形外科の疾患のリハビリテーション対象者にメンタルローテーション課題を導入した結果、痛みの軽減、そして関節可動域の改善など機能向上が認められることを明らかにしました。また、このメンタルローテーション時において本当に運動イメージに関与する脳賦活が得られているかを先行研究あるいは我々の研究によって確認したところ、頭頂連合野や運動前野などの運動プロ

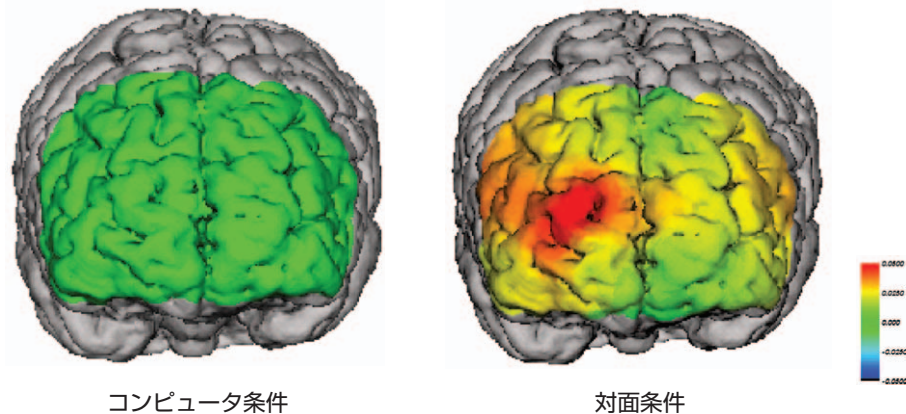


図8 トランプゲーム中の脳活動
Morioka S, et al. Increased activation of prefrontal cortex in playing cards by the presence of others. Bulletin of Kio University 7: 7-12, 2008

グラム形成に関与する領域の賦活が明らかになり、運動イメージが想起されている根拠を明らかにしました。

このように我々はリハビリテーション対象者の運動機能を回復させるために必要な脳活動に関する研究を行っているわけですが、単にどこが活性化したというだけでは、その活動が機能回復に本当につながっているかは明確化できなのが現状です。特に神経ネットワークの視点においては、脳機能イメージング研究だけでなく、電気生理学的な手法を用いて脳活動の時間解析を試みることも今後は必要でしょう。

リハビリテーションの対象は人間です。リハビリテーションは人間復権を意にしています。人間が人間を治療、そして育てていくわけです。すなわち、それは生物学的なヒトを超えた社会的な人間に対する教育プログラムともいえます。脳の研究が進む前までは、リハビリテーション、特に理学療法は単に物理的刺激を与えて生体の反応の変化をみることに終始していましたが、現在、この考えは行動主義科学の終焉とともに歴史として語られるようになりました。脳は刺激に対して受け身的に反応しているのではなく、それを主体的に情報化していることで意味を持ちます。この情報化のプロセスによって脳が可塑的変化することが明らかにされているように、対象者が主体的にリハビリテーションに参画することが求められます。もちろん、それにはセラピストと双方向性な関係を構築することが大事です。この双方向性なリハビリテーションを私はロマンティック

リハビリテーションと名付けています。

図8はトランプゲームをしているときの脳活動ですが、コンピュータを相手にトランプゲームをしている際には前頭前野の活動はほとんど見られないのに対して、人間が対面する場合は前頭前野の活動が増えているのがわかります。これは、人間にみられる「心の理論」を用いて、対面する人間の感情を読み取りながら、心的シミュレーションしている証拠ともいえます。さらに、相手の感情を読み取るときに働く内側前頭前野のみの活動でなく、作業記憶を司る外側前頭前野の活動も増加していることから、こうした活動が学習に効果的に作用していることが考えられます。

教育学者のクールはビデオ教材を媒

体として言語学習を行った新生児群においては、それを介入しない群と全く学習効果に違いが認められないが、ビデオに出演していた人間が新生児に対面してビデオと同じように教育をすると言語学習が進むことを報告しています。こうした研究成果は、双方向性にかかわることの意味を示しています。取り立てて、双方向性の意味は、共同注意ということになります。単に一方向な刺激では脳が学習しないように、行動にも大きな影響を与えます。リハビリテーション対象者と対話を築くことが、神経機能回復を促す効果的な方法なのかもしれません。こうした効果の検証を単に量的研究だけでなく、質的研究を用いて示していくことも今後必要であると考えています。

最後になりましたが、安心とは「freedom from care」とか「peace of mind」の意味を持ちます。リハビリテーション対象者の安心な生活を築くことが、リハビリテーションに携わるセラピストには求められます。安心とは「safety」とは意味が違います。「care」から自由度を解放していくことが、真の幸福につながるのではないかとこの視点に基づいて、ソフトサイエンスとしての社会神経科学の研究が今後ますます発展していくことでしょう。我々の研究グループにおいても対象者の心の問題にかかわる内容について、今後踏み込んでいかなければいけないと考えています。

どうもご清聴ありがとうございました。

まとめ



畿央大学大学院健康科学研究科 教授

山本 隆氏

3人の先生方の話題提供に関しまして、まとめをさせていただきます

と思います。

柿木先生のお話も含めての結論でございますけれども、1つは脳は「ダイナミック」であるということだと思います。1つの感覚刺激を受けても1つの運動をするにしても、単に脳のある1つのポイントだけが活動する、働くのではなく、いくつかの領域が相互に協調しつつ統合されて活動するということがあります。それからもう1つは

「積極性」ということで、脳の働きには積極性が大切だということです。荒牧先生の両手の運動とか、ただ今の森岡先生のリハビリテーションに関するお話は、脳からの筋肉、脳からの行動に対する積極的な動きかけでございますけれども、外界からの刺激を感じる私どもの感覚機能におきましてもボトムアップの受動的な感覚ではなくトップダウンの積極性が大切である。これは本日、壇先生が示されましたように、我々が食べ物を味わうときにも積極的に味わうという方がどれだけ人生を豊かにしてくれるかわからないということでもあります。

最後のキーワードとして取り上げたいのは「可塑性」という言葉であります。この言葉自身は少しとっつきにくい言葉で、イメージしにくいかもしれませんが、簡単に言えば脳細胞というのは決して定められた、あるいは、固定された働きをするのではなく、経験や学習によってその働き方が変化し、その変化した状態が保たれる、長く保持されるということでもあります。もちろん変化の方向というのは、好ましい方向に保たれることが必要とは言ってもないことでもあります。

したがいまして、我々は積極的に前向きな気持ちで、いろいろな行動をし、いろいろな経験を積み、学習すれば脳は予想もしない力を発揮できるのだということが本シンポジウムでの話題提供の結論のような気がいたします。

3名の先生方、どうもありがとうございました。

● 書評

理学療法MOOK 16

脳科学と理学療法

三輪書店 2009年3月発行

若手理学療法士や理学療法を学ぶ学生、大学院生を対象に脳科学に関する最新の知見を紹介する図書が出版された。本学の森岡 周教授らが編集の中心となり、冷水 誠助教、高取克彦准教授、松尾 篤准教授、前岡 浩助教、瓜谷大 助教、信迫悟志理学療法士（本学大学院博士課程在学）らが執筆に当たっている。

その内容を見ると、第1章の歴史的考察に続き、第2章基礎編では「脳科学の進歩」と題して学習と記憶、脳の

可塑性、神経回路の再編成、感覚と運動機能の基礎、歩行制御などについて適切な図を多数用いて解説している。第2章が本書全体の約半分を占めることから、この部分の解説に力を入れて編集されていることが明らかである。内容も最近の文献にまで言及しており、初学者にとって現在の新しい知見を学ぶには貴重な教材となろう。

第3章の研究編は、分量はそれほど多くないものの、ここではfNIRS、fMRI、PET、MEG、TESなどの最新の研究技術が紹介されている。このような侵襲度の低い装置で脳の活動状況を可視化できるようになったお蔭で、人の脳活動にアプローチすることが可能となった。第3章ではそれぞれの原理を易しく解説した後、それぞれの長所、技術限界などを解説している。個々の技術は万能ではなく、課題によって使い分けていくことが求められる。

第4章は臨床編で、片麻痺、運動学習、失語症、失行症、半側空間無視、パーキンソン病、疼痛など個々の疾患、

症状を取り上げ脳科学の知見を臨床にどのように応用していくかを述べている。第4章にも本書の約半分のページが割かれており、力の蓄った記述が印象的である。

このように本書は理学療法を学ぶ学生や大学院生には貴重で手ごろな書物ではあるが、脳科学という複雑で巨大な領域を学ぶものにとっては本書だけで十分とはいえない。山登りに例えていえば、本書の扱っている内容は5合目から7合目あたりのレベルである。5合目へ取り付く前に、より基礎的な神経科学や神経系の全体像を知っておくことが求められよう。それには神経生理学の教科書や他の入門書をマスターして基礎を固めておく必要がある。そこを1合目、2合目あたりとすれば、3、4合目付近はこの本の編者でもある森岡 周教授の「リハビリテーションのための脳・神経科学入門」あたりで学ぶのが良いかもしれない。そして7合目以上はより専門的な出版物や、多くの神経科学領域の原著論文にあたり、自らが研究を行って頂上を目指すことが求められる。

健康科学研究科・研究科長 金子草道



企業会員募集のご案内

(研究会・交流会への招待会員)

健康科学研究所では、産・官・民の積極的・実質的な参加により運営・活動の面での充実を図るとともに地域貢献につながる成果を大いに出すべく、本年から新たな企画への取り組みをスタートしたいと考えています。このため、本学から外へ向けての情報発信の充実に努めるとともに外部から本学へのアクセス・アプローチの一層の進展を図る必要があります。具体的には、サイエンス・カフェのような双方向性の情報入手の機会となる交流会、研究会、懇談会やコンサルティング・コーディネーティング型の個別相談会などを開催する計画を進めているところです。これらの研究所行事へのご支援とご協賛ならびにご参加とお力添えを賜わるために、まず「産」からの企業会員を募りたく、予告段階で恐縮ではございますがここにのご案内を申し上げます。準備が進み次第、お願いの書状を申し上げますので、その節はどうぞよろしくお願い申し上げます。

■ 編集後記 2008年10月18日に行われたシンポジウムからずいぶん時間が経過しました。ご講演内容の誌上掲載をご了承いただき、早くに原稿をご確認頂いた先生方にもずいぶんお待ち頂くことになってしまいました。この間にも脳科学の発達は休むことなく続いています。木村拓也が脳科学者役を主演するドラマが始まり、とたんに高視聴率だったとか。これでまた脳科学はますます注目されると思われませんが、その面白さは実は研究の中身そのものにあることを、このレターからお読み取り頂けると幸いです。

寄付金の募集

健康科学研究所の研究活動についてのご寄付を受け付けています。

申込方法 畿央大学総務部までお問い合わせください。

0745-54-1603 houjin@kio.ac.jp

振込口座 三菱UFJ信託銀行 大阪法人営業部 普通預金 No.8661688

畿央大学健康科学研究所

Research Institute for Health Sciences, Kio University

〒635-0832 奈良県北葛城郡広陵町馬見中4-2-2

Tel 0745-54-1603 Fax 0745-54-1600

4-2-2 Umami-naka, Kitakatsuragi-gun, Nara-ken 635-0832 JAPAN

Tel +81-745-54-1603 Fax +81-745-54-1600

<http://www.kio.ac.jp>