



「人」を分析する

石井研究室～人間行動システム専攻



石井 源信 教授

「一体、自分の身体はどのような仕組みになっているのだろうか。」こんな疑問を抱いたことはないだろうか。一口に仕組みと言っても例えば刺激の伝達の仕方や、関節の力学的な動き、脳の働きなどアプローチの違いによって様々なものがある。

ここ石井研では人間を様々な側面から分析するという目標の下に、特にスポーツ選手を「スポーツ心理学」「スポーツバイオメカニクス」「生理心理学」という三つのアプローチから分析している。これからそれぞれのアプローチ方法による石井研の研究内容を紹介していくことにしよう。



心をのぞいてみよう

「自分の感情をもっと上手にコントロールできたら…」スポーツだけでなく、日常生活のなかでもこんなことを考える機会は少なくないだろう。人前では緊張して話せなくなったり、物事を悪い方へ、悪い方へと考えてしまうことは誰にでもあるはずだ。

石井先生も学生時代は心理的に弱くあがり性で、人前に立って話をしたり女の子と上手く会話ができなかったそう。そして心理的に強くなることはスポーツだけでなく生きていく中で非常に大切だと思うようになった。そんな思いから石井先生はスポーツ心理学を勉強し始めたのである。

スポーツ選手の心を研究するスポーツ心理学は年を重ねるにつれ盛んになってきている。スポーツ選手の心理は非常に揺れ動きやすい状態にあり、技術や身体能力の高さだけでは力を十分に発揮できないことも多い。激しい練習が精神を自然に鍛えるという「根性論」が昔から信奉されていたためスポーツ心理学はなかなか定着しなかったが、80年代半ば頃からストレスマネジメント理論などが取り入れられ今日の隆盛を迎えた。

現在の石井先生は、どのようなサポートを行っ

たらスポーツ選手が持っている実力を発揮できるかということを中心に研究を進めている。そこにはもちろんスランプに陥っている選手をサポートしたり悩みを抱えている人のアドバイスをすることも含まれる。

では具体的にはどのようにしてサポートを行っているのだろうか。ある大学のボート部で行ったクレペリン検査という心理検査について見ていくことにしよう。クレペリン検査とは簡単な一桁の足し算を行う心理テストだ。図1のように横に並んだ一桁の数字を「一つ目と二つ目」「二つ目と三つ目」というように順に足してその答の下一桁の数字を次々と記入していく。1分ごとに行変えをして前半、後半それぞれ15分ずつの加算作業を行うのだ。各行の最後の数字を結んでできる曲線を作業曲線と呼び、この曲線の形を分析することでその人の心理を推測する。この検査では物事を学習したり処理する能力の高さと、その人の性格や行動の特徴、つまり基本的な行動パターンが分かる。

この検査を受けたボート部は前年度優勝し、次の年は前年よりも体力的に大きく優っていたた

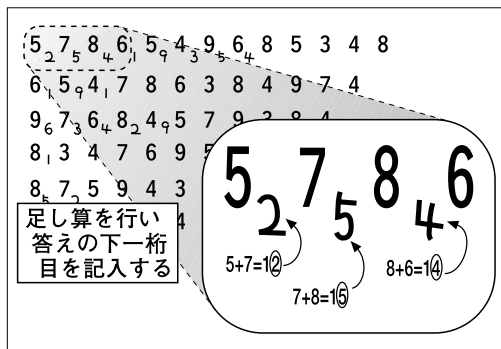


図1 クレペリン検査

め、さらに良い記録が出ると期待されていた。ところが予想に反し、大会では思うような結果が出せなかったのだ。なぜこのような結果になってしまったのだろうか。

ここでは我々の性格をおおまかに以下の三つに分けてみよう。心理的にバランスのとれた内的安定型、地道に粘ることのできる粘着型、いつも表情や振る舞いが穏やかで見ているところからも穏やかになれるような温和型である。

ボート競技の場合、艇の真ん中にいる人はボートのエンジンとなるわけであり、過去の調査からもここには粘着型の人がかかることが望ましいとされている。このポジションには体力のほかに最後までやり通す強い意志が必要なのだ。だがクレペリン検査の結果から、その年はこのエンジンとなる人が粘着型ではなく温和型であることが分かった。温和型の人が入ったから勝てなかったと一概に言うことはできないが、この例のように石井先生はスポーツ選手を良く観察し勝ったときのデータから選手が良い結果を出せる最適な方法、条件を導き出している。

さらに国際レベルの選手のサポートとしては、国立スポーツ科学センター（JISS）においてオリンピックに派遣される選手のサポートを行っている。JISSは日本のトップクラスのスポーツ選手が持つ国際競技力の向上を目標にした機関だ。石井先生たちはそこで選手がオリンピックに派遣される前に医学検査、心理検査や栄養に関するチェックをして、そのチェックを基にカウンセリングを行い、選手が自分の力を最大限に発揮できるようなコンディションを作り上げていく。

スポーツ選手は一般人とは違う独特のメンタリ

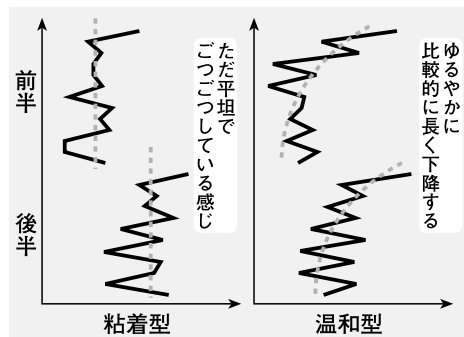


図2 作業曲線

ティを持っているため彼らが抱く心理的な悩みや葛藤も一般人とは異なるのだ。選手が訴える心理的な悩みには、競技に対する不安、スランプ、意欲の減退、所属する組織における人間関係などが多い。こうした葛藤を抱えたまましていると、選手はその内面を「身体化」してしまう。すなわち不安定な心理状態が体に反映されてしまい動作が極端に緩慢になったり、病気やけがを誘発してしまうこともある。そういったスポーツへの悪影響を防ぐためにカウンセリングを行う。

その人の能力を最大限に発揮させるためにはどのような資料を提供したらよいか、どんなサポートをしたらよいか。それらトップクラスの選手へのカウンセリングを石井先生は「楽しみ」ながらやっているという。これからプロゴルファーの伊沢利光選手の例を紹介しよう。

石井先生と伊沢選手は交流があり、今までに日本シリーズを三回一緒に回っている。先生はギャラリーに混じって伊沢選手の近くをついて回り、行動の分析をして、例えばいいショットを打ったとき、表情を観察することで伊沢選手の安定した心理状態を読み取るのだ。さらに先生は、心理的に安定した状態になった要因までも分析するのだ。試合が終わった後、伊沢選手に先生の観察に基づくアドバイスをしたり話し合いなどをする。ある大会で優勝したとき「石井先生の一言で肯定的な考え方ができた。」という伊沢選手のコメントが新聞記事に載っていたそうだ。

逆にサポートする側の石井先生は「伊沢選手と一緒にコースを回っているとこちらが落ち着く。」と言う。実際にゴルフでスランプに陥っている人を一緒に連れて行くと、それ以降その人はぐんぐ

んと調子を上げ彼の勤める出版社の社内大会で三回連続で優勝したそうである。石井先生以外の人でも伊沢選手の雰囲気やずっと見てると心が落ち着くというのだ。これは伊沢選手が周りの人に影響を与えることができる能力を持っているということに加えて、伊沢選手の性格によるところも大きい。石井先生によると伊沢選手は温和型に分類できるそうだ。見ているだけでこちらが穏やかになるという温和型の特徴がはっきりと現れている、なかなか興味深い話だ。

ここまで述べてきたように石井先生は人間の外見を重視する方法つまり表情やしぐさ、態度から先生の経験則に基づいて心理を読み取る特徴分析と、クレペリン検査や心理的トラブル尺度などの数値的に心理を表現できる心理検査を組み合わせるサポートを行っている。これらを組み合わせることによって選手をより良い方向へと導くことができるのだ。

現在、石井研では実際に先生のもとへ足を運ばなくても検査を受けられるようにインターネット上で心理的サポートを行うシステムを開発している。

インターネットを通じて質問に答えるだけで手軽に検査、自己分析ができるのだ。さらにどのような問題を起こしやすいのか診断され、それに対する処方やアドバイスが提示される。

しかし、悩み一つとっても個人によって悩み方が違うわけであり、このシステムはその個人差に対応できるまでには至っていない。やはり個人差などに対応するのは一対一でのカウンセリングが一番良いそうだ。

先生のカウンセリングの方法の特徴の一つとして、相手が言いたいことを自分で表現させ全部聞き出すということがある。「何が問題かを聞き出し、それを基に何かちょっとしたきっかけを与えられたらいい。」と先生は言う。

石井先生の研究分野である心理学は数学などの論理的な学問とは異なり客観的に表すことが難しい曖昧な学問だ。しかし、例えば目の開いている面積や形から、その人の心理は今どのような状態なのかというように、心が体に及ぼす変化を数量化し、心理状態を客観的に表現することを石井先生は目指している。



「むち動作」の力学解析

近年ゲームや映画産業で一般的になってきた「モーションキャプチャー」。これは画像や位置センサーによって人間が実際に行った動作を計測し、さらにそのデータをCGキャラクターに反映させる技術である。

スポーツ界でもこの技術を用いて人間の動作を数値的に解析している。ここ石井研でもこの「動作解析のアプローチ」から研究を進めている。その背景となるのが「バイオメカニクス」である。「バイオメカニクス」とは身体運動の全てを力学や生理学、解剖学などを駆使して総合的に研究しようとする学問だ。ハイスピードカメラや筋電図などの様々な機器を使い、身体のあらゆる動きを分析しながら、その仕組みを探るのだ。石井研では特にソフトテニスにおける腕の「むち動作」の解析を行っている。

様々な投打動作に共通な「むち動作」というものがある。「むち動作」とは腕がしななって先端が遅れて出てくる、つまり先端にいくほど速度が大きくなる動作のことをいう。これは普段我々が何



写真1 動作解析風景（協力 JISS）

も気にせず自然に行っている動作の一つであるが、実は骨格や筋肉の性能的ななぜ「むち」のような動きをするのが適しているのかということはまだほとんど解明されていない。これをサイエンティフィック（精密で系統的）に研究しようというのである。石井研ではハイスピードカメラを用いて動作を撮影し、その後コンピュータ上で三次元の座標軸を引き選手の体に座標点を取る方法で

解析を行っている。図3のように各関節に三次元の座標軸を設け、そこでの力やトルクを解剖学的

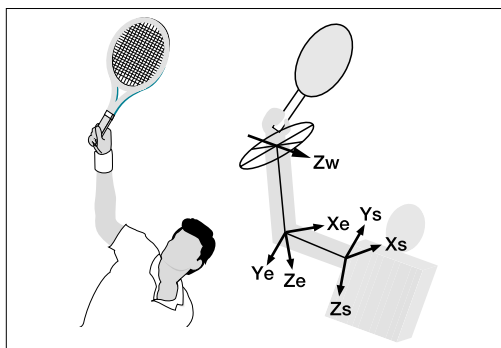


図3 座標軸の取り方



「やる気」と脳波の関係を探る

「今日はやる気がないなあ」漠然とそう思うことは誰にでもあるだろう。しかしその「やる気」とは一体何なのか、どこから出てくるのかと考えたことのある人はほとんどいないはずだ。

私たちの脳はコラムと呼ばれる細胞が筒状に集まって構成されており、その細胞は電気を用いて情報を処理している。普段コラムはそれぞれ独立して情報の処理をしているが、ある作業を行うときは周辺の細胞が一斉に電気を発生させる。その発生した電気全てが集まったものを脳波と呼んでいる。つまり、人が「やる気」を感じれば脳波に何らかの変化が生じているわけであり、石井研ではこれを利用して「やる気」を評価する研究を進めている。脳波を調べ人の心理と結びつけることは生理心理学という学問に分類される。



写真2 脳波の測定風景

に計測する。今までの球技動作の三次元解析では関節がどのような回転運動をしているかを見ているものが多かった。しかし石井研では関節に働く力やトルクを計測することによりトップアスリートの関節の動きを数値を用いて客観的なデータとして計測している。さらに、これまで得たトップアスリートの基礎データを基にして、他の競技レベルの人へのフィードバックを考えている。将来的にはデータベースを作り「ある選手の肘関節にはXだけの力、Yのトルクがかかっている。それぞれの関節にかかる力やトルクから総合的に判断すると、この選手の能力はZである。」というように選手に反映していけばよいということだ。

ここで、ある課題に対して、うまくいったらお金が貰えるという状況を考えよう。この場合の方が「やる気」は高くなるということは感覚的に分かるだろう。石井研ではこれを感覚的にではなく脳波の大きさを数値的に表そうとしており、様々な種類がある脳波の中でもSPN電位を中心に研究を進めている。SPN電位とは事象関連電位と呼ばれているもので、人の情動と関係を持っている電気現象である。SPN電位は縦軸に電位、横軸に時間をとると大きなゆったりとした波になり、その上にリラックス時に出るα波や集中している時に出るβ波が乗っている。

ではどのように「やる気」の程度を調べているのだろうか。まず被験者にやる気度得点（1～10点）というものでそのときの自分の「やる気」を報告してもらい、それと同時に脳波を測定する。次に被験者に課題を与え、報酬があるときとないときでの脳波を測定し、先ほどの本人の報告と比べて、課題を行っているときの「やる気」の程度を評価する。脳波は写真2のように電極がついたネットを頭に被って測定している。10年前までは数チャンネルの電極でしか測定できなかったが、最近はコンピュータの性能が上がってより多くのチャンネルで脳波を測定できるようになり、脳のどこの部分でどれくらいの大きさの脳波が出たのかより詳しく測定できるようになった。ちなみに石井研では現在64chの高密度電極で測定を行っ

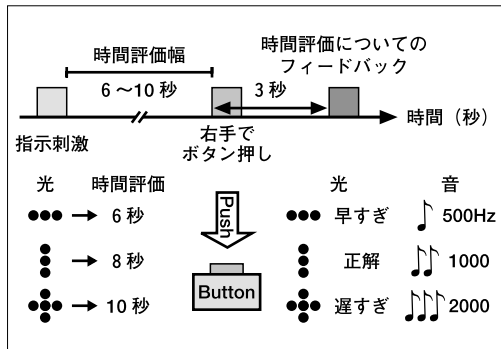


図4 時間評価の課題

ている。この64chの高密度電極は世界で75台しか存在せず、日本にはまだ10台も入ってきていない。将来的には128chの電極を導入してより詳しく脳波の発生源を調べたいということだ。

先ほどの課題の例として、決められた時間が経過したらボタンを押す、それがびったりだったら50円をもらえるというものがある（図4）。これを300回程繰り返し、図5のような結果が脳波測定で得られた。これにより報酬があるときの方が脳波が大きくなることが分かった。また脳の電位分布から「やる気」が高いとき右前頭部での脳波が大きく出ることでも分かったのである（図6）。前頭部には情動に関係する脳の中核がたくさんあると言われている。興味深いことに、もともと穏やかな性格だった人が事故によって前頭部を損傷したため凶暴になり人を信用しなくなってしまったという事例が報告されているのだ。さらに左前頭部を損傷したときよりも右前頭部を損傷したときの方が情緒不安定などの疾患が現れやすいという報告もされている。以上のことより「やる気」が高

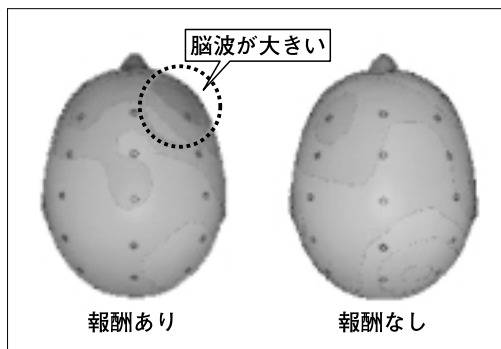


図6 脳の電位分布

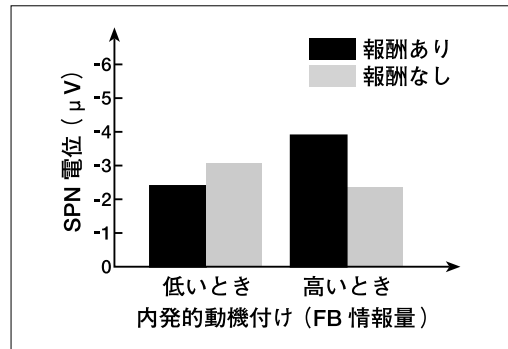


図5 SPN電位のグラフ

いとき右前頭部から大きな脳波が出るという事実にも頷ける。

「やる気」を高める方法としては先ほど述べたように物質的報酬によって高める外発的動機付けと呼ばれるものと、さらにもう一つ、内発的動機付けと呼ばれるものがある。内発的動機付けとは自分自身から課題自体を好きになり「やる気」を高めるようにすることである。つまり自分から積極的に物事に取り組もうとする姿勢だ。図5から分かるように内発的動機付けが低いときにどれだけお金をあげても脳波で見ると脳の活動は高まらない。しかし内発的動機付けが高いときにお金をあげると脳の活動は高まっている。何故このような違いが生じるかという理由は今調べている最中だが、一つの手がかりとしてフィードバックというものがある。それは被験者がした仕事はどれだけの効果があり、どれだけ正確であったかということを経験者自身に教えることである。先ほど述べたボタンを押す作業ならば、「ボタン押しが早すぎる」「ボタン押しが遅いがもう少しで正解」というような情報を被験者に与えるのである。この情報を正確に与えるほど、内側からの「やる気」が高くなることも明らかになっている。パフォーマンスに対して的確なフィードバックが与えられると脳の活動が高まり「やる気」も起こってくるのだ。

これをスポーツ選手のサポートに応用することも考えているそうだ。例えばスポーツ選手のやる気を試合前に調べ、その「やる気」の程度が試合にどのような影響を及ぼすのかを確かめるのだ。さらに試合中の「やる気」を調べることができればより良いアドバイスができるだろう。しかし試

合中に脳波を測定することは不可能である。それは脳波の電位はたかだか μV 単位であるのに対し、筋肉が動くときに発生する電位が mV 単位だからだ。つまり瞬きをするだけでも脳波に影響を与えてしまうので、運動中には測定できないのである。現在はまだ構想段階だが、バーチャルリアリ

ティーの技術を用いてフィールドを実験室内で再現することも考えられている。体は動かさずに運動している時の脳の状態を作り出すことによって、脳波以外の電気が発生しない安定した状態で脳波の測定ができるようになるだろう。



東工大だからこそ…

以上、各章で述べてきた三つのアプローチから石井研は研究をしている。この三つのアプローチからの研究はまだバラバラの状態だが、将来はこの三つをつなぎ合わせて学際的な研究をすることが目標だそうだ。

石井研では「人間の体で起こる様々な現象を数値で表す」という大きな目標の下に研究を進めている。特に心理については、これまで観察する側の主観に基づく分析が主な方法であった。心理という曖昧なものを数量化することにより客観的に分かりやすくするのだ。

また研究室が誕生してまだ七年と新しい。体育やスポーツの世界では筑波大学が大きい組織なのだが、それに対して東工大はまだそれほど大きい組織ではない。しかし小さい組織だからこそ多様

なことに挑戦できる。さらに前の章でも述べたように東工大という環境で世界の研究施設と比較しても引けを取らない良い機材を多く用いて自分が好きなことを突き詰めて研究できることが利点であるそうだ。

スポーツの世界からも東工大における研究に関心が集まっている。学会でも「あまり上手くいかないところがあるのですが、何か分かりますか。」と質問を受けることが頻繁にあると先生は言う。東工大ならば科学的、工学的に意味のあることをやってくれるのではないかという周りからの期待が高いのだ。

自分がやりたい研究を突き詰めてできることに加え、周りからの期待が非常に大きい。「やりがいがある研究です。」と石井先生は語った。

「もっと気楽に楽しんでやればいいんじゃないかな。どうも発散できていない。勉強以外の色々なところで潜在能力を秘めすぎているのでは。」石井先生は学部生に伝えたいこととしてこのようにおっしゃった。

確かに、東工大は理学や工学の分野では周りから高い評価を受けており、実際にノーベル賞を受賞した研究もある。これからは「何で東工大が!？」というような分野を伸ばすことも大切ではないだろうか。勉強や研究以外の様々な分野においても東工大生は活躍できる力を秘めているはずだ。夜、黙々と大学内で走り込んでいる学生や、トレーニングセンターでひたすらトレーニングに励む学生などをよく見かける。地道に努力を続けることができる東工大生が、石井先生のおっしゃるように、気軽に楽しみながらスポーツに取り組むことができれば、将来的には「スポーツも強い東工大」を目指せるのではないだろうか。



石井研究室のみなさん

最後になりましたが、お忙しい中快く取材や質問に応じてくださった研究室の皆様、特に石井先生、助手の小谷先生や院生の井田さんには心からお礼を申し上げるとともに、今後の更なる研究室の発展をお祈り致します。

(石川 匠)