

アスリートの脳を解明し鍛える ——NTTスポーツ脳科学プロジェクト

スポーツの試合では、状況把握や相手との駆け引き、プレッシャー下での瞬時の意思決定をはじめとするさまざまな脳機能が勝負の鍵を握ります。しかもその大半は、本人も自覚できない「潜在的」な脳機能です。2017年1月に発足したNTTスポーツ脳科学プロジェクトでは、トップアスリートの優れた潜在脳機能を解明して勝つための要因を特定し、それに基づいて実際にアスリートのパフォーマンスを向上させることをめざして研究を進めています。

かしの まきお

柏野 牧夫

NTTコミュニケーション科学基礎研究所

スポーツにおける脳の重要性

優れたアスリートの必要条件は何でしょうか。筋力や心肺機能などに優れた強靱な肉体、力を効果的に発揮でき、故障のおそれも少ない適切なフォーム。こうした身体的要素の重要性はいくまでもありません。しかしレベルが高くなればなるほど、それだけでは不十分になります。試合の状況を把握し、戦略を立て、瞬時に意思決定する能力。相手の挙動から次の出方を予測し、それに先回りして対処する能力。相手の予測を攪乱し、相手を操る能力。素早く激しい動きの最中に、臨機応変に動きを調整する能力。大一番の強烈なプレッシャーの中で、実力を十二分に発揮する能力。これらはどれも、脳の高度な情報処理なしには実現できません。一流の選手は総じて、こうした脳機能が格別に優れています。

従来のスポーツ科学、あるいはそれに基づくトレーニング手法は、身体的側面に関しては相当の蓄積があります。しかしスポーツにかかわる脳機能という側面に関しては、世界的にみてもまだまだ未開拓です。このような状況を踏まえ、NTTは2017年1月に、組織横断的な研究組織である「スポー

ツ脳科学プロジェクト（SBP：Sports Brain Science Project）」を発足させました⁽¹⁾。SBPの目的は、トップアスリートの優れたパフォーマンスを支える脳機能を解明すること、そして、その科学的知見に基づいて、実際にアスリートのパフォーマンスを向上させることです。発足後約1年、野球やソフトボールを中心に、トップレベルのアスリートやチームにご協力をいただきながら、順調にスタートを切ることができました。ここでは、SBPの基本的なコンセプトや研究方針を紹介します。

潜在脳機能の解説

球技や格闘技のような対人スポーツでは、刻一刻の状況把握や意思決定、予測や運動調整などに許される時間はごくわずか、0コンマ何秒というオーダーです。これは、脳の中で起きていることを本人が自覚したり、意識的にコントロールしたりするには短すぎます。必然的に、対人スポーツで重要な脳機能は、そのかなりの部分が無自覚的なものということになります。本人の意識としては、「身体が勝手に反応した」という感じでしょう。しかしこれは、万人に備わった脊髄反射のような単純なものとは異なり、相手や対象

物（ボールなど）の挙動とそれに対応した身体の動かし方を膨大に学習した結果はじめて可能となる、極めて高度なものです。このような、無自覚的でありながら複雑な行動を左右する脳情報処理のことを私たちは「潜在脳機能（implicit brain function）」と呼び、スポーツ研究に携わる前から長年研究を続けてきました⁽²⁾。SBPの第一の研究目的は、スポーツのパフォーマンスにかかわる潜在脳機能の各要素が、優れたアスリートとそうでないアスリートでどのように異なるかを明らかにすることです。

しかし、潜在脳機能の潜在たるゆえんは、本人も自覚できないということです。ですから、優れたアスリートに言葉で尋ねてみても真理には到達できません。ある技に秀でた人であっても、どうやっているか、なぜできるかを的確に言語化できる人は稀です。また仮に言語化できても、実際に起きていることではなく、結果を見たうえでの後付けであることも珍しくありません。このことは、技術のコーチングを難しくする一因ともなっています。名選手が必ずしも名コーチとは限らないのです。

そこでSBPでは、NTT研究所で培ってきた“body-mind reading”という

技術を駆使して、アスリートの潜在脳機能を解読することを試んでいます(図1)。この技術の第1ステップは、スポーツ中の身体各部の動きや、各種生体信号を計測することです。ここで大事なのは、なるべく試合に近いリアルな状況で、アスリートの本来のパフォーマンスを極力邪魔しないように

計測するということです。身体の動きは、複数のカメラで映像として記録したり、ウェアラブルの慣性センサで数値化したりします。生体信号としては、脳波、心電位・心拍、呼吸、筋電位などをウェアラブルセンサで計測します。さらに、ゴーグル型のアイカメラで、眼球運動を計測します。

第2のステップは、こうして得られた各種の計測データから、アスリートの身体の挙動や脳情報処理の内容に関する本質的な情報を取り出すことです。脳情報処理についての情報を得るには、脳活動そのものを計測しなければならないとは限りません。例えば眼球の挙動(視線の方向、マイクロサッケードと呼ばれる細かい眼球運動、瞳孔径の変化など)は、脳内の状態(予測できないことに対する驚き、注意の向け方や程度、情報処理の負荷など)を反映して変化します。ということは、眼球の挙動を解析すれば、そのときの脳内の状態をある程度推測できるというわけです⁽³⁾。同様に、心拍数や呼吸の変化、身体各部の動きなどからも、その背後にある脳の働きに関する情報が得られます。こうした解析には画像処理、生体信号処理、機械学習をはじめとする、NTTのAI“corevo[®]”のさまざまな技術が投入されています。このような解析技術の総体がbody-mind readingであり、SBPならではの強力な武器となっています。

4種類の実験環境

スポーツの本質をとらえた実験を行うには、それに適した実験環境が必要です。SBPでは、大きく分けて4種類の実験環境を使い分けています(図2)。

■実戦

第1の実験環境は、実際の試合です。本番ならではの緊張感は、実際の試合でなくては実現できません。SBPでは、野球の試合で、心拍数や加速度をとらえるウェアラブルセンサ(hitoe[®])を選手のユニフォームの下に装着して、精神的な要因がパフォーマンスに与える影響の分析を行っています。しかし、実際の試合は文字どおりリアルである反面、偶発的なものや

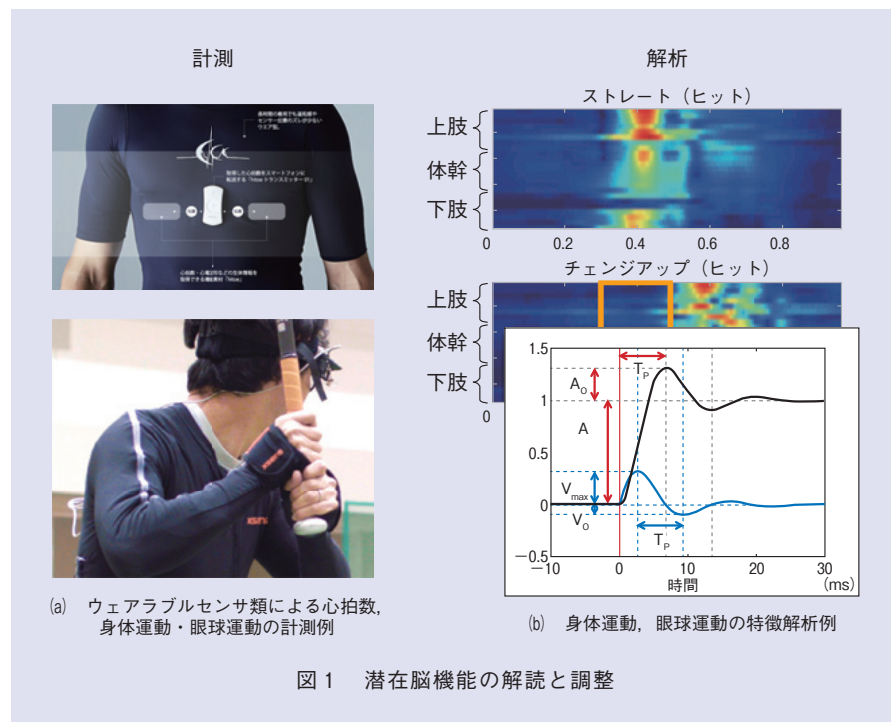


図1 潜在脳機能の解読と調整



図2 4つの実験環境

特定できないものも含む多数の要因が複雑に絡み合っており、実験者がすべてを統制することは不可能です。

■スマートブルペン

スポーツとしての本質を損なわないようにその一部を切り出して、統制された実験を行うことができるようにしたのが、第2の実験環境である「スマートブルペン」です。詳細は本特集記事⁽⁴⁾に譲りますが、一言でいえば、野球の室内練習場のような空間に、複数のカメラや各種計測装置が備え付けられた実験施設です。この施設の眼目は、野球やソフトボールにおける投手と打者の対戦のような複数人の相互作用を詳細に解析できるということです。対戦型スポーツの本質はまさにプレイヤー間の相互作用にあります。単に投げるだけ、打つだけを分析しても、勝負のことは分かりません。スマートブルペンでは、対戦中の投手と打者それぞれの身体の動きや生体信号を同期して計測できるうえに、ボールの挙動（速度、回転数、軌道など）も専用のレーダによって同時に記録することができます。スマートブルペンを用いた実験の一例が、本特集記事⁽⁵⁾に紹介されています。

■VR

第3の実験環境は、VR（Virtual Reality）です。NTTでは、投手のフォームやボールの軌道を打者目線で3次元的に体験することのできるVRシステムを開発しています^{(6),(7)}。これを利用すると、スマートブルペンのようなリアルな環境では技術的もしくは倫理的に不可能な実験条件をつくり出すことが可能となります。例えば投球フォームやボールの情報をある意図を持って加工したり、あるいは打者の頭部めがけてボールが飛んでくるといった危険な状況をつくったりして、それ

らに対する打者の反応を解析することができます。

■認知脳科学実験室

第4の実験環境は、従来型の認知脳科学実験室です。ここでは、詳細に設計された視覚、聴覚、力覚などの刺激を呈示したり、腕や眼球の応答や脳活動などを正確に計測したりすることができます。実験参加者は椅子に固定されて装置に向き合い、極めて単純化された課題をこなすので、実際のスポーツ場面とはかけ離れていますが、その代わり、特定の要因を分離して詳細に解析する基礎的な実験に向いています。

これらの4つの実験環境はそれぞれ一長一短があり、研究目的に応じて使い分けています。

潜在脳機能の調節

SBPの2番目の研究目的は、優れたアスリートの潜在脳機能に関する科学的知見に基づいて、実際にアスリートのパフォーマンスを向上させることです。ここで必要となるのは、パフォーマンスが向上するように潜在脳機能を調節する手段です。潜在脳機能は自覚的なコントロールが難しく、言語化も困難です。したがって、アスリートに言語でインストラクションしても、なかなかうまくいきません。アスリート自身が、自分のパフォーマンスの状態がどうなっているかを客観的に把握し、修正点や修正方向を直感的に理解する必要があります。そのためにSBPでは、視覚や聴覚を通じた感覚フィードバックによる運動情報の呈示を試みています。

例えばスマートブルペンに設置された大型ディスプレイには、マルチアングルのカメラでとらえられた投球フォームの映像が、動作から数秒遅れて、ボールの速度や回転数などのデー

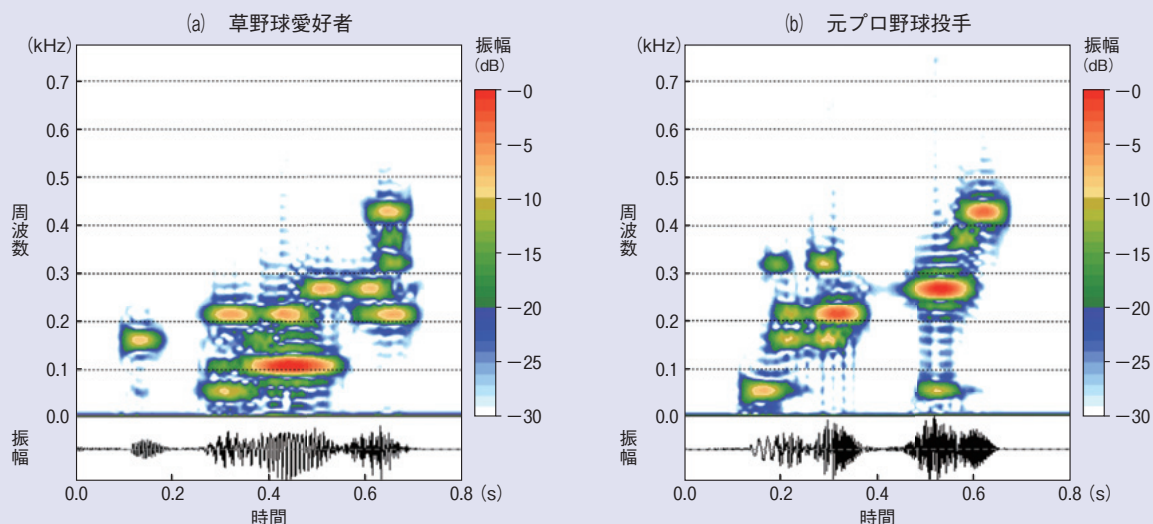
タとともに呈示されるようになっています。これによって、投球動作の直後、まだ感覚が残っているうちに、自分の動きとその結果を確認することができます。アスリートにとって問題となる主観と客観のズレを自覚し、適切に修正するためのきっかけが与えられると使用者には好評です。

また、投球などの動作を、身体各部に装着したウェアラブルの筋電センサや加速度センサの情報から音に変換して呈示する可聴化システムも開発しています⁽⁸⁾（図3）。形の違いは映像のほうが分かりやすいのですが、力の入れ加減やタイミングなどは音のほうが分かりやすいので、手本となる動きと自分の動きとの違いや、自分の好調時と不調時との違いなどを直感的に把握することができます。

さらに、VRを用いた介入方法についても研究を進めています。

今後の展開

SBPでは、アスリートの潜在脳機能の解明とパフォーマンスの向上という2つの目的を車の両輪のごとく回していくことを基本方針としています。実験室の基礎研究と、現場の選手強化の間には大きな隔たりがあるのが通例です。この隔たりを克服するために、私たちはトップレベルのアスリートやチームと協力し、現場のリアルな問題意識をくみ取って、そこから基礎研究のタネを見つけて深掘りするというスタイルをとっています。これによって、研究のための研究でなく、アスリート本位の研究が可能となると考えています。安易な介入でアスリートに悪い影響を与えることは厳に避けなければなりません。科学的根拠に基づく介入を行うためには、数多くの良質なデータが必要であり、それにはアス



身体8カ所に装着したワイヤレス筋電計の出力を場所ごとに周波数の異なる音の振幅に変換。各グラフの上段はサウンドスペクトログラム、下段は振幅波形。

図3 投球動作の可聴化

リートとの協力関係が不可欠です。

SBPの研究が進めば、脳の特性に関する科学的根拠に基づいた、勝つための方法論が体系化されます。その中には、今までの常識とは異なるものも含まれることになるでしょう。アスリートは、スマートブルペンのような施設の中で、通常は自覚できないような部分まで、自分の状態を把握でき、改善点を見つけることができます。調子の変化や、故障の予兆もとらえられるようになるでしょう。多数のアスリートのデータが蓄積されれば、個々の人のタイプや適性、レベルなどを診断することができます。それによって、個人・状態に応じたコーチングや、才能の早期発見も可能になります。

SBPでは、当面は対象競技を野球とソフトボールに重点化しますが、得られた知見は、本質的には他競技にも展開可能であると考えられます。また、対象レベルも、当面はプロ野球やソフトボール日本代表のようなトップレベルあるいはそれに準じるレベルに絞りますが、将来的には、ジュニアから一

般愛好者、さらには高齢者に至るまで、幅広い層に広げていきたいと考えています。研究の詳しい紹介や進捗状況についてはSBPのWebサイトをご参照ください⁽⁹⁾。

本研究の一部は、科学技術振興機構CREST (JPMJCR14E4) の助成を受けました。

参考文献

- (1) Advertisement feature: "Split seconds matter - the brain and sport," Nature, Vol.549, No.7670, 2017.
- (2) 柏野・米家・Liao・古川: "身体から潜在的な心を解読するマインドリーディング技術," NTT技術ジャーナル, Vol.26, No.9, pp.32-36, 2014.
- (3) 古川・米家・LIAO・柏野: "眼から読み取る心の動き——Heart-Touching-AIのキー技術," NTT技術ジャーナル, Vol.28, No.2, pp.22-25, 2016.
- (4) 山口: "アスリートを測るスポーツ脳科学実験棟," NTT技術ジャーナル, Vol.30, No.1, pp.14-17, 2018.
- (5) 那須: "野球バッティングの運動解析から分かる打者の優れたタイミング調整," NTT技術ジャーナル, Vol.30, No.1, pp.18-21, 2018.
- (6) 木村・高橋・三上・柏野: "スポーツ選手の脳情報処理過程を解明するバーチャルリアリティ技術," NTT技術ジャーナル, Vol.28, No.9, pp.26-29, 2016.
- (7) 三上・高橋・西條・五十川・木村・木全: "VRイメージトレーニングシステムの実現と野球への適用," NTT技術ジャーナル, Vol.30, No.1, pp. 22-25, 2018.
- (8) 柏野・持田・井尻・木村: "ウェアラブルセ

ンサを用いたスポーツ中の心身状態の解読と調整—潜在脳機能に基づくスポーツ上達支援を目指して—," バイオメカニクス研究, Vol.19, No.4, pp.230-239, 2015.

(9) <http://sports-brain.ilab.ntt.co.jp/>



柏野 牧夫

近年、ICTを利用したスポーツアナリティクスはスポーツの世界に革命をもたらしつつあります。SBPIはさらに一歩進んで、ICTを活用してアスリートの中身を理解し、さらに鍛えることをめざします。2020年のビッグイベントでその成果の一端が見られるかもしれません。

◆問い合わせ先

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
スポーツ脳科学プロジェクト
TEL 046-240-3200
E-mail sports-brain-info@lab.ntt.co.jp