

1 陸上運動 研究報告

運動司令は事前に「経過を予測して」発せられている？

～身体運動の経過は一つではない？～

山崎 健(新潟支部)

1. はじめに

昨年の同志会岸和田大会での陸上競技分科会での「投てき教材」をめぐるの論議の中で、投擲教材の学習が進んでくると投てきの対象物が「自己の外的存在」から「自己の分身」に変化するのではないかと論議がなされました。

特に投運動の課題が「的あて」である場合には、「当てるだけ」なのか「当てて対象物を落とす」のか投擲物を「目標地点に止める」のかによって「達成感」が異なってくるのではないのかということです。

また投擲物がボールである場合と槍(棒)状のものである場合とペットボトルなどの場合とでは、課題までへの到達距離の問題も含めて「課題解決のための方法」がそれぞれ異なるのではないのかという指摘です。

これは実際に様々な投教材を実践してみるとわかるのですが、単純に「思いっきり遠くへ飛ばす」といういわば抽象的な意識だけでは解決できない多くの問題を含んでいるようなのです。

陸上競技としての投擲には「的あて」や「精確投げ」の要素は存在しないように思われますが本当にそうなのでしょう？

選手であればトレーニングが進んでくると、今の自分の投擲物の到達距離がおおよそ推定できるようになります(結果を予想できるようになる)。また結果を確認しなくとも「失敗投

擲」も自覚できるようになります。つまりトレーニングによって獲得・経験した運動経過の「再現性」が高まってくることが考えられます。そして「良い投てき」か「失敗した投てき」かは何となく自覚できるようです。これは自己の運動経過と結果が予測できるレベルであることを意味しています。

2. 「制約主導アプローチ」ということ

最近「制約主導アプローチ」という概念が目ざされているようです。

植田は、「エコロジカル・アプローチ」という概念について、「生態心理学」と「動的システム理論」を統合した学習理論であるとして、テニスのバックハンドストロークを改善するためにコートのセンターラインをバックハンド側で広くするというFitzpatricの研究を紹介しています(植田文也、エコロジカル・アプローチ、ソルメディア、2023)。

投擲物の形状や重量が異なることや求められる飛距離や課題が異なることが私たちの投動作を「制約している」という考え方で、ボッシュは、「課題」「生体」「環境」という制約条件からの重要性を指摘しています(ボッシュ、運動学習運動制御理論に基づくアジリティトレーニング、大修館書店、2024)。

異なる投擲物と投擲距離と投擲課題を提示することで投動作を獲得・改善するというアプローチは「一定の型にはめる」という技術指

導とは一線を画するものと考えられます。実は学校体育研究同志会で実践されてきた様々な優れた実践(じゃまじゃまサッカーのルールやボールの規格の変更などなど)はこの考え方を反映しているものと考えられます。

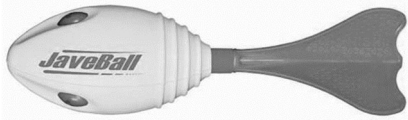


図 ジャベリックボール(約 140g)

上図は小学生用の「ジャベリックボール」という投擲具で全国大会でも採用されています。子どもたちは「ピー！と鳴らしたい一心」であ～やったりこ～やったりと試行錯誤を重ねながら「それなりの投擲」を完成させます。

もしも「画期的な投てき教材展開」が見つければ、子どもたちに用具と課題と環境を提供するだけで「あ～でもない、こ～でもない」と勝手に自己学習を進めてくれる『グ～タラ?』な授業展開ができてしまうのかもしれませんが。

3. 神経科学からの新たな知見

(1) 運動司令は結果を予測して発せられている？

乾と坂口は、2007年にフリストンが示した「能動的推論(Active Inference)」にかかり「脳は推論するシステムである」と指摘します。「ボトムアップ処理」と「トップダウン処理」のサイクル(仮説生成と仮説検証)により、予測の誤差を最小にするように「信念」とその「信念更新」を繰り返すというプロセスの存在。そして、知覚の無意識的推論と運動の能動的推論の関係について、予測誤差信号を最小化する過程と理解できること。また、このプロセスを実現するためには「感覚器の感度調整」

が重要であり、褒賞系のドーパミン作動性の信号変調(精度制御のメカニズム)が必要であることを指摘します(乾敏郎・阪口豊、脳の大統一理論 自由エネルギー原理とはなにか、岩波書店、2020)。

つまり一連の動作を構成している複数の関節での「反射弓」の入力-出力関係の感度調整が「反射量」を調節して適切な運動を遂行しているものと考えられるのです。

(2) 運動経過は一つではない？

柏野は、桑田投手の外角低めへの30球の正確な投球について、頭の位置やボールのリリースポイントが14センチもずれていることを指摘しています。つまり「結果の正確性」を実現するため「運動経過(動作)は冗長性」を持っており、このことが「巧みさ」を生起させるメカニズムを支えているものと考えられています(柏野牧夫、後は体が解いてくれるー桑田のピッチングフォーム解析、伊藤亜紗:体はゆく、でき科学する<テクノロジー×身体>、文藝春秋、2022年)。著名なロシアの生理学者であるベルンシュタインは、1940年代に身体の「膨大な自由度」と運動制御の「困難性」について系統発生性を反映した「運動構築の水準」(A:緊張のレベル、B:筋-関節のレベル、C:空間のレベル、D:行為のレベル)を示しました(ベルンシュタイン、N.A.:工藤俊和訳、ディクスティリティ〜巧みさの発達〜、金子書房、2003)。

運動経過の進捗に伴い環境も変動します。Turveyらは、下図のシェーマから行動する主体に対する「Ecological Approach」の概念を示しました。

(3) ミラーニューロンと模倣行動？

1990年代にイタリアのリズラッティらがミラーニューロンを発見しました。

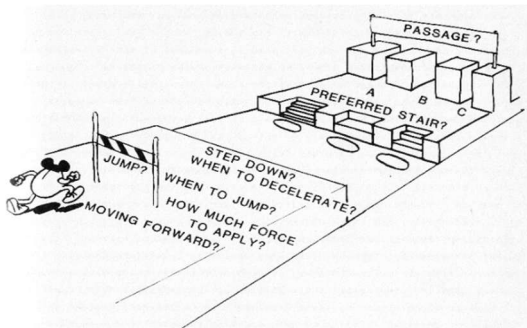


図 主体と環境変動への対応
状況に応じて「登れる階段」は「登れない階段」になり、「抜けられる」ゴールは「抜けられない」ゴールとなり、「主体」の状況（移動速度や身体のブレなど）に応じて対応が決定される

(Turvey と Kugler, 1984)

ミラーニューロンとは、サルを用いたニューロン研究の実験の合間に、実験者が偶然ものを食べた時に装置に固定されていたサルが、その動作を見た際に自身が動かなくとも前頭運動野の F4 野の該当部位でニューロン活動が発生し、その部位はサル自身が同じ動作をしたときにも活動すること。あたかも「鏡」のような働きをしていることから名づけられました。リゾラッティらは、ヒトにおいても下前頭回のブロードマンの 44 野に相当する部位から同様の活動性を示すニューロンの存在が明らかになったこと。また、対象との距離が「手の届く範囲にあった時」と「届かない範囲であった時」では反応が異なることも指摘しています。さらにヒトの場合には他の脳領域（運動前野と下頭頂小葉のかなりの部分）にも存在し、手の動きなどの「他動詞的」動作に限定されず、行為の真似にも反応することが明らかになりました。この個々の運動行為に限定されず、行為の連鎖全体に反応が及んでいるということは、「行為」だけではなく「意図」や「文

脈」とも関連しているとし、「片づける」行為よりも「口に運んで飲む」行為の方に活発な活動を示すこと（いわゆる「文脈性」があること）も示されました（G.リゾラッティ・C.シニガリア：柴田裕之訳、ミラーニューロン、紀伊国屋書店、2020）。

（４）模倣行動と動作学習

虫明は、観察した運動と行う運動とに関わる運動前野のミラー細胞について、模倣が腕などの形をまねる階層から目標達成の動作レベルでの模倣の階層、更に動作の目標を模倣する階層が存在することを指摘します（虫明元、学習と脳 器用さを獲得する脳、サイエンス社、2007）。

松波は「合同ミラーニューロン」という概念が「模倣」に対応することを指摘し、更に運動を模倣するときに加えて「予測」を含めて運動を要素に分解し、他の類似の運動とも区別できてその運動が実行できるものとしています（松波謙一、脳と運動 体を動かす脳のメカニズム、サイエンス社、2000）。

イアコポーニは、道具使用に関わるミラーニューロン存在の可能性について、サルが運動レパトリーにはない道具使用の行為には反応しないが、実験者の道具使用には 20%ほどの細胞が反応を示したことから「ミラーニューロンは新しい特性を獲得できる」との「模倣学習可能性」を指摘し、さらに「自分が模倣されていること」を「暗黙に理解する」可能性にも言及しています（イアコポーニ：塩原通緒訳、ミラーニューロンの発見、ハヤカワ新書、2009年）。

どうやら私たちの身体は、本質的に「模倣する」ことと「見られていること」を可能にしているようで、他者と自身との身体イメージを

「共有」することが学習活動のベースにあるようなのです。

4. 基礎技術規定の意味するものは？

学校体育研究同志会では、1970年代から「基礎技術規定」を提起しています。荒木は、「基礎技術」とは、学習しようとする運動文化の本質を形成している最小単位の技術であり、①特質を失わない範囲で単純化したもの、②最初から最後まで質的に発展するもの、③誰もが必ず体験し習得しなければならない普遍的なもの、④ある程度の運動量を有し、興味を持って誰にでも習得可能なもの、と規定しています（荒木豊、学校体育研究同志会編 体育実践論、ベースボールマガジン社、1974）。

陸上競技では、その特質を「リズムの変化を含んだスピード・コントロール」とし「腰の回転を伴うキック」を基礎技術、それらを反映する基礎的種目として「障害走（ハードル）」を位置付けました（学校体育研究同志会、陸上競技の指導、ベースボールマガジン社、1972）。

ところが「結果の正確性」と「経過の冗長性」という問題と前述のように「運動経過は一つではない！」という事実を考えると「型にはめるこむ指導」の問題点がここでも見え隠れしてきます。

スプリントの基礎技術として実施したミニハードルドリルの動作分析を行うと個々人によっても同一人であっても『一回ごとに微妙に違う』のです（山崎健・齋藤麻里子、一過性のドリルによるスプリントパフォーマンスの変容、陸上競技紀要第15巻、2002）。またドリルの実施によってスプリントパフォーマンスは改善され、特に100m10秒台で走るスプリンター群は長距離ランナー群に比べて改善効果

が高く、スプリンター群では「自身の内部モデル」が確立されているのでそれに「収斂」することが出来るからのようです。

最初に述べたように、投運動の運動経過は「課題」「生体」「環境」の制約因子の中で反復を繰り返すことで「課題解決のための方法」がそれぞれ異なることを体験するようです。そして、この投擲物でこの課題を実現するには「こんな感じ！」と「経過」と「結果」の違いを最小限にする運動指令を事前にセッティングできるようになることが課題のようなのです。

明和は、脳の構造・機能の成熟に関わり分岐点1の初期の感受性期と分岐点2の後の感受性期が環境条件などにより変動する可能性を指摘しています（明和政子、人の発達の謎を解く「胎児期から人類の未来まで、ちくま書房、2019）

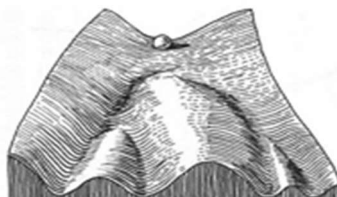


図 ウォディントン(1975)のエピジェネティック・ランドスケープ(倉谷滋、進化する形-進化発生学入門-、講談社、

15m先のバケツの的にヒュ〜んと投げて、1バウンド〜2バウンド〜3バウンドで思い通りの運動軌道を描いて「入った！」。「自分の分身のボールがストライク！やった、やった！ゴールだ！！」とドーパミン作動製の報酬信号が生まれれば「もう最高！」のようです。

どうも「運動経過は一つではなく」かつ「運動指令は経過を予想して」発せられている？