中村敏雄編：スポーツのルール・技術・記録（創文企画）、１９９３年、１６５～１９０

スポーツ技術の研究は何に貢献するのか

（新潟大学）山崎　健

はじめに

１９９１年８月、東京での世界陸上競技選手権・男子走幅跳は、Ｍ・パウエルが８ｍ９５の世界新記録を跳躍し、Ｃ・ルイスは追風参考ながら８ｍ９１を記録した。その際の跳躍については、日本陸上競技連盟・バイオメカニクス研究班が、助走スピードや跳躍角度等を含めた詳細な分析を行なっており、マスコミ等でも何回か報告されている。踏切時の助走スピードは、両者ともほぼ１１．０ｍ／ｓｅｃと同等であるが、跳躍角度はパウエルが参加者中の最大角度の２３．１度、ルイスは最小角度の１８．３度と好対照をみせている。踏切動作もパウエルが膝を伸ばして「突っ張り気味」なのに対して、ルイスは膝をやや曲げた「引っかき気味」の動作であると報告されている（深代千之、最新・陸上競技の科学第２巻　走幅跳・三段跳解説、１９９２年、ベースボール・マガジン社）。

東京での世界陸上競技選手権については、他の種目についても詳細な分析が行なわれている。史上最速といわれた男子１００ｍ決勝は、実に6名が9秒台で走り、世界新記録を含めて全員が自己ベストを更新するというレースであった。ここでのルイスとバレルのランニングについても、フォームとピッチ、ストライドの各項目について、前述のバイオメカニクス研究班が分析を行なっている。レースは、９０ｍまではバレルがリードしていたが、ルイスは最後の１０ｍでストライドを維持しながらもピッチを高めてスピードアップしているが、バレルはストライドは伸ばしているもののピッチが低下してルイスに逆転されている。また、スピードとランニングフォームの関連については、ルイスもバレルも股関節の伸展速度との相関が高く、膝関節伸展速度とはあまり相関がない（膝の角度はキック中ほとんど変化していない）ことが報告されている（伊藤章、最新・陸上競技の科学第1巻１００ｍ走 解説、１９９２年、ベースボール・マガジン社）。このようなスポーツ場面での身体運動を 研究する一分野は、スポーツ・バイオメカ ニクスとよばれており、運動生理学、解剖学、発達運動学、神経生理学、情報工学、力学、機械工学等の視点から運動の科学的原理を探ろうとするものである。

Ⅰ．スポーツ技術研究の歩み

このような身体運動に関する研究は、古来からアリストテレスやダ・ヴィンチといった著名な哲学者や科学者が興味を示してきた。ベルンシュタイン（1）は、これらが本格化したのは１９世紀後半のアメリカのマイブリッジ、フランスのマレー、ドイツのブラウネとフィッシャーらによる写真を利用した分析（cinematography）や厳密な科学的数量化による分析が行われるようになってからであると述べている。

バイオメカニクスの研究方法は、大きく二つに大別されている。前者は、動き自体を対象とした kinematics と呼ばれる研究方法であり、後者は筋活動によって生みだされる力学的作用を対象とした kinetics と呼ばれる研究方法である。松井(2)は、さらに運動機械としての人体の構造学的研究、身体運動についてのエネルギー面からの研究、動きの総合性と自動性に関する研究からなる五つのアプローチを示している。

１．身体運動の研究方法の進歩

その後の研究は、コンピュータに代表さ

れるＭＥ（マイクロ・エレクトロニクス）技術の進歩にともなって急速に発展した。映画や写真による分析方法は、現在では １６mm 高速シネカメラや高速ビデオカメラが用いられており、シャッタースピードでは１／６０～１／１０００秒、コマ数では毎秒 ２４～１５０コマのレベルで撮影されたものを、特殊なスクリーン（もしくはコンピュータのディスプレイ）に投影し、身体各部の座標を読み取り、コンピュータによる演算により各関節の角度や角速度の変化、身体重心 の移動距離や移動速度の変化等を分析することができる。さらに、身体各部（分節）の質量はある程度の推定ができることから、 実際の身体運動（例えば踏切時のキック動作）時の映像の分析結果により発揮された 運動エネルギーを計算することも可能である（3）。また、実際の動作は立体的な空間の中で行われており、側方からの映像はその「投影」にすぎず、実際の関節角度は求められない。このことから、１９７０年代以降二方向から撮影された画像の座標を合成し、動作を（X，Y，Z）の三次元空間の座標に換算（簡単な動作であれば三次元座標の自動読み取りも可能）し、任意の方向からの連続した動的画像（スティック・ピクチャー）として分析する方法（4）が注目されている（図1）。

身体運動により生じた「力」に関する分析は、応力による金属の「歪み」（変形による抵抗値の変化）を利用する方法が中心である。代表的なものはフォース・プレートと呼ばれる歪み計（ストレイン・ゲージ）を利用した装置であり、最近はキック力を （X，Y，Z）の三方向から分析する装置が用いられている。得られた画像から間接的に力量を推定する方法に比べ、実際に発揮された値であるため精度も高く、パフォーマンスとの比較から運動技術や運動効率の評価（例えば、横方向へのキック力の成分が多ければそれだけ効率は悪いこととなる）も可能となる。また、小型のストレイン・ゲージをラケットやバットにセットすれば、インパクトのタイミングやグリップの把持力の測定も可能となり、筋の活動様 式を示す筋電図（ＥＭＧ）や画像分析と併用することにより、より総合的な研究が可能 となった。また、通信技術の進歩により、これらの現象をＦＭ波に変換して無線送信（テレメータリング）することも可能となり、有線（ワイアリング）に比べてより制限の少ないスポーツ場面に近い状況で身体運動を分析することができるようになった。

２．関連領域の研究の発展

スポーツ・バイオメカニクスの関連領域でも、研究方法の革新は進んでいる。筋群レベルでの活動状況を記録する表面筋電図（surface EMG）は、従来は猪飼（5）のいう動作の三次元的軸との関係からの分析が進められてきた。それは、①空間的軸（spacing：どの筋が使われているのか？）、②時間的軸（timing：そのタイミングはどうか？）、③強弱の軸（grading：どの程度の活動か？）という視点から動作との関係を検討するものであった。 現在は、筋電図を複数の性質を持つ信号の集合体としてとらえる高速フーリエ変換 （ＦＦＴ）の手法が導入されている。永田（6） は、速筋系（すばやく収縮するが疲労しやすい瞬発性の筋）の活動が毎秒８０Ｈｚ以上の信号であるのに対して、遅筋系（ゆっくりと収縮するが疲労しにくい持久性の筋）の活動が毎秒４５Ｈｚ以下の信号であることを利用して特定の筋活動の性質や個人の筋線維の性質を検討した。従来の方法では、筋組織の微小標本を取りだす（ニードル・バイオプシー）ことでしか得られなかった情報や活動中の状況が推定できる点で画期的な方法といえる。

身体運動にかかわるエネルギーに関する研究も、新たな概念が導入されてきている。身体運動のエネルギー供給系は、エアロビクスといわれる有酸素系とアネロビクスといわれる無酸素系に大別される。無酸素系はさらに、7秒間の燐酸系（ＡＴＰ－ＣＰ系）と３３秒間の解糖系（グリコーゲン－乳酸系）に分類され、生成した乳酸が全筋肉量の０．３％程度蓄積すると運動遂行が不可能になるといわれている。この一定量の乳酸が蓄積した際にどの程度の強度の運動が遂行できるのかが持久的能力の水準の一つと考えられており、血液中に浸出した血中乳酸濃度４ﾐﾘモル（Ｍｍｏｌ／Ｌ）強度がその指標の一つとされている。そして、この血中乳酸濃度と運動強度の関係から、①血中乳酸のほとんど増加しない運動、②乳酸のわずかに増加する運動、③乳酸が急激に増加する運動の三つの運動のタイプに分類し、①と②の境界を乳酸性閾値（lactate threshold：ＬＴ／２．３ﾐﾘモル強度）、②と③の境界をＯＢＬＡ（onset of blood lactate accumulation／４ﾐﾘモル強度）と規定してトレーニング強度のガイドラインとする考え方も示されている（7）（8）。

身体運動の動作パターンの獲得や発現およびその協応や自動化に関する研究も、基礎的な研究段階にはあるものの急激な発展をみせている。吉田（9）は、ネコを用いた実験の結果から運動の最終的なパターン（プログラム）は大脳皮質運動野にあると考えられるが、その企画や意図（プランニング）は連合皮質、小脳外側部、大脳基底核に関連しているとの考え方を示している。運動熟練のメカニズムについて伊藤（１０）は、小脳の適応制御モデルを例示し、制御対象の動特性Ｇに対応して制御装置としての小脳が逆ダイナミクスモデルの動特性１／Ｇを完成させるのではないかとしている（図２）。川人（１１）は、小脳傍虫部では実際との誤差を計算しながら運動系の内部モデル（遅いフィードバック系制御）を完成させるのに対応して、小脳外側部では、フィードバック情報を受けずに運動系の逆システムの内部モデル（速いフィードフォアワード系制御）を完成させるとの考えを示している。筆者１２）は、これらの神経生理学的知見を「スキルの改善」という視点から検討し、様々な条件下での動作の反復が身体各部の動特性学習を前進させ、運動パターンを改善するとの仮説を示した。

（１）Bernstein,N., THE TECHNIQUES OF THE STUDY OF MOVEMENT(1934),(in) H.T.A.Whiting (Ed.) Human Motor Action, North-Holland,1984,p1-26
（２）松井秀治、キネシオロジープロムナード（キネシオロジー研究会編：身体運動の科学）、杏林書院、１９７２年、１～６
（３）阿江通良、画像データによる動作解析法、J.J.SPORTS SCI.、Vol.10(3)、１９９１年、１９６～２０３
（４）石井喜八、２次元から３次元映像解析へ、J.J.SPORTS SCI.、同巻同号、１９９１年、１８５～１９０
（5）猪飼道夫、スキルの生理学（猪飼編：身 体運動の生理学）、杏林書院、１９７３年、３１０～３３３
（６）永田 晟、運動と筋放電のスペクトル解 析（筋と筋力の科学）、不昧堂、１９８４年、１２９～１６３
（７）青木純一郎、陸上競技の生理、日本陸上 競技連盟編：陸上競技指導教本、大修館書 店、１９９２年,２１～２６
（８）Jacobs,I.：中村好男訳、スポーツトレー ニングにおける血中乳酸の意義、コーチン グ・クリニック、第４巻４号、ベースボー ル・マガジン社、１９９０年、８～２０
（９）吉田充男、随意運動における大脳基底核の

役割（伊藤正男編：脳と運動）、平凡社、１９８３年、３１５～３２９
（１０）伊藤正男、熟練の脳内メカニズム、体力科学、Ｖｏｌ．４１（１）、１９９２年、１～７
（１１）川人光男、運動軌道の形成、伊藤・佐伯編：認識し行動する脳、東大出版会、１９８８年、１５０～１８１
（１２）山崎健、ランニングスキルの改善と歩数計測の意義、ランニング研究、Vol.4、１９９３年、１４～１９

Ⅱ．残された疑問

以上概観してきたように、日本のバイオメカニクスや運動生理学に関する研究水準は、量的にも質的にも世界のトップクラスにあるといわれている。にもかかわらず、時として「スポーツの科学的研究は役に立たない！」との見解（一部にはまったく的外れの非難もある）が示されるのは何故であろうか？

１．スポーツ科学は有効か？

これは、「スポーツ科学とその応用」という問題に帰着するものと思われる。では「有効なスポーツ科学」の実体とは何をさすのか？ ここで、仮に「有効なスポーツ科学」を応用科学としての「トレーニング理論」と規定したとすれば、その「研究と実践」は、解剖学・生理学・心理学・バイオメカニクスといった固有の研究対象と研究方法を持つ「基礎科学的（つまり既に一定の完結したシステムを持つ）」分野での「トレーニングに関連した研究」と、①どのような区分を設け、②そこからどのような貢献を得ることが可能なのだろうか？また、「個別スポーツ科学」の枠組みで測定されたデータ（個別分野の論理として完結していることが重要であり、応用することなぞは最初から考えていない？）は、コーチや選手に どのように応用され、逆に個別科学の研究者はそこからどのように従来の測定・評価の枠組みを検討・変更して行くのであろうか？ 個別科学の成立の前提問題から考えれば、研究の対象と方法の階層性の一致、階層上下間の相互依存性と相互移行性の規定等の条件を満たしていること、すなわち認識論・研究方法論の確立が必要である。前述の持久性能力を評価する「最大酸素摂取量」や「血中乳酸閾値」等の指標は、なされたパフォーマンスとの「機械的効率」を推定し、レーニング状態を把握するのに大変重要である。金子（１３）は、競歩選手の最大酸素摂取量や血中乳酸動態（ＬＴ４ミリモルレベル）とパフォーマンスの機械的効率（技 術レベル）の推定を行ない、①「一定（最大ではない）の酸素摂取水準の維持能力」が競歩選手の成績と相関が深いこと、②トップクラスの選手のバイオメカニクス的効率が２９％と一般選手１７％と比較して驚異的に大きな値を示すことを明らかにした。そして、そこで推定されるエネルギーの利用可能性について、コーチとの技術的示唆を含む討論により、従来のバイオメカニクス的な歩行・走行の概念をある程度変更する可能性が生じたことを報告している。

しかし、これらのパラメータは、レースの幾つかの状況をシミュレートしたものを実験室的に測定したものであり、それ故にその選手の好調時と不調時の誤差範囲内に留まる可能性が大きい（シーズン中の最大酸素摂取量はあまり変動しないが、実際の レースでの記録はそれ以上に変動している）。世界陸上競技選手権・女子マラソンで山下佐知子選手は、高温下で自己記録１分更新し銀メダルを、有森裕子選手は自己記録を３分下回り４位に入った。２時間３０分に対する３分（２％）の「誤差管理」は、 現在のスポーツ医科学のデータのレベルでは不可能であろう。まして、トップクラスのラ

ンナーのデータは個別性が強く例数も極めて少なく、かつ統計学的にいえば「異常値」に相当する。逆に、現在のスポーツ医科学のデータから恩恵を受ける可能性が最も高いのは、いわゆる「市民ランナー」ではないだろうか？

上手にトレーニングを行ない、食事・栄養・給水・ペース等を管理すれば、５時間程度の記録なら簡単に３０～４０分は短縮できる。こちらの誤差管理ならスポーツ医科学の独壇場であろうし、コーチや選手、市民ランナーにも比較的理解のしやすいデータが多い。

このように、ビギナーやジュニアレベルでのパフォーマンスの向上に関しては、「スポーツ科学のシステマティック」な導入を行なわなくても十分「有効」であり、研究者も現行程度のデータ提供で「社会的責任」を十分に充足し（?）、研究方法自体のドラスティックな検討も特に求められることはない。

２．では何が問題か？

それでは、トップクラスのアスリーツに関する研究はどうであろうか？ 小林（１４）らは、世界と日本のトップスプリンターのランニングフォームのバイオメカニクス的分析を行ない、日本のスプリンターに特徴的な「非効率的なキック動作（キック脚の膝関節が最後まで伸展し、前方での脚の動作が小さく、男女共通）」を抽出した。確かに、このデータは即分析対象となったトップスプリンターのフォーム改造と記録向上には役立たないものの、ジュニアの指導者がこのデータから日本的スプリントの概念を払拭できれば将来的には「有効なスポーツ科学」になるのではないか。トップアスリートであっても、走幅跳の パウエルは、ソウル五輪から３年間で助走スピードとフォームの改善に成功し、長期的には７ｍ９０程度から８ｍ９５の世界記録へと記録を向上させている。パウエルは、パフォーマンス改善のため、①筋力増加のためのパラシュートを引くスプリントトレーニング、②空気圧を用いるマシンによる筋力レーニング（関節へのストレス軽減）、③過労と怪我を防ぐためのウォータエクササイズと携帯型電気治療器の利用という三つのメソッドを導入したと報道（１５）された。しかし、私見ではこれらのトレーニングは、コンピュータシミュレーションを用いたベストパフォーマンス時の詳細な出力水準を想定し、その出力レベルを実現することを目的としてかなりシステマティックに導入されているのではないかと思う。この点は、今後の確認と検討が必要であろう。

３．科学論とスポーツ技術の研究段階

井尻（１６）は、体験的→記載的→分類的→論理的→理論的→実験的→条件的へと至る七つの研究方法論を提起している。この点で、現在のスポーツ科学研究はコンピュータ等のハイテク機器を駆使した「厳密な記載と分類」「身体運動の論理（メカニズム）の蓄積」を行なっている段階にいるのではないだろうか。最近では牽引等を用いて「速く走らせる研究（≒実験的研究?）」も報告されるようになったが、「遅い人間を速くさせた形成的研究（≒条件的研究?）」は大変に少ない。つまり、基礎から応用に至る研究方法と対象の階層構造 を想定したとき、その中に明らかな「欠けた階層（missing hierarchy）≒研究対象・ 研究方法・研究組織・研究者の不在」が存在するのではないだろうか?人間の身体運動の階層性を認識することは、それに対応した研究対象と研究方法の再検討をも要求する。

この研究対象の階層性について、福永（１７）は、ボートのローイング運動を例に、① muscle performance 、 ② motor

performance、③sport performance へと至るエネルギー利用の側面からの階層性を示している。また、江刺（１８）は、①生理学的運動形態、②個人運動的運動形態、③対人運動的運動形態、④集団運動的運動形態、という視点から各階層における主要な論理の違い⇖個別性・特殊性の存在を指摘した。すなわち、膝関節を中心とした屈曲 - 伸展筋力の分析の論理だけでは身体全身の動的出力特性は分析できず、身体全体の出力特性の分析の論理だけではパフォーマンスは分析できない。まして、対人的状況下での「フェイント」や集団的状況下での「フォーメーション」等の分析は不可能であろう。これらの対象の階層性に対応した研究方法は、①運動系の生化学・生理学・解剖学 etc、②スポーツ生理学・心理学・バイオメカニクス etc、③スポーツ心理学・バイオ メカニクス・運動形態学 etc、④スポーツ心理学・経営学・ゲーム分析・統計学 etc へと至るミクロ→マクロの階層構造を持ち、対応した階層の対象との間により厳密な整合性を持ち、その「論理」が上下の階層にあっては主要なものとならない。例えば、持久的能力の構成因子に関する運動生理学・生化学的研究は、「直接的」には個別のランナーの５００ｍ走の記録向上には貢献できない。実は、このことが「隔靴掻痒」と表現される「もどかしさ」や「スポーツ科学の有効性に対する疑問」の原因となっているものとも考えられる。しかし、この研究対象の階層性に対応する研究・実践方法論（形成的・教育学的システム）の軸は、別ベクトルでも存在するのではないだろうか。ただ、例えば、①各運動の出力特性に対応したトレーニング理論、②各運動形態の主要課題に対応したコーチング理論、③出力特性に対応したスポーツ栄養学、④トレーニング管理のためのスポーツ医学、⑤全体を経営・管理するトレーニング計画、といった重要と思われる要因を並べてみても、システム（つまり有効なスポーツ科学？）としてはあまりにも系統性が感じられない。ビギナーであればともかく、トップクラス で通常ほぼ限度一杯の水準で能力を発揮している選手の場合には、スポーツ科学のシステマティックな導入が必要となってくる。しかし、その実態はいったい「何」であろうか？

（１３）金子敬二、競歩おけるトップアスリート の技術、体育の科学、Vol.41(4)、１９９１年、２７４～２７８
（１４）小林寛道、走る科学、大修館書店、１９９０ 年、３９-６５
（１５）THE SCIENCE／ENGINEERING THE PERFECT ATHLETE、TIME、SPECIAL EDITION、SUMMER、1992、46-49
（１６）井尻正二、科学論、築地書館、１９６６年、１～１０７
（１７）福永哲夫、人間にとって巧みな動作とは - 動きと効率から -、日本体育学会第３６ 回大会号、１９８５年、４７
（１８）江刺幸政、科学的なスポーツ技術とコー チ等の確立、第１回全国体育・スポーツ総 合研究集会報告集、１９７０年、２０～２１

Ⅲ．スポーツ科学の導入システムの検討

本稿では、対象を個人運動（もしくは、sport performance）的階層に限定したい。それは、「チームの競技力」となると、前述の運動形態の階層性と研究・実践方法論の２つの軸からなる枠組みのなかでは、論点が複雑で不明確になると思われるからである。そして、①運動生理学やバイオメカニクスの研究データが、②選手の技術特性、出力特性にかかわるパフォーマンスの改善に、③どのようなシステムを媒介として貢献す

るのかという点から幾つかの事例を検討したい。このイメージとしては、前述の「THE SCIENCE ／ ENGINEERING THE PERFECT ATHLETE、TIME、SPECIAL EDITION、SUMMER、1992」15）が適当である。ここでは、①生理学や栄養学を中心とした CONDITIONING （かなり具体的なデータが示されている）、②バイオメカニクスを中心とした TECHNIQUE（動作の改善への貢献の意義）、③心理学を中心とした PSYCHOLOGY（いわゆるメンタルトレーニングのサポート）という3つの 要因を指摘している。そして、記録の向上や技術の進歩の幅が年々に少なくなっているとしながらも "greater natural talent" を、スポーツ科学が支援することにより記録や技術の進歩は続くと結論づけている。詳細な問題は残るが、全体的なスポーツ科学のイメージとしてはたいへん良く表現されているものと思う。以下、日本での幾つかの事例を中心に導 入システムのあり方を検討したい。

1．スキー複合ナショナルチーム強化の科学的サポート

川初（19）は、アルベールビルとワールドカップの金メダルを支えた科学的支援の内容 を紹介し、①体力・運動能力の測定と評価方法の確立（血中乳酸動態と心拍数管理）、②持久力の高所トレーニングの重視、③スキージャンプの筋活動・制御の分析とそれに基づいたコーチングの3点が報告され、ナショナルコーチとの論議は週1回以上行なわれたと報告している。日本複合チームが、世界に先駆けてV字型ジャンプを完成させ、そのことが来季からの複合団体のルール変更（リレーの距離半減）をもたらしたことは象徴的である。

2．スピードスケート競技力の科学

サラエボ、アルベールビルとメダル獲得が続いたスピードスケートについて、根本（20）は、「世界で勝つための目標体力水準」を設定し、競技力向上とトレーニング科学 の課題として以下を指摘する。

1　Reseach Makes the Champion

a）心理的、技術的、体力的特性と競技力、b)トレーニングのモニタリング、c）スポーツ障害の予防、d)タレント発掘とカリキュラム開発、e)メンタルマネジメント法の開発、f）食事学

2　From Feedback to Feedforward

a）スポーツ医科学によるトレーニング処方、b）カンと経験の科学化

3)Education

a）コーチ要請システムの確率、b）コーチ研修会の充実

宮下（21）は、競技力の向上とコーチ・指導者の役割について、①指導者は、自分の専門とするスポーツ競技の特徴を明確に意識しているべきである、②指導者は、選手の成長段階を考慮し、個人の特性に応じた指導を行うべきである、③指導者は、完成された選手の活躍を演出するブレーン集団（医師、栄養士、マッサージ師／アスレティックトレーナー／ゲームアナリスト）を組織すべきであるとし、特に③の問題の重要性を指摘する。

3．トップアスリートの技術分析

前述の金子（13）は、「トップアスリートの技術は，一通りの測定ぐらいではわからない．その技術をどん欲に分析し，何が重要なのかポイントを絞り込まれなければ，いくら研究データを眺めても，何も見えてこない．研究者は常に選手やコーチと連絡をとり，経験の不足を補い，しっかりと目標を見定める必要があることをいつも感じる．その意味では，われわれの研究もやっと入

り口に差しかかったばかりといえる.」と研究者とコーチ・選手の相互的な関係について言及している。

阿江２２)は、スポーツ技術の進歩には、①既成のフォームや技術にとらわれず選手やコーチの独創的なアイデアを実践する、②一流選手のフォームの実態の理論的解明、合理的な技術の探及をする、③人間の形態、機能の技術的観点からの認識、より合理的 な技術の考察・検証が必要であり、「スポーツ科学の基礎的領域の１つであるスポーツバイオメカニクスは，様々な側面から競技成績の向上に貢献できると考えられるが，最も重要でかつその独自性が発揮できるのは，スポーツ技術やそれに関連したトレー ニング法などの改善に関することであろう.」と指摘する。若吉（２３） は、競泳のレース分析について、阿江もふれた結果の短時間（半日）でのフィードバックの意義について述べ、さらに現場との関わりについて「これまでは一方通行であったが，最近では両方通行なものになりつつあるということである. 実際，レース分析の研究は，実験室で行なうものに比べてマクロなものであるかもしれない. しかしながら，研究者が現場で活躍されている指導者の方々や選手達と「競技力向上」という共通意識を持つためには，こういったかたちの研究も重要であるように感じる. そして，その中から「何」が競技力の向上に役立つのか，またコーチや選手は，「何」を知りたがっているのか，その「何」をスポーツ科学者は，正確に捉え理解し，研究していかなければならない.」と述べている。自身が跳躍選手でもあった深代２４)は、走高跳選手のサポート体制について、①出力特性の分析（科学的で詳細な体力チェック)、②パフォーマンスの分析（男子では、Ｈ１／ 重心高で約４５%、Ｈ２／重心上昇で約２７%、Ｈ３／クリアランス技術で約２８%が全体のパフォーマンスに貢献する)、③踏切技術のバイオメカニクス的分析とその場での選手へのフィードバック#踏切感覚との対応、④スポーツ医科学研究所を利用するオープンシステムの確立をあげ、継続的な取り組みの重要性を指摘する。極め付けは、ソウル・金メダリスト鈴木大地のコーチ鈴木陽二（２５） で、「科学を応用することはいいことだと思うんですよ. でも、科学自体では強くならないと思いますよ. というのは、科学はいつもトップの後を追っているからです.」とトップ先行論を主張する。そして、以下、科学は応用するものだ／選手をあらゆる角度から知ることが必要／ＡＴを利用する／バイオメカニクス的なもの／ビデオの活用法／心理的なこと／科学者との話し合い、と論を展開する。

４. 陸上競技とスポーツ工学

福岡（２６）は、スポーツ工学からの用具へのアプローチについて、１９９１年世界陸上へ向けての競技ウェアとマラソンシューズの開発について報告している。新しい素材と新しいコンセプトに選手の使用感（いわゆる官能テスト）を加えた製品開発システムは、以前とは比較にならないほどの「使いやすさ（#有効性！）」を生み出している。これらは、単に記録向上にとどまらず、スポーツ障害や運動事故の予防にとっても大きな進歩である。実際のところ、この方面の研究がもっとも広範囲に「貢献」しているのではないだろうか。

５. 事例の共通項は何か？

以上の点を要約すると、①詳細な出力特性の分析と基準の設定、②その基準に向け

てのトレーニング過程、選手の状態を把握する生理学、栄養学、医学等の導入、③現在の技術レベルの分析（機械的効率の推定や技術経過の分析）、④その選手にとっての最適な技術の検討（シミュレーション）、⑤技術の修得過程に対するバイオメカニクス的サポート、短期間でのデータのフィードバック体制、⑥競技団体のスポーツ医科学とコーチング体制の明確なサポート等のポイントがクローズアップされる。

（１９）川初清典、スキー複合ナショナルチームの強化を科学的にサポートして、臨床スポーツ医学、Ｖｏｌ．９（８）、１９９２年、９０５～９０８

（２０）根本勇、スピードスケート競技力の科学、コーチング・クリニック、Ｖｏｌ．６（９）、１９９２年、２３

（２１）宮下充正、日本のスポーツ、勝利への選択、同巻同号、２４～２５

（２２）阿江通良、陸上競技 - 第３回世界陸上競技世界選手権における日本陸連バイオメカニクス特別研究班の活動について、体育の科学、Ｖｏｌ．４２（６）、１９９２年、４１０～４１３

（２３）若吉浩二、競泳のレース分析、体育の科学、同巻同号、１９９２年、４２０～４２５

（２４）深代千之、世界を目指す陸上競技・走高跳グループ、コーチングクリニック、Ｖｏｌ．６（７）、１９９２年、３３～３９

（２５）鈴木陽二、科学を取り入れたコーチングとは何か？、コーチングクリニック、Ｖｏｌ．５（１）、１９９１年、２２～２４

（２６）福岡正信、陸上競技とスポーツ用具、体育の科学、同巻同号、１９９２年、４１４～４１９

Ⅳ．二つの軸の総合に向けて

しかし、これらの研究は「ある研究者」にとっては、若吉（２３）のいうように「実験室 で行なうものに比べてマクロなもの」である。最近、各競技団体が「スポーツ医科学システム」の導入に積極的になり、ようやく関心のある研究者が「外出」できるようになったものの、ミクロな質の高い業績の評価システムは「厳として」存在している。この点で、スポーツ科学における「有効性」の問題は、以下の二つの評価体系を持つのではないだろうか。第一は「実証性」の問題であり、仮説 - 実験 - 分析 - 総合 - 結論へと至り、研究方法論の統一性が要求される。第二は「実践性」の問題であり、問題意識 - 状況分析・判断 - システム設定 - 実践へと至り、結果への貢献性・実効性が要求される。

井尻科学論の七つの段階との関連では、私見では、体験的→記載的→分類的→論理的の四段階が「実証性」中心の分析的軸であり、理論的→実験的→条件的の三段階が「実践性」中心の総合的軸に対応するものと考える。体験的から分類的までの方法は現象の類型化であり、論理的方法はこの類型からある限定された条件下でのメカニズムを検証（つまり、ルイスはこのように走るので速い！）する。これに対して、理論的方法は「実践作業仮説」の立案であり、実験的方法は複数の条件設定による実践結果からの対象のダイナミクスの解明（このメカニクスの動特性は、どうやると速くなりどうやると遅くなるのか？）にあたる。条件的方法は縦断的・形成的研究であり、まさにトレーニング過程による成績向上に相当するのではないだろうか？

最初に述べたようにスポーツ科学の研究システムの中には、明らかな「欠けた階層」：研究対象・研究方法・研究組織・研究者の不在」があり、またそれを暗黙のうちに了承（自己の研究対象を一定の階層内に限定する）しようとする傾向も存在

する。ギャップはまさに研究者の側にもあったのではないか？深代２７）は、スポーツ医・科学研究所における「スポーツ医・科学総合体力測定システム（この体力は技術なども含めた広義の意味）」を、通称スポーツ・ドックと呼び、①メディカルチェック、②体力測定、③技術分析、④栄養、⑤トレーニング内容、⑥試合内容、⑦練習環境等を分析して、その時点での身体の状況を総合的に評価し、トレーニングプログラムをつくる「スポーツ科学活用システム」を提起し、実践する。

（２７）深代千之、スポーツ科学活用のシステムづくりに向けて、コーチングクリニック、Ｖｏｌ．５（１）、１９９１年、１８～２１

おわりに

ところで、筆者の主要な研究対象は、動作の発現や獲得過程の特殊性の解明であり、最近は、動作が繰り返し学習により改善されるメカニズムを「小脳」の役割との関連 で検討している。実証的には「人間の随意運動の特殊性の研究」のある階層に位置しており、実践的には運動の学習ー発現過程、換言すれば「スポーツ技術の指導の前提を 形成する基礎的研究」のある階層に位置している。では、私のこの研究は、一体何に貢献するのであろうか。