

# 1 トレーニング理論と方法論

スポーツの世界で高い成果を獲得しているコーチやアスリートは、実践の場で生じるさまざまな問題を解決しながら巧みにトレーニングを実践できる。ここでは優れたコーチやアスリートが実践するトレーニングサイクルにおける思考、行為および作業とそれに関連したトレーニング学の理論体系を提示する。また、トレーニング理論と方法論について具体的に理解するために、筋力トレーニングを例示しながら説明を行う。

## 1 トレーニング学の理論体系

スポーツパフォーマンスとは単一事象によって構築されるものではなく、多数の要因が複雑に絡み合い、有機的に影響し合っひとつのシステムとして構築される。国際的には、この複雑で難解なスポーツパフォーマンスの向上を目指して行う思考や行為、作業の総称をトレーニングと定義している。これに対して、我が国では筋力やパワー、あるいは持久力など、狭義の体力要素のみに限定してトレーニングという用語が用いられる場合が多く、国際的な捉え方の普及が早急に求められる。

図1に示すように、トレーニングとはある現象を深く追求し正解をみつけ出す探求作業ではなく、錯綜する諸要因をシステムアップしながら目標とするパフォーマンスを構築し

ていく創造作業に他ならない。そこでまず初めに、表1のトレーニング学の理論体系を理解するために、図2に示したトレーニングサイクルについて解説する<sup>1, 2)</sup>。

### 1) スポーツパフォーマンス構造論

トレーニングサイクルを循環させるためには、まず目指すスポーツパフォーマンスの構造、すなわち設計図としての構造モデルを明示する必要がある、すべてのトレーニング事象を循環させる前提条件となる。この設計図に誤りや不備のある場合、あるいは稚拙である場合にはパフォーマンスを向上させることは難しい。

### 2) トレーニング目標論

トレーニングは適切な目標を設定することから開始される。トレーニング目標を設定する際には、①実現可能性、②時間資源、③個別性と専門性、④アスリートの発達段階に配慮しながら、現状を正確に把握するとともに、その後の未来を予測する。設定目標と現状との間に生じるギャップを問題として形成し、その原因をあらゆる視点から分析究明する。その上で個々の原因を解決する課題を考えながら、優先順位を決定し配列していく。

### 3) トレーニング方法論および手段論

トレーニング課題が設定できたならば、各課題を効果的に解決する課題解決法、すなわちトレーニング手段を選択する。現時点で効果的な手段が存在しない場合には、新しい手段の創造を行う。1つの課題を解決するために1種類の手段のみで対応することはなく、数種類のトレーニング手段を組み合わせる。この組み合わせ方や導入手順を設定し、方法化しながら計画立案に取り組んでいく。

### 4) トレーニング計画論

目標と課題を設定し、その解決手段や方法

図1●トレーニング現象と問題解決型の思考・行動スパイラル

### トレーニングとは？

錯綜し合う複雑な諸要因を構造的に組み合わせながら、目標とするパフォーマンスに至る創造作業

目標の実現まで限らない試行錯誤を繰り返す

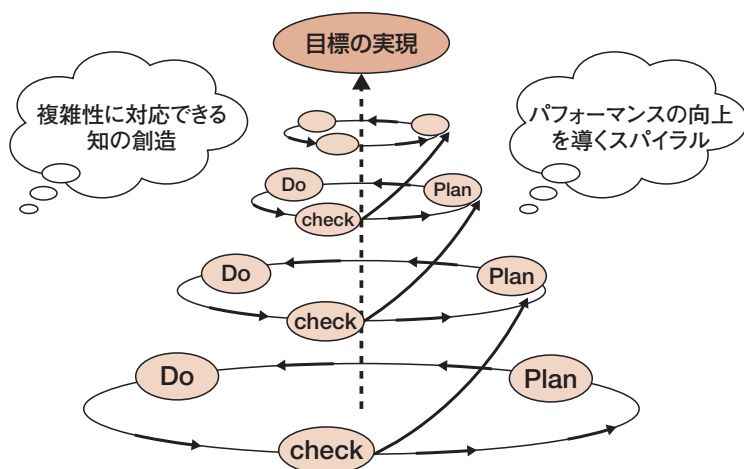
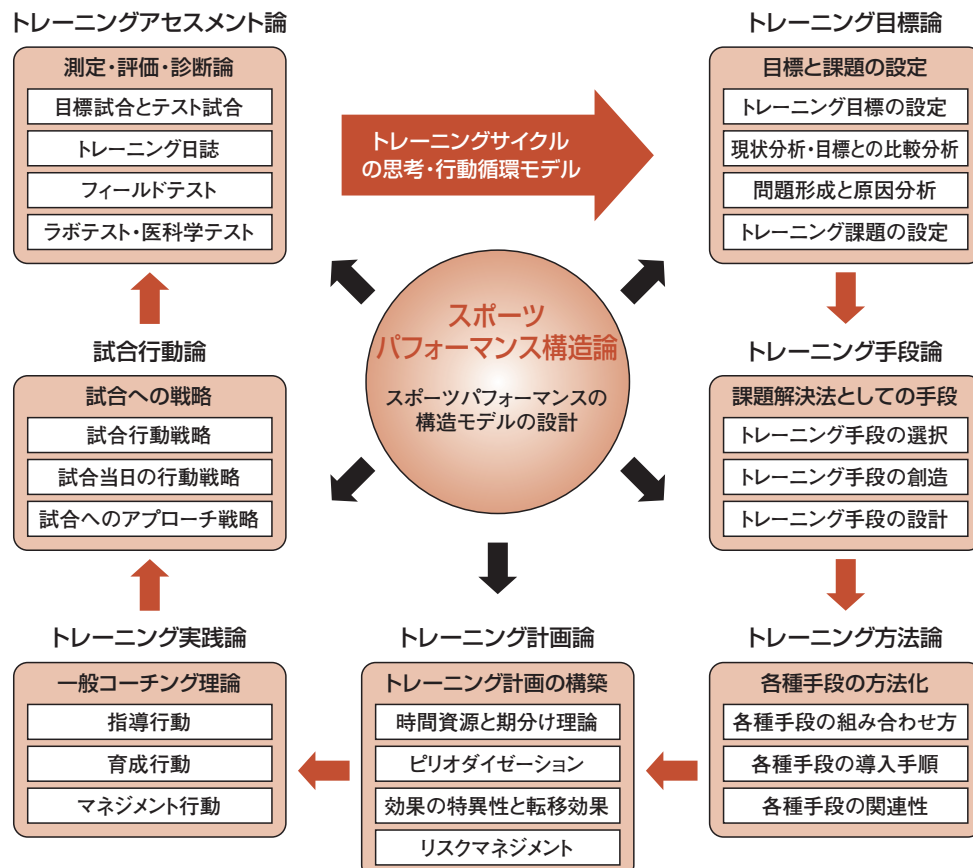


表1 ● トレーニング学の理論体系

スポーツパフォーマンス構造論	目的とするスポーツパフォーマンス構造モデルの設計 構成要素の抽出と有機的な構造体の創造			
トレーニング目標論	目標の設定 課題の選択	現状分析 優先順位の決定	問題形成	原因分析
トレーニング手段論 および トレーニング方法論	<div>筋力トレーニング論 持久力・スタミナトレーニング論 柔軟性トレーニング論 調整力トレーニング論…など (コーディネーション)</div>			
トレーニング計画論	発達から引退までの計画論 超長期計画・オリンピックサイクル計画論 長期計画・マクロサイクル計画論 中期計画・メゾサイクル計画論 短期計画・ミクロサイクル計画論 1日計画・デイリーメニュー論			
トレーニング実践論	コーチング論 アスリート論	指導行動	育成行動	マネジメント行動
試合行動論	試合行動戦略 試合へのアプローチ戦略			
トレーニングアセスメント論	目標試合 ラボテスト	テスト試合 医科学テスト	フィールドテスト 評価	診断

図2 ● トレーニングサイクルの思考・行動循環モデル



が設定できたならば、いよいよトレーニング計画の立案を始める。計画立案の際には、時間資源の長短に基づいて、①スポーツによる人生計画（アスリートの初期発達から引退までの15～20年スパン）、②超長期計画（4年間単位のオリンピックサイクル）、③長期計画（1年間単位のマクロサイクル）、④中期計画（数ヶ月単位のメゾサイクル）、⑤短期計画（1週間単位のミクロサイクル）、⑥1日計画（その日のトレーニングメニュー）を作成する。その場合にはトレーニングにおける期分け理論、超過回復理論、ピリオダイゼーション理論を導入し、試合配置とその周期モデルへの配慮を行う<sup>3、4)</sup>。

#### 5) トレーニングアセスメント論 (測定・評価・診断論)

最終的な目標試合へと至る過程の中で、段階的かつ定期的に各種の測定評価および診断を行い、トレーニングの進行状況を評価診断するアセスメントが必要不可欠である<sup>5)</sup>。トレーニングサイクルの各時点で推進した思考と行動に問題はないか、目標に向かって良好な進み方になっているかについて、各種測定結果に基づいて評価および診断する。適切でないと診断された場合には、トレーニング目標の設定段階にまで再び立ち返り、各時点の問題点を洗い出し適時修正を加える。適切なアセスメントを行いトレーニングサイクルを循環させ続けられれば、必ず成果が得られて目指す試合では高いパフォーマンスが獲得できる。

#### 6) 試合行動論

トレーニングにおける成果を反映し、パフォーマンスの良否が決定されるもっとも重要な場は試合である。長期計画の中に設定された最重要試合ともなると、アスリートやコーチは最高の緊張レベルとなり、危機的状態と同様な状況に陥ることも少なくない。このような特別な状況下で最高の成果を獲得するためには、試合における1日の行動戦略と試合進行戦略を計画することが必要になる。優先順位の低い試合を利用してリハーサルを行い、戦略や方略を試していく。また、試合直前のコンディショニングやピーキングに関する計

画を用意し、何度も試しながらパフォーマンスにつながるもっともよい戦略的アプローチを確立する。

トレーニングサイクルでは、一連の問題解決過程の循環が生じる仕組みになっており、常に変化を生み出す機構を内在させている。失敗を恐れず、斬新なアイデアを持って大きな変化を導くようにサイクルを循環させ続けられれば、トレーニングイノベーションを継続的に作り出し、スポーツパフォーマンスを向上させ続けることができる。

## 2 スポーツパフォーマンス構造論

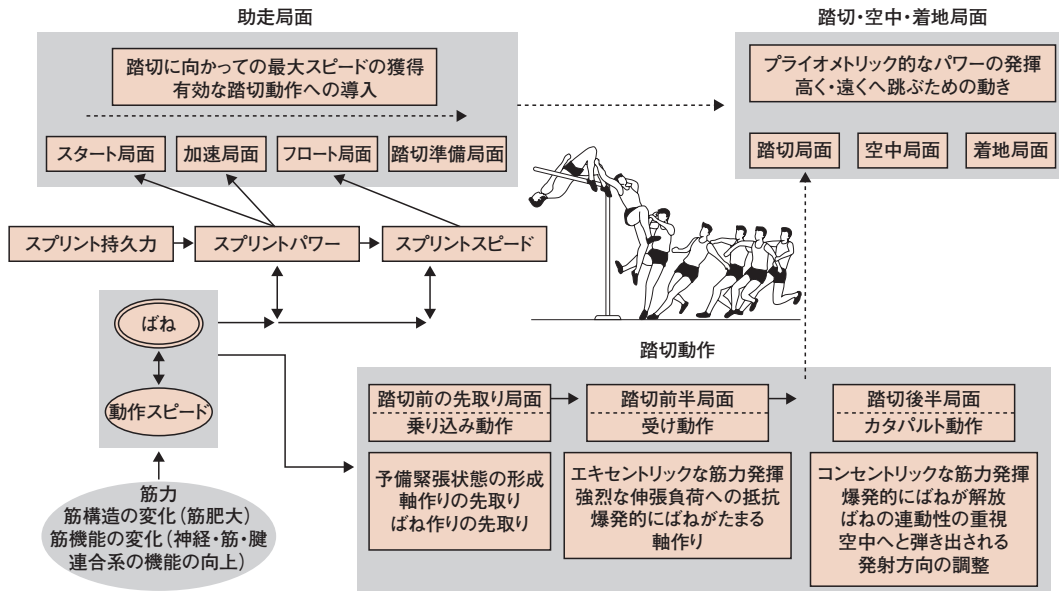
トレーニング手段や測定評価のためのテストに用いる運動を選択する場合には、スポーツパフォーマンスの構造モデルに基づく考え方が必要になる。すべてのトレーニングが、“初めに運動ありき”と言われる所以がここに存在する。筋力・パワートレーニングの最新手段、最大筋力や最大パワー、最大酸素摂取量やAT（最大無酸素性作業閾値）などの各指標、あるいは高度な医科学テストが先行し、この種の科学的な諸要素からトレーニングを組み立てる方法は誤りであり、失敗を引き起こす原因となる場合が多い。また、あるスポーツに必要な不可欠なトレーニング手段や方法が、他のスポーツにはマイナスに働くことも頻繁に起こる。

トレーニングを効果的に推進するためには、“初めに運動ありき”で、目指すスポーツパフォーマンスの構造モデルからトレーニングを開始する。このためのモデル設計には、自らが行うスポーツに関する高度な理解と知識だけではなく、スポーツ実践を通して体得した豊富な経験則と実践的知恵が要求される。

#### 1) 跳躍種目のパフォーマンス構造モデル

分かりやすく説明するために、跳躍種目のパフォーマンス構造モデルを示してみたい。まず、跳躍種目のパフォーマンスは多事象から成る構造体であり、システムであるという捉え方をする。図3は跳躍種目のパフォーマンス構造モデルである<sup>6)</sup>。跳躍種目は時系列

図3●跳躍種目のパフォーマンス構造モデル



的な流れから、助走局面、踏切局面、空中局面、着地局面によって構成される。助走局面は、スタート局面、加速局面、加速慣性（フロート）局面、踏切準備局面で構成される。一方、踏切局面は、先取りのための乗り込み局面、踏切前半の受け動作局面、踏切後半の爆発的な跳び出し局面で構成される。このようにパフォーマンスを構成する局面構造を配列し、各局面に内在する技術要因や体力要因を構造要素として分類配置する。図4に示すように、技術要因は自己の動きを外から観る他者観察的な視点と、内面から感じる自己観

察的な視点の両面からの理解が必要とされる<sup>2)</sup>。前者による運動理解は、映像を手掛かりにできるとともに、バイオメカニクスなどの科学的な視点が役立つ。一方、後者による運動理解は、主観的な感じやコツの世界であり、言葉にならない暗黙知の出来事が対象となる。この身体感覚や身体意識の世界を発展させることは、技術要因からパフォーマンス構造を設計するカギとなる。

## 2) スプリントのパフォーマンス構造モデル

もう一つの例として、スプリントのパフォーマンス構造モデルを示してみたい。図5（次ページ）の下図は、速度曲線を手がかりにしたスプリントの局面構造を示したものである<sup>7)</sup>。スプリントパフォーマンスの成績は100mを走るタイムであるが、より詳細に要素化すると、加速局面での速度の素早い立ち上げ、加速過程の積算として到達する最大速度、高めた最大速度の維持と低下の防止の3つに分類できる。各局面の速度はストライドとピッチによって決定される。中図は各局面による身体重心加速度を示している。加速局面の初期は、速度は低く大きな力が発揮されるローギア型の力発揮、その後は速度が徐々に高まりミドルギア型からハイギア型の力発揮へと切り換わる。最後の速度維持局面に

図4●技術形成のための自己観察的視点と他者観察的視点

### 運動技術の形成

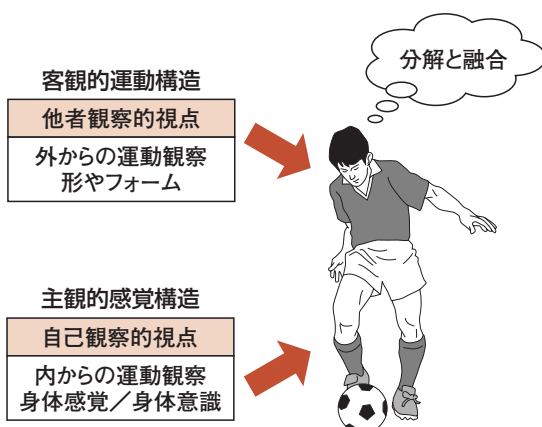
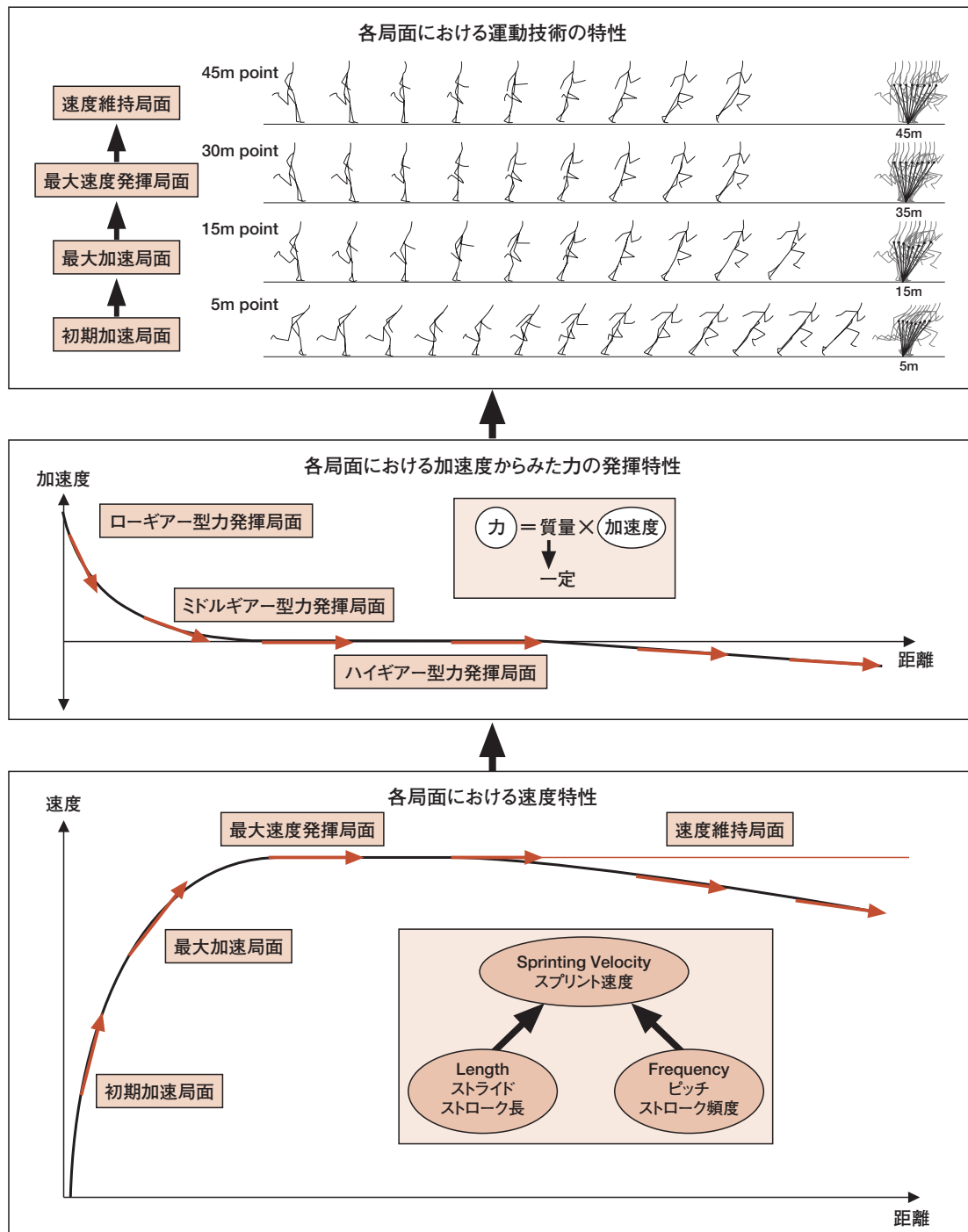


図5●スプリントにおけるパフォーマンス構造モデル



おける力発揮は低下し続ける。これらの各局面で必要とされる力発揮特性は時々刻々と変化し、それに伴って技術要因や体力要因も変化する。また、ATP-CP系や解糖系などのエネルギー供給系についても配置し考えていく必要がある。

### 3) 球技スポーツのパフォーマンス構造モデル

陸上競技、競泳競技、スピードスケート、スキー、カヌー、ボートなどのパフォーマンスが数値として現れるスポーツの場合には、各種目の競技特性に配慮しながら、先に例示した跳躍種目やスプリントの場合と同様な考

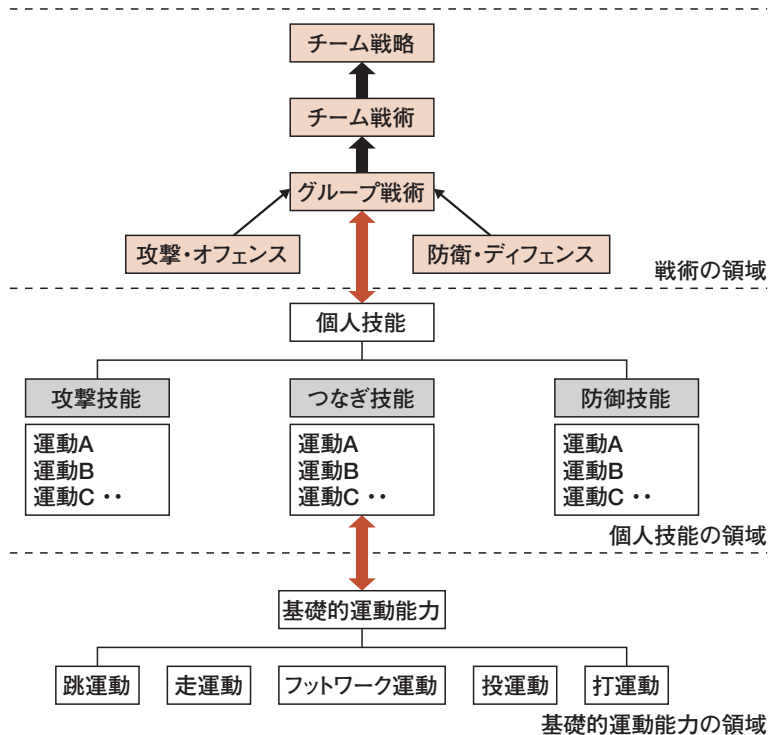


え方で設計が可能になる。しかし、球技スポーツや対人スポーツの場合には、個々のアスリートだけではなく、対戦相手との関係、同じチームのアスリート間の関係、異なるチーム間の関係なども考慮する必要がある。

図6は球技スポーツに共通するパフォーマンス構造モデルを示したものである。球技スポーツの場合には、自分のチームの戦力や現状を把握するとともに、対戦相手チームの戦力や現状も把握し、勝つためのチーム戦略と戦術が必要になる。チーム戦術を満足させるためには、いくつかのユニットを設定し、グループ戦術を攻撃（オフェンス）と防衛（ディフェンス）に分類する。一方、グループ戦術を行うためには、個人が何の技能をどのレベルまで高める必要があるかを査定し、アスリート個々の個人的な攻撃技能、防衛技能、両技能の関係性を高めるつなぎ技能に分類しながら設計する。たとえば、バレーボールであれば、攻撃技能としてはサーブやスパイク、防衛技能はブロック、ディグ、レセプション、つなぎ技能はトスやパスがあり、それぞれの個人技能が高度に向上すれば、グループ戦術の幅が広がり高度なチーム戦術が達成できる。さらに、個人技能を向上させるためには、跳、走、フットワーク、投、打などの基礎的運動能力を高めていく必要がある。

従って、球技スポーツのパフォーマンス構造モデルを設計する場合には、戦術、技術、体力の各段階における階層構造関係を崩さず、専門性と一般性に配慮しながら行うことが大切になる。階層構造的にパフォーマンスを捉える視点を持たないアスリートやコーチは、グループ戦術のみに終始したトレーニングばかりになり、下位にある個人技能や基礎的運動能力を軽視した実践を繰り返すことで、発展性を失ったトレーニング実践を繰り返してしまうことになりかねない。

図6●球技スポーツに共通したパフォーマンス構造モデル



### 3 トレーニング手段における基礎理論

#### 1) トレーニング手段の分類と体系化

トレーニングとはスポーツパフォーマンス向上のために行う思考や行為、作業の総称のことであり、狭義の体力要素のみに限定したものではない。従って、トレーニング手段は、表2に示すように、①試合そのものの手段化、②限定的な試合の手段化、③パフォーマンス構造に直結した要素を取り出した手段（専門的な運動）、④パフォーマンス構造に直結しないが、習熟および強化すれば貢献が期待できる手段（一般的な運動）に分類できる。①から④に向かうほど、実際のスポーツパフォー

表2●トレーニング手段の分類

①試合そのものを手段化	国内外の重要試合	競技専門性	習熟
②限定的な試合の手段化	ミニ試合や目的別の試合、テスト試合など	↑ ↓ 一般性	↑ ↓ 強化
③専門的な運動の手段化	パフォーマンス構造に直結した要素を取り出した運動		
④一般的な運動の手段化	基礎運動技能を高めるための各種運動 体力要因を高めるための各種運動		

マンスからの類縁性は少なくなり、競技専門的手段から一般的手段へと移り変わる。一方では、④は③の基礎を成しており、③は②および①の部分的要素を形成していることから、すべては相互に関連し合った構造体を形成している。これらのどこかが抜け落ちると、パフォーマンスを高いレベルまで継続的に向上させることはできない。

## 2) トレーニング手段を構成する体力と技術

跳、走、フットワーク、投、打などの動きに変容が生じ、パフォーマンスが向上するためには、図7に示した2つの要因、いわゆる体力と技術が影響する。また、図8に示すように、この2要因が変化していく過程にはかなりの相違が存在する<sup>2)</sup>。

一つはハードウェア的な要因、すなわち筋や腱・靱帯を強化し、発揮できる力やスピードを高めるとともに、心臓循環器系や呼吸器系、免疫系などを改善し、疲労現象に耐えて

長時間にわたって出力し続けるための要因である。このためには、過負荷の原則（オーバーロード）に基づきながら、身体各組織や器官に対して過度の負荷を課して適応現象を引き出す（超過回復）ことが要求される。身体各組織や諸器官の細胞が分解と再合成を繰り返し、トレーニング効果が得られるまでには遅延時間が必要になる。以上のように、身体をハードウェアとして捉えて過負荷の原則に基づいたトレーニングは、体力トレーニングとして認識されている。

他の一つはソフトウェア的な要因、すなわち大脳中枢の運動制御機構と運動プログラム、神経系の諸要因を改善するとともに、動きの感じやコツを体得させて運動習熟を導くための要因である。このためには、専門性の原則や特異性の原則に基づきながら、動きの感じや主観的なコツを体得するための諸運動、身振り運動や模倣運動、繰り返し行うドリル系の運動をトレーニング手段として用いる。動きの感じや主観的なコツを大切にしながらトレーニングを継続すると、思考錯誤が連続する混沌世界から突然に動きが変わり、トレーニング効果が即時的に出現する。以上のように、動きの変容の原因をソフトウェアの問題として捉えて専門性の原則に基づいたトレーニングは、技術トレーニングとして認識されている。

## 3) 体力と技術における二面性と相対性

ウエイトリフティングでは、クリーンエクササイズやスナッチエクササイズがそのまま試合運動になり、パフォーマンスに直結する。従って、ウエイトリフティングの競技者にとっては、クリーンエクササイズやスナッチエクササイズは専門的トレーニングの手段である。一方、球技スポーツになると、クリーンエクササイズやスナッチエクササイズは一般的なトレーニング手段として位置づけられる。このように実施するスポーツパフォーマンスの構造モデルが異なれば、トレーニング手段の位置づけは相対的に変化する。

跳躍種目を例にして考えると、踏切動作を模倣したジャンプドリルは、技術課題を単純

図7●動きの変容を導く2つの要因

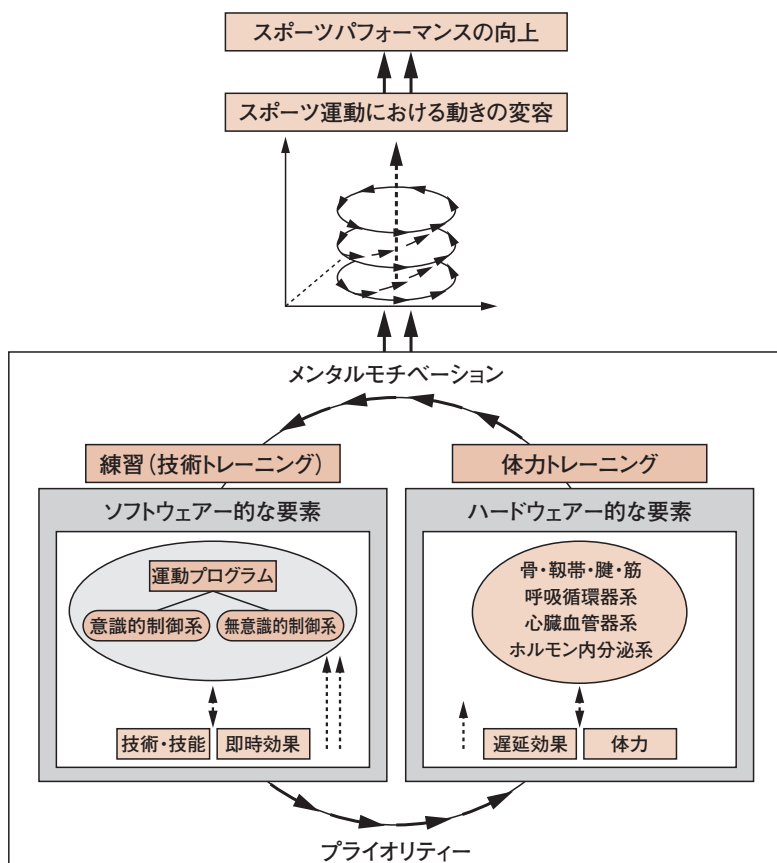
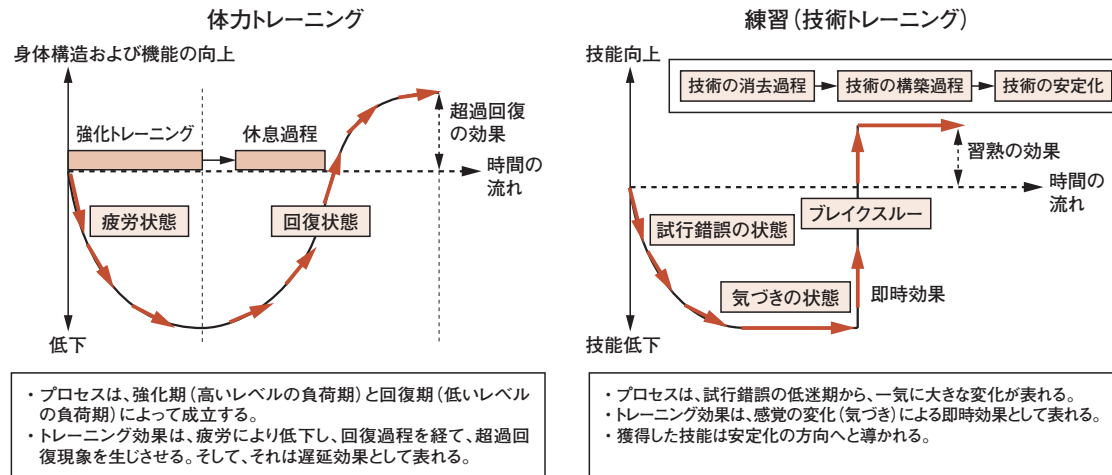


図8●動きを変容させる2つの要因が向上する過程の相違



化した分習運動であり、動きの変容を引き出す専門的な技術トレーニング手段として位置づく。図9はジャンプドリルであるボックスジャンプの地面反力を示している<sup>8)</sup>。台から着地時点までの距離が遠くなるほど水平速度は高くなり、接地前の先取り動作や踏切動作の課題が高度になるとともに地面反力も大きくなり、3.0mになると鉛直方向では約8000N、水平方向でも1500Nの大きさとなる。従って、ボックスジャンプドリルは技術トレーニング手段であるが、同時に下肢の筋や腱・靱帯に高負荷が課される体力トレーニング手段にも成り得る。

図10 (次ページ) は筋力・パワー集中トレーニング方式 (Standard Training) とジャンプドリルなどの分習運動を手段としたトレーニング (plyometrics) を行い、その効果を比較したものである<sup>9)</sup>。トレーニング効果の評価テストには、30mダッシュ (30m Start Dash)、垂直跳 (Counter Movement Jump)、立五段跳 (Five Steps Jump from Stand Point)、助走付き五段跳 (Five Steps Jump with Approach Run)、スクワットエクササイズによる最大筋力 (Maximum Strength of Squat exercise)、リバウンドドロップジャンプ (Rebound Drop Jump) を用いている。集中方式群では最大筋力のみに大きな変化があったが、他の基礎運動技能に変化はなかった。一方、分習群ではすべての項目に大きな変化が認められた。こ

れらの結果は、トレーニング手段としての運動には、体力と技術という相互に分断できない二つの側面が内在していることを示唆するものである。

球技スポーツにおけるゲーム中には、多様なジャンプや素早いフットワークが数限りなく実践される。トレーニング手段としてのゲームは、本来的にはグループ戦術の向上を目指したものである。しかし、上述の視点を変え、ゲームはグループ戦術のためのトレーニング手段であるが、ジャンプやフットワ

図9●ボックスジャンプエクササイズにおける鉛直方向 (上図) および水平方向 (下図) の地面反力

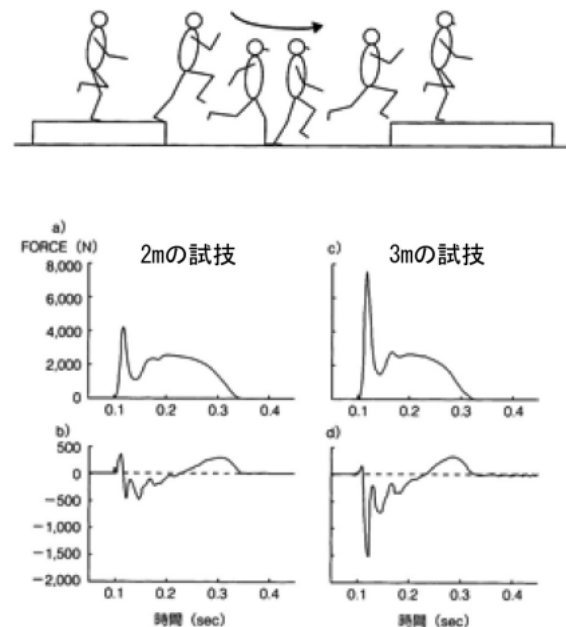
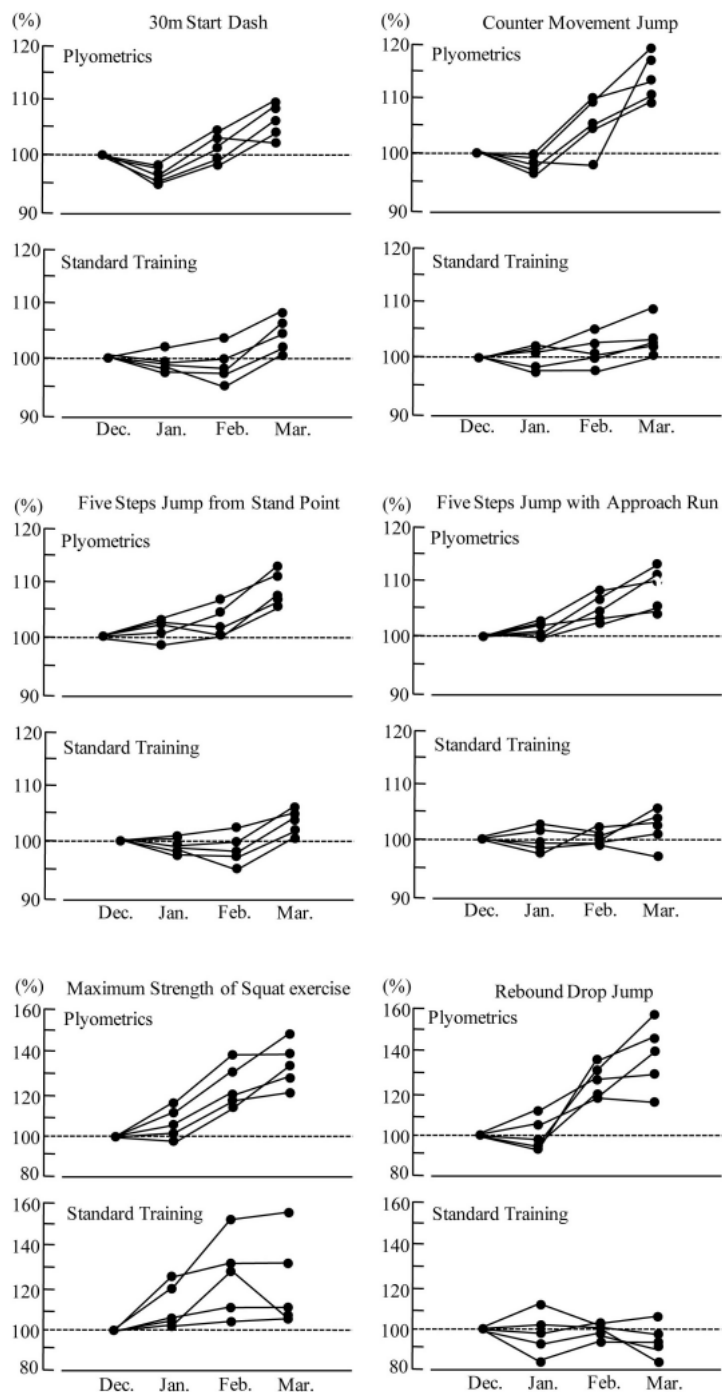




図10●2つのトレーニング手段が各種基礎運動技能に及ぼす影響の比較



ークなどの個人技能を改善する手段にもなるし、さらには下肢の筋や腱・靱帯を強化するための体力トレーニング手段にもなることに注意を向けるべきである。

トレーニング手段としての運動を、体力と技術の要因に分解して考えることは、トレー

ニングサイクルを円滑に循環させるために効果的である。運動は二つの側面から観察できるが、部分的で強化的であれば体力トレーニング、全体的で習熟的であれば技術トレーニングとして位置づけられる。技術トレーニングを遂行し、動きの変容を導くことによって動きが良くなる。動きが良くなると身体各部位に適切な過負荷がかかり、効果的な体力トレーニングになる。体力が高まると当然ながら、動きはさらに良くなりパフォーマンスは連鎖的に向上する。

優れたコーチやアスリートは、基礎的で部分的な体力トレーニング手段を行っている場合でも、常にパフォーマンスとのかかわりを模索しながら、良い“動き”を意識し、集中して運動を遂行する。これに対して、実践の場では“動き”を無視し、部分的に過負荷を課しながら機械的に筋力を鍛える体力トレーニングが行われていることも多く、体力と技術の二面性への配慮のない実践が繰り返されていることも少なくない。

#### 4 筋力トレーニングにおける基礎理論

多くのスポーツにおいて、筋力トレーニングは一般的なトレーニング手段として位置づけられる。筋力とはさまざまな運動中に、筋自体が発揮する力を意味する用語である。身体運動は筋の収縮力によって付着する骨が引かれ、二つの骨間に位置する関節にトルク（回転力）を発生させることから生じる。このようにして生じた単関節運動の多くが複合されて多関節運動になり、各種の運動が構築される。スピードとは筋力の発揮によって生じた運動の速度、あるいは運動によって加速された物体の速度のことを意味する。また、パワーとは本来は工学で利用される用語であり、単位時間当りに行う仕事量のことを意味する。スポーツの世界では、 $\text{力} \times \text{速度} = \text{パワー}$ として示される場合が多く、この場合の力は動きの根源、速度（スピード）はその成果であり、これら2つの積であるパワーも成果として認

識できる。すべての運動は筋力が根源となって発生する。従って、筋力トレーニングを考える場合には、筋力発揮の諸条件に注目しながら、スピードやパワーを内包したかたちで筋力のタイプを分類していくことが有益である。この分類法は、筋力トレーニングの成果が最終的なスポーツパフォーマンスの向上に直結することを重視したものであり、ヨーロッパ諸国やオーストラリアでは一般に用いられているものである。

### 1) 力—速度関係

砲丸投げとやり投げを比較すると、重い砲丸(7.24kg)を加速するためには大きな力が必要になるが、その際の速度はそれほど高くない。一方、やり(0.80kg)を加速するために力を加えると、即座に軽いやりが加速し高速度に動き始めることから、力を加え続けることができなくなり、“のれんに腕押し”の状況が生じる。この現象を理解するためには、運動生理学のHillの法則<sup>10)</sup>が有益になる。この法則では低い速度条件では力は大きく、高い速度条件では低くなるという筋の収縮特性が示されている。この法則に基づくと、外的負荷となる物体が重い場合には、速度が制約条件にならないが、物体が軽い場合には、速度が制約条件となる。野球のバット、ゴルフのクラブ、テニスのラケット、バドミントンのラケット、卓球のラケットなどは、いずれもスイング速度を高めてボールを打つ用具であるが、これらの重量にはかなりの相違があることから、力と速度の関係におけるどの領域の筋力を高めるかについて考える必要がある。

以上のことから、筋力トレーニングを考える場合には、上述した力—速度関係が極めて重要になり、この速度の制約を受けながら発揮する筋力タイプはスピード筋力として定義される。スプリントのような筋力を連続的に発揮し続けながら速度を高める連続型循環運動では、加速局面初期の速度は低く大きな筋力発揮となるが、速度が徐々に高まり高速度条件の筋力発揮に切り換わるにつれてスピード筋力が要求されることになる。一方、スピ

ードスケートやスキー競技などの氷上や雪上の抵抗に対して筋力を発揮するスポーツ運動、ボート競技やカヌー競技、あるいは競泳などの流体を抵抗にして筋力を発揮するスポーツ運動の動作速度は比較的低く、素早く高い筋力発揮になることは少ない。

### 2) 運動遂行時間

走幅跳や走高跳における踏切時間、あるいは球技スポーツにみられる各種のジャンプやフットワークにおける接地時間は、0.1秒から0.2秒と極めて短時間である。また、上述の運動は、短時間に非常に大きな地面反力に抗しながら筋力が発揮されるという特性も有している。一方、これらの運動では、高い助走速度を伴って踏切が行われるために、身体には高速度の前方回転が発生する。そのために、踏切時間や接地時間を長くすること、あるいは運動範囲を大きくすることで力積を確保し、パフォーマンスを高めることはできないことになる。すなわち、時間的な制約条件の中で、できるだけ大きな筋力を発揮することが要求される。このように極めて短時間に極限まで筋力を発揮する運動のことはバリスティック運動とされており、大きな力を徐々に発揮するランプ運動とは、神経制御機構や力発揮に関する制御機構がかなり異なる。バリスティック運動は非常に短時間のために、感覚神経による大脳へのフィードバックは働かず、最初の運動プログラムが途中修正を受けずに実行されるフィードフォワード型の神経制御機構になる<sup>11、12)</sup>。また、運動単位の動員パターンについても速筋型の運動単位が選択的に動員されている可能性<sup>13、14、15、16)</sup>や、神経刺激の発射頻度が高頻度<sup>17)</sup>であるなどの特異性も示唆されている。

以上のことから、筋力トレーニングを考える場合には、0.1秒から0.2秒と極めて短時間に爆発的に遂行される筋力発揮かどうかを吟味し、接地時間および運動遂行時間と力の発揮様式(バリスティック運動)の条件に配慮することが重要になる。

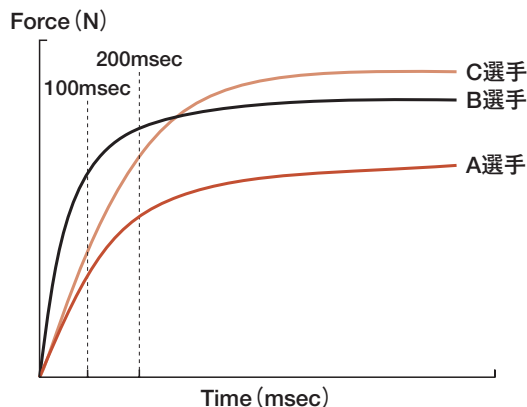
### 3) 力の立ち上がり速度

図10は3名の典型的アスリートによるアイ

ソメトリックな脚伸展力に関する力—時間曲線を示したものである。Aのアスリートは力の立ち上がりが遅く、力の最大値も小さい。Bのアスリートは力の立ち上がりは素早い、力の最大値はCのアスリートよりも小さい。Cのアスリートは力の最大値は高いが、力の立ち上がりはBのアスリートよりも遅い。図中には100msecと200msecの時間が示されている。スプリントの接地時間は100msec以内、各種ジャンプの接地時間は200msec以内で遂行されることに留意すると、最大筋力の高いCのアスリートよりも筋力の立ち上がり速度に優れるBのアスリートの方が、短時間に遂行されるスポーツパフォーマンスには適している。

以上のことから、筋力トレーニングを考える場合には、発揮できる力の上限を意味する最大筋力だけではなく、力の立ち上がり速度が極めて重要になり、この力の立ち上がり速度を意味する筋力タイプのことはスタート筋力として定義される。

図10●3名の選手におけるアイソメトリックな脚伸展力に関する力—時間曲線



#### 4) 筋の収縮様式

筋の収縮様式には、筋が短縮しながら張力を発揮するコンセントリック収縮、筋が一定の長さを保ちながら張力を発揮するアイソメトリック収縮、筋が伸張されながら張力を発揮するエキセントリック収縮の3種類がある。コンセントリック収縮よりはアイソメトリック収縮、アイソメトリック収縮よりはエキセントリック収縮による筋力発揮が大きくなる。一方、スポーツ運動中における筋の収縮様式

は、それぞれが単独で生じることはほとんどなく、複合的に組み合わせられたかたちで出現する。重力、身体各部位の慣性、外的負荷、運動環境などが負荷抵抗となり、主働筋はエキセントリック収縮によって伸張されるとともに、切り返しの時点のアイソメトリック収縮を経過後、即座にコンセントリック収縮に移行して身体や物体を加速する。このような収縮様式は、伸張—短縮サイクル運動 (Stretch-Shortening Cycle movement、SSC運動) と呼ばれており、スポーツ運動のほとんどがこのSSC運動である。

SSC運動による筋力は、先に説明した筋力発揮の条件によってかなり異なる。スピードスケートやボート競技、自転車競技は、運動範囲の大きな比較的ゆっくりとしたSSC運動であり、アルペンスキーの滑降や大回転競技などは、伸張局面によるエキセントリック収縮が強調的なSSC運動である。一方、走幅跳や走高跳、あるいは球技スポーツに見られる各種のジャンプやフットワークは、極めて短時間に行われる高負荷型のSSC運動である。この短時間・高負荷型のSSC運動には、他の運動とはかなり異なる機構が内在している。筋は伸張後に短縮すると、大きな張力を発揮することに加えて、運動初期から高い短縮速度を獲得できる。そのメカニズムとしては、筋が引き伸ばされることによって生じる生化学的な余剰効果、伸張中に蓄えられた弾性エネルギーの再利用効果や伸張反射の効果が指摘されている<sup>18, 19)</sup>。また、短時間・高負荷型のSSC運動では、筋だけではなく筋と腱が連合体を形成し、それらが弾性体として機能する。

以上のことから、スポーツ運動に要求される筋力を理解するためには、筋の収縮様式を考慮する必要があり、短時間・高負荷型のSSC運動による筋力タイプのことは弾性筋力として定義される。

#### 5) 筋力の類型化

表3は、これまでに示した筋力タイプとそのトレーニング方法をまとめたものである。最大筋力とは発揮できる力の上限のことを示すものであり、筋の横断面積などの構造的要素



因である量的要素と、神経系の要因である質的要素によって決定される。スピード筋力とは、力―速度関係の中でも高速度条件で発揮できる筋力のことであり、神経系の要因とともに、主働筋による力発揮と拮抗筋による弛緩（力の抜き）などの協調機能によって決定される。スタート筋力とは、できるだけ素早く力を立ち上げるための筋力のことであり、神経系の要因によって決定される。弾性筋力とは、短時間・高負荷型のSSC運動を行うための筋力であり、神経系の要因とともに、筋の伸張に伴う生化学的効果や弾性エネルギー、伸張反射などの要素によって決定される。

筋力トレーニングを推進していく際には、目的とするスポーツにおけるパフォーマンス構造モデルに注目し、上述した4種類の筋力の何を選択し、どのぐらいのレベルで、またどのような手順で高めていくのかを明確にすることが必要となる。

## 5 筋力トレーニングの方法

筋力を高めるトレーニング手段には、さまざまな運動を用いることが可能である。ここでは、バーベルやダンベルなどの重量やマシンを用いたウエイトトレーニング方法、ジャンプ運動やスプリント運動などを用いたトレーニング方法について概説する。

筋力トレーニングを実施する際には、まず用いる運動と負荷方法について設定する。

用いる運動を選択する場合には、身体のどの部位の筋群を高めたいのかに留意し、主働筋や拮抗筋、身体部位の貢献度にも注目する。

スポーツパフォーマンスの構造モデル、体

力と技術の二面性や相対性についても十分配慮しながら実施する。負荷方法については、用いる負荷重量、回数、セット数、セット間の休息时间、動作特性について選択することが必要になる。

### 1) 最大筋力法

最大挙上重量（1 Repetition Maximum、1RM）か、それに近い高負荷重量を用いて、セット間の休息を十分に取りながら実施する。高負荷を用いるために、1セットの反復回数が少ないことに特徴がある。この方法では筋線維の肥大ではなく、神経系の要因を改善することによって、最大筋力とスタート筋力を高めることが主なねらいとなる。この方法のポイントは、十分な休息をとることによって、1回ごとの運動を最大努力で集中的に行い、神経系に対して質的に高い負荷を課すことにある。また、安全性に十分配慮した上で、できるだけ一気に素早く挙上することを意識して行くと、高いトレーニング効果を得ることができる。

### 2) 最大反復法

最大挙上重量に近い高負荷ではなく、1セットの反復回数が10回から15回でオールアウトになるような負荷重量を用いて実施する。また、セット間の休息は不完全休息とし、比較的短い休息を挟みながらセットを重ねていく。この方法では筋線維の肥大という筋の構造的な変化によって、最大筋力を高めることが主なねらいとなる。この方法のポイントは、量的に負荷を課すことによって、筋組織を過度な疲労状態に追い込むことにある。一方、1セットの反復回数が多くなりすぎて、発揮する筋力が低くなりすぎると、筋持久力のトレ

表3●筋力トレーニング手段・方法の分類と目的とする筋力タイプ

トレーニング手段・方法	目的とした筋力タイプ	決定要因
最大筋力法	最大筋力／スタート筋力	神経系の要因 > 構造要因（筋肥大）
最大反復法	最大筋力・副次的に筋持久力	構造要因（筋肥大） > 神経系の要因
動的筋力法	スピード筋力（ハイギアー型筋力）	神経系の要因／主働筋と拮抗筋、筋の収縮と弛緩の協調
負荷軽減法（アシステッド法）	スピード筋力（スピードの上限）	神経系の要因／スピードが出せる動作の習得
プライオメトリック法	弾性筋力／スタート筋力	神経系の要因・SSC運動の機序



ーニングになってしまう。また、この方法を長期にわたって実施すると、神経制御機構がゆっくりとした運動に適するように変化する可能性もあり、注意が必要である。

### 3) 動的筋力法

比較的軽い負荷重量（1RMの60%以下）を用いて、セット間の休息を十分に取ながら、できるだけ高いスピード発揮を目指して実施する。1セットの反復回数は少なくし、セット間の休息も十分に取ながら行う。この方法では、神経系の要因を改善するとともに、主働筋と拮抗筋による収縮と弛緩の協調性、中枢から末端への運動連鎖（むちのような動き）など、スピードが出せる動きの習得によって、スピード筋力を高めることが主なねらいになる。この方法のポイントは、十分な休息を取りながら軽い負荷重量を加速し続けることを意識し、1回ごとの運動を最大努力で集中的に行う。また、目的とするスポーツ運動の動作に類似した速度やそれ以上の速度を目指して、負荷重量と運動を適切に設定することが大切になる。

### 4) 負荷軽減法（アシステッド法）

現在持っているスピードの壁を越えて、発揮できる最高のスピードを高めるための方法である。これまでの方法と大きく異なる点は、抵抗を負荷し発揮する力を高める方向ではなく、負荷を軽減し限界以上のスピードを追求することにある。具体的には、自然環境の利用やささまざまな装置を利用して外的な負荷を軽減し、出し得るスピードを越える状態を作り出す方法である。自然環境を利用して負荷を軽減する方法には、下り坂でのスプリント、後方からの風力を得て行うスプリント、流れに沿って加速するように泳ぐ水泳、浮力の高い海水で泳ぐ水泳などがある。一方、装置の利用では、モーターバイクによる牽引、特別な牽引装置の利用、ゴムチューブによる牽引、あるいは高速トレッドミルや傾斜付きトレッドミルの利用がある。この方法では、非常に高いスピードによって神経系の要因を改善するとともに、緊張のないリラックスした動きを習得することが主なねらいになる。実施の

ポイントは、本来の運動技術が大きく乱れることのない範囲のスピードを選択して行うことが大切である。特に、スプリントを実施する場合には、ストライドを伸ばして速度に対応するよりも、スプリント動作をより高速にすることを心がけてピッチを高めることを目指して実施すると、高いトレーニング効果が得られるようになる。

### 5) プライオメトリック法

プライオメトリックトレーニングとは、短時間・高負荷のSSC運動を用いた方法であり、神経系の要因、生化学的な余剰効果、弾性エネルギーの効果、伸張反射の効果、筋と腱連合体の強化を促進するとともに、ジャンプやフットワークなどに内在する動きを習得し、弾性筋力を高めることが主なねらいになる。具体的には、ある高さの台上から跳び下り、着地後即座に跳び上がるドロップジャンプ、ハードルジャンプ、バウンディング、ホッピングなどの各種のジャンプ運動、メディシンボールや負荷重量を利用し、体幹部や上肢各部位の切り返し運動を強調した運動などを利用したトレーニングである。実施のポイントは、切り返し時点にアクセントをおいて急激な筋の伸張を利用した素早い切り返しを実施し、短時間に運動を遂行することを意識して行うことにある。非常に高強度の負荷がかかるために、ケガの危険性も大きく、アスリートの年齢や弾性筋力のレベル、動きの良否に十分配慮しながら実施する必要がある。また、プライオメトリックトレーニングの導入手順<sup>20)</sup>に基づきながら、段階的に実施していくことが非常に大切になる。

本項では筋力トレーニングを例示しながら、トレーニングの基礎理論とその方法論について説明してきた。一方、トレーニング手段および方法論には、その他にも持久力・スタミナトレーニング、柔軟性トレーニング、調整力トレーニング（コーディネーショントレーニング）なども存在している。トレーニングサイクルを循環させて高いパフォーマンスを獲得するためには、これらのトレーニング手

段および方法についても、筋力トレーニングと同様な手順で理解し、利用していくことが不可欠になる。

## 6 結語

昨今の科学技術の進歩にはめざましいものがあり、スポーツ科学の分野も例外なく、膨大な情報を生み出し続けている。コーチやアスリートが高い成果を得るためには、この情報の海の中から意味ある情報のみを取捨選択し、それらを高いレベルで加工しながら意味創出させトレーニング実践へと取り入れることが要求される。そして、優れたコーチは、日々のトレーニング実践の中で、複雑難解なスポーツ現象の一つひとつを熱心に観察し、各自の経験則を手掛かりにしながら、さまざまなトレーニング方法や手段を創造している。また、身体知を駆使し、感覚を研ぎ澄まししながら、専門性の高いトレーニングを実施している。一方、優れたアスリートは極めて高い“心・技・体”を持つと同時に、トレーニングに対する高度な問題解決能力と意味創出力をもとにトレーニングを展開している。本項で示したトレーニング学の内容は、このコーチやアスリートが共通に行う思考および行動スキルを論理的に理解し、技術化して習得するための知識と知恵を体系化したものである。

### 【参考文献】

- 1) 図子浩二：トレーニングマネジメント・スキルアップ革命 ―スポーツトレーニングの計画がわかる①～⑦― 問題解決型思考によるトレーニング計画の勧め。コーチングクリニック, 14(1)―(7)連載, 1999.
- 2) 図子浩二：スポーツ練習による動きが変容する要因 ―体力要因と技術要因に関する相互関係―。バイオメカニクス研究, 7(4):303-312, 2003.
- 3) ブラディミール・ザチオルスキー, ウィリアム・クレマー著 (高松薫 監訳, 図子浩二 訳)：筋力トレーニングの理論と実践。大修館書店, 2009.
- 4) 村木征人：スポーツトレーニング理論。ブックハウス・エイチディ, 1994.
- 5) 図子浩二：体力測定1:競技スポーツの場合。臨床スポーツ医学, 19(12):1461-1472, 2002.
- 6) 図子浩二：陸上競技・跳躍。体育の科学, 56(2):127-133, 2006.
- 7) 図子浩二：スプリントトレーニング, 日本トレーニング科学会編。浅倉書店, pp.1-9, 2009.
- 8) 永松幸一, 図子浩二：踏切中の地面反力と身体の振子運動からみたバウンディングの特性。第14回日本バイオメカニクス学会大会論文集, バイオメカニクス研究概論, pp.356-360, 1999.
- 9) 図子浩二：筋力・パワー集中負荷方式およびプライオメトリックス強調方式のトレーナビリティに関するトレーニング学的研究～跳躍競技者のプレシーズンにおけるトレーニング経過を手がかりにして～。陸上競技学会誌, 11: (in press) 2013.
- 10) Hill, A.V.: Maximum work and mechanical efficiency of human muscle and their most economical speed. J. Physiol., 56:19-41, 1922.
- 11) Hallett, M.: EMG analysis of stereotyped voluntary movement in man. J. of Neurosurg. Psychiat., 38:1154-1162, 1975.
- 12) Marsden, G.D.: Servoaction in human thumb. J. physiol., 257:1-44, 1976.
- 13) Capaday, C. and Stein, R.B.: Difference in the amplitude of human soleus H-reflex during walking and running. J. Physiol., 392:513-522, 1987.
- 14) Moritani, T., Oddsson, L. and Thorstensson, A.: Differences in modulation of the gastrocnemius and soleus H-reflexes during hopping in man. Acta physiol scand., 138:575-576, 1990.
- 15) Smith, J.L.: EMG of slow and fast ankle extensor of cat during posture, locomotion and jumping. J. Neurophysiol., 13:612-620, 1977.
- 16) Smith, J.L.: Rapid ankle extension during paw shakes; Selective recruitment of fast ankle extensors. J. Neurophysiol., 40:503-513, 1980.
- 17) Desmedt, J.E. and Godaux, E.: Ballistic contraction in man; Characteristics recruitment pattern of single motor unit of tibialis anterior muscles. J. Physiol., 264:673-693, 1977.
- 18) Komi, P.V.: Training of muscle strength and power; interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. Int. J. Sports Med., 7 (Suppl.):10-15, 1986.
- 19) Komi, P.V.: Neuromuscular factors related to physical performance. Medicine Sports Sci., 26:48-66, 1987.
- 20) 図子浩二：プライオメトリクス。体育の科学 62(1):44-50, 2012.