

踏み切り動作

棒を斜めに地面に投げつけると棒は回転しながら跳ね上がる。このとき、棒は低い姿勢から起き上がりながら上昇力と回転力を同時に生み出している。これは棒が持つ速度のエネルギーが、棒の回転と位置のエネルギーに変換される物理現象である。

地面に接地した低い姿勢から起き上がりながら上昇力と回転力が生み出される現象は「起こし回転」と一般的に呼ばれる。高跳びの踏み切り動作ではこうした起こし回転運動を効率よく生み出すことが重要となる。

第5章では高跳びの踏み切りにおける「起こし回転動作」によって生み出される「体の上昇力」「クリアランスに必要な回転力」について、その重要性和ポイント、注意点を重点的に説明する。

起こし回転のように外から見るとよく分かる技術要素がある一方で、踏み切り動作には繊細で微妙な技術要素も多く含まれる。例えば、踏み切り足の足運び、荷重、踏み切り角度、力を出すタイミングなどは、外から見ればわずかな動作の差によって跳べる高さに大きな違いが生まれる。

こうした微妙な技術要素は指導者が外から見ても分かりにくいいため、基本的には選手が練習の中で地道に獲得していくしかない。「どんな些細なことでも良いと思われるものは徹底的にやる」という意気込みで練習してほしい。

第5章の後半では、こうした踏み切り動作の微妙な技術要素に注目してそのポイントと注意点を説明する。

5.1 踏み切り動作のポイント

踏み切り位置と着地位置を決めて安定したテンポ・リズムで踏み切り動作が行えるようにする。

まずは踏み切り位置と着地位置を決めて、安定したテンポ・リズムで踏み切り動作が行えるようにすることが最初の一步になる。特に初心者のジャンパーはいつも同じテンポ・リズムで同じ位置で踏み切り、同じ場所に着地できるように徹底的に反復練習を行って踏み切り動作を安定させたい。

踏み切り動作では「体の上昇力」「クリアランスに必要な回転力」を生み出すことが重要である。こうした力は踏み切り動作における起こし回転動作によって生み出される。また、体が地面から離れる際にできるだけ重心を高い位置にキープした姿勢を取ると跳躍に有利になる。

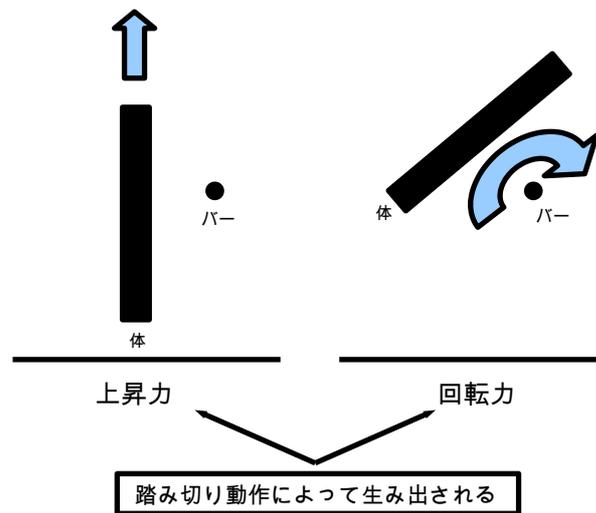


図 5.1: 踏み切り動作によって生み出される力

踏み切り動作で重要となるポイントは以下の3点

- クリアランスに必要な上昇力と回転力を生み出す
- 体をしっかり垂直に立てた上昇姿勢を作る
- 身体重心高をできるだけ高くして離陸する

既に述べたように踏み切り後に体が地面から離れた後は、重心の最高到達点は物理的に決まってしまう。踏み切り動作が完了し、体が空中に浮いた後は、腕をふろうが足を伸ばそうが体が浮くことはない。体の上昇力は踏み切り動作によってのみ生み出される。

また、空中での回転の勢いを表す量である角運動量も、踏み切り後に変化することはない。クリアランスに必要な回転力は踏み切り動作によってのみ生み出される。空中の回転力を踏み切り動作で生み出さなければならない点を軽視している競技者が多いので特に注意してほしい。

よく、助走ばかり練習をする選手を見かけるが、助走はよい踏み切りに繋がらなければ意味がない。よい踏み切りができなければ高く跳べない。

逆に、うまく踏み切れなくなるという理由で短助走での跳躍や、極端な内傾動作、不自然なリズムでの助走で跳躍練習を繰り返す選手も見かける。「よい助走」が「よい踏み切り」に繋がるのであって、悪い助走のまま跳躍練習を繰り返しても、悪い踏み切りに慣れてしまって高く跳べるようにはならない。

5.2 踏み切り動作で生まれる体の上昇力

踏み切り動作で上昇力を生み出す力は以下の3つ

- 後傾・内傾からの体の起こし回転を使う
踏み切り姿勢は「真っ直ぐの棒，身体をロック，地面から傾けて」が基本
地面に斜めに投げた棒がポーんと浮くイメージ
- 上肢・振り上げ脚（自由脚）による振り上げ
- 踏み切り脚の伸展運動

高跳びの踏み切り動作で上昇力を生み出す筋活動は

- 筋肉の「伸張性収縮」によって力が生み出される
- 垂直跳びの力の形態は短縮（求心）性収縮（膝を伸ばしながら力を生む）
- 高跳びの力の形態は伸張（遠心）性収縮（膝を突っ張りながら力を生む）
- 効果的な伸張性収縮を行うには速い助走速度が必要
- 踏み切りで間延びすると助走速度が落ちるため踏み切り動作に不利

ここでは踏み切り動作で体の上昇力を生み出す方法について考える。

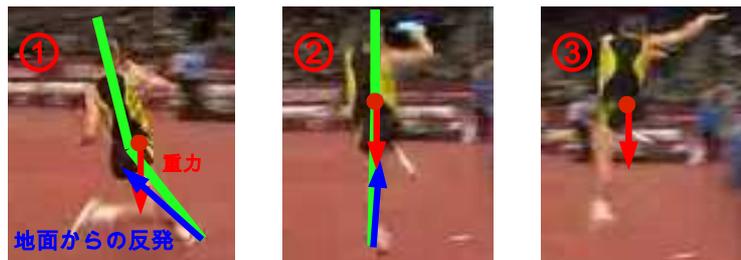


図 5.2: 踏み切り時に選手に作用する力 [49]

高跳びの跳躍で体の上昇力を決めるのは「踏み切り動作」である。

図 5.2 でも示した通り，踏み切り時に選手に働いている力は重力と地面からの反力「のみ」である。体の上昇力を決めるのは鉛直（垂直）方向の力成分なので，地面から足に伝わる力によって体の上昇力が生み出される。

この「上昇力」は主に3つの要素によって生み出される [4].

1. 後傾・内傾からの体の起こし回転
2. 上肢・振り上げ脚（自由脚）による振り上げ動作
3. 踏み切り脚の伸展運動

図 5.2 の二枚目の写真で示しているように地面から受ける力が重力による力より大きくなるからこそ、人間の体が地面から離れ上昇を開始する。選手は体を素早くブロックさせて踏み切りに入り、主に伸張性収縮によって筋力を発揮し、地面に力を伝えることで体を上昇させることができる。

三枚目の写真に示しているように、体が地面から離れた後に選手に働く力は「重力」のみである。空中でどれだけ腕や脚を動かしても体の上昇力は生まれない。マットに着地するまでは選手に働く力は重力のみで、物理法則に従って重心は空中で放物線運動をする。

テンポ良く助走するのも内傾動作を行うのも、踏み切り動作で腕をスイングさせるのも、全ては「地面をタイミングよく強く押して、地面から強い反発力を得るため」に行う。

地面をタイミングよく強く押すために、踏み切り時の腕の動作（アームアクション）は行われるのである。「地面をうまく押すことで地面から強い反発力が得られる」ことで強い上昇力が生まれる。

図 5.2 はホルム選手が 231 の跳躍に成功したときの踏み切り動作の連続写真である。スピード感のある助走、違和感のない美しい後傾姿勢、体を一本の棒のように伸ばした離陸時の上昇姿勢が素晴らしい。

5.2.1 起こし回転運動による上昇力を得るポイント

起こし回転による上昇力は助走スピードの大きさと身体の後傾・内傾の大きさによって決まる。進行方向後方に身体が傾くことを後傾、横に身体が傾くことを内傾と呼んでいるが、後傾・内傾角度の合成角度として「身体が地面に対して傾いた状態で踏み切り動作に入ること」が起こし回転を生み出す。

こうして体が地面に対して傾いて入ることにより、関節や筋肉に大きな負荷がかかり、大きな力が発揮される。このとき腰・膝はできるだけ屈曲させずに体を一本の棒のように真っ直ぐな状態に保つことが重要である。

助走の項でも述べたが高跳びの跳躍は体幹、臀部、脚部(アキレス腱)、足首などの靭帯の反射を利用して跳んでおり、生み出された力はそれぞれ各関節を通して地面に伝わる。もしこのときどこかの関節に緩みがあれば十分にエネルギーが伝わらず大きな跳躍力を得ることができない。

反射を利用した跳躍では、踏み切り瞬間に関節が強く固定されていることが必要である。速い助走スピードから内傾・後傾姿勢で地面に体が投げつけられると「筋肉」や「腱」には大きな負荷がかかり、筋肉の伸張反射の効果によって各関節が強く固定される。こうして硬い棒ようになった身体から、強い力が地面に伝えられる。

また、踏み切り動作でいきなり後傾・内傾するのではなく、後傾・内傾を事前に作ってから踏み切り動作に入ることが重要である。よく踏み切りの直前になって後傾・内傾動作を行う選手をみかけるが、こうした動作は助走の大きな減速を招くため、良い踏み切り動作ではない。

5.2.2 上肢・振り上げ脚（自由脚）による振り上げ運動

アームアクションには「ダブル・アーム」「シングル・アーム」「ランニング・アーム」の大きく分けて三種類がある。また、振り上げ脚の使い方にも伸展したまま振り上げる方法と、屈曲させて振り上げる方法の大きく分けて二種類がある。

アームアクションや振り上げ脚動作は「地面に強い力を加えて反発力を得る」ために行う。踏み切り動作では腕や脚といった「重量物」が踏み切り動作で上方に引き上げられることで、作用・反作用（あるいは運動量保存則）の法則によって体の他のパーツは地面の方向（下方）に同じ力で押される。結果として腕や脚を引き上げる力は地面を押す力として地面に伝わり、身体が地面からの反作用の力を受けることで上昇力が生み出される。

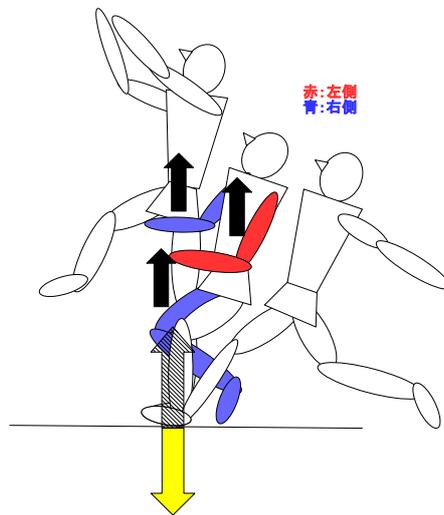


図 5.3: 腕部・脚部の振り上げ動作によって得られる力

図 5.3 でも示したように腕や振り上げ脚を持ち上げることによってその他の体の部分（図中白抜き部分）は作用・反作用の法則で地面方向に押される。この力が地面に伝わり地面を押すことで、地面からの反発力（図中斜線矢印）が得られ、体の上昇力が生み出される。

4.4.1 項に述べたように特に振り上げ脚の動作によって生み出される上昇力は大きいので注意したい。というのも脚部の重量は重く、踏み切り時に引き上げることによる力の作用の影響が大きいためである。例えば上腕・前腕・手を含む腕部が身体重量に占める割合は片腕で約 5.1% に対して脚部は片足で 17.3% と重量が大きい [29]。

日本人は助走スピードを生かした跳躍を行う選手が多く、ランニングアームの選手が多い。ランニングアームでは踏み切り動作初期では体を引き上げるための上昇動作が見られるが、ダブルアームに比べれば腕による引き上げ効果は低い。

このため、振り上げ脚を屈曲させ鋭く上げることで、腕で得られない上昇力の不足分を補うような踏み切り動作をする選手が多い。特に 2010 年現在の日本記録保持者である靛醐選手 (233) がこうした踏み切り動作をしている点は興味深い (図 5.4)。

助走スピードを跳躍に生かしたい場合はアームアクションはランニング式で、振り上げ脚は屈曲式を用いることが多い。日本人の女性は特にこの組み合わせの高跳び選手が多い。



図 5.4: 靛醐選手のランニングアームによる踏み切り動作 [50]

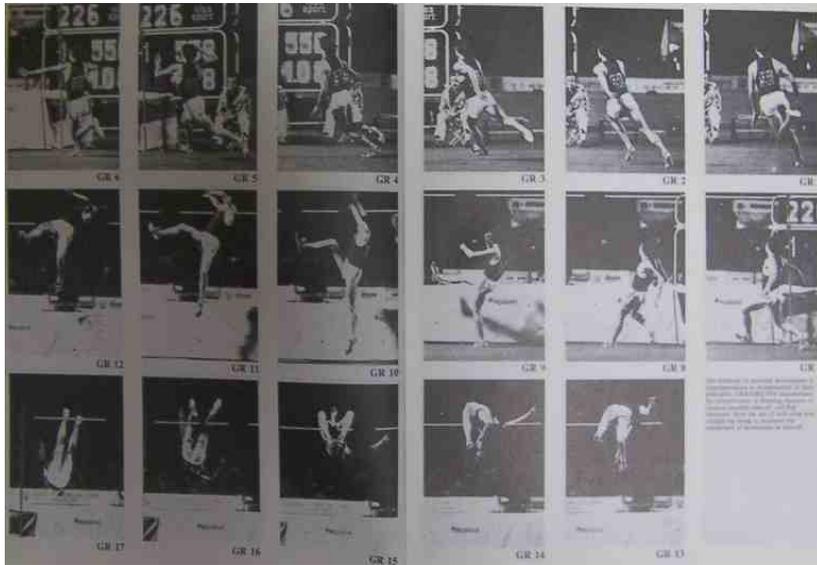


図 5.5: 背面跳び初期の腕・脚部の振り上げ動作 [10]

腕部や脚部を振り上げることで大きな上昇力を生み出せる。しかし、振り上げ動作を意識するあまり助走スピードが低下したり、踏み切り時間が長くなり過ぎてはならない。

背面跳びが世に広まりはじめた当初は図 5.5 のようにベリーロール（ストラドル）の踏み切り動作の延長線上として、「極端な後傾動作」「大きなダブルアームアクション」「膝を伸展させた状態での振り上げ脚動作」などを用いる方法が試みられてきた [10]。

ベリーロールの洗練された腕・脚使いをマスターした選手が、こうした踏み切り動作を行うことで強い上昇力を生み出そうとする発想は素晴らしい。しかし、踏み切りスピードの減速に繋がるこうした踏み切り方法は、効率の良い跳躍方法ではなく、長い高跳びの歴史の中で淘汰されてきた。

ダブルアームで踏み切る選手も近年では助走スピードをなるべく落とさないために、アームアクションをコンパクトに素早くしたり、振り上げ脚の動作を小さくするなど、踏み切り動作の前後で様々な工夫を行っている。

外人選手は日本人に比べてダブルアームでやや伸展気味の振り上げ脚の使い方をする選手が多い。しかし、いずれにしても体を棒のように硬くし、地面に強い力を伝えて、踏み切りの最終局面で体を垂直に立た上昇姿勢を作り、身体重心高をできるだけ高くするという踏み切り動作の基本は同じである。

図 5.6 は日本人に多い典型的なランニングアームの踏み切りスタイルである吉田選手（元日本記録保持者 231）と、外国人に多い典型的なダブルアームの踏み切りスタイルであるソトマヨル選手（2010 年現在の世界記録保持者 245）の踏み切りシーンを比較したものである。二名とも振り上げ脚やアームアクションは異なるが、踏み切りの最終局面で体を垂直に立てた上昇姿勢を作り、身体重心高をできるだけ高くするという踏み切り動作の基本姿勢がしっかり作られている。

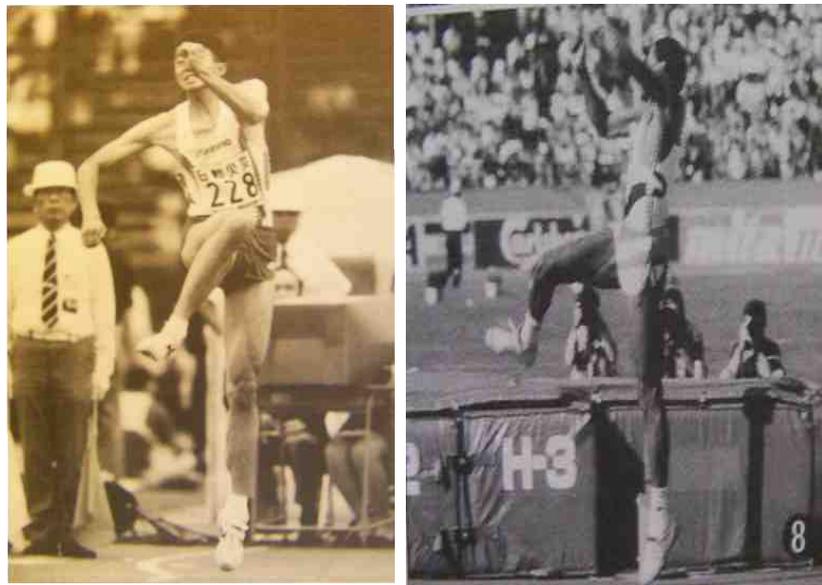


図 5.6: 踏み切り姿勢の比較 [4]

5.2.3 踏み切り脚の伸展運動（高跳び選手の踏み切り方法）

高跳びでは踏み切り前半部分で関節を屈曲させようとする力に対抗して筋力を発揮しているとき（伸張性収縮がおきているとき）に大きな体の上昇力が生み出されている。このとき大殿筋や大腿四頭筋、大腿二頭筋やヒラメ筋をタイミングよくコントロールして、体を棒にするようなイメージで踏み切り動作を行うことが重要である。

踏み切り動作の前半部分では脚部の伸展筋群は、関節を屈曲させようとする踏み切り動作の大きな負荷に対抗しながら、強制的に伸張され大きな力を生み出す。一般的に走り高跳びの踏み切り動作では、踏み切り脚の膝が最大屈曲するまでに約80%の鉛直初速度が生み出されることが知られている [4]。

図 5.7 に示すように、高跳びの踏み切り動作では踏み切りの前半部分で脚が屈曲しながら力を発揮する（伸張収縮）部分で大きな力（加速度）が発生し体を上昇させている。

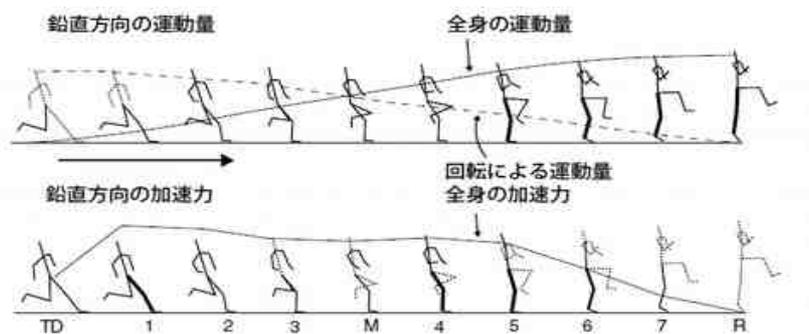


図 5.7: 踏み切りで得られる運動量と加速度 [37]

図 5.7 では、膝が伸展していく踏み切りの後半部分ではあまり上昇力が得られていない点に注目してほしい。これは垂直跳びのようなジャンプと比較すると筋力の発揮形態が根本的に異なっていることを意味している。

高跳び選手の跳躍動作は他のスポーツの跳躍動作とは根本的に違う。高跳び選手は「高跳びの踏み切り」を意識した踏み切り動作を行いたい。

例えばバスケットボールの場合は周囲には敵チームの選手がいるわけだから助走を自由に設定することはできない。相手の選手をよけながら踏み切り動作を行う必要があるため、体のバランスをとりやすくするため重心を必要以上に低くコントロールしなければならない。また、十分な助走距離がないので、片足で踏み切るよりも両足で踏み切った方が安定して高く跳べる。

垂直跳びと高跳びの踏み切り動作も「高く跳ぶ」という目的は同じなので「垂直跳びで高く跳べる＝高跳びも高く跳べる」と思われがちであるが、これは間違いである。

図 5.8 に示すように、垂直跳びでは脚は関節を伸展させながら上昇力を生み出す。このため、筋力の発揮形態はコンセントリックな筋収縮（求心性収縮）となる。これに対して高跳びの踏み切りでは脚は伸展状態から力負けして引き伸ばされ屈曲しながら上昇力を生み出す。このため、筋力の発揮形態はエキセントリックな筋収縮（遠心性収縮）となる。両者の筋活動は根本的に違っており、エキセントリックな筋収縮で発揮できる力はコンセントリックな筋収縮で発揮できる力より強いため、垂直跳び（例えば立ち高跳び）よりも走り高跳びのほうが高く跳ぶことができる。

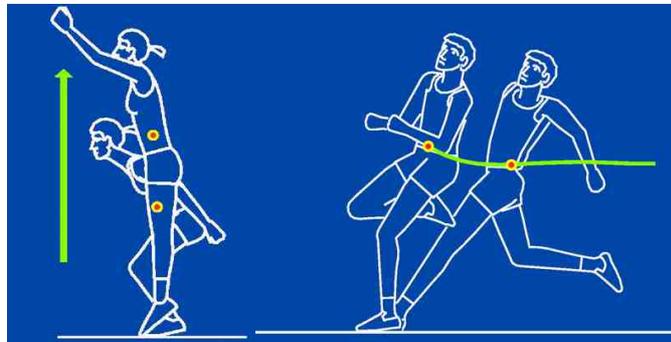


図 5.8: 垂直跳びと高跳びの踏み切り動作の比較 [51]

初心者の多くは垂直跳びの延長動作のつもりで高跳びの踏み切り動作を行ってしまう。助走スピードが遅く、膝を屈曲した状態で踏み切り動作を行い、「膝を伸ばしながら思いきり跳びあがる」というイメージで踏み切り動作を行う。

これは助走しているという点を除けば垂直跳びの跳躍動作に近い。踏み切り時間（踏み切り足が地面に着いている時間）は長くなるし、コンセントリックな筋収縮では強い体も上昇力は得られない。

一般的に踏み切り動作では「踏み切り時間を短くすること」「踏み切りで膝をあまり屈曲しないこと」の2点が指導されることが多い。いずれも垂直跳びに近い踏み切り動作になってしまうことを避け、高跳び選手らしい踏み切り動作を行うための指導である。この2点を意識して踏み切り動作を行うと垂直跳びのような跳躍は成り立たなくなり、自然と高跳び選手の踏み切り方法に近づいてくる。

最初は勝手が分からず踏み切り動作に力が入らないと感ずるかもしれないが、助走スピードを上げながら、根気よく跳躍練習を繰り返せば、やがてコツが掴めてくる。

5.2.4 高跳び選手の踏み切り動作の特徴

実際の高跳び選手がどのような踏み切り方法を行っているか分析したデータを図 5.9 示す。モデルとなっている跳躍選手は現世界記録保持者のソトマヨル選手（245 キューバ）とノジ選手（230 アメリカ）である。ソトマヨル選手は身長 195 と長身で典型的な欧米人に多いスタイルの踏み切り動作を行う。それに対してノジ選手は身長が 173 と小柄であり、日本に多いスタイルの踏み切り動作を行う。

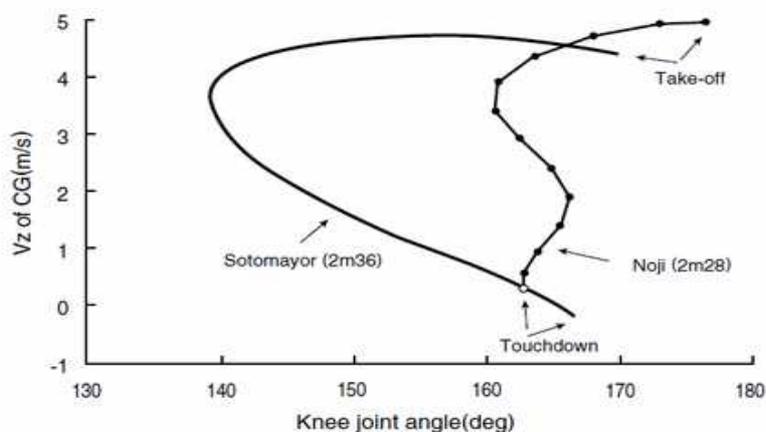


図 5.9: 踏み切り時の膝屈曲角度の変化と上昇速度の関係 [37]

図 5.9 は踏み切り動作において、膝関節角度と身体重心の鉛直速度がどのように変化しているかを示したものである。ソトマヨル選手は、ノジ選手に比べて踏み切り足接地後に膝が大きく屈曲する。それに対してノジ選手は踏み切り足接地後は膝をほとんど屈曲させずに踏み切っている。また、ノジ選手は接地直後の鉛直速度がわずかに正（上向き）となっているため、「駆け上がる」ような踏み切り動作になっていることも分かる。

いずれの選手も踏み切り後に膝が「屈曲していく局面」で大きな鉛直速度が得られており、体の上昇力が得られている。ソトマヨル選手の測定結果は、膝を大きく屈曲する踏み切りを行う選手でも、エキセントリックな筋収縮によって大きな跳躍力が発揮されていることを示している。

次に両者の踏み切りスタイルを連続写真で比較してみる。図 5.10 にソトマヨル選手，図 5.11 にノジ選手の踏み切り動作を連続写真で示す。ソトマヨル選手はダブルアームの両腕の大きな振込みと強い振り上げ脚動作が特徴的である。踏み切り足の膝はノジ選手に比べて屈曲角度が大きいが助走スピードは速い。また，ノジ選手に比べれば体が大きく後傾しており，振り上げ脚の動作もダイナミックである。

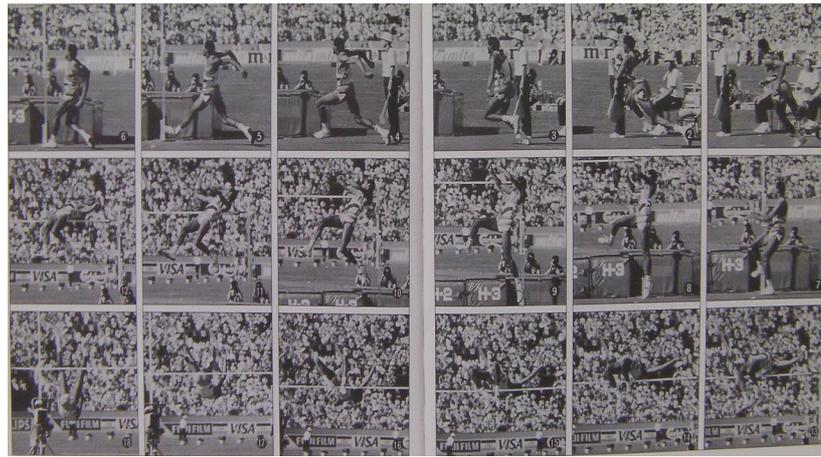


図 5.10: ソトマヨル選手の踏み切り動作 [4]

一方ノジ選手はソトマヨル選手に比べて踏み切り動作の後傾（特に体幹部）が小さく，振り上げ脚の動作も小さい．踏み切り動作における腰の移動が非常に速く，ソトマヨル選手に見られるような「踏み切り動作で腰が一旦落ち込み減速する」という局面が見られない．また，左手を低く曲げて，リーチを短くし振ることで踏み切り時間を短縮しようとしている．こうした一連の動作によって，助走で得られたスピードをなるべく減速させずに踏み切り動作を行っている．踏み切り動作での膝の屈曲もほとんど見られない．

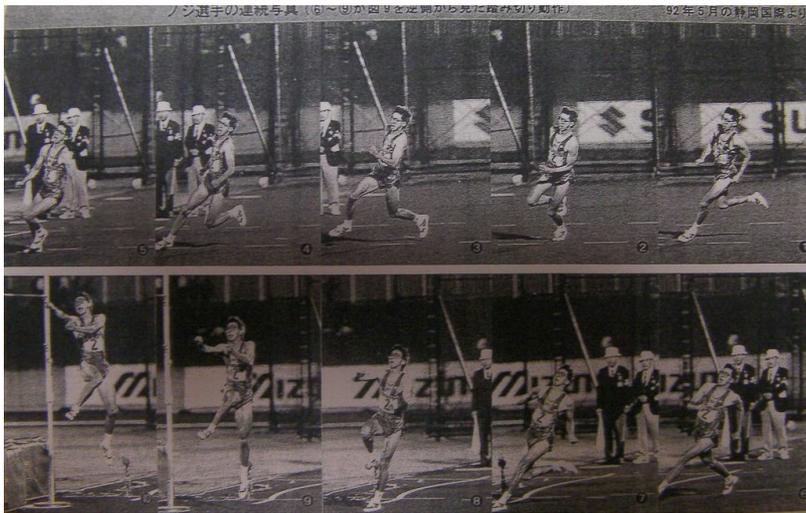


図 5.11: ノジ選手の踏み切り動作 (92年5月の静岡国際より) [42]

このように踏み切り動作といっても一般的な正解モデルが存在するわけではない．両極端な典型例として2人の選手の踏み切り動作を注目して紹介したが，他にも特徴的な踏み切り動作を行う選手が数多くいる．

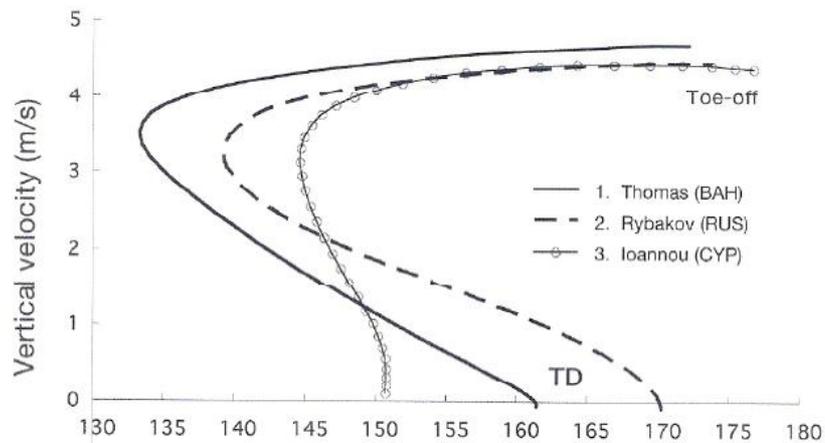


図 5.12: 踏み切り時の膝屈曲角度の変化と上昇速度の関係 [52]

最後に最近の高跳び選手の踏み切り動作について分析した資料を紹介する [52]。図 5.12 は 2007 年の大阪世界陸上で分析された踏み切り動作のデータである。

一位のトーマス選手はバスケットボールから高跳びに転向した選手であり、踏み切り位置が極端にバーに近く、踏み切り足が接地した瞬間の膝の屈曲角度も大きい。ただし、膝の伸展部分では体の上昇速度があまり変化していないことから高跳び選手の踏み切りができています。

二位のリバコフ選手は欧米選手に多い典型的なダブルアームの踏み切り方法で、踏み切り時の膝の屈曲角度の変化はソトマヨル選手に似ている。

三位のイオアナ選手はノジ選手の踏み切りに近く、両者とも同じシングルアームの踏み切りである。イオアナ選手は身長 193cm と長身にも関わらず、コンパクトで素早い踏み切り動作を行う技術を持っている。

5.2.5 踏み切り動作のタイミングと素早さ

踏み切り動作が「間延び」すれば助走速度が減速して踏み切り動作が遅れる。これでは助走速度を生かした跳躍ができなくなる。

地面を「上から叩いて」踏み切ろうとすれば、脚を地面から持ち上げる不自然な動作が発生し、踏み切り動作がワンテンポ遅れる。既に述べたように、高く跳ぶためには踏み切りに入る際の助走速度が重要であり、こうした遅れた動作は跳躍に不利になる。

踏み切り動作を行う時は、感覚的には地面スレスレに「擦る」ような足運びを意識したい。特に年少の競技者は踏み切り動作が間延びし、地面を「上から叩く」ような踏み切り動作になりがちで、助走速度が踏み切り動作前に減速してしまう選手をよく見かける。

ここで踏み切り動作の良い例と悪い例を挙げてその動作を比較する。図 5.13 はアメリカのトーラ・ハリス選手（233）の踏み切り動作の連続写真である。図 5.14 はある年少の跳躍選手の踏み切り動作の連続写真である。それぞれの連続写真は 1 秒を 30 コマに分割して作成したものである。

まず図 5.13 では写真番号 1 で踏み切り一步前の足が着地しており、番号 2 で踏み切り足が着地し、番号 3 で足が地面から離れている。

番号 1 から番号 2 までは 5 コマしかなく非常に速いタイミングで踏み切り動作が行われていることが分かる。これはハリス選手が特別速いというわけではなく、助走が速い選手も遅い選手も、世界の一流選手は最後の一步の踏み込みが非常に早い。また、この間の足運びを見ると地面スレスレに「擦る」ような足運びになっており、踏み切り足を地面に突き刺すように踏み切っている。



図 5.13: 良い踏み切り動作の例 [53]

一方で図 5.14 に示す年少の競技者は写真番号 1 で踏み切り一步前の足が着地し、番号 4 で踏み切り足が着地している。ハリス選手がこの間がわずか 5 コマなのに対して、この競技者は踏み切り動作で「間延び」してしまい 11 コマと非常に時間がかかってしまっている。ハリス選手の助走スピードはかなり速いが、この競技者の 2 倍以上のスピードで助走しているわけではない。この競技者は踏み切り動作で助走速度が減速してしまっている。

ここで、踏み切りが間延びして遅れてしまう要因は 2 点ある。1 点目は番号 2 に見られるように、足が地面から離れた軌道で動き踏み切り動作を行っていることにある。これでは地面に足を着地するだけでも時間がかかってしまう。こうした時間ロスは「地面を擦るように最短の軌道で足を動かす」踏み切り動作を意識することで改善される。

2 点目は番号 3 に見られる地面を「上から叩こう」とする踏み切り動作を行っていることにある。この競技者は地面を上から叩いて踏み切ろうとしており、一旦地面に近づいた足をもう一度空中に持ち上げて踏み切っている。こうした無駄な動作は踏み切り時間のロスを招く。

ここに挙げた 2 点のポイントは、年少の競技者の踏み切り動作を指導する場合には特に意識して注意してほしい。最近は高解像度なスローモーション動画が容易に撮影できるビデオカメラが手に入るので、是非コマ送りで選手の踏み切り動作が間延びしていないか確認してほしい。

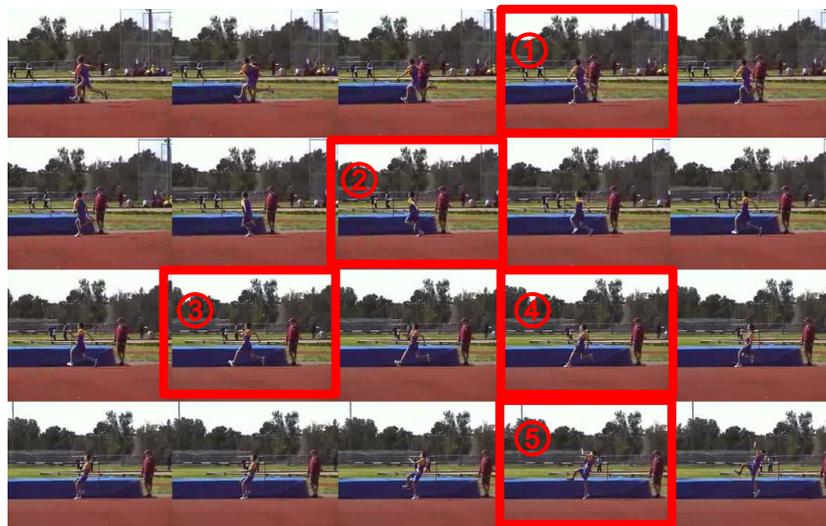


図 5.14: 悪い踏み切り動作の例 [54]

5.3 踏み切り動作で生まれる体の回転力

- クリアランス中は空中での回転力（角運動量）は変わらない
- 空中での回転力は後傾，内傾姿勢からの起こし回転で生み出す

クリアランスに必要な空中での回転力とそれを生み出す力は以下の通り

- ヨー回転成分を生み出す力
振り上げ脚を斜め上にバーからわずかに離れるように持ち上げる肩を回転させることによって生み出される
- ピッチ回転成分を生み出す力
踏み切り時の後傾姿勢によって生み出される
- ロール回転成分を生み出す力
踏み切り時の内傾姿勢によって生み出される

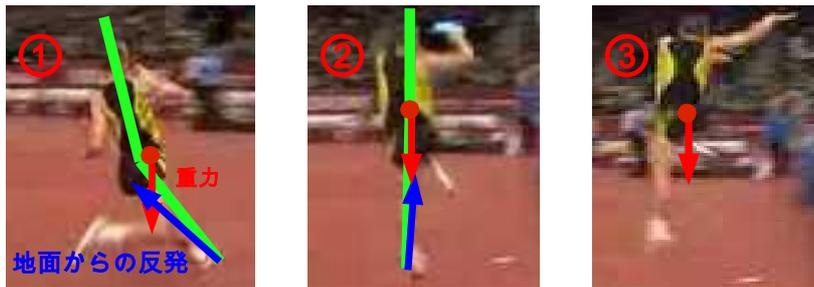


図 5.15: 踏み切り時に選手に作用する力 [49]

再び踏み切り動作の瞬間に選手に働く力を図 5.15 に示す。このとき，地面からの反発力（青矢印）がクリアランスに必要な回転を生み出す力として身体に作用している。

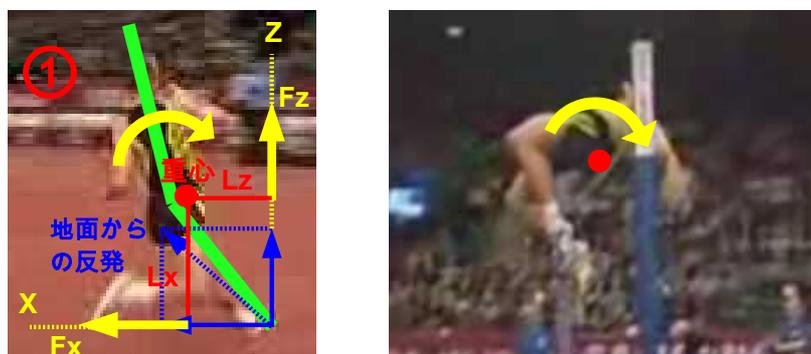


図 5.16: 回転力を生み出す力 [49]

これを詳しく見ると図 5.16 となる。注意すべきは地面からの反発力は必ず重心方向から少しズレているという点である。物体の重心から外れた向きに力を加えると、物体は回転する。

こうした地面からの反発力は踏み切り動作中の体の動きによって調整される。既に触れたように物体を回転させる力の作用は「力のモーメント」と呼ばれ、力の大きさと重心から力の作用線（力の方向を表す線）までの距離の積となる。後傾姿勢を大きくすれば、力の方向のズレを大きくすることができるため、大きな回転力が得られる。

重力は重心に直接作用すると考えてよいので、体の回転力には影響しない。重力の影響による力のモーメントは、力の作用線までの距離が 0 となるため 0 である。

図 5.16 では地面からの反発力の鉛直方向の成分の力を F_z 、水平方向の成分の力を F_x とすると、 F_z は反時計回りの回転力を生み出し、その大きさは $F_z \times L_z$ となる。また、 F_x が時計回りの回転力を生み出し、その大きさは $F_x \times L_x$ となる。

結果的に踏み切り動作においては反時計周りのモーメントよりも時計回りのモーメントが大きくなる ($F_x \times L_x \geq F_z \times L_z$) ため、体は時計回りに回転を始める（図中の黄色の回転矢印）。踏み切り動作後この回転力はクリアランス動作に利用される。

2.5 節で詳しく解説したが、踏み切り動作によって得られた空中での回転力は踏み切り後（つまり空中にいる間に）に変化することはない。クリアランスに必要な空中の回転力は踏み切り動作で生み出されている。

高跳びの踏み切り動作で得られる回転運動は三つの成分に分解することができる。

通常、空間上の物体の回転運動を扱う際にはオイラー角による表現か、ロール・ピッチ・ヨー角による表現が用いられることが多い。ここでは、直観的に理解しやすいロール・ピッチ・ヨー角の表現を用いて説明していく。

この表現方法はヒューマノイドなどの人型ロボットの姿勢を表すときによく用いられる。物体の進行方向を X 軸正、左手方向を Y 軸正、上方向 z 軸正としたとき、それぞれの軸の回転方向をロール角、ピッチ角、ヨー角と呼ぶ。これを高跳び選手の場合に当てはめて考えると図 5.17 のようになる。

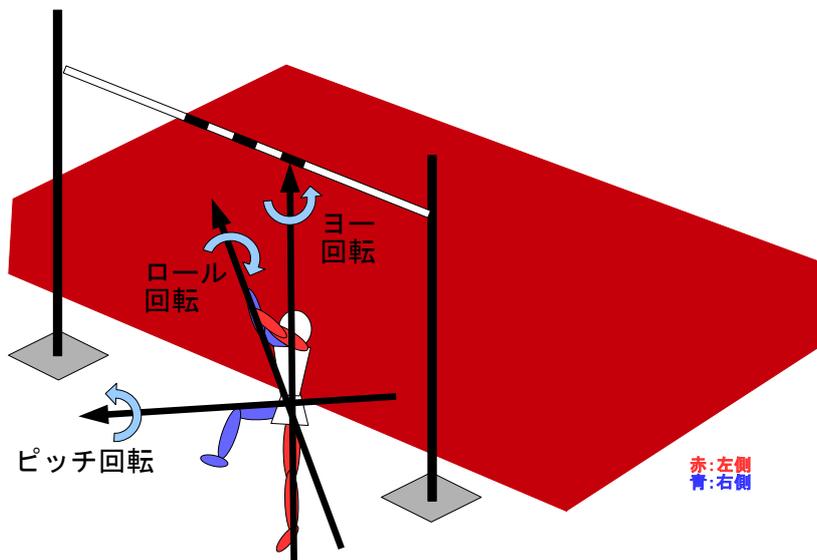


図 5.17: 踏み切り動作で得られる回転運動

ヨー回転成分とは選手を真上から見た場合に、鉛直方向の軸回りに回転する成分である。この回転成分は以下の踏み切り動作によって得られる。

1. ヨー回転成分を生み出す力

振り上げ脚を斜め上にバーから離れるように持ち上げる動作で生まれる肩を回転させる動作によって生まれる

ロール回転成分とは選手の進行方向軸回りの回転成分であり、ピッチ回転成分とは進行方向軸とは直角の左手方向の軸回りの回転成分である。この二つの回転成分は以下の踏み切り動作で得られる。

1. ピッチ回転成分を生み出す力

踏み切り時の後傾姿勢からの起こし回転によって生み出される

2. ロール回転成分を生み出す力

踏み切り時のバーから離れる方向の体の傾き（内傾姿勢）によって生み出される

こうした回転成分は体が地面に対して傾いて（内傾，後傾）踏み切られることによって生まれる。また，踏み切り動作ではこうした三方向の回転力をバランスよく調整しながら，クリアランスに必要な回転力を生み出す。

5.4 踏み切り動作の筋活動

踏み切り動作における筋活動

- 筋肉は伸張性収縮によって大きな力を発揮する
- 踏み切り動作では伸長反射によって得られる大きな力を利用する
- 短時間で地面の反発を逃がさずに踏み切る
- 股関節伸展筋群，膝関節伸展筋群，足関節底屈筋群のトレーニングが踏み切り動作において重要
- 地面からの反発力の方向が関節軸から離れるほど踏み切り動作で関節に大きな負荷がかかる

ここではまず，基礎的な筋の特性について解説する．続いて，高跳びの踏み切り動作における筋活動について述べる．最後に，踏み切り動作中に発生する関節への負荷や，踏み切り動作で必要となる筋肉について解説する．

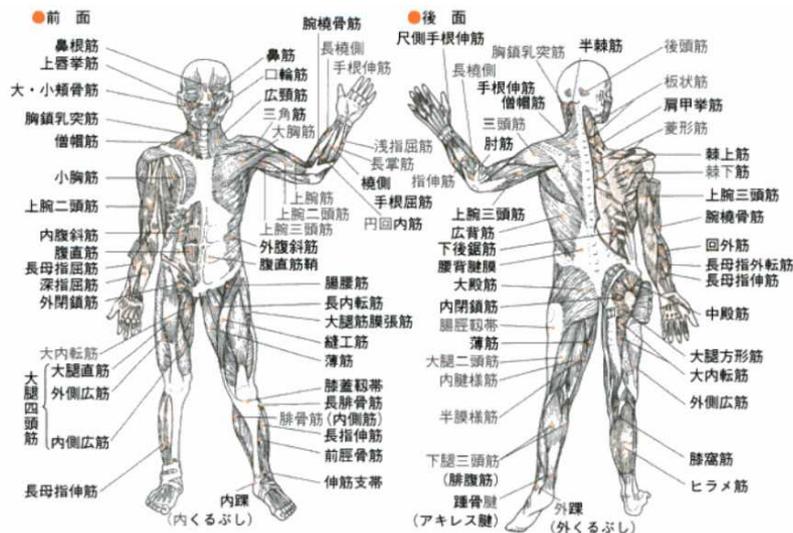


図 5.18: 筋肉の名称 [55]

5.4.1 筋活動の基礎知識

高跳びの踏み切りでは、筋肉の伸長反射の力によって大きなジャンプ力を得ている。こうした筋肉の使い方を強く意識して練習を行うとよい。

人間の出す力は筋収縮によって生み出される。筋収縮は主に図 5.19 のように分類される。ここではそれぞれの収縮形式について、その性質を簡単にまとめる [56]。

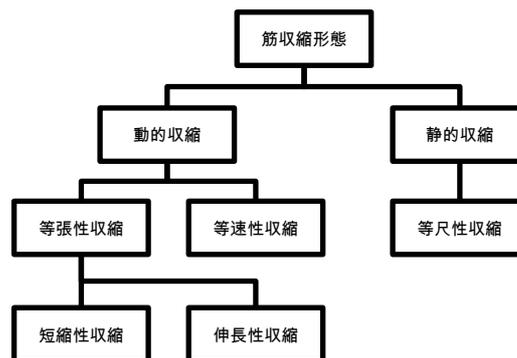


図 5.19: 筋収縮の分類

- 動的収縮 (dynamic contraction)

筋の長さを変えながら張力を発揮する筋収縮形態の総称

- 等張性収縮 (isotonic contraction)

アイソトニックと呼ばれる収縮形態。筋が長さを変えながら収縮すること。バーベルやダンベルを押し上げたりする動作がこれに当たる。

- * 短縮性収縮 (concentric contraction)

筋肉が縮みながら力を出す収縮形態。

コンセントリック収縮とも呼ばれる。

求心性収縮と同義である。

バーベルをゆっくり持ち上げるような動作をしたとき、この収縮が発生している。

- * 伸長性収縮 (eccentric contraction)

筋肉が負荷に負けて伸ばされながら力を出している収縮形態。エキセントリック収縮とも呼ばれる。遠心性収縮と同義である。

いったん持ち上げたバーベルを重さに耐えながらゆっくり下ろすような動作をしたとき、この収縮が発生している。

ー 等速性収縮 (isokinetic contraction)

関節が動く角度のすべてに同じ負荷がかかり，同じ速さで運動する場合の収縮形態

アイソキネティック収縮とも呼ばれる．特殊なトレーニングマシンを利用するときに発生．

● 静的収縮 (static contraction)

筋肉の長さを変えずに張力を発揮する収縮収縮．等尺性収縮と同義である．

アイソメトリック コントラクション (*isometric contraction*) という名前で知られており，単にアイソメトリクス (*isometrics*) とも呼ばれる．両手を壁について力一杯壁を押し続けているとき，この収縮が発生している．

この収縮のタイプを使ったトレーニングをアイソメトリクストレーニングと呼ぶ．

筋は急激に引き伸ばされると筋内の筋紡錘が反応して逆方向に収縮を起こす性質を持っている．このような反応を伸長反射という．トレーニングの本を読むと「プライオメトリクス」という言葉が出てくるが，「プライオメトリクス」とは筋肉の伸長反射を引き起こすことを主な目的としたトレーニングである．一例にデプスジャンプ (*Depth Jump*) などがある．

デプスジャンプはベンチから飛び下りて着地の瞬間に大腿四頭筋を引き伸ばされ (伸長性収縮)，筋弾性による反発と伸長反射を同時に起こすことで爆発的なジャンピングを行うトレーニングである．

5.4.2 筋収縮形式と力の発揮方法

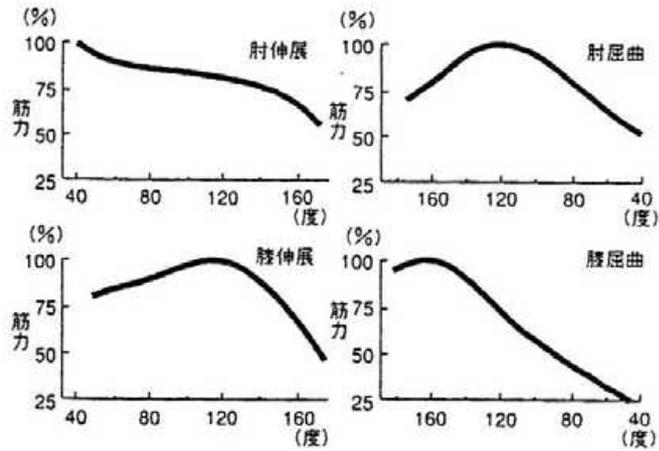


図 5.20: 関節角度と筋力の関係 (肘関節と膝関節) [57]

人間の各関節には力を発揮しやすい角度が決まっている。クラーク等が1966年頃に調べたデータによると、関節角度と最大随意等尺性筋力の関係は図5.20となっている [57].

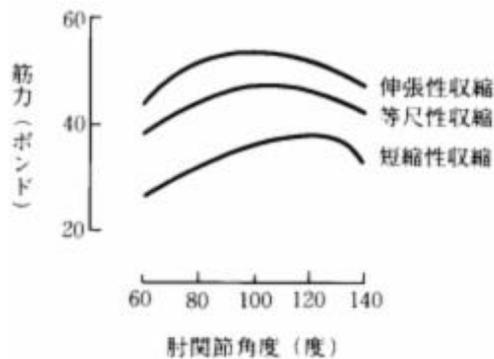


図 5.21: 筋収縮様式と関節角度と筋力の関係 (肘関節) [58]

また、図5.21は短縮性収縮(コンセントリック), 等尺性収縮(アイソメトリクス), 伸張性収縮(エキセントリック)が肘の筋肉で起きた場合のそれぞれの筋出力を表している。最も大きな力を発揮するのは伸張性収縮で、等尺性収縮, 短縮性収縮と続く [58].

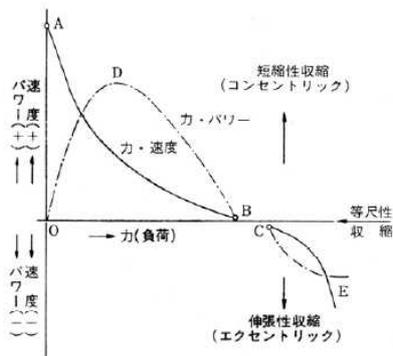


図 力-速度曲線（実線）と力-パワー曲線（一点鎖線）

- A: 空振り最大速度
- B: 等尺性最大筋力
- C: 耐筋力
- D: 最大パワー
- E: 伸張性収縮の力とパワー

$$\text{パワー} = \frac{\text{なした仕事}}{\text{所用時間}} = \frac{\text{力} \times \text{距離}}{\text{時間}} = \text{力} \times \text{速度}$$

図 5.22: 力と速度の関係 [57]

次に筋の収縮速度と力の関係について図 5.22 に示す [57]。図 5.22 の短縮性収縮領域の発揮筋力と速度の関係はヒルの特性方程式として知られている。ヒルの特性方程式では発揮された筋力を P ，短縮速度を V ，最大等尺性筋力を P_0 ， a と b を個人特有の定数とすると以下の特性方程式が成り立つ。

$$(P + a)(V + b) = b(P_0 + a) \quad (5.1)$$

これは重いおもりを持ち上げるときは持ち上げる速度は遅くなり，軽いおもりを持ち上げるときは持ち上げる速度は速くなることを表している。

図 5.22 から分かるように筋肉は引き延ばされながら力を発揮する伸長性収縮によって最も大きな力を発揮する。高跳びの踏み切り動作では，この伸長性収縮による大きな筋力を利用している。

初心者は踏み切り動作で垂直跳びの動作のように膝を伸展しながら力を発揮する短縮性収縮によって跳ぼうとする傾向が強いため，踏み切り時間が長くなる。このことは走り高跳びの記録と踏み切り時間との関係について調べた Lance や Hay 等の報告によっても明らかになっている [59]。Lance の報告ではあまり競技力の高くない選手について踏み切り時間は 0.12～0.22 秒の範囲にあり，高く跳ぶ者ほど踏み切り時間が短いことが示されている。このため，踏み切り動作について「接地時間の短い踏み切りを意識するように」と初心者に指導する指導者が多い。

重要なのは伸張性収縮による大きな筋力を踏み切り動作で発揮することである。そのためには「地面からの反発を逃がさずに短時間で踏み切るイメージ」作りが初心者には重要である。

5.4.3 踏み切り動作中に発揮される筋力

踏み切り動作で発揮される力を知るためには、踏み切り動作における下肢3関節の力とパワーの発揮特性を調べればよい。ここでは2020年現在の日本記録(235)保持者である戸邊選手の論文を紹介する[60]。

データは大学陸上競技部またはクラブチームに所属している、左脚踏切を専門とする男子走高跳選手7名を被験者にして調べたものである。被験者の年齢は 20.43 ± 1.81 、身長は $1.78 \pm 0.09m$ 、体重は $69.24 \pm 6.60kg$ 、自己ベストは $2.08 \pm 0.13m$ であり、全助走を用いた試合形式での走高跳を実験試技とし、成功試技のうちの最も記録が高いもので、かつ、踏切動作がフォースプラットフォーム上で行われたものを分析対象としている。

符号の正負については、股関節では伸展および外転、外旋を正の値、屈曲および内転、内旋を負の値、膝関節では伸展を正の値、屈曲を負の値、足関節では底屈および回外を正の値、背屈および回内を負の値としている。また、踏み切り局面を踏み切り足接地から踏み切り足離地までとし、各被験者が踏み切り局面に要した時間を100%としてデータを規格化し、1%ごとに平均化している。各種キネティクスパラメータについては被験者の体重で除すことで規格化されている。

参考までに図5.23に踏み切り動作における地面からの反力の時系列的な推移を示す。ただし、踏み切り足接地時における身体重心速度ベクトルの水平成分方向をY'軸、水平でかつY'軸に直交する軸をX'軸、鉛直方向をZ軸としている。図5.23ではX'軸、Y'軸、Z軸いずれにおいても20%時付近で最大値が記録されている。X'軸では、60%時付近にかけて左方向の反力が出ており、60%時以降は右方向への反力に転じている。Y'軸では、ほぼ全体を通じて後方への反力が記録され、身体の加速成分となる前方への反力はない。

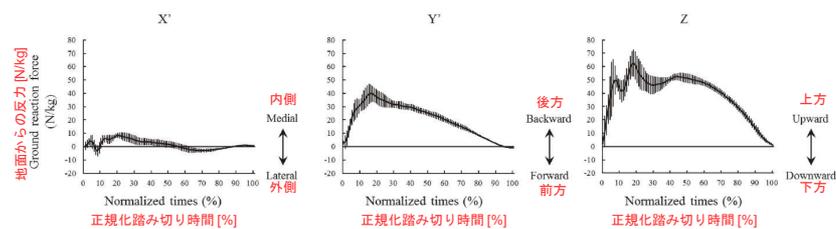


図 5.23: 踏み切り動作における地面からの反力 [60]

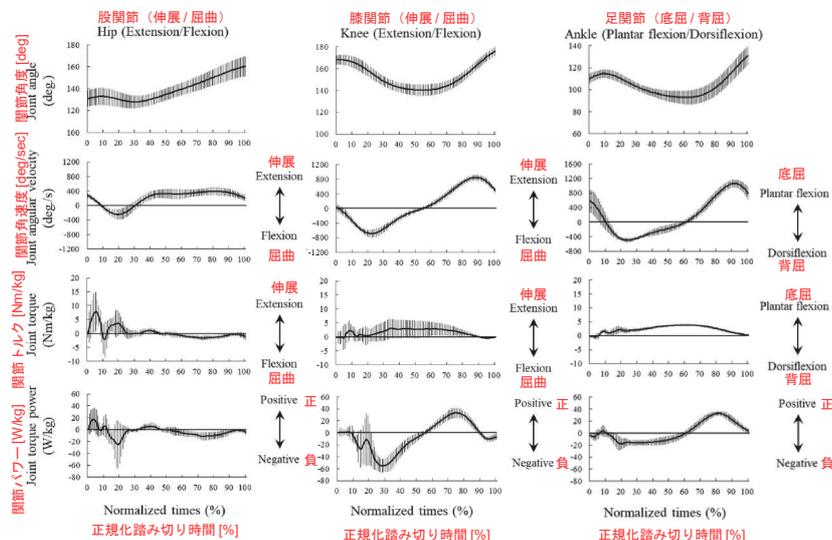


図 5.24: 踏み切り動作における関節トルクと関節パワー [60]

股関節の屈曲・伸展運動を見るとトルクパワーも接地から 25% 時付近の早い段階で活発に発揮されている。このとき、股関節では伸展トルクによる大きな負のトルクパワーを発揮しており、エキセントリックなパワー発揮によって踏切接地による衝撃に抗う働きをしたと考えられる。踏切動作における股関節伸展筋群は、主に接地衝撃に抵抗する役割を担っていることが推察される。

次に膝関節の屈曲・伸展運動を見ると、踏切接地後 10% 時から 60% 時にかけてはエキセントリックなパワー発揮を行っており、踏切接地の衝撃に抗う働きと、起こし回転運動の鉛直移動距離を大きくする働きを担っている。60% 時以降はコンセントリックなパワー発揮によって、身体の上昇に貢献している。

最後に足関節の底屈・背屈を見ると、10% 時から 60% 時にかけてはエキセントリックなパワー発揮による踏切接地の衝撃に抗う働きと、60% 時以降はコンセントリックなパワー発揮によって踏切終盤の身体の鉛直速度の獲得に貢献する働きを有している。

全体的に見れば、高跳びの踏み切り動作では、股関節伸展筋群、膝関節伸展筋群、足関節底屈筋群が大きなトルク・パワーを発揮していることが分かる。特に踏み切り動作初期の地面からの反力に抵抗して、伸展筋群が大きな負のパワー（伸長収縮）を発揮している。

以上の分析結果から、以下の筋肉のトレーニングが高跳びの踏み切り動作においては特に重要になると考えられる。

- 股関節伸展筋群である大殿筋，大腿二頭筋，半腱・半膜様筋
- 膝関節伸展筋群である外側・中間・内側広筋，大腿直筋，大腿筋膜張筋
- 足関節伸展（底屈）筋群であるひらめ筋、腓腹筋

踏み切り動作では地面からの反力が関節トルクの発生に与える影響が大きい。このため地面からの反力の方向や大きさを意識した踏み切り動作を行うことが重要である。踏み切り動作において地面からの反力の方向が、関節軸から離れると関節周辺の筋肉に大きな負荷がかかる。

もし、踏み切り動作で潰れやすくなったり、足首や膝の関節に余分な負荷がかかっていると感じたときは、地面からの反力の方向が関節軸から離れていないか確認するとよい。例えば、踏み切り動作で間延びし鉛直方向から下腿部が大きく傾いた状態で踏み切り入れば足首への負担は大きくなる。踏み切り動作で膝関節が大きく曲がっていれば、膝関節への負荷が大きくなる。

5.5 踏み切り動作の補足知識

- 踏み切り位置はバーから離れた位置にする
- 一流選手の動作を分析するとバーからおおよそ 1m 以上離れた位置で踏み切る

踏み切り動作での足首の怪我について

- 高跳び選手に多い怪我は踏み切り動作で起こる「外反捻挫」
- 踏み切り動作での怪我は重症化しやすい
- 間延びして爪先から地面に着地する踏み切り動作を避ける
- 踏み切り角度がバーに平行になりすぎないようにする

力学的に理想的な踏み切りを考えれば、助走によって得られた水平方向の速度を踏み切り動作によって全て垂直方向の速度と回転エネルギーに変換できれば良いことになる。

つまりバーからほとんど離れなれていない位置で踏み切りほぼ真上に上がりながら空中で回転するという踏み切り動作が理論的には究極の理想形である。

しかし、現実には人間の関節強度の限界から、踏み切って真上に跳びあがることはできない。踏み切り動作によって回転エネルギーを得るために内傾動作、後傾動作の姿勢を取って踏み切るために、バーからある程度離れた位置で踏み切る必要がある。また、選手によって内傾動作、後傾動作の姿勢から生まれる空中の回転力が違うため、バーに対して踏み切り足を出す角度（踏み切り角度）が選手によって違う。

ここでは世界の一流選手の踏み切り位置や踏み切り角度について分析したデータを挙げ、高跳び選手として意識しておきたい踏み切り位置や踏み切り角度、注意点について簡単に述べる。

5.5.1 踏み切り位置と踏み切り角度

初心者と熟練者の踏み切り動作を比較した場合に最も差が出やすいのは「踏み切り位置」である。初心者の踏み切り位置はバーに近く、熟練者の踏み切り位置はバーから遠い。

初心者は既に述べたように助走が遅く、垂直跳びに近い踏み切り動作をやるようとするため、バーから遠い位置で踏み切ると跳躍がバーに届かなくなる。このため、踏み切り位置はバーに近くなる。また、クリアランスに必要な回転エネルギーを地面を脚で蹴って得ようとするため踏み切りを遠ざける必要がない（ちょうどバック転をやるようとするようなものである）。

しかし、熟練者の助走は速く、踏み切り時に関節に強い負荷をかけて筋肉の伸張性収縮を促し、短時間で大きな上昇力を生み出す踏み切り動作を行う。また、クリアランスに必要な回転力は内傾・後傾動作からの起こし回転によって得る。

こうした踏み切り動作を行う場合はバーからある程度離れた場所で踏み切り動作を行うことが好ましい。速い助走からの踏み切り動作で足首や膝が故障することを防ぐという観点からも、踏み切り位置をバーから離れた位置に設定したほうがよい。

ここでは一流選手の踏み切り位置や踏み切り角度を調べた資料として Biomechanical Analysis of High Jump [36] に掲載されているデータの一部を紹介する。データは2005年の世界選手権の決勝進出者のベストパフォーマンスを分析したものである。まず、これから示す図の用語の説明を図5.25に示す。

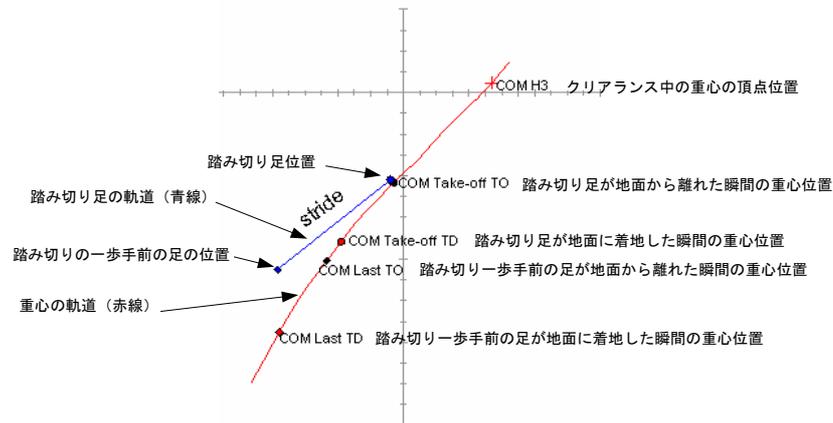


図 5.25: 踏み切り位置と踏み切り角度の分析（説明） [36]

次に各選手の踏み切り動作とそのパラメータを分析したものを図 5.27、図 5.26 に示す。

ここで図 5.26 のデータ中の「*StrideLenght*」は踏み切り動作の最後の一步の長さを表し、「*StrideAngle*」は踏み切り動作の最後の一步のバーに対する角度（90 度がバーに直角）、「*Last(ms)*」は踏み切り一步前の足が地面に接地している時間、「*FlightTime*」は踏み切り一步前の足が離地してから踏み切り足が接地するまでの時間、「*Take - Off(ms)*」は踏み切り足が地面に接地している時間をそれぞれ表す。

Name	stride lenght (m)	stride angle (°)	last (ms)	flight time (ms)	take-off (ms)
Yuriy Krymareenko	2.01	32.11	0.135	0.060	0.170
Victor Moya	1.92	24.78	0.150	0.050	0.200
Yaroslav Rybakov	2.16	31.82	0.140	0.040	0.190
Mark Boswell	2.29	24.27	0.140	0.050	0.185
Jaroslav Baba	2.03	37.30	0.160	0.080	0.200
Nicola Ciotti	2.06	27.15	0.130	0.060	0.175
Stefan Holm	1.99	25.60	0.145	0.055	0.150
Vyacheslav Voronin	2.11	26.94	0.155	0.050	0.190
Dracutin Topic	2.25	28.37	0.115	0.085	0.135
Kyrikos Iannou	1.97	26.36	0.175	0.060	0.155
Oskari Frösen	2.12	25.42	0.165	0.055	0.180
Matt Hemingway	1.99	25.66	0.160	0.070	0.180
Andriy Sokolovskyy	2.30	35.70	0.140	0.040	0.170
average	2.09	28.58	0.147	0.056	0.175
standard deviation	0.13	4.28	0.016	0.014	0.019

図 5.26: 踏み切り動作の分析 [36]

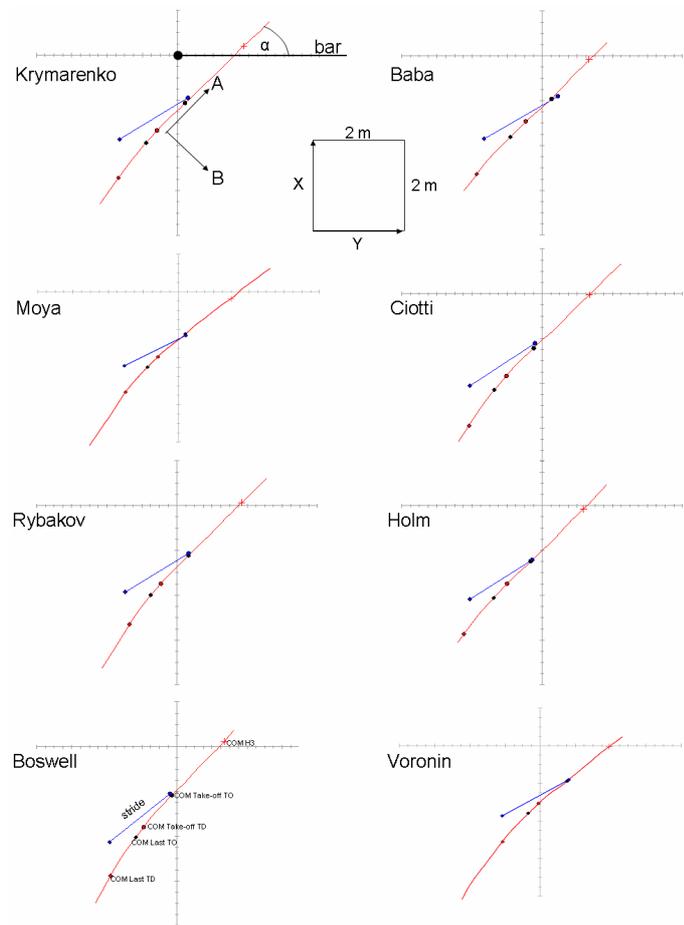


図 5.27: 踏み切り位置と踏み切り角度 [36]

まず踏み切り位置（バーからの距離）について図 5.27 を分析する。ここで図中の目盛りは一目盛 25cm である。

選手はおおよそ 1m 以上バーから離れた位置で、横方向には支柱の場所とほぼ変わらない位置で、踏み切っていることが分かる。私が高校生の頃は「踏み切り位置はバーから三足半離して、支柱から一足内側に入れた場所を踏み切り位置の目安にすればよい」と指導された。220 以上の跳躍を考える選手は踏み切り位置としてはこのくらいの距離を目安に練習してほしい。

また、踏み切り前後の重心の軌道（赤線）が上から見ると滑らかに変化している点にも注目してほしい。よく、踏み切りに入るとき重心の方向と、クリアランスで飛び出す方向が大きく異なる選手を見かける。こうした選手は、踏み切り動作の前後で不自然な動作の切り替えがないか、踏み切り動作の前後で無理なブレーキ動作を行っていないかよく注意して確認してほしい。

次に、図 5.26 から踏み切り動作に関するパラメータを分析する。まず注意して頂きたいのは最後の一步の歩幅が平均して $2.09m$ と短い点である。一流選手の多くは間延びせずコンパクトな踏み切り動作が行えていることが分かる。

踏み切り角度の平均が 28.58 度である点にも注目してほしい。よく、年少の競技者でほぼバーと平行になるような角度で踏み切る選手を見かけるが、これでは内傾姿勢や後傾姿勢からの起し回転動作を効果的に利用できない(そもそもそのような角度で踏み切る選手は内傾姿勢が取れていない場合が多い)。こうした踏み切り動作では足首に負荷がかかり、痛めやすくなるので注意してほしい。

また、直線的な助走をしてバーに対して大きな角度(直角に近い角度)で踏み切る選手もよく見かけるが、こうした選手はクリアランスに必要なヨー回転成分を踏み切り動作中に余分に生み出す必要があるため、どうしても上昇力の得にくい不自然な踏み切り動作になりがちである。

最後に踏み切り動作の時間の分析であるが、踏み切り一步前の足が着地してから踏み切り足が着地するまで平均して 0.205 秒と極めて短い時間である点に注意してほしい。これは図 5.13 でハリス選手の踏み切り動作を分析した際にも述べたことだが、踏み切り動作でなるべく助走スピードの減速を抑え、最後の一步を素早く接地する必要があることを示唆している。

他にも図 5.27 を見ると、クリアランス時の重心の頂点の位置がバーの手前にある選手と、バーの奥側にある選手に分かれている。これについては 6.5.2 項でその理由について詳しく述べる。

5.5.2 踏み切り動作による怪我

まずは、スポーツ障害として一般的に起こりやすい「捻挫」について説明する。

関節が可動範囲を超えて無理に押し曲げられたり、ねじられたりした結果、関節包や靭帯が過度に伸張するか、不完全あるいは完全な断裂を生じたものを一般的に「捻挫」と呼ぶ。

スポーツで発生する障害の半数以上は捻挫であるといわれている。中でも足首の捻挫は多く、「内反捻挫」「外反捻挫」に分けられる。



図 5.28: 内反捻挫と外反捻挫 [61]

足首を支える靭帯は外側に 3 本、内側には扇状の大きなものが 1 本ある。外側の靭帯は前方から前距腓靭帯、踵腓靭帯、後距腓靭帯と呼ばれる。前距腓靭帯は距骨が前方に滑らないように、踵腓靭帯は距骨が内側に傾きすぎないように制動をかけている。内側の靭帯はその形状から三角靭帯と呼ばれる。

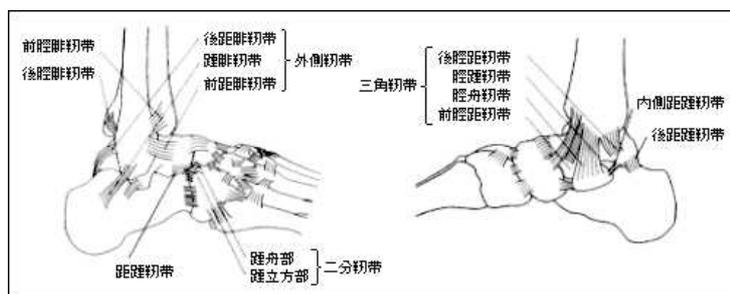


図 5.29: 足首の靭帯 [62]

一般的に捻挫するときは足の裏が内側後方を向くような形で捻って外側の靭帯を傷める事が多い（内反捻挫）。内反捻挫で最初にもっとも緊張が高まるのが外くるぶしの前方にある前距腓靭帯であり、この靭帯がもっとも損傷しやすい靭帯となる。更に力が加わり続けると足首の更に後方外側にある踵腓靭帯が損傷する。後距腓靭帯までが損傷する事は少ないといわれている [63]。

私もこの手の捻挫を2回したことがあるが、いずれも高跳びの練習中に起こったものではない。競技復帰に要した期間も一ヵ月から二ヵ月であり、程度の軽いものであった。内反捻挫は曲線助走中に稀に起きることがあるが、高跳びという競技自体ではあまり発生することはない。

捻挫した場合はただちに応急処置として *RICE* 処置を行い、医療機関に受診すること強く推奨する。*RICE* 処置とは応急処置時に必要な、*Rest*（安静）、*Ice*（冷却）、*Compression*（圧迫）、*Elevation*（挙上）の4つの処置の頭文字をとった名称である。*RICE* 処置を適切に行えば、競技復帰までの時間を短縮できる。

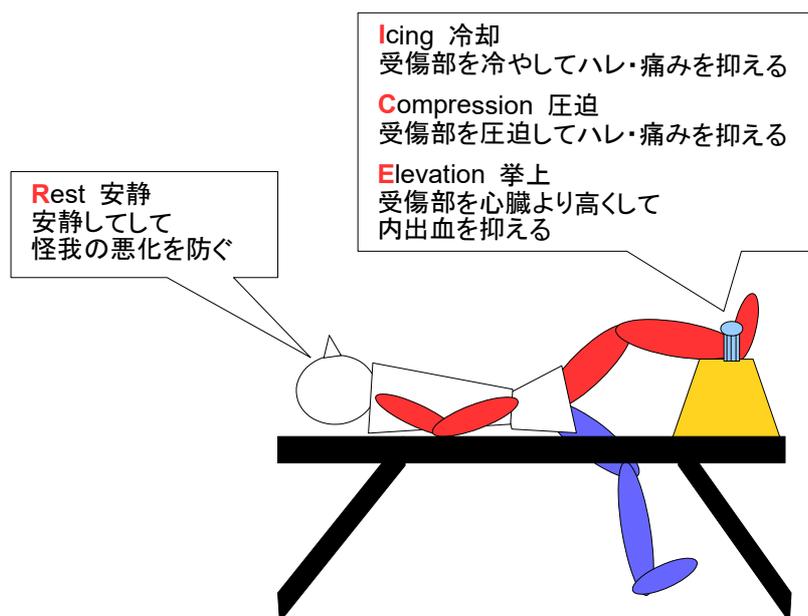


図 5.30: *RICE* 処置

高跳び選手に多いのは踏み切り動作で起こる「外反捻挫」である。外反捻挫は足関節に外反力が強制された際に発生する。外反捻挫は内反捻挫より通常起こりにくく、発生頻度も足首捻挫のうちの割以下であるとされている。足首の外反動作は関節の可動範囲が少なく、足首内側の強固な靭帯によりしっかり固定されているため、通常は発生しない。

外反捻挫が発生すれば内側の三角靭帯の損傷がおこる。外反捻挫を起こしてしまうと、靭帯の部分断裂、または靭帯付着部の剥離骨折（内果骨折）が起こることもあり、重症化することが多い。私も踏み切り動作で二度ほどひどい外反捻挫をした経験があり、元の競技レベルに復帰するまでに長い時間がかかった。

こうした捻挫は進行方向に対して足首が横向きになるように踏み切り足を着地したり、踏み切り足の接地を失敗して足裏の前方に荷重がかかることで、足首を外反させる強いモーメントが発生することで起こる。

足首は横方向の力に対して弱い構造をしているため、足裏全体で荷重をうけるような踏み切り動作を意識すること。間延びして爪先から地面に着地するような踏み切り動作を避けること。踏み切り角度がバーに平行になりすぎないように意識することなどを心がけてほしい。

また、捻挫の予防措置としてテーピングを行うと良い。練習中からテーピングを常時つけては足首のトレーニングにならないので、試合中の怪我防止としてテーピングを行うことを推奨する。特に年少の競技者はシーズン中の長期離脱の影響が大きいいため、指導者は特に外反捻挫による故障に注意してほしい。私が高校生の頃は試合の度に足首にテーピングをしていた。



図 5.31: 踏み切り動作での足首の外反動作 [35]

5.5.3 曲線助走と踏み切り角度の注意点

ここでは高跳び選手の踏み切り動作に多い足首の怪我について、その発生メカニズムと予防方法を解説する。

踏み切り動作においては鉛直下向きと水平面進行方向の大きな力が地面に対して伝わる。後者の力の方向は図 5.32 に示す踏み切り足を差し出す角度に近い。

図には踏み切り足が地面に伝える力の方向、助走の最終方向（最後の一步を出す方向）、踏み切り足の足裏の長軸方向の三つの線が描かれている。この角度は一般的にそれぞれ異なった向きになっており、踏み切り足の足裏の長軸方向が一番バーに平行に近い角度になっている。

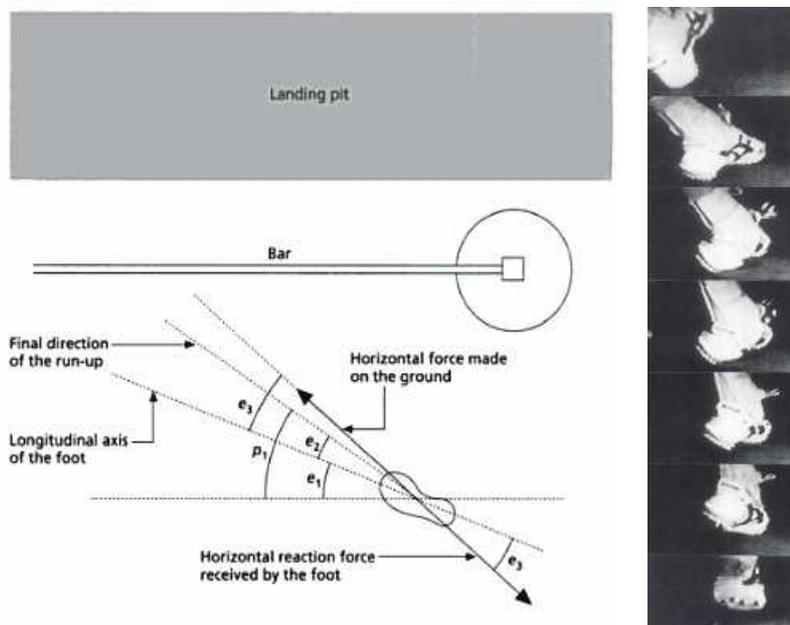


図 5.32: 踏み切り角度の分析 [35]

地面から踏み切り足が受ける反作用の力の方向は足裏の長軸方向からずれているため、足首を回内方向に回転させる力として身体に伝わる。この力が強すぎると踏み切り動作で足首を怪我する。

図 5.32 の連続写真は踏み切り動作の様子をハイスピードビデオカメラによって撮影したものである。踏み切りの直後には踏み切り足外側の淵にかかっていた力が後半にはだんだん弱くなり、足部の内側のラインに強い力がかかり足首が折れる方向に強い負荷がかかっている様子が分かる。

こうした踏み切り動作における足首の回内動作は多くの選手に見られるが通常のカメラでは確認することは難しい。

図 5.32 中の $e_1 \sim e_3$ の角度のうち e_3 の角度が足首の故障リスクに深く関連していることが調査から明らかになってきているが、定量的な評価はされていない。過去の事例報告からは e_3 の角度が 20 度以内であれば安全、20~25 度は注意が必要、25 度以上になれば怪我のリスクが高く危険だとされている [35]。

踏み切り動作における足首の怪我を避けるためには、なるべく進行方向に近い方向に足裏をつき、踏み切り角度がバーに平行になりすぎないように注意する必要がある。

5.5.4 踏み切り足のサポート（テーピング）

踏み切り動作での外反捻挫を防止するためのテーピング方法をここでは述べる [64].

外反捻挫を防止するテーピングは一般的にほとんど行われない。高跳びのテーピングとしては、経験的に内外反を動作を制約する固定力を強くした「内反捻挫のテーピング方法の延長」で十分であると思う。テーピングをするときは足首の底背屈動作の制約を強くしすぎると助走や踏み切り動作が行いにくくなるため、テーピングを巻くときのテンションの強さや方向を自分の感覚に合うように調整するとよい。

テーピングによる固定力は時間経過とともに減少するため、できれば競技開始の60分から30分前に巻くことが望ましい。テーピングは足首の角度を直角に保って行うこと。短時間であればアンダーラップなどの保護は必要ないが、競技後すぐに取り外すことが好ましい。足首の動作の名称を図 5.33, 足首のテーピング方法を図 5.34 に示すので参考にしてほしい。

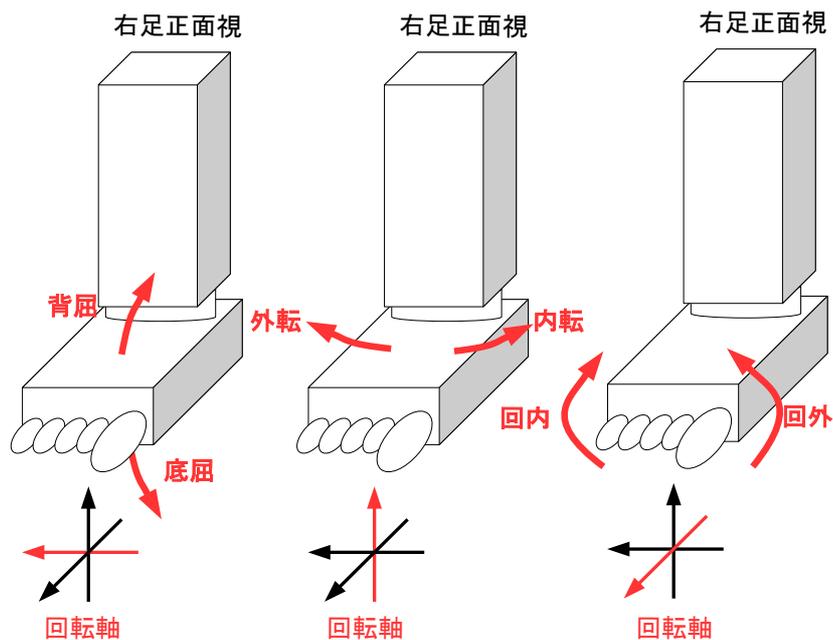


図 5.33: 足首の動作の名称



図 5.34: 足首のテーピング方法 [64]

1. アンカーその 1
くるぶしから握りこぶし 1 個分離した位置に 1/2 重ねて「アンカー」を 2 枚貼る。このとき、すねの正面で斜めに交差するような角度で貼る。
2. アンカーその 2
足部の中央にも「アンカー」を 1 枚貼る。締めすぎないように注意。
3. スターアップ
スターアップは足首を内外反のストレスから保護するためのテープである。「スターアップ」をアンカー内側から始めてアンカー外側まで貼る。1/2 ずつ重ねて 2~3 枚貼る。スターアップは足の真中より前には貼らないように注意。外反捻挫を防止するために内反方向に少しテンションをかけるとよい。
4. ホースシューその 1
ホースシューは足首を内外転のストレスから保護するためのテープである。スターアップと交差するように「ホースシュー」を貼りスターアップを押さえる。足部のアンカーから始めて反対側のアンカーに向かって「ホースシュー」を貼る。アキレス腱側でタルミができないように角度に注意して貼る。

5. ホースシューその2
同じ要領で「スターアップ」と「ホースシュー」を交互に3枚ずつ貼る。各々のテープは1/2ずつ重ねて貼る。ホースシューは階段状に少しずつ短くする。1/2ずつ重ねてさらに3本の「ホースシュー」を貼る。足首の正面でテープが重ならないように注意。
6. サーキュラー
サーキュラーはスターアップのテープのズレを防止する目的で行う。5本目か6本目のテープから正面を閉じる（1周させる）「サーキュラー」を行う。アンカーの位置まで1周ずつ切りながらサーキュラーを貼る。
7. アンカー
ホースシューの端を固定するため足部の中央に「アンカー」を貼る。きつくなり過ぎないように注意。この手順は省いても短時間の競技会であれば影響は少ない。
8. フィギュアエイトその1
フィギュアエイトは足首の底屈・内返しのストレスから保護し足首を締め安定させるテープである。テープを巻くときの足首の角度によって底屈の自由度を調整することができる。まずは外くるぶしの上から始めて足首の正面を斜めに通り、土踏まずの部分へテープを持っていく。
9. フィギュアエイトその2
フィギュアエイトをそのまま続けて行う。フィギュアエイトは内側（土踏まず）で足の線に対して直角になるように巻くとシワやタルミが出来にくい。
10. ヒールロックその1
ヒールロックは足首の内外反ストレスからの保護や着地衝撃の吸収を目的に行う。まず、すねから外くるぶしの少し上へ向かって、斜めに巻き始め、アキレス腱のつけ根へ持っていく。
11. ヒールロックその2
アキレス腱のつけ根からかかとの内側を斜めに通り、かかとの下へおろす。これは「内側ヒールロック」と呼ばれている。
12. ヒールロックその3
かかとの下から足の甲へ貼りテープを切る。シワやタルミができない方向へ自然に貼っていく。
13. ヒールロックその4
「外側のヒールロック」も行う。すねから内くるぶしの少し上へ向かって斜めに始めアキレス腱のつけ根へ持って行く

14. ヒールロックその5
アキレス腱のつけ根からかかとの外側を通りかかとの下へおろす.
15. ヒールロックその6
かかとの下から足の甲へ貼る. シワやタルミができない方向へ自然に貼って行く.
16. ヒールロックその7
足の甲でテープを切って止めて終了.