

## 動作分析事業の分析例【その他の競技スポーツ編】

### 1 バドミントン

クリア、スマッシュ、サーブのラケットの基本動作に加え、サイドライントッチ等のフットワーク動作を撮影した。スマッシュを体全身で振り切ることができる選手は、サイドライントッチでも重心の上下移動が少なく、切り返しが素早かった。

ラケット開発のために、モーションキャプチャーシステム VICON を用いてスマッシュ動作を中心に測定している。



図1 バドミンントンのスマッシュ撮影

### 2 スキー（クロスカントリー）

対象の関節にマーカを貼付し、ポーリング練習用のローラーを用いてポーリング動作を撮影した。分析項目は、床面に対する体幹の角度や肘と手の位置、下肢関節の角度及び角速度を求めた。腕を後方へ押す際の腕から体幹、下肢にかけての使い方を評価し、効率の良いポーリング動作の指導に用いた。

ジュニアオリンピック大会等の試合で、コースの各ポイントにビデオカメラを設置してレース分析をした。分析内容は、コースを平地ー緩い登坂、急な登坂、くだりの3つに分け、各区間タイムのタイム差及び各ポイントのビデオ映像を提供した。



図1 クロスカントリースキーの試合撮影

### 3 ウェイトリフティング

県大会やブロック大会、国体において選手試技の側方からビデオ撮影し、スナッチとクリーン&ジャークを分析した。選手の各関節の使い方（角度、角速度、角加速度）やウエイトの挙上高と速度、ステップ等を分析し、県外上位選手との比較を通して県内選手の課題等を検討した。

### 4 ゴルフ：ゴルフスイングにおけるプロとアマチュアの比較

ゴルフは生涯スポーツとして広く認知されており、競技人口も多い。今回は中高年層へのアプローチとしてプロとアマチュアのスイング動作を分析した。

対象は、ツアープロ1名（年齢40歳、身長161.5cm、体重63.7kg）、アマチュア1名（年齢49歳、身長169.9cm、体重57.3kg）とした。両者ともゴルフ歴は25年以上であり、右打ちである。対象にはタイツを着させ、関節やクラブに反射マーカを貼付した。測定機器はモーションキャプチャーシステム VICON と高速ビデオカメラ、床反力計を用いた。対象は床反力計の上でボールを打ち、そのスイング動作を測定した。用いたクラブはウッドとした。測定した反射マーカの位置データから図1に示すようなスティックピクチャーで動作を表現し、スイング速度や肩・腰のねじり角、左右のふみ込み力を求めた。

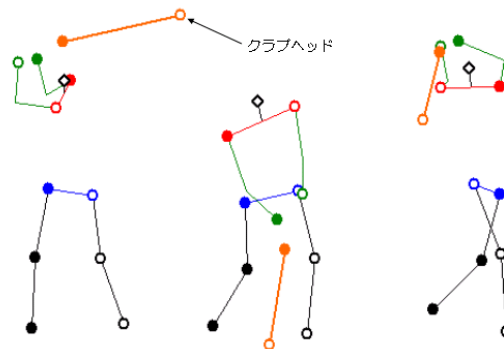


図1 スイングのスティックピクチャー

表1にスイングの時間と最高速度を示す。スイングの時間と最高速度は、両者間で目立った差は見られなかった。図2に地面に対する肩と腰のねじり角の変化を、表2に各局面における肩と腰のねじり角の値を示す。テイクバック時において、プロは肩と一緒に腰も後方へ深くねじっているが、アマチュアは肩のねじりのみが強く、体幹のねじり（差）が強調していた。スイングスタートしてからは、プロはインパクトに向かって肩と腰がほぼ一緒に大きく前方へねじっているが、アマチュアは腰のねじりが少なく、上半身だけでスイングしていることが分かる。腰のねじり角の差から、プロはいわゆる「腰を入れて」スイングしていることを意味している。図3に左右脚のふみ込み力の変化を、表3にふみ込み力のバランスの値を示す。テイクバック時では、プロはアマチュアと比べて右の軸脚に大きく体重を残しており、左脚にはほとんど体重をかけていない。スイングスタートしてからは、プロは左脚で大きくふみ込み、インパクト時では左脚で力を大きく発揮していることが分かる。プロは右脚から左脚への体重移動の差が大きく、体重の重心が位置する腰周辺の使い方に技術の差があるものと考えられる。

表1 スイングの分析

対象	時間[秒]		最高速度[km/h]
	テイクバック	スイング	
プロ	1.060	0.380	107.1
アマチュア	1.044	0.360	110.1

地面に対する肩・腰のねじり角 [度]

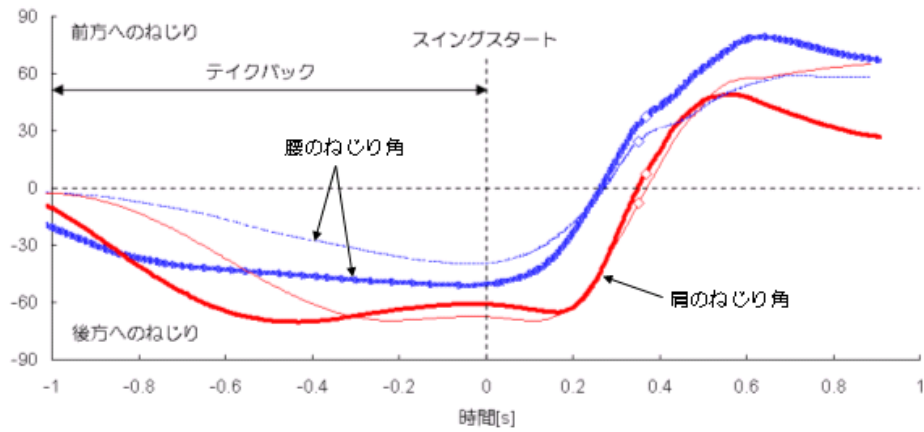
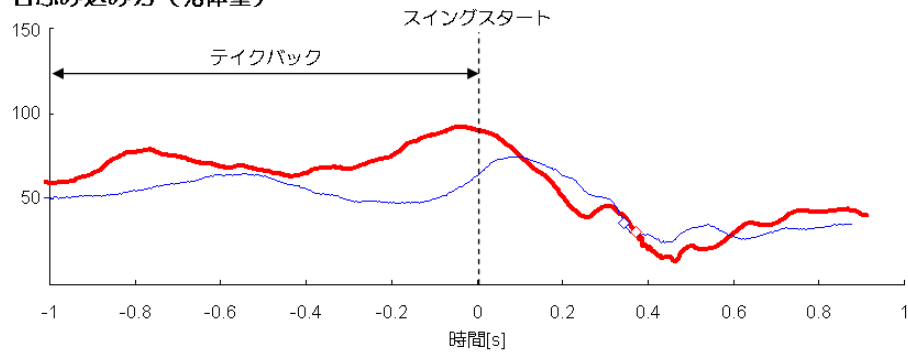


図2 地面に対する肩・腰のねじり角：太線がプロ、細線がアマチュアを示す。

表2 各局面における地面に対する肩・腰のねじり角：マイナスは後方へのねじりを示す。

局面	対象	腰のねじり角[度]	肩のねじり角[度]	差[度]
スイングスタート	プロ	-50.9	-61.3	10.4
	アマチュア	-39.5	-67.5	28.0
インパクト	プロ	38.6	10.6	28.0
	アマチュア	26.1	-4.4	30.5

右ふみ込み力 (%体重)



左ふみ込み力 (%体重)

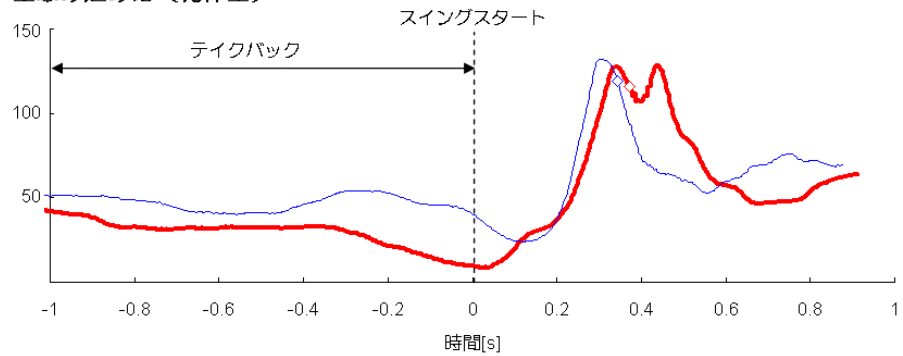


図3 左右ふみ込み力のグラフ：太線がツアープロ、細線がアマチュアを示す。

表3 ふみ込み力のバランス：左右の力を足した値（100%）に対する割合で示す。

局面	対象	右ふみ込み力[%]	左ふみ込み力[%]
スイングスタート	プロ	89.4	10.6
	アマチュア	61.4	38.6
インパクト	プロ	19.4	80.6
	アマチュア	22.4	77.6

今回の結果から、アマチュアはプロと比べて下半身をあまり使わずに上半身を振り回してスイングしていることが分かった。年齢層の高いアマチュアゴルファーは運動の機会が少ないので、腰から上を中心とした準備運動を指導し、スイング中は体重移動と腰の使い方を意識させることが重要である。

### 5 なぎなた：正面打ち動作における技術上達の分析

なぎなた競技の選手の多くは女性であり、中高校から競技を開始する者が多い。剣道の竹刀よりも長いなぎなたを女性が巧みにかつ素早く扱うには技術が必要であり、競技開始間もない選手の技術上達を把握し、指導に生かすことは重要である。そこで、基本動作である正面打ちの技術分析を試みた。

対象は、県内高校のなぎなた部に所属する競技歴1年経過した選手8名（以下、「競技歴1年経過群」と競技開始してから半年に満たない選手5名（以下、「競技歴半年未満群」）で、競技歴7年以上の指導者2名（以下、「指導者」）を比較対象とした。対象のプロフィールを表1に示す。対象にはシャツとハーフパンツの身軽な格好にさせ、肩や肘、腰等の関節やなぎなたに反射マーカを貼付した。対象は測定空間内で面打ちを行い、その動作をモーションキャプチャーシステム VICON と2台の高速度ビデオカメラを用いて測定した。反射マーカの位置データから図1に示すようなスティックピクチャーで動作を表現し、切先の軌跡や速度等を算出した。

表1 対象のプロフィール：平均±標準偏差で示す。

対象	年齢[歳]	身長[cm]	体重[kg]
指導者	24	162.1	58.8
競技歴1年経過群	16.5±0.5	160.8±6.0	57.3±4.7
競技歴半年未満群	15.2±0.4	163.0±3.7	55.0±6.5

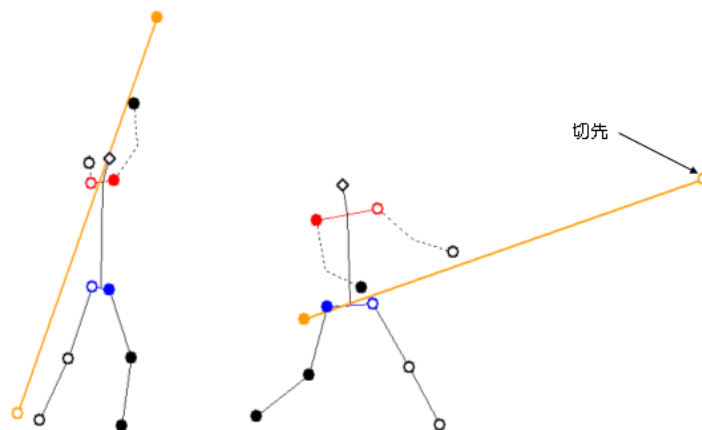


図1 正面打ちのスティックピクチャー

分析結果を表2に示す。一般的に高身長で体重があるほど振る際速度や加速度、エネルギーが増加する傾向にある。しかし、今回の対象である3群間について身長と体重に大きな差は見られないので、振る速度に関しては身長等の形態的要素の影響は少ないものとする。正面打ち動作を開始して切先を後ろへ大きく振り上げる「振り上げ」では、競技歴が1年長くなるだけでその時間は短縮し、切先の最高速度は増加していた。大きく振り上げた直後から前方へ振り下ろす「打突」でも、1年稽古するだけでその時間は短縮し、切先の最高速度は有意に増加していた。指導者ではさらに時間が短縮され、切先の最高速度も上がっていた。正面から見た打突における切先の軌跡の代表例を図2に示す。競技歴半年未満群は、振り上げも打突も切先が斜めに入っており、垂直に正面打ちが行えていないことが分かる。しかし、稽古を積み重ねることで切先が徐々に垂直に入るようになり、指導者になれば振り上げも打突も垂直にかつ速く振れていることが分かる。

表2 正面打ちの分析結果：平均±標準偏差で示す（\*：p<0.05、\*\*：p<0.01）。

対 象	時 間[秒]		切先の最高速度[km/h]	
	振り上げ	打 突	振り上げ	打 突
指導者	0.746	0.496	55.40	67.37
競技歴1年経過群	0.719±0.062	0.553±0.038	51.84±9.42	66.31±4.20
競技歴半年未満群	0.810±0.082	0.567±0.049	44.14±3.38	57.26±5.42

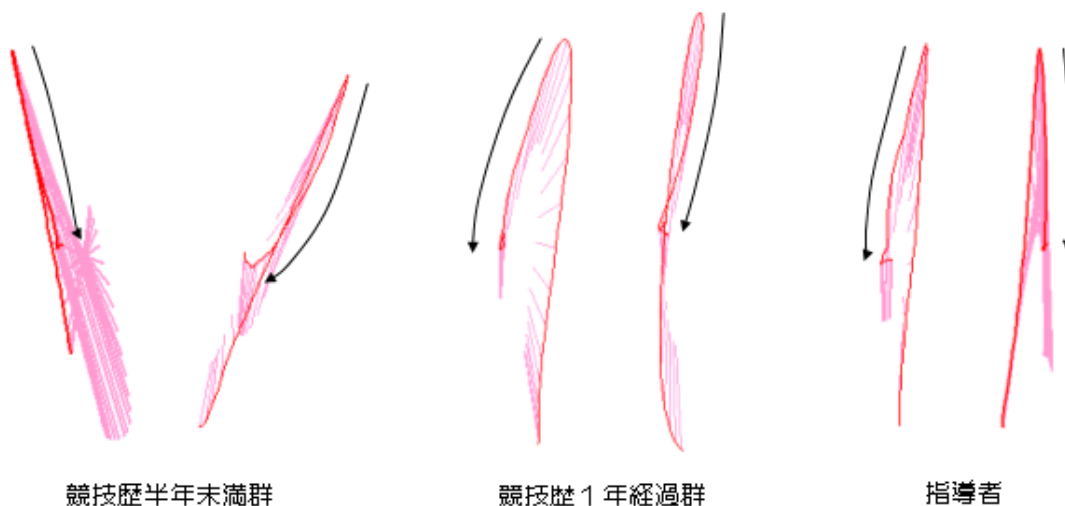


図2 正面から見た打突時の切先の軌跡の代表例：矢印は最高点から振り下ろした軌跡を示す。

競技開始間もない選手は、なぎなたを大きく振るだけで精一杯の様相であった。これが1年間稽古に励むことで振り上げの速度が増加し、その勢いで打突できるようになるので、切先が左右に振れることが少なくなったものと思われる。この分析を通して、競技歴が浅くともしっかりと指導の下で稽古に励めば、確実に技術が向上していることが分かった。今回は切先の動きだけで技術の上達過程を分析したが、今後は正面打ち動作を産み出す床へふみ込む力や重心の移動速度、腰や肩を回す速さ等も分析し、経験の浅い選手に対して効率よい指導やトレーニングの材料になりえるように努める。

## 6 なぎなた：面打ち動作の踏込み力の分析

なぎなたの試合競技では、対戦相手との間合いの中で隙をついて力強く正確に打突することが重要である。しかし、競技選手のおほとんどが中高生から競技開始をした女性であり、より有効な打突を成し遂げるためには技術と体力が必要不可欠である。そこで、高校生選手の面打ち動作と膝伸展筋力を測定し、力強い打突で必要とされる踏込みを分析した。

対象は、県内高校のなぎなた部に所属する選手18名で、競技歴は半年から1年以上であった。身長は160.0±5.1cm、体重は

53.6±5.8kg、利き脚は全員右側であった。対象の肩や肘、腰等の関節やなぎなたに反射マーカを貼付し、モーションキャプチャーシステム VICON と床反力計を用いて面打ち動作を測定した。分析内容は、なぎなた切先の速度と身体重心の推進量、踏み込み距離、床反力計から得た踏み込み力（最大値を体重で除して標準化[%体重]）。体重と同じ重さで踏込んだときは 100%体重）とした（図 1）。また、BIODEX（酒井医療株式会社）を用いて 60 度/s の等角速度における膝の伸展筋力（最大トルクを体重で除して標準化[Nm/kg]）を測定した。



図 1 正面打ちの映像

面打ちでの切先の最高速度は 58.8±8.0km/h で、身体重心の推進量は 151.9±14.9cm であった。踏み込みについては、踏み込みの移動距離が 164.6±14.9cm、踏み込み力は 225.2±50.4%体重であった。踏み込み側（左側）の膝伸展筋力は 2.20±0.31Nm/kg、蹴出し側（右側）は 2.33±0.33Nm/kg であった。踏み込み力と踏み込み側の膝伸展筋力との関係を図 2 に示す。全体の傾向から見て明らかに逸脱している□の対象を除いた●の対象の関係を見ると、膝伸展筋力が高いほど踏み込み力が高い傾向にあった ( $y=0.293x+163.0$ ,  $r=0.483$ )。切先の最高速度等の他の項目との相関は低かった。

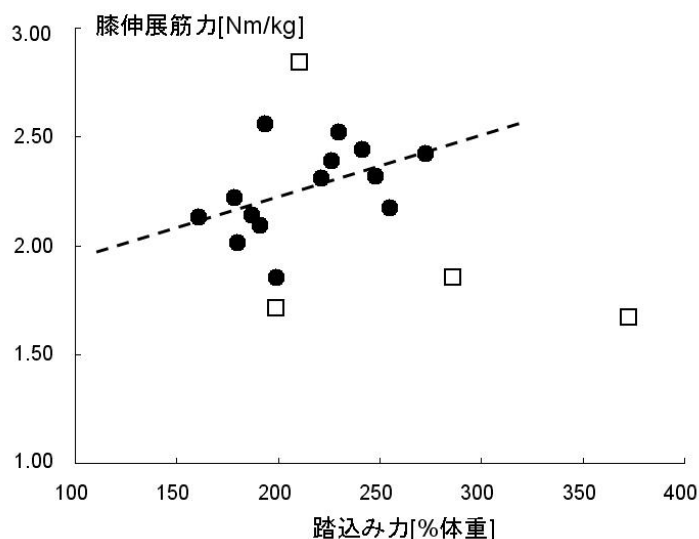


図 2 踏み込み力と膝伸展筋力との関係

打突時の踏み込みは、前方へ押し出して「なぎなた」を振った身体を受け止める際に生じ、一般的に強く身体を押し出し、なぎなたを強く振る打突になるほど大きくなることが考えられる。今回の対象は技術的に未熟な選手が多くいたことから、なぎなたを含む上半身の使い方への意識が強く、下半身の踏み込みとの関係が見られなかったと思われる。しかしながら、打突の稽古を励

む上では、片脚に体重の2倍以上の力が毎回かかることを考えると、身体を支える筋力が必要である。踏込み力が強い選手は膝周辺の筋力も高い傾向にあった今回の結果から、技術が上達していく中で力強い打突を実現するためには、下半身のより強い筋力が必要不可欠であることが分かった。踏込み力は強いが下半身の筋力が弱い選手には、障害予防の観点からも筋力トレーニングを指導していかなければならない。

## 7 空手道、アマチュアボクシング

会場フロア定点に設置した複数台のビデオカメラで試合を撮影し、強化対象選手の課題等を分析した。撮影した試合は、高校総合体育大会県予選会や国体県予選会であった。試合直後に素早く映像編集したDVDを上位大会進出選手や指導者に配布し、試合までの質の高い練習を行うための参考情報を提供した。また、協会にも配布し、審判の技術向上への一助とした。



図1 空手道組手試合中の打突映像

## 8 バレーボール

観客席の定点に設置したビデオカメラで試合を撮影し、各種スパイクやブロックの頻度やサーブ成功比率等をポイントの経過と共に分析した。撮影した試合は、強化練習試合や国体であった。



図1 バレーボールの試合撮影

## 9 アーチェリー

対象の関節や弓に反射マーカを貼付し、モーションキャプチャーシステム VICON と床反力計、高速度ビデオカメラを用いて的への射撃動作を測定した。分析項目は、身体のブレ（動揺）や左右脚の過重バランス（図1）等とした。対象選手は、成年と少年の男女選手 12 名であった。試合とほぼ同じ数の射撃を行い、疲労が蓄積していない初期の動作と疲労が激しい終盤の動作とを比較した。また、高速度ビデオカメラで身体背部を撮影し、弓を引く際の肩甲骨の使い方を把握した。

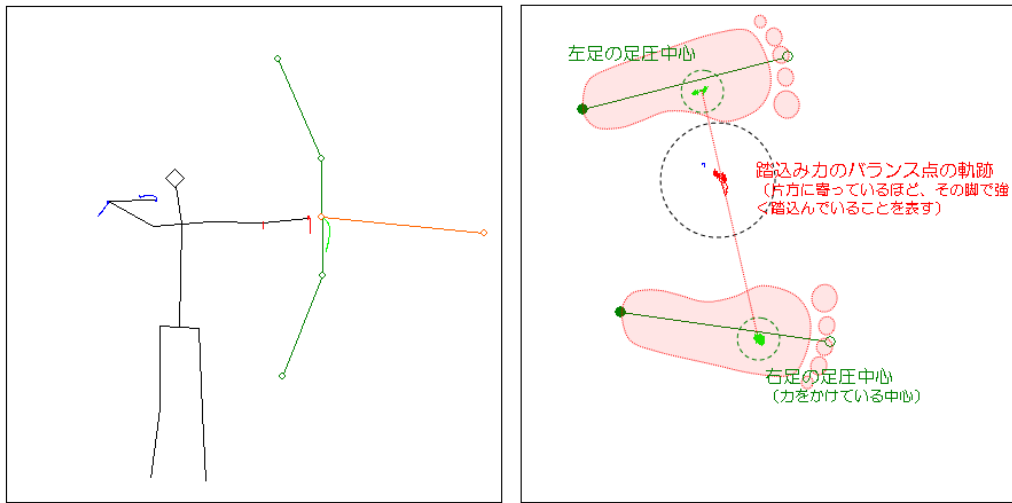


図1 射撃動作のスティックピクチャー（左図）と左右脚の荷重バランス（右図）

## 10 サッカー（試合分析）

女子サッカー選手を対象にした試合中の移動距離や速度の分析は少ない。ルールやフィールドサイズ等の環境が男子と同じである一方で体力的に異なる女子に対し、競技力向上や傷害予防の一助として女子サッカー試合中の選手の運動を分析し、男子の結果と比較した。

国内トップリーグの女子サッカー1試合（チームA vs B）を対象にハイビジョンビデオカメラ1台を用いてピッチ全体を撮影し、選手の移動を2次元追跡した（図1）。秒速5m以上の移動を2秒以上継続した移動をダッシュとして扱い、移動距離、ダッシュの回数、ピッチ上の移動軌跡（移動特性）を評価した。なお、途中で交代した選手は、交代された選手の情報を引き継いで処理した。

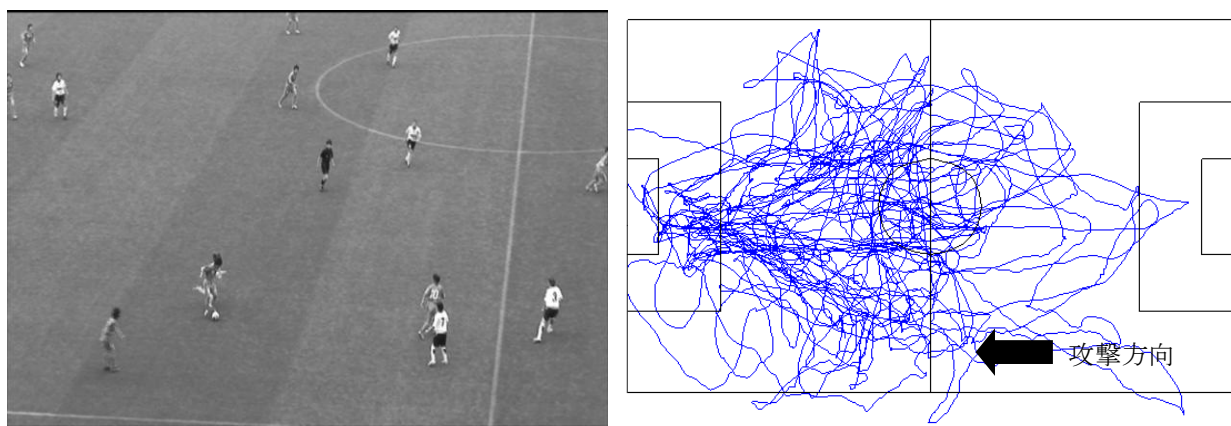


図1 試合映像とMF選手（移動距離 5.77[km]）の移動特製

試合は 9-0 でAが勝利し、Aの Ball keep 時間は試合時間の 65%であった。表1はチーム別平均移動距離を表し、1試合の移動距離はAが  $11.4 \pm 0.6$ km、Bが  $11.5 \pm 0.5$ km で両チームとも前半に比して後半の移動距離が少なかった ( $p < 0.01$ )。ダッシュ回数はAが  $91.5 \pm 16.5$ 回、Bが  $99.5 \pm 15.2$ 回であった（表2）。移動軌跡は、Bと比べてAが狭かった。



表1 チーム別平均移動距離[km]

	チームA				チームB			
	DF	MF	FW	最小-最高	DF	MF	FW	最小-最高
前半	5.67	5.91	6.07	5.48-6.32	5.63	6.09	5.57	5.31-6.35
後半	5.40	5.77	5.65	5.10-6.10	5.29	5.66	5.53	4.95-6.07
計	11.07	11.68	11.72	10.58-12.37	10.92	11.75	11.10	10.38-12.42

表2 ポジション別1試合ダッシュ回数[回]

	チームA				チームB			
	DF	MF	FW	最小-最高	DF	MF	FW	最小-最高
平均	87.3	100.5	110.3	82-124	95.0	93.0	82.5	68-115

男子サッカー選手の1試合の移動距離は、J1リーグレベルで約11~13kmであることが報告されている。今回の分析では、男子とほぼ同等の距離を走ることが分かったので、女子も男子と同じ量の距離トレーニングが必要である。後半の移動距離が少ないのは疲労の影響が大きいと推察される。両チームとも移動距離に差はないが、試合結果には極端な差があり、動きの質（能動/受動的）や技術が勝敗に関係していたと考えられる。さらに、チームAの移動軌跡の面積が狭いことから、直線性の動きだけでなく切り替えしの量が多かったことが伺える。従って、ダッシュ系トレーニングは直線だけでなく狭い範囲での切り替えしを取り入れることも重要である。

女子サッカー選手の傷害発生率は男子に比べて2.4倍高く、下腿のオーバーユース障害の発生頻度も高いことが報告されている。男子とほぼ同じトレーニング量が必要であっても傷害発生率が極端に高いため、男子以上の医科学的サポートが必要不可欠である。

#### イ 走り高跳びと走り幅跳びにおける踏み切り力の分析

陸上競技の走り高跳びと走り幅跳びにおいて、競技成績を向上させるためには踏み切り力の大きさとその方向が非常に重要である。そこで、フォースプレートを用いて踏み切り力を計測し、高速度ビデオカメラを用いてその踏み切り状況を詳細に撮影した。



図2-1 走り高跳びと走り幅跳びの踏み切り映像