

球技スポーツのインパクトにおける共通の“黄金律”を求めて —サッカーにおけるシュートのベストも探る—

佐々木 聡 也** ・ 八木 一 正* ・ 鎌田 安 久* ・ 澤村 省 逸*

(2013年1月8日受理)

キーワード ; 球技スポーツ、サッカー、力学、バイオメカニクス、理科離れ

1. 研究の背景と研究目的

スポーツの世界で、今や科学の利用なしに、ハイレベルな戦いやパフォーマンスは成り立たない。競技用具やトレーニング方法は、科学的研究によって、新たに開発され変化して、かなりの成果が出されていることは周知の事実である。しかし、個々人の体の動かし方のレベルでは理解・納得できない不可解な謎が意外と多い。それ故に、スポーツ上達の手段が未だに「強い力で根性を持って臨めば何とかなる！」といった力信仰と精神論で捕えられており、科学、特に、物理学でスポーツ動作が上手く説明できるなどと考えている人は少ない。

本研究は、スポーツの中でも球技スポーツ、特に、球を打ったり蹴ったりする“打球”スポーツに焦点を当て、それらの様々な謎に科学的な視点からアプローチを行い、解明を目指す事が目的である。それを介して、様々なスポーツ・アドバイスの科学的根拠を明確にすることを狙っている。

特に、球技スポーツでのボールとのインパクトは、多くが謎に包まれたままである¹⁾。本論は、野球やゴルフを始めとする打球を伴うスポーツに、最大効率を発揮できる一定の共通する“黄金律”が存在する可能性を、初めて、明らかにする。

そして、その延長上で、著者の佐々木が幼少より続けているサッカーについても詳しく研究を行い、特に、サッカーのシュートを力学的に分析した。そこでも新しい知見を得ることができた。

つまり、理想のシュートとは何かを、動作分析と物理法則を使って明らかにし、シュートにおいて重要だとされる動作に隠されている科学的根拠を調査した。さらに、理想的なシュートの科学的要因を理解する事が、プレー向上にどれ程の影響を及ぼすのか、つまり、シュート・スピードにどれ程の変化をもたらすのかを、中学生を対象とした実践から調査を行い、これも一定の成果を出したので報告する。

* 岩手大学教育学部

** 大船渡市立赤崎中学校

2. 野球とゴルフのインパクトの“快感”

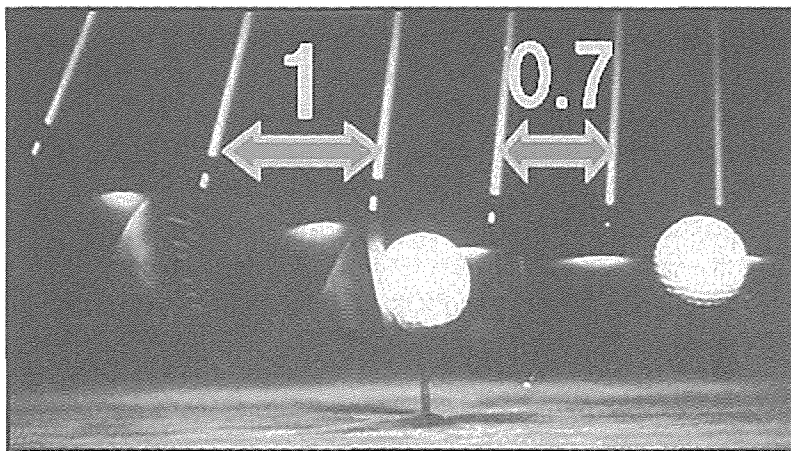
野球でホームランを打つと、バットが急に軽くなって加速したと感じたり、空振りしたのではないかと思う程、抵抗感の少ない“快感”を味わう事がある。ホームランでなくても、ボールをバットの芯でとらえると、インパクト効率の良さが実感できる。それは、何とも言葉にし難い“快感”として伝わってくる。

ところで、ボールと衝突して、バットは減速こそすれ決して加速することはないのに、加速したと錯覚したり、あるいはバットが急に軽くなったと誤解されたりするこの素朴概念の原因は何であろうか。

その快感の謎は、著者の一人が世界で初めて明かした²⁾が、ここでは別な観点から解き明かす。

野球のホームランを打った時の快感のように、ゴルフでも、ナイスショットすると急にヘッドが軽くなって加速したと錯覚することがある。そこで、これらの素朴概念の理由を明らかにするために、ゴルフのインパクト前後の様子を調べていく。

【図1】は、ゴルフのスイングにおける、ゴルフクラブのヘッドとゴルフボールのインパクト前後を写した連続写真である。インパクト前後のヘッドの速度を測るため、等時間間隔の撮影を行った。映像でのシャフトの間隔を基に速度を測定すると、インパクト後の速度はインパクト前に比べると、良いあたりの時、ほぼいつも約7割に減速している。



【図1】 ゴルフ、ドライバースイングのインパクト前後の様子

ゴルフクラブのヘッドの質量を m 、ヘッドの速度を v 、回転半径を r とすると、ゴルフクラブのヘッドが持つ遠心力と運動エネルギーはそれぞれ、次の式で表す事ができる。

$$\text{遠心力 } F = mv^2/r, \text{ 運動エネルギー } E = (1/2)mv^2$$

ヘッドの質量 m と回転半径 r は一定なので、遠心力、運動エネルギーは、いずれも速度の二乗 v^2 に依存する。よって、ゴルフボールとのインパクト前のヘッドの速度を 1 とした時、インパクト後のヘッドの速度は 0.7 になるので、この値を当てはめると、次のようになる³⁾。

$$v^2 = (7割)^2 = (0.7)^2 = 0.49 \approx 5割$$

球技スポーツのインパクトにおける共通の“黄金律”を求めて

インパクト後は急にヘッドの遠心力あるいは運動エネルギーが半減してしまう事が分かる。インパクト前に遠心力 F で外向きに引っ張る力が、インパクトと同時に $(1/2) F$ になり、外向きに引っ張る力が半減するという事である。

そのため、インパクトと同時にヘッドが急に軽く感じ、あの快感を味わうという訳である。減速しているのに加速しているという素朴概念の原因がここにあり、その結果、様々な思い込みによる科学的に誤ったコーチアドバイスも少なくない。例えば、インパクト後を軽く感じるために前より加速したという風に捉えやすい。そこで、打った後の「フォローに力を込めて飛ばせ！」などというのもその一つである。

また驚くべきは、野球のバッティングでも、ほぼ同じことが起こるということである。

著者らは、野球のティー・バッティングにおいて、打球前後のバットの速度を、独自に調べた。バットの速度は、ゴルフのヘッドスピードなどを測定する為に市販されている機器「プロギア社のヘッドスピード測定器」を利用し測定を行った。バットの先端に磁石片を貼り付け、測定器を2台用意し、インパクト前とインパクト後、それぞれの速度を測定した。

すると、打球後のバットの速度は打球前の約7割に、エネルギーは約5割になり、驚くことにゴルフのインパクト前後のエネルギー変化の場合と全く同じ数値になった。この事実を明らかにしたのは著者らが初めてである^{2,3~7)}。これらの結果から、この減少はゴルフや野球に限ったものではなく、球技スポーツ全般に共通するボールとのインパクトにおける共通した運動原理ではないかという仮説を立てることができる。もしかすると、衝突で飛ばすスポーツではこの種の一定の“黄金律”があるのかもしれないのである。

次に、サッカーのシュートにおいても、この仮説が成り立つか否か、具体的に調べた。

3. サッカーにおけるインステップシュートの原理

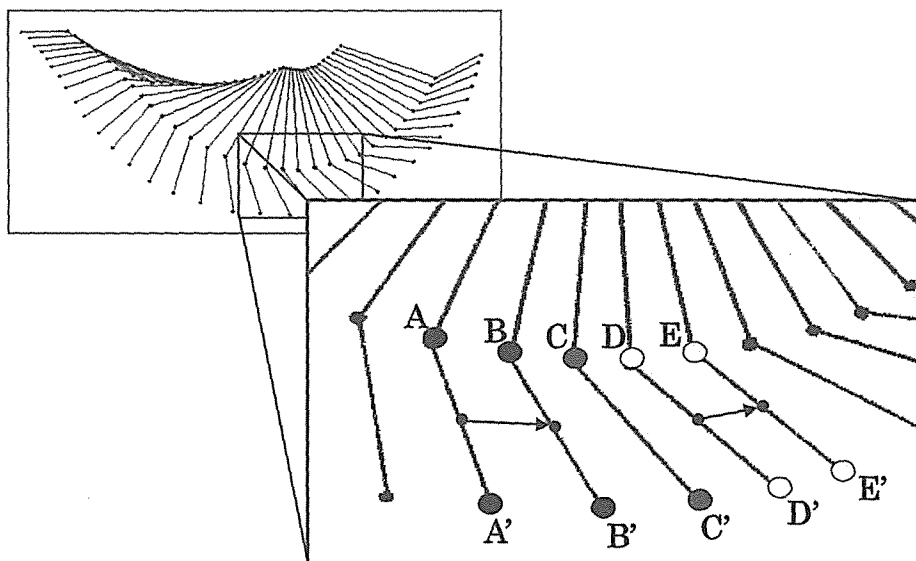
“黄金律”仮説の裏付けをすべく新たに行ったサッカーのシュートにおける研究の結果を述べていく。

サッカー選手は、ゴルフや野球で味わう事のできる“快感”のように、サッカーのシュートでも、蹴り足の芯にしっかりとボールをミートさせると、足が加速したような、心地良い感覚を味わう事を知っている。サッカーのシュートは、ゴルフや野球と違い、打球にゴルフクラブやバットのような道具は使わない。しかし、球技スポーツとしての類似性や共通点があるのではないだろうか、という仮説のもとで研究^{6~8)}を行ってきた。

岩手大学サッカー部に所属する部員4名の協力のもと、サッカーのシュートスピードの測定を行った。サッカーは本来、野外で行うスポーツであるが、風やグラウンドの状況など、外的な要因でシュートの結果にばらつきが出ないよう、測定は体育館で行った。今回は“インステップキック”という、足の甲でボールを蹴るシュートに限定して、測定を行った。以下に、測定方法を説明する。

まず、デジタルカメラのハイスピード撮影420fps (1秒間に420コマ記録するモード)を用い、映像をパソコンに取り込む。次に、映像をパソコン画面でコマ送りにし、トレーシングペーパーに記録する点の位置の経時変化を写した^{8,9)}。記録する点は、蹴り足の膝、足首、つま先の3点である。最後に、ボールをスケールとして、用紙上の縮尺を求め、蹴り足の移動距離を測定した。このようにして、野球やゴルフと同様、サッカーのシュートにおけるインパクト前後の

蹴り足の速度を求めた。



【図2】 サッカー・シュート；蹴り足の軌跡（下図は上の一部を拡大）

【図2】は、蹴り足の軌跡から、ボールとのインパクト前後の蹴り足の速度を求める記録する点の経時変化である。インパクト前の蹴り足の最大変位（AA' の中点と BB' の中点を結んだ距離）と、インパクト後の蹴り足の最少変位（DD' の中点と EE' の中点を結んだ距離）から、インパクト前後の蹴り足の速度を出した。

岩手大学サッカー部の学生4人を被験者として測定を行った結果、インパクト後の脚速度はインパクト前に比べ約6.5割に減速し、エネルギーは約4割に減少している事が分かった【表1】。

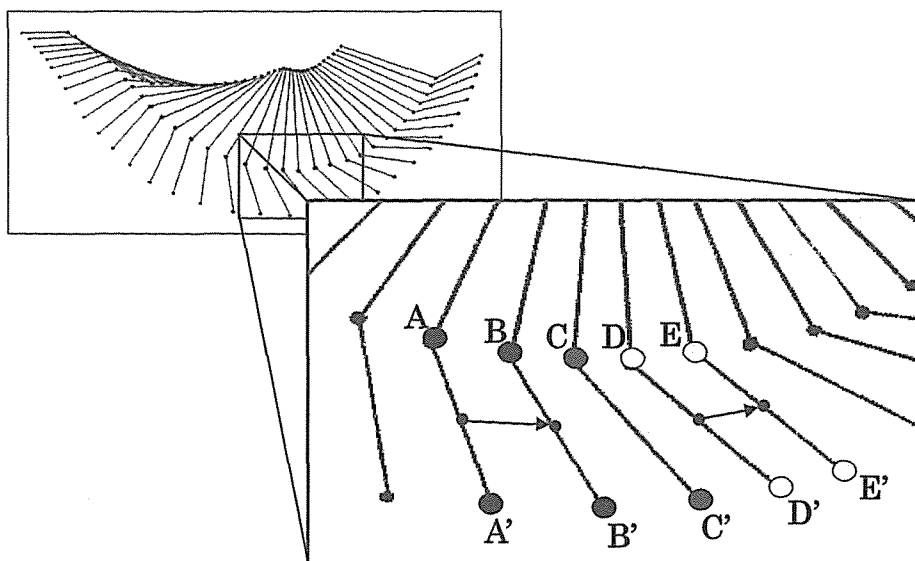
被験者5回	前速 (km/h)	後速 (km/h)	残速% (%)	残E% (%)
A 平均	91.7	58.1	63.4	40.3
B 平均	99.1	64.4	65.1	42.7
C 平均	88.9	55.1	62.0	38.7
D 平均	89.3	57.2	64.1	41.2
4人の平均	92.2	58.7	63.7	40.7

【表1】 サッカー部員のシュート測定結果

表において、“前速”、“後速”とはインパクト前後の蹴り足の速度を略したものである。また、“残速%”とは蹴り足のインパクト前の速度を100%とした時の、インパクト後の速度のパーセンテージ。“残E%”とは蹴り足のインパクト前のエネルギーを100%とした時の、インパクト後のエネルギーのパーセンテージである。これら2つは、“前速”、“後速”から求めた値である。

ボールの性質の違いや、打球に道具を使わないなどの違いはありながら、野球、ゴルフの速

蹴り足の速度を求めた。



【図2】 サッカー・シュート；蹴り足の軌跡（下図は上の一部を拡大）

【図2】は、蹴り足の軌跡から、ボールとのインパクト前後の蹴り足の速度を求める記録する点の経時変化である。インパクト前の蹴り足の最大変位（AA' の中点と BB' の中点を結んだ距離）と、インパクト後の蹴り足の最少変位（DD' の中点と EE' の中点を結んだ距離）から、インパクト前後の蹴り足の速度を出した。

岩手大学サッカー部の学生4人を被験者として測定を行った結果、インパクト後の脚速度はインパクト前に比べ約6.5割に減速し、エネルギーは約4割に減少している事が分かった【表1】。

被験者5回	前速 (km/h)	後速 (km/h)	残速% (%)	残E% (%)
A 平均	91.7	58.1	63.4	40.3
B 平均	99.1	64.4	65.1	42.7
C 平均	88.9	55.1	62.0	38.7
D 平均	89.3	57.2	64.1	41.2
4人の平均	92.2	58.7	63.7	40.7

【表1】 サッカー部員のシュート測定結果

表において、“前速”、“後速”とはインパクト前後の蹴り足の速度を略したものである。また、“残速%”とは蹴り足のインパクト前の速度を100%とした時の、インパクト後の速度のパーセンテージ。“残E%”とは蹴り足のインパクト前のエネルギーを100%とした時の、インパクト後のエネルギーのパーセンテージである。これら2つは、“前速”、“後速”から求めた値である。

ボールの性質の違いや、打球に道具を使わないなどの違いはありながら、野球、ゴルフの速

球技スポーツのインパクトにおける共通の“黄金律”を求めて

度が約7割に減速、エネルギーが約半減という結果と、かなり近い値になった事は実に興味深く、新しい発見である。これは、球技スポーツ全般に共通するボールとのインパクトにおける運動原理ではないかと考える事ができる。衝突で球を飛ばすスポーツにおいてはある種の一定の“黄金律”があることが推測される。

4. 球技スポーツにおけるボールと打球物の質量比の類似性

以上の研究から、ボールとのインパクト前後の速度・エネルギー変化は、今回研究対象となったゴルフや野球、サッカーに限ったものではなく、球技スポーツ全般に共通する運動原理ではないかという仮説を、ある程度、納得させる証拠になると推察される。

どうしてこのような法則性が見られる結果になったのか、不思議である。物理的な法則なのだろうか、それとも人間の球技スポーツにおける経験則によってたどり着いた偶然的共通性なのか、考察していきたい。

まず気になるのは、打つものと打たれるものの質量比である。それらの比に類似性が見られるのであれば、エネルギー変化の類似性も納得出来そうである。しかし、ここで1つの問題が生じる。打たれるもの、すなわち各球技のボールの質量はそれぞれ規定の通りであるが、打つものは簡単に導き出せないのである。特にサッカーの場合、脚全体の重さを打つものの重さにするのか、足先のみを打つものの重さにするのか、難しいところである。野球やゴルフにおいても、腕の重さは考慮するべきだろうか、という話になる。ここでは、マクロな物理現象で、非弾性衝突では力学的エネルギーは保存されないが、運動量は保存されるという観点から、各球技のボールと打球物を、次の運動量保存の法則に当てはめてみる。

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

m_A を未知数の各球技の打球物の質量として、 v_A, v_A' をそれぞれ打球物のインパクト前後の打球物の速度とし、 m_B をボールの質量、 v_B, v_B' をそれぞれインパクト前後のボールの速度とする。各球技の残速%、残E%に加え、ボールの質量、打球物の質量、それらの質量比を算出し、並べたものが次の【表2】である。

	野球	ゴルフ	サッカー
残速%	70%	70%	64%
残E%	50%	50%	41%
打つ物	730 g	210 g	1,430 g
打たれる物	145 g	45 g	430 g
質量比	5.0 : 1	4.7 : 1	3.3 : 1

【表2】 3種の球技スポーツにおける残E・質量比の類似性

野球での打球物の質量約730gは木製のやや軽めのバットの重さに相当する。ゴルフでの打球物の質量は約210gなので、これはドライバーのヘッドの重さに相当する。予想が困難であったサッカーの打球物は約1,430g、これは人体の足首までの重さに、履いているシューズの質量を足した重さに相当する。

打つものと、打たれるものの質量比を見ると、野球とゴルフはとても近い比となったものの、

サッカーはそうはいかず、3つの球技ほぼ同じではない。しかし、一定の類似性は見られる。サッカーは他の2つの球技と違い、道具を使ってボールを打つスポーツではないことや、ボールが大きく、空気が入っている事など、野球やゴルフに比べると違いが大きい。これは、足の重さを特定し難いため、単なる質量比だけでは共通性が推し量れない。

しかし、野球やゴルフと同じように、道具を使う球技であるテニスは、ボールの質量が約60gで、ラケットが300g前後という事で、質量比は5:1ほどになる。この値はゴルフ・野球の値とほぼ同じである。道具を使用する球技にあっては、これら3種のスポーツにおける類似性は高い。

また、エネルギー変化の類似性はどのようにして生まれるのかという疑問が未解決のままである。これはあくまで考察だが、スポーツにおける道具作りの経験則から誕生した法則であると考えられる。

エネルギーをどのくらい球に伝え、インパクトの最大効率を得られ心地よい動作になるか、またスポーツのゲーム性がどう成り立つのかという経験が生んだ最大の共通する比率としての“黄金律”ではないだろうか。

筆者らの“黄金律”に関する研究は現在ここまでだが、さらに機会を見つけて、また引き続き研究をして行く予定である。

5. 理想的なサッカー・シュートの科学的根拠の研究

次に、科学的な視点から、理想的なサッカー・シュートはいかにあるべきか、議論する。

実験方法は、前項でサッカー部員が行った実験と全く同じことを、大学4年のサッカー未経験者5名を対象に行った。実験の環境や条件は、両者、同様に行った。そこで、サッカー部員とサッカー未経験者の記録にどのような差が表れるのか調べ、その動作やシュートスピードの違いから、理想的なシュートの科学的根拠を考えていく。

5-1. ベテランと未経験者のエネルギー変換効率の違い

サッカー未経験者のシュートの場合、【表3】から、ボールとのインパクトの前後で、蹴り足の速度が約7.7割に減少し、エネルギーは約6割に減少している事が分かる。

また、【表4】では、サッカー部員とサッカー未経験者の比較を行った。そこには大きな差がある事が分かる。つまり、足に残るエネルギーが約4割と約6割でその差が1.5倍にもなり、ベテランのサッカー部員は蹴りのエネルギーをうまくボールに伝えていることが分る。

	前速 (km/h)	後速 (km/h)	残速% (%)	残E% (%)
E 平均	57.4	44.5	77.8	60.9
F 平均	61.4	46.6	75.9	57.7
G 平均	54.5	41.3	75.9	58.1
H 平均	60.5	50.5	83.5	70.0
I 平均	72.5	53.4	73.9	55.0
5人の平均	61.3	47.3	77.4	60.3

【表3】 サッカー未経験者のシュート測定結果

球技スポーツのインパクトにおける共通の“黄金律”を求めて

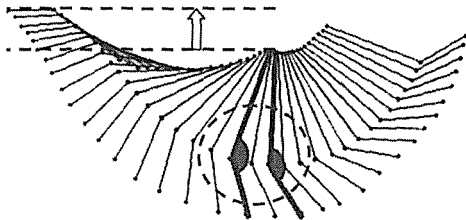
	前速 (km/h)	後速 (km/h)	残速% (%)	残E% (%)
サッカー部員	92.2	58.7	63.7	40.7
サッカー未経験者	61.3	47.3	77.4	60.3
	-30.9 (km/h)	-11.4 (km/h)	+13.7 (%)	+19.6 (%)

【表4】サッカー部員、サッカー未経験者の平均値比較

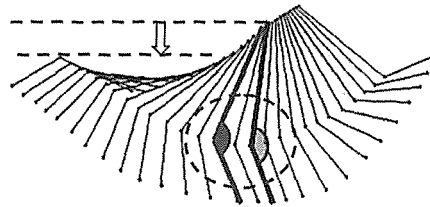
これは、トレーニングによる筋力の差や、動作の慣れによる差が原因であると考えられる。当然、蹴り足の速度に違いが出る事は予想通りであったが、脚のエネルギーをどのくらいボールに伝えられるかという、エネルギー変換効率に大きな差が生まれたことは驚きである。

さらに、サッカー部員と未経験者の違いについて、シュート測定の結果を基に、動作分析から考察する。特に、「蹴り足の違い」、「軸足の違い」、「上半身の違い」という3つの観点から、両者の違いを述べる。

5-2. ベテランと未経験者の蹴り足の使い方の違い



【図3】サッカー部員の蹴り足



【図4】サッカー未経験者の蹴り足

【図3】がサッカー部員のシュート時の蹴り足の軌跡、【図4】がサッカー未経験者のシュート時の蹴り足の軌跡である。一目で大きな違いがある事が分かるが、比較のポイントを絞り、“ボックスイング”と“足首の固定”の違いについて述べる。左上の水平の破線と矢印とで示した部分は、蹴り足をシュートする方向とは逆側に大きく引き上げる動作で“ボックスイング”と言う。【図3】のサッカー部員の蹴り足を見ると、振り上げた足の最高点は膝よりも高く、ボックスイングが大きいことが分かる。

ボックスイングは、インパクト時の“蹴り足の速度を大きくする為”の動作である。振り子を例に挙げると、重りの位置を高くすればするほど、最下点での重りの速度は速くなる。ボックスイングは、蹴り足の位置エネルギーを大きくする為の動作なのである。

また、足にはボールとインパクトするまでの間に、筋肉を使ってシュートする方向に力が加えられている。この筋肉の働きによって、足の速度はインパクトの直前までどんどん大きくなり、そのエネルギーは、筋肉が働いている時間に比例する。

さらに、ボックスイングは、物体の運動状態を変化させる力の働きである“力積 = $F t$ (F : 加える力、 t : 時間)”を大きくする為の動作でもある。その点、【図4】の未経験者の場合は、ボックスイングが不十分で、働いている時間も短く、力も発揮できないことが推察される。

次に、ボールとのインパクト前とインパクト中の、足の角度に、注目してほしい。図で言うと、太線で描かれている部分である。【図3】のサッカー部員の場合、足とボールが時速90km

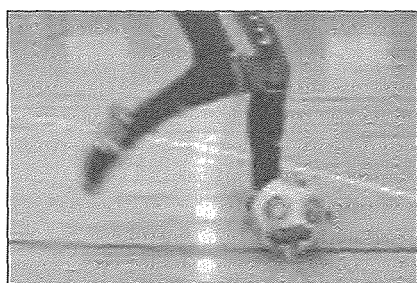
近い速度で衝突しているにも関わらず、インパクト前とインパクト中で、ほとんど足首の角度が変化していない（破線○印）。

そして、インパクト前に足首がしっかり伸びきっていて、かつ固定できている。足首の固定により、インパクトの際に足の変形にエネルギーが使われず、効率良く足のエネルギーをボールに伝える事が出来ている。

しかし、【図4】の未経験者はインパクト中、ボールの反作用に負け、足首が曲げられている事が分かる（破線○印）。これでは、足の持つエネルギーが足首の変形に使われ、ボールに効率良く伝わらない。足首の固定についても、両者は全く異なっている。

5-3. ベテランと未経験者の軸足の使い方の違い

次に「軸足」の比較である。軸足とは、人が何か動作をする時、体を支える軸となる足のことである。例えばサッカー選手が右足でシュートを打つ時、支えとなる左足が軸足となる。【図5a】がサッカー部員シュート時の軸足、【図5b】がサッカー未経験者シュート時の軸足を写したものである。サッカー部員の軸足と、サッカー未経験者の軸足、両者の違いは何であろうか。また、その違いがシュートスピードに与える影響は何であろうか、以下に考察する。



【図5a】 サッカー部員の軸足の位置



【図5b】 サッカー未経験者の軸足の位置

【図5a】を見ると、サッカー部員の軸足はボールの真横にあるのに対し、【図5b】の未経験者の軸足は、ボールから離れている事が分かる。サッカー部員のように、軸足をボールの横に持っていくこの動作には、良いシュートを打つ為の、大きな2つの要因があると考えられる。1つ目は、蹴り足のエネルギーが最大の点でボールとインパクトする為である。バックスイングから振り下ろされる蹴り足の運動エネルギー最大の点は、最下点である軸足の横である事は明白である。そこで蹴り足とボールをインパクトさせることで、ボールに大きなエネルギーを与える事が出来るのである。

2つ目は、蹴り足の芯にボールをミートさせる為である。ここで言う蹴り足の芯とは、インステップのやや足首に近い位置である。解剖学的に足関節の構造や位置関係からみても、この硬い部分でインパクトする事が、エネルギーのロスを小さくするようである。

また、先程「足首の固定」というキーワードが出てきたが、ボールを蹴り足の芯に当てるという事と、足首を固定するという事は、実は深い関係がある。足首に近い足の芯でボールをとらえる事で、足首が逆側に曲がりにくくなるのである。

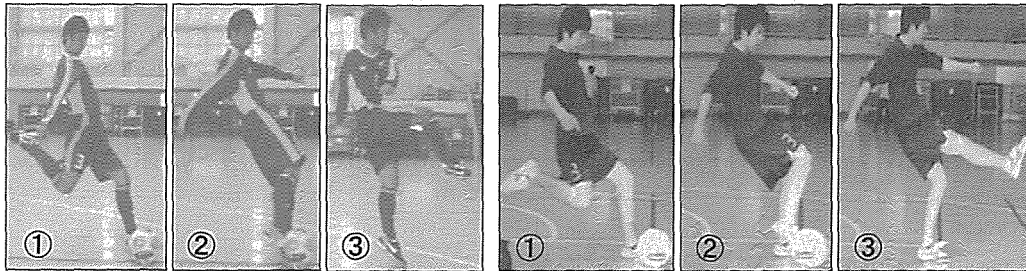
しかし未経験者のインパクト中の様子を見ると、軸足がボールから数十センチメートル離れている。これでは速度の最高点でボールをインパクト出来ない事に加え、足先でボールを蹴ら

球技スポーツのインパクトにおける共通の“黄金律”を求めて

ざるを得なくなり、より足首が曲がりやすくなる。ボールとのインパクト位置が足首の関節から遠ければ遠いほど、足がボールから受ける反作用のモーメントが大きくなり、足首が曲げられやすくなるのである。

サッカー未経験者の足首が固定出来ていなかった要因の1つとして、ボールをしっかりと芯でとらえる事が出来ていなかった事が考えられる。以上より、軸足をボールの横に置くことは、足首の固定にも関わる重要な動作である事が分かる。

最後に上半身の比較である。【図6 a】がサッカー部員シュート時の動作、【図6 b】がサッカー未経験者シュート時の動作である。



【図6 a】サッカー部員シュート時の動作

【図6 b】サッカー未経験者シュート時の動作

【図6 a】のサッカー部員のシュートの動作を見てみると、下半身の動きと連動して上半身がダイナミックに動いている事が分かる。①では胸の番号やロゴが見えない程、胸を向こう側へ反らしているが、③には胸全体がこちら側を向いていて、右手が奥に、左手が手前に回されている上半身と下半身を逆に回転させ、つまり一種の作用・反作用の関係で、全身を使ってボールを蹴っている事が分かる。

【図6 b】の未経験者の動作をサッカー部員と比べると、上半身の動きが小さく、体全体のひねりがない事が分かる。①→②→③と順にシュートの様子を見ても、胸の向いている方向は常に進行方向である。上半身を使っておらず、また回転運動を利用していない分、下半身の蹴り足の動きも小さく納まっているように見え、脚だけでボールを蹴っているという印象を受ける。

5-4. ベテランと未経験者のエネルギー上半身の使い方の違い

サッカー部員は、このように一種の作用・反作用による体の回転を使い、蹴り足を大きく、バランス良く動かしているのである。しかし、サッカー部員の身体の回転は、実は、【図6 a】の前から始まっているのである。サッカー部員がボールを蹴るまでの助走の様子を【図7】で、見て頂きたい。

助走が、ゴールとボールを結ぶ直線上ではない事に驚いたであろうか。ボールに対して斜めに走り込んだキッカーは、弧を描くようにしてシュートに及んでいる。蹴られたボールはまっすぐゴールに飛んでいるが、蹴った後も体は矢印の方向に流れている。



【図7】サッカー部員の助走の様子

シュート動作に、回転の入った作用・反作用を利用している事が、助走の仕方からも分かる。助走での大きな回転は、シュート時に小さな、速い回転へと変化し、その回転エネルギーをシュートに利用しているのである。そして、その下半身の回転に拍車をかけるのが、上半身の逆方向へのひねりである。

これまでのサッカー部員とサッカー未経験者の動作の違いを見てきたが、“バックスイング”、“足首の固定”、“軸足の位置”、“身体の回転”の4つが、理想的なシュートのキーファクターであることが分る。

以上、サッカー部員とサッカー未経験者のシュート動作の違いから、理想的なシュートの科学的根拠を分解写真から分析してきた。次に、これらの理論を元に、中学生の技術的な改善を目指す実践を行ったので、報告する。

6. 中学生を対象としたサッカー科学教室の実践

前項までに、サッカーのシュート動作を科学的な視点から分析し、理想的なシュートはどのような動作から生まれるのかを述べてきた。以降は、理想的なシュートの科学的要因を理解する事が、プレー向上にどれ程の影響があるのか、つまり、シュートスピードにどれ程の変化をもたらすのかを、中学生を対象とした実践から研究を行ったものである。

本実践は、岩手大学教育学部附属中学校サッカー部員10名（1年生3人、2年生7人）を対象にサッカー科学教室を計2回行った。

1回目の実践は、附属中学校サッカー部員のシュート技術の現状を知る為の事前測定である。大学生が行った実験と同じように、部員10人がそれぞれ納得のいくシュートを5本ずつ打つ。2回目の実践は、事前測定で出た課題を踏まえ、理想的なシュートを打つ為の授業を行う。最後にその授業の成果を事後測定の結果で問うという内容である。

授業の内容は、シュート動作を科学的視点で分析するというもので、スポーツ動作を理科の知識で理解出来る内容になっており、パワーポイントやオリジナルの実験などを使用し、授業を構成している。

【表5】が、事前測定と事後測定の記録を並べたものである。

まず“前速”インパクト前の蹴り足の速度について【表5】を見ると、10名全員の蹴り足の速度が向上している事が分かる。変化の最大値は部員Sの+17.5 km/h、最低値でも部員Oの

球技スポーツのインパクトにおける共通の“黄金律”を求めて

+7.0 km/h で向上が見られた。これまで意識していなかった、また出来ていなかった動作の改善により、変化が現れたと思われる。

	前速 (km/h)	後速 (km/h)	残速% (%)	残E% (%)	前速 (km/h)	後速 (km/h)	残速% (%)	残E% (%)
J	56.2	37.4	66.8	44.7	67.2	44.3	66.4	44.3
K	63.8	42.2	66.3	44.1	71.5	44.5	62.5	39.4
L	55.5	37.1	67.2	45.6	69.4	46.4	66.9	44.9
M	71.0	45.5	64.3	41.4	82.7	48.0	58.0	33.8
N	68.0	49.6	73.4	55.9	79.4	52.0	65.6	43.1
O	62.7	39.8	63.6	40.8	69.6	44.5	64.0	41.3
P	70.3	44.4	63.5	40.7	83.2	54.9	66.1	44.0
Q	68.2	43.5	63.9	41.1	79.0	47.2	59.7	35.8
R	69.9	43.9	62.8	39.4	82.7	53.2	64.5	41.8
S	59.0	39.3	66.5	44.6	76.5	46.4	60.7	36.9
1年平均	58.5	38.9	66.8	44.8	69.4	45.0	65.3	42.9
2年平均	67.0	43.7	65.4	43.4	79.0	49.5	62.7	39.5
全体平均	64.5	42.3	65.8	43.8	76.1	48.1	63.4	40.5

【表5】中学生のシュート測定結果、左；事前測定結果、右；事後測定結果

次に“残E%”について見てみると、10名中7名がシュートの効率が向上している。最大の向上は部員Nの-12.8%、最少は部員Pの+3.3%の後退であった。この値はインパクト後に蹴り足に残っているエネルギーのパーセンテージなので、速度とは逆に、より小さな値になれば向上したという事になる。

今回改善が見られなかった3名の部員の“残E%”だが、事前測定の時点で部員O、P、Rは大学生のエネルギー効率とほとんど変わらない記録を出している。バックスイングや助走のスピードを速くし、蹴り足の速度を大きくすると、足の芯とボールとをミートさせる事が難しくなってくる。自身の経験からそうであると言えるし、プロサッカー選手でも全力疾走からシュートを打つ選手はいない。歩幅を合わせる事や、足の芯にボールをミートさせる事が困難になり、結果シュートスピードが落ちたり、コントロールを欠く事になるからである。

以上を考慮すると、3名は蹴り足の速度“前速”が向上している事から、足の芯とボールをミートさせる動作に負の影響が出たのだと考えられる。しかし、値として後退したとは言え、実際は3人とも良いエネルギー変換効率を保っている。

事前測定と事後測定の値の違いが、統計学的に有意なものであるかを調べる為、対応のあるt検定を行った。その結果、“前速”と“残E%”の変化は、危険率5%で有意であるという結果が出た。たった1度実践で有意な結果が出た事から、今回の実践は成功であったと言える。

7. 結果と今後の課題

本研究は、前半で球技スポーツにおけるボールインパクト時の速度に関する共通の“黄金律”の存在の可能性を明らかにしてきた。これらは、様々な謎をスポーツ力学を駆使し明らかにすると同時に、スポーツ力学と理科教育を結びつけ、いわゆる理科離れ・物理嫌いを減らそうという狙いも持っている。そして、それによって、子ども達にどれ程の動作変化が期待できるのかも研究対象になってくる。

そこで、後半はサッカーのシュートについて詳しく研究を行い、シュートをスポーツ力学的知見から分析してきた。中学生を相手に行う実践では、サッカーの動作にはどのような科学的根拠が隠されているのか、また理想的なシュートとはどのようなものかという事を明らかにして、理科の知識を使って解説することで、中学生の部員は自分達がこれまで行ってきた動作を科学的な目でとらえる事が出来るようになり、それがプレーにも表れていた。実際に、頭で理解した運動原理を動作に活かし、シュートの改善につながれた事は、著者らにとってもサッカー部員にとっても大きな成果であった。

最後に、本研究は著者の一人、佐々木聡也の卒業論文⁷⁾を元にしたものであることを、記しておく。

引用・参考文献

- 1) 筒井大助監修 「図解雑学 野球の科学」 ナツメ社 2007
- 2) 八木一正著 「小娘たちに飛距離で負けないための授業」 ゴルフダイジェスト社 2006
- 3) 八木一正著 「スポーツ上達の力学」 大河出版 1996
- 4) 佐々木聡也、他 「ホームランの快感の原因は何か(Ⅱ)」 日本理科教育学会東北支部第49回大会発表論文集P.6 2010
- 5) 佐々木聡也、他 「サッカー・シュートにおける蹴り速度の“黄金律”」 日本理科教育学会東北支部第50回大会発表論文集P.5 2011
- 6) 佐々木聡也、他 「サッカー・シュートにおける蹴り速度の“黄金律”(Ⅱ)」 日本科学教育学会北海道・東北支部第3回大会発表論文集P.7~8 2011
- 7) 佐々木聡也 「サッカー・シュートのベストを探る」 岩手大学教育学部卒業論文 2012
- 8) 浅井武、布目寛幸著 「見方が変わるサッカーサイエンス」 岩波書店 2002
- 9) 長谷川裕著 「スポーツ動作と身体のしくみ」 ナツメ社 2010