

# インステップキック動作のバイオメカニクスの変容

—ジュニアサッカー選手の縦断的調査から—

鈴木裕也<sup>1)</sup>・春日晃章<sup>2)</sup>・内藤譲<sup>3)</sup>・松田繁樹<sup>4)</sup>

木村健二<sup>5)</sup>・渡辺圭佑<sup>6)</sup>・大矢尚巨<sup>1)</sup>

Biomechanical transformation of instep kick

—From a longitudinal survey of junior soccer players—

Yuya SUZUKI<sup>1)</sup>, Kosho KASUGA<sup>2)</sup>, Yuzuru NAITO<sup>3)</sup>, Shigeki MATSUDA<sup>4)</sup>,

Kenji KIMURA<sup>5)</sup>, Keisuke WATANABE<sup>5)</sup> and Naoki OYA<sup>1)</sup>

- 1) 岐阜大学大学院教育学研究科  
Graduate School of Education, Gifu University
- 2) 岐阜大学教育学部保健体育講座  
Department of Physical Education, Faculty of Education, Gifu University
- 3) 岐阜聖徳学園大学短期大学部  
Gifu Shotoku Gakuen University Junior College
- 4) 滋賀大学教育学部保健体育講座  
Department of Physical Education, Faculty of Education, Shiga University
- 5) 舞鶴工業高等専門学校自然科学部門  
Department of Natural Science, Maizuru Industrial College of Technology
- 6) 公益財団法人 岐阜県体育協会 スポーツ科学センター  
Gifu Prefecture Physical Education Association Sports Science Center

**キーワード** : 3次元動作分析, インステップキック, ジュニア, 縦断的

**Key words** : 3-dimensional motion analysis, instep kick, Junior, longitudinal survey

## I. 緒言

サッカー選手が行う技術において、キックはシュートや味方へのパスなどに使われる重要な技術である。難波<sup>1)</sup>は試合中の基礎技術使用率を調査し、ワールドクラスからジュニアレベルまでのいずれのカテゴリーでも、使用される4基礎技術の約50%をキックが占めていると報告している。いくつかのキックの種類がある中で、インステップキックはボールを最も速く、遠くへ飛ばすことができることから、シュート、クリア、ロングパス、フリーキックなどに使われる。遠くへボールが飛ばせるということは、自陣からボールを遠ざけ、相手のゴール近くまでボールを蹴れるということにつながる。また、速いボールを蹴ることができるということは、相手がボールに短時間で反応しなければいけない状

況を作りだし、試合を優位に進めることができる。

これまでもインステップキックにおける研究は多く行われている。戸苅<sup>2)</sup>はボールスピードと蹴り足のスイングスピードとの間に高い相関関係があると報告している。また、ボールスピードと踏み込み足のスピードの間にも高い相関関係がある<sup>3)</sup>という報告があるように、インステップキックのボールスピードに着目した研究は多く行われている。

しかし、これらの多くの研究は青年期および成人を対象にしており、ジュニア期を対象とした研究は少ない。ジュニア期にはプレ・ゴールデンエイジ(5歳~8歳)および、ゴールデンエイジ(9歳~12歳頃)が含まれる。ゴールデンエイジは神経系の発達がほぼ完成型に近づき、形態的にもやや安定した時期に入る。この時期

は、動作の習得に対するレディネスも整い、脳において経験による機能や構造の再組織化が行われる可塑性もあることから、他年代と比べ動作を習得するための準備が整っている。これらのことが関連し合い、ジュニア期の選手は新しい動きを何度か見て行うだけですぐに身につけることができる「即座の習得」を備える<sup>45)</sup>。ゆえにゴールデンエイジはサッカーに必要なスキル獲得の最適な時期として位置付けられている。また、ジュニア期はキックフォームが成人のフォームに近づく<sup>67)</sup>期間であることから、この時期に技術を習得しておくことは、その後のサッカープレーヤーとしての能力向上に大きく影響を与える。また、ジュニア期のサッカー選手を対象とした先行研究は、その発達過程を横断的にとらえたものがほとんどである。発達過程を考慮しながら個別の特性も視野に入れることができる縦断的な方法で検証された研究はほとんどない。

そこで本研究は、同一選手の小学4年生時と6年生時における利き脚のインステップキック動作を比較し、インステップキック動作の変容をバイオメカニクスの観点から明らかにすることを目的とした。これらを分析することで、キック動作の縦断的变化のパターンや特徴を明らかにし、速いボールが蹴れるインステップキック動作獲得への一考察としたい。

## II. 研究方法

### 1. 対象

本研究の対象は、小学4年生および小学6年生の同一男子ジュニアサッカー選手12名であった。対象者の体格および競技歴の内訳については以下に詳細を示す(表1)。

### 2. 測定方法

#### 1) 動作撮影および分析(小学4年生時)

キック動作は、3台のデジタルビデオカメラ(CASIO EX-F1)を用いて、毎秒300コマのハイスピードモードで、シャッタースピード1/1000秒で撮影した。カメラはキック方向に対して右側方、左後方、左前方に設置し、撮影範囲はキック方向に対して左右方向に2.00m、キッ

表1 対象者の体格および競技歴

	小学4年生(n=12)		小学6年生(n=12)	
	Mean	SD	Mean	SD
身長 (cm)	134.84	2.94	145.17	4.60
体重 (kg)	29.21	1.91	36.22	4.39
年齢 (歳)	9.83	0.39	11.50	0.52
競技歴 (年)	4.29	1.48	6.29	1.48

ク方向に3.70m、鉛直方向に1.50mと設定した。測定前に0.50m間隔でコントロールポイントをつけた2.00mのキャリブレーションポールを地面と垂直に立て、合計36点の実空間座標値を得た。全周囲光呈示器を用い、検者が発光させたフラッシュをカメラで撮影することによって分析時におけるカメラの同期を行った。対象者には身体各セグメント端点33点(頭頂、右耳珠、左耳珠、胸骨上縁、右肩峰、左肩峰、右尺骨骨頭、左尺骨骨頭、右下橈尺関節、左下橈尺関節、右第3中手骨骨頭、左第3中手骨骨頭、右肋骨下端、左肋骨下端、右上前腸骨棘、左上前腸骨棘、左右上後腸骨棘間、右大転子、左大転子、右大腿骨外側上顆、左大腿骨外側上顆、右大腿骨内側上顆、左大腿骨内側上顆、右内踝、左内踝、右外踝、左外踝、右踵、左踵、右つま先、左つま先、右第5中足骨骨頭、左第5中足骨骨頭)に目印とするために球体反射マーカーを貼付した。得られた映像をもとに、Frame-DIASIV(DKH社製)を用いてデジタイズし、進行方向をY座標、左右方向をX座標、鉛直方向をZ座標とした。3次元座標をDLT(Direct Linear Transformation)法により算出した。なお、コントロールポイントの実測値と推定値の標準誤差は、X=0.007~0.009m、Y=0.008~0.009m、Z=0.004~0.007mであった。得られた3次元座標は、測定点ごとに最適遮断周波数を決定し、バターワース型ローパスフィルターを用いて平滑化した(9.60~16.65Hz)。身体重心は横井ほか<sup>8)</sup>の身体部分慣性係数を用いて算出した。

#### 2) 動作撮影および分析(小学6年生時)

撮影のカメラには、T40S-4100(Vicon Motion Systems社製)を12台用いた。カメラの撮影条件は小学4年生時と同様にした。撮影範囲は縦6.2m、横4.0mおよび高さ2.2mの3次元座標とした。カメラは、撮影範囲内で死角ができない

ように動作範囲を囲むようにし、各カメラの高さを変えながら設置した。試技前に、マーカー以外の反射物のマスキングをし、Dynamic CalibrationとStatic CalibrationからなるDynaCal方式のキャリブレーションを行った。分析には、3次元動作解析装置Vicon Nexus (Vicon Motion Systems社製)を用い、遮断周波数は、バターワース型ローパスフィルターを適用し、データの平滑化を行った(13.5~14 Hz)。なお、Vicon Nexusの中に構築される3次元空間と実空間との誤差はどれも0.001m以下であった。また、対象者の身体には、分析の手助けとなるように、小学4年生時と同様に全身33点に球体反射マーカーを貼付した。

### 3) キック試技

キック試技は床反力計上(0.6m×0.9m×3)にて行った。本研究では対象者に利き脚でのインステップキックを3本ずつ行わせ、試技においては2.50m先の2.00m×2.00mの的をめがけて最大努力で蹴るように指示をした。成功試技は的にあたったものとし、検者の判断により失敗のあった試技では再測定が行われた。助走距離を一定にするため助走は、すべて床反力計上から始めるように指示した。

### 4) 床反力の測定および分析

床反力の測定には3台の床反力計(KISTLER社製)を用いた。小学4年生時の測定では、全周囲光呈示器のフラッシュがシグナルとして床反力データに取り込まれた時とフラッシュをカメラに撮影することによってカメラと床反力計の同期を行った。6年生時は、データを収集するVicon Nexus上で床反力計はVicon Nexusと同期されていた。床反力は3次元データで認識され、進行方向に対する床反力の力積をブレーキング力として算出した。また体重による影響を除外するために、体重で除した数値を解析に使用した。

### 5) 動作における測定項目

本研究では、分析範囲を蹴り脚が地面を離地してからボールをインパクトするまでとした。また、図および表のような分析項目を設けた(表2, 図1)。

### 6) 統計処理

小学4年生時と6年生時との動作の縦断的変化を比較するため、対応のあるt検定を適用した。また、インパクト直後5コマ間のボール平均合成速度(Vball)との相関関係の程度を確認するために、ピアソンの積率相関係数を算出

表2 小学4年生時と小学6年生時のキック動作における分析項目

項目	単位	説明
V <sub>ball</sub> (Velocity of ball)	km/h	インパクト直後5コマ間のボールの平均合成速度
V <sub>sw</sub> (Velocity of toe swing)	m/s	インパクト直前5コマ間の蹴り脚つま先の平均合成速度
TR1 (Time Required 1)	sec	蹴り脚離地からインパクトまでの所要時間
TR2 (Time Required 2)	sec	蹴り脚離地から支持脚接地までの所要時間
TR3 (Time Required 3)	sec	支持脚接地からインパクトまでの所要時間
V <sub>COG max</sub> (Velocity of Center Of Gravity)	m/s	身体重心の助走方向水平最大速度
Y Impulse (Impulse of Y component)	N*s/kg	支持脚接地からインパクトまでの床反力の助走方向水平成分における力積(体重比)
V <sub>Gt max</sub> (Velocity of Greater trochanter)	m/s	大転子マーカーの助走方向水平最大速度
V <sub>Kn max</sub> (Velocity of Knee)	m/s	膝関節中心の助走方向水平最大速度
V <sub>An max</sub> (Velocity of Ankle)	m/s	足関節中心の助走方向水平最大速度
V <sub>Kn max</sub> - V <sub>An</sub>	m/s	V <sub>Kn max</sub> とV <sub>Kn max</sub> 時における、V <sub>An</sub> のV <sub>Kn</sub> からみた相対速度
キック効率 (Vball/VSW)		V <sub>ball</sub> のV <sub>sw</sub> に対する割合

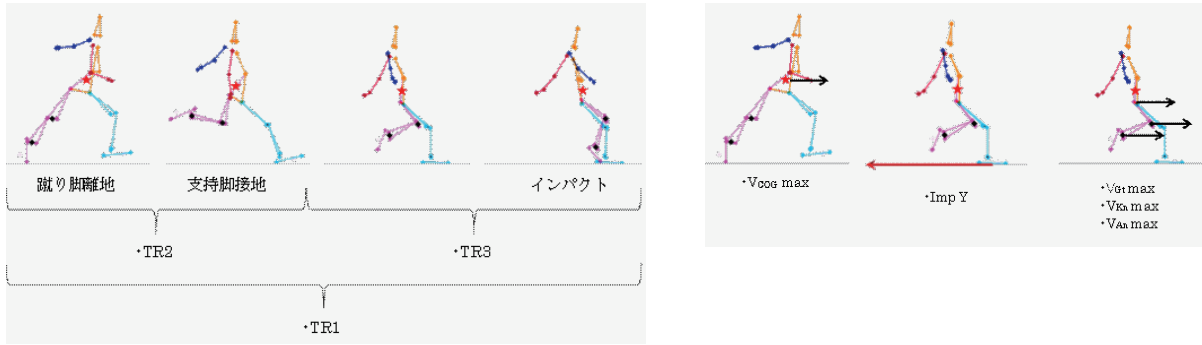


図1 小学4年生時と小学6年生時のキック動作における分析項目

表3 小学4年生時と小学6年生時の各項目における差の検定結果

		小学4年生時(n=12)		小学6年生時(n=12)		検定		
		Mean	SD	Mean	SD	p値(両側)	効果量(d)	
$V_{ball}$	(km/h)	50.76	6.07	63.01	4.25	**	0.000	2.441
$V_{SW}$	(m/s)	15.26	1.11	14.65	1.43		0.104	0.500
TR1(蹴り脚離地～インパクト)	(sec)	0.21	0.02	0.23	0.02	*	0.018	1.006
TR2(蹴り脚離地～踏み込み)	(sec)	0.10	0.02	0.11	0.02	*	0.036	0.763
TR3(踏み込み～インパクト)	(sec)	0.11	0.02	0.12	0.02		0.108	0.409
$V_{COG\ max}$	(m/s)	2.88	0.29	2.91	0.22		0.625	0.142
Y Impulse	(N・s/kg)	1.10	0.18	1.14	0.20		0.437	0.226
$V_{Gt\ max}$	(m/s)	3.60	0.28	3.56	0.28		0.661	0.158
$V_{Kn\ max}$	(m/s)	7.10	0.52	7.12	0.46		0.869	0.051
$V_{An\ max}$	(m/s)	10.09	0.52	11.56	0.60	**	0.000	2.737
$V_{Kn\ max} - V_{An}$	(m/s)	0.40	0.83	0.52	0.45		0.683	0.188
キック効率( $V_{ball}/V_{SW}$ )		0.92	0.06	1.20	0.08	**	0.000	3.985

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

表4 小学4年生時の $V_{ball}$ と $V_{SW}$ における関連

小学4年生時	n	Mean	SD	r
$V_{ball}$ (km/h)	12	50.76	6.07	0.877 **
$V_{SW}$ (m/s)	12	15.26	1.11	

r: Pearson's correlation coefficient, \*\*:  $p < 0.01$

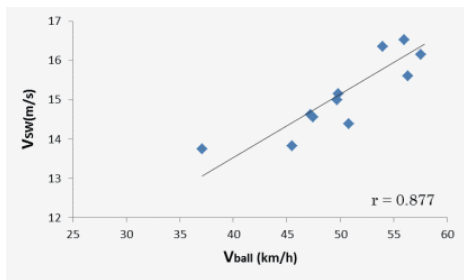


図2 小学4年生時の $V_{ball}$ と $V_{SW}$ における関連

表5 小学6年生時の $V_{ball}$ と $V_{SW}$ における関連

小学6年生時	n	Mean	SD	r
$V_{ball}$ (km/h)	12	63.01	4.25	0.730 **
$V_{SW}$ (m/s)	12	14.65	1.43	

r: Pearson's correlation coefficient, \*\*:  $p < 0.01$

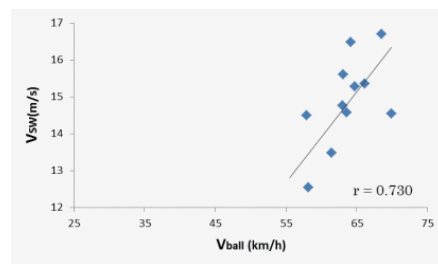


図3 小学6年生時の $V_{ball}$ と $V_{SW}$ における関連

した。いずれも統計的有意水準は5%未満とした。

### Ⅲ. 結果

表3は各学年における測定項目の測定結果と

学年間における差の検定結果を示している。学年間において、 $V_{ball}$ 、蹴り脚離地からインパクトまでの所要時間 (TR1)、蹴り脚離地から支持脚接地までの所要時間 (TR2)、足関節中心

の助走方向水平最大速度 ( $V_{An} \max$ ) およびキック効率において有意な差が認められた。  $V_{ball}$ ,  $V_{An} \max$  およびキック効率は小学6年生の方が高く, TR1 および TR2 は小学6年生の方が長い値であった。効果量は  $V_{ball}$  で  $d=2.441$ , TR1 で  $d=1.006$ ,  $V_{An} \max$  で  $d=2.737$ , キック効率で  $d=3.985$  となり, 大きな値を示した。TR2 においては  $d=0.763$  と中程度の値を示した。その他の項目に関しては有意な差は認められなかった。また,  $V_{ball}$  とインパクト直前5コマ間の蹴り脚つま先の平均合成速度 ( $V_{sw}$ ) の間には, どちらの学年においても有意な高い正の関連が認められた (表4, 5, 図2, 3)。

IV. 考察

小学4年生時の  $V_{ball}$  (50.76km/h=14.1m/s) は榊原<sup>9)</sup>および後藤<sup>7)</sup>の研究と同程度の速度 (13.39m/s, 14.16m/s) であった。小学6年生時 (63.01km/h=17.50m/s) においては先行研究 (15.64m/s, 16.02m/s) よりもやや高い値を示した。榊原ら, 後藤の研究では学校教科における体育以外にサッカーを経験していない者を対象としていることや, 本研究の対象が4年生以前からサッカーを定期的に取り組んでいることから, 一般の者よりボール速度が大きく向上したことが考えられる。

また, TR1 および TR2 において有意な所要時間の増加が認められた。身体重心の助走方向水平速度 (VCOG) を助走速度, 支持脚接地からインパクトまでの床反力の助走方向水平成分における力積の体重比 (Y Impulse) を前方向への移動のブレーキング力として考えると, 助走速度およびブレーキング力には有意な変化は認められないことから, 小学4年生時と小学6年生時はほぼ同じ速度でキック動作に入り, ブレーキの力も類似的であることがわかる。このことから, 小学6年生時のほうが蹴り脚離地から踏み込みまでの最後の一步が大きくなり, より大きな動きでキック動作を開始していることが考えられる。戸荻らの研究<sup>2)</sup>と同様に大きな動きから入ることによって, 腰部の後方への回旋や股関節の伸展が大きくなったと推察される。

$V_{ball}$  と  $V_{sw}$  の関連を見ると, 小学4年生時と6

表6  $V_{Kn} \max - V_{An}$  値

選手	小学4年生時	小学6年生時
A	0.71	0.60
B	0.17	-0.02
C	1.41	1.18
D	1.13	0.45
E	0.01	0.98
F	-0.22	-0.13
G	1.06	0.63
H	-0.25	0.34
I	-1.53	1.30
J	0.43	0.27
K	1.29	0.42
L	0.56	0.19

(m/s)

年生時のどちらにおいても, 先行研究<sup>2)</sup>と同じように, 高い正の関連が認められた。ジュニア期のインステップキック動作においてもボールスピードを高めるには, 衝突部である足部のスピードを高めることが重要であることが言える。足部のように末端部分のスイングスピードを高めるには, 大転子, 膝関節部, および足関節部といった, 身体の中心から末端に向けて動きを連鎖させるようなムチ動作が求められる<sup>10)11)</sup>。本研究において, そのムチ動作を定量的に検討するため, 堀田らの研究<sup>12)</sup>をもとに, 膝関節部の速度がピークとなったときに足関節部の速度がその値を下回り遅れてピーク値が表れるかを, 膝関節中心の助走方向水平最大速度 ( $V_{Kn} \max$ ) と, その時点における足関節中心の助走方向水平速度 ( $V_{An}$ ) の膝関節中心の助走方向水平速度 ( $V_{Kn}$ ) からみた相対速度 ( $V_{Kn} \max - V_{An}$ ) で検討した。小学4年生時から6年生時にかけて有意な増加は認められなかったが, 小学4年生時に負の値を示したものが3例であったのに対し, 小学6年生時には2例となった。その負の値となった例も4年生時に比べ, 値は大きく変化した (表6)。

ムチ動作のポイントとして, まず膝関節の速度が高まり, そのあとに足関節の速度が遅れて高まるとされる<sup>13)</sup>。「力の加算」として, 近位セグメントの力の発揮が最大に達したタイミングで, 隣接する遠位セグメントの力が逐次的に加算されることが理想的な力の加算につながり,



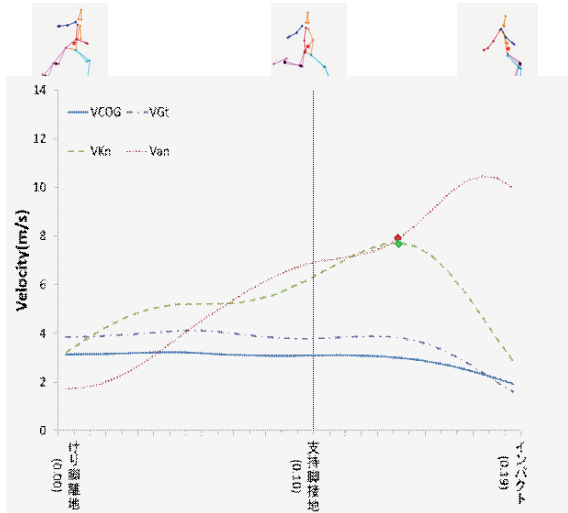


図4 小学4年生時における各身体部の並進方向速度 (選手H)

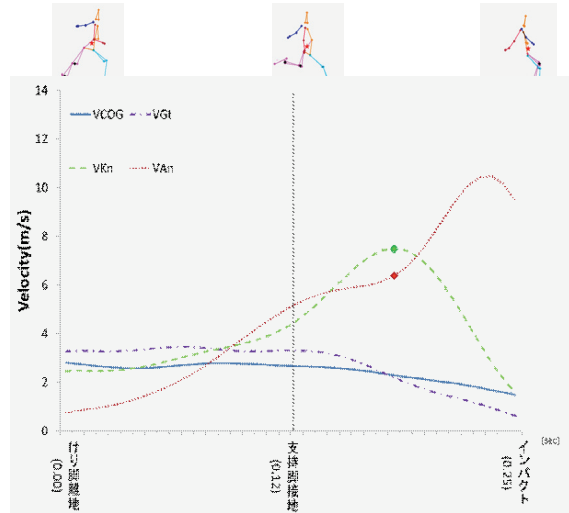


図6 小学4年生時における各身体部の並進方向速度 (選手D)

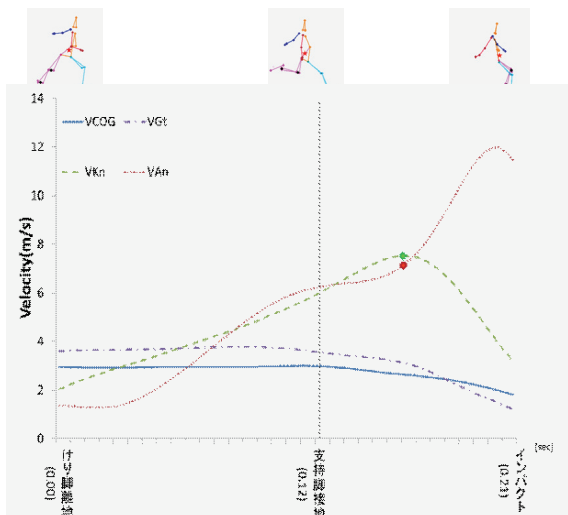


図5 小学6年生時における各身体部の並進方向速度 (選手H)

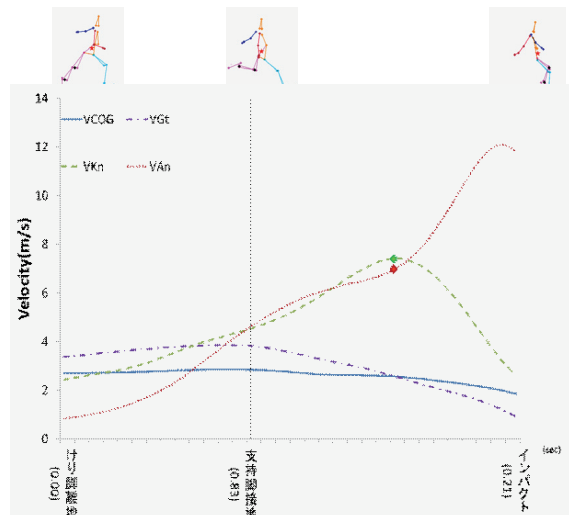


図7 小学6年生時における各身体部の並進方向速度 (選手D)

結果的にパフォーマンス（最遠位端の速度）が高くなると考えられている<sup>10)</sup>。これらのことから、膝関節部の速度がピークに達し、速度の減少が大きくなる前に遠位のセグメント速度が大きくなる必要がある。図4～7は、同一人物で下肢のムチ動作の洗練がみられた例である。図4の小学4年生時には $V_{Kn}$  maxの時点においてすでに $V_{An}$ がその速度を超えており、その後の足関節部の速度が大きくは伸びていない。一方、小学6年生時（図5）には、 $V_{Kn}$  maxの時点でまだ $V_{An}$ はその速度を超えておらず、 $V_{Kn}$ が大きく落ち始める前に、その速度を超えて、その後大きく速度を伸ばしている。また、図6の小学4年生時には $V_{Kn}$ が低下している時に $V_{An}$

が追いつくのにに対し、小学6年生時（図7）には低下し始める時に $V_{An}$ が追いつくように変化している。これらのことから、サッカーのトレーニングを積むことによりムチ動作が洗練され、足関節中心へ大きなエネルギーを転移させたことがわかる。

しかし、下肢関節中心の速度の結果を見ると、 $V_{An}$ 以外に有意な差異は認めなかった。したがって、各部位の最大速度は2年間で大きく変化していないことがわかる。戸荻ら<sup>2)</sup>は一定のスイング・スピードなら熟練者のほうが大きいボール・スピードを出す傾向があり、熟練者は効率のよいキックをしていると報告した。また、その技術の一つとして「足関節の固定」が

挙げられており<sup>14)</sup>、足関節の固定状態やボールインパクトの位置といったインパクト技術によってボールスピードは変わることが考えられる。そこで、インパクト技術の指標ともなるキック効率<sup>15)</sup>（ボール速度/スイングスピード）を算出した。このキック効率は今までにも多くの文献で知られている<sup>16)17)18)</sup>。6年生時のほうが有意に高い値を示したことから、学年が上がるにつれてインパクト技術が向上していることが示唆された。

以上のことから、本研究では、小学4年生時から6年生時にかけて $V_{ball}$ が高まる要因として、ムチ動作の洗練とインパクト技術の習熟によるキック効率の向上が考えられる。このことから、ボールスピードを上げるには、ただスイングスピードを上げればよいということではなく、ムチ動作を上手く行い、足関節の固定などの技術的要因を高めていく必要があることが示唆された。

## V. 結論

本研究は、インステップキック動作の縦断的変容をバイオメカニクスの観点から明らかにすることを目的とした。分析の結果以下のような結論を得た。

- 1)  $V_{ball}$ および $V_{An\ max}$ は加齢とともに大きくなる。
- 2) TR1およびTR2は加齢とともに所要時間が長くなる。

また、 $V_{ball}$ が高まる要因として、ムチ動作の洗練とインパクト技術の習熟によるキック効率の向上が挙げられた。ボールスピードを上げるには、ただスイングスピードを上げればよいということではなく、下肢のムチ動作を上手く行い、足関節の固定などの技術的要因を高めていく必要があることが示唆された。

## VI. 参考文献

- 1) 難波邦雄：発育段階別にみたサッカーの基礎的技術の比較検討。第8回サッカー医・科学研究報告書：125-148,1988.
- 2) 戸苅晴彦，浅見俊雄，菊池武道：サッカーのキネシオロジー的研究 (1) 体育学研究 16.5 (1972)：25

- 9-264.
- 3) 荒井康夫，垂見光雄：サッカーのインステップキックにおける熟練者と未熟練者との比較。名古屋女子大学紀要 28 (1982)：241-247.
- 4) 西政治：日本サッカーにおける育成期一貫指導の重要性と課題—世界に通用する選手育成—。京都学園大学経営学部論集 18.1 (2008)：173-196.
- 5) 小林寛道，杉原隆，野田晴彦，石塚浩：ジュニア期のスポーツ。公認スポーツ指導者養成テキスト 共通科目 I 第7章 (2013) 128-145.
- 6) 三宅一郎，宮丸凱史，大石八重：066 ボール蹴り運動における動作様式の発達 日本保育学会大会研究論文集 36 (1983)：132-133.
- 7) 後藤幸弘，辻野昭，田中讓：インステップ・キックにおけるボール速度と正確性の発達について (1975).
- 8) 横井孝志，渋谷侃二，阿江通良：日本人幼少年の身体部分係数 体育学研究 31.1 (1986)：53-66.
- 9) 榊原潔，土田了輔：小学生のボールキック能力に関する基礎的研究：上越教育大学研究紀要 13.2 (1994)：9-17.
- 10) 松尾知之：ムチ動作の意義--キネマティクスからエナジェティクス (特集 スポーツにおけるムチ動作の役割)：体育の科学 61.7 (2011)：477-483.
- 11) 田内健二，村上幸史，藤田善也，磯繁雄：やり投げの日本トップ選手における動作分析データの活用事例—世界トップレベルとの相違点を提示して—：スポーツパフォーマンス研究, 1, 151-161 (2009).
- 12) 堀田朋基：バレーボールのスパイクにおける上肢の動作の定量解析：J. J. Sports Sci. 7 (4), 256-262. (1988).
- 13) 鈴木英一，齋藤知行，竹内良平，稼働信岳，瀧上秀威，腰野富久：成長期サッカー選手における高速度ビデオカメラを用いたキック動作解析：日本臨床バイオメカニクス学会誌= Proceedings of... Annual Meeting of Japanese Society for Clinical Biomechanics and Related Research. Vol. 16. (1995).
- 14) 戸苅晴彦，浅見俊雄，兵頭圭介：インステップ・キックの習熟過程の分析：体育学研究 34.2 (1989)：151-158.
- 15) 榊原潔：サッカーのキック動作におけるボールと飛距離の関係について：上越教育大学研究紀要 10.2 (1991)：385-391.
- 16) Nunome, Hiroyuki, Ikegami, Y., Kozakai, R., Apriantono, T., & Sano, S.: Segmental dynamics of soccer instep kicking with the

- preferred and non-preferred leg. : Journal of sports sciences 24.05 (2006) : 529-541.
- 17) Asami, Toshio, and Volker Nolte. : Analysis of powerful ball kicking. : Biomechanics VIII-B 4 (1983) : 965-970.
- 18) Kellis, E., A. Katis, and I. S. Vrabas. : Effects of an intermittent exercise fatigue protocol on biomechanics of soccer kick performance. : Scandinavian journal of medicine & science in sports 16.5 (2006) : 334-344.