

研究報告

車いすバスケットボールにおけるワンハンドシュート動作の2次元分析

Two-dimensional analysis of the movement of a one-handed overhand shot  
in wheelchair basketball

中井 聖<sup>1)</sup>

Akira Nakai<sup>1)</sup>

Abstract

The purpose of this study was to investigate the movements needed for the success of a one-handed overhand shot in wheelchair basketball. Two-dimensional kinematics were recorded in six male healthy college students who made one-handed overhand shots in driving a wheelchair. The initial horizontal velocity of the ball increased and the projection angle of the ball decreased as the shooting distance increased. The angle of the upper body at the moment of releasing the ball reduced and also the angle and angular displacement of the elbow joint increased with increasing shooting distance. Therefore, with an increase in shooting distance, the smaller projection angle of the ball with the upper body tilted slightly forward and the higher initial horizontal velocity of the ball caused by greater and more rapid extension of the elbow joint are required to success a one-handed overhand shot in wheelchair basketball. Meanwhile, the projection angle of the ball should be increased due to posterior inclination of the upper body with reducing shooting distance.

キーワード 初速度, 投射角, 上体角度, 上肢関節角度・角変位  
initial velocity, projection angle, upper body angle, angle and angular  
displacement of upper limb joints

I. はじめに

車いすバスケットボールは障がい者の代表的なスポーツとして広く普及しており、最近では競技スポーツの1つとして認知されている(三上, 2004)。コートの大さきやゴールの高さ、ボールの大さきなどはバスケットボールと同じで、ダブルドリブルが適用されないことを除いてバスケットボールとほぼ同様のルールで実施される(藤田, 2008)。車いすバスケットボ

ールは車いすを使用することで同じルールの下で障がい者と健常者が一緒に競技できるという特徴を有しており、イギリス、ドイツおよびカナダではsports for all<sup>1)</sup>の概念のもと、車いすバスケットボールの国内リーグに健常者プレイヤーの参加が認められている(British Wheelchair Basketball, 2012; Fachbereich Rollstuhlbasketball im Deutschen Rollstuhl-Sportverband, 2012; Wheelchair Basketball

<sup>1)</sup> 近畿医療福祉大学 Kinki Welfare University

Canada, 2012). わが国でも近年車いすバスケットボールの健常者プレイヤーが増加しており、健常者プレイヤーが参加できる大会も行われている(河西, 2010, 2012). 日本車椅子バスケットボール大学連盟では、障がい者と健常者が分け隔てなくプレイできるようクラス分け制度<sup>2)</sup>を用いずに試合を実施し、毎年全国選手権大会を開催している。現在登録している大学生(10チーム, 111名)のほとんどが健常者プレイヤーであり、78チーム, 682名という障がい者プレイヤーの登録数(日本車椅子バスケットボール連盟, 2012)からも健常者への車いすバスケットボールの普及が窺い知れる。

車いすバスケットボールのプレイには、車いす駆動、ドリブル、パス、ボールコントロール、シュート、リバウンドなどの動作が含まれる。シュート時には、ワンハンドでのランニングシュート<sup>3)</sup>、レイアップシュート<sup>4)</sup>、フックシュート<sup>5)</sup>、バックシュート<sup>6)</sup>などが用いられる。速攻時やゴール前にベネトレイト<sup>7)</sup>する時のように高い速度で車いすで推進する場合には、成功率の高いレイアップシュートが選択される。ディフェンスにマークされている場合、ディフェンスをかわしてシュートするためにはより高い位置でボールをリリースしてシュートすることが有効であるため、ワンハンドでのランニングシュートが用いられることが多い。

車いすバスケットボールのシュート時の動作についての研究は、頸髄損傷者のシュート動作を力学的に解析した報告(布目ほか, 1999)のみにとどまり、これまで健常者プレイヤーを対象とした報告は見られない。布目ほか(1999)は、頸髄損傷者は残存する機能を動員して動作しており、そのシュート動作は健常者とは大きく異なることを指摘している。車いすバスケットボールのワンハンドでのランニングシュートは車いすが前方に推進し、身体重心が前方への速度を有した状態で行われる。一方、バスケットボールのワンハンドでのシュートはフリースローまたはジャンプショットで用いられ、その際の身体重心はほぼ静止しているか、上方あるいは下方への速度を有しているかのいずれかで

ある。また、バスケットボールでは下肢で発揮された力を上肢にうまく連動させるように上下肢を用いてシュートすることが重要であるとされているが(三浦ほか, 2004)、車いすバスケットボールでは常にプレイヤーは車いすに着座しており、下肢を用いずに上肢のみでシュートしなければならない。車いすバスケットボールとバスケットボールにおけるこれらの差異を考慮すると、車いすバスケットボールでシュート成功のために必要とされるボールの初速度や投射角、それらに影響を与えるボールリリースに至るまでのシュート動作はバスケットボールと相違が見られることが予想される。

そこで本研究では、近年健常者への普及が広がっている車いすバスケットボールにおいて、健常者プレイヤーがワンハンドでのランニングシュートを行った際のボールの初速度や投射角、シュート動作の特徴について調べること、それらがシュート時の車いすの推進速度あるいはシュートを行う位置が変わった場合にどのように変化するかを明らかにすることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 被験者

被験者は車いすバスケットボールの経験を有する健常な男子大学生6名(年齢:  $21.3 \pm 1.2$ 歳, 身長:  $1.72 \pm 0.04$  m, 身体質量:  $68.7 \pm 10.3$  kg, 体脂肪率:  $21.3 \pm 4.6\%$ ; 平均 $\pm$ 標準偏差)であった。被験者のうち3名は車いすバスケットボールサークルに所属し、半年から3年の競技経験を有する選手、残り3名は半年程度の練習および試合経験がある一般学生であった。

なお本研究は、近畿医療福祉大学倫理審査委員会の審査、承認の上、実施された。予め研究の目的や方法、予測される影響について十分に説明し、被験者の同意を得た後、実験を実施した。

### 2. 実験プロトコル

全ての実験は体育館内のバスケットコートにおいて、バスケットボール7号球(BGL7, モ

ルテン社製)と被験者が普段車いすバスケットボールで使用している車いすを使用して実施した。車いすバスケットボールにおいて、ワンハンドでのランニングシュートは比較的低い速度で推進する場合に行われ、速攻時やゴール前にペネトレイトする時のように推進速度が高い場合にはレイアップシュートが選択される傾向にある。そこで本研究では、ワンハンドでのランニングシュートが行われる比較的低い速度(速度1)とそれよりもやや高い速度(速度2)の2種類の推進速度を設定して実験を行った。被験者には、リング正面の規定したスタート位置で、車いすに着座して自然に腕を下ろした状態でハンドリムを握り、その位置から毎回同じ力で90度分主輪を回して車いすを駆動させ、エンドラインから3mあるいは5mの位置に達した時にワンハンドでシュートするよう指示した。スタート位置は各シュート位置からさらに3mもしくは5m遠くに離れた地点(シュート位置3mではエンドラインから6mと8mの地点、シュート位置5mではエンドラインから8mと10mの地点)とした。シュートはリングやバックボードへの接触の有無にかかわらず、リング内に入った試技を成功試技とし、成功試技が得られるまで繰り返し行った。

### 3. 測定方法および分析方法

被験者が車いすで推進し、エンドラインから3mあるいは5mの位置でワンハンドでシュートした際の矢状面上の動作を、被験者の右側からデジタルビデオカメラ(DSR-PD150, Sony社製)を用いて60Hzで撮影した。被験者の投球側の肩峰から大転子までを胴、肩峰から肘関節中心までを上腕、肘関節中心から手関節中心までを前腕、手関節中心から第3中手指節関節までを手部とした(図1)。撮影した映像のボール、胴、投球側の上腕、前腕および手部の各セグメントのボールリリース前後の動作をビデオ動作解析システム(Frame-DIAS 3.22, DKH Inc.製)を使用して解析周波数60Hzでデジタル化した。分析平面の水平方向かつ被験者の進行方向をX軸、鉛直上方向をY軸として静止座標系を設定



図1. 上体角度、上肢各関節角度およびボールの投射角の定義。破線は水平線を示す。

し、4点実長換算法を用いてボールおよび各セグメントに対応する分析点の座標値を算出した。算出された分析点座標値を4次のButterworth low-pass filterを用いて、残差分析法(Winter, 2005)により分析点ごとに決定した最適遮断周波数で平滑化した。

そして、求められた分析点座標値からボールリリース時点の車いすの推進速度、ボールの初速度の水平成分(以下、水平初速度)および鉛直成分(以下、鉛直初速度)、ボールの投射角、上体および上肢各関節の角度を算出した。被験者の腰部は着座中ベルトによって車いすに固定されていることから、車いすの推進速度には大転子の水平方向の並進速度を用いた。ボールの水平初速度および鉛直初速度はボールリリース時点からボールリリース1コマ後までのボールの変位を要した時間で除して算出した。投射角はボールリリース時とボールリリース1コマ後のボール位置を結んだ線分と水平線がなす角度として求めた。上体の角度は胴と水平線がなす角度、肩関節角度は胴と上腕がなす角度、肘関節角度は上腕と前腕がなす角度、手関節角度は前腕と手部がなす角度とした(図1参照)。さらに、シュート動作を開始する直前にボールを保持して上肢各関節が概ね最大屈曲している時点(ボールリリース時点の100ms前)からボールリリース時点までの上肢各関節の角変位を算出した。

### 4. 統計処理

各シュート位置における車いすの推進速度に

ついて対応のあるt検定を用い、速度1と速度2の間の平均値の差の検定を行った。そして、車いすの推進速度（速度1と速度2）とシュート位置（3 mと5 m）を被験者内要因とし、求められた各変数について2要因分散分析を行い、各被験者内要因の主効果を検討した。主効果が認められた場合にはBonferroniの方法に基づいて有意水準を調整し、多重比較検定を行った。交互作用が認められた場合には被験者内の各要因の単純主効果を検討した。全ての統計処理は統計解析ソフト（SPSS 15.0J for Windows, SPSS Inc.製）を使用して行い、統計的有意水準は5%未満に設定した。

### Ⅲ. 結果

#### 1. ボールリリース時の車いすの推進速度

速度1と速度2での車いすの推進速度（平均±標準偏差）は、シュート位置3 mでは $1.26 \pm 0.27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $1.45 \pm 0.28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、シュート位置5 mでは $1.06 \pm 0.08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $1.23 \pm 0.19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ であり、各シュート位置における車いすの推進速度の間に有意な差が認められた（それぞれ $t(5) = 2.50, p < 0.05$ ;  $t(5) = 4.01, p < 0.01$ ）。

#### 2. ボールリリース時のボールの初速度および投射角

シュート位置3 mあるいは5 mでのシュート動作の典型例を図2に、シュート位置および推進速度を変えた場合のボールリリース時のボールの初速度および投射角を表1に示した。ボールの水平初速度にはいずれの推進速度においてもシュート位置に関する有意な単純主効果が認められ（それぞれ $F(1,5) = 30.89, p < 0.01$ ;  $F(1,5) = 47.06, p < 0.01$ ）、シュート位置5 mの場合の水平初速度は3 mの場合よりも有意に高い値であった。ボールの鉛直初速度においてシュート位置に関する主効果は認められなかった。ボールの投射角にはシュート位置に有意な主効果が認められ（ $F(1,5) = 17.94, p < 0.01$ ）、シュート位

表1. シュート位置および推進速度を変えた場合のボールリリース時のボールの初速度および投射角。

条件		水平初速度	鉛直初速度	投射角
位置	速度	( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	(度)
3 m	低	$2.80 \pm 0.31$	$4.99 \pm 0.25$	$61.5 \pm 4.5$
	高	$2.58 \pm 0.21$	$4.94 \pm 0.22$	$61.8 \pm 2.1$
5 m	低	$3.56 \pm 0.29$	$5.20 \pm 0.32$	$54.9 \pm 2.3$
	高	$3.86 \pm 0.48$	$5.23 \pm 0.39$	$52.8 \pm 4.8$

データは平均±標準偏差。



図2. シュート位置3 m(a)あるいは5 m(b)でのシュート動作の典型例。

表2. シュート位置および推進速度を変えた場合のボールリリース時の上体の角度、  
上肢各関節の角度およびボールリリースまでの上肢各関節の角変位

条件	上体角度	肩関節 角度	肘関節 角度	手関節 角度	肩関節 角変位	肘関節 角変位	手関節 角変位	
位置 速度	(度)	(度)	(度)	(度)	(度)	(度)	(度)	
3 m	低	104.2±3.3	122.0± 9.3	152.2±10.1	155.7±15.6	40.3± 9.1	63.0± 9.4	31.0± 9.3
	高	105.9±5.8	123.1±11.8	149.3± 6.0	157.1± 9.0	34.1± 8.7	60.2± 8.3	31.6±11.7
5 m	低	98.9±6.4	119.4± 9.8	154.2±11.9	153.4±11.0	49.3±18.4	70.1±10.6	27.5±18.6
	高	97.1±6.2	123.1±12.7	159.3±11.5	151.5±15.1	48.0±18.5	71.9±10.1	26.9±17.9

データは平均±標準偏差.

置 5 m の場合のボールの投射角は 3 m の場合と比較して有意に小さかった。推進速度については全ての変数において有意な主効果は認められなかった。

### 3. 上体および上肢各関節の角度および角変位

シュート位置および推進速度を変えた場合のボールリリース時の上体角度、上肢各関節の角度およびボールリリースまでの上肢各関節の角変位を表 2 に示した。ボールリリース時の上体角度、肘関節角度およびボールリリースまでの肘関節角変位において、シュート位置に有意な主効果が認められ ( $F(1,5) = 26.39, p < 0.01$ ;  $F(1,5) = 8.50, p < 0.05$ ;  $F(1,5) = 6.42, p < 0.05$ )、シュート位置 5 m の場合の上体角度は 3 m の場合と比較して有意に小さい値、ボールリリース時の肘関節角度およびボールリリースまでの肘関節角変位は有意に大きい値を示した。肩関節と手関節の角度および角変位においてシュート位置に有意な主効果は認められず、推進速度については全ての変数において有意な主効果は認められなかった。

## IV. 考察

車いすの推進速度については、異なるスタート位置から同程度の力を加えて車いすを駆動させており、規定したそれぞれのシュート位置に達した時の速度は異なる予想された。結果に示したとおり、シュート位置 3 m、5 m とともにスタート位置が近い場合の車いすの推進速度は遠い場合よりも高く、本研究で設定した比較的

低い速度とそれよりもやや高い速度となった。

直江 (1978) は、バスケットボールにおいてシュートを成功させるためには、シュート位置とリリース高に応じてボールの投射角と初速度を調整する必要があると述べている。そして、シュート位置が遠くなるにつれてボールの投射角は小さくなり、必要とされる初速度は増大すること、リリース高が低くなるにつれてボールの投射角と初速度を大きくする必要があることを指摘している。先行研究 (直江, 1980) では、バスケットボールにおいてリリース高を 2.1 m とした場合の最適投射角はシュート位置 3.0 m では 56 度から 58 度、シュート位置 5.0 m では 51 度から 54 度と推計されている。本研究の 5 m の場合の投射角は 3 m の場合よりも小さく (表 1)、バスケットボールと同様の傾向であった。車いすバスケットボールでは車いすに着座してシュートするため、バスケットボールよりも低い位置でボールをリリースする。本研究のボールのリリース高はシュート位置 3 m では 1.42 m から 1.65 m、5 m では 1.27 m から 1.56 m であり、先行研究のバスケットボールの 2.1 m よりも著しく低かった。よって、本研究の投射角がバスケットボールよりもやや高値であったことは、車いす座位と立位というシュート時の姿勢の違いによるボールリリース高の差異に起因したと考えられる。

ボールの初速度に関しては表 1 に示したとおり、シュート位置が遠くなった場合には水平初速度が増大したにもかかわらず、鉛直初速度は同程度であった。このことは、シュート位置がゴールから遠くなれば、ボールをリングに到達

させるためにボールにより大きな水平初速度を与えてシュートしなければならないこと、またシュートを成功させるためにボールを鉛直上方向に投げ上げなければならない高さはシュート位置にかかわらず同等であることを意味している。本研究の水平初速度および鉛直初速度から求められたボールの合成初速度はシュート位置3mの場合が5.37から6.13  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、5mの場合が5.87から7.01  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ であった。先行研究（直江, 1980）で推計されたバスケットボールのシュート時のボールの合成初速度はシュート位置3mの場合6.4  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、5mの場合7.7  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ であり、本研究の値はそれよりもやや低値であったが、シュート位置が遠くなるほど必要となる初速度が大きくなっており、両者は同様の傾向を示した。

三浦ほか（2004）は長距離シュートを安定して放つことのできるバスケットボール選手を取り上げてその動作を分析し、シュート位置が遠くなるにしたがってボールリリース時に肘関節はより伸展して動作されるのに対して、手関節の動作はあまり変化しないと報告している。また八板・得居（1999）は、脚伸展力がボールの飛距離に作用しない椅座位でバスケットボールのシュート動作を模した投動作を行わせ、ボールを遠くに投げることのできる選手ほど肘関節の伸展角変位と角速度を大きくし、指先の速度を高めることでボール速度を高めていると述べている。本研究では、シュート位置が遠くなるとボールリリース時の肘関節角度、ボールリリースまでの肘関節角変位が大きくなったのに対し、ボールリリース時の肩関節および手関節の角度、ボールリリースまでの肩関節および手関節の角変位はシュート位置にかかわらず同程度であった（表2）。バスケットボールと車いすバスケットボールでは下肢による力発揮の有無という差異があるにもかかわらず、これらの結果は前述したバスケットボールにおける先行研究と類似した結果となった。上記の結果に加えて、本研究ではシュート位置が遠くなるほどボールリリース時の上体角度は小さくなった。したがって図3の典型例に示したように、シュー

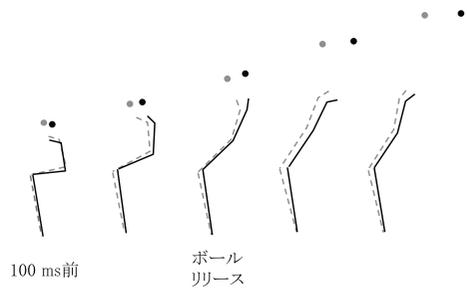


図3. シュート位置3mおよび5mでのシュート動作の典型例。実線：シュート位置5m、破線：シュート位置3m。

ト位置が遠くなれば上体をやや起こし気味にして、肩関節および手関節の動作はあまり変化させず、肘関節の伸展動作を大きくかつ速くしてシュートし、逆にシュート位置が近くなれば上体をより後傾してボールの投射角を大きくするよう動作していたと考えられる。また、本研究の被験者は上体の角度を調節することによって投射角を調整し、肘関節の伸展動作の度合いでボールに与える水平方向の初速度の調整を図り、ボールの飛距離およびボールが到達する高さを調節していたと推察される。

シュート位置についてはボールの初速度や投射角、上体角度あるいは肘関節伸展動作への影響が認められたが、推進速度については全ての変数に対して影響が見られなかった。前述したとおり本研究では、車いすバスケットボールにおいてワンハンドでのランニングシュートを用いてシュートすることが想定される速度範囲の中で2条件の推進速度を設定して実験を行った。推進速度が各変数に対して影響を及ぼさなかったのは、条件間の推進速度の差が小さかったことが一因であったと考えられる。

本研究では健常者への普及が広がる車いすバスケットボールを取り上げ、健常者プレイヤーのシュート時の動作について検討した。このように健常者プレイヤーのプレイの特徴について調べることは、健常者プレイヤーに対して技術的な示唆を与えるだけでなく、障がい者プレイヤーを含むプレイヤー全体の技術レベルの向上

に寄与するとともに、健常者への車いすバスケットボールのさらなる普及に帰すると考える。なお本研究は、少数の被験者がそれぞれの設定条件で成功した各1試技について2次元での動作分析を行ったものであり、被験者を増員して分析対象の試技数を増やすことや3次元動作分析によって上肢動作を詳細に検討することが今後の課題となろう。

## V. まとめ

車いすバスケットボールにおいてワンハンドでランニングシュートした際の動作は車いすの推進速度よりもシュート距離に影響され、シュートを成功させるためには、シュート位置が遠ければ上体をやや起こして投射角を小さくし、ボール保持からリリースまでの肘関節の伸展動作を大きくかつ速くすることでボールの水平方向の初速度を高めてシュートすること、シュート位置が近くなれば上体をより後傾してボールの投射角を大きくするよう動作することが必要であると考えられた。

## 注釈

- 1) すべての人はスポーツをする権利を有するという考え方や、それに基づいて行われるスポーツの大衆化を図る運動のこと。
- 2) 障がいの程度にかかわらず選手に等しく試合の出場機会を与えるための制度。各々の選手は残存機能の程度に応じて1.0点から4.5点までの持ち点が決められ、試合中コート上の選手の持ち点合計が14.0点を超えてはならないと定められている。
- 3) 車いすで前方に推進しながら片手かつ上手投げで行われるシュート。
- 4) 車いすで推進し、ボールを片手に乗せてリングに投げ上げるように行われるシュート。
- 5) 車いすで移動してリングから遠い側の手で自分の頭越しに放たれるシュート。
- 6) 車いすでリングの下を通過しながら行われるレイアップシュートのこと。
- 7) ディフェンスの密集を掻い潜って、リングに向かいドリブルで切り込んでいくこと。

## 文献

- British Wheelchair Basketball (2012) League rules and regulations: Season 2012/2013. <http://www.gbwb.org.uk/gbwb/index.cfm/linkservid/070EE000-CEFA-C9D4-FD8E0AECE64DE4A0/showMeta/0/> (参照日: 2012年11月20日)。
- Fachbereich Rollstuhlbasketball im Deutschen Rollstuhl-Sportverband (2012) Fachbereich Rollstuhlbasketball Handbuch. <http://www.drs-rollstuhlbasketball.de/fileadmin/DRS/handbuch/RBB-Handbuch.pdf> (参照日: 2012年11月20日)。
- 藤田紀昭 (2008) 障害者スポーツの世界—アダプテッド・スポーツとは何か—。角川学芸出版: 東京, pp. 208-210。
- 河西正博 (2010) 障害者スポーツにみる「健常者」／「障がい者」間の関係構築と身体性。松田恵示・松尾哲夫・安松幹展編 福祉社会のアミューズメントとスポーツ—身体からのパースペクティブ。世界思想社: 京都, pp. 202-218。
- 河西正博 (2012) 障害者スポーツにおける「障害」意識に関する研究—車椅子バスケットボール競技者に着目して—。福祉文化研究, 21: 62-77。
- 三上真二 (2004) 車椅子バスケットボール。矢部京之助・草野勝彦・中田英雄編著 アダプテッド・スポーツの科学—障害者・高齢者のスポーツ実践のための理論—。市村出版: 東京, pp. 137-139。
- 三浦健・関子浩二・鈴木章介・清水信行 (2004) バスケットボールにおける長距離シューターの動作分析—上肢の動作について—。鹿屋体育大学学術研究紀要, 32: 11-18。
- 直江勇 (1978) バスケットボール・シューティングの研究。福島大学教育学部論集, 30(3): 53-65。
- 直江勇 (1980) バスケットボール・ショットの最適投射角と最高点の位置について。福島大学教育学部論集, 32(3): 113-122。
- 日本車椅子バスケットボール連盟 (2012)

- J W B F と は : 連 盟 概 要 .  
<http://www.jwbf.gr.jp/about/> (参照日:2012年11月20日).
- 布目寛幸・桜井伸二・池上康男・矢部京之助  
(1999) 頸髄損傷者のバスケットボール投動作の力学解析. 日本体育学会大会号, 50: 721.
- Wheelchair Basketball Canada (2012) Canadian Wheelchair Basketball League.  
<http://www.wheelchairbasketball.ca/en/content.aspx?id=5642> (参照日:2012年11月20日).
- Winter, D. A. (2005) Biomechanics and motor control of human movement (3rd ed.). John Wiley & Sons: Hoboken, NJ.
- 八板昭仁・得居雅人 (1999) バスケットボールのセットショットにおける上肢の運動-初速度への影響-. 九州女子大学紀要, 36(2): 27-34.
- (平成24年10月3日受付, 平成24年12月13日受理)