【研究資料】

バスケットボールにおける男子トップレベル選手の試合中の移動距離及び移動速度

―世界トップレベルの試合と日本国内の試合の比較から―

小山孟志[1)]　國友亮佑[2)]　陸川　章[3)]　有賀誠司[1)]　長尾秀行[1)]　山田　洋[3)]

The movement distance and movement speed during a game in the men's top-level basketball player: Comparison of the world top-level game and the Japan top-level game

Takeshi Koyama[1)], Ryosuke Kunitomo[2)], Akira Rikukawa[3)], Seiji Aruga[1)], Hideyuki Nagao[1)] and Hiroshi Yamada[3)]

Abstract

The purpose of this study was to examine the differences in the movement distance and the movement speed of the players due to the difference in the competition level using a two-dimensional DLT（Direct Linear Transformation）method from basketball game film. Subject was world top-level game and Japan top-level game. Players were divided into two groups, Bigman and Perimeter with the value of height. Analytical results indicated that the movement distance per period of Japan top-level game（1218. 3±141. 9m）was significantly larger than world level（1094. 6 ± 38. 8m, $p < 0.05$）. Movement distance of Japan top-levels' Perimeter（1334. 2 ± 65. 1m）was significantly larger than world levels' Perimeter（1117. 6±37. 9m, $p < 0.05$）, but there was no significant difference in Bigman. The rate of high-speed movement（exceed 4 m/sec）in the game of world level（13. 4 ± 1. 5%）was significantly larger than Japan top-level（11. 2 ± 2. 1%, $p < 0.05$）. The rate of high-speed movement in the game of world levels' Bigman（13. 5 ± 1. 7%）was significantly larger than Japan top-levels' Bigman（9. 8±2. 1%, $p < 0.05$）, but there was no significant difference in Perimeter. In summary, Japanese perimeters' moving distance was longer than world level, and Japanese perimeters' rate of high-speed movement and world level's one was almost same value. On the other hand, Japanese bigman's moving distance and world level bigman's one was almost same value, but Japanese bigman's rate of high-speed movement was lower than world level bigman. These results suggest that Japanese basketball player's problem is bigman's high-speed performance.

Key words：game analysis, Direct Linear Transformation method, high-speed movement
キーワード：ゲーム分析，DLT 法，高速度運動

１）東海大学スポーツ医科学研究所
Sport Medical Science Research Institute, Tokai University
２）公益財団法人日本バスケットボール協会
Japan Basketball Association
３）東海大学体育学部
Department of Physical Education, Tokai University

Ⅰ．諸言

近年，世界のバスケットボールは戦術戦略が多様化し，それに伴い技術・体力ともに高度化した競技になりつつある．世界選手権やオリンピックを見ると，欧米諸国はもちろん，アジア諸国においても２m を超える長身選手が豊富な運動量でオールラウンドなプレーができるようになってきており，高い体力レベルを備えた高身長選手が求められる傾向である[1]．

一方，高さや体格で諸外国に劣る日本は，国際試合の度にフィジカル面の弱さが課題として挙げられてきた[1]．これらの体力的課題を改善するためには，日本人選手と世界のトップ選手の体力や試合中の動きについての差を明確にして，そのギャップをいかにして埋めていくかが重要である[2]．しかし，バスケットボールにおいてはこれまで，試合中の選手の動きや運動量については検証されているものの，極めて高い競技レベルにおける分析はなされておらず，競技レベルと選手の運動量との関係性は明らかになっていない．

試合中の選手の動きや運動量を数値化することを目的としたゲーム分析方法は，他の球技種目における手法も含め大きく３通りの方法が行われている．一つ目はアナログ・ビデオ分析による Time-Motion 分析である．VTR の再生映像を利用して，walk や sprint といった移動様式別に分類し，分類されたカテゴリーごとの平均持続時間や頻度などの分析結果が報告されている[3]．この方法は，特別な測定装置を用いずに比較的安価なソフトによって分析ができ，運動：休息比や休息時間の長さ，方向転換や専門的動作の回数など，試合時の体力要素に関する有益な知見を得ることができるという利点がある．一方，この方法は観察者の主観的判断によって動作を評価しており，観察者の主観性や恣意性を排除しきれないこと，動作を分類する観察者は訓練を受ける必要があること，及び観察者間の評価の差を考慮しなければならないことなど多くの問題を残している[4, 5]．

二つ目は，ラグビーやサッカーをはじめとする屋外球技種目において普及しつつある GPS（Global Positioning Systems）テクノロジーを用いたトラッキングシステムである．これは，衛星信号と GPS 受信機の間の変位の計算により，選手の位置を正確に追跡できるものである．GPS は，データを収集し結果をフィードバックするまでの時間を短縮させ，信頼性のあるデータを得ることを可能にした．近年は屋外球技種目について数多くの研究発表がなされており[6]，トレーニング現場においても広く普及し活用されている．しかし，この方法は当然のことながらバスケットボールをはじめとする屋内競技においては信号が届かないため利用することができない．そこで，屋内競技でも利用可能なトラッキングシステム[7, 8]が開発され，研究機関などにおいて導入されているが，コストの高さやデータの解釈の難しさによって現時点ではトレーニング現場において活用するには至っていない．

三つ目の方法は，DLT（Direct Linear Transformation）法[9, 10, 11]である．DLT 法とは，記録した映像をキャリブレーションすることによって実空間座標を求めることができる映像解析手法の一つであり，室内競技においても活用できる．この方法は，デジタイズに膨大な時間を要するという問題はあるものの，Time-Motion 分析ではできない全選手の位置の時系列データが得られるという利点がある[12]．これにより，試合時の体力的要素に関する有益な知見を得ることができると考えられる．以上のことから，現時点で屋内競技において試合中の選手の動きに関するゲームパフォーマンス分析の手法としては DLT 法が有用であると考えられる．

これまで，バスケットボールの試合を対象にゲーム分析を DLT 法によって行った研究では，日本女子トップリーグ[13]や日本女子大学生[12]，日本男子大学生[5, 14]を対象としたものがある．これらの研究から，各対象の試合時の移動距離および移動速度については報告されているものの，競技レベルが極めて高い世界トップレベルの試合を対象とした研究は見られず，男子選手を対象とした試合においては競技レベルの違いによる移動距離および移動速度の差異については言及できていない．そこで本研究では，世界トップレベルの試合と日本国内トップレベルの試合を対象とし，バスケットボールの試合映像から二次元 DLT 法を用いて，競技レベルの違いによる選手の移動距離および移動速度の差異について比較検討することを目的とした．さらに，バスケットボールにおけるゲーム分析手法としての DLT 法の適用範囲についても検討することとした．

Ⅱ．方法

１．分析対象

世界トップレベル（以下，世界レベル）の試合は，2006年バスケットボール世界選手権大会男子３位決定戦（A チーム対 B チーム）を分析対象とした．得点は96–81（21–27，29–22，19–13，27–19）で A チームが勝利した試合である．日本国内トップレベル（以下，

表１　レギュラー選手の身体組成

	n	Age［years］	Height［cm］	Weight［kg］
World game_Bigman	6	24.8（3.9）	205.3（3.6）	111.2（6.1）
Japan game_Bigman	5	28.2（3.8）	204.0（2.0）	104.6（4.6）
World game_Perimeter	4	26.8（3.0）	193.8（5.0）	93.5（5.0）
Japan game_Perimeter	5	29.4（2.9）	186.6（7.6）	84.6（6.6）

Mean（S.D）

国内レベル）の試合は，2009年全日本総合バスケットボール選手権大会男子決勝（Ｃチーム対Ｄチーム）を分析対象とした．得点は65−48（24−10，16−８，15−20，10−10）でＣチームが勝利した試合である．分析は，実質プレータイムの40分（10分×４ピリオド：ファウル，アウトオブバウンズ，フリースローを除いたタイマーが動いている時間）について行った．

本来は，試合展開や戦術，測定時期などの条件について可能な範囲で統制をとった上で複数試合を対象にするべきである．しかし，本研究においては二次元DLT法を実施するために必要なカメラのフレーム範囲（距離や角度）を満たす必要があり，且つ，極めて競技レベルの高い試合を対象としたため，この条件下で撮影することができた試合の中から世界レベルおよび国内レベルそれぞれ１試合ずつの比較を行うこととした．試合展開（点差や個人成績）や戦術などによっても選手の行動は影響を受けることが考えられるため，結果の解釈の仕方には注意が必要であるものの，先行研究に比べて極めて高い競技レベルの試合であることから，一流選手の試合中の運動量に関する指標とすることができると考えられる．

男子日本代表チームにおけるポジションは，身長を基準として，便宜上ガードを188cm未満，フォワードを198cm未満，センターを198cm以上と分類し体力指標を示している[1]．そこで，本研究におけるポジションは，身長198cm以上をビッグマン（以下，Bigman），198cm未満をペリメーター（以下，Perimeter）と大きく二群に分類することとした．分類したポジション毎のレギュラー選手の身体的特徴を表１に示した．

２．撮影方法及び撮影許可

試合会場の観客席最上段から，２台の定点カメラ（記録周波数30fps，シャッタースピード１/30sec）で撮影した．センターラインを境にコートを二分して各カメラでハーフコートの四隅が入るようにそれぞれ撮影した（図１）．映像撮影に関しては，公益財団法人日本バスケットボール協会に対して，撮影の主旨を十分に説明し，文書にて同意を得た．後日の分析に際しては，東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た上で実施された．

３．解析

各カメラで録画された映像は，分析用に同期させパーソナルコンピュータに取り込んだ．分析には，映像解析ソフト（Frame DIAS Ⅲ，DKH社製）で，二次元DLT法を用いた映像解析を行った．コートの四隅およびセンターラインの両端の６点をコントロールポイントとして，映像を二次元座標に変換し，周波数は20Hzでデジタイズを行い選手の二次元位置座標を求め，移動距離及び移動速度を算出した．なお，選手が途中交代した場合は，同じポジションに入り，同一選手として見なして分析を継続した．移動速度の分類は，福塚らの方法[5]を用いて1.5m/sec未満を「Low」，1.5〜４m/secを「Middle」，４m/sec以上を「High」と３つに分類した．

４．統計処理

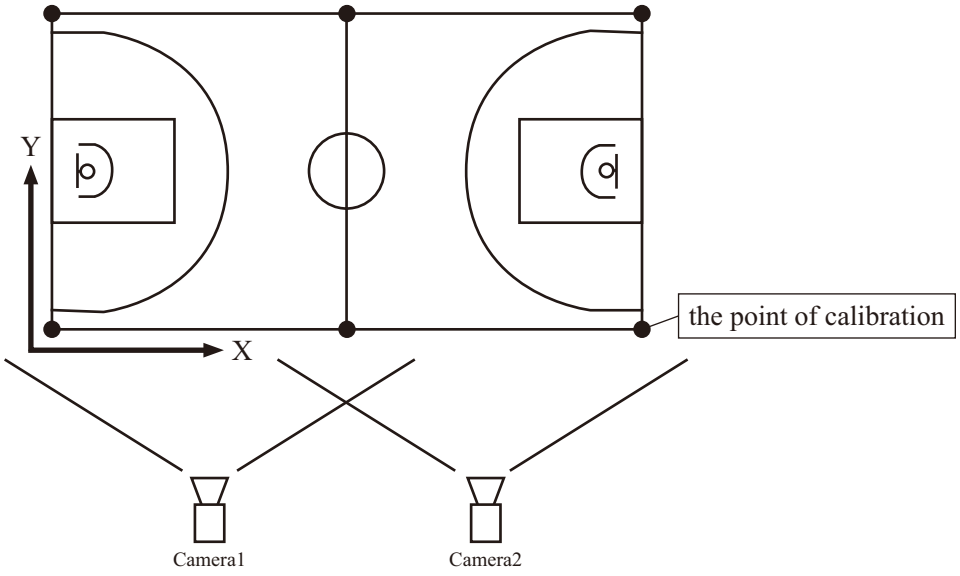
得られたデータは，統計解析ソフト（Excel2013，Microsoft社製，およびSPSS，IBM社製）を用いて統計処理を行った．世界レベルの試合と国内レベルの試合の比較には対応のないｔ検定を用いた．統計的有意水準は５％未満とした．

Ⅲ．結果

１．選手の移動距離の比較

世界レベルの試合の各選手の移動距離を表２に，国内レベルの試合の各選手の移動距離を表３にそれぞれ示した．

ピリオド当たりの移動距離は世界レベルが1094.6±38.8m，国内レベルが1218.3±141.9mであり，国内レベルが有意に長かった（$p < 0.05$）（図２）．ポジション別に比較すると，Bigmanは国内レベルが1102±86.4m，世界レベルが1079.4±33.8mであり，有意差は認められなかった（図３）．一方，Perimeterは



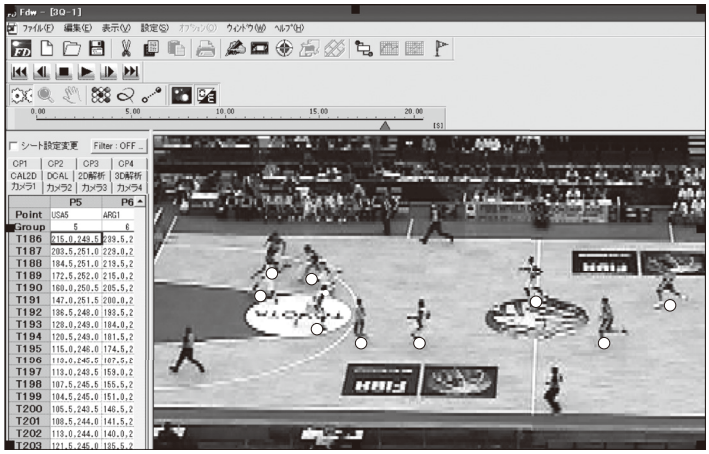


図１　デジタイズによるデータの算出

表２　世界レベルの試合における各選手の移動距離

		1 st	2 nd	3 rd	4 th	Quarter Average	Total
Perimeter	TeamA_PG	1207. 7	1230. 4	1047. 4	1091. 1	1144. 1	4576. 6
	TeamA_SG	1160. 5	1132. 3	1008. 0	980. 0	1070. 2	4280. 8
	TeamB_PG	1078. 7	1256. 1	1018. 8	1062. 9	1104. 1	4416. 4
	TeamB_SG	1179. 6	1283. 8	1042. 9	1101. 0	1151. 8	4607. 2
Bigman	TeamA_SF	1173. 2	1135. 3	948. 8	1087. 4	1086. 4	4345. 7
	TeamA_PF	1107. 6	1098. 7	925. 3	979. 8	1027. 8	4111. 3
	TeamA_C	1195. 3	1178. 9	997. 3	967. 2	1084. 7	4338. 7
	TeamB_SF	1133. 5	1215. 9	1035. 8	1122. 9	1127. 0	4508. 0
	TeamB_PF	1190. 7	1174. 7	1025. 5	983. 7	1093. 6	4374. 5
	TeamB_C	1102. 8	1120. 1	996. 3	1007. 3	1056. 6	4226. 4

［Unit : m］

国内レベルが1334. 2±65. 1m，世界レベルが1117. 6±37. 9m であり，国内レベル Perimeter が有意に長かった（$p < 0.05$）（図４）.

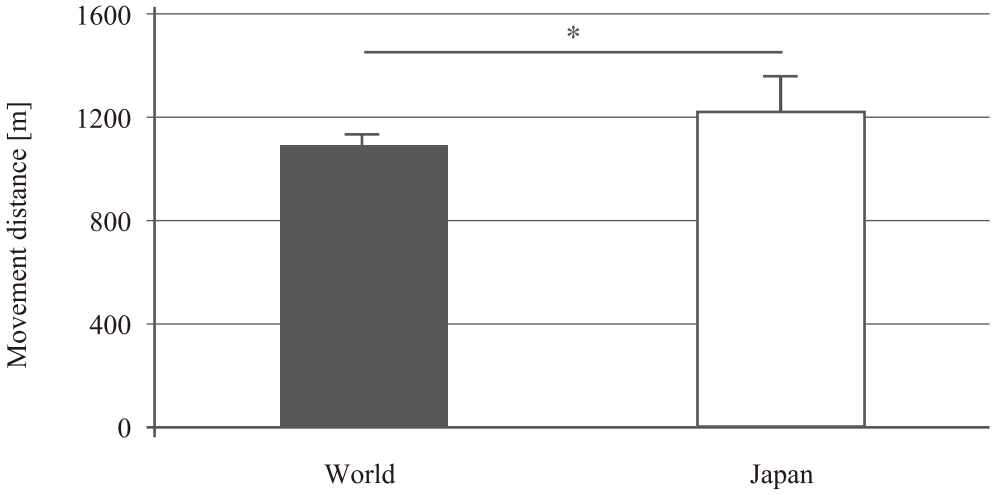
２．選手の移動速度の比較

移動速度の時系列データの代表例として，世界レベルの試合におけるガードポジション選手の第１ピリオドの移動速度の変化を図５に示した．また，分類に基

表３　国内レベルの試合における各選手の移動距離

		1 st	2 nd	3 rd	4 th	Quarter Average	Total
Perimeter	TeamC_PG	1408. 1	1410. 3	1455. 2	1430. 6	1426. 1	5704. 2
	TeamC_SG	1324. 2	1339. 3	1342. 9	1353. 4	1340. 0	5359. 8
	TeamC_SF	1246. 4	1323. 6	1351. 0	1319. 2	1310. 0	5240. 1
	TeamD_PG	1229. 0	1242. 9	1315. 5	1198. 0	1246. 4	4985. 4
	TeamD_SG	1365. 2	1387. 5	1391. 3	1250. 1	1348. 5	5394. 1
Bigman	TeamC_PF	1209. 7	1016. 6	1213. 3	1064. 7	1126. 1	4504. 3
	TeamC_C	1093. 8	1094. 3	1099. 3	1130. 4	1104. 5	4417. 8
	TeamD_SF	1176. 9	1259. 3	1217. 2	1249. 6	1225. 8	4903. 0
	TeamD_PF	1115. 5	1021. 8	1071. 1	1056. 8	1066. 3	4265. 2
	TeamD_C	1024. 3	937. 8	1032. 7	962. 6	989. 3	3957. 3

［Unit : m］



＊ $p<0.05$

図２　世界レベルの試合と国内レベルの試合におけるピリオド当たりの移動距離

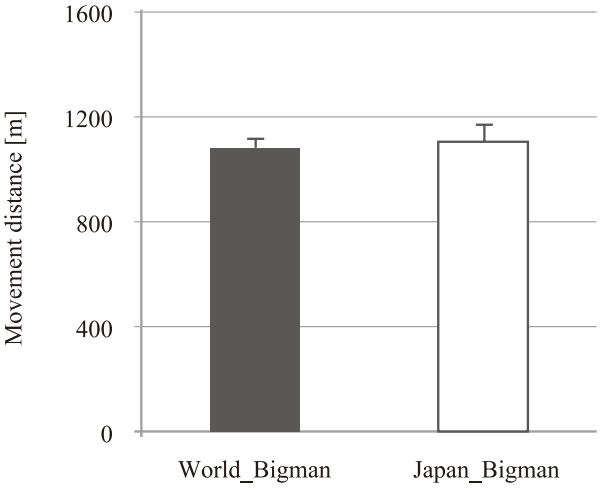
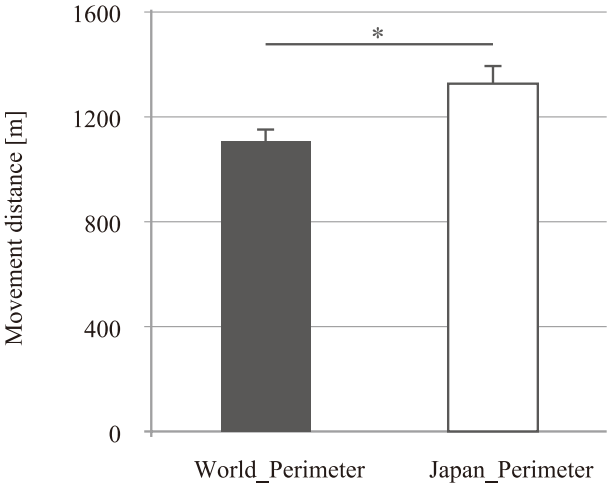


図３　Bigman の移動距離の比較



＊ $p<0.05$

図４　Perimeter の移動距離の比較

づいた移動速度の割合を図６に示した．最高移動速度については個人差があるものの概ね８m/sec 以上を記録した．

移動速度について，４m/sec を超える高速度の出現率に着目すると，世界レベルが13. 4±1. 5%，国内レベルが11. 2±2. 1% であり，世界レベルが国内レベルよりも有意に高値を示した（図７）．ポジション別に比較すると，Bigman は世界レベルが13. 5±1. 7%,

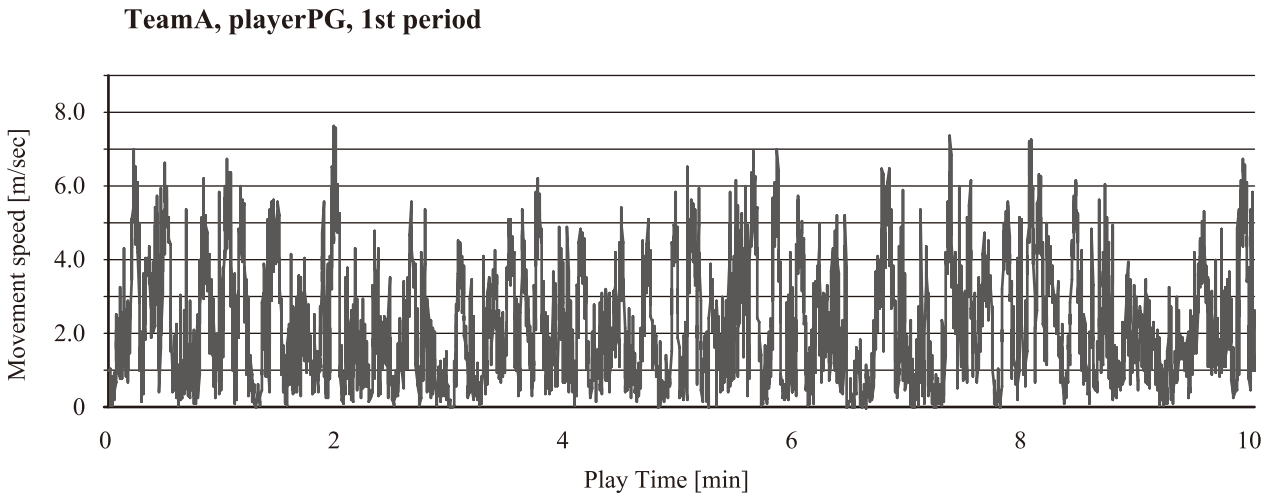


図５　算出した速度の時系列データの代表例

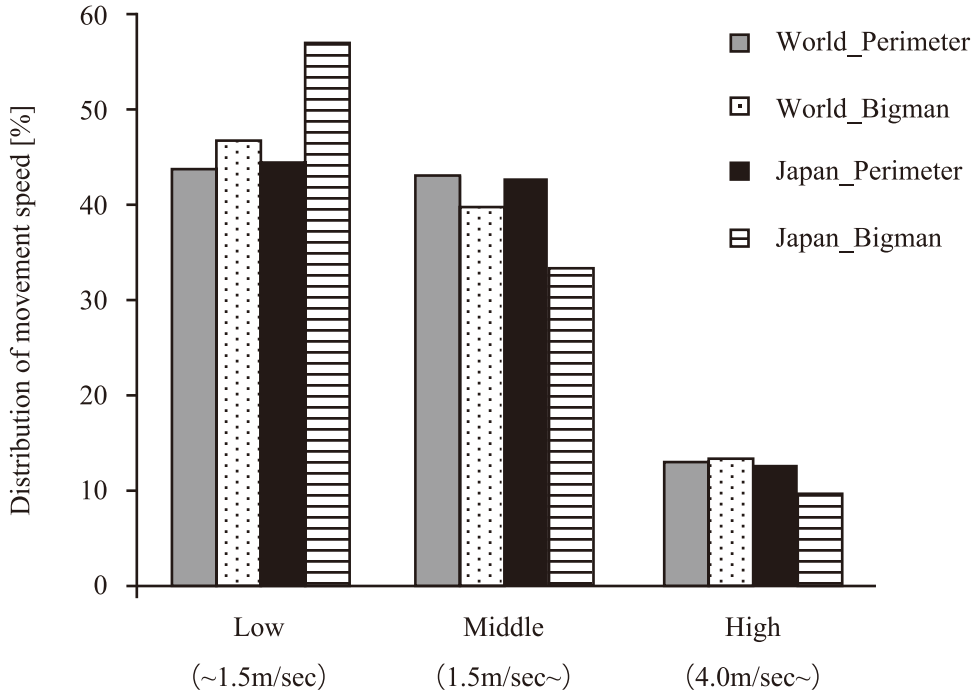


図６　移動速度の分布

国内レベルが9.8±2.1%であり，世界レベルBigmanが有意に高値を示した（$p<0.05$）（図８）．Perimeterは世界レベルが13.2±1.2%，国内レベルが12.7±0.3%であり，有意差は認められなかった（図９）．

Ⅳ．考察

バスケットボール男子日本代表は1976年の第21回モントリオール大会を最後に，オリンピック出場から遠ざかっており，アジアを勝ち抜くことすら困難な状況が続いている．その要因の一つに体力面の課題が挙げられることが多いが，これまで詳細な検証は行われていない．2020年のオリンピックが日本開催に決定したことで，今後さらに国際競技力向上に寄与する研究や独自のトレーニング法の開発が望まれる．日本の体力面の課題を明確にするためには，日本人選手と世界のトップ選手の試合中の動きや運動量に関する差を数値化し，検証することが必要であると考えられる．そこで本研究では，世界トップレベルの試合と日本国内トップレベルの試合を対象とし，バスケットボールの試合映像から二次元DLT法を用いて，競技レベルの違いによる選手の運動量（移動距離や移動速度の分布）の差異について比較検討することを目的とした．

本研究で用いたDLT法から移動距離および移動速度を算出する際には，サンプリング周波数が問題になる．土岐ら[15]は，球技選手の移動距離算出におけるデジタイズ周波数の決定方法について分析し，サッカーでは５Hz，車いすバスケットボールでは３Hzのデジ

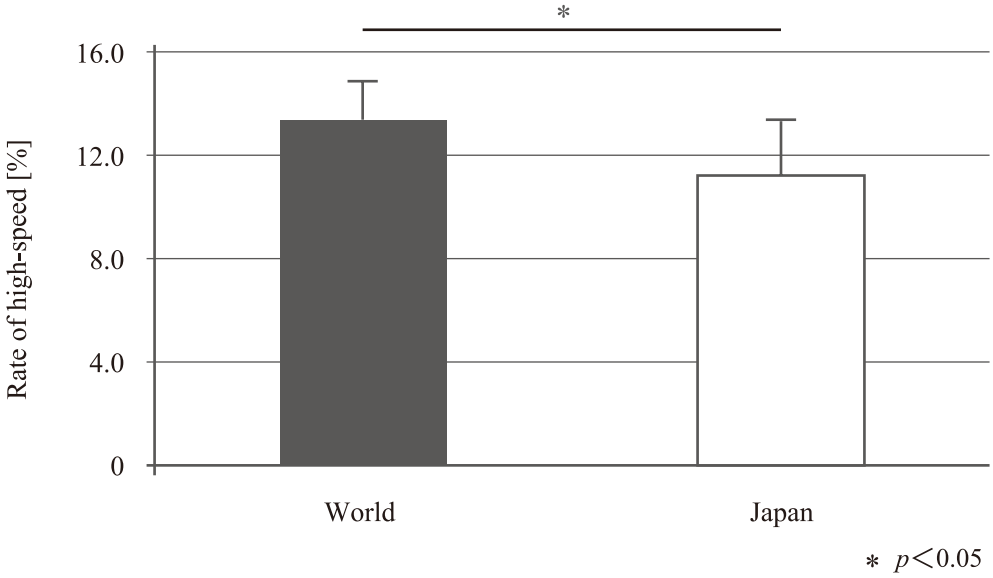


図７　世界レベルの試合と国内レベルの試合における高速度移動の割合の比較

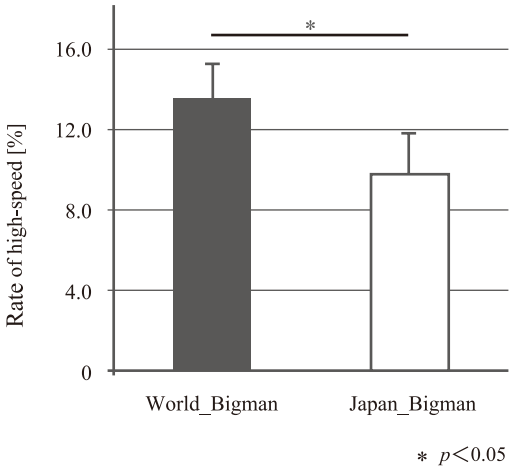


図８　Bigman の高速度移動の割合の比較

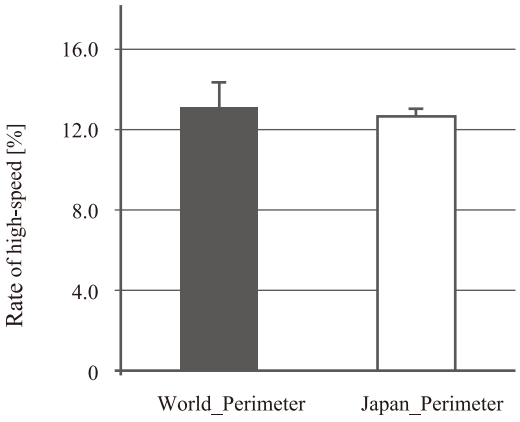


図９　Perimeter の高速度移動の割合の比較

タイズ周波数が精度的にも労力的にも最適であろうと述べている．バスケットボールの先行研究[5, 12-14]を見ると４～20Hz と幅があるが，本研究で行った20Hz は移動距離および移動速度を算出する上で精度は十分であったと考えられる．

ピリオド当たりの移動距離は，世界レベルが1094.6±38.8m，国内レベルが1218.3±141.9m であり，国内レベルが有意に長かった（図２）．ポジション別に比較すると，Bigman において有意差は認められず，Perimeter は国内レベルが有意に長かった（$p < 0.05$）（図４）．山田ら[13]は，日本女子トップ選手と女子高校選手とでピリオド当たりの移動距離を比較し，日本女子トップ選手のほうが長いことを報告しているが，本研究結果からは，移動距離が長いほど競技レベルが高いとは言えないということが示唆された．さらに，先行研究[5, 12-14]と比較すると競技レベルや男女による差もそこまで大きくないことがわかる．つまり，バスケットボールにおいて移動距離が長いことが必ずしも体力の評価やパフォーマンスの指標にはなり得ないと推察される．

選手の移動速度の分布については，福塚ら[5]の男子大学生を対象とした試合とほぼ同様の結果を示し，おおよそ Low：Middle：High ＝５：４：１という比率であった（図６）．この中で，さらに詳細に検討するため，High に分類される４m/sec を超える高速度の出現率に着目すると，世界レベルが13.4±1.5%，国内レベルが11.2±2.1%であり，世界レベルが有意に高値を示した（図７）．ポジション別に比較すると，Perimeter には有意差が認められず，一方 Bigman は国内レベルが有意に低いことが示された（$p < 0.05$）（図９）．この結果から，移動距離は同じであっても緩急の大きな動きをしている世界レベルに対し，日本の Bigman は比較的低速度の移動が多いということが推察される．

日本の特徴をポジション別にまとめると，日本のPerimeterは移動距離が長く，高速度運動の割合についても世界レベルと差がないことから，平面における運動量が多いということが言える．一方，日本のBigmanは，世界レベルと比べ移動距離に差はないものの，高速度運動の割合が低いという特徴が明らかになった．日本の体力面における課題の一つとして，運動量については特にBigman，つまり長身選手において高速度で移動するための能力を高める必要があると考えられる．

Ⅴ．今後の展望

今後は，運動生理学的指標を考慮しつつ，様々な競技レベルで移動距離や移動速度についてデータを蓄積していくことでより詳細な検証ができると考えられる．具体的には，試合展開（点差や個人成績）を考慮したピリオド毎に経時的な運動量の推移や，チーム戦術の違いによる運動量の差異の検討などが可能になると考えられる．

また，その一方で，近年のバスケットボールは戦術戦略が多様化し，それに伴い選手は運動量を増やすことだけではなく，その中で局所的に高強度運動を遂行する能力が求められるようになってきている．バスケットボールにおいて高強度運動といわれるジャンプや急加速，急減速，さらには身体接触を伴うプレーなどの激しい動きは，本研究で示した移動距離や移動速度の指標では高強度運動に評価されているとは言い難い．例えば，垂直方向への全力ジャンプは二次元座標における移動速度では低速度に分類されてしまう．同様に，ファーストブレイクやペネトレイトなどの急激な加速の際には，動きだしの数メートルは速度の変化率（つまり，加速度）が非常に高く，高強度運動であるにも関わらず，移動速度による分類をすると低速度に分類されてしまうことがある．すなわち，本研究で示した選手の移動距離や移動速度の指標からだけでは，バスケットボールにおける高強度運動を過小評価している可能性があると考えられる．したがって，バスケットボールにおける運動量や運動強度を何で評価するのかということについては，再検討する必要があると考えられる．

特に近年の国際試合において，日本国内の試合では起こりえない身体接触を伴う高強度運動により試合終盤に足が止まってしまう，もしくはシュート成功確率が低下することが推察される．そのため，バスケットボールの試合中に出現する身体接触を含む高強度運動についても何らかの指標を用いて数値化し，競技レベル別に比較検証することが必要であると考えられる．

また，本研究のように移動距離や移動速度の観点で競技の全体像を捉えることが目的の場合にはフィードバックに時間がかかることは問題とされないが，トレーニング現場においてはより簡便にデータ採取することや，フィードバックの早さが求められる．今後は，これらのニーズを考慮した上で，各選手の日々のコンディショニングの指標に活用することを目的として，運動量や運動強度を評価するための項目について検討を進めていく必要があると考えられる．

〈文　献〉

1）日本バスケットボール協会テクニカル委員会コーチコミッティ（2013）日本バスケットボール協会公認コーチ向け電子ジャーナル「The Backboard」．Vol.1，pp.13–23.

2）宮城修・山下則之・大橋二郎・北川薫（1999）Ｊリーグ選手の体力と試合中の動きについて - 日本人選手と外国人選手の比較 -．バイオメカニクス研究，３（２）：125–131.

3）McInnes SE, Carlson JS, Jones CJ and McKenna MJ.（1995）The physiological load imposed on basketball players during competition. J Sports Sci., 13（5）:387-397.

4）Dobson, Bryan P and Keogh, Justin W.L.（2007）Methodological issues for the application of Time-Motion analysis research. Strength & Conditioning Journal, 29（2）：48–55.

5）福塚優樹・大場渉・奥田知靖（2007）バスケットボール選手の試合中における運動率に関する研究：Time-Motion 分析を用いて．スポーツ方法学研究，21（1）：51–54.

6）Cummins C., Orr R, O'Connor H. and West C.（2013）Global positioning systems（GPS）and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. Sports Med., 43（10）：1025–1042.

7）zxy（2015）. http://www.zxy.no（Retrieved May 29, 2015）

8）Catapult（2015）. http://www.catapultsports.com/jp（Retrieved May 29, 2015）

9）Walton JS.（1979）Close-range cine-photogrammetry: Another approach to motion analysis. Science in Biomechanics Cinematography, Terauds J（ed）, Academic Publishers, Del Mar, California, pp. 69–97.

10）池上康男（1983）写真撮影による運動の３次元的解析法．Jpn J Sports Sci, 2（3）：163–170.

11）池上康男・櫻井伸二・矢部京之助（1991）DLT 法．Jpn J Sports Sci, 10（3）：191–195.

12）大場渉・奥田知靖（2007）バスケットボールにおける選手及びボールの移動距離と移動速度に関する研究．スポーツ方法学研究，20（1）：71–84.

13）山田洋・小山孟志・國友亮佑・長尾秀行・三村舞・小

河原慶太・陸川章（2015）日本女子トップレベルのバスケットボール選手における試合中の移動距離及び移動速度．東海大学スポーツ医科学雑誌，27：29-36.
14）松本浩和・若吉浩二・小野桂市（1998）大学バスケットボールゲームおよび練習の運動学的評価と指導への応用．スポーツ方法学研究，11：95-102.
15）土岐純代・金銀暎・桜井伸二（2014）球技選手の移動距離算出におけるサンプリング周波数の決定法．中京大学体育研究所紀要，23：１－９．