

ラグビーゲーム中の運動強度に関する DLT 法による検討

大塚 道太

(2013年10月3日受理)

A Study on the Exercise Intensity of Rugby Union Game by DLT Method

Dohta Ohtsuka

Abstract: In this study, the movement distance and the movement speed of players were measured in the game by using the DLT method in order to clarify the characteristics of the exercise intensity of the university rugby union game. The total movement distance and the average movement speed of BK ($5.16 \pm 0.48\text{km}$, $1.13 \pm 6.26\text{m/s}$) were higher than those of FW ($6.23 \pm 0.33\text{km}$, $0.94 \pm 8.92\text{m/s}$), respectively. In addition, these values were significantly high at the positions where the players were located in the back row. From the movement distance and the movement speed in both the in-play and the out-of-play times, it was estimated that the middle-high intensity exercise of about 6 seconds and the low intensity exercise including 80 seconds rest were repeatedly performed in the game.

These results indicate that the training effect of rugby will be expected by : 1) Exercise intensity is set by the middle-high intensity exercise in the in-play time. 2) Exercise time is set by the time of the middle-high intensity exercise in the in-play time. 3) Rest time is set by the total of the low intensity time in the in-play and the out-of-play times in the game.

Key words: rugby union, exercise intensity, DLT method, movement distance, movement speed.s

キーワード：ラグビー、運動強度、DLT、移動距離、移動速度

1. 緒言

ラグビーに限らず、多くの球技スポーツ種目において、ダッシュやジャンプなどの高強度運動と、休息やウォーキング、ジョギングなどの低強度運動を繰り返す間欠的運動が見られる。間欠的運動下においては、高強度運動を繰り返し発揮できる能力が必要であり、

その改善が重要な課題と考えられる。また、間欠的運動を用いたトレーニングでは、高強度運動間の休息時間を短くすることで有酸素性エネルギーが貢献し、長くすることで無酸素系エネルギーが貢献することが知られている(山本ほか, 1990)。そのため、それぞれの球技スポーツ種目の移動距離や移動速度、運動時間、休息時間などを運動強度の指標として把握し、それに即したトレーニング方法を計画することは効果的であると考える(谷所ほか, 2009)。サッカーやハンドボールなどにおいては、ゲーム中の移動距離や移動速度を運動強度の指標として用いることにより、選手の体力的要素に関わるトレーニング方法を示唆する研

本論文は、課程博士論文候補を構成する論文の一部として、以下の審査委員により審査を受けた。

審査委員：黒川隆志(主任指導教員)、葛岡孝則、東川安雄、松尾千秋、出口達也

究が行われている (Bangsbo, 1994; 田中ほか, 2002)。

ラグビーにおいても、ゲーム中の運動強度を明らかにしようとする研究が試みられている。ゲーム中のプレーをビデオカメラに録画し、Time-motion analysis の手法を用いてゲーム中の移動距離、プレー頻度、インプレーとアウトプレー時間などが明らかにされた (Deutsch et al., 1998; Roberts et al., 2008)。しかしながら、この手法はビデオカメラに録画されたゲーム中のプレーを、分析者があらかじめ設定されたプレー内容に分類していく作業を繰り返すものである。そのため、この手法で得られたデータには分析者の主観性が強く反映するために客観性に欠けることから、その妥当性と信頼性は必ずしも高いとは言えない。

近年、Global Positioning System (以下、GPS とする) の小型軽量化にともない、ラグビーのゲームやトレーニング中の選手に GPS を装着させて、その時の移動距離や移動速度などを分析する研究が行われている (Cunniffe et al., 2009; Austin et al., 2011)。しかしながら、GPS によって測定されるスポーツ場面の移動距離や移動速度は、その時の運動の進行方法や状態、強度によって影響を受ける (Gray et al., 2010; Rob et al., 2010)。特に、ジグザグ走などの直線的ではない運動や、短時間に同じ場所を繰り返し行き来する運動、または高強度での運動下では、その移動距離と移動速度の信頼性と妥当性は低くなる (Aaron et al., 2010; Robert et al., 2010)。また、選手個人に GPS を装着させるために、ラグビーのゲーム中においては、ケガなどのアクシデントや戦略的な途中交代により、ゲーム全体を把握することは難しい場合も多い。そのため、予測不可能な高強度の運動をともない、選手の途中交代が多いラグビーにおいては、GPS による移動距離と移動速度の測定は適しにくいと思われる。

これまでにゲーム中の選手の位置情報を把握し、ゲームパフォーマンス分析に用いられてきた手法として、Direct Linear Transformation (以下、DLT と略す) 法がある (大橋, 1999; 沖原ほか, 2001)。この手法は、ゲーム中の全選手やボールの位置情報を全て記録するため、分析に費やす時間が長いという問題はあるが、分析者の主観性に委ねることがないためデータの妥当性と信頼性は高い。また、この手法で得られた選手の位置情報が連続されたデータはゲーム中の選手とボールの動きを表し、ゲームパフォーマンス分析においては戦術的要素だけでなく、体力的要素にも応用することができる (沖原ほか, 1999; 大場ほか, 2007)。

村上ほか (1997) は、ラグビーゲーム中の移動距離と移動速度を、DLT 法によって検討した。しかし、村上ほか (1997) の研究は、ゲーム中のインプレー時

間内のみを分析対象としており、ゲーム全体の移動距離と移動速度を把握するには到っていない。そのため、ラグビーのトレーニング方法を示唆するためには十分ではなく、ゲーム全体を通しての選手の移動距離と移動速度を把握することが重要な課題であると考えられる。

そこで本研究では、DLT 法を用いることにより15人制ラグビーの全ゲーム中の移動距離と移動速度を指標にして、その運動強度の特性を明らかにすることを目的とした。

II. 研究方法

1. 分析対象

全国大会に出場経験のある A 大学と B 大学の公式試合を分析対象とした。ゲームスコアは、10対24 (前半: 0-5, 後半: 10-19) で、B 大学が勝利したゲームである。ゲーム時間は、前半45.9分、後半45.8分の合計91.7分であり、この全時間を分析した。なお、ゲームのビデオ撮影はゲームを主催する協会及び両チームからの許可を得て行った。

2. 撮影方法

ゲーム中の選手とボールの位置情報を、複数のカメラで撮影して3次元座標に変換する DLT 法を用いて撮影した。2台のデジタルカメラ (SONY 社製 DCR-TRV70) を LED 型シンクロナイザ (DKH 社製 PTS-110) で同期させ、競技場のスタンドから撮影角度が 70° になるように設置し、30Hz で1ゲームを通して撮影した。撮影に際し、それぞれのカメラに同一の基準点であるサイドラインとエンドラインの交点、ゴール等が入るように設置した。

3. データの抽出

2台のデジタルカメラで記録された画像は、ビデオキャプチャーボードにより1/4秒毎にデジタル化され、コンピューターに取り込まれた。その後、三次元解析ソフトを使用して、グラウンド上の30名の選手とボールの座標データ (x, y, z) を得た。その際、選手の位置は腰の位置をデジタイズした。三次元座標は、X 軸をサイドラインと平行に、Y 軸ラインをエンドラインと平行に、Z 軸を鉛直方向に設定した。また、デジタイズのキャリブレーションには、グラウンド上のサイドラインとエンドラインの交点とそこに5mのキャリブレーションボールを立て、それぞれを座標点として用いた。なお、DLT 法による計測誤差は X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向それぞれ0.01m, 0.02m, 0.02m であった。

4. データ分析と統計処理

グラウンド上の30名の選手の移動距離と移動速度

は、上述した分析手法により算出されたそれぞれの三次元位置座標を数値演算して求めた。また、選手をフォワード (FW) とバックス (BK) に分類し、さらに5つのポジション (フロントロー、セカンドロー、サードロー、インサイドバックス、アウトサイドバックス) に分類した。

次に、上記の方法で得られたデータに対して統計処理を行った。ゲーム中の移動距離と移動速度それぞれについて、ポジションごとの平均値の差を検討するために、FW と BK の平均値の差には t 検定を、5つのポジションの平均値の差には一元配置分散分析を用いた。

また、各選手のゲーム中における最高移動速度を基準として6つのカテゴリー (0%, 1-20%, 21-40%, 41-60%, 61-80%, >80%) に移動速度を分類した。これらはゲームが進行している時間であるインプレー時間とゲームが中断している時間帯であるアウトプレー時間別に求めた。なお、有意水準はいずれも5%未満とした。

III. 結果

1. 1 ゲーム全体の移動距離

ポジション毎にまとめた選手の1ゲーム全体の移動距離を表1に示した。A大学の全選手の1ゲーム全体を通した移動距離の平均値は5.71±0.66kmであり、ゲームに勝利したB大学は5.62±0.69kmであった。各選手についてみると、最長の移動距離はA大学の12左センターの6.71km、最短はA大学の3右プロップの4.44kmであり。両者の差は2.27kmであった。ま

た、各選手の前半と後半の移動距離を比較すると、全30選手中19選手において前半は後半よりも高かった。

FW と BK の比較では、FW の移動距離 (5.16±0.48km) は BK (6.23±0.33km) より有意に低値を示した (t(28)=6.83, p<.05)。また、5つのポジションの移動距離に関して分散分析を行ったところ、有意な主効果が認められた (F(4, 25)=26.3, P<.01)。そこで、多重比較を行った結果、サードローはフロントローよりも、インサイドバックスはフロントロー、セカンドロー、サードローよりも、アウトサイドバックスはフロントロー、セカンドローよりも有意に高かった (いずれも p<.05)。

2. 1 ゲーム全体の移動速度

ポジション毎にまとめた選手の1ゲーム全体の最高移動速度と平均移動速度を表2に示した。A大学の全選手の最高移動速度の平均値は8.11±0.76m/sであり、平均移動速度の平均値は1.04±0.12m/sであった。一方、ゲームに勝利したB大学の全選手の最高移動速度の平均値は8.05±0.79m/sであり、平均移動速度の平均値は1.02±0.13m/sであった。各選手についてみると最高移動速度においては、A大学の14右ウイング (9.11m/s) が最も高く、次いでA大学の15フルバック (9.07m/s)、B大学の15フルバック (9.06m/s) の順が示すように、BKの選手、特にアウトサイドバックスが上位を多く占めた。逆に、最高移動速度で最も低かったのはB大学3右プロップ (6.32m/s) であり、次いでA大学の1左プロップ (6.90m/s)、A大学3右プロップ (6.93m/s) の順が示すように、FWの選手、特にフロントローが下位を多く占めた。

FW と BK の平均移動速度の比較では、FW (0.94

表1 ポジション毎にまとめた選手の1ゲーム全体の移動距離 (km)

ポジション	FW			BK			全選手										
前半	2.71±0.26			3.22±0.15													
後半	2.45±0.23			3.01±0.21													
total	5.16±0.48*			6.23±0.33													
ポジション	フロントロー	セカンドロー	サードロー	インサイドバックス	アウトサイドバックス												
前半	2.49±0.16	2.69±0.18	2.94±0.17	3.30±0.14	3.16±0.14												
後半	2.26±0.09	2.42±0.13	2.66±0.20	3.12±0.16	3.12±0.16												
total	4.75±0.25	5.11±0.28	5.60±0.36	6.42±0.28	6.42±0.28												
背番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	11	13	14	15		
前半	A大学	2.47	2.69	2.25	2.99	2.69	2.99	2.94	2.89	3.04	3.42	3.44	3.01	3.09	3.37	3.16	2.96±0.32
	B大学	2.54	2.66	2.32	2.49	2.61	3.07	3.15	2.62	3.24	3.32	3.35	3.21	3.07	3.05	3.36	2.94±0.35
後半	A大学	2.24	2.43	2.19	2.60	2.32	2.74	2.82	2.56	2.91	3.18	3.27	2.81	2.72	3.30	3.08	2.74±0.35
	B大学	2.29	2.30	2.13	2.49	2.27	2.76	2.83	2.25	2.88	3.21	3.25	2.78	2.66	3.15	2.96	2.68±0.36
total	A大学	4.71	5.12	4.44	5.59	5.01	5.73	5.76	5.45	5.95	6.60	6.71	5.82	5.81	6.67	6.24	5.71±0.66
	B大学	4.83	4.96	4.45	4.98	4.88	5.83	5.98	4.87	6.12	6.53	6.60	5.99	5.73	6.20	6.32	5.62±0.69

FW vs. BK (* p<.05)

ポジション間: サードロー > フロントロー; インサイドバックス > フロントロー, セカンドロー, サードロー; アウトサイドバックス > フロントロー, セカンドロー (いずれも p<.05)

表2 ポジション毎にまとめた選手の1ゲーム全体の最高移動速度と平均移動距離 (m/s)

ポジション	FW								BK								全選手	
最高移動速度	8.54								9.11									
平均移動速度	0.94±5.00*								1.13±6.26									
ポジション	フロントロー		セカンドロー		サードロー		インサイドボックス		アウトサイドボックス									
最高移動速度	7.21		7.66		8.54		8.83		9.11									
平均移動速度	0.86±5.00		0.93±5.78		1.02±7.23		1.17±5.67		1.11±5.72									
背番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	11	13	14	15			
最高移動速度	A大学		6.90	7.21	6.93	7.11	7.54	7.99	8.54	8.32	8.83	8.45	8.11	8.77	8.83	9.11	9.07	8.11±0.76
平均移動速度	A大学		0.86	0.93	0.81	1.01	0.91	1.04	1.05	0.99	1.08	1.20	1.22	1.06	1.06	1.21	1.14	1.04±0.12
最高移動速度	B大学		6.99	7.01	6.32	7.47	7.66	8.01	8.07	8.24	8.60	8.26	8.52	9.00	8.62	8.99	9.06	8.05±0.79
平均移動速度	B大学		0.88	0.90	0.81	0.90	0.89	1.06	1.08	0.88	1.11	1.19	1.20	1.09	1.04	1.13	1.15	1.02±0.13

FW vs. BK (* p<.05)

ポジション間：サードロー>フロントロー；インサイドボックス>フロントロー，セカンドロー，サードロー；アウトサイドボックス>フロントロー，セカンドロー（いずれも p<.05）

±8.92m/s)はBK(1.13±6.26m/s)より有意に低値を示した(t(28)=6.84, p<.05)。また、5つのポジションの平均移動速度について分散分析を行ったところ、有意な主効果が認められた(F(4, 25)=26.25, p<.05)。そこで、多重比較を行った結果、サードローはフロントローよりも、インサイドボックスはフロントロー、セカンドロー、サードローよりも、アウトサイドボックスはフロントロー、セカンドローよりも有意に高かった(いずれも p<.05)。

次に、5つのポジションにおけるゲーム中の最高移動速度を基準とした6つのカテゴリーの分布を図1に示した。どのポジションにおいても最高移動速度の1-20%カテゴリーに55-65%と多く分布し、61-80%、>80%のカテゴリーには、ほとんど分布しなかった。

3. インプレー時間内とアウトプレー時間内における移動距離

ゲーム中のインプレー時間の総計は42分42秒(前半21分46秒，後半20分56秒)，アウトプレー時間の総計は49分03秒(前半24分07秒，後半24分56秒)であった。また、インプレー時間の1回あたりの平均時間は40±29秒であり、その内訳の時間を運動強度別に示すと、>80%と61-80%カテゴリーの高強度運動が2秒程度を占め、41-60%カテゴリーの中強度運動が4秒程度を占めていた。アウトプレー時間の1回あたりの平均時間は47±35秒であった。総計でも1回あたりの平均時間でも、インプレー時間とアウトプレー時間に大差はなく、有意差はみられなかった。

インプレー時間内とアウトプレー時間内における移動距離を表3に示した。FWとBKともにインプレー時間内の移動距離はアウトプレー時間内のそれより有意に高かった(FW:t(15)=24.18, p<.01, BK:t(13)=10.65, p<.01)。また、インプレー時間内の移動距離において、FWはBKより有意に低かった(t(28)=3.81, p<.01)。同様に、アウトプレー時間内の移動距離において、FWはBKより有意に低かった(t(28)=8.30, p<.01)。

次に、5つのポジション毎にインプレー時間内とアウトプレー時間内の移動距離を比較した結果、いずれのポジションにおいてもインプレー時間内はアウトプレー時間内より有意に高かった(フロントロー:t(10)=12.28, p<.05, セカンドロー:t(6)=11.50, p<.05, サードロー:t(10)=9.74, p<.05, インサイドボックス:t(10)=10.67, p<.05, アウトサイドボックス:t(14)=7.85, p<.05)。また、インプレー時間内における5つのポジ

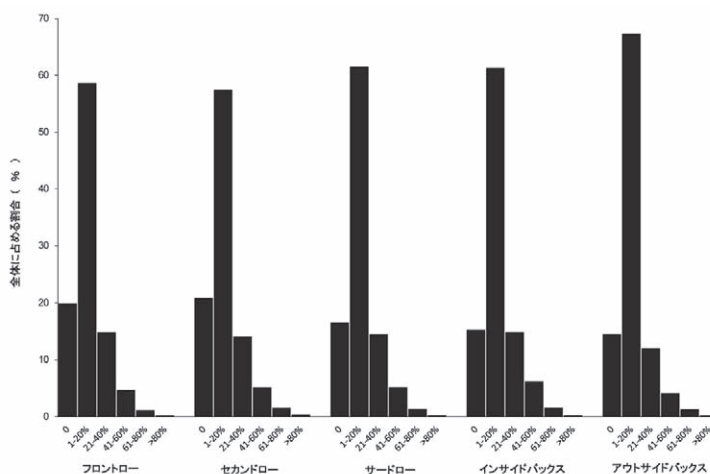


図1 5つのポジションにおけるゲーム中の最高移動速度を基準とした6つのカテゴリーの分布

表3 インプレー時間内とアウトプレー時間内における移動距離 (km)

ポジション	FW				BK			
	インプレー時間内		アウトプレー時間内		インプレー時間内		アウトプレー時間内	
前半	1.69±0.11	1.02±0.07	1.89±0.01	1.34±0.03				
後半	1.58±0.10	0.87±0.06	1.86±0.12	1.17±0.03				
total	3.27±0.21 ^{ns}	1.89±0.14 [↓]	3.75±0.23*	2.51±0.06				

ポジション	フロントロー		セカンドロー		サードロー		インサイドバックス		アウトサイドバックス	
	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内
前半	1.55±0.11	0.94±0.08	1.70±0.11	1.00±0.07	1.82±0.14	1.12±0.02	1.99±0.10	1.31±0.13	1.79±0.09	1.37±0.11
後半	1.45±0.06	0.81±0.05	1.58±0.11	0.84±0.03	1.70±0.18	0.95±0.04	1.98±0.12	1.13±0.10	1.73±0.13	1.20±0.19
total	3.00±0.17*	1.76±0.13	3.28±0.19*	1.83±0.08	3.52±0.03*	2.08±0.06	3.98±0.19*	2.44±0.23	3.52±0.20*	2.57±0.20

インプレー時間内 vs. アウトプレー時間内 (* p<.05)
 インプレー時間内におけるFW vs. BK (# p<.05)
 アウトプレー時間内におけるFW vs. BK (↓ p<.05)
 インプレー時間内: サードロー > フロントロー; インサイドバックス > フロントロー, セカンドロー, サードロー, アウトサイドバックス; アウトサイドバックス > フロントロー (いずれも p<.05)
 アウトプレー時間内: サードロー > フロントロー; インサイドバックス > フロントロー, セカンドロー, サードロー; アウトサイドバックス > フロントロー, セカンドロー, サードロー (いずれも p<.05)

ションの移動距離について分散分析を行ったところ、有意な主効果が認められた (F(4, 25) = 13.30, p<.05)。そこで、多重比較を行った結果、サードローはフロントローよりも、インサイドバックスはフロントロー、セカンドロー、サードロー、アウトサイドバックスよりも、アウトサイドバックスはフロントローよりも有意に高かった (いずれも p<.05)。同様に、アウトプレー時間内における5つのポジションの移動距離について分散分析を行ったところ、有意な主効果が認められた (F(4, 25) = 25.88, p<.05)。そこで、多重比較を行った結果、サードローはフロントローよりも、インサイドバックスはフロントロー、セカンドロー、サードローよりも有意に高かった (いずれも p<.05)。

インプレー時間内とアウトプレー時間内における1回あたりの移動距離を表4に示した。FWとBKともにインプレー時間内における1回あたりの移動距離はアウトプレー時間内におけるそれより有意に高かった (FW: t(1854) = 12.67, p<.01, BK: t(1830) = 9.03, p<.01)。また、インプレー時間内における1回あたりの移動距離において、FWはBKより有意に低かった (t(1948) = -3.33, p<.01)。同様に、アウトプレー時

間内における1回あたりの移動距離において、FWはBKより有意に低かった (t(1880) = -7.52, p<.01)。

次に、5つのポジション毎にインプレー時間内とアウトプレー時間内における1回あたりの移動距離を比較した結果、フロントロー、セカンドロー、サードロー、インサイドバックスのポジションにおいて、インプレー時間内の移動距離はアウトプレー時間内より有意に高かった (フロントロー: t(577) = 6.04, p<.05, セカンドロー: t(384) = 5.43, p<.05, サードロー: t(577) = 6.64, p<.05, インサイドバックス: t(575) = 7.00, p<.05)。また、インプレー時間内における5つのポジション毎の移動距離について分散分析を行ったところ、有意な主効果が認められた (F(4, 1945) = 5.54, p<.05)。そこで、多重比較を行った結果、インサイドバックスはフロントロー、セカンドローよりも有意に高かった (いずれも p<.05)。同様に、アウトプレー時間内における5つのポジションの移動距離について分散分析を行ったところ、有意な主効果が認められた (F(4, 1877) = 16.05, p<.05)。そこで、多重比較を行った結果、インサイドバックスはフロントロー、セカンドロー、サードローよりも、アウトサイドバックスはフロントロー、セカンドロー、サードローよりも有意に高かった (いずれも p<.05)。

表4 インプレー時間内とアウトプレー時間内における1回あたりの移動距離 (km)

ポジション	FW				BK			
	インプレー時間内		アウトプレー時間内		インプレー時間内		アウトプレー時間内	
	50.2±42.5 ^{ns}	30.1±27.5 [↓]	57.1±50.1*	40.0±29.7				

ポジション	フロントロー		セカンドロー		サードロー		インサイドバックス		アウトサイドバックス	
	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内
	46.1±35.9*	27.9±25.3	50.4±42.6*	29.1±28.1	54.2±45.9*	33.0±28.8	61.2±52.8*	38.8±30.7	54.2±47.8	40.9±28.9

インプレー時間内 vs. アウトプレー時間内 (* p<.05)
 インプレー時間内におけるFW vs. BK (# p<.05)
 アウトプレー時間内におけるFW vs. BK (↓ p<.05)
 インプレー時間内: インサイドバックス > フロントロー, セカンドロー (いずれも p<.05)
 アウトプレー時間内: インサイドバックス > フロントロー, セカンドロー, サードロー; アウトサイドバックス > フロントロー, セカンドロー, サードロー (いずれも p<.05)

4. インプレー時間内とアウトプレー時間内における平均移動速度

インプレー時間内とアウトプレー時間内における平均移動速度を表5に示した。FWとBKともにインプレー時間内の平均移動速度はアウトプレー時間内のそれより有意に高かった (FW : t(15)=17.92, p<.01, BK : t(13)=13.90, p<.01)。また、インプレー時間内の平均移動速度において、FWはBKより有意に低かった (t(28)=4.51, p<.01)。同様に、アウトプレー時間内の平均移動速度において、FWはBKより有意に低かった (t(28)=7.91, p<.01)。

次に、5つのポジション毎にインプレー時間内とアウトプレー時間内の平均移動速度を比較した結果、いずれのポジションにおいてもインプレー時間内はアウトプレー時間内より有意に高かった (フロントロー : t(10)=16.09, p<.05, セカンドロー : t(6)=14.34, p<.05, サードロー : t(10)=12.18, p<.05, インサイドバックス : t(10)=13.51, p<.05, アウトサイドバックス : t(14)=11.95, p<.05)。また、インプレー時間内における5つのポジションの平均移動速度について分散分析を行ったところ、有意な主効果が認められた (F(4, 25)=12.95, p<.05)。そこで、多重比較を行った結果、サードローはフロントローよりも、インサイドバックスはフロントロー、セカンドロー、サードロー、アウトサイドバックスよりも、アウトサイドバックスはフロントローよりも有意に高かった (いずれも p<.05)。同様に、アウトプレー時間内における5つのポジションの平均移動速度について分散分析を行ったところ、有意な主効果が認められなかった。

5つのポジションのインプレー時間内とアウトプレー時間内におけるゲーム中の最高移動速度を基準とした6つのカテゴリーの分布を図2に示した。いずれのポジションのインプレー時間内とアウトプレー時間内においても、最高移動速度の1-20%のカテゴリーが最も多く分布し、大半を占めた。インプレー時間内においては21-40%のカテゴリーが続いて多く分布したが、アウトプレー時間内においては0%のカテゴリーが続

いて多く分布する傾向がみられた。アウトプレー時間内においては、>80%のカテゴリーはほとんど分布しなかった。

IV. 考察

ラグビーは、100m×70m以内のグラウンド上において、様々な運動強度の不規則な繰り返しが要求される間欠的運動をとまなう競技である。これまでの間欠的運動に関する研究において、運動中の運動強度と運動量によって生理的効果が異なることが明らかになっている (山本, 1994)。このため、競技種目の運動特性を把握し、トレーニングを計画することは非常に重要な課題であると考えられる。また、運動中の個々の運動強度の指標は、個人の運動能力に大きく左右されるため、相対的な明示方法が必要となる。

本研究における移動距離は運動量として、移動速度は運動強度として捉えることができる。また、移動速度については、相対的な指標の明示方法として、選手個人の最高移動速度を基準とした6つのカテゴリーの分布として表した (図1, 図2)。さらに、ラグビーは1チーム15人から構成されており、それぞれのポジションによってプレーの特性が異なるため、ポジション別に検討する必要がある (石井ほか, 2002)。

本研究の結果から、ラグビーにおける1ゲーム全体を通した移動距離は4~7kmに及び、ポジションによって明らかに傾向が異なった。すなわち、FWとBKを比較すると、BK(6.23±0.33km)はFW(5.16±0.48km)より有意に多く移動していた。さらに5つのポジションを比較すると、インサイドバックスとアウトサイドバックスのBK間には顕著な差は見られなかったが、FW間においては、サードローはフロントローより有意に高値を示した。このように、後列に位置するポジションほど多くの距離を移動する傾向がうかがえた。

次に、ラグビーにおける1ゲーム全体を通した移動速度においては、最高移動速度は7~9m/s、平均移動

表5 インプレー時間内とアウトプレー時間内における平均移動距離 (km)

ポジション	FW				BK					
	インプレー時間内		アウトプレー時間内		インプレー時間内		アウトプレー時間内			
	1.27±0.13 ^a		0.64±0.06 ^f		1.52±0.16 ^a		0.82±0.06			
ポジション	フロントロー		セカンドロー		サードロー		インサイドバックス		アウトサイドバックス	
	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内	インプレー時間内	アウトプレー時間内
	1.17±1.22 ^a	0.60±0.04	1.28±0.07 ^a	0.62±0.03	1.37±0.12 ^a	0.70±0.02	1.63±0.12 ^a	0.80±0.06	1.43±0.12 ^a	0.84±0.05

インプレー時間内 vs. アウトプレー時間内 (* p<.05)

インプレー時間内におけるFW vs. BK (# p<.05)

アウトプレー時間内におけるFW vs. BK (J p<.05)

インプレー時間内: サードロー>フロントロー; インサイドバックス>フロントロー, セカンドロー, サードロー, アウトサイドバックス; アウトサイドバックス>フロントロー

(いずれも p<.05)

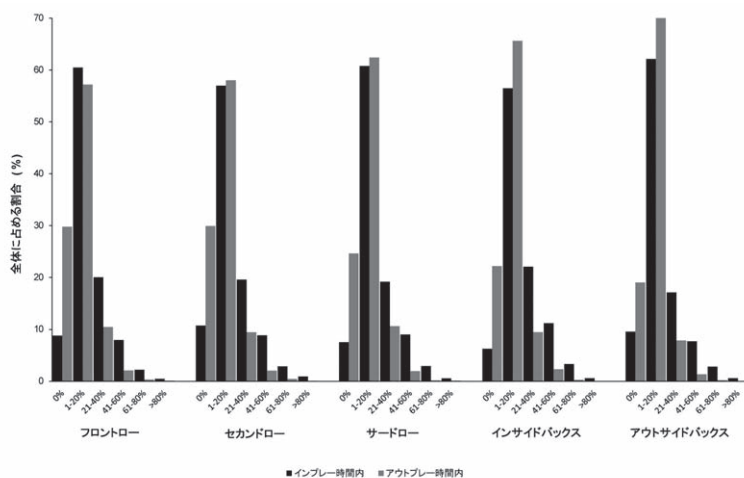


図2 5つのポジションのインプレー時間内とアウトプレー時間内におけるゲーム中の最高移動速度を基準とした6つのカテゴリーの分布

速度は0.8~1.2m/sの範囲にあり、移動距離と同様にポジションによって傾向が異なった。すなわち、FWとBKの平均移動速度を比較すると、BK(1.13±6.26m/s)はFW(0.94±8.92m/s)よりも有意に高値を示した。また、BK間に顕著な差はみられなかったが、FW間においてサードローはフロントローより有意に高値を示した。このように、後列に位置するポジションほど高い移動速度を示す傾向がうかがえた。

1ゲーム全体を通した移動距離と移動速度のどちらにおいても、後列に位置するポジションほど高値を示す傾向にあるのは、ポジション特性が関与していると考えられる。FWではスクラムやラインアウト、ラック、モールといった密集におけるラグビー特有のコンタクトプレーが多くみられ、ボールと選手の位置関係はBKにおけるよりも近い(van Rooyen et al, 2008)。FWの中においても、フロントローとセカンドローは密集プレーの要である。一方、BKはFWの密集地帯の後方でバックスラインを作り、勢い良く走り込んで確保されたボールを受け取り、ゲインラインの突破を図ろうとする。この他にもBKは、攻撃陣地を有利に獲得するため、キックの使用により長い距離を走る場面がみられる。このように、ボールに近い位置関係にあるFWよりも、BKの方が長い距離を勢い良く走り込んでボールを受け取る必要があるために、ゲーム中の移動距離と移動速度が高くなるものと考えられる。また、FWの中でもサードローは、バックスラインに参加する機会が他のFWよりも多く、FWでありながらBKのポジション特性を併せ持つために、FWの中において有意な差が生じたと考えられる。

しかしながら、上述のように、移動速度はポジシ

ョン特性だけでなく選手個人の運動能力にも依存する。このため、個人の最高移動速度を基準とした6つのカテゴリーの分布でみた結果(図1)、どのポジションにおいても、1ゲーム全体の80%近くを最高移動速度の0%と1-20%カテゴリーに費やしていた。残りの20%近くのほとんどを最高移動速度の21-40%と41-60%カテゴリーが占め、61-80%と>80%カテゴリーは2%程度しか分布しなかった。Bangsbo et al. (1991) は、Standing (0m/s), Walking (1.66m/s), Jogging (2.22m/s), Slow running (3.05~3.33m/s),

Moderate running (4.16~4.44m/s), Fast running (5.00~5.55m/s), Sprint (6.11~7.22m/s)の区分でゲーム中の移動速度を分類している。この区分を本研究における6つのカテゴリーの移動速度と照合すると、0%カテゴリーはStanding, 1-20%カテゴリーはWalking, 21-40%カテゴリーはJoggingとSlow running, 41-60%カテゴリーはModerate running, 61-80%カテゴリーはFast running, >80%カテゴリーはSprintの域におおよそ相当する。また、田中ほか(2002)はBangsbo et al. (1991)の移動速度の分類をエネルギー供給系と対応させて、StandingやWalking, Jogging, Slow runningは有酸素系エネルギーの域とし、Moderate running, Fast running, Sprintは無酸素系エネルギーの域と設定している。このエネルギー供給の視点から、本研究の結果を解釈すると、ラグビーにおいてはStandingもしくはwalkingの走運動を伴わない有酸素運動がゲームの80%を占め、その中で選手はjoggingやSlow runningの有酸素エネルギーが要求される中強度の走運動、Moderate runningやFast running, Sprintの無酸素系エネルギーが要求される中~高強度の走運動を間欠的に行っていると考えられる。

ラグビーは、キックオフによってゲームが開始されてインプレーとなり、ボールがラインを越えてボールデッドになった場合やレフリーのジャッジによるペナルティー等によってゲームが中断されアウトプレーとなる。そして、スクラムやラインアウトのボールインや、キック等によってインプレーが再開され、インプレーとアウトプレーがゲーム終了まで繰り返される。したがって、ゲーム中におけるインプレー時間と

アウトプレー時間のプレーの特質は大きく異なるため、それぞれの移動距離と移動速度についても検討を行った。

インプレー時間内とアウトプレー時間内における移動距離を比較した結果、FWとBKともに、インプレー時間内での移動距離の方がアウトプレー時間内での移動距離よりも有意に高く、5つのポジションにおいてはアウトサイドバックを除いて同様の結果が得られた。そのため、ゲーム中の移動距離はインプレー時間とアウトプレー時間の比率とは逆に、インプレー時間内の移動距離の方が高い傾向が認められた。なお、インプレー時間内とアウトプレー時間内それぞれにおけるFWとBKの移動距離は、BKの方がFWよりも有意に高く、5つのポジションにおいては、後列に位置するポジションほど移動距離が高くなる傾向がみられ、ゲーム全体を通しての移動距離の傾向と同様であった。また、インプレー時間内とアウトプレー時間内における1回あたりの移動距離を比較したところ、インプレーではラグビーグラウンドの約半分の距離に相当する45~60mの範囲を移動し、次のアウトプレーにおいて30~40mの範囲で移動して各ポジションの位置に戻る傾向にあった。

次に、インプレー時間内とアウトプレー時間内における移動速度を比較したところ、FWとBKともに、インプレー時間での移動速度の方がアウトプレー時間での移動速度よりも有意に高く、5つのポジションにおいても同様の結果が得られた。なお、インプレー時間内とアウトプレー時間内それぞれにおけるFWとBKの移動速度は、BKの方がFWよりも有意に高く、5つのポジションにおいては、後列に位置するポジションほど移動速度が高くなる傾向がみられ、ゲーム全体を通しての移動速度の傾向と同様であった。また、個人の最高移動速度を基準としたカテゴリーでは、インプレー時間内とアウトプレー時間内ともに、どのポジションにおいても1-20%カテゴリーが多く、それぞれ全体の60~70%を費やしていた。なお、0%カテゴリーにおいては、インプレー時間内よりもアウトプレー時間内の方が多く、0%と1-20%カテゴリーはアウトプレー時間内の84~87%を占めていた。21-40%、41-60%、61-80%、>80%カテゴリーではアウトプレー時間内よりもインプレー時間内の方が多く、その合算はインプレー時間内の30~38%を占めていた。

このことから、インプレー時間内においては、ゲーム状況の変化に対応するプレーのために、walkingのような低強度運動の中で、JoggingやSlow running, Moderate running, Fast running, Sprintといった中~高強度の走運動を間欠的に行っていると考えられ

る。これに対して、アウトプレー時間内では、次のインプレーに対応するための戦術やサインの確認、ポジション間の移動などのために、standingやwalkingといった走運動をとまなわない低強度運動がほとんどを占めると考えられる。

ゲームの勝敗に直接的に関係しないが、アウトプレー時間において走運動をとまなわない低強度運動がほとんどを占めることは、インプレー時間中の間欠的な高強度運動の回復のために重要な意味を持つ。間欠的運動においては、無酸素系エネルギーの一つであるATP-CP系エネルギーと、有酸素系エネルギーがいずれも利用され、高強度運動の反復を可能にしている(Bangsbo, 1994; Gaitanos et al., 1993)。そして、回復期における有酸素系エネルギーの産生能力が高強度運動を持続させる能力に影響を与える(Bogdanis et al., 1995; Sahlin et al., 1989; 坂井ほか, 1999)。間欠的運動に属するスポーツ種目の中でも、相対的に運動時間が長く、休息時間が短い競技種目ほど、高い有酸素系エネルギー能力が求められ、サッカーやバスケットボール、ハンドボールなどの競技種目はラグビーと比較してより高い有酸素系エネルギー能力が要求される(山本, 1994)。これらの競技種目においては、競技人数やグラウンドの広さなどの違いはあるが、ゲーム中におけるStandingやwalkingの割合は60~65%を占める(Bangsbo et al., 1991; 田中ほか, 2002; 大場ほか, 2007)。本研究のラグビーの場合、ゲーム全体のstandingとwalkingの割合は80%近くあり、その内の半分以上はアウトプレー時間におけるものである。したがって、アウトプレー時間を間欠的運動の回復期として捉え、この時間を次のインプレー時間の準備時間として有効に利用することによって、インプレー時間における高強度運動の割合を高めることが高いパフォーマンスを得る上で重要であると考えられる。

本研究の結果、1回あたりの平均インプレー時間は 40 ± 29 秒であった。その内訳の時間を運動強度別に詳細に検討すると、1回のインプレー時間内に占める各カテゴリーの時間は、>80%と61-80%カテゴリーのFast runやSprintの高強度運動が2秒程度を占め、41-60%カテゴリーのModerate runの中強度運動が4秒程度を占めていた。これらのことから、1回のインプレー時間内に起こる中~高強度運動は平均して1回あたりに6秒程度出現することになる。10秒以内の高強度運動のエネルギー源はATP-CP系であり(Sahlin, 1989)、間欠的運動における無酸素系エネルギーはATP-CP系の貢献度が高いことから(Gaitanos et al., 1993)、本研究における40%強度以上のエネルギー源はATP-CP系であると推測される。そして、

インプレー時間内の ATP-CP 系以外の残りの時間34秒とアウトプレー時間47秒を合わせた80秒程度の時間における活動は Walking, Jogging, Slow running といった低強度運動と、Standing のような休息であったことから、この間のエネルギー供給源は有酸素系であると推測される(山本, 1994)。したがって、ラグビーでは、ATP-CP 系エネルギーを供給源とした6秒程度の中～高強度運動と、有酸素系エネルギーを供給源とした80秒程度の休息を含む低強度運動が繰り返し行われていると考えられる。ゲーム全体を通して中～高強度運動の出現は7%と少ないが、この間にゲームの勝敗を決する重要なプレーが展開されることから、この能力を高めることは重要であると考えられる。

間欠的運動における ATP-CP 系エネルギー能力と有酸素系エネルギー能力の両方を効率良く向上させる最適なトレーニングとして、運動強度を高め設定し、運動時間を短くし、休息時間も短くして、それを反復して行わせる方法が提案されている(金久, 1993)。このトレーニング方法をラグビーに適用する場合、ゲーム中の中～高強度運動のほとんどがインプレー時間内で起こっていたことを考慮して、その運動強度はインプレー時間内に要求される中～高強度運動を想定して設定すべきであると考えられる。次に、運動時間については、1回のインプレー時間内に中～高強度運動は6秒程度の出現していたことを考慮して、ゲーム中のインプレー時間内に中～高強度運動が出現する時間から設定すべきであると考えられる。休息時間については、1回のインプレー時間内における低強度運動が34秒、1回のアウトプレー時間が47秒であったことを考慮して、ゲーム中のインプレー時間内に低強度運動が出現する時間と、ゲーム中のアウトプレー時間の合算から設定する必要がある。また、インプレー時間内における低強度運動とアウトプレー時間内における運動の多くが walking であったことから、乳酸処理能力を高める上からもトレーニング中はたとえ休息時間であっても立ち止まることなく動き続けることは重要であると考えられる(Apple et al., 1986; Donovan, 1990)。なお、本研究で用いた運動強度の指標は移動距離と移動速度であり、それはゲーム中の歩行や走行などの移動運動が主である。しかしながら、ラグビーは移動運動の中にスクラム、ラインアウト、タックル、ラック、モールといったコンタクトプレーを伴う場合がある。そのため、トレーニングはただ移動する運動だけではなく、トレーニング中にタックルやラック、モールなどのゲームに即した状況を取り入れることが効果的であると考えられる。

V. 要約

本研究では、15人制大学ラグビーゲームの運動強度の特性を明らかにするため、DLT法を用いて、ゲーム中における選手の移動距離と移動速度を測定した。ゲーム中の移動距離と移動速度において、BK($5.16 \pm 0.48\text{km}$, $1.13 \pm 6.26\text{m/s}$)はFW($6.23 \pm 0.33\text{km}$, $0.94 \pm 8.92\text{m/s}$)よりいずれも高かった。また、それらの値はポジションが後列に位置するほど高値を示した。インプレー時間内とアウトプレー時間内の移動距離と移動速度から、ゲーム中は6秒程度の中～高強度運動と、80秒程度の休息を含む低強度運動が繰り返し行われていると推定された。

以上のことから、ラグビーのトレーニング方法として、運動強度はインプレー時間内の中～高強度運動から設定し、運動時間はインプレー時間内に中～高強度運動が出現する時間から設定し、休息時間はインプレー時間内に低強度運動が出現する時間と、ゲーム中のアウトプレー時間の合算から設定することで、より競技特性に即したトレーニング効果が期待できると考えられる。

【文献】

- Aaron, J.C., Rob, D. (2010) Validity and Reliability GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13: 133-135.
- Apple, F.S., Rogers, M.A. (1986) Skeletal muscle lactate dehydrogenase isozyme alterations in men and woman marathon runners. *Journal of Applied Physics*, 61: 477-481.
- Austin, D., Gabbett, T., Jenkins, D. (2011) The physical demands of Super 14 rugby union. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14: 259-263.
- Bangsbo, J., Norregaard, L., Thorso, F. (1991) Activity Profile of Competition on Soccer. *Canadian Journal of Sports Sciences*, 16: 110-116.
- Bangsbo, J. (1994) Energy demand in competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, 12: 5-12.
- Bogdanis, G., Nevill, M., Lakomy, H., Nevill, A. (1995) Recovery of power output and muscle metabolites following 30s of maximal sprint cycling in man. *Journal of Physiology*, 482: 467-480.
- Cunniffe, B., Proctor, W., Baker, J.S., Davies, B. (2009) An evaluation of the physiological demands of elite

- rugby union using Global Positioning System tracking software. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23: 1195-1203.
- Dean, G.H., David, B.P., Judith, M.A., Anthony, E. (2012) Movement patterns in rugby sevens: Effects of tournament level, fatigue and substitute players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15: 277-282.
- Deutsch, M.U., Maw, G.J., Jenkins, D., Reaburn, P. (1998) Heart rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 16: 561-570.
- Donovan, C.M., Pagliassotti, M.J. (1990) Enhanced efficiency of lactate removal after endurance training. *Journal of Applied Physics*, 68: 1053-1058.
- 古川拓夫・島崎達也・西村康平・中川 昭 (2012) 近年の世界トップレベルにおける7人制ラグビーのゲーム様相:15人制ラグビーとの比較をととしての検討。 *Football Science*, 9: 25-34。
- Gaitanos, G.C., Williams, C., Boobis, L.H., Brooks, S. (1993) Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75: 712-719.
- Gray, A.J., Jenkins, D., Andrew, M.H., Taaffe, D.R., Glover, M.L. (2010) Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports. *Journal of Sports Sciences*, 28: 1319-1325.
- 石井信輝・落合 勲 (2002) 日本人高校生のラグビーポジションに対する認知構造: ボールゲームの指導方法への示唆。 *スポーツ教育学研究*, 22: 1-12.
- 金久博昭 (1993) パワーの持久性とトレーニング効果。 *Japan Journal of of Sports Sciences*, 12: 165-175.
- 大場 渉・奥田知靖 (2007) バスケットボールゲーム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: 71-84.
- 大橋二郎 (1999) サッカーのゲーム分析-その手法と現場への応用-。 *バイオメカニクス研究*, 3: 119-124.
- 沖原 謙・塩川満久・菅 輝・風間八宏・松本光弘・今西和男 (1999) フットサル競技における戦術に関する研究-画像解析により算出されるデータの意義について(2002ワールドカップのゲーム分析へ)-。 *サッカー医・科学研究*, 19: 53-56.
- 沖原 謙・塩川満久・菅 輝 (2001) ゲーム分析における客観的データとコーチの印象分析-日本代表 vs UAE 戦より-。 *サッカー医・科学研究*, 21: 139-142.
- Rob, D., Machar, R., John, B., Wayne, S. (2010) Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of movement patterns in confined spaces for court-based sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13: 523-525.
- Roberts, P.S., Trewartha, G., Higgitt, R.J., El-abd, J., Stoke, K.A. (2008) The physical demands of elite English rugby union. *Journal of Sports Science*, 26: 825-833.
- Sahlin, K., Ren, J. (1989) Relationship of contraction capacity changes during recovery from a fatiguing contraction. *Journal of Applied Physiology*, 67: 648-654.
- 坂井和明・高松 薫 (1999) 間欠的なハイパワー発揮能力と3種のエネルギー産生能力との関係。 *体力科学*, 48: 453-466。
- 田中 守・Lars Bojsen Michalsik・Jens Bangsbo (2002) デンマークにおける一流ハンドボール選手の公式ゲーム中の活動特性。 *スポーツ方法学研究*, 15: 61-73.
- 谷所 慶・伊藤和一・前田正登・平川和文 (2009) 混戦型球技における移動特性および間欠的運動パターンの比較。 *体育学研究*, 54: 99-106.
- Treadwell, J. (1988) Computer-aided match analysis of selected ball games soccer and rugby union. In *Science and Football*, 2: 129-134.
- 村上 純・下園博信・下永田修二・乾 真寛・片峯隆・古川拓生 (1997) ラグビープレイヤーのゲーム中の移動距離と速度の研究。 *福岡大学体育学研究*: 25-54. van Rooyen, M.K., Rock, K., Daeson, B., Prim, S., Lambert, M. (2008) The quantification of contacts with impact during professional rugby matches. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 8: 113-126.
- 山本正嘉・金久博昭 (1990) 間欠的な全力運動の持久性に関する研究; 無酸素性および有酸素性作業能力との関係。 *Japan Journal of Sports Sciences*, 9: 526-530.
- 山本正嘉 (1994) Anerobics と Aerobics の二面性をもつ運動をとらえる: 間欠的運動のエナジェティクス。 *Japan Journal of Sports Sciences*, 13: 607-615.