

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：57103

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500719

研究課題名(和文)陸上競技における局面学習に関する研究 - マック理論の展開 -

研究課題名(英文)A Study on the situation learning in Athletics - the development of the theory to Mach Drills -

研究代表者

八嶋 文雄 (YASHIMA, FUMIO)

北九州工業高等専門学校・総合科学科・准教授

研究者番号：00258568

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：スプリント技術を身につけるための基本的なドリルとして2つのドリルがある。そのドリルはAドリルとBドリルと呼ばれており、マックドリルとして知られている。本研究では、スプリント技術を身につけるためのAドリルとBドリルをキネマティクスの比較検討した。そして、スプリント技術に関連する動作について解析を行った。特に腿上げ動作に着目してスプリント技術を分析した。また、エリート選手はよりよいスプリント技術を示すことができるため、被験者は日常的にマックドリルを行っているイギリスのエリートレベルの短距離選手とした。

研究成果の概要(英文)：There are two drills which are the basic exercise for developing proper sprint technique. These drills are termed the A drill and B drill. They are also known as the "Mach sprint technical Drills". The purpose of this study was to compare the kinematics of the running A drill and B drill to sprinting. This comparison was accomplished by a kinematic analysis of variables associated with sprint technic. We analyzed sprint technic while paying attention to high knee for swing phase and kick phase in particular. The subject is elite athlete in England that training the Mach Drills everyday. For the reason, Elite athletes may demonstrate better technique with more similarities to sprinting.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：Mach Drills A Drill B Drill 短距離走

1. 研究開始当初の背景

新学習指導要領では、何をどこまで指導すべきかが示され、解説にはより具体的な動きが例示されるとともに、小学校から高校までの各発達段階に応じて確実に「知識」と「基本的技術」を習得させることがねらいとして挙げられた。

具体的には、走る距離が小学校低学年(30~50m)から高校生(100~400m)まで段階的に漸増しており、小学校高学年からは「走動作の正しい動きを身につけること」がねらいに入り、中学~高等学校では、「リズムカルな全身の動きで最大疾走スピードを高めること」や「力みのないリズムカルな走り」、さらには、ピッチとトライドの関係や足の接地ポイントと離地後の運び方、腕振りと脚の動きの調和やスタートダッシュにおける力強いキックと加速に伴う上体の起こし方まで、かなり専門的な要素が学習指導すべき技能の内容として段階的・系統的に特徴づけられている(表1)。つまり、それぞれの運動における重要な動き(技術)のポイントや体の動かし方を理解した上で、適切な練習方法を通して学習していくことを重視していると言える。そこで、1960年から1970年代にかけて欧米において世界レベルの選手を数多く輩出し、世界的に著名な短距離コーチであるポーランドのゲラルド・マック(Gerard Mach)氏の理論に着目した。マック氏の理論については、我が国においては批判的な見解もあるが、原理的には今も変わらない走運動の基本技術に迫っているため、今回の改訂で求められている重要な動きのポイントや身体の動かし方を理解して、正しいランニングを習得していく上では極めて重要な示唆を与えてくれるものと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、科学的な根拠に基づいた運動技能学習を可能にするために、Mach Drillsのなかでも特にA DrillとB Drillを日常的にトレーニングのなかで実践している英国のエリートレベルの短距離選手の動作をバイオメカニクス的な手法を用いて動きの局面(スウィング期・キック期)に着目して解析するものである。また、被験者の所属する英国と日本における短距離の競技レベルについて、オリンピック及びその代表選考を兼ねた国内選手権の記録から比較検討した。

3. 研究の方法

(1)対象

英国のエリートレベルの短距離選手で、主な成績としては2008年世界ジュニア4x400mR銀メダル、2009年ヨーロッパ選手権ジュニア400m銀メダル、2010年世界室内4x400mR銀メダル、2011年世界陸上(大邱)4x400mR7位などの実績を有している(表2)。

表1. 走動作の系統的な運動技能の発展

学年	小学校5・6年	中学1・2年	中学3年・高校1年	高校2・3年
距離	50~80m	50~100m	100~200m	100~400m
スタート	スタンディング	クラウチング	クラウチング	クラウチング
系統的な運動技能の発展				
技 能	スピード	全力で走る	最大スピードを高める	高いスピードをアイニッシュ直ぐまで保つ
	走り方	一定の距離を全力で走る	滑らかな動きで速く走る(最大スピード)	中間走の高いスピードを維持して速く走る
	動き	上体のリラックス	腕と脚の調和・ピッチとストライド	スタートダッシュ及び合理的なフォームとリズムカルな動き 足の接地とキックした足の運び

表2. 対象競技者のプロフィール

Event	PB	2014 25歳	2013 24歳	2012 23歳	2011 22歳	2010 21歳	2009 20歳	2008 19歳	2007 18歳	2006 17歳	2005 16歳	
60	6.74			6.74	6.81		6.93	6.89	6.91	7.06	7.01	
100	10.38		10.71		10.38	10.88						
200	20.93		20.92	20.86	20.98	21.20	21.49	21.48	21.73	21.33	21.79	21.92
300	33.4							33.4				
400	45.11	45.68	45.23	45.11	45.85	46.45	45.78	46.4	46.31			
800	1:57.07					1:57.07						
1500	4:28.7						4:28.7					

1989年生まれ 178cm 68kg www.thepowerof10

また、競技レベルの比較については、英国選手権(2012年6月22日~24日・Birmingham)、日本選手権(2012年6月8日~10日・長居)そしてOlympic Games(2012年8月3日~12日・London)を対象とした。

(2)データの収集

スプリント動作とMach Drillsに関するデータについては、2011年~2013年にかけて被験者の練習拠点であるイギリスのインドアトラック及びアウトドアトラックでの実験を通して収集・整理したものである。疾走データに関する実験は、200mのスピードコントロール走(100m、150m、200mのマークをそれぞれ11.3、16.6、21.9で通過するという設定)の中で、スタートから130m地点のインフィールド25mにビデオカメラを設置してパンニング撮影を行った。ポイントは走路のインラインとアウトライン上に130m地点を中心に2.5m間隔で12箇所のマークを打った。また、Mach Drillsに関する実験では、走路から垂直方向に離れた場所から4点のリファレンスポイントを配置して、固定されたビデオカメラを通してデータの収録を行った。

また、日英の短距離種目の状況を調査するために2012年ロンドンオリンピックの選考を兼ねた両国における国内選手権及びオリンピックゲームズの男子短距離種目の公式結果から情報を収集した(表3)。

(3)分析と結果の処理

スプリント動作とMach Drillsの画像解析については、得られたビデオ画像をパソコンに取り込み、1コマ毎に23個の分析点をデジタイズし、動作解析ソフトFrame-DIAS version(DKH社)を使って行った。結果の処理はエクセルの計算プログラムに従って集計を行った。

日英国内選手権及びオリンピックにおけ

表3. 日英代表選手の国内選手権及びオリンピックのラウンド毎の記録

EVENT	Personality				National Championships (Olympic Trials)										LONDON 2012 OLYMPICS									
	NAME	NAT	PB	Age	Heat	Wind	GC	NO	pass	Semis	Wind	GC	NO	pass	Final	Wind	GC	Heat	Wind	Semis	Wind	Final	Wind	
100	ERIGUCHI	JPN	10.07	24	10.45	-0.9	22.5°C	18名	10.46						10.29	0.0	24.0°C	10.30	+0.7					
	YAMAGATA		10.07	20	10.22	+1.3	87%	3-2+2							10.34	0.0	79%	10.07	0.0	10.10	+1.7			
	CHAMBERS	GBR	9.97	34	10.34	+0.3	18.0°C	55名	10.68	10.29	+0.8	17°C			10.25			10.02	+2.0	10.05	+1.0			
	DASAO LU		10.08	25	10.45	+1.9	60%	8-2+8		10.28	-0.4	57%	3-2+2	10.39	10.31	-0.1	17°C	10.13	+0.4	10.18	+0.7			
	GEMILI		10.05	19	10.27	+0.4				10.20	0.0				10.29			10.11	0.0	10.06	+1.7			
200	IIZUKA	JPN	20.45	21	20.80	+0.9	25.0°C	17名	20.90					20.45		25.2°C	20.81	+1.1						
	TAKAHIRA		20.22	28	20.66		72%	3-2+2						20.56	0.0	51%	20.57	+0.7	20.77	-0.4				
	TAKASE		20.42	24	20.67	0.0				20.42					20.42			20.72	+0.8	20.70	-0.5			
	ELLINGTON	GBR	20.42	27	21.01	+1.7	14.0°C	37名	21.09	20.56	1.5	14.0°C			20.56			21.23						
MALCOLM		20.08	33	20.76	+0.8	71%	5-1+3		20.63		71%			20.63			20.59		20.51					
400	KANEMARU	JPN	45.16	25	45.99		22.8°C	87%	19名	3-2+2	46.64			46.18	24.5°C	76%	46.01							
	LEVINE	GBR	45.11	23	45.91					46.00				46.00			45.58		45.64					
	ROONEY		44.60	25	46.24		17°C	31名	46.31	45.93		14°C		45.93		14°C	45.36		45.31					
	C. WILLIAMS		45.08	30	46.15		57%	4-1+4		45.97		71%		45.97		71%	46.12		45.53					

表4. 各種目の記録の平均値

種目	ラウンド	日本選手権		英国選手権		t値	p値
		M	SD	M	SD		
100m	予選	10.547	0.190	10.710	0.212	2.90 *	.005
	決勝	10.417	0.110	10.378	0.100	0.76	.460
200m	予選	20.910	0.240	21.361	0.356	5.25 *	.000
	決勝	20.762	0.272	20.825	0.228	0.51	.616
400m	予選	47.096	0.469	47.205	0.864	0.42	.674
	決勝	46.779	0.523	46.481	0.470	1.20	.251
100m	予選						
	準決勝	10.547	0.191	10.451	0.132	1.90	.065

* : p < .05

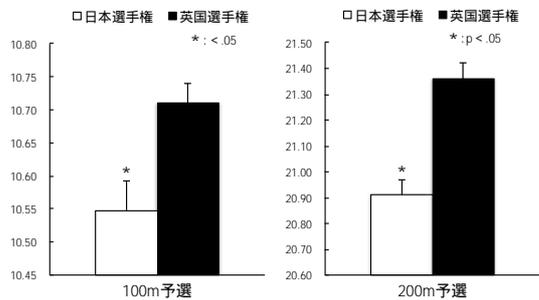


図1. 100mと200mの日英比較(予選)

る記録分析については、対応する2組の平均値の差の検定、対応のない2組の平均値の差の検定を行い有意水準を5%以上とした。

4. 研究成果

(1)近年の日本男子短距離選手の世界大会における活躍には目を見張るものがある。特に男子4×100mRにおいては、2000年のシドニーオリンピック以来、アテネ、北京(銅メダル)、ロンドンと4大会連続で入賞を果たしており、その背景にはナショナルチームとしての強化策・戦略、科学委員会のサポートなどによる貢献とともに短距離選手それぞれの競技水準の向上がある。そこで、陸上競技におけるメダル数では常に世界の上位に君臨するイギリス(GBR)と日本(JPN)の短距離種目について、オリンピック代表選手を中心に国内選手権からオリンピックまでのラウンド毎の記録を比較検討した(表3)。

100mでは1999年(9.97)、2001年(9.97)、2010年(9.99)と9秒台をマークしているイ

ギリスの競技者(Dwain Chambers)が圧倒的に良い記録であるが、国内選手権において優勝はしたものの相対的な記録は日本と比較しても大差ない。しかし、同一条件下でのレースとなったオリンピックにおいては、イギリス選手が予選、準決勝とPBに近い力を発揮している。そのなかで予選を10秒07(PB)で通過し、準決勝においても10秒10で走った日本人競技者(山縣亮太)の活躍は評価できる。また、200mでは2001年に20秒08をマークしたイギリス人競技者(Christian Malcolm)の力が抜けているが、他の選手のPBは日英ともにほとんど変わらない。国内選手権に予選、決勝の記録水準は日本の方が若干高く、オリンピックの舞台においても、日本人競技者が2人、イギリス人競技者が1人準決勝に進出している。そして400mでは2008年北京オリンピック6位のイギリス競技者(Martyn Rooney)をはじめ、伝統的にイギリスが強い種目である。国内選手権、オリンピックともにイギリス人競技者の記録水準が日本を上回った。オリンピックではファイナリストこそ出なかったが、本研究の対象となった競技者(Nigel Levine)を含む全出場者(3人)とともに準決勝への進出を果たしている。

次にラウンド毎の記録の平均値を比較した結果(表4・図1)予選においては100m、200mで日本選手権の方が有意に高い値を示した。決勝においては、100m、400mの決勝で英国選手権の平均値の方が日本選手権を上回ったが、いずれも有意性は認められなかった。また、100mにおいては、一方で準決勝が行われたため、準決勝を決勝前のラウンドとみなして記録の平均値の差を比較したが有意性は認められなかった。しか

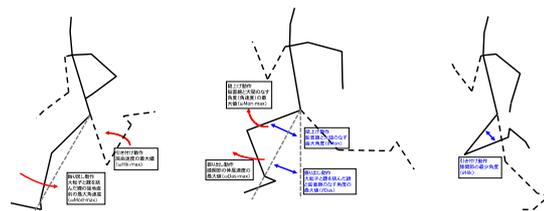


図2. スイング脚の角度定義

表5 スプリント動作の解析結果

スイング脚		
腿上げ動作		
1 鉛直線と大腿のなす最大角度	67.0462	deg
2 θ Momの角速度の最大値	711.3913	deg/s
引きつけ動作		
3 膝関節の最小角度	29.276	deg
4 屈曲速度の最大値	-786.0522	deg/s
振り出し動作		
5 鉛直線と大転子と踝を結んだ線のなす角度の最大角度	34.8481	deg
6 膝関節の伸展速度の最大値	1122.37	deg/s
振り戻し動作		
7 大転子と踝を結んだ線の接地直前の最大角速度	-423.5417	deg/s
キック脚		
キック動作		
11 キック脚の股関節の最大伸展速度	670.8317	deg/s
12 キック脚の膝関節の最大伸展速度	264.0414	deg/s
13 足関節の最大足底屈速度(伸展速度)	298.4312	deg/s
14 脚全体の最大後方スイング速度	-582.8157	deg/s
接地局面の下肢関節(分節)角度・角速度		
15 大腿の最大角速度(後方スイング速度)	-649.0242	deg/s
16 下腿の最大角速度(後方スイング速度)	-731.1177	deg/s
接地瞬間		
17 股関節角度(大転子を中心に上体と大腿のなす角度)	218.825	deg
18 膝関節角度	153.446	deg
19 足関節角度	72.7457	deg
20 大腿角度(鉛直線とのなす角度)	37.0249	deg
21 下腿角度(鉛直線とのなす角度)	10.4713	deg
離地瞬間		
25 股関節角度	164.362	deg
26 膝関節角度	155.674	deg
27 足関節角度	67.0348	deg
28 大腿角度(鉛直線とのなす角度)	-25.0325	deg
29 下腿角度(鉛直線とのなす角度)	-49.358	deg

しながらこれらの結果は、日本における代表選考の難易度の高さを裏付けるものであり、同時に、近年の我が国における男子短距離選手の競技水準の高さを推察できるものであると言えます。

(2)スプリント動作の分析

図2はスイング脚の角度定義で、表5はその解析結果、そして図3はスプリントフォームのスティックピクチャーである。

スプリント動作に関する先行研究では、100m 走の世界トップレベルの傾向では疾走速度が高いほどスイング脚の引き付け動作

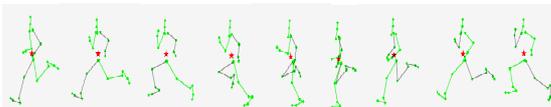


図3 .Sprint フォームのスティックピクチャー



図4 .A Drill のスティックピクチャー

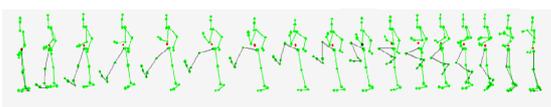


図5 .B Drill のスティックピクチャー

における膝関節角度が大きく(32~38deg)振り戻し速度は高く(408~569deg/s)、キック脚の脚全体の最大後方スイング速度も高い(603~745deg/s)ことが報告されている。今回対象となった選手においては、世界トップレベルに見られる一定の傾向と比較するといずれもやや小さい値(29.28deg、423.54deg/s、582.82deg/s)であった。

(3)Mach Drills の分析

A Drillは両足首の伸展によるジャンプ動作に伴って、一方は支持脚となり母指球ラインでしっかりと地面を押し、もう一方は足首が背屈された状態で踵が臀部下に素早く引き付けられながら、少なくとも地面と水平まで大腿部を引きあげる。そして、膝関節は伸展動作を伴いながら重心の真下まで引き戻されて接地する。この動作は一連の動きのなかで両脚交互に行われたものである。(図4)

B Drillは両足首の伸展によるジャンプ動作に伴って、一方は支持脚となり母指球ラインでしっかりと地面を押し、もう一方は足首が背屈された状態で踵が臀部下を通して膝関節が閉められたままより高い位置へと引き上げられ、股関節が大きく開かれる。そして、膝関節は伸展動作を伴いながら踵は弧を描いて重心の真下まで引き戻されて接地する。

表6 . 3スキルのスイング脚の動作角度

	A Drill (deg)	B Drill (deg)	Sprint (deg)
腿上げ角度	96.42	121.28	67.05
引き付け角度	25.61	29.35	29.28
振り出し角度	44.62	49.78	34.85

表7 . 3スキルのスイング脚の動作速度

	A Drill (deg/s)	B Drill (deg/s)	Sprint (deg/s)
腿上げ速度	668.06	710.78	711.39
引き付け速度 (膝関節の屈曲)	1306.55	1027.4	957.36
振り出し速度 (膝関節の伸展)	1166.04	988.66	1122.37
振り戻し速度 (接地直前)	418.15	448.77	423.54

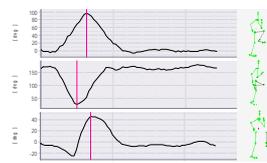


図6 .A Drill におけるスイング脚の角度変化

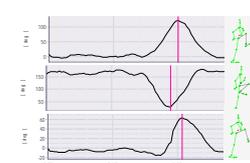


図7 .B Drill におけるスイング脚の速度変化

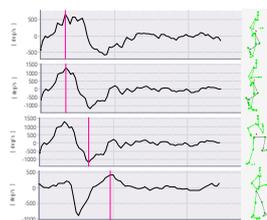


図8 .A Drill におけるスイング脚の角速度変化

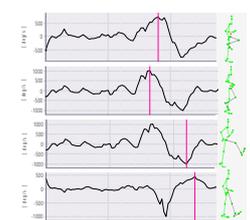


図9 .B Drill におけるスイング脚の線速度変化

この動作は一連の動きのなかで両脚交互に行われたものである。(図5)

腿上げ角度はスプリント動作(67.05deg)よりも2つのドリル(A:96.42deg, B:121.28deg)の方が大きく、特にBドリルは大幅に大きな値を示した。引きつけ角度はAドリルが小さい値(25.61deg)を示し、振り出し角度はBドリルが大きい値(49.78deg)であった。また、最大関節角速度においては、膝関節の屈曲と伸展の関係がスプリント動作とドリルでは逆の傾向を示した。このことは、疾走速度と相関のある脚の後方スイングをドリルの中で獲得するためには、引き付け動作からワンアクションで一連の動きを作り出すためであると考えられる。

また、Aドリルは腿上げ速度は低いものの膝関節は高い屈曲速度で引き付けられており、その後膝関節は積極的に伸展されて接地している。つまり、ドリル中の腿上げはそれ自体が目的ではなく、大腿の後方スイングを高めるための予備動作と言える。そして、Bドリルはスプリントに劣らない腿上げ速度と高い屈曲速度で膝関節は引きつけられて高い位置まで引き上げられている。また、伸展速度は小さいものの振り戻し動作は積極的に行われている。つまり、下腿の振り出し動作は、接地直前の最大角速度を得るための予備動作であり、この動作は降り出すのではなく、振り戻される時に受動的に膝を伸展させるものである。

今回のMach Drillsにおけるスイング脚に焦点をあてた分析結果は、スプリントフォームの指導方法として必ずしも否定的な見解ではなく、今後の学習指導及び活用においては再考する必要性を示唆するものであると言える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計2件)

(1) 八嶋文雄、金子公宏、“ロンドンオリンピックを控えた日・英の陸上競技選手権大会における分析的研究”、九州体育・スポーツ学会、平成25年9月15日、九州共立大学

(2) 八嶋文雄、井上伸一、“Mach Drillsと疾走動作に関するキネマティクスの研究 英国におけるエリートレベルの短距離選手の事例”、日本体育学会第65回大会、平成26年8月28日、岩手大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

八嶋 文雄(YASHIMA FUMIO)
北九州工業高等専門学校・総合科学科
・准教授
研究者番号:00258568

(2)研究分担者

太屋岡 篤憲(TAYAOKA ATSUNORI)
北九州工業高等専門学校・電子制御工学科
・准教授
研究者番号:60236768

(3)研究分担者

井上 伸一(INOUE SHINICHI)
佐賀大学・文化教育学部・教授
研究者番号:80260727