

2014 年度 修士論文

パワー向上を意図したウエイトリフティングのエクササイズが
ボブスレー選手のパフォーマンス向上に及ぼす影響

Effect of the Weightlifting Exercises on the Performance
Development of Bobsledders

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科

スポーツ科学専攻 修士課程 1 年制エリートコーチングコース

5014A327-6

脇田 寿雄

Wakita, Toshio

研究指導教員：岡田 純一 教授

目次

第Ⅰ章 序論	1
Ⅰ-1 緒言	1
Ⅰ-2 関連文献の考証	4
Ⅰ-2-1 ボブスレー競技規則	4
Ⅰ-2-2 ボブスレー競技における規定因子	5
Ⅰ-2-3 ボブスレー選手の特徴	7
Ⅰ-2-4 身体能力と競技パフォーマンス評価	8
Ⅰ-2-5 日本選手の評価	10
Ⅰ-2-6 ボブスレー選手に求められる能力	10
第Ⅱ章 方法	12
Ⅱ-1 被験者	12
Ⅱ-2 トレーニング内容	13
Ⅱ-3 測定項目	14
第Ⅲ章 結果	19
Ⅲ-1 Combine Test のパフォーマンス	19
Ⅲ-1-1 45m 走	20
Ⅲ-1-2 Broad Jump	22
Ⅲ-1-3 Shot Toss	22
Ⅲ-1-4 Power Clean	23
Ⅲ-1-5 バックスクワット	24
Ⅲ-2 Push Bobsled	25
Ⅲ-2-1 25m タイム	25
Ⅲ-2-2 Push Bobsled 区間タイム	25
Ⅲ-3 動作分析	28

第IV章 考察	30
IV-1 ウェイトリフティングと Combine Test との関係	30
IV-2 ウェイトリフティングと Push Bobsled との関係	34
IV-3 現場への実践応用	35
第V章 結論	37
第VI章 参考文献	38
謝辞	43

第 I 章 序論

I -1 緒言

ボブスレーのプッシュタイムに影響する体力要因として、これまで下肢のパワーなどが重要とされ、日本においてはコントロールテストとして、①20m 走、②60m 走、③立ち5段跳び、④ベンチプレス、⑤バックスクワットのテストが実施されてきた。このテスト結果がオリンピックの代表選手選考、新人選手発掘、あるいは選手個々のコンディショニングに役立てられている。一方、米国ボブスレー・スケルトン連盟でも 6-Item Field Test (表 1) が実施されてきた。

表1 各国のテスト項目 ⁵⁾⁴⁶⁾

	日本	米国	カナダ
	Control Test	6-item Test	Combine Test
			Test standards
15m			○
20m	○		
30m		○	○
45m			○女子
60m	○	○	○男子
100m		○	
30mFly			○
垂直跳び		○	
Broad Jump			○
立ち五段跳び (両脚)		○	
立ち五段跳び (交互)	○		
Shot Toss		○	○
Medicine Ball Throw			○
Power Clean			○(1RM)
フロントスクワット			○
バックスクワット	○(1RM)		○(3RM)
ベンチプレス	○		

Osbeck³⁰⁾らの報告によると、この 6-Item Test のうち、特に垂直跳びや 30m 走が重要な種目であることが明らかになっている。また、ボブスレーのスタートライン通過後 50m のタイムはゴールタイムに大きな影響を及ぼし、スタート時のタイムロスがフィニッシュ時には 3 倍に達する

という報告がなされている²³⁾。

米国ボブスレー・スケルトン連盟の6-Item Field Testは2008年から

“Combine Test¹⁾”と名称を変え、テスト項目が、①15m通過タイム、②30m通過タイム、③60m走(男子)、45m走(女子)、④30mFly、⑤Broad Jump、⑥Shot Toss、⑦Power Clean、⑧バックスクワットに変更された。ソチオリンピック女子2人乗り1位のカナダもまたボブスレー選手の評価指標として同様な

“Test standards bobsleigh”を実施している⁵⁾さらに、ボブスレーのソリを用いた評価指標として、ローラーが装着されたソリを押す動作(以下Push Bobsled)によりタイム計測や大会が実施されている。

Osbeck²⁷⁾らの報告(図1)では、Push Bobsledとの間に有意な相関関係がある種目とされる「垂直跳び」や「30m走」において、ワールドカップ出場選手(World Team)および未出場(Non-World Team)との間に大きな差はみられなかった。しかし、Shot Tossについては他種目よりその差が大きかった。カナダの“Test standards bobsleigh”と米国Combine Testを比較すると、砲丸のかわりにMedicine Ballを使用している。

Medicine Ball ThrowはShot Toss同様に下肢三関節の伸展運動によるものであり¹⁾、下肢による爆発的パワー発揮を伴って行われている。

このようなボブスレーに関連する体力テスト項目について俯瞰し(表1)、6 Item Field Test実施時には含まれていなかったPower Cleanが米国のCombine TestやカナダのTest standards bobsleighに導入されていることに着目した。Shot TossやMedicine Ball ThrowとPower Clean

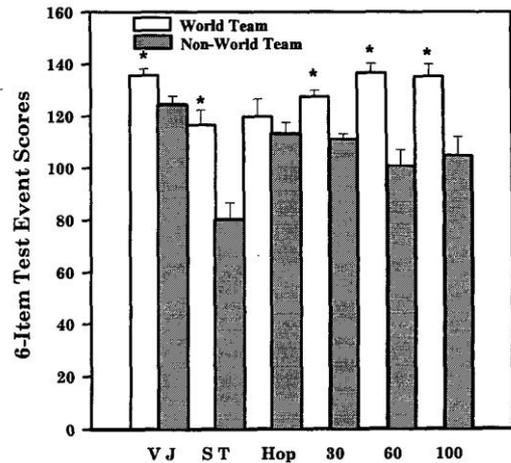


図1 1994年米国ボブスレーワールドカップ出場者と未出場者比較²⁸⁾

とは、器具（道具）は異なるものの、床に近い低い位置から最大努力で下肢三関節の伸展²⁾を行うという点では動作が類似している。そこで筆者はソリの重量が最低 170 kg (男子), 140kg(女子)と規定されていることから、Power Clean に代表されるウエイトリフティングのエクササイズ¹¹⁾ はボブスレーのスタートに影響を及ぼす重要な要素であると推察した。前述の通り、Power Clean は強国の体力テストに採用されているが、ウエイトリフティングの能力向上がボブスレー選手の競技力向上、とくにスタートのプッシュタイムに及ぼす影響は明らかではない。

そこで本研究は、ウエイトリフティングによるパワー発揮能力向上が、Push Bobsled のプッシュタイムや関連するパフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

I-2 関連文献の考証

I-2-1 ボブスレー競技規則

International Bobsleigh & Skeleton Federation (以下 IBSF) により, Bobsled(以下ソリ)に関する規定, ボブスレートラックに関する規定, 競技規定などが国際競技規則において定められている¹⁶⁾. ボブスレートラックの長さは 1,200m~1,650m と定められており, ボブスレー助走区間はスタートブロック(図 2-1)からファーストフォトセル(スタート)までの区間(図 2-2)である. この直線区間の長さは 15m, 勾配は 2%, さらにファーストフォトセルから中間フォトセル区間までの距離は 50m, 勾配は 12% である. ボブスレーはこの人工凍結トラックを用いて, ソリを押し加速させた後, ソリに飛び乗って滑走しゴールタイムを競う競技である. 種目については, 男子 2 人乗り, 男子 4 人乗り, 女子 2 人乗りがある. 選手について年齢制限がありボブスレー競技の滑走可能年齢は 15 歳以上となっている. 選手の役割はソリを操作するパイロット, ゴール後ブレーキをかけるブレーカーというポジションに分かれる. 両ポジションに共通している点はソリを押し加速させることである.



図 2-1 スタートブロック地点



図 2-2 ファーストフォトセル地点

I -2-2 ボブスレー競技における規定因子

ボブスレー競技の勝敗を決定する因子として、スタート時にソリを加速するスプリント能力、パイロットによるソリの操作技術、ソリの機能の3つが挙げられる³²⁾³⁵⁾⁴³⁾。鈴木³⁸⁾³⁹⁾はスプリント能力について、①「ソリの押し出し」、②「加速」、③「ソリへの乗り込み技術」が特に重要であると報告している(図3)。

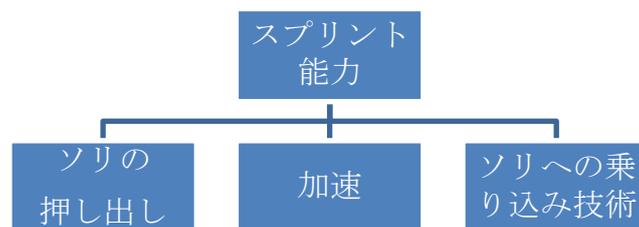


図3 スプリント能力の規定因子、鈴木³⁸⁾³⁹⁾の報告をもとに筆者作成。

1) スタート時にソリを加速するスプリント能力

① ソリの押し出しの出来ばえを決定する規定因子は、第1歩目速度とされており、第1歩目速度を決定する因子は、地面反力、質量(身体質量+ソリの質量)と考えられる。ボブスレーの押し出しに関する先行研究は見あたらないが、第1歩目速度の規定因子である質量を考えた場合、170kgのソリを加速させなければならないことが重要な因子であると推察される。ボブスレー同様にパワーの作用する方向が水平方向である立幅跳びにおいて各関節の貢献度は、股関節59.6%、膝関節4.3%、足関節は37.2%であり⁴⁴⁾股関節の貢献がとくに重要であることが分かる。したがって自体重ではなく170kgに及ぶソリを押しボブスレーにおいては立ち幅跳び以上に股関節の貢献が必要と推察できよう。

② 加速を決定する規定因子は、走速度、さらに走速度を決定する因

子としてピッチ，ストライド長が考えられ，ストライド長を決定する因子には，地面反力，身体質量およびソリの重量が考えられる．陸上競技の100m走では，最大疾走速度を高めることがパフォーマンスを決定する要因となっている²⁴⁾．走速度はストライドとピッチの積で決定されるため⁴³⁾，走速度を最大化するためにはストライド，ピッチのいずれかを最大化することが必要となる²⁵⁾³⁷⁾．さらに，滞空時間の延長はストライドの向上と同時にピッチの低下を引き起こすと考えられる．一方，接地時間を短縮させることはピッチ向上をもたらし，ストライド低下への影響も小さいと考えられる．すなわち滞空時間を延長させストライドを向上させると同時に，それによるピッチの低下を接地時間の短縮によりおさえることが速度の増加になると報告されている，加えて，三本木ら³¹⁾は30m走における10mごとのすべての走速度と垂直跳びや立ち幅跳びの跳躍距離との間に有意な相関関係を報告した．

③ ソリの乗り込みを決定する規定因子は，踏切速度である．さらにこの踏切速度を決定する因子は疾走速度および，踏切時の速度変化と考えられる．踏切時の速度変化を規定する因子は，地面反力，踏み切り時間，質量と考えられ，さらにソりに跳び乗る局面では疾走速度が最大となっているであろう．そのためこの局面では低負荷高速度の条件となりスプリント能力の必要性が高く，加えてブレーキ作用が生じないよう踏切時間の最小化が重要と推察される．

2)パイロットによるソリの操作技術

各国では滑走ライン分析を試み，滑走ラインの差異がゴールタイムに大きく関与しているとう報告⁸⁾³⁸⁾や，高速滑走中のパイロットの正確なソリの操作技術によってゴールタイムが決定する³⁴⁾と報告されている．

2014年ソチオリンピック優勝，および2位のパイロットは40歳を超えていたことから操作技能を向上させるためには時間を要することが推察される．

3)ソリの機能

ボブスレー競技は0.01秒を争う競技であるためソリの構造に関する規定は細かな部分まで定められている．しかし，その許された規定内において，各国がソリの開発競争を繰り広げている．ソリに関する先行研究において，ソリの Aerodynamic performance を用いて空気抵抗最適化によるゴールタイム向上⁴⁾を図ること，あるいはボブスレー競技は氷上の競技であることから，氷の摩擦抵抗を最小化²⁹⁾する低摩擦ボブスレーランナーの開発が進められている．

I-2-3 ボブスレー選手の特徴

ボブスレーの競技成績は，選手のスプリント能力の大小によって大きく左右される³⁴⁾ことから，これまで日本チームは，60m走，立ち5段跳びを重要なテストとしてきた．2013年に実施されたコントロールテストにおいて，2014年ソチ冬季オリンピックに出場したS選手は60m走が6.63秒，立ち5段跳びでは，15.67mを記録した．同じくM選手は60m走が6.49秒，立ち5段跳びでは15.93mを記録していた．S選手は2004年に開催された埼玉国体，陸上競技成年男子100mにおいて優勝，M選手は2002年全日本陸上選手権大会男子200mで優勝している．さらにM選手は2003年世界選手権に出場し，400mリレーにおいて6位入賞を果たしている．一方，2014年2月に開催されたソチオリンピックボブスレー女子2人乗に出場した米国のWilliams選手は，アテネオリンピッ

ク女子 100m の銀メダリストであったり， Jones 選手は，ロンドンオリンピック 100m ハードル 4 位の選手であることからボブスレー競技において高いスプリント能力が求められていることが分かる．表 2 に示した米国女子 Combine Test 結果において， Evans 選手の 30m 走は Williams 選手や Jones 選手より劣る．しかし， Shot Toss においては Williams 選手や Jones 選手より高値を示していた．さらに Evans 選手は Push Bobsled において Williams 選手や Jones 選手より優れた結果を出していることから， Push Bobsled と相関が高いとされる 30m 走がそれだけでパフォーマンスを推定できないこと， Shot Toss のような負荷を伴うパワー発揮の重要性を意味していよう．

表2 Combine Test 米国女子ブレーカー比較⁴⁶⁾

	15m (秒)	30m (秒)	30mFly (秒)	45m走 (秒)	ST (m)	BJ (m)	PC (kg)	Squat (kg)	PB (秒)
Williams	2.10	3.69	3.12	5.22	14.90	2.64	90	130	5.55
Evans	2.13	3.82	3.32	5.46	15.80	3.04	100	130	5.45
Jones	2.09	3.72	3.17	5.26	14.60	3.01	100	110	5.58

PB:Push Bobsled

I -2-4 身体能力と競技パフォーマンス評価

各競技スポーツにおいても特異性をもったテストが実施されトレーニング効果の判定，競技適性の評価，タレント発掘などに使用されている．例えばウエイトリフターの筋出力特性に関して，多関節動作で発揮される力-速度関係から，競技力評価のためには，競技種目に特異的な動作で筋出力評価を行う必要があると Funato¹⁰⁾らが言及している．ボブスレーの日本チームにおいては，これまで選手発掘，強化，そして選手選抜の指標として“コントロールテスト”が行われ³⁹⁾，20m 走，60m 走，立ち 5 段跳びという自体重でのパフォーマンス，すなわち比較的低

負荷時のパワーを評価してきた(表 1)。さらにベンチプレス，バックスクワットが含まれており，これらはレジスタンストレーニングの基本的な種目¹⁰⁾として位置付けられているものの，1RM 実施時の動作は力-速度関係に基づくと，高負荷低速度の運動となる。一方，ボブスレー先進国のカナダおよび米国のテストでは Power Clean(1RM)が含まれている。さらに両国では Medicine Ball Throw, Shot Toss といった高い負荷を用いた投動作が採用されており，これらと 30m 走との相関関係は高いとされている³⁰⁾。また，投動作時には脚や股関節の伸展力を最大限に発揮することが投擲距離を左右すると考えられる。ボブスレーのスタート局面(図 4)はこれら同様に爆発的な下肢の伸展が必要とされる。これら投動作とボブスレーのスタート動作は他のスポーツ同様，単関節の筋運動による最大筋力ではなく，数多くの異なる筋群が関与する多関節運動であると考えられるため，競技特有の動作での筋力・パワーの測定が有効であると考えられる。このことは，カナダ，米国が Power Clean, Medicine Ball Throw および Shot Toss を実施していることを支持している。しかし，これまで日本で実施されてきたテスト項目は低負荷高速度および高負荷低速度条件の指標のみであった。



図 4 ボブスレースタート助走局面画像

I -2-5 日本選手の評価

Push Bobsled に影響を及ぼすと考えられているフィールドテスト種目について、佐藤ら³³⁾はコントロールテストの 60m 走、立ち 5 段跳びの記録を用い、氷上でのスタートから 50m 通過タイムと比較している。1994 年オーストリアで開催された、ワールドカップボブスレーの 2 人乗り競技において 60m 走のチーム 2 人の平均値は日本 A チームが 6.83 秒、カナダ B チームが 6.84 秒、スイス A チームが 6.85 秒、カナダ B チームが 6.99 秒、日本 B チームが 7.09 秒であった。一方、立ち 5 段跳びの平均は日本 A チームが 15.76m、スイス A チームが 15.58m、カナダ B チームが 15.40m、カナダ A チームが 15.03m、日本 B チームが 14.68m であった。日本チーム A は 60m 走と、立ち 5 段跳びの値は 5 チーム中最高値を示した。しかし、スタートから 50m 通過記録は、競技成績と同様 17 位であった。これまでの日本チームはスタートタイムの短縮を主たる目標として、オフシーズンのトレーニングを実施し、これらの目標はほぼ達成され、今後は陸上で獲得された下肢のパワー出力を氷上で生かすようなスキルのトレーニングが重要であるとの報告がなされている。一方、Osbeck ら²⁸⁾は前述しているとおり米国の“6-Item field Test”において、30m 走および垂直跳びが重要な種目であるとし、立ち 5 段跳び、60m 走はプッシュボブスレーと有意な相関がみられなかったと報告している。これらのことから日本、米国、カナダのパフォーマンスの評価指標として用いられている体力テストの種目に違いが認められた。

I -2-6 ボブスレー選手に求められる能力

2014 年 2 月に開催されたソチ冬季オリンピックボブスレー競技男子 2 人乗りにおいて、日本チームの 50m 通過タイムは 1 本目 5.02 秒、2 本

目 5.09 秒, 3 本目 5.06 秒であり, 4 本目は 4 回戦に進めなかったため記録はない. 一方 1 位のロシアは 1 本目 4.86 秒, 2 本目 4.84 秒, 3 本目 4.88 秒, 4 本目 4.88 秒であり, 日本とのタイム差は 0.12 秒から 0.21 秒であった. さらにスプリントタイムのトップチームは 4.79 秒のスイス, ラトビアであった. 先行研究ではスタート時のタイムロスがフィニッシュ時には 3 倍に達するという報告がなされている²³⁾. 世界選手権やオリンピックでは, 4 本の合計タイムにおいて 1/100 秒単位で最終順位が決定するボブスレー競技ではこのタイムは致命的となる. 先行研究においても 30m 疾走能力とプッシュボブスレーとの相関関係は高いことが報告されており²⁸⁾, この能力が重要であることは明らかである. これまでの日本チームが実施してきたコントロールテストでは, カー速度曲線に基づくと, 低負荷高速, 高負荷低速の両端の指標を用いていることになる. 前述のようにボブスレーは 170kg のソリを高速で押すことが重要であって, 自体重のみのスプリント走のような低負荷ではなく, バックスクワットやベンチプレスの 1RM よりもは低負荷であるが, ある程度負荷を伴ったパワーの発揮が求められる. そしてウエイトリフティングは筋力・パワー系の種目と位置づけられており³⁶⁾, Power Clean は 1st プル, 2nd プル局面に分類され, 2nd プル局面では股関節および膝関節を伸展させることにより最大速度が出現する²⁾. この動作や出力特性はボブスレー競技のスタートブロックからのスタート動作に類似している. そこで動作中のスピードが要求されるウエイトリフティングのエクササイズによるパワー向上に取り組むことがボブスレーのスタートタイム向上に貢献するであろうと考えた.

第 II 章 方法

II -1 被験者

対象はボブスレー強化指定選手女子 2 名，男子 2 名の計 4 名であった (表 4)。

表4 被験者の身体特性

	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (%)	年齢 (歳)
被験者A	男子	175	75	24.81	27
被験者B	女子	186	95	27.45	23
被験者C	男子	170	77	26.64	26
被験者D	女子	177	84	26.81	25

被験者 A は陸上 7 種競技において学生選手権優勝および全日本選手権 2 位の実績を持ち，バンクーバーオリンピックボブスレー競技に出場経験がある。被験者 A には，これまで実施してきた陸上競技のスプリント，跳躍，およびレジスタンストレーニングに加え，ウェイトリフティング種目として Power Clean, Snatch およびその関連するエクササイズによるトレーニングプログラム (以下プログラム) などを提供並びに技術指導の介入を行った (表 5)。

表5 ウェイトリフティングトレーニング計画

段階	5月 導入 (フォームの習得)	6月 筋肥大	7月 筋力・パワー	8月 維持・ピーキング	9月 維持・ピーキング (筋力・パワー)	10月 維持・ピーキング
強度	≤67%1RM6-12回、 2~3セット	67%~85%1RM6-12回 3~6セット	75%~85%1RM3~5回 3~5セット	80%~90%1RM 1~2回 3~5セット	75%~100%1RM 1~2 回 (1RM3~5回) 3~5セット	80%~100%1RM 1~2 回 3~5セット
目標	テクニック習得 (正 確なフォーム、動作 を習得する)	正確なフォームによ りセット数を増やす	重量を上げセットを 組む	最大重量に取り組む	最大重量に取り組む /重量を下げセット を組む	最大重量に取り組む
実施 頻度	3回/週	3回/週	3回/週	3回/週	3回/週	3回/週
主要 な 内容	パワークリーン デッドリフト フロントスクワット	パワークリーン スナッチ バックスクワット	パワークリーン スナッチ バックスクワット	パワークリーン スナッチ ハイプル バックスクワット	パワークリーン ハイプル バックスクワット	パワークリーン ハイプル バックスクワット

被験者 B は A と同じチームに所属し，2013 年全日本ボブスレー選手

権男子 2 人乗り 2 位の選手である。被験者 B にはこれまで実施してきた陸上競技のスプリント，跳躍およびレジスタンストレーニングに加え，ウェイトリフティング種目として Power Clean, Snatch およびそのプログラムの介入を行った。なお，プログラムの介入を行う被験者 A および被験者 B については，プログラム開始前に測定する当該種目の 1RM に基づいてトレーニングにおいて使用する重量を設定した，

一方，被験者 C は 2013 年全日本ボブスレー選手権女子 2 人乗り 2 位である，被験者 D は陸上競技の 200m, 400m を専門とする選手である，被験者 C, D においては陸上競技のスプリント，跳躍，レジスタンストレーニングをこれまでどおり個々で実施することとし，プログラムについては介入を行わなかった。なお，介入を行った被験者 A, B に対して，研究目的，その概要および測定内容を説明し，中止できることを明示し，研究参加の同意を得た。被験者 C, D については介入は行わないものの研究の目的，実験の概要および測定内容について説明を行い，いつでも中止できることを明示し，研究参加の同意を得た。

II-2 トレーニング内容

被験者 A に対して，3 回/週 of プログラムを 2014 年 5 月 6 日から 2014 年 10 月 23 日までの計 25 週間提供したうち，2 回/週は指導の介入を 50 回実施する計画をしたところ 41 回実施し，その実施率は 82%であった。さらに，うち 1 回/週を個人練習とし 25 回の実施を計画したところ 19 回実施し，その実施率は 76%であった。表 5 に示したプログラムについては，NSCA の「レジスタンストレーニングのためのピリオダイゼーションモデル⁷⁾」を参考に準備期，筋肥大期，筋力・パワー期，ピーキング期に期分けしたプログラムを提供した(表 5)。期分けしたプログラム

を利用して，トレーニング期ごとの目標に応じて負荷と強度を変化させた．

被験者 B に対して指導の介入は行わなかった．しかし，プログラムについては，被験者 A と同様に期分けした 3 回/週のプログラムを提供した．その実施率は 86.7%であった．

被験者 C に対して指導の介入およびプログラムの提供は実施しなかった．2014 年 4 月 15 日から 10 月 19 日までの計 27 週においてバックスクワット，デッドリフト，Power Clean のプログラムを計 68 回実施した．その実施頻度を週換算すると 2.5 回であった．

被験者 D に対して被験者 C と同様に指導の介入およびプログラムの提供は実施しなかった．2014 年 6 月 4 日から 10 月 20 日までの 20 週においてジャンプスクワット，Power Clean のプログラムを計 50 回実施した．その実施頻度を週換算すると 2.5 回であった．但し，被験者 D はこれまでプログラムの実施経験はなかった．

II-3 測定項目

Push Bobsled および米国ボブスレーチームが新人発掘と，ナショナルチームの選手選抜に使用している Combine Test の評価スコアを用い，① 15m 通過タイム，② 30m 通過タイム，③ 45m 走，④ 30mFly，⑤ Broad Jump，⑥ Shot Toss，⑦ Power Clean(1RM)，⑧ バックスクワット (3RM) を測定した．これらは，Combine Test の方法に準拠した機材，測定方法を用いて行った⁴⁶⁾．

1) 45m 走 (15m 通過タイム，30m 通過タイム，30mFly)

45m 走の測定は全天候型陸上競技場を用いて実施した．直走路におい

てクラウティングスタート姿勢から 45m の全力疾走を行わせた。TAG Heuer Timing・速度計測器（CP540 クロノプリンター 540，HL2-31 光電管）を用いてスタート地点から 15m，30m および 45m の通過時間を計測した。45m 通過時間から 15m 通過時間を引いた時間を求め，30mFly として記録した。光電管の設置については米国 Combine Test プロトコルに準拠し，スタート地点の光電管は地表面より 15 インチ (38.01 cm)，15m，30m，45m（ゴール）地点の光電管は地表面より 30 インチ (76.2 cm) の高さに設置し，測定値は 0.01 秒まで記録した。

(2) Broad Jump

Broad Jump は陸上競技場の砂場を用いて実施した。被験者は地表面からの跳躍ではなく，幅 150 cm，縦 20 cm，高さ 5 cm の木の板に両足を肩幅程度に開いて立ち（ボブスレーのスタート同様に母子球がスタートブロックの直角面に位置する），助走をつけずに静止した状態から反動をつけてできるだけ遠くに跳躍させた。3 回試技を行わせ，メジャーでスタートブロックから被験者の着地点までの距離を測定し，0.01m 単位で記録した。

(3) Shot Toss

男子 7.26kg，女子 4kg の日本陸連検定品 IAAF 承認品の砲丸を両手で持ち，Broad Jump 同様地表面からの投擲ではなく，スタートブロックに両足を肩幅程度に開いて立った姿勢から助走を付けず反動を付けて前上方に向かって下手投げを行わせた。3 回試技を行わせ，メジャーでスタートブロックから砲丸の落下地点までの距離を測定し，0.01m 単位で記録した。

(4)Power Clean (1RM)

競技用バー(男子 20 kg, 女子 15 kg)および競技用ディスクを用いた。両足は肩幅と股関節幅の中間に開くスタンスをとり, 肩よりも腰を低く保ってしゃがみ, バーを母指球の上, すねの 3 cm 程度前に位置するよう握り, 床から肩まで一連の動作でバーベルを持ち上げさせた。バーは鎖骨と三角筋前部の前にキャッチ, あるいは完全に曲げられた両腕の上にキャッチできれば成功とした。ただし, キャッチ時の膝の屈曲角度は 90 度以上を成功とし, 膝の屈曲が 90 度以下の場合その試技は失敗とした。3 回の試技を行わせ最高重量を代表値とし記録した。Power Clean については, 表 6 に示した 1RM テストプロトコルを用い 1 から 7 の手順にそってウォーミングアップ場において実施し, 8 の手順の 1RM について試技回数は 3 回とし, 2 試技以降, 第 1 試技で申告した重量以下に減量することができないこととした。

表 6 1RMテストプロトコル⁶⁾

-
1. 選手に楽に5~10回反復できる重量でのウォームアップをするよう指示。
 2. 1分間休憩。
 3. 10%~20%増量し被験者が3~5回反復できるような「ウォームアップ負荷」を見積もる。
 4. 2~4分間の休憩。
 5. 10%~20%増量しながら, 被験者は2~3回繰り返すことができる最大筋力に近い負荷を見積もる。
 6. 2~4分間休憩。
 7. 10~20%負荷を増量する。
 8. 1RMを試みる。
 9. 成功したら2~4分間休憩し, 負荷を増量し1RMを試みる。失敗した場合は同じ負荷で再度1RMを試みる。
 10. 成功したら2~4分間休憩し, 負荷を増量し1RMを試みる。
-

(5) バックスクワット (3RM)

男女ともに 20kg 競技用バーとディスクを用い、僧帽筋中央部の高さで三角筋後部を横切るようにバーベルをラックにセット(胸を張り, 大きく開き頭は若干上向きにする)する. 準備ができれば試技を開始する合図を補助者に送り, 股関節, 膝関節を伸ばし, バーベルをラックから持ち上げ 1-2 歩後ろに下がる. 両足を肩幅か, それより広く開きこの姿勢から動作(試技)を開始させた. 下ろす動作段階において, 体幹と床の角度を一定に保ちながら, 股関節と膝関節をゆっくり曲げていき, 大腿部が床と平行になるまで, 股関節と膝関節を曲げていく, 上げる動作段階において背すじを伸ばし, 肘を高く, 胸を大きく開いた姿勢を保ちながら股関節と膝関節を同じ割合で開始姿勢まで股関節と膝関節を伸ばさせた.

この動作を 3 回反復することができればその試技は成功とした. 3 回の試技を行わせ最高重量を代表値とし記録した.

スクワットについては表 6 に示した 1RM テストプロトコルを用い 1 から 7 の手順にそってウォーミングアップ場において実施し, 表中 8 の 1RM の手順について 3RM として試技回数は 3 回とした. 2 試技以降第 1 試技で申告した重量以下に減量することができないこととした.

(6) Push Bobsled

氷上の Bobsled Push Track(図 5-1)を模した図 5-2 の全天候型 Bobsled Push Track を使用し, ローラーが装着された重さ約 120kg のソリを用い, ①助走区間 5m-10m タイム, ②5m 通過

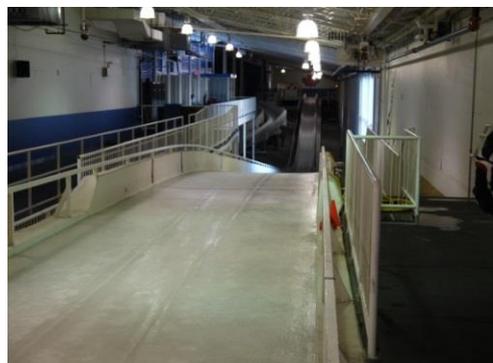


図 5-1 Bobsled Push Track
(カナダオリンピックパーク)

タイム, ③5m-25mタイム, ④25mタイム測定を実施した, 測定距離については全日本 Push Bobsled 選手権と同様に, スタートブロックから 10m 地点をスタートとし, さらに 25m 先をゴールとした(図 5-3). 記録は TAG Heuer Timing・速度計測器 (CP540 クロノプリンター540, HL2-31 光電管) を使用した. 測定は 2 回行わせ最速値を代表値とし, 記録は 0.01 秒単位で記録した.

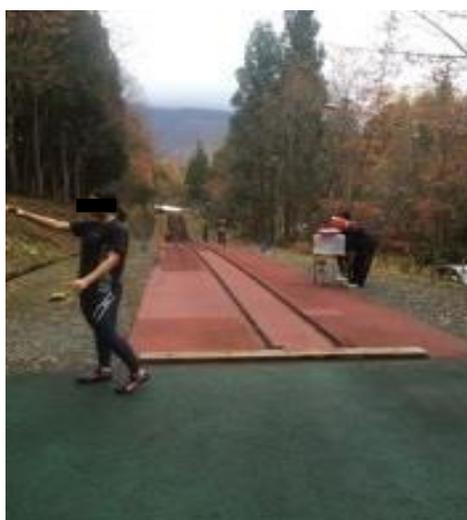


図 5-2 Bobsled Push Track

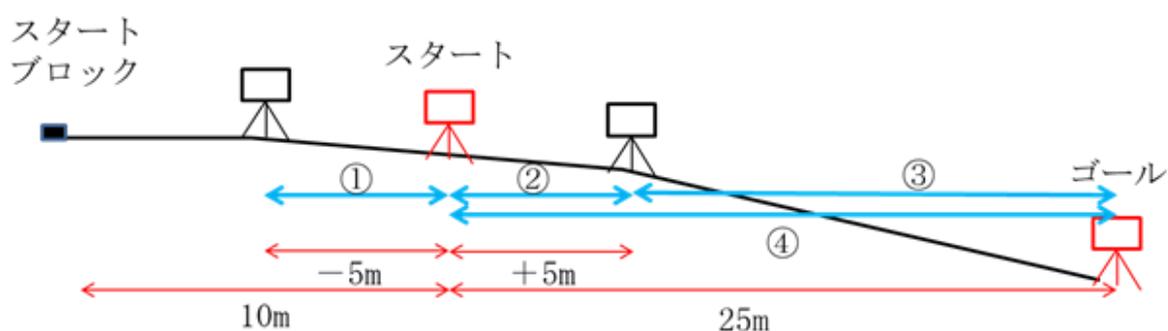


図 5-3 Bobsled Push Track 光電管配置図

第Ⅲ章 結果

Power Clean, Push Bobsled タイム, Combine Test のパフォーマンスの結果についてⅢ-1, Ⅲ-2 に示した.

Ⅲ-1 Combine Test のパフォーマンス

Ⅲ-1 45m 走

① 15m 通過タイム

表 7 に 5 月から 10 月の 15m 通過タイムを示した. 被験者 A は 5 月 2.44 秒, 6 月は 2.41 秒, 9 月には 2.38 秒を記録した. ただし, 8 月は筋膜炎により未実施であった. 同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 2.25 秒を記録, 8 月には 2.19 秒を記録した. 一方, 介入をしなかった被験者 C は 6 月 2.52 秒, 9 月 2.50 秒, 10 月には 2.46 秒を記録した. 同じく介入をしなかった被験者 D は 6 月 2.22 秒, 9 月 2.18 秒を記録した. 10 月は 9 月と同じ記録であった.

表7 Combine Test 15m通過タイムの推移

	単位: 秒				
	5月	6月	8月	9月	10月
被験者A	2.44	2.41	DF	2.38	2.40
被験者B	2.25	2.24	2.19	2.24	2.25
被験者C	NCR	2.52	NCR	2.50	2.46
被験者D	NCR	2.22	NCR	2.18	2.18

NCR : 測定未実施

DF: 筋膜炎発症のため未実施

② 30m 通過タイム

表 8 に 5 月から 10 月の 30m 通過タイムを示した. 被験者 A は 5 月 4.27 秒, 6 月 4.23 秒, 9 月には 4.20 秒を記録した. ただし, 8 月は筋膜炎

により未実施であった。同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 3.75 秒を記録。9 月には 3.74 秒を記録した。一方、介入をしなかった被験者 C は 6 月 4.50 秒，9 月 4.37 秒，10 月には 4.43 秒を記録した。同じく介入をしなかった被験者 D は 6 月 3.81 秒，9 月 3.75 秒，さらに 10 月は 3.74 秒を記録した。

表8 Combine Test 30m通過タイムの推移

	単位：秒				
	5月	6月	8月	9月	10月
被験者A	4.27	4.23	DF	4.20	4.24
被験者B	3.75	3.75	3.78	3.74	3.81
被験者C	NCR	4.50	NCR	4.37	4.43
被験者D	NCR	3.81	NCR	3.75	3.74

NCR：測定未実施

DF：筋膜炎発症のため未実施

③ 45m

表 9 に 5 月から 10 月の 45m 走タイムを示した。被験者 A は 5 月 6.14 秒，6 月 6.06 秒，9 月には 5.98 秒を記録した。ただし，8 月は筋膜炎により未実施であった。同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 5.41 秒を記録，6 月 5.35 秒，9 月には 5.32 秒を記録した。一方，介入をしなかった被験者 C は 6 月 6.46 秒，9 月 6.20 秒を記録した。10 月は計測したものの筋膜炎により 6.51 秒であった。同じく介入をしなかった被験者 D は 6 月 5.30 秒，9 月 5.26 秒，さらに 10 月は 5.25 秒を記録した。

表9 Combine Test 45m走の推移

	単位：秒				
	5月	6月	8月	9月	10月
被験者A	6.14	6.06	DF	5.98	6.00
被験者B	5.41	5.35	5.36	5.32	5.32
被験者C	NCR	6.46	NCR	6.20	6.51
被験者D	NCR	5.30	NCR	5.26	5.25

NCR：測定未実施 DF：筋膜炎発症のため未実施

④ 30mFly

表10に5月から10月の30mFlyタイムを示した。被験者Aは5月3.70秒，6月3.65秒，9月には3.60秒を記録した。ただし，8月は筋膜炎により未実施であった。同じ介入プログラムを実施した被験者Bは5月3.16秒を記録，6月3.11秒，9月3.08秒，10月には3.07秒を記録した。一方，介入をしなかった被験者Cは6月3.94秒，9月3.70秒を記録した。10月は計測したものの筋膜炎により4.05秒であった。同じく介入をしなかった被験者Dは6月3.08秒，9月3.08秒，さらに10月は3.07秒を記録した。

表10 Combine Test 30mFlyの推移

	単位：秒				
	5月	6月	8月	9月	10月
被験者A	3.70	3.65	DF	3.60	3.60
被験者B	3.16	3.11	3.13	3.08	3.07
被験者C	NCR	3.94	NCR	3.70	4.05
被験者D	NCR	3.08	NCR	3.08	3.07

NCR：測定未実施 DF：筋膜炎発症のため未実施

Ⅲ-1-2 Broad Jump

表 11 に 5 月から 10 月の Broad Jump の記録を示した。被験者 A は 2.27m, 6 月 2.45m, 9 月 2.37m, 10 月 2.40 秒を記録した。ただし, 8 月は筋膜炎により未実施であった。同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 2.91m を記録, 6 月 3.08m, 8 月 3.14m を記録した。続く 9 月 3.02m, 10 月は 2.94m であった。一方, 介入をしなかった被験者 C は 6 月 2.23m, 9 月 2.37m を記録した。しかし, 10 月は筋膜炎により測定を中止した。同じく介入をしなかった被験者 D は 6 月 2.86m, 9 月 2.91m, 10 月 2.87m を記録した。

表11 Combine Test Broad Jump推移

	単位：m				
	5月	6月	8月	9月	10月
被験者A	2.27	2.45	DF	2.37	2.40
被験者B	2.91	3.08	3.14	3.02	2.94
被験者C	NCR	2.23	NCR	2.37	DF
被験者D	NCR	2.86	NCR	2.91	2.87

NCR：測定未実施

DF：筋膜炎発症のため未実施

Ⅲ-1-3 Shot Toss

表 12 に 5 月から 10 月の Shot Toss の記録を示した。被験者 A は 5 月 12.66m, 6 月 13.37m, 9 月 12.83m, 10 月には 13.43m を記録した。ただし, 8 月は筋膜炎により未実施であった。同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 14.09m を記録, 6 月 14.60m, 8 月 14.69m, 9 月 14.60m を記録した。一方, 介入をしなかった被験者 C は 6 月 12.94m, 9 月 14.57m を記録した。しかし, 10 月は筋膜炎により測定を中止した。同じく介入をしなかった被験者 D は 6 月 11.65m, 9 月 12.36m, 10 月 12.57m を記録した。

表12 Combine Test Shot Tossの推移

	単位：m				
	5月	6月	8月	9月	10月
被験者A	12.66	13.37	DF	12.83	13.43
被験者B	14.09	14.60	14.69	15.00	14.57
被験者C	NCR	12.94	NCR	14.15	DF
被験者D	NCR	11.65	NCR	12.36	12.57

NCR：測定未実施 DF：筋膜炎発症のため未実施

Ⅲ-1-4 Power Clean

表13に4月から10月のPower Clean(1RM)の記録を示した。本研究において、プログラム提供および指導介入を実施した被験者Aは4月67kg、10月には77.5kgと13.5%の向上を示した。ただし、7月、8月は筋膜炎により未実施であった。同じ介入プログラムを実施した被験者Bは5月110kg、9月125kgと8.3%の向上を示した。一方、介入をしなかった被験者Cは7月60kg、9月70kgと14.3%の向上を示した。ただし10月は筋膜炎により測定を中止した。同じく介入をしなかった被験者Dは7月60kg、9月100kgと43%の向上を示した。

表13 Power Clean(1RM)の推移

	単位(kg)					
	4月	5月	7月	8月	9月	10月
被験者A	67	70	DF	DF	75	77.5
被験者B	NCR	110	110	120	125	120
被験者C	NCR	NCR	60	65	70	DF
被験者D	NCR	NCR	60	90	100	105

NCR：測定未実施 DF：筋膜炎発症のため未実施

Ⅲ-1-5 バックスクワット

表 14 に 5 月から 10 月のバックスクワット (1RM) の記録を示した。被験者 A は 5 月 95kg, 6 月には 100kg と 5% の向上を示した。ただし, 8 月は筋膜炎により測定を中止, さらに 9 月は Combine Test のプロトコルに準じて測定を実施, 初回の設定重量を拳上できなかったため記録なし (No Marks, NM) であった。同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 140kg, 10 月 160kg と 12.5% の向上を示した。一方, 介入をしなかった被験者 C は 6 月 115kg, 9 月 125kg と 8.0% の向上を示した。ただし, 10 月は筋膜炎により測定を中止した。同じく介入をしなかった被験者 D は 7 月 110kg, 10 月 130kg と 15.4% の向上を示した。

表14 Combine Test バックスクワット(3RM)の推移

	単位 : kg				
	5月	6月	8月	9月	10月
被験者A	95	100	DF	NM	90
被験者B	140	140	150	150	160
被験者C	NCR	115	NCR	125	DF
被験者D	NCR	110	NCR	122.5	130

NCR : 測定未実施

DF: 筋膜炎発症のため未実施

Ⅲ-2 Push Bobsled

Ⅲ-2-1 25m タイム

表 15 に 5 月から 10 月の Push Bobsled 25m タイムの記録を示した。被験者 A は 5 月 4.15 秒, 9 月 4.09 秒を記録したが 10 月 4.16 秒であった。同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 3.65 秒, 9 月 3.58 を記録した。一方, 介入をしなかった被験者 C は 6 月 4.17 秒, 9 月 4.16 秒を記録した。しかし, 10 月は筋膜炎であったが本人の意思により測定を実施し 4.22 秒であった。同じく介入をしなかった被験者 D は 7 月 3.83 秒, 9 月 3.70 秒を記録した。

表15 Push Bobsled 25mタイムの推移

	単位：秒				
	5月	7月	8月	9月	10月
被験者A	4.15	4.13	4.16	4.09	4.16
被験者B	3.65	3.61	3.65	3.58	3.62
被験者C	NCR	4.17	NCR	4.16	4.22
被験者D	NCR	3.83	NCR	3.70	3.70

NCR：測定未実施

Ⅳ-2-2 Push Bobsled 区間タイム

① 助走区間 5m-10m タイム

表 16 に 5 月から 10 月の Push Bobsled 25m タイム測定時の助走区間 5m-10m タイムを示した。被験者 A は 5 月 1.27 秒, 7 月 1.24 秒, 8 月 1.25 秒, 9 月 1.29 秒, 10 月 1.29 秒を記録した。同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 1.17 秒, 7 月および 8 月は 1.16 秒を記録, 9 月 1.18 秒, 10 月は 1.19 秒であった。一方, 介入をしなかった被験者 C は 7 月 1.30 秒, 9 月 1.30 秒, 10 月は筋膜炎であったが本人の意思により測定

を実施し 1.29 秒を記録した。同じく介入をしなかった被験者 D は 7 月 1.24 秒，10 月 1.19 秒と 0.05 秒の減少を示した。

表16 Push Bobsled 助走区間5m-10mタイムの推移

	単位：秒				
	5月	7月	8月	9月	10月
被験者A	1.27	1.24	1.25	1.29	1.29
被験者B	1.17	1.16	1.16	1.18	1.19
被験者C	NCR	1.30	NCR	1.30	1.29
被験者D	NCR	1.24	NCR	1.24	1.19

NCR：測定未実施

② 5m 通過タイム

表 17 に 5 月から 10 月の Push Bobsled 5m 通過タイムを示した。被験者 A は 5 月 1.00 秒，7 月 0.98 秒，8 月 0.97 秒，9 月 0.99 秒，10 月 1.00 秒を記録した。同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 0.89 秒，7 月 0.86 秒，8 月 9 月 0.88 秒，10 月 0.89 を記録した。一方，介入をしなかった被験者 C は 7 月 1.09 秒，9 月 1.01 秒と 0.08 秒の減少を示した。10 月は筋膜炎であったが本人の意思により測定を実施し 1.03 秒であった。同じく介入をしなかった被験者 D は 7 月 0.96 秒，10 月 0.90 秒と 0.06 秒の減少を示した。

表17 Push Bobsled 5m通過タイムの推移

	単位：秒				
	5月	7月	8月	9月	10月
被験者A	1.00	0.98	0.97	0.99	1.00
被験者B	0.89	0.86	0.88	0.88	0.89
被験者C	NCR	1.09	NCR	1.01	1.03
被験者D	NCR	0.96	NCR	0.91	0.90

NCR：測定未実施

③ 5m-25m タイム

表 18 に 5 月から 10 月の Push Bobsled 5m-25m タイムを示した。被験者 A は 5 月 3.15 秒，9 月 3.10 秒と 0.05 秒の減少を示した。同じ介入プログラムを実施した被験者 B は 5 月 2.76 秒，9 月 2.70 秒と 0.06 秒の減少を示した。一方，介入をしなかった被験者 C は 7 月 3.17 秒，9 月 3.15 秒と 0.02 秒の減少を示した。10 月は筋膜炎であったが本人の意思により測定を実施し 3.19 秒であった。同じく介入をしなかった被験者 D は 7 月 2.87 秒，9 月 2.79 秒と 0.08 秒の減少を示した。

表18 Push Bobsled 5m-25m タイムの推移

	単位：秒				
	5月	7月	8月	9月	10月
被験者A	3.15	3.15	3.19	3.10	3.16
被験者B	2.76	2.73	2.77	2.70	2.73
被験者C	NCR	3.17	NCR	3.15	3.19
被験者D	NCR	2.87	NCR	2.79	2.80

NCR：測定未実施

Ⅲ-3 動作分析

図5は被験者Aのパワークリーンの変化を比較した画像である。上段にPre(5月), 下段にPost(10月)を示した。

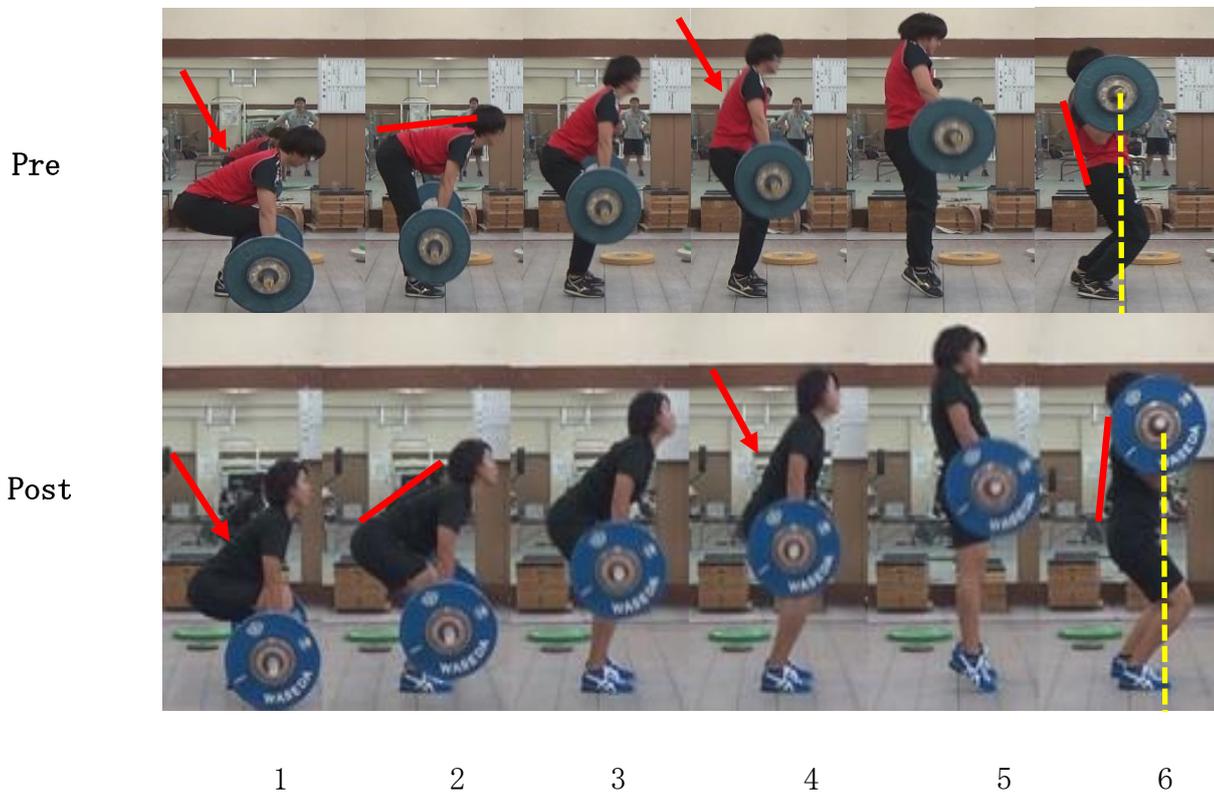


図5 Power Clean 介入前後比較画像

被験者Aの動作分析については、「ストレングストレーニング&コンディショニング」(NSCA決定版, 第3版)に示されたチェックリストに基づいて動画を観察した。Preの開始姿勢(Pre1)において背すじが伸びておらず, 頭が下を向いている。1stプル局面(Pre2)では先に脚伸展が先行し, 前のめりの姿勢になっている。2ndプル局面(Pre3-4)のハングポジションでも背部が丸く猫背になっており, バーが身体から離れている。さらに, フルエクステンション(Pre5)でも猫背のままでバーが身体から離れており, 股関節, 膝の十分な伸展がみられない。キャッチ局面(Pre6)では膝が前方に突出し, 股関節の位置がバーの垂直線より前方に位置しており危険な姿勢であった。

Post1-6 は介入後のものである．開始姿勢 (Post1) では視線は前方に向けられており胸が張られている．1st プル局面 (Post2) を介入前と比較すると背中と床の成す角度はある程度保たれながら肩と臀部が同時に上昇されている様子が分かる．肩甲骨を寄せるようにして胸を張る意識がみられ，Pre に比べて改善している．2nd プル局面 (Post3) においてハングポジションが改善し，バーは下腿部にぴったりと付いている．同じく (Post4) ではバーの上方に肩が位置しており膝，股関節を伸展する態勢ができています．Post5 ではバーは身体の近くを通しており，腰を前に出しながら下肢三関節が伸展しており，フルエクステンションがなされている．キャッチ局面 (Post6) において，股関節の位置はバーの垂直線より後方に位置できるようになっていた．

第IV章 考察

本研究は、ウエイトリフティングによるパワー発揮能力向上が、Push Bobsledのタイムや関連するパフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

その評価指標として、Push Bobsled25mタイム、助走区間5m-10mタイム、5mタイム、5m-25mタイムならびに45m走（15m通過タイム、30m通過タイム、30mFly）、Broad Jump、Shot Toss、Power Clean(1RM)、バックスクワット(3RM)を用いた。

IV-1 ウエイトリフティングとCombine Testとの関係

5ヶ月に渡るプログラムにおいて、負荷重量が増加することにより、股関節、膝関節、足関節の伸展速度が増加し、素早く床をける、バーを加速させる、すなわち力発揮速度が速くなり、下肢関節の伸展パワーが疾走タイム、Broad Jump、Shot Tossに影響を及ぼすと推察した。しかし、15m通過タイム、30m通過タイム、Broad Jumpにおいて、被験者全員の疾走タイムの短縮、跳躍距離の増加はみられなかった。

スプリント種目である15m通過タイムについて、被験者Aは0.04秒、被験者Cは0.06秒、被験者Dは0.06秒短縮したが被験者Bは5月と同じ値であった。30m通過タイムについて、被験者Aは0.03秒、被験者Cは0.02秒、被験者Dは0.07秒短縮したが被験者Bは0.06秒増加した。45m走について被験者Aは0.14秒、被験者Bは0.09秒、被験者Cは0.26秒、被験者Dは0.05秒短縮した。ただし被験者Cは筋膜炎のため9月の記録を用いた。30mFlyについて被験者Aは0.10秒、被験者Bは0.09秒、被験者Cは0.24秒、被験者Cは0.01秒短縮した。ただし被験者C

は筋膜炎のため9月の記録を用いた。本研究の結果から15m通過タイムおよび30m通過タイムの短縮は全員認められなかった。しかし、被験者A, C, Dにおいては短縮を示し、45m走および30mFlyの記録は被験者全員において短縮を示した。フットボール選手を対象に行ったバックスクワット、デッドリフト、ベンチプレスなどのパワーリフト群とスナッチプル、クリーンプル、プッシュジャークなどのオリンピックリフトのバリエーション(本研究においてはウエイトリフティングの関連エクササイズ)群のトレーニング効果を比較したHoffman¹⁵⁾らは、オリンピックリフトのバリエーション群は、パワーリフト群に比べて、垂直跳びの向上、および55mスプリントにおける18%の大幅な短縮を報告している。走速度の規定因子は、ピッチとストライド長とされており¹⁹⁾、疾走速度の増加には、股関節伸展速度が関係している¹⁷⁾。さらに、ハムストリングスは股関節伸展の最も重要な主働筋であることから²¹⁾、本プログラムの実施により股関節伸展の力発揮速度あるいはパワーの向上により、支持期において下肢の伸展パワーが向上されストライドの増加に起因したと考えられる。さらに、スプリント走の加速局面において一流短距離選手は短い接地時間の中で、水平成分の力積を獲得する能力を有しており⁴⁷⁾、それが高い疾走速度を維持することに貢献している²⁰⁾と報告されていることから、本研究の45mタイムや30mFlyにおいて、被験者全員の通過タイム短縮を示したことが、加速局面後半において短い接地時間で水平方向への力積を得ることにより通過タイム短縮に貢献した可能性が考えられた。

パワー系種目であるBroad JumpおよびShot Tossの結果について、スプリント系種目と同様に検討した。Broad Jumpについて被験者Aは0.13m、被験者Cは0.14mの増加を示したが被験者Bは0.03m、被験者D

は 0.01m の増加であった。Broad Jump に類似した動作である立ち幅跳の報告⁴⁴⁾⁴⁵⁾によると、跳躍距離の規定因子は「踏切時の初速」と「跳躍角度」とされ、跳躍時の初速を決定するパワー貢献度の割合は股関節が 59.6%、膝関節 4.3%、足関節が 37.2%と報告されている⁴⁴⁾。このような様式の跳躍において股関節の貢献度が 60%に及ぶことから股関節伸展パワーの発揮が重要と考えられた。加えて、ウェイトリフティングのエクササイズであるスナッチのプル局面においても、約 60%が股関節の伸展によるものである²⁾ことから、両種目において股関節伸展パワーの重要性は共通していると考えられる。プログラムの実施により股関節伸展パワー、あるいは力発揮速度が速くなったことにより、踏切速度が向上され Broad Jump の跳躍距離に影響したと考えられる。

Shot Toss について被験者 A は 0.77m、被験者 B は 0.91m、被験者 C は 1.21m、被験者 D は 0.92m と被験者全員が向上を示した。ただし、被験者 B は 10 月の測定において、リリースのタイミングが合わなかったため 14.57m となった。そのため 9 月の値を用いた。さらに被験者 C においては、筋膜炎により 10 月の測定を中止したため 9 月の値を用いて検討した。投擲距離の規定因子は「リリース速度」、「投射高」、「投射角」とされ、さらにリリース速度は下肢が発揮するパワーが影響していると考えられる¹⁹⁾。Shot Toss の投擲動作は、体幹および下肢を屈曲させ、前傾姿勢を取り、その後、前方向に重心を移動させながら体幹および下肢の伸展を行うことで前方向に砲丸を投げる。この一連の動作において、屈曲させた体幹および下肢を伸展させる局面は Power Clean に類似しており、プログラムの実施により股関節伸展の力発揮速度あるいはパワーが向上されリリース速度が増加し、投擲距離に影響を及ぼしたと考えられる。しかしながら Shot Toss のリリースポイントは投擲距離を決定す

る因子となっており，そのタイミグの不一致が投擲距離に負の影響を及ぼしたとも考えられる．

バックスクワット (3RM) において，被験者 B は 20kg，被験者 C は 10kg，被験者 D は 20kg の増加があった．ただし，被験者 C は筋膜炎により 10 月の測定は実施しなかったため 9 月の値を用いた．被験者 A については，筋膜炎によるトレーニングの一時的な中断および Combine Test で規定された試技回数 3 回すべて不成功（記録なし）に終わったことにより増加を確認することはできなかった．これらの結果からウエイトリフティングのエクササイズとの関係について検討した．検討に当たりウエイトリフティングの選手やコーチが一般的に使用している“パワーバランス”を利用した．これはトレーニングで行うエクササイズの 1RM をバックスクワットの相対値を用いて表し，理想的な能力バランスを評価するものである．一般にはバックスクワットの 3RM は 1RM の 93% に相当する²²⁾とされていることから，これに従いバックスクワットの 1RM を推定した推定値は，被験者 A では 107kg，被験者 B では 172kg，被験者 C では 134kg，被験者 D は 139kg となった．これらに基づいてパワーバランスとの比較を試みた．バックスクワット (1RM) を 100% とした場合その 68% が Power Clean (1RM) の理想値とされている¹⁹⁾．これは脚力 (バックスクワット) を基準にした拳上重量の理想値を表しており，Power Clean の技能が高い者はこの理想値を超え，劣る者はこれを下回ると考えられている．バックスクワットの 1RM 推定値を用いた被験者 A の Power Clean 理想値は 72kg，被験者 B は 117kg，被験者 C は 91kg，被験者 D は 95kg となり，実際の Power Clean (1RM) と比較すると被験者 C においては実際の拳上重量が大きく下回っていた．一方，被験者 A においては実際の拳上重量が 5.5kg 上回っており，本研究において，指導の介入を行ったのは被験

者 A だけだったことから、指導の介入による技能向上が 1RM の向上の一因であったと推察される。

IV-2 ウエイトリフティングと Push bobsled との関係

Push Bobsled のタイムと Power Clean (1RM) の関係について、本研究では 25m タイム、助走区間 5m-10m タイム、5m タイム、5m-25m タイムに区分した。その結果、25m タイム、助走区間 5m-10m タイム、さらに 5m タイムの結果からは Power Clean (1RM) の向上に伴う各区間タイムには被験者間で差があった。一方、5m-25m タイムにおいて被験者 A は 0.05 秒、被験者 B は 0.06 秒、被験者 C は 0.02 秒、被験者 D は 0.08 秒と全員タイムの短縮が認められた。前述したようにソリを加速させるスプリント能力の規定因子の 1 つに「ソリの押し出し」がある。さらにソリの押し出しを決定する因子は「第 1 歩速度」「地面反力」「質量」の因子に分かれる。本研究で使用しているソリは 120kg の重量があり、選手自身の体重を含めると質量はさらに大きくなる。そこで自体重のみのトレーニングではなく、高負荷高速のプログラム実施により、股関節伸展パワーおよび上体の伸展パワーが向上され、その結果第 1 歩速度が増加されると考えた。しかし本研究では、Combine Test の 15m 通過タイム同様、Push Bobsled 助走区間 5m-10m タイムに被験者全員の短縮は示さなかった。ボブスレーの助走区間において、体幹および下肢は屈曲され前傾姿勢となっている。加えて、支持期(接地時)の股関節および膝関節の屈曲角度は大きく、プログラムにおけるハングポジションでの膝角度はクォータースクワットの角度と同様の 120 度であり、Push Bobsled の第 1 歩目の膝屈曲角度はハーフスクワット時と同様の約 90 度であることから、深い膝関節や股関節の姿勢からの力発揮速度あるいはパワーを向上

するに至らなかった。すなわち、ソリを水平方向に加速するために必要とされる力積や地面反力を得ることができなかったと考えられる。このことから、今後のプログラム策定において床からの拳上、静止状態からのリフティングが課題となる。しかしながら、Push Bobsled 5m-25m タイムにおいて、最大速度局目の支持期（接地時）では膝関節、特に股関節の屈曲角度が大きくなることから、プログラムの実施、特に Power Clean の実施により股関節伸展の力発揮速度あるいはパワーが向上された結果、短い接地時間で地面反力を得ることができ、ストライド長が大きくなったことによりタイム短縮がなされたのではないかと考えられる。

IV-3 現場への実践応用

本研究では、ウェイトリフティングのエクササイズによりパワーが向上し、Push Bobsled のタイムに影響を及ぼすと仮説をたてた。「ソリの押し出し」を決定している規定因子は第1歩目の速度変化であり、その第1歩目の速度変化を決定する規定因子は「地面反力」「踏切時間」「質量」であり、そのうち「質量」は、自体重に Push Bobsled 120kg の重量が加わったものとなり、ソリの押し出し、加速に大きく影響を及ぼすと考えられる。ソリの押し出し速度、特に第1歩速度の力発揮速度を向上させることにより、最大速度到達地点、すなわち、ソリへの乗り込み地点までの距離が最小化される。その結果、下り勾配を利用しての加速が可能となり、ゴールタイムが最小化できると考えられる。本研究では Push Bobsled の助走区間 5m-10m において被験者全員パフォーマンスが向上したと言及するにはいたらなかった。このことは、陸上競技男子 100m におけるスタートダッシュ同様、ストライドを優先する、あるいはピッチを優先するといったタイプの違いが考えられた。地面反力のピ

ーク値は大きくないが接地時間を長くして力積を大きくし、長いストライドを獲得することが可能となる²⁵⁾⁴²⁾ことから、筆者の考えでは、約120kgのPush Bobsledを加速させるため、支持期（接地時）の時間を長く、大きなストライドと意識することにより、進行方向への力積は大きくなり、結果ソリを加速していると考えられる。

2014年9月に実施された全日本Push Bobsled選手権において、被験者Cは4.16秒を記録した。この値は前年度に記録した4.36秒を大きく短縮するものである。被験者Bにおいても、ソチオリンピックに選考されたS選手の記録である3.65秒を0.07秒上回る3.58秒を9月に記録した。日本ボブスレー・リュージュ・スケルトン連盟はこれまで選手の評価指標として用いていたコントロールテストを2014年Combine Testへ変更した。これにより、被験者以外の強化指定選手においても、これらの種目に対する対策を構じて来た。結果、多くの選手は前年度の全日本ボブスレー選手権で記録した値を上回った。このことはボブスレー先進国が実施しているShot TossやPower Cleanといったある程度の負荷を伴ったパワー発揮が求められる種目導入の影響によるものと考えられる。

第 V 章 結論

本研究は、ウエイトリフティングのエクササイズがボブスレー選手のパフォーマンス向上に及ぼす影響を明らかにすることであった。

5月から10月に実施したプログラムにおいて、これまで日本で実施されていたコントロールテストに含まれない、Power Clean(1RM)、加えて Combine Test の構成種目である Shot Toss, Broad Jump の最大値の向上に取り組んだ。

その結果、Push Bobsled5m-25m タイム, 45m 走, 30mFly, Shot Toss において向上がみられた。

VI 参考文献

- 1) Armstrong, D. (1993) Power training. The key to athletic success. National Strength & Conditioning Association Journal., 15(6):7-11.
- 2) Baumann, W., Gross, V., Quada, K., Galbierz, P. and Schwirtz, A. (1988) The technique of world class weightlifters at the 1985 world championships. International journal of Sports Biomechanics., 4:68-89.
- 3) Berger, R. A., (2010) ストレングストレーニング&コンディショニング(第3版), レジスタンストレーニングのためのピリオダイゼーションモデル. In: Baechle, T. R., and Earle, R. W. (Eds.) 金久博昭・岡田純一監, ブックハウス・エイチディ:東京, p. 560.
- 4) Berton, E., Favier, D., Agues, A., and Pous, F. (2004) Aerodynamic Optimization of a Bobsleigh Configuration. International Journal of Applied Sports Sciences., 16(1):1-13.
- 5) Bobsleigh Canada Skeleton. Bobsled Recruitment.
<http://www.bobsleighcanadaskeleton.ca/BobsleighRecruitment.aspx>,
(参照日 2014年6月29日)
- 6) Earle, R. W. (2006) Weight training exercise prescription. In: Essentials of personal Training Symposium Workbook. Lincoln, Ne: NSCA Certification Commission.
- 7) Earle, R. W. (2010) ストレングストレーニング&コンディショニング(第3版), トレーニングに基づく不可と反復回数の設定. In: Baechle, T. R., (Ed.) 金久博昭・岡田純一監, ブックハウス・エイチディ:東京, p. 433.

- 8) Francesco, B. , Mauro, D. , Stefano, M. , and Edoardo, S. (2011) A driver model of a two-man bobsleigh. *International Sports Engineering.* , 13 (4) :181-193.
- 9) Funato, K. , Matsuo, A. , and Fukunaga, T. (1996) Specific movement power related to athletic performance in weight lifting. *J. Appl. Biomech.* , 12(1) :44~57.
- 10) Funato, K. , Matsuo, A. , and Fukunaga, T. (2000) Measurement of specific movement power application: evaluation of weight lifters. *Ergonomics.* , 43(1) :40-54.
- 11) Garhammer, J. , and Takano, B. (1992) Training for Weightlifting. *Strength and Power in Sport.* Komi, P. V. (Ed.). Blackwell Scientific Publications: London, pp. 357-369.
- 12) Garhammer, J. (1989) Weightlifting & Training. *Biomechanics of Sport.* In: Vaughn, C. M. (Ed.), CRC Publishers, Inc: Boca Raton. , 5: 169-211.
- 13) Hay, J. G. (1993) *The biomechanics of sports techniques*, 4th Edition, Prentice Hall: New Jersey, pp. 396-412.
- 14) Hori, N. (2005) Weightlifting Exercises Enhance Athletic Performance That Requires High-Load Speed Strength. *National Strength and Conditioning Association.* , 27(4) :50-55.
- 15) Hoffman, J. R. , Cooper, J. , Wendell, M. AND KANG, J. (2004) Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research.* , 18(1) :129-135.

- 16) IBSF 国際競技規則 (2013 年度版) International Bobsleigh & Skeleton Federation.
- 17) 伊藤 章・斎藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田正利・小木曾一之, 佐々木秀幸・小林寛道・阿江通良監 (1994) 世界一流スプリンターの技術分析. ベースボールマガジン社: 東京, pp. 31-49.
- 18) 加藤令子・岸田謙二・細谷治朗・関口 脩・船渡和男 (1990) 中学生ウエイトリフティング選手のパワーバランス. 日本体育学会大会号 (41B): 568.
- 19) 金子公宥 (2011) スポーツ・バイオメカニクス入門絵で見る講義ノート (第 3 版). 杏林書院: 東京, pp48-64.
- 20) 小林 海・土江寛裕・松尾彰文・彼末一之・磯 繁雄・矢内利政・金久博昭・福永哲夫・川上康雄 (2009) スプリント走の加速局面における一流短距離選手のキネティクスに関する研究. スポーツ科学研究, 6: 119-130.
- 21) Kpandhi, I. A. (1996) カバンディ関節の生理学 II 下肢 (第 5 版). 萩島秀男監, 嶋田智明訳, 医歯薬出版: 東京, pp2-65.
- 22) Lander, J. (1985) Maximums based on reps. NSCAJ., 6: 60-61.
- 23) Leonardi, L. M. Komor, A. and Monte, A. (1987) An interactive computer simulation of bobsled push-off phase with a multimember crew. In: Jonsoson, B. (Ed.), Biomechanics X, pp. 761-766.
- 24) 松尾彰文 (2008) 最大下スピード練習の効果を高めるための提案ーランニングパフォーマンスへの応用ー. 体育の科学, 58(11): 756-764.
- 25) 松尾彰文 (2012) ランニング動作解析の最近の進歩ースタートダッシュにおける地面反力からみたトップアスリートへの科学的支援ー. 臨床スポーツ医学, 29(7): 667-672.
- 26) Newton, R., and Dugan. E. (2002) Application of strength diagnosis. Strength Cond. J., 24: (5) 50-59.

- 27) 日本ボブスレー・リュージュ・スケルトン連盟.
- 28) Osbeck, J., Maiorca, S., and Rundell, K. (1996) Validity of field testing to bobsled start performance. *J. Strength and Cond., Res*10(4):239-245.
- 29) Poirier, L., Maw, S., Stefanyshyn, D., and Thompson, R. (2009) Optimization of handheld gauge sizes for rocker measurements of skate blades and bobsleigh runners. *Sports Engineering.*, 11(4):201-206.
- 30) 酒井一樹・吉本隆哉・山本正嘉(2013)陸上競技短距離選手における疾走速度. ストライドおよびピッチとメディシンボール投げ能力との関係, スポーツパフォーマンス研究., 5:226-236.
- 31) 三本木 温・黒須慎矢(2011)陸上競技選手における 30 m 走の疾走能力と無酸素性パワーおよび柔軟性との関係. 八戸大学紀要, 第 42 号.
- 32) 佐藤 祐・鈴木省三(1983)ボブスレー競技選手の体格と体力. *Japanese Society of Physical Education.*, 34:321.
- 33) 佐藤 祐・鈴木省三(1987)ボブスレー選手の体力的特性. *Japanese Journal of Sports Sciences.*, 6:720-724.
- 34) 佐藤 祐・鈴木省三(1991)ボブスレー競技選手の体力と競技力の国際比較. *The Japanese Society of Physical Fitness and Sport Medicine.*, 40(6):757.
- 35) 佐藤 祐・鈴木省三・藤井邦夫(1994)ボブスレー競技日本チームの競技力の分析. *Japan Society of Physical Education.*, 45:577.
- 36) Stone, M. H., Byrd, R., Tew, J., and Wood, M. (1980) Relationship between anaerobic power and Olympic weightlifting performance. *J Sports Med Phys Fitness.*, 20(1):99-102.
- 37) 杉田正明(2003)陸上競技・トラックレースの分析について. *バイオメカニクス研究*, 7(1):82-88.

- 38) 鈴木省三(1995)ボブスレー競技のトレーニングと評価. 日本体育学会大会号, 46:104.
- 39) 鈴木 省三(2011)運動生理学. 青木純一郎ほか編, ソリ競技の生理. 市村出版: 東京, pp. 204-206.
- 40) 鈴木省三(2013)ボブスレー競技に対するトレーニングのプログラムデザインにおける考え方. *Strength & conditioning journal*, 20(10):2-9.
- 41) 土江寛裕(2008)スプリント走の各局目に影響をおよぼす体力と技術. 陸上競技研究, 75:2-11.
- 42) 土江寛裕(2009)日本代表スプリンターにおけるレース中のピッチ変化が記録向上に及ぼす影響. *スポーツパフォーマンス研究*, 1:169-176.
- 43) 土江寛裕・櫛部静二・平塚 潤(2010)最大スプリント走時の走速度, ピッチ・ストライド, 接地・滞空時間の相互関係と, 競技力向上への一考察. 城西大学研究年報, 33:31-36.
- 44) 鳥海清司・天野義裕・寺澤健次(1988)立幅跳び踏切時における各関節でのパワー発揮の特徴－垂直跳びとの比較から－. *中京大学体育学論叢*, 30:23-33.
- 45) 植屋清見(1984)立幅跳における距離獲得条件. 腕の動作自由度と Limiting Factor, 山梨大學教育學部研究報告, 第二分冊, 自然科学系, 35:154-163.
- 46) USA Bobsled and Skeleton Federation. Combine Test.
<http://www.teamusa.org/USA-Bobsled-Skeleton-Federation/Results/Combine-Test>, (参照日 2014年6月29日)
- 47) 渡邊信晃・榎本好孝・大山下圭悟・狩野 豊・安井 年文・宮下 憲・久野譜也・勝田 茂(2000)スプリンターの股関節筋力とスプリント走 - パフォーマンスとの関係 -. *体育学研究*, 45:520-529.

謝辞

私の修士論文作成にあたり主査である岡田純一教授には終始懇切丁寧なご指導を賜りました事を厚く御礼申し上げます。副査である土屋純教授，磯繁雄教授をはじめエリートコーチングの先生方にも多大なるご指導を賜りました事をこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。

ウエイトリフティングの教場を快くご提供下さいました鶴飼信一教授にもこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。

また，ウエイトリフティング部の皆様にもご協力頂きました事を感謝致します。

末分となりますが、皆様方の益々のご健康とさらなるご発展を心よりお祈り申し上げます。

2015年1月9日

脇田 寿雄