

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月1日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500587

研究課題名（和文） スピードスケートにおける専門的体カトレーニングに関するバイオメカニクス的研究

研究課題名（英文） Biomechanical research on the training specificity in speed skating

研究代表者

結城 匡啓（YUKI MASAHIRO）

信州大学・教育学部・教授

研究者番号：90302398

研究成果の概要（和文）：本研究では、スピードスケート競技の陸上トレーニングにおける動作と氷上での滑走パフォーマンスを分析し、これまでに究明されている滑走動作の力学的メカニズムや優れた選手に内在する技術的要因とを総合的に関連づけて検討した。その結果、スピードスケートの陸上トレーニング手段の運動負荷は、氷上滑走時のそれに比して低い可能性があることや、氷上パフォーマンスの高い選手は、陸上トレーニングにおける運動負荷よりも氷上滑走動作における負荷が大きい傾向にあることがわかった。

研究成果の概要（英文）：Comparing the training intensity during dry-land periods in speed skating athletes with that of skating on ice in the light of the biomechanical aspect in excellent skating techniques, high performance skater such as Olympic medalist exerted high training intensity while ice skating than that at dry training procedures.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：スポーツバイオメカニクス

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学，スポーツ科学

キーワード：スピードスケート，バイオメカニクス，トレーニング

1. 研究開始当初の背景

これまでに我々は、スピードスケートにおける世界一流選手の優れた技術的要因について究明を重ねてきた。それらは大きく以下の3つに分けられた。

(1) 国際競技会における世界一流選手の滑走動作を3次元的にとらえて競技成績と関連づけて究明したもの

(2) 1998年に登場した踵の挙上するスラップスケートの合理性についてバイオメカニクス的に研究したもの

(3) スピードスケートの滑走動作の力学的メカニズムをキネティクス的に検討したもの

これらはスケート滑走動作の力学的メカニズムやスラップスケート動作の合理性に

ついてバイオメカニクスの的に検討しているが、専門的体力要因のうち、滑走動作で発揮される関節トルクや関節トルクパワーについて言及したに留まっていた。そのため、それらと非氷上滑走トレーニング（通常、陸上トレーニング）で用いられるトレーニング手段との関係性については踏み込んでいなかった。したがって、競技現場の選手やコーチは、専門的なトレーニング手段の選択やそれらの実施強度・量などについて経験や勘を頼りに行っている背景があった。

そこで我々は、陸上トレーニングにおいて選手が発揮する負荷特性を測定・評価したところ、それらは競技成績との間に高い相関関係を示すことを見出した。これまでのスピードスケートにおけるトレーニング手段に関するバイオメカニクスの研究は、オランダ（de Boer 1986, Kandou et al.1987）でいくつも見つけられたが、これらはいずれも被験者の競技水準が低いことに加え、専門的にトレーニングできる体力的要因について明確にしていけないなどの競技現場に必要な情報出力に欠落があると指摘できる。

2. 研究の目的

スピードスケートの陸上トレーニングにおいて用いられている主なトレーニング手段でのパフォーマンスをバイオメカニクスの的に解析し、それらとこれまでに究明されてきた氷上滑走動作の力学的メカニズムや優れた選手に内在する技術的要因などを総合的に関連づけて検討することにより、トレーニング手段の有効性を明らかにし、スピードスケートにおける専門的体力トレーニングを体系化するための基礎的資料を得ることを目的とする。

本研究では、目的を達成するために以下に示す3つの研究課題を設定した。

(1) 研究課題1

研究期間の3ヵ年度のうち、初年度には2つの実験を行う。同一被験者に、3種類の陸上トレーニング手段を行わせてその技術的および力学的特徴をバイオメカニクスの的に測定すること（実験1）と、氷上滑走における技術的および力学的特徴をバイオメカニクスの的に測定すること（実験2）を研究課題1とした。

(2) 研究課題2

2ヵ年度目に、これらと同様の実験を同一被験者に縦断的に実施し、陸上トレーニング手段と氷上滑走パフォーマンスとの関係性や効果について検討していくことを研究課題2とした。

(3) 研究課題3

最終年度には、研究課題1～2で得られた結果を総合的に関連づけて検討し、トレーニング手段の有効性についてバイオメカニクス

的に吟味することにより、スピードスケートにおける専門的体力トレーニングを体系化する。

陸上トレーニングで用いられるトレーニング手段の体力的要因が明らかにできれば、競技現場の選手やコーチにトレーニング手段の有効性や負荷特性、氷上で目指されるべき技術的要因との関係について有用な情報を提示することができる。また、スピードスケートという1つのスポーツ種目を事例として、実際の氷上滑走動作で重要な専門的体力を養うことのできる専門的体力トレーニングの体系化（位置づけ）を提示することができる。さらに、このような経緯で「技術」と「体力」の関係性について、科学を切り口に一步踏み込み、コーチング理論の構築に礎となる事例となることも期待できる。

3. 研究の方法

スピードスケートの陸上トレーニングにおいて用いられている主なトレーニング手段でのパフォーマンスをバイオメカニクスの的に解析することにより、トレーニングにおいて選手に作用する（選手が発揮する）負荷特性についてバイオメカニクスの的に検討する。

(1) ケーブル牽引力計測装置の開発：

従来、スポーツの現場でトレーニング中のさまざまな張力などの力学量を測定するためには、センサー部、アンプ、AD変換装置、PC取り込み部と大掛かりな装置が必要であった。今回開発した牽引力測定装置は、重量500g程度の装置の中にこれらのすべての機能が装備され、小型メモリー媒体を通じてPCにデータを転送して解析できるものである。また、設計が順調に進んだために予定を下回る低コストで作成できたため、ソフトウェアの開発にも資金を捻出することができた。

(2) 実験1：大学段階の10名の国内トップスケート選手に、a.スケートジャンプ、b.イミテーション滑走動作、c.ケーブル牽引トレーニングをプラットフォーム上で行わせ（kistler社製 0.6m×0.9m）、地面反力を測定するとともに、それらの動作をVTRカメラにより撮影してDLT法により3次元的に解析した。また、選手の下肢から表面筋電図をテレメトリー法により記録した。試技は、すべての選手に共通する競技種目として1500mを想定し、約2分間とした。

これらの計測から、上記a～cのトレーニング手段における各選手のキネマティクスのな特徴を記述する。また、選手の身体に作用した力学的負荷特性（関節トルクや関節トルクパワー）について評価した。

(3) 実験2：大学段階の10名の国内トップスケート選手にセンサー内蔵スラップスケートを履かせて滑走させ、センサーからの信号は小型専用アンプを介して小型データロギに取り込みスラップ滑走中の静止座標系におけるブレード反力を計測するとともに、スケーターの滑走動作をVTRカメラにより撮影しパンニングDLT法により3次元的に解析した。試技は、すべての選手に共通する競技種目として1500mを想定し、400mトラックを3周するものとした。

これらの計測から、我々がこれまでに明らかにしてきた世界一流選手の技術的要因と解析されたキネマティクスを比較し、各選手の滑走技術について特徴を評価した。また、合理的な力学的メカニズムに関する既知の知見をもとに、各選手のキネマティクスを比較し、滑走動作の合理性について評価した。

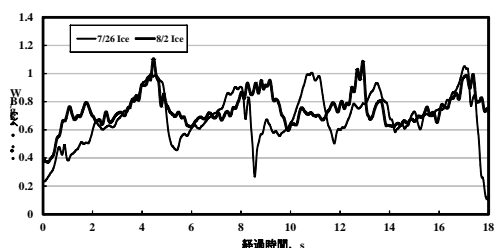
4. 研究成果

(1) ケーブル牽引力計測装置の開発

従来、スポーツの現場でトレーニング中のさまざまな張力などの力学量を測定するためには、センサー部、アンプ、AD変換装置、PC取り込み部と大掛かりな装置が必要であった。今回、我々は、重量500g程度の装置の中にこれらのすべての機能が装備され、小型メモリー媒体を通じてPCにデータを転送して解析できる牽引力測定装置を開発することができた。また、設計が順調に進んだために予定を下回る低コストで作成できたため、ソフトウェアの開発にも資金を捻出することができた。

図は、ケーブル牽引トレーニング中の牽引力の実測データである(体重あたり値)。このように簡易にトレーニング中にグラフ化できるばかりでなく、最大値と最小値をある限定した動作局面で表示するフィードバックも行うことができる。

具体的に一例を示すと、図の太線は高い滑走スピードが得られていた好調時のケーブル牽引ドリルにおける力データであり、不調時の細線に比べて、最大ピーク値だけをみると差異は見出せないが、最小値に着目するとその落ち込みが小さく、下肢の屈曲姿勢での牽引力が大きいことがわかる。このことは、バイオメカニクスの明らかなこととなっている重要動作局面における下肢筋群の発揮力が大きいことを意味し、スピードスケートに特異な専門的体力要素として重要であると解釈される。



(2) 陸上トレーニングの氷上パフォーマンスへの関連性

本研究では、開発されたケーブル牽引力計測装置を用いて実験1および2を行い、各種の陸上トレーニング手段と氷上パフォーマンスを関連づけて検討した結果、以下のような結果を得た。

- ① 氷上パフォーマンスの高い選手は、陸上トレーニングにおける運動負荷よりも氷上滑走動作における負荷が大きい傾向にあった。
- ② スピードスケートの陸上トレーニング手段の運動負荷は、氷上滑走時のそれに比べて低い可能性がある。
- ③ ケーブル牽引ドリルの特徴として、被牽引者(指導者または支援者)の牽引力が大きい必要がある。

(3) 得られた成果の国内外におけるインパクトおよび今後の展望

本研究で得られた特筆すべき成果は、本研究での成果の積み上げとして、2010年バンクーバー冬季オリンピックで銀メダルを獲得した選手のトレーニング中のスピードスケート模倣動作中に発揮された牽引力を計測し、さっそく実践に役立てたことが挙げられる(写真は、信濃毎日新聞(長野県)に掲載された冬季オリンピック期間中の氷上におけるケーブル牽引ドリルの様子)。



本研究ではスピードスケート競技のための陸上トレーニングによって向上が期待される専門的体力と、氷上におけるスピードスケート滑走パフォーマンスとの関係性を検討するための基礎資料を得ることを目的とした。この命題は、スポーツにおける「体力」と「技術」の関係性を検討するための科学的な切り口となる問題を含んでいるととらえられた。今後は、さらにスピードスケートにおける専門的体力と技術との関係について検討を重ね、将来的には、スポーツ界に有用な知見を見出す国益となることを見込んでいる。

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)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 結城匡啓, 私の考えるコーチング論: 科学的コーチング実践をめざして, コーチング学研究, 査読無, 第25巻, 第1号, (2011) 13~20
- ② 結城匡啓, スケート競技におけるコンディション評価, 臨床スポーツ医学, 査読無, 第28巻, 第8号(2011), 879~884

〔学会発表〕(計3件)

- ① 結城匡啓, フォーラム: 検証—バンクーバーオリンピック— スピードスケート最多レース参戦選手のコンディショニング, 第21回日本臨床スポーツ医学会, 2010年11月7日, 筑波国際会議場(つくば市)
- ② 結城匡啓, スピードスケートのアスリートおよびコーチの立場から求めるスポーツ医学, 第21回日本臨床スポーツ医学会, 2010年11月6日, 筑波国際会議場(つくば市)
- ③ 結城匡啓, 世界で戦う競技者・コーチから見た体育学・スポーツ科学とは, 第61回日本体育学会, 2010年9月8日, 中京大学豊田キャンパス

6. 研究組織

(1)研究代表者

結城 匡啓 (YUKI MASAHIRO)

信州大学・教育学部・教授

研究者番号: 90302398

(2)研究分担者

()

研究者番号:

(3)連携研究者

()

研究者番号: