

Kinematic Characteristics of Double Arm-Swing Motion
in World-Class Skaters During Straight Skating Motion
in Men's 500 m Speed Skating Race岡部文武¹⁾, 木村裕也²⁾, 熊川大介³⁾, 藤田善也¹⁾¹⁾ 早稲田大学スポーツ科学学術院²⁾ 国立スポーツ科学センター³⁾ 国士舘大学体育学部OKABE Fumitake¹⁾, KIMURA Yuya²⁾, KUMAGAWA Daisuke³⁾, FUJITA Zenya¹⁾¹⁾ Faculty of Sport Sciences, Waseda University²⁾ Japan Institute of Sport Sciences³⁾ Faculty of Physical Education, Kokushikan University

キーワード: 国際競技大会, 腕振り動作, プッシュオフ動作, 滑走速度, 3次元動作解析

Keywords: International competition, arm swing motion, push-off motion, skating velocity,
three-dimensional motion analysis

【抄録】

本研究の目的は、スピードスケート競技男子 500m 種目世界一流選手のストレート滑走動作におけるプッシュオフ動作と両腕振り動作のキネマティクスを検討することであった。被験者は 2016 World Cup 長野大会男子 500m 種目に出場した 18 名とした。分析項目は滑走速度、支持脚側関節（股関節、膝関節、足関節）角度と角速度、支持脚側大転子と膝関節中心の相対距離（以下、「 D_{HK} 」と略す）と相対速度（以下、「 V_{HK} 」と略す）、体幹起こし角度と角速度、上肢関節（肩関節、肘関節）角度と角速度、上肢肩峰と肘関節中心の相対距離（以下、「 D_{SE} 」と略す）と相対速度（以下、「 V_{SE} 」と略す）、左肩上昇角度と角速度とした。算出した時系列データは、右ブレード離氷が 0%時点、左ブレード離氷時点が 100%時点となるように規格化した。本研究にて得られた知見は以下の通りである：

- 1) 滑走速度は 50%—90%時点にて有意に増加した ($p < 0.05$)。
- 2) 支持脚側関節角速度に関して、股関節角速度が 30%時点、膝関節角速度が 40%時点、足関節角速度が 70%時点から有意に増加し始めた ($p < 0.05$)。
- 3) D_{HK} は 0%時点にて負の値を示した後、有意に増加し、20%時点付近で正の値を示した ($p < 0.05$)。
- 4) 肩関節伸展角度に関して、60%—70%時点にて右上肢が屈曲位から伸展位に転じた。肩関節伸展角速度に関して、左上肢では 40%—90%時点にて有意に減少し、右上肢では 30%—60%時点にて有意に増加した後、70%—100%時点にて有意に減少した ($p < 0.05$)。
- 5) V_{SE} に関して、左上肢では 30%—60%時点にて有意に減少し、右上肢では 0%—10%時点にて有意に増加した ($p < 0.05$)。

以上のことから、世界一流選手は滑走速度が高まる際に、股関節伸展動作に先行して股関節を外転させているが、このとき、ストローク開始時点から支持脚と対角側上肢の外転動作を強調するとともに、同側上肢を素早く内転させていることが示唆された。また、滑走速度が高まる際には、世界一流選手は 1) 支持脚と同側上肢に先行して対角側上肢を素早く後方に振り上げていること、2) 支持脚側上肢をゆっくり前方に振り上げていること、3) 支持脚を伸展させる過程で後方に振り上げた上肢を伸展方向から屈曲方向に転換していることが示された。

[Abstract]

This study aimed to investigate the kinematics of push-off and double arm swing motions of world-class skaters during straight skating in a men's 500 m speed skating race. The participants were 18 skaters who participated in the men's 500 m race for the World Cup held in Nagano, Japan, in 2016. The following parameters were analyzed: skating velocity, joint angle, and angular velocity on the supporting leg; distance (D_{HK}) and velocity (V_{HK}) between the greater trochanter and knee on the supporting leg; trunk elevation angle and angular velocity; joint angle and angular velocity on the arms; distance (D_{SE}) and velocity (V_{SE}) between the acromion and elbow; and rising angle and angular velocity of the left shoulder. The calculated data were normalized such that the timing at the right blade-off was 0% and that at the left blade-off was 100%. The following results were achieved:

- 1) Skating velocity significantly increased at 50%–90% ($p < 0.05$).
- 2) The hip, knee, and foot joint angular velocities began to increase significantly at 30%, 40% and 70%, respectively ($p < 0.05$).
- 3) After D_{HK} was negative at 0%, it significantly increased and became positive at 20% D_{HK} ($p < 0.05$).
- 4) The shoulder joint angle on the right arm shifted by 60% and 70% from flexion to extension. The shoulder joint angular velocity on the left arm significantly increased by 40%–90%, and that on the right arm increased by 30%–60% and decreased by 70%–100% ($p < 0.05$).
- 5) The V_{SE} of the left arm significantly decreased at 30%–60%, and that of the right arm significantly increased at 0%–10% ($p < 0.05$).

These results revealed that the world-class skaters abducted their hip joint before extending their hip joint when they achieved a higher skating velocity, and that they emphasized on abducting their arm on the opposite side of the support leg and adducting their arm on the same side of the support leg. Furthermore, when the skating velocity increased, the world-class skaters 1) swung their arm on the opposite side of the support leg backward quickly prior to that on the same side of the support leg, 2) swung the arm on the same side of the support leg forward slowly, and 3) turned the position of the arm swinging backward from extension to flexion during the push-off motion.

スポーツ科学研究, 21, 1-14, 2024 年, 受付日: 2024 年 3 月 31 日, 受理日: 2024 年 10 月 16 日

連絡先: 岡部文武 359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15 早稲田大学スポーツ科学学術院

f.okabe@aoni.waseda.jp