

原著論文

ショートトラックスピードスケート競技における
ラップタイムの短縮に資する要因の検討

The factors for shortening the lap times in the short track speed skating

岡部文武¹⁾, 河合季信²⁾, 横澤俊治³⁾, 赤澤暢彦^{1),3)}, 湯田淳⁴⁾, 藤田善也¹⁾
Fumitake Okabe¹⁾, Toshinobu Kawai²⁾, Toshiharu Yokozawa³⁾, Nobuhiko Akazawa^{1),3)},
Jun Yuda⁴⁾, Zenya Fujita¹⁾

Abstract : The purpose of this study is to clarify the factors for shortening lap times in the short track speed skating. Eight male skaters skated three laps at maximum effort, and the second half of the second lap having the minimum lap time was extracted for analysis. Both straight and curve sections were divided into the first and second parts which were defined as S3, C3, C4, and S4 in the order of skating, respectively, using the track markers set on the track and the cushion. From C3 to S4, skaters performed a crossing motion, which was the push-off movement with crossing their legs. In addition, a carrying motion, in which the right leg is held deeply flexed in the middle of the crossing motion and attempts to change direction boldly, was used in the curve sections. Parameters were the lap time, section speed calculated by the length and time of each section, time and percentage of the carrying motion (ToC and PoC) during the curve, change of section speed from S3 to C3 and C4 to S4, and left and right stroke frequency after the carrying motion. The results were as follows:

- 1) The section speed significantly increased from C4 to S4 and significantly decreased from S3 to C3.
- 2) The skaters who skated at a shorter lap time tended to have a higher section speed in the curve and the former part of the straight section with the crossing and carrying motion.
- 3) There were significant negative relationships among lap time, section speed from C3 to S4. There was a positive relationship between lap time and PoC.

To shorten the lap time, it would be important to acquire a higher speed in the curve and S4 using the crossing and carrying motion.

Key words : section analysis, crossing motion, carrying motion, section speed

キーワード : 区間分析, クロス動作, キャリング動作, 区間速度

¹⁾早稲田大学, ²⁾筑波大学, ³⁾国立スポーツ科学センター, ⁴⁾日本女子体育大学

¹⁾ Waseda University, ²⁾ University of Tsukuba, ³⁾ Japan Institute of Sports Sciences, ⁴⁾ Japan Women's College of Physical Education

E-mail : f.okabe@aoni.waseda.jp

受付日 : 2022 年 3 月 17 日

受理日 : 2022 年 10 月 11 日

I. 緒言

ショートトラックスピードスケート競技(以下、「ショートトラック」と略す)は、1周 111.12mのオーバルトラックを複数名で滑走し、その滑走着順によって競技成績の優劣を決定する競技である。そのため、同競技では同走者の誰よりも早くフィニッシュするための要因が検討されてきた。500m 種目では、スタート直後から滑走集団の前方に位置した後³⁾、レースを通じて1周あたりの滑走時間(以下、「ラップタイム」と記す)を短縮し、滑走集団を牽引するように滑走することが重要とされる⁵⁾。これに対し、1000m 種目や1500m 種目では、滑走集団中程に位置した後²⁾、残り3周までに滑走集団の前方まで移動すること¹⁾が誰よりも早くフィニッシュするうえで重要とされている。このことから、ショートトラックでは種目によって戦術が異なっており、500m 種目ではレースを通じて他選手に追い越されない必要があると考えられる。

同走者に追い越されないようラップタイムを短縮させるためには、支持脚伸展動作(以下、「プッシュオフ動作」と略す)によって高い推進力を獲得する必要がある⁶⁾。同競技では、左右側方にプッシュオフ動作を実施するストレート滑走動作と、左右脚を交差させながらプッシュオフ動作を絶え間なく実施するクロス動作が基本となる。ただし、クロス動作の途中で、右足着氷後、すぐに右脚のプッシュオフ動作を行うのではなく、Figure 1のような滑走姿勢をしばらく維持した後に右脚の

プッシュオフ動作を行うキャリアリング動作が用いられる場合がある⁴⁾。キャリアリング動作ではプッシュオフ期間が短いため、その際に滑走速度が低下すると考えられる。同競技では、3つの滑走動作を駆使してラップタイムを短縮するため、ラップタイムと滑走動作の関係性を検討することが、競技パフォーマンスを向上させるうえで有効といえよう。また、ラップタイムの短縮に資する滑走動作を検討する際には、レース分析や区間分析によって、これらの滑走動作が実施される区間速度とラップタイムの関係性を検討することが有効と考えられる。しかし、ショートトラックでは、これらの滑走動作がラップタイムに及ぼす影響を検討したレース分析あるいは区間分析は実施されていない。

ショートトラックと同様に、カーブ区間にてキャリアリング動作が実施されるインラインスピードスケート競技 300m タイムトライアル種目では、競技成績が優れた選手はキャリアリング動作を実施していたのに対し、競技成績が劣った選手の中にはキャリアリング動作を実施しない競技者が見受けられたことが報告されている⁴⁾。さらに、キャリアリング動作実施時間は競技成績の優劣によって有意な差は認められなかったものの、競技記録が劣った選手群に限定すると、キャリアリング動作実施時間が長い選手ほど競技記録が劣っていたことが報告されている⁴⁾。これらのことは、競技パフォーマンスの優劣によって、キャリアリング動作の競技記録への影響のしかたが異なることを示唆するものであ

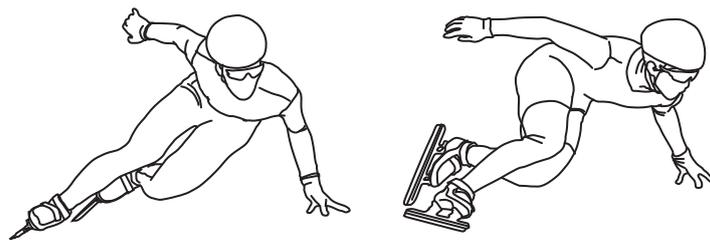


Figure 1. The carrying motion in the curve

In the carrying motion, skaters maintain a such skating posture until they perform the push-off motion.

る。また、競技記録と区間速度の関係性は競技成績によって異なり、競技記録の短い選手群ではスタートから約 100m 地点通過直後のカーブ区間の区間速度と競技記録の間に負の相関関係が認められたことが報告されている⁴⁾。

以上のことから、ショートトラックと類似した滑走動作が実施されるインラインスピードスケート競技では、区間速度や、キャリング動作実施時間と競技記録との関係性を検討することで、競技成績の向上に必要な要因が検討されていることがわかる。また、キャリング動作直後からストレート区間進入後にかけて実施されるクロス動作によって、キャリング動作中に低下した滑走速度を回復している可能性がある。これらのことから、区間速度やキャリング動作、ならびにキャリング動作直後のクロス動作がラップタイムに及ぼす影響を明らかにすることは有効といえよう。そこで、本研究の目的は、ショートトラックにおいてラップタイムと区間速度やキャリング動作所要時間との関係性から、ラップタイムの短縮に資する要因を検討することとした。

II. 方法

1. 分析対象者

分析対象者は、ショートトラックを専門とする男性選手 8 名 (年齢、 20.9 ± 4.9 歳; 身長、 1.67 ± 0.05 m; 体重、 63.9 ± 4.7 kg) であった。分析対象者は、日本スケート連盟の強化選手に指定された国内一流選手や日本代表選手として国際競技大会への出場経験を有する選手であった。分析対象者には、研究の目的や測定方法などを説明し、書面にて実験参加の同意を得た。なお、本研究を実施するにあたり、早稲田大学の人を対象とする研究倫理委員会の承認を得た (承認番号、2021-405)。

2. 測定区間の定義

本研究では、1 周 111.12m (R=8m) のトラックを利用した。ショートトラックで利用されるトラックのカーブ区間には、マーカーを設置するための目印 (以下、「マーカー設置点」と略す) が

カーブ内側に設置されている。また、ショートトラックでは氷面に応じて滑走路を変更しながら競技が実施されるため、マーカー設置点が 7 箇所一列に設定されている (Figure 2)。本研究では、7 箇所設定されたマーカー設置点の 4 箇所目、また、カーブ中央に設置されたマーカー設置点のうち、トラック最内側に設定されたマーカー設置点にマーカーを設置した。実験に先立ち、カーブ区間出入口のマーカー設置点を結ぶ直線上の緩衝マット下端部に反射材を貼付した (Figure 2)。その後、トラックを 500m 種目のスタートやフィニッシュライン、カーブ区間や緩衝マットに貼付した反射材や氷上に設置されたマーカーによる仮想的な直線を基準として、4 つのストレート区間 (S1、S2、S3、S4) と 4 つのカーブ区間 (C1、C2、C3、C4) に分類した (Figure 2)。測定区間の距離は、ストレート区間が 14.43m、カーブ区間が 13.35m であった。

3. キャリング動作の定義

各カーブ区間 (C1 から C2 および C3 から C4) の中で、それぞれ右足着氷から右足離氷までの所要時間が最も長かった局面を抽出し、その時の滑走動作をキャリング動作と定義した。本研究では、カーブ区間に進入した時点ですべての分析対象者が左脚支持で滑走していたことに加え、Figure 1 のような滑走姿勢を維持する局面は 1 局面のみであった。

4. 滑走試行と映像収集

滑走試行に先立ち、分析対象者には陸上と氷上にてウォーミングアップを十分に実施させた。本研究では、500m 種目のスタート地点付近 (Figure 2) からフィニッシュラインまで助走させた後、3 周の最大努力滑走を実施させた。なお、本研究では各周回を LAP1、LAP2、LAP3 と定義した。また、各周回において S1 から S2 を前半、S3 から S4 を後半と定義した。

映像収集は、フィニッシュライン付近と 3 階観覧席から 2 台のビデオカメラ (HC-VZX2M、HC-

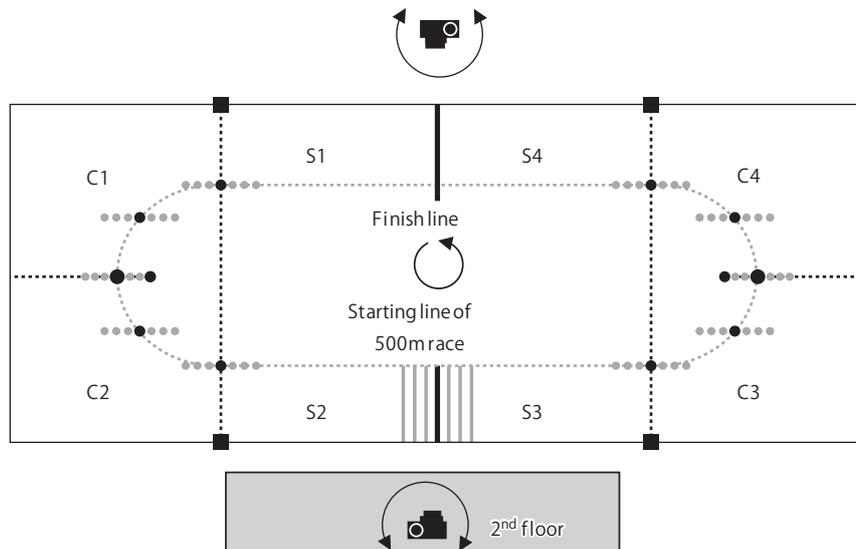


Figure 2. The definition of skating sections and the position of cameras

The curves on both side were separated to two parts, e.g., C1 and C2, C3 and C4, respectively, by the track markers positioned on the middle of curve. The gray points show the setting points for the markers. The black circle points show the points where markers were set, and the black solid lines show the line used in this study. The black squares show the markers put on the bottom of mat.

VZX985M、Panasonic 社製；撮影速度、120fps；露出時間、1/500 秒）を用いて、測定区間通過判断の基準点を映し込みながら分析対象者を追従撮影した。

5. 分析項目と算出方法

本研究では、先行研究に倣い^{4),9)}、着氷するブレード先端が初めてフィニッシュラインを通過した時点を測定開始時点、その後の 500m 種目のスタートラインとフィニッシュラインを通過した時点をラップタイム測定時点とし (Figure 2)、半周ごとにラップタイムを測定した。また、各測定区間の進入や退出時点は、左右いずれかのブレード先端が各測定区間の開始を示す基準点を通過した時点とした。各測定区間の通過は、映像に映し込んだ基準点を結ぶ線分を PC の画面上に表示し、表示された線分をブレード先端が通過した時点を目視にて判断した。なお、スピードスケートでは、ブレード先端によって区間通過を判断した際の区間速度が頭頂部の滑走軌跡から算出した区間速度

との間に高い相関関係があり ($r>0.90$)、比例誤差もないことが報告されている⁸⁾。このことを鑑みると、測定区間の通過判断にブレード先端を用いた場合でも、ラップタイムを適切に測定できると考えられる。

分析項目は、半周ごとのラップタイム、ならびに半周ラップタイムの平均値が最小であった LAP2 後半における各測定区間における区間速度とカーブ区間全体 (C3-C4) の区間速度、キャリング動作所要時間 (以下、「ToC」と略す)、カーブ区間進入時と退出時の速度変化量、カーブ区間におけるキャリング動作割合 (以下、「PoC」と略す) とした。また、キャリング動作直後のクロス動作が C4 から S4 の速度変化量に及ぼす影響を検討するために、C4 から S4 におけるクロス動作のストローク頻度を算出した。ラップタイムは測定開始からラップタイム測定時点、ToC はキャリング動作に要したフレーム数と分解能 (0.008 秒) の積として算出した。また、区間速度は、各測定区間やカーブ区間全体に要したフレーム数を

用いて各測定区間の滑走時間を算出した後、各測定区間やカーブ区間全体の距離を滑走時間で除することで算出した。速度変化量は、カーブ区間進入時が C3 から S3、カーブ区間退出時が S4 から C4 の区間速度を減じた値として算出した。PoC は、カーブ区間全体の通過時間に対する ToC の時間割合として算出した。S4 におけるクロス動作のストローク頻度の算出に際し、右足の離氷から左足の離氷を左ストローク、左足の離氷から右足の離氷を右ストロークと定義した。C4 から S4 にて実施されたクロス動作の左右それぞれのストローク数を数え、これらのストロークに要した時間で除することによってクロス動作の左右それぞれのストローク頻度を算出した。

6. 統計処理

すべてのデータは、平均値と標準偏差で示した。本研究における統計処理には、統計解析ソフトウェア (SPSS Statistics ver.26, IBM 社製) を用いた。区間速度の変化を検討するために、測定区間を主要因 (4 水準) とする対応のある一元配置分散分析を行った。測定区間の主効果が認められた場合、測定区間の組合せ 6 組に対して、Bonferroni の方法による下位検定を行った。また、ラップタイムと各測定区間の区間速度、速度変化量、ToC や PoC、キャリング動作直後の左右ストローク頻

度との関係性、カーブ区間全体の区間速度と ToC や PoC との関係性、キャリング動作直後の左右ストローク頻度とカーブ区間退出時の速度変化量との関係性を検討するために Pearson の積率相関係数を算出した。すべての統計処理にて、危険率 5% 未満を有意水準とした。

Ⅲ. 結果

Table1 に、滑走試行における分析対象者のラップタイムを示した。8 名中 6 名の分析対象者のラップタイムは LAP2 後半にて最小値を示し、全分析対象者の平均値も LAP2 後半で最小値を示した。これらの結果から、LAP2 後半のラップタイム、区間速度、カーブ区間全体の区間速度と ToC や PoC、速度変化量やキャリング動作直後の左右ストローク頻度を用いて、ラップタイムの短縮に資する要因を検討した。

Figure 3 に、LAP2 後半における区間速度を示した。一元配置分散分析の結果、測定区間の主効果が認められた ($p < 0.05$)。区間速度は、隣接区間では S3 が C3、S4 が C4 に比べて有意に高値を示したが、C3 と C4 との間に有意な差は認められなかった。また、S4 が S3 に比べて有意に高値を示した。LAP2 後半におけるカーブ区間進入時の速度変化量は、 $-1.14 \pm 0.40\text{m/s}$ 、カーブ区間退出時の速度変化量は $+2.10 \pm 0.57\text{m/s}$ であった。

Table 1. The lap time of each skater in the trial

Skaters	LAP1[s]		LAP2[s]		LAP3[s]	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
A	4.52	4.37	4.36	4.36	4.40	4.42
B	4.84	4.51	4.47	4.47	4.52	4.59
C	4.62	4.28	4.18	4.21	4.28	4.25
D	4.67	4.38	4.37	4.33	4.38	4.36
E	4.73	4.37	4.38	4.34	4.41	4.58
F	4.86	4.62	4.52	4.55	4.60	4.58
G	4.93	4.62	4.55	4.54	4.53	4.59
H	4.66	4.32	4.29	4.27	4.31	4.33
Mean	4.73	4.43	4.39	4.38	4.43	4.46

"1st" shows the first half of lap, and "2nd" shows the second half of lap.

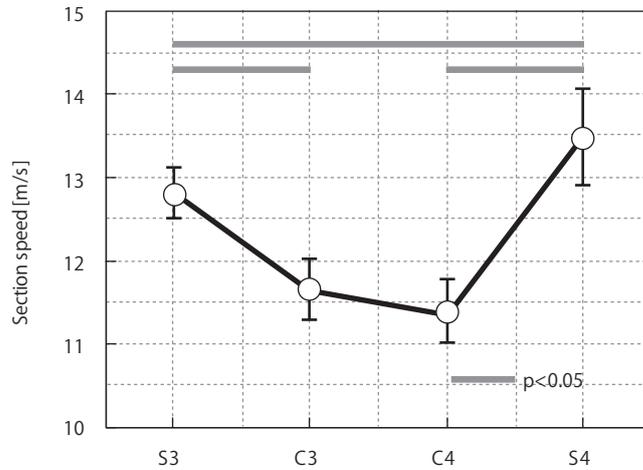


Figure 3. The section speeds averaged in all subjects

LAP2 後半における ToC は 0.78 ± 0.10 秒、PoC は $36.02 \pm 5.36\%$ であった。

Table 2 に、ラップタイムと LAP2 後半における区間速度、ToC と PoC の積率相関係数を示した。ラップタイムと C3、C4、S4 の区間速度の間に有意な負の相関関係が認められた。また、ラップタイムと PoC との間に有意な負の相関関係が認められた。カーブ区間全体の区間速度 ($11.52 \pm 0.33\text{m/s}$) と PoC の間に有意な正の相関関係が認められた ($r=0.763, p<0.05$)。ラップタイムとカーブ区間進入時 ($r=-0.275$)、退出時 ($r=-0.313$) の速度変化量との間に有意な相関関係は認められなかった。キャリング動作直後のクロス動作のストローク数はすべての分析対象者が左ストローク 1 回、右ストローク 1 回の合計 2 回であり、左ストローク頻度は $2.55 \pm 0.15\text{Hz}$ 、右ストローク頻度は $2.50 \pm 0.27\text{Hz}$ であった。左右それぞれのストローク頻度と C4 から S4 の速度変化量との間に有意な相関関係は認められなかった (左: $r=-0.531$ 、右: $r=0.225$)。また、ラップタイムとキャリング動作直後のクロス動作の左右ストローク頻度の間に有意な相関関係は認められなかった (左: $r=0.674$ 、右: $r=-0.637$)。

IV. 考察

1. 区間速度の変化様態に関する考察

本研究における区間速度は、S4 では直前の区間と比べて有意に大きく、C3 では直前の区間と比べて有意に小さかった (Figure 3)。この結果は、区間速度はカーブ区間直後のストレート区間にて増大し、ストレート区間直後のカーブ区間にて低下したことを示している。スピードスケート競技におけるカーブ区間では、大きな遠心力に抗することができず、選手がカーブ外側に移動する場面が見受けられ、この際に発生する超過距離はカーブ区間における区間速度を低下させることが報告されている⁹⁾。そのため、より大きな遠心力に対応する求心力が十分得られていない場合には、カーブ外側に移動することによって超過距離が増大すると推察される。極めて大きな滑走速度が要求されるスピードスケート競技 500m 種目では、競技後半のカーブ区間にて、曲率半径の小さなコース ($R=26\text{m}$) を滑走する選手の滑走速度は低下するが、曲率半径が大きいコース ($R=30\text{m}$) を滑走する選手は滑走速度を維持していたことが報告されている⁹⁾。遠心力は、身体質量と滑走速度の 2 乗値の積を曲率半径で除することで算出できる。スピードスケート競技とショートトラッ

Table 2. The correlation coefficient between the lap time of second half of LAP2 and the speed in each section, ToC and PoC in curve section.

	r
S3	-0.682
C3	-0.853 *
C4	-0.778 *
S4	-0.829 *
ToC	-0.680
PoC	-0.759 *

*, p<0.05

クの男子 500m 種目の世界記録から両競技の平均滑走速度を算出すると、スピードスケート競技では 14.88m/s (世界記録、33 秒 61)、ショートトラックでは 12.63m/s (世界記録、39 秒 58) となる。これらの滑走速度で両競技のカーブ区間を滑走した場合に作用する身体質量 1kg あたりの遠心力は、スピードスケート競技 (R=26m) で約 8.5N/kg、ショートトラック (R=8m) で約 19.9N/kg と推定される。これらのことから、ショートトラックのカーブ区間では、スピードスケート競技に比べて滑走速度は低値を示すものの、より大きな遠心力が作用するため、ショートトラックのカーブ区間では、選手はカーブ外側に移動しやすい状況で滑走していると考えられる。また、区間速度が低下する C3 はラップタイム短縮のために重要な区間である (Table 2) ことを鑑みると、C3 の超過距離を抑制するために、可能な限りコース内側を滑走することが重要と考えられる。そのためには、C3 進入時、すなわち S3 終了時に外側に行き過ぎないことが望ましいといえるだろう。

一方、ストレート区間では遠心力の影響は小さく、コースを斜行しない限り超過距離を抑制できると推察される。各区間における超過距離が測定区間通過時間を増大させる要因とされる⁷⁾ことを考慮すると、ストレート区間では斜行することなくコースを滑走し、超過距離を抑制することで区間通過時間を短縮したため、高い区間速度を獲得できたと考えられる。また、本研究では、カーブ区間直後の S4 にて区間速度が増大することが示

された (Figure 3)。カーブ区間で実施されるキャリング動作では右足着氷後、一旦脚を止めてからプッシュオフ動作が実施されるため、滑走速度が低下すると推察される。一方、ストレート区間では脚を止めることなくプッシュオフ動作を繰り返すため、滑走速度自体を増大できた可能性も考えられる。

本研究では、LAP2 後半のラップタイムと C3、C4、S4 の区間速度との間に有意な負の相関関係が認められた (Table 2)。このことから、LAP2 後半ではカーブ区間進入後の区間に高い区間速度を維持することが、LAP2 後半のラップタイムの短縮に資すると考えられる。また、C3 を高い区間速度で滑走するためには、カーブ区間進入時の減速を抑制することも有効と考えられるが、本研究ではカーブ区間進入時の速度変化量と LAP2 後半のラップタイムの間に有意な相関関係が認められなかった。カーブ区間進入時の減速量に関わらず、S3 から C3 にわたって低い区間速度を維持した選手のラップタイムは長くなると推察される。このことを鑑みると、カーブ区間進入時の減速が LAP2 後半のラップタイムに影響しなかったのは、S3 から C3 にわたって低い区間速度だった分析対象者が見受けられたためと考えられる。一方、カーブ区間退出時においても、速度変化量と LAP2 後半のラップタイムの間に有意な相関関係は認められなかった。C4 から S4 において区間速度が有意に増大する (Figure 3) ことを鑑みると、すべての分析対象者の加速量に大きな差がなかつ

たため、C4 から S4 における加速量がラップタイムに影響しなかったと考えられる。

本研究では、直接滑走軌跡を算出していないためカーブ区間やストレート区間における超過距離と区間速度の関係を検討することはできなかった。したがって、今後は、カーブ区間における滑走軌跡から超過距離を算出し、時々刻々と変化する滑走速度とラップタイムの関係性を解明する必要があるだろう。

2. C4 から S4 におけるクロス動作が速度変化量に及ぼす影響

S4 はストレート区間ではあるものの、すべての分析対象者がクロス動作を実施していた。国際競技大会においても、ほとんどの選手がカーブ区間出口からストレート区間入口にかけてクロス動作を実施している。クロス動作は、身体重心を滑走路内側に移動させるうえで有効な滑走動作である。また、カーブ区間からストレート区間進入直後も大きな遠心力によって滑走路外側に移動すると推察される。ストレート区間にて超過距離を抑制するためにはストレート区間を斜行することなく直進する必要がある。これらのことから、S4 にてクロス動作が実施されたのは、身体重心の移動方向を滑走路に沿うように転換させるためであったと考えられる。また、本研究では C4 から S4 にて区間速度が有意に増大することが示された (Figure 3)。スピードスケート競技では、高い滑走速度を獲得するためには、1 ストロークの仕事量とストローク頻度の積として算出される出力パワーを大きくすることが有効とされる⁹⁾。本研究では C4 から S4 の速度変化量とキャリング動作直後のクロス動作の左右ストローク頻度の間に有意な相関関係は認められなかった。このことは、C4 から S4 における左右ストローク頻度が加速量に及ぼす影響が小さいことを示唆するものである。C4 から S4 における加速量を大きくする手段の一つとして、プッシュオフ動作における 1 ストロークの仕事量を増大させることが考えられる。しかし、本研究ではこれらクロス動作における超

過距離やクロス動作にて発揮された出力パワーの実態を検討することができなかった。これらの要因は、実際の滑走速度に影響する要因であることから、今後は、クロス動作に関するキネマティクスやキネティクスを分析する必要があるだろう。

3. キャリング動作と区間速度の変化様相に関する考察

ショートトラックのカーブ区間では、いずれの分析対象者もキャリング動作を実施していた。本研究では、LAP2 後半のラップタイムと PoC の間に有意な負の相関関係 (Table 2)、PoC とカーブ区間全体の区間速度との間に有意な正の相関関係が認められた。また、カーブ区間における区間速度の変化様相に着目すると、C3 と C4 の間に有意な差は認められず (Figure 3)、カーブ区間を通じて区間速度は大きくは変化しないことが示された。カーブ区間では高い滑走速度で滑走する程、より大きな遠心力が作用するため、超過距離が増大する⁷⁾と推察される。超過距離はラップタイムに影響する⁷⁾ことを鑑みると、カーブ区間では超過距離を抑制する必要があるといえよう。超過距離の要因となる遠心力に抗するためには、身体をカーブ内側に傾斜 (以下、「内傾」と略す) させ、求心力を大きくすることも必要である¹⁰⁾。キャリング動作では大きく内傾した滑走姿勢がしばらく維持される (Figure 1) ことを鑑みると、カーブ区間で滑走速度が高い場合には、キャリング動作の時間割合を高めることで遠心力に抗し、超過距離を抑制することがカーブ区間における区間速度の維持や LAP2 後半のラップタイムを短縮するうえで有効であると考えられる。その一方で、本研究では ToC と LAP2 後半のラップタイムとの有意な関係は認められなかった。そのため、ラップタイムが短い選手程、カーブ区間でのキャリング動作以外の時間が短かったといえる。ラップタイムが短い選手は同じキャリング動作時間 (ToC) で進む距離が長くなるため、カーブ区間におけるほかの滑走動作所要時間が短くなったと考えられる。

4. 本研究の限界と今後の課題

本研究では、カーブ区間や緩衝マットに設置した反射材やマーカーを基準として、オーバルトラックを8つの測定区間に分割し、選手が各測定区間の最短距離を滑走していると仮定し分析を実施した。そのため、移動距離の実測値を用いて滑走速度を算出できていない。カーブ区間では滑走路外側に押し出されるように滑走することで発生する超過距離が増大すると推察されるため、超過距離の実測値とカーブ区間通過時間やToC、PoCとの関係を検討することは、ラップタイムの短縮を図るうえで重要となろう。高い区間速度が要求されるカーブ区間のキャリング動作割合がラップタイムの短縮に資することが示されたものの、ショートトラックにおけるキャリング動作の実態を検討できていない。そこで、今後はキャリング動作中に獲得された求心力成分や、大きな求心力成分の獲得に資するキャリング動作のキネマティクスやキネティクスを明らかにすることが、ラップタイムの短縮に資する要因を検討するうえで重要と考えられる。さらに、カーブ区間出口からストレート区間入口にかけて実施されるクロス動作の出力パワーがラップタイムの短縮に影響する可能性があることから、今後はラップタイムの短縮に資するクロス動作を解明する必要があるといえる。

V. 結論

本研究の目的は、ショートトラックにおいてラップタイムの短縮に資する要因を検討することであった。本研究では、トラックを4つのストレート区間と4つのカーブ区間に分割し、これら測定区間における区間速度やカーブ区間全体の区間速度、キャリング動作の所要時間や割合、キャリング動作直後の左右ストローク頻度とラップタイムとの関係性や、カーブ区間全体の区間速度とキャリング動作の所要時間や割合との関係性、キャリング動作直後の左右ストローク頻度とカーブ区間退出時の速度変化量との関係性を検討した。本研究にて得られた結果は、以下のとおりである。

- 1) 区間速度は、C4 からS4 にかけて有意に増大し、S3 からC3 にかけて有意に低下した。
- 2) カーブ区間直後のS4 とカーブ区間を高い区間速度で滑走する選手程、短いラップタイムで滑走していた。
- 3) キャリング動作の所要時間は、その周回のラップタイム、ならびにキャリング動作を行っていたカーブの区間速度との間に有意な相関関係が認められなかった。キャリング動作の実施割合はラップタイムとの間に有意な負の相関関係、カーブ区間全体の滑走速度との間に有意な正の相関関係が認められた。
- 4) C4 からS4 において、クロス動作の左右それぞれのストローク頻度と速度変化量の間には有意な相関関係は認められなかった。また、クロス動作の左右それぞれのストローク頻度とラップタイムの間に有意な相関関係は認められなかった。

以上のことから、ショートトラックにてラップタイムを短縮する際には、カーブ区間とその直後のストレート区間前半において高い区間速度を獲得することが重要と考えられる。また、高い区間速度が要求されるカーブ区間のキャリング動作実施割合がラップタイムの短縮に資するが、この要因として、ラップタイムが短い選手は同じキャリング動作実施時間で進む距離が大きくなるため、カーブ区間におけるほかの滑走動作所要時間が短くなったことが示唆された。

謝辞

本研究は、公益財団法人日本スケート連盟、帝産アイススケートトレーニングセンターならびに国立スポーツ科学センターの協力のもと実施された。ここに深く感謝の意を表する。

文献

- 1) Bullock N, Martin DT, Zhang A. Performance analysis of world class short track speed skating: What does it take to win? Int J Perform Anal Sport, 8: 9–18, 2017.

- 2) Konings MJ, Noorbergen OS, Parry D, Hettinga FJ. Pacing behavior and tactical positioning in 1500 m short-track speed skating. *Int J Sports Physiol Perform*, 11: 122–129, 2015.
- 3) Muehlbauer T, Schindler C. Relationship between starting and finishing position in short track speed skating races. *Eur J Sport Sci*, 11: 225–230, 2011.
- 4) 岡部文武, 高尾千穂, 藤田善也, 土屋純. ローラースピードスケート競技 300m タイムトライアル種目における世界選手権大会出場選手のレース分析. *体育学研究*, 64(2): 869-876, 2019.
- 5) Okabe F, Takao C, Kawai T, Yuda J, Fujita Z. Racing behavior among the winners of men's 500m final races on the international competition of short-track speed skating. *Int J Sport Health Sci*, 19: 98-101, 2021.
- 6) van Ingen Schenau GJ, Bakker K. A biomechanical model of speed skating. *J Hum Move Stud*, 6: 1–18, 1980.
- 7) 横澤俊治, 加藤恭章, 紅楳英信, 熊川大介. スピードスケート国際競技会の中長距離レースにおける滑走軌跡と速度の分析. *Journal of High Performance Sport*, 3: 27–38, 2018.
- 8) 横澤俊治, 加藤恭章, 紅楳英信, 齊川史徳, 熊川大介. ビデオカメラを用いたスピードスケートにおけるストレートとカーブの加減速およびカーブのコースロスの評価. *Journal of High Performance Sport*, 4: 165-175, 2019.
- 9) 湯田淳, 青柳徹, 高松潤二. スピードスケート女子 500m 競技における世界一流短距離選手のレースパターン. *トレーニング科学*, 18(4): 387-395, 2006.
- 10) 湯田淳, 結城匡啓, 阿江通良. 日本ジュニア長距離スピードスケート選手のカーブ滑走動作に関するバイオメカニクスの研究 - 世界一流選手との比較から -. *スポーツ方法学研究*, 16(1): 1-11, 2003.