

論文

ショートトラックスピードスケート競技男子 500m の戦術変化
- 冬季五輪期の比較 -

岡部文武¹⁾, 河合季信²⁾, 湯田淳³⁾, 藤田善也¹⁾

¹⁾ 早稲田大学スポーツ科学学術院

²⁾ 筑波大学体育系

³⁾ 日本女子体育大学スポーツ科学科

キーワード: 国際競技大会, 世界一流選手, ラップタイム, 中間順位, レース分析.

[抄録]

本研究の目的は, ショートトラックスピードスケート競技男子 500m に着目し, 冬季五輪の 4 年周期の国際競技大会における戦術の変遷を明らかにすることであった. 国際スケート連盟が公表するレースタイムのうち, 2006/2007 シーズンから 2017/2018 シーズンに開催された国際競技大会男子 500m の 54 レースを分析対象とした. この期間にて, バンクーバ冬季五輪, ソチ冬季五輪, 平昌冬季五輪が開催されたため, 2006/2007 シーズンからバンクーバ冬季五輪を VOG 期, 2010/2011 シーズンからソチ冬季五輪を SOG 期, 2014/2015 シーズンから平昌冬季五輪までを POG 期と定義した. レースタイム, ラップタイム, 中間順位を分析し, 以下の結果を得た.

- 1) レースタイムとラップタイムは, 冬季五輪期を経過する度に短縮されることが示された.
- 2) ラップタイムは全冬季五輪期を通じて LAP3 にて最小値を示した後, LAP4 から LAP5 にかけて有意に増大することが示された ($p < 0.05$). 一方, このようなラップタイムの変化様相や中間順位は, 冬季五輪期の経過に関わらず類似することが示された.
- 3) レースタイムとラップタイムの関係に関して, VOG 期では LAP3 と LAP5, SOG 期では LAP2, LAP3 と LAP5, POG 期では LAP1 から LAP5 にて有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.05$).

以上の結果から, 国際競技大会優勝者のラップタイムや中間順位の変化様相は冬季五輪期によらず類似することが示唆された. しかし, 冬季五輪期を経過する度に競技後半を速いラップタイムで滑走する戦術から, 号砲直後からより速いラップタイムで滑走し, LAP3 における最短ラップタイムをフィニッシュするまで維持する戦術に変化したことが示唆された.

スポーツ科学研究, 19, 119-126, 2022 年, 受付日: 2022 年 5 月 13 日, 受理日: 2022 年 12 月 22 日

連絡先: 岡部文武 359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15

f.okabe@aoni.waseda.jp

I. 緒言

トーナメント方式が採用されるショートトラックスピードスケート競技(以下、「ショートトラック競技」と略す)では、2006年にスタート位置に関する競技規則が改訂され、最初のラウンドを除き、抽選方式から直前ラウンドのレースタイムが優れた選手から順番にスタートライン内側に配置される方式に変更された(International Skate Union, 2006)。ショートトラック競技にて実施される個人種目(500m, 1000m, 1500m)のうち、1000mと1500mではスタート位置がレースタイムに及ぼす影響が小さいものの、500mではスタートライン内側の選手がより速いレースタイムで滑走できる傾向にあることが報告されている(Maw et al., 2006, Muehlbaer and Schindler, 2011, Noorbergen et al., 2016)。そのため、500mでは競技を優位に展開できるスタート位置を確保するために、一連のラウンドにてより速いレースタイムで滑走する必要性が高まったといえる。

ショートトラック競技の主要な国際競技大会(ワールドカップ, ヨーロッパ選手権大会, 世界選手権大会, 冬季オリンピック競技大会(以下、「冬季五輪」と略す))におけるレースタイムに着目した研究では、すべての個人種目にて、冬季五輪のレースタイムが最も優れていることが報告されている(Konings et al., 2018a, 2018b)。さらに、冬季五輪への出場を機に引退する選手が多いことから、ショートトラック競技では冬季五輪が最も重要な競技大会として認識されている。冬季五輪は4年周期で開催されるため、同競技大会にて優勝を目指す場合、競技大会における海外諸国選手の動向を把握しながら長期的なトレーニングを計画し、実施する必要がある。そのため、これまでに開催された冬季五輪の4年周期における戦術の変遷を明らかにすることは、トレーニング計画策定やレースタイムの短縮に資する知見を得るうえで有効といえよう。しかし、ショートトラック競技男子500mでは国際競技大会、とくに冬季五輪におけるレースタイムの変遷に着目した研究は実施されていない。

ショートトラック競技では、複数名が一斉に滑走するため、同走選手の滑走様態がレースタイムの

優劣に影響することが報告されている(Konings et al., 2018b)。また、冬季五輪に出場する選手の殆どが毎年開催されるワールドカップや世界選手権大会に出場していることを鑑みると、冬季五輪の4年周期におけるレースタイムの変遷を検討する際には、ワールドカップや世界選手権大会における戦術や戦略を考慮しながら分析する必要がある。とくに、500mでは上位ラウンドほどレースタイムが速いこと(Konings et al., 2018a, 2018b)から、冬季五輪の4年周期中に実施された国際競技大会における優勝者の戦術を分析することで、当該種目におけるレースタイムの短縮に資する知見を得ることができると考えられる。

以上のことから、本研究では、スタート位置に関する競技規則が改訂された2006/2007シーズン以降の冬季五輪に着目し、ショートトラック競技における冬季五輪期毎の国際競技大会における戦術の変遷を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 分析対象レース

国際スケート連盟(以下、「ISU」と略す)が公表するレースタイムのうち、2006/2007シーズンから2017/2018シーズンに開催された国際競技大会男子500mの優勝者を分析対象とした。なお、本研究で分析対象とした国際競技大会は、ワールドカップ, 世界選手権大会, 冬季五輪とし、これら競技大会にて優勝者を決定する決勝Aを対象とした。抽出したレースは90レースであった。これらのうち、転倒者, 失格者, 優勝者と10秒以上レースタイムが異なる選手が混在する場合は、戦術を適切に検討できないと判断し、分析対象レースから除外した。この結果、分析対象レースは54レースであった。

2006/2007シーズンから2017/2018シーズンの期間において、バンクーバ冬季五輪, ソチ冬季五輪, 平昌冬季五輪が開催された。そこで、本研究では2006/2007シーズンからバンクーバ冬季五輪をVOG期, 2010/2011シーズンからソチ冬季五輪をSOG期, 2014/2015シーズンから平昌冬季五輪までをPOG期とし、これらを冬季五輪期と定義した。なお、冬季五輪期毎の分析対象

レース数は、各冬季五輪期で 18 レースであった。

2. 分析項目

分析項目は、男子 500m のレースタイム、ラップタイム、中間順位とした。これらは ISU のウェブサイト (<https://shorttrack.sportresult.com/>) にて公表されている情報を用いた。なお、ウェブサイトの情報に欠損が認められた場合は、分析対象レースから除外した。

Figure 1 に、ショートトラック競技で使用されるトラックの規格を示した。本研究では号砲直後から初めてフィニッシュライン通過するまでの半周を LAP1 と定義した後、フィニッシュライン通過毎に LAP2, …, LAP5 と定義した。また、中間順位は、フィニッシュライン通過時の滑走集団内での順位とし、スタートラインにおける順位は、スタートライン内側から順番に 1, 2, …と定義した。

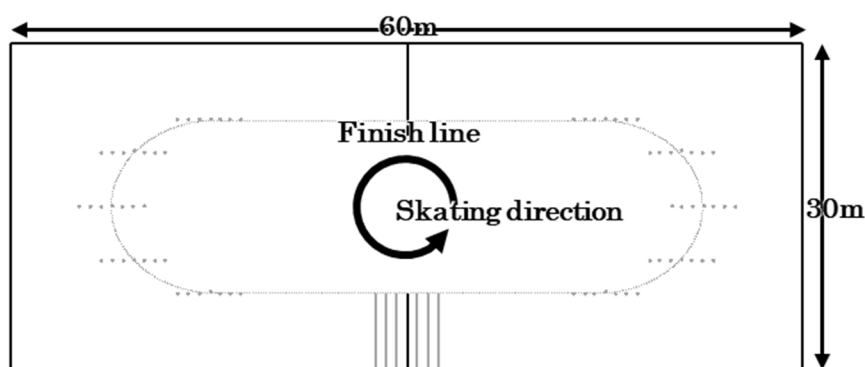


Figure 1. The track of the short-track speed skating

In the short-track speed skating, the racing course is changed with the race. The gray points show the inner side of the course, and the gray lines show starting lines of the 500m race. The gray dot line shows the racing course when the markers are set on the middle of points.

3. 統計処理

中間順位は中央値、それ以外のデータを平均値±標準偏差で表記した。統計処理には、統計解析ソフトウェア (SPSS Statistics ver.28, IBM 社製) を用いた。冬季五輪期のレースタイムの変遷を検討するために、期を主要因とする一元配置分散分析を用いた。また、各冬季五輪期におけるラップタイムを比較するために、期と周回を主要因とする二元配置分散分析を用いた。なお、ラップタイムは半周かつ急激に加速する LAP1 を除いた 4 水準 (LAP2-LAP5) で二元配置分散分析を行った。これらの統計処理において交互作用や要因の主効果が認められた場合、下位検定として Bonferroni の多重比較検定を用いた。各周回における冬季五輪期の中間順位を比較するために、一般化拡張マンテル検定を行った。一般化拡張マンテル検定において有意な差が認められた場合、下位検定として Bonferroni の方法により

有意水準を調整したうえで残差分析を行なった。さらに、各冬季五輪期におけるレースタイムとラップタイムの関係性を検討するために、Pearson の積率相関係数を用いた。すべての統計処理において、危険率 5%未満 ($p < 0.05$) を有意水準としたが、Pearson の積率相関係数を用いた統計処理では、Bonferroni の方法により調整された有意水準 ($p < 0.005$) を用いた。

3. 結果

1. 冬季五輪期のレースタイムの変遷

一元配置分散分析の結果、期の主効果が認められた ($p < 0.05$)。各冬季五輪期のレースタイムは VOG 期が 41.65 ± 0.44 秒、SOG 期が 41.05 ± 0.53 秒、POG 期が 40.59 ± 0.66 秒を示した。また、POG 期が SOG 期、SOG 期と POG 期が VOG 期に比べて有意に速かった ($p < 0.05$)。

2. 各冬季五輪期におけるラップタイムや中間順位
の比較

Figure 2 に、各冬季五輪期におけるラップタイムの変化とラップタイムの平均値を示した。二元配置分散分析の結果、交互作用は認められず、期と周回の主効果が認められた ($p < 0.05$)。全分析対象レースのラップタイムの変化に関して、LAP2 は LAP3 から LAP5, LAP5 は LAP3 と LAP4 に比べて有意に遅かったが、LAP3 と LAP4 の間

に有意な差は認められなかった ($p < 0.05$)。また、すべての冬季五輪期にて LAP3 のラップタイムが最小値を示した (VOG 期: 8.53 ± 0.20 秒, SOG 期: 8.35 ± 0.14 秒, POG 期: 8.27 ± 0.16 秒)。さらに、各冬季五輪期におけるラップタイムの平均値は、VOG 期が SOG 期と POG 期に比べて有意に遅かったが、SOG 期と POG 期に有意な差は認められなかった。

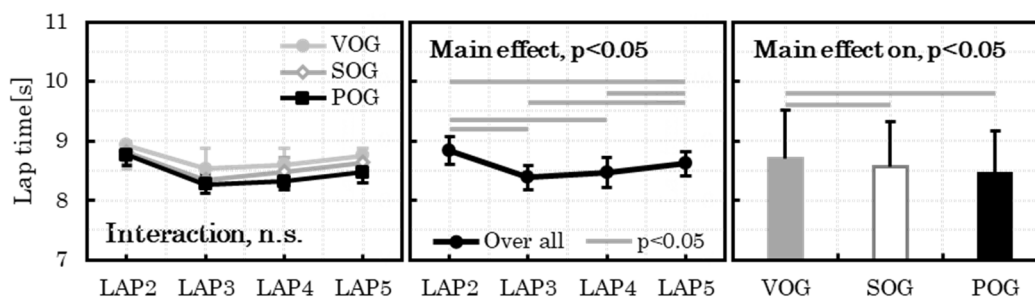


Figure 2. Change in lap time and average lap time for each Olympic terms.

The left figure shows the change in lap time in each Olympic terms. The center figure shows the average lap time of all races in each laps, and the right figure shows the average lap time in each Olympic terms. VOG, SOG, and POG represent Vancouver, Sochi and PyeongChang Winter Olympic Games.

Figure 3 に、各周回における冬季五輪期の中間順位の変化を、箱ひげ図で示した。なお、箱ひげ図の箱上端と下端は、それぞれ第 3 四分位数と第 1 四分位数を示し、箱内に示された横棒は中央値を示している。また、箱上部に示されたひげは外れ値以外の最大値、最大値を示すひげの上を示された丸印は外れ値を示している。箱内に横棒が示されていない場合、中央値は 1 位を示し、箱とひげが示されていない場合は、外れ値を除く最大値、中央値、最小値は 1 位を示している。

VOG 期の中間順位は Start で 2 位, LAP1 と LAP2 で 1.5 位, LAP3 から LAP5 で 1 位であった。SOG 期の中間順位は Start, LAP2 から LAP5 で 1 位, LAP1 にて 1.5 位であった。POG 期の中間順位はすべての周回で 1 位であった。一般化拡張マンテル検定の結果、各周回における各冬季五輪期の間有意な差は認められなかったが、全分析対象レースにおいて、LAP4 が LAP5 に比べて有意に高値を示した。

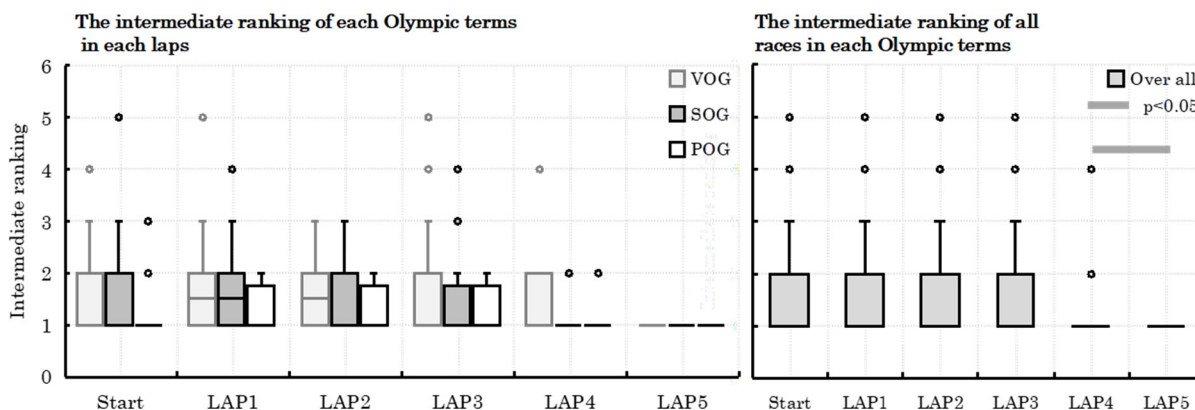


Figure 3. Change in intermediate ranking for each Olympic terms.

The left figure shows the change in intermediate ranking in each Olympic terms. The right figure shows the intermediate ranking of all races in each Olympic terms. The circles show the outlier in each laps and Olympic Games. In these figures, VOG, SOG and POG represent Vancouver, Sochi and PyeongChang Winter Olympic Games. For the data with no bars shown on the boxes, the lower limit of the box corresponds to the Median. For bars without whiskers and boxes in LAP 4 and 5, all data except the outlier were in first place.

3. レースタイムとラップタイムや中間順位の関係

Table 1 に、各冬季五輪期におけるレースタイムとラップタイムの相関係数を示した。VOG 期で

は LAP3 と LAP5, SOG 期では LAP2, LAP3 と LAP5, POG 期では LAP1 から LAP5 にて有意な正の相関関係が認められた。

Table 1. Correlation coefficient between the race time and the lap time in each Olympic term

	LAP	VOG	SOG	POG
		r	r	r
Lap time	1	-0.050	0.438	0.644 *
	2	0.241	0.806 *	0.851 *
	3	0.717 *	0.910 *	0.935 *
	4	0.366	0.174	0.932 *
	5	0.641 *	0.700 *	0.802 *

*, p<0.005

4. 考察

1. 国際競技大会優勝者の滑走様態に関する考察

本研究では、ラップタイムの変化様相に交互作用は認められず、各冬季五輪期のラップタイムの平均値はVOG期からSOG期にかけて速くなることが示された(Figure 2)。このことは、ショートトラック競技男子500mでは冬季五輪期を経過してもラップタイムの変化様相はあまり変化しないものの、国際競技大会優勝者は、競技全体を通じてより速いラップタイムで滑走するようになったことを示唆するものである。

一方、各周回における冬季五輪期の中間順

位の間に有意な差は認められなかった(Figure 3)。また、全分析対象レースの中間順位はLAP4からLAP5にて有意に向上することが示された(Figure 3)。LAP4における中間順位の中央値はすべての冬季五輪期で1位であったが、2位や4位で滑走する国際競技大会優勝者も見受けられた(Figure 3)。これらのことから、国際競技大会優勝者は、LAP4まで前方滑走者を追従するように滑走していたと考えられる。ショートトラック競技男子500mでは4-5名が一斉に滑走することや各周回における各冬季五輪期の中間順位の中央値が1位から2位であることや、全分析対象レースの中間順位におけるLAP4では2位や4位で

滑走する国際競技大会優勝者が見受けられることを考慮すると、国際競技大会優勝者は冬季五輪期によらず滑走集団のより前方を滑走するが、冬季五輪期を経過する度に滑走集団の先頭を滑走し続ける傾向にあったと考えられる。競技規則が改定された 2006 年度以降は、VOG 期から SOG 期にてラップタイムが短縮される (Figure 2) が、より速いラップタイムを維持することが要求される状況において複数選手を一度に追い越すことは困難である。また、ショートトラック競技男子 500m では最終周回を除き、滑走集団前方に移動する際にカーブ外側から他選手を追い越す選手が多く見受けられる。Bullock et al. (2017) は滑走集団後方を滑走する選手はカーブ外側から滑走集団前方を滑走する選手を追い越し、滑走集団のより前方に移動することが重要と指摘している。しかし、カーブ外側を滑走することで増大する超過距離は、ラップタイムを遅くする要因とされている (横澤ほか, 2018)。とくに滑走集団後方を滑走する選手が滑走集団前方まで移動する場合に発生する超過距離は、滑走集団前方を滑走する選手に比べ大きくなると推察される。このことを鑑みると、国際競技大会優勝者は超過距離を抑制するために滑走集団のより前方を滑走し続けるようになった可能性が考えられる。しかし、滑走集団先頭まで移動しても、他選手よりも高い滑走速度を獲得できない場合には、滑走集団後方を滑走する選手に追い越される可能性は高くなる。ここで、LAP4 から LAP5 のラップタイムと中間順位に着目すると、ラップタイムが遅くなる一方 (Figure 2) で、中間順位が向上するように変化することが示された (Figure 3)。本研究における全冬季五輪期の国際競技大会優勝者は、LAP4 まで前方滑走者を追従していた (Figure 3) ため、空気抵抗の低減により前方滑走者に比べて下肢筋群への負担が小さかったと推察される。また、ショートトラック競技の国際競技大会では、最終周回のフィニッシュ直前にてカーブ内側から前方滑走者を追い越し、そのままフィニッシュする場面が多く見受けられる。この場合、周回を通じて高い速度で滑走するのではなく、前方滑走者を追い越すために、局所的に加速していると考えられる。また、周回を

通じて高い滑走速度を維持しないことで、ラップタイムはほかの周回に比べて遅くなると推察される。これらのことを鑑みると、最終周回までに前方滑走者を追従滑走したことで下肢筋群の負担を軽減した国際競技大会優勝者は、最終周回のフィニッシュ直前の一部区間で加速したことによりラップタイムが遅くなる周回においても中間順位を向上させることができたと考えられる。

また、ラップタイムが遅くなる LAP3 以降にて前方滑走者を追い越しやすい中間順位を滑走するためには、滑走集団のより前方に移動するか、後方滑走者に追い越されないように滑走する必要がある。その際には、局所的に加速することやラップタイムを遅くする要因である超過距離を抑制するために、カーブのより内側を滑走することが有効な手段として考えられる。しかし、本研究ではショートトラック競技男子 500m における国際競技大会優勝者や同走選手の滑走軌跡を検討できていない。今後は実際の競技大会を分析対象として、競技成績の優れた選手の滑走軌跡を検討することで、当該競技にて要求される戦術的要素を明らかにする必要がある。

2. レースタイムとラップタイムの関係性に関する考察

本研究では、レースタイムの短縮に資する周回が冬季五輪期によって異なることが示された (Table 1)。レースタイムに影響する周回数には冬季五輪期を経過する度に増大し、レースタイムの優れた選手は、SOG 期では VOG 期に加え LAP2、POG 期では SOG 期に加え LAP1 と LAP4 をより速いラップタイムで滑走していることが示された (Table 1)。すべての冬季五輪期にて競技後半の LAP3 と LAP5 のラップタイムがレースタイムの短縮に資すること (Table 1) を鑑みると、レースタイムを短縮するための戦術が、競技後半をより速いラップタイムで滑走する戦術から、競技前半からより速いラップタイムで滑走する戦術に変化したと考えられる。

ラップタイムの変化様相に着目すると、ラップタイムは LAP3 にて最小値を示し、LAP5 におけるラップタイムは LAP3 に比べて高値を示した。この結

果は、レースタイムを短縮するうえで、国際競技大会選手は男子 500m では冬季五輪期によらず LAP3 を最も速いラップタイムで滑走していることを示唆するものである。また、POG 期ではすべての周回のラップタイムがレースタイムの短縮に影響する (Table 1) ことを鑑みると、国際競技大会優勝者は、男子 500m では号砲直後からより速いラップタイムを維持するように滑走することで、レースタイムを短縮していたと考えられる。号砲直後からより速いラップタイムが要求される場合、最大努力で運動を実施することが有効である。しかし、このような場合、競技前半における下肢筋群への負担が大きくなるため、陸上競技のようなレースタイムにより競技成績が決定される競技では、移動速度が最大値に達した後は、移動速度が逡減するように変化することが報告されている (Abbiss and Laursen, 2008)。LAP3 以降のラップタイムに着目すると、LAP4 から LAP5 にかけて有意に増大することが示された (Figure 3)。これらのことから、競技後半にてラップタイムが増大したのは、冬季五輪期を経過する毎に競技前半もラップタイムを短縮する戦術に変化し、競技後半における下肢筋群への負担が大きくなったためと考えられる。

また、ラップタイムが増大する LAP4 から LAP5 にて、国際競技大会優勝者は滑走集団先頭に移動していることが示された。ショートトラック競技では複数名が隊列をなして競技が展開されるが、滑走集団 2 位を滑走する場合、先頭滑走者を追従するように滑走していると考えられる。このとき、選手に作用する空気抵抗は、先頭滑走者に比べて小さいと推察される。空気抵抗の軽減は下肢筋群への負荷軽減に有効な手段であることから、VOG 期における国際競技大会優勝者は、最終周回にて先頭滑走者の隙を狙い、滑走集団先頭に移動するために下肢筋群への負担を少しでも軽減できるように先頭滑走者のすぐ後ろを追従した可能性があると考えられる。一方、SOG 期と POG 期における国際競技大会優勝者は、競技を通じて速いラップタイムで滑走している (Figure 2) ため、近年の優勝者はレース序盤からエネルギー出力が高く、さらに、その持続能力も高まっている可能性が考えられる。LAP4 から LAP5 にお

ける各冬季五輪期のラップタイムには統計的な有意差は認められなかったものの、両周回において VOG 期が SOG 期、SOG 期が POG 期に比べて速い傾向がみられた (Figure 2)。冬季五輪期を経過する度にレースタイムが短縮されることを鑑みると、近年の国際競技大会優勝者は、より下肢筋群の負担が大きい状況でも、速いラップタイムを維持できる能力を有していたと考えられる。また、ラップタイムに影響する体力要素として、エネルギー供給機能の反応が考えられる。男子 500m は約 41 秒程度の高強度の運動であることから、無酸素性作業能力が関連すると考えられる。これらのことから、国際競技大会優勝者は無酸素性作業能力を高めることで、速いラップタイムの維持を可能にしていることが示唆された。本研究ではラップタイムと体力要素の関係性を検討できなかったが、ショートトラック競技におけるエネルギー供給機構の反応に関する研究を進めることで、体力トレーニングの検討に資する知見を得ることができると考えられる。今後は、ショートトラック競技の競技力について、運動生理学的研究を進める必要があろう。

5. 結論

本研究の目的は、競技規則が改定された 2006/2007 シーズン以降に開催されたショートトラック競技の国際競技大会男子 500m のレースタイム、ラップタイム、中間順位の変遷を検討し、冬季五輪期毎の国際競技大会における戦術の変遷を明らかにすることであった。本研究では 2006/2007 シーズンから 2017/2018 シーズンを、この期間にて開催された冬季五輪大会を基準に、3 つの冬季五輪期 (VOG 期, SOG 期, POG 期) に分類し、以下の結果を得た。

- 1) レースタイムとラップタイムは、冬季五輪期を経過する度に短縮されることが示された。
- 2) ラップタイムは全冬季五輪期を通じて LAP3 にて最小値を示した後、LAP4 から LAP5 にかけて有意に増大することが示された ($p < 0.05$)。一方、このようなラップタイムの変化様相や中間順位は、冬季五輪期を経過に関わらず類

似することが示された。

- 3) レースタイムとラップタイムの関係に関して、VOG 期では LAP3 と LAP5, SOG 期では LAP2, LAP3 と LAP5, POG 期では LAP1 から LAP5 にて有意な正の相関関係が認められた($p < 0.05$)。

以上の結果から、国際競技大会優勝者のラップタイムや中間順位の変化様相は冬季五輪期によらず類似することが示唆された。しかし冬季五輪期を経過する度に競技後半を速いラップタイムで滑走する戦術から、号砲直後からフィニッシュするまで、より速いラップタイムで滑走し、より上位の順位を維持する戦術に変化した可能性が示唆された。

文献

- Abbiss, C. R., and Laursen, P. B. (2008). Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med.*, 38: 239-252.
- Bullock, N., Martin, D. T., and Zhang, A. (2017). Performance analysis of world class short track speed skating: What does it take to win? *Int. J. Perform. Anal. Sport*, 8: 9-18.
- International Skate Union (2006). *Special regulations and technical rules speed skating and short track speed skating 2006*. Switzerland.
- International Skate Union (2021). Official site-short track results. <https://shorttrack.sportresult.com/>. (Accessed 2021-09-04).
- Konings, M. J., and Hettinga, F. J. (2018a). Objectifying tactics: Athlete and race variability in elite short-track speed skating. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 13: 170-175.
- Konings, M. J., and Hettinga, F. J. (2018b). The impact of different competitive environments on pacing and performance. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 13: 701-708.
- Muehlbauer, T., and Schindler, C. (2011). Relationship between starting and finishing position in short track speed skating races. *Eur. J. Sport Sci.*, 11: 225-230.
- Noorbergen, O. S., Konings M. J., Micklewright, D., Elferink-Gesmer, M. T., and Hettinga, F. J. (2016). Pacing behavior and tactical positioning in 500- and 1000m short track speed skating. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 11: 742-748.
- Okabe, F., Takao, C., Kawai, T., Yuda, J., and Fujita, Z. (2021). 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.
- 横澤俊治・加藤恭章・紅楳英信・熊川大介 (2018) 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. *Sports Science in Elite Athlete Support*, 3: 27-38.