

研究資料

アルペンスキー男子回転競技におけるタイム分析  
— 2016年ワールドカップ湯沢苗場大会を対象として—  
Time Analysis in Men's Slalom of Alpine Skiing  
— Investigation of the FIS World Cup Yuzawa, Naeba, 2016—

中里浩介<sup>1)</sup>, 桜井義久<sup>2)</sup>, 石毛勇介<sup>3)</sup>  
Kosuke Nakazato<sup>1)</sup>, Yoshihisa Sakurai<sup>2)</sup>, Yusuke Ishige<sup>3)</sup>

**Abstract :** To combine a time analysis of alpine skiing with own turn characteristics of skier plays an important role to decide where skier should attack or not. This study aimed to analyze the correlation coefficients between total time and all interval times determined by each gate, as well as those between total time and all section times including some intervals, and to clarify the merit of interval analysis method and the characteristics of the world top level's skier. All participants in the first run of the World Cup Slalom were recorded using seven high-speed cameras with a sampling rate of 240 fps, and 29 skiers from the top 30 were analyzed. The interval time was calculated by using the number of frames between each gate, then, divided by the sampling rate. The course was divided into six sections based on the terrain. By using the interval time, the interval time ranking, the instant position of each interval and run time at the end of each section were calculated additionally. For all correlation analyses, the Pearson's correlation coefficient ( $r$ ) was calculated. Furthermore, all subjects were divided into three (High, Middle, Low) groups. The interval time ranking and the run time at the end of each section among three groups were compared by using ANOVA. All statistically significant was set at  $p < 0.05$ . Hence, there were strong correlations between the total time and all section times. The correlation results indicated that 50 interval times were significantly correlated to the total time ( $r \geq 0.369$ ;  $p < 0.05$ ) as well as to the previous interval time ( $r \geq 0.384$ ;  $p < 0.05$ ). Therefore, it can be concluded that the skiers in the shorter total time were faster in most sections and more than 70 % of intervals, especially, open gate setting.

Key words : section time, interval time, open gate setting, rhythm change.

キーワード : セクションタイム, インターバルタイム, オープンゲートセッティング,  
リズム変化

---

<sup>1)</sup> 北海道情報大学\*, <sup>2)</sup> デサントジャパン株式会社, <sup>3)</sup> 国立スポーツ科学センター

<sup>1)</sup> Hokkaido Information University\*, <sup>2)</sup> DESCENTE JAPAN LTD., <sup>3)</sup> Japan Institute of Sports Sciences

\* 2020年4月より北見工業大学 Kitami Institute of Technology 所属。

E-mail : kosukenakazato@gmail.com

受付日 : 2020年1月30日

受理日 : 2021年1月5日

## I. 緒言

アルペンスキーは雪面に立てられた旗門に従ってターンを繰り返しながら滑走し、スタートからゴールまでの滑走時間を争う競技である。選手が通過する旗門はレース直前にセッターにより立てられる。旗門に関するルールは、国際スキー連盟 (International Ski Federation : FIS) により定められている。日本人選手が主戦場としている回転競技 (Slalom : SL) において方向転換 (ターン) の回数は、使用するコースの標高差の 30% 以上 35% 以内 ± 3 回転と定められている<sup>3)</sup>。SL においては、赤および青色の可倒式スラロームポール 2 本を 1 つの旗門とし、赤色・青色と交互にセットされた旗門の間を選手は滑走する<sup>3)</sup>。また、SL のコースは水平方向 (オープン : Figure 1a) と垂直方向 (クローズ : Figure 1b、②) の旗門に加え、3 つ ~ 4 つのクローズ旗門を連続させたパーティカルコンビネーション (Figure 1c) を最少で 1 か所、オープン旗門とクローズ旗門を組み合わせたヘアピンコンビネーション (Figure 1d) を最少で 3 か所、そしてディレイゲートコンビネーション (ディレイゲート : Figure 1b) を 1 か所 ~ 3 か所含めなければならないと定められている<sup>3)</sup>。ディレイゲートとは、ターンを伴う旗門 (Figure 1b : ①) を通過した後、ターンをせず (スキーの方向を変えず) に旗門 (Figure 1b : ②) を通過し、次のターンを伴う旗門 (Figure 1b : ③) でターンを行うセッティングである。ディレイゲートの特徴として 1 度のターンで 2 つの旗門を通過するため、次のターンまでの時間が長くなることが挙げられる。また、ターンを行う旗門の距離に関しては、コンビネーションでは 0.75 m 以上 1 m 以内、コンビネーション以外では 6 m 以上 13 m 以内と定められており、1 つの旗門を構成する 2 本のポールの間隔は 4 m 以上 6 m 以内と定められている<sup>3)</sup>。旗門のセッティングに関しては、距離に関するルールに加え、「標準化されたコンビネーションによる単調な連続は避ける」<sup>3)</sup>ことが定められている。これにより、単調なリズムの滑走ではなくリズム変化を伴う滑走となるように旗門はセッティングされている。

さらに近年では、人工的に雪を盛り上げて作成したウェーブをコース上に配置する競技会や、雪を削り人工的に斜度を変化させた競技会も開催されている。こうした人工的な斜度変化を加えることの目的として、コースの難易度を高める狙いがあるものと推測される。

旗門に関するルールの改定には、用具に関するルールの改定も関係している。2000 年代の前半から競技会での使用が認められたカービングスキーは、それまでのスキーと比べて板の長さが短く、スキーの先端と末端の横幅が広い形状をしている。カービングスキーが登場したことにより選手の滑走技術は劇的に変化し、それまでのスキーで行うターンよりも小さなターン弧を、減速を抑えた状態で滑走するカービングターンが可能となった。さらに、滑走技術の変化はレース展開にも影響を与えている。世界一流選手の大回転競技 (Giant Slalom : GS) を対象にタイム分析をした Supej と Cernigoj<sup>10)</sup> は、コース全体を複数の旗門で構成される区間 (セクション) に分け、一部のセクションのタイム (セクションタイム) は最短であるが、その他のセクションタイムが長い選手、コース全体を通してセクションタイムが比較的短い選手、カービングターンによってセクションタイムを短縮している選手、さらには緩斜面でセクションタイムを短縮している選手がいることを報告している。Supej と Cernigoj<sup>10)</sup> は、様々な要因が関係する近年のアルペンスキーの競技成績において、滑走技術と戦略を立てる能力が最も重要であると述べている。従って、選手の滑走技術の長所・短所を理解し、コース上でタイム短縮を狙う区間、またはタイムロスを抑える区間などのレース戦略を立てる重要性は近年高まってきていると考えられる。

戦略を立てる上でタイム分析を行い、斜度やコースセッティングとトータルタイムなどの競技成績との関係、または異なる競技レベルの選手のセクションタイムの特徴を知ることは有益である。これまでのアルペンスキーにおけるタイム分析では、SL および GS を対象としてコースを

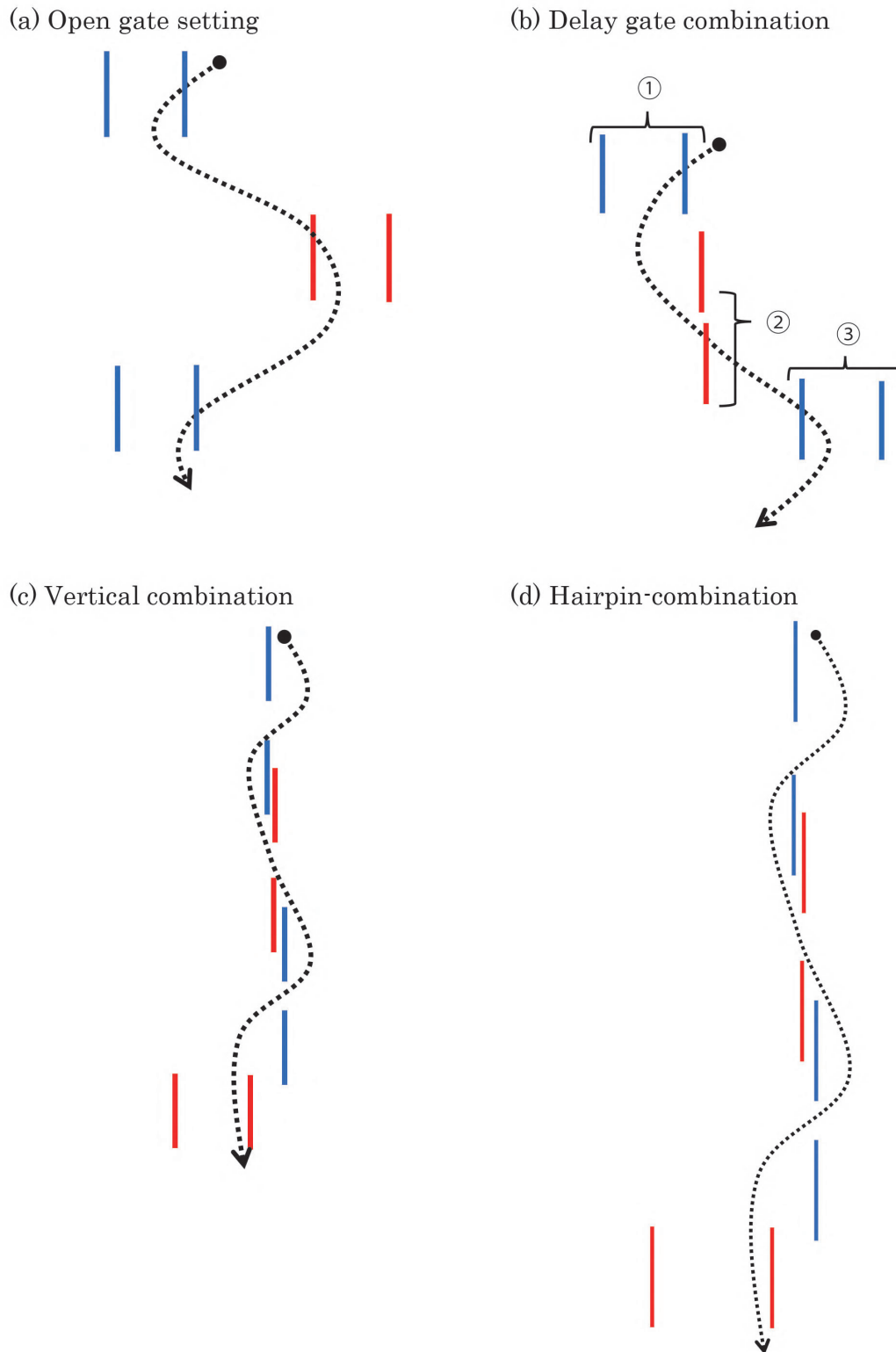


Figure 1. Illustration of basic four types of gate setting for slalom. Skier skis following black dot line through red and blue gate alternately. The black dot line in figures describes a skier's path.

複数のセクションに区切り、公式記録またはセクションタイムを合算したトータルタイムとの相関関係を調べた報告<sup>1), 4), 5), 9)</sup>や、レースの公式記録などから分析対象を3群に分け、セクションタイムの平均値を群間比較した報告が多くされている<sup>4), 5), 6), 7), 8), 12)</sup>。競技カテゴリーの最上位であるオリンピック本大会 (Olympic Winter Games : OWG) のSLにおいては、全セクションのセクションタイムとトータルタイムとの間に有意な正の相関関係が認められている<sup>4)</sup>。さらに、OWGと同様に国際大会であるワールドカップ (World Cup : WC) SLにおいて、コースを3つに分けセクションタイムとトータルタイムとの関連性を調べた研究では、中間部分を除く上部・下部のセクションタイムとトータルタイムとの間に有意な正の相関関係が認められたことが報告されている<sup>1)</sup>。さらに、WC-SLの上位8人を対象に、コースを5つに分けセクションタイムとトータルタイムとの関連性を調べた研究では、スタート直後の中斜面およびコース後半の急斜面のセクションタイムとトータルタイムとの間に有意な正の相関関係が認められたことが報告されている<sup>7)</sup>。またOWGとWCよりも下位の競技レベルの大会となるファーストカップ (Far East Cup : FEC) SLにおいて、全セクションのセクションタイムとトータルタイムとの間に有意な正の相関関係が認められている<sup>4)</sup>。競技成績に基づき選手を上位群・中位群・下位群に分けてセクションタイムの群間比較を行った研究では、SLとGS共にほぼ全ての競技カテゴリーにおいて、上位群は中位群および下位群と比較し短いセクションタイムで滑走していることが明らかになっている<sup>4), 5), 6), 7), 8), 10)</sup>。

これまで用いられてきたセクションタイムを用いる方法<sup>1), 4), 5), 6), 7), 8), 10), 12)</sup>では、1ターンあたりのタイムが長いのか短いのかを推測することはできない。Supejら<sup>11)</sup>は、アルペンスキー競技におけるタイムロスと比較的短い区間で起こるため、区間を短くして分析することの重要性を挙げている。このことから、1つのターンを1つの区間として分析することで、区間のタイム (区間タイム)

の長い区間ではタイムロスをしていると推測することができる。さらに映像などの情報から、区間タイムの長い区間はどのような旗門セッティングであったのかを明らかにすることができる。

近年、アルペンスキー競技OWGおよびWCにおいて入賞した日本人選手はおらず、日本人選手の競技力向上が求められている。従って、WCなどの国際大会に参加している世界の一流選手の滑走タイムを分析し、その特徴を明らかにすることで日本人選手の競技力向上に役立つ知見が得られると考えられる。しかしながら、WCを対象として1ターンを1区間としてタイムを分析し、区間タイムとトータルタイムとの関連性を調査した研究は見られない。そこで、本研究の目的は、WC-SLを対象として旗門から旗門までを1区間としてタイム分析を行い、各区間タイムとトータルタイムとの相関関係、各区間タイムと直前の区間タイムとの相関関係、および複数の区間で構成される各セクションタイムとトータルタイムとの相関関係を調べることにした。加えて、本研究で採用した区間タイムによる分析法と、これまで用いられてきた複数の区間で構成されるセクションタイムによる分析法のそれぞれの特徴を明らかにすること、および区間タイムによる分析法を用いて世界の一流選手の特徴を明らかにすることとした。これまでに、上位選手はセクションタイムが短いことが明らかになっている<sup>6), 7), 10)</sup>ことから、成績が上位の選手ほど1ターンあたりのタイムが短いことが予想されるため、多くの区間タイムとトータルタイムとの間に有意な正の相関関係が認められると仮説を立てた。さらに、分析対象区間の滑走速度はその区間の侵入速度に依存することが報告されている<sup>11)</sup>ことから、成績が上位の選手ほど直前の区間タイムが短いことが予想されるため、多くの区間タイムとその直前の区間タイムとの間に有意な正の相関関係が認められると仮説を立てた。

## II. 方法

### 1. 撮影

分析対象のレースは、2016年2月14日に行われた国際スキー連盟（FIS）公認アルペンスキーワールドカップ2016湯沢苗場大会のSLであった。撮影に先立ち、国立スポーツ科学センター倫理審査委員会による承認を受けた（承認番号048号）。大会実行委員会を通じてFISに撮影の許可および映像の使用許可を得た。使用されたコースはスタート地点の標高が1125 m、ゴール地点の標高が925 m、標高差が200 mであり、分析対象となったSL1本目には70旗門68ターンがセットされた<sup>2)</sup>。また、大会ウェブサイトによると、コースの全長は615 m、最大斜度20.5度、平均斜度18.0度であった<sup>13)</sup>。さらにコース上には自然の形状による斜度変化および人工的に作られたウェーブが計5か所あった。ハイスピード撮影が可能なデジタルビデオカメラ7台（GC-P100、JVC KENWOOD社製）を用いて、スタートとゴールを含めた全旗門を240 fpsで撮影した。また、各カメラはそれぞれの撮影範囲が2区間～3区間

重複するように配置し、滑走する選手を追従撮影した（Figure 2：C1～C7）。4つのLEDライトを電氣的に同期して発光させることができるワイヤレス型シンクロナイザ（PTS-168、DKH社製）を2台用いて、計8つのLEDライトを7台のビデオカメラに写しこんだ。中間部に位置するカメラ（Figure 2：C4）には2台のシンクロナイザのLEDライトを写し込み、LEDライト2つの点灯する時間の差分を用いて、上部と下部のカメラの映像を同期した。1本目を滑走した全選手を撮影し、2本目に進出した上位30名のうち、データの欠損があった1名を除く29名を分析した。

### 2. 分析

本研究では、旗門から旗門までを1つの「区間」、1区間に要したタイムを「区間タイム」、コース全体を斜度変化やウェーブによって区切った複数の区間で構成されるものを「セクション」、1セクションに要した時間を「セクションタイム」と定義した。

通常、WC-SLの旗門は可倒式スラロームポー

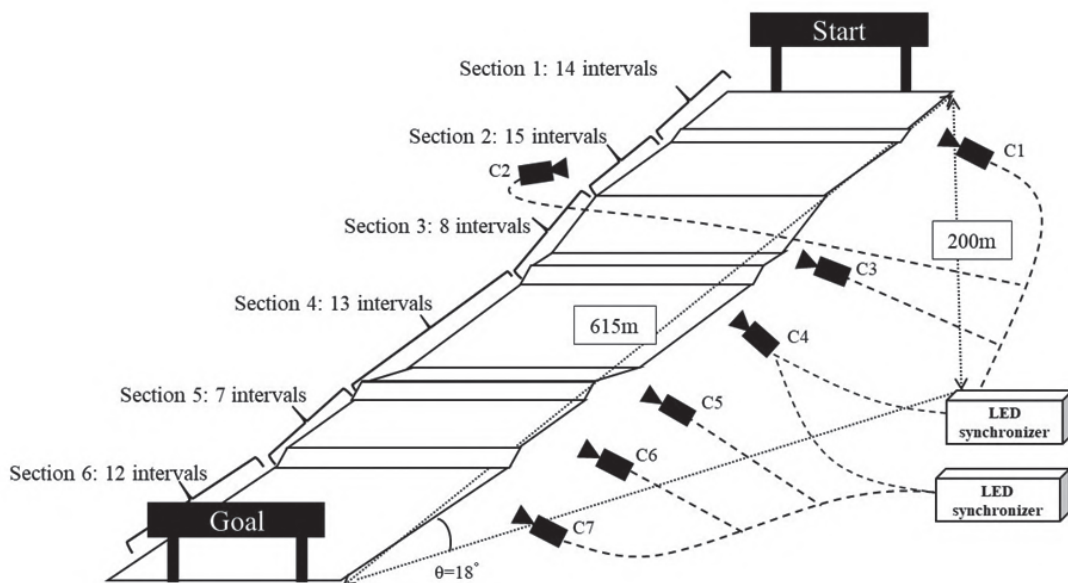


Figure 2. Illustration of the course and camera setting. The course was divided into six sections. Seven high-speed cameras (C1～C7) were placed along the course to film whole intervals.

ルを2本使用しているが、分析対象となったWCでは、最初と最後の旗門およびコンビネーション以外では外側のポールを使用しないシングルポールスラローム形式<sup>3)</sup>で行われた。本研究において区間タイム分析の対象は69区間であった。区間タイムは、先行研究<sup>4), 6)</sup>と同様に旗門に選手のストックおよびストックに装着されているパンチガード、又は選手の身体の一部が接触した時点のフレーム数を求め、区間に要したフレーム数をフレームレートで除して算出した。また、本研究では旗門への接触がなかったターンは、分析者の目視にて選手の足関節が旗門の側方を通過した(重なった)と見なすことが出来るフレームを採用した。全てのタイム分析は同一の分析者が行なった。

分析対象となったSL1本目には、コンビネーションとしてヘアピンコンビネーション(Figure 1d)が1か所(5-6区間~6-7区間)、パーティカルコンビネーション(Figure 1c)が3か所(12-13区間~13-14区間、25-26区間~27-28区間、および61-62区間~62-63区間)、ディレイゲート(Figure 1b)が2か所(34-34.5区間~34.5-35区間および52-52.5区間~52.5-53区間)セットされた。その他の区間はオープンゲート(Figure 1a)であった。本研究では、ディレイゲートにおける区間の定義を、ターンを行わない旗門(Figure 3: 旗門番号34.5)を0.5旗門とし、34旗門目から34.5旗門目までを34-34.5区間、34.5旗門目から35旗門目までを34.5-35区間とし、同様に52旗門目から52.5旗門目までを52-52.5区間、52.5旗門目から53旗門目までを52.5-53区間とした。

本研究におけるセクション分析では、コース全体を5つの斜度変化またはウェーブに基づき6つのセクション(セクション1:1-2区間~14-15区間の14区間、セクション2:15-16区間~29-30区間の15区間、セクション3:30-31区間~36-37区間の8区間、セクション4:37-38区間~49-50区間の13区間、セクション5:50-51区間~55-56区間の7区間、セクション6:56-57区間~67-68区間の12区間)に分けた。その結果、各セクションの最後の区間(セク

ション1:14-15区間、セクション2:29-30区間、セクション3:36-37区間、セクション4:49-50区間、セクション5:55-56区間)は、斜度変化またはウェーブが含まれている区間となった。

一流選手の特徴を明らかにするために、公式記録<sup>2)</sup>に基づき分析対象選手を上位群(1位~10位)・中位群(11位~20位)・下位群(21位~30位)に分け、スタートから各セクションの最終区間までの区間タイムを積算した通過タイムを算出した。なお、データの欠損があった1名は1本目18位の選手であったため、中位群は9名であった。各セクションの最終区間における通過タイムの群間比較を行い、有意差が認められた群間の通過タイム差を算出した。通過タイム差は、有意差が認められた群の通過タイムの平均値の差とした。さらに、区間タイムを用いて各選手の各区間における区間タイム順位、および各選手の区間タイム順位が1位となった回数を算出した。加え

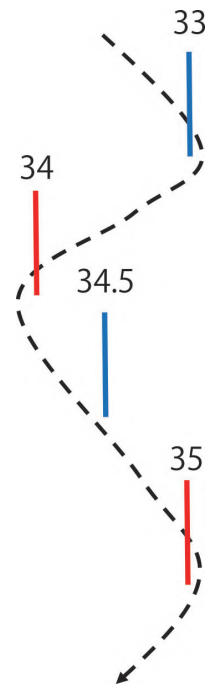


Figure 3. Illustration single pole slalom and delay gate analysis. The blue gate with number of 34.5 demonstrates the delay gate at which skier do not change their direction.

て、積算した区間タイムを用いて各選手の各区分における順位を算出した。これまで上位群・中位群・下位群の群間比較には平均値が用いられてきた<sup>1), 4), 5), 6), 7), 8), 12)</sup>が、平均値を用いることで世界一流選手の特徴が失われてしまう可能性が考えられるため、本研究では公式記録<sup>2)</sup>の1位の選手を上位、15位の選手を中位、30位の選手を下位として、区間タイム順位、区間タイム順位が1位となった回数、および各区分における順位の特徴を示した。

### 3. 統計処理

分析対象となった29名の区間タイムを、平均値±標準偏差(SD)で示した。各セクションタイムとトータルタイムとの相関関係、各セクションタイムと直前のセクションタイムの相関関係、各区分タイムとトータルタイムとの相関関係、および各区分タイムと直前の区分タイムとの相関関係をPearsonの積率相関係数を用いて評価した。さらに、トータルタイムと区間タイムとの間に有意な相関関係が認められた区間数のセクションを構成する区間数に対する割合、および全区間数に対する割合を算出した。

各群の各セクションの最終区分における通過タイムを平均値±SDで示した。各選手における区間タイム順位を平均値±SDで示し、さらに各群の区間タイム順位を平均値±SDで示した。各セ

クションの最終区分における通過タイム、ならびに区間タイムの平均順位の3群間の比較には一元配置分散分析を行い、F値が有意であった項目についてはScheffeの方法を用いて多重比較検定を行った。全ての統計処理には統計処理ソフト(SPSS Statistics 27、IBM社製)を用い、有意性は危険率5%未満で判定した。

### Ⅲ. 結果

トータルタイムと全6セクションのセクションタイムとの間に有意な正の相関関係が認められ、トータルタイムとセクションタイムとの間に最も強い相関関係が認められたセクションはセクション4であり(Table 1:  $r = 0.863$ ,  $p < 0.01$ )、最も弱い相関関係が認められたセクションはセクション5であった(Table 1:  $r = 0.685$ ,  $p < 0.01$ )。さらに、全セクションタイムと直前のセクションタイムとの間に有意な正の相関関係が認められた(Table 1:  $r \geq 0.528$ ,  $p < 0.01$ )。

下位群の通過タイムは、上位群および中位群と比較して全てのセクションにおいて有意に大きく、中位群の通過タイムは上位群と比較してセクション3、4、5および6において有意に大きかった(Table 2)。また、有意差が認められたセクションにおける各群の通過タイム差は、レース後半にかけて大きくなっていた(Table 2)。

全69区間のうち50区間の区間タイムとトータ

Table 1. Results of correlation coefficient of the Total time and all section times.

	Total time	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6
Total time		0.798 **	0.809 **	0.807 **	0.863 **	0.685 **	0.781 **
Section 1			0.558 **	0.637 **	0.602 **	0.379 *	0.530 **
Section 2				0.620 **	0.574 **	0.536 **	0.575 **
Section 3					0.662 **	0.391 *	0.508 **
Section 4						0.528 **	0.614 **
Section 5							0.608 **

\*\*  $p < 0.01$ 、\*  $p < 0.05$ .

Table 2. The results of run time at the end of each section among three groups. The time difference (Time diff) between High and Middle groups was described as the H-M, between Middle and Low groups as the M-L, and between High and Low groups as the H-L. Time diff was calculated if mean run times between two groups were significantly differed.

Group	Section 1 (sec.)	Section 2 (sec.)	Section 3 (sec.)	Section 4 (sec.)	Section 5 (sec.)	Section 6 (sec.)
High (n=10)	10.51 ± 0.15 <sup>cc</sup>	21.23 ± 0.17 <sup>cc</sup>	27.45 ± 0.20 <sup>a, cc</sup>	37.90 ± 0.29 <sup>aa, cc</sup>	43.35 ± 0.30 <sup>aa, cc</sup>	51.68 ± 0.32 <sup>aa, cc</sup>
Middle (n=9)	10.64 ± 0.15 <sup>b</sup>	21.62 ± 0.26 <sup>b</sup>	27.78 ± 0.32 <sup>bb</sup>	38.57 ± 0.31 <sup>bb</sup>	44.11 ± 0.29 <sup>bb</sup>	52.54 ± 0.32 <sup>bb</sup>
Low (n=10)	10.86 ± 0.18	22.03 ± 0.23	28.41 ± 0.26	39.39 ± 0.29	45.04 ± 0.31	53.63 ± 0.32
Time diff	H-M: -	-	0.33	0.67	0.77	0.86
	M-L: 0.23	0.41	0.64	0.82	0.93	1.09
	H-L: 0.35	0.80	0.96	1.49	1.70	1.96

Significant difference at  $p < 0.01$  level, <sup>aa</sup> High versus Middle, <sup>bb</sup> Middle versus Low, <sup>cc</sup> High versus Low, and at  $p < 0.05$  level, <sup>a</sup> High versus Middle, <sup>b</sup> Middle versus Low, <sup>c</sup> High versus Low.

ルタイムとの間に有意な正の相関関係が認められた (Table 3 :  $r \geq 0.369$ ,  $p < 0.05$ )。また、50 区間の区間タイムと直前の区間タイムとの間に有意な正な相関関係が認められた (Table 3 :  $r \geq 0.384$ ,  $p < 0.05$ )。トータルタイムと区間タイムとの間に有意な相関関係が認められた区間数のセクションを構成する区間数に対する割合は、セクション 4 が最も高く (92.3%)、セクション 5 が最も低く (57.1%)、全区間 (69 区間) に対しては 72.5% であった (Table 3)。

Figure 4 に各セクションにおける各群の区間タイムの平均値を、Figure 5 に各セクションにおける各群の積算した区間タイムの平均値を示した。Figure 4 より、セクション内の区間タイムの推移が見て取れ、コンビネーション区間ではオープンゲートと比較して区間タイムが短いことが見て取れた。

区間タイム順位の 1 位を最も多く記録したのは 2 位の選手 (16 回) であり、上位、中位、下位の代表例としていた 1 位の選手は 12 回、15 位および 30 位の選手はそれぞれ 1 回であった (Table 4)。上位群における区間タイムの平均順位 (10.2 位) は中位群 (14.2 位) および下位群 (19.5 位) と比較して有意に高く、中位群の平均順位は下位群よりも有意に高かった (Table 4)。1 位の選手の各区間における区間タイムの平均順位は  $7.8 \pm 7.8$  位であり、15 位の選手は  $13.6 \pm 7.8$  位、30 位の選手は  $20.7 \pm 7.3$  位であった (Table 4)。

Figure 6 に 1 位・15 位・30 位の選手の各区間における区間タイム順位のグラフを示した。1 位の選手は、12 区間で最も短い区間タイムを記録していた (Figure 6)。15 位の選手は、67-68 区間において最も短い区間タイムを記録したが、その他の多くの区間で平均値 (13.6) 付近を変動しており、30 位の選手は 24-25 区間において最も短い区間タイムを記録したが、最も長い区間タイムを 7 区間において記録し、その他の区間においては平均値 (20.7) 付近を変動していた (Figure 6)。

Figure 7 に 1 位・15 位・30 位の選手の順位変動を示した。1 位の選手は、5-6 区間で 1 位となると 8-9 区間～14-15 区間では 6 位に位置していたが、15-16 区間以降で 2 位となり、21-22 区間以降は 1 位を維持してゴールしていた (Figure 7)。15 位の選手は 6-7 区間～8-9 区間で順位が 9 つ下がり 24 位に位置していたが、続く 9-10 区間～11-12 区間で順位が 5 つ上がり、その後ゴールに向けて緩やかに順位が上がりゴールしていた (Figure 7)。30 位の選手はスタート直後の 7-8 区間では 19 位に位置していたが、続く区間では 25 位まで下がり、その後 26-27 区間～29-30 区間では 20 位に位置していたが、31-32 区間以降で順位が下がり、最終的に 29 位でゴールしていたことが見て取れた (Figure 7)。

Figure 8 に区間タイムとトータルタイムとの間に最も強い有意な相関関係が認められた 43-44 区間 (オープンゲート、 $r = 0.822$ ,  $p < 0.01$ )、なら



Table 3. Results of the interval times (s), the correlation coefficient between interval time and the total time (r), between the interval time and the time of previous interval (r Int. -1), and percentages of the number of interval time correlating to the total time in each section and to total section (%). The gate settings are described as open gate (OG), hairpin combination (HC), vertical combination (VC) and delay gate setting (DG), respectively.

Section 1	Interval	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	%	
	Setting	OG	OG	OG	OG	HC	HC	OG	OG	OG	OG	OG	VC	VC	OG		
	Time (s)	0.87	0.83	0.84	0.87	0.41	0.86	0.84	0.93	0.81	0.87	0.78	0.43	0.45	0.91		
	SD	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	71.4	
	r	0.519**	0.513**	0.599**	0.568**	0.549**	0.457*	0.616**	×	0.557**	0.447*	0.517**	×	×	×		
r Int.-1	-	0.462*	0.616**	×	0.400*	0.452*	×	×	×	0.507**	0.636**	0.396*	×	0.550**			
Section 2	Interval	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25	25-26	26-27	27-28	28-29	29-30	%
	Setting	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	VC	VC	VC	OG	OG	
	Time (s)	0.76	0.76	0.78	0.79	0.79	0.80	0.76	0.78	0.76	0.78	0.38	0.56	0.39	0.92	0.98	
	SD	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	
	r	0.402*	0.593**	0.666**	0.519**	0.710**	0.587**	0.464*	×	×	0.446*	0.411*	×	×	×	0.615**	
r Int.-1	×	0.562**	0.425*	0.515**	0.384*	0.764**	0.656**	0.541**	0.742**	0.520**	×	×	×	×	×		
Section 3	Interval	30-31	31-32	32-33	33-34	34-34.5	34.5-35	35-36	36-37	%							
	Setting	OG	OG	OG	OG	DG	DG	OG	OG								
	Time (s)	0.96	0.91	0.84	0.63	0.42	0.90	0.69	0.87								
	SD	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03								
	r	0.645**	0.568**	0.673**	0.564**	0.369*	×	0.463*	0.573**								
r Int.-1	0.558**	0.710**	0.588**	0.698**	0.458*	×	×	0.636**									
Section 4	Interval	37-38	38-39	39-40	40-41	41-42	42-43	43-44	44-45	45-46	46-47	47-48	48-49	49-50	%		
	Setting	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG			
	Time (s)	0.86	0.85	0.85	0.86	0.80	0.81	0.77	0.77	0.66	0.80	0.88	0.96	0.86			
	SD	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03			
	r	0.578**	0.501**	0.714**	0.470*	0.745**	0.685**	0.822**	0.570**	0.499**	×	0.452*	0.544**	0.728**			
r Int.-1	0.393*	0.432*	0.784**	0.514**	0.529**	0.571**	0.812**	0.463*	0.569**	0.586**	0.460*	0.667**	0.722**				
Section 5	Interval	50-51	51-52	52-52.5	52.5-53	53-54	54-55	55-56	%								
	Setting	OG	OG	DG	DG	OG	OG	OG									
	Time (s)	0.88	0.81	0.46	0.85	0.91	0.81	0.83									
	SD	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02									
	r	0.629**	0.483**	0.412*	×	×	×	0.535**									
r Int.-1	0.655**	0.628**	0.497**	×	×	×	0.384*										
Section 6	Interval	56-57	57-58	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67	67-68	%			
	Setting	OG	OG	OG	OG	OG	VC	VC	OG	OG	OG	OG	OG				
	Time (s)	0.74	0.78	0.89	0.80	0.81	0.41	0.43	0.83	0.74	0.63	0.78	0.61				
	SD	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03				
	r	×	0.446*	0.665**	0.752**	0.676**	0.478**	0.604**	0.630**	×	×	×	×				
r Int.-1	×	0.547**	0.635**	0.556**	0.650**	0.634**	×	0.564**	0.727**	0.655**	0.792**	0.422**					
Total	72.5																

\*\* p<0.01、\* p<0.05.

びに有意な相関関係が認められなかったコンビネーション区間である 26-27 区間、52.5-53 区間、および 64-65 区間の区間タイムの散布図を示した。26-27 区間はパーティカルコンビネーション区間、52.5-53 区間はディレイゲート区間、および 64-65 区間はゴール前のオープンゲート区間であった。

#### IV. 考察

本研究では、2016 年ワールドカップ湯沢苗場大会の SL を対象として、これまでの先行研究で用いられている複数の区間で構成されるセクシ

ョンタイムによるタイム分析と、これまでに報告がない 1 旗門毎の区間タイムを用いたタイム分析を行った。その結果、全セクションのセクションタイムとトータルタイムとの間に有意な正の相関関係が認められた。さらに全 69 区間のうち 50 区間 (72.5%) の区間タイムとトータルタイムとの間に有意な正の相関関係がそれぞれ認められた。

##### 1. セクションタイム分析

本研究において、これまでに多くの研究で用いられているセクションタイムを用いた分析の結果、全てのセクションタイムとトータルタイムと

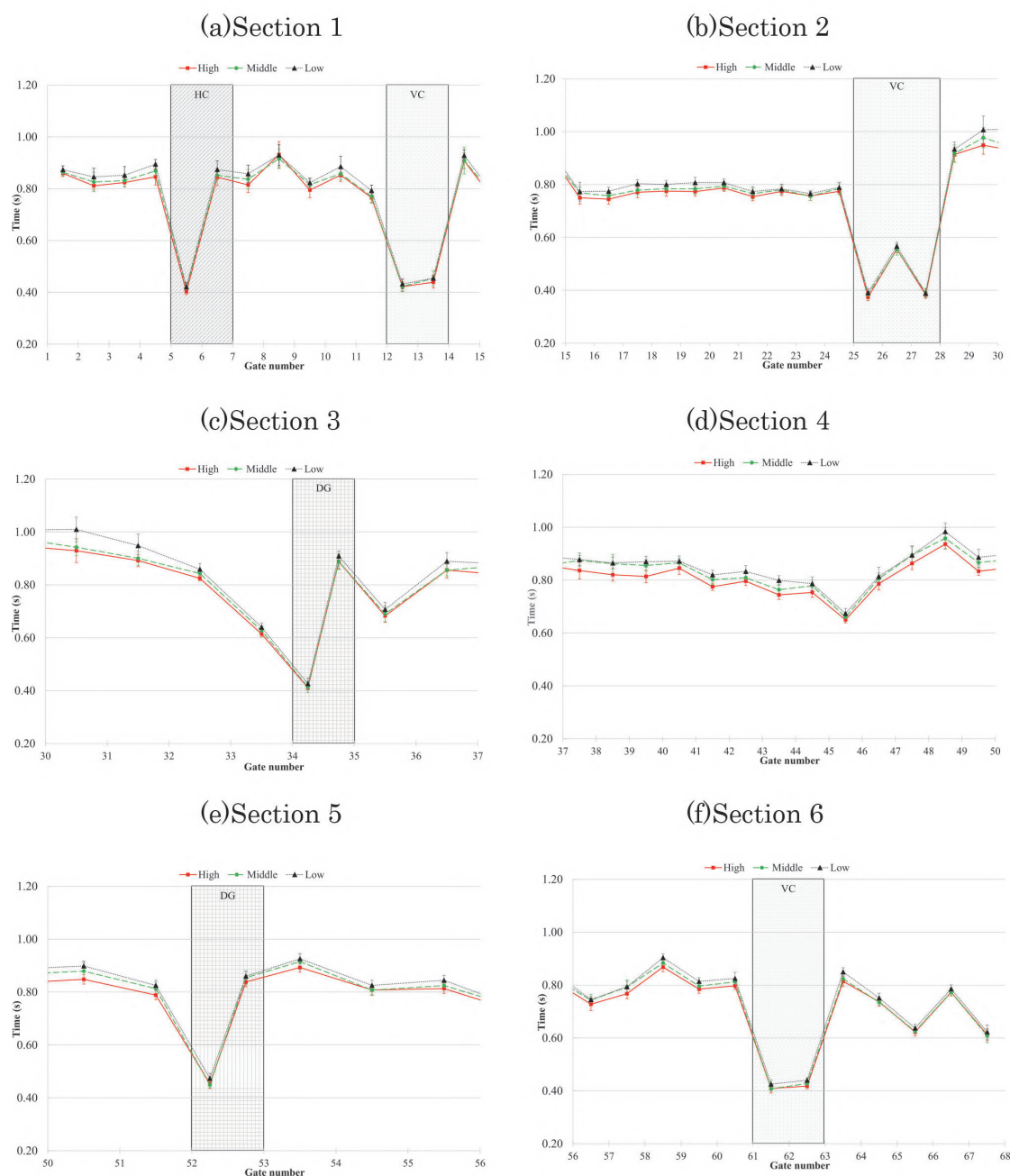


Figure 4. The variation of the interval time in each section from three groups. The interval time was defined as the time between each gate. All subjects were divided into three groups based on the official result: High (Red solid line: Rank 1~10), Middle (Green bar line: Rank 11~20), and Low (Black dotted line: Rank 21~30). Gate setting was described as hairpin combination (Shaded area: HC), vertical combination (dot area: VC), and delay gate (grid area: DG).

の間に有意な正の相関関係がそれぞれ認められ、全てのセクションタイムと直前のセクションタイムとの間に有意な正の相関関係がそれぞれ認められた (Table 1)。さらに、下位群のセクションの

通過タイムは、上位群および中位群と比較して全てのセクションで遅く、中位群の通過タイムは上位群と比較してセクション 3 以降で遅くなっており、各群の通過タイム差はレース後半にかけて大

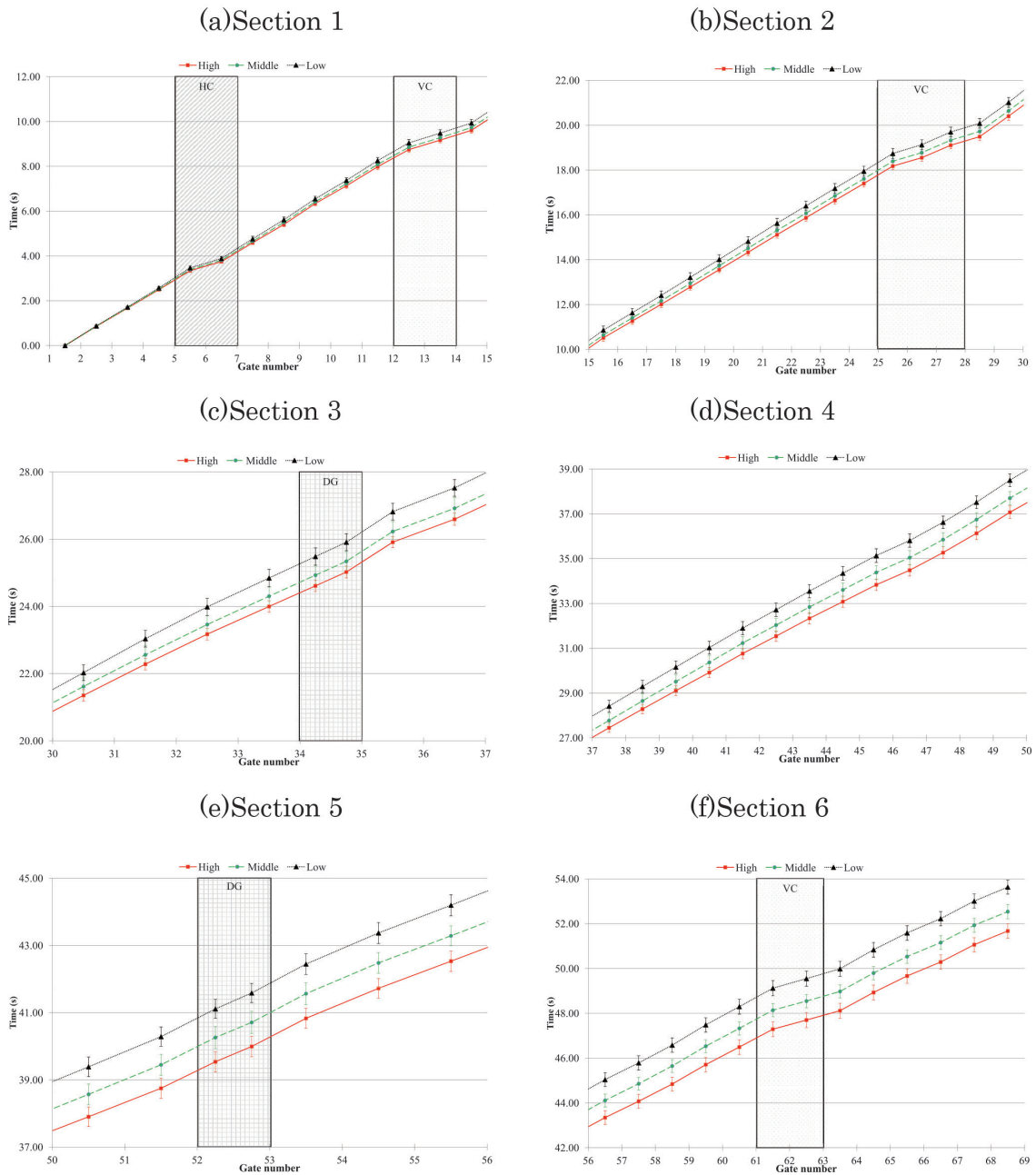


Figure 5. The variation of sum of interval time in each section from three groups. All subjects were divided into three groups based on the official result: High (Red solid line: Rank 1~10), Middle (Green bar line: Rank 11~20), and Low (Black dotted line: Rank 21~30). Gate setting was described as hairpin combination (HC: Shaded area), vertical combination (VC: dot area), and delay gate (DG: grid area).

きくなっていた (Table 2)。これらの要因として、分析対象となったレースでは、ミスなく滑走することが求められる特異的な特徴<sup>4)</sup>を有していたことが考えられる。そのような特徴を有するコース

において上位群の選手は、直前のセクションの短いセクションタイムを続くセクションでも維持し、全てのセクションにおいて短いセクションタイムで滑走したことで、中位群および下位群との

Table 4. The results of mean interval time ranking for all intervals (Mean  $\pm$  SD) and number of first place of interval time ranking (Number of rank 1) for all interval.

Athlete	Rank 1	Rank 2	Rank 3	Rank 4	Rank 5	Rank 6	Rank 7	Rank 8	Rank 8	Rank 10	High
Mean	7.8	9.0	8.3	10.7	10.2	11.2	11.3	11.7	11.5	10.6	10.2 <sup>aa, cc</sup>
SD	7.8	8.1	6.1	7.1	7.8	7.0	6.4	7.8	7.0	6.9	7.2
Number of rank 1	12	16	3	5	6	5	1	4	2	3	6

Athlete	Rank 11	Rank 12	Rank 13	Rank 13	Rank 15	Rank 16	Rank 17	Rank 19	Rank 20	Middle
Mean	12.3	13.0	12.7	12.6	13.6	13.3	15.5	17.0	17.9	14.2 <sup>bb</sup>
SD	6.6	7.2	7.8	7.1	7.8	8.3	7.2	7.7	7.0	7.4
Number of rank 1	1	4	2	2	1	5	0	0	1	2

Athlete	Rank 21	Rank 22	Rank 23	Rank 24	Rank 25	Rank 26	Rank 27	Rank 28	Rank 29	Rank 30	Low
Mean	18.8	17.6	19.4	18.3	19.4	18.7	19.4	20.1	22.2	20.7	19.5
SD	7.5	7.9	5.9	7.6	7.3	7.9	7.4	8.0	6.8	7.3	7.4
Number of rank 1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Significant difference at  $p < 0.01$  level, <sup>aa</sup> High versus Middle, <sup>bb</sup> Middle versus Low, <sup>cc</sup> High versus Low.

通過タイム差を広げていったと考えられる。

セクションタイムとトータルタイムとの間に最も強い相関関係が認められたセクション4は、オープンゲートのみで構成されていた。このことは、連続するオープンゲートを短い滑走タイムで滑走することのできる選手はトータルタイムが短く、長い滑走タイムで滑走する選手はトータルタイムが長いことを示しており、連続するオープンゲートを短い滑走タイムで滑走する技術を有することは、トータルタイムの短縮に関与するといえる。

## 2. 区間タイム分析

セクション分析をより詳細に行った本研究の区間タイム分析において、全69区間のうち50区間の区間タイムとトータルタイムとの間に有意な正の相関関係が認められ、その割合は72.5%であった (Table 3)。また、各セクションにおいて、区間タイムとトータルタイムとの間に有意な相関関係が認められた区間数のセクションを構成する区間数に対する割合は、57.1~92.3%であった (Table 3)。これまでに、上位の選手の特徴として多くのセクションのセクションタイムが短いこと<sup>10)</sup>、上位群のセクションタイムは下位群のセクションタイムと比較して短いこと<sup>7)</sup>が報告されているが、

セクションを短いタイムで滑走するためには、セクションの半分以上の区間を短い区間タイムで滑走する必要があり、コース全体 (トータルタイム) を短いタイムで滑走するためにはコース全体の7割以上の区間を短い区間タイムで滑走する必要があることが明らかになった。さらに、セクションタイムとトータルタイムとの相関分析において、最も強い相関関係が認められたセクション4はすべてオープンゲートのセッティングであり、9割以上の区間における区間タイムとトータルタイムとの間に有意な相関関係が認められている。このことから、コース上に最も多く立てられているオープンゲート区間を短い区間タイムで滑走することはセクションタイムの短縮に寄与し、トータルタイムなどの競技力向上に寄与するものといえる。

一方で、区間タイムとトータルタイムとの間に有意な相関関係は認められなかった区間は19区間 (約28%) であった (Table 3)。区間タイムとトータルタイムとの間に有意な相関関係が認められなかった区間のセッティングには、パーティカルコンビネーション (12-13区間~14-15区間および26-27区間~28-29区間)、またはディレイゲート (52.5-53区間~54-55区間) が含まれており、その他の区間はいずれもオープンゲート

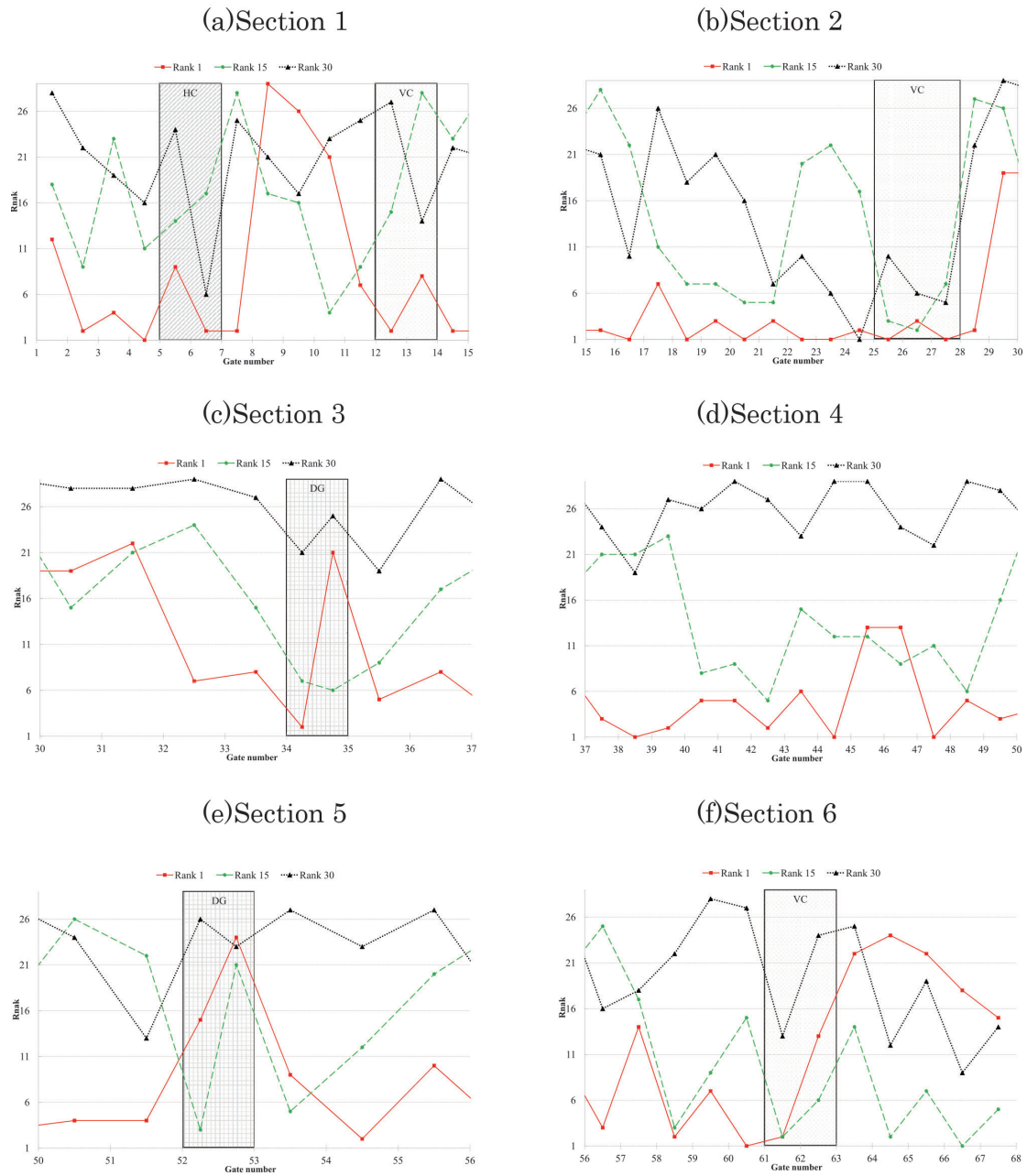


Figure 6. The variation of the interval time ranking at each interval from three subjects. Three subjects from three groups were analyzed based on the official result as Rank 1 (Red solid line), Rank 15 (Green bar line), and Rank 30 (Black dotted line). Gate setting was described as hairpin combination (HC: Shaded area), vertical combination (VC: dot area), and delay gate (DG: grid area).

であり、64-65 区間～ 67-68 区間はゴール直前のオープンゲートの区間であった (Table 3)。区間タイムとトータルタイムとの間に有意な相関関係が認められなかった区間の SD (0.01～0.04) は、

有意な相関関係が認められた区間の SD (0.01～0.05) と同程度であった (Table 3、Figure 8)。従って、区間タイムとトータルタイムとの間に有意な相関関係が認められなかった区間においては、

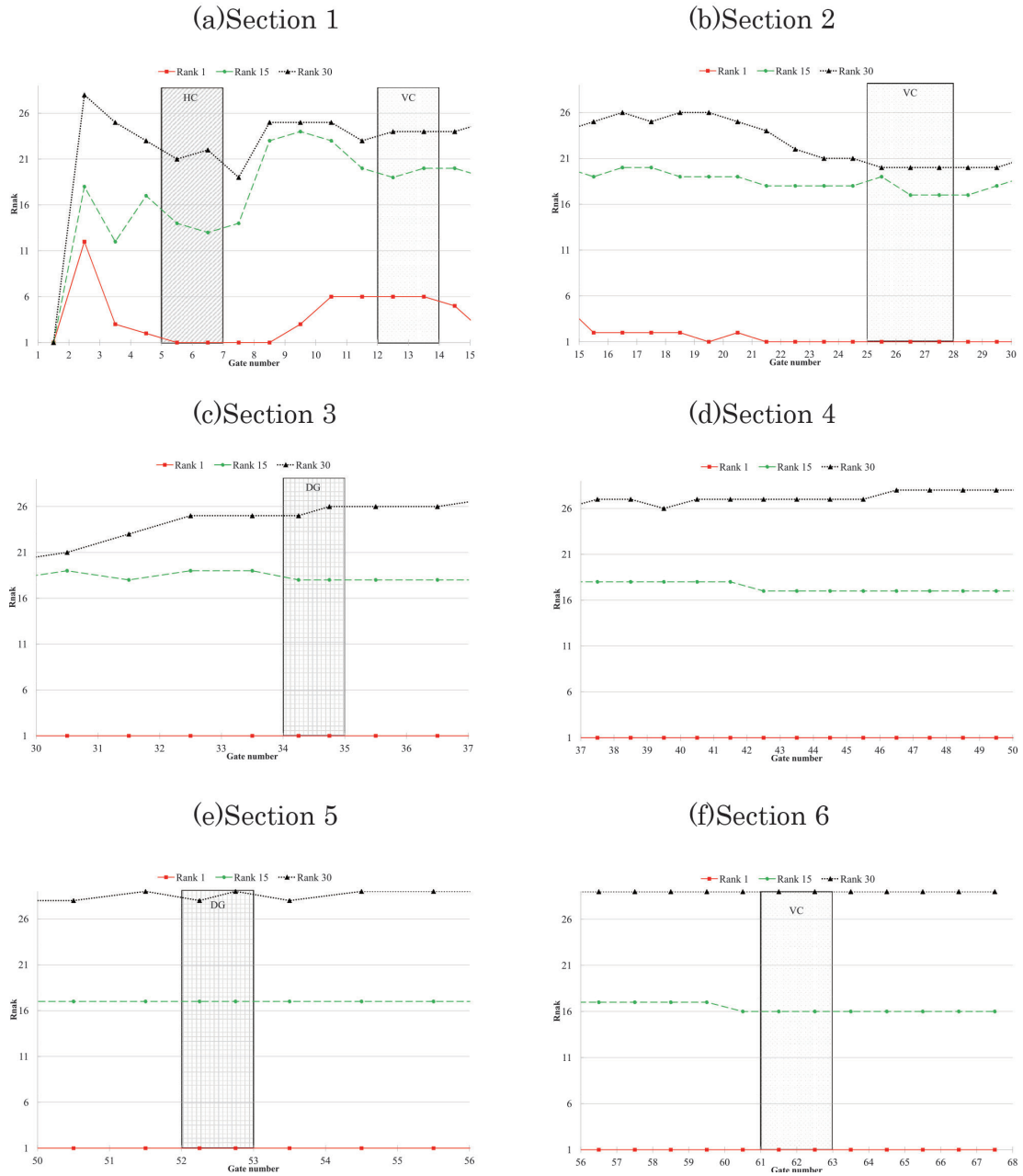


Figure 7. The variation of the instant ranking at each interval from three subjects. Three subjects from three groups were analyzed based on the official result as Rank 1 (Red solid line), Rank 15 (Green bar line), and Rank 30 (Black dotted line). Gate setting was described as hairpin combination (HC: Shaded area), vertical combination (VC: dot area), and delay gate (DG: grid area).

トータルタイムの短い選手の区間タイムが短く、トータルタイムの長い選手の区間タイムが長いという特徴が現れなかったと考えられる。これらの特徴が現れなかった要因として、コンビネーショ

ン区間の区間タイムは直前のオープンゲート区間の区間タイムと比較して大きく変化しており、滑走リズムに変化が起きていることが挙げられる (Figure4)。そのため、ターン技術に加え滑走り

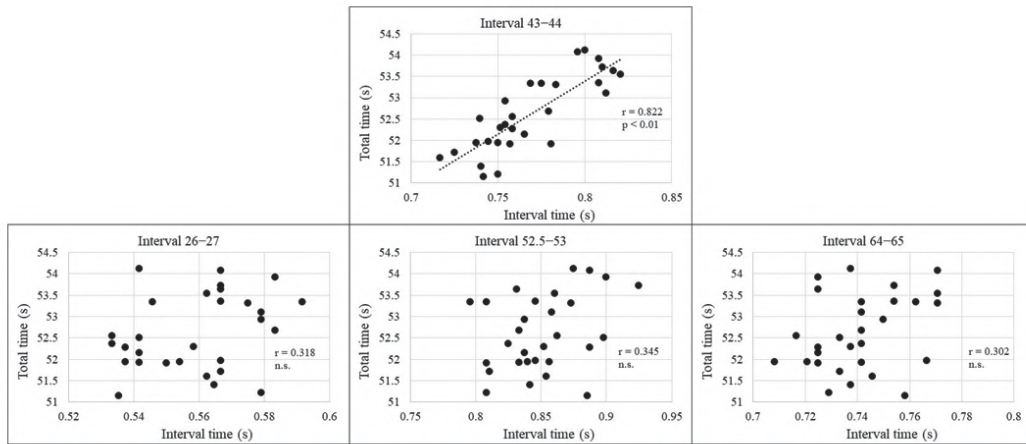


Figure 8. The scatter graphs of the interval time and the total time during the interval 43-44 (upper), 26-27 (lower left), 52.5-53 (lower center) and 64-65 (lower right). The time from interval 43-44 scored the highest correlation to the total time in this study ( $r = 0.822$ ,  $p < 0.01$ ). The gate setting at interval 43-44 was the open gate, at 26-27 was the vertical combination, at 52.5-53 was the delay gate, and at 64-65 was the open gate before goal.

ズムの変化に対応する技術の差が区間タイムに影響していることが考えられる。また、オープンゲート区間において区間タイムに影響を与える要因として、自然の形状による細かな斜度変化、多くの選手が滑走することによって生じたコース上の凹凸、または雪質の変化などが考えられるが、本研究から断定することはできない (Table 3)。

### 3. 世界の一流選手の特徴

本研究では、選手個々の区間タイムの分析結果を用いて上位群・中位群・下位群および各群の代表例として3名の選手の区間タイムおよび区間タイム順位の特徴を示した。その結果、上位群・中位群・下位群の区間タイム順位の平均値において、全ての群で有意な差が認められた (Table 4)。各群の区間タイム順位のSDはいずれも同程度であることから、区間タイム順位の平均値が競技成績を反映していると考えられる。さらに、各群の代表例である3選手においても同様の傾向が見られ、3選手の区間タイム順位のSD (7.3 ~ 7.8) は同程度であり、全体のSD (5.9 ~ 8.3) と比較しても同程度であった。従って、いずれの選手も

区間タイム順位の平均値が競技成績に結び付いていると考えられる (Table 4)。さらに、1位の選手は69区間のうち12区間において区間タイムが最も短く、その12区間にはコンビネーション区間も含まれていた (Figure 6)。従って、本研究の1位の選手は、全ての区間タイムが最短ではないが、オープンゲートを短いタイムで滑走する技術を有していることに加え、コンビネーションなどの区間においても短い区間タイムで滑走する技術を有していたため高い区間タイムの平均順位を維持することができ、1位となったと考えられる。これらの特徴は、本研究におけるトータルタイムの短い選手の区間タイムおよびセクションタイムは短く、トータルタイムの長い選手の区間タイムおよびセクションタイムは長いという結果を支持するものである。

オープンゲートを短い区間タイムで滑走するための技術的要因として、FECを対象として滑走技術を分析した研究<sup>6)</sup>では、上位群の選手は旗門通過時の外脚荷重によってスキーのたわみを作り出す技術を駆使し、旗門通過後に過度なエッジングやスキーの横ずれを伴う動作を行わず、高い滑

走ラインで滑走していることが報告されている。FEC より上位の競技レベルの大会である WC においても、スキーのたわみを作り出す外脚荷重、旗門通過後の過度なエッジングやスキーの横ずれを少なくするターン技術をさらに向上させることは重要であると予想される。さらに、スタートからゴールまで減速要素の少ないターンを連続させる技術および体力要素が求められると示唆される。さらに、コンビネーション区間においてはターン技術の向上に加え、そのリズムの変化に対応する技術および俊敏性などの体力要素も併せて重要となると考えられる。

#### 4. 区間タイム分析およびセクションタイム分析の特徴

セクションタイムとトータルタイムとの間に認められた相関係数は、区間タイムとトータルタイムとの間に認められた相関係数と比較して大きかった (Table 1, Table3)。これは、1つ1つの区間タイムとトータルタイムとの相関関係はそれほど強くなくても、複数の区間を1つにまとめて分析することで小さなタイムの増減による影響が除去され、相関関係が強くなったためと考えられる。従って、セクションタイム分析では、セクションタイムの短い選手は実際には全ての区間タイムが短いわけではないのにも関わらず、全ての区間タイムが短いという誤解を与える可能性がある。また、選手にとっては全ての区間タイムが短くなくとも、セクションタイムが短いことでトータルタイムを短くすることができることを示唆している。従って、競技会の大まかな傾向を調べるうえではセクションタイム分析は有効であり、かつ分析量も少ないという利点が考えられるが、本研究で示した上位 (1位) 選手と下位 (30位) 選手の滑走タイムに差が生じた区間、またはセクション内の区間タイムの長短などのレース展開の詳細を調べるためには、区間タイム分析が有効となることが明らかとなった。

#### 5. 本研究の限界と今後の展望

本研究で分析したコースの特徴として、全セクションタイムとトータルタイムとの間に有意な相関関係が認められ、レース後半に向けて各群の通過タイム差が大きくなる特徴が見られた。この要因として、分析対象のコースがコース全体を通じてミスなく滑走することが求められる特異性<sup>4)</sup>を有していたことが考えられる。また、本研究で使用されたコースの最大斜度は 20.5 度であり<sup>13)</sup>、これまでに分析された急斜面<sup>5)</sup>(25度および30度)と比較して斜度が小さい。近藤と竹田<sup>5)</sup>は、急斜面では、上位群・中位群・下位群のそれぞれの群間のセクションタイムに有意な差が認められたことを報告しており、斜度が急であるほど上位群・中位群・下位群の競技力の差が現れることが考えられる。従って、より斜度が大きなセクションを含むレースでは、本研究と比較してさらに多くの区間においてトータルタイムと区間タイムとの間に有意な相関関係が認められること、もしくは急斜面区間での順位の変動が大きくなり相関関係が認められる区間が減少することが考えられる。従って、今後も引き続き様々な斜度を含むレースを分析し、データを蓄積する必要がある。

また、分析対象が国際大会であったためコースに立ち入ることができず、各セクションの平均斜度を計測できなかった。今後、他の研究との比較、および斜度と区間タイムとの関連性をより詳細に分析するためには、斜度および旗門間の距離を測定する必要がある。

さらに、オープンゲートにおける上位選手のターン動作を定量的に分析することや、トータルタイムと区間タイムとの間に相関関係が認められなかった区間のターン動作を定量的に分析することで区間タイムの短縮に役立つ知見が得られると考えられる。

本研究において世界の一流選手の特徴は、複数の選手の平均値を算出することで各選手の特徴が失われてしまうことを考慮し、3名の代表的な選手を用いて明らかにした。各群の代表者が1名であるため、統計的手法を用いた分析は行っていない



い。今後も多くのレースを対象に本研究と同様の分析を行い、データを蓄積することで各群の選手の特徴を明らかにすることが望まれる。

## V. 結論

本研究結果よりトータルタイムの短い選手の特徴として、全てのセクションにおいてセクションタイムが短い傾向であること、セクション内の半数以上の区間において区間タイムが短い傾向であることが明らかになった。また、トータルタイムの短い選手はコース全体を通じて7割以上の区間を短い区間タイムで滑走していることが明らかになった。

本研究では先行研究で用いられていた複数のターンを1つのセクションとするタイム分析に加え、1ターンを1区間とする区間タイムの分析を行った。その結果、セクションタイムを用いたタイム分析は、大まかなレース傾向を調べるためには有効であるが、詳細なレースの傾向を分析するためには、1ターンを1つの区間とするタイム分析を行う必要がある。

1位の選手の特徴として、全ての区間の区間タイムが最短ではないが、コース全体を通じて区間タイムが短く、区間タイム順位が良いことが挙げられた。本研究結果より、アルペンスキーにおける競技力の向上には全体的な区間タイムの向上、特にオープンゲートのタイム短縮が重要であることが示唆された。

## 文献

- 1) Bilić Ž, Mijanović M. Causality of lap times with total time in slalom. *Acta Kinesiologica*, 2(1): 52-56, 2008.
- 2) International Ski Federation. Database, Results 1st run.  
<http://medias1.fis-ski.com/pdf/2016/AL/0131/2016AL0131RLR1.pdf>. (2019年8月30日)
- 3) International Ski Federation. THE INTERNATIONAL SKI COMPETITION RULES (ICR).  
[http://www.fis-ski.com/mm/Document/documentlibrary/AlpineSkiing/03/29/54/ICR\\_2017\\_final\\_08082017\\_Neutral.pdf](http://www.fis-ski.com/mm/Document/documentlibrary/AlpineSkiing/03/29/54/ICR_2017_final_08082017_Neutral.pdf). (2019年8月30日)
- 4) 近藤 雄一郎. アルペンスキー競技回転種目を対象としたタイム分析：オリンピックテストイベントとオリンピック本大会の比較. 北海道大学大学院教育学研究院紀要, 133: 59-68, 2018.
- 5) 近藤 雄一郎, 竹田 唯史. アルペンスキー競技回転種目におけるタイム分析とストック・ワークのタイミング分析. 北海道体育学研究, 48: 1-8, 2013.
- 6) 近藤 雄一郎, 竹田 唯史. アルペンスキー回転競技におけるタイム分析—2016 Far East Cup (Jisan) を対象として—. *スキー研究*, 13(1): 49-57, 2016.
- 7) 近藤 雄一郎, 竹田 唯史. 2016 FIS World Cup (Naeba) 回転競技におけるタイム分析—海外選手と日本人選手の比較—. *スキー研究*, 14(1): 55-64, 2017.
- 8) 近藤 雄一郎, 竹田 唯史. アルペンスキー回転種目におけるタイム分析—2017 Far East Cup (Yongpyong) を対象として—. *スキー研究*, 15(1): 83-91, 2018.
- 9) 三浦 哲, 山根 真紀, 吉田 陽平, 堀田 朋基, 結城 匡啓. アルペンスキー Far East Cup 大回転競技におけるタイム分析. 日本スキー学会 第25回大会 講演論文集: 22-23, 2014.
- 10) Supej M, Cernigoj M. Relations between different technical and tactical approaches and overall time at Men's world cup giant slalom races. *Kinesiologia Slovenica*, 12(2): 59-68, 2006.
- 11) Supej M, Kipp R, Holmberg HC. Mechanical parameters as predictors of performance in alpine World Cup slalom racing. *Scand J Med Sci Sports*, 21(6): 72-81, 2011.
- 12) 竹田 唯史, 近藤 雄一郎. アルペンスキーにおけるタイム分析について—第90回全日本ス

キー選手権大会大回転競技を対象として－  
日本スキー学会 2013 年度研究会 講演論文  
集：8-9, 2013.

<http://ski.town.yuzawa.lg.jp/introduction/wcupskicourselayout.html>. (最終閲覧日 2019 年 8 月 30 日)

13) 湯沢町教育委員会 . 競技コース .