

研究資料

ノルディックコンバインド競技における総合成績を決定するスキージャンプ種目と
クロスカントリースキー種目の国内外の試合における貢献度の違い

Differences in contribution between national and international competitions
in the ski jump and cross-country skiing discipline
that determine overall results in Nordic Combined

谷中拓哉^{1),2)}, 河野孝典²⁾, 久保貴寛²⁾, 薄井良隆²⁾,
山本悠介³⁾, 三浦智和³⁾, 山辺芳⁴⁾, 石毛勇介⁴⁾
Takuya Yanaka^{1),2)}, Takanori Kono²⁾, Takahiro Kubo²⁾, Yoshitaka Usui²⁾,
Yusuke Yamamoto³⁾, Tomokazu Miura³⁾, Kaoru Yamanobe⁴⁾, Yusuke Ishige⁴⁾

Abstract : In Nordic Combined competition, overall rank is decided by ski jumping and cross-country skiing performance. The aim of this study was to investigate whether the overall rank can be predicted from ski jumping and cross-country skiing in World Cup, Continental Cup and National Competition and whether the contribution of the two disciplines was different among each competition category. T-scores of overall (T_{Total}), ski jumping (T_{SJ}) and cross-country skiing (T_{CC}) were calculated from the time difference at the cross-country ski finish, ski jump point and cross-country ski time in each competition. The annual average T-scores were calculated in 2019–20 season and 2020–21 season. For each competition category, step-wise multiple regression analysis was conducted to predict T_{Total} from T_{SJ} and T_{CC} in both seasons. The results showed that T_{Total} variances were accounted for by the T_{SJ} and T_{CC} more than 99 %. In World Cup competition, the standardized partial regression coefficient of T_{SJ} was higher than that of T_{CC} in both seasons. On the other hand, the standardized partial regression coefficient of T_{CC} was higher than that of T_{SJ} in Continental Cup and National competition in both seasons. These results indicated that contribution to overall rank was different in competition categories. It is suggested that ski jumping performance is important for World cup athletes and cross-country skiing performance is important for Continental Cup and National athletes.

Key words : T-score, multiple regression analysis, World Cup, Continental Cup, National Competition

キーワード : 偏差値・重回帰分析・ワールドカップ・コンチネンタルカップ・国内大会

¹⁾横浜商科大学, ²⁾全日本スキー連盟, ³⁾日本スポーツ振興センター, ⁴⁾国立スポーツ科学センター

¹⁾Yokohama College of Commerce, ²⁾Ski Association of Japan, ³⁾Japan Sport Council, ⁴⁾Japan Institute of Sports Sciences

E-mail : t.yanaka@shodai.ac.jp

受付日 : 2022 年 4 月 25 日

受理日 : 2023 年 4 月 5 日

I. はじめに

ノルディックコンバインド競技は、多くの試合において前半にスキージャンプ種目（ノーマルヒルまたはラージヒル）が行われ、後半にクロスカントリースキー種目（5～15 km）が行われる（グンダーセン方式）。前半のスキージャンプ種目のポイント差によって、後半のクロスカントリースキー種目のスタート時刻が決定され、最終的にフィニッシュした順位が総合順位となる。スキージャンプでは、鉛直方向へのジャンプ力が大きいことや体重が軽いこと、テイクオフ時に適切な姿勢を取る（角運動量を制御する）ことが求められる⁶⁾。これらを達成するためにスキージャンプのトレーニングでは、下肢におけるパワー発揮能力の向上や高速度で滑降する中で適切なタイミングでそのパワーを発揮できるような技術を高めることに注力することとなる。一方で、クロスカントリースキーでは有酸素性の能力が高いこと⁵⁾や効率の良い滑走をすること¹⁾、大きなストライドで滑走すること⁸⁾が良い選手の条件である。このような条件を満たすためには、持久系トレーニングを行うとともに、スケーティング技術を向上させる練習に取り組むことになる。このように前半と後半の種目では求められる体力や技術が異なり、トレーニングの内容も異なるため、各種目の優先順位を定め、効率良く練習・トレーニングを行うことが選手育成および強化にとって重要である。

ノルディックコンバインド競技を含めて、冬季の競技は11月～3月にワールドカップ（WC）と呼ばれる複数の試合によって構成される大会が開催されている。ノルディックコンバインド競技のWCは主に欧州で行われており、各地で1～3試合が連続して行われる。各試合の総合順位に応じてポイント（ワールドカップポイント）が加算され、最終試合終了時に最もポイントを獲得していた選手が年間のシリーズチャンピオンとなる。WCは各国のトップレベルの選手が多く出場するため、オリンピックおよび世界選手権と同様に競技レベルが最も高い大会の1つである。WCの出

場要件について見ると、1)すでにワールドカップポイントを獲得している選手、2)これまでにコンチネンタルカップ（COC）で1ポイントでも獲得している選手、3)世界ジュニア選手権でメダルを獲得した選手となっている¹⁾。COCもWCと同様に主に欧州において複数の試合によって構成されている大会である。WCの出場要件からもわかるように、COCで好成績を収めた選手がWCへの出場権を獲得することができるため、COCは選手側から見れば、トップレベルの大会に出場するための大会であり、指導者側から見れば、WCで活躍する選手を選考する材料となる。さらに、COCに出場する選手を決定するためには、国内大会（NC）における試合の成績が基準となる。つまり国内の選手たちは、まずはNCにおいて好成績を残すことが必要となる。

しかしながら、上記で挙げた各カテゴリの大会において好成績を残すために、どちらの種目の貢献が大きいのかは定かではない。それぞれのカテゴリにおいて、総合成績がどの種目の貢献によって決定するのかを示すことは、選手の選考と育成の観点から重要なことである。併せて選考と育成の観点から考えると、各カテゴリの大会においてどの年齢層の選手たちが参加しているかを知ること、選手を選考する際の1つの資料となり得る。すなわち、選考対象となる選手の年齢がどのカテゴリの大会に含まれているのかを示すことで、そのカテゴリに合わせた練習やトレーニングを考えることができるものと考えられる。種目および年齢についてまとめると、WCで活躍する選手を選考、育成するためには、WC、COCおよびNCにおける総合成績において2つの種目の貢献度がどのように異なるのか、各大会でどの年代の選手が出場しているのかを把握し、各種目の貢献度と出場者の年代に合わせて選手を選考し、トレーニングをしていく必要があるものと考えられる。そこで本研究では、ノルディックコンバインド競技の各カテゴリの試合についてスキージャンプ種目とクロスカントリースキー種目それぞれの総合成績に対する貢献度およびその出場者の年齢層を明ら

かにすることを目的とした。先述したようにノルディックコンバインド競技は、求められる体力および技術が異なる2つの種目を行うため、限られた時間の中で効率的にトレーニングを行う必要がある。各カテゴリにおける重要な種目と各カテゴリの年齢層を示し、トレーニングおよび育成の指針となる資料を提供することで、国際競技力の高い日本のノルディックコンバインドの更なる強化・育成へとつなげることが本研究の狙いである。

II. 方法

1. 対象

本研究では、それぞれのカテゴリ（WC、COC、NC）において2019-20シーズン（19s）および2020-21シーズン（20s）に行われた個人種目の試合出場者を対象とした。近年のノルディックコンバインド競技における各カテゴリの傾向を示すために、単一シーズンのみでの分析では偶然に得られた結果となる可能性がある。そのため、データの信頼性を高めるために2つのシーズンを分析対象とした。

WCについては19sで17試合のうち1試合でも出場した選手合計90名（年齢：18～38歳）を、20sで16試合のうち1試合でも出場した選手合計90名（年齢：18～38歳）を対象とした。COCについては19sで14試合のうち1試合でも出場した選手合計150名（年齢：16～33歳）を、20sでは12試合のうち1試合でも出場した選手合計123名（年齢：17～31歳）を対象とした。なお、COC出場選手において、同年にWCに1試合でも出場していた選手は19sで46名（年齢：18～38歳）、20sで50名（年齢：18～31歳）であった。NCについては19sで2試合のうち1試合でも出場した選手合計71名（年齢：14～39歳）を、20sで5試合のうち1試合でも出場した選手合計65名（年齢：15～40歳）を対象とした。なお、各選手の年齢については、国際スキー連盟（FIS）²⁾ および全日本スキー連盟（SAJ）¹⁰⁾ のホームページに記載されている選手情報の生まれ年をそれぞれ抽出し、シーズンが開始する年との差と

して算出した。

2. データ分析

本研究で用いたデータは、WC および COC については FIS 公式ホームページ²⁾ から、NC については SAJ のホームページ¹⁰⁾ に掲載されている国内の公式記録からそれぞれ抽出された。それぞれのカテゴリで抽出した項目は、スキージャンプ種目のポイント、クロスカントリー種目の滑走タイム、クロスカントリースキー種目フィニッシュ時のタイム差であった。スキージャンプ種目のポイントはスキージャンプそのもののパフォーマンスを、クロスカントリースキー種目の滑走タイムはクロスカントリースキーそのもののパフォーマンスを表すものである。また、クロスカントリースキー種目フィニッシュ時の順位がその試合の最終的な成績となるため、フィニッシュ時のタイム差はその試合の総合的なパフォーマンスを表すこととなる。それぞれの項目において対象となった試合の各選手の偏差値（ T_{SJ} 、 T_{CC} 、 T_{Total} ）を算出した。

3. 統計処理

各シーズンにおいて複数の試合に出場している選手はそれぞれのシーズンの偏差値の平均値を代表値とした。まず2つのシーズンにおいて、WC と COC で年間の総合順位がつけられている選手を対象に、算出された T_{Total} が年間の成績を反映するものかを確認するために、年間の総合順位と T_{Total} の関係を Spearman の順位相関係数（ ρ ）を用いて調べた。なお、この分析の対象となった選手は、WC では19s、20sともに55名であり、COC では19sが94名、20sが88名であった。

各カテゴリ（WC、COC、NC）における T_{Total} の予測には、 T_{SJ} および T_{CC} を独立変数としたステップワイズの重回帰分析を用いた。この分析は、各カテゴリ2シーズン分をそれぞれ行った。さらに、WC と COC に出場した選手を WC のみに出場した選手（WC-p；19s：44名、20s：40名）、COC のみに出場した選手（COC-p；19s：104名、

20 s : 73 名)、WC と COC に両方出場した選手 (Both-p : 19 s : 46 名、20 s : 50 名) にグループ分けをし、各グループでカテゴリごとの重回帰分析と同様の分析を行った。

また、各グループの選手の年齢の差 (WC-p vs Both-p vs COC-p vs NC-p : NC に出場している選手) を比較するために、それぞれのシーズンにおいて Kruskal-Wallis の H 検定を行い、有意差が認められた場合には、多重比較検定としてグループごとに Mann-Whitney の U 検定を行った。全ての統計分析は専用ソフト SPSS (Statistics 27、IBM 社製) を用いて行い、重回帰分析、Spearman の順位相関および Kruskal-Wallis の検定における有意水準は 5% とし、Mann-Whitney の U 検定はグループごとに検定を 6 回行うため、Bonferroni 調整を行い、0.8% とした。

Ⅲ. 結果と考察

対象となった 2 シーズンにおける年間総合成績と T_{Total} の間の順位相関係数 (ρ) は、WC では -0.90 (19 s、 $n=55$ 、 $p<0.01$) と -0.94 (20 s、 $n=55$ 、 $p<0.01$) であり、COC では -0.81 (19 s、 $n=94$ 、 $p<0.01$) と -0.73 (20 s、 $n=88$ 、 $p<0.01$) あった。これらの結果は T_{Total} が高い選手ほど、年間成績が上位であったことを示すものである。この結果より、 T_{Total} はノルディックコンバインド競技において、選手の成績を反映するものであることが言える。また、全ての重回帰分析において、スキージャンプ種目およびクロスカントリースキー種目の偏差値がともに選択される有意な回帰式が得ら

れた。なお、重回帰分析で選択された独立変数に多重共線性が生じている場合、変動インフレーション (VIF) が 10 以上となる⁴⁾。本研究の結果において VIF を確認したところ、最大で 1.36 であった。それぞれのカテゴリの結果について述べていくこととする。

1. 各カテゴリにおける重回帰分析

WC において 19 s で得られた回帰式は、 $T_{Total} = 0.69 T_{SJ} + 0.55 T_{CC} - 12.11$ ($F=3.81 \times 10^3$ 、 $p<0.01$) であり、20 s で得られた回帰式は、 $T_{Total} = 0.75 T_{SJ} + 0.43 T_{CC} - 9.24$ ($F=3.83 \times 10^3$ 、 $p<0.01$) であった。両シーズンにおける回帰式の決定係数は $R^2 = 0.99$ であった (Table 1)。それぞれのシーズンにおける回帰式は、最初の変数として T_{SJ} が選択され、2 つ目の変数として T_{CC} が選択された。また、標準化偏回帰係数は、両シーズンともに T_{SJ} の方が大きかった (Table 1)。これらの結果は、WC における総合成績は 2 シーズンともにスキージャンプ種目とクロスカントリースキー種目のばらつきによってそのばらつきが説明されること、スキージャンプ種目の貢献度が高いことを示す結果である。すなわち、WC においては、スキージャンプ種目の成績が重要であると考えられる。

COC において 19 s で得られた回帰式は、 $T_{Total} = 0.67 T_{CC} + 0.51 T_{SJ} - 9.17$ ($F=1.59 \times 10^4$ 、 $p<0.01$) であり、20 s で得られた回帰式は、 $T_{Total} = 0.59 T_{CC} + 0.60 T_{SJ} - 9.44$ ($F=7.40 \times 10^3$ 、 $p<0.01$) であった。両シーズンにおける回帰式の決定係数は $R^2 = 0.99$ であった (Table 2)。それぞれのシーズン

Table 1 The result of multiple regression models in World Cup

2020-21 season					2019-20 season				
Variables	Partial Regression Coefficient		Standardized Partial Regression Coefficient		Variables	Partial Regression Coefficient		Standardized Partial Regression Coefficient	
	B	SE	β	r		B	SE	β	r
Constant	-9.24	0.63			Constant	-12.11	0.66		
T_{SJ}	0.75	0.01	0.70	0.91	T_{SJ}	0.69	0.14	0.62	0.85
T_{CC}	0.43	0.01	0.46	0.78	T_{CC}	0.55	0.12	0.57	0.82
SEE	1.09				SEE	1.15			
R^2	0.99				R^2	0.99			

における回帰式は、最初の変数として T_{CC} が選択され、2つ目の変数として T_{SJ} が選択された。また、標準化偏回帰係数は、両シーズンともに T_{CC} の貢献度が大きかった (Table 2)。これらは COC における総合成績は2シーズンともにスキージャンプ種目とクロスカントリースキー種目のばらつきによってそのばらつきが説明されること、クロスカントリースキー種目の貢献度が高いことを示す結果である。すなわち、COC においてはクロスカントリースキー種目の成績が重要であると考えられる。

NC において 19 s で得られた回帰式は、 $T_{Total} = 0.83T_{CC} + 0.66 T_{SJ} - 24.24$ ($F = 9.53 \times 10^2$, $p < 0.01$) であり、20 s で得られた回帰式は、 $T_{Total} = 0.63 T_{CC} + 0.52T_{SJ} - 7.58$ ($F = 1.39 \times 10^3$, $p < 0.01$) であった。それぞれのシーズンにおける回帰式の決定係数は $R^2 = 0.97$ (19 s)、 0.96 (20 s) であった (Table 3)。それぞれのシーズンにおける回帰式は、最初の変数として T_{CC} が選択され、2つ目の変数として T_{SJ} が選択された。また、標準化偏回帰係数は、

両シーズンともに T_{CC} の方が貢献度が大きかった (Table 3)。これらは NC における総合成績は2シーズンともにスキージャンプ種目とクロスカントリースキー種目のばらつきによってそのばらつきが説明されること、COC と同様にクロスカントリースキー種目の貢献度が高いことを示す結果である。すなわち、NC においてもクロスカントリースキー種目の成績が重要であると考えられる。

各カテゴリにおける重回帰分析の結果をまとめてみると、最初に選択される種目および標準化偏回帰係数の大小は2シーズンともに同じであった。さらに、その詳細を見ると総合成績のばらつきを決定するのは、WC ではスキージャンプ種目の偏差値、COC および NC ではクロスカントリースキー種目の偏差値であることが示された。すなわち、WC ではスキージャンプ種目が、COC および NC ではクロスカントリースキー種目がそれぞれのカテゴリで好成績を収めるために重要であることが示された。そしてこれらの結果は、WC ではスキージャンプ種目で上位にならないと、総

Table 2 The result of multiple regression models in Continental Cup

2020-21 season					2019-20 season				
Variables	Partial Regression Coefficient		Standardized Partial Regression Coefficient		Variables	Partial Regression Coefficient		Standardized Partial Regression Coefficient	
	B	SE	β	r		B	SE	β	r
Constant	-9.44	0.49			Constant	-9.17	0.32		
T_{CC}	0.59	0.01	0.60	0.88	T_{CC}	0.67	0.01	0.65	0.90
T_{SJ}	0.60	0.01	0.54	0.85	T_{SJ}	0.51	0.01	0.50	0.82
SEE	0.97				SEE	0.72			
R^2	0.99				R^2	0.99			

Table 3 The result of multiple regression models in National Competition

2020-21 season					2019-20 season				
Variables	Partial Regression Coefficient		Standardized Partial Regression Coefficient		Variables	Partial Regression Coefficient		Standardized Partial Regression Coefficient	
	B	SE	β	r		B	SE	β	r
Constant	-7.58	1.03			Constant	-24.24	1.74		
T_{CC}	0.63	0.02	0.67	0.89	T_{CC}	0.83	0.02	0.80	0.73
T_{SJ}	0.52	0.02	0.47	0.78	T_{SJ}	0.66	0.02	0.66	0.58
SEE	2.14				SEE	1.56			
R^2	0.96				R^2	0.97			

合成成績で上位になることは困難であり、一方で COC と NC ではクロスカントリースキー種目で逆転ができる可能性があることを示している。

2. 年齢の分布

それぞれのシーズンにおいて各グループにおける年齢の四分位範囲（第1四分位数～第3四分位数）を見てみる（Fig. 1）。WC-p は 19 s が 23 ～ 28 歳であり、20 s が 24 ～ 30 歳であった。Both-p は 19 s が 20 ～ 25 歳であり、20 s が 21 ～ 26 歳であった。COC-p は 19 s が 18 ～ 21 歳であり、20 s が 19 ～ 22 歳であった。NC-p は 19 s が 17 ～ 22 歳であり、20 s が 17 ～ 22 歳であった。各グループを比較すると、両シーズンともに NC-p と COC-p 間以外のグループにおいて有意な差が見られ、WC-p が最も高い年齢を示しており、Both-p が次に高い年齢を示していた（ $p < 0.001$ ）。また、各グループのばらつきについて見ると、NC-p が最も大きいという結果であった。NC と COC は WC の選考も兼ねられていると考えられるため、NC-p と COC-p は年齢の低い選手が多くいるものと考えられる。また、NC は国内大会であり、様々な選手が出場可能であることから、年齢の平均値は WC-p および Both-p と比較して低いものの、そのばらつきが大きくなったものと考えられる。ほとんどのグループにおいて、中央値から最大値までの幅が、中央値から最小値までの

幅よりも大きくなっていた。これは各グループの中でも年齢が低い選手のばらつきが小さく、年齢が高い選手のばらつきが大きいことを表すものである。つまり、各グループにおいて中央値以上の年齢においては同じ年齢の選手が少なくなることを示すものである。これは COC と WC において、競技力を維持している選手は、年齢が高くとも各大会に出場していることが考えられる一方で、競技力が維持できない場合、各大会の出場選考から除外される、もしくは競技自体を引退するということが原因で同年齢の選手が少なくなるものと考えられる。そのため、特に WC-p では年齢の中央値が高く、中央値以上のばらつきが大きくなったものと推察される。

3. 国際大会における選手の特徴

国際大会である WC と COC を対象に、それぞれのグループ（WC-p、COC-p、Both-p）における各シーズンの重回帰分析を行った。なお、Both-p に関しては COC および WC の偏差値を用いてそれぞれ重回帰分析を行った。その結果、 T_{Total} を予測する回帰式として全ての重回帰分析において、 T_{SI} および T_{CC} がともに選択された（Table 4）。

WC-p では 2 シーズンともに、 T_{SI} の標準化偏回帰係数が T_{CC} と比較して大きく、COC-p では 2 シーズンともに、 T_{CC} の標準化偏回帰係数が T_{SI}

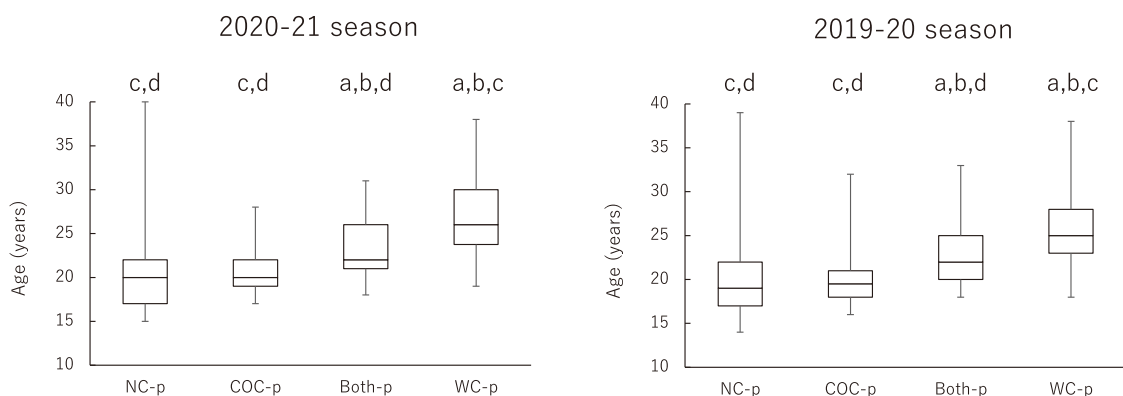


Fig. 1 Age distribution of each group in 2019–2020 season and 2020–2021 season. a; vs NC-p, b; vs COC-p, c; vs Both-p and d; vs WC-p represent significant difference between groups.

Table 4 The Multiple regression analysis results in each group

Group	season	R ²	Regression Equation	F
COC-p	19s	0.99	$T_{Total} = 0.67 T_{CC} + 0.50 T_{SJ} - 8.70$ $\beta = 0.65 \quad \beta = 0.50$	1.00×10^4
	20s	0.99	$T_{Total} = 0.59 T_{CC} + 0.58 T_{SJ} - 8.77$ $\beta = 0.65 \quad \beta = 0.53$	3.91×10^3
Both-p in COC	19s	0.99	$T_{Total} = 0.67 T_{CC} + 0.55 T_{SJ} - 11.05$ $\beta = 0.72 \quad \beta = 0.58$	5.07×10^3
	20s	0.99	$T_{Total} = 0.63 T_{SJ} + 0.60 T_{CC} - 11.40$ $\beta = 0.65 \quad \beta = 0.57$	1.30×10^3
Both-p in WC	19s	0.98	$T_{Total} = 0.55 T_{CC} + 0.64 T_{SJ} - 10.10$ $\beta = 0.72 \quad \beta = 0.61$	7.26×10^2
	20s	0.97	$T_{Total} = 0.76 T_{SJ} + 0.40 T_{CC} - 8.24$ $\beta = 0.76 \quad \beta = 0.50$	9.54×10^2
WC-p	19s	0.99	$T_{Total} = 0.75 T_{SJ} + 0.55 T_{CC} - 15.08$ $\beta = 0.87 \quad \beta = 0.54$	7.41×10^3
	20s	0.99	$T_{Total} = 0.73 T_{SJ} + 0.50 T_{CC} - 11.46$ $\beta = 0.71 \quad \beta = 0.52$	3.78×10^3

と比較して大きかった。すなわち、WC-pではスキージャンプ種目の貢献度が高く、COC-pではクロスカントリー種目の貢献度が高いことを示すものである。これらの結果は、各カテゴリについて得られた結果と一致したものであった。一方で、Both-pの結果を見ると、19sではCOCおよびWCにおいて T_{CC} の標準化偏回帰係数が T_{SJ} と比較して大きく、20sではCOCおよびWCにおいて T_{SJ} の標準化偏回帰係数が T_{CC} と比較して大きかった。これらはBoth-pについて、シーズン間の種目の貢献度に違いが見られたものの同一シーズンであれば、試合カテゴリが異なっても種目の貢献度は変わらないことを示すものである。全てのグループの結果（COC-p、Both-p、WC-p）と各カテゴリにおける結果（COC、WC）を併せてみると、COCとWCの種目による貢献度は、それぞれCOC-pおよびWC-pによって決定していることを示唆するものであった。

COCにおける各グループ（Both-pとCOC-p）

の偏差値の分布を見てみると（Fig. 2）、Both-pのうち60%以上の選手がスキージャンプ種目（19s：61%、20s：74%）もクロスカントリースキー種目（19s：76%、20s：72%）も平均値（50）よりも高い値となっていることが示された。一方でCOC-pでは平均値以上の選手は、スキージャンプ種目（19s：40%、20s：29%）もクロスカントリースキー種目（19s：37%、20s：32%）も50%以下であることが見てとれる。この結果は、Both-pの半数以上は、スキージャンプ種目もクロスカントリースキー種目も平均以上の結果を残しているということを示すものである。

一方で、WCにおけるそれぞれのグループ（WC-pとBoth-p）の偏差値の分布を見ると（Fig. 3）、WC-pのうち50%以上の選手がスキージャンプ種目（19s：73%、20s：53%）もクロスカントリースキー種目（19s：66%、20s：60%）も平均値（50）よりも高い値となっていることが示された。また、Both-pに関しては両種目ともに平

均値以上となる選手は、スキージャンプ種目（19 s：10%、20 s：14%）もクロスカントリースキー種目（19 s：16%、20 s：16%）も25%未満であることが見てとれる。COCの両種目にてほとんどが平均値以上の成績を残しているBoth-pでも、WCでは両種目ともに平均値以上の成績を残せる選手がわずかであることがわかる。また、WCにおける各グループの四分位範囲は、両シーズン、両種目ともにWC-pの範囲の方が小さい傾向があった。これらは、スキージャンプ種目およびクロスカントリースキー種目において、WC-pの競技レベルが高く、ばらつきが小さいことを示す結果である。

4. カテゴリにおける種目の貢献度

各カテゴリにおいて、種目の貢献度が異なった理由を考察する。まずは、上記した年齢の差と年齢のばらつきが各カテゴリの種目の貢献度に影響を及ぼしたものと推察される。NC（NC-p）およびCOC（COC-pとBoth-p）では、出場している選手の平均年齢が低く、またそのばらつきが大きいことが見てとれる（Fig. 1）。冒頭に述べたようにクロスカントリースキー種目では高い有酸素能

力、すなわち最大酸素摂取量が多いことが求められる⁵⁾。クロスカントリースキー選手の青年期からの最大酸素摂取量の長期的な変化を調べた研究^{3),7)}では、最大酸素摂取量は年齢とともに増大していくことが示されている。NCおよびCOCに出場している選手の年齢を見てみると、20歳未満の選手が含まれていることがわかる（Fig. 3）。先行研究の結果および本研究の年齢の分布をもとに考えると、年齢が低い選手は最大酸素摂取量が小さい可能性があり、NCとCOCでは年齢のばらつきが大きいいため、クロスカントリースキー種目のパフォーマンスを決定する有酸素能力のばらつきが大きくなったものと予想される。この有酸素能力のばらつきが影響し、NCおよびCOCではクロスカントリースキー種目の貢献度が高かったものと考えられる。一方で、先に述べたIngjer³⁾とRusko⁷⁾の報告では、クロスカントリースキー選手の最大酸素摂取量の増加量は20歳を越えるとプラトーを迎えるとされている。Rusko⁷⁾では国際レベルのクロスカントリースキー選手は最大酸素摂取量を向上させることができると報告しているものの、これはトレーニング量が年齢とともに増加することによるものとしている。スキー

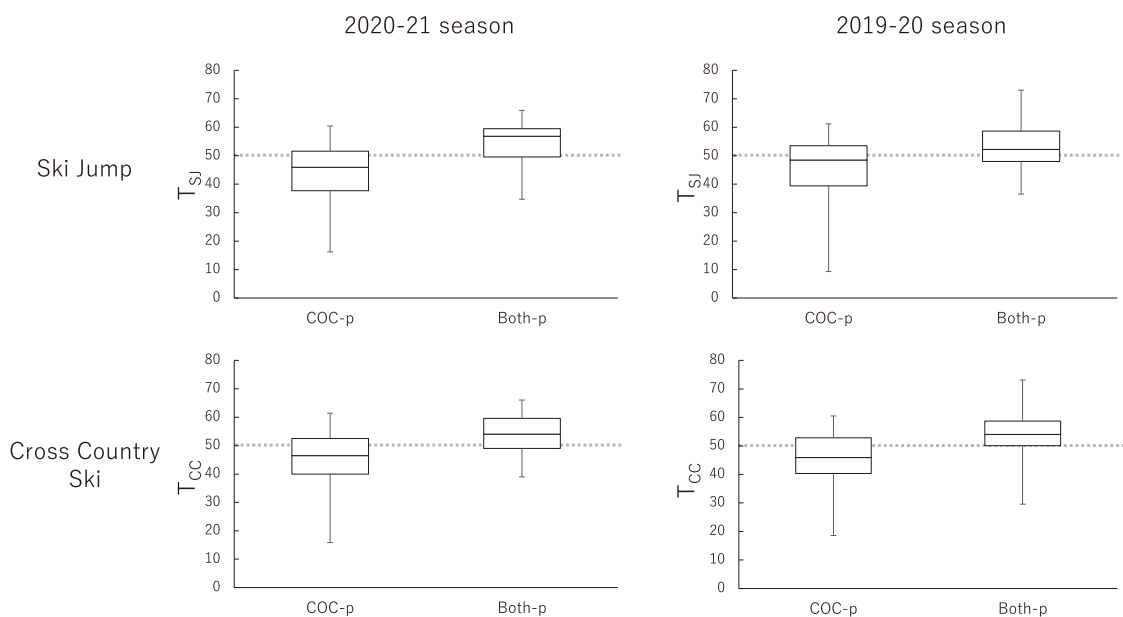


Fig. 2 Distribution of T-scores in ski jump and cross-country ski of COC-p and Both-p in COC

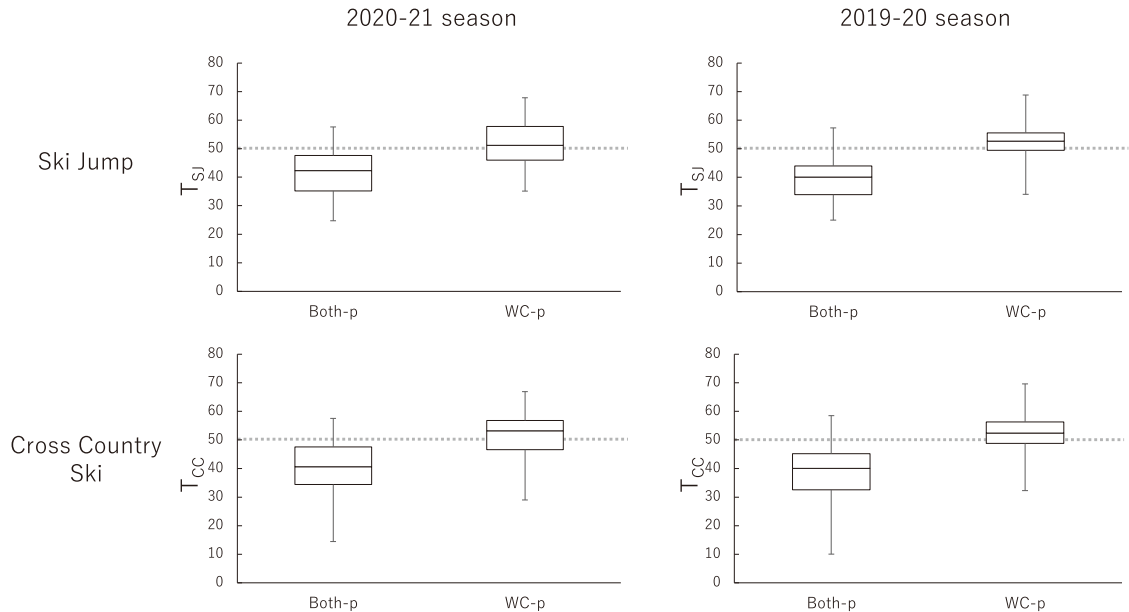


Fig. 3 Distribution of T-scores in ski jump and cross-country ski of Both-p and WC-p in WC

ジャンプ種目とクロスカントリースキー種目を行うノルディックコンバインド選手ではクロスカントリースキー種目のみをトレーニング・練習することはできないため、年齢増加とともに最大酸素摂取量を大きく増加させることは困難であると推察される。つまり、出場選手の年齢が高いWCでは、NCおよびCOCで予想されるような最大酸素摂取量のばらつきが小さく、クロスカントリースキー種目のパフォーマンスに大きなばらつきが生じないものと考えられる。そのため、WCではスキージャンプ種目の貢献度が高くなったと考えられる。

クロスカントリースキー種目のレース展開について考える。前述したようにノルディックコンバインドでは、スキージャンプ種目のポイント差によってスタートタイムが決定する。そのため、選手のほとんどはスタート時のタイム差を埋め、より順位を上げることが目標とする。また、クロスカントリースキー種目が苦手な選手の場合、順位を維持するという戦略を立てることもあろう。ノルディックコンバインド競技のクロスカントリースキー種目では、レース全般を通して高いスピードを維持したまま滑走するというよりも、序盤で

順位がより上位の選手に追いつくために速いスピードで滑走し、レース中盤は集団を形成して駆け引きをしながら滑走し、終盤にスパートをかけるといった戦略が多く見受けられる。実際にWC入賞者（8位以上）たちのレース展開を調べた研究⁹⁾では、多くの試合でレース序盤に大きなスピードで滑走していること、レース中盤では集団を作って滑走していることおよび最終周にスピードが再び大きくなることが示されている。これは入賞者に限らず、どの選手であってもより上位を目指すために行われているものと思われる。また、より上位でスタートした選手の戦略として、可能な限り速いスピードで滑走し続けるという戦略も選択できる。一方で、体内のグリコーゲン利用が促進されるような速いスピードでの滑走を避け、脂質を利用したエネルギー供給機構が優位となるようなペースで滑走を続け、後続に追いつかれた段階で集団滑走をするという戦略を選択することも可能であろう。集団滑走を戦略として採用した場合、レース終盤のスパートで勝敗が決することとなり、この際に序盤にグリコーゲンの利用を避けていた上位選手の方が有利になると予想される。これらのことから上位でスタートした選手が

後続に追いつかれるという戦略は体力面で考えると後続の選手よりも有利であると考えられる。また、集団滑走において、集団後部の選手は前方に他の選手がおり、その選手が「風よけ」となり、空気抵抗が小さい状態で滑走することができる利点もある。さらに、後続の選手にはスキージャンプ種目が不得手でクロスカントリースキー種目が得意な選手が含まれていることが多く、集団自体の滑走速度が大きくなることが考えられ、集団で滑走することによってより上位が狙える可能性がある。このような集団滑走を選んだ場合、序盤のスピードは後続の選手よりも遅くなるため、スキージャンプ種目で上位だった選手がクロスカントリースキー種目において必ず上位になるとは限らない。WCでは、有酸素能力のばらつきが小さいと予想されるため、集団滑走の駆け引きやスパートで順位の変動が少ない可能性があり、上位の選手が後続に追いつかれて集団滑走をするという戦略が採用され、結果的にスキージャンプ種目上位の選手がクロスカントリースキー種目でも上位にならないということが示唆される。一方で、有酸素能力のばらつきが大きいと予想されるCOCおよびNCでは、集団滑走の駆け引きやスパートによって上位でスタートした有酸素能力が低い選手やスキージャンプが得意な選手が有酸素能力の高い選手に逆転されてしまう可能性があり、順位の変動が多くあるものと考えられる。このような要因によって、WCではスキージャンプ種目が、COCとNCではクロスカントリースキー種目が高い貢献度を示したものと考えられる。

それぞれの試合カテゴリにおける総合成績を決定する種目の違いが明らかとなったことで、選手の選考・育成については注意深くなる必要があるものと考えられる。NCおよびCOCにおいて総合成績上位の選手がWCにおいて上位になれるかは疑問である。それは本研究結果より、COCおよびNCで上位となる選手が種目ごとに見ると、スキージャンプ種目での成績は振るわなかったものの、クロスカントリースキー種目で逆転している可能性があるためである。先述したように

WCではスキージャンプ種目によって総合成績が決定してしまうため、スキージャンプ種目で上位にならないと、クロスカントリースキーでの逆転が難しい可能性がある。すなわち、選手の選考および育成について検討する場合には、総合成績はもちろんであるが、総合成績を決定する2つの種目の成績を加味し、それぞれの大会カテゴリに合う選手を見定める必要があると考えられる。

本研究の限界として、各カテゴリの大会数や出場している選手数が異なることが挙げられる。実際にWCとCOCの両カテゴリに出場している選手(Both-p)は2つのシーズンにおける貢献度が異なった。しかしながら、WCとCOCというカテゴリにおいては分析対象となった2シーズンにおける重回帰分析の決定係数および標準化偏回帰係数の結果は各カテゴリにおいて同様の傾向を示していた。各試合に出場する選手は年ごとに変わるのではなく、数シーズン継続して出場することとなる。すなわち、出場する選手が大きく変わらない限り、本研究の結果は各カテゴリ(WC、COC、NC)については数シーズンの傾向を示すことができるものであると推察される。

IV. 結論

本研究では各カテゴリのノルディックコンバインド競技においてスキージャンプ種目とクロスカントリースキー種目のどちらが総合成績に貢献するかを明らかにすること、および出場選手の年齢層を示すことが目的であった。その結果、各カテゴリの2シーズンにおいてスキージャンプ種目とクロスカントリースキー種目の偏差値から総合成績の偏差値を予測する式を得ることができた。また、ワールドカップではスキージャンプ種目の偏差値の貢献度が高く、コンチネンタルカップおよび国内大会ではクロスカントリースキー種目の偏差値の貢献度が高いことが示された。また、ワールドカップのみに出場する選手の年齢が最も高く、コンチネンタルカップのみに出場する選手および国内大会に出場する選手の年齢が、ワールド

カップのみに出場する選手およびワールドカップとコンチネンタルカップ両方に出場する選手と比較して低いことが明らかとなった。

文献

- 1) Ainegren M, Carlsson P, Tinnsten M, Laaksonen MS. Skiing economy and efficiency in recreational and elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res*, 27(5): 1239–1252, 2013.
- 2) Fédération Internationale de Ski (FIS). NORDIC COMBINED“Calender & Results”. <https://www.fis-ski.com/DB/nordic-combined/calendar-results.html?noselection=true> (2021 年 9 月 13 日)
- 3) Ingjer F. Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: a longitudinal study. *J Sports Sci*, 10(1): 49–63, 1992.
- 4) 北林保. 予測する. 佐藤進ら編: 出村愼一監, 健康・スポーツ科学のための SPSS による統計解析入門. 杏林書院, pp.94–123, 2007.
- 5) Mahood NV, Kenefick RW, Kertzer R, Quinn TJ. Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(8): 1379–1384, 2001.
- 6) Müller W. Performance factors in ski jumping. In: Nørstrud H (Eds.), *International Centre for Mechanical Sciences Vol. 506*. Springer, pp. 139–160, 2008.
- 7) Rusko HK. Development of aerobic power in relation to age and training in cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 24(9): 1040–1047, 1992.
- 8) Sandbakk Ø, Holmberg HC, Leirdal S, Ettema G. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *Eur J Appl Physiol*, 109(3): 473–481, 2010.
- 9) 谷中拓哉, 河田絹一郎, 河野孝典, 石毛勇介. ノルディックコンバインドワールドカップのクロスカントリースキーを対象としたレース分析と日本人トップ選手の体力的特徴—2018–2019 年シーズンを対象として—. *Journal of High Performance Sport*, 6: 152–166, 2020.
- 10) 全日本スキー連盟 (SAJ). S. A. J. 競技データバンク, <https://sajdb.shikuminet.jp/> (2022 年 3 月 30 日)