

令和元年6月11日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16439

研究課題名(和文) アルペンスキー競技におけるトップレベル選手を対象としたタイム分析に関する研究

研究課題名(英文) Research on time analysis of top racers in alpine skiing competition

研究代表者

近藤 雄一郎 (Kondo, Yuichiro)

北海道大学・教育学研究院・専門研究員

研究者番号：60646579

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、アルペンスキー競技のタイム分析を実施し、トップレベルの選手のレースパターン及び技術的特徴を明らかにすることを目的とした。レース分析の結果、日本人トップレベル選手の特徴として、急斜面区間の滑走タイムが早く、旗門通過後に素早くターンを終了させる滑走ラインで滑走していることが明らかとなった。また、技術的特徴として、脚部をターン内側に深く傾けながら、外向傾姿勢を形成し、外脚を主体とした荷重動作を行っていることが明らかになった。一方で、日本人選手と海外トップ選手を比較した結果から、日本人選手の課題として斜面変化及びウェーブ(コース上の起伏)の対応が挙げられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果として、アルペンスキーにおけるトップレベルの選手を対象とした科学的なレース分析は十分に行われてはならず、大きなタイム差が生じる斜面区間や、トップレベル選手の技術的特徴及び滑走ラインの特徴を客観的なデータに基づいて科学的な知見を示したことは学術的意義として位置づけられる。また、本研究の成果をアルペンスキー選手やその指導者にフィードバックし、研究成果を指導現場に反映することで日本人選手の競技者育成及び競技力向上に活かすことができることが社会的意義として位置づけられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to define the race patterns and technical features of top racers in alpine skiing using time analysis. As a result of the race analysis, it became clear that the time of the steep slope section was short time and the gliding was done by the racing line which finished the turn quickly after passing the gate as the characteristic of the Japanese top racer. In addition, as technical features, it became clear that the legs were inclining deeply to the inside of the turn in turning phase, position of upper body was angulated, and a down weight mainly with the outside leg of the turn was performed. On the other hand, from the result of comparing the Japanese racers with the top overseas racers, the Japanese racer's issue was to cope with wave of race course.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：アルペンスキー レース分析 タイム分析 技術的特徴 滑走ライン

様式 C-19, F-19-1, Z-19, CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2020年夏季オリンピックの開催が東京に決定したことで、各種競技団体においてはメダル獲得に向けた競技力向上のための取り組みが進められている。また、2017年に冬季アジア大会が札幌で開催されることが決定しており、開催地である北海道を中心に選手の競技力向上のための取り組みが行われている(アスリートキャリア・サポート事業)。

アルペンスキー競技とは、旗門で規制されたコースを滑走し、スタートからゴールまでのタイムを競う競技であり、冬季スポーツの代表的な種目の一つとして位置づけられるが、オリンピックやワールドカップにおける成績をみると、欧米諸国の選手が上位を占める状況にある。また、国際大会で入賞を果たしている日本人選手の多くが20歳代後半以上の選手であり、若手選手の育成が十分に進んでいない。そして、タイム分析や技術分析の研究成果が少ないことも影響し、指導現場では科学的観点はほとんど導入されておらず、指導者の経験主義的な指導がされている。

以上のように、国際大会において日本人選手は十分な成績を出すことができず、欧米諸国と比較して選手層が薄い。そこで、指導現場には世界の舞台で戦うことのできる国際的な競技力の向上が求められている。そして、この国際的競技力向上のためには、指導者の経験に頼る指導形態から脱却し、客観的データに基づく科学的分析を取り入れた指導が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、アルペンスキー競技のタイム分析を実施し、世界トップレベルの選手のレースパターン及び技術的特徴を明らかにすることを目的とする。本研究により、世界トップレベルの選手と日本人選手の技術的差異を明確化することができ、国際的競技力向上を目指す。

3. 研究の方法

(1) タイム分析方法

タイム分析の方法は、分析対象レースをデジタルビデオカメラ(W870M; Panasonic社製: 60fps)を用いて、ゴール正面からズーム・パニングにより選手の滑走を撮影した。そして、撮影した動画をAVCHD形式ファイルとしてPCに取り込み、動作分析ソフト「ダートフィッシュ」(ダートフィッシュ社)の「タギング機能」を使用し、区間タイムの算出を行った。本研究で用いたダートフィッシュのタギング機能とは、分析映像を任意の場面で一時停止し、「1旗門目」「2旗門目」…のように予め項目作成した情報タグを映像停止位置につけることで映像再生時間を記録し、前後の情報タグをつけた間の時間を自動計算する機能である。このタギング機能を用いた区間タイムの算出方法では、選手が各旗門に接触した時点を計測開始及び計測終了とし、算出された各区間における旗門間のタイムを合算することで区間タイムを算出した。

(2) 滑走技術分析及び滑走ライン分析方法

滑走技術及び滑走ライン分析の方法は、デジタルビデオカメラ(W870M, W570M; Panasonic社製: 60fps)を用いて、ゴール正面から三脚を使用してズーム・パニングせずに選手の滑走を撮影した。そして、撮影した動画をPCに取り込み、動作分析ソフト「ダートフィッシュ」の「ストロモーション機能」(動作の一連の流れを残像表示)を使用して、各区間の撮影範囲における滑走者の連続静止画を作成した。各群の滑走ラインは、ストロモーション機能による連続静止画における滑走者のターン外側のブーツの軌跡を線で繋ぐことで作図した。

(3) 分析対象及び分析内容

① アジアトップレベルの選手を対象としたレース分析

分析対象レースは、2016Far East Cup回転競技(2016年1月18日, Jisan Resort<韓国>, No.5コース, 標高差200m)の第1戦男子1本目を対象とした。この対象レースのゲートセッティングは、57旗門(56ターン)であり、韓国人コースセッターによるものであった。コースコンディションは人工降雪機によるハードバックされた雪面状況であり、全競技者の滑走を通じて大きなコースの掘れは無かった。分析対象者は、1本目完走者59名のうち、撮影部分の欠損や大きなタイムロスにつながる明確な失敗をした者を除く53名とした(出場選手は81名)。分析対象者を1本目のゴールタイムに基づき、1位から15位までを「上位群」(n=14)、16位から30位までを「中位群」(n=15)、30位以降を「下位群」(n=24)の3群に区分した。1本目の競技で15位以内に入った選手のうち、1名のビデオ撮影映像に欠損があったため、上位群に属する分析対象者を14名とした。アルペンスキー競技においては、トップ15の選手を第1シード選手、16~30位までの選手を第2シード選手として位置づけていることから、このように分類した。

タイム分析は、「区間タイム分析」と「ターンの平均タイム分析」を行った。「区間タイム分析」は以下の5点について分析し、3群間の差について検定を行った。

- (a) スタートからゴールまでの「全体タイム」(全長585m, 平均斜度17度, 全57旗門)。
- (b) スタートから急斜面入口までの「緩斜面区間タイム」(距離55m, 平均斜度12度, 全4旗門)。
- (c) 急斜面入口から急斜面中間部までの「急斜面1区間タイム」(距離150m, 平均斜度21度, 全18旗門)。
- (d) 急斜面中間部から急斜面終わりまでの「急斜面2区間タイム」(距離180m, 平均斜度19度,

全 22 旗門).

- (e)急斜面終わりからゴールまでの「中緩斜面区間タイム」(距離 200m, 平均斜度 12 度, 全 13 旗門).

全体タイムは競技会の公式リザルトから抽出した.

「ターンの平均タイム分析」は, 以下の 4 点について分析し, 3 群間の差について検定を行った.

- (a)緩斜面区間のオープンゲートにおける 1 ターンの平均タイム.
(b)急斜面 1 区間のオープンゲートにおける 1 ターンの平均タイム.
(c)急斜面 2 区間のオープンゲートにおける 1 ターンの平均タイム.
(d)中緩斜面区間のオープンゲートにおける 1 ターンの平均タイム.

以上の「区間タイム分析」及び「ターンの平均タイム分析」の 3 群間の差については, 一元配置分散分析を行い, F 値に有意な差が認められた項目について多重比較検定 (Schffe' s F test)を行った ($p < 0.05$). そして, 各分析対象群における各区間タイム及び全体タイムの関係性を明らかにするために, Pearson の積率相関係数検定により検討を行った ($p < 0.05$).

②世界トップレベルの選手を対象としたレース分析

分析対象レースは, 2016 年 2 月 14 日に新潟県湯沢町苗場スキー場 2016 World Cup Course (全長 615m, 最大斜度 20.5 度, 平均斜度 18.0 度, 標高差 200m) で開催された 2016 FIS World Cup (湯沢苗場大会) 回転競技の 1 本目のレースとした. 対象レースのゲートセッティングは, 70 旗門 68 ターンであった. 分析対象者は, 撮影部分の欠損のある者を除き 1 本目 8 位以内に入った海外選手 (以下, TOP) 8 名, 第 2 シード以降から 1 本目 30 位以内に入った海外選手 (以下, A2S) 3 名, 日本人選手 (以下, JPN) 5 名とした.

「区間タイム分析」は以下の 6 点について分析し, 3 群間の差について検定を行った.

- (1)スタートからゴールまでの「全体タイム」(70 旗門, 68 ターン)
(2)スタートから上部緩斜面入口までの「中斜面区間タイム」(斜度約 15 度, 18 旗門, 18 ターン)
(3)緩斜面入口から急斜面入口までの「緩斜面 1 区間タイム」(斜度約 10 度, 10 旗門, 10 ターン)
(4)急斜面入口から急斜面中間部までの「急斜面 1 区間タイム」(斜度約 20 度, 15 旗門, 14 ターン)
(5)急斜面中間部から急斜面終わりまでの「急斜面 2 区間タイム」(斜度約 20 度, 16 旗門, 15 ターン)
(6)急斜面終わりからゴールまでの「緩斜面 2 区間タイム」(斜度約 10 度, 11 旗門, 11 ターン)

全体タイム及び各区間タイムにおける 3 群間の差については, 一元配置分散分析を行い, F 値に有意な差が認められた項目について多重比較検定 (Schffe' s F test)を行った ($p < 0.05$). また, 分析対象群の全体タイム及び各区間タイムの関係性を明らかにするために, Pearson の積率相関係数検定により検定を行った ($p < 0.05$).

③平昌 (韓国) 冬季オリンピックテストイベントを対象としたレース分析

分析対象レースは, 2017 Far East Cup 回転競技 (2017 年 1 月 16 日, Yongpyong Resorts (韓国), Rainbow II Course, 標高差 220m) の第 1 戦男子 1 本目を対象とした. この対象レースのゲートセッティングは 65 旗門 (63 ターン), コースコンディションは人工降雪機及びインジェクションによるハードパックされた雪面状況であり, 全競技者の滑走を通じて大きなコースの掘れはなかった. 分析対象者は, 全 82 名の出場者のうち, 撮影部分の欠損や大きなタイムロスに繋がる明確な失敗がなく, コース終盤の 59 旗門目までを通過した上位 26 名かつ所持する FIS ポイントが 55 点以下の選手とした. 分析対象者を 1 旗門目から 59 旗門目までを通過するまでのタイムに基づき, 1 位から 10 位までを「上位群」($n=10$), 11 位から 20 位までを「中位群」($n=10$), 21 位以降を「下位群」($n=6$) の 3 群に区分した. 各分析対象群の FIS ポイント (7th FIS Points List 2016/2017) の平均値は, 上位群が 16.71 ± 6.29 , 中位群が 25.18 ± 11.34 , 下位群が 36.21 ± 12.29 であった.

「区間タイム分析」は斜度に基づき以下の 3 点について分析し, 3 群間の差について検定を行った.

- (a)第 1 旗門から第 12 旗門までの「急斜面上部区間タイム」(斜度約 30 度, 距離約 115m, 11 ターン)
(b)第 12 旗門から第 39 旗門までの「急斜面下部区間タイム」(斜度約 26 度, 距離約 215m, 26 ターン)
(c)第 39 旗門から第 59 旗門までの「中緩斜面区間タイム」(斜度約 14 度, 距離約 200m, 20 ターン)

各区間タイムにおける 3 群間の差については, 一元配置分散分析を行い, F 値に有意な差が認められた項目について多重比較検定 (Schffe' s F test)を行った ($p < 0.05$).

④平昌 (韓国) 冬季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

分析対象レースは, Yongpyong Resorts (韓国) の Rainbow II Course で開催された 2017 フ

アーイストカップ（以下、FEC）回転競技（2017年1月16日）の第1戦男子1本目と、2018平昌オリンピックアルペン男女（以下、OWG-M〔男子〕OWG-L〔女子〕）回転競技（女子：2018年2月16日、男子：2018年2月22日）の1本目を対象とした。各レースのゲートセッティングは、FECが65旗門（63ターン）、OWG-Mが66旗門（64ターン）、OWG-Lが63旗門（61ターン）であり、コースコンディションは人工降雪機及びインジェクションによるハードパックされた雪面状況であり、全競技者の滑走を通じて大きなコースの掘れはなかった。分析対象者は、FECがFISポイント55点未満で1本目を完走した11名、OWG-Mが38名、OWG-Lが36名であり、FEC・OWG共に、ゴールタイムで平均タイム±SD以内であった選手を分析対象者として選出した。

2018平昌オリンピックオフィシャルリザルトで公表されているスタートからゴールまでの4区間を基準として、FECで撮影した映像と放映されたOWGの映像を照らし合わせて各区間斜面の距離が同一になるように配慮し、スタートからゴールまでを以下の4区間に設定した。

- (a) Int. 1〔急斜面上部区間〕（平均斜度：約30度）：FECがスタートから12旗門目、OWG-Mがスタートから14旗門目、OWG-Lがスタートから14旗門目
- (b) Int. 2〔急斜面下部区間〕（平均斜度：約26度）：FECが12旗門目から24旗門目、OWG-Mが14旗門目から28旗門目、OWG-Lが14旗門目から26旗門目
- (c) Int. 3〔中斜面区間〕（平均斜度：約15度）：FECが24旗門目から40旗門目、OWG-Mが28旗門目から45旗門目、OWG-Lが26旗門目から43旗門目
- (d) Int. 4〔緩斜面区間〕（平均斜度：約10度）：FECが40旗門目からゴール、OWG-Mが45旗門目からゴール、OWG-Lが43旗門目からゴール

各区間タイムにおける3群間の差については、一元配置分散分析を行い、F値に有意な差が認められた項目について多重比較検定(Schffe's F test)を行った(p<0.05)。また、各分析対象群における全斜面及び各区間タイムの関係性を明らかにするために、Pearsonの積率相関係数検定により検定を行った(p<0.05)。

4. 研究成果

①アジアトップレベル選手を対象としたレース分析

区間タイム分析の結果、「全体タイム」に関しては、各分析対象群間で有意な差が認められた。「緩斜面区間タイム」に関しては、上位群と下位群の間に有意な差が認められた。「急斜面1区間タイム」及び「急斜面2区間タイム」に関しては、各分析対象群間で有意な差が認められた。「中緩斜面区間タイム」に関しては、上位群と下位群、中位群と下位群の間に有意な差が認められた。

ターンの平均タイム分析の結果、「緩斜面区間のオープンゲートにおける1ターンの平均タイム」に関しては、上位群と下位群の間にのみ有意な差が認められた。「急斜面1及び急斜面2区間のオープンゲートにおける1ターンの平均タイム」に関しては、各分析対象群間で有意な差が認められた。「中緩斜面区間のオープンゲートにおける1ターンの平均タイム」に関しては、上位群と下位群、中位群と下位群の間に有意な差が認められた。

各区間タイム及び全体タイムの相関関係について検討した結果、上位群では全体タイムと急斜面1・急斜面2・緩斜面の区間タイムの間に有意な相関関係が認められた。中位群では、全体タイムと急斜面1・急斜面2・中緩斜面の区間タイム、急斜面1と急斜面2の区間タイムの間に有意な相関関係が認められた。下位群では、全体タイムと全区間タイム、緩斜面と急斜面1・急斜面2、急斜面1と急斜面2、急斜面1と中緩斜面の区間タイムの間に有意な相関関係が認められた。

以上のタイム分析の結果、急斜面の滑走について各群間で差があり、急斜面区間の滑走タイムがトータルタイムとしての競技結果に大きく影響していることが示唆された。

そして、急斜面区間における滑走ライン及び滑走技術分析の結果、滑走ラインについては各群間で大きな差異はみられなかったが、旗門通過後のストックを突くタイミングについては、競技成績の低い群の選手ほど旗門通過後のストックを突くタイミングが遅い傾向があった。また、滑走技術の特徴として、上位群の選手と比較して、競技成績の低い選手ほど、旗門通過時の外傾姿勢が浅く（内傾姿勢）、胴体の向きも次の旗門方向に向いており（内向）、ターン外側の脚部の伸展が大きな滑走形態となる傾向がみられた。滑走ライン及び滑走技術分析の結果から、急斜面区間においては、旗門通過後は素早くストックワークを伴う切り換え動作に移行し、旗門通過時のターン中盤では外向傾姿勢を形成しながら外脚荷重によってスキークのたわみを作り出す技術を駆使することで、ターン後半に過度なエッジングやスキークの大きな横ずれを伴わない高いラインどりによって滑走することが重要と考えられた。

②世界トップレベルの選手を対象としたレース分析

タイム分析の結果、緩斜面1におけるA2S群vsJPN群を除く全体タイム及び各斜面の区間タイムで、各分析対象群間で有意な差が認められた。全体タイムと区間タイムの相関関係について検討した結果については、全体タイムと中斜面及び急斜面の間に有意な相関関係が認められた。そして、ターン毎の平均タイムの推移を検討した結果、JPN群は、ウェーブ箇所において他群と比べてタイム差が大きくなる傾向があった。

滑走ライン分析の結果、A2S群及びJPN群の滑走ラインは旗門の横及び下部でターン弧が大きく膨らむ滑走ラインとなる傾向があり、日本人選手の急斜面区間における技術的課題として、

「旗門上部の高い位置からのスキーの方向付け・荷重始動」「ターン中の外向姿勢の形成」「外脚主動によるスキーの撓みの形成」「臀部が高い位置にある前傾のポジショニング」が位置づけられた。

③平昌（韓国）冬季オリンピックテストイベントを対象としたレース分析

区間タイム分析の結果、急斜面上部区間タイムでは上位群と下位群、中位群と下位群の間に有意な差が認められ、急斜面下部及び中緩斜面区間タイムに関しては全ての分析対象群間に有意な差が認められた。

滑走ライン分析の結果、上位群と比較して、中位群及び下位群は旗門の横や下部でターン弧が大きくなる傾向があり、滑走技術分析の結果、「エッジの切り換え動作を始動した位置」については、下位群は他群と比較して全体的に切り換えを始動する位置が次の旗門に近い傾向があった。滑走技術における「滑走姿勢」に関する「舵取り期における内外向姿勢・内外傾姿勢」については、上位群は外向傾姿勢を形成していたのに対し、中位群及び下位群は内向姿勢及び内傾姿勢となる傾向があった。また、「脚部の傾き」については、上位群と比較して、中位群及び下位群は両脚の内傾が浅く、スキーのトップが開きだすシェーレンが多くの特異性があった。

以上のことから、滑走タイムを全体的に向上させるためには、ターン中に雪煙が大きく上がらないスキー操作が重要であり、そのためには次旗門の高い位置からエッジの切り換えを始動することが重要であると考えられた。また、滑走技術としては、脚部をターン内側に深く傾けながら、外向傾姿勢を形成し、外脚を主体とした荷重動作を行うことが重要であると考えられた。

④平昌（韓国）冬季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

タイム分析の結果、各分析対象群間で全斜面及び各区間タイムで有意な差が生じており、その要因として各レースにおけるゲートセッティングの違いや出場する選手の競技能力の違いがタイム差に影響していると考えられた。また、各分析対象群の全斜面タイム及び各区間タイムの相関関係について検討した結果、全ての分析対象群において全斜面タイムと各区間タイムの間に有意な相関関係が認められた。このことから、オリンピックテストイベント及びオリンピック本大会の競技会場となったYongpyongのコースでは、スタートからゴールまでをより早いタイムで滑走するためには、全ての斜面でミスなく滑走することが求められる特異性があったことが推察され、予め競技レベルの異なるカテゴリーのレース分析を行っておくことは、その競技コースを使用したレースの戦略を練るための手立てとして重要であることが示唆された。そして、FECとOWG-Lの相関関係の傾向が類似していたことから、本事例からは、出場する選手の性別や競技レベルのカテゴリーは異なるが、FECのタイム分析結果はOWG-Lの競技に対して参考になる可能性があることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 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. 2018, 133, 59-68. 査読無.
- ② 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. 2018, 15 (1), 83-91. 査読有.
- ③ 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. 2017, 14 (1), 55-64. 査読有.
- ④ 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. 2016, 13 (1), 49-57. 査読有.

[学会発表] (計 4 件)

- ① 近藤雄一郎, 竹田唯史. アルペンスキー競技回転種目を対象としたオリンピックテストイベントとオリンピック本大会のタイム分析. 日本体育学会第 69 回大会 (徳島大学), 2018. 8. 24-26.
- ② 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：2017 Far East Cup (Yongpyong)を対象として. 北海道体育学会第 57 回大会 (帯広畜産大学), 2017. 12. 9-10.
- ③ Yuichiro Kondo, Tadashi Takeda. Research on time analysis in slalom race of alpine skiing competition: Comparison between world's top racers and Japanese racers at men's world cup slalom race held in yuzawa naeba. 7th International Congress on Science and Skiing (Austria), 2016. 12. 10-15.
- ④ 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 FIS World Cup (Naeba)を対象として. 日本体育学会第 67 回大会 (大阪体育大学), 2016. 8. 24-26.

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。