

〔研究ノート〕

スキッディングとカービングによる スキー大回り・小回り滑走時の下肢運動計測

齋藤 健治¹, 前田 寛²

要 旨

モーションセンサを用いて、スキー滑走時の下肢関節運動を計測した。右ブーツ内側と右大腿外側にモーションセンサを装着し、スキー滑走時の下腿部と大腿部の角速度を計測した。実験参加者には平均斜度13度の斜面で、スキッディングとカービングによる大回りターンと小回りターンで滑走してもらった。計測した角速度とそれぞれのパワースペクトル、および相互相関関数をもとめ、スキッディングとカービングによる滑走時の下肢関節運動の特徴を調べた。

キーワード：モーションセンサ、下肢関節運動、角速度、相互相関関数

はじめに

アルペンスキー滑走技術の話は、その歴史を紐解くと、紀元前2000年以前に遡ることができるというが、回転技術（ターン技術）に特化するとまだ100年程度ということである[6, 7]。その間、フランスとオーストリアを中心に、ローテーション、バインシュピール、抱え込み・送り出し、アバルマン、ヴェーレン、ウムシュタイク・シュブング、カービングターンなど、様々な視点で技術が開発提案されてきた[7]。これらの技術は当然ながら、道具（スキー板）の影響も受けて変遷を続けてきたものであるが、近年での大きな転換点は、いわゆる「カービン

グスキー」が世に出た1990年代である[3]。それまでの長く、ターンしにくいスキー板と比べると、カービングスキーはスキー長が短く、サイドカーブがきついため、いわゆるラディウスと呼ばれるターン半径が小さい。つまりターンしやすい板が一般的になった[5]。それまでの板は長いだけでなく、サイドカーブが緩いことからズレやすく（ずらさざるを得ない）、したがって、ズレを必要性との兼ね合いの中で最小限に留めてターンすることが習得すべき高い技術の一つとして位置づけられていた[1]。それに対し、カービングスキーはズレにくいいため、それまで目標とされていたズレの少ないターンが容易になった一方で、安全上、ズレを

1 名古屋学院大学スポーツ健康学部

2 大分大学名誉教授

E-mail: saiken@ngu.ac.jp

Received 31 July, 2022

Revised 22 August, 2022

Accepted 8 September, 2022

利用したスピードコントロールも重視されることとなった。ここに、カービングとスキップディングというターン技術の使い分けが明確に浮き彫りになってきたといえる。このように、カービングスキーによってズレにくくなったとはいえ、しかしながら、技能レベルが低いと、必然的にズレの多いターンになることも事実のようなのである。このような中、近藤他 [2] は、モーションセンサと力センサを用いて、カービングターンとスキップディングターン時の、スキー板の動きや股関節内外転トルクの発生の違いを分析し、両技術間の差異を力学的に指摘している。本研究では、スキップディングとカービングによる大回り、小回りターン時の下肢の運動をモーションセンサで計測し、角速度とその相互相関関数からターン技術の違いについて運動学的に分析することを目的とした。

方法

1. 参加者、試技および滑走環境

SAJ（全日本スキー連盟）準指導員の資格

を持つ男性2名を対象とし、最大斜度19度、平均斜度13度のコースを大回りターン（左右3回ずつ）、小回りターン（左右3～5回ずつ）で滑走してもらった。ターンの大きさは、参加者の判断に任せた。当日の気温は3～5℃でゲレンデの雪質は柔らかめであった。

2. モーションセンサによる計測および信号処理

齋藤・前田 [4] と同様の方法で行った（図1）。6軸モーションセンサ（スポーツセンシング社製、38 mm×53 mm×11 mm）2個を、それぞれ右ブーツ内側（センサ1）と、右大腿外側（センサ2）に装着した（図1）。センサ1のX軸まわりの角速度は股関節の内転・外転運動や身体の左右傾を反映した下腿部の角速度、Y軸まわりの角速度は股関節の内旋・外旋運動や身体長軸まわりの回転を反映した下腿部の角速度、Z軸まわりの角速度は足関節の背屈・底屈（下腿部の前傾・後傾）を反映した角速度となる。また、センサ2のX軸まわりの角速度は股関節の内転・外転運動や身体の左右傾を反映し

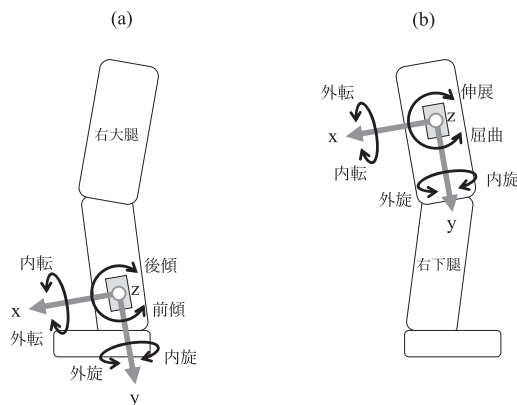


図1 (a) 右ブーツ内側部に装着したモーションセンサ1により計測されるブーツ部の運動と、(b) 右大腿外側部に装着したモーションセンサ2により計測される大腿部の運動。

た大腿部の角速度、Y軸まわりの角速度は股関節の内旋・外旋運動や身体長軸まわりの回転を反映した大腿部の角速度、Z軸まわりの角速度は股関節の屈曲・伸展を反映した大腿部の角速度となる。これらの角速度はサンプリング周波数1 kHz、精度16 bitで一旦モーションセンサ内のメモリに格納し、実験後、パソコン内に取り込んだ。

計測したデータは大回りターンについては高域遮断周波数1.0 Hz、動きの速い小回りターンについては高域遮断周波数1.5 Hzのローパスフィルタ（4次のバターワース型）をかけてノイズ成分を除去した。その後、角速度のパワースペクトルとチャンネル間の相互相関関数をもとめた。

結果

1. ターン時間

参加者1と参加者2を全体的に比較すると、大回りターン、小回りターンともに、参加者1

において滑走時間が短く、とくに大回りターンでは参加者1において2に比してターンサイズが小さかった（滑走スピードは参加者2の方が大きかった）。

1) 大回りターン

大回り1ターン（左右どちらか）にかかった概ねの時間は、参加者1において2～3秒（スキッピング）、1.5～2.5秒（カービング）、参加者2において3～4秒（スキッピング）、2.5～3秒（カービング）であった（図2, 3, 4, 5）。すなわち、両参加者ともに、カービングターンにおいて、ターン時間が短くなった。これらは、パワースペクトルのピークおよび周波数主成分が高域にシフトしていることから読み取ることができる。すなわち、参加者1の大回りターンは0.16～0.25 Hz（スキッピング）、0.2～0.33 Hz（カービング）であり、参加者2のそれらは0.12～0.16 Hz（スキッピング）、0.16～0.2 Hz（カービング）であった（図6, 7）。

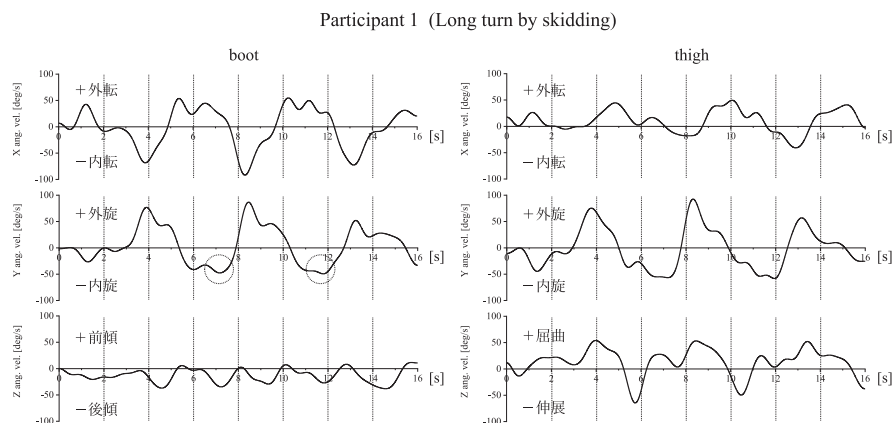


図2 実験参加者1のスキッピングによる大回りターン時のブーツ部（boot）と大腿部（thigh）の角速度。

Participant 1 (Long turn by carving)

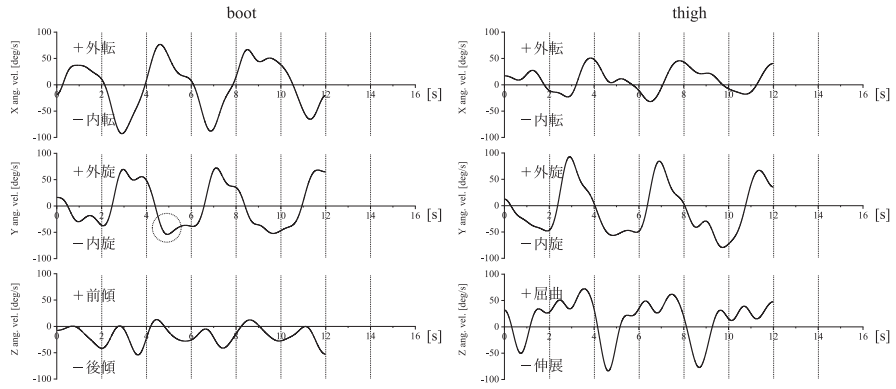


図3 実験参加者1のカービングによる大回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度。

Participant 2 (Long turn by skidding)

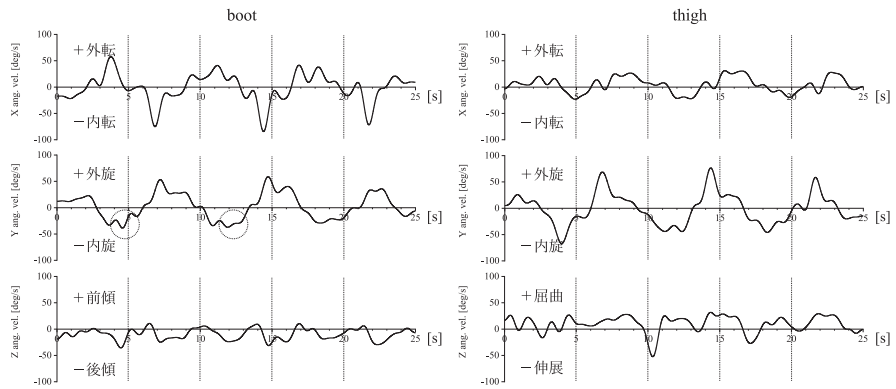


図4 実験参加者2のスキディングによる大回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度。

Participant 2 (Long turn by carving)

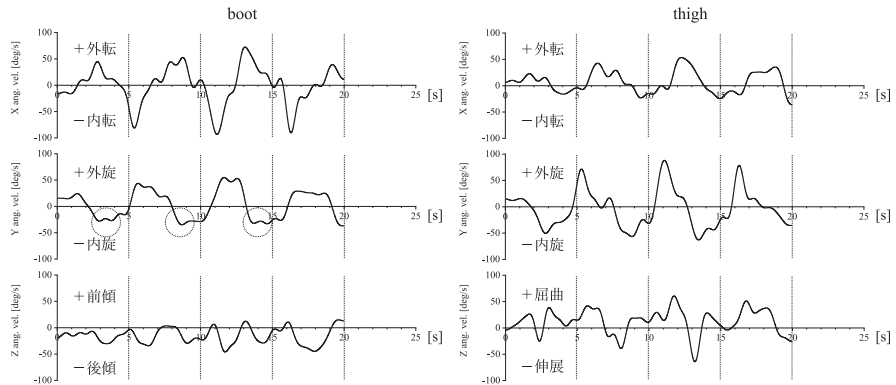


図5 実験参加者2のカービングによる大回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度。

Participant 1 (Long turn)

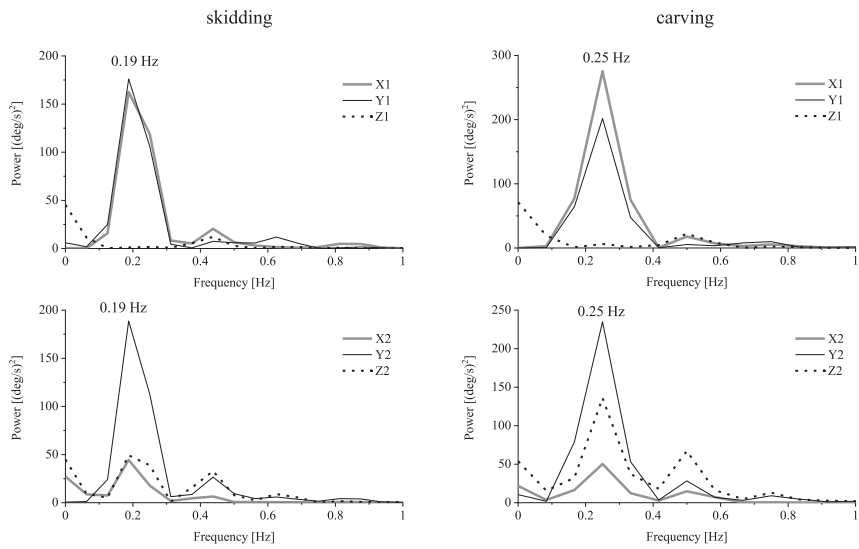


図6 実験参加者1のスキッピングとカービングによる大回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度スペクトル。X1, Y1, Z1はブーツ部, X2, Y2, Z2は大腿部。

Participant 2 (Long turn)

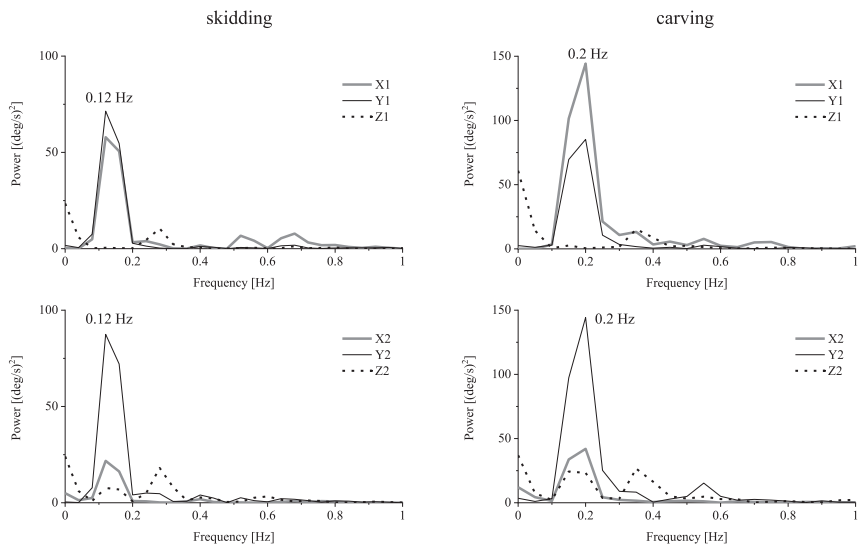


図7 実験参加者2のスキッピングとカービングによる大回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度スペクトル。X1, Y1, Z1はブーツ部, X2, Y2, Z2は大腿部。

2) 小回りターン

一方、小回りターンでは、参加者1において1.3～1.6秒（スキッピング）、1.4～2.1秒（カービング）、参加者2において1～1.3秒（スキッピング）、0.7～0.9秒（カービング）であった（図8, 9, 10, 11）。すなわち、参加者1においては、スキッピングターンの方がターン時間は短かったが、参加者2においては、

カービングターンにおいてターン時間が短かった。これらは、パワースペクトルのピークピークおよび周波数主成分からも読み取ることができる。すなわち、参加者1の小回りターンは0.3～0.36 Hz（スキッピング）、0.24～0.36 Hz（カービング）であり、参加者2のそれらは0.4～0.5 Hz（スキッピング）、0.56～0.7 Hz（カービング）であった（図12, 13）。

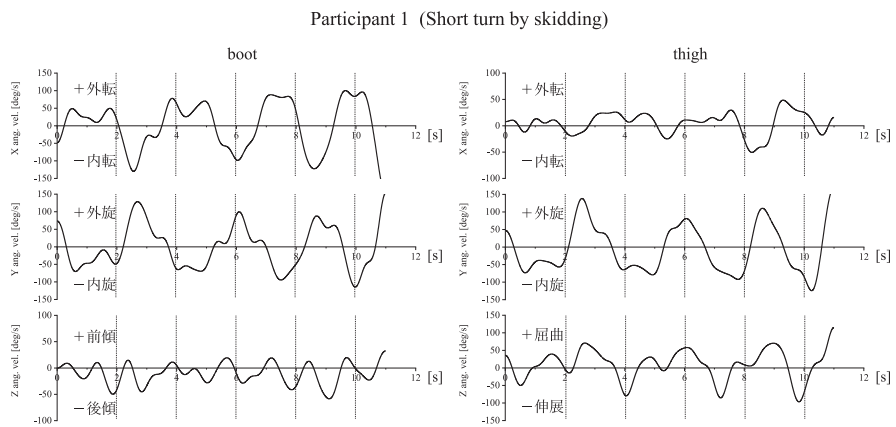


図8 実験参加者1のスキッピングによる小回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度。

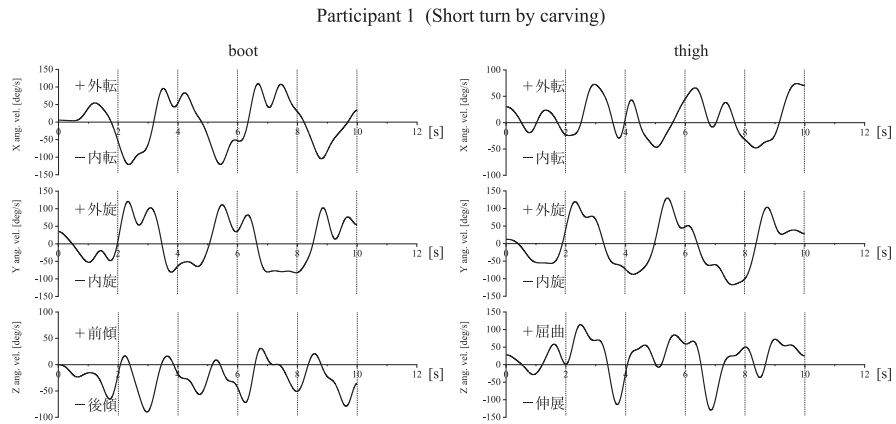


図9 実験参加者1のカービングによる小回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度。

スキッピングとカービングによるスキー大回り・小回り滑走時の下肢運動計測

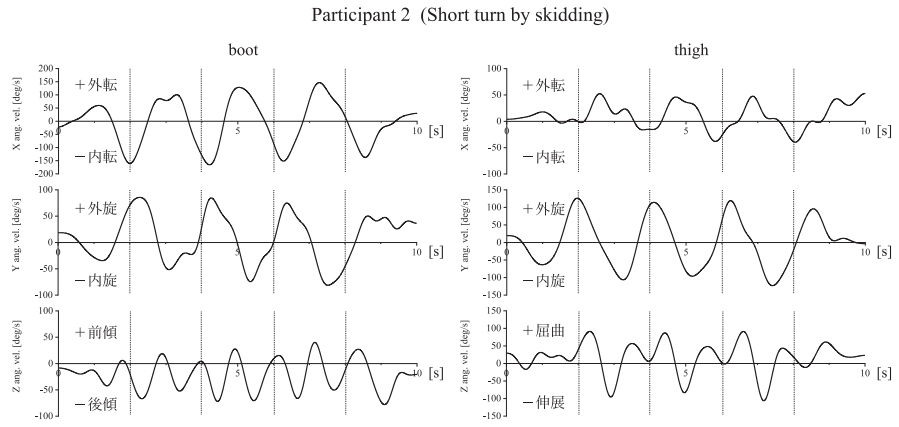


図10 実験参加者2のスキッピングによる小回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度。

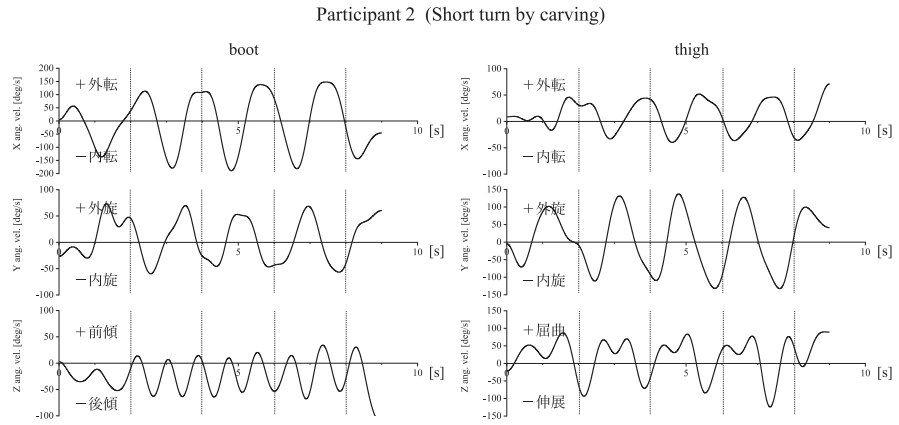


図11 実験参加者2のカービングによる小回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度。

Participant 1 (Short turn)

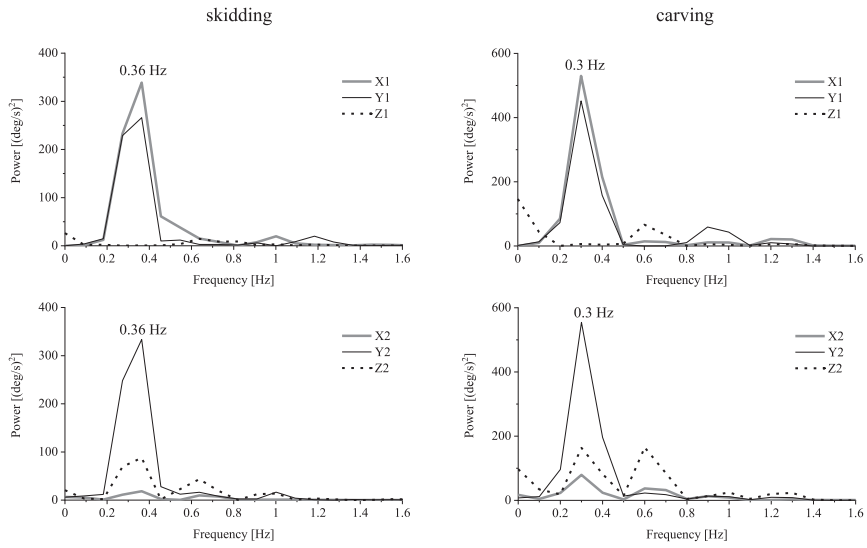


図12 実験参加者1のスキディングとカービングによる小回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度スペクトル。X1, Y1, Z1はブーツ部, X2, Y2, Z2は大腿部。

Participant 2 (Short turn)

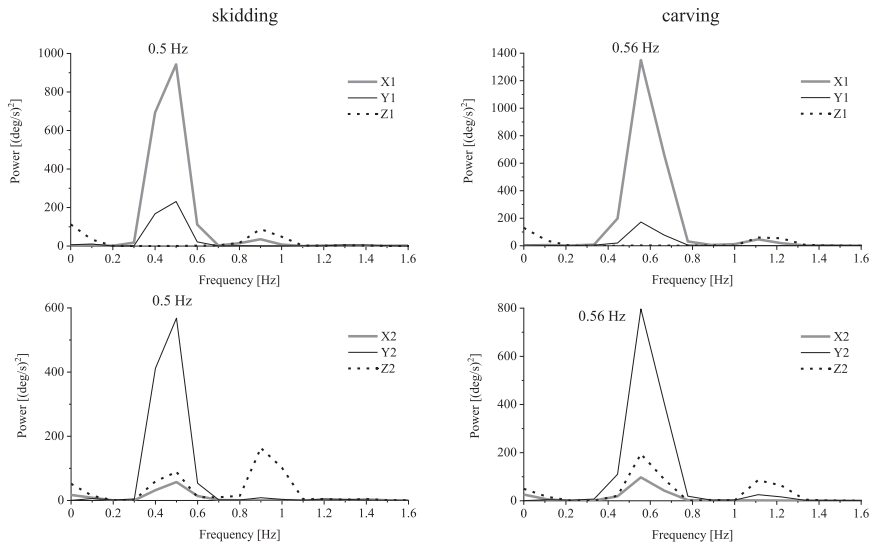


図13 実験参加者2のスキディングとカービングによる小回りターン時のブーツ部と大腿部の角速度スペクトル。X1, Y1, Z1はブーツ部, X2, Y2, Z2は大腿部。

2. ターン時の下肢運動の大きさ・速さ

センサ1のX軸まわりの角速度(X1), すなわちブーツ部の内外転運動の方が, センサ2のX軸まわりの角速度(X2)である大腿部の内外転運動よりも大きかった。また, Y軸まわりの角速度である内外旋運動はセンサ1のブーツ部(Y1)とセンサ2の大腿部(Y2)で同程度, Z軸まわりの角速度はブーツ部のセンサ1(Z1)の前後傾運動よりも, センサ2(Z2)の大腿部の屈曲伸展(大腿部の「寝」と起き上がり)において, 両滑走者とも大きくなった(図2～13)。

ターン間で比較すると, 角速度波形やスペクトルのパワーからも分かるように, 大回りターンより小回りターンの方が大きかった(図2～13)。

参加者間, ターン方法間で比較すると, 大回りターンにおいては参加者1の方が参加者2よりも大きく, 両者ともにスキップディングよりカービングにおいて大きかった(図2～7)。一方, 小回りターンでは, 参加者2の方が参加者1より大きく, 両者ともにスキップディングよりカービングにおいて大きかった(図8～13)。

これらは, 上下動や板を回旋させる動作(脚を振る動作やひねる動作)の素早さを反映しており, 小回りターンで大きくなるのは自明であるが, 下肢の動きの大きさを定量的に捉えることにより滑走特徴の一つを提供するものである。

3. 下肢運動の特徴

角速度波形から, 滑走時の関節運動やその連鎖を, 相互相関関数およびその係数(相互相関係数, 以下cc)から, それら運動(角速度)の平均的ズレ(時間差)として定量的に読み取ることができる。ccが高いということは, 運

動パターン(角速度波形の形状)がより類似しており, より周期的である(左右対称運動で再現性の高い運動である)ということである。ただし, ターン運動が周期運動であるがため, そのターン内における先行動作なのか, 前ターンからの追従動作なのかを, ターン時間と角速度情報, およびターン運動における一般的な関節運動の知見から見極める必要がある。以下では, ターン運動において計測された角速度から特徴的な関節運動について述べる。

1) 大回りターン

① ブーツ部内外転—ブーツ部内外旋(1-2, X1-Y1)

外転運動(内転運動)は内旋運動(外旋運動)に先行しており, この点は両参加者で共通していた。その時間差は, スキップディングおよびカービングそれぞれに, 参加者1は0.324秒 $cc=-0.887$ および0.370秒 $cc=-0.936$, 参加者2は0.466秒 $cc=0.832$ および0.669秒 $cc=-0.835$ であった(図14, 15)。スキップディングの場合, スキーテール部を積極的にずらす運動がおこるため, カービングより短い時間差で内外旋運動が計測されたと考えられる。時間差の参加者間における違いは, ターン弧の大きさの影響であるといえる。また, ブーツ部の内旋運動をターン技術間で比べると, スキップディングにおいて後半に角速度が大きくなり, カービングにおいては前半に角速度が大きくなる傾向が認められる(図2, 3の点線○)。スキップディングにおいて, よりターン後半の, ずらすためのスキー操作が顕著になる傾向が現れており, 滑走技術を識別できるポイントの一つといえる。

② ブーツ部内外転大腿部内外転 (1-4, X1-X2)

参加者1, 2ともに, ブーツ部で計測される外転運動(内転運動)に対して, 大腿部で計測される外転運動(内転運動)が先行していた(図16のb, c)。その時間差は, スキッディングおよびカービングそれぞれに, 参加者1は -0.653 秒 $cc=0.658$ および -0.633 秒 $cc=0.703$, 参加者2においては -1.695 秒 $cc=0.669$ および -1.182 秒 $cc=0.612$ であった(図14, 15)。

一方, ブーツ部の内転運動(外転運動)が先行し, 大腿部の外転運動(内転運動)が追随する逆位相の時間差も認められた。これは前の(左右)ターンの終盤から次の(右左)ターンの前半における運動の関係が反映されたものと考えられる。例えば, 右ターンにおいて山側右ブーツ部が内転の角速度を持ち(図16のa), ターン終盤の山回りから次のターンの谷回りへの切替に向けて, 徐々に大腿部が外転の角速度を持ってニュートラルポジションに近づく(図16のb)。そして, 次の左ターンの谷回りにおいてブーツ部が外転の角速度を持つ(図16のc), という運動順序である(後半の大腿部外転→ブーツ部外転は上記b, cと同一である)。この時間差は, スキッディングおよびカービングそれぞれに, 参加者1は 1.501 秒 $cc=-0.703$ および 1.094 秒 $cc=-0.552$, 参加者2においては 1.129 秒 $cc=-0.758$ および 1.301 秒 $cc=-0.790$ であった(図14, 15)。

③ ブーツ部内外転大腿部内外旋 (1-5, X1-Y2)

ブーツ部の内転運動(外転運動)にほぼ同期して大腿部は外旋運動(内旋運動)を行っており, その時間差は, スキッディングおよびカービングそれぞれに, 参加者1は 0.115 秒 cc

$=-0.930$ および 0.145 秒 $cc=-0.933$, 参加者2では 0.049 秒 $cc=-0.903$ および 0.074 秒 $cc=-0.926$ であった(図14, 15)。スキッディングとカービングを比較すると両参加者ともに, スキッディングにおいて時間差が小さく, これは積極的に内外旋運動を行っている影響であると考えられる。さらに, ブーツ部の内外旋より時間差が小さいことから(図14, 15および上記①), 膝のターン内側への倒し込み(絞り込み)運動により大腿部の内外旋がやや先行していたと考えられる。

④ ブーツ部内外旋大腿部内外転 (2-4, Y1-X2)

ブーツ部の内外旋運動に遅れて, 大腿部の内外転運動が行われていた。例えば, 右ターンにおいて, 山側右ブーツ部は外旋運動が行われており(図17のa), ターン後半から切替にかけて大腿部はニュートラルポジションに向けて外転運動を行う(図17のb)。このような運動の時間差は, スキッディングおよびカービングそれぞれに, 参加者1は 1.0 秒 $cc=0.802$ および 0.675 秒 $cc=0.588$, 参加者2では 0.716 秒 $cc=0.867$ および 0.533 秒 $cc=0.878$ であった(図14, 15)。ともにカービングにおいてその時間差が短くなっており, カービングにおける切替動作の速さの影響であると考えられる。

⑤ ブーツ部内外旋大腿部内外旋 (2-5, Y1-Y2)

ブーツ部と大腿部の内外旋運動はほぼ同位相で相関が高く, ブーツ部に対して大腿部が先行していた。その時間差は, スキッディングおよびカービングそれぞれに, 参加者1は -0.160 秒 $cc=0.948$ および -0.191 秒 $cc=0.949$, 参加者2では -0.356 秒 $cc=0.931$ および -0.442 秒

cc=0.872であった(図14, 15)。両参加者とも、カービングにおいて大腿部の先行時間が大きくなった。スキッピングでは、積極的に内外旋運動によるスキーのずらし運動を行うため、結果として大腿部の先行時間が短くなったと考えられる。

⑥ ブーツ部前後傾大腿部屈曲伸展 (3-6, Z1-Z2)

ブーツ部の前後傾運動 (Z1) は, X1, Y1の運動周期の概ね倍の速さの周期運動となっており (図14, 15), 大腿部屈曲伸展運動 (Z2) はその影響を受けた周波数成分と, X2, Y2の運動周期と同一の成分の, 二つの周波数成分を持つ運動となっていた。ブーツ部の前傾 (後傾) に概ね同期して大腿部は伸展 (屈曲) の運動を行う傾向にあった (図14, 15)。それら時間差は, スキッピングおよびカービングそれぞれ

れに, 参加者1は-0.277秒 cc=-0.674および0.035秒 cc=-0.753, 参加者2では-0.011秒 cc=-0.762および-0.061秒 cc=-0.821であった。概ね, ブーツ部の前傾は大腿部の伸展 (起き上がり), 後傾は大腿部の屈曲 (寝) に対応していた (図18の点線○)。

⑦ 大腿部内外転大腿部内外旋 (4-5, X2-Y2)

大腿部内外旋が先行して大腿部内外転が追隨する運動であった。例えば, 右ターンにおいて, 山側右大腿部は外旋運動にあり (図19のa), 切替に向けて大腿部が外転 (図19のb) することによりニュートラルポジションが作られる。それら時間差は, スキッピングおよびカービングそれぞれに, 参加者1は-1.150秒 cc=0.742および-0.847秒 cc=0.589, 参加者2では-1.117秒 cc=0.818および-1.174秒 cc=0.797であった (図14, 15)。

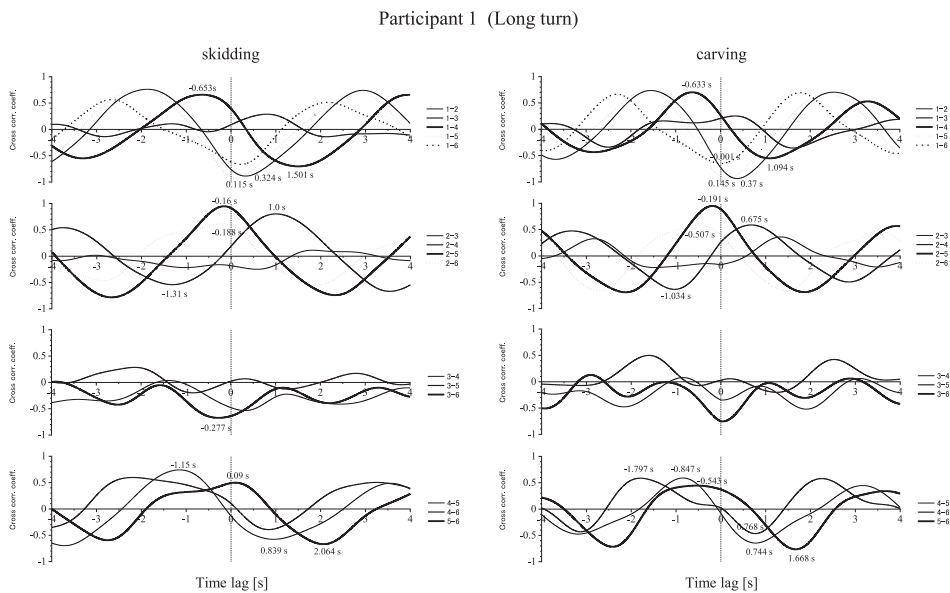


図14 実験参加者1のスキッピングとカービングによる大回りターン時の、ブーツ部と大腿部における角速度の相互相関関数。1, 2, 3, 4, 5, 6は、それぞれX1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2に該当する。1-2の場合、正の時間差は1が先行、負の時間差は2が先行していることを表す。

Participant 2 (Long turn)

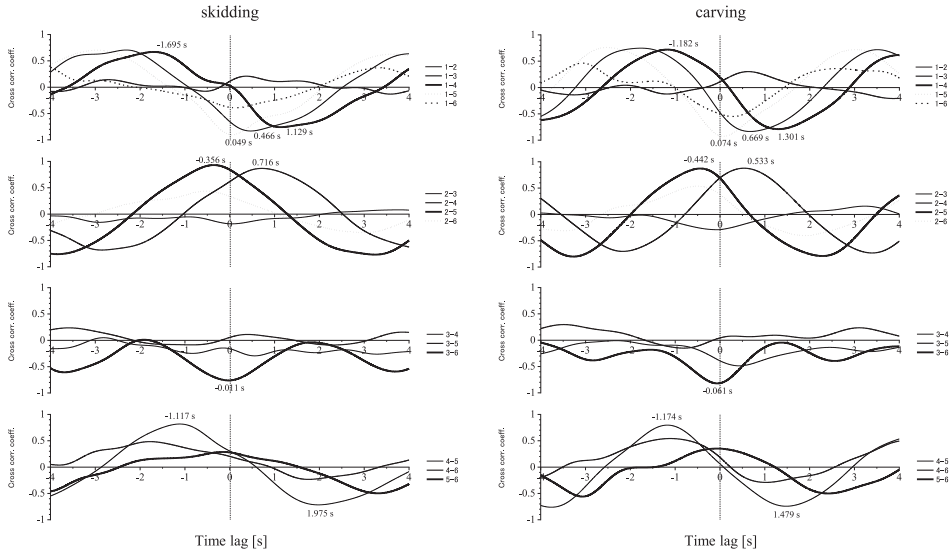


図15 実験参加者2のスキディングとカービングによる大回りターン時の、ブーツ部と大腿部における角速度の相互相関関数。1, 2, 3, 4, 5, 6は、それぞれX1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2に該当する。

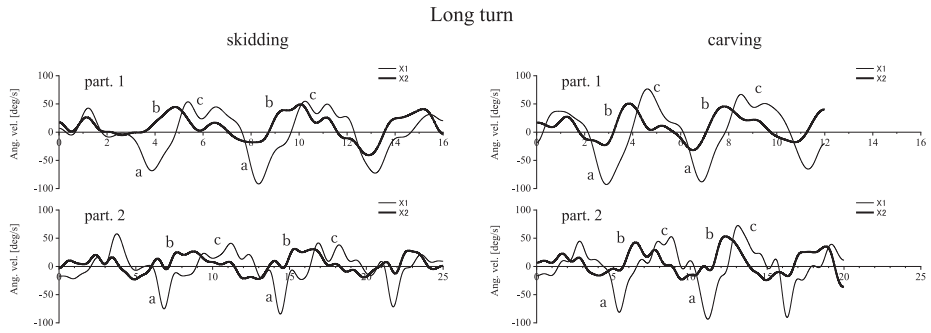


図16 両実験参加者(part.1, part.2)のスキディングとカービングによる大回りターン時の、ブーツ部と大腿部における内外転角速度波形の重ね合わせ。角速度の正値が外転、負値が内転を示す。

スキッピングとカービングによるスキー大回り・小回り滑走時の下肢運動計測

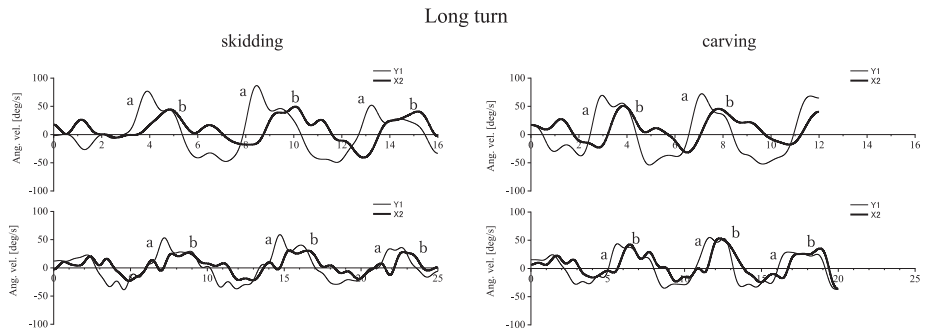


図17 両実験参加者 (part.1, part.2) のスキッピングとカービングによる大回りターン時の、ブーツ部内外旋と大腿部内外旋の角速度波形の重ね合わせ。角速度の正値が外旋・外転、負値が内旋・内転を示す。

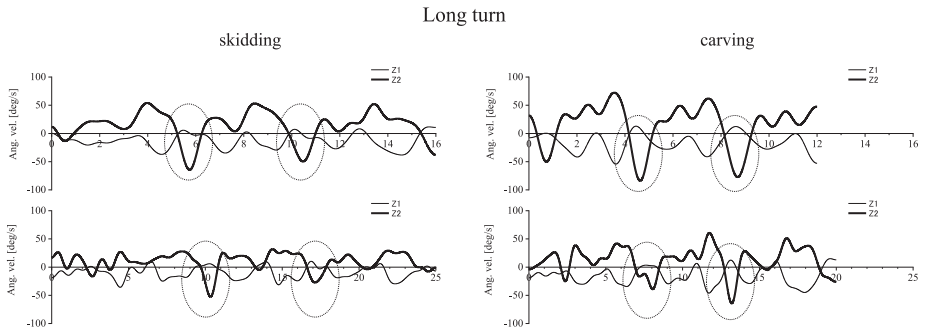


図18 両実験参加者 (part.1, part.2) のスキッピングとカービングによる大回りターン時の、ブーツ部前後傾と大腿部（股関節）屈曲伸展の角速度波形の重ね合わせ。角速度の正値が前傾・屈曲、負値が後傾・伸展を示す。

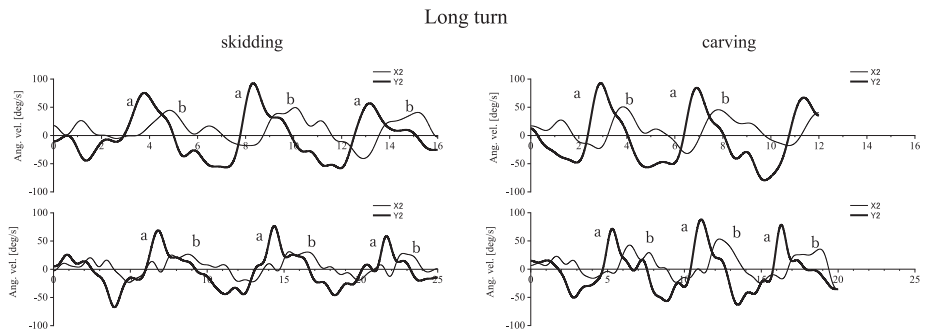


図19 両実験参加者 (part.1, part.2) のスキッピングとカービングによる大回りターン時の、大腿部内外転と内外旋の角速度波形の重ね合わせ。角速度の正値が外転・外旋、負値が内転・内旋を示す。

2) 小回りターン

① ブーツ部内外転ブーツ部内外旋 (1-2, X1-Y1)

大回り同様、参加者1, 2ともに、外転運動(内転運動)が内旋運動(外旋運動)に先行していた(図20, 21)。その時間差は、スキッピングおよびカービングそれぞれに、参加者1は0.090秒 $cc=-0.605$ および0.280秒 $cc=-0.934$ 、参加者2は0.247秒 $cc=-0.927$ および0.295秒 $cc=-0.934$ であった。

② ブーツ部内外転大腿部内外転 (1-4, X1-X2)

大回り同様、参加者1, 2ともに、ブーツ部で計測される外転運動(内転運動)に対して、大腿部で計測される外転運動(内転運動)が先行していた(図20, 21)。その時間差は、スキッピングおよびカービングそれぞれに、参加者1は-0.321秒 $cc=0.751$ および-0.496秒 $cc=0.430$ 、参加者2は-0.354秒 $cc=0.672$ および-0.188秒 $cc=0.790$ であった。

また大回り同様に、ブーツ部の外転運動(内転運動)が先行し、大腿部の内転運動(外転運動)が追隨する逆位相の時間差も認められた。この時間差は、スキッピングおよびカービングそれぞれに、参加者1は0.934秒 $cc=-0.586$ および0.808秒 $cc=-0.511$ 、参加者2は0.719秒 $cc=-0.833$ および0.677秒 $cc=-0.843$ であった。

③ ブーツ部内外転大腿部内外旋 (1-5, X1-Y2)

大回り同様、参加者1, 2ともに、ブーツ部の内転運動(外転運動)にはほぼ同期して大腿部は外旋運動(内旋運動)を行っており、その時間差は、スキッピングおよびカービングそれ

ぞれに、参加者1は0.007秒 $cc=-0.751$ および0.110秒 $cc=-0.948$ 、参加者2では0.027秒 $cc=-0.970$ および0.028秒 $cc=-0.981$ であった(図20, 21)。

④ ブーツ部内外旋大腿部内外転 (2-4, Y1-X2)

大回り同様、参加者1, 2ともに、ブーツ部の内外旋運動に遅れて大腿部の内外転運動が行われていた。その時間差は、スキッピングおよびカービングそれぞれに、参加者1は0.781秒 $cc=0.442$ および0.730秒 $cc=0.491$ 、参加者2は0.479秒 $cc=0.852$ および0.389秒 $cc=0.878$ であった(図20, 21)。

⑤ ブーツ部内外旋大腿部内外旋 (2-5, Y1-Y2)

大回り同様、参加者1, 2ともに、ブーツ部と大腿部の内外旋運動はほぼ同位相で相関が高く、ブーツ部に対して大腿部が先行していた。その時間差は、スキッピングおよびカービングそれぞれに、参加者1は-0.022秒 $cc=0.549$ および-0.121秒 $cc=0.954$ 、参加者2は-0.202秒 $cc=0.938$ および-0.258秒 $cc=0.926$ であった(図20, 21)。

⑥ ブーツ部前後傾大腿部屈曲伸展 (3-6, Z1-Z2)

大回り同様、参加者1, 2ともに、ブーツ部の前傾(後傾)に概ね同期して大腿部は伸展(屈曲)の運動を行う傾向にあった。その時間差は、スキッピングおよびカービングそれぞれに、参加者1は-0.061秒 $cc=-0.461$ および-0.144秒 $cc=-0.792$ 、参加者2は0.002秒 $cc=0.798$ および-0.010秒 $cc=-0.687$ であった(図20, 21)。

スキッピングとカービングによるスキー大回り・小回り滑走時の下肢運動計測

Participant 1 (Short turn)

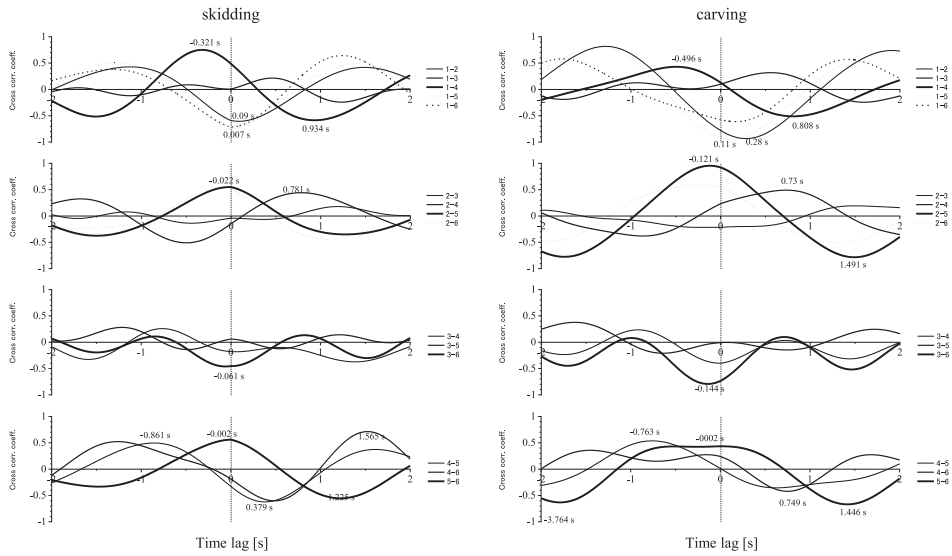


図20 実験参加者1のスキッピングとカービングによる小回りターン時の、ブーツ部と大腿部における角速度の相互相関関数。1, 2, 3, 4, 5, 6は、それぞれX1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2に該当する。

Participant 2 (Short turn)

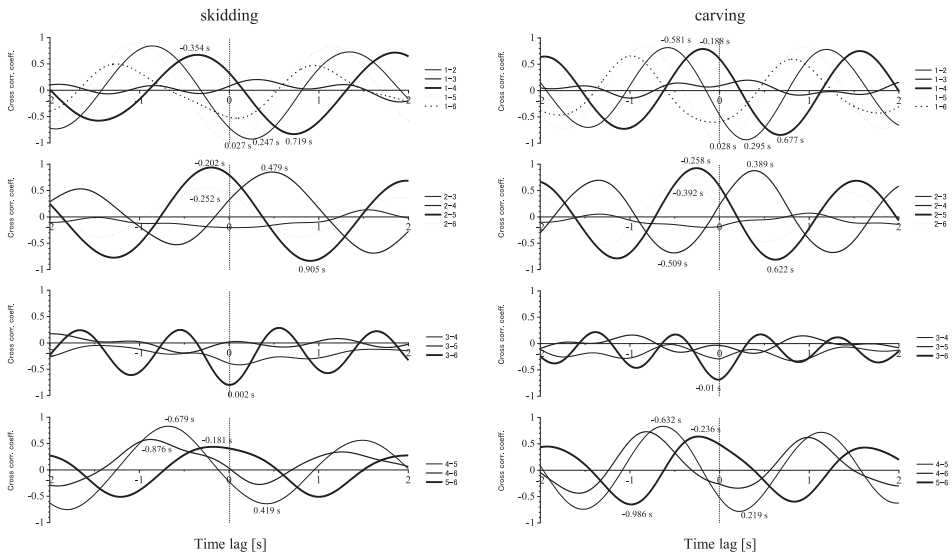


図21 実験参加者2のスキッピングとカービングによる小回りターン時の、ブーツ部と大腿部における角速度の相互相関関数。1, 2, 3, 4, 5, 6は、それぞれX1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2に該当する。

⑦ 大腿部内外転大腿部内外旋 (4-5, X2-Y2)

大回り同様, 参加者1, 2ともに, 大腿部内外旋が先行して大腿部内外転が追従する運動であった。その時間差は, スキッピングおよびカービングそれぞれに, 参加者1は -0.861 秒 $cc=0.496$ および -0.763 秒 $cc=0.537$, 参加者2は -0.679 秒 $cc=0.829$ および -0.632 秒 $cc=0.834$ であった (図20, 21)。

小回りターンは下肢の運動に限れば, 関節運動の時間的な違い以外, つまり運動パターンについては大回りとの違いはないといえる。

今後の課題

本研究では, 概ね左右各3~5回のターン回数という条件であったが, ターン回数を増やすことで, ターン中の運動の特徴がより浮き彫りになると考えられ, そのためには左右各10回くらいのターン回数でのデータ採取が望まれる。また, ターンの大きさは個人任せであったため, 大回りターンおよび小回りターンとしたが, ターンサイズに違いが生じたことは否めない。これを同一にするために, コースを制限する(決める)必要がある。それにより, ターン時間, ターン速度がより明確になり, さらに滑走者の滑走運動特徴および滑走者間の違いを捉えやすくなるといえる。

一方, 周期運動あるいは左右対称の運動という特徴を生かして, その周期性や対称性を利用

した分析を行うためには, 左右両脚の運動計測を行うことが望ましいといえる。そして, センサデータの分析結果の理解を深めるためには, 齋藤・前田 [4] と同様に板のひずみ計測や映像計測を同時に行うことが望まれる。また, 技能レベルが異なる種々の実験参加者を対象に, 計測データを増やすことも, 分析の視点, 多様性, 正確性を高めることにつながる。

参考文献

- [1] 服部英一 (2018) 切りかえ局面を基礎としたスキー指導方法について, 拓殖大学論集 人文・自然・人間科学研究, 40: 208-226.
- [2] 近藤亜希子, 土岐 仁, 廣瀬 圭 (2014) 実滑走計測によるカービングターン・スキッピングターンの運動力学解析に関する研究, スキー研究, 11 (1): 3-12.
- [3] 村里敏彰 (2012) マテリアルの変遷は技術, 指導を変えたのか, 日本スキー学会誌, 22 (1): 11-17.
- [4] 齋藤健治, 前田 寛 (2021) スキー滑走時の下肢関節運動とスキー板ひずみの計測, 名古屋学院大学論集 人文・自然科学篇, 58 (1): 23-37.
- [5] 坂田敏行 (1993) スキー用具のダイナミクス, 精密工学会誌, 59 (10): 17-21.
- [6] 佐藤 隆 (1984) スキー技術の変遷 [I], 明治大学教養論集, 173: 39-58.
- [7] 佐藤 隆 (1993) スキー技術の変遷 [II], 明治大学教養論集, 258: 1-21.