

資料

スキーの小回り:なぜできない?

彼末一之^{1), 2)}, 中井宏³⁾, 行方剛⁴⁾, 西村斉⁵⁾, 内田雄介⁶⁾, 大室康平⁷⁾,
加藤孝基⁸⁾, 中川剣人¹⁾, 大橋拓未¹⁾, 後藤悠太¹⁾, 小澤悠⁹⁾, 水口暢章¹⁰⁾,
中田大貴¹¹⁾, 依田珠江¹²⁾, 坂本将基¹³⁾, 桜井良太¹⁴⁾, 小林海¹⁵⁾, 永見智行¹⁶⁾,
村岡哲郎¹⁷⁾, 中島剛¹⁸⁾, 樋口貴俊¹⁹⁾, 柳谷登志雄²⁾, 岡田利修¹⁾

- 1) 早稲田大学スポーツ科学学術院
- 2) 順天堂大学スポーツ健康医科学研究所
 - 3) かぐらスキースクール
 - 4) 田代スキースクール
 - 5) リエイ
- 6) 名城大学理工学部
- 7) 八戸工業大学基礎教育研究センター
- 8) 南山大学経済学部
- 9) 東海大学スポーツ医科学研究所
- 10) 立命館大学総合科学技術研究機構
- 11) 奈良女子大学研究院工学系工学領域
 - 12) 獨協大学国際教養学部
- 13) 熊本大学大学院教育学研究科
- 14) 東京都健康長寿医療センター
- 15) 東洋大学総合情報学部
- 16) 北里大学一般教育部
- 17) 日本大学経済学部
- 18) 杏林大学医学部
- 19) 福岡工業大学教養力育成センター

キーワード: スキー, 小回り, 重心, 加圧, リズム

Key words: ski, short turn, center of gravity, force, rhythm,

【抄録】

スキーのパラレルターン小回り(以下, 小回り)は初心者にはあこがれの技術である。しかし, パラレルターンの大回りができるようになった多くの初心者にとって, スムースな小回りができるようになるには高い壁がある。本研究は小回りができない一人の被験者(69歳)が, それをマスターしようとトレーニングを行ったシーズン前後でのパフォーマンスの変化, またそこから派生した問題点についての考察である。前シーズン, 被験者が小回りを行っている「つもり」のときの左右ターンの1周期は2.6秒であった。そこで「小回りができる」ことを目標に次のシーズンに臨んだ。ただし, 「小回りができる」は, 「速度の調節をしつつ速い小さい弧の連続ターンを繰り返すことができる」こととし, 「速いターン」としては1周期2秒を目標とした。当該シーズンは「重心」, 「姿勢」, 「2軸」といった点を中心にトレーニングを行った。その結果1周期2.2秒までに改善はしたが, 急斜面での暴走は克服できなかった。シーズン後のビデオ映像の検討では, 「横方向への荷重」と「手足の協調動作」が不十分であると示唆された。このようなポイントについて, 指導者がどう指導すればよいか, また学習者としてはどのような指導を望んでいるかといった観点からも検討した。

スポーツ科学研究, 19, 127-138, 2022 年, 受付日:2022 年 9 月 28 日, 受理日:2023 年 1 月 14 日

連絡先: 彼末一之 順天堂大学スポーツ健康医科学研究所

〒270-1695 印西市平賀学園台 1-1

kanosue.k@gmail.com

I. はじめに

スキーは日常の動きとはかけはなれており、一人で自己流から抜け出すのは難しいスポーツである(岡田ら, 2014)。たとえ、自分の滑りのビデオを見たとしても何が問題かが学習者、特に初心者にははっきりとは理解できない。「パラレルターン小回り(以下、小回り)」は初心者にはあこがれの技術である。パラレルターンの大回り(スキーをそろえて大きい弧で滑る形)は、わりと早めに行えるようになるが、小回り(小さい弧、短い周期)は多くの学習者にとって簡単ではない。小回りは急で幅の狭い斜面や、混みあったゲレンデを安全に滑るには不可欠の技術である(Bon et al., 2021)。「小回り」はスキーの用語として広く使われている。しかし、「大回り」とどのように違うかも含め、はっきりとは定義されていない(日本スキー教程, 2014)。スキーヤーの共通認識としては、「小回りは大回りに比べて速く、弧の小さなターンを繰り返す技術」といえるであろうか。

[動画 1](#) はだれもが「小回り」と呼ぶと思われる上級者の短い周期のターンの繰り返しである(1周期 1.5 秒)。一方、[動画 2](#) は著者の一人(彼末, 以下 KK)の 2020-21 年シーズン(以下、20 年シーズン)のものである(1周期 2.6 秒)。KK はこの段階でこれ以上周期を短くできなかった。そこで、KK は「小回りができる」ことを目標に 21-22 年シーズン(以下、21 年シーズン)にのぞんだ。

上述のように「小回り」についてははっきりした定義はない。そこで、「小回りができる」を、「速度の調節をしつつ速い小さい弧の連続ターンを繰り返すことができる」とし、「速いターン」としては 1 周期 2 秒を目標とした。このような場合、通常であれば、まず獲得しようとする運動技術のポイントを洗い出して、それを達成するための練習計画を立てる(馬場と土屋, 2015; 福永と山本, 2018)。しかし、定義がはっきりせず、バイオメカニクス的な研究もほとんどない技術(Bon et al., 2021)に挑

戦するので、最初の問いは「なぜできない」以上のものではなかった。そして、それに向かって試行錯誤を行ったのが実情である。しかし、その中でいろいろとポイントが逆に浮かびあがってきた。さらに実際の練習ばかりではなく、そもそもスキーのターンとはどのようなものかということについての理論的な考察も行った。本稿はこの取り組みについての報告で、あくまでも一人(しかも高齢者)を対象としたものである。

はっきりした分析があまり進んでいない「小回り」であるので、指導者は自分の経験を基に指導せざるをえない。しかし、力学的な解析が難しいとすると、「どのような意識を持つか」といった、神経行動学的なアプローチが役に立つのではと期待される。このような観点から、ここでは小回りをコーチングの課題として考え、指導者が何をどう指導すればよいか、また学習者としてはどのような指導を望んでいるかといった点からも検討した。

II. 方法

解析対象者の KK(70 歳)は 60 歳を過ぎてスキーを始めた。この解析を始めた時点(20 年シーズンの終わり, 69 歳)では一般のスキーゲレンデのコブのない急斜面が降りられる程度のレベルで頭打ちになった状態であった。一番の症状は小回りができないことで、そのためにコブ斜面や幅の狭い急斜面は滑ることができなかった。そこで、21 年シーズンは上に掲げた目標(「小回りができる」)に向かってトレーニングを行った。21 年シーズン(12 月~4 月)にはのべ 25 日ゲレンデでのトレーニングを行った。そのうち 10 日は日本スキー連盟(SAJ)のインストラクターにビデオ撮影をもらい、指導を受けた。それ以外の日は一人で試行錯誤を行いながら滑った。そして、スキー場での実践の間の期間に協同研究者と議論を重ねた。

III. スキー場での取り組み

スキー場での試行錯誤の中では、1)重心が高い、2)前のめり、3)2軸、の3つの点で改善が見られた。

1) 重心が高い

KK が前シーズンの自分の滑り(動画 2)をみて

最初に感じたのは、「なんとなく力感がない」ということだった。ただ、それが具体的に何を意味するのかよく分からないまま、「筋力の衰えた高齢者は仕方がないのか」などと考えていた。しかし、形をみると、上級者に比べて(図1A)明らかに重心が高いことが分かる(図1B, 図2A)。

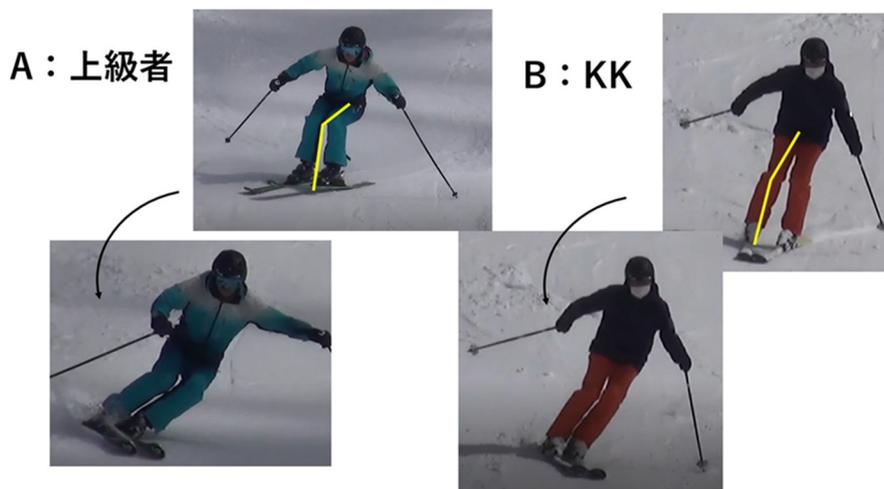


図1. 上級者(A)と被験者 KK(B) 20年シーズンの小回り時の姿勢の比較

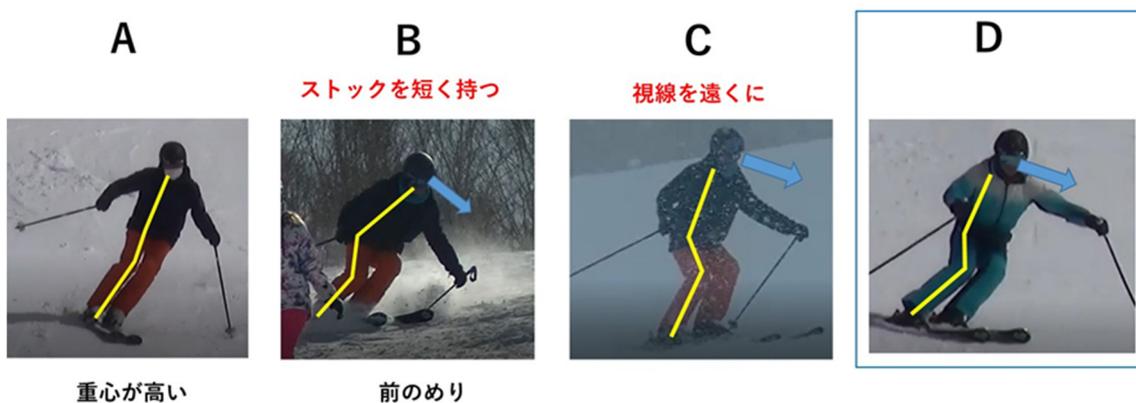


図2. 被験者 KK の学習過程 A;20年シーズン、重心が高い。B;ストックを短く持つ、前のめりに。C;視線を遠くに、良いポジションに。D;上級者。

そこで、それを修正しようとしたが、問題はこの時点でも KK は上級者の図1A のようにやっている「つもり」であった。これは目標とする運動のイメージと実際の動きが乖離していることを示している。そこで、「もっと重心を低く」と思っても、どうやらいいのかわからないままに試行錯誤を続けることになっていた。あるとき、インストラクターに「ストックを短く持って滑る」ようにアドバイスを受けた。すると、重心の低い滑りができるようになった(図2B)。

2) 前のめり

たしかに重心は低くなったが、前のめりの形になってしまうという別の問題が出てきた(図2B)。それなら「上体を立てて真直ぐに！」すればよさそうだが、これもそう簡単ではない。上体を立てることを意識すると重心が高くなり、元の木阿弥となってしまう。ところが、あるとき姿勢は忘れて「遠くを見る」ことを意識して滑ったところ、重心は低いままで上体が立つようになった(図2C)。これは「遠くを見ようとすると、頭は起き、上体は立つ」という

我々の体に備わっている反応に他ならない。このように何か問題があるときにそれを直接意識するのではなく、別のポイントに意識を移すことで、問題がスッと解決することがある(後述)。実際、上級者はキチンと遠くに視線が向いている(図2D)。

3) 2 軸

KK は自分の滑りについて、「力感がない」と同時に、「動きがスムーズでない」とも感じていた。スムーズでない、つまり時間がかかるので、短い周期のターンができないのも納得できる。それが何故なのかを考えているときに、思い当たったのが「2軸」だった。スキーマの初心者は平行ができるようになることが大きな目標である。上級者の滑りを見るといかにも両脚が一体になって動いている。そこで、平行ターンは両脚の真ん中にあり雪面に垂直に交わる軸を中心に、両スキーが相対的な位置関係を崩さずに雪面上で回るものと

初心者は思うのではないか(少なくとも KK はそうだった)(図3A)。例えば、平行のドリルに行く「プロペラターン」は両脚の真ん中の一本の軸を中心にやるのだろうか。このような1軸の動きが正しいとすると、ターンの切り替えごとに次の外スキーを前に移動させねばならない。しかし平行ターンでは普通は内スキーが前になる。この動きは1軸ではできない。KK はそれまで平行ターンは1軸で回るというイメージを持っており、それが左右のスキーが上手く操作できなかった一つの原因ではないかと思いついた。そこで、ターンの切替を「2軸」で行う、つまり2本のスキーをそれぞれのスキーを貫く軸を中心に回転させる(図3B)、という意識でやったところ、動きが実にスムーズにできるのを実感した。動画 3 はそのような意識で行ったときものだが、動画 2 に比べて動きはスムーズになっている。

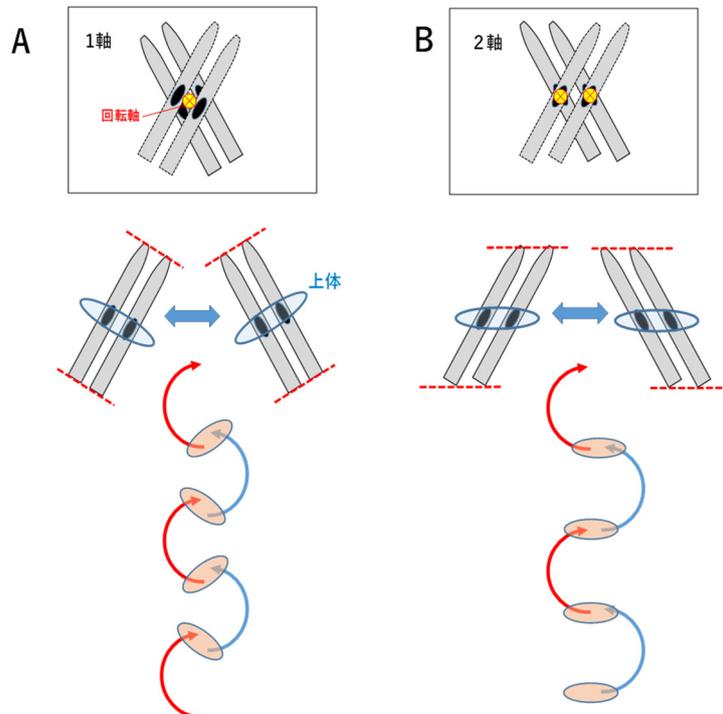


図3. 1 軸と 2 軸のターンのイメージ A;1 軸、両脚の間にある回転軸を中心に両スキーとも回る。B;2 軸、左右のスキーがそれぞれのスキーを貫く回転軸を中心に独立に回る。いずれも軸(黄色の×印)は雪面に垂直であり、スキーはその軸を中心に雪面上で回転する。

IV. シーズン終了後の取り組み

さて以上のような点を改善しても小回りが出来

るようになったとはいえ、シーズン最後でも 1 周期 2.2 秒と目標の 2.0 秒には届かなかった(動画

3). また斜面が急になると暴走してしまった。「小回り」は速度制御が大切な機能である。つまり急斜面になると暴走してターンが続けられないのでは、まだ「小回りができる」とはいえない。何が足りなかったのか。シーズン終了後、ビデオを見直しながら考察を行った。その結果、雪上で試行錯誤しながら練習していたときには気づかなかった2つの点、4) 加圧と 5) リズム—手足協調、の重要性に思い至った。それらについて以下に述べる。

4) 加圧

小回りの練習中、コーチからは「横に押し」と何回も言われた。しかし、「横に押し」ことの意味、またどうやったらそれができるのかが、よく理解できなかった。そこで、そもそもスキーがどのようにして

ターンするかについて改めて検討した(詳細は付録参照)。図4はスキーヤーがこれから左ターンを始めようとするときの様子を表したものである。力は斜面平面内での成分についてだけ示してある。実際には加圧は雪面を押しことになるので、下方向の成分も持っている。また、実際にはスキーは2本あるが、ここでは単純化して一点に力が作用するとした。これは外スキーに大部分の力が加わった状態ともみなせる。今スキーヤーが一定の半径でターンをしているとする。ターン中、スキーヤーは遠心力(図4, 赤矢印)に対抗するためにターン弧の半径方向外側に向かって雪面を押しねばならない(図4, 緑矢印)(Howe, 1983; Lind and Sanders, 2002; 木下, 1973)。向心力は遠心力とは反対向きにスキーヤーに働く。

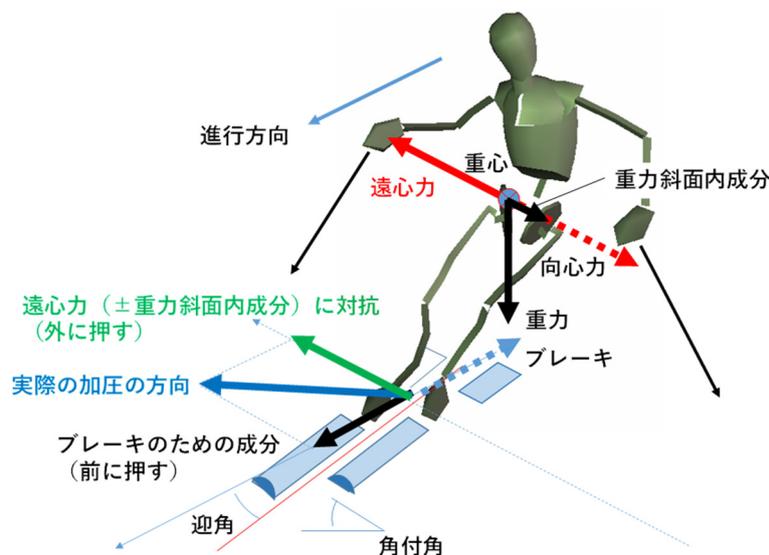


図 4. ターン中にスキーヤーに働く力 このスキーヤーは右ターンからの切り替えが終わって、これから左ターンを始める。スキーヤーが雪面に加える力(加圧)はターンの遠心力に対抗する外向きの成分と、速度制御のための進行方向への成分を持つ、その合力は斜面下から見ると横向きに働く。ターンによってスキーヤーには遠心力が働き、それに対抗する向心力が雪面への加圧と重力の斜面方向成分によってつくられる。スキーは進行方向と迎角を持ち、雪面とは角付角を持つ。

ゲレンデスキーヤーに小回りが求められるのは、例えば「急な、しかも狭いスロープ」を滑り降りるときである。そこではスキーにブレーキをかけること(減速)が不可欠で、それが出来ないと「暴走」してしまう。スキーにブレーキをかけるには進行方向に向かってスキーを加圧する必要がある(図4, 黒矢印)。そのためにはスキーが進行方向に対して迎角を持って「ズレる」ことが必要で、これは純粋な(ズレのない)カービングターンではほとんど期

待できない。しかも「横ズレ」とは言うが、上述のようにスキーを「前」に加圧してずらさねばならない。「小回り」というと学習者はどうしても「速く」動かすこと(つまり進行方向に対して横への動き)が重要であるかのように誤解してしまうが、「前へのスキーのずらし」が不可欠である。

つまり、小回りでは速くターンするための横方向への加圧、そして減速のための前への加圧のどちらも必要である。実際にスキーヤーが雪面を

加圧するのは2つの力の合力の方向となるので、意識としてはスキーに仰角を持たせた上で進行方向に対して横ではなく「斜め前」に加圧することになる(図4, 黒矢印)。さらに、速度制御(減速)を効率よくするにはブレーキをターンの前半(谷回り部分)で行わなければならない。そこで、これをゲレンデの下から見ると「横に押す」ということになるものと思われる。

これはどのようにすれば実現できるだろうか。今、同じ斜面を同じ速度(v)で、大きな半径(r)のターンと小さな半径のターンをするときのことを考えてみる。遠心力 mv^2/r は後者が大きくなる(付録図2)。それに対抗するためにスキーヤーは大きな圧を雪面に加える必要がある。それには重心-加圧点の傾き(内傾角)を大きくし、またそれに合わせてスキーの角付角を大きくしなくてはならない(付録参照)。大きな加圧を得るには大きな内傾角は必須である。内傾角が小さいままだと、たとえ加圧を大きくしても斜面垂直方向への力になり(体が浮きあがる)、向心力を生み出す力としては十分に働かない。

に働かない。

小回りは小さなターン弧で回るので、必然的に内傾角を大きく(角付角も大きく)しなくてはならない。ターン時に内傾を大きくするには、その前のターン切り替え時にすでに重心を低く保ち、そこから下肢を伸展させて重心の傾きをつくれば効率が良い(図5A)。もし、切り替え時に伸び上がって高い重心位置から始めようとすると(図5B)、大きな内傾角を作るには重心、つまり体、を大きく動かさなくてはならず、時間がかかる。つまり、この方法は大回りなら良いが、小回りには向かない。そこで、小回りには切り替え時に重心を低く保ち、そこから素早く下肢を外に伸展させることで、雪面に大きな加圧を加えることが重要である。ただし、これには下肢を伸展させる(加圧)直前に①スキー板に迎角を持たせ、②加圧点が重心の外側(法線方向)に位置するよう横へずらすことによってバランスを崩しておく(力学的な平衡状態から逃れておく)必要がある。これらの条件はずれを伴うターン時には小回りに限らず、大回りでも必要である。

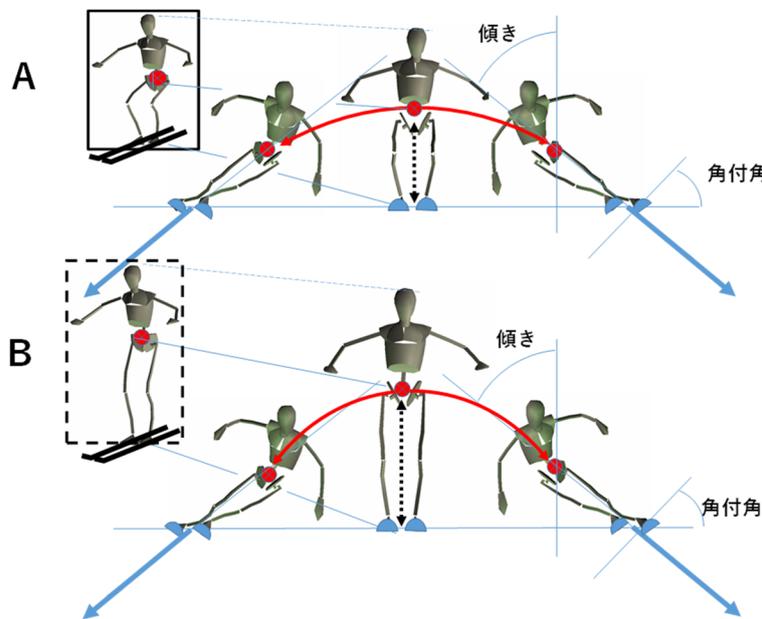


図 5. 連続ターン時のスキーヤーの姿勢、重心の位置変化、加圧ベクトル A;低い重心での切り替え、大きな内傾角と角付角によって大きな加圧が得られる。切り替え時にはスキーヤーの下半身は大きな屈曲位にある(黒枠)。B;高い重心での切り替え、内傾角と角付角が小さい結果、スキーヤーから雪面への加圧は小さくなる。切り替え時スキーヤーの下半身は伸展位にある(黒点線枠)。

5) リズム-手足協調

「動きがスムーズでない」ことに関連して KK に

は一つ疑問があった。それは上体の使い方である。上体の使い方というときスキーでは「ストックの使

い方」と考えがちだが、ここでは腕全体をどのように動かすかを含む。上級者の小回りを見ると上体がスムーズに動き、下肢の動きときれいに連動している(動画1)。小回りは基本的には歩行動作と似ているといわれる(清水, 1995)。スキーは両足一緒に動く。そのとき腕は、上級者では荷重のピーク時には「必ず」外側の腕が前に出ている。そ

の時スキーは内スキーが前で、大きく荷重する外スキーは後になっている(図6)。KK はこれだけ見てスキーと歩行は「同じ」であるとずっと理解していた。ゆっくりしたターンの時は意識的にそのように腕を動かしてみたりもして、それで間違っていない気がしていた。

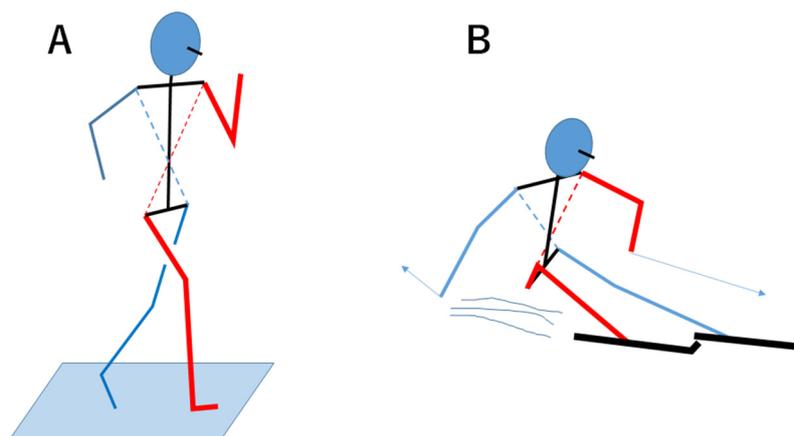


図 6. 歩行(A)とスキーのターン(B)の比較 どちらも反対側の腕と脚と一緒に動く

歩行では{右脚と左腕}, {左脚と右腕}が一緒になって動き、右脚(左腕)→左脚(右腕)→右脚(左腕)→…と切れ目なく続く。ところが、スキーの小回りで外脚荷重のピークと同じ側のストックを突くのを一貫させてやろうとすると周期が速くなると上手く行かず、あるところで破綻するのが常であった。そこで、今シーズンは腕(ストック)の動作は忘れ、上体はずっと固定したままにしていた(動画3)。

上級者の小回りを観察すると、単純な右脚荷重(右腕前)→左脚荷重(左腕前)→右脚荷重(右腕前)→…というリズムではない(動画1)。問題はストックをいつ突くかで、外脚荷重のピークに比べ、前に運んだ同側のストックを突くタイミングは少し遅れる。そこで小回りの場合、右脚荷重(右腕前移動)→右ストック突→左脚荷重(左腕前移動)→左ストック突→右脚荷重(右腕前移動)→…とストックの動作が脚の動きの間に挟まることになる。つまり、歩行とスキーは同じ動作ではない。これが歩行と同じように腕の動きをやっても小回りができるようにはならない原因なのではないだろうか。歩行は脊髄に生まれつき備わったプログラム

によって生ずる(Ogawa et al., 2015a, b; Qi et al., 2019)。小回りの動作が歩行のそれとは異なるということは、小回りのリズムは脊髄の歩行プログラムに任せてはマスターできないことを意味する。

以上、「加圧」と「リズム一手足協調」について、純粹に理論的考察から生まれた可能性を述べた。あくまでも理論的な話であり、実際にこの通りであるかは今後実践を重ねて検証する必要がある。

V. 考察

来シーズンへの課題

4)で小回りのためにはターンの前半(谷回り部分)でスキーを横(斜め前)に強く押す必要があると述べた。このような観点から KK の滑りを見直してみる。前シーズンの段階では1)で問題になっていたように重心が高く、突っ立っている(動画2)。上述のようにこの状態ではターン時に大きな内傾角を得るのは難しい。つまり、前シーズンのような状態では小回りはできなくて当然である。一方、21年シーズン最後の滑りを見ると(動画3)、たし

かに重心は低くなっている。しかし、折角重心が低くなったにもかかわらず、肝心の「下肢を伸展して横に押し」、「大きな内傾角を得る」動作がほとんどみられない。ここで、重要なことは内傾ではなく、斜面への横方向への加圧である。そこで、低い重心からでも、ただ体を傾けただけでは意味がない。

イメージと実際のギャップ

1)で問題になった「重心が高い」について、KK本人のイメージではすでに十分重心を低く(足首、膝、腰を屈曲)している「つもり」であった。スキーでは脛の部分が高く硬いブーツを履くために、足首を屈曲させるのが特に難しい。そのために、目標とする動作のイメージ(3人称イメージ)と本人の動作イメージ(1人称イメージ)が乖離することになる(彼末ら, 2013; 水口, 彼末, 2019; 中川ら, 2018)。「もっと重心を下げて」と言っても、本人はすでに最大限重心を下げているつもりなので効果は期待できない。このようなときどのようなアドバイスをすればよいか、あるいはどのようなドリルをすればよいかはコーチ・インストラクターの腕の見せ所であろう。私が行った「ストックを短く持つ」はイメージ云々ではなく、強引に重心を低くすることになるので、特に有効だったと思われる。

意識の置き方が運動の学習にどのように影響するかについての研究によれば、意識を運動の結果に置いた方が(external focus)、体の動きそのものに置くより(internal focus)学習が進むことが示されている(Wulf et al., 2010)。例えば、レーンの上を左右に動く台車によってパラレルターンを練習するスキーシミュレータを使った実験では、意識を台車の車に置いた方が(external focus)、意識を足に置いた場合(internal focus)より学習が進む(Wulf et al., 1998)。これは、意識を自分の体に置くと意識的な(上位脳による)運動調節が起こり、意識の介在しない「自動的」な運動遂行を抑制するためと考えられている。例えば、2)の「前のめり」については、「上体を起こして」と自分の体に意識を置くのではなく、「遠くを見て」といわれて見える景色に意識が移ることで、無意識に(二次的に)上体が起きる運動が引き出されたの

であろう。また、3)の「2軸」についてはゆっくりしたターンでは「1軸」のイメージ(意識)でもそれほど問題にはならないが、小回りでは速い切り替えが求められるので、誤った1軸のイメージでは正しい動作が出来ず、「2軸」を意識に上らせることが不可欠であったのではないだろうか。

このようにある動作を獲得しようとするときに、意識をどこにどのように置いたら良いかについての正解は一つではなく学習者の百人百様である(櫻田, 2022)。そこで、ある技術(例えば「重心を低く」)をマスターさせるときにどのようなアドバイス、ドリルをするかをSAJ(全日本スキー連盟)がデータベースを作るといったことができないものであろうか。さらにそれを学習者にも公開すれば一人で練習をするアマチュアスキーヤーには有益な情報になろう。

上級者が見落としがちなポイント

どのようなスポーツの学習でも(さらにはスポーツ以外でも)、教える側は既にその動作ができるので、学習者が何を理解できていないのかが分からないことが往々にしてある。今回の例でいえば、「加圧」、そして「リズム」がまさにそれに当たらないだろうか。

先ず「加圧」という指導言語の難解さについて説明する。加圧は円運動(ターン)時の向心力を生み出すのに必要である。そのためには「大きな内傾角」と「下肢伸展」の2つを正しく行わねばならない。さらに、強い加圧をするには足首を緊張させてしっかりと角付けをすることも必要である。これらをすべて正しく指導することは難しい。そこで、「しっかり加圧して」、「ギューンと押す」など漠然とした表現になってしまうのは仕方がない。しかし、「加圧」が学習者にとっては自分のものにするのが難しい技術の一つであることを、指導者の人たちには是非理解してもらいたい。正確な加圧のためには、ポジション、重心位置の調節、つまり荷重(体の重さをブーツの中の加圧点に最大限にかかるようにすること)についての意識が重要である。これも学習者には言葉だけで理解が難しいポイントである。「加圧」をどのように理解させて小回りが出来るように学習者を導くか、指導者には是非工

夫してもらいたいところである。

本稿では小回りを「短い周期の連続ターン」と規定したが、同時に「速度制御」も重要である。大回りの場合にはターンとターンをつなぐ部分で(山側に乗りあがるなどで)十分に速度を落としてから次のターンに移ることができる。しかし、小回りではターンとターンの間が短いのでターン中のブレーキ(減速)が不十分だと「暴走」してしまう。つまり、小回りではターンと速度制御(減速)を同時に行わねばならない。図4に示したように、「加圧」にはターン中の遠心力への対抗「(外向き)とブレーキ(進行方向)の2つの役目がある。そこで、急なターンのためには外向き、大きなブレーキのためには進行方向への加圧を強めねばならない。もし加圧の強さが一定なら、一方を大きくしようとすれば他方が小さくなってしまう。そこで、2つの機能をどちらも引き出すには加圧の方向を正しく調節すると同時に強い加圧が必要ということになる。特に上述のように(速度の制御が必須な)急斜面で小回りを確実にするには強い加圧が不可欠となる。

上級者が意外と見落とししがちな小回りの要素が「リズム」である。学習者がストックワークを教わるのはパラレルターンがやっとできるようになる頃である。この時期はまだ小回りではなく1回1回のターンが独立している。指導の中心はストックの持ち方、構え方、突き方になる。しかし、小回りではストックも含めた腕全体の動き、特に下肢の動きと連動したストック操作のタイミングが問題となる。これも上級者(指導者)はすでにできるのであまり意識に上らないのかもしれない。小回りでは加圧が一番大きくなる時点よりもう一息遅れたタイミングでストックを突かねばならないことを指導の中で強調してもらいたい。

以上で、KKの小回りの現時点での問題ははっきりした。先ず、4)の「低い重心から下肢を伸展させてターンの前半で横方向へ強い加圧」である。もっとも、いくら理論的に理解しても実際にできるとは限らず、できるようになるには練習が必要であろう。同様に、5)の「正しいリズムでの手足の協調」は人が生得的に持っているものとは異なる機構によるので、(しっかり意識して)新たに練習しないと身につかないに違いない。さて、これらをどのような練習(ドリル)によってマスターできるかは、次の課題である。

図7に小回りはどのようにすればできるかをまとめた。小回りをするには、強い加圧が必要で、そのためには下半身をしっかりと伸展させる。また、その加圧は正しい方向であることが必要で(遠心力への対抗とブレーキ)、斜面の下から見るとターンの前半に横方向に行く。これは深い内傾によって実現される。さらに強い加圧を雪面に加えるにはしっかりとした角付けが求められ、それには足関節を固定しなくてはならない。また、スキーには迎角を持たせる必要がある。そして、下半身伸展と深い内傾を行うにはその前段階のターンの切り替え時に重心を低くする、つまり下半身を屈曲させる準備動作が不可欠である。またこの他に上半身-下半身、左右の動作のリズムも独特で、学習者は一から学ばねばならない。このように多くのことを短時間内に行う小回りは一朝一夕には出来ないであろう。だからこそ、指導者には指導方法についてのより一層の工夫を期待したい。

最後に本稿がスキーの力学の理解、上達のための意識の持ち方、指導法の工夫などにつながるように、読者の忌憚のない意見を戴きたい(kanosue.k@gmail.com)。

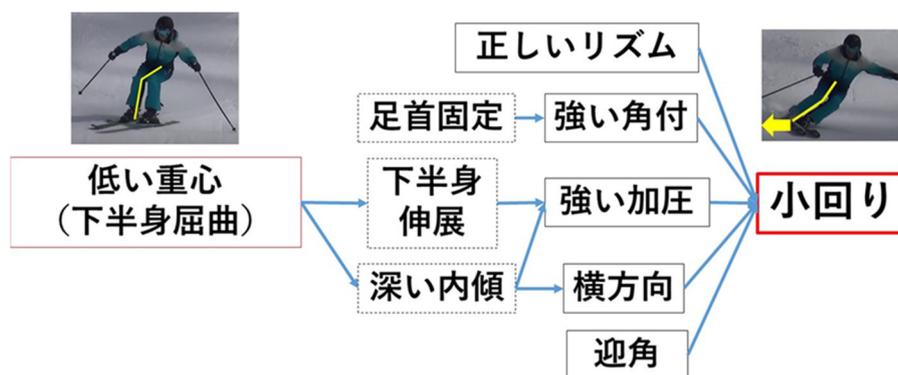


図 7. 小回り実現のためにクリアすべき項目

VI. 付記

本研究は学術振興会科学研究費基盤研究 A (18H04087, 運動イメージと協調運動の脳機構に基づくスキー技術の学習支援システム構築)によるものである。

VII. 参考文献

- ・ 馬場亮輔, 土屋純(2018) 体操競技におけるコーチングの事例研究 - 平行棒におけるヒーリーのコーチング スポーツ科学研究 12, 170-188.
- ・ I. Bon, M. Ocic, V. Cigrovski, T. Rupcic, and D. Knjaz (2021) What Are Kinematic and Kinetic Differences between Short and Parallel Turn in Alpine Skiing? *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 3029. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063029>
- ・ 福永哲夫, 山本正嘉(2018) 体育・スポーツ分野における実践研究の考え方と論文の書き方 市村出版
- ・ J. Howe (1983) *Skiing Mechanics*. Poundre Press, Laporte
- ・ D.A. Lind, and S.P. Sanders (2002) *The Physics of Skiing*. Springer, New York
- ・ 公益財団法人 日本スキー連盟 日本スキー教程 (2014) *スキージャーナル*
- ・ 彼末一之, 水口暢章, 坂本将基, 中田大貴, 内田雄介(2013) 運動イメージとスキル *体育の科学* 63, 93-98.
- ・ 木下是雄(1973) *スキーの科学* 中央公論社
- ・ 水口暢章, 彼末一之(2019) 運動イメージの方略と神経機構 連載 *運動イメージの神経基盤* 第 2 回 *体育の科学* 69, 529-534.
- ・ 中川剣人, 三浦智, 廣岡和真, 梅沢侑実, 神庭弘行, 後藤悠太, 藤本浩志, 藤江正克, 彼末一之 (2018) スキー滑走動作における拡張現実技術を用いた第三者視点からのリアルタイムフィードバックシステムの有効性の予備的検討 *スキー研究* 15, 77-82
- ・ T. Ogawa, N. Kawashima, H. Obata, K. Kanosue, and K. Nakazwa (2015a) Distinct motor strategies underlying split-belt adaptation in human walking and running. *PLOS ONE* | doi:10.1371/journal.pone.0121951.
- ・ T. Ogawa, N. Kawashima, H. Obata, K. Kanosue, and K. Nakazwa (2015b) Mode-dependent control of human walking and running as revealed by split-belt locomotor adaptation. *J. Exp. Biol.* 218, 3192-3198 doi:10.1242/jeb.120865.
- ・ 大橋拓未, 後藤悠太, 小澤悠, 中島剛, 中新かれん, 加藤孝基, 中川剣人, 彼末一之 (2019) サマーゲレンデにおけるスキー動作と筋活動の解析 *日本スキー学会 第 30 回大会講演論文集*
- ・ 岡田利修, 西村斉, 樋口貴俊, 中川剣人, 加藤孝基, 内田雄介, 依田珠江, 彼末一之 (2014) 座談会:スキーの指導について スポーツ科学研究, 11, 131-145
- ・ W. Qi, T. Nakajima, M. Sakamoto, K. Kato, Y. Kawakami, and K. Kanosue (2019) Walking and finger tapping can be done with independent rhythms. *Scientific Reports*,

9(1):7620. doi: 10.1038/s41598-019-43824-0.

- ・ 櫻田武(2022) 身体運動学習における最適な「注意の向け方」とその個人差 体育の科学 / 日本体育学会 編 72 (7), 463-468
- ・ 清水史郎(1995) 科学的スキー上達法 講談社
- ・ G. Wulf, M. Höß and W. Prinz (1998) Instructions for Motor Learning: Differential Effects of Internal Versus External Focus of Attention. Journal Motor Behavior 30, 169-179.
- ・ G. Wulf, C. Shea, and R. Lewthwaite (2010) Motor skill learning and performance: a review of influential factors. Medical Education 44, 75-84.

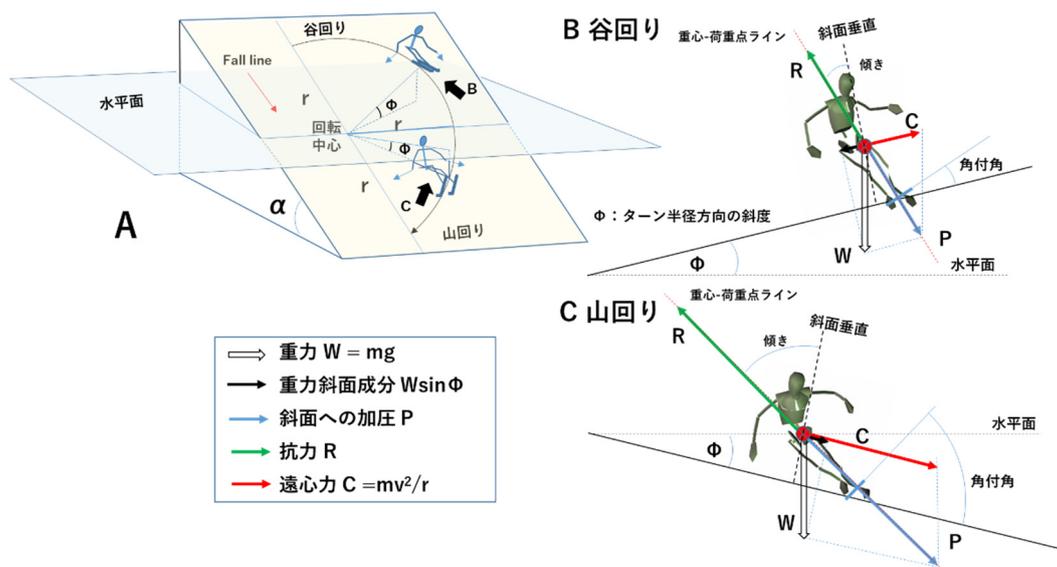
VIII. 付録, ターンの力学

1. 山回りと谷回り

付録図1Aは斜度 α の斜面を速度 v の等速で半径 r の弧を描いてターンするときの様子を描いたものである。そしてターンの前半(谷回り, 図B)と後半(山回り, 図C)の部分でスキーヤーにどのような力が働くかを示してある。図B, Cはそれぞれターン弧の半径に直角の方向からスキーヤーを見た図である。このときターン弧の中心から半径方向での断面が水平面となす角度はどちらも

Φ とする。いずれの場合もスキーヤーには①重力 W (黒枠矢印), ②遠心力 C (赤矢印), ③雪面からの抗力 R (緑矢印) が働く。このとき重力の斜面方向の成分 $W\sin\Phi$ は, 常にスキーヤーを斜面下方に引くようにはたらく。抗力 R はスキーヤーが雪面に加える圧 P (青矢印) の反作用で, P と R は同じ大きさで逆向きである。

重力 W , 遠心力 C , 雪面抗力 R の3つの力は釣り合っている。遠心力は斜面方向にのみ働く。重力の斜面方向成分は常に斜面下向きなので, 谷回り(図B)では遠心力は重力とは逆向きに働くのに対し, 山回り(図C)では遠心力と重力は同じ方向に働く。そこで, 同じ速度, 同じターン弧の半径であっても谷回りに比べて山回りでは斜面方向に大きな雪面抗力が必要となる。斜面に垂直な方向には重力は谷回り, 山回りに関係なく同じ大きさなので, それに釣り合う雪面抗力の垂直成分も同じである。そこでスキーヤーは山回りでは斜面方向に大きな力を雪面に加えねばならず, つまり重心を山回りでは谷回りより大きい内傾角を取る必要がある。ここでは「内傾角」は重心と加圧点を結んだ線分が斜面垂直線となす角と定義する。またスキー底面の短軸方向が斜面となす角を「角付角」と定義する。ここでは角付角と傾きは等しいと仮定する。

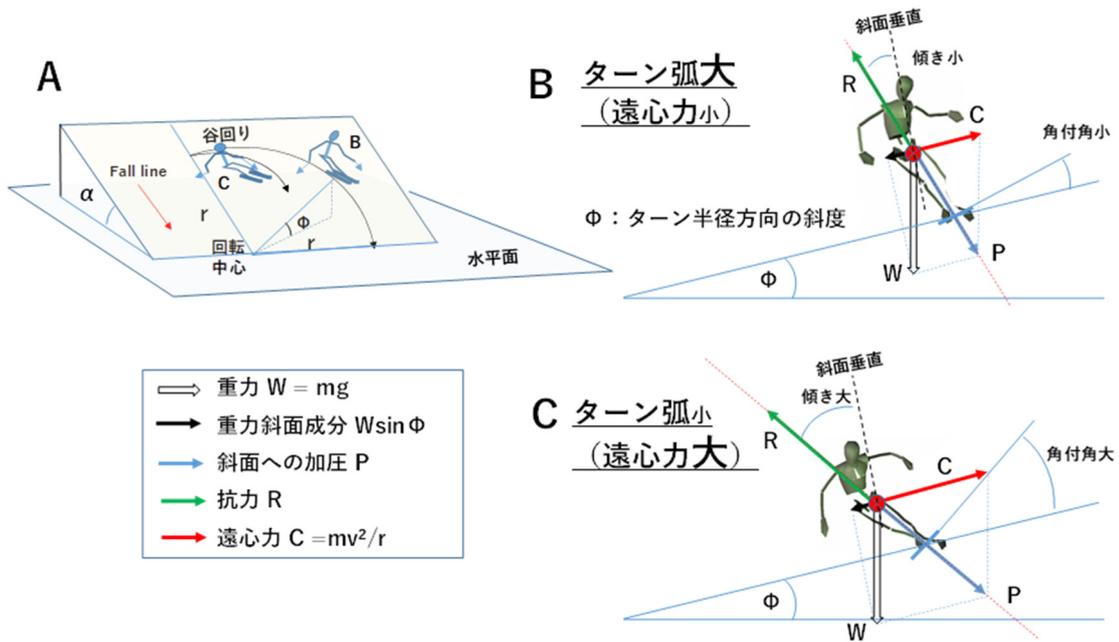


付録図1. 速度 v で半径 r の弧のターンをしているときの谷回り(B)、山回り(C)における力のバランス A; 斜面の斜度は α 、回転中心から半径方向の線分と水平面のなす角は Φ 。B; 谷回り、重力の斜面方向成分は遠心力と逆方向で、加圧量は山回りに比べて小さい。内傾角、角付角は小さい。C; 山回り、重力の斜面方向成分は遠心力と同方向で、加圧量は谷回りに比べて大きい。そのため、大きな内傾角、角付角が必要。

2. 半径の大きなターンと小さなターン

ここで、異なる大きさ(半径)の弧でターンをする
とどうなるかを示したのが付録図2である。速度 v
でターン半径 r とすると遠心力 C は mv^2/r で、ター
ンの半径方向外向きである。小さなターン半径
で回ろうとすれば遠心力は大きくなる。この力に対
抗してバランスを保つには雪面抵抗 R の斜面成

分が大きくなってはならない。この場合も重力の斜
面垂直方向成分はターン弧の大きさには影響さ
れない。そこで、小さなターン弧で回ろうとするなら、
雪面の斜面方向(横方向)に大きな圧を加えねば
ならない。そのためには内傾角と角付角を大きく
しなくてはならない。



付録図2. 同じ速度 v で大きな半径(B)、小さな半径(C)でターンをするときの力のバランス A;斜
面の斜度は α 、回転中心から半径方向の線分と水平面のなす角は Φ 。右に谷回りターンをするス
キーヤーを前から見た図。B;大きな半径で遠心力は小さいので内傾角、角付角は小さい。C;小さな
半径で遠心力が大きいので大きな内傾角、角付角が必要。