

冬季スポーツ科学シンポジウム

2023年9月30日～10月1日

第4回 冬季スポーツ科学シンポジウム

日時：令和5年9月30日(土)13:00～17:30・10月1日(日)9:00～14:40

場所：北見工業大学

主催：北見工業大学冬季スポーツ科学研究推進センター

冬季スポーツ科学フォーラム

国立スポーツ科学センター

※本シンポジウムはスポーツ庁委託事業「スポーツ支援強靱化のための基盤整備事業」の一環として実施しております。

協賛：(株)東大能力研修舎

後援：北見アスリートステイズ、アルゴグラフィックス北見カーリングホール



冬季スポーツ科学シンポジウムも今年で4回目の開催となります。今回も開催の機会を頂けたことに感謝申し上げます。

今回のシンポジウムは、これまで長きにわたり冬季スポーツに関する研究発表を行ってきた「冬季スポーツ科学フォーラム」との共催に加えて、日本のスポーツの国際競技力向上に関する医・科学に関するサポートおよび研究を行っている「国立スポーツ科学センター」との共催となり、これまで以上にボリュームのなる内容となっております。

北京冬季五輪から一年が経ち、国内の新型コロナウイルスとの関係性が落ち着きを取り戻しつつある中、冬季スポーツ科学に関する研究状況や今後の課題について再び議論できれば幸いです。多くのみなさまのご参加を歓迎致します。

冬季スポーツ科学シンポジウム実行委員会

北見工業大学冬季スポーツ科学研究推進センター

プログラム

令和5年9月30日（土）

時間	セッション	内容	会場
12:30		受付	多目的講義室 (3号館2階)
13:00~13:15	オープニング	開会挨拶	
13:15~14:45	特別講演	「私の生き方～オリンピックに魅せられて～」 講師：竹内智香 (2014年ソチオリンピック銀メダリスト) 司会：中里浩介（北見工業大学）	
14:45~15:00		休憩	
15:00~16:00	セッション1	研究発表1 (4演題:発表10分+質疑応答5分)	
16:00~16:15		休憩	
16:15~17:30	セッション2	研究発表2 (5演題:発表10分+質疑応答5分)	
17:45~	懇親会	情報交換会	北見アスリート ステイズ

令和5年10月1日（日）

時間	セッション	内容	会場
9:00~10:30	セッション3	研究発表3 (6演題:発表10分+質疑応答5分)	多目的講義室 (3号館2階)
10:30~10:45		休憩	
10:45~12:15	セッション4	研究発表4 (6演題:発表10分+質疑応答5分)	
12:15~13:00		休憩	
13:00~14:30	施設見学会	施設見学会 (アルゴグラフィックス北見カーリングホール 3号館4階・5階)	
14:30~14:40	クロージング	閉会挨拶	多目的講義室 (3号館2階)

特別講演



「私の生き方～オリンピックに魅せられて～」

講師：竹内智香（2014年ソチオリンピック銀メダリスト）

日時：2023年9月30日（土） 13:15～14:45

会場：北見工業大学 多目的講義室（3号館2階）

司会：中里浩介（北見工業大学）



略歴：1998年、14歳のときに長野オリンピックで衝撃を受けスノーボード競技での五輪出場を決意。その後2002年には高校生ながらソルトレイクシティ オリンピックに出場し、パラレル大回転で22位の成績を残す。その後トリノ、バンクーバー、ソチ、平昌と5大会連続でオリンピックに出場。ソチでは銀メダルを獲得し、日本人女性のスノーボード選手で初のメダル獲得という快挙を達成した。また2022年に開催された北京オリンピックでは冬季オリンピック女子最多となる6大会連続出場を果たした。オリンピック以外でも2012年のワールドカップで1位を獲得、2015年の世界選手権では銅メダルを獲得するなど、スノーボード界に名を残す成績を収めている。

研究発表 (多目的講義室 : 3号館2階)

令和5年9月30日 (土)

研究発表1 : 座長 : 佐藤満弘 (北見工業大学) 15:00~16:00

- 1-1 3次元動力学モデルを使用したアルペンスキー選手の加速スキルの検討と数値シミュレーションによる検証
○中里浩介、加藤誠康、星野洋平、鈴木聡一郎 (北見工業大学)
- 1-2 アルペンスキー選手の体力と競技成績の関係
—H県高校男子選手を対象として—
○石栗沙貴 (北翔大学大学院)、竹田唯史 (北翔大学)
- 1-3 パラアルペンスキーのパフォーマンス構造モデル
—モデルの作成とその実用性について—
○中島大貴、袴田智子、尾崎宏樹、石毛勇介 (国立スポーツ科学センター)
- 1-4 ハイパフォーマンススポーツセンター(HPSC) ネットワーク事業における北翔大学の取り組み
○竹田唯史 (北翔大学)

研究発表2 : 座長 : 相原伸平 (国立スポーツ科学センター) 16:15~17:30

- 2-1 ストーンの軌跡に対する氷面とストーンの総回転数の影響
○亀田貴雄、長谷川稔、原田康浩 (北見工業大学)、山崎英威 (どうぎんカーリングホール)
- 2-2 2023年全農カーリング日本選手権大会の試合分析に関する一考察
○工藤玲己 (北見工業大学工学部)、近藤大 (北見工業大学大学院)、柳等 (北見工業大学)、プタシンスキ・ミハウ (北見工業大学工学部)、相原伸平 (国立スポーツ科学センター)、榊井文人 (北見工業大学/国立スポーツ科学センター)
- 2-3 カーリングリンク氷面に形成されるペブルの広域測定法
—イメージスキャナを用いた測定と解析—
○大村 玄(北見工業大学大学院)、原田康浩、亀田貴雄 (北見工業大学)
- 2-4 デジタルカーリング : 現状と課題そしてさらなる発展にむけて
○片桐諒祐、曾根忠瑛、河村隆 (信州大学)、伊藤毅志 (電気通信大学)、榊井文人 (北見工業大学/国立スポーツ科学センター)
- 2-5 複数の LRF を用いたカーリングシート全域のストーントラッキングシステムに関する研究
○曾根忠瑛、河村隆 (信州大学)、榊井文人 (北見工業大学/国立スポーツ科学センター)

研究発表 (多目的講義室 : 3号館2階)

令和5年10月1日 (日)

研究発表3 : 座長 : 結城匡啓 (信州大学) 9:00~10:30

- 3-1 冬季スポーツ科学フォーラム30年間の発表演題
— プログラム一覧から見た発表数と分野 —

○飯塚邦明 (東大能力研修舎)

- 3-2 スノーボードスロープスタイルビッグエアにおける生体データ共有システムの開発

○山本悠介 (日本スポーツ振興センター)、尾崎宏樹、木村新、稲葉優希、石毛勇介 (国立スポーツ科学センター)

- 3-3 スピードスケートスーツの空力を考慮したニット生地選択

○鈴木功士、山辺芳 (国立スポーツ科学センター)

- 3-4 スピードスケート隊列滑走における後続者プッシュ姿勢による空力への影響

○鈴木功士、山辺芳 (国立スポーツ科学センター)

- 3-5 転倒回避の指導内容・方法の実践的研究
— 健全な中・高齢者を対象として —

○渡部 和彦 (広島大学名誉教授/スポーツ健康科学研究所)

- 3-6 中学女子クロスカントリースキー選手の体力と競技レベル

○三浦 哲、阿部杏奈、近藤一麻 (新潟県健康づくり・スポーツ医科学センター)

研究発表4 : 座長 : 柳 等 (北見工業大学) 10:45~12:15

- 4-1 深層学習を用いたカーリング AI の開発

○倉田樹、伊藤毅志 (電気通信大学)、相原伸平 (国立スポーツ科学センター)

- 4-2 カーリング石の挙動をフィードバックする単眼カメラベースのトラッキングシステム

相原伸平 (国立スポーツ科学センター)、○原流空 (電気通信大学)、中川みのり (国立スポーツ科学センター)、小笠原歩 (日本カーリング協会)、柳等 (北見工業大学/日本カーリング協会)、榊井文人 (北見工業大学/国立スポーツ科学センター)

- 4-3 熟達化に伴うカーリングデリバリーフォームの変化

○井上悠己、伊藤毅志 (電気通信大学)、相原伸平 (国立スポーツ科学センター)、榊井文人 (北見工業大学)

- 4-4 カーリング選手との共創によるカーリングイベントを盛り上げるためのプロジェクションマッピング映像コンテンツの提案

○佐々木野愛、竹川佳成 (公立はこだて未来大学)、相原伸平 (国立スポーツ科学センター)、榊井文人 (北見工業大学/国立スポーツ科学センター)

- 4-5 簡易トラッキングシステムによるストーン挙動データを用いたアイスリーディング支援の検討

○相原伸平、中川みのり (国立スポーツ科学センター)、小笠原歩 (日本カーリング協会)、柳等 (北見工業大学/日本カーリング協会)、原流空、伊藤毅志 (電気通信大学)、榊井文人 (北見工業大学/国立スポーツ科学センター)

- 4-6 得点差と残りエンド数を考慮したカーリングの局面評価関数の学習と勝率予測

○岩崎智也、野口渉 (北海道大学)、相原伸平 (国立スポーツ科学センター)、山本雅人 (北海道大学)

3次元動力学モデルを使用したアルペンスキー選手の 加速スキルの検討と数値シミュレーションによる検証

○中里浩介¹、加藤誠康¹、星野洋平¹、鈴木聡一郎¹

1) 北見工業大学

1. 背景と目的

本研究の目的は、3次元動力学モデルと、日本代表選手と世界トップレベルの選手のターン動作のシミュレーションによって推定した滑走加速度や旋回加速度を含む運動解析データをもとに、選手の動作が滑走に及ぼす影響を比較・検討することとした。

2. 方法

(ア) 3次元動力学モデル

本研究では3次元座標系を用いてスキーヤーの動力学モデルを構築し、1つのターンを、ニュートラルポジション(NP)、エッジング開始(ES)、荷重開始(LS)、ターンマキシマム(TM)、エッジング終了(EF)に分けてスキーヤーの加速要因の分析を行った。

(イ) 数値シミュレーション

4次のルンゲ・クッタ法を用いた数値シミュレーションを行った。シミュレーションに必要な実測値は、2021アルペンスキー世界選手権の男子大回転競技1本目の世界のトップ選手1名と日本代表選手1名の映像から3DCADモデルマッピング手法を用いて算出した。シミュレーションには初速のみ与えた場合に斜面を滑走する選手の運動が滑走加速度へ及ぼす影響を検討するための条件を設定した。なお、解析映像から算出できない初速は先行研究¹⁾を参考値とした。

3. 結果

(ア) 3次元動力学モデル

NP-TM区間において速い滑走速度の維持と高い重心位置の維持、さらにTM付近における重心位置のターン方向への移動速度と下肢の内旋角加速度の増大が加速に重要と示唆された。

(イ) 数値シミュレーション

世界トップレベルの選手は重心の移動速度の増加とともに加速度も上昇した。日本人選手はターン時間の0.7[s]からTMまで旋回角加速度が増加したにも関わらず進行方向加速度は減少していた。一方、世界トップレベルはターン時間の0.7[s]付近から0.8[s]の直前まで旋回角加速度が増加していた。

4. 考察

TM付近において重心のターン方向への移動速度を増加させることは加速に有効であり、TM付近における重心の移動速度の変化は滑走速度の加減速に大きな影響を及ぼすと考えられる。両選手ともに、TMの直前で素早い内旋動作によって加速効果を得ていたと考えられる。

参考文献

- 1) Jörg Spörri et al. "Sidecut radius and the mechanics of turning equipment designed to reduce risk of severe traumatic knee injuries in alpine giant slalom ski racing", *British Journal of Sports Medicine*, Vol.50(2016), pp.14-19.

アルペンスキー選手の体力と競技成績の関係

—H 県高校男子選手を対象として—

○石栗沙貴¹、竹田唯史²

1) 北翔大学大学院 2) 北翔大学

1. 背景と目的

アルペンスキー競技における体力と競技力に関する研究は多くなされている。しかし、各測定項目と競技成績との関係性は、研究により見解が異なる（宮下 2023）。そこで、本研究では、H 県における高校男子アルペンスキー選手を対象として、体力測定項目と競技力の関係性を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

対象は、H 県在住の高校男子アルペンスキー選手 55 名とした。測定は、2022 年 6 月（22 年春）、2022 年 10 月（22 年秋）、2023 年 6 月（23 年春）の 3 回実施した。各回の対象者数は、22 年春は 16 名、22 年秋は 18 名、23 年春は 21 名であった。

測定項目は、身長、体重、体脂肪率、柔軟性、握力、背筋力、最大無酸素パワー、乳酸性パワー、最大酸素摂取量、等速性膝関節伸展脚筋力、20cm ジャンプ、正六角形跳び、段違い六角形跳び、90 秒台跳びであった。

競技力の指標として SAJ ポイント(GS/SL)を用いた。各測定項目と SAJ ポイントの相関関係を Pearson の積立相関係数を用いて以下の項目の相関関係を検討した ($p < 0.05$)。

1) 22 年春測定項目と前シーズン (21/22) の競技成績との関係 (SAJ ポイントリスト No17 2022.5.16 発行)

2) 22 年秋測定項目と翌シーズン (22/23) の競技成績との関係 (SAJ ポイントリスト No18 2023.5.15 発行)

3) 23 年春測定項目と前シーズン (22/23) の競技成績との関係 (SAJ ポイントリスト No18 2023.5.15 発行)

4) 上記 1) と 3) を合算し、対象者数を増加させ、22 春と 23 春測定項目とそれぞれの前シーズンの競技成績との関係。

3. 結果

22 年春測定項目と前シーズン (21/22) の競技成績で、SAJGS と SAJSL の両方と有意な相関関係がみられた項目は、垂直跳び、ハイパワー、20cm ジャンプ、正六角形跳び、段違い六角形、90 秒台跳びであった。

22 年秋測定項目と翌シーズン (22/23) の競技成績で、SAJGS と SAJSL の両方と有意な相関関係がみられた項目は、90 秒台跳びのみであった。

23 年春測定項目と前シーズン (22/23) の競技成績で、SAJGS と SAJSL の両方と有意な相関関係がみられた項目は、体重、体前屈、20cm ジャンプ、段違い六角形、90 秒台跳びであった。

22 春と 23 春測定項目と前シーズンの競技成績で、SAJGS と SAJSL の両方と有意な相関関係がみられた項目は、年齢、身長、垂直跳び、最大酸素摂取量の走時間、20cm ジャンプ、正六角形、段違い六角形、90 秒台跳びであった。

4. 考察

20cm ジャンプ、正六角形跳び、段違い六角形跳び、90 秒台跳びは、競技成績との相関関係が高かった。秋測定と比較して春測定の項目の方が、競技成績との間に相関関係があった項目が多かった。春測定では、単年度で検討するよりも 2 シーズンの結果を合算させて検討した方が相関関係の高い項目が多かった。

参考文献

1) 宮下裕香、竹田唯史、中里浩介 (2023) 高校男子アルペンスキー選手を対象としたフィールドテストと競技成績との関連性について、スキー研究 20、投稿受理

パラアルペンスキーのパフォーマンス構造モデル

—モデルの作成とその実用性について—

○中島大貴¹、袴田智子¹、尾崎宏樹¹、石毛勇介¹

1) 国立スポーツ科学センター

1. 背景

アスリートの競技パフォーマンス向上のための支援を行う際、どのトレーニングがどのような効果をもたらすのか、またその際にどのようなリスクがあるのかを予め理解しておくことは重要である。この理解促進を図るために、競技結果を規定する要素をモデル化したパフォーマンス構造モデル（図1）が有用であり、支援を行う前に作成・明示しておく必要がある（図子、2013）。

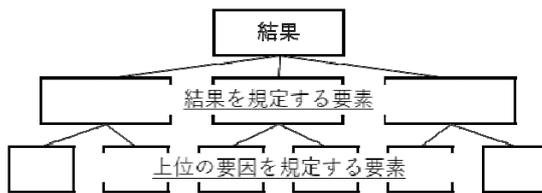


図1 パフォーマンス構造モデル

このモデルが稚拙であると、適切な支援を行うことが難しくなる。しかし、同じ競技結果に対して複数のモデルが作成できるため、“正解のモデル”があるわけではない（Hay and Reid, 1982）。アスリートへの医・科学支援に役立つ“適切なモデル”を作成するためには、モデルの原案を基に支援を進める中で、モデルの微修正を繰り返していく必要がある。

本発表では、パラアルペンスキーのパフォーマンス構造モデルの原案とその作成手順について報告する。その上で、報告したモデルをより適切なモデルにするための議論を行いたい。

2. 方法

パラアルペンスキーはタイムを競い合う競技であるため、「タイム」を最上位となる結果に置き、それを決定するモデルを作成した。モデルの作成は2つのルール（①モデルに含まれる要素は物理量で表すことができるものであること、②下位の要素が上位の要素を完全に説明していること、Hay and Reid, 1982）をもとに行った。

3. 結果と考察

パラアルペンスキーでは、種目や局面によって様々なスキルが異なるため、それぞれのスキルに応じたモデルを作成した。図2は直滑降時のモデルの上位要素を抜粋した例である。ターンの局面を含めより詳細なモデルについては、発表当日に提示する。

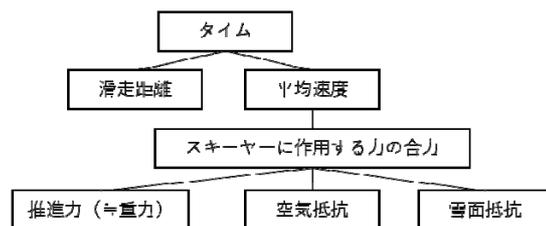


図2 直滑降のパフォーマンス構造モデル

参考文献

1. 図子浩二 (2013) トレーニング理論と方法論.
2. Hay JG, Reid G (1982) The anatomical mechanical bases of human motion.

ハイパフォーマンススポーツセンター(HPSC) ネットワーク事業における北翔大学の取り組み

○竹田唯史¹

1) 北翔大学

1. 背景と目的

ハイパフォーマンススポーツセンター(HPSC) ネットワーク事業とは、HPSC が行ってきたスポーツ医・科学、情報サポートの事例や知見をパッケージ化した「HPSC パッケージ」を全国に展開し、地域におけるトップアスリートのサポート環境の整備とサポート・スペシャリストの養成を促進することで、質の高いサポートが全国各地でシームレスに実施されるような環境を構築することである。

北翔大学は、2021年10月に連携機関(体力測定)として指定された。

本発表では、北翔大学における体力測定の概要を報告することを目的とする。

2. 方法

対象は、日本障害者スキー連盟に所属するパラリンピッククロスカントリースキー選手であった。連携のためのテストケースとして、2018年と2019年の6月・11月に体力測定を実施した。測定項目は、体脂肪率(BODPOD)、最大酸素摂取量(MINATO)、等速性膝関節伸展・屈曲筋力(BIODEX)、上肢パワー(スキーエルゴ)、姿勢チェック(FAAB)であった。

連携機関に指定された後、2022年11月、2023年7月にも同様な測定を実施した。

3. 結果

2018年、2019年の測定においては、国立スポーツ科学センター(JISS) スタッフが中心となって測定を実施した。FAABに関しては、本学独自のシステムにより、手作業にて帳票を作成した。

2022年度以降の測定においては、本学の研究者が主体となって測定を実施した。FAABに関しては、JISS スタッフによるFAABシステムによる測定を行った。

4. 考察

連携機関として測定を実施することにより、以下の効果があった。

- 1)測定方法の確認をすることができた。
- 2)院生・学生にとっての学びの場となった。
- 3)FAABの実施が容易となった。

参考文献

- 1) 竹田唯史他 国立スポーツ科学スポーツセンターと連携によるパラリンピッククロスカントリースキー選手のフィットネス測定について、北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター年報 10 37-41, 2020
- 2) 日本スポーツ振興センター ハイパフォーマンススポーツセンターとは <https://hpsc-network.jpnsport.go.jp/about> 2023年9月10日参照

ストーン軌跡に対する氷面とストーンの総回転数の影響

○亀田貴雄¹, 長谷川稔¹, 原田康浩¹, 山崎英威²

1) 北見工業大学

2) どうぎんカーリングホール

1. はじめに

氷上を滑るストーンが曲がるメカニズムについては、これまでに科学論文が20編以上出版されているが、いまだに未解明な部分が残る。このため、我々はストーンが曲がるメカニズムの解明を目指して、カーリングホールで計測実験を実施している。Kameda *et al.*(2020)¹⁾はストーンが曲がる現象にはストーン下部のランニングバンド(円環状の氷との接触部)の表面粗さが重要であることを指摘した。今回は2022年9月14日と15日に札幌市のどうぎんカーリングスタジアムで実施した実験結果を報告する。

2. 測定方法

ストーンの位置座標はニコントンプル社製のトータルステーション S9 を使用し、0.05 秒間隔で測定した(測定した距離の正確度: 0.8 mm + 距離の 1ppm)。計測した軌跡データはカーリングホールの長手方向(y軸方向)に向けて投げたように Kameda *et al.*(2020)¹⁾ 記載の方法でストーンの軌跡の初期角度補正をした。ストーンと接触するペブルの上端面は圧力フィルムを使って測定した。また、散水およびニッパーの回数を変えた氷面を準備し、それぞれの氷面でのストーン軌跡およびペブル上端面の状況を測定し、氷面の違いがストーン軌跡に与える影響を調べた。表1は実験で使った氷面の状況である。

表1 実験で使った氷面。

名称	氷面の状況
D2-1	標準氷面(散水15°C#76×2(1往復)+ニッパー1往復)
D2-3	散水1往復+ニッパー3往復(D2-1+ニッパー2往復追加)
D2-5	散水1往復+ニッパー5往復(D2-3+ニッパー2往復追加)
D1-1	散水15°C#76(片道)+ニッパー1往復
D1-3	散水1回(片道)+ニッパー3往復(D1-1+ニッパー2往復追加)
D1-5	散水1回(片道)+ニッパー5往復(D1-3+ニッパー2往復追加)
D5-1	どうぎん標準氷面(散水15°Cで#76で片道+40°Cで#74で片道+ニッパー1往復)
D5-3	どうぎん標準氷面+ニッパー2往復(ニッパー1往復追加後)
D5-5	どうぎん標準氷面+ニッパー3往復(ニッパー1往復追加後)

3. 結果および考察

図1は9種類の氷面に対するストーンの曲がり幅の結果を示す。同じ氷面で比べると、ストーンはニッパーの回数を増やすと曲がるようになることがわかった。これはニッパーをかけることにより、ストーンと接触する面積が増加し、そのためにストーンを曲げる力がより働くためであると考えられる。図2は圧力フィルムによるストーンとの接触痕の総面積と曲がり幅との関係を示す。氷面D2とD5は同じ曲線上になったが、氷面D1ではストーンは有意に曲がらなかった。これは氷面D1では散水回数が少ないため、ペブルの分布が不均一になっているため、十分にストーンを曲げる力が働かなかったためである可能性が考えられる。当日はストーンの総回転の影響についても説明する。

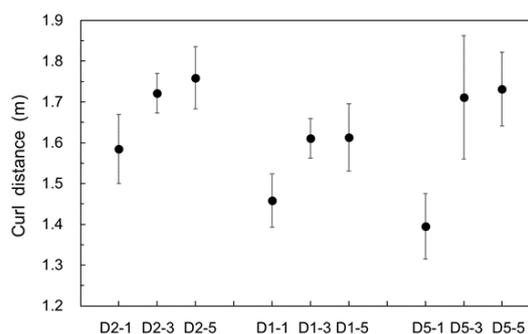


図1 9種類の氷面と曲がり幅との関係。

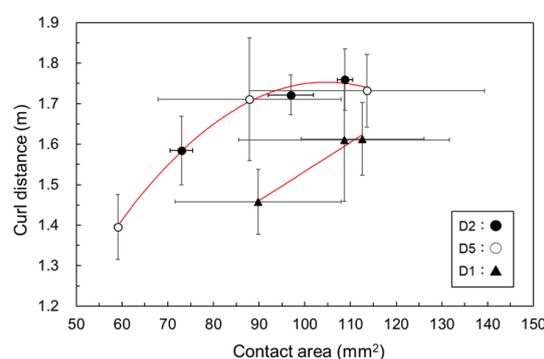


図2 氷面でのストーンとの接触痕の総面積とストーンの曲がり幅との関係。

参考文献

- 1) Kameda, T., D. Shikano, Y. Harada, S. Yanagi, and K. Sado (2020): The importance of the surface roughness and running band area on the bottom of a stone for the curling phenomenon. *Scientific Reports*, **10**, 20637. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76660-8>.

2023 年全農カーリング日本選手権大会の試合分析に関する一考察

○工藤玲己[†], 近藤大[‡], 柳等^{††}, プタシンスキ・ミハウ[†], 相原伸平^{*}, 榊井文人^{††,*}

[†] 北見工業大学工学部, [‡] 北見工業大学大学院工学研究科

^{††} 北見工業大学冬季スポーツ科学研究推進センター, ^{*} 国立スポーツ科学センター

1. はじめに

我々は、カーリング競技の戦術面の支援を目的として、エキスパートレベルの大会を中心に過去の試合 2,410 試合（約 24 万ショット）の情報をデータベース化し、データサイエンスの観点から分析を行なっている[1].

本発表では、日本選手権の試合データを対象として、ショットスコアに注目した分析を試みたので、その結果について報告する.

2. 分析環境

対象とした試合データは、2023 年全農カーリング全日本選手権大会[2]のうち 16 試合（男女各 8 試合, 2,320 ショット）である. データには、1 投毎にショットの種類とショットの精度を 0~4 の 5 段階の順序尺度で表すショットスコアが記録されている. 例えば、指示通りのショットが実現できれば 4 点、一部指示通りのショットであれば 3 点となる. スコアの判断基準としてカナダカーリング協会が監修したガイドラインに準拠した.

分析に伴うデータ処理にはプログラミング言語 Python のライブラリ pandas, Numpy, matplotlib を用い、エンド別、ポジション別ショットスコア平均値、ショットスコアのばらつきを計算した.

3. 分析結果と考察

分析の結果、全体的に勝者と敗者では勝者のショットスコアが優位であることが確認できた. 男子はフォースのショット精度が勝敗

に強く関係しており、女子は相対的にショットスコアと勝敗の関係が弱いことがわかった.

また、エンド別のショットスコアの推移においては、男子では勝者のドロウのショットスコアが優位であり、特に 5 エンド以降のドロウの精度が高い. 女子では勝者はテイクアウトのショットスコアが優位であり、6 エンド以降のテイクアウトの精度が高いことなどが明らかになった.

これらの傾向は、男子と女子では勝敗に強く関係する戦術要素が異なり、戦術・戦略にも異なる特徴が存在することを示唆している.

4. おわりに

本発表では、2023 年全農カーリング全日本選手権大会から 16 試合の試合情報を対象としてショットスコアに注目した分析から、男子と女子で異なる特徴があることを報告した.

今後は、詳細な戦術・戦略との関係性を分析していく必要がある.

謝辞 本研究はスポーツ庁委託事業「スポーツ支援強化のための基盤整備事業」の助成を受けています.

参考文献

[1] 榊井他, カーリングの競技支援を目的とした工学的アプローチによる実証型研究, デジタルプラクティス招待論文, 情報処理, Vol. 61, No. 11 (2020. 11)

[2] 全農日本カーリング選手権大会 2023, <https://japan-curling.jp>

カーリングリンク氷面に形成されるペブルの広域測定法

—イメージスキャナを用いた測定と解析—

○大村 玄¹, 原田康浩², 亀田貴雄²

1) 北見工業大学大学院工学研究科, 2) 北見工業大学工学部

1. 背景と目的

カーリング競技において投げたストーンの曲がり幅を制御することは戦略上非常に重要であり、それが何によって決まるのか科学的な探究が進んでいる。我々はストーンのランニングバンドの面積と表面粗さが、主な要因の一つであることを明らかにした[1]。一方、ストーンの曲がり幅には氷面のペブルの状態も関与していると考えられるが、その関係はまだ十分には調べられていない。それはリンクの広範囲わたってペブルの大きさや数、接触面積などの情報を簡単に測定できる方法がまだないことが理由として考えられる。

我々はリンク氷面に形成されたペブルの情報を広い範囲で簡単に測定して把握する方法として、イメージスキャナの利用を検討し、装置の開発を進めている。本報告ではスキャナの光学系の違いがカーリングリンク氷面の読み取り結果にどのような影響を及ぼすのかを調べ、ペブル測定に有効な光学系を明らかにした。またストーンに接触するペブルを反映した情報を抽出するための画像処理について検討した。

2. 実験方法

氷面の計測は 2022 年 2 月 19 日にアルゴグラフィックス北見カーリングホールの C レーンにて、光学系が「縮小光学系」のスキャナ (EPSON GTS640) と「密着型」のスキャナ (EPSON GTS650) を用い、スキャナの本稿読み取り面を下に向けて氷面に載せ、スキャナ全体をカバーで覆って遮光して行った。また同じ氷面に対して鉛直上方から若干傾けた方向からデジタルカメラ (OLYMPUS TG6) を使って氷面の凹凸構造を視認できる反射画像を撮影した。これら二つの結果を比較することでイメージスキャナが氷面の情報をどのような画像として読み出しているのかを調べた。

3. 結果と考察

図 1 に同一箇所を計測した一例を示す。氷面の凹凸がとらえられた鉛直上方写真 (図 1(a)) に対し、密着型による結果は氷表面に残る背の低い古いペブルの構造や新しいペブルの球台状の構造を陰影のある

画像として捉えている (図 1(b))。それに対して縮小光学系型では氷面の凹凸構造は見られない (図 1(c))。これは、密着型は焦点深度が 1mm 程度と浅く、氷表面の構造のみに合焦して画像を形成するのに対して、縮小光学系は焦点深度が深く、氷内部の細かな気泡や床面にも合焦して像を形成するためであると考えられる。以上から、スキャナを用いて氷表面の凹凸構造を画像化して取得するには密着型スキャナが適していることがわかる。

図 1(b)を詳しく観察すると、氷表面の凹凸構造を表す陰影に加えて各所で画素値の高い白い斑点模様が観察されることがわかる。図 1(b)中の(1), (2), (3)はそのうちの代表的な三つの場合を示したもので、(1)は新しいペブルの下方に観察されるもの、(2)は古いペブルの下方に観察されるもの、(3)はペブルの存在しないほぼ平坦な部分で観察されるものである。紙面の都合で詳細は省略するが、これらの白い斑点の形状、大きさ、画素値を評価することで 1)ペブルの有無、2)ペブルの場合はその高さや大きさを推定できる可能性があること、3)これを読み取り画像全体に適応することで比較的容易に広範囲の氷面状態を把握することができることを報告する。

参考文献

1) T. Kameda, D. Shikano, Y. Harada, *et al.* Sci.Rep. **10**, 20637(2020).

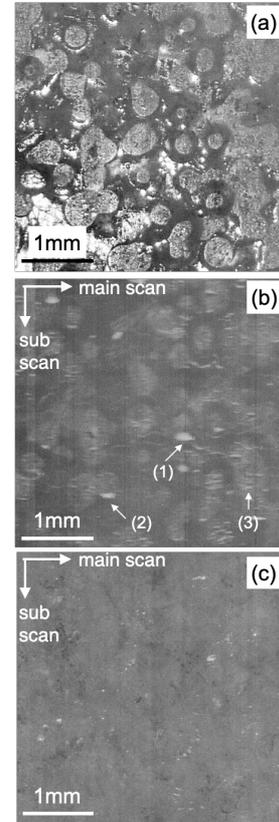


図1 氷面鉛直上方写真画像 (a)とイメージスキャナ読み取り画像 (b), (c). (b) 密着型, (c) 縮小光学系.

デジタルカーリング：現状と課題そしてさらなる発展にむけて

○片桐諒祐¹, 曾根忠瑛¹, 河村隆¹, 伊藤毅志², 梶井文人³

¹ 信州大学, ² 電気通信大学, ³ 北見工業大学/国立スポーツ科学センター

1. デジタルカーリングとは

カーリングの戦略を科学的に議論するため、伊藤毅志研究室でカーリングのストーンの挙動をシミュレートするプラットフォームとして、デジタルカーリングが開発された¹⁾。初代デジタルカーリングが開発された2013年当時、ストーンのカールの実測データはほとんど得られなかったため、その挙動は簡単な物理モデルで表現され、ショットの不確定性を正規乱数で表現された。2019年には、ルール変更に対応できる第二世代デジタルカーリングが森らによって開発、公開された。しかし、これらのデジタルカーリングは、実環境のストーンの挙動を表現したものではなかった。上原らは、近年の研究で計測されたデータに基づいて、より現実に近いシミュレーションモデル (FCV モデル) を提案した。さらに、2022年には、このような新しいシミュレーションモデルを容易に組み込むことが可能な第三世代デジタルカーリング (DigitalCurling3) を開発し、公開した²⁾。デジタルカーリングの開発に伴って、カーリングをプレイする AI の研究も盛んになり、多くの強いプログラムが登場することになり、研究が進められてきた³⁾。第三世代デジタルカーリングは、最近公開されたばかりであり、GUI や開発環境も徐々に整いつつある。この新しいシステム上で、多くの AI 研究や実環境への応用が進められることが期待されている。

2. デジタルカーリングの現状と課題

DigitalCurling3 の特徴は、TCP による非同期通信によって、サーバを介した2つのクライアント間の対戦をシミュレーション環境内で行っている点である。サーバでは、設定ファイルを書き換えることによって、カーリングシートやショットの乱数、思考時間等を変更することができる。また、現在はフリーガードゾーンルール等の2022年ルールに従った設定になっている。

クライアントでは、C++によって実装されたテンプレートが用意されており、それを用いた思考エンジンの作成が推奨されている。

作成例として、標準入力を用いるもの、ルールベースのもの等が挙げられている。

3. Python による開発環境の構築

今回、河村隆研究室で Python によるクライアント開発環境が整えられ、GitHub, PyPI によって配布されている。機械学習の分野では Python が C++をリードし、多くのライブラリを使用できる環境が整っている。思考エンジンの作成はより簡単に行えるようになると考えられ、新規参加者が期待できる。

4. 今後の課題

1. Web 上に常設サーバを立てることによる、ネットワーク対戦の実現
2. 対戦中における GUI を追加することによる、ブラウザ上での対戦の可視化
3. 新規参入者に対するハードルを下げることで、デジタルカーリングの普及促進
4. 多くの参加者によるゲームの実施と試合 log データの蓄積

5. おわりに

DigitalCurling3 はバージョンアップにより、実際により近いシミュレーション環境が実現されるとともに、ネットワーク越しの対戦が可能になるなど、ポテンシャルが向上している。今後はクライアント作成の易化を推進するなどの普及に努めたい。

謝辞

本研究はスポーツ庁委託事業「スポーツ支援強靱化のための基盤整備事業」の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 北清勇磨, 伊藤毅志. カーリングの戦略を支援するシステムの提案と構築. ゲームプログラミングワークショップ 2013 論文集:154-161, 2013.
- 2) 上原嘉織, 伊藤毅志. シミュレーションモデルの追加拡張が可能な新しいデジタルカーリングシステムの構築. ゲームプログラミングワークショップ 2022 論文集, 2022:61-67, 2022.
- 3) 山本雅人, 伊藤毅志, 梶井文人, and 松原仁. カーリングと AI. 情報処理, 59(6):500-504, 2018.

複数の LRF を用いたカーリングシート全域のストーントラッキングシステムに関する研究

○曾根忠瑛¹, 河村隆¹, 榎井文人²

¹ 信州大学, ² 北見工業大学/国立スポーツ科学センター

1. 背景と目的

我々は、「人間と対戦できるカーリングロボットシステムを開発し、また、カーリングに関連する物理現象を解明する」ため、ロボットシステムの開発と機械学習によるカーリングの戦術の研究している。

カーリングの物理現象・戦術のどちらの研究にも、多くの正確な軌跡データが必要である。カーリングストーンの軌跡はペブルの状態や氷温などの要因によって変化する¹⁾。投球・戦術の研究のどちらにおいても、この変化を考慮し軌跡を予測した上で投球パラメータを決定する必要がある。競技者は経験的に氷を「読む」ことでストーンの軌跡を予測するが、ロボットは、直前のストーンの軌跡や過去のデータから予測する必要がある。また、カーリングストーンの軌跡を計測するシステムはいくつか存在するが、既設のカーリング場に設置すること・他のシステムとの迅速に連携することのどちらも難しい。このため、どのカーリング場であっても容易に設置できる可搬性と、物理現象の研究に使用可能な精度を持つシステムを開発した。

2. 方法

このシステムは、簡易的に設置し、シート全体を対象に高精度なストーンの軌跡を観測することを目的とする。センサとして北陽電機社製レーザーレンジファインダを複数台使用した。これらのセンサは姿勢を確定せずに設置され、ストーンの測定前に各センサが検出するシート枠などの位置が既知の物体を用いて、各センサの姿勢を推

定する。その後、各センサによる測定領域内を移動するストーンの点群を取得し時間的に統合、不要な点群を除去することでストーンの軌跡を取得した。

3. 結果・考察

アルゴグラフィックス北見カーリングホールにおいて、シート全域を対象として測定し、ストーントラッキングシステムと比較した。その結果、それぞれの軌跡はほぼ一致し、ハウス付近においてわずかに異なった。現状、いずれのストーントラッキングシステムも絶対精度の検証が行われておらず、精度の検証は今後の課題である。

取得したデータをもとに、速度のグラフを作成した。特に、速度の X 成分に注目すると、25s 付近から急激に変化していることがわかる。これは村田が提唱する、ストーンが一定以下の速度となったときに生じる"gear-on"現象²⁾を計測したものと考えられる。

謝辞

本研究はスポーツ庁委託事業「スポーツ支援強靱化のための基盤整備事業」の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 前野 紀一. アイス・ペブル上でカーリング・ストーンが曲がるメカニズム. *Bulletin of Glaciological Research*, 28:1-6, 2010.
- 2) Jiro Murata. Study of curling mechanism by precision kinematic measurements of curling stone's motion. *Scientific Reports* 2022 12:1, 12:1-8, September 2022.

冬季スポーツ科学フォーラム 30 年間の発表演題

— プログラム一覧から見た発表数と分野 —

○飯塚邦明

冬季スポーツ科学フォーラム事務局

背景と目的

冬季スポーツ科学研究会は、1989 年に横浜国立大学での発起人会以来、毎年、フォーラムを開催してきた。今年、これまでの会報等、整理しようと思いつき、作業にとりかかったが、コンピューターのトラブルに多々、見舞われた。自分では保存しているつもりのもものが、実は取り出せない、消えてしまったことを思い知らされた。反省をしながら、読み取れるものを整理することにした。

方法

1990 年、岡山県の「つしま苑」での設立総会から 2019 年の長岡「まちなかキャンパス」までの 30 回のフォーラムのプログラムについて、発表者の名前、所属、分野、演題等を一覧表にまとめた。一覧表を冬季スポーツ科学フォーラムのウェブサイトに掲載するとともに、(1) 年度別の発表者数 (2) 話題の種目別の割合 をグラフにした。

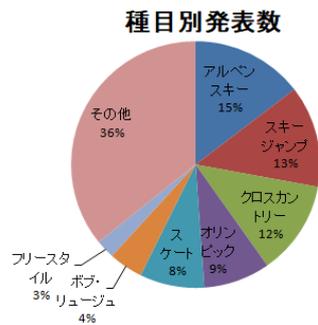
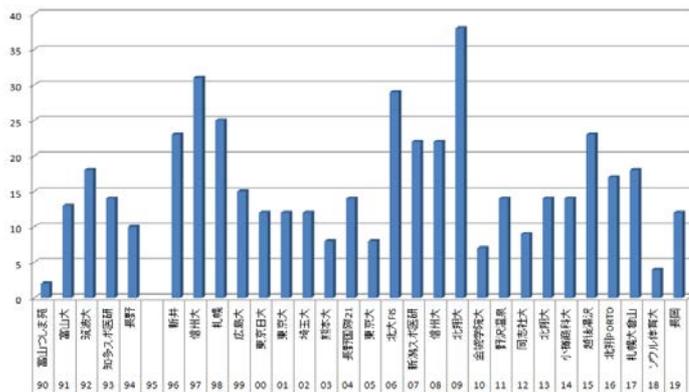
結果

30 年にわたる、発表者数の変化を棒グラフ

に示す。最多は 2019 年北翔大学での第 20 回記念フォーラムでの 38 題。平均 16 題程度で、総計は 461 題。発表の種目手別分野は、スキーが最も多く、アルペン、ジャンプ、クロスカン トリー合わせて 40%、スケートは 8%、長野オリンピック当時は、ボブスレーの話題もあった。1998 長野冬季オリンピック、2018 韓国ピョンチャン冬季オリンピックの前にはオリンピック関係のシンポジウムも行われている。

考察

冬季スポーツ科学研究会発足当時は、どのような形でプログラムや抄録を保存するか、事務局・飯塚に一貫した方針がなかった。2007 年に三浦哲氏が幹事となった 18 回フォーラム以降、プログラム冊子を PDF として発行するようになった。それ以降の整理、保存は Mac、Windows にかかわらず、たいへん楽になった。今後とも PDF での出力、保存を幹事の方にお願ひし、ウェブサイトにも掲載を続けていきたい。



スノーボードスロープスタイルビッグエアにおける生体データ共有システムの開発

○山本悠介¹、尾崎宏樹²、木村新²、稲葉優希²、石毛勇介²

1) 日本スポーツ振興センター

2) 国立スポーツ科学センター

1. 背景

スノーボードスロープスタイルビッグエア（以下 SSBA）では、心拍数や移動速度、映像等を収集し、同期させて表示することで、選手ごとのパフォーマンス向上における課題を検討している。一方で、さまざまなデバイスでデータを収集するため、データ形式やサンプリングの頻度の違いを考慮してデータを統合させるには多くの手作業が必要である。また、これらの作業はサポートスタッフだけでなくコーチが行うこともあるため、シンプルな運用が求められる。そこで本発表では、SSBA で実施している各種生体データの収集および共有を、遠隔で実施することを可能にするためのシステム開発について報告する。

2. データ収集

SSBA では、技術トレーニングに腕装着型心拍計 (Polar WR50、Polar)、GPS (S7、Catapult)、足圧分布 (OpenGo、Moticon) を計測し、滑走中の映像と同期させてアスリートやコーチにフィードバックしている (図 1)。同期画面では、滑走中の映像に重ねて足圧の分布、左右足の反力、時々刻々の速度と心拍数を表示させ、各試技の運動パフォーマンスや疲労度合の評価等に活用している。この同期作業においては、①心拍計および GPS デバイスを専用アプリに接

続し、生データを csv 形式でダウンロードする、②ビデオカメラ等の映像機器から SD カードを用いて映像を PC へコピーする、③ Python 言語で開発したツールで各種生体データを読み込み、測定値ごとにタイムスタンプを計算してデータベース (SQLite) に登録する。④ Python 言語で開発したツールを用いて映像画面に各種生体データを重ねて表示させた動画を任意の拡張子で書き出す、という手順を手作業で行っている。



図 1 各種データと映像の同期例

3. アプリ開発

これらの作業にかかる負荷を軽減させるとともに、アスリートが合宿地にいる場合でも JISS とデータの共有ができるよう、クラウド型のデータ収集・分析アプリケーションの開発を行っている。映像の他に収集する生体データは様々な競技に対応できるように汎用性を持たせている。また、クラウド型にすることで場所を問わずアスリートやコーチ、サポートスタッフがタイムリーにアクセスできる設えとする。

スピードスケートスーツの空力を考慮したニット生地選択

○鈴木功士¹、山辺芳¹

1) 国立スポーツ科学センター

1. 背景と目的

競技用低抵抗ウェアは選手に作用する空気抵抗を低減する競技用具のひとつである。スピードスケート競技において競技用低抵抗ウェアはスーツと呼ばれ 1998 年までのスーツ開発は摩擦抵抗の低減を意図して表面が滑らかな生地を用いる傾向にあった。1998 年以降のスーツ開発は圧力抵抗の低減を意図して、スーツ表面の一部にトリップワイヤ（ワイヤなどの突起物）や表面粗さを適用し、近年では表面に溝などの特徴をもつニット生地などを適用している。しかし、溝などの特徴をもつニット生地の伸張や二次加工による微細な表面形状の違いと空力特性の関係についてスポーツに応用できる詳細な報告はみられない。そこで本研究は、大腿部付近に使用する溝付きニット生地の異なる 2 種類のワンピーススーツについて環境や体格を考慮した使い分けの基準を明らかにすることを目的とした。本稿ではその一部を記載する。

2. 方法

本研究は、大腿部付近に使用する溝付きニット生地の異なる 2 種類 (Suit A、Suit B) のスーツを対象に空力測定を実施した。大腿部付近の溝付きニット生地は、Suit A が Suit B より谷が深い生地であった。

空力測定は国立スポーツ科学センターのゲッチンゲン式風洞実験装置で実施した

(図 1)。風速 U [m/s] は 10 m/s から 18 m/s の範囲とし、0.5 m/s ピッチで設定し、測定中は一定とした。1000 Hz で 5 秒間の測定を 4 回実施し、その平均値を抗力とした。測定した抗力 [N] を動圧 [Pa] で除して抗力面積 S_D [m²] を算出した。また、計測部床面の影響をとり除くために、人形模型を取り除いた状態の S_D を測定し各測定結果から差し引いた。



図 1 人形風洞実験

3. 結果

人形模型を用いた空力測定の結果を図 2 に示す。 S_D は $U \leq 14.5$ m/s で Suit A < Suit B、 $U > 14.5$ m/s で Suit A > Suit B であった。考察など詳細は発表時に報告する。

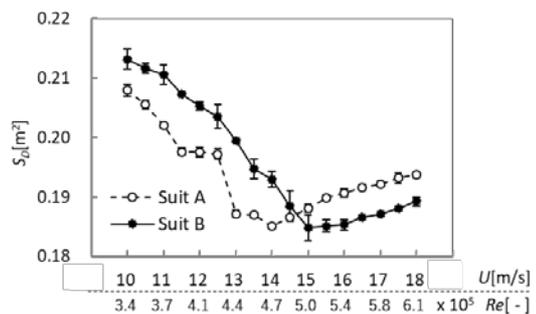


図 2 スーツの違いと空力の関係

スピードスケート隊列滑走における後続者プッシュ姿勢による空力への影響

○鈴木功士¹、山辺芳¹

1) 国立スポーツ科学センター

1. 背景と目的

2019-2020 シーズン以降、チームパシュートにおいて後続者が先行者に接近し、右手で押しながら滑走する「プッシュ」戦術が見られる。2021年にアメリカ男子チームが「プッシュ」戦術で選手交代をせずに当時の世界記録を樹立した。

そこで本研究の目的は、スピードスケート隊列滑走において、後続者のプッシュ姿勢が、先頭者の空気抵抗に及ぼす影響を明らかにすることとした。

2. 方法

本研究は、実寸大の人形模型を2体用いてスピードスケートの隊列滑走を想定し、JISSのゲッチング式風洞実験装置で空気抵抗を計測した。人形模型は、右脚をプッシュして両腕を背中に回した典型的なスピードスケートの姿勢（以下、この姿勢をBとする）と、左腕を背中に回し、先行者をプッシュするために右腕を伸ばした姿勢（以下、この姿勢をPとする）であった。

図1に隊列の位置関係と人形模型の姿勢を示す。選手間の前後方向の距離 d [m] は2種類（0.8 m、1.0 m）とした。先頭の姿勢は、上胸部の迎角を常に 0° に固定した。後続は上胸部の迎角を3種類（ 0° 、 20° 、 40° ）に設定した。

本研究の気流速度は、国際大会における

チームパシュートのおおよその速度域である $12\sim 16$ m/s に設定し、測定中の気流速度を一定とした。空気抵抗は、 1000 Hz で5秒間計測し、各隊列条件で4回計測して平均値を算出した。また、測定した抗力 [N] を動圧 [Pa] で除して抗力面積 $C_D A$ [m²] を算出した。

(5) 結果

図2に、気流速度 15 m/s における単独時に対する先頭の抗力面積の低減率を示す。先頭の抗力低減率はすべての隊列条件で B 姿勢 < P 姿勢であった。すなわち右腕を伸ばしたプッシュ姿勢は、上肢を後ろに組んだ姿勢よりも先頭スケーターの空気抵抗を低減できる可能性が示唆された。



図1 隊列の位置関係と人形模型の姿勢（選手間距離 $d=0.8$ m、上胸迎角 先頭 0° 後続 40° ）

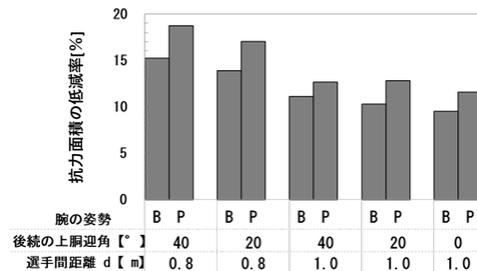


図2 気流速度 15 m/s における各条件での先頭の抗力低減率

転倒回避の指導内容・方法の実践的研究

— 健全な中・高齢者を対象として —

渡部 和彦

(広島大学名誉教授)

スポーツ健康科学研究所 (LLP)

1. 背景と目的

冬季スポーツの愛好者をはじめ、一般人においても、「転倒」は、怪我や生命の危険を招きかねない重大事故の一つである。転倒を防ぐ対策として、「バリアフリー」をはじめ、様々な対応策がある。しかし、転倒は、屋内・外を問わず、どこでも発生しうる。そこで、「転倒」は、誰にでも起こりうる課題であるとしてとらえ、その対応策(技術)を学習し、身に付けておくことが重要であると考えられる。

筆者は、市民スポーツとして、「ウオーキング」の普及に努めている。対象は、中・高齢者が主である。転倒事故の発生を防ぐために、事前の注意喚起と共に、「転倒回避体操」を(一般市民にも)紹介している。この「体操」では、「立位姿勢に自己外乱(自ら姿勢を崩す)」を与え、下肢(足部)を素早く移動させて姿勢を安定させることがプログラムの原理である。

他方、「人体移動装置」を用いて、立位保持姿勢に水平外乱を与える、姿勢保持訓練も実施する。

フィールドでの「ウオーキング」の場面では、「自己外乱」による訓練プログラムを提供している。

2. 方法

立位姿勢への「外乱(姿勢を乱す条件)」とその対応策には、「外乱の大きさ:強度」

に応じた「戦略(Strategy)」がある。

強度が低い段階から高い段階まで、3段階である。

① Ankle strategy (足関節戦略)、

② Hip strategy (股関節戦略)、

③ Step strategy (ステップ戦略)

これら、3戦略の中で、ステップ戦略は、最終のもので、この戦略が破綻すれば、「転倒」を招く危険性が大きくなる。

3. 結果

1. 中・高齢者対象の訓練プログラム

は、前・後、左・右、斜め前方(V-ステップ)、斜め後方(A-ステップ)共に、比較的容易に動作を習得した(DVDの併用)

2. 「人体移動装置」では、台面移動の方向(前・後)に関係なく、被験者には、ステップ戦略による「支持面」拡大に意識を集中させる事の重要性が示された。

4. 考察

1. 比較的高齢の被験者(男・女)において、「ステップ戦略」実技の習得が可能であることと、その有効性が確認された。

参考文献

渡部和彦: 冬季スポーツのバイオメカス: 指導現場との連携を視点に、体育学研究、47巻4号、307-318, 2002

中学女子クロスカントリースキー選手の体力と競技レベル

○三浦 哲¹、阿部杏奈¹、近藤一麻¹

1) 新潟県健康づくり・スポーツ医科学センター

1. 背景と目的

中学年代の女子クロスカントリースキー選手の体力に関する報告は少なく、この年代の競技レベルによる違いは、未だ明らかでない。そこで、本研究では、競技レベルの差という観点から、中学女子クロスカントリースキー選手の体力特性を明らかにし、トレーニングプログラム処方に役立てることを目的とした。

2. 方法

対象者は、新潟県健康づくり・スポーツ医科学センターの倫理委員会の承認を得た手続き・方法により、自主的に体力測定を受けた中学女子クロスカントリースキー選手 32 名である。体力測定に先立ち、測定の方法と危険性を文書で説明し、選手および保護者の同意を得た。競技レベルにより、県強化指定選手 14 名と非県強化指定（地区）選手 18 名の二群に分けた。さらに、これらの二群に高校女子県強化指定選手群 41 名を加えて、各測定項目を各群間の多重比較（Turkey 法）を行い、5%未満を有意水準とした。

主な測定項目は、ローパワー（漸増負荷連続走運動時の最大酸素摂取量）、40 秒パワー

測定における 40 秒平均パワー、30～40 秒平均パワー、ハイパワー（最大無酸素パワー）とし、これら各パワーを体重で除し、体重比を求めた（/kg）。

3. 結果および考察

表 1 に高校女子県強化指定および中学女子クロスカントリースキー選手の体力測定値、および各競技レベル群間の多重比較結果を示した。各年代の競技レベルの比較において、各測定値の絶対値で統計的に差が有意に認められた。これらのことは、いずれの項目も競技力を高めるために必要といえるが、各群間における年齢、体重および除脂肪体重にも差が認められ、発育・発達と共に高めていくことが必要である。

さらに、各項目の体重比では、ローパワーとハイパワーが、高校・中学の県指定選手が中学地区選手よりも高く、競技レベルを高めるために、より重要な項目といえる。

これらのことから、各項目の必要性が明らかとなり、各測定値を参考に体力を高め、競技レベルを高めることに活用できる。

表 1 高校および中学女子クロスカントリースキー選手の体力測定値の競技レベルの比較

		ローパワー		40秒パワー				ハイパワー									
		最大酸素摂取量		40秒平均パワー		30-40秒平均パワー		最大無酸素パワー									
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差								
高校県指定	平均	2883.9	aa	54.7	cc	398.9	aa	7.53		340.8	aa	6.44		662.0	aa	12.48	cc
n=41	標準偏差	322.9	cc	5.3		52.3	cc	0.45		40.7	cc	0.42		107.6	cc	1.27	
中学県指定	平均	2817.7	bb	54.8	cc	396.7	bb	7.68		324.6	bb	6.31		649.9	bb	12.59	c
n=14	標準偏差	276.9	cc	3.5		48.3	cc	0.27		29.7	cc	0.31		95.6	cc	1.29	
中学地区	平均	2495.0	aa	50.8	aa	360.8	aa	7.30		296.4	aa	6.00		575.6	aa	11.65	aa
n=18	標準偏差	252.7	cc	5.6	bb	48.4	cc	0.63		37.9	cc	0.55		86.6	cc	1.42	b

vs 高校県強化: p<0.01・aa, p<0.05・a; vs 中学県強化: p<0.01・bb, p<0.05・b; vs 中学地区: p<0.01・cc, p<0.05・c

深層学習を用いたカーリング AI の開発

○倉田樹¹、伊藤毅志¹、相原伸平²

1) 電気通信大学

2) 国立スポーツ科学センター

1. 背景と目的

本研究の対象となるカーリングは氷上で行われる二人対戦型のウィンタースポーツであり、「氷上のチェス」と呼ばれるほど戦略性が高いスポーツである。カーリングはどんなに正確なショットを試みても、氷の状態やプレイヤーの技量に伴って、ストーンは100%狙った位置に投げられるわけではない。そういう意味で不確定ゲームに分類される。この不確定要素を持つゲームの戦略を議論する場として、伊藤毅志研究室ではデジタルカーリングというコンピュータ上でストーンの挙動を表現できるシミュレータを提案しており、2022年に上原らが開発した第3世代デジタルカーリング（以降、DC3と呼ぶ）は、近年測定が進んでいるストーンのカールに近いモデルを有するシステムとなっている¹⁾。

本論文では、DC3上でカーリングをプレイするAIを深層学習の手法で実現することを目的とする。

2. 開発手法と問題点

深層学習を用いたカーリング AI としては、第1世代デジタルカーリング (DC1) で動作した UNIST-SAIL というプログラムがある²⁾。本研究では、この手法を模倣するところから始める。UNIAIT-SAIL は、連続空間から行動を探索するためにカーネル回帰を用いたモンテカルロ木探索を行っていたり、教師あり学習と強化学習の両方を

用いたりするなどの特徴を有する。

しかし、以下の点で、UNIST-SAIL の時代と異なる開発の困難さを抱えている。一つは、DC3は2022年に開発されたばかりであり、まだ教師データする十分に強いAIが存在しない点であり、もう一つは、DC1に比べてDC3のストーンの挙動を表す物理モデルが複雑になっているためストーンの挙動の計算に時間がかかる点などの問題である。

3. 今後の予定

現在は UNIST-SAIL の理論を基にしたAIの作成を行っている。上記の問題を解消するために、物理シミュレータを高速で行うシミュレータを提案し、そのシミュレータを用いた深層教師なし学習を行う予定である。まだ、開発を始めたばかりであるので、発表当日までに、開発の進捗状況を報告する予定である。

参考文献

- 1) 上原嘉織、伊藤毅志、シミュレーションモデルの追加拡張が可能な新しいデジタルカーリングシステムの構築、ゲームプログラミングワークショップ2022論文集、pp.61-67, (2022).
- 2) Lee, K., Kim, S., Choi, J. and Lee, S. Deep Reinforcement Learning in Continuous Action Spaces; a Case Study in the Game of Simulated Curling. 2018

カーリングストーンの挙動をフィードバックする 単眼カメラベースのトラッキングシステム

相原伸平¹、○原流空²、中川みのり¹、小笠原歩³、柳等^{3,4}、榊井文人^{1,4}、伊藤毅志²

1) 国立スポーツ科学センター 2) 電気通信大学 3) 日本カーリング協会 4) 北見工業大学

1. 背景と目的

カーリングはストーンやシートの癖を読むアイスリーディングが重要な意味を持つ。選手は、ストーンの挙動をできる限り正確に把握する技術が求められる。ストーンを計測する技術としては、Shi らの研究などが挙げられるが、可搬性と簡易性において大きな課題が残っている。

本研究では近年高性能になっている可搬性の高いカメラを用いた簡易トラッキングシステムを提案し、競技現場において、ストーンを簡易に計測するトラッキングシステムを提案する。本報告では、本システムを用いて、静止したストーンの位置精度、ストーンの速度精度の評価実験を実施したので、その結果について述べる。

2. トラッキングシステムの概要

トラッキングシステムは、カメラから得られた映像から、1台のパソコンを用いて以下の3つの段階の処理を行うことで構成される。まず、ストーンの検出を行い、次に映像内で同一ストーンの追尾を行い、最後にストーン位置をカメラ座標系からグローバル座標系に変換するキャリブレーションを行う。これによって、ストーンのシート状での絶対位置を推定し、ストーンの動作を数値データとして記録する。

このシステムで解析された結果は、可視化ツールを用いてストーンの軌跡や停止位置などを可視化できるようになっている。

3. 実験及び結果

本システムの有効性を計測するために、2つの計測を行った。1つは、座標の取得可能な位置に8つのストーンを配置し、トラッキングシステムで算出される値との比較を行った。その結果、平均誤差は0.04mであった。2つ目は、実際にプレイヤーにストーンを合計41回投げさせて、精度の高いレーザー速度計測機器でハウス側のホグライン通過速度を計測し、本トラッキングシステムで算出される値と比較した。結果として、平均誤差は0.05 m/s、標準偏差は0.03 m/s、相関係数は1.00であった。

4. 考察

ストーンの位置精度、速度精度はいずれも高い精度を達成し、競技現場において、十分な有用性を示すことを確認した。カメラ1台の映像で簡易的に解析可能な本システムはストーンチェックの支援に十分貢献することが期待させる。

5. 謝辞

本研究はスポーツ庁委託事業「スポーツ支援強靱化のための基盤整備事業」の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) Shi, X., Wang, Q., Wang, C., Wang, R., Zheng, L., Qian, C., and Tang, W., “An AI-Based Curling Game System for Winter Olympics”, *Research*, (2022).

熟達化に伴うカーリングデリバリーフォームの変化

○井上悠己¹、伊藤毅志¹、相原伸平²、榊井文人³

1) 電気通信大学 2) 国立スポーツ科学センター 3) 北見工業大学

1. 背景と目的

近年、計測機器や分析技術の進化に伴い、スポーツのフォーム支援システムの研究や開発が進んでいる。しかし、カーリングデリバリーフォームの計測を行った研究は少なく、その学習においては初学者が熟達化にしたがって何が変わっていくのかを知ることは難しい。本研究では、デリバリーフォームの初心者向け学習支援システム構築に向けて、カーリングプレイヤーのフォームや体の位置を計測する装置を用いて、初心者が上達するにつれて、デリバリーフォームにどのような違いが生じるのかを調べる。

2. 実験方法

北見工大カーリング部の学生（1年目5名、2年目5名）を対象に、7月から12月までの間、3回に分けて計測し、熟達するにつれてどのようにフォームが変化していくのかを調べる。

ショットの種類は基本的なドローとヒットを対象にインターンとアウトターンの2種類のショットについて最大40投、投球させる。フォームは、姿勢推定装置1)とヘルメット上部に装着したトラッキングシステムを用いて計測する。姿勢推定装置では、腰の位置を中心とした体の各部位の相対位置関係が計測され、トラッキングシステムでは、シートに対する頭の絶対位置が計測される。この2つを組み合わせることで、体の各部位のフォームだけでなく、シートに対する体の各部位のブレなども計測でき

る。3回行う実験によって、各回のデータを比較することで、各プレイヤーのフォームがどのように変化したのかを調べる。

3. 結果

現在、7,8月に行った1回目の実験は終了しており、頭のブレに関して、一投毎のデータに対して近似直線を引き、それぞれのショットの残差を求め、残差変動を求めた。それをまとめたのが表1である。

表1 ショット全体の残差変動の平均値

	残差変動(m)
1年生	0.076414
2年生	0.047036

その他の詳細のデータも現在分析中であり、発表までにわかったことをまとめて紹介する。

4. 今後の予定

今後は上述の実験を、第2回は10月、第3回は12月に行う予定であり、それぞれの分析を進めていく。また、トッププレイヤーにも本実験と同様の手法で、実験を行って、熟達者との顕著な差について議論を深めていきたい。これらの実験を通して、初級者の学習に有効なフォームデータのフィードバック方法も提案していきたい。

参考文献

- 1) 黒田英慈、林将寛、榊井文人、柳等：“人体姿勢推定技術を用いたカーリング動作解析の一考察”，人工知能学会身体知研究会, SIG-SKL-35, pp.1-6 (2021).

カーリング選手との共創によるカーリングイベントを盛り上げるためのプロジェクションマッピング映像コンテンツの提案

○佐々木野愛¹ 竹川佳成² 相原伸平³ 榊井文人⁴

- 1) 公立はこだて未来大学
- 2) 公立はこだて未来大学
- 3) 国立スポーツ科学センター
- 4) 北見工業大学/国立スポーツ科学センター

1. 背景と目的

近年、カーリングは日本チームの世界大会出場などを通して盛り上がりを見せている。しかし、この盛り上がりは一過性のブームとなってしまう、プレイヤーやファンとして定着する人が少ないのも事実である。そんな中、榊井らによって「カーリングを科学する～情報機械技術を統合した新たな戦術支援の試み」という研究[1]が始まった。そこでは、デジタルカーリング[2]、戦術の解析、ストーン挙動の計測、スウィーピングなど様々な研究が、初心者の上達の支援や、競技人口の増加に貢献するために進められている。本研究では、このデジタル技術と競技支援というかけ合わせから着想を得て、エンターテインメントの側面からカーリングの活性化に貢献することを目指した。カーリングリンクをスクリーンに見立ててプロジェクションマッピングを行い、それらのコンテンツを通して選手や観客を盛り上げ、カーリングという競技そのものを活発にすることを目的とする。

2. 方法

よりよい表現を考案しそれを制作物に反映するためには、コンテンツを制作し、大会やイベントなどで投影して、選手や参加者に見てもらい評価してもらうことが必要である。フィードバックをもとに改善し、より効果的な映像表現は何かを考察することが重要であるが、まずは投影テストを行い、見え方や機材の準備をする必要がある。今回はキャリブレーション、使用する3台のプロジェクターの個体差による彩度・明度・発色の違い、フォントの大きさの違いによる文字の見え方などをテストするため、アルゴグラフィックス北見カーリングホールにて投影実験を行った。テスト実験のための映像には1080×5760の大きさのものを用いた。投影する映像はAdobe After Effectsを用いて制作した。

3. 結果

3台それぞれのプロジェクターによる彩度・明度の違いは大きくは見られなかった

が、中央に設置しているプロジェクターのみ黄色の発色に違いが見られた。しかし映像コンテンツを投影し、見てもらう上で考慮すべきレベルの違いではないと判断した。また、文字の大きさに関しては映像制作の段階で200px以上の大ききでなければ文字として視認することは難しいという結論に至った。加えて、大会やイベントなどで実際に投影する際の機材設営に必要な時間を知る必要があったため、準備に要した時間を計測した。結果は約5分であった。

4. 考察

ここまでの活動で一通り投影に関するテストは実施することができたので、今後はコンテンツの考案を行う必要がある。エンターテインメント性の高いプロジェクションマッピングという媒体において、映像コンテンツの内容、質は重要な要素といえる。現在はオホーツク観光大使のキャラクターでもある「結月ゆかり」と、ここまでの実験でも制作してきたモーショングラフィックスの映像をかけたあわせた大会などでのオープニング映像を構想している。実際に大会で投影することが決定しているため、今回のテスト実験で分かったことを整理しつつ、映像を制作していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本学術振興会:科学研究費助成事業データベース, ”カーリングを科学する情報機械技術を統合した新たな戦術支援の試み”, <https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHIPROJECT-15H02797/>, (参照 2018-12-30)
- 2) 電気通信大学, ”デジタルカーリング”, <http://minerva.cs.uec.ac.jp/curling/wiki.cgi>, (参照 2018-2-30)

謝辞

本研究はスポーツ庁委託事業「スポーツ支援強靱化のための基盤整備事業」の助成を受けたものです。厚く御礼申し上げます。

簡易トラッキングシステムによるストーン挙動データを用いた アイスリーディング支援の検討

○相原伸平¹、中川みのり¹、小笠原歩²、柳等^{2,3}、原流空⁴、伊藤毅志⁴、榎井文人^{1,3}

1) 国立スポーツ科学センター 2) 日本カーリング協会 3) 北見工業大学 4) 電気通信大学

1. 背景と目的

カーリングにおいて、勝敗の鍵を握る要素の一つに、氷の状況を見極める「アイスリーディング」がある。我々は、これまでに単眼カメラを用いた簡易ストーントラッキングシステムを提案してきた。本研究では、本システムを用いて取得したストーン挙動データに基づくアイスリーディング支援の可能性について報告する。

2. データ取得試験

ドロショットを対象として、ストーン挙動を簡易トラッキングシステムで計測した。図1に示すとおり、ショット毎にストーン停止位置、ストーンが曲がり始める位置（ブレイクポイント）を取得した。また、レーザー速度計測機器でホグライン通過速度を計測した。同一シートにて、計23回のドロショットのデータを取得した。

3. 結果

ホグライン通過速度とブレイクポイントの関連を分析した。ブレイクポイント位置にホグライン通過速度を付した散布データを

を作成し、放射基底関数を用いた2次元補間によりヒートマップを作成した（図2）。

4. 考察

ホグライン通過速度に応じたブレイクポイントを可視化した。例として、図2に示すブラシに向けて投擲した場合、ホグライン通過速度が約2.0 m/sではa地点から、約2.4 m/sではb地点から曲がり始めることを把握できる。また、投擲する選手からみた左コースは、右コースより低速ショット時のブレイクポイントが手前にあり、曲がりやすい傾向にある。本研究では、ホグライン通過速度をレーザー速度計測機器で取得したが、カメラの撮影条件によっては、簡易トラッキングシステムで取得できる。従って、試合時にカメラ映像を取得するだけで、アイスリーディング支援に資するデータを提供できる可能性を有している。

謝辞

本研究はスポーツ庁委託事業「スポーツ支援強靱化のための基盤整備事業」の助成を受けたものです。



図1 取得したデータの種類

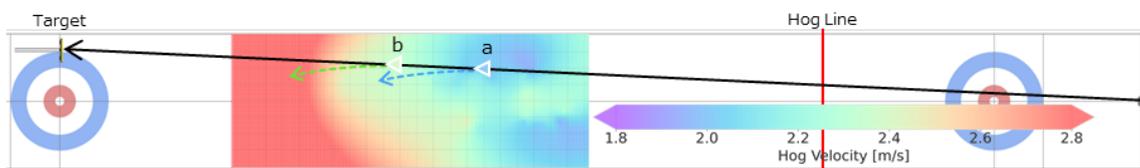


図2 ホグライン通過速度とブレイクポイントの関係を示すヒートマップ

得点差と残りエンド数を考慮したカーリングの 局面評価関数の学習と勝率予測

—Learning of evaluation function and prediction of winning probability
of curling based on score difference and ends remaining—

○岩崎智也¹, 野口渉¹, 相原伸平², 山本雅人¹

1) 北海道大学

2) 国立スポーツ科学センター

1. 背景と目的

カーリングは氷上で行われるスポーツであり、2つのチームが得点を競う。カーリングでは戦略が勝敗に大きく影響すると言われており、この戦略を評価するためにデジタルカーリングというプラットフォームが存在する。本研究では、このプラットフォーム上で動作し、従来手法と比べて、より大局的な戦略をとることができるカーリングAIを構築した。具体的には、従来モデルでは各エンドの得点を最大化するような学習を行ったが、提案モデルではゲーム全体の勝率を最大化するように学習を行う。

2. 方法

ある局面において勝率を最大化する最善手を求めるために、任意の局面に対する局面評価関数を必要とする。従来モデル¹が残り投球数ごとにモデルを構築していたのに対し、提案モデルでは、投球数、残りエンド数、得点差を入力として追加し、一つのモデルで各投球に対応できるようにした。教師データとなる得点分布は、自動的に生成したシート上のストーン配置ごとに最適なショットを算出し、乱数に加わるショットを繰り返すことで求める。今回はエンド最後の投球のみについて学習を行った。

3. 結果

従来モデルとの優位性を検証するためにエンドの得点の最大化以外の戦略が必要な局面を用いる。

残りエンド数は2で得点差は0とする。検証結果を図1に示す。この局面は簡単に1点を得られる状況であるが、最適な戦略はハウス内のストーンをテイクし、自身のストーンもハウス外に出して、両チーム無得点(ブランクエンドと呼ぶ)として後攻を維持する戦略である。提案モデルは0点の確率が最も高いと予測することができた。

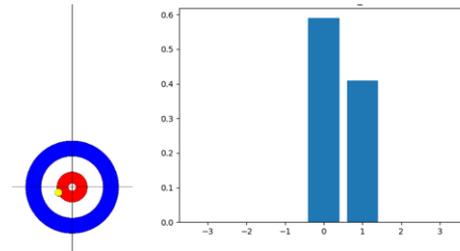


図1.検証結果

4. 考察

提案モデルは従来モデルでは正確に予測できなかった局面も対応することができた。今後の研究では残り投球数が複数ある場合についても予測が行えるようにモデルの学習を行いたい。

謝辞

本研究はスポーツ庁委託事業「スポーツ支援強化のための基盤整備事業」の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 安宅耕太郎, 飯塚博幸, 山本雅人. デジタルカーリングにおける局面に対する期待得点分布の学習. 研究報告ゲーム情報学 (GI), Vol. 2019, No. 6, (2019)

カーリング公開実験（シンポジウムと同時開催）

【9月30日（土） / 10月1日（日） / 10月2日（月）】

9月30日（土）	内容	
10:00~14:00	公開実験1	氷上プロジェクションマッピング／デリバリーロボット
14:00~16:00	調整	
16:00~19:00	公開実験2	氷上プロジェクションマッピング／デリバリーロボット

10月1日（日）	内容	
10:00~14:00	公開実験3	氷上プロジェクションマッピング／デリバリーロボット
14:00~16:00	調整（→13:00-15:00 見学ツアー（非公開，関係者のみ））	
16:00~18:00	公開実験4	氷上プロジェクションマッピング／デリバリーロボット



施設見学会【10月1日（日） 13:00～14:30】

カーリング@アルゴグラフィックス北見カーリングホール



アルペンスキー@北見工業大学 3号館 4階・5階



Skytechの体験が
できます
(スキーブーツを
ご持参ください)

第4回冬季スポーツ科学シンポジウム実行委員会

実行委員長

- ・ 中里浩介 (北見工業大学)

実行委員 (プログラム作成委員)

- ・ 榎井文人 (委員長：北見工業大学)
- ・ 相原伸平 (国立スポーツ科学センター)
- ・ 佐藤満弘 (北見工業大学)
- ・ 竹田唯史 (北翔大学)
- ・ 柳 等 (北見工業大学)

実行委員

- ・ 伊藤毅志 (電気通信大学)
- ・ 河村 隆 (信州大学)
- ・ 竹川佳成 (公立はこだて未来大学)
- ・ 松原 仁 (東京大学)
- ・ 山本雅人 (北海道大学)