

カーリング科学シンポジウム2024

日時：2024年3月19日（火）・20（水）

場所：電気通信大学内（調布市）

https://www.uec.ac.jp/news/event/2024/20240308_6059.html

形式：ハイブリッド開催（聴講者にはzoom配信）

オンライン聴講の申し込みは右のQRコードへ（3月18日まで受付）

後日、聴講申込者向けにアーカイブ配信も予定していますので、是非お申し込み下さい。

主催：独立行政法人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
北見工業大学・冬季スポーツ科学研究推進センター

電気通信大学・エンターテインメントと認知科学研究ステーション

※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。



グラナイトカーリングクラブ（カナダ・ウィニペグ）

カーリング科学シンポジウムは第2回目の開催となります。この一年で、カーリングの戦術や技術は大きく変化する兆候を見せています。これらの変化が恒常的なものなのか、はたまた一時的なものなのかはまだ検証されていません。これらの検証を客観的に行い、論理的に考察するのはカーリング科学の役割です。非常に多くの回転を掛け、従来では考えられないような軌道を描くスピナーショットも、詳細な分析報告はまだありません。このようなショットは新たな戦術が生まれるきっかけになる可能性があるため、研究を進める必要があるでしょう。

本シンポジウムでは、トップアスリートと研究者が集い、カーリングを支援する技術に関する幅広い議論の場を提供したいと考えています。

プログラム 3月19日 (火)

時間	セッション	内容
10:00		開場
10:45 11:00	オープニング	開会挨拶
11:00 11:50	研究発表1	A1～A2 座長：河村隆（信州大学）
11:50 13:30		昼休憩
13:30 14:45	研究発表2	A3～A5 座長：伊藤毅志（電気通信大学）
15:00 16:30	パネル討論 (P-1)	<p>「スポーツ情報学の役割」</p> 榊井文人（北見工大），相原伸平（国立スポーツ科学センター），北原格（筑波大／スポーツ情報学研究会），木村聡貴（NTTコミュニケーション科学研究所／スポーツ情報学研究会）
		司会：松原仁（東京大）
16:35 17:35	特別講演 (S-1)	<p>「カーリング競技の最前線 ～トップアスリートの視点」</p> 小野寺佳歩，近江谷杏菜（女子カーリングチーム フォルテウス）
		コーディネータ：山本雅人（北海道大）

プログラム 3月20日 (水)

時間	セッション	内容
10:00		開場
10:45 12:15	パネル討論 (P-2)	<p>「スポーツAI、スポーツデータサイエンスとカーリングのこれから」</p> 相原伸平（国立スポーツ科学センター），伊藤毅志（電気通信大），山本雅人（北海道大），河村隆（信州大），竹川佳成（はこだて未来大），松原仁（東京大）
		司会：榊井文人（北見工大）
12:15 13:45		昼休憩
13:45 14:35	研究発表3	A6～A7 座長：相原伸平（国立スポーツ科学センター）
14:40 15:30	研究発表4	A8～A9 座長：山本雅人（北海道大学）
15:30 15:45	クロージング	閉会挨拶

研究発表

Day1: 2024年3月19日（火）研究発表1

11:00-11:50 座長：河村隆（信州大学）

A-1 **熟達に伴うカーリングデリバリーフォームの変化**
井上悠己（電気通信大学），伊藤毅志（電気通信大学）

本研究では、アルゴグラフィックス北見カーリングホールで使うことができるカーリングプレイヤーのフォームの骨格の推定する装置を用いて、初心者のプレイヤーが熟達過程に伴うデリバリーフォームの変化を調べ、注目すべき特徴的な身体のパラメータとその変化を見つけていく。

まず初めに、北見工業大学のプレイ経験の異なる被験者に対して予備実験を行った。その結果、経験の差により、「頭と腰の高さ」、「右足と左足の左右差」及び「頭のブレ」に違いが現れたので、注目すべき身体のパラメータとなる可能性が示唆された。

本実験では、北見工業大学カーリング部1,2年生5名ずつを対象に、最も成長する時期とされる夏から冬にかけて、8,10,12月の3回に、同じプレイヤーに対して、デリバリーフォームの計測実験を行った。上記の身体パラメータのほかに、実験終了後のアンケートでプレイヤーから言及のあった「右手と左足の左右差」、「左足と左膝の左右差」、「左足の腰に対するブレ」の3つのパラメータを加え、合計6つのパラメータについて分析を行った。分析の結果、1年生は「頭と腰が低く」、「右足と左足の左右差が小さく」、「右手と左足の左右差が小さく」、「左足と左膝の左右差が大きく」なる変化について有意差が確認され、2年生は「左足と左膝の左右差が大きく」なる変化について有意差が確認されたが、その他のパラメータについては、各個人ごとに増減が異なるという結果となった。

アンケートの結果も含めて考察すると、1年生は理想とするフォームとにかく近づけようと変化しているのに対して、2年生はある程度理想のフォームに近づいた先に、自分に合ったフォームを模索する過程で身体の部位が様々な変化をしている可能性が示唆された。

A-2 **人間と対戦できるロボットシステムの開発とカーリングの物理現象の解明ための機械工学的アプローチ**
曾根忠瑛（信州大学大学院），河村隆（信州大学大学院），梶井文人（北見工業大学/国立スポーツ科学センター）

我々は、人間と対戦できるロボットシステムの開発を行っている。このシステムは、デリバリロボット、軌跡観測システム、スキップロボット、スweepロボット、戦術AI、ROS 2で構成されている。本ロボットシステムを活用し、カーリング競技における物理現象の理解を目指している。

デリバリロボットは、人間と同等以上の投球速度と再現性を目指している。具体的には、競技者のテイクアウトショットの最高速度4.0m/sを上回る4.5m/sの投球を実現し、繰り返し投球時の速度のばらつきを最小限に抑える高い再現性を持つことができた。

軌跡観測システムは、シート全域をカバーする複数のLaser Range Finder(LRF)を用いて取得したそれぞれのデータを処理、ストーンの軌跡をリアルタイムに観測し、他システムと共有する。この手法は、スキップロボットにも搭載されている。スキップロボットは、ハウス周辺を移動しながら様々な位置からストーンを計測することで、複雑な盤面状況でもストーンの位置を精密に測定することを目指す。

sweepロボットは、ストーンに先行してsweepを行う必要があり、他のストーンと接触しないよう低摩擦の氷上で高い機動性が求められる。そのため、全輪駆動全輪操舵機構を採用した移動ロボットを試作している。

戦術AIは、強化学習の一手法であるDDQNとデジタルカーリングを用いて開発している。また、デジタルカーリングのPython用クライアントライブラリdc3clientの開発・公開も行っている。

複数のロボットが連携するため、ミドルウェアROS 2を全面的に採用し、ロボット間の通信やデータ共有を円滑化している。

本発表では、このカーリングロボットシステム全体の状況と展望を示すとともに、dc3clientや各構成要素の詳細について議論したい。

研究発表

Day1: 2024年3月19日 (火) 研究発表2

13:30-14:45 座長：伊藤毅志（電気通信大学）

Curl Tracer: タブレット端末で実現するカーリング石のリアルタイム解析とフィードバック

A-3 相原 伸平（国立スポーツ科学センター），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），榎井 文人（北見工業大学／国立スポーツ科学センター）

カーリングはハウスと呼ばれる氷上の的にストーンを投げ、得点を競い合うスポーツである。ストーン毎に曲がり方や滑り方が僅かに異なるため、アスリートは各ストーンの特徴を把握し、cm単位、mm単位で狙った位置に投げる必要がある。そのため、ショットの精度を左右するストーンの挙動を正確に把握することは、練習や試合において極めて重要となる。

ストーン挙動の計測には、カメラ映像を用いたシステムが提案されている。2022年北京オリンピックでは、試合会場に常設された多数の専用カメラの映像を用いて、ストーンの位置や軌道を計測するシステムが導入されたが、多数のカメラを用いたシステムは専用カメラの設置、その導入コストなど、簡易性、可搬性において課題がある。そのほか、慣性計測装置をカーリング石のハンドルに取り付けることで、ストーンの色や角速度、変位を計測する手法も実施されているが、カーリング石の重量を変えてしまうため競技への影響がある。また公式大会ではデバイスの装着は禁止されているため、大会で使用されるストーンの挙動を計測することはできない。したがって、競技現場においては、マーカースで、簡易性・可搬性のあるトラッキングシステムの導入が必要になる。また、刻々と状況が変化する試合においてはストーン挙動を逐次解析することが求められる。さらに、練習においても、スポーツ技術の習得や改善に即時フィードバックが有効とされていることから、リアルタイム性は重要な要素となる。

そこで本研究では、競技現場で広く活用されているタブレット端末（iPad）のみを用いて、リアルタイムにストーン挙動を解析し、フィードバック可能な技術、及び、当該技術を搭載したアプリケーション（Curl Tracer）を開発した。Curl Tracerはシート付近に設置したiPadのカメラ映像から、ディープラーニングを用いたキャリブレーションモデル、ストーン検知モデル、追尾モデルによりシート上のストーン2次元位置を逐次的に速度を算出し、出力する。さらに、ストーン位置の時系列データから、競技現場で利用されるHogラインの通過速度やHog-Hogライン間の通過時間、ストーンの停止位置等の情報を即時フィードバックする。これにより、データ分析の精度向上や練習の効率化が期待できる。発表では、Curl Tracerの技術説明及び活用事例を報告する。

簡易トラッキングシステムを用いたカーリング石の癖の可視化

A-4 原流空（電気通信大学），相原伸平（国立スポーツ科学センター），伊藤 毅志（電気通信大学）

カーリングで使用されるストーンには、それぞれ曲がりやすさや滑りやすさが異なる「ストーンの癖」と呼ばれる特性がある。これらの癖は、プレイヤーの戦術を考案する上で重要な情報である。大会などでは、試合前夜に実際に試合に使うストーンを試投するための時間が用意されていて、主にリザーブの選手がすべてのストーンを投げて、個々のストーンの癖を調べる夜間練習が行われている。従来、夜間練習では実際に投げた感覚とその結果を手作業で記録し、選手たちに伝え、試合当日誰がどのストーンを使うかを戦略に合わせて選択している。

本研究では、ビデオカメラやスマートフォンの映像からストーンの軌跡を容易に取得できる簡易トラッキングシステムを用いることで、より客観的なデータを選手たちに提供することを目指す。具体的には、簡易トラッキングシステムから得られたデータをストーンの癖として可視化するシステムを提案する。

まず、さまざまな条件下におけるストーンの挙動に対して、ストーン同士の比較を行うために基準となる「標準ストーンモデル」を提案した。これは、ストーンの色やブレイクポイントなどの特徴量から、一般的なストーンの停止位置の座標を定めるモデルである。そして、実際の試技におけるストーンの停止位置と標準ストーンモデルとの差を可視化することで、ストーンの特徴付けを行った。モデルの作成では、ドロショットを対象としたストーン軌道の実データをアルゴグラフィックス北見カーリングホールにおいて約200投収集した。得られた映像から簡易トラッキングシステムによって解析されたデータを活用し、回帰モデルを作成した。

ストーンの癖の可視化では、滑りやすさと曲がりやすさを指標とした2軸のプロットを行った。停止位置に対する標準ストーンモデルからの進行方向の差から滑りやすさを、垂直方向の差から曲がりやすさをの指標とする数値を算出し、可視化を行った。

システムの評価実験では、完成したシステムを用いて、夜間練習の映像からシステムによるストーンの癖の可視化を行った。この可視化データをコーチに見せてフィードバックを得ることにより、定性的評価を行った。その結果、競技現場において客観的なデータとしての活用可能性があることや夜間練習でのストーンのパターンマッチングに有効であることが明らかになった。

研究発表

TableStone: IMUセンサ, 圧力センサ, タブレットデバイスを用いたストーンデリバリインタラクティブシステム

A-5 陳冠宇 (公立はこだて未来大学), 森 遥菜 (公立はこだて未来大学), 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), 榎井文人 (北見工業大学/国立スポーツ科学センター)

本研究では、カーリングのデリバリにおいてストーンの挙動を推定し、シュータやスィーパにフィードバックするインタラクティブシステム(TableStone)の開発を目的とする。提案するDisplay Stoneは、IMUセンサを用いてストーン滑走中の速度や回転をリアルタイムに計測する。また、ストーンのハンドルにプレッシャセンサを接地し、デリバリ時の投擲タイミング(ストーンが手から離れたタイミング)を検出する。TableStoneはストーンの取っ手の下にディスプレイを搭載し、ストーンの速度や回転数などをリアルタイムに表示する。プレッシャセンサデータをもとにストーンが手から離れたタイミングを推定し、その前後でシュータやスィーパに最適な情報を提示する。

Day2: 2024年3月20日 (水) 研究発表3

13:45-14:35 座長: 相原伸平 (国立スポーツ科学センター)

深層学習を用いたデジタルカーリングAIの開発

A-6 倉田樹 (電気通信大学), 伊藤毅志 (電気通信大学)

カーリングの戦略を議論する場として、伊藤毅志研究室では2013年頃から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、改良を重ねてきた。2022年に新たに提案されたデジタルカーリング(第三世代デジタルカーリング)は物理モデルの追加拡張を可能にするなどの改良が行われた。一方で、システム的设计を根本から見直しているため、従来のデジタルカーリング用に作成されたプログラムが動作できず、現状強いプログラムが存在しない状態である。そこで本研究では第三世代デジタルカーリング上で動作する強力なカーリングAIを深層学習の手法で実現することを目的とする。

提案システムは深層学習の手法を応用する。ネットワークはカーリングの盤面の情報を画像として入力し、投げるべきショットの確率分布をポリシーとして、その盤面の予測得点をバリューとして出力するようにした。また、提案システムの行動探索手法としてノードにショットの情報を含み、ディープニューラルネットワークを用いたモンテカルロ木探索を行い、これにより優れたショットを探索する。提案システムのネットワークの学習は、教師あり学習を行った後、そのモデルをもとに強化学習を行った。教師あり学習では第三世代デジタルカーリングの大会で優勝したプログラムの自己対戦データ20万個を教師データとして、そのデータとネットワークの出力間の類似性を向上させるように学習を行った。強化学習では、得られた教師あり学習のモデルをもととして、先述したモンテカルロ木探索による自己対戦を行い、それによって得られる優秀な行動を教師データとして学習を行った。評価実験として昨年のデジタルカーリング大会において優勝、準優勝したプログラムとの対戦を行った。その結果、教師あり学習後のモデルとその教師データとなった優勝プログラムとの対戦では勝敗や平均得点の差が少なく、教師あり学習は成功したと考えられた。その一方で、強化学習後のモデルとの対戦は強化学習後のモデルがほとんど敗北しており、強化学習は失敗した。失敗の理由としては、教師あり学習の性能不足や候補手が多かったこと、パラメータの調整ミスやプログラム構築の誤りなどが挙げられる。今後は得られた改善点をもとにして、強力なカーリングAIの作成を行う。

カーリングAI「歩」のアプローチ

A-7 大渡勝己 (フリーランス)

「歩(あゆむ)」は私が主に学生時代に開発を行ったデジタルカーリング用の戦略AIであり、7年ぶりに参加した2024年大会を含めAI大会参加8大会中5度優勝の戦績を残している。「歩」は高速な物理演算を利用したモンテカルロシミュレーションを基本的なアルゴリズムとし、人間が手でプログラムしたカーリング知識、機械学習による先読み中の手の選択の学習、局面認識を逐次的に高精度化し段々とシミュレーションの妥当性を上げていく手法を組み合わせている。本発表では我々の手法を紹介し、他に成果を上げている手法との間で長所を比較する。

研究発表

Day2: 2024年3月20日 (水) 研究発表4

14:40-15:30 座長：山本雅人（北海道大学）

実対戦データを用いたカーリングAIの開発

A-8 河邊裕也（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），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）

本発表では、実世界の試合データを学習するAIの開発に向けた基本的な技術的アイデアと簡単なプロトタイプ的设计、およびルールベースAIとの性能比較実験、今後の課題について述べる。

カーリングは「氷上のチェス」とも呼ばれるように、戦術・戦略が極めて重要な競技である。カーリングの試合においては、局面毎に、ストーン配置や得点差、試合展開、アイスコンディションなど実に多様な要素を考慮した上で最善手となるショットの選択が要求される。リアルタイムで多数の要素を把握分析し、新たな戦術・戦略を立案することは非常にコストが高く、カーリングの戦術・戦略支援においてはデータサイエンスや人工知能技術の活用が有望視されている。

開発しようとするAIは、カーリングシミュレータ「デジタルカーリング」上で稼働するものであり、同一環境下において他の異なるアルゴリズムによるAIとの対戦やデジタルカーリング大会への参加、あるいは人間の競技者との対戦も可能となる。

既存のカーリングAIは、AI同士の対戦データを学習しており、実対戦データを活用したものは報告されていない。実対戦データを学習したカーリングAIが実現できれば、既存AIとの比較が可能となり、既存のカーリングAIが思考する戦術が人間と同等以上の水準に達しているのか、あるいはまだ人間の水準に達していないのかが検証可能となる。このことは、現状のカーリングAIが現実世界のカーリング競技においてどの程度有効であるか、どのレベルまでなら有用であるかといったことを把握することにも繋がる。

上記目的達成に向け、本発表では、我々が提案するAIの基本的なアイデアとプロトタイプ的设计思想について述べる。さらに、実装したプロトタイプとルールベースAIとの比較実験を実施し、その結果を受けた考察を試み、AI完成に向けた今後の課題についても述べる。

現実の試合データによるカーリング得点予測モデル用学習データの作成

A-9 若崎智也，野口涉，田村康将（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）

カーリングは氷上で行われるスポーツであり、2つのチームがストーンと呼ばれる石を交互に投げ、最終的な総得点を競う。カーリングはストーンを狙った位置に投球する技術だけでなく、どこに、どのようにストーンを投球するかという戦略が勝敗に大きく影響することが知られている。この戦略の評価を行うために、コンピュータ上でカーリングをシミュレートする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。シミュレータで検証した戦術を現実のカーリングに適用することが期待されており、カーリングAIの研究が盛んにおこなわれている。

カーリングAIの学習のためにはシート上のストーン配置、エンドや得点差などの試合の情報が必要である。先行研究においては、学習データとして経験則から設計したアルゴリズムに基づいて自動生成したストーン配置や、カーリングAI同士の自己対戦によって得られた試合情報を利用している。しかし、そのように自動生成した局面が現実の試合の局面とかけ離れていたり、多様性にかけたり、といった点で学習データとしては不向きな面もあり、検証が必要である。そこで、本研究では現実のカーリングの試合情報を活用することでリアルな試合情報をカーリングAIモデルに学習させることを目指した。

試合情報はCURLITにより提供されている過去の主要大会の試合情報がまとめられたResult Bookから取得する。これには、大会の情報、参加チームと選手、ゲームの展開などの幅広いデータが記載されている。今回はモデルの教師データを作成するために必要なエンド数、先攻チーム、各ショット後のシート上のストーン配置のデータを取得した。取得したデータはデータベースに保存する。データベースを利用することで、多種多様なデータの保存や、データの再利用、追加などが簡単に行える。

ストーン配置のデータは特定の色を持つ領域を抽出し、領域の大きさでストーン以外の領域を省いたうえでその重心を求めることにより取得した。また、先攻チームは1投目のショット結果の画像からショット前のストーン数を取得し判定した。

今回はノーティックルール適用後の7大会のResult Bookを利用した。結果として532試合、74857の局面を取得し、データベースに格納した。実際にこのデータベースを用いて、各エンドの最終投前の局面を取り出しモデル学習用の教師データを作成することができた。今後は、この試合データを活用して他の局面の学習データの作成およびカーリングAIの学習を進めていきたい。

カーリング科学シンポジウム2024 実行委員会

実行委員長

- ・ 伊藤 毅志（電気通信大学）

実行委員

- ・ 相原伸平（国立スポーツ科学センター）
- ・ 河村隆（信州大学）
- ・ 竹川佳成（公立ほこだて未来大学）
- ・ 榊井 文人（北見工業大学）
- ・ 松原仁（東京大学）
- ・ 柳等（北見工業大学）
- ・ 山本雅人（北海道大学）